



普通高等教育“十二五”规划教材

电子设计与工艺实训

编著 钱培怡 任 斌

中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

普通高等教育“十二五”规划教材

电子设计与工艺实训

编著	钱培怡	任斌	
参编	李悦	陈洁	仇宝玉
	尹薇薇	付贵增	邵蓉

中国石化出版社

内 容 提 要

本书是根据高等学校电气类、机电类各专业工程实训的基本要求,跟踪电子技术发展新趋势,结合编者多年来的教学和实践经验,针对全面培养学生动手能力和创新能力的目标而编写的。全书共分4章,主要内容有:电子电路设计方法、电子工艺基本技能、电子电路设计与制作、典型电子工艺实训项目。

本书的内容编排突出了创新性、针对性和实用性;体现了理论与实训的相互融合、相互渗透;突出了基础训练和应用能力的培养。在选编的实验项目中,强调工程实用性,着眼于培养和提高学生的工程设计、实验调试及综合分析能力。

本书可作为高等院校自动化、电气工程、电子信息、通信工程等专业的实验教材,也可作为其他非电类专业的课程设计指导书。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计与工艺实训 / 钱培怡, 任斌编著. —北京:
中国石化出版社, 2014. 6
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5114-2712-0

I. ①电… II. ①钱… ②任… III. ①电子电路-电路
设计-高等学校-教材 ②电子技术-高等学校-教材
IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第082965号



未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街58号

邮编:100011 电话:(010)84271850

读者服务部电话:(010)84289974

<http://www.sinopec-press.com>

E-mail:press@sinopec.com

北京科信印刷有限公司印刷

全国各地新华书店经销

*

787×1092毫米16开本16.25印张410千字

2014年6月第1版 2014年6月第1次印刷

定价:35.00元

前 言

本教材是为普通高等院校实验课程改革而编写的。编写过程参照了教育部颁布的《高等工业学校电工电子技术基础课程教学基本要求》和《“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材》的立项要求。编写本书遵循的原则是适应当前对人才的需要,强化工程实践训练,培养创新意识和提高学生的综合素质。该书是跟踪电子技术发展新趋势,总结生产实践中的技术经验,经过分析整理编写而成的,具有较强的创新性和理论性。

随着当前信息社会新产品、新技术的不断更新,新材料、新器件的不断出现,电子产品整机已经逐步进入全自动化装配时代,本书对以往所用教材的体系结构进行了调整。在选编的实验项目中,强调工程实用性,着眼于培养和提高学生的工程设计、实验调试及综合分析能力。变单元制教学为“主题+项目”式教学方式,更注重各知识点的系统性和相互间的配合。突出基础训练和应用能力的培养,深入浅出,有利于学生在学习过程中牢固掌握并灵活应用所学的知识,真正做到学习和企业接轨。

本书的主要特点:

(1) 着眼于对学生创新能力的培养。内容设计突出了编写思路的创新性、针对性和实用性,着重培养学生电子电路设计、调试、训练、制作和整机装配工艺等。

(2) 内容体现了理论与实训的相互融合、相互渗透。有利于学生分析问题和解决问题的能力,有关系统的实训过程论述深入浅出、清晰易懂,可读性和实用性较强。

(3) 与教改紧密结合。基础性、综合性、设计性实验和实训内容及设计环节符合培养学生动手能力、工程实践能力和创新能力的高等教育本科教学改革目标。为培养高素质人才打下良好基础,为实践教学配套改革和综合改革提供新思路。

(4) 实用性强。本书的最大特色是插入了许多实物图和操作步骤图,以便学生能直观地理解、认识,更好地把理论与实践结合起来,通俗易懂,简明实用。

参加本书编写工作的单位有辽宁石油化工大学信息与控制工程学院和计算机与通信工程学院。其中第1章由任斌编写;第2章由李悦、尹薇薇编写;第3章由任斌、李悦、钱培怡、邵蓉编写;第4章由钱培怡、任斌、陈洁、仇宝玉、付贵增编写。全书由钱培怡统稿并最后定稿。

由于电子技术的迅猛发展和电子产品的快速更新,新材料、新器件不断出现,加上作者水平有限,书中错误、疏漏在所难免,恳请读者批评指正。

目 录

第1章 电子电路设计方法	(1)
1.1 电子电路设计的目的和要求	(1)
1.2 电子电路设计的内容和安排	(2)
1.3 电子电路设计的教学方法	(4)
1.4 电子电路的识图方法	(12)
1.5 电子电路的测量方法	(14)
1.6 电子电路的调试方法	(16)
第2章 电子工艺基本技能	(19)
2.1 电子工艺实训室的安全操作规程	(19)
2.2 电子实习常用工具介绍	(20)
2.3 焊接技术	(23)
2.4 万用表的使用入门	(34)
2.5 电子元器件	(38)
2.6 SMT 技术	(49)
2.7 电子产品装配工艺	(53)
第3章 电子电路设计与制作	(59)
3.1 温度越限报警系统设计	(59)
3.2 音频信号发生器设计	(63)
3.3 音调控制电路设计	(68)
3.4 声光控开关制作	(75)
3.5 臭氧发生器电路设计	(76)
3.6 函数信号发生器设计	(80)
3.7 可调直流稳压电源设计	(84)
3.8 测量放大器电路设计	(87)
3.9 红外线探测防盗报警器设计与制作	(91)
3.10 小型电子声光礼花器设计与制作	(94)
3.11 LED 电源及其基本驱动电路设计	(98)
3.12 多组竞赛抢答器电路设计	(103)
3.13 数字压力秤电路设计	(104)
3.14 电阻、电容、电感多用测量仪电路设计	(108)
3.15 电子拔河游戏机电路设计	(110)
3.16 数控增益放大器设计	(113)
3.17 红外线数字转速表电路设计	(114)

3.18	数字频率计电路设计	(118)
3.19	公用电话计时器设计	(122)
第4章	综合训练——典型电子工艺实训项目	(125)
4.1	电子工艺实训任务书	(125)
4.2	数字万用表的组装与测试	(126)
4.3	收音机的组装与调试	(164)
4.4	智能机器狗的改装与仿真	(182)
4.5	电子门铃的设计与无线遥控门铃的组装	(188)
4.6	多用充电器的组装与调试	(200)
4.7	冰箱除臭器的组装	(208)
4.8	电视伴音无线耳机的组装与调试	(212)
4.9	数字电子钟的设计与组装	(218)
4.10	遥控赛车的组装与调试	(228)
4.11	黑白电视机的组装与调试	(234)
4.12	无线对讲机的组装与调试	(246)
参考文献		(254)

第 1 章 电子电路设计方法

1.1 电子电路设计的目的和要求

电子电路设计是在模拟电子技术和数字电子技术学习的基础上,进行的实践性较强的综合训练。设计的内容既有综合性又有探索性,侧重于对理论知识的灵活运用,对提高学生的素质和科学实验能力非常有益。

在大学开设的相关课程中,有不少电路、电子技术方面的实验内容,但这些基础实验的着眼点是放在验证基本理论和电路性能上,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,熟悉常用实验设备的使用方法,却很难有条件训练学生动手解决电路问题的能力。因此,不少高校在学生学完模拟电子技术基础和数字电子技术基础课程后,又增设了电子工艺实训和电子电路设计等相关实践环节,正是为学生创造一个动手又动脑,独立开展电路电子技术实验的机会。学生既可以运用实验手段检验理论设计中的问题所在,又可以运用学过的知识指导电路调试工作,使电路功能更加完善,从而使理论和实际有机地结合起来,锻炼分析和解决电路问题的实际本领,真正实现由知识向能力的转化。

通过这种综合训练,可以使学生初步掌握电子系统设计的基本方法,提高动手组织实验的基本技能,对于提高学生的素质和科学实验能力非常有益。同时,也是高校突出学生基本技能、设计性综合应用能力、创新能力和计算机应用能力的培养,以适应培养面向 21 世纪人才的要求。

一、电子电路设计

在学习了电子技术等基础课程之后,专门安排一段按间,由学生独立完成一个课题的理论设计和实验调试任务。针对电子技术等课程进行的综合训练,让学生运用所学课程的理论知识,进行实际电子电路的理论设计、电子电路安装与调试,通过电子电路设计,既能加深学生对电路基础知识的理解,又能培养电子电路的实践技能,提高学生分析问题、解决问题的能力。

二、电子电路设计的目的

电子电路设计为电子技术学科的理论论证和实际技能的培养奠定了基础,可以加深理解重要的基础理论,通过实验现象掌握基本的操作技能和解决实际问题的能力。

1. 综合运用理论知识选择电子电路的设计方案

电子电路设计的任务是实际的电路装置,涉及的知识面广,需要综合运用所学的理论知识,从实际出发,掌握查阅文献资料的一般方法,进行方案的比较及设计,得出较好的设计方案。

2. 通过实验调试使理论设计逐步完善

电子电路设计不能只是理论设计,更需要搭建出实际的电路,为学生创建一个动脑又动手,独立开展实验的机会。学生们既可以运用实验手段检验设计中存在的问题,又可以运用所学过的知识指导电路调试,完善电路功能,从而使理论与实践相结合,实现学习由知识向

能力的转化。

3. 通过设计与调试掌握工程设计的方法及实施

电子电路设计的题目相对较为简单，学生利用所学的理论知识解决起来并不困难。电子电路设计的目的是让学生从理论学习的轨道逐渐向工程实际的方向转化，从过去熟悉的定性分析、定量计算逐步与工程估算、实验调试等手段结合起来，从而达到掌握工程设计的步骤和方法，了解实验的操作步骤和实施方案，为今后从事电子系统的设计打下良好的基础。

4. 误差分析与测量结果的处理

在测量的过程中，由于各种原因，待测量的测量值和真实值之间总是存在一定差别，即测量误差。因此，要分析误差产生的原因，以及调整设计方案减少误差，使测量结果更加准确。

三、电子电路设计的要求

1. 电子电路设计的条件

电子电路设计是理论和实践相结合的教学实践，必须具备以下条件：

(1) 理论基础 学生应学习过相关的理论课程及实验环节。学生应掌握单元电路的基本工作原理、电路的分析方法和初步的电子电路设计方法；具有一定的实践经验，能够熟练地搭接电路并进行电路的调试。

(2) 硬件基础 理论的设计最终要通过实践的验证，因此应当具备完成电子电路设计、调试工作的基本实验条件。

2. 电子电路设计应达到的要求

基于电子电路设计的基本条件，教师做好组织教学工作，由学生独立完成，并达到以下几点要求：

(1) 巩固和加深对电子电路基本知识的理解，培养学生综合运用所学理论知识的能力。

(2) 培养学生查阅文献资料的能力，能够独立思考，综合运用知识分析问题、解决问题。

(3) 能够进行方案的初步设计，根据性能指标要求选取元器件，并进行方案的性能比较，得到初步设计方案。

(4) 掌握常用仪器设备的使用方法，能够进行简单电路的调试及性能指标测试，提高动手实践能力。

(5) 掌握编写设计说明书的方法，能够正确反映设计成果和实验成果，能正确绘制电路图。

(6) 通过电子电路设计，培养学生逐步树立严谨的科学作风和工作态度。

1.2 电子电路设计的内容和安排

一、电子电路设计的内容

1. 题目选择

电子电路设计题目是否合适直接影响到教学效果，一般来说，应当从以下几个方面加以考虑：

(1) 符合教学大纲要求 学生能够独立运用所学的电路、模拟电子技术、数字电子技术等的理论知识，进行基本的电子电路设计实践。对于需要深化和拓展的知识，教师应在设计

过程中加以补充,并使學生能够理解和接受。

(2) 题目难易适中 设计题目应从學生实际出发,做到难易适中。既要保证设计内容对學生所学知识有一定的提升,包含足够的未知内容让學生去探索,又要保证學生能够在规定的时间内完成。由于學生水平不同,可因人而异设定不同的题目,使不同层次的學生能够经过自己的努力完成任务,并有所收获。不同题目之间要具有较为宽泛的范围以适应不同爱好的學生,让每个學生都有喜欢的设计题目。

(3) 反映电子技术的新水平 设计题目应当尽可能反映电子技术的最新水平,符合科学发展的前沿,具有一定的应用价值。通过设计,不仅使學生掌握新型电路和元器件,而且设计成果有一定的实用价值,有利于激发學生的学习兴趣,极大地提高教学效果。

2. 题目类型

本书中介绍的设计题目大致有以下三种类型:

(1) 电子电路仪器 如音频信号发生器设计、函数信号发生器设计、可调直流稳压电源设计、数字频率计电路设计等。

(2) 典型的电子电路 如数字压力秤设计、多组竞赛抢答器设计、温度越限报警系统设计、音调控制电路设计、石英晶体振荡器设计等。

(3) 电子装置整机装配 如数字万用表的组装、半导体收音机的组装与调试、黑白电视机的组装与调试、无线对讲机的组装与调试等。

二、电子电路设计的安排

电子电路设计一般安排在一个学期内,视具体的条件而定,既可以集中进行也可以分散完成。理论设计可分散进行,实验及调试环节可集中进行。具体的设计,通常分为以下三个阶段。

1. 理论设计阶段

(1) 布置设计任务书 教师向學生下发设计任务书,规定技术指标及其他要求。在设计任务书中,对系统应完成的设计任务进行具体分析,充分了解系统的性能、指标、内容及要求,以便明确系统应完成的任务。设计任务书应明确规定设计题目、设计时间、主要技术指标、给定条件和原始数据、所用仪器设备及参考文献等。

(2) 选定设计方案 方案选择是根据掌握的知识和资料,针对系统提出的任务、性能和条件,完成系统的设计功能。教师帮助學生明确设计任务,讲授必要的电路原理和设计方法。启发學生的设计思路,由學生进行方案比较,并选定设计方案。在这个过程中,要勇于探索,敢于创新,力争做到设计方案合理、功能齐全、运行可靠。根据选定的设计方案,画出系统框图。框图要正确反映系统应完成的任务和各部分组成及其功能,清晰地标出信号的传输关系。

(3) 分析计算 选定设计方案后,着手进行设计计算。系统是由单元电路组成的,为保证单元电路达到功能指标要求,需要用电子技术知识对参数进行计算,只有把单元电路设计好才能提高整体设计水平。在此过程中,使學生逐步掌握工程估算的方法,并能够根据计算的结果,按元件系列及标称值合理地选取元器件。然后按照选取的元器件,对电路性能进行验算,如能满足性能指标,则可认为理论设计完成。

2. 实验调试阶段

理论设计完成之后,即可开始实验安装调试。安装调试前,由指导教师介绍仪器设备及元器件的使用方法和使用注意事项,然后在教师的指导下,學生开始搭接电路,进行实验调

试。利用电子仪表对电路的工作状态进行检查,排除电路中的故障,调整元器件,不断改进电路性能,使设计的电路实现设计的指标要求。

实验调试阶段是电子电路设计的难点和重点。这一阶段安排的时间较长,力求学生集中进行,便于教师的指导。通过实验调试,使学生掌握测量、观测的方法,学会查找电路问题并能分析问题及解决问题,逐步改进设计方案,从而掌握电子电路的一般调试规律,增强实际动手能力。实践表明,即使按照设计的参数安装,往往也难于达到预期的效果,必须通过安装后的测试和调整,来发现和纠正设计中的不足和安装的不合理,然后采取措施加以改进,使系统达到预定的技术指标。

3. 总结报告阶段

设计报告就是对设计的全过程作出系统的总结报告,是对学生书写科学论文和科研总结报告能力的训练。通过书写设计报告,不仅能把设计、组装、调试的内容进行全面的总结,而且能把实践内容上升到理论高度。设计报告的内容应包括以下几个方面:

- (1) 设计任务书及主要技术指标和要求;
- (2) 方案论证及整机电路工作原理;
- (3) 单元电路的分析设计、元器件选取;
- (4) 实际电路的性能指标测试;
- (5) 设计结果的评价;
- (6) 收获与心得体会。

在设计报告中,应说明设计的特点和存在的问题,提出改进设计的建议。对调试过程中出现的主要问题也应该作出分析,从理论和实践两个方面找出问题的原因并提出改进措施及其效果。设计报告的书写要文理通顺、书写简洁、符号标准、图表齐全、讨论深入、结论简明。

三、电子电路设计的考核

学生完成电子电路设计后,由指导教师根据学生的综合表现评定成绩。具体包括:电路基本知识的掌握程度,选定方案是否合理,计算是否准确,电路的搭接及测量、调试能力,独立分析问题、解决问题的能力,创新精神,报告的撰写水平,严谨的治学态度等。教师对每个学生的设计给出评语,成绩按优、良、中、及格和不及格五个等级评定。

1.3 电子电路设计的教学方法

一、电子电路设计的目的

电子电路设计的目的是培养学生的自学意识,增强独立分析问题、解决问题及动手实践的能力。

1. 培养学生的自学意识

电子电路设计以学生自学为主,对于模拟电子电路和数字电路理论上讲授过的内容,设计时不必重复讲解。教师只要根据设计任务,提出参考书目,由学生自学。电子电路设计重点培养学生的自学能力,对于设计中的重点和难点,通过典型分析和讲解,启发学生自主思维,帮助学生掌握自学的方法。培养学生查阅文献资料的能力,遇到问题时,通过独立思考,借助工具书,得到满意的答案。

2. 提高独立分析问题、解决问题的能力

电子电路设计是一个动脑又动手的综合实践项目，要提高学生独立分析问题、解决问题的能力，需要让学生在实践中开动脑筋，积极探索，充分发挥学习的主动性和创造性。在时间的安排上，要给学生留出时间去钻研问题，独立地解决实践中的问题。通过学生间的讨论交流，互相启发，集思广益。

3. 提高学生动手实践的能力

提高学生动手实践能力，关键是让学生把动脑和动手有机地结合起来。为了培养学生严谨的科学作风，从理论分析计算到动手实验，每一步都要按规定去做。由学生自选元器件及所需仪器设备，独立测量、调试并对实验结果作出分析和处理。让学生明确每一步操作的目的和应得到的结果，遇到问题能够找到原因并及时解决。

电子电路设计是对学生的综合训练，为了培养学生严谨的科学作风，设计过程中要引导学生每一步都要按规定去做，符合规范标准，把虚拟的课题实例化。通过设计，既增加了学生的动手能力，又拓展了理论知识。

二、模拟电路设计的基本方法

电子电路设计为学生创造了一个动手又动脑，独立开展电路电子技术实验的机会。学生既可以运用实验手段检验理论设计中的问题，又可以运用学过的知识指导电路调试工作，使电路功能更加完善，从而使理论和实际有机地结合起来，锻炼分析和解决电路问题的实际本领，真正实现由知识向能力的转化。通过这种综合训练，学生既可以初步掌握电子系统设计的基本方法，也能够提高动手组织实验的基本技能，为以后参加各种电子竞赛以及进行毕业设计打下良好的基础。

无论是在生产还是生活中，人们越来越多地使用一些电子设备和装置，如扩音机、录音机、示波器、正弦信号发生器、报警器、温控装置等，这些都属于模拟电路。尽管用途不同，但从工作原理来看，有着共同之处。

1. 模拟电路的组成

模拟电路一般由传感器件、信号放大与变换电路(模拟电路)和执行机构组成，如图1.3.1所示。

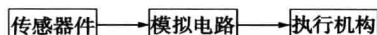


图 1.3.1 模拟电路的组成方框图

1) 传感器件

各种模拟电路都需要输入或产生一种连续变化的电信号，这种信号可以由专门的部件把非电的物理量转换为电量，这种部件通常称为传感器，如话筒、磁头、热敏器件、光敏器件等。也有些设备无需这种转换，而是直接由探头输入或电路本身产生电信号，如示波器、信号源等。

2) 模拟电路

模拟电路能把得到的电信号进行放大或者变换，通过对信号的放大或者变换，使信号具有足够大的能量，为实现人们所预期的功能服务。

3) 执行机构

电路中都设置了不同的执行机构，如喇叭、电铃、继电器、示波器、表头等，把传来的电能转换成其他形式的能量，以完成人们需要的功能。

2. 模拟电路设计的主要任务

电子系统中，无论是传感器送来的电信号，还是直接输入或电路本身产生的电信号一般都是十分微弱的，往往不能推动执行机构工作，而且有时信号的波形也不符合执行机构的要求，所以需要对这种信号进行放大或者变换，才能保证执行机构的正常工作。可见，信号放大和信号变换是模拟系统设计的主要任务。

3. 模拟电路设计的基本方法

随着生产工艺水平的提高，线性集成电路和各种具有专用功能的新型元器件迅速发展起来，给电子系统设计工作带来了很大的变革。但是，从我国现有的条件来看，集成元件的生产，无论品种还是数量，还不能满足电子技术发展的需求，所以，分立元件的电路还在大量的应用。而这种分立元件电路的设计方法，主要是运用基本单元电路的理论和分析方法，比较容易为初学设计者所掌握。另外，有助于学生熟悉各种电子器件，掌握电路的设计基本程序和方法，学会布线、组装、测量、分析、调试等基本技能。理论知识告诉我们，任何复杂的电路，都是由简单的单元电路组合而成的。所以，要设计一个复杂的电子系统，可以分解为若干具有基本功能的电路，如放大器、振荡器、整流器、波形变换电路等，然后分别对这些单元电路进行设计。使一个复杂任务变成简单任务，利用我们学过的知识即可完成。

在各种基本功能电路中，放大器是最基本的电路形式，其他电子线路多是由放大器组合或派生而成的。例如，振荡器是由基本放大器引入正反馈后形成的，恒压源、恒流源是由基本放大电路引入负反馈后形成的，多级放大电路是由基本放大电路通过直接耦合、阻容耦合及变压器耦合而成的。因此，基本放大电路的设计是模拟电路的设计基础与核心。

1) 明确系统的设计任务要求

对系统的设计任务进行具体分析，充分了解系统的性能、指标、内容及要求，以便明确系统设计应完成的任务。实现某一性能指标的电路，设计方案是多种多样的，设计的方法灵活性大，没有固定的程序和方法，通常根据给定的条件和要求的技术指标来加以确定。例如功率放大电路设计，需要考虑的主要性能指标有：输出功率要足够大、效率要高及非线性失真要小。根据输出功率要求率确定电路组成，大功率放大器一般选择变压器耦合乙类推挽电路。

2) 方案选择

方案选择是根据系统提出的任务完成系统的功能设计，把系统要完成的功能划分为若干单元电路，并画出能表示各单元功能的整机原理框图。在方案设计过程中，力争做到方案设计合理、可靠、经济、功能完备、技术先进，并针对设计方案不断进行可行性和优缺点的分析，最后设计出一个完整系统框图。框图包括系统的基本组成和各单元电路之间的相互关系，并能够正确反映系统应完成的任务和各组成部分的功能。

3) 元器件参数的计算

根据系统的性能指标和功能框图，明确各单元电路的设计任务。根据学习过的理论知识，在对基本电路进行分析的基础上，根据各单元电路的性能指标要求，分别计算元器件参数。元器件参数的计算通常都是从输出级开始逐级向前计算，如大功率放大器，首先设计输出级，根据输出功率提出对晶体管参数的要求，再选择晶体管型号。然后按照输出管应当提供的功率指标和负载求得变压器的变比和功率级的元器件参数，最后根据输出级所需的激励功率、输出级的输入阻抗设计激励级。具体设计时，可以模拟成熟的电路，也可以根据设计需求进行改进与创新，但都必须保证性能要求。不仅要保证单元电路本身设计要合理，而且

要保证各单元电路间要相互配合,注意各部分的输入信号、输出信号和控制信号的关系。只有很好地理解电路的工作原理,正确利用计算公式,计算的参数才能满足设计要求。

4) 元器件选取

理论计算出的参数值,往往不是元器件的标称值,必须根据参数的计算结果,按照元器件系列及标称值选取元器件,以便实验中选件组装。

(1) 阻容元件的选择 电阻和电容元件种类很多,不同的电路对电阻和电容的要求也不同。设计时要根据电路的要求选择性能和参数合适的阻容元件,并要注意功耗、容量、频率和耐压范围是否满足要求。

(2) 分立元件的选择 分立元件包括二极管、晶体三极管、场效应管、光电二极管、光电三极管、晶闸管等,应根据设计要求分别选择。选择的器件种类不同,注意事项也不同。例如,选择晶体三极管时,要注意是 NPN 型还是 PNP 型管,是高频管还是低频管,是大功率管还是小功率管,并注意管子的相关参数是否满足电路设计的指标要求。

(3) 集成电路选择 由于集成电路可以实现很多单元电路甚至整机电路的功能,所以选用集成电路来设计单元电路和整体电路既方便又灵活,不仅使系统体积减小,而且性能可靠,便于调试及运用。集成电路不仅要在功能和特性上实现设计方案,而且要满足功耗、电压、速度、价格等多方面的要求。集成电路的型号、原理、功能、特征可查阅相关手册。

5) 技术指标的校核

因选取的元器件的标称值同理论计算值不同,最后还需要按照实际选用的元件标称值按理论计算公式或工程估算公式进行校验核算,若符合指标要求可确定为预定设计方案。否则,需要重新设计及计算,再选择合适的元器件。

6) 电路图的绘制

电路图的绘制通常是在系统框图、方案选择、元器件参数计算、元器件选取、技术指标校核的基础上进行的,它是组装、调试和维修电路的依据。绘制电路图时应注意以下几点:

(1) 布局合理 电路图的绘制要布局合理,有时一个总电路图是由几部分组成,绘图时应尽量把电路图画在一张图纸上。如果电路图比较复杂,需绘制几张电路图,则应把主电路画在同一张图纸上,把一些比较独立或次要的部分画在另外的图纸上,在图的断口处做上标记,标出信号从一张图到另一张图的引出点和引入点,说明各图纸在电路连接之间的关系。为了便于看清各单元电路的功能关系,每一个功能单元电路的元件应集中布置在一起,并按工作顺序排列,以利于对图的理解和阅读。

(2) 注意信号的流向 电路图一般应从输入端或信号源开始,由左至右或由上至下,按信号的流向依次画出各单元电路,反馈通路的信号流向则与此相反。

(3) 图形符号要标准 图形符号表示器件的概念,符号要标准,图中应加适当的标注。其中,电路图的中、大规模集成电路器件,一般用方框图表示,在方框中标出它的型号,在方框的边线两侧标出每根线的功能名称及管脚号。

(4) 连线要规范 电路连线应为直线,并且交叉和折弯较少,一般不画斜线,互相连通的交叉点处用圆点表示。根据需要,可以在连接线上加注信号名和其他标记,表示其功能或去向。有的连线可用符号表示,如电源一般用电压数值表示,地线用符号表示。

设计的电路是否满足设计要求,必须通过组装、调试进行验证。模拟电路设计没有固定的模式,电路设计的性能指标要求往往是多方面的,有时这些要求之间又会相互矛盾。对一个实际电路而言,并非要求面面俱到,应该根据实际情况,分清主次,才能在设计中做出最

佳的设计方案。

三、数字电路设计的基本方法

随着计算机技术的发展，数字系统在自动控制、广播通讯和仪表测量等方面得到了广泛的应用。设计与制造具有特定功能的数字电路，是电子工程技术人员必须掌握的基本技能。

1. 数字电路的组成

数字电子系统是运用数字电子技术实现某种功能的电子系统。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。从电路结构来看，多是由一些单元数字电路组成。因为各种系统功能不同，因此在具体电路组成上也有很大区别。但是从系统功能上来看，各种数字系统都有共同的原理方框图(见图 1.3.2)。从图中可以看出，数字电子系统分为以下四个部分。

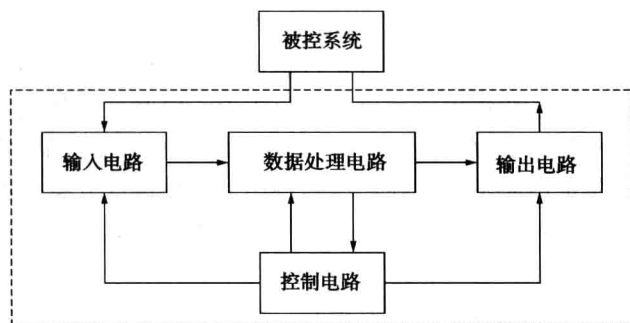


图 1.3.2 数字电路的组成方框图

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。其主要功能是将待测或被控的连续变化量，转换成在数字电路中能工作和加工的数字信号。这一变换过程，经常是在控制电路统一指挥下进行。

2) 控制电路

控制电路包括振荡器和各种控制门电路。其主要功能是产生时钟信号及各种控制节拍信号。它是全电路的神经中枢，控制着各部分电路统一协调工作。

3) 数据处理电路

数据处理电路包括存储器和各种运算电路。其主要功能是加工和存储输入的数字信号和经过处理后的结果，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) 主体电路

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

以上四个部分中，控制电路和数据处理电路是整个电路的核心环节。

2. 数字电路设计的主要任务

一般来说，数字电路装置的设计应当包括数字电路的逻辑设计、安装调试，最后做出符合指标要求的数字电路装置。电路的逻辑设计部分，也称为电路的预设计。电路的预设计有以下两部分任务要完成。

1) 数字电路的系统设计

根据数字装置的技术指标和给定的条件，选择总体电路方案。所谓总体方案就是按整机

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/时序电路)，将其逻辑要求用真值表、状态表、卡诺图等表示出来，然后用公式法或卡诺图法化简，求得最简的逻辑函数表达式，最后按表达式画出逻辑图。

由于数字集成电路的迅速发展，各种功能的单元电路已经由厂家制成中大规模的器件大批生产，只要选取若干集成器件，很容易实现某些专用的逻辑功能。所以，要求设计者具有一定的集成电路的知识，熟悉各种集成器件的性能、特点和使用方法，以合理选择总体方案，恰当地使用器件。当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，由基本逻辑门和触发器组成单元电路。

3. 数字电路设计的基本方法

1) 分析任务要求，确定总体方案

根据数字系统的总体功能，首先把一个较复杂的逻辑电路分解为若干个较简单的单元电路，明确各个单元电路的作用和任务，然后画出整机的原理方框图。每个原理方框不宜分得太小、太细，以便选择不同的电路或器件，进行方案比较，同时也便于单元之间相互连接；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，确定单元电路的形式

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需要的工作。由于器件类型和性能的不同，需要器件的数量和电路连接形式也不一样。所以，需要将不同方案进行比较。一般情况下，选择性能可靠、使用器件少、成本低廉的方案。同时，也应考虑元器件容易替换、购置方便等实际问题。有的逻辑单元没有现成的集成器件可用，需要按一般逻辑电路设计的方法进行设计。但要充分利用已有条件和变量间的约束，求出最简表达式，最后实现逻辑电路时，应尽可能减少基本逻辑单元的数目和类型。

3) 单元电路的连接问题

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，并能稳定工作，应当避免竞争冒险现象和相互之间的干扰。在电气特性上应该相互匹配，保证各部分的逻辑功能得以实现。同时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

以上各部分设计完毕之后，画出整机框图和逻辑图。框图能扼要地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，应当清晰、工整，符合电路图纸制图原则：

(1) 要标明输入端和输出端，以及信息流动方向；

(2) 通路尽可能用线连接，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) 同一电路分成两张以上图纸绘制时，应用同一坐标系统，并应标明信号的连接关系；

(4) 所使用的元器件逻辑符号应符合国家标准。

4. 组合逻辑电路的设计方法

在数字电路中，根据逻辑功能的不同特点，可以把数字电路分为两类，一类是组合逻辑

电路(简称组合电路),另一类是时序逻辑电路(简称时序电路)。在组合电路中,任意时刻的输出信号仅取决于该时刻各个输入信号的取值,与电路原来的状态无关。由于电路中不含记忆元件,所以输入信号作用前的电路状态,对输出信号没有影响。组合电路的设计是根据给定的实际逻辑问题,设计出满足这一逻辑功能的最简逻辑电路。所谓最简,是指电路所用的器件数最少,器件的种类最少,而且器件间的连线也最少。组合逻辑电路设计的基本方法如下。

1) 分析设计要求

在许多情况下,提出的设计要求是用文字描述的一个具有一定因果关系的事件,需要根据设计要求,把文字叙述的实际问题转换成用逻辑语言表达的逻辑功能。需要对各个条件和要求进行一定的抽象和综合,明确哪些是输入变量,哪些是输出变量。一般来说,总是把引起事件的原因定为输入变量,而把事件的结果作为输出变量,同时分析输入变量和输出变量之间的关系。

2) 列逻辑真值表

以二值逻辑的0、1两种状态分别表示输入变量和输出变量的两种不同状态,进行逻辑变量赋值,并按变量之间的关系列出逻辑真值表。至此,便将一个实际的逻辑问题抽象为一个逻辑函数了,且以真值表的形式给出。

3) 写出逻辑函数式

为了便于对逻辑函数进行化简和变换,需要把真值表转换为对应的逻辑函数式。

4) 选定器件的类型

为了产生所需要的逻辑函数,既可以用小规模集成的门电路组成相应的逻辑电路,也可以用中规模集成的常用组合逻辑器件等构成相应的逻辑电路。应根据对电路的具体要求和器件的资源情况决定采用哪一种类型的器件。

5) 逻辑函数化简

由真值表列出函数表达式进行化简时,根据变量的数量选择不同的化简方法。一般变量较少时,采用卡诺图方法,简单易行。变量超过五个时,通常采用公式法进行化简或变换。

在进行函数化简或变换过程中,需要注意:

- (1) 充分利用逻辑变量之间的约束条件化简函数,以便得到比较简单的表达式;
- (2) 结合给定或选用的元器件类型,求得最佳逻辑表达式。

在使用小规模集成的门电路进行设计时,为获得最简的设计结果,应将函数式化成最简形式,即函数式中相加的乘积项最少,而且每个乘积项中的因子也最少。在使用中规模集成的常用组合逻辑电路设计电路时,需要把函数式变换为适当的形式,以便能用最少的器件和最简的连线接成所要求的逻辑电路。

6) 画出逻辑电路的连接图

按照化简后的最简逻辑表达式,画出逻辑电路图。

7) 工艺设计

为了把逻辑电路实现为具体的电路装置,还需要做一系列的工艺设计工作,包括机箱、面板、电源、显示电路、控制开关等,最后完成组装与调试。

组合逻辑电路的设计,应是在电路级数允许的条件下,使用器件少,电路简单,成本低廉。如果器件数目相同,输入端总数最少的方案较佳。

5. 时序逻辑电路的设计方法

在数字电路中，任一时刻的输出信号不仅取决于该时刻的输入信号，而且还与电路原来的状态有关，这种电路称之为时序逻辑电路，简称时序电路。从电路的组成来看，时序逻辑电路不仅包含组合电路，还包含具有记忆功能的存储电路，因此时序电路的分析与设计比组合逻辑电路的分析与设计要复杂。

1) 时序电路的分析方法

(1) 时序逻辑电路的描述方法

为了描述时序电路的逻辑功能，通常需要用三个逻辑方程式表达：

- ① 输出方程 表示输出量与输入量及存储电路的现态之间的关系；
- ② 状态方程 表示存储电路的次态与它的现态及驱动信号之间的关系；
- ③ 驱动方程 表示存储电路的驱动信号与输入变量及存储电路的现态之间的关系。

上述三个方程可以全面地反映时序逻辑电路的功能，为了更加直观、形象，还需要借助于一些图表来描述时序逻辑电路的功能。

- ① 状态表 用表格形式反映电路的输出、次态和输入、现态的对应取值关系；
- ② 状态图 用几何图形反映状态转换规律及相应输入、输出取值的情况；
- ③ 时序图 用随时间变化的波形图来表达时钟信号、输入信号、输出信号及电路状态等取值的关系，又称为工作波形图。

(2) 时序电路的分析方法

分析时序逻辑电路就是求出给定时序电路的状态表、状态图或时序图，从而确定电路的逻辑功能和工作特点。一般分析步骤如下：

① 写逻辑方程式 从给定的电路中，首先根据触发器的类型和时钟触发方式，写出触发器的特性方程，以及各触发器的时钟信号和驱动信号的表达式，并根据电路写出输出信号的逻辑表达式。

② 求状态方程 将驱动方程代入相应触发器的特性方程，求得各个触发器次态的逻辑表达式，即状态方程。状态方程必须在时钟信号满足触发条件时才成立。

③ 依次按现态和输入的取值求次态和输出 根据给定的输入条件和现态的初始值依次求次态和输出，如果没有给出以上条件，则依次按假设现态和输入的取值，求出相应的次态和输出。计算过程不要漏掉任何可能出现的现态和输入的取值组合，并且均应把相应的次态和输出求出。

④ 列状态表、画状态图(或时序图) 状态表表示输入、现态和时钟条件满足后的次态及输出的取值关系，其中，输出是现态的函数，即输出取值是由输入和现态决定的。根据状态表画状态图或时序图。

⑤ 说明逻辑功能 根据分析结果，说明时序电路的逻辑功能和特点。

2) 同步时序逻辑电路的设计方法

时序逻辑电路的设计是时序逻辑电路分析的逆过程，根据设计所要求的逻辑功能，画出实现该功能的状态图或状态表，然后进行状态化简及状态分配，求状态方程、输出方程并检查能否自启动，求各个触发器的驱动方程，最后画出逻辑电路图。

设计所得到的设计结果应力求简单。当选用小规模集成电路做设计时，电路最简的标准是所用的触发器和门电路的数目最少，而且触发器和门电路的输入端数目也最少。当使用中、大规模集成电路时，电路最简的标准是使用的集成电路数目最少，种类最少，而且相互