

中等职业学校电子信息类专业教学用书

电子技能实训

杨元挺 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

中等职业学校电子信息类专业教学用书

电工基础	周绍敏
电子线路	陈其纯
电子技术基础	陈振源
电子技术基础	张龙兴
电工技能与实训	曾祥富
→ 电子技能实训	杨元挺
电工工艺训练	刘玉章
电子工艺训练	刘 伟
电子测量技术	辜小兵
常用电子测量仪器	李明生
电子产品结构工艺	牛桂平
电子线路计算机辅助设计Protel 2004	王廷才
Multisim电子工作平台的应用	高 青
PCB设计与制作	辜小兵
VCD、DVD设备原理与维修	史新人
音响设备使用与维护	耿德普

赠送：

20 小时网上学习 免费下载多种资源

增值学习卡

网址：sve.hep.com.cn

网上学习 / 资源下载 / 权威专家在线答疑

防伪标打电话：106695881289

免费查询 / 甄别盗版 / 赢取大奖

使用说明详见书内“郑重声明”页

明码 6106 8116 6256 7101
密码

ISBN 978-7-04-025936-0



9 787040 259360 >

定价 21.20 元

中等职业学校电子信息类专业教学用书

电子技能实训

主 编 杨元挺

高等教育出版社

内容简介

本书为中等职业教育电子信息类“双证课程”教学方案系列教材,参照了全国哲学社会科学“十五”规划重点课题“职业教育与就业准入制度互动关系研究”成果之一——中等职业教育电子信息类“双证课程”培养方案,及教育部颁布的电子技术应用专业教学指导方案编写,同时参考了相关行业职业资格标准或行业职业技能鉴定标准。

本书内容包括常用电子器件、常用电子仪器的使用常识、电子生产工艺要点、EDA 技术及课题制作等。本书从应用的角度出发,深入浅出地介绍有关的基本知识和基本技能,并力图结合课题训练等实践环节,尝试课堂理论与实践一体化教学法,体现职业教育教学方法和现代教育技术的应用,提高课堂教学效率和效果。为了便于深入学习和理解书中内容,各章节后都附有思考与练习题,同时给出了大量难度不同、规格不同的课题,方便教师教学及读者自学。

本书附有防伪码和学习卡,按照本书最后一页“郑重声明”下方的说明,即可查询图书真伪,并获得学习资源。

本书可作为劳动部门相关职业资格证书的复习考试用书,也可作为中等职业学校电子信息类专业教材及相关岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电子技能实训/杨元挺主编. —北京:高等教育出版社,

2009.5

ISBN 978-7-04-025936-0

I. 电… II. 杨… III. 电子技术-职业教育-教材

IV. TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 050624 号

策划编辑 李宇峰

责任编辑 陆明

封面设计 于涛

版式设计 王艳红

责任校对 杨凤玲

责任印制 尤静

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
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京铭成印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 14.75
字 数 350 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2009 年 5 月第 1 版
印 次 2009 年 5 月第 1 次印刷
定 价 21.20 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 25936-00

前 言

本书根据教育部颁布的中等职业学校《电子技术技能训练教学基本要求》编写,包含了教学基本要求中要求的基本知识和基本技能。本书为中等职业教育电子信息类专业“双证课程”教学方案系列教材,是劳动部门相关职业资格证书“双证课程”教材。

电子技术是高新技术,它已广泛应用于信息技术的各个领域,并已扩展到国民经济的各个部门,而且进入了家庭。本书是电子技术应用的基础,也是电子技术应用专业的一门重要的技术技能课。本书编写中力求突出以下特点:

1. 体现电子技术的新知识、新器件、新工艺、新技术的应用,内容上注重集成电路的应用,同时又兼顾课题的训练目标(如典型分立电路的应用),突出数字电路的应用,介绍 EWB 和 Protel 在电子技术中的应用,各单元内容力求精悍短小。
2. 内容丰富、全面、翔实、涵盖中职信息技术类学生必须掌握的各种基本技能:从元器件选用、仪器使用、印制电路板制作到电路调试一应俱全。此外,还介绍了产品开发和生产的全过程,以便尽快适应工作单位的生产环境。
3. 较系统和确切地叙述电子技术实训在教学中的地位、作用和要求。
4. 列出大量难度不同、规格不同的实训课题,既有实用性,又便于实现。
5. 体现能力为本位的职教特色。各章有明确的知识 and 技能目标,实作和演练使教材更有针对性,突出电子技术的实用性。

为了便于深入学习和理解书中内容,各章节后都附有思考与练习题,方便教师教学及读者自学。

本书由福建信息职业技术学院杨元挺、重庆市教科所唐果南主编,福建信息职业技术学院陈晓文、重庆市垫江县职业高级中学彭克发参编。其中,第1,3章由杨元挺老师编写,第2,5章和课题3~16及附录由陈晓文老师编写,课题1~2由唐果南老师编写,第4章由彭克发老师编写;最后由杨元挺老师统编全书。

本书经中国职业教育学会教学工作委员会电工与电子技术专业教学研究会审阅。东南大学谢嘉奎教授对本书进行了认真细致的审阅,并提出了许多修改意见。在本书编写过程中,还得到了不少同志的帮助。广东电子技术学校熊耀辉、天津仪表无线电工业学校季世伦、南昌无线电工业学校曾日波、成都航空职业技术学院唐程山、南京无线电工业学校王钧铭、珠海电子工业学校张中洲、重庆职业技术学院任德齐、山东电子工业学校刘勇等参加了本书编写大纲的讨论。郭勇、姜能座、朱铭、罗郑升、陈开洪等同志对本书的编写做了大量工作,在此一并表示感谢。

本书在编写方式上力求创新,使之适合现代中等职业教育,由于编写时间仓促,编者水平有限、书中疏漏乃至错误之处,恳请广大读者批评指正。

本书采用出版物短信防伪系统,用封底下方的防伪码,按照本书最后一页“郑重声明”下方的使用说明进行操作可查询图书真伪并赢取大奖。本书同时配套学习卡资源,按照本书最后一页“郑重声明”下方的学习卡使用说明,登录<http://sve.hep.com.cn>上网学习,下载资源。

编 者

2009年1月

目 录

第1章 绪论	1	频仪	37
1.1 电子技术技能训练的性质和任务	1	2.3 仪器使用说明书的使用	40
1.1.1 电子技术技能训练的性质	1	2.4 使用仪器的一般规则	42
1.1.2 电子技术技能训练的任务	2	2.5 正确获取和处理数据	43
1.2 电子产品制作的一般过程	2	思考与练习题	44
1.2.1 确定电路设计指标与可行性预测	3	第3章 常用电子元器件介绍	45
1.2.2 电路设计与仿真分析	3	3.1 电阻器、电容器、电感器介绍	45
1.2.3 画出电路图及生成PCB图	8	3.1.1 电阻器的介绍	45
1.2.4 印制电路板制作	9	3.1.2 电容器的介绍	47
1.2.5 元器件准备	9	3.1.3 电感器与变压器的介绍	51
1.2.6 装配、调试与指标测量	9	3.2 晶体二极管、三极管介绍	52
1.2.7 工艺技术文件编写	10	3.2.1 二极管	52
1.3 电子技术技能训练的基本要求	10	3.2.2 三极管	52
思考与练习题	11	3.3 常用集成电路的识别与简单测试	55
第2章 常用电子仪器的使用	12	3.3.1 集成电路的型号及命名	55
2.1 电子仪器的分类	12	3.3.2 集成电路外形及引线排列	56
2.2 常用电子仪器的介绍与使用练习	13	3.3.3 集成电路使用方法	57
2.2.1 低频信号发生器	13	3.3.4 集成运算放大器的简单测试介绍	58
2.2.2 DF2172B型双通道交流毫伏表	15	3.4 特殊器件	61
2.2.3 示波器	17	3.4.1 光电耦合器	61
2.2.4 XFG-7型标准信号发生器	26	3.4.2 SMT片状元器件	62
2.2.5 稳压电源	27	3.5 器件手册的使用	63
2.2.6 万用表	28	3.5.1 正确使用器件手册的意义	63
2.2.7 HZ4832型晶体管特性图示仪	31	3.5.2 器件手册的基本内容	63
2.2.8 XPD1252-BT3C RF宽带扫		3.5.3 器件手册的使用方法	64
		思考与练习题	65
		第4章 电子生产工艺要点	67

4.1	电子设备组装工艺	67		思考与练习题	145
4.1.1	布局	67	6.2	直流稳压电源制作	147
4.1.2	印制电路板的组装	68	6.2.1	直流稳压电源	147
4.1.3	布线及扎线工艺	73	6.2.2	电路制作、调试与指标 测量	149
4.1.4	组装结构工艺	78	6.2.3	装配注意事项	150
4.2	焊接技术	80		思考与练习题	150
4.2.1	焊接的基本知识	80	6.3	信号发生器制作	151
4.2.2	手工焊接技术	83	6.3.1	方波和三角波发生器的 组成及原理	151
*4.2.3	生产焊接技术	90	*6.3.2	方波和三角波发生器的 仿真分析	152
4.3	调试工艺	91	6.3.3	方波和三角波发生器的 制作过程	153
4.3.1	调试仪器	92		思考与练习题	154
4.3.2	调试工艺技术	93	6.4	数字密码开关制作	155
4.3.3	整机检验	98	6.4.1	数字密码开关的组成及 原理	155
	思考与练习题	102	6.4.2	数字密码开关的仿真 分析	157
*第5章	EDA 技术简介	103	6.4.3	数字密码开关的制作 过程	158
5.1	概述	103		思考与练习题	160
5.1.1	EDA 技术	103	6.5	声光逻辑电平测试器制作	160
5.1.2	PC 机上的 EDA 软件	103	6.5.1	声光逻辑电平测试器的 组成及原理	160
5.2	电路分析软件 EWB	104	6.5.2	声光逻辑电平测试器的 仿真分析	161
5.2.1	EWB 的基本界面	104	6.5.3	声光逻辑电平测试器的 制作过程	163
5.2.2	EWB 的基本操作方法	105		思考与练习题	164
5.2.3	连线的操作	108	6.6	数字钟兼钟控定时器制作	165
5.2.4	常用的仪器仪表使用	110	6.6.1	时钟集成电路 LM8364	165
5.3	Protel98 电路设计的基本方法和 步骤	112	6.6.2	数字钟兼钟控定时器的 组成及原理	167
5.3.1	认识 Protel98	112	6.6.3	数字钟兼钟控定时器的 制作过程	170
5.3.2	原理图的绘制	114		思考与练习题	172
5.3.3	生成网络表	125	6.7	电子摇奖机制作	173
5.3.4	印制电路板的制作	127			
	思考与练习题	136			
第6章	选用课题	138			
6.1	低频功率放大器制作	138			
6.1.1	低频功率放大器的 组成及原理	138			
6.1.2	低频功率放大器的 仿真分析	139			
6.1.3	低频功率放大器的 制作过程	140			

6.7.1	电子摇奖机的组成及原理	173	6.12.2	元器件选择	200
* 6.7.2	电子摇奖机的仿真分析 ...	175	6.12.3	装配调试	200
6.7.3	电子摇奖机的制作过程 ...	176		思考与练习题	202
	思考与练习题	177	6.13	新型无线遥控系统	202
6.8	红外无绳耳机制作	178	6.13.1	各种典型电路	203
6.8.1	锁相环	178	6.13.2	使用无线遥控系统的 注意事项	204
6.8.2	红外无绳耳机的组成及 原理	179	6.13.3	元器件选择及印制电路板 制作	204
6.8.3	红外无绳耳机的制作 过程	180		思考与练习题	205
	思考与练习题	183	6.14	数字频率计制作	205
6.9	双色循环彩灯控制器制作	183	6.14.1	数字频率计的组成及 原理	205
6.9.1	双色循环彩灯控制器的 组成及原理	183	6.14.2	数字频率计的制作过程 ...	208
* 6.9.2	双色循环彩灯控制器的 仿真分析	187		思考与练习题	210
6.9.3	双色循环彩灯控制器的 制作过程	188	6.15	交通信号灯控制电路制作 ...	210
	思考与练习题	190	6.15.1	交通信号灯控制电路的 组成及原理	210
6.10	数显抢答器制作	190	6.15.2	交通信号灯控制电路的 仿真分析	211
6.10.1	数显抢答器的组成及 原理	190	6.15.3	交通信号灯控制电路的 制作过程	211
* 6.10.2	数显抢答器的仿真分析 ...	192		思考与练习题	213
6.10.3	数显抢答器的制作过程 ...	193	6.16	数字电压表制作	213
	思考与练习题	194	6.16.1	$4\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器 ICL7135	214
6.11	鉴频器制作	195	6.16.2	$4\frac{1}{2}$ 位数字电压表的 组成及原理	216
6.11.1	调频解调集成电路 LM3361	195	6.16.3	$4\frac{1}{2}$ 位数字电压表的 制作过程	217
6.11.2	鉴频器的组成及原理	196		思考与练习题	218
6.11.3	鉴频器的制作过程	197	附录		219
	思考与练习题	199	参考文献		226
6.12	台灯调光电路制作	199			
6.12.1	工作原理	199			

第1章 绪论

知识目标:

明确电子技术技能训练性质和任务;

明确电子技术技能训练的过程;

明确电子技术技能训练的要求。

技能目标:

了解根据设计指标选取电路的基本方法;

了解电子技术技能训练的方法和步骤。

1.1 电子技术技能训练的性质和任务

1.1.1 电子技术技能训练的性质

电子技术技能训练是中等职业学校电子与信息技术类专业一项重要的集中基本技能训练,是理论知识的综合与应用。

现在,我国的教育改革进入了新阶段,国家对中等职业教育从宏观到微观做出了一系列根本性的改革,尤其是对中职培养目标的定位,对中职毕业生基本素质和能力的要求作了明确的说明,其影响是巨大而深远的。中等职业学校要培养与我国社会主义现代化建设要求相适应,德智体美等方面全面发展,具有综合职业能力,在生产、服务、技术和管理第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才。中等职业学校毕业生应该掌握必需的文化基础知识、专业知识和比较熟练的职业技能,具有继续学习的能力和适应职业变化的能力,具有创新精神和实践能力、立业创业能力。

适应市场经济和中职培养目标的要求,职业教育应突出对学生职业技能的培养。电子与信息技术类专业是实践性很强的专业,应该加强对学生实践能力的培养,尤其是对中等职业学校的学生而言,学生的实际操作能力显得尤为重要。电子技术技能训练作为一门独立的课程,正体现了实践的重要性,只有通过各种实践教学,才能使中职毕业生具备“比较熟练的职业技能”和“适应职业变化的能力”。技能训练是中等职业学校一个重要的实践教学环节,它与实验、生产实习、毕业实习构成实践性教学体系,中职学生较强的动手能力,依赖实践性教学体系对学生的培养。电子技术技能训练是电子与信息技术类专业各种技能训练中最基本的技能训练,旨在巩固理论知识,理解理论知识的实际应用,加强实际操作能力,培养学生初步的职业技能。

1.1.2 电子技术技能训练的任务

电子技术技能训练的任务是使学生具备作为在电子与信息技术领域生产、服务、技术和管理工作第一线工作的高素质劳动者和中初级专门人才所必需的基本知识、基本技能和初步的职业技能，为学习专业知识，增强适应职业变化的能力打下一定的基础。

通过技能训练，学生应能了解电子产品设计与制作的一般过程，能阅读电路原理图、印制电路板(PCB)图，能借助手册查阅电子元器件及材料的有关数据，能正确选择使用元器件和材料，能熟练地装接电子电路并使用电子仪器进行测试，能在教师指导下解决电子电路制作过程中出现的一般问题，能对所制作电路的指标和性能进行测试并提出改进意见。

1.2 电子产品制作的一般过程

电子产品研制的一般过程如图 1.1 所示，从市场调研到正式批量生产要经过一定的周期，过程比较复杂，考虑的因素也较多。在画出电原理图前，必须完成电子电路的制作，因此它是电子产品制作的一个阶段，其一般过程如图 1.2 所示。

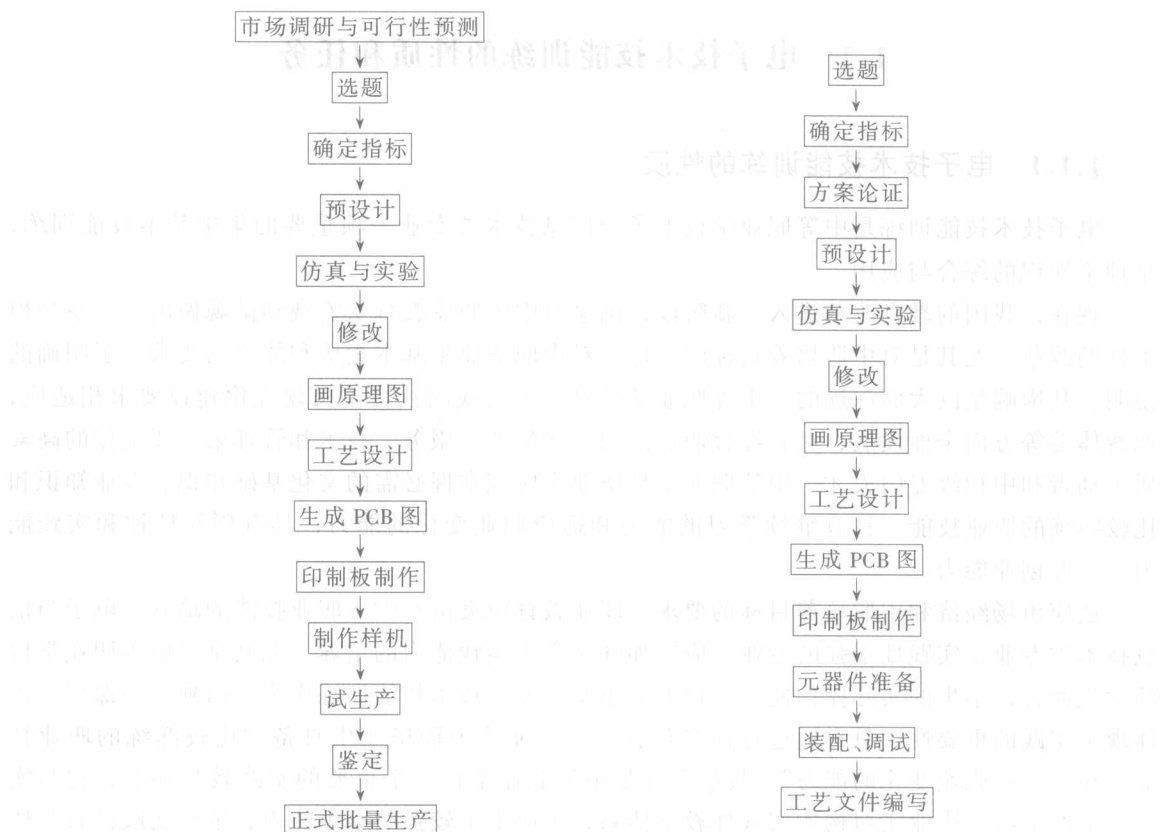


图 1.1 电子产品制作过程

图 1.2 电子电路制作过程

电子电路设计的质量对产品性能的优劣和经济效益的高低具有举足轻重的作用。如果设计时所采用的方法和电路不好，选用的元器件太贵或筛选困难等，往往会造成产品性能差，生产

困难,成本高,销路不畅,经济效益低等,甚至不得不重新设计,但那时也许已错失良机,以至造成整个研制工作的失败。

工艺设计包括印制电路板的布线,编写各部件(例如插件板、面板等)之间的接线表,画出各插头、插座的接线图和机箱加工图等。

样机制作完成后,可根据具体情况试生产若干台,并交使用单位试用。若发现问题,应及时改进,做出合格的定型产品,再进行鉴定。在确信产品符合使用要求并有令人满意的经济效益的前提下,才能投入批量生产。

1.2.1 确定电路设计指标与可行性预测

对于一个企业而言,经济效益是最重要的杠杆。没有经济效益,企业就不能生存、发展,因而,研制一个电子产品,企业领导人首先考虑的是研制一个什么样的产品,该产品是否有市场,能否产生经济效益。因此,在选题之前一定要认真进行市场调研,了解市场需求,了解其他厂家生产的同类商品的品种、规格、式样、质量、价格、成本、利润,分析本企业是否具备生产该产品的条件,本企业在资金、人才、工艺、技术力量、管理等方面是否具备竞争的条件,只有知彼知己,才能在商品大战中立于不败之地,只有充分发挥企业的优势,研制出性能更佳、性价比更高的产品,企业才能在市场经济残酷竞争中占领一席之地。总之,一个电子产品是否有市场,前期的市场调研起着关键性的作用。

选好题后,最先遇到的问题是确定电子电路的设计指标。提出合适的性能指标并不是一件容易的事,设计刚开始时所提出的性能指标往往可能不切实际,例如:技术上无法实现,所需的成本太高等,这些问题可能要到预设计阶段,甚至试生产或使用阶段才能发现,因此,产品的性能指标一般要在研制过程中反复修改,才能最后确定出可以实现的性价比较高的性能指标。

1.2.2 电路设计与仿真分析

本课程的主要任务不是设计电子电路,但对于电子与信息技术类专业的中职毕业生而言,了解电路的设计方法、设计过程是很有必要的,中职毕业生应能选取或设计简单的单元电路。

电子电路的一般设计方法和步骤如图 1.3 所示。由于电子电路种类繁多,千差万别,设计方法和步骤也因不同情况而异,因而上述的设计步骤有时需要交叉进行,甚至会出现反复。因此设计的方法和步骤不是一成不变的,设计者要根据实际情况灵活掌握。

1. 选择方案

设计电路的第一步就是选择总体方案。所谓总体方案是用具有一定功能的若干单元电路构成一个整体,满足课题题目所提出的要求和性能指标,实现各项功能。方案选择即是按照系统总的要求,把电路划分成若干个功能块,得出能表示单元功能的整机原理框图。每个方框即是一个单元功能电路,按照系统性能指标要求,规划出各单元功能电路所要完成的任务,确定输出与输入

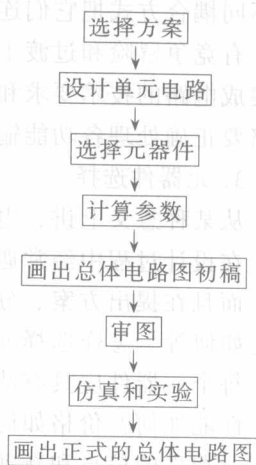


图 1.3 电路设计过程

的关系,确定单元电路的结构。

由于符合要求的总体方案往往不止一个,应当针对系统提出的任务、要求和条件,进行广泛调查研究,大量查阅参考文献和有关资料,广开思路,要敢于探索,努力创新,提出若干不同方案,仔细分析每个方案的可行性和优缺点,反复比较,争取方案的设计合理、可靠、经济、功能齐全、技术先进。

框图应能说明方案的基本原理,应能正确反映系统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。

方案选择必须注意下面两个问题:

(1) 要有全局观点,从全局出发,抓住主要矛盾,有时局部电路方案为最优,但系统方案不一定是最佳的。

(2) 在方案选择时要充分开动脑筋,要考虑诸多因素,不仅要考虑方案是否可行,还要考虑怎样保证性能可靠,如何降低成本,降低功耗,减小体积等许多实际的问题。

2. 设计单元电路

单元电路是整机的一部分,只有把单元电路设计好才能提高整体设计水平。

设计单元电路的一般方法和步骤:

(1) 根据设计要求和已选定的总体方案的原理框图,确定对各单元电路的设计要求,必要时应详细拟定主要单元电路的性能指标,与前后级之间的关系,分析电路的构成形式。应注意各单元电路之间的相互配合,注意各部分输入信号、输出信号和控制信号的关系。尽量少用或不用电平转换之类的接口电路,以简化电路结构,降低成本。

(2) 拟定好各单元电路的要求后,应全面检查一遍,确定无误后方可按信号流程顺序或从难到易或从易到难顺序分别设计各单元电路。

(3) 选择单元电路的组成形式。一般情况下,应查阅有关资料,以丰富知识,开阔眼界,从已掌握的知识和了解的各种电路中选择一个合适的电路。如确实找不到性能指标完全满足要求的电路时,也可选用与设计要求比较接近的电路,然后调整电路参数。

在单元电路的设计中特别要注意保证各功能块协调一致地工作,对于模拟系统按照需要采用不同耦合方式把它们连接起来,对于数字系统,协调工作主要通过控制器来工作,控制器不允许有竞争冒险和过渡干扰脉冲出现,以免发生控制失误。对所选各功能块进行设计时,要根据集成电路的技术要求和功能块应完成的任务,正确设计计算外围电路的参数,对于数字集成电路要正确处理各功能输入端。

3. 元器件选择

从某种意义上讲,电路的设计就是选择最合适的元器件,并把它们最佳地组合起来。因此,在设计过程中经常遇到选择元器件的问题,不仅在设计单元电路时要考虑选哪些元器件合适,而且在提出方案、分析和比较方案的优缺点时也需要考虑用哪些元器件以及它们的性能价格比如何等。怎样选择元器件呢?必须搞清两个问题。第一,根据电路要求,需要哪些元器件,每个元器件应具有哪些功能和性能指标;第二,有哪些元器件可用,哪些在市场上能买到,性能如何?价格如何?体积多大。电子元器件种类繁多,新产品不断出现,这就需要经常关心元器件的信息和新动向,多查资料。

(1) 一般优先选用集成电路

集成电路的应用越来越广泛，它不但减小了电子设备的体积、成本，提高了可靠性，安装、调试比较简单，而且大大简化了设计。例如： $+5\text{ V}$ 直流稳压电路，以前常用晶体管等分立元件构成串联式稳压电路，现在一般都用集成三端稳压器 W7805 构成，二者相比，显然后者比前者简单得多，而且很容易设计制作，成本低、体积小、重量轻、维修简单。

但是，不要以为采用集成电路一定比用分立元件好，有些功能相当简单的电路，只要用一只三极管或二极管就能解决问题，若采用集成电路反而会使电路复杂，成本增加。例如， $5\sim 10\text{ MHz}$ 的正弦信号发生器，用一只高频三极管构成电容三点式 LC 振荡器即可满足要求。若采用集成运放构成同频率的正弦波信号发生器，由于宽频带集成运放价格高，成本必然高。因此，在频率高、电压高、电流大或要求噪声极低等特殊场合，仍需采用分立元件。

(2) 怎样选择集成电路

集成电路的品种很多，选用方法一般是“先粗后细”，即先根据总体方案考虑应该选用什么功能的集成电路，然后考虑具体性能，最后根据价格等因素选用某种型号的集成电路。例如，需要构成一个三角波发生器，既可用函数发生器 8038，也可用集成运放构成。为此就必须了解 8038 的具体性能和价格。若用集成运放构成三角波发生器，就应了解集成运放的主要指标，选哪种型号符合三角波发生器的要求，以及货源和价格等情况，综合比较后再确定是选用 8038 还是选用集成运放构成的三角波发生器。

选用集成电路时，除以上所述外，还必须注意以下几点：

- ① 应熟悉集成电路的品种和几种典型产品的型号、性能、价格等，以便在设计时能提出较好的方案，较快地设计出单元电路和总电路。
- ② 选择集成运放，应尽量选择“全国集成电路标准化委员会提出的优选集成电路系列”(集成运放)中的产品。
- ③ 同一种功能的数字电路可能既有 CMOS 产品，又有 TTL 产品，而且 TTL 器件中有中速、高速、甚高速、低功耗和肖特基低功耗等不同产品，CMOS 数字器件也有普通型和高速型两种不同产品，选用时一般情况可参照表 1-1。对于某些具体情况，设计者可根据它们的性能和特点灵活掌握。

表 1-1 选用 TTL 或 CMOS 的原则

对器件性能的要求		推荐选用的器件种类
工作频率	其他要求	产品种类
不高(例如 5 MHz 以下)	使用方便、成本低、不易损坏	肖特基低功耗 TTL
高(例如 30 MHz)		高速 TTL
较低(例如 1 MHz 以下)	功耗小或输入电阻大，或抗干扰容限大，或高低电平一致性好	普通 CMOS
较高		高速 CMOS

④ CMOS 器件可以与 TTL 器件混合使用在同一电路中，为使二者的高、低电平兼容，CMOS 器件应尽量使用 $+5\text{ V}$ 电源。但与用 $+15\text{ V}$ 供电的情况相比，某些性能有所下降，例如，抗干扰的容限减小，传输延迟时间增长等。因此，必要时 CMOS 仍需 $+15\text{ V}$ 电源供电，此时，CMOS 器件与 TTL 器件之间必须加电平转换电路。

⑤ 集成电路的常用封装方式有三种：即扁平式、直立式和双列直插式，为便于安装、更换、调试和维修，一般情况下，应尽可能选用双列直插式集成电路。

(3) 阻容元件选择

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，有些电路对电阻、电容的性能和容量要求很高，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。

电阻的选择首先考虑电阻器的标称阻值和额定功率数，频率不高并需要一定功率时可用线绕电阻器。一般说来，任何一种电阻器都或多或少存在分布电感和分布电容，通常非线绕电阻器的分布电感为 $0.01 \sim 0.05 \mu\text{H}$ ，分布电容为 $0.1 \sim 5 \text{ pF}$ ，线绕电阻器的分布电感为几十 μH ，分布电容可达十几 pF 。在高频电路中，要选用分布参数很小的非线绕电阻器，如碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、块金属膜电阻器等。在高增益前置放大电路中，应选用噪声小的电阻器。针对电路稳定性的要求应选用不同温度特性的电阻器，因为电阻器的温度特性是直接影响电路工作稳定性的重要因素，此外还要根据工作环境场合选用不同类型电阻器，在环境温度较高或电阻安装在靠近发热器件旁边，要用耐高温的电阻器，在湿度较大的环境中，应用抗潮湿性能的金玻璃釉电阻器。如果对电阻器无特殊要求，一般选用通用型标准系列电阻器，经济又方便。

选用电容器时，首先要满足电子设备对电容器主要参数的要求。电容器的主要技术参数是标称容量和允许偏差、额定工作电压、绝缘电阻、能量损耗、使用环境温度和温度系数等，有的还要考虑工作频率范围。选用时，首先要考虑电容量能否满足要求。其次，额定工作电压要符合电路要求。第三，优先选用绝缘电阻大，介质损耗小，漏电流小的电容器。绝缘电阻大的电容器，其漏电流小。一般说来用漏电流大的电容器，不仅会降低电路的某些性能，还会使电容器的功率损耗加大，影响电路的性能。例如，振荡电路、中频回路、滤波电路等要求损耗尽量小。有些电路要求选用温度系数小的电容器。另外，在高频电路中，要考虑电容器的频率特性。

(4) 器件的选择

器件包括二极管、三极管、场效应晶体管、发光二(三)极管、晶闸管等。

二极管的种类繁多，同一种类的二极管又有不同型号，例如，作检波用时应选用检波二极管，作整流用时应选用整流二极管，作电子调谐用时应选用变容二极管和开关二极管。二极管类型选好后，就可从中选择各项主要技术参数符合电路要求的二极管。此外，还要注意不同用途的二极管对哪些参数要求更严格。在选用整流二极管时，要特别注意最大整流电流，例如，2AP1 型管的最大整流电流为 16 mA ，2CP1A 型管为 500 mA 。在选用稳压管时，除了要注意稳定电压、最大工作电流等参数外，还要注意选用动态电阻较小的稳压管。

三极管有各种类型，首先应根据具体电路要求，选用不同类型三极管。例如，电视机的高放和变频电路要求噪声小，应选用噪声系数小的高频三极管，如 3DG100C 型、3DG84 型 NPN 硅高频低噪声三极管等。在低频功率放大电路中，应选用低频大功率管或低频小功率管，如 3DD205 型管、3CD010A ~ D 型低频功率管。在驱动电路、开关稳压电路中可选用功率复合管。数字电路、驱动电路中可选用小功率开关三极管。光控电路中，可选用光敏(光电)三极管。其

次,三极管的各项参数应符合电路要求,如特征频率 f_T 、电流放大倍数 β 、集电极结电容 C_C 、高频噪声参数 N_F 、功率增益等参数。对不同用途的三极管,还要特别注意对哪些参数要求比较严格。选用开关管就要求有较快的开关速度和较好的开关特性,特征频率要高,反向电流要小,发射极和集电极的饱和压降较低等。选用光敏(电)三极管时,除了选择最高工作电压、集电极最大电流、最大允许耗散功率等参数外,还要注意暗电流和光电流以及光谱响应范围等特殊参数。

4. 参数计算

为保证单元电路达到功能指标要求,常需计算某些参数,如放大电路中各电阻值、放大倍数;振荡器中电阻、电容、振荡频率等参数。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。一般来说,计算参数应注意以下几点:

(1) 各元器件的工作电压、电流、频率和功耗等应在允许的范围内,并留有适当裕量,以保证电路在规定的条件下,能正常工作,达到所要求的性能指标。

(2) 对于环境温度、交流电网电压等工作条件,计算参数时应按最不利的情况考虑。

(3) 涉及元器件的极限参数(例如整流桥的耐压)时,必须留有足够的裕量,一般按1.5倍左右考虑。例如,如果实际电路中三极管 V_{CE} 的最大值为20 V,挑选三极管时应按 $V_{(BR)CEO} \geq 30$ V考虑。

(4) 电阻值尽可能选在1 M Ω 范围内,最大一般不应超过10 M Ω ,其数值应在常用电阻标称值系列之内,并根据具体情况正确选择电阻的品种。

(5) 非电解电容尽可能在100 pF~0.1 μ F范围内选择,其数值应在常用电容器标称值系列之内,并根据具体情况正确选择电容的品种。

(6) 在保证电路性能的前提下,尽可能设法降低成本,减少器件品种,减小元器件的功耗和体积,为安装调试创造有利条件。

(7) 有些参数很难用公式计算确定,需要设计者具备一定的实际经验,如确实无法确定,个别参数可待仿真时再确定。

5. 审图

由于在设计过程中有些问题难免考虑不周全,各种参数计算也可能出错,因此在画出总电原理初图并计算参数后,进行审图是很有必要的。审图可以发现原理图中不当或错误之处,能将错误降到最低程度,使仿真阶段少走弯路。尤其是比较复杂的电路,仿真之前一定要进行全面审查,必要时还可请经验丰富的同行共同审查,发现和解决大部分问题。审图时应注意以下几点:

(1) 先从全局出发,检查总体方案是否合适,有无问题,是否有更佳方案。

(2) 检查各单元电路是否正确,电路形式是否合适。

(3) 模拟电路各电路之间的耦合方式有无问题,数字电路各单元电路之间的电平、时序等配合有无问题,逻辑关系是否正确,是否存在竞争冒险。

(4) 检查电路中有无繁琐之处,是否可简化。

(5) 根据图中标出的各元器件的型号、参数,验算能否达到性能指标,有无恰当的裕量。

(6) 要特别注意检查电路图中各元器件工作是否安全,是否工作在额定值范围内。

(7) 解决所发现的全部问题后,若改动较多,应复查一遍。

6. 仿真和实验

电子产品的研制或电子电路的制作都离不开仿真和实验阶段。设计一个具有实用价值的电子电路,需要考虑的因素和问题很多,既要考虑总体方案是否可行,还要考虑各种细节问题。如用模拟电路实现,还是用数字电路实现,或者模拟、数字结合的方式实现,各单元电路的组织形式,各单元电路之间的连接,用哪些元器件,各种元器件的性能、参数、价格、体积、封装形式、功耗、货源等等。而且电子元器件品种繁多,性能参数各异,仅普通晶体三极管就有几千种类型,要在众多类型中选用合适的器件着实不易,再加上设计之初往往经验不足,以及一些新的集成电路尤其是大规模或超大规模集成电路的功能较多,内部电路复杂,如果没有实际用过,单凭资料是很难掌握它们的各种用法及使用的一些具体细节。因此,设计时考虑问题不周,出现差错是很正常的,对于比较复杂的电子电路,单凭纸上谈兵,要想使自己设计的原理图正确无误并能获得较高的性价比,往往是不现实的,所以必须通过仿真和实验发现问题,解决问题,不断完善电路。

随着计算机的普及和 EDA 技术的发展,电子电路设计中的实验为仿真和实验相结合所代替。电路仿真与传统的电路实验相比较,具有快速、安全、省材等特点,可以大大提高工作效率。仿真具有下列优越之处:

(1) 对电路中只能依据经验来确定的元器件的参数,用电路仿真的方法很容易确定,而且电路的参数容易调整。

(2) 由于设计的电路中可能存在错误,或者在搭接电路时出错,可能损坏元器件,或在调试中损坏仪器,造成经济损失,电路仿真中也会损坏元器件或仪器,但不会造成经济损失。

(3) 电路仿真不受工作场地、仪器设备、元器件品种、数量的限制。

(4) 在 EWB 软件下完成的电路文件,可以直接输出至常见的印制电路板排板软件,如 PROTEL、ORCAD 和 TANGO 等软件,自动排出印制电路板,加速产品的开发速度。

尽管电路仿真有诸多优点,仍然不能完全代替实验。仿真的电路与实际的电路仍有一定差距,尤其是模拟电路部分,由于仿真系统中元件库的参数与实际器件的参数可能不同,可能导致仿真时能实现的电路而实际却不行。对于比较成熟的有把握的电路可以只进行仿真,而对于电路中关键部分或采用新技术、新电路、新器件的部分,一定要进行实验。

仿真和实验要完成以下任务:

① 检查各元器件的性能、参数、质量能否满足设计要求。

② 检查各单元电路的功能和指标是否达到设计要求。

③ 检查各个接口电路是否起到应有的作用。

④ 把各单元电路组合起来,检查总体电路的功能,检查总电路的性能是否最佳。

1.2.3 画出电路图及生成 PCB 图

1. 画电路图

电路图通常是在系统框图、单元电路设计、器件选择和参数计算的基础上绘制的,它是设计制作印制板的主要依据,也是进行生产、组装、调试和维修的依据,因此,画好一张总电路图很重要。电路图画得好,不仅自己看起来方便,而且别人容易看懂,便于进行技术交流。

电路图要按照一定的原则来画。画电路图要熟悉电路原理图绘制软件的基本操作方法,常用的电子 CAD 软件很多,本书介绍 Protel 软件包的基本使用方法,详细内容见第 5 章。

2. 生成 PCB 图

印制电路板设计是一种辛苦、繁重、耗费精力而又细致的工作,通常要经过多次反复才可完成。本技能训练所使用的课题都比较简单,元器件的数目不是很多,印制电路板的设计不会太难,一般为单面印制板的设计,尤其是数字电路课题的印制板设计显得比较简单。

(1) 印制板布局

布局是设计电路板工作中最耗费精力的工作,往往要经过若干次布局相比较,才能得到一个比较满意的布局结果。

一个好的布局,首先要满足电路的设计性能,其次要满足安装空间的限制,在没有尺寸限制时,要使布局尽量紧凑,尽量减小 PCB 设计的尺寸,减少生产成本。

(2) 印制板布线

布线和布局是密切相关的两项工作,布局的好坏直接影响着布线的结果。布线受布局、板层、电路结构、电性能要求等多种因素影响,布线结果又直接影响电路板性能。进行布线时要综合考虑各种因素,才能设计出高质量的 PCB 图。

布线有手工布线和自动布线之分,自动布线通过计算机实现,布线效率高,但布线的效果不一定能完全满足要求,通常要与手工布线配合使用。

1.2.4 印制电路板制作

电子技术的进步带动了电子工艺的发展,大规模集成电路、微电子技术的日趋成熟,对印制板的制造工艺和精度不断提出新的要求。印制板的品种从单面板、双面板发展到多层板、挠性板。印制板的线条越来越细,密度越来越高。

印制板的制造工艺发展很快,新设备、新工艺相继出现,不同的印制板其工艺也有所不同,但照相制版、图形转移、板子腐蚀、孔金属化、金属涂覆及喷涂助焊剂等环节都是必不可少的。

工厂生产印制板批量大,印制板的质量高,成本大。作为技能训练用的印制板,可提供 PCB 图由厂家生产,也可采用手工方法制作。

1.2.5 元器件准备

电子产品制作过程中的元器件准备,除了要对元器件进行检测判断质量好坏外,还要了解货源进行采购,要将电路中所需要的各种元器件买回来。

由于技能训练的时间较短,不可能由学生自己去买元器件,一般统一由实验室提供,因此,元器件准备主要是要能识别各种元器件,并对各元器件好坏进行检测。

1.2.6 装配、调试与指标测量

在电子产品样机试制阶段或小批量试生产时,印制板装配主要靠手工操作,其顺序是:待装元件→引线整形→插件→调整位置→剪切引线→固定位置→焊接→检验。

印制电路板的装配要按照安装的技术要求来安装,具体的安装技术、安装方法等问题见第