МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ)

Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
базового высшего образования
по специальности
23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
утвержденной первым проректором ФГАОУ ВО
РУТ (МИИТ) Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Полупроводниковая схемотехника

Специальность: 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

Специализация: Автоматика и телемеханика на железнодорожном транспорте

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная ФГАОУ ВО РУТ (МИИТ)
ID подписи: 2053
Подписал: заведующий кафедрой Баранов Леонид Аврамович
Дата: 01.09.2026

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Цель: формирование у обучающихся общепрофессиональных компетенций и обеспечение глубокого знакомства с теоретическими основами и практическими аспектами построения электронных устройств. Дисциплина призвана дать понимание физики процессов, происходящих в полупроводниковых материалах, а также принципов действия, параметров и характеристик современных полупроводниковых устройств, применяемых в системах железнодорожной автоматики.

Задачи:

- Изучение теоретических основ аналоговой и цифровой схемотехники, включая физические принципы работы полупроводниковых приборов (диодов, биполярных и полевых транзисторов, тиристоров, оптоэлектронных компонентов) и методы анализа электронных схем.

- Ознакомление с современной элементной базой электроники: дискретными компонентами, операционными усилителями, интегральными микросхемами, в том числе построенными на базе перепрограммируемой логики (ПЛИС), которые широко используются в современных микропроцессорных устройствах СЦБ.

- Рассмотрение принципов работы, расчета и проектирования классических электронных схем: усилителей, генераторов, импульсных и линейных стабилизаторов напряжения, цифро-аналоговых (ЦАП) и аналого-цифровых (АЦП) преобразователей, логических автоматов и запоминающих устройств.

- Знакомство с современными программными средствами схемотехнического моделирования (например, Multisim, Micro-Cap) для виртуальной проверки работоспособности проектов до их физической реализации.

- Формирование представлений о факторах, влияющих на стабильность и помехоустойчивость полупроводниковых схем, что критически важно для поддержания заданного уровня надежности устройств железнодорожной автоматики и телемеханики.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ПК-1 - Способен организовывать и выполнять работы (технологические процессы) по монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и модернизации объектов системы обеспечения движения поездов на основе

знаний об особенностях функционирования её основных элементов и устройств, а так же правил технического обслуживания и ремонта;

ПК-4 - Способен разрабатывать проекты устройств и систем, технологических процессов производства, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта элементов, устройств и средств технологического оснащения системы обеспечения движения поездов.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Знать:

- основыне системы обеспечения движения поездов на основе знаний об особенностях функционирования её основных элементов и устройств;
- основные правила технического обслуживания и ремонта;

Уметь:

- Использовать системы автоматизированного проектирования (например, AutoCAD, КОМПАС-3D или специализированные отраслевые САПР) для создания графической и текстовой документации.
- Выполнять операции по монтажу, настройке, техническому обслуживанию и текущему ремонту устройств СОДП в строгом соответствии с технологическими картами и регламентами.

Владеть:

- навыками применения в области профессиональной деятельности правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации.
- навыками применения методов инженерных расчётов параметров работы элементов и устройств телекоммуникационных систем и сетей железнодорожного транспорта.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 з.е. (288 академических часа(ов).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов

	Всего	Семестр	
		№3	№4
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	128	80	48
В том числе:			
Занятия лекционного типа	64	32	32
Занятия семинарского типа	64	48	16

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 160 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Применение каналообразующих устройств (КОУ)на ж.-д. транспорте Рассматриваемые вопросы: - Понятие канала связи в системах диспетчерской централизации (ДЦ), автоблокировки (АЛСН/АЛС-АРЧ) и радиосвязи. - Требования к надежности и помехозащищенности КОУ в условиях сильных электромагнитных помех тягового тока. - Частотное разделение каналов (FDM). - Временное разделение каналов (TDM). - Кодовое разделение. - Использование активных фильтров на ОУ для выделения частотных полос. -Гальваническая развязка цепей управления и передачи (оптроны, трансформаторная развязка). - Усилители-ограничители и нормализаторы сигналов на входе КОУ. - Структурная схема многоканальной системы передачи команд управления светофорами и стрелками.
2	Автогенераторы (АГ), стабилизация их частоты. Рассматриваемые вопросы: - Баланс амплитуд и баланс фаз. - Условия возникновения колебаний в цепях с положительной обратной связью. - Схема индуктивной трехточки (Хартли). - Схема емкостной трехточки (Колпитца).

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Расчет элементов контура и коэффициента усиления транзисторного каскада. - Генераторы с фазосдвигающей цепью (на ОУ или транзисторах). - Генераторы на двойном Т-образном мосте Вина. - Применение в низкочастотных трактах КОУ. - Влияние температуры и питания на параметры полупроводниковых приборов. - Кварцевая стабилизация: эквивалентная схема кварцевого резонатора, включение в схему генератора (последовательное и параллельное возбуждение). - Термостатирование и компенсационные схемы.
3	Аналоговые модуляторы в КОУ ж.-д. транспорта Рассматриваемые вопросы: - Амплитудная модуляция (АМ): принцип действия, коэффициент модуляции. - Частотная (ЧМ) и фазовая (ФМ) модуляция. - Модуляция в цепи коллектора (базы) транзистора. - Балансные модуляторы на диодах и транзисторах (подавление несущей). - Модуляторы на основе аналоговых умножителей напряжения (микросхемы типа К159ПА1 и аналоги). - Управление емкостью варикапа в колебательном контуре автогенератора. - Генераторы, управляемые напряжением (ГУН/VCO) на базе интегральных схем. - Формирование тональных сигналов для кодирования состояний рельсовых цепей.
4	Аналоговые демодуляторы КОУ ж.-д. транспорта. Рассматриваемые вопросы: - Диодный детектор: принцип работы, выбор постоянной времени RC-фильтра. - Синхронное детектирование (когерентный прием) на балансных смесителях. - Детектирование с использованием транзисторных ключей. - Амплитудные дискриминаторы (расстроенные контуры). - Фазовые дискриминаторы (кольцевые фазовые детекторы). - Квадратурные детекторы. - Использование специализированных ИМС для приема тонального вызова и сигналов АЛС. - Активные ФНЧ на ОУ для восстановления формы аналогового сигнала управления.
5	Аналогоимпульсные модуляторы (АИМ) и принцип АЦП. Рассматриваемые вопросы: - Амплитудно-импульсная модуляция (АИМ): схемы ключей на полевых транзисторах. - Широтно-импульсная модуляция (ШИМ): сравнение аналогового сигнала с пилообразным напряжением (компаратор + генератор пилы). - Частотно-импульсная модуляция (ЧИМ). - Теорема Котельникова (Найквиста-Шеннона): требования к частоте дискретизации. - Квантование по уровню: ошибка квантования, разрядность. - АЦП параллельного типа (flash): быстродействие, сложность. - АЦП последовательного приближения: работа компаратора и ЦАП в обратной связи. - Интегрирующие АЦП (двойное интегрирование): высокая помехозащищенность, применение в измерительных цепях ЖД. - Согласование уровней TTL/CMOS.
6	Приём цифровых сигналов в ЖР. Рассматриваемые вопросы: - Протоколы передачи данных (RS-485, CAN, Ethernet over Powerline). - Проблемы искажения фронта импульса в длинных линиях связи. - Дифференциальные приемники (для подавления синфазных помех). - Компараторы с гистерезисом (триггеры Шмитта) для формирования четких логических уровней из зашумленного аналогового сигнала. - Выделение тактовой частоты из потока данных (схемы ФАПЧ — фазовой автоподстройки частоты).

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Стробирование данных. - Супрессоры, газоразрядники, оптическая развязка цифровых линий.
7	Модуляторы высокочастотных колебаний цифровыми сигналами Рассматриваемые вопросы: - АМн (ASK) – амплитудная манипуляция. - ЧМн (FSK) – частотная манипуляция. - ФМн (PSK) – фазовая манипуляция. - Транзисторный ключ, коммутирующий питание усилителя мощности или цепь нагрузки. - Переключение емкостей в контуре генератора с помощью электронных ключей. - Использование двух ГУН с коммутацией выхода. - Прямой цифровой синтез (DDS) – обзор принципа. - Балансные модуляторы, управляемые биполярными цифровыми сигналами (+1/-1). - Фазовращатели на базе варакторов или цифровых линий задержки.
8	Демодуляторы цифровых высокочастотных колебаний. Рассматриваемые вопросы: - Детектирование АМн: огибающая детектора + пороговое устройство (компаратор). - Детектирование ЧМн: использование двух полосовых фильтров и детекторов наличия сигнала (логическая схема «ИЛИ-НЕ»). - Синхронное детектирование ФМн: необходимость восстановления опорной несущей (схема Костаса или ФАПЧ). - Перемножение принятого сигнала с опорным. - Фильтрация от межсимвольной интерференции. - Принятие решений (Decision Device): сравнение с порогом. - Дешифраторы кодов (например, декодирование манчестерского кода, используемого в некоторых системах ЖД). - Понятие вероятности ошибки на бит (BER). - Влияние шумов полупроводниковых приборов на дальность связи.
9	Генерация высокочастотных колебаний и основы аналоговой модуляции в системах ЖАТ Рассматриваемые вопросы: - Схемотехника автогенераторов (АГ) на полупроводниковых приборах: принципы построения, условия самовозбуждения. - Методы стабилизации частоты автогенераторов (кварцевая стабилизация, АПЧ). - Применение каналообразующих устройств (КОУ) на железнодорожном транспорте: архитектура и требования к параметрам. - Аналоговые модуляторы в составе КОУ: амплитудная (АМ) и частотная (ЧМ) модуляция, схемные решения на транзисторах и операционных усилителях.
10	Схемотехника аналоговой демодуляции и дискретизации сигналов Рассматриваемые вопросы: - Аналоговые демодуляторы КОУ ж.-д. транспорта: детекторы АМ-сигналов, частотные дискриминаторы и фазовые детекторы. - Импульсные методы преобразования сигналов: принцип аналого-импульсной модуляции. - Схемотехника ключевых элементов и схем выборки-хранения. - Принцип аналого-цифрового преобразовани: виды АЦП (последовательного приближения, параллельные, сигма-дельта), их быстродействие и точность в контексте задач ЖАТ.
11	Цифровая модуляция высокочастотных колебаний Рассматриваемые вопросы: - Особенности передачи цифровых потоков в условиях электромагнитных помех железнодорожного транспорта. - Модуляторы высокочастотных колебаний цифровыми сигналами: манипуляция амплитудой (АМн), частотой (ЧМн/FSK) и фазой (ФМн/PSK).

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- Схемотехника балансных модуляторов и ключевых смесителей для цифровой модуляции. - Формирование спектрально-эффективных сигналов (подготовка базы для современных протоколов связи).
12	Приём и демодуляция цифровых сигналов в железнодорожной радиосвязи (ЖР) Рассматриваемые вопросы: - Структурная схема приемника цифровых сигналов в системах ЖР. - Демодуляторы цифровых высокочастотных колебаний: когерентные и некогерентные методы приема. - Схемотехника узлов синхронизации и тактирования в цифровых приемниках. - Проблемы помехоустойчивости и методы коррекции ошибок на уровне аппаратной реализации (фильтрация, пороговые устройства, регенераторы формы импульсов).

4.2. Занятия семинарского типа.

Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Исследование характеристик типового каналообразующего оборудования железнодорожной связи В результате выполнения работы студент умеет: настраивать каналообразующую аппаратуру, измерять основные электрические параметры трактов (уровень, затухание, амплитудно-частотную характеристику) и анализировать осциллограммы сигналов на разных этапах преобразования.
2	Экспериментальное исследование схем автогенераторов и методов стабилизации их частоты В результате выполнения работы студент умеет: собирать схемы LC- и RC-автогенераторов, измерять частоту и амплитуду колебаний с помощью осциллографа и частотомера, а также экспериментально оценивать эффективность схем термостабилизации и кварцевой стабилизации.
3	Исследование процессов аналоговой модуляции в КОУ с использованием средств компьютерного моделирования В результате выполнения работы студент умеет: моделировать схемы амплитудной (АМ) и частотной (ЧМ) модуляции в средах типа Multisim или MATLAB/Simulink, наблюдать осциллограммы модулированных сигналов и измерять коэффициент глубины модуляции.
4	Исследование характеристик аналоговых демодуляторов (детекторов) в КОУ В результате выполнения работы студент умеет: настраивать демодулирующие цепи, измерять коэффициент передачи детектора и оценивать нелинейные искажения восстанавливаемого низкочастотного сигнала при различных постоянных времени RC-цепей.
5	Моделирование и исследование процессов аналого-импульсной модуляции и аналого-цифрового преобразования (АЦП) В результате выполнения работы студент умеет: настраивать параметры АЦП в среде моделирования, наблюдать эффекты наложения спектров (алиасинг) при нарушении теоремы Котельникова и оценивать отношение сигнал/шум квантования при разной разрядности.
6	Исследование помехоустойчивости приема цифровых сигналов в канале железнодорожной радиосвязи (ЖР) В результате выполнения работы студент умеет: моделировать канал связи с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ), строить графики зависимости вероятности ошибки от отношения сигнал/шум (BER-кривые) и оценивать эффективность помехоустойчивого кодирования.
7	Экспериментальное исследование схем манипуляции высокочастотных колебаний цифровыми сигналами

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	В результате выполнения работы студент умеет: собирать или моделировать схемы цифровой манипуляции (АМн, ЧМн, ФМн), анализировать спектры манипулированных сигналов и измерять скорость передачи символов, оценивая занимаемую полосу частот.
8	Исследование работы когерентных и некогерентных демодуляторов цифровых высокочастотных сигналов В результате выполнения работы студент умеет: настраивать цепи синхронизации демодулятора, наблюдать диаграммы рассеяния (созвездия) модуляции и оценивать качество демодуляции при наличии фазовых и частотных расстроек в канале.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Расчет и анализ структурных схем каналообразующих устройств (КОУ) на железнодорожном транспорте В результате выполнения работы студент умеет: рассчитывать основные электрические параметры трактов КОУ, анализировать структурные схемы группового и индивидуального преобразования сигналов, а также обоснованно выбирать типы каналообразующей аппаратуры для конкретных участков железнодорожной сети.
2	Расчет параметров схем автогенераторов и оценка стабильности их частоты В результате выполнения работы студент умеет: рассчитывать элементы резонансных систем LC- и RC-автогенераторов, оценивать влияние дестабилизирующих факторов (температура, напряжение питания) и выбирать методы кварцевой или термостабилизации частоты для систем железнодорожной связи.
3	Расчет и проектирование аналоговых модуляторов в КОУ железнодорожного транспорта В результате выполнения работы студент умеет: рассчитывать коэффициенты амплитудной (АМ) и частотной (ЧМ) модуляции, определять спектральный состав модулированных колебаний и выбирать оптимальные схемотехнические решения модуляторов для условий эксплуатации на ЖД транспорте.
4	Анализ и расчет характеристик аналоговых демодуляторов (детекторов) КОУ В результате выполнения работы студент умеет: рассчитывать параметры фильтров нижних частот (ФНЧ) для выделения огибающей, оценивать уровень нелинейных искажений при детектировании и выбирать тип детектора (диодный, синхронный, частотный) в зависимости от вида модуляции.
5	Расчет параметров аналого-импульсной модуляции (АИМ) и этапов аналого-цифрового преобразования (АЦП) В результате выполнения работы студент умеет: определять минимальную частоту дискретизации по теореме Котельникова, рассчитывать шаг квантования, оценивать мощность шума квантования и пропускную способность канала при передаче дискретных сигналов в системах телемеханики ЖД транспорта.
6	Расчет помехоустойчивости приема цифровых сигналов в железнодорожной радиосвязи (ЖР) В результате выполнения работы студент умеет: рассчитывать отношение сигнал/шум (OSNR), определять вероятность битовой ошибки (BER) для различных видов манипуляции и выбирать методы помехоустойчивого кодирования для каналов железнодорожной радиосвязи.
7	Расчет спектральных характеристик и параметров модуляторов высокочастотных колебаний цифровыми сигналами В результате выполнения работы студент умеет: рассчитывать спектральную эффективность и ширину полосы частот цифровых модуляторов (ASK, FSK, PSK, QAM), а также обоснованно

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	выбирать тип манипуляции в зависимости от требований к скорости и качеству канала связи ЖД транспорта.
8	Анализ алгоритмов и расчет параметров когерентного и некогерентного демодулирования цифровых ВЧ сигналов В результате выполнения работы студент умеет: анализировать схемы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ), рассчитывать время захвата и удержания синхронизации, а также выбирать методы синхронизации для цифровых демодуляторов в условиях замираний сигнала.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Расчет ФМ модуляторов
2	Изучение дополнительной литературы.
3	Подготовка к практическим занятиям.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Основы теории передачи информации Левченко В.И. Учебное пособие Омск : ОмГТУ, [б. г.]. — Часть 1 — 239 с. — ISBN 978-5-8149-3932-6 , 2025	https://reader.lanbook.com/book/526451#1
2	Схемотехника устройств на основе операционных усилителей Тихонов Ф.В. Учебное пособие Москва: МАИ, 86 стр. — ISBN 978-5-4316-1307-4. , 2025	https://reader.lanbook.com/book/527155#82

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (https://www.miit.ru/).

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (http:/library.miit.ru).

Образовательная платформа «Юрайт» (https://urait.ru/).

Общие информационные, справочные и поисковые системы «Консультант Плюс», «Гарант».

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (http://e.lanbook.com/).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Microsoft Internet Explorer (или другой браузер).
Операционная система Microsoft Windows.
Microsoft Office.
Пакет программ моделирования Electronic workbench, Multisim для выполнения лабораторных и практических работ, курсового проекта по преобразованию и обработке сигналов.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Учебная лаборатория, оборудована 12 комплектами лабораторных стендов, локальной вычислительной сетью, объединяющей 12 рабочих ПЭВМ и одну управляющую ПЭВМ, мультимедийную электронную доску.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 3 семестре.
Экзамен в 4 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, старший научный сотрудник, к.н. кафедры «Интеллектуальное управление и информационная безопасность в высокоавтоматизированных транспортных системах» Института железнодорожного транспорта	С.С. Уваров

Согласовано:

Заведующий кафедрой ИУиИБ	Л.А. Баранов
Заведующий кафедрой УиЗИ	Л.А. Баранов
Председатель учебно-методической комиссии	Н.А. Андриянова