



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

数字电子技术基础

第二版

哈尔滨工业大学电子学教研室 编

主 编 杨春玲 王淑娟

副主编 刘贵栋 齐 明 吕 超

高等教育出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

数字电子技术基础

第二版

哈尔滨工业大学电子学教研室 编

主 编 杨春玲 王淑娟

副主编 刘贵栋 齐 明 吕 超

高等教育出版社·北京

内容简介

本书为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材,在保证基础的前提下,重点介绍了中小规模数字集成电路及大规模数字集成电路的结构、原理、外特性及最新数字电路设计方法。设计方法包括自底向上的基本设计方法和最前沿的电子设计自动化设计方法。教材理论和实践并重,通过学习可以掌握“根据设计要求—开展设计—实际制作—实验调试—修改设计—最终形成满足设计要求的数字电路产品”的数字电路设计全过程。

全书共分 11 章,分别是绪论、数制和码制、逻辑代数基础、门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、半导体存储器及可编程逻辑器件、脉冲产生及变换电路、数模与模数转换器、实用电子电路设计及附录部分的 Quartus II 软件、ISE 软件的使用方法等。

本书可与哈尔滨工业大学王淑娟教授等主编的《模拟电子技术基础》配套使用,作为高等院校电气类、自动化类、电子信息类、仪器类、机电类各专业数字电子技术基础课程的教材,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术基础 / 杨春玲,王淑娟主编;哈尔滨工业大学电子学教研室编.--2 版.--北京:高等教育出版社,2017.7

ISBN 978-7-04-047891-4

I. ①数… II. ①杨… ②王… ③哈… III. ①数字电路-电子技术-高等学校-教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 130884 号

策划编辑 平庆庆	责任编辑 韩 颖	封面设计 张 楠	版式设计 王艳红
插图绘制 杜晓丹	责任校对 殷 然	责任印制 耿 轩	

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京鑫海金澳胶印有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 28.25
字 数 650 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2011 年 6 月第 1 版
2017 年 7 月第 2 版
印 次 2017 年 7 月第 1 次印刷
定 价 52.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换

版权所有 侵权必究

物 料 号 47891-00



杨春玲

女, 1965 年生, 博士, 电气工程学科教授、博士生导师, 现任哈工大电子学教研室主任, 黑龙江省教学名师奖获得者, 电子设计自动化课程教学带头人, 东北地区高校 EDA/SOPC 技术研究会理事长、东北地区高校电子技术研究会理事, IEEE 会员, 中国电子学会高级会员, 东北地区研究生电子设计竞赛主任委员, 中国研究生电子设计竞赛评委。

2008 年获宝钢优秀教师奖, 获国家教学成果一等奖 1 项、二等奖 2 项, 获省教学成果一等奖 1 项、二等奖 2 项; 主编教材 6 本, 其中国家“十一五”规划教材 2 本, “十二五”国家级规划教材 1 本; 担任教材副主编 2 本, 其中国家“十五”规划教材 1 本; 发表教学研究论文 17 篇, CSSCI 检索 1 篇; 主要从事大规模集成电路设计、信号检测与处理、高精度数字仪器仪表设计及图像处理方向研究工作, 作为负责人完成或在研的科研项目包括国家自然科学基金 2 项、国家 863 创新基金 3 项; 发表学术论文 68 篇, 其中 SCI 检索 11 篇; 授权国家发明专利 6 项; 获省科技进步三等奖 1 项、省自然科学二等奖 1 项。

前 言

《数字电子技术基础》(第二版)是在原书的基础上修订而成。“数字电子技术基础”课程的达成目标应该包括数字电子器件及最新数字电路设计方法,编者根据这一目标对教材进行了全面的修订。数字器件包括中小规模数字器件及大规模集成数字器件,大规模数字集成电路包括存储器及可编程逻辑器件(PLD);设计方法包括自底向上的基本设计方法和最前沿的电子设计自动化(EDA)设计方法。目前工业应用的数字电子器件几乎都由大规模集成电路可编程逻辑器件实现,其相应的设计方法为自顶向下设计方法,在保证基础的前提下,应该加大 EDA 技术的介绍。另外该课程的特点是实践性强,教材在实践性教学方面应该有所体现。为此本书介绍了“根据设计要求—开展设计—实际制作—实验调试—修改设计—最终形成满足设计要求的数字电路产品”的数字电路设计流程。该教材被列为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

一、对体系结构进行了较大调整,将原书的“可编程逻辑器件”中的可编程逻辑器件发展与结构合并到第 8 章半导体存储器中,将其中的“可编程逻辑器件开发环境及设计流程”放到了第 1 章;将原书“Verilog 硬件描述语言实例”的内容按照描述电路的不同分到了第 5 章组合逻辑电路、第 6 章触发器、第 7 章时序逻辑电路中。取消了“可编程逻辑器件”和“Verilog 硬件描述语言实例”两章。将原来的十三章整合成了十一章。

将“可编程逻辑器件开发环境及设计流程”放到第 1 章,这样学生在学习完第 5 章组合逻辑电路后,就可以使用可编程逻辑器件实验板,按照附录中给出的编程软件操作流程完成所学逻辑电路的 Verilog 语言实例验证。一是有助于理解逻辑电路的功能,二是将最前沿的 EDA 设计方法贯穿整个课程学习过程。将“可编程逻辑器件”与“半导体存储器”两章进行了合并,因为可编程逻辑器件是从存储器发展而来,EPROM、EEPROM 属于组合型可编程逻辑器件。

二、增加了一些集成电路的内部结构,如显示译码器、集成同步加法计数器、集成异步加法计数器、逐次逼近型 A/D 转换器等,有助于理解这些电路的功能,便于学生自学。

三、对原书第 7 章时序逻辑电路顺序做了较大的调整,按照内容衔接的紧密程度安排。如将寄存器及移位寄存器型计数器放到了一节中。增加了状态机设计及时序逻辑电路自启动设计。复杂时序逻辑电路在用可编程逻辑器件实现时一般都抽象成状态机描述,易于采用 Verilog 语言编程,因此在时序逻辑电路设计中增加了状态机设计。

四、最后一章实用电子电路设计,给出设计流程,增加了器件的封装简介,介绍了从工程实践中总结出的印制电路板及抗干扰设计。

五、在附录中增加了 Xilinx ISE 软件的使用方法及 Xilinx BASYS2 开发板引脚分配表。学生按照附录中 Altera 和 Xilinx 公司的编程套件步骤操作,可以快速掌握国内外两大 PLD 器件公司

产品的基本设计方法。

《数字电子技术基础》(第二版)知识点间衔接更加紧密,可读性更强。本书由北京交通大学娄淑琴教授审阅。她仔细地阅读了书稿,指出了错误和不太妥之处,并提出了详细的修改意见。在此对娄淑琴教授的帮助和支持致以衷心的感谢!参加本书修订工作的有杨春玲、王淑娟、刘贵栋、齐明、吕超、陶隽源、朱敏、张岩、张刚、于泳、徐乐、康磊。杨春玲负责全书的统稿工作。

由于我们的能力和水平有限,修订后的书中定有错误和不妥之处,恳请读者给予批评指正。作者邮箱:yangcl1@hit.edu.cn。

编者

2017年3月于哈尔滨工业大学

第一版前言

《数字电子技术基础》是根据教育部“数字电子技术基础”课程教学基本要求编写而成,被评为“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材。

编者在总结哈尔滨工业大学“电子技术基础”国家级精品课程教学改革和课程建设经验的基础上,根据学科发展趋势,对教学内容进行了优化、整合和更新,突出了新器件、新技术的应用。教材内容主要包括:绪论、数制和码制、逻辑代数基础、门电路、组合逻辑电路、触发器、时序逻辑电路、半导体存储器、可编程逻辑器件、Verilog 硬件描述语言实例、脉冲产生及变换电路、数模与模数转换器和实用数字电路设计。该教材具体特点如下:

1. 体系完整,特色鲜明。教材淡化了内部电路的分析和计算,重点介绍器件的外部特性及其应用;每章内容以问题的形式在引言中提出,引导学生进行探究式学习,培养学生自主学习能力和创新思维能力;每章小结对引言中的问题给予了较精炼的解答。

2. 注重基础性。全书对基本概念、基本原理和基本分析方法的阐述清晰透彻、深入浅出。内容编排遵循由简单到复杂、循序渐进的原则,遵循“先器件后电路、先基础后应用”的规律。教材层次分明、重点突出,使学生能够对基础知识牢固掌握、灵活运用。

3. 突出工程性和实践性。新增总线缓冲器、D 锁存器及其在数据总线中的应用;新增无源晶体和有源晶振及其应用电路;新增数字电路常见问题的解决方法,例如门电路多余端的处理、门电路的电源去耦、自动复位电路及开关去抖电路等。

4. 突出先进性。精简和优化了经典的数字电子技术知识,增加了现代数字电子技术知识的比重,使教材反映学科发展的前沿技术和最新研究成果。通过绪论的电子设计自动化(EDA)技术及硬件描述语言 HDL 简介、第 9 章可编程逻辑器件、第 10 章 Verilog 硬件描述语言实例及附录中可编程逻辑器件编程软件 Quartus II 的学习,学生可全面地掌握电子设计自动化的设计方法;新增常用半导体存储器 EEPROM 2864A、Flash Memory 29LV020、SRAM 61LV25616 及其应用;新增双口随机存储器 DPRAM、先进先出存储器 FIFO 和铁电存储器 FRAM 介绍;新增流水线型 A/D 转换器 AD9224 及其应用。

5. 教材最后一章为实用数字电路设计。首先介绍数字电路的设计流程,然后结合数字电路设计实例(数字温度计、数字频率计和数字电容测试仪)阐述数字电路设计过程,其中包括电路设计、仿真分析、印制电路板制作、电路调试、实验数据测试等。将各章内容部分体现在几个能完成某种功能的电路中,提高学生的系统意识和工程意识。

6. 教材各章均安排了适量的例题、自我检测和习题,帮助学生理解数字电子技术重点难点问题。例题、自我检测和习题难度层次分明、题型多样、内容丰富、联系实际,具有启发性、灵活性

和实践性。第 13 章习题选择了一些开放性题目,没有标准答案,可作为学生课程论文命题,激发学生的创造性思维。

本书适于作为高等院校电气信息类、机电类、仪器仪表类专业数字电子技术基础课程的教材,也可作为工程技术人员的参考书。

本书由浙江大学王小海教授审阅。他仔细地阅读了书稿,指出了错误和不妥之处,并提出了详细的修改意见。在此对王小海教授的帮助和支持致以衷心的感谢!参加本书编写工作的有杨春玲、王淑娟、蔡惟铮、刘贵栋、齐明、吕超、陶隽源、王立欣、于泳、杨荣峰、朱敏、徐乐和刘英。全书由杨春玲和王淑娟任主编,刘贵栋、齐明和吕超任副主编。全书在蔡惟铮教授指导下完成。

教材编写力求条理清晰,语言准确,文字简洁,图表规范。由于我们的能力和水平有限,书中定有不妥之处,恳请读者给予批评指正。编者 E-mail:yangcl1@hit.edu.cn。

编者于哈尔滨工业大学

2011 年 5 月

本书中的文字符号及其说明

一、电压符号

u_i	输入电平
U_{IH}	输入高电平
U_{IL}	输入低电平
U_{IHMIN}	输入高电平最小值
U_{ILMAX}	输入低电平最大值
u_o	输出电平
U_{OH}	输出高电平
U_{OL}	输出低电平
U_{OHMIN}	输出高电平最小值
U_{OLMAX}	输出低电平最大值
U_T	阈值电压
U_{off}	关门电平
U_{on}	开门电平
U_{NH}	高电平噪声容限
U_{NL}	低电平噪声容限
V_{CC}	电源电压
V_{DD}	电源正极
V_{SS}	地
U_{CES}	晶体管的饱和压降
U_{GS}	MOS 管栅源电压

二、电流符号

i_i	输入电流
I_{IL}	低电平输入电流
I_{IH}	高电平输入电流
I_{ILMAX}	输入低电平电流最大值
I_{IHMAX}	输入高电平电流最大值
i_o	输出电流

I_{OL}	低电平输出电流
I_{OH}	高电平输出电流
I_{OHMAX}	输出高电平电流的最大值
I_{OLMAX}	输出低电平电流的最大值
I_{CCL}	输出低电平电源电流
I_{CCH}	输出高电平电源电流
I_{CS}	临界饱和集电极电流
I_{BS}	临界饱和基极电流
I_B	基极电流
I_S	输入短路电流
I_R	反向漏电流

三、脉冲参数符号

t_{PHL}	输出电压从高电平变化到低电平相对于输入电压变化的延迟时间
t_{PLH}	输出电压从低电平变化到高电平相对于输入电压变化的延迟时间
t_{pd}	平均延迟时间
t_{set}	建立时间
t_h	保持时间
f_{CPMAX}	最高时钟频率

四、功率符号

P_D	静态功耗
-------	------

五、电阻、电容符号

R_{off}	关门电阻
R_{on}	开门电阻
R_p	上拉电阻

R_L 负载电阻
 R_{DS} MOS 管导通时的沟道电阻

六、器件及参数符号

BJT 双极晶体管
 MOS 单极晶体管
 PMOS P 型 MOS
 NMOS N 型 MOS
 CMOS 互补对称式 MOS
 VD 二极管
 VT 多发射极晶体管
 R 电阻
 MUX 数据选择器
 TSG 三态门

N_O 扇出系数

七、其他符号

$\overline{OE}$ 使能信号
 DIR 方向控制端
 $\times$ 或 Φ 约束项
 $\bar{R}_d$ 复位端
 $\bar{S}_d$ 置位端
 $Q(t_n)$ 或 Q^n 原状态或现态
 $Q(t_{n+1})$ 或 Q^{n+1} 新状态或次态
 RCO 进位信号
 $\overline{CR}$ 清零信号

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》,其为人将承担相应的民事责任和行政责任;构成犯罪的,将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序,保护读者的合法权益,避免读者误用盗版书造成不良后果,我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为,希望及时举报,本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010)58581999 58582371 58582488

反盗版举报传真 (010)82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务与版权管理部

邮政编码 100120

目 录

第 1 章 绪论	1	3.3 逻辑代数的基本定理和基本规则	29
1.1 引言	1	3.3.1 基本定理	29
1.2 数字电路及其常用芯片	1	3.3.2 基本规则	31
1.2.1 数字电路与模拟电路	1	3.4 逻辑函数的代数化简法	32
1.2.2 数字集成芯片	2	3.5 逻辑函数的卡诺图化简法	33
1.2.3 集成电路的封装	3	3.5.1 最小项与最大项	33
1.3 电子设计自动化技术简介	5	3.5.2 用卡诺图表示逻辑函数	35
1.4 可编程逻辑器件开发环境及设计流程	7	3.5.3 卡诺图化简法	37
1.5 数字电子技术基础课程	9	3.6 具有无关项的逻辑函数的化简	40
1.5.1 课程内容	9	本章小结	41
1.5.2 课程学习方法	11	自我检测	41
第 2 章 数制和码制	12	习题	45
2.1 引言	12	第 4 章 门电路	47
2.2 几种常用的数制	12	4.1 引言	47
2.3 不同数制间的相互转换	14	4.2 半导体二极管门电路	47
2.3.1 十进制与其他进制间的相互转换	14	4.3 TTL 门电路	49
2.3.2 二进制与十六进制间的转换	16	4.3.1 双极晶体管的开关特性	49
2.3.3 二进制与八进制间的转换	16	4.3.2 标准 TTL 与非门	50
2.4 二进制数的算术运算	17	4.3.3 其他系列 TTL 门	59
2.4.1 二进制数的基本运算	17	4.3.4 TTL 集电极开路门	61
2.4.2 二进制数的原码、补码和反码	18	4.3.5 TTL 三态门	64
2.5 几种常用的编码	19	4.4 CMOS 门电路	66
本章小结	22	4.4.1 MOS 管的开关电路	66
自我检测	22	4.4.2 CMOS 反相器	66
习题	23	4.4.3 CMOS 与非门和或非门	68
第 3 章 逻辑代数基础	25	4.4.4 CMOS 传输门	71
3.1 引言	25	4.4.5 多路模拟开关	73
3.2 逻辑运算	25	4.4.6 CMOS 门电路的参数	75
3.2.1 基本逻辑运算	25	4.4.7 CMOS 门电路与 TTL 门电路的 比较	77
3.2.2 组合逻辑运算	27	* 4.5 ECL 门电路	78
3.2.3 逻辑运算定律	29	4.6 门电路使用中的注意事项	80

4.7 三态 8 位总线缓冲器	80	5.10.3 4 选 1 数据选择器的 Verilog HDL 实现	147
本章小结	82	5.10.4 4 位加法器的 Verilog HDL 实现	155
自我检测	83	5.10.5 七段数码管显示译码器的 Verilog HDL 实现	157
习题	84	本章小结	159
第 5 章 组合逻辑电路	89	自我检测	160
5.1 引言	89	习题	165
5.2 组合逻辑电路的特点和功能描述	89	第 6 章 触发器	171
5.3 组合逻辑电路的分析与设计	90	6.1 引言	171
5.3.1 组合逻辑电路的分析	90	6.2 基本 RS 触发器	171
5.3.2 逻辑函数的变换	94	6.2.1 与非门构成的基本 RS 触发器	171
5.3.3 组合逻辑电路的设计	96	6.2.2 或非门构成的基本 RS 触发器	174
5.4 加法器	100	6.3 时钟触发器	174
5.4.1 1 位二进制加法电路	100	6.3.1 时钟 RS 触发器	174
5.4.2 集成 4 位加法器	103	6.3.2 D 触发器	176
5.5 编码器	105	6.3.3 JK 触发器	178
5.5.1 二进制编码器	106	6.3.4 T 触发器	180
5.5.2 优先编码器	108	6.3.5 T' 触发器	181
5.5.3 集成优先编码器	109	6.3.6 不同功能触发器的转换	181
5.6 译码器	111	6.3.7 触发器的动态特性	182
5.6.1 二进制译码器	112	6.4 8 位 D 锁存器和触发器	184
5.6.2 代码转换译码器	118	6.5 D 触发器的 Verilog 语言描述	188
5.6.3 显示译码器	120	本章小结	191
5.7 数据选择器	128	自我检测	192
5.7.1 数据选择器的结构原理	128	习题	195
5.7.2 数据选择器的应用	131	第 7 章 时序逻辑电路	199
5.8 数码比较器	134	7.1 引言	199
5.8.1 比较单元电路	135	7.2 时序逻辑电路的特点和功能描述	199
5.8.2 4 位二进制码比较器	135	7.3 时序逻辑电路的分析	200
5.8.3 数码比较器的应用	137	7.3.1 同步时序逻辑电路的分析	200
5.9 竞争与冒险	138	7.3.2 异步时序逻辑电路的分析	205
5.9.1 基本概念	138	7.4 计数器	207
5.9.2 竞争冒险的判别	139	7.4.1 同步加法计数器	207
5.9.3 竞争冒险的消除	140	7.4.2 异步加法计数器	216
5.10 组合逻辑电路的 Verilog HDL 实现	140	7.4.3 集成加/减计数器	222
5.10.1 逻辑电路的 Verilog HDL 描述方式	140	7.5 同步时序逻辑电路的设计	227
5.10.2 2 选 1 数据选择器的 Verilog HDL 实现	141	7.6 寄存器及移位寄存器型计数器	234

7.6.1 数码寄存器	234	本章小结	308
7.6.2 移位寄存器	235	自我检测	310
7.6.3 移位寄存器型计数器	240	习题	311
7.6.4 最大长度移位寄存器型计数器	245	第 9 章 脉冲产生及变换电路	313
7.7 顺序脉冲发生器	247	9.1 引言	313
7.8 序列脉冲发生器	249	9.2 矩形脉冲的主要参数	313
7.9 时序逻辑电路的 Verilog HDL 实现	251	9.3 施密特触发器	314
7.9.1 4 位二进制加法计数器	251	9.3.1 用门电路构成的施密特触发器	314
7.9.2 同步置数、同步清零加法计数器	253	9.3.2 施密特触发器的应用	316
7.9.3 异步清零计数器	255	9.3.3 集成施密特触发器	316
7.9.4 扭环型计数器	256	9.4 集成单稳态触发器	319
7.9.5 状态机	258	9.4.1 集成单稳态触发器的逻辑功能	320
本章小结	266	9.4.2 集成单稳态触发器的应用	322
自我检测	267	9.5 多谐振荡器	323
习题	270	9.5.1 用施密特触发器构成的多谐振荡器	323
第 8 章 半导体存储器及可编程逻辑器件	276	9.5.2 石英晶体振荡器	324
8.1 引言	276	9.6 555 定时器及其应用	327
8.2 只读存储器 ROM	277	9.6.1 555 定时器	327
8.2.1 ROM 的结构与工作原理	277	9.6.2 用 555 定时器构成的单稳态触发器	329
8.2.2 ROM 的分类	279	9.6.3 用 555 定时器构成的多谐振荡器	332
8.2.3 ROM 芯片	282	9.6.4 用 555 定时器构成的施密特触发器	335
8.2.4 ROM 的应用	284	9.6.5 用 555 定时器构成的压控振荡器	336
8.3 随机存储器 RAM	287	本章小结	337
8.3.1 RAM 的基本结构	287	自我检测	337
8.3.2 RAM 的基本存储单元	287	习题	339
8.3.3 RAM 芯片	289	第 10 章 数模与模数转换器	342
8.3.4 部分特殊 RAM	290	10.1 引言	342
8.4 半导体存储器容量的扩展	293	10.2 数模与模数转换器的基本概念	342
8.5 可编程逻辑器件	294	10.3 D/A 转换器	343
8.5.1 可编程逻辑器件的发展	294	10.3.1 倒 T 型电阻解码网络的 D/A 转换器	343
8.5.2 可编程逻辑器件的结构	296	10.3.2 集成 D/A 转换器 AD7524	345
8.5.3 传统的电子设计与可编程逻辑器件设计比较	301	10.3.3 D/A 转换器的转换精度与转换速率	347
* 8.6 Altera 公司可编程逻辑器件的编程和配置	304	10.3.4 由计数器驱动 D/A 转换器的	
8.6.1 CPLD 的在线编程	305		
8.6.2 FPGA 的配置	305		

Multisim 仿真	348	11.3.3 电源与接地系统的设计	377
10.4 A/D 转换器	349	11.3.4 去耦电容的设计	380
10.4.1 A/D 转换的基本原理	349	11.3.5 高速电路的抗干扰设计	381
10.4.2 并行比较型 A/D 转换器	351	11.4 若干常用数字电路	382
10.4.3 逐次逼近型 A/D 转换器	353	11.4.1 自动复位电路	382
10.4.4 双积分型 A/D 转换器	356	11.4.2 开关去抖电路	383
10.4.5 流水线型 A/D 转换器	359	11.4.3 光电耦合电路	386
10.4.6 A/D 转换器的转换精度与 转换速率	363	11.5 数字温度计	386
10.4.7 A/D 转换器的 Multisim 仿真	364	11.6 数字频率计	387
* 10.5 多路数据采集系统简介	366	11.7 数字电容测试仪	390
本章小结	367	本章小结	392
自我检测	367	习题	393
习题	368	附录一 Quartus II 软件的使用方法	394
第 11 章 实用电子电路设计	372	附录二 DE2 实验板主要引脚连线 对应表	407
11.1 引言	372	附录三 Xilinx ISE 软件的使用方法	410
11.2 电子电路设计流程	372	附录四 BASYS2 开发板引脚分配表	433
11.3 印制电路板及电路的抗干扰设计	373	中英文名词对照表	434
11.3.1 印制电路板设计的一般原则	374	参考文献	437
11.3.2 多层印制电路板的抗干扰设计	376		

第1章 绪 论

1.1 引 言

电子技术是研究电子器件和电子电路工作原理及其应用的一门科学技术。电子产品已进入了人们日常生活的方方面面。电子产品可能由模拟电路构成,也可能由数字电路构成,还有可能由模数混合电路构成。本章首先介绍数字电路及其常用芯片,然后概述电子设计自动化技术,最后阐述数字电子技术基础课程内容和学习方法。

本章主要讨论如下问题:

- (1) 数字电路有哪些特点?
- (2) 数字电路常用芯片如何分类?
- (3) 常用的硬件描述语言有哪些? 各具有什么特点?
- (4) 可编程逻辑器件的设计流程是什么?
- (5) 如何学习数字电子技术基础课程?

1.2 数字电路及其常用芯片

1.2.1 数字电路与模拟电路

电子电路中的信号分为模拟信号与数字信号。模拟信号是指随时间连续变化的信号。数字信号是指随时间断续变化的信号。一般来说,数字信号在两个稳定状态之间阶跃式变化,通常用0和1表示,或用电压的“高”和“低”来表示。模拟信号和数字信号之间可以相互转换。

处理模拟信号电子电路称为模拟电路,处理数字信号电子电路称为数字电路(也称逻辑电路)。目前已能在一个芯片上集成数以亿计的晶体管。CPU正以单个芯片上集成的晶体管数量每一年半或两年翻一番的惊人速度发展。与模拟电路相比,数字电路具有如下特点:

(1) 在数字电路中晶体管工作在开关状态(饱和区或截止区),电路的抗干扰能力强,可靠性高。而在模拟电路中晶体管工作在放大区,其输出易受温度、电源电压、元件老化等因素的影响。

(2) 数字电路易于设计。数字电路设计是逻辑设计,对设计人员的数学基础要求不高。而模拟电路设计要求对模型进行计算,才能理解和认识电路的内部特性和工作原理。

(3) 数字电路易于集成,成本低,体积小。数字电路的集成度一般高于模拟电路。

(4) 数字电路具有可编程性。可以采用计算机语言对某些数字电路进行编程设计,实现相应的逻辑功能。

1.2.2 数字集成芯片

数字电路的常用芯片有3种:标准芯片、可编程逻辑器件和定制芯片。

1. 标准芯片

将一些常用逻辑功能电路制造成芯片,它们在功能和规格上均符合公认的标准,称为标准芯片,属于小规模集成电路SSIC。设计者选择能完成某种功能的芯片并确定其连接方式,设计出所需功能的电路。

20世纪80年代以前,通常选用标准芯片设计逻辑电路。然而,随着集成电路技术的飞速发展,功能很少的标准芯片逐步被可编程逻辑器件(programmable logic devices,PLD)所代替。

2. 可编程逻辑器件

可编程逻辑器件是一种大规模集成电路,通过对器件内部的编程来改变器件的逻辑功能。在使用前其内部是“空的”,采用一定的方式对其编程,可将其配置成特定的逻辑功能。可编程逻辑器件的逻辑功能可反复修改。设计者最初设计的是产品的原型,在此后的硬件测试运行过程中,可以发现问题,并通过可编程逻辑器件再编程,进行设计修正,或在原设计中加入新的功能对产品进行升级。可编程逻辑器件可以用来实现典型标准芯片无法实现的复杂大型逻辑电路。可编程逻辑器件也称为半定制芯片,可编程逻辑器件的出现使得产品设计变得容易。Altera公司生产的可编程逻辑器件Cyclone II如图1.2.1所示。



图 1.2.1 Altera 公司的可编程逻辑器件 Cyclone II

3. 定制芯片

定制芯片出厂时功能已经确定,是专为特殊应用所生产的,有时也称为专用集成电路芯片(application specific integrated circuit,ASIC)。定制芯片最大的优点在于可以针对特定任务做最优化设计,因此常常能够达到更高的性能,而且定制芯片中有可能比其他类型芯片集成更多的逻辑电路。虽然这种芯片的生产成本很高,但是如果批量大,将成本分摊至每个芯片,则每个芯片的成本降低。此外,ASIC可以将多个芯片集成到一个芯片上,使产品体积缩小,从而降低成本。

制造定制芯片周期长,需要数月才能完成。相比之下,使用可编程逻辑器件,用户可以对其编程,降低设计风险,缩短产品的生产周期。