

Министерство общего и профессионального образования РФ
Брянский государственный педагогический университет
имени академика И.Г. Петровского

**В.А. Иноземцев, С.В. Иноземцева,
М.Н. Степанищева**

***Лабораторный практикум
по основам автоматики***

Брянск
1998

Иноземцев В.А., Иноземцева С.В., Степанищева М.Н. Лабораторный практикум по основам автоматики / Под ред. В.А. Иноземцева. - Брянск: Издательство БГПУ, 1998. - 80 с.

В пособии приведен набор материалов (программа, лабораторные работы и лабораторные демонстрации, основные вопросы к экзаменам и список литературы), позволяющий студентам успешно усвоить раздел «автоматика». В нем приведены задания, принципиальные и монтажные схемы демонстраций, которые каждый студент обязан поставить на лабораторных занятиях. Такая форма организации учебно-воспитательного процесса способствует усвоению студентами важнейших профессиональных умений, связанных с постановкой демонстрационного учебного эксперимента.

Пособие может использоваться учителями на факультативных и кружковых занятиях.

Описания демонстраций № 13, 18, 36 подготовлены Иноземцевой С.В.; № 15, 16, 17, 21 подготовлены Степанищевой М.Н.; остальные материалы подготовлены Иноземцевым В.А.

Рецензенты:

Ильин В.А., доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей и экспериментальной физики МПГУ им. В.И.Ленина;

Корнев Б.И., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры общей физики БГПУ им. акад. И.Г.Петровского.

Печатается по решению совета физико-математического факультета
Брянского государственного педагогического университета
имени академика И.Г.Петровского.

Содержание

Введение	5
I. Фронтальные лабораторные работы	11
1. Измерения в электронике и автоматике	11
2. Контактно-релейные элементы автоматики	12
3. Устройства защитного отключения	13
4. Датчики термодинамических величин	14
5. Автоматическое регулирование температуры	16
II. Демонстрации, проводимые студентами на лабораторных занятиях	18
1. Переходные процессы в RC-цепи при подключении ее к генератору прямоугольных импульсов напряжения и отключении от него	18
2. Исследование мультивибратора на транзисторах с корректирующими диодами	19
3. Исследование мультивибратора и одновибратора на интегральных микросхемах КМОП	21
4. Исследование мультивибратора и одновибратора на интегральных микросхемах ТТЛ	22
5. Мультивибратор с триггером Шмитта на операционном усилителе	24
6. Экспрессное определение термостабильной точки стабилитронов	25
7. Наблюдение на экране осциллографа зависимости выходного напряжения электронного предохранителя от силы тока нагрузки.....	26
8. Устройство для исследования мягкого режима самовозбуждения LC-генератора синусоидальных колебаний.....	28
9. Устройство для исследования жесткого режима самовозбуждения LC-генератора синусоидальных колебаний	30
10. Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) в характериографе для транзисторов	32
11. Устройство для наблюдения на экране осциллографа динамической выходной характеристики биполярного транзистора в схеме включения с общим эмиттером	34
12. Зависимость емкости р-п перехода от обратного напряжения	36
13. Феррозондовый датчик магнитного поля (демонстрации с датчиком и с устройством, моделирующим феррозондовый датчик)	37
14. Металлоискатель	39
15. Автомат световых эффектов	40
16. Музыкальный автомат	41
17. Электронные коммутаторы к осциллографу	44
18. Срабатывание автоматической пробки как электротермического и элект-	

тромагнитного предохранителей	46
19.Потенциометрические датчики линейных и угловых перемещений	47
20.Регулировка поляризованного реле для наблюдения на экране осцилло- графа затухающих колебаний в колебательном контуре	49
21.Кодовый замок	50
22.Определение короткозамкнутых витков катушек индуктивности	52
23.Электронная защита стабилизаторов постоянного напряжения от повы- шения входного напряжения	53
24.Импульсный стабилизатор постоянного напряжения как система автоматического	регулирования 54
25.Автоматическое устройство для наблюдения на экране осциллографа за- висимости силы тока, протекающего через электрическую лампочку, от времени после подключения ее к источнику постоянного напряжения	56
26.Шифратор и дешифратор команд телеуправления	58
27.Определение времени соударения металлических шаров	60
28.Определение времени срабатывания и отпускания реле	61
29.Термореле	64
30.Фотореле	66
31.Синхронизаторы к диапроекторам	67
32.Тиристорный регулятор мощности	69
33.Устройство для автоматической подачи звонков в учебных заведениях (блок формирования программ)	70
34.Устройство для автоматической подачи звонков в учебных заведениях (реле времени)	72
35.Электронный термометр с диодным датчиком температуры и цифровым отсчетом	73
36.Устройство для проведения игры «Брейн-ринг»	74
Литература	76

Введение

«Автоматика» завершает изучение интегрированного курса ЭРТАВТ (электрорадиотехника с основами автоматики и вычислительной техники), состоящего из 5 разделов: электроника, электронно-вычислительная техника, электротехника, радиотехника, автоматика.

Программа курса «Автоматика»¹

Введение

Роль курса «Автоматика» в формировании профессиональных умений учителя. Автоматика как обобщающий курс экспериментальной предметной подготовки. Сведения из истории автоматики.

Основные элементы автоматических устройств

Классификация систем автоматики. Системы автоматического контроля и сигнализации. Системы автоматического управления: разомкнутые, замкнутые, комбинированные. Системы автоматического регулирования: стабилизирующие, программные, следящие. Системы автоматизированные и автоматические.

Элементы автоматических систем: воспринимающие, задающие, сравнивающие, преобразующие, исполнительные, корректирующие. Их основные характеристики: статическая и динамическая характеристики, коэффициент передачи, статический коэффициент передачи, динамический коэффициент передачи, относительный коэффициент передачи, порог чувствительности.

Классификация измерительных преобразователей: резистивные, пьезоэлектрические, электростатические, электромагнитные, гальваноманометрические, электрохимические, тепловые, оптоэлектрические. Устройство и принцип действия датчиков: перемещения, скорости, ускорения, температуры, давления, влажности, освещенности, электрического и магнитного поля, радиации, деформации и др.

Исполнительные элементы систем автоматики: электромагниты, реле, муфты, электродвигатели, нагреватели, гидравлические и пневматические исполнительные устройства, манипуляторы.

Качественные показатели автоматического регулирования. Критерии устойчивости систем автоматического регулирования. Классификации автоматических регуляторов: регуляторы прямого и косвенного действия, регуляторы дискретного и непрерывного (пропорциональные, интегральные, пропорцио-

¹ Составлена на основе программы педагогических институтов «Электрорадиотехника с основами автоматики и вычислительной техники» (М., 1990) с учетом государственных требований к минимуму содержания и уровню подготовки выпускника по специальности «010400 - ФИЗИКА» (Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования. - М., 1995).

нально-интегральные, пропорционально-дифференциальные) действия. Стабилизаторы постоянного напряжения и тока как системы автоматического регулирования. Устройства защитного отключения.

Перспективы развития элементов и устройств автоматики. Комплексная автоматизация производства. Системы автоматики будущего.

Конструирование простейших устройств автоматики

Фотореле, термореле, регулятор освещенности, регулятор температуры, охранная сигнализация, пожарная сигнализация, музыкальный автомат, устройство для автоматической подачи звонков в учебных заведениях, применение ЭВМ для автоматизации физического эксперимента, кодовый замок, автомат световых эффектов, радиоуправление игрушками, устройство для обнаружения скрытой электропроводки, электронные весы, металлоискатель, устройство для игры «Брейн-ринг» и т.д.

Целью изучения раздела «автоматика» является формирование у студентов профессиональных умений, необходимых для технически и методически грамотной эксплуатации электронного оборудования школьного кабинета физики.

Перед изучением раздела «автоматика» **студент должен знать:**

1. Устройство и принцип действия p-n перехода.
2. Два способа подключения амперметра и вольтметра к участку цепи для измерения его сопротивления. Влияние внутреннего сопротивления измерительного прибора на точность измерений.
3. Устройство, принцип действия и характеристики биполярных транзисторов.
4. Устройство, принцип действия и характеристики полевых транзисторов.
5. Переходные процессы в RC-цепях. Амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики RC-цепей.
6. Последовательный и параллельный колебательный контур.
7. Устройство и принцип действия электронного осциллографа.
8. Базовый логический элемент 2И-НЕ ТТЛ.
9. Базовый логический элемент 2И-НЕ КМОП.

Студент должен уметь:

1. Правильно выбирать предел измерения многопредельного измерительного прибора (амперметра, вольтметра) с учетом соотношения сопротивления участка цепи и внутреннего сопротивления измерительного прибора.
2. Правильно выбирать частотный диапазон измерительного прибора.
3. С помощью электронного осциллографа измерять длительность и период следования импульсов, частоту, период, амплитудное и эффективное значения синусоидального напряжения.

4. Получать на экране осциллографа вольт-амперные характеристики радиотехнических элементов (полупроводникового диода, биполярного и полевого транзистора, тиристора и др.).
5. Пользоваться электрическим паяльником.
6. Пользоваться омметром.
7. Экспериментально определять структуру и выводы биполярного транзистора.
8. Определять сопротивление и номинальную мощность рассеяния резистора, емкость и рабочее напряжение конденсатора.
9. Измерять сопротивление резистора, емкость конденсатора, индуктивность катушки.
10. Пользоваться справочной литературой для определения основных параметров и выводов радиотехнических элементов (диодов, транзисторов, микросхем и др.).

Рабочее место студента

В лаборатории основ автоматики и вычислительной техники звено из двух студентов работает в течение семестра на одном рабочем месте. Рабочее место укомплектовано следующим общим для всех рабочих мест оборудованием и принадлежностями:

- | | |
|--|-------|
| 1. Устройство защитного отключения «Электроника» | 1 шт. |
| 2. Авометр АВО-63 | 1 шт. |
| 3. Осциллограф ОМЛ-3М | 1 шт. |
| 4. Электронный вольтметр ВЗ-38 | 2 шт. |
| 5. Прибор комбинированный Щ4313 | 2 шт. |
| 6. Источник электропитания ИЭПП-2 | 1 шт. |
| 7. Источник питания В-24 | 1 шт. |
| 8. Источник питания ВУП-2М | 1 шт. |
| 9. Цифровой частотомер | 1 шт. |
| 10. Генератор прямоугольных импульсов напряжения | 1 шт. |
| 11. Генератор синусоидальных колебаний ГНЧШ-1 | 1 шт. |
| 12. Счетчик электрических импульсов СИЛ-1 | 1 шт. |
| 13. Магазин сопротивлений Р-33 | 1 шт. |
| 14. Программируемый микрокалькулятор МК-61 | 1 шт. |
| 15. Электрический паяльник на 42 В | 1 шт. |
| 16. Пинцет | 1 шт. |
| 17. Соединительные и монтажные провода | |

К рабочему месту студента подводится питающее напряжение 220 В, 42 В и проводники, соединенные с защитным нулевым проводом.

Лабораторный практикум по автоматике включает в себя три части:

- выполнение студентами 5 фронтальных лабораторных работ;
- проведение каждым студентом 1-2 демонстраций;
- проведение демонстраций преподавателем.

Демонстрации, проводимые преподавателем, представляют собой образец деятельности при постановке учебного эксперимента и могут проводиться на всех занятиях. Каждый студент в начале семестра получает задание подготовить и показать 1-2 демонстрации. В настоящем пособии приведены задания к фронтальным лабораторным работам, схемы демонстраций и задания к ним. Если на принципиальных схемах не проставлены номиналы радиоэлементов, то они рассчитываются студентами самостоятельно.

Список демонстраций по автоматике, проводимых преподавателем

1. Биметаллическая пластина. Преобразование плавного изгиба биметаллической пластины в скачкообразное перемещение электрического контакта (с использованием пружины, с использованием постоянного магнита).
2. Биполярный транзистор как управляемый током переменный резистор для цепей постоянного и пульсирующего напряжения одной полярности (наблюдение на экране осциллографа зависимости выходного напряжения параметрического стабилизатора напряжения от силы тока нагрузки).
3. Влияние внутреннего сопротивления измерительного прибора на режим работы электрической цепи.
4. Датчик пожарной сигнализации.
5. Демонстрация необходимости экранировки входных цепей чувствительного усилителя электрических колебаний.
6. Измерение выходного напряжения делителя напряжения на резисторах вольтметрами с различными внутренними сопротивлениями.
7. Измерение емкости конденсаторов методом дискретного счета.
8. Индуктивные датчики линейных перемещений.
9. Исследование тиристора в цепи постоянного тока.
10. Калибровка плавких вставок предохранителей.
11. Логический элемент 2И-НЕ транзисторно-транзисторной логики. Элемент 2И-НЕ с тремя состояниями на выходе.
12. Наблюдение на экране осциллографа зависимости выходного напряжения параметрического стабилизатора напряжения от входного напряжения.
13. Наблюдение на экране осциллографа передаточной характеристики триггера Шмитта на логических элементах КМОП серии.
14. Неискажающий делитель напряжения.
15. Определение коэффициента пульсаций на выходе выпрямителя с помощью электронного осциллографа.
16. Определение коэффициента стабилизации стабилизатора постоянного на-

пряжения.

- 17.Определение постоянной времени датчиков температуры.
- 18.Определение структуры и выводов биполярного транзистора.
- 19.Определение тока срабатывания устройства защитного отключения.
- 20.Охранная сигнализация.
- 21.Передача оптических сигналов по волоконной линии связи.
- 22.Полупроводниковый диод как датчик температуры.
- 23.Применение ЭВМ для автоматизации эксперимента.
- 24.Принцип действия устройства защитного отключения (демонстрация с трансформатором тока).
- 25.Проверка качества работы автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ) телевизионного приемника.
- 26.Прямоугольные импульсы напряжения низкой частоты на экране осциллографа с открытым и с закрытым входом “У”.
- 27.Работа датчика температуры электроутюга.
- 28.Радиоуправление.
- 29.Регулятор освещенности.
- 30.Сильфонный датчик давления.
- 31.Срабатывание геркона под действием магнитного поля постоянного магнита.
- 32.Стабилизаторы постоянного тока на полевом и биполярном транзисторах как системы автоматического регулирования.

Итоговая отчетность студента

Экзаменационные билеты содержат один теоретический вопрос и одно экспериментальное задание по исследованию электронного устройства. От выполнения экспериментального задания студент может быть освобожден, если он самостоятельно изготовит, отладит и составит подробное описание принципа работы несложного электронного устройства. Устройство для изготовления может быть выбрано студентом самостоятельно либо предложено преподавателем. Студент может также по согласованию с преподавателем изготовить сложное электронное устройство, которое защищает вместо экзамена.

В пособии [1, стр. 185-190] приведен список литературы, в которой описаны устройства, рекомендуемые нами для самостоятельного изготовления студентами. Указанный список может быть дополнен публикациями из журналов «Радио» последних лет. Ниже приведены некоторые из них.

1. Банников В. Бесконтактный датчик уровня жидкости // Радио. - №9. - 1996. - С. 48-49.
2. Бирюков С. Автомат управления освещением // Радио. - №3. - 1998. - С. 44-45.
3. Бородай В. Простой электроакупунктурный стимулятор // Радио.- №2.- 1998.-С. 47.

4. Дорофеев М. Бестрансформаторный с гасящим конденсатором // Радио. - №2. - 1995. - С. 36-37.
5. Крутовцов А. Программатор учебного времени // Радио. - №1. - 1998. - С. 40-41.
6. Нечаев И. Автомат управления насосом // Радио. - №3. - 1995. - С. 38-39.
7. Нечаев И. Автомат управляет освещением // Радио. - №5. - 1996. - С. 46-47.
8. Панкратьев Д. Плавное зажигание лампы накаливания // Радио.-№9.-1997. - С. 42.
9. Пицман В. Устройство для намагничивания заготовок // Радио. - №8. -1996.-С. 46.
10. Полянский П. Цифровой регулятор мощности паяльника // Радио. - №2. - 1998. - С. 53-54.
11. Прямушко В. Охранно-сигнальное устройство // Радио. - №3. - 1998. - С. 41-42.
12. Турчинский Д. Вместо обычного будильника - музыкальный // Радио. - №2. - 1998. - С. 48-49.
13. Ховайко О. Узел управления симистором // Радио. - №2. - 1998. - С. 61.
14. Яковлев В. Термостабилизатор для инкубатора // Радио. - №8. - 1997. - С. 43.

Основные вопросы к экзамену:

1. Определение короткозамкнутых витков катушек индуктивности.
2. Импульсный стабилизатор постоянного напряжения как система автоматического регулирования (можно воспользоваться принципиальной схемой).
3. Автоматическое устройство для исследования процесса установления колебаний в колебательном контуре при подключении его к источнику периодической ЭДС (можно воспользоваться принципиальной схемой).
4. Автоматическое регулирование температуры (можно воспользоваться принципиальной схемой).
5. Классификация систем автоматики. Системы автоматического управления. Системы автоматического регулирования. Системы автоматизированные и автоматические.

Основные демонстрации к экзамену:

1. Электронный коммутатор (можно воспользоваться принципиальной схемой).
2. Феррозондовый датчик магнитного поля (демонстрации с датчиком и с устройством, моделирующим феррозондовый датчик).
3. Регулировка поляризованного реле для наблюдения на экране осциллографа затухающих колебаний в колебательном контуре (реле можно питать от генератора прямоугольных импульсов напряжения).
4. Переходные процессы в RC-цепи при подключении ее к генератору прямоугольных импульсов напряжения (можно воспользоваться принципиальной схемой).

Примечание: Ответы на основные вопросы должны даваться студентами без подготовки. Основные демонстрации проводятся студентами также без подготовки. Студент, не ответивший на любой из основных вопросов, или не поставивший любую из основных демонстраций, получает на экзамене неудовлетворительную оценку.

Фронтальные лабораторные работы

1. Измерения в электронике и автоматике.

Цель работы: изучить принцип работы приборов для измерения постоянного и переменного напряжения, силы тока, сопротивления, емкости конденсаторов, индуктивности катушек, частоты электромагнитных колебаний, интервалов времени, индукции магнитного поля.

Приборы и принадлежности:

1. Электронный осциллограф ОМЛ-3М.
2. Счетчик импульсов лабораторный СИЛ-1.
3. Приборы комбинированные: Щ4313, 43101, Ц4353, 43208-У.
4. Генератор низкой частоты ГНЧШ-1.
5. Цифровой частотомер (самодельный на базе набора ЦШ-01).
6. Выпрямитель ВУ 4-36.
7. Трансформатор ТМС-21.
8. Трансформатор ТВК-38.
9. Магазин сопротивлений Р-33.

Задания для самостоятельной работы при подготовке к выполнению лабораторной работы:

1. Переписать в тетрадь основные технические характеристики следующих приборов: ОМЛ-3М, ГНЧШ-1, Ц4353.
2. Объяснить принцип работы цифрового частотомера, вмонтированного в ГНЧШ-1.
3. Объяснить принцип работы счетчика импульсов лабораторного СИЛ-1.
4. Перечислить способы измерения индуктивности катушек.
5. Перечислить способы измерения емкости конденсаторов.
6. Найти ошибку в описании лабораторной работы «Измерение индуктивности катушки по ее сопротивлению переменному току» [54].
7. Ответить на вопросы:
 - почему магазин сопротивлений Р-33, имеющий проволочные катушки, не обладает индуктивным сопротивлением?
 - для чего магазин сопротивлений Р-33 имеет 4 клеммы?

Указания по технике безопасности смотри в [34; 28].

Лабораторные задания:

1. Сменить источники питания в измерительных приборах, предложенных преподавателем.
2. Цифровым прибором Щ4313 измерить сопротивление магазина сопротивлений Р-33, переключая поочередно все декады магазина сопротивлений. При несовпадении показания Щ4313 с установленным на магазине сопротивлени-

ем, взять у лаборанта еще один магазин сопротивлений, прибор Щ4313 и найти неисправный прибор. Используя в качестве образцового прибор Щ4313 (допускаемая погрешность образцового прибора должна быть по крайней мере в 3 раза меньше допускаемой погрешности стрелочного измерительного прибора), определить абсолютную и относительную погрешности стрелочного измерительного прибора (стрелочный измерительный прибор и пределы, на которых нужно определить погрешность, указываются преподавателем или лаборантом).

3. Измерить емкость 2-3 конденсаторов прибором Ц4353.
4. Определить индуктивность 2-3 катушек по их сопротивлениям переменному току. Для измерения сопротивления катушки индуктивности переменному току использовать магазин сопротивлений Р-33, осциллограф ОМЛ-3М и генератор ГНЧШ-1. Измерения провести на нескольких частотах.
5. Научиться измерять промежутки времени с помощью счетчика СИЛ-1.
6. Произвести ремонт измерительных кабелей и шнуров питания приборов по указанию преподавателя.
7. Измерить сопротивление резистора прибором 43208У с внешним источником питания.

Литература: 13; 28; 34; 54.

2. Контактно-релейные элементы автоматики.

Цель работы: изучить устройство переключателей различного типа, научиться измерять механические и электрические параметры электромагнитных реле, научиться регулировать поляризованное реле.

Приборы и принадлежности:

1. Переключатели П2К с фиксацией и без фиксации.
2. Переключатели галетные.
3. Поляризованное реле.
4. Электромагнитные реле разного типа.
5. Магнитоэлектрическое реле.
6. Реле от холодильника.
7. Герконовый контакт.
8. Кнопки с герконовыми контактами.
9. Тумблеры.
10. Осциллограф ОМЛ-3М.
11. Комбинированный прибор Щ4313 [2 шт.].
12. Монтажные провода.
13. Паяльник.

Задания для самостоятельной работы при подготовке к выполнению лабораторной работы:

1. Из [55] перерисовать в тетрадь рисунки 53, 63, 69, 70, 75 и решить задачи 4.8, 4.11, 4.20 (с. 78-80).
2. Изучить и уметь объяснять принцип работы:
 - поляризованного, электромагнитного нейтрального, магнитоэлектрического и электродинамического реле;
 - нормально замкнутых, нормально разомкнутых и переключающих контактов;
 - герконов и ферридов.

Указания по технике безопасности смотри в [34; 28].

Лабораторные задания:

1. Изучите устройство поляризованного электромагнитного реле.
2. Отрегулируйте поляризованное реле для переключения конденсатора от источника питания к катушке индуктивности и обратно, соберите схему для наблюдения затухающих электрических колебаний на экране осциллографа.
3. Определите ток срабатывания и ток отпускания поляризованного реле.
4. Отрегулируйте поляризованное реле на максимальную чувствительность и соберите действующий макет охранной сигнализации.
5. Экспериментально определите силу тока и напряжение срабатывания и отпускания электромагнитного реле, предложенного преподавателем.
6. Измерьте время срабатывания и время отпускания реле.
7. Пронаблюдайте за работой кнопки с герконом.
8. Зарисуйте схематично устройство переключателей галетного и П2К.
9. Рассмотрите предложенные преподавателем переключатели, разъемы, гнезда, штекеры, реле и другие контактно-релейные элементы автоматики.

Литература: 7; 28; 34; 55.

3. Устройства защитного отключения.

Цель работы: изучить устройство и принцип работы устройств защиты людей и приборов в аварийных ситуациях.

Приборы и принадлежности:

1. Осциллограф ОМЛ-3М.
2. Прибор комбинированный Щ4313 - 2 шт.
3. Шнур с вилкой, розетка, паяльник.
4. Устройства защитные УХЛ - 2 и УХЛ - 4.
5. Источник питания В-24.
6. Предохранители разные.
7. Электронный предохранитель.
8. Стабилизатор постоянного напряжения с защитой от короткого замыкания.

9. Монтажные провода.

Задания для самостоятельной работы при подготовке к выполнению лабораторной работы:

1. Знать:

- устройство и принцип действия предохранителя с плавкой вставкой;
- принцип действия магнитного пускателя;
- устройство и принцип действия электротермического реле; применение термореле в устройствах защитного отключения электродвигателей при перегрузке;
- использование концевых выключателей в деревообрабатывающих и металлообрабатывающих станках;
- принцип действия электромагнитного предохранителя;
- принцип действия электронного предохранителя.

2. Из [55] перерисовать рисунки 91, 96, 104 и решить задачи 4.6, 4.7.

3. Из [1] перерисовать рисунки 2.71, 2.72.

4. Из технического описания [34] перерисовать в тетрадь схему УЗОШ УХЛ-4.

Указания по технике безопасности смотри в [34; 28].

Лабораторные задания:

1. Качественно исследовать зависимость времени перегорания проводника от силы протекающего тока (использовать источник В-24).
2. Экспериментально подобрать диаметр медного проводника для предохранителей на 1А, 2А, 3А, 5А (использовать источник В-24).
3. Заменить плавкие вставки предохранителей с учетом требований правил пожарной безопасности.
4. Открыв крышку устройства защитного отключения УЗОШ, найти его основные элементы, по принципиальной схеме объяснить принцип работы устройства.
5. Подключить к УЗОШ шнур с вилкой и розетку.
6. Используя магазин сопротивлений Р-33, резистор сопротивлением 10кОм, и соблюдая правила техники безопасности, определить ток срабатывания УЗОШ при утечке тока на землю.
7. Определить ток срабатывания электронного предохранителя.
8. Объяснить принцип работы выпрямителя с защитой от короткого замыкания.

Литература: 1; 7; 34; 61.

4. Датчики термодинамических величин.

Цель работы: научиться снимать основные характеристики проволочных и полупроводниковых датчиков температуры.

Приборы и принадлежности:

4. Автоматический регулятор температуры (самодельный).
5. Источник электропитания ИЭПП-2.
6. Источник питания В-24.
7. Ртутный термометр.
8. Прибор комбинированный Щ4313 - 2 шт.
9. Авометр АВО-63.
10. Счетчик импульсов СИЛ-1 (для измерения времени).
11. Магазин сопротивлений Р-33.
12. Полупроводниковый терморезистор.
13. Проволочный терморезистор.
14. Полупроводниковый диод.
15. Соединительные провода.

Задания для самостоятельной работы при подготовке к выполнению лабораторной работы:

1. Знать:
 - применение проволочных резисторов в качестве датчиков температуры;
 - применение полупроводниковых резисторов в качестве датчиков температуры;
 - использование теплового расширения тел в датчиках температуры;
 - устройство биметаллических пластин;
 - особенности включения термопары как генераторного датчика температуры в измерительную цепь;
 - мостовая и четырехпроводная схемы включения параметрических датчиков температуры в измерительную цепь.

Указания по технике безопасности смотри в [34; 28].

Лабораторные задания:

1. Проградуировать полупроводниковый датчик температуры по ртутному термометру, добиваясь термодинамического равновесия в каждой контрольной точке.

Примечание: градуировка 6-7 датчиков может быть произведена с использованием одного термостата.

2. Определить постоянную времени полупроводникового терморезистора.
3. Снять зависимость сопротивления самодельного терморезистора из медного провода от температуры в диапазоне температур 20-90⁰С. Сопротивление терморезистора определять методом амперметра-вольтметра. Сила тока, протекающего через терморезистор не должна превышать 10мА. Температуру определять по сопротивлению проградуированного полупроводникового терморезистора. Сопротивление полупроводникового терморезистора измерять прибором Щ4313.

4. Определить постоянную времени проволочного терморезистора.
5. Снять вольт-амперную характеристику полупроводникового терморезистора, включив последовательно с ним ограничивающий резистор, исключающий чрезмерный перегрев терморезистора [55].
6. Подключить диод в прямом направлении через резистор сопротивлением 5кОм к источнику постоянного напряжения 25В. Снять зависимость напряжения на диоде от температуры в диапазоне температур 20-90⁰С. Температуру определять по сопротивлению прокалированного полупроводникового терморезистора. Сопротивление терморезистора измерять прибором Щ4313.
7. Определить постоянную времени диодного датчика температуры.

Литература: 34; 55; 71.

5. Автоматическое регулирование температуры.

Цель работы: изучить принцип работы нескольких электронных схем для автоматического регулирования температуры; провести экспериментальное исследование регулятора температуры с полупроводниковым датчиком температуры и тиристором в исполнительной цепи.

Приборы и принадлежности:

1. Источник питания В-24.
2. Терморезистор и градуировочный график к нему.
3. Прибор комбинированный Щ4313 (для измерения температуры).
4. Нагреватель на 36 В.
5. Магазин сопротивлений Р-33.
6. Счетчик импульсов СИЛ-1 (для измерения времени).
7. Действующий макет регулятора температуры с полупроводниковым датчиком температуры.
8. Паяльник.
9. Соединительные и монтажные провода.

Задание для самостоятельной работы при подготовке к выполнению лабораторной работы:

1. Изучить устройство и принцип действия тиристора [1].
2. Вычертить принципиальную схему электронного термометра [1, рис. 3.9.], объяснить принцип его работы.
3. Вычертить принципиальную схему автоматического регулятора температуры [7, рис. 105], объяснить принцип его работы.
4. Вычертить структурную схему автоматической системы с цепью обратной связи [71, форзац].
5. Вычертить принципиальную схему действующего макета регулятора температуры (рис.1.).

Указания по технике безопасности смотри в [34; 28].

Лабораторные задания:

1. На действующем макете терморегулятора найти все элементы, указанные на его принципиальной схеме (рис.1).
2. Подключить к макету терморегулятора полупроводниковый датчик температуры, магазин сопротивлений и нагреватель.
3. Строго соблюдая полярность, чтобы не вывести из строя терморегулятор, подать пульсирующее напряжение амплитудой 36 В от источника В-24 на макет терморегулятора.
4. Внутри нагревателя поместить полупроводниковый датчик температуры для измерения температуры и полупроводниковый терморезистор как датчик температуры терморегулятора.
5. Включить терморегулятор в сеть и, изменяя сопротивление магазина сопротивлений, проследить по показаниям амперметра источника В-24 за включением и выключением нагревателя.
6. Вывести регулятор температуры на режим регулирования температуры 50-65⁰С и измерить зависимость температуры внутри нагревателя от времени в течении 3-х циклов регулирования.
7. Исследовать зависимость качества терморегулирования от коэффициента усиления усилителя (коэффициент усиления операционного усилителя можно изменить переменным резистором в цепи отрицательной обратной связи).

Литература: 1; 7; 34; 55; 71.

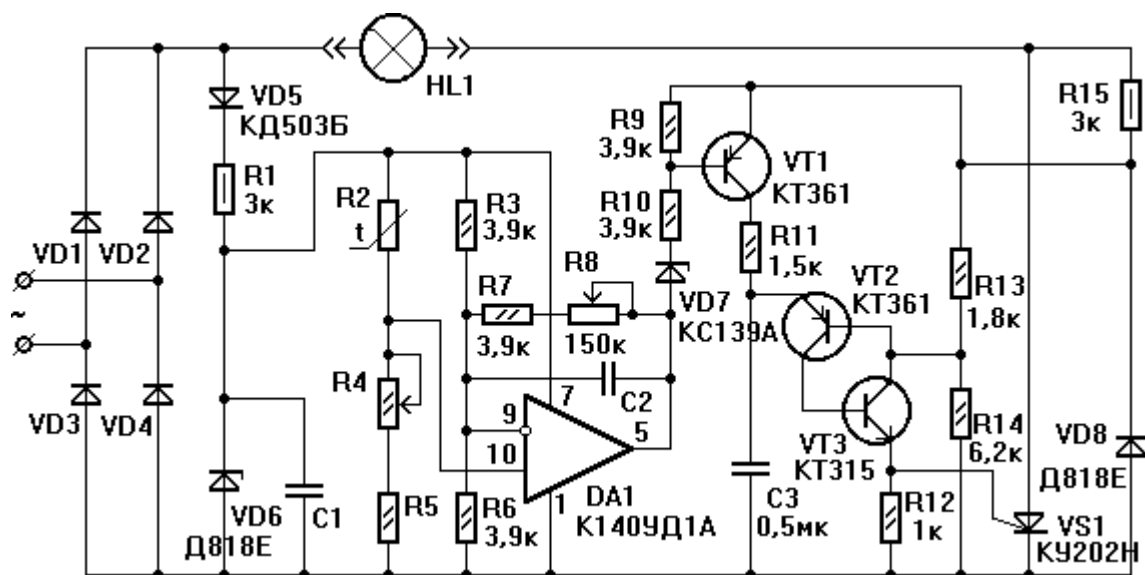


Рис. 1

Демонстрации, проводимые студентами
на лабораторных занятиях

1. Переходные процессы в RC-цепи при подключении ее к генератору прямоугольных импульсов напряжения и отключении от него.

Цель: пронаблюдать изменение постоянной составляющей напряжения на выходе RC-цепи с течением времени после подключения ее к генератору прямоугольных импульсов напряжения.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебный стенд для исследования переходных процессов в RC-цепи.

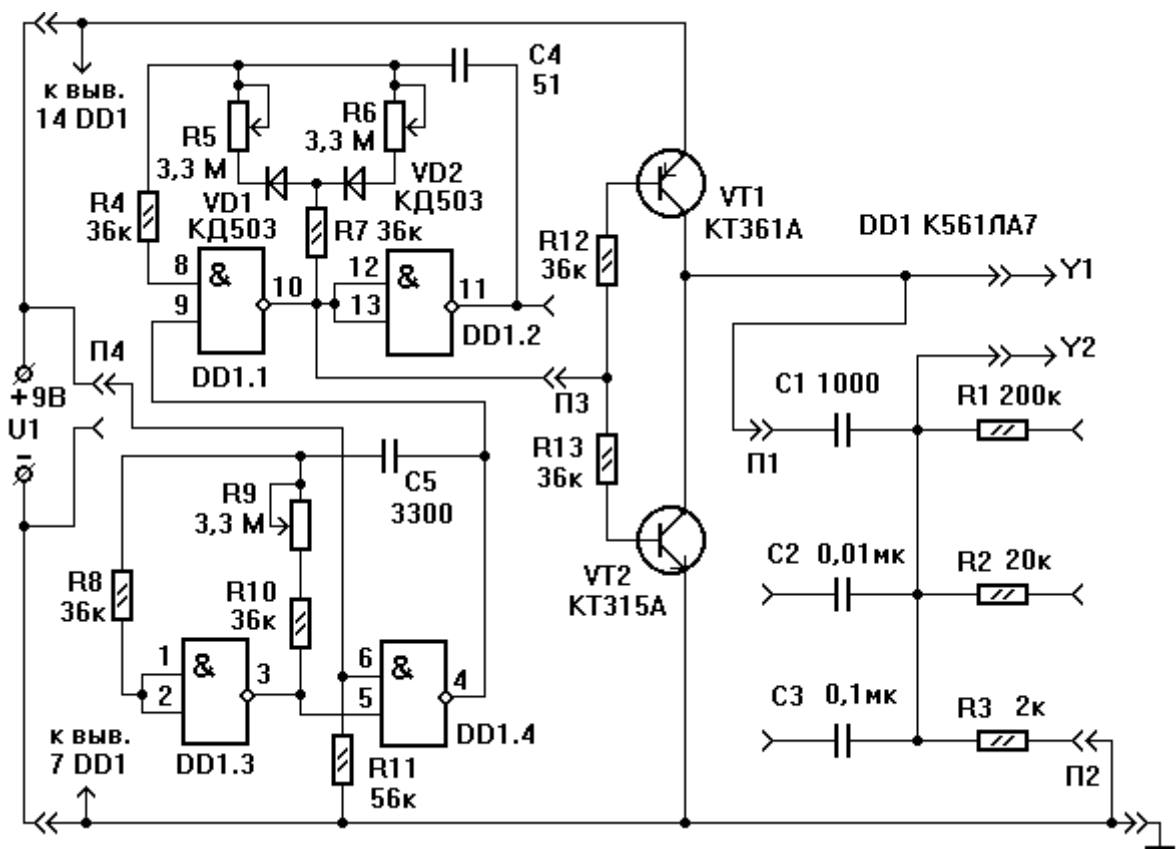


Рис. 2

Принципиальная схема генератора пачек прямоугольных импульсов с RC-цепями для исследования приведена на рисунке 2, а монтажная схема устройства - на рисунке 3. RC-цепи смонтированы так, что с помощью переключей П1, П2 можно обеспечить исследование как дифференцирующей, так и интегрирующей RC-цепей. Коэффициент отклонения осциллографа по каналам Y1, Y2 выбирают, исходя из того, что амплитуда прямоугольных импульсов напряжения равна 9 В (напряжение питания устройства).

При исследовании дифференцирующей RC-цепи на экране осциллографа наблюдаются импульсы как положительной, так и отрицательной полярности.

Частоту повторения импульсов в пачке выбирают так, чтобы было удобно наблюдать переходные процессы как при частоте импульсов в пачке, так и при частоте повторения пачек. Переменными резисторами R5, R6 можно изменить скважность прямоугольных импульсов напряжения, заполняющих пачку.

В ходе демонстрации необходимо показать влияние скважности прямоугольных импульсов на характер переходных процессов и объяснять принцип работы генератора пачек прямоугольных импульсов напряжения. Осциллограмму на выходе RC-цепи зарисовывают под осциллограммой на ее входе.

Литература: 8; 11; 34; 35; 71.

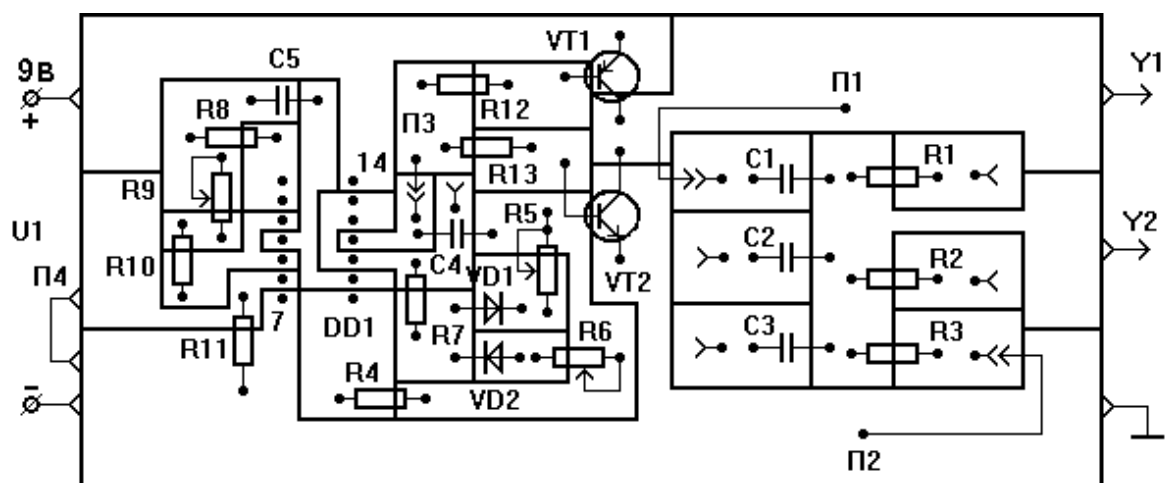


Рис. 3

2. Исследование мультивибратора на транзисторах с корректирующими диодами.

Цель: выяснить назначение корректирующих диодов, сравнить влияние материала транзисторов (германий и кремний) на параметры формируемых мультивибратором импульсов.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебный стенд для исследования мультивибратора на транзисторах с корректирующими диодами.

Принципиальная схема мультивибратора на транзисторах с корректирующими диодами приведена на рисунке 4, а монтажная - на рисунке 5. Работу мультивибратора исследуют при двух значениях питающего напряжения: 2-3 В и 7-9 В. Коэффициент отклонения по каналам Y1, Y2 осциллографа выбирают в зависимости от напряжения питания, подаваемого на мультивибратор. В ходе демонстрации зарисовывают осциллограммы напряжения относительно общего провода на базе и коллекторе каждого из транзисторов, на анодах диодов.

3. Исследование мультивибратора и одновибратора на интегральных микросхемах КМОП.

Цель: продемонстрировать зависимость длительности импульсов мультивибратора и одновибратора от емкости конденсаторов и сопротивления резисторов.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебный стенд для исследования мультивибратора и одновибратора на интегральных микросхемах КМОП.

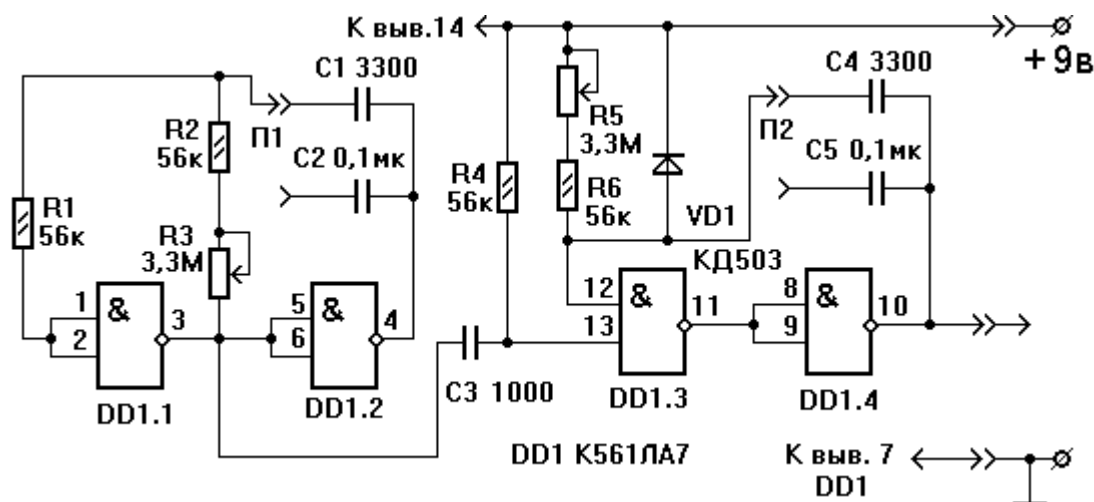


Рис. 6

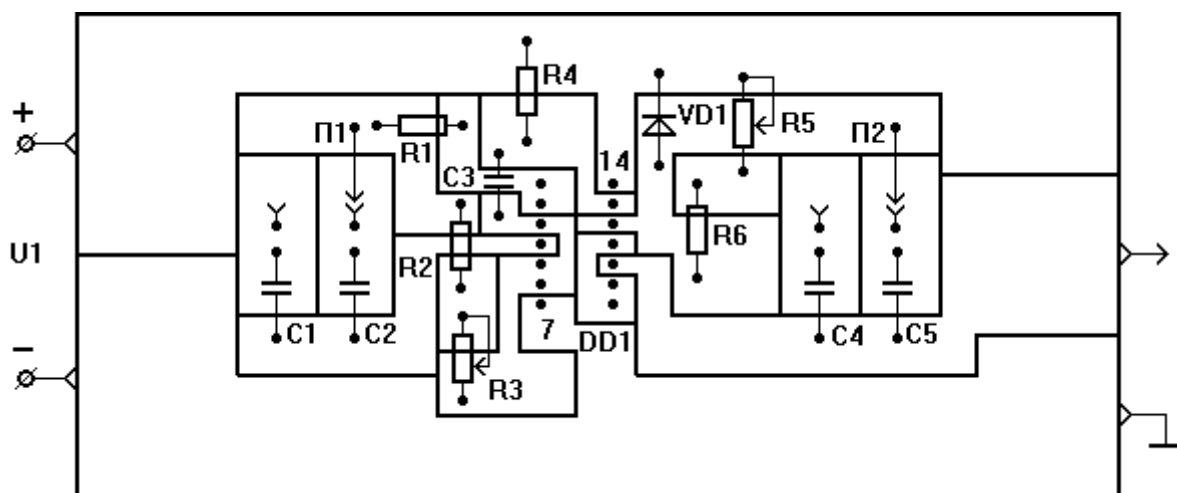


Рис. 7

Принципиальная схема мультивибратора и одновибратора на интегральных микросхемах КМОП приведена на рисунке 6, а монтажная - на рисунке 7. Необходимо зарисовать осциллограммы напряжения относительно общего провода на выводах 3, 13, 12, 10 микросхемы DD1. Для этого один из каналов двухлучевого осциллографа нужно подключить к выводу 3 микросхемы, а вто-

рой канал поочередно подключать к выводам 13, 12, 10. Осциллограммы напряжений на выводах 13, 12, 10 нарисовать под осциллограммой напряжения на выводе 3. Коэффициент отклонения каналов Y1, Y2 осциллографа выбирают с учетом напряжения питания микросхемы. При объяснении принципа работы одновибратора необходимо ответить на вопросы: 1) почему постоянная времени $C3 \cdot R4$ должна быть меньше постоянной времени $C4 \cdot R6$? 2) для чего нужен диод VD1? Необходимо также объяснить назначение всех элементов схемы.

Литература: 4; 8; 11; 34; 43; 67; 71.

4. Исследование мультивибратора и одновибратора на интегральных микросхемах ТТЛ.

Цель: продемонстрировать зависимость длительности импульсов мультивибратора и одновибратора от емкости конденсаторов и сопротивления резисторов.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебный стенд для исследования мультивибратора и одновибратора на интегральных микросхемах ТТЛ.

Принципиальная схема мультивибратора и одновибратора на интегральных микросхемах ТТЛ приведена на рисунке 8, а монтажная - на рисунке 9. Напряжение питания мультивибратора и одновибратора на ТТЛ элементах должно быть $5V \pm 5\%$. Коэффициент отклонения каналов Y1, Y2 осциллографа выбирают с учетом того, что напряжение логической единицы не может превысить 5В. Частоту прямоугольных импульсов напряжения, вырабатываемых мультивибратором, изменяют плавно резистором R2 и грубо переключением конденсаторов с помощью переключки П1. Длительность импульсов, вырабатываемых одновибратором, изменяют плавно резистором R4 и грубо переключением конденсаторов с помощью переключки П2. Наличие транзисторов VT1, VT2 позволяет обеспечить более широкий диапазон изменения частоты импульсов мультивибратора и длительности импульсов одновибратора.

В ходе демонстрации зарисовывают осциллограммы напряжения относительно общего провода на базах транзисторов, выводах 3, 8 микросхемы DD1 и выводах 6, 8, 11 микросхемы DD2. Один из каналов вертикального отклонения осциллографа подключают к выводу 3 микросхемы DD1, а с помощью другого канала исследуют осциллограммы напряжения во всех указанных выше точках, в том числе и на выводе 3 микросхемы DD1. При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение каждого его элемента.

Литература: 4; 8; 11; 34; 44; 63; 71.

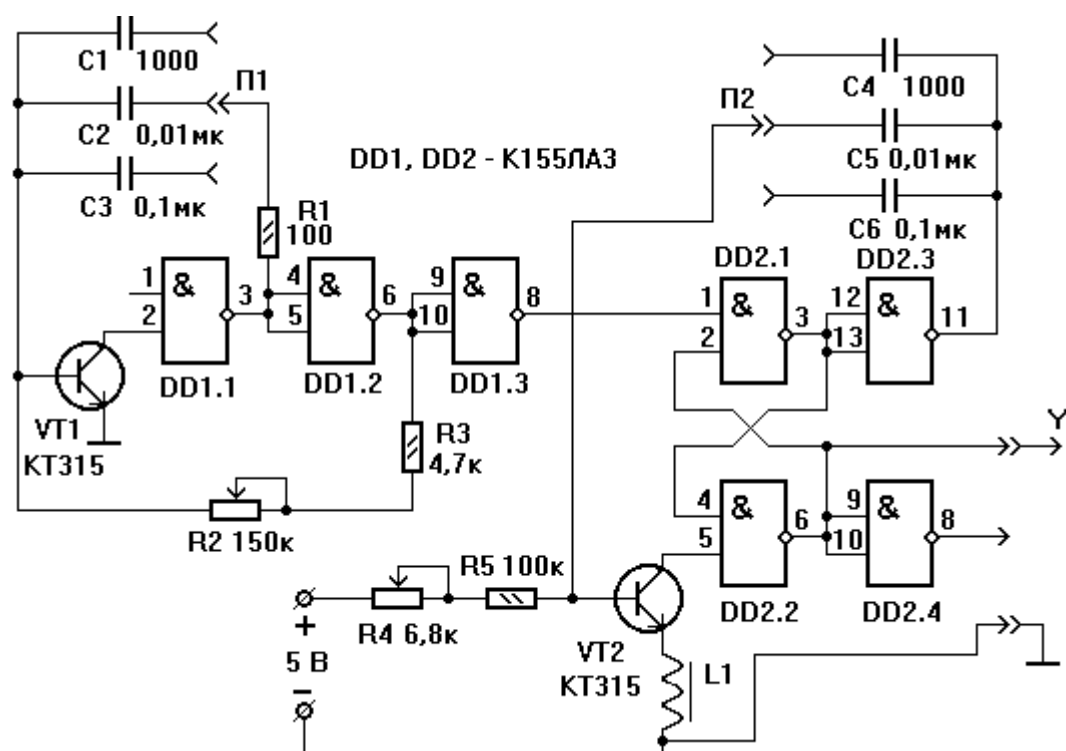


Рис. 8

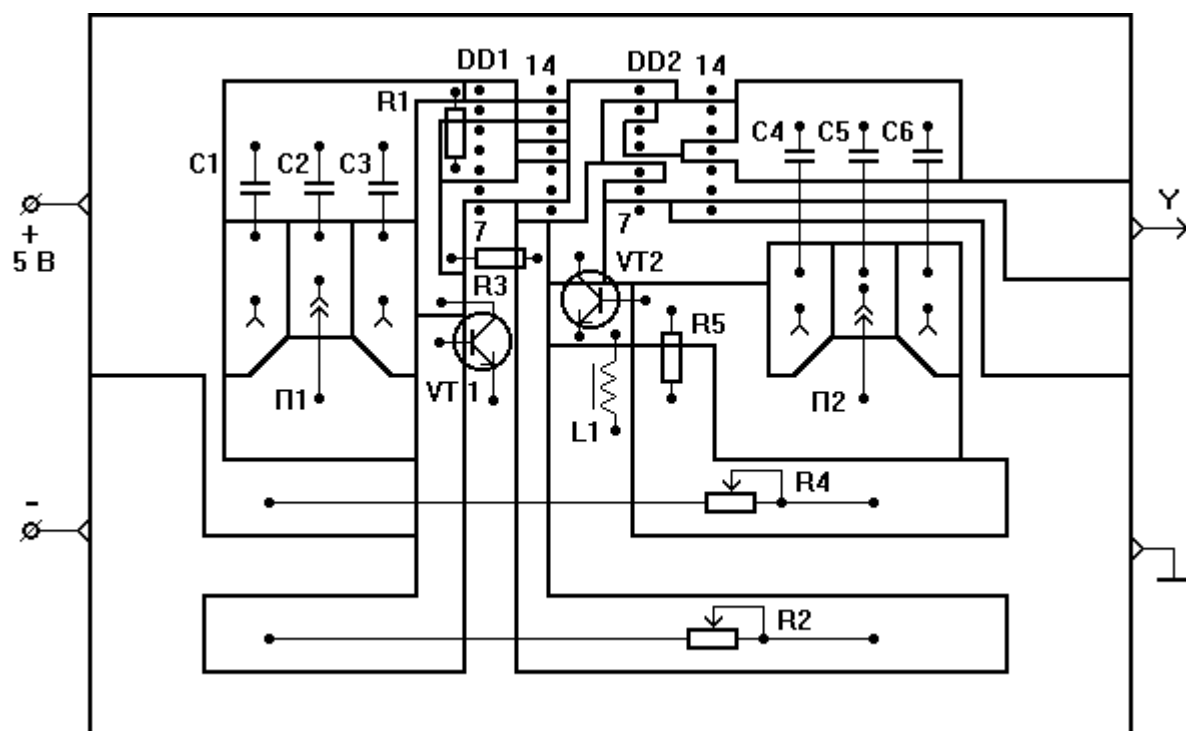


Рис. 9

5. Мультивибратор с триггером Шмитта на операционном усилителе.
Цель: зарисовать осциллограммы в характерных точках мультивибратора.
Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебный стенд для исследования мультивибратора с триггером Шмитта на операционном усилителе.

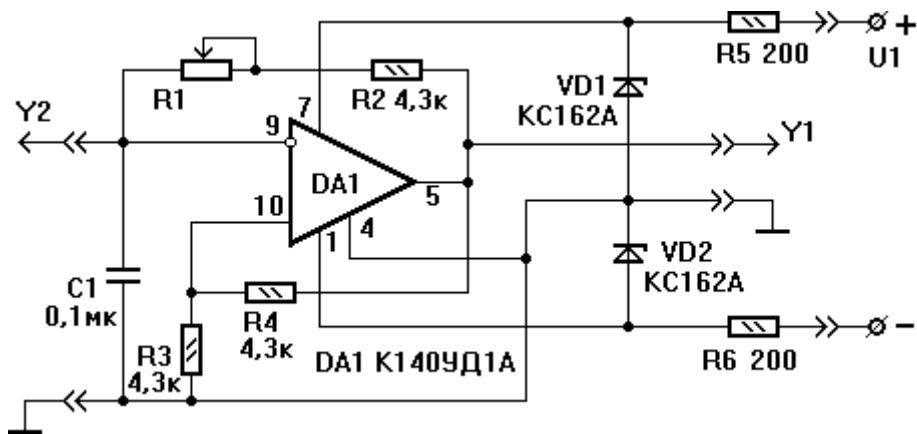


Рис. 10

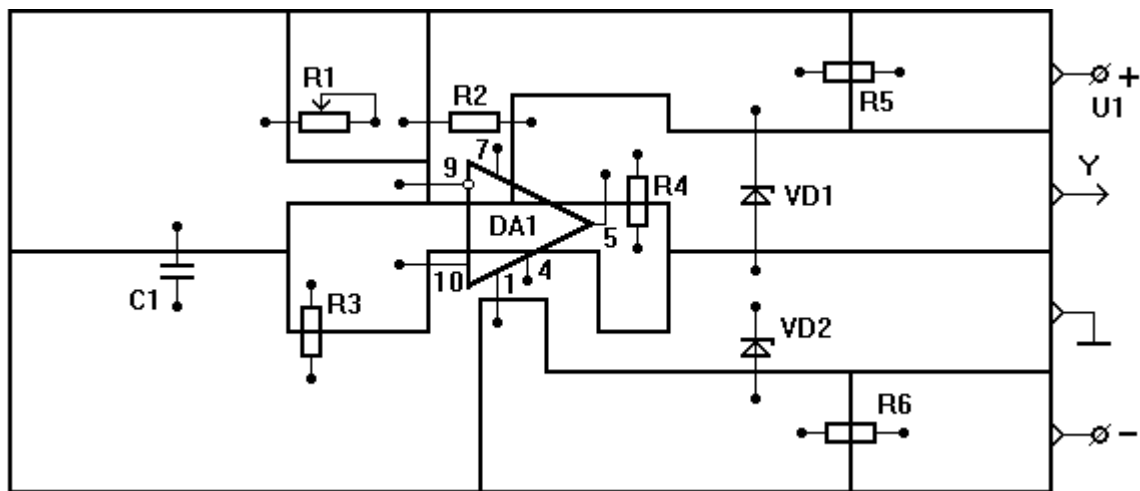


Рис. 11

Принципиальная схема мультивибратора с триггером Шмитта на операционном усилителе приведена на рисунке 10, а монтажная - на рисунке 11. Мультивибратор подключают к источнику постоянного напряжения напряжением 20В. Один из каналов вертикального отклонения осциллографа двухлучевого осциллографа (например, Y1) подключают к выводу 5 микросхемы, второй канал осциллографа поочередно подключают к выводам 5, 9, 10 микросхемы и зарисовывают осциллограммы напряжения относительно общего провода в

указанных точках, причем осциллограммы на выводах 9, 10 должны быть зарисованы под осциллограммой на выводе 5. Наблюдают изменение параметров импульсов при изменении сопротивления резистора R1.

При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение всех элементов.

Литература: 8; 11; 34; 43; 44; 71.

6. Экспрессное определение термостабильной точки стабилитронов.

Цель: продемонстрировать определение термостабильной точки стабилитронов за 20-30 секунд.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, учебный стенд для экспрессного определения термостабильной точки стабилитронов.

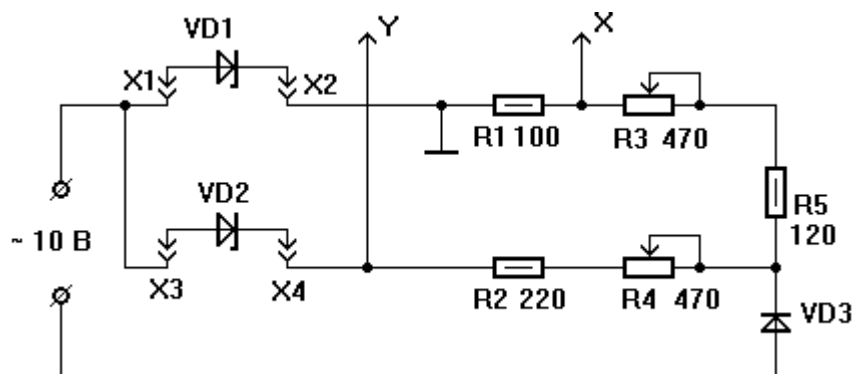


Рис. 12

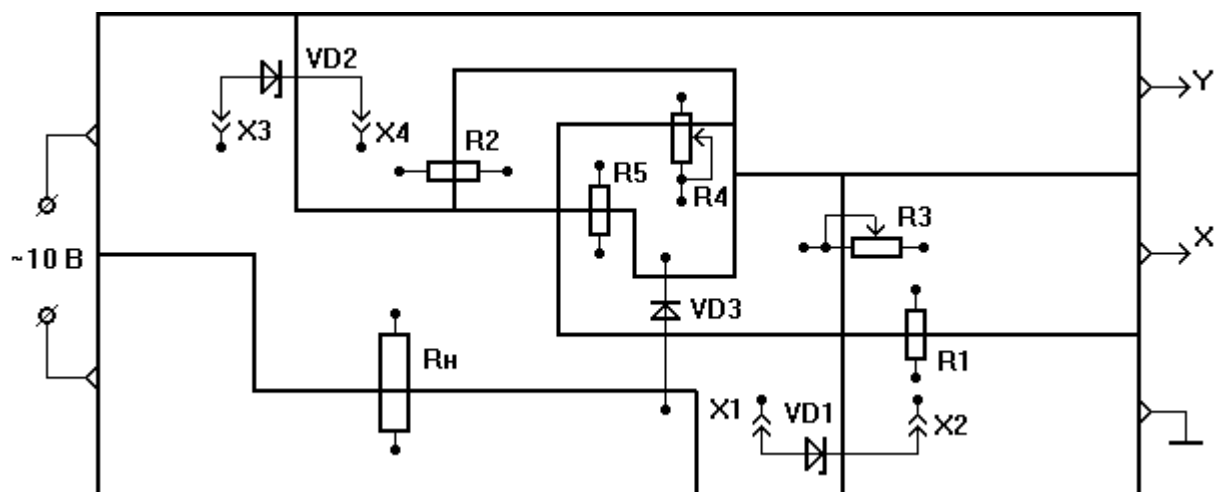


Рис. 13

Принципиальная схема устройства для определения термостабильной точки стабилитронов приведена на рисунке 12, а монтажная - на рисунке 13. От источника питания В-24 на схему подают переменное напряжение 8-12В в зави-

симости от исследуемых стабилитронов. Напряжение питания выбирается таким, чтобы при наименьших значениях сопротивлений резисторов R_3 , R_4 токи через исследуемый (VD1) и контрольный (VD2) стабилитроны не превышали максимально допустимых значений для выбранных стабилитронов. Исследуемый и контрольный стабилитроны берутся из одной партии. Предварительно производят отбор стабилитронов по напряжению стабилизации так, чтобы разброс напряжений стабилизации был как можно меньше. Из отобранных таким образом стабилитронов один берут в качества контрольного и приступают к определению термостабильной точки остальных. Исследуемый стабилитрон помещают внутрь стеклянной трубки нагревателя (резистор R_H на монтажной плате). Осциллограф подключают так, как показано на рисунке, и выбирают наименьший коэффициент отклонения (максимальная чувствительность) канала Y. Вход Y осциллографа должен быть открытым для постоянной составляющей напряжения. При нагреве стабилитрона осциллограмма на экране осциллографа будет поворачиваться около некоторой точки, которая и будет являться термостабильной.

В ходе демонстрации необходимо объяснить принцип работы устройства и назначение каждого его элемента.

Литература: 11; 12; 19; 34; 62.

7. Наблюдение на экране осциллографа зависимости выходного напряжения электронного предохранителя от силы тока нагрузки.

Цель: продемонстрировать, что ток короткого замыкания в цепи с электронным предохранителем меньше номинального тока электронного предохранителя.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, электронный осциллограф ОМЛ-3М с дополнительным усилителем по входу X, учебный стенд для наблюдения на экране осциллографа зависимости выходного напряжения электронного предохранителя от силы тока нагрузки.

Принципиальные схемы для исследования электронного предохранителя приведены на рисунках 14 и 16, а монтажные - на рисунках 15 и 17. К осциллографу ОМЛ-3М подключают дополнительный усилитель ко входу X или используют осциллограф с коэффициентом отклонения по оси X порядка 10-50 мВ/дел. Ток срабатывания электронного предохранителя изменяют резистором R_1 , а ток нагрузки - резисторами R_5 , R_6 в схеме на рисунке 14 и транзистором VT3 в схеме на рисунке 16. Сопротивления резисторов R_5 , R_6 устанавливают максимальными, устройство подключают к источнику питания и к осциллографу. Уменьшая сопротивление резистора R_5 , а затем R_6 , наблюдают перемещение электронного луча по экрану осциллографа; определяют ток срабатывания электронного предохранителя. Установив сопротивления резисторов R_5 , R_6

равными нулю, определяют ток короткого замыкания и сравнивают его с током срабатывания предохранителя. Увеличивают сопротивления резисторов (сначала R6, а затем R5) и отмечают, что электронный луч возвращается в исходную точку по другому пути.

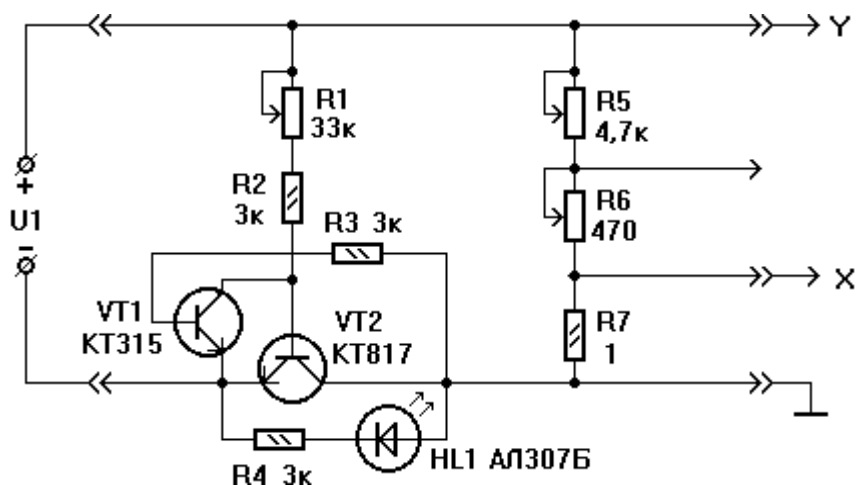


Рис. 14

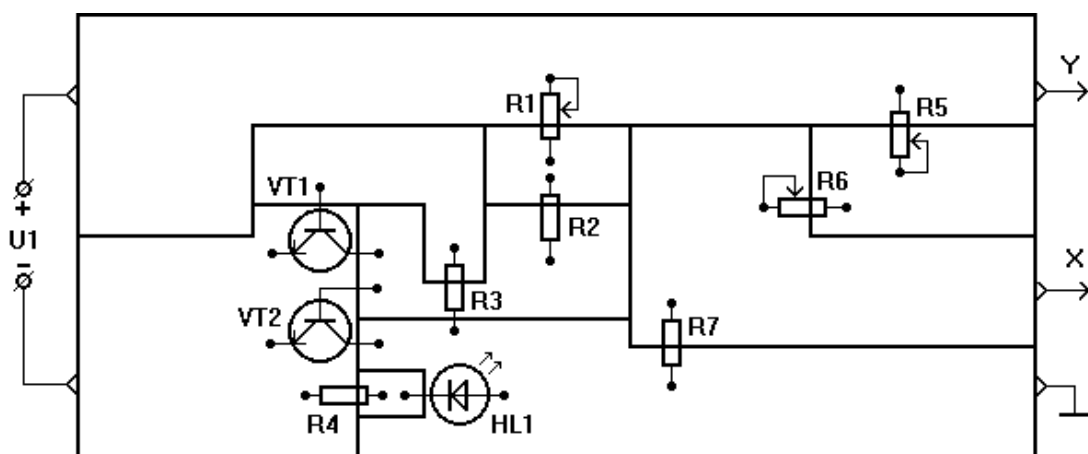


Рис.15

Зависимость выходного напряжения электронного предохранителя от силы тока нагрузки снимается по точкам в схеме на рисунке 14 и сразу видна на экране осциллографа в схеме на рисунке 16. В зависимости от коэффициента отклонения осциллографа по оси X и тока срабатывания электронного предохранителя выбирают сопротивление резистора R7. На рисунках 14 и 16 сопротивление резистора R7 указано для коэффициента отклонения осциллографа по оси X, равного 20 мВ/дел (осциллограмма может занимать 8 делений по горизонтали), и тока срабатывания электронного предохранителя 150мА. При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение всех его элементов.

Литература: 1; 11; 12; 34.

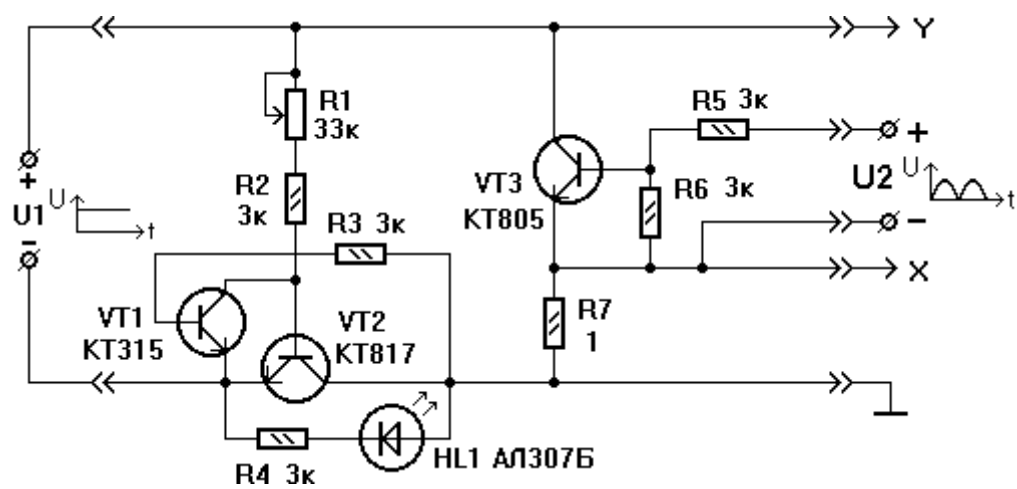


Рис. 16

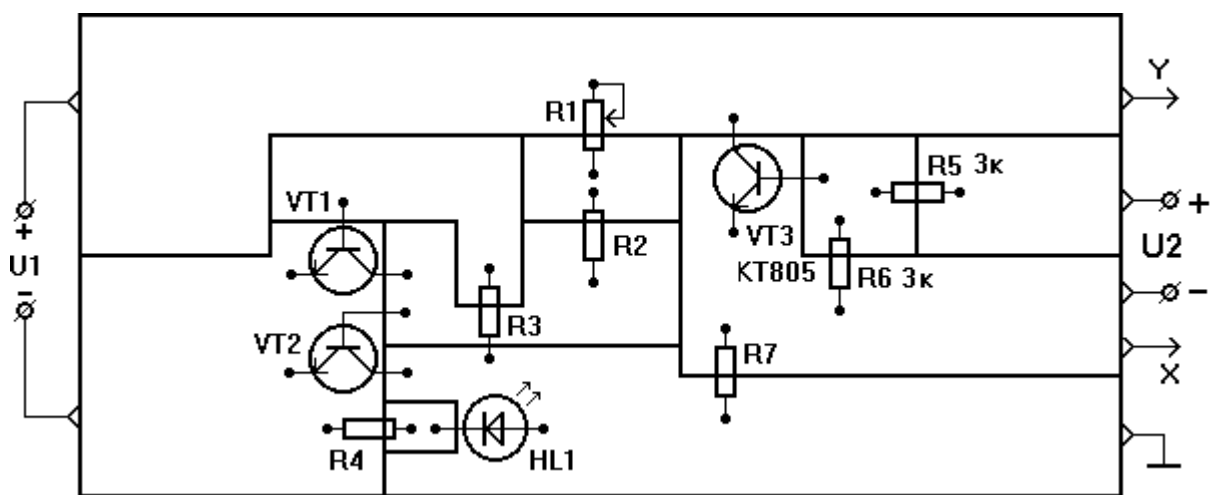


Рис.17

8. Устройство для исследования мягкого режима самовозбуждения LC-генератора синусоидальных колебаний.

Цель: зарисовать осциллограммы напряжения на выходе LC-генератора синусоидальных колебаний при подключении к нему источника питания.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебный стенд для исследования мягкого режима самовозбуждения LC-генератора синусоидальных колебаний.

Принципиальная схема устройства для наблюдения мягкого режима самовозбуждения LC-генератора синусоидальных колебаний приведена на рисунке 18, а монтажная - на рисунке 19. На рисунке 20 изображена упрощенная схема, позволяющая объяснить алгоритм работы устройства.

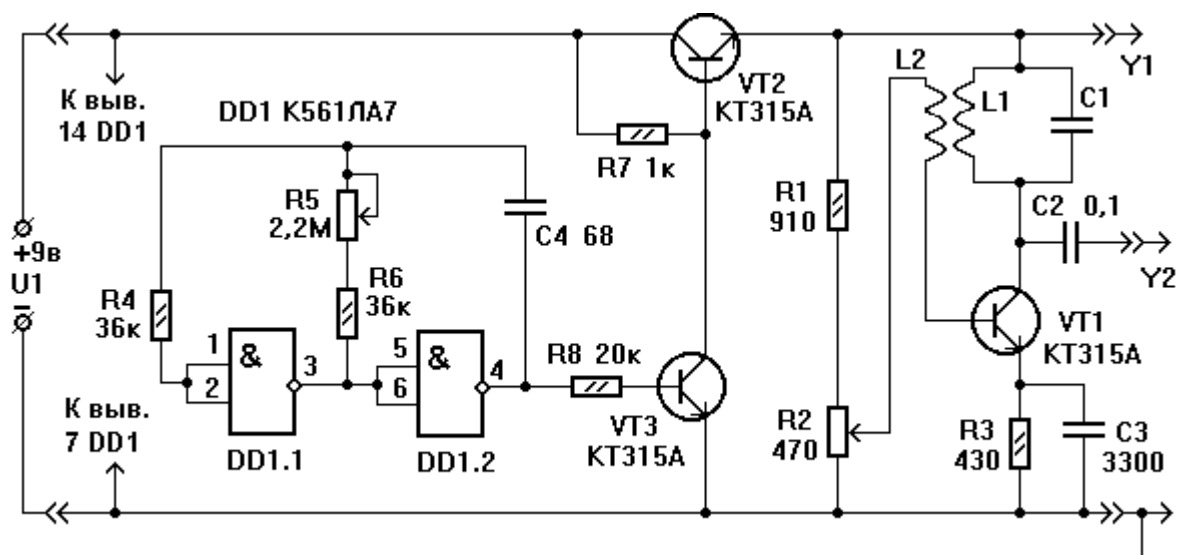


Рис. 18

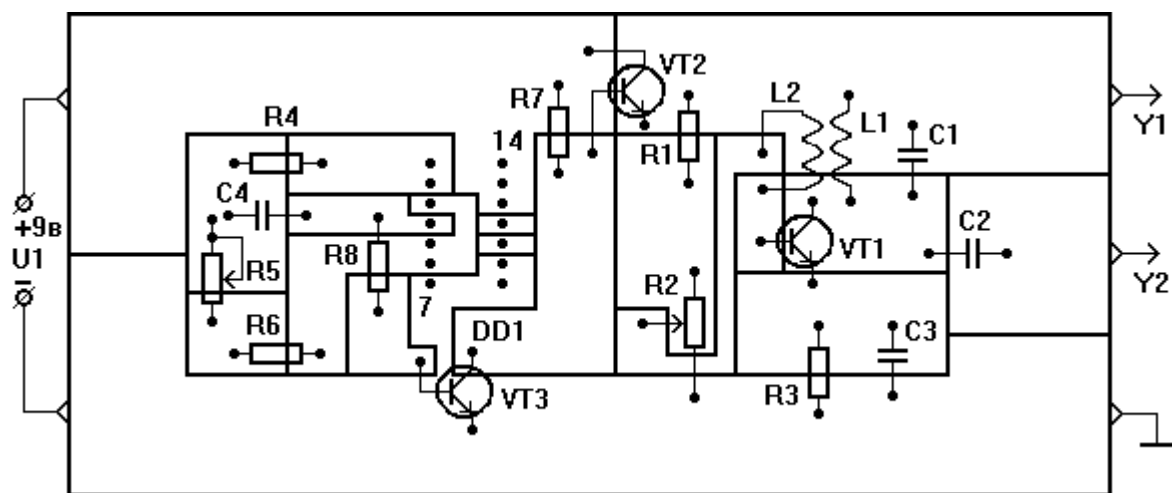


Рис. 19

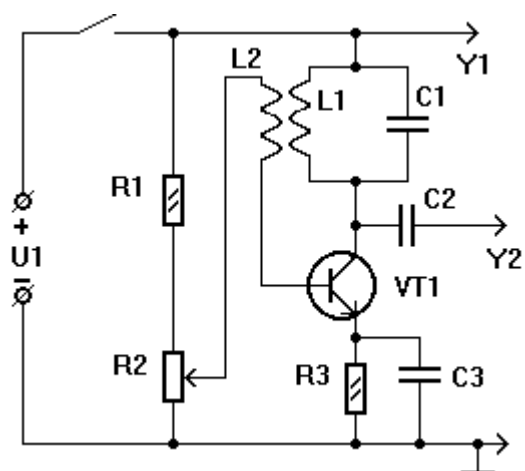


Рис. 20

Транзистор VT2 выполняет роль электронного ключа, периодически подающего напряжение питания на LC-генератор. Режим работы LC-генератора задается с помощью переменного резистора R2. В ходе демонстрации зарисовывают осциллограмму напряжения, снимаемого с коллектора транзистора VT1, располагая ее под осциллограммой напряжения питания LC-генератора. Частоту генератора прямоугольных импульсов напряжения на логических элементах DD1.1, DD1.2 выбирают так, чтобы на экране осциллографа видеть

достаточное число периодов при установлении колебаний в LC-генераторе. Изменяя расстояние между катушками L1 и L2, показывают, что амплитуда генерируемых синусоидальных колебаний изменяется плавно. При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение всех его элементов.

Литература: 9; 11; 12; 34; 43; 44; 71.

9. Устройство для исследования жесткого режима самовозбуждения LC-генератора синусоидальных колебаний.

Цель: зарисовать осциллограммы напряжения на выходе LC-генератора синусоидальных колебаний при подключении к нему источника питания.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебный стенд для исследования жесткого режима самовозбуждения LC-генератора синусоидальных колебаний.

Принципиальная схема устройства для исследования жесткого режима са-

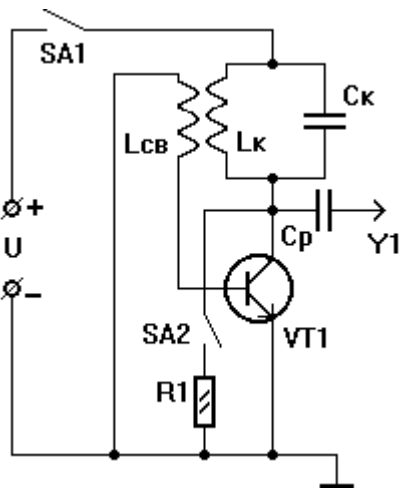


Рис. 21

мовозбуждения LC-генератора синусоидальных колебаний приведена на рисунке 22, а монтажная - на рисунке 23. На рисунке 21 изображена упрощенная схема, позволяющая объяснить жесткий режим самовозбуждения генератора. При замыкании ключа SA1 и разомкнутом ключе SA2 колебания в LC-генераторе не возбуждаются, так как напряжение база-эмиттер транзистора равно нулю и он закрыт. Если замкнуть на короткое время ключ SA2, то в контур через резистор малого сопротивления R1 поступит порция энергии и начнутся колебания. Транзистор будет периодически открываться напряжением с

катушки связи и колебания станут незатухающими. Число витков катушки связи при исследовании жесткого режима самовозбуждения LC-генератора должно быть большим, чем при исследовании мягкого режима самовозбуждения с тем же самым транзистором. Транзистор VT4 в схеме на рисунке 22 выполняет функции ключа SA2 в схеме на рисунке 21. Эталонный резистор R14 позволяет исследовать зависимость силы тока эмиттера от времени при самовозбуждении LC-генератора. Емкости конденсаторов C1, C2, C4 выбирают с учетом резонансной частоты колебательного контура. При увеличении расстояния между катушками L1 и L2 амплитуда генерируемых колебаний скачком уменьшается до нуля.

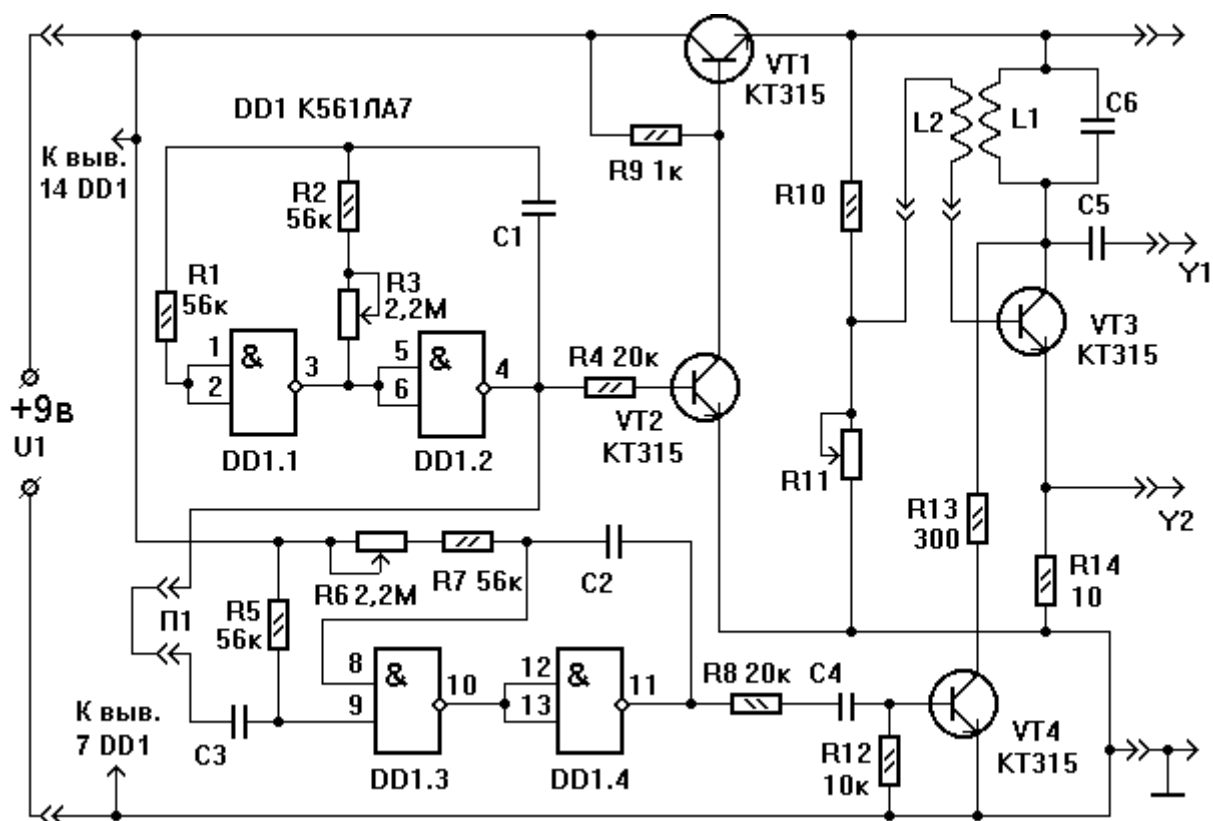


Рис. 22

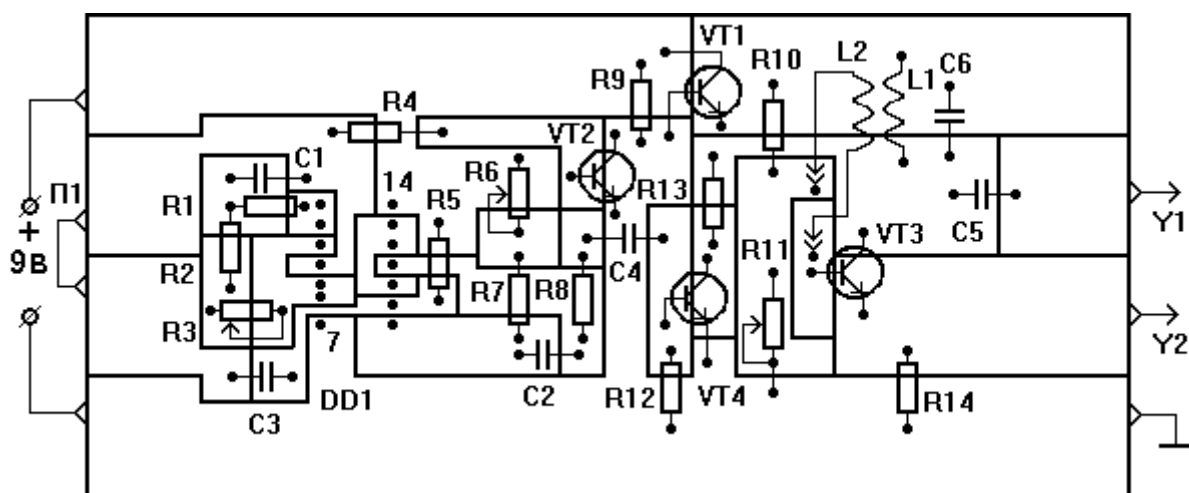


Рис. 23

В ходе демонстрации зарисовывают осциллограммы напряжения питания LC-генератора, напряжений с коллекторов транзисторов VT3, VT4 и резистора R14. При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение всех его элементов.

Литература: 9; 11; 12; 34; 43; 44; 71.

10. Цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) в характериографе для транзисторов.

Цель: продемонстрировать преобразование цифрового кода в электрический ток.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двух-лучевой электронный осциллограф, характериограф для транзисторов.

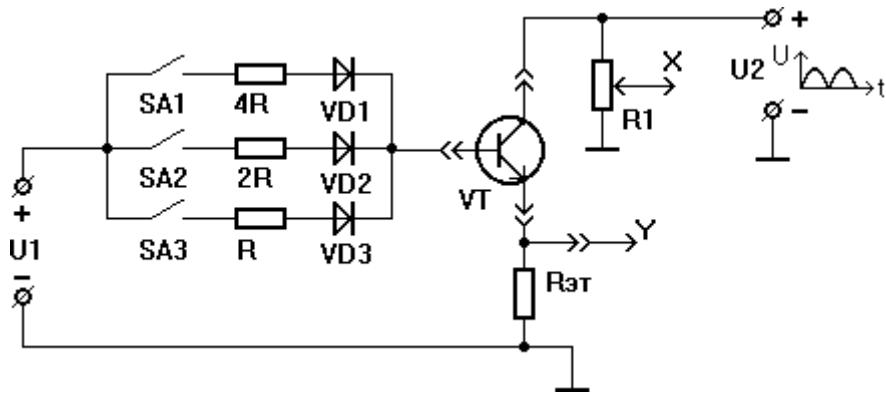


Рис. 24

На рисунке 24 приведена упрощенная схема, поясняющая принцип получения на экране осциллографа семейства выходных характеристик биполярного транзистора в схеме включения с общим эмиттером. На рисунках 25 и 26 приведены принципиальные схемы двух вариантов характериографов, а на рисунке 27 - монтажная плата второго из них.

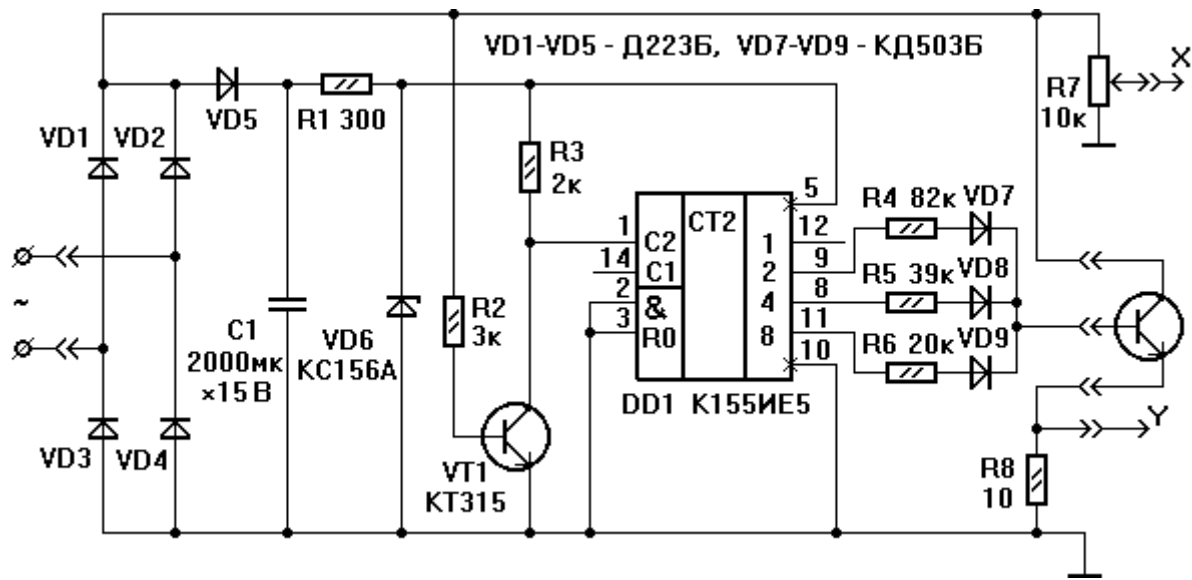


Рис. 25

Коэффициент отклонения осциллографа по оси Y выбирают наименьшим (максимальная чувствительность). Сопротивление «весовых» резисторов в цепи

базы определяют, исходя из допустимых токов коллектора и предполагаемых коэффициентов усиления исследуемых транзисторов.

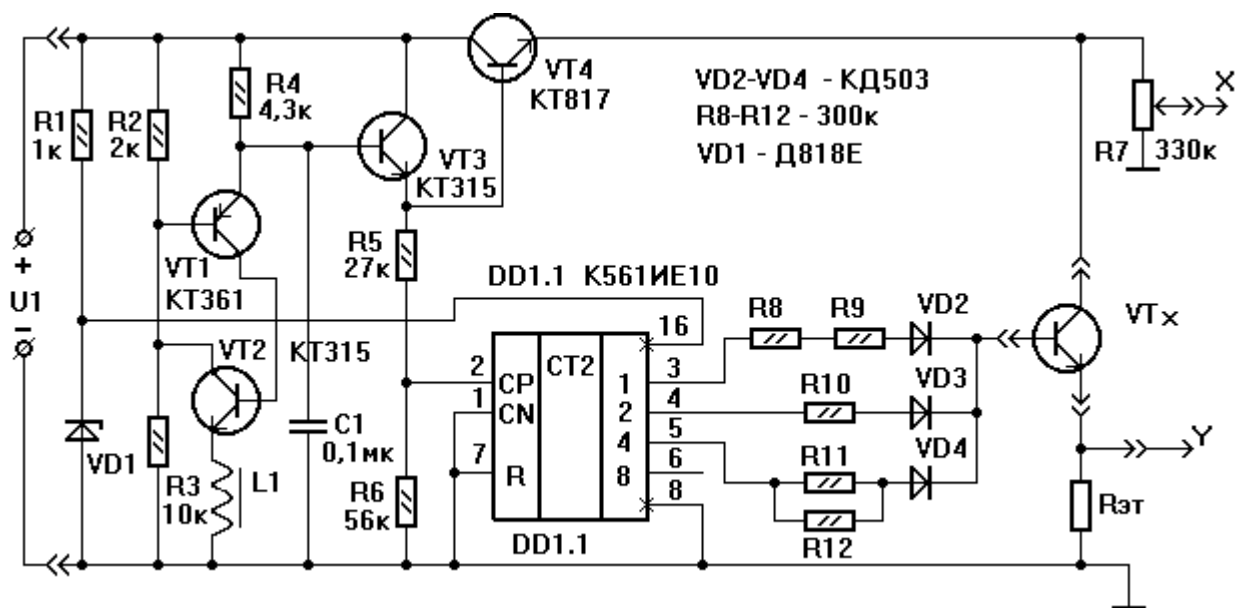


Рис. 26

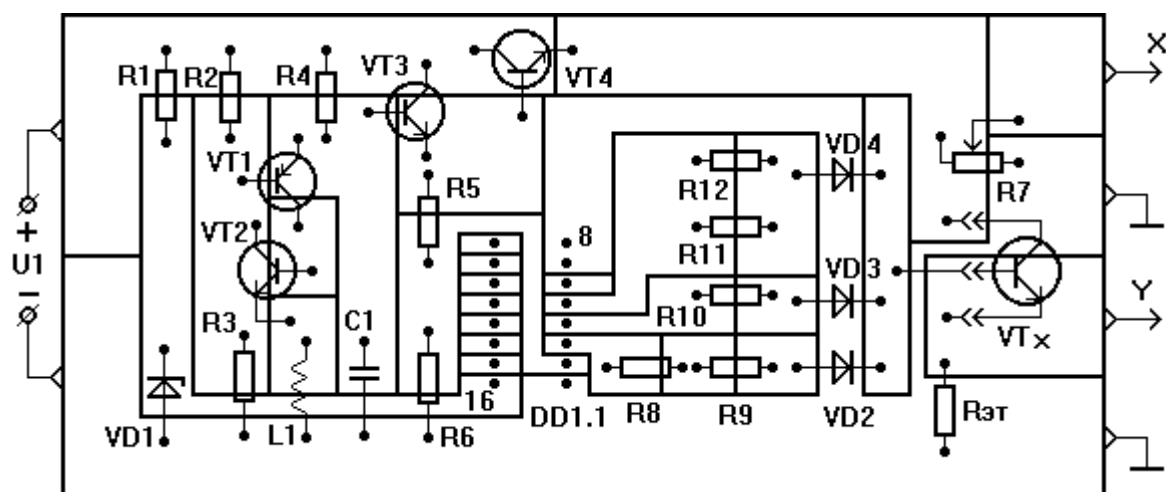


Рис. 27

В ходе демонстрации зарисовывают семейство выходных характеристик транзистора, зависимость силы тока эмиттера, силы тока базы и напряжение база-эмиттер транзистора как функции времени. Для наблюдения зависимости силы тока базы от времени коллектор транзистора отключают от схемы и увеличивают сопротивление резистора в цепи эмиттера, с которого сигнал подается на вход Y.

Литература: 11; 12; 22; 23; 24; 34; 43; 44; 71.

11. Устройство для наблюдения на экране осциллографа динамической выходной характеристики биполярного транзистора в схеме включения с общим эмиттером.

Цель: продемонстрировать влияние сопротивления нагрузки и напряжения питания на динамическую выходную характеристику транзистора.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, учебный стенд для наблюдения на экране осциллографа динамической выходной характеристики биполярного транзистора в схеме включения с общим эмиттером.

Принципиальная схема устройства для наблюдения на экране осциллографа динамической выходной характеристики биполярного транзистора в схеме включения с общим эмиттером приведена на рисунке 29, а его монтажная схема - на рисунке 30. На рисунке 28 приведена упрощенная схема устройства, позволяющая понять принцип его работы. Переключатель SA4 подключает коллектор транзистора либо непосредственно к источнику пилообразного напряжения (на экране осциллографа получаются зависимости силы тока коллектора от напряжения коллектор-эмиттер при фиксированных значениях токов базы), либо через резистор R_K к источнику постоянного напряжения (на экране осциллографа получаются точки выходной динамической характеристики).

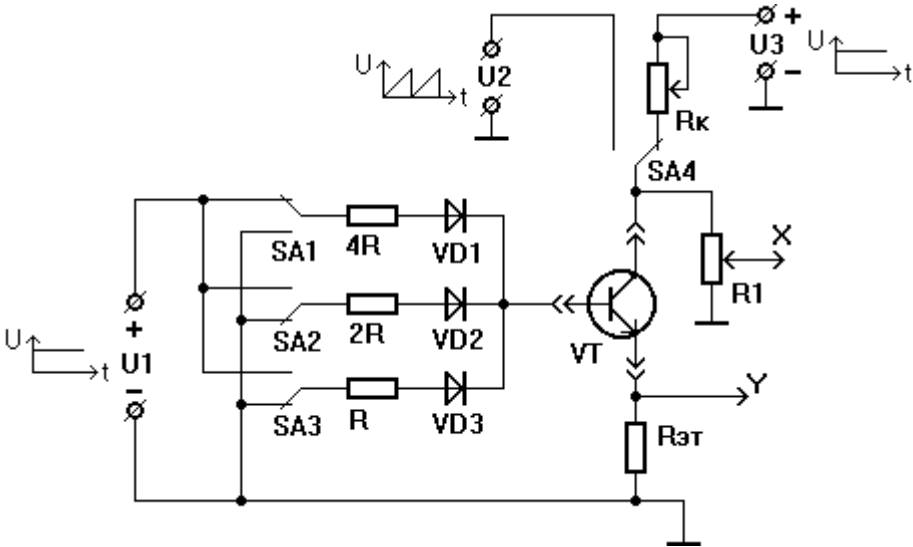


Рис. 28

Переключателями SA1-SA3 задаются восемь различных значений тока базы. Таким образом, мы наблюдаем на экране осциллографа семейство выходных характеристик транзистора и динамическую характеристику, построенную по точкам.

Литература: 11; 12; 29; 34; 44; 71.

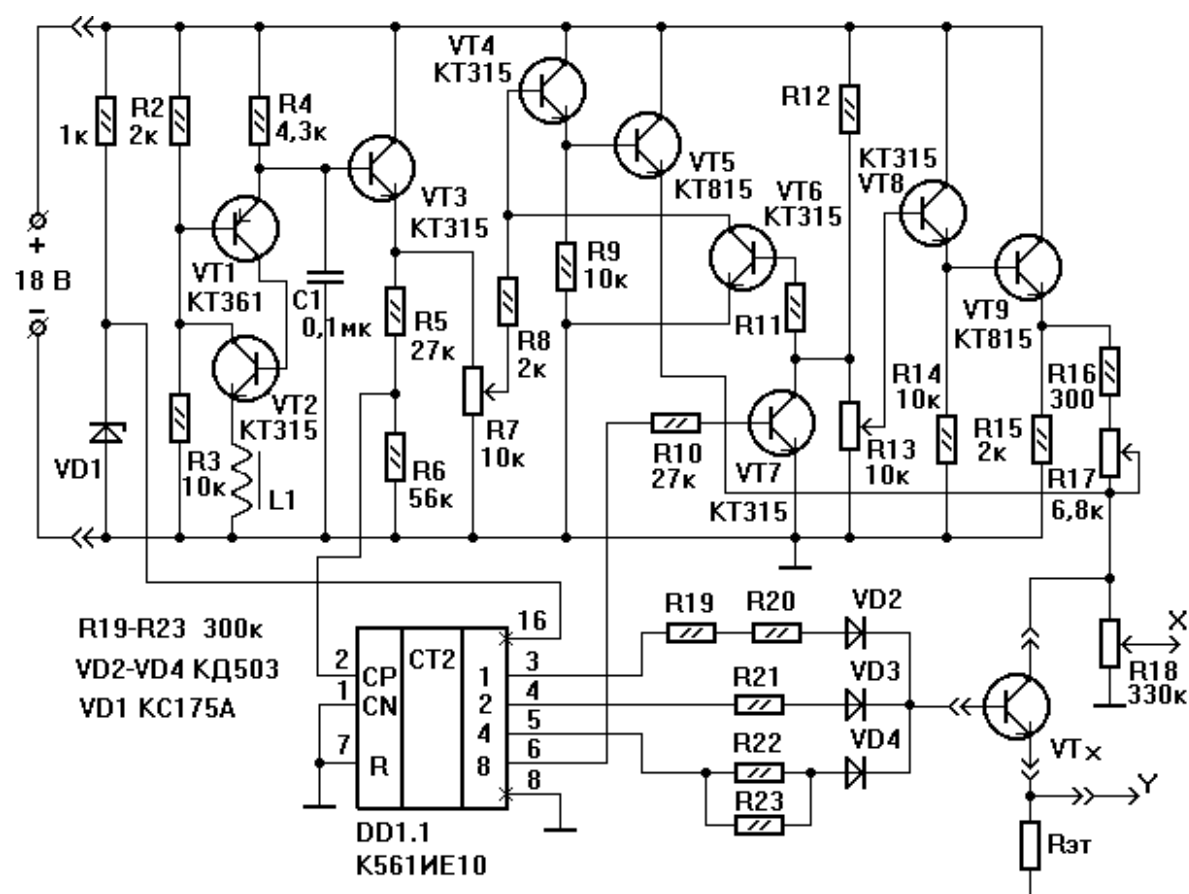


Рис. 29

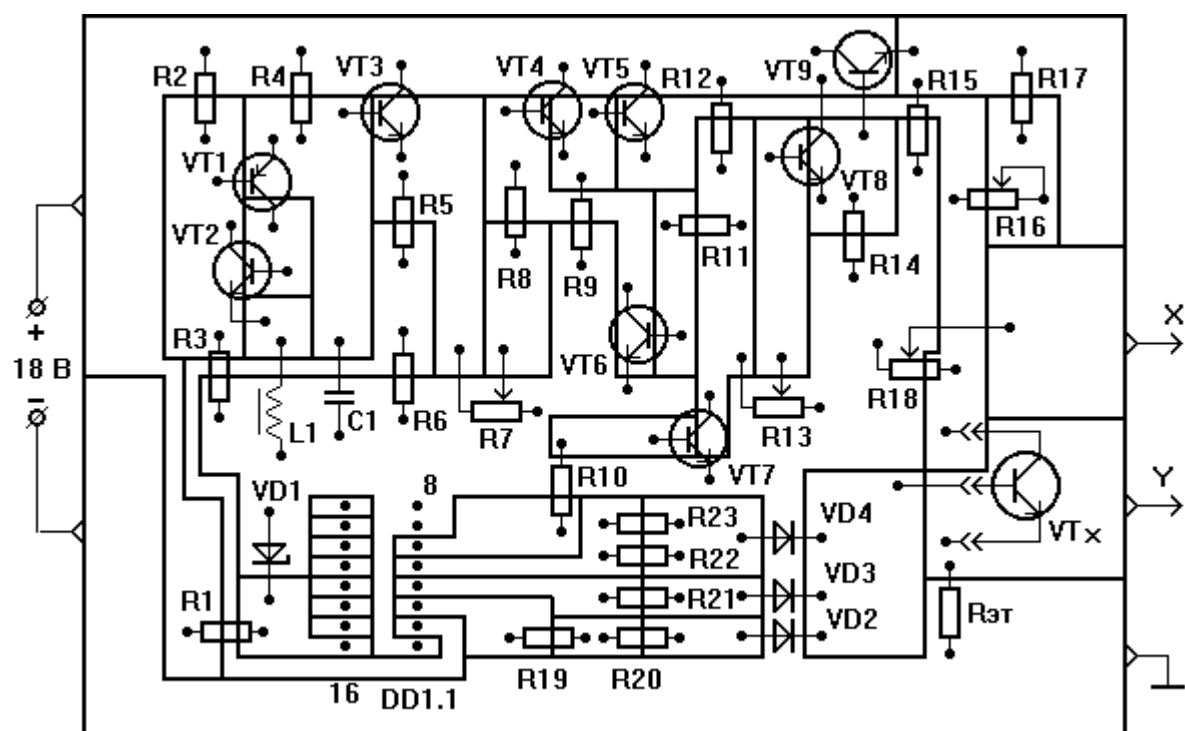


Рис. 30

12. Зависимость емкости р-п перехода от обратного напряжения.

Цель: продемонстрировать несколько вариантов измерения емкости р-п перехода при различных значениях обратного напряжения; показать влияние способа измерения на точность результата.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, набор диодов и транзисторов для исследования, прибор для измерения емкости Е12-1, конденсатор емкостью 0,1мкФ, резисторы 75-200кОм (2 шт.), катушка индуктивности (самодельная), генератор синусоидальных колебаний на диапазон частот 2-200кГц, конденсатор переменной емкости с воздушным диэлектриком.

Исследуемый р-п переход подключается так, как показано подключение диода VD1 на рисунке 31. Миллиамперметр измеряет силу тока, протекающего через р-п переход при обратном напряжении, подаваемом от источника постоянного напряжения. Это напряжение должно быть меньше амплитуды переменного напряжения, поступающего на р-п переход через конденсатор C1 от измерителя емкости.

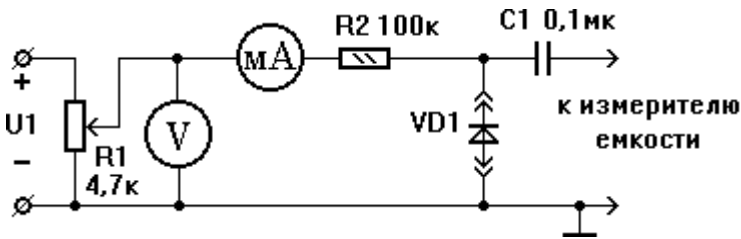


Рис. 31

На рисунках 32 и 33 приведены схемы, позволяющие сравнить емкость р-п перехода с емкостью конденсатора переменной емкости C2. От источника переменного напряжения U1 подается напряжение неизменной амплитуды раз-

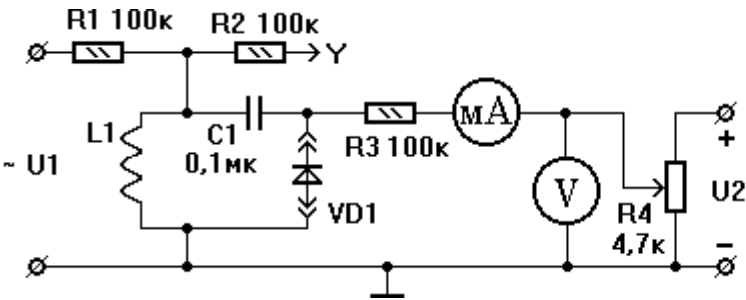


Рис. 32

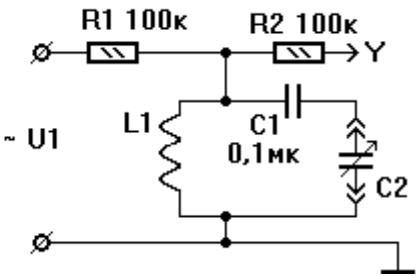


Рис.33

личной частоты. Так определяется резонансная частота контура, образованного катушкой индуктивности L1, конденсатором C1 и р-п переходом диода VD1. Затем вместо диода VD1 подключают конденсатор переменной емкости, на генераторе устанавливают полученное ранее значение резонансной частоты и колебательный контур L1C1C2 настраивают конденсатором C2 на резонансную частоту. После этого, не вращая ротор конденсатора переменной емкости, измеряют его емкость с помощью измерителя емкости Е12 - 1. Емкость кон-

денсатора с воздушным диэлектриком не зависит от приложенного к нему напряжения, а емкость р-п перехода зависит от приложенного напряжения. Переменное напряжение, прикладываемое к р-п переходу при измерении емкости по схеме рисунка 32, может быть выбрано существенно меньше переменного напряжения, прикладываемого к р-п переходу при измерении по схеме рисунка 31. Структурная схема измерительного прибора Е12-1 приведена на рисунке 34. В ходе демонстрации необходимо объяснить принцип его работы и назначение всех блоков.

Литература: 12; 34; 44; 52; 53.

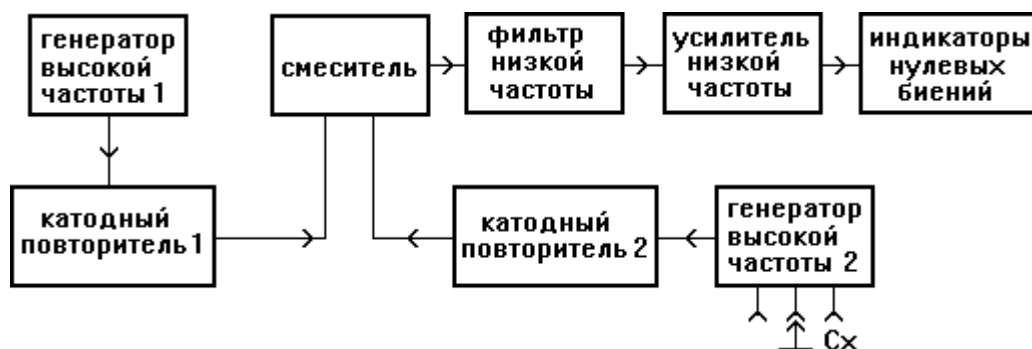


Рис. 34

13. Феррозондовый датчик магнитного поля (демонстрации с датчиком и с устройством, моделирующим феррозондовый датчик).

Цель: продемонстрировать работу феррозондового датчика магнитного поля; собрать электромеханическую модель феррозондового датчика магнитного поля, облегчающую понимание принципа работы датчика.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, феррозондовый датчик магнитного поля, постоянный магнит, катушка на 220В и ярмо сердечника от универсального школьного трансформатора.

На рисунке 35 приведена схема, поясняющая устройство феррозондового датчика магнитного поля. Датчик состоит из двух ферромагнитных сердечников, на каждом из которых имеется модулирующая обмотка. Обмотки включены последовательно таким образом, что создаваемые ими переменные магнитные потоки сдвинуты на 180° . Оба сердечника с модулирующими обмотками охватывает измерительная обмотка. Модулирующие обмотки питаются от источника переменного напряжения. Через них должен протекать ток, соответствующий напряженности переменного магнитного поля в 3-5 раз большей напряженности насыщения (см. рис. 36). На рисунке 36 приведена зависимость магнитной индукции внутри сердечника от напряженности магнитного поля

$B=f(H)$, зависимости напряженности магнитного поля и дифференциальной магнитной проницаемости от времени. В ту часть периода, когда напряженность магнитного поля меньше напряженности насыщения, магнитная проницаемость сердечника велика (в тысячу - сто тысяч раз больше магнитной проницаемости вакуума), а в ту часть периода, когда напряженность магнитного поля больше напряженности насыщения, магнитная проницаемость резко уменьшается. Если поместить датчик в постоянное магнитное поле, то условно можно считать, что в это поле дважды за период переменного тока возбуждения вносится концентратор поля и в измерительной обмотке наводится ЭДС.

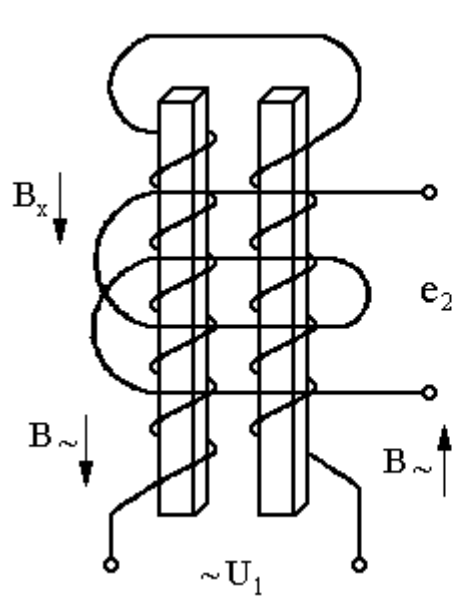


Рис. 35

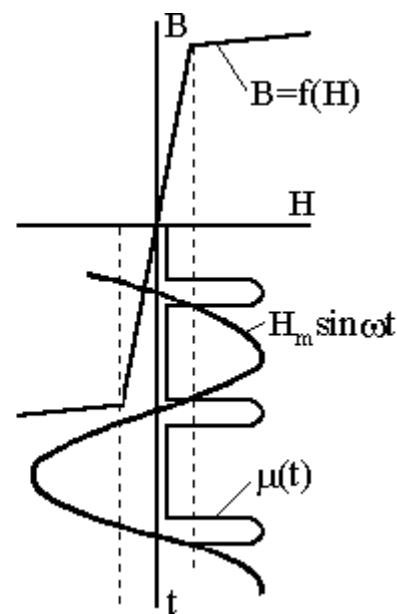


Рис. 36

Понять принцип работы датчика позволяет следующий опыт (электро-механическая модель). На краю стола располагают катушку индуктивности на 220В от универсального трансформатора, выводы которой подключают ко входу У осциллографа. Если вдвигать и выдвигать ярмо сердечника из катушки, то ЭДС наводится не будет. Если же расположить постоянный магнит снизу стола под катушкой и снова вдвигать и выдвигать ярмо сердечника из катушки, то в ней будет наводиться ЭДС, фиксируемая осциллографом.

В ходе демонстрации показывают электро-механическую модель датчика, возможность обнаружения с помощью датчика магнитного поля постоянного магнита и магнитного поля катушки с током. Обращают внимание на то, что ось датчика должна быть параллельна вектору магнитной индукции исследуемого поля.

Литература: 34; 41; 43; 44.

14. Металлоискатель.

Цель: продемонстрировать обнаружение металлических предметов с помощью металлоискателя.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, самодельный металлоискатель.

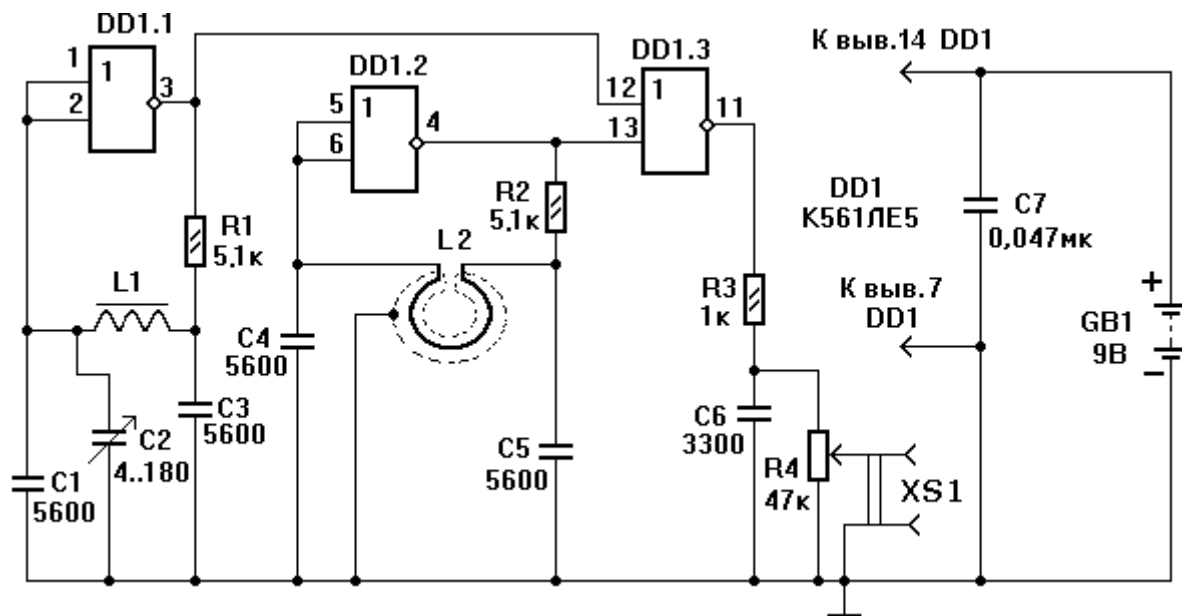


Рис. 37

Металлоискатель (рисунок 37) предназначен для обнаружения металлических предметов под покровом снега или грунта. Принцип работы большинства металлоискателей основан на сравнении частот двух генераторов. Сигнал одного из генераторов используется в качестве опорной частоты, а в состав колебательного контура второго генератора входит поисковая катушка индуктивности. Сигналы с обоих генераторов подаются на смеситель, на выходе которого выделяется сигнал разностной частоты. Сигнал разностной частоты обычно подается на головные телефоны. Если поисковая катушка приближается к металлическому предмету, то частота второго генератора изменяется и изменяется тональность звука в головных телефонах.

В ходе проведения демонстрации показывают возможность обнаружения ферромагнитных и диамагнитных металлов. При объяснении принципа работы металлоискателей [2; 17] необходимо указать назначение всех элементов, обратив особое внимание на конструкции измерительных (поисковых) катушек, а также отметить, почему можно отличить ферромагнитный материал от диамагнитного.

Литература: 2; 17; 49; 56; 70.

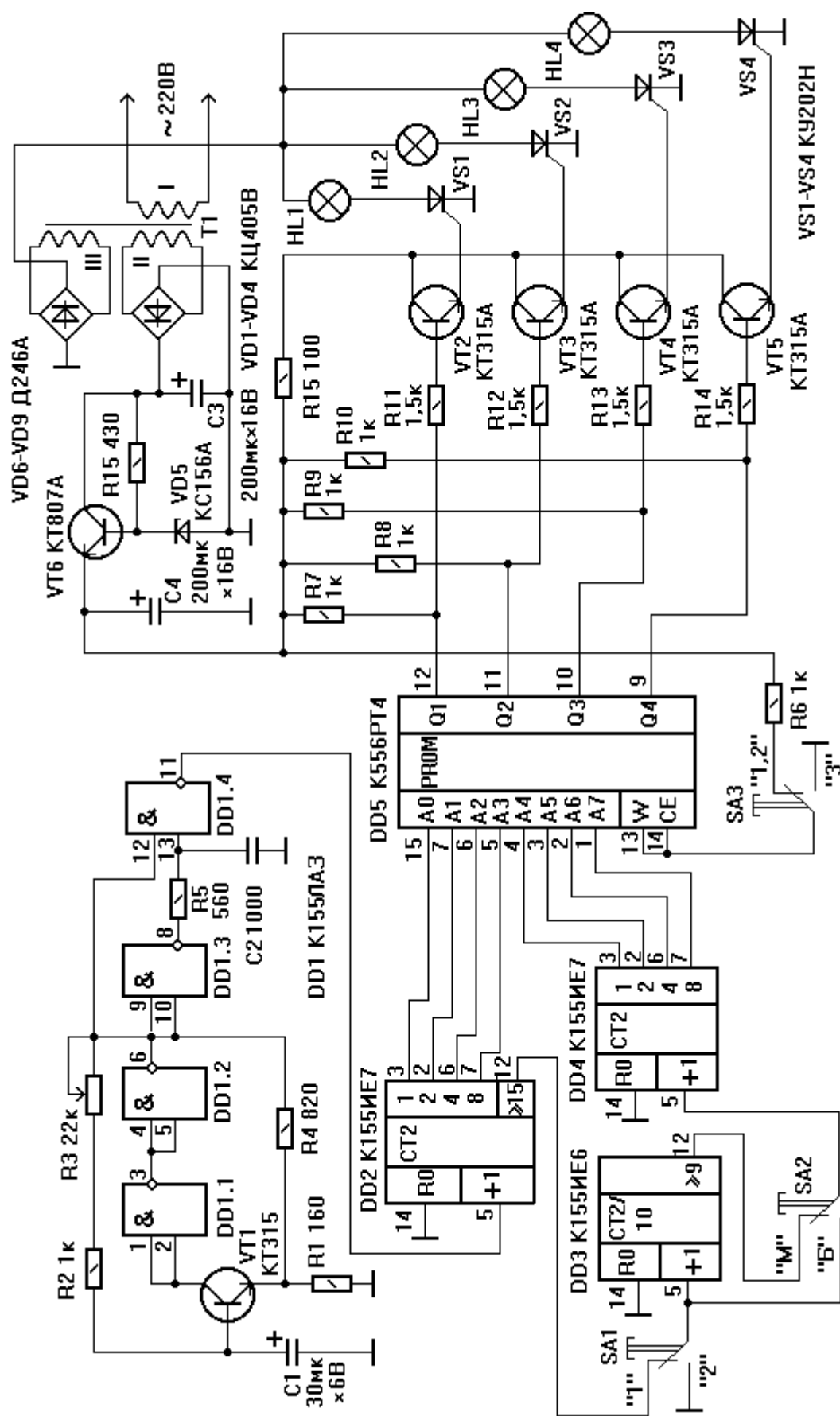


Рис. 38

15. Автомат световых эффектов.

Цель: продемонстрировать работу автомата световых эффектов по программам, записанным в ПЗУ.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, автомат световых эффектов.

Автомат световых эффектов (рисунок 38) рассчитан на шестнадцать программ, каждая из которых состоит из шестнадцати световых комбинаций. Автомат имеет три режима работы. В первом режиме осуществляется автоматический перебор всех программ (с 10-кратным повторением или без повторения), во втором - идет непрерывное повторение одной программы, а в третьем режиме можно проверить исправность всех лампочек.

На транзисторе VT1, логических элементах DD1.1, DD1.2 собран генератор прямоугольных импульсов, а на элементах DD1.3, DD1.4 - формирователь коротких прямоугольных импульсов отрицательной полярности. Переменный резистор R3 позволяет изменять частоту смены световых эффектов. Счетчик DD2 обеспечивает перебор шестнадцати световых эффектов одной программы, а счетчик DD4 обеспечивает последовательный выбор каждой из шестнадцати программ. Счетчик DD3 позволяет одну из программ световых эффектов повторить 10 раз. Программы световых эффектов записаны в постоянном запоминающем устройстве (микросхема DD5) с пережигаемыми перемычками. Программирование микросхемы ПЗУ осуществляется потребителем с помощью специального программатора, который может быть изготовлен самостоятельно. Для управления тиристорами VS1-VS4 используются транзисторы VT2-VT5.

В ходе демонстрации показывают все режимы работы автомата световых эффектов. При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение всех его элементов и способы их расчета.

Литература: 4; 17; 50.

16. Музыкальный автомат.

Цель: продемонстрировать работу двух вариантов музыкальных автоматов.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, два варианта самодельных музыкальных автоматов.

Первый вариант музыкального автомата состоит из двух функциональных блоков (рисунок 39) - блока формирования нот с усилителем и блока формирования цифровой последовательности нот. В блоке формирования нот частота ноты определяется сопротивлением одного из резисторов R7-R21. Сопротивление этих резисторов подбирают экспериментально, измеряя частоту колебаний, получаемых с выхода мультивибратора.

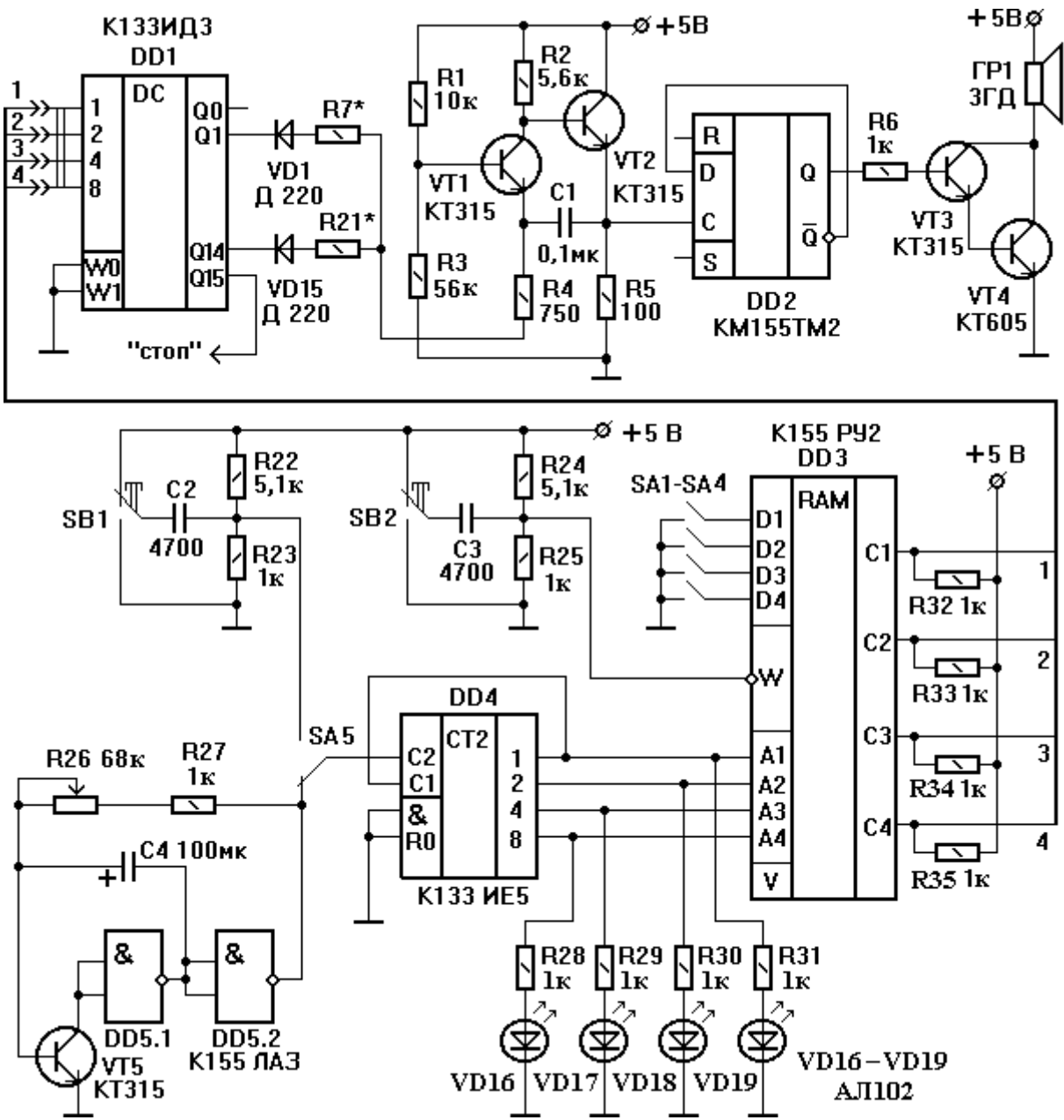


Рис. 39

Блок формирования цифровой последовательности нот может быть выполнен в двух вариантах - с использованием ОЗУ и с использованием ПЗУ. В схеме рисунка 39 применен блок с ОЗУ. В данном музыкальном автомате имеется возможность заменить блок с ОЗУ на блок с ПЗУ. В ячейках памяти ОЗУ или ПЗУ записаны коды нот. Во втором варианте музыкального автомата (рис. 40) в ячейках памяти записаны коэффициенты деления частоты сигнала задающего генератора, что обеспечивает лучшую стабильность частоты колебаний разных нот.

Литература: 17; 65.

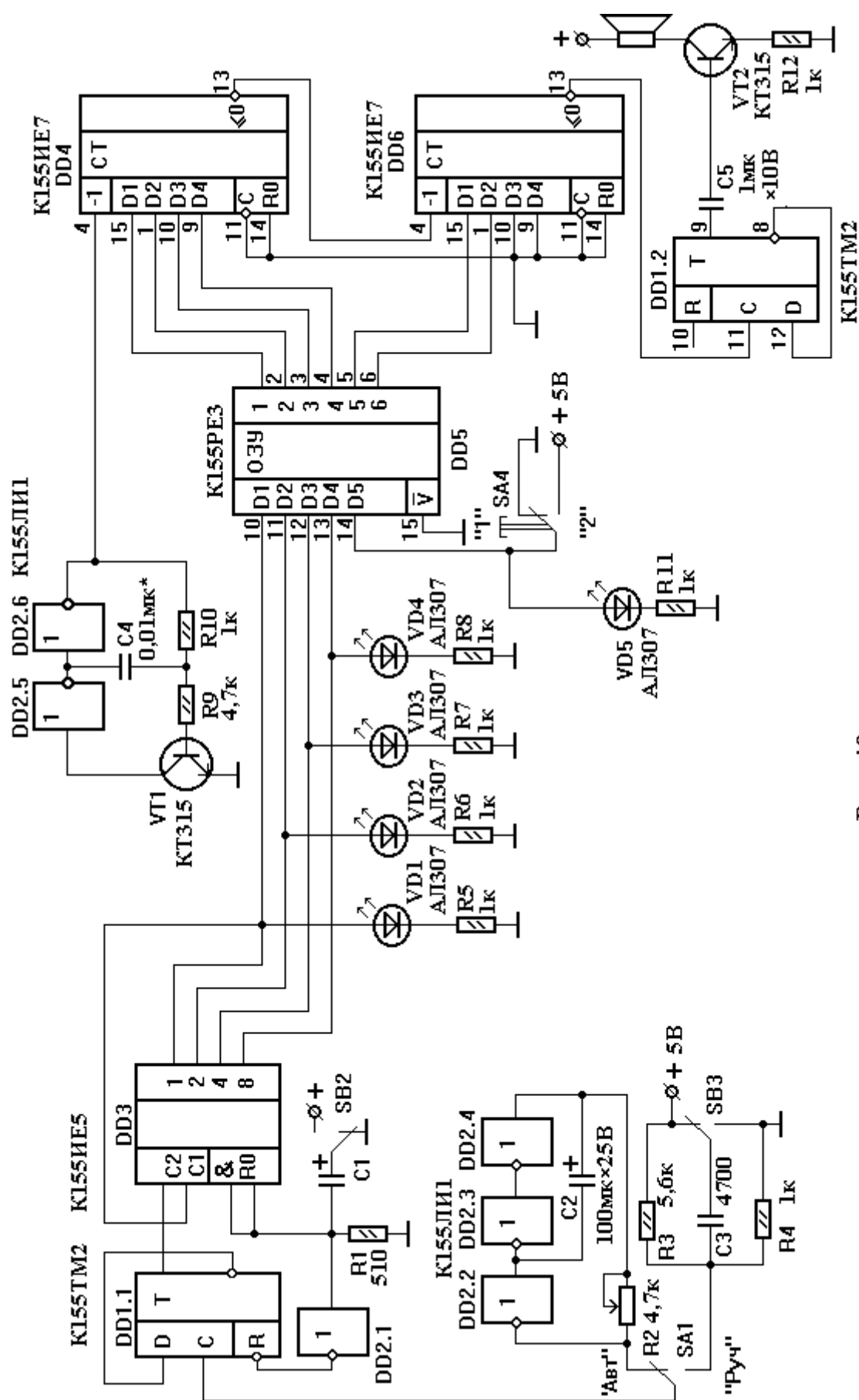


Рис. 40

17. Электронные коммутаторы к осциллографу.

Цель: познакомиться с несколькими вариантами электронных коммутаторов к осциллографу; продемонстрировать работу одного из них в двух режимах.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, самодельный электронный коммутатор к осциллографу.

Принципиальная схема одного из вариантов электронного коммутатора к осциллографу приведена на рисунке 41. Исследуемые сигналы подаются на входы двух усилителей, которые работают поочередно. Работой усилительных каскадов управляют прямоугольные импульсы напряжения, подаваемые в противофазе к точкам *a* и *б* относительно общего провода. Прямоугольные импульсы напряжения можно подавать с мультивибратора, схема которого приведена в [15], или с мультивибратора с корректирующими диодами (с. 19 настоящего пособия). Режим работы усилителей по постоянному току задает резистор R5. Линии развертки в этом варианте получаются не сплошные, как у однолучевого осциллографа, а прерывистые.

Прямоугольные импульсы напряжения для управления электронным коммутатором можно получить с триггерного устройства, схема которого приведена на рисунке 42. Триггер переключается импульсами, поступающими с формирователя импульсов на транзисторах VT3-VT5. На вход формирователя импульсов подается пилообразное напряжение с генератора развертки осциллографа. В этом случае линии развертки первого и второго каналов получаются сплошными (в один период пилообразного напряжения работает левый усилитель коммутатора, а в другой период - правый усилитель).

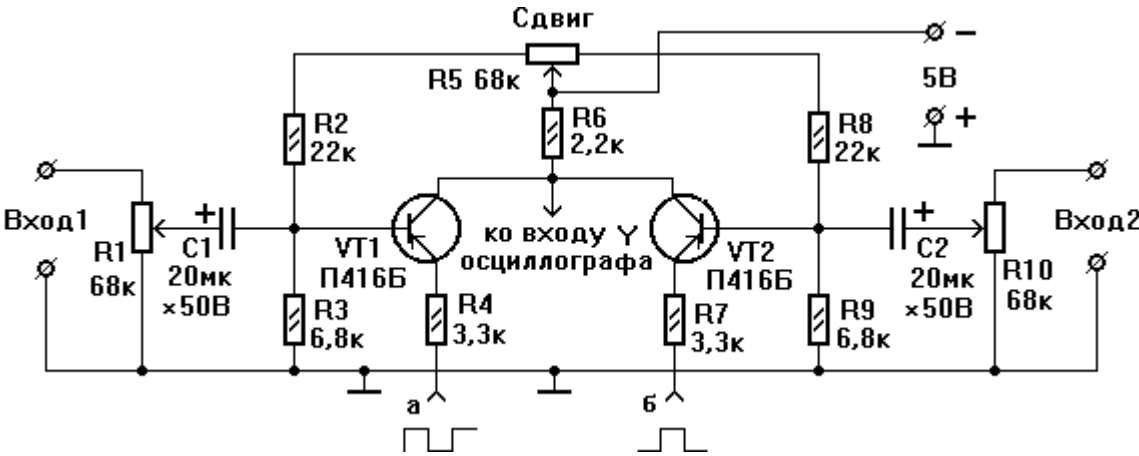


Рис. 41

На рисунке 43 приведена схема еще одного электронного коммутатора, построенного на микросхемах.

Литература: 15; 34; 64; 71.

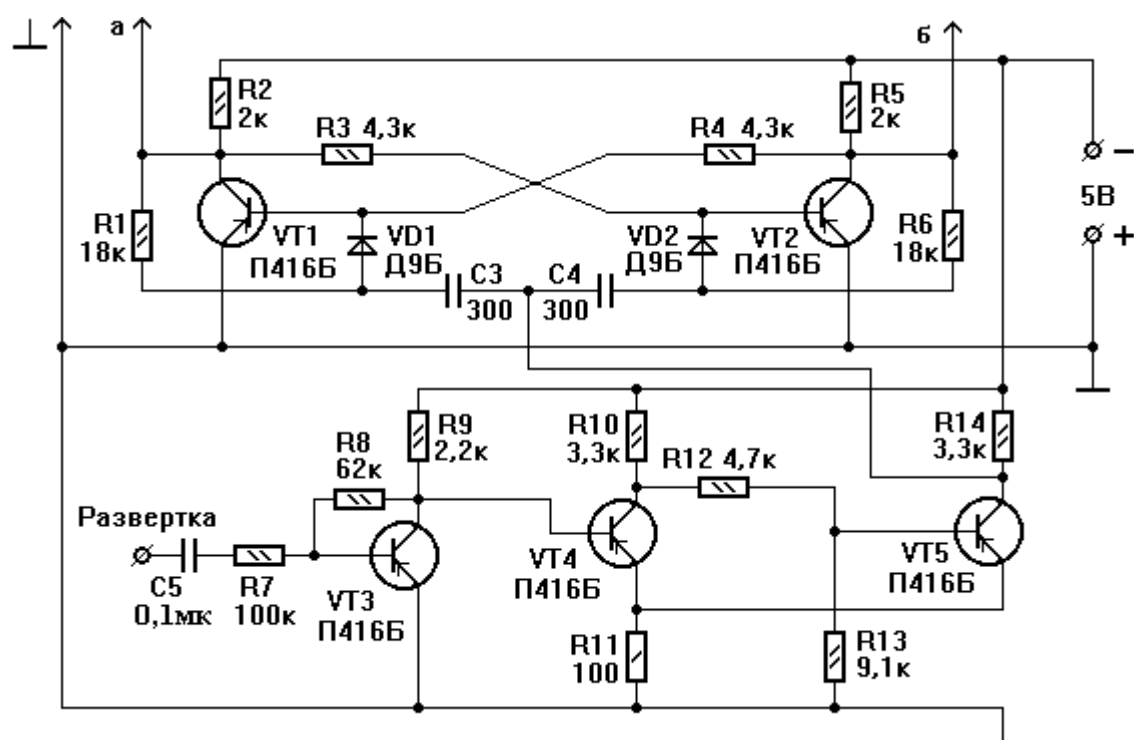


Рис. 42

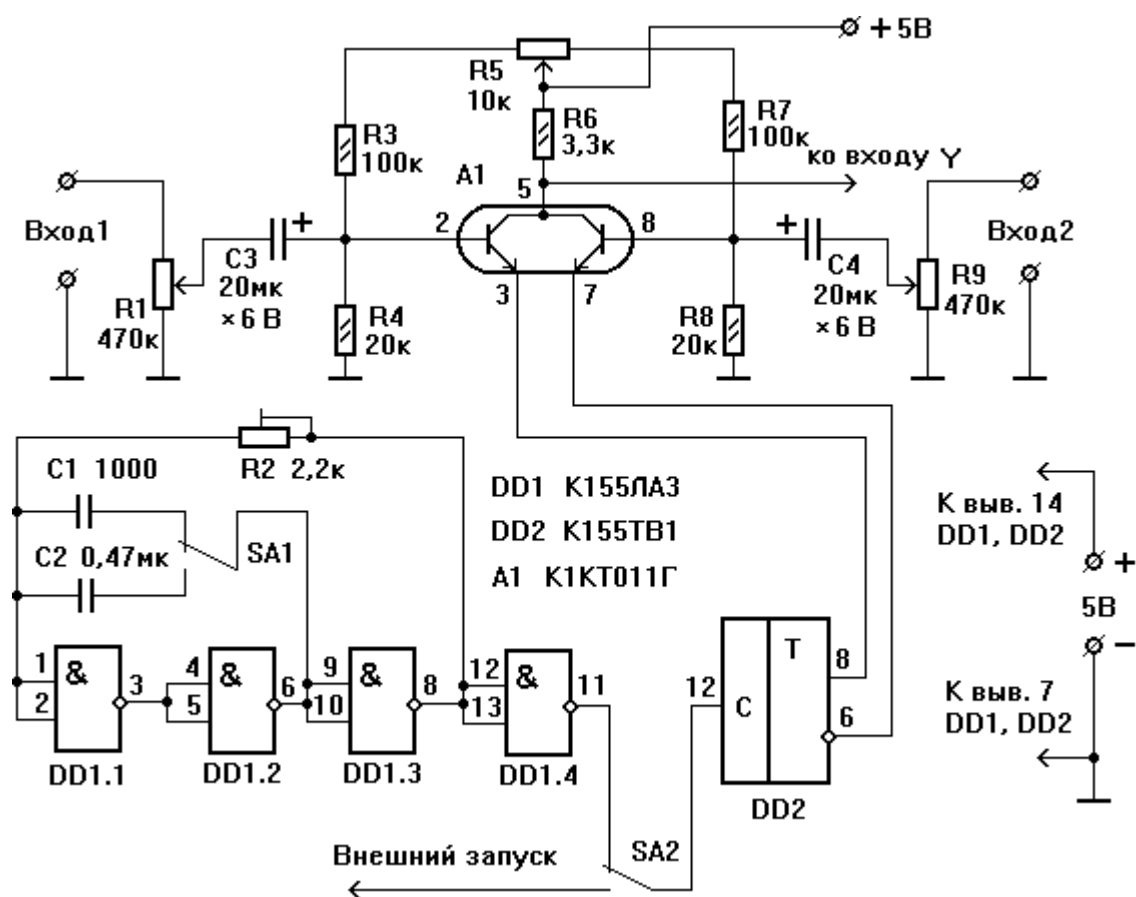


Рис. 43

18. Срабатывание автоматической пробки как электротермического и электромагнитного предохранителей.

Цель: продемонстрировать срабатывание автоматической пробки как электротермического реле при увеличении силы тока нагрузки; показать зависимость времени срабатывания пробки от силы тока.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, автоматическая пробка с патроном, регулятор напряжения школьный (РНШ), трансформатор универсальный (из оборудования школьного кабинета физики), толстый гибкий медный провод, эталонный резистор сопротивлением 0,01 Ом.

На рисунке 44 приведена схема подключения автоматической пробки к осветительной сети. В рабочем состоянии электрический ток протекает по цепи: фазный провод ϕ , неподвижные 9 и подвижные 8 контакты (замкнутые между собой), биметаллическая пластина 1, гибкий проводник 3, обмотка электромагнита 5, электрические лампочки, нулевой провод 0 питающей сети. Если в течение нескольких десятков секунд сила тока, протекающего в цепи, превышает максимально допустимое значение, то биметаллическая пластина 1, изгибаясь, освобождает левый конец рычага 2, удерживающего изолирующий толкатель 7 с подвижными контактами 8. В результате контакты 8 и 9 размыкаются и ток в цепи прекращается. При коротком замыкании цепи происходит практически мгновенное отключение нагрузки за счет того, что якорь 4, притягиваясь к сердечнику электромагнита 5, освобождает правый конец рычага 2. Для возвращения пробки в исходное рабочее состояние необходимо с помощью кнопки (на рисунке не показана) рычаг с толкателем опустить вниз так, чтобы он был захвачен защелками биметаллической пластины и якоря электромагнита.

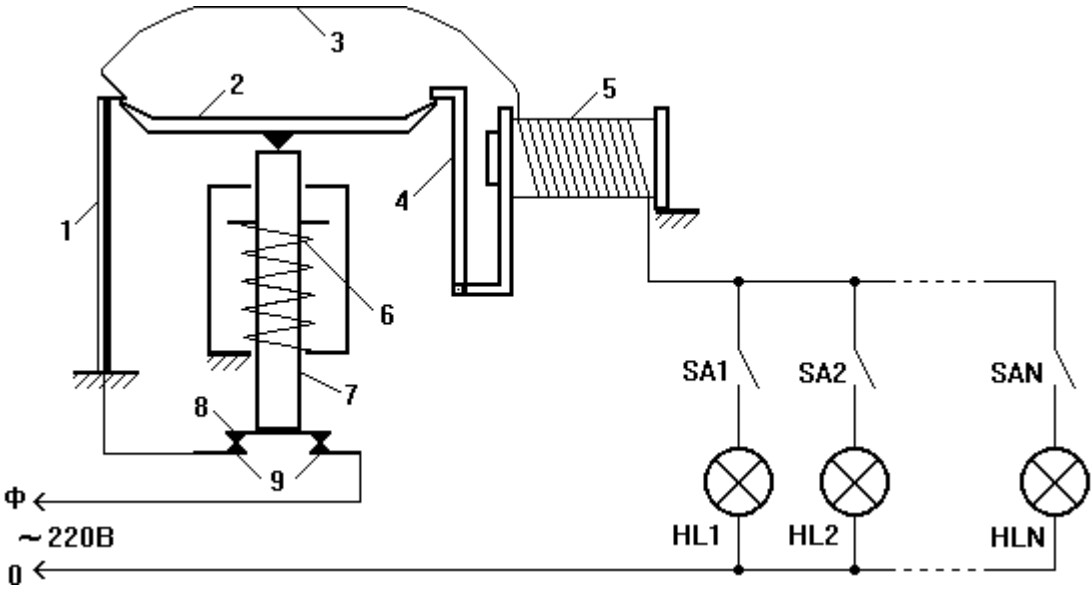


Рис. 44

Для демонстрации срабатывания автоматической пробки как электротермического реле собирают приборы по схеме рисунка 45. Вторичную обмотку универсального трансформатора Т1 изготавливают самостоятельно из толстого медного провода (ее надевают непосредственно на сердечник). Число витков этой обмотки подбирают экспериментально для надежного срабатывания пробки.

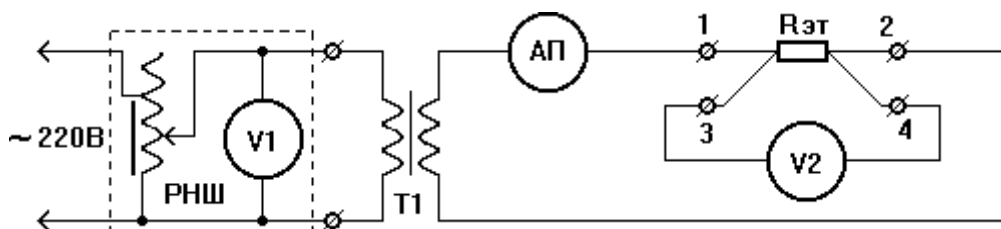


Рис. 45

Сопротивление нагрузки в данной схеме выбрано равным нулю для получения токов во вторичной цепи трансформатора Т1 примерно 20-30А при небольшом питающем напряжении. Силу тока во вторичной цепи трансформатора Т1 изменяют, изменяя напряжение, подаваемое с выхода РНШ на первичную обмотку трансформатора Т1. В качестве эталонного резистора $R_{эт}$ используют катушку сопротивления Р310 с токовыми (1-2) и потенциальными (3-4) зажимами. К потенциальным зажимам подключают вольтметр V2.

Продемонстрировать срабатывание автоматической пробки как электромагнитного предохранителя можно под наблюдением преподавателя, если в лаборатории плавкие вставки предохранителей рассчитаны на допустимые рабочие токи питающей сети. При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение всех его элементов.

Литература: 34; 55; 61.

19. Потенциометрические датчики линейных и угловых перемещений.

Цель: продемонстрировать работу потенциометрических датчиков линейных перемещений, используемых в двухкоординатном самопишущем потенциометре (ПДС-021М).

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, потенциометр двухкоординатный самопишущий ПДС-021М, механическая часть потенциометра с реохордами, магазин сопротивлений (2 шт.), постоянные резисторы (2 шт.).

Потенциометр двухкоординатный самопишущий ПДС-021М предназначен для записи на прямоугольной диаграмме (размером 350х250 мм) графика функциональной зависимости двух величин, преобразованных в постоянное напряжение.

На рисунке 46 приведена схема, поясняющая принцип перемещения пера с чернилом по координате X. Перо жестко связано с подвижным контактом реохорда R_x . Измеряемое напряжение U_x сравнивается с напряжением, снимаемым с нижней части реохорда. Разность между этими напряжениями подается на исполнительное устройство (ИУ), включающее в себя измерительный усилитель и реверсивный электродвигатель. Электродвигатель перемещает подвижную часть реохорда до тех пор, пока измеряемое напряжение не сравняется с напряжением, снимаемым с нижней части реохорда.

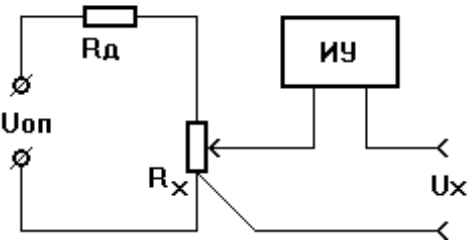


Рис. 46

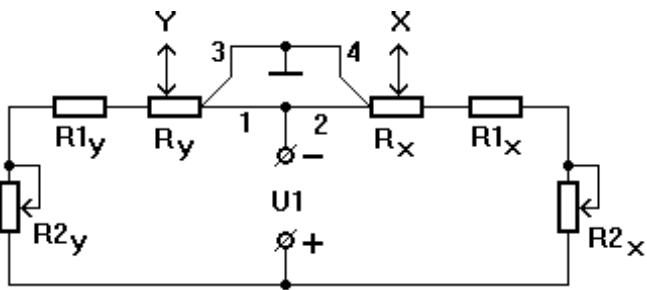


Рис. 47

На рисунке 47 показана схема подключения двух датчиков линейных перемещений R_x и R_y (от потенциометра ПДС-021М) ко входам X и Y осциллографа ОМЛ-3М. Рабочие токи через реохорды устанавливаются резисторами $R1_x$, $R2_x$ для канала X и резисторами $R1_y$, $R2_y$ для канала Y. Проводники 1 и 2 берутся как можно меньшей длины. Реохорды подключаются к корпусу осциллографа проводниками 3 и 4 одинаковой длины. Такое подключение проводников 1-4 позволяет уменьшить их влияние на преобразование перемещения в напряжение.

Перед проведением демонстрации измеряют сопротивление реохордов R_x , R_y и рассчитывают сопротивления резисторов $R1_x$, $R2_x$, $R1_y$, $R2_y$ таким образом, чтобы полное перемещение подвижных частей реохордов соответствовало максимальному перемещению луча в рабочей области экрана осциллографа.

В ходе демонстрации необходимо показать перемещение луча осциллографа по экрану при перемещении подвижных частей реохордов R_x и R_y .

Литература: 34; 41; 55; 71.

20. Регулировка поляризованного реле для наблюдения на экране осциллографа затухающих колебаний в колебательном контуре.

Цель: продемонстрировать на экране осциллографа затухающие колебания в колебательном контуре; показать способы регулировки поляризованного реле.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, 2 поляризованных реле РП4 (РП5, РП7), катушка индуктивности на 220В от универсального школьного трансформатора, набор конденсаторов постоянной емкости, резистор сопротивлением 200-1000 Ом.

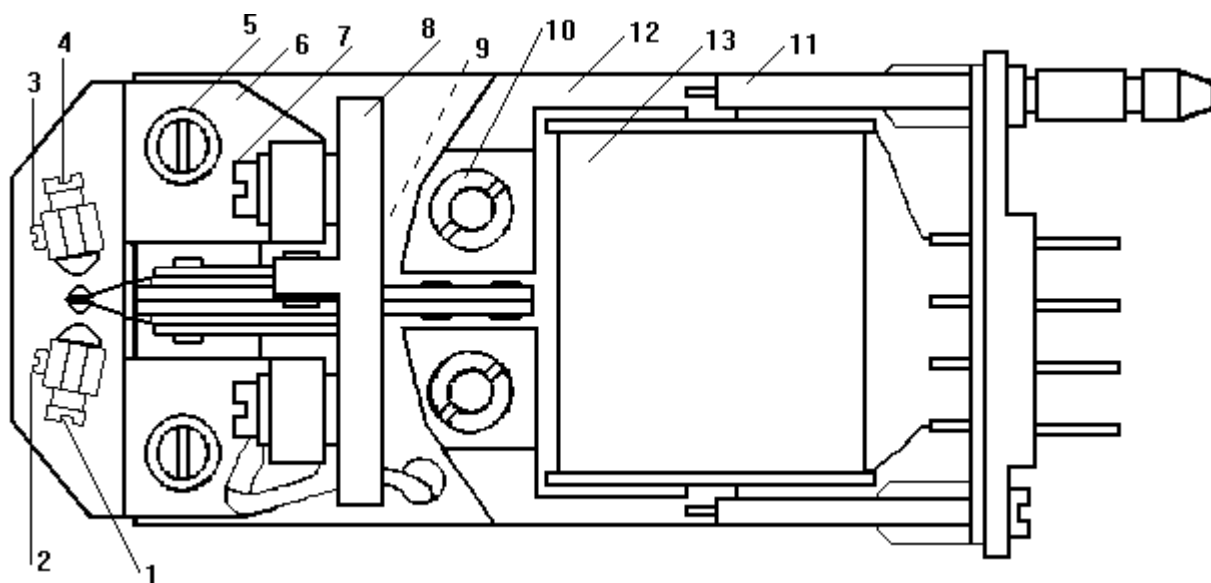


Рис. 48

Поляризованные реле в зависимости от настройки могут быть: двухпозиционные, двухпозиционные с преобладанием и трехпозиционные.

На рисунке 48 приведена схема, поясняющая устройство поляризованного реле. Реле содержит следующие основные элементы: регулировочные винты 1, 4; стопорные винты 2, 3; винты крепления фарфорового основания контактной системы 5; фарфоровое основание контактной системы 6; винты крепления скобы якоря 7; скоба 8 с закрепленным на ней якорем; постоянный магнит 9 (на рисунке не виден); винты крепления полюсов 10; силуминовое основание 11; сердечник 12; катушка 13.

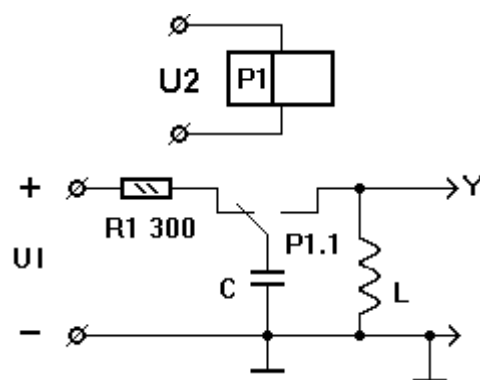


Рис. 49

На рисунке 49 приведена схема подключения приборов для наблюдения на экране осциллографа затухающих колебаний в колебательном контуре с помощью поляризованного реле. Переменное напряжение U_2 частотой 50-70 Гц подается от звукового генератора. Постоянное напряжение U_1 подается с источ-

ника электропитания ИЭПП-2. Предварительно расчетным путем определяют емкость конденсатора, включаемого в колебательный контур. Исходными данными для расчета являются индуктивность катушки (определяется экспериментально методом амперметра-вольтметра) и необходимость получения 20-30 периодов колебаний напряжения в колебательном контуре за 1 период переменного напряжения U_2 .

При проведении демонстрации необходимо настроить реле на максимальную чувствительность и получить на экране осциллографа затухающие колебания напряжения в колебательном контуре. Обязательно объяснить назначение резистора R1 в схеме на рисунке 49. При объяснении способов настройки поляризованного реле нужно подробно рассмотреть устройство поляризованного реле РП4 (РП5, РП7). С этой целью разбирают и снова собирают поляризованное реле.

Литература: 34; 40; 55; 58; 61.

21. Кодовый замок.

Цель: продемонстрировать работу кодового замка.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, самодельный действующий макет кодового замка.

На рисунке 50 приведена принципиальная схема действующего макета кодового замка. Кодовый замок включает следующие основные элементы: 5 RS-триггеров на логических элементах 2И-НЕ; 8 логических элементов 2ИЛИ на двух полупроводниковых диодах и резисторе; логический элемент 4И на элементах VD11, VD14, VD17, VD20 и резисторе R11; усилитель на транзисторах VT1, VT2; светодиоды HL1-HL5, исполнительный элемент открывания двери. Выходы четырех логических элементов 2ИЛИ подключены ко входам логического элемента 4И. Светодиоды HL1-HL5 помогают подобрать правильный код для открывания замка. Это необходимо, чтобы легче понять принцип работы замка. Правильному коду соответствует последовательное нажатие кнопок Sb2-Sb6. Если последовательность нажатия указанных кнопок не соблюдена, то все RS-триггеры устанавливаются в нулевое состояние. В нулевое состояние RS-триггеры устанавливаются также при нажатии на кнопку Sb1. Параллельно кнопке Sb1 можно подключить «ложные кнопки», при нажатии на которые все триггеры устанавливаются в нулевое состояние.

Для питания действующего макета замка используют постоянное напряжение +5В от источника ИЭПП-2 и пульсирующее напряжение амплитудой 36В от источника В-24. Конденсатор C1 обеспечивает установку RS-триггеров в исходное состояние при подключении источника питания +5В.

Литература: 34; 37; 61; 69; 71.

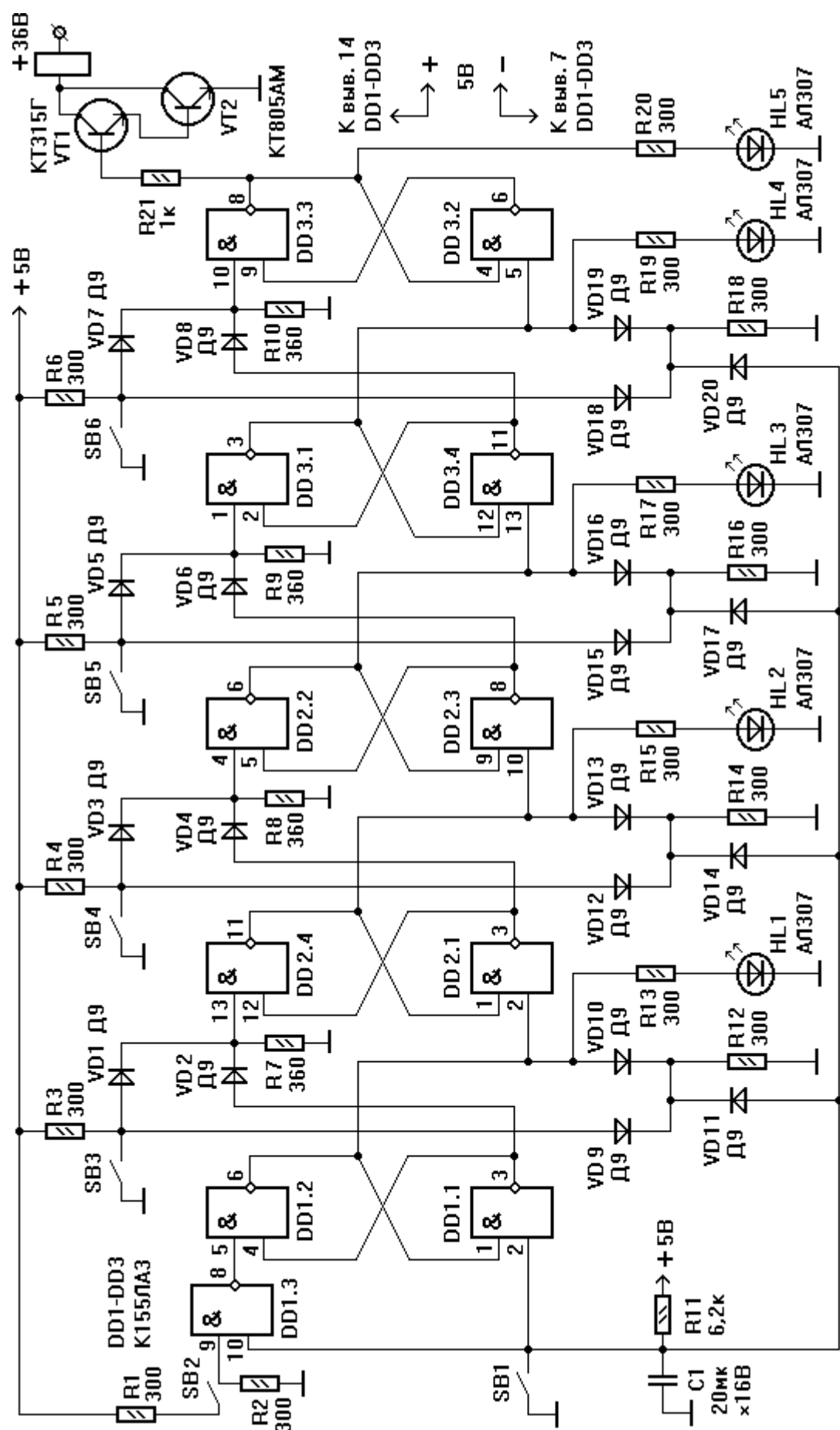


Рис. 50

22. *Определение короткозамкнутых витков катушки индуктивности.*

Цель: продемонстрировать определение короткозамкнутых витков катушки индуктивности, обратить внимание на правильную настройку устройства.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, устройство для определения короткозамкнутых витков катушки индуктивности.

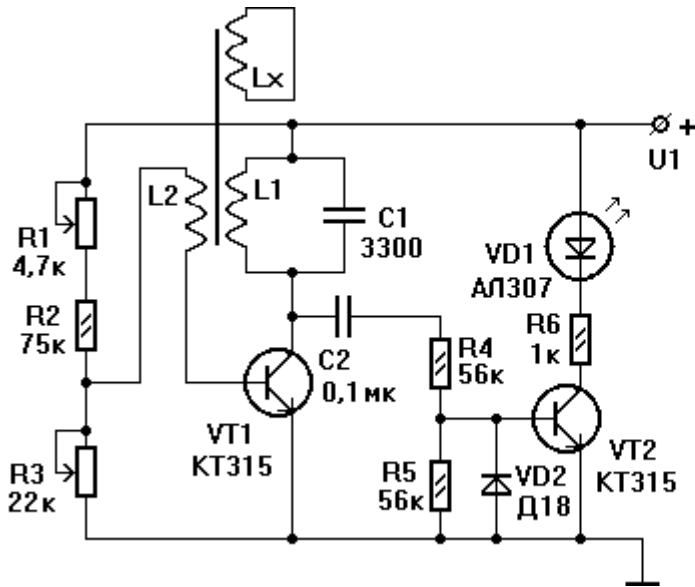


Рис. 51

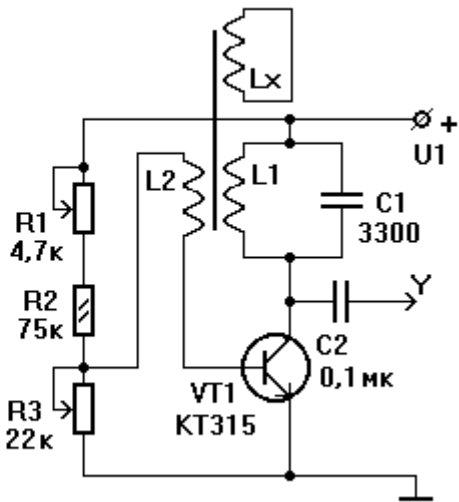


Рис.52

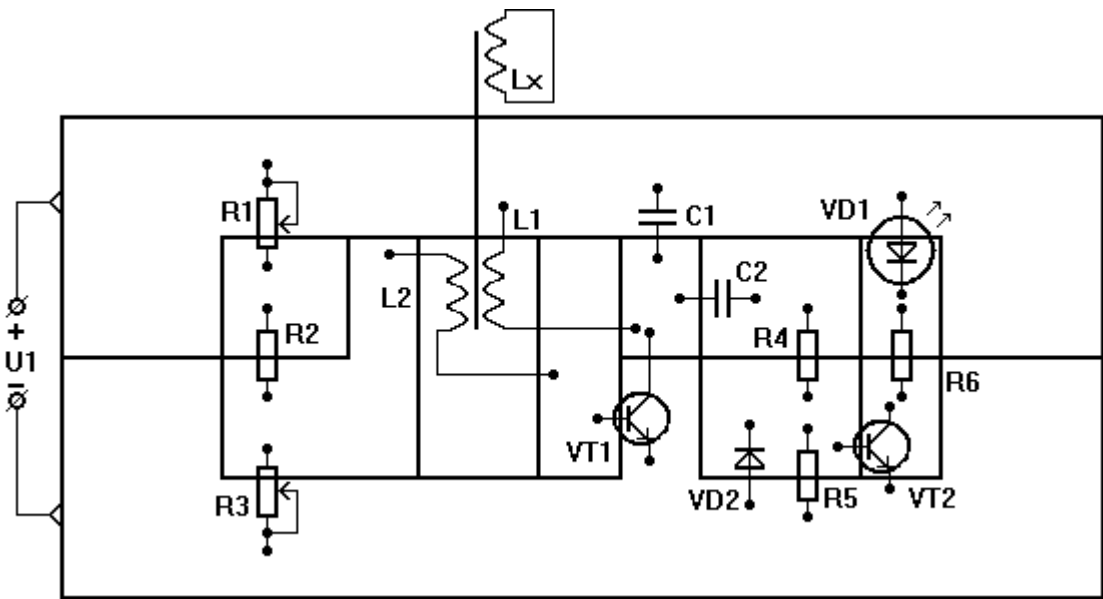


Рис. 53

На рисунках 51, 52 приведены принципиальные схемы устройств для определения короткозамкнутых витков катушек индуктивности, а на рисунке 53 - монтажная схема первого из них. В схеме на рисунке 51 индикатором срыва колебаний в LC-генераторе является светодиод, а в схеме на рисунке 52 - осцил-

логграф. Резисторами R_3 (грубо) и R_1 (плавно) подбирается рабочая точка транзистора так, чтобы при поднесении к ферритовому стержню контрольного короткозамкнутого витка происходил срыв колебаний LC-генератора. Такая настройка при правильном подборе витков катушки связи возможна при двух положениях переменного резистора R_3 . Это обусловлено тем, что при увеличении напряжения база-эмиттер возрастает сила тока эмиттера, а коэффициент усиления транзистора при этом сначала возрастает, достигает максимального значения и затем уменьшается.

При эксплуатации устройства необходимо правильно подобрать режим работы транзистора. Если настроить устройство на максимальную чувствительность, то можно получить его ложное срабатывание вследствие наведения вихревых токов в проводнике катушки. Поэтому чувствительность выбирают такой, чтобы можно было обнаружить один короткозамкнутый виток катушки с диаметром, примерно равным внешнему диаметру катушки.

При объяснении принципа работы устройства обращают внимание на условие баланса амплитуд самовозбуждения LC-генератора (баланс фаз выполняется при конструировании устройства правильным подключением концов катушки связи или концов катушки контура). Необходимо объяснить назначение каждого элемента устройства.

Литература: 9; 11; 27; 34; 44.

23. Электронная защита стабилизаторов постоянного напряжения от повышения входного напряжения.

Цель: продемонстрировать отключение стабилизатора постоянного напряжения и нагрузки при повышении входного напряжения выше допустимого.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, учебный стенд для исследования электронной защиты стабилизаторов постоянного напряжения от повышения входного напряжения.

На рисунке 54 приведена принципиальная схема стабилизатора постоянного напряжения с устройством защиты от повышения входного напряжения, а на рисунке 55 - его монтажная схема. Устройство подключают к выходу 0,5-12В источника электропитания ИЭПП-2. Сопротивление нагрузки выбирают таким, чтобы сила тока нагрузки заключалась в пределах от 20 мА до 400 мА. Напряжение стабилизации стабилитрона VD2 выбирается большим, чем напряжение стабилизации стабилитрона VD3. В этом случае обеспечиваются необходимые условия для работы параметрического стабилизатора напряжения R4, VD3.

Увеличивая входное напряжение, наблюдают, как зависит выходное напряжение от входного (для этого к резистору нагрузки необходимо подключить вольтметр Щ4313). Отмечают значение входного напряжения, при котором вы-

ходное напряжение резко уменьшается. Это и будет напряжение срабатывания защиты от повышения входного напряжения. При объяснении принципа работы устройства указывают назначение всех его элементов.

Литература: 11; 12; 34; 52; 62.

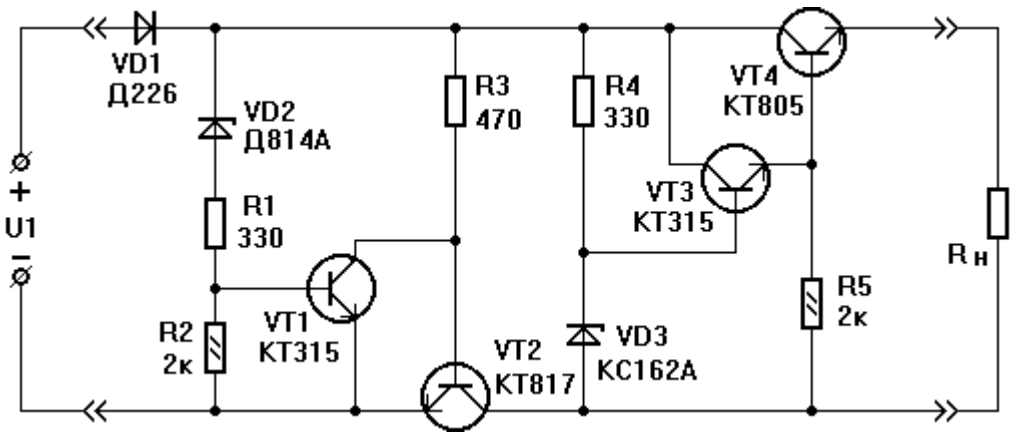


Рис. 54

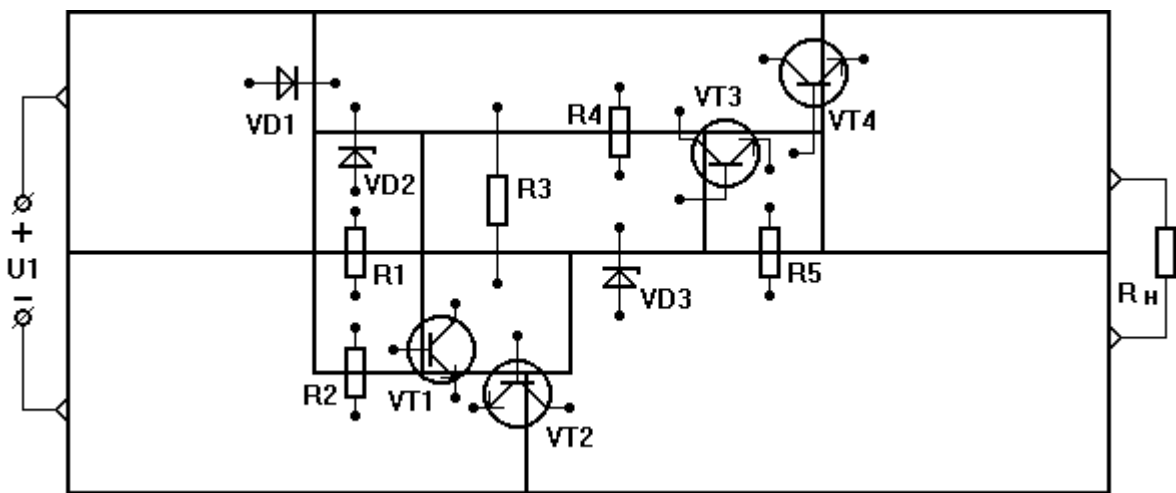


Рис. 55

24. Импульсный стабилизатор постоянного напряжения как система автоматического регулирования.

Цель: зарисовать осциллограммы напряжения в характерных точках стабилизатора; показать, что регулирующий транзистор стабилизатора работает в режиме ключа.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебный стенд для исследования импульсного стабилизатора постоянного напряжения.

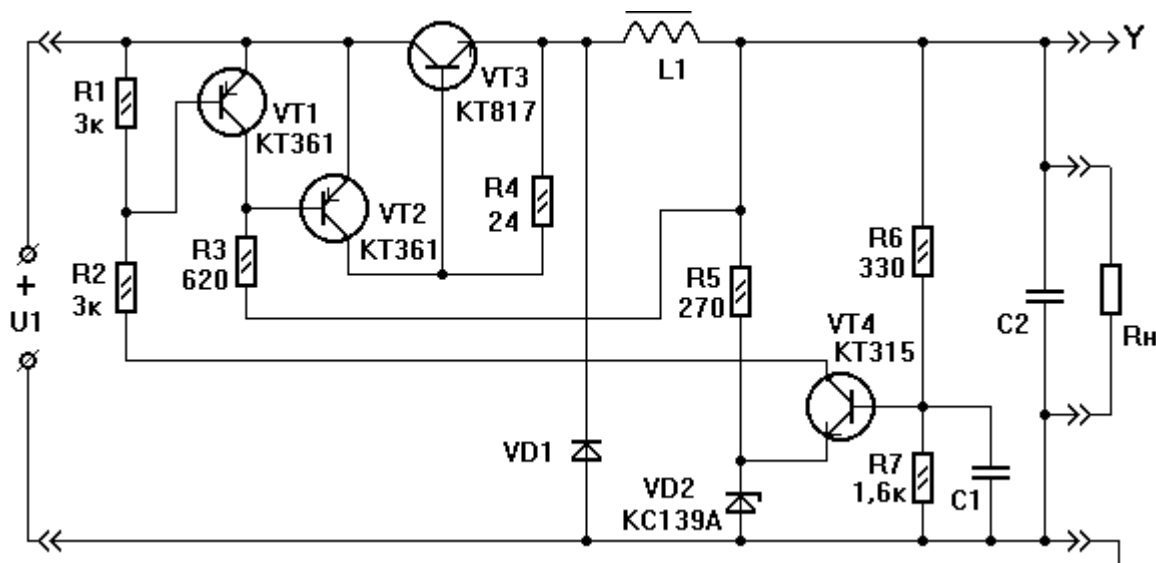


Рис. 56

На рисунке 56 приведена принципиальная схема импульсного стабилизатора постоянного напряжения, на рисунках 57 и 58 приведены принципиальная и монтажная схемы устройства для его исследования. Сопротивления эталонных резисторов $R_{эт1}$, $R_{эт2}$, $R_{эт3}$ подбирают экспериментально, исходя из максимальной чувствительности осциллографа и значений силы тока нагрузки стабилизатора. Резистор R_H выбирают с учетом допустимой мощности рассеяния.

Зарисовывают осциллограммы напряжения относительно общего провода на коллекторе и эмиттере транзистора VT3, на правом по схеме выводе катушки L1 (выход стабилизатора напряжения), на эмиттере транзистора VT4 и в контрольных точках кт1, кт2, кт3. Для временного согласования осциллограмм в различных точках устройства один из каналов вертикального отклонения осциллографа подключают к эмиттеру транзистора VT3, а другой - поочередно подключают к перечисленным выше точкам схемы. Исследуют работу стабилизатора напряжения при различных значениях входного питающего напряжения.

При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение всех его элементов, обратив особое внимание на катушку L1 и диод VD1. Катушка L1 является накопителем электрической энергии. Необходимо также отметить достоинства и недостатки импульсного стабилизатора постоянного напряжения по сравнению с компенсационным стабилизатором постоянного напряжения.

Литература: 11; 12; 45; 46; 52; 62.

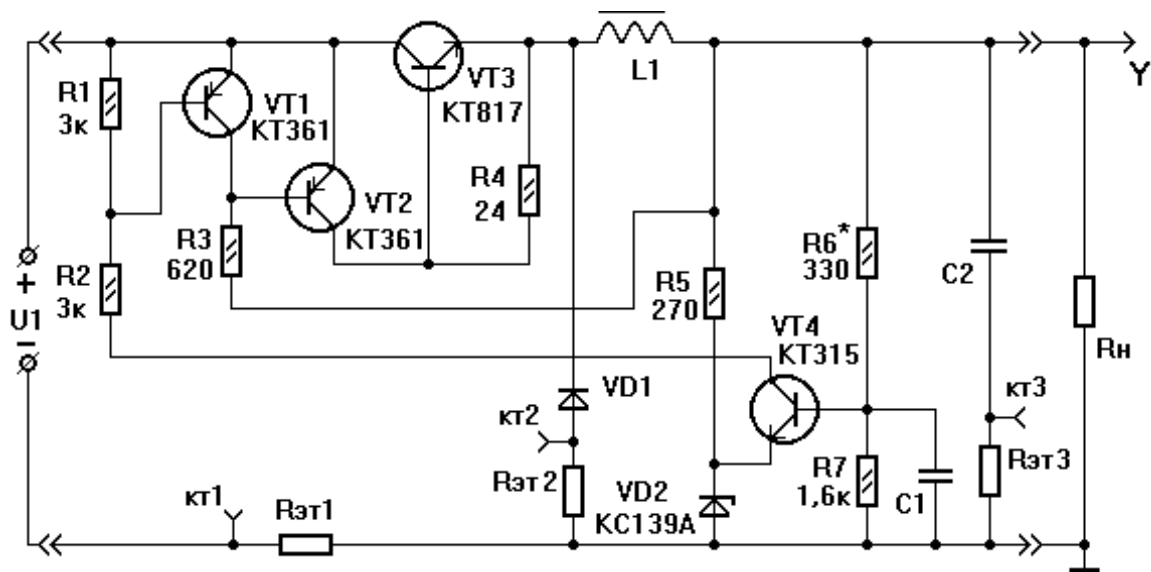


Рис. 57

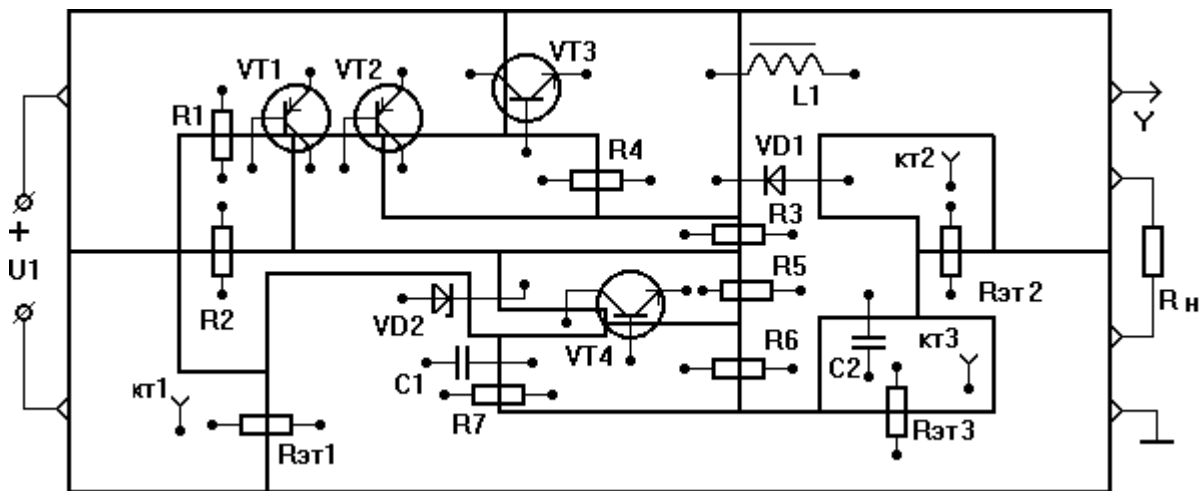


Рис. 58

25. Автоматическое устройство для наблюдения на экране осциллографа зависимости силы тока, протекающего через электрическую лампочку, от времени после подключения ее к источнику постоянного напряжения.

Цель: продемонстрировать существенное уменьшение силы тока, протекающего через электрическую лампочку, после подключения ее к источнику постоянного напряжения.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебный стенд для наблюдения на экране осциллографа зависимости силы тока, протекающего через электрическую лампочку, от времени после подключения ее к источнику постоянного напряжения.

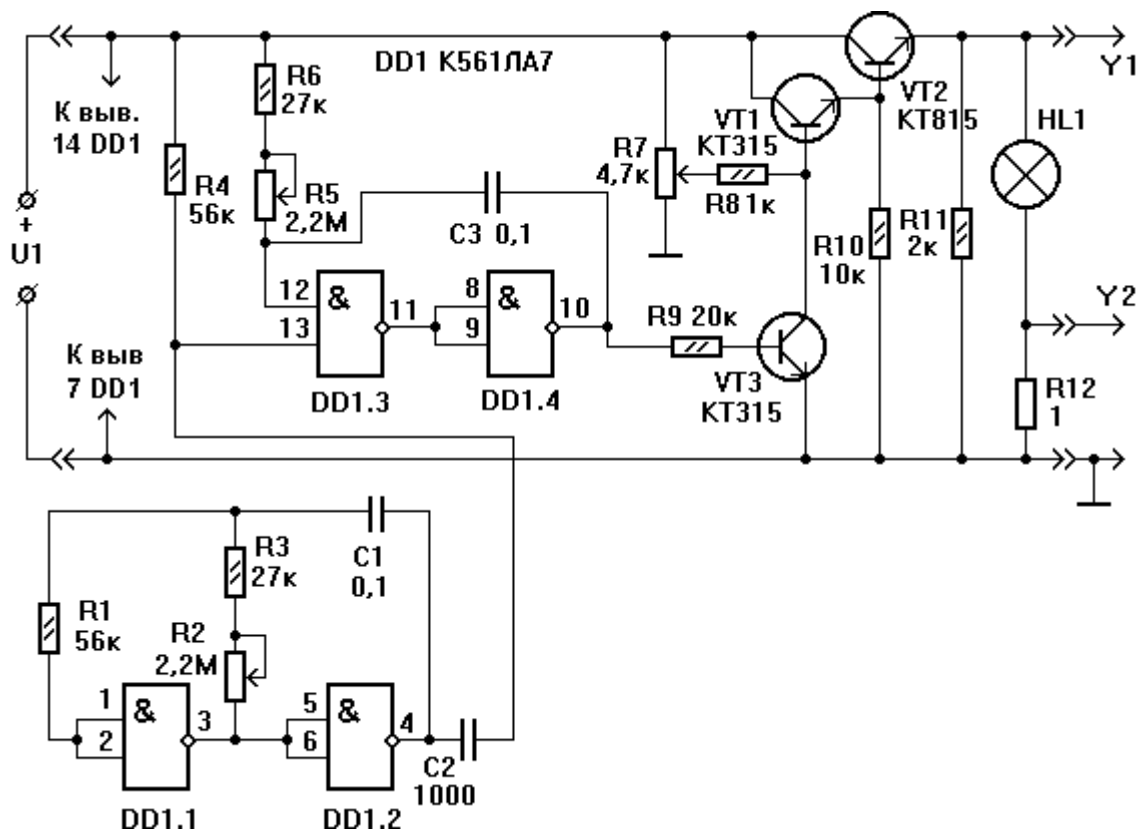


Рис. 59

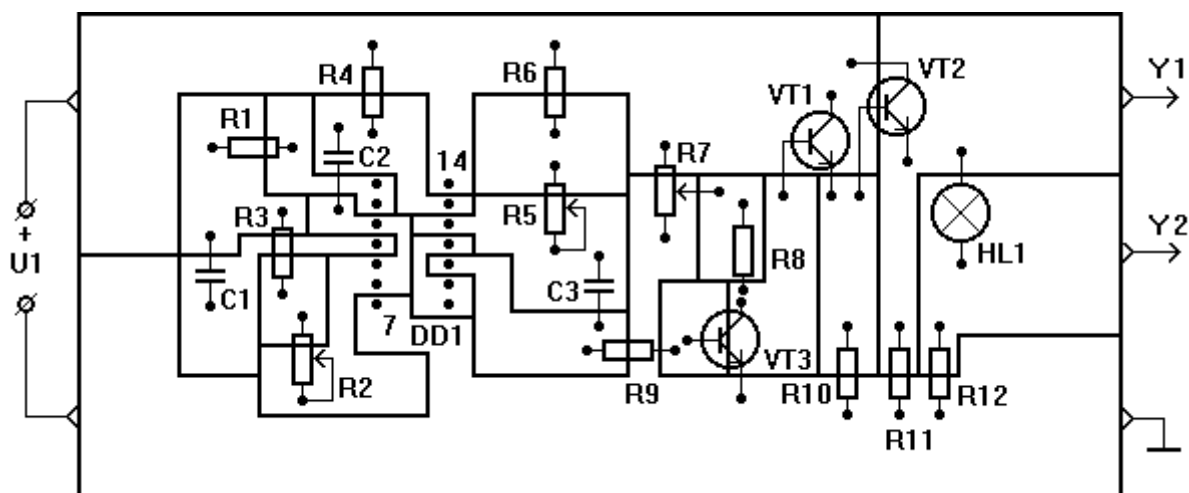


Рис. 60

На рисунке 59 приведена принципиальная схема устройства, а на рисунке 60 - его монтажная схема. На логических элементах DD1.1, DD1.2 собран мультивибратор, а на логических элементах DD1.3, DD1.4 - одновибратор. Период прямоугольных импульсов напряжения, вырабатываемых мультивибратором, можно изменять переменным резистором R2, а длительность прямоугольных импульсов, получаемых с одновибратора, изменяется переменным резистором R5. Величину напряжения, подаваемого на исследуемую электрическую лампочку, регулируют переменным резистором R7. На транзисторах VT1, VT2 со-

браны эмиттерные повторители, которые обеспечивают необходимый коэффициент усиления по току. Транзистор VT3 работает в режиме ключа: если он открыт, то на исследуемую электрическую лампочку напряжение не подается. Для исследования может быть использована, например, лампочка 6,3 В, 0,28 А. Сопротивление эталонного резистора R12 выбирают с учетом номинального значения тока электрической лампочки и минимального коэффициента отклонения (максимальная чувствительность) канала Y осциллографа.

При исследовании в широких пределах изменяют скважность импульсов напряжения, подаваемых на исследуемую лампочку. Обращают внимание на то, что при большой частоте импульсов нить лампочки не успевает охлаждаться. Экспериментально подбирают частоту следования импульсов и их длительность, чтобы нить лампочки успевала охлаждаться между двумя последовательными импульсами. При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение всех его элементов.

Литература: 11; 34; 35; 44; 71.

26. Шифратор и дешифратор команд телеуправления.

Цель: зарисовать осциллограммы напряжения в характерных точках шифратора и дешифратора команд телеуправления.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебный стенд для исследования шифратора и дешифратора команд телеуправления.

На рисунке 61 приведена принципиальная схема шифратора команд, а на рисунке 62 - схема дешифратора команд телеуправления. Монтажные схемы не приводятся, так как необходимые контрольные точки указаны непосредственно на изготовленных устройствах. Шифратор и дешифратор команд телеуправления используются в составе аппаратуры радиоуправления.

В шифраторе команды кодируются числом импульсов в пачке. Пачка импульсов имеет период, равный 32 периодам тактового генератора прямоугольных импульсов напряжения. Тактовый генератор собран на логических элементах DD1.1, DD1.2. Частота прямоугольных импульсов напряжения, вырабатываемых тактовым генератором может быть выбрана 2-5 кГц. Шифратор обеспечивает кодирование 15 команд. Кодирование осуществляется путем соединения одного из выходов микросхемы DD5 с одним из входов RS-триггера на логических элементах DD1.3, DD1.4. Выходное напряжение с шифратора используют для модуляции колебаний генератора высокой частоты.

На вход дешифратора команд поступает сигнал с формирователя импульсов, имеющегося в радиоприемном устройстве.

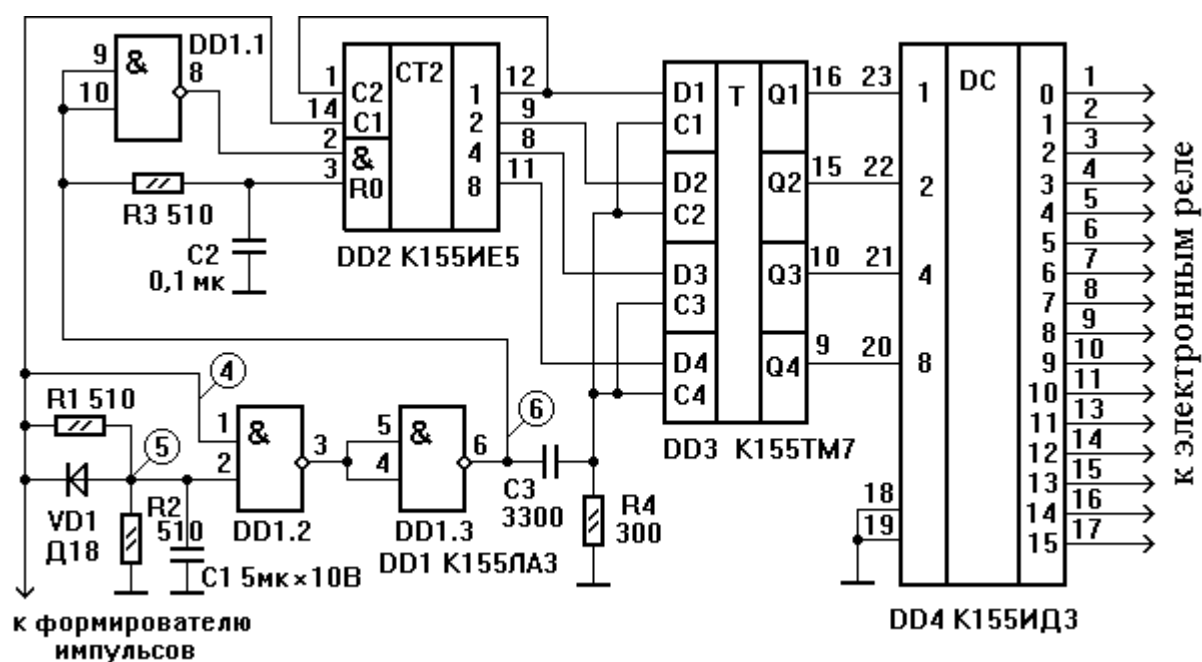
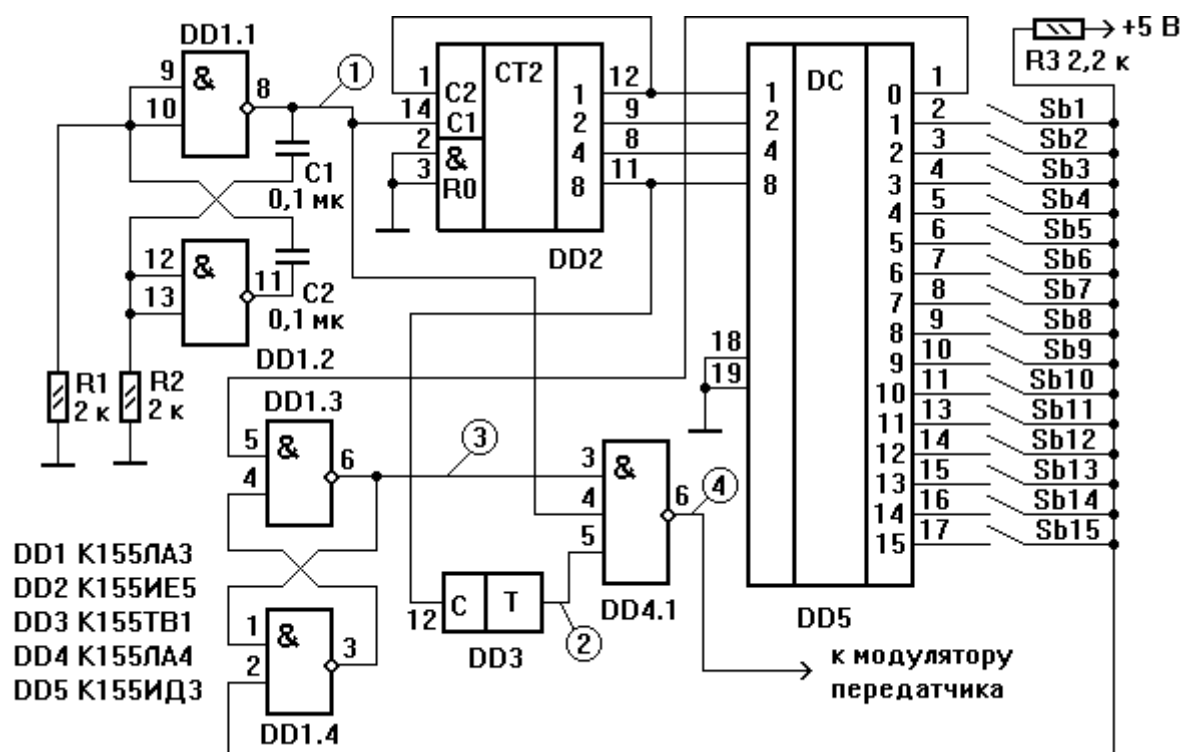


Рис. 62

При исследовании шифратора и дешифратора в лаборатории выход шифратора соединяют непосредственно со входом дешифратора. В ходе демонстрации зарисовывают осциллограммы в контрольных точках, отмеченных на схемах устройств. При объяснении принципа работы устройств обращают внимание на способ записи информации в D-триггеры на микросхеме DD3.

Литература: 8; 11; 25; 34; 39; 71.

27. *Определение времени соударения металлических шаров.*

Цель: продемонстрировать различные варианты определения времени соударения металлических шаров.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, учебные стенды для определения времени соударения металлических шаров, металлические шары, подвешенные на проводящих нитях в изолированных штативах.

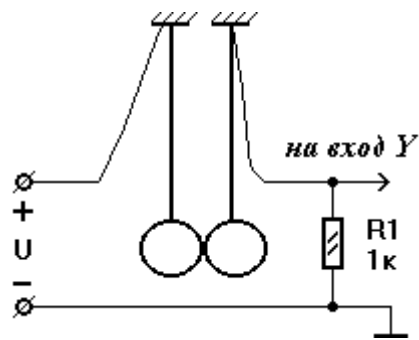


Рис. 63

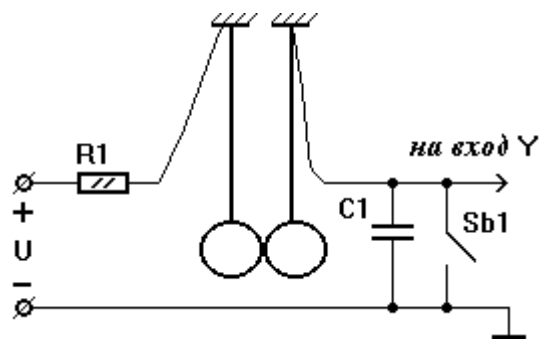


Рис. 64

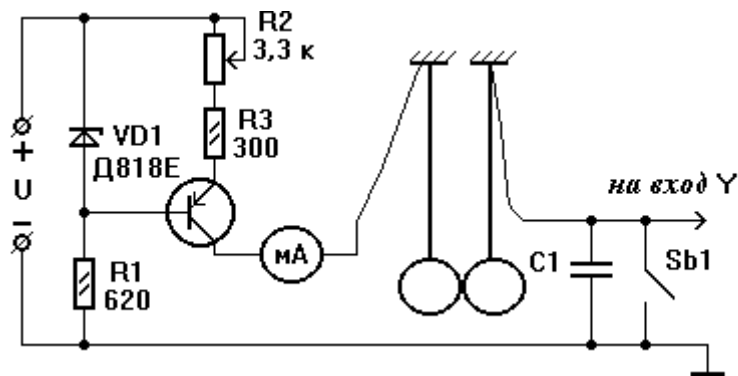


Рис. 65

На рисунке 63 приведена схема для определения времени соударения ме-

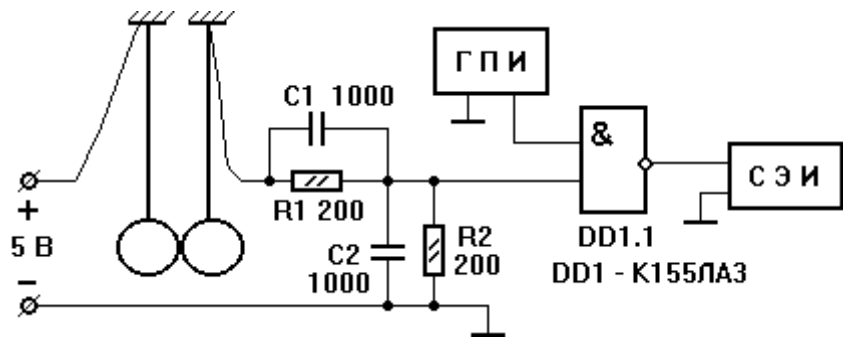


Рис. 66

таллических шаров по длительности прямоугольного импульса, получаемого на

экране осциллографа. На рисунках 64, 65 приведены схемы устройств, позволяющих определить время соударения шаров по величине напряжения, до которого заряжается конденсатор за время соударения. На рисунке 66 приведена схема, позволяющая определять время соударения шаров по числу импульсов, подсчитанных счетчиком за время соударения шаров. Счетчик электрических импульсов берут на три десятичных разряда с предельной частотой счета не менее 1 МГц. С генератора прямоугольных импульсов на логический элемент DD1.1 подают напряжение частотой 1 МГц. При проведении демонстрации можно использовать самодельный счетчик электрических импульсов и самодельный генератор прямоугольных импульсов.

При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение всех его элементов.

Литература: 11; 30; 34; 44; 71.

28. Определение времени срабатывания и отпускания реле.

Цель: продемонстрировать несколько способов определения времени срабатывания и отпускания реле.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, учебные стенды для определения времени срабатывания и отпускания реле.

На рисунках 67 и 68 приведены упрощенные схемы, позволяющие понять принцип измерения времени срабатывания и отпускания реле с использованием двухлучевого и однолучевого осциллографов. На рисунках 69 и 70 приведены принципиальная и монтажная схемы устройства для определения времени срабатывания и отпускания реле с использованием двухлучевого осциллографа, а на рисунках 71 и 72 - с использованием однолучевого осциллографа. На рисунке 73 приведена принципиальная схема устройства, позволяющего определять время срабатывания (при одной фазе импульсов синхронизации) и отпускания (при другой фазе синхронизирующих импульсов) реле.

Для всех вариантов устройств резистором R3 изменяют частоту прямоугольных импульсов напряжения, вырабатываемых мультивибратором на элементах DD1.1, DD1.2. Амплитуда прямоугольных импульсов напряжения, подаваемых на обмотку реле, регулируется переменным резистором R5. Эмиттерные повторители на транзисторах VT1, VT2 обеспечивают необходимое усиление по току.

При проведении эксперимента по схеме рисунка 69 зарисовывают осциллограммы прямоугольных импульсов напряжения, подаваемых на реле и получаемых на резисторе R9. По смещению осциллограмм друг относительно друга во времени определяют время срабатывания и отпускания реле.

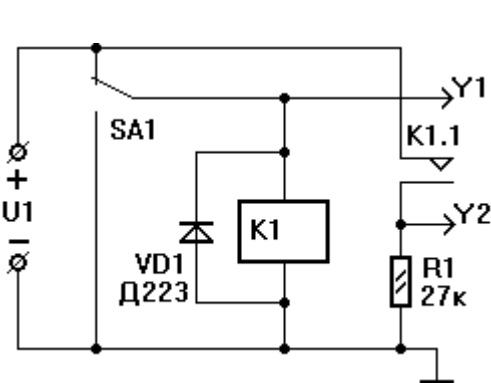


Рис. 67

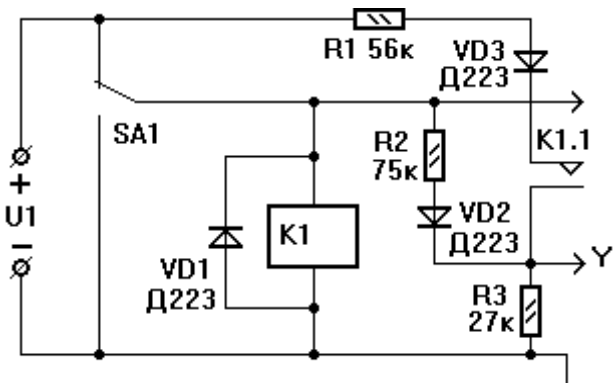


Рис. 68

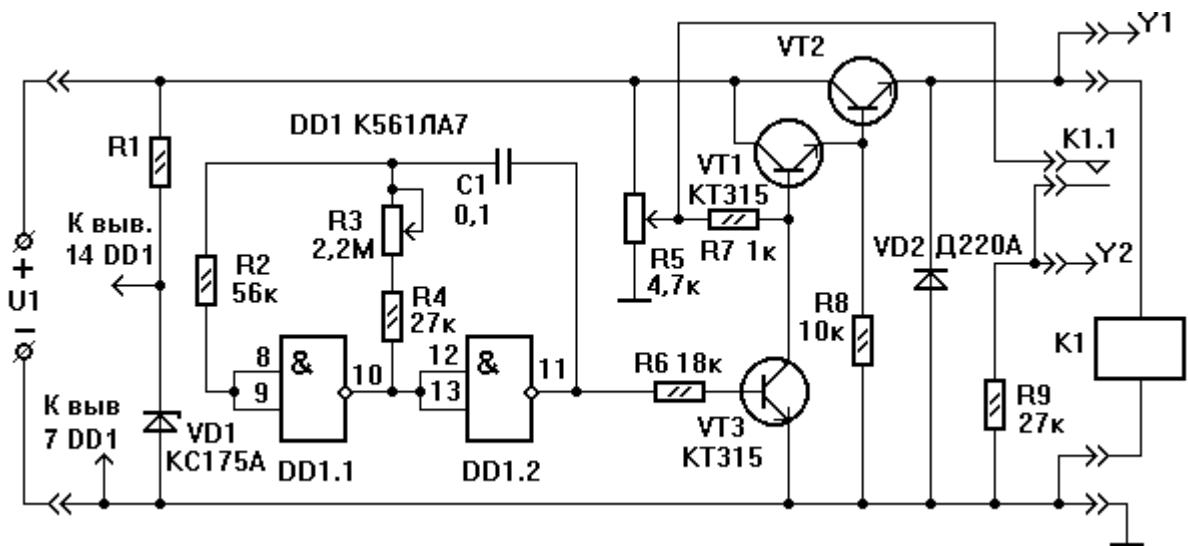


Рис. 69

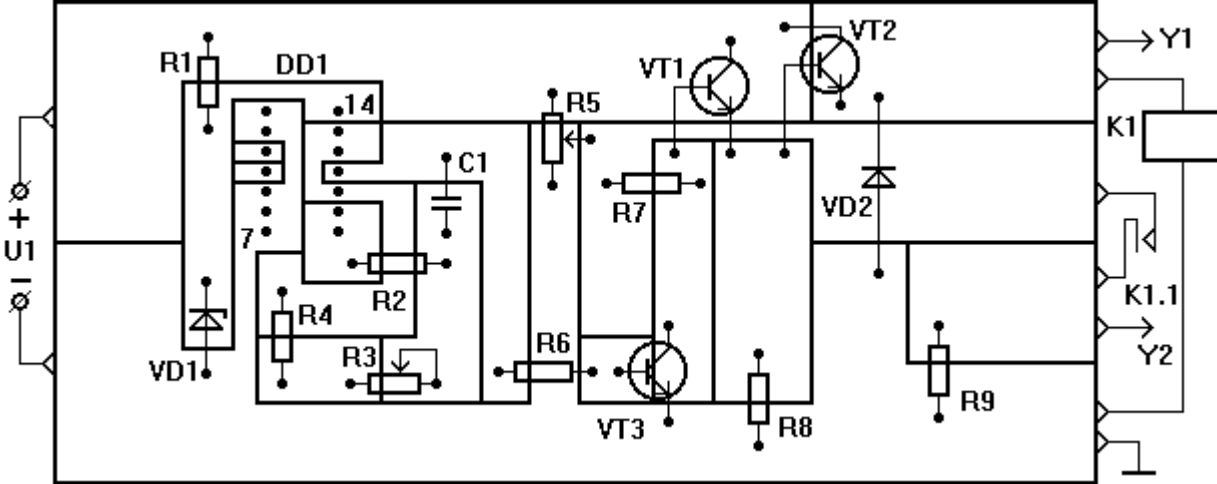


Рис. 70

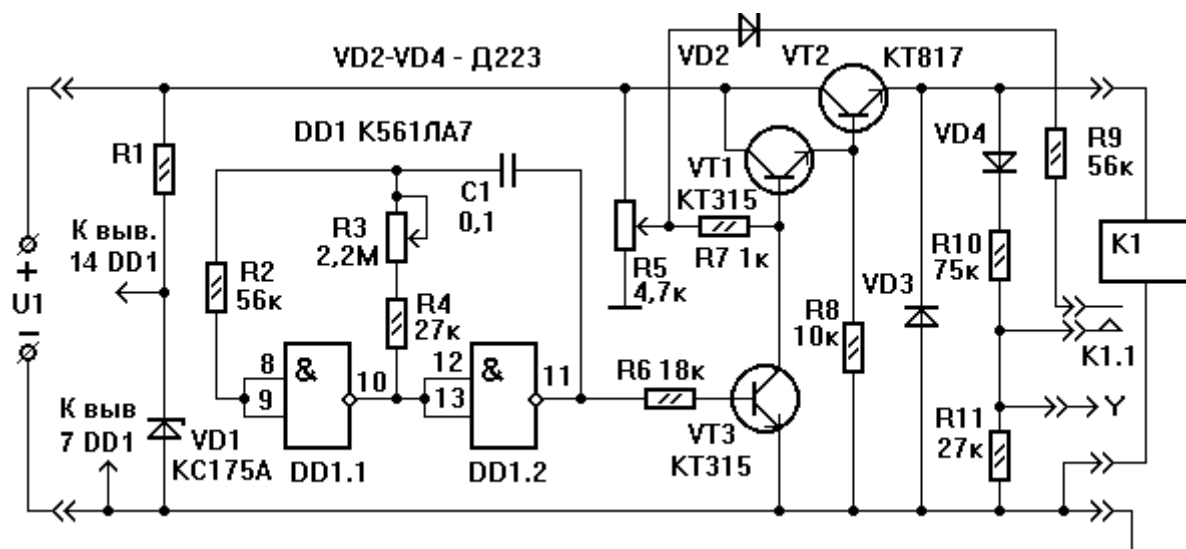


Рис. 71

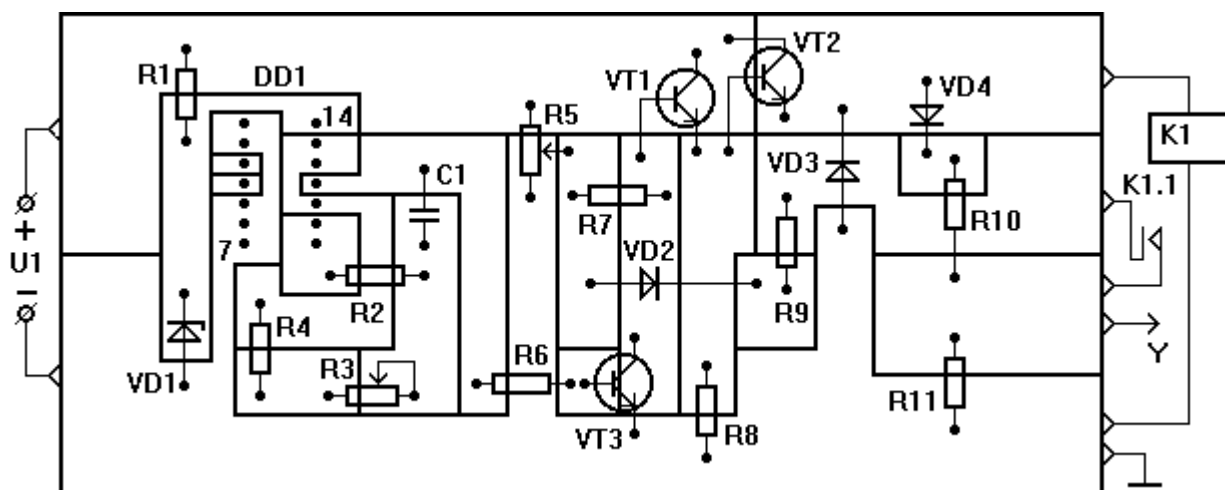


Рис. 72

При использовании однолучевого осциллографа (рисунок 71) зарисовывают осциллограмму, строго выдерживая масштаб по оси времени. Время срабатывания и отпускания реле определяется по ступенькам напряжения, получаемым на осциллограмме.

При проведении эксперимента по схеме рисунка 73 используется особенность ждущего режима работа генератора развертки осциллографа. Осциллограф работает в ждущем режиме с внешней синхронизацией. Синхронизирующие импульсы формируются одновибратором на элементах DD1.3, DD1.4.

При объяснении принципа работы устройств необходимо указать назначение всех элементов.

Литература: 1; 11; 34; 61; 71.

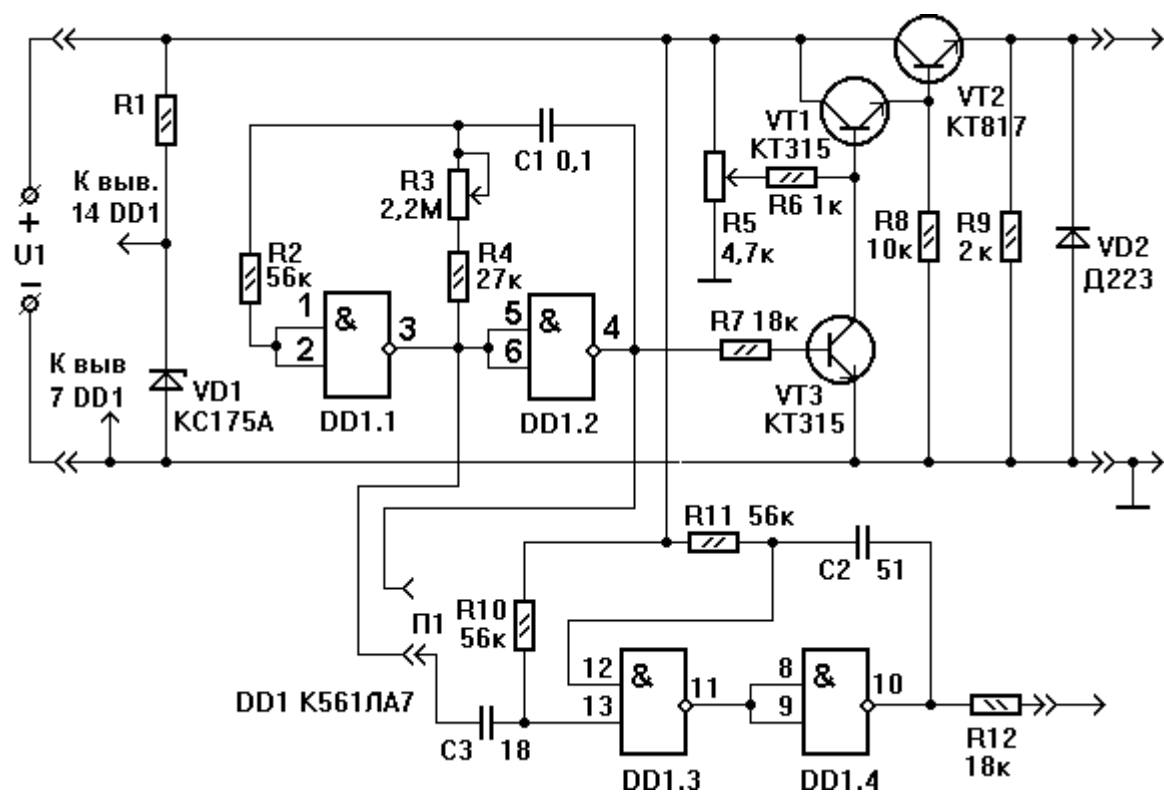


Рис. 73

29. Термореле.

Цель: продемонстрировать работу нескольких типов термореле.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, учебные стенды термореле с полупроводниковым датчиком температуры и с биметаллической пластиной.

На рисунке 74 приведена принципиальная схема термореле, а на рисунке 75 - его монтажная схема. Резистор R1 - это полупроводниковый терморезистор, имеющий сопротивление 27 кОм при температуре 20⁰С. Переменным резистором R3 задают необходимую температуру срабатывания реле. Резистор R6 представляет собой бифиллярно намотанный тонкий медный провод. Напряжение стабилизации стабилитрона VD2 выбирают на 1-2 В меньше напряжения стабилизации стабилитрона VD3.

При объяснении принципа работы устройства необходимо обратить внимание на следующие вопросы: С какой целью транзистор VT1 выбирают с большим коэффициентом усиления? Почему напряжение стабилизации стабилитрона VD3 выбирают примерно в два раза меньше напряжения стабилизации стабилитрона VD1? Необходимо пояснить методику расчета всех радиоэлементов, выбора реле и напряжения питания схемы.

В данной демонстрации рассматривают также другие типы термореле. Для этого демонстрируют изгиб свободного конца биметаллической пластины при нагревании ее в пламени спиртовки. Объясняют принцип работы терморегуляторов, в которых плавное перемещение конца биметаллической пластины при изменении температуры преобразуется в скачкообразное перемещение электрического контакта за счет энергии плоской пружины (регулятор температуры электроутюга) или за счет энергии магнитного поля постоянного магнита. Демонстрируют работу последнего, взяв в качестве нагревателя электрическую лампочку.

Литература: 11; 34; 55; 61; 71.

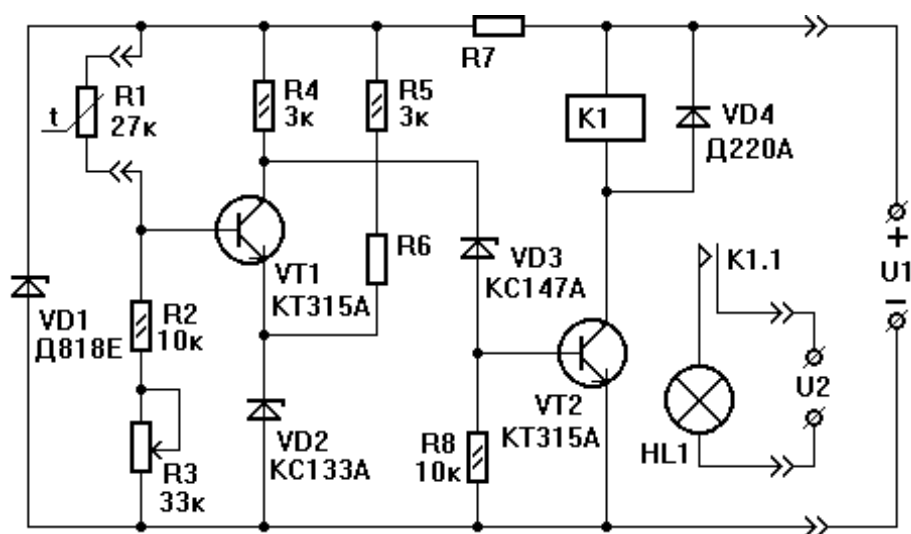


Рис. 74

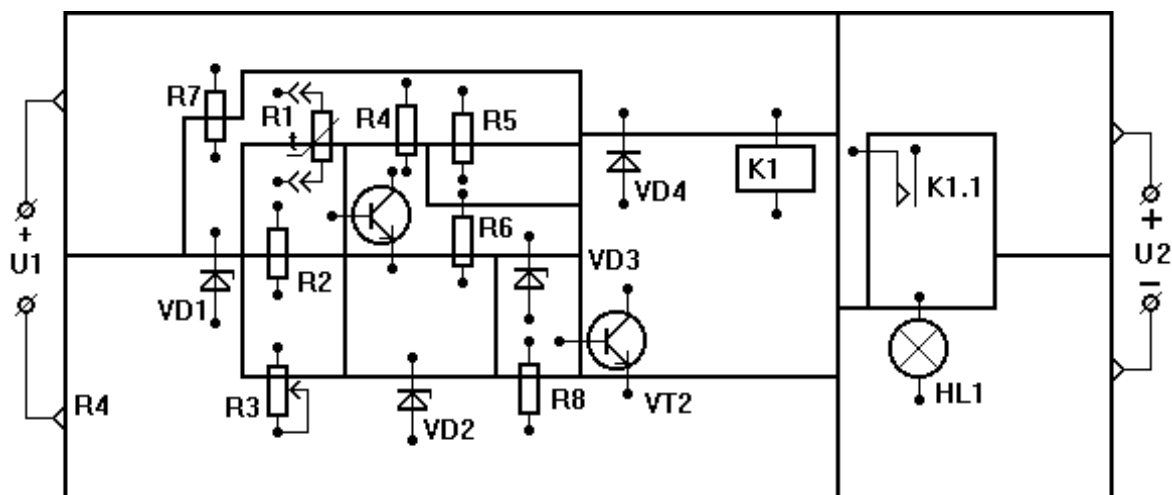


Рис. 75

30. Фотореле.

Цель: продемонстрировать особенности работы фотореле.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, учебный стенд фотореле.

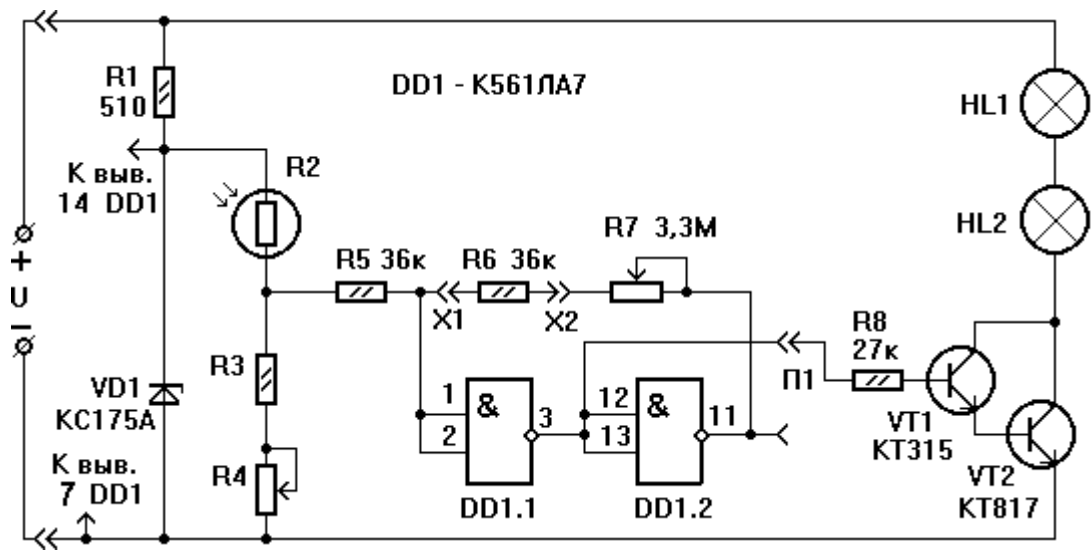


Рис. 76

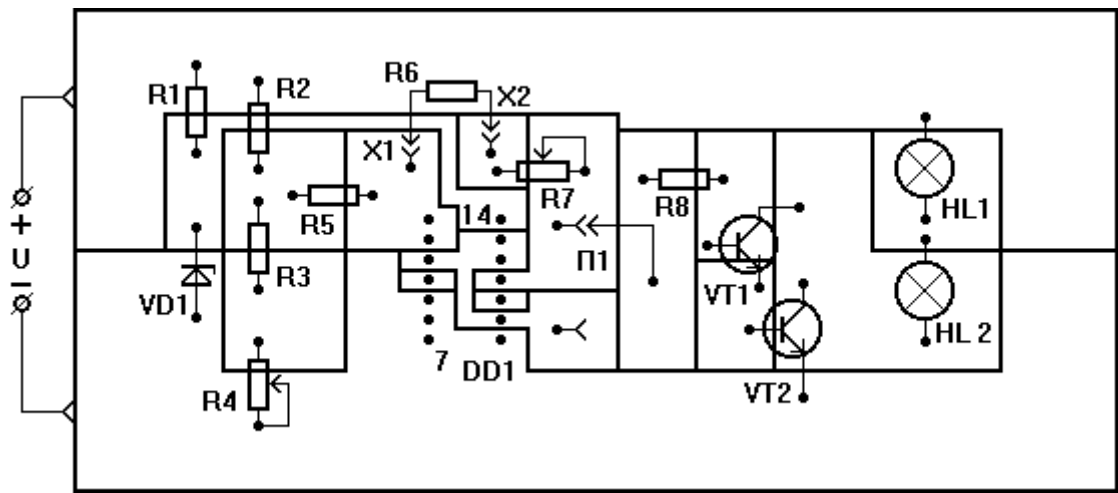


Рис. 77

На рисунке 76 приведена принципиальная схема фотореле, а на рисунке 77 - его монтажная схема. Микросхема DD1 питается от параметрического стабилизатора напряжения. В качестве фотодатчика может быть использован фотодиод, фототранзистор или фоторезистор. Сопротивления резисторов R3, R4 выбирают в зависимости от примененного фотодатчика. Для скачкообразного изменения напряжения на выходе логического элемента DD1.2 применена положительная обратная связь через резисторы R6, R7. Положительная обратная связь приводит к тому, что включение и отключение реле происходит при раз-

ных уровнях освещенности, причем различие в уровнях освещенности, при которых происходит включение и выключение реле, можно регулировать переменным резистором R7. Отключить положительную обратную связь можно, вынув резистор R6 из гнезд x1, x2. В этом случае накал лампочек будет меняться плавно при плавном изменении освещенности фотодатчика.

Если вместо фотодатчика поставить датчик температуры, то получится термореле.

При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение каждого его элемента.

Литература: 1; 11; 34; 44; 71.

31. Синхронизаторы к диапроекторам.

Цель: продемонстрировать работу одного из двух вариантов синхронизаторов к диапроекторам для автоматического показа диапозитивов со звуковым сопровождением.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двухлучевой электронный осциллограф, синхронизатор к диапроектору «Протон», синхронизатор к диапроектору.

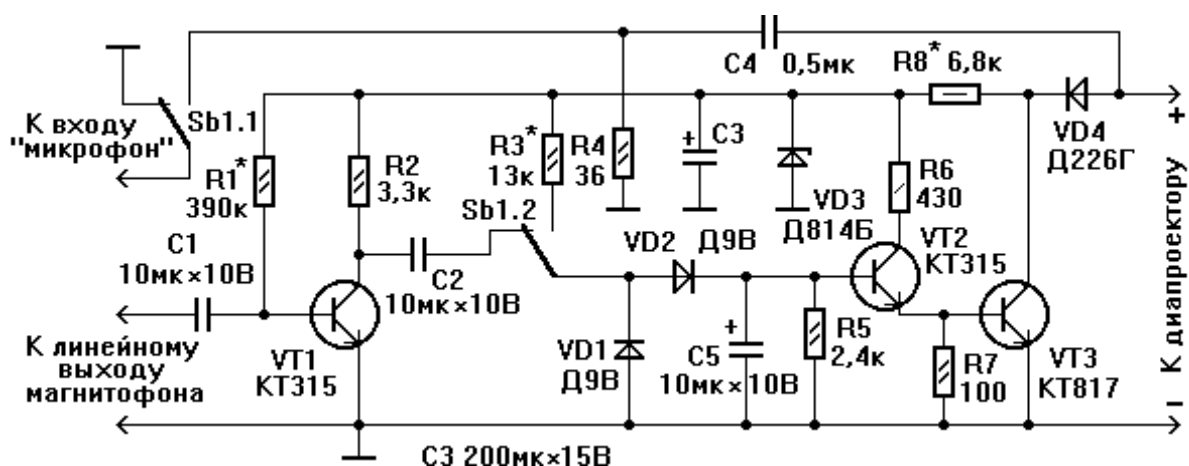


Рис. 78

Синхронизирующие приставки к диапроектору позволяют осуществлять автоматический показ диапозитивов со звуковым сопровождением. На рисунке 78 приведена принципиальная схема синхронизатора к диапроектору «Протон», предназначенного для работы со стереомагнитофоном. Особенностью диапроектора «Протон» является то, что при замыкании гнезд «магнитофон» происходит смена кадра в диапроекторе. Если эти гнезда не замкнуты, то на них имеется постоянная и переменная составляющая напряжения частотой 100 Гц (внутри диапроектора имеется двухполупериодный выпрямитель). Если с гнезд «магнитофон» диапроектора «Протон» потреблять небольшой ток, то переключе-

чение кадров не происходит. Это позволило разработать приставку для работы с диапроектором «Протон», не требующую отдельного источника постоянного напряжения, а в качестве синхросигнала используется переменная составляющая выпрямленного напряжения с гнезд «магнитофон» диапроектора. Синхроимпульс и звуковое сопровождение записывается на разные дорожки стереомагнитофона. Подключение синхронизатора к диапроектору и магнитофону показано на схеме.

На рисунке 79 приведена принципиальная схема синхронизатора, пригодного для работы с любым автоматическим диапроектором и любым магнитофоном. Синхроимпульс представляет собой прямоугольные импульсы напряжения частотой около 5 кГц, модулированные прямоугольными импульсами напряжения частотой 20 Гц. Принципиальная схема генератора синхронизирующих импульсов приведена в [20] и здесь не рассматривается. Синхроимпульс и звуковое сопровождение записываются на одну и ту же дорожку магнитофона. Недостатком является то, что во время смены кадра в диапроекторе прослушивается синхроимпульс. Разделение сигналов звукового сопровождения и синхроимпульса осуществляется за счет наличия в схеме двух детекторов и ключа на транзисторе VT2. Реле K1 срабатывает, когда конденсатор C7 заряжается до определенного напряжения. При наличии сигналов звукового сопровождения конденсатор C7 зарядиться до такого напряжения не может, так как транзистор VT2 достаточно часто закрывается и открывается транзистор VT3, по цепи коллектор-эмиттер которого конденсатор C7 разряжается.

В ходе демонстрации показывают работу одной из двух синхронизирующих приставок и объясняют принцип работы обеих, указав назначение каждого элемента.

Литература: 11; 20; 21; 34; 71.

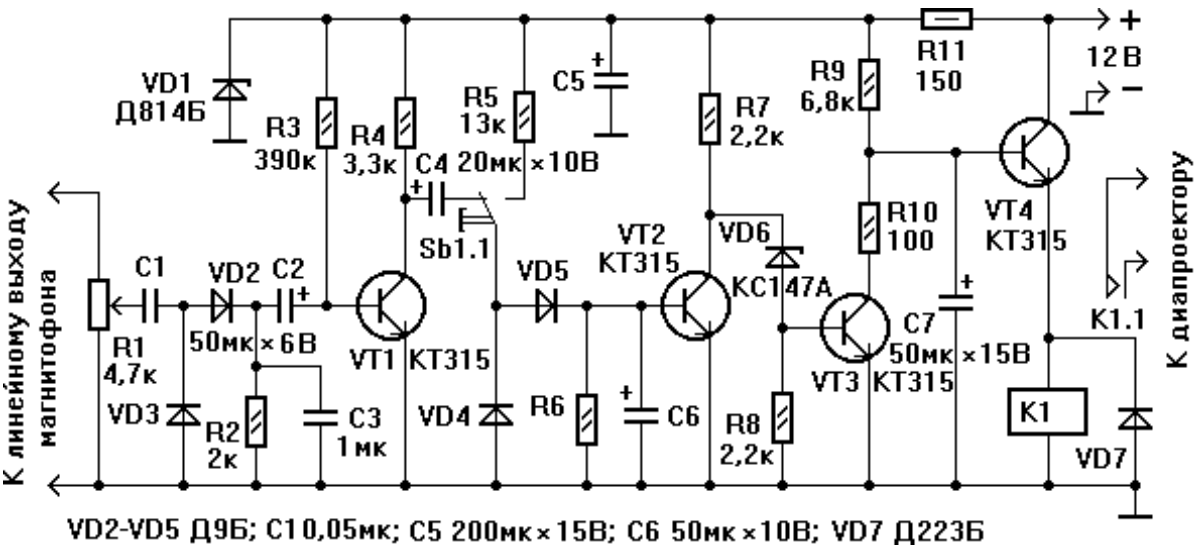


Рис. 79

32. Тиристорный регулятор мощности.

Цель: зарисовать осциллограммы напряжения в характерных точках регулятора мощности.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двух-лучевой электронный осциллограф, стенд тиристорного регулятора мощности.

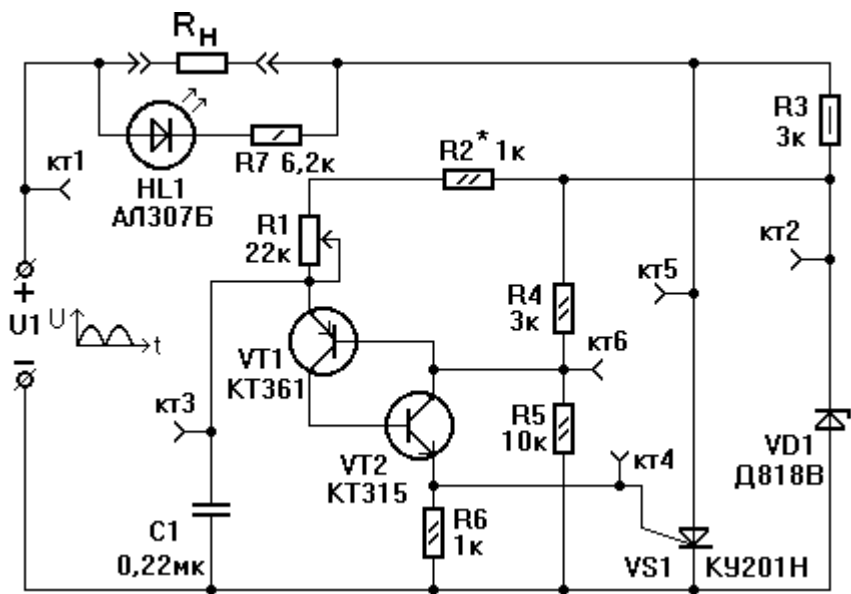


Рис.80

На рисунке 80 приведена принципиальная схема тиристорного регулятора мощности, а на рисунке 81 - его монтажная схема. На плату тиристорного регулятора мощности

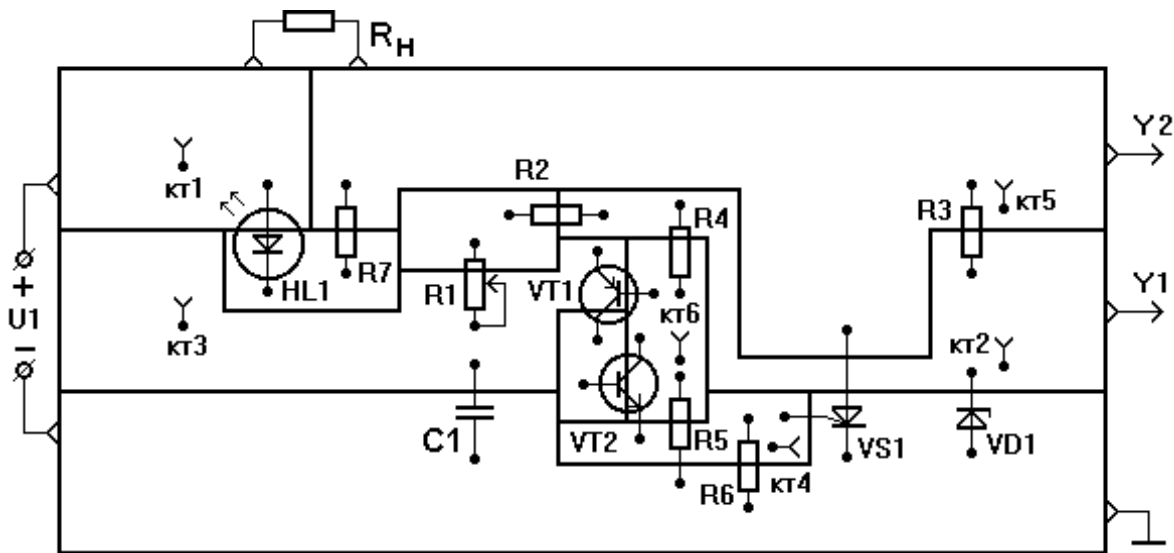


Рис. 81

подают пульсирующее напряжение амплитудой 36В с источника питания В-24, подключают резистор R_H с такой мощностью рассеяния, чтобы при протекании через него тока 0,2-2 А резистор не вышел из строя. Рассчитывают сопротивле-

ние резистора R1, а точное значение его подбирают экспериментально перед проведением демонстрации.

Зарисовывают осциллограммы в указанных на схеме контрольных точках при трех положениях переменного резистора R1. При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение каждого элемента.

Литература: 1; 11; 12; 34; 62.

33. Устройство для автоматической подачи звонков в учебных заведениях (блок формирования программ).

Цель: продемонстрировать программирование устройства для подачи звонков по каждой из двух возможных программ.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, устройство для автоматической подачи звонков, звонок громкого боя с кнопкой и специальной розеткой, подключенной параллельно кнопке звонка.

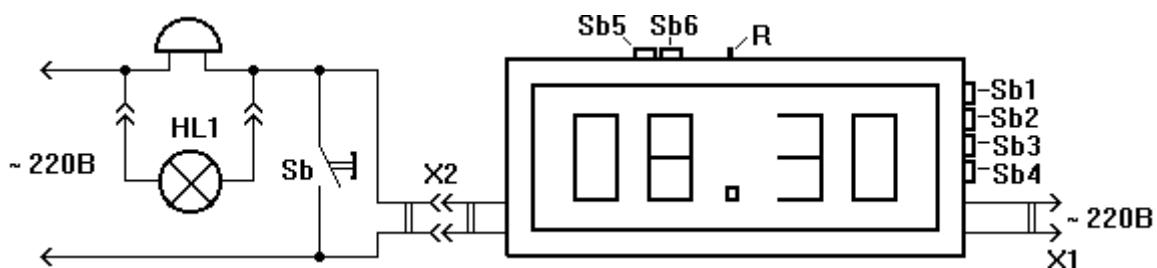


Рис. 82

Устройство для автоматической подачи звонков вмонтировано в электронные часы «Электроника 7-06К» или «Электроника 7-06М». Оно включает в себя блок формирования программ и реле времени. Блок формирования программ подключается к выводам микросхем часов, сигналы с которых управляют анодами-сегментами индикаторов. Схема блока формирования программ приведена на рисунке 83, а на рисунке 82 показана схема подключения устройства для автоматической подачи звонков к существующим в школе системам подачи звонков. Параллельно кнопке звонка устанавливается специальная розетка, в которую вставляется вилка от реле времени (рисунок 82) с тиристором в исполнительной цепи, а параллельно звонку включается электрическая лампочка мощностью 15-25 Вт для надежного открытия симистора.

Программирование устройства осуществляется с помощью кнопок sb1, sb2. При нажатии на кнопку sb2 в микросхему ОЗУ будет записана информация о необходимости подачи звонка в указанное время, а нажатие на кнопку sb1 приводит к стиранию ранее записанной информации.

Литература: 4; 11; 26; 34; 44; 71.

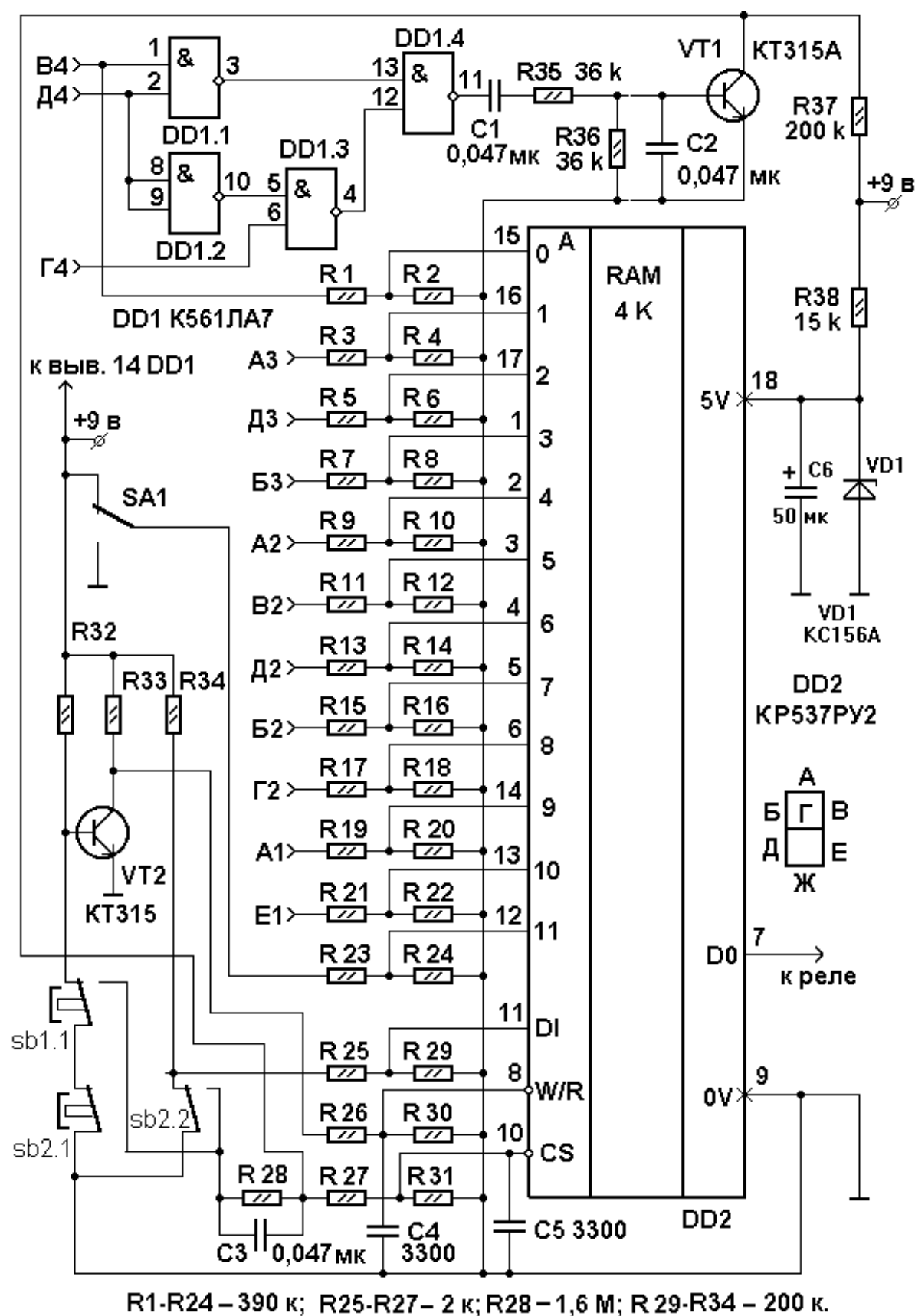


Рис. 83

34. Устройство для автоматической подачи звонков в учебных заведениях (реле времени).

Цель: зарисовать осциллограммы в характерных точках реле времени.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, двух-лучевой электронный осциллограф, учебный стенд реле времени с тиристором в исполнительной цепи, электрическая лампочка на 36 В (вместо электрического звонка).

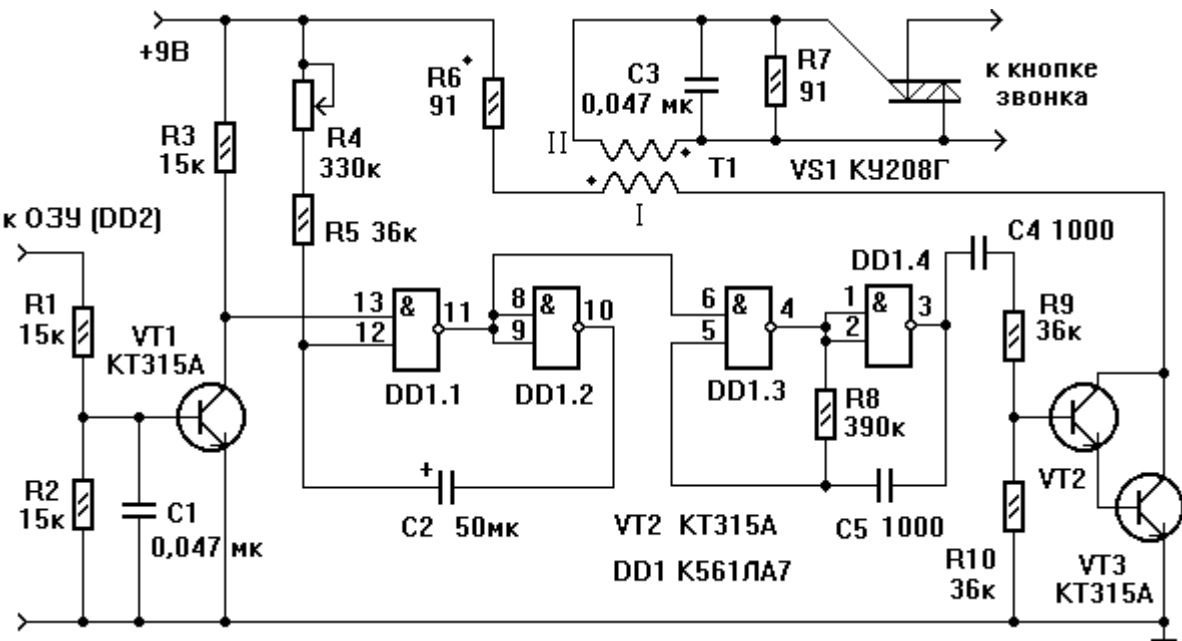


Рис. 84

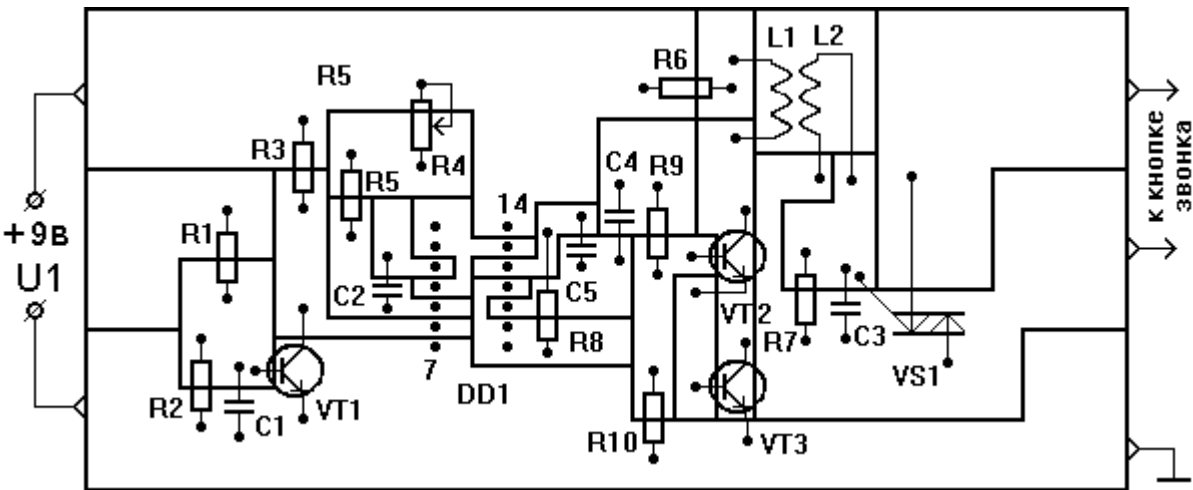


Рис. 85

На рисунке 84 приведена принципиальная схема реле времени с тиристором в исполнительной цепи, а на рисунке 85 приведена монтажная схема указанного реле, разработанная для исследования его на лабораторных занятиях.

При исследовании реле на занятии вместо электрического звонка подключают электрическую лампочку на 36 В, используя соответствующее питающее напряжение. Включение реле осуществляют, кратковременно касаясь верхним выводом резистора R1 плюсовой клеммы источника питания 9 В. Конденсатор C1 необходим для повышения помехоустойчивости реле. Длительность работы реле можно изменить резистором R4.

В ходе демонстрации зарисовывают осциллограммы напряжения на выводах 10, 6, 3 микросхемы, на базе и коллекторе транзистора VT2. При объяснении принципа работы устройства указывают назначение всех его элементов.

Литература: 4; 11; 26; 34; 44; 71.

35. Электронный термометр с цифровым отсчетом с диодным датчиком температуры.

Цель: продемонстрировать работу электронного термометра с диодным датчиком температуры.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, учебный стенд электронного термометра с цифровым отсчетом с диодным датчиком температуры.

На рисунке 86 приведена принципиальная схема электронного термометра, а на рисунке 87 - его монтажная схема. Для лучшей стабильности постоянного напряжения, которым питается мост, содержащий резисторы R3, R4, R8 и диод VD8, переменное напряжение, подаваемое на вход схемы, выбирают как можно большим (достаточно подать 30 В). В схеме применены два параметрических стабилизатора (резистор R1 и стабилитроны VD5, VD6, резистор R2 и стабилитрон VD7), включенных один за другим (каскадно). Сопротивления резисторов R1, R2 выбирают такими, чтобы через стабилитроны VD5, VD6, VD7 протекали токи, соответствующие термостабильной точке. Термостабильная точка стабилитронов определяется по методике, рассматриваемой в демонстрации «Экспрессное определение термостабильной точки стабилитрона».

Шкала электронного термометра с диодным датчиком температуры получается практически линейной, поэтому градуировку термометра проводят по двум точкам: температура таяния льда (обязательно) и какая-нибудь другая температура. В качестве миллиамперметра используют прибор Щ4313 на пределе измерения 200 мкА. Резистором R4 устанавливают нулевой ток через микроамперметр при температуре таяния льда. При другой температуре резистором R7 устанавливают силу тока такой, чтобы было удобно определять температуру по показаниям микроамперметра. При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение каждого его элемента.

Литература: 11; 34; 41; 55; 71.

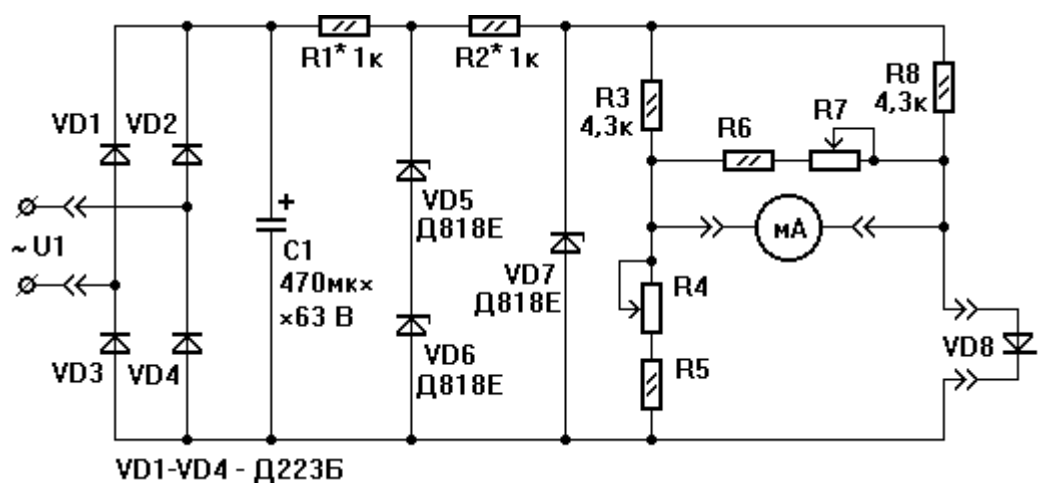


Рис. 86

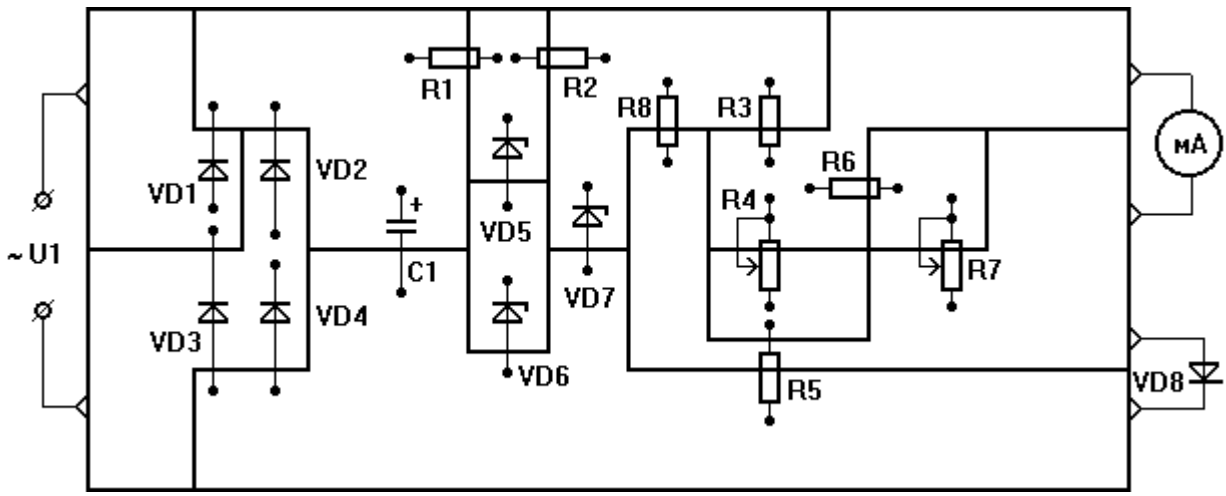


Рис. 87

36. Устройство для проведения игры «Брейн-ринг».

Цель: продемонстрировать невозможность одновременного зажигания игроками лампочек на пультах обеих команд.

Приборы и принадлежности: общее оборудование и принадлежности, учебный стенд для проведения игры «Брейн-ринг».

На рисунке 88 приведена принципиальная схема устройства для игры «Брейн-ринг». Это устройство позволяет ведущему дать команду «внимание», а командам-участницам сигнализировать о своей готовности. Причем первенство решается бесспорно: если лампочка одной из команд сигнализирует, что их ответ готов, то лампочка «опоздавшей» команды уже не включится при нажатии этой командой своей кнопки.

В приведенной схеме HL1, HL2 - сигнальные лампы; Sb1, Sb2 - кнопки, которыми пользуются команды (находятся на столах, за которыми сидят участни-

ки игры); Sb3 - кнопка на пульте управления ведущего; VS1, VS2 - тиристоры, управляющие работой лампочек.

Рисунок 89 позволяет пояснить, почему необходимо использовать одну группу контактов кнопки Sb3 и два диода VD3, VD4, а не две группы контактов кнопки Sb3 без диодов.

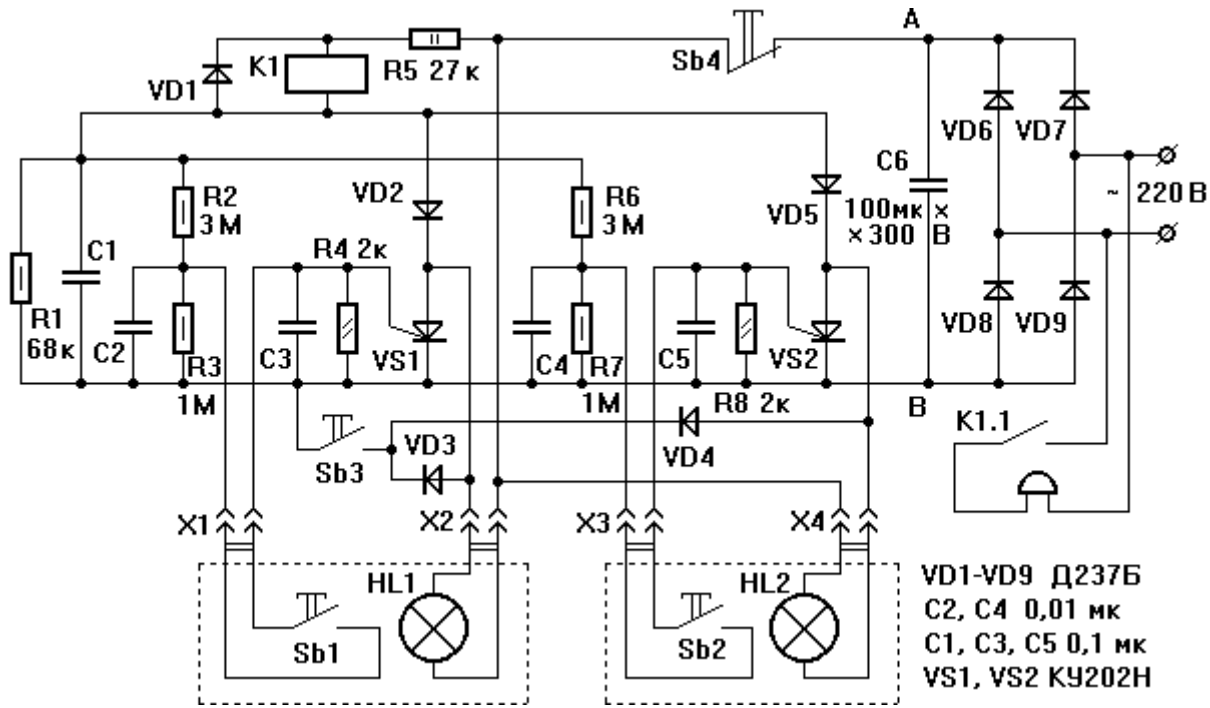


Рис. 88

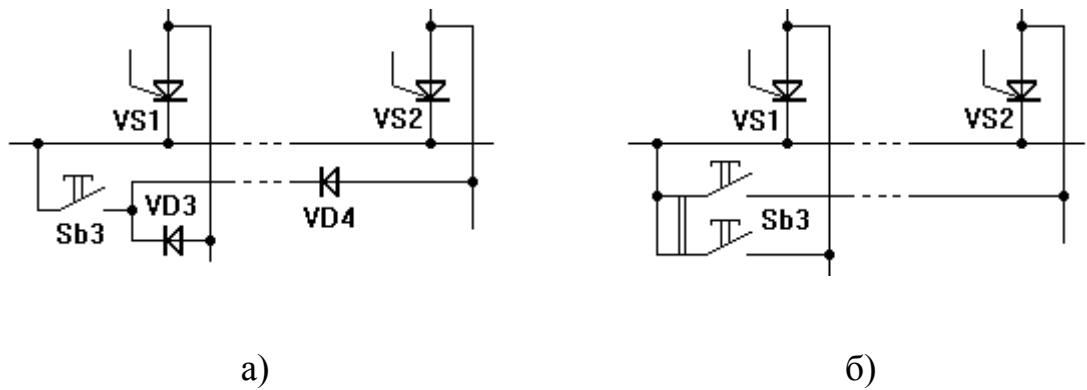


Рис. 89

В ходе демонстрации показывают невозможность одновременной подачи сигнала двумя участниками. Показывают также, что если один из участников нажал кнопку раньше, чем погасла лампочка, включаемая ведущим, то включение лампочки не произойдет и необходимо будет отпустить кнопку и снова ее нажать. При объяснении принципа работы устройства необходимо указать назначение каждого его элемента.

Литература: 1; 11; 32; 34; 71.

Литература

1. Алгинин Б.Е. Кружок электронной автоматики: Пособие для руководителей кружков: Из опыта работы. - М.: Просвещение, 1990. - 192 с.
2. Александров И. Металлоискатель повышенной чувствительности // Радио. - №10. - 1994. - С. 26-28.
3. Алексеев А.П. и др. Робототехника: Учеб. пособие для 8-9 кл. сред. шк. /А.П. Алексеев, А.Н. Богатырев, В.А. Серенко. - М.: Просвещение, 1993. - 160 с.
4. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы: Справочное пособие / С.В. Якубовский, Н.А. Барканов, Л.И. Ниссельсон и др.; Под ред. С.В. Якубовского. - М: Радио и связь, 1984. - 432 с.
5. Барласов Б.З., Ильин В.И. Наладка приборов и систем автоматизации: Учеб. для сред. проф.-техн. училищ. - М.: Высш. шк., 1985. - 304 с.
6. Бартенев В.Г., Алгинин Б.Е. От самоделок на логических элементах до микроЭВМ. - М.: Просвещение, 1993. - 189 с.
7. Богатырев А.Н. Радиоэлектроника, автоматика и элементы ЭВМ: Учеб. пособие для 8-9 кл. сред. шк. - М.: Просвещение, 1990. - 175 с.
8. Борисов В., Партин А. Основы цифровой техники // Радио. - №1-5, 7-12. - 1985.
9. Гершензон Е.М. и др. Радиотехника: Учеб. пособие для ст-в физ.-мат. фак. пед. ин-тов / Е.М. Гершензон, Г.Д. Полянина, Н.В. Соина. - М.: Просвещение, 1986. - 319 с.
10. Головенков С.Н., Сироткин С.В. Основы автоматики и автоматического регулирования станков с программным управлением: Учебник для машиностроительных техникумов. - М.: Машиностроение, 1988. - 288 с.
11. Дик Ю.И., Мигунов А.Ф. Требования к конструированию самодельных приборов по физике // Физика в школе. - № 1. - 1983. - С. 76-80.
12. Жеребцов И.П. Основы электроники. - Л.: Энергоатомиздат, 1985. - 352 с.
13. Зайчик И.Ю., Зайчик Б.И. Практикум по электрорадиоизмерениям: Учеб. пособие для учащихся радиотехн. техникумов. - М.: Высшая школа, 1985.- 239 с.
14. Залманзон Л.А. Беседы об автоматике и кибернетике. - М.: Наука, 1985.- 416 с.
15. Иванов Б. Осциллограф - ваш помощник (электронный коммутатор) // Радио. - №1. - 1989. - С. 61-64, №2. - 1989. - С. 69.
16. Иванов Б.С. Электронные самоделки: Кн. для учащихся 5-8 кл. - М.: Просвещение, 1993. - 191 с.
17. Иванов Б.С. Энциклопедия начинающего радиолюбителя: Описания практических конструкций. - М.: Патриот, 1992. - 416 с.
18. Измерения в электронике: Справочник / В.А. Кузнецов, В.А. Долгов, В.М. Коневских и др.; Под ред. В.А. Кузнецова.- М.: Энергоатомиздат, 1987.-512 с.

- 19.Иноземцев В. Определение термостабильной точки стабилитронов // Радио. - №8. - 1983. - С. 31.
- 20.Иноземцев В. Синхронизатор к диапроектору // Радио. - №4. - 1986. - С. 22-23.
- 21.Иноземцев В. Синхронизатор к диапроектору «Протон» // Радио. - №12. - 1980. - С. 34.
- 22.Иноземцев В. Характериограф для транзисторов (Причины раздвоения выходных характеристик) // Радио. - №5. - 1994. - С. 45.
- 23.Иноземцев В. Характериограф для транзисторов (Упрощенный вариант прибора) // Радио. - №6. - 1994. - С. 43-45.
- 24.Иноземцев В. Характериограф для транзисторов // Радио. - №12. - 1990. - С. 78-79.
- 25.Иноземцев В. Шифратор и дешифратор команд телеуправления // Радио. - №7. - 1985. - С. 40-41, №2. - 1987. - С. 62.
- 26.Иноземцев В.А. Устройство для автоматической подачи звонков в учебных заведениях // Преподавание физики в высшей школе: Сб. науч. тр. - М.: Изд-во МПГУ, 1996. - № 8. - С. 56-60.
- 27.Иноземцев В.А. Устройство для исследования мягкого и жесткого режимов самовозбуждения LC-генератора // Преподавание физики в высшей школе: Сб. науч. тр. - М.: Изд-во МПГУ, 1997. - № 10. - С. 60-62.
- 28.Иноземцев В.А., Иноземцева С.В. Вводный практикум по электронике / Под ред. В.А. Иноземцева. - Брянск: Изд-во БГПУ, 1997. - 78 с.
- 29.Иноземцев В.А., Иноземцева С.В., Степанищева М.Н. Динамическая выходная характеристика биполярного транзистора на экране осциллографа // Преподавание физики в высшей школе: Сб. науч. тр. - М.: Изд-во МПГУ, 1995. - № 3. - С. 83-85.
- 30.Иноземцев В.А., Иноземцева С.В., Степанищева М.Н. Определение времени соударения металлических шаров // Преподавание физики в высшей школе: Сб. науч. тр. - М.: Изд-во МПГУ, 1996. - № 8. - С. 21-23.
- 31.Иноземцев В.А., Иноземцева С.В., Степанищева М.Н. Особенности организации учебного процесса по курсу "ЭРТАВТ" // Преподавание физики в высшей школе: Сб. науч. тр. - М.: Изд-во МПГУ, 1996. - № 4. - С. 42-44.
- 32.Иноземцев В.А., Иноземцева С.В., Степанищева М.Н. Устройство для проведения игры «Брейн-ринг» // Преподавание физики в высшей школе: Сб. науч. тр. - М.: Изд-во МПГУ, 1998. - № 12(І). - С.63-66.
- 33.Иноземцев В.А., Комаров В.А. Автоматизация измерения кинетических эффектов // Физика твердого тела. - Барнаул: Изд-во БГПИ, 1984. - С. 17-18.
- 34.Инструкции к приборам и устройствам.

35. Калабеков Б.А., Мамзелев Н.А. Основы автоматики и вычислительной техники: Учебник для техникумов связи. - М.: Связь, 1980. - 296 с.
36. Карпов Р.Г., Карпов Н.Р. Электрорадиоизмерения: Учеб. пособие для вузов. - М.: Высш. школа, 1978. - 272 с.
37. Козаченко В., Хмелевская Л. Кодовый замок // Радио. - №8. - 1990. - С. 36-37.
38. Комский Д.М. Кружок технической кибернетики: Пособие для руководителей кружков. - М.: Просвещение, 1991. - 192 с.
39. Кусков А. Десять команд по двум проводам // Радио. - №12. - 1989. - С. 27-29.
40. Лавренцов В.Д. Основы автоматики, вычислительной техники и радиотелеметрии. - М.: Машиностроение, 1977. - 192 с.
41. Левшина Е.С., Новицкий П.В. Электрические измерения физических величин: (Измерительные преобразователи). Учеб. пособие для вузов. - Л.: Энергоатомиздат, 1983. - 320 с.
42. Литвинов А.П., Моржаков С.П., Фабрикант Е.А. Основы автоматики / Под ред. В.А. Бесекерского. - М.: Машиностроение, 1967. - 272 с.
43. Ляшко М.Н. Радиотехника: Лаб. практикум. - Мн.: Высш. школа, 1981. - 269 с.
44. Манаев Е.И. Основы радиоэлектроники: Учеб. пособие для вузов. - М.: Радио и связь, 1985. - 488 с.
45. Миронов А. Простой ключевой стабилизатор напряжения // Радио. - №8. - 1985. - С. 43-45.
46. Миронов А. Усовершенствование импульсного стабилизатора напряжения // Радио. - №4. - 1987. - С. 35-36.
47. Мымрин М.П. Конструкция, применение, программирование и ремонт ПЭВМ «Агат». - М.: Машиностроение, 1990. - 304 с.
48. Мячев А.А. Организация управляющих вычислительных комплексов. - М.: Энергия, 1980. - 272 с.
49. Нечаев И. Универсальный металлоискатель // Радио. - №12. - 1990. - С. 73-75.
50. Никитин В.А. Автомат световых эффектов. В помощь радиолюбителю: Сборник. Выпуск 108. - М.: Патриот, 1980. - 80 с.
51. Ольховой Ю. Вреямпульсное кодирование в телеуправлении // Радио. - №5 - 1991. - С. 24-28.
52. Основы промышленной электроники: Учеб. пособие для неэлектротехн. спец. вузов / В.Г. Герасимов, О.М. Князьков, А.Е. Краснопольский, В.В. Сухоруков; Под ред. В.Г. Герасимова. - М.: Высш. шк., 1986. - 336 с.
53. Поляков В.Т. Посвящение в радиоэлектронику. - М.: Радио и связь, 1988. - 352 с.

54. Практикум по физике в средней школе: Дидактический материал: Пособие для учителя/ Под ред. В.А.Бурова, Ю.И. Дика.- М.: Просвещение, 1987.-191с.
55. Резников З.М. Прикладная физика: Учеб. пособие для учащихся по факультатив. курсу: 10 кл. - М.: Просвещение, 1989. - 239 с.
56. Скетерис Р. Три металлоискателя на микросхемах // Радио. - №8. - 1990. - С. 32-35.
57. Справочник по интегральным микросхемам / Б.В. Тарабрин, С.В. Якубовский, Н.А.Барканов и др.; Под ред. Б.В.Тарабрина.- М.: Энергия, 1981.-816 с.
58. Справочник по наладке автоматических устройств контроля и регулирования. В 2-х частях. Ч. 1, 2. - Киев: Наукова думка, 1981. - 940 с.
59. Староверов А.Г. Основы автоматизации производства: Учеб. для сред. учеб. заведений по спец. «Металловедение и термическая обработка металлов», «Литейное производство черных и цветных металлов». - М.: Машиностроение, 1989. - 312 с.
60. Страхов А.Ф. Автоматизированные измерительные комплексы. - М.: Энергоиздат, 1982. - 216 с.
61. Таев И.С. Электрические аппараты автоматики и управления. Учеб. пособие для втузов. - М.: Высш. школа, 1975. - 224 с.
62. Терещук Р.М., Терещук К.М., Седов С.А. Полупроводниковые приемно-усилительные устройства. Справочник радиолюбителя. - Киев: Наукова Думка, 1981. - 672 с.
63. Тесленко Л. Генератор прямоугольных импульсов // Радио. - №7. - 1984. - С. 28-30.
64. Трегуб В., Иволга Е. Коммутатор для осциллографа // Радио. - №12. - 1980. - С. 47.
65. Феденко Д. Электромузыкальный автомат // Радио. - №10. - 1992. - С. 16-18.
66. Характериограф для транзисторов // Радио. - №9. - 1992. - С. 53.
67. Шило В.Л. Популярные цифровые микросхемы: Справочник. - Челябинск: Металлургия, 1988. - 352 с.
68. Электрические измерения: Учебник для вузов / Байда Л.И., Добротворский Н.С. Душин Е.М. и др.; Под ред. А.В. Фремке и Е.М. Душина. - Л: Энергия, 1980. - 392 с.
69. Электромеханические аппараты автоматики: Учеб. для вузов по спец. «Электрич. аппараты» / Б.К. Буль, О.Б. Буль, В.А. Азанов, В.Н. Шоффа. - М.: Высш. шк., 1988. - 303 с.
70. Яворский В. Металлоискатель на микросхеме // Радио.- №8.- 1989.- С. 65-66.
71. Ямпольский В.С. Основы автоматики и электронно-вычислительной техники: Учеб. пособие для студентов физ.-мат. фак. пед. ин-тов.- М.: Просвещение, 1991. - 223 с.

Иноземцев Василий Алексеевич
Иноземцева Светлана Васильевна
Степанищева Муниба Нафиковна

Лабораторный практикум по основам автоматики

Редактор Лозинский В.П.

Издательство Брянского государственного педагогического
университета имени академика И.Г.Петровского
241036, Брянск, ул. Бежицкая, 14

ЛР № 020070 от 25.04.97

Подписано в печать 29.04.98. Формат 60 x 84 1/16. Усл. п.л. 5.0
Тираж 100 экз. Печать офсетная. Заказ №

Отпечатано в подразделении оперативной полиграфии
Брянского ИПКРО
241036, Брянск, ул. Бежицкая, 34“А”