

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Кафедра вычислительных машин,
комплексов, систем и сетей
Б.Л.Резников

ПОСОБИЕ
по выполнению
курсового проектирования
по дисциплине
“ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА”
для студентов
специальности 230101
дневного обучения

Москва 2003

СОДЕРЖАНИЕ

1	Цели и задачи курсового проектирования.....	3
2	Задания и исходные данные на курсовое проектирование.....	3
2.1	Задание на курсовой проект.....	3
2.1.1	Формирователь электрического сигнала трапецеидальной формы.....	3
2.1.2	Демодулятор длительности импульсов.....	5
3	Методические указания по порядку выполнения курсового проекта.....	6
3.1	Порядок выполнения курсового проекта.....	6
3.1.1	Анализ работы устройства (блока).....	6
3.1.2	Выбор схемных решений, компоновка СхЭ.....	7
3.1.3	Упрощенный (ручной) расчет заданного элемента.....	7
3.1.4	Компьютерное моделирование устройств.....	7
4	Оформление курсового проекта.....	9
4.1	Оформление пояснительной записки.....	9
4.2	Оформление схемы электрической принципиальной.....	10
5	Условные обозначения.....	12
6	Таблица (для формирователя длительности импульса).....	14
7	Таблица (для демодулятора).....	15
8	Фрагменты принципиальных схем.....	16
9	Литература.....	17
10	Приложение А.....	18
11	Приложение Б.....	19

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проекта является закрепление и углубление знаний по курсу электроники, овладение навыками проектирования различных электронных схем, используемых в аппаратуре вычислительной техники и развитие навыков работы с технической и справочной литературой.

В курсовом проекте (части I) по заданной функциональной схеме составляется принципиальная схема на элементной основе, указанной в варианте задания. В этой части проекта студент должен показать знание принципов работы базовых компонентов: диодов, транзисторов, тиристоров, оптоэлектронных приборов и аналоговых и цифровых элементов электронных схем: усилителей, генераторов, мультивибраторов, триггеров, источников питания и умение согласовывать их между собой (по величине и полярности напряжения питания, по уровню сигналов, нагрузке и т.п.).

В расчетной части студент проводит традиционный (ручной) упрощенный, электрический расчет одной из электронных схем прибора (заданного в конкретном варианте), (машинный) автоматизированный расчет и моделирование устройств и демонстрирует свои навыки во владении одной или несколькими прикладными программами схемотехнического моделирования.

Решением поставленной задачи является спроектированная схема электрическая принципиальная с пояснительной запиской и защита курсового проекта

2 ЗАДАНИЯ И ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ НА КУРСОВЫЕ ПРОЕКТЫ

2.1 Задание на курсовой проект

Задание на курсовой проект, выдаваемое преподавателем - руководителем проекта в виде варианта задания из настоящих методических указаний и конкретных технических данных для расчетной части.

2.1.1 Формирователь электрического сигнала трапецеидальной формы

Функциональная схема приведена на рисунке 1. В нее входят блоки:
один - задающий генератор,
два – делитель частоты на два (триггер),
три - дифференцирующая цепь,
четыре – одновибратор,
пять и пять штрих - ключевые схемы,
шесть - триггер с отдельными входами,
семь – интегратор, восемь – компаратор,
девять - источник питания.

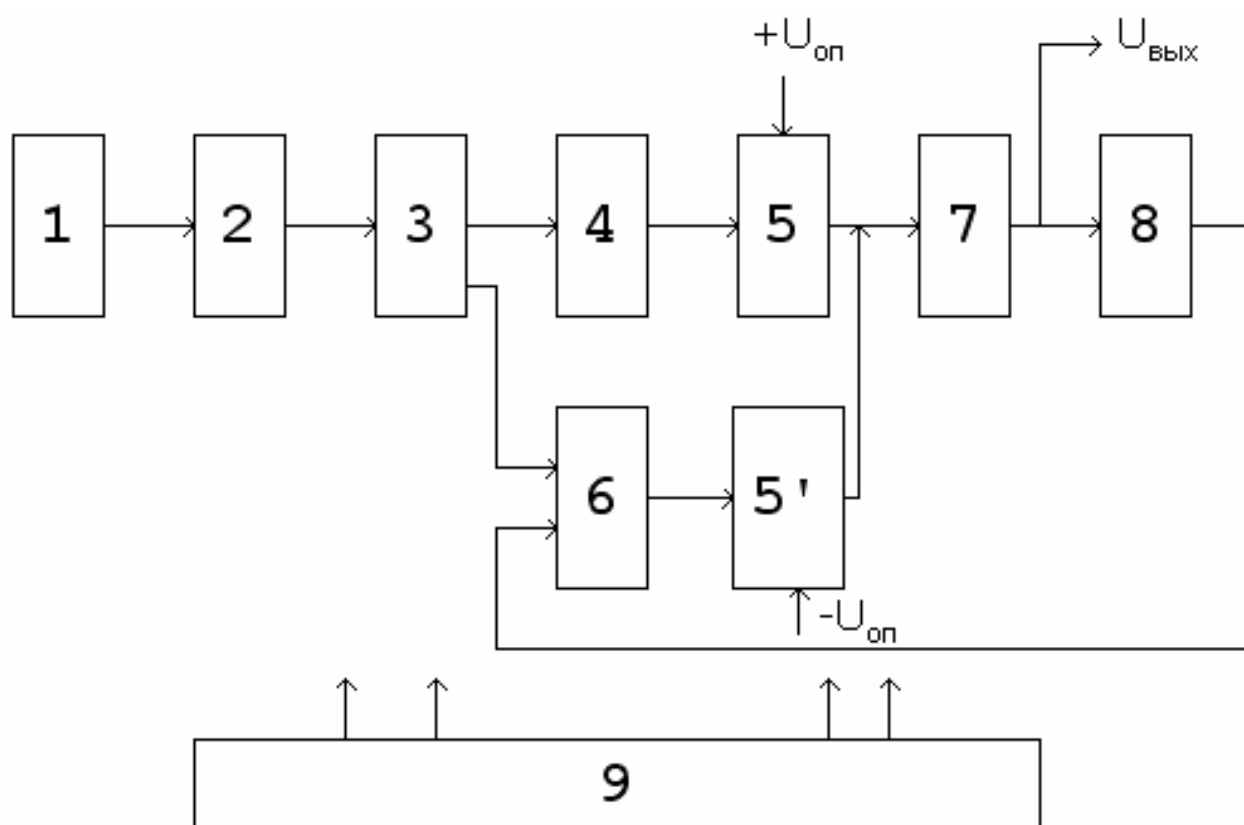
Выходной сигнал имеет форму трапеции (показан на рис. 2). Период следования трапецеидальных импульсов задается триггером 2, который управляется задающим генератором 1. Длительность переднего линейного участка сигнала t_1 задается одновибратором 4, который на это время подключает через ключ 5 ко входу интегратора 7 необходимое положительное постоянное напряжение $+U_{\text{оп}}$. Одновибратор 4 управляется передним фронтом триггера 2. Задний фронт триггера 2 запускает триггер 6, который через ключ 5' подключает ко входу интегратора 7 отрицательное напряжение, формируя задний спадающий линейный участок выходного сигнала.

Для того, чтобы нестабильность длительности интервалов "положительного" и

"отрицательного" интегрирования не приводили к накоплению постоянного уровня на выходе интегратора, в конце каждого трапецеидального импульса осуществляется фиксация нулевого (или близкого к нулю) уровня с помощью компаратора 8, который выдает импульс при пересечении спадающим участком трапецеидального сигнала заданного (нулевого или близкого к 0) порога и этим импульсом "сбрасывает" по второму входу триггер 6. Источник питания 9 вырабатывает необходимые напряжения для всех узлов схемы.

Все электронные узлы устройства могут быть выполнены на различной элементной основе и по различным схемам. Например, ЗГ может быть выполнен в виде мультивибратора на биполярных транзисторах одной или разных проводимостей, на основе генератора гармонических колебаний (по разным схемам) с последующим формированием прямоугольных импульсов, на основе операционного усилителя, на основе интегральных схем и т.д. Триггеры могут быть также выполнены на биполярных транзисторах той или иной проводимости, на логических элементах ИС, взяты целиком в интегральном исполнении. То же самое можно сказать о других функциональных блоках. Для расчета задаются: (см. рис. 2) длительность периода T , времена t_1 и t_2 , $U_{\text{макс}}$.

Рисунок 1 – функциональная схема формирователя электрического сигнала трапецеидальной формы



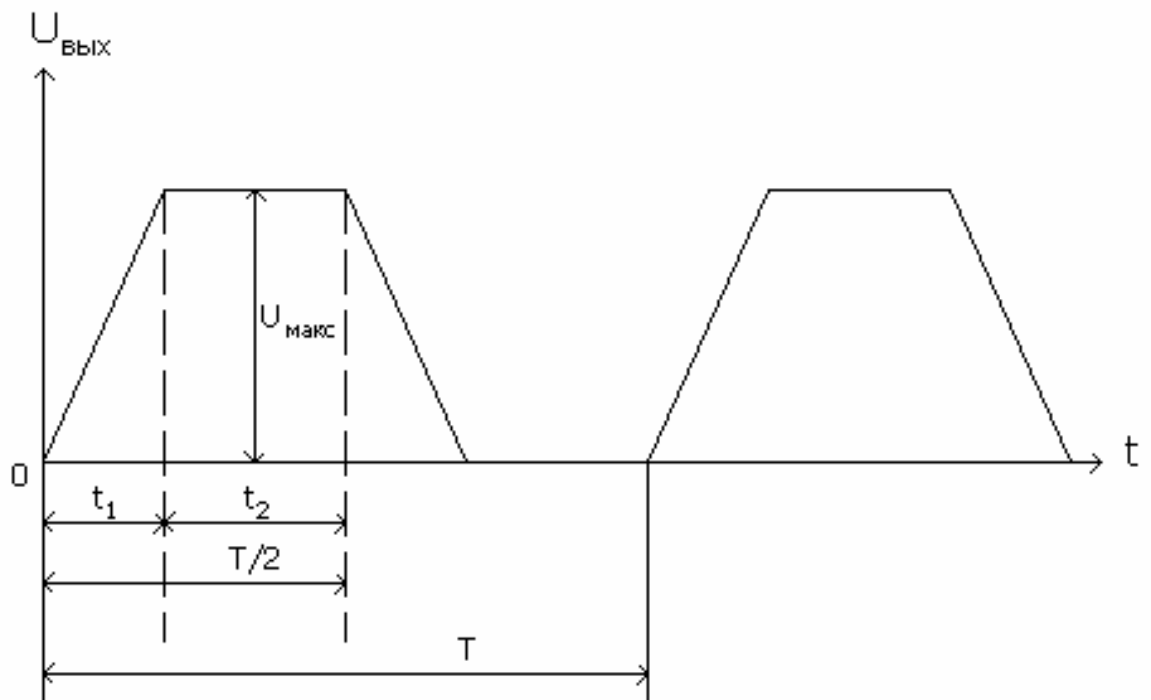


Рисунок 2 – временная диаграмма работы формирователя электрического сигнала трапецеидальной формы

Варианты заданий приведены в таблице 1.

2.1.2 Демодулятор длительности импульсов

Функциональная схема устройства приведена на рис.3, а временные диаграммы, поясняющие его работу, – на рисунке 4.

В данном устройстве селекция импульсов по амплитуде осуществляется за счет преобразования длительности входного сигнала, ограниченного по амплитуде, в амплитуду пилообразного импульса с последующей селекцией по максимальной амплитуде с помощью компаратора. Выходной сигнал компаратора запускает одновибратор, с выхода которого снимаются импульсы данной амплитуды и длительности. Наличие этих импульсов свидетельствует о превышении заданной длительности входных импульсов. Для расчета задаются величины (см. рис. 4): диапазон изменения амплитуды $U_{ВХ}$ и длительности $t_{и}$, минимальное значение длительности паузы $t_{п}$, уровень ограничения $t_{и\ макс}$, параметры выходного сигнала $t_{ВЫХ}$, $U_{ВЫХ}$, величина нагрузки на выходе $R_{н}$.

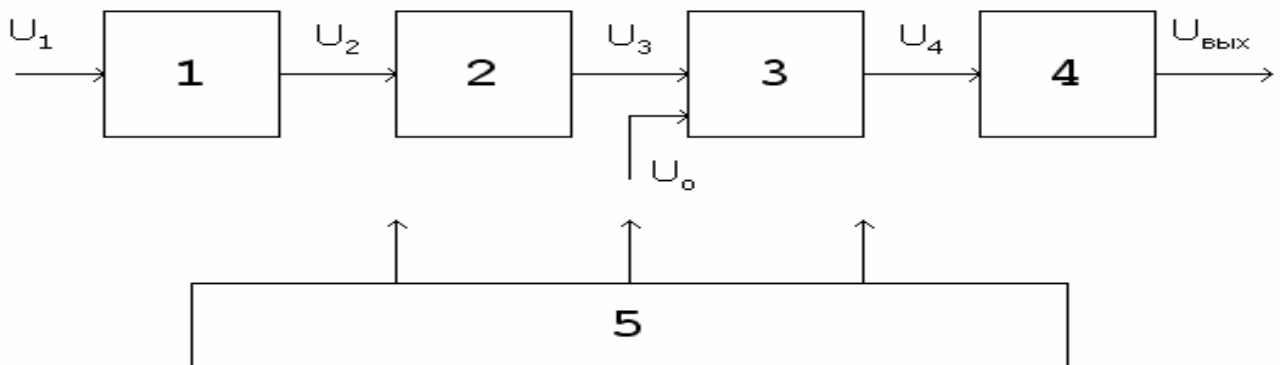


Рисунок 3 – функциональная схема демодулятора длительности импульсов

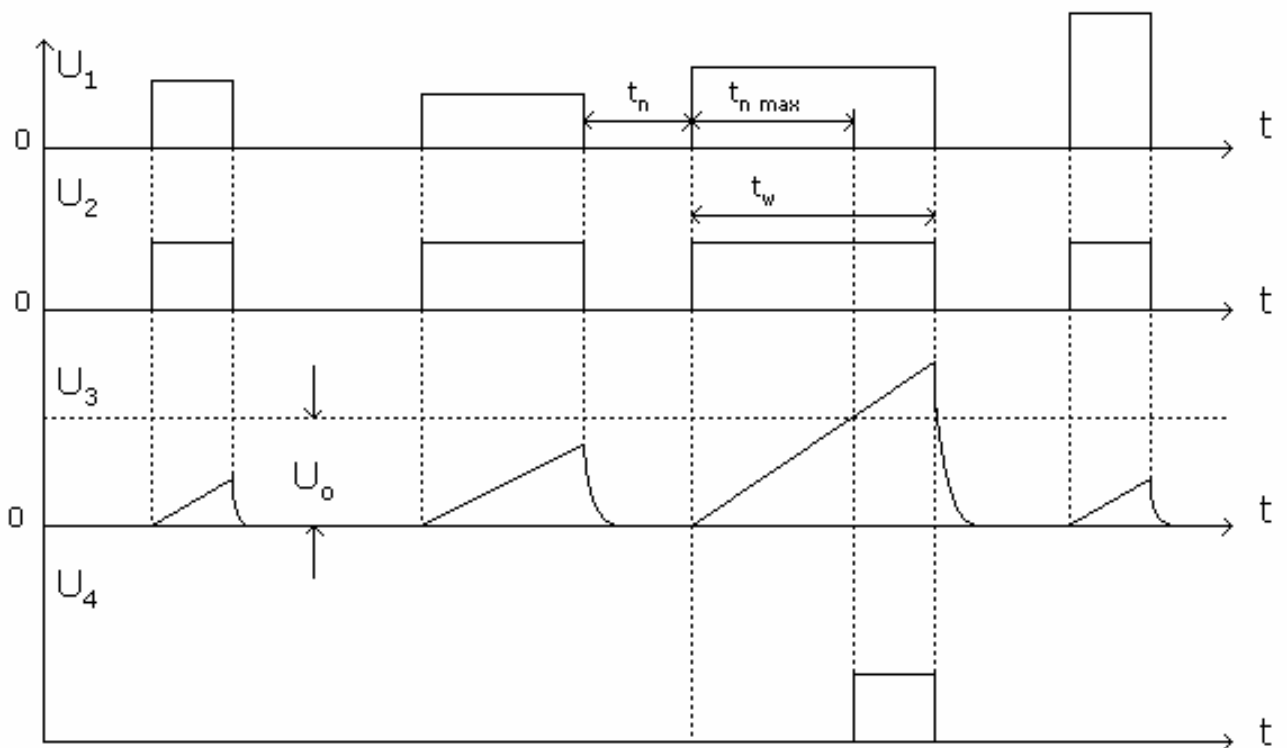


Рисунок 4 – временная диаграмма работы демодулятора длительности импульсов

Варианты заданий приведены в таблице 2.

3 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОРЯДКУ ВЫПЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

3.1 Порядок выполнения курсового проекта

- анализ работы устройства по функциональной схем;
- выбор схемных решений отдельных блоков, моделирование, анализ характеристик и основных параметров, применяемых электронных элементов, компоновка их между собой и составление общей принципиальной схемы ;
- упрощенный (ручной)электрический расчет заданного элемента и анализ его работы
- компьютерное моделирование устройств электроники (блоков схемы),
- оформление принципиальной электрической схемы и пояснительной записки и рецензирование и защита курсового проекта .

3.1.1. Анализ работы устройства (по функциональной схеме.)

В настоящем разделе, на начальном этапе анализируется работа устройства по функциональной схеме, изучается необходимая для решения задачи техническая и справочная литература, универсальные прикладные программы. Изучается работа различных электронных схем, просматриваются предполагаемые варианты реализации функциональных узлов.

3.1.2. Выбор схемных решений отдельных блоков, компоновка их между собой, составление общей принципиальной схемы

На этом этапе проектирования проводится выбор схемных решений отдельных блоков

Выполнение необходимых мероприятий разберем на примере фрагмента курсового проекта (задание 3, вариант 8) см. схему рисунок 3.

Требуется выполнить усилитель – формирователь сигнала на биполярных транзисторах и генератор пилообразного напряжения также на аналогичных компонентах. Исходя из того, что входной и выходной сигналы положительной полярности, останавливаемся в качестве основной базы на транзисторах типа $p-n-p$, например, КТ 315. Заданы: амплитуда выходного импульса – 5 В (на нагрузке 1 кОм), $t_{ц\text{ вых}} = 2\text{ мс}$, $t_{н} = 1 + 10\text{ мс}$, $t_{макс} = 5\text{ мс}$, $t_{мин} = 5\text{ мс}$, $U_{мин} = 10\text{ мВ}$.

Анализ схемы и выбор соответствующих вариантов необходимо всегда производить, начиная с выхода устройства. Предположим, что, проанализировав работу одновибратора 4, мы определили, какого порядка по величине и полярности требуется ему сигнал для управления; исходя из этого, оценили схему компаратора 3 и на основании анализа ее работы выяснили, что напряжения U_3 и U_0 должны быть положительной полярности. Учитывая, что $U_{вых} = 5\text{ В}$ и считая, что в ключевом режиме работы транзистора для этого обеспечения достаточно иметь $E_k = 5,5-6\text{ В}$, выберем это же питание и для остальных элементов схемы.

Обращаясь к схемам ГПН на транзисторах (в качестве зарядного элемента), отмечаем, что максимальная амплитуда пилообразного сигнала обычно не более 80 – 90% E_k . Остановившись на величине $U_{гпн\text{ макс}} = 4\text{ В}$ и зная, что это напряжение опасно для жизни (см. рис. 4) достигается за время $t_{ц\text{ макс}} = 10\text{ мс}$, получаем исходные данные для расчета ГПН (если бы это требовалось в задании). Анализируя схемы получения пилообразного напряжения, отмечаем, что для получения «положительной» и по отношению к «земле» «пилы» необходимо заряжать емкость через транзистор $p-n-p$ типа, а разряжать с помощью ключевого транзистора $n-p-n$ типа включенного параллельно емкости. Рабочий ход ГПН соответствует запертому состоянию ключевого разрядного транзистора, а для его запираения необходим отрицательный сигнал, так как наиболее часто применяющийся усилительный каскад с общим эмиттером переворачивает фазу, то приходим к выводу, что в принципе управлять работой ГПН можно, используя только один каскад в усилителе – формирователе (пока не оцениваем величину коэффициента усиления). В промежутках между импульсами транзистор усилителя-формирователя должен быть закрыт («привязкой» базы к «земле» с помощью резистора). При этом положительный потенциал его коллектора может в принципе обеспечить насыщенное состояние разрядного транзистора ГПН, т.е. нулевое значение сигнала ГПН, что и требуется. В результате фрагмент принципиальной схемы элементов 1 и 2 может выглядеть так, как показано на рис. 5.

3.1.3. Упрощенный (ручной) электрический расчет заданного элемента

Рассматривая пример с вариантом №8 задания №3, рассчитываем одновибратор на основе операционного усилителя (рис. 6).

По заданному условию выходного напряжения и сопротивлению нагрузки определяем выходной ток, который должен обеспечивать ОУ. Очевидно, что $U_{вых}$ и $I_{вых}$ не могут быть меньше, чем допустимые величины по техническим условиям. Исходя из указанных требований, выбираем из справочника подходящий ОУ.

Например, $I_{вых} = U_{вых} / R_n = 5\text{ В} / 1\text{ кОм} = 5\text{ мА}$. Пусть выбран ОУ с $E_p = 12,6$

В/. Так как ОУ в схеме одновибратора работает в режимах насыщения (практически от + 0.9 Еп до -0.9 Еп), то для получения на выходе однополярного сигнала +5В требуется принять специальные меры, а именно – сделать ограничитель по уровням +5В и 0В (см. соответствующие разделы литературы). На рис. 10 ограничитель реализован с помощью стабилитрона Дст (Uст = 5В) и балластного резистора Rз. Ток Iн = 5 мА не должен выводить стабилитрон из рабочего режима стабилизации (см. справочник), который начинается обычно с Iст = 13 мА. Следовательно, необходимо обеспечить Iст >= Iст мин + Iн = 6 мА. Учитывая, что Iст = (Uвых оу – Uст) / Rз = (11-5) / Rз, находим по этой формуле величину Rз = 1 кОм. Следовательно, при положительном сигнале на выходе ОУ со стабилитрона будет сниматься Uвых = Uст = 5 В. При отрицательном сигнале на выходе ОУ стабилитрон будет включен в прямом направлении и напряжение на его выходе будет близко к нулю.

$$t_N = \tau \operatorname{Ln} \frac{1}{1-\kappa} \quad , \quad (1)$$

где

$$\tau = RC_4 \Delta \kappa = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Одно из условий для определения R1 и R2 состоит в том, чтобы не превысить допустимый выходной ток ОУ (см. рис. 6)

$$I_{\text{вых}} = (E_{\text{п}} / (R_1 + R_2) + I_{\text{ст}}) < I_{\text{доп макс.}}$$

Предположим, что Iдоп макс = 10 мА, Еп = 12,6 В, Iст = 6 мА. Тогда, 10 = 12,6/(R1 + R2) + 6 или R2 + R1 >= 3 кОм.

Возьмем

$$R_2 + R_1 = 10 \text{ кОм} \quad (3).$$

Другим условием для определения R1 и R2 служит ограничение на величину постоянной времени дифференцирующей цепи, состоящей из емкости C1 и параллельного соединения резисторов R1 и R2 (резистор R2 через малое выходное сопротивление ОУ подключен к “земле”). При более точном расчете необходимо вместо одного R2 брать параллельное соединение R2, Rвых и R3). Это ограничение заключается в том, что длительность продифференцированного импульса запуска должна быть короче, чем выходной импульс одновибратора. Так как экспоненциальный сигнал практически заканчивается (с погрешностью 5 %) за время, равное 3tдиф, где в нашем случае tдиф = C1*(R1 || R2), то будем считать, что длительность продифференцированного запускающего импульса равна

$$t_{\text{у диф}} = 3 t_{\text{диф}} = 3 * C_1 * R_1 * R_2 / (R_1 + R_2) \quad (4)$$

Требуется tн диф < tвых оу. Пусть по заданию tвых оу = 2 мС. Положим tн диф = 1 мС.

Обычно расчет ведут методом последовательных итераций. Зададимся R1 = R2 и тогда из (3) найдем, что R1 = R2 = 5 кОм. Подставляя в (4) значения R1, R2 и R3, определяем, что C1 = 0,15 мкФ. Так как согласно (2) = 0,5, то из (1) вытекает, что

$$t_{\text{у вых}} = 2 * 0,001 C = 0,7 * t,$$

откуда $t = 0,003C$. Положив $C2 = 0,15 \text{ мкФ}$ (равную $C1$), получаем что

$$R = 0,003 / 0,015 = 20 \text{ кОм.}$$

Подобные величины резисторов в цепи О.С. вполне приемлемы (очень большие номиналы резисторов менее стабильны, вызывают шумовые флуктуации и т.п.).

На этом этапе расчета схемы можно считать законченным.

3.1.4 Компьютерное моделирование устройств

Важным этапом работы над курсовым проектом являются автоматизированный расчет, проектирование и анализ параметров и характеристик. Проектирование и исследования выбранных электронных блоков предлагается провести в электронной лаборатории на IBM PC с помощью программ: Electronics Workbench (EWB).Micro- Cap.(MC) PSpice 9.0 (P,S) .Названные программы позволяют :

- Создавать принципиальную электрическую схему устройства ,
- Проводить расчет статистического режима по постоянному току,
- Рассчитывать частотные характеристики и переходные процессы,
- Проводить оценку уровня внутреннего шума и предельной чувствительности,
- Проводить многовариантный анализ, включая статистический анализ по методу Монте – Карло,
- Представлять данные в удобной форме,
- Нарращивать библиотеку компонентов.

В списке литературы указаны методики работы с вышеперечисленными программами (1,11-16), а в приложении Б приведены примеры проектирования схем и результаты анализа.

Так на рисунке 11 (приложение Б) в программе EWB приведена схема двухкаскадного усилителя на биполярных транзисторах n-p-n, включенных по схеме с общим эмиттером.

Источник входного сигнала E1-гармонический с частотой 1кГц с действующим значением напряжения 10мВ. Вольтметры V1, V2 и V3,установлены в режиме Mode AC, измеряют соответственно напряжение входного сигнала (10мВ), напряжение после первого каскада (644,0мВ) и напряжение на выходе усилителя (3,316В). Отсюда виден рост сигнала по мере прохождения через усилитель.

Двухкаскадный усилитель на полевых транзисторах в программе MC показан на рисунке 12.

Каждый каскад собран по схеме с общим истоком.. Из осциллограмм рисунок13,снятых соответственно в точках входа (V2), после первого каскада (V5) и на выходе усилителя (V8) видно усиление сигнала и изменение его фазы на частоте 1кГц.

АЧХ для коэффициента усиления, равного отношению напряжения сигнала на выходе к напряжению на его входе (V8/V2), и ФЧХ в диапазоне 100Гц...100кГц показаны на рисунке 14.

4 ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект представляется на рецензию в виде пояснительной записки объемом 15-25 страниц текста, рисунков и графиков, написанных на одной стороне стандартной писчей бумаги (формат А4 (297x210мм.)), и схемы

электрической принципиальной, выполненной на чертежном листе или миллиметровке формата А3 или А4 по ГОСТУ 2.301-68 с рамкой и основной надписью по ГОСТу 2.104-68

Графическая и текстовая документация должны выполняться в соответствии с требованиями ЕСКД. Общие требования к текстовой документации содержатся в ГОСТе 2.105-79, общие требования к выполнению схем – в ГОСТе 2.701 – 84, а правила выполнения схем – в ГОСТе 2.702 – 75.

Сведения из государственных стандартов обобщены и конкретизированы применительно к учебному процессу в стандартах МГТУ ГА СТП 113221 – 208 – 85 «Документы текстовые учебные» и СТП 113221- 106-85 «Курсовое проектирование».

Элементы электроники необходимо выбирать с учетом существующих стандартов, ТУ, нормалей.

Штампы с основными надписями для чертежа схемы электрической принципиальной и первого и последующего листов пояснительной записки приведены в приложении А настоящего пособия.

4.1 Оформление пояснительной записки

Изложение материала в пояснительной записке должно быть кратким, имеет своей задачей пояснение выполняемых Вами действий и обоснование особенностей принятых Вами решений

Содержание пояснительной записки делят на разделы и подразделы.

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначаемые арабскими цифрами без точки.

Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номера подразделов состоят из номеров раздела и подраздела, разделенных точкой.

Переносы слов в заголовках не разрешается.

Первый (заглавный) после титульного лист должен иметь рамку (5 мм.) и основную надпись (штамп) (Приложение А).

В пояснительной записке на первом (заглавном) помещают содержание, включающее номера и наименование разделов и подразделов с указанием номеров страниц, ВВЕДЕНИЕ имеет порядковый номер 1

Во введении должна быть сформулирована задача проектирования и намечены пути ее решения. Здесь следует указать особенности разрабатываемого устройства, сравнить его с аналогами, показать, как его параметры отвечают требованиям руководящих документов ГА.

При написании текста следует обращать внимание на последовательность изложения, т.е. последующий материал должен строиться на базе предыдущего.

В документе должны применяться научно – технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при отсутствии их – общепринятые в научно – технической литературе.

Наименования, приводимые в тексте, на схемах и на иллюстрациях, должны быть одинаковыми.

В конце пояснительной записки приводят список литературы, которая была использована при курсовом проектировании. Выполнение списка и ссылки на него в тексте должны соответствовать ГОСТу 7.32-81.Список литературы включают в содержание пояснительной записки.

4.2 Оформление принципиальной электрической схемы

На принципиальной схеме изображают все электрические элементы, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов и все электрические связи между ними, а также электрические элементы (разъемы, зажимы и т.д.), которыми заканчиваются входные и выходные цепи.

Элементы изображают в виде условных графических обозначений, установленных стандартами ЕСКД.

При вычерчивании схем, насыщенных условными графическими обозначениями, разрешается все обозначения пропорционально уменьшать.

Каждый элемент или устройство, входящее в изделие и изображенные на схеме, должны иметь позиционные обозначения в соответствии с требованиями ГОСТа 2.710 - 81.

Порядковые номера элементами следует присваивать, начиная с единицы в пределах группы элементов, которым на схеме дано одинаковое буквенное позиционное обозначение, например R1, R2, R3 и т.д.

Порядковые номера должны быть присвоены в соответствии с последовательностью расположения элементов на схеме сверху вниз в направлении слева направо.

Позиционное обозначение проставляют на схеме рядом с условным обозначением элемента с правой стороны или над ним.

Данные обо всех элементах, изображенных на схеме, должны быть записаны в перечень элементов. При этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения.

Перечень элементов располагают на схеме или выполняют в виде отдельного документа, помещенного в приложении к пояснительной записке.

Перечень элементов оформляют в виде таблицы, представленной в приложении А.

Продолжение перечня помещают слева от штампа, повторяя головку таблицы.

Перечень элементов в виде самостоятельного документа выполняют на формате А4 (297x210мм.) Основную надпись и дополнительные графы к ней выполняют по ГОСТ 2.104-68, приложение 1

СОДЕРЖАНИЕ пояснительная записка состоит из следующих разделов:

- титульный лист;
- задание на проектирование (функциональная схема, вариант ее исполнения, расчетное задание);
- Введение,
- Раздел 1. Описание работы функциональной схемы и временные диаграммы.
- Раздел 2. Обоснование выбора элементов для принципиальной схемы: виды транзисторов, диодов (их ориентированный класс по мощности, напряжению, частоте), виды ЛЭ и ИС, их характеристики и принцип работы. Моделирование блоков, анализ входных и выходных характеристик

Раздел 3. Обоснование «стыковочных» и компоновочных вопросов: согласование уровней входов и выходов, полярностей сигналов, необходимые уровни питания, способы задания рабочих режимов и создания цепей связи между блоками устройства; примеры конкретных типов электронных элементов (из справочника), на которые могла бы быть реализована та или иная часть устройства.

Раздел 4. Электрический расчет заданного электронного блока и моделирование отдельных блоков и всей схемы на ЭВМ с графическими результатами моделирования.

В этом разделе помимо выбора соответствующих активных элементов и расчета величин сопротивлений, емкостей и индуктивностей, могут по заданию преподавателя проводиться расчеты, связанные со стабильностью, частотными свойствами, линейностью и с другими характеристиками. В подобных расчетах необходимо использовать ЭВМ, особенно для выявления влияния определенных элементов схемы на ее характеристики, когда необходимо варьировать в широком диапазоне величины тех или иных элементов схемы.

Раздел 5. Графический материал в виде принципиальной схем образом для всей схемы.

Список использованной литературы

Приложения

5 УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

5.1 Формирователь электрического сигнала трапецеидальной формы.

М – мультивибратор на биполярных транзисторах одной проводимости;

Моу - мультивибратор на биполярных транзисторах одной проводимости на основе операционного усилителя;

Мис - мультивибратор на биполярных транзисторах одной проводимости в интегральном исполнении;

О – одновибратор; специальные обозначения такие же, как и для мультивибратора;

Г_{LC} – генератор гармонических колебаний с LC – контурами (конкретный вид генератора указывает преподаватель – емкостная или индуктивная трехточка, трансформаторная связь и т. п.);

Г_{RC} – генератор гармонических колебаний с частотоподающими RC цепями (конкретный вид схемы указывает преподаватель);

Т – триггер на биполярных транзисторах (способ управления указывает преподаватель);

Тлэ - триггер на биполярных транзисторах на логических элементах (тип логики указывает преподаватель);

Тис – триггер в интегральном исполнении (выбирается по справочнику студентом);

ГПНг – генератор пилообразного напряжения с токостабилизирующим транзистором и с транзисторным ключом в разрядной цепи;

ГПНоу – на основе операционного усилителя;

Иоу – интегратор на ОУ;

Кбп – аналоговый ключ на биполярном транзисторе;

Кис – аналоговый ключ в интегральном исполнении;

Кмоп – аналоговый ключ на МОП транзисторах;

Ф – усилитель–формирователь прямоугольных импульсов на биполярных транзисторах;

Фоу – усилитель – формирователь прямоугольных импульсов на операционном

усилителе;

Флэ – усилитель – формирователь прямоугольных импульсов на основе логических элементов ИС;

Ипк – стабилизированный источник питания компенсационного типа;

ИПи – стабилизированный источник питания компенсационного типа с импульсным регулированием;

КОМоу – компаратор на основе ОУ;

5.2 Демодулятор длительности импульсов.

1. усилитель – формирователь (будем обозначать его УФбп, УФмоп или УФоу в зависимости от реализации его на биполярных, полевых транзисторах или на основе операционного усилителя);
2. генератор пилообразного напряжения (будем обозначать ГПНбп или ГПНоу в зависимости от исполнения на основе транзисторов или ОУ);
3. компаратор (КОМоу или КОМис, где КОМис – стандартная схема интегрального компаратора, включенного соответствующим образом);
4. одновибратор для формирования выходного сигнала по амплитуде и длительности (обозначения прежние);
5. источник питания (обозначения прежние);

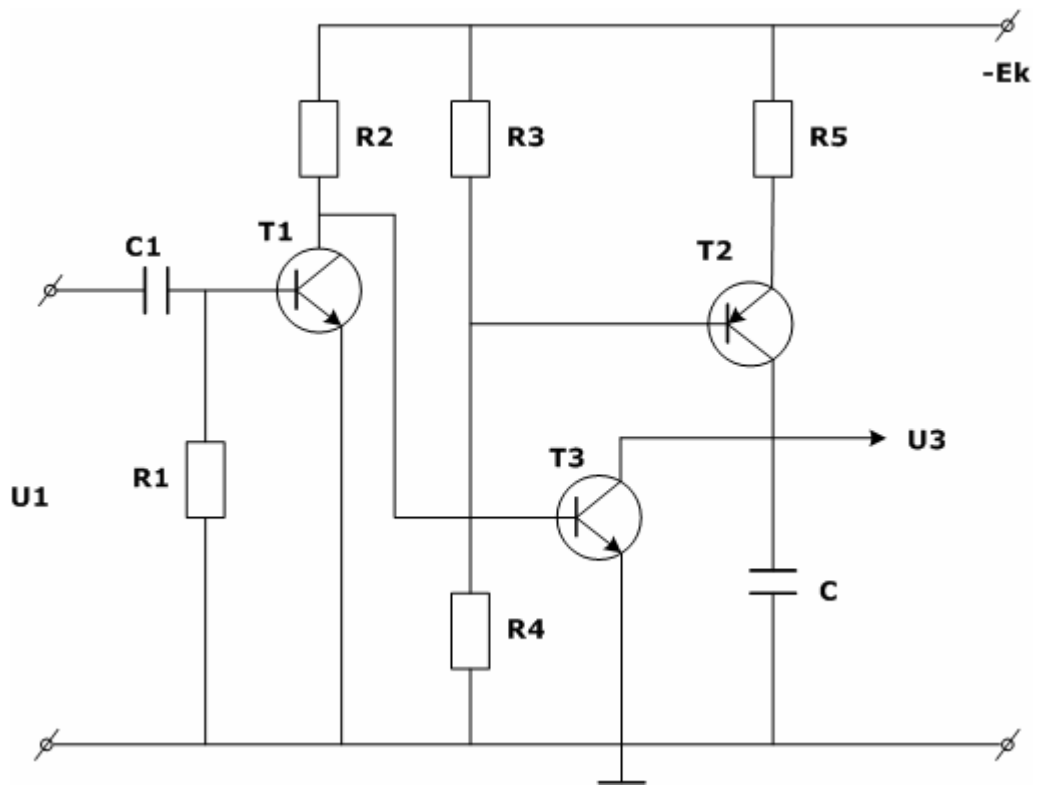


Рисунок 5 – Фрагмент принципиальной схемы демодулятора длительности импульсов

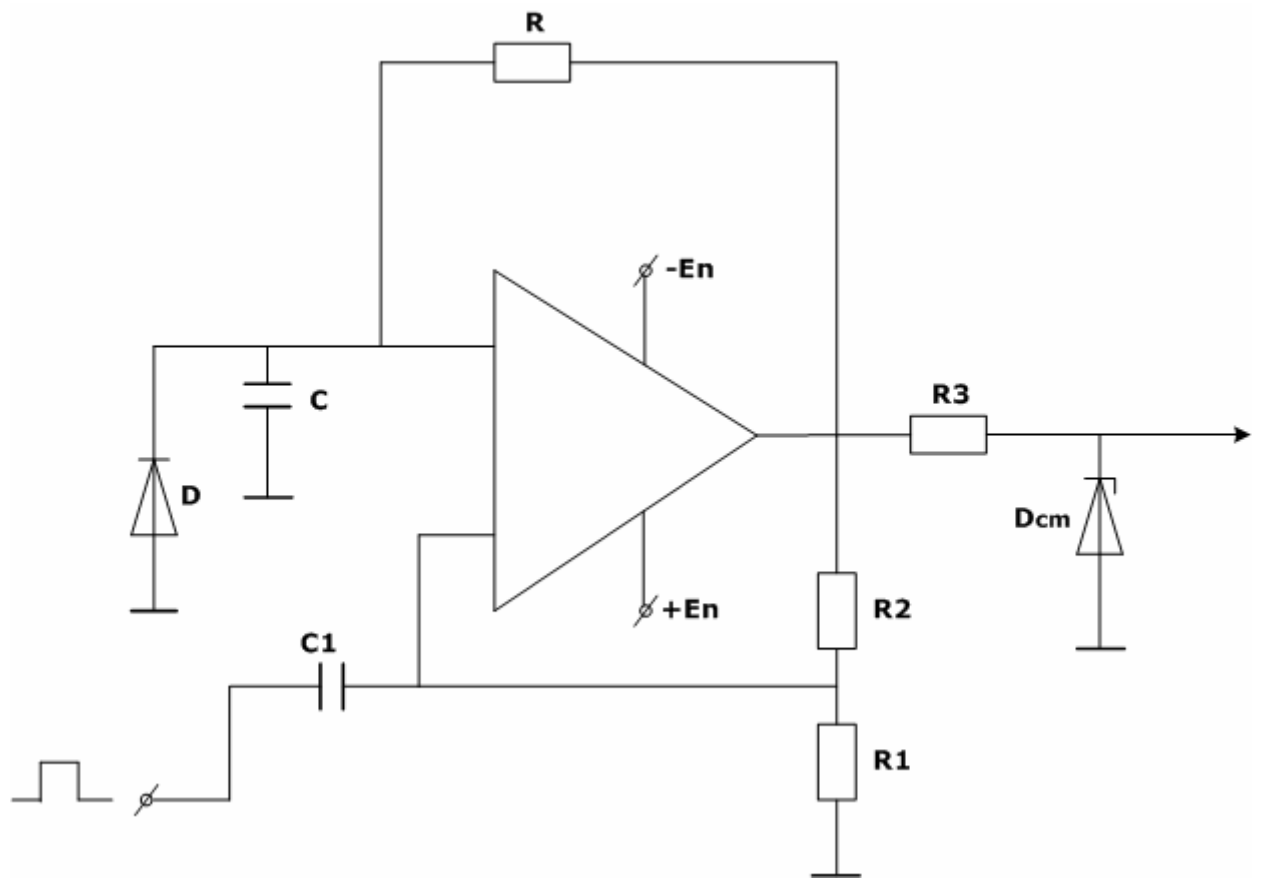


Рисунок 6 – к расчету одновибратора на ОУ

Таблица 1

#Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
#Элемента																
1	М	Млэ*	Моу	Мисс	ГРС* + Фбп*	ГЛС* + Флэ*	М	Моу	Млэ	Мис*	М*	Моу	Млэ	М	Моу*	Мис
2	Т	Т	Т*	Тис	Т	Т	Т	Тис	Тис	Т	Т	Т	Тис	Тис	Т*	Тис
3	РС*	РС	РС*	РС	РС*	РС	РС*	РС	РС*	РС*	РС	РС*	РС*	РС	РС	РС
4	О*	Олэ	О	Ооу*	Олэ	Ооу	Оис*	О	Ооу	Олэ	Олэ	Олэ	О	Оис	О	Олэ*
5	Кбп	Кбп*	Кис	Кмоп	Кмоп*	Кмоп*	Кис*	Кмоп*	Кмоп	Кбп*	Кис*	Кмоп	Кбп	Кмоп*	Кмоп	Кбп
6	Т	Тлэ	Тис*	Т	Тлэ	Т	Тлэ	Тис	Т	Тлэ	Тлэ	Тлэ	Т	Т*	Тис	Т*
7	Иоу	Иоу	Иоу	Иоу	Иоу	Иоу	Иоу	Иоу	Иоу	Иоу	Иоу	Иоу	Иоу*	Иоу	Иоу	Иоу
8	КОМоу	КОМоу	КОМоу	КОМоу	КОМоу	КОМоу	КОМоу*	КОМоу	КОМоу	КОМоу	КОМоу	КОМоу	КОМоу	КОМоу	КОМоу	КОМоу
9	ИПк	ИПк	ИПк	ИПк	ИПк	ИПк	ИПк	ИПк	ИПк*	ИПк	ИПк	ИПк	ИПк*	ИПк	ИПк	ИПк

Таблица 2

#Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
#Элемента										
1	УФбп*	УФбп	Моп	Моп	Уфоу	М	Уфоу*	Уфбп	Уфмоп	Уфмоп
2	ГПНбп	ГПНоу	ГПНоу*	ГПНбп	ГПНоу	ГПНбп*	ГПНоу	ГПНбп	ГПНбп	ГПНоу
3	КОМоу	КОМис	КОМоу	КОМис*	КОМис*	КОМис	КОМис	КОМоу	КОМоу	КОМоу*
4	О	О*	Олэ	Олэ*	Олэ*	Ооу	О	Ооу*	Олэ	О
5	ИПк	ИПк	ИПк	ИПи	ИПи	ИПк	ИПк	ИПи	ИПк*	ИПи

Литература.

1. В.И. Карлашук. Электронная лаборатория на IBM PC (Electronic Workbench) М. 2000. “Солон Р”.
2. В.И. Лачин, Н.С. Савелов. Электроника. Ростов-на-Дону 2000. “Феникс”.
3. В.А. Прянишников. Электроника. Курс лекций. С. Петербург 1998.”Корона принт”.
4. Б.Л. Перельман. Справочник по полупроводниковым приборам. М. 1996. Микротех.
5. А.Я. Шихин. Электротехника. Высшая школа. М. 2001.
6. В.А. Завадский. Компьютерная электроника. ТОО ВЕК. Киев 1996.
7. Ю.Ф. Опадчий и др. Аналоговая и цифровая электроника. Горячая линия – Телеком. М. 1999.
8. В.Д. Разевиг. Система схемотехнического моделирования Micro Cap V. М. Солон 1997.
9. В.Д. Разевиг. Система сквозного проектирования электронных устройств Designlab 8.0. М. Солон 2000.
10. Б.Л. Резников. Электроника. Лабораторные работы 1,2,3,4. М. МГТУГА 2004
11. Б.Л. Резников, А.Б. Зотов. Компьютерное моделирование устройств электроники. МГТУГА. М. 2001.
12. Б.Л. Резников, А.Б. Бобылев, А.А. Журавлев. Автоматизированная среда Micro Cap в учебном процессе М. МГТУГА 2003.
13. Б.Л. Резников . Электроника. Тексты лекций. М. МГТУГА 2003.
14. Б.Л. Резников. Схемотехническое моделирование в учебном процессе. М. МГТУГА 2005
15. Роберт Хайнеман. Проектирование PSpICE. Моделирование работы электронных схем М ДМК 2005
16. Б.Л. Резников, С.Ю. Гоцуцов Схемотехническое моделирование в среде PSpice 9 Student М.МГТУ ГА 2003