



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
(五年制) 高等职业教育电子信息类教学用书

21世纪高职高专系列规划教材

电子技术综合实训

主 编 张存礼 韩爱娟

副主编 王永祥 孔繁瑞



北京师范大学出版社

出版说明

随着我国经济建设的发展,社会对技术型应用人才的需求日趋紧迫,这也促进了我国职业教育的迅猛发展,我国职业教育已经进入了平稳、持续、有序地发展阶段。为了适应社会对技术型应用人才的需求和职业教育的发展,教育部对职业教育进行了卓有成效的改革,职业教育与成人教育司、高等教育司分别颁布了调整后的中等职业教育、高等职业教育专业设置目录,为职业学校专业设置提供了依据。教育部连同其他五部委共同确定数控技术应用、计算机应用与软件技术、汽车运用与维修、护理等四个专业领域为紧缺人才培养专业,选择了上千家高职、中职学校和企业作为示范培养单位,拨出专款进行扶持,力争培养一批具有较高实践能力的紧缺人才。

职业教育的快速发展,也为职业教材的出版发行迎来了新的春天和新的挑战。教材出版发行为职业教育的发展服务,必须体现新的理念、新的要求,进行必要的改革。为此,在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司、北京师范大学等的大力支持下,北京师范大学出版社在全国范围内筹建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”,集全国各地上百位专家、教授于一体,对中等职业、高等职业文化基础课、专业基础课、专业课教材的改革与出版工作进行深入地研究与指导。2004年8月,“全国职业教育教材改革与出版领导小组”召开了“全国有特色高职教材改革研讨会”,来自全国20多个省、市、区的近百位高职院校的院校长、系主任、教研室主任和一线骨干教师参加了此次会议。围绕如何编写出版好适应新形势发展的高等职业教育教材,与会代表进行了热烈的研讨,为新一轮教材的出版献计献策。这次会议共组织高职教材50余种,包括文化基础课、电工电子、数控、计算机教材。其特点如下:

1. 紧紧围绕教育改革,适应新的教学要求。教育部等六部委联合发文确定紧缺型人才培养战略,并明确提出了高等职业教育将从3年制逐渐向2年制过渡。过渡时期具有新的教学要求,这批教材是在教育部的指导下,针对过渡时期教学的特点,以2年制为基础,兼顾3年制,以“实用、够用”为度,淡化理论,注重实践,消减过时、用不上的知识,内容体系更趋合理

2. 教材配套齐全。将逐步完善各类专业课、专业基础课、文化基础课教

材,所出版的教材都配有电子教案,部分教材配有电子课件和实验、习题指导。

3.教材编写力求语言通俗简练,讲解深入浅出,使学生在理解的基础上学习,不囫圇吞枣,死记硬背。

4.教材配有大量的例题、习题、实训,通过例题讲解、习题练习、实验实训,加强学生对理论的理解以及动手能力的培养。

5.反映行业新的发展,教材编写注重吸收新知识、新技术、新工艺。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一,有着近20年的职业教育出版历史,具有丰富的编辑出版经验。这批高职教材是针对2/3年制编写的,同时也向教育部申报了“2004—2007年职业教育教材开发编写规划”,部分教材通过教育部审核,被列入职业教育与成人教育司5年制高职推荐教材。我们还将开发电子信息类的通信、机电、电气、计算机等其他专业,以及工商管理、财会等方面教材,希望广大师生积极选用。

教材建设是一项任重道远的工作,需要教师、专家、学校、出版社、教育行政部门的共同努力才能逐步获得发展。我们衷心希望更多的学校、更多的专家加入到我们的教材改革出版工作中来,北京师范大学出版社职业与成人教育事业部全体人员也将备加努力,为职业教育的改革与发展服务。

全国职业教育教材改革与出版领导小组
北京师范大学出版社

参加教材编写的单位名单

(排名不分先后)

沈阳工程学院
山东劳动职业技术学院
济宁职业技术学院
辽宁省交通高等专科学校
浙江机电职业技术学院
杭州职业技术学院
西安科技大学电子信息学院
西安科技大学机械学院
天津渤海职业技术学院
天津渤海集团公司教育中心
连云港职业技术学院
景德镇高等专科学校
徐州工业职业技术学院
广州大学科技贸易技术学院
江西信息应用职业技术学院
浙江商业职业技术学院
内蒙古电子信息职业技术学院
济源职业技术学院
河南科技学院
苏州经贸职业技术学院
浙江工商职业技术学院
温州大学
四川工商职业技术学院

常州轻工职业技术学院
河北工业职业技术学院
太原理工大学轻纺学院
浙江交通职业技术学院
保定职业技术学院
绵阳职业技术学院
北岳职业技术学院
天津职业大学
北京轻工职工职业技术学院
石家庄信息工程职业学院
襄樊职业技术学院
九江职业技术学院
青岛远洋船员学院
无锡科技职业学院
广东白云职业技术学院
三峡大学职业技术学院
西安欧亚学院实验中心
天津机电职业技术学院
漯河职业技术学院
济南市高级技工学校
沈阳职业技术学院
江西新余高等专科学校

前 言

当今世界已进入信息时代,以计算机技术、现代控制技术、电子和通信技术为代表的新技术正在迅速渗透到各个领域,作为新技术的基石《电子技术》的教育越来越受到社会的关注和重视。我国的高等职业教育的根本任务是培养适应我国经济发展的高等技术应用型人才,所以,高等职业教育在对电子、电气、计算机、机电一体化等高等技术应用型专业人才的培养过程中,对学生进行电子技术的综合实际训练,使他们获得工程技术人员所必需的电子技术工艺和实践的基本知识与技能,已成为必不可少的教学环节。为适应高等职业技术教育的发展,教材也必须与之相适应。为此,作者将多年高职教育的经验、积累和收集的资料整理汇编,在北京师范大学出版社的组织下,编写成了本教材。

作为实训教材,本书力求适合高职的特点,做到实用性、通用性和先进性相结合,可供各类高职高专以及各类专科院校选用,也可作为电子、电气、计算机、机电一体化等领域求学者的参考书。

本书分上下两篇。上篇以职业能力培养为主线,编写了电子技术综合实训所必备的基本知识,主要内容包括:数字电子电路设计的任务和方法、模拟电子电路设计的任务和方法、常用电子元件的识别与检测、印制电路板的制作与焊接安装技术、电子线路的一般调试方法和故障诊断、综合实训说明书的撰写、EWB 仿真软件简介。各章都尽量考虑了高职教育的特点,在内容的选取上尽量保证实用性、成效性、知识的系统性,旨在使学生在较短的时间内掌握较多的知识与技能。下篇是综合实训举例,其中大多是作者多年的教学实践中指导学生作过的课题。课题的选取尽量做到了多样性、对学生所学知识针对性和综合性、实用性和先进性,既有实际的制作,又有计算机仿真,还有采用现场可编程逻辑阵列(FPGA)芯片通过硬件描述语言(VHDL)编程实现的设计,每个课题后还附有相关的练习题,供学生实训时选用。

本书由山东济宁职业技术学院张存礼、浙江机电职业技术学院韩爱娟任主编,广州大学科技贸易技术学院王永祥、辽宁交通高等专科学校孔繁瑞任副主编。张存礼负责全书的统稿工作,并编写了绪论、第一章、第三章、第四章、课题一、课题二;韩爱娟老师编写了第六章、课题八、课题十三、课题十四;王永祥老师编写了第七章;孔繁瑞老师编写了第五章、课题十、课题十一、课题十二;山东济宁职业技术学院骆永纪老师编写了课题六、课题七;浙江机电职业技术学院王芳老师编写了第二章、课题九;广州大学科技贸易技术学院侯继红老师编写了课题三、课题四、课题五。在编写的过程中,济宁职业技术学院的刘利斌老师、刘庆刚老师、袁卫华老师提出了许多宝贵意见,得到了济宁职业技术学院分管教学的院领导和机电系领导的关心和支持,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2005 年 4 月

目录

上篇 综合实训基础

绪论	(1)	第一节 无源元件的识别与检测	(26)
第一章 数字电子电路设计的任务和方法	(4)	第二节 半导体元件的识别与检测	(34)
第一节 数字电子电路设计的主要任务	(4)	习题与思考题	(42)
第二节 组合逻辑电路的设计方法	(6)	第四章 印制电路板的制作与焊接安装技术	(43)
第三节 时序逻辑电路的设计方法	(9)	第一节 电子装置的布局原则	(43)
第四节 数字系统的设计方法	(10)	第二节 印制电路板的设计与制作	(45)
第五节 集成电路使用的注意事项	(12)	第三节 焊接技术	(51)
习题与思考题	(14)	第四节 元器件的装配工艺	(60)
第二章 模拟电子电路设计的任务和方法	(16)	习题与思考题	(66)
第一节 模拟电子电路设计的主要任务	(16)	第五章 电子线路的一般调试方法和故障诊断	(68)
第二节 多级放大电路的设计方法	(18)	第一节 电子电路调试方法	(68)
第三节 低频功率放大器的设计方法	(23)	第二节 模拟电子电路故障诊断	(73)
习题与思考题	(25)	第三节 数字电子电路故障诊断	(79)
第三章 常用电子元器件的识别与检测	(26)	习题与思考题	(82)
		第六章 综合实训说明书的	

撰写	(83)	第七章 EWB 仿真软件简介	(102)
第一节 国际常用电子图形符号	(83)	第一节 概述	(102)
第二节 国标电子电路图的绘制	(93)	第二节 EWB 基本操作	(108)
第三节 说明书的撰写规范	(100)	第三节 EWB 中仪器、仪表的使用	(111)
		第四节 EWB 电路仿真示例	(116)

下篇 综合实训举例

第八章 电子电路的综合实训

举例	(120)	设计	(161)
课题一 数字钟电路的设计与仿真	(120)	课题八 洗衣机数显程控器的设计	(168)
课题二 交通灯控制逻辑电路的设计	(128)	课题九 单放机读图与制作	(179)
课题三 流水线产品计数器电路的设计	(135)	课题十 集成化音频放大电路的设计	(185)
课题四 数控自动进给装置的设计	(140)	课题十一 音频信号发生器电路的设计	(191)
课题五 可编程逻辑函数信号发生器的设计	(148)	课题十二 串联型稳压电源电路的设计	(194)
课题六 双路防盗报警器的设计	(154)	课题十三 自动节能灯的设计与制作	(200)
课题七 电冰箱保护器的设计		课题十四 超外差收音机的读图与制作	(208)

绪 论

1. 电子技术综合实训的意义

电子技术综合实训是电子技术课不可缺少的重要教学环节。学习了电子技术基础课程并进行了基本实验之后,学生已经掌握了基本理论及实验技能,再专门安排一段时间让学生运用本课程所学知识,进行实际电子线路的设计、制作和仿真试验(调试)的训练,通过完成一个或几个课题的设计、制作和仿真实验调试任务,既可加深对电路知识的理解,又能培养实践技能,提高解决实际问题的能力。这种教学环节就是针对高等职业教育对人才培养要求而设立的综合训练。

电子技术综合实训具有综合性和实践性两个特点,实训任务多是实际的模拟电路或数字电路装置,它涉及的知识面广,需要综合运用本课程的知识。它一般没有唯一的、固定的答案,需要从实际出发,通过调查研究,查寻资料,方案比较及设计计算等环节,得出较好的设计方案。更重要的是,它不仅不能停留在理论设计和书面作业上,而且还要制作出符合设计要求的实际电路。这就需要通过实验调试或仿真试验,使设计逐步完善,达到实际要求。电子技术综合实训不同于一般的基础实验。基础实验的目的是验证基本理论和电路性能,学生通过这样的实验只能初步了解电路实验的步骤和基本方法,熟悉常用仪器设备的使用方法,却很难训练学生动手解决电路问题的能力。而电子技术综合实训正是为学生创造一个既动脑又动手,独立开展综合技能实际训练的机会。他们可以运用实验手段检验理论设计中的问题所在,又可运用学过的理论知识,指导实际电路的调试工作,使电路更加完善,从而使理论和实际有机地结合起来,锻炼分析解决电路问题的实际本领,真正实现由知识向技能的转化。通过这种综合训练,学生既可以初步掌握电路设计的基本方法,更能够提高动手组织实验的实际技能,培养他们的生产观、劳动观和全局观,为以后从事实际工作打下良好的基础。

2. 电子技术综合实训的条件

电子技术综合实训是理论和实践紧密结合的实践性教学,进行这一教学环节必须具备以下条件:

(1)学生应当学过模拟电路和数字电路课程,初步掌握电子线路的基本理论知识和单元电路的分析方法、设计方法。

(2)指导教师应当熟悉电子线路理论,还要有丰富的实践经验。并且要亲自做过所选课题的设计和实验仿真(调试)工作,掌握设计的重点和难点。

(3)应当备有完成设计、调试工作的基本实验条件,如有常用仪器、元件或仿真实验软件等。

3. 电子技术综合实训的要求

要组织好电子技术综合实训,使参加设计的同学有较大的收获,必须在教师精心指导下,由学生自己独立完成。依据电子技术综合实训基本目的,通过综合实训,使学生达到以下几点要求:

(1)能熟练运用仿真软件进行中等规模电路的设计和仿真。

(2)巩固和加深对电子线路基本知识的理解,提高学生综合运用本课程所学知识的能力。

(3)培养学生根据课题需要选学有关知识,查阅手册、图表和文献资料的自学能力。通过独立思考,深入钻研有关问题,学会自己分析解决问题的方法。

(4)通过实际电路方案的分析比较、设计计算、元件选取、仿真实验、安装调试等环节,初步掌握简单实用电路的分析方法和工程设计方法。

(5)掌握常用仪器设备的正确使用方法,学会简单电路的实验调试和整机指标测试方法,提高学生的动手能力。能在教师指导下,完成课题任务。

(6)了解与课题有关的电子线路以及元器件工程技术规范,能按电子技术综合实训的要求编写说明书,能正确反映综合实训成果,能正确绘制电路图。

(7)培养严肃认真的工作作风和科学态度。通过电子技术综合实训,帮助学生逐步建立正确的生产观点,经济观点和全局观点。

4. 电子技术综合实训的选题原则

电子技术综合实训课题选择得是否合适,直接关系到它的教学效果。必须认真而又慎重选择好电子技术综合实训的具体任务。本教材在选题中考虑到以下几个方面:

(1)课题首先要符合教学要求,使学生能够运用本课程所学的基本知识,进行基本技能方面的训练。

(2)课题的选取要具有综合性,要尽量覆盖学生在模拟电子技术和数字电子技术课程中所学过的知识。如果有些知识需要深化或扩展,应在实训过程中补充讲解,并且使学生能够理解和接受,贯彻“淡化理论,够用为度,重在实践”的原则。

(3)课题不宜过大。课题指标可从学生实际出发,做到难易适中,或因人而异,让不同程度的学生经过努力都能够完成任务,有所收获。

(4)课题内容应当尽可能反映电子技术的新水平,并且具有一定的实用价值。通过电子技术综合实训,不仅可以使学生熟悉新型电路和器件,而且成果实用,有利于激发学生设计的兴趣和热情。

5. 电子技术综合实训内容安排

(1)实训方式。本教材所选课题,可按照以下两种方式完成:

①实物组装调试实训。条件较好的学校如果仪器设备完备、元器件充足,可以进行实物组装调试实训,其优点是与生产实际结合紧密,在安装调试过程中可提高学生

的动手能力,锻炼他们用所学知识解决实际问题的能力,但其缺点是效率低、花费较高、易受客观条件的局限。

②软件仿真型实训。学生在进行了电路元件的焊接、调试、元件检测训练后,可选用电子工作台(EWB)等仿真实验软件完成电子技术综合实训课题。这样,虽然与实物制作相比有一定差距,但基本功能相差不大,调试过程基本一致,与实际制作训练相比,此方法具有不受客观条件限制、效率高、花费少等优点。EWB 电子工作台软件教学版是开放型版本,可免费使用,这无疑为广大电子爱好者和学生提供了免费、充足的实验器材,也为我们的电子技术综合实训提供了极大的方便。因此建议在电子技术综合实训前,了解仿真软件电子工作台(EWB)的使用方法,以便更好地进行实训教学。

(2)教学安排。在学完《电子技术》课程后,可安排两周的时间进行实训,具体安排可参考下面的实训教学安排表进行。

实训教学安排参考表

序号	教 学 内 容	时间(天)
1	印制电路板的制作、电子元件的检测、电子线路的焊接与安装技术实训。	4
2	老师向学生布置综合实训任务,并讲授必要的电路原理、电子线路的设计方法以及产品说明书的编写原则。	1
3	学生选择方案,查找资料,并进行计算,完成预设计。	4
4	在老师的指导下,由学生自己动手制作、安装、调试电路,并由老师验收。也可用 EWB 仿真软件在计算机上进行仿真。	3
5	学生对设计的全过程写出完整的总结报告。	2

上篇 综合实训基础

第一章 数字电子电路设计的任务和方法

目前,数字电路在自动控制、广播通讯和仪表测量等方面已经得到了极为广泛的应用,随着计算机的发展,其用途更加普遍。设计和制作具有各种功能的数字电路,已成为电子技术人员必需掌握的基本技能。本章运用电子技术基础课学过的知识,简要地介绍数字电路的设计任务,组合逻辑电路和时序逻辑电路常用的设计方法,数字电路系统的实际问题以及数字集成电路的使用方法,为学生进一步提高数字电子技术的实践技能奠定理论基础。

第一节 数字电子电路设计的主要任务

一、数字电路装置的组成

数字电路装置是运用数字电子技术实现某种功能的电路系统。从电路结构上看,它们是由一些单元数字电路组成,具体电路因装置的用途不同差别很大。但从系统功能看,各种数字电路装置的组成原理大致相同。图 1-1 是典型数字电路装置的原理方框图,可以看出它由四部分组成。

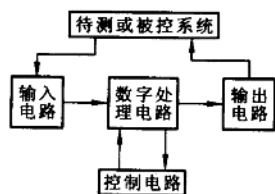


图 1-1 数字电路装置方框图

1. 输入电路

输入电路包括传感器、A/D 转换器和各种接口电路,主要功能是将待测或被控制的连续变化模拟量转换成数字量,以便数字电路加工或处理。

2. 控制电路

控制电路包括振荡器和各种控制门电路,主要功能是产生时钟信号和各种控制脉冲信号。它是全电路的神经中枢,控制系统各部分统一协调地工作。

3. 数字处理电路

数字处理电路包括存储器和各种运算电路,主要功能是加工和存储输入的数字信号和经过处理的结果,以便及时地把加工后的信号送给输出电路或控制电路。它是实现各种计数、控制功能的主体电路。

4. 输出电路

输出电路包括 D/A 转换器、驱动电路和各种执行机构,主要功能是将经过加工的数字信号转换成模拟信号,必要时再做适当的能量转换,驱动执行机构完成测量和控制任务。

以上四部分中,控制电路和数字处理电路是整个数字电路的核心环节,是《数字电子技术》的主要应用,也是数字电路设计的主要内容。

二、数字电路设计的主要任务

数字电路装置的设计过程通常包括三个步骤,即数字电路的逻辑设计、安装调试、制作出符合设计要求的数字电路装置。本章主要讲电路的逻辑设计部分,也称电路的预设计。

电路的预设计主要完成下面两个任务:

1. 数字电路的系统设计

根据数字电路装置的技术指标和给定的条件,选择整体电路方案。所谓整体方案就是按整机的功能要求,选定若干具有简单功能的单元电路,使其级联配合起来完成复杂的逻辑任务。

2. 单元电路的设计

根据单元电路的类型(组合电路还是时序电路)将其逻辑要求用真值表、状态表、状态图等表示出来,然后用公式法或图形法化简,求得最简的逻辑函数表达式,最后按表达式画出逻辑图。

由于许多功能的单元电路已经有厂家制成中、大规模集成器件批量生产,只要适当选取几个集成器件,就能实现某些专用的逻辑功能。所以,我们往往可以省去一些单元电路的设计工作,而集中考虑如何充分利用各种中、大规模集成器件,将其综合成为满足系统功能的数字电路装置。在采用中、大规模集成电路后,会大大减少使用器件的数目,提高电路的可靠性,降低装置的成本。因此,要求设计者要有一定的集成电路知识,熟悉各种集成器件的性能、特点和使用方法,能合理地选择总体方案,恰当地选用器件。然而,在没有合适的集成器件组成单元电路时,仍需采用逻辑电路的一般设计方法,由基本逻辑门电路和触发器组成单元电路。

三、数字电路设计的基本方法

完成数字电路的预设计的方法和步骤是:

1. 分析任务要求,确定总体方案

根据数字电路装置的总体功能,首先把一个较复杂的逻辑装置分解成为若干个较简单的元电路,明确各个单元的作用和任务,画出整机的原理方框图。每个方框不宜分得太小、太细,要便于选择不同的电路或器件,进行方案比较,同时也要便于单元之间的相互连接。但也不能太大、太笼统,使其功能过于繁杂,不便于选择单元电路。

2. 选择集成电路类型,确定单元电路形式

按照每个单元电路的逻辑功能,选择一些合适的集成器件完成所需的工作。由于器件类型和性能的不同,需要器件的数量和电路连接的形式也不一样。于是,就需要将不同的方案进行比较,选用性能可靠、使用器件少、成本低的方案。同时,也要考虑到元器件要便于维修替换、购置方便等实际问题。

在没有现成的逻辑单元集成器件可用时,就要按一般的逻辑电路设计方法进行设计。设计时,要充分利用已有的条件和变量间的约束,求出最简逻辑表达式。在实现逻辑电路时,还应尽可能地减少基本逻辑单元的数目和类型。

3. 考虑单元电路之间的连接问题

各单元电路选定之后,还要认真仔细地解决它们之间的连接问题,要保证各单元之间在时序上协调一致,并能稳定地工作,要避免竞争冒险现象和相互之间的干扰。在电气特性上要相互匹配,要保证各部分的功能得以实现。要注意计数器初始状态的处理,解决好电路的自启动问题。

4. 画出整机框图和逻辑电路图

在以上各部分设计完成后,要画出整机框图和逻辑图。框图要反映整机的工作过程和工作原理,要求清晰地表示出控制信息和数字信息的流动方向。逻辑电路图是电路的实施图纸,要清晰、工整,符合电路图制图原则:

(1)要标明输入端和输出端,以及信息的流动方向。

(2)通路尽量用线连接;不便连接时,应在断口两端标出;互相连通的交叉线应打点标出。

(3)同一电路分成两张绘制时,应用同一坐标系统,并应标明信号的连接关系。

(4)所使用的逻辑符号要符合国家标准或国际标准。

第二节 组合逻辑电路的设计方法

在数字电路中,任何时刻输出信号的稳态值,仅取决于该时刻各输入信号的取值,这种电路称组合逻辑电路。在这种电路中,因不包含记忆元件,故输入信号作用前的电路状态对输出信号没有影响。

一、组合逻辑电路的一般设计步骤和需考虑的实际问题

1. 组合逻辑电路的一般设计步骤

组合逻辑电路的设计是根据给定的实际逻辑问题,设计出满足一定功能要求的逻辑电路。设计的基本步骤如下:

(1)分析设计要求,确定所要建立的逻辑关系中,哪些是输入变量,哪些是输出变量,相互之间的逻辑关系是什么。

(2)按变量之间的逻辑关系列出真值表。

(3)按公式法或卡诺图进行逻辑函数化简。

(4)按化简后的最简逻辑表达式,画出逻辑电路图。

以上各步骤中,分析设计要求、列出真值表是比较难的。因为这两步实质上是把文字叙述的实际问题变成用逻辑语言表达的逻辑功能。要对每个条件和要求进行一定的抽象和综合,明确哪些条件是输入变量,哪些要求是输出变量,再按其逻辑关系列出真值表。由真值表列出逻辑函数表达式进行化简时,一般用卡诺图化简较为简便,但是当输入逻辑变量数较多时,画卡诺图较麻烦,通常用公式法化简。在函数化简或变换过程中要注意两点:一是要充分利用逻辑变量之间的约束条件化简函数,以得到较为简单的表达式;二是要结合给定或选用的元器件类型,求得最简表达式。因为最简与或表达式,在采用给定的门电路实现时,不一定能得到最简电路。

2. 组合逻辑电路设计时需考虑的问题

用逻辑门电路实现组合逻辑电路时,除要选择好门电路外,还要考虑到电路中的一些实际问题。

(1)输入变量的形式。如果输入变量可以提供原变量和反变量两种形式,则电路设计时可以方便地直接引用;如果电路输入只有原变量,就要在设计电路时考虑提供反变量的最佳方法。尤其是在输入变量较多时,每个变量都用一个与非门产生反变量是不经济的,这时就需要用并项的方法或找代替因子的方法,尽量得到一个与非门提供多个反变量的效果,以节省设备。

(2)门电路的扇入和扇出极限。扇出系数是指逻辑门能驱动其他同类门的最大数目,在电路设计过程中应注意每个逻辑门所带的负载不能超过这个极限。另外,集成门电路的输入端数(扇入系数)也有一定限制,所以电路设计求出的逻辑表达式,应尽量同所选器件输入连线数相适应,否则要使用扩展器,扩展扇入系数。

(3)“级”数的考虑。这里说的“级”数是指信号从输入到输出所经逻辑门的最大数目。一般来说,增加级数可以使电路中门的总数减少,在有些情况下还可以解决扇入系数不够的问题。但信号每经过一个逻辑门,就需要一定的传输延迟时间,级数增加不仅使得总延迟时间变长影响工作速度,而且由于不同信号经过门数不一样,会造成延时不等而产生竞争冒险,可能使电路输出错误信号。所以在电路设计中应对门电路的级数有所限制。

除上述电气特性问题外,还应考虑电路布局 and 安装方面的限制,如布线的交叉、布线的长度、占用的面积、元器件的分布等。

总之,组合逻辑电路设计的最佳方案,应是在技术允许的条件下,使用的器件最少、成本最低,在使用的器件数目相同时,输入端总数最少的方案为好。

二、多输出组合逻辑电路的设计

实际的组合逻辑电路往往有多个输出端,电路的输出函数是一组逻辑函数。在此条件下,应把多输出电路看成一个整体,化简逻辑表达式时,不但要使每个表达式

尽量简化,而且要把输出函数联系起来,找出相同的最小项,合并成能够合用的乘积项,以便求得总体的化简,这样才能设计出最省元器件的逻辑电路。多输出组合逻辑电路的化简方法可归纳为以下几条:

(1)先对每个函数进行化简。

(2)在单个化简的基础上,找出可以合并的乘积项。

(3)进一步找出两个函数相同的最小项,试探性地把它们作为两个函数的合用乘积项圈出来。如果改变圈法后能节省整个电路的元器件,就把它肯定下来,否则仍应用原来的圈法。

(4)再找出多个函数之间相同的最小项,重复步骤(3)。

多输入端电路函数用卡诺图直接化简的方法,比较简便,但这是一种试凑的方法,化简结果常常同运用技巧和熟练程度有关。不过只要掌握以上步骤,多试几个方案就可得到满意的结果。

三、利用中、大规模集成电路设计组合逻辑电路

由于中、大规模集成电路的品种与日俱增,利用中、大规模集成电路设计组合电路的方法也不断发展,只读存储器(ROM)和可编程逻辑阵列(PLA)的集成化器件发展很快,品种也越来越多,利用这些中、大规模集成化产品,可以很方便地设计各种功能的组合电路。

1. 用多路选择器设计组合逻辑电路

多路选择器就是用控制信号将多个输入信号中的某一个选出作为输出信号的电路;如果控制信号由 n 个控制端加入,它就可以有 2^n 个组合状态,故可以从 2^n 个输入信号中选出一个,送到输出端。具体设计步骤如下:

(1)根据给出的组合逻辑函数的变量数,选择合适的多路选择器。一般两个变量的函数选二选一输入选择器;三变量的函数选四选一输入选择器;四变量函数选八选一输入选择器;依次类推。

(2)画出逻辑函数的卡诺图,确定多路选择器输入端的变量表达式。

(3)按上述求得的逻辑函数式,确定多路选择器输入端和控制端与变量的连接形式,画出组合逻辑电路。

2. 用 ROM 或 PLA 设计组合逻辑电路

只读存储器(ROM)和可编程逻辑阵列(PLA)的集成化器件发展很快,品种越来越多,利用这些中规模产品,可以很方便地设计各种功能的组合逻辑电路。

(1)只读存储器(ROM)是一种编码变换器,它由译码器、存储阵列、输出电路三部分组成。当输入端的状态组合改变时,将改变相应字线的电平,对存储阵列的二极管进行不同的设置,输出端就可得到不同的逻辑函数。为了便于设计者使用,现在已经生产出可编程的 PROM、可擦除的 EPROM,只要按照设计要求改变晶体管的连接位置,就可得到需要的逻辑功能。

(2) 可编程逻辑阵列(PLA)的电路结构和 ROM 中的存储阵列是一样的,只要按照功能要求再做适当的连接就可以了。任何组合逻辑函数都可以化简成“与或”表达式的形式,利用 PLA 实现这样的“与或”表达式是十分方便的。当变量加在 PLA 的输入端时,只要进行适当的设计组合,就可从“与”门阵列的输出端得到所需的乘积项,再利用“或”门阵列把这些乘积项加起来,就完成了所需逻辑电路的设计。

PLA 和 ROM 中的存储阵列的结构虽然相似,但工作方式是有差别的。PLA 输入一组变量可以同时驱动各个字线,但 ROM 是经译码器的输出,只驱动一根字线。对复杂逻辑函数进行设计时,用 PLA 比用功能等效的 ROM 所需的存储单元要少得多,所以 PLA 应用得越来越多。

第三节 时序逻辑电路的设计方法

在数字电路中,任意时刻输出信号的稳态值,不仅决定于该时刻的输入信号,而且还与电路原来的状态有关,这种电路称为时序逻辑电路,简称时序电路。从电路的组成来看,时序逻辑电路既包含组合逻辑电路也包含具有记忆功能的存储电路。

一、同步时序逻辑电路的设计

对于同步时序逻辑电路来讲,各触发器的状态变化都是同时发生的,它们有一个共同的时钟脉冲,在时钟脉冲的作用下,触发器的状态才有可能变化,且时钟信号只起一个控制作用,可不作为一个输入信号看待,所以设计起来较简单。

同步时序电路的设计步骤:

(1) 根据问题要求,画出原始状态图和状态表。首先对实际问题作全面分析,明确哪些信息需要记忆,如何用电路状态反映出来。还要区分输入和输出、现态和次态,并搞清楚它们之间相互的关系,然后用状态图或状态表表示出来。在建立状态图或状态表后要反复核对,要保证满足全部设计要求。

(2) 进行状态化简。为充分描述电路的功能,在初步建立的状态图或状态表中,往往有多余的状态。由于状态数目越多,电路需要设置的触发器就越多;在满足设计要求的前提下,为了简化电路,就必须对现有状态进行化简,去除多余的状态。

(3) 进行状态分配。按照化简后的状态数 N ,确定触发器的数目 n ,使 $2^n \geq N$ 。并要选择触发器的类型,将每一个状态确定一个二进制数码对状态进行编码;然后列出编码状态转换表。状态分配的情况,直接关系到状态方程和输出方程是否最简,实现起来是否比较经济等实际问题,所以需要仔细地考虑,往往需多次比较才能确定出最佳方案。

(4) 求状态方程、输出方程、并检查是否能自启动。由状态转换表,用卡诺图或公式法化简后,求出次态的逻辑表达式和输出函数表达式。

(5) 求驱动方程。根据所选触发器的类型,从状态方程求出对应于各个触发器的

驱动函数表达式,即驱动方程。

(6)画逻辑电路图。在上述步骤进行完后,根据触发器的驱动方程和输出方程,将时钟脉冲采用同步连接,画出逻辑电路图。

二、异步时序电路的设计

在异步时序电路中,各触发器的状态变化不是同时发生的,各触发器的时钟脉冲可能都不相同,也可能部分相同,触发器的翻转变化的先有后,触发脉冲是根据翻转时刻的需要引入的。一般而言,它的电路组成较同步电路简单,工作速度较同步电路快。在设计时,要把时钟脉冲作为未知量适当选择,其他步骤与时序电路设计相似。具体步骤简述如下:

- (1)分析设计要求,建立原始状态图。
- (2)确定触发器的数目和类型,选择状态编码。
- (3)画时序图,选择时钟脉冲。
- (4)求出状态方程、输出方程,并检查能否自启动。
- (5)求驱动方程。
- (6)画逻辑图电路。

第四节 数字系统的设计方法

所谓数字系统是指由一些数字电路(子系统)组成的完成某种信息处理任务的电路的总称。因此,一般的数字电路装置也可称为一个小的数字系统。前面所述的数字电路设计,是将一些基本元器件、门电路、触发器,按照真值表或状态表所确定的逻辑表达式而连接起来构成的具体电路。而数字系统的设计,并不要求对每个电路进行设计,而是考虑如何确定子系统,并将子系统连接起来完成某种功能。对一个复杂的数字系统来说,系统设计是完全必要的,而且会使电路设计大为简化。

一、数字系统设计的主要内容

1. 控制系统的设计

为了使系统有步骤地完成各个操作任务,需要将每个操作安排在不同的时间里进行,这就要求根据时钟脉冲序列,产生一种节拍信号,去控制系统运行。我们把完成这一任务的子系统称为控制电路。

简单的控制电路实际上是一种节拍信号发生器。每一个时钟脉冲产生一个节拍信号,而且随着时钟的不断到来,产生不同的节拍信号,用它控制不同的子电路完成相应的操作。完成操作之后,控制电路又回到它的初始状态。

复杂的控制电路需要根据输入的具体情况来改变控制节拍序列,这就要求:控制电路必须接受来自输入的信息,产生控制信号序列。有的控制系统还能在不同指令下产生各种不同的控制信号序列,这种控制器对确定的指令和输入信号同时响应,产