Бауманский учебный центр «Специалист»

Программа курса Разработка высокоскоростных устройств и систем передачи данных

Код курса: **РАПЕДА**

Тема	Ак. часов
Модуль 1. Введение. История развития проблем целостности сигналов и питания • Постановка проблем.	**0.5**
Модуль 2. Основные положения • Уравнение Максвелла • Электростатика, магнитостатика • Распространение радиоволн • Проводники, диэлектрики Даются краткие выдержки из академических курсов ВТУЗов. Объясняется смысл явлений и сущностей, а также дается краткое описание, для чего это требуется в данном курсе. Понятие электрического тока, полей, радиоволн, сред.	**2**
Модуль 3. Идеальная линия передач • Электрическое и магнитное поле линии передач • Телеграфные уравнения • Эквивалентная схема • Фаза (скорость распространения) • Волновое сопротивление линии • Диэлектрическая проницаемость • Коаксиальная, микрополосковая, полосковая, копланарные, связанные линии • Отражения Рассматривается поведение идеальной линии передач. Идеальная линия никогда не встречается в жизни, однако, понимание поведения такой линии дает качественное представление о реальных системах.	**2**
Модуль 4. Перекрестные помехи • Взаимная индуктивность • Взаимная емкость • Минимизация помех Одна из наиболее частых проблем на печатных платах - перекрестные помехи. В данной теме рассматриваются механизмы появления помех, а также основные приемы для минимизации таких помех.	**2**
Модуль 5. Реальные проводники • Омические потери • Скин-эффект • "Шероховатость" проводников. Модели "шероховатости" • Эквивалентная схема линии передач • Телеграфные уравнения В модуле 3 предполагались идеальные проводники без потерь. В данной теме рассматривается влияние на качество передачи высокоскоростных сигналов таких явлений, как конечная проводимость, неравномерная плотность высокочастотного тока в сечении проводника, неидеальная поверхность проводника на примере меди.	**2**

Модуль 6. Диэлектрики • Частотная зависимость диэлектриков • Структура диэлектрика FR4 В модуле 2 было введено понятие среды. В данной теме рассматривается распространение сигналов в диэлектриках, которые являются основой печатных плат. Отдельно рассматривается структура материала FR4, как наиболее часто используемого при производстве.	**1.5**
Модуль 7. Основы теории цепей • Линейные системы • Временной и частотный домен • Спектр • Отклик системы • Характеристическое сопротивление • S-параметры • Z-параметры Печатные платы являются линейными системами. Вводятся основные понятия для анализа подобных систем в применении к распространению высокоскоростных сигналов. После изучения данного раздела у специалиста будет возможность качественного оценить и предсказать поведение системы, а также оценить целесообразность применения тех или иных решений (выбор диэлектрика, разъемов и т.д.)	**2**
Модуль 8. Схемотехника • CMOS • Open-Drain • SSTL • LVDS и CML • IBIS-модель Распространение сигнала происходит от передатчика к приемнику. Рассматриваются наиболее часто используемые буферы в современной электронике. Также рассматриваются IBIS-модель, которая описывает буферы на поведенческом уровне (в сравнении с классическими SPICE-моделями, описывающие схемы на транзисторном уровне).	**2**
Модуль 9. Эквализация • Теорема Шеннона • Предыскажения (PreEmphasis) • CTLE-эквалайзер • DLE-эквалайзер • DFE-эквалайзер • Адаптивная эквализация • Система восстановления тактового сигнала (CDR) Искажения сигналов на очень высоких частотах таковы, что невозможно произвести безошибочный прием информации. Однако все эти искажения изучены и понятны, что делает возможным создать схемы для устранения этих искажений - эквалайзеры. Рассматриваются основные схемы эквализации, применяемые в современных интерфейсах.	**2**
Модуль 10. Бюджет • Глазковая диаграмма • Вероятность ошибки (BER • Джиттер (фазовый шум). Виды джиттера • Шумы питания • Шумы одновременного переключения Для реализации различных интерфейсов существует множество рекомендаций и руководств. Однако при реализации конкретного устройства не всегда получается им следовать. Чтобы проанализировать адекватность применяемых решений необходимо оценить бюджет канала. Основы такой оценки рассматриваются в данном разделе.	**2**

Модуль 11. Примеры высокоскоростных интерфейсов • Маршрут разработки МПП с высокоскоростными интерфейсами • DDR. Правила трассировки (на примере плат Intel, Altera, Xilinx) • PCIe и XGbE. Правила трассировки (на примере плат Intel, Altera, Xilinx) Практический блок, который посвящен разработке современных интерфейсов. Рассматриваются основные правила, а также примеры реализации. В качестве примеров использованы платы Xilinx, Intel, Altera, а также собственные платы.	**2**
Модуль 12. Целостность питания • Омические потери • Характеристическое сопротивление цепи питания (PDN) • Резонансы полигонов питания Немаловажная тема при разработке высокоскоростных устройств - правильная реализация системы питания. Рассматриваются основные проблемы, возникающие при разработке схем питания, а также пути их решения.	**2**
Модуль 13. Измерения и моделирование • Spice-моделирование • EM-моделирование • Моделирование канала • Осциллограф. Джиттер, глазковая диаграмма, TDR-измерения (рефлектометрия) • Спектроанализатор. Фазовый шум, пересчет в джиттер Недостаточный уровень верификации разработанного устройства приводит к затрате значительных временных ресурсов при отладке. Рассматриваются основные принципы моделирования печатных плат, а также систем. Также рассматриваются основные современные приборы, используемые при отладке.	**2**
Аудиторная нагрузка в классе с преподавателем	**24 ак.ч.**

По окончании обучения на курсе проводится итоговая аттестация. Аттестация проводится в виде теста на последнем занятии или на основании оценок практических работ, выполняемых во время обучения на курсе.

Контакты центра

Для частных лиц
+7 (495) 232-32-16

Для организаций
+7 (495) 780-48-44

E-mail
info@specialist.ru