

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра радиотехники и электродинамики

**АКТИВНЫЕ ИНТЕГРИРУЮЩИЕ RC-ЦЕПИ НА БАЗЕ
ОПЕРАЦИОННОГО УСИЛИТЕЛЯ В СХЕМАХ С ОДНОПОЛЯРНЫМ
ПИТАНИЕМ**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 421 группы
направления 03.03.03 «Радиофизика»
Попова Николая Александровича

Научный руководитель
доцент кафедры, к.ф.-м.н.

дата, подпись

М.М. Слепченков

Заведующий кафедрой
д.ф.-м.н., профессор

дата, подпись

О.Е. Глухова

Саратов, 2018 год

Введение.

Раздел «Интегрирующие цепи» является одним из базовых разделов курсов радиотехнического цикла [1-10] дисциплин учебного плана бакалавров по направлению «Радиофизика». Изучение круга вопросов, связанных с работой интегрирующих цепей, способствует формированию у выпускника бакалавриата следующих профессиональных компетенций:

- способность понимать принципы работы и методы эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования (ПК-1);
- способностью использовать основные методы радиофизических измерений (ПК-2).

Интегрирующие устройства применяются во многих радиотехнических и физических установках для решения следующих задач:

- Для выполнения операции интегрирования в аналоговых вычислительных устройствах;
- Для измерения числа импульсов, поступающих на устройства за единицу времени;
- Для отбора импульсов по длительности;
- Для подавления коротких импульсных помех значительной амплитуды;
- В устройствах автоматического регулирования, в счетно-решающих устройствах;
- Для преобразования прямоугольных импульсов в треугольные, расширения импульсов по длительности.

В связи с этим, целью данной работы являлось изучение влияния рабочих параметров операционного усилителя на характеристики интегрирующих RC-цепей в схемах с однополярным питанием. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- Моделирование принципиальной схемы активных интегрирующих RC-цепей с однополярным питанием на базе операционных усилителей

TDA2030, LM358, UA741 и снятие рабочих характеристик в программном пакете Multisim;

- Проектирование печатных плат рассматриваемых активных интегрирующих RC-цепей в программном пакете Sprint Layout 5;
- Монтаж печатных плат, созданных на предыдущем этапе;
- Экспериментальное исследование режима работы рассматриваемых активных интегрирующих RC-цепях.

ВКР состоит из введения, 3-х разделов, заключения и списка литературы, содержащего 16 ссылок. Общий объём ВКР составляет 29 стр.

Названия разделов:

1. Принцип работы и разновидности интегрирующих цепей;
2. Методы математического описания процессов в интегрирующих цепях;
3. Результаты теоретического и экспериментального исследования активных интегрирующих RC-цепи на базе операционного усилителя в схемах с однополярным питанием.

ВКР носит теоретический и экспериментальный характер, предметом исследования являются активные интегрирующие RC-цепи на базе операционного усилителя в схемах с однополярным питанием. Первый раздел посвящен описанию принципа работы разновидностям интегрирующих цепей. Второй раздел посвящен методам математического описания процессов в интегрирующих цепях. Третий раздел содержит анализ результатов натурального эксперимента.

Основное содержание работы.

Первый раздел посвящен описанию принципа работы разновидностям интегрирующих цепей. Рассматриваются примеры использования интеграторов в активных фильтрах или в системах автоматического регулирования для интегрирования сигнала ошибки. Уделено внимание таким практическим вопросам теории интегрирующих цепей, как ограничение входного сигнала, применение Т-образного соединения резисторов в схеме интегратора, суммирующему интегратору, интегрированию разности двух входных

сигналов, дифференциальному интегратору с высоким коэффициентом отрицательной обратной связи, интеграторам тока – «собирателям заряда» [11].

Во втором разделе описаны подходы к математическому описанию процессов в интегрирующих RC-цепях. Рассмотрены основные положения теории переходных процессов в электрических цепях [12]. Показаны примеры расчета переходных процессов в интегрирующих RC – цепях при включении и отключении цепи от источника питания постоянного напряжения.

В работе рассматривалась активная интегрирующая RC-цепь на базе операционного усилителя (ОУ) с однополярным питанием. Применение однополярной схемы включения ОУ обусловлено следующими факторами: использованием стандартных однополюсных источников тока; использование же однополярного питания дает возможность подстройки уровней максимального выходного напряжения, путем изменения положения нулевой точки. Данная подстройка осуществляется изменением номиналов резисторов рабочей точки.

В рамках данной работы проводилось исследование особенностей работы интегрирующей RC-цепи на базе ОУ в зависимости от типа используемого в схеме ОУ. Были выбраны 3 операционных усилителя, наиболее часто встречающихся в справочной радиотехнической литературе - LM 358, UA 741, TDA 2030 [13-14].

На первом этапе исследование проводилось схемотехническое моделирование рассматриваемых вариантов активной интегрирующей RC-цепи с однополярным питанием на базе ОУ с помощью пакета Multisim [15]. На рис. 1 изображена принципиальная схема активной интегрирующей RC-цепи с однополярным питанием, построенная в пакете Multisim. В таблице 1 представлены параметры элементов рассматриваемой цепи. В таблице 2 представлены основные рабочие параметры используемых ОУ.

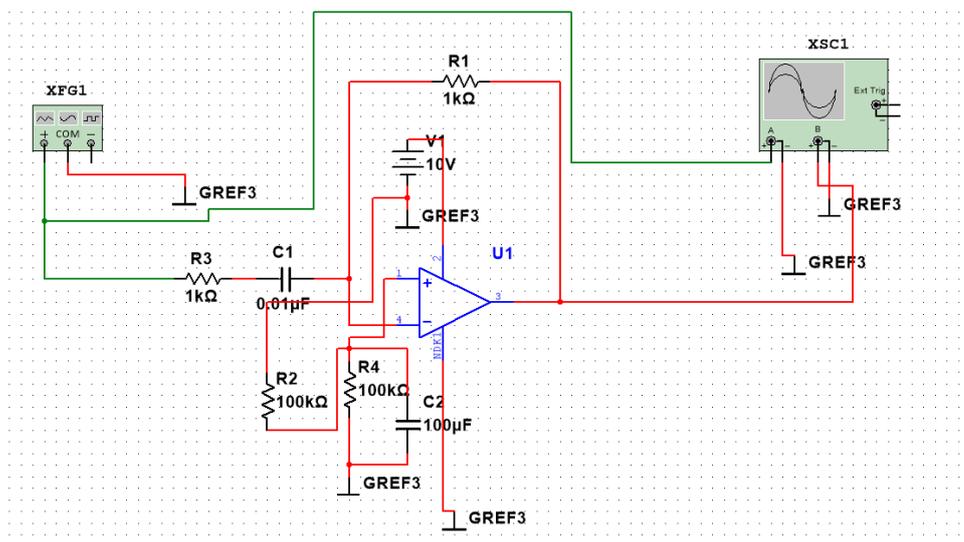


Рис. 1. Принципиальная схема активной интегрирующей RC-цепи с однополярным питанием, построенная в пакете Multisim.

Таблица 1. Параметры элементов активной интегрирующей RC-цепи с однополярным питанием

R1	R2	R3	R4	C1	C2
1кОм	100кОм	1кОм	100кОм	0,01мкФ	100мкФ

Таблица 2. Некоторые параметры используемых ОУ

Тип ОУ	Питание	Входной ток смещения	Потребляемый ток	Коэффициент усиления
LM358	3-32 В	100 нА	0,7 мА	100 дБ
UA741	5-40 В	20 нА	1,8 мА	90 дБ
TDA2030	18-36 В	2 мА	60 мА	30 дБ

На следующем этапе исследования осуществлялось проектирование рассматриваемой принципиальной схемы интегрирующей RC-цепи на базе ОУ в программном пакете SprintLayout 5 [16] для последующего монтажа печатной платы радиотехнического устройства. На рис. 2 приведена импортированная в

программный пакет SprintLayout 5 схема RC-интегратора на базе TDA 2030.

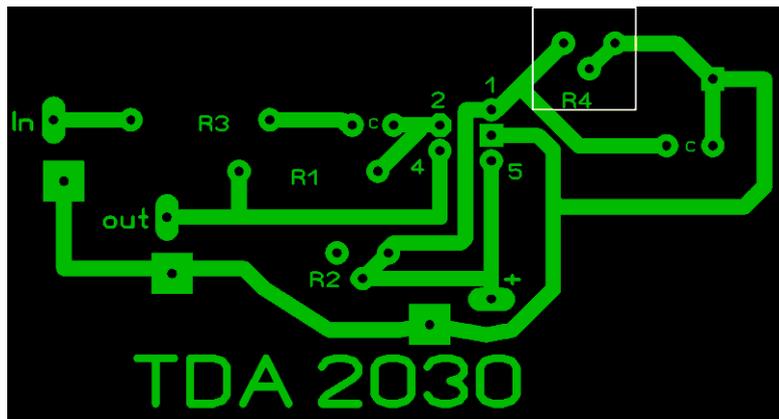


Рис. 2. Принципиальная схема RC-интегратора на базе TDA 2030, импортированная в программный пакет SprintLayout 5.

Далее на этапе монтажа происходило нанесение изображения принципиальной схемы интегратора на печатную плату с последующим травлением платы в оксид аммония. На рис. 3 показан результат этой работы.



Рис. 3. Результат нанесения изображения принципиальной схемы интегратора после травления платы.

Следующим этапом монтажа RC-интегратора стало лужение дорожек. Результат этой проведенной операции показан на рис. 4.



Рис. 4. Вид печатной платы схема RC-интегратора после лужения дорожек.

Заключительным этапом монтажа являлась пайка радиоэлементов. Под пайкой понимается соединение двух деталей с помощью легкоплавкого сплава. На рис. 5 показан полученный макет RC-интегратора на базе операционного усилителя TDA2030.

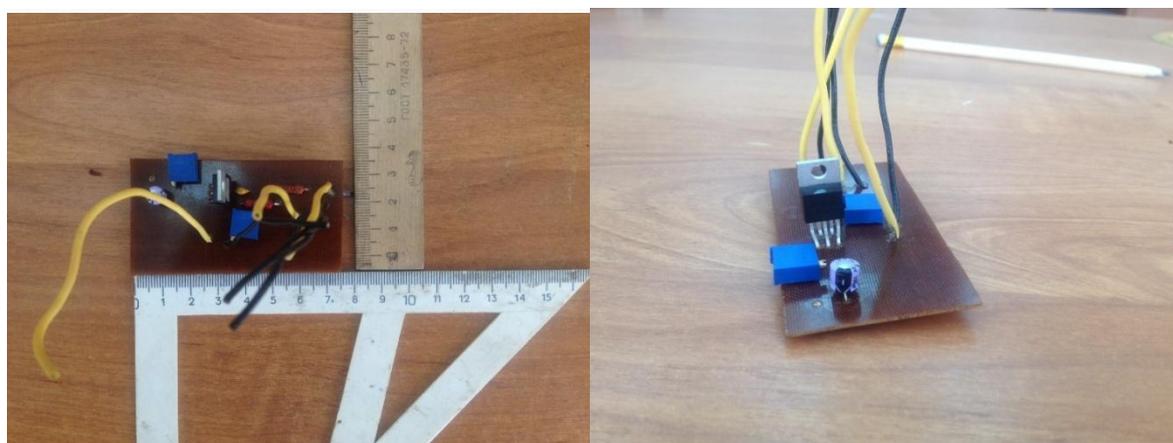


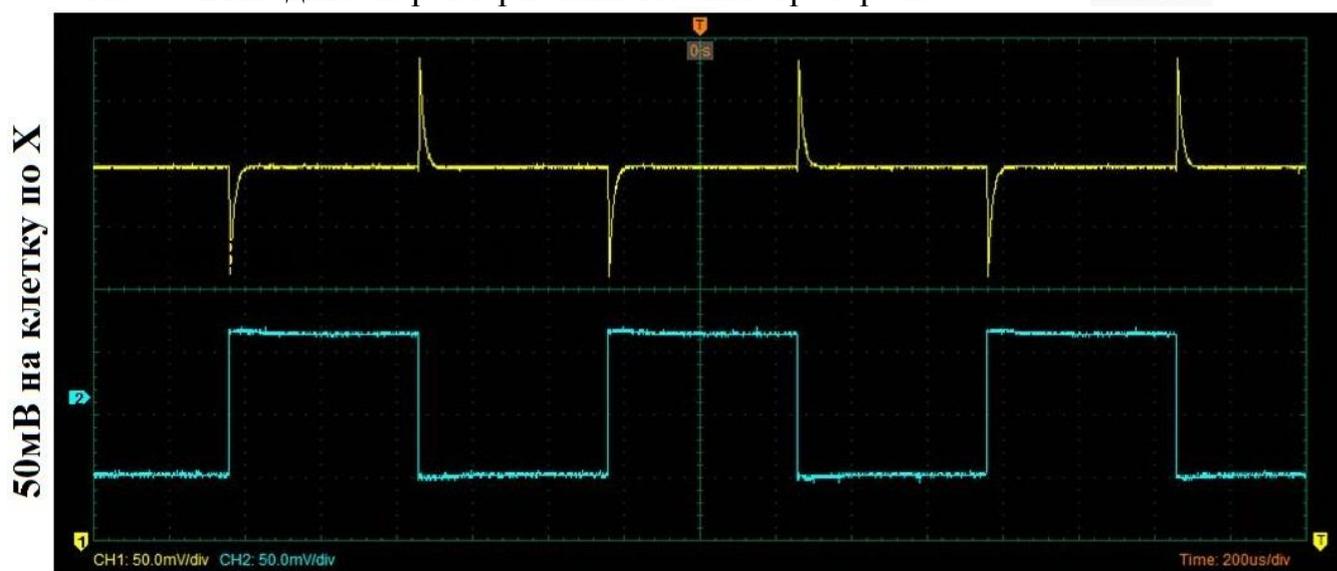
Рис. 5. Готовая печатная плата RC-интегратора

После изготовления макетов RC-интеграторов проводилось экспериментальное исследование рабочих режимов рассматриваемых интеграторов путем снятия осциллограмм напряжения входного и выходного сигналов с помощью цифрового осциллографа Hantek dso4254b. В рамках проводимых экспериментов на вход RC-цепи подавался прямоугольный импульс и с выхода цепи снимался уже проинтегрируемый сигнал. Уровень входного напряжения был 100-120мВ для каждой схемы. Снятые выходные и выходные характеристики напряжения для всех трех типов ОУ приведены на рис. 6-8.



200 мкс на клетку по X

Рис. 6. Выходные характеристики RC-интегратора на базе ОУ LM 358.



200 мкс на клетку по X

Рис. 7. Выходные характеристики RC-интегратора на базе ОУ UA 741.



200 мкс на клетку по X

Рис. 8. Выходные характеристики RC-интегратора на базе ОУ TDA 2030.

В каждом из трех рассматриваемых случаев проводился анализ формы выходного импульсного сигнала и его основных параметров – длительности фронта и спада импульсов. Результаты проведенных исследований представлены в таблице 3.

Тип ОУ	Длительность фронта выходного импульса	Длительность спада выходного импульса	Амплитуда входного сигнала	Амплитуда выходного сигнала
LM358	~15мс	67мс	120 мВ	80 мВ
UA741	~5.1мс	43мс	130 мВ	90 мВ
TDA2030	~5.4мс	52мс	100 мВ	60 мВ

Из табличных данных следует, что наиболее быстродействующим интегратором является интегратор на базе ОУ UA 741 со временем фронта 5.1 мс и временем спада 40 мс. Высокое быстродействие данной схемы обусловлено тем, что в данной схеме ОУ применены маломощные быстродействующие транзисторы. Напротив, микросхема LM358 показала среди рассмотренных вариантов худшие результаты по времени фронта и спада импульса, которые составили 15 мс и 65 мс, соответственно. Низкое быстродействие схем интегратора с этими типами ОУ связано с применением низкочастотных транзисторов в схеме ОУ, обусловленное дешевизной данного ОУ в своем классе.

Заключение

Проведено схемотехническое моделирование и проектирование интегрирующих активных RC-цепей на базе операционного усилителя в схеме с однополярным питанием. Изготовлены макеты активного RC-интегратора на базе импортных операционных усилителей UA741, LM358, TDA2030;

Проведено экспериментальное исследование режимов работы интегрирующих активных RC-цепей с различными операционными усилителями. В ходе исследования установлено, что

- усилитель UA 741 является наиболее подходящим для маломощных схем интегрирования сигналов ввиду высокого быстродействия;
- усилитель TDA2030 перспективен для схем интегратора с высокой мощностью;
- применять LM 358 для высокоточных интегрирующих и дифференцирующих схем не рекомендуется, в виду низкого быстродействия ОУ.

Библиографические ссылки:

1. Анализ активного фильтра на базе операционного усилителя / Князькова Т., Гулова Н.А. - учебное пособие, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Москва), 2013.
2. Электротехника / Белодедов М.В., Михайлова О.М., Абулкасимов М.М. - учебное пособие, Издательство: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (Москва), 2015.
3. Отношение сигнал/шум для сигналов бесконечной длительности на выходе интегрирующей цепи [Электронный ресурс] / Лукин А.Н., Мальцев А.В., Слепченко Р.А., 2011.
4. Построение динамических моделей колебательных систем на основе обработки амплитудно-фазо-частотных характеристик (АФЧХ) при наличии интегрирующих звеньев в цепи измерения [Электронный ресурс] / Ю.Н. Санкин, С.Л. Пирожков – Москва, 2008.
5. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи [Текст]: учеб. пособие / Г. И. Атабеков. - 8-е изд., стер. - Санкт-Петербург; Москва; Краснодар: Лань, 2010. - 591, [1] с.

6. Электротехника и электроника. Ч.1. Электрические, электронные и магнитные цепи [Электронный ресурс] / Ю.Е. Бабичев. - Москва: Горная книга, 2007. В ЭБС «Лань».
7. Общая электротехника [Текст]: учеб. пособие / И. А. Данилов. - Москва: Юрайт: ИД Юрайт, 2010. - 673, [15] с.
8. Теоретические основы электротехники [Текст]: учеб. для вузов: в 3 т./ К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. - 5-е изд. - Москва; Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2009. Т. 1. - Москва; Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2009. - 512 с.
9. Теоретические основы электротехники [Текст]: учеб. для вузов: в 3 т. / К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин. - 5-е изд. - Москва; Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2009. Т. 2. - Москва; Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2009. - 431с.
10. Электротехника и электроника [Электронный ресурс]: Учебник / А. Л. Марченко, Ю. Ф. Опачий. 1. В 2 томах. Том 1: Электротехника. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2015. В ЭБС "ZNANIUM.com".
11. Платт Ч. Электроника для начинающих СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 478 с.
12. Общая электротехника и электроника [Электронный ресурс]: учебник / Ю.А. Комиссаров, Г.И. Бабокин. - 2. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2016. - 480 с. В ЭБС "ZNANIUM.com".
13. Платт Ч., Янссон Ф. Энциклопедия электронных компонентов. Том 2. Тиристоры, аналоговые и цифровые микросхемы, светодиоды, ЖК-дисплеи, аудиокомпоненты СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 347 с.
14. Все для радиолюбителя URL: <http://www.joyta.ru/>
15. Multisim URL: <http://www.ni.com/en-us/shop/electronic-test-instrumentation/application-software-for-electronic-test-and-instrumentation-category/what-is-multisim.html>
16. SprintLayout 5 URL: http://cxem.net/software/sprint_layout.php