



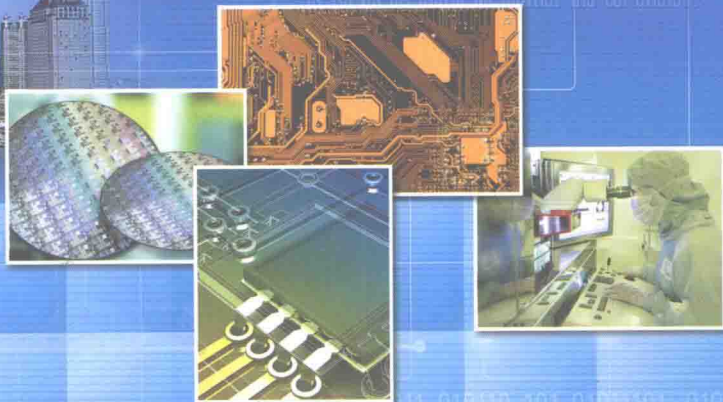
全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等职业教育规划教材·精品与示范系列

市级精品课
配套教材

集成电路版图设计 项目式教程

◎ 刘锡锋 主编

- 集成电路制造流程与设计要求
- 集成电路版图设计原理及版图识别
- Unix/Linux操作系统及常用命令
- 集成电路设计软件基本操作
- 常用元器件的版图
- CMOS反相器版图设计
- CMOS单元逻辑门版图设计
- CMOS组合逻辑电路版图设计
- CMOS D触发器版图设计



今日努力，将成就明日梦想，加油！

- ◆ 根据集成电路设计行业的人才需求和版图设计技能要求设置内容
- ◆ 以培养高素质、技能型人才为目标，采用项目化课程教学方式
- ◆ 以讲授集成电路版图设计方法与技巧为主线，注重职业素质与技能培养
- ◆ 提供免费的电子教学课件、练习题参考答案和精品课网站



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

全国高等职业教育“十二五”规划教材
中国电子教育学会推荐教材
全国高等职业教育规划教材·精品与示范系列

市级精品课
配套教材

集成电路版图设计 项目式教程

刘锡锋 主 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书按照职业教育新的教学改革要求,根据微电子行业岗位技能的实际需要,以“集成电路版图设计”这一工作任务为主线,结合作者多年的企业与教学经验,以及本课程项目化内容改革成果进行编写。本书主要内容包括集成电路设计基础、集成电路版图设计原理及版图识别、Unix/Linux 操作系统及常用命令、Cadence 集成电路设计软件基本操作、常用元器件的版图、CMOS 反相器版图设计、CMOS 单元逻辑门版图设计、CMOS 组合逻辑电路版图设计、CMOS D 触发器版图设计。通过项目任务详细介绍了集成电路版图设计的方法、流程、要点和技巧等,以及多种集成电路设计验证工具的使用操作。

本书可作为全国高职高专院校相应课程的教材,也可作为应用型本科、成人教育、自学考试、开放大学、中职学校、培训班的教材,以及微电子工程技术人员的参考工具书。

本书提供免费的电子教学课件、习题参考答案及精品课网站,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

集成电路版图设计项目式教程/刘锡锋主编. —北京:电子工业出版社,2014.9

全国高等职业教育规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-22898-8

I. ①集… II. ①刘… III. ①集成电路—电路设计—高等职业教育—教材 IV. ①TN402

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第066316号

策划编辑:陈健德(E-mail: chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:靳 平

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:11.75 字数:300千字

版 次:2014年9月第1版

印 次:2014年9月第1次印刷

定 价:32.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言



微电子行业是当今社会高速发展的高新科技产业,产品应用范围广泛,从人们日常生活所用的高清电视、计算机、手机等电器到物联网、云计算、军工国防,各行各业集成电路芯片都在其中起着非常关键的作用。如果没有微电子技术的发展,高新科技产业群的发展就无从谈起。目前我国的信息产业正处于飞速发展时期,集成电路设计产业是国家“十二五”规划重点发展的战略型新兴产业,规划中明确确定了信息产业的三大任务之一就是自主创新,突破关键技术。要实现自主创新的关键之一就是培养具有国际竞争力的专业人才,为此国家颁布了一系列针对集成电路产业和人才培养的扶持政策,加快集成电路产业人才培养已经成为高等教育改革和发展的一项紧迫任务。

我国目前集成电路设计行业中市场对专业设计人员的需求和技术人才相对短缺的矛盾已日益突出。尤其是在集成电路版图设计方面,由于版图设计位于集成电路设计后端,其定位为辅助设计,相对而言技术要求较低,本科院校中专门开设版图设计课程的较少。而集成电路设计不仅需要高层次设计人才,也需要辅助设计人才,随着集成电路芯片的功能越来越强,规模越来越大,往往一块芯片的版图需要大量的人力投入才能完成,因此市场对版图设计人员的需求量越来越大。

近年来,编者按照职业教育新的教学改革要求,本着培养高素质、技能型人才的高职教育教学理念,开展项目化课程内容改革,以实用、够用为原则,精选课程教学内容,注重实践环节,并考虑市场人才需求和版图设计定位,以“集成电路版图设计”这一工作任务为主线,在作者多年的企业与教学经验和课程改革成果基础上编写了本书。本书主要内容包括集成电路设计基础、集成电路版图设计原理及版图识别、Unix/Linux 操作系统及常用命令、Cadence 集成电路设计软件基本操作、常用元器件的版图、CMOS 反相器版图设计、CMOS 单元逻辑门版图设计、CMOS 组合逻辑电路版图设计、CMOS D 触发器版图设计。

本书由浅入深、由简到难地介绍集成电路版图设计的基础知识、设计方法、设计流程、设计软件应用、设计实例和设计技巧等。课程使用的设计软件采用目前业界应用最为广泛的 Cadence Virtuoso 系列、Dracula、Calibre 物理验证工具等,通过这些工具的学习和使用能够使学生在学完本课程后直接与行业企业对接,工作后能够直接上手。

本书由江苏信息职业技术学院刘锡锋主编并进行全书统稿。在本书的编写过程中,参考了同行专家的许多资料,并得到江苏信息职业技术学院陆建思、黄玮老师的大力帮助,在此表示最诚挚的感谢。

由于编者水平和时间有限,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

为方便教学,本书配有免费的电子教学课件、习题参考答案,请有需要的教师登录华信教育资源网(<http://www.hxedu.com.cn>)免费注册后进行下载,如有问题请在网站留言或与电子工业出版社联系(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。读者也可通过该精品课网站(<http://jpkc.jsit.edu.cn/ec2006/C61/index.asp>)浏览和参考更多的教学资源。

编者





项目 1 集成电路设计基础	(1)
1.1 集成电路制造流程	(3)
1.2 集成电路设计的地位和作用	(5)
1.3 学习集成电路设计要求掌握的课程知识	(5)
1.4 集成电路设计的分类	(6)
项目 2 集成电路版图设计原理及版图识别	(8)
2.1 集成电路设计的一般流程	(9)
2.2 集成电路设计的特点	(9)
2.3 集成电路版图的识别	(10)
2.4 集成电路版图分析软件	(13)
项目 3 Unix/Linux 操作系统及常用命令	(14)
3.1 工作站与个人计算机	(15)
3.2 Unix 与 Linux 系统	(15)
3.3 虚拟机系统与 Linux 命令	(18)
3.4 Linux 常用命令	(20)
操作练习与思考 1	(22)
项目 4 集成电路设计软件基本操作	(23)
4.1 Cadence 软件的特点	(24)
4.2 Cadence 软件登录及使用	(24)
4.2.1 启动 Cadence 软件	(24)
4.2.2 一些必需的启动设置	(26)
4.3 库文件的建立	(27)
4.3.1 库和库文件	(27)
4.3.2 建立库	(28)
4.4 报警处理及 Library 管理	(31)
操作练习与思考 2	(32)
项目 5 常用元器件的版图	(33)
5.1 电阻版图	(34)
5.1.1 集成电路中电阻的计算与绘制	(34)
5.1.2 版图中电阻的分类	(36)
5.2 电容版图	(39)
5.2.1 集成电路中电容的测算	(39)

5.2.2	MOS 集成电路中常用的电容	(40)
5.3	二极管、三极管版图	(42)
5.3.1	二极管版图	(42)
5.3.2	三极管版图	(43)
5.4	MOS 场效应管版图	(45)
5.4.1	MOS 场效应管结构	(45)
5.4.2	MOS 场效应管版图	(46)
	操作练习与思考 3	(47)
项目 6	CMOS 反相器版图设计	(48)
6.1	CMOS 反相器 schematic 电路设计	(49)
6.1.1	CMOS 反相器工作原理	(49)
6.1.2	建立 Cellview 视图文件	(50)
6.1.3	连线及完成电路图绘制	(54)
	操作练习与思考 4	(56)
6.2	CMOS 反相器电路仿真	(56)
6.2.1	仿真信号设置	(56)
6.2.2	仿真环境参数设置	(61)
6.2.3	运行电路仿真	(65)
	操作练习与思考 5	(66)
6.3	CMOS 反相器版图绘制	(66)
6.3.1	版图的设计规则	(66)
6.3.2	建立版图文件	(68)
6.3.3	绘制版图	(70)
6.3.4	实物版图	(78)
	操作练习与思考 6	(78)
6.4	版图提取及物理验证	(78)
6.4.1	版图物理验证的概念和项目	(78)
6.4.2	版图设计规则验证 DRC (Design Rule Check)	(79)
6.4.3	版图提取 EXT (extraction)	(82)
6.4.4	电路版图对比 LVS (Layout Versus Schematic)	(86)
	操作练习与思考 7	(89)
项目 7	CMOS 单元逻辑门版图设计	(90)
7.1	CMOS 与非门 schematic 电路设计	(91)
7.1.1	使用 Library Manager 对库管理	(91)
7.1.2	CMOS 与非门电路原理及电路图绘制	(93)
7.2	CMOS 与非门电路仿真	(94)
	操作练习与思考 8	(95)
7.3	电路图层级化 symbol 视图建立与 Descent View	(96)

7.3.1	电路的电学符号及电路设计的层次化	(96)
7.3.2	CMOS 电路的 symbol 视图建立及 Decent View	(97)
7.3.3	低级电路层次视图 Descend View 的观察	(100)
7.3.4	门级以上电路的 Cadence 验证	(101)
	操作练习与思考 9	(102)
7.4	CMOS 与非门版图绘制	(102)
7.4.1	设计单元库的建立	(102)
7.4.2	元器件的摆放和布局布线	(103)
7.4.3	实物 CMOS 与非门版图	(106)
7.5	与非门版图物理验证	(108)
7.5.1	与非门版图 DRC 验证	(108)
7.5.2	与非门版图的提取与 LVS	(109)
7.5.3	版图中标签 (Label) 与 Pin 端口的添加	(111)
7.5.4	利用 LVS 验证工具分析版图网表	(114)
	操作练习与思考 10	(116)
项目 8	CMOS 组合逻辑电路版图设计	(117)
8.1	CMOS 组合逻辑电路设计	(118)
8.1.1	四端 MOS 器件和三端 MOS 器件	(118)
8.1.2	组合逻辑电路设计	(120)
8.1.3	化简电路	(121)
8.2	CMOS 组合逻辑电路仿真	(123)
	操作练习与思考 11	(124)
8.3	CMOS 组合逻辑电路版图绘制及 LSW 设置	(124)
8.3.1	MOS 器件的衬底电位版图实现	(124)
8.3.2	LSW 图层的添加和修改	(126)
8.4	组合逻辑电路版图绘制及验证	(129)
8.4.1	电路的布局、布线方法	(129)
8.4.2	根据电路绘制组合逻辑电路版图	(130)
8.4.3	组合逻辑电路实物版图	(130)
8.4.4	版图 DIVA 验证	(131)
8.4.5	版图 Dracula DRC 验证	(132)
8.4.6	版图 Dracula LVS 验证	(139)
	操作练习与思考 12	(146)
项目 9	CMOS D 触发器版图设计	(147)
9.1	CMOS D 触发器电路设计	(148)
9.1.1	与非门构建 CMOS D 触发器的电路原理	(148)
9.1.2	与非门 CMOS D 触发器 schematic 图设计	(149)
9.1.3	传输门与反相器构建的主从边沿触发器	(150)

9.2	CMOS D 触发器电路仿真	(154)
9.2.1	仿真信号设置	(154)
9.2.2	电路仿真结果	(154)
9.3	标准单元 CMOS D 触发器版图绘制	(155)
9.3.1	标准单元与 APR	(155)
9.3.2	金属走线规则与 pitch 设定	(156)
9.3.3	标准单元绘制方法	(159)
9.4	基于 Calibre 工具完成触发器版图验证	(162)
9.4.1	Calibre 工具介绍	(162)
9.4.2	Calibre 验证触发器标准单元 DRC	(164)
9.4.3	Calibre 验证触发器标准单元 LVS	(169)
9.4.4	其他验证工具的物理验证结果	(176)
	操作练习与思考 13	(178)



项目 1

集成电路设计基础

本项目主要从宏观的角度给读者介绍集成电路设计基础知识，以及学习本课程要具有的前期课程知识，让大家掌握集成电路设计的概念、分类和流程等，为本课程的深入学习打好基础。



集成电路版图设计项目式教程

在进入主题集成电路设计之前首先了解一下什么是集成电路,以及集成电路设计和集成电路版图设计都是做什么工作的。

集成电路(Integrated Circuit, IC): (相对分立器件组成的电路而言)把组成电路的元器件及相互间的连线做在一起,整个电路在同一个芯片上,之后再把这个芯片放到管壳中进行封装,电路与外部的连接靠引脚完成。

图 1.1 中显示的是封装好的集成电路块,这些集成电路块会被使用在印制电路板(PCB)中。一般在一块印制电路板会包含一个或多个集成电路块,这些集成电路和其他分立元器件在一块印制电路板上一起工作,共同完成整体的电路功能。而这些集成电路块往往是在整个电路中起到最主要、最关键的作用。随着集成电路规模的不断扩大和 SOC 的发展,集成电路日益成为各类电子产品的核心部件。

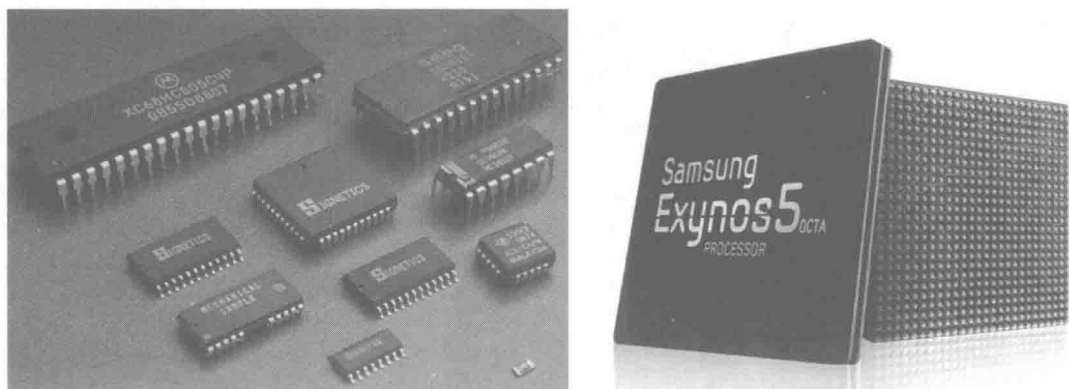


图 1.1 封装好的集成电路块

为什么小小的集成电路块能有这么重要的作用呢?这主要还是归功于集成电路制造工艺的发展,集成电路制造工艺能够使得数以万计的电子元器件及金属连线做在一块极小面积的半导体晶体(通常为硅单晶)材料上,从而大大缩小了电子产品的体积,加强了产品的功能和性能。而集成电路制造工艺所做出的产品称为圆片(Wafer),如图 1.2 所示。目前,圆片的直径大小通常有 5 in、6 in、8 in 和 12 in 不等。每一片圆片上经过光刻、氧化、扩散、刻蚀、薄膜淀积等诸多制造工序,最终在硅单晶圆片上做出各类电子器件及互连线,并能完成一定的电路功能。这里要注意的是,一片圆片上通常包含了结构和功能相同的数百甚至数千个重复单元,其中每一个重复单元所占的面积都不会太大,这些单元最终被分别切开并封装在陶瓷或塑料材料的封装外壳中,从而形成图 1.1 所示的产品,也就是说每一片圆片最终可以生产出很多功能相同的集成电路块。

在圆片上的每一个单元中都包含了许多电阻、电容、二极管、三极管、场效应管等基本电路元器件。这些元器件由于尺寸非常小,通常都在微米甚至纳米级别之间,所以光凭肉眼是无法看清的,只有在高倍率显微镜下才能够看到这些电子元器件的“庐山真面目”。值得一提的是随着制造工艺的不断发展,芯片的特征尺寸在不断缩小,已经到了深亚微米级别甚至纳米级别的芯片,光学显微镜已经不足以将这些细微元器件分辨清楚,此时只有利用隧道电子扫描镜才能呈现出这些元器件的外貌了。图 1.3 就是在显微镜下展现出来的一块单元芯片。

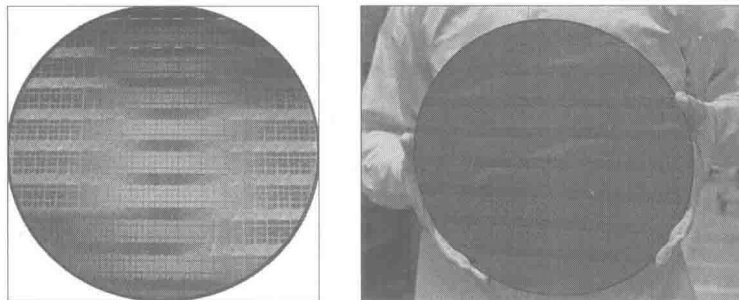


图 1.2 圆片

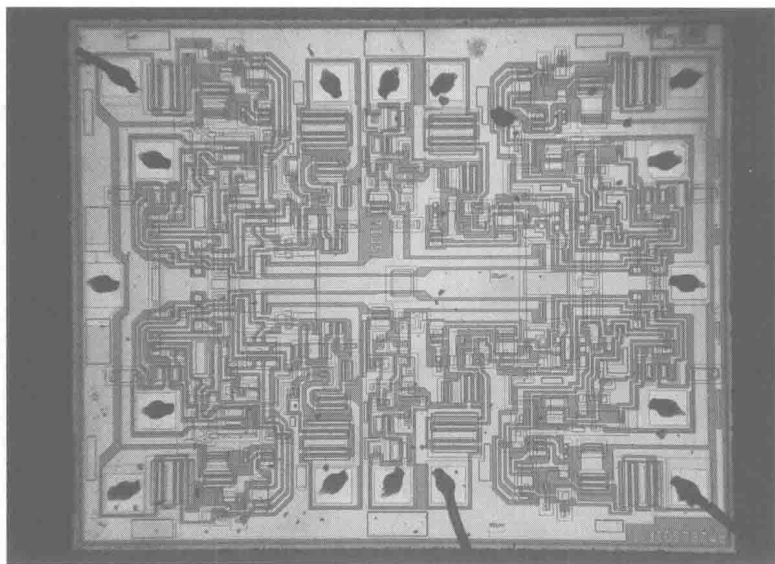


图 1.3 显微镜下的单元芯片

1.1 集成电路制造流程

一块集成电路具体是怎么制造出来的？集成电路制造流程如图 1.4 所示。

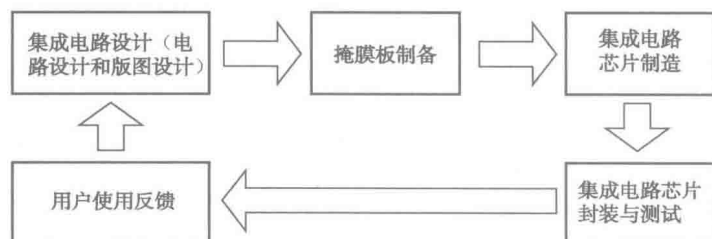


图 1.4 集成电路制造流程

与普通电子线路设计不同，集成电路设计是按照客户要求设计出相应的电路，使电路



集成电路版图设计项目式教程

具有客户要求的功能,除此以外,因为与普通的电路制作工艺不同,为了能将所有元器件和连线做在一个硅晶体平面上,完成电路设计后还要再根据电路设计绘制出集成电路版图,如果没有版图,后续的集成电路生产工作是无法展开的。所以集成电路设计一般包括两部分——电路设计和版图设计。其中,版图设计也是集成电路设计与普通电子线路设计的最大不同之处,相比普通电子线路设计,多了绘制版图的工作,这也是集成电路设计的特点。早期的集成电路版图设计都是由人手工绘图完成,如图 1.5 所示。但随着集成电路规模的不断扩大,上百万门、上千万门的集成电路芯片越来越多,显然手工绘图费时费力,对于大规模设计来说已经是不太现实的了。当今集成电路设计基本都是采用计算机辅助设计,如图 1.6 所示,通过高性能的计算机及专门的设计软件,既大大提高了设计效率,缩小了设计时间,又提高了设计的精确度。此外,由于计算机辅助设计的引入,对于设计产品的检验和核对工作也变得更加简便和高效。

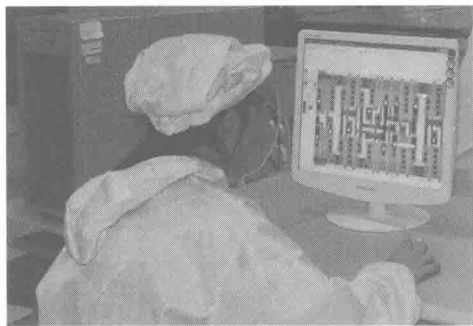


图 1.5 集成电路芯片设计



图 1.6 计算机辅助设计

掩模板制作是根据设计好的版图,将这些版图制成每一步光刻所需要用到的光刻掩模板,这些掩模板最后会提供给芯片制造工艺中的光刻步骤所使用。可以说“最后形成什么电路”、“这些电路有什么功能”、“性能如何”在很大程度上是取决于光刻的图形和质量的,而这些光刻图形也就是由前面所说的版图设计所设计出来的。

芯片制造是将晶圆片按照设计好的掩模板图形通过氧化、薄膜制备、腐蚀、光刻等工序,加工成具有电路功能的实物芯片的过程。

封装与测试是将晶圆厂加工好的芯片经过划片切割、粘贴互联及塑料封装等工序,把芯片包装保护好并通过功能测试,以供组装成完整的电路或系统使用。

在这几道工序中,随着计算机科学的发展,目前集成电路设计主要是在计算机上依靠相关的计算机辅助软件来完成设计,随着集成电路的规模越来越大,特征尺寸越来越小,一块芯片上包含的晶体管越来越多,集成电路设计也不是由一两个人就能完成的,为了缩小设计周期,集成电路设计趋向于分工化。一般一块集成电路芯片都是由一个团队来设计完成,团队中的成员都只负责芯片的一部分设计。

而芯片制造业和封装测试业一般都在相关的工厂完成,由于集成电路的尺寸非常小,细微的颗粒和污染都会对电路性能造成极大影响,所以这些工厂都会对厂房环境(温湿度、空气洁净度等)有严格的要求。



图 1.7 净化室

1.2 集成电路设计的地位和作用

集成电路设计是整个集成电路制造工序中的第一步，也是最关键的一步。集成电路的作用、性能、可靠性等都取决于集成电路的设计。集成电路具有什么样的功能、派什么用处是在集成电路设计时就设定好的。集成电路的性能如何、使用过程中是否可靠、芯片的耐用程度高不高，这些也在很大程度上和集成电路设计是否合理有关。在集成电路设计过程中，一方面设计者可以通过工具验证不断地优化电路及版图，以使得产品能够具有较好的性能；另一方面要通过客户的实际使用反馈来对产品做出优化，这也是最主要的。

1.3 学习集成电路设计要求掌握的课程知识

集成电路设计综合了电路分析与设计、半导体物理与器件、半导体材料与工艺、半导体集成电路、计算机辅助设计软件等课程，是一门综合性的学科，它对学习这门课程的人员也有许多要求。在学习集成电路设计之前要求必须首先掌握电路分析、半导体物理与器件、半导体材料与工艺等专业课程的知识，如果说对这些课程没有很好的掌握，那么在集成电路设计方面是寸步难行的，即使能够设计出一些东西来，这些东西也都不会是合格的产品。

(1) 电路分析与设计课程主要内容是根据用户的使用要求，设计出能实现相关功能并满足性能要求的电子线路。

(2) 半导体物理与器件课程主要介绍半导体内部的物理机制与特性，以及半导体材料制造的电子元器件的一些特性。这门课程是学习集成电路和进行集成电路设计的最重要的



集成电路版图设计项目式教程

理论基础。其中包括半导体中电子、空穴的作用，半导体能带理论，半导体掺杂，半导体电阻、PN 结、二极管、三极管、MOS 场效应管原理等。学好这门课程才能在今后的集成电路设计中对电路参数、版图尺寸等方面进行优化，以获得较好的设计产品。

(3) 半导体材料与工艺课程主要介绍了制造集成电路所用的半导体材料，以及将硅的光片加工到测试阶段之间的所有制造工艺，主要有光刻、腐蚀、薄膜、扩散等工序。集成电路设计不同于普通的电子线路设计，设计过程中除了要关心电学方面的问题，还需要设计者熟练掌握相关半导体制造工艺知识，并根据制造工艺的特点来对产品进行设计优化。否则很可能设计的产品电学方面没有问题，而在实际的生产过程中却实现不了。

(4) 半导体集成电路课程主要介绍了集成电路的概念和分类，以及各类集成电路的特点。只有学好这门课程，在进行集成设计中才能对整体设计有明确清晰的思路，才能较好地把握设计要点。

随着集成电路规模的发展和集成电路本身精密的特点，要求设计者在设计过程中需要进行大量细致的绘图工作。而光靠人工手绘是很难完成这些任务的。现在集成电路设计一般都是在计算机上用相关的设计工具来完成设计工作。由计算机辅助设计 (Computer Assistance Design) 完成的工作，在保证工作效率的同时，又能保证图形的准确性和精确性。所以掌握一个或多个集成电路设计软件，对于设计者来说也是非常必要的。目前，常用的集成电路设计软件主要有 Cadence、Chiplogic 系列、Synopsys、Mentor Graphics 和 Tanner 等。其中，Cadence 一般在工作站上使用对应的操作系统为 Unix 或者 Linux，而 Tanner 在 PC 上就可使用 Windows 系统操作平台，Chiplogic 系列则为反向设计主要工具软件之一。从市场占有率来看，Cadence 的产品主要为 IC 版图设计和服务，Synopsys 的产品主要为逻辑综合，Mentor Graphics 的产品主要为 PCB 设计和深亚微米 IC 设计验证和测试等。

1.4 集成电路设计的分类

集成电路设计主要有以下几种分类。

(1) 按设计方法分为正向设计和反向设计。正向设计一般先根据客户的要求由设计者设计出电路并通过集成电路实现，再由实物结果测试，反馈给设计者进行优化。反向设计则是先由实物的刻蚀解剖提取出相应的版图，在通过软件来验证实现提取的版图，从而做出相应的优化和改善。

(2) 按电路类型分为数字集成电路设计、模拟集成电路设计和数模混合集成电路设计。

(3) 按器件结构分为双极集成电路设计、MOS 集成电路设计。

(4) 按设计自动化程度分为全定制、半定制两种。全定制 IC 规定的功能、性能要求，对电路的结构布局、布线均进行专门的最优化设计，以达到芯片的最佳利用。这样制作的集成电路称为全定制电路。半定制 IC 由厂家提供一定规格的功能块，如门阵列、标准单元、可编程逻辑器件 (Programmable Gate Array) 等，按用户要求利用专门设计的软件进行必要的连接，从而设计出所需要的专用集成电路，这种设计方法称为半定制集成电路设计。

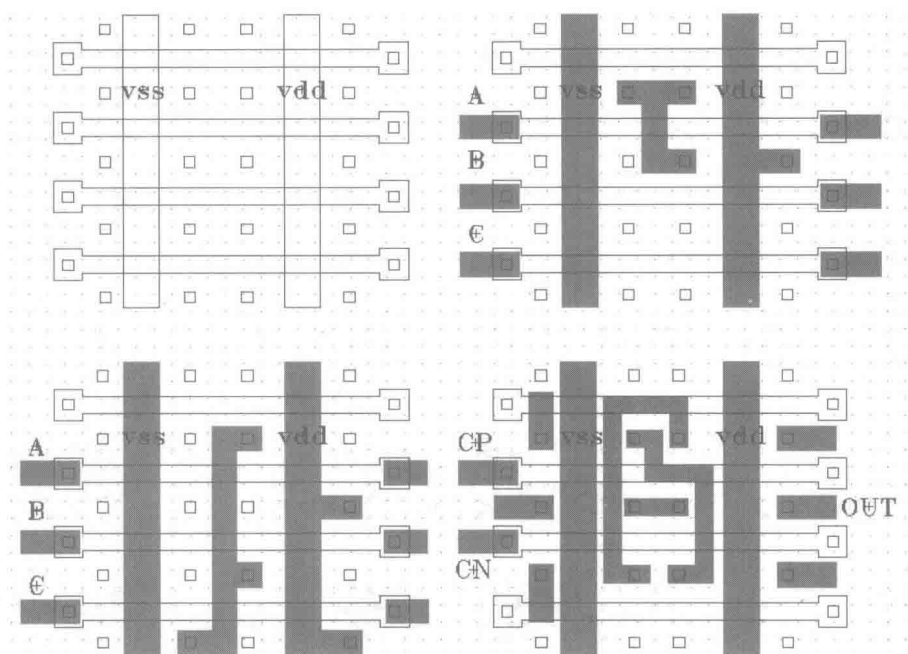


图 1.8 标准门阵列完成集成电路设计

数字集成电路设计中也可以通过逻辑设计辅以 FPGA 芯片，这样能够做到基本上不涉及版图问题，所有元器件、布线都是有固定标准并制备好的。而半定制集成电路设计一般只需要考虑版图中的布线问题。而全定制集成电路设计就需要考虑元器件的设计、放置，功能电路的布局，以及综合布线问题等诸多方面。

项目2

集成电路版图设计原理 及版图识别

项目任务书				
项目名称及编号		二、集成电路版图设计原理及版图识别		
序号	分解子任务名称	任务目标	任务要求	任务完成方法
1	集成电路设计一般流程	了解集成电路设计流程	能画出大致设计流程图	讲授
2	集成电路设计特点	掌握集成电路设计的特点	能理解集成电路设计与其他专业课程的关系	讲授
3	集成电路版图层次识别	初步形成集成电路版图的概念	能分辨版图各个工艺层次	讲授、举例、练习
4	集成电路实物版图识别	对实物芯片版图形成初步印象	能够说出实物图中不同图形区域所代表的层次结构	参照图片实例练习



2.1 集成电路设计的一般流程

集成电路设计流程如图 2.1 所示。

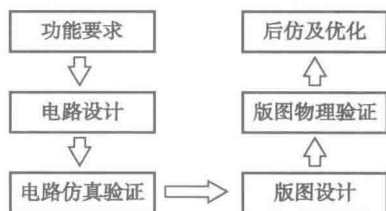


图 2.1 集成电路设计流程

集成电路设计的主要内容包括两大块：一是电路设计及验证仿真，二是版图设计及验证。当使用者按照需要对产品提出性能要求时，设计者首先需要考虑按照客户的要求设计电路来完成相应的功能，当电路设计完成之后还需要对电路进行仿真，以查看所设计的电路是否达到设计要求、有没有设计问题、各种参数是否复合规范等。在此基础上再对电路进行改善和优化，最终达到设计要求。集成电路设计的最大特点是除了电路设计之外，还需要根据电路进行版图设计。在电路设计、验证完成之后，就是进行版图设计了。版图设计有严格的规范，这些规范主要是由制造生产的芯片制造厂商根据工厂的实际生产能力提供。在版图设计过程中，要严格按照规范来设计，否则设计的产品就无法进行流片生产。在版图设计完成后也要进行验证仿真来检查设计的版图是否复合规范，是否能够正确地反映出设计的电路。由于集成电路制作是一种平面工艺，电路中会有很多寄生的元器件，电路及版图都设计完成之后，还要对寄生参数进行测试和优化才能够真正完成集成电路的设计工作。从电路到实物芯片如图 2.2 所示。

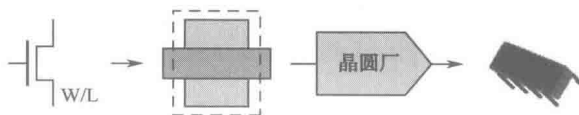


图 2.2 从电路到实物芯片

2.2 集成电路设计的特点

集成电路设计不同于普通电路设计的最大特点是有版图设计。那么什么是集成电路版图呢？版图就是一组相互套合的图形，各层版图对应于不同的工艺步骤，每一层版图用不同的图案来表示。版图与所采用的制备工艺紧密相关。如果说集成电路制造工艺关心的是芯片纵向剖面结构，那么版图关注的则是芯片的平面图形。

版图设计就是按照线路的要求和一定的工艺参数，设计出元件的图形并进行排列互连，以设计出一套供 IC 制造工艺中使用的光刻掩膜版的图形，称为版图或工艺复合图。版