



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра радиофизики и радиоэлектроники



Декан ~~_____~~ Буднев Н.М.

«31» августа 2021 г.

Рабочая программа дисциплины

Наименование дисциплины **Б1.О.20 Измерительные и вычислительные системы**

Направление подготовки **03.03.03 Радиофизика**

Направленность (профиль) подготовки **Радиофизика: радиоэлектронные устройства, обработка сигналов и автоматизация**

Квалификация выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная**

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол №30 от «31» августа 2021 г.

Председатель ~~_____~~ Буднев Н.М.

Рекомендовано кафедрой радиофизики и радиоэлектроники:

Протокол № 1 от «30» августа 2021 г.

И.О. зав. кафедрой ~~_____~~ Колесник С.Н.

Иркутск 2021 г.

Содержание

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ	3
II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО	3
III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	3
IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов	5
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	6
4.3. Содержание учебного материала	7
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	7
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)	8
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.....	8
4.5. Примерная тематика курсовых работ	9
V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	9
VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
6.1. Учебно-лабораторное оборудование:	10
6.2. Программное обеспечение:.....	10
6.3. Технические и электронные средства:.....	10
VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....	10
VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ	10

I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

«Измерительные и вычислительные системы» – дисциплина, изучающая физические принципы построения систем сбора, передачи, хранения и обработки данных на основе овладения различными методами представления сигналов, теории измерений, методов преобразования различных физических величин в электрические сигналы, методов аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования.

Цели курса – формирование у студентов представлений о принципах организации современных микропроцессорных измерительных вычислительных систем.

Задачи курса – изучение:

- основных типов датчиков физических величин;
- методов аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразования;
- принципов организации микропроцессорных/микроконтроллерных ИВС реального времени.

II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Учебная дисциплина “Измерительные и вычислительные системы” входит в базовую часть обязательных дисциплин.

Для изучения данной учебной дисциплины (модуля) необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- Радиотехнические сигналы и цепи
- Компьютерная обработка данных экспериментальных исследований
- Основы построения вычислительных систем (ЭВМ)
- Основы радиоэлектроники
- Основы цифровой электроники и схемотехники

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- Автоматизация физического эксперимента
- Цифровые сигнальные процессоры

III. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки **03.03.03 Радиофизика**.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ОПК-3 <i>Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения профессиональной деятельности.</i>	ИДК_{Опк3.1} <i>Понимает принципы работы современных информационных систем и использует их для решения профессиональной деятельности в области радиофизики</i>	Знать: Основы теории измерений, основные типы датчиков физических величин и физические основы их функционирования, основные методы цифро-аналогового и аналогово-цифрового преобразования, принципы организации современных измерительных вычислительных систем.

		<p>Уметь: использовать знания о принципах работы современных измерительных вычислительных систем и применять их для решения задач измерений и обработки данных в области радиофизики.</p> <p>Владеть: навыками выбора аппаратной части измерительных устройств для решения задач измерений в области радиофизики, навыками программирования микроконтроллеров.</p>
--	--	--

IV. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации: зачет

4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/н	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Форма текущего контроля успеваемости
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекция	Семинар/ Практическое, лабораторное занятие/	Консультация		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	T1.Теория измерений. Ошибки измерений.	5	12,2	-	4	4	0,2	4	Устный текущий контроль
2	T2.Датчики физических величин	5	29,2	-	8	12	0,2	9	
3	T3.Цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразование	5	18,2	-	8	4	0,2	6	
4	T4.Аналоговые сигналы в ИВС	5	18,2	-	6	6	0,2	6	
5	T5.Измерительные вычислительные системы	5	22,2	-	8	8	0,2	6	

4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения (неделя)	Трудоемкость (час.)		
5	Т1.Теория измерений. Ошибки измерений.	Работа с учебником, справочной литературой, первоисточниками, конспектом	1-2	4	Устный текущий контроль	Источники из перечня литературы; Самостоятельный поиск литературы на образовательных ресурсах, доступных по логину и паролю, предоставляемым Научной библиотекой ИГУ
5	Т2.Датчики физических величин		3-7	9		
5	Т3.Цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразование		8-11	6		
5	Т4.Аналоговые сигналы в ИВС		12-14	6		
5	Т5.Измерительные вычислительные системы		15-17	6		
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)			29			

4.3. Содержание учебного материала

T1. Теория измерений. Ошибки измерений.

Теория измерений. Метрологическое обеспечение измерений. Ошибки измерений. Статистические и систематические ошибки, промахи. Методы определения величины ошибок и их уменьшения.

T2. Датчики физических величин.

Датчики электрических и неэлектрических физических величин. Параметрические и генераторные датчики. Преобразователи магнитного поля и датчики магнитного поля. Датчики на основе полупроводников. Пьезоэлектрические преобразователи. Резистивные преобразователи. Датчики температуры. Резонансные сенсоры. Оптические волоконные сенсоры.

T3. Цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразование.

Аналого-цифровое преобразование. Дискретизация сигналов, теорема Котельникова. Статические и динамические параметры АЦП и ЦАП. Весовые ЦАП. R-2R ЦАП. ЦАП с коммутируемыми конденсаторами. Параллельные АЦП. АЦП последовательного приближения. Следящие АЦП. Многотактные интегрирующие АЦП. Дельта-сигма АЦП. Последовательно-параллельные АЦП.

T4. Аналоговые сигналы в ИВС.

Операционные усилители. Устройства выборки/хранения. Перемножители напряжений. Суммирование и вычитание. Интегрирование и дифференцирование. Логарифмирование. Компараторы напряжения. Измерительные усилители. Аналоговые мультиплексоры. Взаимное преобразование аналоговых величин.

T5. Измерительные вычислительные системы.

Структурно-функциональные схемы ИВС. Интерфейсы. Назначение и функции интерфейсов. Архитектуры ИВС. Микроконтроллеры. Структура микроконтроллеров. Измерительные вычислительные системы на базе микроконтроллеров. Особенности разработки измерительных устройств на микроконтроллерах.

4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/н	№ раздела и темы	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Трудоемкость (час.)		Оценочные средства	Формируемые компетенции
			Всего часов	Из них практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7
1	T1	Теория измерений. Ошибки измерений	4	-	Устный текущий контроль, защита лабораторных работ	ОПК-3
2	T2	Датчики физических величин	12	-		
3	T3	Цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразование	4	-		
4	T4	Аналоговые сигналы в ИВС	6	-		
5	T5	Измерительные вычислительные системы	8	-		

4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ п/п	Тема	Задание	Формируемая компетенция	ИДК
1	2	3	4	5
1	Т1.Теория измерений. Ошибки измерений.	Повторение и углубленное изучение учебного материала лекций, подготовка к выполнению лабораторных работ, подготовка к защите лабораторных работ	ОПК-3	ОПК3.1
2	Т2.Датчики физических величин			
3	Т3.Цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразование			
4	Т4.Аналоговые сигналы в ИВС			
5	Т5.Измерительные вычислительные системы			

4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования. Согласно требованиям нормативных документов самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов. Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ. Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;
- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

Подготовка к лекции. Качество освоения содержания конкретной дисциплины прямо зависит от того, насколько студент сам, без внешнего принуждения формирует у себя установку на получение на лекциях новых знаний, дополняющих уже имеющиеся по данной дисциплине. Время на подготовку студентов к двухчасовой лекции по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

Подготовка к лабораторному занятию. Подготовка к лабораторному занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на занятии. Подготовка к нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. Студенты самостоятельно осуществляют поиск соответствующих источников, определяют актуальность конкретного исследования процессов и явлений, выделяют основные способы доказательства авторами научных работ ценности того, чем они занимаются. В ходе самого занятия студенты сначала представляют найденные ими варианты формулировки актуальности исследования, обсуждают их и обосновывают свое мнение о наилучшем варианте. Время на подготовку к лабораторному занятию по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

Подготовка к зачету. Самостоятельная подготовка к зачету должна осуществляться в течение всего семестра. Подготовка включает следующие действия: перечитать все лекции, а также материалы, которые готовились к лабораторным занятиям в течение семестра, соотнести эту информацию с вопросами, которые даны к зачету, если информации недостаточно, ответы находят в предложенной преподавателем литературе. Рекомендуется делать краткие записи. Время на подготовку к зачету по нормативам составляет не менее 4 часов.

4.5. Примерная тематика курсовых работ

Выполнение курсовых работ не предусмотрено учебным планом

V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) перечень литературы

1. Зайдель А.Н. Ошибки измерений физических величин [Электронный ресурс] / А. Н. Зайдель. - Москва: Лань, 2009. - 112 с. - ISBN 978-5-8114-0643-2. (Режим доступа: ЭБС "Лань". - Неогранич. доступ). <https://e.lanbook.com/book/146>
2. Ермуратский П. В. Электротехника и электроника [Электронный ресурс]: учебник / П. В. Ермуратский, Г. П. Лычкина, Ю. Б. Минкин. - Москва: ДМК-Пресс, 2011. - 417 с. - ISBN 978-5-94074-688-1 (Режим доступа: ЭБС "Рукопт". - Неогранич. доступ). <https://rucont.ru/efd/203230>
3. Эксперимент с компьютерной поддержкой: учеб. пособие / О. О. Глазунов [и др.] - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2014. - 73 с. - ISBN 978-5-9624-1103-3 (49экз.)
Ткаченко, Ф.А. Электронные приборы и устройства. [Электронный ресурс] : учеб. — Минск : Новое знание, 2011. — 682 с. — ISBN 978-985-475-311-9 (Режим доступа: ЭБС "Лань". - Неогранич. доступ) <https://e.lanbook.com/book/2922>

б) периодические издания

в) список авторских методических разработок

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.

VI. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Учебно-лабораторное оборудование:

Компьютерная лаборатория (аудитория 325), оснащенная вычислительной техникой, специальным ПО и свободным доступом в сеть Internet, отладочные платы с микроконтроллерами (семейств Arduino, STM32), набор различных аналоговых и цифровых датчиков, макетные платы, паяльное оборудование, микроэлектронные устройства и устройства дискретной электроники.

6.2. Программное обеспечение:

Свободно распространяемое программное обеспечение “программные средства разработки для микроконтроллеров” Arduino IDE, Keil MDK-ARM uVision IDE, IAR Embedded Workbench EWARM IDE.

6.3. Технические и электронные средства:

Мультимедийный проектор, экран (по необходимости), меловая или маркерная доска.

VII. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

На лекциях используются активные методы обучения (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций). Лабораторные работы проводятся с использованием ПЭВМ с последующей защитой.

VIII. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Текущий контроль реализуется в виде устного текущего контроля для допуска к проведению лабораторных работ и их защит на лабораторных занятиях. Текущий контроль направлен на выявление сформированности компетенций ОПК-3.

Для реализации текущего контроля используется балльно-рейтинговая система оценки, принятая в университете.

Усвоение студентом бакалавром изучаемой дисциплины максимально оценивается 100 баллами. Максимальное количество баллов за текущую работу в семестре ограничивается 70-ю баллами, на оценку промежуточного контроля знаний в виде теста максимально предусмотрено 30 баллов. Возможны «премиальные» баллы (от 0 до 10), которые могут быть добавлены бакалавру за активные формы работы, высокое качество выполненных работ и т.д.

За посещение одного вида занятия дается 0.5 балла (34 занятия по 2 часа (Л+Лр) * 0.5 балл = 17 баллов), максимальное количество баллов за выполнение лабораторных работ с написанием отчетов по ним составляет 53 балла).

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Контролируемые компетенции/ индикаторы
1	2	3	4
1	Устный текущий контроль	T1-T5	ОПК-3/ ОПК3.1
2	Текущий контроль: защита лабораторных работ	T1-T5	ОПК-3/ ОПК3.1
3	Промежуточный контроль знаний (тест)	T1-T5	ОПК-3/ ОПК3.1

Пример устного текущего контроля: примерный перечень вопросов для допуска к выполнению лабораторной работы “Весы на тензорезистивных элементах”:

- Факторы влияющие на процесс измерений а priori.
- Тензорезистивный эффект
- Плюсы мостовой схемы включения тензорезисторов
- Способы увеличения чувствительности весов
- Какова минимально необходимая разрядность АЦП для измерения веса до 1кг с точностью $\pm 0.5\text{г}$
- Какова необходимая разрядность АЦП для измерения веса до 1 кг с точностью $\pm 0,5\text{г}$ при условии изменения сигнала на выходе тензорезистивного моста от 20мВ (0г) до 30мВ (1кг) при величине опорного напряжения АЦП 1В?
- К чему может привести дифференциальная нелинейность преобразования АЦП величиной более одного МЗР?

Текущий контроль: защита лабораторных работ. Для защиты выполненных лабораторных работ необходимо оформить отчеты в электронном или бумажном виде. В отчете должны присутствовать:

- блок-схема измерительного устройства.
- алгоритм для вычисления/преобразования измеряемой величины.
- рабочий программный код измерительного устройства для микроконтроллера.

В зависимости от сложности лабораторной работы за ее выполнение и написание отчета присуждается различное количество баллов (от 1 до 10 баллов).

Параметры оценочного средства для защиты лабораторных работ

Критерии оценки	Оценка / % от максимума за работу в баллах			
	Отлично 70-100 %	Хорошо 40-60 %	Удовлетв. 10-30 %	Неудовл. 0 %
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

Промежуточная аттестация в форме зачета направлена на проверку сформированности компетенций ОПК-3. В течение семестра за выполнение заданий текущего контроля студенту начисляются баллы и в конце семестра баллы суммируются для вычисления рейтинга студента.

Студент допускается к промежуточной аттестации, если его рейтинг составляет 30 баллов и более. Студентам, чей рейтинг составляет от 60 баллов включительно, зачет проставляется автоматически. Данный результат показывает сформированность компетенций ОПК-3. Студентам, чей рейтинг составляет от 30 до 59 баллов, назначается компьютерное тестирование по всему теоретическому курсу.

Параметры оценочного средства для выполнения итогового тестового задания

Предел длительности контроля	90-120 мин
Количество заданий	40-60
Последовательность выборки вопросов	случайная
Критерии оценки в баллах:	
18 – 30 баллов (% правильных ответов * 0.3)	60% – 100% правильных ответов
0 баллов	0% – 59% правильных ответов

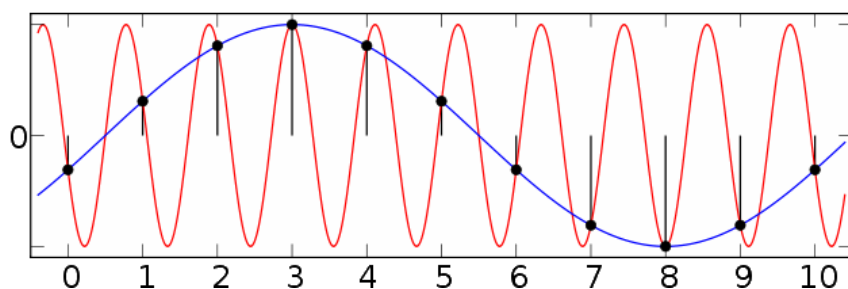
По результатам итогового тестового задания к рейтингу студента добавляется набранное количество баллов, и, в случае, если общий рейтинг становится больше или равен 60, проставляется зачет.

Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций ОПК-3

1. Наилучшее разрешение, которое может быть достигнуто при переводе аналоговой величины в цифровой вид, равно ____.

- A. ± 2 МЗР
- B. ± 1 МЗР
- C. $\pm \frac{1}{2}$ МЗР
- D. $\pm \frac{1}{4}$ МЗР

2. На рисунке красной кривой обозначен входной сигнал. Черные точки – отсчеты дискретизации. Какое явление описывается синей кривой?

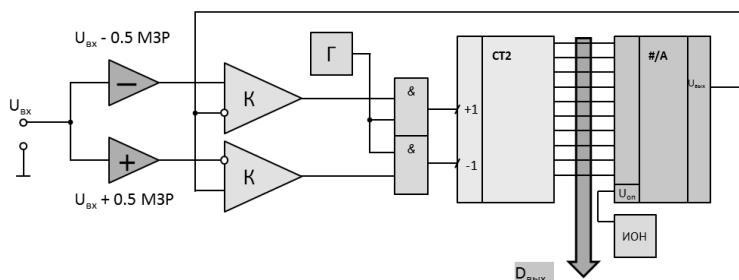


- A. Алиасинг
- B. Джиттер
- C. Фликкер

3. Особенность ЦАП на матрице $R - 2R$ заключается в том, что при любом положении входных ключей ее входное сопротивление со стороны источника опорного напряжения $U_{оп}$ всегда равно

- A. $\frac{1}{2} R$
- B. R
- C. $2R$
- D. $3R$
- E. $4R$

4. На рисунке представлена упрощенная схема



- A. АЦП последовательного приближения
- B. АЦП двухтактного интегрирования
- C. следящего АЦП
- D. АЦП последовательного счета
- E. конвейерного последовательно-параллельного АЦП
- F. многоступенчатого последовательно-параллельного АЦП

5. Измерительная вычислительная система – это

- A. система сбора измерительной информации от исследуемого объекта.
- B. система автоматического контроля, предназначенная для контроля за работой разного рода машин, агрегатов или технологических процессов.
- C. система технической диагностики, предназначенная для выявления технических неисправностей различных изделий.
- D. телеизмерительная система, предназначенная для сбора измерительной информации с удаленных на большие расстояния объектов.
- E. система функционально связанных устройств, обеспечивающих измерение, сбор, вычислительную обработку и распределение измерительной информации

6. Время преобразования этих АЦП зависит от величины входного напряжения:

- A. АЦП последовательного приближения
- B. АЦП двухтактного интегрирования
- C. Параллельный АЦП
- D. АЦП последовательного счета

7. Увеличение емкости запоминающего конденсатора при неизменном его типе в УВХ приведет к:

- A. уменьшению величины дрейфа фиксирующего напряжения
- B. увеличению величины дрейфа фиксирующего напряжения
- C. уменьшению времени захвата входного напряжения
- D. увеличению времени захвата входного напряжения

8. На внутреннем фотоэффекте работают следующие фотоэлектрические датчики

- A. фотосопротивления
- B. фотодиоды
- C. приборы с зарядовой связью
- D. фотоумножители

9. Различные по назначению волоконно-оптические датчики используют разные механизмы рассеяния света. Механизмом упругого рассеяния без изменения длины волны является:

- A. Рэлеевское рассеяние
- B. Стоксова компонента рамановского рассеяния
- C. Антистоксова компонента рамановского рассеяния

10. Датчиком температуры генераторного типа является

- A. полупроводниковый терморезистор
- B. биметаллический датчик
- C. термопара
- D. кварцевый термопреобразователь

Разработчик:



доцент, Семенов А.Л.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учитывает рекомендации ПООП по направлению и профилю подготовки **03.03.03 Радиопизика**.

Программа рассмотрена на заседании кафедры радиопизики и радиоэлектроники «30» августа 2021 г. протокол № 1

И.О. зав. кафедрой  Колесник С.Н.

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