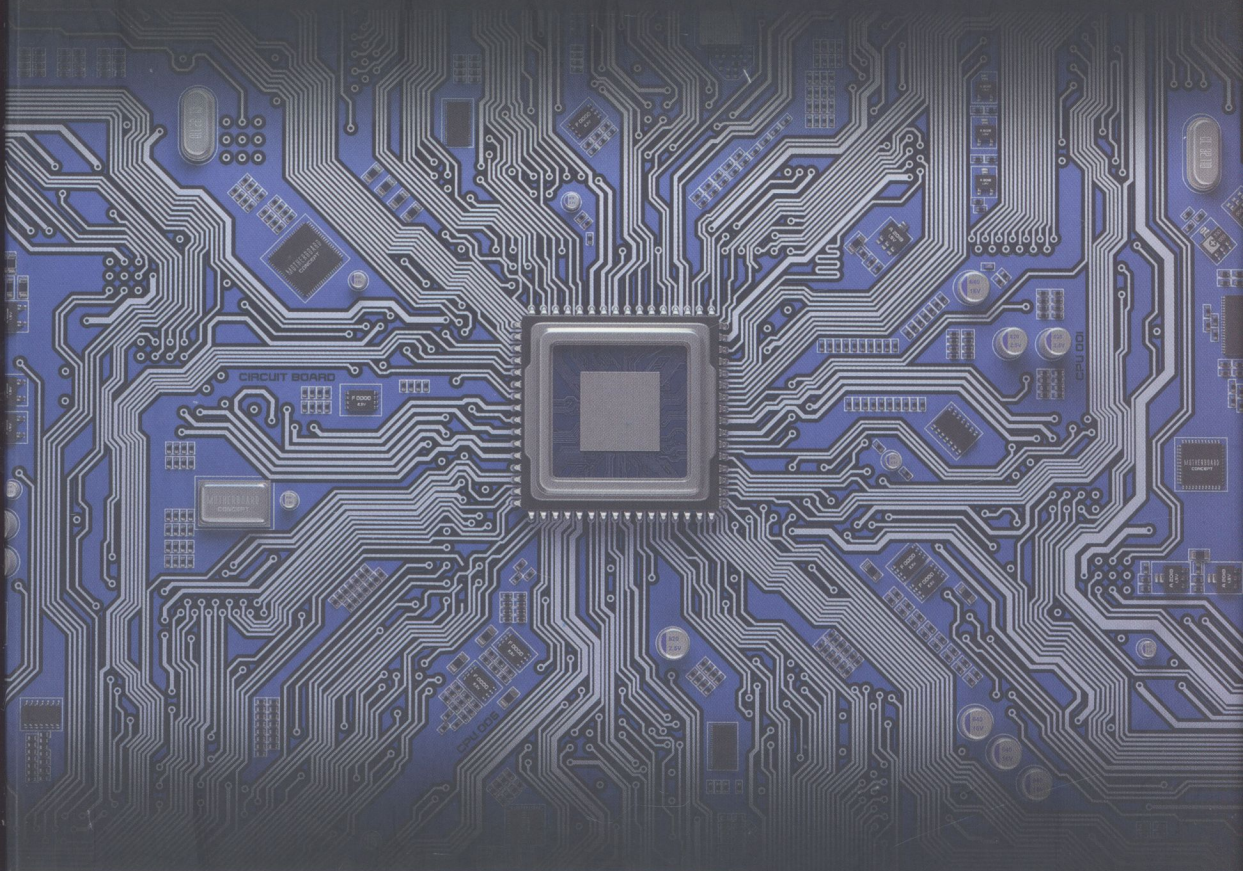


004.3
Ш 97

Шустов М. А.

ЦИФРОВАЯ СХЕМОТЕХНИКА

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ



- создаем схемы в NI Multisim
- секреты специалистов-практиков
- полная коллекция электронных схем

Бонус: цоколевки ТТЛ и КМОП микросхем

НИТ
ИЗДАТЕЛЬСТВО

004.3
Ш97

19

Шустов М.А.

ЦИФРОВАЯ СХЕМОТЕХНИКА

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ



004.3 Ш97 2018

Шустов М.А. Цифровая схемотехника. Практика

КИНЕОСЛОВИЩЕ



Наука и Техника, Санкт-Петербург

004.397.621.38

УДК 621.374

Шустов М.А.

Цифровая схемотехника. Практика применения. — СПб.: Наука и Техника, 2018. — 432 с.: ил.

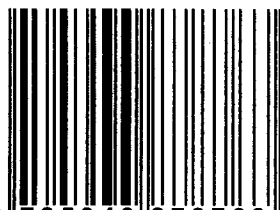
ISBN 978-5-94387-876-3

Предлагаемая вниманию читателя книга универсальна по содержанию и состоит из двух взаимосвязанных частей. В первой из них читатель познакомится с основами моделирования цифровых устройств при помощи популярного в нашей стране и за ее пределами пакета программ схематического моделирования NI Multisim. Во второй части книги представлена энциклопедически полная коллекция электронных схем различного функционального назначения, выполненных с использованием цифровых микросхем. Рассмотрены примеры использования цифровых микросхем в аналоговых устройствах, варианты схем различных генераторов на цифровых микросхемах, использование цифровых микросхем в измерительной технике, в технике радиосвязи, медицинской и бытовой технике.

Эти электронные схемы, несмотря на свою простоту, в полной мере отвечают своему назначению и, кроме того, наиболее доступны для самостоятельного повторения как в «железе», так и в плане изучения принципа их работы при помощи пакета программ схематического моделирования NI Multisim.

В Приложениях приведены подробные справочные данные по элементам цифровой техники: состав серий ТТЛ- и КМОП-микросхем, их назначение и примерные аналоги, а также цоколевки.

Книга предназначена для широкого круга современных радиолюбителей и студентов радиотехнических вузов и техникумов.



9 785943 878763

ISBN 978-5-94387-876-3

Автор и издательство не несут ответственности за возможный ущерб, причиненный в ходе использования материалов данной книги.

Контактный телефон издательства

(812) 412-70-26

Официальный сайт: www.nit.com.ru

482154

© Шустов М.А.

© Наука и Техника (оригинал-макет)

ООО «Наука и Техника».

Лицензия № 000350 от 23 декабря 1999 года.

198097, г. Санкт-Петербург, ул. Маршала Говорова, д. 29.

Подписано в печать 10.01.2018. Формат 70×100 1/16.

Бумага газетная. Печать офсетная. Объем 27 п. л.

Тираж 1300 экз. Заказ № 293.

Отпечатано с готовых файлов заказчика
в АО «Первая Образцовая типография»
филиал «УЛЬЯНОВСКИЙ ДОМ ПЕЧАТИ»
432980, г. Ульяновск, ул. Гончарова, 14

НТБ ВНТУ
м. Вінниця

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	11
Глава 1. Моделирование схем цифровой электроники	13
1.1. Обзор компьютерных программ моделирования электронных схем	13
1.2. Выбираем пакет моделирования NI Multisim Analog Devices Edition	15
1.3. Основы моделирования работы схем цифровой электроники в NI Multisim	16
1.4. «Горячие» клавиши в пакете схематического моделирования NI Multisim	18
1.5. Инструменты и приборы в NI Multisim	20
1.6. Достоинства пакета моделирования NI Multisim	20
1.7. Недостатки пакета моделирования NI Multisim	21
1.8. Таблицы истинности логических элементов	23
1.9. Построение логической схемы по заданной таблице истинности	26
1.10. Синтез логических элементов по их функции	27
1.11. Синтез одних логических элементов из совокупности других	31
1.12. Исследование свойств логических элементов	33
1.13. Изучение моделей логических элементов	40
1.14. Переходные и частотные характеристики логических элементов	43
1.15. Выходные каскады узлов цифровой техники	47
1.16. Генераторы импульсов	48
1.17. Генераторы импульсов с использованием триггеров Шмитта	52
1.18. Примеры практического применения генераторов импульсов	56
1.19. Сложение логических сигналов с использованием логических элементов И/ИЛИ/Исключающее ИЛИ	62
1.20. Удвоители частоты на логических элементах	63
1.21. Делители частоты	67
1.22. Счетчики импульсов	71
1.23. Послесловие	74
Глава 2. Аналоговое применение цифровых микросхем	75
2.1. Аналоговые усилители на логических элементах	75
Счетверенный аналоговый инвертирующий усилитель на микросхемах К561ЛЕ5 и К561ЛП2	75
Предусилитель для усиления сигналов стереофонического проигрывателя на микросхеме CD4069	76
Стереоусилитель низкой частоты на микросхеме 564ЛН2 (К561ЛН2)	76
Трехкаскадный телефонный усилитель на цифровой микросхеме К561ЛЕ5	77
Маломощный усилитель низкой частоты на микросхеме К561ЛЕ5	78
2.2. Узкополосные фильтры на КМОП-микросхемах	79
Узкополосный фильтр на микросхеме К561ЛН2	79
Узкополосный фильтр на микросхеме К561ЛЕ5	80
Устройство цветомузыкального сопровождения на узкополосных фильтрах	80
2.3. Избирательный фильтр на КМОП-микросхеме CD4069	80
2.4. Генератор белого шума на микросхеме 4009А	81
2.5. Функциональный генератор на КМОП-микросхеме К561ЛЕ5	82
2.6. Радиоприемник прямого усиления на микросхеме К561ЛЕ5	83
2.7. Радиоприемник на цифровой микросхеме К176ЛА7	85
2.8. Пороговые устройства на логических элементах	86
2.9. Преобразователь синусоиды в цифровой сигнал на микросхеме 74НС04	87
2.10. Формирователь импульсов на микросхеме К561ЛЕ5	87
2.11. Сигнализатор звонка сотового телефона на микросхемах 4069 и 555	88
Глава 3. Генераторы на цифровых микросхемах	89
3.1. Автоколебательные мультивибраторы на логических элементах	89
3.2. Генераторы прямоугольных импульсов на КМОП-микросхемах	90

Характеристики генераторов прямоугольных импульсов на КМОП-микросхемах ..	90
Генератор на микросхеме К561ЛА7	91
Генератор на микросхеме К561ЛЕ5	91
Генератор на микросхеме К561ЛН2	91
Генератор на микросхеме К561ЛА7	92
Генератор на микросхеме К561ТЛ1	93
Генераторы импульсов на основе симметричного мультивибратора	93
3.3. Автогенераторы на триггере Шмитта на микросхеме К561ТЛ1 (К561ТЛ2)	94
Простейший генератор на основе триггера Шмитта	94
Генератор на основе триггера Шмитта с регулируемой частотой следования импульсов ...	94
Генератор на основе триггера Шмитта с регулируемой скважностью импульсов ...	95
3.4. Автогенераторы с внешней регулировкой частоты	95
Автогенератор с регулируемой извне частотой следования импульсов на микросхеме 74НС14	95
Генератор импульсов с подекадным переключением частоты на микросхеме К561ТЛ1	96
3.5. ВЧ генератор на триггере Шмитта на КМОП-микросхеме 4093	97
3.6. Генератор прямоугольных импульсов на микросхемах К155ЛА3 и К155ЛА8	97
3.7. Мультивибратор на ТТЛ-микросхеме с линией задержки	98
3.8. Фотоуправляемые генераторы на микросхемах	99
Фотоуправляемый генератор на микросхеме 4069	99
Генератор со светочувствительным резистором на микросхеме 4011/4001	100
Фотоуправляемый генератор на триггере Шмитта на микросхеме 4093	100
3.9. Звуковые генераторы	100
Простой звуковой генератор на микросхеме 4093	100
Звуковой генератор на микросхеме 4093 с повышенной громкостью звучания ...	101
3.10. Кварцевые генераторы на микросхемах	101
Генераторы на микросхемах с кварцевой стабилизацией	101
Генераторы на ТТЛ-микросхемах с кварцевой стабилизацией частоты	102
Схема мультивибратора для работы с «часовым» кварцевым резонатором	103
ВЧ и НЧ кварцевые генераторы на ТТЛ-микросхемах	103
Варианты схем кварцевых генераторов	103
3.11. «Часовые» кварцевые генераторы	104
3.12. Генератор секундных и минутных импульсов	104
3.13. Высокочастотные генераторы с кварцевой стабилизацией на микросхеме	106
Высокочастотный генератор на микросхеме 7404	106
Высокочастотный генератор на микросхеме 4001	106
3.14. Генератор промежуточной частоты на КМОП-микросхемах	106
3.15. Генераторы импульсов на КМОП-микросхемах	107
Высокостабильный генератор с кварцевой стабилизацией частоты на микросхеме К176ЛА7	107
Генератор на КМОП-микросхеме К176ЛА7, работающий без навесного конденсатора	108
3.16. Генераторы синусоидальных колебаний	108
Генератор низкочастотных синусоидальных колебаний фиксированной частоты на микросхеме К561ЛН2	108
Цифровой генератор низкочастотных синусоидальных колебаний с кварцевой стабилизацией на микросхеме CD4060В	109
3.17. Генератор гармонических колебаний с цифровым управлением на микросхемах К561ЛН2 и К561КТ3	110
3.18. Управляемые КМОП-генераторы импульсов на микросхемах CD4011 и CD4049	111
3.19. Перестраиваемый генератор сигналов прямоугольной и треугольной формы на микросхеме CD40106	112
3.20. Генератор сигналов прямоугольной формы, управляемый напряжением	112
3.21. Генератор с электронной перестройкой частоты на микросхеме 4069	113
3.22. Генератор импульсов с электронной перестройкой частоты на микросхеме 4046	114
3.23. Многочастотный генератор на цифровых микросхемах К561ЛА7 и К561ИЕ16	114

3.24. ШИМ-генераторы на КМОП-элементах	115
ШИМ-генератор на микросхеме 4093: вариант первый	115
ШИМ-генератор на микросхеме 4093: вариант второй	115
ШИМ-генератор на микросхеме К176ЛА7	116
3.25. Генератор с регулируемой шириной импульсов на микросхеме CD4093	117
3.26. Генератор биполярных импульсов регулируемой ширины на микросхемах К561ЛЕ5/К561ЛА7 и К561КТ3	118
3.27. Функциональный генератор на микросхеме К561ЛН2	119
3.28. Функциональный генератор на микросхеме К561ЛА7	120
3.29. Одночастотный функциональный генератор на микросхеме К561ЛА7	121
3.30. Генератор сигналов специальной формы	121
3.31. Генератор сигналов на микросхемах К155ЛА3 и К155ИЕ2	123
3.32. Цифровой генератор качающейся частоты	125
Глава 4. Измерительная цифровая техника	127
4.1. Четырехдиапазонный измеритель емкости на микросхеме К155ЛА3	127
4.2. Измеритель емкости на микросхеме К155ЛА3 (К555ЛА3)	128
4.3. Измеритель LCF с прямым отсчетом на микросхемах 74НС00 и CD74НСТ4040	129
4.4. Мостовой измеритель RLC на микросхемах К155ЛА3 и К155ЛА4	131
4.5. Приставка-измеритель LC на микросхеме К561ЛА7	133
4.6. Преобразователь «Частота-напряжение» на КМОП микросхеме	135
4.7. LED-индикатор частоты сети на микросхеме CD40106BP	135
4.8. Аналоговый частотомер на микросхеме К155ЛА3	137
4.9. Частотомер с диапазоном измерения 0...100 кГц на микросхемах CD4060, CD4026 и CD4017	138
4.10. Частотомер-измеритель емкости на микросхеме 7400 (К155ЛА3, К555ЛА3)	139
4.11. Измеритель активного сопротивления конденсаторов — приставка к мультиметру на микросхеме К561ЛН2	140
4.12. Пробники оксидных конденсаторов	142
Устройство контроля качества оксидных конденсаторов на микросхеме КР1554ТЛ3 или 74АС132N	142
Устройство для оценки эквивалентного последовательного сопротивления оксидных конденсаторов на микросхеме К561ЛН2	144
4.13. Измеритель ESR электролитических конденсаторов на микросхеме CD74НСТ04Е	145
4.14. Измеритель ESR с трансформаторной развязкой	147
4.15. Цифровой пробник на микросхеме К155ЛА8	147
4.16. Пробник-индикатор низкочастотных сигналов на микросхеме К561ЛА7	149
4.17. Простейший пробник на микросхеме К155ЛА3	149
4.18. Испытатель полупроводниковых приборов на микросхеме К561ЛП2	150
4.19. Испытатель биполярных транзисторов на микросхеме 4001 или 4011	151
4.20. Индикатор перегорания предохранителя на микросхеме К561ЛЕ5	151
4.21. Кварцевый калибратор на микросхеме К155ЛА3 (К555ЛА3)	152
4.22. Триггер на двух инверторах на микросхеме К561ЛА7	153
4.23. «Триггерная кнопка» на микросхеме CD4069	154
4.24. Цифровые фильтры на микросхемах К561ЛА7 и К561ТМ2	154
4.25. Цифровые частотные фильтры	156
Назначение	156
Фильтр нижних частот: CD4001 (К561ЛЕ5) и CD4013 (К561ТМ2)	157
Фильтр верхних частот на микросхеме CD4011 (К561ЛА7)	157
Полосовой фильтр на микросхемах CD4001, CD4011, CD4013	158
4.26. Компаратор частоты на микросхемах К1531ТМ2 и К1531ЛА3	159
4.27. Частотный детектор на основе ФАПЧ	160
4.28. Коммутатор с широтно-импульсным управлением	161
4.29. Шифратор и дешифратор системы дистанционного управления	166
Для чего нужны шифраторы и дешифраторы	166
Схема шифратора на микросхемах К561ИЕ10, К561КП2 и К561ЛА7	166
Схема дешифратора на микросхемах К561ИЕ10, К561КП2 и К561ЛА7	167

4.30. Умножители частоты	168
Назначение умножителей частоты	168
Простой удвоитель частоты на микросхеме 4011	169
Удвоитель частоты с высоким входным сопротивлением на микросхеме 4011	170
Удвоитель частоты на микросхеме 4069	170
Умножитель частоты в 2, 4 и 8 раз на микросхемах 74121, 7490, 7400	171
Умножитель частоты с переменным коэффициентом умножения на микросхеме К561ЛН2	172
4.31. Делители частоты	173
Назначение делителей частоты	173
Делитель частоты входного сигнала на 0,66; 1,33 и 3 раза на микросхемах К561ЛП2 и К561ИЕ10	173
Делитель частоты в 1,5 раза на микросхемах 7402 и 7474	174
Делители частоты на два на микросхемах К561ТМ2 и К561ТВ1	174
Делитель частоты на два на микросхеме 4013	175
Делители частоты на два и на четыре на микросхеме 4013	175
Делители частоты на 2, 4, 8 и 16 на микросхеме 74НС393	175
Делители частоты на 2–10, 12 и 16 на микросхемах К155ИЕ2, К155ИЕ4 и К155ИЕ5	176
Делители частоты на целочисленное значение на микросхемах 7490 и 7493	176
Делитель частоты на три на микросхемах К155ЛП5 и К555ТМ2	176
Делитель частоты на три на микросхемах К555ЛН1, К555ЛА4 и К555ТМ2	178
Делитель частоты на два на микросхеме К561ТМ2	179
Делитель частоты на три на микросхемах К155ТМ2 и К155ЛЕ1	179
Делители частоты на 3, 5, 6, 7 и 10 на микросхеме К155ТВ1	179
Делитель частоты на четыре	179
Делитель частоты на пять на ТТЛ-микросхеме 7490 (К155ИЕ2)	180
Делитель частоты на пять на ТТЛ-микросхеме 4018 (К561ИЕ19)	180
Делитель частоты на шесть на ТТЛ-микросхеме 7490	181
Делитель частоты на семь ТТЛ-микросхеме 7490	181
Делитель частоты на восемь на ТТЛ-микросхеме 7493 (К155ИЕ5)	181
Делитель частоты на девять на КМОП-микросхемах 4018 (К561ИЕ19) и 4081	181
Программируемый делитель частоты на КМОП-микросхемах 4001 (К561ЛЕ5) и 4017 (К561ИЕ8) с коэффициентом деления от 1 до 9	182
Программируемый делитель частоты на ТТЛ-микросхемах 7490 (К155ИЕ2), 7420 (К155ЛА3) и 7404 (К155ЛН1) с коэффициентом деления от 1 до 10	182
Делители частоты на 9 и на 10 на КМОП-микросхемах 4018 (К561ИЕ19)	183
Делитель частоты на 10 и 100 на ТТЛ-микросхеме 74НС390	183
Делитель частоты на одиннадцать на ТТЛ-микросхемах 74161 и 7406	183
Делитель частоты на двенадцать на ТТЛ-микросхеме 7492 (К155ИЕ4)	184
Делитель частоты на шестнадцать на ТТЛ-микросхеме 7493 (К155ИЕ5)	184
Делитель частоты на 50 на ТТЛ-микросхеме 74НС390	184
Делитель частоты с сеткой на 12 выходных частот, кратных 2, на КМОП-микросхеме 4020 (К561ИЕ16)	184
Устройство для деления частоты в N+1 раз на микросхемах 74174 (К555ТМ9) и 74LS260	185
Делитель частоты с целочисленным переключаемым коэффициентом деления на микросхемах 7490 (К155ИЕ2)	185
Делитель частоты на микросхеме 4011 (К561ЛА7) с регулируемым коэффициентом деления	186
4.32. Селектор импульсов по длительности	187
Поликомпараторные микросхемы	187
Селектор сигналов по их длительности	188
4.33. Расширяющие одновибраторы	190
Назначение расширяющих одновибраторов	190
Расширяющий одновибратор на микросхеме К555ЛА3	190
Расширяющий одновибратор на двух элементах И-НЕ КМОП микросхемы К561ЛА7	191

Расширяющий одновибратор на основе КМОП-одновибратора с использованием триггера Шмитта	192
4.34. Укорачивающие одновибраторы	193
Простейшие укорачивающие одновибраторы на логических элементах	193
Использование дополнительных элементов задержки на RC-элементах	193
4.35. Формирователь одиночного импульса на микросхеме 7404	194
4.36. Индикаторы электрического поля	195
Детектор скрытой проводки с повышенной чувствительностью на микросхеме К561ЛА7	195
Детектор скрытой проводки на микросхеме К561ЛЕ5	195
Детектор скрытой проводки на микросхеме К561ИЕ16 со светозвуковой индикацией	196
Детектор скрытой проводки на микросхеме К561ИЕ16 со световой индикацией ..	197
Детектор скрытой проводки YADITE 8848 и его аналог на микросхеме 74НС14АР (К555ТЛ2)	198
Детектор скрытой проводки на КМОП-микросхеме CD4049 (К561ЛН2)	199
Детектор скрытой проводки на КМОП-микросхеме К561ЛН2	201
Аудиовизуальный индикатор «фазы» на КМОП-микросхеме К561ЛЕ5	202
Индикатор электрического поля с питанием от энергии окружающей среды на микросхеме CD4001 (К561ЛЕ5)	202
4.37. Индикатор отключения источника питания на микросхеме К561ЛЕ5	204
4.38. Комбинированный бета-гамма радиометр	205
4.39. Сигнализатор радиоактивности на микросхеме К561ЛЕ5	207
4.40. Импульсные термометры на микросхемах	209
Особенности построения схем термометров на логических микросхемах	209
Термометр на микросхеме К561ЛА7 с термодатчиком в интегрирующей цепи.	209
Термометр на микросхеме К555ЛН1 с термодатчиком в дифференцирующей цепи. ..	210
Глава 5. Техника для приема-передачи информации	212
5.1. Детектор излучения радиопередающих устройств на микросхемах К561ЛА7	212
5.2. Телеграфные передатчики малой мощности	214
Телеграфный передатчик на микросхеме 74НС240	214
Телеграфный радиопередатчик малой мощности на микросхеме 74НС240	215
5.3. Телеграфный радиопередатчик малой мощности на диапазон 80 м на микросхеме 4069 (К1561ЛН4)	216
5.4. Микропередатчики на диапазон 80 м для охоты на «лис» на микросхемах К561ЛА7, К176ИЕ1 и К155ЛА3	217
5.5. Радиопередатчик на 27 МГц на цифровой микросхеме 74LV00D	218
5.6. Радиопередатчик на микросхеме CD4069UB	219
5.7. Радиопередатчик на микросхеме 74НС132 (К531ТЛ3)	220
5.8. Радиопередатчик данных о влажности по трем точкам на микросхемах 74НС132 (К531ТЛ3)	221
5.9. Радиопередатчик на микросхеме 74НС132 (К531ТЛ3) с использованием негatrona ..	222
5.10. Радиопередатчик звуковых посылок на микросхемах 7413 или 74LS13	223
Радиопередатчик звуковых посылок в средневолновом-коротковолновом диапазоне	223
Радиопередатчик звуковых посылок в УКВ-диапазоне	224
5.11. Радиомикрофон на цифровой микросхеме К155ЛА3	225
5.12. ИК-передатчик аудиосигналов на микросхеме 4069	225
5.13. Генератор плавного диапазона на микросхеме НС4046 (К1561ГГ1)	226
5.14. Фазовый ограничитель речевого сигнала на микросхеме К561ЛН2	227
5.15. Цифровой фазовращатель на микросхемах 4013 (К561ТМ2)	229
5.16. Детектор частотно-модулированных сигналов на микросхеме К155ЛА3 (К555ЛА3) ..	230
5.17. Автоматический телеграфный ключ на микросхемах К155ЛА3, К155ТМ2	231
5.18. Автоматический электронный телеграфный ключ К561ЛА7	232
5.19. Телеграфный ключ на двух микросхемах К176ИЕ12 и К176КТ1	234
5.20. Телеграфный ключ на микросхемах К176ИЕ12 и К561ЛЕ5	236

5.21. Телеграфный ключ с оптоэлектронным управлением.	238
5.22. Переключатель – индикатор диапазонов.	240
Основные проблемы в создании устройств индикации.	240
Устройство для световой индикации выбранного канала приема на К561ЛН2.	240
Индикаторы-переключатели диапазонов на микросхеме К561ЛН2.	242
Глава 6. Цифровая техника на страже здоровья.	247
6.1. «Антимигреновые» генераторы на микросхеме К561ЛН2.	247
6.2. Устройство для импульсной цветотерапии на микросхеме К561ЛН2.	248
6.3. Генератор вспышек света для цветотерапии на микросхеме К561ЛН2.	251
6.4. Генераторы цветовой гаммы на микросхеме К561ЛН2.	254
Простой генератор цветовой гаммы.	254
Генератор цветовой гаммы с использованием низкочастотного функционального генератора.	255
6.5. Генератор псевдослучайных вспышек света на микросхеме 40106.	256
6.6. Электроакупунктурный аппарат на микросхеме К564ЛА7.	257
6.7. Электроакупунктурный стимулятор на микросхемах К561ЛН2 и К561ИЕ10.	258
6.8. Устройство для рефлексотерапии на микросхеме К561ЛЕ5.	259
6.9. Электроакупунктурный стимулятор на микросхемах К554СА3 и К561ЛЕ5.	260
Как и для чего проводится стимуляция биологически активных точек.	260
Прибор для одновременного поиска и стимуляции биологически активных точек.	261
Блок усиления мощности.	263
Режимы работы усилителя мощности.	264
Вариант выполнения выходного каскада прибора.	265
6.10. Прибор для магнитотерапии на микросхеме К561ЛА7.	265
6.11. Электронный измеритель частоты пульса на микросхеме К561ЛА7.	267
6.12. Датчик интервалов времени для контроля пульса на микросхемах К564ЛА7 и К564ИЕ10.	268
6.13. Гидроионизатор на двух микросхемах 74АС04.	269
6.14. Устройство для стирки ультразвуком на микросхеме К561ЛА7.	272
6.15. Устройство для получения «серебряной воды» на микросхеме К561ЛЕ5.	274
Насыщение воды ионами серебра.	274
Автоматизированные устройства для получения «серебряной воды».	276
6.16. Универсальное устройство для активации воды.	278
Устройство для активации воды на микросхеме К176ИЕ18.	278
Вариант подключения нагрузки.	280
Глава 7. Бытовая техника.	281
7.1. Повышающий регулятор мощности для паяльника на микросхеме К176ЛА7 (К561ЛА7).	281
7.2. Преобразователь напряжения +U в –U на микросхеме CD4049.	282
7.3. Мультиплексорные преобразователи напряжения с гальванически развязанными выходами.	283
Мультиплексорный преобразователь напряжения на микросхемах К176ИЕ12 и К561КП1.	283
Мультиплексорный преобразователь напряжения на микросхемах К561ИЕ9 и К561КП1.	284
Нагрузочные характеристики мультиплексорных преобразователей.	285
7.4. Контролер телефонной линии на микросхемах К561ЛА9.	285
7.5. Электронный будильник и формирователь звуковых сигналов типа «тик-так» на микросхеме К561ИП2.	288
7.6. Электронный шагомер на микросхемах К561ЛА7 и К176ИЕ4.	288
7.7. Металлоискатели.	290
Как работают и для чего нужны металлоискатели.	290
Металлоискатель на микросхеме К561ЛЕ5.	291
Металлоискатель на микросхемах К561ЛА7.	293
Малогобаритный металлоискатель на микросхемах К561ЛЕ5.	293
Чувствительный металлоискатель на микросхемах К561ЛА7.	295

Простой металлоискатель на микросхемах К561ЛА7	297
Металлоискатели мостового типа с ударным возбуждением	298
7.8. Емкостное реле для управления освещением на микросхеме К561ЛА7	300
7.9. Сенсорный дверной звонок на микросхеме К561ЛА7	302
7.10. Сенсорный коммутатор нагрузки на КМОП-микросхеме К561ЛЕ5	302
7.11. Сенсорный переключатель с фиксацией положения на микросхемах К561ТМ2 и К561ТЛ1	303
7.12. Аварийная сигнализация на микросхемах 7408 и 7473	304
7.13. Сирены и звонки	306
Сторожевая сирена для пассажира на микросхеме К561ЛА7	306
Охранная пьезосирена на микросхеме К561ЛА7	306
Сирена повышенной мощности на микросхеме CD40106	307
Двухтональная сирена на микросхемах К555ЛА3	307
Двухтональная сирена на двух логических микросхемах К561ЛЕ5	309
Трехтональная сирена на логических элементах на двух микросхемах К561ЛН2 ..	310
Трехтональная сирена на логических элементах на микросхемах К561ЛН2 и К561КТ3	311
Двухтональный звонок на двух микросхемах К555ЛА3	311
Мелодичный квартирный звонок на микросхемах К561ЛА7 и К561КП2	312
Музыкальный звонок на цифровых микросхемах К176ИЕ12 и К561КП2	313
Электронная сирена на семь комбинаций звука на микросхемах К176ЛЕ5, К176ЛА7, К176ИЕ1, К176КТ1	314
Восьмитональная сирена на микросхемах К561ЛА7, К561ИЕ16, К561КП2	314
Электронная сирена с изменяемой частотой звука на микросхемах 4011, 4046, 4066	316
Выходной каскад электронной сирены	316
7.14. Охранные устройства на КМОП-микросхемах	317
Требования и резервирование	317
Сигнализация на КМОП-микросхемах К561ЛЕ10 (К564ЛЕ10), К561ЛН2 (К564ЛН2)	318
Охранная сигнализация на КМОП-коммутаторах	321
Многоканальное охрannое двухпроводное устройство «МОДУС-НР»	324
Многоканальное охрannое двухпроводное устройство «МОДУС-НЗ»	329
7.15. Автомат бегущего света на микросхеме CD4069	331
7.16. Таймеры на цифровых микросхемах	331
Таймер для временного включения светильника на микросхеме К561ЛН2	331
Сенсорный таймер на микросхеме К561ЛА7	334
Таймер на микросхеме К561ЛА7	336
7.18. Выключатели света	337
Выключатель света с таймером на микросхеме К561ЛА7	337
Акустическое реле с таймером на микросхемах К561ЛН2 и К140УД6	338
Акустический переключатель на микросхемах NE555 и CD4013	339
Триггер – выключатель света на микросхеме К176ТМ1	340
Выключатель освещения для сарая на микросхеме CD4060	340
Выключатель освещения с задержкой на микросхемах К561ИЕ16 и К561ЛЕ5	341
Выключатель нагрузки с регулируемой задержкой отключения на микросхемах К561ИЕ16 и К561ЛЕ5	342
Электронный выключатель освещения на микросхемах К561ТМ2 и К561ЛА7	344
Умный выключатель освещения на микросхемах К561ЛП2, К561ТМ2, К561ИЕ9, К561ЛЕ5	344
Коммутаторы освещения с использованием лазерной указки	346
Одноканальный релейный коммутатор нагрузки на КМОП-микросхеме CD4013	347
Двухканальный коммутатор нагрузки на микросхеме CD4013 с использованием в выходных каскадах транзисторов	348
Двухканальный коммутатор нагрузки на микросхеме CD4013 с использованием симисторов	349

7.19. Автоматизированное управление вентилятором на микросхемах К561ЛА7 и К561ИЕ9	351
7.20. Догчейзеры – ультразвуковые генераторы для отпугивания собак	352
Ультразвуковой генератор для отпугивания собак на микросхеме К561ЛЕ5	352
Ультразвуковой генератор для отпугивания собак на микросхеме К561ЛА7	353
Догчейзер повышенной мощности на микросхеме К561ЛА7	354
Догчейзер повышенной мощности на микросхеме К561ТЛ1	354
7.21. Терморегуляторы	356
Терморегуляторы на микросхеме К561ЛА7	356
Двухполюсный диммер-регулятор мощности	360
7.22. Электронный контактор на микросхеме К561ЛЕ5	363
7.23. Сигнализатор влажности на микросхеме 4093 (К561ТЛ1)	363
7.24. Индикатор полива на микросхеме CD4093 (К561ТЛ1)	364
7.25. Акустический сигнализатор уровня воды на микросхеме 4011 (К561ЛА7)	365
7.26. Многоступенчатый измеритель уровня воды на микросхеме CD4049 (К561ЛН2)	366
7.27. Электронная вращающаяся рулетка на микросхемах К561ЛА7 и К561ИЕ8	367
7.28. Новогодняя автоматика	368
Автомат световых эффектов на микросхемах К555ЛА3 и К555ТМ7	368
Устройство плавного переключения елочной гирлянды на микросхеме К561ЛА7	370
Переключатель гирлянд с плавным изменением яркости на микросхемах К555ЛА3 и К555ТМ2	371
Переключатели елочных гирлянд на микросхеме К561ЛА7	372
Переключатели елочных гирлянд на микросхеме К561ЛН2	373
Новогодние мигалки на семь гирлянд с хаотичным эффектом на микросхемах К561ЛЕ5 и К176ИЕ4	374
Мигалки на RGB-светодиодах на микросхемах-счетчиках К561ИЕ10 и К561ИЕ20	374
Приложение 1. Соответствие ТТЛ микросхем производства России (СССР) и семейства SN74xxxx	378
Приложение 2. Соответствие ТТЛ микросхем семейства SN74xxxx и производства России (СССР)	379
Приложение 3. Соответствие КМОП микросхем России (СССР) микросхемам серии CDxxxx	380
Приложение 4. Соответствие микросхем серии CDxxxx КМОП микросхемам России (СССР)	381
Приложение 5. Состав серий отечественных ТТЛ-микросхем, их назначение и примерные аналоги	382
Приложение 6. Состав серий отечественных КМОП-микросхем, их назначение и примерные аналоги	393
Приложение 7. Серия отечественных логических КМОП-микросхем 5514БЦ	407
Приложение 8. Цоколевки зарубежных ТТЛ-логических микросхем	411
Приложение 9. Цоколевки зарубежных, а также отечественных КМОП-логических микросхем, не имеющих зарубежных аналогов	417
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	427

ВВЕДЕНИЕ

Книг, посвященных описанию программ схемотехнического моделирования, как и самих программ, предназначенных для этого, существует немало. Еще больше написано книг, в которых рассматривается работа различных устройств цифровой электроники. Чем же отличается от всех остальных предлагаемая вашему вниманию книга? А отличается она тем, что в ней, пожалуй, впервые, простым и доступным языком описаны поэтапно пути проникновения в тайны разработки, создания и изучения электронных цифровых схем, вскрыты достоинства и недостатки программ моделирования, без знания которых невозможно увязать теорию и практику.

Противоречия подходов создания электронных схем программным и «натуральным» путем, при помощи паяльника, заключаются в том, что в первом случае радиолюбитель, имея на руках набор виртуальных, неосязаемых деталей и приборов, практически точно так же, как в компьютерной игре, собирает из строительных кубиков незримую схему и наслаждается ее работой ... на экране монитора. Во втором случае подобные опыты требуют порой немалых материальных затрат, особенно ощутимых для начинающего радиолюбителя. Зато результат его творчества осязаем и практически более значим.

Итак, в первом случае радиолюбитель имеет дело со своеобразными строительными кубиками, которые порой можно считать «черными ящиками» (не путать с «Черным квадратом» художника Казимира Малевича). «Черный ящик» — это такое устройство, которое имеет вход и выход, а как оно устроено, можно выяснить лишь предположительно, исследовав это устройство.

Что касается программ схемотехнического моделирования, то многие его строительные кирпичики представляют собой именно такие «черные ящики». Так, например, простейшие логические элементы цифровой техники имеют крайне упрощенное строение: это фиксированный порог переключения и заданный разработчиками интервал времени задержки сигнала.

Совершенно по-иному дело обстоит при «натурном» подходе к созданию электронных схем цифровой электроники. Это приобретение опыта работы с «живым», одушевленным железом, повадки которого можно изучить в процессе длительного общения с подопытными электронными компонентами.

Зато программы, моделирующие электронные процессы, несмотря на их многочисленные недочеты, позволяют достаточно быстро и наглядно освоить премудрости работы как простых, так и сложных радиоэлектронных схем, не обременяя себя знаниями теории. Чаще всего такие программы довольно корректно отражают работу реальных электронных приборов, созданных руками своего творца.



Примечание.

При помощи многочисленного набора виртуальных уникальных измерительных приборов, малодоступных для подавляющего большинства радиолюбителей, можно довольно корректно предсказать свойства создаваемых ими изделий.

Из изложенного выше напрашивается очевидный **вывод**. При освоении работы радиоэлектронных устройств методом проб и ошибок оптимальным является **комплексный подход**, сочетающий исследование таких устройств как на моделях, так и «вживую». Это позволит заметно снизить затраты времени и материалов для достижения полезного эффекта.

Именно такому подходу в изучении принципов работы электронных устройств, созданных на основе цифровых логических элементов различной сложности построения, посвящена настоящая книга. В заключение остается пожелать читателю успешного продвижения по ранее проторенным путям в джунглях цифровой электроники, и, по мере приобретения навыков, самостоятельного свободного ориентирования в поисках новых неизведанных путей, на которых его ждут новые открытия и приключения.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СХЕМ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

1.1. Обзор компьютерных программ моделирования электронных схем

Компьютерных программ моделирования электронных схем существует великое множество. Некоторые из них бесплатны, другие нужно приобретать. Приведу несколько примеров, разместив программы в алфавитном порядке (информация с сайта <https://proxidoyl.cofry.com>).

Allegro Cadence. Набор утилит и программ, позволяющих проектировать интегральные схемы, проводить аналоговое и цифровое моделирование, разрабатывать и подготавливать к производству многослойные печатные платы высокого уровня. Распространение: Shareware (платная), есть пробная версия с ограничениями.

AutoCAD Electrical. Специализированный продукт, созданный на основе популярной САПР AutoCAD и предназначенный для проектирования электрических систем. Стоимость САПР от 5000\$. Есть ознакомительная 30-ти дневная Trial-версия.

Delta Design. Комплексная среда сквозного проектирования электронных устройств. Delta Design является полностью российской разработкой. Система платная. Есть бесплатная демо-версия.

DIALux. Одна из самых мощных в мире компьютерных программ для выполнения светотехнических вычислений и проектирования внешнего и внутреннего освещения.

DoCircuits. Онлайн сервис (также есть оффлайн версия программы), предназначенные для проектирования электрических аналоговых и цифровых схем, а также симуляции их работы. Сервис условно-бесплатен (ограничения на количество элементов).

EasyEDA. Он-лайн сервис EDA, включающий в себя редактор электрических схем, spice-симулятор и редактор печатных плат. Freeware.

EDWinXP. Программное обеспечение для проектирования электронных устройств, включающее все основные этапы моделирования и разработки печатных плат. Симулятор EDSpice создан на SPICE основе и

способен проводить моделирование нелинейных, переходных и смешанных процессов. ПО платное, но есть бесплатная 14-дневная ознакомительная версия.

Electronics Workbench. Один из самых известных пакетов схематического моделирования цифровых, аналоговых и аналогово-цифровых электронных схем высокой сложности. В 1997 году была выпущена последняя версия программы.

gEDA. Распространяемая под лицензией GPL мультиплатформенная система автоматизированного проектирования, состоящая из целого ряда различных инструментальных средств. Freeware.

idealCircuit. Упрощенный симулятор электрических аналоговых схем, предназначенный для моделирования работы идеальных компонентов. Свободное распространение программы.

LabVIEW. Среда графического программирования для создания программ в системах сбора, анализа, измерения, визуализации и обработки данных, а также для управления и автоматизации технических объектов и технологических процессов. Shareware.

Logisim. Бесплатное программное обеспечение для разработки и симулирования цифровых логических схем.

McCAD. Простой и в то же время мощный программный комплекс для разработки электронных устройств различной степени сложности. Программа платная от 400\$, есть демо-версия.

Micro-Cap. Профессиональная программа аналогового, цифрового и смешанного моделирования и анализа цепей электронных устройств средней степени сложности. В сети можно найти русификатор. Платная. Есть бесплатная версия с ограничениями.

NI Multisim. Популярное ПО, позволяющее моделировать электронные схемы и разводить печатные платы. Простой наглядный интерфейс, мощные средства графического анализа результатов моделирования, наличие виртуальных измерительных приборов. Библиотека элементов содержит более 2000 SPICE-моделей компонентов всех основных производителей.

NL5 Circuit Simulator. Кусочно-линейный симулятор электронных схем. Программа платная от 199\$, но есть бесплатная демо-версия с ограничением на кол-во компонентов.

OrCAD. Одна из лучших программ сквозного проектирования электронной аппаратуры, предоставляющая разработчикам поистине безграничные возможности разработки и моделирования электронных схем и создания печатных плат. Распространение: Shareware (платная), есть демоверсия с ограничениями.

PartSim. Он-лайн сервис для моделирования электронных процессов, протекающих в полупроводниковых схемах. Разработан на базе SPICE — симуляторе электронных схем с открытым исходным кодом.

Proteus. Мощнейшая популярная система автоматизированного проектирования, позволяющая виртуально смоделировать работу огромного количества аналоговых и цифровых устройств. Shareware.

Qucs. Симулятор схем с удобным графическим интерфейсом, позволяющий конструировать и рассчитывать производительность электронных цепей и контуров различного уровня сложности. Программа бесплатная.

SimOne. Бесплатная программа схемотехнического моделирования, использующая как классические методы расчетов, так и оригинальные, созданные на базе современных численных алгоритмов. Отечественный разработчик.

LTspice/SwitcherCAD. SPICE-симулятор для проведения компьютерного моделирования работы аналоговых и цифровых электрических цепей. Программа бесплатная.

Symica. Отечественная система автоматизированного проектирования Symica представляет разработчику полный набор современных инструментов проектирования аналоговых и цифро-аналоговых интегральных схем (ИС). САПР платная от 70 тыс. р. Есть бесплатная версия с ограничениями.

TINA-TI. SPICE-симулятор компании Texas Instruments, предназначенный для проектирования, симуляции и отладки различных схем электронных устройств. Программа бесплатная.

1.2. Выбираем пакет моделирования NI Multisim Analog Devices Edition

Что же мы выбрали из предложенного списка? **NI Multisim Analog Devices Edition** — пакет схематического моделирования цифровых, аналоговых и аналогово-цифровых электронных схем высокой сложности, разработан подразделением Electronics Workbench Group компании National Instruments (NI).

Почему именно этот вариант? Это достаточно популярное программное обеспечение:

- ♦ оно позволяет моделировать электронные схемы и разводить печатные платы;
- ♦ имеет простой наглядный интерфейс;
- ♦ обладает мощными средствами графического анализа результатов моделирования;
- ♦ оснащен виртуальными измерительными приборами;
- ♦ библиотека элементов содержит более 2000 SPICE-моделей компонентов всех основных производителей.

Этого вполне достаточно! Теперь несколько слов из истории.

В 1995 г. в Торонто (Канада) Джо Кениг (Joe Koenig) основал компанию Interactive Image Technologies, создавшую симулятор схем Electronics Workbench для обучения электронике в колледжах. Первые версии симулятора состояли из двух **раздельных программ для моделирования**:

- ♦ аналоговых устройств;
- ♦ цифровых устройств.

В 1998 г. компания Interactive Image Technologies стала активно сотрудничать с голландской компанией Ultimate Technology — лидером европейского рынка программного обеспечения для проектирования печатных плат с пакетом ULTIboard.

В 1999 г. компании объединились, итогом чего стало создание самого известного на тот период времени программного продукта Electronics Workbench. Линейка дальнейших продуктов компании включала среды разработки и моделирования электронных схем MultiSIM и программного обеспечения для создания печатных плат Ultiboard.

В 2005 г. компания была приобретена National Instruments и получила наименование National Instruments Electronics Workbench Group.

1.3. Основы моделирования работы схем цифровой электроники в NI Multisim

После запуска программы моделирования взору пользователя предстанет окно, большая часть которого представляет собой *tabula rasa* (белый лист бумаги), на котором будет разворачиваться творческая мысль экспериментатора.



Примечание.

В зависимости от настроек интерфейса верхние ряды иконок и строк меню отведены для выбора операций и компонентов для создания схемы.

Правая вертикальная колонка предоставляет пользователю возможность выбора инструментов и приборов для исследования созданной им схемы.

Частично внешний вид меню и кнопок панелей напоминает классически привычный вид общеизвестных и широко распространенных программных продуктов — текстовых и графических редакторов, в связи с чем пользование кнопками меню обычно не вызывает проблем.

Более проблематичным при пользовании пакетом NI Multisim для многих наших соотечественников является его **иностранность**:

- ♦ пакет явно не ориентирован на русскоговорящего пользователя;
- ♦ не признает русских букв;
- ♦ не содержит отечественных радиоэлементов для конструирования.

Впрочем, наши пользователи, закаленные многолетней эксплуатацией зарубежных программных продуктов, легко справляются с подобными проблемами.



Примечание.

Существуют русифицированные версии программы, базы отечественных компонентов, встраиваемых в Multisim, русскоязычные монографии и руководства по использованию пакетом программы моделирования Multisim.

Подробно и с нуля описывать принципы работы с программой мы не будем: этому посвящены довольно объемные и обстоятельные монографии [105, 106, 117, 154, 177, 185, 218]. Приведем лишь краткие описания и характеристики панелей программы.

Назначение первой, самой верхней панели программы можно охарактеризовать выражением: «Как и что требуется сделать». Это выпадающие списки с вложениями под названиями:

- ♦ «Файл» («File»);
- ♦ «Редактор» («Edit»);
- ♦ «Вид» («View»);
- ♦ «Вставить» («Place»);
- ♦ «Микроконтроллеры» («MCU/Microcontrollers»);
- ♦ «Моделирование» («Simulate»);
- ♦ «Трансляция» («Transfer»);
- ♦ «Инструментарий» («Tools»);
- ♦ «Отчеты» («Reports»);
- ♦ «Установки» («Options»);
- ♦ «Окно» («Window»);
- ♦ «Справка» («Help»).

Далеко не все они равноценны по значимости, и навыки работы с ними будут проясняться по мере накопления опыта пользователя.

Вторая панель программы сильно напоминает соответствующую панель пакета программ Microsoft Office, например, Microsoft Word.

Третья панель программы позволяет пользователю выбрать нужный для построения схемы компонент и включает:

- ♦ «Источники» («Place Source»);
- ♦ «Пассивные компоненты» («Place Basic»);
- ♦ «Диоды» («Place Diode»);
- ♦ «Транзисторы» («Place Transistor»);

А 82 А 5 4

- ◆ «Аналоговые компоненты» («Place Analog»);
- ◆ «Логика TTL» («Place TTL»);
- ◆ «Логика КМОП» («Place CMOS»);
- ◆ «Цифровые компоненты» («Place Misc Digital»);
- ◆ «Аналого-цифровые компоненты» («Place Mixed»);
- ◆ «Индикаторы» («Place Indicator»);
- ◆ «Компоненты питания» («Place Power Component»);
- ◆ «Прочие компоненты» («Place Misc»);
- ◆ «Периферийные устройства» («Place Advanced Peripherals») и т. д.

**Примечание.**

Для различных поколений (версий) программы состав и внешний вид панелей могут отличаться. Кроме того, каждый пользователь может видоизменять вид и состав панелей по своим потребностям.

Правая вертикальная колонка содержит представительный набор виртуальных инструментов и приборов для исследования работы виртуальных схем, созданных пользователем.

**Примечание.**

Кстати, так называемые «горячие» клавиши программы, используемые для ускорения работы пользователя, тоже практически идентичны.

1.4. «Горячие» клавиши в пакете схематического моделирования NI Multisim

**Определение.**

«Горячие» клавиши — это сочетания клавиш, которые помогают быстро вызывать необходимые вам функции программы.

Горячие клавиши в пакете схематического моделирования NI Multisim значительно ускоряют работу на компьютере и увеличивают количество всевозможных действий, выполняемых с клавиатуры. Их также называют **клавишами быстрого доступа** или **клавиатурным ускорителем**.

Кроме того, некоторые «горячие» клавиши общего применения могут понадобиться при неожиданном зависании компьютера или выходе из строя мыши. В последнем случае, пользуясь одной лишь клавиатурой, можно сохранить незавершенный документ, отправить его на печать, свернуть или открыть нужные программы.

**Примечание.**

В разных программах производители устанавливают различные сочетания клавиш, но всегда для этого нужно нажать клавишу-модификатор плюс любую другую клавишу.

В современной клавиатуре Windows клавишами-модификаторами являются Ctrl, Alt, Shift и клавиша Win (на ней логотип Windows). Для вызова некоторых задач нужно зажимать одновременно сразу несколько этих клавиш. Основные специальные «Горячие» клавиши в пакете схематического моделирования NI Multisim представлены в табл. 1.1.

«Горячие» клавиши в пакете схематического моделирования NI Multisim

Таблица 1.1

Сочетание	Функциональная реализация
Alt+E	Открывает меню «Редактор» («Edit»)
Alt+F	Открывает меню «Файл» («File»)
Alt+H	Открывает меню «Справка» («Help»)
Alt+M	Открывает меню «Микроконтроллеры» («MCU/ Microcontrollers»)
Alt+N	Открывает меню «Трансляция» («Transfer»)
Alt+O	Открывает меню «Установки» («Options»)
Alt+P	Открывает меню «Вставить» («Place»)
Alt+R	Открывает меню «Отчеты» («Reports»)
Alt+S	Открывает меню «Моделирование» («Simulate»)
Alt+T	Открывает меню «Инструментарий» («Tools»)
Alt+V	Открывает меню «Вид» («View»)
Alt+W	Открывает меню «Окно» («Window»)
Alt+X	Отображает компонент горизонтально
Alt+Y	Отображает компонент вертикально
Ctrl+A	Выделить все
Ctrl+B	Вставка подсхемы

Сочетание	Функциональная реализация
Ctrl+C	Копировать
Ctrl+D	Открывает Circuit Description Box
Ctrl+F	Поиск
Ctrl+I	Вставка коннектора
Ctrl+J	Вставка узла (точки соединения)
Ctrl+N	Создать новый файл
Ctrl+O	Открыть файл
Ctrl+P	Печать
Ctrl+Q	Добавление провода
Ctrl+R	Поворот компонента на 90 градусов по часовой стрелке (вправо)
Ctrl+S	Сохранить текущий файл
Ctrl+Shift+R	Поворот компонента на 90 градусов против часовой стрелки (влево)
Ctrl+T	Вставка текста
Ctrl+V	Вставить
Ctrl+W	Выбор устройств
Ctrl+X	Вырезать
Ctrl+Z	Отмена действия
Delete	Удалить выделенную группу
F5	Запуск схемы
F6	Пауза
Клавиши курсора (стрелки)	Перемещают выделенное устройство влево, вправо, вверх, вниз

**Примечание.**

В русифицированной версии программы некоторые «горячие» клавиши не активны.

1.5. Инструменты и приборы в NI Multisim

Большое число виртуальных инструментов для формирования сигналов, анализа характеристик сигналов и цепей, многообразие методов анализа и приближенный к реальным приборам интерфейс пользователя делают программу NI Multisim наиболее удобной для моделирования работы как простых, так и сложных электронных устройств. Перечислим основные в табл. 1.2.

Инструменты и приборы в NI Multisim

Таблица 1.2

Инструменты	Приборы
Agilent function generator	Функциональный генератор фирмы Agilent
Agilent multimeter	Мультиметр фирмы Agilent
Agilent oscilloscope	Осциллограф фирмы Agilent
Bode plotter	Плоттер Боде (анализатор частотных характеристик)
Current clamp	Токовые клещи
Distortion analyzer	Измеритель нелинейных искажений
Four channel oscilloscope	Четырехканальный осциллограф
Frequency counter	Частотомер
Function generator	Функциональный генератор
IV analyzer	Анализатор вольтамперных характеристик
LabVIEW instruments	Приборы LabVIEW
Logic analyzer	Логический анализатор
Logic converter	Логический преобразователь
Multimeter	Мультиметр
Network analyzer	Панорамный анализатор
NI ELVISmx instruments	Приборы NI ELVISmx
Oscilloscope	Осциллограф
Spectrum analyzer	Анализатор спектра
Tektronix oscilloscope	Осциллограф фирмы Tektronix
Wattmeter	Ваттметр
Word generator	Генератор слов

1.6. Достоинства пакета моделирования NI Multisim

Начнем рассмотрение с достоинств пакета моделирования. Среди них можно отметить следующие достоинства:

- ♦ значительное сокращение времени создания и отладки реальных электронных устройств и апробация их работы в различных условиях эксплуатации;

- ♦ возможность обучения пользователя основам радиоэлектроники и электротехники вне стен лабораторий без опасности для здоровья и без повреждения техники и ее элементов;
- ♦ использование для анализа работы моделируемых устройств большого ассортимента сложных виртуальных измерительных устройств, оснащение которыми лаборатории в реальных условиях потребовало бы значительных капиталовложений;
- ♦ использование для работы моделей элементов, созданных самим пользователем;
- ♦ сохранение результатов исследований модели в виде графиков и численных данных;
- ♦ возможность передачи спроектированной электронной схемы в программу создания печатных плат (NI ULTIBOARD);
- ♦ совместимость с пакетом PSpice (<http://www.pspice.com/>), что предоставляет возможность экспорта и импорта схем и результатов измерений в различные его версии.

Несмотря на представительный перечень существенных недостатков пакета моделирования NI Multisim, см. ниже п. 1.7, следует признать, что его использование, с известными оговорками на диапазон его корректного применения дает ощутимые преимущества при:

- ♦ проектировании электронных схем;
- ♦ оптимизации работы схемы;
- ♦ изучении принципов и особенностей работы узлов и изделий электронной техники.

1.7. Недостатки пакета моделирования NI Multisim

Идеальных программ моделирования не существует. У каждой программы есть свои плюсы и минусы. Вот основные **недостатки** этого пакета моделирования:

- ♦ невозможность обеспечения полного соответствия свойств моделируемого и реального объектов (общий и неискоренимый недостаток любой из программ моделирования);
- ♦ отмечаются нередкие случаи работоспособности устройства на модели и неработоспособности его в «железе», и наоборот. В частности, многие примитивные генераторы на цифровых микросхемах в связи с использованием крайне упрощенных их моделей не работоспособны при моделировании;

- ◆ трудно выбрать нужный элемент, например, транзистор, поскольку система поиска может выбрать элемент только по его названию, фрагменту названия, общему назначению, но не способна предложить выбор элемента по предельному току коллектора, напряжению эмиттер-коллектор, рабочей частоте и т. д.;
- ◆ при моделировании могут наблюдаться совершенно абсурдные результаты, например, через не подключенный никуда резистор может протекать килоамперный ток, или на каком-либо узле схемы неожиданно наблюдаться напряжения в десятки киловольт;
- ◆ программа не способна корректно промоделировать работу электронной схемы, если какой-либо из ее элементов включен не по общепринятым правилам. Не редки также случаи, когда программа отказывается работать и в совершенно «правильной» схеме;
- ◆ весьма ограниченный и не мотивированный набор примеров для демонстрации работы различных электронных устройств;
- ◆ при моделировании устройств, выполненных, например, на КМОП-микросхемах, возможно питание таких устройств только от источника питания напряжением 5, 10 или 15 вольт, не допускающая иных значений;
- ◆ программа способна продолжать показывать результаты работы устройства, когда ее элементы работают в запредельных режимах, при которых реальные элементы гарантированно должны были бы выйти из строя;
- ◆ для решения проблем моделирования, в случае, если программа заходит в тупик и отказывается работать, существует автоматически включаемый «Помощник сходимости», весьма медленно автоматически перебирающий возможные варианты решения проблемы и, в итоге, часто не способный решить задачу даже при использовании несложных схем;
- ◆ программа не позволяет быстро оценить результат подбора номинала (номиналов) резисторов, конденсаторов или индуктивностей для получения приемлемой характеристики усилителей, фильтров и других электронных устройств. Для того, чтобы получить нужную пользователю, например, амплитудно-частотную характеристику путем подбора номиналов RC- или LC-цепей, необходимо при изменении номинала элемента каждый раз перезапускать процесс моделирования и самостоятельно оценивать результат такой замены;
- ◆ программа позволяет «моделировать» работу устройств, например, усилителей, вплоть до частот порядка 1000 ТГц, что

является совершеннейшим абсурдом, поскольку это уже инфракрасный диапазон (!). Отметим попутно, что радиоэлектронные компоненты на частоты свыше 5...10 ГГц отсутствуют как в свободном доступе, так и в ассортименте предлагаемых моделей программы.

**Примечание.**

Напомним также, что на работу электронных устройств даже в области частот «всего» до 1 ГГц (частота ниже в миллион раз) сказываются как геометрические и электрические свойства как самих активных и пассивных элементов конструкции, так и влияние паразитных распределенных емкостей и индуктивностей, а также обратных связей, учесть влияние которых в модельных условиях крайне проблематично.

1.8. Таблицы истинности логических элементов

Таблица истинности логического элемента характеризует отклик логического элемента на совокупность возможных значений входных сигналов. Для наглядности отклик логического элемента представляют в виде таблицы значений уровня выходного сигнала от всех возможных значений уровней логических сигналов на входах логического элемента, **рис. 1.1–1.7.**

Так, например, если логический элемент имеет всего **один вход**, таблица будет представлена всего двумя строками, характеризующими реакцию логического элемента на входной сигнал уровня:

- ♦ логического нуля;
- ♦ логической единицы.

**Примечание.**

*Если у логического элемента имеется два входа, таблица будет иметь 4 строчки: **рис. 1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 1.7.***

*Если у логического элемента имеется три входа – 8 строчек, **рис. 1.3.***

*Если у логического элемента имеется четыре входа – 16 строчек, **рис. 1.6.***

Или, в **формульном выражении:**

$$N = 2^n,$$

где n — число входов логического элемента; N — число строк.

**Вывод.**

Число строк таблицы соответствует количеству неповторяемых сочетаний уровней входных логических сигналов, например, для двухвходового элемента: 0-0; 0-1; 1-0; 1-1.

Для быстрого определения таблицы истинности логических элементов в программе Multisim имеется специальный инструмент — **логический преобразователь** (Logic Converter). Для создания таблицы истинности достаточно присоединить входы и выходы логического элемента к логическому преобразователю так, как показано на рисунках — и нажать мышкой на первую строчку графы «Преобразование» («Conversions»).

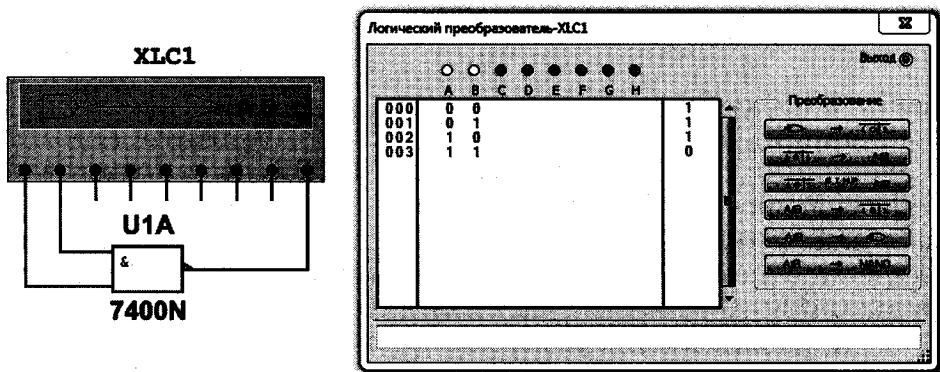


Рис. 1.1. Таблица истинности логического элемента 2И-НЕ 7400 (К155ЛАЗ), полученная при помощи логического преобразователя NI Multisim

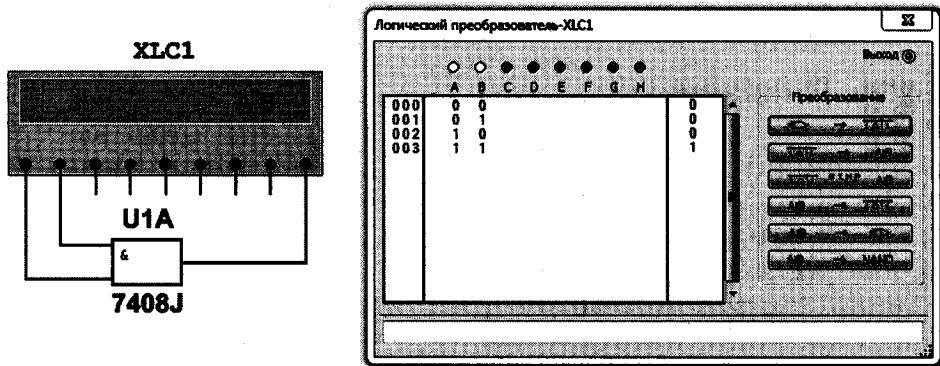
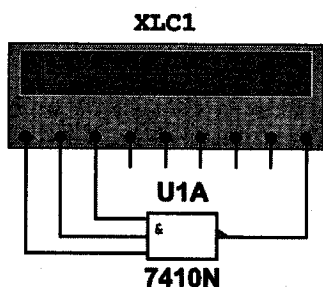


Рис. 1.2. Таблица истинности логического элемента 2И 7408 (К155ЛИ1)

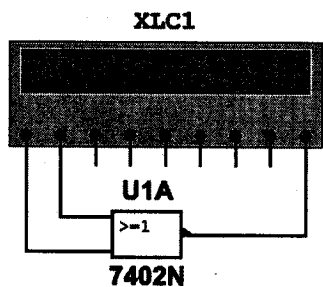


Логический преобразователь-XLC1

	A	B	C	D	E	F	G	H	
000	0	0	0						1
001	0	0	1						1
002	0	1	0						1
003	0	1	1						1
004	1	0	0						1
005	1	0	1						1
006	1	1	0						1
007	1	1	1						0

Преобразование:

Рис. 1.3. Таблица истинности логического элемента 3И-НЕ 7410 (К155ЛА4)

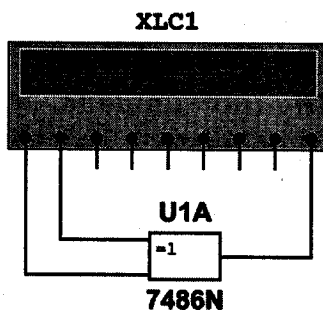


Логический преобразователь-XLC1

	A	B	C	D	E	F	G	H	
000	0	0							1
001	0	1							0
002	1	0							0
003	1	1							0

Преобразование:

Рис. 1.4. Таблица истинности логического элемента 2ИЛИ-НЕ 7402 (К155ЛЕ1)



Логический преобразователь-XLC1

	A	B	C	D	E	F	G	H	
000	0	0							0
001	0	1							1
002	1	0							1
003	1	1							0

Преобразование:

Рис. 1.5. Таблица истинности логического элемента 2Исключающее ИЛИ 7486 (К155ЛП5)

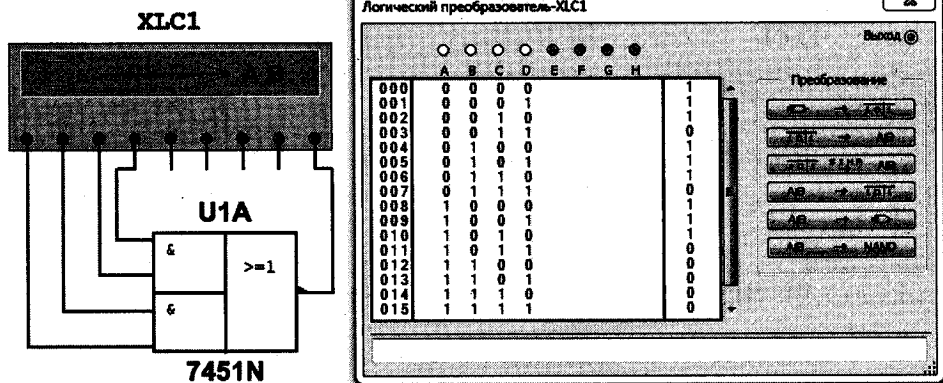


Рис. 1.6. Таблица истинности логического элемента 2И-2ИЛИ-НЕ 7451 (К555ЛР11)

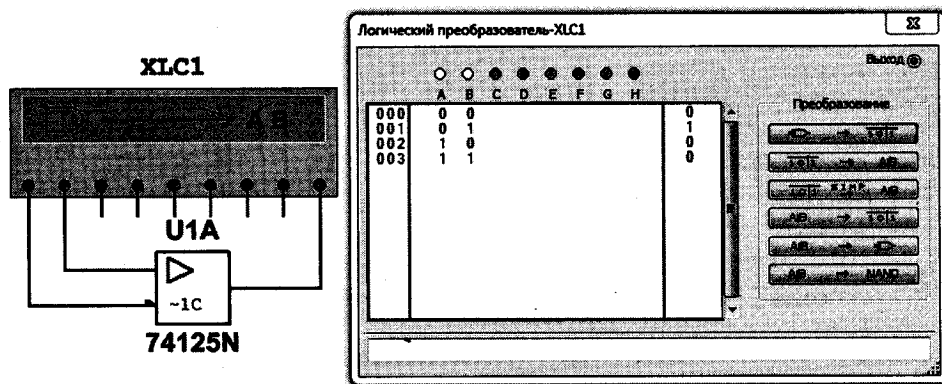


Рис. 1.7. Таблица истинности логического элемента 74125 (К155ЛП8) – буферный элемент с инверсным входом 3-го состояния $\sim 1C$

1.9. Построение логической схемы по заданной таблице истинности

Предположим, что нам задана таблица истинности. Допустим, что наша схема должна иметь три входа А, В и С. При помощи мышки предварительно следует нажать на кружки соответствующих входов изображения логического преобразователя А, В и С.

Значения уровня логических выходных сигналов мы введем в последнюю графу логического преобразователя самостоятельно, заменяя исходный знак вопроса значениями 1, 0 или X, щелчками мышки по знаку вопроса, рис. 1.8. Далее, узнаем логическую функ-

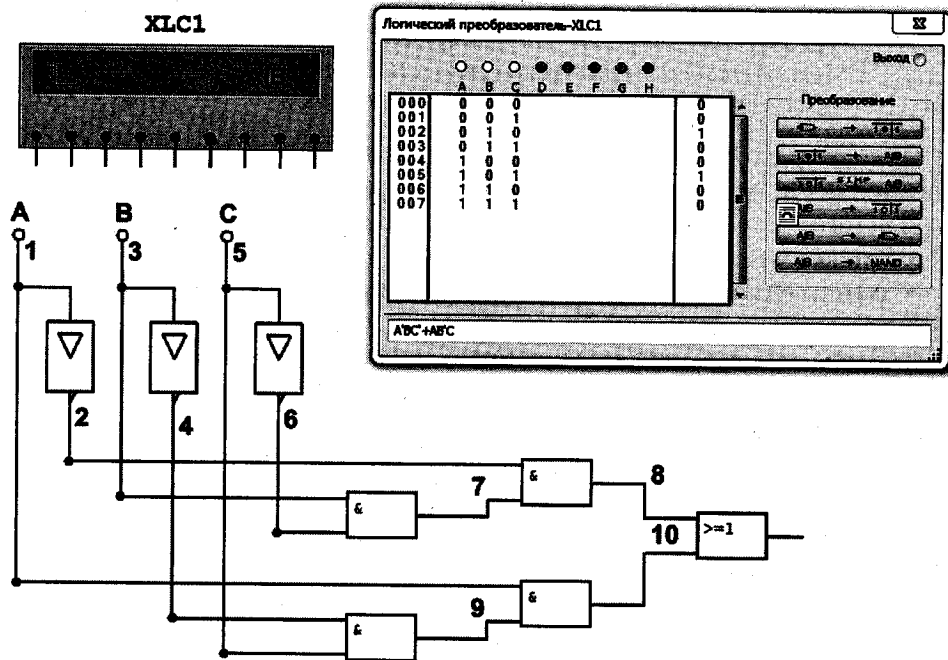


Рис. 1.8. Построение при помощи логического преобразователя схемы, способной обеспечить заданную пользователем таблицу истинности

цию заданной нами схемы, нажав мышкой на вторую строчку графы «Преобразование».

Для завершения работ нажимаем мышкой вторую снизу строчку графы «Преобразование» и вставляем на лист экрана полученный результат в виде готовой электрической схемы цифрового устройства (Ctrl+V или нажав правую кнопку мышки и, затем, «Вставить»), рис. 1.8.

1.10. Синтез логических элементов по их функции

Логический преобразователь способен не только иллюстрировать работу как общеизвестных логических элементов, так и созданных самим пользователем сложных логических структур.



Примечание.

С помощью этого преобразователя можно выполнить и обратную функцию. Т. е. по заданной (необходимой пользователю) функ-

ции создать из совокупности более простых элементов новый логический элемент специального назначения. Можно создать даже такой элемент, каких нет в ассортименте продукции фирм-производителей электронных компонентов.

Правда, для этого пользователю предстоит изучить основные законы построения логических выражений. Таких выражений, к счастью, не так уж и много:

- ♦ сложение (+, пример: $A+B$);
- ♦ умножение (обозначения не имеет, пример: AB);
- ♦ инверсия (', пример: A').

Кроме того, в выражениях можно использовать обычные скобки, определяющие приоритет (порядок) вычислений — (); пример: $(A+B)C$.

Количество входных сигналов можно задавать в пределах от 1 до 8. Причем сигналы обозначают не цифрами, а буквами латинского алфавита (A, B, C, D, E, F, G, H). Приведем несколько **примеров**.

Зададим **функцию перемножения двух сигналов АВ**. Для этого занесем в нижнюю строчку иконки логического преобразователя, **рис. 1.9**, выражение AB (регистр — латинскими/английскими буквами). Далее нажимаем 4-ю строчку графы «Преобразование» и получаем таблицу истинности такого элемента.

Но это еще не все. Нажимаем следующую, пятую по счету строчку графы «Преобразование» (см. **Примечание** ниже). В результате получаем изображение логического элемента, который должен обеспечить затребованную ими функцию.



Примечание.

Изображение логического элемента появится на экране после того, как мы, используя правую кнопку мышки, нажмем «Вставить», или вставим изображение элемента одновременным нажатием клавиш $Ctrl+V$.

В итоге мы получили логический элемент 2И, **рис. 1.9**. В качестве комментария к **таблице истинности, рис. 1.9**, отметим, что значения выходных сигналов логического элемента, выполняющего функцию перемножения двух входных логических сигналов, легко определить и не прибегая к помощи логического преобразователя. Так, если входные сигналы $A = 0$ и $B = 0$, их произведение $0 \cdot 0 = 0$; если $A = 0$ и $B = 1$, их произведение $0 \cdot 1 = 0$; $A = 1$ и $B = 0$, их произведение $1 \cdot 0 = 0$; $A = 1$ и $B = 1$, их произведение $1 \cdot 1 = 1$.

Приведем в **табл. 1.3** примеры нескольких наиболее простых логических функций и им отвечающих логических элементов с таблицами истинности.

Таблица 1.3.

Описание логических функций и им соответствующих логических элементов

Логическая функция	Формула	Системы обозначений логических элементов				Наименование и примеры логических элементов	Таблица истинности		
		Multisim	DIN	ANSI	ГОСТ и IEC		Входы	Выход	Y
						A	B	Y	
Тавтология, повторение	$Y = A$					0 1	- -	0 1	
Инверсия, отрицание	$Y = A'$					0 1	- -	1 0	
Дизъюнкция, логическое сложение	$Y = A + B$					0 0 1 1	0 1 0 1	0 1 1 1	
Штрих Пирса (элемент, стрелка, функция Пирса)	$Y = A' + B'$					0 0 1 1	0 1 0 1	1 0 0 0	
Конъюнкция, логическое умножение	$Y = AB$					0 0 1 1	0 1 0 1	0 0 0 1	
Штрих Шеффера (элемент, стрелка, функция Шеффера)	$Y = A'B'$					0 0 1 1	0 1 0 1	1 1 1 0	
Исключающее ИЛИ (сумма по модулю два, отрицание эквивалентности)	$Y = A'B + AB'$					0 0 1 1	0 1 0 1	0 1 1 0	
Исключающее ИЛИ-НЕ (эквивалентность)	$Y = AB + A'B'$					0 0 1 1	0 1 0 1	1 0 0 1	

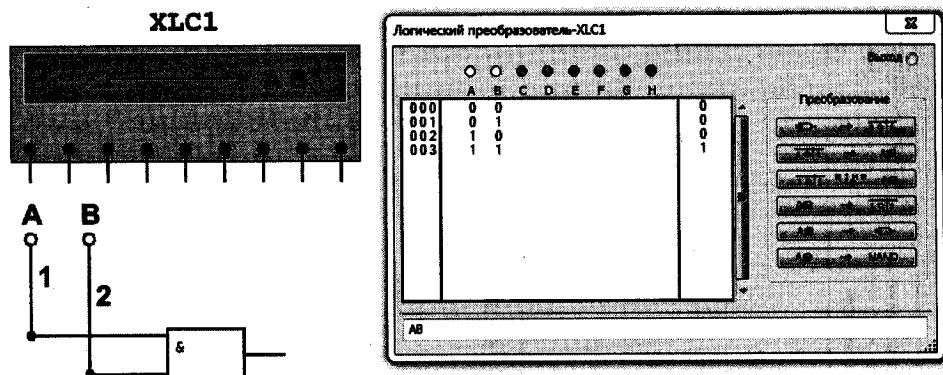


Рис. 1.9. Синтез логического элемента по его заданной функции

В завершение темы приведем еще пару примеров создания логических схем сложного функционального построения.



Пример 1.

Предположим, что нам задана логическая функция $A'B' + A'B + AB$, под которую требуется создать логическую схему. Прделав описанные ранее процедуры, получим искомый вариант схемы, рис. 1.10. Возможно, это не самый лучший, но зато рабочий вариант построения схемы, выполняющий заданную нами рабочую функцию.

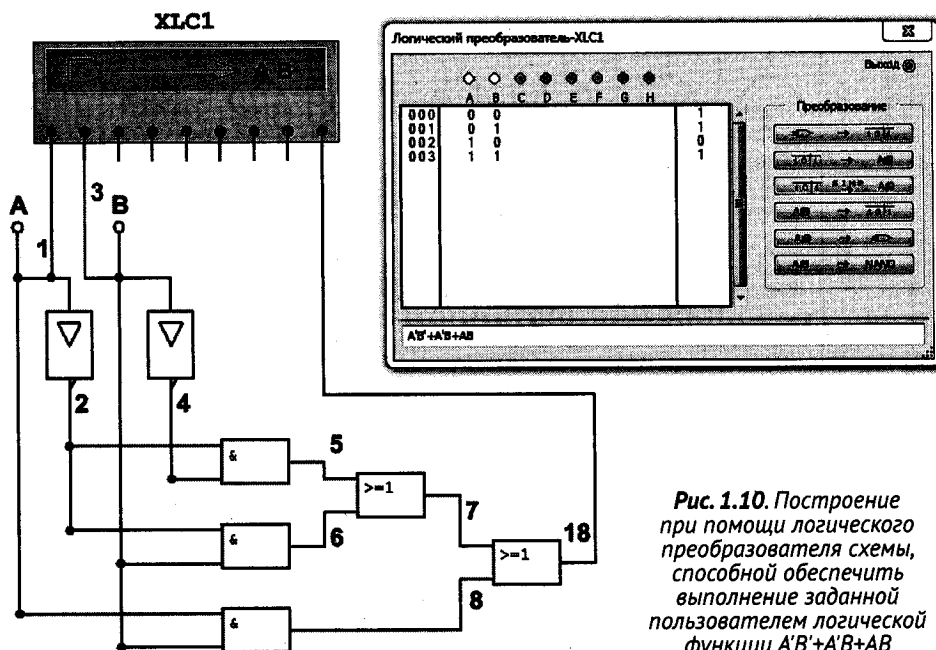


Рис. 1.10. Построение при помощи логического преобразователя схемы, способной обеспечить выполнение заданной пользователем логической функции $A'B' + A'B + AB$

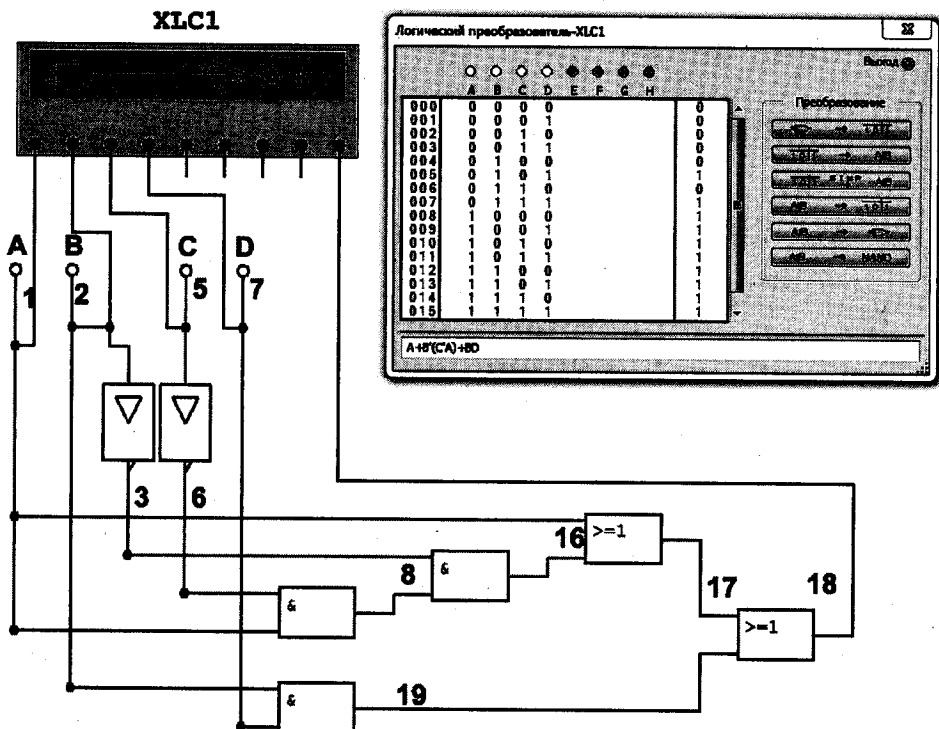


Рис. 1.11. Построение при помощи логического преобразователя схемы, способной обеспечить выполнение заданной пользователем логической функции $A+B'(CA)+BD$



Пример 2.

Предположим, что задана логическая функция $A+B'(CA)+BD$, под которую требуется создать логическую схему. Результат создания такой схемы приведен на **рис. 1.11**.

1.11. Синтез одних логических элементов из совокупности других

Известно, что многозадачность использования входов логических узлов позволяет в случае необходимости синтезировать логический элемент другого назначения.



Примечание.

Подобные процедуры осуществляют нечасто, лишь в случае острой необходимости, при отсутствии в запасниках нужного логического элемента.

Ниже приведем примеры таких замен, **рис. 1.12–1.15**.

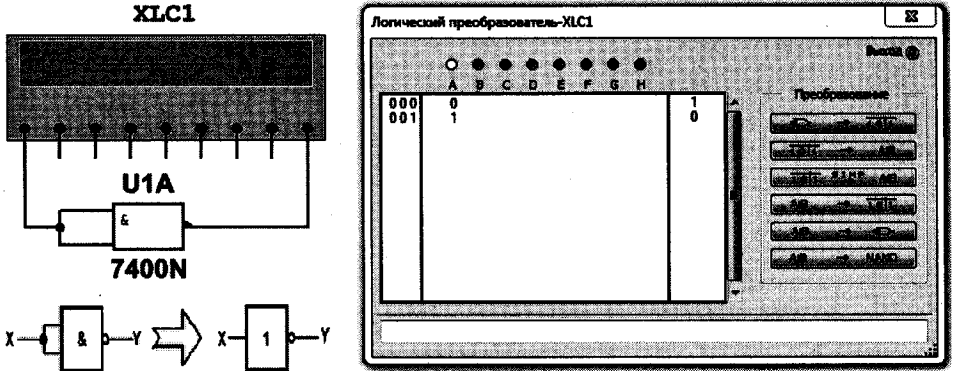


Рис. 1.12. Синтез логического элемента НЕ из элемента 2И-НЕ

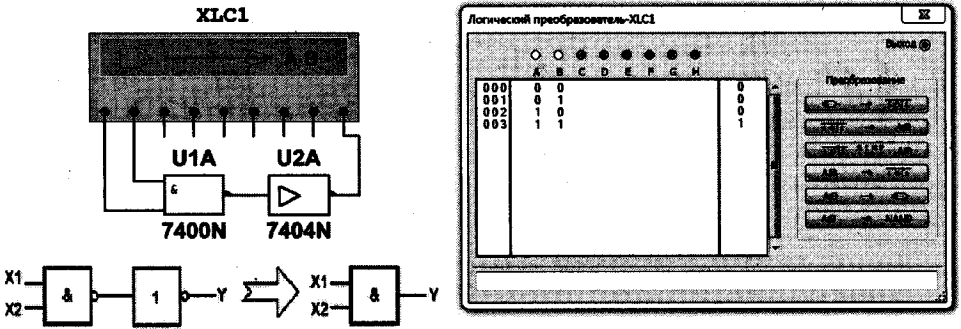


Рис. 1.13. Синтез логического элемента 2И из элементов 2И-НЕ + НЕ

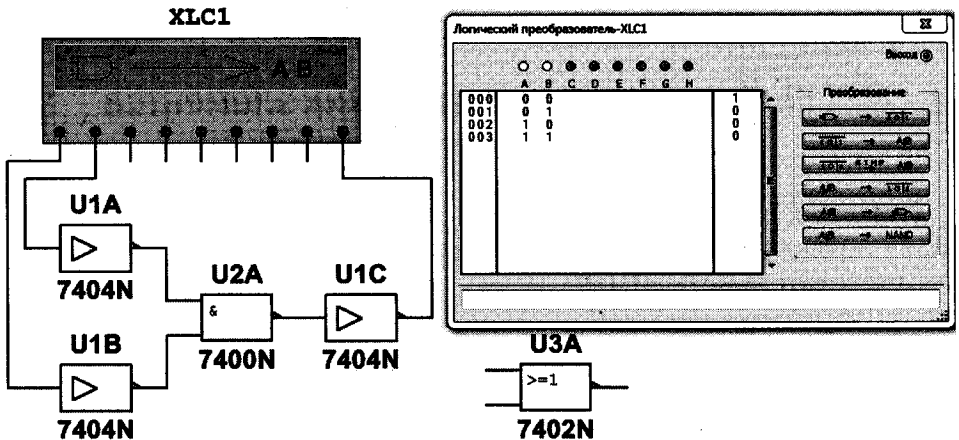


Рис. 1.14. Синтез логического элемента 2ИЛИ-НЕ

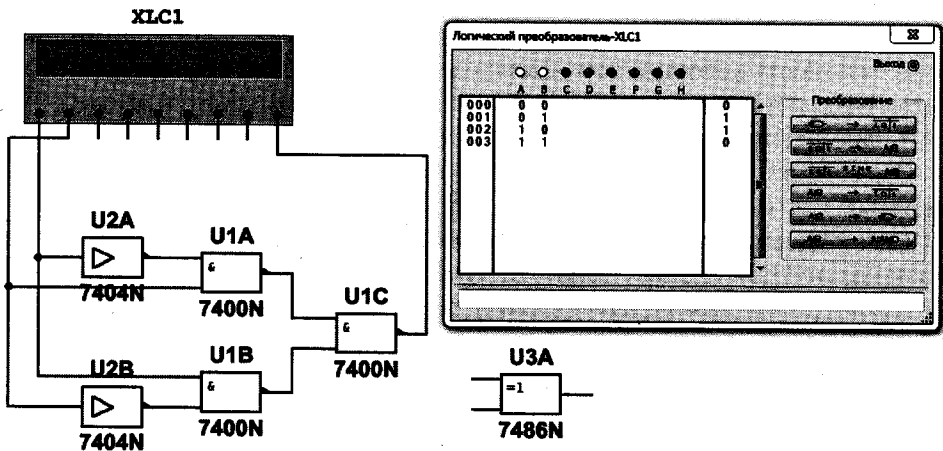


Рис. 1.15. Синтез логического элемента 2Исключающее ИЛИ

Примеры замены простых логических элементов подробно рассмотрены в литературе, например, в [215]. При желании такие замены можно без затруднений промоделировать самостоятельно в программе Multisim. Поэтому в завершение темы приведем еще пару примеров замен логических элементов более сложного построения, рис. 1.14 и рис. 1.15.

1.12. Исследование свойств логических элементов

Исследуем, как ведет себя элементарный элемент цифровой техники — элемент НЕ, рис. 1.16. Для этого соберем незамысловатую схему. Выберем в качестве объекта нашего интереса ТТЛ-микросхему 74F04N (отечественный аналог — КР1531ЛН1).



Примечание.

Впрочем, никто не неволит вас выбрать для изучения свойств совершенно иной логический элемент.

Но пока будем действовать по порядку. Итак, напомним, что для анализа работы мы выбрали один, любой на наш выбор, логический элемент НЕ из шести равноценных элементов НЕ, входящих в состав микросхемы 74F04N.

Для начала на вход микросхемы U1A будем подавать сигнал от функционального генератора XFG1. Настроим его следующим образом, выбрав для работы:

- ♦ генерацию импульсов прямоугольной формы;
- ♦ частоту повторения импульсов 10 МГц;

- ♦ длительность импульса 50 % (импульс симметричной формы, длительность которого равна длительности паузы между импульсами);
- ♦ амплитуда сигнала — 2,5 В;
- ♦ смещение относительно нуля тоже 2,5 В.

В итоге мы получим импульс, форма которого воспроизведена в верхней части осциллограммы.

Кстати, об осциллограмме. **Осциллограмма** позволяет наблюдать изменение уровня электрических сигналов во времени. Для получения осциллограмм используется специальный прибор — **осциллограф**, обозначенный на нашей схеме значком **XSC1**.



Примечание.

Сразу обратим внимание на то, что используемый нами осциллограф имеет два равноценных входа и, соответственно, позволяет наблюдать одновременно два электрических сигнала.

Для одновременного наблюдения входного и выходного сигналов с исследуемого нами устройства (элемента НЕ микросхемы U1A) подключим вход А осциллографа ко входу элемента НЕ, а вход В — к его выходу.

Настроим осциллограф следующим образом:

- ♦ «Развертка» — шкала 50 ns/Div (50 наносекунд (нс) на одно деление шкалы);
- ♦ «Канал А» — шкала 2 V/Div (2 вольт на одно деление шкалы);
- ♦ смещение Y — 0 В;
- ♦ «Канал В» — шкала 2 V/Div (2 вольт на одно деление шкалы);
- ♦ смещение Y — 2,8 В.



Примечание.

Остальные кнопки настройки осциллографа упоминать ни сейчас, ни далее без особой на то необходимости не будем, но их активное (включенное) состояние легко можно определить по прилагаемому ниже рис. 1.16.

Возникает **вопрос**: а для чего мы выбрали смещение сигнала по «Каналу В» — 2,8 В.

Ответ очевиден: чтобы можно было легко различать два близких по форме сигнала.



Совет.

Рекомендуется для большей наглядности окрасить на экране осциллографа наблюдаемые линии в разные цвета, закрепив на все ваши последующие опыты с программой, выбранные пользователем цвета для:

- ♦ входного сигнала, (например, красный цвет);
- ♦ выходного сигнала (например, синий цвет).

Поменять окраску линии сигнала как на электрической схеме, так и, одновременно, на экране осциллографа совершенно несложно. Для этого достаточно навести мышью курсор на линию участка схемы, щелкнуть правой кнопкой мышки и выбрать понравившийся вам цвет из предлагаемой палитры цветов.

При составлении эклектической схемы мы чуть было не забыли об еще одном немаловажном, но совсем не обязательном элементе — **потенциометре R1**, при помощи которого мы сможем менять уровень входного напряжения, подаваемого на вход микросхемы U1A.

Кстати, настроим или выберем его следующим образом:

- ♦ полное сопротивление 1 кОм (хотя можно было бы взять и 100 Ом и 10 кОм):
- ♦ управление (перестройка или регулировка) сопротивления при помощи клавиши A (Key A) или Shift-A (одновременное одиночное или многократное нажатие двух клавиш, латиница!).

Сопротивление этого потенциометра регулируется в отличие от реального сопротивления не плавно, а ступенчато, с шагом, принятым «по умолчанию» 5 %. Впрочем, пользователь волен выбрать иной приглянувшийся ему шаг перестройки, задав его в панели свойств потенциометра. Это может быть, например, и 20, и 10, и 2, и 0.1, и даже 0.01 %, т. е. практически плавно, без «рывков».



Внимание.

Программа моделирования Multisim категорически не признает букв русского регистра, а также запятых в обозначении номиналов элементов или шага их перестройки. К схеме обязательно должно быть присоединено «заземление»!

Кажется, что все готово для работы. Однако для того, чтобы плоды нашего труда по «кропотливому» созданию схемы не пропали впустую при непредсказуемом случайном сбое, сохраним нашу схему на жестком диске компьютера. Для порядка, чтобы потом не путаться с множеством схем различного назначения, **рекомендуется** навести определенный порядок в файловом хранении, рассортировав файлы и папки для их хранения по определенной, заведенной вами системе.

Итак, приступим, наконец, к работе. Для включения незримого источника питания нажмем одну из двух равноценных кнопок «включения питания» схемы. Отрегулируем «движок» потенциометра R1 так, чтобы на экране осциллографа появилась картина, изображенная на **рис. 1.16**.

Регулируя уровень входного сигнала при помощи потенциометра R1, можно убедиться, что выходной сигнал элемента НЕ скачком пропадает при снижении входного напряжения ниже значения

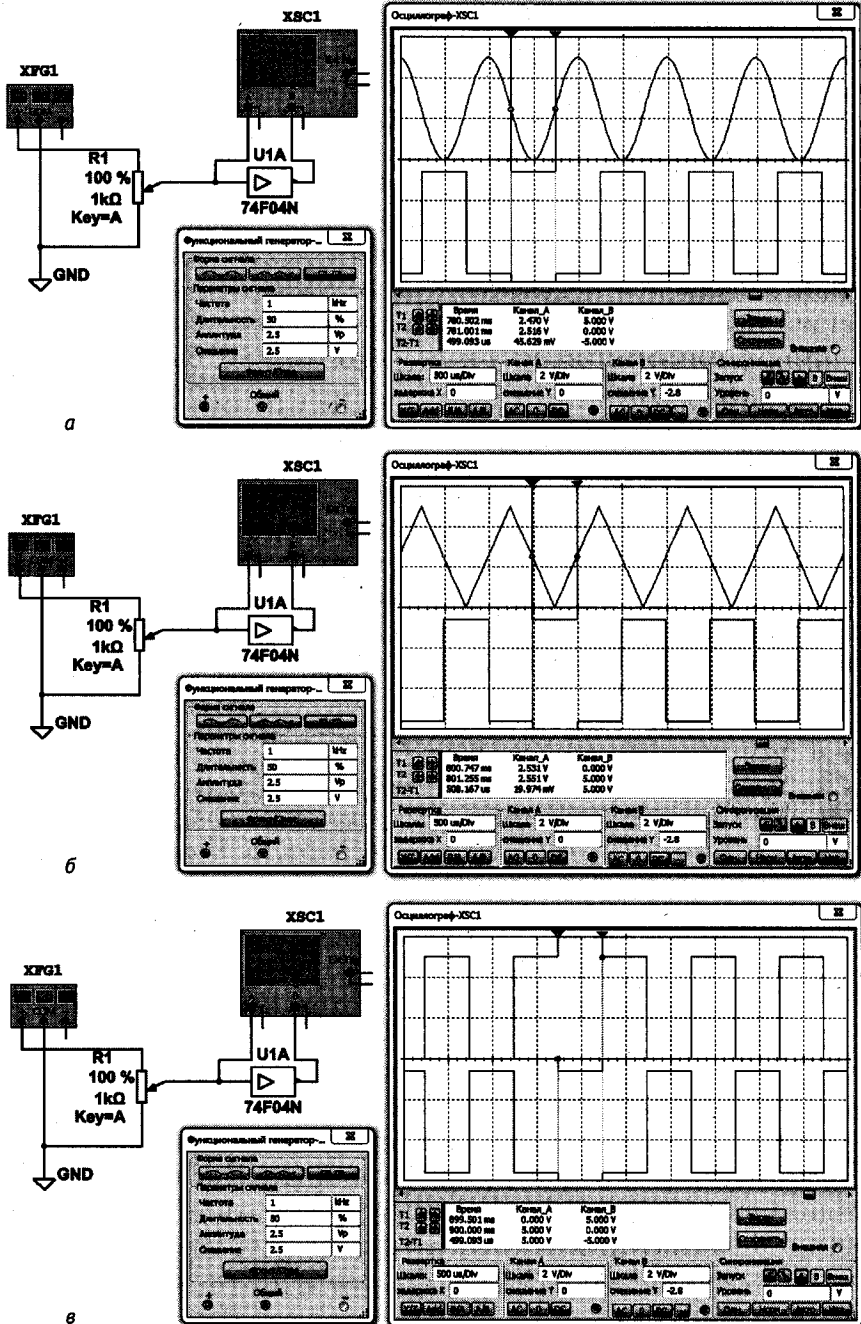


Рис. 1.16. Демонстрация работы логического элемента НЕ ТТЛ при подаче на его вход управляющего сигнала:
а – синусоидальной; б – треугольной; в – прямоугольной формы

2,5 В. Таким образом, **переходная характеристика элемента** имеет неестественно-прямоугольный вид, не свойственный реальным электронным компонентам.



Примечание.

*Внимательно сравнивая верхнюю (входную) и нижнюю (выходную) осциллограмму сигналов на **рис. 1.17**, отметим, что выходной сигнал отстает (запаздывает) относительно входного на несколько наносекунд.*

На сколько именно сигнал отстает (запаздывает), можно легко узнать, если подвести указателем курсора риску (вертикальную полосу) на экране осциллографа к линии начала нижнего импульса и вторую риску к линии окончания ближайшего верхнего импульса, **рис. 1.17**.

Результат можно узнать из строки T2-T1 на экране осциллографа. Это время на частоте переключения 10 МГц ТТЛ элемента 74F04N примерно равно 7,623 нс. Отметим, что паспортное предельное значение времени нарастания и спада цифрового сигнала для микросхемы SN74F04N равно 6,0 и 5,3 нс, соответственно.

Для повышения точности определения времени задержки рекомендуется «растянуть» осциллограмму по оси времени, выбрав более крупный масштаб по шкале «Развертка». Вертикальные риски красного и синего цвета следует располагать ровно посередине спадающего (нарастающего) участка импульса.

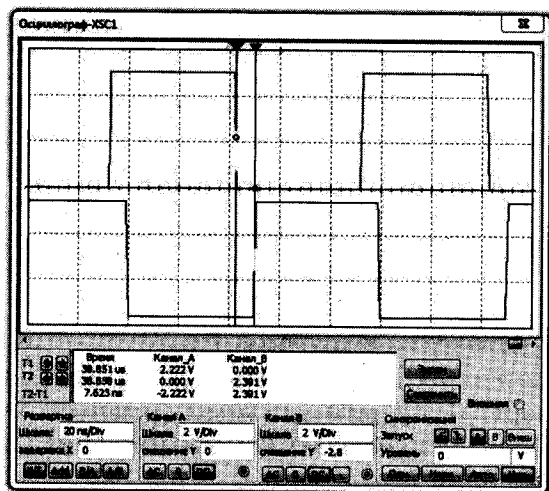


Рис. 1.17. Определение на осциллограмме времени задержки импульса при прохождении его через логический элемент

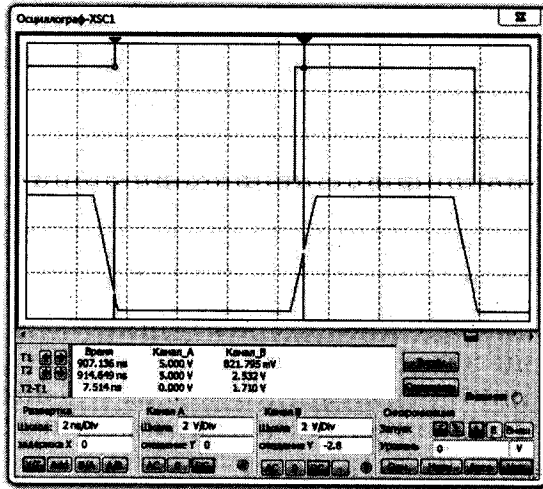


Рис. 1.18. Работа логического модельного ТТЛ-элемента HE 74F04N на частоте 70 МГц

Давайте посмотрим, как будут выглядеть сигналы на входе и выходе модельного логического ТТЛ-элемента HE 74F04N в зависимости от частоты входного сигнала прямоугольной формы. Уже на частоте порядка 70 МГц инвертор HE (по своему основному назначению) меняет свою «окраску» — будет обычным повторителем с задержкой импульса на время около 7,623 нс, рис. 1.18.



Примечание.

Такое «чудо» объясняется тем, что длительность транслируемого через логический элемент входного сигнала сравняется со временем задержки прохождения сигнала.

В порядке сравнения численных данных, позволяющих сопоставить зависимость длительности импульса идеально прямоугольной формы от его частоты и временами задержки логических элементов приведем ниже табл. 1.4. Длительность импульса $t_{и}$, нс, в случае равенства длительности импульса и междуимпульсной паузы, определяется как

$$t_{и} = 1000/2f_{и},$$

где $f_{и}$ — частота следования импульсов, Гц.

На самом деле микросхемы изучаемой нами серии способны работать до частот порядка 100 МГц. Поскольку в модель заложены максимально допустимые времена задержек прохождения сигнала, в реальности эти времена могут быть заметно ниже.

Зависимость длительности импульса идеально прямоугольной формы от его частоты

Таблица 1.4

Частота, МГц	Длительность импульса, нс
10	50
20	25
30	16,7
40	12,5

Частота, МГц	Длительность импульса, нс
50	10
60	8,3
70	7,14
80	6,25



Примечание.

Сигналы на выходе реальных микросхем, работающих на предельно высоких частотах, по форме будут заметно отличаться от расчетных, модельных и в большей степени будут напоминать синусоиду. Кроме того, амплитуда этих сигналов будет понижаться по мере роста частоты, а тепловыделение микросхем расти.

Итак, при исследовании моделей цифровых элементов мы выяснили, что их работа далеко не в полной мере отражает работу настоящих, «живых» микросхем. По мере появления новых версий программы ситуация в совершенствовании моделей цифровых элементов ничуть не меняется. Скорее всего, армия разработчиков программного обеспечения NI Multisim давно знает об этой проблеме, но на усложнение моделей намеренно не идет, поскольку скорость моделирования понизится до неприемлемых значений.

В табл. 1.5 приведены основные характеристики зарубежных TTL-микросхем различных серий и им близких отечественных аналогов [56].

Серии логических микросхем – максимальная частота переключения, ток потребления, нагрузочная способность

Таблица 1.5

Питание, В	Максимальная частота переключения, МГц	Задержка, нс	Нагрузочная способность, мА	Потребление тока в покое	Серия	Аналог
3...5	30	15	4	мкА	1564	74НС
5	30	15	4	мкА	–	74НСТ
3...5	145	8	24	мкА	1554	74АС
5	125	8	24	мкА	1594	74АСТ
3...5	130	5,5	8	мкА	–	74VHC
5	100	8	8	мкА	–	74VHCT
5	25	15	0,4	мА	K555	74LS
5	34	11	0,4	мА	K1533	74ALS
5	100	4,5	2	мА	K1530	74AS
5	100	5	1	мА	K1531 (531)	74F
5	180	3,6	50	мкА	–	74ABT

1.13. Изучение моделей логических элементов



Внимание.

Поскольку в моделях логических элементов программы Multisim заложены лишь напряжения переключения логических элементов и времена задержки сигнала, дальнейшее исследование таких моделей представляется неперспективным. В этой связи сделаем откат назад.

Синтезируем простой базовый логический элемент из дискретных элементов. Это позволит более корректно проанализировать его работу с использованием все той же программы Multisim. Теперь соберем в Multisim варианты схем базового элемента ТТЛ-микросхем, приведенных на **рис. 1.19** и **рис. 1.20**.

Попробуем для начала воспроизвести из отдельных элементов простейший вариант схемы логического ТТЛ элемента, **рис. 1.19**. Для моделирования используем в качестве активных элементов хоть и устаревшие, но вполне классические транзисторы 2N2222.



Примечание.

Попутно, забегая вперед, отметим, что при использовании других типов транзисторов нам вряд ли удастся добиться более-менее приемлемых результатов.

Давайте для начала поэкспериментируем, потренируемся на изучении столь простой схемы.

Задача. *Предлагается изучить, как будет меняться выходной сигнал при изменении уровня входного сигнала.*

Для этого будем последовательно повторять такие замеры, ступенчато повышая частоту входных импульсов каждый раз на 10 МГц.



Совет.

Результаты опытов рекомендуется заносить в таблицу, а также использовать для наглядности их графическое представление.

На выходе логического элемента, **рис. 1.19**, мы получили инвертированный входной сигнал заметно искаженной формы, уровню логической единицы которого соответствует 4,14 В, уровню логического нуля 0,2 В. Мультиметр ХММ1, включенный в режиме измерения тока, показывает ток, потребляемый аналогом элемента НЕ, около 2 мА.

Соберем далее более сложный эквивалент базового элемента ТТЛ 2И-НЕ, примерно отвечающий микросхеме 7400, **рис. 1.20** и **рис. 1.21**.

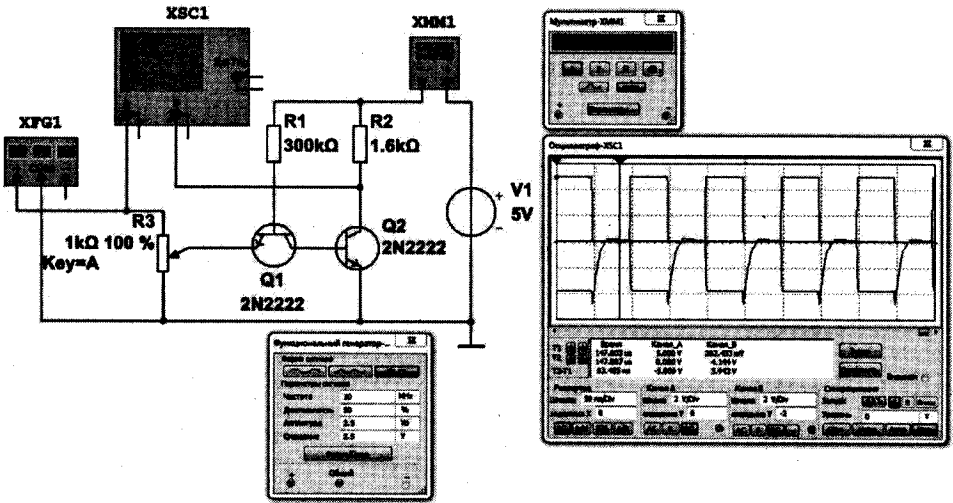


Рис. 1.19. Демонстрация работы аналога логического элемента НЕ, выполненного на дискретных элементах

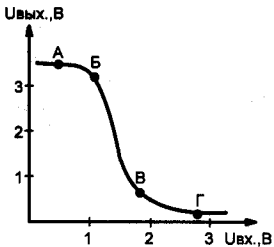
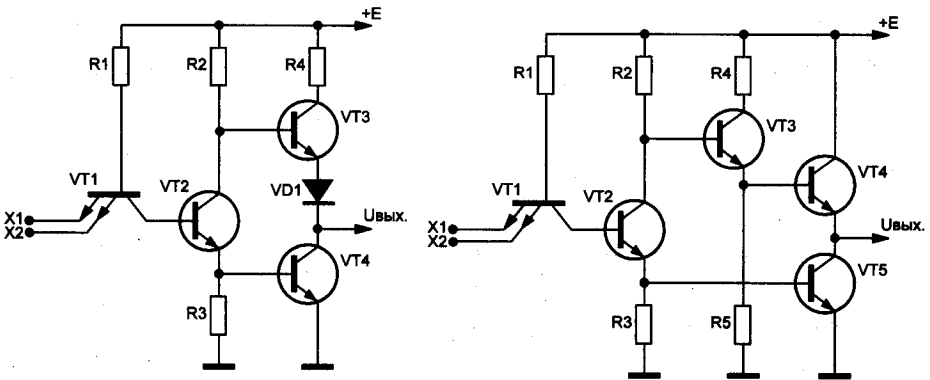


Рис. 1.20. Варианты схем базового элемента ТТЛ 2И-НЕ и их переходная характеристика

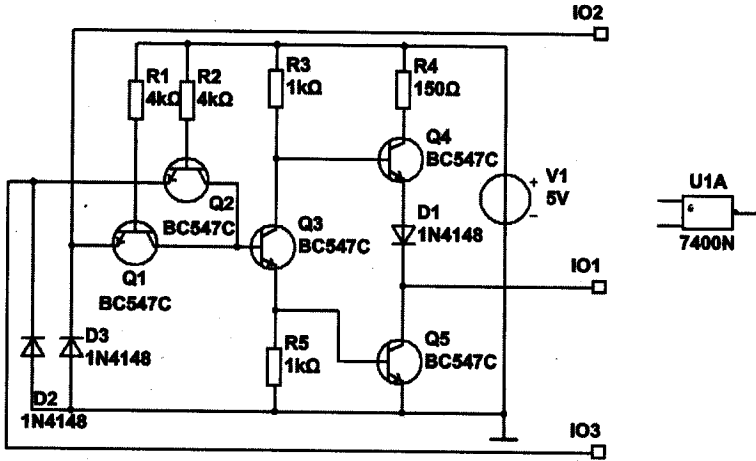


Рис. 1.21. Субмодуль базового элемента ТТЛ 2И-НЕ

Поскольку наша схема получилась довольно громоздкой, оформим ее в виде субмодуля, имеющего три вывода: два входа и один выход. Источник питания микросхемы мы искусственно разместили внутри субмодуля.

Посмотрим, как отреагирует уже известный нам логический анализатор на созданный нами субмодуль, рис. 1.22. Оказывается, что таблица истинности субмодуля полностью соответствует ожидаемой, что и требовалось доказать.

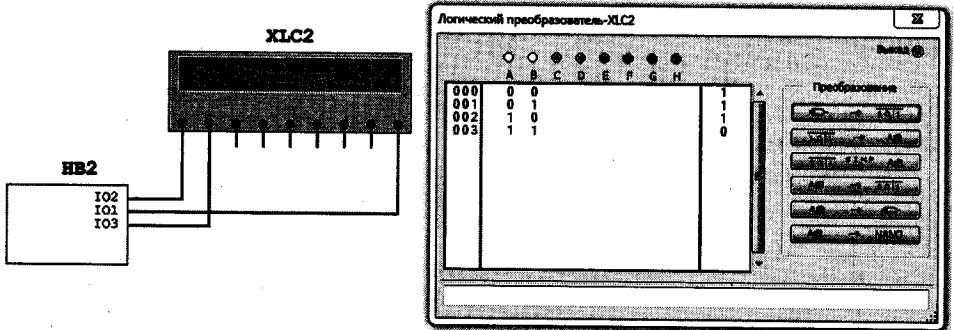


Рис. 1.22. Таблица истинности субмодуля базового элемента ТТЛ 2И-НЕ

1.14. Переходные и частотные характеристики логических элементов

Переходные и частотные характеристики логических элементов — одни из самых существенных характеристик, определяющих возможность работы цифровой техники в области повышенных частот.



Примечание.

С ростом частоты повторения импульсов их форма на выходе цифровых элементов неизбежно размывается, порой настолько, что последующие каскады перестают различать уровни логических единиц и нулей.

Посмотрим, какова будет **входная переходная характеристика** ранее рассмотренного нами субмодуля. Для этого соберем схему, показанную на **рис. 1.23**. На вход субмодуля подадим пилообразное напряжение от функционального генератора с соотношением длительности нарастания к длительности спада **99:1**.

К входу и выходу субмодуля подключим двухвходовый осциллограф. В итоге на осциллограмме мы увидим переходную характеристику субмодуля, внешне напоминающую ранее приведенную для реальных логических элементов, **рис. 1.20**.



Примечание.

Изломы на наблюдаемой переходной характеристике обусловлены программными «заквычками» Multisim. При испытаниях реальных логических элементов входная переходная характеристика будет более плавной.

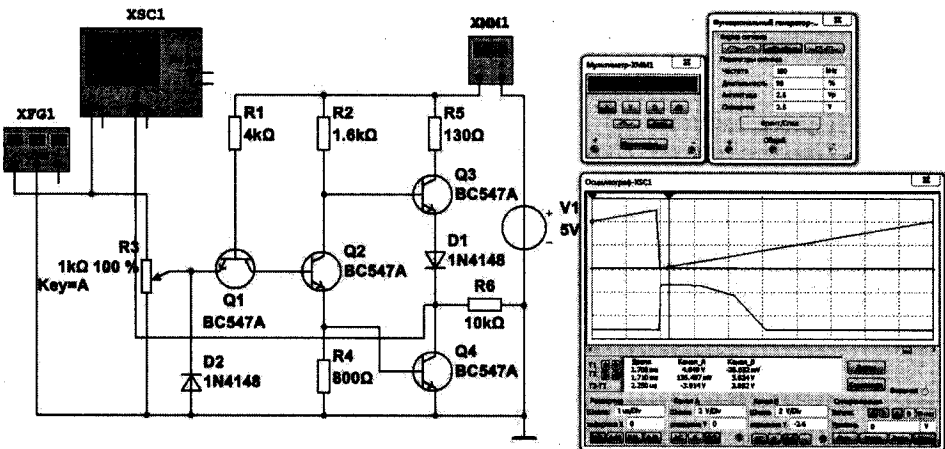


Рис. 1.23. Способ определения входной переходной характеристики ТТЛ-элементов

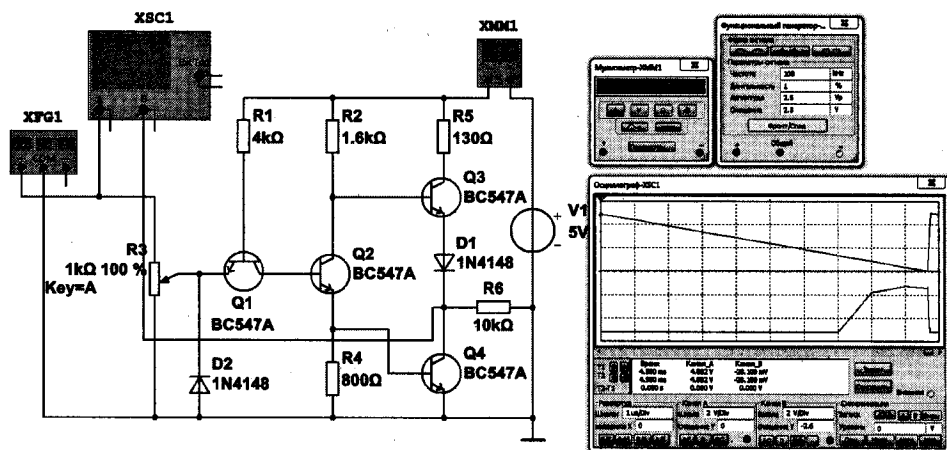


Рис. 1.24. Форма сигналов на выходе логического ТТЛ-элемента

С использованием подобного подхода исследуем также **выходную переходную характеристику** субмодуля (или реальной микросхемы). Для этого настроим функциональный генератор таким образом, чтобы соотношение длительности нарастания к длительности спада было 1:99, рис. 1.24. На экране осциллографа мы сможем наблюдать выходную переходную характеристику логического элемента.

Познаем далее, как будет вести себя **аналог ТТЛ-логического элемента с выходом на три состояния**, выполненный на дискретных элементах. Соединим управляющий «третьим» состоянием вход элемента с общим проводом, замкнув переключатель Кл (Space), рис. 1.25. Осциллограммы входных и выходных сигналов можно наблюдать на рис. 1.25.

Напряжение на выходе аналога (субмодуля) логического элемента не превышает 50 мВ вне зависимости от наличия/отсутствия входных импульсов.



Примечание.

Отметим, что в переходные моменты подачи/отключения входного сигнала наблюдаются ультракороткие всплески выходного напряжения амплитудой до 150 мВ.

Поскольку амплитуда этих импульсов крайне невелика, такие импульсы ни в коей мере не отразятся на работе последующих узлов цифровой техники.

Отметим также одну существенную особенность для работы ТТЛ-элементов в «третьем», «отключенном» состоянии. Микросхема в «отключенном» состоянии потребляет от источника питания значительный ток, для нашего примера это 3,8 мА.

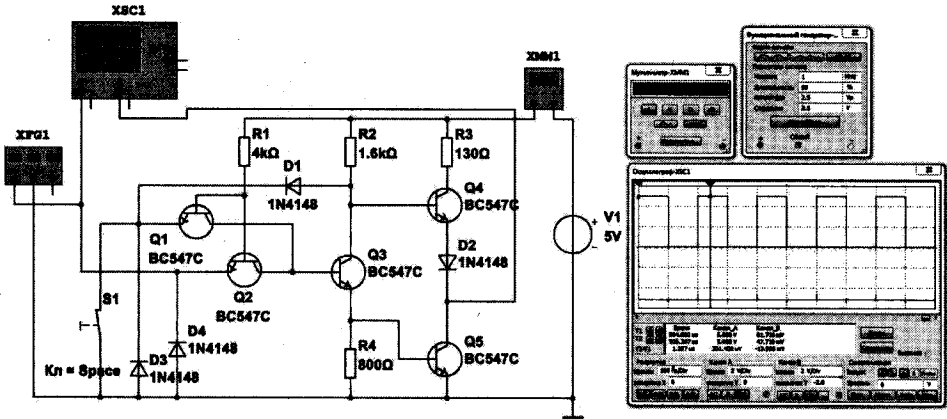


Рис. 1.25. Аналог базового элемента НЕ ТТЛ-логики с выходом на три состояния

Ток этот задается величиной резистора R2 и величиной падения напряжения на диоде D1. Читателю можно предложить поверить на практике, какой ток потребляет реальная ТТЛ-микросхема, имеющая три состояния.

Интересно, а как ведут себя более «тормозные» КМОП-логические элементы. Они более просты по своему строению и имеют типичную переходную характеристику, изображенную на рис. 1.26. Попробуем составить простейший ключевой элемент (элемент НЕ, инвертор) на основе пары полевых транзисторов, рис. 1.27.

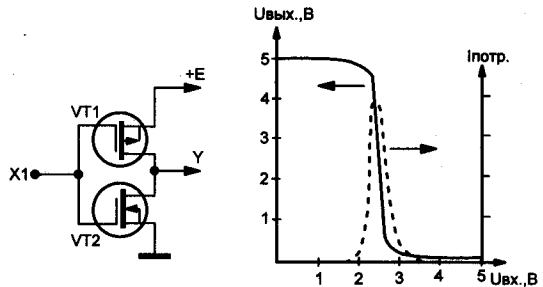


Рис. 1.26. Ключевой элемент микросхем семейства КМОП и его типичная переходная характеристика



Примечание.

Получился, конечно, далеко не идеальный ключ в плане потребления тока, но прямоугольность выходных импульсов даже на частоте 1 МГц очень неплохая, как и выходные напряжения на открытом и закрытом ключе.

При помощи функционального генератора и осциллографа исследуем переходную характеристику КМОП-ключевого элемента на частоте 1 МГц, рис. 1.28.

Из рис. 1.28 видно, что измерить такую характеристику можно, но в программе Multisim вместо плавной кривой мы видим ломаную линию, состоящую из пяти-шести отрезков.

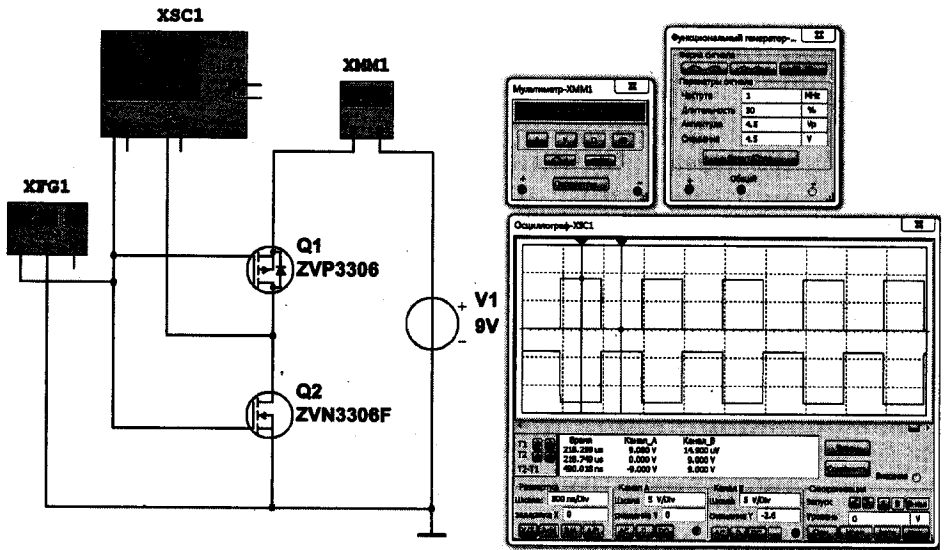


Рис. 1.27. Ключевой элемент микросхем семейства КМОП

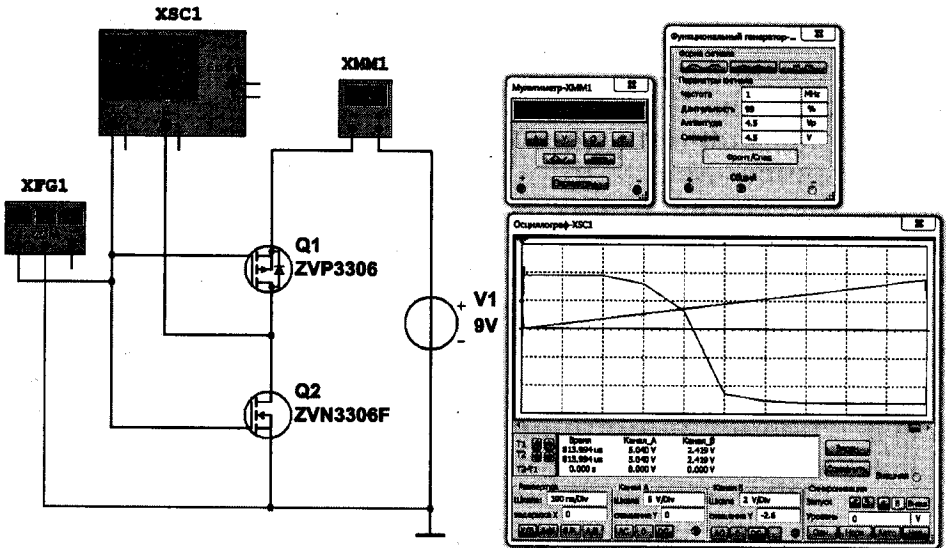


Рис. 1.28. Типичная входная переходная характеристика ключевого элемента микросхем семейства КМОП

Это указывает на очень приближенный, упрощенный характер отображения кривой. Впрочем, при снижении частоты функционального генератора до, например, 1 кГц, мы получим вполне сглаженную кривую.

1.15. Выходные каскады узлов цифровой техники

Нагрузочные способности современных ТТЛ- и КМОП-микросхем достаточно высоки. Тем не менее, на рис. 1.29 и рис. 1.30 мы покажем примеры использования выходных транзисторных каскадов, позволяющих подключать к выходу цифровых устройств с током потребления, ограниченным лишь нагрузочной способностью выходного усилительного каскада.

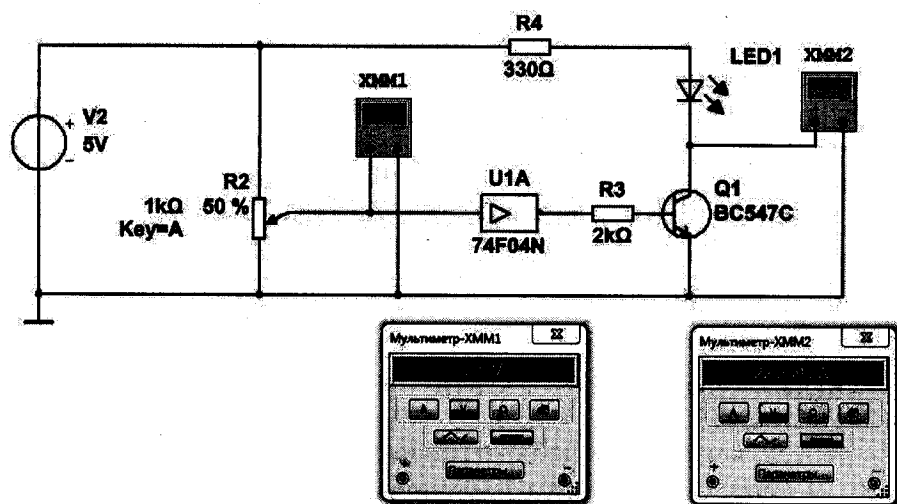


Рис. 1.29. Демонстрация работы ТТЛ-элемента с выходным транзисторным каскадом

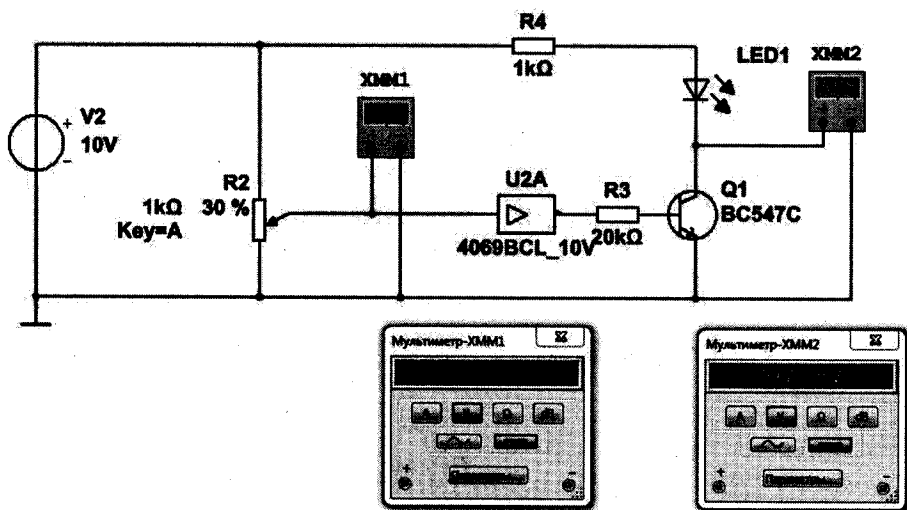


Рис. 1.30. Демонстрация работы КМОП-элемента с выходным транзисторным каскадом



Примечание.

Кстати, в таких каскадах можно использовать не только биполярные, но и полевые транзисторы, что, порой, более предпочтительно, а также светодиоды, оптронных пар, управляющие гальванически развязанной мощной нагрузкой.

1.16. Генераторы импульсов

Рассмотрим далее возможность создания на основе логических элементов **несложных генераторов**. Построение таких виртуальных генераторов, в отличие от генераторов, созданных в «железе», имеет свои особенности.

Генератор прямоугольных импульсов, **рис. 1.31**, на микросхеме 7400 или иных подобных в программе Multisim способен запускаться лишь при выполнении одного очень «хитрого» условия: в свойствах конденсатора C1 непременно нужно указать начальное значение для Spice-моделирования 5.0V, **рис. 1.32**.

Частота работы генератора f определяется произведением $R1C1$ из выражения $f \approx 0,455/RC$, где f – в кГц; $R = R1$ – в кОм; $C = C1$ – в мкФ, или $f = 0,455/RC = 0,455/(1,3 \cdot 0,1) = 3,5$ кГц.

Попробуем запустить подобный генератор, но выполненный на двух элементах КМОП-микросхемы 4009 (два инвертора), работающей при напряжении питания 15 В. Начальное условие для конденсатора C1 зададим тоже 15 В, **рис. 1.33**.

Как следует из **рис. 1.33**, генератор устойчиво работает на той же частоте (около 3,5 кГц).

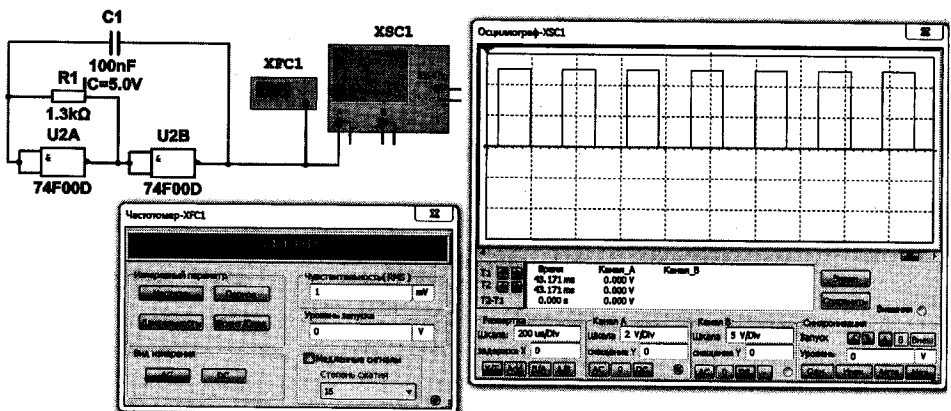


Рис. 1.31. Генератор прямоугольных импульсов на ТТЛ-микросхеме 74F00 (К1531ЛА3)



Примечание.

Если проигнорировать условие установки начальных условий для конденсатора, ни один из генераторов работать не будет, точнее говоря, он может возбудиться в неуправляемом режиме на частоте порядка десятков мегагерц.

Рассмотренные выше генераторы работают на одной неизменяемой частоте, определяемой произведением RC. Точнее говоря, частота генерации обратно пропорциональна этому произведению.

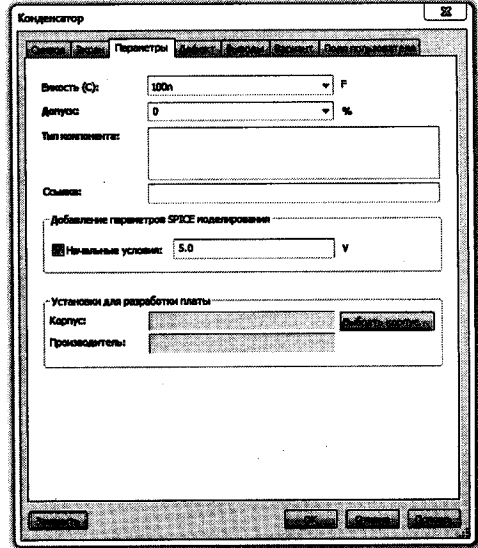


Рис. 1.32. Установка свойств частотозадающего конденсатора для того, чтобы генератор на двух элементах микросхемы ТТЛ мог запуститься в программе Multisim



Вывод.

Отсюда следует, что поменять частоту генерации можно ступенчато – переключением конденсатора или сопротивления, либо плавно, используя конденсатор переменной емкости или потенциометр, рис. 1.34.

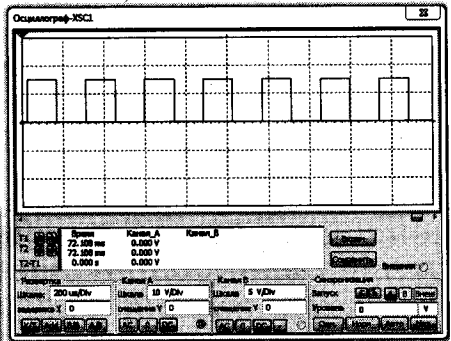
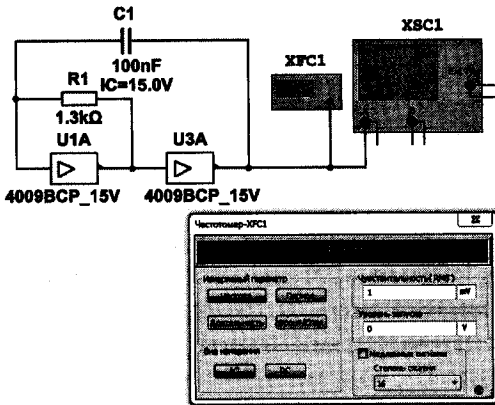


Рис. 1.33. Генератор прямоугольных импульсов на КМОП-микросхеме 4009

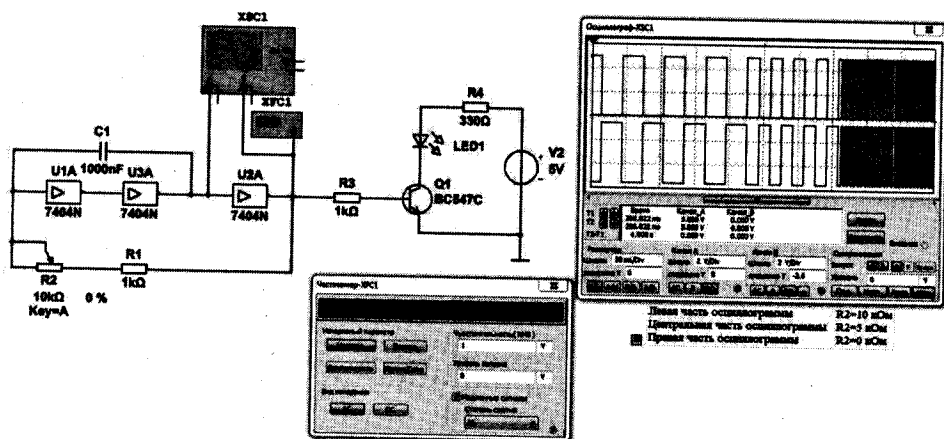


Рис. 1.34. Генератор прямоугольных импульсов на ТТЛ-микросхеме 7404 с возможностью плавной регулировки частоты следования импульсов

Показанный на рис. 1.34 генератор при регулировке потенциометра R2 способен плавно изменять частоту генерации в 11 раз. Диапазон перекрытия по частоте определяется соотношением номиналов $(R1 + R2)/R1$ или $(1 + 10)/1 = 11$. Диапазон перекрытия по частоте можно было бы увеличить еще больше за счет уменьшения номинала резистора R1.

Но при малой величине сопротивления резистора R1 генератор может перестать возбуждаться. Кроме того, зависимость частоты генерации от угла поворота движка потенциометра R2 будет крайне нелинейной.

На рис. 1.35 показан вариант ступенчатого переключения частоты генерации за счет коммутации элементов цепочки резисторов R1–R3. При различных сочетаниях замкнутых/разомкнутых ключей управления S1 и S2 генератор сможет работать на четырех фиксированных частотах, определяемых величиной частотозадающего сопротивления $(R3, R3 + R2, R3 + R2 + R1, R3 + R1)$. Подобную схему управления частотой генерации можно использовать за счет переключения частотозадающих конденсаторов.

В генераторах импульсов на основе логических микросхем очень просто можно решить вопрос **плавного регулирования ширины выходных импульсов**. Такая регулировка часто бывает востребована для:

- ♦ управления интенсивности нагрева нагревательных элементов;
- ♦ регулирования светового потока источников оптического излучения (ламп накаливания, светодиодов) и т. д.

На рис. 1.36 приведен один из способов **плавной регулировки ширины выходного импульса** прямоугольной формы. Диапазон

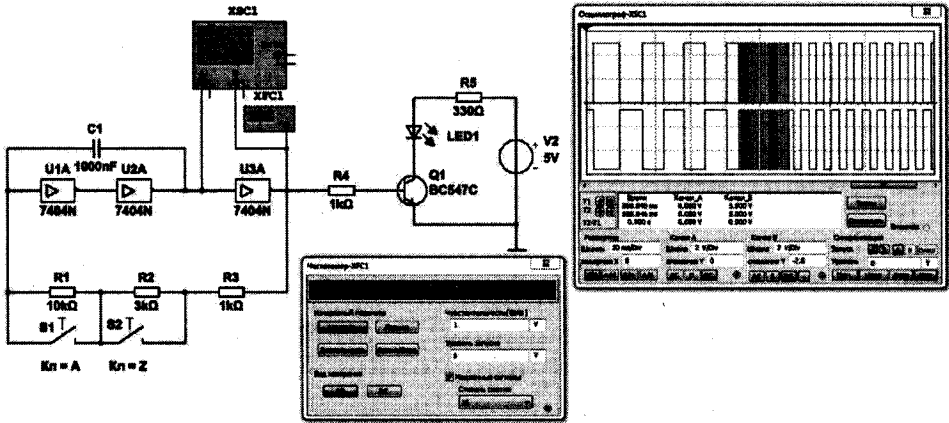


Рис. 1.35. Генератор прямоугольных импульсов на ТТЛ-микросхеме 7404 с возможностью ступенчатого переключения частоты следования импульсов

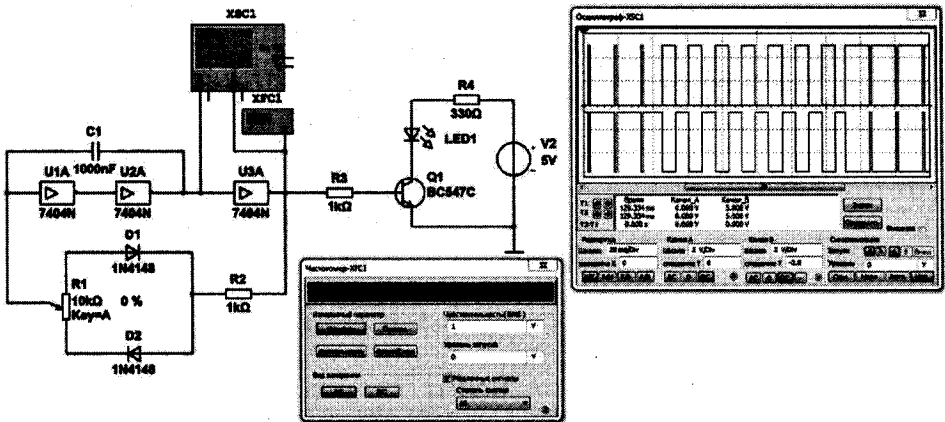


Рис. 1.36. Генератор прямоугольных импульсов на ТТЛ-микросхеме 7404 с возможностью плавного изменения скважности импульсов

регулировки так же, как и ранее, определяется соотношение номиналов резистора R2 и потенциометра R1.

На рис. 1.37, а и 1.37, б приведен пример схемы, позволяющей перераспределять энерговыделение между двумя активными нагрузками (лампами накаливания). Суммарное потребление энергии от источника питания вне зависимости от угла поворота движка потенциометра R1 остается неизменным, энергия лишь плавно перераспределяется между двумя лампами накаливания.

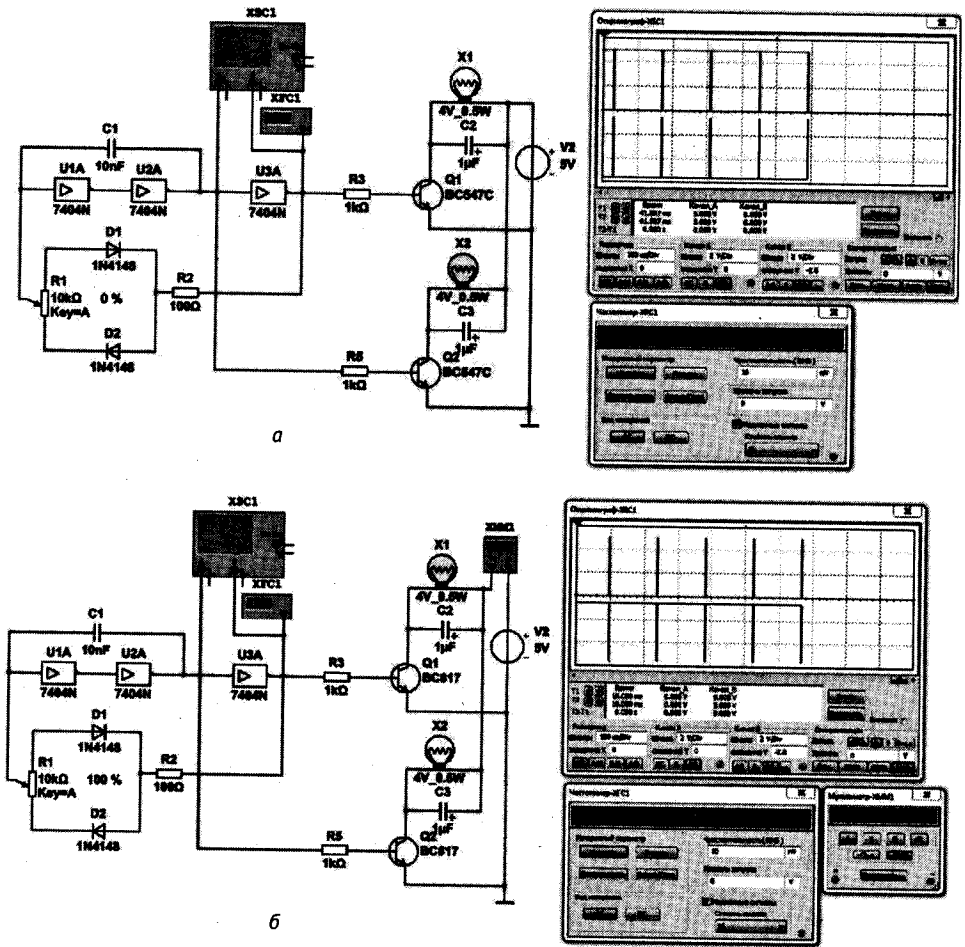


Рис. 1.37. Генератор прямоугольных импульсов на ТТЛ-микросхеме 7404 с возможностью плавного перераспределения яркости свечения ламп за счет изменения ширины управляющих импульсов. На полную мощность светится лампа накаливая; а – X2; б – X1

1.17. Генераторы импульсов с использованием триггеров Шмитта

Наиболее простой и надежный генератор прямоугольных импульсов на основе цифровых микросхем может быть создан при использовании триггера Шмитта. Примерный аналог триггера Шмитта – одного из элементов НЕ ТТЛ-микросхемы 7414 (всего в составе микросхемы 6 таких элементов), выполненный из дискретных элементов, приведен на рис. 1.38 [37].

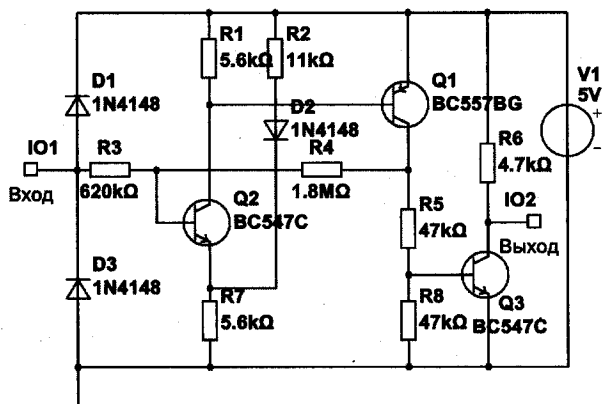


Рис. 1.38. Примерный аналог одного из элементов НЕ микросхемы 7414 (К155ТЛ2)

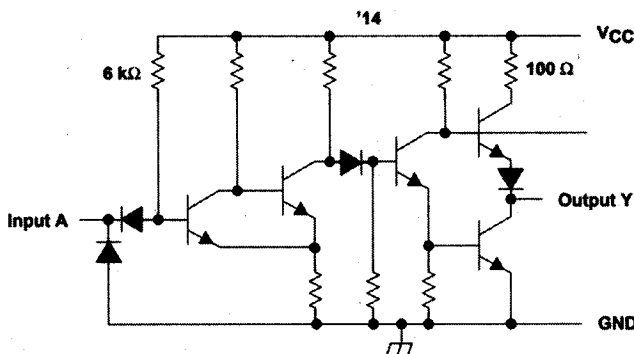


Рис. 1.39. Электрическая схема элемента НЕ микросхемы 7414

Реальный состав элемента НЕ микросхемы 7414, но, к сожалению, без указания номиналов, заимствованный из датшита, приведен на рис. 1.39.



Примечание.

Особенностью триггеров Шмитта являются разные пороги включения/отключения элемента, что позволяет использовать такие триггеры, например, для устранения дребезга контактов.

Простой способ определения порога включения и отключения триггера Шмитта показан на рис. 1.40. На вход триггера подают сигнал треугольной формы, а в моменты включения/отключения триггера по осциллограмме определяют пороги переключения.

Так, для синтезированного нами триггера Шмитта порог включения составляет 3,309 В, порог отключения — 2,245 В. Для реальной микросхемы 7414 напряжение срабатывания логического элемента составляет 1,7 В; напряжение отпускания — 0,9 В. Впрочем, подбором резистив-

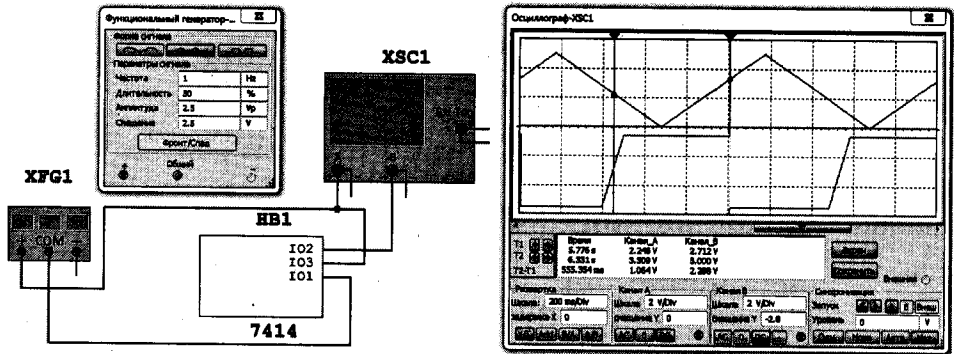


Рис. 1.40. Определение порогов переключения аналога элемента НЕ микросхемы 7414

ных элементов аналога триггера, рис. 1.38 и рис. 1.39, можно добиться большего соответствия теории и практики.

Переходные (входные и выходные) характеристики триггеров Шмитта в отличие от остальных логических элементов, имеют отчетливо выраженный **пороговый**, не размытый во времени, характер.

Приведем далее **примеры использования КМОП-триггеров Шмитта**. Начнем с двухвходового элемента 2И-НЕ микросхемы 4093, в DIP-14 корпусе которой размещается 4 таких элемента.

Пример генератора прямоугольных импульсов на основе триггера Шмитта приведен на рис. 1.41. Осциллограммы импульсов, рис. 1.41, наглядно демонстрируют зарядно-разрядные процессы на входе триггера и соответствующие им прямоугольные импульсы идеальной формы на выходе триггера.

Регулировать частоту генерации такого генератора можно очевидным способом: использованием потенциометра, рис. 1.42. Конденсатор переменной емкости используют в этих целях крайне редко. Это обусловлено тем, что такой конденсатор имеет внушительные размеры, имеет высокую стоимость и малую емкость (обычно не выше 500 пФ).

Вместо внушительного конденсатора переменной емкости можно использовать их управляемые полупроводниковые аналоги, в качестве которых можно использовать:

- ♦ либо обычные маломощные силовые кремниевые полупроводниковые диоды;
- ♦ либо специально выпускаемые для этих целей приборы (варикапы), рис. 1.43.

Достоинством варикапов является то, что они:

- ♦ во-первых, миниатюрны;
- ♦ во-вторых, позволяют одновременно в нескольких разнесенных местах производить регулировку RC- или LC-цепей.

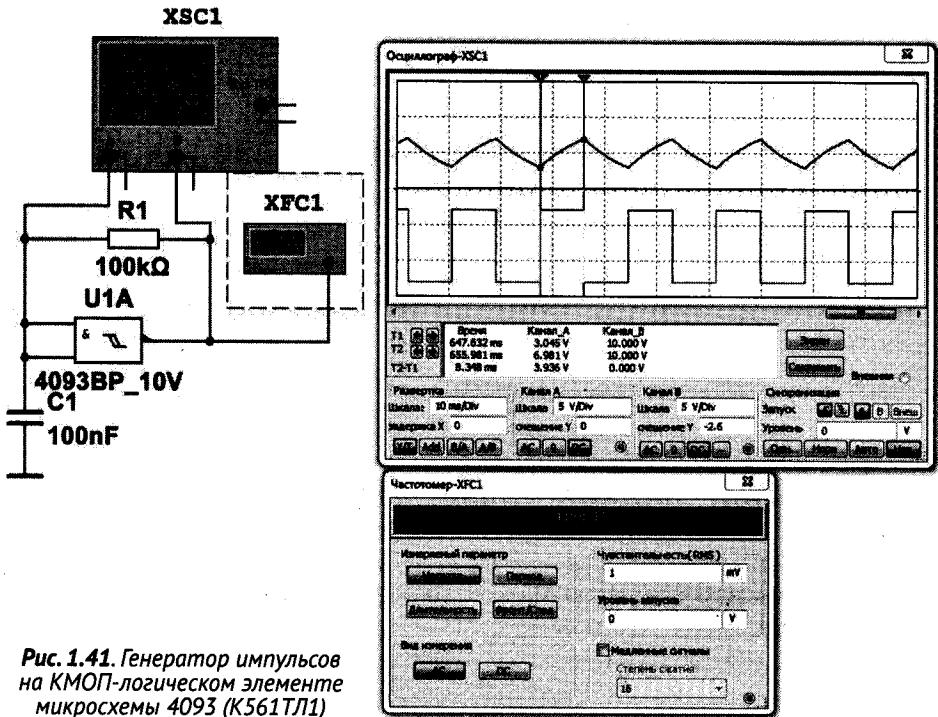


Рис. 1.41. Генератор импульсов на КМОП-логическом элементе микросхемы 4093 (К561ТЛ1)

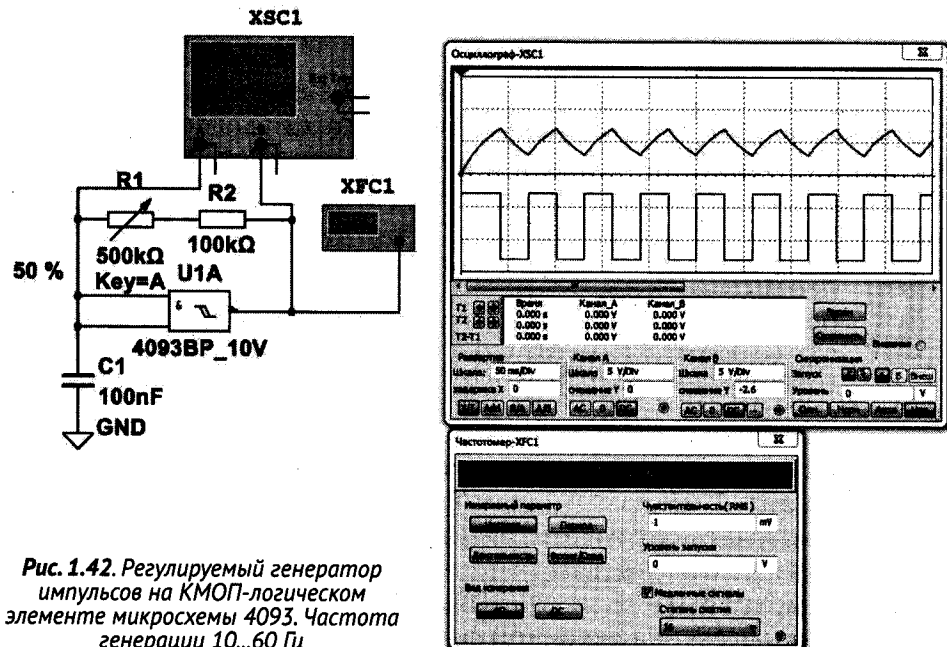


Рис. 1.42. Регулируемый генератор импульсов на КМОП-логическом элементе микросхемы 4093. Частота генерации 10...60 Гц

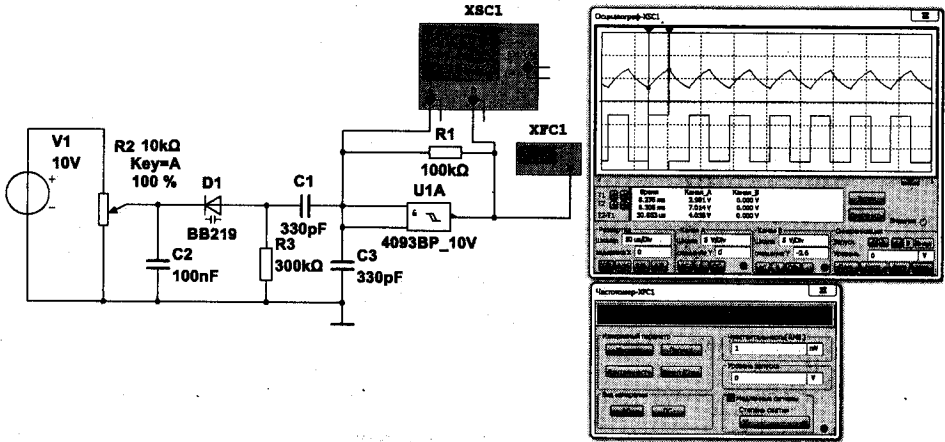


Рис. 1.43. Регулируемый генератор импульсов на КМОП-логическом элементе микросхемы 4093 с электронной перестройкой частоты при помощи варикапа. Диапазон перестройки частоты 14,8...16,3 кГц

Недостаток варикапов — малая емкость, малый диапазон перекрытия по частоте.

1.18. Примеры практического применения генераторов импульсов

В генераторах на основе триггеров Шмитта также несложно обеспечить плавную регулировку ширины выходных сигналов, рис. 1.44, что позволяет использовать такое устройство для плавного регулирования мощности в нагрузке, конечно же, с использованием транзисторного выходного каскада.



Примечание.

Поскольку рассмотренные выше генераторы импульсов построены на основе триггеров Шмитта, имеющих два входа, возникает естественный вопрос: каким образом можно использовать эти входы?

Один из примеров использования такого дополнительного входа показан на рис. 1.45. Замыканием/размыканием ключа управления S1 можно включать/отключать генератор. В качестве ключа управления S1 можно использовать не только простой механический переключатель, это может быть:

- ♦ контактная группа охранной сигнализации;

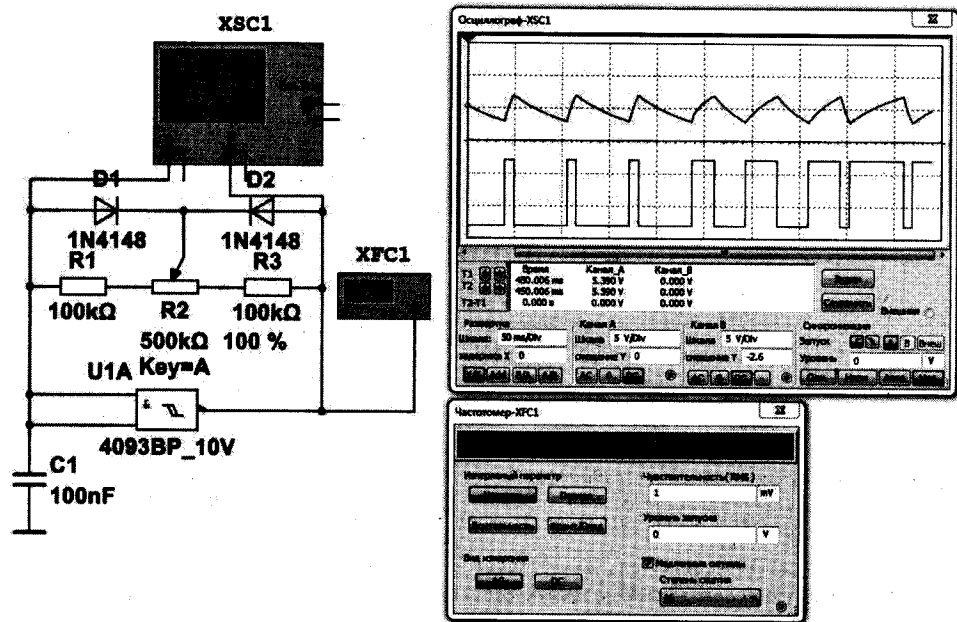


Рис. 1.44. Генератор импульсов на КМОП-логическом элементе микросхемы 4093 с регулируемой скважностью импульсов

- ♦ датчик протечки воды;
- ♦ фото- или термочувствительный датчик;
- ♦ многое другое из того, что может предложить изобретательная фантазия.

Подобное устройство с наглядной светодиодной индикацией продолжительности управляющих импульсов показано на рис. 1.46. При регулировке потенциометра происходит плавное изменение яркости свечения светодиодов. Если эти светодиоды (или их группы) имеют разный цвет, сосредоточены в одном месте и имеют общий светорассеивающий колпачок, регулировкой потенциометра можно обеспечить изменение суммарного цвета, излучаемого такой сборкой.

Немного усовершенствовав рассмотренное ранее устройство, а именно, введя в его состав дополнительный управляющий ключ S2 (контактную группу), можно получить **охранное устройство**, рис. 1.47. При замкнутом ключе S2 генератор импульсов хотя и работает, но светится лишь светодиод LED2 зеленого цвета, символизируя нормальную работу устройства.

Однако стоит разомкнуть ключ S2, или разорвать заменяющий его шлейф охранной сигнализации, устройство перейдет в режим тревожной сигнализации: светодиоды LED1 красного и LED2 зеленого цвета начнут «перемигиваться».

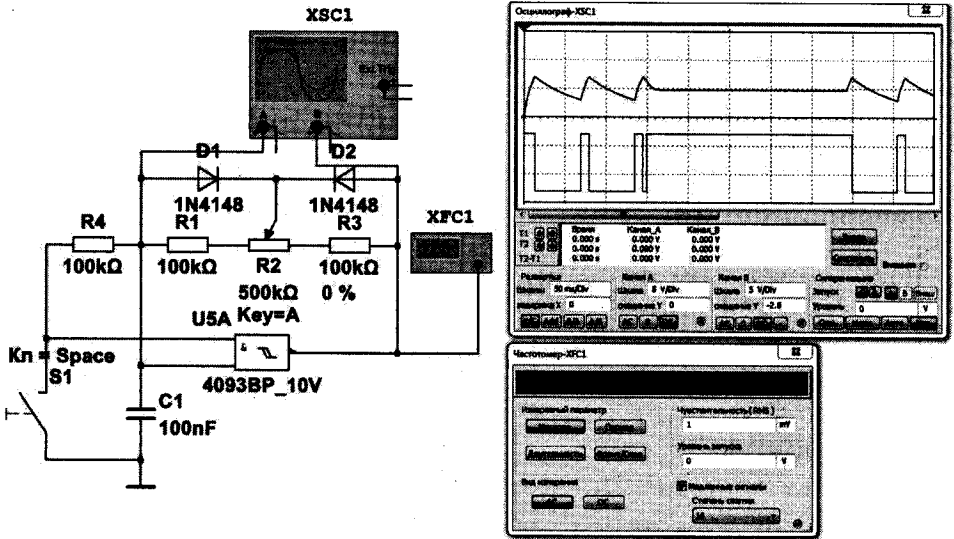


Рис. 1.45. Генератор импульсов на КМОП-логическом элементе микросхемы 4093 с регулируемой скважностью импульсов и возможностью отключения генерации

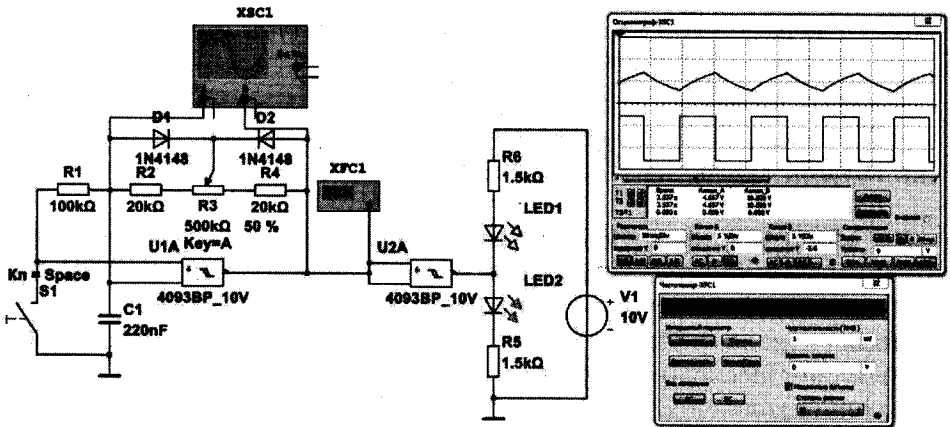


Рис. 1.46. Генератор импульсов на КМОП-элементах с регулируемой скважностью импульсов и LED индикацией



Примечание.

Кстати, взамен светодиодной сигнализации состояния тревоги вместо или параллельно цепочке R6 + LED1 может быть включен элемент звуковой сигнализации – звукоизлучающая капсула с встроенным звуковым генератором. Либо вместо светодиода LED1 может быть включен светодиод оптронной пары, управляющей более мощной нагрузкой.

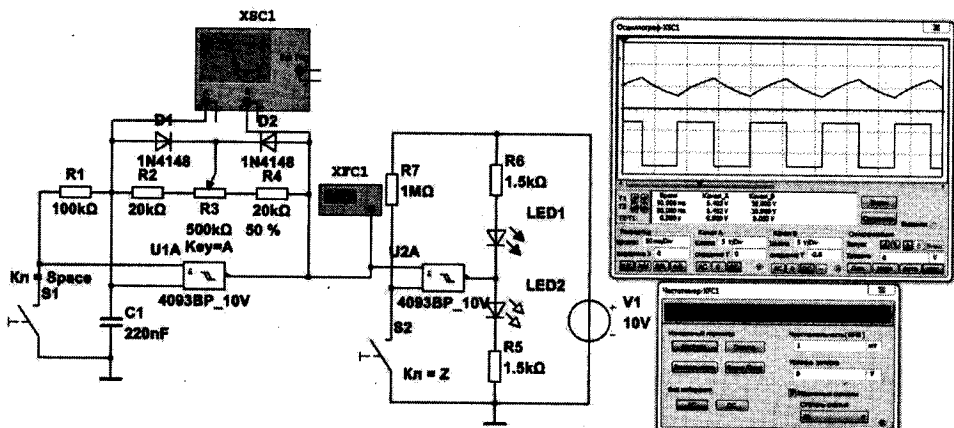


Рис. 1.47. Охранное устройство на КМОП микросхеме 4093

Кстати, контур охранной сигнализации может состоять из последовательно включенных:

- ♦ нормально замкнутых контактов, в том числе герконового типа;
- ♦ разрывного шлейфа.

Недостатком устройства является то, что сигнализация прекратится, если ключ S2 вновь замкнуть или восстановить целостность охранного шлейфа индикации. О том, как реорганизовать работу устройства так, чтобы сигнализацию нельзя было отключить, предлагается подумать читателям.

Реле времени на микросхеме 4093 приведено на рис. 1.48. Собственно, само реле выполнено всего на одном элементе микросхемы, который одновременно является генератором импульсов, второй элемент микросхемы использован как буферный каскад. При кратковременном нажатии на кнопку «Пуск» (Space) времязадающий конденсатор C1 разряжается. После отпускания кнопки происходит заряд этого конденсатора через резистор R1 до напряжения переключения логического элемента U1A.

Время срабатывания таймера определяется постоянной времени цепочки R1C1. До тех пор, пока конденсатор C1 не зарядится, идет генерация импульсов (частота около 13 Гц), светодиоды нагрузки LED1 и LED2 поочередно переключаются. Частота переключения определяется постоянной времени цепочки R2C2. Форма генерируемых сигналов на входе и на выходе логического элемента U1A показана на осциллограммах, рис. 1.48.

Для изучения принципа работы реле времени рекомендуется поэкспериментировать с подбором постоянных времени RC-цепочек R1C1 и R2C2, попытаться самостоятельно повысить нагрузочную способность

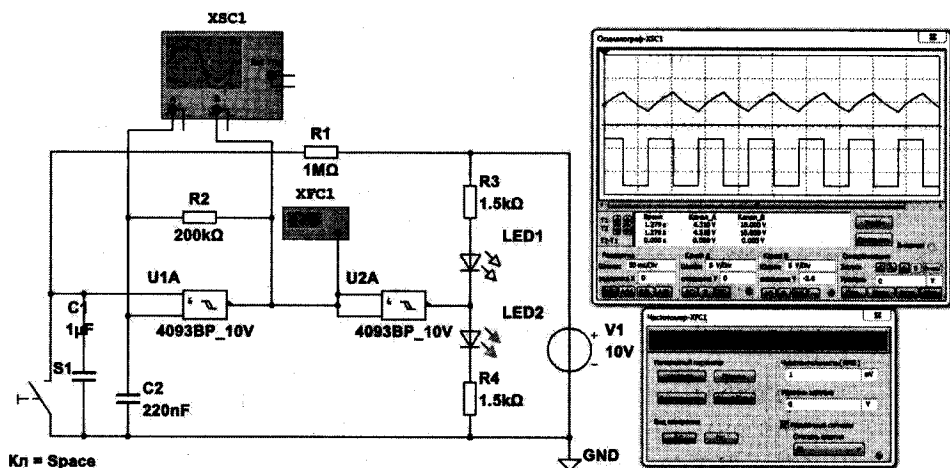


Рис. 1.48. Реле времени со светодиодной индикацией на микросхеме 4093

устройства, добавив выходной каскад на транзисторе, подумать, как и где можно использовать на практике такое устройство.

Устройство на КМОП-микросхеме CD4069 (K561ЛН2), позволяющее реализовать цепочку бегущих огней одного или двух цветов, показано на рис. 1.49 [190].

Частоту переключения огоньков можно откорректировать подбором номиналов времязадающих (времязарядных) RC-цепочек R7C1, R8C2, R9C3, R10C4, R11C5.



Примечание.

Для обеспечения равной скорости переключения каскадов все резисторы и конденсаторы этих цепочек должны иметь одинаковые номиналы.

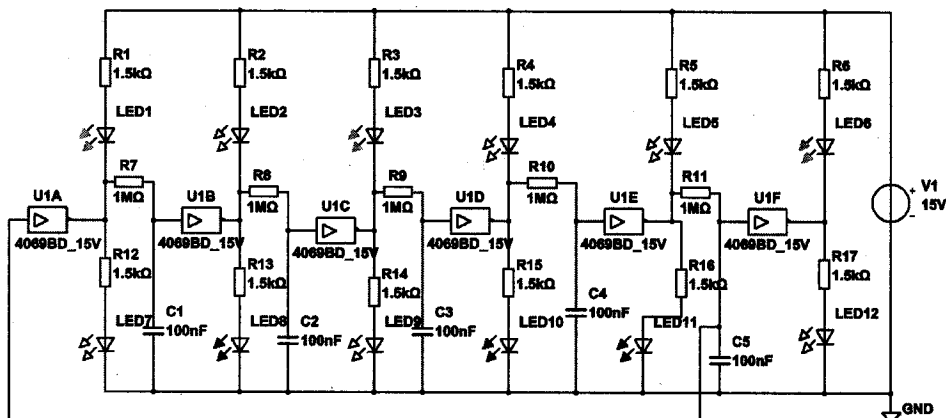


Рис. 1.49. Бегущие огни на микросхеме CD4069 (K561ЛН2)

Если стоит задача изобразить ускорение в перемещении огоньков, RC-постоянные цепочек следует прогрессирующе уменьшать или увеличивать от каскада к каскаду.

Простейший преобразователь-удвоитель напряжения может быть создан на основе генератора прямоугольных импульсов и диодно-конденсаторного удвоителя напряжения, рис. 1.50. Преобразователь состоит из двух частей: генератора прямоугольных импульсов на одном элементе микросхемы 7414 и, собственно, диодно-конденсаторного удвоителя напряжения. Сам генератор мы соберем на 1/6 микросхемы 7414. Недействующие ее элементы могут быть использованы для других целей.

Генератор работает на частоте примерно 1 кГц. В качестве диодов удвоителя напряжения использованы низкочастотные кремниевые диоды 1N4001. Это не самое лучшее решение, поскольку на каждом из диодов падает напряжение порядка 0,6 В. Этим и объясняется то, что на выходе преобразователя напряжение составляет не 10 В при напряжении питания 5 В, а «всего» 8,825 В.

Поскольку преобразователь явно не оптимален, вам предлагается творчески доработать его, например:

- ♦ подобрать частоту генерации;
- ♦ попытаться заменить диоды (подсказка: использовать диоды Шоттки);
- ♦ снизить уровень пульсаций на выходе преобразователя, подобрать емкости электролитических конденсаторов, повысить нагрузочную способность преобразователя.

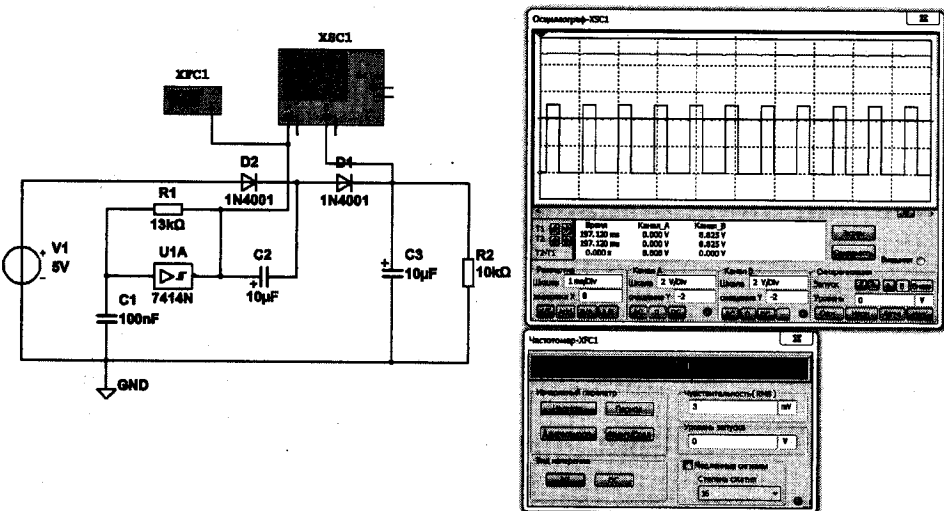


Рис. 1.50. Простой преобразователь-удвоитель напряжения на микросхеме 7414

Результаты опытов рекомендуется занести в таблицу и систематизировать, сделать выводы по итогам работы.

1.19. Сложение логических сигналов с использованием логических элементов И/ИЛИ/Исключающее ИЛИ

Следующим шагом в освоении принципа работы элементов цифровой техники будет рассмотрение возможности управления временем задержки импульсов, а также вопросы смешивания задержанных и незадержанных импульсов с использованием логических элементов И/ИЛИ/Исключающее ИЛИ.

На рис. 1.51 показан один из способов обеспечения плавно регулируемой задержки импульсов с использованием RC-цепочки. Регулируя сопротивление потенциометра R3, можно в довольно широких пределах обеспечить изменение времени задержки сигнала. Читателю предлагается самостоятельно программным образом в Multisim или на живой модели поэкспериментировать со схемой задержки и построить график зависимости времени задержки при изменении параметров RC-цепи.

Проверим, что получится, если смешивать сигналы двух источников, подавая их, например, на входы элемента 2И-НЕ, рис. 1.52. Пусть сигнал от одного из источников сигнала будет поступать на один из входов элемента 2И-НЕ от известного нам ранее генератора импульсов с регулируемой задержкой, а на второй вход будут поступать импульсы от дополнительного генератора импульсов XFG1.

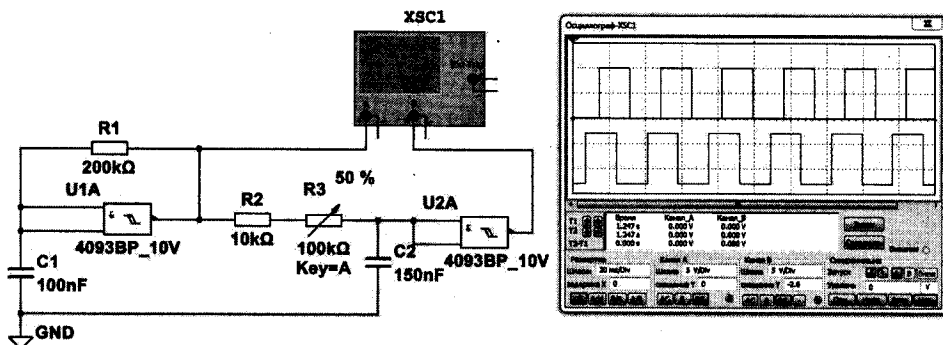


Рис. 1.51. Регулируемый элемент задержки импульсов на микросхеме 4093



Примечание.

Кстати, этот генератор импульсов можно собрать на одном из не задействованных элементов микросхемы 4093. Напомним, что всего равноценных элементов типа 2И-НЕ в такой микросхеме четыре.

Итоговую картину формирования выходных импульсов при заданных на рис. 1.52 условий моделирования можно наблюдать на экране осциллографа. При желании можно:

- ♦ поиграть с настройками схемы;
- ♦ отрегулировать время задержки;
- ♦ изменить частоту, длительность, амплитуду или форму импульсов вспомогательного генератора XFG1.

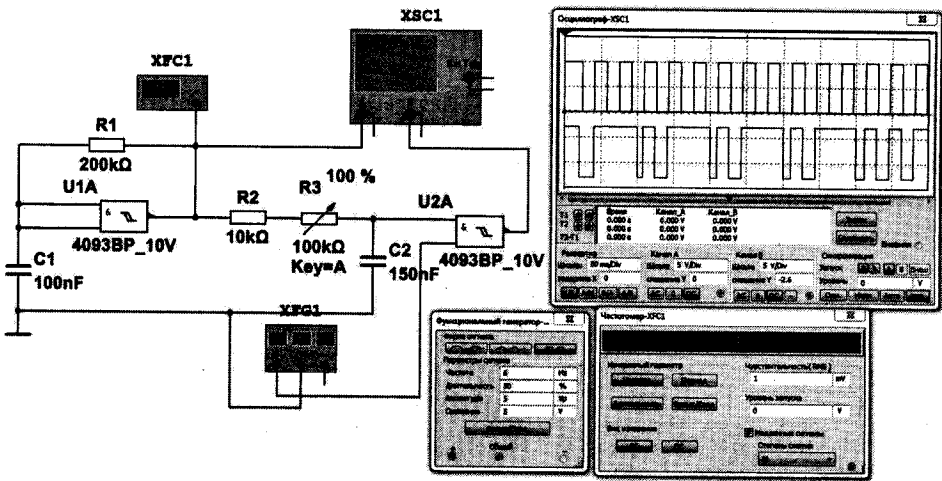


Рис. 1.52. Смеситель цифровых сигналов на элементе 2И-НЕ микросхемы 4093

На следующих примерах, рис. 1.53 – рис.1.56, покажем, какие сигналы формируются на выходах элементов 2И-НЕ/2ИЛИ-НЕ и 2Исключающее ИЛИ при подаче на их входы импульсов прямоугольной формы разных частот.

1.20. Удвоители частоты на логических элементах

С использованием собственных времен задержки логических элементов можно на практике реализовать идею, как выделить моменты начала и конца импульса (одновременно получив на выходе сигнал удвоенной частоты), рис. 1.57.

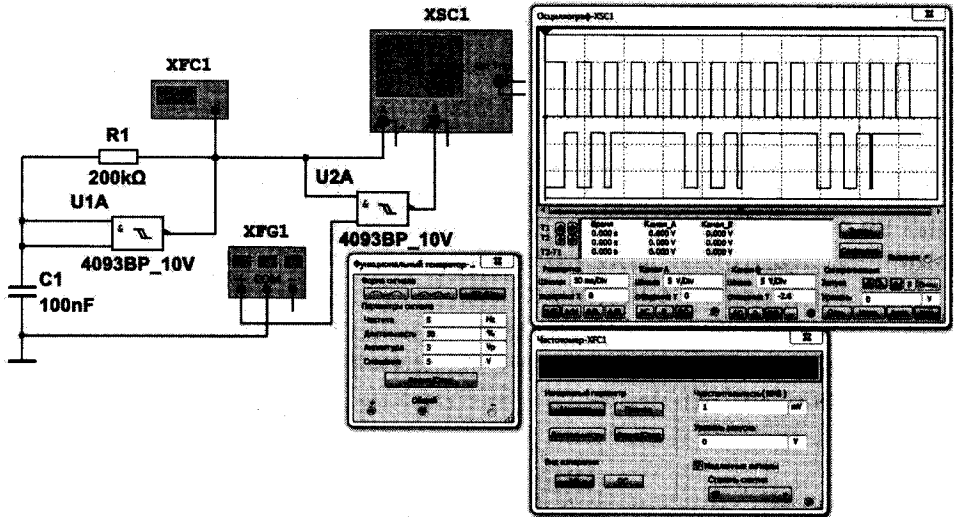


Рис. 1.53. Смеситель цифровых сигналов на элементе 2И-НЕ микросхемы 4093

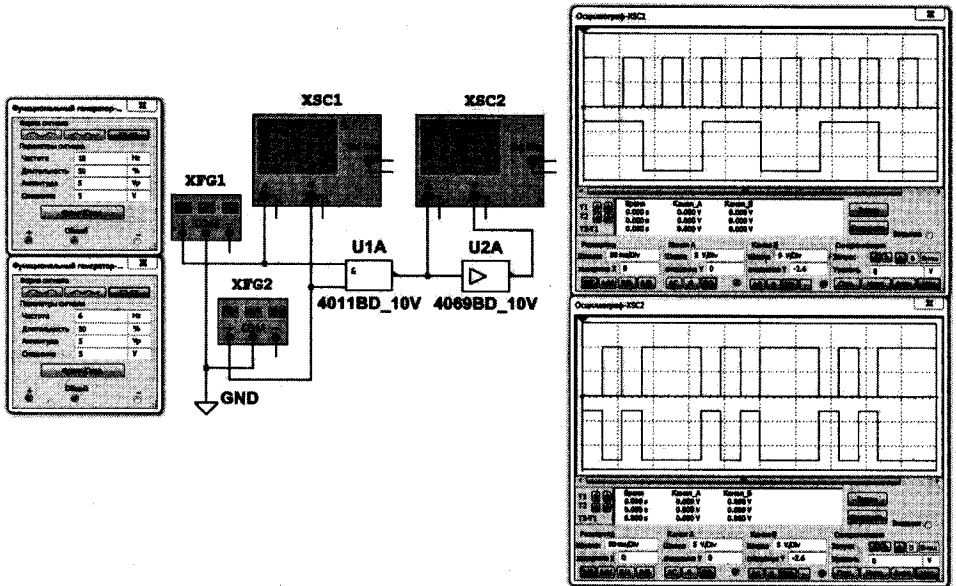


Рис. 1.54. Смеситель цифровых сигналов на элементах 2И-НЕ микросхемы 4011 + НЕ микросхемы 4069

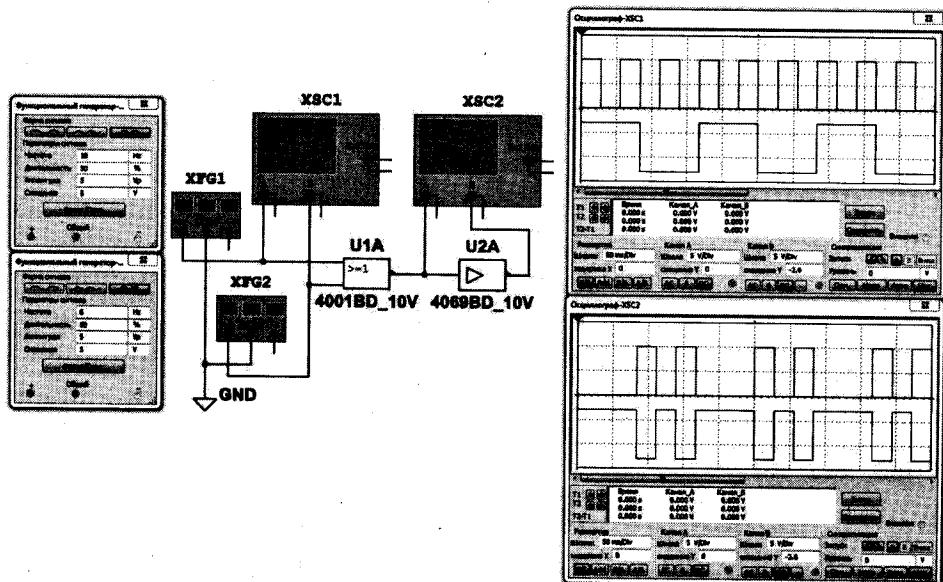


Рис. 1.55. Смеситель цифровых сигналов на элементах 2ИЛИ-НЕ микросхемы 4001 + НЕ микросхемы 4069

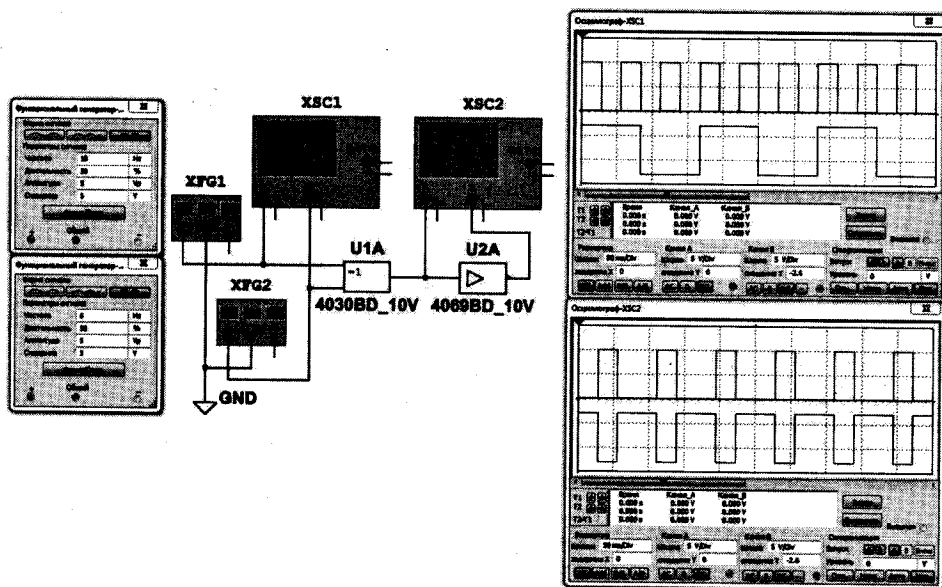


Рис. 1.56. Смеситель цифровых сигналов на элементах 2Исключающее ИЛИ микросхемы 4030 + НЕ микросхемы 4069

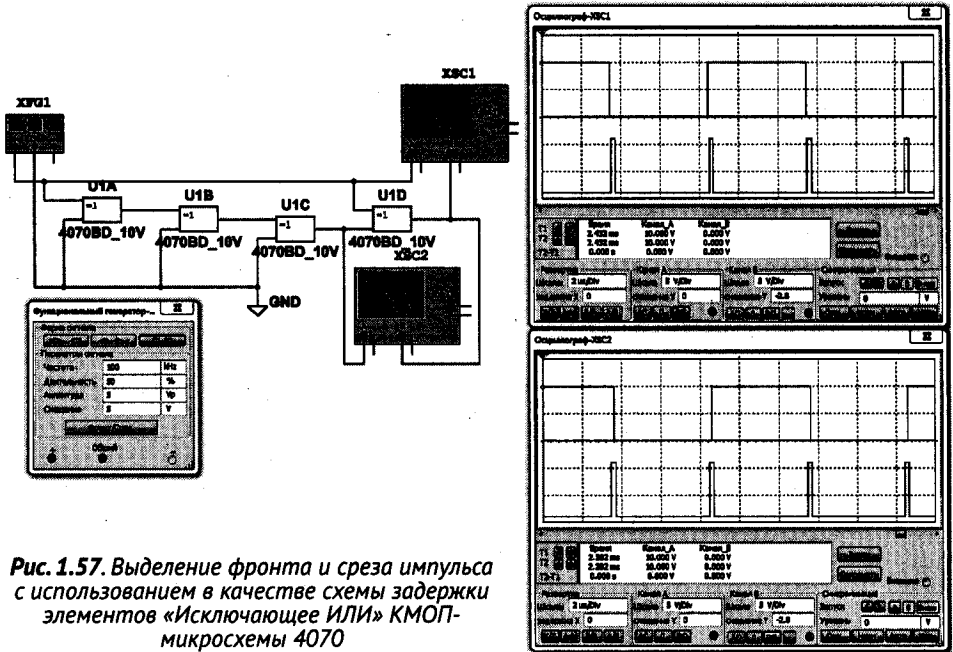


Рис. 1.57. Выделение фронта и среза импульса с использованием в качестве схемы задержки элементов «Исключающее ИЛИ» КМОП-микросхемы 4070

Несложный удвоитель частоты можно также собрать всего из RC-цепочки и одного элемента «Исключающее ИЛИ», **рис. .** Приведенная схема развивает идею, апробированную ранее, **рис. 1.57.**

RC-цепочка обеспечивает задержку поступления управляющих импульсов на один из входов элемента «Исключающее ИЛИ». На второй вход элемента поступает не задержанный сигнал. В итоге на выходе логического элемента формируются импульсы, приуроченные к моменту начала и окончания управляющего импульса.

Ширину выходных импульсов можно плавно регулировать при помощи потенциометра R2.



Совет.

Эту особенность удвоителя частоты можно использовать для реализации широтно-импульсной модуляции, при помощи которой можно плавно регулировать мощность, выделяемую на осветительных или нагревательных приборах. Разумеется, для этого необходимо использовать дополнительный выходной каскад на транзисторе.

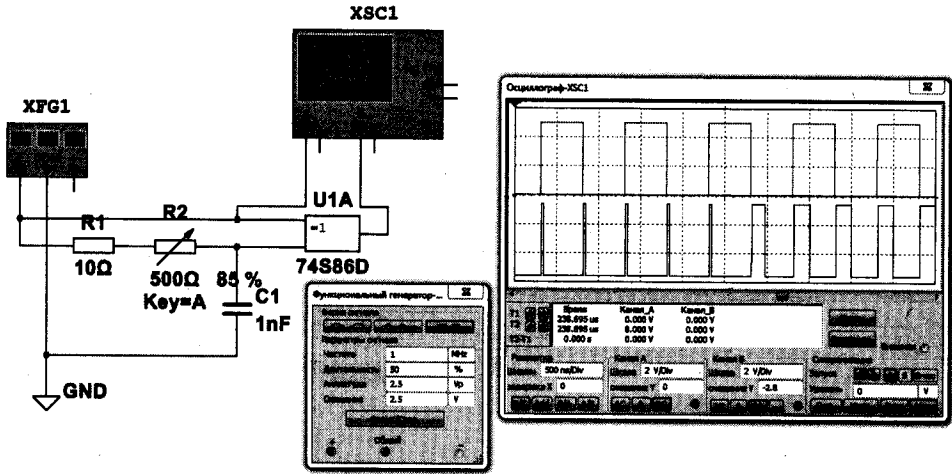


Рис. 1.58. Удвоитель частоты на элементе «Исключающее ИЛИ» ТТЛ-микросхемы 74S86 с возможностью регулирования ширины выходных импульсов

1.21. Делители частоты

На основе D-триггеров могут быть созданы исключительно простые делители частоты. Примеры таких делителей на D-триггерах микросхемы 7474 (K155TM2) приведены на рис. 1.59 и рис. 1.60.

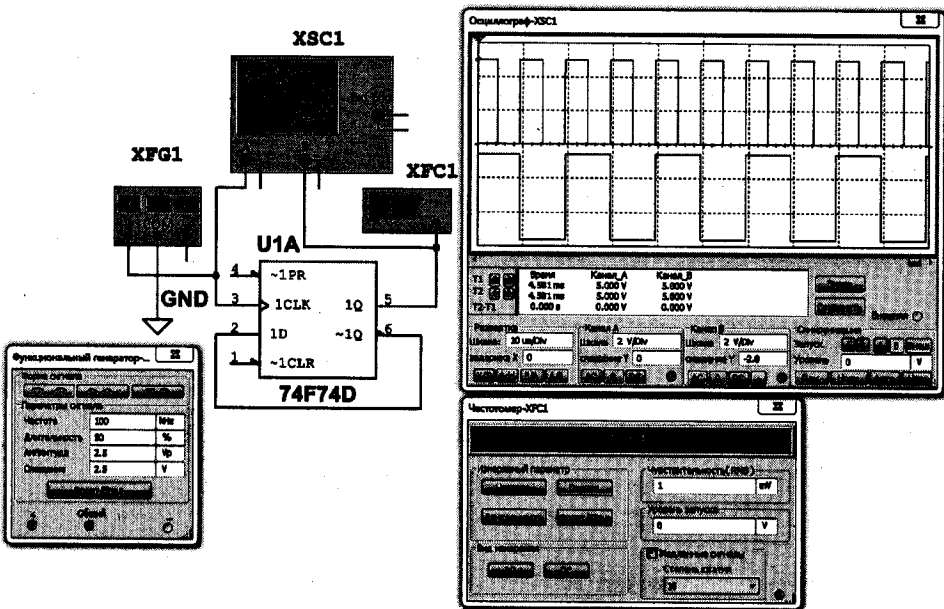


Рис. 1.59. Делитель частоты на 2 на D-триггере ТТЛ-микросхемы 7474 (K155TM2)

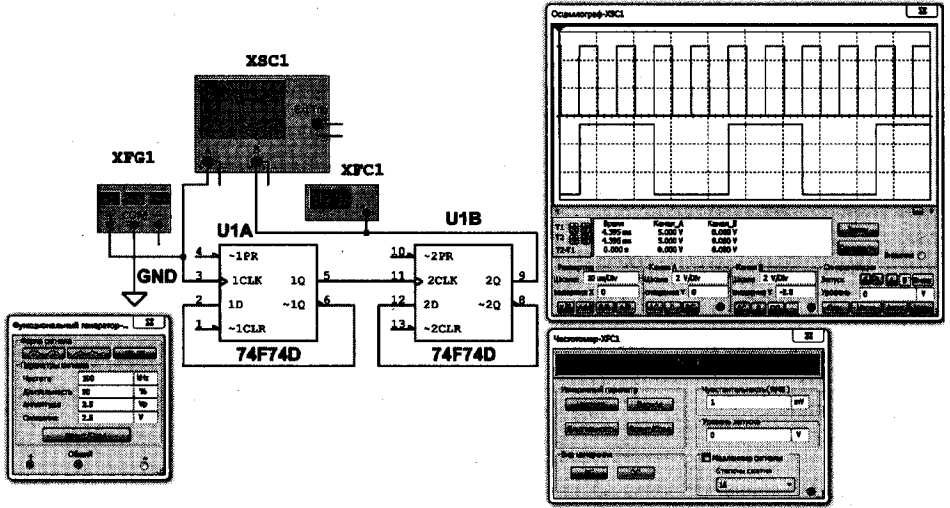


Рис. 1.60. Делитель частоты на 4 на двух D-триггерах ТТЛ-микросхемы 7474 (K155TM2)

Делитель частоты входного сигнала на 2, также использующий D-триггер, показан на рис. 1.61. Отличие делителя заключается в том, что в нем использована КМОП-микросхема 4013 (K176TM2).

Пример использования JK-триггера на КМОП-микросхеме 4027 (K561ТВ1) для деления частоты в 2 раза приведен на рис. 1.62.

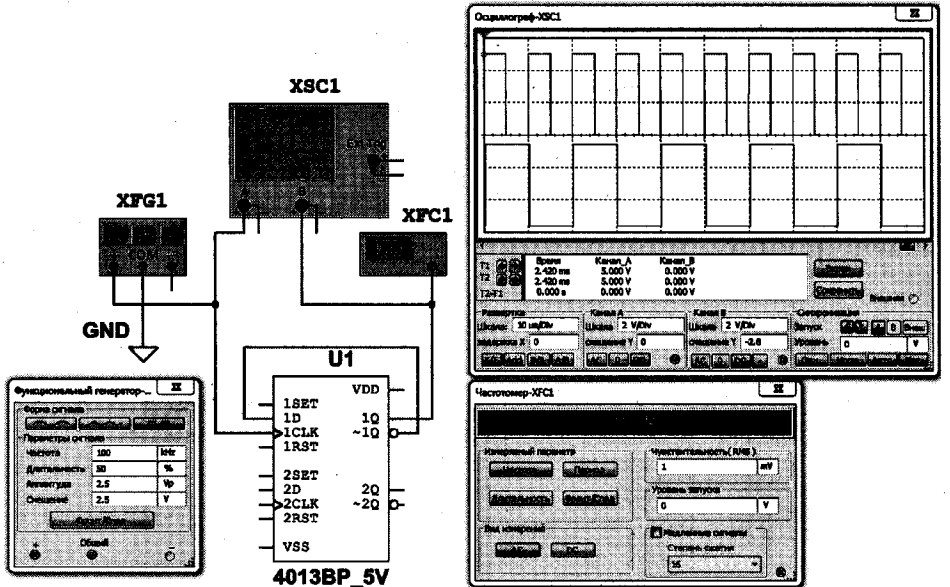


Рис. 1.61. Делитель частоты на 2 на D-триггере КМОП-микросхемы 4013 (K176TM2)

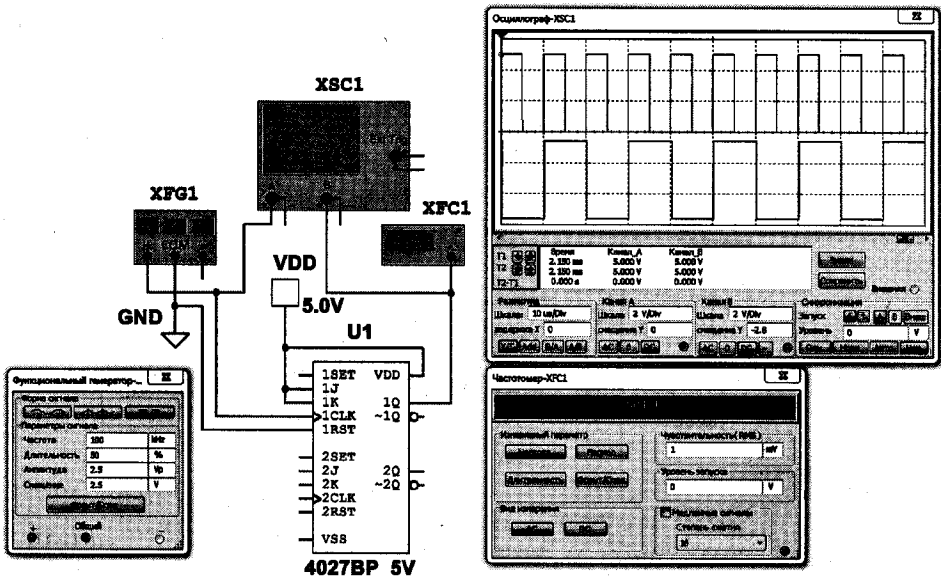


Рис. 1.62. Делитель частоты на 2 на микросхеме 4027 (K561ТВ1)

На рис. 1.63 приведена схема делителя, позволяющая с использованием двух D-триггеров КМОП-микросхемы 4013 (K176ТМ2) обеспечить коэффициент деления 3.

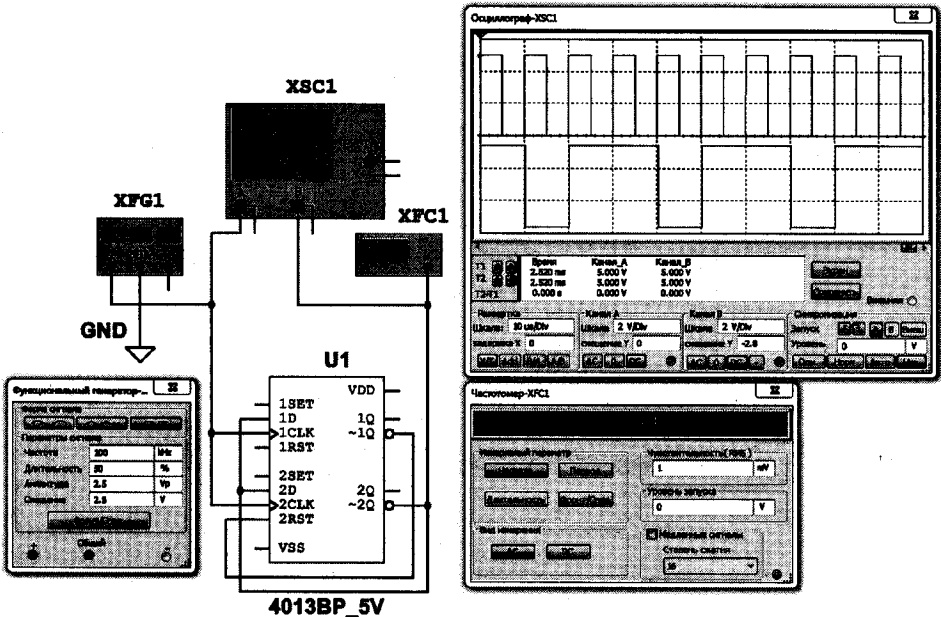


Рис. 1.63. Делитель частоты на 3 на двух D-триггерах КМОП-микросхемы 4013 (K176ТМ2)

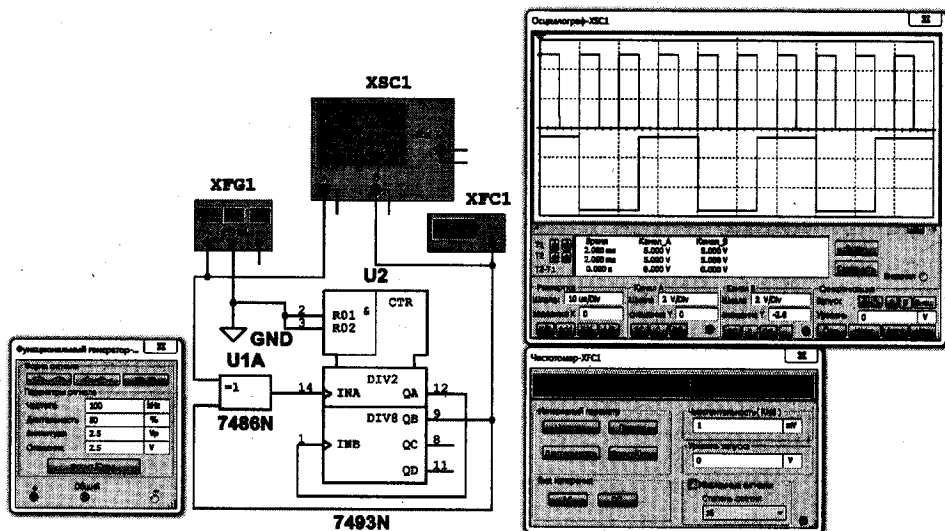


Рис. 1.64. Делитель частоты на 3 на микросхемах 7493 ($K155IE5$) и 7486 ($K155ЛП5$)

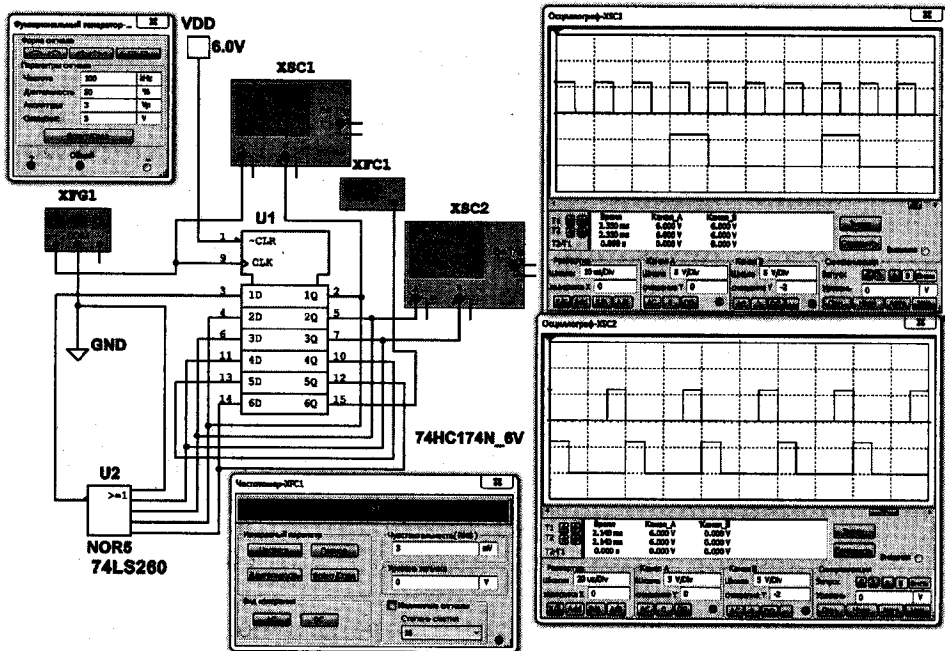


Рис. 1.65. Делитель частоты с переключаемым коэффициентом целочисленного деления

Делитель частоты на микросхемах 7493 (К155ИЕ5) и 7486 (К155ЛП5), **рис. 1.64**, позволяет в зависимости от точки съема выходного сигнала получить коэффициент деления частоты входного сигнала в 1 (вывод 9 микросхемы U2); 3 (вывод 9); 7 (вывод 8); 15 (вывод 11).

Микросхема 74НС174 представляет собой цепочку D-триггеров, что позволяет делить частоту входного сигнала в $2N$ раз, где N — число триггеров. Делитель частоты [19], **рис. 1.65**, позволяет поделить входную частоту в $N+1$ раз. Для достижения этой цели используют пятиходовый элемент ИЛИ-НЕ (микросхема 74LS260), к входам которой выборочно подключают выходы от цепочки D-триггеров микросхемы 74НС174.

Для задания нужного коэффициента деления один или несколько выходов микросхемы 74LS260 отключают от выходов микросхемы 74НС174 и соединяют с общим проводом.



Совет.

Поскольку в арсенале «запасных частей» программы Multisim микросхема 74LS260 отсутствует, ее можно заменить виртуальным логическим элементом NOR5.

При некотором упрощении делителя микросхему 74LS260 можно заменить обычным 4-хходовым элементом ИЛИ-НЕ.

1.22. Счетчики импульсов

Рассмотрим далее, каким образом можно использовать микросхемы счетчиков. Для своих опытов мы используем популярную микросхему 7493 (К155ИЕ5), **рис. 1.66** — **рис. 1.70**.

Используя различные сочетания подключения ее входов, можно получить исключительно простые делители частоты входных сигналов:

- ♦ на 2/4/8, **рис. 1.66**;
- ♦ на 3; **рис. 1.67**;
- ♦ на 5, **рис. 1.68**;
- ♦ на 10, **рис. 1.69**.

На базе микросхемы 7493 (К155ИЕ5) можно создать еще целый ряд интересных устройств, одно из которых мы приведем на **рис. 1.70**. Это **генератор ступенчато нарастающего напряжения**. Принцип работы генератора ступенчатого напряжения заключается в дозированном сложении сигналов, снимаемых с выходов делителей частоты микросхемы-счетчика 7493 (К155ИЕ5).

Используя приведенную в **главе 1** информацию, мы научились в программе Multisim моделировать цифровые схемы самого разнообразного назначения. В то же время выяснилось, что работа виртуаль-

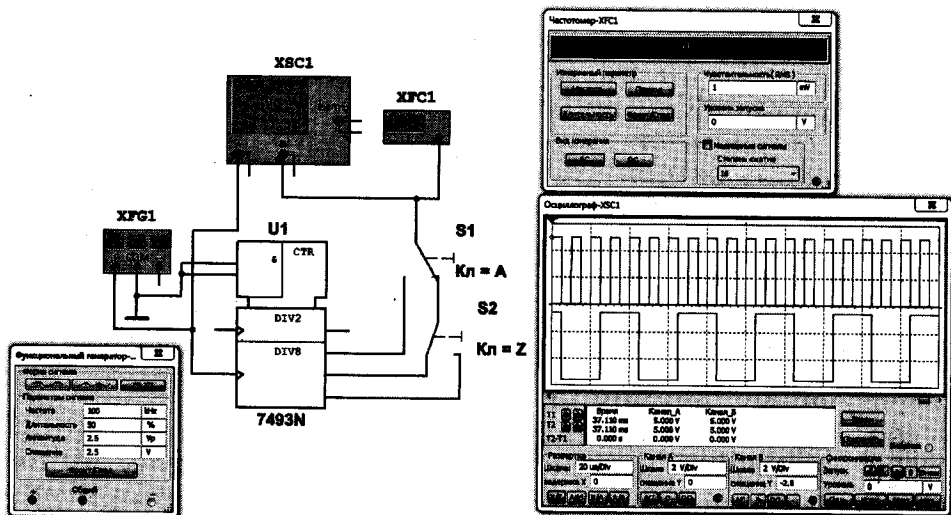


Рис. 1.66. Делитель частоты в 2/4/8 раз на микросхеме 7493 (K155IE5)

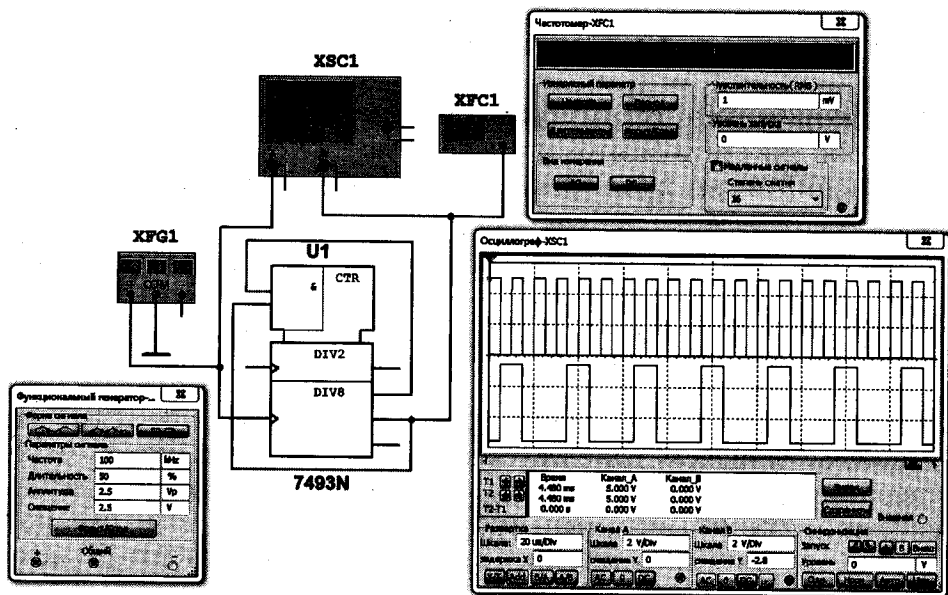


Рис. 1.67. Делитель частоты на 3 на микросхеме 7493 (K155IE5)

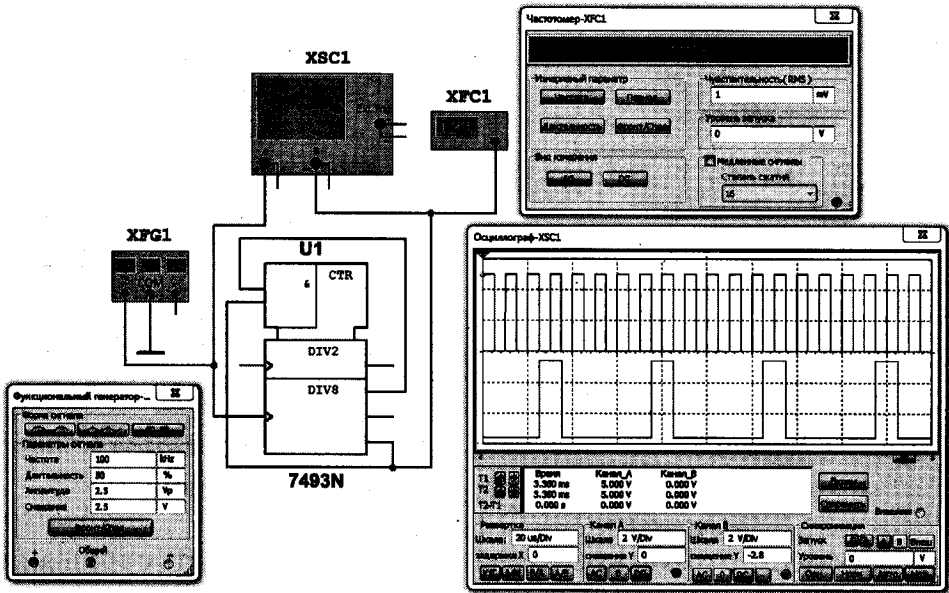


Рис. 1.68. Делитель частоты на 5 на микросхеме 7493 (K155IE5)

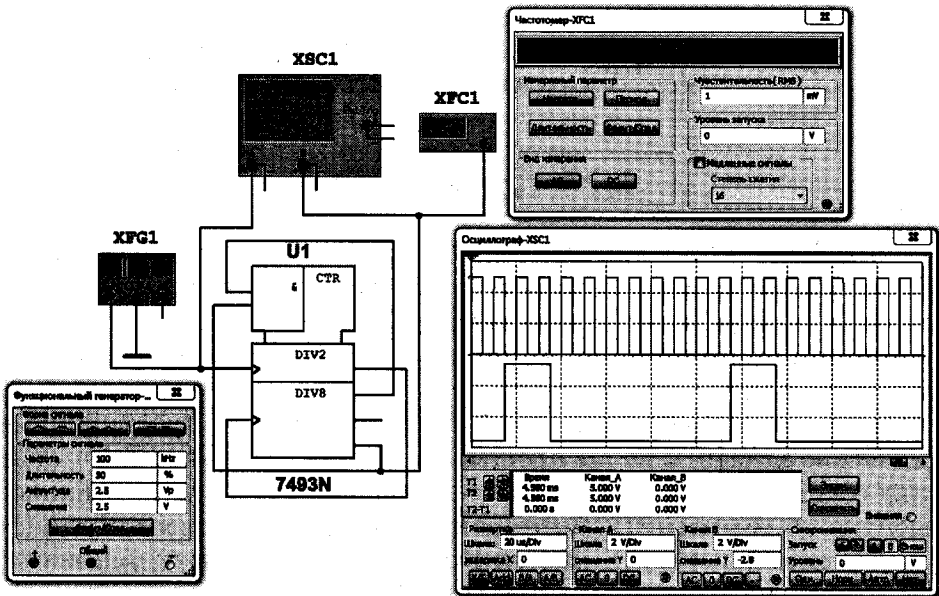


Рис. 1.69. Делитель частоты на 10 на микросхеме 7493 (K155IE5)

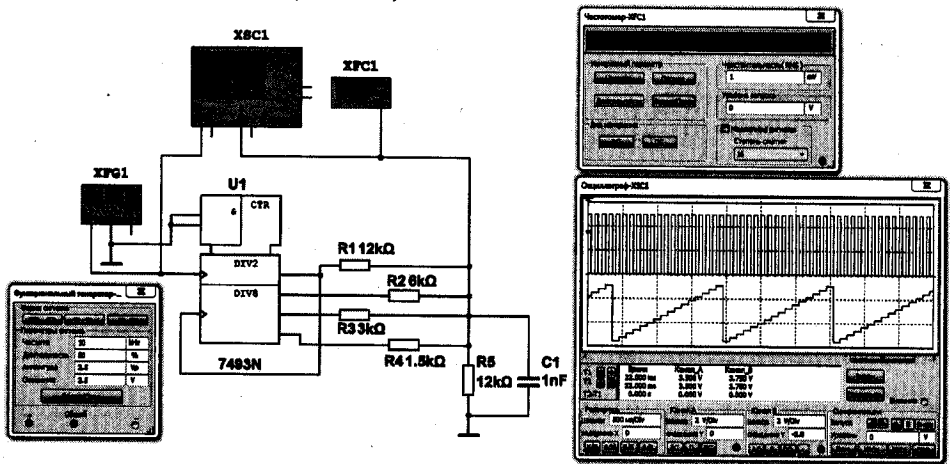


Рис. 1.70. Генератор ступенчато возрастающего напряжения на микросхеме 7493 (K155IE5)

ных, программно созданных устройств может не совпадать с реалиями (и наоборот).

В этой связи читателю представляется возможность воплотить понравившиеся ему устройства в железе и самостоятельно увязать теорию с практикой. В последующих главах приведены тематически распределенные по объему книги многочисленные несложные конструкции на логических элементах, которые читатель может апробировать в программах моделирования электронных устройств или собрать «вживую».

1.23. Послесловие

Прежде, чем приступить к чтению следующей главы, следует сразу предупредить читателя о том, что при помощи программ схемотехнического моделирования невозможно имитировать работу логических элементов в аналоговом назначении. Для чего же тогда приводится эта глава?

А приводится она для того, чтобы читатель знал, что традиционные логические элементы не так просты, как это кажется на первый взгляд. В них сокрыты неисчерпаемые и до нынешних дней малоизвестные особенности. А в плане схемотехнического моделирования кажущийся тупик можно преодолеть, заменив кирпичики логических элементов неизвестного внутреннего построения, предлагаемых программой, на их модели, собранные из отдельных деталей: транзисторов, резисторов, диодов, см., например, раздел 1.11.

АНАЛОГОВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМ

2.1. Аналоговые усилители на логических элементах

Счетверенный аналоговый инвертирующий усилитель на микросхемах К561ЛЕ5 и К561ЛП2

Схема. Счетверенный аналоговый инвертирующий усилитель с коэффициентом усиления около 1000 и входном сопротивлении не менее 10 МОм [151] показан на рис. 2.1.

Особенности. Верхняя граница полосы усиления без дополнительной коррекции достигает нескольких мегагерц. Входное напряжение в пределах от нуля до напряжения питания не вызывает повреждения микросхемы, поскольку входы усилителей защищены встроенными диодами. Это при включении во входную цепь токоограничительного резистора обеспечивает существенную перегрузочную способность.

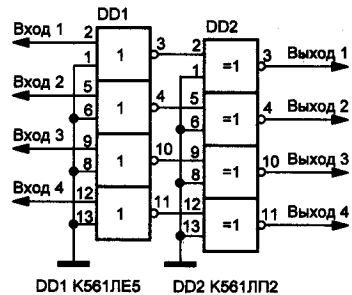


Рис. 2.1. Четырехканальный широкополосный аналоговый усилитель на двух КМОП-микросхемах



Примечание.

Режим работы каждого из каналов усилителя можно корректировать включением высокоомных резисторов между выходом и входом.

Корректировка АЧХ. При необходимости коррекции амплитудно-частотной характеристики отдельного усилителя допустимо выход логических элементов микросхемы DD1 шунтировать конденсатором емкостью до 1 нФ.

Электропитание. Усилитель можно питать однополярным напряжением 3...15 В.

Предусилитель для усиления сигналов стереофонического проигрывателя на микросхеме CD4069

Назначение. Предусилитель для усиления сигналов стереофонического проигрывателя с коэффициентом нелинейных искажений 0,1 %.

Схема устройства [41] представлена на рис. 2.2. Предусилитель выполнен на микросхеме CD4069.

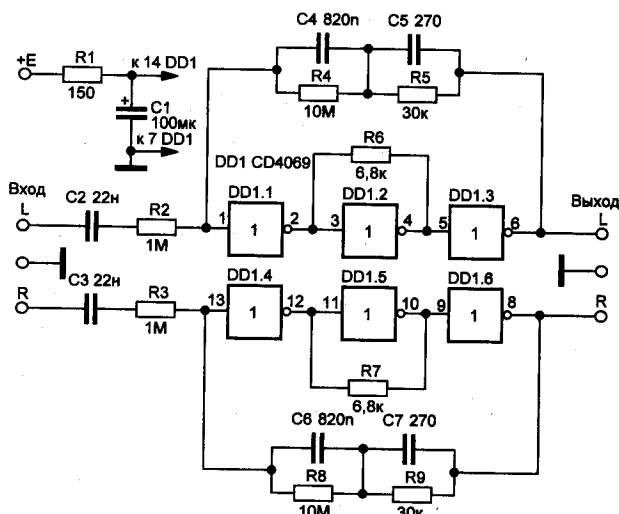


Рис. 2.2. Схема стереофонического предусилителя на микросхеме CD4069

Нижняя граница усиливаемых сигналов равна 10 Гц и определяется емкостью входных конденсаторов. Напряжение питания предусилителя — от 3 до 15 В, хотя приемлемая работоспособность сохраняется и при снижении напряжения до 2 В.

Стереосуилитель низкой частоты на микросхеме 564ЛН2 (К561ЛН2)

Назначение. Усилитель (стереосуилитель) аудиосигналов.

Схема устройства [113] представлена на рис. 2.3. Стереосуилитель выполнен на микросхеме 564ЛН2 (К561ЛН2). Максимальный размах неискаженного сигнала на нагрузке почти равен напряжению питания. В оконечном каскаде использован транзистор VT1, работающий в режиме класса А.

Принцип действия. КМОП-инверторы DD1.1, DD1.2 и транзистор VT1 образуют трехкаскадный инвертирующий усилитель с «плавающей рабочей точкой», охваченный через резистор R3 глубокой отрицатель-

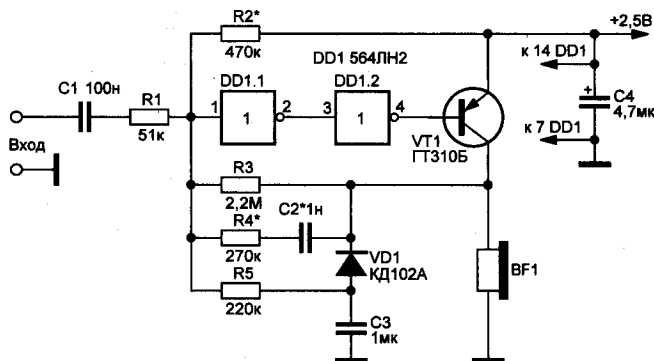


Рис. 2.3. Усилитель с низковольтным питанием

ной обратной связью (ООС) по постоянному напряжению. Этот резистор смещает рабочую точку каскадов усиления на линейные участки передаточных характеристик. Одновременно резистор образует ООС по переменному напряжению, приводящую к линейаризации АЧХ вплоть до 100 кГц.

Цепь VD1, R2, R5, C3 обеспечивает экономичность усилителя. Ток потребления при отсутствии сигнала составляет 2...3 мА. Если эту цепочку исключить, потребляемый усилителем ток достигнет 10...20 мА вне зависимости от уровня входного сигнала. Номинальное входное напряжение сигнала составляет 40 мВ; при уменьшении сопротивления резистора R1 до 12 кОм — 10 мВ с ухудшением параметров усиления.

Наладка. Налаживание усилителя сводится к подбору резистора R2 до получения симметричного двустороннего ограничения сигнала на нагрузке при уровне входного сигнала частотой 1 кГц свыше 50 мВ (эфф.). АЧХ усилителя можно корректировать подбором номиналов цепочки R4C2.



Примечание.

Вместо телефонов усилитель допускает подключение динамической головки сопротивлением 50 Ом.

Усилитель работает при напряжении питания 2...4,5 В.

Трехкаскадный телефонный усилитель на цифровой микросхеме K561ЛЕ5

Схема. На рис. 2.4 приведена схема простого трехкаскадного телефонного усилителя на цифровой микросхеме.

Усилитель имеет усиление порядка 86 дБ в полосе частот 600...1400 Гц (напряжение питания 9 В, потребляемый ток 2 мА).

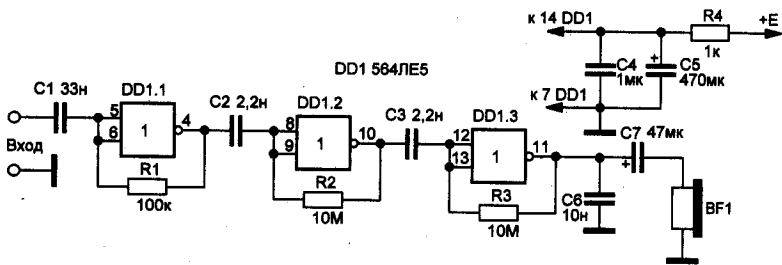


Рис. 2.4. Схема телефонного усилителя на микросхеме K561LE5

Маломощный усилитель низкой частоты на микросхеме K561LE5

Схема. Маломощный усилитель низкой частоты на микросхеме K561LE5 показан рис. 2.5 [116]. При максимальной громкости ток потребления не выше 10 мА. Если при максимальной громкости будут заметны искажения, необходимо подобрать номинал сопротивления R2 в пределах от 5 кОм до 1 МОм.

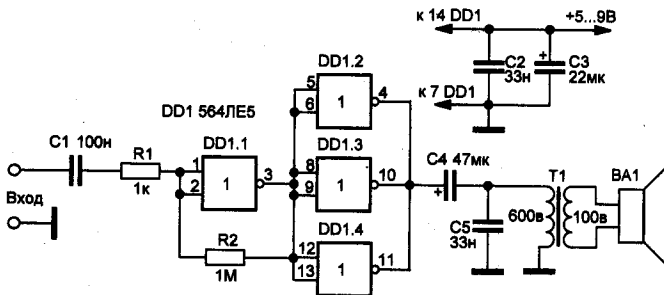


Рис. 2.5. Выходной каскад усилителя низкой частоты на микросхеме K561LE5



Примечание.

Вместо выходного трансформатора можно использовать телефонный капсюль с сопротивлением не менее 50 Ом.

Усиление по напряжению усилителя — не более 500, входное сопротивление порядка 1 МОм. Для сборки данной схемы приемлема лишь микросхема K561LE5.

2.2. Узкополосные фильтры на КМОП-микросхемах

Узкополосный фильтр на микросхеме К561ЛН2

Назначение. Биквадратные (резонаторные) полосовые фильтры допускают применение усилителей на КМОП-микросхемах в качестве активных элементов, обеспечивая высокую стабильность и добротность.

Схема полосового фильтра на КМОП инверторах приведена на рис. 2.6 [131].

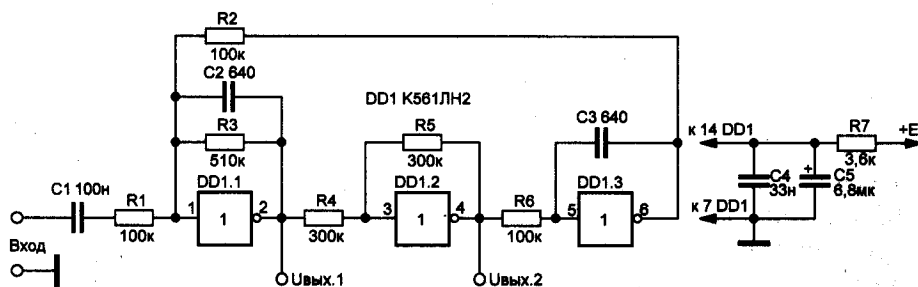


Рис. 2.6. Узкополосный фильтр на микросхеме К561ЛН2

Расчеты. Для расчета фильтра задаются значениями резонансной частоты F , добротностью Q и коэффициентом передачи на резонансной частоте K .

Принимаем $C = C_2 = C_3$ и $R = R_2 = R_6$. Задают значение C или R и из формулы $F = 1/(2\pi RC)$ находят значения R или C .

Определяют значение $R_3 = QR$, $R_1 = R_3/K$.

На рис. 2.6 приведены номиналы элементов, полученные в результате расчета для $F=2,5$ кГц, $Q=5$ и $K=2$.

Установки. При настройке фильтра производятся установки:

- ♦ резонансной частоты F подбором величины R_2 ;
- ♦ добротности Q подбором величины R_3 ;
- ♦ коэффициента передачи K подбором величины R_1 .

АЧХ фильтра. Амплитудно-частотная характеристика фильтра приведена на рис. 2.7.

С выходов фильтра $U_{\text{вых1}}$ и $U_{\text{вых2}}$ можно снимать противофазные напряжения. Устройство работоспособно в диапазоне питающих напряжений 3...15 В. При $U_{\text{пит}} = 9$ В и $R_7 = 3,6$ кОм ток потребления не превышает 1,5 мА.

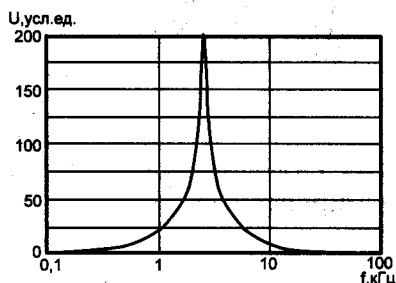


Рис. 2.7. Полоса пропускания фильтра на микросхеме К561ЛН2

Узкополосный фильтр на микросхеме К561ЛЕ5

Схема. На рис. 2.8 приведен пример использования КМОП-микросхемы в качестве узкополосного НЧ фильтра [152].

Рабочая частота фильтра определяется как

$$f = 1/2\pi RC,$$

где R и C — параметры резисторов и конденсаторов.



Примечание.

Добротностью фильтра (крутизной, остротой спада или подъема сигнала от частоты) можно управлять, перестраивая потенциометр R3.

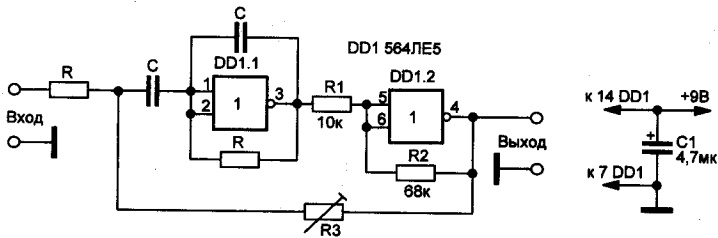


Рис. 2.8. Схема узкополосного НЧ фильтра К561ЛЕ5

Устройство цветомузыкального сопровождения на узкополосных фильтрах

Схема. На основе нескольких подобных фильтров (рис. 2.7 и рис. 2.8), настроенных на разные частоты, может быть собрано устройство цветомузыкального сопровождения.

Для этого достаточно на выходе фильтров включить простейшие усилители постоянного (или переменного) тока, нагруженные на светоизлучающие приборы (светодиоды, лампы накаливания).

Выделенные фильтрами низкочастотные сигналы можно также через согласующие каскады подавать на управляющие электроды тиристоров или симисторов. Питаят тиристоры пульсирующим током, симисторы — переменным.

2.3. Избирательный фильтр на КМОП-микросхеме CD4069

Применение. В качестве избирательных усилителей (активных полосовых фильтров), могут использоваться логические элементы, работающие в линейном режиме [94], рис. 2.9.

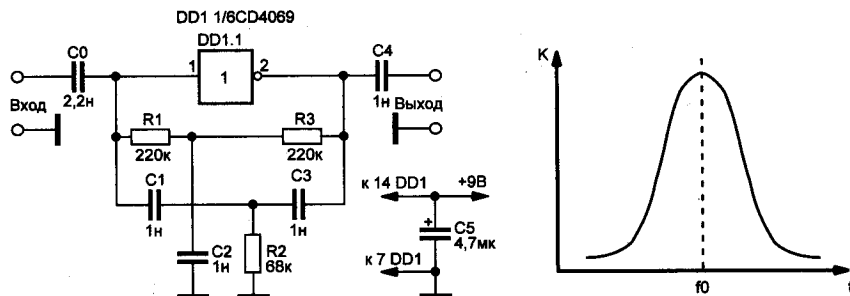


Рис. 2.9. Избирательный усилитель с логическим элементом микросхемы CD4069 в линейном режиме и его частотная характеристика

Принцип действия. В цепи отрицательной обратной связи усилителя включается режекторный RC-фильтр. На частоте подавления RC-фильтра отрицательная обратная связь в усилителе мала, а усиление — максимально. На других частотах действует отрицательная обратная связь, снижающая усиление тем сильнее, чем дальше отстоит частота от центральной частоты пропускания f_0 .

При условии $R_1 = R_3 = 2R_2$ и $C_1 = C_3 = 0,5C_2$ квазирезонансная частота (центральная частота RC-фильтра) избирательного усилителя равна $f_0 = 1/(2\pi R_1 C_1)$, а его амплитудно-частотная характеристика напоминает кривую избирательности параллельного LC-контура.

2.4. Генератор белого шума на микросхеме 4009А

Схема. Генератор белого шума [34], рис. 2.10, выполнен на стабилизаторе, сигнал с которого усиливается 2–3-х каскадным усилителем на микросхеме 4009А.

Принцип действия. Рабочая точка стабилитрона VD1 устанавливается регулировкой потенциометра R1 по максимуму генерируемого шумового напряжения. Применяется:

- ♦ или 1N758 с напряжением стабилизации 10 В;
- ♦ или 1N759 с напряжением стабилизации 12 В.

Шум генерируется стабилитроном на границе возникновения лавинного пробоя полупроводникового перехода, в данном случае, в районе 10 (12) В.

Электропитание. Питание устройство получает от источника постоянного тока напряжением 12 В.

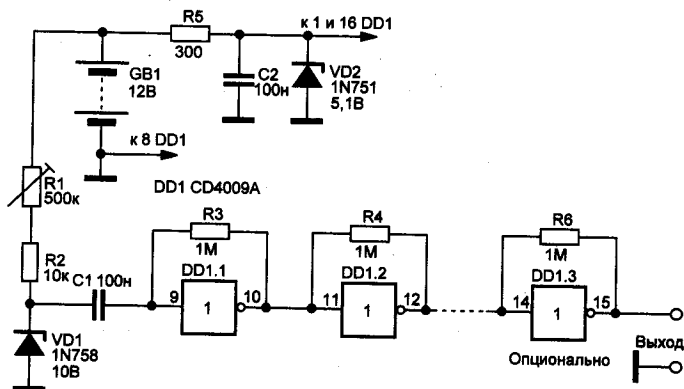


Рис. 2.10. Генератор белого шума на стабилизаторе

Шумовой сигнал усиливается 2–3-х каскадным усилителем на КМОП-микросхеме 4009А.

2.5. Функциональный генератор на КМОП-микросхеме К561ЛЕ5

Назначение. Функциональный генератор — это общий инструмент для генерации тестовых сигналов. Большинство функциональных генераторов могут генерировать сигналы синусоидальный, прямоугольный и/или треугольной формы.

Профессиональная аппаратура поддерживает сигналы произвольной формы и имеет множество каналов. Простой функциональный генератор может быть собран легко; существует множество проектов домашней сборки, известных достаточно давно. Методы синтеза сигналов определенной формы делятся на две категории:

- ◆ методы аналогового синтеза;
- ◆ методы цифрового синтеза.

На основе КМОП-микросхемы может быть собран функциональный генератор, рис. 2.11 [174]. К таким генераторам относят устройства, вырабатывающие синхронно изменяющиеся во времени сигналы разной формы.

Возможности. Устройство вырабатывает сигналы:

- ◆ прямоугольной формы (выход 1);
- ◆ треугольной формы (выход 2);
- ◆ синусоидальный сигнал (выход 3).

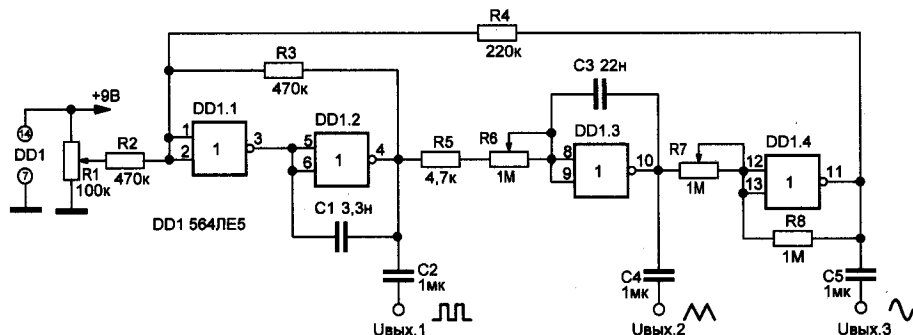


Рис. 2.11. Функциональный генератор на КМОП-микросхеме

На первых двух инверторах выполнен обычный **генератор прямоугольных импульсов**. Соотношение пауза — длительность импульса регулируется потенциометром R1. Следующий каскад является **интегратором**. На его выходе синтезируется сигнал, по форме приближающийся к треугольному.

Форма этого сигнала регулируется в некоторых пределах потенциометром R6. Последний, четвертый инвертор микросхемы работает в режиме усиления.



Примечание.

За счет неидеальности передачи сигнала треугольной формы (его сглаживания) на выходе усилителя форма сигнала приближается к синусоиде.

Большую степень приближения к синусоиде можно получить после простейшего фильтра, выделяющего первую и подавляющего высшие гармоники.

Недостатком функциональных генераторов подобного построения является сложность перестройки их по частоте, т. к. условия формирования сигналов необходимой формы с изменением частоты меняются, неизменным по форме остается только сигнал прямоугольной формы.

2.6. Радиоприемник прямого усиления на микросхеме К561ЛЕ5

Радиоприемник прямого усиления имеет входной колебательный контур, обеспечивающий избирательность приема, усилитель высокой частоты и детектор, сигнал с которого поступает на усилитель низкой частоты.

Состав. Радиоприемник включает в себя:

- ♦ входной колебательный контур, обеспечивающий избирательность приема;
- ♦ усилитель высокой частоты;
- ♦ детектор, сигнал с которого поступает на усилитель низкой частоты.

**Примечание.**

На базе логических элементов КМОП могут быть созданы даже такие радиоэлектронные устройства как радиоприемник прямого усиления 1-V-3, *рис. 2.12 [159]*.

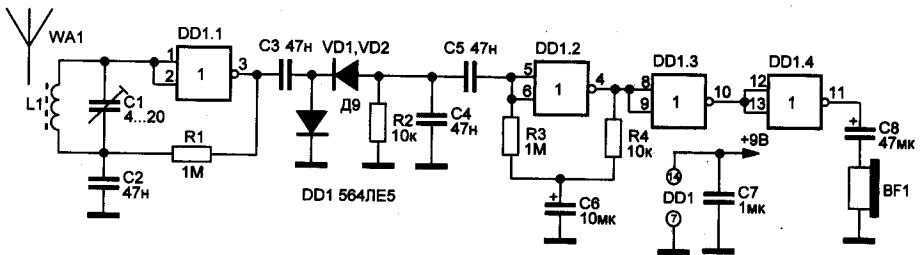


Рис. 2.12. Схема радиоприемника прямого усиления

Радиоприемник способен работать в диапазоне длинных волн, и, с ухудшением чувствительности — в диапазоне средних волн. Чувствительность этого приемника, как и других приемников прямого усиления невысока.

**Примечание.**

Обозначение 1-V-3 в описании радиоприемника прямого усиления означает, что он содержит 1 каскад усиления высокой частоты, детектор (V) и 3 каскада усиления низкой частоты.

Входной каскад приемника выполнен на первом инверторе микросхемы. В качестве входного колебательного контура, определяющего частоту приема, могут быть использованы элементы входной цепи любого старого (транзисторного или лампового) радиоприемника, катушки индуктивности или магнитные антенны совместно с конденсатором переменной емкости.

**Совет.**

Для повышения громкости приема к колебательному контуру приемника рекомендуется подключить наружную антенну, а также заземление.

Выделенный входным колебательным контуром и усиленный первым каскадом сигнал поступает на амплитудный детектор, выполненный на германиевых диодах VD1 и VD2 по схеме удвоения напряжения. Далее сигнал низкой частоты выделяется на сопротивлении R2, а высокочастотная составляющая шунтируется «на землю» конденсатором C4.

Сигнал звуковой частоты через конденсатор C5 поступает на трехкаскадный УНЧ. Выход УНЧ через разделительный конденсатор C8 нагружен на телефонный капсюль BF1.



Примечание.

Звуковой сигнал может быть дополнительно усилен, если к выходу радиоприемника подключить внешний УНЧ.

2.7. Радиоприемник на цифровой микросхеме К176ЛА7

Радиоприемник прямого усиления 1-V-2 на цифровой микросхеме, рис. 2.13, выполнен на микросхеме К176ЛА7 [92]. Для магнитной антенны использован ферритовый стержень диаметром 8 мм длиной 50...100 мм. Катушку индуктивности для средневолнового диапазона в 110 витков наматывают проводом ПЭВ 0,3...0,5 виток к витку. Если в детекторе использовать германиевые диоды типа Д9, Д18, ГД507, то резистор R3 не нужен.

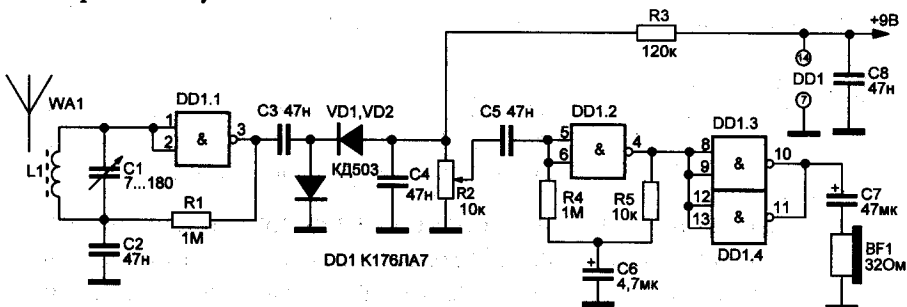


Рис. 2.13. Радиоприемник прямого усиления на микросхеме К176ЛА7

2.8. Пороговые устройства на логических элементах

Назначение. Пороговые устройства довольно часто используют для преобразования аналогового сигнала в цифровую информацию

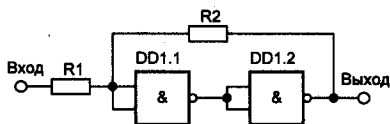


Рис. 2.14. Схема порогового устройства на логических элементах

[140]. Простейшим пороговым устройством является триггер Шмитта. Кроме формирования импульсов и восстановления цифровых сигналов, пороговые устройства применяют в аналогово-цифровых преобразователях, генераторах импульсов различной формы, рис. 2.14.



Примечание.

По большому счету, логический элемент является сам пороговым устройством, однако его передаточная характеристика далеко не идеальна для выполнения такой функции.

Для повышения линейности передаточной характеристики логического элемента, его необходимо охватить положительной обратной связью по постоянному току через резистор R2. В таком случае он превращается в своеобразный триггер Шмитта с возможностью регулирования пороговых напряжений.

Ширина петли гистерезиса (разность между пороговыми напряжениями) зависит от соотношения номиналов резисторов R1 и R2. От этих же резисторов зависит и чувствительность. При увеличении R2 и уменьшении R1:

- ♦ чувствительность повышается;
- ♦ ширина петли гистерезиса уменьшается.

Для микросхем ТТЛ сопротивление $R1 = 0,1 \dots 2$ кОм, а $R2 = 2 \dots 10$ кОм.

Особенности. Пороговые устройства на КМОП элементах отличаются высокой экономичностью, а недостатком является низкая чувствительность.

Для КМОП микросхем:

- ♦ R1 — несколько десятков килоом;
- ♦ R2 — несколько сотен килоом.

2.9. Преобразователь синусоиды в цифровой сигнал на микросхеме 74НС04

Схема. Преобразователь сигнала синусоидальной формы в цифровой сигнал амплитудой 5 В [31], рис. 2.15, выполнен на двух элементах микросхемы 74НС04.



Примечание.

Максимальная частота входного сигнала не должна превышать 10 МГц.

Амплитуда входного сигнала может находиться в пределах от 50 мВ до 5 В. От перегрузок по входу преобразователь защищен диодами VD1, VD2.



Совет.

Не рекомендуется повышать входное сопротивление преобразователя выше 10 кОм путем замены резистора R1. Тогда работа устройства будет нестабильной.

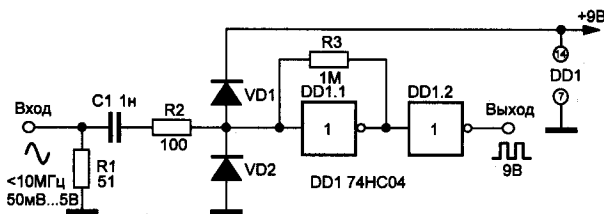


Рис. 2.15. Преобразователь синусоиды в цифровой сигнал

2.10. Формирователь импульсов на микросхеме К561ЛЕ5

Назначение. На основе логических элементов могут быть созданы и устройства, позволяющие осуществить переход от аналоговых сигналов к цифровым.

Подобные устройства именуются **формирователями импульсов** и применяются для создания различного рода технических устройств, например, устройств голосового управления, для управления релейными схемами от источника звукового сигнала (радиоприемника, магнитофона, проигрывателя, телефонной линии и пр.).

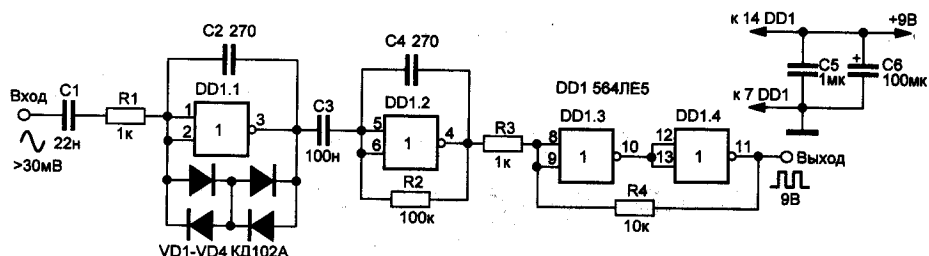


Рис. 2.16. Схема формирователя импульсов прямоугольной формы

Схема. Формирователь импульсов, рис. 2.16, имеет высокую чувствительность [144]. При амплитуде аналогового сигнала на входе, превышающей 30 мВ, на выходе формируется сигнал прямоугольной формы с амплитудой, близкой к напряжению источника питания (9 В).

2.11. Сигнализатор звонка сотового телефона на микросхемах 4069 и 555

Известно, что, во-первых, звонок сотового телефона не всегда можно услышать, и, во-вторых, считается, что излучение сотового телефона не улучшает здоровье людей. Устройство [12], рис. 2.17, позволяет определить, звонит ли сотовый телефон.

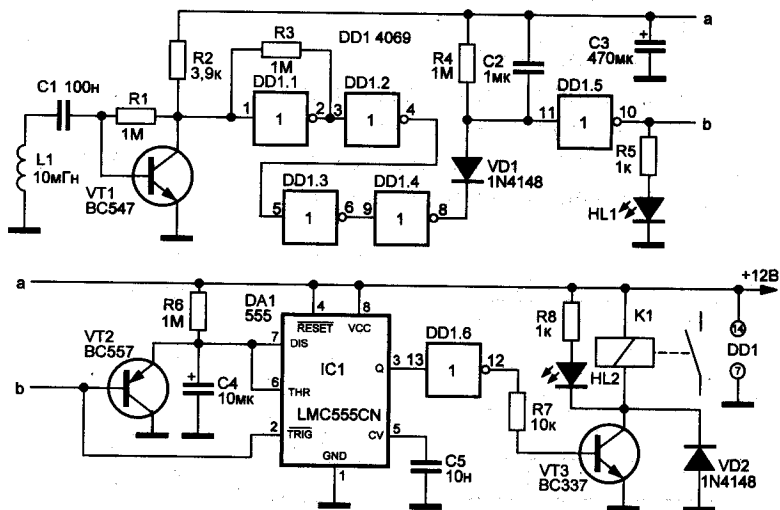


Рис. 2.17. Сигнализатор звонка сотового телефона

ГЕНЕРАТОРЫ НА ЦИФРОВЫХ МИКРОСХЕМАХ

3.1. Автоколебательные мультивибраторы на логических элементах

Мультивибраторы на операционных усилителях имеют ограниченный частотный диапазон из-за сравнительно низкого быстродействия операционного усилителя. Мультивибраторы на логических элементах позволяют легко решить эту задачу [51].

Схема. Типовая схема автоколебательного мультивибратора приведена на рис. 3.1.

Временные диаграммы напряжений мультивибратора приведены на рис. 3.2.

При необходимости плавного изменения скважности выходных импульсов используют разделение цепей заряда и разряда конденсатора, рис. 3.3.

В этой схеме конденсатор C :

- ♦ в одну часть периода заряжается через диод $VD1$, нижнюю часть потенциометра $R3$ и резистор $R4$;
- ♦ в другую часть периода заряжается через диод $VD2$, верхнюю часть потенциометра $R3$ и резистор $R2$.

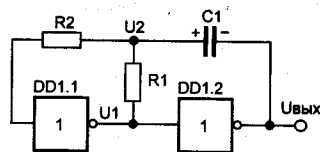


Рис. 3.1. Автоколебательный мультивибратор на логических элементах

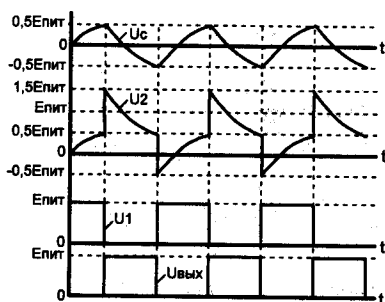


Рис. 3.2. Временные диаграммы напряжений мультивибратора

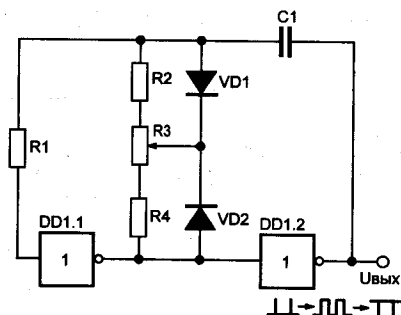


Рис. 3.3. Автоколебательный мультивибратор с плавной регулировкой скважности выходных сигналов

Для случая $R_2 = R_4 = R$, а $R_3 = 10R$, при перемещении движка потенциометра R_3 скважность будет изменяться в пределах от 10:1 до 1:10. Период колебаний практически не изменяется.

3.2. Генераторы прямоугольных импульсов на КМОП-микросхемах

Характеристики генераторов прямоугольных импульсов на КМОП-микросхемах

Характеристики генераторов прямоугольных импульсов на КМОП-микросхемах, **рис. 3.4 — рис. 3.9**, получены С. Елимовым [84] в результате экспериментов с конкретными наименованиями и образцами микросхем.

Формулы для расчета частоты соответствуют напряжению питания 5 В при температуре окружающей среды 25 °С. Нагрузочная способность генераторов такая же, как у элементов микросхем серии К561. Верхняя граница напряжения питания генераторов определяется серией микросхем и равна 15 В, а нижняя указана далее в **табл. 3.1**.

Характеристики генераторов, схемы которых представлены на рис. 3.4 — рис. 3.9 Таблица 3.1

Номер рисунка	Нижний предел сопротивления резистора R1, кОм	Наибольшая частота генерации, МГц	Минимальное напряжение питания, В	Изменение частоты при нагревании до 85 °С, %	Скважность выходных импульсов
3.4	1	2	2	-4	2
3.5	1	2	4	-	2
3.6	0,56	2	2,5	-5	>2
3.7	0,56	2	2	+2,5	<2
3.8	-	1,3	3	-	<2
3.9	1	1	1,4	-11	>2

Верхний предел сопротивления резисторов из практических соображений установлен на уровне 40 МОм.

В генераторах с емкостной положительной обратной связью амплитуда импульсов на входе элемента может превысить напряжение питания. В этих случаях открываются входные защитные диоды, и через них начинает протекать ток.



Совет.

Для ограничения этого тока входную цепь логического элемента рекомендуется отделять резистором сопротивлением 1...150 кОм.

Для каждого генератора указана формула, позволяющая вычислять значение генерируемой частоты в зависимости от номиналов элементов частотоподающей цепи.



Примечание.

Для расчетов следует использовать:

- ♦ для RC-генераторов: частота – в кГц, сопротивление – в кОмах, емкость – в микрофарадах;
- ♦ для LC-генераторов: частота – в МГц, емкость – в нанофарадах, индуктивность – в миллигенри.

Скважность импульсов близка к 50 % при любом напряжении питания. В результате разогревания корпуса микросхемы частота несколько уменьшается (на 4 % при 85 °С).

Генератор на микросхеме K561ЛА7

Генератор прямоугольных импульсов может быть выполнен на элементах 2И-НЕ микросхемы K561ЛА7, рис. 3.4.



Примечание.

Схема сохраняет работоспособность при понижении напряжения питания $U_{пит}$ до 2 В и значительном снижении частоты генерации.

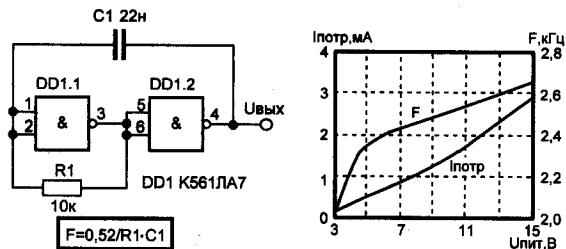


Рис. 3.4. Генератор на КМОП-элементах K561ЛА7 и его графические характеристики

Генератор на микросхеме K561ЛЕ5

Генератор прямоугольных импульсов может быть выполнен и на двух логических элементах 2ИЛИ-НЕ микросхемы K561ЛЕ5, рис. 3.5.

Генератор на микросхеме K561ЛН2

Генератор прямоугольных импульсов может быть выполнен также:

- ♦ на двух инверторах, рис. 3.6;
- ♦ на трех инверторах, рис. 3.7.

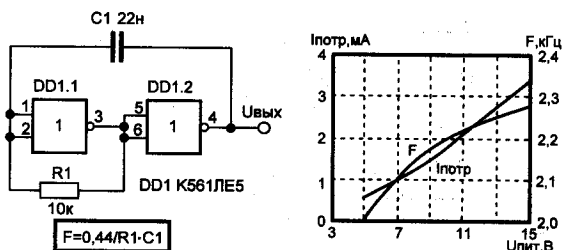


Рис. 3.5. Генератор на КМОП-элементах К561ЛЕ5 и его графические характеристики

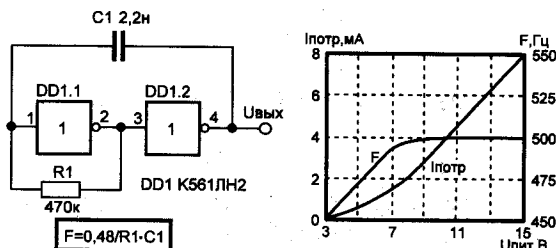


Рис. 3.6. Генератор на КМОП-элементах К561ЛН2 и его графические характеристики

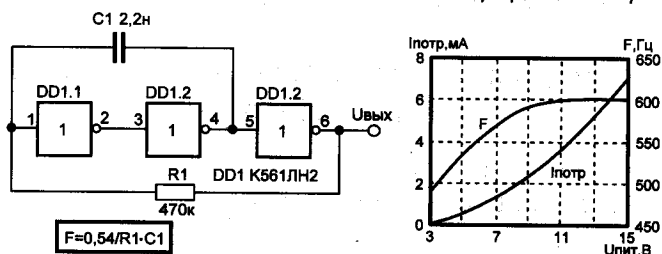


Рис. 3.7. Генератор на КМОП-элементах К561ЛН2 и его графические характеристики

У генератора на элементах 2ИЛИ-НЕ частота генерации практически не зависит от температуры корпуса микросхемы, а у генераторов на инверторах частота очень стабильна на участке $U_{\text{пит}} = 9 \dots 15 \text{ В}$.

Генератор на микросхеме К561ЛА7

Схема простейшего LC-генератора с логическим элементом 2И-НЕ микросхемы К561ЛА7 показана на рис. 3.8. LC-цепь сдвигает фазу выходного сигнала элемента на 180° , в результате происходит самовозбуждение генератора. При частоте генерации выше 1,3 МГц амплитуда выходных импульсов начинает падать.



Примечание.

В генераторе могут также работать элементы 2ИЛИ-НЕ, причем генерируемые колебания по форме приближаются к синусоиде.

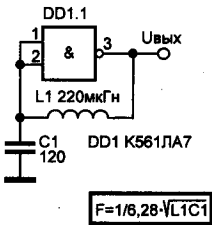
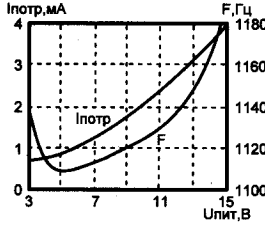


Рис. 3.8. Генератор на КМОП-элементах К561ЛА7 и его графические характеристики



Для устойчивой работы генератора волновое сопротивление LC-контура $\rho = (L/C)^{0,5}$ не должно быть менее 2 кОм. Частота генерации практически совпадает с резонансной частотой LC-контура. Достоинство генератора — высокая температурная стабильность частоты.

Генератор на микросхеме К561ТЛ1

Подобные по структуре генераторы можно выполнить на одном элементе — **триггере Шмитта**, рис. 3.9. При напряжении питания, близком к максимальному, они стабильны по частоте и исключительно экономичны. А при напряжении питания менее 6 В потребляют ток в несколько десятков микроампер.

Генераторы импульсов на основе симметричного мультивибратора

Рассмотрим еще один вариант схемного решения. Генератор импульсов на основе **симметричного мультивибратора** содержит два логических элемента, охваченных обратной связью через RC-цепочки, рис. 3.10. Такой генератор обеспечивает симметричность выходных импульсов при условии:

$$R_1 = R_2, C_1 = C_2.$$

Период следования импульсов T определяется как сумма времен заряда конденсаторов, т. е.

$$T = \tau_{зар1} + \tau_{зар2},$$

где $\tau_{зар1} = \tau_1 \ln(U^1/U_{пор})$; $\tau_{зар2} = \tau_2 \ln(U^1/U_{пор})$.

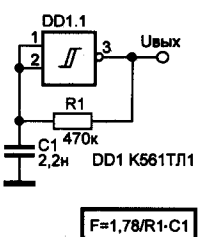
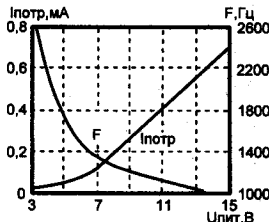


Рис. 3.9. Генератор на КМОП-элементах К561ТЛ1 и его графические характеристики



Значения τ_1 и τ_2 определяются с учетом выходных сопротивлений инверторов $R_{вых \text{ Э1}}, R_{вых \text{ Э2}}$:

$$\tau_1 = C_1(R_2 + R_{вых \text{ Э1}});$$

$$\tau_2 = C_2(R_1 + R_{вых \text{ Э2}}).$$

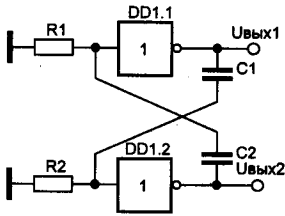


Рис. 3.10. Генератор импульсов на основе симметричного мультивибратора

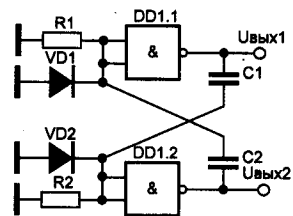


Рис. 3.11. Вариант генератора импульсов на основе симметричного мультивибратора

Частота следования выходных импульсов симметричного мультивибратора определяется из соотношения:

$$f_{и} = \frac{1}{T} \approx \frac{1}{\tau_1 + \tau_2} = \frac{1}{2RC}.$$

Вариант выполнения симметричного мультивибратора приведен на рис. 3.11.

3.3. Автогенераторы на триггере Шмитта на микросхеме К561ТЛ1 (К561ТЛ2)

Простейший генератор на основе триггера Шмитта

Схема. Автогенераторы на основе триггера Шмитта содержат минимальное количество компонентов при высоком качестве выходных сигналов, особенно в области инфранизких частот (до 10 Гц). Простейший генератор на основе триггера Шмитта содержит всего три элемента, рис. 3.12.

Рабочая частота такого генератора вычисляется по формуле $f \approx 0,5/RC$.

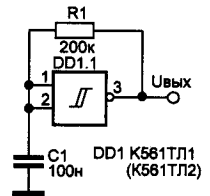


Рис. 3.12. Автогенератор на микросхеме К561ТЛ1 (К561ТЛ2)

Генератор на основе триггера Шмитта с регулируемой частотой следования импульсов

Схема. Для того чтобы обеспечить перестройку частоты такого генератора, достаточно последовательно с резистором R1 включить потенциометр R2, рис. 3.13. Тогда граничную частоту генератора можно определить так:

$$\begin{aligned} \text{верхнюю } f &\approx 0,5/R1C1; \\ \text{нижнюю } f &\approx 0,5/(R1 + R2)C1. \end{aligned}$$

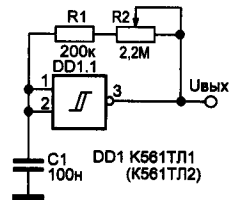


Рис. 3.13. Автогенератор на микросхеме К561ТЛ1 (К561ТЛ2) с регулируемой частотой следования импульсов

Генератор на основе триггера Шмитта с регулируемой скважностью импульсов

Схема. Для плавного изменения соотношения периода следования импульса T к его длительности τ (скважности импульса $S = T/\tau$) можно воспользоваться схемой, рис. 3.14. Величина, обратная скважности, называется коэффициентом заполнения $D = 1/S$, рис. 3.15.

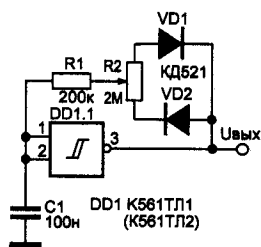


Рис. 3.14. Автогенератор на микросхеме К561ТЛ1 (К561ТЛ2) с регулируемой скважностью импульсов

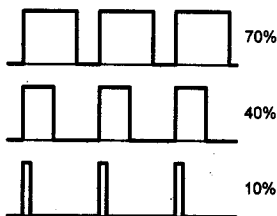


Рис. 3.15. Импульсные сигналы с различным коэффициентом заполнения D

3.4. Автогенераторы с внешней регулировкой частоты

Автогенератор с регулируемой извне частотой следования импульсов на микросхеме 74НС14

Схема. Генератор коротких импульсов на основе микросхемы 74НС14 [42], рис. 3.16 и рис. 3.17, работает в диапазоне частот 1,28...10,1 кГц при изменении напряжения на входе устройства в пределах от 3,5 до 12 В. Напряжение питания генератора 5 В.

Ширина генерируемых импульсов определяется номиналом резистора $R2$, через который происходит разряд конденсатора $C1$.

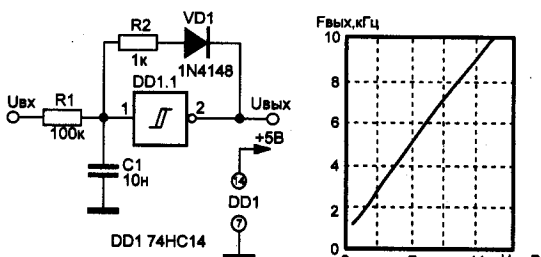


Рис. 3.16. Автогенератор на микросхеме 74НС14 с регулируемой извне частотой следования импульсов и его графические характеристики

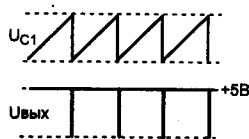
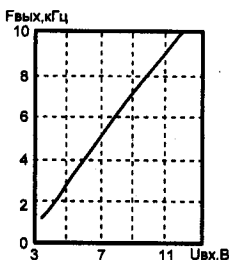


Рис. 3.17. Форма сигналов, наблюдаемых на конденсаторе $C1$ и на выходе устройства

**Примечание.**

Частота генерации устройства в существенной мере зависит от изменения напряжения питания микросхемы (от 2 до 6 В). Впрочем, этот недостаток можно обернуть во благо, если управлять таким способом частотой следования импульсов. Одновременно с изменением напряжения питания изменяется и амплитуда генерируемых импульсов.

Генератор импульсов с декадным переключением частоты на микросхеме К561ТЛ1

Схема. На микросхеме, содержащей триггер Шмитта, рис. 3.18, построен генератор импульсов [186], частоту которого можно переключать декадами в пределах от 10 Гц до 10 МГц.

Для переключения служит переключатель S1 и магазины конденсаторов C1–C5 и C6–C10. В пределах декады частоту регулируют потенциометром R2. Потенциометром R4 можно менять скважность импульсов. Полярность выходных импульсов переключают тумблером S2.

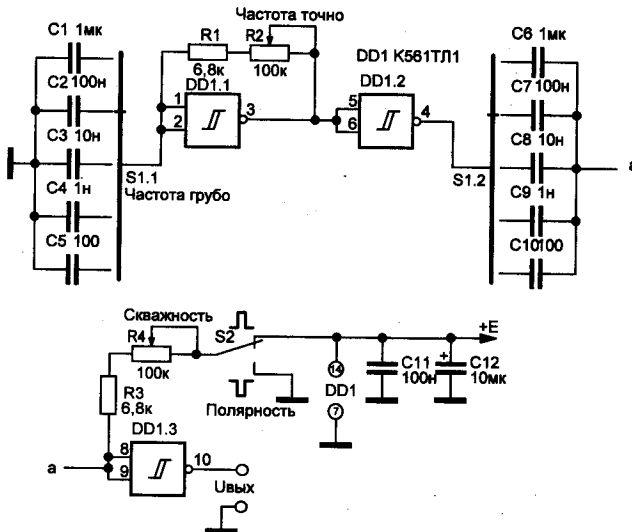


Рис. 3.18. Генератор импульсов на основе триггера Шмитта, работающий в диапазоне частот 10 Гц ... 10 МГц

3.5. ВЧ генератор на триггере Шмитта на КМОП-микросхеме 4093

Высокочастотный генератор на микросхеме 4093 [8], рис. 3.19, способен генерировать колебания прямоугольной формы:

- ♦ до частоты 8 МГц при напряжении питания 15 В;
- ♦ до частоты 5 МГц при напряжении питания 10 В.

При индуктивности катушки L1 100 мкГн и суммарной емкости конденсаторов C1, C2 120 пФ генератор работает на частоте 1 МГц.

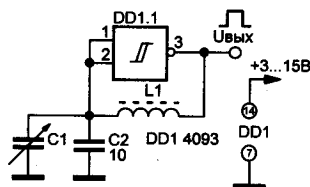


Рис. 3.19. Высокочастотный LC-генератор на КМОП-микросхеме 4093

3.6. Генератор прямоугольных импульсов на микросхемах К155ЛА3 и К155ЛА8

Назначение. Генератор импульсов [134], рис. 3.20, вырабатывает импульсы, частота следования которых лежит в диапазоне от 1 Гц до 100 кГц. Генератор имеет независимую регулировку частоты следования и скважности импульсов потенциометрами R5 и R1, соответственно.

Элементная база. Генератор выполнен на транзисторе VT1 и элементах DD1.1, DD1.2. Элемент DD1.3 и микросхема DD2 являются выходными усилителями. Генератор охвачен двумя цепями обратной связи:

- ♦ на базу транзистора VT1;
- ♦ на эмиттер транзистора VT1.

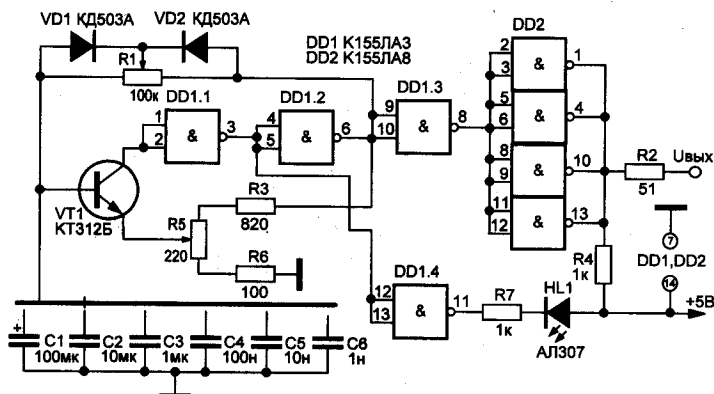


Рис. 3.20. Генератор импульсов, работающий в диапазоне частот 1 Гц ... 100 кГц

Принцип его работы основан на заряде-разряде конденсаторов C1–C6.

При разряженном конденсаторе транзистор VT1 закрыт, на выходе элемента DD1.2 будет высокий логический уровень. Конденсатор начинает заряжаться через диод VD2 и левую (по схеме) часть переменного резистора R1. Заряд происходит до тех пор, пока напряжение на базе транзистора VT1 не превысит напряжения на его эмиттере, которое задается делителем, состоящим из резисторов R3, R5.

После открытия транзистора на выходе элемента DD1.2 появляется логический 0. Конденсатор начинает разряжаться через диод VD1 и правую часть потенциометра R1 до достижения на нем напряжения около 0,6 В. Затем начинается новый цикл.



Примечание.

Переменным резистором R1 обеспечивается изменение скважности импульсной последовательности с сохранением длительности периода, т. к. при перемещении движка потенциометра R1 одновременно изменяются постоянные времени заряда и разряда, а их сумма остается постоянной.

На рис. 3.21 показана упрощенная схема генератора.

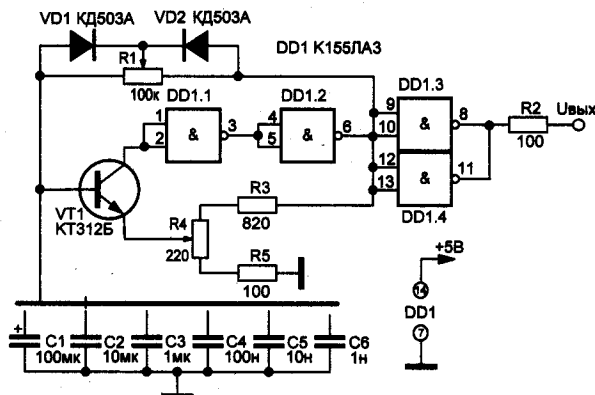


Рис. 3.21. Упрощенная схема генератора импульсов

3.7. Мультивибратор на ТТЛ-микросхеме с линией задержки

Схема. Простой мультивибратор на микросхеме с использованием линии задержки показан на рис. 3.22 [108]. Линия задержки имеет характеристическое сопротивление 500...600 Ом, такое же сопротивление имеет резистор R1.

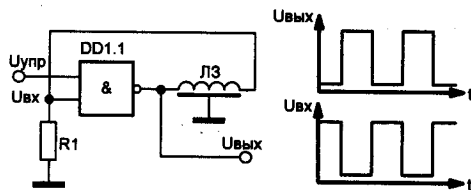


Рис. 3.22. Мультивибратор на ТТЛ-микросхеме с линией задержки и диаграммы сигналов на его входе и выходе



Совет.

С учетом габаритов линии задержки устройство предпочтительно использовать для генерации частот выше 500 кГц.

3.8. Фотоуправляемые генераторы на микросхемах

Фотоуправляемый генератор на микросхеме 4069

Назначение. Генератор прямоугольных импульсов, частота которого зависит от уровня освещенности [11], рис. 3.23, может быть использован в составе:

- ♦ фотореле;
- ♦ сторожевых устройств;
- ♦ электромузыкальных инструментов;
- ♦ игрушек.



Примечание.

Генератор выполнен по классической схеме, однако, вместо обычного элемента частотозадающей цепи – резистора использован фоторезистор.

Максимальная частота генерации при использовании микросхемы 4069 и напряжении питания 12 В составляет 4 МГц при потребляемом токе 1 мА.

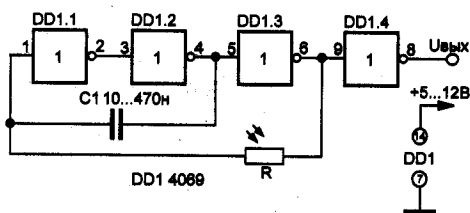


Рис. 3.23. Генератор, частота которого зависит от интенсивности светового потока, падающего на фоторезистор

Генератор со светочувствительным резистором на микросхеме 4011/4001

Вариант генератора со светочувствительным резистором [6], работающий до частоты 100 кГц, приведен на рис. 3.24. Емкость конденсатора С при желании можно варьировать в пределах от 100 пФ до 100 нФ, меняя тем самым исходную частоту генерации.

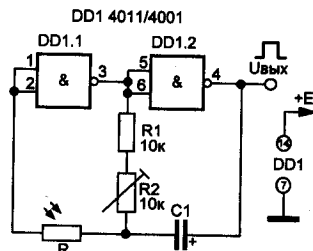


Рис. 3.24. Фотоуправляемый генератор на микросхеме 4011/4001

Фотоуправляемый генератор на триггере Шмитта на микросхеме 4093

Генератор [6], рис. 3.25, на основе триггера Шмитта (микросхема 4093) в качестве частото- задающего элемента также использует фоторезистор, сопротивление которого изменяется при освещении в пределах от 1 МОм до 10 кОм.

Начальную частоту генерации можно задавать изменением номиналов резистора R1 от 10 кОм до 1 МОм и конденсатора C1 от 10 нФ до 10 мкФ. Максимальная частота генерации — 1 МГц. Напряжение питания генератора — от 3 до 15 В.

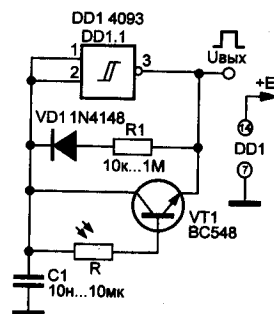


Рис. 3.25. Фотоуправляемый генератор на триггере Шмитта



Примечание.

Если вместо фоточувствительного элемента включить термо (магнито, гигро...) чувствительный элемент, перечисленные выше устройства можно использовать по иному назначению, определяемому функцией чувствительного элемента.

3.9. Звуковые генераторы

Простой звуковой генератор на микросхеме 4093

Простой звуковой генератор [11], рис. 3.26, выполнен на двух элементах микросхемы 4093 (триггер Шмитта). Нагрузкой генератора является пьезоэлектрический излучатель.

Поскольку наибольшая громкость звука достигается при работе пьезоэлектрического излучателя на его резонанс-

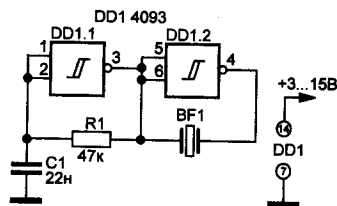


Рис. 3.26. Звуковой генератор на микросхеме 4093

ной частоте, рекомендуется подобрать номиналы элементов R1C1. Генератор легко реорганизовать так, чтобы он стал управляемым. Для этого достаточно на один из входов элемента DD1.1 подавать управляющий сигнал.

Звуковой генератор на микросхеме 4093 с повышенной громкостью звучания

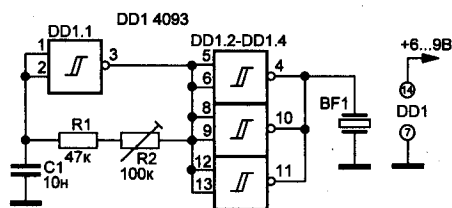


Рис. 3.27. Вариант звукового генератора на микросхеме 4093 с повышенной громкостью звучания

Схема. Генератор аналогичного назначения и близкого построения с предыдущим вариантом [6], рис. 3.27, отличается от него втрое повышенной громкостью звучания. Регулировкой потенциометра R2 частоту генератора можно перестраивать в пределах от 500 до 3000 Гц, добываясь тем самым максимума звучания излучателя звука.

Электропитание. При напряжении питания 9 В устройство потребляет ток 5 мА.

3.10. Кварцевые генераторы на микросхемах

Генераторы на микросхемах с кварцевой стабилизацией

Назначение. Для обеспечения стабильной частоты генерации используют кварцевые резонаторы.

Схема. На рис. 3.28 показаны варианты выполнения генераторов стабильных частот на микросхемах [50].



Примечание.

Предельная частота, на которой могут работать такие генераторы, определяется индивидуальными характеристиками микросхем, а также их напряжением питания.

На рис. 3.29–3.32 приведены варианты выполнения схем кварцевых генераторов на ТТЛ-микросхемах [103].

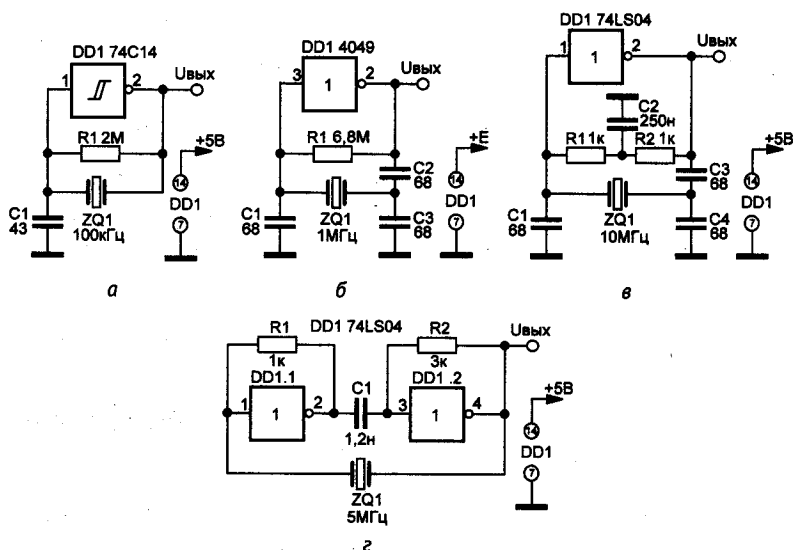


Рис. 3.28. Генераторы на микросхемах с кварцевой стабилизацией:
 а – упрощенная схема; б – схема с емкостным делителем в цепи обратной связи;
 в – схема с резистивно-емкостным делителем в цепи обратной связи;
 г – схема с использованием двух логических элементов

Генераторы на ТТЛ-микросхемах с кварцевой стабилизацией частоты

Для работы генераторов, **рис. 3.29**, рекомендуется подбор номинала резистора R1, а для перестройки частоты генерации генератора, **рис. 3.29, б** – регулировка подстроечного конденсатора C1. Такие генераторы способны работать на частотах выше 1 МГц.

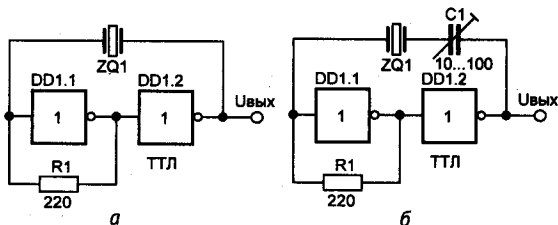


Рис. 3.29. Генераторы на ТТЛ-микросхемах с кварцевой стабилизацией частоты:
 а – простейший вариант схемы;
 б – схема с возможностью перестройки частоты в небольших пределах

Схема мультивибратора для работы с «часовым» кварцевым резонатором

Для возбуждения низкочастотных кварцев резонаторов необходимы иные схемы их включения. На рис. 3.30 показана схема мультивибратора для работы с «часовым» кварцевым резонатором (32768 Гц).

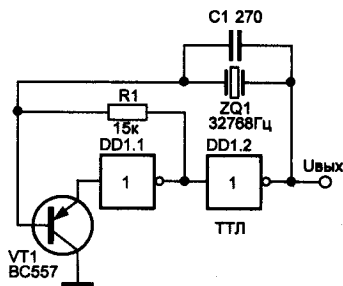


Рис. 3.30. Низкочастотный генератор с кварцевой стабилизацией на ТТЛ-микросхеме

ВЧ и НЧ кварцевые генераторы на ТТЛ-микросхемах

Схемы. Варианты схем кварцевых генераторов на ТТЛ-микросхемах для работы в области частот выше и ниже 1 МГц приведены на рис. 3.31. Емкость конденсатора С можно вычислить по формуле

$$C = 680/F,$$

где С — в пФ; F — в МГц.

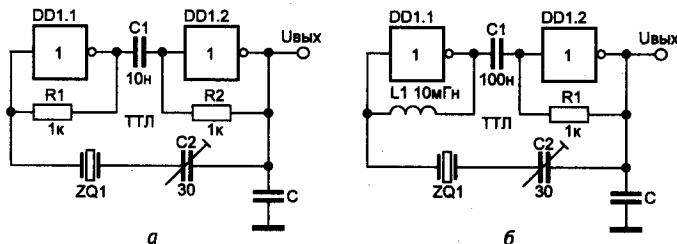


Рис. 3.31. Генераторы на ТТЛ-микросхемах для генерации частот: а — выше 1 МГц; б — ниже 1 МГц

Варианты схем кварцевых генераторов

Схемы. Еще два варианта схем кварцевых генераторов приведены на рис. 3.32. Емкость конденсатора С определяется таким же образом.

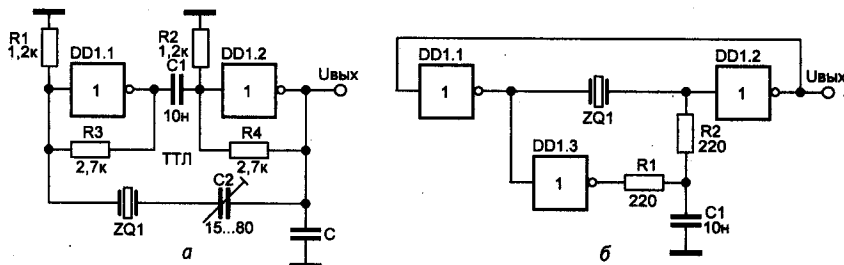


Рис. 3.32. Кварцевые генераторы на ТТЛ-микросхемах а — схема на двух логических элементах; б — схема на трех логических элементах

3.11. «Часовые» кварцевые генераторы

Схема. Типовые схемы «часовых» генераторов с использованием микросхем 4069N и 74HC04N приведены на **рис. 3.33** и **рис. 3.34**. В генераторах использованы часовые кварцевые резонаторы на частоту 32768 Гц. Генераторы выполнены по практически идентичной схеме и различаются лишь номиналами резисторов.

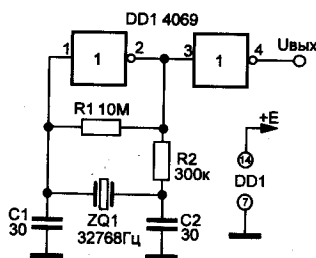


Рис. 3.33. Кварцевый «часовой» генератор на микросхеме 4069N

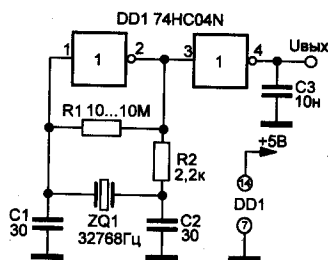


Рис. 3.34. Кварцевый «часовой» генератор на микросхеме 74HC04N



Совет.

Поскольку частота резонатора в силу технологических погрешностей их изготовления может существенно отличаться от нормы, номиналы конденсаторов рекомендуется снизить на 15...20% (т. е. до 24 пФ), а параллельно одному из конденсаторов подключить подстроечный конденсатор с максимальной емкостью порядка 15 пФ. Подстройкой этого конденсатора, контролируя частоту генерации цифровым частотомером, следует выставить частоту генерации 32768 Гц.



Примечание.

Если есть необходимость обеспечения стабильности частоты генерации при значительных колебаниях температуры окружающей среды, можно предусмотреть подбор конденсаторов по их температурному коэффициенту емкости.

3.12. Генератор секундных и минутных импульсов

Назначение. Генератор [4], **рис. 3.35**, предназначен для работы в составе электронных часов или таймеров.

Принцип действия. Задающий генератор на частоту 3,579 МГц выполнен на микросхеме ММ5369АА, с выхода которой снимается сигнал частотой 60 Гц.

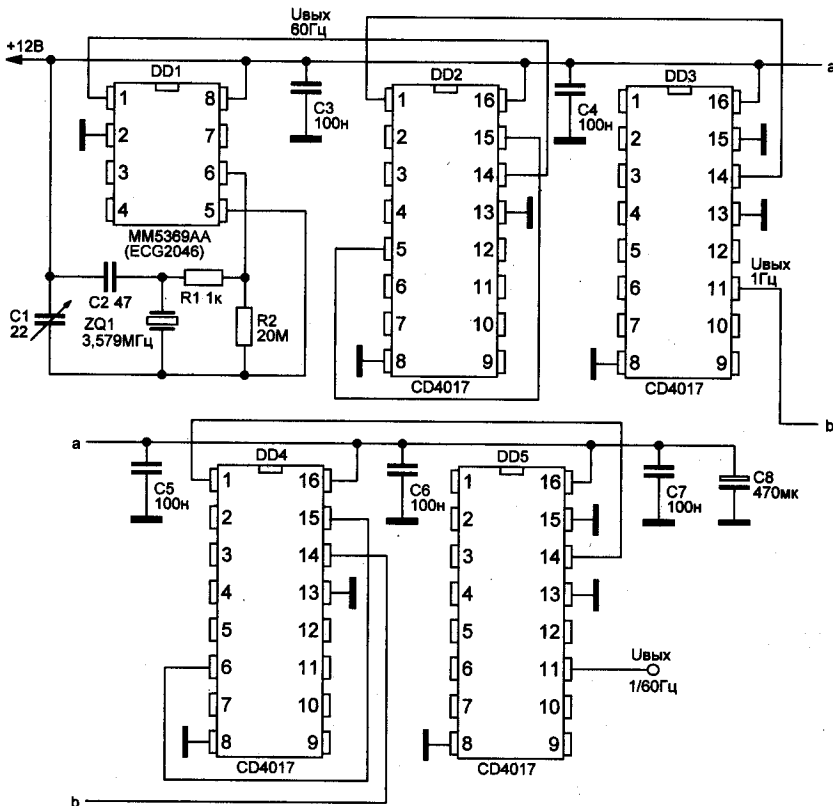


Рис. 3.35. Генератор секундных и минутных импульсов с кварцевой стабилизацией

Далее следуют делители частоты на микросхемах CD4017:

- ♦ на выходе микросхемы DD3 формируется сигнал частотой 1 Гц (секундный импульс);
- ♦ на выходе DD5 — минутный импульс (1/60 Гц). Напряжение питания 12 В.



Примечание.

Для получения секундных и минутных импульсов с входной частотой 50 Гц (частота промышленной сети) и использованием делителей частоты на микросхемах DD2–DD5 достаточно исключить из схемы генератор импульсов на микросхеме DD1, вывод 15 микросхемы DD2 соединить с выводом 1 этой же микросхемы (и входом микросхемы DD3, вывод 14), а на вход делителя (вывод 14 микросхемы DD2) подавать сигнал прямоугольной формы частотой 50 Гц и амплитудой 12 В.

3.13. Высокочастотные генераторы с кварцевой стабилизацией на микросхеме

Высокочастотный генератор на микросхеме 7404

Схема. Высокочастотный генератор с кварцевой стабилизацией частоты [5], рис. 3.36, выполнен на микросхеме 7404 (или 4017). В генераторе использован кварцевый резонатор на частоту 3,58 МГц (80-метровый радиоловительский диапазон), хотя не исключено использование резонаторов и на иные частоты.

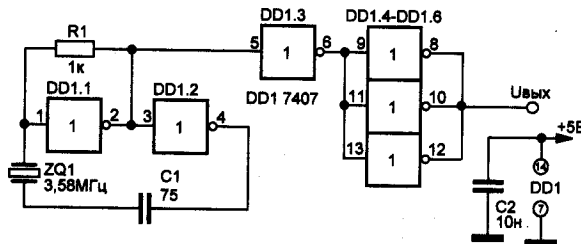


Рис. 3.36. ВЧ генератор с кварцевой стабилизацией частоты на микросхеме 7404

Высокочастотный генератор на микросхеме 4001

Второй генератор, но уже на микросхеме 4001 [14], рис. 3.37, также работает на частоте 3,58 МГц.

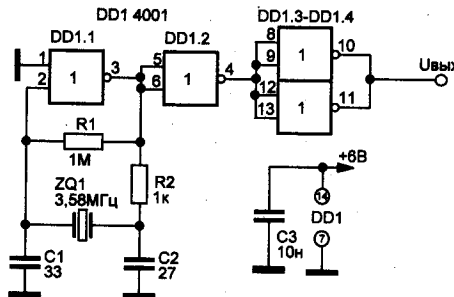


Рис. 3.37. ВЧ генератор с кварцевой стабилизацией частоты на микросхеме 4001

3.14. Генератор промежуточной частоты на КМОП-микросхемах

Генератор промежуточной частоты [40], рис. 3.38, выполнен на микросхемах CD4011 и CD4040. На микросхеме CD4011 выполнен квар-

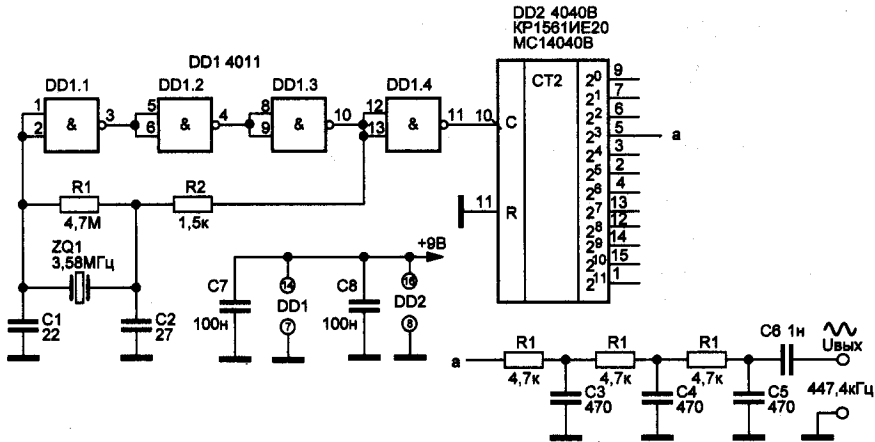


Рис. 3.38. Генератор синусоидальных сигналов промежуточной частоты

цованный генератор импульсов на частоту 3,579 МГц, на микросхеме CD4040 — делитель частоты на 8 до получения на выходе сигнала промежуточной частоты 455 кГц, точнее до 447,4 кГц.

На выходе делителя использован многосвязный LC-фильтр, выделяющий первую, синусоидальную гармонику сигнала. На сопротивлении нагрузки 10 кОм амплитуда выходного сигнала составляет 35 мВ.

3.15. Генераторы импульсов на КМОП-микросхемах

Высокостабильный генератор с кварцевой стабилизацией частоты на микросхеме К176ЛА7

Схема. Высокостабильный генератор с кварцевой стабилизацией частоты [137], рис. 3.39, выполнен на микросхеме К176ЛА7.

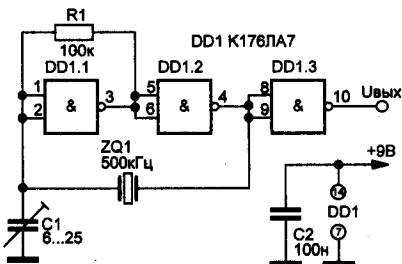


Рис. 3.39. Генератор на КМОП-микросхеме с кварцевой стабилизацией частоты

Особенности. Уникальной особенностью генератора является то, что при частоте резонатора 500 кГц прямоугольные колебания на выходе генератора имеют частоту 166,(6) кГц. При использовании резонатора на другие частоты (от десятков кГц до нескольких МГц) придется экспериментально подобрать конденсатор С1 и резистор R1.

Генератор на КМОП-микросхеме К176ЛА7, работающий без навесного конденсатора

Схема. Генератор [137] построен на КМОП-микросхеме К176ЛА7, рис. 3.40. В отличие от генератора, схема которого приведена на рис. 3.39, он обладает широким диапазоном перестройки, но о стабильности частоты говорить уже не приходится. Все элементы микросхемы соединены последовательно, на трех первых собран генератор, а на четвертом — буферный каскад.

При увеличении напряжения питания с 3 до 12 В частота генератора изменяется примерно от 300 кГц до 6 МГц, т. е. в 20 раз. Потребляемый ток возрастает от долей до 2 мА. Диапазон генерируемых частот можно изменить подбором резистора R1.

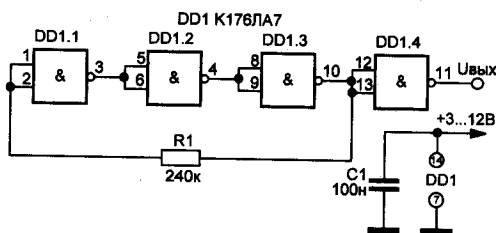


Рис. 3.40. Генератор на КМОП-микросхеме, работающий без навесного конденсатора

3.16. Генераторы синусоидальных колебаний

Генератор низкочастотных синусоидальных колебаний фиксированной частоты на микросхеме К561ЛН2

Схема. Генератор низкочастотных синусоидальных колебаний фиксированной частоты на двух инверторах микросхемы К561ЛН2 приведен на рис. 3.41 [76].

Принцип действия. Инверторы переведены в аналоговый режим с помощью отрицательной обратной связи на резисторах R1 и R3, каждый из которых включен между входом и выходом инвертора. Полученные таким образом усилители включены последовательно через потенциометр R4. Коэффициент передачи первого каскада, который зависит от соотношения сопротивлений R1 и R2, равен единице. Коэффициент передачи второго каскада, который определяется соотношением сопротивлений R4 и R3, можно подстраивать потенциометром R4. Резисторы R1 и R2 совместно с конденсаторами C1 и C2 образуют мост Вина, настроенный на частоту, определяемую по формуле (частота — в герцах, сопротивление — в омах, емкость — в фарадах):

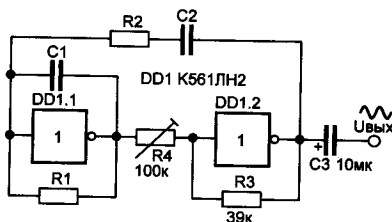


Рис. 3.41. Генератор низкочастотных синусоидальных колебаний на микросхеме К561ЛН2

$$F = 1/(RC),$$

где $R = R_1 = R_2$; $C = C_1 = C_2$.



Совет.

Чтобы получить неограниченную и неискаженную синусоиду, нужно отрегулировать соответствующим образом коэффициент передачи усилителя потенциометром R_4 . При питании генератора от источника напряжением 9 В наилучшее приближение к синусоиде получается при ее действующем значении около 1 В.

Цифровой генератор низкочастотных синусоидальных колебаний с кварцевой стабилизацией на микросхеме CD4060B

Схема. На рис. 3.42 показана схема цифрового генератора низкочастотных синусоидальных колебаний с кварцевой стабилизацией [76], вырабатывающего сигнал частотой 976,5625 Гц (при частоте кварцевого резонатора 500 кГц, коэффициент деления 512).

Принцип действия. Синусоидальное напряжение формируется из прямоугольных импульсов с помощью цифроаналогового преобразователя на элементах микросхемы DD2 и резисторах.

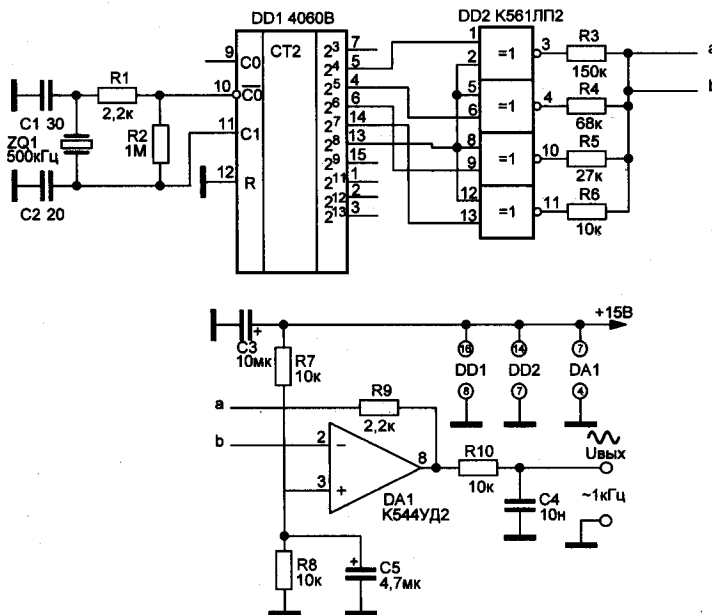


Рис. 3.42. Генератор синусоидальных колебаний с кварцевой стабилизацией частоты на микросхеме CD4060B

Период состоит из 32-х ступенек. Окончательно выходной сигнал формируется операционным усилителем DA1 и включенной на его выходе RC-цепочкой, которая сглаживает ступеньки, образующие синусоиду.

Частота выходной синусоиды будет в 512 раз ниже частоты кварцевого резонатора или входных импульсов, которые (при работе от внешнего источника импульсов) можно подавать на вывод 11 DD1. При этом, детали R1, R2, ZQ1, C1, C2 исключаются.

3.17. Генератор гармонических колебаний с цифровым управлением на микросхемах K561ЛН2 и K561КТ3

Назначение. Генератор гармонических колебаний [130], рис. 3.43, со ступенчатым переключением частоты предназначен для применения в радиотехнических устройствах с цифровым управлением.

Принцип действия. На элементах DD1.2–DD1.4 микросхемы K561ЛН2 выполнен полосовой фильтр, на элементе DD1.1 — усилитель обратной связи и на элементах DD2.1–DD2.4 микросхемы K561КТ3 и R_M — матрица сопротивлений с цифровым управлением.

Структура фильтра позволяет получать на выходах $U_{\text{вых1}}$ и $U_{\text{вых2}}$ противофазные напряжения. Входы IN0 и IN1 являются цифровыми входами управления частотой генерации.

Номиналы приведенных на рис. 3.43 элементов соответствуют

$$f_{\min} = 1,5 \text{ кГц}; \Delta f = 1,5 \text{ кГц}; n = 2,$$

где n — разрядность управляющего слова.



Совет.

При необходимости получения непрерывного закона изменения частоты резисторы R_M рекомендуется заменить двоенным потенциометром с сопротивлением R_n и включенным последовательно ему резистором $R_{\text{доп}}$. Значения этих сопротивлений можно определить по формулам:

$$f_{\min} = \frac{1}{2\pi(R_n + R_{\text{доп}}) \cdot C};$$

$$f_{\max} = \frac{1}{2\pi R_{\text{доп}} \cdot C}.$$

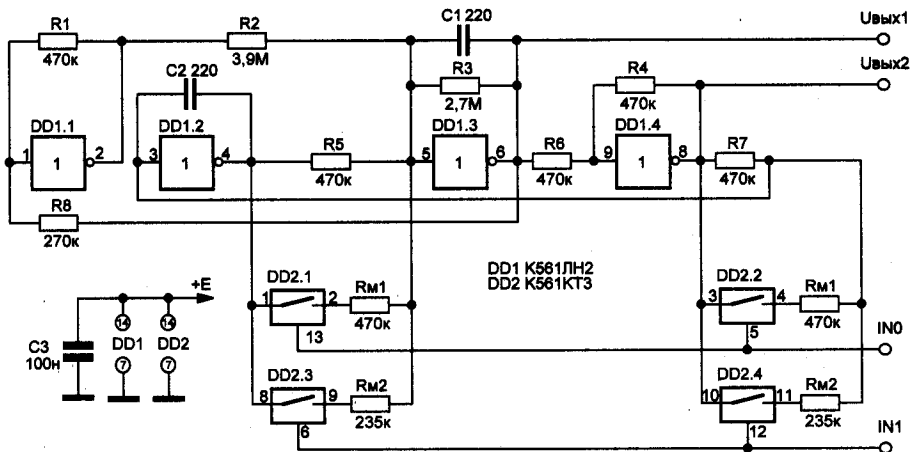


Рис. 3.43. Генератор гармонических колебаний со ступенчатым переключением частоты

При напряжении питания 3 В генератор потребляет ток 1...3 мА. Применение микросхем серий 74АС, 74НС позволит увеличить диапазон рабочих частот примерно в 10...15 раз.

3.18. Управляемые КМОП-генераторы импульсов на микросхемах CD4011 и CD4049



Примечание.

Обычный RC-генератор на КМОП-элементах может быть легко преобразован в управляемый извне генератор. Для этого достаточно заменить резистор в цепи обратной связи на биполярный или полевой транзистор и подать на него управляющее напряжение.

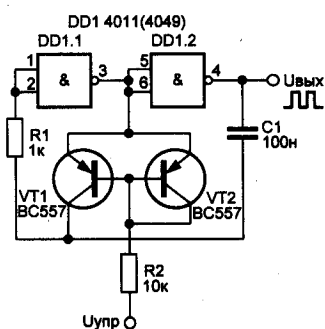


Рис. 3.44. Генератор импульсов с регулируемой извне частотой

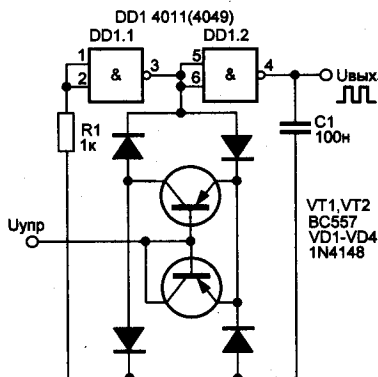


Рис. 3.45. Усовершенствованный генератор импульсов с внешним управлением

Схемы. На рис. 3.44 и рис. 3.45 показаны простые схемы, реализующие эту идею [43].

Рабочую частоту представленных устройств можно плавно регулировать в пределах 4...100 кГц. Напряжение питания устройств 5 В.

3.19. Перестраиваемый генератор сигналов прямоугольной и треугольной формы на микросхеме CD40106

Схема. Генератор [48], рис. 3.46, способен генерировать сигналы прямоугольной и треугольной формы.

Регулировка. Частоту генерации можно ступенчато менять переключением емкости частото-задающего конденсатора C1, C2.

Плавно частоту можно регулировать при помощи потенциометра R1 в пределах 10...100 Гц и 1...10 кГц. Напряжение питания генератора 3...15 В.

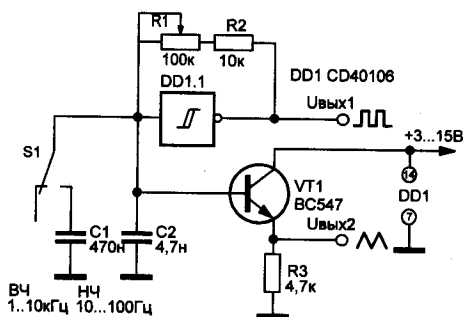


Рис. 3.46. Генератор сигналов прямоугольной и треугольной формы с перестройкой частоты на микросхеме CD40106

3.20. Генератор сигналов прямоугольной формы, управляемый напряжением

Назначение. Генератор прямоугольных импульсов, управляемый напряжением [13], показан на рис. 3.47. КМОП-элемент НЕ на входе используется в качестве интегратора, а КМОП-триггер Шмитта — в качестве компаратора с гистерезисом.

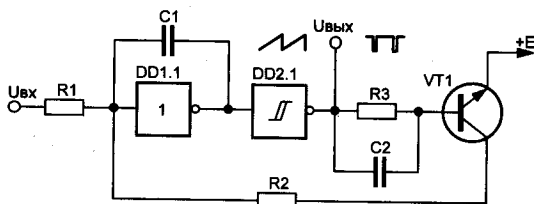


Рис. 3.47. КМОП-генератор, управляемый напряжением с линейной передаточной характеристикой

Принцип действия. На выходе инвертора формируется линейно нарастающее напряжение до момента достижения положительного порога переключения триггера Шмитта. Затем выход триггера Шмитта переключается в нулевое состояние, открывая транзистор VT1 через резистор R3, и ускоряя перезарядку конденсатора C2.



Примечание.

За счет наличия петли гистерезиса при переключении триггера Шмитта выходное напряжение удерживается в состоянии нуля до момента разрядки интегрирующего конденсатора C через резистор R2. Резистор R2 должен быть намного меньшего номинала, чем резистор R1.

Частота генерации обратно пропорциональна произведению $R1C1$ и линейно зависит от уровня входного напряжения.

3.21. Генератор с электронной перестройкой частоты на микросхеме 4069

Схема. Генератор [16], рис. 3.48, вырабатывает колебания прямоугольной и пилообразной формы.

Принцип действия. При включении генератора конденсатор C1 заряжается через аналог регулируемого резистора, выполненного на транзисторах VT1 и VT2. После того, как напряжение на конденсаторе C1 достигнет порога переключения логического элемента DD1.1, происходит переключение элементов DD1.1 и DD1.2.

На выходе элемента DD1.2 появляется сигнал высокого уровня, открывающий транзистор VT3. Конденсатор C1 мгновенно разряжается. После этого процесс заряда-разряда периодически повторяется.

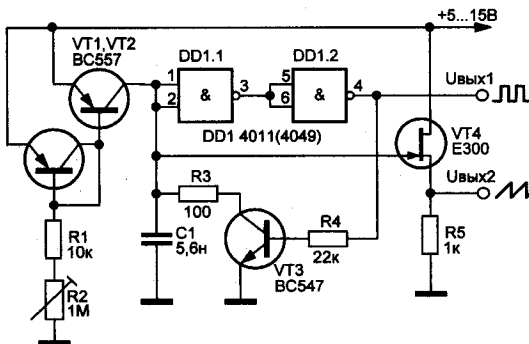


Рис. 3.48. Генератор импульсов с перестройкой частоты в пределах от 0,5 до 500 кГц

Напряжение с конденсатора С1 пилообразной формы (длительный псевдолинейный заряд и моментальный разряд) через истоковый повторитель на транзисторе VT4 поступает на выход устройства. Напряжение выходного сигнала пилообразной формы 1,3 В. Импульсы прямоугольной формы снимают с выхода элемента DD1.2.

Регулировка. Частоту импульсов при $C1 = 5,6$ нФ и $R1 = 1$ кОм можно регулировать потенциометром R2 в пределах от 0,5 до 500 кГц.

3.22. Генератор импульсов с электронной перестройкой частоты на микросхеме 4046

Схема. Генератор прямоугольных импульсов с электронной перестройкой частоты [30] показан на рис. 3.49.

Принцип действия. В устройстве использована специализированная КМОП-микросхема 4046 (генератор, управляемый напряжением). Перестройка частоты производится потенциометром R1. Частоту генерации можно ступенчато переключать заменой конденсатора С1. Диапазон генерируемых частот составит:

- ♦ 1...100 Гц при емкости 1 мкФ;
- ♦ 0,01...1 кГц при емкости 100 нФ;
- ♦ 0,1...10 кГц при емкости 10 нФ.

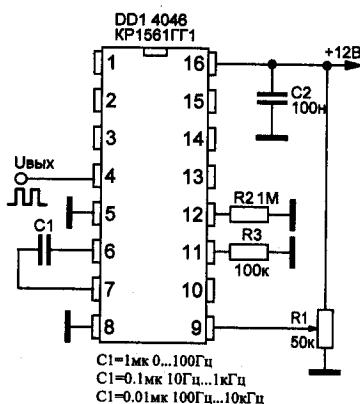


Рис. 3.49. Генератор импульсов с регулируемой частотой на микросхеме 4046 (KP1561ГТ1)

3.23. Многочастотный генератор на цифровых микросхемах К561ЛА7 и К561ИЕ16

Схема. Генератор на микросхемах К561ЛА7 и К561ИЕ16 [170] представлен на рис. 3.50.

Принцип действия. Генератор вырабатывает сигналы прямоугольной формы одиннадцати значений частоты в диапазоне от 2 до 2048 Гц. Причем частоты на каждом из выходов генератора различаются в 2 раза. Кроме того, имеются выходы на частоту 16384 и 32768 Гц.

Логическая микросхема К561ИЕ16 включает в себе 14-разрядный счетчик, а также содержит буферные усилители по выходу каждого каскада деления, чтобы перегрузка одного из каскадов не привела к остановке всех последующих.

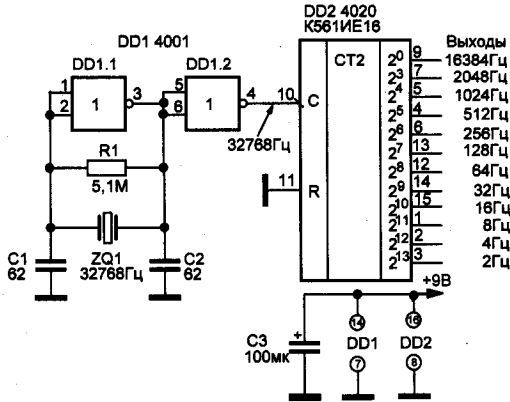


Рис. 3.50. Генератор стабильных частот на микросхемах K561ЛА7 и K561IE16

Электропитание. Питать генератор можно от стабилизированного источника питания напряжением 9 В.

3.24. ШИМ-генераторы на КМОП-элементах

ШИМ-генератор на микросхеме 4093: вариант первый

Первый генератор с широтно-импульсным (ШИМ) управлением [11], рис. 3.51, предназначен для управления частотой вращения электродвигателя, регулирования интенсивности светового потока лампы накаливания или тепловыделения нагревательного элемента. Генератор выполнен на микросхеме 4093 (триггер Шмитта). При регулировке потенциометра R2 скажность выходных импульсов изменяется в широких пределах.

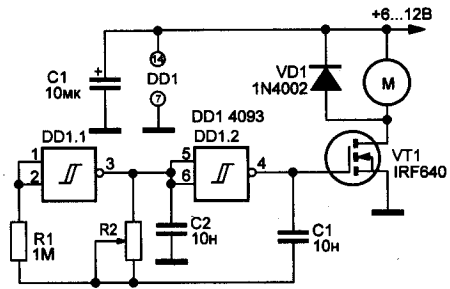


Рис. 3.51. ШИМ-генератор на микросхеме 4093

ШИМ-генератор на микросхеме 4093: вариант второй

Второй ШИМ-генератор [8], рис. 3.52, также выполнен на микросхеме 4093. Задающий генератор выполнен на элементе DD1.1 (триггер Шмитта). Сигнал с выхода генератора через уomoщенный буферный каскад на элементах DD1.2–DD1.4 поступает на базу транзистора VT1. Ток нагрузки при напряжении питания 12 В может достигать 2 А.

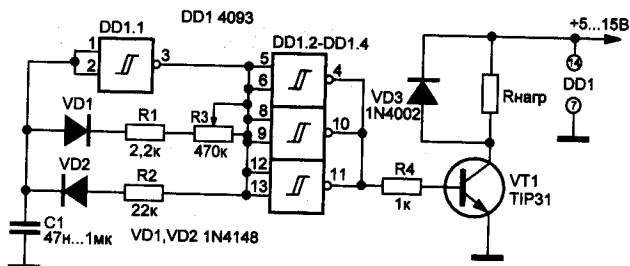


Рис. 3.52. Вариант ШИМ-генератора на микросхеме 4093

ШИМ-генератор на микросхеме К176ЛА7

Практическая схема третьего ШИМ-генератора [75] приведена на рис. 3.53. Генератор прямоугольных импульсов выполнен на двух RS-триггерах из логических элементов КМОП-микросхемы DD1 К176ЛА7.

Входной дифференциальный каскад (VT1, VT2) собран на биполярных транзисторах КТ315 с близкими коэффициентами передачи тока базы. В качестве диодов VD1, VD2 использованы КД102 с малым обратным током.

Для увеличения стабильности работы генератора в схему введена отрицательная обратная связь с выхода 4 микросхемы DD1 через низкочастотный фильтр из резистора R5, конденсатора C2 и резистора R4 с частотой среза около 16 Гц.

Настройка генератора производится подбором резистора R3 на необходимую частоту модуляции.

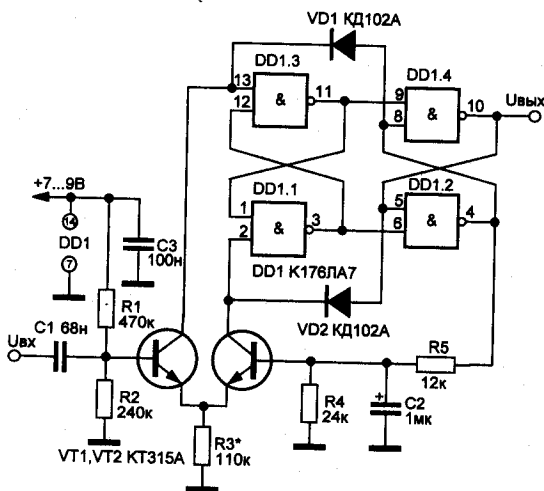


Рис. 3.53. ШИМ-генератор импульсов на КМОП-элементах

3.25. Генератор с регулируемой шириной импульсов на микросхеме CD4093

Назначение. Генератор предназначен для плавного регулирования мощности индукционных печей, нагревательных и осветительных приборов.

Схема. Генератор прямоугольных импульсов с регулируемой их шириной [194], рис. 3.54, выполнен на основе микросхемы CD4093, представляющей собой счетверенные в общем корпусе триггеры Шмитта.

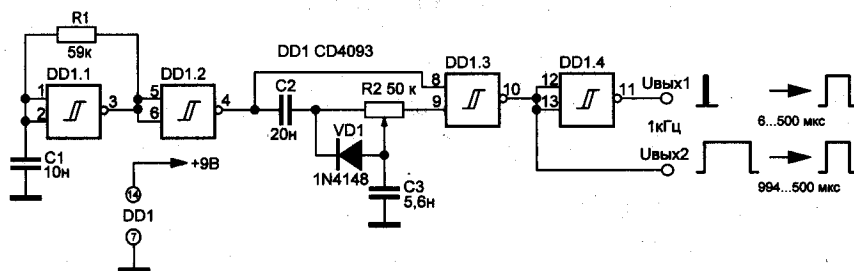


Рис. 3.54. Генератор импульсов регулируемой ширины

Принцип действия. Задающий генератор, работающий на частоте 1 кГц, выполнен на первом элементе микросхемы DD1.1. Второй элемент микросхемы DD1.2 является буферным каскадом, с выхода которого импульсы прямоугольной формы поступают на входы третьего элемента микросхемы DD1.3:

- ♦ напрямую;
- ♦ через цепочку элементов C2, R2, VD1, C3.

Эта цепочка элементов представляет собой **регулируемый элемент задержки импульсов**. На выходах элементов DD1.3 и DD1.4 формируются регулируемые по длительности в пределах 994...500 мкс и 6...500 мкс сигналы прямоугольной формы частотой 1 кГц.

Частоту генерации задающего генератора можно определить по формуле

$$f(\text{Гц}) = \frac{0,59}{R1(\text{Ом}) \cdot C1(\text{Ф})}$$

3.26. Генератор биполярных импульсов регулируемой ширины на микросхемах K561ЛЕ5/K561ЛА7 и K561КТ3

Назначение. Генератор импульсов [192], позволяет получить на выходе биполярные симметричные импульсы регулируемой ширины. Устройство может быть использовано в схемах авторегулирования выходной мощности импульсных источников питания.

Схема генератора представлена на рис. 3.55.

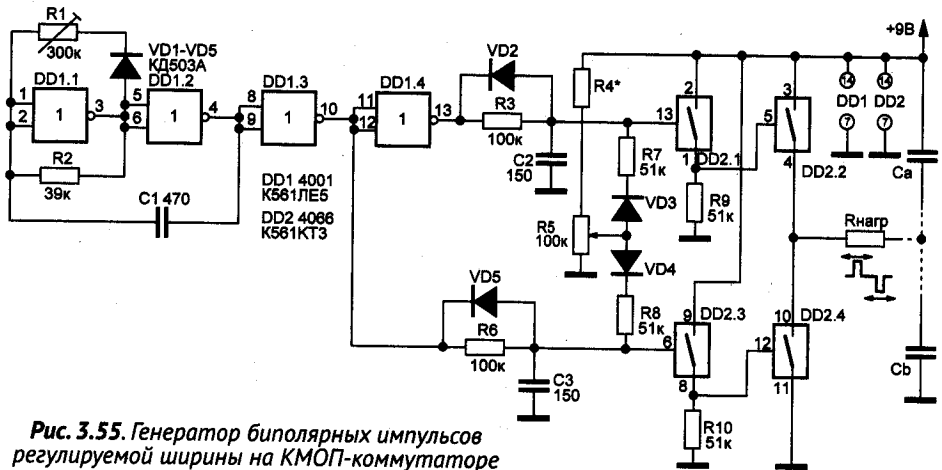


Рис. 3.55. Генератор биполярных импульсов регулируемой ширины на КМОП-коммутаторе

Принцип действия. На микросхеме DD1 (K561ЛЕ5/K561ЛА7) собран генератор прямоугольных импульсов со скважностью 50 %. Симметрии генерируемых импульсов добиваются регулировкой потенциометра R1. Рабочую частоту генератора (44 кГц) при необходимости можно изменить подбором емкости конденсатора C1.

На элементах DD2.1, DD2.3 (K561КТ3) собраны компараторы напряжения; на DD2.2, DD2.4 — выходные ключи. На входы компараторов-ключей DD2.1, DD2.3 в противофазе через формирующие RC-диодные цепочки (R3, C2, VD2 и R6, C3, VD5) подаются прямоугольные импульсы.

Заряд конденсаторов C2, C3 происходит по экспоненциальному закону через R3 и R5, соответственно. Разряд происходит практически мгновенно через диоды VD2 и VD5. Когда напряжение на конденсаторах C2 или C3 достигнет порога срабатывания компараторов-ключей DD2.1 или DD2.3, соответственно, происходит их включение. При этом резисторы R9 и R10, а также управляющие входы ключей DD2.2 и DD2.4, подключаются к положительному полюсу блока питания.

**Примечание.**

Поскольку включение ключей производится в противофазе, такое переключение происходит строго поочередно, с паузой между импульсами.

Это исключает возможность протекания сквозного тока через ключи DD2.2, DD2.4 и управляемые ими транзисторы преобразователя, если генератор двуполярных импульсов используется в схеме импульсного источника питания.

Регулирование. Плавное регулирование ширины импульсов осуществляется одновременной подачей стартового (начального) напряжения на входы компараторов (конденсаторы C2, C3) с потенциометра R5 через диодно-резистивные цепочки VD3, R7 и VD4, R8. Предельный уровень управляющего напряжения (максимальную ширину выходных импульсов) устанавливают подбором резистора R4.

Спротивление нагрузки можно подключить по мостовой схеме — между точкой соединения элементов DD2.2, DD2.4 и конденсаторами Ca, Cb. Сигнал с генератора можно подать и на транзисторный усилитель мощности.

**Примечание.**

При использовании генератора двуполярных импульсов в схеме импульсного источника питания в состав резистивного делителя R4–R5 следует включить регулирующий элемент — полевой транзистор, фотодиод оптрона и т. д. Они позволяют при уменьшении/увеличении тока нагрузки автоматически регулировать ширину генерируемого импульса, управляя тем самым выходной мощностью преобразователя.

3.27. Функциональный генератор на микросхеме K561ЛН2

Назначение. Генератор на микросхеме K561ЛН2 [125] позволяет получать сигналы прямоугольной, треугольной и синусоидальной формы.

Схема генератора представлена на рис. 3.56.

Рабочая частота генератора — 1 кГц. Ее можно изменить подбором емкости конденсатора C1. Выходное напряжение генератора при питании от 5 В составляет:

- ♦ на выходе 1 — 5,0 В;
- ♦ на выходе 2 — 1,5 В;
- ♦ на выходе 3 — 0,3 В.

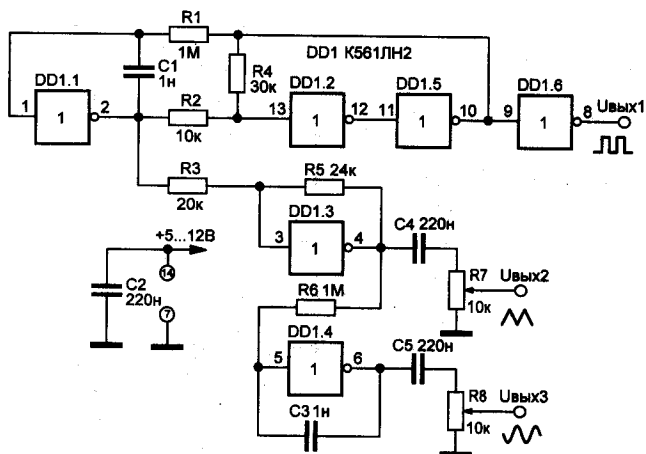


Рис. 3.56. Функциональный генератор-пробник на микросхеме K561LN2

При увеличении питания до 12 В амплитуда сигналов возрастает:

- ♦ выход 1 — до 12 В;
- ♦ выход 2 — до 3 В;
- ♦ выход 3 — до 1 В.



Примечание.

Ток, потребляемый микросхемой, увеличивается с 6 до 50 мА; микросхема начинает ощутимо греться.

Настройка генератора сводится к установке на выходах максимальной неискаженной амплитуды сигналов. Прямоугольная форма сигналов настраивается резистором R4, треугольная — R5, синусоидальная — R6.

Резистором R1 подстраивается частота генератора.

3.28. Функциональный генератор на микросхеме K561ЛА7

Функциональный генератор [64], рис. 3.57, работает на частоте 1000 ± 350 Гц. Амплитуда прямоугольного, треугольного и синусоидального сигналов 280 мВ. Ток, потребляемый от источника питания напряжением 12 В, составляет 12 мА.

Генератор можно сделать многочастотным, для чего достаточно установить переключатель диапазонов, коммутирующий конденсаторы C2–C4, емкость которых нужно подобрать для каждого диапазона.

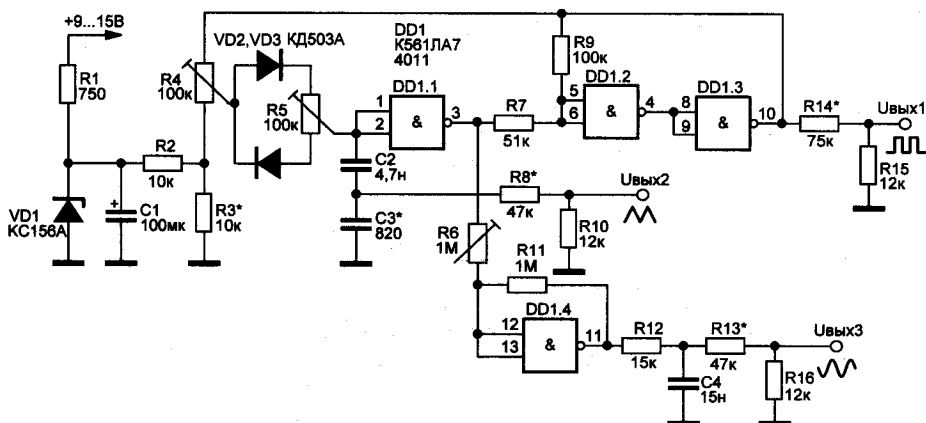


Рис. 3.57. Функциональный генератор на микросхеме K561LA7

3.29. Одночастотный функциональный генератор на микросхеме K561LA7

Функциональный генератор [186], работающий на частоте 1 кГц, рис. 3.58, содержит:

- ♦ задающий генератор на микросхеме K561LA7;
- ♦ каскад формирования сигнала синусоидальной или треугольной формы на транзисторе VT2;
- ♦ буферный каскад на транзисторе VT1 для сигнала прямоугольной формы.

3.30. Генератор сигналов специальной формы

Назначение. Функциональный генератор А. Уиттакера (Великобритания) [74] вырабатывает сигналы треугольной, прямоугольной и синусоидальной формы.

Схема генератора представлена на рис. 3.59.

Принцип действия. На микросхеме DA1.1 выполнен переключаемый инверсный усилитель. Когда транзистор VT1 закрыт, DA1.1 работает как неинвертирующий усилитель с коэффициентом передачи +1. Если транзистор VT1 открыт, коэффициент передачи равен -1. На микросхеме DA1.2 сформирован интегратор с резистором R5 и конденсатором C1.

Когда на входе интегратора отрицательное напряжение, на выходе формируется нарастающее напряжение. Когда на входе положительное напряжение — на выходе спадающее напряжение.

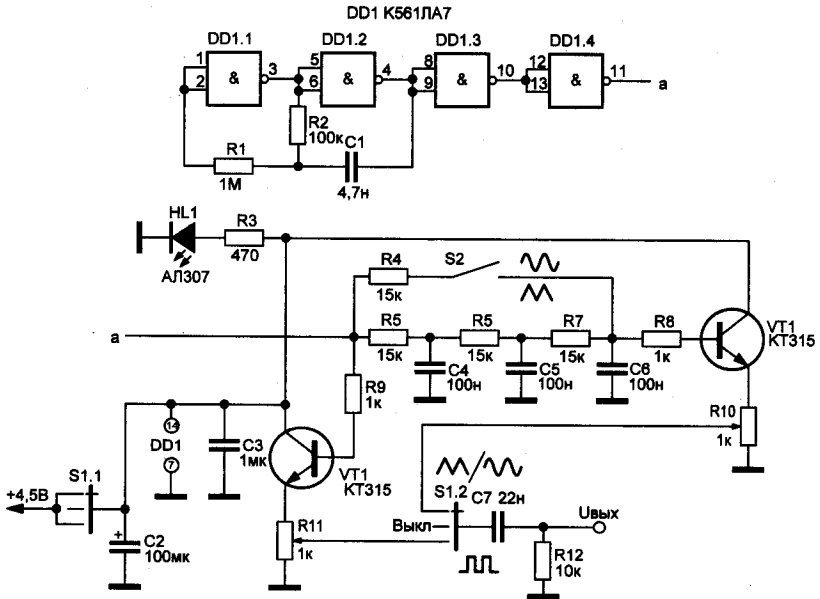


Рис. 3.58. Функциональный генератор на частоту 1 кГц

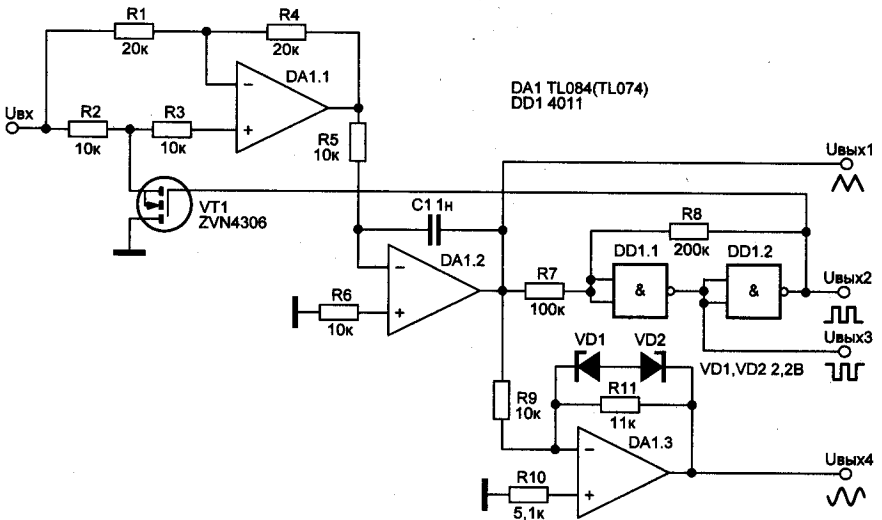


Рис. 3.59. Схема функционального генератора

На логических элементах DD2.1 и DD2.2 с резисторами R7, R8 собран триггер Шмитта. Если выходное напряжение интегратора достигает уровня $3/4$ от напряжения питания, на выходе триггера устанавливается высокий уровень, а когда напряжение интегратора спадает до $1/4$ напряжения питания, на выходе триггера устанавливается низкий уровень.

**Примечание.**

Таким способом триггер Шмитта управляет «знаком» коэффициента передачи усилителя DA1.1.

На микросхеме DA1.3 собран **инвертирующий усилитель** с ограничителем напряжения на стабилитронах VD1 и VD2. Когда уровень треугольного сигнала любой полярности, поступающий от интегратора DA1.2, превышает напряжение пробоя стабилитрона, коэффициент передачи усилителя падает, выходной сигнал приобретает форму синусоиды.

**Примечание.**

При напряжении питания 6 В и использовании стабилитронов на 2,2 В сопротивление резистора R11 должно быть 11 кОм.

Регулировка. Частота и чувствительность устройства регулируются резистором R5 и конденсатором C1.

3.31. Генератор сигналов на микросхемах K155ЛА3 и K155ИЕ2

Схема. Генератор сигналов [89], рис. 3.60, собран на элементах DD1.1 и DD1.2, в цепь обратной связи которых включен LC-контур. Диапазон частот:

- ♦ на первом поддиапазоне — 5,2...16,5 МГц;
- ♦ на втором поддиапазоне — 2,1...5,8 МГц;
- ♦ на третьем поддиапазоне — 1,3...2,9 МГц.

Принцип действия. Вырабатываемые элементами DD1.1 и DD1.2 колебания через буферный каскад-модулятор DD1.3 подаются на вход микросхемы DD2 — делителя на 10. Микросхема DD2 включена таким образом, чтобы с ее вывода 12 снимались импульсы равной длительности (меандр) с частотой в 10 раз меньшей, чем с вывода 8 элемента DD1.3. Таким способом получаются частоты от 130 кГц до 1,65 МГц.

Для уменьшения влияния нагрузки на частоту генерации и выходного сопротивления генератора сигнал с переключателя SA2 подается на гнездо «выход» через эмиттерный повторитель на транзисторе VT1. Выходное напряжение генератора сигналов на нагрузке 75 Ом имеет

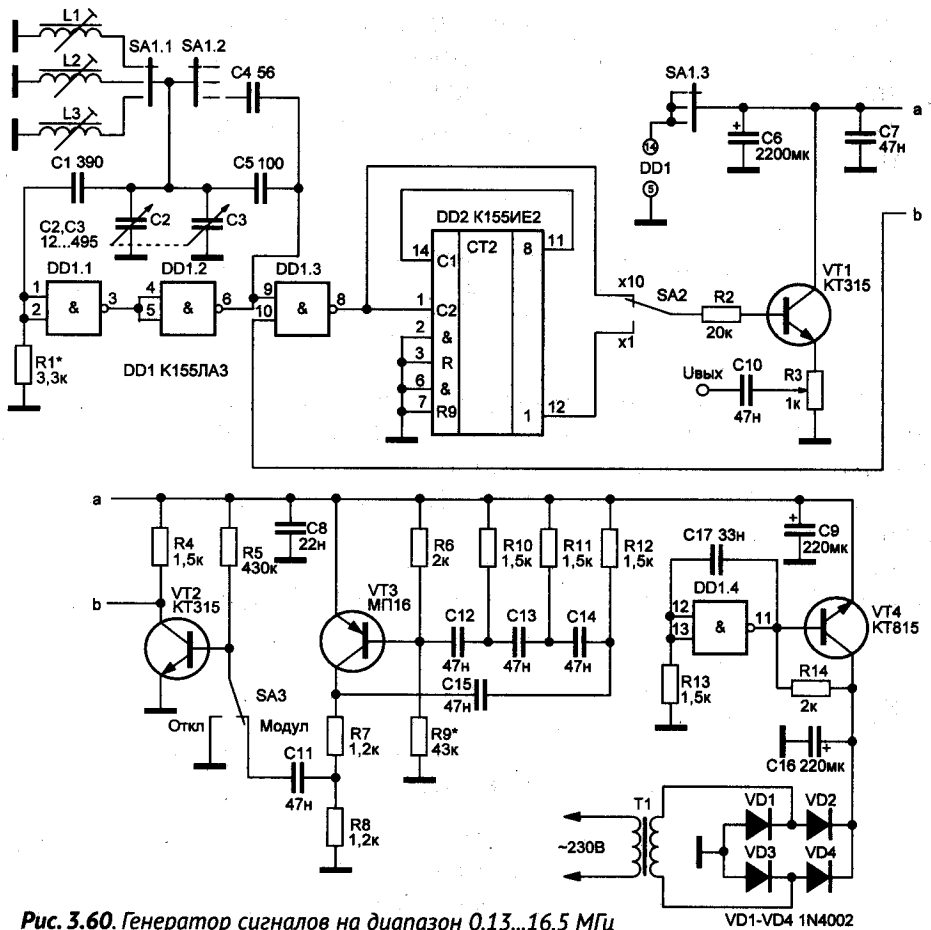


Рис. 3.60. Генератор сигналов на диапазон 0,13...16,5 МГц

вид импульсов, близких к прямоугольным, с амплитудой около 0,7 В на частотах до 12...3 МГц, а на 12...16 МГц — близких к синусоидальным с амплитудой 0,7...0,55 В соответственно частоте.

При подключении базы транзистора VT2 на «корпус» переключателем SA3 с коллектора закрытого транзистора VT2 на вывод 10 элемента DD1.3 подается положительное напряжение, и импульсы, поступающие на вывод 9, беспрепятственно проходят на выход элемента DD1.3 (вывод 8).

Если через переключатель SA3 на базу транзистора VT2 подается напряжение частотой 1 кГц с генератора на транзисторе VT3, элемент DD1.3 периодически открывается, и на его выводе 8 будут формироваться пачки импульсов вместо непрерывной «несущей».

Электропитание. Питается схема напряжением 5 В через стабилизатор на элементе DD1.4 и транзисторе VT4. На конденсаторе C16 должно быть напряжение 8...12 В при токе нагрузки 50...60 мА.

Моточные изделия. Катушки L1 и L2 намотаны на гладких каркасах диаметром 6 мм от КВ контуров радиоприемников, виток к витку. L1 — 9 витков ПЭЛШО 0,12, L2 — 28 витков ПЭЛ 0,12. L3 — на 4-секционном каркасе от ДВ (СВ) гетеродинной катушки приемника, содержит 4×20 витков ПЭЛ 0,1.

3.32. Цифровой генератор качающейся частоты

Назначение. Генераторы качающейся частоты или **свип-генераторы** часто используют для настройки узлов радиоэлектронной аппаратуры, фильтров и усилителей.

Схема. На рис. 3.61 приведена схема цифрового генератора качающейся частоты [216].

Сигнал на выходе такого генератора имеет прямоугольную форму и содержит множество нечетных гармоник, затухающих по частоте.



Примечание.

Для настройки фильтров это обстоятельство не имеет особого значения, поскольку фильтры выделяют из всего набора гармоник только ту гармонику, на которую они настроены. Это обычно наиболее мощная — первая гармоника.

Амплитуда высших гармоник (третьей, пятой и т. д.) настолько невелика по сравнению с первой, что случайная настройка фильтра на гармонику генератора практически исключена. Цифровой генератор качающейся частоты может быть использован в составе измерителя амплитудно-частотных характеристик.

Генератор качающейся частоты содержит:

- ♦ генератор пилообразного напряжения, DD1.1–DD1.3;
- ♦ генератор, управляемый напряжением, DD1.4–DD1.6 (K561ЛН2);
- ♦ делитель частоты импульсов, DD2 (K561ИЕ10);
- ♦ выходной каскад на транзисторе VT1.

Генератор пилообразного напряжения выполнен на элементах DD1.1–DD1.3 и формирующих RC-цепочках. На элементах DD1.1, DD1.2 собран генератор импульсов прямоугольного напряжения с частотой генерации несколько Гц. Длительность импульсов и пауз между ними определяется соотношением резисторов R2 к R1.

При поступлении импульса на RC-цепь (R4, C2) через резистор R4 происходит заряд конденсатора C2. Во время короткой паузы между импульсами конденсатор C2 разряжается через диод VD2 и рези-

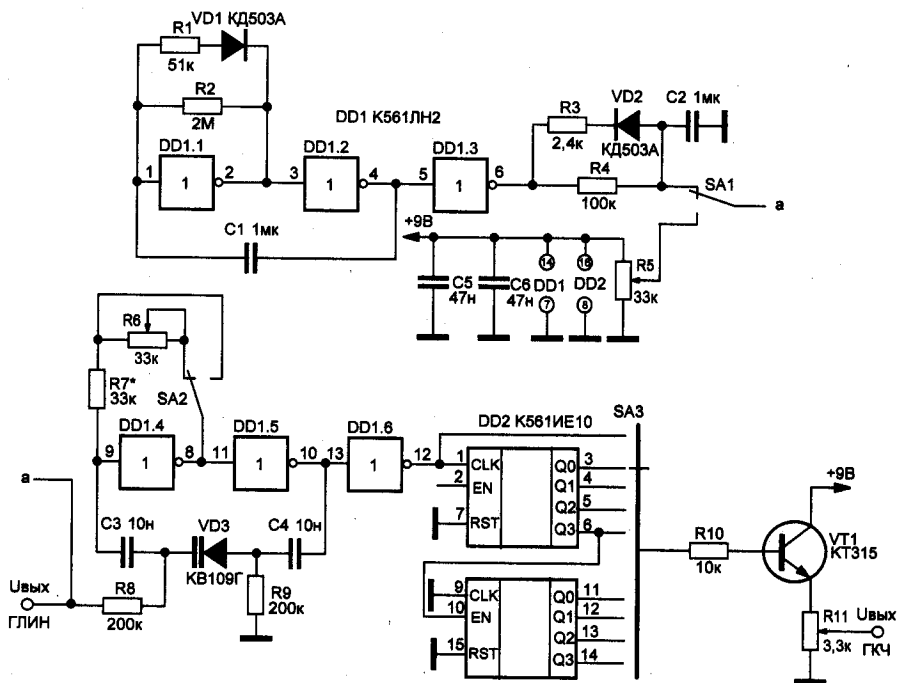


Рис. 3.61. Электрическая схема простого многодиапазонного цифрового генератора качающейся частоты

стор R3. Таким образом, на конденсаторе C2 формируется сигнал, по форме близкий к пилообразному. Переключатель SA1 позволяет установить режим автоматической или ручной развертки (потенциометр R5).

В качестве управляемого элемента RC-генератора прямоугольных импульсов (элементы DD1.4, DD1.5) использован варикап VD3. Переключателем SA2 и потенциометром R6 можно изменять положение центра полосы качания.

С выхода микросхемы DD1 сигнал поступает на счетчик импульсов DD2. При помощи переключателя SA3 может быть выбран один из 9-и возможных диапазонов работы генератора.

При переходе с диапазона на диапазон частота выходного сигнала и его девиация изменяется кратно двум. Так, при отключенном потенциометре R6 (ручная перестройка центра полосы качания), на выходе устройства формируются следующие полосы качания частоты: 500...1000 кГц; 250...500 кГц; 125...250 кГц; 62,5...125 кГц; 31,25...62,5 кГц; 15,625...31,25 кГц; 7,8...15,625 кГц; 3,9...7,8 кГц; 1,85...3,9 кГц.

Сигнал с переключателя SA3 поступает на выходной каскад (транзистор VT1). Уровень выходного сигнала можно регулировать потенциометром R11.

ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЦИФРОВАЯ ТЕХНИКА

4.1. Четырехдиапазонный измеритель емкости на микросхеме К155ЛА3

Схема. Прибор для измерения емкости [181], рис. 4.1, имеет четыре поддиапазона, определяемых положением переключателя SA1:

- ♦ в положении 1 измеряются конденсаторы с емкостью до 50 пФ;
- ♦ в положении 2 — до 500 пФ;
- ♦ в положении 3 — до 5 нФ;
- ♦ в положении 4 — до 50 нФ.

Точность. Устройство обладает точностью измерения порядка 4 %.

Принцип действия. На элементах DD1.1 и DD1.2 выполнен генератор прямоугольных импульсов. Частота генерации зависит от емкости конденсатора и сопротивления резистора, включаемых в цепи обратной связи переключателем SA1. Она наибольшая в положении переключателя 1 и наименьшая — в положении 4.

Логические элементы DD1.3 и DD1.4 включены параллельно. Они обеспечивают зарядный ток измеряемого конденсатора Cx, который подклю-

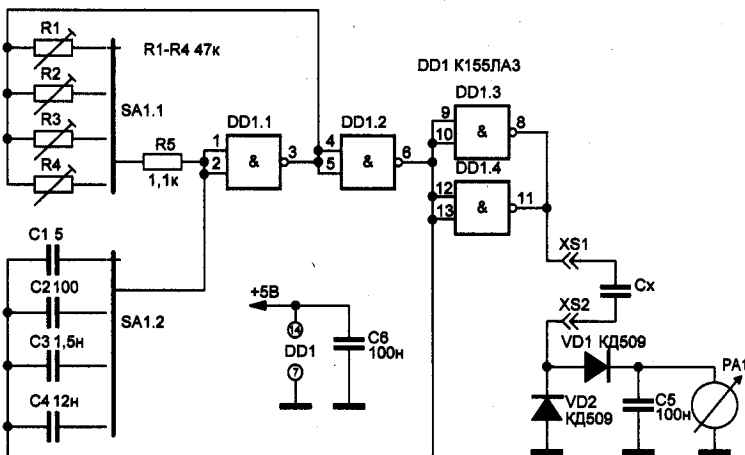


Рис. 4.1. Измеритель емкости на микросхеме 7400 (К155ЛА3, К555ЛА3)

чается к гнездам XS1 и XS2. Повышение зарядного тока снижает влияние сопротивления утечки конденсатора C_x на показания индикатора.

Индикация осуществляется стрелочной измерительной головкой с током полного отклонения 1 мА и сопротивлением рамки 240 Ом. Диоды VD1 и VD2 должны быть высокочастотными.

Настройку измерителя емкости производят отдельно на каждом поддиапазоне. Переключатель диапазонов устанавливают в соответствующее положение. К гнездам XS1 и XS2 подключают конденсатор с точно известной емкостью. Подстройкой резисторов R1–R4 (соответствующего поддиапазона) добиваются нужного показания по шкале индикатора.

4.2. Измеритель емкости на микросхеме K155ЛА3 (K555ЛА3)

Назначение. Псевдомостовое измерительное устройство, рис. 4.2, предназначено для измерения емкости 30 пФ ... 3 мкФ [161]. Индикатором равновесия моста является светодиод.

Принцип действия. Измеритель емкости представляет собой модифицированный генератор на трех инверторах DD1.1–DD1.3. Колебания в генераторе возникают и поддерживаются при определенном условии. Необходимо, чтобы произведение емкости включенного переключателем SA1 образцового конденсатора (C1–C5) на сумму сопротивлений резисторов R2 и части R3 от движка до верхнего по схеме вывода должно быть меньше произведения емкости проверяемого конденсатора, подключенного к гнездам XS1 и XS2, на сумму резисторов R4 и части R3 от движка до нижнего по схеме вывода.

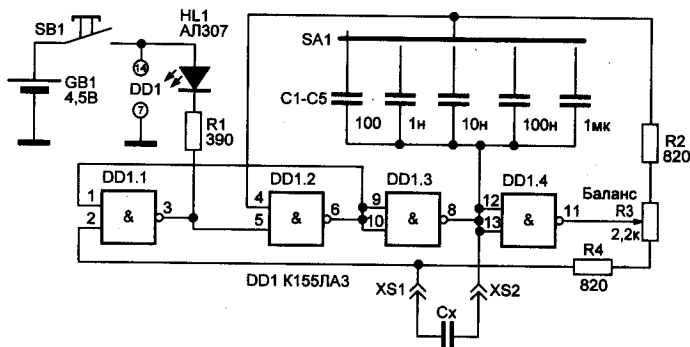


Рис. 4.2. Измеритель емкости на микросхеме K155ЛА3 (K555ЛА3)

**Примечание.**

При нарушении этого условия работа генератора прекращается, и на выходе элемента DD1.1 появляется устойчивый уровень логического 0. Зажигается светодиод HL1.

Регулировка. Баланса моста при измерениях добиваются перемещением движка потенциометра.

4.3. Измеритель LCF с прямым отсчетом на микросхемах 74НС00 и CD74НСТ4040

Назначение. Пробник-измеритель LCF [71], рис. 4.3, позволяет измерять:

- ♦ емкость конденсаторов без выпаивания из схемы;
- ♦ индуктивность;
- ♦ частоту сигналов TTL-уровня;
- ♦ тангенс угла и сопротивление потерь конденсаторов;
- ♦ магнитную проницаемость сердечников;
- ♦ добротность катушек индуктивности;
- ♦ наличие короткозамкнутых витков в катушках.

Схема устройства представлена на рис. 4.3.

Принцип действия. На элементах DD1 и DD2 (74НС00) собран генератор, времязадающим элементом которого является измеряемая емкость или индуктивность.

На элементах DD3 и DD4 (CD74НСТ4040) собран делитель частоты с максимальным коэффициентом деления 16777211.

Вся шкала пробника включает 25 значений, отличающихся друг от друга в 2 раза. При работе пробника визуально определяется частота мигания которого светодиода ближе всего к 1 Гц. Показания напротив этого светодиода являются результатом измерения. Диод VD2 защищает прибор от возможной «переполюсовки» питания.

Технические характеристики устройства:

- ♦ номинальное напряжение питания (стабилиз.), В 4,3;
- ♦ ток потребления, мА, не более 45;
- ♦ диапазон измеряемой емкости, мкФ $80 \cdot 10^{-6} \dots 25 \cdot 10^3$;
- ♦ диапазон измеряемой индуктивности, Гн $2,5 \cdot 10^{-6} \dots 40$;
- ♦ диапазон измеряемой частоты, МГц 1...16;
- ♦ амплитуда напряжения на щупах при измерении емкостей, В 0,35;
- ♦ амплитуда напряжения на щупах при измерении индуктивностей, В 10;
- ♦ минимальная добротность индуктивностей 11.

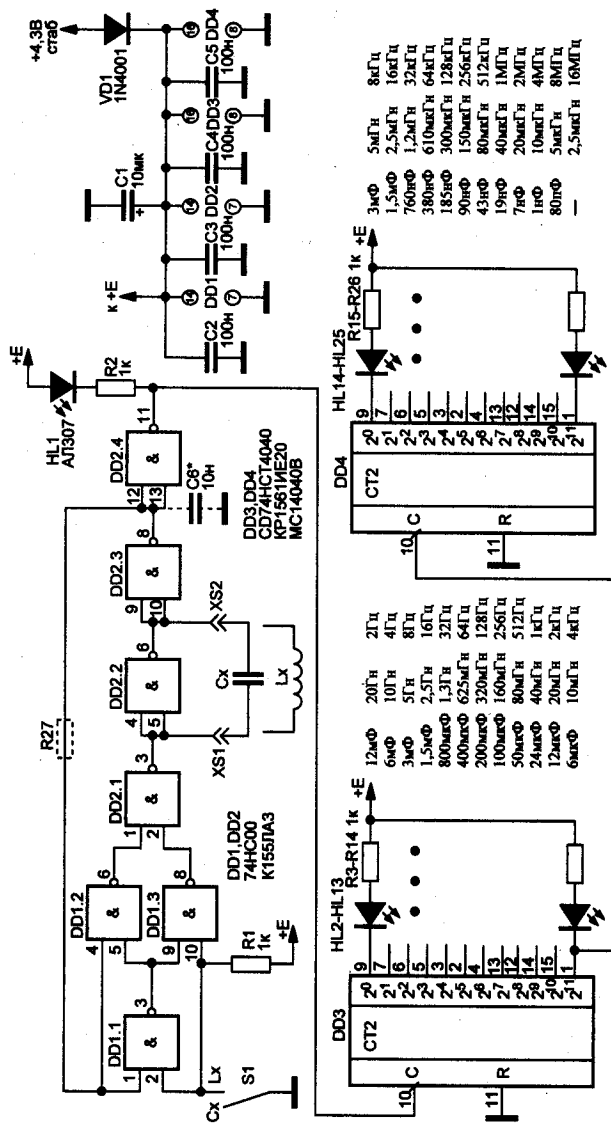


Рис. 4.3. Пробник — измеритель LCF на микросхемах

В первоисточнике [71] рассмотрены несколько способов измерений, различающиеся по степени точности и сложности. Остановимся для краткости изложения на простейших из них.

Измерение емкости. Перед измерением конденсатор необходимо разрядить. Переключатель S1 поставить в разомкнутое положение. К щупам пробника подключается измеряемый конденсатор (можно без выпаивания из схемы) и определяется, какой светодиод мигает с частотой около 1 Гц. На шкале против него читается значение емкости.

Измерение индуктивности. Способ аналогичен способу для измерения емкостей, только переключатель S1 нужно замкнуть.

Измеренные значения емкостей конденсаторов и индуктивностей катушек с потерями будут содержать погрешность — тем большую, чем больше эти потери.

Измерение частоты сигнала. Пробник позволяет измерять частоту сигнала ТТЛ-уровня, при условии, что питание пробника гальванически развязано от питания проверяемой цепи. Переключатель S1 поставить в положение для измерения индуктивности. Одним щупом коснуться общего провода, а другим — источника сигнала. Напротив светодиода, мигающего с частотой около 1 Гц, считать показания частоты сигнала.

Другие измерения. При помощи пробника и дополнительных приборов (цифрового омметра, осциллографа) можно определять значение тангенса угла потерь конденсаторов, добротность катушек индуктивности, магнитную проницаемость сердечника из феррита, выявлять короткозамкнутые витки. Щупы пробника должны иметь минимальную длину.

4.4. Мостовой измеритель RLC на микросхемах K155ЛА3 и K155ЛА4

Назначение. Мостовой измеритель RLC [99] позволяет измерять:

- ♦ сопротивления резисторов от 0,1 Ом до 12 МОм (верхние пределы измерений — «1,2; 12; 120 Ом»; «1,2; 12; 120 кОм»; «1,2; 12 МОм»);
- ♦ емкости конденсаторов от 1 пФ до 1200 мкФ (пределы — «1,2; 12; 120; 1200 пФ»; «0,012; 0,12; 1,2; 12; 120 мкФ»);
- ♦ индуктивности катушек индуктивности от 10 мкГн и до 1200 Гн (пределы — «120 мкГн», «1,2; 12; 120 мГн»; «1,2; 12; 120 и 1200 Гн»). Прибор питается от источника стабилизированного напряжения 5 В, потребляемый ток 100 мА.

Измеритель содержит:

- ♦ генератор звуковой частоты на частоту 1 кГц;

- ♦ измерительный мост;
- ♦ усилитель сигнала разбаланса на транзисторе VT1.

Индикатор баланса моста — высокоомные телефоны.

Схема устройства представлена на рис. 4.4.

Принцип действия. Генератор звуковой частоты выполнен на микросхемах DD1 и DD2. Он состоит из двух одинаковых формирователей импульсов заданной длительности на элементах DD1.1–DD1.3, DD2.1, диодах VD1, VD2 и конденсаторах C1, C2. Логический элемент DD1.4 предназначен для запуска мультивибратора и установления автоколебательного режима работы после включения питания. Период колебаний определяется суммой длительностей импульсов, формируемых в плечах мультивибратора.

Пределы измерений выбирают переключателем SA1. Балансируют мост потенциометром R10. В качестве образцовых резисторов R2–R8 используют резисторы с допуском отклонения от номинала $\pm 1...2\%$ (резистор R1 сопротивлением 10 Ом подбирают точно при налаживании).

Переменные резисторы R10 и R12 — проволочные, конденсаторы C5 и C6 составлены из нескольких конденсаторов с меньшей номинальной емкостью, а их точное значение подбирают при градуировке моста. Эти конденсаторы должны иметь минимальные потери.

Налаживание прибора начинают с проверки работоспособности генератора. Затем градуируют шкалу потенциометра R10. Установив переключатель в положение «R», а SA1 — в положение 3 (предел изме-

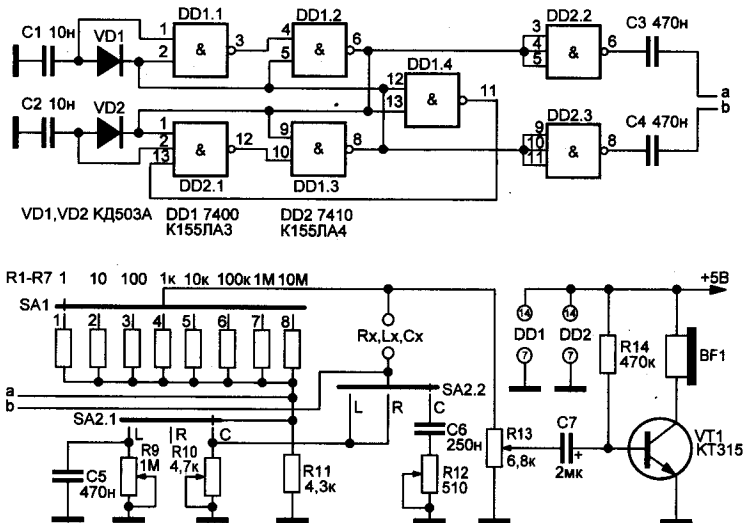


Рис. 4.4. Мостовой измеритель RLC

рения 10...120 Ом), к зажимам «RxLxСх» последовательно подключают эталонные резисторы сопротивлением 100, 200, 300 Ом и т. д. до 1,2 кОм.

При **каждом уравнивании моста** на шкале потенциометра R10 делают отметку. После того, как поставлены все 12 отметок, промежутки между ними делят на 10 равных частей.

Затем переключатель переводят в **положение 1** (пределы измерения 0,1...1,2 Ом), устанавливают движок резистора R10 в положение, соответствующее отметке 10 и, подключив к зажимам «RxLxСх» образцовый резистор сопротивлением 1 Ом, подбирают резистор R1 так, чтобы мост опять оказался сбалансированным.

Конденсатор С6 подбирают, установив переключатели SA2 и SA1 в соответственно **положение 4** и, подключив к зажимам моста образцовый конденсатор емкостью 1 мкФ, устанавливают на шкале резистора R10 это значение и подбирают конденсатор С6 так, чтобы мост оказался сбалансированным (необходимо также пользоваться потенциометром R12).



Примечание.

Калибровку моста в режиме измерения индуктивности можно не делать.



Совет.

Достаточную для любительских целей точность измерения индуктивности можно получить, подобрав на уже откалиброванном мосте емкость конденсатора С5.

Точной балансировки моста при измерении индуктивности добиваются переменными резисторами R10 и R9.

Необходимо также измерить **собственную емкость прибора**. Для этого при свободных зажимах «RxLxСх» его переключают на измерение емкости, устанавливают переключатель SA1 в положение 8 и балансируют мост. Полученное значение собственной емкости учитывают (вычитанием из измеренных значений) при использовании прибора.

4.5. Приставка-измеритель LC на микросхеме К561ЛА7

Назначение. Приставка для измерения LC [141], рис. 4.5, предназначена для использования совместно с мультиметрами или цифровыми вольтметрами (М-830В, М-832 и т. п.).

Измеритель позволяет измерять:

- ♦ емкость в пределах 2 пФ ... 1 мкФ;
- ♦ индуктивность 2 мкГн ... 1 Гн.

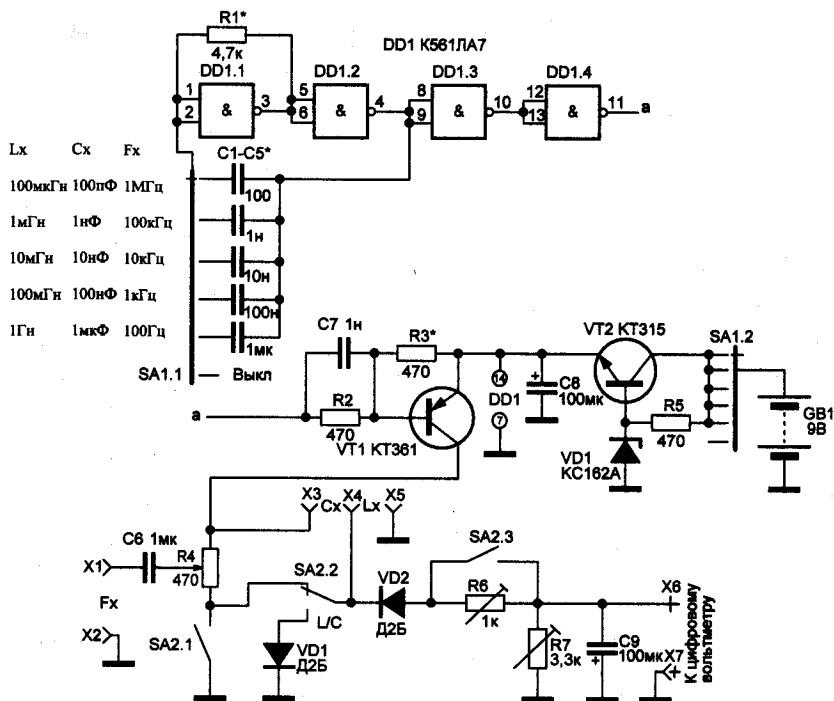


Рис. 4.5. Приставка-измеритель LC к цифровому вольтметру

Кроме того, в нем вырабатывается напряжение прямоугольной формы с фиксированными частотами 1 МГц, 100 кГц, 10 кГц, 1 кГц, 100 Гц и регулируемой амплитудой от 0 до 5 В.

Принцип действия. Задающий генератор измерителя выполнен на микросхеме DD1, частоту которого изменяют с помощью переключателя SA1 в пределах 1 МГц ... 100 Гц. С генератора сигнал поступает на электронный ключ на транзисторе VT1. Переключателем SA2 выбирают режим измерения «L» или «С». В показанном на схеме положении переключателя измеряют индуктивность, которую подключают к гнездам X4, X5; конденсатор — к X3, X4; вольтметр — к гнездам X6, X7.

При работе вольтметр устанавливают в режим измерения постоянного напряжения с верхним пределом 1...2 В.



Примечание.

Следует учесть, что на выходе приставки напряжение изменяется в пределах 0...1 В.

С гнезд X1, X2 в режиме измерения емкости снимают регулируемое потенциометром R4 импульсы прямоугольной формы.

Электропитание. Питается приставка от батареи напряжением 9 В.

4.6. Преобразователь «Частота-напряжение» на КМОП микросхеме

Преобразователь «Частота-напряжение», **рис. 4.6** может работать с входными сигналами различной формы [13]. Выходное напряжение преобразователя зависит только от частоты входного сигнала.

Поскольку амплитуда выходного сигнала КМОП-триггера Шмитта практически равна напряжению источника питания, постоянный размах сигнала, прикладываемый к обкладкам конденсатора C_1 , вызывает протекание тока через конденсатор, который зависит только от частоты.

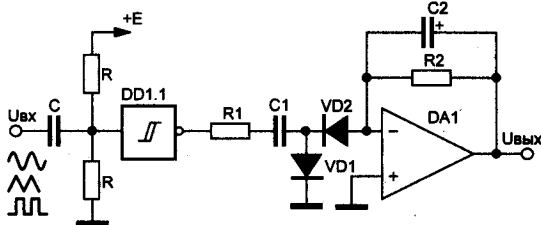


Рис. 4.6. Преобразователь «Частота – напряжение» с использованием во входных цепях триггера Шмитта

Положительная полуволна напряжения с выхода конденсатора через диод VD_1 закорачивается на общую шину. Отрицательная полуволна напряжения вызывает протекание тока инвертирующего входа операционного усилителя через диод VD_2 и преобразование его в среднее значение напряжения интегрирующей цепочкой C_2R_2 .

4.7. LED-индикатор частоты сети на микросхеме CD40106BP



Внимание.

Отклонение от номинального значения частоты напряжения переменного тока в электрических сетях чревато неприятными последствиями для электрооборудования и радиоэлектронной техники. Оперативный контроль частоты питающего напряжения особенно актуален для систем автономного электроснабжения.

Назначение. Светодиодный индикатор частоты переменного тока, **рис. 4.7** и **рис. 4.8**, способен ступенчато через 1 Гц индцировать изменение частоты в диапазоне 47...52 Гц.

Принцип действия. Базовый узел индикатора выполнен на микросхеме CD40106BP, в корпусе которой размещено 6 триггеров Шмитта. К входу каждого из триггеров подключена RC-цепочка с индивидуальной постоянной времени.

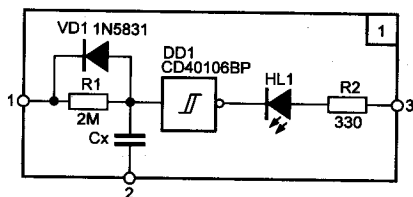


Рис. 4.7. Базовый узел светодиодного индикатора частоты сети

Сх успевает (или не успевает) зарядиться до напряжения порога переключения триггера Шмитта.

Диод VD1, рис. 4.7, предназначен для мгновенного сброса заряда входного конденсатора Сх после окончания каждого импульса. Для индикации работы каждого из каналов устройства использованы светодиоды HL1–HL6. При необходимости сигналы с выходов триггеров могут быть выведены на устройства сигнализации или приборы реагирования на аварийную ситуацию.

На рис. 4.8 приведена обобщенная схема сборки индикатора из его базовых узлов. Наиболее критичен для правильной настройки индикатора выбор элементов для времязарядных RC-цепочек.

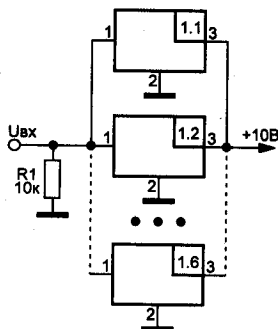


Рис. 4.8. Схема сборки шестиканального LED-индикатора частоты сети из базовых его узлов



Совет.

Резисторы R1 желательно подобрать равными по номиналу, используя цифровой измерительный прибор (мультиметр). То же самое относится к подбору конденсаторов Сх1–Сх6.

Значения емкостей этих конденсаторов следующие:

- ♦ для частоты 47 Гц — 162 нФ;
- ♦ для частоты 48 Гц — 158 нФ;
- ♦ для частоты 49 Гц — 154 нФ;
- ♦ для частоты 50 Гц — 150 нФ;
- ♦ для частоты 51 Гц — 147 нФ;
- ♦ для частоты 52 Гц — 144 нФ.



Примечание.

При желании число каналов индикации (и конденсаторов, соответственно) может быть удвоено за счет использования второй микросхемы. Значения емкостей не укладываются в стандартные ряды номиналов, поэтому каждый из конденсаторов составляют из нескольких конденсаторов меньшей емкости, контролируя значение итоговой емкости по мультиметру.

4.8. Аналоговый частотомер на микросхеме К155ЛА3

Назначение. Аналоговый частотомер [122], рис. 4.19, — модификация схемы Р. Кроля [111], позволяет измерять частоту периодических сигналов в диапазоне частот 20...20000 Гц напряжением 1,8...5 В.

Состав. Частотомер построен на микросхеме К155ЛА3, имеющей в своем составе:

- ♦ триггер Шмитта, собранный на элементах DD1.1 и DD1.2;
- ♦ ждущий мультивибратор на элементах DD1.3 и DD1.4.

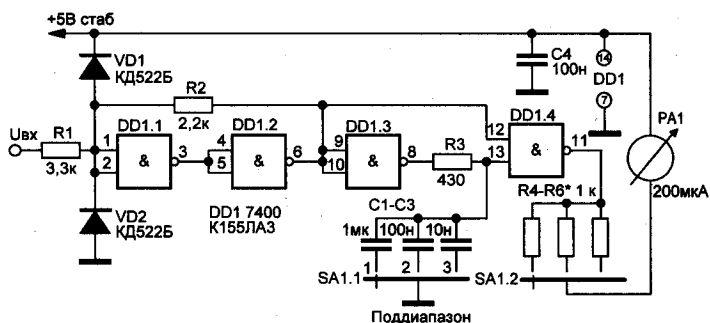


Рис. 4.9. Аналоговый частотомер на микросхеме К155ЛА3 (К555ЛА3)

Принцип действия. На вход частотомера поступает сигнал, произвольной формы. Триггер Шмитта преобразует его в импульсы прямоугольной формы с крутыми фронтами и с той же частотой повторения, но стабильной амплитуды.



Примечание.

Поскольку длительность импульсов зависит от амплитуды входного сигнала, для измерения такие импульсы не пригодны.

Поэтому их используют для запуска ждущего мультивибратора, на выходе которого формируются стабильные по амплитуде и длительности импульсы с частотой следования, равной частоте входного сигнала. Эти импульсы и используются для измерения частоты, для чего их подают на интегрирующий измерительный прибор — микроамперметр PA1 на ток полного отклонения 200 мкА.

Калибровку частотомера производят подачей на его вход сигнала напряжением около 3 В с частотой, равной верхней частоте каждого из поддиапазонов. Подбором резисторов R4–R6 устанавливают стрелку микроамперметра на последнее деление шкалы.

4.9. Частотомер с диапазоном измерения 0...100 кГц на микросхемах CD4060, CD4026 и CD4017

Назначение. Частотомер [91], рис. 4.10, предназначен для измерения частоты в пределах от 0 до 100 кГц.

Принцип действия. Диоды VD1–VD4 ограничивают амплитуду входного сигнала. Входной усилитель выполнен на транзисторе VT1. Прямоугольность импульсам придает триггер Шмитта, имеющийся на входе микросхемы DD3.

Схема управления выполнена на микросхемах CD4060 и CD4017. Микросхема DD1 CD4060 — генератор импульсов стабильной частоты 2 Гц. Счетчик DD2 — двоично-десятичный счетчик, аналог микросхемы K561IE8.

Измерительные счетчики-дешифраторы выполнены на микросхемах DD3–DD7 CD4026, которые содержат десятичный счетчик и дешифратор для работы на светодиодный семисегментный индикатор с общим катодом H1–H5.

Индикаторы светятся две секунды, показывая результат измерения, потом на одну секунду гаснут, и снова светятся две секунды.

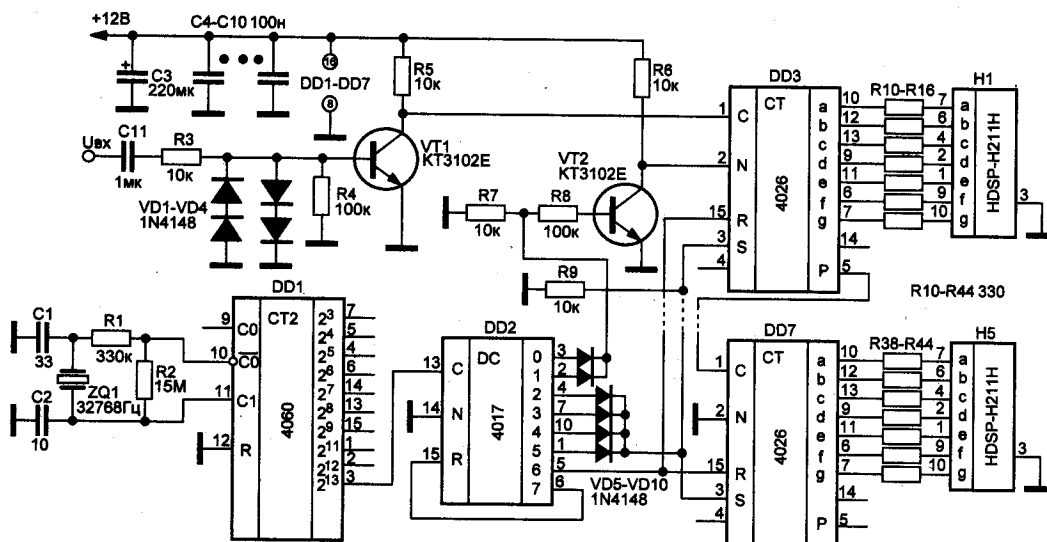


Рис. 4.10. Частотомер с диапазоном измерения 0...100 кГц

4.10. Частотомер-измеритель емкости на микросхеме 7400 (К155ЛА3, К555ЛА3)

Состав. Прибор для измерения частоты, а также емкости [166], рис. 4.11, выполнен на микросхеме 7400. В состав измерительного прибора входят:

- ♦ входной эмиттерный повторитель на транзисторе VT1;
- ♦ триггер Шмитта на элементах DD1.1, DD1.2;
- ♦ ждущий мультивибратор на элементах DD1.3, DD1.4.

Точность измерения частотомера — 4...5 %.

Прибор имеет 4 предела измерения частоты:

- ♦ 200 Гц;
- ♦ 2 кГц;
- ♦ 20 кГц;
- ♦ 200 кГц.

Принцип действия. Измерительная головка на 200 мкА включена последовательно с токоограничивающими резисторами R11–R15, величина которых подгоняется под 100 % отклонение стрелки измерительного прибора при подаче на вход частотомера образцовых частот.

Для измерения емкости конденсаторов переключатель диапазонов SA1 переводят в положение «5», к зажимам «Сх» подключают измеряемый конденсатор, а на вход подают сигнал образцовой частоты (200 Гц; 2 кГц; 20 кГц или 200 кГц).

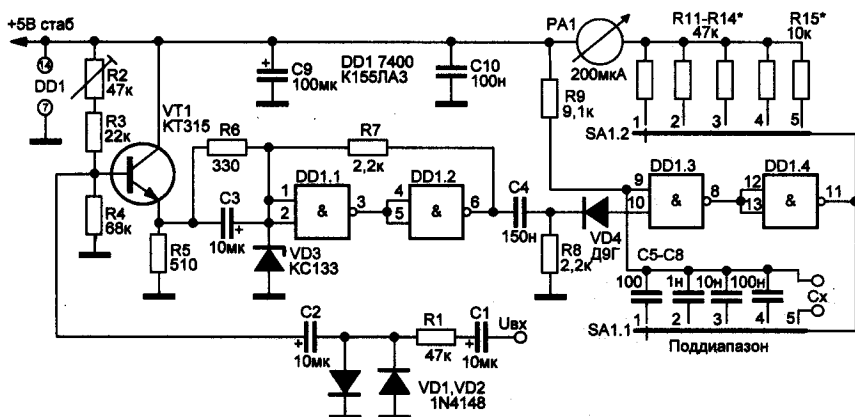


Рис. 4.11. Схема измерителя частоты и емкости

4.11. Измеритель активного сопротивления конденсаторов – приставка к мультиметру на микросхеме K561ЛН2

Назначение. Приставка к мультиметру [164], рис. 4.12, предназначена для измерения активного сопротивления конденсаторов (ESR).

Идеальный конденсатор, работая на переменном токе, должен обладать только реактивным (емкостным) сопротивлением. Активная составляющая должна быть близка к нулю. Реально оксидный (электролитический) конденсатор должен обладать активным сопротивлением или эквивалентным последовательным сопротивлением (ESR) не более 0,5...5 Ом (зависит от емкости, номинального напряжения).

В аппаратуре, проработавшей несколько лет, можно встретить, казалось бы, исправный конденсатор емкостью 10 мкФ с ESR до 100 Ом и более. Такой конденсатор, несмотря на наличие емкости, скорее всего, является причиной неисправности или некачественной работы аппарата, в котором он работает.

Схема. На рис. 4.12 показана схема приставки к мультиметру для измерения ESR оксидных конденсаторов. Чтобы измерить активную составляющую сопротивления конденсатора, необходимо выбрать такой режим измерения, при котором реактивная составляющая будет очень мала.

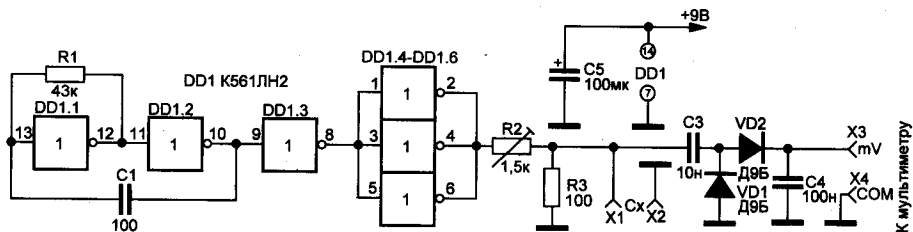


Рис. 4.12. Приставка к мультиметру – измеритель ESR



Примечание.

Как известно, реактивное сопротивление емкости снижается с увеличением частоты. Например, на частоте 100 кГц при емкости 10 мкФ реактивная составляющая будет менее 0,2 Ом.

Принцип действия. При измерении сопротивления оксидного конденсатора емкостью свыше 10 мкФ по падению на нем переменного напряжения частотой 100 кГц и более, с погрешностью 10...20 %, результат измерения можно сопоставить с величиной активного сопротивления.

Устройство, рис. 4.12, представляет собой:

- ♦ генератор импульсов частоты 120 кГц на логических инверторах микросхемы DD1;
- ♦ делитель напряжения из сопротивлений R2, R3 и тестируемого конденсатора C_x , и измерителя переменного напряжения на C_x , состоящего из детектора VD1, VD2 и мультиметра, включенного на измерение малых постоянных напряжений.

Частота установлена цепью R1, C1. Элемент DD1.3 — согласующий; на элементах DD1.4–DD1.6 выполнен выходной каскад.

Подстройкой сопротивления R2 выполняют юстировку прибора. Так как в простейших мультиметрах типа M838 нет режима измерения малых переменных напряжений, в схеме пробника имеется детектор на германиевых диодах VD1, VD2. Мультиметр измеряет постоянное напряжение на конденсаторе C4.

Приставка должна питаться от отдельной батареи типа «Крона». Для подключения к мультиметру используют собственные щупы мультиметра.

От точек X1 и X2 сделаны короткие щупы. Один из них жесткий, в виде шила, а второй — гибкий длиной не более 10 см, оконченный заостренным щупом.



Примечание.

Эти щупы можно подключать к конденсаторам, в том числе расположенным на плате, без их выпайки.

После проверки монтажа и работоспособности устройства желательно проверить частоту работы генератора. Если она лежит в пределах 120...180 кГц, — нормально. Если нет, нужно подобрать сопротивление R1.

Для калибровки прибора необходим набор постоянных резисторов сопротивлением 1; 5; 10; 15; 25; 30; 40; 60; 70 и 80 Ом. Вместо испытуемого конденсатора подключают резистор сопротивлением 1 Ом. Далее необходимо повернуть ползунок R2 так, чтобы мультиметр показал напряжение 1 мВ и сделать пометку «1 Ом = 1 мВ». Далее, подключая другие резисторы, и, не меняя положение R2, делают аналогичные записи (например, «60 Ом = 17 мВ»).

Получится таблица расшифровки показаний мультиметра. Эту таблицу нужно наклеить на корпус приставки. Теперь, проверяя конденсаторы, и считывая показания мультиметра в милливольтгах, по таблице можно примерно определить ESR конденсатора и принять решение о его пригодности.

Приставку можно приспособить и для измерения емкости оксидных конденсаторов. Для этого нужно существенно понизить частоту мультивибратора, подключив параллельно C1 конденсатор емкостью

0,01 мкФ. Для удобства можно сделать переключатель «С/ESR». Так же потребуется сделать еще одну таблицу, — со значениями емкостей.

Для соединения с мультиметром для снижения наводок лучше использовать экранированный кабель.



Совет.

Аппарат, на плате которого ищут неисправный конденсатор, должен быть выключен как минимум за полчаса до начала поисков, чтобы его конденсаторы разрядились.

4.12. Пробники оксидных конденсаторов

Устройство контроля качества оксидных конденсаторов на микросхеме КР1554ТЛ3 или 74АС132Н

Назначение. Устройство контроля качества оксидных конденсаторов [176], рис. 4.13, оценивает значение внутреннего сопротивления конденсаторов (ESR) по 5-и ступенчатой шкале светодиодных индикаторов.

Основные технические характеристики пробника оксидных конденсаторов

Диапазон контролируемых значений ESR, Ом	0,3...1,8 (1-й диапазон) 1,2...7,5 (2-й диапазон)
Индикация	дискретная; светодиодная; пятиступенчатая
Частота измерительного сигнала, кГц	60...80
Напряжение питания, В	3
Ток потребления при измерениях, мА	15
Примерные значения ЭПС (в зависимости от числа зажженных светодиодов от 1 до 5), Ом	0,3; 0,5; 0,9; 1,4; 1,8 (1-й диапазон) 1,2; 2,2; 3,6; 5,4; 7,5 (2-й диапазон)
Размеры корпуса (без щупов), мм	70×33×15



Примечание.

Дополнительно пробник может быть использован для оценки емкости электролитических конденсаторов — примерно от 15 до 300 мкФ (2 диапазона).

Принцип действия. На элементе DD1.1 выполнен генератор прямоугольных импульсов (частотоподающие элементы R2, C2). Резистор R3 задает ток через тестируемый конденсатор Сх, с которого сигнал с уровнем, пропорциональным ESR этого конденсатора, поступает на вход предусилителя на транзисторе VT1.

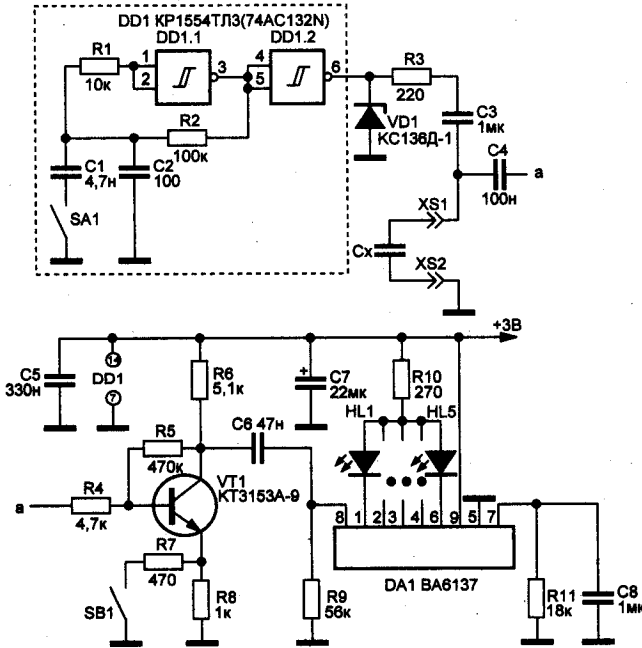


Рис. 4.13. Пробник оксидных конденсаторов со светодиодной индикацией их качества

Стабилитрон VD1 ограничивает импульсы напряжения при подключении щупов прибора к незаряженным конденсаторам. Остаточные напряжения на них не более 25...50 В для прибора не опасны.

На поликомпараторной микросхеме DA1 BA6137 выполнен пятиступенчатый светодиодный индикатор уровня. Контролируемое значение ESR прибор индицирует по принципу: чем ниже сопротивление, тем меньше число зажженных светодиодов.

При замыкании контактов SA1 параллельно конденсатору C2 подключают конденсатор C1. Частота генератора будет снижена примерно до 1800 Гц, поэтому уровень сигнала на выводах проверяемого конденсатора будет зависеть в основном от его емкости.



Примечание.

Чем выше емкость, тем меньше число зажженных светодиодов.

В этом режиме на показания пробника влияет и ESR конденсатора, поэтому диапазон контроля емкости отличается от расчетного.

Рабочую частоту генератора (60...80 кГц) контролируют на выходе DD1.2. Напряжение на коллекторе транзистора VT1 в пределах 1...2 В устанавливают подбором резистора R5.

**Внимание.**

При измерениях проверяемое изделие должно быть обесточено, конденсаторы – разряжены. Щупы пробника нужно прижать к контактными площадкам платы, к которым припаян проверяемый конденсатор, и нажать на кнопку включения.

Из-за переходных процессов кратковременно вспыхивают все светодиоды, после чего, по числу зажженных светодиодов можно оценить состояние конденсатора. Ориентировочно, для исправных конденсаторов емкостью от 22 мкФ и выше на рабочие напряжения до 100 В на 2-м диапазоне все светодиоды должны погаснуть. Конденсаторы меньшей емкости и на большее рабочее напряжение имеют более высокий ESR, поэтому могут светиться 1–3 светодиода.

Контроль ESR. Кнопка включения 1-го диапазона расположена рядом с кнопкой включения питания. При нажатии только кнопки включения питания контролируется ESR в диапазоне 1,2...7,5 Ом, при нажатии обеих кнопок – в диапазоне 0,3...1,8 Ом (конденсаторы в ответственных узлах и относительно большой емкости).

Основные технические характеристики пробника оксидных конденсаторов см. в первоисточнике [176].

Устройство для оценки эквивалентного последовательного сопротивления оксидных конденсаторов на микросхеме K561ЛН2

Состав. Устройство для оценки эквивалентного последовательного сопротивления оксидных конденсаторов [148] включает в себя:

- ♦ высокочастотный генератор на частоту 350...400 кГц на элементе DD1.1;
- ♦ буферный усилитель на DD1.2–DD1.6;
- ♦ делитель напряжения R2–R4;
- ♦ усилитель переменного тока на транзисторе VT1;
- ♦ выпрямитель VD2–VD5 с фильтром;
- ♦ измерительный прибор PA1.

Диапазон измерения сопротивления – 0,5...100 Ом.

Схема устройства представлена на рис. 4.14.

Настройка. Настройку прибора начинают с установки частоты ВЧ генератора. Подключив осциллограф к щупам XS1, XS2, устанавливают частоту в интервале 350...400 кГц. Подстроечным катушки L1 или изменением числа ее витков устанавливают частоту. Подстроечным резистором R2 устанавливают амплитуду колебаний, равную 50 мВ. До впаивания конденсатора С3 подбором резистора R5 устанавливают напряжение между коллектором и эмиттером транзистора VT1 при-

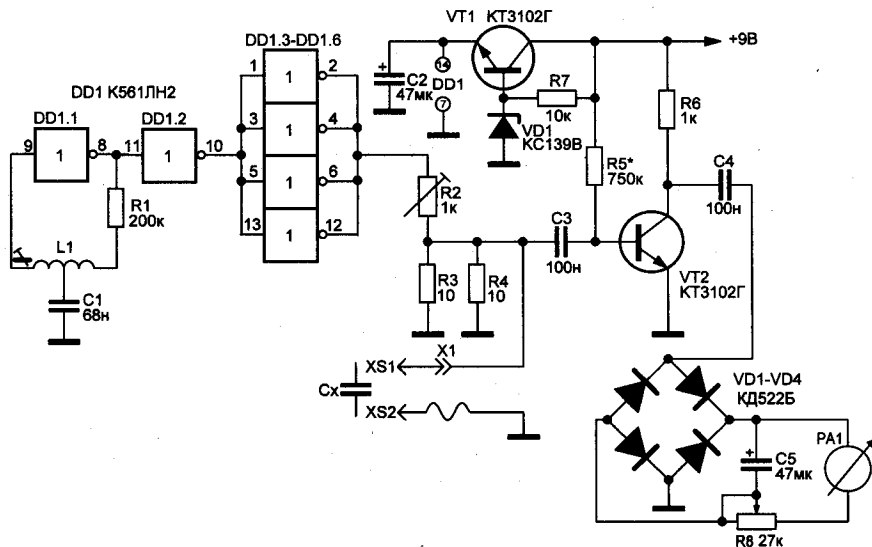


Рис. 4.14. Устройство для оценки ESR оксидных конденсаторов

мерно равным половине напряжения питания прибора. Затем впаивают конденсатор C3.

Сопротивление потенциометра R8 устанавливают таким, чтобы при разомкнутых щупах прибора стрелка устанавливалась на максимальное значение. Затем градуируют шкалу в омах — последовательно подключая к щупам XS1, XS2 резисторы сопротивлением 1; 2; 3; 5; 10; 20; 50; 100 Ом, делают риски карандашом на шкале прибора.

Микроамперметр PA1 — индикатор М4762-М1 от индикатора уровня записи магнитофона. **Моточные изделия.** Катушка L1 намотана на пластмассовом каркасе диаметром 7 мм проводом ПЭВ-2 диаметром 0,3 мм и содержит 125 витков (в секции I — 50 витков). Подстроечник — ферритовый с резьбой М4 и длиной 7 мм.

Электропитание. Питание прибора от батареи напряжением 9 В.

4.13. Измеритель ESR электролитических конденсаторов на микросхеме CD74НСТ04Е

Схема измерителя ESR электролитических конденсаторов [128] представлена на рис. 4.15.

Состав. Измеритель ESR электролитических конденсаторов содержит генератор импульсов с частотой 60...65 кГц на элементах DD1.1, DD1.2. На элементе DD1.3 собран промежуточный усилитель, на

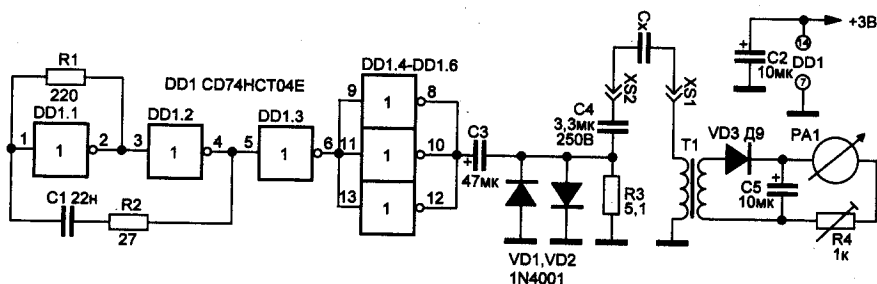


Рис. 4.15. Измеритель ESR электролитических конденсаторов на микросхеме CD74HC04E

остальных элементах микросхемы — усилитель мощности. Сигнал с его выхода поступает на делитель C3, R3, снижающий напряжение до уровня 200...300 мВ.

Для повышения чувствительности измерительного прибора перед детектором включен повышающий трансформатор с соотношением витков 3:1. Трансформатор также обеспечивает надежную защиту стрелочного прибора при подключении к заряженному конденсатору.

Принцип действия. Защитные диоды — VD1 и VD2 типа 1N4001. Конденсатор C4 с рабочим напряжением не менее 250 В обеспечивает гальваническую развязку при наличии напряжения на измеряемом конденсаторе. Детекторный диод VD3 германиевый, типа Д9.

Измерительный прибор с током отклонения 50 мкА.

Моточные изделия. Трансформатор наматывается на ферритовом кольце с наружным диаметром 12...20 мм и проницаемостью 2000. Обмотка I содержит 50 витков проводом 0,35...0,5 мм, обмотка II — 150 витков проводом 0,09...0,12 мм.

Настройка. После сборки прибора подбором R2 добиваются формы импульсов, близкой к меандру. Затем, замкнув выводы ESR_x и зафиксировав в среднем положении потенциометр R4, подбором резистора R3 устанавливают стрелку измерительного прибора на отметку 100 %.

Калибровка. Для калибровки прибора к выводам XS1, XS2 (ESR_x) подключают наборы резисторов сопротивлением 1; 2; 5; 10; 20 Ом и отмечают положение стрелки на шкале. Перед измерением ESR надо замкнуть выводы щупов и потенциометром R4 установить стрелку в положение «0 Ом».

4.14. Измеритель ESR с трансформаторной развязкой

Состав. Измеритель ESR конденсаторов с трансформаторной развязкой [20], рис. 4.16, не боится заряженных конденсаторов. Измеритель содержит генератор прямоугольных импульсов с буферными элементами на микросхеме DD1, к выходу последнего из которых подключен трансформатор T1. Измерительная часть прибора содержит входной повышающий трансформатор T2, простейший выпрямитель с фильтром и стрелочный измерительный прибор.



Примечание.

Благодаря тому, что испытуемый конденсатор включается между выходным каскадом генератора и измерителем напряжения не напрямую, а через обмотки трансформаторов, устройство не боится заряженных конденсаторов.

Моточные изделия. Трансформатор T1 содержит 100 витков провода диаметром 0,09 мм в первичной обмотке и 1,5 витка диаметром 0,56 мм во вторичной. Трансформатор T2 имеет 10 витков провода диаметром 0,56 мм в первичной обмотке и 100 витков диаметром 0,09 мм во вторичной. Трансформаторы намотаны на ферритовых кольцах диаметром 10...12 мм.

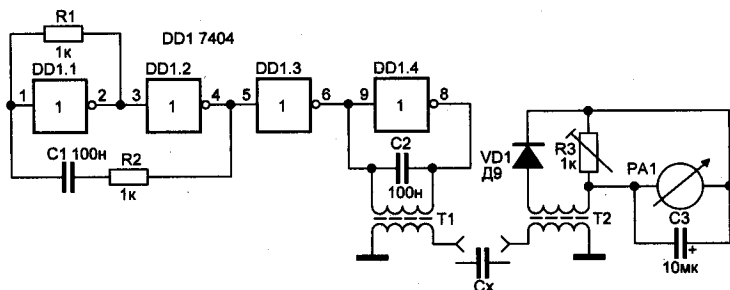


Рис. 4.16. Измеритель ESR конденсаторов с трансформаторной развязкой

4.15. Цифровой пробник на микросхеме К155ЛА8

Назначение. Цифровой пробник [179], рис. 4.17, предназначен для определения логических уровней в различных точках цифрового устройства и отображает три состояния:

- ♦ сигнал лог. 1;
- ♦ сигнал лог. 0;
- ♦ отсутствие цифрового сигнала.

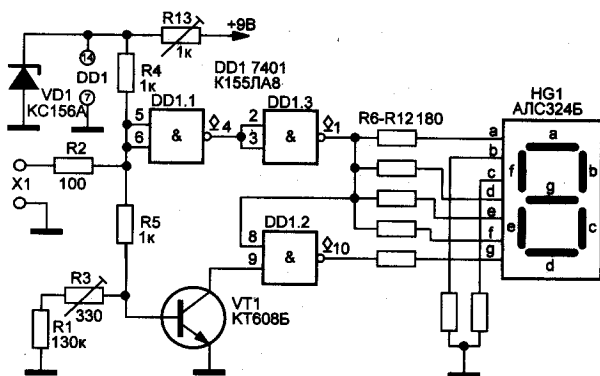


Рис. 4.17. Принципиальная схема цифрового пробника

Принцип действия. Информация выводится на индикатор АЛС324. Питается устройство от источника постоянного тока напряжением 9 В (либо, без использования стабилизатора напряжения R13, VD1, от 5 В).

Для усиления входного сигнала служит элемент DD1.1 и DD1.3 микросхемы DD1; элемент DD1.2 используется в качестве устройства сравнения. Транзистор VT1 выполняет роль ключа. Так как для питания микросхемы необходимо 5 В, то в схеме применен стабилитрон VD1 на 5 В (KC156A или KC147A).

При подаче на вход пробника сигнал лог. 1 транзистор VT1 откроется. В результате этого на входе 9 элемента DD1.2 появится сигнал лог. 0, а состояние элементов DD1.1 и DD1.3 не изменится и, соответственно, на выходе 1 элемента DD1.3 будет лог. 1.

Так как на входе 8 элемента DD1.2 лог. 1, на входе 9 — лог. 0, то на выходе 10 появится лог. 1, и сегмент «g» индикатора погаснет. В результате чего на индикаторе останутся гореть только сегменты «b» и «c», изображая единицу.

При подаче на вход пробника лог. 0 транзистор VT1 будет находиться в запертом состоянии, а элементы DD1.1 и DD1.3 сменят свое состояние на противоположное, и, как следствие, на выходе 1 элемента DD1.3 и входе 8 элемента DD1.2 появится лог. 0. В результате на индикаторе будут гореть сегменты «a», «b», «c», «d», «e», «f», изображая логический ноль.

Если на входе пробника цифровой сигнал будет отсутствовать, то транзистор VT1 будет заперт и, соответственно, на входе 9 элемента DD1.2 будет высокий уровень. Такой же уровень будет и на входах 5 и 6 элемента DD1.1, что в свою очередь приведет к появлению на выходе 1 элемента DD1.3 высокого уровня. В результате на индикаторе будут гореть сегменты «b», «c», «g».

Настройка пробника заключается в регулировке резистора R13 до установки на стабилитроне VD1 напряжения 5 В. Резистором R3 при отсутствии сигнала на щупах устанавливают свечение сегмента «g».

4.16. Пробник-индикатор низкочастотных сигналов на микросхеме К561ЛА7

Назначение. Устройство, рис. 4.18, можно использовать в качестве индикатора низкочастотных сигналов, амплитуда которых превышает 2...3 В [124].

Принцип действия. При подаче на пробник такого сигнала он выпрямляется и поступает на цепь питания пробника. Одновременно выпрямленный сигнал управляет работой внутренних генераторов устройства: вырабатываются звуковые сигналы, свидетельствующие о наличии на его входе надпорогового напряжения переменного тока. Сила звука пропорциональна амплитуде тестируемого сигнала.

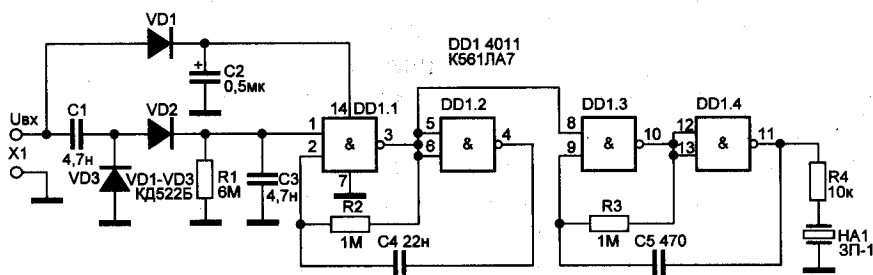


Рис. 4.18. Схема пробника-индикатора низкочастотных сигналов

4.17. Простейший пробник на микросхеме К155ЛА3

Принцип действия. Пробник [146, 220], рис. 4.19, представляет собою генератор звуковой частоты (примерно 1000 Гц), выполненный на логической микросхеме К155ЛА3 (К555ЛА3). Генератор собран по схеме классического мультивибратора. Выход генератора снабжен двумя светодиодами разного цвета, при помощи которых можно определять полярность полупроводниковых приборов, целостность цепей, конденсаторов, исправность трактов звуковой частоты.

Электропитание. Питание пробника, размещенного в корпусе

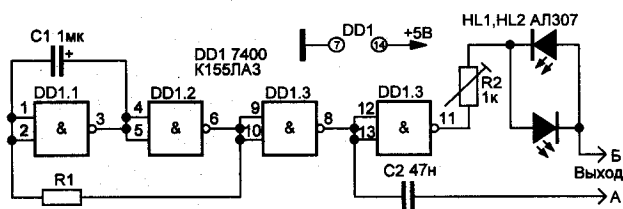


Рис. 4.19. Щуп-пробник для проверки исправности радиоэлементов и каскадов усиления

электролитического конденсатора К50-3А, производится от источника питания напряжением 5 В.

4.18. Испытатель полупроводниковых приборов на микросхеме К561ЛП2

Назначение. Тестер полупроводниковых переходов [100], рис. 4.20, предназначен для определения исправности диодов, переходов транзисторов и автоматического определения полярности их подключения.

Принцип действия. На микросхеме DD1 собран генератор прямоугольных импульсов частотой 10 Гц и скважностью около 50 %. С выходов буферных элементов DD1.3 и DD1.4 противофазные напряжения подаются через светодиоды HL1 и HL2 на проверяемый полупроводниковый прибор. Выходные полевые транзисторы буферных элементов ограничивают ток в нагрузку до нескольких миллиампер, что защищает испытываемый переход прибора.

Применение. При исправном, например, диоде мигает светодиод, который включен в том же направлении, что и диод, индицируя тем самым полярность подключения диода VDx к гнездам X1 и X2 испытателя. При пробитом диоде (сопротивление утечки менее нескольких килоом) мигают оба светодиода.

Электропитание. Питать испытатель можно от источника постоянного напряжения 3...15 В. Ток потребления испытателя на холостом ходу около 150 мкА при работе устройства от 9 В и 30 мкА при питании напряжением 5 В. Если к гнездам испытателя подключен исправный диод, этот ток возрастает примерно до 7 и 3 мА, соответственно.



Внимание.

Стоит учитывать, что выбор высокого напряжения питания устройства (10...15 В) чреват пробоем тестируемых полупроводниковых переходов.

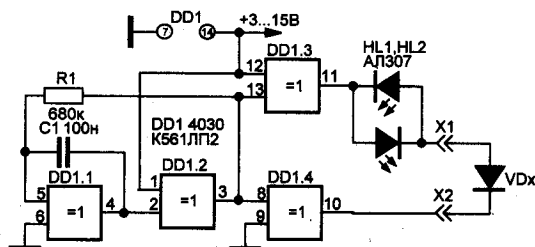


Рис. 4.20. Тестер полупроводниковых переходов

4.19. Испытатель биполярных транзисторов на микросхеме 4001 или 4011

Простой испытатель биполярных р-п-р и п-р-п транзисторов [33], рис. 4.21, содержит:

- ♦ генератор прямоугольных импульсов на микросхеме 4001 или 4011;
- ♦ резистивный формирователь смещения на базе транзистора;
- ♦ индицирующие светодиоды.

Ситуации при работе испытателя:

- ♦ светятся оба светодиода — транзистор не подключен или транзистор не проводит ток;
- ♦ ни один из светодиодов не светится — короткое замыкание коллектор-эмиттер;
- ♦ светятся красный светодиод HL1 — р-п-р-транзистор в рабочем состоянии;
- ♦ светятся зеленый светодиод HL2 — п-р-п-транзистор в рабочем состоянии.

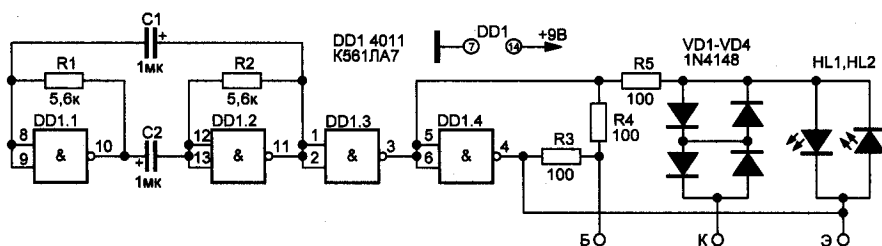


Рис. 4.21. Испытатель биполярных транзисторов

4.20. Индикатор перегорания предохранителя на микросхеме К561ЛЕ5

Состав. Индикатор перегорания предохранителя [167], рис. 4.22, содержит:

- ♦ генератор импульсов на микросхеме;
- ♦ светодиодный индикатор.

Принцип действия. Когда предохранитель цел, на вход инвертора (вывод 8 микросхемы DD1) подается напряжение высокого уровня, запрещающее работу генератора.

Стоит перегореть предохранителю, вывод 8 через сопротивление нагрузки оказывается присоединенным к общей шине. Генератор нач-

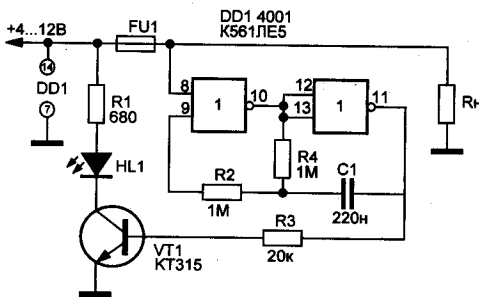


Рис. 4.22. Схема индикатора перегорания предохранителя

нет работать: светодиод мигает с частотой около 5 Гц.

Для индикации перегорания предохранителя при «оборванной» нагрузке параллельно сопротивлению нагрузки желательно включить резистор величиной около 1 МОм.

4.21. Кварцевый калибратор на микросхеме К155ЛА3 (К555ЛА3)

Назначение. Кварцевый калибратор [88], рис. 4.23, предназначен для генерации сетки частот, стабильных по частоте. Такие приборы используют для настройки, калибровки и проверки радиоприемных устройств и измерительной техники.

Принцип действия. На элементах DD1.1 и DD1.2 собран кварцованный генератор прямоугольных импульсов, а на элементе DD1.3 — буферный каскад. На диодах VD1–VD4 собран модулятор. Выходной сигнал калибратора снимают с гнезд X3 и X4, а модулирующее напряжение (если оно нужно) амплитудой от 0,5 до 1 В подают от генератора звуковой частоты на гнезда X5, X6. Частоту модуляции можно менять. Сигнал хорошо прослушивается на радиоприемник модуляций частотой 500, 1000, 2000, 3000 Гц.

Калибровка. Работоспособность калибратора можно проверить при помощи радиовещательного приемника. Для этого достаточно разместить калибратор поблизости от приемника и соединить с гнездом X4 отрезок провода метровой длины — он будет выполнять роль антенны, а на гнезда X5, X6 подать модулирующее напряжение, например, частотой 1000 Гц. Вращая ручку настройки радиоприемника, можно

«поймать» гармонику кварцевого калибратора, о чем будет свидетельствовать звук соответствующей тональности в громкоговорителе приемника.

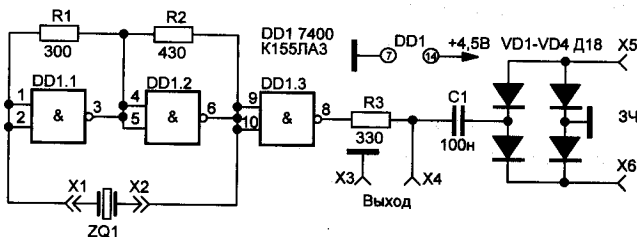


Рис. 4.23. Тестер полупроводниковых переходов

4.22. Триггер на двух инверторах на микросхеме К561ЛА7

Используя только два элемента NAND или два инвертора, можно построить D-триггер с переключением от одной кнопки [169], рис. 4.24.

Принцип действия. При включении питания выход элемента DD1.1 находится в состоянии логической «1», гарантируя, что транзистор VT1 будет включен, а транзистор VT2 выключен. При нажатии на кнопку SB1 выход элемента DD1.1 изменится на логический «0», транзистор VT1 будет закрыт, а транзистор VT2 откроется.

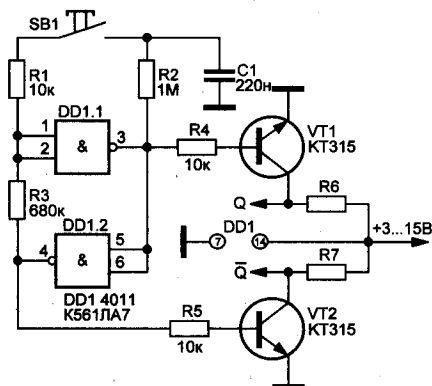


Рис. 4.24. Триггер на двух инверторах



Примечание.

Связь между элементами DD1.1 и DD1.2 гарантирует, что состояние выхода элемента DD1.1 всегда будет обратным состоянию выхода элемента DD1.2, следовательно, транзисторы VT1 и VT2 всегда находятся в противоположных состояниях и будут переключаться каждый раз при нажатии на кнопку SB1.

В некоторых случаях можно исключить транзисторы VT1 и VT2 и использовать выходы элементов DD1.1 и DD1.2 для управления внешними цепями напрямую, но только тогда, когда нагрузка на эти выходы достаточно низка. Серия 4000 CMOS может обеспечивать ток на выходе не более 0,5 мА (при 5 В), поэтому ради безопасности ее лучше использовать с этими транзисторами.

Эта схема особенно полезна, если у вас остались неиспользованные элементы в схеме. Она позволяет избегать необходимости добавлять отдельный триггер.



Внимание.

Следует помнить, что для всех других неиспользованных CMOS элементов входы необходимо подключить к положительной линии питания или к земле.

Электропитание. Напряжение питания может находиться в диапазоне от 3 до 15 В. Для КМОП микросхем ток потребления устройства составляет от 0,2 до 5 мА (без нагрузки).

4.23. «Триггерная кнопка» на микросхеме CD4069

Инверторы DD1.1 и DD1.2, охваченные положительной обратной связью через резистор R1, образуют триггер, изменяющий свое состояние на противоположное при каждом нажатии на кнопку SB1 [1], рис. 4.25.



Примечание.

Благодаря конденсаторам C1–C3 обеспечивается хорошая помехоустойчивость даже при высоковольтном «искрении» вблизи устройства.

Инверторы DD1.3–DD1.6 соединены параллельно, что увеличивает допустимый выходной ток и позволяет управлять довольно мощной нагрузкой. В статическом состоянии устройство практически не потребляет энергии.

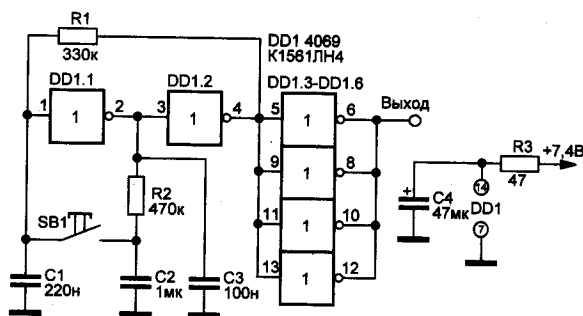


Рис. 4.25. Триггерная защелка на микросхеме CD4069

4.24. Цифровые фильтры на микросхемах K561ЛА7 и K561ТМ2

Назначение. Цифровой фильтр позволяет получить почти идеальную фильтрацию импульсного сигнала. Используя логические микросхемы, можно собрать фильтр, обеспечивающий прохождение импульсов ниже или выше заданной частоты. Комбинация таких схем может обеспечить пропускание или режекцию полосы частот.

СХЕМА №1

Принцип действия. На рис. 4.26 показан фильтр низких частот [184] с использованием RC-цепей на входе RS-триггера. Частота среза F_{cp} фильтра зависит от времени заряда конденсаторов C1 и C2 до порогового уровня, при котором триггер переключится. Она может быть определена по формуле:

$$F_{cp} = 1/1,37RC,$$

при условии, что $R = R1 = R2$, а $C = C1 = C2$. Для элементов, указанных на схеме и $U_{пит} = 6$ В, она составит 4,7 кГц.

Поскольку время разряда конденсаторов C1 и C2 мало, то при превышении частоты входных импульсов значения F_{cp} всего на 10 Гц конден-

саторы не успеют зарядиться до логического уровня, и триггер DD2.1 переключаться не будет.

СХЕМА №2

Принцип действия. На рис. 4.27 показана схема полосового фильтра, состоящая из двух аналогичных каналов, обеспечивающих фильтрацию низких частот.

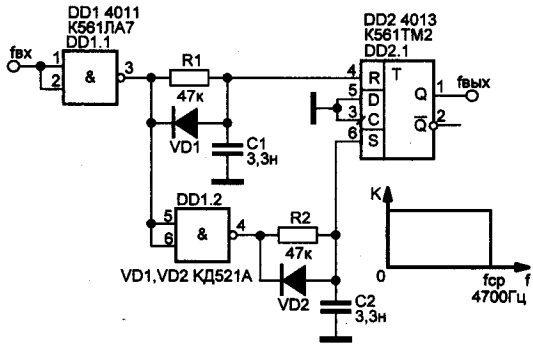


Рис. 4.26. Цифровой фильтр нижних частот

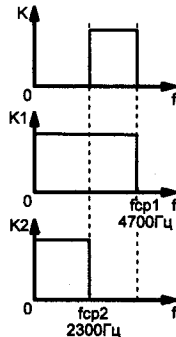
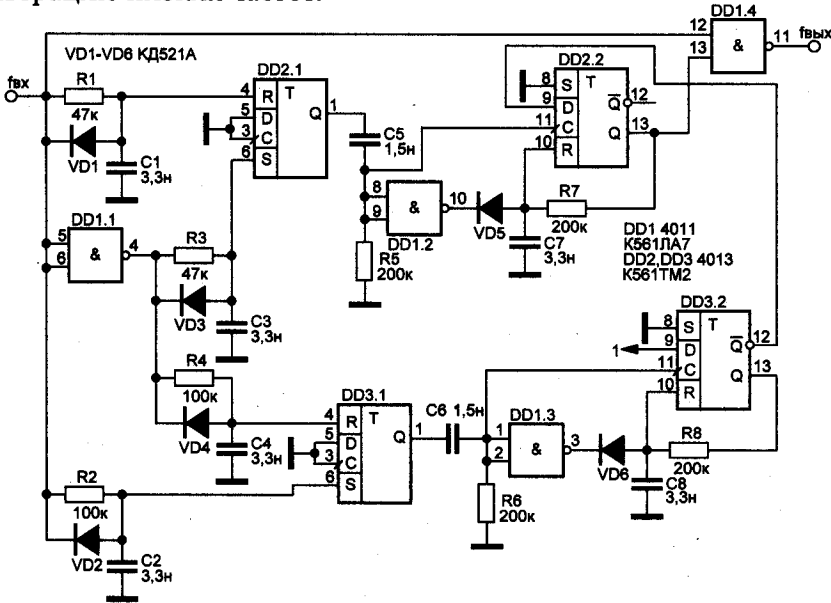


Рис. 4.27. Цифровой полосовый фильтр

**Примечание.**

В отличие от выше приведенной схемы, в этой имеются перезапускаемые одновибраторы (DD2.2 и DD3.2).

На выходах DD2/13 и DD3/13 будет присутствовать лог. «1», пока частота входных импульсов не превысит F_{cp} .

Для того чтобы обеспечить прохождение на выход только узкой полосы частот, два канала фильтра имеют разные частоты среза ($F_{cp1} = 4700$ Гц и $F_{cp2} = 2300$ Гц). Лог. «1», подаваемая на вход DD1/13, разрешает прохождение входной частоты на выход. Но, так как переключение триггера DD2.2 происходит только когда на его входе D (DD2/9) присутствует лог. «1», триггер DD3.2 обеспечивает режекцию частот ниже его частоты среза F_{cp1} .

**Примечание.**

Для нормальной работы цифрового фильтра постоянная времени цепей R7C7 и R8C8 должна быть больше, чем минимальная длительность импульсов, приходящих на вход схемы.

Это необходимо для того, чтобы триггеры одновибраторов постоянно находились в одном из своих устойчивых состояний (импульсы с выходов DD1/10 и DD1/3 не дадут зарядиться конденсаторам C7 и C8 до уровня, при котором происходит обнуление триггера).

Поняв принцип работы данного фильтра, несложно ввести небольшие изменения, которые позволят превратить схему в режекторный фильтр или фильтр верхних частот.

**Примечание.**

Максимальный частотный диапазон фильтров ограничивается быстродействием микросхем.

4.25. Цифровые частотные фильтры

Назначение

Аналоговые и цифровые фильтры предназначены для выделения или разделения по частотному признаку электрических сигналов. Если для аналоговых фильтров существует невообразимое множество различных технических решений, то в отношении цифровых фильтров дело обстоит решительно иначе. Теоретические основы фильтрации цифровых сигналов разработаны достаточно основательно, зато практически реализуемых конструкций известно крайне мало.

К доступным для повторения относятся:

- ♦ цифровые фильтры, содержащие эклектику цифровых и аналоговых узлов;
- ♦ квазифильтровые многоканальные устройства клапанного типа;
- ♦ фильтры с использованием логических элементов и RC-цепочек.

Рассматриваемые ниже конструкции цифровых фильтров являются развитием и усовершенствованием фильтров, основанных на симбиозе элементов цифровой техники и времязадающих RC-цепочек.

Фильтр нижних частот: CD4001 (K561ЛЕ5) и CD4013 (K561ТМ2)

Фильтр нижних частот, рис. 4.28, выполнен на двух микросхемах: CD4001 (K561ЛЕ5) и CD4013 (K561ТМ2). Граничная частота фильтра при использовании указанных на схеме номиналах составляет 10 кГц и определяется по формуле:

$$F_{гр.} (\text{кГц}) = \frac{1000}{1,33 \cdot R(\text{кОм}) \cdot C(\text{нФ})}$$

Меняя соотношение RC-элементов цепочки R1C1, можно в широких пределах изменять граничную частоту фильтра (от ед. герц до ед. мегагерц). В области частот выше ед. мегагерц наблюдается заметное изменение скажности выходного сигнала.

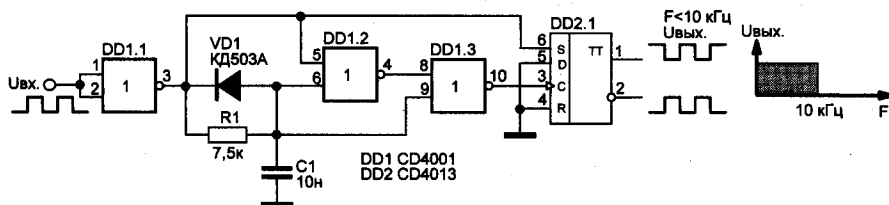


Рис. 4.28. Фильтр нижних частот

Фильтр верхних частот на микросхеме CD4011 (K561ЛА7)

Фильтр верхних частот, рис. 4.29, имеет дополнительный логический элемент DD3.1 на микросхеме CD4011 (K561ЛА7) и пропускает сигналы, частота которых превышает 10 кГц.

Для того чтобы вместо дополнительной микросхемы использовать незадействованный ранее четвертый логический элемент микросхемы CD4001 (K561ЛЕ5), можно воспользоваться его эквивалентом, рис. 4.29.

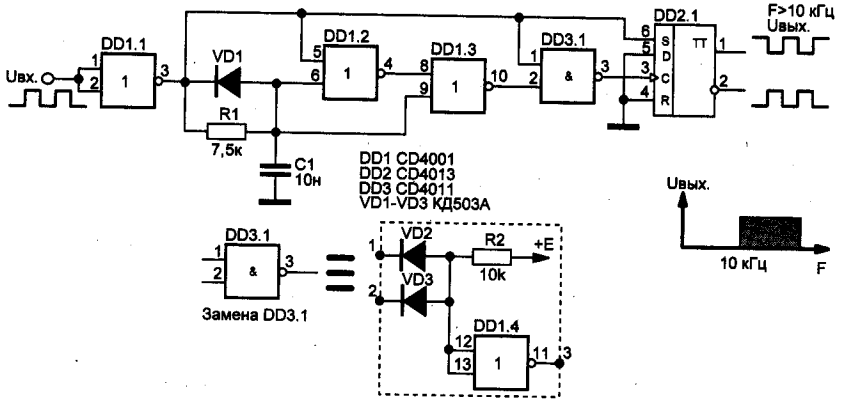


Рис. 4.29. Фильтр верхних частот

Полосовой фильтр на микросхемах CD4001, CD4011, CD4013

Полосовой фильтр показан на рис. 4.30. Его верхнюю (граничную) частоту можно задавать плавным или дискретным изменением номиналов цепочки R1C1, а нижнюю — регулировкой потенциометра R3 и/или переключением емкости конденсатора C2.

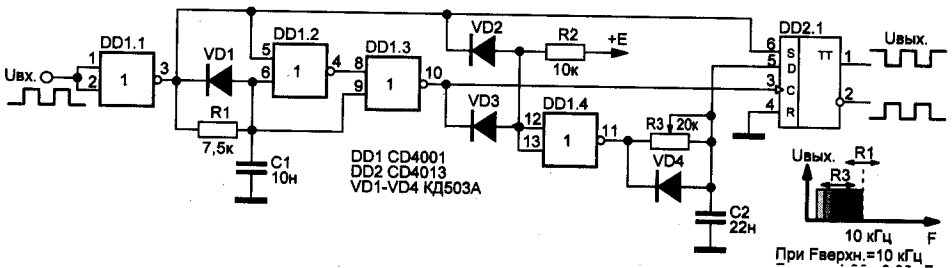


Рис. 4.30. Полосовой фильтр

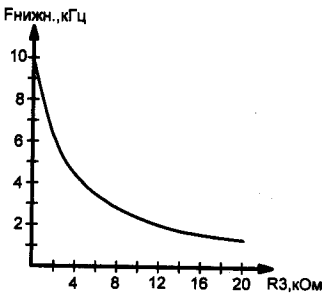


Рис. 4.31. Пределы регулировки нижней границы пропускания фильтра в зависимости от величины сопротивления потенциометра R3

При верхней (граничной) частоте 10 кГц нижнюю границу полосы пропускания фильтра можно плавно менять в пределах от 9,92 до 1,30 кГц, рис. 4.31.

Верхний частотный предел работы фильтров ограничен частотными характеристиками используемых разновидностей микросхем и существенно зависит от напряжения их питания: чем выше это напряжение, тем выше предельная рабочая частота.

**Примечание.**

Характеристики рассмотренных выше фильтров получены при напряжении питания 10 В.

4.26. Компаратор частоты на микросхемах К1531ТМ2 и К1531ЛА3

Назначение. Компаратор частоты [62], рис. 4.32, может быть использован для допускового контроля частоты импульсных сигналов.

При применении микросхем ТТЛ серии К1531 (DD1, DD2 — К1531ТМ2, DD3 — К1531ЛА3) максимальная частота сравниваемых сигналов составляет около 4 МГц при относительной чувствительности не хуже 1 %.

Проведем прямую аналогию с широко распространенными компараторами напряжения. Данный компаратор частоты можно определить как устройство, которое:

- ♦ сравнивает входную частоту F_{IN} с опорной частотой F_{REF} ;
- ♦ устанавливает на выходе состояние лог. 1, если разность частот $\Delta F = F_{in} - F_{ref}$ положительна и превышает некоторую величину, определяемую как чувствительность компаратора.

Необходимость в таких устройствах возникает, например, при допусковом контроле частоты импульсного сигнала.

**Примечание.**

В предлагаемом варианте схемы компаратора используется другой принцип определения знака разности между входной и опорной частотами.

Принцип действия. В его основу положен следующий факт. При наличии разности частот двух сигналов, наряду с ситуацией, когда импульсы по обоим входам компаратора следуют поочередно, возникает (с частотой биений) ситуация, когда два импульса подряд следуют по входу с более высокой частотой.

Если частоты сигналов по обоим входам компаратора одинаковы, то входные D-триггеры DD1.1 и DD1.2 поочередно включаются входными сигналами в состоя-

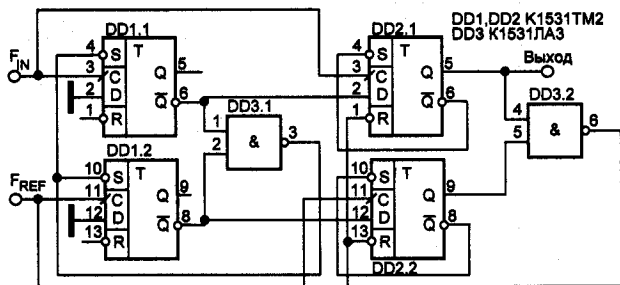


Рис. 4.32. Цифровой компаратор частоты

ние 0. Затем, под воздействием элемента DD3.1, D-триггеры возвращаются в исходное единичное состояние.

Если F_{IN} превышает F_{REF} , то на вход DD1.1 рано или поздно поступят два импульса подряд. Первым из этих импульсов триггер DD1.1 установится в 0, а вторым лог. 1 с инверсного выхода DD1.1 переписишется в триггер DD2.1, и он заблокируется в этом состоянии.

Тем самым регистрируется, что $\Delta F > 0$. Разблокировка этого триггера возможна только при изменении знака ΔF ($\Delta F < 0$) и поступлении двух импульсов подряд уже по входу опорной частоты. Срабатывает триггер DD2.2, и под воздействием элемента DD3.2 триггер DD2.1 возвращается в исходное состояние (лог. 0).

4.27. Частотный детектор на основе ФАПЧ

Назначение. Частотные детекторы, построенные на основе элементов задержки, обычно реализуют широкую полосу детекторной характеристики.

В реальных радиосистемах частотно-модулированные колебания в основном являются узкополосными. Поэтому для приема частотно-модулированных радиосигналов чаще всего используют частотные детекторы, построенные на основе схемы фазовой автоподстройки частоты.

Принцип действия. Частотный детектор [180], рис. 4.33, построен на основе схемы фазовой автоподстройки частоты, на его выходе сигнал пропорционален фазе принимаемого колебания.

Функции фазового детектора выполняет логический элемент «Исключающее ИЛИ-НЕ». Генератор, управляемый напряжением, собран на инверторах DD1.1 и DD1.2. Подстройку его частоты осуществляет транзистор VT1.

При изменении частоты входного сигнала схема фазовой автоподстройки вынуждена подстраивать генератор, управляемый напряжением на эту же частоту.

Соответственно, изменяется напряжение на затворе транзистора VT1. Напряжение в этой точке будет соответствовать отклонению частоты входного сигнала от своего номинального значения, а значит, вся схема будет осуществлять детектирование частотно-модулированного сигнала.

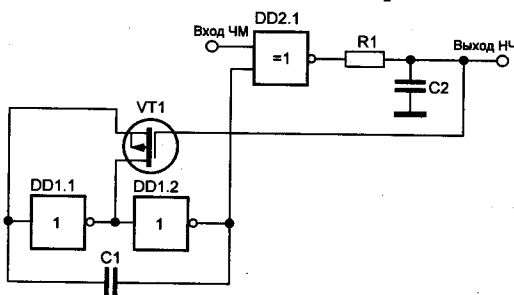


Рис. 4.33. Пример схемы частотного детектора, построенного на основе схемы фазовой автоподстройки частоты

Полоса детектируемого сигнала в приведенной схеме будет зависеть от:

- ♦ крутизны регулировочной характеристики генератора, управляемого напряжением;
- ♦ коэффициента передачи фазового детектора, выполненного на элементе DD2.1.

4.28. Коммутатор с широтно-импульсным управлением

Назначение. Коммутаторы с широтно-импульсным управлением могут быть использованы в системах дистанционного многоканального телеуправления, в измерительной технике.

В устройствах малопроводного и беспроводного многокомандного дистанционного управления нагрузками и исполнительными механизмами широко используют разделение сигналов по частоте или амплитуде. В том и другом случаях схемотехнические решения таких устройств достаточно сложны, а сами устройства в этой связи малонадежны.



Примечание.

Коммутирующие устройства с широтно-импульсным управлением представляют большой практический интерес в связи с возможностью передачи сигналов управления нескольким исполняющим устройствам по двухпроводной линии или радиоканалу.

Принцип действия. Блок-схема многоканального коммутатора, позволяющего избирательно переключать нагрузки в зависимости от длительности управляющего сигнала, показана на рис. 4.34 [202].

Формирователь управляющих импульсов (генератор прямоугольных импульсов, ГПИ) вырабатывает сигналы стандартной длительности и амплитуды при нажатии на соответствующую кнопку $SB_A - SB_D$. По линии связи управляющие сигналы Z поступают на элемент выделения конца импульса (ЭВКИ). С выхода ЭВКИ сигналы Z'' и Z''' поступают, соответственно, на:

- ♦ схему формирователя импульсов управления (ФИУ);
- ♦ элемент последовательно-временной выборки информации (ЭПВВИ);
- ♦ выходной коммутатор на основе схемы совпадений (ВКСС).

Элемент выделения конца импульса, варианты реализации которого представлены на рис. 4.35, содержит:

- ♦ узел задержки — расширения исходного импульса;
- ♦ схему выделения разностного сигнала на основе логического элемента «Исключающее ИЛИ».

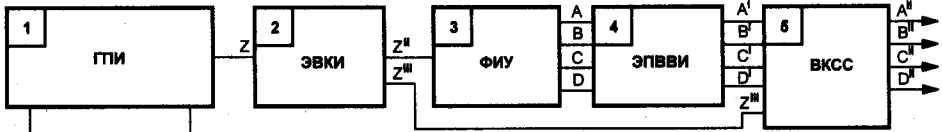
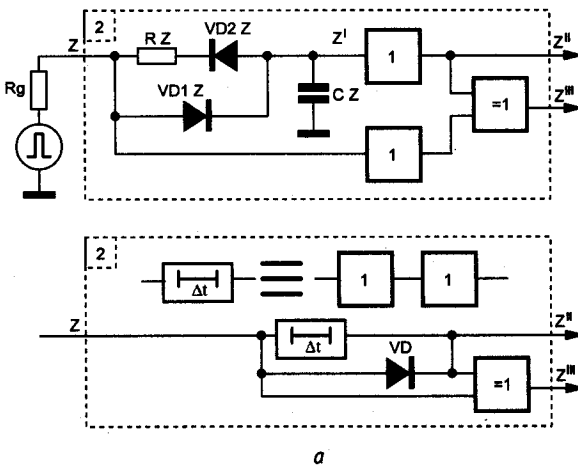
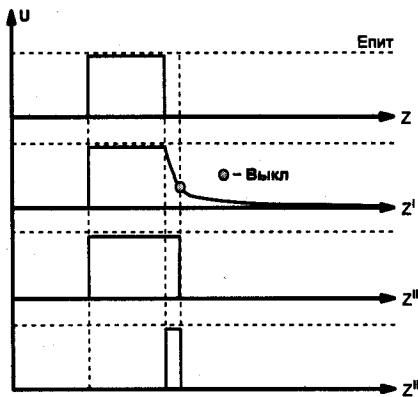


Рис. 4.34. Блок-схема многоканального коммутующего устройства с широтно-импульсным управлением:

1 – формирователь управляющих импульсов (генератор прямоугольных импульсов, ГПИ); 2 – элемент выделения конца импульса (ЗВКИ); 3 – схему формирователя импульсов управления (ФИУ); 4 – элемент последовательно-временной выборки информации (ЭПВИ); 5 – выходной коммутатор на основе схемы совпадений (ВКСС)



a



б

Рис. 4.35. Варианты реализации элемента выделения конца импульса (а) и диаграмма формирования выходных сигналов (б)

Для расширения импульса по длительности в первом случае использована диодно-резистивно-емкостная цепочка. При поступлении на вход логического элемента (повторителя) управляющего сигнала конденсатор C_z , подключенный к входу этого элемента, мгновенно заряжается через диод $VD1_z$ до напряжения, близкого к напряжению питания.

После окончания импульса напряжение на конденсаторе C_z и, следовательно, управляющем входе повторителя, спадает по экспоненте. Скорость разряда конденсатора C_z определяется постоянной $C_z(R_z + R_g)$, или, поскольку $R_z \gg R_g$, постоянной $C_z R_z$.

Логический элемент (повторитель) выполняет роль компаратора, переключая свое состояние при превышении напряжения

на его входе выше значения $U_{\text{вкл}}$ и возвращается в исходное состояние при снижении значения на его входе ниже $U_{\text{выкл}}$ ($U_{\text{вкл}} > U_{\text{выкл}}$).

Таким образом, на выходе повторителя, **рис. 4.35**, будет выделен сигнал стандартной амплитуды Z ", имеющий расширенную относительно исходного управляющего импульса Z длительность. Разностный сигнал Z ", соответствующий окончанию импульса, будет выделен на выходе элемента «Исключающее ИЛИ».



Примечание.

Для обеспечения безошибочной работы коммутатора длительность междуимпульсной паузы управляющих сигналов Z должна превышать длительность разностного сигнала Z ".

Как следует из анализа диаграммы электрических процессов, протекающих в узле выделения конца импульса, **рис. 4.35**, длительность разностного сигнала Z " оказывается пропорциональной произведению $C_2 R_2$.



Примечание.

Отметим, что элемент выделения конца импульса может быть выполнен и при использовании альтернативных схемотехнических решений, в частности, с использованием узлов задержки или расширения входного импульса. В качестве таковых может выступать, например, несколько последовательно соединенных логических элементов.

Схема формирователя импульсов управления (ФИУ), рис. 4.36, а, также реализована на основе диодно-резистивно-емкостных цепочек, имеющих разные RC -постоянные. На время действия импульса Z " напряжение на конденсаторах C возрастает по экспоненциальному закону. Для упрощения рассуждений примем $C_A = C_B = C_C = C_D$, а $R_A < R_B < R_C < R_D$. Таким образом, время (скорость) заряда конденсаторов определяется номиналами подключенных к ним резистивных элементов. Разряд конденсаторов осуществляется через диоды практически мгновенно после окончания действия управляющего сигнала (Z ").



Примечание.

Предполагается, что выходные сопротивления узлов схемы намного меньше любого из резисторов R_2, R_A, R_B, R_C, R_D . Входные сопротивления логических элементов, а также сопротивления утечек конденсаторов, входящих в состав коммутирующего устройства, намного превышают сопротивления резистивных элементов схем, в связи с чем в расчетах и диаграммах не учитываются.

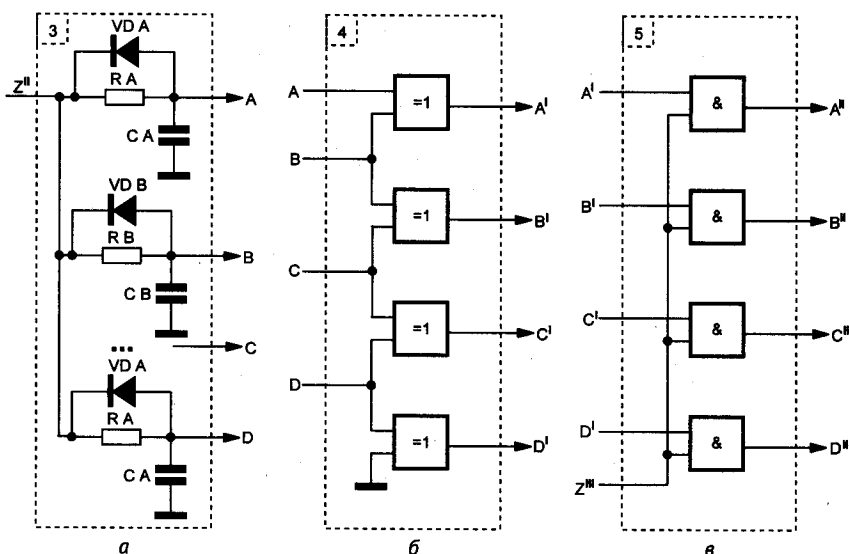


Рис. 4.36. Схемы принципиальные составных частей многоканального коммутирующего устройства с широтно-импульсным управлением:
 а – формирователь импульсов управления (узел 3);
 б – элемент последовательно-временной выборки информации (узел 4);
 в – выходной коммутатор на основе схемы совпадений (узел 5)

Элемент последовательно-временной выборки информации, рис. 4.36, б, узел 4, выполнен на основе логических элементов «Исключающее ИЛИ». В сочетании с предшествующим элементом схемы (формирователем импульсов управления) этот элемент позволяет получить на своих выходах A' , B' , C' , D' при действии продолжительного управляющего входного сигнала последовательное во времени появление сигнала высокого логического уровня (см. также диаграмму, рис. 4.37).



Примечание.

Заметим, что элемент выделения конца импульса, рис. 4.35, а также формирователь импульсов управления в сочетании с элементом последовательно-временной выборки информации, рис. 4.36, а, б (узлы 3 и 4), представляют собой самостоятельные схемные решения. Они могут быть использованы в составе иных блоков и узлов радиоэлектронной аппаратуры, например, в схемах-распределителях импульсов, умножителях частоты.

Желательно чтобы на выходе коммутирующего устройства выходной сигнал высокого логического уровня не переключался с выхода на выход по мере увеличения времени действия входного управляющего сигнала. Нужно чтобы сигнал присутствовал на определен-

ном его выходе только в связи с окончанием действия управляющего сигнала в соответствии с его длительностью. Для этого использована **схема совпадений**, выполненная на основе логических элементов «И», **рис. 4.36, в** (узел 5).

На диаграммах, **рис. 4.37**, рассмотрена динамика электрических процессов, наблюдаемых в различных точках коммутирующего устройства при использовании:

- ♦ «длинного» и «короткого» входного управляющего импульса;
- ♦ варьируемого по длительности управляющего сигнала.

Очевидно, что число каналов коммутации может быть значительно увеличено.



Примечание.

Число таких каналов ограничивается возможными наложениями управляющих сигналов на границах диапазонов срабатывания соседних каналов.

Аналогичная ситуация актуальна и для схем коммутаторов, использующих амплитудный или частотный принцип разделения сигналов.

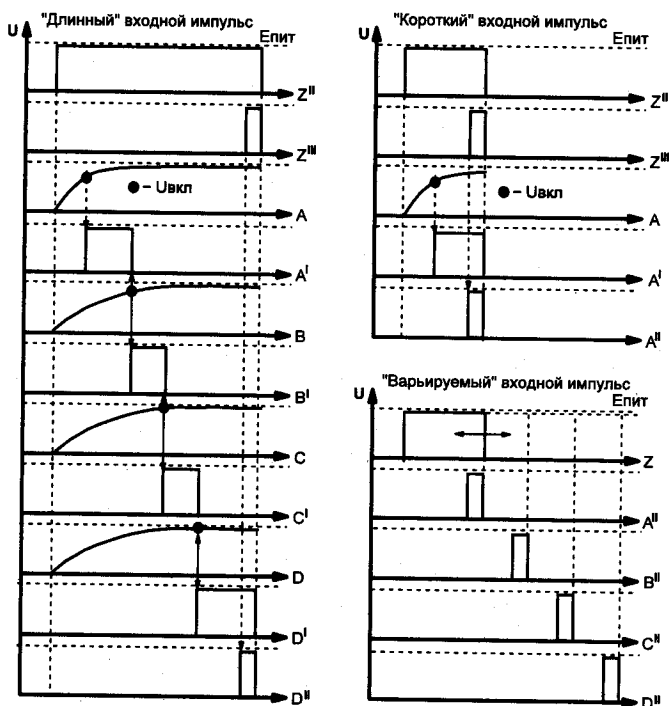


Рис. 4.37. Диаграммы переходных процессов для «длинного», «короткого» и варьируемого по длительности входного управляющего сигнала

Таким образом, при подаче на вход (Z) управляющего сигнала заданной длительности коммутатор с ФИУ способен постоянно поддерживать на определенном (заданном) выходе периодическую последовательность импульсов с длительностью, пропорциональной производению $C_Z R_Z$.



Примечание.

Для преобразования периодической последовательности импульсов, снимаемых с выхода коммутатора, в непрерывную последовательность могут быть использованы традиционные схемные решения, например, интеграторы.

4.29. Шифратор и дешифратор системы дистанционного управления

Для чего нужны шифраторы и дешифраторы

Назначение. Одними из очень важных элементов цифровой техники, а особенно в компьютерах и системах управления являются шифраторы и дешифраторы.

Шифратор (кодер) — это электронное устройство, в данном случае микросхема, которая преобразует код одной системы счисления в код другой системы. Наибольшее распространение в электронике получили шифраторы, преобразующие позиционный десятичный код, в параллельный двоичный.

Дешифраторы относятся к той же группе, только работают с точностью до наоборот. Они преобразуют параллельный двоичный код в позиционный десятичный.

Схемы. Цифровая система дистанционного управления [175], **рис. 4.38** и **рис. 4.39**, состоит из шифратора и дешифратора дискретных команд с числоимпульсным кодированием. При нажатии на кнопку формируется пачка импульсов, причем каждой кнопке соответствует определенное число импульсов.

Схема шифратора на микросхемах K561IE10, K561KP2 и K561ЛА7

Схема шифратора представлена на **рис. 4.38**.

Принцип действия. На элементах DD1.1, DD1.2 собран генератор импульсов, работающий на частоте 1 кГц. С выхода генератора сигнал поступает на трехразрядный двоичный счетчик импульсов и логиче-

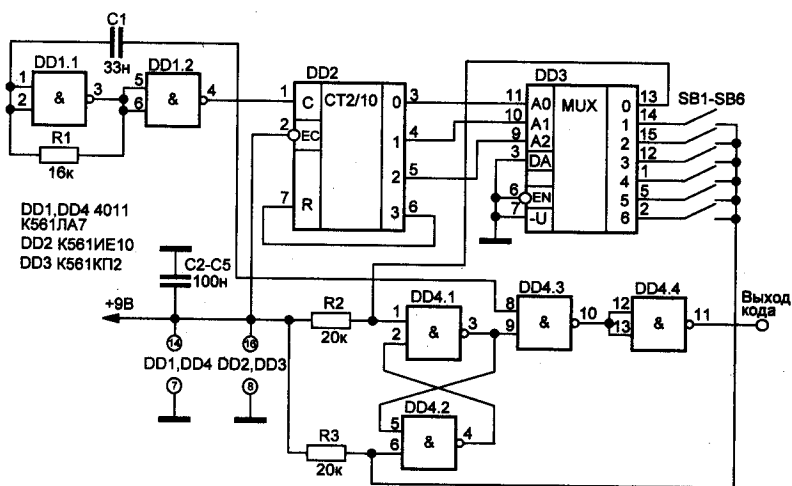


Рис. 4.38. Шифратор системы дистанционного управления

ский ключ DD4.3. С выходов счетчика трехразрядная двоичная последовательность подается на адресные входы мультиплексора DD3. Выходы мультиплексора (кроме нулевого) подключены к кнопкам SB1–SB6.

Импульсы через логический ключ будут проходить только тогда, когда на выходе RS-триггера (вывод 3 элемента DD4.1) на элементах DD4.1, DD4.2, будет лог. 1. Если триггер сброшен (на выводе 3 элемента DD4.1 лог. 0), импульсы через логический ключ проходить не будут. На выходе триггера устанавливается лог. 1 при появлении лог. 0 на выводе 13 микросхемы DD3. При нажатии одной из кнопок SB1–SB6 выход мультиплексора соединяется с выводом 6 элемента DD4.2. При появлении на соответствующем выходе мультиплексора уровня лог. 0, он поступает на вывод 6 элемента DD4.2 и на выходе RS-триггера появляется лог. 0.

Если ни одна кнопка не нажата, на выходе шифратора присутствует последовательность импульсов с генератора. При нажатии одной из кнопок на выходе шифратора будут появляться сигналы, число импульсов в которых будет соответствовать номеру нажатой кнопки.

Схема дешифратора на микросхемах K561IE10, K561KP2 и K561ЛА7

Схема дешифратора представлена на рис. 4.39.

Принцип действия. На вход элемента DD1.1 поступают входные импульсы, с выхода инвертора DD1.1 они поступают:

- ♦ на вход счетчика на микросхеме DD2;
- ♦ на вход инвертора DD1.2.

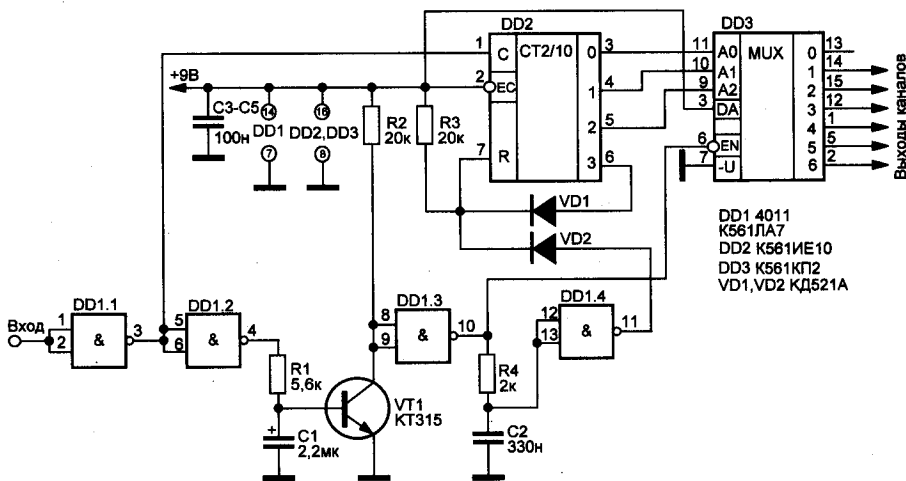


Рис. 4.39. Дешифратор системы дистанционного управления

После инвертора DD1.2 импульсы поступают на цепь задержки на элементах R1, C1, VT1, необходимую для отслеживания пауз между пакетами импульсов. Затем сигнал поступает на инвертор на элементе DD1.3, основное назначение которого — формировать сигнал разрешения передачи для мультиплексора DD3.

К выходу инвертора подключена интегрирующая цепочка на элементах R4, C2 и инвертор на элементе DD1.4, необходимые для задержки и формирования импульса сброса счетчика, чтобы счетчик сбрасывался в нулевое состояние после того, как на выходе мультиплексора появится активный уровень.

Электропитание. Напряжение источника питания для микросхем серии K561 может быть в диапазоне 5...15 В.

4.30. Умножители частоты

Назначение умножителей частоты

При построении схем генераторов и синтезаторов частот зачастую возникает потребность в преобразовании сигналов одной частоты в сигналы иной частоты. В аналоговой технике для этого используют смесители и умножители частот. В случае, когда необходимо кратное преобразование (в два, три и более раз), используют схемы **умножителей частоты**. Как следует из названия, такие схемы обеспечивают кратное преобразование (умножение) частоты входного сигнала.

**Примечание.**

Для умножения частоты сигналов в аналоговой технике обычно используют резонансные цепи, выделяя на них гармоники входных сигналов. В цифровой технике используют иные методы умножения частоты.

Простой удвоитель частоты на микросхеме 4011

Принцип действия. Удвоитель частоты периодических импульсов прямоугольной формы частотой до 100 кГц, рис. 4.40, выполнен на основе двух КМОП-инверторов и нескольких дискретных компонентов [26].

Входной сигнал подается:

- ♦ на вход первого инвертора;
- ♦ на дифференцирующую цепочку R1C1.

Дифференцирующая цепочка преобразует:

- ♦ нарастающий фронт прямоугольного импульса в положительный всплеск напряжения;
- ♦ спадающий фронт — в отрицательный всплеск напряжения, рис. 4.41, рис. 4.42.

**Примечание.**

К выходу инвертора DD1.1 подключена аналогичная дифференцирующая цепочка R2C2, формирующая подобные сигналы, но в противофазе с цепочкой R1C1.

Сигналы с выходов дифференцирующих цепочек через диоды VD1, VD2 поступают на вход второго КМОП-инвертора, выделяя лишь отрицательные всплески напряжения удвоенной частоты. Одновременно к выходу второго КМОП-инвертора подключена времязарядная R3C3-цепочка.

Потенциометр R3 отрегулирован таким образом, что конденсатор C3 успевает зарядиться до напряжения переключения КМОП-инвертора.

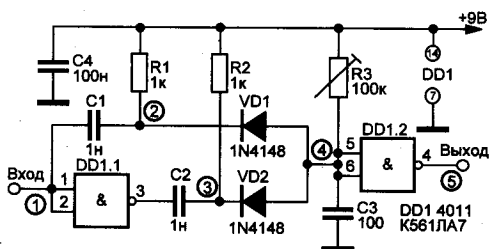


Рис. 4.40. Удвоитель частоты на микросхеме 4011

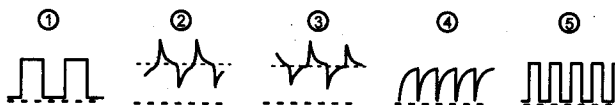


Рис. 4.41. Диаграммы сигналов, наблюдаемых в разных точках удвоителя

Импульсы удвоенной частоты, поступающие с диодов VD1, VD2, периодически разряжают конденсатор C3.



Примечание.

Таким образом, потенциометр R3 позволяет регулировать время переключения второго КМОП-инвертора, на выходе которого формируются импульсы прямоугольной формы удвоенной частоты.

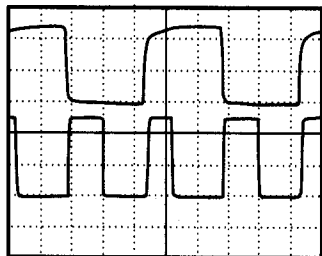


Рис. 4.42. Осциллограммы сигналов, наблюдаемых в разных точках удвоителя частоты

Удвоитель частоты с высоким входным сопротивлением на микросхеме 4011

Принцип действия. Удвоитель частоты потребляет ток 1,5 мА при напряжении питания 5 В. Этот удвоитель частоты [23], рис. 4.43, рис. 4.44, работает по тому же принципу. Однако в отличие от предыдущего устройства имеет высокое входное сопротивление. Удвоитель работает в частотном диапазоне входных сигналов 0,05...500 кГц.

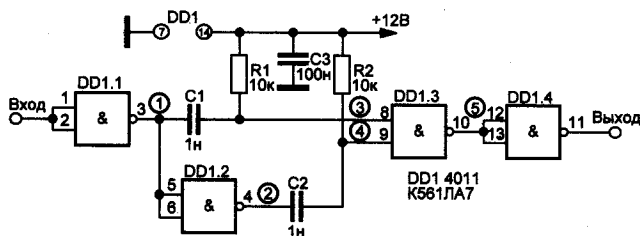


Рис. 4.43. Удвоитель частоты на микросхеме 4011

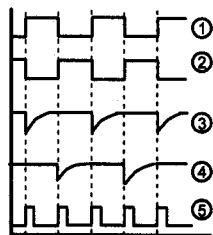


Рис. 4.44. Диаграммы сигналов, наблюдаемых в разных точках удвоителя частоты

Удвоитель частоты на микросхеме 4069

Удвоитель частоты [47], рис. 4.45, имеет достаточно сложную конструкцию и также работает в частотном диапазоне входных сигналов 0,05...500 кГц при напряжении питания 3...15 В.

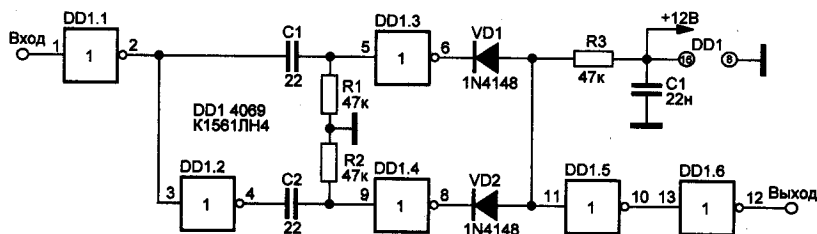


Рис. 4.45. Удвоитель частоты на микросхеме 4069

Умножитель частоты в 2, 4 и 8 раз на микросхемах 74121, 7490, 7400

Принцип действия. Устройство «умножения» частоты, на выходе которого число импульсов в целое число раз больше, чем на входе, показано на рис. 4.46 [172]. Фактически устройство не умножает частоту, а обеспечивает выборку сигналов, формируемых внешним генератором.

Входные импульсы поступают на формирователь импульсов на микросхеме DD1. Независимо от продолжительности входных импульсов, на неинвертирующем выходе (вывод 6 микросхемы DD1) формируются короткие импульсы высокого уровня. Длительность этих импульсов определяется параметрами:

- ♦ элементов C1, R1;
- ♦ встроенного сопротивления микросхемы (около 2 кОм).

Период их следования соответствует периоду входных импульсов.

Сформированные короткие импульсы поступают на два входа (выводы 2 и 3) счетчика на микросхеме DD2 и обнуляют его. На выходах счетчика устанавливается уровень лог. 0, а на выходе элемента DD3.3 — уровень лог. 1 независимо от положения переключателя SA1.

Уровень лог. 1 на одном из входов элемента DD3.4 (продолжительность действия этого уровня совпадает с длительностью

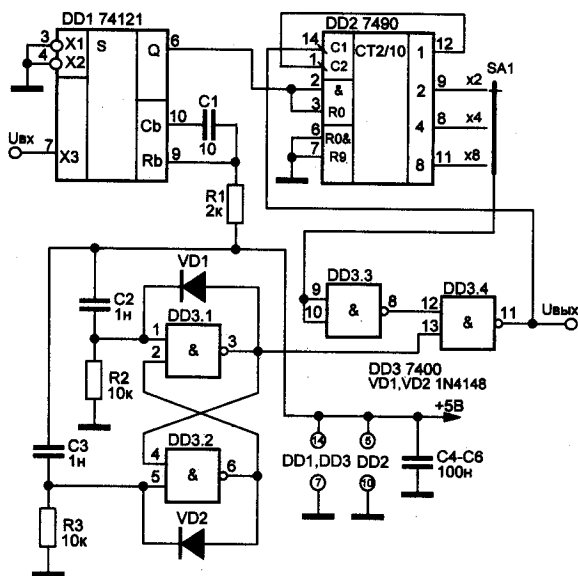


Рис. 4.46. Умножитель частоты в 2, 4 и 8 раз

периода входных импульсов) разрешает прохождение серии импульсов по второму входу от генератора на элементах DD3.1 и DD3.2. С выхода элемента DD3.4 импульсы подаются на счетный вход микросхемы DD2 (вывод 14). Выходные импульсы прекратятся, когда на вход элемента DD3.3 будет подан уровень лог. 1. Это зависит от положения переключателя SA1.



Примечание.

В положении 1 (« $\times 2$ ») уровень лог. 1 появляется после прохождения двух импульсов по счетному входу, т. е. устройство умножает входные импульсы в два раза, в положении 2 (« $\times 4$ ») – в четыре раза и в положении 3 (« $\times 8$ ») в восемь раз.

Для правильной работы устройства необходимо, чтобы частота собственного генератора была по меньшей мере в 10 раз выше частоты входных импульсов. При номинальных значениях конденсаторов и резисторов, показанных на схеме, частота генератора составляет 100 кГц, поэтому частота входных импульсов не должна превышать 10 кГц.

Из-за задержки фронтов входных импульсов при работе микросхемы DD1 происходит запаздывание выходных импульсов по сравнению с входными. Задержка может быть уменьшена снижением сопротивления резистора R1, но его сопротивление нельзя уменьшать до значения менее 1 кОм.

Умножитель частоты с переменным коэффициентом умножения на микросхеме K561ЛН2

Принцип действия. Схема простого умножителя частоты с переменным коэффициентом умножения и жесткой синхронизацией выходных сигналов по отношению ко входным приведена на рис. 4.47 [87]. Умножитель частоты состоит из:

- ♦ генератора импульсов на трех инверторах DD1.1–DD1.3;
- ♦ синхронизирующего каскада на транзисторе VT1.

Когда входные синхроимпульсы отсутствуют, мультивибратор на элементах DD1.1–DD1.3 работает в обыч-

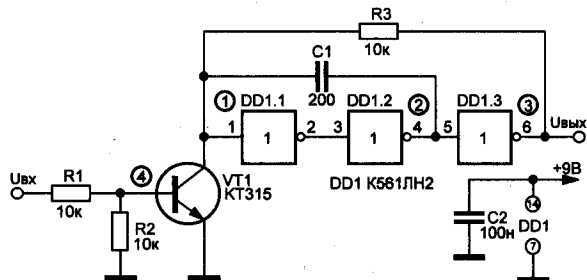


Рис. 4.47. Умножитель частоты на микросхеме K561ЛН2

ном режиме. Если в генераторе использована микросхема с двумя защитными диодами на входе, длительность перезарядки конденсатора $C1$ для любой полярности одинакова, и период импульсов составит $1,4R3 \cdot C1$, а частота $f = 0,7/(R3 \cdot C1)$.

При поступлении на вход транзистора $VT1$ положительных импульсов частоты $F_{вх}$, рис. 4.48, транзистор в моменты времени $t1, t3$ открывается. Это приводит к срыву процесса периодической перезарядки. После закрывания его с момента времени $t2, t4$ процесс генерации возобновляется. Генератор формирует импульсы, синхронные по отношению к входным с частотой

$$F_{в\text{ых}} = kF_{в\text{х}}$$

где k — переменный коэффициент умножения, определяемый элементами $R3, C1$; $F_{вх}$ — частота входных импульсов.

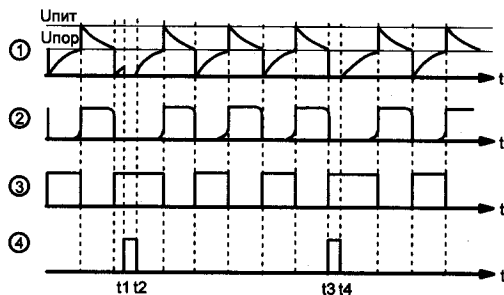


Рис. 4.48. Форма сигналов в разных точках устройства

4.31. Делители частоты

Назначение делителей частоты

Делитель частоты представляет собой электронное устройство, уменьшающее в целое (или дробное) число раз частоту подводимых к нему периодических колебаний.

Для деления частоты применяют:

- ♦ электронные счетчики (триггеры);
- ♦ самовозбуждающиеся генераторы синусоидальных колебаний;
- ♦ регенеративные схемы;
- ♦ самовозбуждающиеся генераторы с устройством фазовой автоматической подстройки частоты;
- ♦ релаксационные генераторы и др.

Делитель частоты входного сигнала на 0,66; 1,33 и 3 раза на микросхемах К561ЛП2 и К561ИЕ10

Принцип действия. Делитель частоты входного сигнала [150], рис. 4.49, выполнен на микросхемах К561ЛП2 и К561ИЕ10. С выхода элемента $DD1.1$ ($U_{в\text{ых}1}$) можно снять сигнал с частотой $4F_{вх}/3$. Но период

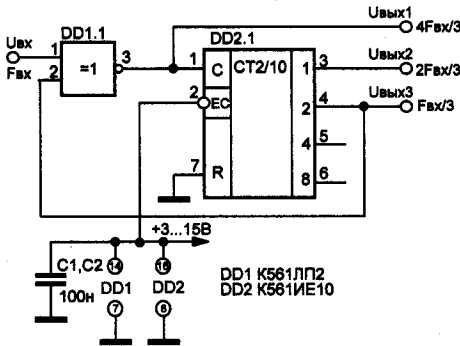


Рис. 4.49. Делитель частоты на 0,66; 1,33 и 3 раза с «меандром» на выходе

этой последовательности состоит из двух неравных по длительности импульсов (паузы одинаковы):

- ♦ с выхода ($U_{\text{вых}2}$) счетчика DD2.1 можно получить сигнал с частотой $2F_{\text{вх}}/3$;
- ♦ с выхода ($U_{\text{вых}3}$) можно получить сигнал с частотой $F_{\text{вх}}/3$.

Вместо счетчика DD2.1, используемого как делитель частоты на 4, при необходимости подойдет другой делитель на 4, выполненный,

например, на другом двоичном счетчике или на двух последовательно включенных триггерах K561TM2 в счетном режиме.

Для сдвига выходного «меандра» на полпериода входной частоты достаточно подать выходной сигнал элемента DD1.1 на вход C счетчика DD2.1 (вывод 1), а его вход EC (вывод 2) соединить с общим проводом. Делитель позволяет также реализовать коэффициенты деления 7 или 15 при сохранении скважности выходного сигнала. Для этого достаточно переключить нижний по схеме вход элемента DD1.1 (вывод 2) к выходу 4 или 8 счетчика DD2.1, выводы 5 или 6, соответственно. С этих выходов снимают и выходной сигнал делителя частоты.

Делитель частоты в 1,5 раза на микросхемах 7402 и 7474

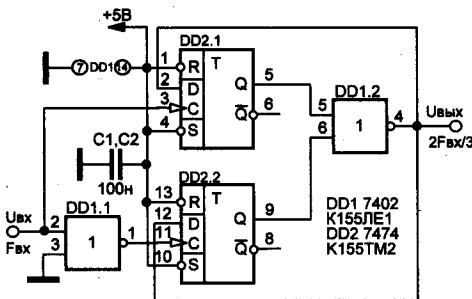


Рис. 4.50. Делитель частоты в 1,5 раза

Принцип действия. Делитель частоты в 1,5 раза очень просто получить, соединив последовательно умножитель частоты на три и делитель частоты на два.

Делитель частоты в 1,5 раза [11], рис. 4.50, содержит ТТЛ-микросхемы 7402 (K155ЛЕ1) и 7474 (K155ТМ2).

Делители частоты на два на микросхемах K561TM2 и K561TB1

Принцип действия. Делители частоты на два, рис. 4.51, выполнены на основе триггеров K561TM2 и K561TB1.

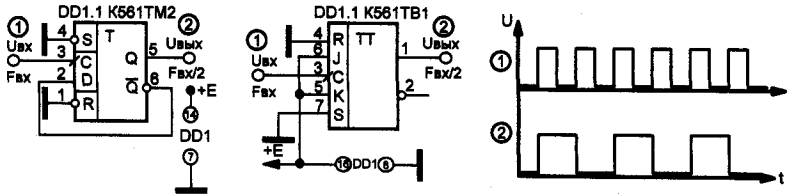


Рис. 4.51. Делители частоты на 2 на микросхемах K561TM2 и K561TB1 и диаграммы входных и выходных сигналов

Делитель частоты на два на микросхеме 4013

Делитель частоты на два [8], рис. 4.52, собран на КМОП-микросхеме 4013. Максимальная частота входного сигнала — 5 МГц при напряжении питания 10 В.

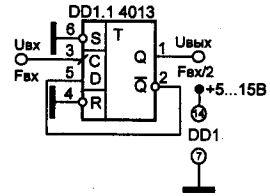


Рис. 4.52. Делитель частоты на 2 на микросхеме 4013

Делители частоты на два и на четыре на микросхеме 4013

Принцип действия. Делитель частоты на микросхеме 4013 [6], рис. 4.53, способен делить частоту входного сигнала на 2 и на 4 раза. Максимальная частота входного сигнала — 7 МГц при напряжении питания 10 В и потребляемом токе 0,88 мА. Микросхема 4013 может работать в диапазоне питающих напряжений 3...12 В, но с понижением напряжения питания снижается и максимальная частота входных сигналов.

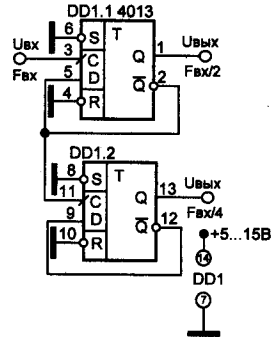


Рис. 4.53. Делитель частоты на микросхеме 4013 на 2 и на 4 раза

Делители частоты на 2, 4, 8 и 16 на микросхеме 74НС393

Принцип действия. Делитель частоты на микросхеме 74НС393 [9], рис. 4.54, способен последовательно делить частоту входного сигнала кратно двум: на 2, 4, 8 и 16. Максимальная частота входного сигнала в зависимости от напряжения питания от 2 до 6 В может быть в пределах от 30 до 107 МГц.

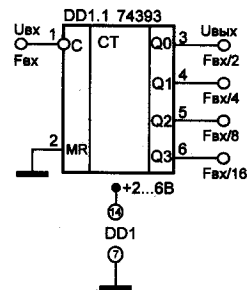


Рис. 4.54. Делитель частоты на микросхеме 74НС393 на 2, 4, 8 и 16

Делители частоты на 2–10, 12 и 16 на микросхемах K155IE2, K155IE4 и K155IE5

Принцип действия. Делители частоты на 2–10, 12 и 16 могут быть выполнены на основе ТТЛ-микросхем счетчиков K155IE2, K155IE4, K155IE5 [63], для чего необходимо произвести соединение выводов микросхем в соответствии с табл. 4.1.

Организация делителей частоты на 2–10, 12 и 16
с использованием ТТЛ-микросхем K155IE2, K155IE4, K155IE5

Таблица 4.1

Коэф. деления	K155IE2			K155IE4			K155IE5		
	Вход	Выход	Соединить выводы	Вход	Выход	Соединить выводы	Вход	Выход	Соединить выводы
2	14	12	–	14	12	–	14	12	–
3	1	8	9–2, 8–3	1	9	–	1	8	9–2, 8–3
4	1	8	11–2–3	1	8	11–6, 8–7	1	8	–
5	1	11	–	1	8	9–6, 8–7	1	11	9–2, 11–3
6	14	8	12–1, 9–2, 8–3	1	8	–	1	11	8–2, 11–3
7	14	11	12–1, 9–6, 8–7	14	8	12–1–6, 8–7	–	–	–
8	14	8	12–1, 11–2–3	14	8	12–1, 11–6, 8–7	1	11	–
9	14	11	12–1–2, 11–3	–	–	–	14	11	12–1–2, 11–3
10	14	11	12–1	14	8	12–1, 9–6, 8–7	14	11	12–1, 9–2, 11–3
12	–	–	–	14	8	12–1	14	11	12–1, 8–2, 11–3
16	–	–	–	–	–	–	14	11	12–1

Делители частоты на целочисленное значение на микросхемах 7490 и 7493

Принцип действия. Делители частоты на основе микросхемы 7490 (K155IE2) и 7493 (K155IE5) [22], рис. 4.55, позволяют обеспечить целочисленное деление частоты входного сигнала. При последовательном включении двух или нескольких таких делителей можно получить богатый набор коэффициентов деления.

Делитель частоты на три на микросхемах K155ЛП5 и K555ТМ2

Принцип действия. Делитель частоты на три с «меандром» на выходе с использованием ТТЛ-микросхем [187] показан на рис. 4.56.

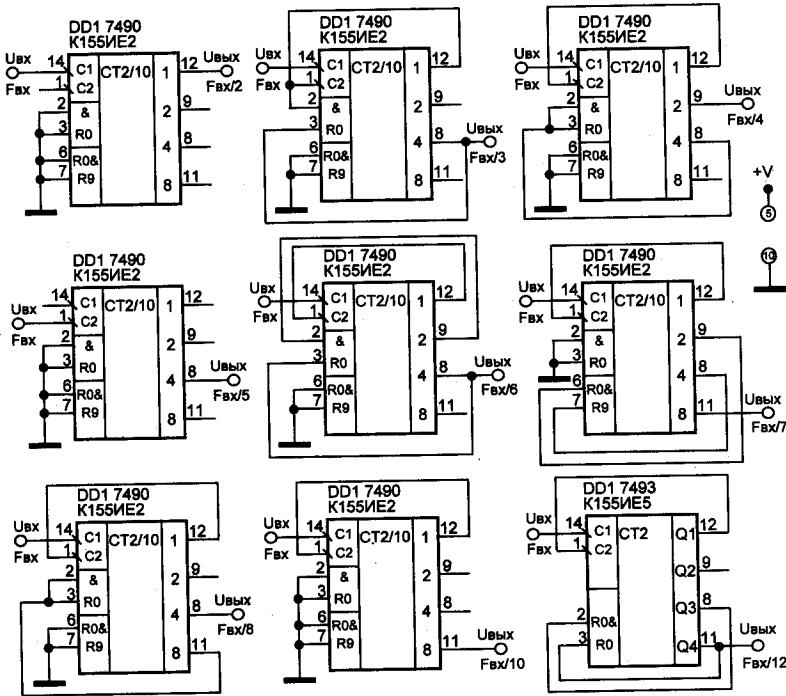


Рис. 4.55. Делители частоты на целочисленное значение на микросхемах 7490 и 7493

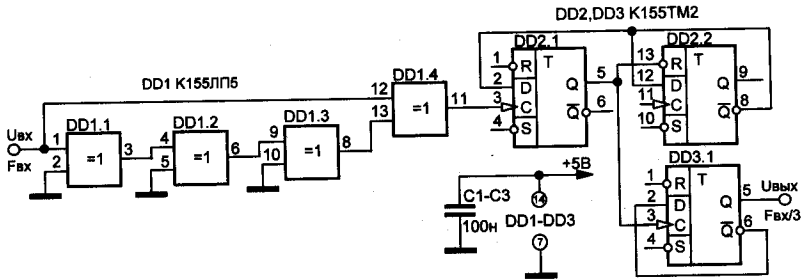


Рис. 4.56. Делитель частоты на три на микросхемах K155ЛП5, K155ТМ2



Примечание.

Наиболее очевидный вариант получения «меандра» при нечетном коэффициенте деления — предварительное удвоение частоты входного сигнала. Требуемый от последующего делителя коэффициент деления становится четным.

На рис. 4.56 представлена схема делителя частоты на три, в котором частоту входного сигнала сначала удваивают, а затем делят на шесть. Удвоитель выполнен на элементах DD1.1–DD1.4, из них DD1.1–DD1.3 образуют линию задержки.

На входы элемента DD1.4 поступают входной и задержанный входной сигналы. На выходе он формирует короткие импульсы высокого уровня по обоим перепадам входного сигнала. Их частота в два раза больше входной, а длительность равна утроенному времени задержки распространения сигнала одного элемента.

В удвоителе использована микросхема K155ЛП5, имеющая наибольшую задержку (30 нс) среди аналогичных микросхем ТТЛ других серий. Этот узел в значительной степени определяет быстродействие делителя в целом.

Вместо элементов «ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ» в линии задержки применима неинвертирующая последовательная цепь из любых логических элементов. При числе звеньев в этой цепи менее трех не исключено нечеткое срабатывание триггера делителя.

Делитель может работать в диапазоне входных частот от 0,1 Гц до 1 МГц.

Делитель частоты на шесть состоит из делителя на три на триггерах DD2.1 и DD2.2 и делителя на два на триггере DD3.1, обеспечивающего скважность выходного сигнала 50 %. Вход С триггера DD3.1 допустимо подключить к любому выходу триггеров DD2.1 и DD2.2, как к прямому, так и инверсному.

Остановить работу делителя можно, подав сигнал низкого уровня на вход R либо обоих триггеров DD2.1, DD3.1, либо одного (любого) из них.

Делитель частоты на три на микросхемах K555ЛН1, K555ЛА4 и K555ТМ2

Делитель частоты на три с «меандром» на выходе с использованием ТТЛ-микросхем [187] показан на рис. 4.57.

В отличие от предыдущего, в делителе нет удвоения частоты, поэтому он имеет более высокое быстродействие. Делитель (триггеры DD1.1 и DD1.2) такой же, как и в предыдущем устройстве.

Логические элементы DD2.1 и DD3.1, а также триггер DD4.1 предназначены для получения «меандра» на выходе.

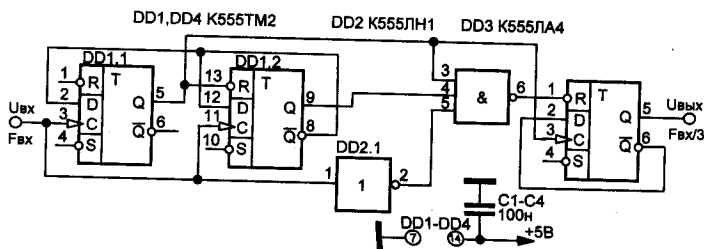


Рис. 4.57. Делитель частоты на три на микросхемах K555ЛН1, K555ЛА4 и K555ТМ2

Делитель также может работать в диапазоне входных частот от 0,1 Гц до 1 МГц.

Делитель частоты на два на микросхеме K561TM2

Делитель частоты на два на КМОП-микросхемах [77], рис. 4.58, выполнен на двух триггерах микросхемы K561TM2.

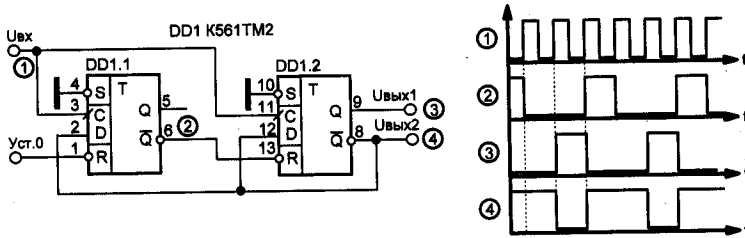


Рис. 4.58. Делитель частоты на два на ТТЛ микросхемах K155TM2 и K155ЛЕ1

Делитель частоты на три на микросхемах K155TM2 и K155ЛЕ1

Делитель частоты на три, выполненный на ТТЛ микросхемах 7474 (K155TM2) и 7402 (K155ЛЕ1) [17] приведен на рис. 4.59.

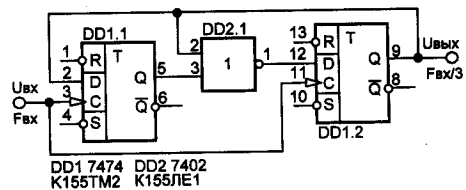


Рис. 4.59. Делитель частоты на три

Делители частоты на 3, 5, 6, 7 и 10 на микросхеме K155TB1

Делители частоты на 3, 5, 6, 7 и 10 [134], рис. 4.60, выполнены на микросхемах K155TB1.

Делитель частоты на четыре

Делитель частоты на 4, 8, 16 ... (т. е. на число, кратное двум) может быть без проблем получен путем последовательного включения двух или нескольких делителей частоты на два, поэтому схемы таких делителей не приводятся.

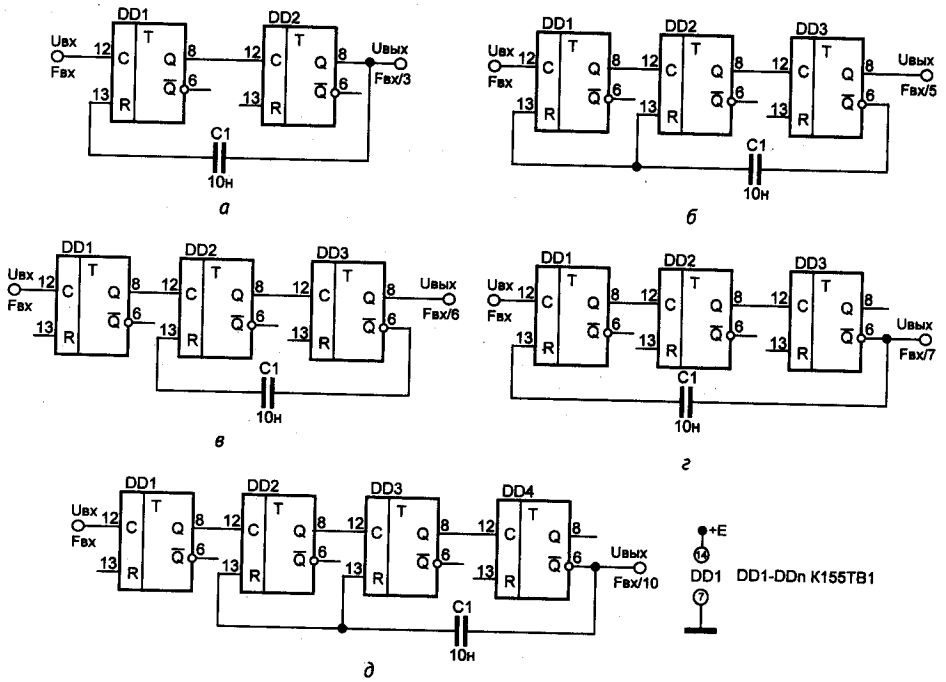


Рис. 4.60. Делители частоты на микросхемах K155TБ1:
 а – схема делителя на 3; б – схема делителя на 5; в – схема делителя на 6;
 г – схема делителя на 10

Делитель частоты на пять на ТТЛ-микросхеме 7490 (K155IE2)

Делитель частоты на 5 [10], рис. 4.61, выполнен на ТТЛ-микросхеме 7490 (K155IE2). Максимальная частота входного сигнала – 25 МГц.

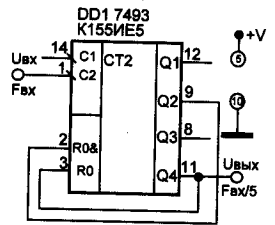


Рис. 4.61. Делитель частоты на пять на микросхеме 7490 (K155IE2)

Делитель частоты на пять на ТТЛ-микросхеме 4018 (K561IE19)

Делитель частоты на 5 [8], рис. 4.62, выполнен на КМОП-микросхеме 4018. Максимальная частота входного сигнала – 5 МГц при питании микросхемы напряжением 10 В.

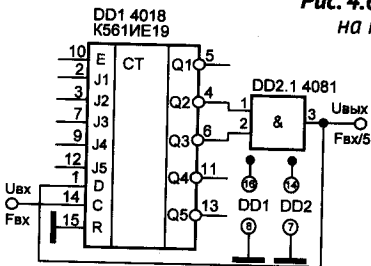


Рис. 4.62. Делитель частоты на пять на микросхеме 4018 (K561IE19)

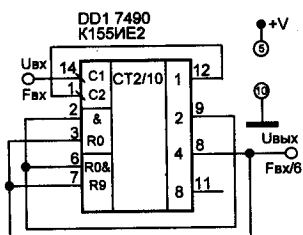


Рис. 4.63. Делитель частоты на шесть на микросхеме 7490 (K155IE2)

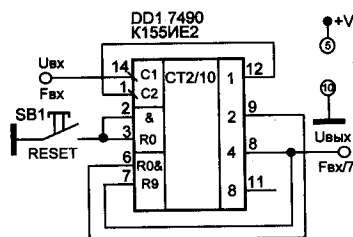


Рис. 4.64. Делитель частоты на семь на микросхеме 7490 (K155IE2)

Делитель частоты на шесть на ТТЛ-микросхеме 7490

Делитель частоты на шесть [9], рис. 4.63, выполнен на ТТЛ-микросхеме 7490. Максимальная частота входного сигнала — 15 МГц.

Делитель частоты на семь ТТЛ-микросхеме 7490

Делитель частоты на семь на ТТЛ-микросхеме 7490 [7], работающий до частоты 20 МГц, показан на рис. 4.64. Кнопка RST (RESET) предназначена для сбрасывания счетчика.

Делитель частоты на восемь на ТТЛ-микросхеме 7493 (K155IE5)

Делитель частоты на восемь на ТТЛ-микросхеме 7493 [7], работающий до частоты 20 МГц, показан на рис. 4.65.

Делитель частоты на девять на КМОП-микросхемах 4018 (K561IE19) и 4081

Делитель частоты на девять [7], рис. 4.66, выполнен на КМОП-микросхемах 4018 и 4081 без каких-либо дополнительных навесных элементов. Максимальная частота входного сигнала — 7 МГц.

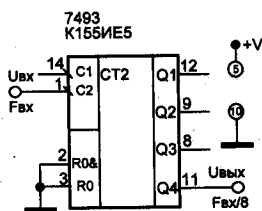


Рис. 4.65. Делитель частоты на восемь на микросхеме 7493 (K155IE5)

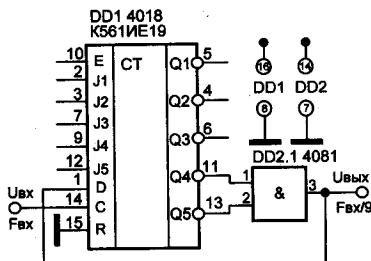


Рис. 4.66. Делитель частоты на девять на микросхемах 4018 (K561IE19) и 4081

Программируемый делитель частоты на КМОП-микросхемах 4001 (К561ЛЕ5) и 4017 (К561ИЕ8) с коэффициентом деления от 1 до 9

Делитель частоты [8], рис. 4.67, выполнен на КМОП-микросхемах 4001 и 4017. Максимальная частота входного сигнала — 4 МГц при напряжении питания 5...6 В. Выбор коэффициента деления осуществляется переключателем SA1.

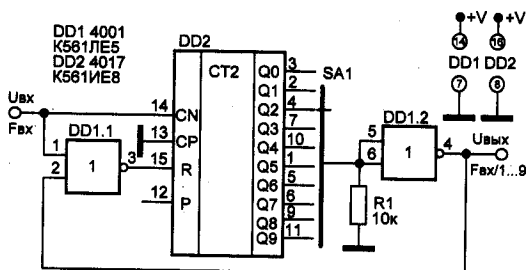


Рис. 4.67. Программируемый делитель частоты на КМОП-микросхемах 4001 (К561ЛЕ5) и 4017 (К561ИЕ8) с переключаемым коэффициентом деления от 1 до 9

Программируемый делитель частоты на ТТЛ-микросхемах 7490 (К155ИЕ2), 7420 (К155ЛА3) и 7404 (К155ЛН1) с коэффициентом деления от 1 до 10

Делитель частоты на ТТЛ-микросхемах 7490, 7420 и 7404 [7], рис. 4.68, при помощи переключателей SA1–SA4 может быть сконфигурирован так, чтобы частота на выходе устройства была ниже входной в 1–10 раз. Максимальная частота входного сигнала по первоисточнику информации 125 МГц, по датшитам для различных модификаций микросхем — 32...42 МГц (минимальное и типовое значения).

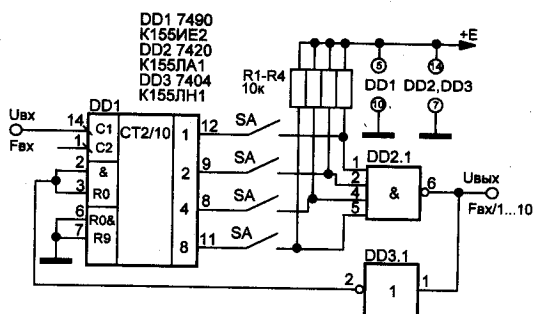


Рис. 4.68. Программируемый делитель частоты на ТТЛ-микросхемах 7490 (К155ИЕ2), 7420 (К155ЛА3) и 7404 (К155ЛН1) с переключаемым коэффициентом деления от 1 до 10

Делители частоты на 9 и на 10 на КМОП-микросхемах 4018 (K561IE19)

Делители частоты на 9 и на 10 [11], рис. 4.69 и рис. 4.70, выполнены на микросхеме 4018. Максимальная частота входного сигнала зависит от напряжения питания микросхемы и достигает 7 МГц.

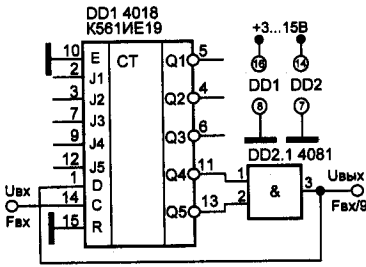


Рис. 4.69. Делитель частоты на 9, выполненный на микросхеме 4018 (K561IE19)

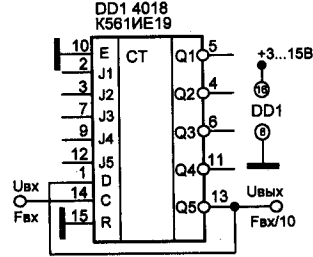


Рис. 4.70. Делитель частоты на 10, выполненный на микросхеме 4018 (K561IE19)

Делитель частоты на 10 и 100 на ТТЛ-микросхеме 74НС390

Делитель частоты на 10 и 100 [8], рис. 4.71, выполнен на ТТЛ-микросхеме 74НС390. Максимальная частота входного сигнала — десятки МГц.

Делитель частоты на одиннадцать на ТТЛ-микросхемах 74161 и 7406

Делитель частоты на одиннадцать [9], рис. 4.72, выполнен на ТТЛ-микросхемах 74161 и 7406. Максимальная частота входного сигнала — 25 МГц.

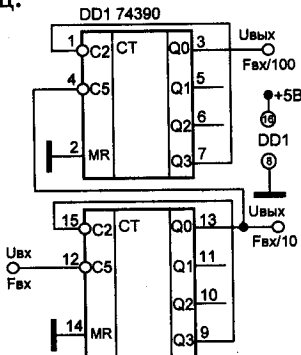


Рис. 4.71. Делитель частоты на 10 и на 100 на микросхеме 74НС390

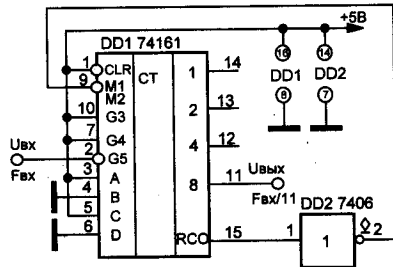


Рис. 4.72. Делитель частоты на одиннадцать на микросхемах 74161 и 7406

Делитель частоты на двенадцать на ТТЛ-микросхеме 7492 (K155IE4)

Делитель частоты на двенадцать [7], рис. 4.73, выполнен на ТТЛ-микросхеме 7492. Максимальная частота входного сигнала составляет 20 МГц.

Делитель частоты на шестнадцать на ТТЛ-микросхеме 7493 (K155IE5)

Делитель частоты на 16 [7], рис. 4.74, выполнен на ТТЛ-микросхеме 7493. Максимальная частота входного сигнала составляет 20 МГц.

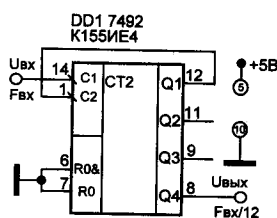


Рис. 4.73. Делитель частоты на 12 на микросхеме 7492 (K155IE4)

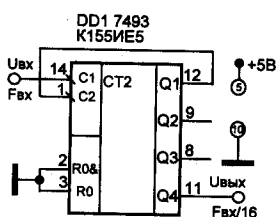


Рис. 4.74. Делитель частоты на шестнадцать на микросхеме 7493 (K155IE5)

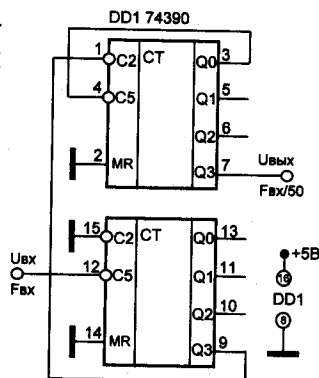


Рис. 4.75. Делитель частоты на 50 на микросхеме 74HC390

Делитель частоты на 50 на ТТЛ-микросхеме 74HC390

Делитель частоты на 50 [8], рис. 4.75, выполнен на ТТЛ-микросхеме 74HC390. Максимальная частота входного сигнала — десятки мегагерц.

Делитель частоты с сеткой на 12 выходных частот, кратных 2, на КМОП-микросхеме 4020 (K561IE16)

Принцип действия. Делитель частоты с сеткой на 12 выходных частот, кратных 2 [9], рис. 4.76, выполнен на КМОП-микросхеме 4020. Максимальный коэффициент деления — $2^{14} = 16384$. Максимальная частота входного сигнала — 7 МГц.

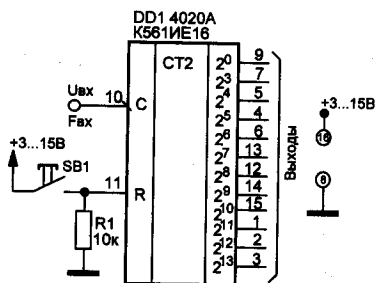


Рис. 4.76. Делитель частоты на 12 выходных частот, кратных 2 на микросхеме 4020 (K561IE16)

Устройство для деления частоты в $N+1$ раз на микросхемах 74174 (K555TM9) и 74LS260



Примечание.

Цифровые делители частоты обычно используют триггеры, которые позволяют поделить частоту входного сигнала в 2 раза. Цепочка последовательно включенных триггеров позволяет делить частоту входного сигнала в 2^N раз, где N — число триггеров.

Принцип действия. В делителе частоты [19], рис. 4.77, предназначенном для деления частоты в $N+1$ раз, также использована цепочка последовательно включенных D-триггеров на микросхеме серии 74xx174.

Однако сигналы с выходов каждого из триггеров поступают на входы элемента ИЛИ-НЕ микросхемы 74LS260, выход которой соединен с входом D1 первого триггера. В итоге на выходе делителя частоты формируются узкие импульсы прямоугольной формы.

Для того чтобы изменить коэффициент деления, один или несколько входов микросхемы 74LS260 отключают от микросхемы 74xx174 и соединяют их с общим проводом. Максимальная входная частота, на которой работает делитель, определяется напряжением питания и при напряжении 5 В доходит до 20...30 МГц.

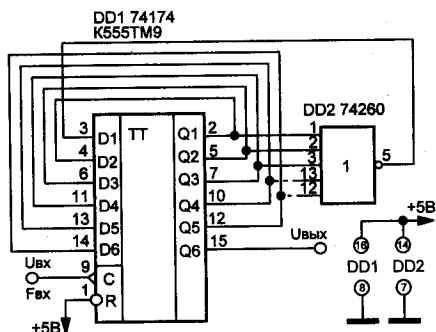


Рис. 4.77. Делитель частоты на микросхемах 74174 (K555TM9) и 74LS260 с управляемым коэффициентом целочисленного деления

Делитель частоты с целочисленным переключаемым коэффициентом деления на микросхемах 7490 (K155IE2)

Принцип действия. Делитель частоты с использованием десятичных счетчиков 7490 (K155IE2), рис. 4.78, позволяет разделить опорную частоту на любое целое число от 1 до 100 [78]. Делитель состоит из двух идентичных узлов, соединенных последовательно.

Первый из них отвечает за единицы (DD1), второй за десятки (DD2). Коэффициент деления выбирается восемью переключателями SA1–SA8, которые выбирают по табл. 4.2.

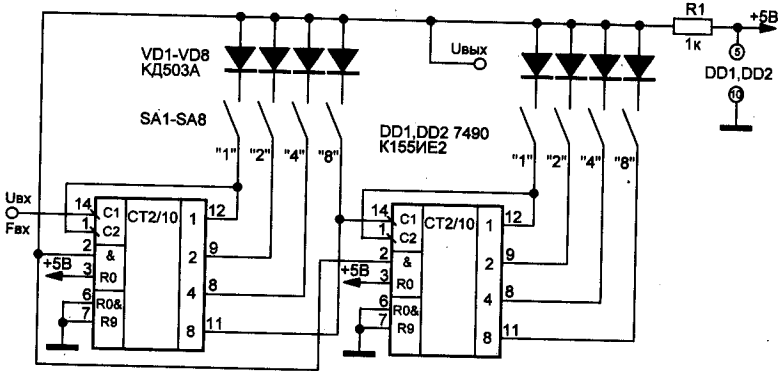


Рис. 4.78. Делитель частоты с установкой коэффициента целочисленного деления частоты от 1 до 100

Выбор коэффициентов деления делителя частоты

Таблица 4.2

Десятки		Единицы	
Переключатель	Вес включенного переключателя	Переключатель	Вес включенного переключателя
SA5	1	SA1	1
SA6	2	SA2	2
SA7	4	SA3	4
SA8	8	SA4	8

Чтобы разделить опорную частоту F_0 , например, на 59, нужно включить переключатели SA5, SA7 (1+4=5 в десятках) и SA1, SA4 (1+8=9 в единицах). Эти переключатели совместно с диодами VD1–VD8 представляют собой схему совпадения, которая в нужный момент сбросит оба счетчика.

Делитель частоты на микросхеме 4011 (K561ЛА7) с регулируемым коэффициентом деления

Принцип действия. Делитель частоты с регулируемым коэффициентом деления на элементах «И-НЕ» [79], рис. 4.79, позволяет производить деление частоты импульсов с варьируемым целочисленным коэффициентом деления от 2 до 30.

На элементах DD1.1 и DD1.3 выполнен ждущий мультивибратор. В начальный момент конденсатор C1 не заряжен. Потенциал на выходе элемента DD1.1 будет соответствовать потенциалу логической единицы.

При поступлении на вход первого импульса он проходит через элемент DD1.1 и заряжает конденсатор. Это приводит к закрыванию логи-

ческого элемента DD1.1. Время нахождения элемента DD1.3 в закрытом состоянии определяется временем разряда конденсатора через потенциометр R1. До тех пор, пока конденсатор не разрядится, импульсов на выходе элемента DD1.2 не будет.

После разряда конденсатора устройство возвращается в исходное состояние, на вход поступает очередной импульс и процесс повторяется сначала.

Регулировка. Потенциометром можно изменять коэффициент деления от 2 до 30.

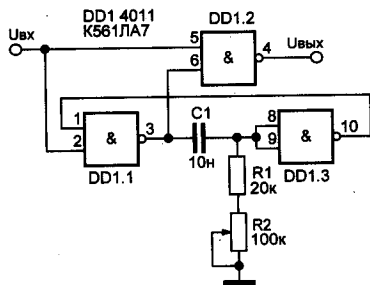


Рис. 4.79. Делитель частоты на микросхеме 4011 (К561ЛА7) с регулируемым целочисленным коэффициентом деления

4.32. Селектор импульсов по длительности

Поликомпараторные микросхемы

Селекторы импульсов по их длительности используют в геофизике, ядерной радиоэлектронике, физико-химических методах исследования для анализа не перекрывающихся во времени сигналов. Подобные устройства перспективны также для создания систем дистанционного многокомандного управления.

Как правило, число различаемых по их длительности уровней сигналов в описываемых ранее селекторах невелико. Обычно ограничиваются 3–4 ступенями с достаточно условными границами и качественным характером представления выходного сигнала сравнения на уровне «больше-меньше, примерно равно».

Заметно продвинуться вперед в плане создания многоуровневых селекторов импульсов по их длительности стало возможно за счет использования **поликомпараторных микросхем**. Такие микросхемы выполнены на основе последовательно-вертикально включенной цепочки компараторов напряжения: при плавном повышении входного напряжения происходит поочередное переключение выходных ключей устройства.

Границами диапазона чувствительности поликомпараторной микросхемы при необходимости можно управлять одновременно и в равных пропорциях, изменяя тем самым ширину окна компарирования. Однако для простейших случаев эти границы можно жестко задать в установленных пользователем пределах, например, от 0 В до значения U_{\max} . При наличии в составе поликомпараторной микросхемы n компараторов диапазон окна компарирования можно определить как: $\Delta U = (U_{\max} - 0)/n$.

Селектор сигналов по их длительности

Принцип действия. Для создания на основе поликомпараторной микросхемы — селектора сигналов по их длительности может быть использовано устройство [212], структурная схема которого представлена на рис. 4.80.

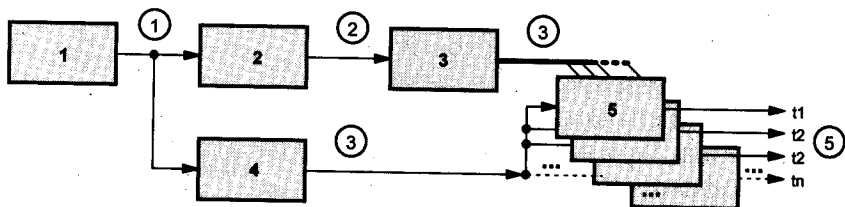


Рис. 4.80. Структурная схема селектора импульсов по длительности:
 1 — источник сигналов варьируемой ширины; 2 — преобразователь «ширина импульса — напряжение»;
 3 — поликомпараторная микросхема; 4 — элемент выделения конца импульса;
 5 — выходные ключи — схемы совпадений

Сигналы одинаковой амплитуды и варьируемой ширины поступают с источника сигналов (1):

- ♦ на преобразователь «ширина импульсов — напряжение» (2);
- ♦ на элемент выделения конца импульса (4).

Сигнал с преобразователя (2) поступает на вход поликомпараторной микросхемы (3), а с выходов последнего и выхода элемента выделения конца импульса (4) сигналы поступают на выходные ключи — схемы совпадений (5).

Диаграммы сигналов, снимаемых с различных точек устройства, представлены на рис. 4.81:

- ♦ на вход преобразователя ширина импульсов — напряжение (2) поступают импульсы варьируемой ширины $t_1, t_2, t_3 \dots t_n$;
- ♦ на выходе преобразователя (2) формируется сигнал треугольной формы, напряжение которого плавно и линейно возрастает во времени, происходит процесс преобразования длительности входного сигнала в напряжение выходного.

Этот сигнал подается затем на управляющий вход поликомпараторной микросхемы (3). В соответствии с уровнем входного сигнала происходит поочередное переключение выходных ключей поликомпараторной микросхемы (3).

Элемент выделения конца импульса (4), рис. 4.80, позволяет выделить на своем выходе сигнал, отвечающий по времени окончанию входного сигнала, снимаемого с источника сигналов варьируемой ширины (1). Этот сигнал и сигнал, снимаемый с выходов (выходов) поликомпараторной микросхемы (3) поступают: на выходные ключи — схемы совпадений (5).

**Примечание.**

В итоге (в соответствии с длительностью входного сигнала) на одном из выходов устройства будет получен соответствующий сигнал.

Входные сигналы, длительность которых не превышает значения времени $t_{отс.}$, **рис. 4.81**, на выход устройства не проходят. Ведь напряжение, в этом случае снимаемое с выхода преобразователя «ширина импульса — напряжение» (2) не достигает нижней границы включения компаратора поликомпараторной микросхемы (3).

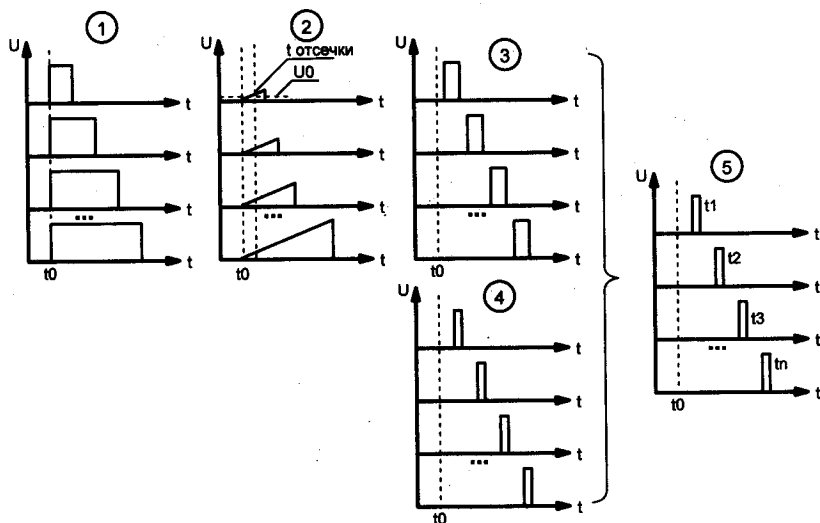


Рис. 4.81. Диаграммы сигналов в различных точках устройства

**Примечание.**

Это позволяет отфильтровывать сигналы случайной природы и импульсные помехи малой длительности. В то же время при необходимости порог срабатывания устройства может быть смещен, например, введением напряжения подпитки или смещением порога нулевого уровня поликомпараторной микросхемы.

Для создания на основе описываемого селектора анализатора импульсов по их длительности к выходам устройства — выходным ключам и схемам совпадений — 5 могут быть подключены счетчики импульсов.

4.33. Расширяющие одновибраторы

Назначение расширяющих одновибраторов



Определение.

Одновибратор или **ждущий моностабильный мультивибратор** представляет собой генератор с одним устойчивым состоянием. После запуска генератора на его выходе формируется одиночный импульс.

Расширяющие одновибраторы (ждущие мультивибраторы) используют для формирования импульсов, длительность которых больше длительности входных.

Расширяющий одновибратор на микросхеме К555ЛА3

Схема одновибратора на двух элементах И-НЕ ТТЛ микросхемы К555ЛА3 [127] приведена на **рис. 4.82, а**, Временные диаграммы сигналов на входе и выходе инвертора, а также на выходе схемы логического элемента 2И-НЕ приведены на **рис. 4.82, б**.

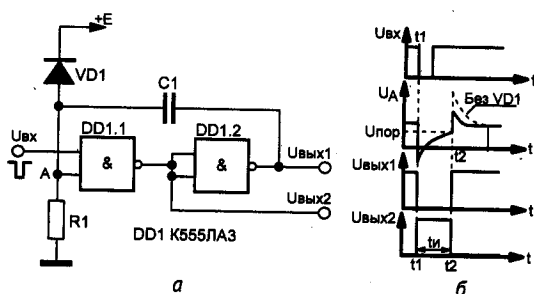


Рис. 4.82. Одновибратор на двух элементах И-НЕ ТТЛ микросхемы К555ЛА3:
а — принципиальная схема; б — диаграммы работы

Принцип действия. В исходном состоянии входной ток элемента DD1.1 порядка 0,25 мА создает падение напряжения на резисторе R1, превышающее пороговое напряжение $U_{пор} = 1,3$ В. Если на обоих входах элемента DD1.1 поддерживается высокий уровень напряжения, то на выходе 1 элемента DD1.2 также будет высокий уровень.

В момент времени t_1 , **рис. 4.82, б**, запуска одновибратора импульсом низкого уровня напряжение на выходе 1 DD1.2 падает. Этот перепад напряжения через конденсатор C1 поступает на вход DD1.1 (точка А), снижая напряжение на нем. С этого момента изменение запускающего импульса на входе DD1.1 не нарушит начавшийся перезаряд конденсатора и, следовательно, не скажется на работе одновибратора. Перезаряд конденсатора C1 происходит по цепи: источник питания — внутренний резистор входного многоэмиттерного транзистора базового элемента И-НЕ DD1.1 — выход DD1.2.

Напряжение на конденсаторе $C1$ и в точке A повышается. Когда оно достигнет порогового (момент t_2), произойдет переключение обоих элементов и восстановление исходного состояния генератора за счет разряда конденсатора.



Примечание.

*Для недопущения перенапряжения в точке A при переключениях логических элементов используют диод $VD1$, который ограничивает потенциал (см. пунктир на **рис. 4.82, б**) на уровне источника питания.*

Рассмотренный одновибратор относится к классу **расширяющих**, т. е. запускающий импульс должен быть короче выходного, иначе одновибратор не успеет вернуться в исходное состояние. Для укорочения входного запускающего импульса последний пропускают через **дифференцирующую цепочку**.

Одновибраторы на логических элементах ТТЛ обладают сравнительно высокой нагрузочной способностью, но по стабильности временных параметров при изменении напряжения питания и температуры уступают элементам КМОП-логики.

Расширяющий одновибратор на двух элементах И-НЕ КМОП микросхемы К561ЛА7

Вариант одновибратора на логических элементах КМОП [127] представлен на **рис. 4.83, а**. В исходном состоянии на обоих входах логического элемента $DD1.1$ напряжение высокого уровня: на верхнем — пусковом от источника сигнала, а на нижнем за счет обратной связи с выходного элемента $DD1.2$. На выходе $DD1.1$ — низкое напряжение и конденсатор $C1$ разряжен. С приходом запускающего импульса низкого уровня в момент t_1 напряжение на выходе $DD1.1$ станет высоким и конденсатор начнет заряжаться по цепи:

источник питания → открытый верхний транзистор выходного каскада $DD1.1$ → конденсатор $C1$ → резистор $R1$ → общая шина.

Возникающий в тот же момент скачок положительного напряжения на выходе $DD1.1$ через конденсатор передается на входы $DD1.2$ и переключит его в состояние логического нуля. Низкий уровень напряжения, поступающий с выхода 1 по цепи обратной связи на вход $DD1.1$, не изменит состояния одновибратора даже после снятия запускающего импульса.

По мере заряда конденсатора напряжение на резисторе $R1$ падает (точка A), и как только достигнет порогового, логический элемент $DD1.2$ переключится, на его выходе появится уровень напряжения логической

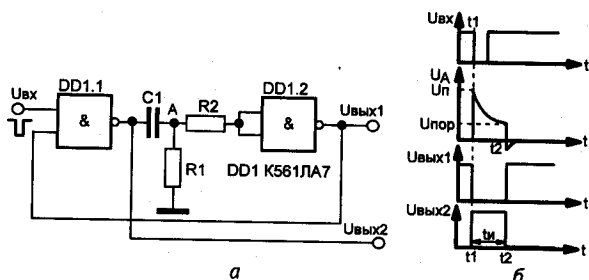


Рис. 4.83. Одновибратор на двух элементах И-НЕ КМОП микросхемы К561ЛА7:
а – принципиальная схема; б – диаграммы работы

единицы. Это напряжение по цепи обратной связи поступит на вход DD1.1 и переключит его в нулевое исходное состояние. Конденсатор быстро разрядится через открытый нижний транзистор выходного каскада элемента DD1.1 и одновибратор окажется в состоянии ожидания очередного запускающего импульса. Резистор R2 необходим для ограничения входного тока элемента DD1.2. Длительность выходного импульса расширяющего одновибратора пропорциональна произведению R_1C_1 .

Временные диаграммы сигналов на входе и выходе инвертора, а также на выходе схемы логического элемента 2И-НЕ приведены на рис. 4.83, б.

Расширяющий одновибратор на основе КМОП-одновибратора с использованием триггера Шмитта

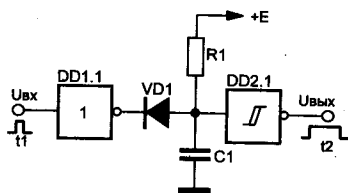


Рис. 4.84. Расширитель импульсов на КМОП-триггере Шмитта

Расширитель импульсов может быть выполнен на основе КМОП-одновибратора с использованием триггера Шмитта [13], рис. 4.84.

Положительный импульс, переключающий инвертор, вызывает появление на его выходе короткого отрицательного импульса, разряжающего конденсатор через диод VD1. Это приводит к переключению триггера Шмитта в единичное состояние.



Примечание.

Конденсатор должен быть малой емкости, чтобы за время действия короткого импульса выходной ток инвертора мог бы его полностью разрядить.

Для входного импульса, длительностью короче 100 нс, конденсатор может быть исключен. Резистор R1 большого номинала образует с входной емкостью КМОП-триггера Шмитта интегрирующую RC-цепочку.

Когда на входе инвертора устанавливается нулевой потенциал, блокирующий диод предотвращает заряд конденсатора выходным током инвертора, и заряд происходит уже через подтягивающий резистор.

Когда входное напряжение триггера Шмитта достигнет верхнего порога переключения, триггер переключится в нулевое состояние спустя некоторое время после завершения входного отрицательного импульса.

Таким способом происходит увеличение длительности выходных импульсов.

4.34. Укорачивающие одновибраторы

Простейшие укорачивающие одновибраторы на логических элементах

Укорачивающие одновибраторы (ждущие мультивибраторы) используют для формирования импульсов, длительность которых меньше длительности входных. Простейшие формирователи импульсов могут быть реализованы на логических элементах, рис. 4.85 [126].

Одновибратор, рис. 4.85, вырабатывает одиночный импульс по переднему фронту входного сигнала. Длительность импульса на выходе равна времени задержки инвертора.

Элемент НЕ на входе устройства выполняет функцию элемента дозированной задержки. Сигнал на выходе инвертора задержан по отношению к его входу. Временные диаграммы сигналов на входе и выходе инвертора, а также на выходе схемы логического элемента 2И-НЕ приведены на рис. 4.86.

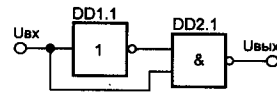


Рис. 4.85. Схема укорачивающего одновибратора (ждущего мультивибратора)

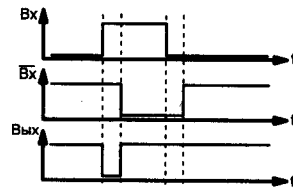


Рис. 4.86. Временные диаграммы укорачивающего одновибратора

Использование дополнительных элементов задержки на RC-элементах

Если требуется увеличить длительность выходного импульса, используют дополнительные элементы задержки на RC-элементах. Пример подобной схемы одновибратора приведен на рис. 4.87, а временные диаграммы — на рис. 4.88.

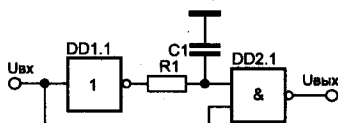


Рис. 4.87. Схема укорачивающего одновибратора с использованием RC элементов задержки

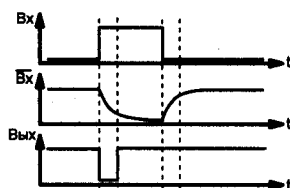


Рис. 4.88. Временные диаграммы укорачивающего одновибратора с использованием RC-элементов задержки

4.35. Формирователь одиночного импульса на микросхеме 7404

Формирователь [35], рис. 4.89, выдает одиночный отрицательный импульс каждый раз, когда нажимают кнопку S1.

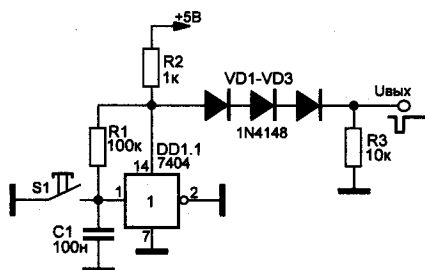


Рис. 4.89. Формирователь одиночного импульса заданной длительности на микросхеме 7404

Принцип действия. В исходном состоянии конденсатор C1 заряжен до напряжения, почти равному напряжению питания. Микросхема DD1 практически не потребляет ток. В результате на выходе устройства присутствует напряжение около 5 В.

Если нажать кнопку S1, конденсатор C1 мгновенно разряжается. Напряжение на входе микросхемы равно нулю, микросхема потребляет

ток по цепи питания. Напряжение на резисторе R2 возрастает почти до напряжения питания.

На выходе устройства напряжение логического нуля поддерживается весь период времени, пока конденсатор C1 не зарядится через резистор R1 до напряжения переключения логического элемента. После этого микросхема переключит свое состояние и перестанет пропускать ток по цепи питания. Напряжение на выходе резко возрастет до напряжения питания.

При последующем нажатии на кнопку S1 процесс повторится. Диодная цепочка VD1–VD3 в сочетании с резистором R3 предназначена для улучшения совместимости с КМОП-логикой (сдвига уровня выходного сигнала).

4.36. Индикаторы электрического поля

Детектор скрытой проводки с повышенной чувствительностью на микросхеме К561ЛА7

Назначение. Детектор скрытой проводки предназначен для определения местоположения скрытой проводки в стенах.

Модернизация. Поскольку чувствительность простейших детекторов мала, Э. Волков [70] усовершенствовал детектор скрытой проводки, включив на его вход полевой транзистор, рис. 4.90.

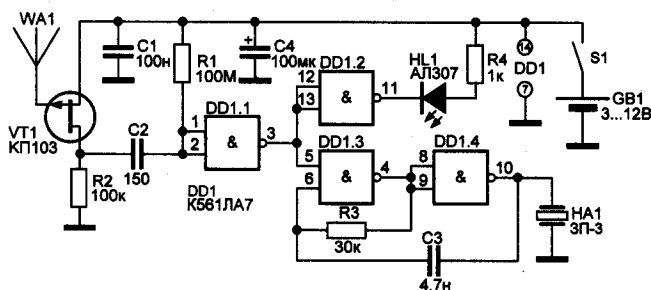


Рис. 4.90. Детектор скрытой проводки с повышенной чувствительностью

Прибор «видит» проводку приблизительно на 30...50 мм в стене. Многое зависит от интенсивности тока в проводнике, от материала стен и т. д.

Принцип действия. Высокоомный резистор R1 на 100 МОм составлен из последовательно включенных резисторов меньшего номинала. В качестве звукового излучателя можно применить излучатель типа ЗП-3, ЗП-1 и т. д.

Электропитание. Питание прибор получает от аккумулятора, заряжаемый от смартфонной зарядки с микро-USB.

Аналоги. Транзистор КП103 можно заменить на КП303, поменяв местами подключение выводов исток-сток (канал n-типа):

- ♦ КП103 = J174, J175, J176, J177, MMBF5460;
- ♦ КП303 = J210, J211, J212, MMBF4392.

Детектор скрытой проводки на микросхеме К561ЛЕ5

Назначение. Детектор скрытой проводки [122], рис. 4.91, предназначен для определения местоположения скрытой проводки, обнаружения перегоревшей лампы в гирлянде.

Принцип действия. На DD1.1 собран усилитель, к входу которого подключена антенна; на DD1.2 собран второй усилитель для сужения

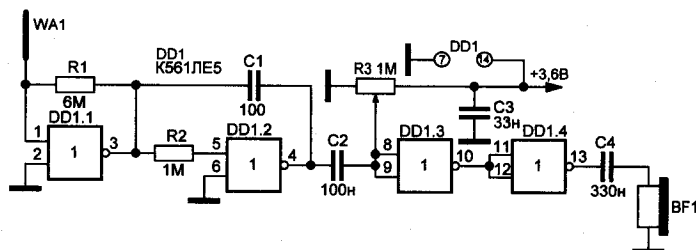


Рис. 4.91. Детектор скрытой проводки на микросхеме K561LE5

полосы пропускания до частоты порядка 100 Гц. DD1.3 и DD1.4 — компаратор напряжения, порог срабатывания которого можно устанавливать потенциометром R3. К выходу компаратора подключены головные телефоны.

Сигнал, наведенный переменным электрическим полем в антенне, усиливается элементами DD1.1, DD1.2 и поступает на вход компаратора. При малом уровне сигнала компаратор не срабатывает. В головных телефонах нет звукового сигнала. При приближении антенны к токонесущим проводам возрастает сигнал на входе компаратора, в головных телефонах появляется звуковой сигнал.

Антенна — площадка из фольгированного текстолита размерами 25×25 мм.



Совет.

Для повышения чувствительности на пластмассовом корпусе искателя проводки рекомендуется наклеивать полосу фольги и соединять ее с общим проводом.

Детектор скрытой проводки на микросхеме K561IE16 со светозвуковой индикацией

Принцип действия. Детектор скрытой проводки [96], рис. 4.92, реагирует на наличие токопроводящего силового провода светозвуковыми послылками с частотой около 1,56 Гц.

Антенна WA1 — провод длиной около 25 см, расположенный по периметру узкой боковой части корпуса прибора. На транзисторах VT1 и VT2 сделан **усилитель-формирователь** логических импульсов. Он усиливает наведенный в антенне сигнал и подает его на счетчик DD1 (вход «С»).

Из числа выходов многоразрядного счетчика DD1 K561IE16 (аналог 4020BEU) используется выход с весовым коэффициентом «16». Изменение состояния этого выхода происходит через каждые 16 входных импульсов. Значит, деление частоты составляет 32.

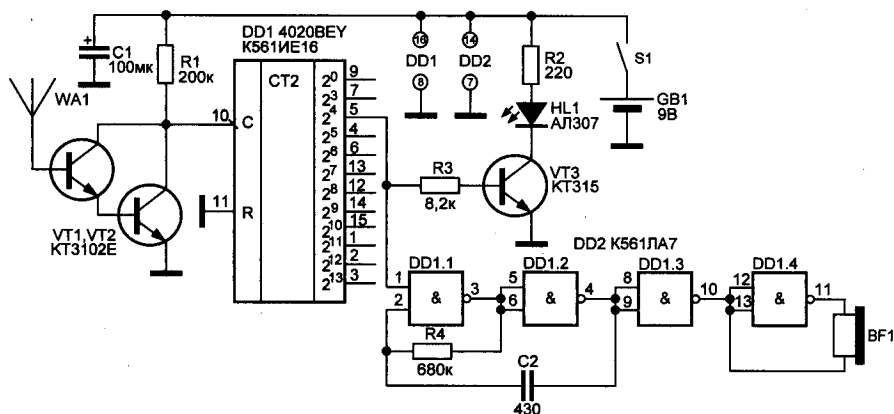


Рис. 4.92. Детектор скрытой проводки на микросхеме K561IE16 со светозвуковой индикацией

При приеме сигнала частотой 50 Гц на выходе будет частота 1,5625 Гц. С этой частотой и будет мигать светодиод HL1, подключенный к данному выходу счетчика через промежуточный транзисторный ключ — усилитель тока на транзисторе VT3. Звуковой сигнализатор, выдающий импульсы частотой около 2 кГц, выполнен на микросхеме DD2 K561ЛА7.

Для того чтобы мультивибратор заработал, нужно подать напряжение логической единицы на вывод 13 элемента DD2.1.



Примечание.

Таким образом, включение звука происходит одновременно с включением индикаторного светодиода.

Электропитание. Питается прибор от батареи типа «Крона», 9 В. Выключатель S1 — кнопка без фиксации — для экономии ресурса батареи.

Звукоизлучатель BF1 — от неисправного мультиметра.

Аналоги. Счетчик K561IE16 можно заменить КМОП-счетчиком, у которого есть выход с весовым коэффициентом «16». Это может быть K561IE20, K176IE1 или два включенных последовательно счетчика микросхемы K561IE10.

Детектор скрытой проводки на микросхеме K561IE16 со световой индикацией

Состав. Детектор скрытой проводки на микросхеме K561IE16 со световой индикацией [96], рис. 4.93, включает в себя:

- ♦ щуп-антенну;
- ♦ транзисторный предусилитель-формирователь импульсов;
- ♦ счетчик импульсов с индикаторным светодиодом на выходе.

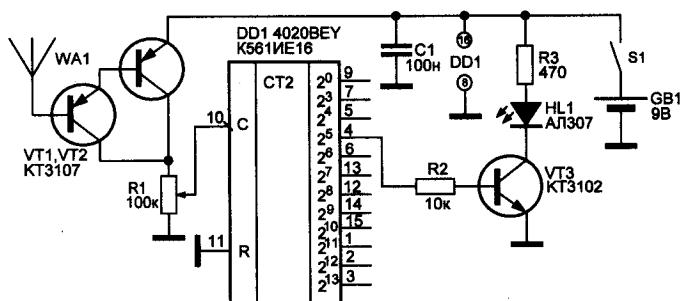


Рис. 4.93. Упрощенный искатель скрытой проводки на микросхеме K561IE16 со световой индикацией

Принцип действия. При приближении антенны к токонесящему проводу сети переменного тока на выходе усилительного каскада на транзисторах VT1 и VT2 появляются импульсы, частота которых равна частоте входного сигнала.



Примечание.

Если это сигнал от электропроводки, частота импульсов равна 50 Гц.

Далее, импульсы поступают на счетчик, который делит их частоту на 32. К выходу счетчика подключен усилитель на транзисторе VT3, нагруженный на индикаторный светодиод.

Когда антенну приближают к электропроводке, на выходе счетчика появляются импульсы частотой, равной 50/32 Гц (1,5625 Гц). Светодиод мигает равномерно с такой же частотой. Если на антенну поступает сигнал, частота которого много выше 50 Гц, — светодиод мигает значительно быстрее, что зрительно воспринимается как постоянное свечение с пониженной яркостью. Либо, он вообще не горит, т. к. микросхема серии K561 может и не пропустить сигнал слишком высокой частоты.

Регулировка. Потенциометр R1 регулирует чувствительность устройства.

Электропитание. Питается прибор от «Кроны» напряжением 9 В.

Антенна — провод диаметром около 1 мм длиной около 30 см, который виток к витку намотан на передней части корпуса и закреплен.

Детектор скрытой проводки YADITE 8848 и его аналог на микросхеме 74HC14AP (K555TL2)

Схема. На рис. 4.94 показана схема прибора YADITE 8848 для поиска скрытой проводки промышленного производства [80], а рис. 4.95 — схема его полноценного аналога.

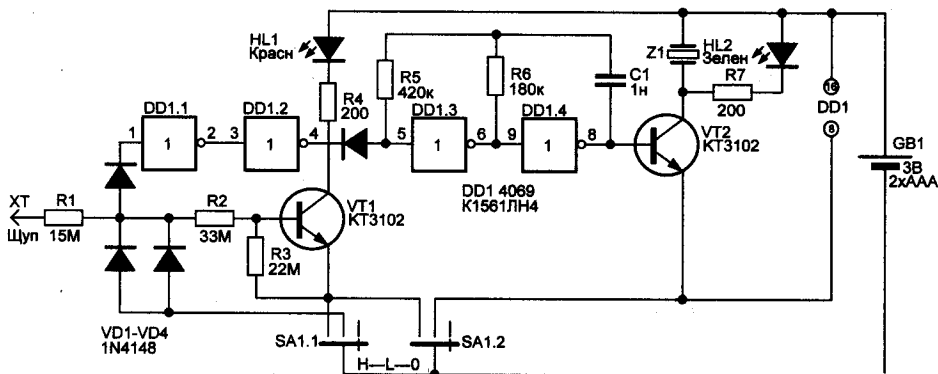


Рис. 4.94. Схема прибора YADITE 8848 для поиска скрытой проводки

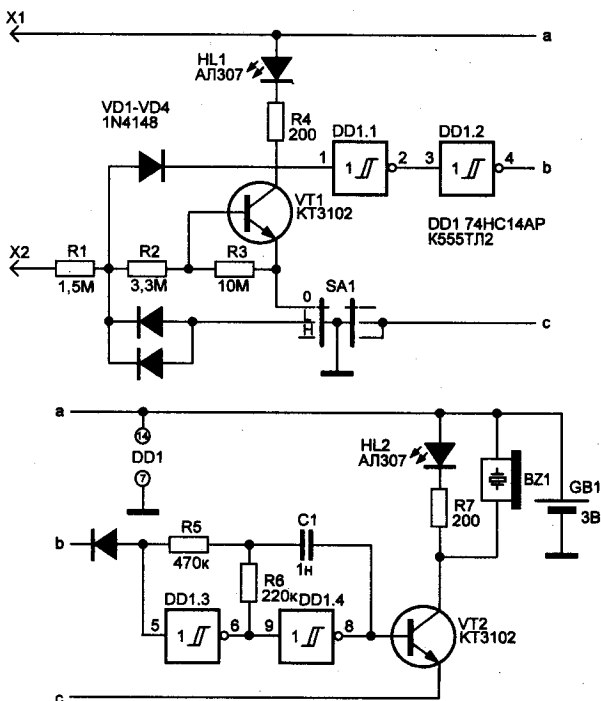


Рис. 4.95. Схема аналога прибора YADITE 8848 для поиска скрытой проводки

Детектор скрытой проводки на КМОП-микросхеме CD4049 (K561ЛН2)

Назначение. Детектор скрытой проводки (аналог прибора E121 «ДЯТЕЛ») [96], рис. 4.96, обеспечивает проверку наличия напряжения в цепях переменного тока номинальным напряжением 380 В про-

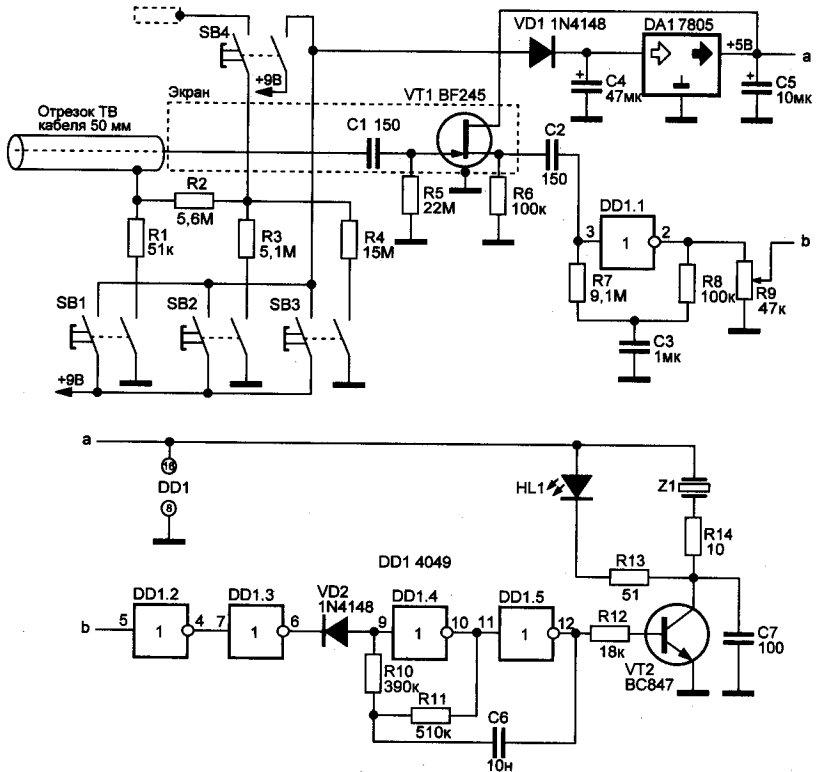


Рис. 4.96. Схема аналога прибора E121 («ДЯТЕЛ») для поиска скрытой проводки

мышленной частоты без электрического контакта с проводником. Он построен на КМОП-микросхеме CD4049.

Принцип действия основан на использовании электростатической индукции в переменном электрическом поле, возникающем вокруг токоведущего проводника.

Основные возможности прибора:

- ♦ проверка правильности фазировки (подключения) бытовых электросчетчиков без снятия пломбы и защитной крышки;
- ♦ обнаружение скрытой проводки;
- ♦ обнаружение фазного провода на изолированных и неизолированных токоведущих частях электрических сетей переменного тока без непосредственной связи с этими частями;
- ♦ проверка исправности предохранителей, плавких вставок, обрывов в проводах, находящихся под напряжением;
- ♦ индикация с поверхности земли наличия напряжения на высоковольтных линиях 10 кВ и выше;
- ♦ индикация с поверхности земли наличия напряжения контактной сети троллейбусов и трамваев;

- ♦ обнаружение электромагнитных полей компьютеров, телевизоров и др. бытовой техники;
- ♦ обнаружение утечек СВЧ-печей.

Диапазоны. Сигнализатор имеет 4 диапазона чувствительности:

- ♦ «1» — $0 \dots 10 \pm 5$ мм;
- ♦ «2» — $0 \dots 100 \pm 50$ мм;
- ♦ «3» — $0 \dots 300 \pm 150$ мм,
- ♦ «4» — $0 \dots 700 \pm 350$ мм.



Примечание.

Предусмотрен режим самоконтроля.

Детектор скрытой проводки на КМОП-микросхеме К561ЛН2

Схема. Вариант еще одного упрощенного аналога прибора Е121 («ДЯТЕЛ») самостоятельного изготовления для поиска скрытой проводки [96] показан на рис. 4.97.

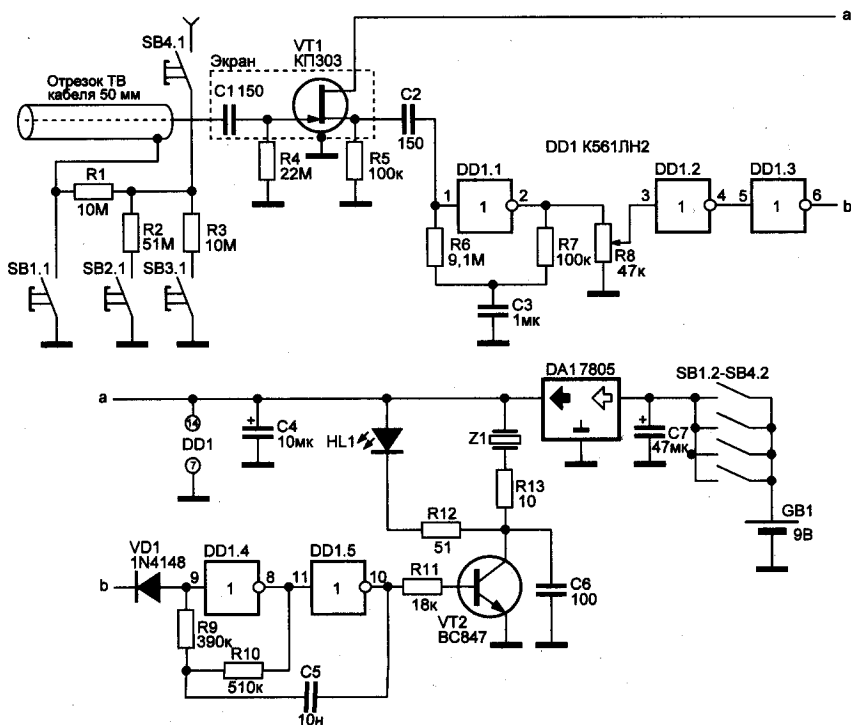


Рис. 4.97. Схема прибора для поиска скрытой проводки

Аналог. В устройстве использована КМОП-микросхеме K561ЛН2, которая является функциональным аналогом микросхемы CD4049.

Антенна. В качестве одного из антенных элементов использован отрезок телевизионного кабеля длиной 60 мм.

Аудиовизуальный индикатор «фазы» на КМОП-микросхеме K561ЛЕ5

Состав. Индикатор «фазы» на КМОП-микросхеме [198], рис. 4.98, выполнен на основе двух генераторов импульсов:

- ♦ первый генератор определяет длительность и частоту следования световых вспышек и звуковых посылок;
- ♦ второй генератор определяет частоту звука.

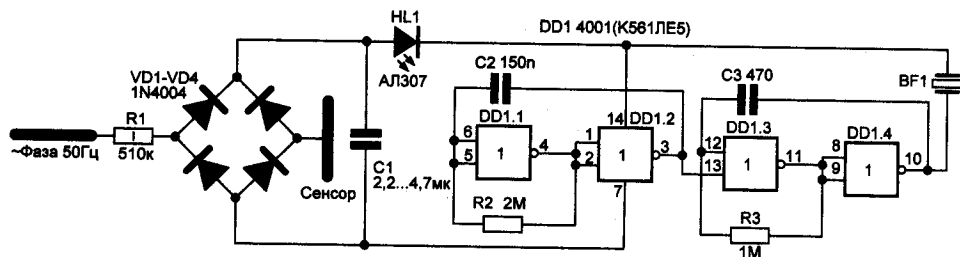


Рис. 4.98. Аудиовизуальный индикатор «фазы» на КМОП-микросхеме

Принцип действия. Поскольку в процессе зарядки конденсатора C1 устройство потребляет на несколько порядков меньший ток, чем в режиме индикации, оно, фактически, работает по принципу «включено/выключено».

Положительным свойством аудиовизуальных индикаторов «фазы» является то, что они косвенно, на слух позволяют оценить величину (уровень) контролируемого напряжения и, следовательно, степень его опасности.

Зарядный ток, ток, протекающий через индикаторную отвертку, пропорционален величине контролируемого напряжения и его частоте. В соответствии с величиной этого тока частота и тональность звуковых посылок индикатора изменяется от редких звуковых импульсов до непрерывного звона.

Индикатор электрического поля с питанием от энергии окружающей среды на микросхеме CD4001 (K561ЛЕ5)

Назначение. Индикатор электрического поля, рис. 4.99, [197] предназначен для дистанционной индикации потенциально опасных для чело-

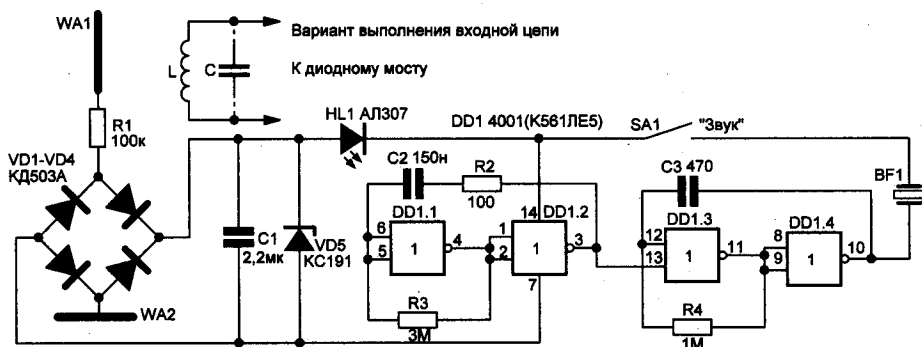


Рис. 4.99. Бесконтактный индикатор электрического поля

века и технических устройств электрических полей. Устройство работает за счет электрической энергии, получаемой от антенн WA1 и WA2.

Возможности. Устройство можно использовать для индикации полей:

- ♦ высоковольтных линий электропередач;
- ♦ высоковольтных трансформаторов, например, трансформаторов Tesla;
- ♦ излучения генераторов строчной развертки неэкранированных старых телевизионных приемников с электронно-лучевой трубкой;
- ♦ излучения мощных радиопередающих устройств.

Принцип действия. Наводимое на антенну переменное напряжение через резистор R1 поступает на выпрямительный мост VD1–VD4, выпрямляется, ограничивается стабилитроном VD5 до уровня 9 В и через светодиод HL1 поступает на питание микросхемы DD1. На микросхеме DD1 выполнены два генератора импульсов, первый из которых определяет длительность и частоту следования световых вспышек и звуковых посылок, а второй — частоту звука, излучаемого пьезозуммером BF1.

Антенна WA1 выполнена в виде металлического штыря высотой 10...15 см или выдвижной телескопической антенны, а WA2 — в виде круглой металлической пластины диаметром 10...15 см, вмонтированной в дно устройства.

Верхняя граничная частота работы индикатора определяется частотными свойствами диодов выпрямителя VD1–VD4 и может достигать сотен МГц.



Примечание.

Стабилитрон VD5 может быть исключен из схемы, поскольку его роль выполняют защитные элементы, входящие в состав микросхемы DD1.

В этом случае проявляется дополнительное свойство индикатора: по мере повышения напряжения на выходе входного мостового выпрямителя частота генерации импульсов обоих генераторов устройства соответствующим образом изменяется. Это позволяет «чувствовать» изменение напряженности электрического поля при перемещении индикатора.



Примечание.

Если увеличить длину антенны WA1 и площадь антенны WA2, можно пропорционально повысить чувствительность устройства, однако одновременно возрастут массогабаритные показатели устройства.

4.37. Индикатор отключения источника питания на микросхеме К561ЛЕ5

Принцип действия. Индикатор отключения источника питания [196], рис. 4.100, выполнен на микросхеме К561ЛЕ5 (К564ЛЕ5).

При включении устройства в сеть на управляющие входы 6 и 8 микросхемы DD1) генератора звуковых/световых импульсов подается уровень логической единицы, запрещающий работу генераторов. Напряжение питания микросхемы ограничено стабилитроном VD6 на уровне 9 В.

Через определенное время (порядка десяти минут) резервный источник питания (электролитический конденсатор C2) зарядится до 9 В.

При отключении сетевого напряжения происходит следующее: генератор микросхемы DD1 питается от резервного источника питания (конденсатор C2), а управляющие входы генераторов оказываются подключенными через резисторы R4 и R3 к общей шине (т. е. на них поступает уровень логического нуля, разрешающий работу генераторов).

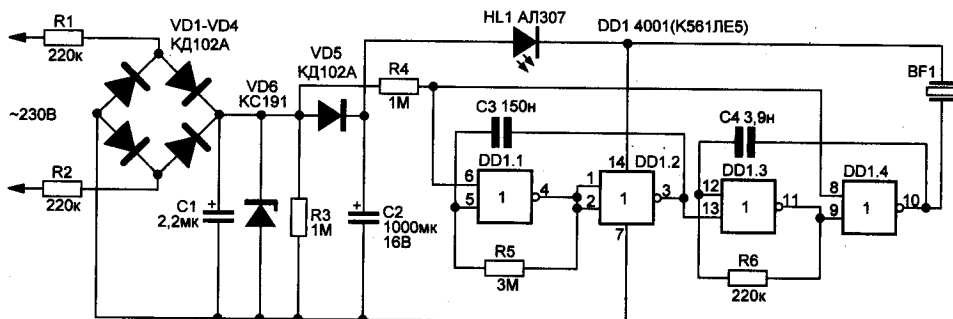


Рис. 4.100. Аудиовизуальный безбатарейный индикатор отключения источника электроэнергии на КМОП-микросхеме

В результате совместной работы генераторов импульсов одновременно и синхронно вырабатываются звуковые и световые сигналы.

**Примечание.**

Ток, потребляемый устройством в режиме аварийной сигнализации невелик, поэтому накопленной в конденсаторе энергии хватает на 5 мин. звуковой и световой индикации.

Неяркие вспышки света заметны и через 20 мин. после отключения электроэнергии. При включении сетевого напряжения индикация немедленно прекращается.

Индикатор может быть размещен в сетевой вилке (или розетке) и установлен в виде заглушки в сетевую розетку.

**Совет.**

Увеличить продолжительность индикации можно за счет увеличения емкости конденсатора С2 или изменения скважности генерируемых сигналов.

Конденсатор С1 обеспечивает двухсекундную задержку срабатывания устройства после отключения электроэнергии. При установке в холодильник, устройство может быть подключено параллельно выключателю лампы внутренней подсветки. В этом случае дополнительная функция устройства будет заключаться в индикации неплотно закрытой дверцы холодильника.

Электропитание. Устройство питается от сети переменного тока напряжением 230 В, хотя легко может быть преобразовано для индикации отключения источника питания постоянного тока напряжением 9...300 В. Потребляемый от сети ток не превышает 0,5 мА. В качестве источника резервного питания использован электролитический конденсатор С2 относительно большой емкости (1000 мкФ).

4.38. Комбинированный бета-гамма радиометр

Радиометры, публикуемые в последнее время на страницах журналов, **предназначены**, как правило, для регистрации гамма-излучения. Это, несомненно, опасный, но далеко не единственный спутник радиоактивного загрязнения местности. К числу биологически опасных видов излучений и частиц можно отнести:

- ♦ рентгеновское излучение;
- ♦ гамма-излучение;
- ♦ бета-частицы (электроны, позитроны);
- ♦ протоны, нейтроны, альфа-частицы;

- ♦ продукты деления;
- ♦ «горячие» частицы и т. д.

Назначение. Радиометр [201], рис. 4.101, позволяет одновременно контролировать гамма- и бета-излучение.

Состав. Комбинированный бета-гамма радиометр состоит из:

- ♦ управляемых ключей DD2.1–DD2.4;
- ♦ звукового генератора DD1.1, DD1.2;
- ♦ выходного каскада (схема ИЛИ-НЕ) на DD1.3 и DD1.4.

Индикация импульсов от бета- и гамма-счетчиков (BD1 и BD2) осуществляется отдельно:

- ♦ на светодиоды HL1 и HL2;
- ♦ звуковым сигналом (580 и 830 Гц) на телефонный капсюль ТК-67 или пьезокерамический излучатель (BF1).

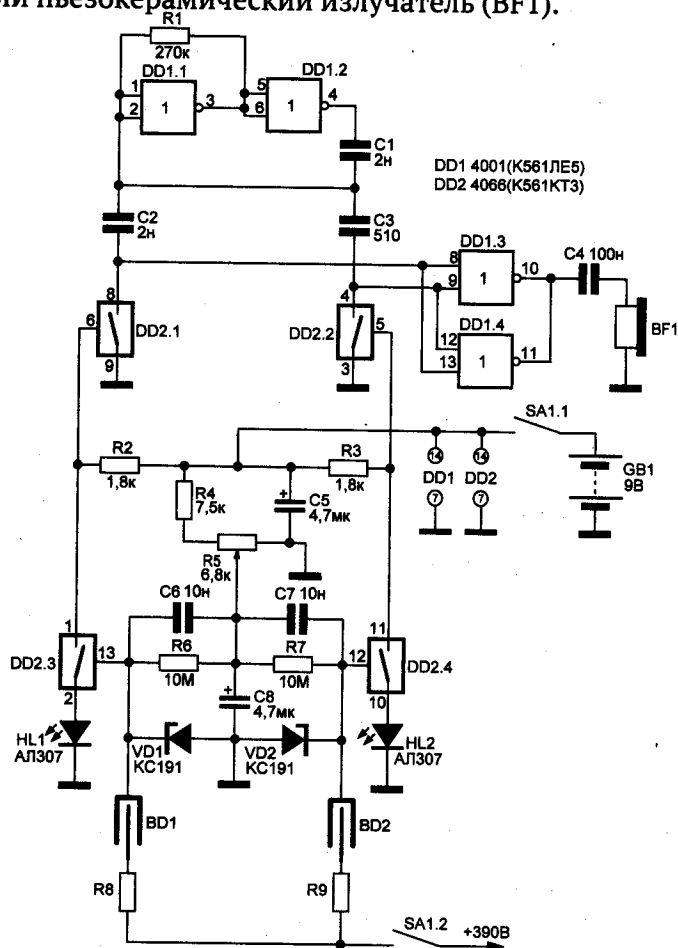


Рис. 4.101. Электрическая схема бета-гамма радиометра на КМОП-микросхемах

Принцип действия. Чувствительность радиометра (порог срабатывания ключей на микросхеме K561KT3) можно плавно регулировать потенциометром R5. Стабилитроны VD1, VD2 предназначены для защиты входных цепей ключевых элементов. RC-постоянная входных цепей (C6, R6, C7, R7) определяет длительность импульсов звука и вспышек света. Потребляемый устройством ток не превышает единиц миллиампер.

Аналоги. В качестве бета-счетчика, например, VD1, можно использовать счетчики СТС-5, СТС-6, СБМ-10, СИ-9БГ; гамма-счетчика (VD2) — счетчики СИ-ххГ, где хх — 11, 13, 19–22, 24, 25 и другие.

Величина сопротивления резисторов R8 и R9 определяется по паспорту выбранного счетчика (обычно 1...10 МОм).

Наладка. При налаживании устройства допускается для имитации импульса от счетчика подавать +9 В на катоды стабилитронов VD1, VD2.

Электропитание. Высокое напряжение (390 В) для питания счетчиков можно получить от преобразователя напряжения для фотовспышек (с дополненной высоковольтной обмоткой), либо собрав преобразователь напряжения по одной из многочисленных схем соответствующего назначения.



Совет.

Поскольку бета-счетчики, как правило, чувствительны и к гамма-излучению, при измерениях необходимо делать соответствующую поправку.

Калибровку радиометра желательно производить по эталонным бета- и гамма-источникам, либо промышленным радиометрам.

4.39. Сигнализатор радиоактивности на микросхеме K561ЛЕ5

Назначение. Сигнализатор радиоактивности [158], рис. 4.102, предназначен для индикации опасного превышения уровня радиоактивности. При попадании гамма-кванта в камеру счетчика Гейгера раздается короткий звуковой сигнал, что позволяет на слух оценить уровень опасности.

Принцип действия. Сигнализатор выполнен по классической схеме и содержит преобразователь напряжения на 400...430 В для питания счетчика Гейгера, выпрямитель с фильтром питания, схем индикации на микросхеме DD1 K561ЛЕ5 (4001).

В момент попадания ионизирующей частицы в счетчик Гейгера в нем происходит короткий электрический заряд. Сопротивление счет-

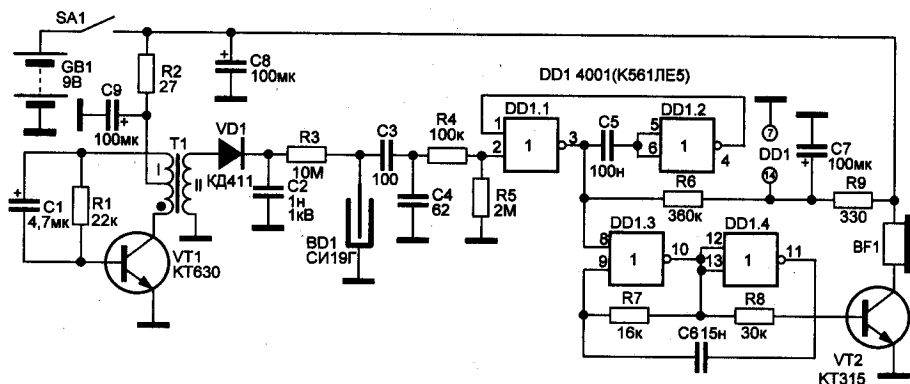


Рис. 4.102. Сигнализатор повышенного уровня радиоактивности на микросхеме K561LE5

чика резко падает, в итоге формируется короткий электрический импульс. Импульсы через цепочку C3, R4 поступают на вход одновибратора DD1.1, DD1.2, который формирует импульсы длительностью 0,3 с. Эти импульсы запускают тональный мультивибратор DD1.3, DD1.4.

В итоге с каждым импульсом на выходе DD1.3 формируется импульс длительностью 0,3 с, заполненный импульсами частотой 1 кГц. Эти импульсы поступает на базу транзистора VT2, в коллекторной цепи которого включен звуковой излучатель.

Моточные изделия. Трансформатор преобразователя напряжения T1 намотан на ферритовом кольце с внешним диаметром 23 мм.



Совет.

Перед намоткой кольцо необходимо обернуть слоем стеклоткани.

Сначала равномерно по всему кольцу наматывают вторичную обмотку из 600 витков ПЭВ 0,09–0,12. Далее следует еще один слой изоляции, затем наматывают первичную обмотку — 8+4 витка ПЭВ 0,31–0,46, равномерно распределенную по кольцу.

Элементная база. Конденсатор C2 должен быть на напряжение на ниже 600 В; C3 и C4 — 400 В. В качестве счетчика Гейгера можно использовать СИ19Г и т. п. счетчики, кроме СБМ-21.

Регулировка. Если преобразователь напряжения не запускается, необходимо подобрать режим работы VT1 подбором сопротивления R1. Длительность звуковых импульсов можно установить подбором R6, а тон звука — R7. Прибор потребляет ток 10...15 мА.

4.40. Импульсные термометры на микросхемах

Особенности построения схем термометров на логических микросхемах

Термометры на микросхемах, рассмотренные в разделе 4.40, построены необычно:

- ♦ в первом из них (рис. 4.103) термочувствительный элемент (терморезистор) включен в интегрирующую цепь;
- ♦ во втором (рис. 4.104) — термочувствительный элемент включен в дифференцирующую цепь.

Изменение постоянных времени этих цепей при изменении температуры окружающей среды преобразуется в изменение скважности прямоугольных импульсов. В результате изменяется эффективное напряжение на выходе устройства, регистрируемое микроамперметром.

Термометр на микросхеме K561ЛА7 с термодатчиком в интегрирующей цепи

Состав. Импульсный термометр на КМОП-микросхемах [178], рис. 4.103, содержит:

- ♦ генератор прямоугольных импульсов;
- ♦ интегрирующую цепь с терморезистором;
- ♦ формирователь импульсов;
- ♦ стрелочный индикатор.

Принцип действия. На элементах DD1.1, DD1.2 собран генератор прямоугольных импульсов с частотой следования около 60 кГц и скважностью 50 %. От генератора колебания поступают на интегрирующую цепь RK1, R2, C2. В зависимости от сопротивления терморезистора RK1 изменяется постоянная времени интегрирующей цепи и, соответ-

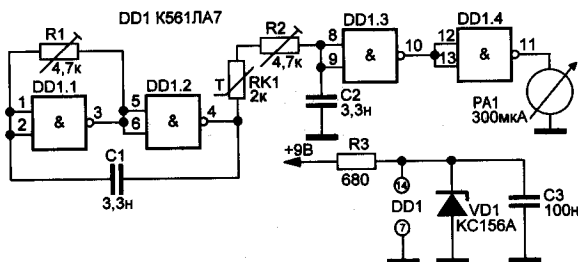


Рис. 4.103. Термометр на логической микросхеме K561ЛА7 с термодатчиком в интегрирующей цепи

ственно, длительность импульсов, поступающих на вход формирователя на элементах DD1.3 и DD1.4.

Длительность импульсов на выходе элемента DD1.4 пропорциональна температуре и определяет эффективное напряжение, регистрируемое прибором PA1.

Регулировка. Подстроечный резистор R1 служит для установки «нуля», R2 — для регулировки чувствительности. При номинале терморезистора не более 5 кОм зависимость сопротивления от температуры близка к линейной в интервале от -20 до $+50$ °С. Погрешность измерения не превышает ± 1 °С.

Стабильность напряжения питания обеспечивает параметрический стабилизатор на элементах VD1 и R3. Потребляемый термометром ток не превышает 7 мА.

Элементная база. Терморезистор RK1 — КМТ17 с отрицательным ТКС. Микроамперметр PA1 — М4387 с током полного отклонения стрелки до 1 мА и внутренним сопротивлением не менее 500 Ом.

Наладка. Для налаживания термистор помещают в ванночку с тающим льдом. Подстроечным резистором R1 устанавливают стрелку прибора PA1 на нулевую отметку шкалы. Затем датчик переносят в воду, нагретую до температуры $+50$ °С. Подстроечным резистором R2 добиваются отклонения стрелки до 100 % отметки.



Совет.

Для измерения температуры в более широком интервале, например, от -60 до $+150$ °С, параллельно термистору сопротивлением R или последовательно с ним следует включить резистор сопротивлением $3R$ или $1/3R$, соответственно.

Чувствительность устройства после такой доработки, разумеется, уменьшится, а погрешность измерения может возрасти до $\pm 3...5$ °С.

Если необходима более высокая точность, указанный диапазон измеряемых температур следует разбить на два-три поддиапазона и провести линеаризацию термистора в каждом поддиапазоне. В этом случае погрешность измерения можно уменьшить до $\pm 1...1,5$ °С.

Термометр на микросхеме K555ЛН1 с термодатчиком в дифференцирующей цепи

Состав. Импульсный термометр на ТТЛ-, ТТЛШ-микросхемах [178], рис. 4.104, содержит:

- ♦ генератор прямоугольных импульсов;
- ♦ две дифференцирующие цепи, одна из которых с терморезистором;

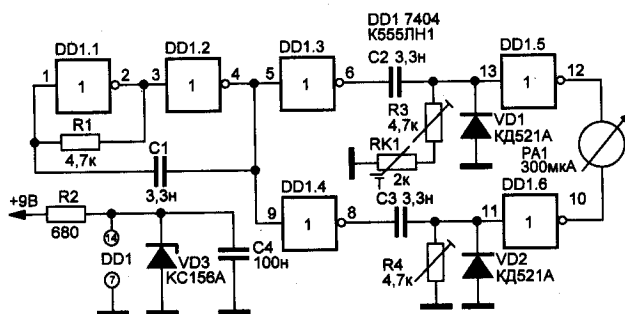


Рис. 4.104. Термометр на логической микросхеме К1555ЛН1 с терморезистором в дифференцирующей цепи

- ♦ формирователи импульсов,
- ♦ стрелочный индикатор.

Принцип действия. Колебания прямоугольной формы с частотой повторения 60 кГц (вырабатываемые генератором на элементах DD1.1, DD1.2) поступают на входы буферных элементов DD1.3 и DD1.4.

Элемент DD1.6 формирует эталонную последовательность импульсов, а DD1.5 — последовательность импульсов, длительность которых зависит от сопротивления терморезистора RK1.

В результате через измерительный прибор PA1 протекает пульсирующий ток, эффективное значение которого пропорционально температуре окружающей среды.



Примечание.

Диоды VD1, VD2 можно исключить из схемы.

Аналоги. Вместо К1555ЛН1 допустимо применение микросхем К1555ЛН1, К1555ЛН3, К1555ЛН5, К1533ЛН6.

Настройка термометра сводится к установке резистором R3 максимальной температуры, а резистором R4 — нулевой. В интервале температур от -20 до $+50$ °С погрешность измерения не превышает ± 1 °С.

ТЕХНИКА ДЛЯ ПРИЕМА-ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

5.1. Детектор излучения радиопередающих устройств на микросхемах К561ЛА7

Назначение. Детектор высокочастотного излучения [68], рис. 5.1, фиксирует наличие включенных радиопередающих устройств, например, сотового телефона.

Излучение радиопередающих устройств, в том числе сотового телефона, нетрудно обнаружить по высокочастотному сигналу, наведенному в расположенной поблизости антенне.

Принцип действия. Если амплитуда сигнала достаточно велика, выходное напряжение детектора откроет транзистор VT1. На выходе элемента DD1.1, образующего с элементом DD1.2 одновибратор, возникнет импульс высокого логического уровня длительностью приблизительно 10 мс (0,7R6C3).

Он разрешит работу мультивибратора (элементы DD1.3, DD1.4) на частоте около 1,5 кГц, зависящей от номиналов резистора R5 и конденсатора C4. Пакет импульсов, усиленных транзисторами VT2 и VT3, будет воспроизведен динамической головкой BA1 как громкий щелчок.

Прибор дополнен узлом памяти и световой индикации. При срабатывании одновибратора на выходе DD1.2 возникает импульс низкого логического уровня, который переводит триггер на элементах DD2.1, DD2.2 в состояние высокого уровня на выходе элемента DD2.1.



Примечание.

Чтобы выяснить состояние триггера, достаточно нажать кнопку SB1: «загорелся» светодиод HL1, значит, за время, прошедшее с прошлого ее нажатия, был принят высокочастотный сигнал.

Импульс, сформированный на выходе элемента DD2.3 при отпускании кнопки, возвратит триггер в исходное состояние.

Диод VD1 — детектор высокочастотных колебаний должен иметь как можно меньшую собственную емкость (в скобках указана емкость диода при нулевом смещении):

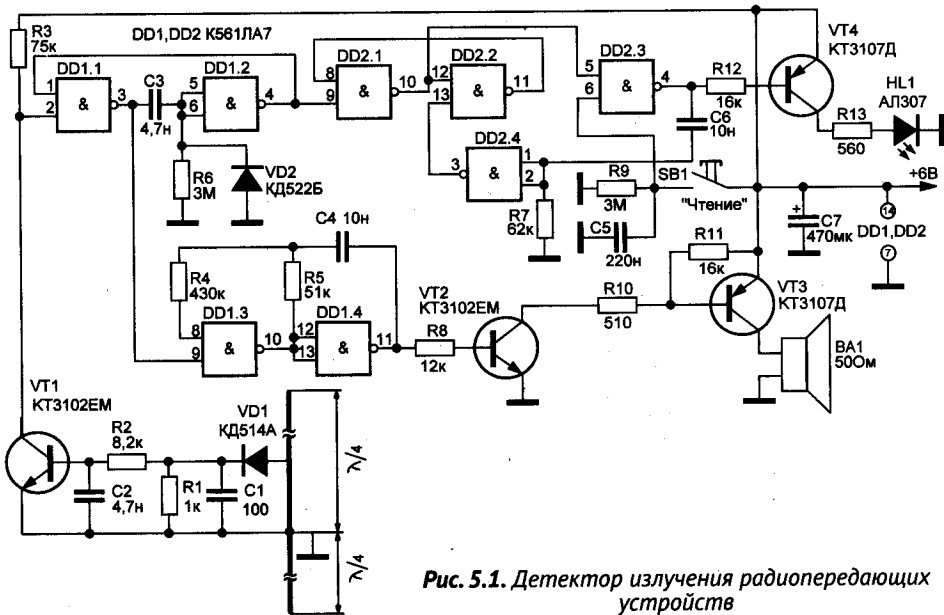


Рис. 5.1. Детектор излучения радиопередающих устройств

- ♦ 2Д926А (0,35 пФ);
- ♦ АД516А (0,5 пФ);
- ♦ АД516Б (0,35 пФ);
- ♦ КД413А (0,7 пФ);
- ♦ КД413Б (0,7 пФ);
- ♦ КД417А (0,4 пФ);
- ♦ КД514А (0,9 пФ).

Анод диода VD1 подключается к антенне, выполненной в виде широкого проводника печатной платы длиной 2×40 мм, на удалении 35 мм от ее середины (заземленной точки антенны).

Антенна. Длина полуволнового вибратора для диапазона 900 МГц должна составлять приблизительно 150 мм, а для 1800 МГц — вдвое меньше. В большинстве случаев надобности в полноразмерной антенне нет.

Сигнал сотового телефона LX677 Ericsson частотой 860 МГц надежно принимался на «печатный» вибратор антенны с расстояния 15 см.



Примечание.

При необходимости длину антенны можно нарастить, припаяв к концам вибратора гнезда от штыревого разъема. В них вводят отрезки жестких проводов нужной длины. Для диапазона 900 МГц — приблизительно 35 мм, для 450 МГц — 110 мм.

Энергопотребление прибора в дежурном режиме не превышает 5 мкА, что позволяет обойтись без выключателя.

5.2. Телеграфные передатчики малой мощности

Телеграфный передатчик на микросхеме 74НС240

Принцип действия. Простой телеграфный передатчик с кварцевой стабилизацией частоты на диапазон 20 (15 или 10) метров выполнен всего лишь на одной микросхеме 74НС240, **рис. 5.2 [32]**.

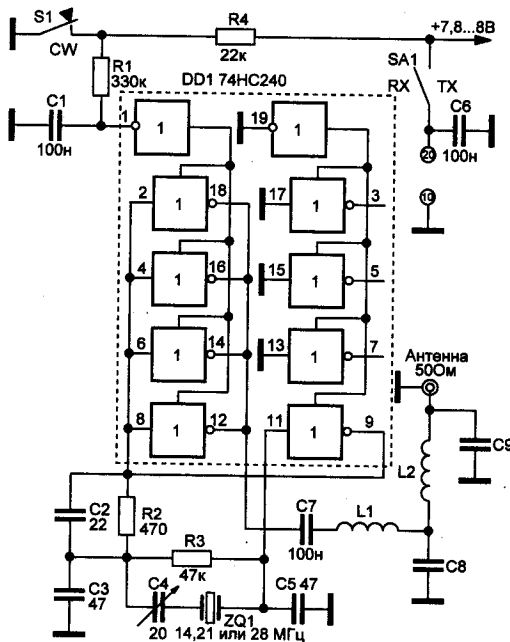


Рис. 5.2. Телеграфный передатчик на микросхеме 74НС240

Микросхема 74НС240 (555АП4) — быстродействующий буферный КМОП-формирователь. На одном из ее элементов собран задающий кварцевый генератор, на четырех других, включенных параллельно — усилитель мощности. Напряжение питания 7,8 В.

Характеристики. Выходная мощность:

- ♦ в диапазоне 20 м равна 0,51 Вт;
- ♦ в диапазонах 15 и 10 м — 0,47 Вт.



Внимание. Для микросхемы необходим теплоотвод, приклеенный к корпусу.

Моточные изделия. Рабочий диапазон частот определяется выходными LC-фильтрами, **табл. 5.1**. Катушки индуктивности L1 и L2 бескаркасные, намотаны проводом диаметром 1,6 мм на оправке диаметром 10 мм, длина намотки катушки L2 16 мм (10 м) и 25 мм (15 и 20 м), L1 — 16 мм.

Данные LC-фильтров передатчика для его работы на разных диапазонах

Таблица 5.1

Диапазон, м	Данные LC-элементов			
	C8, пФ	C9, пФ	L1, витков	L2, витков
10	330	100	3	7
15	470	150	4	10
20	680	220	5,5	12

Телеграфный радиопередатчик малой мощности на микросхеме 74HC240

Схема. Принципиальная схема телеграфного маломощного передатчика на микросхеме 74HC240 [97] показана на рис. 5.3.

Характеристики. Выходная мощность передатчика определяется напряжением питания и при питании устройства от автомобильного аккумулятора составляет 10 Вт. Частота работы задающего генератора стабилизирована кварцевым резонатором.

Регулировка. В небольших пределах рабочую частоту можно пере-страивать при помощи подстроечного конденсатора, подключенного параллельно резонатору.

Выходной фильтр определяет частотный диапазон работы передатчика:

- ♦ либо 80 м (первая гармоника);
- ♦ либо 40 м (вторая гармоника).

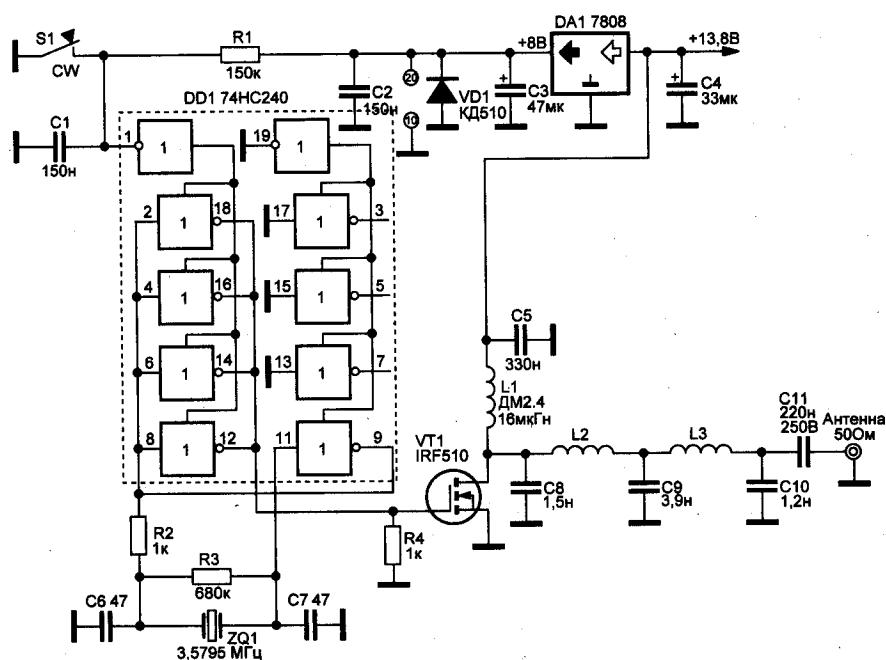


Рис. 5.3. Телеграфный радиопередатчик малой мощности

5.3. Телеграфный радиопередатчик малой мощности на диапазон 80 м на микросхеме 4069 (K1561ЛН4)

Назначение. Телеграфный радиопередатчик малой мощности [33] предназначен для работы в 80-м любительском диапазоне.

Схема. Принципиальная схема радиопередатчика представлена рис. 5.4.

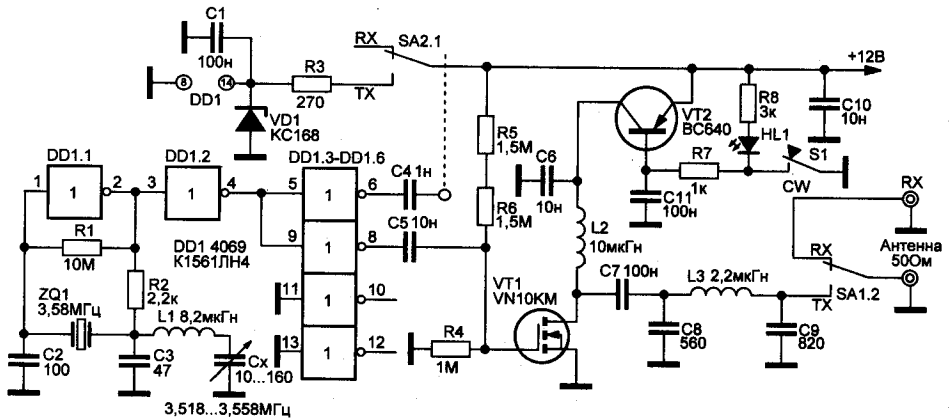


Рис. 5.4. Телеграфный радиопередатчик малой мощности на диапазон 80 м

Принцип действия. Задающий генератор выполнен на элементе DD1.1 микросхемы 4069. Буферные каскады выполнены на элементах DD1.2 и DD1.3. Выходной каскад на транзисторе VT1 VN10KM, нагруженный на π -контур, обеспечивает выходную мощность до 1,5...2 Вт на согласованную нагрузку 50 Ом.

Перенастройка. Частота передачи задается кварцевым резонатором, следовательно, чтобы иметь возможность работать на нескольких частотах, необходимо иметь набор соответствующих кварцевых резонаторов. Увод частоты в пределах ± 20 кГц от частоты резонатора производится перестройкой конденсатора Cx.

Моточные элементы: L1 — 8,2 мкГн; L2 — 10 мкГн; L3 — 2,2 мкГн.

5.4. Микропередатчики на диапазон 80 м для охоты на «лис» на микросхемах К561ЛА7, К176ИЕ1 и К155ЛА3

Назначение. Микропередатчики [134] предназначены для радиориентирования (охоты на «лис»). Мощность 0,125...0,25 Вт.

Имеют индивидуальный позывной, содержащий в телеграфном коде одно «тире» и «точки», равные номеру передатчика (контрольного пункта).

Состав устройства:

- ♦ задающие генераторы для формирования кода — на микросхемах К561ЛА7 (DD1);
- ♦ счетчик телеграфных посылок — К176ИЕ1 (DD2);
- ♦ дешифраторы-формирователи «тире» и «точки» — на элементах К561ЛА7 (DD1.3, DD1.4) и К155ЛА3 (DD3.1);
- ♦ высокочастотная часть передатчиков — на элементах К155ЛА3 (DD3.2–DD3.4).

Стабилизация частоты. Частоты передатчиков стабилизированы кварцевыми резонаторами в диапазоне 3,5 МГц.

Антенны имеют длину от 2 до 5 м. Напряжение питания передатчиков 4,5 В, ток потребления 7...8 мА.

Настройка. Передатчики не требуют настройки.

Схема. Принципиальные схемы радиопередатчиков представлены на рис. 5.5 — рис. 5.7.

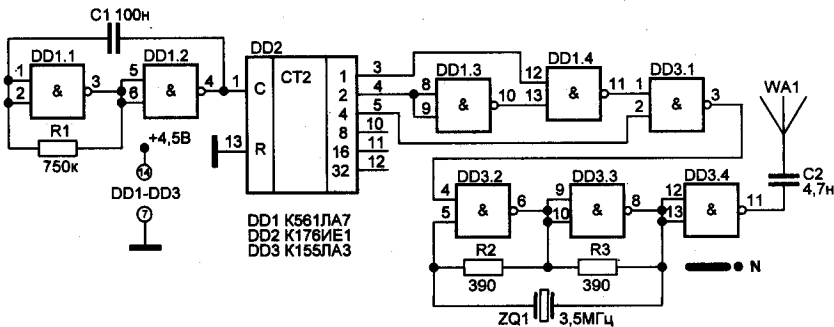


Рис. 5.5. Радиопередатчик для охоты на «лис», выдающий в телеграфном коде «тире» и «точку»

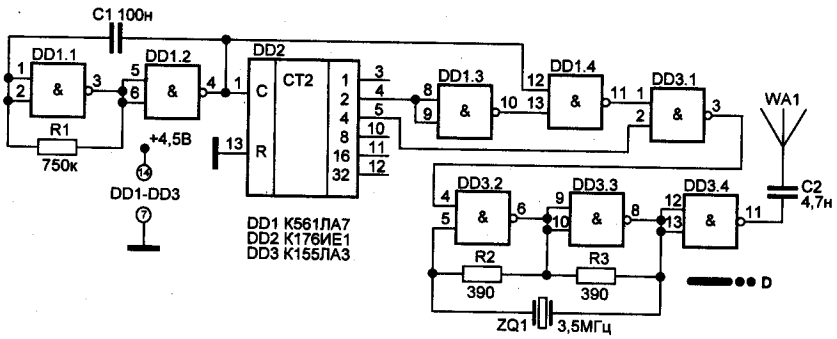


Рис. 5.6. Радиопередатчик для охоты на «лис», выдающий в телеграфном коде «тире» и две «точки»

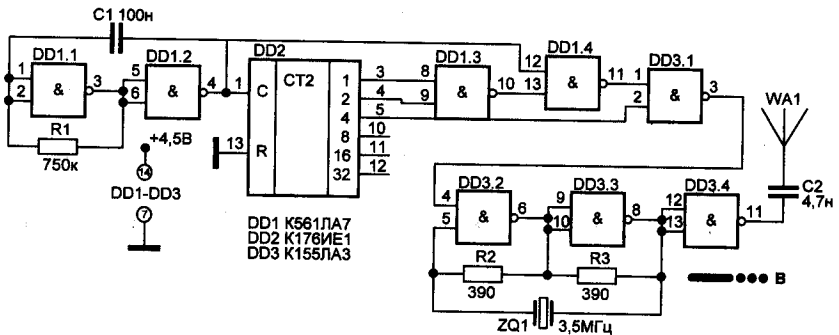


Рис. 5.7. Радиопередатчик для охоты на «лис», выдающий в телеграфном коде «тире» и три «точки»

5.5. Радиопередатчик на 27 МГц на цифровой микросхеме 74LV00D

Состав. Радиопередатчик на 27 МГц [57], рис. 5.8, выполнен на цифровой микросхеме 74LV00D. Он содержит:

- ♦ задающий кварцованный генератор на элементе DD1.1;
- ♦ модулятор-смеситель на элементе DD1.2;
- ♦ буферный-выходной каскад на элементах DD1.3 и DD1.4.

Выходная мощность передатчика не превышает 30 мВт. К выходу передатчика через двойной π -контур, выделяющий первую гармонику генерируемого сигнала, подключена антенна.

Схема. Принципиальная схема радиопередатчика представлена рис. 5.8.

Принцип действия. Модулирующий цифровой сигнал амплитудой 5 В подается на вход смесителя (вывод 4 микросхемы DD1. Работа схема — типовая, поэтому в книге не приводится.

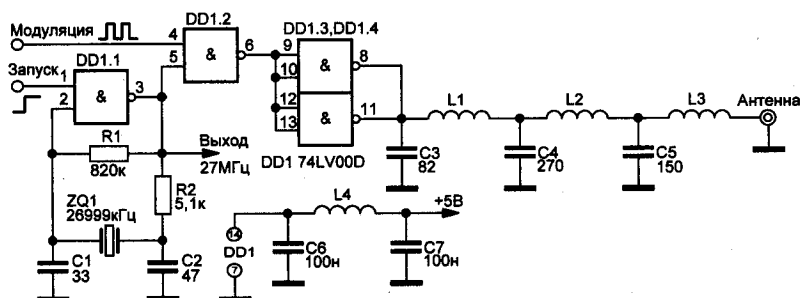


Рис. 5.8. Радиопередатчик на цифровой микросхеме 74LV00D

Моточные изделия. Катушки L1 и L3 намотаны на пластмассовых каркасах диаметром 5 мм с подстроечными сердечниками из карбонильного железа. L1 содержит 8 витков; L3 — 12 витков. Катушка L2 намотана на таком же каркасе, но без сердечника, она содержит 8 витков проводом ПЭВ 0,47. Дроссель L4 индуктивностью 220 мкГн.

5.6. Радиопередатчик на микросхеме CD4069UB

Назначение. Простой радиопередатчик [85] обеспечивает трансляцию аудиосигнала на частоте 9-й гармоники пьезокерамического ПЧ-фильтра УКВ-приемника, используемого в качестве кварцевого резонатора.

Схема. Принципиальная схема радиопередатчика представлена рис. 5.9.

Принцип действия. На элементе DD1.1 микросхемы CD4069UB выполнен УНЧ, усиливающий сигнал с электретного микрофона. На элементе DD1.2 собран задающий генератор, работающий на частоте 10,7 МГц.

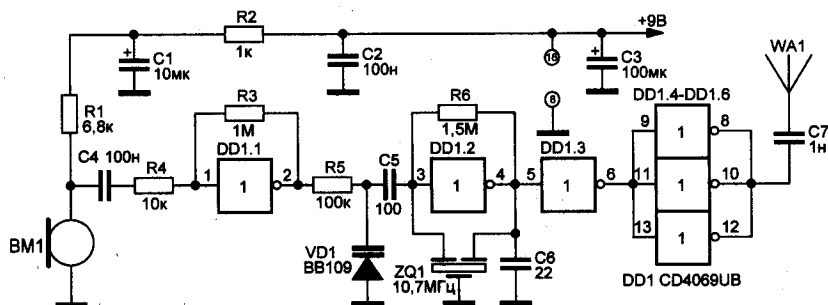


Рис. 5.9. Радиопередатчик на микросхеме CD4069UB

Частотная модуляция сигнала осуществляется изменением емкости варикапа VD1, на который подается сигнал звуковой частоты. Элемент DD1.3 — буферный каскад. На элементах DD1.4–DD1.6 выполнен выходной каскад.



Примечание.

Поскольку высокочастотные фильтры в передатчике не предусмотрены, 9-ю гармонику резонатора (96,3 МГц) можно принимать на радиовещательный УКВ-приемник. Часть других гармоник можно также принимать на коротковолновый АМ-приемник, настроенный на середину ската полосы излучения гармоники.

Аналоги. В качестве микрофона могут быть использованы: CZN-15E, МКЭ-332, МКЭ-333 и др.

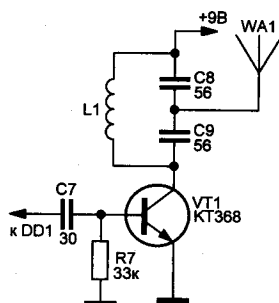


Рис. 5.10. Дополнительный выходной каскад микропередатчика

Антенна. Дальность передачи (до 100 м) определяется длиной антенны, представляющей собой открытый колебательный контур, который можно настроить в резонанс на частоту передачи.

При питании от батареи напряжением 9 В потребляемый устройством ток 15 мА.

Модернизация. При желании нарастить выходную мощность и отсеять «лишние» гармоники схему микропередатчика можно дополнить транзисторным каскадом усиления, рис. 5.10.

Моточные изделия. Катушка индуктивности при ее диаметре 4 мм содержит 7 витков, при диаметре 3 мм — 8 витков провода диаметром 0,45 мм.

5.7. Радиопередатчик на микросхеме 74НС132 (К531ТЛ3)

Назначение. Радиопередатчик на логической микросхеме 74НС132 [44] предназначен для беспроводной передачи данных об относительной влажности окружающей среды. С небольшой доработкой он может быть приспособлен и для других целей.

Схема. Принципиальная схема радиопередатчика представлена на рис. 5.11.

Принцип действия. В устройстве использована микросхема 74НС132, содержащая 4 двухвходовых триггера Шмитта. На элементе

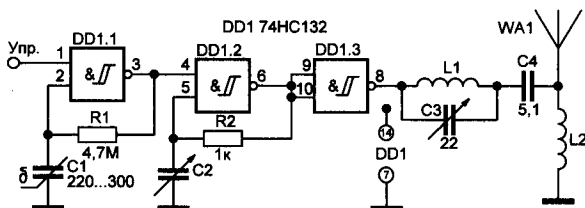


Рис. 5.11. Радиопередатчик с датчиком влажности

DD1.1 выполнен модулирующий **низкочастотный генератор**, частота которого (порядка 1...2 кГц) зависит от относительной влажности окружающей среды.

В качестве **датчика влажности** использован конденсатор — датчик относительной влажности фирмы Humirel (www.humirel.com).

На элементе DD1.2 выполнен модулируемый низкочастотным сигналом высокочастотный генератор, частота которого перестраивается в широких пределах (10...50 МГц) конденсатором переменной емкости C2. **Выходной каскад** передатчика выполнен на элементе DD1.3, нагруженным на последовательно-параллельный колебательный контур, выделяющий необходимую для передачи информации гармонику высокочастотного сигнала.



Совет.

Для удвоения выходной мощности параллельно элементу DD1.3 можно подключить незадействованный ранее элемент DD1.4.

Вход управления (вывод 1 микросхемы) служит для включения и отключения передатчика. Если передатчик работает в непрерывном режиме, его можно просто соединить с выводом 2 микросхемы (или плюсовой шиной питания).

Антенна. В качестве антенны использован отрезок медного провода длиной 28 см. L1 и L2 — катушки внешним диаметром 5 мм из 6 и 18 витков провода диаметром 0,64 мм, соответственно.

Электропитание. Питание устройство получает от источника напряжением от 3 до 5 В.

5.8. Радиопередатчик данных о влажности по трем точкам на микросхемах 74HC132 (К531ТЛ3)

Назначение. Радиопередатчик данных [46], рис. 5.12, предназначен для дистанционной трансляции на радиоприемное устройство данных о влажности окружающей среды сразу по трем точкам.

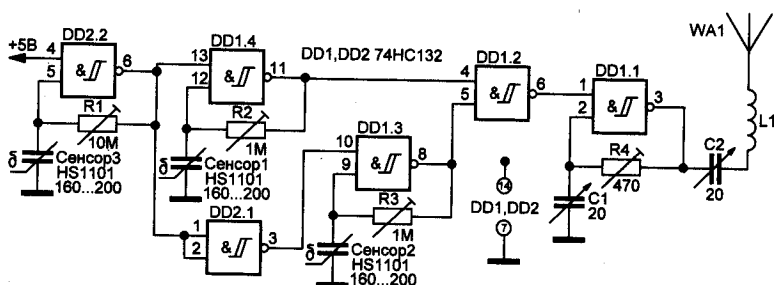


Рис. 5.12. Радиопередатчик данных по относительной влажности воздуха в трех точках наблюдения

Схема. Принципиальная схема радиопередатчика представлена рис. 5.12.

Принцип действия. Датчики-сенсоры 1–3 входят в состав генераторов импульсов на триггерах Шмитта с собственными частотами 10, 5 и 1 кГц, соответственно, при относительной влажности 50 %.



Примечание.

Емкость датчиков влажности HS1101 изменяется в пределах от 160 до 200 пФ (180 пФ при относительной влажности 50 %). При этом частоты генератора изменяются примерно на 20 % при изменении относительной влажности от 0 до 100 %.

Регулировка. Высокочастотный генератор может перестраиваться подстроечным конденсатором в пределах от 27 до 100 МГц. В качестве антенны использован отрезок провода длиной 17 см.



Примечание.

В устройстве могут быть использованы и иные датчики влажности или иных параметров окружающей среды.

5.9. Радиопередатчик на микросхеме 74HC132 (K531ТЛ3) с использованием негатрона

Радиопередатчик данных относительной влажности, описанный в п. 5.8, может быть усовершенствован для достижения более высокой точности измерений [5], рис. 5.13 и рис. 5.14. Эти усовершенствования коснулись модулирующего каскада, LC-генератор которого выполнен на операционных усилителях LTC1124 с использованием аналога индуктивности на негатроне (микросхема DA1). Емкостной датчик C_s является элементом колебательного контура с использованием электронного аналога индуктивности — негатрона.

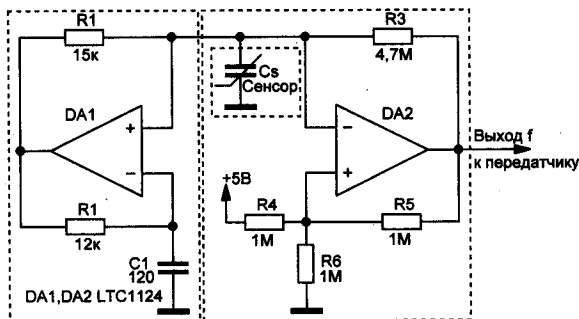


Рис. 5.13. Модулирующий каскад радиопередатчика на основе низкочастотного LC-генератора с использованием аналога индуктивности на негатроне

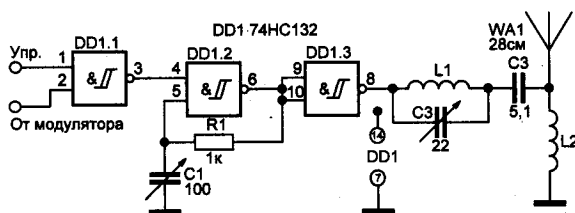


Рис. 5.14. Высокочастотная часть передатчика

5.10. Радиопередатчик звуковых посылок на микросхемах 7413 или 74LS13

Радиопередатчик звуковых посылок в средневолновом-коротковолновом диапазоне

Принцип действия. Радиопередатчик звуковых посылок [9], рис. 5.15, содержит генераторы импульсов инфразвуковой и звуковой частоты на микросхеме 7413 (или 74LS13), сигнал которых модулирует высокочастотный генератор, выполненный на микросхеме 7413 (или 74LS13).

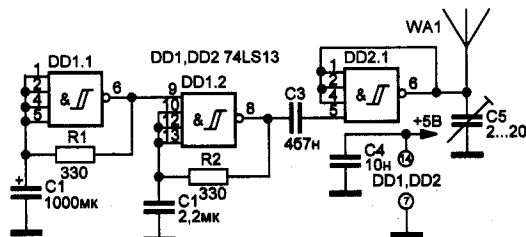


Рис. 5.15. Радиопередатчик звуковых посылок в средневолновом-коротковолновом диапазоне

Диапазон частот, в котором работает передатчик, определяется:

- ♦ монтажной индуктивностью;
- ♦ длиной антенны;
- ♦ емкостью подстроечного конденсатора С5.

Диапазон частот может меняться в пределах от 500 кГц до 10 МГц.

Выходной сигнал устройства богат высокочастотными гармониками, которые также могут быть уловлены радиоприемником на расстоянии в несколько метров.



Примечание.

Дальность передачи сигналов в существенной мере зависит от антенны, длина которой может составлять от единиц сантиметров до единиц метров.

Радиопередатчик звуковых посылок в УКВ-диапазоне

Схема. Радиопередатчик звуковых посылок [9], рис. 5.16, аналогичен по структуре предыдущему устройству (рис. 5.15).

Он содержит генераторы импульсов инфразвуковой и звуковой частоты на КМОП-микросхеме 4093, сигналы которых модулирует высокочастотный генератор, выполненный на транзисторе VT1 BD135.



Примечание.

В отличие от передатчика, схема которого представлена на рис. 5.15, этот передатчик (рис. 5.16) генерирует высокочастотный сигнал прогнозируемой частоты.

Рабочая частота генератора определяется параметрами LC-контура в цепи коллектора транзистора (УКВ диапазон), верхняя граница которого ограничена частотными свойствами транзистора.

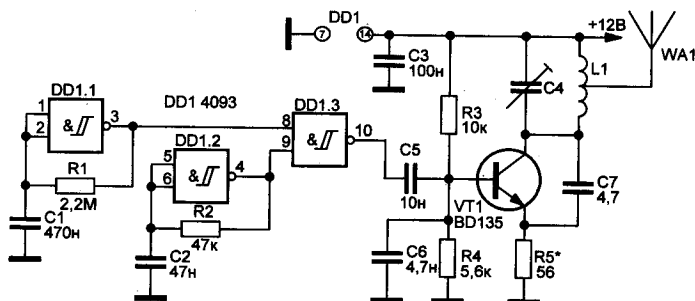


Рис. 5.16. Радиопередатчик звуковых посылок в УКВ-диапазоне

Моточные изделия. Катушка индуктивности внутренним диаметром 10 мм имеет 4 витка провода диаметром 0,5...0,65 мм. Длина антенны 80...120 см.

Дальность действия. Сигнал передатчика можно принять на удалении до 1 км.

5.11. Радиомикрофон на цифровой микросхеме K155ЛА3

Схема. Радиомикрофон на цифровой микросхеме K155ЛА3 [139], рис. 5.17, работает в УКВ диапазоне (66...76 МГц) без контурной катушки индуктивности.

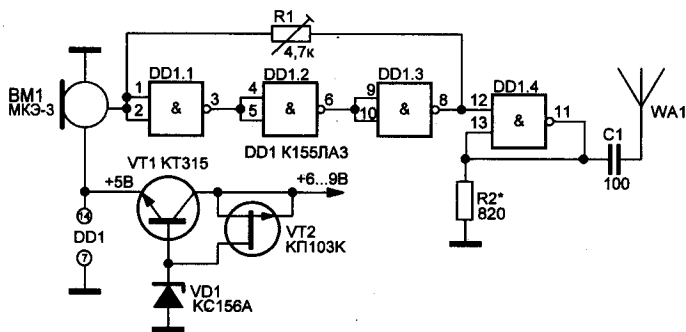


Рис. 5.17. Простой радиомикрофон на цифровой микросхеме K155ЛА3

Питание радиомикрофона стабилизированное (на элементах VT1, VD1).

Настройка на требуемую частоту производится резистором R1. Резистор R2 необходимо подобрать так, чтобы ток потребления схемы был в пределах 15...20 мА. В качестве антенны можно использовать отрезок провода длиной 1 м.

Экспериментальный образец радиомикрофона обеспечивает передачу сигнала на расстояние 50...100 м.

5.12. ИК-передатчик аудиосигналов на микросхеме 4069

Схема передатчика аудио- или иных сигналов в инфракрасном диапазоне [21] представлена на рис. 5.18.

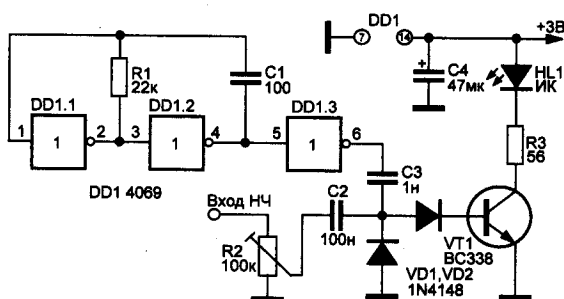


Рис. 5.18 Передатчик аудиосигналов в инфракрасном диапазоне

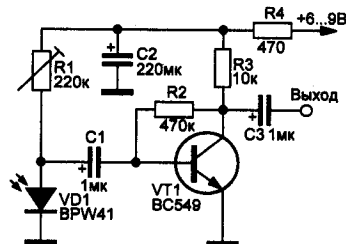


Рис. 5.19 Входной каскад инфракрасного приемника аудиосигналов

Принцип действия. Передатчик содержит высокочастотный генератор прямоугольных импульсов, сигнал с которого поступает через детектор на диодах VD1 и VD2 на базу транзистора VT1. Одновременно на детектор поступает модулирующий аудиосигнал. Глубину модуляции можно регулировать потенциометром R2.

Нагрузкой транзистора является ИК-светодиод.

Входной каскад приемника оптического излучения, рис. 5.19, особенностей не имеет. На выходе каскада выделяется лишь низкочастотная (звуковая) составляющая модулированного сигнала.

Электропитание. Передатчик питается от батареи напряжением 3 В.

Дальность связи определяется качествами светодиода и фотоприемника, а также отсутствием посторонних засветок. Для повышения чувствительности приемника можно использовать светособирающую линзу.

5.13. Генератор плавного диапазона на микросхеме HC4046 (K1561ГГ1)

Схема. Принципиальная схема простого генератора плавного диапазона [90] на микросхеме HC4046, работающего в четырех поддиапазонах в диапазоне 2,5...40 МГц, показана на рис. 5.20.

Аналоги. Микросхема HC4046 (MM74HC4046N, MJM74HC4046, K1561ГГ1 и др.). Они представляют собой RC-генератор с фазовой автоподстройкой частоты, работающий до частоты 50 МГц.



Примечание.

Это позволяет создать генератор плавного диапазона для радиовещательного приемника или связной аппаратуры, достоинством которого будет относительно стабильная частота и отсутствие LC-частотозадающих контуров.

Настройка. Настройка генератора осуществляется изменением напряжения на выводе 9 микросхемы. В генераторе [90], **рис. 5.20**, настройка частоты в каждом из поддиапазонов осуществляется:

- ♦ грубо потенциометрами R1–R4;
- ♦ плавно потенциометром R5.

Кроме того, частота зависит от величины сопротивления резистора R6. В **табл. 5.2** сведены данные по частоте в четырех поддиапазонах при R6, равном 22 кОм и 6,8 кОм.

Диапазоны генерируемых частот по поддиапазонам

Таблица 5.2

Номер поддиапазона	Частота, МГц	
	при R6 = 22 кОм	при R6 = 6,8 кОм
1	2,5...5	7...13
2	5...8,6	13...21
3	8,6...12,3	21...27
4	12,3...22	27...40

Выходной сигнал представляет собой прямоугольные импульсы TTL-уровня.

Электропитание. Напряжение питания устройства подается через стабилизатор напряжения на 5 В, например, на микросхеме КР142ЕН5А.

5.14. Фазовый ограничитель речевого сигнала на микросхеме К561ЛН2

Назначение. Системы сжатия динамического диапазона речевого сигнала используют для повышения эффективности работы радиопередающих устройств.

Простейшие устройства сжатия, выполненные в виде встречно включенных диодов, существенно искажают звуковой сигнал, внося в него искажения за счет привнесения в него высших гармоник исходного сигнала.

Принцип действия. Фазовый ограничитель речевого сигнала [183], **рис. 5.21**, выполнен на одной микросхеме К561ЛН2.

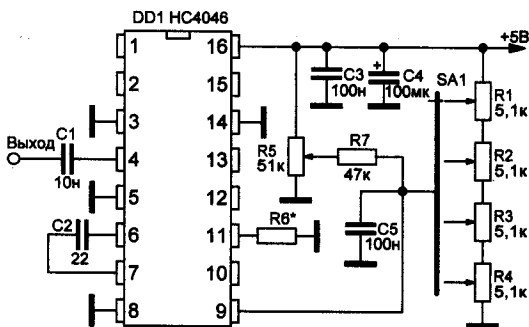


Рис. 5.20. Схема генератора плавного диапазона до 50 МГц на микросхеме HC4046

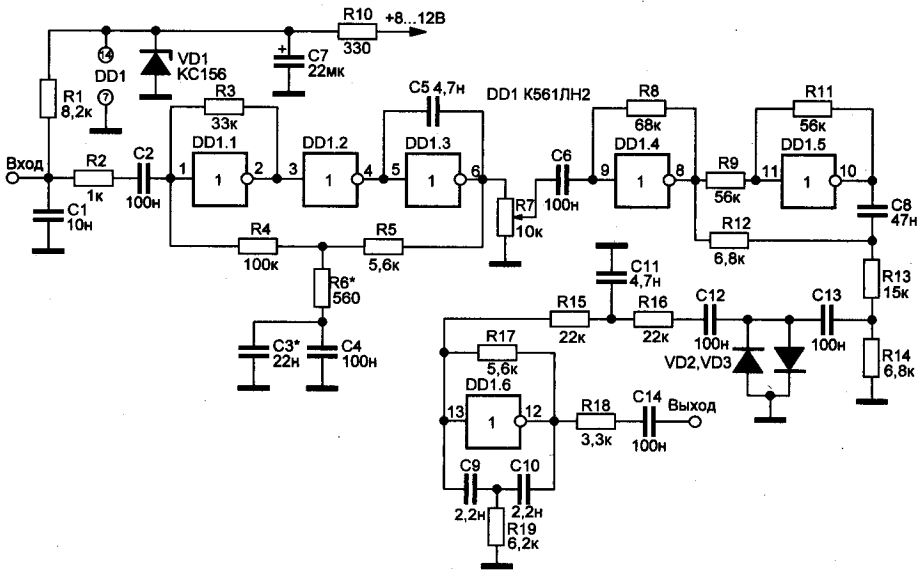


Рис. 5.21. Фазовый ограничитель динамического диапазона речевого сигнала

Ограничитель имеет большую гибкость в формировании амплитудно-частотной характеристики. Он позволяет с учетом характеристик микрофона построить ее так, что:

- ♦ все частотные компоненты входят в зону ограничения равномерно;
- ♦ речевой сигнал выглядит натуральным, громким и разборчивым.

Микрофонный усилитель выполнен на элементах DD1.1–DD1.3. Усиленный и скорректированный сигнал с регулятора уровня ограничения R7 поступает на первый ограничитель на элементе DD1.4.

Ограниченный сигнал прямоугольной формы фазовращателем на элементе DD1.5 преобразуется в сигнал треугольной формы путем вычитания нечетных гармоник.

С делителя R13, R14 сигнал поступает на следующий ограничитель VD2, VD3, где вершины треугольника срезаются, и сигнал по форме приближается к синусоидальному. Далее сигнал проходит через активный фильтр с частотой среза 3 кГц на элементе DD1.6.

5.15. Цифровой фазовращатель на микросхемах 4013 (K561TM2)

Назначение. Фазовращатели частоты, обеспечивающие на выходе два напряжения, сдвинутые по фазе на 90° , используют при формировании SSB сигнала фазофильтровым способом. Фазовращатель на ТТЛ-микросхемах K1TK332, описанный в статье-первоисточнике 40 лет назад [112], обеспечивает поворот фазы на 90° с точностью выше 0,001 % на частоте 1,5 кГц и 0,25 % на частоте 100 кГц.



Примечание.

Схема задающего генератора может быть любой, важно только, чтобы фронты его импульсов были достаточно крутыми для запуска триггера DD1.



Совет.

Если форма выходных сигналов задающего генератора близка к синусоидальной, между генератором и триггером рекомендуется включить формирователь импульсов.

Подаем на счетные входы двух триггеров прямоугольные сигналы одной частоты, имеющие:

- ♦ скважность, равную 50 %;
- ♦ сдвиг по фазе 180° .

На одноименных выходах триггеров появятся сигналы вдвое меньшей частоты, сдвинутые по фазе на 90° при любой частоте входных сигналов.

Такой фазовращатель обеспечивает очень высокую точность и стабильность поворота фазы, которые определяются только параметрами входных сигналов, а именно скважностью и фазовым сдвигом.

Стабильность этих параметров может быть обеспечена путем предварительного деления частоты задающего генератора еще одним триггером, на выходах которого автоматически будут сформированы необходимые сигналы.



Примечание.

При использовании современных интегральных микросхем на частотах выше 1 МГц начинает сказываться задержка момента переключения триггеров, и из-за ее температурной нестабильности и разброса оказывается невозможным обеспечить необходимую точность фазового сдвига.

Схема. На рис. 5.22 приведена схема цифрового фазовращателя, выполненного на современных КМОП-микросхемах 4013 (K561TM2).

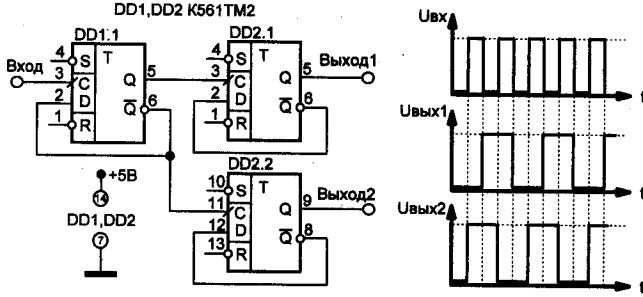


Рис. 5.22. Цифровой фазовращатель на микросхемах 4013

Частота сигналов на выходе устройства в четыре раза ниже частоты входного сигнала.



Совет.

Для того чтобы повысить максимальную рабочую частоту фазовращателя, напряжение питания устройства желательно увеличить до предельно допустимых для этих микросхем значений.

Так, для микросхемы 4013ВМ при напряжении питания 15 В типовая рабочая частота составляет 15,5 МГц.

5.16. Детектор частотно-модулированных сигналов на микросхеме К155ЛА3 (К555ЛА3)

Назначение. Для детектирования сигнал промежуточной частоты ЧМ-приемника подается на формирователь импульсов (инвертор DD1.1), а с него — на элемент совпадения DD1.3 и на инвертор DD1.2 [118].

Схема. Принципиальная схема детектора представлена рис. 5.23.

Принцип действия. Когда на выходе микросхемы DD1.1 низкий логический уровень, конденсатор C2 медленно заряжается через входное сопротивление элемента DD1.3, а когда высокий — быстро разряжается через элемент DD1.2. Фронт импульса с выхода DD1.2 поступает на верх-

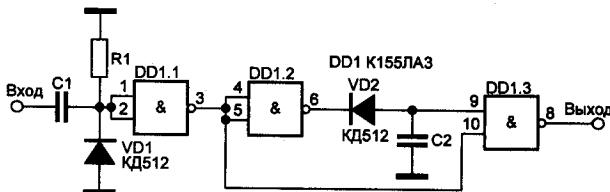


Рис. 5.23. Детектор частотно-модулированных сигналов на микросхеме К155ЛА3 (К555ЛА3)

ний по схеме вход элемента DD1.3 с задержкой по отношению к фронту импульса, пришедшего на второй вход элемента DD1.3. Длительность импульсов на выходе детектора пропорциональна задержке фронта, а их постоянная составляющая — модулирующему сигналу.



Совет.

При средней частоте сигнала ПЧ 500 кГц конденсатор С2 должен иметь емкость 50...150 пФ. При меньшем значении ПЧ используют конденсатор с большей емкостью. В любом случае его емкость необходимо подбирать, чтобы напряжение НЧ было максимальным.

5.17. Автоматический телеграфный ключ на микросхемах К155ЛА3, К155ТМ2

Назначение. Автоматический телеграфный ключ [134] позволяет при помощи манипулятора SA1 развивать скорость передачи телеграфных сигналов до 140–170 знаков в минуту.

Схема. Принципиальная схема телеграфного ключа представлена рис. 5.24.

Принцип действия. Генератор импульсов выполнен на элементах DD1.1, DD1.2. Триггер DD2.1 выполняет функции делителя на 2. Расширенный в два раза импульс поступает на элемент сложения DD1.3 и на триггер DD2.2.

Оба триггера работают в счетном режиме. Если манипулятор SA1 находится в нейтральном положении, то нулевой уровень с вывода 11

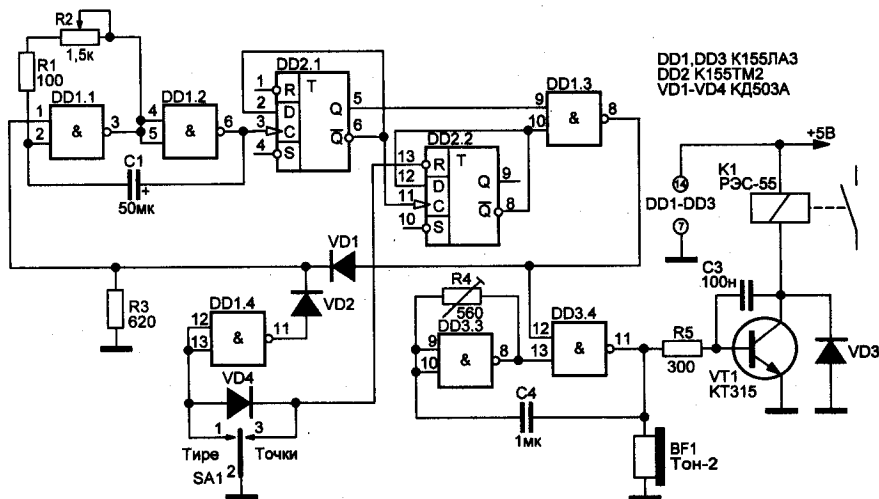


Рис. 5.24. Автоматический телеграфный ключ на ТТЛ-микросхемах

DD1.4 блокирует генератор импульсов. При нажатии манипулятора в сторону «тире» (замкнуты контакты 1, 2 SA1) у элемента DD1.4 на выходе появляется высокий логический уровень, поэтому генератор разблокируется. Импульсы начинают проходить на выход.

Импульсы после триггеров DD2.1 и DD2.2 складываются в элементе DD1.3. Выходной импульс по длительности равен «тире». По отношению к времени звучания «точки», «тире» будет иметь длительность в три раза больше.

Если переключатель SA1 перевести вправо (по схеме **рис. 5.24**), то:

- ♦ генератор разблокируется от элемента DD1.4, на выходе которого появляется логическая 1;
- ♦ триггер DD2.2 по входу блокируется.

На выводе 10 DD1.3 логическая 1 от триггера DD2.2 не мешает воздействию коротких импульсов, поступающих от триггера DD2.1. Длительность выходных импульсов составляет одну треть от длительности «тире». Независимо от времени отпускания манипулятора логическая 1 с выхода DD1.3 через диод VD1 воздействует на вход элемента DD1.1 и тем самым удерживает генератор в активном состоянии до окончания формирования «тире» или «точки».

Для **звукового контроля** работы автоматического телеграфного ключа служит генератор на элементах DD3.3, DD3.4, частота следования импульсов которого около 1 кГц, Частоту генератора можно по желанию подстроить резистором R4.

Передачик управляется контактами реле K1, обмотка которого включена в цепь коллектора транзистора VT1.

5.18. Автоматический электронный телеграфный ключ K561ЛА7

Назначение. Электронные телеграфные ключи (CW ключи) пользуются популярностью благодаря высокой воспроизводимости длительности телеграфных посылок, более простой конструкции механической части (контактных групп), малой утомляемости оператора при длительной работе на ключе.

Схема. Принципиальная схема телеграфного ключа представлена **рис. 5.25**.

Принцип действия. Электронный ключ на микросхеме серии КМОП K561ЛА7 (K561ЛЕ5, K176, K164, K564) [189] выполнен по традиционной для простейших электронных ключей схеме: релаксационный генератор с автоперерыванием зарядной цепи по достижении напряжения на

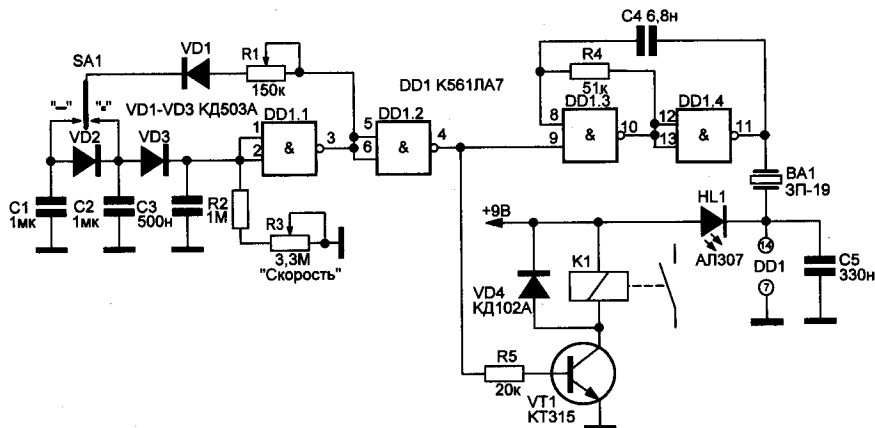


Рис. 5.25. Схема простого автоматического электронного телеграфного ключа

зарядных конденсаторах, ответственных за формирование посылок тире или точек до напряжения переключения логического уровня.

При нажатии на телеграфный ключ (замыкании зарядной цепи) заряжается группа конденсаторов C1–C3 (тире) или C2, C3 (точки); когда напряжение на входе логического элемента DD1.1 превысит определенный пороговый уровень, произойдет переключение логического элемента, и на его выходе установится значение логического нуля. Процесс заряда конденсаторов прервется, и они начнут разряжаться через сопротивления R2, R3.

При падении напряжения на конденсаторах ниже определенного значения, логический элемент DD1.1 вновь переключится. При этом процесс зарядки/разрядки конденсаторов будет продолжаться до тех пор, пока замкнута контактная группа телеграфного манипулятора.



Примечание.

Длительность точек и тире определяется значениями RC-постоянных зарядных и разрядных цепей. Конденсаторы C1–C3 должны иметь малые токи утечки.

Звуковая индикация. Для звуковой индикации генерируемых телеграфных сигналов предназначен генератор, который:

- ♦ выполнен на элементах DD1.3 и DD1.4;
- ♦ нагружен на зуммер (пьезокерамический излучатель) типа ЗП-19 или иной.



Примечание.

При использовании электромагнитного излучателя звука последовательно с последним необходимо включить разделительный конденсатор емкостью свыше 0,1 мкФ.

Световая индикация. Одновременно со звуковой индикацией введена световая индикация на светодиоде HL1 — АЛ307. Это позволяет визуально контролировать наличие телеграфных посылок в условиях акустических помех.

Для коммутации цепей передающего устройства в схему введен буферный каскад на транзисторе КТ315, нагруженный на реле.



Примечание.

Если необходимости в подобной коммутации нет, буферный каскад и элементы схемы, к нему относящиеся, могут быть исключены. Следует отметить, что в ряде случаев управляющий сигнал для управления передатчиком может быть снят непосредственно с выхода одного из логических элементов.

Недостатки. Как и для других простейших электронных ключей, использующих подобный способ формирования точек и тире, данной конструкции присущи те же недостатки:

- ♦ необходимость подстройки соотношения продолжительности точек/тире сопротивлением R1 при изменении скорости передачи;
- ♦ нечеткость формирования первого сигнала.

Частично ликвидировать первый недостаток возможно применением сдвоенного потенциометра R1, R3. Полностью первый недостаток устраняется заменой потенциометров R1 и R3 набором коммутируемых резисторов.

Например, при использовании 10–11-и позиционного двухплатного переключателя скорости телеграфирования, имеющего мягкий ход переключения, возможно перекрытие диапазона скоростей от 40 до 240 зн./мин с шагом в 20 зн./мин. Это позволяет полностью использовать весь возможный диапазон скоростей телеграфирования при неизменном и стабильном соотношении длительностей точек и тире.

Механическая часть манипулятора может быть изготовлена на базе поляризованного реле; с использованием контактных групп реле, либо из отрезка ножовочного полотна с примыкающими к нему контактными группами.

5.19. Телеграфный ключ на двух микросхемах К176ИЕ12 и К176КТ1

Телеграфный ключ выполнен на двух КМОП-микросхемах — К176ИЕ12 и К176КТ1 [189], рис. 5.26.

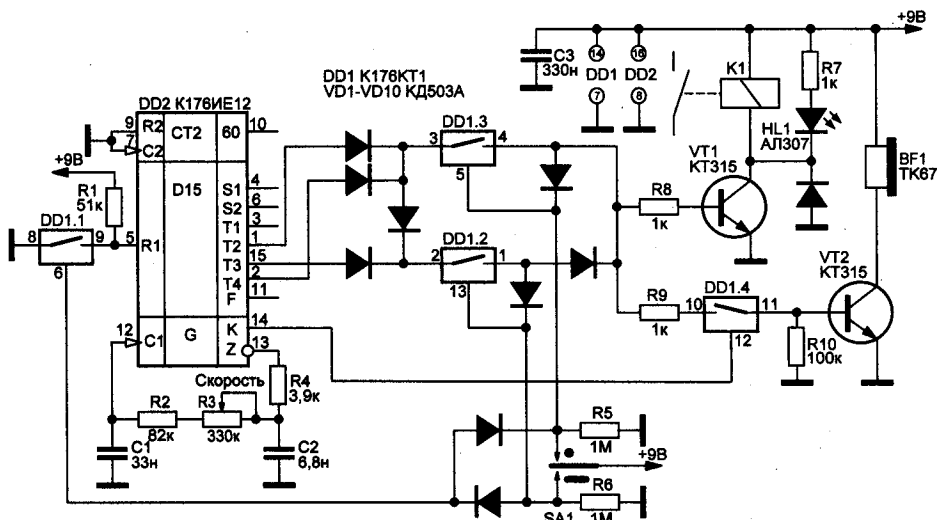


Рис. 5.26. Автоматический электронный телеграфный ключ на двух микросхемах

Особенностью телеграфного ключа, отличающего его от схем других электронных ключей, является то, что при изменении скорости передачи частота (высота) контрольного звукового сигнала автоматически изменяется в пропорциональных пределах. Это позволяет при определенном навыке повысить качество телеграфирования за счет физиологических особенностей слухового аппарата человека.



Примечание.

Для низкочастотных звуковых сигналов разрешающая способность человеческого слуха для различения их по амплитуде минимальна (малая скорость манипуляций). С повышением частоты звуковых сигналов человеческое ухо способно различить по амплитуде значительно большее количество «оттенков», динамический диапазон воспринимаемых звуковых сигналов расширяется.

Схема. Принципиальная схема телеграфного ключа представлена на рис. 5.26.

Отмеченное свойство слухового аппарата человека позволяет при использовании заложенного в конструкцию электронного ключа **принципа звуковой индикации** снизить количество ошибок при телеграфировании на повышенных скоростях.

Принцип действия. Задающий генератор электронного ключа выполнен на внутреннем генераторе микросхемы DD2 K176IE12 с использованием внешних времязадающих элементов: конденсаторов C1, C2 и резисторов R2 и R3. При необходимости расширения диапазона

скоростей телеграфирования номиналы отмеченных элементов могут быть откорректированы в ту или иную сторону.

На выходах Т1–Т4 микросхемы DD2 формируется непрерывная последовательность сдвинутых на угол 90° импульсов. Их суммирование или пропускание четных (нечетных) посылок при помощи ключей DD1.2, DD1.3 позволяет сформировать на выходе ключевых элементов точки и тире с неизменным соотношением длительностей 1:3.

Для формирования точек и тире **полной длительности** (даже при кратковременном замыкании контактной группы SA1) использована самоблокировка электронных ключей на время прохождения точек и тире.

Одновременно управляющий сигнал с контактной группы SA1 поступает на ключ DD1.1, подключенный к цепи управления сбросом счетчиков микросхемы DD2. Сформированные на выходе ключевых элементов DD1.2, DD1.3 сигналы (точки или тире) управляют работой ключа DD1.4, коммутирующего каскад звукового контроля на транзисторе VT2. Одновременно управляющие сигналы поступают на релейную схему (транзистор VT1, реле K1), управляющую приемопередатчиком.



Примечание.

При необходимости звуковой контроль телеграфных посылок может быть осуществлен и обычным способом, например, манипуляцией звукового генератора, включенного параллельно обмотке реле K1.

Для визуального контроля процесса телеграфирования использован светодиод HL1, включенный параллельно обмотке реле K1.

5.20. Телеграфный ключ на микросхемах K176IE12 и K561LE5

Телеграфный ключ [189], рис. 5.27, выполнен на:

- ♦ одной микросхеме K176IE12;
- ♦ двух микросхемах K561LE5.

Особенностью ключа является то, что предусмотрена стрелочная индикация скорости передачи телеграфных сигналов.

Схема. Принципиальная схема телеграфного ключа представлена на рис. 5.27.

Принцип действия. Задающий генератор выполнен на элементах DD1.1, DD1.2 с частичным использованием элементов генератора микросхемы DD2. Контроль скорости передачи (частоты генерации) производится с использованием простейшего аналогового частотомера, выполненного на транзисторе VT1.

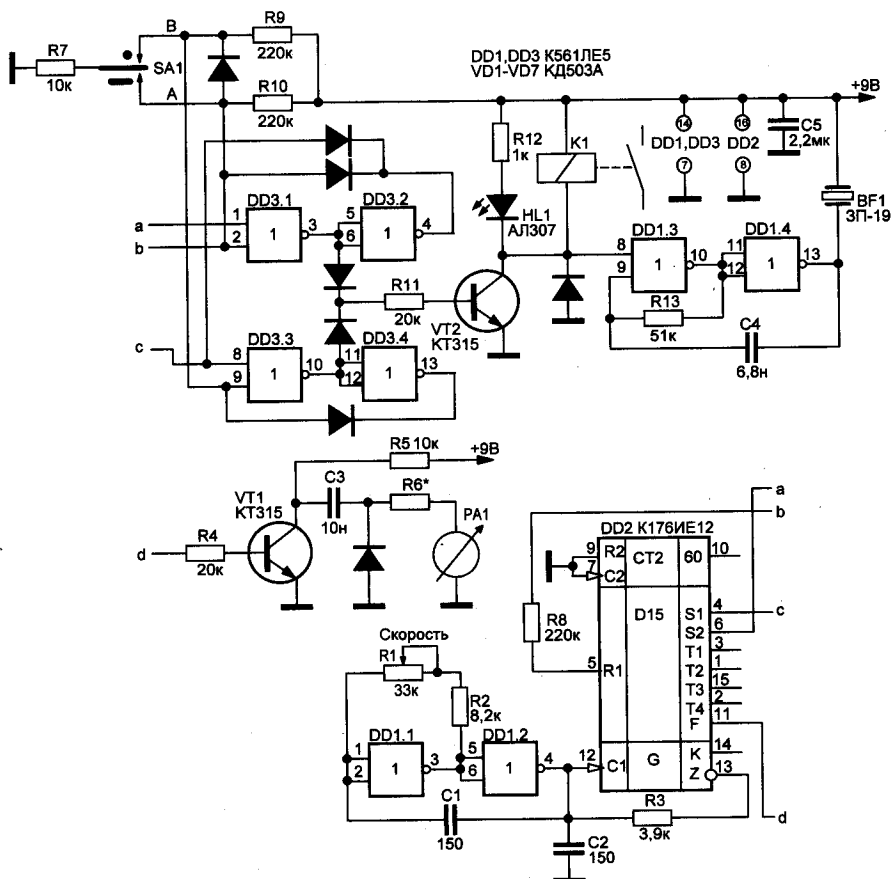


Рис. 5.27. Автоматический электронный телеграфный ключ на трех микросхемах

Индицируемое на шкале индикатора значение скорости манипуляции (знаков в минуту) отображает потенциально возможную и усредненную величину.



Примечание.

При передаче осмысленного или бессмысленного (контрольного) буквенного или цифрового текста (латиница, кириллица, аббревиатуры и т. п.) скорость передачи окажется в каждом конкретном случае своя.

При необходимости на шкале измерительного прибора могут быть нанесены **дополнительные шкалы**, отображающие:

- ♦ скорость передачи цифровой информации;
- ♦ текстов на кириллице или латинице.

В перспективе, за счет некоторого усложнения схемы возможно введение цифровой индикации скорости передачи.

Коммутирующее устройство с самоблокировкой на микросхеме DD3 обеспечивает номинальное значение длительности точки или тире при кратковременном замыкании контактов телеграфного манипулятора SA1.

Для формирования точек и тире с выходов 4 и 6 микросхемы DD2 (выходы 1 Гц и 2 Гц при типовом включении микросхемы) и коммутирующего устройства, коммутирующие сигналы (точки и тире) подаются на базу транзистора VT2.



Примечание.

Транзистор VT2 управляет работой реле K1, световой (светодиод HL1) и звуковой (генератор на элементах DD1.3, DD1.4, пьезокерамический излучатель BF1) индикации.

Приведенные на рис. 5.25 — 5.27 электронные телеграфные ключи позволяют автоматически поддерживать оптимальное соотношение продолжительности точек и тире (1:3) в широком интервале скоростей телеграфирования (50–250 знаков в минуту).

5.21. Телеграфный ключ с оптоэлектронным управлением

Недостатки классических электронных телеграфных ключей. При использовании электронных телеграфных ключей в составе мощных радиопередающих устройств при неблагоприятных условиях (плохая экранировка, неудовлетворительного качества заземление и т. п.) на токопроводящих элементах конструкции могут наводиться высокочастотные сигналы амплитудой до нескольких вольт.



Примечание.

Это сопоставимо с уровнем переключения КМОП-элементов и может приводить к сбоям в работе радиоэлектронной аппаратуры и даже ее выходу из строя.

При использовании обычных электронных ключей с механически замыкаемыми контактами необходимо постоянно следить за качеством контактных групп. Ведь окисление или ненадежный контакт в последних обычно приводит, как минимум, к искажению телеграфного сигнала.

Следующим существенным недостатком традиционных электронных ключей является то, что сам манипулятор должен быть надежно закреплен на рабочем столе оператора. Это достигается:

- ♦ либо существенным повышением массы манипулятора до 1...1,5 кг;
- ♦ либо жесткой фиксацией манипулятора к столу.



Примечание.

При больших скоростях манипуляции (в соревнованиях) незакрепленный ключ приходится удерживать второй рукой; неподвижный ключ – мешает разместить на рабочем столе оператора бумаги, либо не позволяет подключиться второму оператору.

Определенные недостатки имеют **сенсорные ключи**, которые работают за счет:

- ♦ либо изменения электропроводности контактной группы при наложении на них пальца;
- ♦ либо работающие за счет наводок.

Схема. Одновременно решить перечисленные выше проблемы возможно за счет использования **оптоэлектрического метода управления** электронным телеграфным ключом, **рис. 5.28, рис. 5.29 [189].**

Принцип действия. Схема коммутации подключается параллельно или взамен основного механического манипулятора, **рис. 5.28.** В исходном состоянии фотодиоды освещаются светом лампы накаливания EL1, питаемой постоянным током, или излучением светодиодов HL1, HL2, и их сопротивление минимально. Транзисторы заперты и, следовательно, контакты манипулятора разомкнуты.

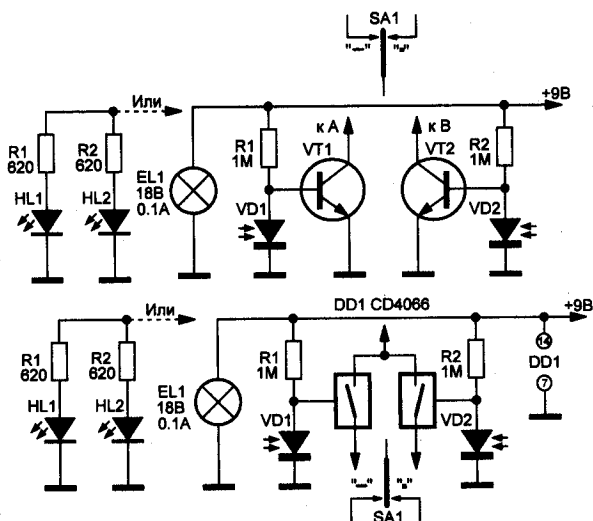


Рис. 5.28. Оптоэлектронное управление автоматическим электронным телеграфным ключом

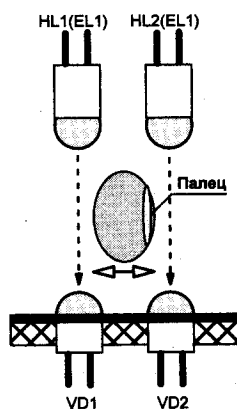


Рис. 5.29. Способ управления автоматическим электронным телеграфным ключом

При перекрытии пальцем светового потока, **рис. 5.29**, сопротивление левого или правого фотодиодов резко возрастает, транзисторы, или их заменяющие КМОП-ключи, **рис. 5.28**, открываются, замыкая цепь управления электронного ключа.

Транзисторы в схеме **рис. 5.28** можно заменить КМОП-триггерами Шмитта для каждого из каналов манипуляции.



Примечание.

В отличие от других манипуляторов электронный ключ управления одним пальцем, само устройство может легко перемещаться на рабочем столе оператора, не мешая его работе.

5.22. Переключатель – индикатор диапазонов

Основные проблемы в создании устройств индикации

В многодиапазонных радиоприемниках, как правило, отсутствует световая индикация выбранного канала приема. Это осложняет пользование устройством в темное время суток. Такую индикацию несложно ввести в приемник, если это позволяют ресурсы элементов питания и имеется минимум свободного пространства для размещения дополнительных деталей.

Основной проблемой в создании устройств такого рода является **надежное разделение высокочастотных цепей**, несущих полезный сигнал малой амплитуды, с сигналами управления постоянного тока. Дополнительно введенные элементы не должны влиять на высокочастотные цепи (шунтировать их) и наоборот, высокочастотные сигналы должны иметь амплитуду, не менее чем на 1–2 порядка меньшую, чем величина управляющих сигналов постоянного тока.

Устройство для световой индикации выбранного канала приема на K561ЛН2

Схема. Один из возможных вариантов подобного индикатора был предложен Б.С. Сергеевым [135] и опубликован в работе [153]. Схема индицирующего устройства показана на **рис. 5.30**.

Принцип действия. В качестве колебательного контура $L1(C1-C3)$ может быть использован входной или гетеродинный контур радиоприемника. Число каналов приема (индикации) не ограничено, но на **рис. 5.30** и далее для упрощения приведен лишь вариант на два канала.

Устройство [209] работает следующим образом. При включении одного из диапазонов, например, верхнего по схеме, напряжение от

источника питания через резистивный делитель $(R5 + R1)/R2$ подается на вход КМОП-инвертора с повышенной нагрузочной способностью, например, К564ЛН2.

При условии $(R5+R1) \ll R2$, можно считать, что на вход логического элемента DD1.1 подано напряжение, соответствующее значению логической единицы.

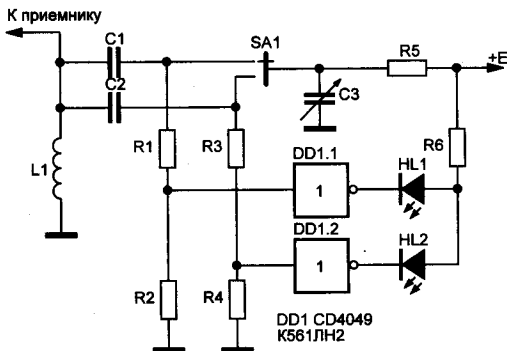


Рис. 5.30. Схема индицирующего устройства Б.С. Сергеева для световой индикации выбранного канала приема



Примечание.

Напомним, что значению логического нуля для КМОП-микросхем можно условно соотнести диапазон напряжений от 0 до $1/3$ напряжения питания, а значению логической единицы — диапазон напряжений от $2/3$ напряжения питания и выше (до 100 %).

При подаче на вход DD1.1 значения логической единицы, на выходе элемента будет уровень логического нуля, ток от источника питания будет протекать через резистор R6 и светодиод HL1.

Если переключатель SA1 перевести в нижнее по схеме положение, вход элемента DD1.1 окажется соединенным через резистор R2 с общей шиной (уровень логического нуля). Светодиод HL1 погаснет. Напряжение логической единицы через резистивный делитель $(R5 + R3)/R4$ поступит на вход элемента DD1.2, включится светодиод HL2.

Недостатком схемы, рис. 5.30, является то, что на вход логического элемента подается управляющее напряжение заведомо ниже рекомендуемого паспортного значения (в реальном устройстве $[153] 0,7U_{пит.}$). А это соответствует нижней границе устойчивого переключения логического элемента.

Для устранения этого недостатка используют иной способ включения элементов резистивного делителя, рис. 5.31.

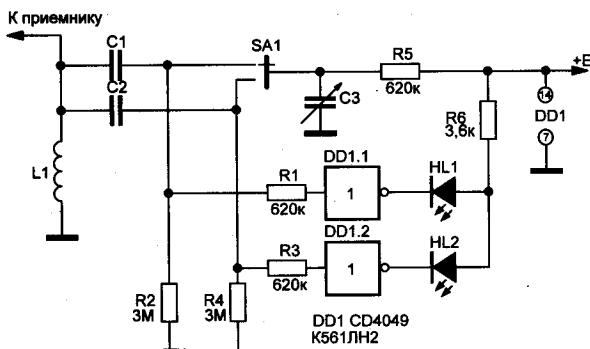


Рис. 5.31. Усовершенствованное индицирующее устройство для световой индикации выбранного канала приема

**Примечание.**

Это позволило повысить уровень управляющего сигнала до значения 83 % от $U_{пит.}$

Индикаторы-переключатели диапазонов на микросхеме K561ЛН2

Рассмотрим **схемные варианты реализации** индикатора-переключателя диапазонов с использованием КМОП-микросхем. Они отличаются тем, что на управляющие входы КМОП-элементов подаются «полноценные» управляющие сигналы, соответствующие 0 или $U_{пит.}$.

СХЕМА №1

Принцип действия. В схеме, рис. 5.32, напряжение питания на КМОП-микросхему K561ЛН2 подается через резистивный делитель R_a/R_b . Причем соотношение элементов должно быть таково:

$$R_5/R_2 = R_5/R_4 = R_a/R_b, (R_2 = R_4) \gg R_a(R_b).$$

Таким образом, величина (уровень) управляющего напряжения будет полностью соответствовать напряжению питания КМОП-микросхемы.

**Примечание.**

Отметим, что при такой схеме напряжение питания КМОП-микросхемы может заметно меняться при изменении режима работы. Для уменьшения изменения величины питающего напряжения параллельно резистору R_b может быть подключен электролитический конденсатор.

Замена. Резистор R_b можно также заменить на стабилитрон, рис. 5.32, напряжение стабилизации которого должно быть равно или чуть ниже значения «логической единицы» на резистивном делителе R_5/R_2 (R_5/R_4).

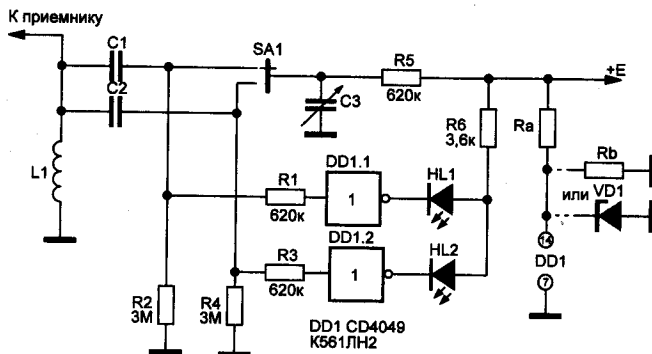


Рис. 5.32. Вариант индикатора-переключателя диапазонов с использованием КМОП-микросхем K561ЛН2

СХЕМА №2

Принцип действия. На рис. 5.33 показан вариант индицирующего устройства с повышенной нагрузочной способностью. Конденсатор переменной емкости C1 может быть подключен к колебательному контуру и иным образом, например, в разрыв цепи точки «а». При показанном на рис. 5.33 положении переключателя SA1 подается:

- ♦ на вход элемента DD1.2 значение логического нуля;
- ♦ на вход элемента DD1.1 значение логической единицы.

На выходах этих элементов будут, соответственно, значения логической единицы и логического нуля: будет светиться светодиод HL2.

Резисторы R1–R4, рис. 5.33, а также рис. 5.35 и рис. 5.36, могут иметь сопротивление порядка 1 МОм. Резисторы R5 и R6, ограничивающие величину базовых токов транзисторов VT1 и VT2, могут иметь номинал 10...20 кОм (с учетом напряжения питания). Резистор R7 ограничивает максимальный ток через светодиоды индикаторов. Его величину можно рассчитать по формуле:

$$R7 \text{ (кОм)} = \frac{E_{\text{пит.}} - U_{\text{HL}} - U_{\text{кэ насыщ.}}}{I_{\text{HL}}}$$

где $E_{\text{пит.}}$ — напряжение питания, В; U_{HL} — падение напряжения на светодиоде, В (для светодиода красного свечения $U_{\text{HL}} = 1,8$ В, для зеленого свечения — 2 В); $U_{\text{кэ насыщ.}}$ — напряжение насыщения транзистора, В (доли В); I_{HL} — ток через светодиод, мА.

Ток, потребляемый устройством, рис. 5.33, не превышает 20 мА.

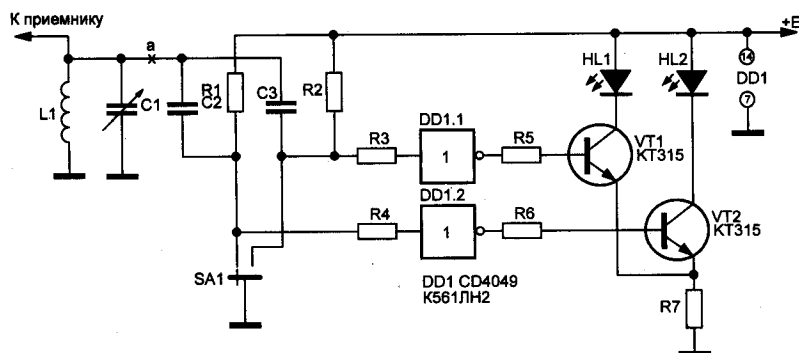


Рис. 5.33. Вариант индикатора — переключателя диапазонов на микросхеме K561ЛН2

СХЕМА №3**Совет.**

Для повышения экономичности индикатора почти на порядок может быть использовано импульсное динамическое питание светодиодов.

Принцип действия. Для реализации динамической индикации может быть использована схема, рис. 5.34. Она включает в себя:

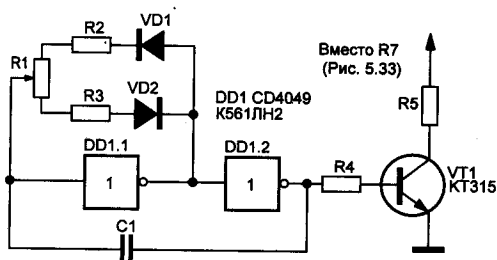


Рис. 5.34. Генератор прямоугольных импульсов с регулируемой скважностью

- ♦ генератор прямоугольных импульсов с регулируемой скважностью;
- ♦ выходной ключевой элемент на транзисторе VT1.

Частота работы генератора определяется произведением RC , скважность (и, одновременно, средний выходной ток) регулируется потенциометром R1. Максимальный ток через

нагрузку (светодиод) определяется величиной резистора R5. При низкой частоте работы генератора можно обеспечить мигающий режим работы светодиодов с регулируемым соотношением времени свечения/паузы.

СХЕМА №4

В порядке сопоставления с предыдущими вариантами на рис. 5.35 показана схема индикации переключения диапазонов с иным способом подключения конденсатора переменной емкости C1 и подключением диапазонных конденсаторов C2 и C3 к шине питания.

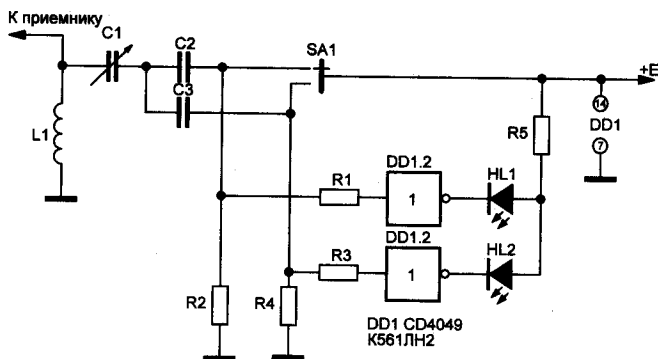


Рис. 5.35. Схемный вариант реализации индикатора-переключателя диапазонов с использованием КМОП-микросхем

СХЕМА №5

На **рис. 5.36** приведена схема индикатора, полностью удовлетворяющая условию управления КМОП-микросхемами в «штатном» режиме с полноценным разделением высокочастотных сигналов и управляющих напряжений постоянного тока.

**Примечание.**

Схема, **рис. 5.36**, отличается от исходной, **рис. 5.30** или **рис. 5.31**, всего лишь заменой резистора R5 на дроссель L2.

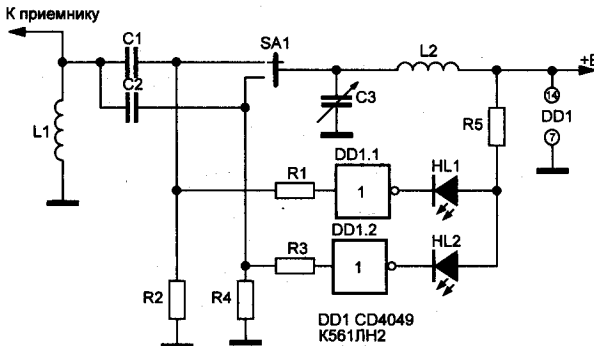


Рис. 5.36. Вариант индикатора – переключателя диапазонов

СХЕМА №6

Принцип действия. Индикаторы переключения диапазонов могут быть выполнены и без применения КМОП-микросхем. На **рис. 5.37** показана схема индикатора, в котором использованы биполярные транзисторы VT1 и VT2. Количество каналов индикации также не ограничено. Номиналы резисторов R1–R4 составляют 200...430 кОм. Резисторы R2 и R4 защищают транзисторы от режима работы с оборванной базой, резисторы R1 и R2 определяют их базовый ток и, следовательно, нуждаются в подборе.

**Совет.**

В этой связи в схеме индикатора более предпочтительно использовать полевые транзисторы.

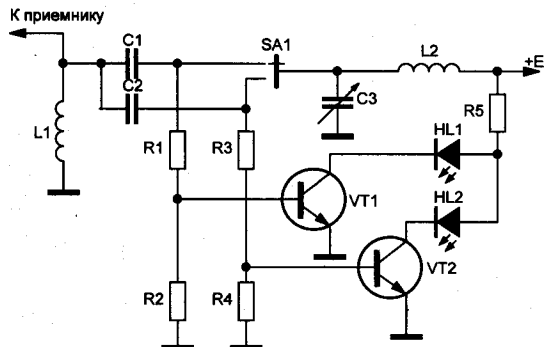


Рис. 5.37. Вариант реализации индикатора-переключателя диапазонов на транзисторах

Номинал токоограничивающего резистора R5:

- ♦ либо вычисляется в соответствии с приведенной ранее формулой;
- ♦ либо подбирается экспериментально по току через светодиоды в пределах от 3 до 20 мА;
- ♦ либо определяется по оптимальной или минимально допустимой из соображений экономичности яркости свечения.

СХЕМЫ №7 и №8

На рис. 5.38 и рис. 5.39 показаны варианты выполнения индикаторов без применения активных элементов (транзисторов или микросхем).

В качестве дросселей индикаторов используют высокочастотные дроссели промышленного или самодельного изготовления.

Электропитание. Рассмотренные выше устройства работают в диапазоне напряжения питания КМОП-микросхем (для микросхем серии К561/К564 — от 5 до 15 В). Для вариантов схем, рис. 5.37 — рис. 5.39, минимальное напряжение питания может составлять 3 В.

Индикаторы переключения диапазонов могут быть использованы также в задающих генераторах передающих устройств.

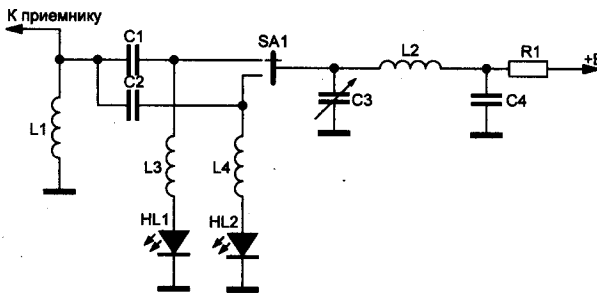


Рис. 5.38. Вариант светодиодного индикатора-переключателя диапазонов без использования активных элементов

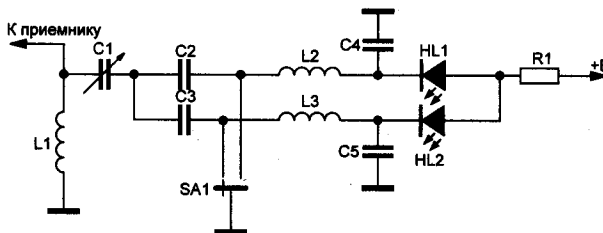


Рис. 5.39. Индикатор — переключатель диапазонов с использованием светодиодов

ЦИФРОВАЯ ТЕХНИКА НА СТРАЖЕ ЗДОРОВЬЯ

6.1. «Антимигренозные» генераторы на микросхеме K561ЛН2

Светотерапия (цветотерапия, хромотерапия и т. д.) применяется для коррекции состояния человека. Для этого успешно используют цветные очки. В них вместо простых стекол стоят цветные: одна половинка стекла, например, синяя, а другая — красная. Подбирая в зависимости от диагноза нужное цветовое сочетание можно под контролем врача:

- ♦ воздействовать на самочувствие человека;
- ♦ корректировать его настроение; лечить неврозы, невротические депрессии, психосоматические расстройства.



Примечание.

Известно, что, если мигать перед глазами лампочкой с частотой, близкой к частоте тета-ритма головного мозга (4...7 Гц) или подавать на кожу головы слабые электрические разряды, можно вызвать состояние медитации (расслабления) и, даже, управлять состоянием человека: укреплять его сон, повышать способность к обучению и т. д.

Обнадеживающие результаты в плане замедления развития болезни Альцгеймера достигнуты путем воздействия импульсами света длительностью 1 мс, длиной волны 473 нм и частотой повторения 40 Гц (гамма-ритмы).

На **рис. 6.1** и **рис. 6.2** приведены простые варианты «антимигренозных» генераторов [188], работающих в диапазоне частот (1...33 Гц), выполненные на КМОП микросхемах.

Генераторы позволяют получить идентичные по форме импульсы света.

Переключатель SA1 обеспечивает выбор синхронного или асинхронного режима световых посылок.

Ток, потребляемый генераторами в режиме получения асинхронных вспышек светодиодов, составляет 7...10 мА.

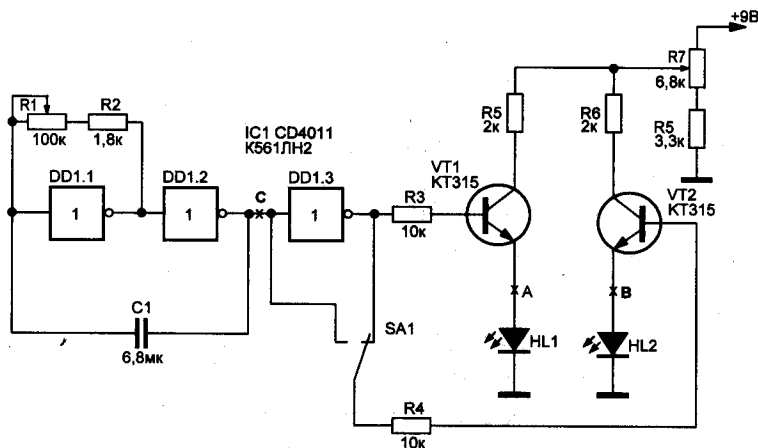


Рис. 6.1. Антимигренозный генератор с задающим генератором на основе КМОП-микросхемы

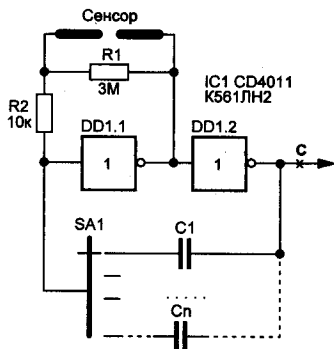


Рис. 6.2. Вариант выполнения задающего генератора на основе КМОП-микросхемы с сенсорным управлением для антимигренозного генератора

Генератор, схема которого приведена на рис. 6.2, позволяет за счет наличия сенсорных площадок, прикладываемых ко лбу пациента и подключенных параллельно высокоомному резистору, определяющему частоту генерации:

- ♦ отслеживать изменение состояния пациента по изменению его электрокожного сопротивления;
- ♦ осуществлять автоподстройку генератора.

6.2. Устройство для импульсной цветотерапии на микросхеме K561LN2

В чем заключается лечебное действие цвета? Выше отмечалось, что лечебное действие цвета используют в медицине для:

- ♦ оптимизации психоэмоционального состояния;
- ♦ снятия утомления и стрессов;
- ♦ укрепления половой функции;
- ♦ в целях профилактики.

Методу цветотерапии подвластны невроты, депрессивные состояния, психосоматические расстройства, некоторые формы диабета и гипертонии. Так, в специальных очках «Филат» (физиотерапия латеральная) используют просто окрашенные стекла. В импульсных электронных очках «Филат» для подбора цветовых сочетаний при терапии используют цветные светодиоды, управляемые с пульта в диапазоне естественных ритмов головного мозга.



Примечание.

Основной проблемой варьирования цветового сочетания является сложность плавного изменения спектрального состава излучения.

В простых электронных устройствах сдвигать максимум спектрального распределения излучения источников света (ламп накаливания) можно двумя способами:

- ♦ либо изменяя силу тока;
- ♦ либо используя светодиоды со светоизлучающими переходами из материалов с различной шириной запрещенной зоны.



Примечание.

Результирующий цвет излучения зависит от соотношения токов через переходы и может изменяться от 560 до 700 нм.

Пример схемной реализации устройств для импульсной цветотерапии приведен на рис. 6.3 — рис. 6.5 [204].

Соотношение силы тока через светодиоды (или результирующий цвет) можно регулировать двоянным потенциометром R5, R9, рис. 6.3. Частота коммутации посылок света в пределах от 0,7 до 50 Гц задается резистором R1.

Режим коммутации (синхронный/асинхронный/случайный) задается переключателем SA1. В устройстве могут быть использованы пары све-

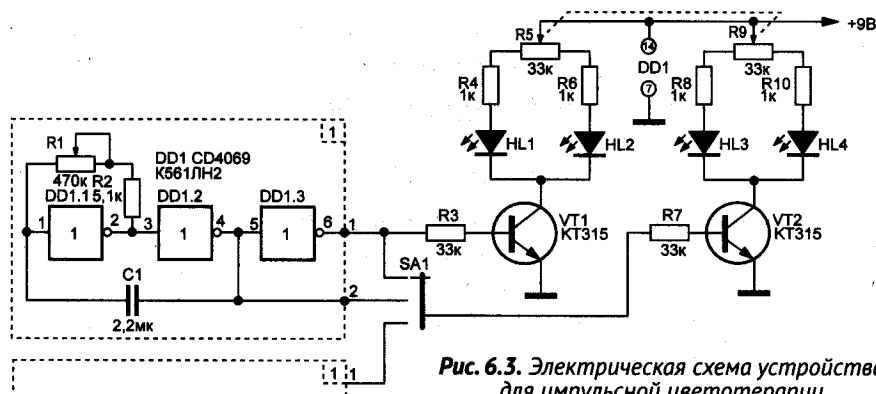


Рис. 6.3. Электрическая схема устройства для импульсной цветотерапии

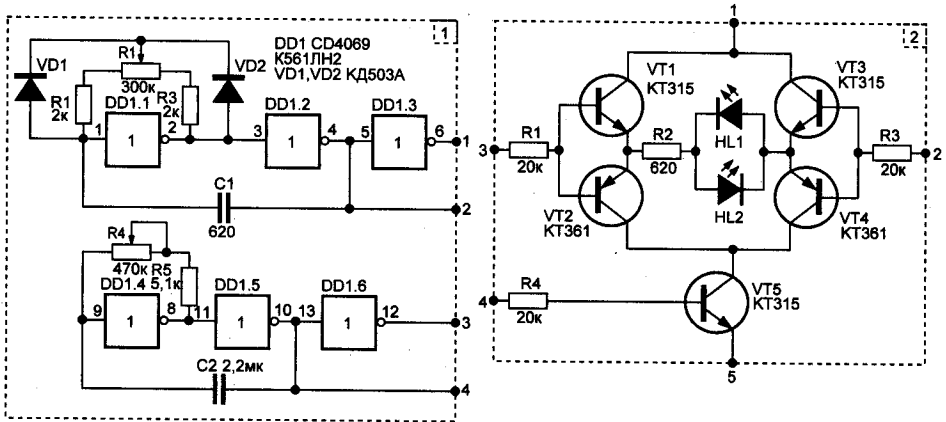


Рис. 6.4. Вариант схемы устройства для импульсной цветотерапии

одиодов красного и зеленого (желтого) цвета. Для упрощения схемы режим получения случайных вспышек может отсутствовать.

Другой способ управления цветовой гаммой, также использующий смешивание в определенных пропорциях основных цветов спектра, заключается в регулировании соотношения длительности импульсов, питающих светодиоды.

Пример выполнения устройства, позволяющего плавно подбирать цвет излучения, частоту и режим его коммутации в соответствии с рекомендациями врача, показан на рис. 6.4. В блоке 1 размещен генератор импульсов (частота генерации сотни ... тысячи Гц) с регулируемой скважностью импульсов; и генератор, работающий в диапазоне биологически активных ритмов (0,7...50 Гц). В перспективе данный генератор может быть заменен на генератор с биологической обратной связью, программно-управляемый блок и т. д.

В блоке 2 находится выходной каскад источников излучения и схема их коммутации.

В качестве выходного каскада для питания источника излучения может быть использован и блок, рис. 6.5, позволяющий получить полную цветовую гамму от синего до красного цвета при использовании трех разноцветных излучателей (красного, зеленого и синего).

R3 (блок 2) — сдвоенный потенциометр. Световые потоки источников излучения от каждого из блоков 2 должны суммироваться на экранах или матовых стеклах, установленных, например, в очках. Для подвода и смешивания световых потоков можно применять гибкие световоды.

Схема соединения блоков устройства и вариант выполнения выходного каскада представлена на рис. 6.5.

В соответствии с рекомендациями врача процедуры длятся 3...7 мин. или (3...20 мин.). Продолжительность и количество сеансов зависят от

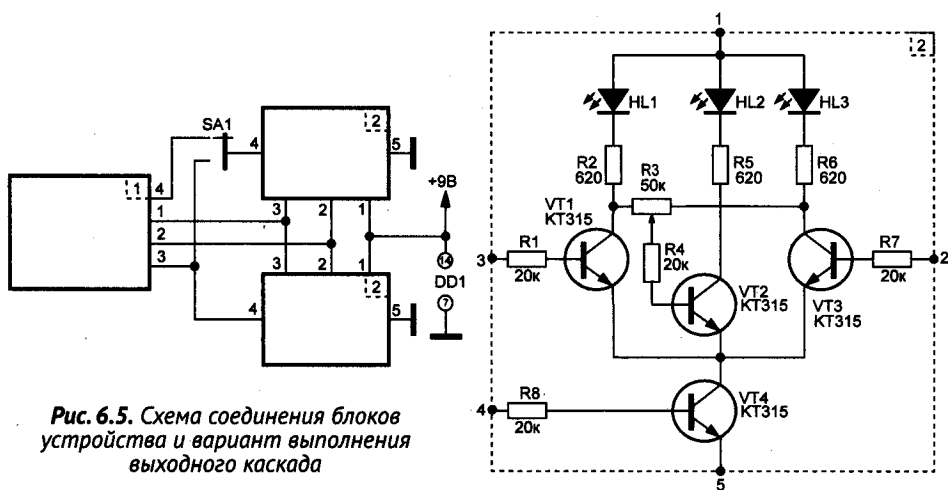


Рис. 6.5. Схема соединения блоков устройства и вариант выполнения выходного каскада

болезни и степени ее тяжести. Лечебный эффект наступает через 3...4 часа, пик — через сутки и держится 3...4 дня.



Примечание.

Устройства для импульсной цветотерапии при их модификации могут быть использованы также в цветомузыкальных и электромузыкальных установках.

6.3. Генератор вспышек света для цветотерапии на микросхеме K561ЛН2

Генератор настроения и здоровья (генератор вспышек света различного спектрального состава) используют для лечебного воздействия — стимуляции сетчатки глаза и воздействия через нее на кору головного мозга.



Примечание.

В соответствии с цветовой теорией художника В.В. Кандинского желтый и синий при их смешении в равных количествах дают зеленый цвет, являющийся наиболее спокойным из всех других цветов.

Зеленый цвет благотворно действует на усталых людей. **Светло-красный** теплый тон сходен со средне-желтым и вызывает ощущение силы, энергии, решительности, устремленности, радости триумфа. **Синий цвет** вызывает состояние печали и покоя.

На рис. 6.6 — рис. 6.8 приведена схема генератора световых импульсов для цветотерапии [193]. Генератор включает в себя:

- ♦ цветосинтезатор, рис. 6.6;
- ♦ блок управления выходными цветодинамическими каскадами, рис. 6.7;
- ♦ выходные каскады, рис. 6.8.



Примечание.

Отличительной особенностью устройства является то, что имеется возможность плавного изменения цвета источника излучения во всем видимом диапазоне.

Цветосинтезатор, рис. 6.6, состоит из двух генераторов с регулируемой скважностью импульсов и схем совпадения. Такая структура позволяет на выходе устройства получать RGB-управляющие сигналы, не совпадающие по времени, причем сумма продолжительностей управляющих сигналов неизменна.

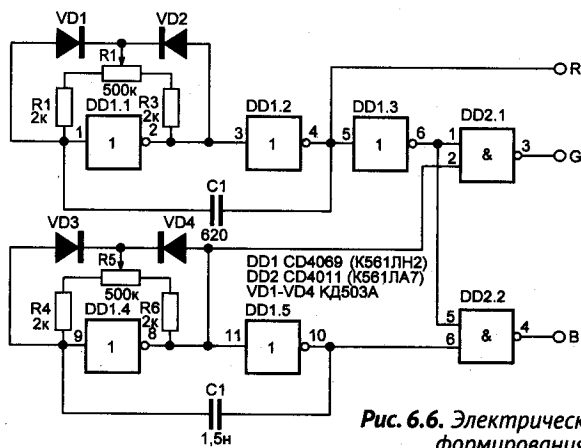


Рис. 6.6. Электрическая схема устройства формирования RGB сигналов

Соотношение длительностей управляющих сигналов можно плавно регулировать потенциометрами R1 и R5. К выходу цветосинтезатора подключены два выходных цветодинамических каскада, нагруженные на разноцветные светодиоды или слаботочные безынерционные лампы накаливания. При смешивании на экранах (стеклах очков) трех основных цветов спектра в определенных (заданных потенциометрами R1 и R5) пропорциях синтезируется практически любой цвет цветовой гаммы.



Примечание.

Следует учитывать, что светодиоды разного цвета излучения имеют разные падения напряжения на них при одинаковом рабочем токе.

Коммутатор (блок управления) свечения источников излучения позволяет плавно изменять частоту коммутации в диапазоне биологически активных частот 0,7...50 Гц потенциометром R4, а также задавать режим посылок световых импульсов (одновременный или поочередный) — переключателем SA1, **рис. 6.7**.

Обозначенные на схеме цвета RGB — условны: в зависимости от спектрально-яркостных характеристик излучателей света они могут быть поменяны местами.

Режим воздействия, цвет, частоту, продолжительность сеанса определяют по рекомендации врача.

Схема выходных цветодинамических каскадов генератора настроения и здоровья представлена на **рис. 6.8**.



Примечание.

Генератор настроения и здоровья можно использовать в качестве цветодинамической (цветомузыкальной) установки.

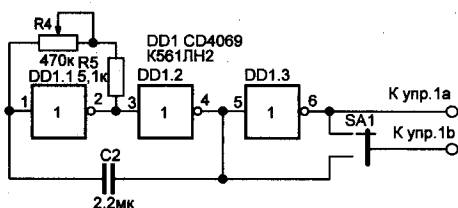


Рис. 6.7. Блок управления свечением источников излучения

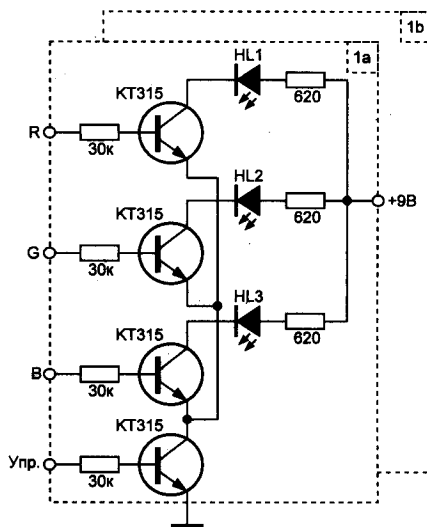


Рис. 6.8. Выходные цветодинамические каскады генератора настроения и здоровья

Для этого требуется подача на управляющий вход выходного цветодинамического каскада аналогового сигнала и использование в качестве диодов VD1–VD4 оптронных пар, управляемых НЧ- и ВЧ-составляющими аналогового сигнала, снимаемого с радиоприемника, плеера или другого источника.

6.4. Генераторы цветовой гаммы на микросхеме К561ЛН2

Простой генератор цветовой гаммы

Ранее уже отмечалось, что плавное переливание цвета создает ощущение комфорта, успокаивающе действует на нервную систему, способствует снятию напряженного состояния. На рис. 6.9 представлена предназначенная для плавного переливания цвета схема генератора цветовой гаммы [195].

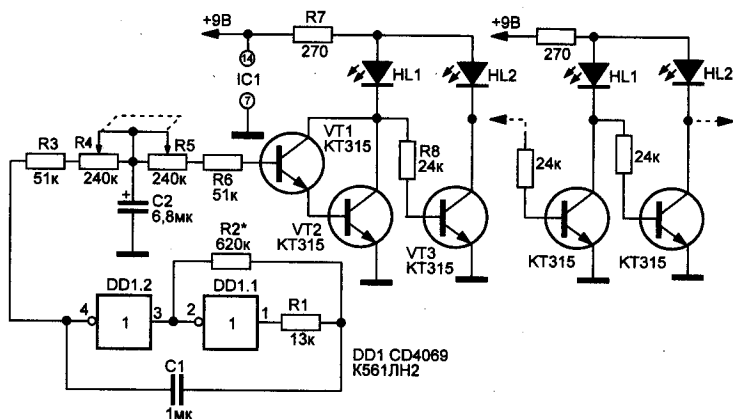


Рис. 6.9. Электрическая схема генератора цветовой гаммы

Принцип действия. При включении генератора происходит периодическое изменение суммарного цвета свечения светоизлучающих диодов. Устройство включает в себя:

- ♦ генератор прямоугольных импульсов (DD1.1, DD1.2);
- ♦ формирователь сигнала треугольной формы с управляемым временем нарастания/спада сигнала;
- ♦ выходные каскады (цепочка транзисторов VT_n и светодиодов HL_1-HL_n).

Прямоугольные импульсы, снимаемые с генератора на элементах DD1.1, DD1.2, поступают на RC-формирователь треугольного сигнала (R3–R6, C2). При наличии уровня логической «1» на выходе генератора конденсатор C2 заряжается через резисторы R3, R4. Параллельно конденсатору C2 подключены резисторы R5 и R6, а также управляющие переходы составного транзистора VT1, VT2.



Примечание.

Суммарное сопротивление сдвоенного потенциометра R4, R5 при повороте его движка остается неизменным. Таким образом, при

повороте движка потенциометров R_4, R_5 изменяется точка подключения конденсатора C_2 в зарядно-разрядной цепи, соответственно, изменяется скорость его заряда/разряда. Впрочем, сдвоенный потенциометр можно просто заменить обычным потенциометром сопротивлением 470 (500) кОм.

В соответствии с зарядно-разрядными процессами изменяется:

- ♦ ток базы составного транзистора VT_1, VT_2 ;
- ♦ яркость свечения светодиода HL_1 .

Поскольку следующий каскад на транзисторе VT_3 управляется напряжением, снимаемым с коллектора составного транзистора, яркость свечения светодиода HL_2 изменяется в «противофазе» со свечением светодиода HL_1 .

Если светодиоды имеют разный цвет свечения, их суммарная цветовая окраска будет плавно изменяться во времени. Количество световых диодов различного цвета свечения может быть увеличено последовательным включением каскадов, рис. 6.9.

Генератор цветовой гаммы с использованием низкочастотного функционального генератора

На рис. 6.10 приведена схема генератора цветовой гаммы с использованием низкочастотного функционального генератора. Генератор выполнен на элементах $DD1.1$ – $DD1.3$ микросхемы $K561ЛН2$. Выходное напряжение генератора треугольной формы через переключатель SA_1 поступает на цепочку усилительно-коммутирующих каскадов VT_1 – VT_n с четным количеством транзисторов. Устройство работает при напряжении питания 4 В (2,5...6 В). Период генерируемых импульсов составляет:

$$T=2,5RC,$$

где $R = R_1 = R_2 = \dots = R_5, C = C_1$.

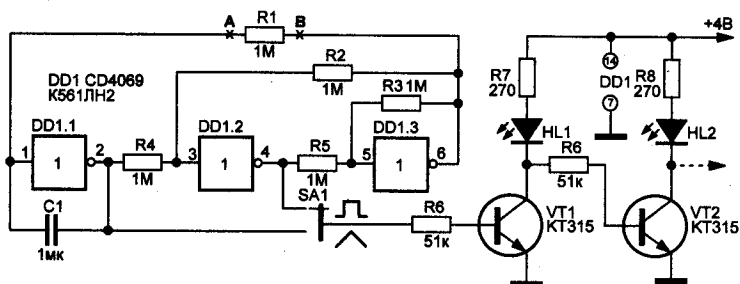


Рис. 6.10. Электрическая схема генератора цветовой гаммы с использованием низкочастотного функционального генератора.

**Примечание.**

В этой формуле время выражается в секундах, сопротивление – в мегаомах, а емкость – в микрофарадах.

Управлять временем нарастания/спада сигнала треугольной формы или соотношением длительности сигнала/паузы для сигнала прямоугольной формы можно при замене резистора R1 регулируемым элементом, рис. 6.11.

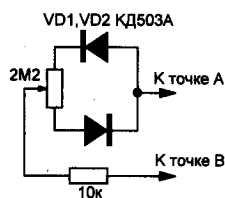


Рис. 6.11.
Модификация схемы функционального генератора

6.5. Генератор псевдослучайных вспышек света на микросхеме 40106

Если подавать на светодиод импульсы с регулярными интервалами, мигание такого светодиода быстро наскучит. Намного интереснее наблюдать мигание светодиода с непредсказуемой частотой.

В схеме [36], рис. 6.12, использованы три генератора импульсов низкой частоты, нагруженных на светодиод. В качестве генераторов использованы логические элементы микросхемы CD40106, имеющей в своем составе шесть триггеров Шмитта. Половина этих триггеров и использована в качестве генераторов, вторая половина задействована в качестве буферных каскадов.

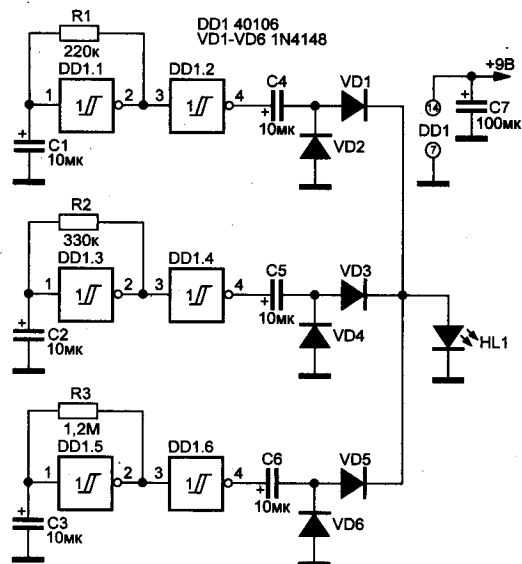


Рис. 6.12. Генератор псевдослучайных вспышек света на микросхеме 40106

Частота следования импульсов каждого из генераторов определяется RC-постоянными цепочек R1C1, R2C2 и R3C3.

К выходам буферных каскадов через электролитические конденсаторы C4–C6 подключены простейшие диодные VD1–VD6 выпрямители. Нагрузкой выпрямителей является светоизлучающий диод HL1.

**Примечание.**

Поскольку частоты генераторов различаются, светодиод будет мигать почти по случайному, точнее, по псевдослучайному закону.

Конечно, поведение схемы не является действительно случайным, поэтому, возможно, было бы лучше называть это «псевдослучайным миганием».

При питании устройства от 9 В средний потребляемый ток составляет приблизительно 0,84 мА. Пиковый ток через светодиод достигает 16 мА. При напряжении питания 12 В происходит увеличение пикового тока через светодиод до 28 мА. Естественно, средний потребляемый ток схемы также возрастает.

6.6. Электроакупунктурный аппарат на микросхеме К564ЛА7

Назначение. Практика обследования здоровья по акупунктурным точкам на теле человека восходит к китайской традиционной медицине и ее пяти тысячелетней истории. Особенно много акупунктурных точек и рефлекторных зон расположено на ладонях, подошвах ног и ушах. С помощью воздействия на эти точки и зоны можно добиться укрепления здоровья и даже излечения некоторых заболеваний.

Исследования ученых показали, что подобная практика массажной терапии путем воздействия на рефлекторные зоны, расположенные на ладонях рук, существовала также и в Древнем Египте.

Рефлекторные зоны, расположенные на ладонях, являются основным узлом, связанным со всеми акупунктурными точками на теле человека, их легко обнаружить и отрегулировать (см. <https://yandirussia.ru/>).



Примечание.

Воздействуя на них в любое время и в любом месте, можно оказать стимулирующий эффект и рефлекторный массаж на внутренние органы.

Электроакупунктурный аппарат, в отличие от простого акупунктурного массажа с использованием рефлекторных зон на ладонях рук, кроме оздоровительного эффекта, обладает также диагностическим эффектом высокой точности, т. к. способен оказывать воздействие на более глубоком уровне, недоступном для массажа.

Принцип действия. Прибор для электроакупунктурного воздействия [67], рис. 6.13, содержит микросхему DD1, светодиодный индикатор HL1 и транзистор VT1, на котором выполнен согласующий (буферный) каскад. Стимулятор снабжен щупами X1 и X2, из которых X1 считается активным — им водят по телу и отыскивают нужную точку, а X2 — пассивным, прикрепляемым, например, к руке.

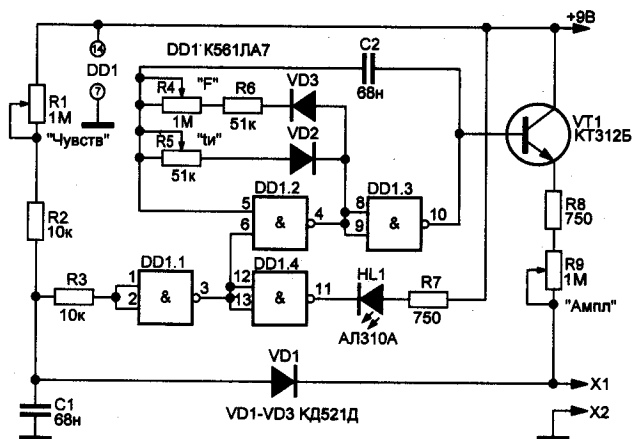


Рис. 6.13. Простой электроakupунктурный аппарат на микросхеме K564LA7

На элементах DD1.1, DD1.4 собран определитель биологически активных точек, а на DD1.2, DD1.3 — генератор стимулирующих импульсов.

При попадании щупа X1 на активную точку сопротивление тела человека в этом месте резко падает, в результате чего на входе элемента DD1.1, а, значит, и на выходе элемента DD1.4 появляется уровень логического нуля.

О найденной точке информирует загоревшийся светодиод HL1.

6.7. Электроakupунктурный стимулятор на микросхемах K561ЛН2 и K561ИЕ10

Назначение. Электроakupунктурный стимулятор [147], рис. 6.14, в зависимости от положения переключателя S1 позволяет производить поиск биологически активных точек на теле человека, а также оказывать воздействие импульсами электрического тока на эти точки с целью нормализации состояния организма.

Принцип действия. Устройство содержит генератор прямоугольных импульсов регулируемой частоты (микросхема DD1), а также счетчик импульсов (микросхема DD2) с буферными каскадами. Для поиска биологически активных точек прибор переключают таким образом, что через тело человека пропускается постоянный ток, ограниченный сопротивлениями резистора R6 и потенциометра R5. Силу тока контролируют микроамперметром PA1.

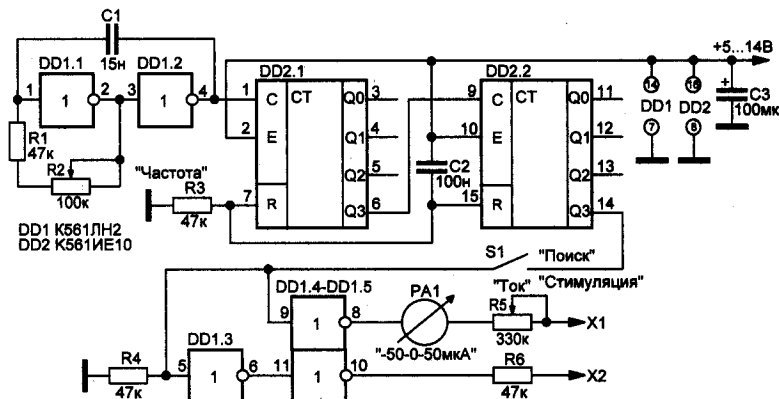


Рис. 6.14. Электроакупунктурный аппарат на микросхемах K561ЛН2 и K561ИЕ10

6.8. Устройство для рефлексотерапии на микросхеме K561ЛЕ5

Назначение. Электронное устройство для рефлексотерапии. Обеспечивает поиск биологически активных точек и воздействие на них. Принципиальная схема представлена на рис. 6.15 [158].

Принцип действия. Узел поиска биологически активных точек включает в себя:

- ♦ генератор импульсов на микросхеме DD1;
- ♦ усилитель на составном транзисторе VT1–VT3.

Поисковый (активный) электрод (А) представляет собой закругленную иглу диаметром 1 мм. Пассивный электрод (П) состоит из отрезка телескопической антенны.

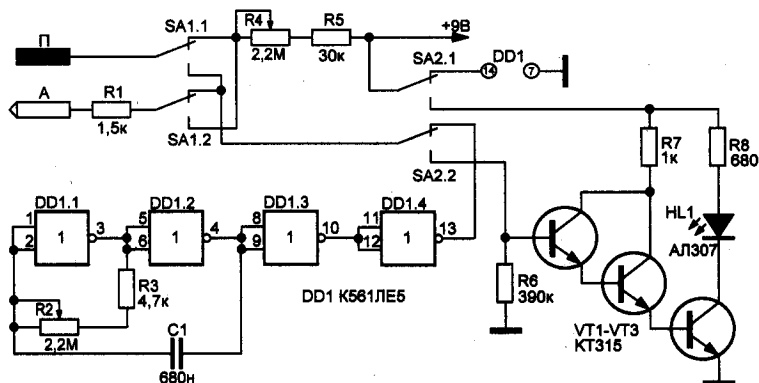


Рис. 6.15. Схема прибора для рефлексотерапии на микросхеме K561ЛЕ5

При поиске биологически активных точек на теле человека этот электрод зажимают в руке. Когда поисковый электрод попадает на биологически активную точку, сопротивление участка кожи резко уменьшается, а устройство реагирует на это включением светодиода.

Полярность напряжения, прикладываемого к биологически активной точке, можно изменять переключателем SA1, а переключатель SA2 переводит устройство из режима поиска биологически активных точек в режим воздействия на них. Частоту и ток воздействия задают потенциометры R2 и R4, соответственно.

Для проверки готовности прибора к работе следует в режиме «Поиск» (SA2) установить максимальный ток воздействия и замкнуть электроды. При этом должен загореться светодиод HL1.

6.9. Электроakupунктурный стимулятор на микросхемах K554CA3 и K561LE5

Как и для чего проводится стимуляция биологически активных точек

Методы стимуляции биологически активных точек широко используют для безмедикаментозной неповреждающей коррекции состояния организма.

Выбор вида стимулирующего фактора:

- ◆ иглоукалывание;
- ◆ возбуждение электрическим током;
- ◆ вибровоздействие;
- ◆ прессинг;
- ◆ прижигание;
- ◆ облучение светом, СВЧ-излучением и т. д. обычно не имеет решающего значения. Ведь при правильном применении метода положительный результат зачастую достигается в любом варианте стимуляции. В этой связи квалифицированный выбор действующего фактора обусловлен индивидуальным характером подхода к пациенту.



Примечание.

Определенные трудности, особенно на ранних этапах применения метода, вызывает процесс правильного определения локализации биологически активных точек на теле.

Обычно для поиска и стимуляции биологически активных точек используют отдельные устройства, не позволяющие отслеживать

динамику функционального состояния электрофизических свойств биологических тканей в процессе воздействия.

Прибор для одновременного поиска и стимуляции биологически активных точек

Назначение. Устройство [210], рис. 6.16, предназначено для одновременного поиска и стимуляции биологически активных точек. Особенностью прибора является его работа в «дуплексном» режиме, который обеспечивается попеременным с частотой порядка 20 кГц переключением устройства с режима поиска на режим стимуляции.

При поиске биологически активных точек один из электродов (пассивный) зажимают в ладони, вторым электродом (поисковым) — сканирующим перемещением по коже выявляют точки, электрическое сопротивление в которых минимально. Эти точки, как правило, совпадают с локализацией биологически активных точек по атласу.



Примечание.

Таким образом, снижение электрического сопротивления участка поверхности кожи ниже некоторого заданного уровня отвечает локализации биологически активных точек.

Принцип действия. В схеме, рис. 6.16, при работе прибора происходят следующие процессы: при сопротивлении биологически активных точек ниже заданного уровня срабатывает компаратор DA1:

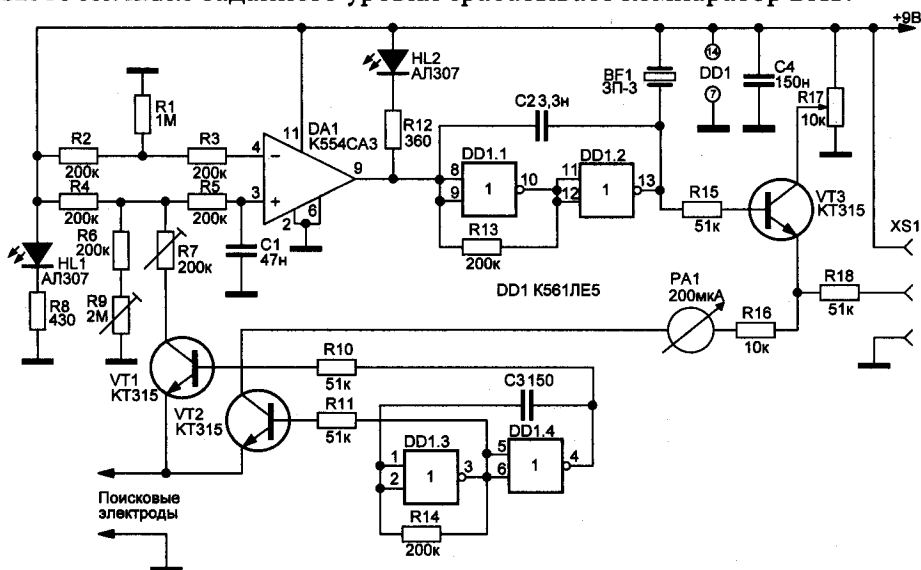


Рис. 6.16. Прибор для одновременного поиска и стимуляции биологически активных точек

- ♦ на его выходе (вывод 9) появляется напряжение низкого уровня;
- ♦ загорается светодиод HL2;
- ♦ включается звуковой генератор, выполненный на элементах DD1.1 и DD1.2.

Сигнал с генератора частотой 1 кГц через транзистор VT3, индикатор тока PA1 и коммутатор тока (VT2) подается на биологически активную точку, стимулируя ее. **Интенсивность действия стимула** (ток воздействия) задается потенциометром R17.



Примечание.

Считается, что биологически активные точки являются оптимальными каналами управления состоянием биологических объектов. Поэтому, по мере действия стимула электрофизические характеристики биологических тканей изменяются в силу ответной реакции организма.

Так как режим поиска автоматически попеременно переключается на режим стимуляции (транзисторный коммутатор VT1, VT2, управляемый генератором импульсов на элементах DD1.3, DD1.4), нет необходимости вручную переключать поисково-стимулирующий прибор.

Светодиод HL1 является **индикатором включения прибора**. В периоды времени, отвечающему режиму «Поиск» и режиму «Стимуляция» ток через биологически активные точки поочередно протекает, соответственно, по цепям:

R4→R7→VT1 («Поиск»)

R17→VT3→R16→PA1→VT2 («Стимуляция»).

Снижают вероятность «привыкания» биологически активных точек к воздействию такие свойства схемы:

- ♦ импульсно-модулированный характер тока (импульсы частотой 20 кГц через первую цепь «Поиск»);
- ♦ пакеты импульсов с частотой 1 кГц и заполнением 20 кГц — вторая цепь («Стимуляция»), с разным соотношением токов.

Направление тока при необходимости можно менять переключением электродов. При выходе сопротивления биологически активных точек из зоны срабатывания компаратора через цепь поиска и стимуляции протекает ток, модулированный частотой 20 кГц. Соотношение токов (амплитуда пульсаций) задается потенциометром R17.

Помимо светозвуковой пороговой индикации биологически активных точек прибор позволяет получать и количественные характеристики изменения сопротивления кожного покрова при сканировании — отсчет показаний производится по шкале прибора PA1.

Блок усиления мощности

Для расширения функциональных возможностей прибора в плане стимуляции биологически активных точек, зон Захарьина-Геда и отдельных участков тела предназначен блок усиления мощности, рис. 6.17. Усилитель выполнен на составном транзисторе VT4, VT6. Нагрузкой усилителя являются коммутируемые активаторы:

- ♦ виброакустический — BF1;
- ♦ магнитный — B1;
- ♦ электромагнитный — L1;
- ♦ цветодинамические квазимонохроматические с переключаемым максимумом длины волны излучения — HLa-HLe (950, 665, 630, 567, 466 нм);
- ♦ полихроматические — EL1 с возможностью плавного изменения цветовой температуры от 300 до 3000 К (максимум спектрального распределения 10...1 мкм, соответственно);
- ♦ точечный тепловой стимулятор — EK1;
- ♦ электрический стимулятор (или выход для электрофореза) с токоограничителями на резисторах Ra и Rb.

Для защиты усилителя мощности от перегрузки и короткого замыкания в цепи нагрузки предусмотрена защита — транзистор VT5 с датчиком тока — R21, включенным в эмиттерную цепь выходного транзистора. При превышении тока в цепи нагрузки сверх критического уровня транзистор VT5 шунтирует входную цепь усилителя, ограничивая тем самым выходной ток.

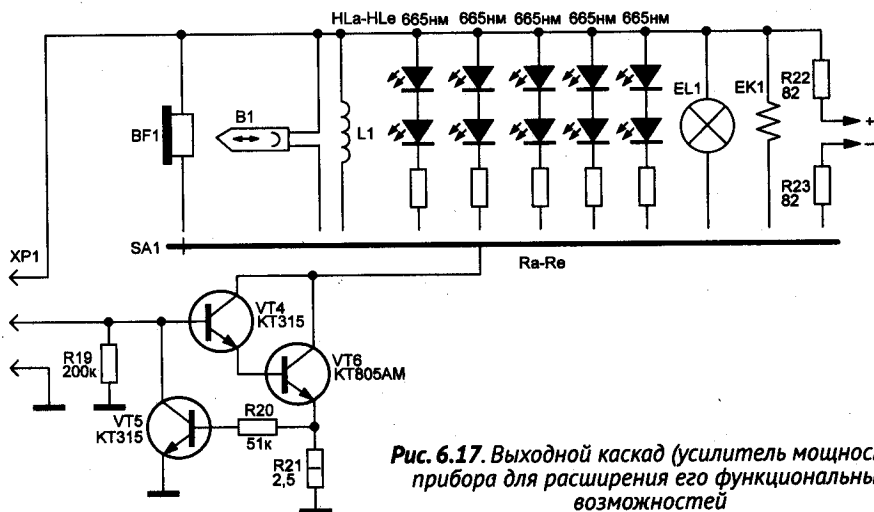


Рис. 6.17. Выходной каскад (усилитель мощности) прибора для расширения его функциональных возможностей

Активаторы, включенные в цепь нагрузки усилителя мощности, объединены в единый **компактный узел**.

Виброакустический активатор — ВF1, в качестве которого использован, например, микротелефон ТМ-2В, либо иной компактный мембранный излучатель звука, может быть использован для контактного «озвучивания» биологически активных точек (вибромикромассаж с частотой 1 кГц).



Примечание.

Как вариант, на мембрану излучателя может быть напаяна тупо-конечная игла со сменным наконечником.

В качестве головки для **точечного омагничивания биологически активных точек** — В1 можно использовать универсальную головку переносного магнитофона. Катушка L1 выполнена проводом ПЭЛ по периметру активаторной головки и содержит 300 витков диаметром 0,15 мм. Диаметр катушки — 50 мм (площадное омагничивание).

Разноцветные светодиоды HLa–HLe и их последовательно-параллельно соединенные группы могут быть распределены для точечного или площадного воздействия внутри катушки L1. **Источником полихроматического света** является миниатюрная лампа накаливания — EL1. В качестве тепловыделяющего элемента ЕК1 для точечного прижигания БАТ использованы ЧИП-резисторы P1-12-0,125, изолированные термо- и гидростойким компаундом, лаком или тонкой диэлектрической пленкой (тефлоном). Нагреватель ЕК1 можно выполнить и из нихромового провода.

Режимы работы усилителя мощности

Работа усилителя мощности осуществляется в **двух режимах**.

Режим. 1. Когда сопротивление биологически активных точек **больше заданного** при поиске предела или стремится к бесконечности (входная цепь разомкнута). На вход усилителя через делитель напряжения, выполненный на потенциометре R17, транзистор VT3 и резистор R18 подается регулируемое смещение, позволяющее изменять уровень выходного сигнала от 0 до 100 % (потенциометр R17).

Режим. 2. При сопротивлении биологически активных точек **ниже заданного уровня**, либо при **короткозамкнутом входе** (как предельный случай), на вход усилителя через цепь индикации (компаратор DA1, генератор импульсов — DD1.1, DD1.2, R15, VT3 и R18) поступают пакеты импульсов 1 кГц с заполнением 20 кГц. Соответственно, воздействие будет осуществляться в импульсно-модулированном режиме. Потенциометр R17 как и в предыдущем случае регулирует выходную мощность.

Вариант выполнения выходного каскада прибора

Вариант выполнения усилителя мощности, позволяющего одновременно задействовать несколько каналов стимуляции (сочетания стимулов) показан на рис. 6.18.

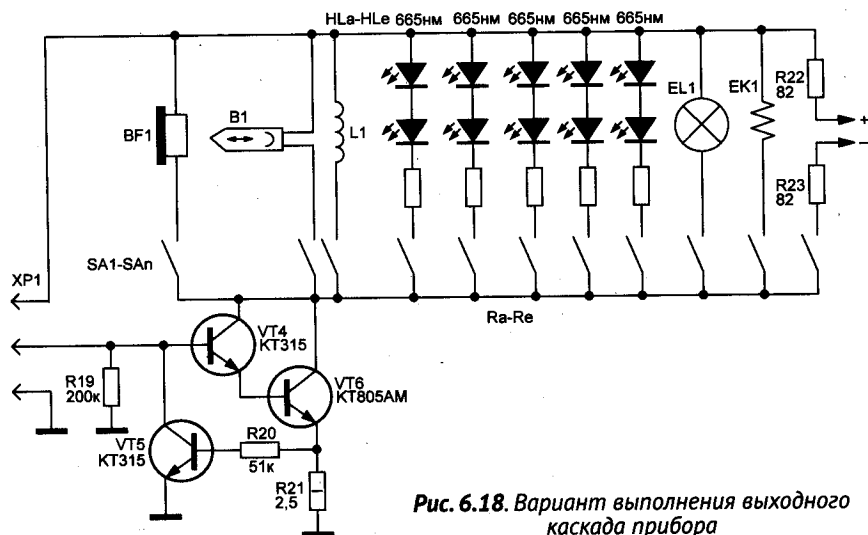


Рис. 6.18. Вариант выполнения выходного каскада прибора

При использовании прибора без выходного каскада, рис. 6.16, активаторы, рис. 6.17, рис. 6.18, могут быть подключены в качестве нагрузки компаратора DA1 (при токе нагрузки не выше 50 мА).

Потребляемый устройством ток, рис. 6.16, составляет 15 мА (без светозвуковой индикации) и 40 мА — с индикацией. Максимальный ток, потребляемый выходным каскадом, рис. 6.17, рис. 6.18, составляет 190 мА (импульсный режим) и 250 мА — при работе на постоянном токе.



Внимание.

Пользование прибором для поиска и стимуляции биологически активных точек допускается под наблюдением и по рекомендации врача.

6.10. Прибор для магнитотерапии на микросхеме К561ЛА7

Назначение. Магнитотерапия эффективна при лечении суставов: полиартрит, артриты, артрозы. Магнитотерапевтический прибор [142], рис. 6.19, вырабатывает импульсы магнитного поля малой мощности.

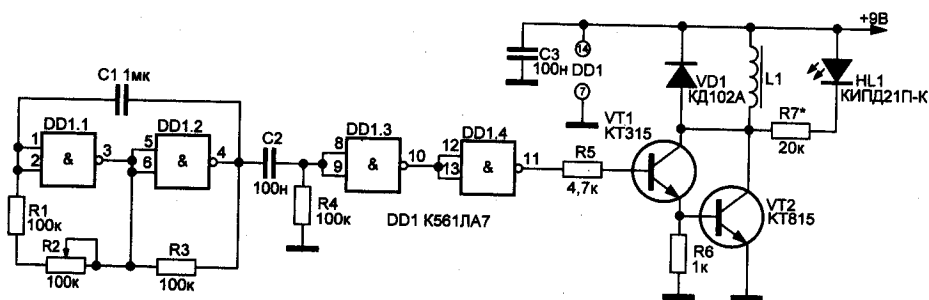


Рис. 6.19. Схема прибора для локальной магнитотерапии

Принцип действия. Устройство состоит из трех блоков:

- ♦ генератора;
- ♦ формирователя коротких импульсов;
- ♦ усилителя тока.

Генератор собран по схеме мультивибратора на элементах DD1.1, DD1.2. **Формирователь** коротких импульсов состоит из дифференцирующей цепочки C2, R4 и элементов DD1.3, DD1.4. **Усилитель тока** собран на транзисторах VT1, VT2, работающих в ключевом режиме. Диод VD1 необходим для защиты транзисторов от пробоя токами самоиндукции.

Электромагнит имеет сопротивление обмотки не менее 20 Ом. Катушка электромагнита наматывается на каркасе с внутренним диаметром 10 мм и наружным 20 мм проводом ПЭВ-2 0,22. Можно использовать деревянную катушку от ниток.

Намотка до заполнения каркаса. Последний слой намотки, вместе с припаянными гибкими проводами длиной около 50 см, обматывается изолейтой. В отверстие катушки вставляется магнитопровод из мягкой стали, например, сталь 3. В качестве сердечника для катушки, взятой от ниток, хорошо ввинчивается болт М10 без головки.



Внимание.

Запрещается пользоваться прибором людям, имеющим электро-механические кардиостимуляторы!

Использование. При работе прибора электромагнит подносят к болезненному суставу магнитопроводом и делают медленные круговые движения. Время воздействия до 30 минут. Частоту генератора устанавливают минимальной, контролируя ее по вспышкам светодиода. Если боль не утихает, частоту генерации медленно увеличивают.

**Примечание.**

Необходимо помнить, что большая частота предназначена для «разбивки» отложений солей, поэтому боль на некоторое время может усилиться.

Прибор можно применять при лечении переломов и заживлении ран, а также при зубных болях.

6.11. Электронный измеритель частоты пульса на микросхеме K561ЛА7

Назначение. Электронный измеритель частоты пульса [81], рис. 6.20, рассчитан на измерение частоты пульса от 30 до 240 импульсов в минуту с погрешностью не более 5 %.

Измеритель пульса питается от батареи типа «КРОНА» и потребляет во время работы ток не более 20 мА.

Принцип действия измерителя пульса основан на регистрации изменения уровня светового потока, проходящего через палец человека. Для получения постоянной интенсивности светового потока последовательно лампе накаливания HL1 включен стабилизатор на транзисторе VT1. Изменение интенсивности светового потока фиксируется фоторезистором R2 и усиливается двухкаскадным усилителем на транзисторах VT2 и VT3.

Элементы DD1.2, DD1.3 — ждущий мультивибратор, который служит формирователем импульсов постоянной длительности. DD1.1 инвертирует импульсы усилителя.

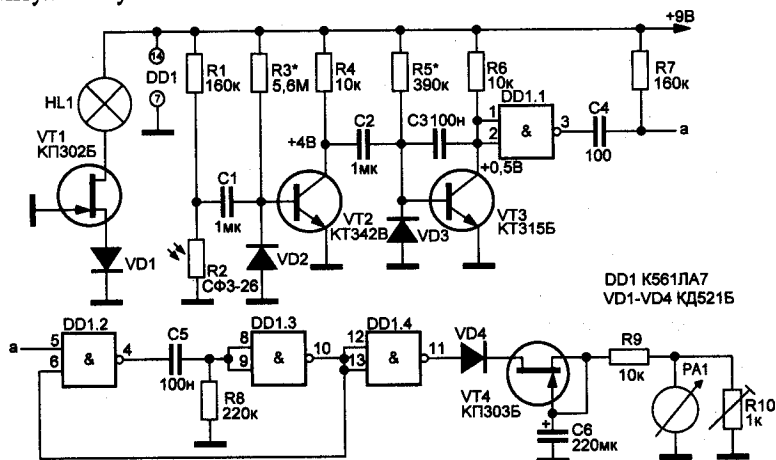


Рис. 6.20. Электронный измеритель частоты пульса на микросхеме K561ЛА7

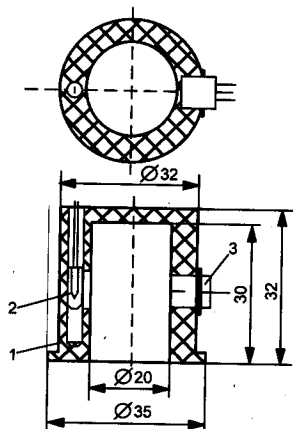


Рис. 6.21. Конструкция датчика пульса

Транзистор VT4 стабилизирует ток импульсов, что необходимо для уменьшения погрешности измерений при пониженном напряжении питания. Конденсатор С6 — интегратор выходных импульсов, который устраняет микроколебания стрелки индикатора. Диоды VD2 и VD3 уменьшают время разрядки конденсаторов С1 и С2. Датчик показан на рис. 6.21.

Внутренняя часть корпуса датчика окрашена в белый цвет. В корпусе (1) из изоляционного светонепроницаемого материала закреплены с помощью эпоксидного компаунда:

- ♦ лампа (2);
- ♦ фоторезистор (3).

В измерителе использованы:

- ♦ миниатюрная лампа накаливания на 6 В, 20 мА;
- ♦ измерительный прибор с током полного отклонения стрелки в 50...100 мкА.

Наладка. Налаживание начинают с установки тока потребления лампы в 15 мА. Это делают подбором VD1 или VT1. При большем токе можно включить два диода.

Далее подбором R3 и R5 устанавливают режимы по постоянному току транзисторов VT2, VT3. Для градуировки прибора (шкалы) с импульсного генератора на выводы 1 и 2 микросхемы DD1 через конденсатор 500...1000 пФ подают импульсы амплитудой 7...9 В, длительностью 0,1...0,5 мс и частотой следования от 0,5 до 4 Гц.

Установив нужную чувствительность прибора, регулировкой потенциометра R10 определяют деления шкалы по формуле

$$n = 60f,$$

где n — деление шкалы; f — частота следования импульсов, Гц.

6.12. Датчик интервалов времени для контроля пульса на микросхемах K564ЛА7 и K564ИЕ10

Назначение. Устройство [109], рис. 6.22, предназначено для индикации интервала времени для подсчета ударов пульса.

Принцип действия. Датчик интервалов времени оснащен световой и звуковой сигнализацией, отмеряющей промежутки времени длительностью в 10 с. Включается устройство при помощи сенсорного датчика, выключается автоматически через 5 минут, что при токе потребления 30 мкА позволяет использовать комплект батарей на протяжении нескольких лет.

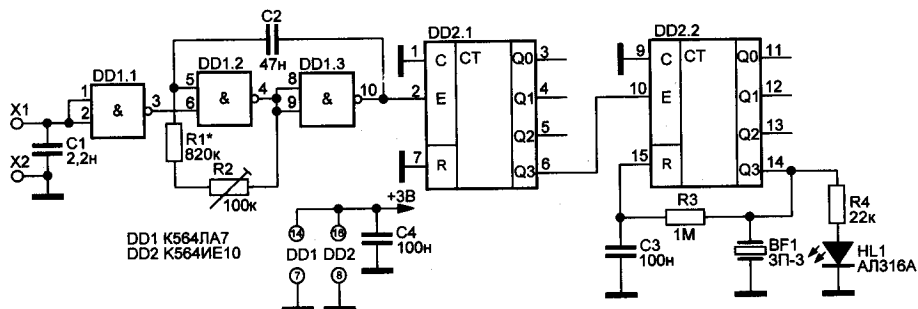


Рис. 6.22. Датчик интервала времени с сенсорным управлением

Основой прибора служит высокочастотный генератор (микросхема DD1) и делитель частоты импульсов на счетчике DD2. Отклонение в точности временного интервала не превышает 10 %.

6.13. Гидроионизатор на двух микросхемах 74АС04

Назначение. Наличием в воздухе легких отрицательно заряженных ионов-анионов объясняются целебные свойства высокогорного воздуха. Гидроионизаторы позволяют генерировать анионы за счет **баллоэффекта** (распыления воды).

Принцип действия. Гидроионизатор [61], рис. 6.23, производит распыление воды при помощи ультразвука. На элементах DD1.1–DD1.3 собран генератор прямоугольных импульсов частотой около 1,8 МГц. Эти импульсы дифференцируются цепочкой C3–R3–R4.

Управляющие импульсы поступают на затвор МОП-транзистора VT1, коммутирующего обмотку трансформатора T1. На вторичной обмотке с помощью индуктивности L1 и емкости пьезоэлемента BQ1 выделяется первая гармоника, которая прикладывается к обкладкам излучающего элемента BQ1. Чтобы магнитопровод трансформатора T1 не входил в насыщение под действием однополярных импульсов, используется размагничивающая обмотка I. Питание микросхем DD1, DD2 осуществляется через интегральный стабилизатор DA1.



Примечание.

Пьезоэлемент, колеблющийся с ультразвуковой частотой, создает в воде волны сжатия и растяжения. Если элемент вогнутой формы с фокусным расстоянием в несколько сантиметров расположить на дне сосуда, то с поверхности воды будет подниматься небольшой фонтан, сопровождающийся туманом – мелкодисперсными каплями воды – носителями отрицательных ионов.

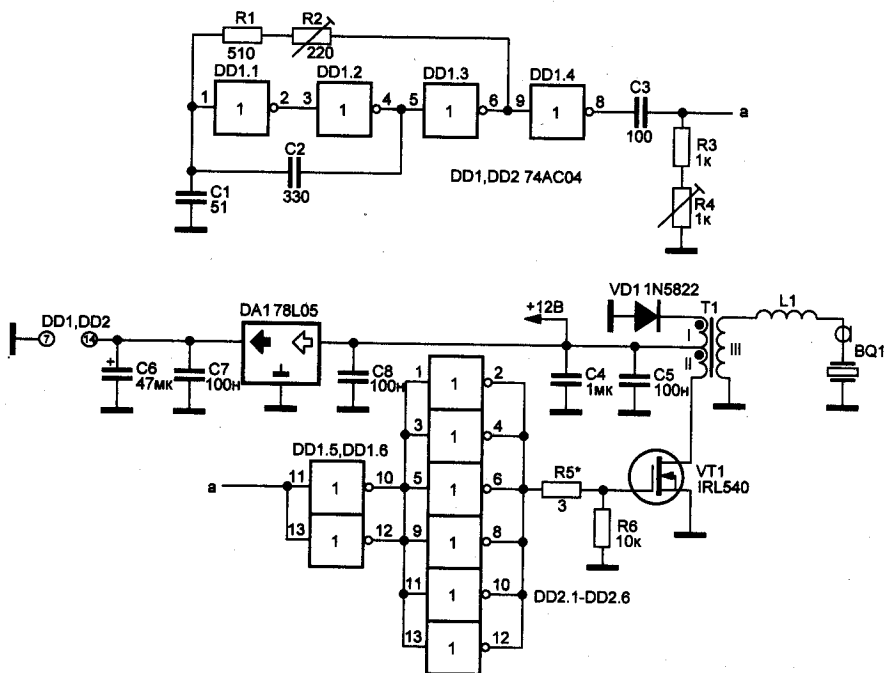


Рис. 6.23. Схема ультразвукового генератора отрицательно заряженных ионов

Настройка схемы заключается в следующем. Не подключая резистор R5 к затвору транзистора VT1, с помощью потенциометра R2 генератор настраивают на частоту параллельного резонанса пьезоэлемента BQ1. С помощью потенциометра R4 на выходе DD2 устанавливают минимальную длительность импульсов.

Пьезоэлемент располагают на дне емкости. Наполнив емкость водой приблизительно на 7 см выше излучателя, с помощью коаксиального кабеля соединяют пьезоэлемент BQ1 со схемой, затем восстанавливают соединение резистора R5 с затвором транзистора VT1 и подают напряжение питания от источника с ограничением по току нагрузки.

Контролируя осциллографом напряжение на стоке транзистора VT1, подбором сопротивления резистора R5 в пределах 1...10 Ом добиваются ограничения амплитуды выброса напряжения (меньше допустимого сток-исток применяемого транзистора).



Примечание.

Амплитуда выброса зависит от качества намотки трансформатора, т. е. его индуктивности рассеяния.

Контролируя напряжение осциллографом в точке соединения L1 и BQ1, путем сжатия-растяжения витков L1 добиваются формы напря-

жения, приближенной к синусоиде, подстраивая потенциометр R2 по минимуму потребляемого тока.

Окончательный этап настройки заключается в достижении максимальной мощности генератора ультразвука и генерировании наибольшего количества отрицательных ионов в виде водяного тумана. Для этого, контролируя напряжение осциллографом на BQ1, увеличивают длительность импульсов с помощью потенциометра R4.

**Внимание.**

Необходимо следить за температурой нагрева транзистора VT1.

Настройку считают окончательной, если достигнуто напряжение 35...45 В и ток потребления не превышает 4 А.

При окончательной настройке, как правило, требуется подстройка потенциометра R2 и индуктивности L1. Основное требование при окончательной настройке — не допустить перегрева транзистора.

Моточные изделия. Трансформатор T1 намотан на трех склеенных вместе кольцах 50ВН размерами K20×10×5. Первичная обмотка состоит из 4×4 витков сложенного втрое провода ПЭВ-2 0,3 мм (обмотки I и II).

Обмотка III состоит из 12 витков провода ПЭВ-2 0,3 мм. Провода слегка скручивают и плотно наматывают на сердечник, скрепляя витки клеем «Момент». **Катушка L1** имеет 5 витков провода ПЭВ-2 0,8 мм, намотанных на оправке диаметром 8 мм с шагом 1 мм.

Пьезоэлемент — из керамики ЦТС на частоту 1,8...2,0 МГц (завод «Аврора», г. Волгоград). Аналогичный излучатель вогнутой формы с фокусным расстоянием 70 мм и 30 мм выпускается в г. Ростове. Можно применить плоский пьезоэлемент из керамики ЦТС или титаната бария, прикрепив к нему фокусирующую линзу из оргстекла.

Коаксиальный кабель, соединяющий генератор с излучателем — 75-омный, длиной не более 2 м.

**Примечание.**

Правильно настроенный гидроионизатор выбрасывает фонтан на высоту около 30 см с характерным шипением, создавая водяной туман.

Чтобы усилить эффект генерации анионов, можно дополнительно использовать высоковольтный генератор (напряжение около 3 кВ, ток нагрузки — доли мА). «Минус» генератора подключается к BQ1, а «плюс» закрепляется на высоте 1,5...2 м от излучателя. Этим создается дополнительное поле, направляющее поток ионов.

В воду можно добавить ароматизаторы. Если подсвечивать фонтан ультраяркими светодиодами красного, зеленого и белого цветов, на каплях воды создаются красивые цветочные блики.



Совет.

В гидроионизаторе крайне желательно использовать мягкую фильтрованную или отстоявшуюся воду с минимальным содержанием растворенных газов и солей (оптимально – дистиллированную), иначе эффект распыления воды будет быстро угасать со временем, поскольку пьезоэлемент зарастет малорастворимыми отложениями солей.

6.14. Устройство для стирки ультразвуком на микросхеме K561ЛА7

Назначение. Внедрение передовых энергосберегающих технологий выдвинуло на передние рубежи прогресса новое устройство бытового назначения – ультразвуковое стирающее устройство.

Стирка ультразвуком происходит за счет периодического формирования в объеме жидкости волн сжатия-разрежения, возникающих в практически несжимаемой среде – воде.

Белье, помещенное в такую жидкость, подвергается интенсивному гидроакустическому воздействию. Гидроакустические волны инициируют появление ультрамикроскопических пузырьков газа, которые способствуют отделению микрочастиц грязи из объема стираемого белья. При образовании и последующем схлопывании (разрушении) пузырьков газа образуется озон, стерилизующий белье.

Преимуществом стирки с использованием ультразвуковых колебаний является то, что белью не деформируется, не истирается и не рвется, можно стирать даже шерстяные изделия и тонкое белье. Помимо стирки и дезинфекции белья можно обрабатывать овощи и фрукты, предназначенные для консервации, обеззараживать воду.

Принцип действия. Устройство [213] состоит из генератора стабилизированного тока, регулируемого в пределах 25...1000 мА (микросхема DA1), двух взаимосвязанных генераторов, работающих на частотах 10 кГц и 1 МГц (микросхема DD1), выходного каскада на транзисторе VT1 и активатора-излучателя, подключаемого к точкам С и D устройства параллельно дросселю (не показан), **рис. 6.24.**

В устройстве ультразвуковой стирки использован источник питания напряжением 15 В.

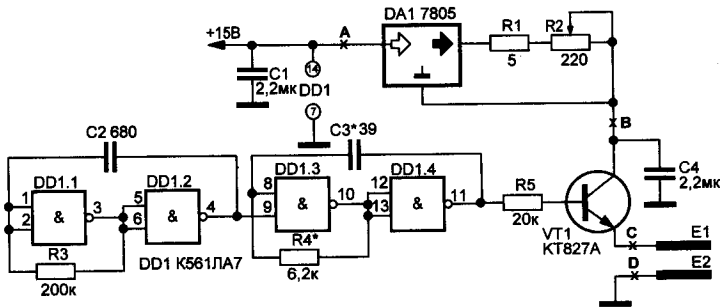


Рис. 6.24. Электрическая схема устройства ультразвуковой стирки

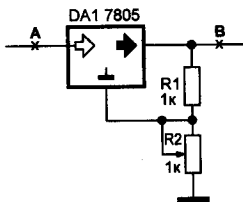


Рис. 6.25. Регулируемый источник питающего напряжения для устройства ультразвуковой стирки

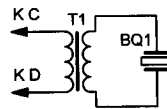


Рис. 6.26. Вариант подключения активатора стирки

На рис. 6.25 показан вариант реализации регулируемого источника питания постоянного напряжения (от 5 до 13 В), а на рис. 6.26 приведен вариант подключения активатора стирки.

Генератор пакетов импульсов выполнен на микросхеме DD1. Для настройки частоты генератора на резонансную частоту ультразвукового излучателя-активатора следует откорректировать номиналы RC-элементов высокочастотной части генератора (R4, C3). Микросхема DA1 и транзистор VT1 установлены на теплоотводящих пластинах.

Особенности стирки с применением устройства ультразвуковой стирки:

- ♦ в стирающий раствор засыпают столько же стирающего порошка, как и при ручной стирке;
- ♦ температура воды должна быть порядка 65 °С;
- ♦ белью должно свободно плавать в растворе, изредка его следует помешивать деревянными щипцами.



Совет.

Сильно загрязненные участки белья рекомендуется дополнительно намылить.

Процесс стирки длится 30...40 минут или более (в зависимости от мощности и КПД ультразвукового активатора). Полоскать белье можно

также с использованием устройства ультразвуковой стирки. Следует отметить, что опыт оптимального использования устройства появляется после нескольких стирок.



Внимание.

При работе устройства не рекомендуется опускать руки в стиральный раствор.

6.15. Устройства для получения «серебряной воды» на микросхеме K561ЛЕ5

Насыщение воды ионами серебра

Назначение. Устройство для получения «серебряной воды» предназначено для насыщения воды коллоидным серебром. Процесс осуществляется путем электрохимического растворения серебра в водной среде с целью как консервации (обеспечения длительного хранения), так и обеззараживания питьевой воды.

Особенности устройства. Устройство [199], рис. 6.27, отличается автоматической периодической сменой полярности напряжения, приложенного к электродам. Одновременно в схеме работает таймер, автоматически отключающий устройство через заданное время. Для удобства пользования задают не временной интервал, а объем активируемой жидкости. В частности, переключателем SA1 может быть задан объем активируемой жидкости от 0,5 до 10 л.

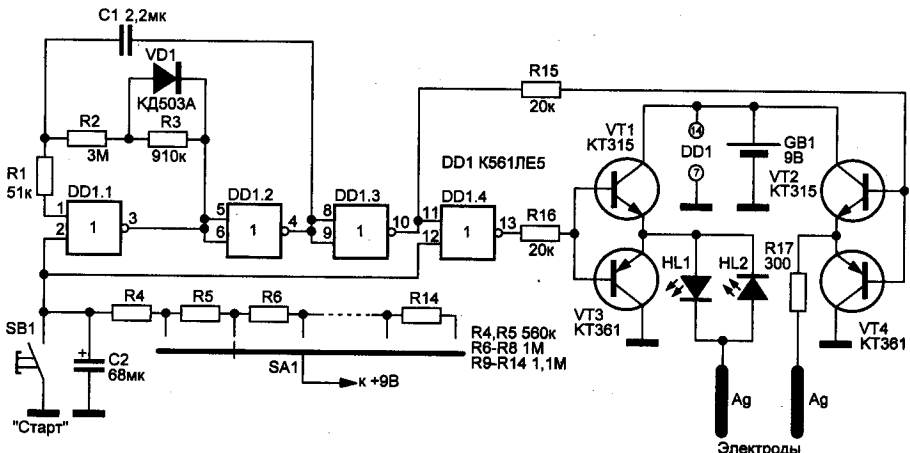


Рис. 6.27. Активатор воды на микросхеме K561ЛЕ5

**Примечание.**

Каждый литр соответствует экспозиции в 1 мин. Таким образом, время активации составляет, соответственно, от 0,5 до 10 мин.

Состав устройства:

- ♦ генератор импульсов (микросхема K561ЛЕ5);
- ♦ таймер;
- ♦ усилитель мощности на транзисторах VT1–VT4.

Генератор вырабатывает прямоугольные импульсы, длительность которых задается RC-элементами (C1, R2, R3). При нажатии кнопки SB1 «ПУСК» времязадающий конденсатор C2, заряженный изначально от источника питания через цепочку резисторов R4–R14, разряжается.

На входах логических элементов DD1.1, DD1.4 устанавливается значение логического нуля. Схема начинает генерировать прямоугольные импульсы, поступающие на усилитель мощности. Серебряные электроды подключены к выходу усилителя мощности.

Индикация. Для индикации протекания тока через нагрузку и индикации полярности на электродах использованы светодиоды HL1, HL2.

Максимальный выходной ток устройства (3 мА) ограничен резистором R17. Этому значению тока и соответствует достижение оптимальной концентрации коллоидного серебра в 1 л воды за 1 мин.

**Примечание.**

Если конструкция электродов (площадь, межэлектродное расстояние или иные причины) не позволяет достичь указанного значения тока, величина сопротивления резистора R17 может быть соответственно откорректирована, либо необходимо будет произвести перерасчет дозировки, например, 6 мА – 2 л/мин; 1,5 мА – 0,5 л/мин.

Принцип действия. По мере заряда конденсатора C2 напряжение на нем достигает такого значения, когда на входах элементов DD1.1, DD1.4 устанавливается значение логической единицы:

- ♦ генератор и усилитель мощности отключаются;
- ♦ ток через нагрузку не протекает.

Интервал времени задается ступенчато переключателем SA1, который коммутирует цепочку резисторов R4–R14. Выключатель питания в схеме может отсутствовать, поскольку ток, потребляемый устройством в пассивном режиме, составляет единицы микроампер.

**Примечание.**

Поскольку устройство достаточно экономично: максимальный ток потребления – до 3...4 мА, для питания может быть использована батарея «Крона», ресурсов которой хватит для активации двух кубометров воды. Расход серебра составит 0,5 г при стоимости около 8 центов США.

К недостаткам схемы следует отнести изменение скажности генерируемых импульсов в процессе зарядки конденсатора $C2$. А это сказывается на неравномерности износа электродных пластин. Частично откорректировать эту погрешность удалось за счет введения цепочки $R3, VD1$, задающей начальную асимметрию импульсов.

Автоматизированные устройства для получения «серебряной воды»

Автоматизировать процесс введения ультрадисперсных частиц серебра в активируемую среду стало возможным за счет использования современной элементной базы. Ниже приведены схемы автоматизированных устройств различной производительности для получения «серебряной воды», рис. 6.28.

Состав схемы:

- ♦ источник пульсирующего тока;
- ♦ регулятор тока;
- ♦ ограничитель и индикатор тока;
- ♦ таймер автоматического отключения.

СХЕМА №1

На рис. 6.28, а представлен базовый вариант схемы, собранный на микросхеме K176ИЕ18 [200]. Задающий генератор выполнен с использованием внутренних элементов генератора микросхемы и внешнего транзистора VT1. Он позволяет при варьировании RC-постоянной времязадающей цепи ($R1 + R2$) — ($C1 - C3$) задавать при помощи переключателя SA1 временные интервалы активации от 0,1 до 400 мин.

Индикатор HL5 предназначен для одновременной индикации включения устройства и работы задающего генератора.

Выходные сигналы, после деления частоты исходного сигнала встроенными в микросхему делителями частоты, через индикаторные светодиоды HL1–HL4 со сдвигом 90° и временной паузой между импульсами, подаются через ограничитель и индикатор тока нагрузки на серебряные электроды, расположенные вокруг центрального электрода (катода).

Включение. Устройство включают нажатием кнопки SB1 «ПУСК». Через заданный интервал времени произойдет автоматическое отключение устройства, что позволяет задавать оптимальную для активации заданного объема жидкости концентрацию коллоидного серебра.

Регулировка. Потенциометром R1a ток нагрузки может регулироваться до максимального для данного варианта схемы значения — 12 мА, что соответствует производительности 4 литра воды в минуту (концентрация коллоидного серебра — 0,25 мг/л).

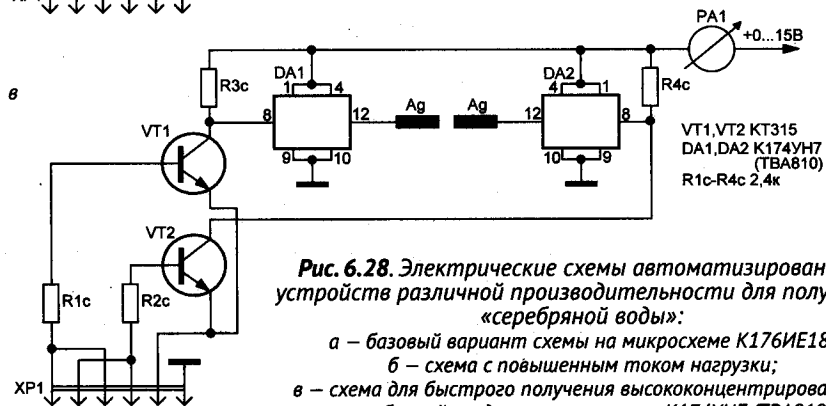
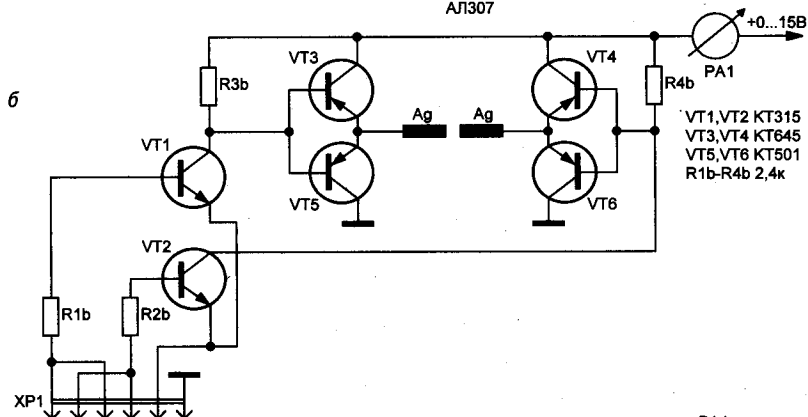
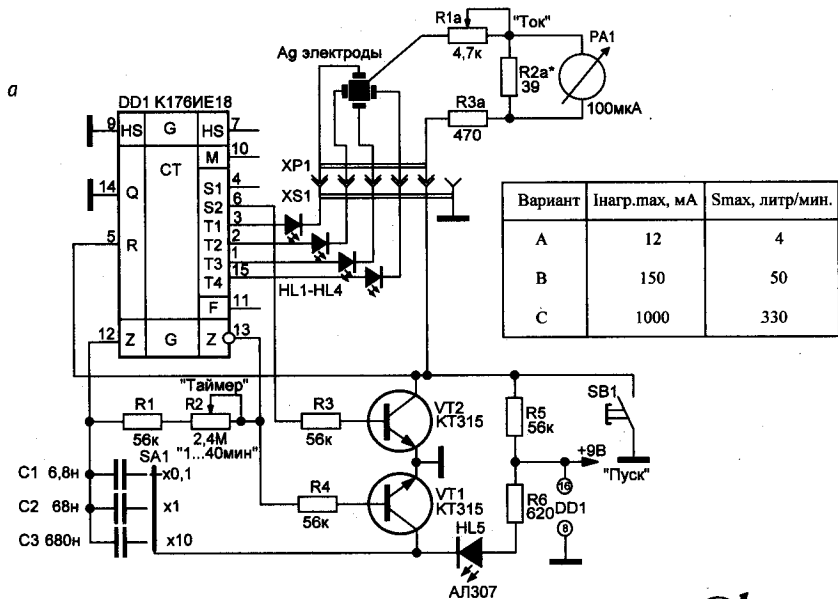


Рис. 6.28. Электрические схемы автоматизированных устройств различной производительности для получения «серебряной воды»:
 а – базовый вариант схемы на микросхеме K176IE18;
 б – схема с повышенным током нагрузки;
 в – схема для быстрого получения высококонцентрированной «серебряной» воды на микросхемах K174УН7 (ТВА810)

СХЕМА №2

Второй вариант схемы, рис. 6.28, б, позволяет повысить ток нагрузки без применения теплоотвода на транзисторах до 150 мА (50 л/мин.). Напряжение на выходе устройства периодически меняет полярность.

**Примечание.**

При использовании составных мощных транзисторов с дополнительным теплоотводом ток нагрузки может быть значительно увеличен.

СХЕМА №3

В третьем варианте схемы, рис. 6.28, в, для быстрого получения высококонцентрированной «серебряной» воды использованы микросхемы К174УН7 (ТВА810), установленные на теплоотводящих алюминиевых или медных пластинах. Максимальный ток нагрузки — 1 А (330 л/мин.), что позволяет обрабатывать даже проточную воду.

**Примечание.**

Величина тока нагрузки во втором и третьем вариантах схемы регулируется внешним регулируемым источником питания (0...15 В), имеющего ограничитель тока короткого замыкания (0,15 и 1 А, соответственно).

Концентрация коллоидного серебра в воде, получаемая при использовании вышеописанных устройств — 0,25 мг/л.

6.16. Универсальное устройство для активации воды

Устройство для активации воды на микросхеме К176ИЕ18

Принцип действия. Устройство для активации воды [214], рис. 6.29, содержит генератор импульсов, делитель частоты, формирователь импульсов, выполненные на микросхеме DD1 (К176ИЕ18), транзисторе VT1 и диодах VD1–VD4. Усилитель мощности собран на микросхемах DA1, DA2 — К174УН7, установленных на теплоотводах.

Для задания времени активации (1...60 мин.) использован таймер, запуск которого осуществляется нажатием кнопки SB1. Для продолжительного включения устройства без ограничения во времени параллельно кнопке может быть установлен тумблер, а задание временного интервала производится от внешнего таймера, например, фототаймера, либо вручную.

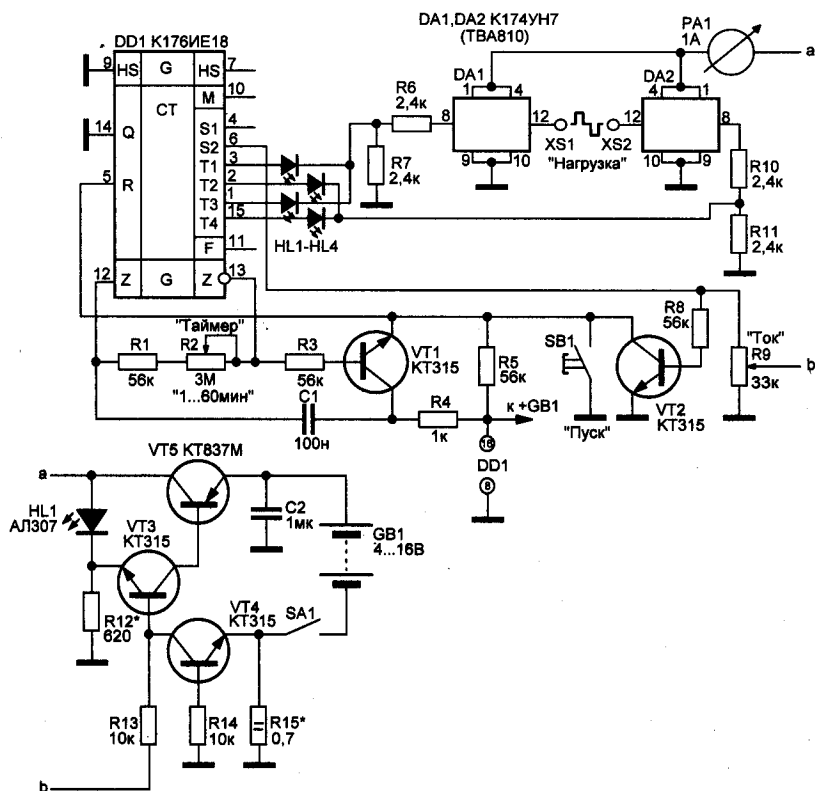


Рис. 6.29. Электрическая схема установки для активации воды ионами серебра

Регулирование тока в нагрузке производится изменением выходного напряжения регулирующего устройства, выполненного на транзисторах VT3–VT5. Регулятор тока соединен с выключателем устройства. Регулирующее устройство позволяет изменять напряжение питания выходного каскада в пределах от 0 до 15 В.

Транзистор VT5 установлен на теплоотводе.



Примечание.

Устройство не боится коротких замыканий по питанию: максимально протекающий при этом ток ограничен значением 1 А (устанавливается подбором сопротивления R15). Превышение падения напряжения на этом сопротивлении свыше 0,65...0,7 В приводит к шунтированию управляющей цепи регулирующего устройства.



Внимание.

При работе на индуктивную нагрузку между выводами 12 микросхем DA1, DA2 необходимо включить ограничитель напряжения, выполненный в виде встречно-последовательно включенных стабилитронов.

Питание устройства производится от нестабилизированного источника постоянного тока с нерегулируемым выходным напряжением 4...16 В, рассчитанным на ток нагрузки свыше 1 А. Ток покоя при изменении питающего напряжения с 4 до 16 В не превышает нескольких мА. Светодиодный индикатор HL1 индицирует включение установки. Амперметр PA1 контролирует выходной ток установки.

Вариант подключения нагрузки

На рис. 6.30 показан вариант подключения нагрузки (рабочей ячейки) через разделительный трансформатор. При использовании повышающего напряжение трансформатора (до 200...300 В) и использовании ячейки типа приведенной на рис. 6.31, возможно получение «катодитной» и «анодитной» воды, более известной в быту под наименованием «живая» и «мертвая» вода. Более подробно описание этого способа активации приведено в работе [214].

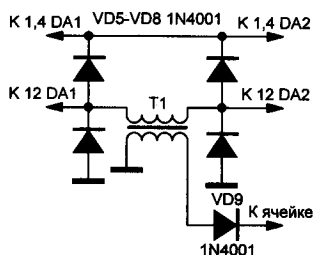


Рис. 6.30. Вариант подключения нагрузки

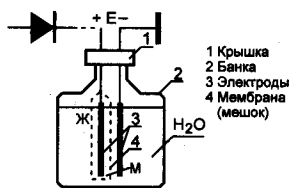


Рис. 6.31. Ячейка для активации воды



Примечание.

Описываемое устройство для получения «катодитной» и «анодитной» воды выгодно отличается от традиционных более высокой степенью безопасности, поскольку ранее такую воду получали при питании ячейки непосредственно от сети переменного тока 230 В.

БЫТОВАЯ ТЕХНИКА

7.1. Повышающий регулятор мощности для паяльника на микросхеме K176ЛА7 (K561ЛА7)

Назначение. При пониженном напряжении сети или при пайке (выпайке) массивных деталей требуется постоянно или на время пайки увеличить мощность паяльника.

Проще всего для этого можно использовать лабораторный автотрансформатор. Более сложный способ — использовать для питания паяльника выпрямленное сетевое напряжение: при напряжении в сети 230 В выпрямленное постоянное напряжение после сглаживания электролитическим конденсатором будет 325 В.

Схема. Вариант схемы регулятора мощности [136] показан на рис. 7.1. Устройство содержит:

- ♦ выпрямитель;
- ♦ схему управления;
- ♦ регулирующий элемент — полевой транзистор IRF840 или IRF740.

Выпрямитель выполнен на диодном мосте VD1 и электролитическом конденсаторе C1. В качестве элементов диодного моста можно использовать диоды на напряжение свыше 400 В и ток свыше 1 А.

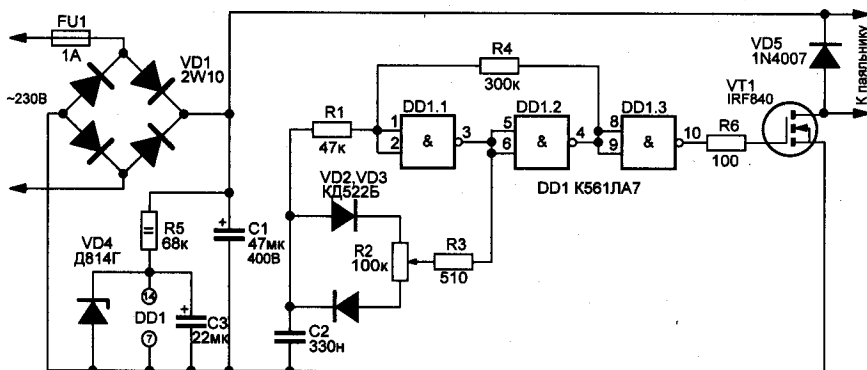


Рис. 7.1. Электрическая принципиальная схема повышающего регулятора мощности для паяльника

Схема управления выполнена на генераторе импульсов (микросхема DD1 К176ЛА7 или К561ЛА7) с регулированием ширины выходных импульсов потенциометром R2.



Примечание.

Выходной каскад регулятора на полевом транзисторе работает в ключевом режиме, поэтому может работать без теплоотвода.

7.2. Преобразователь напряжения +U в -U на микросхеме CD4049

Назначение. Преобразователь напряжения [3], рис. 7.2, предназначен для получения напряжения отрицательной полярности при питании устройства от источника положительной полярности.

Принцип действия. Преобразователь напряжения содержит генератор прямоугольных импульсов, работающий на частоте 15 кГц, выполненный на микросхеме CD4049. Для повышения выходной мощности преобразователя 5 элементов выходного каскада включены параллельно.

К выходу генератора импульсов через разделительный конденсатор C2 подключен выпрямитель на диодах VD1, VD2, обеспечивающий выходное напряжение отрицательной полярности. Конденсатор C3 снижает пульсации выпрямленного напряжения.

Выходное напряжение преобразователя отличается от напряжения питания не менее, чем на 1,2 В, которые теряются на диодах выпрямителя. Так, например, при напряжении питания преобразователя +5 В выходное напряжение будет равно -3,8 В.

Ток нагрузки преобразователя невелик — не более нескольких миллиампер, причем с увеличением тока нагрузки выходное напряжение устройства падает.



Совет.

Для повышения выходной мощности преобразователя рекомендуется использовать транзисторный выходной каскад, а для уменьшения потерь напряжения на диодах выпрямителя использовать германиевые диоды или диоды Шоттки.

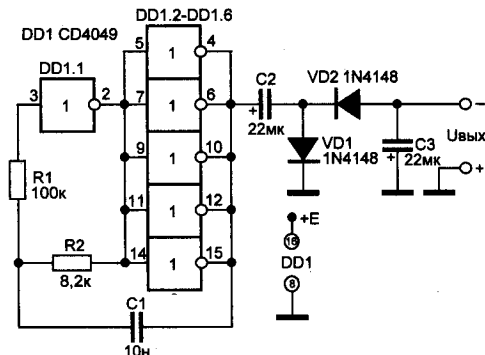


Рис. 7.2. Преобразователь напряжения на микросхеме CD4049

7.3. Мультиплексорные преобразователи напряжения с гальванически развязанными выходами

Мультиплексорный преобразователь напряжения на микросхемах K176IE12 и K561KP1

Назначение. В технике эксперимента зачастую используют гальванически изолированные источники постоянного напряжения. Такие источники целесообразно применять и для питания операционных усилителей двуполярным напряжением одинакового уровня.

Преобразователи напряжения [206] предназначены для получения двух электрически развязанных от источника питания напряжений E1 и E2.

Принцип работы. Преобразователи напряжения содержит:

- ♦ генератор и/или формирователь управляюще-коммутирующих импульсов;
- ♦ электронный коммутатор на основе КМОП-мультиплексора.



Примечание.

Преобразователь напряжения, рис. 7.3, позволяет получить на выходе два взаимонезависимых и гальванически развязанных от источника питания напряжением E1 и E2.

На микросхеме DD1 K176IE12, рис. 7.3, выполнен генератор-формирователь управляющих импульсов. Рабочая частота генератора определяется параметрами навесных RC-элементов (R1, C2, C3). С выходов T1–T4 микросхемы DD1 снимается последовательность сдвинутых на

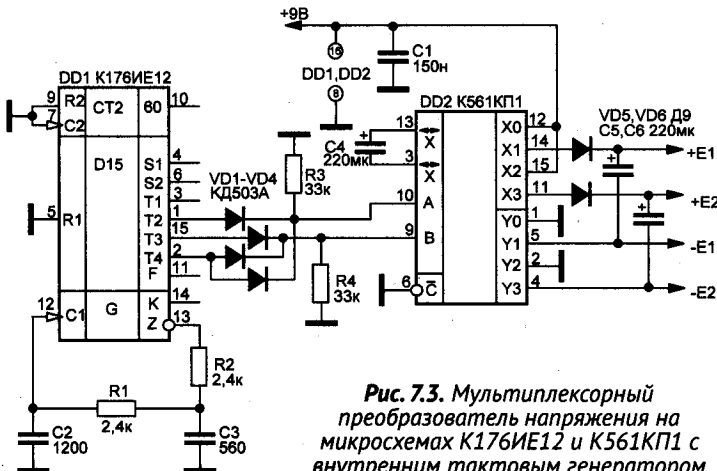


Рис. 7.3. Мультиплексорный преобразователь напряжения на микросхемах K176IE12 и K561KP1 с внутренним тактовым генератором

90° импульсов частотой порядка 2,5 кГц. На диодах VD1–VD4 выполнен формирователь-сумматор управляющих импульсов. Эти импульсы поступают на управляющие А и В — входы микросхемы-мультиплектора DD2 K561КП1.

Конденсатор С4 за счет поочередно-последовательного переключения ключевых элементов микросхемы DA1 подключается вначале к источнику питания, заряжаясь от него. В следующий такт конденсатор С4 подключается к формирователю выходного напряжения канала E1 (разделительному диоду VD5 и накопительному конденсатору С6) и отдает запасенную энергию в этот канал. В следующий такт конденсатор С4 вновь подключается к источнику питания и заряжается от него. Затем этот конденсатор подключается к формирователю выходного напряжения канала E2 и отдает запасенную энергию в этот канал.

На выходах преобразователя формируются электрически развязанные от источника питания устройства выходные напряжения E1 и E2, где $E1 = E2 \cong E_{пит}$.

Мультиплексорный преобразователь напряжения на микросхемах K561IE9 и K561КП1

Принцип работы. В преобразователе, рис. 7.4, тактовые импульсы частотой порядка 100 кГц, необходимые для работы счетчиков микросхемы DD1 K561IE9, подаются на управляющий вход этой микросхемы от внешнего генератора прямоугольных импульсов. Для формирования последовательности управляющих сигналов, поступающих на вход микросхемы-мультиплектора DD2, использована диодная матрица VD1–VD8.

При подаче на управляющие входы А и В микросхемы DD2 K561КП1 управляющих сигналов также происходит последовательное подключение накопительного электролитического конденсатора С2, рис. 7.4,

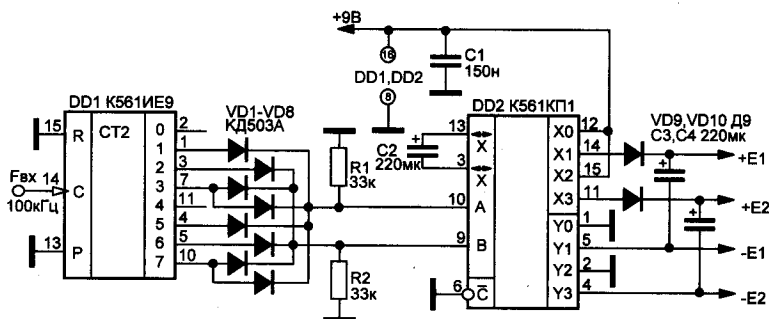


Рис. 7.4. Мультиплексорный преобразователь напряжения на микросхемах K561IE9 и K561КП1 с внешним тактовым генератором

к источнику питания, затем к цепи формирования выходного напряжения E_1 , затем снова к источнику питания, далее — к цепи формирования выходного напряжения E_2 и т. д. Аналогичные процессы происходят и во втором канале.

Напряжение питания и, соответственно, выходные напряжения преобразователя без нагрузки можно менять в пределах 5...15 В.

Нагрузочные характеристики мультиплексорных преобразователей

Нагрузочные характеристики каждого из источников сформированных таким образом напряжений E_1 и E_2 идентичны и строго линейны, **рис. 7.5**. Эти источники электрически изолированы от источника питания преобразователя (паспортное значение сопротивления изоляции — 10^{11} Ом). Напряжение холостого хода на выходах преобразователя практически совпадает с напряжением питания устройства. Преобразователь не боится коротких замыканий по цепям нагрузки.

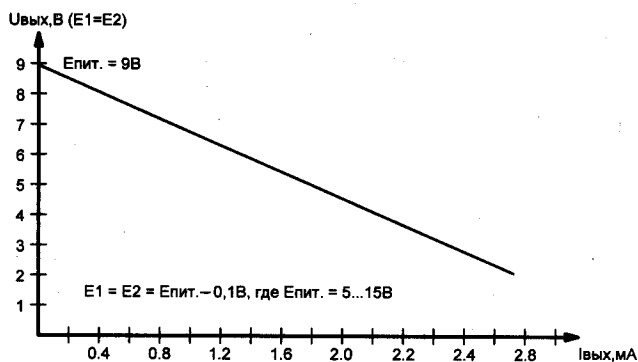


Рис. 7.5. Нагрузочные характеристики мультиплексорных преобразователей напряжения с гальванически развязанными выходами

7.4. Контролер телефонной линии на микросхемах К561ЛА9

Назначение. Контролер состояния телефонной линии предназначен для защиты телефонной линии от несанкционированного подключения. Устройство [203], **рис. 7.6**, сигнализируют о фактах короткого замыкания или обрыва телефонной линии вне зависимости от времени события.

Состав. Контролер состояния телефонной линии, **рис. 7.6**, выполнен на основе двух КМОП микросхем и **содержит:**

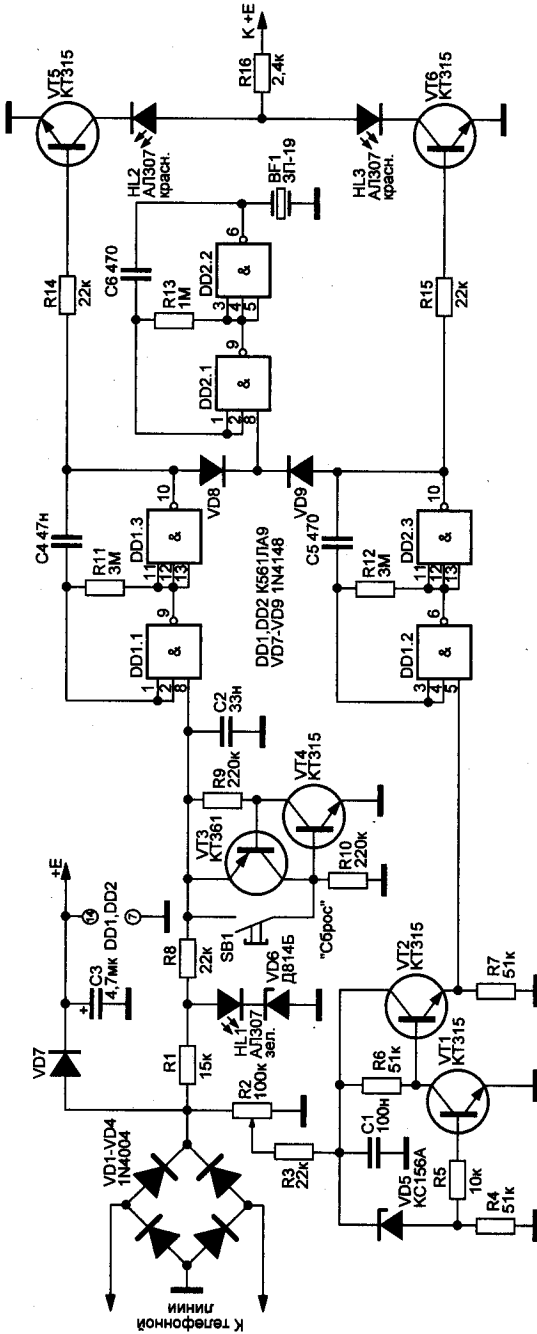


Рис. 7.6. Электрическая схема контролера состояния телефонной линии

- ♦ два генератора инфранизкой частоты (DD1.1, DD1.3 и DD1.2, DD2.3);
- ♦ генератор звуковой частоты (DD2.1 и DD2.2);
- ♦ элементы звуковой и световой индикации;
- ♦ стабилизатор напряжения питания (стабилитрон VD6 и светодиод HL1);
- ♦ пороговый элемент на стабилитроне VD5 и транзисторах VT1, VT2;
- ♦ тиристорную защелку (транзисторы VT3, VT4).

Принцип действия. В исходное рабочее состояние контролер переводится нажатием кнопки SB1 «Сброс». При подключении дополнительной нагрузки к линии (сопротивление не более 100...150 кОм) контролер индицирует, что линия занята или прослушивается.

Устройство работает следующим образом: при первом включении тиристорная защелка разомкнута. На управляющий вход элемента DD1.1 подается напряжение высокого уровня. Генератор на элементах DD1.1, DD1.3 вырабатывает импульсы, запускающие генератор звуковой частоты (элементы DD2.1, DD2.2). Звучит прерывистый звуковой сигнал и периодически вспыхивает красный светодиод HL2.

После нажатия кнопки «Сброс» генераторы отключаются, устройство переходит в рабочий режим контроля. Потенциометром R2 устанавливают порог срабатывания устройства индикации (при снятой телефонной трубке). Критерии настройки остаются те же (см. выше).

При подключении паразитной нагрузки:

- ♦ запускается второй генератор инфранизкой частоты (элементы DD1.2, DD2.3);
- ♦ звучит прерывистый звуковой сигнал (длительность звуковых посылок вдвое выше, чем в первом случае);
- ♦ вспыхивает красный светодиод HL3.

При обрыве или коротком замыкании в телефонной линии в любое время суток на срок свыше 3 секунд:

- ♦ отключается тиристорная защелка (транзисторы VT3, VT4);
- ♦ запускаются генераторы импульсов (элементы DD1.1 и DD1.3; DD2.1 и DD2.2).



Примечание.

Отключение индикации возможно только при нажатии кнопки «Сброс».

Цепочка VD7 и C3 предназначена для поддержки питания микросхем при наборе номера (кратковременном отключении основного источника питания). Питание контролера может осуществляться и от батареи напряжением 9...10 В, подключенной к конденсатору C3.

Электропитание. Устройство питается непосредственно от телефонной линии, потребляют ток до 2 мА и подключаются к линии без соблюдения полярности.

7.5. Электронный будильник и формирователь звуковых сигналов типа «тик-так» на микросхеме К561ИП2

Назначение. Для «озвучивания» электронных часов может быть использована несложная схема [191], рис. 7.7. Отличается устройство от аналогичных тем, что позволяет подавать многократно звуковые сигналы с установленной дискретностью в 10 минутный срок (от 0 ч 00 мин. до 9 ч 50 мин.).

Принцип действия. При наступлении контрольного времени вначале в течение первой минуты подается прерывистый сигнал (1...2 Гц) с частотой заполнения 1024 Гц, затем следует минутный перерыв, затем вновь звучит сигнал и т. д.

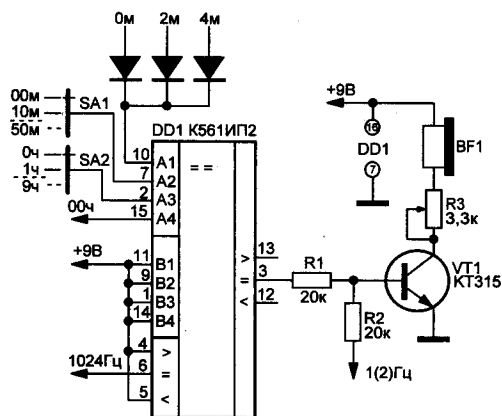


Рис. 7.7. Схема электронного будильника и формирователя звуковых сигналов типа «тик-так»

В остальное время телефонный капсюль (ТМ-2, ТМ-4 или т. п.) издает звуки, напоминающие тиканье механических часов. Громкость звука можно регулировать, включив последовательно с телефонным капсюлем потенциометр сопротивлением в несколько килоом.

Переключатели установки времени срабатывания будильника размещают на задней стенке электронных часов.

7.6. Электронный шагомер на микросхемах К561ЛА7 и К176ИЕ4

Назначение. Прибор [182], рис. 7.8, имеет четырехразрядную индикацию десятков шагов, его питание осуществляется от элемента типа «КРОНА» (9 В).

Электропитание. Прибор потребляет ток:

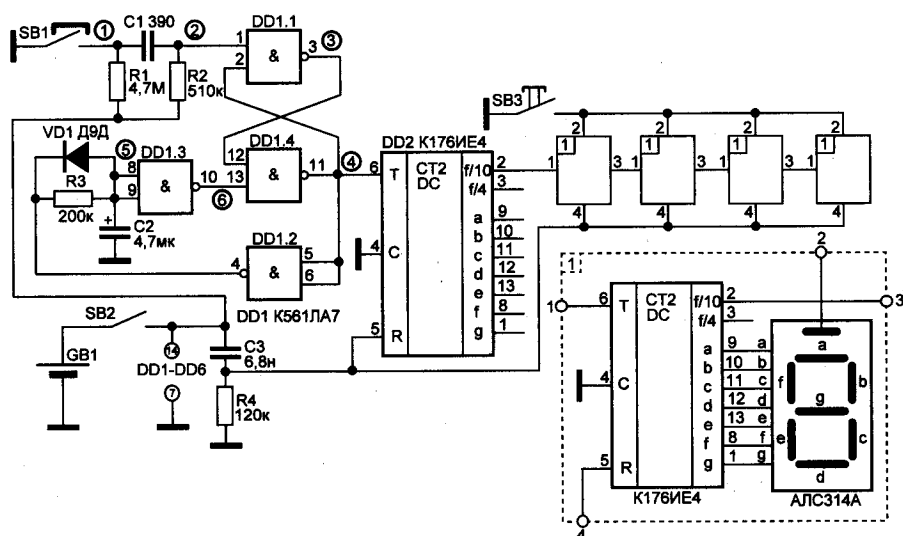


Рис. 7.8. Электрическая схема электронного шагомера

- ♦ в режиме покоя не более 3 мкА;
- ♦ в режиме «ХОДЬБА» — 0,15 мА;
- ♦ при включенной индикации — до 40 мА.

Состав. Основа электронного шагомера — герконовый датчик SB1.

Блок индикации включает в себя:

- ♦ формирователь импульсов на микросхеме DD1;
- ♦ одновибратор на базе RS-триггера;
- ♦ счетчики DD2–DD6;
- ♦ индикаторы.

Принцип действия. Во время ходьбы или бега постоянный магнит в герконовом датчике совершает колебательные движения вдоль оси геркона, вследствие чего контакты геркона замыкаются. При замыкании контактов геркона короткий отрицательный импульс с дифференцирующей цепи R1, C1, R2 поступающий на вывод 1 DD1.1 переключает RS-триггер DD1.1, DD1.4. С выхода DD1.4 напряжение низкого уровня через инвертор DD1.2 поступает на времязадающую цепь R3C2, после чего начинается заряд C2.

После того, как на C2 напряжение достигает порогового уровня срабатывания элемента DD1.3, на его выходе появится напряжение низкого логического уровня, и RS-триггер возвратится в исходное состояние. Импульсы, сформированные микросхемой DD1, поступают на счетчик, их состояние дешифрируется и отображается на светодиодных индикаторах.

На рис. 7.9 показана временная диаграмма работы прибора, в исходном состоянии на выводе 3 микросхемы DD1 напряжение низкого уровня.

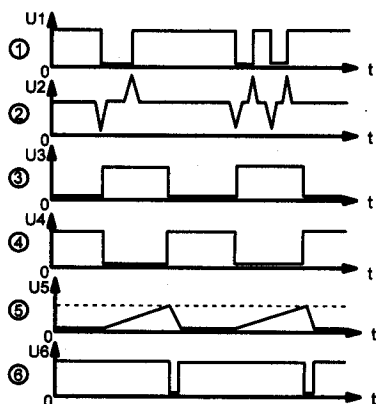


Рис. 7.9. Форма сигналов, наблюдаемых в различных точках устройства

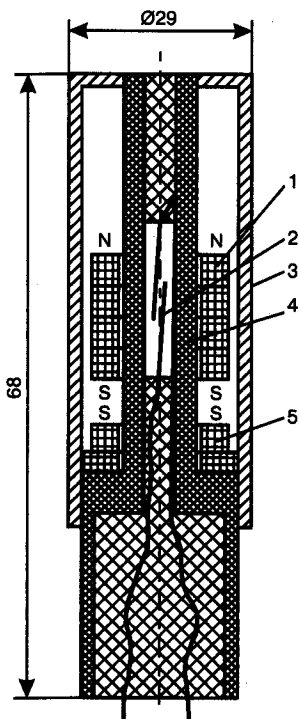


Рис. 7.10. Конструкция датчика шагов

Установка счетчиков в нулевое состояние производится путем подачи питания на прибор. **Конструкция** датчика показана на рис. 7.10. Датчик изготовлен из кнопки КПМ-9-3, пластмассовый стержень — 4, внутри которого установлен геркон — 2, заключен в алюминиевый кожух — 3. В нижней части стержня закреплен кольцевой магнит — 5. Над ним в подвешенном состоянии удерживается блок кольцевых магнитов — 1, внутренний диаметр которых на 0,5 мм больше диаметра стержня.



Примечание.

Датчик должен находиться в вертикальном положении.

7.7. Металлоискатели

Как работают и для чего нужны металлоискатели



Определение.

Металлоискатель (металлодетектор) — электронный прибор, позволяющий обнаруживать металлические предметы в нейтральной или слабопроводящей среде за счет их проводимости.

Металлоискатели появились в прошлом веке. Первые модели в ходе опытов засекали металлический объект на глубине 5...10 см. Сегодня металлоискатели способны:

- ♦ определить тип металла;
- ♦ обнаруживать металл на глубине до 8 м (глубинные металлоискатели);
- ♦ определять размер объекта.

Существуют несколько **видов металлоискателей**:

- ♦ глубинные используют для ведения поисковых работ на большой глубине;

- ♦ подводные используют для поиска на сильно увлажненном грунте или под водой;
- ♦ арочные используют на массовых мероприятиях и в общественно значимых местах;
- ♦ ручные — при таможенном досмотре и так далее.

**Примечание.**

Из примеров видно, что металлоискатели нашли широкое применение во многих отраслях гражданской промышленности, хотя первоначально использовались только военными.

Различают следующие основные **принципы работы металлоискателей**:

- ♦ метод биений — BFO (Beat Frequency Oscillation);
- ♦ метод индукционного баланса — IB/TR (Induction Balance/Transmitter-Reciver);
- ♦ метод индукционного баланса с использованием очень низких рабочих частот — VLF/TR (Very Low Frequency/Transmitter-Reciver);
- ♦ метод индукционного баланса с разнесенными катушками — RF (Radio Frequency);
- ♦ импульсный метод — PI (Pulse Induction);
- ♦ метод срыва резонанса — OR (OfTResonance).

Какие **задачи** может решать металлоискатель. Первое его назначение — обнаруживать металлы на глубине. Современные металлоискатели могут также определить точное расположение металлического предмета в грунте, определить тип металла. Металлоискатели имеют несколько **режимов поиска**: серебро, золото, монеты. Режим монеты подразумевает поиск мелких предметов.

**Примечание.**

Изменение режима поиска это, прежде всего, смена частот, на которых прибор сканирует грунт.

Еще одно важное усовершенствование: **возможность отстройки от грунта**. Практически все современные металлоискатели могут вести поиски на сильно замусоренной территории. Подробно о металлоискателях можно прочесть в книгах издательства «Наука и Техника» [83], [110].

Металлоискатель на микросхеме K561ЛЕ5

Действие металлоискателя основано на сравнении частот двух генераторов, одна из которых неизменна, а вторая зависит от индуктивности измерительной катушки, поднесенной к металлическому предмету.

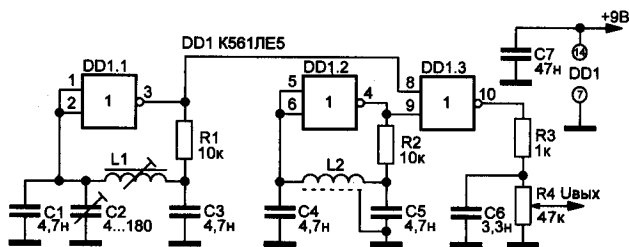


Рис. 7.11. Металлоискатель на микросхеме K561LE5

Принцип действия. Металлоискатель [122], рис. 7.11, содержит генератор стабильной частоты на элементе DD1.1 на частоту 100 кГц. Форма колебаний на контуре синусоидальная, а на выходе DD1.1 прямоугольная.

Второй генератор (DD1.2) аналогичен первому, но в качестве контурной катушки используется выносная экранированная катушка, заключенная в алюминиевую трубку. На выходе DD1.2 формируются прямоугольные импульсы с частотой, близкой к частоте первого генератора.

Сигналы двух генераторов поступают на элемент DD1.3, который работает как смеситель. Низкочастотный сигнал разностной частоты выделяется НЧ фильтром R3C6 и с потенциометра R4 поступает на высокоомный телефон.

Элементная база. Конденсатор C2 — КП-180 — максимальной емкостью 150 пФ; C1 и C3–C5 должны иметь ТКЕ не хуже M750. L1 наматывают на трехсекционном каркасе (от ПЧ контура транзисторного приемника) с подстроечным сердечником и помещают в броневого магнитопровод диаметром 8,8 мм из феррита 600НН. Катушка содержит 200 витков ПЭВ-2 0,08...0,09. Контурная катушка L2 заключена в алюминиевую тонкостенную трубку диаметром 6...9 мм и длиной 950 мм. Для ее намотки в трубку продевают 18 отрезков провода в надежной изоляции, далее трубку сгибают на оправке диаметром 15 см, а отрезки провода соединяют между собой последовательно. Индуктивность катушки примерно 350 мкГн. Концы трубки должны быть разомкнуты, и один из ее концов должен быть соединен с общим проводом.

Печатную плату помещают в не намагниченном металлическом корпусе.

Настройка. Для настройки конденсатор C2 устанавливают так, чтобы была наименьшая частота биений, чем она меньше, тем больше чувствительность прибора. При приближении L2 к металлическому предмету ее индуктивность, а, значит, и частота второго генератора изменится, изменится и разностная частота, и, соответственно, тональность сигнала.

**Примечание.**

Металлоискатель, *рис. 7.11*, не может работать, когда частота биений составляет несколько Гц, поскольку такую частоту не воспринимают головные телефоны. Данный прибор можно использовать на частоте не ниже 100...200 Гц, что снижает его чувствительность.

Металлоискатель на микросхемах К561ЛА7

**Примечание.**

Схема металлоискателя на двух микросхемах К561ЛА7 [122], *рис. 7.12*, лишена недостатков, которые присутствуют в схеме металлоискателя, *рис. 7.11*.

Принцип действия. Эталонный генератор собран на элементах DD1.1, DD1.2. Перестраиваемый генератор собран на элементах DD2.1, DD2.2. Микросхемы генераторов имеют развязку по питанию.

После смесителя DD3.1 установлен фильтр нижних частот на R3C8. Для прослушивания биений на низких частотах в схеме присутствует преобразователь прямоугольного сигнала в синусоидальный (DD3.2–DD3.4). Конструкции контурных катушек такая же, как в варианте, рассмотренном выше.

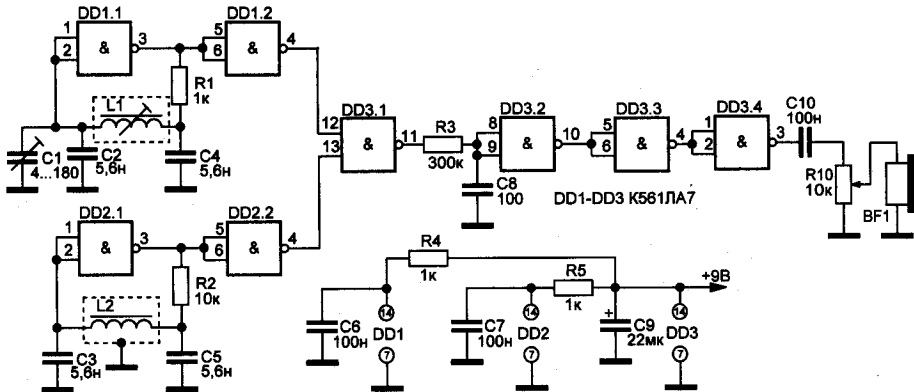


Рис. 7.12. Металлоискатель на двух микросхемах К561ЛА7

Малогабаритный металлоискатель на микросхемах К561ЛЕ5

Назначение. Малогабаритный металлоискатель [143], *рис. 7.13*, может обнаруживать скрытые в стенах гвозди, шурупы, металлическую арматуру на расстоянии нескольких см.

В металлоискателе использован традиционный метод обнаружения, основанный на работе двух генераторов, частота одного из которых изменяется при приближении прибора к металлическому предмету.



Примечание.

Отличительная особенность конструкции – отсутствие самодельных намоточных деталей. В качестве катушки индуктивности использована обмотка электромагнитного реле.

Принцип действия. Металлоискатель содержит:

- ♦ LC-генератор на элементе DD2.1;
- ♦ RC-генератор на элементах DD1.1 и DD1.2;
- ♦ буферный каскад на DD2.2; смеситель на DD1.3;
- ♦ компаратор напряжения на DD1.4, DD2.3;
- ♦ выходной каскад на DD2.4.

Работает схема (рис. 7.13) так. Частоту RC-генератора нужно **устанавливать близкой к частоте LC-генератора**. При этом на выходе смесителя будут присутствовать сигналы не только с частотами обоих генераторов, но и с разностной частотой.

Фильтр низкой частоты R3C3 выделяет сигналы разностной частоты, которые поступают на вход компаратора. На его выходе формируются прямоугольные импульсы такой же частоты.

С выхода элемента DD2.4 они поступают через конденсатор C5 на головные телефоны сопротивлением около 100 Ом.

Конденсатор и телефоны образуют дифференцирующую цепочку, поэтому в телефонах будут раздаваться щелчки с появлением каждого фронта и спада импульсов, т. е. с удвоенной частотой сигнала. По изменению частоты щелчков можно судить о появлении вблизи прибора металлических предметов.

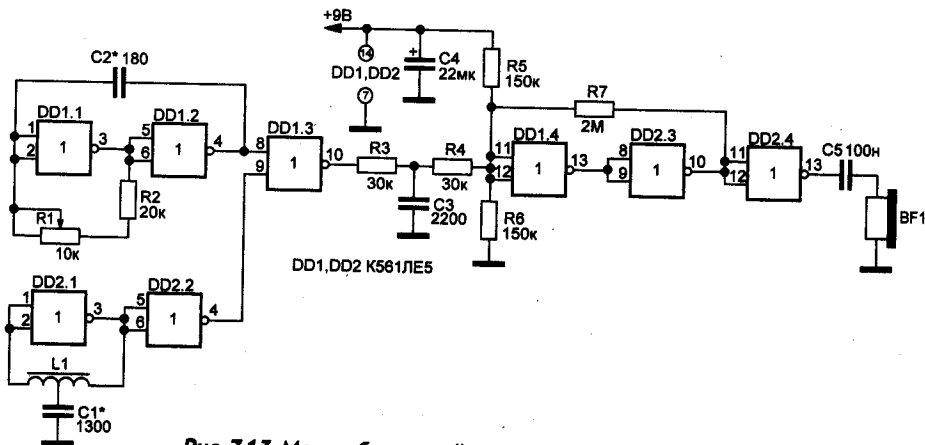


Рис. 7.13. Малогабаритный металлоискатель на микросхеме K561LE5

**Примечание.**

Вместо указанных на схеме микросхем K561ЛЕ5 допустимо использовать микросхемы: K561ЛА7; K564ЛА7; K564ЛЕ5.

Источник питания — батарея «Крона», «Корунд», «Ника» или аналогичный им аккумулятор.

Моточные изделия. Катушку L1 можно взять, например, из электромагнитного реле РЭС9, паспорт РС4.524.200 или РС4.524.201 с обмоткой сопротивлением около 500 Ом. Для этого реле нужно разобрать и удалить подвижные элементы с контактами.

Магнитная система реле содержит две катушки, намотанные на отдельных магнитопроводах и включенные последовательно.

Общие выводы катушек нужно соединить с конденсатором С1, а магнитопровод также, как и корпус переменного резистора, — с общим проводом металлоискателя.

Наладка металлоискателя. Налаживание устройства следует начинать с установки частоты LC-генератора в пределах 60...90 кГц подбором емкости конденсатора С1.

Затем нужно переместить движок переменного резистора R1 примерно в среднее положение и подбором емкости конденсатора С2 добиться появления в телефонах звукового сигнала. При перемещении движка резистора в ту или иную сторону частота сигнала должна изменяться.

**Совет.**

Для обнаружения металлических предметов переменным резистором предварительно нужно установить возможно меньшую частоту звукового сигнала.

С приближением к предмету частота начнет изменяться. В зависимости от настройки, выше или ниже нулевых биений (равенства частот генераторов), или вида металла, частота изменится в большую или меньшую сторону.

Чувствительный металлоискатель на микросхемах K561ЛА7

Назначение. Металлоискатель предназначен для поиска мелких металлических предметов. Металлоискатель [162], рис. 7.14 способен обнаружить копеечную монету на глубине до 1 метра. В нем использованы микросхемы K561ЛА7:

- ♦ на DD1 выполнен поисковый генератор и выходной усилитель;
- ♦ на DD2 выполнен опорный генератор с кварцевым резонатором.

Принцип действия. Большинство металлоискателей построены по схеме нулевых биений — когда имеется два генератора с постоянной и

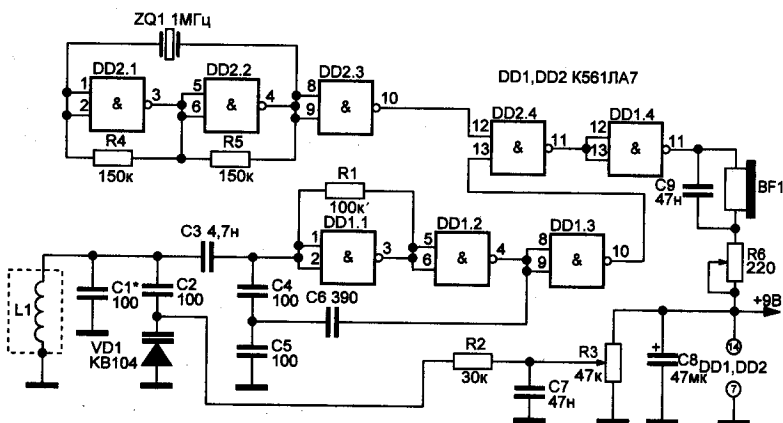


Рис. 7.14. Металлоискатель повышенной чувствительности на двух микросхемах К561ЛА7

поисковой частотой, причем частота поискового генератора зависит от индуктивности поисковой катушки.



Совет.

Повысить чувствительность такого металлоискателя можно за счет повышения опорной частоты примерно в 10 раз выше частоты поискового генератора.

В поисковом генераторе (DD1.1 и DD1.2) частота генерации задается контуром, состоящим из поисковой катушки L1 и емкостей C1–C5, VD1. Варикап VD1 служит для подстройки частоты в небольших пределах. Подстройка производится потенциометром R3.

Частота второго генератора на элементах DD2.1 и DD2.2 стабилизирована кварцевым резонатором.

С выходов обоих генераторов импульсы поступают на элемент DD2.4, на котором выполнен смеситель. На его выходе появляется сигнал разностной частоты. Этот сигнал поступает на усилитель мощности на элементе DD1.4 и далее на звукоизлучатель (головные телефоны). Регулировка громкости производится потенциометром R6.

Электронная часть схемы смонтирована в корпусе из фольгированного текстолита. В корпусе должна быть металлическая перегородка между микросхемами генераторов, соединенная с общим проводом.

Моточные изделия. Поисковая катушка намотана на кольцо диаметром 200 мм из кембрика диаметром 15 мм. Можно использовать трубку из пластмассы или штырь такого диаметра из пластмассы. На кольцо наматывают 50 витков ПЭЛШО 0,27 или ПЭЛ 0,27–0,35. После обмотку обматывают изоляцией, а катушку экранируют алюминиевой фольгой.

Настройка. Контур L1(C1–C5) настраивают на частоту 100 кГц при среднем положении движка потенциометра R3 (контроль частоты на выводе 10 DD1.3).

Простой металлоискатель на микросхемах К561ЛА7

Назначение. Предназначен для поиска мелких металлических предметов.

Принцип действия. Металлоискатель [211], рис. 7.15, выполнен на двух микросхемах типа К561ЛА7.

Генераторы (рис. 7.15) выполнены по схеме «емкостной трехточки». Сигналы с генераторов поступают на смеситель. Сигнал разностной частоты подается на высокоомный головной телефон (ТОН-1, ТОН-2). Опорный (эталонный) генератор перестраивают в небольших пределах схемой электронной перестройки частоты с использованием варикапа (R1, R2, VD1, C2).



Примечание.

В качестве варикапа VD1 возможно использование стабилитронов серии Д814, например, Д814Д.

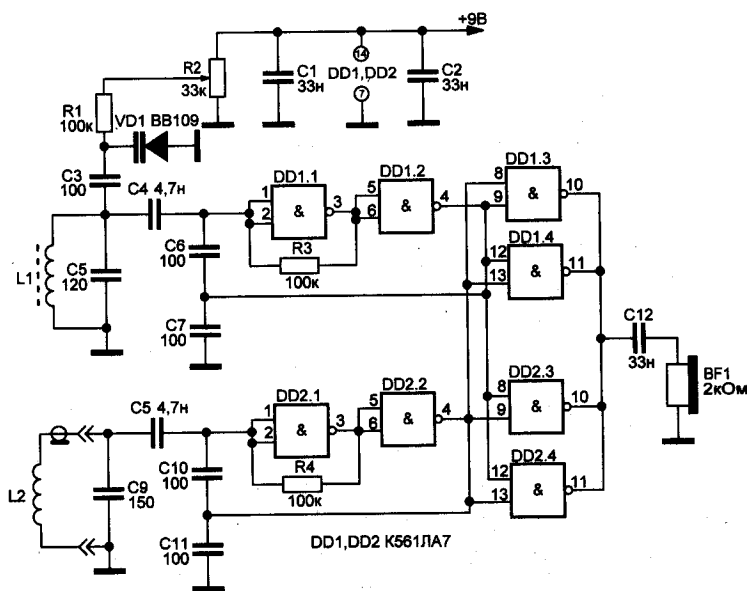


Рис. 7.15. Электрическая схема металлоискателя на КМОП-микросхемах с использованием варикапа для перестройки частоты

В качестве колебательного контура L1C5 используют контур фильтра промежуточной частоты радиоприемника (465 кГц). В качестве второго (поискового) колебательного контура L2C9 используют:

- ♦ такой же контур, размещенный в пластмассовом корпусе металлоискателя либо вынесенный кабелем за его пределы;
- ♦ поисковую катушку, выполненную в виде незамкнутого кольца диаметром 200 мм из медной трубки диаметром 12 мм, внутри которой уложено 30 витков провода МГТФ.

Поисковая катушка соединена с металлоискателем кабелем, оплетка которого присоединена к торцу медной трубки, одновременно к этой точке присоединен один из концов обмотки. Второй конец обмотки соединен с центральной жилой кабеля.

Возможности. Металлоискатель позволяет определять местоположение мелкой монеты на расстоянии 5...7 см.

Металлоискатели мостового типа с ударным возбуждением

Особенности. Для поиска металлических предметов используют большое разнообразие схемотехнических решений. В основном принцип поиска и определения металла, помещенного в поле действия поисковой катушки индуктивности, сводится к изменению индуктивности этой катушки с последующей регистрацией степени отклонения разностной частоты контрольного и эталонного генератора от номинального (исходного) значения.



Примечание.

В силу единого принципа действия металлоискателей их технические характеристики отличаются друг от друга весьма незначительно и зависят от рабочей частоты генераторов, особенностей выполнения поисковой катушки, стабильности параметров элементов конструкции в нестационарных условиях.

Большим недостатком простейших металлоискателей, работающих по принципу сравнения частот двух генераторов, является то, что наблюдается явление взаимозатягивания частот генераторов, их взаимосинхронизации.

Представленные ниже 2 варианта выполнения металлоискателей используют обычный способ сравнения резонансных частот двух колебательных контуров, один из которых является эталонным, второй — поисковым. Отличие от традиционных схем заключается в использовании принципа синхронного ударного возбуждения колебательных контуров и при условии разбалансировки измерительной схемы при введении в поле поисковой катушки металлического предмета появле-

нии на выходе устройства пачек сигналов, суммарная мощность/плотность которых зависит от степени разбаланса системы.

СХЕМА №1

Принцип действия. На рис. 7.16 приведена простейшая схема металлоискателя с ударным возбуждением [205]. На вход устройства подается серия коротких импульсов частотой 1 кГц, напряжением 5 В и коэффициентом заполнения $Q=100$. Эти импульсы одновременно возбуждают два контура, изначально настроенных на одну и ту же частоту.

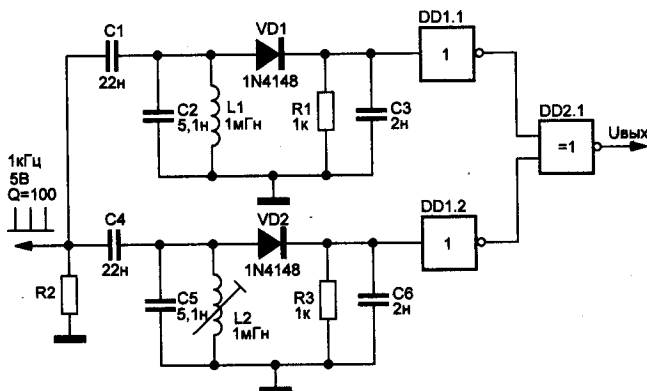


Рис. 7.16. Металлоискатель ударного возбуждения с цифровым выходом

На катушках индуктивности формируются затухающие серии сигналов. Сигналы с контуров детектируются, фильтруются и поступают на входы инверторов DD1.1 и DD1.2. Далее с выходов инверторов сигналы поступают на логический элемент DD2.1 «Исключающее ИЛИ-НЕ».



Примечание.

В случае если схема сбалансирована, с выхода устройства снимаются короткие сигналы, характеризующие нормальный режим работы устройства.

При появлении в поле действия поисковой катушки индуктивности L2 ферромагнитного предмета индуктивность катушки изменяется, схема разбалансируется пропорционально степени изменения индуктивности (размеру, форме, удалению предмета). На выходе устройства пропорционально степени разбаланса возрастает количество импульсов, их ширина, суммарная мощность.

СХЕМА №2

Принцип действия. Металлоискатель ударного возбуждения, рис. 7.17, использует высокочастотные контура с рабочей частотой

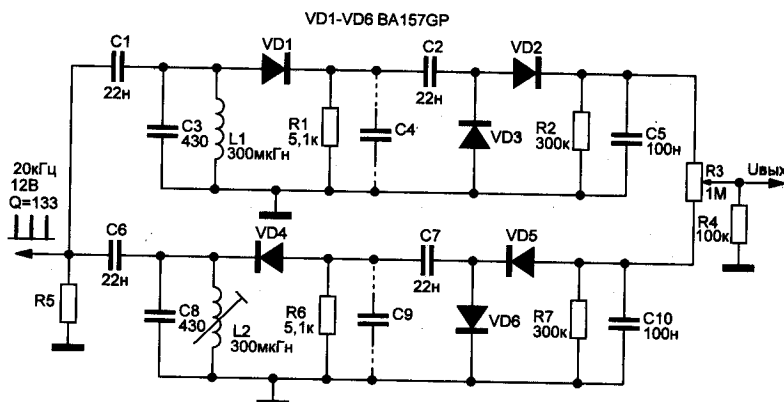


Рис. 7.17. Вариант металлоискателя ударного возбуждения

порядка 440 кГц [205]. Принцип возбуждения колебательных контуров остался тем же, но с выхода контуров сравнения сигналы поступают на два разнополярных выпрямителя, сигналы которых суммируются на общей нагрузке.



Примечание.

При равенстве параметров колебательных контуров схема сбалансирована, на выходе устройства амплитуда сигнала близка к нулю.

При появлении вблизи катушки индуктивности L2 предмета, способного повлиять на ее индуктивность, схема разбалансируется, на выходе устройства появляется сигнал положительной или отрицательной полярности, что характеризует природу найденного металлического предмета.



Примечание.

Выходное напряжение зависит от степени разбаланса и характеризует размеры и/или удаление металлического предмета.

7.8. Емкостное реле для управления освещением на микросхеме К561ЛА7

Назначение. В часто посещаемых помещениях для экономии электроэнергии удобно применить емкостное реле для управления освещением. При входе в помещение проходят вблизи емкостного датчика на включение, и лампа включается. Выходя из помещения, проходят вблизи емкостного датчика на выключение, и реле выключает лампу. В ждущем режиме устройство потребляет ток около 2 мА.

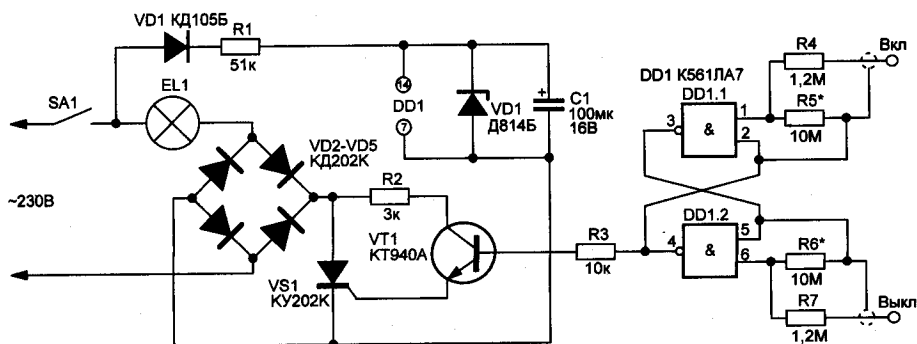


Рис. 7.18. Схема емкостного реле на микросхеме K561ЛА7

Принцип действия. Емкостное реле для управления освещением [82], рис. 7.18, содержит триггер на логических элементах DD1.1, DD1.2. При включенном тумблере SA1 через лампу EL1 будет протекать ток, если на базу транзистора VT1 с выхода логического элемента поступает напряжение высокого уровня.

Транзистор VT1 при этом открыт, и тиристор VS1 открывается в начале каждого полупериода напряжения. Триггер переключается от емкостного тока утечки при приближении человека на некоторое расстояние к одному из емкостных датчиков, если до этого датчик переключился от приближения к другому. При смене напряжения высокого уровня на базе транзистора VT1 на напряжение низкого уровня тиристор VS1 закрывается, и лампа EL1 выключится.

Емкостные датчики «Выкл» и «Вкл» представляют собой отрезки коаксиального кабеля, со свободного конца которых на длину около 0,5 м снят экран.



Примечание.

Изоляцию с центрального провода снимать не нужно. Край экрана необходимо изолировать.

Датчики прикреплены к дверной раме:

- ♦ «Выкл» — с левой стороны;
- ♦ «Вкл» — с правой стороны.

Длину незэкранированной части датчиков и резисторы R5 и R6 подбирают при налаживании устройства так, чтобы триггер надежно переключался при прохождении человека на расстоянии 5...10 см от датчика.



Внимание.

При налаживании устройства необходимо соблюдать меры безопасности, поскольку элементы устройства находятся под напряжением сети.

7.9. Сенсорный дверной звонок на микросхеме К561ЛА7

Назначение. Сенсорный звонок, схема которого изображена на рис. 7.19, предназначен для подачи звукового сигнала в момент прикосновения к сенсорному контакту, которым может служить любой токопроводящий предмет, электрически изолированный от «земли». Устройство питается от сети, в ждущем режиме оно тока не потребляет. Его можно применить для подачи звукового сигнала при входе в квартиру или для охраны каких-либо предметов.

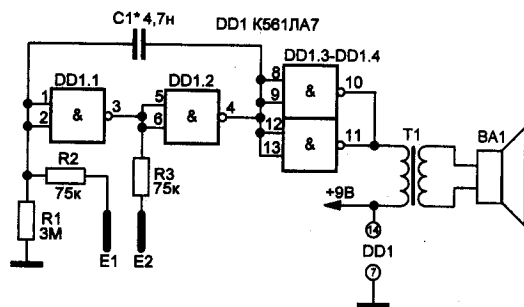


Рис. 7.19. Сенсорный дверной звонок на микросхеме К561ЛА7

Пока сенсорных контактов не касаются, на вход элемента DD1.1 через резистор R1 подается напряжение низкого уровня, генератор не работает. Ток потребления схемы составляет единицы микроампер. При касании сенсорных контактов генератор начинает работать, в динамической головке появится звук. Частота звукового сигнала зависит от емкости конденсатора C1 и сопротивлений резисторов R2, R3.

T1 — выходной трансформатор от малогабаритного транзисторного приемника. Динамическая головка мощностью 0,05...0,5 Вт, сопротивлением 4...50 Ом. Сенсорный элемент — из фольгированного текстолита, расстояние между контактами 1,5...2 мм, форма сенсора любая.

Принцип действия. Схема сенсорного звонка [120] показана на рис. 7.19. На элементах DD1.1, DD1.2 собран управляемый генератор импульсов звуковой частоты, на элементах DD1.3, DD1.4 — усилитель мощности.

7.10. Сенсорный коммутатор нагрузки на КМОП-микросхеме К561ЛЕ5

Назначение. Сенсорный выключатель [122], рис. 7.20 имеет сенсорные контактные площадки, при касании которых напряжение от источника питания подается на нагрузку. При повторном касании сенсорных контактов нагрузка отключается.

Принцип действия.

В момент включения питания конденсаторы C1 и C2 разряжены, на входе элемента DD1.1 напряжение низкого уровня, а на его выходе — высокого уровня. На выходе элемента DD1.3 — напряжение высокого уровня, поэтому транзистор VT1 закрыт, нагрузка обесточена, и светодиод HL1 не горит. Через 1 секунду после подачи напряжения питания конденсатор C2 зарядится.

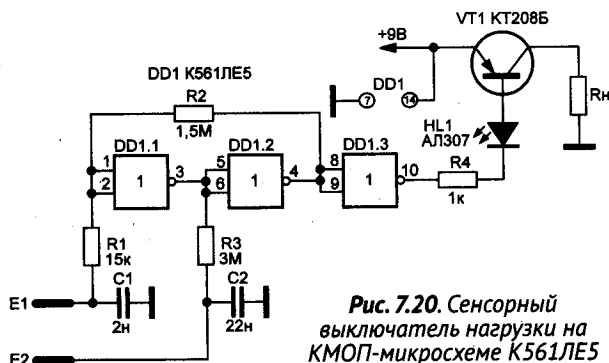


Рис. 7.20. Сенсорный выключатель нагрузки на КМОП-микросхеме K561LE5

Если прикоснуться к сенсорным контактам, напряжение высокого уровня через палец поступит на конденсатор C1 и на вход DD1.1. На выходах DD1.1, DD1.3 появится напряжение низкого уровня, загорится светодиод HL1 и откроется транзистор VT1. При следующем касании сенсорных контактов конденсатор C2 разряжен, к входу DD1.1 поступит низкий логический уровень, и выключатель отключится.

**Примечание.**

Сенсорный выключатель в режиме ожидания потребляет доли микроампер. В устройстве можно использовать микросхемы серии K561 или K564, при этом напряжение питания может быть в пределах 4...15 В.

7.11. Сенсорный переключатель с фиксацией положения на микросхемах K561TM2 и K561ТЛ1

Назначение. Сенсорный переключатель — это управляемый прикосновением двухпозиционный коммутационный аппарат с нормально-разомкнутыми контактами, предназначенный для работы в бытовых электросетях. Известно, что сенсоры намного надежнее механических переключателей.

Принцип действия. На рис. 7.21 приведена схема сенсорного переключателя нагрузки [119]. При касании сенсора нагрузка устройства переключается в одно из двух устойчивых состояний:

- ♦ или включено;
- ♦ или выключено.

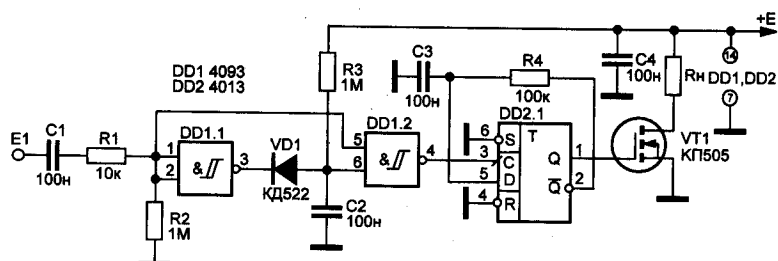


Рис. 7.21. Сенсорный переключатель нагрузки на микросхемах K561TM2 (4013) и K561ТЛ1 (4093)

Элементы DD1.1, DD1.2 и времязадающая цепь VD1, R3, C2 обеспечивают формирование одиночного короткого импульса из пачки импульсов частоты 50 Гц, возникающих при касании сенсора E1. Этот короткий импульс, поступая на вход «С» триггера DD2, вызывает его переключение.

Поскольку даже столь короткий импульс может состоять из нескольких еще более коротких импульсов, для исключения ложных срабатываний триггера DD2 введена помехозащищающая цепь R4, C3.



Примечание.

Недостатком схемы является то, что при включении в сеть мощной аппаратуры может происходить ложное переключение триггера.

Чтобы избежать этого, следует ввести блокировочную цепь для триггера DD2, или предусмотреть задержку подачи пачки импульсов 50 Гц на вход элементов DD1.1 и DD1.2.



Совет.

Для увеличения чувствительности сенсора перед элементом DD1.1 можно ввести усилитель на базе микросхемы операционного усилителя.

7.12. Аварийная сигнализация на микросхемах 7408 и 7473

Назначение. При попытке открыть дверь световой луч прервется, и устройство включит тревожную сигнализацию. Аварийный сигнализатор содержит излучатель и приемник оптического излучения, установленные по обе стороны закрытой двери.

Сигнализатор можно использовать для охраны не только дверей: приемник и передатчик можно разнести на значительное расстояние,

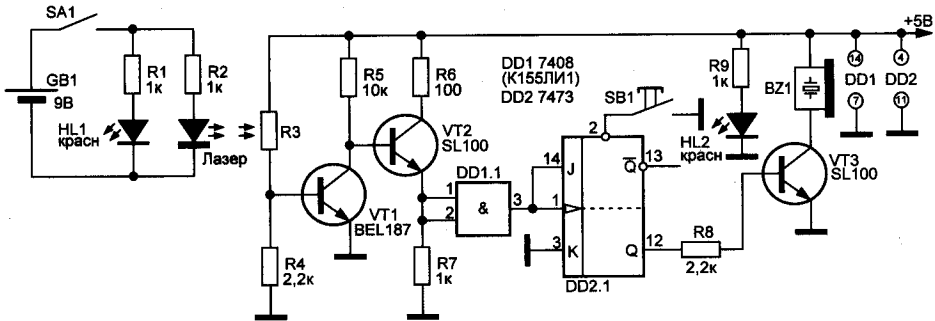


Рис. 7.22. Аварийный сигнализатор открытия двери

насколько это позволяет лазерный луч, и контролировать факт его пересечения нарушителем.

Принцип действия. Передающая часть устройства [27], рис. 7.22, содержит элемент питания (батарею на 9 В), лазерный излучающий диод и светодиодный индикатор включения.

Приемник содержит светочувствительный резистор, каскад согласования уровней сигналов на транзисторах VT1 и VT2, элемент «НЕ» на микросхеме 7408 (микросхема DD1), триггер на микросхеме 7473 (микросхема DD2) и выходной каскад на транзисторе VT3.

В исходном состоянии световой поток от лазерного диода освещает фоторезистор. Его сопротивление минимально, следовательно:

- ♦ транзистор VT1 открыт;
- ♦ транзистор VT2 закрыт.

При прерывании светового потока ситуация изменится: транзистор VT1 закрывается, а транзистор VT2 отпирается, подавая напряжение высокого логического уровня на вход микросхемы DD1. С выхода этой микросхемы сигнал поступает на вход JK-триггера DD2, который работает как защелка и самоблокируется.

Сигнал с выхода триггера отпирает транзистор VT3, в коллекторную цепь которого включен звукоизлучатель со встроенным генератором.



Примечание.

Отключить сигнализацию возможно только при помощи потайной кнопки SB1.

Отметим попутно **недостатки** устройства. Передатчик потребляет значительный ток как по цепи лазерного диода, так и по цепи индикации включения. Это приведет к быстрой разрядке батареи. Приемник сигнализатора необоснованно усложнен и может быть заметно упрощен буквально до двух транзисторов не в ущерб качеству.

7.13. Сирены и звонки

Сторожевая сирена для пассажира на микросхеме K561ЛА7

Назначение. Сторожевая сирена — специализированная охранная система, которая может облегчить жизнь пассажира и уберечь его личные вещи от кражи [67], рис. 7.23. Она формирует тревожный звуковой сигнал при обрыве шлейфного датчика.

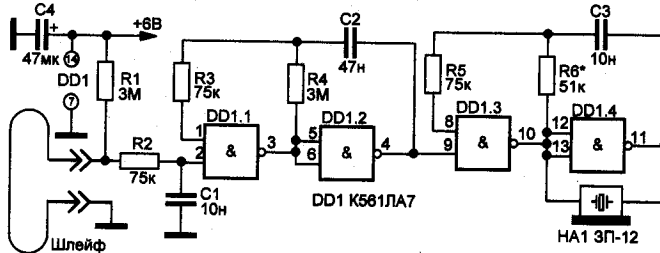


Рис. 7.23. Охранное устройство на микросхеме K561ЛА7

Принцип действия. На логических элементах DD1.1 и DD1.2 микросхемы K561ЛА7 собран генератор прямоугольных импульсов, следующих с частотой 2...3 Гц. Эти импульсы коммутируют тональный генератор, выполненный на элементах DD1.3 и DD1.4. Частота тонального генератора около 1 кГц. Пьезокерамический излучатель HA1 преобразует сигнал генератора в звук.

Шлейфный датчик — сложенный вдвое медный провод диаметром 0,07...0,1 мм.

Потребляемый ток:

- ♦ в дежурном режиме с целым шлейфом — несколько мкА;
- ♦ в режиме тревожной сигнализации — несколько мА.



Примечание.

Повысить мощность звукового сигнала можно подбором резистора R6 до резонанса пьезокерамического излучателя.

Источником питания устройства служит батарея напряжением от 4,5 до 12 В.

Охранная пьезосирена на микросхеме K561ЛА7

Назначение. Основное назначение охранных сирен спугнуть воров и привлечь внимание окружающих. Слыша вой сирены, ни один нормальный человек не вынесет этого, если он, конечно, не глухой. Также сирен-

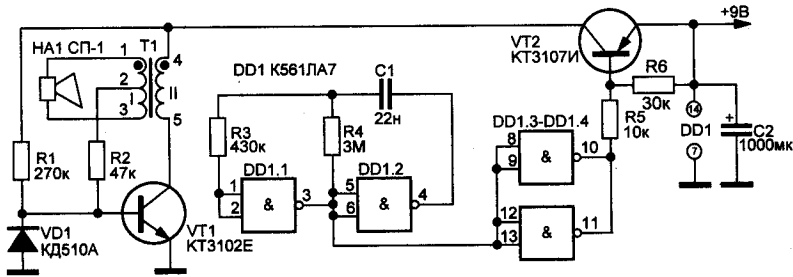


Рис. 7.24. Электрическая схема охранной пьезосирены

ный вой предупреждает о том, что дом, гараж или прочие здания находятся под охраной технических средств. И это пугает злоумышленников.

Принцип действия. Основа сирены [69], рис. 7.24, — пьезоэлемент СП-1, звуковое давление при напряжении 40 В на пьезоэлементе достигает 110 дБ.

На транзисторе VT1 собран НЧ генератор, возбуждающийся на частоте, зависящей от реактивного сопротивления пьезоизлучателя и индуктивности повышающей обмотки. Акустическое излучение приобретает тревожный характер лишь после специальной модуляции монотонного сигнала, это делает электронный манипулятор на транзисторе VT2, включенный в цепь питания генератора.

Управляет манипулятором генератор на элементах DD1.1, DD1.2. Его частота при указанных номиналах в схеме примерно составляет 5...6 кГц.

T1 — выходной трансформатор от транзисторного приемника или подобный ему с коэффициентом трансформации, равным пяти, с выводом от середины первичной обмотки.

Сирена повышенной мощности на микросхеме CD40106

Принцип действия. Сирена [25], рис. 7.25, обеспечивает на нагрузке 4 или 8 Ом выходную мощность до 20 Вт при напряжении питания 12 В. В устройстве использована микросхема CD40106.

Сирена содержит два генератора, первый из которых — на частоту 1 Гц, а второй — работает в диапазоне звуковых частот, причем частота его меняется во времени. Выходной каскад устройства выполнен на мощных транзисторах, включенных по мостовой схеме.

Двухтональная сирена на микросхемах К555ЛА3

Принцип действия. Двухтональная сирена [173], рис. 7.26, обеспечивает поочередное звучание двух звуковых тонов. Схема содержит

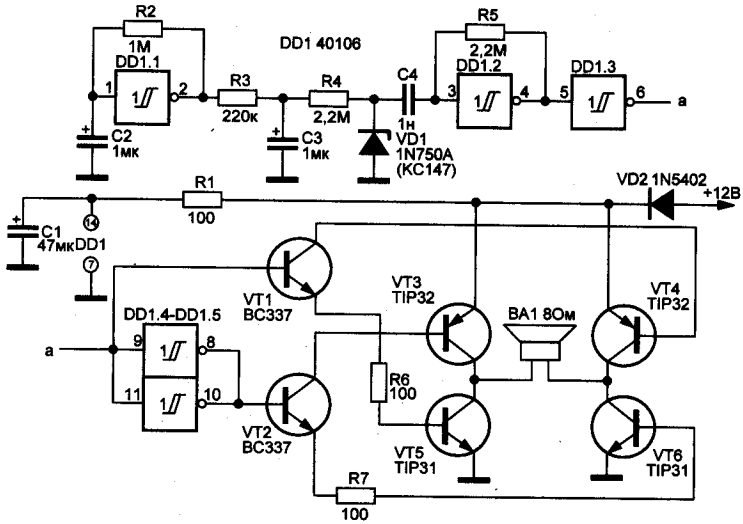


Рис. 7.25. Сирена с повышенной выходной мощностью

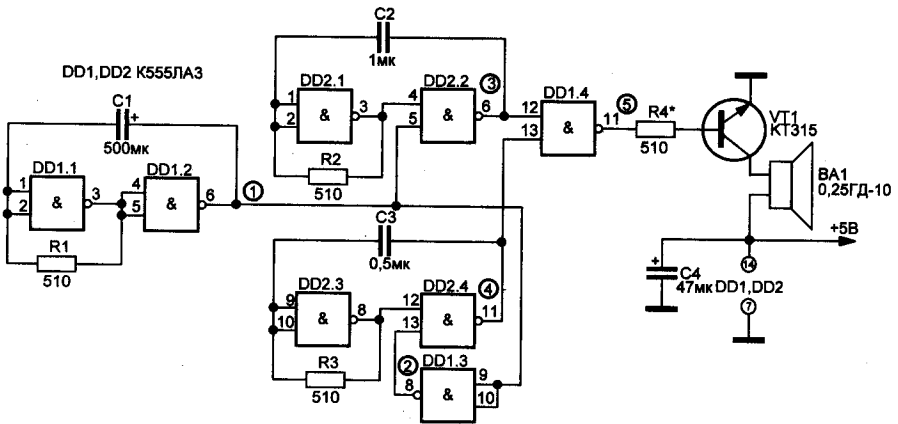


Рис. 7.26. Электрическая схема двухтональной сирены

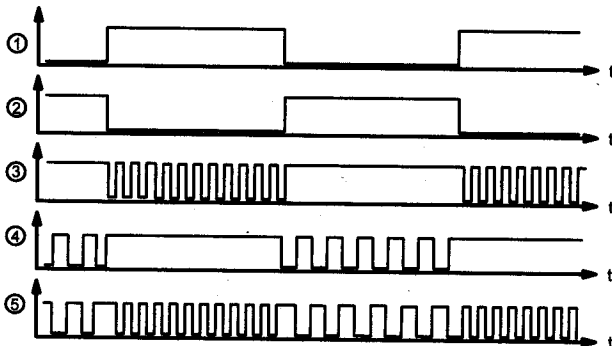


Рис. 7.27. Форма сигналов на выводах микросхем двухтональной сирены

три автогенератора: задающий на элементах DD1.1, DD1.2 на частоту примерно 1 Гц и два звуковых — на элементах DD2.1, DD2.2 (на частоту 500 Гц) и на элементах DD2.3, DD2.4 (на частоту 1000 Гц).

Чтобы звуковые генераторы работали поочередно, управляющие импульсы на вход блокировки первого звукового генератора поданы непосредственно с выхода задающего генератора, а на вход второго звукового генератора — через инвертор.

В динамике поочередно воспроизводятся два тона с частотами 500 Гц и 1 кГц. Время звучания каждого тона около 0,5 с. Временные диаграммы напряжений на элементах схемы приведены на рис. 7.27.

Двухтональная сирена на двух логических микросхемах К561ЛЕ5

Принцип действия. Двухтональная сирена [55], рис. 7.28, выполнена на двух логических микросхемах К561ЛЕ5. Схема состоит из двух мультивибраторов, работающих на частотах 1,2 и 2 кГц (микросхема DD1) и одного тактового генератора на микросхеме DD2. Импульсы со всех генераторов поступают на суммирующее устройство на элементах DD2.3, DD2.4.

В результате на головку излучателя будут поступать импульсы то с одного мультивибратора, то с другого. Частота переключения будет зависеть от частоты тактового генератора, а тональность звуков — от частоты мультивибраторов, выполненных на микросхеме DD1.

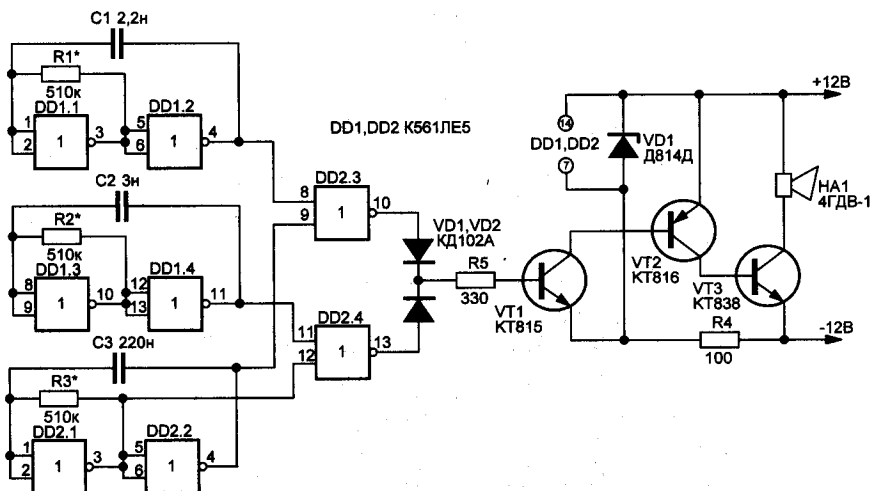


Рис. 7.28. Двухтональная сирена на КМОП-микросхемах

Трехтональная сирена на логических элементах на двух микросхемах К561ЛН2

Принцип действия. Трехтональная сирена [168], рис. 7.29, формирует сигнал из чередующихся трех пачек частот: 200, 500 и 900 Гц. Использовать такое устройство с дополнительным усилителем можно как сирену в охранных устройствах или в моделях игрушек.

Трехфазный мультивибратор (элементы DD1.1–DD1.3) управляет работой трех однофазных мультивибраторов, работающих на разных частотах (элементы DD2.1–DD2.2, DD2.3–DD2.4, DD2.5–DD2.6). Частоту каждого из них можно регулировать отдельно подбором резисторов R4, R5, R6 в пределах 500–1500 кОм.



Примечание.

Мультивибраторы блокируются диодами VD1–VD3 таким образом, что в каждый определенный момент времени работает только один из них. Устройство имеет особенность – небольшое прерывание звука при переключении тонов.

На диодах VD4–VD6 выполнен сумматор, в результате на резисторе R7 появляется выходной сигнал, который можно подавать на динамическую головку или дополнительный усилитель.

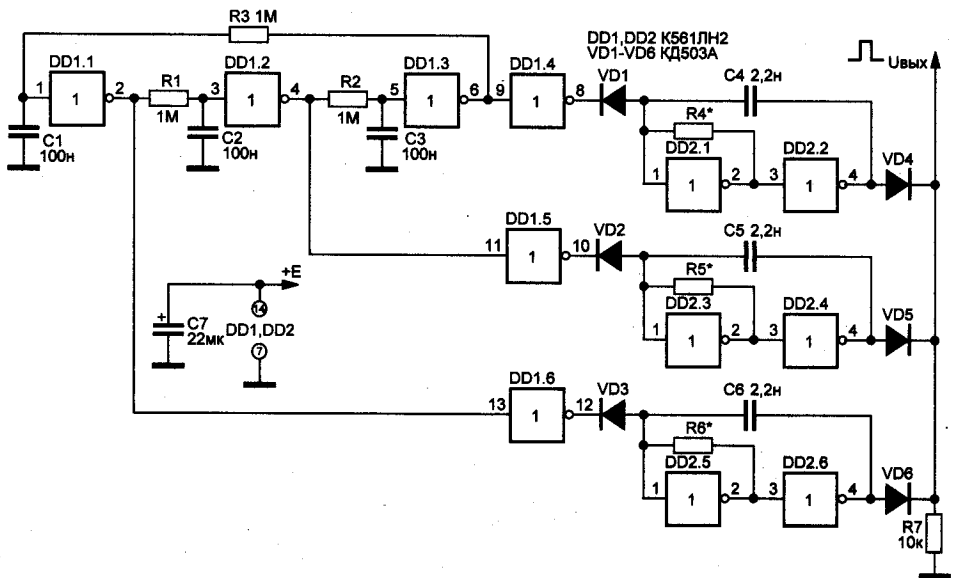


Рис. 7.29. Трехтональная сирена, формирующая чередующиеся пачки частот: 200, 500 и 900 Гц

Трехтональная сирена на логических элементах на микросхемах К561ЛН2 и К561КТ3

Принцип действия. На схеме [168], рис. 7.30, применен трехфазный мультивибратор, как и в схеме, представленной на рис. 7.29.



Примечание.

Но он управляет не тремя другими мультивибраторами, а одним, переключая его частоту. Изменение частоты происходит за счет КМОП-ключей на элементах DD2.2, DD2.3.

В начальном состоянии частота мультивибратора на элементах DD1.4, DD1.5 определяется номиналами элементов R4, C4. При поступлении импульсов с трехфазного мультивибратора начинают работать ключи. При этом происходит поочередное изменение частотозадающего резистора: параллельно R4 подключается сначала R5, потом R6 и так далее по кругу.

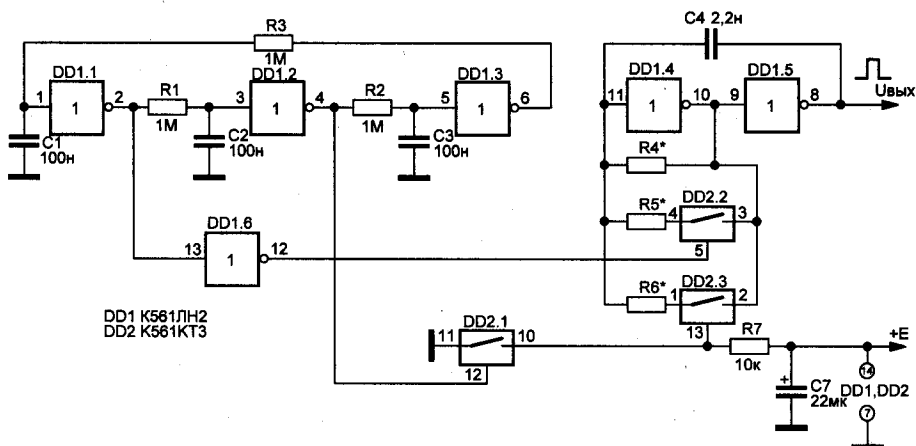


Рис. 7.30. Трехтональная сирена на основе трехфазного мультивибратора

Двухтональный звонок на двух микросхемах К555ЛА3

Принцип действия. Двухтональный звонок [163], рис. 7.31, содержит управляющий генератор на элементах DD1.1–DD1.3 микросхемы К555ЛА3.

Генератор вырабатывает управляющие импульсы, частота которых зависит:

- ♦ от емкости конденсатора C1;
- ♦ от сопротивления резистора R1.

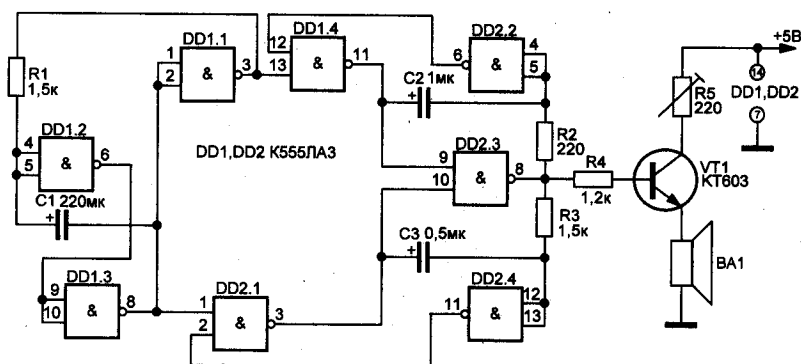


Рис. 7.31. Двухтональный звонок на двух микросхемах K555LA3

При указанных на схеме элементах частота переключения генератора примерно 0,7...0,8 Гц. Импульсы управляющего генератора подаются на генератор тона и поочередно подключают их к усилителю звуковой частоты, собранного на транзисторе VT1.

Первый генератор выполнен на DD1.4, DD2.2, DD2.3 и вырабатывает импульсы частотой 600 Гц (регулировка C2, R2).

Второй генератор выполнен на DD2.1, DD2.4, DD2.3 и работает на частоте 1000 Гц (регулировка C3, R3).

Громкость звучания регулирует потенциометр R5.

Аналоги. Транзистор VT1 KT603 можно заменить на KT608 или KT503 с любым буквенным индексом.

Мелодичный квартирный звонок на микросхемах K561ЛА7 и K561КП2

Принцип действия. Мелодичный квартирный звонок [102], рис. 7.32, выполнен на основе мультивибратора на логических элементах DD1.1, DD1.2, частота генерации которого скачкообразно изменяется.

Частота мультивибратора зависит от емкости конденсатора C1 и сопротивления резистора, включенного между входом и выходом первого элемента. Параллельно этому резистору (R1) подключен резистор R2. Роль переключателя резисторов выполняет один из каналов мультиплексора DD2.

Управляет мультиплексором второй мультивибратор (4...5 Гц) — элементы DD1.3, DD1.4. В результате частота мультивибратора на элементах DD1.1, DD1.2 периодически меняется с 400 на 700 Гц. Сигнал с выхода мультивибратора поступает на транзистор VT1, в коллекторную цепь которого включен динамик.

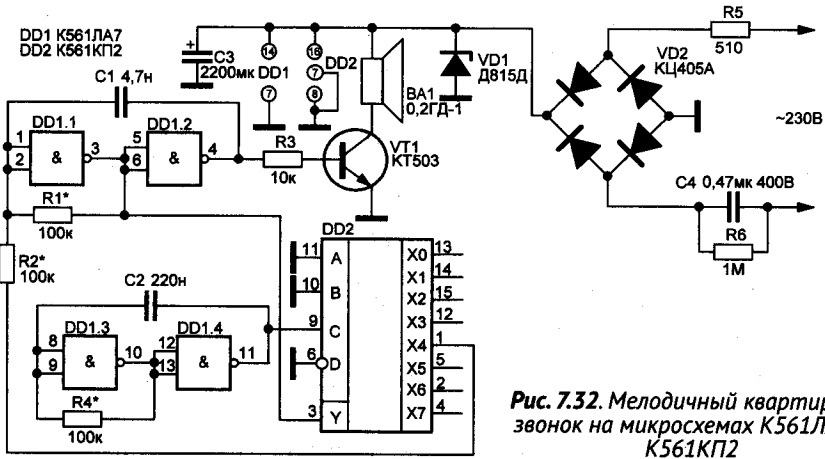


Рис. 7.32. Мелодичный квартирный звонок на микросхемах K561LA7 и K561KP2

Музыкальный звонок на цифровых микросхемах K176IE12 и K561KP2

Принцип действия. Музыкальный звонок [103], рис. 7.33, формирующий четырехтональный звуковой сигнал, можно использовать в качестве квартирного звонка.

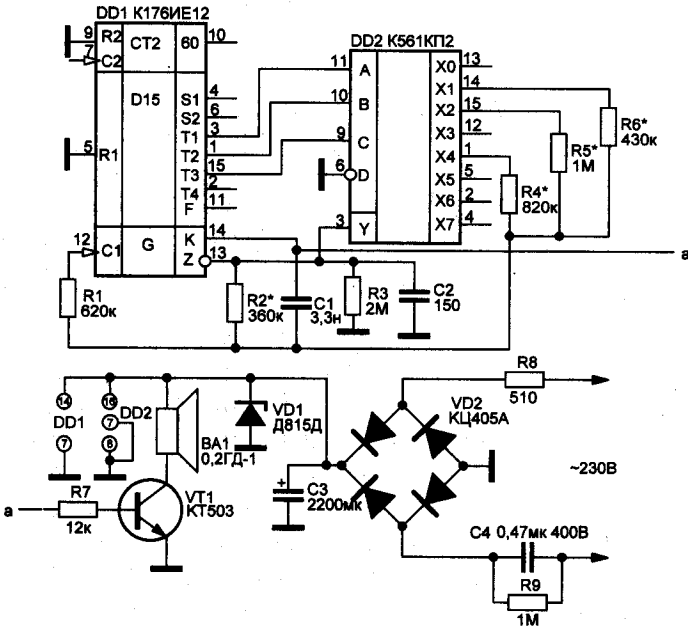


Рис. 7.33. Четырехтональный музыкальный звонок

При работе устройства формируется последовательность из четырех пачек импульсов, причем частота импульсов в каждой из пачек своя.

Схема включает в себя:

- ♦ мультивибратор и формирователь переключающих импульсов на микросхеме DD1 K176IE12;
- ♦ коммутатор частот на микросхеме DD2 K561KP2.

Микросхема K176IE12 имеет встроенный генератор и счетчик импульсов, за счет которого на ее выводах 3, 1 и 15 поочередно появляются сигналы «логических единиц». Эти сигналы управляют работой мультиплексора DD2 — он поочередно будет соединять вход «У» (вывод 3) с резисторами R4, R5, R6.

Так как вывод 3 мультиплексора подключен к частотоподающей цепи генератора микросхемы DD1 (вывод 13), то резисторы R4, R5, R6 будут поочередно включаться в частотоподающую цепь. Следовательно, частота генератора импульсов будет изменяться.

Питание устройства осуществляется от сети переменного тока 230 В без гальванической развязки, в связи с чем при эксплуатации устройства необходимо предпринимать защитные меры: все элементы устройства должны быть тщательно изолированы. Наладку устройства (и его питание) допустимо производить от аккумулятора или батареи напряжением 12,6 В при отключенном стабилизаторе VD1.

Наладка устройства сводится к подбору номиналов частотоподающих резисторов R4, R5, R6 до получения желаемой тональности звука.

Электронная сирена на семь комбинаций звука на микросхемах K176LE5, K176LA7, K176IE1, K176KT1

Принцип действия. Электронная сирена [165], рис. 7.34, имеет семь различных комбинаций звука, которые переключаются автоматически. Время переключения устанавливается потенциометром R8. Переключателем SA1 можно изменять характер звучания сирены. **Работа.** Сирена включается нажатием SB1 и звучит 5...8 мин. в зависимости от емкости и сопротивления утечки конденсатора C1.

Восьмитональная сирена на микросхемах K561LA7, K561IE16, K561KP2

Принцип действия. Особенность этого варианта сирены [54], рис. 7.35, в том, что с изменением тона меняется длительность звучания этого участка. Если тон участка выше, то время звучания будет меньше и наоборот.

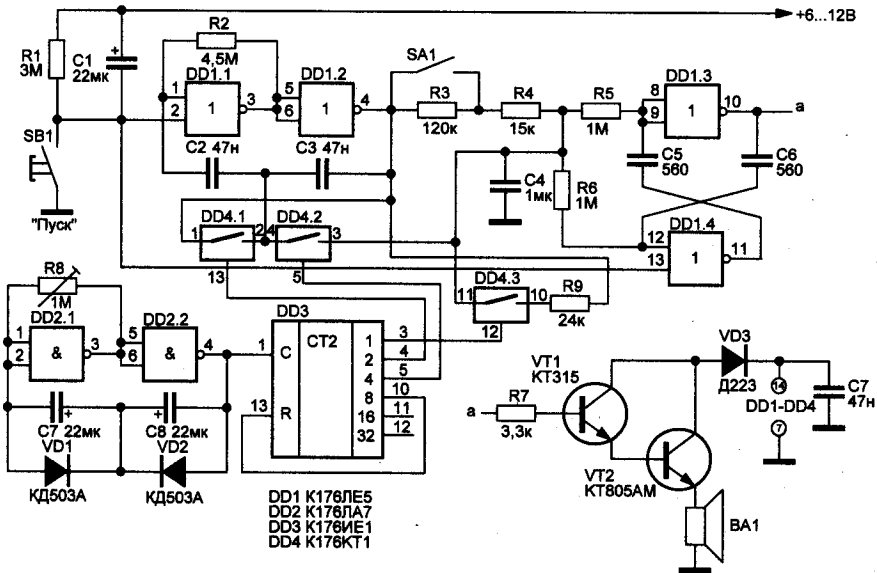


Рис. 7.34. Электрическая схема электронной сирены на КМОП-микросхемах

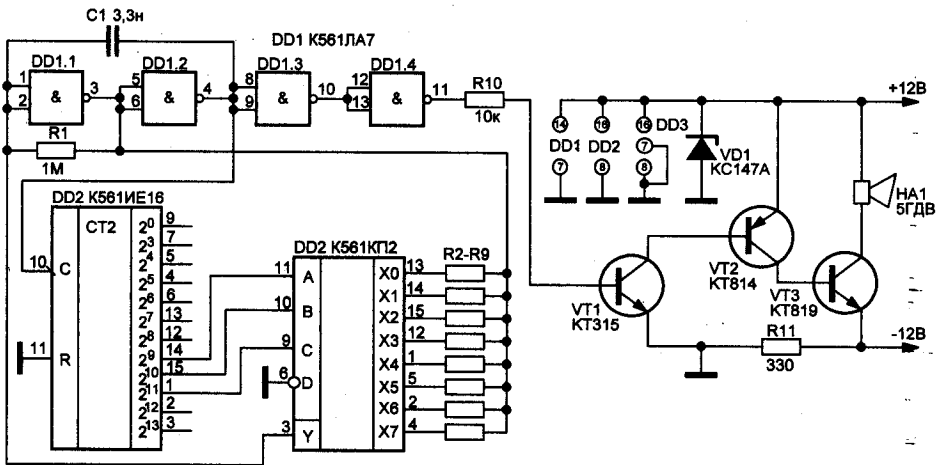


Рис. 7.35. Восьмитональная сирена на основе мультиплексора



Примечание.

В данной схеме есть свои особенности: для тактового опроса мультиплексора, переключающего частоту выходного сигнала, служит один мультивибратор на микросхеме DD1.

Импульсы с его выхода поступают на выходной импульсный усилитель на VT1–VT3 с высокочастотной динамической головкой, и одно-

временно эти же импульсы поступают на вход многозарядного двоичного счетчика DD2.

Этот счетчик делит частоту входных импульсов, коды на его выходах изменяются с частотой 1...3 Гц. Эти коды поступают на управляющие входы мультиплексора. Он в соответствии кодам переключает дополнительные резисторы R2–R9, подключаемые параллельно резистору R1. В результате частота импульсов на выходе микросхемы DD1 меняется. А это приводит к изменению тональности звука и изменению скорости опроса резисторов R2–R9.

Настройка сирены сводится к установке нужных тонов звучания подбором R2–R9, громкость — R10.

Электронная сирена с изменяемой частотой звука на микросхемах 4011, 4046, 4066

Принцип действия. Электронная сирена [18], рис. 7.36, генерирует периодические посылки звука с изменяемой частотой.

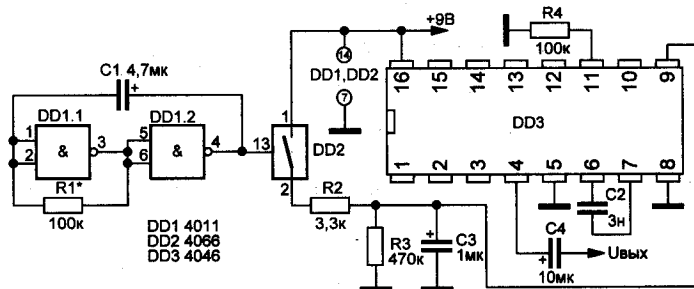


Рис. 7.36. Электронная сирена с изменяемой частотой звука

Генератор субгерцовой частоты на элементах DD1.1, DD1.2 задает частоту звуковых посылок. Управляющие импульсы, снимаемые с этого генератора, поступают на электронный переключатель DD2.

Во включенном состоянии переключателя конденсатор C3 заряжается от источника питания через резистор R2.

В выключенном состоянии переключателя конденсатор C3 разряжается через резистор R3. В соответствии с изменением напряжения на конденсаторе C3 изменяется частота генератора звуковых частот на микросхеме DD3.

Выходной каскад электронной сирены

Принцип действия. Выходной каскад электронной сирены [72], рис. 7.37, выполнен по мостовой двухтактной схеме на транзисторах

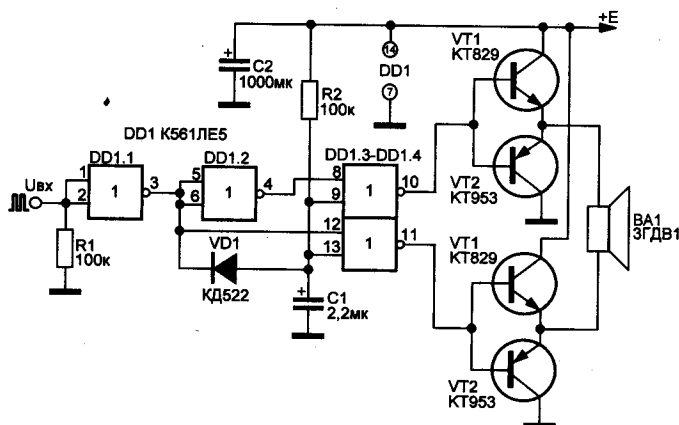


Рис. 7.37. Выходной каскад электронной сирены с мостовым двухтактным выходом

VT1–VT4. Роль фазоинвертора выполняет элемент DD1.2. В результате его работы при поступлении импульсного сигнала на вход устройства, выходные каскады работают поочередно и таким образом амплитуда сигнала на динамической головке удваивается.

Входной сигнал должен быть КМОП уровня, положительной полярности. В режиме ожидания на входе должен быть логический «0».



Совет.

Если входной сигнал не соответствует данным требованиям, то сигнал необходимо подавать через разделительный конденсатор.

7.14. Охранные устройства на КМОП-микросхемах

Требования и резервирование

Требования. Основные требования, предъявляемые к устройствам охранной сигнализации:

- ♦ экономичность;
- ♦ возможность контроля цепей как на обрыв, так и на замыкание, в том числе с отсроченным срабатыванием;
- ♦ возможность отключения энергоемкой системы сигнализации при сохранении работы в экономичном непрерывно действующем режиме.

Этим требованиям вполне отвечают устройства охранной сигнализации, выполненные на КМОП-микросхемах, рис. 7.38, рис. 7.39 [208].

Резервирование. Предусмотрено резервирование источника питания:

- ♦ при подключенном внешнем аккумуляторе 12,6 В 9-вольтовая резервная батарея автоматически отключается;
- ♦ при отключении аккумулятора устройство питается от резервной батареи, установленной в корпусе сторожевого устройства.

Сигнализация на КМОП-микросхемах K561ЛЕ10 (K564ЛЕ10), K561ЛН2 (K564ЛН2)

Состав устройства, рис. 7.38:

- ♦ схема индикации на размыкание контактной группы;
- ♦ индикатор приближения;
- ♦ релейная схема, включающая сигнализацию (исполняющее устройство);
- ♦ реле времени;
- ♦ схема формирования звуковой (оптической) сигнализации и управления радиоканалом;
- ♦ радиоканал для дистанционной сигнализации (опционально).

Технические характеристики устройства:

1. Напряжение питания, В — 9 и/или 12,6 (резервирование).
2. Потребляемый ток:
 - ♦ отключенное состояние, мкА — 25.
 - ♦ ждущий режим, мкА — 300.
 - ♦ режим сигнализации, мА — 35 (без радиоканала).
3. Срабатывание сигнализации;
 - ♦ на замыкание/размыкание — мгновенное, либо с задержкой 5...7 с на (обрыв) цепи,
 - ♦ на приближение человека (токопроводящего предмета) на несколько (5...9) см.
4. Предусмотрен автоматический перевод схемы в режим экономичной сигнализации.
5. Время перехода, с — 50...60.
6. Габаритные размеры, мм — 130×90×35 (без передатчика радиоканала).

Принцип действия. Контактные группы SA1 и SA2 работают на замыкание, SA3 и SA4 — на размыкание. При замыкании контактов SA2, количество которых, включенных параллельно, может быть не ограничено, конденсатор С3 разряжается. На входе элемента микросхемы DD2.1 мгновенно устанавливается напряжение логического нуля, а на выходе — логической единицы. При этом:

- ♦ открывается тиристор VS1;
- ♦ срабатывает реле К1, включая своими контактами К1.1 сирену, фары и т. п.

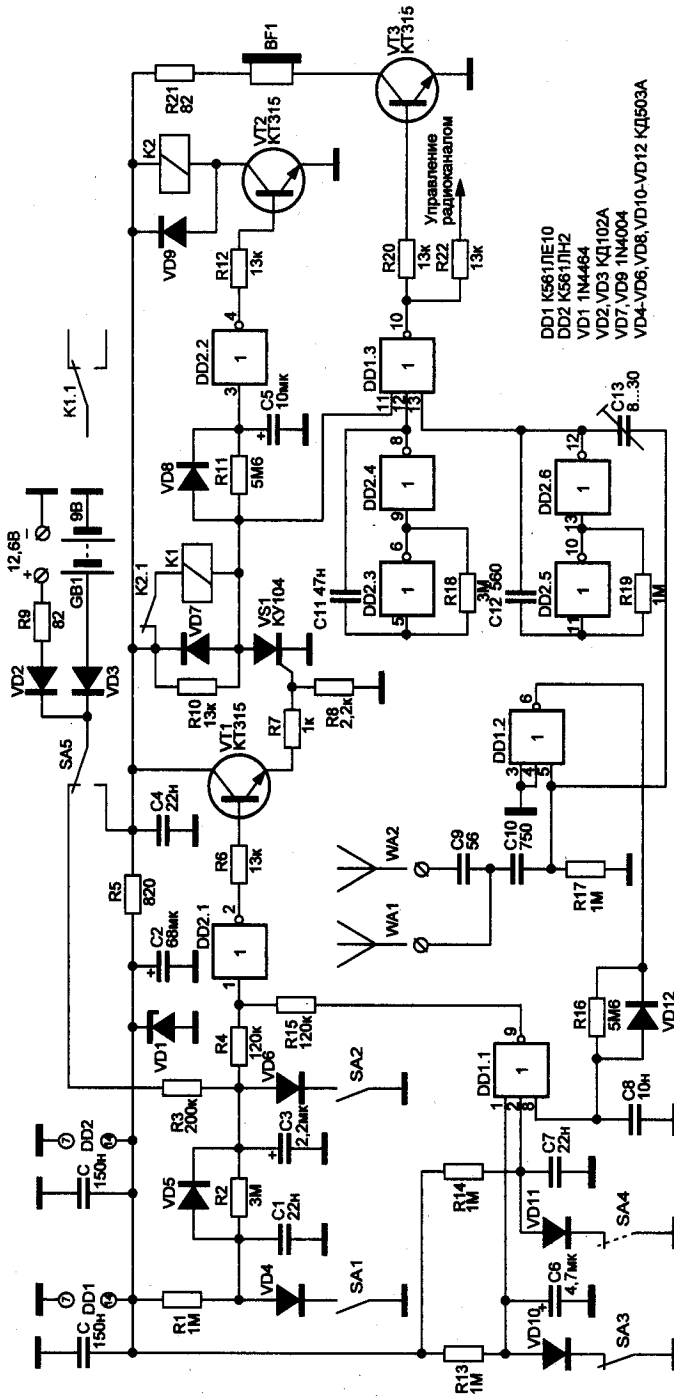


Рис. 7.38. Электрическая схема охранной сигнализации на КМОП-микросхемах К561ЛЕ10 (К564ЛЕ10), К561ЛЕ12 (К564ЛЕ12)

Одновременно на выходе элемента микросхемы DD1.3 появляются звуковые посылки частотой:

- ♦ следования единицы герц;
- ♦ заполнения порядка 2 кГц (индикация на телефонный капсюль BF1 и выход на радиоканал).

Через несколько десятков секунд конденсатор С5 разрядится, срабатывает реле К2, отключая реле К1 и систему энергоемкой сигнализации. Система экономичной сигнализации (телефонный капсюль и радиоканал) продолжают работать.



Примечание.

Отключить сигнализацию возможно только потайным выключателем SA5. При отключении или повреждении аккумулятора устройство продолжает работать в режиме экономичной сигнализации.

Контактные группы SA1 могут быть установлены на двери автомобиля со стороны водителя (отсроченное на 5...7 с срабатывание сигнализации).

Контактные группы SA4, число которых, включенных последовательно, может быть произвольным, обеспечивают при размыкании цепи мгновенное срабатывание устройства. В цепи этой контактной группы может быть включен шлейф из тонкого провода, наклеенный на стекло охраняемого объекта.

Размыкание **контактных групп SA3** вызывает отсроченную на несколько секунд реакцию сторожевого устройства.

Задержка срабатывания на размыкание контактных групп SA1 определяется постоянной времени R2C3, на размыкание контактных групп SA3 — R14C7.

Датчик приближения (емкостное реле) выполнен на элементе микросхемы DD1.2 [121]. Чувствительность и порог срабатывания емкостного реле устанавливаются подстроечным конденсатором С13 и емкостным делителем С9, С10 (гнездо подключения антенны WA1, WA2).

Дополнительные возможности. Устройство может быть также использовано для индикации превышения заданного уровня сигнала (например, освещенности, температуры и т. п.) при подключении соответствующего преобразователя взамен контактных групп. В устройстве использованы две микросхемы K561ЛЕ10 (K564ЛЕ10), K561ЛН2 (K564ЛН2), либо их аналоги.

В зависимости от запросов потребителя устройство может быть выполнено в четырех вариантах:

- ♦ вариант 1 — на одном элементе DD2.1;
- ♦ вариант 2 — то же с добавлением элемента DD1.1;

- ♦ вариант 3 — то же (см. вариант 2) с добавлением элемента DD2.2;
- ♦ вариант 4 — полной конфигурации.

**Примечание.**

Варианты 1–3 могут быть выполнены с использованием лишь одной микросхемы K561ЛЕ10 (K564ЛЕ10).

Технические характеристики устройства приведены в [121]

Охранная сигнализация на КМОП-коммутаторах

Принцип действия. В охранном устройстве на основе КМОП-коммутаторов (рис. 7.39) источники питания подключаются к схеме герконовым переключателем SA1, установленном, например, на панели щитка управления рядом с замком зажигания.

Геркон (КЭМ-3) управляется магнитом, вмонтированном в брелок-держатель ключей зажигания. В исходном состоянии (ключ зажигания — в замке зажигания) брелок крепится на щиток управления, контакты SA1 замкнуты в верхнем по схеме положении, на устройство (вход 13 микросхемы DD1.1 и конденсаторы C2, C3) подается плюсовой потенциал, потребления тока нет.

Устройство охранной сигнализации автоматически включается в режим охраны при вытаскивании из замка зажигания ключа: через SA1 питание подается на устройство, потребляющее в ждущем режиме ток до 1 мА.

Устройство срабатывает на длительное (порядка 10 с) замыкание кнопки SB1 (дверь водителя), мгновенное замыкание любого элемента контактных групп SB2 а–z (остальные двери автомобиля, багажник, капот).

Контактные группы, соответственно, SB4 и SB3 а–z предназначены для срабатывания устройства при длительном (свыше 10 с) или мгновенном размыкании контролируемой цепи. В цепь датчиков SB3 а–z могут быть включены шлейфы из тонкого провода, инерционные датчики, срабатывающие при покачивании.

В исходном состоянии на управляющем входе 13 микросхемы DD1.1 присутствует напряжение логической единицы, канал коммутатора DD1.1 замкнут, на его выводе 1 — логический ноль. Поскольку контактная группа SB4 замкнута, на управляющем входе 5 элемента DD1.2 напряжение отсутствует, канал коммутатора DD1.2 разомкнут, на конденсаторе C8, и, соответственно, управляющих входах элементов DD1.3 и DD1.4 напряжение равно нулю.

Цепи управления радиоканалом (транзистор VT2) и коммутации системой сигнализации (транзистор VT1) отключены. Светодиод

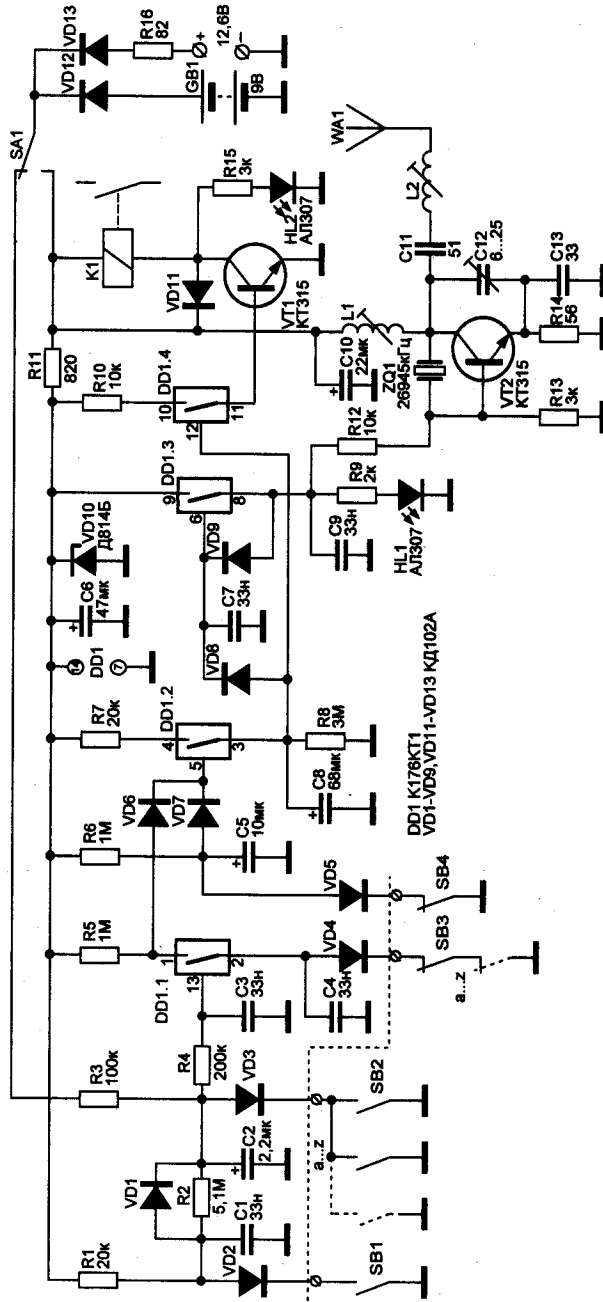


Рис. 7.39. Электрическая схема охранной сигнализации на КМОП-коммутаторах

HL2 индицирует включение сторожевого устройства в режим охраны, одновременно обеспечивая протекание тока подпитки через обмотку реле K1.

При попытке проникнуть в охраняемый объект, связанной, например, с замыканием контакта SB2, конденсатор C2 разряжается, и на управляющем входе микросхемы DD1.1 появляется логический ноль.

То же происходит при длительном (свыше 10 с) замыкании контактов SB1: конденсатор C2, разряжаясь через резистор R2, обеспечивает поддержание значения логической единицы на управляющем входе микросхемы на время разряда. В результате цепь коммутатора DD1.1 размыкается, и на управляющий вход следующего коммутатора DD1.2 через диод VD6 поступает логическая единица.

То же происходит при мгновенном размыкании любого из элементов SB3 a–z, или длительном (свыше 10 с) размыкании SB4. В итоге коммутатор DD1.2 замыкается, заряжая при этом конденсатор C8 до напряжения логической единицы. На управляющие входы коммутаторов DD1.3, DD1.4 подается логическая единица. Коммутатор DD1.4 включает релейную схему (транзистор VT1, реле K1), индикатор HL2 гаснет, срабатывает реле K1, включая своими контактами другое, более мощное реле, сирену, фары, блокируя систему зажигания. Одновременно включается радиоканал (микрпередатчик на транзисторе VT2) и светодиодный индикатор HL1.

Диод VD9 обеспечивает реализацию режима «защелки» — самоблокировки включения канала радиосигнализации. После разряда конденсатора C8 на сопротивление R8 (около 3 минут) напряжение на управляющем входе коммутатора DD1.4 упадет до значения логического нуля, энергоемкая сигнализация (сирена и т. п.) обесточится, отключится реле K1, засветится светодиод HL2. Свечение светодиода HL1 свидетельствует о работе микрпередатчика.

Энергопотребление. Максимальный потребляемый устройством ток определяется, главным образом, типом используемого реле и не превышает 50...100 мА в трехминутном режиме полной сигнализации. При работе только радиоканала потребляемый устройством ток снижается до 10 мА, что позволяет регистрировать излучение генератора до 3 дней даже при отключенном аккумуляторе 12,6 В.



Примечание.

Интервалы времени отсрочки срабатывания и включения энергоемкой сигнализации могут быть откорректированы подбором R2C2, R6C5, R8C8.

В схеме использован кварцевый резонатор на частоту 26945 кГц.

Моточные изделия. Катушки индуктивности L1 и L2 намотаны на каркасах диаметром 7 мм с подстроечными сердечниками типа СЦР и содержат, соответственно, 10 и 20 витков провода ПЭВ диаметром 0,8 мм и 0,5 мм.

Многоканальное охранное двухпроводное устройство «МОДУС-НР»

Назначение. Многоканальное охранное двухпроводное устройство «МОДУС-НР», рис. 7.40 [207] предназначено для охраны группы удаленных от пульта наблюдения и контроля объектов с использованием «нормально разомкнутых» датчиков.

Одновременно могут контролироваться до 9-и охраняемых объектов-точек, присоединяемых к устройству двухпроводным кабелем.

Основные технические характеристики устройства приведены ниже.

1. Питание — сетевое и дублирующее аккумуляторное (9...15 В) с авторезервированием.
2. Сетевой блок питания и усилитель низкой частоты — на базе серийного трехпрограммного радиотрансляционного приемника с полным сохранением его основных функций.
3. Потребляемый устройством ток (основной блок), мА — не более 50.
4. Потребляемый усилителем низкой частоты ток, мА — не более 100.
5. Количество одновременно охраняемых объектов 1–9.
6. Подключение всех 1–9 охраняемых объектов одним двухпроводным кабелем сопротивлением не свыше нескольких десятков Ом.
7. Предусмотрены два режима охраны:
 - ♦ «дневная» — отсроченная двухуровневая сигнализация с временной задержкой до 10 с, в течение которых светится сигнальный светодиод соответствующей охраняемому объекту маркировки и звучат предупреждающие звуковые посылки на 1/3 громкости; после 10 предупреждающих звуковых сигналов громкость включается на полную мощность, а само устройство блокируется;
 - ♦ «ночная» — одноуровневая немедленная сигнализация с временной задержкой срабатывания блокировки охранного устройства до 0,2 с.
8. Сигнализация срабатывания датчика на любом из охраняемых объектов двухуровневая избирательная либо неизбирательная мгновенная (общая тревога) при аварии на линии (обрыв, короткое замыкание линии, нажатие кнопки «общая тревога», срабатывание датчика пожарной сигнализации) с блокировкой системы сигнализации и вклю-

чением ее на полную мощность. Кнопка сброса позволяет сбросить сигнал тревоги только после устранения неисправности.

9. Предусмотрена светодиодная индикация: а) срабатывания одного из датчиков на любом из 9-и охраняемых объектах; б) наличия питающих напряжений, в том числе аварийного (резервного) питания; в) состояния «Норма» на охраняемых объектах; короткого замыкания линии; обрыва линии; г) состояния тревоги; д) режима охраны («дневной»/«ночной»).

10. На каждый из охраняемых объектов могут быть установлены: а) датчики пожарной сигнализации, работающие на разрыв цепи; б) кнопки вызова охраны по сигналу «Тревога»; установка которых возможна в двух вариантах — немедленная, но неселективная по охраняемым объектам тревога («Общая тревога») и отсроченная на 10 с с промежуточной индикацией состояния тревоги на 1/3 от полной громкости, см. пп. 8; в) любые иные нормально разомкнутые датчики.

11. При подключении резервного источника питания предусмотрена защита от неправильного подключения.

Принцип действия. Многоканальное охранное двухпроводное устройство включает в себя:

- ♦ поликомпараторное входное устройство;
- ♦ формирователь управляющих КМОП-уровней;
- ♦ систему двухуровневой сигнализации и блокировки;
- ♦ схемы формирования пакетов звуковых сигналов;
- ♦ схемы звуковой и световой индикации.

Поликомпараторное входное устройство выполнено на основе микросхемы А277D (К1003ПП1, UAA180), предназначенной для 12-ти ступенчатого дискретного преобразования уровня сигнала на управляющем входе в номер коммутируемого канала индикации.

Светодиоды HL1–HL12 индицируют одно из 12-ти возможных состояний, отвечающих величине управляющего напряжения на входе:

- ♦ короткое замыкание в линии;
- ♦ срабатывание одного из 9-ти датчиков охранной сигнализации;
- ♦ состояние нормы (зеленый светодиод);
- ♦ обрыв линии.



Примечание.

В соответствии с задействованным номером канала индикации, на выходе микросхемы за счет нетрадиционного включения нагрузки (наличие дополнительного резистора) формируется уровень логической единицы или нуля для управления КМОП-логикой (ноль — при включении канала индикации).

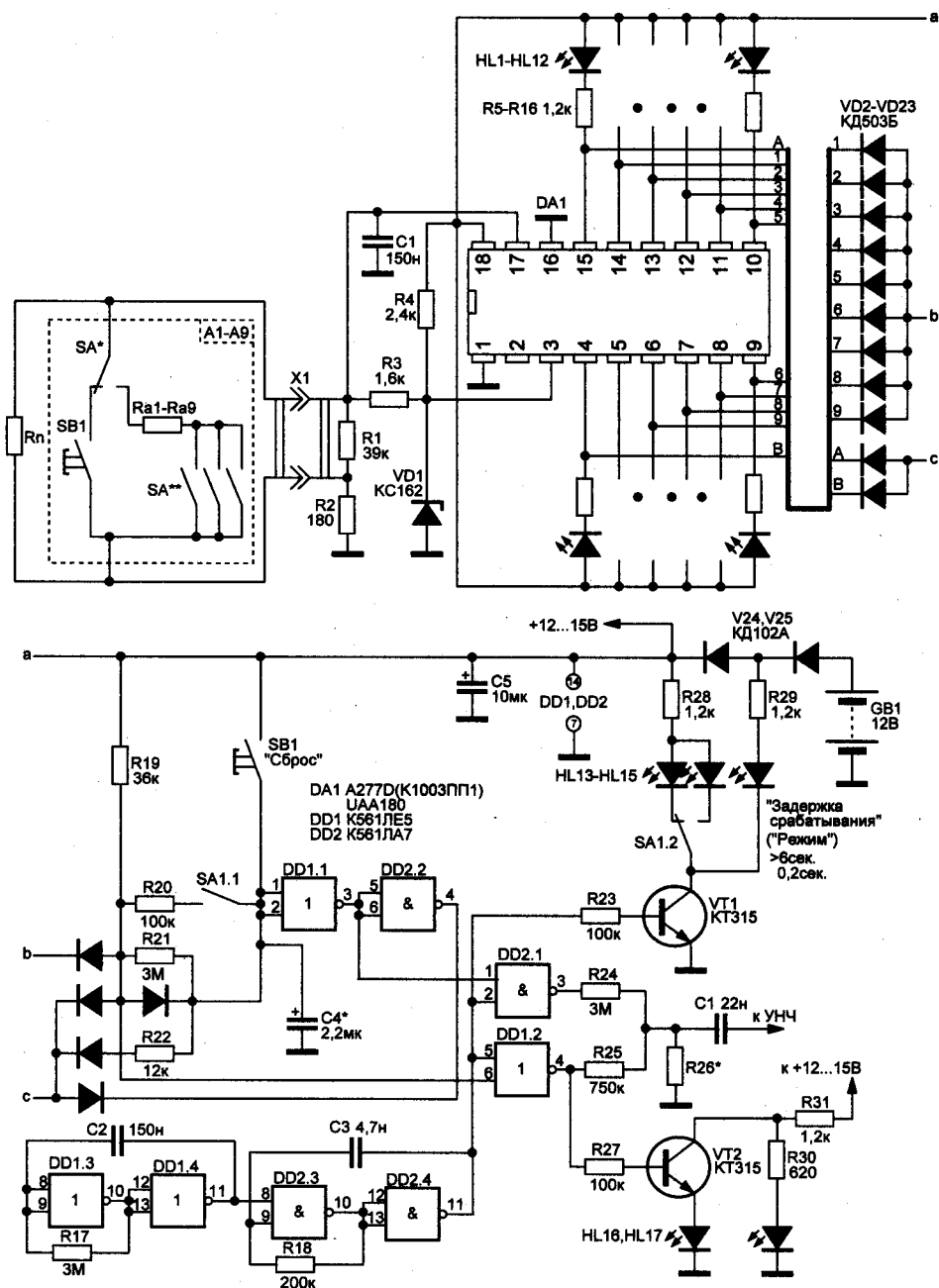


Рис. 7.40. Электрическая схема многоканального охранного двухпроводного устройства «МОДУС-HP»

При подаче уровня логического нуля на проводники 1–9 шины, **рис. 7.40**, конденсатор С4, задающий время задержки срабатывания блокировки, разряжается:

- ♦ или через резистор R21 (режим «дневной» сигнализации);
- ♦ или резистор R20 (режим «ночной» сигнализации).

Если в течение 6...10 с (постоянная времени определяется произведением R21С4) причина срабатывания датчика не будет устранена, включается система блокировки. Она выполнена на элементах DD1.1 и DD1.2 микросхемы K561ЛЕ5.

До срабатывания **схемы блокировки** на выход устройства поступают посылки сигнала звуковой частоты, амплитуда которых составляет 1/3 от максимально возможного уровня (предупредительный сигнал). Одновременно начинают поочередно мигать зеленый и красный светодиоды, управляемые транзистором VT2.

При заблокировании системы на вход устройства подается тревожный звуковой сигнал максимального уровня громкости. Деблокировать систему сигнализации возможно нажатием кнопки SB1 «СБРОС», однако, если причина срабатывания датчика не устранена, двухступенчатый процесс звуковой и световой сигнализации повторится.

При **формировании «логического нуля»** на проводниках А и В шины (отвечающих состоянию короткого замыкания или обрыва линии), устройство блокировки сработает практически мгновенно (задержка определяется постоянной R22С4) и деблокировать схему возможно только после устранения неисправности линии.

При **переходе с «дневного» на «ночной» режим охраны** переключателем SA1 постоянная времени блокировки уменьшается до 0,2 с (постоянная R20С4). Одновременно переключаются и светодиодные индикаторы зеленого цвета, включенные в коллекторную цепь транзистора VT1 и индицирующие выбранный режим состояния охранной сигнализации.

Устройство питается от сетевого источника питания и имеет источник резервного автономного питания (аккумулятор или батарея GB1 12 В).



Примечание.

Сигнал звуковой частоты подают на вход УНЧ таким образом, чтобы силу звукового сигнала было бы невозможно изменить регулировкой громкости.

При отключении сетевого питания устройство автоматически переходит на питание от аккумулятора, напряжение которого должно быть не менее чем на 0,5 В ниже напряжения, снимаемого с сетевого блока питания. УНЧ также автоматически переключается на питание от резервного источника (аккумулятора).

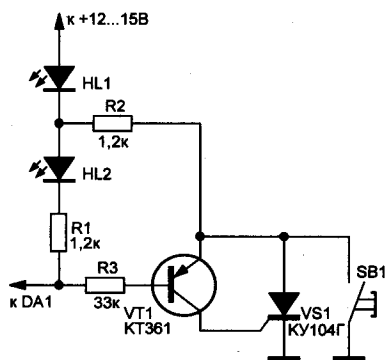


Рис. 7.41. Вариант выполнения выходных цепей многоканального охранного двухпроводного устройства

Энергопотребление. Устройство потребляет от источника питания ток в состоянии «нормы» до 50...60 мА, в состоянии тревожной сигнализации — до 100 мА. При использовании аккумулятора емкостью 55 А·ч, его ресурса хватит для автономной работы устройства в течение месяца.

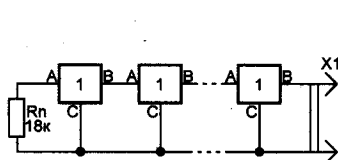
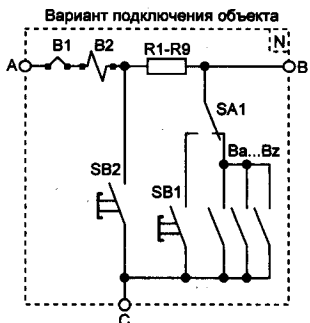
В устройство может быть добавлена и поканальная блокировка светодиодной индикации сработавшего канала (с индивидуальной кнопкой сброса, рис. 7.41), хотя схема существенно усложнится.

Ориентировочные значения сопротивлений резистивного делителя и вариант подключения охраняемых объектов приведены на рис. 7.42.



Совет.

Резистор R_n рекомендуется установить в наиболее удаленной от устройства точке шлейфа. При сопротивлении шлейфа (линии) свыше нескольких десятков ом, сопротивление наиболее низкоомного резистора (180 Ом) следует уменьшить на величину сопротивления шлейфа (линии).



R1 180	R4 910	R7 3,9к
R2 380	R5 1,5к	R8 6,2к
R3 580	R6 2,4к	R9 10к

- ДАТЧИКИ И КНОПКИ
- Пожарные
 - Шлейфовые
 - Разрывного типа
 - Кнопки тревоги
 - SB1 — по объекту
 - SB2 — общей
 - SA1 — Снятие с охраны

Рис. 7.42. Вариант подключения датчиков охранного устройства

На каждом из охраняемых объектов может быть установлена кнопка индикации состояния тревоги (немедленное срабатывание блокировки — «неселективная или общая тревога» за счет короткого замыкания линии), либо «селективная сигнализация» с отсроченной блокировкой.

Технические характеристики устройства приведены в [207].

Многоканальное охранное двухпроводное устройство «МОДУС-НЗ»

Назначение. Устройство многоканальной охранной сигнализации «МОДУС-НЗ», рис. 7.43, предназначено для охраны группы объектов с использованием «нормально замкнутых» датчиков. Одновременно могут контролироваться 2 линии по 9 охраняемых точек. Охраняемые объекты присоединяются к устройству двухпроводным кабелем (для каждой линии).

Технические характеристики устройства

1. Напряжение питания (основной, сетевой источник):
 - ♦ номинальное — 12...13 В.
 - ♦ пределы изменения напряжения при сохранении работоспособности — 9...15 В.
2. Напряжение резервного источника питания (аккумулятор или батарея) — 9...15 В.

Устройство автоматически и без разрыва цепи переходит на питание от резервного источника при аварийном отключении основного источника или понижении выдаваемого им напряжения более чем на 0,5...0,7 В относительно резервного. Имеется защита от неправильного подключения резервного источника питания.
3. Потребляемый устройством ток при напряжении питания 12 В, мА:
 - ♦ в дежурном (штатном) режиме, не более — 50...55;
 - ♦ в режиме тревожной сигнализации — 55...70.
4. Количество одновременно охраняемых объектов по каждой линии — 1–9.
5. Подключение всех 1–9 охраняемых объектов одним двухпроводным кабелем сопротивлением не выше нескольких десятков Ом.
6. Предусмотрены режимы охраны:
 - ♦ отсроченной «дневной» сигнализации с задержкой срабатывания системы блокировки до 10 с; при этом светится сигнальный светодиод соответствующей охраняемому объекту маркировки и звучат негромкие предупреждающие звуковые посылки; после 10 предупреждающих звуковых сигналов уровень громкости возрастает до максимального, срабатывает блокировка;
 - ♦ немедленной сигнализации с временной задержкой 0,2 с, в течение которых устройство блокируется.
7. Блокировка системы сигнализации и включение ее на полную мощность — немедленная при обрыве или коротком замыкании двухпроводного кабеля, идущего к датчикам. Кнопка сброса позволяет сбросить сигнал тревоги только после устранения неисправности.
8. Предусмотрена светодиодная индикация:

- ♦ срабатывания одного (любого) из 9 датчиков на охраняемых объектах по каждой из линий;
- ♦ питания от базового (основного) источника питания;
- ♦ включения аварийного (резервного) питания;
- ♦ состояния линии («Норма» на охраняемых объектах, обрыв или короткое замыкание линии);
- ♦ состояния тревоги;
- ♦ режима охраны («Дневной/ночной») с отсроченным или немедленным срабатыванием.

9. На каждый из охраняемых объектов могут быть установлены:

- ♦ датчики пожарной сигнализации, работающие на разрыв цепи;
- ♦ кнопки вызова охраны по сигналу «Тревога»; установка которых возможна в двух вариантах — немедленная, но неселективная по охраняемым объектам тревога («Общая тревога») с блокировкой системы и селективная отсроченная на 10 с с промежуточной индикацией состояния тревоги при пониженной громкости;
- ♦ герконовые или иные датчики, работающие на разрыв цепи, в том числе кратковременный.
- ♦ шлейфовые линии, работающие на разрыв цепи.

Принцип действия системы охранной сигнализации «МОДУС-НЗ» и рассмотренной выше «МОДУС-НР» аналогичны.

Устройство содержит:

- ♦ поликомпараторное входное коммутирующее устройство, выполненное на микросхемах DA1,2 A277D (UAA180, K1003ПП1, UAA180);
- ♦ систему блокировки (элементы DD1.1–DD1.2);
- ♦ схему формирования световой и двухуровневой звуковой индикации;
- ♦ схему авторезервирования источника питания.

Отличие схемы, **рис. 7.43**, от ранее приведенной на **рис. 7.40**, заключается:

- ♦ в использовании микросхем другого типа (K561ЛН2 и K561ЛА9);
- ♦ в другом способе выполнения входных цепей, ориентированных на использование нормально замкнутых контактов.

Кроме того, для звуковой индикации нет более необходимости в использовании внешнего усилителя низкой частоты; по-иному выполнена и схема индикации включения «режима охраны», а также схема авторезервирования и индикации перехода на режим аварийного (резервного) питания.

**Примечание.**

При необходимости элементы схемных решений устройств «МОДУС-НР» и «МОДУС-НЗ» и особенности сочленения отдельных их узлов могут быть перенесены с одного устройства на другое. В частности, можно предусмотреть возможность использования датчиков как на замыкание, так и на размыкание, индивидуальную блокировку каждого из каналов индикации и т. д.

На рис. 7.43 показаны также варианты подключения охраняемого объекта (объектов) с использованием пожарных, шлейфовых датчиков, датчиков разрывного типа, кнопок общей и селективной тревоги.

Резистор R0, имеющий сопротивление порядка 120 Ом, устанавливается в наиболее удаленной точке шлейфа (линии). При необходимости его величину корректируют с учетом сопротивления линии.

Количество охраняемых объектов может быть увеличено:

- ♦ либо за счет каскадного наращивания поликомпараторных микросхем (типовое включение);
- ♦ либо за счет использования 16-и уровневых компараторов типа K1003ПП2 (схема включения и цоколевка иная).

**Примечание.**

При использовании одной линии (охрана 9-и объектов), микросхему DA2 и элементы, к ней относящиеся, можно исключить из схемы.

7.15. Автомат бегущего света на микросхеме CD4069

Назначение. Простое устройство, способное обеспечить эффект бегущего светового огонька [28], рис. 7.44, позволяет реализовать указатели направления поворота автотранспортных средств, иные указатели направления движения.

Принцип действия. Устройство выполнено на микросхеме 4049. Выходы буферных каскадов нагружены непосредственно на слаботочные светоизлучающие диоды, включенные цепочкой.

7.16. Таймеры на цифровых микросхемах

Таймер для временного включения светильника на микросхеме K561ЛН2

Назначение. Таймер [98], рис. 7.45, предназначен для включения светильника или иной нагрузки на заданный интервал времени.

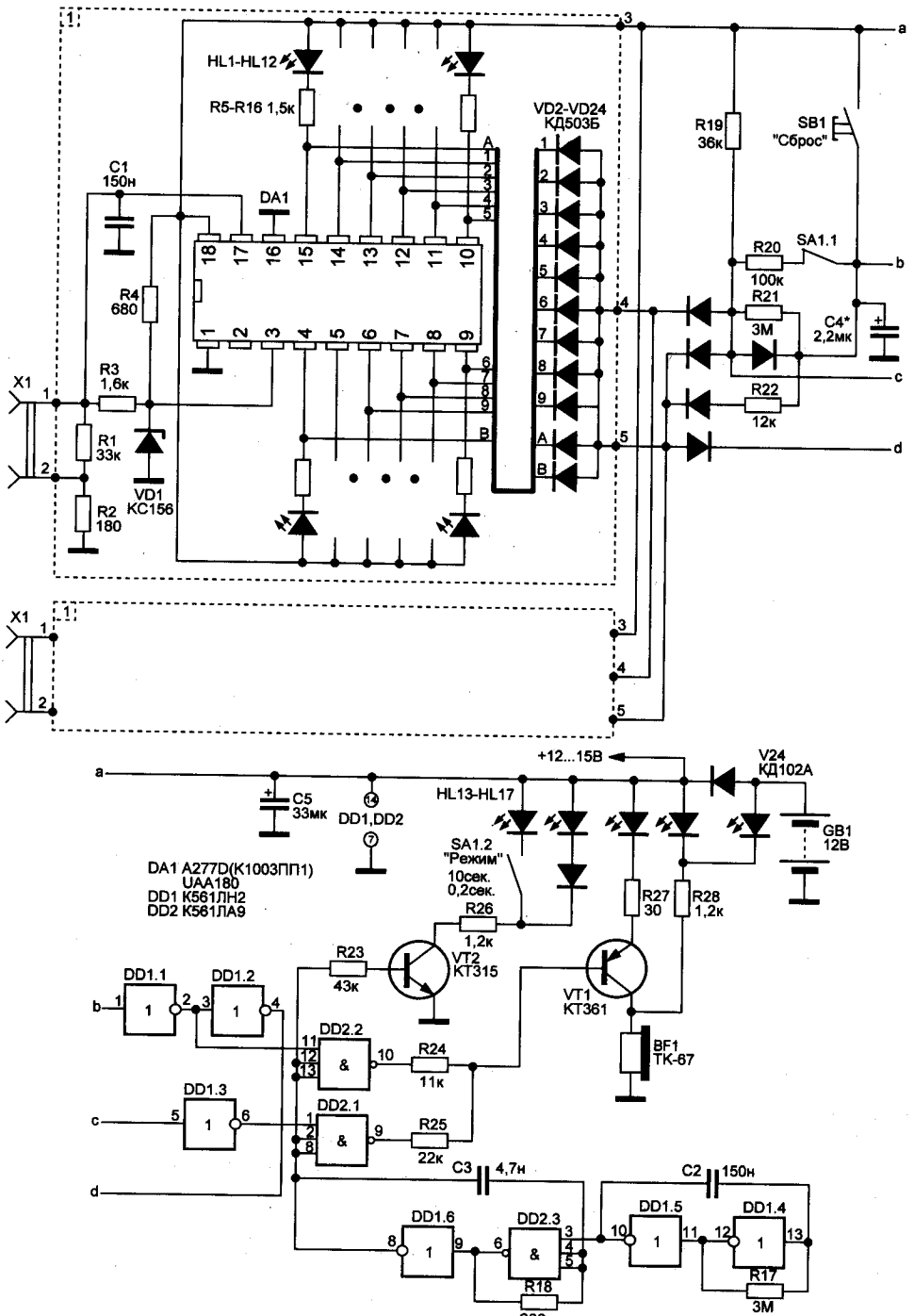


Рис. 7.43. Электрическая схема многоканального охранного двухпроводного устройства и вариант последовательного подключения его датчиков (начало)

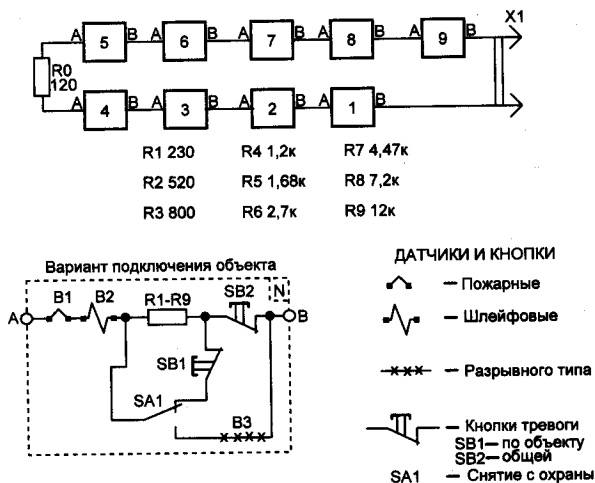


Рис. 7.43. Электрическая схема многоканального охранного двухпроводного устройства и вариант последовательного подключения его датчиков (продолжение)

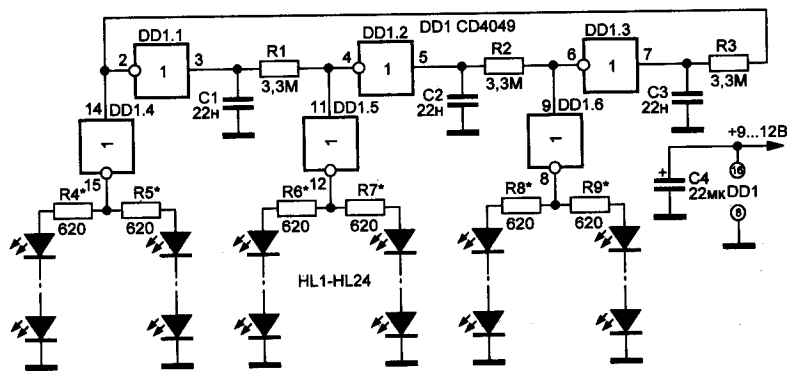


Рис. 7.44. Автомат бегущего света на микросхеме CD4069

Продолжительность работы светильника после нажатия кнопки S1 определяется постоянной времени R1C1.

Принцип действия. Таймер запускается кратковременным нажатием кнопки S1. Конденсатор C1 мгновенно разряжается через резистор R2, напряжение на нем падает до логического нуля. В результате триггер Шмитта на элементах DD1.1, DD1.2 срабатывает, и на его выходе устанавливается значение логического нуля. На остальных элементах микросхемы DD1.3–DD1.6 — умышленного инвертора устанавливается значение логической единицы. Ключевой полевой транзистор VT1 открывается и подключает нагрузку к сети.

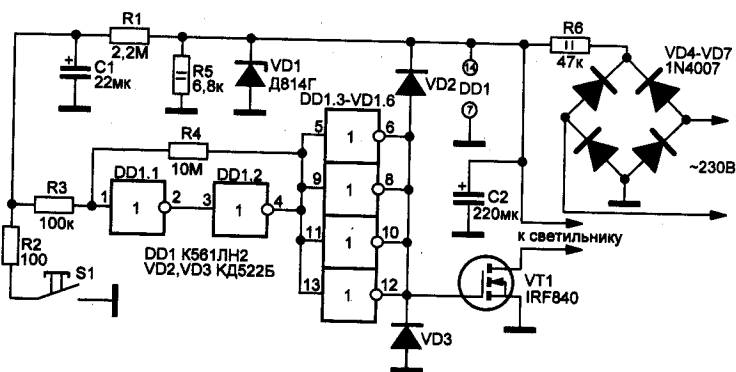


Рис. 7.45. Цифровой таймер для включения нагрузки на заданный интервал времени

После отпускания кнопки S1 конденсатор C1 медленно заряжается через резистор R1. Когда напряжение на обкладках конденсатора C1 превысит напряжение переключения логического элемента, триггер Шмитта срабатывает, и нагрузка выключается.

Транзистор VT1 при мощности светильника до 200 Вт в радиаторе не нуждается. Временной интервал можно изменять подбором сопротивления резистора R1 и емкости конденсатора C1.

Сенсорный таймер на микросхеме К561ЛА7

Назначение. Запуск сенсорного таймера [65], рис. 7.46, осуществляют кратковременным прикосновением к сенсорному элементу — металлической или металлизированной пластине E1.

Этот таймер можно применить для включения осветительных приборов, например, светодиодных светильников или ламп накаливания, питающихся от напряжения 12 В.



Примечание.

Для этого потребуется полевой переключательный транзистор. Если ток, потребляемый светильником (или несколькими), не превышает нескольких ампер, подойдет, например, IRLZ24.

Плюсовой вывод светильника подключают к плюсовой линии питания, минусовый вывод — к стоку полевого транзистора, его исток соединяют с общим проводом, а затвор — с выходом таймера (резистором R9).

Состав. Сенсорный таймер включает в себя:

- ♦ компаратор напряжения на элементах DD1.1, DD1.2;
- ♦ одновибратор на DD1.2, DD1.3;
- ♦ буферный элемент DD1.4.

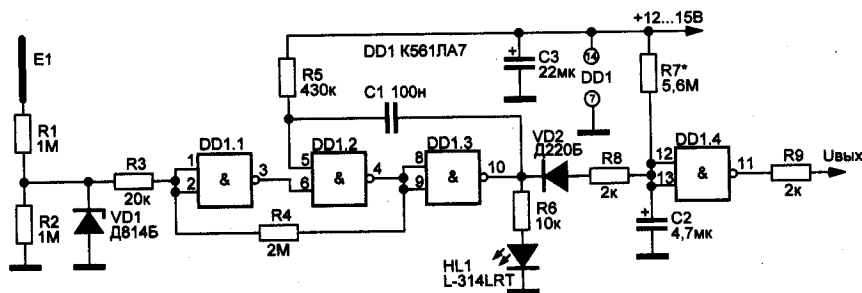


Рис. 7.46. Сенсорный таймер на микросхеме K561LA7

Стабилитрон VD1 защищает входы элемента DD1.1, а резистор R9 ограничивает выходной ток элемента DD1.4. С помощью резистора R4 реализована положительная обратная связь в компараторе.

Принцип действия. После подачи питающего напряжения конденсатор C2 заряжается через резистор R7. Когда на выходе элемента DD1.4 установится низкий уровень, таймер перейдет в состояние готовности. На входах элемента DD1.1 низкий уровень, поэтому на выходе компаратора (вывод 4 DD1) также низкий, а на выходе одновибратора (вывод 10 DD1) — высокий, поэтому конденсатор C2 останется заряженным, а C1 — разряженным. При этом светодиод HL1 горит, сигнализируя о готовности таймера.

При прикосновении к сенсорному элементу E1 переменное напряжение поступит на вход компаратора, он переключается, что приведет к запуску одновибратора. На выходе элемента DD1.3 установится низкий уровень, светодиод HL1 погаснет. Через резистор R5 начнется зарядка конденсатора C1, продолжительность которой около 0,04 с, а через резистор R8 и диод VD2 — быстрая разрядка конденсатора C2 продолжительностью меньше указанного времени. Поэтому на выходе элемента DD1.4 установится высокий уровень, который включит исполнительное устройство.

Если к сенсорному элементу не прикасаться, компаратор, а затем и одновибратор вернутся в исходное состояние, светодиод HL1 включится, и начнется зарядка конденсатора C2 через резистор R7 до напряжения переключения элемента DD1.4, продолжительность которой определяет время выдержки.



Примечание.

Для указанных на схеме номиналов этих элементов продолжительность выдержки около 25 с.

По истечении этого времени на выходе элемента DD1.4 установится низкий уровень, и исполнительное устройство будет отключено.

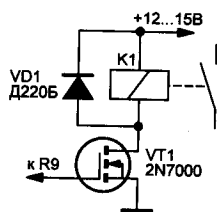


Рис. 7.47.
Подключение реле
к сенсорному
таймеру

Для коммутации нагрузки, не имеющей гальванической связи с таймером и питающейся от отдельного источника, можно применить реле, подключив его к таймеру по схеме, **рис. 7.47**.

Контактами реле, работающими на замыкание, размыкание или переключение, можно подавать, отключать или переключать напряжение, питающее нагрузку. Подойдут реле, срабатывающие при напряжении питания 12 В, например, серии TRV-12VDC.

Длительность выдержки можно изменять в широких пределах подбором емкости конденсатора С2, но при этом надо пропорционально изменять и емкость конденсатора С1. Это необходимо для того, чтобы при запуске отсчета времени конденсатор С2 успевал разрядиться полностью. Чувствительность таймера можно изменить, подбирая резистор R1.

Уменьшение его сопротивления (но не менее 100 кОм) повышает, а увеличение снижает чувствительность. Для снижения влияния импульсных помех параллельно стабилитрону VD1 следует установить керамический конденсатор емкостью несколько нанофарад.

Таймер на микросхеме К561ЛА7

Состав. Таймер [93], **рис. 7.48**, включает в себя:

- ♦ реле времени на элементе DD1.1;
- ♦ генератор на элементах DD1.2 и DD1.3;
- ♦ инвертор на элементе DD1.4;
- ♦ усилитель на транзисторе VT1;
- ♦ телефон BF1.

Управление. Длительность выдержки таймера переключателями SA1 и SA2 устанавливаются в пределах от 1 до 90 мин.

Принцип действия. Для пуска таймера нажимают кнопку SB1, давая возможность разрядиться конденсатору С1 (и С2, если он подключен выключателем SA1). После отпускания кнопки конденсатор заряжается через резистор R2 или цепочку последовательно соединенных резисторов R2–R13.

Как только напряжение на входах элемента DD1.1 достигнет порога переключения, на выходе элемента появится уровень логической 1 и включится генератор. Его колебания частотой около 1000 Гц поступят через инвертор и усилитель на телефонный капсюль.

Звуковой индикатор BF1 — телефонный капсюль с сопротивлением обмотки 40...120 Ом или динамическая головка, например, 0,1ГД-6, вклю-

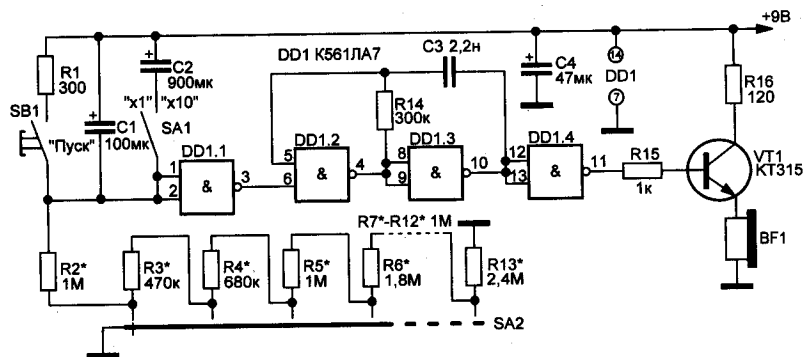


Рис. 7.48. Многодиапазонный таймер на диапазон времени от 1 до 90 мин.

ченная в коллекторную цепь транзистора через выходной трансформатор. Громкость звука устанавливают подбором резисторов R16 и R15.

Наладка. Налаживание таймера сводится к подбору конденсатора C2 и резисторов R2–R13. Емкость конденсатора должна быть такой, чтобы при подключении его выключателем SA1 выдержка, например, на первом поддиапазоне, увеличивалась в 10 раз.



Совет.

Для отсчета выдержек менее 30 минут переключатель SA2 и резисторы R3–R13 можно заменить потенциометром на 3,3...4,7 МОм.

Электропитание. Источник питания GB1 — «Крона», 9 В. Таймер работает и при снижении напряжения питания до 4 В, но тогда длительность выдержек возрастет, а громкость звукового сигнала упадет. В режиме ожидания таймер потребляет ток не более 0,5 мА.

7.18. Выключатели света

Выключатель света с таймером на микросхеме K561LA7

Назначение. Устройство (реле времени) [129], рис. 7.49, предназначено для автоматического отключения освещения в помещениях, где оно используется кратковременно, например, в прихожей или кладовой.

Схема и использование. При нажатии на кнопку S1 (без фиксации) включится свет и продолжает гореть еще примерно 2 мин. пока не зарядится конденсатор C1. При необходимости время включения света можно увеличить за счет увеличения емкости конденсатора C1 или увеличения номинала резистора R1.

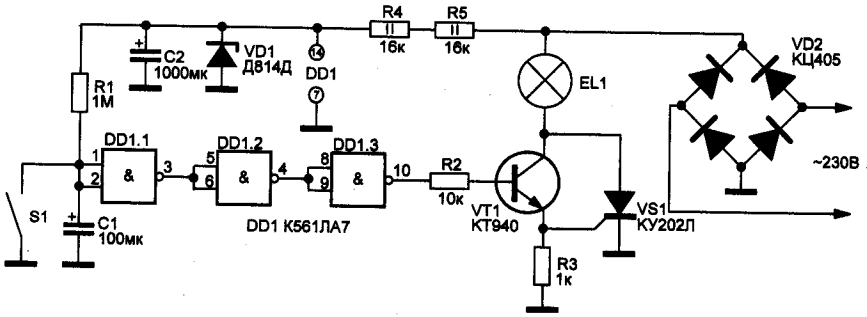


Рис. 7.49. Коммутатор лампы накаливания с задержкой отключения

Акустическое реле с таймером на микросхемах К561ЛН2 и К140УД6

Назначение. Акустическое реле с таймером [53], рис. 7.50, позволяет включать освещение на две минуты при звуковом воздействии (громкий голос, хлопок в ладоши), а затем автоматически его выключает.

Принцип действия. Звуковой сигнал воспринимается микрофоном ВМ1 и усиливается операционным усилителем DA1. Сигнал с выхода усилителя детектируется (диоды VD1, VD2), и поступает на управляющий транзистор VT1. При появлении сигнала на входе усилителя транзистор откроется. Ранее заряженный через резистор R7 конденсатор C5 мгновенно разрядится и запустит управляемый мультивибратор на элементах DD1.2, DD1.3. Сигнал с выхода мультивибратора через буферный каскад DD1.4, DD1.5 поступит на управляющий электрод

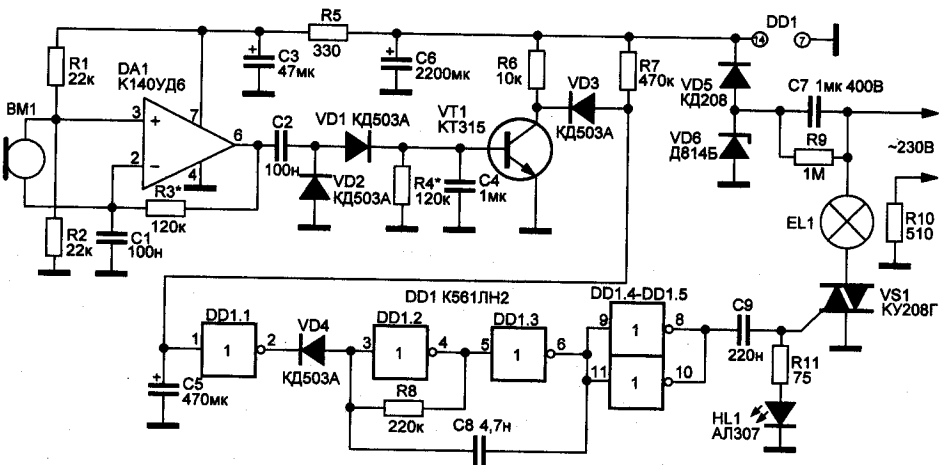


Рис. 7.50. Акустическое реле с таймером для включения-отключения освещения по звуковому сигналу

тиристора VS1, включится лампа освещения EL1. Светодиод HL1 индицирует работу мультивибратора.

После закрытия транзистора VT1 мультивибратор будет находиться в режиме генерации до тех пор, пока не зарядится конденсатор C5. Заряд конденсатора происходит через резистор R7 и при указанных на схеме номиналах продолжается примерно две минуты.

В качестве микрофона использован высокоомный телефонный капсюль ТОН-2 (сопротивление обмотки 1600 Ом).

Акустический переключатель на микросхемах NE555 и CD4013

Назначение. Акустический переключатель [52], рис. 7.51, служит для включения и выключения различных устройств при помощи звука, например, хлопка ладоней.

Принцип действия. На входе устройства находится чувствительный электретный микрофон. Звуковой сигнал усиливается транзистором VT1 и подается на вход микросхемы DA1 NE555 (КР1006ВИ1), которая работает по схеме моностабильного мультивибратора.

Сигнал с выхода мультивибратора управляет работой микросхемы DD1 CD4013 (D-триггера, К176ТМ2, К561ТМ2), к выходу которой подключен усилитель на транзисторе VT2. В цепь нагрузки транзистора VT2 подключено реле K1, а также элемент индикации его включения — светодиод HL1.

Электропитание. Напряжение питания устройства 12 В, максимальный ток, потребляемый устройством при включенном реле — 35 мА.

Регулировка устройства заключается в регулировке потенциометра R3 так, чтобы хлопок ладоней вызывал включение реле, а последующий — выключение.



Совет.

Микрофон следует разместить так, чтобы переключение контактов реле не могло вызвать переключение устройства.

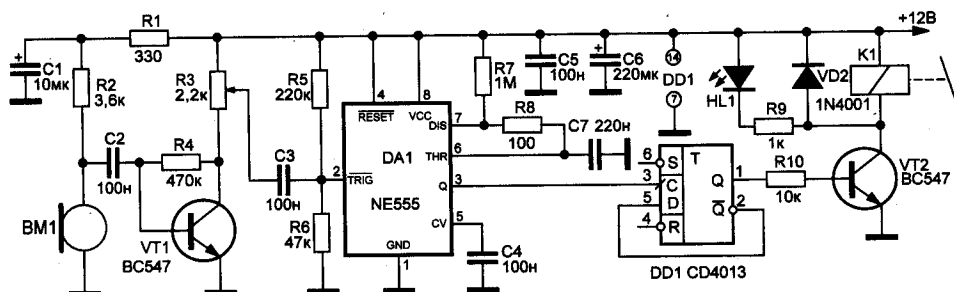


Рис. 7.51. Акустический переключатель нагрузки

Триггер – выключатель света на микросхеме K176TM1

Принцип действия. Выключатель света для подсобных помещений [114], рис. 7.52, выполнен на основе микросхемы K176TM1.

Контактный элемент S1 содержит геркон и магнит, установленные на косяке двери. При открывании двери (удалении магнита от геркона) контакты реле замыкаются, на входе 3 микросхемы DD1 появится логическая «1», триггер перейдет в открытое состояние, на выходе 1 также появится логическая «1», сработает ключ на транзисторе VT1 и тиристоре VS1, освещение включится. В таком состоянии триггер будет находиться до тех пор, пока дверь снова не будет открыта-закрыта.

Повторное открытие-закрытие двери снова подаст логическую «1» на вход 3 микросхемы DD1, триггер перейдет в другое устойчивое состояние, и лампа EL1 погаснет.

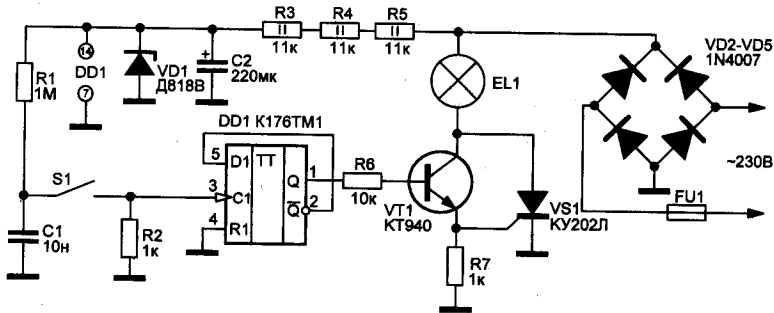


Рис. 7.52. Выключатель света для подсобных помещений

Выключатель освещения для сарая на микросхеме CD4060

Принцип действия. Выключатель освещения с задержкой отключения через две минуты [73], рис. 7.53, который можно установить в кладовке или сарае, выполнен на микросхеме CD4060. При открывании двери герконовый датчик положения двери SD1 размыкается. На входе R счетчика DD1 устанавливается логическая единица, обнуляя счетчик. На выходе счетчика устанавливается логический ноль. Этот сигнал с вывода 3 DD1 инвертируется транзистором VT1 и открывает ключ на транзисторе VT2, включая осветительную лампу EL1.

Если закрыть дверь, герконовый датчик SD1 замкнется. На выводе 12 микросхемы DD1 устанавливается логический ноль. Счетчик считает. Через две минуты на выводе 3 DD1 появится логическая единица. Лампа EL1 погаснет.

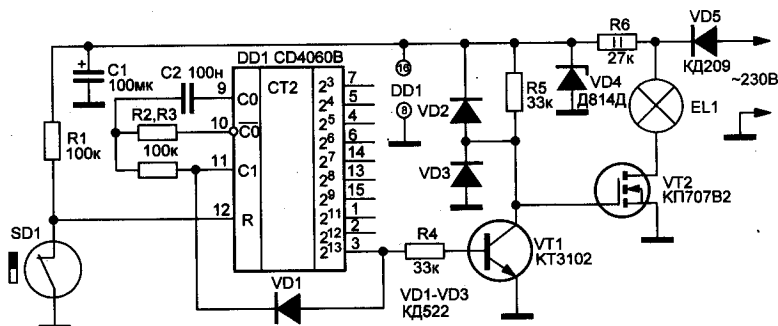


Рис. 7.53. Принципиальная схема выключателя освещения для кладовки или сарая

Выключатель освещения с задержкой на микросхемах К561IE16 и К561ЛЕ5

Назначение. Устройство для экономного управления освещением в подъезде многоэтажного дома.

Принцип действия. Схема выполнена на микросхемах К561IE16 и К561ЛЕ5. Для управления устройством [104], рис. 7.54, на каждом этаже здания установлено по одной кнопке, которые соединены параллельно. После каждого нажатия любой из этих кнопок свет включается на время около 2 мин. Затем гаснет, если в это время не было повторного нажатия кнопки.



Примечание.

Устройство выполнено на микросхеме цифрового таймера DD2 К561IE16, временной интервал в которой задается с помощью многоразрядного двоичного счетчика, делящего частоту импульсов опорного генератора на элементах DD1.1, DD1.2.

В исходном состоянии, когда лампа выключена, счетчик находится в состоянии «8192», т. е. с логической единицей на его самом старшем выходе.

На выходе элемента DD1.4 устанавливается логический ноль. Ключ на транзисторе VT1 закрыт, и лампа EL1 выключена. Кроме того, логическая единица с выхода «8192» счетчика DD2 поступает на вывод 9 элемента DD1.3 и закрывает его. Генератор на элементах DD1.1 и DD1.2 вырабатывает импульсы частотой в сотни герц.

Если нажать и отпустить одну из кнопок S1–Sn счетчик DD2 сбрасывается в нулевое положение. Теперь на его выходе «8192» устанавливается логический ноль. На выходе элемента DD1.4 появляется логическая единица.

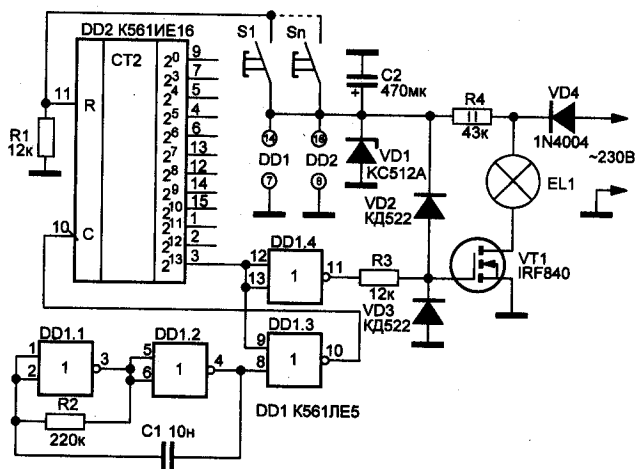


Рис. 7.54. Выключатель освещения с задержкой на микросхеме K561IE16 и K561LE5

Ключ на транзисторе VT1 открывается и включает лампу накаливания EL1. Лампа EL1 питается пульсирующим напряжением через диод VD4, в результате чего возрастает срок ее службы.

Элемент DD1.3 открывается и пропускает импульсы от генератора DD1.1, DD1.2 на вход «С» счетчика DD2. Спустя некоторое время на выходе «8192» счетчика появляется логическая единица, и схема возвращается в исходное положение. Лампа EL1 выключается.

Регулировка. Время, в течение которого свет остается включенным после размыкания S1–Sn, можно менять в широких пределах (от десятков секунд до десятков минут) подбором сопротивления резистора R2 и емкости конденсатора C1.

Включатель нагрузки с регулируемой задержкой отключения на микросхемах K561IE16 и K561LE5

Назначение. Включатель нагрузки с задержкой отключения [101], рис. 7.55, представляет собою реле времени для бытовых приборов: оно отключает обслуживаемый прибор через заданный пользователем промежуток времени. Задержка времени отключения (от 30 до 90 мин.) устанавливается вручную.

Потребность в таком устройстве возникает в случае, если нужно чтобы телевизор выключился автоматически после окончания фильма или телепередачи, или чтобы электронагревательный прибор выключился через заданное время после включения.

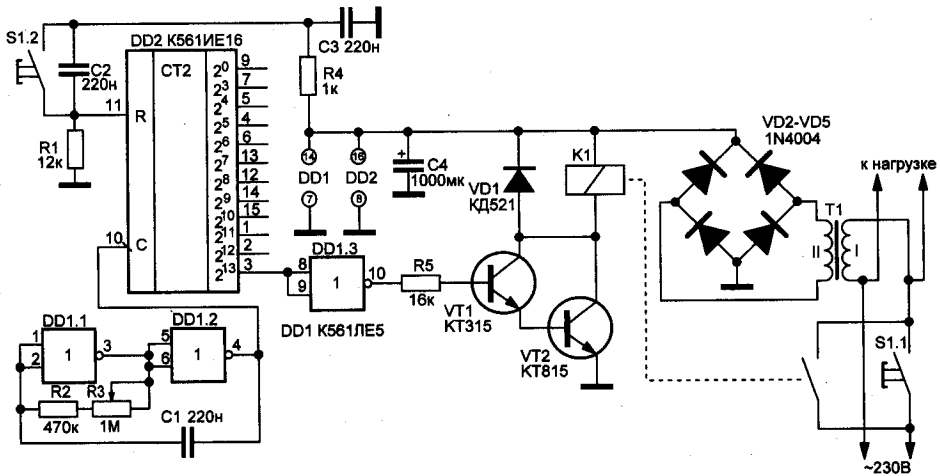


Рис. 7.55. Схема включателя нагрузки с задержкой отключения от 30 до 90 мин.



Примечание.

Таймер-включатель нагрузки также полностью отключается от сети вместе с электроприбором.

Принцип действия. Реле времени содержит генератор импульсов регулируемой частоты на микросхеме K561ЛЕ5 (DD1.1, DD1.2), к выходу которого подключена микросхема — счетчик импульсов K561ИЕ16 (DD2). К выходу счетчика подключен инвертор на элементе DD1.3 и транзистор Дарлингтона (VT1, VT2), нагрузкой которого является реле K1.

Реле питается от сети через понижающий трансформатор с выходным напряжением 8...12 В и выпрямитель на диодах VD2–VD5.

Для начального включения нагрузки кратковременно нажимают кнопку S1.1, одновременно контакты S1.2 разряжают конденсатор C2, включается реле, своими контактами шунтируя контакты кнопки S1.1 и обеспечивая включение нагрузки и работу реле времени.

Импульсы от генератора импульсов поступают на счетчик импульсов. После поступления на вход счетчика 8192 импульсов на выходе счетчика устанавливается высокий уровень, в результате чего реле отключает нагрузку и само реле времени.



Примечание.

Время задержки отключения нагрузки можно регулировать в широких пределах в сторону повышения/понижения изменением номиналов времязадающей цепочки R2, R3, C1, а также точкой подключения инвертора на элементе DD1.3 к выходу счетчика DD2.

Электронный выключатель освещения на микросхемах K561TM2 и K561ЛА7

Назначение. Выключатель [217], рис. 7.56, предназначен для управления осветительным прибором при помощи кнопки S1.

Принцип действия. Роль коммутирующего узла выполняет симистор VS1. Узел управления симистором выполнен на основе мультивибратора DD2.1, DD2.2, который вырабатывает прямоугольные импульсы по скважности близкие к 50 %. С выхода микросхемы DD2 через конденсатор C4 импульсы частотой около 1000 Гц поступают на управляющий электрод симистора VS1, включая нагрузку (например, лампу накаливания EL1).

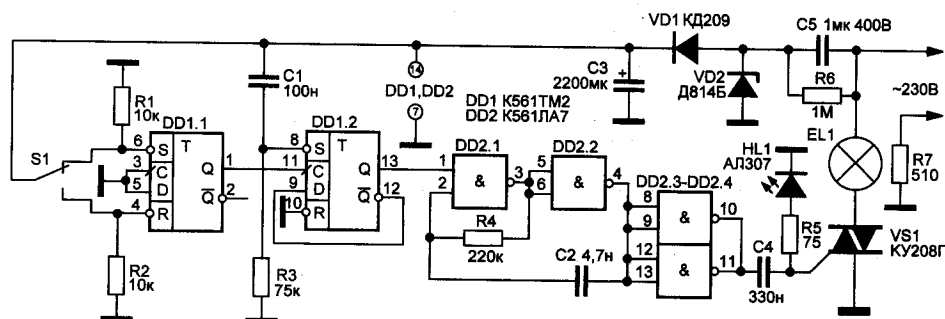


Рис. 7.56. Выключатель освещения на микросхемах K561TM2 и K561ЛА7

Мультивибратор управляется при помощи триггеров DD1.1, DD1.2. Для того, чтобы после включения питания триггер устанавливался в единичное состояние, служит конденсатор C1. Если необходимо, чтобы при подаче питания схема устанавливалась в положение «ВЫКЛ.», необходимо выводы 8 и 10 триггера DD1.2 поменять местами.

Умный выключатель освещения на микросхемах K561ЛП2, K561TM2, K561ИЕ9, K561ЛЕ5

Особенность. Интеллектуальный выключатель освещения [171], рис. 7.57, отличается от аналогичных устройств наличием датчика присутствия человека на основе емкостного реле.

Основы использования. Работает устройство так: открыли дверь — свет зажегся, если дверь закрылась, а человек остался снаружи, то свет горит 1 мин. и затем гаснет.

Датчиком присутствия человека в помещении служит сенсор на внутренней стороне дверной ручки в помещении, т. к. человек обязательно его коснется, закрывая за собой дверь.

**Примечание.**

Выдержка в одну минуту нужна для того, чтобы у находящегося в помещении человека было время прикоснуться к сенсору, если дверь будет случайно закрыта снаружи.

Наконец, когда человек выйдет из помещения и закроет дверь — свет погаснет.

Принцип действия. Переключатель SA1, расположенный на дверной коробке, регистрирует состояние двери: «открыто» — «закрыто». Начальное положение контактов переключателя роли не играет, — схема реагирует на перепады уровня на выходе RS-триггера DD1.1.

Узел «Исключающее ИЛИ» на элементах DD2.1 и DD2.2 формирует из положительных и отрицательных перепадов на выходе DD1.1 короткие положительные импульсы.

В исходном состоянии дверь закрыта, счетчик DD3 находится в нулевом состоянии.

При открывании двери:

- ♦ триггер DD1.1 перейдет в противоположное состояние;
- ♦ узел на DD2.1 и DD2.2 сформирует короткий импульс, который переведет счетчик в состояние «1»;
- ♦ единица с вывода 1 DD3 подготовит к запуску одновибратор на DD4.1, DD4.2, а также установит элементы DD4.3 и DD4.4 в состояние нуля и единицы, соответственно;
- ♦ единица с выхода DD4.4 откроет транзистор VT2;
- ♦ зажжется светодиод оптодиристорного коммутатора VS1, который включит осветительную лампу EL1.

При закрывании двери счетчик перейдет в состояние «2». Если дверь была закрыта снаружи, то по окончании выдержки одновибратора, который запустился по спаду импульса на выводе 1 DD3, свет погаснет.

Если **дверь закрыта изнутри**, то при касании сенсора откроется транзистор VT1, на выходе элемента DD2.3 появится единица, которая установит триггер DD1.2 в единичное состояние. Элемент DD4.3 будет устойчиво находиться в нулевом состоянии независимо от состояния одновибратора. Следовательно, на выходе DD4.4 будет логическая единица, и свет продолжает гореть.

При открывании двери счетчик примет значение «3», однако ни к каким изменениям это не приведет. После закрывания двери счетчик DD3 перейдет в состояние «4». Логическая единица на входе DD4.4 потушит свет, этот же уровень установит триггер DD1.2 в нулевое состояние, и через 15...25 мс, благодаря интегрирующей цепи R6C2, сбросит счетчик DD3 в исходное, нулевое состояние. Схема готова к следующем циклу.

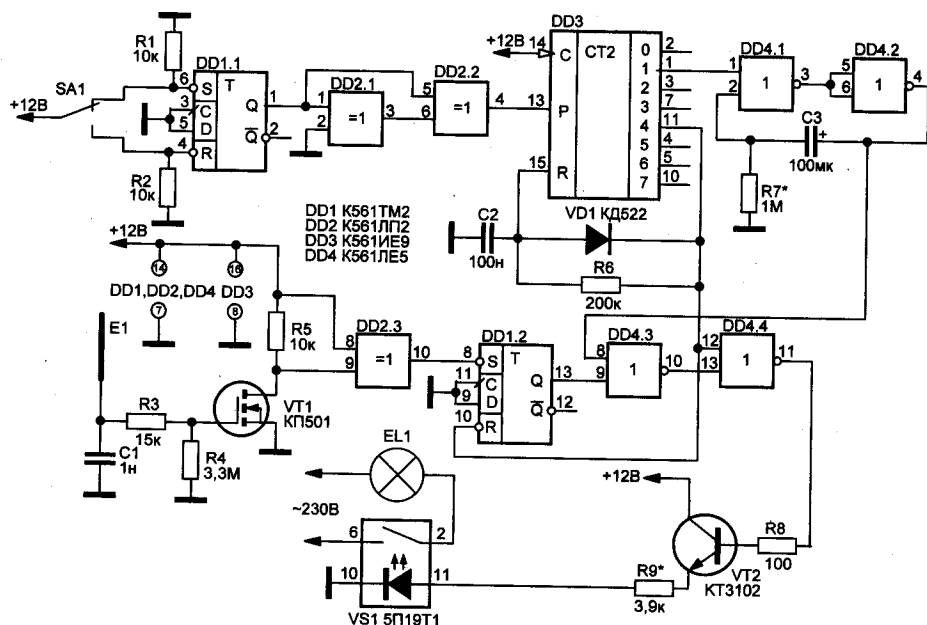


Рис. 7.57. Интеллектуальный выключатель освещения на микросхемах



Примечание.

Однако если человек зашел в помещение, закрыл дверь, а затем вышел раньше, чем одновибратор DD4.1, DD4.2 отработает выдержку, свет в помещении останется гореть до конца этой выдержки.

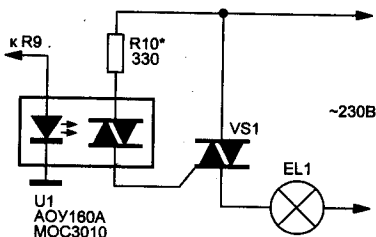


Рис. 7.58. Вариант замены оптрореле на оптрон и симистор

Для обеспечения повышенной безопасности работы устройства в условиях повышенной влажности (ванная комната) нагрузка (осветительный прибор) включается с использованием оптрореле. Как вариант, его можно заменить на оптрон и симистор, рис. 7.58.

Коммутаторы освещения с использованием лазерной указки

Назначение. Для включения/отключения электрического света или иных нагрузок обычно используют механические коммутаторы-выключатели. Пользоваться такими выключателями не всегда удобно, особенно, если они расположены далеко или высоко. Особенно сложно бывает пользоваться механическими выключателями престарелым или больным людям, а также детям.

Показанные ниже **три варианта** устройств позволяют дистанционно включать или выключать освещение, другие бытовые приборы. Для этих целей используют обычные лазерные указки.



Примечание.

Использование коммутаторов не требует вмешательства в схему электропроводки.

Одноканальный релейный коммутатор нагрузки на КМОП-микросхеме CD4013

Принцип действия. На рис. 7.59 показан вариант простейшей схемы дистанционного управления [39]. Устройство содержит:

- ♦ светочувствительный элемент (фототранзистор VT1);
- ♦ триггер DD1, выполненный на КМОП-микросхеме CD4013;
- ♦ выходной каскад на транзисторе VT2 (BC547A);
- ♦ реле, которое коммутирует нагрузку.

Для питания устройства используется выпрямитель и параметрический стабилизатор напряжения (элементы VD2, VD3, HL1, C1, C2, R3–R5).



Совет.

Устройство рекомендуется выполнить в виде переходника между патроном лампы и самой лампой.

При включении устройства в сеть лампа EL1 сразу светится, поэтому для управления светом можно пользоваться привычным механическим выключателем. Для работы устройства необходимо, чтобы этот выключатель был включен.

Для отключения света достаточно направить луч лазерной указки на фотоприемник (фототранзистор VT1). Для того **чтобы вновь включить свет**, необходимо повторно послать луч лазерной указки на фотоприемник.

Светодиод HL1 предназначен для индикации включения, ночной подсветки помещения, стабилизации напряжения питания и указания места прицеливания луча указки.



Примечание.

Для исключения оптической обратной связи необходимо, чтобы свет от лампы напрямую не попадал на приемную головку фототранзистора. Также желательно размещать фототранзистор вне зоны действия прямых солнечных или иных световых лучей. Для снижения вероятности ложных срабатываний перед фототранзистором можно разместить светофильтр, цвет которого совпадает с цветом лазерного луча (стекло, пластик).

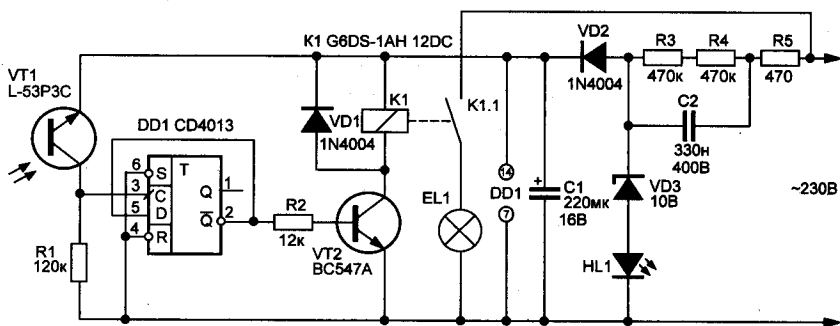


Рис. 7.59. Одноканальный релейный коммутатор нагрузки на КМОП-микросхеме CD4013

Для того чтобы было проще попасть лазерным лучом в зону чувствительности фотоприемника, перед фототранзистором можно поместить **светособирающую линзу**. **Регулировка.** Чувствительность устройства можно регулировать подбором резистора R1.

Схемы коммутаторов осветительных ламп с использованием второго, ранее не задействованного на рис. 7.59 триггера микросхемы DD1, показаны на рис. 7.60 и рис. 7.61. Эти устройства позволяют при двухпроводном питании ламп по желанию потребителя: включать/отключать одновременно или поочередно несколько ламп, что позволяет экономить электроэнергию.



Внимание.

Устройство (рис. 7.59) имеет гальваническую связь с сетью переменного тока, поэтому при их эксплуатации необходимо предусмотреть меры, исключающие контакт элементов устройств с человеческим телом.

Двухканальный коммутатор нагрузки на микросхеме CD4013 с использованием в выходных каскадах транзисторов

На рис. 7.60 показан двухканальный коммутатор нагрузки [39], оба канала которого выполнены по идентичной схеме. В выходных каскадах каналов использованы транзисторы BUZ220, или им подобные, более современные.

Светодиод HL1, как и ранее, предназначен для индикации включения, ночной подсветки помещения, стабилизации напряжения питания и указания места прицеливания луча указки.



Внимание.

Схема (рис. 7.60) имеет гальваническую связь с сетью переменного тока, поэтому при ее эксплуатации необходимо предусмотреть меры, исключающие контакт элементов устройств с человеческим телом.

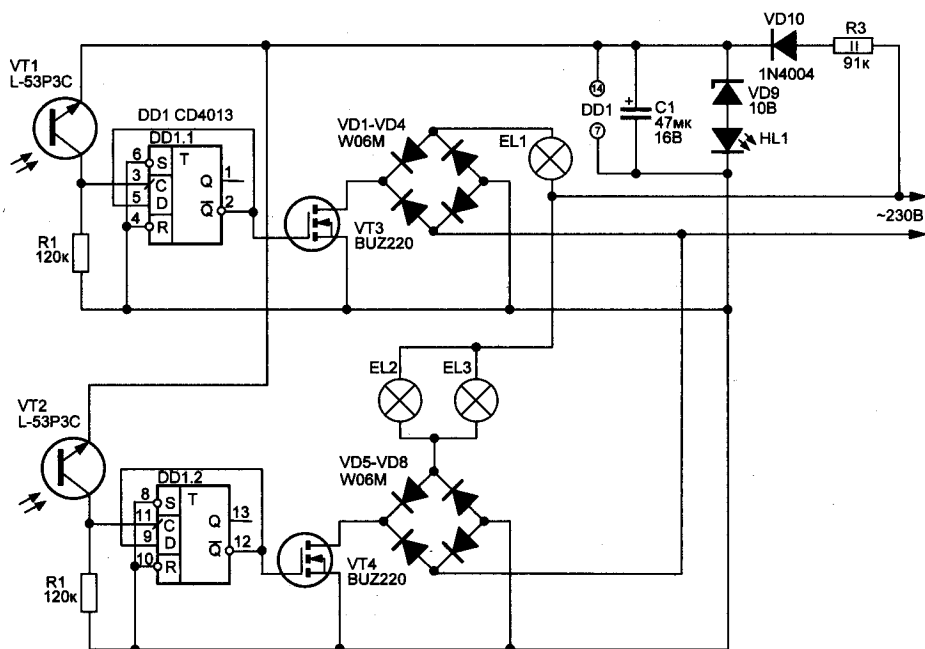


Рис. 7.60. Двухканальный коммутатор нагрузки с использованием в выходных каскадах транзисторов

Двухканальный коммутатор нагрузки на микросхеме CD4013 с использованием симисторов

Особенности схемы. Коммутатор [39], рис. 7.61, отличается от предыдущей схемы тем, что в нем использован один фотоприемник, а в качестве элементов переключения симисторы VS1 и VS2. Для того чтобы переключать лампы, необходимо посылать в сторону фотоприемника луч лазерной указки несколько раз (от одного до четырех). Это соответствует следующим случаям:

- ♦ обе нагрузки включены;
- ♦ включена только первая нагрузка;
- ♦ включена только вторая нагрузка;
- ♦ выключены обе нагрузки.

Светодиод HL1 предназначен для индикации включения, ночной подсветки помещения, стабилизации напряжения питания и указания места прицеливания луча указки.



Внимание.

Двухканальный коммутатор нагрузки (рис. 7.61) имеет гальваническую связь с сетью переменного тока, поэтому при ее эксплуа-

тации необходимо предусмотреть меры, исключающие контакт элементов устройств с человеческим телом.

Принцип действия. В выходных каскадах коммутаторов при незначительной их модернизации можно использовать **твердотельные оптические реле**. Коммутатор, в частности, показанный на **рис. 7.61**, может работать в автономных условиях, питаясь от аккумуляторной батареи. Для этого достаточно удалить правую его половину, начиная от диода VD2.

Чувствительность устройств такова, что для управления нагрузками можно использовать источники оптического (видимого или инфракрасного излучения):

- ♦ пульты дистанционного управления (дальность действия 7...15 см);
- ♦ фонарики сотовых телефонов;
- ♦ обычные фонарики;
- ♦ солнечные зайчики;
- ♦ прожекторы;
- ♦ лазерные указки (дальность действия десятки-сотни метров).

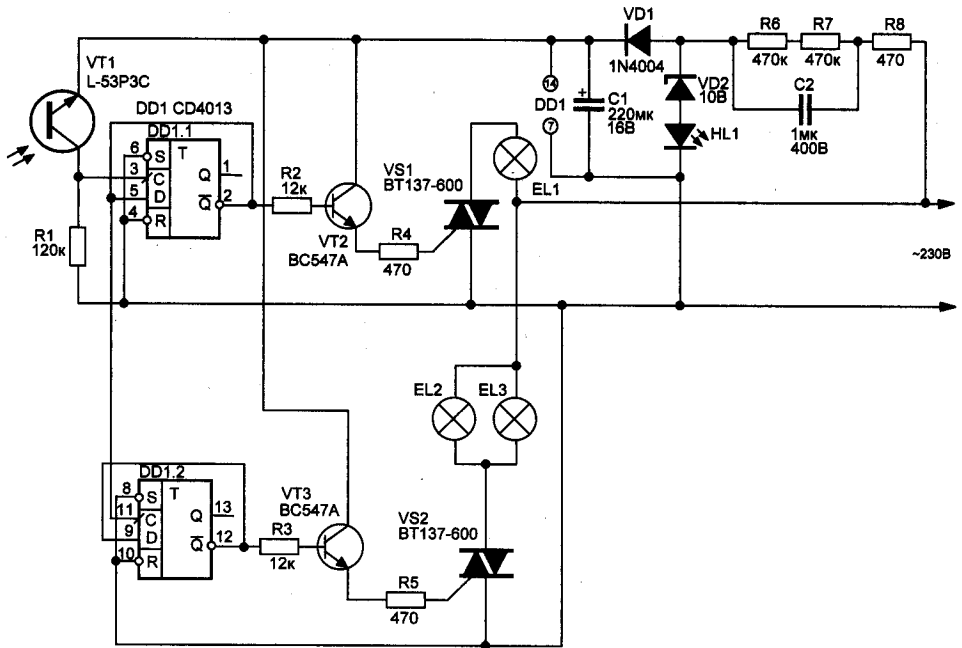


Рис. 7.61. Двухканальный коммутатор нагрузки с использованием симисторов

**Примечание.**

Коммутаторы, описанные в этом разделе, можно использовать для дистанционного управления различными бытовыми приборами, для автоматического открытия гаражей и включения в них освещения, в стрелковых тирах и в составе игрушек, для подсчета количества деталей или числа прошедших людей, в качестве охранной сигнализации и пр.

7.19. Автоматизированное управление вентилятором на микросхемах К561ЛА7 и К561ИЕ9

Назначение. Устройство предназначено для управления работой вентилятора [107], рис. 7.62. Оно представляет собою реле времени для периодического включения/выключения вентилятора. Каждый раз вентилятор будет включаться на 5 с. Перерыв между включениями можно изменять от нуля до 35 с.

Принцип действия. Мультивибратор на элементах DD1.1, DD1.2 вырабатывает импульсы частотой 0,2 Гц. При помощи счетчика DD2 производится подсчет импульсов. Если установить переключатель S1, например, в положение «15», то при приходе первого импульса:

- ♦ ключ на транзисторах VT1, VT2 сработает на 5 с;
- ♦ закроется и будет закрыт до тех пор, пока счетчик не отсчитает следующие 3 импульса. Поскольку периодичность импульсов равна 5 с, то и следующее включение вентилятора произойдет только через $3 \times 5 = 15$ с.

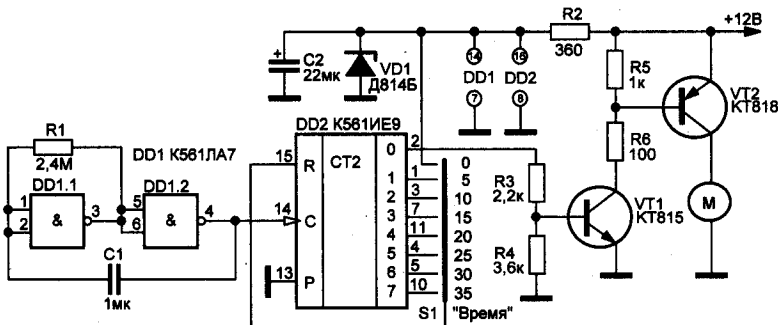


Рис. 7.62. Устройство для периодического включения/выключения вентилятора

7.20. Догчейзеры – ультразвуковые генераторы для отпугивания собак

Ультразвуковой генератор для отпугивания собак на микросхеме K561ЛЕ5



Определение.

Догчейзером (от англ. *dogchaser* – преследователь собак) называют электронное устройство, способное отпугивать собак.

Принцип действия. Работа догчейзера основана на излучении ультразвуковых посылок, воспринимаемых собакой в виде своеобразного «беззвучного» лая. Догчейзер напоминает устройство «Антилай», но существенно проще его.

Схема догчейзера, способного удерживать собак на расстоянии, изображена на рис. 7.63 [219].

Догчейзер содержит:

- ♦ два генератора импульсов на микросхеме DD1;
- ♦ усилитель;
- ♦ ультразвуковой излучатель.

Источник электрических колебаний ультразвукового диапазона собран на элементах DD1.3, DD1.4, охваченных обратными связями через цепочки с элементами R3, R4, C2, которые задают частоту порядка 15...40 кГц. Для модуляции ультразвуковых колебаний звуковой частотой использован генератор на элементах DD1.1, DD1.2, отличающийся от первого величиной емкости в частотоподающих цепочках C1, R1, R2.

С выхода 11 элемента DD1.4 пачки ультразвуковых импульсов усиливаются составным транзистором VT1, VT2 и преобразуются в воздушные колебания динамической головкой BA1 типа 6ГДВ-5Д-4.

Источник питания устройства – две гальванические батареи 3LR12.

Следует помнить о том, что далеко не все собаки боятся ультразвуков. К таким относятся глухие, больные, а также специально тренированные собаки.

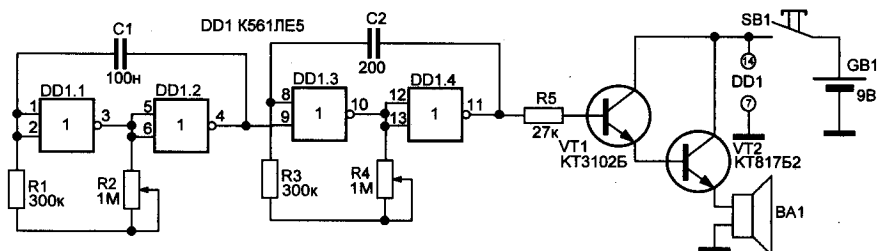


Рис. 7.63. Схема генератора ультразвука для отпугивания собак

Ультразвуковой генератор для отпугивания собак на микросхеме K561ЛА7

Принцип действия. Простой вариант догчейзера [60], рис. 7.64, собран на микросхеме DD1 и пяти транзисторах VT1–VT5. На логических элементах DD1.1, DD1.2, резисторах R1, R2 и конденсаторах C1, C2 выполнен инфразвуковой генератор. Он представляет собой симметричный мультивибратор, формирующий прямоугольные импульсы частотой около 1,5 Гц.

Симметричный мультивибратор на элементах DD1.3, DD1.4, резисторах R6, R7 и конденсаторах C5, C6, представляет собой ультразвуковой генератор, частота прямоугольных импульсов которого равна 20 кГц и периодически (через каждые 0,66 секунды) повышается приблизительно в 4 раза.

Сравнительно плавный периодический «увод» ультразвуковой частоты вверх выполняет узел, содержащий резисторы R3–R5, конденсатор C3, транзистор VT1 и диоды VD1, VD2.

Формируемые на выходных выводах 10 и 11 микросхемы DD1 ультразвуковые колебания прямоугольной формы усиливаются двухтактным мостовым усилителем на транзисторах VT2–VT5. Нагрузкой усилителя является пьезокерамический излучатель BF1 СП-1. Ультразвуковые колебания, промодулированные инфразвуковыми колебаниями, возбуждаются после нажатия на кнопку SB1.

Цепь питания микросхемы DD1 защищена от случайной переплюсовки батареи GB1 диодом VD3.

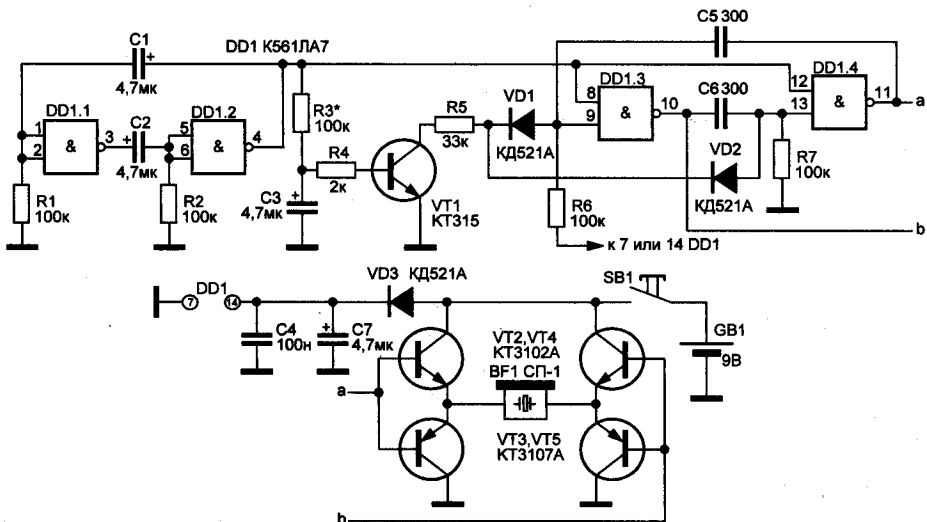


Рис. 7.64. Отпугиватель собак с модулируемой частотой излучения

**Совет.**

Если вместо пьезоизлучателя СП-1 применишь автомобильную пьезосирену АСТ-10, дальность действия догчейзера заметно увеличится.

Настройка догчейзера заключается в подборе сопротивления резистора R3.

Догчейзер повышенной мощности на микросхеме К561ЛА7

Ультразвуковой генератор для отпугивания собак повышенной мощности [58], рис. 7.65, выполнен на микросхеме К561ЛА7. Это вариант схемы догчейзера является развитием (вариантом) предыдущей схемы (рис. 7.64). Поэтому его описание не приводится.

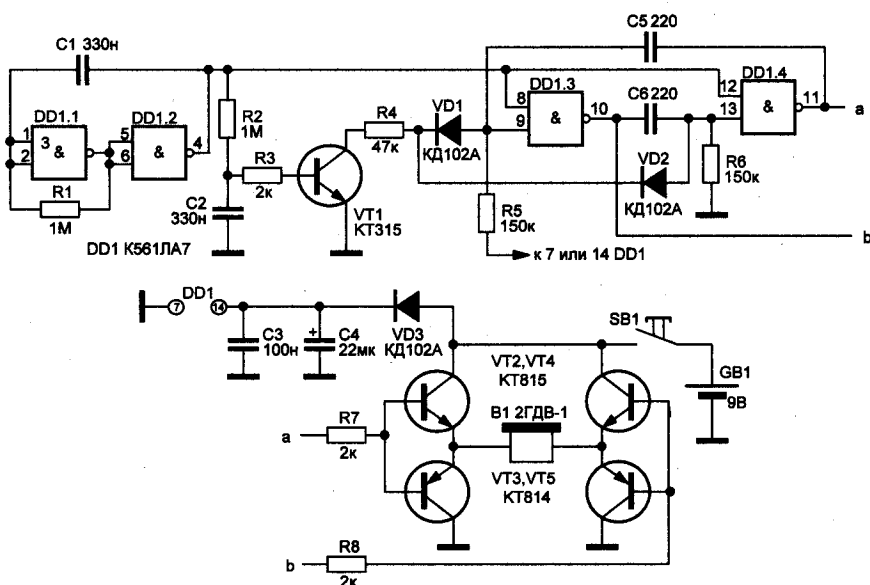


Рис. 7.65. Отпугиватель собак с повышенной выходной мощностью

Догчейзер повышенной мощности на микросхеме К561ТЛ1

Принцип действия. Схема догчейзера повышенной мощности [132] построена на микросхеме К561ТЛ1.

На первом логическом элементе микросхемы DD1.1 собран генератор модулирующей частоты, который продлевает срок службы батареи питания и увеличивает эффективность отпугивания собак. Частота генератора находится в районе 14 Гц.

На втором логическом элементе DD1.2 собран генератор ультразвукового сигнала частотой 24...25 кГц, который управляется первым генератором. Таким образом, на выходе получают пачки импульсов с частотой заполнения 24...25 кГц.

Последующие логические элементы DD1.3, DD1.4 являются буферными и распределяют сигнал на 2 выходных каскада.

Выходные каскады реализованы на транзисторах КП501А. Нагрузкой их являются дроссели индуктивностью 3,3 мГн или 4,7 мГн и последовательно им включенные диоды с обратным напряжением не менее 200 В, способные работать до частоты не менее 100 кГц.



Примечание.

Эти диоды устраняют паразитные колебания, которые появляются в дросселях, и добавляют их к амплитуде импульса.

Пьезокерамические резонансные излучатели TR2516T1 рассчитаны на работу в диапазоне частот 24...26 кГц. Их собственная емкость 2000 пФ.

Светодиод HL1, подключенный через стабилитрон с напряжением стабилизации 5,1 В и последовательно включенным резистором, служит индикатором разряда батареи. Второй светодиод HL2 — индикатор включения устройства.

Аналоги. Полевые транзисторы могут быть заменены на другие, с максимальным обратным напряжением не ниже 100 В (желательно 150...200 В).

Настройка устройства заключается в проверке наличия импульсного напряжения на излучателях — оно должно быть порядка 60 В и частотой 24...25 кГц.

Вместо резистора R2 временно впаивают подстроечный номиналом 15–20 кОм и регулируют его в небольших пределах, одновременно кон-

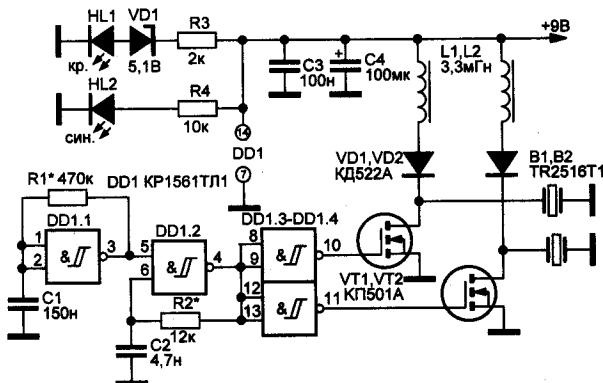


Рис. 7.66. Простой догчейзер повышенной мощности

тролируя импульсы на излучателях. При достижении резонанса излучателя импульс приобретает максимальную амплитуду. Его вершина должна быть немного плоской. После этого измеряют получившийся номинал подстроечного резистора и впаивают постоянный резистор. Проверяют форму импульсов на обоих каналах устройства.

Электроснабжение. Ток потребления схемы — не более 20 мА и зависит от правильной настройки устройства.

7.21. Терморегуляторы

Терморегуляторы на микросхеме K561ЛА7



Определение.

Терморегуляторы — электронные устройства, автоматически поддерживающие заданный температурный режим в замкнутом локальном объеме.

Терморегулятор в качестве обязательного элемента содержит датчик температуры (термодатчик), усилитель или преобразователь сигнала с термодатчика, выходной каскад, управляющий нагревательным или охлаждающим элементом.

Терморегуляторы на микросхемах K561ЛА7, схемы которых представлены далее на **рис. 7.67** — **рис. 7.70**, предназначены для использования в погребах, овощехранилищах, инкубаторах, котлах электронагрева воды.

СХЕМА №1

Назначение. Терморегулятор [138], **рис. 7.67**, на триггере Шмитта (DD1.1, DD1.2) предназначен для поддержания заданной температуры жидкости, воздуха.

Принцип действия. На вход триггера поступает напряжение с резистивного делителя R1, R2, R3. Датчиком температуры служит терморезистор R3 (КМТ-1 КМТ-4 КМТ-12 и др.).

При увеличении температуры сопротивление терморезистора уменьшается, что приводит к переключению триггера. На его выходе устанавливается напряжение низкого уровня, транзистор VT1 и тиристор VS1 закрываются, отключая нагревательный элемент. Через некоторое время температура понижается, и триггер вновь переключается, включая нагревательный элемент.

Регулировка. Установка заданной температуры осуществляется потенциометром R1.

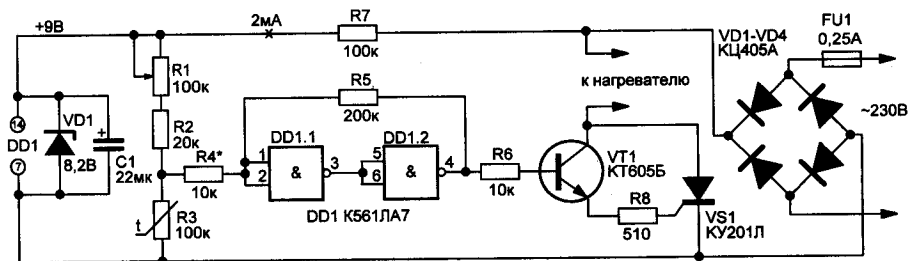


Рис. 7.67. Электрическая схема терморегулятора на микросхеме К561ЛА7

СХЕМА №2

Назначение. Терморегулятор [81], рис. 7.68, предназначен для поддержания постоянной температуры жидкости или воздуха.

Характеристики. Терморегулятор питается от источника постоянного напряжения 9 В и потребляет около 10 мА. Нагревательный элемент может потреблять мощность до 1 кВт. Точность поддержания заданной температуры $\pm 0,5$ °С.

Принцип действия. Регулятор содержит измерительный узел на транзисторе VT1, инверторы DD1.1–DD1.4, мультивибратор DD1.2, DD1.3, усилитель мощности на транзисторе VT2, а также ключевой силовой элемент – тиристор VS1.

Датчиком температуры является термистор (терморезистор) R2. Если регулируемая температура выше установленной потенциометром R5, то на вход элемента DD1.1 поступает напряжение высокого уровня, и на его выходе устанавливается напряжение низкого уровня. Мультивибратор не работает, температура понижается. При снижении температуры ниже заданного значения сопротивление термистора R2 возрастает, ток через транзистор VT1 уменьшается. При достижении установленного уровня заданной температуры сигнал на входе DD1.1 переключает его, и на управляющий вход мультивибратора поступает напряжение высокого уровня. Мультивибратор начинает

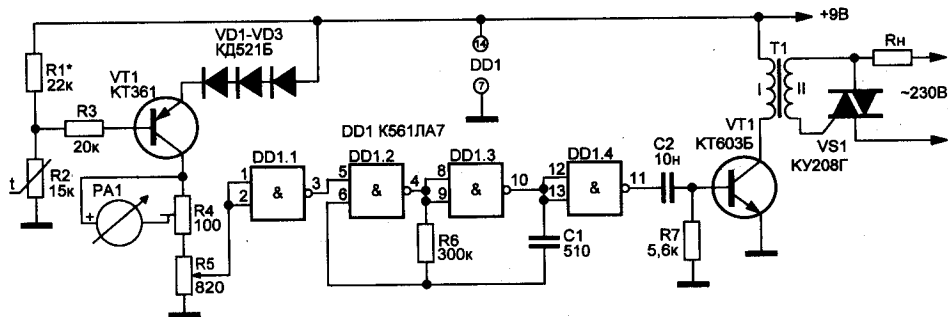


Рис. 7.68. Схема терморегулирующего устройства с индикацией температуры

работать, регулируя в итоге открывание тиристора VS1 и включение нагревательного элемента.

Моточные изделия. Трансформатор T1 намотан на ферритовом кольце K10×6×5 2000НН. I и II обмотки содержат по 50 витков провода ПЭЛШО 0,2.

R2 — терморезистор 10–20 кОм (ММТ-1). PA1 — 100 мкА — стрелочный.

Настройка. Для настройки регулятора датчик температуры помещают в среду с максимальной температурой регулирования и подстроечным резистором R4 устанавливают стрелку PA1 на последнее деление шкалы прибора.

Далее температуру понижают до минимально возможной при регулировании и подбирают сопротивление резистора R1 для установки стрелки прибора на начальную отметку шкалы.



Пример.

Максимальная температура +100 °С, а минимальная +10 °С, т. е. первая (начальная) отметка шкалы +10 °С, а последняя отметка +100 °С, в итоге получают температурный интервал регулирования в 90 °С.

Далее, начиная с минимально возможной температуры регулирования, постепенно повышают температуру регулировкой потенциометра R5 и, контролируя по образцовому термометру точки переключения терморегулятора, наносят отметки температуры на шкалу прибора.

СХЕМА №3

Принцип действия. Терморегулятор [149], схема которого приведена на рис. 7.69, содержит мостовую измерительную схему, элементами которой выступают термочувствительные резисторы (термисторы) R3 и R6.

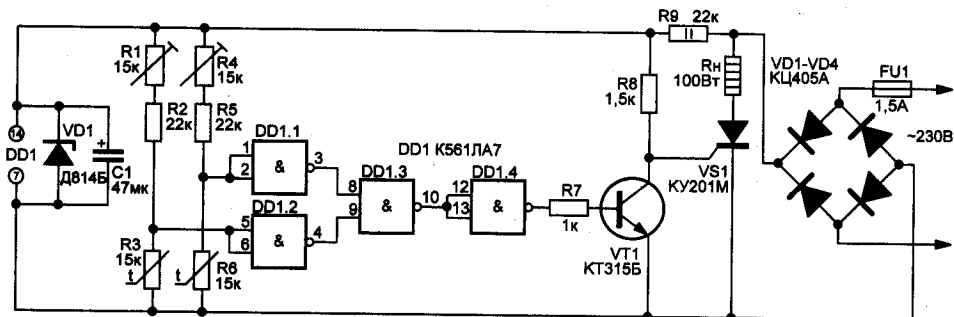


Рис. 7.69. Терморегулятор на микросхеме K561LA7 с тиристорным коммутатором нагрузки

В диагональ моста включен своеобразный **компаратор**, выполненный на элементах DD1.1, DD1.2 микросхемы K561ЛА7. При значительной разности температур термисторов напряжение в диагонали измерительного моста оказывается достаточным для переключения микросхемы. В результате транзистор VT1 запирается, обеспечивая тем самым включение тиристора VS1 и, соответственно, нагрузки мощностью до 100 Вт.

СХЕМА №4

Принцип действия. Терморегулятор [149], схема которого приведена на рис. 7.70, является модификацией предыдущего (рис. 7.69). На резисторах R1–R3 собран делитель 9-вольтового, гальванически не связанного с бытовой электросетью, стабилизированного напряжения питания.

В нижнее плечо делителя включен терморезистор R3 KMT-12 (ММТ-1, ММТ-9, ММТ-12 и т. п.). В верхнем плече делителя два резистора: переменный R1 (1,5–2,2 кОм) и подстроечный R2 (15–47 кОм, «грубая установка»).

Зависимость сопротивления терморезистора от температуры позволяет использовать его в качестве датчика, изменяющего напряжение на входах 1 и 2 элемента DD1.1 микросхемы K561ЛА7.

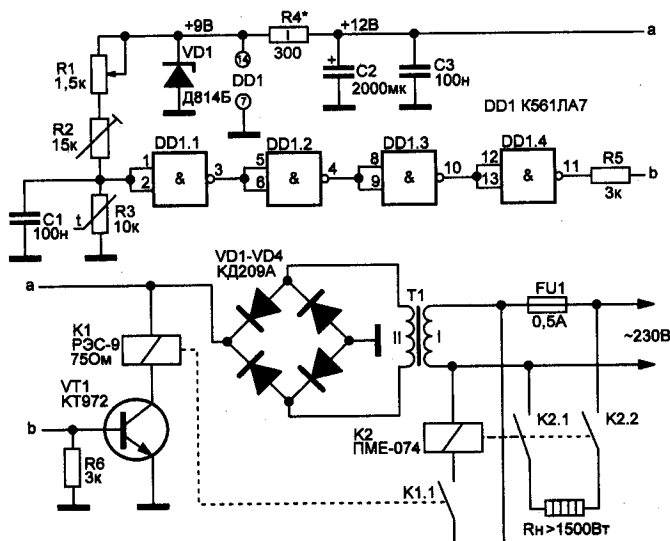


Рис. 7.70. Терморегулятор на микросхеме K561ЛА7 с релейным коммутатором нагрузки

Регулировка. Ручками регулировки потенциометров R1 и R2 выставляется порог (температура) срабатывания электронной логики. Конденсатором C1 устраняется «дребезг» (самовозбуждение) микросхемы DD1 в момент переключения.

Благодаря резисторам R5 и R6 выход цепочки логических элементов согласовывается с транзисторным ключом VT1 КТ972, нагрузкой которого является реле К1. Оно, в свою очередь, запускает магнитный пускатель К2 типа ПМЕ-074, включающий нагрузку — бытовой нагреватель со встроенным вентилятором общей мощностью 1,5 кВт и более.



Совет.

Рекомендуется только что смонтированное, подключенное к источнику электроэнергии и еще не помещенное в корпус устройство с соблюдением правил техники безопасности «погонять» в течение часа-двух. Если напряжение стабилизации не стабильно или стабилитрон VD1 сильно греется, необходимо подобрать номинал R4.

Далее, с помощью потенциометров R1 и R2 необходимо задать температуру, которая должна поддерживаться в погребе-овощехранилище. Для этого следует, установив их движки в среднее положение и поместив терморезистор в среду с требуемой температурой, при медленном вращении ручки регулятора найти такой угол поворота ротора R2, при котором происходит срабатывание реле К1.

Затем, охлаждая или нагревая среду, где пребывает датчик, зафиксировать температуру срабатывания термореле при крайних положениях движка потенциометра R1. Ручку этого переменного резистора стоит оснастить указателем, а рядом наклеить шкалу.

Двухполюсный диммер-регулятор мощности

Особенности функционирования. Диммеры за счет использования широтно-импульсной модуляции позволяют при высоком КПД плавно изменять световой поток для осветительных приборов — ламп накаливания и светодиодов, или тепловыделение — для нагревательных приборов.

При **широтной-импульсной модуляции** через нагрузку пропускаются регулируемые по ширине импульсы тока относительно высокой частоты (несколько килогерц). В результате эффективная величина тока через нагрузку (интеграл тока) можно плавно регулировать в широких пределах.

Классические диммеры являются трехполюсниками. Они имеют:

- ♦ два вывода для подключения к источнику питания;
- ♦ вывод для подключения нагрузки.



Примечание.

Очевидно, что такие диммеры невозможно использовать вместо обычных выключателей-двухполюсников, поскольку для их корректного подключения требуется дополнительный третий провод — провод питания.

Ниже приведены схемы диммеров-двухполюсников, рис. 7.71 и рис. 7.72 [38]. Такие диммеры включаются в разрыв цепи питания лампы либо нагревательного элемента вместо выключателя и позволяют регулировать ток в цепи нагрузки от 0 до примерно 97 % от его максимального значения.

Питание диммер получает через сопротивление нагрузки в те моменты времени, когда его ключевой (коммутирующий) элемент — транзистор VT1 отключен, и ток через нагрузку минимален.

СХЕМА №1

Принцип действия. Диммер, рис. 7.71, имеет традиционную схему широтно-импульсного управления силовым полевым транзистором VT1. Напряжение для питания задающего генератора на микросхеме-таймере LMC555CN снимается с канала исток-сток полевого транзистора VT1 в моменты, когда он находится в не проводящем ток состоянии.

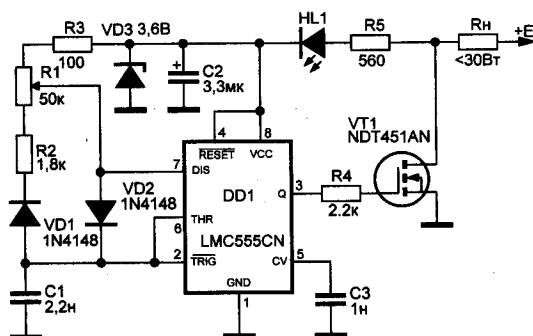


Рис. 7.71. Двухполюсный диммер для постоянного тока

Напряжение, снимаемое с полевого транзистора, через гасящий резистор R5 и светодиод HL1 подается на стабилитрон VD3, рассчитанный на напряжение 3,6 В, и конденсатор C2. Конденсатор C2 поддерживает напряжение питания на микросхеме на уровне 3,5 В во всем диапазоне регулирования скважности управляющего сигнала.

Задающий генератор работает на частоте около 6 кГц, в связи с чем пульсации светового потока визуально не различимы. Скважность импульсов и, соответственно, интеграл тока через нагрузку регулируется потенциометром R1. Границы пределов ширины импульсов задаются выбором номиналов резисторов R2 и R3.

Светодиод HL1 индицирует наличие питающего напряжения и обеспечивает подсветку местоположения диммера в темноте.

Диммер способен работать в диапазоне питающих напряжений до 20 В при токе нагрузки до 1,5 А и КПД 97,1 %. Минимальный (начальный) ток через нагрузку составляет 16...18 мА. Для полного обесточивания устройства следует использовать дополнительный выключатель.

СХЕМА №2

Принцип действия. На рис. 7.72 приведена схема диммера-двухполюсника, работающего от источника переменного тока напряжением 230 В. Максимальная мощность нагрузки — до 150 Вт. При эксплуатации этого варианта диммера следует учитывать, что нагрузка питается постоянным током напряжением 325 В. В качестве нагрузки можно использовать и более мощную нагрузку при повышенном коэффициенте пульсаций напряжения. При необходимости транзистор VT1 следует установить на теплоотводящую пластину, хотя в силу крайне малых потерь электроэнергии на нагрев такой вариант работы транзистора маловероятен.

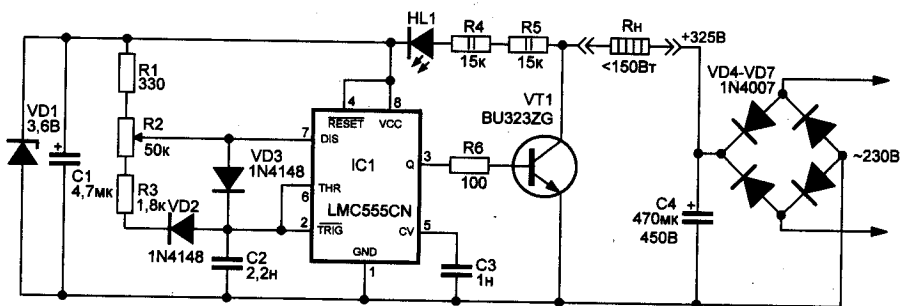


Рис. 7.72. Двухполюсный диммер для переменного тока сети 230 В



Примечание.

При работе диммеров с широтно-импульсным управлением в силу особенностей цифровых сигналов могут наблюдаться высокочастотные помехи на близко расположенную теле- и радиоприемную аппаратуру. В этой связи желательно предусмотреть экранировку таких диммеров.

Двухполюсные диммеры могут быть использованы в бытовых осветительных приборах, терморегуляторах, системах аварийного или вспомогательного освещения.

7.22. Электронный контактор на микросхеме К561ЛЕ5

Назначение. Устройство [160], рис. 7.73, рассчитано на управление активной нагрузкой мощностью от 20 до 1000 Вт, не чувствительной к искажению формы синусоидального сигнала.

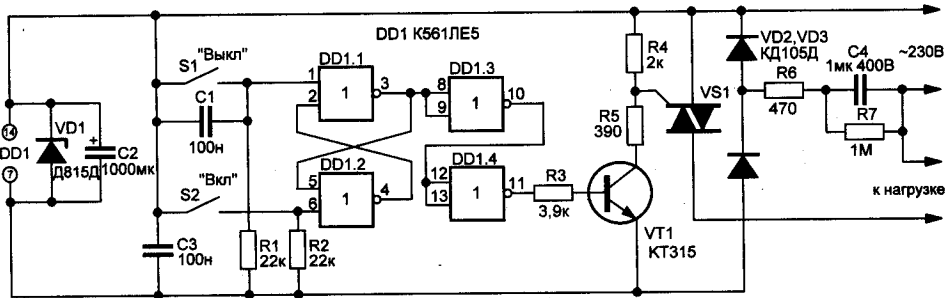


Рис. 7.73. Электронный коммутатор нагрузки в сети 230 В

Принцип действия. Роль коммутационного элемента выполняет симистор VS1. Управляющий узел выполнен на микросхеме DD1 К561ЛЕ5. Кнопки S1, S2 — без фиксации.

При нажатии кнопки S1 триггер DD1.1, DD1.2 переходит в фиксированное состояние с нулем на выходе микросхемы DD1.4; при нажатии кнопки S2 состояние на этом выходе меняется на единицу. Таким образом, транзистор VT1 открывается и открывает симистор при нажатии кнопки S1, а при нажатии кнопки S2 закрывает его.

Защита. Для защиты от перебоев по сети питания служит конденсатор C1. Каждый раз, когда на схему поступает питание, конденсатор C1 своим зарядным током устанавливает триггер DD1 в нулевое состояние.

7.23. Сигнализатор влажности на микросхеме 4093 (К561ТЛ1)

Назначение. Сигнализатор влажности [145], рис. 7.74, может быть применен там, где есть опасность затопления водой. Если устройство разместить в ванной комнате, то оно будет сигнализировать о появлении воды на полу, например, сможет предупредить о вытекании воды при поломке стиральной машины или при разрыве шланга подводки воды.

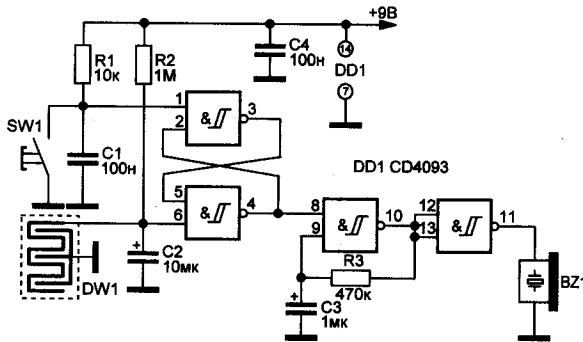


Рис. 7.74. Сигнализатор влажности на микросхеме 4093 (К561ТЛ1)

Принцип действия. Датчик DW1 в виде вытравленных на печатной плате токопроводящих дорожек подключен к входу интегральной микросхемы DD1 CD4093. Сопротивление сухого датчика велико. После нажатия кнопки SW1 устройство готово к работе.

Если вода замкнет контакты датчика:

- ♦ сопротивление датчика резко уменьшается;
- ♦ сигнализатор начнет работать;
- ♦ зуммер со встроенным генератором будет издавать прерывистый звук.

Для перехода устройства в режим ожидания необходимо высушить поверхность датчика и нажать кнопку SW1.

7.24. Индикатор полива на микросхеме CD4093 (К561ТЛ1)

Назначение. Индикатор полива [95], рис. 7.75, информирует пользователя световым сигналом о том, что электрической сопротивление земли в цветочном горшке вышло за пределы допустимых значений и растение нуждается в поливе.

Принцип действия. Индикатор собран на основе КМОП-микросхемы CD4093 (4 двухвходовых элементов И-НЕ на основе триггеров Шмитта).

Светодиод HL1 красного свечения горит с максимальной яркостью, когда земля в цветочном горшке слишком сухая; он постепенно тускнеет, если влажность земли в горшке растет, и отключается, когда влажность земли оптимальна. Регулировка чувствительности индикатора полива осуществляется потенциометром R3.

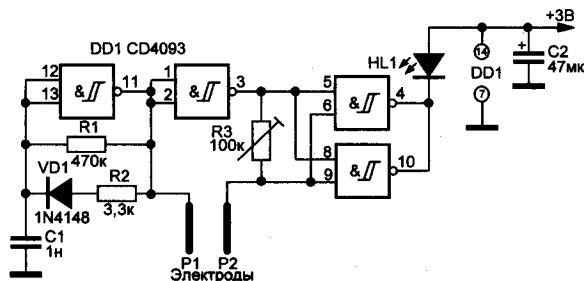


Рис. 7.75. Индикатор полива на микросхеме CD4093 (К561ТЛ1)

Электропитание. Устройство питается от двух батарей АА 1,5 В и потребляет ток при горящем светодиоде 1 мА; при погасшем светодиоде — 50 мкА.

7.25. Акустический сигнализатор уровня воды на микросхеме 4011 (К561ЛА7)

Назначение. Сигнализатор уровня воды [29], рис. 7.76, позволяет громким звуковым сигналом привлечь внимание окружающих при наступлении аварийной ситуации.

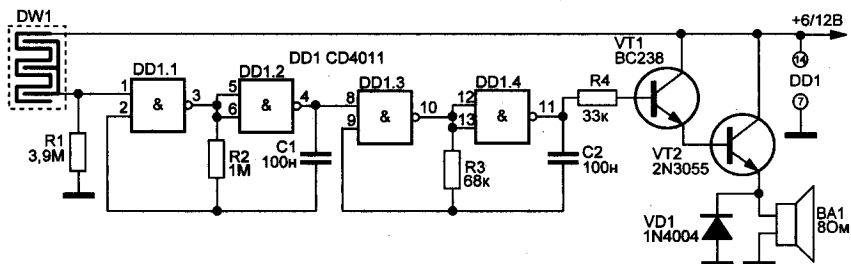


Рис. 7.76. Сигнализатор уровня воды на микросхеме 4011 (К561ЛА7)

Принцип действие. Устройство выполнено по классической схеме формирователя периодических звуковых посылок. На выходе микросхемы DD1 включен транзистор Дарлингтона VT1, VT2, нагруженный на громкоговоритель. Использован источник питания напряжением 6 или 12 В (с включением в цепь эмиттера транзистора VT1 токоограничивающего резистора сопротивлением 100 Ом).



Примечание.

Вместо сенсорных пластин может быть включен датчик иного типа, например, фоточувствительный датчик. В этом случае вместо резистора R1 включают потенциометр, средний вывод которого соединяют с входом микросхемы. Это позволит регулировать чувствительность устройства.

7.26. Многоступенчатый измеритель уровня воды на микросхеме CD4049 (K561ЛН2)

Назначение. Многоступенчатый светодиодный измеритель уровня воды [49], рис. 7.77, позволяет индицировать уровень наполнения водоема водой.

Идея устройства проста: по мере изменения уровня воды (считается, что вода проводит электрический ток) замыкаются на общий провод устройства те или иные входы микросхемы, вызывая тем самым включение или отключение индицирующих светодиодов. Соединение входов измерителя с контактными пластинами осуществляется изолированными проводами. Напряжение питания устройства — 9 В.

Модификация измерителя уровня воды, рис. 7.78, имеет 5 уровней индикации, 4 из которых — светодиодные. Пятый уровень индикации имеет релейный выход и позволяет включать насос подкачки воды или устройство оповещения о критической ситуации.

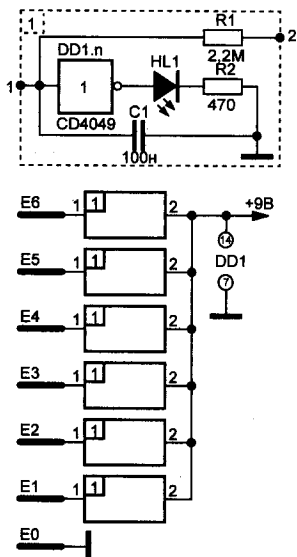


Рис. 7.77. Многоступенчатый светодиодный измеритель уровня воды на микросхеме CD4049 (K561ЛН2)

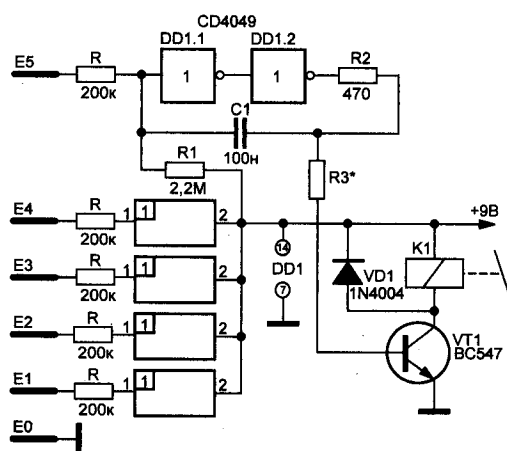


Рис. 7.78. Пятиступенчатый измеритель уровня воды со светодиодной индикацией и релейным выходом

7.27. Электронная вращающаяся рулетка на микросхемах K561ЛА7 и K561ИЕ8

Назначение. Электронная рулетка — аналог вращающегося барабана из игры «Поле чудес» [156], рис. 7.79, но иллюзию вращения создают вспыхивающие поочередно светодиоды. Электронный «барабан» имеет несколько секторов с указанием результата хода, сделанного участником. В отличие от телевизионной игры, «барабан» неподвижен, а в секторах поочередно вспыхивают светодиоды, имитируя вращение «барабана», и раздается звуковой сигнал. Впрочем, игрушку можно использовать и по неосновному назначению: при замыкании кнопки SB1 взором зрителей предстанет красивая картина бегущих огоньков.

Принцип действия. На логических элементах DD1.1 и DD1.2 собран генератор прямоугольных импульсов, а на элементах DD1.3, DD1.4 — генератор звуковой частоты. После включения питания загорается один из светодиодов HL1–HL10. Генераторы в это время не работают, поскольку на входных выводах 13 и 2 их логических элементов низкий уровень напряжения.

При нажатии на кнопку SB1 «ПУСК» напряжение поступает на вывод 13 элемента DD1.1, в результате заряжается конденсатор C1. Начинает работать тактовый генератор. Его импульсы поступают с вывода 10 логического элемента DD1.2:

- ♦ на вход CN счетчика-дешифратора DD2;
- ♦ на вывод 2 элемента DD1.3, разрешая работу звукового генератора.

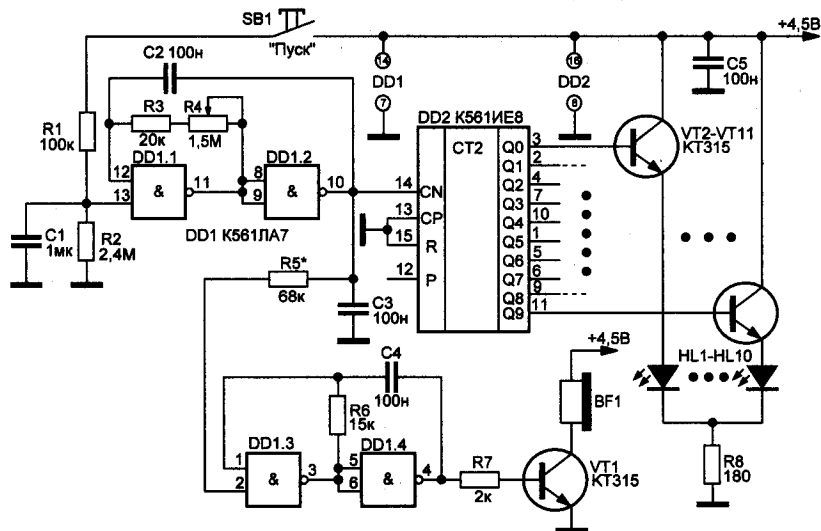


Рис. 7.79. Электронный аналог вращающегося барабана из игры «Поле чудес»

Импульсы от звукового генератора поступают на усилитель звуковой частоты на транзисторе VT1 и воспроизводятся капсюлем BF1 (ДЭМШ-1).

Тактовые импульсы, поступая на вход счетчика-дешифратора, вызывают последовательное появление на его выходах сигналов высокого уровня и поочередное зажигание светодиодов HL1–HL10. Поскольку светодиоды расположены по окружности, создается эффект «вращения барабана». Скорость «вращения» можно изменять потенциометром R4.

После отпущения кнопки генератор тактовых импульсов продолжает некоторое время работать — пока не разрядится конденсатор C1. Затем генерация прекращается, импульсы на счетчик не поступают, остается горящим лишь один из десяти светодиодов, выбранный по случайному закону. Прекращается и звуковой сигнал, поскольку на выводе 2 элемента DD1.3 появляется сигнал низкого уровня.

При следующем нажатии на кнопку SB1 процесс повторяется.

7.28. Новогодняя автоматика

Автомат световых эффектов на микросхемах K555ЛА3 и K555ТМ7

Назначение. Управление световыми эффектами на четырех гирляндах.

Принцип действия. В автомате световых эффектов [182], рис. 7.80, используются две микросхемы которые управляют четырьмя гирляндами. На DD1.1–DD1.3 собран генератор прямоугольных импульсов. Частоту генератора можно регулировать при помощи потенциометра R2.

Импульсы с генератора и инвертора поступают через дифференцирующую цепь C2, R4 и C3, R5 на входы синхронизации D-триггера (DD2).



Примечание.

Триггеры реагируют на положительные импульсы синхронизации. Необходим подбор элементов C2, R4 и C3, R5.

На входы DD2.1, DD2.2 и DD2.3, DD2.4 импульсы синхронизации поступают поочередно благодаря включению инвертора DD1.4.

При показанных на схеме положениях кнопок SB1, SB3 и переключателя SB2:

- ♦ на вход DD2.1 подается напряжение низкого уровня;
- ♦ на инверсном выходе триггера появится напряжение высокого уровня;
- ♦ транзистор первого канала управления излучателем света (первой гирлянды) откроется;
- ♦ управляемый им тиристор закроется.

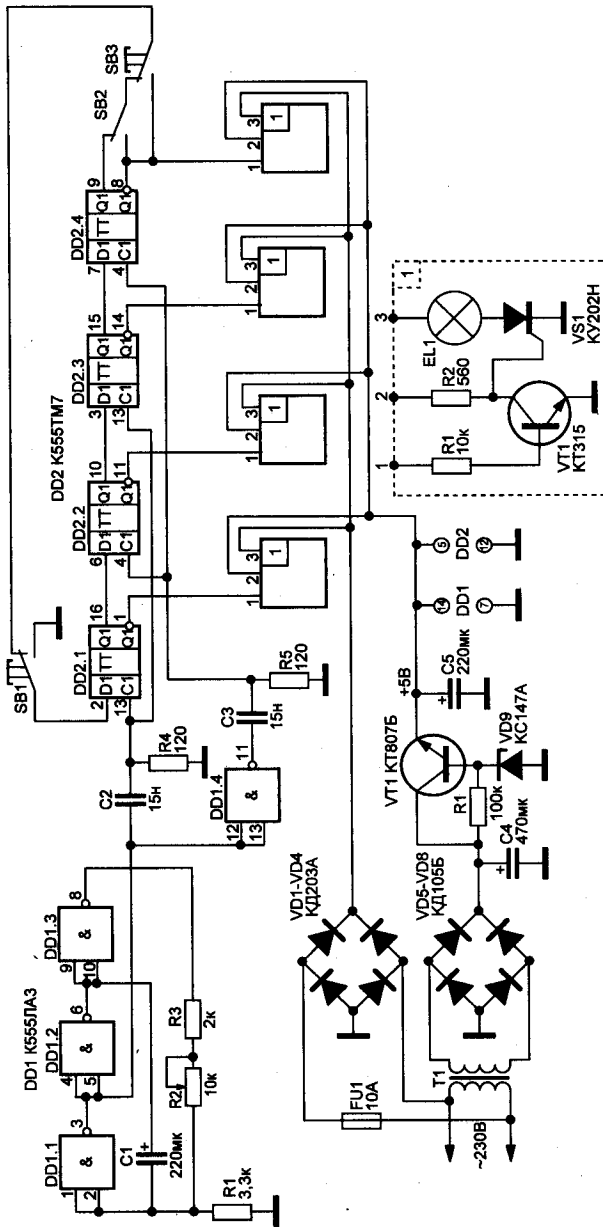


Рис. 7.80. Автомат световых эффектов на 4 гирляндах на микросхемах К555JA3 и К555TM7

Гирлянда первого канала (гирлянды) гаснет. При последующих импульсах синхронизации напряжение низкого уровня устанавливается на всех входах и прямых входах триггеров, и лампы гирлянд гаснут. **Чтобы привести автомат в действие**, достаточно нажать кнопку SB3 и подать на вход D триггера DD2.1 напряжение высокого уровня с инверсного выхода триггера DD2.4. Теперь поступивший на триггер DD2.1 импульс синхронизации переведет его в состояние высокого уровня; транзистор первого канала закроется, а тиристор этого канала откроется. Гирлянда первого канала вспыхнет.



Примечание.

Если продолжать нажимать кнопку SB3, поступивший на триггер DD2.2 импульс синхронизации изменит состояние и этого триггера на противоположное.

Загорится лампы гирлянды второго канала. Затем последовательно вспыхнут гирлянды третьего и четвертого каналов.

Устройство плавного переключения елочной гирлянды на микросхеме K561ЛА7

Назначение. Устройство [82], рис. 7.81, предназначено для плавного переключения сетевой елочной гирлянды с частотой 0,2...2 Гц. Яркость свечения ламп можно регулировать. Устройство рассчитано на подключение гирлянды напряжением 220 В, мощностью до 100 Вт.

Принцип действия. Частотой переключения управляет мультивибратор на элементах DD1.3, DD1.4. Сдвиг момента открывания тиристора VS1 от начала полупериода сетевого напряжения происходит

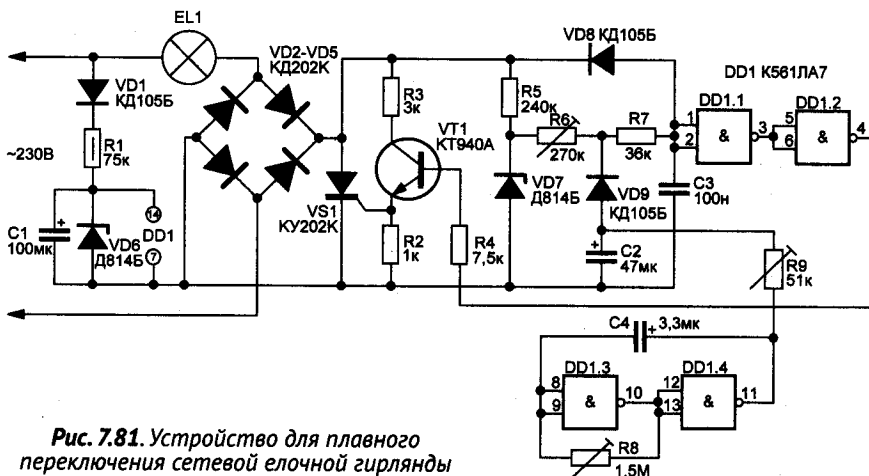


Рис. 7.81. Устройство для плавного переключения сетевой елочной гирлянды

из-за задержки переключения инверторов на логических элементах DD1.1 и DD1.2, формируемой цепью R6, R7, R9, C3.

В каждом полупериоде напряжения сети конденсатор C3 медленно заряжается через резисторы R5–R7 и быстро разряжается после переключения элементов DD1.1, DD1.2 через диод VD8 и открывшийся тиристор VS1.

Начальный сдвиг фазы напряжения, определяющий яркость свечения ламп гирлянды, устанавливают подстроечным резистором R6. Желаемую частоту переключения мультивибратора устанавливают потенциометром R8.

Аналоги. Микросхему K561ЛА7 можно заменить на K561ЛЕ5. Конденсатор C4 лучше всего выбрать неполярным. Допускается применение оксидного конденсатора с малым током утечки (K52-1, K53-1).

**Внимание.**

Следует помнить, что элементы устройства находятся под напряжением сети!

Наладка. При налаживании устройства (обращаем еще раз внимание читателя, что элементы схемы находятся под напряжением сети) сначала отключают один из выводов диода VD9 и налаживают регулятор мощности так, чтобы при перемещении движка резистора R6 освещенность ламп гирлянды изменялась от нуля до номинальной.

После подключения диода VD9 потенциометром R8 устанавливают желаемую частоту переключения гирлянды. Потенциометром R9 добиваются, чтобы конденсатор C2 успевал полностью заряжаться за полупериод переключения мультивибратора; это обеспечивает плавность переключения гирлянды.

Переключатель гирлянд с плавным изменением яркости на микросхемах K555ЛА3 и K555ТМ2

Принцип действия. Переключатель гирлянд [182], рис. 7.82, собран на микросхемах K555ЛА3 и K555ТМ2. На микросхеме DD1 выполнен симметричный мультивибратор, частоту которого можно регулировать в пределах от 195 до 205 Гц потенциометром R2.

Через инверторы DD1.3, DD1.4 прямоугольные импульсы мультивибратора поступают на триггеры DD2.1, DD2.2, которые выполняют роль делителей частоты. **Выходные сигналы триггеров** поступают на усилители тока на транзисторах и далее через разделительные конденсаторы на управляющие электроды тиристоров, в анодных цепях которых включены гирлянды.

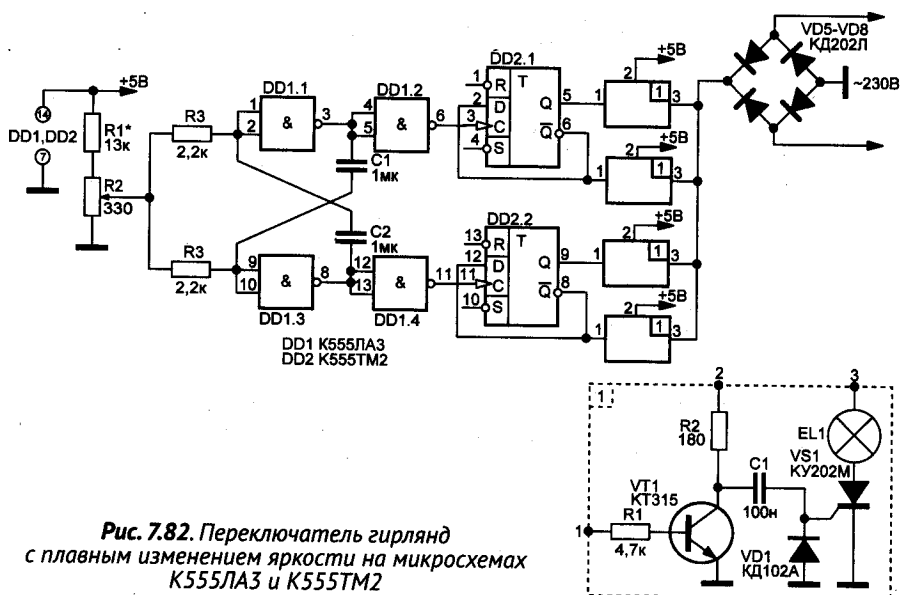


Рис. 7.82. Переключатель гирлянд с плавным изменением яркости на микросхемах K555LA3 и K555TM2



Примечание.

В зависимости от соотношения частот мультивибратора и сети гирлянды или плавно зажигаются и резко гаснут, или резко зажигаются, но плавно гаснут.

Переключатели елочных гирлянд на микросхеме K561LA7

Назначение. Переключатель елочных гирлянд [122], рис. 7.83, коммутирует переключение двух гирлянд. В качестве коммутирующих ключей использованы тиристоры, коммутирующие гирлянды с сетевым напряжением. Максимальная мощность подключенных гирлянд — до 200 Вт.

Принцип действия. На элементах DD1.1, DD1.3 собран генератор импульсов на частоту 1 кГц, а на элементах DD1.2, DD1.4 собран генератор с частотой следования импульсов 0,5...1 Гц. Элементы DD2.1, DD2.2 образуют каскады совпадения и их выводы через конденсаторы C3 и C4 соединены с базами транзисторов VT1, VT2, которые коммутируют тиристоры VS1 и VS2.

Импульсы с выхода первого генератора постоянно поступают на один из входов элементов DD2.1, DD2.2. Одновременно на вторые входы этих элементов поступают импульсы со второго генератора.

Если на выводе 9 элемента DD2.1 возникает напряжение высокого уровня, то импульсы первого генератора поступают на базу транзистора

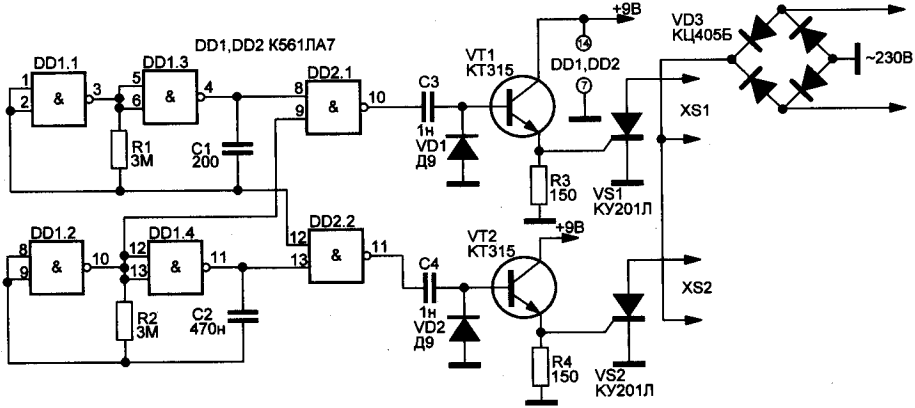


Рис. 7.83. Переключатель двух елочных гирлянд на микросхеме K561LA7

VT1, а с его эмиттера на управляющий электрод тиристора VS1. Этот тиристор открывается в начале каждого полупериода сетевого напряжения, в это время транзистор VT2 и тиристор VS2 закрыты, и гирлянда не горит. При появлении высокого уровня напряжения на выводе 13 элемента DD2.2 импульсы первого генератора поступают на базу транзистора VT2 и далее на тиристор VS2. Таким образом, гирлянды работают поочередно.

Переключатели елочных гирлянд на микросхеме K561ЛН2

Назначение. Переключателя елочных гирлянд [122], рис. 7.84, позволяет осуществить эффект «бегущих огней».

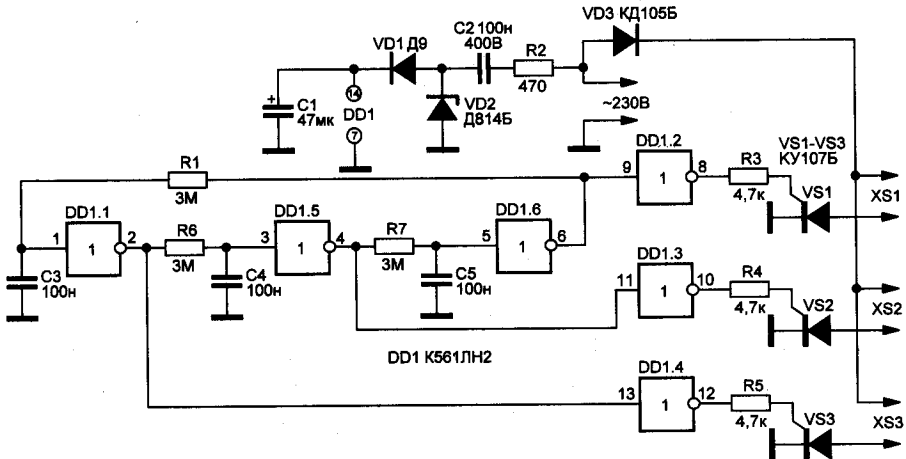


Рис. 7.84. Переключатель трех елочных гирлянд

Электропитание. Переключатель питается от сетевого напряжения 230 В и позволяет использовать три гирлянды, рассчитанных на ток до 100 мА.

Принцип действия. Основа переключателя — генератор импульсов частотой 1 Гц и скважностью 50 %, выполненный на элементах DD1.1, DD1.5, DD1.6. Прямоугольные импульсы на выходе элементов DD1.1, DD1.5, DD1.6 сдвинуты относительно друг друга на 120°. Эти импульсы поступают на входы элементов DD1.2–DD1.4, а с их выходов через резисторы R3–R5 на управляющие электроды тиристоров VS1–VS3.

Новогодние мигалки на семь гирлянд с хаотичным эффектом на микросхемах K561ЛЕ5 и K176ИЕ4

Гирлянды в новогодней мигалке [133], рис. 7.85, будут переключаться по закону переключения сегментов семисегментного индикатора, поэтому внешне это может напоминать их хаотичное переключение. При этом будет меняться число одновременно горящих гирлянд, например, для цифры 8 будут гореть все гирлянды, а при цифре 1 только две.

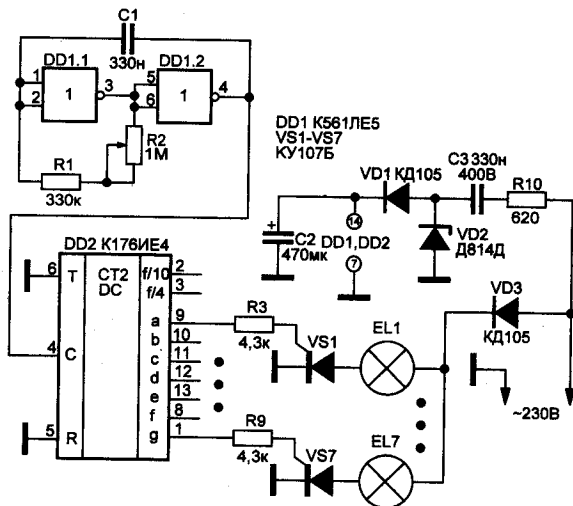


Рис. 7.85. Коммутатор новогодних гирлянд

Мигалки на RGB-светодиодах на микросхемах-счетчиках K561ИЕ10 и K561ИЕ20

Мигалки на микросхемах-счетчиках K561ИЕ10 и K561ИЕ20 для RGB-светодиодов показаны на рис. 7.86 — рис. 7.88 [59].

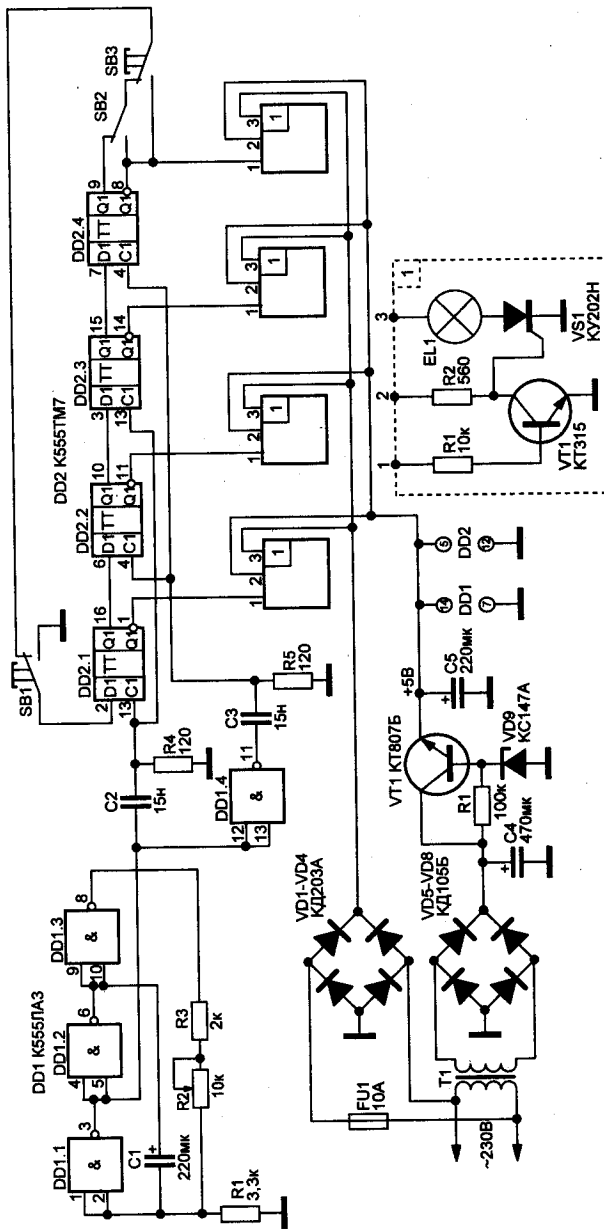


Рис. 7.86. Схема мигалки для RGB-светодиодов с общим анодом К561ИЕ10

СХЕМА №1

Трехцветные RGB-светодиоды содержит в одной линзе три кристалла красного, синего и зеленого цвета свечения. Меняя или переключая ток через них, можно получить различные цвета.

Предполагается, что светодиоды будут имитировать разноцветные глаза игрушки и будут время от времени менять цвет свечения. Цикл изменения цвета будет начинаться с черного (светодиоды выключены) и заканчиваться белым. В промежутке между этими цветами будет наблюдаться шесть разных цветов.

Схема, **рис. 7.86**, состоит из источника тактовых импульсов на мигающем светодиоде HL1, двоичного счетчика DD1 и двух RGB-светодиодов HL2 и HL3.

Принцип действия. RGB-светодиоды через токоограничительные резисторы R3–R8 подключены к трем разрядам выхода двоичного счетчика DD1 на микросхеме K561IE10. Порядок подключения выводов отличается, поэтому в процессе работы счетчика цвета светодиодов меняются по-разному. Одинаковые они только в состоянии выходов счетчика «000» (все включены, цвет белый) и «111» (все выключены, цвет черный).

СХЕМА №2

Для RGB-светодиодов с общим катодом схема мигалки показана на **рис. 7.87**.

СХЕМА №3

Микросхему K561IE10 можно заменить зарубежным аналогом типа CD4520 или, например, K561IE20 (аналог CD4040), **рис. 7.88**.



Примечание.

Для мигалок подойдут любые RGB-светодиоды повышенной яркости свечения.

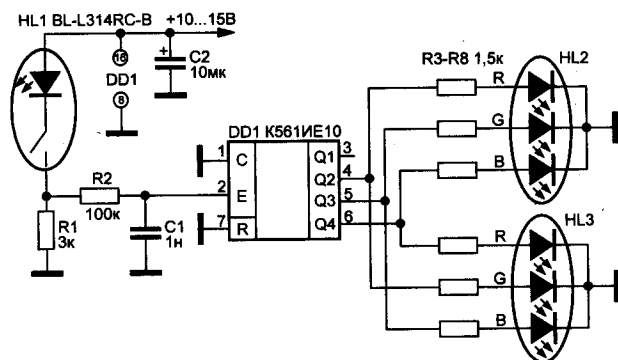


Рис. 7.87. Схема мигалки для RGB-светодиодов с общим катодом на микросхеме K561IE10

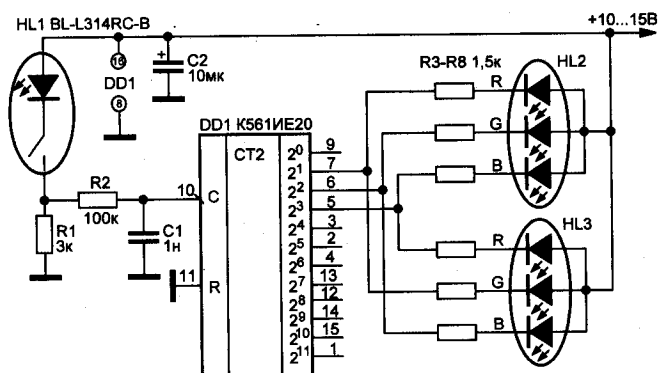


Рис. 7.88. Схема мигалки для RGB-светодиодов с общим катодом на счетчике K561IE20

Приложение 1

Соответствие ТТЛ микросхем производства России (СССР) и семейства SN74xxxx

Таблица П1

РФ	SN74xxxx	РФ	SN74xxxx	РФ	SN74xxxx	РФ	SN74xxxx
АГ1	121	ИМ1	80	КП16	157	ЛН6	366
АГ3	123	ИМ2	82	КП17	353	ЛП10	365
АГ4	221	ИМ3	83	КП18	158	ЛП11	367
АП10	646	ИМ5	183	КП19	352	ЛП12	136
АП14	465	ИМ6	283	КП2	153	ЛП16	1034
АП15	466	ИМ7	385	КП5	152	ЛП17	1035
АП16	643	ИП2	180	КП7	151	ЛП4	17
АП20	646	ИП3	181	ЛА1	20	ЛП5	86
АП3	240	ИП4	182	ЛА10	12	ЛП8	125
АП4	241	ИП5	280	ЛА10	134	ЛП9	7
АП5	244	ИП6	242	ЛА11	26	ЛР1	50
АП6	245	ИП7	243	ЛА12	37	ЛР10	65
АП9	640	ИП8	261	ЛА13	38	ЛР11	51
ВА1	226	ИП9	384	ЛА16	140	ЛР13	54
ВЖ1	630	ИР1	95	ЛА2	30	ЛР3	53
ГГ1	124	ИР10	166	ЛА21	1000	ЛР4	55
ИВ1	148	ИР11	194	ЛА22	1020	ЛР9	64
ИВ3	147	ИР12	195	ЛА22	1020	ПР6	184
ИД1	141	ИР13	198	ЛА23	1003	ПР7	185
ИД10	145	ИР15	173	ЛА24	1010	РП1	170
ИД14	139	ИР16	295	ЛА3	0	РП3	172
ИД18	247	ИР22	373	ЛА4	10	РУ1	81
ИД3	154	ИР23	374	ЛА6	40	РУ10	225
ИД4	155	ИР24	299	ЛА7	22	РУ2	89
ИД5	156	ИР25	395	ЛА8	1	РУ3	84
ИД6	42	ИР26	670	ЛА9	3	РУ5	130
ИД7	138	ИР27	377	ЛД1	60	РУ9	289
ИЕ10	161	ИР29	323	ЛЕ1	2	СП1	85
ИЕ11	162	ИР30	259	ЛЕ2	23	ТВ1	72
ИЕ12	190	ИР32	170	ЛЕ3	25	ТВ10	113
ИЕ13	191	ИР33	573	ЛЕ4	27	ТВ11	114
ИЕ14	196	ИР34	873	ЛЕ5	28	ТВ15	109
ИЕ15	197	ИР35	273	ЛЕ6	128	ТВ6	107
ИЕ16	168	ИР37	574	ЛЕ7	260	ТВ9	112
ИЕ17	169	ИР38	874	ЛИ1	8	ТЛ1	13
ИЕ18	163	ИР40	533	ЛИ2	9	ТЛ2	14
ИЕ19	393	ИР41	534	ЛИ3	11	ТЛ3	132
ИЕ2	90	ИР8	164	ЛИ4	15	ТМ2	74
ИЕ20	390	ИР9	165	ЛИ6	21	ТМ5	77
ИЕ4	92	КП1	150	ЛЛ1	32	ТМ7	75
ИЕ5	93	КП11	257	ЛЛ3	136	ТМ8	175
ИЕ6	192	КП12	253	ЛН1	4	ТМ9	174
ИЕ7	193	КП13	298	ЛН2	5	ТР2	279
ИЕ8	97	КП14	258	ЛН3	6		
ИЕ9	160	КП15	251	ЛН4	7		
				ЛН5	16		

Приложение 2

Соответствие ТТЛ микросхем семейства SN74xxxx и производства России (СССР)

Таблица П2

SN74xxxx	РФ	SN74xxxx	РФ	SN74xxxx	РФ	SN74xxxx	РФ
0	ЛАЗ	80	ИМ1	161	ИЕ10	261	ИП8
1	ЛА8	81	РУ1	162	ИЕ11	273	ИР35
2	ЛЕ1	82	ИМ2	163	ИЕ18	279	ТР2
3	ЛА9	83	ИМ3	164	ИР8	280	ИП5
4	ЛН1	84	РУ3	165	ИР9	283	ИМ6
5	ЛН2	85	СП1	166	ИР10	289	РУ9
6	ЛН3	86	ЛП5	168	ИЕ16	295	ИР16
7	ЛН4	89	РУ2	169	ИЕ17	298	КП13
7	ЛП9	90	ИЕ2	170	ИР32	299	ИР24
8	ЛИ1	92	ИЕ4	170	РП1	323	ИР29
9	ЛИ2	93	ИЕ5	172	РП3	352	КП19
10	ЛА4	95	ИР1	173	ИР15	353	КП17
11	ЛИ3	97	ИЕ8	174	ТМ9	365	ЛП10
12	ЛА10	107	ТВ6	175	ТМ8	366	ЛН6
13	ТЛ1	109	ТВ15	180	ИП2	367	ЛП11
14	ТЛ2	112	ТВ9	181	ИП3	373	ИР22
15	ЛИ4	113	ТВ10	182	ИП4	374	ИР23
16	ЛН5	114	ТВ11	183	ИМ5	377	ИР27
17	ЛП4	121	АГ1	184	ПР6	384	ИП9
20	ЛА1	123	АГ3	185	ПР7	385	ИМ7
21	ЛИ6	124	ГГ1	190	ИЕ12	390	ИЕ20
22	ЛА7	125	ЛП8	191	ИЕ13	393	ИЕ19
23	ЛЕ2	128	ЛЕ6	192	ИЕ6	395	ИР25
25	ЛЕ3	130	РУ5	193	ИЕ7	465	АП14
26	ЛА11	132	ТЛ3	194	ИР11	466	АП15
27	ЛЕ4	134	ЛА10	195	ИР12	533	ИР40
28	ЛЕ5	136	ЛЛ3	196	ИЕ14	534	ИР41
30	ЛА2	136	ЛП12	197	ИЕ15	573	ИР33
32	ЛЛ1	138	ИД7	198	ИР13	574	ИР37
37	ЛА12	139	ИД14	221	АГ4	630	ВЖ1
38	ЛА13	140	ЛА16	225	РУ10	640	АП9
40	ЛА6	141	ИД1	226	ВА1	646	АП10
42	ИД6	145	ИД10	240	АП3	643	АП16
50	ЛР1	147	ИВ3	241	АП4	646	АП20
51	ЛР11	148	ИВ1	242	ИП6	670	ИР26
53	ЛР3	150	КП1	243	ИП7	873	ИР34
54	ЛР13	151	КП7	244	АП5	874	ИР38
55	ЛР4	152	КП5	245	АП6	1000	ЛА21
60	ЛД1	153	КП2	247	ИД18	1003	ЛА23
64	ЛР9	154	ИД3	251	КП15	1010	ЛА24
65	ЛР10	155	ИД4	253	КП12	1020	ЛА22
72	ТВ1	156	ИД5	257	КП11	1034	ЛП16
74	ТМ2	157	КП16	258	КП14	1035	ЛП17
75	ТМ7	158	КП18	259	ИР30		
77	ТМ5	160	ИЕ9	260	ЛЕ7		

Приложение 3

Соответствие КМОП микросхем России (СССР) микросхемам серии CDxxxx

Таблица П3

РФ (СССР)	CDxxxx	РФ (СССР)	CDxxxx	РФ (СССР)	CDxxxx
-	CD4021	K176ПУ1	-	K561ЛП2	CD4070A
-	CD4041B	K176ПУ2	CD4009	K561ЛС2	CD4019A
-	CD4053	K176ПУ3	CD4010	K561ПУ4	CD4050A
561УМ1	CD4054	K176ПУ5	-	K561ПУ7	-
-	CD4060	K176РМ1	CD4005	K561ПУ8	-
-	CD4067	K176РУ2	CD4061	K561РУ2	CD4061A
-	CD4069	K176ТВ1	CD4027	K561СА1	МС14531A
-	CD4071B	K176ТМ1	CD4003	K561ТВ1	CD4027A
-	CD4095B	K176ТМ2	CD4013	K561ТЛ1	CD4093A
-	CD4097B	K561ИД1	CD4028A	K561ТМ2	CD4013A
-	CD4510	K561ИД4	CD4055A	K561ТМ3	CD4042A
-	МС14511B	K561ИЕ10	CD4520	K561ТР2	CD4043A
564ИК2	-	K561ИЕ10	МС14520A	K564ИК1	-
K176ИД1	CD4028	K561ИЕ11	МС14516A	KP1561АГ1	CD4098B
K176ИД2	-	K561ИЕ14	CD4029A	KP1561Г1	CD4046B
K176ИД3	-	K561ИЕ15	CD4059A	KP1561ИД6	МС14555B
K176ИЕ1	≈CD4024	K561ИЕ16	CD4020A	KP1561ИД7	МС14556B
K176ИЕ12	-	K561ИЕ8	CD4017A	KP1561ИЕ10	МС14520B
K176ИЕ13	-	K561ИЕ9	CD4022A	KP1561ИЕ20	CD4040B
K176ИЕ17	-	K561ИМ1	CD4008A	KP1561ИЕ20	МС14040B
K176ИЕ18	-	K561ИП2	CD4585	KP1561ИЕ21	CD40161B
K176ИЕ3	-	K561ИП2	МС14585A	KP1561ИЕ21	МС14161B
K176ИЕ4	≈CD4026	K561ИП3	МС14581A	KP1561ИЕ22	МС14053B
K176ИЕ5	≈CD4033	K561ИП4	МС14582A	KP1561ИР14	CD4076B
K176ИЕ8	CD4017	K561ИП5	МС14554A	KP1561ИР14	МС14076B
K176ИМ1	CD4008	K561ИР11	МС14580A	KP1561ИР15	МС14194B
K176ИР10	CD4006	K561ИР19	CD4018A	KP1561КП1	CD4052B
K176ИР2	CD4015	K561ИР2	CD4015A	KP1561КП2	CD4051B
K176ИР3	CD40115	K561ИР6	CD4034A	KP1561КП3	МС14512B
K176ИР4	CD4031	K561ИР9	CD4035A	KP1561КП4	МС14519B
K176КТ1	CD4016	K561КП1	CD4052A	KP1561КТ3	≈CD4066B
K176ЛА7	CD4011	K561КП2	CD4051A	KP1561КТ3	МС14066B
K176ЛА8	CD4012	K561КТ3	CD4066A	KP1561ЛА10	CD40107B
K176ЛА9	CD4023	K561ЛА7	CD4011A	KP1561ЛА9	CD4023B
K176ЛЕ10	CD4025	K561ЛА8	CD4012A	KP1561ЛЕ10	CD4025B
K176ЛЕ5	CD4001	K561ЛА9	CD4023A	KP1561ЛЕ5	CD4001B
K176ЛЕ6	CD4002	K561ЛЕ10	CD4025A	KP1561ЛЕ6	CD4002B
K176ЛИ1	-	K561ЛЕ5	CD4001A	KP1561ЛИ2	CD4081B
K176ЛП1	CD4007	K561ЛЕ6	CD4002A	KP1561ЛП14	CD4070B
K176ЛП2	CD4030	K561ЛН1	МС14502A	KP1561ПР1	CD4094B
K176ЛП4	CD4000	K561ЛН2	≈CD4049A	KP1561ПР1	МС14094B
K176ЛП11	-	K561ЛН3	CD4503	KP1561ПУ4	CD4050B
K176ЛП12	-	K561ЛН3	МС14538A	KP1561ТВ1	CD4027B
K176ЛС1, K564ЛС1	-	K561ЛП13	-	KP1561ТЛ1	CD4093B
		K561ЛП2	CD4030A		

Приложение 4

Соответствие микросхем серии CDxxxx КМОП микросхемам России (СССР)

Таблица П4

CDxxxx	РФ (СССР)	CDxxxx	РФ (СССР)	CDxxxx	РФ (СССР)
CD4000	K176ЛП4	CDxxxx	РФ (СССР)	MC14040B	KP1561IE20
CD4001	K176ЛЕ5	CD4030	K176ЛП2	MC14053B	KP1561IE22
CD4001A	K561ЛЕ5	CD4031	K176ИР4	MC14066B	KP1561КТ3
CD4001B	KP1561ЛЕ5	CD4033	≈K176IE5	MC14076B	KP1561ИР14
CD4002	K176ЛЕ6	CD4034A	K561ИР6	MC14094B	KP1561ПР1
CD4002A	K561ЛЕ6	CD4035A	K561ИР9	MC14161B	KP1561IE21
CD4002B	KP1561ЛЕ6	CD4040B	KP1561IE20	MC14194B	KP1561ИР15
CD4003	K176ТМ1	CD4041B	-	MC14502A	K561ЛН1
CD4005	K176РМ1	CD4042A	K561ТМ3	MC14511B	-
CD4006	K176ИР10	CD4043A	K561ТР2	MC14512B	KP1561КП3
CD4007	K176ЛП1	CD4046B	KP1561ГТ1	MC14516A	K561IE11
CD4008	K176ИМ1	CD4049A	≈K561ЛН2	MC14519B	KP1561КП4
CD4008A	K561ИМ1	CD4050A	K561ПУ4	MC14520A	K561IE10
CD4009	K176ПУ2	CD4050B	KP1561ПУ4	MC14520B	KP1561IE10
CD4010	K176ПУ3	CD4051A	K561КП2	MC14531A	K561СА1
CD4011	K176ЛА7	CD4051B	KP1561КП2	MC14538A	K561ЛН3
CD4011A	K561ЛА7	CD4052A	K561КП1	MC14554A	K561ИП5
CD4012	K176ЛА8	CD4052B	KP1561КП1	MC14555B	KP1561ИД6
CD4012A	K561ЛА8	CD4054	K561УМ1	MC14556B	KP1561ИД7
CD4013	K176ТМ2	CD4056	K561ИД5	MC14580A	K561ИР11
CD4013A	K561ТМ2	CD4059A	K561IE15	MC14581A	K561ИП3
CD4015	K176ИР2	CD4060	-	MC14582A	K561ИП4
CD4015A	K561ИР2	CD4061	K176РУ2	MC14585A	K561ИП2
CD4016	K176КТ1	CD4061A	K561РУ2	-	K176ЛИ1
CD4017	K176IE8	CD4066A	≈K561КТ3	-	K176ЛП11
CD4017A	K561IE8	CD4066B	KP1561КТ3	-	K176ЛП12
CD4018A	K561ИР19	CD4067	-	-	K561ЛП13
CD4019A	K561ЛС2	CD4069	-	-	K176ПУ1
CD4020A	K561IE16	CD4070A	K561ЛП2	-	K176ПУ5
CD4021	-	CD4070B	KP1561ЛП14	-	K561ПУ7
CD4022A	K561IE9	CD4071B	-	-	K561ПУ8
CD4023	K176ЛА9	CD4076B	KP1561ИР14	-	K176ИД2
CD4023A	K561ЛА9	CD4081B	KP1561ЛИ2	-	K176ИД3
CD4023B	KP1561ЛА9	CD4093A	K561ТЛ1	-	K176IE3
CD4024	≈K176IE1	CD4093B	KP1561ТЛ1	-	K176IE4
CD4025	K176ЛЕ10	CD4094B	KP1561ПР1	-	K176IE5
CD4025A	K561ЛЕ10	CD4095B	-	-	K176IE12
CD4025B	KP1561ЛЕ10	CD4097B	-	-	K176IE13
CD4026	≈K176IE4	CD4098B	KP1561АГ1	-	K176IE17
CD4027	K176ТВ1	CD40107B	KP1561ЛА10	-	K176IE18
CD4027A	K561ТВ1	CD40115	K176ИР3	-	K561ИК1
CD4027B	KP1561ТВ1	CD40161B	KP1561IE21	-	K564ИК1
CD4028	K176ИД1	CD4503	K561ЛН3	-	564ИК2
CD4028A	K561ИД1	CD4510	-	-	K176ИР3
CD4029A	K561IE14	CD4520	K561IE10	-	K176ИР10
CD4030A	K561ЛП2	CD4585	K561ИП2	-	K176ЛС1, K564ЛС1

Приложение 5

Состав серий отечественных ТТЛ-микросхем, их назначение и примерные аналоги

Таблица П5

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74	54S и 74S	54LS и 74LS	*74AS	74F	74ALS			
АГ1	Одноканальный ждущий мультивибратор	74121	*	*							
АГ3	2 ждущих мультивибратора	74123	*	*			*	*			*
АГ4	2 одновибратора с триггером Шмитта на входе	74221					*	*			
АГ5	2 одновибратора с перезапуском	96LS02						*			
АП1	Формирователь разрядной записи и схема установки нуля	-		*							
АП2	4-разрядный драйвер с открытым коллектором	-			*	*					
АП3	2 4-разрядных драйвера с открытым коллектором с инверсией с 3 состояниями	74240			*	*	*	*		*	*
АП4	2 4-разрядных драйвера с открытым коллектором без инверсии с 3 состояниями	74241			*	*	*	*		*	*
АП5	2 4-разрядных драйвера с открытым коллектором без инверсии с 3 состояниями	74244					*	*		*	*
АП6	8-разрядный двунаправленный шинный транслятор	74245					*	*		*	*
АП7	8-разрядный двунаправленный неинверсный драйвер с открытым коллектором	74645					*	*			*
АП8	8-разрядный двунаправленный неинверсный драйвер с тремя состояниями	74645					*	*			
АП9	8-разрядный двунаправленный драйвер с 3 состояниями	74640					*	*			*
АП10	8-разрядный двунаправленный приемопередатчик с регистрами на обеих шинах	74646					*	*			
АП11	Формирователь импульсов реверсивного счета из квадратурной последовательности импульсов	-					*	*			
АП12	8 инверсных драйверов с 3 состояниями	74540					*	*			
АП13	8 неинверсных драйверов с 3 состояниями	74541					*	*			

Таблица П5 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74	54S и 74S	54LS и 74LS	≈74AS	74F	74ALS			
АП14	8 неинверсных драйверов с 3 состояниями	74465									*
АП15	8 инверсных драйверов с 3 состояниями	74466									*
АП16	8 двунаправленных драйверов с 3 состояниями	74643									*
АП17	8-разрядный двунаправленный приемопередатчик с регистрами на обоих шинах	74652									*
ВА1	4-разрядный двунаправленный приемопередатчик с триггерами на обоих шинах	74226				*					
ВА2	Управление сопряжением с общей шиной	-						*			
ВГ1	Контроллер адреса	74482				*					
ВЖ1	16-разрядная схема контроля по коду Хэмминга	74630					*	*			
ВС1	4-разрядная микропроцессорная секция	74481				*					
ГГ1	2 генератора, управляемых напряжением	74124			*	*					
ГГ2	2 генератора, управляемых напряжением	74626						*			
ГГ4	Кварцевый генератор с формирователем кода Джонсона, 4-фазный	-					*				*
ИВ1	Приоритетный шифратор 8 в 3	74148	*	*			*	*			
ИВ2	Приоритетный шифратор 8 в 3	74348					*	*			
ИВ3	Приоритетный шифратор 10 в 4	74147					*	*			
ИД1	Высоковольтный дешифратор для управления газоразрядными индикаторами	74141	*	*							
ИД3	Дешифратор 4 в 16	74154	*	*			*	*			*
ИД4	Сдвоенный демультиплексор 2 в 4 со стробом	74155	*	*			*	*			*
ИД5	Сдвоенный демультиплексор 2 в 4 со стробом	74156					*	*			
ИД6	Двоично-десятичный дешифратор	7442					*	*			
ИД7	Высокоскоростной дешифратор-демультиплексор 3 в 8 со стробом и логикой	74138			*	*	*	*		*	*
ИД8	Дешифратор для неполной матрицы светодиодов 7x5	-		*							
ИД9	Дешифратор для матрицы светодиодов 7x4	-		*							

Таблица П5 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74	54S и 74S	54LS и 74LS	74AS	74F	74ALS			
ИД10	Полный дешифратор 2-10 кода в десятичный с открытым коллектором (15 В)	74145	*	*			*	*			
ИД11	Дешифратор 3 в 8 для управления шкалой с заполнением	-		*							
ИД12	Дешифратор 3 в 8 для управления шкалой со сдвигом точки	-		*							
ИД13	Дешифратор 3 в 8 для управления шкалой со сдвигом двух точек	-		*							
ИД14	Двойной высокоскоростной дешифратор	74139			*	*				*	
ИД15	Дешифратор для управления линейной светоизлучающей шкалой красного цвета	-	*	*							
ИД16	Дешифратор для управления линейной светоизлучающей шкалой зеленого или желтого цвета	-	*	*							
ИД17	Дешифратор состояний	-									*
ИД18	Декодер двоичного кода в семисегментный	74247					*	*			
ИД19	Демультиплексор 4 в 16 со стробом и выходами с открытым коллектором	-					*	*			
ИД20	Управление линейной шкалой	-	*	*							
ИД21	Управление линейными шкалами	-	*	*							
ИД22	Дешифратор 4 в 10 с тремя состояниями и изменяемой полярностью выходов	74537								*	
ИД24	Полный дешифратор 2-10 в десятичный с открытым коллектором (30 В)	7445	*	*							
ИЕ1	Декадный счетчик	-		*							
ИЕ2	4-разрядный десятичный асинхронный счетчик	7490	*	*			*	*			*
ИЕ4	4-разрядный двоичный счетчик	7492	*	*							
ИЕ5	4-разрядный асинхронный счетчик	7493	*	*			*	*			*
ИЕ6	4-разрядный двоично-десятичный реверсивный счетчик	74192	*	*			*	*		*	*
ИЕ7	4-разрядный десятичный реверсивный счетчик	74193	*	*			*	*		*	*
ИЕ8	Программируемый 6-разрядный делитель частоты с переменным коэффициентом деления	7497	*	*							

Таблица П5 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74		54S и 74S		54LS и 74LS		≈74AS	74F	74ALS
ИЕ9	4-разрядный декадный двоично-десятичный синхронный счетчик	74160	*	*			*	*			*
ИЕ10	4-разрядный декадный двоичный синхронный счетчик	74161			*	*	*	*		*	*
ИЕ11	4-разрядный десятичный синхронный счетчик	74162			*	*	*	*			*
ИЕ12	Двоично-десятичный счетчик	74190									
ИЕ13	Десятичный счетчик	74191					*	*			
ИЕ14	Декадный двоично-десятичный асинхронный счетчик	74196	*	*	*	*	*	*			
ИЕ15	Декадный десятичный асинхронный счетчик	74197			*	*	*	*			
ИЕ16	Синхронный двоично-десятичный реверсивный счетчик	74168			*	*					
ИЕ17	Синхронный десятичный реверсивный счетчик	74169			*	*	*	*			
ИЕ18	4-разрядный двоичный синхронный счетчик	74163			*	*	*	*		*	*
ИЕ19	2 4-разрядных двоичных счетчика	74393					*	*			
ИЕ20	2 4-разрядных десятичных счетчика	74390					*	*			
ИЕ21	8-разрядный двоичный счетчик с входным регистром и двунаправленной шиной ввода/вывода	74593						*			
ИК1	Схема быстрого умножителя 2×4	AM25S05			*	*					
ИК2	АЛУ с умножением	74381				*					
ИК4	4-разрядный аккумулятор	74281					*				
ИМ1	Одноразрядный полный сумматор	7480	*	*							
ИМ2	Двухразрядный полный сумматор без дополнительных инверсных и управляющих входов	7482	*	*							
ИМ3	4-разрядный полный быстродействующий полный сумматор	7483A	*	*							
ИМ5	2 одноразрядных полных сумматора	74183					*	*			
ИМ6	4-разрядный полный сумматор с ускоренным переносом	74283					*	*		*	
ИМ7	4 последовательных сумматора-вычитателя	74358, 74385?					*	*			
ИП2	8-разрядная схема для контроля по четности	74180	*	*							*

Таблица П5 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74	54S и 74S	54LS и 74LS	*74AS	74F	74ALS			
ИП3	4-разрядное скоростное АЛУ	74181	*	*	*	*	*	*		*	*
ИП4	Высокоскоростная схема ускоренного переноса для АЛУ	74182	*	*	*	*	*	*		*	*
ИП5	9-разрядная схема контроля по четности	74280			*	*	*	*		*	*
ИП6	4-разрядные двунаправленные драйвера с инверсией	74242					*	*			*
ИП7	4-разрядные двунаправленные драйвера без инверсии	74243					*	*			*
ИП8	Умножитель 2×4	74261					*	*			
ИП9	8-разрядный последовательный умножитель	74384					*	*			
ИП10	12-разрядная схема контроля четности	AM93S48				*					
ИП11	Селектор адреса	-						*			
ИП12	4-разрядный двунаправленный приемопередатчик без инверсии и выходом с 3 состояниями	-					*				
ИП13	4-разрядный двунаправленный приемопередатчик с инверсией и выходом с 3 состояниями	-					*				
ИП14	4-разрядное АЛУ	74AS881							*		
ИП15	Кодек для Ethernet										*
ИР1	4-разрядный универсальный сдвиговой регистр	7495	*	*							
ИР8	8-разрядный сдвиговой регистр с последовательным входом и параллельным выходом	74164					*	*		*	
ИР9	8-разрядный сдвиговой регистр, имеющий параллельные и последовательный входы	74165					*	*			*
ИР10	8-разрядный сдвигающий регистр со сбросом с параллельной загрузкой и последовательным выходом	74166					*	*			*
ИР11	Универсальный 4-разрядный сдвиговой регистр	74194			*	*	*	*		*	
ИР12	Регистр для скоростных операций: сдвиг, счет, накопление	74195			*	*					
ИР13	Универсальный 8-разрядный, синхронный регистр сдвига	74198	*	*							
ИР15	4-разрядный регистр	74173	*	*			*	*			
ИР16	4-разрядный сдвиговой регистр с тремя состояниями выхода	74295					*	*			

Таблица П5 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74	54S и 74S	54LS и 74LS	74AS	74F	74ALS			
ИР17	12-разрядный регистр последовательного приближения	AM2504	*	*							
ИР18	6 триггера с общим тактированием	AM25S07			*	*					
ИР19	4 триггера с общим тактированием	AM25S08			*	*					
ИР20	4-разрядный параллельный регистр с селектором 2 в 1	AM25S09			*	*					
ИР21	4-разрядный сдвигатель на 0,1,2,3 разряда с тремя состояниями	AM25S10			*	*					
ИР22	8-разрядный регистр-защелка	74373			*	*	*	*		*	*
ИР23	8-разрядный регистр-защелка с 8-ю тактируемыми триггерами	74374			*	*	*	*		*	*
ИР24	Универсальный 8-разрядный сдвиговый регистр с объединенными входами/выходами	74299			*	*	*	*			*
ИР25	4-разрядный каскадируемый сдвигающий регистр с 3 состояниями	74395					*				
ИР26	4x4 регистровый файл с тремя состояниями	74670					*	*			*
ИР27	8-разрядный регистр с разрешением записи	74377					*	*			*
ИР28	8-разрядный последовательно-параллельный регистр	74322					*	*			
ИР29	8-разрядный универсальный регистр с тремя состояниями	74323					*	*			*
ИР30	8-разрядный адресуемый триггер	74259					*	*			
ИР31	24-разрядный последовательный регистр сдвига	-									*
ИР32	4x4 регистровый файл	74170	*	*			*	*			*
ИР33	8 триггеров с тремя состояниями	74573					*	*			*
ИР34	2 4-разрядных триггера с тремя состояниями и сбросом	74873					*				*
ИР35	8 D-триггеров с общим тактированием и сбросом	74273			*	*	*	*			*
ИР36	5-разрядный регистр с полным дешифратором и открытым коллектором	-					*	*			
ИР37	8 триггеров с тремя состояниями	74574									*
ИР38	2 4-разрядных триггера с тремя состояниями и сбросом	74874					*				*

Таблица П5 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74	54S и 74S	54LS и 74LS	≈74AS	74F	74ALS			
ИР39	Регистр общего назначения с многоканальным доступом	-									*
ИР40	8-разрядный инверсный триггер с 3 состояниями	74533								*	
ИР41	8-разрядный инверсный регистр с 3 состояниями	74534								*	
ИР42	4-разрядный сдвигатель на 0,1,2,3 разряда с тремя состояниями	74350								*	
ИР43	8-разрядный регистр							*			
КП1	16-входовой мультиплексор со стробом и инверсией	74150	*	*							
КП2	2 4-входовых мультиплексора со стробом	74153	*	*	*	*	*	*		*	*
КП5	Селектор-мультиплексор 8 в 1 с инверсией	74152	*	*							
КП7	Селектор-мультиплексор 8 в 1 с инверсией (со стробом)	74151	*	*	*	*	*	*		*	*
КП11	4 2-входовых мультиплексора с 3 состояниями	74257			*	*	*	*		*	*
КП12	Двухканальный мультиплексор 4 в 1 с 3 состояниями	74253			*	*	*	*		*	*
КП13	Двухканальный мультиплексор 2 в 1 и 4-разрядный регистр	74298					*	*			*
КП14	4 2-входовых мультиплексора 2 в 1 с 3 состояниями и инверсией	74258			*	*	*	*		*	*
КП15	Мультиплексор 8 в 1 с 3 состояниями, прямым и инверсным выходами	74251			*	*	*	*		*	*
КП16	4 мультиплексора 2 в 1 со стробом	74157			*	*	*	*		*	*
КП17	Сдвоенный инверсный мультиплексор 4 в 1 с 3 состояниями	74353					*	*		*	*
КП18	4 мультиплексора 2 в 1 со стробом и инверсией	74158			*	*	*	*		*	*
КП19	Сдвоенный инвертирующий мультиплексор 4 в 1	74352									*
КП20	4 мультиплексора 2 в 1 с памятью (триггер)	74399					*	*			
ЛА1	2 элемента 4И-НЕ	7420	*	*	*	*	*	*		*	*
ЛА2	1 элемент 8И-НЕ	7430	*	*	*	*	*	*			*
ЛА3	4 элемента 2И-НЕ	7400	*	*	*	*	*	*		*	*
ЛА4	3 элемента 3И-НЕ	7410	*	*	*	*	*	*		*	*
ЛА6	2 элемента 4И-НЕ	74140, 7440	*	*			*	*			*
ЛА7	2 элемента 4И-НЕ	7422	*	*	*	*	*	*			*
ЛА8	4 элемента 2И-НЕ	7401	*	*							*
ЛА9	4 элемента 2И-НЕ	7403			*	*	*	*			*

Таблица П5 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74	54S и 74S		54LS и 74LS	≈74AS	74F	74ALS		
ЛА10	3 элемента 3И-НЕ	7412	*	*			*	*			*
ЛА11	2 элемента 4И-НЕ	7426	*	*			*	*			
ЛА12	4 элемента 2И-НЕ	7437	*	*	*	*	*	*			*
ЛА13	4 элемента 2И-НЕ	7438		*	*	*	*	*			*
ЛА15	4 элемента 2И-НЕ	-	*								
ЛА16	2 элемента 4И-НЕ	74140			*	*					
ЛА17	2 магистральных элемента 4И-НЕ с тремя состояниями на выходе	-			*	*					
ЛА18	2 элемента 2И-НЕ с открытым коллектором	75452		*							
ЛА19	1 элемент 12И с разрешением по входу	74134				*					
ЛА20	6 элементов 2И-НЕ	54AS804A							*		
ЛА21	4 элемента 2И-НЕ с мощным выходом	74ALS100A									*
ЛА22	2 элемента 4И-НЕ с мощным выходом	74ALS102A									*
ЛА23	4 элемента 2И-НЕ с мощным открытым коллекторным выходом	74ALS1003A									*
ЛА24	3 элемента 3И-НЕ с мощным выходом	74ALS1010A									*
ЛД1	2 4-входовых расширителя по «ИЛИ»	7460	*	*							
ЛД3	2 элемента 4И с выходами от коллектора и эмиттера	7460	*	*							
ЛЕ1	4 элемента 2ИЛИ-НЕ	7402	*	*	*	*	*	*		*	*
ЛЕ2	2 элемента 4ИЛИ-НЕ с разрешением по входу	7423	*	*							
ЛЕ3	2 элемента 4ИЛИ-НЕ с разрешением по входу	7425	*	*							
ЛЕ4	3 элемента 3ИЛИ-НЕ	7427		*			*	*			
ЛЕ5	4 элемента 2ИЛИ-НЕ	7428	*	*							
ЛЕ6	2 элемента 4ИЛИ-НЕ	74128	*	*							
ЛЕ7	2 элемента 5ИЛИ-НЕ	74260				*					
ЛЕ8	6-разрядный драйвер 6x2ИЛИ-НЕ	54AS832							*		
ЛЕ10	4 элемента 2ИЛИ-НЕ с мощным выходом	74ALS1002A									*
ЛЕ11	4 мощных элемента 2ИЛИ с открытым коллекторным выходом	74ALS33A									*
ЛИ1	4 элемента 2И	7408	*	*	*	*	*	*		*	*
ЛИ2	3 элемента 3ИЛИ с открытым коллекторным выходом	7409					*	*			*
ЛИЗП	3 элемента 3И	7411	*	*	*	*	*	*		*	*
ЛИ4	3 элемента 3И-НЕ с открытым коллекторным выходом	74ALS15A					*	*			*

Таблица П5 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74	54S и 74S	54LS и 74LS	≈74AS	74F	74ALS			
ЛИ5	2 элемента 2И с высоковольтным мощным открытым коллектором	55451B	*	*							
ЛИ6	2 элемента 4И	7421					*	*			*
ЛИ7	6-разрядный драйвер 6×2И	54AS805							*		
ЛИ8	4 элемента 2И с мощным выходом	74ALS1008A									*
ЛИ10	3 элемента 3И с мощным выходом	74ALS1011A									*
ЛЛ1	4 элемента 2ИЛИ	7432	*	*	*	*	*	*		*	*
ЛЛ2	2 элемента 2ИЛИ с мощным открытым коллектором	75453		*							
ЛЛ3	6-разрядный драйвер 6х2ИЛИ	54AS808							*		
ЛЛ4	Сдвоенный инверсный селектор-мультиплексор 4-1 с тремя состояниями на выходах	74ALS1032A									*
ЛН1	6 элементов НЕ	7404	*	*	*	*	*	*		*	*
ЛН2	6 элементов НЕ	7405	*	*	*	*	*	*			*
ЛН3	6 элементов НЕ	7406	*	*							
ЛН4	6 буферных элементов без инверсии	7407									
ЛН5	6 элементов НЕ	7416	*	*							
ЛН6	6 буферных элементов с инверсией и разрешением по И	74366		*							
ЛН7	6 элементов НЕ с тремя состояниями	74ALS368		*			*	*			*
ЛН8	4-разрядный селектор-мультиплексор 2-1 с инверсными входами (6 инверторов с повышенной нагрузочной способностью)	74ALS1004									*
ЛН10	6 элементов НЕ с повышенной нагрузочной способностью и открытым коллекторным выходом	74ALS1005									*
ЛП3	Мажоритарный элемент со стандартным логическим выходом	-					*				*
ЛП4	6 буферных элементов без инверсии	7417		*							*
ЛП5	4 2-входовых элемента «Исключающее ИЛИ»	7486	*	*	*	*	*	*		*	*
ЛП7	2 элемента 2И-НЕ с общим входом и двумя мощными транзисторами	55450	*	*							
ЛП8	4 буферных элемента с инверсией и разрешением по входам и выходам	74125	*	*			*	*			*
ЛП9	6 повторителей с общим коллектором и повышенным выходным напряжением	5407	*	*							

Таблица П5 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74	54S и 74S	54LS и 74LS	≈74AS	74F	74ALS			
ЛП10	6-буферных элементов без инверсии с разрешением по И	74365		*							
ЛП11	6-канальные буферные элементы с тремя выходными состояниями	74367		*			*				
ЛП12	4 элемента «Исключающее ИЛИ» с открытым коллекторным выходом	74ALS136					*	*			*
ЛП13	3 мажоритарных элемента	-					*	*			
ЛП14	6 буферных элементов с тремя состояниями	74LS126A						*			
ЛП16	6 буферных элементов НЕ с мощным выходом	74ALS1034									*
ЛП17	6 буферных элементов НЕ с мощным открытым коллекторным выходом	74ALS1035									*
ЛР1	1 элемент 2-2И-2ИЛИ-НЕ с расширителем и 1 элемент 2-2И-2ИЛИ-НЕ	7450	*	*							
ЛР3	1 элемент 4-2И-4ИЛИ-НЕ	7453	*	*							
ЛР4	1 элемент 2-4И-2ИЛИ-НЕ	7455	*	*			*	*			*
ЛР9	2-3И-2-2И-4ИЛИ-НЕ	7464								*	
ЛР10	2-3И-2-2И-4ИЛИ-НЕ	7465			*	*					
ЛР11	1 элемент 2-3И-2ИЛИ-НЕ, 1 элемент 2-2И-2ИЛИ-НЕ	7451			*	*	*	*			*
ЛР13	1 элемент 2-3И-2-2И-4ИЛИ-НЕ	7454					*	*			*
ПП4	Преобразователь двоичного кода в семисегментный	7449	*								
ПР6	Преобразователь двоично-десятичного кода в двоичный	74184		*							
ПР7	Преобразователь двоичного кода в двоично-десятичный	74185		*							
ПЦ1	Программируемый делитель частоты/таймер	74292						*			
РЕ3	ППЗУ с однократным программированием 32×8	N8223B		*							
РЕ4	ПЗУ-знакогенератор 2К×8	-						*			
РП1	16-битовое регистровое ЗУ (4×4)	74170	*	*							
РП3	Регистровое ЗУ с 3 состояниями, 8 слов × 2 бита	74172	*	*							
РУ1	Статическое ОЗУ 16×1	7481	*	*							
РУ2	ОЗУ на 64 бит с произвольной выборкой	7489	*	*	*	*					
РУ3	Статическое ОЗУ на 16 бит с дополнительными входами записи 1 и 0	7484		*							
РУ5	ОЗУ 256×1	93410	*	*							
РУ7	ОЗУ 1024×1	93425	*	*							

Таблица П5 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	133	155	530	531	533	555	1530	1531	1533
		Аналоги	54 и 74	54S и 74S		54LS и 74LS	74AS	74F	74ALS		
ру8	ОЗУ на 64 бит с произвольной выборкой	74189								*	
ру9	ОЗУ на 64 бит с произвольной выборкой	74289				*					
РУ10	FIFO 16×5 бит	74225				*					
РУ11	ОЗУ 16×4 с 3 состояниями	AM85S68				*					
РУ12	ОЗУ типа FIFO 16×4 бита	74LS224					*				
СП1	4-разрядный цифровой компаратор	7485	*	*	*	*	*	*			*
СП2	8-разрядный цифровой компаратор	74521								*	
ТВ1	Универсальный многоцелевой JK-триггер с логикой 3И на входе	7472	*	*							
ТВ6	2 JK-триггера со сбросом	74107					*	*			*
ТВ9	2 JK-триггера	74112			*	*	*	*			*
ТВ10	2 JK-триггера	74113			*	*				*	*
ТВ11	2 JK-триггера	74114			*	*					*
ТВ15	2 независимых JK-триггера	74109	*	*						*	*
ТЛ1	Триггеры Шмитта	7413	*	*							
ТЛ2	Триггеры Шмитта	7414	*	*			*	*			*
ТЛ3	Триггеры Шмитта	74132	*	*	*	*					
ТМ2	2 независимых D-триггера	7474	*	*	*	*	*	*		*	*
ТМ5	2 двояных D-триггеров	7477	*	*							
ТМ7	2 двояных D-триггеров	7475	*	*			*	*			
ТМ8	4 D-триггера с общим сбросом и тактированием	74175	*	*	*	*	*	*		*	*
ТМ9	6 D-триггеров с общим сбросом и тактированием	74174			*	*	*	*		*	*
ТМ10	4 D-триггера с прямыми и инверсными выходами	74375					*	*			
ТР2	4 RS-триггера	74279					*	*			*
ХЛ1	Многофункциональный элемент для ЭВМ	-		*		*					
ХП1	Частотно-фазовый дискриминатор	-					*				

Примечания.

1. Таблица составлена с использованием данных сайта <http://www.qrz.ru/reference/kozak/>, а также обзорно-рекламных материалов фирм-производителей микросхем.

2. Устаревшие и вышедшие из употребления серии микросхем серий 130, 131 соответствуют сериям 54Н и 74Н; 134, КР134 – сериям 54L и 74L; 136 и 158 – 54L и 74L, но менее экономичны.

3. Здесь и далее аналоги зарубежных микросхем указаны условно. Замена является полноценной в том случае, когда одна микросхема заменяет другую без малейшего ущерба для работы радиоэлектронного устройства. Чаще всего допустима замена микросхем устаревших серий на микросхемы более современных серий, имеющих улучшенные свойства. Границами допустимости замены является тождественность цоколевок микросхем, их работа в пределах допустимых значений питающих напряжений, напряжений переключения логических состояний, величин максимальных тока нагрузки, рассеиваемой мощности, предельных рабочих частот. Все эти сведения можно почерпнуть из сопоставления паспортных данных на микросхемы.

Таблица П6 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия		164	176	561	564	1526	1554*		1561	1564	1594*	5564*	5584*
		Аналоги	Аналоги						54АС	74АС					
АП9	8-разрядный двунправленный драйвер с тремя состояниями, инверсный	74АСТ640		≈4000		4000А 4500А	4000А 4500А	4000А		54АС 74АС	4000В 4500В	74АСТ	74НС	74НС	74НС
АП17	8-разрядный двунправленный приемопередатчик с регистрами, с тремя состояниями	74АСТ651								•		•		•	
АП24	8-разрядный двунправленный приемопередатчик с регистрами, с тремя состояниями	74АСТ652								•		•			
АП25	8-разрядный двунправленный драйвер с 3 состояниями, инверсный	74АСТ620								•		•		•	
АП26	8-разрядный двунправленный драйвер с 3 состояниями	74АСТ623								•		•		•	
ГГ1	Генератор с ФАПЧ	4046					•				•				
ИВ3	Приоритетный шифратор 9х4	74НС147 (5564ИВ3)												•	
ИД1	Двоично-десятичный дешифратор для газоразрядных индикаторов	4028		•	•	•	•	•							
ИД2	Дешифратор двоичного кода в 7-сегментный	-			•										
ИД3	Дешифратор двоичного кода в 7-сегментный	-			•									•	
ИД4	Дешифратор возбуждения 1594ИД4 – двоичный дешифратор- демультимплексор	4055 1594ИД4 -54АСТ155					•						•		

Таблица П6 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	164	176	561	564	1526	1554*	1561	1564	1594*	5564*	5584*
			=4000	=4000	4000A 4500A	4000A 4500A	4000A	54AC 74AC	4000B 4500B	54HC 74HC	74ACT	74HCST	74VHC
IE9	3-разрядный счетчик Джонсона	Аналоги 4022			*	*	*	*					
	2 4-разрядных счетчика	4520 МС14520В			*	*	*	*	*	*			
IE10	КР1594ИЕ10 – 4-разрядный синхронный счетчик двоичный с асинхронным сбросом и синхронной загрузкой 5584ИЕ10 – 4-разрядный двоичный счетчик с асинхронной установкой в состояние логический «0»	КР1594ИЕ10 – 74АС161									*	*	*
IE11	4-разрядный двоичный реверсивный счетчик с предаварительной установкой	МС14516А			*	*	*	*					
IE12	15-разрядный делитель частоты и двоичный счетчик на 60	=ММ5368		*									
IE13	Счетчик часовой с будильником	-		*									
IE14	4-разрядный двоично- десятичный реверсивный счетчик с предаварительной установкой	4029			*	*	*	*					
IE15	Программируемый счетчик- делитель	4059			*	*	*	*					
	14-разрядный двоичный счетчик-делитель	4020			*								
IE16	КР1554ИЕ16 – 4-разрядный синхронный счетчик десятичный	74АС168						*					

Таблица П6 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	164	176	561	564	1526	1554*	1561	1564	1594*	1594*	1564	54НС	74НС	5384*
		Аналоги	≈4000	≈4000	4000А 4500А	4000А 4500А	4000А	54АС 74АС	4000В 4500В	74АСТ	74АСТ	74НСТ	74НСТ	74НС	74НС	74НС
ИЕ17	Двоичный счетчик с устройством управления (календарь) КР1554ИЕ17 – 4-разрядный синхронный счетчик двоичный	-		*												
		74АС169					*									
ИЕ18	Двоичный счетчик на 60 с 15-разрядным делителем частоты, генератором сигнала звонка КР1554ИЕ18 – 4-разрядный синхронный счетчик двоичный с синхронной загрузкой и сбросом КР1594ИЕ18 – 4-разрядный синхронный счетчик двоичный с синхронной загрузкой и сбросом	-		*											*	
		74АС163Н 74АСТ163					*					*				
ИЕ19	5-разрядный счетчик Джонсона с предварительной установкой 1554ИЕ19, 1594ИЕ19 – 2 4-разрядных двоичных счетчика	4018			*	*	*	*					*			
		54АСТ393											*			
ИЕ20	12-разрядный двоичный счетчик	МС14040							*							
ИЕ21	4-разрядный двоичный счетчик	МС14161							*							
ИЕ22	3-декадный двоично-десятичный счетчик с памятью	МС14053В				*	*									
ИЕ23	2 4-разрядных двоичных счетчика	4520						*					*			

Таблица П6 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	164	176	561	564	1526	1554*	1561	1564	1594*	5564*	5584*
		Аналоги	≈4000	≈4000	4000A 4500A	4000A 4500A	4000A	54AC 74AC	4000B 4500B	54HC 74HC	74ACT	74HCT	74VHC
ИК1	3 мажоритарных мультиплексора	-			*	*	*						
ИК2	Децифратор двоичного кода в 7-сегментный	-											
ИМ1	4-разрядный сумматор	4008	*	*	*	*	*						
ИМ6	4-разрядный сумматор с ускоренным переносом	74ACT283N						*			*	*	
ИП2	4-разрядная схема сравнения	4585			*	*	*						
ИП3	4-разрядное арифметическое логическое устройство	МС14581			*	*	*						
ИП4	Схема сквозного переноса	МС14582			*	*	*						
	2-разрядный перемножитель	МС14554 CD4554A			*	*	*						
ИП5	1554ИЕ19, 1594ИП5, 5564ИП5 – 9-разрядная схема контроля четности	74HCT280						*			*	*	
ИП6	9-разрядный контроллер четности	40101				*	*						
ИП7	5564ИП7 – шинный приемо-передатчик (4 р)	74HCT243								*		*	
ИР1	18-разрядный статический регистр сдвига	4006			*	*	*						
ИР2	2 4-х разрядных регистра сдвига	4015	*	*	*	*	*						
ИР3	4-разрядный регистр сдвига	-	*	*	*	*	*						
ИР4	64-разрядный сдвигающий регистр	CD4031		*									
ИР6	8-разрядный параллельно-последовательный регистр	4034			*	*	*		*				

Таблица П6 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	164	176	561	564	1526	1554*	1561	1564	1594*	5564*	5584*
		Аналоги	≈4000	≈4000	4000A 4500A	4000A 4500A	4000A 4500A	4000A	54AC 74AC	4000B 4500B	54HC 74HC	74ACT	74HCT
	8-разрядный регистр сдвига с параллельным выводом	74HCT164						•		•	•	•	
ИР8	5584ИР8 – 8-разрядный сдвиговый регистр с последовательными входами и параллельным выходом со сбросом	-											•
ИР9	4-разрядный параллельно-последовательный регистр	4035			•	•	•			•		•	
	18-разрядный регистр сдвига	CD4006E	•	•									
ИР10	8-разрядный последовательный регистр с параллельным выходом	74AC166						•					
ИР11	4×8 банк регистров	MC14580				•	•						
ИР12	4×4 банк регистров	MC14580A				•	•						
ИР13	12-разрядный регистр последовательного приближения	MM54C905				•	•						
ИР14	4-разрядный регистр	MC14076B							•				
ИР15	4-разрядный универсальный регистр	MC14194B							•				
ИР16	16×4 регистровое запоминающее устройство	40105									•		
ИР22	8 D-триггеров с 3 состояниями	74ACT373						•		•	•	•	•
ИР23	8 D-триггеров с 3 состояниями	74ACT374						•		•	•	•	•
ИР24	8-разрядный универсальный сдвиговый регистр	74ACT299						•			•	•	
ИР29	8-разрядный универсальный регистр с 3 состояниями	74ACT323						•			•	•	

Таблица П6 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	164	176	561	564	1526	1554*	1561	1564	1594*	5564*	5584*
		Аналоги	≈4000	≈4000	4000А 4500А	4000А 4500А	4000А	54АС 74АС	4000В 4500В	54НС 74НС	74АСТ	74НСТ	74УНС
	8-канальный мультиплексор	4051			•	•	•		•	•		•	
КП2	КР1554КП2, КР1594КП2 – двоянный мультиплексор 4 в 1 со стробом	74АСТ153						•			•		
КП3	Мультиплексор 8 в 1	МС14512В							•				
КП4	4- мультиплексора 2 в 1	МС14519							•				
КП5	3 мультиплексора 2 в 1	4053							•				
КП6	4-разрядный коммутатор для АТС со встроенной памятью состояния матрицы ключей	-											
КП7	Мультиплексор 8 в 1 со стробом	74АСТ151						•		•	•	•	
КП11	Счетверенный мультиплексор 2 в 1 с 3 состояниями	74АСТ257						•		•	•		•
КП12	Двоянный мультиплексор 4 в 1 с 3 состояниями	74АСТ253						•		•	•		
КП13	4-разрядный регистр с мультиплексором 2 в 1 на входах	ММ54НС298 ММ74НС29								•			
КП14	Счетверенный мультиплексор 2 в 1 с инверсными выходами с 3 состояниями	74АСТ258						•		•	•		
КП15	Мультиплексор 8 в 1 с 3 состояниями	74АСТ251						•		•	•	•	
КП16	4-разрядный мультиплексор 2 в 1	74АСТ157						•		•	•	•	
КП18	4-разрядный мультиплексор 2 в 1 инверсный	74АСТ158						•		•	•	•	

Таблица П6 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия		164	176	561	564	1526	1554*	1561	1564	1594*	5564*	5584*
		Аналоги		≈4000	≈4000	4000A 4500A	4000A 4500A	4000A	54AC 74AC	4000B 4500B	74AC	74AC	74HCT	74VHC
КТ1	4 двунаправленных переключателя	4016		*	*									
КТ3	4 двунаправленных переключателя	4066				*	*	*		*				
ЛА1	2 элемента 4И-НЕ	4020							*		*	*	*	*
ЛА2	Элемент 8И-НЕ	74HCT30												
ЛА3	4 элемента 2И-НЕ	4000							*		*	*	*	*
ЛА4	3 элемента 3И-НЕ	4010							*		*	*	*	*
ЛА7	4 элемента 2И-НЕ	4011		*	*	*	*	*						
ЛА8	2 элемента 4И-НЕ	4012		*	*	*	*	*						
ЛА9	3 элемента 3И-НЕ	4023		*	*	*	*	*		*				
ЛА10	2 элемента 2И-НЕ (открытый сток)	40107				*	*	*		*				*
ЛЕ1	4 элемента 2ИЛИ-НЕ	74HC02							*	*	*	*	*	*
ЛЕ4	3 элемента 3ИЛИ-НЕ	74HC27							*	*	*	*	*	*
ЛЕ5	4 элемента 2ИЛИ-НЕ	4001		*	*	*	*	*		*				
ЛЕ6	2 элемента 4ИЛИ-НЕ	4002		*	*	*	*	*		*				
ЛЕ9	2 элемента 4ИЛИ-НЕ	4002									*			
ЛЕ10	3 элемента 3ИЛИ-НЕ	4025		*	*	*	*	*		*				
ЛИ1	Элементы 9И и НЕ	-		*	*									*
	4 элемента 2И	74HC08							*	*	*	*	*	*
ЛИ2	4 двухходовых элемента 2И	4081B								*				
ЛИ3	4 элемента 3И	-										*		
	3 элемента 3ИЛИ-НЕ	-								*				
ЛИ5	6 повторителей	74AC34			*	*	*	*	*	*				
ЛИ6	2 элемента 4И	4021			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ЛИ9	6 элементов И	4034							*	*	*	*	*	*

Таблица П6 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия	164	176	561	564	1526	1554*	1564	1594*	5564*	5584*
			~4000	~4000	4000A 4500A	4000A 4500A	4000A	54AC 74AC	4000B 4500B	54HC 74HC	74ACT	74HCCT
ЛИ10	Элементы И	-		*	*							
ЛП1	4 элемента 2ИЛИ	4032						*	*	*	*	*
ЛН1	6 элементов НЕ	4502 74HCТ04			*	*	*	*	*	*	*	*
ЛН2	6 элементов НЕ	4049 (16 ножек)			*	*	*					
ЛН3	6 повторителей	mPD4503			*							
ЛН4	6 элементов НЕ	4069						*				
ЛН7	6 мощных драйверов-инверторов со стробированием 2-х и 4-х линий (3 состояния)	40368							*			
ЛН9	6 элементов НЕ с тремя состояниями	-							*			
ЛП1	Универсальный логический элемент	4007	*	*								
ЛП2	4 элемента «Исключающее ИЛИ»	4030	*	*	*	*	*					
ЛП4	2x3 элемента ИЛИ-НЕ + инвертор	4000	*	*								
ЛП5	4 двухходовых элементов «Исключающее ИЛИ»	4086						*	*	*	*	*
ЛП8	4 буферных элемента с тремя состояниями на выходе	54ACT125						*	*	*	*	*
	2x4 элемента ИЛИ-НЕ и логический элемент НЕ.	4025E	*	*								
ЛП11	6 мощных драйверов-инверторов со стробированием 2-х и 4-х линий (3 состояния)	54HC367						*	*	*	*	*

Таблица П6 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия		164	176	561	564	1526	1554*	1561	1564	1594*	5564*	5584*
		Аналоги	≈4000	≈4000	4000A 4500A	4000A 4500A	4000A 4500A	4000A 4500A	4000A 4500A	54AC 74AC	4000B 4500B	54HC 74HC	74ACT	74HCST
ПУ4	6 буферов	4050				*	*	*		*				
ПУ5	4 преобразователя уровня с прямым и инверсным выходами	-	*											
ПУ6	4 преобразователя уровня	40109A					*	*						
ПУ7	6 преобразователей уровней TTL-КМОП с инверсией	4069	*			*	*	*						
ПУ8	6 преобразователей уровней TTL-КМОП без инверсии	-	*			*	*	*						
ПУ9	Двухнаправленный 8-разрядный преобразователь уровня для сопряжения TTL и КМОП схем	40116				*	*	*						
PM1	Матрица-накопитель запоминающего устройства на 16 бит	CD4005E	*											
РП1	4×8 буферное запоминающее устройство	4039A					*							
РП19	4×8 буферное запоминающее устройство	4039												
РУ1	256×1 запоминающее устройство	7C189	*						*					
РУ2	256×1 запоминающее устройство	4061				*	*	*	*					
РУ3	256×4 запоминающее устройство	7C123							*					
СА1	12-разрядная схема сравнения	МС14531A				*	*	*						
СП1	4-разрядный цифровой компаратор	74ACT85							*		*	*	*	*
ТВ1	2 JK триггера	4027	*	*	*	*	*	*		*				

Таблица П6 (продолжение)

Имя	Назначение	Серия																
		Аналоги	164	176	561	564	1526	1554*	1561	1564	1594*	5564*	5584*					
ТВ3	2 JK-триггера	54НС76																
ТВ9	2 JK-триггера	74АСТ112																
ТВ15	2 JK-триггера	74АСТ109																
ТЛ1	4 триггера Шмидта 2И-НЕ	4093			*													
ТЛ2	6 триггеров Шмитта с инверсией	74НСТ14																
ТЛ3	4 триггера Шмитта 2И-НЕ	74АСТ132																
ТМ1	2 D-триггера со сбросом	4003	*	*														
ТМ2	2 D-триггера	4013 74АСТ74	*	*														
ТМ3	4 D-триггера	4042																
ТМ5	4 D-триггера	74НСТ77																
ТМ7	4-х разрядная защелка	74НС75																
ТМ8	4 D-триггера с общим сбросом с прямыми и инверсными выходами	74АСТ175																
ТМ9	6 D-триггеров с общим сбросом	74АСТ174																
ТР2	4 RS-триггера	4043 74АСТ279			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
УМ1	Усилитель индикации	4054																

* Назначение микросхем этих серий, идентифицируемых по их буквенному обозначению, не всегда соответствует назначению микросхем предыдущих серий. Цифровые логические КМОП-микросхемы ОАО «Экситон» серии 765 в бескорпусном исполнении: АГ1, ПГ1, ИД1, ИД4, ИД5, ИЕ9, ИЕ10, ИЕ11, ИЕ14, ИЕ15, ИЕ19, ИЕ22, ИК1, ИК2, ИМ1, ИМ2, ИП3, ИП4, ИП5, ИП6, ИР1, ИР2, ИР6, ИР9, ИР11, ИР12, ИР13, ИР16, КП1, КП2, КТ3, ЛА7, ЛА8, ЛА9, ЛА10, ЛЕ5, ЛЕ6, ЛЕ10, ЛН1, ЛН2, ЛП2, ЛП3, ЛС1, ЛС2, ПР1, ПУ4, ПУ6, ПУ7, ПУ8, ПУ9, РП1, РУ2А, РУ2Б, СА1, ТВ1, ТЛ1, ТМ2, ТМ3, ТР2, УМ1.

Приложение 7

Серия отечественных логических КМОП-микросхем 5514БЦ

5514БЦ – серия отечественных логических микросхем на основе базовых матричных кристаллов. Предназначена для замены и развития логических КМОП-микросхем предыдущих поколений [115, 2].

Обозначение микросхем серии 5514БЦ:

- ♦ цифра после букв «БЦ» — тип базового матричного кристалла;
- ♦ буква «Т» и цифра за ней — тип корпуса;
- ♦ цифры после дефиса — функция микросхемы по принятой в международной практике системе для микросхем стандартной логики, в том числе, для серий 54(74)АС/54(74)НС;
- ♦ наличие буквы в символах после дефиса означает, что микросхема является оригинальной, не имеющей точного функционального аналога в сериях 54(74)АС/54(74)НС, или отличие от него в организации и/или характеристиках входов/выходов. Буква «Т» означает совместимость по всем или части входов с ТТЛ-приборами.

Отличие.

От серий 54(74)АС/54(74)НС (1554/1564) микросхемы серии 5514БЦ отличаются:

- ♦ быстродействием. Микросхемы 5514В141Тz-xxx превосходят зарубежные и отечественные аналоги, микросхемы 5514В142Тz-xxx не уступают им;
- ♦ более высокой нагрузочной способностью. Микросхемы 5514БЦ1Тg-xxx превосходят зарубежные и отечественные аналоги, микросхемы 5514В142Тz-xxx не уступают им;
- ♦ возможностью внутреннего согласования заданных входов микросхемы с ТТЛ-уровнями входных сигналов;
- ♦ возможностью реализации заданных входов микросхемы с триггером Шмитта;
- ♦ возможностью реализации заданных входов и выходов микросхемы с высокоомной триггерной петлей;
- ♦ возможностью реализации заданных входов микросхемы без «диода на шину питания».

Состав серии 5514БЦ (табл. П7.1):

- ♦ полные аналоги микросхем серии 54(74)АС/54(74)НС (1554/1564);
- ♦ новые микросхемы, не имеющие аналогов в сериях 54(74)АС/54(74)НС (1554/1564).

Состав микросхем серии 5514БЦ1Тх-xxx

Таблица П7.1

Микросхема	Функция	Корпус
5514БЦ1Т1-00	4 элемента «2И-НЕ»	401.14-5
5514БЦ1Т1-02	4 элемента «2ИЛИ-НЕ»	401.14-5
5514БЦ1Т1-11	3 элемента «3И»	401.14-5
5514БЦ1Т1-14	6 независимых триггеров Шмитта с инверсией на выходе	401.14-5
5514БЦ1Т1-20	2 элемента «4И-НЕ»	401.14-5
5514БЦ1Т1-74	2 триггера с однофазным приемом информации и с независимой установкой в состояние «0» и «1»	401.14-5
5514БЦ1Т1-132	4 независимых элемента «2И-НЕ» со входами на триггерах Шмитта	401.14-5
5514БЦ1Т2-138	Дешифратор-демультиплексор $3 \rightarrow 8$ с инверсией на выходе	402.16-33
5514БЦ1Т1-164	8-разрядный последовательный сдвиговый регистр	401.14-5
5514БЦ2Т2-193	4-разрядный двоичный реверсивный счетчик	402.16-33
5514БЦ1Т2-237	Дешифратор-демультиплексор $1 \rightarrow 8$ с адресной защелкой	402.16-33
5514БЦ1Т3-240 5514БЦ1Т4-240	2 4-разрядных формирователя стрема состояниями и инверсией на выходе	4153.20-3 4157ю.20-А
5514БЦ1Т3-241 5514БЦ1Т4-241	2 4-разрядных формирователя стрема состояниями и инверсией на выходе	4153.20-3 4157ю.20-А
5514БЦ1Т3-245 5514БЦ1Т4-245	8-канальный двунаправленный формирователь с тремя состояниями на выходе	4153.20-3 4157ю.20-А
5514БЦ1Т2-253	2 селектора-мультиплексора $4 \rightarrow 1$ с тремя состояниями на выходе	402.16-33
5514БЦ1Т2-257	4 селектора-мультиплексора $2 \rightarrow 1$ стрема состояниями на выходе	402.16-33
5514БЦ1Т2-368	2 группы элементов НЕ с отдельной установкой в третье состояние на выходах	402.16-33
5514БЦ1Т2-257	4 селектора-мультиплексора $2 \rightarrow 1$ стрема состояниями на выходе	402.16-33
5514БЦ1Т2-368	2 группы элементов НЕ с отдельной установкой в третье состояние на выходах	402.16-33
5514БЦ1Т3-374 5514БЦ1Т4-374	8-разрядный регистр, управляемый по фронту, с параллельным вводом/выводом данных, с выходами на 3 состояния	4153.20-3 4157ю.20-А
5514БЦ1Т2-395	4-разрядный сдвиговый регистр, имеющий вход параллельной записи, выходы на 3 состояния и дополнительный выход последнего разряда	402.16-33
5514БЦ1Т3-573 5514БЦ1Т4-573	8-разрядный параллельный регистр с тремя состояниями на выходах	4153.20-3 4157ю.20-А
5514БЦ1Т2-9А1	Мажоритарный двунаправленный магистральный элемент «2 из 3» с тремя состояниями на выходах. 4 входа без «диодов на шину питания»	402.16-33
5514БЦ1Т2-9А2	Мажоритарный двунаправленный магистральный элемент «2 из 3» с тремя состояниями и наличием высокоомной «триггерной петли» на выходах (вместо Z сохраняется предыдущее состояние выхода). 4 входа без «диодов на шину питания»	402.16-33
5514БЦ1Т3-9А3 5514БЦ1Т4-9А3	4 мажоритарных элемента «2 из 3» с тремя состояниями на выходе и с возможностью блокирования двух каналов. 8 входов без «диодов на шину питания»	4153.20-3 4157ю.20-А
5514БЦ1Т3-9А4 5514БЦ1Т4-9А4	4 мажоритарных элемента «2 из 3» с тремя состояниями, с высокоомной «триггерной петлей» на выходах (вместо Z сохраняется предыдущее состояние выхода) и с возможностью блокирования двух каналов. 8 входов без «диодов на шину питания»	4153.20-3 4157ю.20-А
5514БЦ1Т3-9А5 5514БЦ1Т4-9А5	4 и 2 буферных элемента с отдельным управлением третьим состоянием на выходе. Входы с триггером Шмитта без диодов на шину питания	4153.20-3 4157ю.20-А

Таблица П7.1 (продолжение)

Микросхема	Функция	Корпус
5514БЦ1Т1-9Т6	Частотно-фазовый дискриминатор, согласованный по уровням входных сигналов с ТТЛ-приборами	401.14-5
5514БЦ1Т3-9А7 5514БЦ1Т4-9А7	8-канальный двунаправленный формирователь с тремя состояниями на выходе и высокоомной «триггерной петлей» на входах/выходах (функциональный аналог 5514БЦ1Т3-245)	4153.20-3 4157ю.20-А

Состав микросхем серии 5514БЦ2Тх-ххх

Таблица П7.2

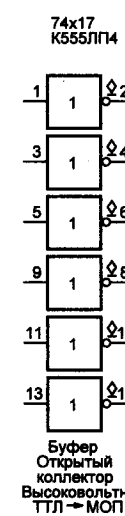
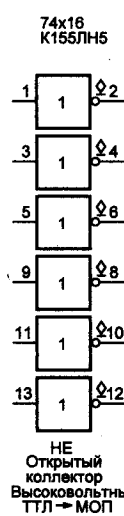
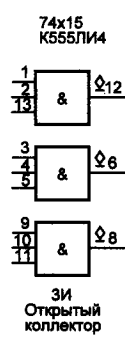
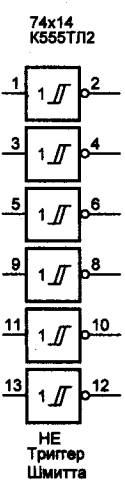
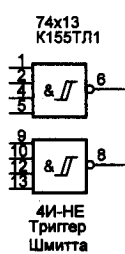
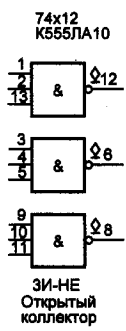
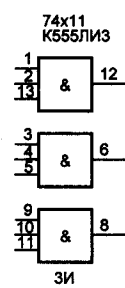
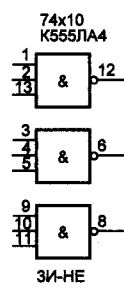
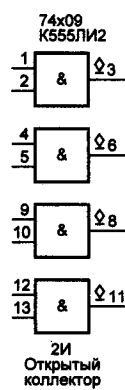
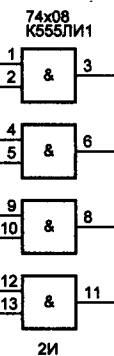
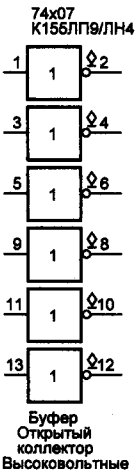
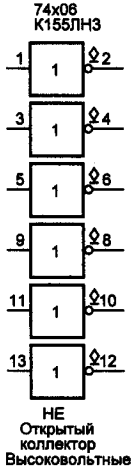
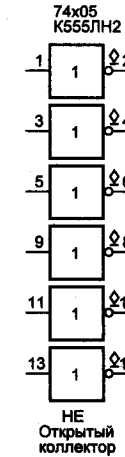
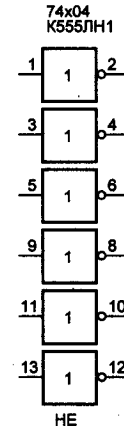
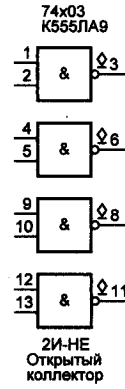
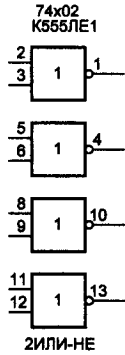
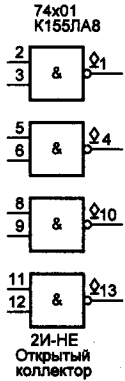
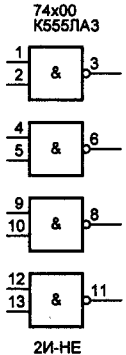
Микросхема	Функция	Корпус
5514БЦ2Т1-00	4 элемента «2И-НЕ»	401.14-5
5514БЦ2Т1-02	4 элементе «2ИЛИ-НЕ»	401.14-5
5514БЦ2Т1-04	6 элементов «НЕ» (инверторов)	401.14-5
5514БЦ2Т1 08	4 элемента «2И»	401.14-5
5514БЦ2Т1-10	3 элемента «3И-НЕ»	401.14-5
5514БЦ2Т1-11	3 элемента «3И»	401.14-5
5514БЦ2Т1-14	6 независимых триггеров Шмитта с инверсией на выходе	401.14-5
5514БЦ2Т1-20	2 элемента «4И-ИЕ»	401.14-5
5514БЦ2Т1-21	2 элемента «4И»	401.14-5
5514БЦ2Т1-30	1 элемент «8И-НЕ»	401.14-5
5514БЦ2Т1-32	4 элемента «2ИЛИ»	401.14-5
5514БЦ2Т1-34	6 повторителей	401.14-5
5514БЦ2Т1-51	Логический элемент, имеющий булеву функцию: $Y_1 = A_1 \cdot B_1 \cdot C_1 + D_1 \cdot E_1 \cdot F_1$ $Y_2 = A_2 \cdot B_2 + C_2 \cdot D_2$	401.14-5
5514БЦ2Т1-54	Логический элемент, имеющий булеву функцию: $Y = A \cdot B + C \cdot D \cdot E + F \cdot G \cdot H + I \cdot J$	401.14-5
5514БЦ2Т1-74	2 триггера с однофазным приемом информации и с независимой установкой в состояние «0» и «1»	401.14-5
5514БЦ2Т2-85	4-разрядная схема сравнения двух чисел	402.16-33
5514БЦ2Т2-109	2 JK-триггера с установкой и сбросом	402.16-33
5514БЦ2Т1-125	4 буферных элемента с тремя состояниями на выходе	401.14-5
5514БЦ2Т2-138	Дешифратор-демультиплексор 3→8 с инверсией на выходе	402.16-33
5514БЦ2Т2-139	2 дешифратора демультиплексора 2→4 с инверсией на выходе	402.16-33
5514БЦ2Т2-151	Селектор/мультиплексор 8→1 со стробированием	402.16-33
5514БЦ2Т2-155	Сдвоенный дешифратор-мультиплексор	402.16-33
5514БЦ2Т2-174	6 D-триггеров	402.16-33
5514БЦ2Т2-192	4-разрядный двоично-десятичный реверсивный счетчик	402.16-33
5514БЦ2Т2-193	4-разрядный двоичный реверсивный счетчик	402.16-33
5514БЦ2Т3-240	2 4-разрядных формирователя с тремя состояниями и инверсией на выходе	4153.20-3
5514БЦ2Т4-240		4157ю.20-А
5514БЦ2Т3-241	2 4-разрядных формирователя с тремя состояниями и инверсией на выходе	4153.20-3
5514БЦ2Т4-241		4157ю.20А
5514БЦ2Т3-244	2 4-разрядных формирователя с тремя состояниями на выходе	4153.20-3
5514БЦ2Т4-244		4157ю.20А

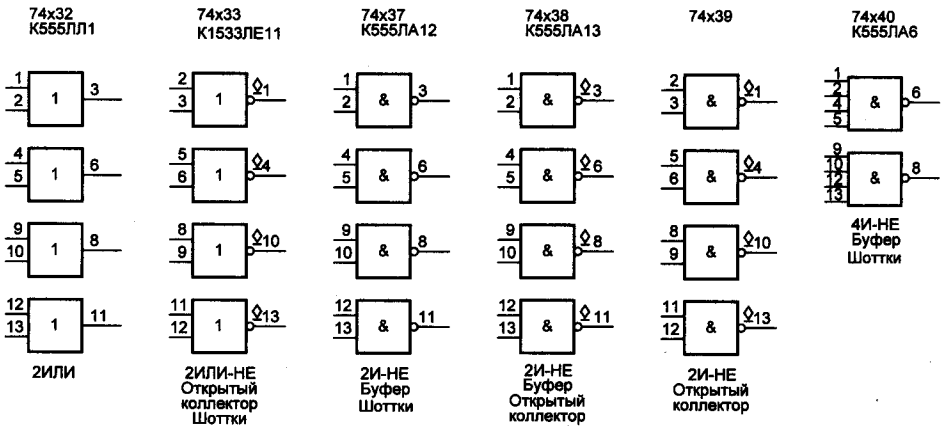
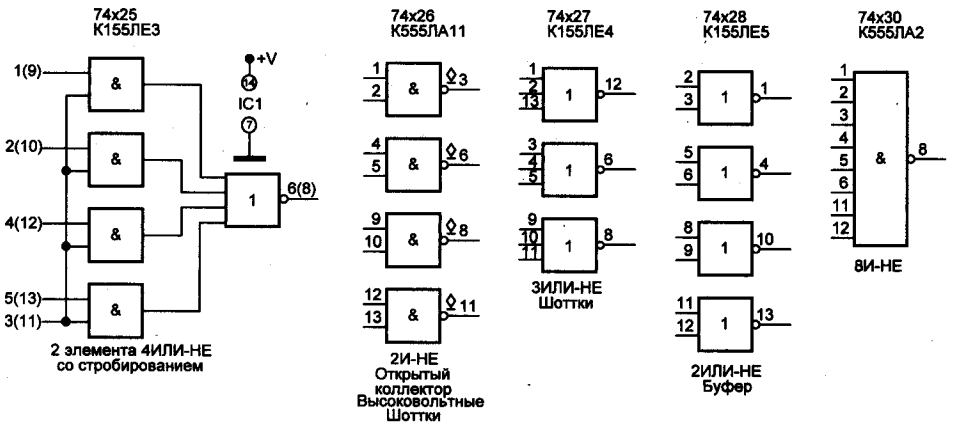
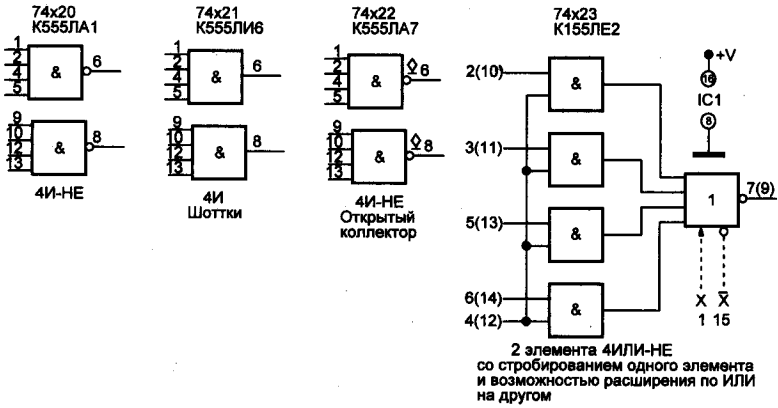
Таблица П7.2 (продолжение)

5514БЦ2Т3-245	8-канальный двунаправленный формирова- тель с тремя состояниями на выходе	4153.20-3
5514БЦ2Т4-245		4157ю.20-А
5514БЦ2Т2-251	Селектор-мультиплексор 8→1 с тремя состояниями на выходе	402.16-33
5514БЦ2Т2-257	4 селектора-мультиплексора 2→1 с тремя состояниями на выходе	402.16-33
5514БЦ2Т3-273	8-разрядный регистр, управляемый по фронту, с параллельным вводом/выводом данных, со входом установки	4153.20-3
5514БЦ2Т4-273		4157ю.20А
5514БЦ2Т2-279	4 регистра-защелки R-S-типа	402.16-33
5514БЦ2Т1-280	9-разрядная схема контроля четности	401.14-5
5514БЦ2Т3-299	8-разрядный сдвиговый регистр с синхронным сбросом и выходом на 3 состояния	4153.20-3
5514БЦ2Т4-299		4157ю.20А
5514БЦ2Т3-373	8-разрядный регистр, управляемый по уровню, с параллельным вводом/выводом данных, с выходом на 3 состояния	4153.20-3
5514БЦ2Т4-373		4157ю.20А
5514БЦ2Т3-374	8-разрядный регистр, управляемый по фронту, с параллельным вводом/выводом данных, с выходами на 3 состояния	4153.20-3
5514БЦ2Т4-374		4157ю.20А
5514БЦ2Т1-393	2 4-разрядных двоичных счетчика с индивидуальной синхронизацией и сбросом	401.14-5

Приложение 8

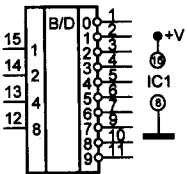
Цоколевки зарубежных ТТЛ-логических микросхем





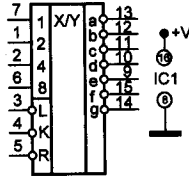
74x42 - 74x45

74x42 K555ИД8
74x45 K155ИД24



Многоцелевой декодер 4-LINE TO 10-LINE
74x42 BCD-TO-DECIMAL
74x43 EXCESS-3-TO-DECIMAL
74x44 GRAY-TO-DECIMAL
74x45 BCD-TO-DECIMAL/DRIVER

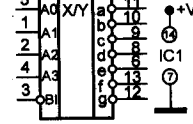
74x46 - 74x48



Декодер BCD-TO-7-SEGMENT
74x46 Открытый коллектор
74x47 Д.б. внешние резисторы 2 кОм
74x48 Открытый коллектор, Шоттки

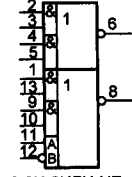
74x49

(14-pin версия 74x48)



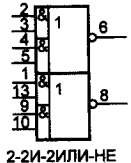
Декодер BCD-TO-7-SEGMENT

74x50
K155ЛР1



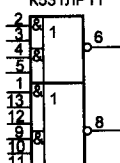
2-2И-2ИЛИ-НЕ, один расширяемый по ИЛИ

7451, 74Н51, 74S51
K555ЛР11



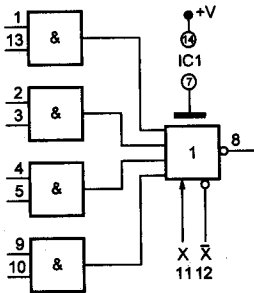
2-2И-2ИЛИ-НЕ
Выводы 11 и 12 не подключать!

74L51, 74LS51
K555ЛР11
K531ЛР11



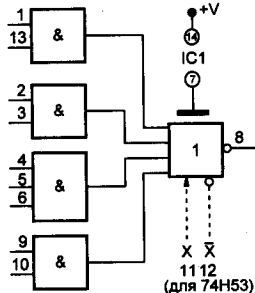
2-2И-2ИЛИ-НЕ и 2-3И-2ИЛИ-НЕ

7453



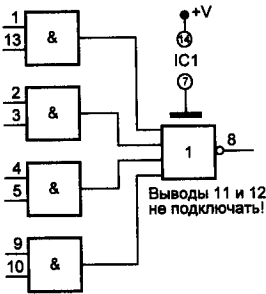
2-2-2-2И-4ИЛИ-НЕ

74Н53
K155ЛР3



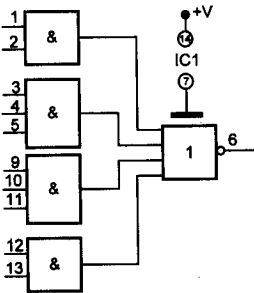
2-2-2-3И-4ИЛИ-НЕ (для 74Н53)

7454
K555ЛР13



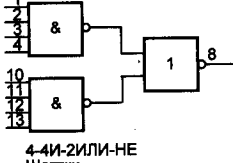
2-2-2-2И-4ИЛИ-НЕ
Выводы 11 и 12 не подключать!

74L54
74LS54



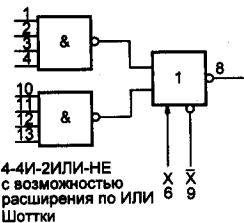
2-3-3-2И-4ИЛИ-НЕ

7455
K555ЛР4



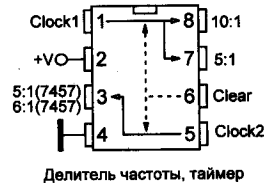
4-4И-2ИЛИ-НЕ Шоттки

74НС55

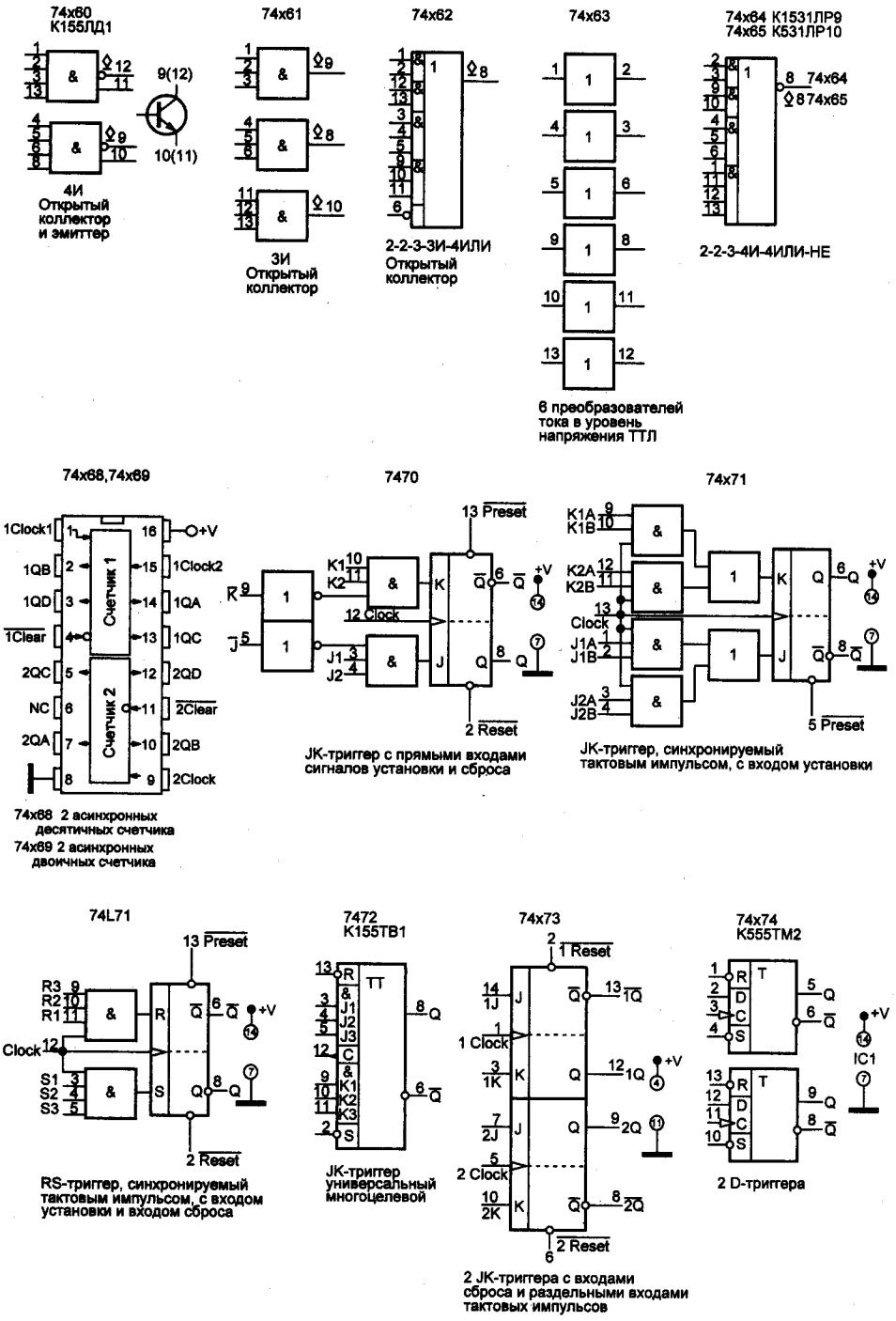


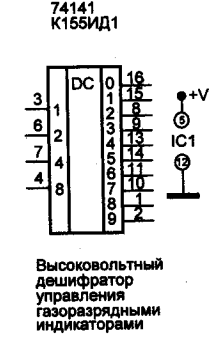
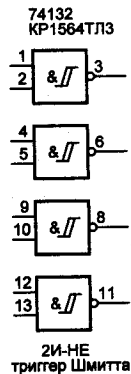
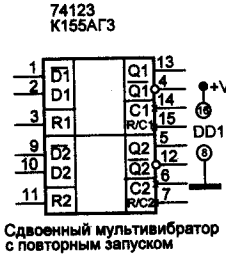
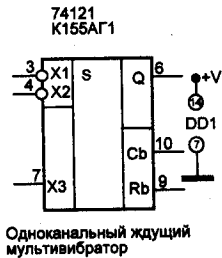
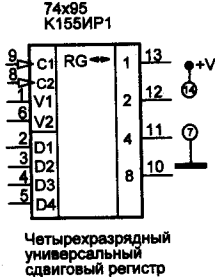
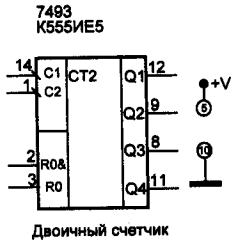
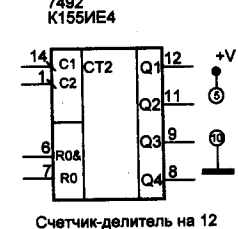
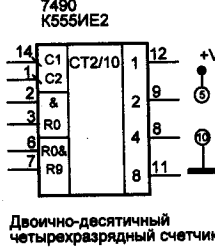
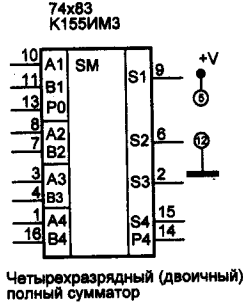
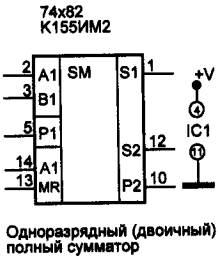
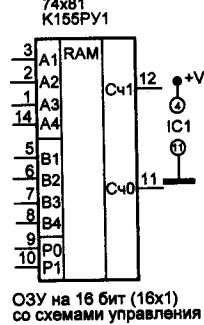
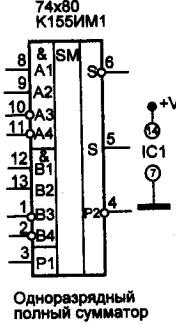
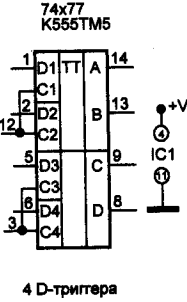
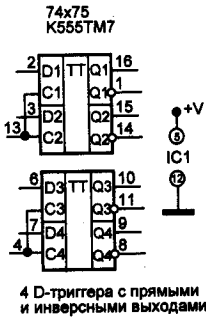
4-4И-2ИЛИ-НЕ с возможностью расширения по ИЛИ Шоттки

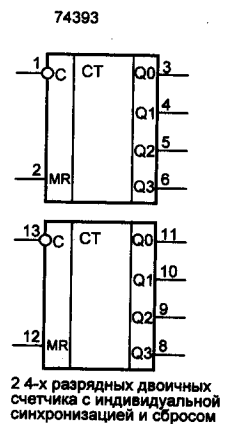
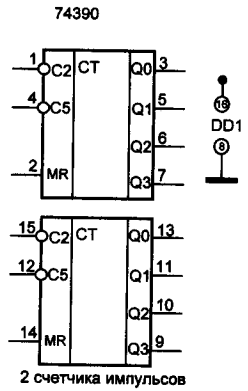
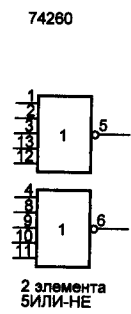
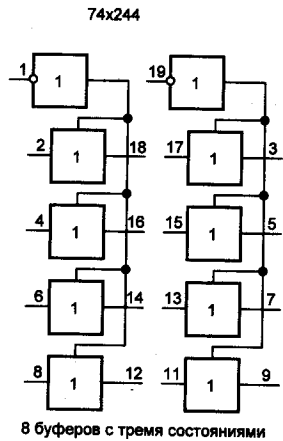
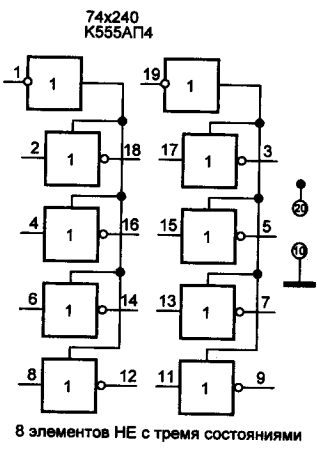
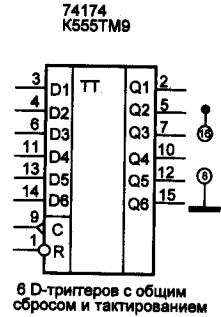
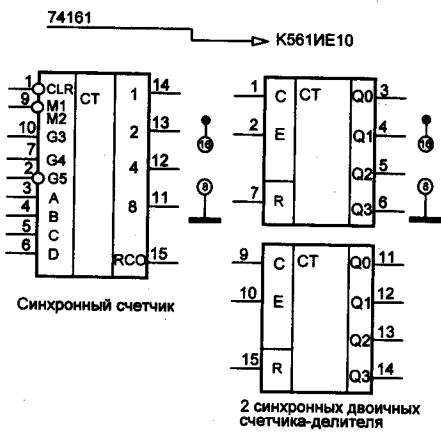
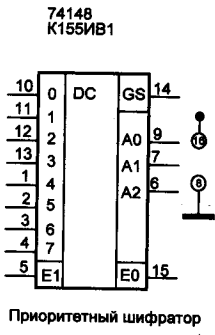
7456, 7457



Делитель частоты, таймер

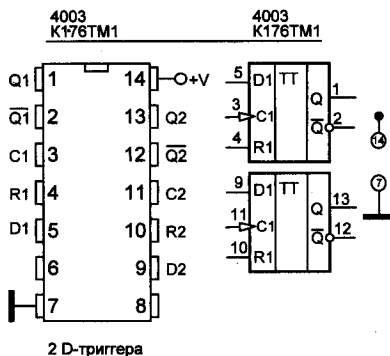
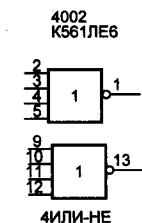
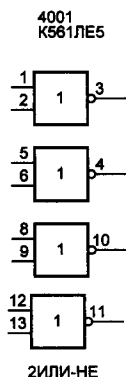
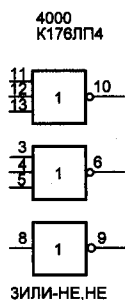




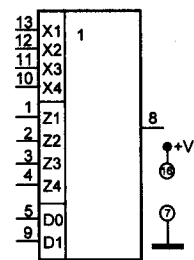


Приложение 9

Цоколевки зарубежных, а также отечественных КМОП-логических микросхем, не имеющих зарубежных аналогов

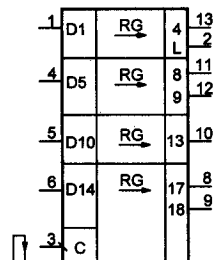


4005E
K178PM1



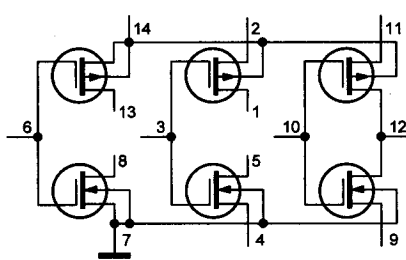
Матрица-накопитель
ОЗУ на 16 бит

4006
K178ИР10



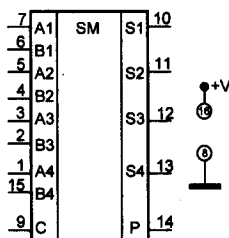
18-разрядный статический
регистр сдвига

4007
K176ЛП1



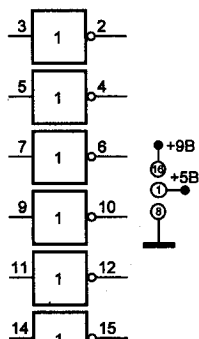
Набор КМОП-транзисторов: 3 р- и 3 п-канальных

4008
K561ИМ1



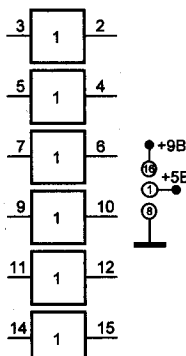
Полный четырехразрядный
сумматор

4009
K176ПУ2



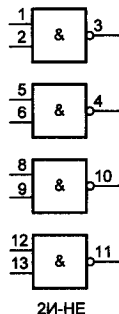
6 преобразователей
логических уровней
от КМОП к ТТЛ

4010
K176ПУ3
K561ЛН4

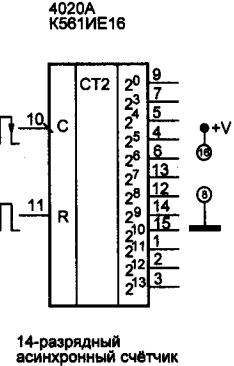
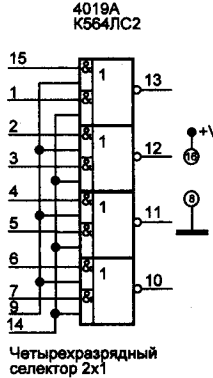
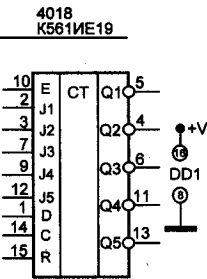
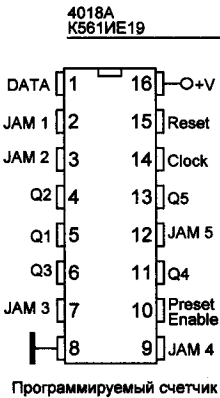
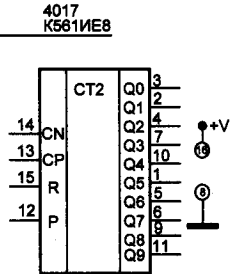
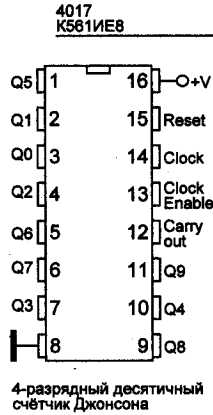
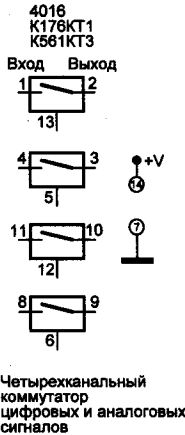
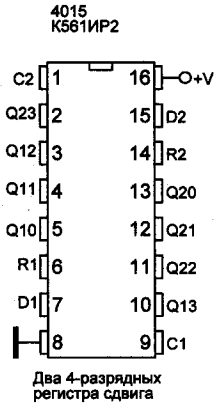
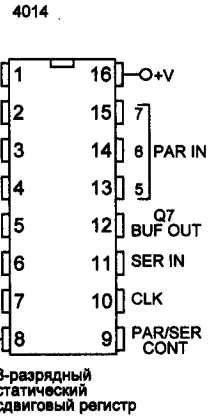
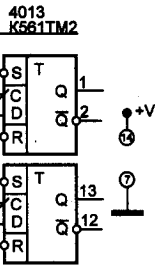
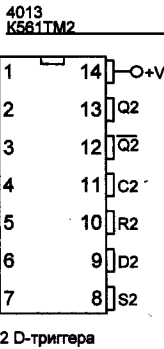
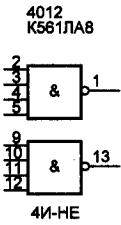


6 преобразователей
логических уровней
от КМОП к ТТЛ

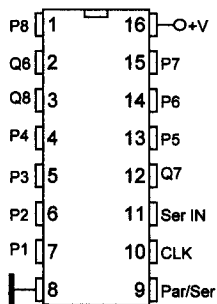
4011
K561ЛА7



2И-НЕ

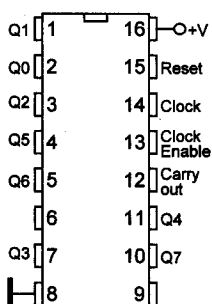


4021



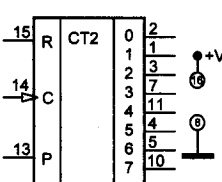
8-разрядный статический регистр сдвига

4022
K561IE9

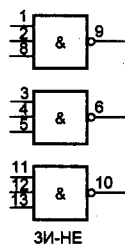


Счетчик-делитель на 8

4022
K561IE9

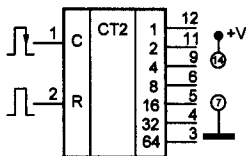


4023
K561IA9

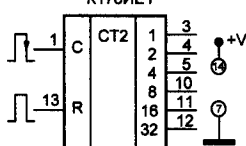


ЗИ-НЕ

4024
≈K561IE1

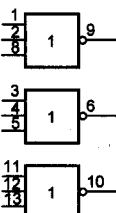


K178IE1



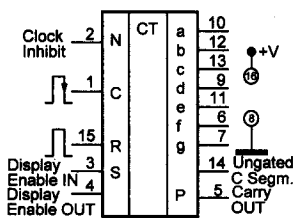
7-разрядный двоичный счётчик

4025
K561LE10

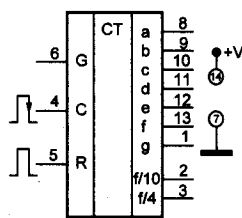


ЗИЛИ-НЕ

4026 ----- K178IE4

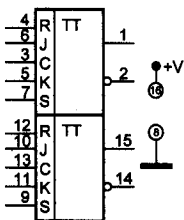


Десятичный счётчик



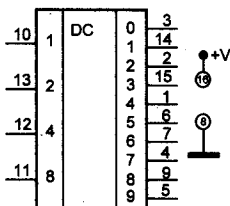
Десятичный счётчик

4027
K561TB1



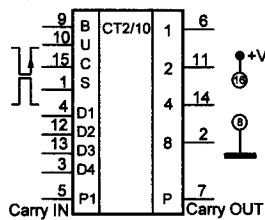
2 JK-триггера

4028
K561ИД1



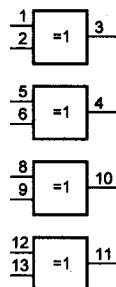
Дешифратор 4-разрядного двоичного кода в 10-разрядный позиционный код

4029A
K561IE14

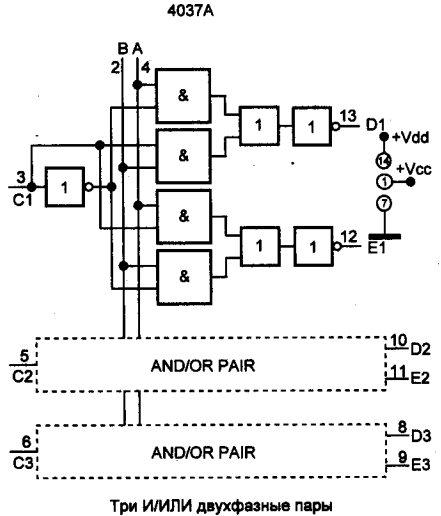
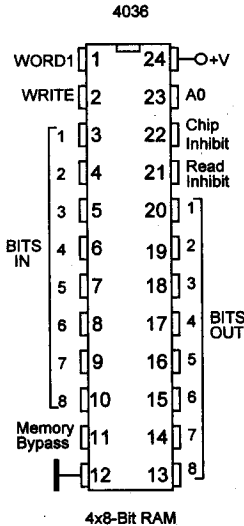
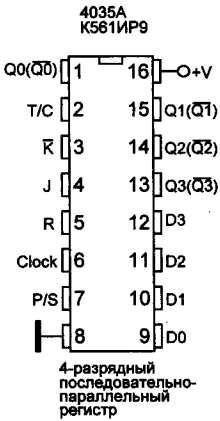
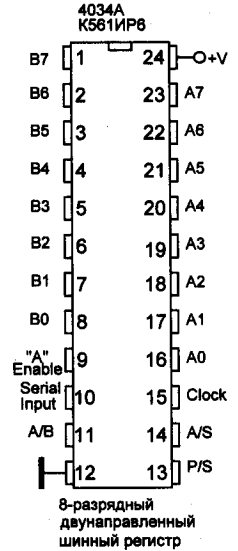
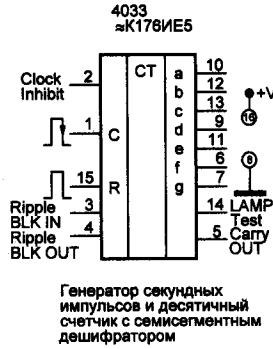
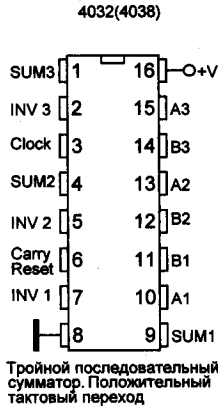
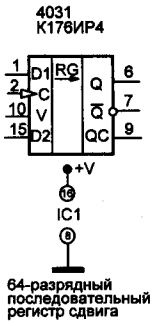


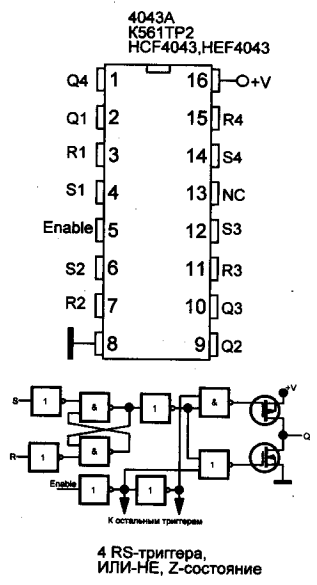
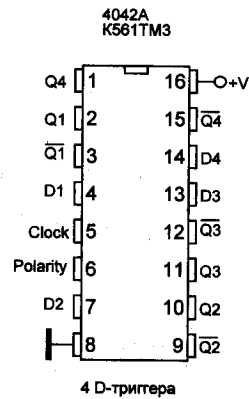
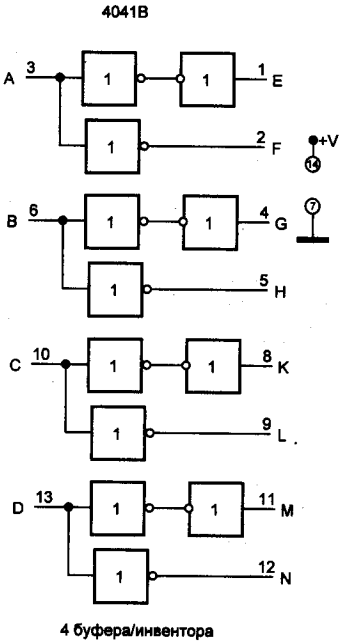
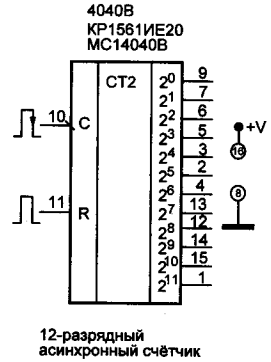
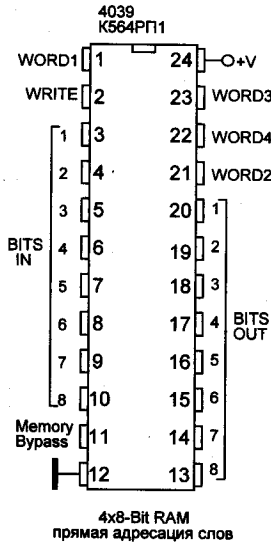
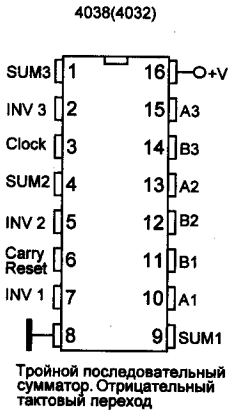
Двоичный/двоично-десятичный 4-разрядный реверсивный счетчик

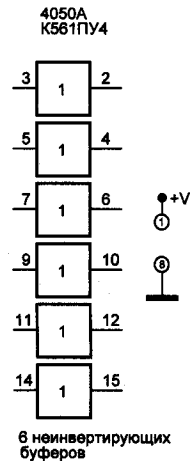
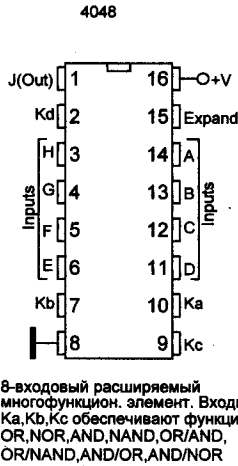
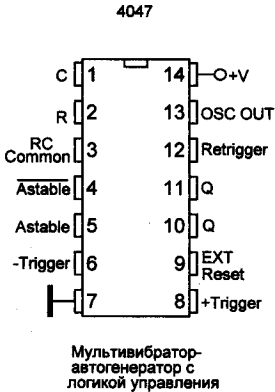
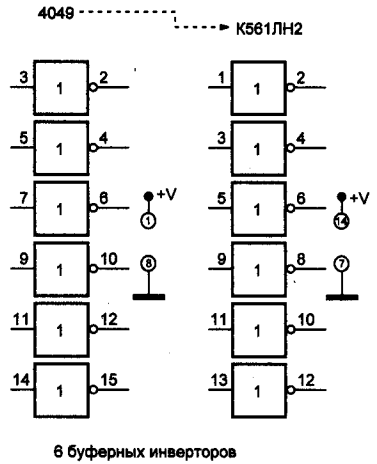
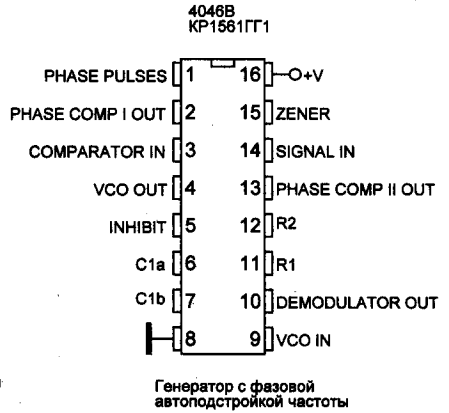
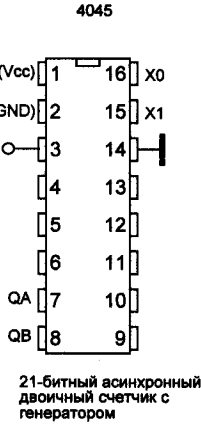
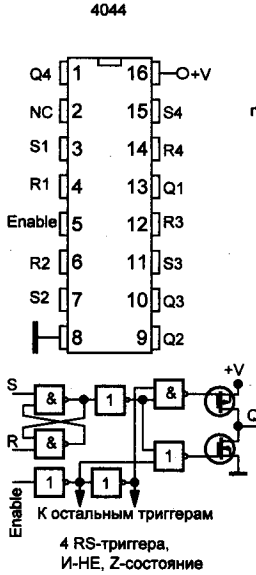
4030
K561ЛП2

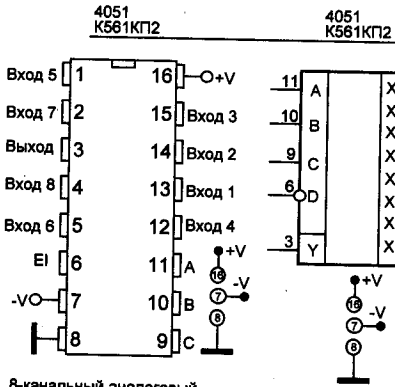


2Искл.ИЛИ

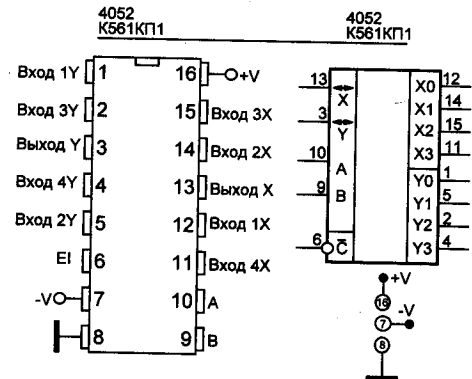




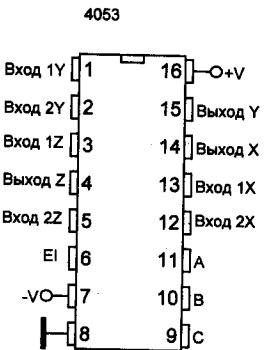




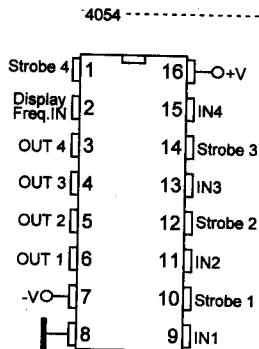
8-канальный аналоговый мультиплексор/демультиплексор
Входы и выходы обратимы



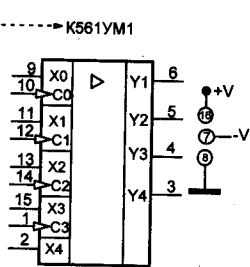
Двойной 4-канальный аналоговый мультиплексор/демультиплексор
Входы и выходы обратимы



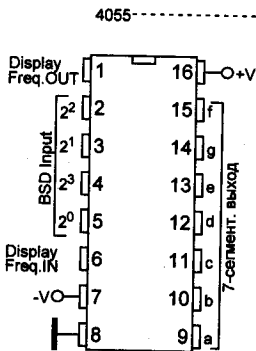
Тройной 2-канальный аналоговый мультиплексор/демультиплексор
Входы и выходы обратимы



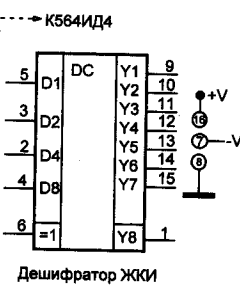
4-сегментный драйвер дисплея



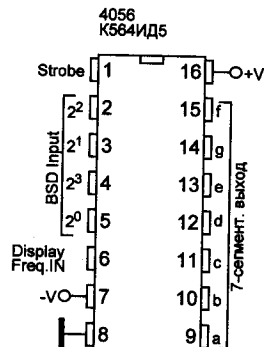
Усилитель индикации ЖКИ



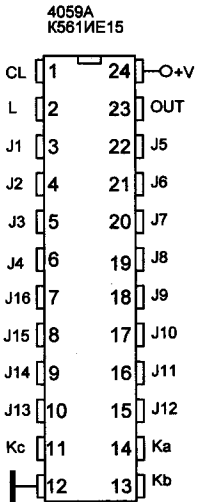
Дешифратор ЖКИ



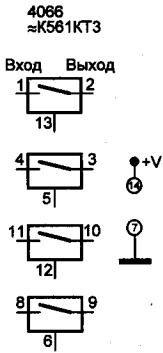
Дешифратор ЖКИ



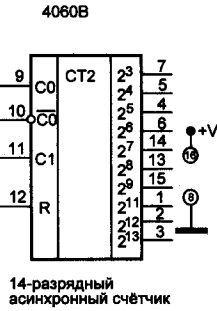
Дешифратор ЖКИ



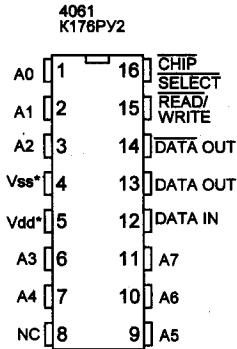
Программируемый счетчик-делитель частоты от 3 до 15999



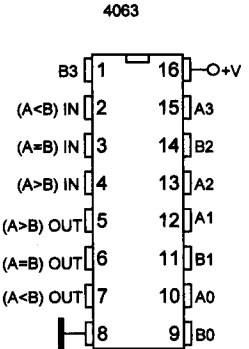
Четырехканальный коммутатор цифровых и аналоговых сигналов



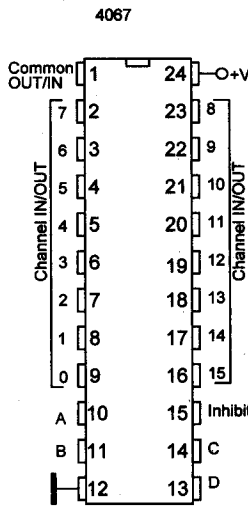
14-разрядный асинхронный счётчик



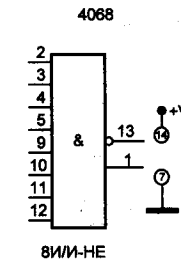
Статическое ОЗУ емкостью 256x1 бит



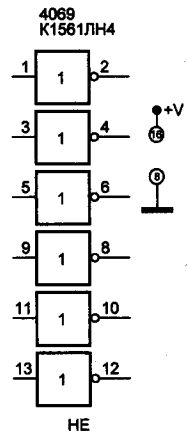
4-разрядный компаратор в двоичном коде



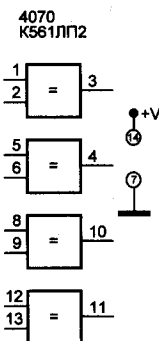
Аналоговый 16-канальный мультиплексор/демультиплексор



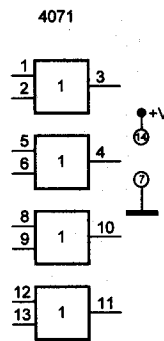
8ИИ-НЕ



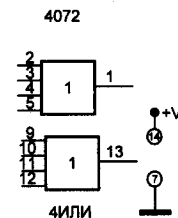
НЕ



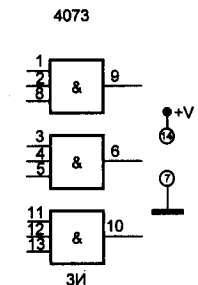
2Искл.ИЛИ



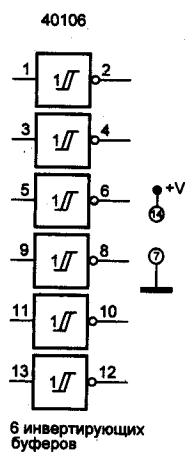
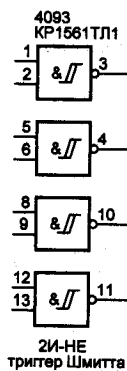
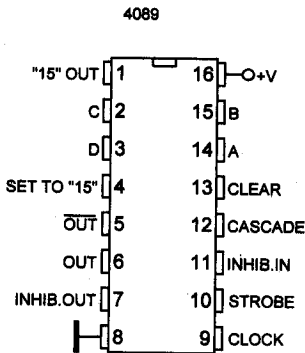
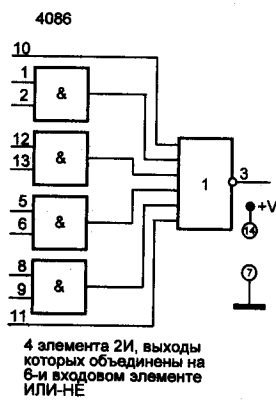
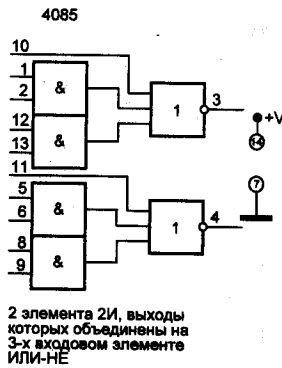
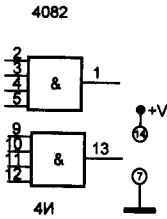
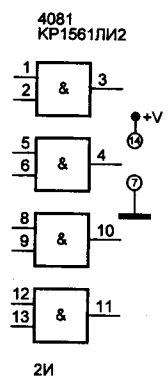
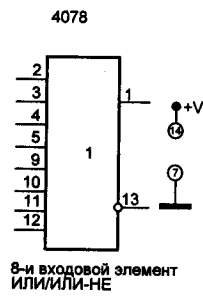
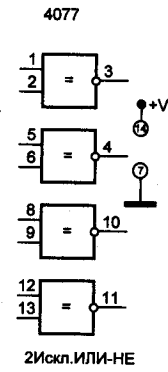
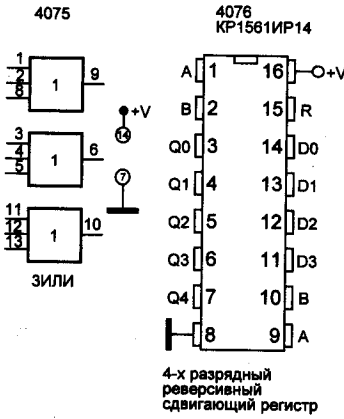
2ИЛИ



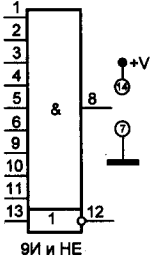
4ИЛИ



3И

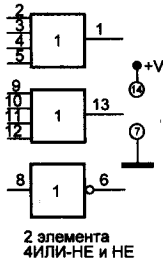


K176ЛИ1



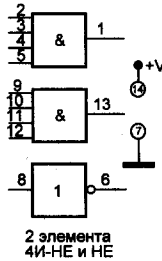
9И и НЕ

K176ЛП11



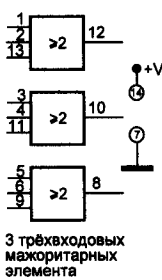
2 элемента 4ИЛИ-НЕ и НЕ

K176ЛП12



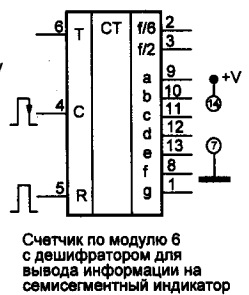
2 элемента 4И-НЕ и НЕ

K561ЛП13



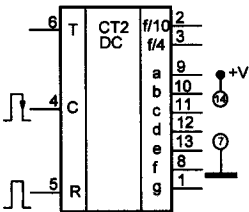
3 трёхходовых мажоритарных элемента

K176ИЕ3



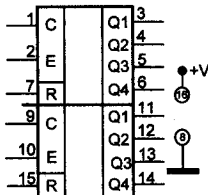
Счетчик по модулю 6 с дешифратором для вывода информации на семисегментный индикатор

K176ИЕ4



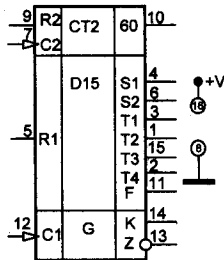
Счетчик по модулю 10 с дешифратором для вывода информации на семисегментный индикатор

K561ИЕ10



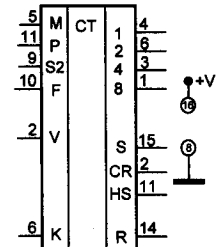
2 синхронных двоичных счетчика-делителя

K176ИЕ12



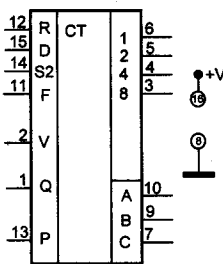
Двоичный счетчик на 60 и 15-разрядный делитель частоты

K176ИЕ13



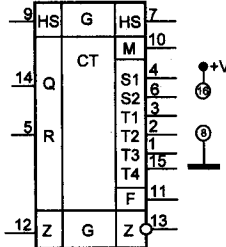
Двоичный счетчик с устройством управления (Счетчик часовой с будильником)

K176ИЕ17



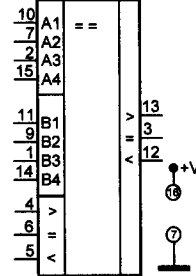
Двоичный счетчик с устройством управления (Календарь)

K176ИЕ18



Двоичный счетчик на 60 и 15-разрядный делитель частоты

4585 K561ИП2



Цифровой компаратор

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Триггерная кнопка» на микросхеме CD4069. <http://kazus.ru/shemes/showpage/0/1404/1.html>
2. 54(74)НС (1564) и 54(74)АС (1554)-совместимые ИС стандартной логики. — М.-Зеленоград: ООО «Ангстрем», 2003. — 12 с.
3. Applications des régulateurs. <http://kudelsko.free.fr/>
4. Based time crystal clock generator circuit. <http://www.eleccircuit.com/time-based-clock-generator-using-crystal-for-digital/>
5. Bell A. Improved frequency modulator uses «negatron» // EDN. — 2002. — July 11. — P. 97–98.
6. Braga N.C. Circuitos & soluções. 100 Projectos. Vol. 1. — São Paulo, 2002. — 103 P.
7. Braga N.C. Circuitos & soluções. 100 Projectos. Vol. 2. — São Paulo, 2002. — 103 P.
8. Braga N.C. Circuitos & soluções. 100 Projectos. Vol. 3. — São Paulo, 2003. — 103 P.
9. Braga N.C. Circuitos & soluções. 100 Projectos. Vol. 4. — São Paulo, 2004. — 128 P.
10. Braga N.C. Circuitos & soluções. 100 Projectos. Vol. 5. — São Paulo, 2005. — 143 P.
11. Braga N.C. Circuitos & soluções. 100 Projectos. Vol. 6. — São Paulo, 2006. — 108 P.
12. Circuito Detector de Chamada de Telefone Celular. <http://blog.novaeletronica.com.br/circuito-detector-de-chamada-de-telefone-celular/>
13. CMOS Schmitt Trigger — A Uniquely Versatile Design Component // Fairchild Semiconductor Application Note 140. June 1975. — 8 p.
14. Crystal Radio // 99 IC Projects. — 1980. — P. 53.
15. Crystal Radio // 99 IC Projects. — 1984. — № 3. — P. 64.
16. Current-controlled Sawtooth Generator Circuit. <http://www.eleccircuit.com/current-controlled-sawtooth-generator-circuit/>
17. Divide-by-3 Simulation. <http://www.indiabix.com/electronics-circuits/divide-by-3/>
18. Electronic Siren. http://users.otenet.gr/%7Eathsam/electronic_siren.htm
19. Erickson B. Circuit divides frequency by N+1 // EDN. — 2002. — July 11. — P. 104.
20. ESR — понятие, способы измерения, информация, ссылки. <http://monitor.net.ru/forum/topic974-0.html>
21. Francisco das Chagas. Transmissor de Áudio via Infravermelho. <http://blog.novaeletronica.com.br/transmissor-de-audio-via-infravermelho/>
22. Frequency divider which 7490. http://users.otenet.gr/~athsam/frequency_divider_with_7490.htm
23. Frequency Doubler with 4011. http://users.otenet.gr/%7Eathsam/frequency_doubler_with_4011.htm
24. Frequency doubler with 4069. http://users.otenet.gr/%7Eathsam/frequency_doubler_with_4069.htm
25. High power siren circuit using CD40106. <http://www.eleccircuit.com/high-power-siren-circuit-using-cd40106/>
26. Kraus K. Simple Frequency Doubler // Elektor Electronics (USA). — 2000. — № 7–8. — P. 70.
27. Kumar P. Intruder alarm. In: Electronics Projects. Vol. 25. — New Deli: Published by Ramesh Chopra for EFY, 2010. — 197 p.
28. Led light running mixed using not gate. <http://www.eleccircuit.com/led-light-running-mixed-using-not-gate/>
29. Marcondes J.D. Aqualarm // Saber Eletrônica. Fora de Sério. — 1992. — № 12. — P. 31.
30. Phase locked oscillator circuit, 100Hz-10KHz square wave. <http://www.eleccircuit.com/the-100-hz-to-10-khz-square-wave-generator-by-phase-lock-loop-ic/>
31. Pomysł układuowe — prosty wzmacniacz wejściowy do częstotściomierza // Praktyczny Elektronik. — 2002. — № 3. — S. 35.
32. QRP CW-передатчик // Радиолобитель. КВ и УКВ. — 1998. — № 12. — С. 25.
33. Radio and Electronics Cookbook / Ed. by G. Brown. — Oxford: Radio Society of Great Britain, 2001. — 319 p.
34. RF Noise Generator // 99 IC Projects. — 1984. — № 3. — P. 57.
35. Robertson S. Switch debouncer uses only one gate // EDN. — 2002. — May 30. — P. 84.
36. Scarborough T. Capricious blinking light // Elektor Electronics. — 2008. — № 12. — P. 18.
37. Schmitt triggers, logic, and feedback. http://solarbotics.net/bftgu/tutorials_schmitt.html
38. Shustov M.A., Shustov A.M. 2-Terminal Dimmer controls LEDs, lamps and heaters // Elektor. — 2017. — V. 43 (484). — № 4 (July-August). — P. 14–17.
39. Shustov M.A., Shustov A.M. Electronic Circuits for All. — London: Elektor International Media BV, 2017. — 397 p.
40. Simple IF signal generator circuit using CMOS IC. <http://www.eleccircuit.com/simple-if-signal-frequency-generator-using-cmos-ic/>
41. Simple RIAA Preamplifier using Logic IC CD4069. <http://amplifiercircuit.net/simple-riaa-pre-amp-using-logic-ic-cd4069.html>
42. Simple VCO using Schmitt trigger using 74HC14. <http://www.eleccircuit.com/vco-using-schmitt-trigger/>
43. The CMOS current controlled oscillator circuit (CCO). <http://www.eleccircuit.com/the-cmos-current-controlled-oscillator-circuits-cco/>
44. Tiwari Sh. Low-cost relative-humidity transmitter uses single logic IC // EDN. — 2001. — Nov. 8. — P. 116.

45. *Tiwari Sh.* Low-cost relative-humidity transmitter uses single logic IC // EDN. — 2001. — Nov. 8. — P. 116.
46. *Tiwari Sh.* Transmitter senses triple relative-humidity // EDN. — 2002. — Sept. 26. — P. 94.
47. *Tiwari Sh.* Transmitter senses triple relative-humidity // EDN. — 2002. — Sept. 26. — P. 94.
48. Triangle wave generator circuit with CMOS inverter IC. <http://www.eleccircuit.com/triangle-wave-generator-circuit-with-cmos-inverter-ic/>
49. Water Level Indicator Circuit. <http://www.homemade-circuits.com/2012/04/make-this-water-level-indicator-circuit.html>
50. *Williams J.* Basic circuit-design techniques yield stable clock oscillators // EDN. — 1983. — № 8. — P. 165—175.
51. Автоколебательный мультивибратор на логических элементах. <http://www.studfiles.ru/preview/5396933/page:4/>
52. Акустический переключатель. <http://radio-uchebnik.ru/shem/41-avtomatika-i-prostaya-logika/748-akusticheskij-pereklyuchatel>
53. Акустическое реле // Радиоконструктор. — 1999. — № 6. — С. 12.
54. *Алексеев В.В.* Восемитональная сирена // Радиоконструктор. — 2000. — № 9. — С. 32.
55. *Алексеев В.В.* Двухтональная сирена на простой логике // Радиоконструктор. — 2000. — № 8. — С. 37—38.
56. Аналоги логических микросхем (K155 — SN74, K555 — 74LS, K1533 — 74ALS, K1531 — 74F) и логика (ЛА3, ЛН1, ТМ2, ТЛ3 и другие). <http://electronics-and-mechanics.azm.sp/page41.html>
57. *Андреев С.* «Цифровой» передатчик // Радиоконструктор. — 2007. — № 11. — С. 3.
58. *Андреев С.* Отпугиватель собак // Радиоконструктор. — 1999. — № 2. — С. 17.
59. *Антюхов В.В.* Мигающие цвет глаза «Деда Мороза» // Радиоконструктор. — 2015. — № 11. — С. 37—38.
60. *Банников В.В.* Догчейзер — «страшилка для собак». Радиоаматор. — 1999. — № 10. — С. 281.
61. *Белоусов О.* Гидрионизатор // Радиомир. — 2004. — № 8. — С. 25—26.
62. *Беспалько В.А.* Компаратор частоты // Схемотехника. — 2006. — № 6. — С. 48.
63. *Бирюков С.А.* Применение цифровых микросхем серии ТТЛ и КМОП. — М.: ДМК, 2000. — 240 с.
64. *Бирюков С.А.* Цифровые устройства на МОП-интегральных микросхемах. — М.: Радио и связь, 1990. — 128 с.
65. *Бойко М.* Сенсорный таймер // Радио. — 2013. — № 4. — С. 52—53.
66. *Бородай В.* Простой электроакупунктурный аппарат // Радио. — 1998. — № 2. — С. 47.
67. *Виноградов Ю.* «Ночной сторож» пассажира // Радио. — 1997. — № 5. — С. 45—46.
68. *Виноградов Ю.* Детектор излучения сотового телефона // Радио. — 2004. — № 2. — С. 43.
69. *Виноградов Ю.* Пьезосирена в охранной сигнализации // Радио. — 1998. — № 5. — С. 44.
70. *Волков Э.* Детектор скрытой проводки «Щикада — 1М». <https://datagor.ru/practice/diy-tech/2909-detektor-skritytoy-provodki.html>
71. *Володько С.* Измеритель LC с прямым отсчетом // Радиолобитель. — 2000. — № 11. — С. 30; № 12. — С. 30—31.
72. Выходной каскад электронной сирены // Радиоконструктор. — 1999. — № 4. — С. 18.
73. *Гатыков Э.Г.* Выключатель света для сарая // Радиоконструктор. — 2015. — № 10. — С. 35.
74. Генератор сигналов специальной формы // Радиосхема. — 2011. — № 1. — С. 23—24.
75. *Горбатьх В.* Простой ШИМ-генератор // Радио. — 1998. — № 8. — С. 66.
76. Два синусоидальных генератора на «логике» // Радиоконструктор. — 2007. — № 11. — С. 26.
77. Деление частоты. <http://lib.qrz.ru/node/5590>
78. Делитель частоты с переменным коэффициентом деления. <http://begin.esxema.ru/?p=2635>
79. Делитель частоты с регулируемым коэффициентом деления // Радиоаматор. — 2008. — № 7. — С. 29.
80. Детекторы скрытой проводки. <http://electro-tehnyk.narod.ru/docs/detektor.htm>
81. *Дробница Н.А.* 60 схем радиолобительских устройств. — М.: Радио и связь, 1988. — 120 с.
82. *Дробница Н.А.* Электронные устройства для радиолобителей. — М.: Радио и связь, 1985. — 48 с.
83. *Дубровский С.В.* Как собрать металлоискатели своими руками. — СПб.: Наука и Техника, 2010. — 256 с.
84. *Елимов С.* Генераторы прямоугольных импульсов на микросхемах КМОП // Радио. — 2000. — № 1. — С. 44—45.
85. Жучок на микросхеме CD4069. <http://schem.net/radiomic/radiomic89.php>
86. Жучок на микросхеме K155ЛА3. <http://www.radioshema.ru/radiomicrofon/487--1553.html>
87. *Забелин И.* Простой синхронный умножитель частоты // Радио. — 1999. — № 8. — С. 55.
88. *Зайцев Н.* Кварцевый калибратор // Радио. — 2003. — № 6. — С. 29.
89. *Зирюкин Ю.* Генератор сигналов // Радиолобитель. — 2015. — № 1. — С. 31—33.
90. *Иванов А.* Генератор плавного диапазона на цифровой микросхеме // Радиоконструктор. — 2015. — № 11. — С. 2.
91. *Иванов А.* Простой частотомер // Радиоконструктор. — 2016. — № 11. — С. 5—7.
92. *Иванов А.* Радиоприемник на цифровой микросхеме // Радиоконструктор. — 2008. — № 8. — С. 9.
93. *Иванов Б.С.* Энциклопедия начинающего радиолобителя. — М.: Патриот, 1992. — 416 с.

94. Избирательные усилители и фильтры. <http://qrx.narod.ru/book/rtf1/rtf1.5.3.htm>
95. Индикатор полива. <http://rcl-radio.ru/?p=3194>
96. Индикаторы скрытой проводки. <http://electro-tehnyk.narod.ru/docs/detektor.htm>
<http://electricvdele.ru/instrumenty/detektor-skrytoj-provodki.html>
97. Интересные схемы простейших QRP CW трансиверов. <http://y12gl.ucoz.net/forum/5-8-3>
98. Калачев Д.Е. Таймер для временного включения светильника // Радиоконструктор. — 2017. — № 1. — С. 27.
99. Калашник В., Еремин М., Панов Р. Измеритель RLC // Радиолюбитель. — 2008. — № 1. — С. 14—15.
100. Карабутов А. Испытатель полупроводниковых приборов // Радио. — 2003. — № 6. — С. 28—29.
101. Каравкин В. Выключатель электроприбора с задержкой // Радиоконструктор. — 2001. — № 4. — С. 24—26.
102. Каравкин В. Мелодичные квартирные звонки // Радиоконструктор. — 1999. — № 11. — С. 24—25.
103. Каравкин В. Музыкальный звонок на цифровых микросхемах // Радиоконструктор. — 1999. — № 12. — С. 26.
104. Каравкин В. Усовершенствованный выключатель света с задержкой // Радиоконструктор. — 2015. — № 10. — С. 34—35.
105. Кардашов Г.А. Цифровая электроника на персональном компьютере. — М.: Горячая линия — Телеком, 2003. — 312 с.
106. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и ее применение. — М.: Солон-Р, 2005. — 506 с.
107. Киченко И.Д. Автоматизированное управление вентилятором // Радиоконструктор. — 2001. — № 1. — С. 30.
108. Конов К.И. Импульсы и цифровые схемы с интегральными ТТЛ элементами. Част. 1. — София: Техника, 1988. — 390 с.
109. Коробцев Н.П. Датчик интервалов времени для контроля пульса // Радиоаматор. — 1998. — № 1. — С. 26.
110. Корякин-Черняк С.Л. Металлоискатели своими руками. Как искать, чтобы найти монеты, украшения, клад. — СПб.: Наука и Техника, 2009. — 256 с.
111. Кроль Р. Частотомер на интегральной микросхеме // В помощь радиолюбителю: Сборник. Вып. 57. — М.: Изд-во ДОСААФ СССР, 1977. — С. 59—62
112. Крымшамхалов Т. Цифровой фазовращатель // Радио. — 1977. — № 6. — С. 23.
113. Ладья А. Усилитель ЗЧ на цифровой микросхеме // Радио. — 2004. — № 7. — С. 58.
114. Лазовик В.И. Триггер — выключатель света // Радиоаматор. — 1999. — № 1. — С. 20.
115. Малашевич Б., Малашевич Д. Отечественные ИС стандартной логики. Серия 5514. <http://catalog.gaw.ru/index.php?id=1279&page=document>
116. Малоомощный усилитель низкой частоты на одной «цифровой» микросхеме. Low power amplifier of low frequencies on one digital chip. <http://mtaalamu.ru/blog/644.html>
117. Марченко А.Л., Освальд С.В. Лабораторный практикум по электротехнике и электронике в среде Multisim. — М.: ДМК Пресс, 2008. — 448 с.
118. Меданец Ю. ЧМ детектор // Радио. — 1983. — № 4. — С. 14.
119. Михалевич А. Сенсор с фиксацией // Радиолюбитель. — 1998. — № 11. — С. 15.
120. Нечаев И.А. Дверные сенсорные звонки // Радио. — 1987. — № 9. — С. 51.
121. Нечаев И.А. Емкостное реле // Радио. — 1988. — № 1. — С. 33.
122. Нечаев И.А. Конструкции на логических элементах цифровых микросхем. — М.: Радио и связь, 1992. — 120 с.
123. Нечаев И.А. Конструкции на логических элементах цифровых микросхем. — М.: Радио и связь, 1992. — 120 с.
124. Нечаев И.А. Пробник логический без источника питания // Радио. — 1990. — № 10. — С. 83—84.
125. Нечаев И.А. Функциональный генератор-пробник на логической микросхеме // Радио. — 2006. — № 4. — С. 54—55.
126. Одновибраторы (ждущие мультивибраторы). <http://digteh.ru/digital/OdnVib.php>
127. Одновибраторы. http://life-prog.ru/1_23604_odnovibratori.html
128. Омеляненко А. Измеритель ESR электролитических конденсаторов // Ремонт электронной техники. — 2002. — № 2. — С. 37—38.
129. Онисенко Г.П. Выключатель света с таймером // Радиоконструктор. — 2000. — № 3. — С. 22.
130. Онышко Д. Генератор гармонических колебаний на логических элементах с цифровым управлением // Схемотехника. — 2002. — № 2. — С. 11.
131. Онышко Д. Полосовой фильтр на КМОП инверторах // Схемотехника. — 2001. — № 7. — С. 59.
132. Отпугиватель собак ультразвуковой своими руками. <http://fopum.ru/viewtopic.php?id=2964>.
133. Павлов С. Новогодние мигалки на семь гирлянд с хаотичным эффектом // Радиоконструктор. — 2001. — № 11. — С. 39.
134. Партин А.С. Популярно о цифровых микросхемах. — Свердловск: Сред-Урал. кн. изд-во, 1989. — 192 с.
135. Патент РФ № 2087073. МПК7 H04B 1/06. Радиоприемное устройство / Б.С. Сергеев. — Оpubл. в Б.И. № 22. — 1997. — С. 412.
136. Повышающий регулятор мощности для паяльника. <http://elektrik.info/main/>

praktika/218-povyshayushhij-regulyator-moshhnosti-dlya.html

137. Поляков В. Два генератора на КМОП микросхеме // Радио. — 1998. — № 2. — С. 60.

138. Пономарев Л.Д., Евсеев А.Н. Конструкции юных радиолюбителей. — М.: Радио и связь, 1989. — 128 с.

139. Попович В.Н. Радиомикрофон на цифровой микросхеме // Радиоаматор. — 1999. — № 1. — С. 4.

140. Пороговые устройства на логических элементах. <http://www.electronicblog.ru/cifrovaya-sxemotexnika/primenenie-cifrovyx-mikroschem.html>

141. Потачин И. Приставка-измеритель LC к цифровому вольтметру // Радио. — 1998. — № 12. — С. 30.

142. Прибор для локальной магнитотерапии // Радио. — 1995. — № 12. — С. 58.

143. Приборы для поиска скрытой проводки своими руками. <http://www.smoldomrem.ru/index.php/elektrichestvo/88-radiolyubitelskie-skhemu/345-privory-dlya-poisk>

144. Продеус А. Формирователь сигнала для ПК ZX SPECTRUM // Радиолюбитель. — 1992. — № 7. — С. 11.

145. Простой сигнализатор влажности на микросхеме 4093. http://www.qrz.ru/schemes/contribute/security/prostoj_signalizator_vlaznosti_na_mikroscheme_4093.html

146. Прус С.В. Щуп-пробник для проверки и ремонта усилительных каскадов магнитофонов, приемников и т. д. // Радиоаматор. — 1999. — № 1. — С. 27.

147. Радиоконструктор. — 1998. — № 9. — С. 34—35.

148. Рычихин С. Пробник оксидных конденсаторов // Радио. — 2008. — № 10. — С. 14—15.

149. Савельев В. Терморегулятор — погребу // Моделист-конструктор. — 2002. — № 12. — С. 17—18.

150. Самойленко А. Делители частоты с «меандром» на выходе // Радио. — 1998. — № 2. — С. 59.

151. Самойленко А. Четыре аналоговых усилителя на двух цифровых микросхемах КМОП // Радио. — 2000. — № 3. — С. 44.

152. Селективный фильтр с двумя КМОП-инверторами // Funkschau. — 1979. — Н. 8. — С. 134.

153. Сергеев Б.С. Индикация переключения диапазонов приемника // Радио. — 1998. — № 7. — С. 18—19.

154. Серебряков А.С. Электротехника и электроника. Лабораторный практикум на Electronics Workbench и Multisim. — М.: Высшая школа, 2009. — 336 с.

155. Серия 5514 54(74)НС(1564)- и 54(74)АС(1554)-совместимые ИС стандартной логики. — М.-Зеленоград: ООО «Ангстрем», 2003. — 12 с.

156. Серков С. Электронная рулетка // Радио. — 1999. — № 3. — С. 50.

157. Сигнализатор радиоактивности // Радиоконструктор. — 2002. — № 6. — С. 26—27.

158. Скулкин И. Прибор для рефлексотерапии // Радиолюбитель. — 1997. — № 2. — С. 26.

159. Смирнов Н., Стрюков В. Приемник прямого усиления на логической микросхеме // Радио. — 1982. — № 6. — С. 51.

160. Соколов Ю.В. Электронный контактор // Радиоконструктор. — 2000. — № 8. — С. 32—33.

161. Соловьев О. Измеритель емкости на ИМС // Радио. — 1990. — № 5. — С. 64.

162. Сомов М.П. Чувствительный металлоискатель // Радиоконструктор. — 2000. — № 10. — С. 34—35.

163. Справочник по схемотехнике для радиолюбителя / В.П. Боровский, В.И. Костенко, В.М. Михайленко, О.Н. Партала; Под ред. В.П. Боровского. — Киев: Техніка, 1987. — 432 с.

164. Степанов В. Приставка к мультиметру — измеритель ESR // Радиоконструктор. — 2009. — № 1. — С. 11—12.

165. Сыч С. Электронная сирена // Радиолюбитель. — 1998. — № 2. — С. 25.

166. Терзиев В. Честотомер-емкостиметр // Млад конструктор. — 1987. — № 4. — С. 18.

167. Тесленко Л. Универсальный индикатор // Радио. — 1985. — № 11. — С. 44—45.

168. Трехтональная сирена // Радиоконструктор. — 1999. — № 1. — С. 35—36.

169. Триггер на двух инверторах. <http://radio-hobby.org/modules/news/article.php?storyid=1298>

170. Трусов А. Простой генератор на цифровых микросхемах. <http://radiokot.ru/circuit/digital/measure/10/>

171. Уваров А.С. Умный выключатель освещения // Радиоконструктор. — 2001. — № 11. — С. 22—24.

172. Умножитель на частота. В кн.: «Хобби-электроника I». — София: Екопрогрес, 1992.

173. Фромберг Э.М. Конструкции на элементах цифровой техники. — М.: Горячая линия — Телеком, 2003. — 264 с.

174. Функциональный генератор на микросхеме // Радио. — 1978. — № 8. — С. 60.

175. Харитонов С. Шифратор и дешифратор команд числоимпульсного кода // Схемотехника. — 2007. — № 3. — С. 47.

176. Хафизов Р. Пробник оксидных конденсаторов // Радио. — 2003. — № 10. — С. 21—23.

177. Хернтер М.Е. Multisim 7: Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств. — М.: ДМК-Пресс, 2009. — 501 с.

178. Цаллин И. Аналоговые термометры на логических микросхемах // Радио. — 2003. — № 3. — С. 35—36.

179. Цифровой пробник. http://sxema.3dn.ru/publ/cifrovoy_probnik/1-1-0-164

180. Частотный детектор, построенный на основе ФАПЧ. <http://pandia.ru/text/78/059/91493.php>
181. Четириобхватен конденсатор // Млад Конструктор. — 1987. — № 9. — С. 14–15.
182. Чистяков Н.И. Справочная книга радиолюбителя конструктора. Кн. 1. — М.: Радио и связь, 1993. — 336 с.
183. Шатун А.Н. Фазовый ограничитель речевого сигнала // Радиолюбитель. — 2000. — № 6. — С. 35–36.
184. Шелестов И.П. Радиолюбителям: полезные схемы. Вып. 4. — М.: Солон-Р, 2001. — 240 с.
185. Шестеркин А.Н. Система моделирования и исследования радиоэлектронных устройств Multisim 10. — М.: ДМК Пресс, 2012. — 360 с.
186. Шило В.П. Популярные микросхемы КМОП: Справочник. — М.: Горячая линия — Телеком, 2001. — 112 с.
187. Шитов А. Делитель частоты на три с «меандром» на выходе // Радио. — 1996. — № 7. — С. 51–52.
188. Шустов М.А. «Антимигренивые» генераторы // Радиолюбитель. — 1992. — № 11. — С. 20–21.
189. Шустов М.А. СВ-ключи на микросхемах // Радиолюбитель. КВ и УКВ. — 1996. — № 1. — С. 23–26.
190. Шустов М.А. Бегущие огни на микросхеме CD4069 // Радиоаматор. — 2017. — № 7–8. — С. 49.
191. Шустов М.А. Будильник и схема «тиктак» // Радиолюбитель. — 1992. — № 2. — С. 31.
192. Шустов М.А. Генератор биполярных импульсов // Радиолюбитель. — 1999. — № 4. — С. 38.
193. Шустов М.А. Генератор настройки и здоровья // Радиолюбитель. — 1994. — № 6. — С. 28–28.
194. Шустов М.А. Генератор с регулируемой шириной импульсов // Радиоаматор. — 2017. — № 1. — С. 45.
195. Шустов М.А. Генератор цветовой гаммы // Радиолюбитель. — 1998. — № 6. — С. 53.
196. Шустов М.А. Индикатор отключения источника питания // Радиолюбитель. — 1996. — № 12. — С. 21.
197. Шустов М.А. Индикатор электрического поля с питанием от энергии окружающей среды // Радиолюбитель. — 2018 (готовится к выходу на момент подготовки книги).
198. Шустов М.А. Индикаторы «фазы» на современной элементной базе // Радиолюбитель. — 1995. — № 3. — С. 26–27.
199. Шустов М.А. Ионатор воды // Радиолюбитель. — 1995. — № 6. — С. 19–20.
200. Шустов М.А. Ионный активатор воды // Механизация и электрификация сельского хозяйства. — 1998. — № 1. — С. 21–22.
201. Шустов М.А. Комбинированный бета-гамма радиометр // Радиолюбитель. — 1994. — № 3. — С. 29.
202. Шустов М.А. Коммутатор с широтно-импульсным управлением // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — 2002. — № 2. — С. 43–44.
203. Шустов М.А. Контролер телефонной линии // Радиолюбитель. — 1998. — № 11. — С. 19–20; 1999. — № 7. — С. 19.
204. Шустов М.А. Лечит... цвет // Радиолюбитель. — 1993. — № 8. — С. 20–21.
205. Шустов М.А. Металлоискатели мостового типа // Радиомир. — 2011. — № 6. — С. 13–14.
206. Шустов М.А. Мультиплексорный преобразователь напряжения с гальванически развязанными выходами // Радиоаматор. — 2002. — № 11. — С. 21.
207. Шустов М.А. Охранное устройство «МОДУС-НР» // Радиолюбитель. — 1998. — № 2. — С. 30–32; 1999. — № 6. — С. 33.
208. Шустов М.А. Охранные устройства на КМОП-микросхемах // Радиолюбитель. — 1999. — № 2. — С. 30–32.
209. Шустов М.А. Переключатель — индикатор диапазонов // Радиоаматор. — 2003. — № 5. — С. 51–53.
210. Шустов М.А. Прибор для поиска и стимуляции БАТ // Радиомир. — 2001. — № 7. — С. 19–20.
211. Шустов М.А. Простой металлоискатель // Радиолюбитель. — 1991. — № 10. — С. 34.
212. Шустов М.А. Селектор импульсов по длительности на основе амплитудного мультиплексора // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — 2003. — № 5. — С. 37–38.
213. Шустов М.А. Стирает ультразвук // Радиолюбитель. — 2001. — № 1. — С. 18–19.
214. Шустов М.А. Универсальное устройство для активации воды // Радиоаматор-Электрик. — 2002. — № 12. — С. 11–12.
215. Шустов М.А. Цифровая схемотехника. Основы построения. — СПб.: Наука и Техника, 2017. — 320 с.
216. Шустов М.А. Цифровой ГКЧ // Радиолюбитель. — 2000. — № 11. — С. 28–29.
217. Электронный выключатель освещения // Радиоконструктор. — 1999. — № 7. — С. 25–26.
218. Электротехника и электроника в экспериментах и упражнениях. Т. 1, 2 / под ред. Д.И. Панфилова. — М.: Изд-во МЭИ, 2004.
219. Юрьев Г. Не бросайтесь на собак, даже если построили отпугиватель // Юный техник. — 2001. — № 9. — С. 76–77.
220. Ярешко Р.М. Универсальный пробник // Радиоаматор. — 1999. — № 1. — С. 27.