

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ СОВРЕМЕННЫХ ЭВМ

Факультет ВМК, 3-й курс, 5-й семестр
Лекции 3 часа в неделю; семинары 1 час в неделю, зачет

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 (ПП) материалов в элементной базе современных ЭВМ. Преимущества сверхбольших интегральных схем (СБИС) перед дискретными компонентами. Технологическая база СБИС и степень интеграции. Фотолитография. Воспроизводимость параметров и минимальный топологический размер. Основные направления развития СБИС: кремниевые МОП структуры, арсенид - галлиевые и металл - полупроводниковые структуры. Перспективы развития микроэлектроники.

Лекция 2. Физические основы электропроводности металлов и полупроводников

Краткие сведения из квантовой механики. Электроны, волны де Бройля, соотношение неопределенностей, волновая функция. Спектр электронных состояний в атомах, молекулах и кристаллах. Частица в одномерной потенциальной яме. Спектр электронных состояний атома водорода и многоэлектронных атомов. Квантовые переходы. Виды химической связи. Понятие о зонной структуре. Принципы разделения веществ на проводники (металлы), полупроводники и изоляторы (диэлектрики). Электропроводность твердых тел. Модель электронного газа. Квантовая модель электропроводности. Трехмерный ящик. Энергия Ферми. Плотность энергетических состояний. Распределение Ферми. Электроны и дырки. Концентрация электронов в зоне проводимости. Собственная концентрация носителей заряда в полупроводнике. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Полупроводники n- и p-типа. Положение уровня Ферми в электрически нейтральном полупроводнике. Технологии легирования полупроводников.

Лекция 3. Элементы физики полупроводников. Полупроводниковые диоды

Диффузия и дрейф свободных носителей заряда в металлах и полупроводниках. Закон Ома, длина свободного пробега и подвижность. Уравнение непрерывности. Электронно-дырочные переходы и их характеристики. Высота потенциального барьера. Вольт-амперная характеристика и дифференциальное сопротивление p-n-переходов. Барьерная и диффузионная емкости. Полупроводниковые диоды. Быстродействие полупроводниковых диодов. Типы полупроводниковых диодов. Контакт металл-полупроводник, диоды Шоттки. Омические контакты.

Лекция 4. Биполярные и полевые транзисторы

Взаимодействие двух близкорасположенных электронно-дырочных переходов. Биполярные транзисторы. Основные схемы включения биполярных транзисторов. Усиление тока и напряжения. Усилитель мощности. Особенности ключевого режима работы транзистора и его быстродействие. Транзисторы, изготовленные по планарной технологии. Многоэмиттерные транзисторы. Полевые транзисторы. Металл-оксид-полупроводник МОП (МДП) структуры с изолированным затвором и их быстродействие.

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 в ЭВМ

Магнетизм. Магнитные материалы: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Кривая намагниченности ферромагнетиков: мягкие и жесткие ферромагнетики. Температура Кюри. Доменная структура. Принципы записи и считывания информации на магнитных носителях. Типы магнитных носителей и магнитных головок. Предельная плотность записи и скорость доступа к записанной информации. Продольная и поперечная запись информации.

Лекция 10. Внешняя память в ЭВМ

Использование оптических явлений для повышения плотности записи информации на магнитных носителях. Магнитооптика. «Чисто» оптическая память - компакт диск (CD). Физические процессы и предельная плотность записи информации в оптике. Записываемые (R) и перезаписываемые (RW) CD и DVD диски. Blu-ray и HD-DVD технологии. Трехмерная (3D) оптическая память и голография: фоторефрактивные и фотохромные материалы, голографический диск (HVD). Молекулярная память.

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 между ЭВМ

Методы кодирования информации: амплитудная, фазовая, частотная и другие типы модуляции. Виды распределенных линий для разных диапазонов частот. Двухпроводная (многопроводная) линия, и радиоканал. Телеграфное уравнение. Скорость распространения сигналов в линии. Волновое сопротивление. Согласование линии с нагрузкой. Модем. Передача данных через телефонные линии связи. Коаксиальный кабель и витая пара. Оптические волокна и волоконно-оптические кабели. Распространение света по оптическим волокнам. Оптические моды, дисперсия мод, критическая длина волны. Градиентные волокна, волокна со ступенчатым профилем показателя преломления. Оптические передатчики и приемники: свето- и фотодиоды, полупроводниковые лазеры. Предельная скорость передачи информации. Оптические солитоны.

Лекция 14. Перспективы развития ЭВМ и квантовые компьютеры

Проблемы развития ЭВМ, нанотехнологии и новые материалы: «напряженный» кремний, супер-диэлектрики, GaAs, InP, углеродные нанотрубки и наноструктуры, молекулярные кристаллы. Реализация устойчивых одно- и многоэлектронных состояний в различных системах. Когерентность состояний. Предельные размеры, быстродействие и энергозатраты. Вычисления в классической и квантовой физике. Биты и кубиты. Квантовые алгоритмы. Области применения. Как построить квантовый компьютер: ионные ловушки, ЯМР, поверхностные наноструктуры. Разрушение когерентности как источник ошибок при квантовых вычислениях и их коррекция. Перспективы реализации квантовых компьютеров.

Рекомендуемая литература

- Добро пожаловать в Википедию (<http://ru.wikipedia.org>)
- Мобильная энциклопедия (<http://wapedia.mobi/ru/>)
- Добро пожаловать в ITpedia (<http://www.tadviser.ru/index.php/Itpedia>)
- Компьютер (<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80>)
- История создания вычислительных машин (<http://edu.mccme.ru/School/INet/sch1685/history.htm>)
- История процессоров (<http://cpugarden.com/history/>)
- Тайны «Закона Мура» (<http://www.cnews.ru/reviews/index.shtml?2003/07/14/146261>)
- Сорокалетие закона Мура (<http://www.ferra.ru/online/market/25856/>)
- Фотолитография (<http://www.compress.ru/article.aspx?id=20185&iid=924>)
- EUV литография (<http://www.microsystems.ru/files/publ/839.htm>)
- И.М. Викулин, В.И. Стафеев, "Физика полупроводниковых приборов", М.: Радио и связь, 1990.
- Ю.В. Ревич. Занимательная микроэлектроника. СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
- А.А. Щука. Электроника. Учебное пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2008.
- Л.В. Тарасов. Введение в квантовую оптику: Учебное пособие. М.: Изд-во ЛКИ, 2008.
- Э. Розеншер, Б. Винтер. Оптоэлектроника (серия «Мир электроники»). М.: Техносфера, 2004.
- Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии (серия «Мир материалов и технологий»). М.: Техносфера, 2005.
- Р.Г. Джексон. Новейшие датчики (серия «Мир электроники»). М.: Техносфера, 2007.
- У. Томаси. Электронные системы связи. М.: Техносфера, 2007.
- Учебное пособие «Изучаем компьютер и программы» (http://web-local.rudn.ru/web-local/uem/autor/06_05/16.pdf)
- В.В. Гуров, В.О. Чуканов «Архитектура и организация ЭВМ» (<http://www.intuit.ru/departament/hardware/archhard2/1/>)
- FAQ по процессорам семейства x86 (<http://www.ixbt.com/cpu/faq/cpufaq.shtml>)
- IBM раскрыла технологию охлаждения чипов (http://rmd.cnews.ru/tech/news/top/index_science.shtml?2007/03/23/241704)

- Intel рассказал о процессоре будущего (<http://cnews.ru/news/top/index.shtml?2008/08/04/310463>)
- В Японии создан самый быстрый процессор (<http://cnews.ru/news/top/index.shtml?2009/05/15/347241>)
- На днях Intel анонсирует 22-нм техпроцесс? (<http://www.3dnews.ru/news/610545>)
- Intel представила революционную технологию изготовления микрочипов (<http://hard.compulenta.ru/608876/>)
- Серверные технологии INTEL (<http://compblog.ilc.edu.ru/uploads/files/1/c507d1dddc.pdf>)
- О.Н. Лебедев, "Микросхемы памяти и их применение", М.: Радио и связь, 1990.
- Многообразие типов видеопамяти (<http://www.ixbt.com/video/newvideomem.html>)
- Крис Касперски «Оперативная память - из глубин времен до наших дней» (<http://www.citforum.ru/book/optimize/ram.shtml#04>)
- Крис Касперски «Принципы функционирования SRAM» (<http://www.citforum.ru/book/optimize/sdram.shtml>)
- А.М. Тишин «Память современных компьютеров» (http://comp.ilc.edu.ru/assets/files/lection10/10.20_Pamyat_sovremennih_komputerov.pdf)
- Обзор flash-памяти на технологии Intel StrataFlash (<http://www.ixbt.com/storage/flash-theory-p1.shtml>)
- IBM представила альтернативу флэш-памяти (<http://www.terralab.ru/storage/298979/>)
- SSD-накопитель BitMicro емкостью 1,6 ТБ (http://www.ladoshki.com/6744-news-%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8-SSD-%D0%BD%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BF%D0%B8%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C-BitMicro-%D0%B5%D0%BC%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C%D1%8E-1-6-%D0%A2%D0%91.htm#pg_content)
- Точка Кюри (<http://www.ixbt.com/storage/curiepoint.html>)
- Магнитные носители: бесконечное хранение информации (<http://www.ixbt.com/storage/storage-tech.shtml>)
- Технологии защиты от ударов и тряски в жестких дисках (<http://www.ixbt.com/storage/hdd-shockprotect.html>)
- HDD будущего: перпендикулярная запись и не только (<http://www.ferra.ru/online/storage/s26119/>)
- Перпендикулярная запись (<http://www.osp.ru/cw/2006/34/2776066/>)
- Решена главная проблема жестких дисков (<http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2007/10/15/270456>)
- Samsung снизил энергопотребление жесткого диска на 40% (<http://cnews.ru/news/line/index.shtml?2009/03/10/340023>)
- Выпущен 2,5-дюймовый жесткий диск емкостью 1 ТБ (<http://cnews.ru/news/line/index.shtml?2009/07/27/355383>)
- Скорость жесткого диска выросла в 100 раз (<http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2007/07/02/256999>)
- Магнито-электрическая технология хранения данных: подробности (http://rnd.cnews.ru/tech/news/top/index_science.shtml?2007/08/31/264505)
- Оптический диск (<http://wapedia.mobi/ru/%D0%9E%D0%BF%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BA>)
- Оптические накопители: DVD наступают! (<http://www.compress.ru/article.aspx?id=10164&iid=421>)
- MO - неувядающий интерес (<http://www.3dnews.ru/storage/mo>)
- DVD: диски, проигрыватели, рекордеры (<http://www.ixbt.com/storage/dvdinfo.html>)
- DVD нового поколения (http://www.cnews.ru/reviews/free/video_port/videoMarket/dvd_w.shtml)
- Magnetic Storage Taken to the Atomic Scale (<http://www.spectrum.ieee.org/sep07/5548>)
- "Трехмерный" диск (<http://www.ixbt.com/storage/fmd-tech.html>)
- Голографические диски: будущее наступит завтра (<http://www.terralab.ru/storage/240825/>)

- Pioneer объявила о создании диска на 500 ГБ (<http://www.ladoshki.com/?news&frommail=1&id=7834>)
- Диск на 500 ГБ обещают через 2 года (<http://cnews.ru/news/top/index.shtml?2009/04/28/345687>)
- Разработан доступный диск емкостью 1,6 ТБ (<http://cnews.ru/news/top/index.shtml?2009/05/21/347923>)
- Ученые записали 1,14 ТБ на квадратный дюйм сапфира (<http://cnews.ru/news/top/index.shtml?2009/02/26/339045>)
- ДНК: еще один шаг к массовому нанопроизводству (<http://www.cnews.ru/news/line/index.shtml?2005/12/28/193895>)
- Создан одномолекулярный элемент памяти (<http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2006/08/11/208295>)
- IBM приближает эру молекулярных компьютеров (http://rnd.cnews.ru/tech/news/top/index_science.shtml?2007/08/31/264562)
- Механическая память потеснит электронную (<http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2005/06/27/180850>)
- IBM увеличит емкость памяти в 100 раз (<http://cnews.ru/news/line/index.shtml?2008/04/11/296721>)
- Мониторы (http://www.ixbt.com/video/monitor_guide.html)
- Жидкокристаллические дисплеи. История, принципы работы, преимущества и недостатки (<http://www.ferra.ru/online/video/4934/>)
- Перспективные технологии дисплеев (PDP-, FED- и LEP-дисплеи, альтернативные технологии, <http://www.ferra.ru/online/video/4974/>)
- Дисплеи на электронных чернилах: обзор и перспективы технологии (<http://www.ferra.ru/online/video/17807/>)
- Эра умной бумаги: технологии «э-бумажных» дисплеев (<http://www.ferra.ru/online/video/25266/>)
- Iriver Japan начнёт выпуск электронной книги с поддержкой технологии E Ink (<http://www.ladoshki.com/?news&frommail=1&id=9148>)
- Рынок дисплеев e-paper: \$9,6 млрд к 2018 г. (<http://cnews.ru/news/line/index.shtml?2009/08/27/359345>)
- У японцев нанопрорыв в «электронной бумаге» (<http://cnews.ru/news/top/index.shtml?2009/02/25/338855>)
- И все-таки он светится! (LEP дисплей, <http://www.ixbt.com/video/lep.html>)
- Технология LDT (<http://www.ixbt.com/multimedia/ldt.shtml>)
- Современные технологии дисплеев объемного изображения (www.soel.ru/cms/f/?/311565.pdf)
- Обзор существующих технологий по 3D-видению (<http://www.thg.ru/display/20040306/index.html>)
- Евгений Музыченко, FAQ по цифровому представлению звуковых сигналов (<http://www.ixbt.com/multimedia/digaudiofaq.html>)
- Цифровая обработка сигналов (обучающий комплект, <http://www.dsp.sut.ru/rus/training/book/download.html>)
- В.П. Майоров и др. "Рассуждения о телевизионных камерах" (<http://videoscan.ru/?page=692>)
- Л. Лазовский "Приборы с зарядовой связью: прецизионный взгляд на мир" (<http://www.autex.spb.ru/download/sensors/ccd.pdf>)
- Ликбез: технологии в видеокамерах (<http://www.zoom.cnews.ru/publication/item/13460/1>)
- Современные способы компьютерной печати (<http://www.ixbt.com/peripheral/laser-prn.html>)
- Как работает принтер: обзор технологий печати (<http://zoom.cnews.ru/publication/item/631>)
- В.К. Аблеков, П.И. Зубков, А.В. Фролов. Оптическая и оптоэлектронная обработка информации. М.: Машиностроение, 1976 (http://www.bookshunt.ru/b155862_opticheskaya_i_optoelektronnaya_obrabotka_informacii)

- А.Н. Берлин Оконечные устройства и линии абонентского участка информационной сети (<http://www.intuit.ru/department/network/terminals/>)
- Книжка о вкусной и здоровой сети (<http://nivki.narod.ru/netdoc.htm>)
- С.В. Кунегин, Линии связи на основе волоконно-оптических кабелей (<http://www.aboutphone.info/js/kunegin/vols/index.html>)
- Волоконно-оптические соединители (<http://www.ruscable.ru/doc/analytic/statya-030.html>)
- Лазер передал информацию с рекордной скоростью 26 терабит в секунду (<http://science.compulenta.ru/612128/>)
- IBM создала чип с частотой 500 ГГц (<http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2006/06/21/204024>)
- Гибриды нано-СМОС: новая стратегия развития микроэлектроники (http://rnd.cnews.ru/tech/news/top/index_science.shtml?2007/01/17/231737)
- Рождается новое поколение аналоговой электроники (http://rnd.cnews.ru/tech/reviews/index_science.shtml?2007/03/12/239756)
- Электронные схемы будут печатать на бумаге (<http://www.ladoshki.com/?news&frommail=1&id=9194>)
- Создан суперёмкий конденсатор (http://rnd.cnews.ru/natur_science/news/top/index_science.shtml?2007/07/05/257676)
- Светодиоды вторглись в ультрафиолетовый диапазон (<http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2006/05/19/201735>)
- Разработан новый прототип литиевых аккумуляторов (<http://cnews.ru/news/line/index.shtml?2009/05/19/347584>)
- Японцы увеличили емкость литиево-ионной батареи в 20 раз (<http://cnews.ru/news/line/index.shtml?2008/06/02/302861>)
- Ноутбуки будут работать от бумажных батарей (<http://www.cnews.ru/news/top/index.shtml?2007/08/14/262429>)
- Нанотрубки: игры атомами (<http://price.od.ua/articles.phtml?id=103>)
- Перспективные технологии: итоги и прогнозы (<http://www.compress.ru/article.aspx?id=17110&part=21ext1>)
- Молекулярные компьютеры, Биокомпьютеры, Оптические компьютеры, Квантовые компьютеры, Что дальше? (http://www.scorcher.ru/art/future_society/future_society2.php)
- Создан прототип логического элемента для фотонного компьютера (http://rnd.cnews.ru/tech/news/top/index_science.shtml?2008/05/13/300104)
- О.Н. Граничин, Д.С. Шалымов "Новые компьютеры. Вычислительные устройства будущего" (http://www.math.spbu.ru/user/gran/papers/2007_6_23-31.pdf)
- Механический компьютер пригодится военным (http://rnd.cnews.ru/tech/news/top/index_science.shtml?2007/08/06/261588)
- R&D.CNews: нанотехнологии-2006 (http://rnd.cnews.ru/tech/reviews/index_science.shtml?2006/12/27/230020)
- Новые экономические аспекты нанотехнологий (http://rnd.cnews.ru/reviews/index_science.shtml?2007/08/01/261068)
- И.Г. Неизвестный Квантовый компьютер и его полупроводниковая элементарная база (<http://psj.nsu.ru/lector/neizvestniy/>)
- Продемонстрирован первый коммерческий квантовый компьютер (<http://www.cnews.ru/news/line/index.shtml?2007/02/14/235753>)
- Новости Hardware (<http://www.3dnews.ru/news/>)
- Статьи, новости, справочный материал и т.д. (<http://www.ixbt.com/>)
- "Компьютерра" on line (www.computerra.ru/)
- "PC Magazine" on line (<http://www.pcmag.ru/>)
- "PC Week" on line (<http://www.pcweek.ru/>)
- "Энциклопедия персонального компьютера", "Кирилл и Мефодий" (http://mega.km.ru/pc_2001/)
- Техническая энциклопедия (<http://www.techweb.com/encyclopedia/>)

- Гипертекстовый энциклопедический словарь по информатике (<http://www.abc-it.lv/dict/informatics/IBD/main.htm>)
- Александр Ляхов, "Англо-русский словарь основных терминов и сокращений по телекоммуникациям" (<http://www.perfekt.ru/dict/tel-com.html>)

Программу составили:

доцент

доцент

проф.

В.Б. Морозов

К.В. Руденко

В.В. Шувалов

Примечание:

Программа курса может быть выслана по электронной почте в формате MS WinWord 7.0 при поступлении запроса по электронному адресу vsh@vsh.phys.msu.su либо загружена в формате Adobe Acrobat с сайта <http://comp.ilc.edu.ru>