

Министерство высшего и среднего специального
образования Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. С.П.Королева

МУЛЬТИВИБРАТОРЫ

НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Методические указания к лабораторной работе
по курсу "Импульсная техника"

Куйбышев 1981

УДК 621.382:621.396.6

Составитель А.С. Капустин

Утверждены на редакционно-издательском
совете института 12.12.80.

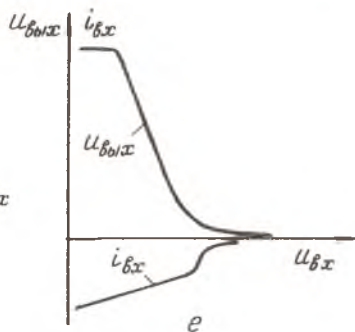
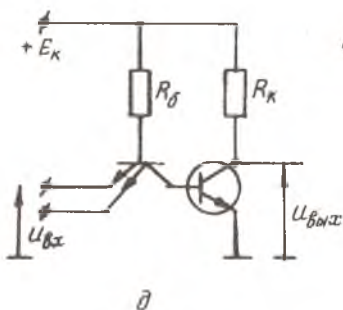
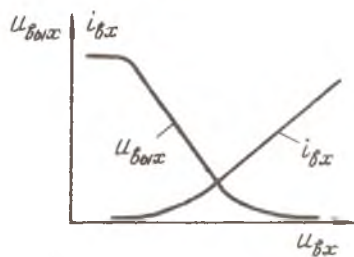
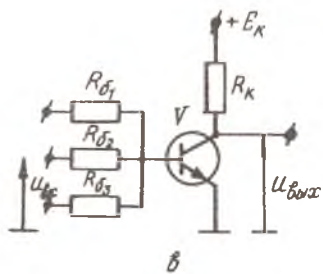
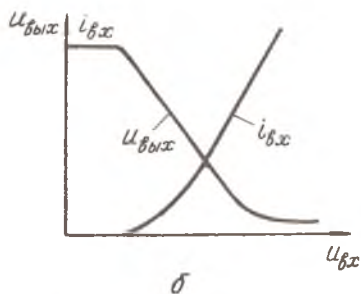
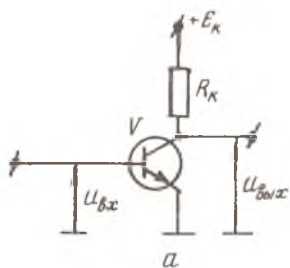
Ц е л ь р а б о т ы - привить студентам навыки самостоятельной работы, развить у студентов элементы научных исследований, изучить способы построения мультивибраторов на основе логических элементов И-НЕ, исследовать несколько схем мультивибраторов по указанию преподавателя.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Мультивибраторы на основе логических интегральных схем применяются для генерирования импульсов в различных устройствах логической обработки информации. Целесообразность применения мультивибраторов обуславливается стремлением упростить согласование между различными устройствами, а также сократить номенклатуру применяемых микросхем.

Создание мультивибраторов на логических элементах основано на том, что в качестве составных частей мультивибраторы и логические схемы имеют одинаковые узлы-инверторы. На рис. 1 изображены токовые входные и передаточные характеристики простейшего инвертора (рис. 1, а, б), инвертора типа ИЛИ-НЕ (рис. 1, в, г) и инвертора типа И-НЕ (рис. 1, д, е). Из сопоставления графиков рис. 1, б, г, е следует вывод о том, что простейший инвертор и инвертор типа ИЛИ-НЕ качественно аналогичны как по входным, так и по передаточным характеристикам. Инвертор И-НЕ отличается входной характеристикой. Аналогичность свойств простейшего инвертора и инвертора ИЛИ-НЕ означает, что принципы построения мультивибраторов на элементах резисторно-транзисторной логики (рис. 1, в) совпадают с принципами построения простейших мультивибраторов.

Эти принципы нельзя распространять на мультивибраторы, в которых применяются схемы диодно-транзисторной и транзисторно-транзисторной логики.



Р и с. 1. Входные и передаточные характеристики: а,б - простейший инвертор; в,г - инвертор типа ИЛИ-HE; д,е - инвертор типа И-HE

1.1. Автоколебательные мультивибраторы

Принципиальная схема мультивибратора с постоянным смещением на элементах типа И-НЕ представлена на рис. 2,а.

Инверторное включение элементов И-НЕ достигается обязательным параллельным включением всех входов И. Если хотя бы один из входов И подключен к земле, то схема постоянно заперта. Резисторы $R1$ и $R2$ и конденсаторы $C1$ и $C2$ являются элементами время задающей цепи мультивибратора. Диоды $V1$ и $V2$ являются вспомогательными элементами время задающих цепей, их наличие облегчает возникновение колебаний. В некоторых серийных образцах ТТЛ логики (например, серии 130, 133, 155) уже содержатся встроенные диоды, включенные между логическими входами и корпусом, поэтому для этих серий включение диодов $V1$ и $V2$ теряет смысл.

Работа схемы. Допустим что инвертор $D2$ заперт, а инвертор $D1$ открыт. Напряжение на конденсаторе $C1$ близко к нулю, так как напряжение на выходе $D1$ совпадает с логическим нулем, а на входе закрытого оно ниже потенциала отпираия. Конденсатор $C2$ заряжается выходным током инвертора $D2$. При скачкообразном изменении режима работы инверторов (инвертор $D1$ запирается, а $D2$ отпирается) входное напряжение открывающегося инвертора $D2$ оказывается положительным, так как напряжение на $C1$ близко к нулю, а на выходе $D1$ вследствие запираия имеет место положительный скачок напряжения. Конденсатор $C1$ заряжается током, протекающим через выход схемы $D1$, конденсатор $C1$, резистор $R2$ (диод $V2$ смещен в обратном направлении, и ток, протекающий через него, как и ток открывающегося элемента $D2$ пренебрежимо мал).

По мере заряда $C1$ входное напряжение инвертора $D2$ падает, стремясь асимптотически к нулевому уровню (рис. 2,б). В момент, когда напряжение $U_{вх2}$ достигает порогового уровня U_r , ниже которого падение $U_{вх2}$ вызывает увеличение $U_{вх1}$, в мультивибраторе развивается регенеративный процесс скачкообразного изменения токов и напряжений, в результате которого режимы работы инверторов $D1$ и $D2$ меняются.

Конденсатор $C2$ в течение интервала времени, когда инвертор $D2$ в открытом состоянии, разряжается по цепи: прямосмещенный диод $V1$, конденсатор $C2$ и выход инвертора $D2$ - до напряжения, близ-

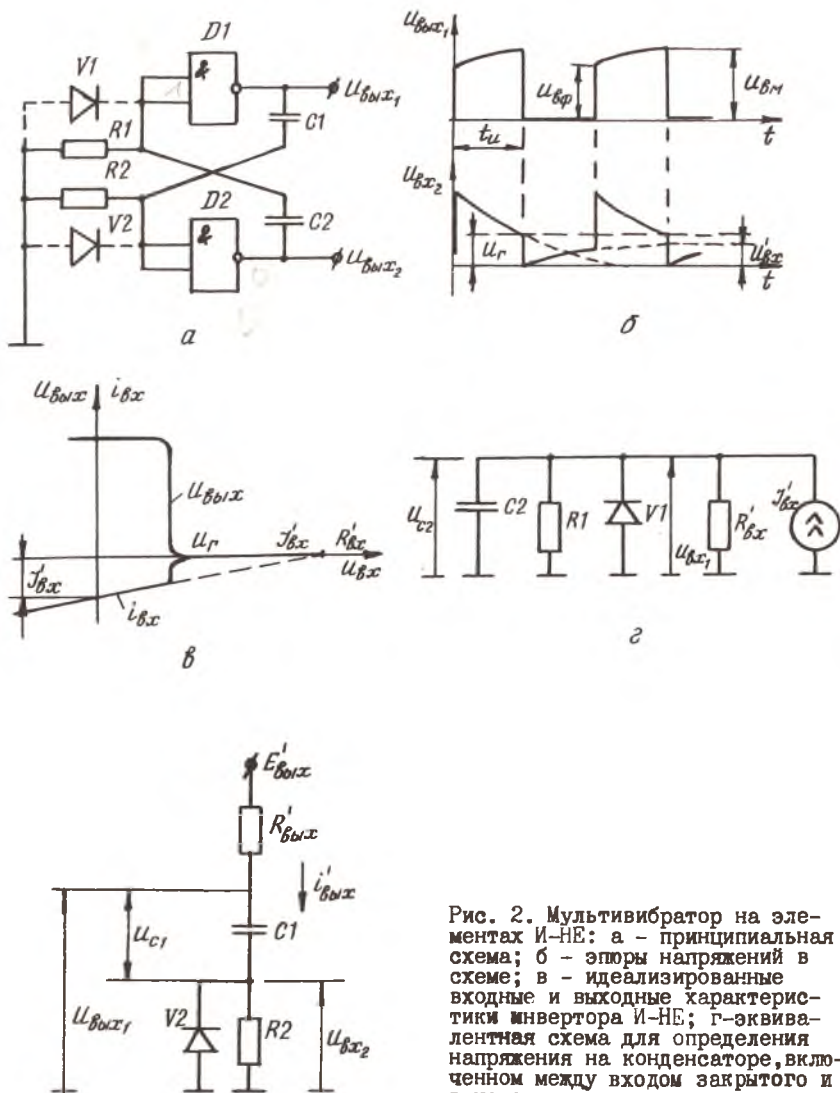


Рис. 2. Мультивибратор на элементах И-НЕ: а - принципиальная схема; б - эпюры напряжений в схеме; в - идеализированные входные и выходные характеристики инвертора И-НЕ; г-эквивалентная схема для определения напряжения на конденсаторе, включенном между входом закрытого и выходом открытого элементов; д-эквивалентная схема для определения напряжения на входе открытого элемента Д2

кого к нулю. Это в дальнейшем обеспечивает условие поддержания в открытом состоянии инвертора Д1.

Количественные соотношения. Для определения количественных соотношений, характеризующих работу мультивибратора, предположим, что входные и передаточные характеристики инвертора аппроксимируются кусочно-линейными отрезками (рис. 2, в).

Основными параметрами характеристики (см. рис. 2, в) являются:

- U_r - пороговая величина входного напряжения, соответствующая границе открытого и закрытого состояний инвертора;
- $J_{\beta x}^1$ - входной ток инвертора в закрытом состоянии при нулевом входном напряжении;
- $R_{\beta x}^1$ - дифференциальное сопротивление в этом режиме;
- $E_{\beta 01x}^1$ - выходное напряжение при отсутствии нагрузки;
- $R_{\beta 01x}^1$ - дифференциальное выходное сопротивление закрытого инвертора, $R_{\beta 01x}^1 = \frac{d U_{\beta 01x}}{d i_{\beta 01x}}$.

Выходное напряжение открытого инвертора полагается равным нулю.

Эквивалентная схема для определения напряжения на конденсаторе, когда он оказывается включенным между входом закрытого и выходом открытого элементов, показана на рис. 2, г. Здесь $J_{\beta x}^1$ и $R_{\beta x}^1$ отражают особенности входной характеристики инвертора.

За время импульса t_u напряжение U_{c2} не успевает достичь установившегося значения и определяется по формуле

$$U_{c2} = U_{\beta x}^1 (t_u) = U_{\beta x}^1 \left(1 - e^{-\frac{t_u}{\tau}}\right), \quad (I)$$

аналогично с временной диаграммой $U_{\beta x_2}$ на рис. 2, б, где

$$\tau = C2 \left(\frac{R1 R_{\beta x}^1}{R1 + R_{\beta x}^1} \right).$$

Эквивалентная схема для определения напряжения на входе открытого инвертора Д2 представлена на рис. 2, д. Инвертор Д1 представлен здесь элементами $E_{\beta 01x}^1$ и $R_{\beta 01x}^1$, входной ток открытого инвертора Д2, в соответствии с характеристикой рис. 2, в, равен нулю. Учитывая, что временно устойчивое состояние мультивибратора сохранится в течение интервала времени, когда $U_{\beta x_2} > U_r$, можно определить длительность импульса по формуле

$$t_u \approx C(R + R_{\beta_{01x}}^1) \ln \frac{1 + \frac{E_{\beta_{01x}}^1}{U_r}}{1 + \frac{R_{\beta_{01x}}^1}{R}} \quad (2)$$

Работа мультивибратора возможна только тогда, когда $U_{\beta_{0x}}^0 > U_r$. Это условие ограничивает минимально возможное сопротивление резистора R , которое определится неравенством

$$R > R_{\beta_{01x}}^1 \frac{U_r}{E_{\beta_{01x}}^1} \quad (3)$$

Закрытое состояние инвертора обеспечивается при условии, что $U_{\beta_{0x}}^1 < U_r$. Так как $U_r < U_{\beta_{0x}}^1 R_{\beta_{0x}}^1$ (см. рис. 2, в), сопротивление резисторов R должно быть ограничено сверху:

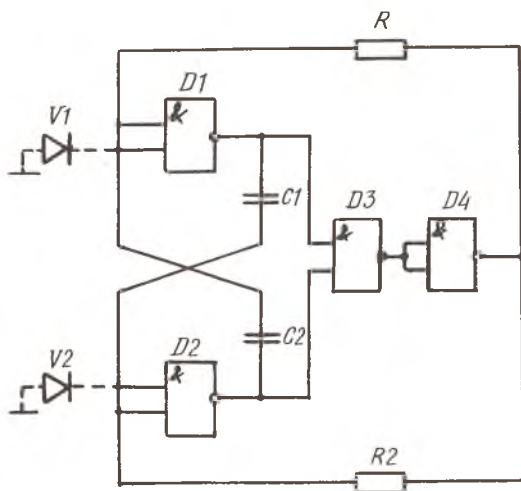
$$R < \frac{R_{\beta_{0x}}^1}{\frac{U_r}{U_{\beta_{0x}}^1} - 1} \quad (4)$$

Коэффициент прямоугольности определится отношением начального и конечного скачков выходного напряжения:

$$K = \frac{U_{\beta_{0x}}^0}{U_{\beta_{0x}}^1} > \frac{R}{R + R_{\beta_{01x}}^1} \quad (5)$$

Мультивибратор с мягким самовозбуждением. Жесткое возбуждение колебаний в мультивибраторе на инверторах типа И-НЕ может быть при условии, когда оба инвертора одновременно закрыты. Такой режим можно предотвратить подачей положительного смещения на входы инверторов. Во всех остальных случаях подача положительного смещения не обязательна.

Мультивибратор со схемой автоматической подачи положительного смещения изображен на рис. 3. Элементы Д1, Д2 являются собственно инверторами мультивибратора, элементы Д3, Д4 осуществляют функцию управления подачей смещения. На вход Д3 подается выходное напряжение мультивибратора, входы Д4 объединены для инвертирования сигнала, а выход подключен к навесным резисторам задающих цепей. При работе мультивибратора выходное напряжение Д4 близко к нулю, поэтому $R1$ и $R2$ можно считать подключенными к земле. Условия работы инверторов Д1 и Д2 в рассматриваемом мультивибраторе аналогичны условиям в мультивибраторе, изображенном на рис. 2, а. Поэтому все количественные соотношения, полученные ранее, справедливы и для данного мультивибратора.



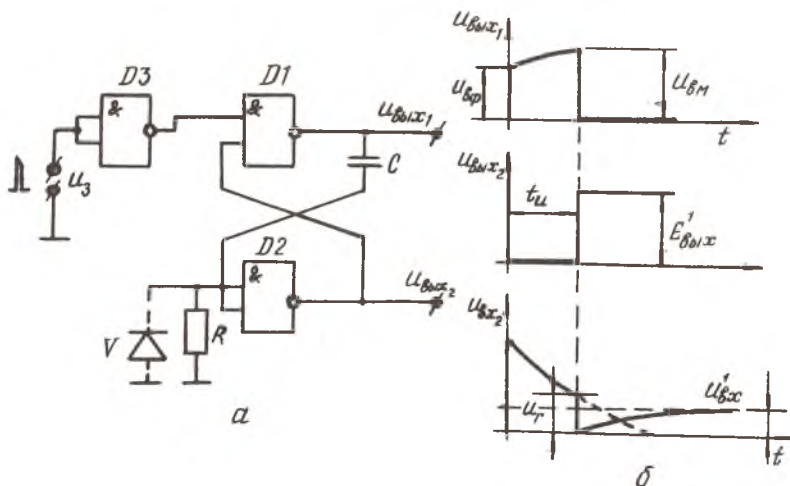
Р и с. 3. Принципиальная схема мультивибратора с автосмещением

1.2. Ждущие мультивибраторы на логических интегральных схемах И-НЕ

Схема мультивибратора, в котором процессы генерирования импульсов аналогичны процессам в автоколебательном мультивибраторе (см. рис. 2,а), представлена на рис. 4.

Исходное состояние: инвертор Д2 закрыт- напряжение на выходе равно уровню логической единицы; инвертор Д1- открыт- напряжение на выходе равно уровню логического нуля. Закрытое состояние Д2 обеспечивается резистором R, включенным на входе инвертора, а открытое состояние Д1 - высоким потенциалом на входах, соединенных с выходами закрытых инверторов Д2 и Д3. Инвертор Д3 служит для запуска мультивибратора.

Запуск осуществляется подачей короткого импульса положительной полярности на вход инвертора Д3. В связи с этим уменьшается напряжение на одном из входов элемента Д1, и он запирается. Положительный скачок напряжения с выхода Д1 через конденсатор С поступает на вход Д2 и открывает его. Низкий уровень с выхода Д2



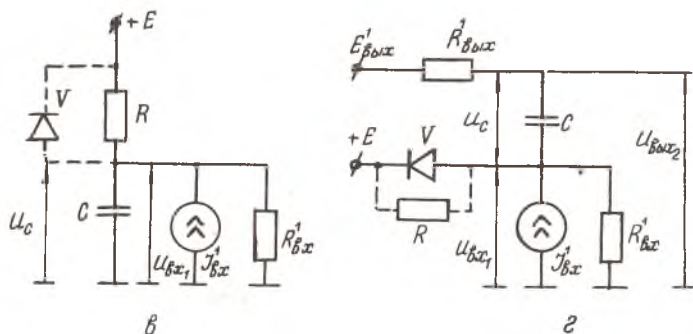
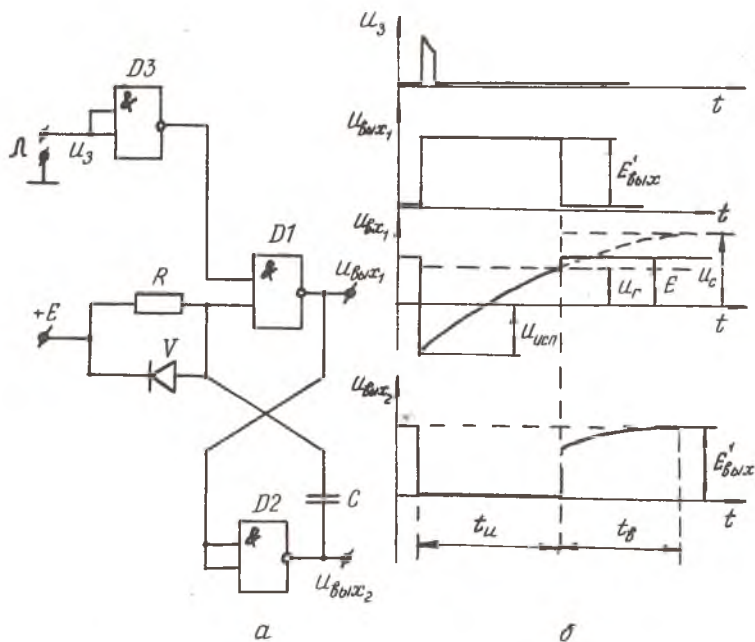
Р и с. 4. Ждущий мультивибратор: а - принципиальная схема; б - эпюры напряжений в схеме

поддерживает в закрытом состоянии инвертор Д1 до тех пор, пока напряжение на входе инвертора Д2 не достигнет потенциала запираения U_p за счет заряда емкости С во время генерирования импульса.

Этап восстановления исходного состояния в мультивибраторе происходит по мере разряда конденсатора С через открытый диод V, включенный параллельно резистору R. После полного разряда конденсатора С он начинает заряжаться входным током I_{B02X2}^* до значения $U_{сн} = U_{B02X2}^*$, и время восстановления схемы определится как

$$t_{\beta} = (3+5) C \frac{R_{B02X2}^* R}{R_{B02X2}^* + R} \quad (6)$$

Другая разновидность схемы мультивибратора в ждущем режиме изображена на рис. 5. В исходном состоянии инвертор Д1 открыт (на оба входа подано положительное напряжение), а инвертор Д2 закрыт за счет жесткой связи выхода инвертора Д1 со входом Д2. Инвертор Д3 служит для запуска мультивибратора, и в исходном состоянии на его входе нулевое напряжение.



г и с. 5. Ждущий мультивибратор со смещением: а - принципиальная схема; б - эпюры напряжений в схеме; в - эквивалентная схема в квазиустойчивом состоянии; г - эквивалентная схема этапа восстановления устойчивого состояния схемы

Работа схемы происходит следующим образом. При подаче короткого положительного импульса на вход ДЗ происходит падение напряжения на входе инвертора Д1 до нуля и, следовательно, увеличение выходного напряжения до уровня логической единицы. Инвертор Д2 отпирается и своим выходом через конденсатор С удерживает инвертор Д1 в закрытом состоянии после прекращения запускающего импульса. После регенеративного процесса происходит формирование длительности импульса до тех пор, пока напряжение на входе Д1 меньше порогового значения U_r (см. рис. 5, б). Рост напряжения $U_{\beta x_1}$ обусловлен зарядом конденсатора С от источника Е через резистор R и выход открытого инвертора Д2, при этом диод V закрыт обратным смещением. При достижении $U_{\beta x_1}$ порогового напряжения U_r инвертор скачкообразно устанавливается в исходное состояние. Этап восстановления схемы в исходное состояние прекращается после того, как конденсатор С разрядится через диод V, источник Е и выход инвертора Д2.

Во временно устойчивом состоянии мультивибратор описывается эквивалентной схемой, изображенной на рис. 5, в, где влияние на заряд конденсатора С входа инвертора Д1 учтено генератором тока $J_{\beta x}^1$ и резистором $R_{\beta x}^1$. Длительность генерируемого импульса определится по формуле

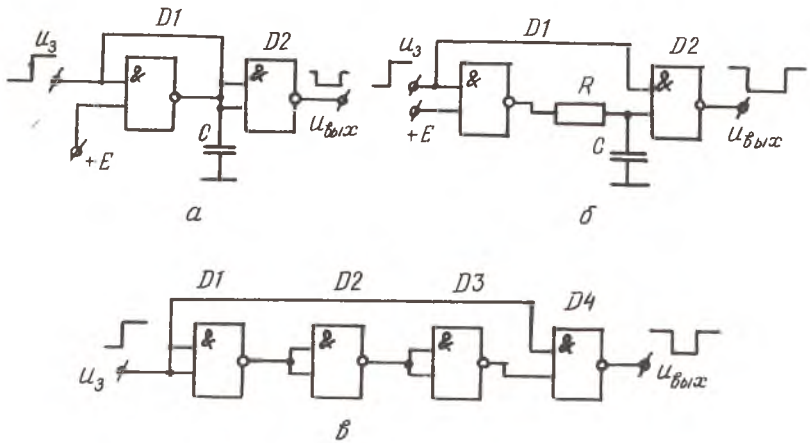
$$t_u = C \frac{R R_{\beta x}^1}{R + R_{\beta x}^1} t_{11} \frac{E_{\beta_{01x}}^1 + J_{\beta x}^1 R + (E_{\beta_{01x}}^1 - E) \frac{R}{R_{\beta x}^1}}{E - J_{\beta x}^1 R - \frac{U_r}{1 + \frac{R}{R_{\beta x}^1}}} \quad (7)$$

Эквивалентная схема в устойчивом состоянии изображена на рис. 5, г. Время восстановления схемы оценивается по формуле

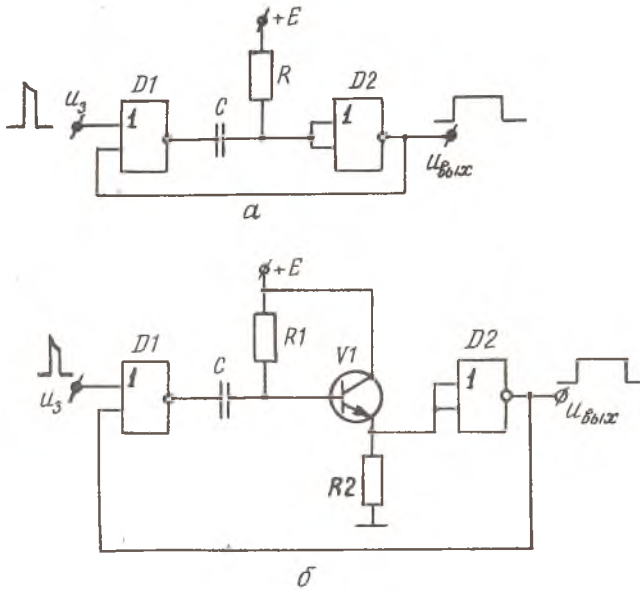
$$t_f = (3 \div 5) C R_{\beta_{01x}}^1 \quad (8)$$

Существует еще множество схемных решений мультивибраторов как автоколебательных, так и в ждущем режиме. Вот некоторые из них.

Мультивибраторы в ждущем режиме, вырабатывающие короткие импульсы, изображены на рис. 6, а мультивибраторы, формирующие длинные импульсы, показаны на рис. 7.



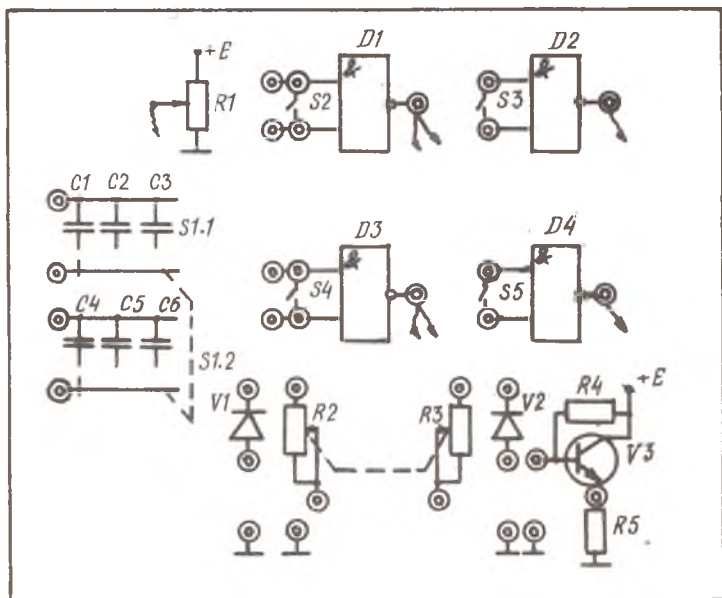
Р и с. 6. Ждущие мультивибраторы, формирующие короткие импульсы: а - с одним конденсатором; б - с RC цепью; в - использующий задержку включения инверторов



Р и с. 7. Ждущие мультивибраторы, формирующие длинные импульсы: а - с RC цепью, б - с элементом эмиттерного повторителя

2. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО МАКЕТА

Лабораторный макет (рис.8) по исследованию схем мультивибраторов на основе логических элементов расположен в лабораторной установке. В состав макета входит интегральная микросхема серии К155ЛА3, содержащая четыре элемента И-НЕ ТТЛ логики Д1, Д2, Д3, Д4,



Р и с. 8. Макет лабораторной работы

входы и выходы которой выведены на клеммы передней панели. На передней панели имеются также гнезда для подключения навесных элементов R и C . Для объединения входов логических элементов служат переключатели S_2 , S_3 , S_4 , S_5 .

Параметры микросхемы К155ЛА3:

Потребляемая мощность
 Выходное напряжение лог.единицы
 Выходное напряжение лог.нуля

$P_{\text{ном}} \leq 78$ мВт
 $U_{\text{вых}} \geq 2,4$ В
 $U_{\text{с0ix}} \leq 0,4$ В

Время задержки включения	$t_{зад} \leq$	15 нс
Входной ток лог. нуля	$I_{вх}^0 \leq$	-1,6 мА
Входной ток лог. единицы	$I_{вх}^1 \leq$	40 мкА
Пороговое напряжение	$U_r =$	1,5В
Помехоустойчивость от статической помехи	$U_n =$	0,4В
Коэффициент разветвления	$K_{раз} =$	10

Схемы мультивибраторов собираются при помощи переключек и навесных элементов, коммутируя соответствующим образом входы и выходы инверторов. Переключатель $S1$ обеспечивает ступенчатое изменение время задающих емкостей. Плавное изменение постоянной времени время задающей цепи обеспечивается спаренными переменными резисторами $R2$ и $R3$.

Запускающие импульсы (в случае их надобности) необходимой длительности и амплитуды берутся от генератора импульсов Г5-54. При исследовании мультивибраторов, формирующих короткие импульсы, необходима длительность запускающих импульсов 1 мс и более, а при исследовании мультивибраторов, формирующих длинные импульсы, запускающие импульсы должны быть короткие, т.е. $t_{у зап} \approx 1$ мкс.

Для регистрации и визуального наблюдения процессов в мультивибраторах используется осциллограф типа С1-72 или другой, имеющийся в лаборатории.

2.1. Содержание работы

При исследовании мультивибраторов необходимо обратить внимание на следующие вопросы:

1. Зависимость длительности импульсов от элементов время задающей цепи.
2. Определение диапазона изменения сопротивления резистора времязадающей цепи при соблюдении условий устойчивой генерации импульсов.
3. Изменение скажности генерируемых импульсов при изменении емкости конденсатора время задающей цепи.
4. Зависимость коэффициента прямоугольности импульсов от параметров время задающей цепи.
5. Измерение входных и выходных параметров микросхемы.

6. Влияние изменения напряжения смещения на работу мультивибратора.

Кроме указанных вопросов, студенты могут самостоятельно провести и другие исследования работы мультивибраторов по согласованию с преподавателями.

2.2. Порядок выполнения работы

Перед выполнением работы необходимо изучить теорию по предлагаемой литературе и получить допуск к работе.

2.2.1. Для исследования схемы автоколебательного мультивибратора, показанного на рис. 2,а, необходимо:

- 1) переключателями $S2$ и $S4$ соединить входы инверторов Д1 и Д3;
- 2) перемычками, предварительно полученными от лаборанта соединить входы инверторов Д1 и Д3 с переменными резисторами $R2$ и $R3$;
- 3) вторые концы резисторов $R2$ и $R3$ при помощи перемычек соединить с корпусом макета;
- 4) выходным шнуром с инвертора Д1 подключить блок конденсаторов С4, С5, С6;
- 5) выходным шнуром с инвертора Д3 подключить блок конденсаторов С1, С2, С3;
- 6) подвижный контакт переключателя $S1.1$ соединить со входом инвертора Д1, а подвижный контакт переключателя $S1.2$ соединить со входом инвертора Д3;
- 7) для исследования работы мультивибратора вход осциллографа необходимо подключать кс входным и выходным гнездам инверторов Д1 и Д3.

8. ВНИМАНИЕ! Без предварительной проверки собранной схемы преподавателем или лаборантом питание на нее не подавать.

2.2.2. Порядок сборки схемы, изображенной на рис. 3.

1. Переключателем $S3$ разомкнуть входы инвертора Д2.
2. Выход инвертора Д2 соединить со входами инвертора Д4, переключатель $S5$ замкнуть.
3. Далее выполняются пункты 1,2 параграфа 2.4.1.

4. Вторые концы переменных резисторов при помощи перемычек соединить с выходом инвертора Д4.

5. Выход инвертора Д1 соединить с одним из входов инвертора Д2.

6. Выход инвертора Д3 соединить с другим входом инвертора Д2.

7. Выполнить работу по пунктам 4; 5; 6; 7; 8 параграфа 2.2.1.

2.2.3. Для исследования схемы ждущего мультивибратора, представленного на рис. 4,а, необходимо:

1. Разомкнуть входы инвертора Д1 переключателем S_2 .

2. Выход инвертора Д1 соединить с блоком конденсаторов С1, С2, С3.

3. Подвижный контакт переключателя $S_{1.1}$ подключить ко входу инвертора Д3, переключатель S_4 замкнуть.

4. Соединить входы инвертора Д3 с переменным резистором R_2 .

5. Второй конец переменного резистора R_2 соединить с корпусом макета.

6. Выход инвертора Д3 соединить с одним из входов инвертора Д1.

7. Второй вход инвертора Д1 соединить с выходом инвертора Д2.

8. Входы инвертора Д2 замкнуть переключателем S_3 и подать на них запускающий импульс положительной полярности соответствующей длительности и амплитуды с внешнего генератора Г5-54.

ВНИМАНИЕ! Амплитуда запускающего импульса не должна превышать 4В.

9. Исследование работы мультивибратора ведется с помощью осциллографа, подключенного ко входным или выходным гнездам инверторов Д1 и Д3.

2.2.3. Порядок сборки схемы ждущего мультивибратора, изображенного на рис. 5,а:

1. Разомкнуть входы инвертора Д1 переключателем S_2 .

2. Вход инвертора Д1 соединить со входом инвертора Д3, переключатель S_4 должен быть замкнут.

3. Выход инвертора Д3 соединить с блоком конденсаторов С4, С5, С6.

4. Подвижный контакт $S_{1.2}$ соединить с анодом диода V_1 .

5. Подключить диод параллельно переменному резистору R_2 .

6. Подвижный контакт переменного резистора $R1$ подключить к катоду диода $V1$.

7. Анод диода $V1$ соединить с одним из входов инвертора Д1.

8. Далее необходимо выполнить пункты 7,8,9 параграфа 2.4.3.

Схемы ждущих мультивибраторов, изображенных на рис. 6 и 7, собираются аналогичным образом. Необходимо только помнить, что для проведения исследований надо обязательно в схему ввести элементы, которые можно изменить в ходе работы (переменные резисторы $R1$, $R2$, $R3$). Элемент эмиттерного повторителя, построенного на транзисторе $V3$, можно ввести в любую схему мультивибратора. Введение этого элемента значительно увеличивает длительность генерируемых импульсов.

Для облегчения исследований и формулировки практических выводов по работе экспериментальные данные заносятся в таблицу рядом с теоретическими расчетами, выполненными по соответствующим формулам. Примерная таблица исследования ждущего мультивибратора на основе логических элементов имеет вид:

	$R=1$	$R=2$	$R=3$	и т.д.
$t_u C1$	Расчетные значения			
	Экспериментальные данные			
$t_u C2$	Расчетные значения			
	Экспериментальные данные			
$t_u C3$	Расчетные значения			
	Экспериментальные данные			

2.5. Содержание отчета

Отчет выполняется индивидуально каждым студентом на отдельном двойном листе из тетради. В отчет входит: название работы; цель, которую преследовал студент при выполнении работы; принципиальные схемы, выполненные по ЕСКД, исследованных мультивибраторов.

Расчетные значения и экспериментальные данные должны быть размещены в таблицах. По результатам расчетов и экспериментов должны быть построены графические зависимости. В конце отчета должен быть вывод о проведенных исследованиях.

2.6. Контрольные вопросы для самоподготовки

1. Принципиальные схемы инверторов с их входными и выходными характеристиками. Отличительные особенности каждого из них.
2. Принципиальные схемы мультивибраторов, построенных на различных типах инверторов.
3. Эквивалентные схемы мультивибраторов для устойчивого и квазиустойчивого режимов работы схемы.
4. Расчетные соотношения для устойчивого и квазиустойчивого режимов работы схемы.
5. Формулы длительности импульсов для различных схем мультивибраторов.
6. Регулировка длительности генерируемых импульсов.
7. Способы включения инверторов при построении схем мультивибраторов.
8. Способы сокращения времени восстановления схем.
9. Способы увеличения длительности генерируемых импульсов.

Л и т е р а т у р а

1. Проектирование радиоэлектронных устройств на интегральных микросхемах / Под ред. С.Я.Шаца. – М.: Советское радио, 1976, с. II6–II3.
2. Г у т н и к о в В.С. Интегральная электроника в измерительных приборах. – Л.: Энергия, 1974, с. I05–II3.

Составитель Александр Степанович Капустин

МУЛЬТИВИБРАТОРЫ НА ОСНОВЕ ЛОГИЧЕСКИХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ
СХЕМ

Методические указания к лабораторной работе
по курсу "Импульсная техника"

Редактор Н.В. К а с а т к и н а
Техн. редактор Н.М. К а л е н ю к
Корректор Е.Д. А н т о н о в а

Подписано в печать 12.04.82 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага оберточная белая.
Печать оперативная. Усл. п. л. 1,16. Уч.-изд. л. 0,86
Тираж 400 экз. Заказ № 2079 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. С.П. Королева, г. Куйбышев,
ул. Молодогвардейская, 151.

Областная типография им. В.П. Мяги, г. Куйбышев,
ул. Венцека, 60.