



专用集成电路设计

ASIC Design

西安电子科技大学 XIDIDIAN UNIVERSITY

V1.0 © 2007 韩孝勇 Han XiaoYong

xyhan5151@yahoo.com.cn www.dianzichan.com

第一次课 绪论



本次课内容

- 老师简介
- 课程安排
- 集成电路简介
- 业界现状
- 感性认识



老师简介

韩孝勇简况

■ 工作及教学经历简介

1990年7月~1994年7月，在西安电子科技大学 学习 本科

1994年7月~1997年7月，在西安电子科技大学 工作

1997年7月~1999年7月，在西安电子科技大学 在职硕士

目前，西安电子科技大学 讲师 在职博士

- 2003.6~2006.6公派去香港合作研究，主要从事集成电路设计和失效分析两方面工作

- 自1999年开始带本科生《集成电路可靠性》《专用集成电路设计》《场效应器件物理》《集成电路EDA基础》等课程。



课程安排

内容简介

- 1、概述 国内集成电路设计业现状
- 2、半导体物理基础
- 3、PN结，晶体管，MOS管原理
- 4、MOSIC基础
- 5、集成电路工艺流程
- 6、集成电路制造与测试
- 7、混合IC工艺与制造
- 8、CMOS门电路与版图
- 9、CMOS门电路与版图
- 10、CMOS门电路与版图
- 11、设计软件——Ledit
- 12、设计软件——Cadence (DRC LVS POST sim)
- 13、上机练习 14、上机练习 15、上机练习

1. 半导体物理
2. IC工艺
3. 版图设计
4. EDA工具
5. 练习实践



学习本课的目的和希望达到的效果

- 培养兴趣，简单介绍，感性认识，系统了解微电路基础知识，无须公式计算等。
- 学完本课后对微电路不再陌生，可以自己做一般的小电路版图。
- 工科电子类的学生都可以接受，完全不必担心听不懂。

- 对自己有用:可找集成电路相关公司工作。
- 对国家有用:集成电路已经成为国家经济和安全的命脉 (软件和硬件)



现代集成电路人才的知识结构

■ 物理级

量子力学→固体物理→半导体物理→半导体器件物理

■ 电路级

数字电路→模拟电路→数字集成电路→模拟集成电路

■ 系统级

信号与系统→计算机结构，通信系统原理，数字信号处理

■ 工艺级

半导体工艺原理→半导体化学，精密机械，材料与封装



信息产业的支柱

■ 硬件：
集成电路

■ 软件：
各种程序



集成电路简介

半导体器件发展历史

- 1947年12月16日：威廉·邵克雷(William Shockley)、约翰·巴顿(John Bardeen)和沃特·布拉顿(Walter Brattain)成功地在贝尔实验室制造出第一个晶体管。
- 1950年：威廉·邵克雷开发出双极晶体管(Bipolar Junction Transistor)，这是现在通行的标准的晶体管。
- 1953年：第一个采用晶体管的商业化设备投入市场，即助听器。
- 1954年10月18日：第一台晶体管收音机Regency TR1投入市场，仅包含4只锗晶体管。
- 1961年4月25日：第一个集成电路专利被授予罗伯特·诺伊斯(Robert Noyce)。



集成电路简介

半导体器件发展历史

- 1965年：摩尔定律诞生。当时，戈登·摩尔(Gordon Moore)预测，未来一个芯片上的晶体管数量大约一年半翻一倍(10年后修正为每两年)。
- 1968年7月：罗伯特·诺伊斯和戈登·摩尔从仙童(Fairchild)半导体公司辞职，创立了一个新的企业，即英特尔公司，英文名Intel为“集成电子设备(integrated electronics)”的缩写。
- 1969年：英特尔成功开发出第一个PMOS硅栅晶体管技术。
- 1971年：英特尔发布了其第一个微处理器4004。4004规格为1/8英寸 x 1/16英寸，包含仅2000多个晶体管，采用英特尔10微米PMOS技术生产。

集成电路简介

半导体器件发展历史

- **1978年**：英特尔标志性地把英特尔**8088**微处理器销售给**IBM**新的个人电脑事业部，武装了**IBM**新产品**IBM PC**的中枢大脑。**16位8088**处理器含有**2.9万个**晶体管，运行频率为**5MHz**、**8MHz**和**10MHz**。
- **1982年**：**286**微处理器(又称**80286**)推出，成为英特尔的第一个**16位**处理器，可运行为英特尔前一代产品所编写的所有软件。**286**处理器使用了**13400个**晶体管，运行频率为**6MHz**、**8MHz**、**10MHz**和**12.5MHz**。
- **1985年**：英特尔**386**微处理器问世，含有**27.5万个**晶体管，是最初**4004**晶体管数量的**100多倍**。**386**是**32位**芯片，具备多任务处理能力，即它可在同一时间运行多个程序。
- **1993年**：英特尔奔腾处理器问世，含有**3百万个**晶体管，采用英特尔**0.8微米**制程技术生产。
- **1999年2月**：英特尔发布了**奔腾III**处理器。奔腾**III**是**1x1**正方形硅，含有**950万个**晶体管，采用英特尔**0.25微米**制程技术生产。

集成电路简介

半导体器件发展历史

- 2002年1月：英特尔奔腾4处理器推出，高性能桌面台式电脑由此可实现每秒钟22亿个周期运算。它采用英特尔0.13微米制程技术生产，含有5500万个晶体管。
- 2002年8月13日：英特尔透露了90纳米制程技术的若干技术突破，包括高性能、低功耗晶体管，应变硅，高速铜质接头和新型低-k介质材料。这是业内首次在生产中采用应变硅。
- 2003年3月12日：针对笔记本的英特尔迅驰移动技术平台诞生，包括了英特尔最新的移动处理器“英特尔奔腾M处理器”。该处理器基于全新的移动优化微体系架构，采用英特尔0.13微米制程技术生产，包含7700万个晶体管。
- 2005年5月26日：英特尔第一个主流双核处理器“英特尔奔腾D处理器”诞生，含有2.3亿个晶体管，采用英特尔领先的90纳米制程技术生产。

集成电路简介

半导体器件发展历史

- 2006年7月18日：英特尔安腾2双核处理器发布，采用世界最复杂的产品设计，含有17.2亿个晶体管。该处理器采用英特尔90纳米制程技术生产。
- 2006年7月27日：英特尔酷睿™2双核处理器诞生。该处理器含有2.9亿多个晶体管，采用英特尔65纳米制程技术在世界最先进的几个实验室生产。
- 2006年9月26日：英特尔宣布，超过15种45纳米制程产品正在开发，面向台式机、笔记本和企业级计算市场，是从英特尔酷睿™微体系架构派生而出。
- 2007年1月8日：为扩大四核PC向主流买家的销售，英特尔发布了针对桌面电脑的65纳米制程英特尔酷睿™2四核处理器和另外两款四核服务器处理器。英特尔®酷睿™2四核处理器含有5.8亿多个晶体管。
- 2007年1月29日：英特尔公布采用突破性的晶体管材料即高-k栅介质和金属栅极。英特尔将采用这些材料在公司下一代处理器——英特尔酷睿™2双核、英特尔酷睿™2四核处理器以及英特尔至强系列多核处理器的数以亿计的45纳米晶体管或微小开关中用来构建绝缘“墙”和开关“门”。采用了这些先进的晶体管，已经生产出了英特尔45纳米微处理器。



集成电路简介

集成电路概念

- 什么是集成电路

- 集成电路(Integrated Cricuit, IC)是通过一系列特定的加工工艺,将晶体管、二极管等有源器件和电阻、电容等无源元器件,按照一定的电路互连,“集成”在一块半导体晶片(如硅和砷化镓)或陶瓷基片上,封装在一个外壳内,执行特定电路或系统功能



集成电路简介

集成单元器件

集成单元器件

双极晶体管

(BT, Bipolar Transistor)

MOS场效应管

(MOSFET, Metal - Oxide - Semiconductor Field Effect Transistor)

结型场效应管

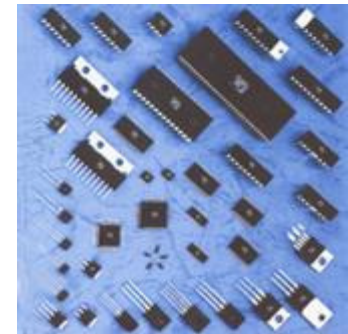
(JFET, Junction Field Effect Transistor)

集成电路简介 分类

按结构分 { 双极IC : TTL, I2L, ECL
MOS IC : NMOS, PMOS, CMOS, BiCMOS

按材料分 { Si基
GaAs基 (SiGe, InP)

按功能分 { 数字集成电路
模拟及数模混合集成电路
射频集成电路
功率集成电路



集成电路简介

按规模分类

- 小规模集成电路（**SSI**）、中规模集成电路（**MSI**）
- 大规模集成电路（**LSI**）、超大规模集成电路（**VLSI**）
- 特大规模集成电路（**ULSI**）、巨大规模集成电路（**GSI**）

	SSI	MSI	LSI	VLSI	ULSI	GSI
芯片所含元器件数	$<10e2$	$10e2\sim 10e3$	$10e3\sim 10e5$	$10e5\sim 10e7$	$10e7\sim 10e9$	$>10e9$
芯片所含门数	<10	$10\sim 10e2$	$10e2\sim 10e4$	$10e4\sim 10e6$	$10e6\sim 10e8$	$>10e8$



计算机的发展历史

- 第一代电子计算机（1946-1958年）以电子管作为逻辑部件，被称为电子管时代；
- 第二代电子计算机（1959-1964年）采用晶体管作为计算机逻辑部件，被称为晶体管时代；
- 第三代电子计算机（1965-1970年）用集成电路作为逻辑元件，被称为小规模集成电路时代；
- 第四代电子计算机（1971-1989年）大规模集成电路应用于计算机，寄存器多，速度快、称为大规模及超大规模集成电路时代；
- 第五代为发展中的计算机科学时代，主要有智能型计算机、分布式计算机系统及多媒体技术。

一代元器件，一代设备



基本概念：什么是微电子？微观与宏观

- 线路 电路 微电路
- 看看微观世界
 - 从10亿光年到0.1飞米
 - 宏观与微观的对比



业界现状

重要性: 命脉基础筹码保障

- 目前, 以集成电路为核心的电子信息产业超过了以汽车、石油、钢铁为代表的传统工业成为第一大产业, 成为改造和拉动传统产业迈向数字时代的强大引擎和雄厚基石。
- 现代经济发展的数据表明, 每1~2元的集成电路产值, 带动了10元左右电子工业产值的形成, 进而带动了100元GDP的增长。
- 发达国家国民经济总产值增长部分的65%与集成电路相关; 美国国防预算中的电子含量已占据了半壁江山(2001年为43.6%)。
- 预计未来10年内, 世界集成电路销售额将以年平均15%的速度增长, 2010年将达到6000~8000亿美元。
- 作为当今世界经济竞争的焦点, 拥有自主知识产权的集成电路已日益成为经济发展的命脉、社会进步的基础、国际竞争的筹码和国家安全的保障。

■ 摩尔定律

- 集成电路的集成度和产品性能每18个月增加一倍。据专家预测,今后20年左右,集成电路技术及其产品仍将遵循这一规律发展。

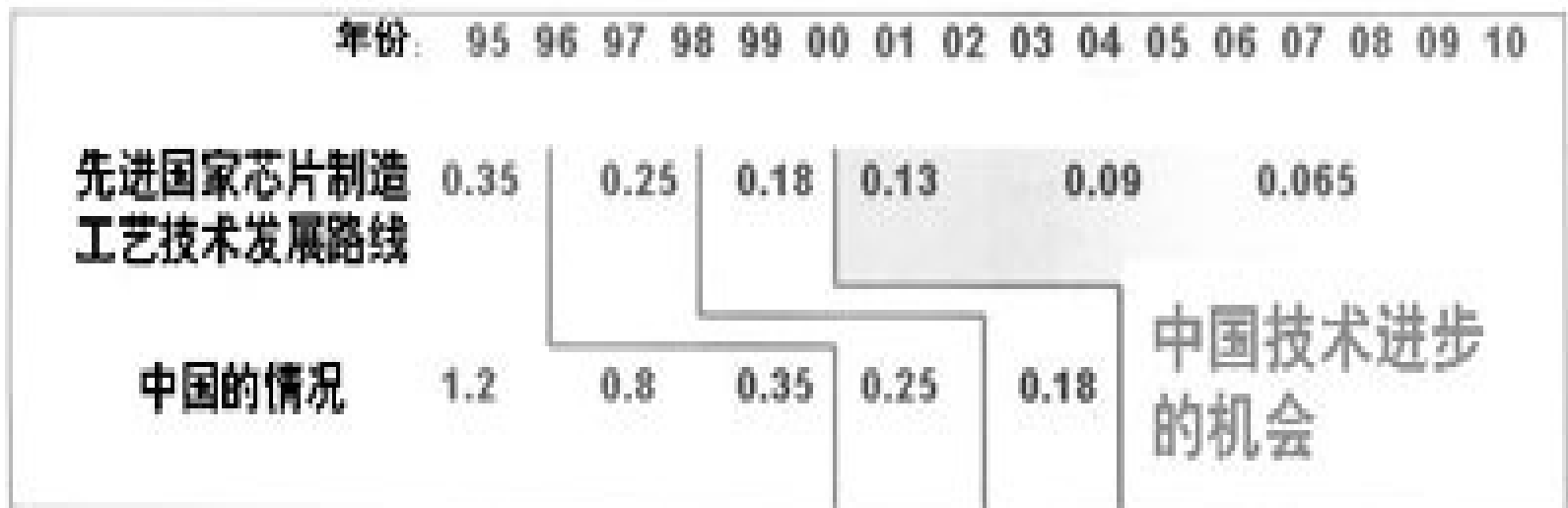
■ 技术水平

- 20世纪80年代中期我国集成电路的加工水平为5微米,其后,经历了3、1、0.8、0.5、0.35微米的发展,目前达到了0.18微米的水平,而当前国际水平为0.09微米(90纳米),我国与之相差约为2-3代。

业界现状

中国与先进国家技术差距

- 图1 中国和先进国家芯片制造工艺发展对比



工艺有先进落后，进步比较难。但设计应容易抓起来



业界现状

重要的生产过程

- 开发EDA(电子设计自动化)工具
- 利用EDA进行集成电路设计
- 根据设计结果在硅圆片上加工芯片(主要流程为薄膜制造、曝光和刻蚀)
- 对加工完毕的芯片进行测试
- 为芯片进行封装
- 最后经应用开发将其装备到整机系统上与最终消费者见面



什么是EDA

- EDA是电子设计自动化（Electronic Design Automation）的缩写，在20世纪90年代初从计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、计算机辅助测试（CAT）和计算机辅助工程（CAE）的概念发展而来的。
- EDA技术就是以计算机为工具，设计者在EDA软件平台上，用硬件描述语言HDL完成设计文件，然后由计算机自动地完成逻辑编译、化简、分割、综合、优化、布局、布线和仿真，直至对于特定目标芯片的适配编译、逻辑映射和编程下载等工作。
- EDA技术的出现，极大地提高了电路设计的效率，减轻了设计者的劳动强度。

集成电路芯片生产厂大致可分三类：

- ①**通用电路生产厂**：比较典型的是生产存储器和CPU。它以全世界市场为其市场，韩国大多数的厂家和Intel属于这一类。
- ②**集成器件制造商**：垂直集成型公司，它生产的产品主要用于自己的整机和系统中。美国的Motolola和日本的NEC都属于这一类。
- ③**标准工艺加工厂或称代客加工厂Foundry**：Foundry名词来源于代客加工厂的铸造车间。它基本上没有属于自己的产品，而以优良的加工技术(包括设计和制造)及优质的服务为客户提供加工服务。其客户群初期多为没有生产线的设计公司。



业界现状

集成电路产业的发展

- 集成电路产业的发展是市场牵引和技术推动的结果。新的产业结构的格局是：
 - 与整机、系统用户相结合，相对分散设计；
 - 以标准工艺（标准单元库和IP库）为接口，相对集中加工。这就导致了Foundry的出现。
- 集成电路生产线的投资按8英寸硅片、0.25微米技术为例，则在10-15亿美元左右

（摘自：微电子技术创新及其对21世纪经济与社会发展的影响 北京大学微电子所 王阳元）



业界现状

我国集成电路产业现状

- 我国集成电路产业起步于20世纪60年代, 设计能力0.18~0.25微米、700万门, 制造工艺为8英寸、0.18~0.25微米, 主流产品为0.35~0.8微米。
- 与国外的主要差距:
 - 一是规模小, 2000年, 国内生产的芯片销售额仅占世界市场总额的1.5%, 占国内市场的20%;
 - 二是档次低, 主流产品加工技术比国外落后两代;
 - 三是创新开发能力弱, 设计、工艺、设备、材料、应用、市场的开发能力均不十分理想, 其结果是今天受制于人, 明天后劲乏力;
 - 四是人才欠缺。
- 我国绝大多数电子产品仍处于流通过程中的下端, 多数组装型企业扮演着为国外集成电路厂商打工的角色, 这种脆弱的规模经济模式, 因其附加值极低, 致使诸多产量世界第一的产品并未给企业和国家带来可观的收益, 反而使掌握关键技术的竞争者通过集成电路打入中国市场, 攫取了绝大部分的利润。

业界未来

据Nikkei Business 1999年预测，2020年在世界最大的30个市场领域中，有22个与微电子有关，市场份额为5万亿美元。

市场	销售额 (10亿美元)	市场	销售额 (10亿美元)
手提数据通讯*	630	超薄显示器*	170
个人电脑*	470	IC卡*	165
移动电话服务*	380	地面微波广播*	160
CPU*	300	DNA生物芯片	160
数据容量产品*	270	多用途通讯设备*	155
磁存储*	250	半导体设备*	150
电子商务*	250	电力交通工具	150
网络信息服务*	230	墙壁式超薄电视*	145
高密度磁存储*	230	移动电话*	140
系统集成芯片*	210	直接引入工具	140
家庭医疗设备*	210	ITS设备	140
互联网*	200	DNA加工食品	135
有线电视*	200	液晶显示器*	120
智能传输系统	190	仿制品	115
代理软件*	180	燃油汽车	110

表 (2)



找工作需要了解的信息

- [我国现有主要Foundry情况摘要](#)
- [电子类企业网站](#)
- [中国集成电路企业之设计 .txt](#)
- [中国芯片产业发展调查](#)
- [2005年国内各大公司的薪酬情况 .txt](#)



感性认识：演示照片图片动画

工艺线和基础知识介绍

- [RCL-gai.ppt](#)
- [仿真过程演示](#)
- [各种版图简介](#)

各种实物及照片

- [Photo seipu SEM扫描电镜照片](#)
- [EMMI](#)
- [RCL Liquid Crystal analysis 15 Mar 05](#)
- [VLSI circuit design CMOS process technology](#)



回顾：第一次课 绪论