

Программа курса «Физические основы построения ЭВМ»

ВМК: ПМИ 3курс, ФИИТ 4 курс

Лекторы: В.Б.Морозов, К.В.Руденко

Семинары ведут: В.Б.Морозов, И.А.Ожередов, А.Н.Оленин, К.В.Руденко

Лекция 1. Введение в курс

Компьютер и информация: некоторые определения и история развития вычислительной техники, поколения компьютеров и их элементная база. Экспоненциальное развитие и закон Мура. Роль полупроводниковых материалов в элементной базе современных компьютеров. Преимущества интегральных схем перед дискретными компонентами. Технологическая база сверхбольших интегральных схем и степень интеграции. Фотолитография. Воспроизводимость параметров и минимальный топологический размер. Основные направления и перспективы развития микроэлектроники.

Лекция 2. Основы электропроводности металлов и полупроводников

Электроны. Краткие сведения из квантовой механики. Уравнение де Бройля, соотношение неопределенностей, волновая функция. Спектр электронных состояний в атомах, молекулах и кристаллах. Спектр электронных состояний атома водорода и многоэлектронных атомов. Понятие о зонной структуре. Принципы разделения веществ на проводники (металлы), полупроводники и изоляторы (диэлектрики). Модель электронного газа. Понятие о квантовой модели электропроводности. Энергия Ферми. Электроны и дырки. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводники n- и p-типа. Технологии легирования полупроводников.

Лекция 3. Элементы физики полупроводников. Полупроводниковые диоды

Проводящие свойства металлов, полупроводников и диэлектриков. Полупроводники в микроэлектронике. Свободные носители заряда в полупроводнике, дрейфовый и диффузионный ток. Электронно-дырочный (p-n) переход, распределение поля и потенциала, потенциальный барьер. Вольт-амперная характеристика p-n-перехода. Дифференциальное сопротивление. Барьерная и диффузионная емкость. Полупроводниковые диоды. Быстродействие полупроводниковых диодов. Виды полупроводниковых диодов. Контакты металл - полупроводник. Диоды Шоттки. Омические контакты. Полупроводниковые приемники и источники света.

Лекция 4. Биполярные и полевые транзисторы

История создания и классификация транзисторов. Биполярные транзисторы. Режимы работы. Основные схемы включения. Усиление тока и напряжения. Ключевой режим. Быстродействие. Транзисторы, изготовленные по планарной технологии. Полевые транзисторы. Виды полевых транзисторов и основные схемы включения. МОП структура. КМОП технология. Транзисторы в современном компьютере. Приборы и устройства транзисторного типа. Перспективные схемы транзисторов.

Лекция 5. Элементная база современных ЭВМ

Аналоговое и цифровое представление информации. Физическое представление информации в компьютере. Двоичный код. «Высокое» и «низкое» состояния логических схем. Позитивная и негативная логики. Ключевой режим работы коммутирующего элемента. Реализация элементарных логических функций. Основные характеристики логических элементов. Семейства логических схем, Потребляемая мощность, время задержки распространения, энергия переключения, напряжение питания, коэффициент разветвления по выходу. Понятие о помехоустойчивости логического элемента.

Лекция 6. Системный блок ЭВМ

Архитектура фон Неймана и обобщенная структура системного блока: микропроцессор (МП), память, шина. Основные характеристики МП: технология изготовления, напряжение питания, объем адресуемой памяти, разрядность шины данных, тактовая частота. Цикл МП и его фазы. Взаимодействие МП и ОЗУ. Способы обмена информацией между МП и внешними устройствами: синхронный, асинхронный и полусинхронный. Режимы работы процессора: прерывание, прямой доступ к памяти, ожидание. Внутренняя структура процессора (FSB, QPI, HyperTransport, северный и южный мосты). Шины и их основные характеристики (ISA, VESA, AGP, PCI, PCI-E). Мультиплексирование. Мультипроцессорные и многоядерные конфигурации. Специализированные МП.

Лекция 7. Полупроводниковые запоминающие устройства

Конденсатор и триггер - простейшие ячейки памяти. Энергозависимая и энергонезависимая память. Классификация ПП запоминающих устройств. Характеристики памяти: стоимость, емкость, быстродействие, потребляемая мощность, возможность доступа. Статическое и динамическое оперативное запоминающее устройство (СОЗУ и ДОЗУ). Характеристики и принципы работы. Организация, контроль работоспособности и методы регенерации ДОЗУ. Применение СОЗУ и ДОЗУ в ЭВМ. Сравнительные характеристики и перспективы развития. Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Элементы на основе структур с плавающим затвором. Стирание информации УФ излучением и электрическим полем. Применение ПЗУ в ЭВМ. Сравнительные характеристики и перспективы развития ПЗУ: Flash-память, MRAM.

Лекция 8. Интерфейсы ввода-вывода

Функции интерфейса ввода-вывода. Информационная, электрическая и конструктивная совместимость. Устройство типичного интерфейса. Методы доступа FIFO и LIFO. Функциональная и управляющая части интерфейса. Контроль паритета. Последовательный и параллельные интерфейсы. Дуплексная и полудуплексная, синхронная и асинхронная связь. Основные характеристики некоторых универсальных интерфейсов: RS232, CENTRONICS, USB, FireWire, Thunderbolt. Некоторые специализированные интерфейсы: PATA, SCSI, SATA.

Лекция 9. Внешняя память ЭВМ (I)

Физические явления в основе реализации внешней памяти. Устройства внешней памяти на основе магнитных материалов. Магнетизм. Магнитные материалы: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Температура Кюри. Магнитная память в природе. Намагниченность. Закон электромагнитной индукции. Кривая намагниченности ферромагнетиков. Магнитомягкие и магнитотвердые ферромагнетики. Доменная структура. История магнитной записи. Принципы записи и считывания информации на магнитных носителях. Запись цифровой информации. Жесткий диск. Типы магнитных носителей. Типы магнитных головок. Предельная плотность записи и скорость доступа к записанной информации. Продольная и поперечная запись информации. Современные жесткие диски и перспективные технологии в устройствах магнитной памяти. Твердотельные устройства внешней памяти и их перспективы как альтернативы магнитных устройств.

Лекция 10. Внешняя память ЭВМ (II)

Использование оптических явлений при записи и воспроизведении информации. К истории оптической памяти. Оптика и оптические явления. Взаимодействие света со средой. Электромагнитные волны и свет. Уравнения Максвелла. Кванты света. Когерентное излучение. Лазерная генерация. Фокусировка лазерного излучения. Современные источники света. Полупроводниковые лазеры. Технологии и устройства

оптической памяти. Компакт диск, R,RW CD, DVD, HD-DVD, Blu-ray и HD-DVD технологии. Предельная плотность записи информации в оптике. Магнитная запись с использованием оптических явлений. Магнитооптика. Термомагнитная запись. Перспективные технологии оптической памяти. Трехмерная оптическая память и голография.

Лекция 11. Связь ЭВМ с внешней средой: ввод и вывод информации

Ввод и вывод цифровой и аналоговой информации. Цифро-аналоговое преобразование (ЦАП). Погрешности ЦАП. Аналого-цифровые преобразователи (АЦП). Погрешности АЦП. Понятие о цифровом методе хранения и передачи аналоговой информации. Ввод оптического изображения в ЭВМ, приборы с зарядовой связью (ПЗС). ПЗС-камера (CCD). Принципы отображения информации на твердом носителе - принтеры и плоттеры. Алфавитно-цифровые и графические принтеры. Матричные, струйные, лазерные и светодиодные принтеры. Цветная печать.

Лекция 12. Связь ЭВМ с внешней средой: вывод визуальной информации

Принципы отображения визуальной информации. Алфавитно-цифровые и графические (аналоговые) мониторы. Электронно-лучевая трубка. Физические процессы в ЭЛТ: термоэлектронная эмиссия, электростатическое ускорение и фокусировка, люминесценция. Формирование изображения: строчная и кадровая развертки. Отображение информации о цвете. Плоские мониторы - жидкокристаллические (ЖК) дисплеи (LCD), плазменные (газоразрядные) мониторы (PDP), дисплеи с автоэлектронной эмиссией (FED) и углеродные наноструктуры, дисплеи на органических светодиодах (OLED) и электронная бумага. Стереоскопическое отображение информации и 3D дисплеи (голография).

Лекция 13. Связь ЭВМ с внешней средой. Линии связи

Передача информации. Основные современные линии связи. Физическая среда, скорость и структура канала передачи данных. Из истории развития средств связи и передачи информации. Распределенные линии связи. Электромагнитные волны и свет. Модуляция сигнала. Кодирование информации: амплитудная, фазовая, частотная и другие типы модуляции. Проводные и кабельные линии связи. Телеграфное уравнение. Волновое сопротивление. Двухпроводная линия. Коаксиальный кабель и витая пара. Беспроводные линии связи. Наземная (радиорелейная) связь. Спутниковая связь. Каналы ближней радиосвязи. Волоконно-оптические линии связи. Ввод излучения в оптическое волокно. Критическая длина волны. Распространение света по волокну. Затухание. Моды, дисперсия мод. Излучатели и приемники света: свето- и фотодиоды, полупроводниковые лазеры. Структура волоконно-оптических линий связи. Ближние и магистральные линии связи. Предельная скорость передачи данных и способы ее увеличения.

Лекция 14. Перспективы развития ЭВМ и квантовые компьютеры

Перспективы развития ЭВМ: совершенствование технологических процессов, перспективные технологические платформы, развитие и использование квантовых технологий. Технологические нормы и основные технологические процессы и при производстве интегральных микросхем. Предельные размеры, быстродействие и энергозатраты. Перспективные технологии и материалы. Оптические компьютеры. Вычисления в классической и квантовой физике. Биты и кубиты. Квантовые технологии и квантовые алгоритмы. Как построить квантовый компьютер. Ионные ловушки, ЯМР, поверхностные наноструктуры, сверхпроводящие структуры. Перспективы реализации квантовых компьютеров.