



Министерство образования Республики Беларусь
Брестский государственный политехнический колледж

ИМПУЛЬСНАЯ И ЦИФРОВАЯ ТЕХНИКА

КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

с программой и методическими указаниями
для учащихся заочного отделения по специальности
2 39 02 02 «Проектирование и производство
радиоэлектронных средств»

2010г.

Разработал: Дмитрук П.Н., преподаватель Брестского государственного
политехнического колледжа.

Контрольные задания разработаны на основе рабочей учебной программы
«Импульсная и цифровая техника», утвержденной директором Брестского
государственного политехнического колледжа 18.02.2010.

Контрольные задания обсуждены и рекомендованы к использованию на
заседании цикловой комиссии радиотехнических дисциплин

Протокол № _____ от «_____» _____ 201__ г.

Председатель _____

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания по изучению дисциплины «Импульсная и цифровая техника» и контрольные задания предназначены для учащихся заочного отделения Брестского государственного политехнического колледжа. Основной задачей методических указаний является оказание помощи учащимся заочникам в организации самостоятельной работы по изучению учебного материала.

Методические указания содержат: общие методические рекомендации по изучению предмета, примерный тематический план учебной дисциплины, перечень рекомендуемой литературы, методические указания по изучению содержания разделов и тем, вопросы для самоконтроля, задания для контрольных работ и методические указания по их выполнению.

Согласно стандарта среднего специального образования специальности 2-39 02 02 «Проектирование и производство радиоэлектронных средств»

специалист должен в области радиоэлектронной техники знать на уровне представления:

- основы теории импульсных и цифровых устройств;
- современное состояние, тенденции и перспективы развития импульсной и цифровой техники;

знать на уровне понимания;

- переходные процессы в электрических цепях, принцип формирования, параметры и характеристики импульсных и цифровых сигналов;
- состав и основные технические характеристики импульсных устройств;
- типы, принцип действия, режим работы и методы расчета элементов схем импульсных устройств;
- современную элементную базу импульсных и цифровых устройств;
- методы повышения быстродействия устройств;

уметь:

- анализировать работу узлов импульсной и цифровой техники;
- измерять параметры импульсных сигналов;
- рассчитывать элементы схем импульсных устройств.

1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ «ИМПУЛЬСНАЯ И ЦИФРОВАЯ ТЕХНИКА»

Методические указания составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Импульсная и цифровая техника», утвержденной директором БГПК от .

Программа дисциплины «Импульсная и цифровая техника» позволяет вести обучение учащихся, по специальности 390202 «Проектирование и производство радиоэлектронных средств».

Программа предусматривает изучение сигналов, действующих в импульсных и цифровых устройствах, современной элементной базы этих устройств и основных импульсных цифровых схем, применяемых в радиоэлектронных устройствах. Данная дисциплина изучается на базе предметов «Математика», «Теоретические основы электротехники», «Электроника и микроэлектроника», «Радиотехника». В то же время он является основой для изучения предметов «Основы телевидения», «Микропроцессорная техника».

При изучении материала по учебникам рекомендуется уделять особое внимание приводимым схемам, графикам, т.к. многие вопросы в учебниках изложены кратко, сжато

Самостоятельная работа по овладению системой знаний, умений и навыков требует не только большого упорства, но и умения без которого затрата сил и времени не дает должного эффекта. Читать, понимать прочитанное и применять его на практике – вот в чем суть умения работать учебными и методическими пособиями.

Считаем необходимым, чтобы Вы ознакомились с некоторыми практическими советами.

Прежде всего необходимо ознакомиться с содержанием примерного тематического плана и учебной программой. Затем рекомендуется выбрать в качестве основного учебник и учебное пособие и придерживаться их при изучении предмета, так как замена учебника может привести к утрате логической связи между отдельными вопросами.

Учитесь самоконтролю. Для учащегося-заочника это важнейшая форма проверки правильности понимания и усвоения программного материала.

Помните, что учебник нужно не просто читать, а изучать. Основой запоминания является понимание, знание забывается – понимание никогда. Повторение материала – важнейшее средство, предотвращающее забывание. Необходимо выработать привычку самостоятельной систематической работы, «натаскивание» к экзамену дает слабые и поверхностные знания.

Решение задач является лучшим способом закрепления изученного материала. При решении задач можно рекомендовать следующие основные задачи:

1. Величины, которые даны в условии задачи следует перевести в одну систему единиц. Распространенным источником ошибок у учащихся является нарушение указанного правила.

2. Внимательно изучите цель, поставленную в задаче. Выявите, какие теоретические положения связаны с данной задачей или с некоторыми ее элементами.

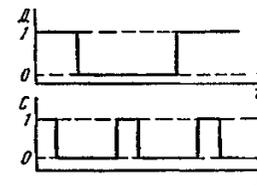


Рис. 31

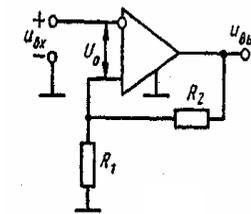


Рис. 32

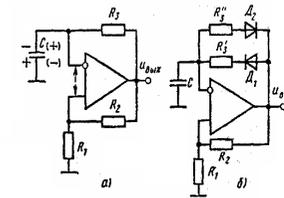


Рис. 33

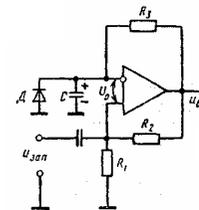


Рис. 34

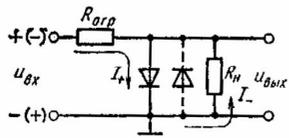


Рис. 16

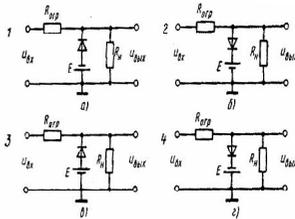


Рис. 17

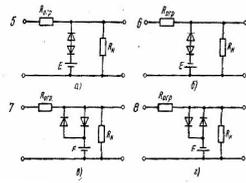


Рис. 18

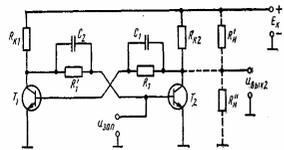


Рис. 19

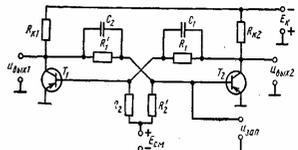
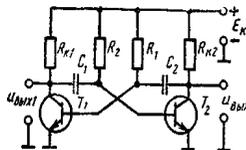


Рис. 20



2 ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ

Введение

Понятие об импульсной технике. Краткие сведения из истории. Области применения. Тенденции и перспективы развития.

Импульсные устройства предназначены для формирования и преобразования электрических сигналов, имеющих характер импульсов и перепадов напряжений (потенциалов) или тока, а также для управления информацией, представленной вышеупомянутыми сигналами.

Современный этап развития импульсной техники связан со все более широким применением цифровых методов и использованием интегральных цифровых и аналоговых схем. Импульсная и цифровая техника служат технической базой радиолокации, телевидения, многоканальной связи, измерительной техники, электронных цифровых вычислительных машин, станков с числовым программным управлением, роботов, автоматизированных систем управления предприятиями и целыми отраслями народного хозяйства, комплексов для обработки различных видов информации.

В ближайшие годы предусмотрено значительно расширить применение в этих отраслях элементной базы повышенной надежности и быстродействия, сверхбольших интегральных схем, лазерной и волоконнооптической техники..

Литература: [1], с. 5...6, 20...26; [4], с. 5...10.

РАЗДЕЛ 1 ПАРАМЕТРЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ИМПУЛЬСОВ. ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЯХ

Тема 1.1 Основные параметры импульсов

Общие сведения о сигналах. Видео и радиоимпульсы. Параметры импульсов. Спектры периодических импульсных последовательностей. Спектры радиоимпульсов.

Тема 1.2 Основные характеристики импульсов. Переходные процессы в цепях RC и RL

Понятие линейной цепи.. Переходные процессы в RC и RL цепи. Постоянная времени цепи.

Литература [1], с. 61...64; [4], с. 11...12, 22...43; [6], с. 5...12, 16...71.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Импульсный режим работы электрической цепи характеризуется тем, что электрические сигналы, вырабатываемые устройством, или воздействующие на него, являются прерывистыми и представляют собой импульсы различной формы,

Приложение 2

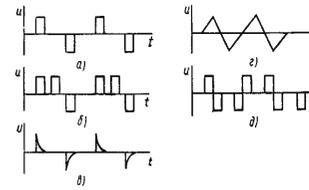


Рис. 1

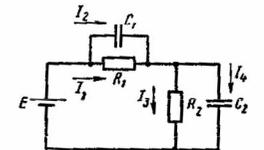


Рис. 4

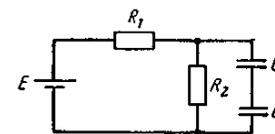


Рис. 7

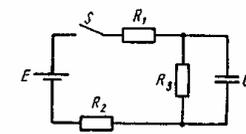


Рис. 10

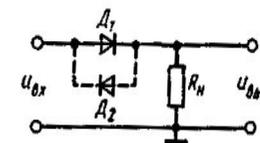


Рис. 13

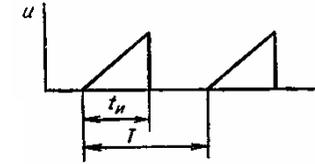


Рис. 2

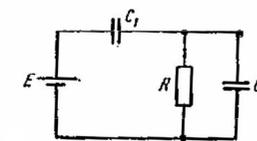


Рис. 5

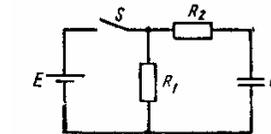


Рис. 8

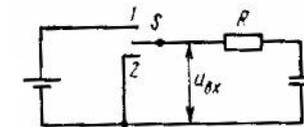


Рис. 11

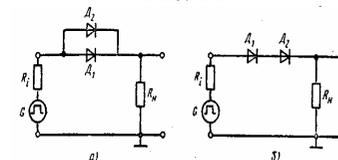


Рис. 14

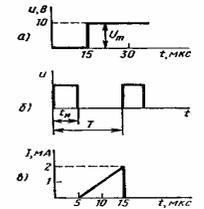


Рис. 3

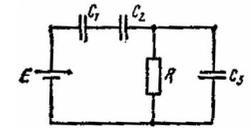


Рис. 6

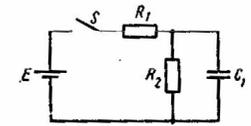


Рис. 9

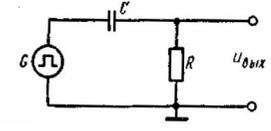


Рис. 12

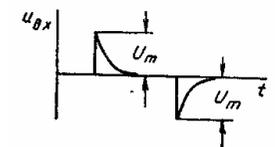


Рис. 15

Приложение 1

Таблица вариантов

Последняя цифра

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
П р е д п о с л е д н я я ц и ф р а	0	1, 15, 40, 54, 77, 108	2, 16, 41, 59, 78, 109	3, 17, 48, 56, 79, 110	4, 18, 42, 57 а, 80, 111	5, 19, 43, 57 б, 81, 112	6, 20, 44, 58 а, 82, 113	7, 21, 45, 58 б, 83 а, 114	8, 22, 46 а, 58 г, 83 6, 115	9, 23, 46 б, 59, 83 в, 116	10, 24, 46 в, 60, 83 г, 117
	1	11, 31, 47 а, 61, 84, 118	12, 25, 47 б, 62, 85 а, 119	13, 26, 47 в, 63, 85 б, 120	1, 27, 47 г, 64, 85 в, 121	2, 28, 48, 65, 86, 122	3, 29 а, 49, 66, 87, 123	4, 29 б, 50, 67, 88, 108	5, 29 в, 51 а, 68 а, 89, 109	6, 29 г, 51 б, 68 б, 90, 110	7, 30, 51 в, 69 а, 91, 111
	2	8, 32 а, 52, 69 а, 92, 112	9, 32 б, 53, 70 а, 93, 113	10, 33, 40, 70 б, 94, 114	11, 34, 41, 71 а, 95, 115	12, 35, 42, 71 б, 96, 116	13, 36 а, 43, 72 а, 97, 117	14, 36 б, 44, 72 б, 98, 118	1, 37 а, 45, 73, 99, 120	2, 37 б, 46 а, 74, 100, 121	3, 38 а, 46 б, 75, 101 а, 122
	3	4, 38б, 46в, 76, 101б, 123	5, 39, 47а, 54, 101в, 108	6, 15, 47б, 55, 102, 109	7, 16, 47в, 56, 103, 110	8, 17, 47г, 57а, 104, 111	9, 18, 48, 57б, 105, 112	10, 19, 49, 58а, 106, 113	4, 20, 50, 58б, 107, 114	12, 21, 51а, 58в, 77, 115	13, 22, 51б, 58г, 78, 116
	4	14, 23, 51в, 59, 79, 117	1, 24, 52, 60, 80, 118	2, 31, 53, 61, 81, 119	3, 25, 40, 62, 82, 120	4, 26, 41, 63, 83а, 121	5, 27, 42, 64, 83б, 122	6, 28, 43, 65, 83в, 123	7, 29а, 44, 66, 83г, 108	8, 29б, 45, 67, 84, 109	9, 29в, 46а, 68а, 85а, 110
	5	10, 29г, 46б, 68б, 85б, 11	11, 30, 46в, 69 а, 85 в, 112	12, 32 а, 47 а, 69 б, 86, 113	13, 32 б, 47 б, 70 а, 87, 114	14, 33, 47 в, 70 б, 88, 115	1, 34, 47 г, 71 а, 89, 116	2, 35, 48, 71 б, 90, 117	3, 36а, 49, 72 а, 91, 118	4, 36 б, 50, 72 в, 92, 119	5, 37 а, 51 а, 73, 93, 119
	6	6, 37б, 51б, 74, 94, 120	7, 38а, 51 в, 75, 95, 121	8, 38б, 52, 76, 96, 122	9, 39, 53, 54, 97, 123	10, 15, 40, 55, 98, 108	11, 16, 41, 56, 99, 109	12, 17, 42, 57а, 100, 110	13, 18, 43, 57б, 101а, 111	14, 19, 44, 58а, 101б, 112	1, 20, 45, 58б, 101в, 113
	7	2, 221, 46а, 58в, 102, 114	3, 22, 46б, 58г, 103, 115	4, 23, 46в, 59, 104, 116	5, 24, 47а, 60, 105, 117	6, 31, 47б, 61, 106, 118	7, 25, 47в, 62, 107, 119	8, 26, 47г, 63, 77, 120	9, 27, 48, 64, 78, 121	10, 28, 49, 65, 79, 122	11, 29а, 50, 66, 90, 123
	8	12, 29б, 51а, 67, 81, 108	13, 29в, 51в, 69а, 82, 109	14, 29г, 51в, 68б, 83а, 110	10, 30, 52г, 69а, 83б, 111	9, 32а, 58, 69а, 83в, 112	8, 32б, 40, 70а, 83г, 113	7, 33, 41, 70б, 84, 114	6, 34, 42, 71а, 85а, 115	5, 35, 43, 71б, 85б, 116	4, 36а, 44, 72а, 85в, 117
	9	3, 36б, 45, 72б, 86, 118	2, 37а, 46а, 73, 87, 119	1, 37б, 46б, 74, 88, 120	14, 38а, 46в, 75, 89, 121	13, 38б, 47а, 76, 90, 122	12, 39, 47б, 54, 91, 123	11, 15, 47б, 55, 92, 108	10, 16, 47г, 56, 93, 109	9, 17, 48, 57а, 94, 110	8, 18, 49, 57б, 95, 111

полярности, амплитуды, длительности и периода повторения. ([1], с. 61...64).

В зависимости от характера модуляции информация, передаваемая импульсами, может содержаться в значениях амплитуды U_m , длительности τ и периода повторения T .

Для правильного построения устройств, использующих импульсные сигналы, т.е. для обеспечения передачи сигналов с минимальными искажениями, необходимо знать ширину спектра импульсного сигнала. Свойства спектра импульсного сигнала изложены в [1], с. 61...64.

Спектр последовательности прямоугольных импульсных сигналов состоит из отдельных гармоник, амплитуда которых изменяется по закону определяемому формой импульса; частота определяется периодом повторения, а ширина спектра определяется длительностью импульса. График спектра называется спектральной диаграммой.

Рассмотрим пример: Построить спектральную диаграмму для импульсного напряжения прямоугольной формы при $t_u = 50$ мкс и $T_n = 250$ мкс.

Из курса математики известно, что каждое периодическое несинусоидальное колебание $U(t)$ можно разложить в ряд Фурье. Если начало отсчета связано с серединой импульса, то в разложении будут только косинусоидальные составляющие и постоянная составляющая:

$$U(t) = U_0 + U_{m1} \cos \omega_1 t + U_{m2} \cos 2\omega_1 t + \dots + U_{mn} \cos n\omega_1 t + \dots$$

Частота гармоник ω определяется периодом повторения:

$$\omega_1 = 2\pi f_1 = \frac{2\pi}{T_n}; \omega_2 = 2\pi f_2 = 2 \cdot \frac{2\pi}{T_n} = \frac{4\pi}{T_n} \text{ и т.д.}$$

Обычно определяем частоту f .

Определим частоту первой (основной) гармоники f_1 :

$$f_1 = \frac{1}{T_n} = \frac{1}{250 \cdot 10^{-6}} = 4 \text{ кГц}; \quad 3f_1 = 12 \text{ кГц} \text{ и т.д.}$$

Амплитуды гармоник (U_{m1}, U_{m2} и т.д.) уменьшаются с увеличением номера

гармоник. Закон изменения для прямоугольных импульсов имеет вид затухающего косинусоидального колебание, которое пересекает ось частот обратно пропорциональны длительности импульса и определяются из соотношений:

$$f_{01} = \frac{1}{\tau_u} = \frac{1}{50 \cdot 10^{-6}} = 20 \text{ кГц}; \quad f_{02} = \frac{2}{\tau_u} = \frac{2}{50 \cdot 10^{-6}} = 40 \text{ кГц} \text{ и т.д.}$$

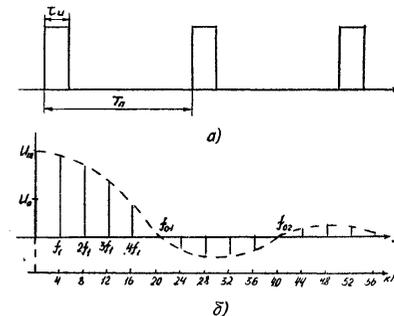


Рис. 1.

Амплитуды этих частот равны нулю. Значение постоянной составляющей определяется по формуле:

$$U_0 = U_m \cdot \gamma, \text{ где } \gamma = \frac{\tau_u}{T_n} - \text{коэффициент заполнения. Для данного случая} \\ \gamma = \frac{50}{250} = 0,2.$$

На основании проведенного расчета можно построить спектральную диаграмму (рис. 1б) заданной последовательности импульсов (рис. 1а)

Считают, что для прямоугольных импульсов 95 % всей энергии сигнала сосредотачивается в диапазоне частот до f_{02} . Поэтому диапазон частот от 0 до f_{02} называют шириной спектра сигнала.

По учебнику [1] разберите решение примеров 1.2 и 1.3, с. 15-18. В [5] приведены кратко теоретический материал и подробно – решение задач.

Вопросы для самопроверки

1. Какие составляющие спектра влияют на крутизну фронтов импульса, а какие на плоскую вершину импульса?
2. Чем определяется ширина спектра видеопульсов и радиопульсов?
3. Что и как изменится в спектре последовательности прямоугольных импульсов, если уменьшить период повторения и длительности импульса?

РАЗДЕЛ 2 ФОРМИРОВАНИЕ ИМПУЛЬСОВ

Тема 2.1 Дифференцирующие и интегрирующие цепи

Общие сведения о формирующих устройствах. Дифференцирующие цепи: принцип действия и реакция RC цепи при воздействии прямоугольного импульса. Дифференцирование реальных прямоугольных импульсов. Интегрирующие цепи: принцип действия и реакция RC цепи при воздействии прямоугольного импульса. Интегрирующие и дифференцирующие устройства на ОУ.
Литература: [1], с. 123...135; [3], с. 128...138; [4], с. 61...77; [6], с. 142...270.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В импульсной технике для формирования импульсов заданной формы широко используются линейные RC (RL) – цепи. Наиболее простой формирующей цепью является последовательная резисторно–емкостная цепь (RC– цепь). В зависимости от того, с какого элемента – резистора или конденсатора – снимается выходное напряжение, формирующие свойства этой цепи будут различными.

Из курса «Теоретические основы электротехники» необходимо вспомнить переходные процессы в RC цепях при воздействии скачка напряжения. Этот материал является важным потому, что процессы заряда–разряда конденсатора определяют работу большинства импульсных устройств. Без его понимания нельзя будет разобраться в работе формирующих устройств, генераторов импульсных сигналов, фиксаторов уровня, триггерных устройствах и др.

Задача 119: Линия задержки интегральных логических элементов, принципы работы и графики напряжений.

Задача 120: Ключи на полевых транзисторах. Преимущества и недостатки, отличия от ключей на биполярных транзисторах.

Задача 121: Параметры и характеристики импульсов Общие сведения о сигналах. Отличие аналоговых сигналов от цифровых. Приведите примеры. Спектры периодических импульсных последовательностей.

Задача 122: Триггер Шмита. Привести схему, временные диаграммы напряжений, пояснить работу.

Задача 123: Базовый элемент ЭСЛ. Краткая характеристика, схема, описание работы.

Задача 103: Определите в схеме рис.33,б длительность положительного импульса и период колебаний, если $U_{\text{вых м}}^+ = U_{\text{вых м}}^-$, $C = 0,01$ мкФ, $R_3' = 30$ кОм, $R_3'' = 62$ кОм, $R_2 = 68$ кОм, $R_1 = 33$ кОм.

Задача 104: Почему схема рис. 34 в исходном состоянии имеет на выходе уровень $U_{\text{вых м}}^-$?

Задача 105: Покажите в схеме 34 цепи зарядки и перезарядки конденсатора С.

Задача 106: Определите в схеме рис. 34 длительность выходного импульса, время восстановления и период колебаний, если $U_{\text{вых м}}^+ = U_{\text{вых м}}^-$, $C = 0,01$ мкФ, $R_3 = 30$ кОм, $R_2 = R_1 = 51$ кОм, $T_{\text{зап}} = 500$ мкс.

Задача 107: Почему время восстановления в схеме рис. 34 меньше длительности импульса, несмотря на одну и ту же постоянную времени $\tau = CR_3$?

Задача 108: Генератор линейно-изменяющегося тока. ГЛИН компенсационного типа. Описание работы, графики напряжений, схемы.

Задача 109: Генератор ЛИН с токостабилизирующими элементами. Описание работы.

Задача 110: Ждущий блокинг-генератор. Физические процессы в блокинг-генераторе.

Задача 111: Автоколебательный блокинг-генератор на транзисторе. Процессы происходящие в нем.

Задача 112: Синхронизированный блокинг-генератор. Назначение, схема, принцип действия.

Задача 113: Транзисторные и диодные ограничители. Виды, схемы и графики работы. Селекторы импульсов.

Задача 114: Параллельные и последовательные транзисторные ключи. Условия открытого и закрытого состояния. Основные характеристики транзисторных ключей.

Задача 116: Насыщенные ключи: с внешним смещением, с ускоряющим конденсатором. Причины появления задержки срабатывания в транзисторном ключе.

Задача 117: Ждущий транзисторный мультивибратор. Основные параметры колебаний. Временные диаграммы работы ЖМВ.

Задача 118: Фантастронный генератор в ждущем и автоколебательном режимах. Особенности работы фантастрона. (запуск и опрокидывание схемы, рабочая стадия, обратное опрокидывание схемы, стадия восстановления схемы).

Соотношение между временем τ , в течение которого длится переходной процесс в цепи и длительностью импульса τ_n определяет закон изменения выходного сигнала. Длительность переходного процесса определяется произведением $RC = \tau$, называемой постоянной времени цепи. На практике считают переходной процесс закончившимся через время равное 3τ .

Цепи RC в основном применяются в следующих трех случаях:

– разделительная (переходная) цепочка, выходное напряжение снимается с резистора и $\tau \gg \tau_u$;

– дифференцирующая (укорачивающая, обостряющая) цепь, выходное напряжение снимается также с резистора, но $\tau \ll \tau_u$ ([1], с. 125, рис. 4.4; [2], с. 12, рис. 1.7; [3], с. 12, рис. 1.4);

– интегрирующая (удлиняющая) цепь, выходное напряжение снимается с конденсатора, $\tau \gg \tau_u$. ([1], с. 131, рис. 4.9; [2], с. 13, рис.1.9; [3], с. 12, рис. 1.5).

При изучении материала по любому из учебников особенно внимательно разберитесь в графиках, приводимых для пояснения работы формирующих RC – цепей.

Расчеты RC – цепей даны в примерах 4.1 с. 129; 4.2 с. 130; 4.3 с. 132 в [1], а также в [5].

Для расчета реальных схем необходимо учитывать влияние внутреннего сопротивления источника входных сигналов, наличие паразитных емкостей и то, фронты реальных прямоугольных импульсов имеют определенную длительность, т.к. это приводит к дополнительным изменениям формы выходного импульса, часто очень существенным. ([1], с. 126...128, рис. 4.5, 4.6).

При помощи RC – цепей можно осуществлять операции приближенного дифференцирования и интегрирования по времени входных импульсных сигналов. Для повышения точности выполнения этих операций применяются схемы интегратора и дифференциатора на ОУ. [1], с. 135...138, рис. 4.12, 4.14.

Вопросы для самопроверки

1. Почему переход электрической RC – цепи от одного установившегося режима к другому не может происходить мгновенно?

2. Из заданных резисторов и конденсаторов составьте цепь для интегрирования прямоугольных импульсов длительностью $\tau_u = 1$ мкс; $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 1$ кОм, $R_3 = 10$ кОм, $R_4 = 100$ кОм; $C_1 = 100$ пФ, $C_2 = 1000$ пФ, $C_3 = 10000$ пФ, $C_4 = 0,1$ мкФ.

3. В чем преимущества интегрирования с использованием ОУ?

4. В чем недостатки дифференцирования с использованием ОУ?

Тема 2.2 Амплитудные ограничители

Понятие об ограничителях. Параллельные и последовательные диодные

ограничители. Ограничители с нулевым и ненулевым порогом ограничения.

Транзисторные ограничители. Ограничители на ОУ.

Литература: [1], с. 138...150; [3], с. 174...180.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Ограничители используются в схемах формирования импульсов, выделения импульсов заданной полярности, селекции импульсов по амплитуде и т.д.

Ограничитель – это устройство, на выходе которого формируется сигнал, совпадающий по форме с входным до тех пор, пока входной сигнал изменяется в пределах некоторых уровней, называемых порогом ограничителя. Литература: [1], с. 139, рис. 4.15; [2], с. 75, рис. 1.54, 1.55.

Выполнить такие устройства можно только на элементах, имеющих нелинейную вольт-амперную характеристику. В импульсной технике для этого преимущественно используются диоды и транзисторы, работающие при большом сигнале, когда отчетливо проявляется нелинейный характер их вольтамперных характеристик. При изучении схем параллельных и последовательных диодных ограничителей необходимо уяснить, что в последовательных ограничителях передача сигнала на выход осуществляется при открытых диодах, а ограничение при закрытых; в параллельных диодных ограничителях – наоборот. ([1], с. 140, рис. 4.17; [2], с. 152, рис. 4.19).

Рассмотренные диодные ограничители в режиме пропускания сигнала на выход имеют коэффициент передачи $K \leq 1$. Чтобы в области пропускания обеспечить усиление сигнала, ограничитель должен содержать усилитель. Наиболее эффективной в этом отношении является схема, в которой нелинейный элемент (диод) включается в цепь отрицательной обратной связи операционного усилителя. К тому же такая схема позволяет ограничивать малые по амплитуде сигналы. ([1], с. 148...150).

Усилители – ограничители на транзисторах также помимо ограничения позволяют усилить сигнал. Ограничение в этих схемах может быть как односторонним, так и двухсторонним. Вследствие инерционности транзистора и конечного времени выхода его из насыщения имеет место увеличение длительности выходного сигнала. ([1], с. 146...148).

Вопросы для самопроверки

1. Почему схема любого ограничителя амплитуды должна содержать нелинейный элемент?

2. На вольт – амперной характеристике диода построить график $i_{\text{вых}}(t)$ при подаче разнополярных импульсов в катод диода в схемах последовательного и параллельного ограничителей с нулевым порогом ограничения.

Задача 89: В задаче 88 триггер находится в состоянии $Q_1 = 1, Q = 0$. Определите значения Q_1 и Q при заданных комбинациях входных сигналов.

Задача 90: Триггер рис. 29 находится в состоянии $Q_1 = 0, Q = 0$. Определите значение сигналов на выходах Q_1 и Q при: а) $S = 0, R = 0, C = 0; S = 0, R = 1;$ б) $S = R = C = 0, S = 1, R = 0$.

Задача 91: Решите задачу 90, если триггер находился в состоянии $Q_1 = 1, Q = 1$.

Задача 92: Почему в схеме триггера рис. 29 запись информации из триггера первой ступени T_1 в триггер T_2 происходит при переходе уровня на входе C из 1 в 0, а не из 0 в 1?

Задача 93: На входы D-триггера (см. рис. 30) подаются сигналы, указанные на временной диаграмме (рис. 31). Нарисуйте временную диаграмму состояний на выходе Q .

Задача 94: Определите значение сигнала на выходе Q в схеме рис. 30 при: а) $D = C = 0;$ б) $D = C = 1;$ в) $D = 0, C = 1$.

Задача 95: Определите пороги срабатывания в схеме рис. 32, если $U_{\text{вых м}}^+ = |U_{\text{вых м}}^-| = 10 \text{ В}, R_1 = R_2 = 100 \text{ кОм}$.

Задача 96: Как изменятся пороги срабатывания и отпускания в задаче 95, если R_1 уменьшить до 30 кОм?

Задача 97: Покажите цепи перезарядки конденсатора C в схеме рис. 33, б при действии на выходе $U_{\text{вых м}}^+$ и $U_{\text{вых м}}^-$.

Задача 98: Почему в процессе перезарядки конденсатора C в схеме рис. 33, а напряжение на C не достигает уровня $U_{\text{вых м}}^+$ или $U_{\text{вых м}}^-$?

Задача 99: Почему в схеме рис. 33,а длительность $t_{\text{н1}}$ и $t_{\text{н2}}$ (см. рис.33,а)?

Задача 100: Определите период колебаний и длительность импульса $t_{\text{н1}}$ в схеме рис. 33, а, если $C=0,01 \text{ мкФ}, R_3 = 43 \text{ кОм}, R_2 = 82 \text{ кОм}, R_1 = 51 \text{ кОм}, U_{\text{вых м}}^+ = U_{\text{вых м}}^-$.

Задача 101: Как изменятся длительность импульса $t_{\text{н1}}$ и период колебаний в задаче 100, если: а) C уменьшить до 5600 пФ; б) R_3 увеличить до 51 кОм; в) R_1 увеличить до 82 кОм?

Задача 102: C какой целью в схеме рис. 33, б применяют диоды D_1 и D_2 ?

для получения на коллекторе транзистора T_2 выходных импульсов длительностью 100 мкс.

Задача 76: Нарисуйте временную диаграмму напряжения на конденсаторе C_2 в задаче 67.

Задача 77: Какими процессами в хранирующих конденсаторах C_1 и C_2 в автоколебательном мультивибраторе на элементах И-НЕ (см. рис.24) определяется период колебаний?

Задача 78: Покажите цепи зарядки и разрядки конденсаторов C_1 и C_2 в схеме рис. 24.

Задача 79: Чем вызваны ограничения в выборе сопротивлений резисторов R_1 и R_2 в схеме рис. 24?

Задача 80: С какой целью в схеме рис. 24 применены диоды D_1 и D_2 ?

Задача 81: Какую функцию в схеме рис. 24 выполняют резисторы R_1 и R_2 ?

Задача 82: Определите период колебаний и длительность импульса, формируемого на втором выходе мультивибратора (см. рис. 24), если $C_1 = C_2 = 10000$ пФ; $R_1 = R_2 = 1$ кОм, $U^1 = 4$ В, $U_{пор} = 1,5$ В, $R_{вых} = 50$ Ом.

Задача 83: Как изменятся период колебаний и длительность импульса в задаче 82, если: а) увеличить C_1 до 22000 пФ; б) увеличить C_2 до 22000 пФ; в) уменьшить R_2 до 510 Ом; г) увеличить R_1 до 1.5 кОм?

Задача 84: Определите длительность и период колебаний импульсов, снимаемых с второго выхода, если период запускающих $T_{зап} = 100$ мкс, $t_{и\ зап} = 2$ мкс, $U^1 = 4$ В, $U_{пор} = 1,5$ В, $R_{вых} = 50$ кОм, $R = 1$ кОм, $C = 33000$ пФ (схема рис. 25).

Задача 85: Как изменятся в задаче 84 период колебаний и длительность импульса $t_{и2}$, если: а) C уменьшить до 10000 пФ; б) R уменьшить до 430 Ом; в) увеличить $T_{зап}$ до 200 мкс?

Задача 86: На входы RS-триггера (см. рис.26) подаются входные сигналы, указанные на рис.27. Нарисуйте временную диаграмму состояний на выходе Q.

Задача 87: Определите значение сигнала на выходе Q в схеме рис. 58 при: а) $C = 1$, $S = 1$, $R = 0$; б) $C = 1$, $S = 0$, $R = 1$; в) $C = 0$, $S = 1$, $R = 0$.

Задача 88: Триггер рис. 29 находится в состоянии $Q_1 = 0$, $Q = 0$, на входы S и R поданы 1. Определите значения сигналов на выходах Q_1 и Q при: а) $C = 1$, $S = 1$, $R = 0$; б) $C = 1$, $S = 0$, $R = 1$; в) $C = 0$, $S = 1$, $R = 0$.

Тема 2.3 Транзисторные ключи

Общие сведения об электронных ключах. Параллельные и последовательные транзисторные ключи (ТК). Основные характеристики ключей. Насыщенный ключ с внешним смещением; с ускоряющим конденсатором. Ненасыщенный ключ с нелинейной обратной связью. Ключи на полевых транзисторах.

Литература: [1], с. 68...81.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Одним из основных элементов импульсной и цифровой техники является ключевое устройство. Наибольшее распространение получили транзисторные ключи. Они используются по прямому назначению и в качестве отдельных элементов в составе сложных устройств – мультивибраторов, триггеров, логических схемах и т.д.

Из курса «Основы электроники и микроэлектроники» надо вспомнить как определить величину и полярность напряжения на электродах транзистора в ключевом режиме работы, чтобы в дальнейшем понимать работу устройств, в состав которых входят транзисторные ключи. Для этого вспомните вид вольт – амперных характеристик транзисторов, полярности питающих напряжений для различных типов транзисторов, а также полярность управляющих сигналов для переключения транзистора из области насыщения в область отсечки и наоборот.

Различают два вида транзисторных ключей: насыщенные и ненасыщенные.

Насыщенные ключи те, когда рабочая точка перемещается из положения соответствующего режиму отсечки в положение соответствующее режиму насыщения.

Ненасыщенные, когда рабочая точка перемещается из области отсечки до границы области насыщения. Ненасыщенные ключи обладают большим быстродействием.

Различные схемы ключей приведены в указанной выше литературе. При изучении особое внимание надо обратить на процессы, влияющие на быстродействие ключа. Этот параметр ключа является одним из важнейших при построении вычислительных устройств.

Вопросы для самопроверки

1. Приведите схему простейшего ключа на биполярном транзисторе. Приведите эпюры напряжений управляющих сигналов $U_{упр}(t)$ и соответствующих напряжений на коллекторе транзистора $U_K(t)$.

2. Какими способами увеличивается быстродействие ключа?

Тема 2.4 Линии задержки

Формирование прямоугольных импульсов длинной и искусственной линиями.

Формирование прямоугольных импульсов в искусственной линии.

Литература: [1], с. 153...157; [4], с. 86...100.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

В ряде устройств импульсной техники для формирования прямоугольных импульсных сигналов из входного перепада напряжения, применяются длинные линии и искусственные линии задержки. Линия задержки (л.з.) представляет собой четырехполюсник-фильтр нижних частот (ФНЧ), импульс напряжения на выходе которого смещен во времени по отношению к входному импульсу (рис. 2).

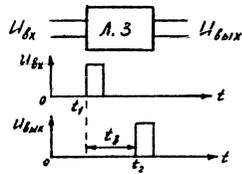


Рис. 2.

Время задержки определяется как разность времен t_2 и t_1 : $t_3 = t_2 - t_1$. Для неискаженной передачи импульсов линия задержки должна быть согласована с нагрузкой, т.е. $R_H = \rho$

(волновому сопротивлению ЛЗ) и иметь заданную полосу пропускания Δf , которая зависит от длительности задерживаемого импульса τ_u и определяется частотой среза f_{cp} :

$$f_{cp} \geq \frac{2}{\tau_u} \quad (\text{см. тему 1.1})$$

Принцип построения, работа и схемы формирователей импульсов с применением линий задержки в достаточном объеме рассмотрены в указанной выше литературе.

РАЗДЕЛ 3 ЭЛЕМЕНТАРНАЯ БАЗА ИМПУЛЬСНЫХ И ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ

Тема 3.1 Основные логические элементы

Понятие базиса импульсной техники. Простейшие логические элементы ИЛИ, И, НЕ.

Литература: [1], с. 105...1061; [3], с. 235...241; [4], с. 194...204; [5], с. 306...329.

Тема 3.3 Интегральные логические схемы на биполярных транзисторах

Базовые логические элементы И – НЕ, ИЛИ – НЕ на биполярных транзисторах. Функция Шеффера. Функция Пирса. Базис Шеффера. Базис Пирса.

Литература: [1], с. 106...113; [3], с. 235...241; [4], с. 194...204; [5], с. 306...329.

Тема 3.4 Интегральные логические схемы на МОП-транзисторах

Базовые логические элементы И – НЕ, ИЛИ – НЕ на МОП-транзисторах.. Основные параметры логических элементов.

Литература: [1], с. 113...117; [3], с. 235...241; [4], с. 194...204; [5], с. 306...329.

Тема 3.5 Реализация логических функций в различных базисах

Элементы «Равнозначность», «Неравнозначность», «Запрет». Порядок реализации элементов в различных базисах.

Литература: [1], с. 118...120; [3], с. 235...241; [4], с. 194...204; [5], с. 306...329.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

длительность фронта?

Задача 65: В интервале времени $t_1 \dots t_2$ (см. рис. 22) транзистор T_2 закрыт. Что заставляет T_2 в момент времени t_2 открываться? (см. рис. 21)

Задача 66: В интервале времени $t_1 \dots t_2$ (см. рис. 22) транзистор T_1 открыт. Что заставляет T_1 в момент времени t_2 закрываться? (см. рис.21)

Задача 67: В схеме рис. 21 $E_k = 15$ В, $R_{k1} = R_{k2} = 2$ кОм, $R_1 = R_2 = 20$ кОм, $C_1 = 5100$ пФ, $C_2 = 0,01$ мкФ, граничная частота транзисторов $f_a = 1$ МГц, $V = 30$, $I_{к01} = I_{к02} = 10$ мкА, $U_{бн} = 0,8$ В, $U_{пор} = 0,6$ В. Определите период колебаний мультивибратора и длительность импульса на коллекторе транзистора T_2 .

Задача 68: Определите в задаче 67 длительности фронта и среза выходных импульсов, снимаемых: а) с коллектора T_1 ; б) с коллектора T_2 .

Задача 69: В задаче 67 последовательно C_2 подключили конденсатор $C = C_2$. Определите, как изменяется длительность выходного импульса и период колебаний, если выходное напряжение снимается: а) с коллектора T_1 ; б) с коллектора T_2 .

Задача 70: В задаче 67 параллельно C_1 подключили конденсатор $C = C_1$. Определите, как изменяется длительность выходного импульса и период колебаний, если выходное напряжение снимается: а) с коллектора T_1 ; б) с коллектора T_2 .

Задача 71: В задаче 67 параллельно резистору R_2 подключили резистор $R = R_2$. Определите, как изменяется длительность выходного импульса и период колебаний, если выходное напряжение снимается: а) с коллектора T_1 ; б) с коллектора T_2 .

Задача 72: В задаче 67 последовательно резистору R_1 подключили резистор $R = R_1$. Определите, как изменяется длительность выходного импульса и период колебаний, если выходное напряжение снимается: а) с коллектора T_1 ; б) с коллектора T_2 .

Задача 73: В задаче 67 выходной импульс снимается с коллектора T_2 . Как изменится длительность переднего фронта входного импульса, если подключить резистор $R = 2$ кОм параллельно R_{k2} .

Задача 74: Определите максимальные скважность и частоту колебаний мультивибратора в задаче 67.

Задача 75: Рассчитайте значение необходимой емкости конденсатора C_1 в задаче 67

Задача 53: В схеме рис. 17, б $E = 6$ В, $R_i = 0$, $R_{отр} = 1$ кОм, $R_{пр} = 100$ Ом, $R_{обр} = \infty$, $R_H = 10$ кОм, $R_{iE} = 100$ Ом. На вход подается синусоидальное напряжение амплитудой $U_m = 10$ В. Нарисуйте временные диаграммы выходного напряжения и определите амплитуду положительной полуволны $u_{вх}$.

Задача 54: Проверьте, выполняются ли условия работоспособности триггера рис. 19 при $E_k = 20$ В, $R_{к1} = R_{к2} = 2$ кОм, $R_1 = R_i = 10$ кОм, $C_1 = C_2 = 200$ пФ, $B = 20$, $I_{к0} = 10$ мкА, $U_{пор} = 0,6$ В, $U_{кн} = U^0 = 0,2$ В.

Задача 55: Рассчитайте необходимые сопротивления $R_1 = R_2$ в схеме рис. 19, если $E_k = 15$ В, $R_{к1} = R_{к2} = 1$ кОм, $B = 30$, $I_{к0} = 10$ мкА, $U_{бн} = 0,8$ В, $U_{кк} = 0,2$ В.

Задача 56: Проверьте, выполняются ли условия работоспособности триггера (см. рис. 20), если $E_{см} = 3$ В, $R_{к1} = R_{к2} = 1$ кОм, $R_1 = R_1' = 12$ кОм, $R_2 = R_2' = 10$ кОм транзисторы имеют $C_1 = C_2 = 200$ пФ, $B = 20$, $I_{к0} = 100$ мкА, $E_k = 20$ В.

Задача 57: В задаче 56 триггер находится в первом устойчивом состоянии: T_1 открыт, T_2 закрыт. Изменяется ли состояние триггера и режимы работы транзисторов, если подключить резистор $R = 12$ кОм; а) параллельно R_1 ; б) последовательно R_1 ?

Задача 58: В задаче 56 в исходном состоянии транзистор T_1 открыт, а T_2 закрыт. Изменяется ли состояние триггера и режимы работы транзисторов, если подключить резистор $R = 10$ кОм; а) параллельно R_2 ; б) последовательно R_2 ; в) параллельно R_2' ; г) последовательно R_2' ?

Задача 59: В задаче 56 в исходном состоянии транзистор T_1 открыт, а T_2 закрыт. Как скажется на состояниях триггера: а) увеличение $E_{см}$ до 5 В; б) уменьшение $E_{см}$ до 0,5 В?

Задача 60: При сборке схемы триггера по данным задачи 56 ошибочно вместо $R_{к2} = 1$ кОм впаяли резистор $R_{к2} = 10$ кОм. Как это скажется на работе схемы?

Задача 61: При сборке схемы триггера по данным задачи 56 ошибочно вместо $R_2 = 10$ кОм впаяли резистор $R_2 = 100$ кОм. Как это скажется на работе схемы?

Задача 62: В схеме рис. 21 $E_{п} = 10$ В, $R_1 = R_2 = 15$ кОм, $C_1 = C_2 = 9100$ пФ, $B = 30$, $R_{к1} = R_{к2} = 1$ кОм.

Задача 63: Покажите цепи и направления протекания токов зарядки конденсаторов C_1 и C_2 в схеме рис. 21.

Задача 64: Чем определяется в мультивибраторе : а) длительность среза; б)

К основным логическим операциям соответствуют логические элементы, выполняющие эти операции: И, ИЛИ, НЕ. Этот набор элементов обладает функциональной полнотой, т.е. имея их достаточное количество можно строить цифровые устройства любой сложности. Логические элементы И и ИЛИ часто совмещают с элементом НЕ в единые элементы И–НЕ и ИЛИ – НЕ. Это упрощает построение устройств. Необходимо запомнить условное графическое изображение логических элементов.

В настоящее время основной элементной базой построения устройств цифровой техники интегральная микросхемотехника.

В качестве активных элементов цифровых микросхем применяются два типа транзисторов – биполярные и полевые с МОП (МДП) – структурой. Цифровые микросхемы на биполярных и полевых транзисторах существенно различаются по многим показателям и развитие их идет самостоятельными путями.

Различные логические операции схемно решаются проще в том или другом типе интегральных микросхем. Так для ДТЛ и ТТЛ эти операции И–НЕ, для ЭСЛ – И–НЕ и ИЛИ, для КМОП–структур – ИЛИ–НЕ и И–НЕ, причем ИЛИ–НЕ более предпочтительно.

Материал данной темы более подробно изложен в [2], а в [5] приведены схемы базовых элементов различных типов логик и рассмотрены задачи на построение логических элементов.

Вопросы для самопроверки

Выполнить реализацию элемента «Запрет» (НЕТ) элементами И–НЕ (ИЛИ– НЕ) [1], с. 120, рис.3.39; [2], с. 102.

РАЗДЕЛ 4 ГЕНЕРАТОРЫ И СЕЛЕКТОРЫ ИМПУЛЬСОВ

Тема 4.1 Мультивибраторы

Тема 4.1.1 Транзисторные мультивибраторы

Общие сведения о релаксационных генераторах. Режимы их работы. Физические процессы в мультивибраторе, формирование фронта, среза, плоской вершины. Автоколебательный и ждущий мультивибраторы. Синхронизированный мультивибратор. Основные параметры колебаний.

Тема 4.1.2 Интегральные мультивибраторы

Мультивибраторы на интегральных схемах, интегральных схемах ОУ (автоколебательный, идущий). Процессы происходящие при работе схем, графики напряжений.

Тема 4.1.3 Мультивибраторы на цифровых и интегральных схемах (ЦИСах)

Автоколебательный и ждущий мультивибраторы, работа схемы.
Особенности работы МВ на логических элементах.

Литература: [1], с. 163...183; [2], с. 45...61; [3], с. 136...162; [5], с. 164...182,261, 266-269;

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Релаксационные генераторы могут работать в одном из трех режимов:

– автоколебательном: нет устойчивого состояния равновесия, колебания генерируются непрерывно, период колебаний определяется параметрами схем;

– синхронизации и деление частоты: также нет устойчивого состояния равновесия, но период колебаний определяется периодом синхронизирующих сигналов или кратен ему. При снятии синхронизирующего сигнала происходит возврат схемы к автоколебательному режиму;

– ждущий: одно устойчивое состояние равновесия, период колебаний определяется периодом запускающего сигнала. При снятии запускающего сигнала колебание прекращается.

К релаксационным генераторам, вырабатывающим колебания, форма которых близка к прямоугольной, относятся мультивибраторы и блокинг-генераторы. Колебания прямоугольной формы имеют широкий спектр частот (см. тему 1.1), т.е. из таких колебаний можно получить большое число гармоник. Этим, в частности, и определяется название мультивибратора – генератор множества колебаний.

Основная схема мультивибратора на дискретных компонентах приведена на рис. 5.1 [1] и рис. 1.36 [2]. Процессы, определяющие длительность импульсов и период повторения мультивибратора в автоколебательном режиме, состоят в поочередном заряде и разряде конденсаторов, входящих в цепь положительной обратной связи [1] рис. 5.2, с. 165.

Основными параметрами генерируемых колебаний являются:

– амплитуда импульсов U_m , которая определяется значением величины питающего коллекторного напряжения E_k , и в первом приближении можно считать $U_m \approx E_k$;

– длительность генерируемых импульсов τ_{U1} и τ_{U2} , которая определяется временем разряда времязадающих конденсаторов, стоящих в цепи положительной обратной связи, через базовые резисторы: $\tau_U = 0,7CR_\delta$;

– длительность переднего фронта импульсов, которая определяется временем заряда времязадающих конденсаторов через коллекторные резисторы: $\tau_\phi = 3R_K C$. Расчет параметров колебаний приведен на с. 167...168 [1] и с. 55...56 [2], а выбор элементов схемы приведен в [1] с. 169...170.

Стабильность частоты колебаний мультивибратора сильно зависит от температуры. Определяется это, в основном, температурной нестабильностью

входной характеристики транзистора I_{K0} (теплового тока) от температуры. Форма

Внутренние сопротивления источников смещения E и сигнала E_T равны 0, диод идеальный ($R_{пр} = 0, R_{обр} = \infty$). Нарисуйте временные диаграммы выходных сигналов. Определите напряжение на выходе схемы при отсутствии входных импульсов ($U_{вых}(0)$). Определите амплитуды выходных импульсов (U_{m1} и U_{m2}) при действии положительного и отрицательного импульсов на входе. Задачу решите для указанных значений амплитуд входных импульсов ($U_{m вх}$) и напряжений источника смещения (E):

а) $U_{m вх} = 12В, E = 5В$; б) $U_{m вх} = 12В, E = 14В$; в) $U_{m вх} = 4В, E = 5В$.

Задача 47: Выполните задание задачи 46 для указанных по вариантам схем и заданных значений амплитуд входных импульсов ($U_{m вх}$) и напряжений источников смещения:

а) $U_{m вх} = 21В, E_1 = 8В, E_2 = 6В$; б) $U_{m вх} = 21В, E_1 = 6В, E_2 = 8В, E_3 = 6В$; в) $U_{m вх} = 7В, E_1 = 8В$ г) $U_{m вх} = 7В, E_1 = 6В, E_2 = 8В$.

Задача 48: На вход ограничителя рис. 16, подается синусоидальное напряжение с амплитудой $U_{m вх} = 10В$, сопротивление диода в прямом направлении $R_{пр} = 100 Ом$, в обратном $R_{обр} = 200 кОм$, $R_H = 10 кОм$, $R_{отр} = 1 кОм$. Определите амплитуду напряжения на выходе при действии положительной и отрицательной полуволн $U_{вых}$.

Задача 49: Решите задачу 48, если $R_H = R_{отр} = 1 кОм$.

Задача 50: Решите задачу 48, если в схеме произошел отказ диода: сопротивление в обратном направлении уменьшилось до $R_{обр} = 100 Ом$.

Задача 51: На схемы, указанные по вариантам (см. рис. 18), подаются импульсы рис. 15. Внутренние сопротивления источников смещения E и сигнала R_i равны нулю, диод идеальный ($R_{пр} = 0, R_{обр} = \infty$), $R_H \gg R_{отр}$. Нарисуйте временные диаграммы выходного сигнала. Определите значение напряжения на выходе схемы в отсутствие входных импульсов. Определите амплитуды выходных импульсов (U_{m1}, U_{m2}) при действии положительного и отрицательного импульсов на входе. Задачу решите для указанных значений амплитуд входных импульсов ($U_{m вх}$) и напряжений источника смещения (E):

а) $U_{m вх} = 12В, E = 5В$; б) $U_{m вх} = 12В, E = 14В$; в) $U_{m вх} = 4В, E = 5В$.

Задача 52: В схеме рис. 18, а $E = 10В, R_i = 500 Ом, R_H = 10 кОм, R_{отр} = 1 кОм$, внутреннее сопротивление источника смещения $R_{iE} = 0$, диод идеальный ($R_{пр} = 0, R_{обр} = \infty$). На вход подается синусоидальное напряжение амплитудой 20 В. Нарисуйте временные диаграммы выходного напряжения и определите порог ограничения.

Задача 35: Определите форму, амплитуду и длительность выходного импульса в схеме рис. 12, если длительность прямоугольного входного импульса $t_{н\text{ вх}} = 50$ мкс, $R = 10$ кОм, $C = 0,1$ мкФ, $U_{\text{пвх}} = 20$ В.

Задача 36: Как изменится форма, амплитуда и длительность выходного импульса в задаче 35, если: а) $t_{н} = 500$ мкс; б) $t_{н} = 5$ мкс.

Задача 37: Как изменится амплитуда и длительность выходного импульса в задаче 35, если поставить такой же резистор а) параллельно резистору R ; б) последовательно с резистором R ?

Задача 38: Как изменится амплитуда и длительность выходного импульса в задаче 35, если конденсатор такой же емкости а) поставить параллельно конденсатору C ; б) поставить последовательно конденсатору C ?

Задача 39: Определите максимальное значение тока зарядки и разрядки конденсатора в задаче 35.

Задача 40: На вход ограничителя (см. рис. 13,) подается синусоидальное напряжение с амплитудой 10 В. Сопротивление диода в прямом направлении $R_{\text{пр}} = 100$ Ом, в обратном – $R_{\text{обр}} = 400$ кОм, сопротивление нагрузки $R_{\text{н}} = 1$ кОм. Определите значения напряжения на выходе при действии положительной и отрицательной полуволн входного напряжения.

Задача 41: На вход ограничителя сверху и нулевом уровне (см. рис. 13) подается синусоидальное напряжение с амплитудой 30 В. В схеме использован микросплавной диод типа КД 504 А с параметрами: постоянное прямое напряжение при токе $I_{\text{пр}} = 100$ мА, $U_{\text{пр}} = 1,2$ В, постоянный обратный ток при $U_{\text{обр}} = 40$ В, $I_{\text{обр}} = 100$ мкА, емкость диода – 16 пФ. Определите сопротивление нагрузки $R_{\text{н}}$ и амплитуду выходного напряжения при действии положительной и отрицательной полуволн входного напряжения.

Задача 42: Решите задачу 40, если внутренне сопротивление источника синусоидального напряжения $R_i = 500$ Ом.

Задача 43: Решите задачу 40, если внутренне сопротивление источника $R_i = 1$ кОм.

Задача 44: Решите задачу 40, если параллельно диоду (рис. 14, а) поставили такой же диод, а внутренне сопротивление источника сигнала $R_i = 500$ Ом.

Задача 45: Решите задачу 40, если последовательно с диодом (рис. 14, б) поставили такой же диод, а внутренне сопротивление источника сигнала $R_i = 1$ кОм.

Задача 46: На схемы, указанные по вариантам рис 17, подаются импульсы (рис. 15).

генерируемых колебаний также несколько отличается от прямоугольной. Для улучшения формы импульсов и повышения термостабильности применяется усложнение схем [1] с. 170...172; [2] с. 57...59.

Широкое распространение получили мультивибраторы, работающие в ждущем режиме, так называемые одновибраторы. Они применяются в качестве электронной линии задержки, компаратора, генератора одиночных импульсов. Описание их работы, схемы приведены в [1] с. 172...174, [2] с. 46...53.

Работа в режиме синхронизации и деления частоты рассмотрена в [1] с. 174...177, [3] с. 171...172. Необходимо разобраться в графической иллюстрации, приведенной на рис. 5.6 [1]. Здесь надо понять и помнить, что для получения режима устойчивой синхронизации, собственный период колебаний мультивибратора T , т.е. период колебаний в автоколебательном режиме работы, должен быть больше периода сигналов синхронизации $T_{\text{синхр}}$.

Обычно $T = (1,2 - 1,4) T_{\text{синхр}}$. Тогда импульс синхронизации открывает закрытый транзистор раньше, чем это произойдет в автоколебательном режиме на время

$\Delta t = T - T_{\text{синхр}}$. На рис. 4 приведены эпюры импульсов синхронизации и напряжений на базе и коллекторе транзистора типа $p - n - p$ мультивибратора в режиме синхронизации. Штриховой линией показаны моменты открывания в автоколебательном режиме работы мультивибратора. В режиме деления частоты (рис.5) процессы аналогичны и период вынужденных колебаний $T_{\text{вын}}$ должен быть меньше периода T , а частота $F_{\text{вын}}$ больше частоты собственных колебаний мультивибратора: $T_{\text{вын}} = n T_{\text{синхр}} < T$, $F_{\text{вын}} > F$, где n – коэффициент деления, $n = 1, 2, 3, \dots$ На (рис. 3) $n = 4$.

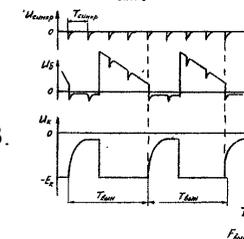
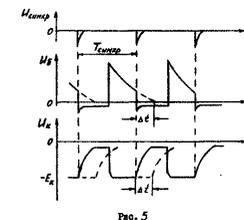


Рис. 3.

Пример расчета мультивибраторов дан в [1] с. 177. Формулы расчета есть также в [2] с. 55...56, [3] с. 155 и [5] с. 164...168.

Структура монолитных интегральных мультивибраторов повторяет схему на дискретных компонентах, но времязадающие конденсаторы навесные ([1] рис. 5.8), т.к. методами интегральной технологии не выполняются конденсаторы большого номинала [1] с. 177...179; [2] с. 59...61; [3] с. 152; [5] с. 168...170.

В настоящее время большое применение имеют схемы мультивибраторов операционного усилителя, компаратора и логических (цифровых) схемах. Эти вопросы рассмотрены в [1] с.

179...187. В [3] с. 136...162 кроме схем, рассмотренных в [1] и [2] приведено и разобрано много других схем построения мультивибраторов.

Вопросы для самопроверки

1. Чем определяется период повторения импульсов мультивибратора?
2. Что и как следует изменить в схеме симметричного мультивибратора при прежнем периоде повторения импульсов?
3. Чем обеспечивается ждущий режим работы мультивибратора?
4. Как скажется увеличение амплитуды синхроимпульсов на работе мультивибратора в режиме деления частоты?

Тема 4.2 Триггеры

Тема 4.2.1 Транзисторные триггеры

Общие сведения о триггерах. Симметричный триггер с внешним смещением. Несимметричный триггер с эмиттерной связью (триггер Шмитта). Виды запуска триггеров (счетный, раздельный). Быстродействие триггера.

Литература: [1], с. 214...226; [3], с. 217...242; [4], с. 101...185; [5], с. 234...299.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Триггером, точнее триггерной системой, называют большой класс электронных устройств, обладающих способностью длительно находиться в одном из двух устойчивых состояний и чередовать их только под воздействием внешних сигналов. Активные элементы триггера работают в ключевом режиме, как и в других импульсных устройствах.

Понятие «триггер» охватывает много устройств, которые существенно различаются между собой по выполняемым функциям, способам управления, по электрическим и консультативным параметрам.

Для облегчения ориентирования в большом разнообразии триггеров их систематизируют по определенным, наиболее важным признакам от схемных решений, конструктивному исполнению, элементной базе и параметрам питания.

Каждый триггер может иметь несколько входов – делается это для улучшения эксплуатационных характеристик, но в основе таких триггеров лежит собственно триггер – бистабильная схема, ячейка памяти, которая в интервале между переключающими сигналами не изменяет своего состояния. На рис.4 приведена структурная схема триггера.

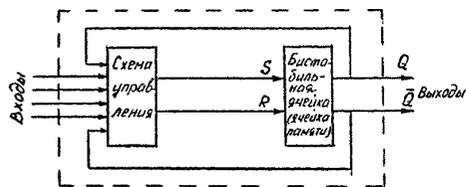


Рис. 4.

через конденсатор в задаче 22 при зарядке конденсатора и разрядке (при замыкании и размыкании ключа S).

Задача 24: Определите законы изменения напряжения на конденсаторе u_C и резисторах R_1 и R_3 в задаче 22 при зарядке и разрядке конденсатора.

Задача 25: До какого напряжения надо предварительно зарядить конденсатор в задаче 21, чтобы в цепи при замыкании ключа S сразу наступил установившийся режим?

Задача 26: Определите, до какого значения нарастает напряжение на конденсаторе за время $t = 1$ мс после замыкания ключа в положение 1 в схеме рис. 11, , если $R = 10$ кОм, $C = 10000$ пФ, $E = 10$ В.

Задача 27: Определите время, необходимое для разрядки конденсатора до напряжения 2 В после размыкания ключа S (рис. 8), если $R_1 = R_2 = 5$ кОм, $C = 1000$ пФ, $E = 15$ В.

Задача 28: Как изменится время в задаче 27, если $E = 40$ В?

Задача 29: Определите значение напряжения на конденсаторе в задаче 26, если: а) параллельно конденсатору С поставить конденсатор такой же емкости; б) последовательно с конденсатором поставить конденсатор такой же емкости; в) параллельно R поставить такой же резистор R; г) последовательно с R поставить такой же резистор.

Задача 30: Определите длительность импульса на резисторе в цепи рис. 12, если $R = 10$ кОм, $C = 1000$ пФ, $U_{\text{мвх}} = 10$ В, а длительность входного прямоугольного импульса $t_{\text{и}} = 50$ мкс.

Задача 31: Нарисуйте временные диаграммы напряжения на конденсаторе и тока в задаче 30.

Задача 32: Как изменится длительность импульса на резисторе в задаче 30, если: а) увеличить сопротивление резистора до 20 кОм; б) увеличить емкость конденсатора до 2000 пФ?

Задача 33: Определите длительность положительного и отрицательного импульсов на резисторе R в задаче 30, если длительность входного импульса $t_{\text{и}} = 20$ мкс.

Задача 34: Нарисуйте временные диаграммы напряжения на конденсаторе С и тока в цепи в задаче 33.

при $U_m = 10 \text{ В}$; $t_1 = 10 \text{ мкс}$; $t_2 = 20 \text{ мкс}$;

$$13 \ u(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } t \leq 0; \\ kt & \text{при } 0 \leq t < t_1; \\ -kt + U_m & \text{при } t_1 \leq t < t_2; \\ 0 & \text{при } t \geq t_2 \end{cases}$$

при $k = \text{В/мкс}$; $U_m = 20 \text{ В}$; $t_1 = 10 \text{ мкс}$; $t_2 = 20 \text{ мкс}$.

Задача 14: Запишите в аналитической форме импульсные колебания, представленными временными диаграммами на рис. 3, а– в).

Задача 15: Параметры цепи рис.4 равны: $R_1 = 1 \text{ кОм}$, $R_2 = 1 \text{ кОм}$, $C_1 = 0,015 \text{ мкФ}$, $C_2 = 0,1 \text{ мкФ}$. Определите значения напряжений U_{R1} , U_{R2} , U_{C1} , U_{C2} и токов i_1 , i_2 , i_3 , i_4 в установившемся режиме, если схема подключена на постоянное напряжение $E = 12 \text{ В}$.

Задача 16: Параметры цепи рис. 5. равны: $R_1 = 1 \text{ кОм}$, $C_1 = 1000 \text{ пФ}$, $C_2 = 0,1 \text{ мкФ}$. Определите значения напряжений U_{C1} и U_{C2} , в установившемся режиме, если схема подключена на постоянное напряжение $E = 5 \text{ В}$.

Задача 17: Определите значения напряжений U_{C1} , U_{C2} , и U_{C3} в схеме рис. 6 в установившемся режиме, если $C_1 = 0,15 \text{ мкФ}$, $C_2 = C_3 = 0,1 \text{ мкФ}$, $R_1 = 1 \text{ кОм}$, $E = 10 \text{ В}$.

Задача 18: Определите напряжения на конденсаторах C_1 и C_2 в установившемся режиме в задаче 17, если $C_1 = 0,15 \text{ мкФ}$, $C_2 = C_3 = 0,1 \text{ мкФ}$.

Задача 19: Определите напряжения на конденсаторах C_1 и C_2 в схеме рис. 7 в установившемся, если $R = 5 \text{ кОм}$, $R_2 = 10 \text{ кОм}$, $C_1 = 1000 \text{ пФ}$; $C_2 = 4000 \text{ пФ}$, $E = 15 \text{ В}$.

Задача 20: Определите постоянные времени заряда и разряда конденсатора C_1 в схеме рис. 8 соответственно при замыкании и размыкании ключа S , если $R_1 = R_2 = 1 \text{ кОм}$, $C_1 = 0,1 \text{ мкФ}$, $E = 10 \text{ В}$.

Задача 21: Определите постоянные времени заряда и разряда конденсатора C_1 в схеме рис. 9 при замыкании ключа S и размыкании, если параметры цепи $R_1 = 1 \text{ кОм}$, $R_2 = 1 \text{ кОм}$, $C_1 = 0,1 \text{ мкФ}$.

Задача 22: Определите постоянные времени заряда и разряда конденсатора C_1 в схеме рис. 10 соответственно при замыкании и размыкании ключа S , если $R_1 = 1 \text{ кОм}$, $R_3 = 4 \text{ кОм}$, $R_2 = 5 \text{ кОм}$, $C_1 = 10 \text{ мкФ}$, $E = 10 \text{ В}$.

Задача 23: Определите законы изменения напряжения на конденсаторе u_{C1} и тока

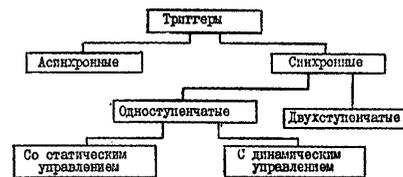


Рис. 5.

Все многообразие триггеров по функциональному назначению определяется схемой управления, которая распознает сигналы управления и переключает бистабильную схему из одного состояния в другое. В простейшем варианте управляющее устройство может отсутствовать. Схема классификации триггеров по функциональному признаку приведена на рис.5. Функциональный признак систематизирует триггеры по числу логических (информационных) входов и их функциональному назначению. Приведенные в схеме названия триггеров будут уяснены из дальнейшего материала.

Вторая классификация триггеров характеризует способы ввода информации и оценивает их по времени обновления выходной информации относительно момента смены информации на входах (рис. 6).

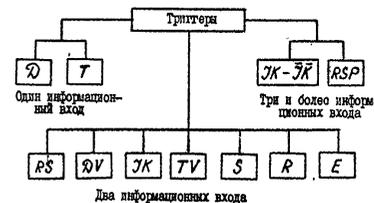


Рис. 6

По способу представления выходной информации (третий вид классификации) триггеры подразделяются на две большие группы: статические (потенциальные) и динамические. Динамические триггеры находят ограниченное применение. Наиболее распространены в современной радиоэлектронной аппаратуре статические триггеры, состояние которых характеризуется неизменными уровнями выходного напряжения.

Промышленность выпускает разнообразные типы триггеров в интегральном исполнении. Они могут быть также выполнены и на цифровых интегральных схемах (тема 6.2), и на операционных усилителях, и на дискретных компонентах, где активными элементами являются, главным образом, транзисторы.

В данной теме рассматриваются основные схемы транзисторных триггеров: симметричные триггеры с внешним и автоматическим смещением и несимметричный триггер.

Схемы триггеров, описание их работы, способы запуска, повышения быстродействия достаточно полно рассмотрены в указанной выше литературе. При изучении необходимо вспомнить материал темы 2.1, внимательно разобраться в приведенных временных диаграммах, запомнить условное графическое изображение основных типов триггеров ([1] с. 218, рис. 7.3, с. 223, рис.7.6). Необходимо также уяснить и запомнить основные понятия и определения, вводимые для входов и

выходов триггеров, режимов их работы, основных характеристик.

Вот некоторые из них:

– в общем случае триггер имеет два выхода: основной, обозначается Q (или P) и

инверсный, обозначается \bar{Q} (или \bar{P});

– переключение триггера может осуществляться фронтом входного импульса, это динамическое управление, соответственно вход называется динамическим, или установившимся уровнем входного сигнала – статическое управление, соответственно – статический вход;

– информация может поступать раздельно на два информационных входа триггера S и R, это называется раздельный запуск или одновременно на общий вход (входы S и R соединены) – счетный запуск;

– быстродействие триггера определяется скоростью переключения транзисторных ключей, из которых он состоит, и оценивается наибольшим надежным числом переключений в секунду (т.е. частотой) (см. Тему 2.1);

– разрешающее время, это минимально допустимый интервал между запускающими импульсами, определяется временем переходных процессов в триггере. Быстродействие обратно пропорционально разрешающему времени.

Так как в настоящее время триггерные системы имеют очень широкое применение в цифровых устройствах, то это нашло отражение и в терминологии, который пользуются при описании триггеров. Материал данной темы является основополагающим для дальнейшего изучения и понимания работы всех триггерных систем.

Вопросы для самопроверки

1. Почему триггер можно использовать в качестве запоминающего устройства и как делитель частоты?
2. Объяснить назначение ускоряющих конденсаторов.
3. Чем отличается триггер от ждущего мультивибратора?

Тема 4.2.2 Интегральные триггеры

Виды интегральных триггеров. Асинхронный RS – триггер на элементах И–НЕ и ИЛИ–НЕ. Синхронный RS – триггер, одноступенчатый, двухступенчатый. T–триггер, D–триггер. JK – триггер. Переключательные таблицы.

Литература: [1], с. 227...237; [3], с. 217...242; [4], с. 101...185; [5], с. 234...299.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Интегральные триггеры наибольшее применение имеют в цифровой технике, поэтому величина напряжений на их входах и выходах соответствует значениям, принятым в качестве логического 0 и логический 1. Они реализуются на логических элементах И–НЕ и ИЛИ–НЕ. ([1], с. 227, рис.7.10, с.229 рис.7.12; [2], с.174 рис.3.1, с.175 рис.3.3).

Задача 1: Укажите период колебаний импульсных последовательностей, приведенных на рисунке 1, $a - \delta$.

Задача 2: Определите период колебаний импульсной последовательности и их скважность, если длительность импульсов $t_{и} = 100$ мкс, а длительность паузы $t_{п} = 1$ мс.

Задача 3: Определите длительность импульса $t_{и}$ и коэффициент заполнения, если период колебаний $T = 15$ мс, а длительность паузы $t_{п} = 900$ мкс.

Задача 4: Определите среднее значение напряжения последовательности прямоугольных импульсов, если период колебаний $T = 1,5$ мс, длительность паузы $t_{п} = 500$ мкс, амплитуда $U_{м} = 15$ В.

Задача 5: Определите длительность импульса, если частота следования $F = 10$ кГц, а скважность $Q = 2$.

Задача 6: Определите среднюю мощность импульсного колебания, если частота следования $F = 5$ кГц, длительность импульсов $t_{и} = 10$ мкс, мощность в импульсе $P_{и} = 400$ мВт.

Задача 7: Определите мощность, потребляемую от источника импульсной схемой, если мощность в импульсе $P_{и} = 800$ мВт, а скважность $Q = 10$.

Задача 8: Определите, какой мощности необходимо выбрать резистор в импульсной схеме, если $R = 500$ Ом, а амплитуда напряжения прямоугольной формы на нем $U_{м} = 10$ В при скважности $Q = 2$.

Задача 9: Определите, какой мощности необходимо выбрать резистор в задаче 8 при пилообразном напряжении на нем (рис. 2).

Задача 10: Определите крутизну фронтов прямоугольного импульса, если амплитуда $U_{м} = 20$ В, длительность импульса $t_{и} = 10$ мкс, длительность фронта $t_{ф} = 0,1$ мкс, длительность среза $t_{ср} = 0,2$ мкс.

Задача 11 -- 13: Постройте графики функций:

$$11 \quad u(t) = \begin{cases} 0 & npu \quad t < 0; \\ U_m \quad npu & t \geq 0; \end{cases}$$

$$12 \quad u(t) = \begin{cases} 0 & npu \quad t < t_1; \\ U_m \quad npu & t_1 \leq t \leq t_2; \\ 0 & npu \quad t > t_2, \end{cases}$$

11. Если в работе допущены недочеты и ошибки, то учащийся должен выполнить все указания преподавателя, сделанные в рецензии.

12. Контрольные работы должны быть выполнены в срок (в соответствии с учебным планом - графиком).

13. Работа, выполненная не по своему варианту, не учитывается и возвращается учащемуся без оценки.

14. Учащиеся, не имеющие зачета по контрольной работе, к экзамену не допускаются.

15. Во время экзамена зачтенные контрольные работы представляются преподавателю вместе с данными методическими указаниями.

16. Выполняемый вариант контрольной работы определяется по двум последним цифрам номера зачетной книжки в соответствии с таблицей указанной в приложении 1.

17. Рисунки к задачам указаны в приложении 2.

При изучении их работы надо выполнить материал их темы 2.3 и уяснить, что если хотя бы на один их входов элемента И–НЕ подан сигнал 0, то на выходе возникает сигнал 1; а сигнал 1, поданный хотя бы на один их входов элемента ИЛИ–НЕ, установит на его выходе сигнал 0.

Такие логические уровни, которые действуя на одном из входов элемента, однозначно задают логический уровень на его выходе, независимо от уровней на других входах, называются активными уровнями (обратные им уровни называются пассивными логическими уровнями).

Если триггер переключается сигналами логический 1, то называется триггером с прямым управлением, если переключается сигналами логического 0, то называется триггером с инверсным управлением.

Входные сигналы, а соответственно и входы триггеров подразделяются по функциональному назначению на информационные (логические) и управляющие. Управляющие в свою очередь подразделяются на подготовительные (разрешающие, предустановки) и исполнительные (синхронизирующие, тактовые). В таблице 1 приведены условное обозначение и назначение входов триггеров.

Таблица 1

Условное обозначение	Назначение
S	Вход для раздельной установки триггера в состояние 1
R	Вход для раздельной установки триггера в состояние 0
J	Вход для установки состояния 1 универсального JK – триггера
K	Вход для установки состояния 0 универсального JK – триггера
T	Вход счетного триггера (счетный вход)
D	Вход для установки триггера в состояние 1 и 0
V	Подготовительный управляющий вход для разрешения приема информации
C	Исполнительный управляющий вход для осуществления приема информации. Вход синхронизации (тактирующий вход)

Выше уже указывалось, что по характеру реакции на входные сигналы триггеры делятся на два типа: асинхронные и синхронные (рис. 7).

Асинхронные триггеры имеют только информационные входы, срабатывают сразу после изменения сигналов после изменения сигналов на входах

([1] с. 228 рис. 7.11).

Принцип работы асинхронного RS – триггера описан в [1] с. 227...230, [2] с. 174...178. Необходимо обратить внимание и запомнить, что одновременная подача активных уровней на оба входа R и S не допускается (запрещена), т.к. при их снятии состояние триггера окажется неопределенным: могут остаться прежние состояния на выходах, а может произойти переключение.

Из-за влияния помех, или неодновременности поступления сигналов информации возможны ложные срабатывания асинхронных триггеров. Чтобы это предотвратить усложняют схему – добавляют схему управления и получают синхронные триггеры.

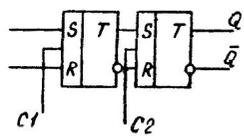
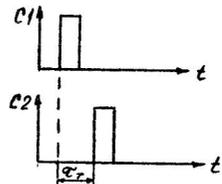


Рис. 7.



Синхронные триггеры имеют кроме R и S еще один вход – C, синхронизирующий ([1] с.230 рис.7.14; [2] с.175 рис.3.6). Опрокидывание такого триггера происходит только при наличии

соответствующих сигналов на S, R и C входах ([1] с.231 рис.7.16). Поэтому синхронные триггеры по сравнению с асинхронными обладают более высокой помехоустойчивостью. Описание работы приведено в [1], с.230...233, [2], с.178...180.

Если в течение времени действия тактового импульса произойдет смена сигналов на информационных входах, то произойдет новое срабатывание триггера. Во многих случаях это может оказаться причиной нарушений в работе. Для исключения этого применяют двухступенчатые триггеры.

Двухступенчатые триггеры содержат две ячейки памяти (два RSC – триггера).

Формирование нового состояния на их внешних выводах (Q и \bar{Q}) происходит за два такта. В первом происходит запись входной информации в первую ячейку, с приходом второго тактового импульса (C2) происходит перезапись во вторую ячейку и обновление информации на внешних выводах (рис. 7) ([1], с.231...233 рис.7.18).

Управлять двухступенчатым триггером можно не только двумя, но и одним тактовым импульсом. При этом запись информации в первую ступень производится с приходом тактового импульса, а перезапись во вторую – в момент его окончания, т.е. происходит динамическое управление.

Пример синхронного двухступенчатого триггера с динамическим управлением, т.е. управлением фронтом или перепадом напряжения приведен в [1], с.231 рис.7.17; [2], с.182 рис.3.12, с.184 рис.3.13.

Схемы и принципы работы T – триггера (счетный триггер) и D – триггера (триггер задержки) приведены и разобраны в [1], с.233...236; [2], с.178, 179...180, 183...184.

В цифровой технике широкое применение находит JK – триггер, так называемый универсальный триггер. Это триггер аналогичен рассмотренному выше RS – триггеру, но он не имеет запрещенных комбинаций уровней на входах. При поступлении активных уровней на оба входа он работает в счетном режиме (T – триггер).

На базе JK – триггера просто реализуются различные типы триггеров. Он входит в состав многих серий. Описание работы и многие схемные реализации JK – триггера приведены в [1], с.236...237; [2], с.176...178, 180...181, 185...186.

Для более детального изучения материала этой темы рекомендуется воспользоваться дополнительной литературой. В настоящее время издается много книг, брошюр по автоматике, вычислительной технике. Например, Е.А. Зельдин. Триггеры. – М.: Энергоатомиздат, 1983. Яцына С.А. Импульсная техника и

5. ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

В соответствии с требованиями учебного плана и плана–графика по предмету «Импульсная и цифровая техника» выполняется одна домашняя контрольная работа.

Контрольная работа выполняется учащимся самостоятельно и только после того, как проработан соответствующий теоретический материал и решен необходимый минимум задач. Так как каждой соответствует задача или упражнение, то контрольную работу рекомендуется выполнять постепенно по мере изучения материала.

При выполнении контрольного задания необходимо обосновать каждый шаг решения задачи, исходя из теоретических основ предмета. Решение каждой задачи должно быть доведено до окончательного ответа.

К выполнению и оформлению работы предъявляются следующие требования:

1. Контрольная работа выполняется на листах формата А4. Страницы пронумеровываются, на них оставляются поля не менее 3 см. для записи замечаний преподавателя.

2. На обложке должен быть приклеен титульный лист утвержденного образца или аккуратно записаны все данные титульного листа: шифр, специальность, если она не отражена в шифре, фамилия, имя, отчество учащегося, предмет и номер работы.

3. Работа должна быть выполнена чернилами одного цвета, аккуратно и разборчиво или отпечатана.

4. Каждую задачу надо начинать с новой страницы.

5. Решение задач желательно располагать в порядке номеров, указанных в задании, номера задач следует указывать перед условием.

6. Условия задач должны быть **обязательно** переписаны полностью в контрольную работу.

7. При оформлении записей необходимо выполнить общие требования к культуре их ведения. Важнейшие из этих требований:

7.1 Учащиеся должны соблюдать абзацы, всякую новую мысль следует начинать с красной строки.

7.2 Важные формулы равенства, определения нудно выделять в отдельные строки, чтобы сделать их более обозримыми.

7.3 При описании решения задачи краткая запись условия отделяется от решения и в конце решения представляется ответ.

7.4 Серьезное внимание следует уделять правильному написанию сокращённых величин.

7.5 Необходимо правильно употреблять условные обозначения.

8. Решения задач должны сопровождаться краткими, но достаточно обоснованными пояснениями, используемые формулы нужно выписывать.

9. Чертежи следует выполнять карандашом с использованием чертежных инструментов, соблюдая масштаб и ГОСТ.

10. В конце работы следует указать литературу, которой вы пользовались.

4 ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. **Браммер Ю.А., Пашук И.Н.** Импульсная техника, изд. 6 – М.: Высшая школа, 1999.
2. **Калабеков Б.А., Мамзелев И.А.** Основы автоматики и вычислительной техники.– М.: Связь, 1980.

Дополнительная литература

1. **Гольденберг Л.М.** Импульсные устройства. - М.: Радио и связь, 1981.
2. **Справочник** по интегральным микросхемам. Под ред. Б.В. Тарабрина. – М.: Энергия, 1981.
3. **Чекулаев М.А.** Сборник задач и упражнений по импульсной технике. – М.: Высшая школа, 1986.
4. **Алексеев А.Г., Шагурин И.И.** Микросхемотехника – М.: Радио и связь, 1982

Вопросы для самопроверки

1. Составьте переключательную таблицу RSC –триггера с инверсными входами.
2. Составьте переключательную таблицу D–триггера.
3. Поясните назначение V–входа.

Тема 4.3 Блокинг – генераторы

Тема 4.3.1 Транзисторные блокинг – генераторы

Общие сведения о блокинг – генераторах, их виды. Автоколебательные блокинг – генератор на транзисторе. Ждущий блокинг – генератор. Синхронизированный блокинг – генератор. Физические процессы в блокинг – генераторе.

Интегральные блокинг – генераторы, особенности построения схем.

Литература: [1], с. 287...295.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Блокинг–генератор это релаксационный генератор кратковременных прямоугольных импульсов содержащий однокаскадный усилитель с импульсным трансформатором в цепи положительной обратной связи ([1] рис. 5.16). Наличие импульсного трансформатора позволяет формировать импульсы с амплитудой, значительно превышающей коллекторное напряжение, с длительностью до нескольких наносекунд и значительной скважностью. Основным конструктивно-технологическим недостатком блокинг – генераторов является, то что импульсный трансформатор не поддается микроминиатюризации. Блокинг–генераторы могут работать в автоколебательном, ждущем, а также в режиме синхронизации и деления частоты.

По сравнению с мультивибратором блокинг–генератор имеет меньшую стабильность частоты, поэтому чаще работает в ждущем или режиме синхронизации и деления частоты. Подробно эти режимы рассмотрены в [2], с. 64...66 и [3], с. 169...171.

Вопросы для самопроверки

1. Начертите временные диаграммы $U_6(t)$ и $U_k(t)$ для автоколебательного блокинг – генератора. Покажите, как отразится на них увеличение или уменьшение емкости храниющего конденсатора С.
2. Как повлияет переключение концов базовой обмотки трансформатора в схеме блокинг – генератора?

Тема 4.4 Генераторы линейно изменяющегося напряжения и тока

Общие сведения о генераторах пилообразных импульсов. Принцип получения линейно изменяющегося напряжения (ЛИН). Простейший генератор ЛИН компенсационного типа. Фантастронный генератор в ждущем и автоколебательном режимах.

Принцип получения линейно изменяющегося тока (ЛИТ). Схемы генератора ЛИТ на транзисторах и операционном усилителе.

Литература: [1], с. 197...212.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Генераторы ЛИН (ГЛИН), или генераторы пилообразного напряжения широко применяются в аппаратуре связи, телевидении, радиолокации: для создания временной развертки луча в ЭЛТ осциллографов, при преобразовании аналоговых сигналов в цифровой код, в схемах электронной задержки и т.д. Схемы простейшего ГЛИН и временные диаграммы, поясняющие его работу приведены на рис. 6.2, 6.3, 6.4 [1] и рис.1.47 [2]. Работа таких генераторов основана на применении интегратора.

Основным требованием к ЛИН является его высокая линейность, которая определяет точность работы устройства в состав которого входит ГЛИН. Линейность напряжения $U(t)$ определяется постоянством скорости его изменения в течение прямого входа ($t_{пр}$) ЛИН. Степень линейности характеризуется коэффициентом нелинейности

$$\gamma = \frac{i_{снач} - i_{скон}}{i_{снач}},$$

где $i_{снач}$, $i_{скон}$ – токи конденсатора соответственно, в начале и конце формирования ЛИН.

При изучении интегрирующей RC – цепи было показано, что экспоненциально изменяющееся напряжение $U_m(t)$ близко к линейному, если время его изменения (время заряда или разряда конденсатора) много меньше постоянной времени цепи. Но при этом условии оказывается малым такой параметр ГЛИН, как коэффициент использования напряжения источника питания E определяемый как

$$E = \frac{U_m}{E}$$

Для обеспечения требуемых высоких значений коэффициентов γ и E используют усложнение схем, применяя или токостабилизирующие элементы ([1], с. 201...202; [2], с. 69...71), или схемы компенсационного типа ([1], с. 203...204; [2], с. 71...74; [3], с. 177...186).

Принцип действия этих схем основан на обеспечении постоянства тока i_c , заряжающего или разряжающего конденсатор C интегратора. Напряжение на конденсаторе

$$U_c = \frac{I}{C} \int_0^t i_c dt,$$

Комбинация $S = 0$, $R = 0$ является запрещенной так как на прямом и инверсном выходах триггера сигналы принимают значение 1, т. е. схема перестает функционировать как триггер.

$C_1=C_2=200$ пФ.

Решение:

Проверка условий работоспособности триггера сводится к проверке условий запираения и насыщения каждого из транзисторов ($E_{CM} \geq I_{k0}R_2$ и

$$\frac{E_k}{R_{k2} + R_1} - \frac{E_{CM}}{R_2} \geq \frac{E_k}{BR_{k1}}).$$

Так как резисторы R_1 и R_1' зашунтированы конденсаторами C_1 и C_2 , то отпадает необходимость проверки условия лавинообразного переключения отпадает. Условие закрытого состояния транзистора выполняется, так как $2 \text{ В} > 100 \cdot 10^{-4} \cdot 10 \cdot 10^3 > 1 \text{ В}$.

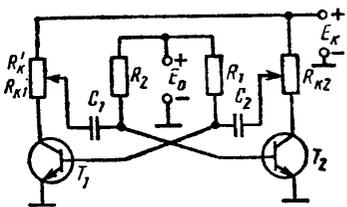
Условие открытого состояния также выполняется, так как

$$i_{\bar{o}} = 1,23 \text{ мА} > I_{\bar{o}н} = 1 \text{ мА},$$

$$\text{где } i_{\bar{o}} = i_1 - i_2 = \frac{E_k}{R_k + R_1} - \frac{E_{CM}}{R_2} = \frac{20}{12 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^3} - \frac{3}{10 \cdot 10^3} = 1,23 \text{ мА};$$

$$I_{\bar{o}н} = E_n / BR_k = 20 / 20 \cdot 1 \cdot 10^3 = 1 \text{ мА}$$

ЗАДАЧА 4 В схеме на рисунке $E_k=10$ В, $R_1=R_2=15$ кОм, $C_1=C_2=9100$ пФ, $V=30$, $R_{k1}=R_{k2}=1$ кОм. Регулировка периода колебаний осуществляется изменением E_0 .



Рассчитайте минимальные и максимальные значения E_0 и периоды колебаний, если допустимые пределы изменения степени насыщения составляют $S=1-4$.

Решение:

Ток насыщения транзистора составляет

$$I_{\bar{o}н} = E_k / (R_k V) = 10 / (1 \cdot 10^3 \cdot 30) \approx 333 \text{ мА}.$$

Для обеспечения тока базы $i_{\bar{o}} = I_{\bar{o}н}$ и $S=1$ напряжение E_0 , составляет

$$E_{01} = I_{\bar{o}н} R_{1,2} = 0,333 \cdot 10^{-3} \cdot 15 \cdot 10^3 \approx 5 \text{ В}.$$

Напряжение E_0 , обеспечивающее степень насыщения $S=4$, составит

$$E_{04} = 4 \cdot E_{01} = 20 \text{ В}.$$

Периоды колебаний определим по формуле

$$t_u = RC \ln\left(1 + \frac{U_{\bar{o}м}}{E_0}\right)$$

где $U_{\bar{o}м}$ – амплитуда отрицательного напряжения на базе запираемого транзистора; E_0 – напряжение управляющего источника.

Соответственно период колебаний составит

$$T = 2 \cdot t_u = 15 \cdot 10^3 \cdot 9100 \cdot 10^{-12} \cdot \ln(1 + 10/5) = 300 \text{ мкс}.$$

ЗАДАЧА 5 Почему на входы RS-триггера на элементах И-НЕ нельзя одновременно подавать сигналы $R=0$, $S=0$?

Решение:

$$\text{и если } i_c = I_0 = const, \text{ то } U_c = \frac{I_0}{C} t = K \cdot t, \text{ т.е. является линейно}$$

изменяющейся функцией времени. В таких схемах коэффициент γ будет иметь малое значение до более высоких значений E .

В качестве такой схемы может быть применен и интегратор на ОУ. Схема и описание работы даны в [1], с. 204...205; [3], с. 186...189.

Рассмотрены выше схемы ГЛИН управляются импульсами прямоугольной формы с длительностью, равной длительностью прямого (рабочего) хода пилообразного напряжения.

Бывает необходимо вырабатывать один период пилообразного напряжения после подачи короткого запускающего импульса. Генераторы, работающие в таком режиме, называются фантастронными генераторами ([1], с. 205...210). Они могут работать как в ждущем, так и в автоколебательном режимах. Работа фантастрона в какой мере аналогична работе мультивибратора. В фантастрах длительность прямого хода, а автоколебательном режиме и период повторения, определяются параметрами схемы, а их регулировка осуществляется достаточно просто.

Токи пилообразной формы, т.е. с линейным изменением тока во времени рабочего хода, используются для создания временной развертки в электронно-лучевых трубках при магнитном отклонении луча. Нагрузкой генератора ЛИТ в этом случае является отклоняющая катушка. Такие схемы применяются в индикаторах радиолокационных станций, в телевизионных устройствах. При изучении материала разберитесь в эпюрах напряжений, на рис. 6.14 [1] и рис. 7.11 [3] и уясните, что для получения в катушке ЛИТ, на нее должно быть подано ЛИН с начальным скачком U_0 (иногда напряжение такой формы называют трапецеидальным).

Схемы простейших генераторов ЛИТ и описание их работы даны в указанной выше литературе. Более подробно этот материал будет рассматриваться в курсе «Основы радиолокации и телевидения».

Вопросы для самопроверки

1. Какими параметрами схемы простейшего ГЛИН определяется наклон линии прямого входа пилообразного напряжения?
2. Пояснить действие обратных связей и их роль в работе ГЛИН компенсационного типа.

Тема 4.5 Селекторы импульсов

Понятие селекции. Назначение селектора импульсов. Селекторы импульсов:

- с амплитудой, превышающей порог и меньше порога;
- амплитуда которых находится в заданных пределах;
- с длительностью больше и меньше заданной;
- с длительностью находящейся в определенных границах;
- заданной длительностью;
- временные селекторы.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

При решении различных технических задач нередко возникает необходимость произвести отбор импульсов, отличающихся от всех остальных определенным признаком. Такой отбор принято называть селекцией, а электрические устройства, выполняющие эту задачу — селекторами.

Часто при селекции форма импульсов не изменяется. Однако когда устанавливается лишь факт наличия импульсов с определенными признаками, сигнал на выходе селектора может существенно отличаться от входного импульса, наличие которого он устанавливает. Устройства, решающие такую задачу, называют квазиселекторами.

Селекцию можно осуществлять по амплитуде, длительности, временному положению и т.д.

Селекторы импульсов широко применяются в радиотехнике, автоматике, телемеханике и других областях техники. Так, например, в телевизорах с помощью амплитудного селектора от полного телевизионного сигнала отделяют синхроимпульсы, которыми синхронизируют генераторы разверток, в радиолокаторах с помощью временного селектора обеспечивают автоматическое сопровождение цели.

Амплитудные селекторы. Амплитудные селекторы представляют собой устройства, отбирающие импульсы по амплитуде. С их помощью из последовательности можно выделять те импульсы, амплитуда которых выше или ниже определенного уровня, называемого уровнем (порогом) селекции. Можно также выделять импульсы, амплитуда которых будет выше одного из заданных, уровней, но ниже другого.

Селекторы импульсов по длительности. Селекторы такого рода обычно являются квазиселекторами, т. е. лишь регистрируют наличие на входе импульсов той или иной длительности.

Временные селекторы. Селекторы импульсов по временному положению (временные селекторы) представляют собой устройства, отбирающие те импульсы, которые поступают на них в определенные интервалы времени. Такая селекция обеспечивается сравнением заданной последовательности импульсов со специальной, состоящей из разрешающих (стробирующих или селекторных) импульсов, временное положение которых вполне определено.

Вопросы для самопроверки

1. Нарисуйте схему селектора минимальной амплитуды.
2. Виды селекторов импульсов по длительности.
3. Изобразите графики напряжений селектора импульсов заданной длительности.

3 ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

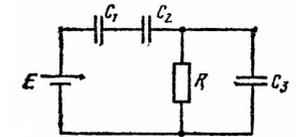
ЗАДАЧА 1: Определите значения напряжений U_{C1} , U_{C2} и U_{C3} в схеме рис. в установившемся режиме, если $C_1 = C_2 = C_3 = 0,1$ мкФ, $R_1 = 1$ кОм, $E = 10$ В.

Решение:

Сопротивление конденсаторов C_1, C_2, C_3 по постоянному току много больше сопротивления резистора R_1 , поэтому можно считать, что R_1 шунтирует C_3 . Отсюда следует, что $U_{C3} = U_{R1} = 0$. Напряжение источника E распределяется между C_1 и C_2 .

$$U_{C1} = E \frac{C_2}{C_1 + C_2} = 10 \frac{0,1 \cdot 10^{-6}}{(0,1 + 0,1) \cdot 10^{-6}} = 5B ;$$

$$U_{C2} = E \frac{C_1}{C_1 + C_2} = 10 \frac{0,1 \cdot 10^{-6}}{(0,1 + 0,1) \cdot 10^{-6}} = 5B .$$



ЗАДАЧА 2: На вход ограничителя сверху на нулевом уровне подается синусоидальный сигнал амплитудой 30 В. В схеме использован кремниевый микросплавной диод типа КД 504 А с параметрами: постоянное прямое напряжение при токе $I_{пр} = 100$ мА $U_{пр} = 1,2$ В, постоянный обратный ток при $U_{обр} = 40$ В $I_{обр} = 100$ мкА. Емкость диода 16 пФ. Определите сопротивление нагрузки R_H и амплитуду выходного напряжения при действии положительной и отрицательной полуволн входного напряжения.

Решение:

Определим прямое и обратное сопротивления диода: $= U_{пр} / I_{пр} = 12$ Ом; $R_{обр} = U_{обр} / I_{обр} = 400$ кОм. Сопротивление нагрузки по формуле

$$R_H = R_{пр} \sqrt{k_B} , \text{ где } k_B = R_{обр} / R_{пр} . \text{ Получим}$$

$$R_H = 12 \cdot \sqrt{\frac{400 \cdot 10^3}{12}} = 2,18 \text{ кОм; выбираем по ГОСТу } 2,2 \text{ кОм.}$$

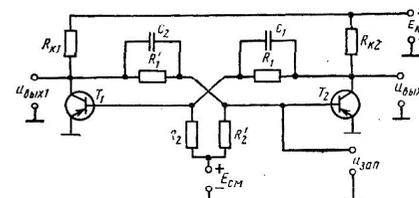
Выходное напряжение определим по формулам:

$$u_{ВЫХ+} = U_m \frac{R_H}{R_H + R_{пр}} \approx U_m$$

$$u_{ВЫХ-} = U_m \frac{R_H}{R_H + R_{обр}} \approx U_m \frac{R_H}{R_{обр}}$$

$$u_{ВЫХ-} = 29,7 \text{ В;}$$

$$u_{ВЫХ+} = 0,16 \text{ В}$$



ЗАДАЧА 3: Проверьте, выполняются ли условия работоспособности триггера, если $R_{к1} = R_{к2} = 1$ кОм $R_1' = R_1 = 12$ кОм, $R_2' = R_2 = 10$ кОм, $E_{см} = 3$ В, транзисторы имеют $\beta = 20$.