



Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторным работам
по дисциплине
ЭЛЕКТРОНИКА И
МИКРОСХЕМОТЕХНИКА

для студентов направления
050702 - ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА

всех форм обучения

Севастополь
2008



УДК 621.3(07)
М 545

Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Электроника и микросхемотехника» для студентов всех форм обучения направления 050702 – «Электромеханика»/ разраб. Ж.Ю. Слепушкина, В.П. Скрипкин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. - 52 с.

Цель методических указаний: оказать помощь студентам при выполнении лабораторных работ по дисциплине **«Электроника и микросхемотехника»**. В методических указаниях даются основные теоретические сведения, описание лабораторных установок, порядок проведения экспериментальных исследований и контрольные вопросы по рассматриваемым темам.

Методические указания утверждены на заседании кафедры "Судовые и промышленные электромеханические системы", протокол №10 от 27.06.2007 г.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний

Рецензент: канд.техн.наук, доц. Конева С.А.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Лабораторная работа № 1	5
2. Лабораторная работа № 2	11
3. Лабораторная работа № 3	19
4. Лабораторная работа № 4	23
5. Лабораторная работа № 5	30
6. Лабораторная работа № 6	36
7. Лабораторная работа № 7	41
8. Лабораторная работа № 8	46
Библиографический список	51

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы по курсу «Электроника и микросхемотехника» имеют целью закрепить теоретические знания по соответствующему курсу, развить у студентов навыки экспериментальных исследований, научить грамотно и целенаправленно оценивать технические характеристики и эксплуатационные свойства элементной базы электроники, изучить обозначения и маркировку современных электронных приборов и устройств.

Лабораторные работы выполняются по цикловому методу, группа делится на бригады из трех-четырех студентов. При подготовке к выполнению работы студентам необходимо проработать теоретический материал, относящейся к данной работе, на листах формата А4 написать: цель работы; привести принципиальную схему, которая задействована в работе; заготовить таблицы для записи результатов измерений.

Перед началом работы преподаватель проводит контрольную проверку готовности студентов к выполнению работы. К сдаче представляется отчет, содержащий стандартный титульный лист, цель работы, принципиальную схему лабораторной установки, таблицы измерений, расчеты и графики, построенные на основании полученных таблиц, а также вывод, объясняющий полученные результаты и увязывающий их с теоретическими сведениями по рассматриваемому вопросу.

Защита лабораторных работ может производиться бригадой с индивидуальным опросом каждого студента или каждым студентом отдельно.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ**Цель работы**

В работе исследуются статические характеристики полупроводниковых приборов: диода, стабилитрона, биполярного и полевого транзисторов, тиристора.

Время выполнения – 2 часа.

Теоретический раздел

Электроника как отрасль науки и техники занимается изучением, исследованием, разработкой и применением приборов, работа которых основана на протекании электрического тока в различных средах. К таким приборам относятся полупроводниковые приборы. Их общее свойство – существенная нелинейность вольт-амперных характеристик (ВАХ), которая, как правило, является признаком, определяющим важнейшие свойства приборов.

Полупроводниковым диодом называют полупроводниковый прибор с одним электрическим р-п-переходом и двумя выводами. По функциональному назначению диоды делятся на выпрямительные, универсальные, импульсные, переключающие, туннельные, фотодиоды, светодиоды и др. ВАХ диодов имеет существенно отличающиеся прямую и обратную ветви. Это обусловлено тем, что в прямом направлении включения ток составляют основные носители зарядов р- и п-областей, а в случае обратного включения – неосновные носители заряда, которых намного меньше чем основных.

Стабилитроном (опорным диодом) называют полупроводниковый диод, на ВАХ которого имеется участок со слабой зависимостью напряжения от величины протекающего тока (обратная ветвь ВАХ). Неизменность уровня напряжения на стабилитронах при изменении тока в широких пределах позволяет использовать их для стабилизации напряжения на нагрузке, которая подсоединяется параллельно стабилитрону. Вывод (электрод), связанный с р-слоем, называют **анодом**, а электрод, связанный с п-слоем – **катодом**.

Биполярным транзистором называют полупроводниковый прибор с тремя чередующимися слоями полупроводника разного вида проводимости, предназначенный для усиления мощности электрических сигналов. В зависимости от характера проводимости внешних слоев транзисторы делятся на два типа: **р-п-р** и **п-р-п**; внутренняя область монокристалла транзистора, разделяющая р-п переходы, называется **базой**. По применяемому материалу транзисторы подразделяются на кремниевые и германиевые.

Полевые транзисторы, в отличие от биполярных, основаны на другом методе управления процессами в полупроводниковых приборах. Обладая управляющими свойствами, полевые транзисторы являются униполярными полупроводниковыми приборами.

Биполярные транзисторы отличаются большим уровнем мощности и являются более высокочастотными по сравнению с полевыми. Однако полевые транзисторы обладают способностью работать в более широком динамическом диапазоне и превосходят биполярные по возможностям автоматической регулировки усиления.

Тиристор – это управляемый полупроводниковый прибор с тремя и более р-п переходами, ВАХ которого имеет участок отрицательного сопротивления. При включении в цепь переменного тока тиристор открывается, пропуская ток в нагрузку, только при достижении мгновенным значением напряжения определенного уровня, либо при подаче отпирающего напряжения на *управляющий электрод*.

Описание лабораторной установки

Для снятия статических характеристик полупроводниковых приборов на лабораторном стенде собраны схемы (рисунки 1.1-1.3). Источники питания смонтированы внутри стенда. Ручки потенциометров R1, R2, R3 для регулировки напряжения источников питания выведены на переднюю панель. Для проведения работы предусмотрены переключатель S1 для выбора исследуемого прибора, кнопка B2 для изменения диапазона измерений (цены деления) прибора pA1, переключатель S3 для изменения диапазона прибора pV2 (положение I – 3В, положение II – 15В), миллиамперметры с пределами измерений: pA1 (30/50) мА/мкА, pA2 (10) А, вольтметры с пределами измерений: pV1 (15) В, pV2 (3/15) В.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с устройством и принципом работы исследуемых приборов.

2. По схеме, приведенной на рисунке 1.1,а, снять и построить прямую ветвь ВАХ полупроводникового диода (рисунок 1.4,а) для чего: переключатель S1 поставить в положение "1", кнопку B2 поставить в положение "Отжато". Меняя напряжение на аноде диода потенциометром R1, записать показания вольтметра pV1 (вся шкала 15 В) и амперметра pA1 (вся шкала 30 мА).

3. По схеме, приведенной на рисунке 1.1,б, снять и построить обратную ветвь ВАХ полупроводникового диода (рисунок 1.4,б), для чего: переключатель S1 поставить в положение "1", кнопку B2 в положение "Нажато". Меняя напряжение на аноде потенциометром R1, записать показания вольтметра pV1 и амперметра pA1 (вся шкала 50мкА).

4. По схеме, приведенной на рисунке 1.1,в, снять и построить ВАХ стабилитрона (рабочую ветвь, рисунок 1.4,в), для чего: переключатель S1 поставить в положение "2". Меняя напряжение на стабилитроне потенциометром R1, записать показания вольтметра pV1 и амперметра pA1. На ВАХ показать рабочий участок, а также его параметры $I_{a\min}$, $I_{a\max}$, U_{cm} .

5. По схеме, приведенной на рисунке 1.2,а, снять и построить входную характеристику биполярного транзистора (рисунок 1.4,д), для чего: S1 поставить в положение "4", S3 - в положение "1" (3В). Потенциометром R1

установить напряжение $U_{кэ} \neq 0В$ (pV1). Меняя потенциометром R2 величину тока базы $I_{\bar{\delta}}$ (pA2), снять зависимость $I_{\bar{\delta}} = f(U_{\bar{\delta}э})$ при $U_{кэ} = const$. Ту же зависимость снять при $U_{кэ} = 1В$, при этом потенциометром R1 поддерживать напряжение $U_{кэ} = 1В$.

6. По схеме приведенной на рисунке.1.2,б, снять и построить семейство выходных характеристик биполярного транзистора (рисунок 1.4,е), для чего: S1 поставить в положение "4", S3 - в положение "1". Потенциометром R2 установить ток базы $I_{\bar{\delta}} = 1.2мА$ (pA2). Меняя напряжение $U_{кэ}$ (pV1) потенциометром R1 снять зависимость тока коллектора $I_{к} = f(U_{кэ})$ при $I_{\bar{\delta}} = 1.2мА$, ток $I_{к}$ определять по прибору pA1. Ту же зависимость снять при $I_{\bar{\delta}} = 2.4; 3.6мА$.

7. По схеме, приведенной на рисунке 1.3,а, снять и построить зависимость тока стока $I_{с}$ (прибор pA1) от напряжения затвор-исток $U_{зу}$ (pV2) при постоянном напряжении сток-исток $U_{су}$ (pV1), $I_{с} \neq f(U_{зу})$ при $U_{су} = const$ (рисунок 1.4,ж). Для чего: S1 установить в положение "5", S3 - в положение "2", потенциометром R1 установить напряжение $U_{су} = 15В$. Меняя потенциометром R3 величину напряжения на затворе $U_{зу}$ (вся шкала 13В, прибор pV2), записать в таблицу данные и построить зависимость $I_{с} = f(U_{зу})$, поддерживая напряжение $U_{су}$ постоянным.

8. Снять и построить семейство стоковых характеристик (рисунок 1.4,з), т.е. зависимость $I_{с} = f(U_{су})$ при $U_{зу} = const$. Для этого: S1 установить в положение "5", S3 - в положение "2". Потенциометром R3 установить напряжение $U_{су} = 0В$. Изменяя потенциометром R1 величину напряжения $U_{су}$ (pV1), записать показания $I_{с}$ (pA1). Ту же зависимость снять при напряжениях $U_{зу} = 3В; 6В; 9В$. Данные записать в таблицу и построить семейство стоковых характеристик полевого транзистора.

9. По схеме, приведенной на рисунке 1.3,б, снять и построить ВАХ тиристора (рисунок 1.4,г), для чего: S1 установить в положение "3", S3 - в положение "1". Потенциометром R1 установить напряжение на аноде $U_1 = 15В$. Увеличивая, потенциометром R2 величину напряжения $U_{у}$ между управляющим электродом и катодом тиристора (вольтметр pV2), а также величину тока управляющего электрода тиристора $I_{у}$ (pA2), зафиксировать момент включения тиристора. При этом определить величины: $I_{у}, U_{у}, I_{а}$ - ток анода открытого тиристора, $U_{ост}$ - остаточное напряжение на аноде открытого тиристора.

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткую характеристику исследуемых элементов.

3. Схемы установки с перечнем оборудования и приборов, использованных в работе.

4. Таблицы экспериментальных данных и соответствующие им графики.

5. Выводы о работе.

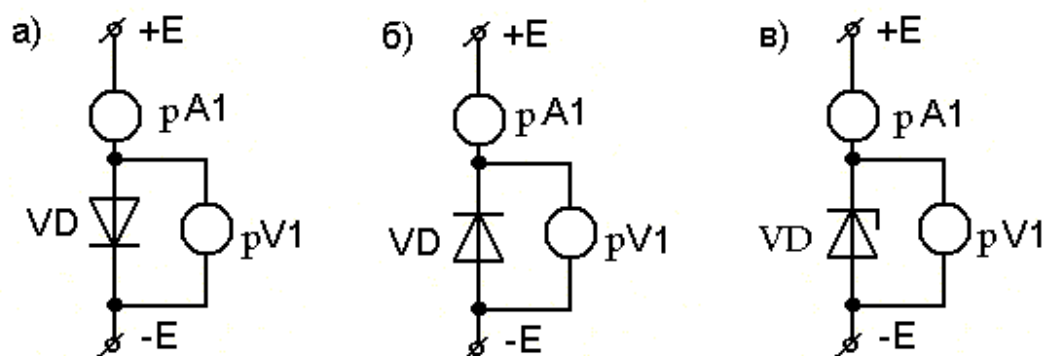


Рисунок 1.1

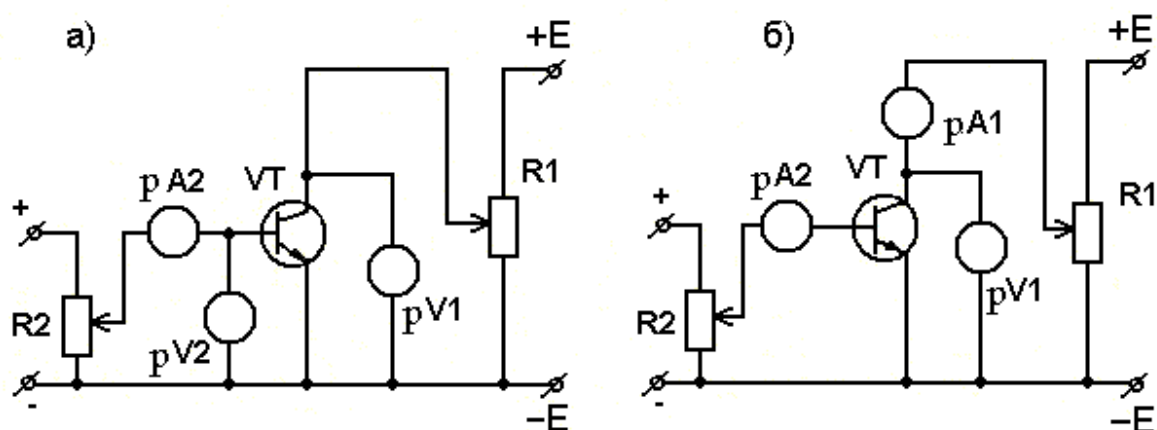


Рисунок 1.2

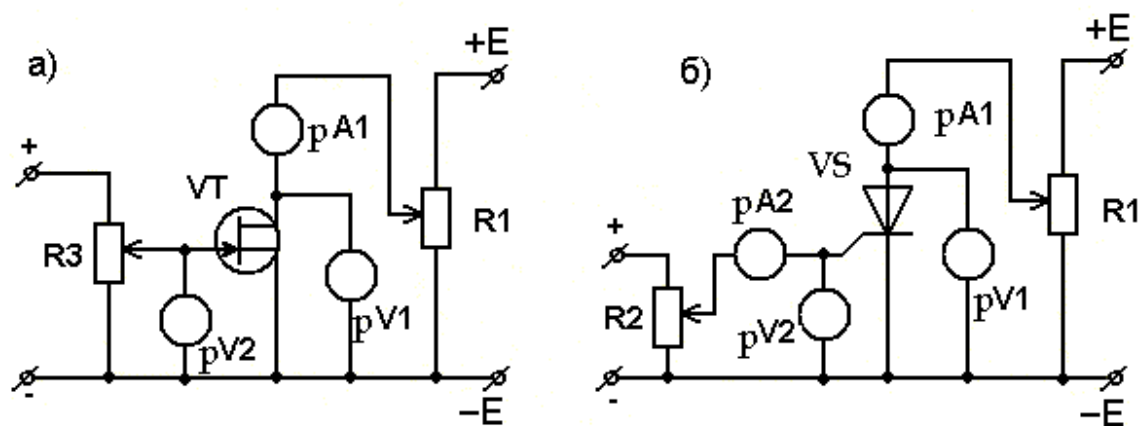


Рисунок 1.3

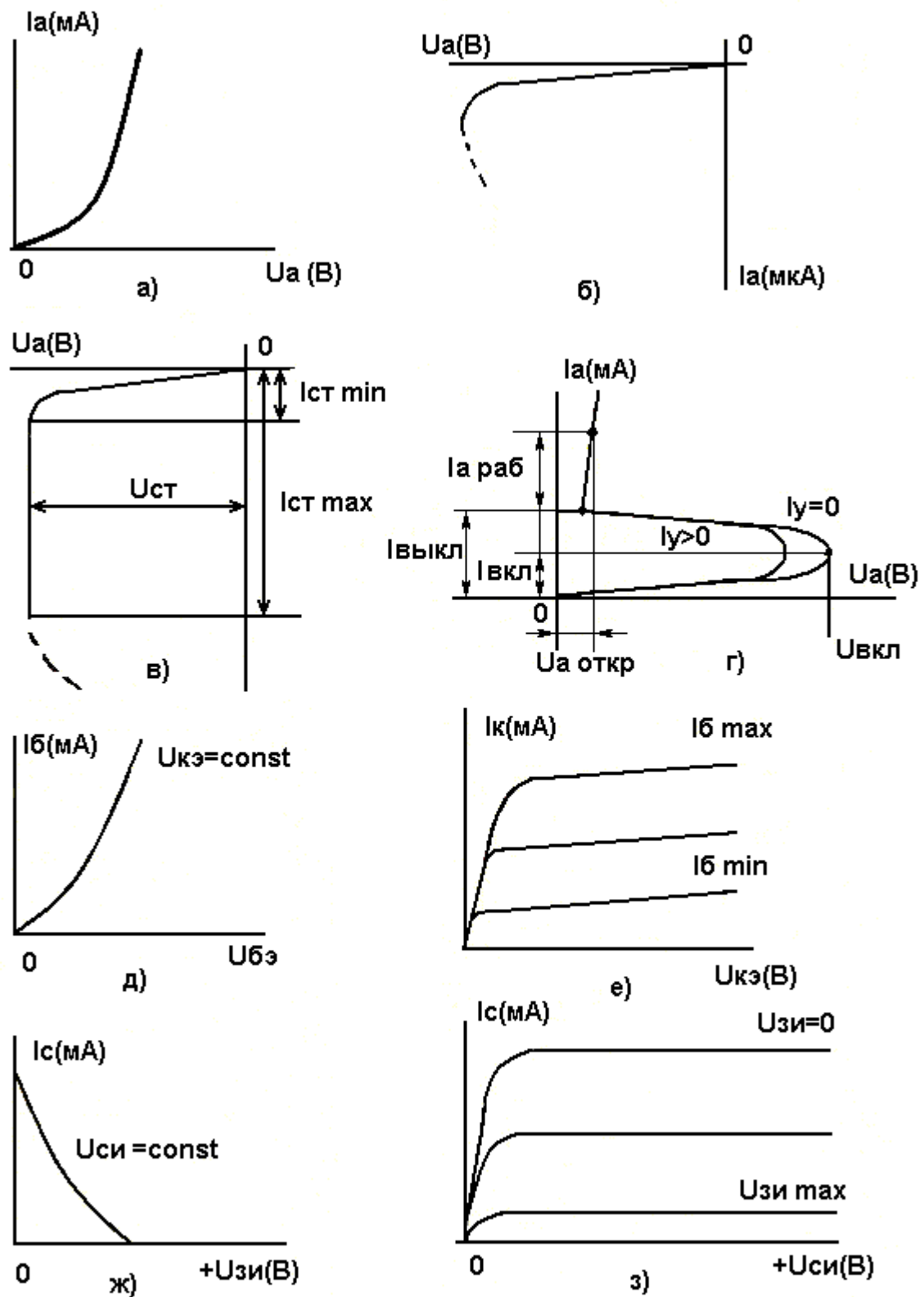


Рисунок 1.4

Контрольные вопросы

1. Материалы, применяемые при изготовлении исследуемых полупроводниковых приборов.
2. Объяснить, как образуется р-п переход.
3. Свойства р-п перехода.
4. Принцип действия, основные параметры и характеристики полупроводникового диода.
5. Принцип действия, основные параметры и характеристики стабилитрона.
6. Принцип действия, основные параметры и характеристики биполярного транзистора.
7. Принцип действия, основные параметры и характеристики полевого транзистора.
8. Принцип действия, основные параметры и характеристики тиристора.
9. Маркировка диодов, стабилитронов, биполярных и полевых транзисторов, тиристор.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО И КОМПЕНСАЦИОННОГО СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Цель работы

Изучить принцип действия параметрического и компенсационного стабилизатора напряжения, методов расчета и выбора их элементов, снятия их характеристик.

Время выполнения – 2 часа.

Теоретический раздел

Существует два типа стабилизаторов напряжения: параметрические и компенсационные. В первом типе стабилизаторов используется постоянство напряжения некоторых видов приборов, называемых стабилитронами, при изменении протекающего через них тока. Во втором типе стабилизаторов, задачу стабилизации напряжения решают по компенсационному принципу, основанному на автоматическом регулировании напряжения, подводимого к нагрузке.

Схема **параметрического стабилизатора напряжения** приведена на рисунке 2.1. она состоит из гасящего резистора R_z и стабилитрона VD.

При изменении напряжения U_0 или нагрузки R_H напряжение на нагрузке R_H изменяется незначительно, так как оно определяется мало меняющимся обратным напряжением U_{cm} стабилитрона, при изменении протекающего через него тока (необходимо четко представлять, как выглядит вольтамперная характеристика стабилитрона).

Основные соотношения для токов и напряжений в стабилизаторе (рисунок 2.1) имеют вид

$$I_0 = I_{cm} + I_H, \quad U_z = U_{Rz} + U_H$$

$$I_{cm} = \frac{U_0 - U_H}{R_z} - \frac{U_H}{R_H}, \quad R_z = \frac{U_{0\min} - U_H}{I_{cm.\min} - \frac{U_H}{R_{H\min}}}$$

$$I = \frac{U_{0\max} - U_H}{R_z} - \frac{U_H}{R_{H\max}}$$

$$P_{cm.\max} = U_{cm} \cdot I_{cm.\max}, \quad P_{Rz} = \frac{(U_{cm.\max} - U_{cm})^2}{R_z},$$

где $I_{cm.\max}$ - максимальный ток стабилизации (по справочнику);

$P_{cm.\max}, P_{Rz}$ - максимальные мощности, рассчитываемые на стабилитроне и резисторе R_z .

Показателем качества стабилизации напряжения служит коэффициент стабилизации K_{cm} , показывающий во сколь раз относительное приращение напряжения на выходе стабилизатора меньше вызвавшего его относительного приращения напряжения на входе:

$$K_{cm} = \frac{\Delta U_0}{U_0} \bigg/ \frac{\Delta U_n}{U_n} \quad \text{или после преобразований} \quad K_{cm} = \frac{U_n}{U_0} \cdot \frac{R_z}{r_\partial},$$

где r_∂ - дифференциальное сопротивление стабилитрона (определяется по ВАХ стабилитрона); $r_\partial = 10 \dots 15 \text{ Ом}$.

Обычно K_{cm} не превышает $20 \dots 50$; $R_z = 100 \text{ Ом}$.

Другим параметром стабилизатора является его выходное сопротивление $R_{вых}$; $R_{вых} \approx r_\partial$.

Компенсационные стабилизаторы напряжения (рисунок 2.2) обладают более высоким K_{cm} и меньшим $R_{вых}$ по сравнению с параметрическими. Их принцип действия основан на том, что изменение напряжения на нагрузке (под действием изменения $U_{вх}$ или I_n), передается на специально вводимый в схему регулирующий элемент, препятствующий изменению напряжения U_n .

Стабилизатор состоит из составного регулирующего транзистора VT2, VT3, источника опорного напряжения VD2 и R_4 , делителя напряжения $R_{\partial 1}, R_{1-2}, R_{\partial 2}$, эмиттерного повторителя на транзисторе VT1 и усилителя постоянного тока на транзисторе VT4.

Применение составного транзистора позволяет существенно увеличить коэффициент усиления по току и согласовать мощный транзистор VT2 с маломощным усилительным транзистором VT4, резистор смещения R_3 задает необходимую рабочую точку транзисторов VT2 и VT3 в режиме малых токов нагрузки и при повышенных температурах.

Напряжение питания усилителя постоянного тока (УПТ) оказывает значительное влияние на стабильность выходного напряжения. При питании УПТ непосредственно входным напряжением стабилизатора, изменение напряжения приводит к значительным изменениям тока коллектора, что в свою очередь уменьшает стабильность напряжения U_n . Для стабилизации тока коллектора УПТ в качестве нагрузки транзистора VT4 используется эмиттерный повторитель VT1.

Так как $U_{вых}$ эмиттерного повторителя равно напряжению на стабилитроне VD1 и мало зависит от изменения U_0 , то ток эмиттера VT1, а, следовательно, и ток коллектора VT1 также мало зависят от изменения входного напряжения U_0 .

Схема сравнения состоит из источника опорного напряжения на стабилитроне VD2 и сравнивающего делителя напряжения состоящего из сопротивлений $R_{\partial 1}, R_{1-2}$ и $R_{\partial 2}$.

Напряжение источника опорного напряжения (VD2) – $U_{он}$ (гнезда 6-10), сравнивается с напряжением $U_{\partial 4}$ (гнезда 9-10), которое изменяется пропорционально изменениям выходного напряжения U_{RH} .

Стабилизирующее действие схемы обусловлено наличием в ней глубокой отрицательной обратной связи по приращениям выходного напряжения U_n . Предположим, что напряжение U_0 уменьшилось, напряжение U_n также уменьшится. Снижение U_n вызывает уменьшение напряжения на базе VT4 ($U_{бэ4}$), а, следовательно, его токов $I_{б4}, I_{к4}$. Уменьшение тока $I_{к4}$ приводит к меньшему падению напряжения на переходе коллектор-эмиттер транзистора VT1 и резистора R_2 , и увеличению напряжений $U_{к4}$ и $U_{бэ3}$ транзистора VT3. Вследствие увеличения напряжения $U_{бэ3}$ напряжение $U_{кэ2}$ транзистора VT2 уменьшается, повышая тем самым почти до прежней величины напряжение U_n . Подобно рассмотренному случаю, осуществляется компенсация изменения напряжения U_n при увеличении U_0 , также при изменениях тока нагрузки.

Описание лабораторной установки

На лицевой панели стенда расположены:

- а) тумблер включения стенда с надписью «Сеть»;
- б) сигнальная лампочка с надписью «Вкл.»;
- в) тумблер S_2 для подключения различных видов входного напряжения сглаженного или пульсирующего;
- г) тумблер S_3 для подключения нагрузки;
- д) ручка регулировки входного напряжения S_0 ;
- е) ручка регулировки тока нагрузки R_n ;
- ж) ручка регулировки величины гасящего сопротивления в параметрическом стабилизаторе R_z ;
- з) ручка регулировки величины сопротивления сравнивающего делителя в компенсационном стабилизаторе U_{cm1} ;
- и) ручка регулировки величины балластного сопротивления в компенсационном стабилизаторе $R_б$;
- к) гнезда «1-29» и « U_m » для изменения напряжений в характерных точках исследуемой схемы;
- л) вольтметр U_0 для измерения входного напряжения;
- м) миллиамперметр I_{cm} для измерения тока стабилизации в параметрическом стабилизаторе;
- н) миллиамперметр I_n для измерения тока нагрузки;
- о) вольтметр U_n для измерения напряжения нагрузки.

Порядок выполнения работы

Исследовать параметрический стабилизатор напряжения, для чего установить модуль параметрического стабилизатора на передней панели универсального стенда.

1. Снять ВАХ стабилитрона, для чего:

- 1.1. Переключатель S_2 поставить в положение, соответствующее сглаживающему напряжению (=).
- 1.2. Ручку потенциометра R_2 гасящего сопротивления поставить в среднее положение.
- 1.3. Тумблер S_3 переключить в нижнее положение (холостой ход).
- 1.4. Изменяя напряжение на входе стабилизатора переключателем U_0 от 0 до U_H , снять значение токов стабилизатора I_{cm} и результаты занести в таблицу 2.1.
- 1.5. Построить по данным таблицы 2.1 ВАХ стабилизатора.

Таблица 2.1

U_0 , В						
I_{cm} , мА						

2. Снять внешнюю (нагрузочную) характеристику параметрического стабилизатора напряжения, для чего необходимо:
 - 2.1 Установить переключатель S_0 в крайнее левое положение.
 - 2.2 Подключить нагрузку тумблером S_3 (верхнее положение).
 - 2.3 Изменяя напряжение на нагрузке переключателем S_0 от 0 до U_H , замерить величины I_H и U_H . Данные занести в таблицу 2.2 и построить нагрузочную характеристику $U_H = f(I_H)$.

Таблица 2.2

U_H , В						
I_H , мА						

3. Определить степень влияния изменения входного напряжения U_0 , гасящего сопротивления R_2 , сопротивления нагрузки R_H на стабильность выходного напряжения параметрического стабилизатора. Данные опытов занести в таблицы 2.3 – 2.5.

Таблица 2.3

U_0 , В						
U_H , В						
I_H , мА						
I_0 , мА						

U_0 – изменяем, R_2 и R_H – в среднем положении.

Таблица 2.4

R_H , Ом	правое	среднее	левое
U_H , В			
I_H , мА			
I_0 , мА			

R_H – изменяем, $U_0 = 12$ В, R_2 – в среднем положении.

Таблица 2.5

R_2 , Ом	правое	среднее	левое
U_H , В			
I_H , мА			
I_0 , мА			

R_2 – изменяем, $U_0 = 4,5$ В, R_H – в среднем положении.

4. Определить к.п.д. параметрического стабилизатора напряжения

$$\eta = \frac{P_{\text{вых}}}{P_{\text{вх}}} = \frac{U_H I_H}{U_0 I_0}.$$

5. Определить коэффициент стабилизации параметрического стабилизатора напряжения

$$K_{\text{ст}} = \frac{U_{H.\text{ном}}}{U_{0.\text{ном}}} \cdot \frac{R_2}{R_\partial}, \quad R_\partial = \frac{\Delta U_{\text{ст}}}{\Delta I_{\text{ст}}},$$

где $R_2 = 100$ Ом – гасящее сопротивление, $R_\partial = 10 \dots 15$ Ом – динамическое (дифференциальное) сопротивление стабилитрона, определяемое наклоном рабочего участка его ВАХ. В реальных схемах $K_{\text{ст}} = 15 \dots 25$.

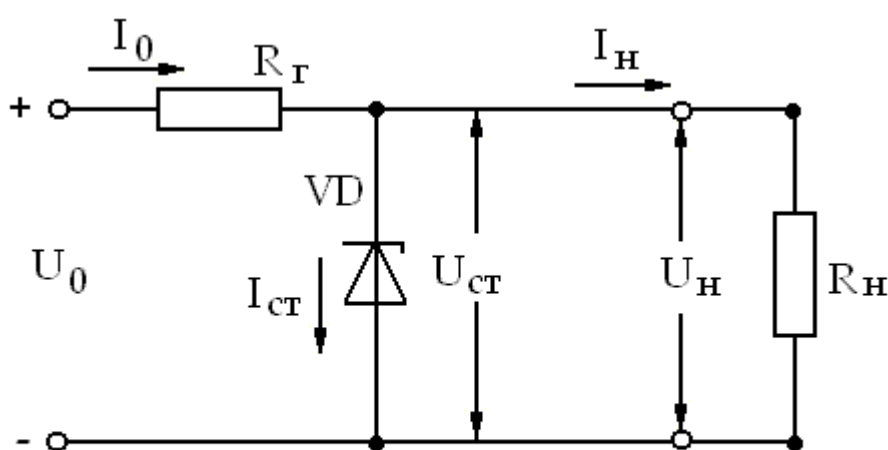


Рисунок 2.1

6. Исследовать компенсационный стабилизатор напряжения, для чего необходимо установить съемную панель №2 (рисунок 2.2).

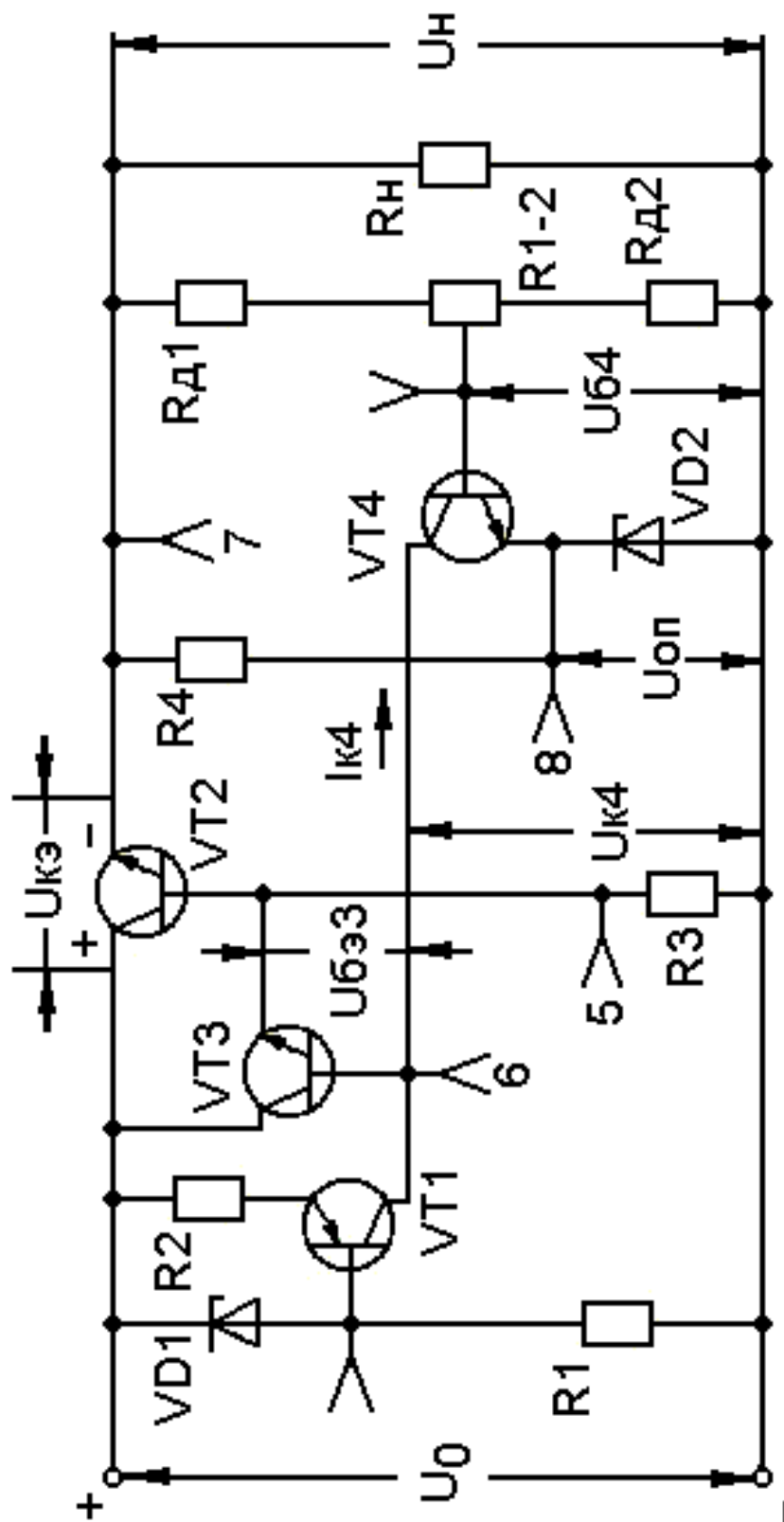


Рисунок 2.2

6.1 На входе стабилизатора установить напряжение $U_0 = \frac{U_{0\max} + U_{0\min}}{2}$.

6.2 Снять внешнюю (нагрузочную) характеристику стабилизатора, для чего изменяя величину нагрузки R_H , снимать показания приборов и записывать в таблицу 2.6 значения U_H и I_H .

Таблица 2.6

U_H , В						
$I_{ст}$, мА						

6.3 По данным эксперимента построить внешнюю характеристику $U_H = f(I_H)$

6.4 Определить степень влияния изменения U_0 на U_H и I_H при $U_{оп} = 7В$ и $9В$. $U_{оп}$ замерять в точках 8, 10 вольтметром. Данные свести в таблицу 2.7.

Таблица 2.7

$U_{оп}=7В$						
U_0 , В						
U_H , В						
I_H , мА						
$U_{оп}=9В$						
U_0 , В						
U_H , В						
I_H , мА						

6.5 Изменяя напряжение $U_{б4}$, определить степень влияния изменения величины сравнивающего делителя напряжения R_{1-2} . Опыты провести для трех значений $U_0=14; 18; 22В$. Показания I_H и U_H записать в таблицу 2.8.

Таблица 2.8

$U_0, В$	14	$U_{б4}$, В	6	8	9
		U_H , В			
		I_H , мА			
	18	U_H , В			
		I_H , мА			
	22	U_H , В			
		I_H , мА			

7. Определить коэффициент стабилизации компенсационного стабилизатора напряжения

$$K_{cm} = \frac{\Delta U_0}{U_0} \div \frac{\Delta U_n}{U_n} \Big|_{R_n = \max},$$

где $\frac{\Delta U_0}{U_0}$ - относительное приращение напряжения на входе стабилизатора;
 $\frac{\Delta U_n}{U_n}$ - относительное приращение напряжения на выходе стабилизатора.

Установить напряжение $U_{cm1} = 9B$ потенциометром R_{1-2} . Ручку потенциометра R_n установить в правое положение (максимальная величина нагрузки). Установить входное напряжение $U_0 = 18B$ и $11B$ и записать показания U_n для обоих входных напряжений. Вычислить величины ΔU_0 и ΔU_n . Установить номинальное входное напряжение $U_{0ном} = 14B$, записать показания U_{nmax} по данным опыта вычислить коэффициент стабилизации $K_{ст}$.

8. Определить коэффициент полезного действия компенсационного стабилизатора напряжения

$$\eta = \frac{P_{вых}}{P_{вх}} = \frac{U_{вых} I_{вых}}{U_{вх} I_{вх}}.$$

9. Определить выходное сопротивление компенсационного стабилизатора напряжения

$$R_{вых} = \frac{\Delta U_n}{\Delta I_n} \Big|_{U_{вх} = const}.$$

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое описание исследуемых стабилизаторов напряжения.
3. Принципиальные электрические схемы стабилизаторов с описанием.
4. Таблицы измерений и соответствующие им характеристики.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Принцип действия и конструкция стабилитрона.
2. Характеристики и параметры стабилитрона.
3. Принцип действия параметрического стабилизатора напряжения.
4. Принцип действия компенсационного стабилизатора напряжения.
5. Показатели качества стабилизатора напряжения.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ИССЛЕДОВАНИЕ СИММЕТРИЧНОГО ТРИГГЕРА

Цель работы

Исследовать симметричный триггер на транзисторах с отдельным и счетным запуском.

Время выполнения – 2 часа.

Теоретический раздел

Триггером называют устройство, имеющее два устойчивых состояния. Из этих состояний оно выводится внешним запускающим импульсом, вызывающим переход устройства из одного устойчивого состояния в другое. Во время перехода напряжения триггера изменяются скачкообразно за счет лавинообразно протекающих процессов, поэтому форма выходного напряжения близка к прямоугольной.

Триггеры широко используются в импульсной и вычислительной технике, автоматике, системах управления преобразователями и т.д. Они применяются в качестве генераторов прямоугольных импульсов, электронных реле, цифровых счетчиков импульсов и делителей частоты, используются в устройствах хранения информации. Триггеры могут быть симметричными и несимметричными, иметь разные режимы запуска. Симметрия достигается выбором соответствующих компонентов левой и правой половины схемы.

Принципиальная схема исследуемого симметричного триггера приведена на рисунке 3.1. Переключатель П1 служит для выбора режима запуска триггера. В положении «1» исследуется симметричный триггер со счетным запуском по коллектору через развязывающие диоды, в положении «2» - с отдельным запуском по цепи базы.

Конденсаторы C_3 и C_5 являются ускоряющими, они уменьшают время переключения триггера из одного устойчивого состояния в другое. Формирование запускающего экспоненциального импульса осуществляется дифференцирующей R_1C_1 цепью из импульса прямоугольной формы (рисунок 3.2).

При **отдельном запуске**, запускающие импульсы одной полярности попеременно подаются на базы транзисторов $VT1$ и $VT2$, или на базу одного из транзисторов подаются импульсы чередующейся полярности. В последнем случае переход триггера из одного устойчивого состояния в другое осуществляется под воздействием запускающих импульсов как положительной, так и отрицательной полярности. Диоды $VD1$ и $VD2$ в схеме выполняют роль коммутирующих элементов, пропуская положительный импульс запуска на базу открытого транзистора и не пропуская на базу закрытого.

В режиме **счетного запуска** запускающие импульсы подаются одновременно на базы обоих транзисторов $VT1$ и $VT2$ (счетные входы). При этом переключение триггера осуществляется только однополярными импульсами.

Описание лабораторной установки

Передняя панель лабораторной установки приведена на рисунке 3.4. На панели приведены: принципиальная электрическая схема триггера, переключатель режима запуска триггера П1, контрольные гнезда 1, 2, 4, «выход 1», «выход 2», тумблер включения источника питания «Сеть», сигнальная лампа *EL*. В работе используется двухлучевой осциллограф для снятия осциллограмм сигналов в исследуемых точках.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с принципиальной электрической схемой лабораторной установки и органами управления лабораторной установки.

2. Включить осциллограф и тумблер источника питания лабораторной установки «Сеть».

3. Снять осциллограммы входного импульса $U_{вх}$ и измерить его параметры: амплитуду U_m , длительность импульса τ_u , длительность фронта импульса $\tau_{фр}$, период следования импульсов T .

4. Снять осциллограммы запускающего импульса (клеммы 4, 2) для трех значений положения резистора R_1 (крайнее левое, крайнее правое, среднее положение) и измерить его параметры: U_m , τ_u , $\tau_{фр}$, T .

5. Исследовать работу триггера при счетном запуске (переключатель П1 в положении «1»).

5.1 Снять осциллограммы напряжений на коллекторах и базах транзисторов. Осциллограф поставить в ждущий режим и ручкой «Уровень синхронизации» добиться сдвига фаз между напряжениями на коллекторах на 180° эл. (см. рисунок 3.2). Измерить параметры импульса: U_m , τ_u , $\tau_{фр}$, T .

6. Исследовать работу триггера при раздельном запуске (переключатель П1 в положении «2»).

6.1 Снять осциллограммы по пункту 5.1. (рисунок 3.3).

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Принципиальную электрическую схему лабораторной установки.
3. Краткое описание работы триггера со счетным и раздельным запуском.
4. Осциллограммы напряжений и параметры импульсов.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что за устройство триггер и где он находит применение?
2. Почему триггер не может перейти самопроизвольно из одного устойчивого состояния в другое?
3. Какие способы запуска триггеров исследуются в работе и как они организованы?

4. Чем триггер со счетным запуском отличается от триггера с отдельным запуском?
5. Для чего в схему триггера вводятся резистор R7 и конденсатор C6?
6. Каким способом увеличить скорость счета импульсов?

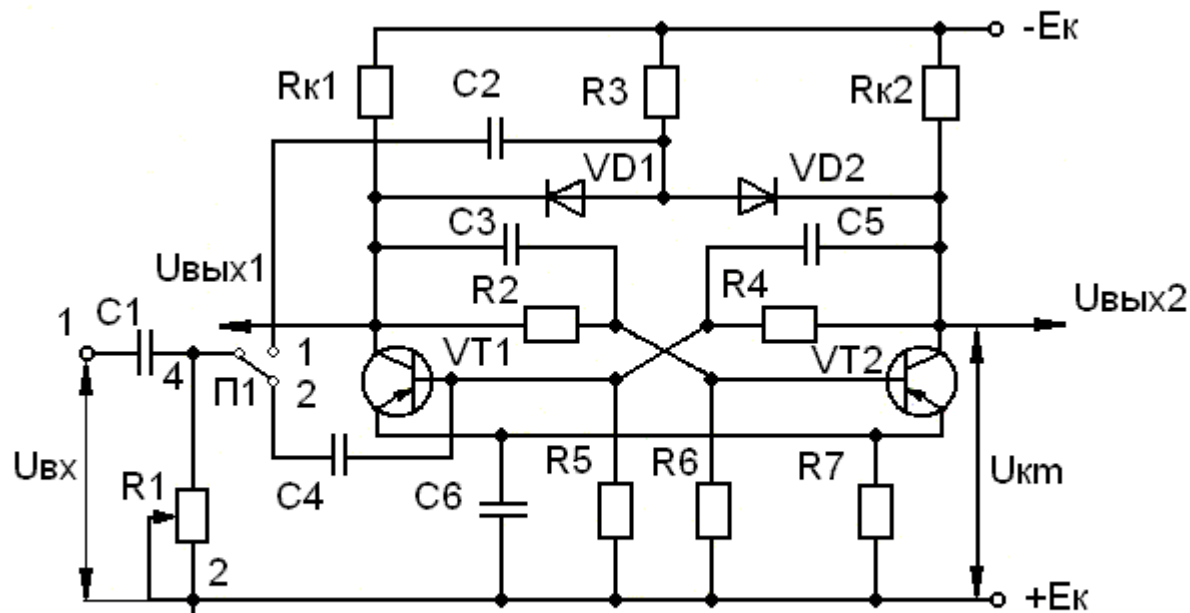


Рисунок 3.1

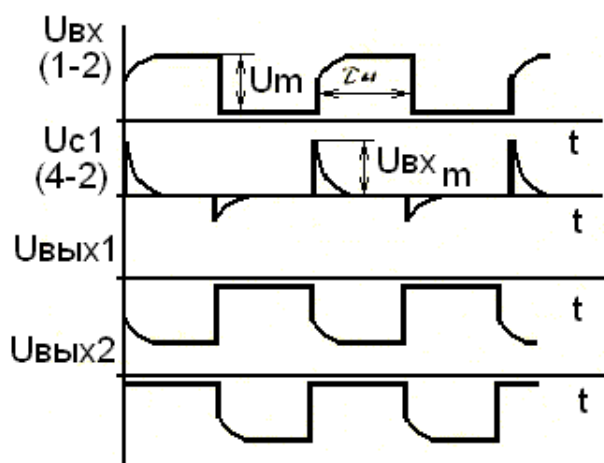


Рисунок 3.2

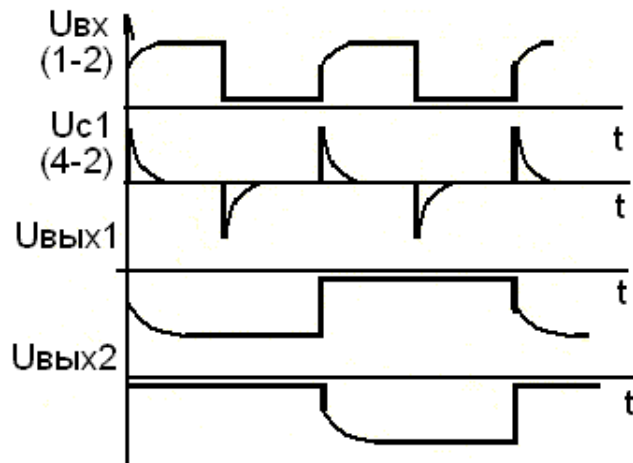


Рисунок 3.3

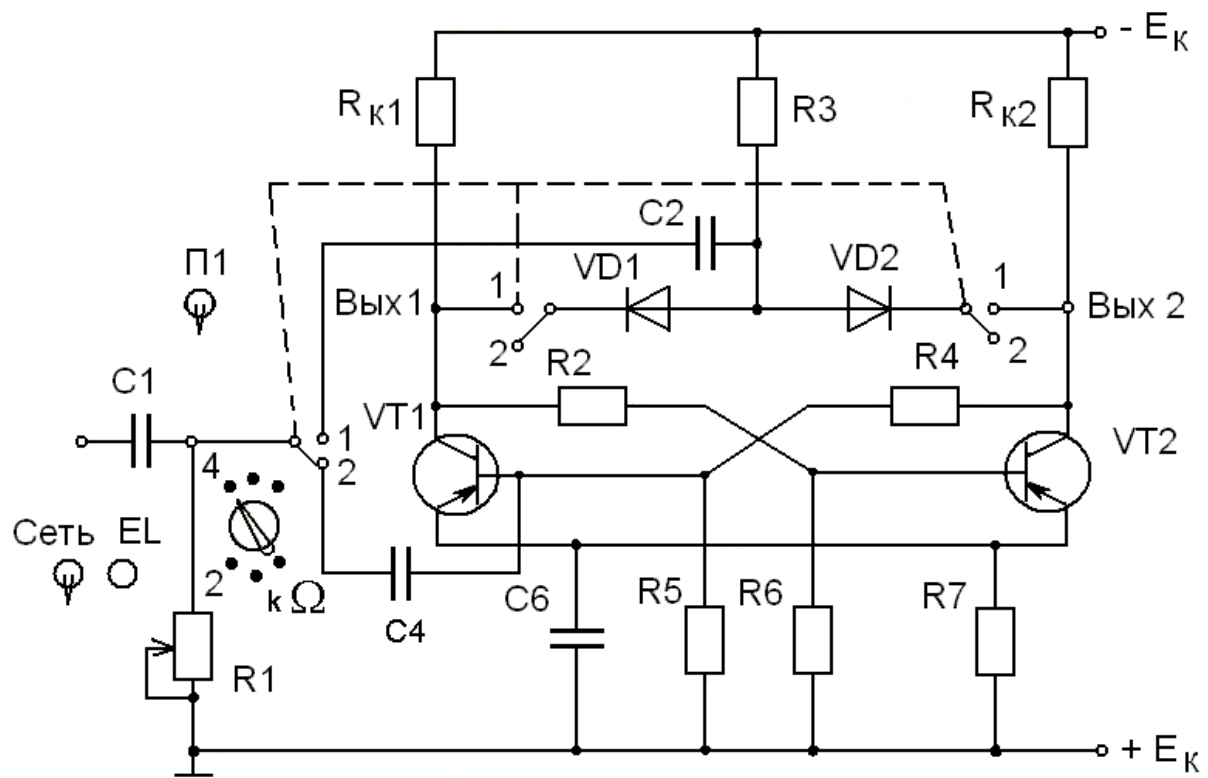


Рисунок 3.4

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 ИССЛЕДОВАНИЕ МУЛЬТИВИБРАТОРОВ

Цель работы

Исследовать работу мультивибратора на транзисторах, работающего в автоколебательном и ждущем режимах.

Время выполнения – 2 часа.

Теоретический раздел

Мультивибратор является генератором импульсов, близких к прямоугольной форме. Он может работать в трех режимах: автоколебательном, ждущем и в режиме синхронизации.

Мультивибраторы широко применяются в импульсной технике для генерирования импульсов прямоугольной формы, деления частоты, расширения импульсов, а также в качестве пусковых, переключающих и распределительных устройств.

АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫЙ МУЛЬТИВИБРАТОР

Автоколебательный мультивибратор служит для генерирования близких к прямоугольной форме импульсов, частота которых определяется параметрами схемы. Он представляет собой двухкаскадный резистивный усилитель, работающий в ключевом режиме, каскады которого соединены между собой емкостной связью (рисунок 4.1,а). Транзисторы $VT1$, $VT2$ выполняют роль ключей, которые поочередно замыкаются и размыкаются. Коллекторно-базовая связь каскадов осуществляется конденсаторами C_1 и C_2 . Резисторы $R_{б1}$ и $R_{б2}$ обеспечивают требуемый ток базы открытого транзистора и создают цепь перезаряда соответствующего конденсатора связи.

Рассмотрим физические процессы, происходящие в мультивибраторе, временные диаграммы изображены на рисунке 4.1,б.

Рассмотрение процессов начнем с момента $t=t_0$. В этот момент $VT1$ закрыт, $VT2$ открыт, конденсатор C_2 , заряженный к моменту переключения t , до напряжения $+E_K$, прикладываемого к базе $VT1$, разряжается через открытый $VT2$ и $R_{б2}$. Ток разряда конденсатора создает положительное запирающее напряжение на базе $VT1$. К моменту времени t_1 конденсатор C_2 разрядится до напряжения отпирания $VT1$, и $VT1$ начинает отпираться. Его коллекторный ток начинает увеличиваться. Падение напряжения на резисторе $R_{К1}$ возрастает, а на коллекторе $VT1$ отрицательное напряжение начинает уменьшаться. Таким образом, на коллекторе $VT1$ создается положительный скачок напряжения (от $-E_K$ до $-U_{К.Н.}$), где $U_{К.Н.}$ - напряжение насыщения на коллекторе открытого транзистора. Этот положительный скачок напряжения через конденсатор C_1 передается на базу $VT2$, его коллекторный ток $I_{К2}$ уменьшается, падение напряжения на $R_{К2}$ уменьшается, а на коллекторе $VT2$ отрицательное напряжение начинает возрастать. Таким образом, на коллекторе $VT2$ создается отрицательный скачок напряжения, который через C_2 передается на базу $VT1$.

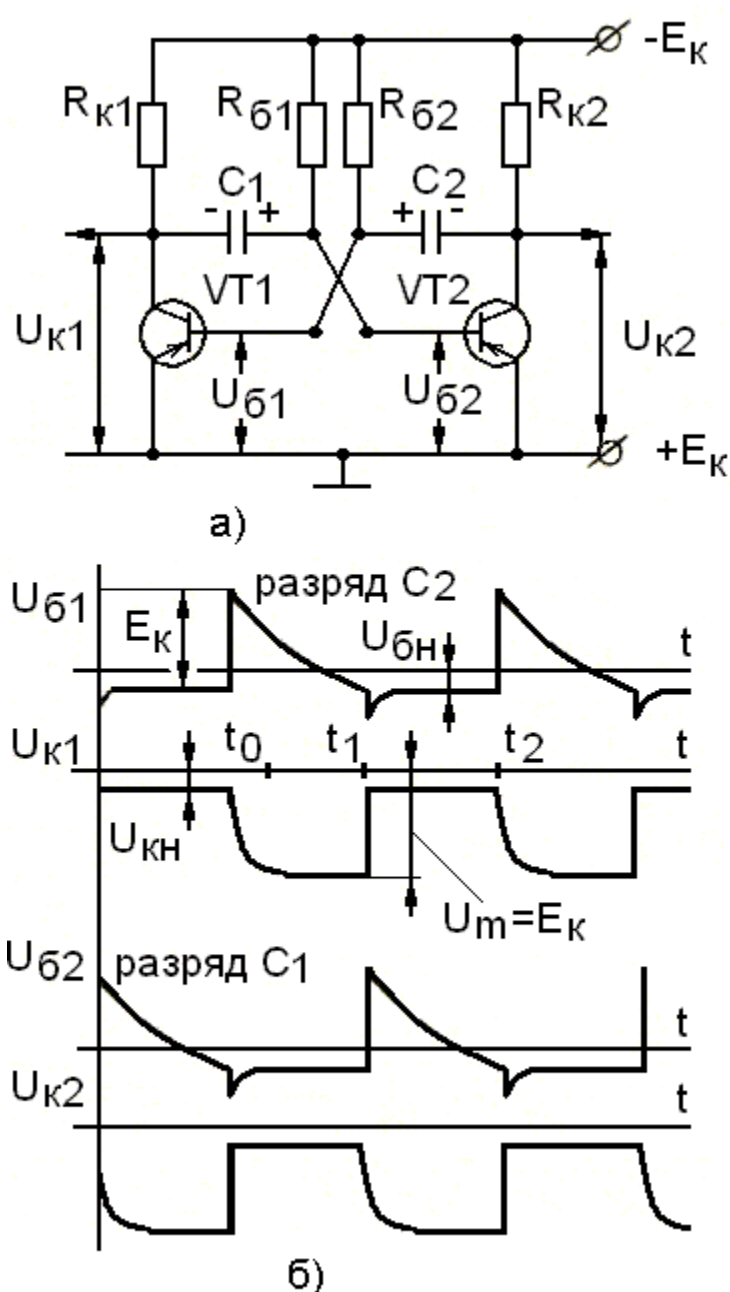


Рисунок 4.1

Коллекторный ток $VT1$ еще больше увеличится. Положительный скачок напряжения на коллекторе $VT2$ еще больше возрастет. Это приведет к еще большему запирающему $VT2$ и т.д. Процесс нарастания I_{K1} и уменьшения I_{K2} происходит лавинообразно и продолжается до того момента, пока $VT1$ не откроется, а $VT2$ не закроется.

На этом этапе формируется фронт импульса. После кратковременного формирования фронта импульса (момент t_1) наступает сравнительно медленный процесс формирования плоской части импульса (от момента времени t_1 до t_2).

Конденсатор C_1 начинает разряжаться по цепи: $-E_K$, R_{61} , C_1 , коллектор-эмиттер открытого $VT1$, $+E_K$. При этом на R_{61} поддерживается падение напряжения, достаточное для запирающего транзистора $VT2$. Конденсатор C_2 в это время

заряжается по цепи: $-E_K$, R_{K2} , C_2 , переход база-эмиттер открытого $VT1$, $+E_K$.

По мере того как напряжение U_{C1} приближается к нулю, положительное напряжение на базе $VT2$ уменьшается. Время нахождения в этом состоянии определяется постоянной времени цепи разряда конденсатора $\tau_p = R_{61}C_1$.

Наконец, наступает такой момент (t_2), когда $U_{б2}$ станет меньше нуля и транзистор $VT2$ начнет открываться. Отрицательное напряжение $U_{к2}$ начинает уменьшаться. Это уменьшение в виде положительного скачка напряжения передается на базу $VT1$. Ток I_{K1} начинает уменьшаться, отрицательное напряжение $U_{к1}$ – увеличиваться. Это увеличение в виде отрицательного скачка напряжения передается на базу $VT2$, коллекторный ток I_{K2} увеличивается и т.д.

Этот процесс также проходит лавинообразно. В конце его транзистор $VT1$ полностью запирается, а транзистор $VT2$ полностью отпирается.

Выходной сигнал может быть снят с любого коллектора. Форма выходного напряжения близка к прямоугольной, причем $U_{вых1}$ и $U_{вых2}$ сдвинуты по фазе на 180° электрических относительно друг друга. Длительность импульса мультивибратора определяется из выражения $\tau_u = 0.7R_6C_1$. Период колебаний симметричного мультивибратора $T = 2\tau_u$.

ЖДУЩИЙ МУЛЬТИВИБРАТОР

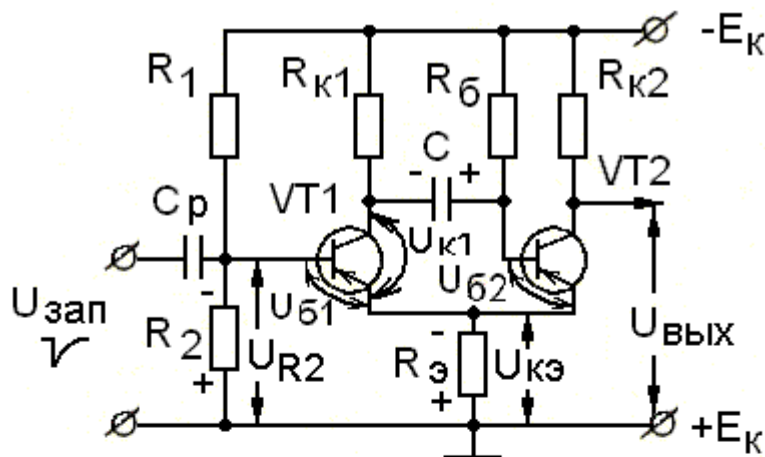
Ждущие мультивибраторы относятся к числу генераторов, имеющих лишь одно устойчивое положение. При подаче внешнего запускающего импульса они переходят в квазиустойчивое состояние. Время нахождения схемы в этом положении определяет длительность генерируемых импульсов и зависит от параметров мультивибратора.

Такие мультивибраторы служат для получения прямоугольных импульсов определенной длительности и применяются как расширители импульсов и формирователи нормированных импульсов из импульсов произвольной формы, а также для временной задержки импульсов.

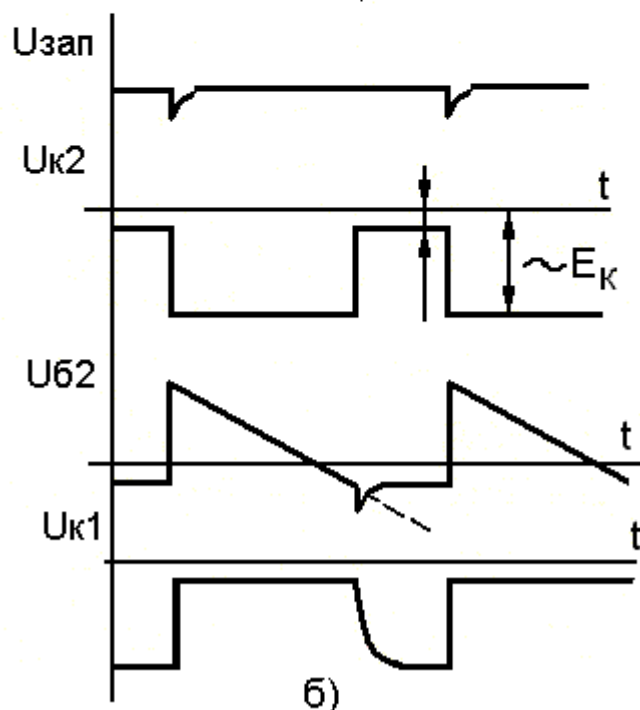
Ждущий мультивибратор с эмиттерной связью

Принципиальная схема мультивибратора приведена на рисунке 4.2,а, а осциллограммы напряжений – на рисунке 4.2,б.

В мультивибраторе одна из связей между каскадами осуществляется с помощью емкости C , другая – с помощью резистора R_3 . Схема имеет одно состояние устойчивого равновесия и одно состояние квазиравновесия. Для перевода схемы из состояния устойчивого равновесия в квазиравновесное, необходимо подать на вход запускающий импульс. Возврат схемы в устойчивое состояние происходит за счет внутренних процессов. Длительность квазиравновесного состояния, а, следовательно, и выходного импульса определяется постоянной времени времязадающей цепи ($C \cdot R_6$). Схема работает следующим образом: в отсутствие запускающего импульса $VT1$ закрыт, а $VT2$ открыт благодаря отрицательному смещению, подаваемому на базу через R_6 от источника питания E_K . Ток I_{K2} протекает по резистору и создает на нем падение напряжения. В цепи базы $VT1$ действует два напряжения: U_3 , запирающее транзистор, и U_{R2} , отпирающее транзистор. Резисторы R_3 , R_1 , R_2 выбирают такими, чтобы $VT1$ был закрыт, а $VT2$ открыт. Напряжение U_{K1} запертого $VT1$ равно напряжению E_K . Конденсатор C заряжен до напряжения $(E_K - U_{R3})$. В таком состоянии схема может находиться неограниченно долгое время. С приходом запускающего импульса $VT1$ отпирается, его I_{K1} возрастает, напряжение U_{K1} становится менее отрицательным. Это напряжение в виде положительного скачка через конденсатор C передается на базу $VT2$, подзапирая его. Ток эмиттера $VT2$ уменьшается, уменьшается и падение напряжения U_{R3} , а напряжение между базой и эмиттером $VT1$ становится более отрицательным.



а)



б)

Рисунок 4.2

Ждущий мультивибратор с коллекторно-базовыми связями

Принципиальная схема мультивибратора приведена на рисунке 4.3,а, а осциллограммы напряжений – на рисунке 4.3,б.

Такой мультивибратор отличается от автоколебательного тем, что емкостная связь с коллектора транзистора $VT2$ на базу $VT1$ заменена на резистивную, состоящую из резисторов R и $R_{б1}$.

В исходном состоянии $VT1$ заперт, а $VT2$ открыт и насыщен. Транзистор $VT1$ заперт за счет положительного смещения $+E_{см}$, подаваемого на базу. Конденсатор C заряжен с полярностью, указанной на схеме (рисунок 4.3,а). Такое состояние мультивибратора является устойчивым, и схема находится в нем до тех пор, пока внешний запускающий импульс не вызовет ее опрокидывания в квазиустойчивое состояние. Положительный импульс запуска подается на базу открытого транзистора $VT2$ через разделительный конденса-

Транзистор $VT1$ еще больше отпирается и т.д. Процесс заканчивается запирающим $VT2$ и отпирающим $VT1$.

С этого момента конденсатор C перезаряжается по цепи: $+E_K$, R_3 , эмиттер-коллектор открытого $VT1$, C , R_6 , $-E_K$. Через открытый $VT1$ конденсатор C включен между базой и эмиттером $VT2$ и в соответствии с полярностью своего напряжения в начале перезаряда удерживает $VT2$ в закрытом состоянии. Когда напряжение на конденсаторе окажется более отрицательным, чем напряжение U_{R_3} , $VT2$ открывается. Возникает новый лавинообразный процесс, который вернет схему в исходное устойчивое состояние.

тор C_p (или отрицательный импульс на базу закрытого транзистора $VT1$).

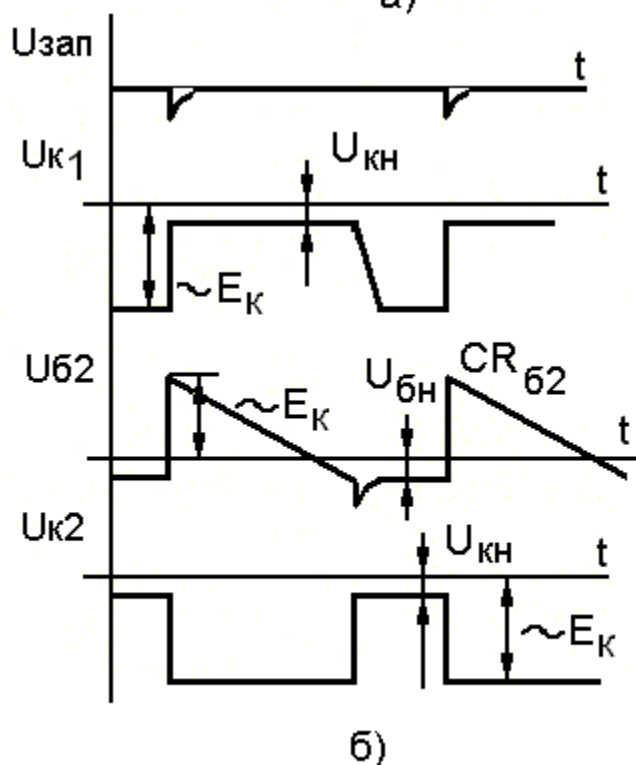
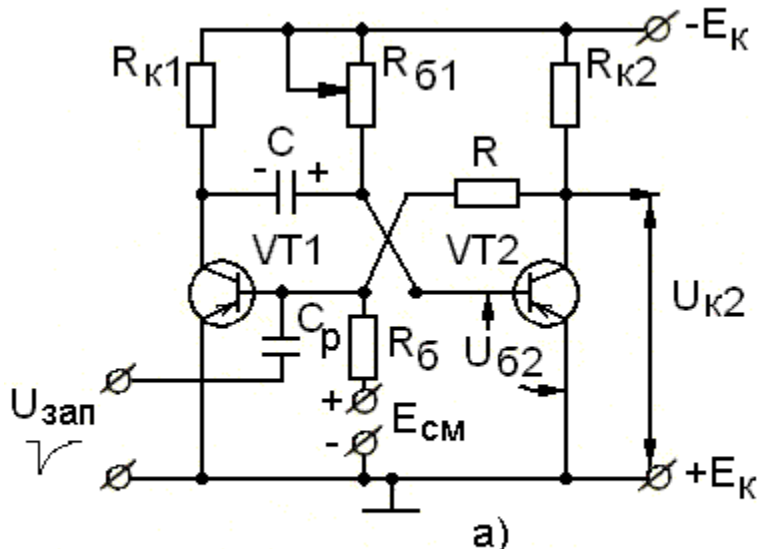


Рисунок 4.3

реход открытого $VT1$, конденсатор C , $R_{б2}$, $-E_K$; постоянная времени разряда $\tau_p = C \cdot R_{б2}$. Конденсатор стремится перезарядиться, но в момент, когда напряжения $U_{б2} = 0$, $VT2$ открывается. На коллекторе появляется положительный скачок напряжения, который передается на базу $VT1$ и выводит его из насыщения. На коллекторе $VT1$ образуется отрицательный скачок напряжения, который проходит через C и еще больше открывает $VT2$. Возникает положительная обратная связь, скачком возвращающая схему в устойчивое состояние: транзистор $VT1$ закрыт, $VT2$ открыт. Конденсатор начинает заряжаться от E_K по цепи: $+E_K$, переход база-эмиттер открытого транзистора

закрытого транзистора $VT1$). Транзистор $VT2$ выходит из насыщения, и напряжение на его коллекторе становится более отрицательным. Возникший отрицательный скачок передается на базу $VT1$ и вызывает его отпирание. Появляется положительный скачок напряжений на коллекторе $VT1$, и через конденсатор C он поступает на базу $VT2$, еще больше закрывая его. За счет действия положительной обратной связи происходит лавиннообразное опрокидывание схемы, в результате чего $VT2$ запирается, а $VT1$ открывается и переходит в насыщенное состояние. Конденсатор C через коллекторно-эмиттерный переход открытого транзистора $VT1$ оказывается подключенным к участку база-эмиттер $VT2$ и поддерживает его запертое состояние, несмотря на прекращение запускающего импульса. Конденсатор C разряжается по цепи: $+E_K$, коллекторно-эмиттерный пе-

$VT2$, конденсатор C , резистор R_{K1} , $-E_K$. По окончании заряда схема вновь готова к приходу очередного запускающего импульса.

Описание лабораторной установки

Для изучения работы мультивибраторов на биполярных транзисторах на лабораторном стенде собраны схемы (рисунки 4.1-4.3), источники питания смонтированы внутри стенда. Для работы требуется осциллограф поставить в режим внешней синхронизации. Запуск осуществляется от напряжения, снимаемого с баз и коллекторов транзисторов исследуемых схем.

Порядок выполнения работы

1. По методическому указанию ознакомиться с принципом работы мультивибраторов, исследуемых в лабораторной работе.

2. Ознакомиться с методикой измерений электронным осциллографом.

3. Включить установку и осциллограф.

4. Исследовать форму кривых напряжений на входе, базах и коллекторах транзисторов $VT1$ и $VT2$, подключая осциллограф к входам, базам и коллекторам транзисторов (рисунки 4.1 – 4.3). Осциллограммы сигналов зарисовать в масштабе.

5. Замерить амплитуду напряжения запускающего импульса $U_{зан}$, длительности импульса τ_u , длительность фронта импульса $\tau_{фр}$, период следования T и скважность импульса $Q = T/\tau_u$.

6. 5. Замерить амплитуды импульсов на коллекторах U_{K1} и U_{K2} , базах $U_{б1}$ и $U_{б2}$ транзисторов, длительности соответствующих импульсов τ_u , длительности фронтов импульсов $\tau_{фр}$, период их следования T и скважность $Q = T/\tau_u$.

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткую характеристику исследуемых устройств.
3. Принципиальные электрические схемы автоколебательного и ждущего мультивибраторов.
4. Краткое описание работы каждого исследуемого мультивибратора.
5. Осциллограммы напряжений и параметры снятых импульсов.
6. Выводы о работе.

Контрольные вопросы

1. Что за устройство мультивибратор?
2. Где применяются мультивибраторы?
3. Режимы работы мультивибраторов.
4. Показать цепь и направление протекания тока заряда конденсатора $C1$ (рисунок 4.1,а).

5. Какими элементами схемы определяется длительность импульса U_{K1} (U_{K2}) (рисунок 4.1,а)?
6. Чем определяется длительность импульса на выходе транзистора (рисунок 4.2)?
7. Почему выходной сигнал снимается с коллектора $VT2$ (рисунки 4.2, 4.3)?
8. Когда на коллекторе транзистора появляются логическая "1" или "0"?
9. В чем отличие ждущего мультивибратора с эмиттерной и коллекторно-базовыми связями от автоколебательного мультивибратора?
10. Когда начинает перезаряжаться конденсатор C в схеме на рисунке 4.2?
11. Для какой цели в схему ждущего мультивибратора введено E_{CM} (рисунок 4.3)?
12. Чем определяется время нахождения ждущего мультивибратора в квазистойчивом состоянии (рисунок 4.3)?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНОГО КЛЮЧА

Цель работы

Ознакомиться с работой транзисторного ключа и исследовать различные способы увеличения его быстродействия.

Время выполнения – 2 часа.

Теоретический раздел

Транзисторные ключи (ТК) являются одним из наиболее распространенных элементов импульсных устройств. На их основе создаются триггеры, мультивибраторы, коммутаторы, блокинг-генераторы и т.д.

В зависимости от целевого назначения транзисторного ключа и особенностей его работы схема ТК может несколько видоизменяться. Однако, несмотря на это, в основе всех модификаций лежит схема ТК, где транзистор включен по схеме с общим эмиттером.

Ключевой режим транзистора характеризуется двумя статическими состояниями. В одном из них транзистор находится в области отсечки (транзистор заперт и ТК разомкнут), в другом - в области насыщения (транзистор полностью открыт и ТК замкнут). Переход транзистора из одной области в другую осуществляется под воздействием управляющего сигнала и происходит не мгновенно. Быстродействие ключа определяется временем перехода из одного статического состояния в другое. В работе исследуется схема транзисторного ключа с общим эмиттером (рисунок 5.2,а). На рисунке 5.1 приведена осциллограмма входного импульса (гнезда на передней панели "Выход генератора" (рисунок 5.2)), который подается для запуска транзисторного ключа.

Повышение быстродействия ключа, т.е. уменьшение времени включения $t_{вкл} \approx t_{фр}$ (где $t_{фр}$ - длительность фронта импульса) и выключения $t_{выкл} \approx t_p + t_c$ (где t_p, t_c - время рассасывания избыточных зарядов в базе транзистора и время среза импульса соответственно) связано с выполнением противоречивых требований. Для уменьшения $t_{вкл}$ необходимо увеличивать степень насыщения транзистора $S = I_{\bar{o}} / I_{\bar{o}н}$ (где $I_{\bar{o}н}$ - ток базы на границе насыщения), а для уменьшения $t_{выкл}$ необходимо уменьшить S . Один из способов повышения быстродействия транзисторного ключа - это создание оптимальной формы входного (управляющего) сигнала. Этого можно достичь, если применить ускоряющий конденсатор C во входной цепи транзисторного ключа (рисунок 5.3). Повысить быстродействие ключа можно также, если устранить насыщение транзисторного ключа, т.е. применять ненасыщенный ключ. Устранить насыщение транзистора можно путем применения нелинейной отрицательной обратной связи. Элементом, регулирующим отрицательную обратную связь, является диод VD (рисунок 5.4).



Описание лабораторной установки

Передняя панель с изображением электрической схемы приведена на рисунке 5.5. На передней панели обозначены элементы многоцелевого лабораторного стенда. В данной лабораторной работе используется панель «ГЕНЕРАТОР», «ВХОД», гнезда: «ВЫХ.ГЕН.», «ВХОД», «КОНТР.ТОЧКИ», «ВЫХОД», а также управляющая панель «1». В работе используется осциллограф и соединительные провода.

Порядок выполнения работы

1. Изучить принцип действия транзисторного ключа и способы повышения его быстродействия. Ознакомиться с органами управления на передней панели лабораторного стенда.

2. Подготовить лабораторный стенд к работе, для чего:

2.1 Выключатель «СЕТЬ» установить в нижнее положение (Выключено);

2.2 Ручки регулировки « E_K », « E_{CM} », «АМПЛИТУДА» установить в крайнее левое положение;

2.3 Переключатель $S1$ на панели «ВХОД» установить в верхнее положение;

2.4 Ручки регулировок: R_D , R_H , R_K , R_6 , R_{CM} , R_1 , R_4 , R_5 , частота, длительность установить в среднее положение.

Переключатель частоты на панели «ГЕНЕРАТОР» установить в положение "3".

2.5 Остальные переключатели могут находиться в любом положении.

3. Начать работу с подключения стенда, для чего на панели «1»:

3.1 Переключатель $S1$ установить в нейтральное положение;

3.2 Тумблер $S2$ установить в нижнее положение;

3.3 Тумблер C_Y установить в нижнее положение (1000 пФ);

3.4 Ручку R_K вывести в крайнее левое положение;

3.5 Включить тумблер «СЕТЬ»;

3.6 Переключатель формы импульса на панели «ГЕНЕРАТОР» установить вертикально вверх (прямоугольный импульс);

3.7 Соединительным шнуром соединить одно из гнезд «ВЫХОД ГЕНЕРАТОРА» с гнездом 2 «ВХОД». Ручкой «ДЛИТЕЛЬНОСТЬ» для прямоугольного импульса установить частоту генератора 2 кГц (скважность

$Q = \frac{T}{\tau_{имп}} = 2$). Ручку «АМПЛИТУДА» установить в крайнее правое положение. Осциллограф подключить к гнездам: 1 «ВЫХОД ГЕНЕРАТОРА» и корпус (гнезда 13, 14, 15, 15, 16, 17). Осциллограф установить в режим внутренней синхронизации. Ручкой « E_{CM} » установить напряжение $E_{CM} = -2,5В$ и проверить это по соответствующему вольтметру. Ручкой « E_K » установить напряжение $E_K = 10...12В$. Снять осциллограммы с выхода генератора U_2 и замерить амплитуду импульса, длительность фронта $\tau_{фр}$, период T и частоту f импульса (см. рисунок 5.1).

4. Исследовать транзисторный ключ (рисунок 5.2). Для этого: тумблер $S1$ (панель «1») остается в нейтральном положении, тумблер $S2$ (панель «1») установить в положение 1. Снять осциллограммы напряжений $U_{бэ}$ (точки 6 и корпус), $U_{кэ}$ (точки 11 и корпус), замерить амплитуду импульса, длительность, частоту, фронт импульса $\tau_{фр}$.

5. Исследовать влияние ускоряющей емкости C_y на работу ключа (рисунок 5.3). Для этого: тумблер $S1$ (панель «1») установить в положение 1, тумблер « C_y » - в положение 1000пФ. Снять осциллограммы напряжений. Потенциометром « $E_{см}$ » установить по вольтметру напряжение смещения, равное -2,5 В. Затем тумблер C_y переключить в положение 10000пФ и также снять осциллограммы как по пункту 4.

6. Исследовать влияние диода VD на работу ключа (рисунок 5.4), для чего переключатель $S1$ (панель «1») установить в положение 2, тумблер $S2$ (панель «1») - в положение 1. Снять осциллограммы напряжений $U_{бэ}$ (точки 6 и корпус), $U_{кэ}$ (точки 11 и корпус), замерить амплитуду импульсов, длительность импульса $\tau_{имп}$, частоту, фронт импульса $\tau_{фр}$.

7. Посмотреть работу ключа при различных напряжениях смещения: для этого $E_{см}$ подать таким, чтобы на выходе ключа (точка 11), не было сигнала (режим отсечки). Далее увеличивая амплитуду входного сигнала ручкой «АМПЛИТУДА», посмотреть результат на осциллографе. Результат представить в виде осциллограмм в зависимости от амплитуды входного сигнала.

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое описание принципа работы транзисторного ключа.
3. Принципиальную электрическую схему лабораторного стенда, с перечнем приборов, использованных в работе.
4. Осциллограммы входного сигнала, напряжений $U_{бэ}$, $U_{кэ}$ для ТК, ТК с ускоряющей емкостью, ТК с диодом в обратной связи и их сравнительную характеристику, осциллограммы при различных амплитудах входного сигнала.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Принцип действия транзистора.
2. Режимы работы транзистора. Какие из них применены при работе транзисторного ключа?
3. Принцип действия транзисторного ключа.
4. Влияние ускоряющей емкости на быстродействие ключа.
5. Влияние диода на быстродействие ключа.
6. Влияние напряжения смещения на работу ключа.

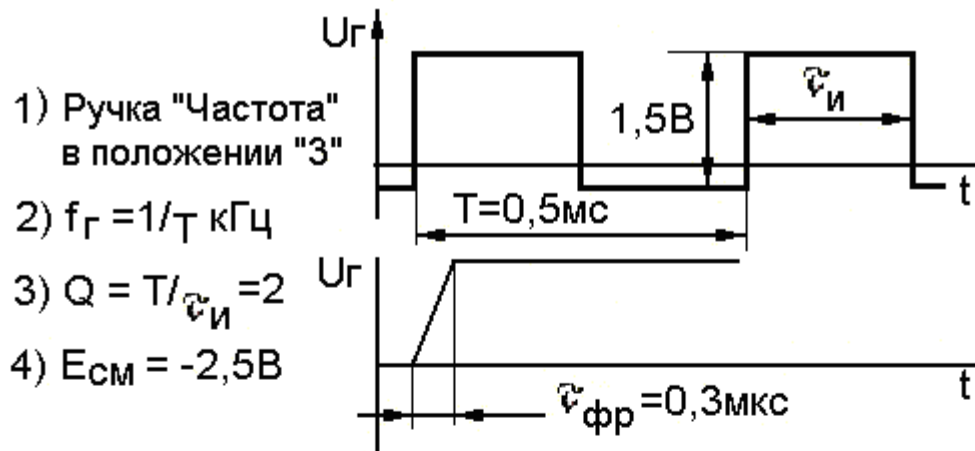
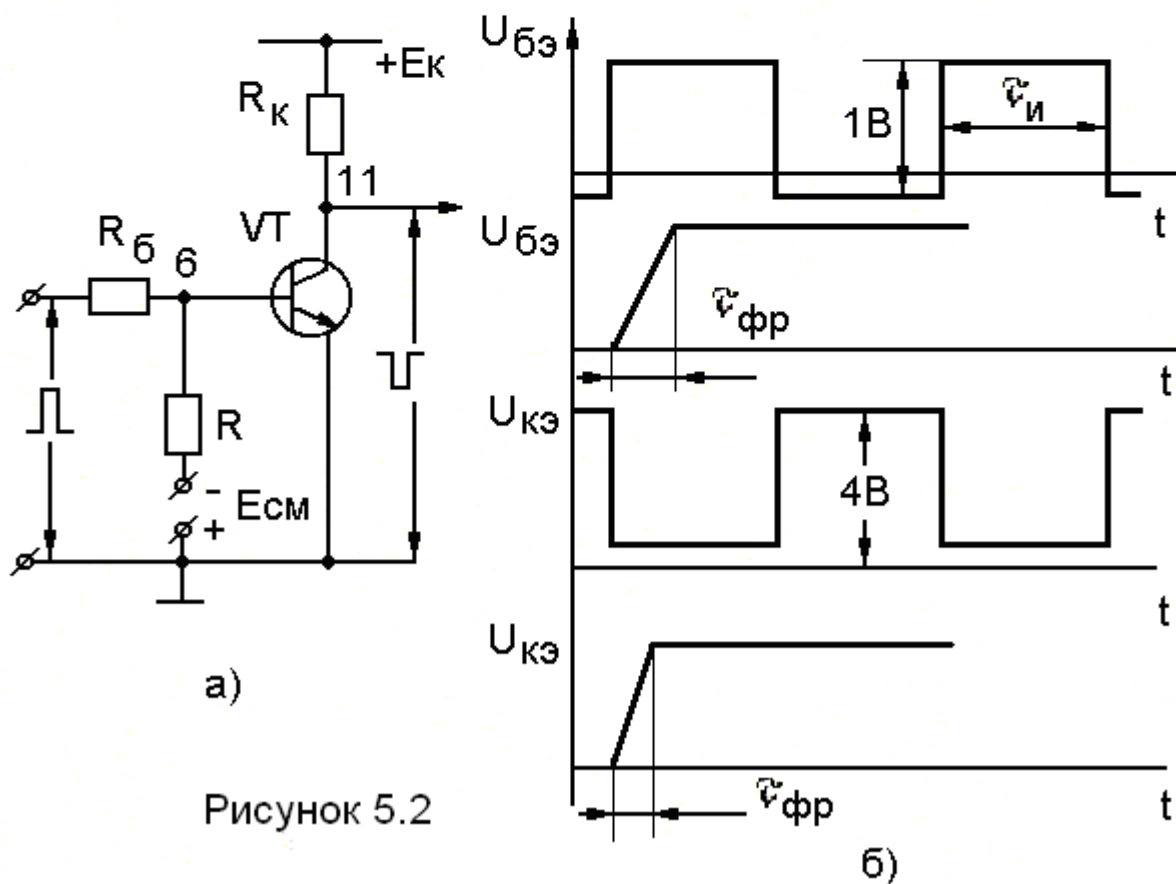


Рисунок 5.1



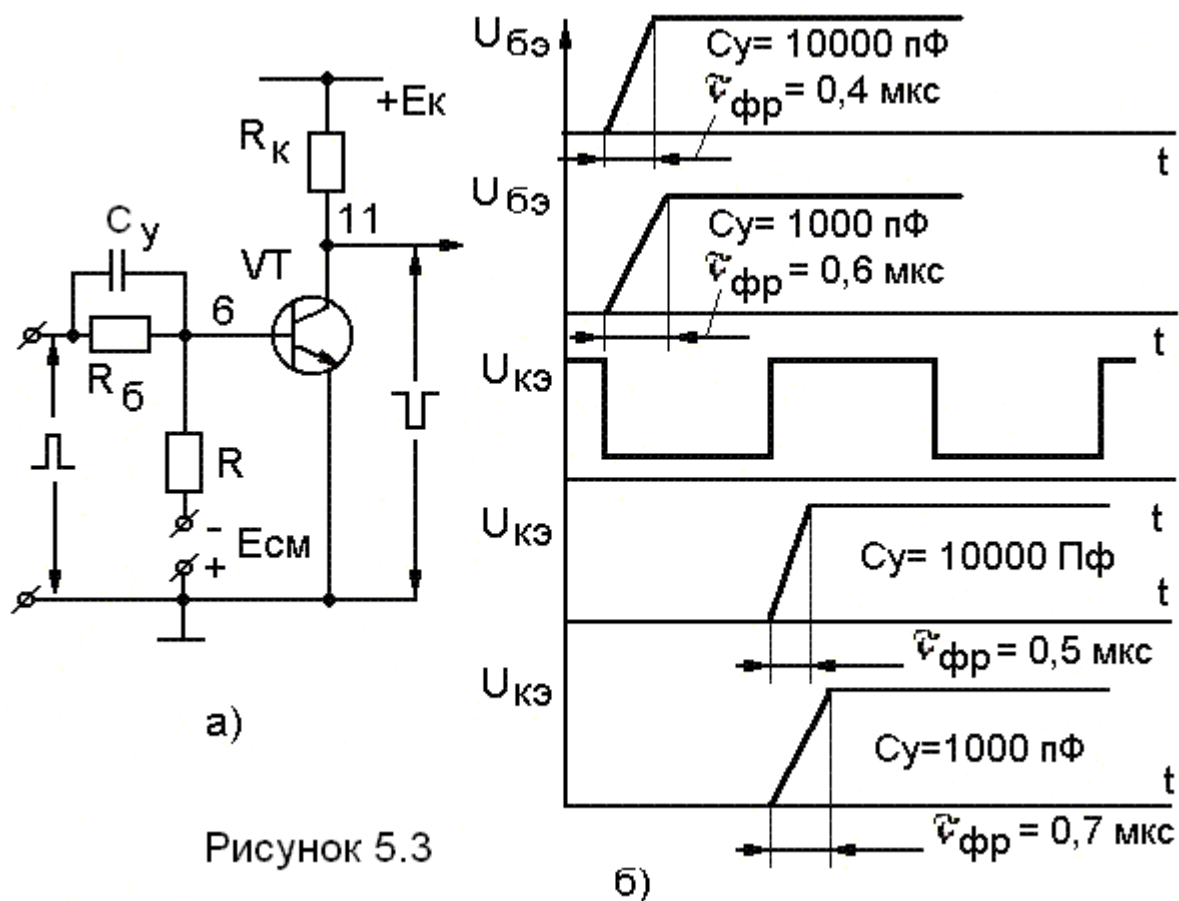


Рисунок 5.3

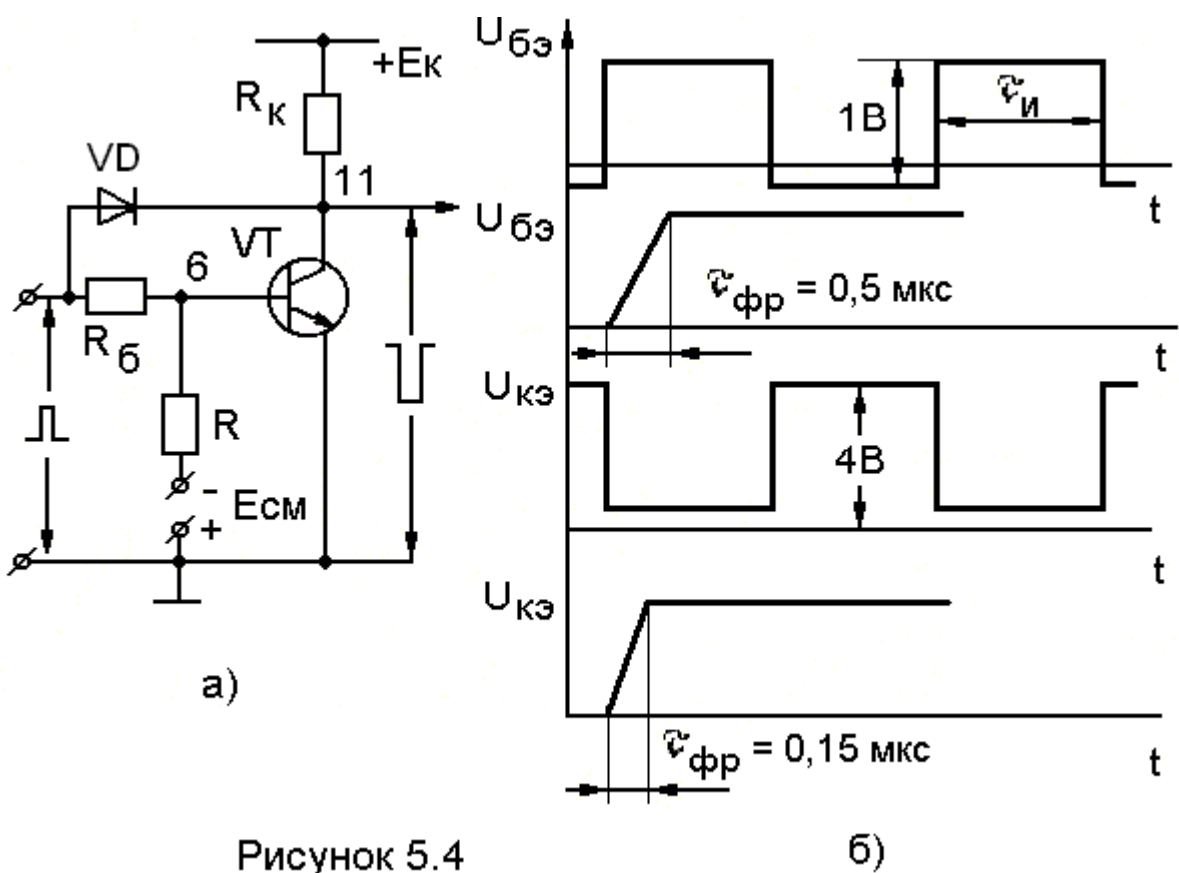


Рисунок 5.4

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ СИММЕТРИЧНОГО ТРИГГЕРА НА ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМАХ

Цель работы

Ознакомиться с принципом работы и схемой симметричного триггера, собранного на основе логических элементов ИЛИ-НЕ, либо И-НЕ.

Время выполнения – 2 часа.

Теоретический раздел

Триггеры представляют собой простейшие последовательные устройства. Они широко используются во многих узлах электронной аппаратуры в виде самостоятельных изделий, или в качестве базовых элементов для построения других, более сложных приборов: счетчиков, регистров, запоминающих устройств. К общим свойствам триггеров является их способность длительное время оставаться в одном из двух (или нескольких) возможных устойчивых состояний и скачком изменять свое состояние под воздействием внешних сигналов. Каждое состояние легко распознается по значению выходных напряжений.

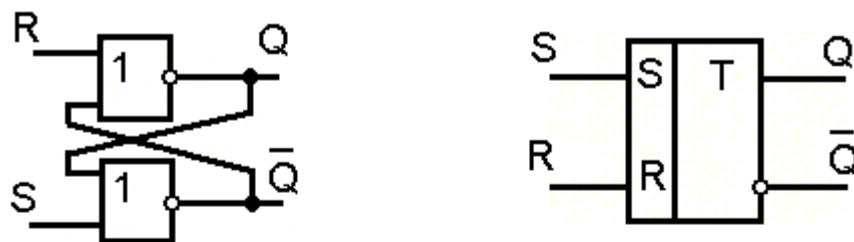
Одно из основных применений триггеров - запоминание информации. Под памятью триггера подразумевают способность оставаться в заданном состоянии и после прекращения действия переключающего сигнала, но при подключенном питании. Приняв одно из состояний за «1», а другое - за «0», можно считать, что триггер хранит (помнит) один разряд числа, записанного в двоичном коде.

Понятие «триггер» охватывает много видов устройств, которые существенно различаются между собой по выполняемым функциям, схемному исполнению, способам управления, электрическим и конструктивным параметрам. Это:

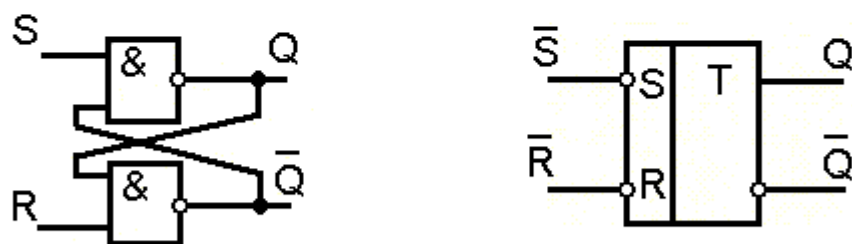
- асинхронные RS - триггеры;
- синхронные RS - триггеры;
- JK - триггеры;
- D - триггеры;
- DV - триггеры;
- T и TV - триггеры;
- несимметричные триггеры.

На рисунках 6.1,а и 6.1,б представлены простейшие симметричные асинхронные триггеры, собранные на логических элементах ИЛИ-НЕ и И-НЕ, и их условные изображения.

Асинхронный RS-триггер обладает двумя устойчивыми состояниями, которые обеспечиваются за счет связи выхода одного элемента с одним из входов другого. Свободные входы служат для управления и называются информационными, или логическими. Симметрия схемы не означает симметрии элек-



а) RS - триггер на логических элементах 2ИЛИ-НЕ



б) RS - триггер на логических элементах 2И-НЕ

Рисунок 6.1

трических режимов обоих каскадов. За счет перекрестного соединения выходов и входов создаются условия, при которых при отсутствии входных сигналов один из логических элементов будет заперт, а другой открыт.

Одному из выходов триггера присваивают наименование прямого и обозначают буквой Q , а другому - наименование инверсного и обозначают $\bar{Q}$ ("не ку"), чтобы подчеркнуть, что в логическом смысле сигнал на этом выходе противоположен первому.

Вход, по которому триггер устанавливается в единичном состоянии ($Q=1$; и $\bar{Q}=0$), называют входом **S** (от английского Set - установка), а в нулевое ($Q=0$, $\bar{Q}=1$) - входом **R** (Reset - возврат).

Для логики ИЛИ-НЕ на входах возможны четыре комбинации сигналов: $S=R=0$; $S=1$, $R=0$; $S=0$, $R=1$; $S=R=1$; каждой комбинации соответствует определенное поведение триггера.

Комбинацию входных сигналов $S=R=0$; называют нейтральной, или режимом хранения информации (или памятью): при ней триггер хранит состояние, в которое он был приведен в предыдущем такте. Если же на два входа подать переключающие сигналы $S=R=1$, то на выходах появляются логические нули и устройство утратит свойство триггера. Поэтому комбинацию $S=R=1$ называют неопределенной. Переход от неопределенной комбинации входных сигналов к нейтральной у RS-триггеров называют запрещенной комбинацией, так как она ведет к непредсказуемому поведению триггера.

Переключающим сигналом для элемента ИЛИ-НЕ служит единица; триггер, который переключается сигналами логической единицы, называется триггером с прямым управлением.

Логическая структура и способ изображения RS-триггера на элементах И-НЕ приведены на рисунке 6.1,б. Схемно такой триггер не отличается от триггера на элементах ИЛИ-НЕ, но закон функционирования другой, поскольку элементы И-НЕ переключаются сигналами логического нуля ($S = 0$ или $R = 0$). Этот вариант триггера называют RS-триггером с инверсными входами ($\overline{R}\overline{S}$ -триггер). При графических обозначениях подобные триггеры для наглядности изображают в отрицательной логике.

Состояния RS-триггера (прямого управления) и RS-триггера (с инверсными входами) представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Вход		Выход			
R	S	логика $\overline{И}$		логика $\overline{ИЛИ}$	
		$\overline{Q}$	$\overline{\overline{Q}}$	$\overline{Q}$	$\overline{\overline{Q}}$
0	0	Неопределенно		Без изменения	
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	1
1	1	Без изменения		Неопределенно	

Описание лабораторной установки

Лабораторный стенд представляет собой переносное устройство. Схема лабораторного стенда с указанием элементов на его передней панели, приведена на рисунке 6.2.

Гнезда $X1...X4$ предназначены для создания связей выбранной схемы триггера. Через резисторы $R1...R4$ на входы схем $DD1$ и $DD2$ подается сигнал логической "1". Сигнал логического "0" получают коммутацией переключателя $S3$ одного из входов $DD1$ и $DD2$ на "землю" ($\perp$), т.е. общий минус.

На выходе микросхем $DD1$ и $DD2$ включены светодиоды $VD1...VD4$, по загоранию которых определяют получение логической "1" на выходе.

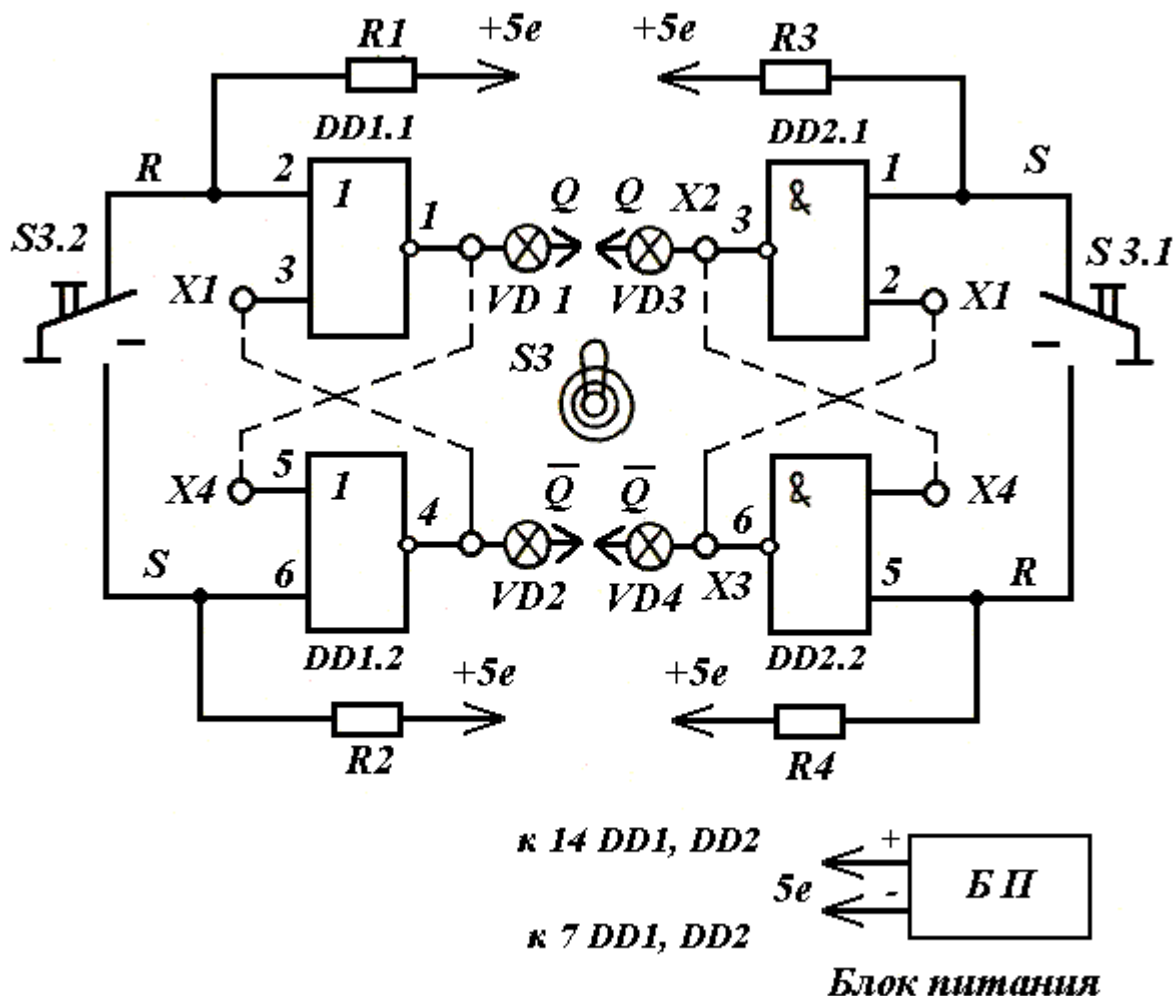


Рисунок 6.2

где: *DD1* – микросхема К155ЛЕ1;
DD2 – микросхема К155ЛА3;
R1...R4 – сопротивление МЛТ-0,125-510 Ом;
X1...X4 - гнезда ГС;
S3 – переключатель с нейтральным положением;
VD1÷VD4- светодиоды АЛ 106;
 - - - - - условная связь.

Порядок выполнения работы

1. Изучить работу симметричных *RS*-триггеров, собранных на логических элементах И-НЕ (на микросхеме К155ЛА3) и ИЛИ-НЕ (на микросхеме К155ЛЕ1).

2. Проверить исправность каждого элемента схемы, для чего:

2.1 Включить переключатель *S2*, подать питание на схему.

Потенциометром *R1* установить по шкале вольтметра *V2* 5В (цена деления прибора - 0,2В). Вольтметром *V1* измерить напряжение логических выводных элементов микросхем, подключая щупом положительный вывод *V1* (гнездо *X1*) к входам микросхем 3,5 (или 2,4), а затем к выходным гнездам 1,4 (или 3,6). Замерить величины напряжений вольтметром *V1* (цена деления прибора 0,2В)

для верхнего и нижнего положения переключателя $S3$. Объяснить работу логики И-НЕ и ИЛИ-НЕ

3. Собрать ячейку триггеров, соединив переключателями пунктирные связи.

3.1 Установить переключатель $S3$ в верхнее положение. По загоранию светодиодов определить состояние RS -триггеров с прямым и инверсным управлением (входами).

3.1.1 Установить переключатель $S3$ в среднее положение, что равносильно подаче на RS и $\overline{RS}$ триггеры входного сигнала, равного логической "1". Объяснить состояние триггеров в этом случае.

3.1.2 Установить переключатель $S3$ в нижнее положение, по загоранию светодиодов определить состояние RS -триггеров с прямым и инверсным управлением (входами).

3.2 Результаты, полученные по п.п. 3.1; 3.1.1 и 3.1.2 сверить с данными таблицы 6.1 и обосновать смену состояний триггеров внешними сигналами.

Состояние триггеров, когда на входы его подается логический "0" ($R=S=0$) лабораторным стендом не предусмотрено. Для логики И-НЕ это состояние неопределенно, для логики ИЛИ-НЕ - без изменения. Объяснить, почему?

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткое описание различных видов триггеров.
3. Описание работы симметричных асинхронных триггеров.
3. Структурную схему установки с перечнем оборудования и приборов, использованных в работе.
4. Результаты эксперимента.
5. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Объясните построение RS -триггеров на двух логических элементах 2ИЛИ-НЕ и 2И-НЕ.
2. Какой комбинацией входных сигналов достигается режим хранения информации (памяти)?
3. Почему переход от неопределенной комбинации входных сигналов к нейтральной у RS -триггеров называют запрещенной комбинацией?
4. Что такое передаточная характеристика триггера?
5. Условные обозначения существующих типов триггеров?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Цель работы

Ознакомиться со структурой базового элемента И-НЕ транзисторно-транзисторной логики и экспериментально проверить его работоспособность на микросхеме K155ЛА3.

Время выполнения – 2 часа.

Теоретический раздел

Цифровые микросхемы предназначены для обработки, преобразования и хранения цифровой информации. Выпускаются они сериями. Основой каждой серии цифровых микросхем является базовый логический элемент.

Схема базового логического элемента И-НЕ транзисторно-транзисторной логики приведена на рисунке 7.1. Подобные электронные устройства цифровой техники называют микросхемами транзисторно-транзисторной логики (ТТЛ). Потому что входная логика осуществляется транзистором (первая буква Т), а усиление и инверсия - также транзисторами (вторая буква Т). Входной транзистор $VT1$, включенный по схеме с общей базой, двухэмиттерный (такой элемент может быть выполнен только интегральным путем). Причем эмиттеры соединены с общим проводом питания через диоды $VD1$, $VD2$, которые защищают транзистор от случайного попадания на эмиттеры напряжения отрицательной полярности. Транзистор $VT2$ образует усилительный каскад с двумя нагрузками: эмиттерной (R_3) и коллекторной (R_2). Снимаемые с них сигналы противофазные (противоположны по уровню), поступают на базы транзисторов $VT3$ и $VT4$ выходного каскада.

Таким образом, выходные транзисторы всегда будут находиться в противоположных состояниях - один закрыт, а второй в это время открыт. Этому способствует и диод $VD3$, падение напряжения на котором создает на эмиттере транзистора $VT3$ относительно его базы более положительное (на $0,3 \div 0,4$ В) напряжение. При наличии на одном или обоих входах элемента напряжения низкого уровня (например, при соединении их с общим проводом питания), транзистор $VT1$ открыт и насыщен, транзисторы $VT2$ и $VT4$ - закрыты, а $VT3$ – открыт и через него и нагрузку течет ток.

В случае, когда на два входа будет подано напряжение высокого уровня транзистор $VT1$ закроется, а $VT2$ и $VT4$ откроются и тем самым закроют транзистор $VT3$. Ток через нагрузку практически прекратится - элемент примет нулевое состояние. Напряжение низкого уровня (логический нуль) на выходе элемента равно напряжению на коллекторе открытого транзистора $VT4$ и не превышает 0,4В. Напряжение высокого уровня (логическая единица) составляет не менее 2,4В. Фактически же уровни логических «0» и «1» на выходе элемента, зависят от сопротивления нагрузки R_H и могут быть в пределах 0,1..0,15В и 3,3..3,9В соответственно.



Переход элемента из единичного состояния в нулевое происходит скачкообразно при подаче на его входы сигнала напряжением около 1,15В, называемого пороговым.

Рассмотренный элемент выполняет логическую функцию

$$Y = \overline{X1 \cdot X2}$$

Указанную логическую функцию можно задавать в виде таблицы состояний входных и выходных переменных (таблицы истинности).

Логический элемент является исправным, если при наличии на входах логической 1 на выходе получается логический 0. Проверка логики действия элемента состоит в том, что на выходе будет логический «0» только в том случае, если на входах элемента подается логическая «1». Во всех остальных случаях на выходе будет логическая «1».

Если входы элементов объединить, то логическая схема может выполнять функции инвертора $Y = \overline{X}$ (операции НЕ).

Динамические параметры базовых элементов могут быть оценены быстродействием. Характеристикой быстродействия может служить среднее время задержки распространения сигнала, равное

$$t_{зд.p.cp} = 0,5 \cdot (t_{зд.p}^{1.0} + t_{зд.p}^{0.1}),$$

где $t_{зд.p}^{1.0}$ и $t_{зд.p}^{0.1}$ - время задержки распространения сигнала при включении и выключении элементов (рисунок 7.2).

Описание лабораторной установки

Схема лабораторного стенда с указанием элементов, расположенных на его передней панели, приведена на рисунке 7.3.

Элементы стенда имеют следующие обозначения: переключатель *SI* предназначен для подачи питания на схему, лампа *HL1* - для индикации подачи напряжения на схему, коммутационные гнезда 1,2,3,4 служат для подачи и снятия логических сигналов, амперметр *pA* служит для измерения величины тока на выходе схемы.

Порядок выполнения работы

1. Изучить структуру *микросхемы* K155ЛА3 и схему установки для ее исследования.
2. Составить таблицу истинности для логической функции 2И-НЕ.
3. Проверить логику действия элементов 2И-НЕ, для чего:
 - 3.1 Подать питание на микросхему переключателем *SI*;
 - 3.2 Вывод *X2* микросхемы соединить с «-», а вывод *X1* через резистор сопротивлением 1кОм с «+» источника питания (гнездо *X4*);
 - 3.3 Миллиамперметром *pA1* замерить ток на выходе схемы (гнездо *X3*);
 - 3.3 Выводы 1 и 2 (гнезда *X1*, *X2*) микросхемы присоединить через сопротивления 1 кОм к «+» шины источника питания (гнездо *X4*). Миллиамперметром *pA* замерить величину тока на входных выводах схемы (гнездо *X4*).

3.4 Выводы 1 и 2 (гнезда X1 и X2) микросхемы соединить перемычкой и с землей «-», измерить выходной ток с помощью прибора pA1.

3.5 Вывод 2 (гнездо X2) микросхемы соединить с «+» шиной источника питания, а 1 с «-», произвести измерения тока на выходе микросхемы прибором pA.

3.6 При проведении опытов результаты работы исследуемой микросхемы необходимо заносить в соответствующие ячейки таблицы истинности. При этом необходимо учесть, что сигнал от «+» шины соответствует логической «1», сигнал от «-» шины – логическому «0».

3.7 После заполнения таблицы истинности необходимо сравнить полученные данные с теми, которые должны получиться при правильной работе логического элемента 2И-НЕ и сделать соответствующие выводы.

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Схему базового элемента 2И-НЕ микросхемы KI55ЛA3.
3. Краткое описание работы базового элемента логической микросхемы KI55ЛA3.
4. Таблицу истинности для логической функции 2И-НЕ.
5. Результаты эксперимента.
6. Выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое логический элемент? Что положено в его основу?
2. Что такое логическая функция?
3. Какие логические функции могут выполняться логическими элементами?
4. Базовый элемент транзисторно-транзисторной логики. Его составные части и работа.
5. Что такое таблица истинности (соответствия)?
6. Составить и объяснить таблицу истинности базового элемента исследуемой логической микросхемы.
7. Выполнение электронных схем на основе базового логического элемента МС серии KI55.
8. Условное и графическое обозначение интегральных микросхем.

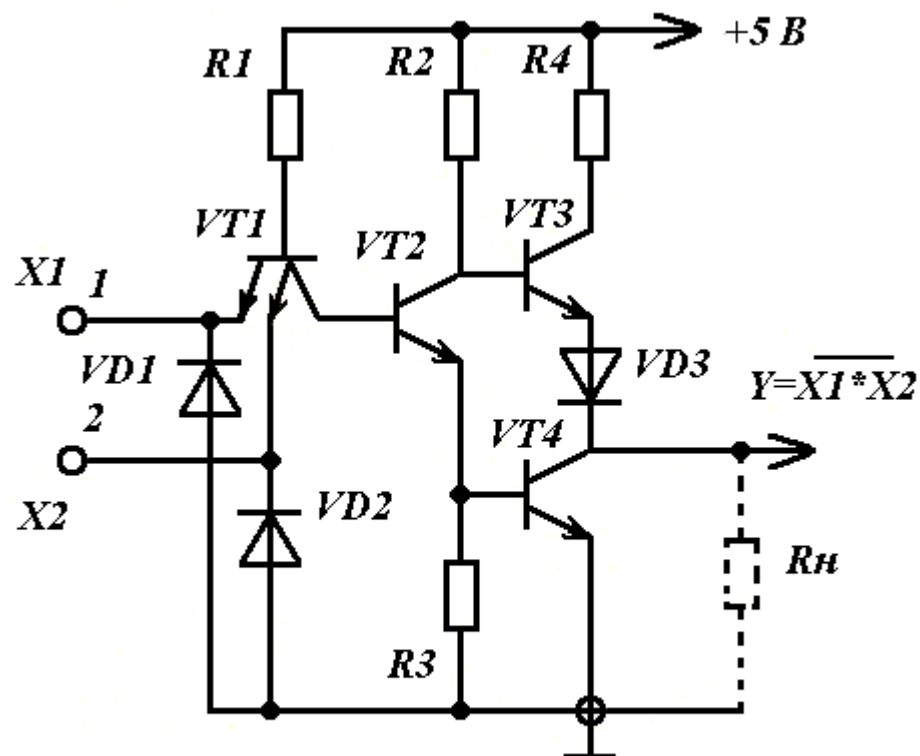


Рисунок 7.1
Схема базового элемента ТТЛ 2И-НЕ

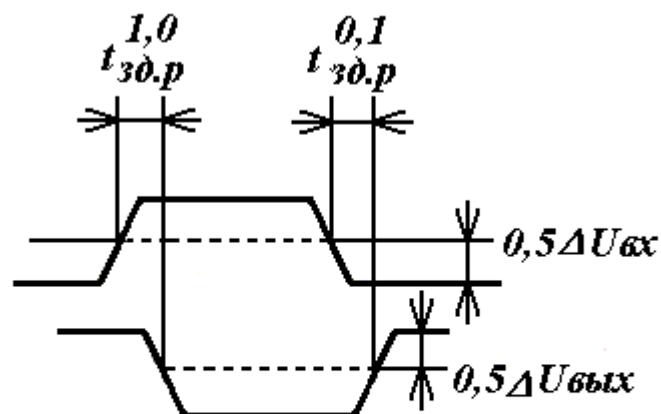


Рисунок 7.2
Временные диаграммы сигналов на входе
и выходе логического элемента

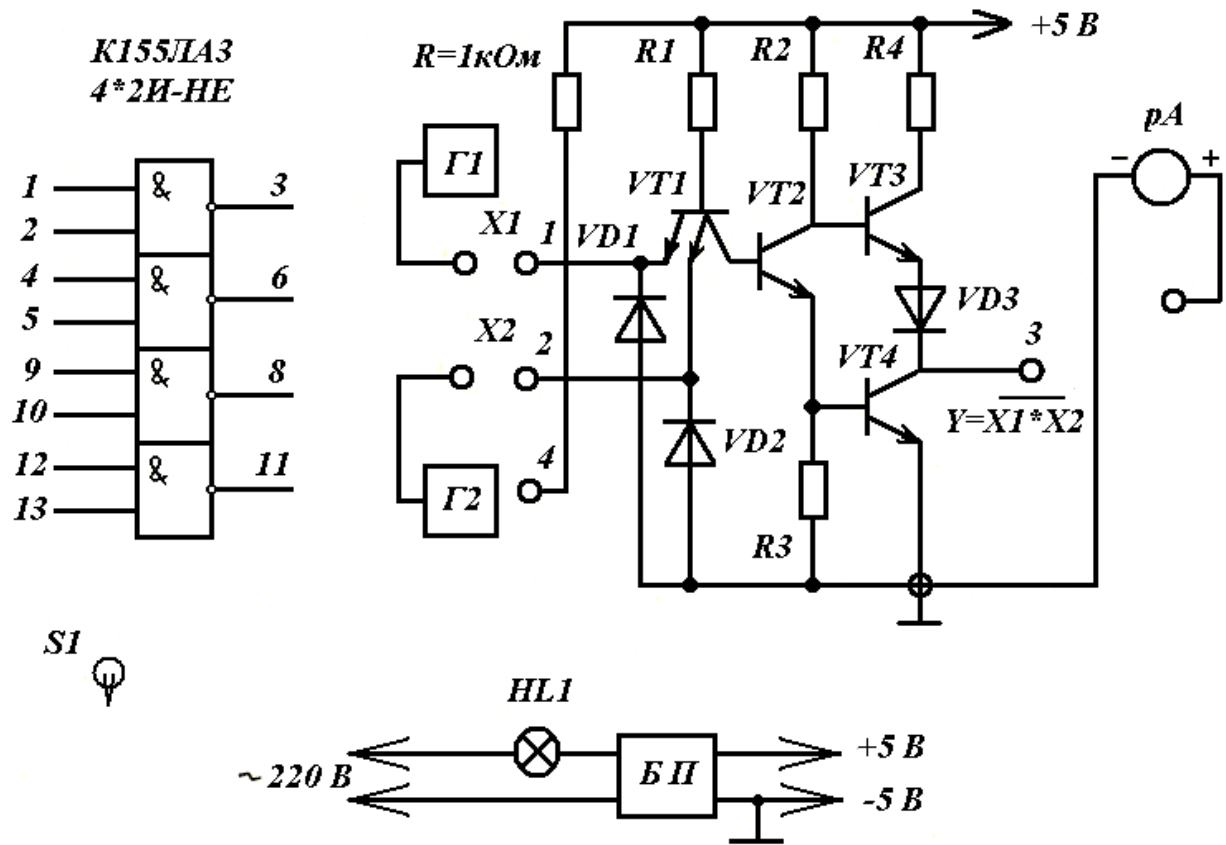


Рисунок 7.3

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И
ПРОСТЕЙШИХ КОМБИНАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ**Цель работы**

Изучить основные законы алгебры логики и основные логические функции двух-трех переменных. Закрепить правила составления таблиц истинности. Изучить правила составления и работу комбинационных логических устройств. Время выполнения – 4 часа.

Теоретический раздел

Типовые элементы логических устройств служат основой для создания цифровых вычислительных машин и автоматов дискретного действия. В логических устройствах сигнал на входе и выходе каскада является двоичным, бинарным. Он может принимать только два значения: логического нуля «0» и логической единицы «1».

Типовые каскады логических устройств можно разделить на два класса собственно логические элементы и элементы памяти. **Логические элементы** осуществляют преобразование логических сигналов, **элементы памяти** – запоминание информации. Логические устройства можно разделить на комбинационные и последовательностные. **Комбинационные логические устройства** состоят из логических элементов; их выходные сигналы зависят только от входных сигналов в рассматриваемый момент времени. **Последовательностные логические устройства** кроме логических элементов содержат и элементы памяти. Выходной сигнал этих устройств зависит не только от входных сигналов в рассматриваемый момент времени, но и от напряжения на выходах элементов памяти, которое является результатом логической обработки сигналов, поступающих в предшествующие моменты времени.

Логические элементы могут иметь $n \geq 1$ входов и $m \geq 1$ выходов. Любую логическую функцию можно задать с помощью таблицы истинности.

Таблица, содержащая все возможные комбинации значений входных переменных вместе с соответствующими им значениями выходных переменных, т.е. значений функций, **называется таблицей истинности**.

Самый простой способ включения в таблицу истинности всех возможных комбинаций состоит в последовательном выборе в двоичной системе счисления всех значений всех переменных. При этом значение функции в каждой колонке будет «1» либо «0», в зависимости от задаваемой логической функции. Имея таблицу истинности можно перейти к математической записи логической функции, которая выполняется логическим элементом или комбинационным логическим устройством.

При n входных аргументах таблица истинности содержит 2^n комбинаций входных переменных и столько же значений логической функции. Каждой функции соответствует своя комбинация этих 2^n значений.

Для математического описания связей между комбинациями входных переменных и логическими функциями вводят логические операции. Рассмотрим три основные логические операции.

1. Операция **НЕ** (логическое отрицание или инверсия). Логическое отрицание функции A обозначается $\bar{A}$.
2. Операция **ИЛИ** (логическое сложение или дизъюнкция). Обозначается в случае двух независимых аргументов A и B как $F = A + B$ или $F = A \vee B$ (читается « A или B »).
3. Операция **И** (логическое умножение или конъюнкция). Обозначается $F = A \cdot B$ либо $F = A \wedge B$ (читается « A и B »).

Чаще всего связи между входными переменными и выходными функциями не могут быть описаны простыми операциями, в этих случаях применяются более сложные логические функции: ИЛИ-НЕ, И-НЕ, равнозначности, неравнозначности, запрета и т.д.

Все логические операции и функции реализуются с помощью логических элементов (микросхем). Наряду с простейшими логическими элементами широко используют готовые комбинационные узлы. Промышленность серийно изготавливает наиболее часто встречающиеся комбинационные схемы. Применение готовых узлов не только упрощает разработку схем, но и снижает стоимость оборудования, так как готовый узел на одной интегральной микросхеме (ИМС) заменяет устройство, которое собирается из множества логических элементов, размещенных в нескольких корпусах.

Описание лабораторной установки

Лабораторный стенд представляет собой переносное устройство. Он состоит из общего блока ввода-вывода информации и шести сменных плат (в нашем случае требуется плата П1), на которых установлены все исследуемые элементы, узлы и устройства. К стенду прилагается набор сменных технологических карт (для нашего случая 9 штук) с функциональными схемами исследуемых устройств. Питание стенда осуществляется от сети напряжением 220В/ 50Гц с помощью сетевого шнура.

Работа проводится на плате П1 с технологическими картами 1.1 – 1.9, на рисунках 8.1 и 8.2 приведены схемы исследуемых элементов и комбинационных устройств для положительной и отрицательной логики. На каждой из этих карт изображена принципиальная схема устройства в виде соединений логических элементов, выполняющих какие-либо функции Y . Логические элементы, расположенные на плате П1 исследуются при подаче на их входы логических сигналов (0 и 1) от тумблеров SA1 – SA5. Уровень сигнала, подаваемого от соответствующего тумблера, определяется по положению подвижного контакта тумблера (вверху – 1, внизу – 0). Уровень выходного сигнала – по свечению индикаторов HL1 – HL9.

В работе исследуются девять устройств:

1. Карта 1.1. Используются тумблеры SA1, SA2 и индикатор HL3. В этом случае реализуется логическая функция $HL3 = \overline{SA1 \wedge SA2}$ или в общепринятом виде $Y = \overline{X1 \wedge X2}$, т.е. логическая функция **И-НЕ**.
2. Карта 1.2. Используются тумблеры SA1, SA2 и индикатор HL5. Реализуется логическая функция И-НЕ (элемент D2.1 на карте 1.2) и далее НЕ (элемент D2.2 на карте 1.2). Следовательно, по отношению ко входам SA1 (X1) и SA2 (X2) выходной сигнал Y (HL5) определяется логической функцией $Y = \overline{X1 \wedge X2}$, т.е. **И**.
3. Карта 1.3. Используются тумблеры SA1, SA2 и индикатор HL2. Реализуется логическая функция $Y = \overline{X1 \vee X2}$, т.е. **ИЛИ-НЕ**.
4. Карта 1.4. Используются тумблеры SA1, SA2 и индикатор HL4. Реализуется логическая функция $Y = \overline{X1 \vee X2}$, т.е. **ИЛИ**.
5. Карта 1.5. Используются тумблеры SA1, SA2 и индикатор HL6. Реализуется логическая функция, **исключающая ИЛИ** (сумматор по модулю 2). Эту функцию называют также функцией отрицания равнозначности, т.е. она истинна, когда значения X1 и X2 не совпадают, и ложна, когда значения X1 и X2 совпадают.
6. Карта 1.6. Используются тумблеры SA1, SA2 и индикатор HL7. Реализуется логическая функция **исключающая ИЛИ-НЕ** (равнозначность). Эта функция истинна (равна 1), когда значения X1 и X2 совпадают, и ложна, когда эти значения не совпадают.
7. Карта 1.7. Используются тумблеры SA1, SA2, SA3 и индикатор HL9. Трехразрядное устройство проверки на четность.
8. Карта 1.8. Используются тумблеры SA1, SA2, SA4, SA5 и индикатор HL1. Реализуется устройство сравнения двух двухразрядных чисел X1(SA1) X2(SA4) и Z1(SA2) Z2(SA5). При выполнении условия $X1X2 = Z1Z2$ на выходах появляется 1 (светится HL1).
9. Карта 1.9. Используются тумблеры SA1, SA2 и индикаторов HL5, HL8. Одноразрядный сумматор по модулю два. Выход суммы – HL8, выход переноса в следующий разряд - HL5.

Порядок выполнения работы

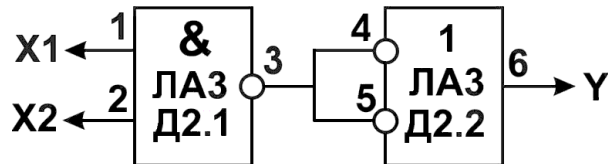
1. Изучить основные законы алгебры логики и правила составления логических функции двух-трех переменных, условные обозначения изучаемых логических элементов. Изучить правила составления таблиц истинности.
2. Ознакомить со стендом: с органами управления и подачи питания.
3. Используя по очереди технологические карты и манипулируя переключателями, составить таблицы истинности исследуемых устройств.
4. Определить в каждом случае какую логическую функцию выполняет устройство и записать ее через операции И, ИЛИ и НЕ. Определить тип каждого логического элемента, входящего в устройство.

Карта 1-1

ИЛИ

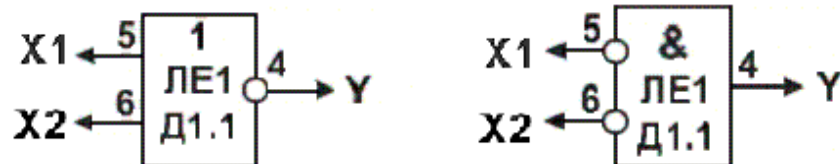


Карта 1-2

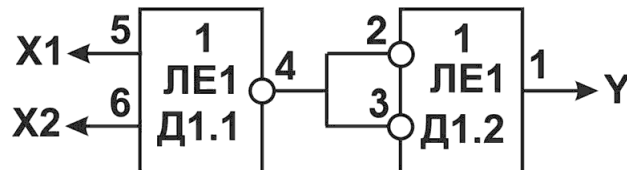


Карта 1-3

ИЛИ

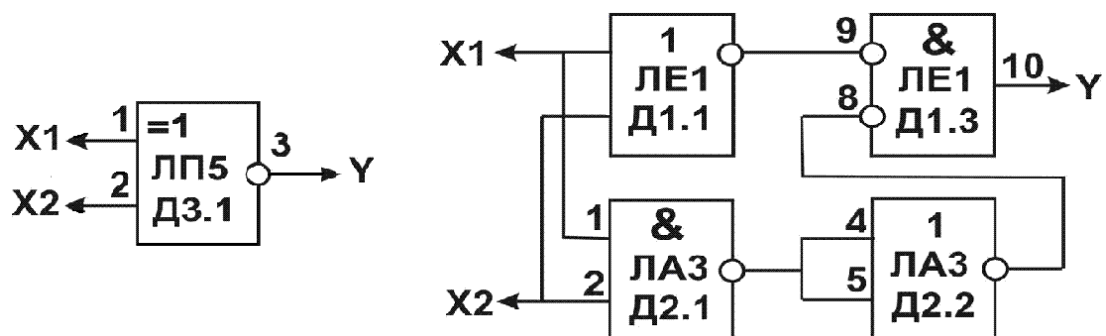


Карта 1-4



Карта 1-5

ИЛИ



Карта 1-6

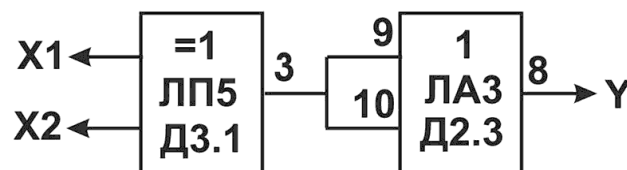
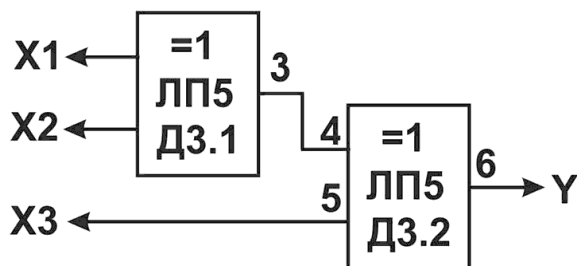
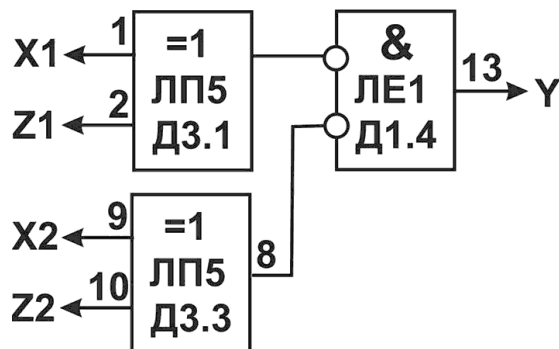


Рисунок 8.1



Карта 1-8



Карта 1-9

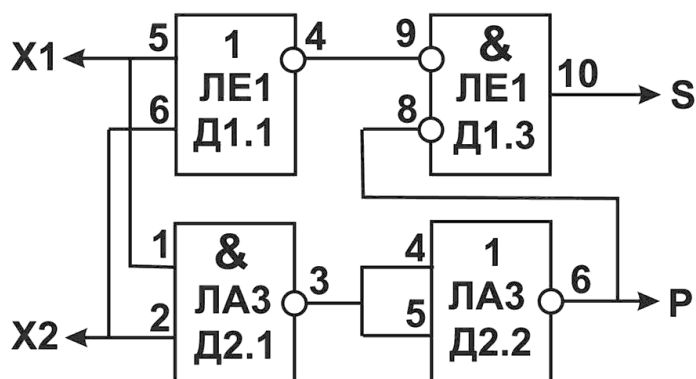


Рисунок 8.2

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Краткую характеристику исследуемых элементов (выполняемые функции и графические обозначения).
3. Таблицы истинности исследуемых устройств и соответствующие им логические функции, записанные в математическом виде.
4. Выводы о работе.

Контрольные вопросы

1. Что такое алгебра логики, какие е законы известны?
2. Что такое таблица истинности? Как составляется таблица истинности?

4. Как перейти от таблицы истинности к математическому выражению логической функции?
5. Как вы понимаете, что такое комбинационные и последовательные логические устройства?
6. Какие микросхемы (логические элементы) были задействованы в лабораторной работе?
7. Объясните полученные в лабораторной работе результаты.

Библиографический список

1. Горбачёв Г.Н. Промышленная электроника/ Г.Н. Горбачёв, Е.Е. Чаплыгин. – М.: Энергоатомиздат, 1988.- 320 с.
2. Гусев В.Г. Электроника/ В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. - М.: Высшая школа, 1991.-622 с.
3. Зельдин Е.А. Цифровые интегральные микросхемы в информационной измерительной аппаратуре/Е.А. Зельдин. - Л.: Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1986. – 280с.
4. Мальцева Л.А. Основы цифровой техники/ Л.А. Мальцева, Э.М. Фромберг, В.С. Ямпольский. - М.: Радио и связь, 1986. – 384 с.
5. Руденко В.С. Основы промышленной электроники/ В.С Руденко, В.И. Сенько, В.В. Трифонул. - Киев: Вища школа, 1985. - 400 с.

Заказ № _____ от « _____ » _____ 200__ г. Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ