

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических занятий
по дисциплине «СЕТИ И СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ»
для студентов специальности 10.05.01 Компьютерная безопасность
специализации «Информационно-аналитическая и техническая экспертиза
компьютерных систем»

Ставрополь
2026

Методические указания к практическим занятиям

Практическое занятие №1

Изучение общих принципов построения систем и сетей передачи информации

Цель работы:

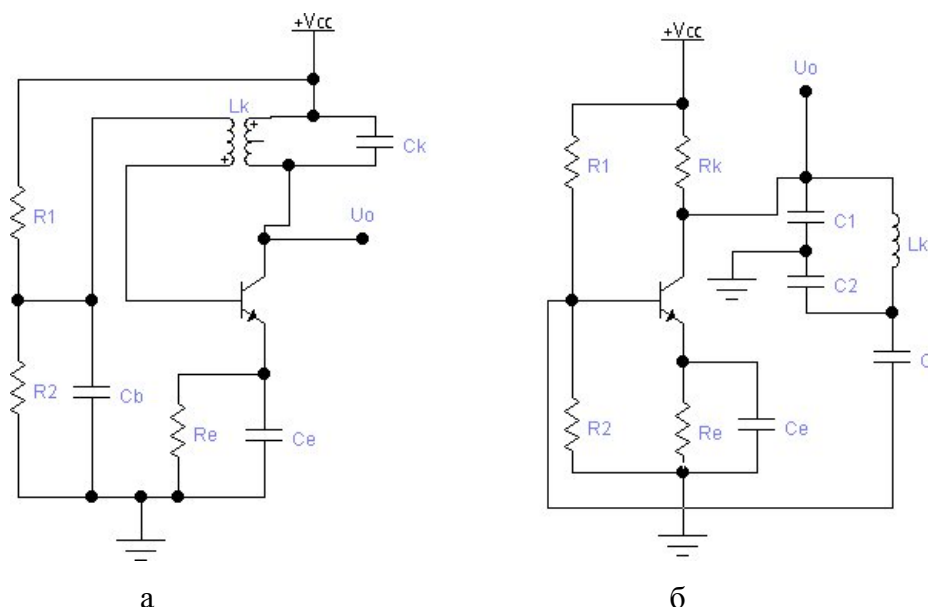
1. Изучить теоретические сведения о генераторах гармонических колебаний, выполненных на LC элементах.
2. Получить навыки измерений параметров генератора LC – колебаний.

Теоретическая часть

Генераторы гармонических колебаний представляют собой устройства из частотно-избирательной цепи и активного элемента. По типу частотно-избирательной цепи они делятся на LC- и RC-генераторы.

Генераторы LC-типа имеют сравнительно высокую стабильность частоты колебаний, устойчиво работают при значительных изменениях параметров транзисторов, обеспечивают получение колебаний, имеющих малый коэффициент гармоник. В генераторах LC-типа форма выходного напряжения весьма близка к гармонической. Это обусловлено достаточно хорошими фильтрующими свойствами колебательного LC-контура. К недостаткам LC-генераторов относятся трудности изготовления высокостабильных температурно-независимых катушек индуктивности, а также высокая стоимость и громоздкость последних. Это особенно проявляется при создании низкочастотных автогенераторов, в которых даже при применении ферромагнитных сердечников габаритные размеры, масса и стоимость получаются значительными.

Базовые схемы LC-генераторов показаны на рис. 1. Схему на рис. 1, а называют индуктивной трехточкой или схемой Хартлея, на рис. 1, б – емкостной трехточкой или схемой Колпитца. Для обеих схем с помощью резисторов R_1 , R_2 и R_e устанавливается необходимый режим по постоянному току. Конденсаторы C_b и C_e – блокировочные, конденсатор C называют конденсатором связи.

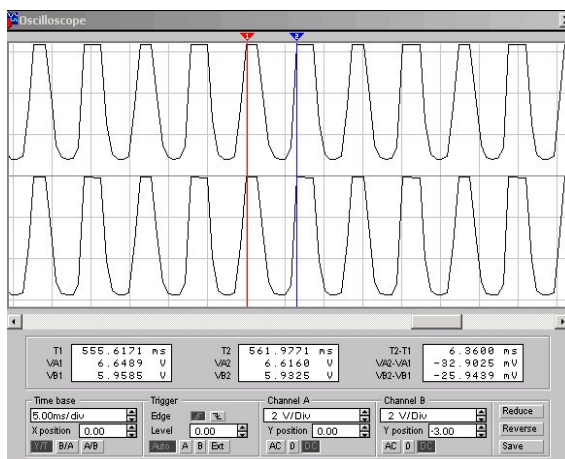
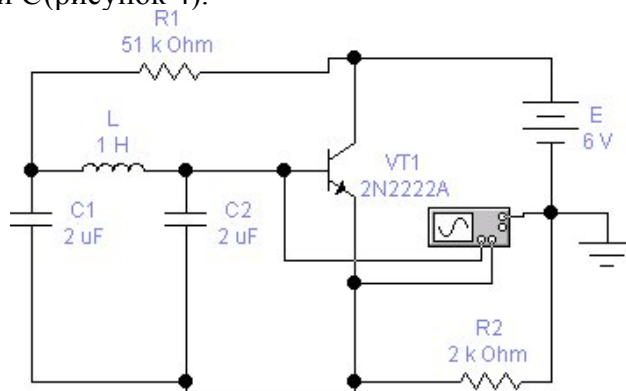


Для всех автогенераторов условием возникновения автоколебаний является наличие положительной обратной связи при коэффициенте усиления равно или большим 1. Для схемы Хартлея эти условия обеспечиваются за счет транзисторного каскада, выбора коэффициента трансформации и соответствующего включения обмотки связи.

Положительная обратная связь в генераторе Колпитца обеспечивается за счет того, что сигнал обратной связи поступает с такого зажима колебательного контура, при котором сигнал обратной связи на базе транзистора совпадает по фазе с переменным сигналом на коллекторе.

Коэффициент передачи цепи обратной связи при этом определяется коэффициентом передачи емкостного делителя, образованного конденсаторами C1 и C2. При выполнении указанных условий устройство самовозбуждается. Процесс самовозбуждения происходит следующим образом. При включении источника питания конденсатор колебательного контура, включенного в коллекторную цепь, заряжается. В контуре возникают затухающие колебания, которые одновременно передаются на управляющие электроды транзистора по цепи положительной обратной связи: это приводит к пополнению энергией LC контура, и колебания превращаются в незатухающие. Принципиальная схема автогенератора Колпитца приведена на рисунке 2. Осциллограммы на базе и в эмиттере транзистора в генераторе Колпитца приведены на рисунке 3.

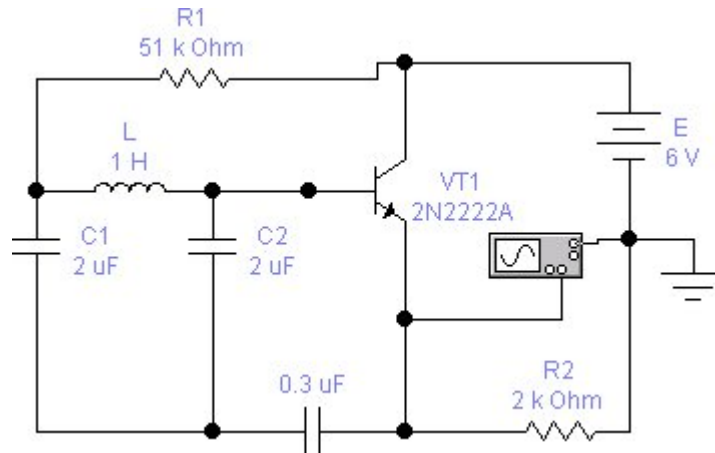
Из осциллограмм видно, что форма колебаний далеко не синусоидальная. Это объясняется сильной связью колебательного контура с усилительным каскадом. Для возможности управления взаимодействием колебательного контура с транзисторным каскадом вводят конденсатор связи C(рисунк 4).



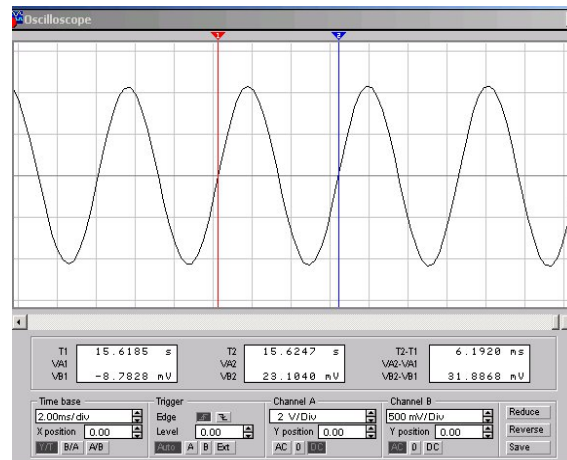
После введения в генератор Колпитца конденсатора связи форма колебаний существенно улучшилась (рисунк 5).

Особо следует сказать о блокировочных конденсаторах Cб и Се в базовой и эмиттерной цепях. При достаточно глубокой обратной связи и неправильно подобранных емкостях этих конденсаторов может возникать прерывистая генерация или автомодуляция.

В этом случае амплитуда колебаний будет иметь переменное значение или уменьшаться до нуля. Прерывистая генерация обусловлена тем, что при определенных условиях напряжение автоматического смещения вследствие заряда конденсаторов Cб и Се может приблизиться к амплитуде напряжения обратной связи, за счет чего транзистор запирается и колебательный контур не пополняется энергией.



В итоге автоколебания быстро затухают и возобновляются только после разряда этих конденсаторов. Затем процесс нарастания амплитуды, заряда конденсаторов и срыва автоколебаний повторяется. Поэтому параметры цепи, обеспечивающей автоматическое смещение, приходится, как правило, подбирать при настройке схемы.



Перестройку частоты LC-генераторов обычно осуществляют изменением емкости конденсатора колебательного контура. При этом изменяется и добротность контура из-за изменения соотношения L/C , что может вызвать изменение режима работы автогенератора. Изменение емкости обычно производят механическим путем или с помощью варикапа, изменяя напряжение смещения.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB.

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Используя программу Electronics Workbench спроектировать схему, представленную на рисунках
2. Для схемы генератора Колпица на рисунке 2 исследовать путем моделирования зависимость формы генерируемого сигнала от соотношения емкости конденсаторов $C1$ и $C2$. При варьировании емкостей этих конденсаторов обеспечьте постоянство частоты колебаний, т.е. эквивалентной емкости контура C_k .
3. Рассчитайте частоту генератора Колпица по формулам (1) и (2) при $C1=C2=1$ мкФ и сравните с измеренными частотами, получаемыми в результате моделирования. Сделать

выводы о степени соответствия рассчитанных и измеренных частот генерируемых сигналов.

4. Проведите исследование зависимость формы гармонических сигналов, частоты колебаний и надежности запуска генераторов от номинальных значений емкостей $C1$ и $C2$. Заполните таблицу 1.

Таблица 1

	Емкость конденсаторов $C1$ и $C2$				
	$C1=C2=1$ мкФ	$C1=C2=2$ мкФ	$C1=C2=3$ мкФ	$C1=C2=4$ мкФ	$C1=C2=5$ мкФ
Расчетное значение частоты генератора $F_{ген}$, Гц					
Измеренное значение частоты генератора $F_{ген}$, Гц					

5. Проведите исследование зависимость формы гармонических сигналов, частоты колебаний и надежности запуска генераторов от напряжения питания $U_{пит}$ при $C1=C2=2$ мкФ. Заполните таблицу 2.

Таблица 2

	Напряжение питания генератора										
	$U_{пит}=1В$	$U_{пит}=2В$	$U_{пит}=3В$	$U_{пит}=4В$	$U_{пит}=5В$	$U_{пит}=6В$	$U_{пит}=7В$	$U_{пит}=8В$	$U_{пит}=9В$	$U_{пит}=10В$	$U_{пит}=11В$
Измеренное значение частоты генератора $F_{ген}$, Гц											
Надежность запуска генератора (нестабильная, стабильная)											

6. Зарисовать временную диаграмму работы генератора (представленную на осциллографе для произвольных значений $C1$, $C2$, $U_{пит}$;

7. Оформите отчет и сделайте выводы по каждой таблице и в целом по работе.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

- Приведите обобщенную структурную схему автогенератора.
- Приведите условия возникновения незатухающих колебаний в автогенераторе.
- Представьте структуры параллельного и последовательного колебательных контуров.
- Представьте аналитические выражения для определения собственной частоты колебаний колебательного контура.
- Какую функцию выполняет в автогенераторе колебательный контур?
- Перечислите способы повышения стабильности колебаний в автогенераторе.
- Как зависит устойчивость работы автогенератора от питающего его напряжения и

стабильности параметров его составных элементов?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbenchi её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Практическое занятие №2

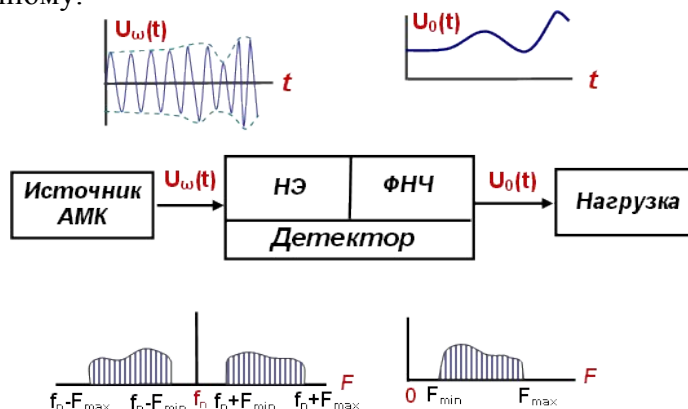
Исследование принципов коммутации, мультиплексирования и маршрутизации

Цель работы:

1. Изучить теоретические сведения об амплитудных демодуляторах.
2. Получить навыки измерений параметров амплитудного демодулятора гармонических сигналов.

Теоретическая часть

Детектор – это нелинейное радиотехническое устройство, предназначенное для преобразования высокочастотного модулированного колебания в низкочастотное колебание, пропорциональное первичному.



У амплитудно-модулированного колебания параметром, изменяющимся по закону первичного сигнала, является приращение амплитуды. Поэтому амплитудный детектор должен вырабатывать напряжение, пропорциональное огибающей АМ колебания (рисунок 1).

Процесс детектирования включает в себя две операции:

1. преобразование спектра АМ колебания с целью воссоздать низкочастотные составляющие первичного колебания;
2. выделение этих составляющих из всей совокупности компонент преобразованного колебания.

Рассмотрим детектирование АМ колебания без опорного напряжения, когда на преобразующий элемент воздействуют только спектральные составляющие самого детектируемого сигнала. В этом случае в качестве преобразующего используется нелинейный элемент (НЭ).

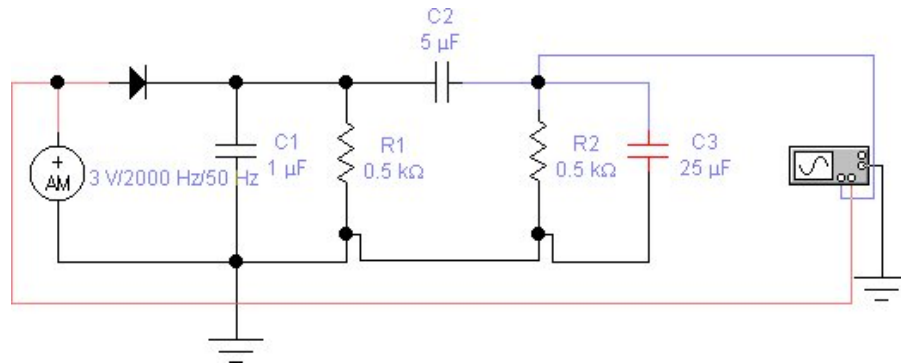
Второй необходимый элемент детектора – фильтр низких частот (ФНЧ), который осуществляет селекцию спектральных составляющих первичного сигнала.

Основное требование к амплитудному детектору состоит в том, чтобы воспроизведение огибающей модулированного колебания происходило без существенных искажений. С причинами и характером искажений, возникающих в процессе детектирования, ознакомимся ниже.

Амплитудные детекторы выполняются на полупроводниковых диодах, а также на транзисторах. В аппаратуре связи наиболее распространены детекторы на полупроводниковых диодах. Диодные детекторы просты и обладают широким динамическим диапазоном. Этот вид детекторов и рассмотрим ниже.

Схемы амплитудных детекторов и физические процессы, протекающие в них

Диодный амплитудный детектор чаще выполняется по последовательной схеме (рисунок 2). Название схеме дано по способу соединения диода и резистора R_I относительно входа детектора.



Источником амплитудно-модулированного колебания обычно является колебательный контур предыдущего каскада. Нелинейным элементом служит полупроводниковый диод. В качестве фильтра низких частот используется простейшая инерционная цепь R1C1.

Нагрузка детектора R2, C3 определяется входными параметрами следующего каскада. Между детектором и нагрузкой почти всегда включают разделительный конденсатор C2, сопротивление которого токам низкой частоты по сравнению с сопротивлением нагрузки должно быть пренебрежимо малым. Выбор C2 производится так же, как в усилителях напряжения низкой частоты.

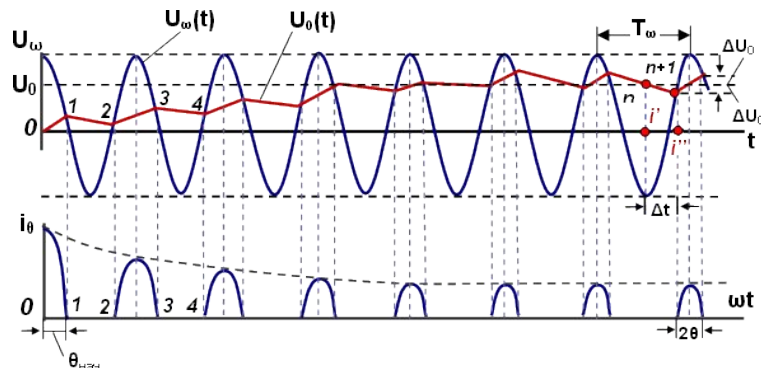


Рисунок 3

Рассмотрим поведение детектора вначале при включении на его вход немодулированного колебания, а затем при появлении тональной модуляции.

В случае детектирования немодулированного колебания на вход детектора воздействует напряжение

$$U_{\omega}(t) = U_m \cos(\omega_{\text{н}} t). \quad (1)$$

Проследим течение процессов во времени. При этом сразу отметим, что для обозначений, принятых в схеме (рисунок 2), напряжение на диоде равно разности входного и выходного напряжений:

$$u_d(t) = u_{\omega}(t) - u_0(t). \quad (2)$$

В момент включения гармонического напряжения конденсатор C разряжен. Под воздействием входного напряжения через диод начинает протекать ток $i_d(t)$, который заряжает конденсатор C1. Заряд будет продолжаться до тех пор, пока диод открыт, т. е. $u_{\omega}(t) > u_0(t)$ и $i_d(t) > 0$ (на графике $u_0(t)$ – от 0 до точки 1, см. рисунок 3). В следующий промежуток времени

при $i_d(t) \leq 0$ диод заперт и конденсатор C1 разряжается через резистор R1 до тех пор, пока входное напряжение вновь не сравняется с выходным (участок 1-2). Затем конденсатор подзарядается (участок 2-3), снова разряжается и так-далее.

Из схемы и графиков видно, что диод работает с отсечкой тока. Угол отсечки Θ и амплитуда импульсов тока диода в процессе установления уменьшаются. Когда переходный процесс заканчивается, $\Theta = \text{const}$.

В установившемся режиме выходное напряжение продолжает немного пульсировать ($\pm \Delta U_0$ на рисунке 3). Для того чтобы эти пульсации практически не ощущались, постоянная времени τ инерционной цепи $R1C1$ должна быть много больше периода высокочастотного колебания:

$$\tau = R1C1 \gg T_{\omega}. \quad (3)$$

При выполнении данного условия можно считать, что на выходе детектора действует постоянное напряжение U_0 . Это напряжение является одновременно отрицательным смещением, которое сдвигает влево рабочую точку на характеристике диода (рисунок 4, интервал времени $0-t_1$). Таким образом,

$$u_d(t) = -U_0 + U_m \cos(\omega_n t). \quad (4)$$

Рассмотрим теперь случай, когда амплитуда входного сигнала изменяется по гармоническому закону. Увеличение амплитуды напряжения на входе детектора приводит к увеличению напряжения на выходе, а следовательно, и к увеличению отрицательного смещения. В результате возникает характерная асимметрия напряжения, действующего на диоде (рисунок 4, $t > t_1$).

Следует обратить внимание на то, что цепь $R1C1$ создает отрицательную обратную связь по напряжению низкой частоты. Поэтому изменение амплитуды косинусоидальных импульсов, приложенных к диоду в области $u_d > 0$ и вызывающих ток через диод, в несколько раз меньше, чем изменение амплитуды колебания на входе детектора. Именно вследствие этого диодный детектор обладает широким динамическим диапазоном для входного колебания.

Ток, протекающий через диод, представляет собой импульсы, амплитуда которых изменяется в соответствии с изменением амплитуды входного напряжения. Это означает, что в составе тока диода, кроме высокочастотных составляющих, имеется и составляющая низкой частоты. Для выделения последней необходима эффективная фильтрация, которая позволила бы получить на выходе детектора только колебание низкой частоты; цепь $R1C1$, предназначенная для этого, должна иметь малое сопротивление токам высоких частот (первое условие) и большое сопротивление току низкой частоты (второе условие); постоянная составляющая тока диода протекает через резистор $R1$.

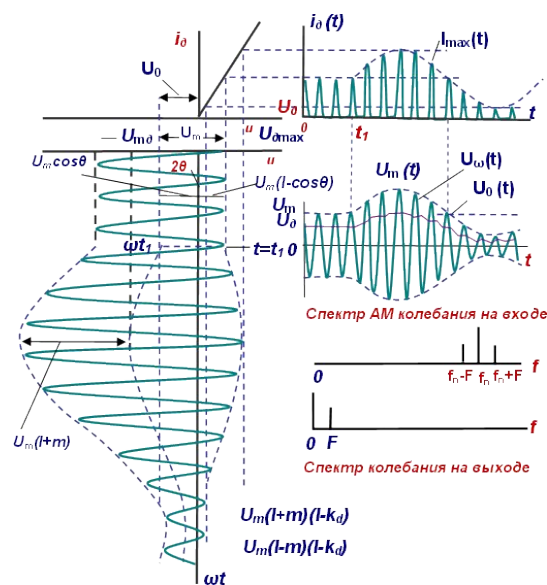


Рисунок 4

При соблюдении этого условия напряжение высокой частоты не будет выделяться на выходе детектора и окажется полностью приложенным к диоду.

Поэтому необходимым является второе требование к постоянной времени, ограничивающее ее величину сверху:

$$T \ll T_{\Omega}, \quad (5)$$

где T_{Ω} – период низкочастотного колебания; если первичный сигнал сложный, то величину T_{Ω} определяют для верхней границы его спектра.

Таким образом, требования к элементам инерционной цепи сводятся к ограничению ее постоянной времени неравенствами (3), (5), которые удобно объединить в одно условие:

$$T_{\omega} \ll \tau \ll T_{\Omega}. \quad (6)$$

Из рассмотрения процессов в последовательном детекторе видно, что если в составе входного колебания будет присутствовать постоянное напряжение, то, складываясь с U_0 , оно сместит рабочую точку и нарушит нормальную работу детектора. В подобных случаях применяется параллельная схема детектора. Пример такой схемы приведен на рисунке 5. В параллельной схеме резистор R включен параллельно диоду, а емкость C играет также роль разделительного конденсатора, отделяя по постоянному току диод от источника детектируемого колебания. Процессы заряда и разряда емкости C происходят как в последовательной схеме (пути токов заряда и разряда см. на рисунке 5). На емкости C по-прежнему образуется напряжение смещения U_0 , которое при модуляции изменяется по закону огибающей. Колебательный контур, конденсатор C и диод включены последовательно, значит режим диода остается прежним.

Включение диода и резистора R параллельно приводит к снижению входного сопротивления детектора. Этот фактор наряду с усложнением всего устройства ограничивает применение параллельной схемы диодного детектора.

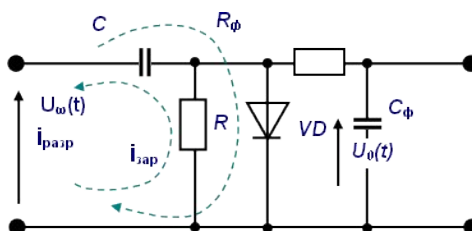


Рисунок 5

Так как все основные элементы детектора в обеих схемах выполняют аналогичные функции работают в одинаковом режиме, расчет этих схем почти идентичен.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Воспользовавшись программой EWB необходимо собрать схему последовательного демодулятора АМ-колебаний в соответствии с рисунком 2.

2. Провести исследование колебания на выходе амплитудного детектора при следующих параметрах амплитудного модулятора: амплитуда 1 В, частотой несущего (высокочастотного) колебания 2 кГц, частотой модулирующего колебания 50 Гц, коэффициентом модуляции $k_{AM}=1$. При исследовании параметров гармонического сигнала на выходе демодулятора необходимо измерить его амплитуду и частоту, а также проверить их соответствие параметрам исходного модулирующего колебания. Занести результаты измерений в таблицу 1.

Таблица 1

№ п/п	Частота модулирующего колебания $F_{\text{мод. Гц}}$	Коэффициент модуляции, k_{AM}	Амплитуда колебания на выходе детектора, В	Частота колебания на выходе детектора, Гц
1	40	1		
2	50	1		
3	60	1		
4	40	0,8		
5	50	0,8		
6	60	0,8		
7	40	0,6		
8	50	0,6		
9	60	0,6		

4. Изменить коэффициент модуляции АМ-сигнала k_{AM} до значений 0,8 и 0,6 и проверить соответствие параметров исследуемого демодулированного сигнала с параметрами модулирующего колебания.

5. Зарисовать осциллограммы модулированного АМ-колебания и демодулированного сигнала на выходе АМ-демодулятора. Объяснить возможные несоответствия параметров исследуемого демодулированного сигнала с параметрами модулирующего колебания.

6. Сделать выводы по результатам исследования и оформить отчет согласно образцу.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные сведения о спектрах АМ-сигналов.
2. Назовите основные параметры АМ-сигналов.
3. Что такое коэффициент амплитудной модуляции?
4. Что называется частотой несущего колебания?
5. Какие основные элементы входят в состав амплитудного детектора?
6. Представьте схему параллельного амплитудного детектора и поясните принцип её работы.
7. Представьте схему последовательного амплитудного детектора и поясните принцип её работы.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.

Практическое занятие №3

Изучение протоколов эталонной модели взаимодействия открытых систем

Цель работы:

1. Углубить теоретические знания в области аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования сигналов.
2. Получить практические навыки измерения параметров аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразователей сигналов.

Теоретическая часть

Устройства, в целом выполняющие преобразования аналоговых сигналов в цифровые и обратно, называются соответственно аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями (АЦП и ЦАП).

Преобразование ИКМ сигнала в аналоговый предусматривает последовательное выполнение основных операций:

1. декодирование (преобразование ИКМ сигнала в АИМ сигнал);
2. восстановление аналогового сигнала (выделение из спектра АИМ сигнала исходного сигнала).

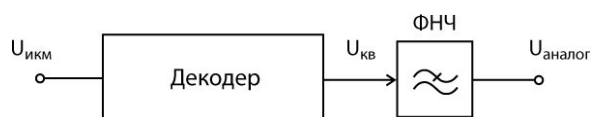


Рисунок 1 Схема преобразования ИКМ сигнала в аналоговый сигнал

Временные диаграммы преобразований сигналов, происходящих в схеме рис. 1, показаны на рис. 2.

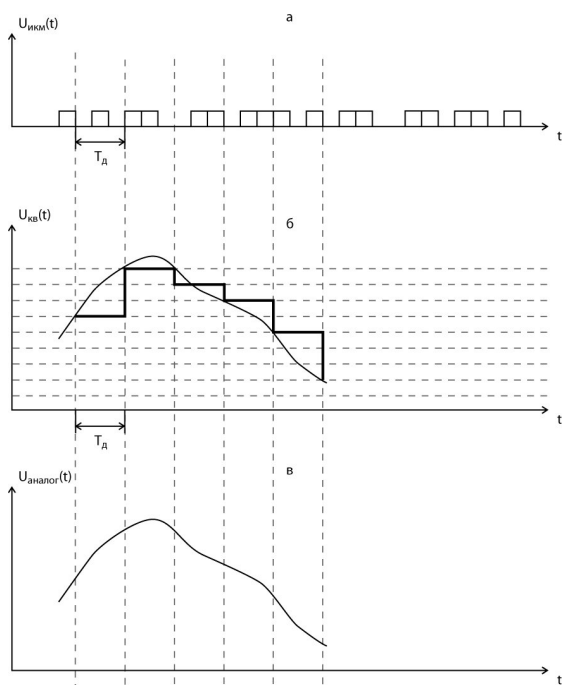


Рисунок 2 Диаграммы преобразования цифрового сигнала в аналоговый:
а – ИКМ сигнал; **б** – квантованный сигнал; **в** – аналоговый сигнал

Из рисунка следует, что в схеме сначала восстанавливается непрерывность сигнала во времени, а затем из спектра ступенчатого сигнала выделяется спектр исходного аналогового сигнала.

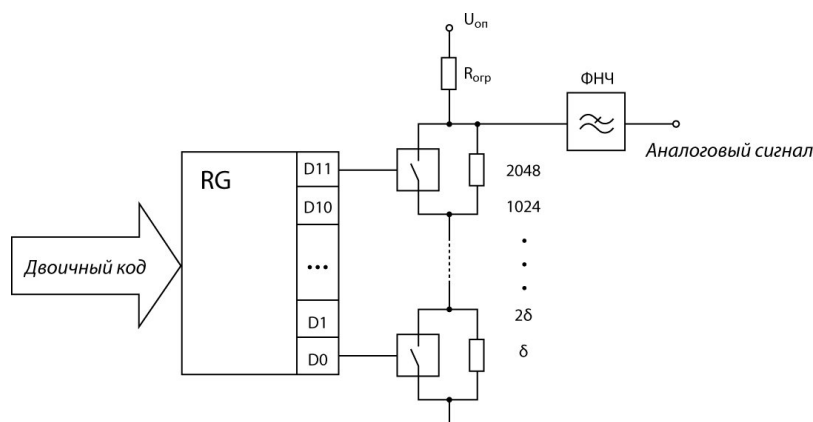


Рисунок 3 Структурная схема ЦАП

Рассмотрим принцип работы ЦАП (рис.3). Цифровой сигнал в двоичном коде (последовательном или параллельном) подается на буферный регистр RG. К выходам регистра RG подключены управляющие входы электронных ключей. К каждому из ключей подключены резисторы с сопротивлениями, соответствующими числу шагов квантования каждого из разрядов кодового слова цифрового сигнала. В зависимости от кодовой комбинации, т.е. включения и выключения соответствующих ключей, на входе ФНЧ будет присутствовать соответствующее напряжение. Смена кодовых комбинаций приведет к образованию на входе ФНЧ ступенчатого сигнала (рис. 2, б). ФНЧ выделяет исходный аналоговый сигнал.

Возможно построение АЦП на основе ЦАП. Схема такого АЦП показана на рис. 4.

Аналоговый сигнал поступает на вход устройства выборки и хранения (УВХ), где подвергается дискретизации, т.е. преобразуется в сигнал АИМ. Этот сигнал поступает на один из входов схемы сравнения (СС), которая представляет собой компаратор, сравнивающий значения аналоговых сигналов на своих входах. Если значение сигнала на первом входе СС больше, чем на втором, то на выходе СС будет присутствовать сигнал логической 1, в противном случае – логического 0. Ко второму входу СС подключен аналоговый выход ЦАП.

Цифровые входы ЦАП подключены к порту вывода управляющего устройства (УУ), например микропроцессора. К порту ввода УУ подключен цифровой выход СС. Процесс квантования по уровню протекает следующим образом. Отсчет сигнала с выхода УВХ постоянно присутствует на нижнем по схеме входе СС. Устройство управления выполняет алгоритм приближения к данному значению, например, методом «золотого сечения». Сначала определяется значение старшего разряда кодового слова и далее до самого младшего. После определения самого младшего разряда схема готова к обработке следующего отсчета. Скорость работы схемы, т.е. частота дискретизации, зависит от скорости работы УУ и скорости преобразования ЦАП.

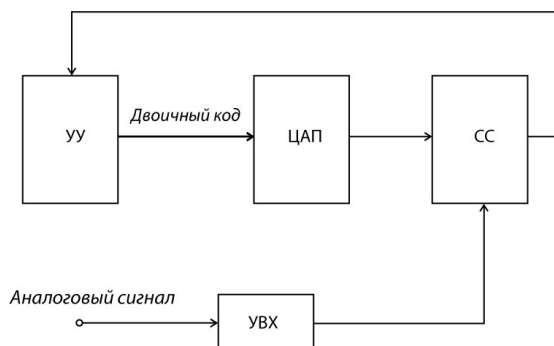


Рисунок 4 Структурная схема АЦП

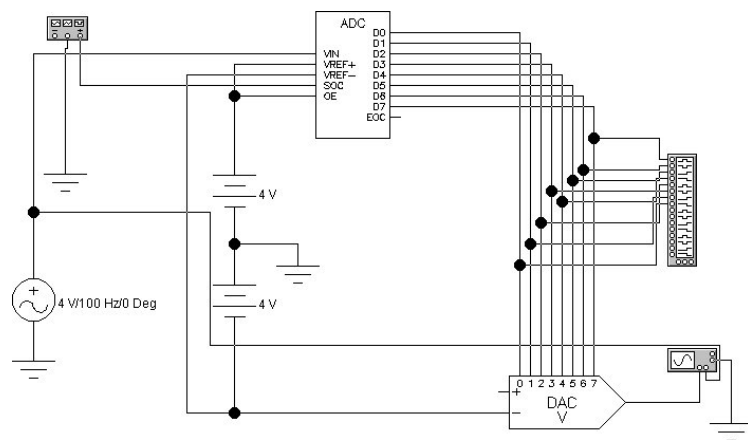


Рисунок 5 Схема исследования ЦАП

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Используя программу Electronic Workbench синтезировать схему цифро-аналогового преобразователя, представленного на рисунке 5.

2. Установить параметры исходного гармонического колебания, подаваемого на вход VIN АЦП: частота – 100 Гц, амплитуда – 4В; синхронизирующего сигнала, поступающего на вход SOC АЦП: частота 1-5 кГц, амплитуда 5В.

3. Для проведения исследований необходимо использовать АЦП и ЦАП из встроенной библиотеки Electronic Workbench.

4. Запустите схему и включите осциллограф для контроля над процессом преобразования.

5. Визуально оцените точность воспроизведения аналогового сигнала из цифрового, поступающего от АЦП. Определите среднее значение [В] ошибки восстановления σ (рисунок 6).

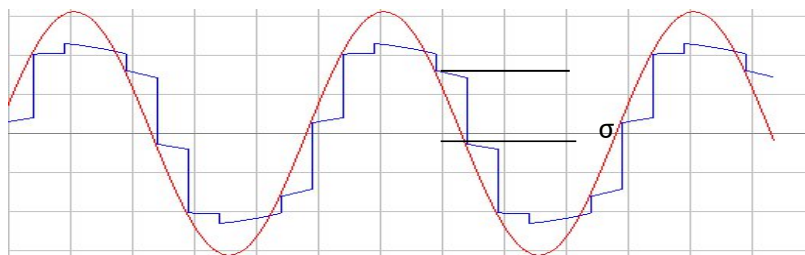


Рисунок 6 Внешний вид осциллограммы

6. Включите логический анализатор и проследите за цифровой информацией, поступающей на его входы (рисунок 7) с аналого-цифрового преобразователя. Оцените длительность элемента в кодовых словах, представленных на логическом анализаторе и уясните взаимосвязь между частотой дискретизации (периодом дискретизации) и длительностью элемента кодовых слов.

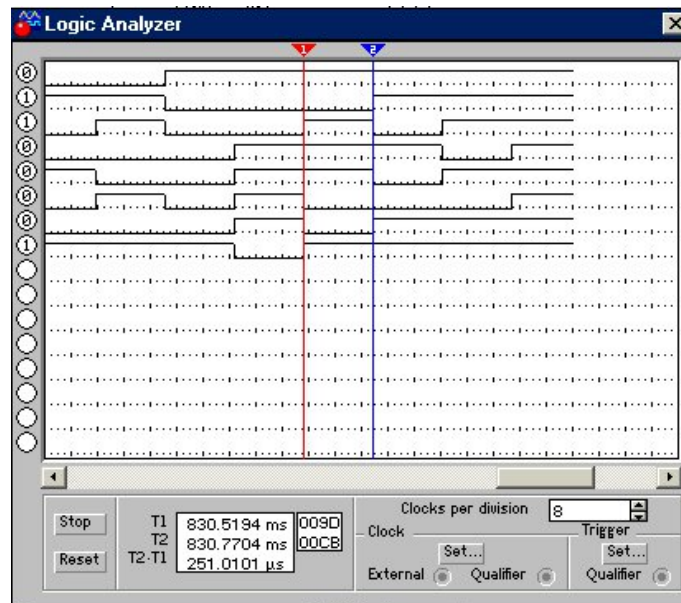


Рисунок 7 Внешний вид информации (кодовых слов), представленной в логическом анализаторе

Проведите исследование зависимости величины ошибки восстановления аналогового сигнала σ от значения частоты синхронизирующего колебания f_{SOC} , поступающего на вход SOC АЦП. Изменение $f_{\text{SOC}} = 1 \dots 5$ кГц. Результаты занесите в таблицу 1.

Таблица 1

№ опыта	Частота дискретизации f , кГц	Ошибка восстановления σ , В
1	1	
2	2	
3	3	
4	4	
5	5	

7. Постройте график зависимости $\sigma = f(f_{\text{SOC}})$ и сделайте выводы по результатам исследования.

8. Оформите отчет о проделанной работе согласно образцу.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение дискретизации аналогового сигнала.
2. Дайте определение квантования аналогового сигнала.
3. Дайте определение кодирования аналогового сигнала при импульсно-кодовой модуляции.
4. Назовите основные способы оцифровывания аналоговых сигналов.
5. Дайте определение ЦАП.

6. Что называется весом кодовой комбинации.
7. Назовите основные структурные элементы ЦАП и поясните основные процессы, происходящие в нём.
8. Назовите основные характеристики ЦАП.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Практическое занятие №4

Моделирование беспроводных систем передачи информации

Цель работы:

1. Изучить теоретические сведения о регенераторах сигналов на компараторах.
2. Изучить и провести измерение параметров регенераторов сигналов на аналоговом и цифровом компараторах.

Теоретическая часть

1.1 Теоретические сведения об аналоговых компараторах

Простейший компаратор (*рис. 1*) состоит из ОУ без обратной связи; опорное напряжение U_n подается на неинвертирующий вход ОУ, а на инвертирующий вход поступает суммарный входной сигнал U_i' от источников U_i , U_p (источник U_p имитирует напряжение источника помехи). При $U_i' > U_n$ на выходе компаратора устанавливается напряжение $U_o = -U_s$ (отрицательное напряжение насыщения, см. *рис. 2*); в противоположном случае ($U_i' < U_n$) получаем $U_o = +U_s$. Если поменять местами входы, это приведет к инверсии выходного сигнала.

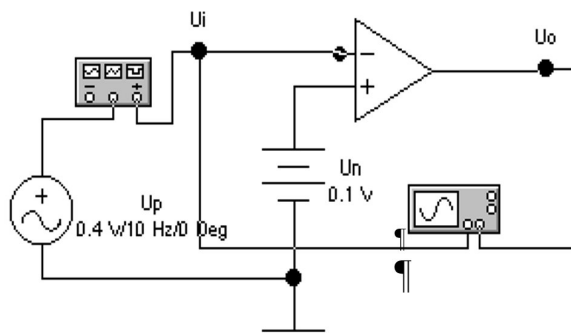


Рисунок 1

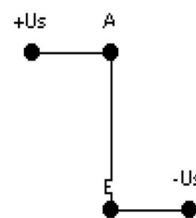


Рисунок 2

Компаратор должен переключаться из одного состояния в другое с максимальной возможной скоростью. В рассматриваемом компараторе ОУ используется с разомкнутой петлей обратной связи, поэтому отпадает необходимость в частотной коррекции (используется в реальных ОУ для обеспечения его устойчивости), которая приводит к увеличению времени срабатывания. Время срабатывания – это время, необходимое для переключения компаратора из одного состояния в другое (из точки А в точку В передаточной характеристики на *рис. 2*). Максимальная скорость нарастания выходного напряжения показывает, насколько быстро изменяется сигнал в процессе переключения.

Если напряжение U_i' , поступающее на вход компаратора, содержит помеху U_p то, как видно из осциллограммы на *рис. 3*, это приводит к ложным срабатываниям. Для их предотвращения применяют цепь положительной обратной связи, за счет которой часть выходного напряжения подается на неинвертирующий вход. Такой компаратор называется компаратором с гистерезисом, его принципиальная схема показана на *рис. 4*, а передаточная характеристика и осциллограммы сигналов — на *рис. 5, 6*.

При введении в схему элементов положительной обратной связи (делитель на резисторах R_1 , R_2) изменяется опорное напряжение. При высоком уровне выходного напряжения $+U_s$ опорное напряжение U_n возрастает на величину $\Delta U_1 = (U_s - U_n)R_1/(R_1 + R_2)$.

В результате компаратор будет переключаться из состояния с высоким уровнем выходного напряжения при новом значении $U_n' = U_n + \Delta U_1$. Как только входное напряжение U_i превысит опорное напряжение U_n' (точка В на *рис. 5*), выходное напряжение компаратора начнет уменьшаться и через резистор R_2 передаваться на неинвертирующий вход, стимулируя дальнейшее падение выходного напряжения. За счет положительной обратной связи этот процесс происходит лавинообразно, и компаратор быстро переключается в противоположное состояние (точка С на *рис. 5*). Поскольку на выходе компаратора действует теперь напряжение $U_o = -U_s$, на

его вход по цепи обратной связи передается напряжение $U_2 = -(U_s + U_n)R_1/(R_1 + R_2)$. В этом случае устанавливается новое опорное напряжение для состояния с низким выходным уровнем (точка D на *рис. д*): $U_n' = U_n + U_2$.

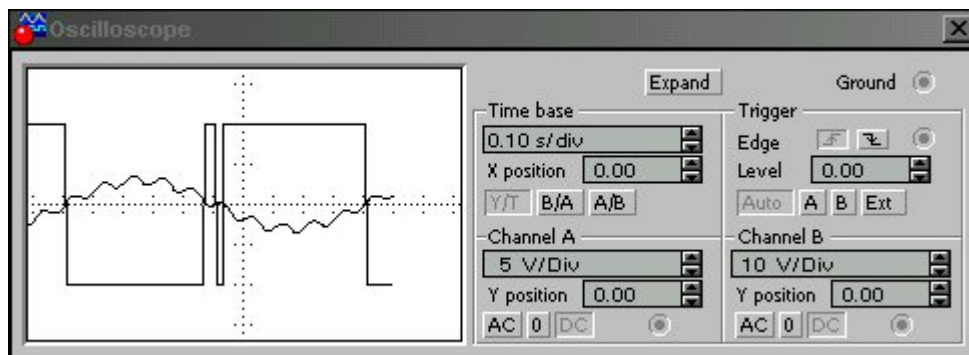


Рисунок 3

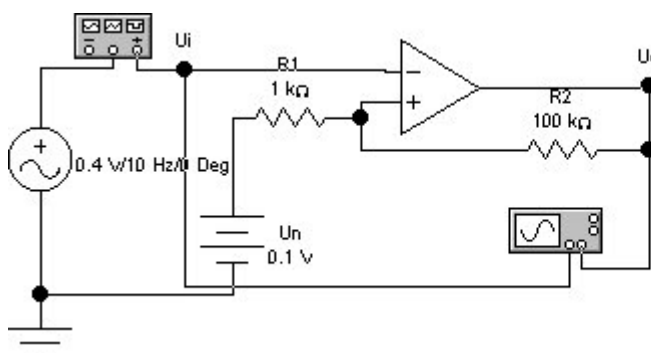


Рисунок 4

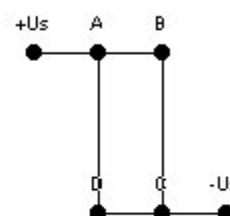


Рисунок 5

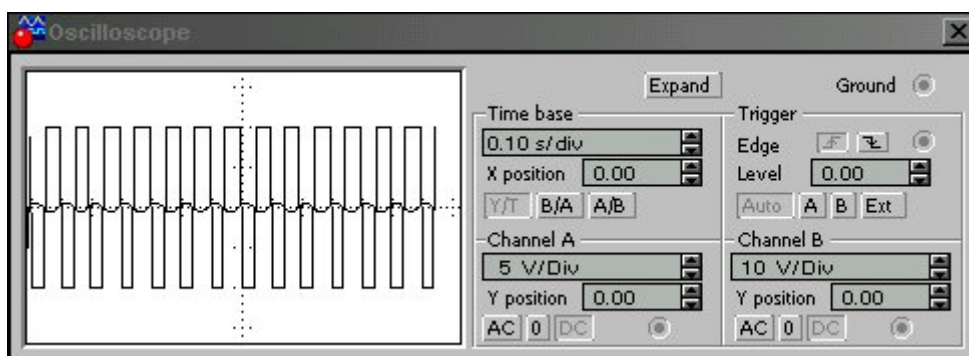


Рисунок 6

Как видно из осциллограммы на *рис. 6*, после введения положительной обратной связи составляющие помех во входном напряжении уже не вызывают ложных

срабатываний компаратора. Ширина петли гистерезиса $2 U$ изменяется варьированием коэффициента передачи делителя на резисторах R_1, R_2 .

1.2 Теоретические сведения о цифровых компараторах

Цифровые компараторы выполняют сравнение двух чисел A и B одинаковой разрядности, заданных в двоичном или двоично-десятичном коде. В зависимости от схемного исполнения компараторы могут определять равенство $A=B$ или неравенства $A<B$, $A>B$. Результат срабатывания отображается в виде логического сигнала на одноименных выводах.

Цифровые компараторы применяются для выявления нужного числа (слова) в цифровых последовательностях, для отметки времени в часовых приборах, для выполнения

условных переходов в вычислительных устройствах, а также в адресных селекторах.

Схема одноразрядного компаратора (рис. 7) состоит из двух элементов НЕ, четырех элементов И и одного элемента ИЛИ-НЕ.

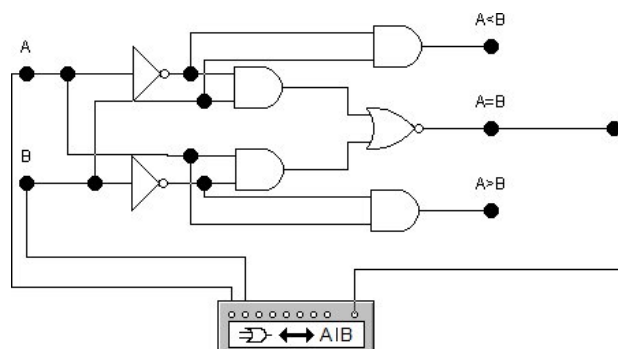


Рисунок 7

Исследование компаратора проводят при помощи подключенного к нему логического преобразователя. Присоединяя его клемму OUT к каждому выходу компаратора, можно получить таблицу истинности и булево выражение для каждого режима работы компаратора. Для случая, когда $A=B$ результаты моделирования представлены на рис. 8, откуда следует, что этому условию удовлетворяют две комбинации сигналов на выходе: $A=B=1$ или $A=B=0$. Этому условию соответствует и булево выражение на дополнительном дисплее.

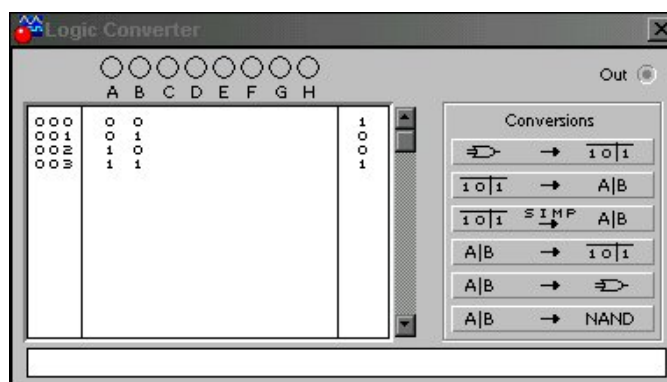


Рисунок 8

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Воспользуйтесь программой EWB и соберите схему цифрового компаратора, представленную на рис. 7.

2. Проведите исследование собранной схемы в режиме $A > B$. Для этого установите синюю переключку согласно рис. 11.

3.

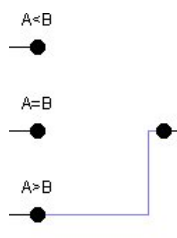


Рисунок 11

4. Проведите исследование собранной схемы в режиме $A < B$. Для этого установите синюю перемычку согласно рис. 12.

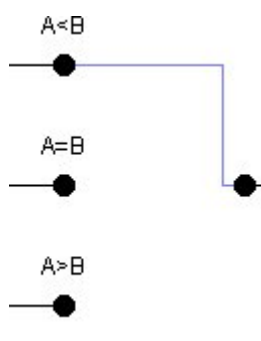


Рисунок 12

5. При помощи логического преобразователя составьте таблицу истинности и булево выражение для каждого случая в таблице 3.

Таблица 3

A	B	$A > B$	$A < B$
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

6. Занесите исследуемую схему и результаты исследований в отчет, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы по результатам исследования.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение компаратора.
2. Назовите основные виды компараторов.
3. Представьте схему аналогового компаратора и дайте назначение его входов и

выходов.

4. Представьте схему цифрового компаратора и дайте назначение его входов и выходов.
5. Поясните принцип работы аналогового компаратора.
6. Поясните принцип работы цифрового компаратора.
7. Каким образом изменяется вероятность ошибочного решения аналогового компаратора от величины его порогового напряжения.
8. Поясните область применения компараторов.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. –М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Изучение принципов распространения радиоволн

Цель работы:

3. Получить навыки измерения параметров восьмивходового мультиплексора цифровых сигналов.

Теоретическая часть

Мультиплексоры (от английского multiplex – многократный) используются для коммутации в заданном порядке сигналов, поступающих с нескольких входных шин на одну выходную. У мультиплексора может быть, например, 16 входов и 1 выход. Это означает, что если к этим входам присоединены 16 источников цифровых сигналов – генераторов последовательных цифровых слов, то байты от любого из генераторов можно передавать на единственный выход.

Для выбора любого из 16 каналов необходимо иметь 4 входа селекции ($2^4=16$), на которые подается двоичный адрес канала. Так, для передачи данных от канала номер 9 на входах селекции необходимо установить код 1001. В силу этого мультиплексоры часто называют селекторами или мультиплексорами–селекторами.

Мультиплексоры находят широкое применение в технике связи и вычислительной технике. Применения мультиплексоров и демультиплексоров в системах связи был рассмотрен в лекции. В вычислительной технике мультиплексоры могут применяться для совместной работы с микропроцессорами для выдачи на одни и те же их выходы адреса и данных, что позволяет существенно сократить общее количество выводов микросхемы. В микропроцессорных системах управления мультиплексоры устанавливают на удаленных объектах, для возможности передачи информации по одной линии связи от нескольких установленных на них датчиков.

Простейшая схема двухканального мультиплексора, состоящего из элементов ИЛИ, НЕ и двух элементов И представлена на рисунке 1.

Результаты моделирования двухканального мультиплексора можно представить в виде таблицы 1.

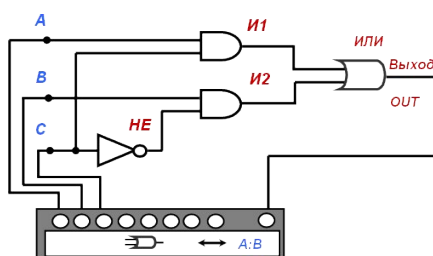


Рисунок 1 Схема для исследования двухканального мультиплексора

Таблица 1 - Таблица состояний для двухканального мультиплексора

Состояние	A	B	C	Выход (OUT)
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

Из таблицы 1 следует, что выходной сигнал описывается булевым выражением

$$\text{OUT} = \text{BC}' + \text{AC},$$

то есть сигнал из канала А проходит на выход при адресном входе C=0, а из канала В – при C=1, что и соответствует логике работы мультиплексора.

На практике двухканальные мультиплексоры, как правило, применяются довольно редко. Поэтому реально используемые мультиплексоры рассчитаны на большее количество входных шин, что позволяет коммутировать большее количество входных сигналов. Рассмотрим структуру восьмиканального мультиплексора, представленного на рисунке 2.

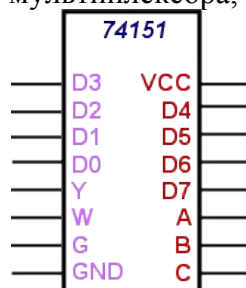


Рисунок 2
Схема восьмиканального мультиплексора ИМС 74151 (K155КП17)

Рассмотрим назначение выводов восьмиканального мультиплексора, представленного на рисунке 2. Они имеют следующее функциональное назначение:

D0.....D7 - входы, GND - общий (земля),

VCC - напряжение питания +5В,

G - вход разрешения (активный уровень – низкий), Y, W – прямой и инверсный выходы, A, B, C – адресные входы 2^0 , 2^1 , 2^2 .

Таблица состояний для восьмиканального мультиплексора имеет вид, представленный в таблице

Сост.	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	A	B	C	Y
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1
6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1
7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
10	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
11	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
12	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
13	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
14	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1
15	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Из таблицы 2 следует, что при состоянии A=0, B=0, C=0 на выход Y поступает сигнал

со входа D10, при состоянии $A=0, B=0, C=1$ на выход поступает сигнал со входа D11, при состоянии $A=0, B=1, C=0$ на выход поступает сигнал со входа D2, при состоянии $A=0, B=1, C=1$ на выход поступает сигнал со входа D3, при состоянии $A=1, B=0, C=0$ на выход поступает сигнал со входа D4, при состоянии $A=1, B=0, C=1$ на выход поступает сигнал со входа D5, при состоянии $A=1, B=1, C=0$ на выход поступает сигнал со входа D6, при состоянии $A=1, B=1, C=1$ на выход поступает сигнал со входа D7.

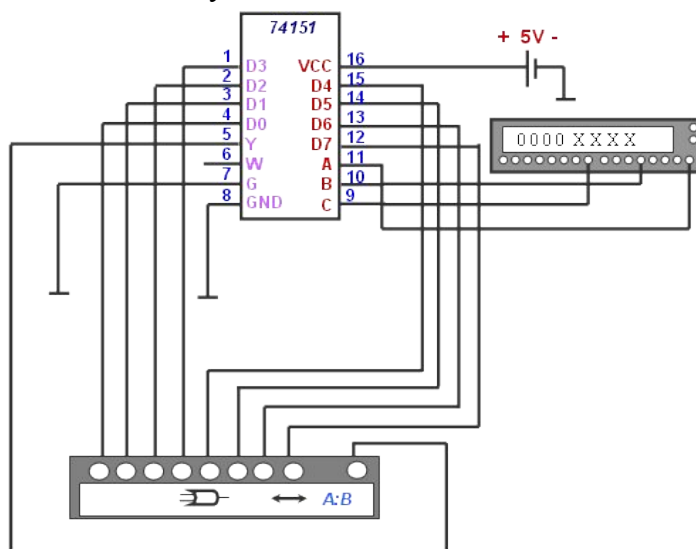


Рисунок 3 Схема для исследования восьмиканального мультиплексора

Схема включает в себя микросхему мультиплексора 74151, логический преобразователь, подключенный своими выходами ко входам D0...D7 мультиплексора, а выход мультиплексора Y подключен ко входу логического преобразователя, что позволяет провести исследование работы мультиплексора. На адресные входы мультиплексора A, B, C подается информация с генератора слов с периодичностью в 8 тактов ($2^3=8$) следующего вида

Таблица 3- Варианты возможных состояний адресных входов мультиплексора 74151

A	B	C
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

Как видно из таблицы 2, возможно 256 тактов работы мультиплексора на 8 входов, поэтому состояния входов A, B, C повторяются циклически 32 раза, что будет соответствовать полному циклу работы мультиплексора.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Воспользоваться схемой, представленной на рисунке 1, составить ее при помощи программы EWB.
2. Запустить схему и проверить ее работоспособность.
3. При помощи логического преобразователя составить таблицу состояний

двухканального мультиплексора и его булево выражение (см. функции логического преобразователя).

4. Оформить результаты исследований в виде таблицы состояний, булева выражения двухканального мультиплексора и выводов по проведенным исследованиям.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее

– 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Назовите назначение мультиплексоров.
2. Назовите назначение демultipлексоров.
3. Назовите назначение основных входов и выходов мультиплексора.
4. Назовите назначение основных входов и выходов демultipлексора.
5. Назовите область применения мультиплексоров и демultipлексоров.
6. Поясните принцип работы мультиплексора при объединении индивидуальных цифровых потоков в групповой.
7. Поясните принцип работы демultipлексора при выделении индивидуальных цифровых потоков из группового.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Исследование волоконно-оптических систем передачи информации

Цель работы:

3. Получить навыки измерения параметров восьмивходового мультиплексора цифровых сигналов.

Теоретическая часть

Мультиплексоры (от английского multiplex – многократный) используются для коммутации в заданном порядке сигналов, поступающих с нескольких входных шин на одну выходную. У мультиплексора может быть, например, 16 входов и 1 выход. Это означает, что если к этим входам присоединены 16 источников цифровых сигналов – генераторов последовательных цифровых слов, то байты от любого из генераторов можно передавать на единственный выход.

Для выбора любого из 16 каналов необходимо иметь 4 входа селекции ($2^4=16$), на которые подается двоичный адрес канала. Так, для передачи данных от канала номер 9 на входах селекции необходимо установить код 1001. В силу этого мультиплексоры часто называют селекторами или мультиплексорами–селекторами. Мультиплексоры находят широкое применение в технике связи и вычислительной технике.

Приме применения мультиплексоров и демультимплексоров в системах связи был рассмотрен в лекции. В вычислительной технике мультиплексоры могут применяться для совместной работы с микропроцессорами для выдачи на одни и те же их выходы адреса и данных, что позволяет существенно сократить общее количество выводов микросхемы. В микропроцессорных системах управления мультиплексоры устанавливают на удаленных объектах, для возможности передачи информации по одной линии связи от нескольких установленных на них датчиков. Простейшая схема двухканального мультиплексора, состоящего из элементов ИЛИ, НЕ и двух элементов И представлена на рисунке 1.

Результаты моделирования двухканального мультиплексора можно представить в виде таблицы 1.

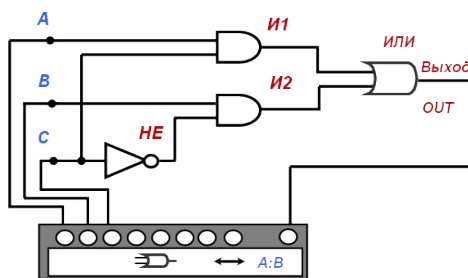


Рисунок 1 Схема для исследования двухканального мультиплексора

Таблица 1 - Таблица состояний для двухканального мультиплексора

Состояние	A	B	C	Выход (OUT)
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	1
3	0	1	1	0
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

Из таблицы 1 следует, что выходной сигнал описывается булевым выражением

$$OUT = BC' + AC,$$

то есть сигнал из канала А проходит на выход при адресном входе C=0, а из канала В – при C=1, что и соответствует логике работы мультиплексора.

На практике двухканальные мультиплексоры, как правило, применяются довольно редко. Поэтому реально используемые мультиплексоры рассчитаны на большее количество входных шин, что позволяет коммутировать большее количество входных сигналов. Рассмотрим структуру восьмиканального мультиплексора, представленного на рисунке 2.

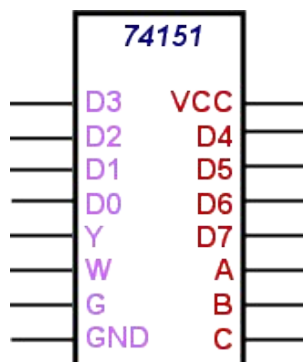


Рисунок 2 Схема восьмиканального мультиплексора ИМС 74151 (К155КП7)

Рассмотрим назначение выводов восьмиканального мультиплексора, представленного на рисунке 2. Они имеют следующее функциональное назначение:

D0.....D7 - входы, GND - общий (земля),

VCC - напряжение питания +5В,

G - вход разрешения (активный уровень – низкий), Y, W – прямой и инверсный выходы, A, B, C – адресные входы 2^0 , 2^1 , 2^2 .

Таблица состояний для восьмиканального мультиплексора имеет вид, представленный в таблице

Сост.	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	A	B	C	Y
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
4	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
5	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1
6	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1
7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
10	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
11	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0
12	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1
13	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
14	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1
15	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
16	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Из таблицы 2 следует, что при состоянии A=0, B=0, C=0 на выход Y поступает сигнал со входа D0, при состоянии A=01, B=0, C=1 на выход поступает сигнал со входа D1, при состоянии A=0, B=1, C=0 на выход поступает сигнал со входа D2, при состоянии A=0,

B=1, C=1 на выход поступает сигнал со входа D3, при состоянии A=1, B=0, C=0 на выход поступает сигнал со входа D4, при состоянии A=1, B=0, C=1 на выход поступает сигнал со входа D5, при состоянии A=1, B=1, C=0 на выход поступает сигнал со входа D6, при состоянии A=1, B=1, C=1 на выход поступает сигнал со входа D7. Схема для исследования восьмиканального мультиплексора имеет следующий вид.

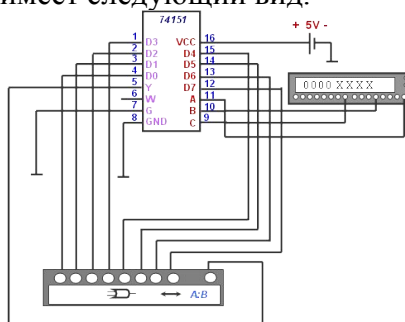


Рисунок 3 Схема для исследования восьмиканального мультиплексора

Схема включает в себя микросхему мультиплексора 74151, логический преобразователь,

подключенный своими выходами ко входам D0...D7 мультиплексора, а выход мультиплексора Y подключен ко входу логического преобразователя, что позволяет провести исследование работы мультиплексора. На адресные входы мультиплексора A, B, C подается информация с генератора слов с периодичностью в 8 тактов ($2^3=8$) следующего вида

Таблица 3- Варианты возможных состояний адресных входов мультиплексора 74151

A	B	C
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

Как видно из таблицы 2, возможно 256 тактов работы мультиплексора на 8 входов, поэтому состояния входов A, B, C повторяться циклически 32 раза, что будет соответствовать полному циклу работы мультиплексора.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Воспользоваться схемой, представленной на рисунке 2, составить ее при помощи программы WEWB.
2. Запустить схему и проверить ее работоспособность.
3. При помощи логического преобразователя составить таблицу состояний восьмиканального мультиплексора (для своего варианта, таблица 4) и его булево выражение (см. функции логического преобразователя).
4. Оформить результаты исследований в виде таблицы состояний, булева выражения восьмиканального мультиплексора и выводов по проведенным исследованиям. Составить отчет.

Таблица 4

№ варианта	Исследуемые такты работы мультиплексора	№ варианта	Исследуемые такты работы мультиплексора	№ варианта	Исследуемые такты работы мультиплексора
1	16-24	11	97-104	21	177-184
2	25-32	12	105-112	22	185-192
3	33-40	13	113-120	23	193-200
4	41-48	14	121-128	24	201-208
5	49-56	15	129-136	25	209-216
6	57-64	16	137-144	26	217-224
7	65-72	17	145-152	27	225-232
8	73-80	18	153-160	28	233-240
9	81-88	19	161-168	29	241-248
10	89-96	20	169-176	30	249-256

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее

– 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Назовите назначение мультиплексоров.
2. Назовите назначение демultipлексоров.
3. Назовите назначение основных входов и выходов мультиплексора.
4. Назовите назначение основных входов и выходов демultipлексора.
5. Назовите область применения мультиплексоров и демultipлексоров.
6. Поясните принцип работы мультиплексора при объединении индивидуальных цифровых потоков в групповой.
7. Поясните принцип работы демultipлексора при выделении индивидуальных цифровых потоков из группового.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Практическое занятие №7

Исследование многоканальных систем передачи информации

Цель работы: Научиться рассчитывать основные параметры радиолиний

Теоретическая часть

Радиопередатчиком называется устройство, предназначенное для генерации радиочастотных колебаний и управления ими с целью передачи информации без использования проводных каналов.

Радиопередатчики (радиопередающие устройства) нашли широкое применение в радиосвязи, радиовещании, телевидении, радиолокации и радионавигации.

Структура радиопередатчика определяется его основными общими функциями, к которым относятся:

получение высокочастотных колебаний требуемой частоты и мощности; модуляция высокочастотных колебаний передаваемым сигналом; излучение колебаний через антенну.

а) радиопередающего устройства; б) радиочастотного тракта с подключением модулятора. На схеме: И – информация, М – модулятор, Г – генератор радиочастотного тракта, ИП – источник электропитания, А – антенна, АГ – автогенератор, БК – буферный каскад, ПУ – промежуточный усилитель, ОК – оконечный каскад.

К цифровым относят системы, у которых входная аналоговая информация (например, голос, аналоговый телевизионный сигнал и т. п.) первоначально преобразуется в цифровую (дискретную) форму. Однако уже здесь возникает некоторая нечеткость. В самом деле, любой сигнал при передаче через физический канал имеет чисто аналоговый вид, он в принципе не должен быть дискретным (чем дальше форма сигнала от бесконечной синусоиды, тем больше паразитных гармоник и связанных с ними неприятностей), чего добиваются специальными методами. Поэтому термин «цифровая система» говорит только о том, что в ней входящие аналоговые данные оцифрованы и обрабатываются (фильтрация, скремблирование, коммутация) преимущественно цифровыми методами.

Если ширина спектральной полосы F , в которой работает система, много меньше центральной частоты этой полосы f_c , то система узкополосная (т.е. F/f_c значительно меньше 1). В противном случае система широкополосная. Критерий весьма расплывчат. В области цифровых систем передачи приводят и другие определения широкополосности: например, система широкополосная, если передаточная функция канала в этой полосе существенно изменяется в зависимости от частоты (т.е. передаточная функция в рабочей полосе узкополосной системы практически не зависит от частоты). Очевидно, что определения эти достаточно расплывчаты. В нашем случае под термином «широкополосная система» мы будем понимать такие системы, где проявляются специфические эффекты и свойства, связанные с широкой рабочей полосой.

Принято считать, что безопасности беспроводных сетей угрожают:

- нарушение физической целостности сети;
- подслушивание трафика;
- вторжение в сеть.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

Определить необходимую высоту приемной антенны радиорелейной линии прямой видимости с учетом атмосферной рефракции при условии, что передающая антенна подвешена на высоте A метров, а необходимая дальность связи должна составлять B километров (см. таблицу 1). Схематично изобразите фрагмент радиорелейной линии.

Таблица 1

Номер по журналу	1	2	3	4	5	6	7
А	5	6	7	8	9	10	11
В	30	30	30	35	35	35	40
Номер по журналу	8	9	10	11	12	13	14
А	12	13	14	15	16	17	18
В	40	40	45	45	45	50	50
Номер по журналу	19	20	21	22	23	24	25
А	19	20	21	22	23	24	25
В	50	55	55	55	60	60	60

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее

– 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Принципы построения радиорелейных систем передачи информации.
2. Принципы построения спутниковых систем передачи информации.
3. Многоканальные системы передачи информации.
4. Общая характеристика и классификация волоконно-оптических систем передачи информации.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации: учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. –М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Практическое занятие №8

Изучение проводных и кабельных систем передачи информации

Цель работы: Научиться рассчитывать основные параметры радиолиний

Теоретическая часть

Радиопередатчиком называется устройство, предназначенное для генерации радиочастотных колебаний и управления ими с целью передачи информации без использования проводных каналов.

Радиопередатчики (радиопередающие устройства) нашли широкое применение в радиосвязи, радиовещании, телевидении, радиолокации и радионавигации.

Структура радиопередатчика определяется его основными общими функциями, к которым относятся: получение высокочастотных колебаний требуемой частоты и мощности; модуляция высокочастотных колебаний передаваемым сигналом; излучение колебаний через антенну.

К цифровым относят системы, у которых входная аналоговая информация (например, голос, аналоговый телевизионный сигнал и т. п.) первоначально преобразуется в цифровую (дискретную) форму. Однако уже здесь возникает некоторая нечеткость. В самом деле, любой сигнал при передаче через физический канал имеет чисто аналоговый вид, он в принципе не должен быть дискретным (чем дальше форма сигнала от бесконечной синусоиды, тем больше паразитных гармоник и связанных с ними неприятностей), чего добиваются специальными методами. Поэтому термин «цифровая система» говорит только о том, что в ней входящие аналоговые данные оцифрованы и обрабатываются (фильтрация, скремблирование, коммутация) преимущественно цифровыми методами.

Если ширина спектральной полосы F , в которой работает система, много меньше центральной частоты этой полосы f_c , то система узкополосная (т.е. F/f_c значительно меньше 1). В противном случае система широкополосная. Критерий весьма расплывчат. В области цифровых систем передачи приводят и другие определения широкополосности: например, система широкополосная, если передаточная функция канала в этой полосе существенно изменяется в зависимости от частоты (т.е. передаточная функция в рабочей полосе узкополосной системы практически не зависит от частоты). Очевидно, что определения эти достаточно расплывчаты. В нашем случае под термином «широкополосная система» мы будем понимать такие системы, где проявляются специфические эффекты и свойства, связанные с широкой рабочей полосой. Принято считать, что безопасности беспроводных сетей угрожают:

- нарушение физической целостности сети;
- подслушивание трафика;
- вторжение в сеть.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

Определить необходимую высоту приемной антенны радиорелейной линии прямой видимости с учетом атмосферной рефракции при условии, что передающая антенна подвешена на высоте A метров, а необходимая дальность связи должна составлять B километров (см. таблицу 1). Схематично изобразите фрагмент радиорелейной линии.

Таблица 1

Номер по журналу	1	2	3	4	5	6	7
А	5	6	7	8	9	10	11
В	30	30	30	35	35	35	40
Номер по журналу	8	9	10	11	12	13	14
А	12	13	14	15	16	17	18
В	40	40	45	45	45	50	50
Номер по журналу	19	20	21	22	23	24	25
А	19	20	21	22	23	24	25
В	50	55	55	55	60	60	60

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее – 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Принципы построения радиорелейных систем передачи информации.
2. Принципы построения спутниковых систем передачи информации.
3. Многоканальные системы передачи информации.
4. Общая характеристика и классификация волоконно-оптических систем передачи информации.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио исвязь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. –М.:РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Практическое занятие №9

Исследование параметров модуляторов гармонических сигналов

Цель работы:

1. Изучить назначение и основные показатели сетей с коммутацией пакетов.
2. Получить навыки построения модели сети ATM с использованием среды моделирования NetCracker.
3. Исследовать характеристики сети ATM при помощи программы NetCracker.

Теоретическая часть

Сеть ATM имеет классическую структуру крупной территориальной сети - конечные станции соединяются индивидуальными каналами с коммутаторами нижнего уровня, которые в свою очередь соединяются с коммутаторами более высоких уровней. Коммутаторы ATM пользуются 20-байтными адресами конечных узлов для маршрутизации трафика на основе техники виртуальных каналов. Для частных сетей ATM определен протокол маршрутизации PNNI (Private NNI), с помощью которого коммутаторы могут строить таблицы маршрутизации автоматически. В публичных сетях ATM таблицы маршрутизации могут строиться администраторами вручную, как и в сетях X.25, или могут поддерживаться протоколом PNNI.

Коммутация пакетов происходит на основе идентификатора виртуального канала (Virtual Channel Identifier, VCI), который назначается соединению при его установлении и уничтожается при разрыве соединения. Адрес конечного узла ATM, на основе которого прокладывается виртуальный канал, имеет иерархическую структуру, подобную номеру в телефонной сети, и использует префиксы, соответствующие кодам стран, городов, сетям поставщиков услуг и т. п., что упрощает маршрутизацию запросов установления соединения, как и при использовании агрегированных IP-адресов в соответствии с техникой CIDR.

Виртуальные соединения могут быть постоянными (Permanent Virtual Circuit, PVC) и коммутируемыми (Switched Virtual Circuit, SVC). Для ускорения коммутации в больших сетях используется понятие виртуального пути - Virtual Path, который объединяет виртуальные каналы, имеющие в сети ATM общий маршрут между исходным и конечным узлами или общую часть маршрута между некоторыми двумя коммутаторами сети. Идентификатор виртуального пути (Virtual Path Identifier, VPI) является старшей частью локального адреса и представляет собой общий префикс для некоторого количества различных виртуальных каналов. Таким образом, идея агрегирования адресов в технологии ATM применена на двух уровнях - на уровне адресов конечных узлов (работает на стадии установления виртуального канала) и на уровне номеров виртуальных каналов (работает при передаче данных по имеющемуся виртуальному каналу).

Соединения конечной станции ATM с коммутатором нижнего уровня определяются стандартом UNI (User Network Interface). Спецификация UNI определяет структуру пакета, адресацию станций, обмен управляющей информацией, уровни протокола ATM, способы установления виртуального канала и способы управления трафиком. В настоящее время принята версия UNI 4.0, но наиболее распространенной версией, поддерживаемой производителями оборудования, является версия UNI 3.1.

Стандарт ATM не вводит свои спецификации на реализацию физического уровня. Здесь он основывается на технологии SDH/SONET, принимая ее иерархию скоростей. В соответствии с этим начальная скорость доступа пользователя сети - это скорость OC-3 155 Мбит/с.

Организация ATM Forum определила для ATM не все иерархии скоростей SDH, а только скорости OC-3 и OC-12 (622 Мбит/с). На скорости 155 Мбит/с можно использовать не только волоконно-оптический кабель, но и неэкранированную витую пару категории 5. На скорости 622 Мбит/с допустим только волоконно-оптический кабель, причем как SMF, так и MMF.

Имеются и другие физические интерфейсы к сетям ATM, отличные от SDH/SONET. К ним относятся интерфейсы T1/E1 и T3/E3, распространенные в глобальных сетях, и

интерфейсы локальных сетей - интерфейс с кодировкой 4B/5B со скоростью 100 Мбит/с (FDDI) и интерфейс со скоростью 25 Мбит/с, предложенный компанией IBM и утвержденный ATM Forum. Кроме того, для скорости 155,52 Мбит/с определен так называемый «cell-based» физический уровень, то есть уровень, основанный на ячейках, а не на кадрах SDH/SONET. Этот вариант физического уровня не использует кадры SDH/SONET, а отправляет по каналу связи непосредственно ячейки формата ATM, что сокращает накладные расходы на служебные данные, но несколько усложняет задачу синхронизации приемника с передатчиком на уровне ячеек.

Все перечисленные выше характеристики технологии ATM не свидетельствуют о том, что это некая «особенная» технология, а скорее представляют ее как типичную технологию глобальных сетей, основанную на технике виртуальных каналов. Особенности же технологии ATM лежат в области качественного обслуживания разнородного трафика и объясняются стремлением решить задачу совмещения в одних и тех же каналах связи и в одном и том же коммуникационном оборудовании компьютерного и мультимедийного трафика таким образом, чтобы каждый тип трафика получил требуемый уровень обслуживания и не рассматривался как «второстепенный».

Трафик вычислительных сетей имеет ярко выраженный асинхронный и пульсирующий характер. Компьютер посылает пакеты в сеть в случайные моменты времени, по мере возникновения в этом необходимости. При этом интенсивность посылки пакетов в сеть и их размер могут изменяться в широких пределах - например, коэффициент пульсаций трафика (отношения максимальной мгновенной интенсивности трафика к его средней интенсивности) протоколов без установления соединений может достигать до 200, а протоколов с установлением соединений - до 20. Чувствительность компьютерного трафика к потерям данных высокая, так как без утраченных данных обойтись нельзя и их необходимо восстановить за счет повторной передачи.

Мультимедийный трафик, передающий, например, голос или изображение, характеризуется низким коэффициентом пульсаций, высокой чувствительностью к задержкам передачи данных (отражающихся на качестве воспроизводимого непрерывного сигнала) и низкой чувствительностью к потерям данных (из-за инерционности физических процессов потерю отдельных замеров голоса или кадров изображения можно компенсировать сглаживанием на основе предыдущих и последующих значений).

На возможности совмещения этих двух видов трафика большое влияние оказывает размер компьютерных пакетов. Если размер пакета может меняться в широком диапазоне (например, от 29 до 4500 байт, как в технологии FDDI), то даже при придании голосовым пакетам высшего приоритета обслуживания в коммутаторах время ожидания компьютерного пакета может оказаться недопустимо высоким. Например, пакет в 4500 байт будет передаваться в выходной порт на скорости 2 Мбит/с (максимальная скорость работы порта коммутатора frame relay) 18 мс. При совмещении трафика за это время необходимо через этот же порт передать 144 замера голоса. Прерывать передачу пакета в сетях нежелательно, так как при распределенном характере сети накладные расходы на оповещение соседнего коммутатора о прерывании пакета, а потом - о возобновлении передачи пакета с прерванного места оказываются слишком большими.

Подход, реализованный в технологии ATM, состоит в передаче любого вида трафика - компьютерного, телефонного или видео - пакетами фиксированной и очень маленькой длины в 53 байта. Пакеты ATM называют ячейками - cell. Поле данных ячейки занимает 48 байт, а заголовок - 5 байт.

Чтобы пакеты содержали адрес узла назначения и в то же время процент служебной информации не превышал размер поля данных пакета, в технологии ATM применен стандартный для глобальных вычислительных сетей прием - передача ячеек в соответствии с техникой виртуальных каналов с длиной номера виртуального канала в 24 бита, что вполне достаточно для обслуживания большого количества виртуальных соединений каждым портом коммутатора глобальной (может быть всемирной) сети ATM.

Размер ячейки АТМ является результатом компромисса между телефонистами и компьютерщиками - первые настаивали на размере поля данных в 32 байта, а вторые - в 64 байта.

Чем меньше пакет, тем легче имитировать услуги каналов с постоянной битовой скоростью, которая характерна для телефонных сетей. Ясно, что при отказе от жестко синхронизированных временных слотов для каждого канала идеальной синхронности добиться будет невозможно, однако чем меньше размер пакета, тем легче этого достичь.

Для пакета, состоящего из 53 байт, при скорости в 155 Мбит/с время передачи кадра на выходной порт составляет менее 3 мкс. Так что эта задержка не очень существенна для трафика, пакеты которого должны передаваться каждые 125 мкс.

Однако на выбор размера ячейки большее влияние оказала не величина ожидания передачи ячейки, а задержка пакетизации. Задержка пакетизации - это время, в течение которого первый замер голоса ждет момента окончательного формирования пакета и отправки его по сети. При размере поля данных в 48 байт одна ячейка АТМ обычно переносит 48 замеров голоса, которые делаются с интервалом в 125 мкс. Поэтому первый замер должен ждать примерно 6 мс, прежде чем ячейка будет отправлена по сети. Именно по этой причине телефонисты боролись за уменьшения размера ячейки, так как 6 мс - это задержка, близкая к пределу, за которым начинаются нарушения качества передачи голоса. При выборе размера ячейки в 32 байта задержка пакетизации составила бы 4 мс, что гарантировало бы более качественную передачу голоса. А стремление компьютерных специалистов увеличить поле данных до 64 байт вполне понятно - при этом повышается полезная скорость передачи данных. Избыточность служебных данных при использовании 48-байтного поля данных составляет 10 %, а при использовании 32- байтного поля данных она сразу повышается до 16 %.

Разработчики технологии АТМ проанализировали всевозможные образцы трафика, создаваемые различными приложениями, и выделили 4 основных класса трафика, для которых разработали различные механизмы резервирования и поддержания требуемого качества обслуживания.

Класс трафика (называемый также классом услуг - service class) качественно характеризует требуемые услуги по передаче данных через сеть АТМ. Если приложение указывает сети, что требуется, например, передача голосового трафика, то из этого становится ясно, что особенно важными для пользователя будут такие показатели качества обслуживания, как задержки и вариации задержек ячеек, существенно влияющие на качество переданной информации - голоса или изображения, а потеря отдельной ячейки с несколькими замерами не так уж важна, так как, например, воспроизводящее голос устройство может аппроксимировать недостающие замеры и качество пострадает не слишком. Требования к синхронности передаваемых данных очень важны для многих приложений - не только голоса, но и видеоизображения, и наличие этих требований стало первым критерием для деления трафика на классы.

Другим важным параметром трафика, существенно влияющим на способ его передачи через сеть, является величина его пульсаций. Разработчики технологии АТМ решили выделить два различных типа трафика в отношении этого параметра - трафик с постоянной битовой скоростью (Constant Bit Rate, CBR) и трафик с переменной битовой скоростью (Variable Bit Rate, VBR).

К разным классам были отнесены трафики, порождаемые приложениями, использующими для обмена сообщениями протоколы с установлением соединений и без установления соединений. В первом случае данные передаются самим приложением достаточно надежно, как это обычно делают протоколы с установлением соединения, поэтому от сети АТМ высокой надежности передачи не требуется. А во втором случае приложение работает без установления соединения и восстановлением потерянных и искаженных данных не занимается, что предъявляет повышенные требования к надежности передачи ячеек сетью АТМ.

Очевидно, что только качественных характеристик, задаваемых классом трафика, для описания требуемых услуг оказывается недостаточно. В технологии ATM для каждого класса трафика определен набор количественных параметров, которые приложение должно задать. Например, для трафика класса А необходимо указать постоянную скорость, с которой приложение будет посылать данные в сеть, а для трафика класса В - максимально возможную скорость, среднюю скорость и максимально возможную пульсацию. Для голосового трафика можно не только указать на важность синхронизации между передатчиком и приемником, но и количественно задать верхние границы задержки и вариации задержки ячеек.

В технологии ATM поддерживается следующий набор основных количественных параметров:

- ~ Peak Cell Rate (PCR) - максимальная скорость передачи данных;
- ~ Sustained Cell Rate (SCR) - средняя скорость передачи данных;
- ~ Minimum Cell Rate (MCR) - минимальная скорость передачи данных;
- ~ Maximum Burst Size (MBS) - максимальный размер пульсации;
- ~ Cell Loss Ratio (CLR) - доля потерянных ячеек;
- ~ Cell Transfer Delay (CTD) - задержка передачи ячеек;
- ~ Cell Delay Variation (CDV) - вариация задержки ячеек.

Параметры скорости измеряются в ячейках в секунду, максимальный размер пульсации - в ячейках, а временные параметры - в секундах. Максимальный размер пульсации задает количество ячеек, которое приложение может передать с максимальной скоростью PCR, если задана средняя скорость. Доля потерянных ячеек является отношением потерянных ячеек к общему количеству отправленных ячеек по данному виртуальному соединению. Так как виртуальные соединения являются дуплексными, то для каждого направления соединения могут быть заданы разные значения параметров.

В технологии ATM принят не совсем традиционный подход к трактовке термина «качество обслуживания» - QoS. Обычно качество обслуживания трафика характеризуется параметрами пропускной способности (здесь это RCR, SCR, MCR, MBS), параметрами задержек пакетов (CTD и CDV), а также параметрами надежности передачи пакетов (CLR). В ATM характеристики пропускной способности называют параметрами трафика и не включают их в число параметров качества обслуживания QoS, хотя по существу они таковыми являются. Параметрами QoS в ATM являются только параметры CTD, CDV и CLR. Сеть старается обеспечить такой уровень услуг, чтобы поддерживались требуемые значения и параметров трафика, и задержек ячеек, и доли потерянных ячеек.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

Сделайте выводы на основе полученных результатов о свойствах комбинированных сетей с применением технологии ATM. Сравните с результатами, полученными в ходе исследования моделей сетей на основе других технологий. Охарактеризуйте особенности технологии ATM и ситуации в которых предпочтительно именно её применение.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Какая сеть называется сетью АТМ и для чего она предназначена?
2. Какие виды виртуальных соединений используются в сетях АТМ? Дайте им определения.
3. Какими основными показателями характеризуется сеть АТМ?
4. Каким стандартом определяются соединения конечной станции АТМ с коммутатором нижнего уровня?
5. На основе каких технологий реализован физический уровень сетей АТМ?
6. Дайте определение коэффициента пульсаций трафика.
7. Какова размерность и структура пакета данных в сетях АТМ?
8. Какими количественными параметрами характеризуется качество функционирования сетей АТМ?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. –М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011

Лабораторные работы №10, 11

Исследование параметров демодуляторов (детекторов) гармонических сигналов

Цель работы:

1. Изучить теоретические сведения об амплитудной и частотной модуляции.
2. Исследовать параметры амплитудного и частотного модуляторов гармонических сигналов.
3. Получить практические навыки исследования и анализа электрических цепей элементов систем передачи информации.

Теоретическая часть

Модуляцией называется процесс, в результате которого происходит изменение параметра или параметров сигнала-переносчика пропорционально другому сигналу, называемому сигналом сообщения. Обычно в качестве переносчика используется гармоническое колебание высокой частоты — *несущее колебание*.

Процесс преобразования первичного сигнала заключается в изменении одного или нескольких параметров несущего колебания по закону изменения первичного сигнала (т.е. в наделении несущего колебания признаками первичного сигнала) и называется *модуляцией*.

Запишем гармоническое колебание, выбранное в качестве несущего, в следующем виде:

$$U_o(t) = U \cos(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

Это колебание полностью характеризуется тремя параметрами: амплитудой U , частотой ω и начальной фазой φ . Модуляцию можно осуществить изменением любого из трех параметров по закону передаваемого сигнала.

Изменение во времени амплитуды несущего колебания пропорционально первичному сигналу $s(t)$, т.е. $U(t) = U + k_{ам} s(t)$, где $k_{ам}$ — коэффициент пропорциональности, называется амплитудной модуляцией (АМ).

Несущее колебание (1) с модулированной по закону первичного сигнала амплитудой равно: $u(t) = U \cos(\omega t + \varphi)$. Если в качестве первичного сигнала использовать то же гармоническое колебание (но с более низкой частотой Ω) $s(t) = S \cos \Omega t$, то модулированное колебание запишется в виде (для упрощения взято $\varphi = 0$) $u(t) = (U + k_{ам} S \cos \Omega t) \cos \omega t$ (рисунок 1).

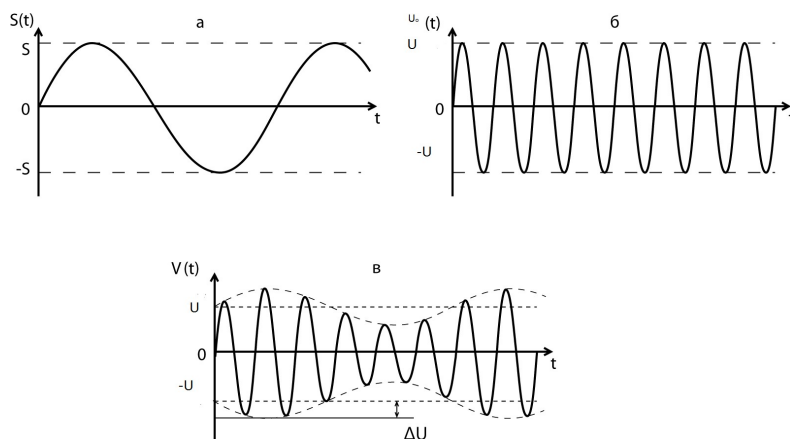


Рисунок 1 Передаваемый сигнал (а), несущее колебание (б), модулированный сигнал (в).

Вынесем за скобки V и обозначим

$$\Delta U = k_{ам} S; \quad M_{ам} = \Delta U / U,$$

тогда

$$u(t) = U(1 + M_{ам} \cos \Omega t) \cos(\omega t). \quad (3)$$

Параметр $M_{ам} = \Delta U / U$ называется *глубиной амплитудной модуляции* или *коэффициентом (индексом) амплитудной модуляции*. При $M_{ам} = 0$ модуляции нет и $U(t) =$

$U_0(t)$, т.е. получается немодулированное несущее колебание (1). Обычно амплитуда несущего колебания выбирается больше амплитуды первичного сигнала, так что $M_{ам} \gg 1$.

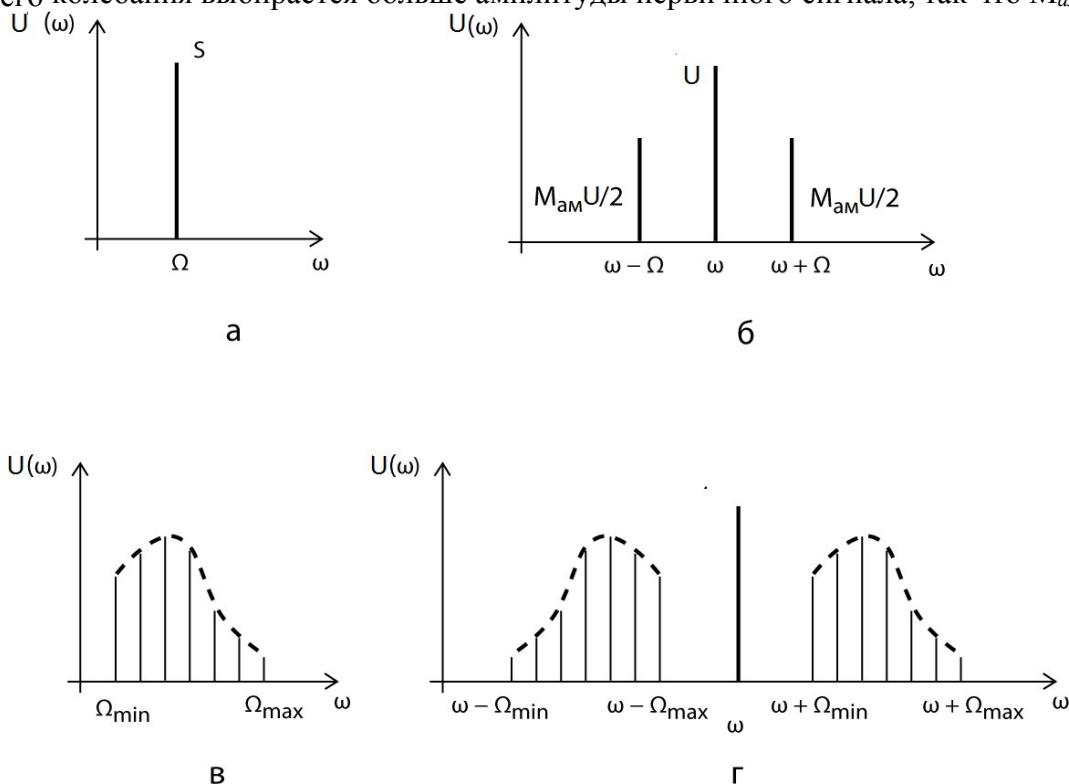


Рисунок 2 Спектры гармонического (а) и сложного (в) сигналов и модулированных ими по амплитуде несущих колебаний (б и г).

На рисунках 2(а) и 2(в) показаны спектры подлежащих передаче (модулирующих) гармонического и сложного сигналов, на рисунке 2(б) и 2(г) показаны спектры амплитудно-модулированных сигналов, модулированных гармоническим и сложным сигналом.

Произведя в (3) преобразования, получим, что амплитудно-модулированное колебание

$$u(t) = U \cos \omega t + (M_{ам}U/2) \cos(\omega + \Omega)t + (M_{ам}U/2) \cos(\omega - \Omega)t$$

состоит из суммы трех гармонических составляющих с частотами ω , $(\omega + \Omega)$ и $(\omega - \Omega)$ и амплитудами соответственно U , $M_{ам}U/2$ и $M_{ам}U/2$. Таким образом, спектр амплитудно-модулированного колебания (или АМ-колебания) состоит из частоты несущего колебания и двух боковых частот, симметричных относительно несущей, с одинаковыми амплитудами (рис.2, б). Спектр первичного сигнала $s(t)$ приведен на рис.2, а.

Если первичный сигнал сложный и его спектр ограничен частотами $\Omega_{мин}$ и $\Omega_{макс}$ (см. рис.2, в), то спектр АМ - колебания будет состоять из несущего колебания и двух боковых полос, симметричных относительно несущей (см. рис.2, г).

Анализ энергетических соотношений показывает, что основная мощность АМ - колебания заключена в несущем колебании, которое не содержит полезной информации. Нижняя и верхняя боковые полосы несут одинаковую информацию и имеют более низкую мощность.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Изучить (повторить) теоретический материал, посвящённый принципам построения и функционирования амплитудных и частотных модуляторов сигналов.
2. Ознакомиться с программой лабораторной работы.
3. Подготовить отчет о лабораторной работе.
4. Ответить на контрольные вопросы.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные сведения о спектрах периодических сигналов.
2. Назовите основные сведения о спектрах непериодических сигналов.
3. Дайте определение частотно-модулированного сигнала.
4. Что называется девиацией частоты?
5. Перечислите области применения модуляции сигналов.
6. Что называется индексом частотной модуляции?
7. Приведите аналитическое выражение для частотно-модулированного сигнала и изобразите его внешний вид.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

- 1 Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
- 2 Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
- 3 Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2004.
- 4 Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2001 г.

Лабораторная работа №12

Синтез схем генераторов сигналов

Цель работы:

1. Изучить теоретические сведения об электрических фильтрах.
2. Исследовать параметры фильтров низких, высоких частот и полосового фильтра.
3. Получить практические навыки исследования и анализа электрических цепей элементов систем передачи информации.

Теоретическая часть

В современных системах связи широко используется так называемый частотный принцип разделения сигналов. В соответствии с этим принципом каждому сообщению или виду сигнала отводится своя полоса частот. Так строится, например, радиовещание и телевидение в нашей и других странах. Радиостанции и телевизионные передатчики работают в строго определенных не перекрывающихся диапазонах длин волн. Важнейшую роль при обработке сигналов в таких системах играют электрические фильтры.

Электрический фильтр — это устройство, предназначенное для пропускания сигналов только в определенной полосе частот; сигналы, частоты которых не попадают в эту полосу, подавляются.

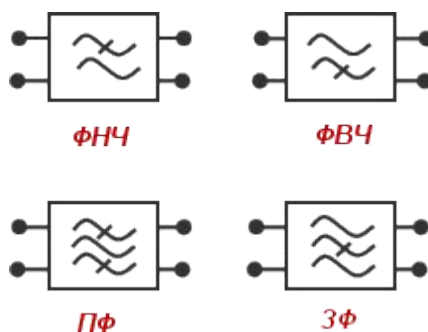


Рисунок 1

Фильтры широко используются в вычислительной технике. В источниках питания фильтры применяются для подавления помех, наводок и высокочастотных шумов. На материнских платах персональных компьютеров, как правило, устанавливаются несколько фильтров, устраняющих взаимное влияние сигналов друг на друга. Персональные ЭВМ рекомендуется подключать к сети через фильтр, который не пропускает импульсные помехи, высокочастотные наводки и шумы.

По диапазону пропускаемых частот фильтры делятся на фильтры нижних частот (ФНЧ), фильтры высоких частот (ФВЧ), полосовые (ПФ) и заграждающие (ЗФ) (или режекторные (РФ)) фильтры. Условные обозначения этих фильтров показаны на рис. 1. ФНЧ пропускают сигналы с низкими частотами и подавляют сигналы с высокими частотами. ФВЧ, наоборот, пропускают сигналы с высокими частотами и подавляют сигналы с низкими частотами. ПФ пропускают сигналы только в определенной полосе частот вблизи некоторой центральной частоты, расположенной, как правило, в области относительно высоких частот. ПФ не пропускает сигналы с низкими и высокими частотами. Наконец, ЗФ пропускает сигналы с низкими и высокими частотами и задерживает сигналы с частотами, расположенными вблизи центральной частоты заграждающего фильтра.

АЧХ равно $1/0,707$ раз. Как правило, граничную частоту считают границей полосы пропускания фильтра. Для ПФ и ЗФ показаны: $f_{гр}$ — центральные частоты полосы пропускания и полосы задерживания; Π — полосы пропускания и задерживания соответственно. Отметим, что на практике кроме уровня, равного 0,707, используют другие уровни для определения граничных частот, полос пропускания и задерживания. Кроме того, иногда вводятся дополнительные граничные частоты. Например, дополнительная частота f_3 показана на рис. 2, а. Частота f_3 в этом случае определяет границу полосы задерживания

фильтра.

Избирательные свойства фильтра тем лучше, чем ближе форма АЧХ к прямоугольной. Поэтому вторая АЧХ, показанная на рис. 2, б, принадлежит фильтру, изготовленному с лучшим качеством.

Можно показать, что для RC-фильтров комплексный коэффициент передачи всегда можно представить в виде отношения двух полиномов, содержащих комплексную переменную s и коэффициенты, значения которых зависят от параметров элементов фильтра. Чем сложнее схема фильтра, тем более высокий порядок полиномов будет записываться в числителе и знаменателе коэффициента передачи. Взяв модуль комплексного коэффициента передачи, получим АЧХ фильтра

$$K_u = |\dot{K}_u| = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \quad (2)$$

Приравняв значение АЧХ уровню 0,707, получим формулу для граничной частоты фильтра:

$$\omega_{гр} = 1/RC. \quad (3)$$

Аналогично рассчитываются граничные частоты других фильтров.

Из формулы следует, что ФЧХ определяет фазовый сдвиг, добавляемый фильтром к начальной фазе входного сигнала. Как правило, фазочастотную характеристику фильтра требуется знать при использовании систем связи с так называемой угловой модуляцией, когда информация содержится в изменениях частоты и фазы сигнала.

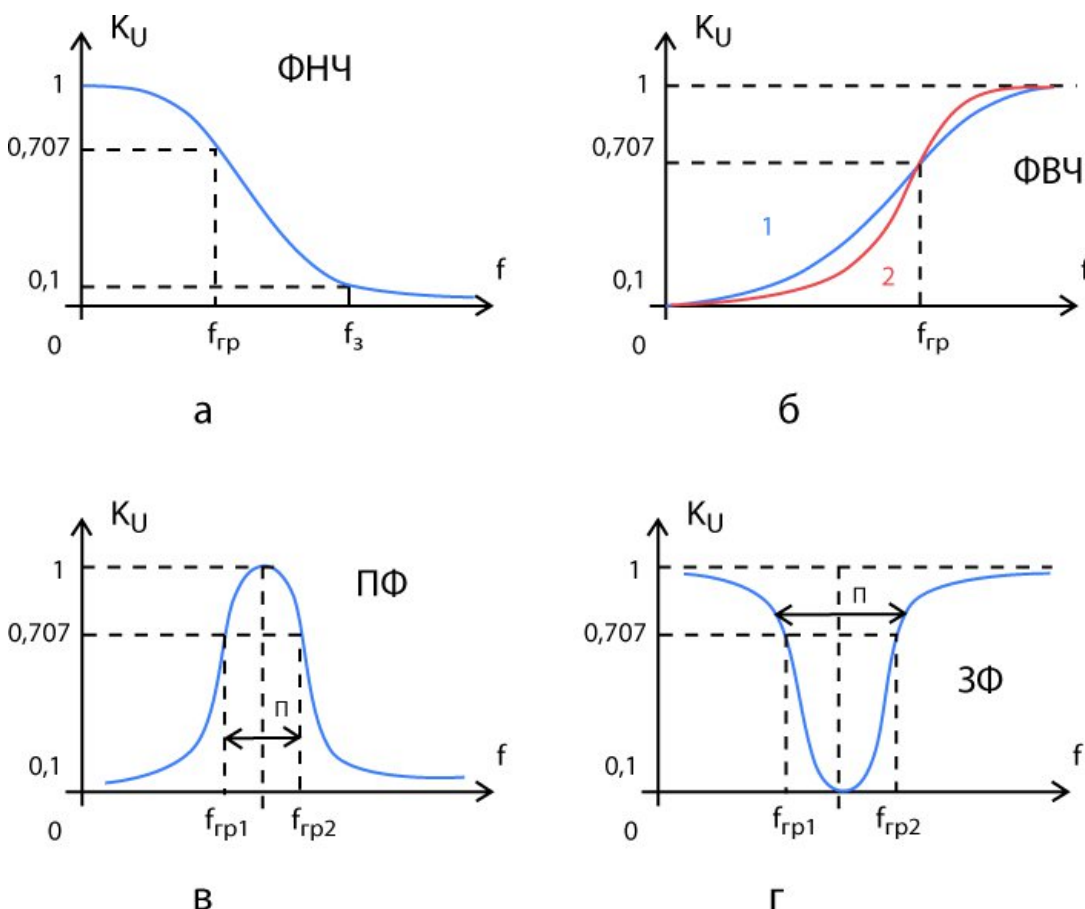


Рисунок 2

По способу изготовления различают следующие типы фильтров: кварцевые, электромеханические, фильтры на коаксиальных линиях передачи, фильтры на

поверхностных акустических волнах, фильтры на переключаемых конденсаторах, активные фильтры, LC-фильтры – фильтры, содержащие катушки индуктивности и конденсаторы (отметим, что в схемы LC-фильтров часто дополнительно включаются резисторы) и т. д.

Как правило, для упрощения теоретического анализа все разновидности используемых на практике фильтров сводят к LC-фильтрам. При этом конструктивные элементы реальных фильтров замещают их электрическими аналогами в виде катушек, конденсаторов и резисторов. Ниже рассмотрение фильтров будет ограничено анализом только LC-фильтров.

Для построения LC-фильтров применяют Г-, П- и Т-образные звенья, показанные на рис. 3. В этих схемах используются одинаковые сопротивления Z_1 и Z_2 . Поэтому все три фильтра будут иметь примерно одинаковые полосы пропускания. Фильтры, состоящие из нескольких каскадно-включенных цепей, изображенных на рис. 3, называются *многозвенными*.

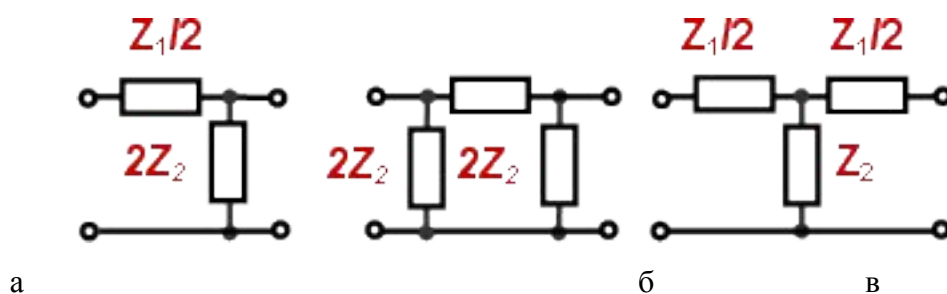


Рисунок 3

Например, П- или Т-звено можно получить каскадным соединением двух Г-звеньев. Простейшие схемы однозвенных ФНЧ Г-типа, широко используемых на практике, приведены на рис. 4. Избирательные свойства этих фильтров объясняются свойствами катушки и конденсатора.

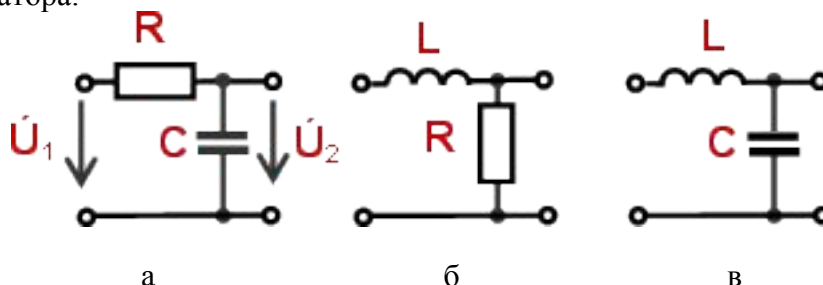


Рисунок 4

Как известно, индуктивное сопротивление катушки увеличивается с ростом частоты, а емкостное сопротивление конденсатора, наоборот, с ростом частоты уменьшается. Например, работа фильтра, изображенного на рис. 4, а, описывается следующим образом. При увеличении частоты входного сигнала сопротивление конденсатора уменьшается: $(1/\omega C) \rightarrow 0$. Выходное напряжение на конденсаторе $|\dot{U}^*| \rightarrow 0$ и, следовательно, высокочастотный сигнал через фильтр не проходит (подавляется). Если $\omega \rightarrow 0$, то $(1/\omega C) \rightarrow \infty$ и $\dot{U}^* \rightarrow \dot{U}_1$. Следовательно, низкочастотный сигнал проходит через фильтр с малым затуханием. АЧХ фильтра низких частот приведена на рис. 2, а. Аналогично объясняется работа других фильтров. Отметим, что лучшую избирательность будет давать схема, приведенная на рис. 4, в, так как в этой схеме используются частотные свойства не одного, а двух реактивных элементов.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ

допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Соберите схему, представленную на рисунке 5.

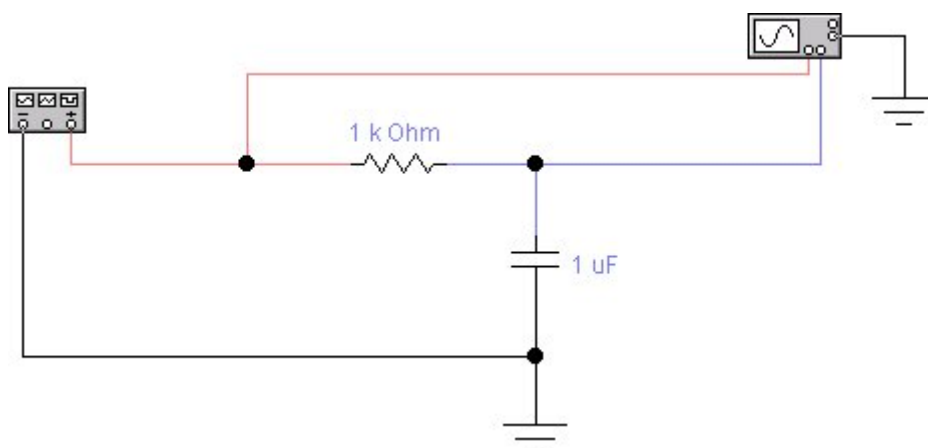


Рисунок 5 Структурная схема RC-фильтра низких частот

Установите параметры генератора в соответствии с рисунком 6 (вид колебаний – гармонические, частота генерируемого колебания 1 Гц, амплитуда генерируемого колебания 10В).

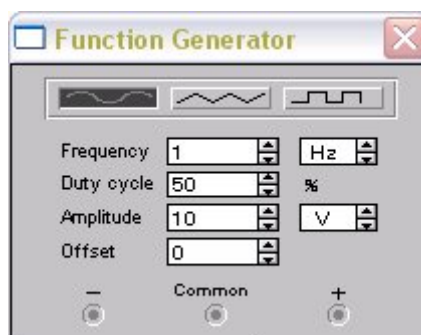


Рисунок 6

3. Занесите данные исследований в таблицу 1.

Постройте график зависимости $K^* = f(F)$ по данным, представленным в таблице 1, определите граничную частоту RC-фильтра низких частот и сделайте выводы по результатам исследований.

Таблица 1

Значение частоты F, Гц	50	100	200	300	400	500	800	1000	2000	3000	4000	5000
Значение выходного напряжения фильтра $U_{\text{вых}}, \text{В}$												
коэффициента передачи по напряжению K^*												

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение электрического фильтра.
2. Представьте классификацию электрических фильтров.
3. Что называется коэффициентом передачи и амплитудно-частотной характеристикой электрического фильтра?
4. Представьте условное обозначение фильтра низких частот и его амплитудно-частотную характеристику.
5. Представьте условное обозначение фильтра высоких частот и его амплитудно-частотную характеристику.
6. Представьте условное обозначение полосового фильтра его амплитудно-частотную характеристику.
7. Представьте условное обозначение режекторного фильтра и его амплитудно-частотную характеристику.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Лабораторная работа №13 Исследование электрических фильтров

Цель работы:

1. Изучить теоретические сведения об электрических фильтрах.
2. Исследовать параметры фильтров низких, высоких частот и полосового фильтра.
3. Получить практические навыки исследования и анализа электрических цепей элементов систем передачи информации.

Теоретическая часть

В современных системах связи широко используется так называемый частотный принцип разделения сигналов. В соответствии с этим принципом каждому сообщению или виду сигнала отводится своя полоса частот. Так строится, например, радиовещание и телевидение в нашей и других странах. Радиостанции и телевизионные передатчики работают в строго определенных не перекрывающихся диапазонах длин волн. Важнейшую роль при обработке сигналов в таких системах играют электрические фильтры.

Электрический фильтр — это устройство, предназначенное для пропускания сигналов только в определенной полосе частот; сигналы, частоты которых не попадают в эту полосу, подавляются.

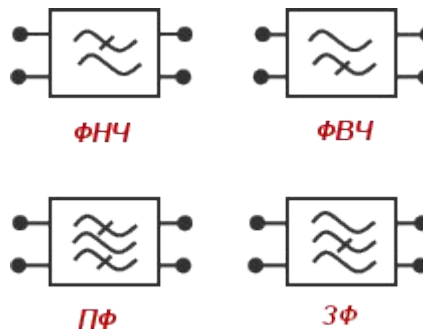


Рисунок 1

Фильтры широко используются в вычислительной технике. В источниках питания фильтры применяются для подавления помех, наводок и высокочастотных шумов. На материнских платах персональных компьютеров, как правило, устанавливаются несколько фильтров, устраняющих взаимное влияние сигналов друг на друга. Персональные ЭВМ рекомендуется подключать к сети через фильтр, который не пропускает импульсные помехи, высокочастотные наводки и шумы.

По диапазону пропускаемых частот фильтры делятся на фильтры нижних частот (ФНЧ), фильтры высоких частот (ФВЧ), полосовые (ПФ) и заграждающие (ЗФ) (или режекторные (РФ)) фильтры. Условные обозначения этих фильтров показаны на рис. 1. ФНЧ пропускают сигналы с низкими частотами и подавляют сигналы с высокими частотами. ФВЧ, наоборот, пропускают сигналы с высокими частотами и подавляют сигналы с низкими частотами. ПФ пропускают сигналы только в определенной полосе частот вблизи некоторой центральной частоты, расположенной, как правило, в области относительно высоких частот. ПФ не пропускает сигналы с низкими и высокими частотами. Наконец, ЗФ пропускает сигналы с низкими и высокими частотами и задерживает сигналы с частотами, расположенными вблизи центральной частоты заграждающего фильтра.

Фильтр является четырехполюсником. Поэтому для описания свойств фильтра используются функции четырехполюсника, из которых в первую очередь — комплексный коэффициент передачи по напряжению $K^* = U_2^* / U_1^*$, где U_2^* и U_1^* — входное и выходное

напряжения фильтра соответственно. Этот коэффициент передачи позволяет получить основную характеристику фильтра — *амплитудно-частотную характеристику (АЧХ)*. АЧХ определяется как модуль комплексного коэффициента передачи фильтра:

$$|K^*_{\text{У}}| = |U_2^*| / |U_1^*|. \quad (1)$$

АЧХ легко определить экспериментально, измеряя с помощью вольтметра входное и выходное напряжения и рассчитывая отношение этих напряжений на разных частотах. По значению модуля комплексного коэффициента передачи $K_U = |K^*|$ можно судить о подавлении или пропуске сигнала. Если $K_U(\omega_1) \approx 1$, то выходное напряжение примерно равно входному напряжению и, следовательно, сигнал с частотой ω_1 пропускается фильтром.

Наоборот, при малых значениях АЧХ, когда $K_U(\omega_2) \rightarrow 0$, получим подавление сигнала с частотой ω_2 .

Типовые амплитудно-частотные характеристики реальных ФНЧ, ФВЧ, ПФ и ЗФ приведены на рис. 2. На этом рисунке для ФНЧ и ФВЧ показана граничная частота $f_{гр}$, на которой значение АЧХ равно $1/\sqrt{2} \approx 0,707$ раз. Как правило, граничную частоту считают границей полосы пропускания фильтра. Для ПФ и ЗФ показаны: $f_{гр}$ – центральные частоты полосы пропускания и полосы задерживания; Π – полосы пропускания и задерживания соответственно. Отметим, что на практике кроме уровня, равного 0,707, используют другие уровни для определения граничных частот, полос пропускания и задерживания. Кроме того, иногда вводятся дополнительные граничные частоты. Например, дополнительная частота f_3 показана на рис. 2, а. Частота f_3 в этом случае определяет границу полосы задерживания фильтра. Избирательные свойства фильтра тем лучше, чем ближе форма АЧХ к прямоугольной.

Поэтому вторая АЧХ, показанная на рис. 2, б, принадлежит фильтру, изготовленному с лучшим качеством.

Можно показать, что для RC-фильтров комплексный коэффициент передачи всегда можно представить в виде отношения двух полиномов, содержащих комплексную переменную s и коэффициенты, значения которых зависят от параметров элементов фильтра. Чем сложнее схема фильтра, тем более высокий порядок полиномов будет записываться в числителе и знаменателе коэффициента передачи. Взяв модуль комплексного коэффициента передачи, получим АЧХ фильтра

$$K_u = |\dot{K}_u| = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}} \quad (2)$$

Приравняв значение АЧХ уровню 0,707, получим формулу для граничной частоты фильтра:

$$\omega_{гр} = 1/RC. \quad (3)$$

Аналогично рассчитываются граничные частоты других фильтров.

Из формулы следует, что ФЧХ определяет фазовый сдвиг, добавляемый фильтром к начальной фазе входного сигнала. Как правило, фазочастотную характеристику фильтра требуется знать при использовании систем связи с так называемой угловой модуляцией, когда информация содержится в изменениях частоты и фазы сигнала.

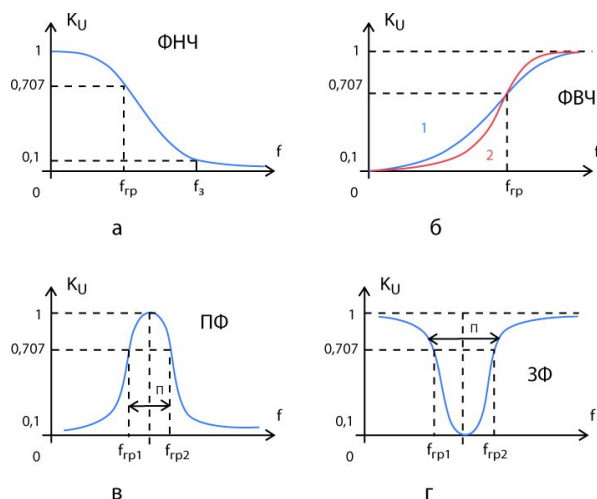


Рисунок 2

По способу изготовления различают следующие типы фильтров: кварцевые, электромеханические, фильтры на коаксиальных линиях передачи, фильтры на поверхностных акустических волнах, фильтры на переключаемых конденсаторах, активные фильтры, LC -фильтры – фильтры, содержащие катушки индуктивности и конденсаторы (отметим, что в схемы LC -фильтров часто дополнительно включаются резисторы) и т. д.

Как правило, для упрощения теоретического анализа все разновидности используемых на практике фильтров сводят к LC -фильтрам. При этом конструктивные элементы реальных фильтров замещают их электрическими аналогами в виде катушек, конденсаторов и резисторов. Ниже рассмотрение фильтров будет ограничено анализом только LC -фильтров.

Для построения LC -фильтров применяют Г-, П- и Т-образные звенья, показанные на рис. 3. В этих схемах используются одинаковые сопротивления Z_1 и Z_2 . Поэтому все три фильтра будут иметь примерно одинаковые полосы пропускания. Фильтры, состоящие из нескольких каскадно- включенных цепей, изображенных на рис. 3, называются *многозвенными*.

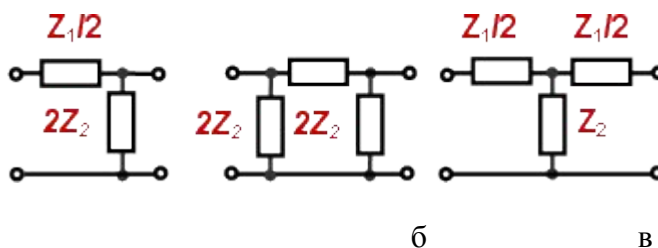


Рисунок 3

Например, П- или Т-звено можно получить каскадным соединением двух Г-звеньев. Простейшие схемы однозвенных ФНЧ Г-типа, широко используемых на практике, приведены на рис. 4. Избирательные свойства этих фильтров объясняются свойствами катушки и конденсатора.

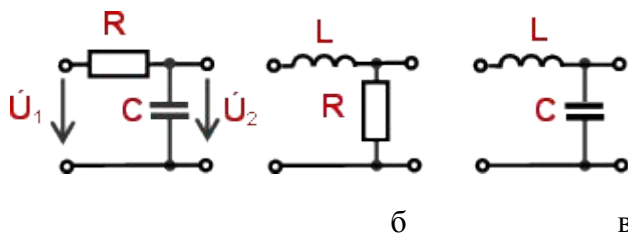


Рисунок 4

Как известно, индуктивное сопротивление катушки увеличивается с ростом частоты, а

емкостное сопротивление конденсатора, наоборот, с ростом частоты уменьшается. Например, работа фильтра, изображенного на рис. 4, а, описывается следующим образом. При увеличении частоты входного сигнала сопротивление конденсатора уменьшается: $(1/\omega C) \rightarrow 0$. Выходное напряжение на конденсаторе $|U^*| \rightarrow 0$ и, следовательно, высокочастотный сигнал через фильтр не проходит (подавляется). Если $\omega \rightarrow 0$, то $(1/\omega C) \rightarrow \infty$ и $U^* \rightarrow U^*$. Следовательно, низкочастотный

сигнал проходит через фильтр с малым затуханием. АЧХ фильтра низких частот приведена на рис. 2, а. Аналогично объясняется работа других фильтров. Отметим, что лучшую избирательность будет давать схема, приведенная на рис. 4, в, так как в этой схеме используются частотные свойства не одного, а двух реактивных элементов.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Соберите схему, представленную на рисунке 7.

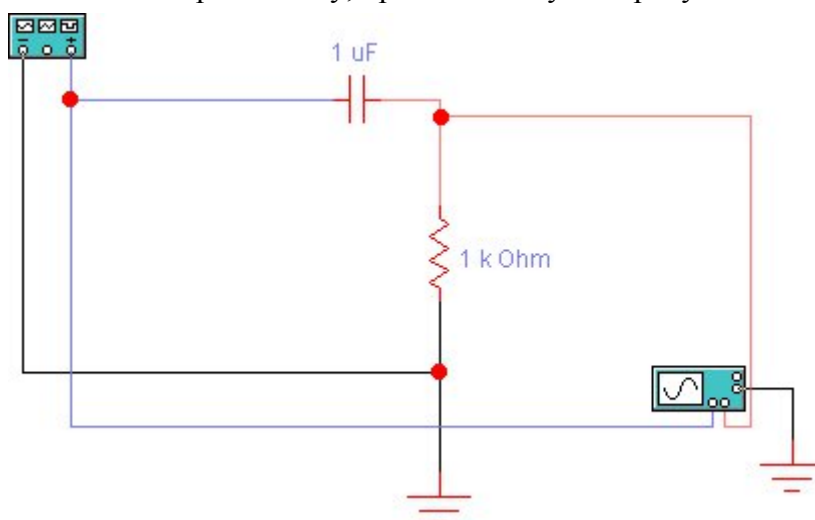


Рисунок 7 Структурная схема RC-фильтра высоких частот

2. Установите параметры генератора в соответствии с рисунком 8 (вид колебаний – гармонические, частота генерируемого колебания 1 Гц, амплитуда генерируемого колебания 10 В).

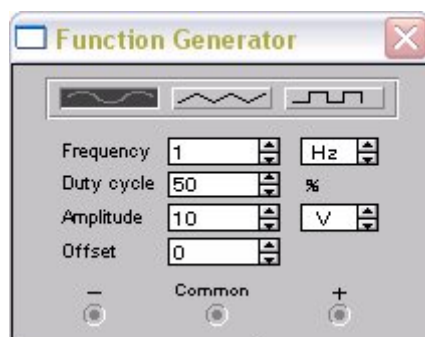


Рисунок 8

3. При помощи осциллографа проведите исследование амплитудно-частотной

характеристики RC-фильтра высоких частот, т.е. зависимости $K^* = f(F)$, где $K^* = U_2 / U_1$

4. коэффициент передачи по напряжению фильтра, определяемый в соответствии с (1), измеряемое осциллографом, а F – значение частоты, подаваемой на вход фильтра от генератора.

5. Занесите данные исследований в таблицу 2.

Таблица 2

Значение частоты F , Гц	50	100	200	300	400	500	800	1000	2000	3000	4000	5000
Значение выходного напряжения фильтра U_2 , В												
Значение коэффициента передачи по напряжению K^*												

6. Постройте график зависимости $K^*_{U_2} = f(F)$ по данным, представленным в таблице 2, определите по графику граничную частоту RC-фильтра высоких частот.

7. Определите по формуле (3) значение граничной частоты для исследуемых фильтров НЧ и ВЧ. Сравните рассчитанное значение граничной частоты с измеренным и сделайте вывод о точности её определения.

8. Оформите отчет и сделайте выводы по результатам исследований.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Дать определение электрического фильтра.
2. Представьте классификацию электрических фильтров.
3. Что называется коэффициентом передачи и амплитудно-частотной характеристикой электрического фильтра?
4. Представьте условное обозначение фильтра низких частот и его амплитудно-частотную характеристику.
5. Представьте условное обозначение фильтра высоких частот и его амплитудно-частотную характеристику.
6. Представьте условное обозначение полосового фильтра его амплитудно-частотную характеристику.
7. Представьте условное обозначение режекторного фильтра и его амплитудно-частотную характеристику.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.:

Издательский центр «Академия», 2012.

2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.

3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.

4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.

5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.

6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Лабораторная работа №14

Исследование характеристик преобразователя частоты

Цель работы:

1. Изучить теоретические сведения об операционных усилителях.
2. Исследовать характеристики операционного усилителя.
3. Получить практические навыки исследования и анализа электрических цепей элементов систем передачи информации.

Теоретическая часть

В различных радиоэлектронных схемах используются устройства, предназначенные для усиления электрических сигналов. Такие устройства называются усилителями.

Существует большое разнообразие усилителей, которые могут быть предназначены для усиления:

- ~ низкочастотных сигналов в каскадах усиления звуковых частот,
- ~ сигналов промежуточной частоты в каскадах усиления промежуточной частоты,
- ~ высокочастотных сигналов в каскадах усиления высокочастотных радиоустройств.

В связи с этим усилители называются усилителями низких частот (УНЧ), усилителями промежуточной частоты (УПЧ) и усилителями высокой частоты (УВЧ).

Вид и мощность усиливаемых сигналов предопределяет конструктивные особенности усилителей, их технические характеристики принцип построения, габаритные размеры и другие свойства.

Основными характеристиками операционных усилителей являются:

- ~ входное сопротивление усилителя $R_{вх}$, выходное сопротивление усилителя $R_{вых}$,
- ~ диапазон входных напряжений $U_{вх}$,
- ~ диапазон выходных напряжений $U_{вых}$,
- ~ коэффициент усиления $K = U_{вых} / U_{вх}$,
- ~ диапазон усиливаемых частот Δf , который на практике часто оценивается амплитудно-частотной характеристикой $U_{вых} = f(f_{вх})$,
- ~ коэффициент нелинейных искажений и другие.

В радиоэлектронике широко используется понятие операционного усилителя, имеющего бесконечно большой коэффициент усиления, бесконечно большое входное сопротивление усилителя и бесконечно большой диапазон усиливаемых частот. Однако все эти характеристики относятся к идеальным операционным усилителям, поэтому на практике их свойства ограничены реальными физическими величинами.

На данном занятии предлагается к исследованию усилитель на ОУ.

На практике широкое распространение получили устройства, в которых ОУ используются с однополярным питанием. В основном это устройства портативного типа с батарейным питанием (плееры, фотоаппараты) малогабаритные измерительные приборы и т.п.), для которых использование двух источников вместо одного, является достаточно серьезной проблемой. В таких устройствах ОУ чаще всего включается по схеме рис. 1 в которой режим по постоянному току задаётся с помощью делителя на резисторах R_1 , R_2 , коэффициент деления которого $R_1/(R_1$

+ $R_2)$ обычно выбирается равным 0.5, чтобы рабочая точка находилась в середине амплитудной характеристики усилителя. Источник входного сигнала U_i подключается ко входу усилителя через разделительный конденсатор C . Для развязки цепей усилителя по переменному току от источника питания и в общем случае от других устройств, подключенных к этому источнику, используется блокировочный конденсатор C_b (в данном случае его наличие не обязательно, поскольку источник питания является идеальным генератором напряжения и паразитная связь через его внутреннее сопротивление отсутствует).

По постоянному току усилитель охвачен 100-процентной отрицательной обратной

связью (элементы обратной связи – конденсатор C_{os} и резисторы R_o , R_{os}), т. е. на нулевой частоте его коэффициент усиления близок к 1. В полосе рабочих частот, на которых сопротивлением конденсатора C_{os} можно пренебречь, коэффициент усиления становится равным $1 + R_{os}/R_o$.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Соберите систему операционного усилителя, представленную на рисунке 1.

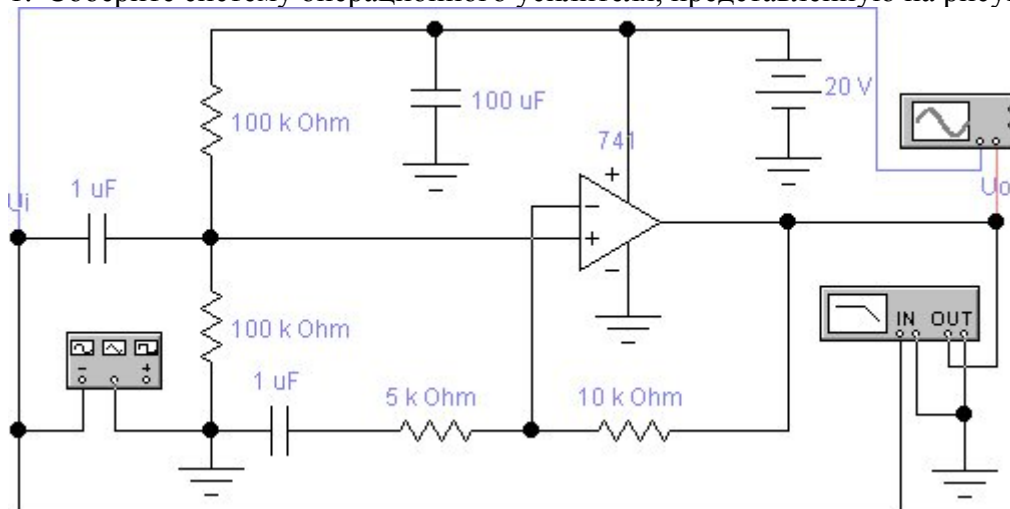


Рисунок 1 Принципиальная схема исследуемого усилителя на ОУ

2. Задайте численные значения параметров усилителя на ОУ в соответствии с номиналами элементов, представленными на рисунке 1.

3. Запустите схему при помощи программы EWB и, используя осциллограф, проведите исследования АЧХ операционного усилителя $U_{\text{вых.}} = f(f_{\text{вх.}})$, в диапазоне частот от 1 Гц до 20 кГц при $U_{\text{вх.}} = \text{const}$. По результатам исследований заполните таблицу 1.

Таблица 1

Значение частоты, Гц	1	3	5	10	30	50	100	300	500
Значение выходного напряжения, В									
Коэффициент усиления									
Значение частоты, Гц	800	1000	3000	5000	10000	12000	15000	18000	20000
Значение выходного напряжения, В									
Коэффициент усиления									

4. Зарисуйте внешний вид исследованной АЧХ $U_{\text{вых.}} = f(f_{\text{вх.}})$ при заданных параметрах элементов в соответствии с таблицей 1.
5. Сравните полученный график с АЧХ, получаемой при помощи Bode Plotter.
6. Сделайте вывод о зависимости коэффициента усиления усилителя от частоты

входного сигнала.

7. Запустите схему при помощи программы EWB и, используя осциллограф, проведите исследования выходного напряжения транзисторного операционного усилителя от величины напряжения питания в диапазоне от $U_{\text{пит.}} = +(-)20 \text{ В} \dots +(-)1,5 \text{ В}$ при $U_{\text{вх.}} = 500 \text{ мВ}$ на частоте 1000 Гц и заполните таблицу 2.

Таблица 2

Значение напряжения питания $U_{\text{пит.}}, \text{В}$	20	12	3	2,5	2,2	2	1,8	1,5
Значение выходного напряжения, $U_{\text{вых.}}, \text{В}$								

8. Сделайте вывод о влиянии напряжения питания на коэффициент усиления усилителя.

9. Оформите отчет о проделанной работе согласно требований и представьте его для защиты преподавателю.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полупропорционный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Дайте определение операционного усилителя.
2. Назовите основные свойства операционных усилителей.
3. Назовите область применения операционных усилителей.
4. Что такое коэффициент усиления операционного усилителя?
5. Что такое диапазон усиливаемых частот Δf операционного усилителя?
6. Что такое амплитудно-частотная характеристика операционного усилителя?
7. Что такое фазо-частотная характеристика операционного усилителя?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Лабораторная работа №15

Исследование кодирующих устройств Цель работы:

1. Изучить теоретические сведения об устройстве контроле четности.
2. Исследовать работу устройства контроля четности

Теоретическая часть

Из рассмотренных ранее лекций известно, что одним из способов помехоустойчивого кодирования информации является введение избыточности в кодовые последовательности. Чем больше ее избыточность, тем более помехоустойчивой она является.

В изученном ранее коде Бодо каждая буква заменена 5-разрядным двоичным кодом, т.е. пятью битами 0 и 1. Данный код не является избыточным, так как искажение любого бита приводит к декодированию вместо переданной другой буквы, т.е. к ошибке. Сделать код избыточным можно одним путем: добавить дополнительные биты к уже имеющимся. Но это приведет к тому, что каждая буква будет теперь передаваться медленнее. Так, введение в информацию избыточности влечет за собой снижение скорости ее передачи. Тем не менее, разработчики цифровых систем передачи часто вполне сознательно идут на такой шаг – делают информацию "избыточной" с тем, чтобы обнаружить ошибки в принятых комбинациях двоичных символов, а если возможно, то и исправить их.

На приемной станции цифровой системы передачи можно подсчитать число ошибочных решений, принятых регенератором, не зная даже, какой конкретный бит принят неверно.

Покажем на примере кода Бодо, как это делается. Предположим, что передаются две комбинации цифр: 10101 и 01100. В них все биты являются "нужными", избыточности в этой информации нет. Введем ее искусственно: к информационным битам добавим шестой – контрольный, но сделаем это так, чтобы сумма единиц в передаваемой комбинации была четной. Для первой комбинации цифр контрольный бит нужно выбрать равным 1, а для второй – 0. Итак, в линию поступает уже не 5-, а 6-разрядные группы битов: 10101,1 и 01100,0 (запятую мы ввели условно, чтобы чисто зрительно отделить контрольный бит от информационных). Если теперь помеха исказит сигнал и какой-то бит будет принят неверно, т.е. вместо 1 регенератор выдаст 0 или, наоборот, вместо 0 будет зарегистрирована 1, то независимо от разряда кодовой комбинации, в котором это произошло, сумма единиц уже будет четной. Таким образом, наличие ошибки будет зафиксировано. Действительно, легко обнаруживается, что комбинация вида 00101,1 не могла быть передана, поскольку сумма единиц в ней нечетная. Точно так же ошибочными являются комбинации 10101,0 и 01101,0.

Известно одно из правил двоичной арифметики – суммирование "по модулю 2". Поясним такое суммирование при помощи следующих действий:

$$0 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 0 = 0, \quad 1 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 0 = 1, \quad 0 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 1 = 1, \quad 1 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 1 = 0.$$

Знак "плюс в кружочке" отличает их от обычного двоичного суммирования. Существует и микросхема, которая выполняет указанные действия. Это сумматор "по модулю 2".

Просуммировать все цифры в кодовой комбинации очень просто: очередная цифра, поступающая на такой сумматор, складывается с результатом предыдущего суммирования. Если число единиц в этом наборе цифр нечетное, то в результате суммирования на выходе микросхемы появится 1 ($0 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 0 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 1 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 0 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 1 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 1 = 1$), при четном числе единиц – 0 ($1 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 0 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 1 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 0 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 1 \text{ } \textcircled{+} \text{ } 1 = 0$). Вряд ли стоит пояснять, что наличие на выходной ножке единичного импульса – признак ошибочного решения, принятого регенератором. Остается только подсчитать (с помощью другой микросхемы – двоичного счетчика), сколько раз появлялась единица за все время передачи, и вероятность ошибки определена.

Разумеется, введение в информацию столь малой избыточности не позволяет обнаружить все ошибки, например замену двух 0 одновременно двумя 1 и т.п., при которых свойство четности не нарушается. Для этих целей нужны коды с большей избыточностью. Так, например, в коде Хэмминга после каждых четырех информационных битов в линию

посылаются три контрольных. Контрольные биты в этом случае получаются следующим образом. Контрольные биты получаются следующим путем. Пронумеруем подряд от 1 до 7 все разряды (как информационные, так и контрольные) образовавшегося кодового слова. Информационные биты будут иметь при этом номера с 1-го по 4-й, а контрольные – с 5-го по 7-й. Правило получения контрольных битов дано в таблице 1.

Таблица 1 Правило получения контрольных битов

Номер контрольного бита	Номера битов, которые нужно сложить "по модулю 2"		
5	2	3	4
6	1	3	4
7	1	2	4

Таблица 2 Правило проверки контрольных битов

Номер контрольного бита	Номер битов, которые нужно сложить "по модулю 2"			
1	4	5	6	7
2	2	3	6	7
3	1	3	5	7

Пусть нам необходимо передать двоичную последовательность 10110010. Попробуем защитить ее от действия помех, используя код Хэмминга. После первой четверки информационных битов 1011 необходимо вставить контрольные. Пятый, передаваемый в линию, бит получаем, суммируя в соответствии с таблицей 1 2-й, 3-й и 4-й биты: $0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$.

Таким образом, это будет 0. Шестой бит складывается из суммы 1-го, 3-го и 4-го: $1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$. Аналогичным путем найдем значение 7-го бита: $1 \oplus 0 \oplus 1 = 0$. Итак, после символов 1011 передаются символы 010. Точно так же после второй четверки информационных битов 0010 следуют контрольные биты 110. Теперь запишем передаваемые последовательности все вместе: 1011, 010, 0010, 110. Запятая введена для удобства зрительного восприятия.

Предположим, что регенератором приемной станции была зафиксирована такая последовательность: 1001, 010, 0011, 110. Очевидно, что в первой комбинации ошибочно принят третий бит, а во второй комбинации — четвертый. Правило проверки контрольных битов приведено в таблице 2. В соответствии с ним нужно для каждой принятой семиразрядной кодовой комбинации подсчитывать контрольное число. Это трехразрядное двоичное число и указывает сразу на номер бита, который был принят ошибочно. В рассмотренном примере, для первой комбинации сумма "по модулю 2" 4-го — 7-го битов равна 0, сумма 2-го, 3-го, 6-го и 7-го битов даст в результате 1, а сумма 1-го, 3-го, 5-го и 7-го битов — тоже 1. Итак, контрольное число имеет вид 011. Это двоичное представление числа 3. Значит, ошибочно принят третий бит. Его значение нужно заменить на противоположное, т.е. 0 заменить на 1. Если мы подсчитаем контрольное число для второй 7-разрядной комбинации, оно будет равно 100. Это двоичный код числа 4, и, следовательно, ошибка произошла в четвертом символе.

Если ошибочно принят не информационный, а один из контрольных битов, обнаружена будет и эта ошибка. Для принятой комбинации 1011,000 (ошибка в шестом разряде) двоичное число составит 110, что соответствует десятичному числу 6.

Рассмотрим схему формирователя бита четности четырехразрядного кода. Она представлена на рисунке 1.

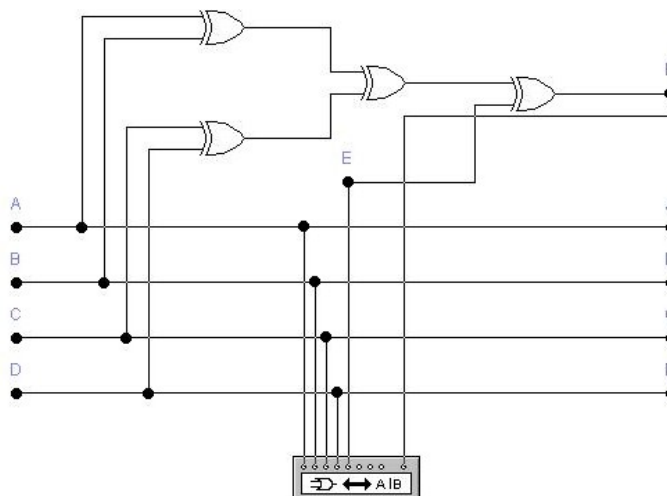


Рисунок 1 Схема формирователя бита четности четырехразрядного кода

Схема формирования бита четности для четырехразрядного кода содержит четыре элемента исключающие ИЛИ, выполняющих операции суммирования по модулю 2 (без переноса) и состоит из трех ступеней. На первой ступени попарно суммируются все биты исходного кода на входах A, B, C, D. На второй ступени анализируются сигналы первой ступени, и устанавливается четность или нечетность суммы входного кода. На третьей ступени полученный результат сравнивается с контрольным сигналом на входе E, задающим вид используемого контроля (на четность – «0» или нечетность – «1»). В результате сравнения на выходе F формируется пятый дополнительный бит (четности), сопровождающий информационный сигнал в канале передачи.

Результаты моделирования формирователя показаны на рис.2 в виде таблицы истинности из 32 возможных двоичных комбинаций и булева выражения (из 32 комбинаций на рис.2 представлены только первые 16). Для просмотра составляющих булева выражения необходимо мышью поместить курсор в дополнительный дисплей и передвигать его клавишами управления курсором.

Logic Converter							
A	B	C	D	E	F	G	H
0000	0	0	0	0	0	0	0
0001	0	0	0	0	1	0	1
0002	0	0	0	1	0	1	0
0003	0	0	0	1	1	0	1
0004	0	0	1	0	0	1	1
0005	0	0	1	0	1	1	0
0006	0	0	1	1	0	0	1
0007	0	0	1	1	1	1	0
0008	0	1	0	0	0	1	1
0009	0	1	0	0	1	1	0
0010	0	1	0	1	0	0	1
0011	0	1	0	1	1	1	0
0012	0	1	1	0	0	0	1
0013	0	1	1	0	1	1	0
0014	0	1	1	1	0	1	1
0015	0	1	1	1	1	0	1

$A'B'C'D'E + A'B'C'D'E' + A'B'CD'E' + A'B'CDE + A'BC'D'$

Рисунок 2 Результаты моделирования формирователя бита четности

В библиотеке программы EWB схема проверки на четность и нечетность представлена ИМС 74280 (K555ИП5), схема ее включения показана на рисунке 3. ИМС 74280 имеет 9 входов (A, B...I) и два выхода: уровень логической единицы на выходе EVEN говорит о том, что результат четный, на выходе ODD – результат нечетный. Вход I используется для управления видом контроля (0 - контроль четности, 1 - контроль нечетности) и управляется переключателем Z. Вывод NC – not connection – пустой, т. е. внутри ИМС к нему ничего неподключено.

Правильность функционирования схемы проверяется с помощью генератора слова, при этом тип контроля (четности или нечетности) выбирается переключателем Z; состояние выходов ИМС контролируется подключенными к их выходам светоиндикаторами (логическими пробниками).

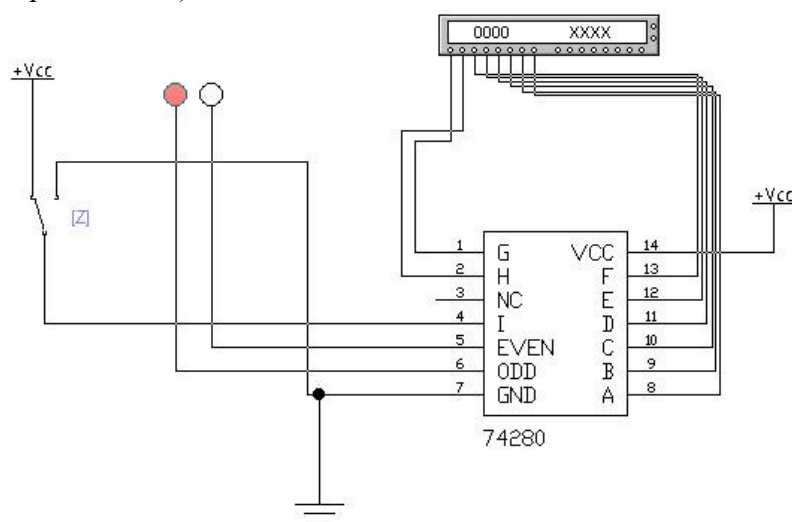


Рисунок 3 Схема включения ИМС 74280

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Воспользуйтесь программой WEWB и соберите схему формирователя бита четности четырехразрядного кода.
2. Запустите схему и проверьте правильность ее работы при помощи подключенного к выходам устройства логического генератора.
3. Составьте булево выражение для моделируемого устройства и его таблицу состояний.
4. Занесите схему, представленную на рисунке 1 и результаты моделирования в виде таблицы состояний (рисунок 2) в отчет о проделанной работе.
5. Воспользуйтесь программой WEWB и соберите схему формирователя бита четности на ИМС 74280.
6. Запустите схему и проверьте правильность ее работы при помощи подключенного к выходам устройства логического генератора.
7. Составьте булево выражение для моделируемого устройства и его таблицу состояний.
8. Занесите схему, представленную на рисунке 3, и результаты моделирования в виде таблицы состояний для первых 16 кодограмм (тактов работы исследуемого устройства) в отчет о проделанной работе и сделайте выводы по результатам исследования.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о

проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Как влияют помехи и искажения сигналов на достоверность передачи информации в телекоммуникационной системе?
2. Назовите способы повышения достоверности передачи информации.
3. Поясните принцип повышения достоверности с использованием правила проверки начётности.
4. Что понимается под помехоустойчивым кодированием?
5. Перечислите типы помехоустойчивых кодов.
6. Поясните правило кодирования с использованием кода Хемминга.
7. Поясните правило декодирования с использованием кода Хемминга.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

- 1 Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
- 2 Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
- 3 Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2004.
- 4 Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2001 г.

Лабораторная работа №16

Изучение устройств помехоустойчивого кодирования

Цель работы:

1. Изучить теоретические сведения о преобразователях частоты.
2. Исследовать характеристик преобразователя частоты
3. Получить практические навыки исследования и анализа электрических цепей элементов систем передачи информации

Теоретическая часть

Преобразователь частоты предназначен для преобразования сигнала высокой частоты, усиленного усилителем радиочастоты в колебания промежуточной частоты. Для преобразования частоты требуется вспомогательное напряжение. Для получения этого напряжения используется маломощный генератор гармонических колебаний – гетеродин, который является составной частью преобразователя частоты. При совместном действии напряжения сигнала и напряжения гетеродина в смесителе образуется сложное колебание – биение, из которого контуру выделяется разностная частота.

Преобразователи частоты (ПЧ) используются в радиоприемных устройствах для преобразования поступающего из антенны радиочастотного сигнала в сигнал промежуточной частоты. Принцип преобразования частоты сигналов заключается в перемножении двух гармонических колебаний $Y(t)=Y_m \cos \Omega t$ и $X(t)=X_m \cos \omega t$.

Результирующее колебание после такого преобразования может быть описано следующим выражением:

$$Z(t)=0,5Y_mX_m[\cos(\Omega-\omega)t+ \cos(\Omega+\omega)t]. \quad (1)$$

Это колебание представляет собой сумму двух колебаний с частотами $(\Omega+\omega)$ и $(\Omega-\omega)$. Выделяя с помощью фильтра ту или иную составляющие сигнала (1) получим колебания с другой более низкой или более высокой частотой. Схема ПЧ, реализующая такой алгоритм представлена на рисунке 1.

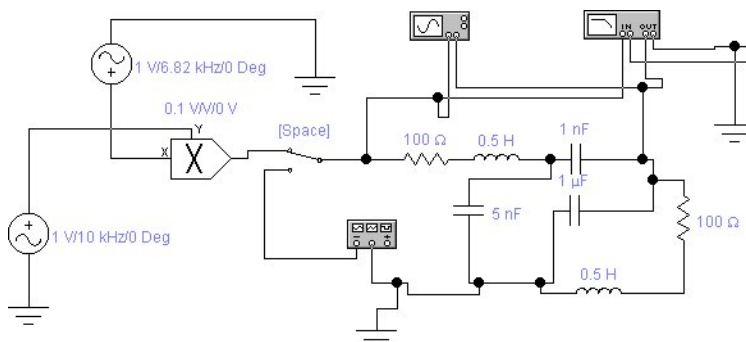


Рисунок 1 Схема для проведения исследований преобразователя частоты

Схема содержит два источника гармонических колебаний $X(t)$ и $Y(t)$, перемножитель M с коэффициентом передачи равным 1, переключатель Z для переключения режимов моделирования, контрольно-измерительные приборы и фильтр с резонансной частотой около 3,18 кГц в виде рассмотренной на предыдущем практическом занятии двухконтурной системы с внешней емкостной связью.

В положении ключа Z , показанном на рисунке 1, производится моделирование ПЧ. В соответствии с рисунком 1 на вход перемножителя поступают частоты 10 и 6,82 кГц. На выходе перемножителя в соответствии с выражением (1) формируются сигналы с комбинационными частотами 16,82 и 3,18 кГц.

Поскольку фильтр, подключенный к выходу перемножителя, настроен на частоту 3,18 кГц, то на его выходе будет выделяться составляющая с разностной частотой $(\Omega-\omega)$. Если

фильтр настроить на суммарную частоту ($\Omega + \omega$), то на его выходе будет выделяться суммарная комбинационная частота, поступающая с выхода перемножителя.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Соберите схему преобразователя частоты (ПЧ), представленную на рисунке 1.
2. Установите численные значения параметров преобразователя частоты:
3. Запустите схему при помощи программы EWB и, используя осциллограф и анализатор амплитудно-частотной характеристики (Bode Plotter), проведите исследования и определите параметры входных и выходного сигналов полосового фильтра преобразователя частоты, а также амплитудно-частотную характеристику (АЧХ) полосового фильтра.
4. Зарисуйте исследуемую схему.
5. Определите и запишите измеренные значения частот, зарисуйте внешний вид осциллограммы на входе и выходе ПЧ, зарисуйте внешний вид АЧХ полосового фильтра ПЧ.
6. Сравните расчетные и экспериментальные значения параметров преобразователя частоты. Сделайте выводы по результатам исследования.
7. Оформите отчет о проделанной работе согласно требований.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные свойства преобразователей частоты.
2. Что понимается под «зеркальным каналом» при преобразовании частоты?
3. Из каких соображений выбирается частота гетеродина ПЧ.
4. Назовите область применения ПЧ.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.

Лабораторная работа №17

Расчет параметров устройств помехоустойчивого цифрового кодирования

Цель работы:

1. Изучить назначение и порядок использования программы NetCracker.
2. Получить навыки составления сегментов сети различной топологии при помощи программы NetCracker.
3. Исследовать характеристики простейшей сети при помощи программы Netcracker.
4. Получить практические навыки исследования и анализа электрических цепей элементов систем передачи информации.

Теоретическая часть

Модель сети, которую Вы создаете с NetCracker, называется Проектом(Project).

Создание модели, которая является многоуровневой, или иерархической, делит Проект на несколько подпроектов. Каждый такой подпроект может рассматриваться в его собственном окне.

Когда Вы запускаете новый Проект, NetCracker открывает новое окно с именем Top, которое является верхним уровнем в вашей Проектной иерархии. Для простого Проекта, Top может быть единственным рабочим окном.

Каждое название рабочего окна может изменяться, используя диалог Site SetupПроект может содержать неограниченное число рабочих окон.

■ Чтобы создать проект NetCracker:

1. Запустите новый Проект.

В меню Файл(File) выберите Новый(New). NetCracker создаст новый Проект и откроет новое окно с именем Top.

2. Назовите файл проекта.

Выберите Сохранить как(Save as) в меню Файл(File) и отредактируйте текст названия в окне диалога Save As. NetCracker автоматически назначит расширение файла .NET

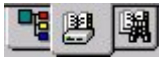
Добавление Устройства в Проект

Каждое устройство в базе данных NetCracker содержит детализированную информацию, предоставленную продавцом или другими источниками. Вы можете просматривать эту информацию, выбирая объект в рабочем окне, затем обращаясь к его окну диалога Properties.

■ Чтобы добавить компоненты к рабочему окну NetCracker

1. Выберите тип устройства в браузере Устройств.

а) Используйте один из следующих методов отобразить браузер Устройства, если он еще не отображен:

- Нажмите значок браузер Устройства  в подокне Браузера.
- В меню View выберите команду Database Browser.

Броузер Базы данных изображен на рисунке 1.

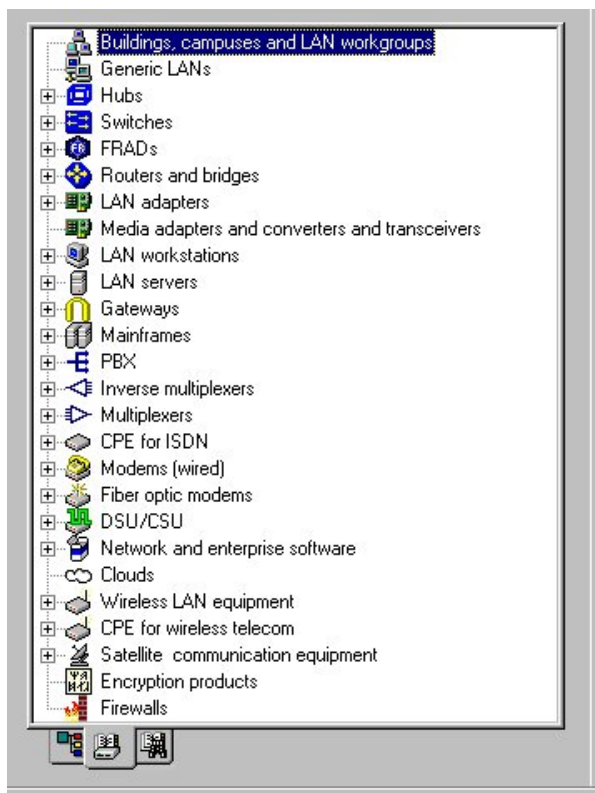


Рисунок 1-Броузер базы данных Устройства

б) Используйте полосу прокрутки, чтобы просмотреть базу данных, чтобы найти различные типы устройства.

в) Разверните нужную папку, если это еще не сделано, нажимая на символ +  Routers and bridges

г) Тогда, нажмите на нужную категорию, чтобы высветить ее и отобразить соответствующие образы устройства в подокне образов.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктажбезопасности.

Задания:

1. Откройте Новый Проект

Нажмите New в меню File. NetCracker открывает новое окно Top.

2. Переместите две рабочие станции на Страницу Проекта.

Просмотрите базу данных Устройств, и дважды нажмите LAN workstations Workstations Generic devices. NetCracker отображает доступные рабочие станции в Подокне Образов.

Выделите и вытащите 2 рабочие станции на страницу.

3. Добавьте плату Ethernet.

Используйте браузер базы данных Устройств, чтобы найти адаптеры локальной вычислительной сети (LAN adapters) и дважды нажмите на этой папке. Тогда дважды щелкните на папке Ethernet. Нажмите на папке Generic devices Перетащите и отпустите универсальную плату Ethernet, выбрав ее из Подокна Образов и поместив на одной из рабочих станций. Обратите внимание, что курсор изменится от знака остановки до знака "плюс", когда Вы перемещаете плату по рабочей станции. Повторите то же для второй

рабочей станции.

4. Добавьте свич

5. Соединение рабочих станций и свича.

а) Нажмите кнопку Link Devices на панели Режимы 

б) С указателем в режиме Link, щелкните на одной рабочей станции, а затем на свиче. NetCracker откроет окно диалога Link Assistant.

в) Примите заданные по умолчанию значения портов и создайте соединение нажав кнопку Link и затем Close.

г) Выполните Быстрое Соединение, нажав на свич, и удерживая клавишу SHIFT и нажимая на кнопку мыши, переместить курсор на вторую рабочую станцию. Отпустите КЛАВИШУ SHIFT.

6. Генерируйте трафик.

а) Чтобы установить Трафик между двумя устройствами, нажмите кнопку Set Traffic



б) Нажмите на одну рабочую станцию, затем нажмите на другую рабочую станцию NetCracker откроет окно диалога Profiles.

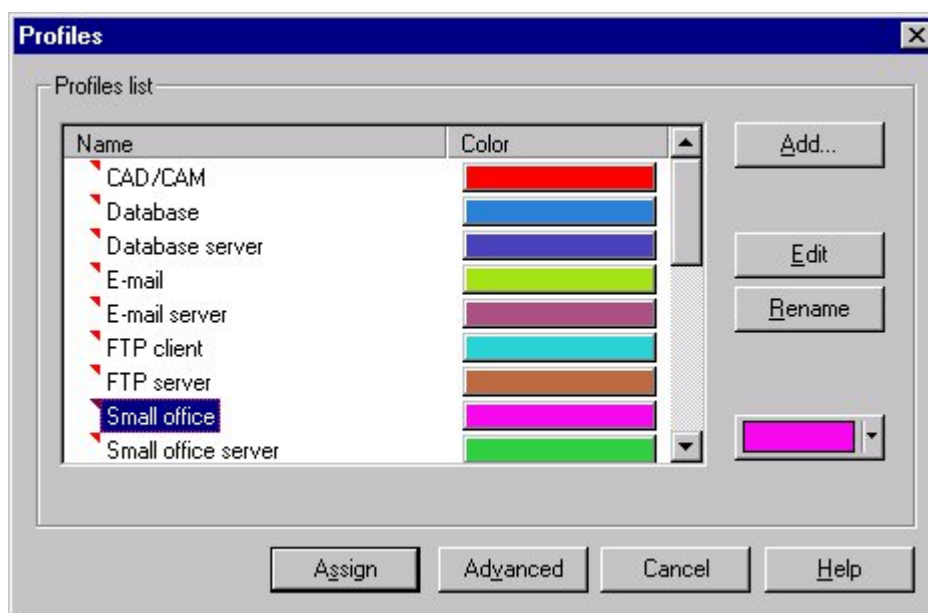


Рисунок 5 - Диалог Profiles

в) В списке Profiles, выделите профиль.

Нажмите кнопку Assign, чтобы назначить тип трафика между устройствами. Закройте диалог Profiles.

Запуск анимации.

Нажмите кнопку Пуск  на панели Управление, чтобы видеть движение пакетов.

Сохраните Проект.

а) Остановите анимацию, используя Кнопку остановки  на панели Управления.

б) В меню File выберите команду Save.

с) Введите example.net в поле имя файла и нажмите Save. Выход из NetCracker.

Выберите Выход в меню File, чтобы выйти из приложения NetCracker.

7. Исследование увеличенной сети передачи информации.

Добавьте еще сначала две рабочие станции в созданный проект, аналогичные используемым ранее. Сгенерируйте трафик и проведите исследования по ранее приведенной методике, получите отчет о результатах моделирования. Сравните его с ранее полученными результатами сделайте выводы. Добавьте еще две рабочие станции. Сгенерируйте трафик и проведите исследования по ранее приведенной методике, получите отчет о результатах

моделирования и проведите исследования времени доставки пакетов в сети. Сравните его с ранее полученными результатами и сделайте выводы.

8. Оформите отчет

Оформите отчет о проделанной работе согласно требований.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее

– 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Назовите основные элементы управления программы NetCracker.
2. Приведите порядок создания проекта в программе NetCracker.
3. Приведите порядок получения отчета о результатах исследований в программе NetCracker.

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1 Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.

2 Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.

3 Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа Electronics Workbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2004.

4 Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2001 г.

Лабораторная работа №18

Составление схемы кодеров и декодеров помехоустойчивых кодов

Цель работы:

1. Изучить теоретические сведения о генераторах гармонических колебаний, выполненных на LC элементах.
2. Получить навыки измерений параметров генератора LC – колебаний.

Теоретическая часть

Генераторы гармонических колебаний представляют собой устройства из частотно-избирательной цепи и активного элемента. По типу частотно-избирательной цепи они делятся на LC- и RC-генераторы.

Генераторы LC-типа имеют сравнительно высокую стабильность частоты колебаний, устойчиво работают при значительных изменениях параметров транзисторов, обеспечивают получение колебаний, имеющих малый коэффициент гармоник. В генераторах LC-типа форма выходного напряжения весьма близка к гармонической. Это обусловлено достаточно хорошими фильтрующими свойствами колебательного LC-контура. К недостаткам LC-генераторов относятся трудности изготовления высокостабильных температурно-независимых катушек индуктивности, а также высокая стоимость и громоздкость последних. Это особенно проявляется при создании низкочастотных автогенераторов, в которых даже при применении ферромагнитных сердечников габаритные размеры, масса и стоимость получаются значительными.

Базовые схемы LC-генераторов показаны на рис. 1. Схему на рис. 1, а называют индуктивной трехточкой или схемой Хартлея, на рис. 1, б — емкостной трехточкой или схемой Колпитца. Для обеих схем с помощью резисторов R_1 , R_2 и R_e устанавливается необходимый режим по постоянному току. Конденсаторы C_b и C_e — блокировочные, конденсатор C называют конденсатором связи.

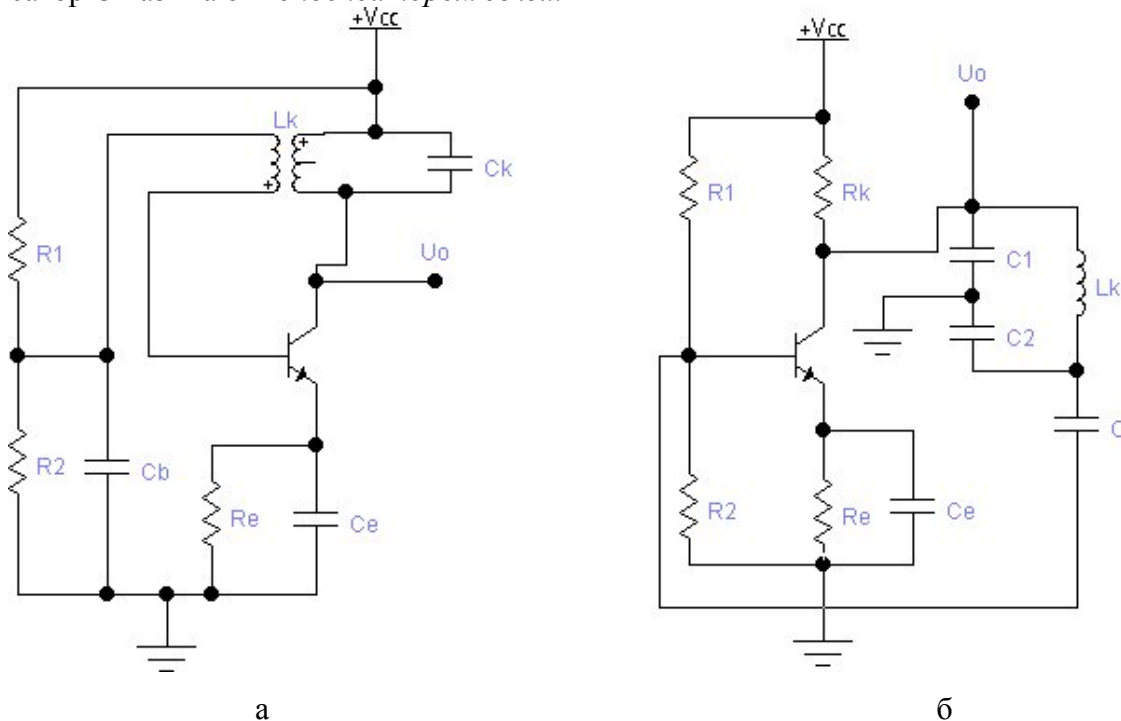


Рисунок 1

Для всех автогенераторов условием возникновения автоколебаний является наличие положительной обратной связи при коэффициенте усиления равно или большим 1. Для схемы Хартлея эти условия обеспечиваются за счет транзисторного каскада, выбора коэффициента трансформации и соответствующего включения обмотки связи.

Положительная обратная связь в генераторе Колпитца обеспечивается за счет того,

что сигнал обратной связи поступает с такого зажима колебательного контура, при котором сигнал обратной связи на базе транзистора совпадает по фазе с переменным сигналом на коллекторе. Коэффициент передачи цепи обратной связи при этом определяется коэффициентом передачи емкостного делителя, образованного конденсаторами C1 и C2. При выполнении указанных условий устройство самовозбуждается. Процесс самовозбуждения происходит следующим образом. При включении источника питания конденсатор колебательного контура, включенного в коллекторную цепь, заряжается. В контуре возникают затухающие колебания, которые одновременно передаются на управляющие электроды транзистора по цепи положительной обратной связи: это приводит к пополнению энергией LC контура, и колебания превращаются в незатухающие.

Принципиальная схема автогенератора Колпитца приведена на рисунке 2.

Осциллограммы на базе и в эмиттере транзистора в генераторе Колпитца приведены на рисунке 3.

Из осциллограмм видно, что форма колебаний далеко не синусоидальная. Это объясняется сильной связью колебательного контура с усилительным каскадом. Для возможности управления взаимодействием колебательного контура с транзисторным каскадом вводят конденсатор связи C(рисунок 4).

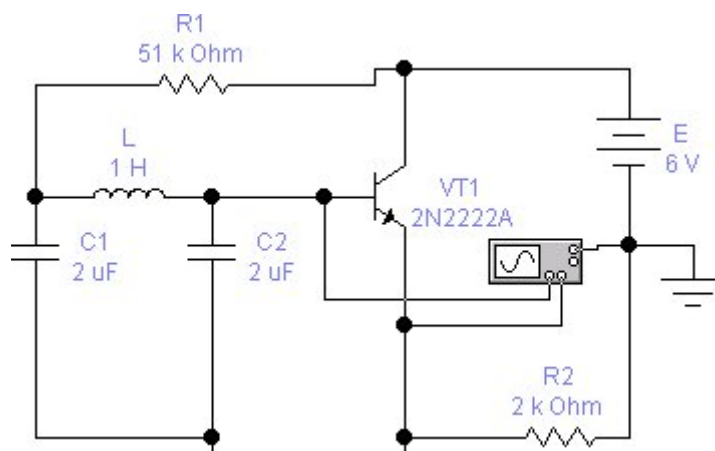


Рисунок 2

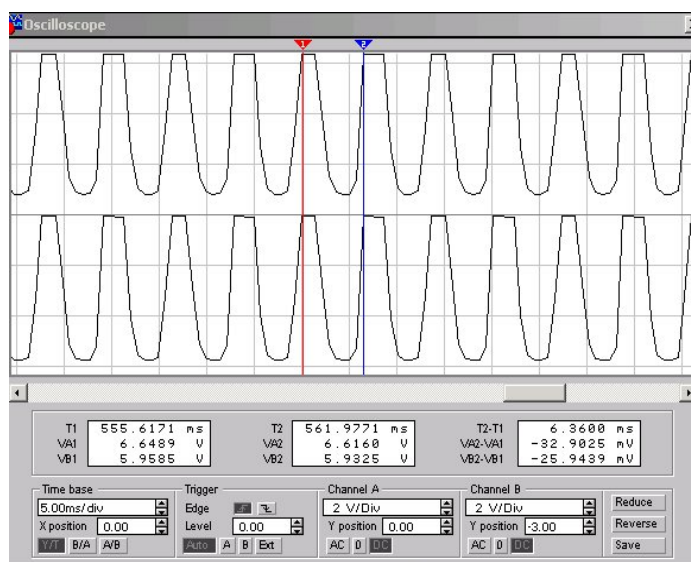


Рисунок 3

После введения в генератор Колпитца конденсатора связи форма колебаний существенно улучшилась (рисунок 5).

Особо следует сказать о блокировочных конденсаторах Cб и Cе в базовой и

эмиттерной цепях. При достаточно глубокой обратной связи и неправильно подобранных емкостях этих конденсаторов может возникать прерывистая генерация или автомодуляция.

В этом случае амплитуда колебаний будет иметь переменное значение или уменьшаться до нуля. Прерывистая генерация обусловлена тем, что при определенных условиях напряжение автоматического смещения вследствие заряда конденсаторов C_b и C_e может приблизиться к амплитуде напряжения обратной связи, за счет чего транзистор запирается и колебательный контур не пополняется энергией.

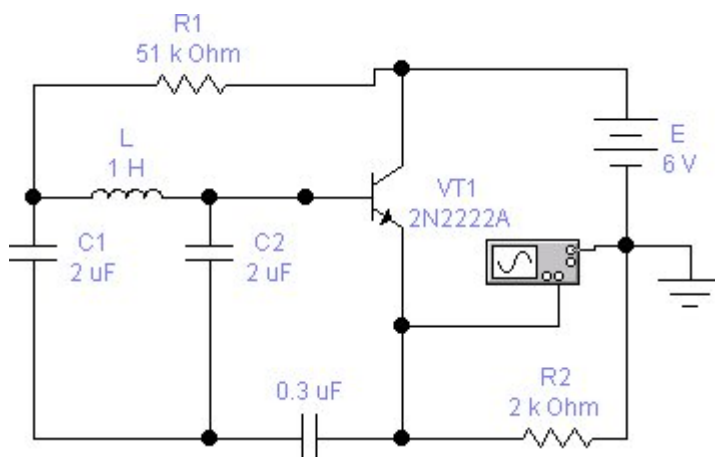


Рисунок 4

В итоге автоколебания быстро затухают и возобновляются только после разряда этих конденсаторов. Затем процесс нарастания амплитуды, заряда конденсаторов и срыва автоколебаний повторяется. Поэтому цепи, обеспечивающие автоматическое смещение, приходится, как правило, подбирать при настройке предварительно выбрав ее параметры из условия $R_e < R_p$ или $1/pC_e < R_eQ$, где $p = 2Q/p$ — постоянная времени колебательного

контура; Q , p — его добротность и резонансная частота.

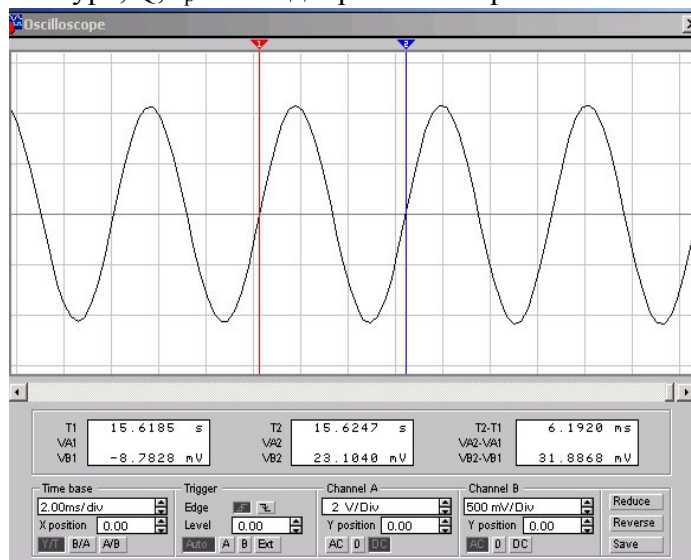


Рисунок 5

контура из-за изменения соотношения L/C , что может вызвать изменение режима работы автогенератора.

Изменение емкости обычно производят механическим путем или с помощью варикапа, изменяя напряжение смещения.

Оборудование и материалы: для выполнения данного практического занятия

необходим компьютер с установленной операционной системой Windows 7 и программными продуктами: MS Word, Программа EWB.

Указания по технике безопасности: к выполнению практических работ допускаются студенты, ознакомившиеся с правилами работы в лаборатории, прошедшие инструктаж безопасности.

Задания:

1. Используя программу Electronics Workbench спроектировать схему, представленную на рисунках 2. Для схемы генератора Колпица на рисунке 2 исследовать путем моделирования зависимость формы генерируемого сигнала от соотношения емкости конденсаторов C_1 и C_2 . При варьировании емкостей этих конденсаторов обеспечьте постоянство частоты колебаний, т.е. эквивалентной емкости контура C_k .

2. Рассчитайте частоту генератора Колпица по формулам (1) и (2) при $C_1=C_2=1$ мкФ и сравните с измеренными частотами, получаемыми в результате моделирования. Сделать выводы о степени соответствия рассчитанных и измеренных частот генерируемых сигналов.

3. Проведите исследование зависимость формы гармонических сигналов, частоты колебаний и надежности запуска генераторов от номинальных значений емкостей C_1 и C_2 . Заполните таблицу 1.

Таблица 1

	Емкость конденсаторов C_1 и C_2				
	$C_1=C_2=1$ мкФ	$C_1=C_2=2$ мкФ	$C_1=C_2=3$ мкФ	$C_1=C_2=4$ мкФ	$C_1=C_2=5$ мкФ
Расчетное значение частоты генератора $f_{ген}, Гц$					
Измеренное значение частоты генератора $f_{ген}, Гц$					

4. Проведите исследование зависимость формы гармонических сигналов, частоты колебаний и надежности запуска генераторов от напряжения питания $U_{пит}$ при $C_1=C_2=2$ мкФ. Заполните таблицу 2.

Таблица 2

	Напряжение питания генератора										
	$U_{пит}=1В$	$U_{пит}=2В$	$U_{пит}=3В$	$U_{пит}=4В$	$U_{пит}=5В$	$U_{пит}=6В$	$U_{пит}=7В$	$U_{пит}=8В$	$U_{пит}=9В$	$U_{пит}=10В$	$U_{пит}=11В$
Измеренное значение частоты генератора $f_{ген}, Гц$											
Надежность запуска генератора (нестабильная, стабильная)											

5. Зарисовать временную диаграмму работы генератора (представленную на осциллографе для произвольных значений C_1 , C_2 , $U_{пит}$;

6. Оформите отчет и сделайте выводы по каждой таблице и в целом по работе.

Содержание отчета: отчет по практической работе должен быть выполнен в редакторе MS Word и оформлен согласно требованиям. Требования по форматированию: Шрифт TimesNewRoman, интервал – полуторный, поля левое – 3 см., правое – 1,5 см., верхнее и нижнее 2 см. Абзацный отступ – 1,25. Текст должен быть выровнен по ширине.

Отчет должен содержать титульный лист с темой практической работы, цель работы и описанный процесс выполнения вашей работы. В конце отчета приводятся выводы о проделанной работе.

В отчет необходимо вставлять скриншоты выполненной работы и добавлять описание к ним. Каждый рисунок должен располагаться по центру страницы, иметь подпись (Рисунок 1 – Создание подсистемы) и ссылку на него в тексте.

Контрольные вопросы:

1. Приведите обобщенную структурную схему автогенератора.
2. Приведите условия возникновения незатухающих колебаний в автогенераторе.
3. Представьте структуры параллельного и последовательного колебательных контуров.
4. Представьте аналитические выражения для определения собственной частоты колебаний колебательного контура.
5. Какую функцию выполняет в автогенераторе колебательный контур?
6. Перечислите способы повышения стабильности колебаний в автогенераторе.
7. Как зависит устойчивость работы автогенератора от питающего его напряжения и стабильности параметров его составных элементов?

Список литературы, рекомендуемый к использованию по данной теме:

1. Воробьев Л.В., Давыдов А.В., Щербина Л.П.. Системы и сети передачи информации: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии протоколы: учебник для вузов. - СПб.: Питер, 2010.
3. Акулиничев, Ю.П. Теория и техника передачи информации : учебное пособие [Электронный ресурс] / Ю.П. Акулиничев, А.С. Бернгардт. - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 209 с.
4. Карлашук В.И. Электронная лаборатория на IBM PC. Программа ElectronicsWorkbench и её применение. – М.: Солон-Р, 2012.
5. Системы и сети передачи информации. М.В. Гаранин и др. Учебное пособие. – М.: "Радио и связь", 2008 г.
6. Тоискин В.С., Жук А.П. Системы документальной электросвязи: учебное пособие. – М.: РИОР: ИНФРА-М, 2011.