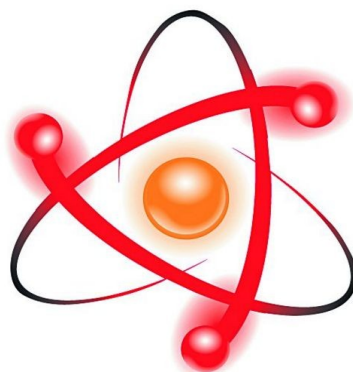


НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»

МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ



ОЭ-6

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ RS-ТРИГГЕРА,
МУЛЬТИВИБРАТОРА И ОДНОВИБРАТОРА.**

Тула, 2013 г.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ RS-ТРИГГЕРА, МУЛЬТИВИБРАТОРА И ОДНОВИБРАТОРА.

Цель работы: ознакомиться с работой симметричного мультивибратора, одновибратора и RS-триггера.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ.

Мультивибраторы.

Мультивибраторы относятся к классу релаксационных генераторов и используются для получения прямоугольных импульсов с крутыми фронтами.

Мультивибратор содержит один или несколько ключевых и реактивных элементов и источников питания. В качестве ключевых элементов используются транзисторы или полупроводниковые приборы с отрицательным сопротивлением, в качестве реактивных элементов— конденсатор либо катушка индуктивности. При включении и выключении ключевых элементов происходят накопление и отдача энергии реактивными элементами.

Используют автоколебательный и ждущий режимы работы мультивибраторов. Длительность импульсов, формируемых ждущим мультивибратором, и период повторения импульсов автоколебательного мультивибратора определяются параметрами схемы, режимом работы ключевого каскада и напряжением источников питания. Стабильность длительности импульсов и периода зависит от диапазона изменения температуры окружающей среды, от стабильности напряжений источников питания и многих других факторов.

Мультивибраторы на двух транзисторах с коллекторно -базовыми ёмкостными связями в автоколебательном режиме.

Схема мультивибратора с коллекторно-базовыми связями на транзисторах р-п-р изображена на рис. 1.1,а. На рис. 1.1,б даны временные диаграммы, поясняющие работу схемы. Начнем рассмотрение с момента времени, когда транзистор Т2 открыт и насыщен, а транзистор Т1 закрыт.

Закрытое состояние транзистора Т1 поддерживается за счет напряжения на заряженном конденсаторе С1 которое приложено между базой и эмиттером Т1 плюсом к базе (открытый насыщенный транзистор Т2 можно считать замкнутым ключом). Напряжение на коллекторе закрытого транзистора:

$$u_{K1} = - (E_K - I_{KB0} R_{K1}) \approx - E_K,$$

напряжение на коллекторе насыщенного транзистора:

$$U_{K2} = U_{K_{нас}} \approx 0$$

Положительное напряжение на базе Т1 $u_{Б1}$ уменьшается по экспоненциальному закону вследствие разряда конденсатора С1 с постоянной времени R_1C_1 . В момент достижения напряжением $u_{Б1}$ нулевого значения (момент t_1 на рис. 1.1,б) первый транзистор открывается, и ток коллектора $i_{К1}$ создает на сопротивлении $R_{К1}$ падение напряжения. Потенциал коллектора транзистора Т1, равный $u_{К1} = -(E_K - i_{К1}R_{К1})$, повышается. Часть тока коллектора $i_{К1}$ через конденсатор C_2 ответвляется в базовую цепь транзистора Т2 при этом уменьшается ток базы $i_{Б2}$, и транзистор Т2 входит в активный режим. Напряжение на коллекторе Т2 понижается. Развивается лавинообразный процесс изменения токов и напряжений, приводящий к опрокидыванию схемы: транзистор Т2 закрывается, транзистор Т1 насыщается.

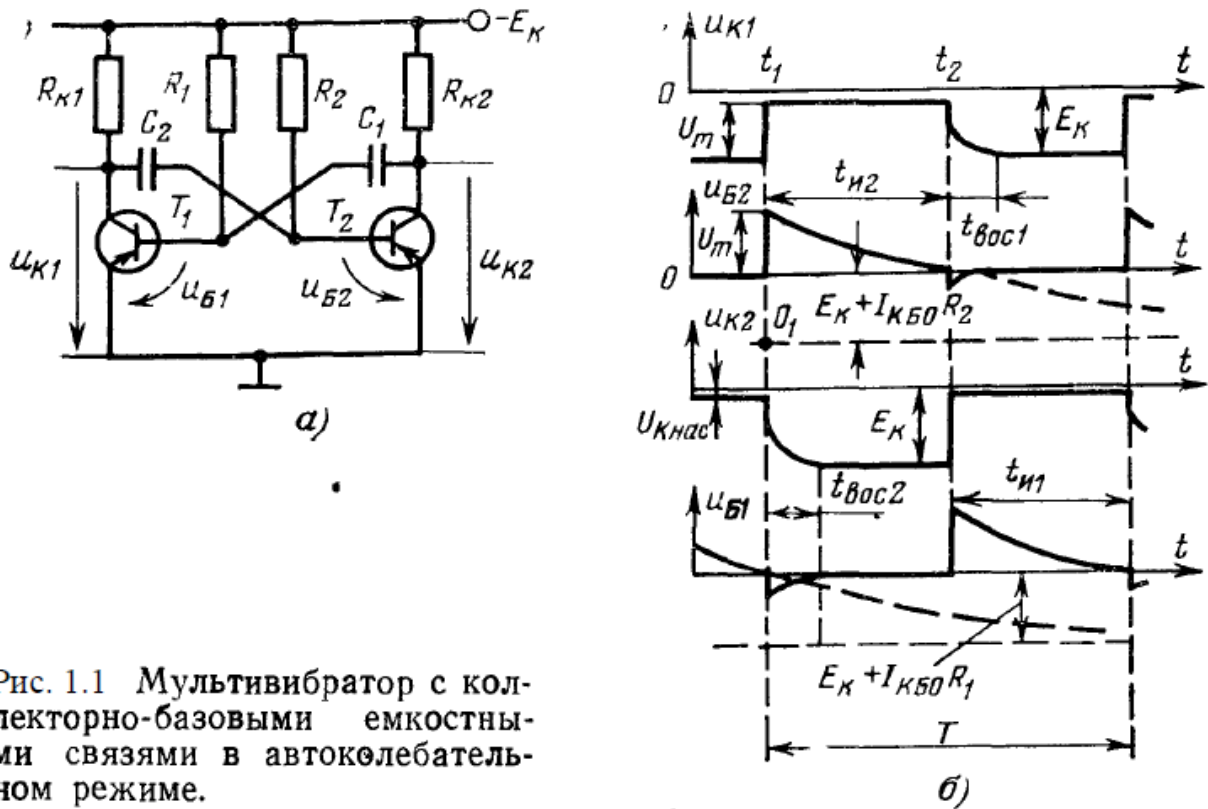


Рис. 1.1 Мульти vibrator с коллекторно-базовыми емкостными связями в автоколебательном режиме.

Как только транзистор T_2 закроется и потенциал его коллектора, т. е. потенциал правой обкладки конденсатора C_1 , понизится, начнется заряд конденсатора C_1 по цепи: плюс источника питания E_K (нулевая точка схемы), участок эмиттер — база транзистора T_1 , конденсатор C_1 , резистор R_{K2} , минус источника питания E_K . При протекании зарядного тока по резистору R_{K2} потенциал коллектора транзистора T_2 определяется выражением $u_{K2} = -(E_K - i_{зар} R_{K2})$. По истечении времени $t_{вос2}$ зарядный ток $i_{зар} \approx 0$; потенциал коллектора закрытого транзистора T_2 становится равным $-E_K$ (см. временную диаграмму u_{K2} на Рис. 1.1, б); напряжение на конденсаторе C_1 устанавливается равным E_K . Время восстановления

$$t_{вос2} \approx 3\tau_{зар} = 3(R_{K2} + h_{11Э наэ}) C_1 \approx 3R_{K2} C_1. \quad (26)$$

В течение времени $t_{вос2}$ ток базы транзистора T_1 определяется выражением:

$$i_{Б1} = E_K/R_1 + i_{зар}. \quad (27)$$

Так как ток базы согласно выражению (27) при протекании зарядного тока через конденсатор C_1 больше значения E_K/R_1 , определяющего режим работы транзистора после окончания заряда конденсатора C_1 , то в течение протекания зарядного тока транзистор T_1 насыщен в большей степени, чем по истечении времени $t_{вос2}$. Поэтому длительность фронта положительного перепада мультивибратора t_{ϕ}^+ значительно меньше, чем для ключевого каскада, и определяется формулой:

$$t_{\phi}^+ \approx 3\tau_{\phi}/h_{21Э} \approx 3\tau_{\beta}/h_{21Э}. \quad (28)$$

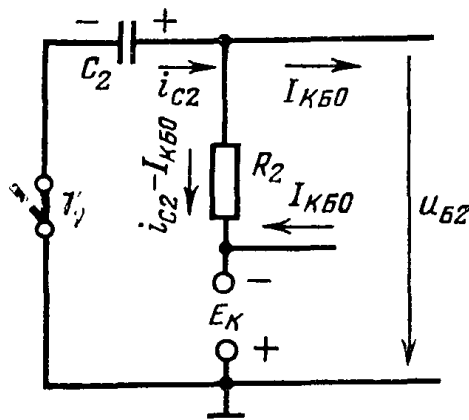


Рис. 1.2 . Эквивалентная схема перезаряда конденсатора C_2 .

Одновременно с зарядом конденсатора C_1 осуществляется более медленный разряд конденсатора C_2 через резистор R_2 , источник E_K и открытый насыщенный транзистор T_1 в соответствии с эквивалентной схемой, изображенной на рис. 1.2. Здесь открытый транзистор T_1 представлен замкнутым ключом; ток перезаряда конденсатора C_2 обозначен через i_{C_2} индексом I_{KB0} обозначен обратный ток коллекторного перехода транзистора T_2 . Если бы перезаряд конденсатора C_2 существовал бесконечно долго, то при $t \rightarrow \infty$

$$i_{C_2}(\infty) = 0$$

и $u_{B2}(\infty) = -(E_K + I_{KB0}R_2).$

К этому значению стремится напряжение на базе транзистора T_2 при перезаряде конденсатора (см. пунктирную линию на временной диаграмме рис. 1.1, б). Однако в реальной схеме конденсатор C_2 не перезаряжается, так как в момент t_2 , когда напряжение на базе u_{B2} становится равным нулю, транзистор T_2 открывается, и цепь перезаряда конденсатора C_2 перестает существовать.

Длительность закрытого состояния транзистора T_2 определяет длительность импульса $t_{и2}$. Для определения $t_{и2}$ перенесем начало координат на временной диаграмме u_{B2} (рис. 1.1, б) из точки O в точку O_1 . С учетом переноса начала координат закон изменения напряжения на базе T_2 имеет вид:

$$u_{B2}(t)_{O_1} = (U_m + E_K + I_{KB0}R_2) e^{-t/\tau_2},$$

где $\tau_2 = R_2C_2$. При $t_2 = t_{и2}$ (см. u_{B2} на Рис. 1.1, б) $u_{B2}(t_{и2}) = E_K + I_{KB0}R_2$.

Подставляя это выражение в левую часть уравнения, а в правую — значение $t=t_{и2}$, получаем:

$$E_K + I_{KB0}R_2 = (U_m + E_K + I_{KB0}R_2) e^{-t_{и2}/\tau_2}$$

и после логарифмирования

$$t_{и2} = \tau_2 \ln \left(1 + \frac{U_m}{E_K + I_{KB0}R_2} \right). \quad (29)$$

Аналогично может быть получена формула, определяющая длительность импульса:

$$t_{и1} = R_1C_1 \ln \left(1 + \frac{U_m}{E_K + I_{KB0}R_1} \right).$$

Длительность периода автоколебаний

$$T = t_{и1} + t_{и2}. \quad (30)$$

Если режим транзисторов выбран насыщенным, то $U_m \approx E_K - I_{КБ0} R_{К1}$. Учитывая неравенство $I_{КБ0} R_2 \ll E_K$, формулу (29) перепишем в виде

$$t_{н2} = R_2 C_2 \ln 2 \left[1 - \frac{I_{КБ0} (R_2 + R_{К1})}{2E_K} \right].$$

При $I_{КБ0} (R_2 + R_{К1}) / 2E_K \ll 1$ формула для определения длительности импульса принимает вид:

$$\left. \begin{aligned} t_{н2} &\approx R_2 C_2 \left[0,71 - \frac{I_{КБ0} (R_2 + R_{К1})}{2E_K} \right]; \\ t_{н1} &\approx R_1 C_1 \left[0,7 - \frac{I_{КБ0} (R_1 + R_{К2})}{2E_K} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (31)$$

Формулой (31) следует пользоваться при определении температурной стабильности схемы. При расчете параметров схемы вторым членом в квадратных скобках можно пренебречь и считать

$$t_{н1} = 0,7 R_1 C_1; \quad t_{н2} = 0,7 R_2 C_2, \quad (32)$$

а в симметричном мультивибраторе при $C_1 = C_2 = C$; $R_1 = R_2 = R$

$$T = 2t_{н1} = 2t_{н2} = 1,4RC. \quad (33)$$

$$t = \tau \cdot \ln 2 = RC \ln 2$$

Обычно значения величины R и C выбираются такими, что время, в течение которого один транзистор поддерживается открытым, а другой закрытым (t), значительно превосходит длительность переходного процесса, т. е. процесса отпирания одного транзистора и запираания другого. Поэтому графическое изображение зависимости величины напряжения на коллекторе от времени представляет собой чередование кратковременных скачков напряжения с длительными периодами, в течение которых напряжение остается постоянным (рис. 1.3).

Простейший симметричный мультивибратор на двух транзисторах можно рассчитать следующим образом: по условиям

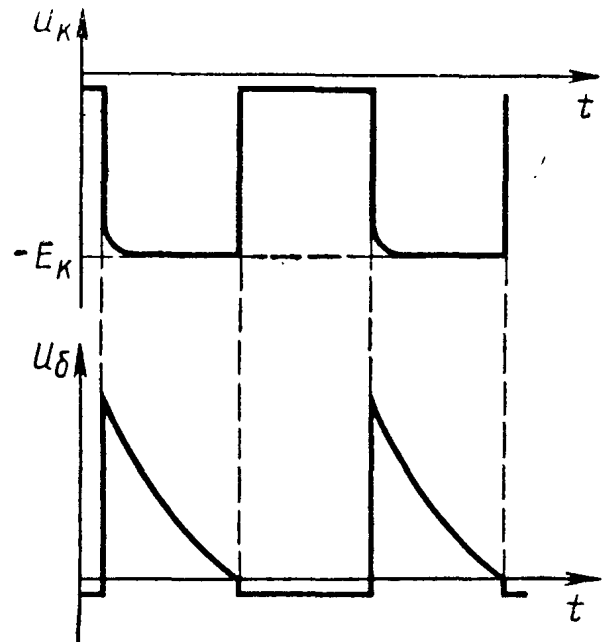


Рис. 1.3 Временные диаграммы изменений напряжения на коллекторе и базе транзистора в схеме симметричного транзисторного мультивибратора.

задачи (амплитуда и частота следования импульсов) выбирается тип транзистора. При возможности выбора лучше воспользоваться транзисторами, предназначенными для работы в импульсных и переключающих схемах. Для расчета элементов схемы мультивибратора необходимо измерить величину параметра β (интегральный статический коэффициент передачи базового тока) транзисторов. Если есть возможность, то из нескольких транзисторов отбираются два с наиболее близкими значениями параметра β . Если же возможности выбора нет, то в дальнейших расчетах для обеспечения режима насыщения обоих транзисторов используют меньшее из двух полученных значений параметра β . Первой можно выбрать величину коллекторной нагрузки $R_{\text{К}}$. Для этого по справочнику определяют максимальное значение коллекторного тока для выбранного типа транзистора. Так как в состоянии насыщения транзистора открыты и эмиттер-ный, и коллекторный переходы, ток в цепи коллектора определяется величиной напряжения питания $E_{\text{к}}$ и сопротивления в цепи коллектора $R_{\text{К}}$:

$$I_{\text{к}} = \frac{E_{\text{к}}}{R_{\text{К}}} .$$

Отсюда можно определить минимальное из допустимых значений коллекторной нагрузки:

$$R_{\text{к. мин}} = \frac{E_{\text{к}}}{I_{\text{к. макс. доп}}}$$

и минимальное допустимое значение величины сопротивления в цепи базы:

$$R_{\text{б. мин}} = \beta R_{\text{к. мин}} .$$

Полученные значения $R_{\text{К}}$ и $R_{\text{б}}$ неприемлемы для выполнения практической схемы, так как весь расчет произведен для предельного значения коллекторного тока. Для уменьшения величины коллекторного тока нужно использовать коллекторную нагрузку большей величины, чем значение $R_{\text{к. мин}}$.

Далее по заданной частоте и выбранному значению сопротивления $R_{\text{б}}$ можно определить величину емкости C . Из выражения (33) частота мультивибратора и постоянная времени $\tau = R_{\text{б}} C$, $R_{\text{б}} = R_1 = R_2 = R$ (согласно обозначениям рис. 1.1, а) связаны соотношением:

$$f = \frac{1}{T} \approx \frac{0,71}{R_{\text{б}} C} ,$$

откуда

$$C = \frac{0,71}{f R_{\text{б}}} .$$

Одновибраторы.

Выше были рассмотрены примеры нестабильных, или автоколебательных мультивибраторов. В данных схемах (рис. 1.1а) система самопроизвольно переходит из одного состояния в другое (автоколебательный режим). При этом не обязателен сигнал синхронизации, если не требуется захват частоты.

Однако, к генераторам одиночных импульсов относится и *ждущий мультивибратор* или *одновибратор*. Ждущий мультивибратор (одновибратор) – это устройство с одним устойчивым и одним неустойчивым состоянием, длительность которого определяется внутренними переходными процессами времязадающих реактивных цепей. После пребывания в неустойчивом состоянии ждущий мультивибратор снова возвращается в устойчивое состояние. Для перевода одновибратора в неустойчивое состояние на его вход подается запускающий импульс. Таким образом, при подаче на вход короткого запускающего импульса, одновибратор вырабатывает на выходе импульс фиксированной длительности.

Схема одновибратора на двух логических элементах и RC-цепи представлена на рис. 2.1.

В состав ждущего мультивибратора (одновибратора) входят логические элементы ЛЭ1, ЛЭ2 и RC-цепь. При этом, ЛЭ2 и RC-цепь образуют схему задержки на основе дифференцирующей цепи, рассмотренную выше. Источником входного импульса для нее является выход элемента ЛЭ1. Схема задержки формирует задержку входного импульса на величину $t_{зад}$. В устойчивом состоянии, поскольку на входе ЛЭ2 действует напряжение U_{R0} , меньшее $U_{пор}$, на выходе схемы присутствует логическая единица, которая одновременно подается на один из входов ЛЭ1. Если при этом на другой вход ЛЭ1 ($U_{вх}$) также подавать логическую единицу, то на выходе ЛЭ1 сохраняется логический нуль. Схема, таким образом, находится в устойчивом состоянии (рис. 2.2). Подав теперь на вход $U_{вх}$ напряжение логического нуля, на выходе ЛЭ1 сформируется напряжение логической единицы, которое через конденсатор передастся на ЛЭ2. На входе ЛЭ2 напряжение возрастет до значения U_{Rmax} и на его выходе сформируется логический нуль. По мере заряда конденсатора, напряжение на входе ЛЭ2 будет стремиться к значению U_{R0} . В момент равенства напряжения на входе ЛЭ2 значению $U_{пор}$, на выходе ЛЭ сформируется логическая единица и схема вернется в устойчивое состояние. Длительность выходного импульса будет определяться длительностью задержки $t_{зад}$, задаваемой схемой задержки на элементе ЛЭ2, конденсаторе и

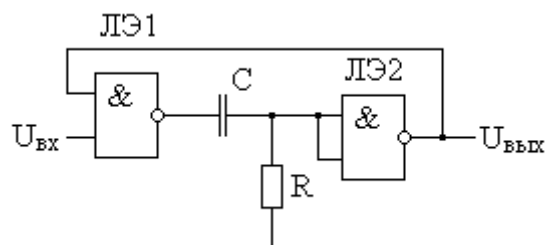


Рис. 2.1. Схема ждущего мультивибратора.

резисторе.

На практике, для увеличения $t_{зад}$ можно увеличивать только емкость, что приводит к увеличению габаритов устройства. Чтобы увеличить $t_{зад}$ за счет увеличения сопротивления зарядной цепи используют схему с эмиттерным повторителем, которая приведена на рис. 2.3.

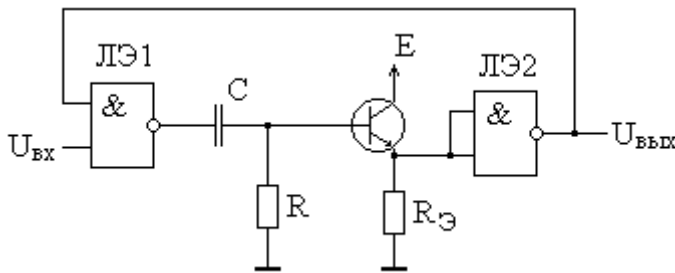


Рис. 2.3. Схема ждущего мультивибратора с эмиттерным повторителем.

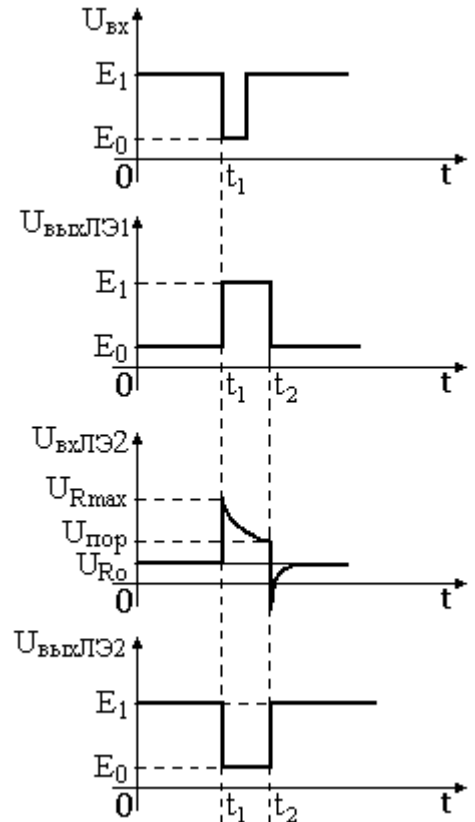


Рис. 2.2. Временная диаграмма работы ждущего мультивибратора.

Примем для схемы 2.3 $R=1,6$ кОм. Тогда входное сопротивление транзисторной цепи определяется как:

$$r = 1,6 \cdot 10^3 \cdot \beta$$

Типовое расчетное значение для β выбираем 100. Таким образом, $r = 1,6 \cdot 10^3 \cdot 100 = 160$ кОм.

Выбираем $R = (0,2 \div 0,3) \cdot r$, т. е. выбираем из стандартного ряда $R=39$ кОм, тогда эквивалентное сопротивление выражается как сопротивление параллельной цепи из R и r :

$$R = \frac{R \cdot r}{R + r} = \frac{39 \cdot 160}{39 + 160} \approx 31 \text{ кОм.}$$

Таким образом, если без эмиттерного повторителя $t_{зад} = 3800 \times C$, то в данном случае $t_{зад} = R \cdot C \cdot 2,38 = 31000 \cdot 2,38 \cdot C = 73800 \cdot C$, т. е. $t_{зад}$ увеличилась почти в 20 раз.

Асинхронные RS-триггеры

Рассмотрим RS-триггер *на основе ЛЭ ИЛИ-НЕ* (рис.3.1). Здесь могут быть использованы ЛЭ РТЛ, МОП, КМОП, ЭСЛ. По сути, простейший RS-триггер есть бистабильная ячейка, управляемая по R- и S- входам. Вход S называют входом установки в 1, вход R – установки в 0 или «сброса».

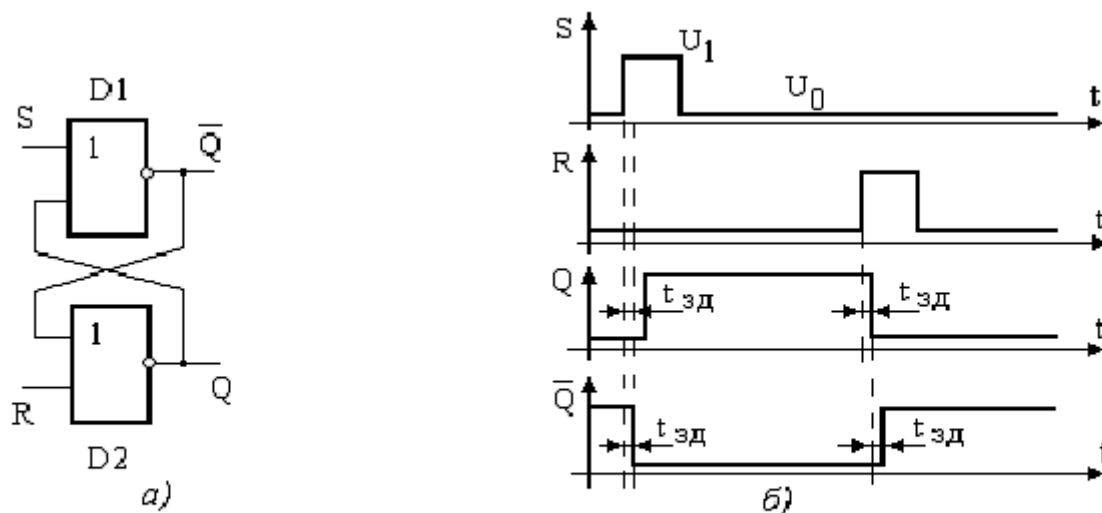


Рис. 3.1 RS-триггер на основе ЛЭ ИЛИ-НЕ (а) и осциллограммы переключений при управлении триггером (б)

Введение перекрестной обратной связи должно надежно обеспечивать два устойчивых состояния триггера:

$$\begin{aligned} Q=1, \quad \bar{Q}=0 \\ Q=0, \quad \bar{Q}=1 \end{aligned}$$

Отыщем *правило эффективного управления RS-триггером*. Для этого необходимо рассмотреть работу каждого логического элемента (ЛЭ) в бистабильной ячейке (БЯ) в соответствии с его таблицей состояний (см. рис. 3.2, а). Предположим, что на выходе ЛЭ D2 (выход Q на рис. 3.1, а) существует потенциал U^1 , а на выходе ЛЭ D1 (выход \bar{Q}) – U^0 , при этом управляющие сигналы на входах S и R одновременно имеют низкий уровень (0). Необходимо иметь в виду, что выходные сигналы БЯ (Q и \bar{Q}) одновременно являются вторыми входными сигналами для его логических элементов.

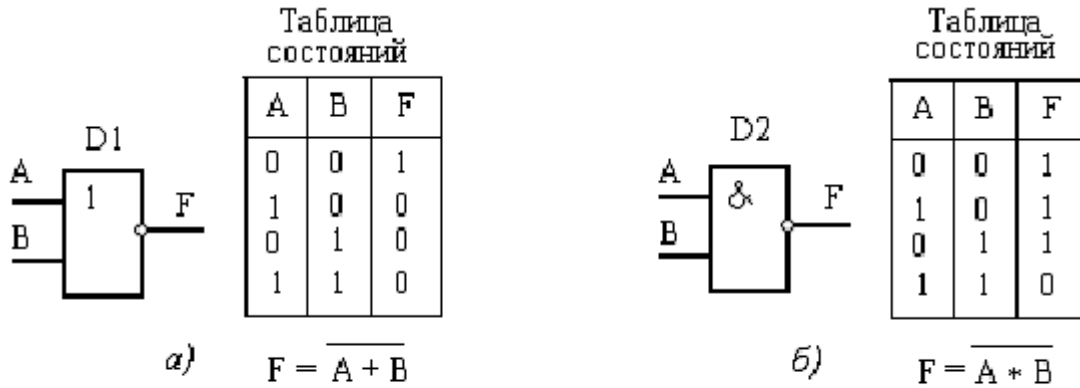


Рис. 3.2 **Графическое обозначение, таблица состояний и уравнение функционирования для логических элементов ИЛИ-НЕ (а) и И-НЕ (б)**

В соответствии с таблицей состояний для ЛЭ ИЛИ-НЕ (см. рис. 3.2, а) при комбинации входных сигналов 0 0 на входах ЛЭ D2 RS-триггера (рис.3.1) на его выходе следует ожидать потенциал $Q = U^1$. Для ЛЭ D1 при комбинации входных сигналов 1 0 – на его выходе следует ожидать $\overline{Q} = U^0$. Таким образом, видно, что на выходах RS - триггера поддерживаются потенциалы, заданные ранее. Такое состояние триггера является устойчивым. К аналогичному заключению приходим, если предположим, что первоначальные потенциалы на выходах Q и \overline{Q} данного RS-триггера соответственно равны U^0 и U^1 , а комбинация входных сигналов: $S = 0, R = 0$ – прежняя.

Таким образом, **комбинация сигналов на входах $S = 0, R = 0$ поддерживает (сохраняет) предыдущее состояние триггера, выполненного на ЛЭ ИЛИ-НЕ.** Из рассмотрения таблицы состояний ЛЭ ИЛИ-НЕ также следует, что если хотя бы на одном входе ЛЭ существует уровень логической единицы, то управление по другому входу ЛЭ не эффективно, т. е. не приводит к изменению его состояния. Изменить состояние ЛЭ возможно лишь в случае перехода от комбинации сигналов 0 0 на его входах к комбинации 1 0 либо 0 1. Отсюда вытекает **правило эффективного управления БЯ:** для "опрокидывания" триггера на **основе ЛЭ ИЛИ-НЕ** необходимо сигнал U^1 подавать на вход того ЛЭ, где до этого была комбинация входных сигналов 0 0. При этом на другом входе БЯ необходимо поддерживать уровень 0. Для наглядности восприятия на рис.3.1, б приведены осциллограммы процессов при управлении данным триггером.

Для RS-триггера принято, что комбинация входных сигналов $S = 1, R = 0$ должна приводить к состоянию $Q = 1$. В соответствии с этим правилом обозначены входы и выходы триггера на рис. 3.1, и с учетом функционирования составлена полная таблица (табл.1.1) состояний RS-триггера и его словарь переходов (табл.1.2). Знаком X отмечено безразличное отношение триггера к сигналу на данном входе.

Таблица 1.1

Таблица состояний *RS*-триггера
на основе ЛЭ ИЛИ-НЕ

S	R	Q_n	Q_{n+1}	F_Q
0	0	0	0	0
0	0	1	1	1
1	0	1	1	1
1	0	0	1	Δ
0	1	1	0	∇
0	1	0	0	0
1	1	0	Запрещенная комбинация	
1	1	1		

Таблица 1.2

Словарь переходов *RS*-триггера
на основе ЛЭ ИЛИ-НЕ

S	R	F_Q
0	\times	0
\times	0	1
1	0	Δ
0	1	∇

Комбинация входных сигналов $S = 1, R = 1$ является запрещенной для *RS*-триггера на ЛЭ ИЛИ-НЕ, так как приводит к появлению на выходе триггера состояния, когда одновременно $Q = \bar{Q} = 0$. Это приводит к неопределенности в оценке состояния *RS*-триггера и сбою работы всего цифрового устройства.

Характеристическое уравнение функционирования данного триггера имеет вид

$$Q_{n+1} = S + \bar{R} Q_n.$$

Оно получено на основании использования карт Карно при анализе связи состояний выходов триггера с возможным набором управляющих сигналов S и R . Знаками n и $n+1$ обозначено состояние выхода Q до и после прихода управляющих сигналов соответственно.

RS - триггеры выпускаются в составе некоторых серий интегральных микросхем (например микросхема К555ТР2 серии ТТЛ, которая содержит 4 *RS* триггера), либо могут быть реализованы на логических элементах.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ.

Приборы и оборудование.

Эксперимент выполняется на комбинированном лабораторном комплексе ОЭ-6, схема которого приведена на рис. 4.1.

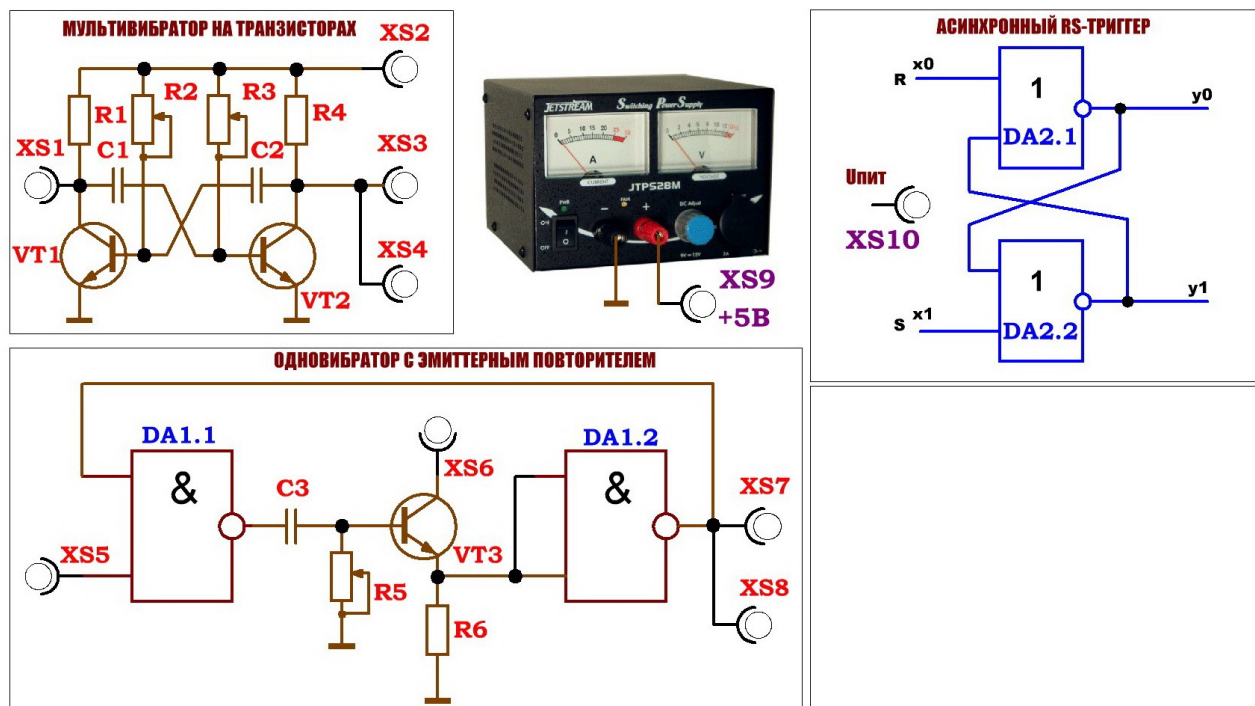


Рис. 4.1. Принципиальные электрические схемы экспериментов, выполняемые на лабораторном комплексе ОЭ-6.

Эксперимент состоит из трёх частей. Питание на нужную схему подаётся от встроенного источника питания +5 В (клемма XS9). Для подачи питания на нужную схему клемму XS9 выхода источника питания необходимо соединить с одной из клемм входа Упит. выбранной схемы для изучения (XS2 для исследования мультивибратора; XS6 для исследования одновибратора; и XS10 Упит. для изучения работы RS – триггера).

Переменные резисторы R2, R3 служат для изменения значений сопротивлений в базовых цепях транзисторов VT1 и VT2, переменный резистор R5 служит для изменения значения сопротивления R5 в цепи C3R5 транзистора VT3. Кнопки R и S предназначены для управления логическими состояниями входов RS – триггера, кнопка «ЗАПУСК» предназначена для подачи одиночного импульса запуска на вход XS5 одновибратора. Для измерения значений резисторов R2, R3, R5 в учебный стенд встроены цифровые Омметры.

Индикация режимов работы учебной установки и вывод измеренных значений параметров схемы осуществляется с помощью LCD ЖКД индикатора.

Порядок выполнения.

1. Перед включением установки в сеть проверить целостность всех соединительных сигнальных и сетевых проводов. Разобраться с принципиальными блок-схемами опытов, в назначении кнопок, переключателей и ручек прибора. **Все соединительные провода и контрольные точки использовать следует только по назначению, запрещается замыкать выходы контрольных точек, которые не предназначены для этого в данной работе!**
2. Включить учебную установку и электронный осциллограф в сеть ~ 220 В с помощью прилагаемых силовых сетевых кабелей евро-стандарта. Поставить переключатель «СЕТЬ» на панели учебного модуля и осциллографа в положение «ВКЛ», при этом должен загореться сигнальный индикатор «СЕТЬ».
3. **Перед началом эксперимента настоятельно рекомендуется ознакомиться с инструкцией по эксплуатации применяемого в работе учебного осциллографа.**
4. Приступить к выполнению первой части лабораторной работы. Первая часть выполняется с помощью «МОДУЛЯ-1 «МУЛЬТИВИБРАТОР НА ТРАНЗИСТОРАХ».
5. Подать питание на мультивибратор на биполярных транзисторах, соединив выводы XS9 – XS2 перемычкой типа «тюльпан — тюльпан».
6. Подключить выход мультивибратора на транзисторах XS1 соединительным проводом типа «тюльпан — BNC» ко входу Y электронного осциллографа. На некоторых экземплярах учебных осциллографов входы имеют номера «КАНАЛ 1», «КАНАЛ 2», в этом случае сигнал можно подать на любой из каналов, предварительно включив его соответствующим переключателем либо кнопкой (CH1, CH2, КАН1, КАН2) рис. 5.1, рис. 5.2.

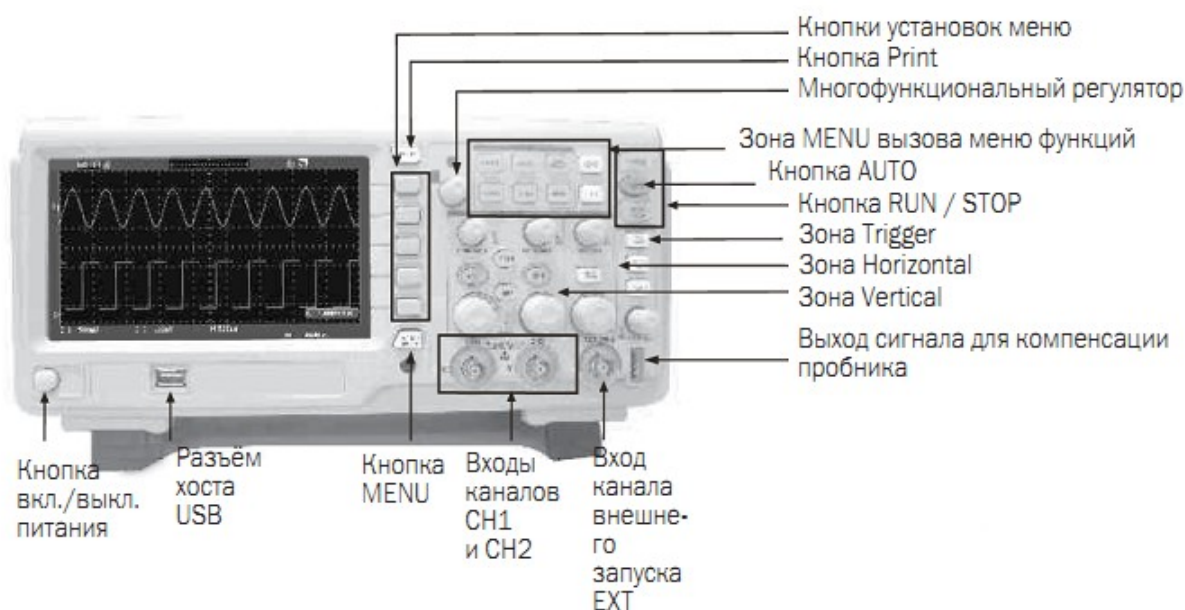


Рис. 5.1. Элементы управления передней панели ЖКД осциллографа

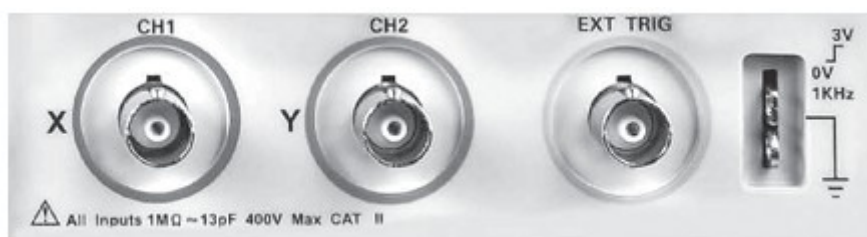


Рис. 5.2. Разъемы передней панели осциллографа. CH1, CH2: входные разъемы каналов 1 и 2 для подключения исследуемых сигналов; EXT TRIG: входной разъем для подключения источника пускового сигнала внешней синхронизации.

7. Установить ручки управления переменными резисторами R2, R3 в среднее положение.
8. Вращением ручек VOLTS/DIV и TIME/DIV (ВОЛЬТ/ДЕЛ, ВЕРТ и ВРЕМЯ/ДЕЛ, ГОР.) и ручек POSITION осей X и Y («СМЕЩЕНИЕ») на осциллографе добиться визуально наиболее удобного изображения сигнала. Для дополнительной синхронизации можно использовать ручку LEVEL («УРОВЕНЬ»). Нажатием кнопки «МЕНЮ СИНХР» установить режим внутренней синхронизации, т. е. синхронизации тем же каналом, к которому вы подаете исследуемый сигнал (за подробностями следует обратиться к инструкции по работе с осциллографом данного типа). Зайти в меню настроек каналов, вызываемое нажатием кнопок КАН1 либо КАН2. Для каждого канала установить режим **DC — открытый вход**: блокировка входа по постоянному току и ослабление сигналов фильтром с частотой среза 10 Гц.
9. Текущие установленные масштабы и другая информация для каждого из входных сигналов отображается внизу осциллограммы рис. 5.3 (CH1=1.00 V — означает, что для канала 1 установлен масштаб по оси Y с коэффициентом 1V/клетка; M 2.50 mS означает, что для двух каналов установлен масштаб по оси X-время с коэффициентом развертки 2,5 мсек/клетка). Сравнить полученные сигналы в одинаковом масштабе.
10. Зарисовать форму сигнала с коллектора транзистора VT1, по показаниям частотомера, встроенного в осциллограф (кнопка ИЗМЕР.) зарегистрировать частоту импульсов. Наблюдать спектральную характеристику сигнала с помощью встроенного в осциллограф спектроанализатора (кнопка МАТЕМ — БПФ быстрое преобразование Фурье).
11. Зафиксировать сопротивление R2. При фиксированном значении сопротивления R2 исследовать зависимость частоты, формы и спектра сигнала от значения сопротивления R3. Для каждого установленного значения R3, определять длительность импульсов $t_{и2}$ согласно рис. 1.1 б. В данном случае длительностью $t_{и2}$ будет та длительность, которая изменяется при вращении резистора R3.
12. Построить график зависимости частоты импульсов от сопротивления R3 и длительности импульсов $t_{и2}$ от R3: $\nu = \nu(R3)$; $t_{и2} = t_{и2}(R3)$.

13. По графику зависимости $t_{и2} = t_{и2}(R3)$ определить ёмкость конденсатора $C2$ для 4 — 5 значений сопротивления $R3$ по формуле (32), которая для нашей схемы запишется как: $t_{и2} = 0,7 R_3 C_2$. По результатам расчетов определите среднее значение ёмкости.

14. Подключить коллектор транзистора VT2 XS3 соединительным проводом типа «тюльпан — BNC» ко входу Y электронного осциллографа.

15. Установить ручки регулировки сопротивлений $R2$, $R3$ в среднее положение и замерить это значение сопротивлений.

16. Зарисовать форму сигнала с коллектора транзистора VT2, по показаниям частотомера зарегистрировать частоту импульсов. Наблюдать спектральную характеристику сигнала с помощью встроенного спектроанализатора.

17. Зафиксировать сопротивление $R3$. При фиксированном значении сопротивления $R3$ исследовать зависимость частоты, формы и спектра сигнала от значения сопротивления $R2$. Для каждого установленного значения $R2$, определять длительность импульсов $t_{и1}$ согласно рис. 1.1 б. В данном случае длительностью $t_{и1}$ будет та длительность, которая изменяется при вращении резистора $R2$.

18. Построить график зависимости частоты импульсов от сопротивления $R2$ и длительности импульсов $t_{и1}$ от $R2$: $\nu = \nu(R2)$; $t_{и1} = t_{и1}(R2)$.

19. По графику зависимости $t_{и1} = t_{и1}(R2)$ определить ёмкость конденсатора $C1$ для 4 — 5 значений сопротивления $R2$ по формуле (32), которая для нашей схемы запишется как: $t_{и1} = 0,7 R_2 C_1$. По результатам расчетов определите среднее значение ёмкости.

20. Подать питание на МОДУЛЬ «ОДНОВИБРАТОР», соединив выводы XS9 — XS6 перемычкой типа «тюльпан — тюльпан». В данном режиме питание автоматически также подаётся и на мультивибратор (в эксперименте он используется как генератор запускающих импульсов для одновибратора).

21. Подать на второй свободный канал осциллографа (КАН1 или КАН2) сигнал с выхода XS7 (||XS8) одновибратора с помощью второго соединительного провода типа «тюльпан — BNC» из комплекта рис. 5.2.

22. Соединить вход XS5 одновибратора перемычкой типа «тюльпан — тюль-

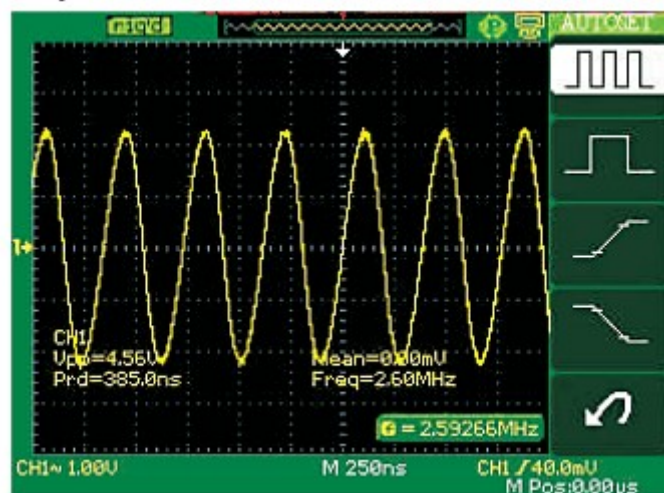


Рис. 5.3. Вид осциллограммы сигналов (пример синусоидального сигнала), получаемых на ЖКД осциллографа.

- пан» из комплекта со свободным выходом XS3 (||XS4) мультивибратора.
23. Установить все ручки управления (R2, R3 и R5) в средние положения.
 24. Включить второй канал осциллографа нажатием кнопки КАН2.
 25. Наблюдать на экране осциллографа одновременно два сигнала — сигнал с выхода мультивибратора (запускающие импульсы для одновибратора) и сигнал с выхода XS7 (||XS8) одновибратора. Определить периоды, частоты, длительности импульсов и амплитуды сигналов. Зарисовать формы сигналов.
 26. Вращая переменный резистора R5, снять зависимость длительности прямоугольных импульсов $t_{\text{зад}}$ с выхода одновибратора от значения сопротивления R5: $t_{\text{зад}} = t_{\text{зад}}(R5)$.
 27. Повторить действия п. 26 для других частот, задаваемых мультивибратором. Частота запускающих импульсов с выхода мультивибратора зависит от базовых резисторов R2, R3.
 28. Запускающий импульс на вход одновибратора XS5 можно подать вручную с помощью кнопки «ЗАПУСК». При этом осциллограф можно перевести в режим однократного запуска (кнопка ОДНОКР).
 29. Подать питание на МОДУЛЬ «АСИНХРОННЫЙ RS – триггер», соединив выводы XS9 – XS10 перемычкой типа «тюльпан — тюльпан».
 30. Установите с помощью кнопок управления логические состояния входов RS-триггера R=0, S=1 либо R=1, S=0 и наблюдайте за логическим состоянием выходов $y_0=Q$ и $y_1=-Q$ (прямой и инверсный). Установив значение R=0, S=0, переведите триггер в режим хранения данных, при этом микросхема сохраняет ранее установленные логические состояния выходов, фактически являясь 1 бит ОЗУ.
 31. Составить таблицу состояний данного триггера, при этом учесть запрещенные комбинации R=1, S=1.
 32. По окончании работы отключить учебную установку и осциллограф от сети, поставив переключатели «СЕТЬ» на панели установки и осциллографа в положение «выкл» и вынуть сетевые вилки из розеток.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Ефимов И. Е., Козырь И. Я.** Основы микроэлектроники — М-Связь, 1975. — 272 с.
2. **Справочник по интегральным микросхемам/** Под ред. Б В Та-рабрина. 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Энергия, 1980. — 816 с
3. **Банк М. У.** Аналоговые интегральные схемы в радиоаппаратуре. — М.: Радио и связь, 1981. — 136 с.
4. **Полевые транзисторы и интегральные микросхемы.** Технический каталог. — М.: ЦНИИ «Электроника», 1975. — 112 с.
5. **Батушев В. А.** Электронные приборы. 2-е изд. перераб и доп — М.: Высшая школа, 1980. — 383 с.
6. **Бедрековский М. А., Волга В. В., Кручинкин Н. С.** Микропроцессоры. — М.: Радио и связь, 1981. — 94 с.
7. **Бедрековский М. А., Кручинкин Н. С., Подолян В. А.** Микропроцессоры. — М.: Радио и связь, 1981. — 72 с.
8. **Микропроцессорные БИС и микро-ЭВМ/** Под ред. А. А. Васен-кова. — М.: Сов. радио, 1980. — 280 с.
9. **Микро-ЭВМ «Электроника С-5» и их применение/** Под ред. В. М. Пролейко. — М.: Сов. радио, 1980. — 160 с.
10. **Микросхемы и их применение.** — М.: Энергия, 1978. — 248 с.
11. **Огнев И. В., Шамаев Ю. М.** Проектирование запоминающих устройств. — М.: Высшая школа, 1979. — 320 с.
12. **Прангишвили И. В.** Микропроцессоры и микро-ЭВМ. — М.: Энергия, 1979. — 232 с.
13. **Степаненко И. П.** Основы микроэлектроники. — М.: Сов. радио, 1980. — 424 с.
14. **Проектирование мккроэлектронных цифровых устройств/** Под ред. С. А. Майорова. — М.: Сов. радио, 1977. — 272 с.
15. **Кузнецов В.** и др. Развитие микро-ЭВМ семейства «Электроника С-5» и систем на их основе. — Электронная промышленность, 1979, № И, 12, с. 9 — 12.

ДЛЯ СВОБОДНОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР»