

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ

КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

МЕДИЦИНСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Направление подготовки
(специальность)

[1] 03.03.02 Физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
5	1	36	8	24	0		4	0	3
6	3	108	7	23	0		24	0	Э
Итого	4	144	15	47	0	0	28	0	

АННОТАЦИЯ

В данном курсе изучаются основные аспекты современной электроники, применяемой в различных типах медицинской аппаратуры и аппаратуры для медицинских исследований.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины являются получение студентами знаний по основным аспектам современной электроники, применяемой в различных типах медицинской аппаратуры и аппаратуры для медицинских исследований. Студенты получают знания об основных функциональных и схемотехнических решениях в области преобразования различных физических величин в цифровой код, усиления и предварительной обработки сигналов с различных датчиков, методам отбора полезных событий (сигналов), типам основных интерфейсов, характеристикам и возможностям различных типов вычислительных средств (процессоры, микроконтроллеры и т.д.), используемых, либо встраиваемых в аппаратуру. У студентов формируется понимание возможностей и ограничений на электронные системы медицинской техники.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Изучению дисциплины предшествует знание специальных курсов, как медицинские установки и детекторы излучений, томографические методы в медицине, ультразвук в медицине, магниторезонансная томография, микросистемы и датчики излучений, ядерная медицина, рентгеновские диагностические аппараты и др. Перед прохождением курса студенты должны знать основные разделы общей физики: механику, электричество и магнетизм, волны и оптику; базовые положения квантовой механики и атомной физики; иностранный язык в объеме, необходимом для получения информации профессионального содержания из зарубежных источников; основы электроники и электротехники; иметь базовые знания по информатике.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
--	---------------------------	--	---

проектный			
освоение методов применения результатов научных исследований в инновационной и инженерно-технологической деятельности	технологии и оборудование, используемое в различных областях медицинской физики	ПК-2.2 [1] - Способен понимать принципы функционирования современных медицинских приборов, датчиков и электроники, используемых в качестве средств измерения основных характеристик исследуемого объекта <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-2.2[1] - знать принцип работы современного медицинского диагностического оборудования (приборы, датчики и средства электроники); У-ПК-2.2[1] - уметь применять на практике теоретические знания о функционировании современных медицинских приборов, датчиков и электроники; В-ПК-2.2[1] - владеть навыками работы с медицинским оборудованием, используемыми в качестве средств измерения основных характеристик исследуемого объекта

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное и трудовое воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду (В14)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для: - формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач. - формирования устойчивого интереса к профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора

		тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости; - формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономика и управление в промышленности на основе инновационных подходов к управлению конкурентоспособностью», «Юридические основы профессиональной деятельности» для: - формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование творческого инженерного/профессионального мышления, навыков организации коллективной проектной деятельности (B22)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для развития навыков коммуникации, командной работы и лидерства, творческого инженерного мышления, стремления следовать в профессиональной деятельности нормам поведения, обеспечивающим нравственный характер трудовой деятельности и неслужебного поведения, ответственности за принятые решения через подготовку групповых курсовых работ и практических заданий, решение кейсов, прохождение практик и подготовку ВКР. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для: - формирования производственного коллективизма в ходе совместного решения как

		модельных, так и практических задач, а также путем подкрепление рационально-технологических навыков взаимодействия в проектной деятельности эмоциональным эффектом успешного взаимодействия, ощущением роста общей эффективности при распределении проектных задач в соответствии с сильными компетентностными и эмоциональными свойствами членов проектной группы.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практи. (семинары) / Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	4/12/0		25	КИ-8	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2
2	Часть 2	9-16	4/12/0		25	КИ-16	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		8/24/0		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	3	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2
	<i>6 Семестр</i>						
1	Часть 1	1-8	4/12/0		25	КИ-8	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2
2	Часть 2	9-15	3/11/0		25	КИ-15	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2
	<i>Итого за 6 Семестр</i>		7/23/0		50		
	Контрольные мероприятия за 6 Семестр				50	Э	З-ПК-2.2, У-ПК-2.2, В-ПК-2.2

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
КИ	Контроль по итогам
З	Зачет
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	8	24	0
1-8	Часть 1	4	12	0
1 - 3	Введение. Датчики медицинской техники. Датчики ультразвуковых и оптических медицинских систем. Детекторы ядерных излучений, их основные характеристики. Первичная обработка информации от детекторов. Формирование сигналов от детекторов излучений, методы совпадений и антисовпадений. 4-8 недели. Аналоговые методы обработки сигналов от датчиков медицинской аппаратуры. Дифференциальный усилитель. Операционные усилители, их основные свойства и характеристики. Основные схемы включения операционных усилителей. Инвертирующий и неинвертирующий усилители. Сумматоры. Повторитель напряжения. Инструментальные и измерительные усилители. Логарифмический усилитель. Частотные свойства. Принципы построения аналоговых фильтров.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 8	Аналоговые методы обработки сигналов от датчиков медицинской аппаратуры. Дифференциальный усилитель. Операционные усилители, их основные свойства и характеристики. Основные схемы включения операционных усилителей. Инвертирующий и неинвертирующий усилители. Сумматоры. Повторитель напряжения. Инструментальные и измерительные усилители.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Часть 2	4	12	0
9 - 12	Цифровая схемотехника в медицинской технике. Основные типы логических интегральных микросхем. Микросхемы ТТЛ, КМОП, ЭСЛ. Семейства, основные технические характеристики. Логические элементы, сумматоры, дешифраторы. RS-, JK- и D- триггера. Сдвиговые регистры, регистры хранения, синхронные и асинхронные счетчики. Элементы построения арифметически-логических устройств. Оперативные запоминающие устройства. Постоянные запоминающие	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0

	устройства. Постоянные перепрограммируемые запоминающие			
13 - 16	Преобразование различных электрических величин в цифровой код. Погрешности преобразования различных величин в цифровой код. Дифференциальная и интегральная нелинейность. Устройства выборки и хранения, пиковые детекторы. Преобразование аналоговых сигналов в цифровой код. Методы преобразования $A \rightarrow T$, последовательного счета, поразрядного взвешивания, Flash-АЦП, сигма-дельта преобразователи. Преобразователи напряжение-частота. Преобразование временных интервалов. Метод прямого счета, преобразование $T \rightarrow A$, $T \rightarrow T$, нониусный метод измерения временных интервалов. Измерение сопротивления датчиков. Мостовые схемы подключения датчиков. Измерение частоты следования сигналов. Цифровые методы,	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
	6 Семестр	7	23	0
1-8	Часть 1	4	12	0
1	Введение. Построение измерительных систем для медицинской техники. Развитие вычислительных средств и средств автоматизации исследований. Транзисторы, микросхемы, мини- и микро-ЭВМ, модульные и магистрально-модульные системы электроники, микропроцессоры.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
2 - 8	Магистрально-модульные системы электроники для научных и медицинских применений. Основные магистрально-модульные системы для научных и медицинских исследований. Стандарты CAMAC, VME, FastBus.	Всего аудиторных часов		
		2	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Часть 2	3	11	0
9 - 11	Аппаратные средства, используемые для цифровых методов обработки информации. Применение микропроцессорных средств в медицинских приборах. Понятие о RISC и CISC процессорах. Типы и семейства процессоров X86, RISC и т.д., их структура, характеристики и различия.	Всего аудиторных часов		
		2	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
12 - 14	Стандартные интерфейсы для ЭВМ и микроконтроллеров. Персональные компьютеры. Структура, составные части. 8- и 16- разрядные шины обмена данными с периферийными устройствами. Высокоскоростные шины ISA и PCI. Периферийные устройства персональных компьютеров. Использование многофункциональных плат расширения для физических и медицинских исследований. Типы линий связи. Помехи, возникающие при подключении датчиков к линиям связи. Методы повышения помехоустойчивости измерительных систем. Стандартные последовательные интерфейсы. RS-232C, RS-485, 1553B, SPI, USB.	Всего аудиторных часов		
		1	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
15	Сети в медицинской технике.	Всего аудиторных часов		

	Технические средства, используемые для создания сетей ЭВМ. Стандарт Ethernet, его модификации. Методы передачи информации в сетях. Протокол TCP-IP. Концепция Internet, Intranet.	0	2	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В процессе освоения курса помимо лекций используются проведение тестирования по завершению каждого из разделов, выполнение студентом самостоятельной работы по тематике данного курса.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ПК-2.2	З-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2.2	З, КИ-8, КИ-16	Э, КИ-8, КИ-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
--------------	-------------------------------	-------------	---

90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. ЭИ Б43 Аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи : лабораторный практикум, Белопольский В.М., Немчинов В.М., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010
2. 004 Г93 Аппаратные средства IBM PC : энциклопедия, Гук М.Ю., М. [и др.]: Питер, 2006
3. 621.37 М47 Быстродействующая импульсная электроника : , Мелешко Е.А., Москва: Физматлит, 2007
4. ЭИ М69 Датчики и детекторы : учебное пособие для вузов, Просандеев А.В., Михеев В.П., Москва: МИФИ, 2007
5. ЭИ Г55 Особенности автоматизации космофизических экспериментов на космических аппаратах : учебное пособие для вузов, Глянченко А.С., Москва: МИФИ, 2008
6. ЭИ Г55 Современная электронная элементная база в приборах и системах физики высоких энергий, космофизики и медицины : учебное пособие для вузов, Глянченко А.С., Логинов В.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012

7. 004 С92 Схемотехника ЭВМ : лабораторный практикум, , Москва: МИФИ, 2006
8. 621.3 Н50 Электротехника и электроника : учебник для вузов, Немцов М.В., Москва: Высшая школа, 2007
9. ЭИ К68 Электротехника и электроника: основы микроэлектроники : лабораторный практикум, Осипов А.К., Короткова Н.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2010

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 61 М42 Медицинские приборы : Разработка и применение, , М.: Медицинская книга, 2004
2. 8(Англ) О-28 Общая физика и медицинская электроника : теория, эксперименты и применение в медицине: учеб. пособие для вузов, Никитин А.К. [и др.], М.: РУДН, 2004
3. 006 В67 Основы метрологии, оценка погрешностей измерений, измерительные преобразователи : , Волгин Л.И., М.: МГУС, 2001
4. 621.38 Т45 Полупроводниковая схемотехника Т.1 , Титце У., Москва: ДМК Пресс. Додэка, 2008
5. 621.38 Г55 Современная электронная элементная база в приборах и системах физики высоких энергий, космофизики и медицины : учебное пособие для вузов, Глянченко А.С., Логинов В.А., Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
6. 621.38 У27 Цифровая схемотехника : Учеб. пособие для вузов, Угрюмов Е.П., СПб и др.: БХВ-Петербург, 2004
7. 621.38 Ц75 Цифровые системы и устройства. Периферийные устройства и микроконтроллеры : Учеб. пособие, Скоробогатов П.К. [и др.], М.: МИФИ, 1998
8. 621.38 Д42 Электроника - практический курс : , Джонс М.Х., Москва: Постмаркет, 2003

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Основная задача читаемого курса – дать студентам основные сведения об элементной базе, методах электронной обработки поступающей от детекторов (сенсоров) медицинской аппаратуры сигналов и современных вычислительных средствах, магистрально-модульных системах электроники и интерфейсах и их области применения применительно к электронному обеспечению современного медицинского оборудования и установок.

Общие указания:

Занятия проводятся в форме лекций и лекций-семинаров, где студенты выступают с предварительно подготовленными сообщениями по темам раздела и представляют творческие работы.

При изучении курса следует:

- регулярно посещать лекции;
- аккуратно конспектировать лекции, т.к. по заметной части курса (современным электронным компонентам, интерфейсам и магистрально-модульным системам электроники) регулярная учебная литература и пособия отсутствуют;
- своевременно приготовить сообщение по заданной тематике к выступлению на лекции-семинаре;
- своевременно приготовить творческую работу и презентацию по ней к выступлению на лекции-семинаре.

Указания по части 1– Медицинская электроника и измерительные преобразователи: элементная база.

При изучении данной части курса ключевым моментом является получение качественного понимания процессов, происходящих в генераторных и модуляционных датчиках, приводящих к возникновению на выходе датчиков электрических сигналов. Следует изучить при проработке лекций процессы ионизационных потерь заряженных частиц, радиационных потерь, процессов взаимодействия гамма-квантов с веществом, физические процессы, определяющие механизм регистрации заряженной или нейтральной частицы в детекторе, характеристики детекторов и методы формирования сигналов на выходе детектора.

При изучении аналоговых методов обработки информации необходимо глубоко изучить свойства дифференциальных усилителей и устройств на их основе (операционных усилителей, компараторов), четко уяснить, как с помощью введения различных обратных связей можно получать аналоговые устройства с требуемыми передаточными характеристиками, а отбор входных сигналов по различным критериям (амплитуда, частота, длительность, форма) является необходимым условием для получения правильных и достоверных результатов.

При рассмотрении вопросов, связанных с цифровой схемотехникой, необходимо получить четкое представление об основных типах логических элементов, свойствах триггеров и различных функциональных узлов на их основе, принципах работы и характеристиках запоминающих устройств и принципиальных возможностях универсальных цифровых устройств – ПЛИС.

Изучая раздел, связанный с преобразованием различных электрических величин в цифровой код необходимо досконально разобраться в типах погрешностей, возникающих в процессе преобразования, а также четко уяснить основные электронные методы, используемые в преобразователях.

Указания по части курса 2 – Медицинская электроника и измерительные преобразователи.

При изучении второй части курса главное, что следует уяснить – это синхронные и асинхронные методы передачи информации, имеющие многочисленные общие принципы и черты для самых разнообразных интерфейсов и системных магистралей, начиная от простейших микроконтроллеров и кончая мощнейшими системами на RISC-процессорах.

При изучении магистрально-модульных систем необходимо уяснить для себя следующие аспекты:

- принципы организации и способ адресации информации (логический, географический, групповой);
- метод обмена данными на информационной магистрали (синхронный/асинхронный, дуплексный/полудуплексный/симплексный);
- способ передачи данных (с отдельными шинами адрес/данные или с мультиплексированием этих шин);
- метод работы с прерываниями (радиальные или векторные);
- для многопроцессорных систем – способ арбитража системной магистрали.

Изучая раздел, связанный с аппаратными средствами, используемыми для цифровой обработки информации необходимо разобраться с различиями архитектуры и особенностями использования различных типов вычислительных средств (микропроцессоров, микроконтроллеров, цифровых сигнальных процессоров и т.д.), представлять их реальные возможности и характеристики. В части стандартных интерфейсов необходимо иметь четкое представление о методах повышения помехоустойчивости, надежности, протоколах обмена и основных их характеристиках. Наконец в этом же разделе следует обратить особое внимание на то, каким образом осуществляется управление потоками информации в различных системах.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

По части 1 – Медицинская электроника и измерительные преобразователи: элементная база.

Занятия проводятся в форме лекций и лекций-семинаров, где студенты выступают с предварительно подготовленными сообщениями по темам раздела. При заслушивании докладов преподаватель комментирует и дополняет сообщения студентов. В зависимости от полноты и качества изложения темы сообщения оцениваются до 3-х баллов. За хорошую посещаемость студент может дополнительно получить до 2 баллов (>6 занятий – 1 балл, >7 занятий – 2 балла) – за работу в половине семестра. Суммарная оценка за половину семестра складывается из баллов, полученных на тестировании и оценки за работу на лекциях и лекциях-семинарах.

Первая половина семестра посвящается изучению датчиков, используемых в Медицинской физике, с упором на ядерно-физические датчики (1-3 недели), и аналоговым методам усиления и предварительной обработки сигналов (4-8 недели). Завершается 1 раздел контролем итогов (КИ-8), проводимом на 8 неделе в форме тестирования.

План лекций на 1 часть курса приведен ниже:

1 Введение. Структура медицинской измерительной системы. Датчики медицинской техники. Типы датчиков – генераторные и модуляционные. Датчики ультразвуковых и оптических медицинских систем. Использование различных характеристик датчиков для преобразования информации в электрический сигнал.

2 Основные физические принципы, используемые для регистрации ядерных излучений. Ионизационные потери, радиационные потери энергии, Черенковское излучение. Краткие сведения о взаимодействии гамма-излучения и нейтронов с веществом. Детекторы ядерных

излучений, их основные характеристики. Газонаполненные детекторы, их основные типы и характеристики.

3 Сцинтилляционные детекторы, их основные виды, особенности использования сцинтилляторов для регистрации разных типов ядерных излучений. Полупроводниковые детекторы, их основные виды, особенности использования для регистрации излучений. Первичная обработка информации от детекторов. Формирование сигналов от детекторов излучений, методы совпадений и антисовпадений.

4 Дифференциальный усилитель, его построение и основные свойства и характеристики. Операционные усилители. Основные свойства и характеристики операционных усилителей. «Идеальный» операционный усилитель. Частотные свойства операционных усилителей, их учет при разработке реальной схемы.

5 Свойства операционного усилителя, охваченного отрицательной обратной связью. Методы оценки характеристик схем с использованием операционных усилителей, охваченных обратной связью. Инвертирующий усилитель на базе операционного усилителя.

6 Сумматор на основе операционного усилителя. Повторитель напряжения на базе операционного усилителя. Неинвертирующий усилитель. Введение нелинейных элементов (RC-цепочек) в схемы с операционными усилителями. Аналоговый интегратор на базе операционного усилителя. Аналоговый дифференциатор на основе операционного усилителя. Их частотные свойства. Принципы построения аналоговых фильтров.

7 Инструментальные и измерительные усилители, их функциональные схемы и основные свойства. Введение нелинейных элементов (диодов) в схемы с использованием операционных усилителей. Логарифмический усилитель. Схема «идеального диода». Пиковый детектор.

8 Устройство выборки и хранения аналоговых сигналов на основе операционного усилителя. Особенности построения схем устройства выборки и хранения. Компараторы напряжения на основе операционных усилителей. «Интегральный» дискриминатор, «дифференциальный» дискриминатор, триггер Шмидта.

При раскрытии темы № 1 (1-3 недели) – «Биомедицинские сигналы, датчики, детекторы излучений» следует выделить следующие моменты:

- физические параметры излучений и многообразие методических приемов для их измерения, а так же связанное с этим многообразие детекторов излучения и физических принципов, на которых основано их действие (ионизация, ультразвук, фазовые переходы, изменение свойств (проводимость, прозрачность и т.д.) при взаимодействии датчика с объектом исследования;

- малые величины изменений параметров среды и полезных сигналов, принимаемых с детекторов;

- удельные ионизационные потери – важность их определения, зависимость от скорости частицы;

- двухкомпонентность заряда, образованного частицей в веществе (электроны и ионы, электроны и дырки);

- необходимость формирования сигнала на входных RC-цепях детекторов ядерных излучений для оптимизации сигнала в соответствии с решаемой экспериментальной задачей.

При рассмотрении темы № 2 (4-8 недели) – «Аналоговые методы обработки сигналов» следует обратить особое внимание на следующие особенности:

- важность использования свойств дифференциального усилителя, используемого в качестве входного элемента операционных усилителей и компараторов, при построении различных типов устройств для аналоговой обработки сигналов.

- на параметры, связанные с быстродействием операционных усилителей (частота единичного усиления, скорость нарастания выходного сигнала), неправильный учет которых может привести к искажению сигналов;

- важность правильной организации отбора сигналов по амплитуде, длительности, частоте и другим параметрам для повышения достоверности получаемых данных.

Вторая половина семестра посвящается изучению цифровой схемотехники, используемой в Медицинской физике (9-12 недели), и методам преобразования различных величин в цифровой код (13-15 недели). Завершается 2 раздел контролем итогов (КИ), проводимом в форме тестирования.

План лекций на 2 часть курса приведен ниже:

9 Основные типы логических интегральных микросхем. Основные (базовые) схемы логических элементов для схемотехники ТТЛ, КМОП, ЭСЛ. Семейства, их состав, основные технические характеристики логических интегральных микросхем.

10 Функции логических элементов: И, ИЛИ, И-НЕ, ИЛИ-НЕ, «исключающее ИЛИ». Сложные цифровые устройства на основе логических элементов: дешифраторы, шифраторы, мультиплексоры, демультимплексоры. Базовые свойства и реализации RS-, JK- и D- триггеров.

11 Реализация наиболее часто используемых схем на триггерах. Сдвиговые регистры, регистры хранения, синхронные и асинхронные счетчики, построение двоичных счетчиков. Элементы построения арифметически-логических устройств.

12 Запоминающие устройства их классификация, общие свойства и различия. Оперативные запоминающие устройства. Постоянные запоминающие устройства. Постоянные перепрограммируемые запоминающие устройства.

Современная реализация сложных функциональных устройств. Программируемые логические интегральные схемы, системы на кристалле.

13 Погрешности преобразования различных величин в цифровой код. Дифференциальная и интегральная нелинейность. Устройства выборки и хранения, пиковые детекторы их применение в современных устройствах обработки и преобразования информации. Преобразование аналоговых сигналов в цифровой код и их основные характеристики. Методы преобразования $A \rightarrow T$, последовательного счета, поразрядного взвешивания.

14 Методы преобразования аналоговых сигналов в цифровой код и их основные характеристики: следящие АЦП, Flash-АЦП, конвейерные преобразователи. Методы преобразования временных интервалов в цифровой код и их основные характеристики: Метод прямого счета, преобразование $T \rightarrow A$, $T \rightarrow T$, нониусный метод измерения временных интервалов.

15 Преобразование данных с датчиков «сопротивления». Измерение сопротивления датчиков. Мостовые схемы подключения датчиков.

Измерение частоты следования сигналов. Цифровые методы измерения частоты сигналов. Аналоговые методы измерения частоты следования сигналов.

При рассмотрении темы №3 (9-12 недели) «Цифровая схемотехника в медицинской технике» подчеркнуть универсальность логических элементов различных типов цифровых логических микросхем и, вместе с тем, необходимость применения различных типов

логических схем при решении различных типов задач (стационарные измерительные средства, возимая медицинская аппаратура, носимые приборы и т.д.).

Необходимо также подчеркнуть, что применение программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) является перспективным направлением в развитии микроэлектроники и для применения в медицинской технике.

При изложении темы № 4 (13-15 недели)– «Измерительные преобразователи, параметрические и генераторные преобразователи, типы и характеристики преобразователей» следует выделить следующие моменты:

- важность построения или использования измерительных систем с хорошо известными метрологическими и точностными характеристиками и учета дифференциальной и интегральной нелинейности преобразователей;
- важность оптимизации использования аналоговых и/или цифровых методов при построении измерительных систем.

По части 2 – Медицинская электроника и измерительные преобразователи

Занятия проводятся в форме лекций и лекций-семинаров, где студенты выступают с предварительно подготовленными сообщениями по темам раздела и выполняется творческое задание ТЗ1 (первая половина семестра) и ТЗ2 (вторая половина семестра). При заслушивании докладов преподаватель комментирует и дополняет сообщения студентов. В зависимости от полноты и качества изложения темы доклад по ТЗ1 и ТЗ2 оценивается до 5-ти баллов. В зависимости от полноты и качества изложения темы сообщения оценивается до 3-х баллов. За хорошую посещаемость студент может дополнительно получить до 2 баллов (>6 занятий – 1 балл, >7 занятий – 2 балла) – за работу в половине семестра. Суммарная оценка за половину семестра складывается из баллов, полученных на тестировании и оценки за работу на лекциях и лекциях-семинарах.

Первая половина семестра посвящается изучению измерительных систем, используемых в медицинской физике и технике. Занятия проводятся в форме лекций и лекций-семинаров, где студенты выступают с предварительно подготовленными творческими работами ТЗ1 и краткими сообщениями по темам раздела. Примерные темы творческих работ приведены в ФОС данного курса. Завершается 1 раздел контролем итогов (КИ), проводимом в форме тестирования.

План лекций на 1 часть курса приведен ниже

1 Введение. Развитие вычислительных средств и средств автоматизации исследований. Транзисторы, микросхемы, мини- и микро-ЭВМ, модульные и магистрально-модульные системы электроники, микропроцессоры.

2 Основные термины и понятия, используемые при создании различных измерительных систем. Понятие системная магистраль. Методы информационного обмена – синхронный и асинхронный. Линии связи – дуплексные, полудуплексные, симплексные. Методы адресации в информационно-вычислительных системах – логический, географический, групповой. Параллельный и последовательные методы передачи информации.

Модульные и магистрально-модульные системы электроники – стандарты механический, электрический и логический.

3 Интерфейсы для объединения отдельных компонентов в систему – применение схем «проводное ИЛИ». Методы подключения к общим линиям связи – технические решения – микросхемы с «открытым» коллектором и с 3-мя логическими состояниями на выходе. Мультиплексирование информации (адрес и данные) для сокращения числа линий связи.

4 Стандарт САМАС. Механический, электрический и логический стандарты. Система сигналов на магистрали. Принцип географической адресации. Временные диаграммы информационного обмена на магистрали САМАС.

5 Магистраль Q-bus, как яркий пример организации вычислительных систем на основе магистрально-модульного принципа. Структура процессора для Q-bus, логический метод адресации. Типы прерываний – радиальные и векторные. Использование приоритетных цепочек в векторных прерываниях. Работа процессора при реализации прерывания. Типы стэков – FIFO и LIFO. Использование стэка в процедуре прерывания работы процессора.

6 Организация и выработка управляющих сигналов внутри модуля магистрально-модульной системы электроники. Реализация управления при географической и логической системе адресации на примере модуля САМАС. Структура управления прерываниями в модуле. Структура контроллера САМАС, организация его взаимодействия с ЭВМ и системной магистралью САМАС. Ветви САМАС, их основные информационные характеристики.

7 Принципы и методы построения многопроцессорных информационно-измерительных систем. Современный высокопроизводительный стандарт для организации многопроцессорных систем VME. Механический, электрический и логический стандарты. Система сигналов на магистрали.

8 Временные диаграммы информационного обмена на магистрали VME. Арбитраж в стандарте VME. Стандарт VME. Методы организации прерываний в многопроцессорном стандарте. Самая быстродействующая информационно-измерительная система FastBus. Маршрутизация сообщений в системе, групповая адресация, оригинальная система арбитража.

При раскрытии темы № 1 (1 неделя) – «Построение измерительных и измерительно-диагностических систем для медицинской техники» следует выделить следующие моменты:

- соответствие между имеющейся элементной базой и уровнем развития средств автоматизации;
- схожесть структуры измерительно-вычислительных систем при различиях в их аппаратной реализации: от компьютерных томографов до простейших устройств на базе микроконтроллеров.

При рассмотрении темы № 2 (2-8 недели) – «Магистрально-модульные системы электроники для научных и медицинских исследований» следует обратить особое внимание на следующие особенности:

- важность унификации механических конструктивов, электрических интерфейсов и логических протоколов для создания универсальных измерительно-вычислительных комплексов;
- постепенный переход от синхронных методов обмена данными в магистрально-модульных системах (КАМАК) к асинхронным методам (VME, FastBus) с целью повышения быстродействия систем и оптимизации обмена по информационным магистралям;
- расширение методов адресации в магистрально-модульных системах (географическая – КАМАК, логическая – VME) и совместное их использование в целях создания наиболее высокопроизводительных систем (географическая, логическая и групповая в FastBus);
- важность процедур арбитража магистрали в системах, построенных по принципу «Ведущий»/«Ведомый» с большим числом активных устройств;
- мощность и эффективность векторной системы прерываний по отношению к радиальной, используемой в персональных компьютерах;

- появление в современных магистрально-модульных системах блочных передач данных и других особенностей, присущих сетям ЭВМ.

Вторая половина семестра посвящается изучению микропроцессоров и микроконтроллеров, их стандартных интерфейсов и организации компьютерных сетей.

Занятия проводятся в форме лекций и лекций-семинаров, где студенты выступают с предварительно подготовленными творческими работами ТЗ2 и краткими сообщениями по темам раздела. Примерные темы творческих работ приведены в ФОС данного курса. Завершается 1 раздел контролем итогов (КИ), проводимом в форме тестирования.

План лекций на 2 часть курса приведен ниже:

9 Применение микропроцессорных средств в медицинских приборах. Понятие о RISC и CISC процессорах. Система команд и архитектура процессоров CISC. Основные отличия в архитектуре и системе команд для процессоров RISC.

10 Основные типы аппаратных вычислительных средств, используемых в автоматизации научных и медицинских приборов и установок. Основные отличительные черты и свойства процессоров, встраиваемых (embedded) процессоров, микроконтроллеров, цифровых сигнальных процессоров (DSP) и систем на кристалле (SoC). Семейства микроконтроллеров, их основные характеристики.

11 Семейства микроконтроллеров, их основные характеристики. Различия в конфигурации микроконтроллеров по наличию и типу оперативных и постоянных (или перепрограммируемых) запоминающих устройств, конфигурации средств сопряжения с объектом (АЦП, ЦАП'ы, схемы цифрового ввода/вывода сигналов и т.д.), наличию внешних интерфейсов для связи с другими устройствами или сетями,

12 Персональные компьютеры. Структура, составные части. 8-, 16- и 32- разрядные шины обмена данными с периферийными устройствами. Высокоскоростные шины ISA и PCI. Периферийные устройства персональных компьютеров. Использование многофункциональных плат расширения для физических и медицинских исследований.

13 Типы линий связи. Помехи, возникающие при подключении датчиков к линиям связи. Методы повышения помехоустойчивости измерительных систем. Синхронные и асинхронные методы передачи информации. Стандартные устройства (UART и др.) в микропроцессорах, микроконтроллерах и других средствах автоматизации. Методы (аппаратный и программный) управления потоком передаваемых данных. Методы кодирования информации NRZI и Manchester II. Особенности использования этих методов.

14 Стандартные последовательные интерфейсы RS-232C, RS-485 и др. Гальваническая развязка сигналов. Стандартные последовательные интерфейсы 1553b, USB. Схемы подключения, временные диаграммы, основные характеристики

15 Стандартный последовательный интерфейс SPI, как метод подключения датчиков или удаленных устройств. Временные диаграммы обмена, типовая структура устройства с интерфейсом SPI. Высокоскоростной стандарт информационного обмена LVDS. Его свойства и основные характеристики. Примеры применения.

16 Сетевые структуры типа «звезда», «шина», «кольцо» и др. Алгоритм CSMA/CD как средство арбитража в сегментах сети. Стандарт Ethernet, его модификации. Структура данных пакета Ethernet. Методы передачи информации в сетях. Протокол TCP-IP. Концепция Internet, Intranet.

При раскрытии темы № 3 (9-11 недели) – «Аппаратные средства, используемые для цифровых методов обработки информации» следует выделить следующие моменты:

- основные отличия процессоров RISC-архитектуры от процессоров CISC-архитектуры, состоящие в сокращенном наборе команд, их фиксированной длине, концепции «один такт – одна операция», многопоточности в обработке данных, широком использовании «конвейеров»;

- отличие от других типов вычислительных средств встраиваемых (Embedded) процессоров, состоящее в появлении встроенных периферийных устройств стандартной структуры на кристалле;

- отличие микроконтроллеров от других типов вычислительных средств, состоящее в размещении на кристалле оперативного, постоянного запоминающих устройств, стандартных интерфейсов и контроллеров, узлов, связанных с преобразованием аналоговых сигналов в цифровой код и обратно и других специальных устройств и интерфейсов.

При раскрытии темы № 4 и 5 (12-16 недели) – «Стандартные интерфейсы для ЭВМ и микроконтроллеров» и «Сети в медицинской технике» следует выделить:

- необходимость использования при передаче данных различных методов контроля информации в целях повышения надежности передаваемых данных;

- важность использования в последовательных линиях связи при синхронной передаче данных специальных кодировок (Манчестер-II, NRZ и др.), обладающих возможностями для самосинхронизации при передаче данных;

- акцентировать внимание студентов на управление потоками данных при использовании последовательных интерфейсов (аппаратный и программный методы);

- акцентировать внимание студентов на различные методы подключения приемопередающих устройств к линиям связи (RS-232C, RS-485, RS-423, RS-422), имеющие различные характеристики (максимальную скорость передачи данных, предельная длина линии связи и т.д.) с целью повышения помехоустойчивости и производительности передачи информации,

- важность правильного выбора физических носителей данных и структуры в сетевых устройствах для оптимального обмена информацией между объединяемыми устройствами.

Автор(ы):

Гармаш Александр Александрович, к.т.н.