



**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»  
**Кафедра радиофизики и радиоэлектроники**



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля) ФТД.02 Аналоговая схемотехника

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Тип образовательной программы академический бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки Материалы и компоненты твердотельной электроники

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 25 от «21» апреля 2020 г.  
Председатель \_\_\_\_\_ Буднев Н.М.

**Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:**

Протокол № 8  
От «20» марта 2020 г.  
И.О.Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Колесник С.Н.

Иркутск 2020 г.

## Содержание

	стр.
1. Цели и задачи дисциплины (модуля): .....	3
2. Место дисциплины в структуре ОПОП: .....	3
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля): .....	3
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы .....	4
5. Содержание дисциплины (модуля).....	4
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).....	4
5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами .....	5
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий .....	6
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	6
6.1. План самостоятельной работы студентов.....	7
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	7
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	7
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля): .....	7
а) основная литература.....	7
б) дополнительная литература .....	8
в) программное обеспечение: .....	8
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	8
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля): .....	8
10. Образовательные технологии:.....	8
11. Оценочные средства (ОС): .....	8
11.1. Оценочные средства для входного контроля.....	8
11.2. Оценочные средства текущего контроля.....	8
11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета). .....	12

### 1. Цели и задачи дисциплины (модуля):

Целью изучения учебной дисциплины «Аналоговая схемотехника» является изучение основ схемотехники аналоговых устройств и методов их анализа.

Задачами освоения учебной дисциплины являются формирование у студентов знаний и умений, позволяющих осуществлять схемотехническое проектирование радиоэлектронных устройств, обеспечивающих аналоговую обработку сигналов.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП:

Учебная дисциплина «Аналоговая схемотехника» является дисциплиной по выбору.

Дисциплина базируется на содержании следующих дисциплин: «Общая физика», «Физические основы электроники», «Физика полупроводников», базовая математическая подготовка.

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих компетенций:

общефессиональных компетенций:

Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности (ОПК-1).

В результате изучения дисциплины студент должен:

#### ***Знать:***

Индекс компетенции	Образовательный результат
ОПК-1	особенности математического описания аналоговых элементов и устройств

#### ***Уметь:***

Индекс компетенции	Образовательный результат
ОПК-1	использовать базовые знания в области математики и естественных наук при изучении принципов построения и функционирования аналоговых элементов и устройств

#### ***Владеть:***

Индекс компетенции	Образовательный результат
ОПК-1	навыками расчета характеристик и параметров аналоговых элементов и устройств

#### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
				8	
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	66/1,83			66/1,83	
<b>Из них объем занятий с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий</b>		-	-		-
В том числе:		-			-
Лекции	22/0,61			22/0,61	
Практические занятия (ПЗ)	22/0,61			22/0,61	
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	22/0,61			22/0,61	
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	6/0,17			6/0,17	
В том числе:		-			-
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации ( <i>зачет</i> )					
<b>Контактная работа (всего)</b>	66/1,83			66/1,83	
Общая трудоемкость	часы	72		72	
	зачетные единицы	2		2	

#### 5. Содержание дисциплины (модуля)

##### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).

###### Введение

Принципы построения, особенности функционирования и области применения аналоговых устройств.

###### Раздел 1. Линейные цепи под воздействием импульсных сигналов

1.1. Линейные цепи под воздействием импульсных сигналов

###### Раздел 2. Выпрямители на диодах

2.1. Вольт-амперная характеристика реального диода и ее аппроксимация.

2.2. Однополупериодная схема выпрямителя с емкостной нагрузкой.

2.3. Двухполупериодные схемы выпрямителей со средней точкой и мостовая.

2.4. Умножители напряжения на диодах.

###### Раздел 3. Амплитудные ограничители

3.1. Разновидности, общие характеристики, принцип действия, применение.

3.2. Ограничители на полупроводниковых диодах последовательного и параллельного типов, статический режим, выбор элементов. Переходные процессы. Двусторонние ограничители.

3.3. Ограничители на основе операционного усилителя с нелинейной обратной связью.

3.4. Динамическое смещение в схемах с разделительной емкостью. Фиксаторы уровня.

###### Раздел 4. Транзисторные ключи

- 4.1. Ключи на биполярных транзисторах. Активный режим. Режимы отсечки и насыщения.
- 4.2. Частотные и переходные характеристики ключей на биполярных транзисторах.
- 4.3. Способы повышения быстродействия ключей на биполярных транзисторах.
- 4.4. Ключи на полевых транзисторах. Разновидности и особенности ключей на полевых транзисторах.
- 4.5. Частотные и переходные характеристики ключей на полевых транзисторах.
- 4.6. Ключи с динамической (нелинейной) нагрузкой.
- 4.7. Аналоговые и логические КМОП ключи.
- 4.8. Мощные ключи. Биполярный транзистор с изолированным затвором.

### **Раздел 5. Триггеры**

- 5.1. Получение гистерезисной передаточной характеристики.
- 5.2. Триггер Шмитта на операционном усилителе и его использование в качестве компаратора и формирователя прямоугольных импульсов.
- 5.3. Триггер Шмитта на транзисторах.
- 5.4. Симметричный триггер на транзисторах и триггер на транзисторах с разным типом проводимости.
- 5.5. Триггер на полевых транзисторах на основе КМОП ключей.
- 5.6. Триггеры на основе логических элементов.

### **Раздел 6. Генераторы**

- 6.1. Автоколебательные и ждущие мультивибраторы на основе операционного усилителя.
- 6.2. Генераторы импульсов на интегральном таймере.
- 6.3. Генераторы с использованием линии задержки.
- 6.4. Кварцевый генератор на логических элементах.
- 6.5. Генераторы линейно - изменяющегося напряжения. Принцип работы. Коэффициент нелинейности.
- 6.6. Генераторы с емкостной отрицательной обратной связью, с компенсирующей ЭДС и с токостабилизирующим элементом.

## **5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами**

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)					
		P1	P2	P3	P4	P5	P6
1.	Государственная итоговая аттестация (выпускная квалификационная работа)						

### 5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела Наименование темы	Виды занятий в часах					
		Лекц.	Практ. зан.	Семина	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	Линейные цепи под воздействием импульсных сигналов	2			6		2
2.	Выпрямители на диодах	4	4				
3.	Амплитудные ограничители	4	4		8		2
4.	Транзисторные ключи	4	4				
5	Триггеры	4	4				
6	Генераторы	4	6		8		2

### 6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
1	1	Линейные цепи под воздействием импульсных сигналов	4	Текущ. контроль	ОПК-1
2	2	Выпрямители на диодах	4	Текущ. контроль	ОПК-1
3	3	Амплитудные ограничители	4	Текущ. контроль	ОПК-1
4	4	Транзисторные ключи	4	Текущ. контроль	ОПК-1
5	5	Триггеры	4	Текущ. контроль	ОПК-1
6	6	Генераторы	6	Текущ. контроль	ОПК-1
<b>Наименование лабораторных работ</b>					
1	1	Линейные цепи под воздействием импульсных сигналов	6	Отчет по теории, отчет по результатам лабораторной работы.	ОПК-1
2	2	Амплитудные ограничители	8	Отчет по теории, отчет по результатам лабораторной работы.	ОПК-1
3	3	Генераторы линейно - изменяющегося напряжения	8	Отчет по теории, отчет по результатам лабораторной работы	ОПК-1

## 6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Р1.	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточникам и, конспектом	Повторение и углубленное изучение учебного материала лекции, ПЗ с использованием конспекта лекций, литературы, Интернет - ресурсов	Источники из основной и дополнительной литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступных по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ	2
7	Р3.				2
16	Р.6.				2

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа бакалавров – индивидуальная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руководства преподавателя (научного руководителя (консультанта)), в ходе которой бакалавр активно воспринимает, осмысливает полученную информацию, решает теоретические и практические задачи. В процессе проведения самостоятельной работы формируется компетенция ОПК-1.

На самостоятельную работу выносятся следующие вопросы по темам дисциплины:

Р1. Линейные цепи под воздействием импульсных сигналов

Р3. Амплитудные ограничители. Разновидности, общие характеристики, принцип действия, применение. Ограничители на полупроводниковых диодах последовательного и параллельного типов, статический режим, выбор элементов. Переходные процессы. Двусторонние ограничители. Ограничители на основе операционного усилителя с нелинейной обратной связью. Динамическое смещение в схемах с разделительной емкостью. Фиксаторы уровня.

Р6. Автоколебательные и ждущие мультивибраторы на основе операционного усилителя. Генераторы импульсов на интегральном таймере. Генераторы с использованием линии задержки. Кварцевый генератор на логических элементах. Генераторы линейно - изменяющегося напряжения. Принцип работы. Коэффициент нелинейности. Генераторы с емкостной отрицательной обратной связью, с компенсирующей ЭДС и с токостабилизирующим элементом. Проработка лекционного материала и материала практических занятий.

Контроль самостоятельной работы проводится на практических и лабораторных занятиях по окончании соответствующих разделов.

## 7. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Планом не предусмотрено

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) основная литература

1. Дьяков И.А. Схемотехника: Учебное пособие. - Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2001. - 84 с. <http://window.edu.ru/resource/023/22023>.

2. Ашанин В.Н., Исаев С.Г., Ермаков В.В. Схемотехника: Учебное пособие: в 2-х ч. - Пенза: Информационно-издательский центр ПГУ, 2007. - Часть 1: Аналоговая схемотехника. - 268 с. <http://window.edu.ru/resource/976/53976>.

б) дополнительная литература

1. Аналоговая и цифровая электроника [Текст] : полный курс: Учеб. для студ. вузов, обуч. по спец. "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" / Ю. Ф. Опачий, О. П. Глудкин, А. И. Гуров; Под ред. О. П. Глудкина. - М. : Горячая линия-Телеком, 2005. - 768 с. : ил. ; 20 см. - (Учебник для высших учебных заведений. Полный курс). - Библиогр.: с. 763. - ISBN 5-93517-002-7 (10 экз)

2. Селиванова З.М. Схемотехника электронных средств: учебное пособие. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. - 80 с. <http://window.edu.ru/resource/158/64158>.

в) программное обеспечение:

нет

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Поисковые системы Google, Yandex.

2. Электронные ресурсы доступные по логину и паролю, предоставляемые Научной библиотекой ИГУ.

д) методические пособия:

1. Методические указания по выполнению лабораторных работ.

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):**

Практикум организован на специализированных лабораторных макетах. В практикуме используются осциллографы, измерительный генератор, цифровой электронный вольтметр.

## **10. Образовательные технологии:**

Используется интерактивный метод ведения лекционных, практических и лабораторных занятий (обратная связь с аудиторией). Лабораторные работы ведутся групповым методом. Результаты работ коллективно обсуждаются.

## **11. Оценочные средства (ОС):**

### **11.1. Оценочные средства для входного контроля.**

Не предусмотрено

### **11.2. Оценочные средства текущего контроля.**

Текущий контроль осуществляется на практических и лабораторных занятиях в виде устного или письменного опроса и направлен на выявление сформированности компетенций ОПК-1. Для реализации текущего контроля используется балльно - рейтинговая системы оценки принятая в университете.

Усвоение студентом изучаемой дисциплины максимально оценивается 100 баллами. Максимальное количество баллов за текущую работу в семестре ограничивается 60-ю баллами, на оценку зачета максимально предусмотрено 30 баллов. Возможны «премиальные» баллы (от 0 до 10), которые могут быть добавлены за активные формы работы, высокое качество выполненных практических работ и т.д.



**Параметры оценочного средства для письменного текущего контроля и решения задач, выносимых на ПЗ.**

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 3 балла.	Хорошо 2 балл	Удовлетв. 1 балла.	Неудовл. 0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно выполнены все задания.	Полностью выполнены все задания, допущены одна – две ошибки.	Не полностью выполнены задания, допущены одна – две ошибки.	Задание не выполнены или задание выполнено не полностью и допущено более 3-х ошибок.

**Вопросы для письменного текущего контроля приведены ниже:**

1. Вольт-амперная характеристика реального диода и ее аппроксимация.
2. Однополупериодная схема выпрямителя с емкостной нагрузкой.
3. Двухполупериодные схемы выпрямителей со средней точкой и мостовая.
4. Умножители напряжения на диодах.
5. Амплитудные ограничители. Разновидности, общие характеристики, принцип действия, применение.
6. Ограничители на полупроводниковых диодах последовательного и параллельного типов, статический режим, выбор элементов. Переходные процессы. Двусторонние ограничители.
7. Ограничители на основе операционного усилителя с нелинейной обратной связью.
8. Динамическое смещение в схемах с разделительной емкостью. Фиксаторы уровня.
9. Ключи на биполярных транзисторах. Активный режим. Режимы отсечки и насыщения.
10. Частотные и переходные характеристики ключей на биполярных транзисторах.
11. Способы повышения быстродействия ключей на биполярных транзисторах.
12. Ключи на полевых транзисторах. Разновидности и особенности ключей на полевых транзисторах.
13. Частотные и переходные характеристики ключей на полевых транзисторах.
14. Ключи с динамической (нелинейной) нагрузкой.
15. Аналоговые и логические КМОП ключи.
16. Мощные ключи. Биполярный транзистор с изолированным затвором.
17. Получение гистерезисной передаточной характеристики.
18. Триггер Шмитта на операционном усилителе и его использование в качестве компаратора и формирователя прямоугольных импульсов.
19. Триггер Шмитта на транзисторах.
20. Симметричный триггер на транзисторах и триггер на транзисторах с разным типом проводимости.
21. Триггер на полевых транзисторах на основе КМОП ключей.
22. Триггеры на основе логических элементов.
23. Автоколебательные и ждущие мультивибраторы на основе операционного усилителя.
24. Генераторы импульсов на интегральном таймере.
25. Генераторы с использованием линии задержки.
26. Кварцевый генератор на логических элементах.
27. Генераторы линейно - изменяющегося напряжения. Принцип работы. Коэффициент нелинейности.

28. Генераторы с емкостной отрицательной обратной связью, с компенсирующей ЭДС и с токостабилизирующим элементом.

**Параметры оценочного средства для защиты лабораторных работ**

Критерии оценки	Оценка / баллы			
	Отлично 3 балла	Хорошо 2 балла	Удовлетв. 1 балл	Неудовл. 0 баллов
Выполнение заданий	Полностью и корректно оформлен отчет, сделаны выводы. При защите показано всестороннее и глубокое знание материала.	В целом отчет оформлен корректно, сделаны выводы, но имеются незначительные недостатки. При защите студент показывает понимание материала, приводит примеры, но испытывает затруднения с выводами, однако достаточно полно отвечает на дополнительные вопросы.	Отчет оформлен полностью. Имеются замечания по оформлению, выводы сделаны не полностью. При защите - суждения поверхностны, содержат ошибки, примеры не приводятся, ответы на дополнительные вопросы не уверенные.	Отчет не оформлен.  Отчет оформлен со значительными замечаниями, выводы не полные, при защите студент с трудом формулирует свои мысли, не приводит примеры, не дает ответа на дополнительные вопросы

**Перечень примерных вопросов для защиты лабораторных работ:**

**Лабораторная работа 1. " Линейные цепи под воздействием импульсных сигналов ":**

1. Схематично изобразите -АЧХ ДЦ и ИЦ . Что называется частотой среза? Где лежат области частот входных каналов, для которых будет выполняться дифференцирование и интегрирование? Какая связь между ДЦ, ИЦ и ФНЧ, ФВЧ?
2. Как определить задержку срабатывания порогового устройства с порогом  $U_n$  выходе ДЦ (ИЦ) с постоянной времени  $\tau$  при поступлении на вход скачка напряжения?
3. Как определить величину спада  $\Delta U$  высоты импульса длительностью  $\tau_u$  на выходе разделительной цепи?
4. Изобразите схемы дифференцирующего и интегрирующего каскадов на ОУ. Укажите назначение элементов схемы. Какие основные преимущества заключаются в использовании ОУ при дифференцировании сигналов?
5. Как выбирается постоянная времени  $\tau$  для активных ДЦ и ИЦ по сравнению с  $\tau$  пассивных цепей?
6. Каковы АЧХ идеальных интегратора и дифференциатора? Почему они не могут быть реализованы на практике?
7. В чем причина неустойчивости работы активных ДЦ и ИЦ? Как устраняется этот недостаток?

8. Какова причина малой чувствительности активных дифференцирующих и интегрирующих устройств к изменению нагрузки?
9. Какими свойствами должна обладать идеальная ЛЗ?
10. По какой схеме обычно выполняются ЛЗ и почему? В чем состоят отличия реальной ЛЗ от идеальной?
11. Как оценить длительность нарастания (спада) импульса (фронта импульса) на выходе ЛЗ по АЧХ?
12. Почему необходимо согласовывать внутреннее сопротивление ЛЗ с источником сигнала и нагрузкой? Что будет в случае рассогласования?

### **Лабораторная работа 2. " Амплитудные ограничители ":**

1. Объясните принцип работы диодных ограничителей.
2. Какая зависимость называется характеристикой ограничителя?
3. Чем определяются уровни ограничения в одностороннем и двустороннем диодных ограничителях?
4. Объясните влияние конечной величины прямого и обратного сопротивлений полупроводниковых диодов на форму выходного напряжения в диодных ограничителях.
5. Объясните принцип действия и укажите основные характеристики интегрального компаратора.
6. Объясните принцип работы транзисторного ограничителя,
7. Как выбирается положение рабочей точки на семействе выходных вольтамперных характеристик транзистора для симметричного двухстороннего ограничения? Объясните, за счет чего происходит ограничение сверху и снизу.
8. Как рассчитать уровни ограничения у транзисторного ограничителя?
9. Каковы преимущества и недостатки транзисторных ограничителей по сравнению с диодными?
10. Объясните принцип работы диодного фиксатора уровня. Чем определяется величина фиксирующего уровня напряжения?
12. В чем состоит суть явлений динамического смещения и какие существуют меры для его уменьшения?

### **Лабораторная работа 3. " Генераторы линейно - изменяющегося напряжения ":**

1. Изобразите временные диаграммы напряжений на входе, в точке "а", на базе и эмиттере транзистора  $T_2$  для генератора с положительной обратной связью.
2. Объясните принцип работы генератора с положительной обратной связью.
3. Каким образом в генераторе с положительной обратной связью достигается высокая линейность рабочего хода?
4. Какие причины оказывают влияние на нелинейность рабочего хода в генераторе с положительной обратной связью?
5. Какую роль в схеме играет диод  $D_1$ ?
6. Чем определяется длительность обратного хода  $T_{OBR}$  в генераторе положительной обратной связью?
7. Чем определяется скорость изменения напряжения рабочего хода в генераторе с положительной обратной связью и как ее измерить?
8. Объясните принцип действия генератора с токостабилизирующим транзистором.
9. Чем определяется скорость пилообразного напряжения  $V$  и его размах  $T_p$  в генераторе с токостабилизирующим транзистором?
10. Чем определяется частота пилообразного напряжения в генераторе с токостабилизирующим транзистором?
11. От чего зависит нелинейность рабочего хода в генераторе с токостабилизирующим транзистором?
12. Изобразите диаграммы напряжений на электродах транзисторов генератора с токостабилизирующим транзистором и поясните их.

13. Как изменяется форма выходного напряжения в генераторе, изображенном на рис. 4.4 при изменении коэффициента деления делителя  $R_{13}, R_{14}$ ?
14. Как можно измерить величину тока разряда конденсатора через токостабилизирующий транзистор?
15. От чего зависит длительность рабочего хода генератора с токостабилизирующим транзистором и как ее можно регулировать?

### 11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации (в форме зачета).

Форма промежуточной аттестации – зачет. Зачет выставляется по итогам изучения дисциплины в течение семестра при условии положительных результатов защиты всех лабораторных работ, предусмотренных программой.

Промежуточная аттестация направлена на проверку сформированности компетенций ОПК-1 и проводится в форме зачета. Для реализации промежуточного контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете.

Зачет выставляется по сумме баллов, полученных при изучении дисциплины (см. п.11.2).

Усвоение бакалавром изучаемой дисциплины максимально оценивается 100 баллами. Из них 90 баллов обучающийся может набрать в течение семестра и от 0 до 10 баллов могут быть даны в качестве «премиальных» баллов за активные формы работы, высокое качество выполненных практических работ и т.д.

Итоговый семестровый рейтинг	Академическая оценка
0-59 баллов	«не зачтено»
60-100 баллов	«зачтено»

#### Примерный список вопросов к зачету:

1. Вольт-амперная характеристика реального диода и ее аппроксимация.
2. Однополупериодная схема выпрямителя с емкостной нагрузкой.
3. Двухполупериодные схемы выпрямителей со средней точкой и мостовая.
4. Умножители напряжения на диодах.
5. Амплитудные ограничители. Разновидности, общие характеристики, принцип действия, применение.
6. Ограничители на полупроводниковых диодах последовательного и параллельного типов, статический режим, выбор элементов. Переходные процессы. Двусторонние ограничители.
7. Ограничители на основе операционного усилителя с нелинейной обратной связью.
8. Динамическое смещение в схемах с разделительной емкостью. Фиксаторы уровня.
9. Ключи на биполярных транзисторах. Активный режим. Режимы отсечки и насыщения.
10. Частотные и переходные характеристики ключей на биполярных транзисторах.
11. Способы повышения быстродействия ключей на биполярных транзисторах.
12. Ключи на полевых транзисторах. Разновидности и особенности ключей на полевых транзисторах.
13. Частотные и переходные характеристики ключей на полевых транзисторах.
14. Ключи с динамической (нелинейной) нагрузкой.
15. Аналоговые и логические КМОП ключи.
16. Мощные ключи. Биполярный транзистор с изолированным затвором.
17. Получение гистерезисной передаточной характеристики.

18. Триггер Шмитта на операционном усилителе и его использование в качестве компаратора и формирователя прямоугольных импульсов.
19. Триггер Шмитта на транзисторах.
20. Симметричный триггер на транзисторах и триггер на транзисторах с разным типом проводимости.
21. Триггер на полевых транзисторах на основе КМОП ключей.
22. Триггеры на основе логических элементов.
23. Автоколебательные и ждущие мультивибраторы на основе операционного усилителя.
24. Генераторы импульсов на интегральном таймере
25. Генераторы с использованием линии задержки.
26. Кварцевый генератор на логических элементах.
27. Генераторы линейно - изменяющегося напряжения. Принцип работы. Коэффициент нелинейности.
28. Генераторы с емкостной отрицательной обратной связью, с компенсирующей ЭДС и с токостабилизирующим элементом.

**Разработчик:**



Колесник С.Н.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиофизики и радиоэлектроники «20» марта 2020 г.

Протокол № 8 И.О.Зав. кафедрой



Колесник С.Н.

***Настоящая программа, не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.***