



普通高等教育 工程训练通识课程系列规划教材

普通高等教育“十二五”规划教材

电子电路课程设计

基础实训

● 刘斌 主编 ● 康文炜 程禹 副主编

Dianzi Dianlu Kecheng Sheji
Jichu Shixun



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育工程训练通识课程系列规划教材

普通高等教育“十二五”规划教材

电子电路课程设计基础实训

主 编 刘 斌

副主编 康文炜 程 禹



机械工业出版社

本书是根据高等院校理工类本科电气类、电子信息类、自动化类专业电子电路教学基本要求编写的,是一本集应用性、综合性为一体的实践教材。

本书基于理论与实践并重的思想,在内容的安排上注重实践应用能力的基础训练,让学生自己动手设计、安装、焊接、调试和维修一些电气与电子设备,可以巩固所学的基础知识,掌握基本技能,提高学生的观察能力、逻辑思维能力及分析问题、解决问题的能力,同时,还可以提高学生使用相关电子仪器设备的能力和电子组装工艺的水平,培养社会需要的操作型、技能型、实用型的人才。

全书分为2篇,共9章,最后有3个附录。第1篇为电子电路课程设计基础知识,包括电子电路的基本设计方法与步骤,电子电路课程设计的组装、调试与总结,电子测量仪器的使用。第2篇为电子电路课程设计的内容,包括基本元器件的识别、检测与选用,基本焊接技术操作实训,单元电路焊接和参数的测量,电路课程设计,电子技术课程设计,电子工艺实习中的具体设计方法等内容。附录中收集了常用元件的基本信息并列出了部分历年全国大学生电子设计竞赛试题作为参考。

本书可作为高等学校电气类、电子信息类、自动化类学生进行课程设计、电子工艺实习、实训的教材,也可作为小型课程设计教材和开展第二课堂活动的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子电路课程设计基础实训/刘斌主编. —北京:机械工业出版社, 2013.7

普通高等教育工程训练通识课程系列规划教材 普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-43136-7

I. ①电… II. ①刘… III. ①电子电路—课程设计—高等学校—教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第146487号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:吉玲 责任编辑:吉玲 王雅新

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·8.25印张·191千字

标准书号:ISBN 978-7-111-43136-7

定价:18.50元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

前 言

西安电子科技大学

第1章 电子电路的基础知识

面向 21 世纪的电子技术教学,应当重基础、重设计、重创新,为此,应在“电子技术基础实验”基础上增加“电子电路课程设计”的实践教学环节。通过电子电路设计,不仅可以训练学生的设计思想、设计技能、调试技能与实验研究技能,还可以提高学生的自学能力以及运用基础理论去解决工程实际问题的能力,培养学生的创新能力,提高学生的全面素质。

本书在章节的编排和内容的选取上,尽量做到零基础起步,采用从原理到实践,最后到系统设计的方法,使得电类基础薄弱的读者也能尽快掌握电子电路课程设计中的设计、焊接、安装、调试及维修过程。

“电子电路课程设计基础实训”作为“电子技术基础实验”、“电路理论分析实验”课程的一部分,其设计实训内容仍然是以电子技术基础的基本理论为指导,将涉及的课题项目分为基础型、系统设计型和拓展创新型三个层次。其中基础型是指电子电路的基本单元电路的设计与调试,而系统设计型是指由若干个模、数基本单元电路组成并能完成一定功能的应用电路的设计与调试,拓展创新型是把现有的相对应的课程实验项目内容延伸、扩展到综合训练的创新项目中,也就是把开放性综合训练项目与教学内容相结合。

课程设计与综合设计实验是电气类、电子信息类、自动化类专业重要的实践课程,本书在电路的设计、制作、测量与调试方法、安装与焊接工艺以及故障分析和设备维修技巧等实用技能方面,力求注重学生综合素质、创新意识的培养。通过从验证性实验转移到加强基本技能的训练,从小单元局部电路为主的实验转移到多模块、综合系统实验,从单一的实验室内实验形式转移到课上课下、实验室内外的多元化实验形式,培养学生自主学习的能力和分析问题、解决问题的能力。为此,应对学生进行一定的电子技术综合实训,以培养学生迅速适应微电子技术、计算机技术等科学技术飞速发展的工程实际需要。

全书共分 9 章,从 7 个方面进行训练,内容包括常用电子元器件的识别与选用、电路课程设计、电子技术课程设计、电子工艺实习的设计方法、实用电子线路的制作、印制电路板的设计与制作、安装和焊接工艺等内容。内容设置既符合教学大纲要求,又贴近工程实际;既加强基本技能的训练,又突出综合技能的提高。附录 A 是集成电路应用常识的基本信息,附录 B 是常用数字集成电路引脚图,附录 C 收集了部分历届全国大学生电子设计竞赛试题。

本书由刘斌担任主编,康文炜和程禹担任副主编。康晓涛编写了第 1 章,康文炜编写了第 3 章,刘明山编写了第 4 章,程禹编写了第 5 章,陈万忠编写了第 7 章的 7.1 节、7.2 节,吴微编写了第 8 章的 8.1 节,杨晓萍编写了第 8 章的 8.2 节,李娟编写了第 9 章的 9.1 节、

9.2 节，林琳编写了附录 A，刘洋编写了附录 B，其余部分由刘斌编写并统稿。本书编写过程中参考了许多电子电路专家的著作，谨向作者致以崇高的敬意。

本书的出版得到了吉林大学本科“十二五”规划教材立项支持。

由于编者水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，衷心希望读者和专家同行批评、指正。

编者
于吉林大学

本书共分 2 册，第 1 册，第 2 册，第 3 册，第 1 册为电子电路课程... 第 2 册为... 第 3 册为... 本书编写过程中参考了许多电子电路专家的著作，谨向作者致以崇高的敬意。本书的出版得到了吉林大学本科“十二五”规划教材立项支持。由于编者水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，衷心希望读者和专家同行批评、指正。

目 录

前言

第 1 篇 电子电路的基础知识

第 1 章 电子电路的基本设计与步骤 1

- 1.1 电子电路课程设计的基本要求 1
- 1.2 总体设计的基本过程 2
- 1.3 总体方案论证及选择 2
- 1.4 单元电路的设计 2
 - 1.4.1 单元电路设计的一般步骤 2
 - 1.4.2 单元电路设计的结构形式 3
- 1.5 元器件选择及参数计算 3
 - 1.5.1 参数计算 3
 - 1.5.2 参数选择 3
- 1.6 总体电路图的绘制 4

第 2 章 电子电路课程设计的组装、调试与总结 5

- 2.1 电子电路的组装 5
- 2.2 电子电路的调试 5
- 2.3 课程设计总结报告 7
- 2.4 课程设计评定成绩 7
- 2.5 课程设计考核评分细则 8

第 3 章 电子测量仪器的使用 9

- 3.1 万用表 9
 - 3.1.1 DT95/DT92 系列数字万用表 9
 - 3.1.2 DM3068 型台式数字万用表 12
- 3.2 示波器 19
 - 3.2.1 示波器的面板布置和旋钮作用 20
 - 3.2.2 示波器的基本功能及操作使用方法 21
 - 3.2.3 示波器的基本使用方法 22

第 2 篇 电子电路课程设计

第 4 章 常用电子元器件的识别 25

- 4.1 电阻 25
 - 4.1.1 分类 25
 - 4.1.2 主要技术指标 26

4.1.3	电阻的标识内容及方法	27
4.1.4	电位器	28
4.2	电容	30
4.2.1	电容的技术参数	30
4.2.2	命名与分类	31
4.2.3	几种常用电容	33
4.3	半导体分立器件	34
4.3.1	分类	34
4.3.2	型号命名	35
第5章 焊接工艺安装及技术操作实训		37
5.1	焊接技术与锡焊	37
5.2	锡焊机理	37
5.3	锡焊工具与材料	39
5.3.1	电烙铁	39
5.3.2	焊料	41
5.3.3	焊剂	42
5.4	手工锡焊基本操作	43
5.5	手工锡焊技术要点	44
5.5.1	锡焊基本条件	44
5.5.2	手工锡焊要点	44
5.5.3	锡焊操作要领	45
5.6	实用锡焊技艺	47
5.6.1	印制电路板安装与焊接	48
5.6.2	导线焊接	50
5.6.3	几种易损元器件的焊接	52
5.6.4	几种典型焊点的焊法	53
5.6.5	拆焊	55
5.7	焊接质量及缺陷	56
5.7.1	焊点失效分析	57
5.7.2	对焊点的要求及外观检查	57
5.7.3	焊点通电检查及试验	58
5.7.4	常见焊点缺陷及质量分析	59
第6章 电子电路设计实例		61
6.1	设计题目——可调式移动变压多用充电器	61
6.2	多用充电器的结构	61
6.3	多用充电器设计方法及步骤	61
6.4	整机装配操作过程	63
6.4.1	电子元器件测试和装配器件清单及工具	63
6.4.2	整体系统主要元器件测试	65
6.5	印制电路板的安装及布线焊接	65

6.6	整机装配工艺	68
6.7	整机检测与调试	70
6.8	常见故障的检修	71
第7章 电路课程设计		72
7.1	基础训练设计题目——集成直流稳压电源设计	72
7.1.1	集成直流稳压电源的设计方法及步骤	72
7.1.2	直流稳压电源组成及作用	73
7.1.3	基本原理	73
7.1.4	稳压电路	74
7.1.5	芯片元器件	74
7.1.6	集成直流稳压电源工作原理图	75
7.1.7	电路课程设计简易故障检测与维修技巧流程	75
7.1.8	电路课程设计学生基础训练作品	75
7.2	拓展训练设计题目——可调集成直流稳压电源设计	76
7.2.1	设计内容	76
7.2.2	设计要求	76
7.2.3	电路原理	76
7.2.4	电路原理图	78
7.2.5	注意事项	78
7.3	创新训练设计题目——带保护功能的5V稳压电源设计	78
7.3.1	带保护功能的5V稳压电源设计内容	78
7.3.2	带保护功能的5V稳压电源设计要求	78
7.3.3	电路原理图	78
7.3.4	工作原理	79
7.3.5	元器件选择	80
7.3.6	制作与使用说明	80
第8章 电子技术课程设计		81
8.1	基础训练设计题目——晶体管超外差六段调频收音机设计	81
8.1.1	晶体管超外差收音机的设计方法及步骤	81
8.1.2	直接放大式收音机	82
8.1.3	超外差式收音机工作原理	83
8.1.4	收音机安装	86
8.1.5	整机调试	87
8.1.6	收音机常见故障的检修	90
8.1.7	电子技术课程设计学生基础训练作品	93
8.2	拓展训练设计题目——调频收音/对讲机的设计	93
8.2.1	调频收音/对讲机设计内容	93
8.2.2	调频收音/对讲机设计要求	93
8.2.3	调频收音/对讲机电路工作原理	94
8.3	创新训练设计题目——电力线载波通信对讲机设计	96

8.3.1	电力线载波通信对讲机设计内容	96
8.3.2	电力线载波通信对讲机设计要求	96
8.3.3	电力线载波通信对讲机工作原理	96
8.3.4	制作与调试	97
第9章	电子工艺实习	99
9.1	基础训练设计题目——HX-2056型声光控制节能开关设计	99
9.1.1	声光控制节能开关的设计方法及步骤	99
9.1.2	声光控制节能开关电路原理	100
9.1.3	基本工作原理	100
9.1.4	简易故障检测与维修技巧流程	102
9.1.5	学生基础训练作品	102
9.2	拓展训练设计题目——楼道声光双控制延时照明灯设计	103
9.2.1	楼道声光双控制延时照明灯设计内容	103
9.2.2	楼道声光双控制延时照明灯设计要求	103
9.2.3	楼道声光双控制延时照明灯电路原理	103
9.2.4	楼道声光双控制延时照明灯设计工作原理	103
9.2.5	电路板上元器件布局及其明细	104
9.2.6	安装及调试要点	105
9.3	创新训练设计题目——声控闪光LED灯与声控延时LED灯研发设计	105
9.3.1	声控闪光LED灯	105
9.3.2	声控延时LED灯设计	106
	附录	109
附录A	集成电路应用常识	109
A.1	半导体集成电路的分类	109
A.2	数字集成电路的分类	109
A.3	模拟体集成电路的分类	110
A.4	常用数字集成电路型号表	110
附录B	常用数字集成电路引脚图	112
B.1	常用TTL(74系列)数字集成电路型号及引脚排列	112
B.2	常用CMOS(CC4000系列)数字集成电路型号及引脚排列	115
附录C	历届全国大学生电子设计竞赛试题参考	116
C.1	题目——电能收集充电器	116
C.1.1	任务	116
C.1.2	要求	116
C.1.3	评分标准	117
C.1.4	说明	117
C.2	题目——数字幅频均衡功率放大器	118
C.2.1	任务	118
C.2.2	要求	118
C.2.3	说明	118

C.2.4 评分标准	119
C.3 题目——模拟路灯控制系统	120
C.3.1 任务	120
C.3.2 要求	120
C.3.3 说明	121
C.3.4 评分标准	121
参考文献	122

第1章 电子电路的基本设计方法与步骤

在设计一个常用的电子电路系统、装置时,首先必须明确系统的设计任务,根据任务进行方案选择,然后对方案中的各个部分进行单元电路的设计,参数计算和器件选择,最后将各部分连接在一起,画出一个符合设计要求的完整的系统电路图。一般设计人员按照电子电路设计的基本方法与步骤示意图进行设计。但电子电路的种类很多,实际设计更复杂,器件选择的灵活性很大,因此设计方法和步骤也会因不同情况而有所区别,有些步骤需要反复进行,甚至反复多次,设计者应根据具体情况灵活运用。



图 1.1 电子电路课程设计的基本方法与步骤示意图

1.1 电子电路课程设计的基本要求

课程设计是通过阶段课程的教学环节之后进行的,其内容是把现有的课程或课程实验项目内容延伸、扩展到综合训练的创新项目中。课程设计应使学生达到以下要求:

1) 初步掌握一般电子电路分析和设计的基本方法,包括:按电路设计要求和指标,初选电路,经调查研究、设计计算,确定电路方案;选择元器件,安装电路并调试安排实验,调试改进;分析实验结果的过程,写出设计报告。

2) 培养一定的自学能力、独立分析问题、解决问题的能力、创新意识和创新能力,包括:学会自己分析解决问题的方法,对设计中遇到的问题,能通过独立思考、拓展思维,查阅工具书及参考文献,寻找答案;掌握一些电路调试的一般规律,实验中遇到一般故障,能通过“观察、判断、试验,再判断”的基本方法去解决;能对实验结果独立地进行分析、评价。

第 1 篇 电子电路的基础知识

电子技术基础课程设计包括选择课题、电子电路设计、焊接、组装、调试和撰写总结报告等实践环节。本篇介绍电子电路课程设计的有关基础知识。

第 1 章 电子电路的基本设计方法与步骤

在设计一个常用的电子电路系统、装置时，首先必须明确系统的设计任务，根据任务进行方案选择，然后对方案中的各个部分进行单元电路的设计、参数计算和器件选择，最后将各部分连接在一起，画出一个符合设计要求的完整的系统电路图，一般按图 1.1 所示的电子电路设计的基本方法与步骤示意图进行设计。但电子电路的种类很多，实现的功能很多，器件选择的灵活性很大，因此设计方法和步骤也会因不同情况而有所区别。有些步骤需要交叉进行，甚至反复多次，设计者应根据具体情况灵活掌握。

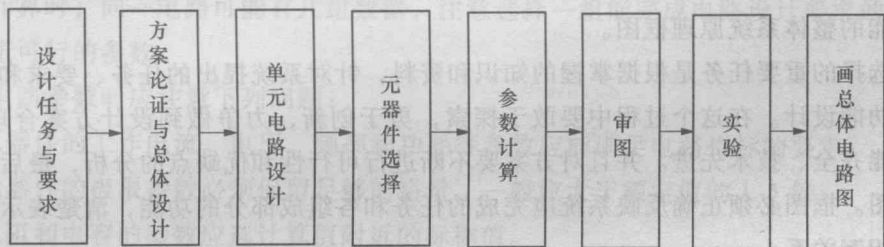


图 1.1 电子电路课程设计的的基本方法与步骤示意图

1.1 电子电路课程设计的的基本要求

课程设计是通过阶段课程的教学环节之后进行的，其内容是把现有的相对应的课程实验项目内容延伸、扩展到综合训练的创新项目中。课程设计应使学生达到以下要求：

1) 初步掌握一般电子电路分析和设计的基本方法。包括：根据设计任务和指标，初选电路，经调查研究、设计计算，确定电路方案；选择元器件，安装电路，独立安排实验，调试改进；分析实验结果的过程，写出设计报告。

2) 培养一定的自学能力、独立分析问题、解决问题的能力、创新意识和创新能力。包括：学会自己分析解决问题的方法，对设计中遇到的问题，能通过独立思考、拓展思维、查阅工具书及参考文献，寻找答案；掌握一些电路调试的一般规律，实践中出现一般故障，能通过“接触，判断，试验，再判断”的基本方法去解决；能对实验结果独立地进行分析、评价。

- 3) 掌握普通电子电路的生产流程以及安装、布线、焊接等操作过程。
- 4) 巩固常用电子仪器的正确使用方法,包括对数字万用表、示波器、直流稳压电源、信号发生器等能正确使用;掌握常用电子元器件和电路的测试技能。
- 5) 通过严格的科学训练和课程设计实践,使学生逐步树立严肃认真、一丝不苟、实事求是的科学作风,并培养学生在实际工作中的生产观念、经济观念和全局观念。

1.2 总体设计的基本过程

所谓总体设计是指针对所提出的任务、要求和条件,用具有一定功能的若干单元电路构成一个整体,来实现系统的各项性能。显然,符合要求的总体设计方案不止一个,应该针对设计的任务和要求,查阅资料,利用掌握的知识提出几种不同的可行性方案,然后逐个分析每个方案的优缺点,加以比较,进行方案论证,择优选用。

在方案的选择过程中,可用框图表示总的原理电路。框图不必画得过于详细,只要能正确反映各组成部分的功能和系统应完成的任务即可。

1.3 总体方案论证及选择

这一步的工作要求是,把系统要完成的任务分配给若干个单元电路,并画出一个能表示各单元功能的整体系统原理框图。

方案选择的重要任务是根据掌握的知识和资料,针对系统提出的任务、要求和条件,完成系统的功能设计。在这个过程中要敢于探索,勇于创新,力争做到设计方案合理、可靠、经济、功能齐全、技术先进。并且对方案要不断进行可行性和优缺点的分析,最后设计出一个完整框图。框图必须正确反映系统应完成的任务和各组成部分的功能,清楚表示系统的基本组成和相互关系。

1.4 单元电路的设计

单元电路是整个系统的一部分,只有把各单元电路设计好才能提高整体设计水平。每个单元电路设计前都需明确本单元电路的任务,详细拟定出单元电路的性能指标、与前后级之间的关系,分析电路的组成形式。具体设计时,可以模仿成熟的先进的电路,也可以进行创新或改进,但都必须保证性能要求。而且,不仅单元电路本身要设计合理,各单元电路间也要互相配合,注意各部分的衔接输入信号、输出信号和控制信号的关系。

1.4.1 单元电路设计的一般步骤

根据设计要求和已选定的总体方案原理图,明确对各单元电路的要求,详细拟定各单元电路的性能指标,注意各单元电路输入信号、输出信号、控制信号之间的关系与互相配合,注意尽量少用或不用电平转换之类的接口电路。

1.4.2 单元电路设计的结构形式

在选择单元电路的结构形式时,最简单的办法是从过去学过的和所了解的电路中选择一个合适的电路。同时还应去查阅各种资料,通过学习、比较来寻找更好的电路形式。一个好的电路结构应该满足性能指标的要求,功能齐全,结构简单、合理,技术先进等。

1.5 元器件选择及参数计算

电子电路的设计,从某种意义上讲,就是选择最合适的元器件。不仅在设计单元电路,计算参数时要考虑选什么样的元器件合适,而且在提出方案,分析、比较方案的优缺点(方案论证)时,也要先考虑选用哪些元器件以及它们的性价比如何。因此,在设计过程中,选择好元器件是很重要的一步。

1.5.1 参数计算

为保证单元电路达到功能指标要求,就需要用电子技术知识对参数进行计算,例如,放大电路中各电阻值、放大倍数的计算;振荡器中电阻、电容、振荡频率等参数的计算。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。

参数计算时,同一电路可能有几组数据,注意选择一组能完成电路设计要求的功能、在实践中真正可行的参数。

计算电路参数时应注意下列问题:

- 1) 元器件的工作电流、电压、频率和功耗等参数应能满足电路指标的要求;
- 2) 元器件的极限参数必须保留足够的裕量,一般应大于额定值的1.5倍;
- 3) 电阻和电容的参数应选计算值附近的标称值。

1.5.2 参数选择

1. 阻容元件的选择

电阻和电容种类很多,正确选择电阻和电容是很重要的。不同的电路对电阻和电容性能要求也不同。有些电路对电容的漏电要求很严,还有些电路对电阻、电容的性能和容量要求很高。例如滤波电路中常用大容量(100~3000 μF)铝电解电容,为滤掉高频通常还需并联小容量(0.01~0.1 μF)瓷片电容。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,并注意功耗、容量、频率和耐压范围是否满足要求。

2. 分立器件的选择

分立器件包括二极管、晶体三极管、场效应管、光电二(三)极管、晶闸管等。根据其用途分别进行选择。

选择器件种类不同,注意事项也不同。例如选择晶体三极管时,首先注意是选择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。并注意管子的参数 P_{CM}

(最大允许耗散功率)、 I_{CM} (最大输出平均电流)、 BV_{CEO} (基极开路, CE 结击穿电压)、 BV_{EBO} (集电极开路, EB 结击穿电压)、 I_{CBO} (基极接地, 发射极对地开路, 在规定的 U_{CB} 反向电压条件下的集电极与基极之间的反向截止电流)、 β (电流放大倍数)、 f_T (特征频率) 和 f_β (共射极截止频率) 是否满足电路设计指标的要求, 高频工作时, 要求 $f_T = (5 \sim 10)f$, f 为工作频率。

3. 集成电路的选择

由于集成电路可以实现很多单元电路甚至整体电路的功能, 所以选择用集成电路来设计单元电路和总体电路既方便又灵活, 它不仅使系统体积缩小, 而且性能可靠, 便于调试及运用, 在设计电路时颇受欢迎。

集成电路有模拟集成电路和数字集成电路。国内外已生产出大量集成电路, 器件的型号、原理、功能、特性可查阅有关手册。

选择的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。

1.6 总体电路图的绘制

在完成单元电路的设计、参数计算、器件选择之后, 下一步应该画出总体电路图。为详细表示设计的总体电路及各单元电路的连接关系, 设计时需绘制完整电路图。

电路图通常是在系统框图、单元电路设计、参数计算和器件选择的基础上绘制的, 它是组装、调试和维修的依据。绘制电路图时要注意以下几点:

1) 布局合理、排列均匀、图面清晰、便于看图、有利于对图的理解和阅读。有时一个总电路由几部分组成, 绘图时应尽量把总电路图画在一张图样上。如果电路比较复杂, 需绘制几张图, 则应把主电路图画在同一张图样上, 而把一些比较独立或次要的部分画在另外的图样上, 并在图的断口两端做上标记, 标出信号从一张图到另一张图的引出点和引入点, 以此说明各图纸在电路连线之间的关系。

有时为了强调并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, 并尽可能按工作顺序排列。

2) 注意信号的流向, 一般从输入端或信号源画起, 由左至右或由上至下按信号的流向依次画出各单元电路, 而反馈通路的信号流向则与此相反。

3) 图形符号要标准, 图中应加适当的标注。图形符号表示器件的项目或概念。电路图的中、大规模集成电路器件, 一般用方框表示, 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和引脚号。除中、大规模器件外, 其余元器件符号应当标准化。

4) 连接线应为直线, 并且交叉和折弯应最少。通常连接线可以水平布置或垂直布置, 一般不画斜线。互相连通的交叉线, 应在交叉处用圆点表示。根据需要, 可以在连接线上加注信号名或其他标记, 表示其功能或去向。有的连线可用符号表示, 例如器件的电源一般标电源电压的数值, 地线用符号 \perp 表示。

设计的电路是否能满足设计要求, 还必须通过组装、调试进行验证。

7) 静态测试法。故障部位不明确,要确定是哪一部分元件故障(或故障原因),静态测试法是

第2章 电子电路课程设计的组装、调试与总结

是在电路通电前,对电路各部分元件进行静态测试,以确定故障部位(或故障原因)的方法。由于是在通电前

进行的,所以叫静态测试。通过这种测试可以判断电路中哪些元件有故障,并由该元件立立即

电子电路的设计、安装、调试在电子工程技术中占有很重要的地位,它是把理论付诸于

实践的过程,也是知识转化为能力的一种重要途径。当然这一过程也是对理论设计做出检

验、修改,使之更加完善的过程。安装调试工作能否顺利进行,除了与设计者掌握的调试测

量技术、对测试仪器的熟练使用程度以及对所设计电路理论的掌握水平等有关之外,还与

设计者工作中的认真、仔细、耐心的态度有关。

通过这种测试可以判断电路中哪些元件有故障,并由该元件立即

2.1 电子电路的组装

2.1.1 电子电路基础课程设计中组装通常采用焊接和实验板或实验箱上插接两种方式。焊接组

装利于提高焊接技术,但器件可重复利用率低。在实验板或实验箱上组装,插接、调试方

便,器件可重复利用率高。装配前必须对元器件进行性能参数测试。根据设计任务的不同,

有时需要进行 PCB(印制电路板)设计制作,并在 PCB 上进行装配调试。实验室一般采用

插接组装法,若需做成产品,可在电路调试无误后,制作 PCB 进行焊接。插接电路时,应

注意以下几点:①应根据电路原理图确定元器件在插接板上的位置,并依据信号流向将元

器件顺序连接,以便于调试。②插接集成电路时,应注意方向性,不得插错,不得随意弯曲引

脚。③导线选择要合理,尺寸要与插孔直径一致,一般通过颜色区别不同用途,例如正电

源用红色线,负电源用蓝色线,地线用黑色线,信号线用其他颜色线;导线布线要合理,尽量

横向和竖向布线,避免接触不良,注意共地问题,不要跨接在集成电路上(要从周围绕

过)。正确的组装方法和合理的布局,不仅使电路整齐美观,而且能提高电路工作的可靠

性,便于检查和排除故障。

2.2 电子电路的调试

电子电路的调试方法通常有以下两种:

1) 边安装边调试的方法。把一个总电路按框图上的功能分成若干单元电路,分别进行

安装和调试。在完成各单元电路调试的基础上逐步扩大安装和调试的范围,最后完成整机

调试。对于新设计的电路,此方法既便于调试,又可及时发现和解决问题。该方法适合在课程

设计中采用。

2) 整个电路安装完毕,实行一次性调试的方法。这种方法适用于定型产品。从

调试时应注意做好调试记录,准确记录电路各部分的测试数据和波形,以便于分析和运

行时参考。一般步骤如下:

(1) 通电前检查

电路安装完毕，首先直观检查电路各部分接线是否正确，检查电源、地线、信号线、元器件引脚之间有无短路，器件有无接错。

(2) 通电检查

接入电路所要求的电源电压，观察电路中各部分器件有无异常现象。如果出现异常现象则应立即关断电源，待排除故障后方可重新通电。

(3) 单元电路调试

在调试单元电路时应明确本部分的调试要求，按调试要求测试性能指标和观察波形。调试顺序按信号的流向进行，这样可以把前面调试过的输出信号作为后一级的输入信号，为最后的整体联调创造条件。电路调试包括静态和动态调试，通过调试掌握必要的参数、波形、现象，然后对电路进行分析、判断，排除故障，完成调试要求。

(4) 整机联调

各单元电路调试完成后就为整机调试打下了基础。整体联调时应观察各单元电路连接后各级之间的信号关系，主要观察动态结果，检查电路的性能和参数，分析测量的数据和波形是否符合设计要求，对发现的故障和问题及时采取处理措施。

电路故障的排除可以按下述 8 种方法进行：

1) 信号寻迹法。寻找电路故障时，一般可以按信号的流程逐级进行。从电路的输入端口加入适当的信号，用示波器或电压表等一起逐级检查信号在电路内各部分传输的情况，根据电路的工作原理分析电路的功能是否正常，如果有问题，应及时处理。调试电路时也可以从输出级向输入级倒推进行，信号从最后一级电路的输入端加入，观察输出端是否正常，然后逐级将适当信号加入前面一级电路输入端，继续进行检查。这里所指的“适当信号”是指频率、电压幅值等参数满足电路要求的信号，这样才能使调试顺利进行。

2) 对分法。把有故障的电路分为两部分，先检测这两部分中究竟是哪部分有故障，然后再对有故障的部分对分检测，直到找出故障为止。采用对分法可减少调试工作量。

3) 分割测试法。对于一些有反馈的环形电路，如振荡器、稳压器等电路，它们各级的工作情况互相有牵连，这时可采取分割环路的方法，将反馈环去掉，然后逐级检查，可更快地查出故障部分。对自激震荡现象也可以用此方法检查。

4) 电容旁路法。如遇电路发生自激震荡或寄生调幅等故障，检测时可用一只容量较大的电容并联到故障电路的输入或输出端，观察对故障现象的影响，据此分析故障的部位。在放大电路中，旁路电容失效或开路，使负反馈加强，输出量下降，此时用适当的电容并联在旁路电容两端，就可以看到输出幅度恢复正常，也就可以断定是旁路电容的问题。这种检查可能要多处试验才有结果，这时要细心分析可能引起故障的原因。这种方法也用来检查电源滤波和去耦电路的故障。

5) 对比法。将有问题的电路的状态、参数与相同的正常电路进行逐项对比。此方法可以较快地从异常的参数中分析出故障。

6) 替代法。用已调试好的单元电路替代有故障或有疑问的相同的单元电路（注意共地），这样可以很快判断故障部位。有时元器件的故障不很明显，如电容漏电、电阻变质、晶体管 and 集成电路性能下降等，这时用相同规格的优质元器件逐一替代实验，就可以具体地

判断故障点，加快查找故障点的速度，提高调试效率。

7) 静态测试法。故障部位找到后，要确定是哪一个或哪几个元件有问题，最常用的就是静态测试法和动态测试法。静态测试是用万用表测试电阻值是否正常、电容是否漏电、电路是否短路或断路、晶体管和集成电路的各引脚是否正常等。这种测试是在电路不加信号时进行的，所以叫静态测试。通过这种测试可发现元器件的故障。

8) 动态测试法。当静态测试还不能发现故障原因时，可以采用动态测试法。测试时在电路输入端加上适当的信号再测试元器件的工作情况，观察电路的工作状况，分析、判别故障原因。

组装电路要认真细心，要有严谨的科学作风。安装电路要注意合理布局。调试电路要注意正确使用测量仪器，系统各部分要“共地”，调试过程中要不断跟踪和记录观察的现象、测量的数据和波形。通过组装调试电路，发现问题、解决问题，提高设计水平，圆满地完成设计任务。

2.3 课程设计总结报告

编写课程设计的总结报告是对学生写科学论文和科研总结报告能力的训练。通过写报告，不仅把设计、焊接、组装、调试的内容进行全面总结，而且把实践内容上升到理论高度。总结报告应包括以下几点：

- 1) 课题名称。
- 2) 内容摘要。
- 3) 设计任务及主要技术指标和要求。
- 4) 选定方案的论证及整体电路的工作原理。
- 5) 比较和选定设计的系统方案，画出系统框图。
- 6) 单元电路设计、参数计算和器件选择。
- 7) 按国家有关标准画出完整的电路图，并说明电路的工作原理。
- 8) 组装调试的内容。包括：使用的主要仪器和仪表，调试电路的方法和技巧，测试的数据和波形以及与计算结果的比较分析，调试中出现的故障、原因及排除方法。
- 9) 总结设计电路的特点和方案的优缺点，指出课题的核心及实用价值，提出改进意见和创新点。
- 10) 列出系统需要的元器件明细表。
- 11) 列出参考文献。
- 12) 收获体会、存在的问题和进一步的改进意见等。

2.4 课程设计评定成绩

课程设计结束后，教师将根据以下几方面来评定成绩。

- 1) 设计方案的正确性与合理性。