

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский физико-технический институт
(национальный исследовательский университет)»**

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы
радиотехники и компьютерных
технологий**

А.В. Дворкович

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Технологии обеспечения целостности сигналов
по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Компьютерные технологии и вычислительная техника Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра информатики и вычислительной техники
курс:	4
квалификация:	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: Ю.С. Рябцев, д-р техн. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры информатики и вычислительной техники 18.05.2020

Аннотация

Данный курс предназначен для изучения методов аппаратной реализации модулей вычислительных комплексов, состоящих из микропроцессора, модулей памяти, каналов связи с внешними устройствами и электронных схем. В рамках данного курса будут рассмотрены принципы построения гигагерцовых каналов передачи информации микропроцессор – модули памяти, микропроцессор-микропроцессор, микропроцессор-внешние устройства. При этом будут разобраны методы оценки параметров и обеспечения реализации: - однородности высокочастотных линий связи; - уровня взаимных помех; - уровня шумов в системах распределённого питания; - требований электромагнитной совместимости. Студенты изучат руководства по применению специализированных контроллеров, справочные материалы с характеристиками применяемых устройств. В результате изучения данного курса студенты будут обладать достаточными знаниями для разработки, испытаний и технического обслуживания вычислительных комплексов максимального для существующей технологии быстродействия.

Курс проходит в формате лекционных и семинарских занятий. Для успешного прохождения данного курса необходимо посещение и конспектирование лекций и своевременное выполнение практических работ, а также самостоятельная работа с дополнительной литературой.

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

освоение студентами базовых знаний в части инженерного обеспечения совместной работы различных устройств в составе вычислительных комплексов (ВК) на базе современных СБИС, включая высокочастотные каналы обмена, и методы достижения их максимальной производительности.

Задачи дисциплины

- целостности сигналов при взаимодействии различных устройств вычислительного комплекса, т.е. методов уменьшения искажений при передаче сигналов и снижения уровней помех в системе связей;
- электромагнитной совместимости (ЭМС) вычислительного комплекса с другими объектами, т.е. методов защиты ВК от внешних воздействий и методы по снижению уровня излучений ВК, вредных другим устройствам.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели

новые научные результаты	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации
	ПК-2.2 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого научного коллектива
	ПК-2.3 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- модели линий передачи логических сигналов с сосредоточенными параметрами;
- модели линий передачи логических сигналов с распределенными параметрами (длинные линии), виды искажений при передаче и методы согласования в длинных линиях;
- механизмы возникновения помех и каналы проникновения их в электронные схемы;
- влияние конструктивных неоднородностей на работоспособность цифровых устройств и в том числе на работу высокоскоростных каналов связи;
- методы обеспечения электромагнитной совместимости ВК с другой аппаратурой.

уметь:

- провести на качественном уровне анализ работы электронных схем при многофакторном воздействии окружающих элементов и внешней среды;
- провести расчет временных параметров логических устройств, шин и каналов связи;
- сформировать программу, подготовить измерительную и испытательную технику для проведения комплексных испытаний ВК с целью определения области работоспособности ВК и выявления скрытых дефектов различного происхождения;
- протестировать проект до изготовления опытного образца на предмет наличия нарушений в части обеспечения целостности сигналов;
- ставить и решать схемотехнические задачи, связанные с выбором системы элементов при заданных требованиях к параметрам,

владеть:

- методами использования ключевых программ САПР для:
- моделирования переходных процессов в электрических схемах;
- выявления цепей с повышенным уровнем помех сложных платах;
- определения реальных характеристик систем электропитания цифровых модулей;
- навыками использования современной измерительной техники типа многоканальных осциллографов гигагерцового диапазона и высокоскоростных логических анализаторов.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Линии связи с сосредоточенными параметрами	2			1

2	Линии связи с распределенными параметрами	2			1
3	Методы согласования	2			1
4	Расчет временных параметров передачи сигналов	2			1
5	Виды помех и основные причины их возникновения	4			2
6	Эффект SSO	2			1
7	Конструктивные неоднородности в платах	3			1
8	Разводка питающих напряжений на плате	4			2
9	Влияние искажений в монтаже интерфейсов	1			2
10	Электромагнитная совместимость ВК с другой аппаратурой	1			1
11	Система заземления	3			1
12	Выявление нарушений целостности сигналов при испытаниях ВК	4			1
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 8 (Весенний)

1. Линии связи с сосредоточенными параметрами

Сосредоточенные параметры линий связи (L , C , R , взаимная индуктивность и взаимная емкость) и их влияние на параметры логических сигналов.

2. Линии связи с распределенными параметрами

Длинные линии связи. Виды искажений в рассогласованных линиях (искажения формы, интерференция в высокочастотных каналах).

3. Методы согласования

Параллельное, последовательное, диодное согласование и области их применения.

4. Расчет временных параметров передачи сигналов

Методы проверочного расчета временных параметров логических устройств, включая анализ шин и каналов связи

5. Виды помех и основные причины их возникновения

Дифференциальные и синфазные помехи, «шум на земле», пульсации на шинах питания. Каналы проникновения помех в микросхему (несимметричные логические входы, аналоговые входы, питание PLL, питание core).

6. Эффект SSO

Сигнал помехи при одновременном переключении многих выходов микросхемы. Зависимость эффекта SSO от реализации назначения выводов корпуса.

7. Конструктивные неоднородности в платах

Конструктивные неоднородности в платах (разрезы в слоях питания, недостаточное количество земляных контактов в соединителях, «тени» в парах логических слоев, нарушение симметрии в дифференциальных парах) и их влияние на работоспособность устройств.

8. Разводка питающих напряжений на плате

Методы анализа высокочастотной системы разводки питающих напряжений на плате

9. Влияние искажений в монтаже интерфейсов

Влияние искажений в монтаже на работу различных интерфейсов (DDR, PCIexpress, USB, SATA, AGP и др.)

10. Электромагнитная совместимость ВК с другой аппаратурой

Методы обеспечения электромагнитной совместимости ВК с другой аппаратурой

11. Система заземления

Влияние системы заземления на работу ВК и методы корректного заземления сложных вычислительных систем

12. Выявление нарушений целостности сигналов при испытаниях ВК

Опыт выявления нарушений целостности сигналов при испытаниях ВК и методы их устранения

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

компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Искусство схемотехники [Текст]/П. Хоровиц, У. Хилл, -М., БИНОМ, 2012

Дополнительная литература

1. Основы цифровой схемотехники [Текст] : Базовые элементы и схемы, методы проектирования / Ю. В. Новиков - М. Мир, 2001
2. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и непреднамеренные помехи [Текст]. В 3 вып. Вып. 1. Общие вопросы ЭМС. Межсистемные помехи / сост. Д. Р. Ж. Уайт ; сокр. пер. с англ. под ред. А. И. Сапгира ; послесл. и коммент. А. Д. Князева. — М. : Сов. радио, 1977. — 348 с. : ил. - Библиогр.: с. 305-340. - 19300 экз. (в пер.).

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Не используются

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Мультимедийные технологии. MS PowerPoint , демонстрация презентаций.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе);
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению:	Информатика и вычислительная техника
профиль подготовки:	Компьютерные технологии и вычислительная техника Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра информатики и вычислительной техники
курс:	4
квалификация:	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 8 (весенний) - Дифференцированный зачет	
Разработчик:	Ю.С. Рябцев, д-р техн. наук, профессор

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.3 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации
	ПК-2.2 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого научного коллектива
	ПК-2.3 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Технологии обеспечения целостности сигналов» обучающийся должен:

знать:

- модели линий передачи логических сигналов с сосредоточенными параметрами;
- модели линий передачи логических сигналов с распределенными параметрами (длинные линии), виды искажений при передаче и методы согласования в длинных линиях;
- механизмы возникновения помех и каналы проникновения их в электронные схемы;
- влияние конструктивных неоднородностей на работоспособность цифровых устройств и в том числе на работу высокоскоростных каналов связи;
- методы обеспечения электромагнитной совместимости ВК с другой аппаратурой.

уметь:

- провести на качественном уровне анализ работы электронных схем при многофакторном воздействии окружающих элементов и внешней среды;
- провести расчет временных параметров логических устройств, шин и каналов связи;
- сформировать программу, подготовить измерительную и испытательную технику для проведения комплексных испытаний ВК с целью определения области работоспособности ВК и выявления скрытых дефектов различного происхождения;
- протестировать проект до изготовления опытного образца на предмет наличия нарушений в части обеспечения целостности сигналов;
- ставить и решать схемотехнические задачи, связанные с выбором системы элементов при заданных требованиях к параметрам,

владеть:

- методами использования ключевых программ САПР для:
- моделирования переходных процессов в электрических схемах;
- выявления цепей с повышенным уровнем помех сложных платах;
- определения реальных характеристик систем электропитания цифровых модулей;
- навыками использования современной измерительной техники типа многоканальных осциллографов гигагерцового диапазона и высокоскоростных логических анализаторов.

3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Вопросы для текущего контроля

1. Шумы на «земле» (Ground Noise). Перекрестные помехи при наличии разрывов в сплошных слоях земли.
2. Искажения в одиночной двухпроводной линии.
3. Понятие обратного проводника (return pass).
4. Понятие короткой и длинной линий.
5. Влияние конструктивных параметров на характеристики линии.
6. Неоднородности в длинной линии. Влияние неоднородностей.
7. Пример моделирования одного разряда шины, состоящей из разных фрагментов.
8. Затухание в линии: файл - PCIe Затухание.
9. Влияние на Tjitter зазоров между линиями в МПП.
10. Влияние на Tjitter межцентровых расстояний и диаметров круглых проводников в 2-х проводных линиях.
11. Влияние пульсаций напряжения в шинах на параметры устройств.
12. Методика оценки параметров PDN.
13. Изучить руководство по проектированию канала памяти DDR4. Написать комментарий, какие разделы лекций и для чего можно применить для решения разработки канала памяти.
14. Определить Ксвязи между 2-мя линиями с заданными характеристиками в зависимости от расстояния между ними.
15. Определить сопротивление дифференциальной пары для 2-х конфигураций отверстий с заданными характеристиками.

4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Перечень контрольных вопросов для сдачи дифференцированного зачёта в 8-ом семестре;

- 1) Зависимость фронта сигнала от конкретных сочетаний L, C, R линии и выходных параметров усилителя.
- 2) Что такое интерференция в высокочастотных каналах. Влияние скин-эффекта на допустимую длину линии связи.
- 3) Опишите форму сигнала на выходе длинной линии при согласовании ее с помощью R_t равного $\frac{1}{2} Z_0$ и $2Z_0$.
- 4) Механизмы возникновения синфазных помех и преобразования их в логические помехи.
- 5) «Шумы на земле» и методы оценки их допустимой величины.

- 6) Влияние механизма SSO на работоспособность и частоту работы шин.
- 7) Проанализируйте таблицу временного бюджета для шин DDR-2 и параллельного канала на LVDS.
- 8) Влияние разреза в опорном слое питания на волновое сопротивление дифференциальной пары.
- 9) Влияние общей «земляной» индуктивности на работоспособность шин.
- 10) Типы фильтрующих конденсаторов, их параметры и для каких частотных диапазонов используются конкретные типы конденсаторов.
- 11) Методы защиты входов питания аналоговых элементов.
- 12) Методы обеспечения эффективной экранировки аппаратуры и сигнальных жгутов.
- 13) Схемотехнические методы защиты каналов от влияния внешних помех.
- 14) Проблемы возникающие при разработке системы заземления сложных комплексов и методы их решения.
- 15) Что такое области устойчивой работы вычислительного комплекса и как их определение помогает выявлять скрытые дефекты.

Критерии оценивания

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Дифференцированный зачет проводится в устной форме.

При проведении обучающемуся предоставляется 20 минут на подготовку. Опрос обучающегося проводится в течение 30 минут.

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.