

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра промышленной электроники

РС-ЦЕПИ И УСТРОЙСТВА НА ИХ ОСНОВЕ

**Лабораторный практикум по дисциплине
«Электронные цепи и микросхемотехника»**

УФА
2010 г.

Составитель: Андреев И.Б.

УДК

ББК

РС-цепи и устройства на их основе. Лабораторный практикум по дисциплине «Электронные цепи и микросхемотехника»/Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: Андреев И.Б. – Уфа, 2010.- 26 с.

Приведены краткие теоретические сведения по изучаемым темам, примеры расчета, задания на самостоятельную работу, список литературы для самостоятельной работы.

Предназначено для студентов по направлению подготовки 210100 (550700) «Электроника и микроэлектроника» и может быть использовано студентами других специальностей, изучающими основы электроники.

© Уфимский государственный
авиационный технический университет, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.	
РС-ЦЕПИ И УСТРОЙСТВА НА ИХ ОСНОВЕ	
1. Цель работы	5
2. Задачи работы	5
3. Описание лабораторной установки	5
4. Краткие теоретические сведения	6
5. Программа выполнения работы	10
6. Требования к оформлению и содержанию отчета	12
7. Критерии результативности выполнения работы	12
8. Контрольные вопросы	13
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	29

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум составлен в соответствии с учебной программой по дисциплине "Электронные цепи и микросхемотехника". Дисциплина относится к циклу специальных дисциплин Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки бакалавров 210100 "Электроника и микроэлектроника", по направлению подготовки дипломированных специалистов 654100 (210100) "Электроника и микроэлектроника" специальности 200400 (200106) "Промышленная электроника".

Целью данной дисциплины является изучение основ схемотехники и методов анализа типовых электронных схем. Лабораторный практикум позволяет приобрести навыки изучения работы электронных устройств, снятия основных характеристик с использованием современных аппаратных и аппаратно-программных (компьютерных) измерительных приборов и систем.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

RC-ЦЕПИ И УСТРОЙСТВА НА ИХ ОСНОВЕ

1. Цель работы

Изучение схемотехники и исследование характеристик устройств импульсной техники на основе RC-цепей.

2. Задачи работы

Основными задачами работы являются:

2.1. Изучение теоретических основ схемотехники и приобретение опыта работы с современным техническим оборудованием и компьютерными измерительными приставками.

2.2. Получение навыков работы с импульсными электронными устройствами.

2.3. Исследование характеристик импульсных устройств на основе RC-цепей.

3. Описание лабораторной установки

Оборудование, используемое для выполнения работы, включает: персональный компьютер, осциллографическую приставку, генератор сигналов низких частот универсальный, лабораторный стенд. Схема лабораторной установки состоит из нескольких блоков.

Блок RC-цепей содержит в своем составе дифференцирующую и интегрирующую цепочки, каждая из которых состоит из конденсатора и переменного резистора (рис. 1.1). Наличие переменного резистора позволяет менять постоянную времени цепочки при ее исследовании.

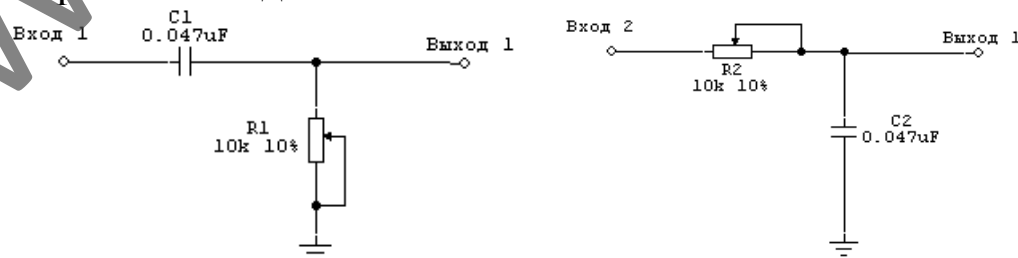


Рис. 1.1 – Принципиальная схема блока RC-цепей,
а - дифференцирующая цепь, б – интегрирующая цепь

Блок формирователя импульсов на интегрирующей цепочке (рис. 1.2) представляет собой схему на логических элементах, формирующую короткий импульс по фронту входного импульса. Формирование происходит за счет задержки импульса интегрирующей RC-цепочкой с регулируемой постоянной времени.

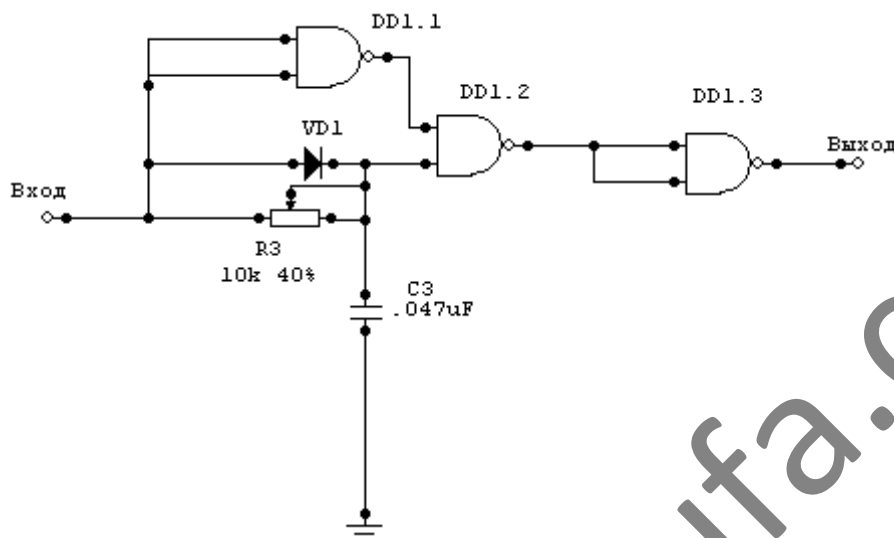


Рис. 1.2 – Принципиальная схема блока формирователя импульсов на интегрирующей цепочке

Блок формирователя импульсов на дифцепочке представляет собой простейшую схему формирователя импульса, основанную на укорачивании входного импульса дифференцирующей RC-цепочкой (рис 1.3). Постоянная времени этой цепочки также регулируется переменным резистором.

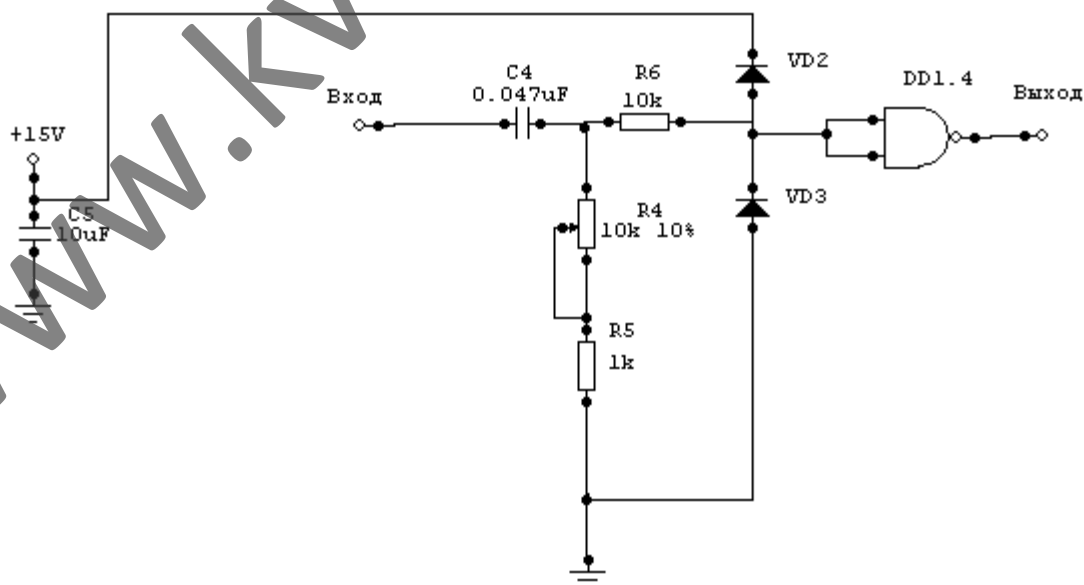


Рис. 1.3. Принципиальная схема формирователя импульсов на дифцепочке

Блок формирователя коротких импульсов по переднему и заднему фронту входного импульса представляет собой простейшую схему формирователя двух импульсов, соответствующих началу и окончанию входного импульса, основанную на задержке импульса интегрирующей RC-цепочкой с последующим выполнением операции «исключающее или» (рис 1.4). Длительности выходных импульсов регулируются переменным резистором.

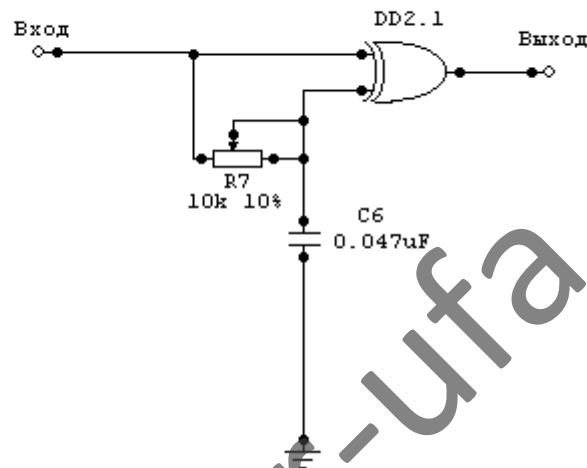


Рис. 1.4. Принципиальная схема формирователя коротких импульсов по переднему и заднему фронту входного импульса

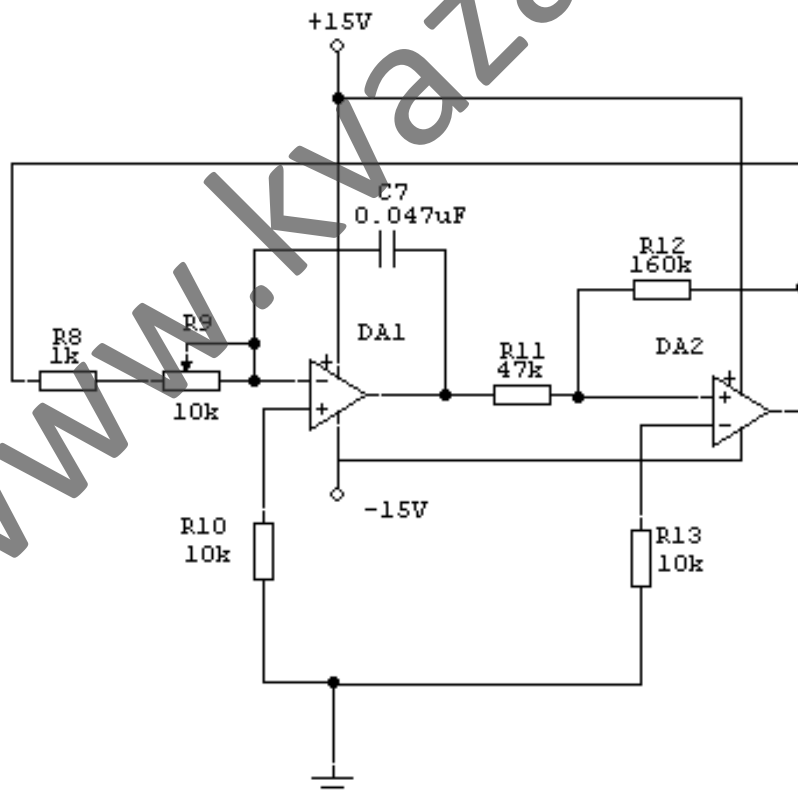


Рис. 1.5. Принципиальная схема блока генератора линейно изменяющегося напряжения

Блок генератора линейно изменяющегося напряжения (рис 1.5) является фактически функциональным генератором на двух операционных усилителях. Один из каскадов представляет собой интегратор, второй – триггер Шмита. Наличие обратной связи приводит к появлению автоколебаний. На выходе интегратора сигнал имеет треугольную форму с линейным нарастанием и спадом выходного напряжения. На выходе триггера Шмита формируются прямоугольные импульсы.

4. Краткие теоретические сведения

При создании импульсных устройств, генерирующих или преобразующих различные импульсные сигналы, необходимо формирование временных интервалов, определяющих длительности импульсов, пауз между ними, частоту повторения импульсов и т. п. Эта задача решается с помощью времязадающих цепей, содержащих линейные реактивные элементы (L , C), а нередко и нелинейные реактивные элементы (например, нелинейные индуктивности). В таких цепях ток или напряжение при переходном процессе изменяются с определенной скоростью. Магнитные элементы в составе ИМС невыполнимы, поэтому в качестве времязадающих цепей используют главным образом более простые и надежные цепи с резисторами и конденсаторами, т. е. *RC-цепи*.

Дифференцирующие (или укорачивающие) цепи. Схема дифференцирующей цепи приведена на рис. 1.1, а. В качестве примера рассмотрим работу цепи от источника двухполярных импульсов. Временные диаграммы токов и напряжений в схеме приведены на рис. 1.6.

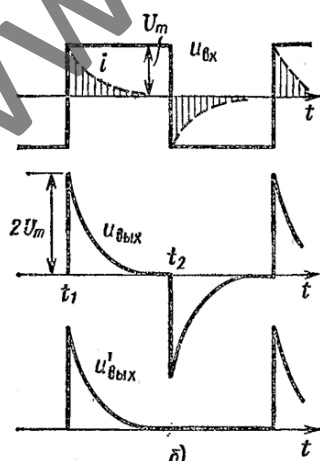


Рис. 1.6. Работа дифференцирующей RC-цепи

В момент t_1 напряжение $U_{вх}$ меняется скачком на величину $2U_m$. Напряжение на конденсаторе скачком измениться не может, поэтому в нагрузку передается скачок напряжения $\Delta U_{вых} = 2U_m$. Затем начинается заряд конденсатора напряжением $U_{вх} - U_m$ через резистор R и напряжение на C изменяется по экспоненте. Напряжение $U_{вых}(t) = U_{вх}(t) - U_c(t)$. По мере заряда конденсатора $U_{вых}$ экспоненциально спадает к нулю.

В момент t_2 напряжение $U_{вх}$ изменяется скачком. Скачок входного напряжения передается на выход цепи $\Delta U_{вых} = -2U_m$. Затем начинается разряд конденсатора C до напряжения $-U_m$ через резистор R . Начальное напряжение на конденсаторе $U_c(t_2) = U_m$. Таким образом, на резисторе R формируются разнополярные экспоненциально спадающие импульсы, фронт которых соответствует фронту и срезу импульсов $U_{вх}$. Длительность этих импульсов зависит от постоянной времени $\tau = RC$ и может быть оценена $t_n = (2-3)\tau$. При малой постоянной времени напряжение $U_{вых}$ соответствует значению производной $U_{вх}$.

Часто на выходе используют только один из импульсов напряжения $U_{вых}$. Для этого схема дополняется диодом, включенным между RC-цепью и нагрузкой, а напряжение $U_{вых}$ для этого случая приведено на нижнем графике рис. 1.6.

Дифференцирующие цепи находят широкое применение в импульсных устройствах при необходимости фиксации моментов фронта и среза, а также для укорочения импульсов.

Интегрирующие цепи. Знакомая нам RC-цепь может быть включена иным образом, показанным на рис. 1.1, б, при этом $U_{вых} = U_c$.

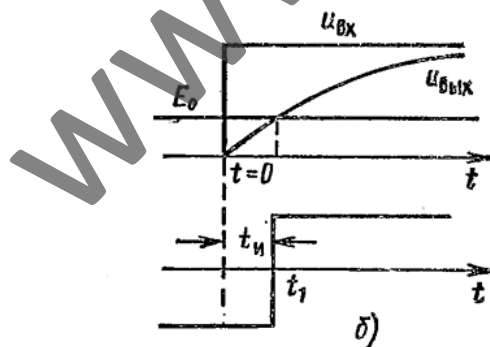


Рис. 1.7. Работа интегрирующей RC-цепи

Рассмотрим процессы в RC-цепи при замыкании в момент $t=0$ ключа, присоединяющего к ней источник постоянного напряжения E .

Процесс заряда конденсатора описывается дифференциальным уравнением, хорошо известным из курса ТОЭ:

$$RC \frac{dU_C}{dt} + U_C = E.$$

Его решение имеет вид

$$U_{\text{вых}} = U_C(t) = E - [E - U_C(0)] \exp(-t/\tau),$$

где $U_C(0)$ — напряжение на конденсаторе в момент $t=0$; $\tau=RC$ — постоянная времени цепи. Напряжение на конденсаторе экспоненциально растет, соответствуя накоплению заряда (интегрированию тока), (рис. 1.7).

В импульсных устройствах сигнал с интегрирующей цепи р часто подается на компаратор K , на второй вход которого подано напряжение $E_0 < E$ (рис. 1.8).

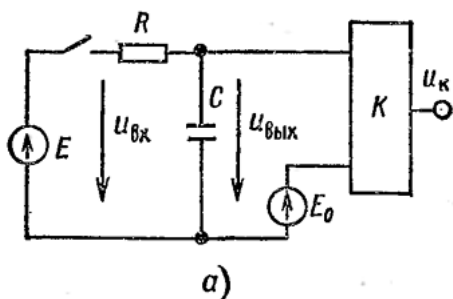


Рис.1.8. Устройство задержки импульсов

В момент t_1 $U_{\text{вых}} = U_C = E_0$ и компаратор (в роли компаратора может выступать и логический элемент) срабатывает. Импульсный узел рис. 1.8 формирует временной интервал между моментом замыкания ключа (момент $t=0$) и моментом срабатывания компаратора $t_1 = t_u$. Интервал зависит от значений E , $U_C(0)$, E_0 и τ . В момент t_1 уравнение (4.1) записывается в виде

$$E - [E - U_C(0)] \exp(-t/\tau) = E_0.$$

Логарифмирование этого выражения позволяет найти длительность интервала

$$t_u = \tau \ln \frac{E - U_C(0)}{E - E_0}.$$

Процесс формирования интервала t_u с помощью RC -цепи и компаратора лежит в основе многочисленных импульсных устройств (мультивибраторов, одновибраторов и др.). Существует множество вариантов решений одних и тех же импульсных функциональных узлов на транзисторах, полевых транзисторах, разнообразных ИМС и т. д. Несмотря на разнообразие других схемных решений, процессы в

них могут быть сведены к рассмотренным выше переходным процессам в интегрирующих RC -цепях.

Для формирования коротких импульсов из перепадов на выходах микросхем применяют дифференцирующие цепи. На рис. 1.3 показана дифференцирующая цепь для получения импульса по фронту входного импульса положительной полярности, если резисторы R_4, R_5 в этой схеме подключить не к потенциалу земли, а к источнику питания – выходной импульс будет формироваться по спаду входного. Диоды VD_2 и VD_3 являются защитными и входят в состав большинства микросхем выпуска последних лет, поэтому весьма часто в практические схемы они не ставятся. Резистор R_6 служит для ограничения входного тока через конденсатор C_4 и входные диоды VD_2 и VD_3 . Нагружая источник сигнала, этот ток увеличивает длительность фронта на выходе микросхемы – источника, а ток более 20 мА, текущий через защитные диоды, может привести к порче микросхем, подключенных ко входу и выходу дифференцирующей цепочки, особенно при питании устройства от источника питания с напряжением более 9 В. Сопротивление резистора R_6 выбирают порядка 3...10 кОм, если напряжение питания менее 9 В и увеличение нагрузки на микросхему – источник сигнала не является принципиальным, этот резистор не ставят.

Эффективная длительность импульсов на выходе дифференцирующей цепочки $0,7RC$, длительность спада – $2RC$.

В ряде конструкций для формирования коротких импульсов из перепадов можно встретить так называемую RCD -цепь, схема одного из вариантов которой приведена на рис. 1.2, иногда она используется без диода. Такая цепь по результату своей работы эквивалентна простейшей дифференцирующей цепочке, особых преимуществ перед схемой 1.3 она не имеет.

Цепь по схеме рис. 1.4, формирует короткие выходные импульсы по фронту и спаду входного. Длительность импульсов на выходе формирователей по схемам рис. 1.2 и 1.4 такая же, как и для дифференцирующей цепочки, – $0,7RC$.

Широко применяются в импульсной технике и интеграторы. В качестве примера применения интегратора рассмотрим схему рис. 1.5.

Генераторы, одновременно формирующие выходные сигналы с различной формой выходного напряжения, называют

функциональными. Одна из наиболее простых схем генераторов прямоугольного и треугольного напряжений приведена на рис. 1.5.

Когда входное напряжение интегратора достигает порога срабатывания триггера Шмита, напряжение на выходе триггера Шмитта скачком меняет свой знак. Вследствие этого напряжение на выходе интегратора начинает изменяться в противоположную сторону, пока не достигает другого порога срабатывания. Амплитуда треугольного напряжения U_T зависит только от величины порога срабатывания триггера и равна

$$U_T = \frac{R_{12}}{R_{11}} U_{\Pi}$$

где U_{Π} – амплитуда выходного напряжения триггера Шмитта.

Изменяя постоянную интегрирования, можно регулировать период автоколебаний, равный удвоенному времени, которое необходимо интегратору, чтобы его выходное напряжение изменялось от $-U_T$ до $+U_T$. Отсюда следует

$$T = 4(R_8 + R_9)C \left(\frac{R_{12}}{R_{11}} \right)$$

Важнейшей характеристикой сигналов, формируемых функциональным генератором является их частотный спектр.

Для периодического сигнала $f(t)$ можно записать его разложение в ряд Фурье:

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos n\omega_1 t + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin \omega_1 t$$

где a_0 , a_n и b_n определяются по формулам:

$$\begin{cases} a_0 = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \\ a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \cos n\omega_1 t dt \\ b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(t) \sin \omega_1 t dt \end{cases}$$

T – период функции $f(t)$; $\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$ – круговая частота первой гармоники.

Широкое распространение имеет и другая форма записи ряда Фурье:

$$f(t) = d_0 + \sum_{m=1}^{\infty} d_n \cos(n\omega_1 t + \varphi_n),$$

коэффициенты которой вычисляются с учетом соотношений

$$d_0 = a_0, \quad d_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2}; \quad \varphi_n = \arctg\left(-\frac{b_n}{a_n}\right)$$

для всех $n = 1, 2, \dots$. Совокупность величин d_n и φ_n принято называть соответственно спектром амплитуд и спектром фаз для исходного сигнала $f(t)$. Например, для периодической последовательности импульсов прямоугольной формы имеющих амплитуду A , период следования T и коэффициент заполнения (величина, обратная скважности) $S = \frac{\tau}{T}$, спектр амплитуд определяется выражениями

$$d_0 = SA; \quad d_n = \frac{2A}{\pi n} |\sin(n\pi S)|, \quad n = 1, 2, \dots$$

и графически изображается в виде отрезков длины d_n , проведенных перпендикулярно к оси частот, на которую наносятся значения $n\omega$.

Частотный спектр сигнала является дискретным, расстояния между соседними спектральными линиями одинаковы и равны основной частоте.

$$\omega_1 = \frac{2\pi}{T}.$$

5. Программа выполнения работы

5.1. Подключить выход генератора прямоугольных импульсов к входу дифференцирующей цепочки. Изменяя параметры выходного сигнала генератора и постоянную времени цепочки, исследовать процесс прохождения импульсов через цепочку. Зафиксировать форму выходного сигнала, измерить параметры выходного импульса.

5.2. Подключить выход генератора прямоугольных импульсов к входу интегрирующей цепочки. Изменяя параметры выходного сигнала генератора и постоянную времени цепочки, исследовать процесс прохождения импульсов через цепочку. Зафиксировать форму выходного сигнала, измерить параметры выходного импульса.

5.3. Подключить выход генератора прямоугольных импульсов к входу схемы рис. 1.2. Изменяя параметры выходного сигнала генератора и постоянную времени RC-цепочки, исследовать процесс прохождения импульсов через схему. Зафиксировать форму выходного сигнала, измерить параметры выходного импульса. Определить диапазон длительностей выходного импульса.

5.4. Повторить пункт 5.3 для схемы рис. 1.3. Сравнить полученные результаты для схем рис. 1.2 и рис. 1.3, сделать выводы.

5.5. Подключить выход генератора прямоугольных импульсов к входу схемы рис. 1.4. Изменяя параметры выходного сигнала генератора и постоянную времени RC-цепочки, исследовать процесс прохождения импульсов через схему. Зафиксировать форму выходного сигнала, измерить параметры выходного импульса. Определить диапазон длительностей выходного импульса.

5.6. Подключить выход генератора гармонического сигнала к входу схемы рис. 1.2 и рис. 1.3. Изменяя параметры выходного сигнала генератора, обеспечить работоспособность обеих схем при среднем положении переменных резисторов. Исследовать зависимость времени задержки появления выходного импульса от постоянной времени цепочки для обеих схем. Сравнить полученные результаты и сделать выводы.

5.8. Исследовать работу схемы рис. 1.5. Зафиксировать форму выходных сигналов схемы, измерить параметры сигнала на каждом выходе.

5.9. Исследовать влияние постоянной времени интегратора на работу схемы. Сравнить полученные результаты с теоретическим расчетом.

5.10. Исследовать спектры выходных сигналов схемы. Подключить интегрирующую цепочку рис. 1.1 к выходу триггера Шмитта. Исследовать форму и спектр выходного сигнала цепочки при изменении ее постоянной времени. Обосновать полученные результаты.

5.11. Сравнить форму и спектры сигналов на выходе интегрирующей цепочки и интегратора на ОУ при одинаковых значениях постоянных времени. Объяснить причину зафиксированных различий.

6. Требования к оформлению и содержанию отчета

Отчет должен содержать:

6.1. Исследуемую схему устройства по каждому пункту.

6.2. Характеристики исследуемого устройства (осциллограммы сигналов в характерных точках, основные параметры выходного сигнала).

6.3. Графики результатов исследований, в соответствии с заданием.

6.4. Выводы по результатам работы.

7. Критерии результативности выполнения работы

Результаты лабораторной работы считаются удовлетворительными, если студенты:

7.1. Выполнили в полном объеме программу работы и представили отчет, содержащий результаты измерений и проведенного моделирования.

7.2. Сумели объяснить представленные в отчете результаты.

7.3. Приобрели навыки работы с моделирующей программой на примерах схем усилителей без и с обратными связями.

7.4. Ответили на все контрольные вопросы.

8. Контрольные вопросы

8.1. Принцип работы дифференцирующей цепочки.

8.2. Принцип работы интегрирующей цепочки.

8.3. Принципы работы укорачивающих цепей.

8.4. Принцип работы интегратора на ОУ.

8.5. Преимущества активных интеграторов по сравнению с интегрирующими цепями на пассивных элементах

8.6. Работа функционального генератора.

Список литературы

- 1 Гусев, В. Г. Электроника/ В. Г. Гусев, Ю. М. Гусев. – М.: Высшая школа, 2004 г.- 622 с.
- 2 Белов, Г. А. Электронные цепи и микросхемотехника; Учебное пособие для вузов/ Г. А. Белов, 2004г. – 780с.
- 3 Хоровиц, П.. Искусство схемотехники. Пер. с англ./ П. Хоровиц, У. Хилл. – М.: Мир, 2003г. – 598с.
- 4 Гальперин, М. В. Электронная техника/ М. В. Гальперин. – М.: Форум, 2004г. – 304с.
- 5 Волович, Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых устройств/ Г. И. Волович. М.- «Додэка-XXI», 2005г.-527с.
- 6 Быстров, Ю. А. Электронные цепи и микросхемотехника: Учебник/ Ю. А. Быстров, И. Г. Мироненко. - М.: Высшая школа, 2002.- 384с.
- 7 Быстров, Ю.А. Электронные приборы и устройства на их основе: Справочная книга/ Ю. А. Быстров и др. - М.: ИП Радио Софт, 2002- 656с.
- 8 Бобровников, Л. З. Электроника: Учебник/ Л. З. Бобровников. – СПб: Питер, 2004. - 560с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Инструкция по работе с осциллографической приставкой и генератором GFG-8219A

Осциллографическая приставка не имеет наружных органов настройки и представляет собой автоматическое программно управляемое устройство.

На передней панели приставки имеются разъемы для подключения осциллографических шнуров – два входа измерительных каналов (слева и справа) и вход внешней синхронизации (в середине), а также светодиод индикации включения.

Запуск программного обеспечения осциллографа производится иконкой Pc_Lab2000se на рабочем столе компьютера (рис. А.1).

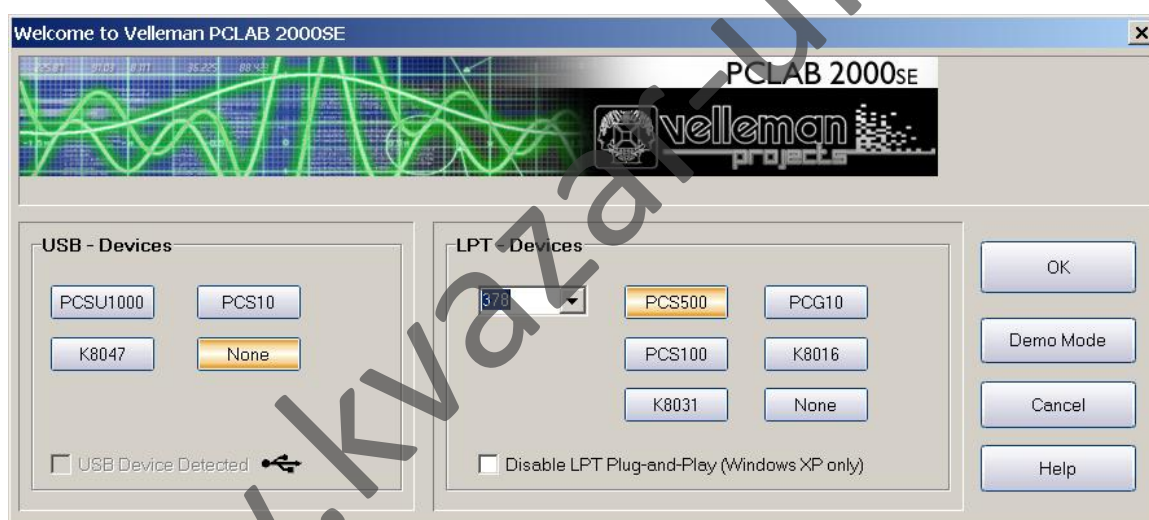


Рис. А.1

На появившемся окне программы проверить соответствие параметров приведенному выше рисунку и кликнуть мышкой на кнопке OK.

Через несколько секунд должно появиться рабочее окно, имитирующее двухлучевой цифровой осциллограф (рис. А.2). Подсоединив входные шнуры (1 или 2, по необходимости, канала) к исследуемой схеме, нужно включить осциллограф нажатием кнопки RUN. При работе в однолучевом режиме, второй луч можно погасить, отпустив кнопки ON над блоком вертикальной развертки

соответствующего луча (нижняя часть панели управления – первый луч (зеленый) – слева, второй (желтый) – справа). Делитель напряжения – кнопочный, нажатая кнопка показывает чувствительность в вольтах на деление (одна клетка на экране).

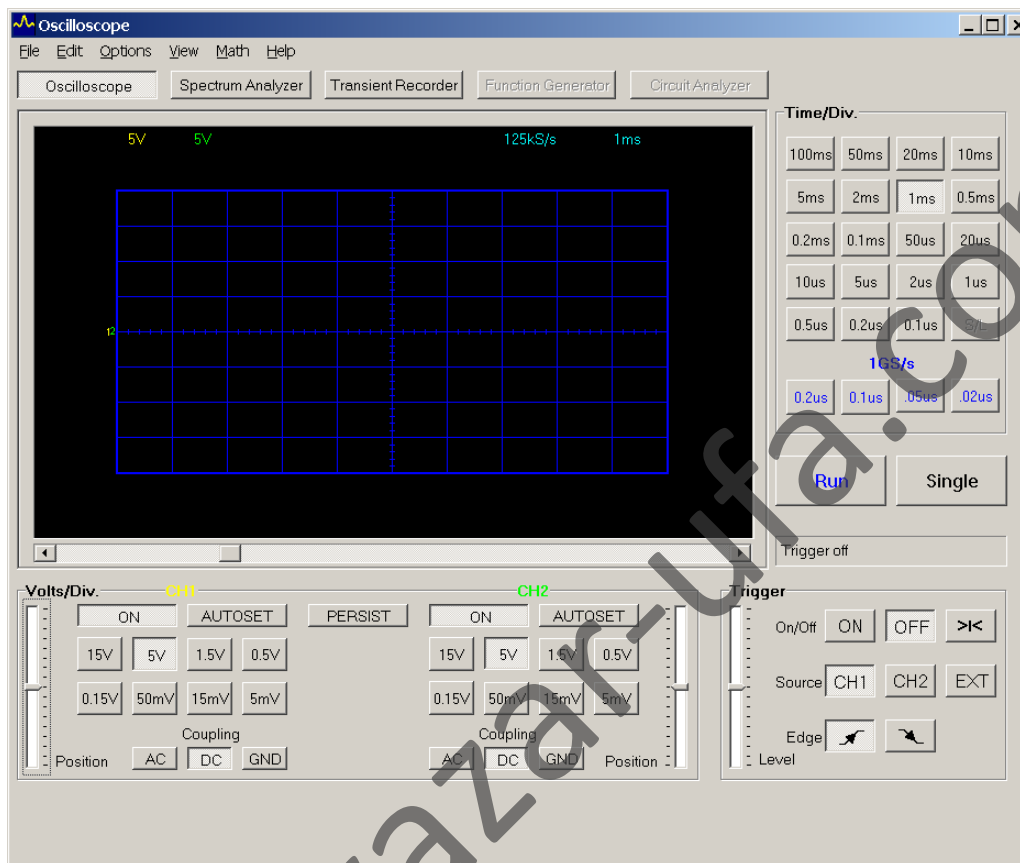


Рис. А.2

Предел измерения также указывается в верхней левой части экрана соответствующим цветом. При необходимости можно также изменить режим работы входа осциллографа нажатием одной из трех кнопок (открытый вход – DC, закрытый – AC, заземленный – GND).

Делитель горизонтальной развертки находится справа сверху на панели осциллографа, горизонтальная чувствительность (время/деление) также индицируется на экране осциллографа (справа сверху). В нижней правой части осциллографа – панель режима синхронизации (включение/ выключение – ON/OFF, выбор источника синхронизации – вход 1/вход 2/внешняя – CH1/CH2/EXT, выбор фронта уровня синхронизации).

При работе с осциллографом обычно необходимо выбрать развертку таким образом, чтобы растянуть изображение не менее, чем

на 1/2 экрана по вертикали и обеспечить наблюдение 2-3 периодов исследуемого сигнала (рис. А.3).

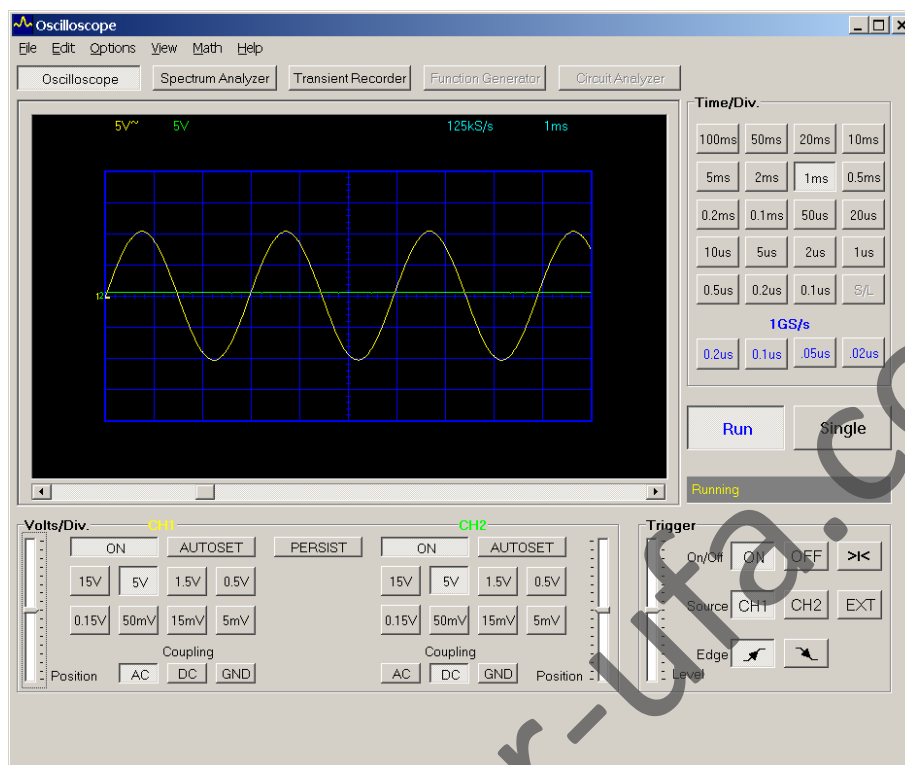


Рис. А.3

Кроме режима осциллографа можно выбрать режим анализатора спектра нажатием кнопки Spectrum Analyzer над экраном осциллографа. При этом на экране отображается не сам сигнал, а его спектр (рис.Б.4), временной делитель показывает диапазон измерения (3 кГц на всю ширину экрана в примере, т.е частота входного сигнала – чуть более 300 Гц).

При проведении измерений нет необходимости отсчитывать величины сигналов по экрану. Для измерения необходимо активировать меню View/Markers(DSO), установить маркеры (два вертикальных и два горизонтальных) и снять результаты, отображаемые в нижней части экрана. (На рис. А.4 показан пример – двойной размах сигнала – 20,78 В, амплитуда верхней полуволны – 10,47 В, нижней – 10,31 В, период сигнала – 2,98 мс, частота – 335,57Гц).

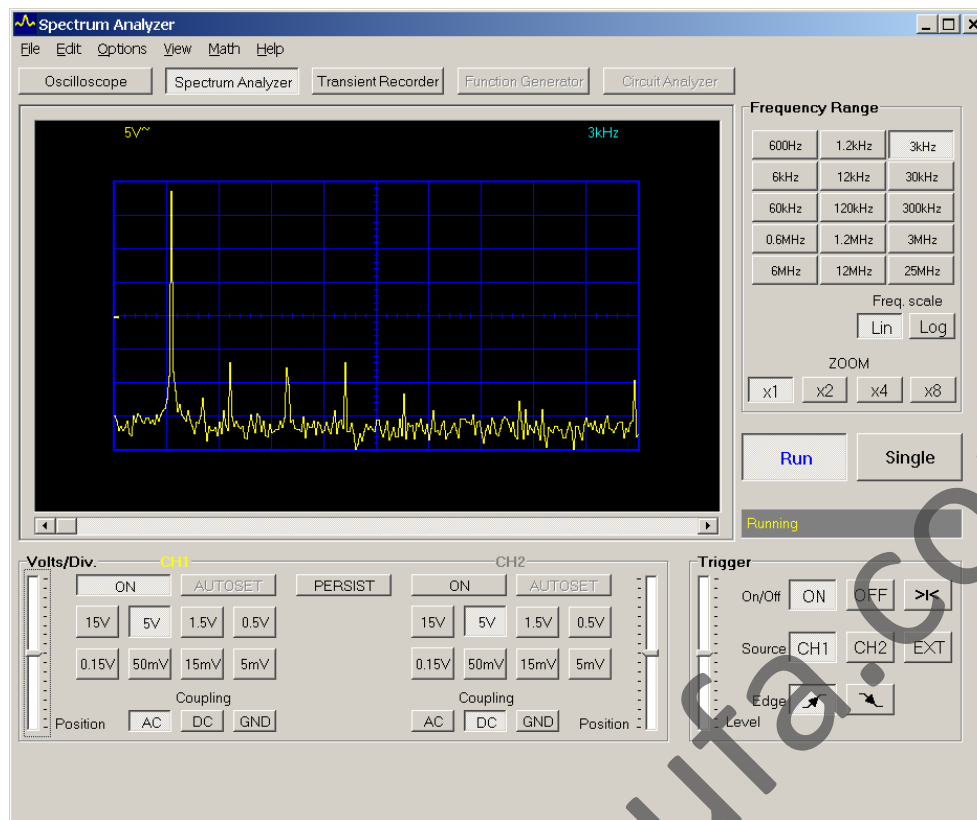


Рис. А.4

Для упрощения работы можно вызвать меню View/Waveform Parameters и в появившейся таблице выбрать нужные параметры сигнала (рис. А.5).

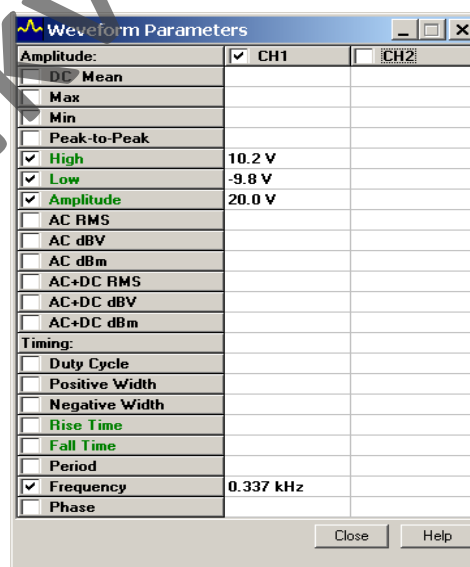


Рис. А.5

В этом случае необходимо учитывать, что в таблице появляются не параметры физического сигнала, а результаты математической обработки изображения на экране осциллографа, т.е. они меняются при изменении представления сигнала на экране, например, если на экране отображен не полный период сигнала, то и результаты измерения частоты будут некорректны.

Показания осциллографа могут быть сохранены в виде графических файлов – меню File/Save Image в специально выделенную папку для использования их при оформлении отчета по работе. Папку нужно сначала создать, чтобы не вызвать беспорядка в файловой системе компьютера. По окончании работы можно скопировать папку на флеш-карту или дискету средствами Windows.

Описание генератора (рис. А.6)

Генератор включается кнопкой POWER. Для работы наиболее часто нужны следующие регулировки:

Диапазон частоты (верхний ряд кнопок).

Частота сигнала (левая, самая большая ручка) FREQUENCY.

Амплитуда выходного сигнала (правая ручка) AMPL. Если ручку слегка выдвинуть на себя (без усилия, до щелчка), то выходной сигнал уменьшается примерно в 10 раз.



Рис. А.6

Форма выходного сигнала (три кнопки в нижнем ряду – прямоугольные импульсы, треугольный сигнал, гармонический сигнал).

ВНИМАНИЕ! При включении генератор автоматически устанавливает режим треугольного сигнала.

Аттенюатор – при нажатии самой правой кнопки в нижнем ряду сигнал уменьшается еще в десять раз.

ВНИМАНИЕ! Перед началом работы, чтобы обеспечить безопасность и для генератора и для схемы, кнопку нужно нажать, а ручку регулировки выдвинуть, т.е. установить самый малый уровень выходного сигнала.

ВНИМАНИЕ! При работе недопустимо даже кратковременное замыкание выходной цепи генератора. При изменении схемы генератор рекомендуется отключать!