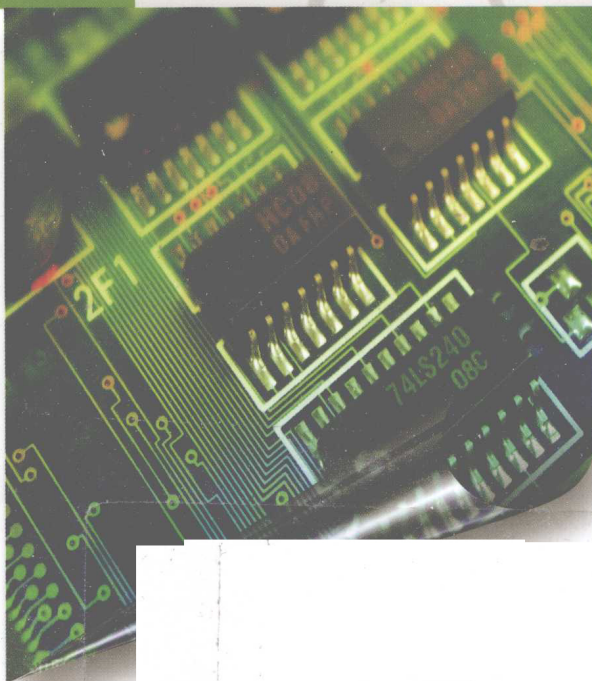




普通高校电子信息与通信类规划教材



现代数字电路与系统 综合实训教程

XIANDAI SHUZI DIANLU YU XITONG

ZONGHE SHIXUN JIAOCHENG

主 编 于 卫

副主编 周德芳 王茂祥



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

普通高校电子信息与通信类规划教材

现代数字电路与系统 综合实训教程

主 编 于 卫
副主编 周德芳 王茂祥

北京邮电大学出版社
· 北 京 ·

内 容 简 介

本书是根据电子信息、通信和电气自动化类专业为培养创新性和实践性人才的要求而编写的。以数字电路和系统的设计与可编程逻辑器件应用为主线,以培养大学生的应用能力为宗旨,着力提高大学生的设计和应用数字电路的技能、可编程逻辑器件的实际应用水平。全书分3部分,共7章。第1部分为第1~2章,介绍了数字电路实验的理论基础、注意事项和应用工具;第2部分为第3~5章,包括数字电路硬件实验、用原理图编程的软件实验和用VHDL语言编程的软件实验,旨在培养学生的基本实践技能;第3部分为第6~7章,安排了综合设计和工程训练内容,旨在培养学生的数字电路与系统设计和实现的提高性技能,也是学生将来进行工程项目开发的基础。

本套教程内容全面、丰富、通俗易懂、实践实用性强,书中列举了大量的应用实例。将自上而下层次化设计思想引入到数字系统设计中,数字电路与系统的顶层用原理图设计来取代以往用VHDL语言设计,使学生更加容易接受,这也是本教程的一大特色。可作为电子信息、通信、电气自动化等专业的学生数字实验和综合训练教材,也可作为测控、机电一体化、机械等专业的学生参考实践教材;既适合于本科,又适合于专科以及高职高专类学生使用,还可以供从事数字电路和系统开发与应用的广大教师和工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

现代数字电路与系统综合实训教程/于卫主编. --北京:北京邮电大学出版社,2010.8

ISBN 978-7-5635-2051-0

I. ①现… II. ①于… III. ①数字集成电路—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TN431.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第133107号

书 名: 现代数字电路与系统综合实训教程
主 编: 于 卫
责任编辑: 付兆华
出版发行: 北京邮电大学出版社
社 址: 北京市海淀区西土城路10号(邮编:100876)
发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578
E-mail: publish@bupt.edu.cn
经 销: 各地新华书店
印 刷: 北京源海印刷有限责任公司
开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张: 17.5
字 数: 436 千字
印 数: 1—3 000 册
版 次: 2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5635-2051-0

定 价: 32.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

前 言

科技创新是大学生最重要的素质。一个具有创新能力的大学生,必须具有创新的理论知识基础和创新的工程技术能力,这样才能敏锐地发现问题,准确地分析问题,有效地解决问题。因此全面实施以培养开拓创新能力和实践动手能力为核心的素质教育是当前高等工科院校实验教学改革的重要目标,也是培养适应现代科学技术发展和 21 世纪社会需求的复合性人才的重要举措。目前实验教学在工科专业教学体系中的地位正愈来愈得到应有的重视,实验教学和理论教学已经成为培养学生创新能力相辅相成的两个重要方面。

经过几年的努力,数字电子技术基础课程的理论课教学改革和教材建设取得很大的进展,但实验改革和教材的建设相对滞后,没有比较系统的、完整的、强调故障分析、体现创新能力和动手能力训练的综合实践教材,学生只是按照一本简单的实验讲义或指导书规定的实验步骤去做,收效甚少。实验室是培养大学生技术创新能力和实践动手能力的重要基地,实践性环节的教学就是通过培养学生的实验技能和动手能力,达到培养他们技术创新能力的目的。目前各工科院校正致力于实验教学改革和实施开放实验教学,目的在于促使学生进一步重视实验教学,培养创新和实践动手等各方面的能力,确保实验教学效果。为此,我们以极大的热情尝试编写这本教材,希望该教材的出版有助于全面推进实验教学改革。

一、本教材的定位

我们对新的实验教学体系进行了层次化设计,将整个实验分为 4 个层次,即基础实验层、综合设计层、课外科技活动层和电子产品开发层。

本教材定位于第一、二、三 3 个层次,即基础实验层、综合设计层和课外科技活动层,实践能力的培养分基础实验、综合设计和工程训练三大块基础环节。适宜于数字电子技术基础课程独立设课和开放实验教学。通过该课程的实验教学,使学生掌握基本的实验技能,提高运用理论知识分析和解决实际问题的能力,培养科学的工作方法和严谨的工作作风。

二、本教材特点和意图

(1) 介绍常用电子元器件和电子仪器使用,让学生掌握其基本应用。

(2) 以设计性实验和搭接硬件电路为主,提高学生的设计、创新和动手的能力。

(3) 将现代电子设计自动化技术(Electronic Design Automation, EDA)引入实验和设计,要求学生掌握 Multisim 2001 仿真软件、MAX + PLUS II、Quartus 编程软件和 Protel 99SE 绘图软件的使用,全面培养学生借助于计算机分析和设计数字电路系统、工程绘图、开发电子产品的综合能力。

(4) 增加分析、启发、设计和思路上的提示,提高学生运用理论知识解决实践问题的能力。

(5) 减少验证性实验,增加设计性和综合性实验,尽量做到因材施教,层次培养。

(6) 层次化设计时,最顶层用原理图实现,这对于学习线路的人来说,是比较容易的,省

去了编长段 VHDL 语言程序的麻烦,用顶层原理图表达复杂的数字电路和系统更加简明、通俗易懂。

为实现上述意图,我们对数字电子技术实验课程内容进行了适当的整合,在保留了原数字电子技术课程基本内容的基础上,加入了数字在系统可编程技术的实验内容和以数字在系统可编程技术为基础的综合设计和工程训练,同时我们还自主研发了电子设计应用开发系统(专利号:200820040093.0),给学生提供一个实验和综合实训的研究平台。

本书共分 7 章,第 1 章介绍数字电子技术实验的基本知识;第 2 章介绍可编程逻辑器件、编程软件和 VHDL 语言的使用;第 3 章为基础实验,以设计性实验为主;第 4~5 章为数字编程实验;第 6 章为综合设计与设计选题;第 7 章为工程训练。分 3 个层次开展实践教学。

在本书编写过程中,得到了广大同仁的许多帮助。扬州大学胡学龙教授,蔡钧、郑洁、杨义军、孙妍、印国成、蒋步军、江丽莉、宁进喜、来长宝、汤正兰等教师给予了关心和指导,在此表示衷心的感谢。

由于时间的限制和作者水平有限,书中不妥之处,敬请广大读者给予批评、指正,深表感谢。

作 者

目 录

第 1 章 基础知识	1
1.1 现代数字电路的设计方法	1
1.2 现代数字电路的实现手段	3
1.2.1 可编程逻辑器件的发展历程	3
1.2.2 PLD 分类	4
1.3 数字电路实验须知	4
1.3.1 数字电路实验目的	5
1.3.2 数字电路实验形式	5
1.3.3 数字电路实验方法	5
1.4 数字电路实验过程	6
1.4.1 实验准备阶段	6
1.4.2 实验操作阶段	6
1.4.3 实验总结阶段	7
1.5 数字电路实验系统	7
1.6 数字集成电路使用规则	8
1.7 集成电路接线技巧	9
第 2 章 EDA 实训基础	10
2.1 可编程逻辑器件简介	10
2.1.1 可编程逻辑器件的组成	10
2.1.2 现场可编程门阵列(FPGA)	12
2.1.3 系统可编程技术(ISP)	14
2.2 MAX+PLUS II 开发软件简介	15
2.2.1 MAX+PLUS II 开发软件的使用方法	15
2.2.2 MAX+PLUS II 开发软件的设计方法	16
2.3 VHDL 语言简介	17
2.3.1 VHDL 语言基本概况	17
2.3.2 VHDL 语言的结构组成	18
2.3.3 VHDL 语言编写注意事项	21

第 3 章 数字电子技术基础实验	22
实验 1 三态门与 OC 门的应用	22
实验 2 SSI 组合电路应用和冒险现象观察	28
实验 3 MSI 组合功能件的应用	31
实验 4 集成触发器测试与应用	35
实验 5 MSI 时序功能件的应用	39
实验 6 脉冲信号产生电路	44
实验 7 随机存取存储器的应用	49
实验 8 555 定时器及其应用	53
实验 9 D/A 转换器及其应用	58
实验 10 A/D 转换器及其应用	62
第 4 章 原理图编程实验	70
实验 1 常用组合电路编程一	70
实验 2 常用组合电路编程二	73
实验 3 常用时序电路编程一	75
实验 4 常用时序电路编程二	78
实验 5 序列信号发生器	80
第 5 章 VHDL 语言编程实验	83
实验 1 组合逻辑设计一	83
实验 2 组合逻辑设计二	87
实验 3 时序逻辑设计一	90
实验 4 时序逻辑设计二	95
实验 5 状态机设计	98
第 6 章 综合设计与设计选题	111
6.1 综合设计	111
综合设计 1 FIR 数字滤波器设计	111
综合设计 2 微波炉控制器设计	119
综合设计 3 自动抄表器设计	127
综合设计 4 可控多波形发生器设计	132
综合设计 5 基于 CPLD 的信息显示系统的设计	147
综合设计 6 出租车计价系统的设计	152
综合设计 7 现代交通灯控制系统的设计	158
综合设计 8 乒乓球游戏机电路的设计	165

6.2 设计选题	169
设计选题 1 多模式步进电机控制系统设计	169
设计选题 2 拔河游戏机电路设计	170
设计选题 3 洗衣机控制器	170
设计选题 4 电子密码锁	175
设计选题 5 脉冲按键电话按键显示器	177
设计选题 6 乘法器	178
设计选题 7 自动售邮票机	179
第 7 章 工程训练	181
7.1 概 述	181
7.1.1 工程训练的目的和要求	181
7.1.2 工程训练的基本程序	181
7.1.3 工程训练的基本方法	182
7.1.4 总结报告要求	182
7.1.5 工程训练课题的实现手段	182
7.2 印制电路板简介	183
7.2.1 印制电路板的基本概念	183
7.2.2 印制电路板的分类和材料	184
7.2.3 印制电路板的设计	185
7.2.4 印刷板的制作	188
7.3 焊接技术与电子装配工艺	189
7.3.1 电烙铁	189
7.3.2 焊料、助焊剂	190
7.3.3 对焊接的要求	191
7.3.4 印制电路板的焊接工艺	192
7.3.5 电子装配工艺基础	193
7.3.6 整机产品的检测	195
7.4 实习作品设计与制作	197
作品 1 数字电子闹钟设计	197
作品 2 无线遥控八路智能抢答器	210
作品 3 足球游戏机控制电路	216
作品 4 数控直流稳压稳流电源	220
作品 5 数字频率计	223
附录 1 Multisim 2001 仿真软件应用简介	228
附录 2 Protel 99 SE 绘图软件应用简介	233
附录 3 Quartus II 开发软件应用简介	241

附录 4 常用集成电路管脚图	247
附录 5 电子设计应用开发系统介绍	252
附录 6 数字电路实践性教学的规范和监管体系	264
附录 7 数字电路实验理论考核自测题	266
附录 8 数字电路实验操作考核自测题	270
参考文献.....	271

第 1 章 基础知识

1.1 现代数字电路的设计方法

自 20 世纪 60 年代集成电路诞生以来,数字系统的实现方法经历了由分立元件、小规模集成电路 (SSI)、中规模集成电路 (MSI) 到大规模集成电路 (LSI) 的发展过程,目前已进入了超大规模的集成电路 (VLSI)、甚大规模集成电路 (ULSI) 以及大规模可编程集成电路阶段。

随着微电子技术、计算机技术和半导体工艺技术的发展,出现了电子设计自动化技术 (Electronic Design Automation, EDA) 和大规模可编程集成电路,从此改变了设计者的设计思路。传统的硬件电路设计方法是采用自下而上的设计方法,即根据系统对硬件的要求,详细编制技术规格书并画出系统控制流图,然后根据技术规格书和系统控制流图对系统的功能进行细化,合理地划分功能模块并画出系统的功能框图,接着进行各功能模块的细化和电路设计;各功能模块电路设计、调试完成后,将各功能模块的硬件电路连接起来再进行系统的调试,最后完成整个系统的硬件设计。采用传统方法设计数字系统,特别是当电路系统非常庞大时,设计者必须具备较好的设计经验,而且繁杂多样的原理图的阅读和修改也给设计者带来诸多的不便。由此可见,自下而上的设计方法是一种低效率性、低可靠性、费时费力且成本高昂的设计方法。

现代电路与系统的设计思想是一种自上而下或自顶向下 (TDP-DOWN) 的模块化设计思路。自上而下就是先着眼于整个系统的功能,并按系统的要求,把系统分割成若干个子系统,再把每个子系统划分成若干个功能模块,以标准或常用的基本单元去实现功能模块。从上到下,每一步都可控制、可发现错误、可修改、可进行不同层次的仿真,处理过程都由软件自动完成。它可以在所有级别上对硬件设计进行说明、建模和仿真测试。由此可见,自顶向下的设计方法是一种高效率性、高稳定性、易修改、易查找故障及可以进行系统仿真的设计方法。

现代数字系统的实现是以各种系列的可编程器件为载体,以各种功能强大的编程平台或开发软件为工具进行的。可编程器件包括可编程逻辑器件、可编程模拟器件、可编程数字开关及互联器件等。可编程逻辑器件是用来实现数字电路及系统的功能,是构成 ASIC 的基本单元,而 ASIC 的设计及实现必须借助 EDA 技术。ASIC 的改进对 EDA 工具提出更高的要求,从而促进了 EDA 技术的发展。当今,自顶向下的设计方法已经是 EDA 技术的首选设计方法,是 ASIC 及 FPGA 开发的主要设计手段。

高速集成电路硬件描述语言的自顶向下的设计流程,如图 1.1 所示。

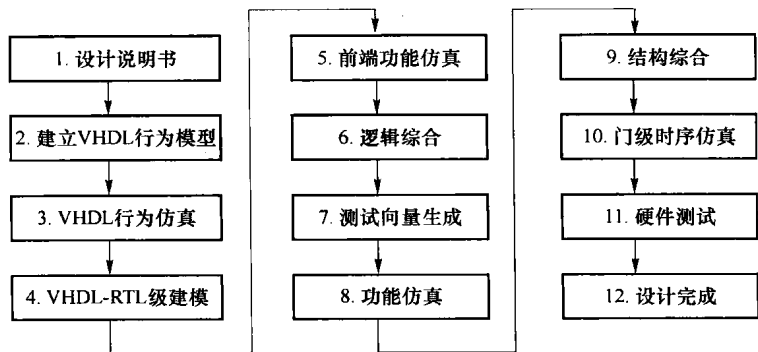


图 1.1 自顶向下的设计流程

采用自顶向下方法的优点如下。

① 自顶向下设计方法是一种模块设计方法。对设计的描述从上到下逐步由粗略到精细,符合常规的逻辑思维习惯。

② 由于高层设计同器件无关,可以完全独立于目标器件结构,因此在设计的最初阶段,设计可以不受芯片结构的约束,集中精力对产品进行最适用市场需求的设计,从而避免了传统设计方法中的再设计风险,缩短了产品的上市周期。

③ 由于系统采用硬件描述语言进行设计,可以完全独立于目标器件的结构,因此设计易于在各种集成电路工艺或可编程器件之间移植。

④ 适合多个设计者同时进行设计。现在随着设计的不断进步,许多设计由一个设计者已无法完成,必须经过多个设计者分工协作完成一项设计的情况越来越多。在这种情况下应用自顶向下设计方法便于由多个设计者同时进行设计,对设计任务进行合理分配,用系统工程的方法对设计进行管理。

针对具体的设计,实施自顶向下设计方法的形成会有所不同,但均须遵循两条原则:逐层分解功能和分层次进行设计。

目前,EDA 技术的发展使得设计师有可能实现真正的自顶向下的设计。其指导思想是:从整个系统的功能出发,按一定的原则将系统分为若干子系统,再将每个子系统分为若干功能模块,然后将每个模块分成若干较小的模块,层层分解,直至分成许多基本模块,这样就将整个系统的设计转化为一个个基本模块的设计。只要将一个个基本模块设计好,再层层往上推,就能将原来复杂的系统设计好,从而简化了设计的难度,如图 1.2 所示。

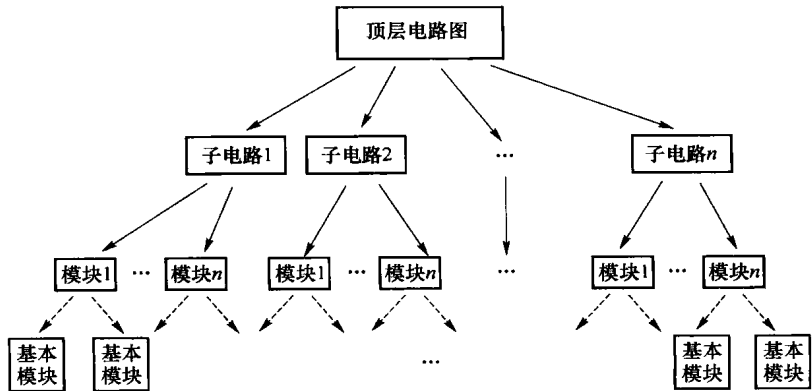


图 1.2 层次化设计结构图

自顶向下设计方法的步骤如图 1.3 所示。

复杂的数字逻辑电路和系统的层次化、结构化设计隐含着对系统硬件设计方案的逐次分解。在设计过程中的任意层次,至少需要有一种形式来描述硬件。硬件的描述,特别是行为描述通常称为行为建模。在集成电路设计的每一层次,硬件可以分为一些模块,该层次的硬件结构由这些模块的互连描述,该层次的硬件行为由这些模块的行为描述,这些模块称为该层次的基本单元。该层次的基本单元由下一层次的基本单元互连而成。在不同的层次都可以进行仿真以对设计思想进行验证。EDA 工具提供了有效的手段来管理错综复杂的层次,可以很方便地查看某一层次中某模块的源代码或电路图以改正仿真时发现的错误。

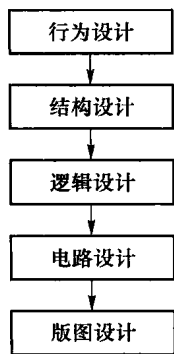


图 1.3 自顶向下设计方法的步骤

在不同的层次做具体模块的设计,所用的方法也有所不同。在高层次上往往编写一些行为级的模块通过仿真加以验证,其主要目的是系统性能的总体考虑和各模块的指标分配,并非具体电路的实现,因而综合及其以后的步骤往往不需进行。而当设计的层次比较接近底层时,行为描述往往需要用电路逻辑来实现。这时的模块不仅需要通过仿真加以验证,还需要进行综合、优化、布线和后仿真。总之具体电路是从底向上逐步实现的。EDA 工具往往不仅支持 HDL 描述,也支持电路图输入,有效地利用这两种方法是提高设计效率的途径之一。可以看出,模块设计流程主要由如下两大主要功能部分组成。

① 设计开发:编写设计文件→综合到布局布线→投片生产,这样一系列步骤。

② 设计验证:进行各种仿真的一系列步骤,如果在仿真过程中发现问题,则返回设计输入进行修改,从而优化、映象和布局布线。

1.2 现代数字电路的实现手段

目前现代数字电路系统普遍通过可编程逻辑器件(Programmable Logic Device, PLD)实现。PLD 是 20 世纪 70 年代发展起来的一种新的集成器件。它可由用户根据自己的要求构造逻辑功能的数字集成电路。用户利用计算机辅助设计,即用原理图或硬件描述语言(HDL)等方法来表示设计思想,经过编译和仿真生成相应的目标文件,再由编程器或下载电缆将设计文件配置到目标器件中。PLD 编程能满足用户对专用集成电路的要求,同时还可以利用 PLD 的可编程能力随时修改器件的逻辑。通过软件来实现电路的逻辑功能,无须改变硬件电路。与中小规模通用型集成电路相比,用 PLD 实现数字系统有集成度高、保密性好、速度快、功耗小、可靠性高等优点;与大规模专用集成电路相比,用 PLD 实现数字系统具有研究周期短、先期投资少、无风险、修改逻辑设计方便的优势。

1.2.1 可编程逻辑器件的发展历程

- ① 20 世纪 70 年代,熔丝编程的 PROM 和 PLA 是最早的可编程逻辑器件;
- ② 20 世纪 70 年代末,AMD 公司对 PLA 进行了改进,推出了 PAL 器件;
- ③ 20 世纪 80 年代初,Lattice 公司发明电可擦写的、比 PAL 使用更灵活的 GAL 器件;

④ 20 世纪 80 年代中期,Xilinx 公司提出“现场可编程”概念,同时生产出了世界上第一片 FPGA;

⑤ 20 世纪 80 年代末,Lattice 公司推出“在系统可编程技术”,并且推出了以系列具备在系统可编程能力的 CPLD 器件;

⑥ 进入 20 世纪 90 年代后,可编程集成电路技术进入飞速发展时期,器件的可用逻辑门数超过了几百万门,并出现了内嵌复杂功能模块(如加法器、乘法器、RAM、CPU 核、DSP 核,PLL 等)的 SoPC(System on Programmable Chip)。

1.2.2 PLD 分类

目前生产 PLD 的厂家主要有 Altera、Lattice、Xilinx、Actel 等公司。按其结构的复杂程度和性能的不同,PLD 一般可分为 SPLD、CPLD、FPGA 及 ISP 器件 4 种。

1. 简单可编程逻辑器件(SPLD)

简单可编程逻辑器件(Simple Programmable Logic Device,SPLD)是可编程逻辑器件的早期产品。最早出现在 20 世纪 70 年代,主要是可编程只读存储器(PROM)、可编程逻辑阵列(PLA)、可编程阵列逻辑(PAL)及通用阵列逻辑(GAL)器件等。

2. 复杂可编程逻辑器件(CPLD)

复杂可编程逻辑器件(Complex Programmable Logic Device,CPLD)出现在 20 世纪 80 年代末期。其结构不同于早期 SPLD 的逻辑门编程,而是采用基于乘积项技术和 EEPROM(或 Flash)工艺的逻辑块编程,不但能实现各种时序逻辑控制,更适合做复杂的组合逻辑电路,如 Altera 公司 MAX 系列,Lattice 公司的大部分产品,Xilinx 公司的 XC9500 系列等。

3. 现场可编程门阵列(FPGA)

现场可编程门阵列(Field Programmable Gate Array,FPGA)也是由美国 Xilinx 公司率先开发的一种通用型用户可编程器件,FPGA 与 SPLD 和 CPLD 的结构完全不同,它不包括与门和或门,目前应用最多的 FPGA,是采用对基于查找表技术和 SRAM 工艺的逻辑块编程来实现所需要的逻辑功能的。同 SPLD 相比,它的逻辑块的密度更高,设计更灵活,多用于大规模的逻辑设计。

4. 在系统可编程技术(ISP)

在系统可编程技术是 20 世纪 90 年代新发明的重要 EDA 技术,它的优点在于:

- ① 器件可先安装在目标电路板上,然后再编程;
- ② 可方便的反复编程,无须专门的擦除;
- ③ 无需编程器,直接用计算机对目标芯片进行编程;
- ④ 100%可编程,如果发现错误,可以重新编程。

由于该可编程逻辑器件可以容纳非常复杂的电路,因此用户目标电路板上采用了此芯片,极大地简化了电路结构,提高了电路的可靠性,延长了电路的使用寿命;同时使电路板的体积功耗减小、重量减轻,为设计人员把设想转为现实提供了极大的方便,是一项非常重要又实用的技术。

1.3 数字电路实验须知

数字电路课程是理论知识范围广泛且实践性很强的课程,必须加强实践性教学环节,通

过实践环节既能加深对理论知识的理解,又能培养实践技能。必须充分地认识到该课程理论和实验教学具有启发性、兴趣性和实用性的特点。通过实验,既要验证数字电路设计的正确性和实用性,又要从中发现新问题,形成新思路,产生新设想,激发人们研究新原理、开发新器件、设计新数字电路的兴趣。门电路和触发器是基本电路,要掌握各种门电路和触发器的使用,学会应用门电路和触发器设计各类数字电路;掌握数字选择器、编码器、译码器、全加器、比较器、计数器和寄存器等中规模重要功能部件的应用;了解如存储器、可编程逻辑器件等大规模集成电路器件的使用。

由于高校普遍实行学分制,学生选课的时间不同,使得整班学生很难有统一的空闲时间,因此,固定时间安排整班学生上实验课越来越不符合现实,这就必须顺应形势,实行开放式实验,在时间、内容、形式、范围等方面全面开放,这是各类高等院校以及高职高专院校实行层次化教学、因材施教培养高素质人才的战略需要。

1.3.1 数字电路实验目的

- (1) 掌握常用数字集成电路逻辑功能的测试及应用;
- (2) 掌握数字电路设计的基本方法;
- (3) 了解数字电路与系统的实验系统构成;
- (4) 掌握数字电路与系统的实验方法;
- (5) 掌握电子仪器在数字领域中的应用;
- (6) 掌握数字电路的 EDA 仿真方法;
- (7) 提高应用理论知识解决实际问题的能力;
- (8) 提高实践动手能力和开拓创新能力。

1.3.2 数字电路实验形式

数字电路实验形式分为验证性、设计性、综合性、创新性几种。

(1) 验证性:给定电路及器件,搭接电路,测试其逻辑功能,验证和理论分析结果是否一致,如果一致,证明原电路图设计正确。

(2) 设计性:给定电路逻辑功能要求,设计电路、选择器件,拟订实验步骤,搭接电路,测试逻辑功能,看是否和预期的逻辑功能一致,如不一致,修改电路、更换器件,直到测量结果和预期的逻辑功能一致。

(3) 综合性:涉及多个知识点的应用型实验。

(4) 创新性:做从未开过设计和实验思路具有创意的实验。

为进一步提高学生的实践创新能力,高校应该多安排和鼓励开展设计性和综合性实验研究,鼓励学生按照自己的思路做一些创新性实验。

1.3.3 数字电路实验方法

(1) 硬件实验法(实物电路搭试)

用实物器件在面包板或印制电路板上安装、连接(焊接)好电路,然后测试其逻辑功能。

(2) 计算机软件仿真法(EDA 法)

仿真就是在计算机上建立系统的模型,然后进行调试分析或加进合适的测试信号对所

建模型进行测试,以验证系统是否和理论分析结果一致或是否符合预期的逻辑功能,如不符合,要分析原因,必要时修改电路结构和调换器件,直至测试结果和理论分析一致为止。

仿真应用了计算机运算速度快、存储容量大的特点,其优点是易掌握、设计速度快、无成本、可靠性高,在制作样机前就做到基本准确。

仿真法就是借助于计算机,应用 EDA 软件实现电子线路或电子产品的分析、设计、开发和制造过程。

仿真所用的 EDA 软件主要有 PSPICE、Multisim、MAX+PLUS II、FOUNDER、Quartus、Protel 99SE 等。现代电子产品设计过程为理论设计→仿真→制作样机,其中以仿真代替了硬件制作。

(3) 软硬件相结合的方法(编程法)

在编程软件环境下,通过对所设计的数字电路进行编程(原理图和硬件描述语言),将所设计的数字电路下载到可编程逻辑器件里,由可编程逻辑器件实现所希望的逻辑功能,这类软件有 MAX+PLUS II、FOUNDER、Quartus 等。也可以不通过可编程逻辑器件,在纯软件环境下对设计的电路进行仿真。

理论上讲,所有的数字电路都可以用上述 3 种方法开展实验研究,但为了培养学生的实践动手能力和分析原因进而排除故障的能力,建议以第 1 种和第 3 种实验方法为主。

1.4 数字电路实验过程

1.4.1 实验准备阶段

(1) 实验前,要求学生了解数字电路实验这门课程的实验目的、内容、要求、方法和注意事项;了解数字电路实验系统的构成;熟悉常用数字集成电路逻辑功能测试及使用规则;掌握数字电路设计及测试方法;掌握数字电路的故障分析及排除方法;掌握常用数字电子仪器的使用;了解实验报告要求和实验管理规定等。通过实验示例分析让学生熟悉具体的实验过程。

(2) 领回实验指导书和实验报告册,预习实验内容,观看实验教学 CAI 或 VCD,弄清实验目的、实验原理和内容要求。对验证性实验要求看懂电路,列出电子元器件清单,拟订出详细的实验步骤和所需实验仪器;对设计性实验要求设计好电路,选择好电子元器件,弄懂实验方法,拟订好实验步骤,包括实验电路的调试步骤及测试方法。拟订好测量仪器,设计好记录实验数据的表格,按要求写好预习报告。

1.4.2 实验操作阶段

学生按预约或规定时间凭实验预习报告和器材清单来做实验,一般 1 人 1 组独立实验,实验中遇到问题(包括仪器设备问题等)可以请指导老师指导。一般先搭好电路,经检查无误后再通电,实验中注意观察实验现象,记录好实验数据、波形和所用仪器,实验中如发现异常现象或实验结果不对,应当立刻断电,分析原因,排除故障后方可继续通电实验,实验完成后,经老师检查认可,填写运行记录并签字后,整理好实验器材,方可离开实验室。

实验时应注意以下几点:

- ① 观察电子器件外形,确保器件完好。
- ② 搭接电路并检查,确保接线正确,即线路无短路、断路、多线和少线等现象。
- ③ 测试电路逻辑功能,如不符合要求,应分析原因并予以解决,对于设计性实验,必要时还要检查电路设计和器件选择是否符合要求。
- ④ 如果怀疑某器件损坏,可将其拔下来测试其逻辑功能。一般来说,器件的逻辑功能正确,说明器件还可以继续使用。如果逻辑功能错误,说明器件不能用了,这时换上同型号好的器件后如果故障消除了,则进一步说明被怀疑的器件确实损坏了。
- ⑤ 通电情况下,不能拔、插电子器件,遇到故障现象认真分析原因予以排除,出现异常情况应立刻断电,确保实验中人身及财产的安全。
- ⑥ 实验中不要擅自搬动仪器设备,遇有故障仪器应报告指导老师,进行记录后再调整。

1.4.3 实验总结阶段

实验完毕,要写实验报告,把实验课程、名称、目的、原理、所用仪器、实验内容和方法及步骤写清楚,另外还有实验数据处理(表格、曲线)和实验结果分析、解答思考题等,规定时间内把实验报告交给指导老师或发送到指定的信箱。遇有实验理论、方法和技术问题可同指导老师探讨,还可对本门课程的实验项目设置、实验方法和途径提出创新性的合理化建议。

数字电路实验故障分析如下。

(1) 故障表现形式

故障表现形式主要有①无结果;②结果错误;③出现意想不到的错误等。

(2) 故障原因

故障原因主要有电路原理图不正确、接线不正确、器件使用不当或已损坏、系统没有接好、仪器使用错误、测试方法不对,等等。

(3) 故障排除

故障排除的顺序一般是①检查电路图和接线是否正确;②检查器件是否工作或是否已损坏(检测功能、替代法);③检查仪器使用是否正确(包括所用的实验箱有无问题);④检查测试方法对不对。

1.5 数字电路实验系统

数字实验系统如图1.4所示。各组成部分及作用如下。

- ① 直流电源:为数字电路和系统提供能源。
- ② 电平产生电路:为数字电路和系统提供高、低电平输入信号。
- ③ 单次脉冲电路:为数字电路和系统提供单次脉冲输入信号。
- ④ 连续脉冲电路:为数字电路和系统提供连续脉冲输入信号。
- ⑤ 电平检测电路:检测数字电路和系统的输出电平。
- ⑥ 脉冲示波器:显示数字电路和系统的输出波形。
- ⑦ 逻辑分析仪:显示数字电路和系统的多路输出波形。
- ⑧ 万用表:检测电路中各点的电平信号,检修电路。

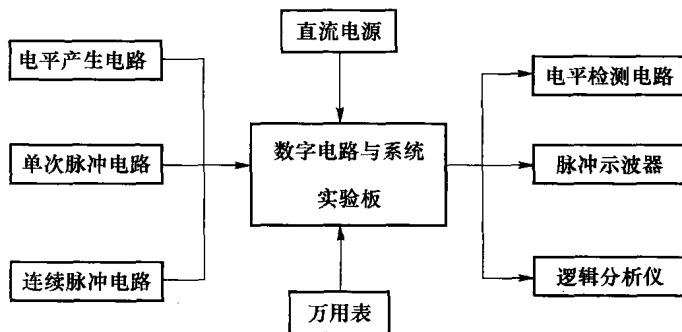


图 1.4 数字实验系统

数字实验系统的逻辑功能测试分静态测试和动态测试。所谓静态测试是指从输入端输入高、低电平,检测输出高、低电平,看输出和输入的逻辑关系是否正确,对组合电路就是检测输出和输入之间的逻辑关系是否与真值表一致。组合电路必须进行静态测试。所谓动态测试是指从输入端输入连续脉冲信号(如果电路中有控制输入端,也是加静态高、低电平),通过输出的电平或波形来检查输出和输入之间的逻辑关系是否一致。对时序电路就是检测输出状态的转换关系是否正确、输出波形的时序关系是否正确。时序电路必须进行动态测试。

1.6 数字集成电路使用规则

(1) 所有的数字集成电路在使用时必须接上电源。对 TTL 类集成电路,电源电压 $V_{cc}=+5\text{ V}$,电源电压波动不能超过 $\pm 5\%$ 。对 CMOS 类集成电路,电源电压 $V_{cc}=+3\sim 18\text{ V}$ 。

(2) 对 TTL 与非门不使用的输入端,可以直接接入电源,也可以悬空。但对中规模以上的集成电路,所有控制输入端必须按逻辑要求接入电路,不允许悬空。在通常的正逻辑系统中,该接高电平的可以直接接 $+5\text{ V}$,该接低电平的可以直接接地。

(3) TTL 电路输入端通过电阻接地,当 $R < 700\ \Omega$ 时,输入端相当于逻辑“0”;当 $R > 2.5\text{ k}\Omega$ 时,输入端相当于逻辑“1”。TTL 门电平输入电平示意图如图 1.5 所示。

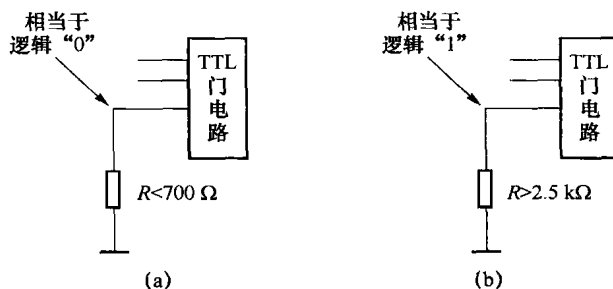


图 1.5 TTL 门电平输入电平

(4) 普通数字集成电路的输出端不允许连在一起,但 OC 门和三态门的输出端可以连在一起。

(5) 三态门是可以具有 3 个输出状态的门,逻辑“0”态、“1”态、“Z”态通常器件输出只有 2 个状态,即逻辑“0”和逻辑“1”。