



国家精品课程配套教材系列

电子设计与制作 简明教程

主 编 邓延安

副主编 王 苹 曾贵苓 余云飞



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

国家精品课程配套教材系列

电子设计与制作简明教程

主 编 邓延安

副主编 王 革 曾贵苓 余云飞

内 容 提 要

本书是国家精品课程“电子产品生产与制作”配套教材，是作者在多年教学的基础上，经整理完善而成的，是一本实用性强、难易适中、便于开展实操的教材。

本书主要内容包括：电子制作的基本技能，常用电路模块（三极管放大电路、场效应管放大电路、稳压电源、数字逻辑电路、集成运放等）的设计与制作、较复杂系统（数字式转速表、功率放大器、多路红外遥控装置、数字钟）的设计与制作、PCB板的设计与制作、抗电磁干扰设计、科技论文的写作等，是对所学专业课程的系统性应用，对提高学生理论联系实际的能力具有积极作用。

本书可作为高职高专学校应用电子、电气自动化等电类专业的教材，也可供从事电子技术的工程技术人员及电子爱好者参考。

本书配有免费教学资源，读者可以从中国水利水电出版社和万水书苑的网站上下载，网址网址为：<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目（CIP）数据

电子设计与制作简明教程 / 邓延安主编. — 北京：
中国水利水电出版社，2013.1
国家精品课程配套教材系列
ISBN 978-7-5170-0376-2

I. ①电… II. ①邓… III. ①电子电路—电路设计—
高等学校—教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第286099号

策划编辑：雷顺加 责任编辑：李 炎 加工编辑：郭 赏 封面设计：李 佳

书 名	国家精品课程配套教材系列 电子设计与制作简明教程
作 者	主 编 邓延安 副主编 王 苹 曾贵苓 余云飞
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
经 售	
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 9印张 222千字
版 次	2013年1月第1版 2013年1月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	20.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

应用能力培养是高等职业教育的最重要环节,但由于高职教育的历史不长,很多学校还普遍存在重理论轻实践的倾向,直接导致了一直困扰广大师生的两个问题:一是学生感到学习内容枯燥难懂,学习兴趣不大;二是学生毕业后很长一段时间不能将所学知识用于生产实践,造成理论与实践的严重脱节。究其原因,主要是我们对高等职业教育的目标定位、办学指导思想及高职的教育规律的认识存在偏差。

近年来,特别是2006年开始的示范建设以来,国内高职院校在人才培养模式上进行了大刀阔斧的改革。作为首批国家示范校,我校深刻把握高等职业教育的内涵,对教学内容、教学方法和培养目标进行了准确的定位,对课程进行了较大的整合。在充分的市场调研和对毕业生的跟踪调查的基础上,设置了一些市场情景好、社会需求量大的应用性课程,对教学内容进行了优化,大幅度增加了实践教学的学时,使学生在校期间动手的机会大大增加,使毕业生的就业竞争力大大增强。

我校曾在03级家电专业、03级及04级电子专业安排了历时一周的电子制作课程设计,效果非常好。通过课程设计,同学们初步掌握了电子产品的设计、制作的一些基本环节。但我们也感觉到,对于掌握电子设计与制作的基本内容从而达到独立完成一些具有一定难度的制作课题来说,一周的时间是远远不够的。因此,我们从05级开始,新开设了“电子设计与制作”课程,再配合课程设计,这样就可使广大同学能够比较全面地了解电子设计与制作的基本方法并通过实际动手操作提高自己的实践能力,我们相信,通过系统的学习与训练,同学们的动手能力一定能够有较大的飞跃。

本课程是在学生完成了模拟电路、数字电路、高频电路、单片机、Protel 99 SE等课程的学习后,掌握了电子技术的基本理论,同时具备必要的实践能力后开设的。本课程的目的就是通过课程的学习,使学生能够运用所学知识完成简单电子产品的设计与制作,掌握电子产品的设计方法、制作工艺、调试技巧、故障维修方法及初步的科技论文写作规范,培养创新意识和实践能力,为今后走向工作岗位奠定良好的基础。

本课程的实践性很强,因此,要求同学们能够理论联系实际,在充分消化吸收课本知识的基础上多动手、多思考。要自觉培养自己的工程意识,学会在实践中发现问题、分析问题、解决问题。要善于运用各种方法,如查阅图书资料、上网查寻等解决在设计和制作中出现的问题。本课程的开设为同学们提供了一个创新与实践的平台,也许同学们的某一次设计和制作最终没有得到理想的结果,但只要认真地思考过、解决过、相互商量过,总是有收获的。

本书是国家精品课程“电子产品生产与制作”配套教材,主要作为高职高专学校应用电子、电气自动化等电类专业的教材,也可供从事电子技术的工程技术人员及电子爱好者参考。读者也可以从精品课程网站(<http://jpkc.whptu.ah.cn/dzsc/>)下载相关教学资源。

本书共九章,主要内容包括:电子制作的基本技能、常用电路模块(三极管放大电路、场效应管放大电路、稳压电源、数字逻辑电路、集成运放等)的设计与制作、较复杂系统(数字式转速表、功率放大器、多路红外遥控装置、数字钟)的设计与制作、PCB板的设计与制

作、抗电磁干扰设计、科技论文的写作等。根据教学学时特点，本书教学内容比较精炼紧凑，教师可以选择部分章节在课堂内完成。有些章节内容较多，除课堂时间外，还必须利用业余时间进行。

本书由邓延安任主编，王苹、曾贵苓、余云飞任副主编。各章编写分工如下：第 2.5 节、第 3.4 节由王苹编写，第 3.1 节由范国强编写，第五章由曾贵苓编写，第六章由余云飞编写，其余章节由邓延安编写。全书由邓延安统稿，张学亮老师对本书进行了审阅，张谨老师和辛建军老师对本书的电路进行了验证，对他们的工作表示感谢。

对于本书的错误和不当之处，希望读者随时指正，以便下次修订。

编者

2012 年 10 月

目 录

前言

第一章 电子设计与制作基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 电子设计的选题	1
1.1.2 电子设计与制作的基本途径	1
1.2 电子设计的一般过程	2
1.3 电子制作的基本技能	3
1.3.1 常用元器件的选型与代用	3
1.3.2 元器件焊接工艺	6
1.3.3 电子产品的装配工艺	9
1.3.4 电子产品的调试	10
1.3.5 故障的判断与排除	10
1.4 PCB 板的制作	11
1.4.1 PCB 板的雕刻制板法	11
1.4.2 PCB 板的腐蚀制板法	11
1.5 电子制作中的 5S 管理	12
第二章 基本电路模块的设计与制作	13
2.1 三极管基本放大电路的制作	13
2.1.1 三极管放大电路设计的原则	13
2.1.2 共发射极放大电路的设计	13
2.1.3 电路的制作与测试	14
2.2 场效应管放大电路的设计与制作	15
2.2.1 场效应管的主要参数	15
2.2.2 场效应管的使用原则	16
2.2.3 场效应管基本放大电路的设计与制作	16
2.3 串联型线性稳压电源的制作	17
2.3.1 串联型线性稳压电源的组成	18
2.3.2 串联型线性稳压电源的实际电路	18
2.3.3 串联型线性稳压电源的制作与调试	19
2.4 集成运算放大器的应用	21
2.4.1 电压比较器的制作	21
2.4.2 正弦波发生器的设计与制作	23
2.5 数字逻辑电路的设计与制作	26

2.5.1 基本门电路和逻辑电平规范	26
2.5.2 常见数字逻辑芯片	28
2.5.3 简易抢答器的制作	32
2.5.4 双音门铃的制作	33
2.6 遥控电路的制作	37
2.6.1 遥控系统的基本组成	37
2.6.2 红外遥控原理	38
2.6.3 简单红外遥控装置的制作	41
第三章 较复杂系统的设计与制作	43
3.1 以 MCS-51 系列单片机为核心的数字式转速表的设计与制作	43
3.1.1 设计与制作任务	43
3.1.2 转速表的硬件电路设计	43
3.1.3 系统设计流程图及源程序	45
3.1.4 电路制作与调试	50
3.2 OCL 功率放大器的设计与制作	51
3.2.1 设计与制作的任务	51
3.2.2 电路设计	51
3.2.3 功率放大器的安装与调试	53
3.3 多路红外遥控装置的设计与制作	54
3.3.1 设计与制作的方案及方案选择	54
3.3.2 遥控编、解码集成电路 PT2262 和 PT2272 介绍	56
3.3.3 4 路红外遥控装置的工作原理	58
3.3.4 四路红外遥控电路的制作与调试	58
3.4 数字钟的设计与制作	59
3.4.1 设计与制作任务	60
3.4.2 秒脉冲信号发生器的制作与调试	60
3.4.3 秒、分、时计数显示电路的制作与调试	62
3.4.4 分、时校正电路	66
3.4.5 电路联调	67
第四章 可编程逻辑器件及应用	68

4.1 ACEX1K 系列 FPGA	68	第七章 电子线路的抗电磁干扰设计	118
4.2 可编程逻辑器件的设计流程	69	7.1 概述	118
4.3 Quartus II 的使用	72	7.1.1 电磁干扰入侵的途径	118
4.3.1 Quartus II 的特点	72	7.1.2 抑制电磁干扰的基本思路	120
4.3.2 Quartus II 的设计流程	72	7.1.3 抗电磁干扰的基本措施	120
4.4 应用举例	73	7.2 抗电磁干扰设计	121
4.4.1 设计任务	73	7.2.1 输入信号线的选择与连接	121
4.4.2 频率计的工作原理	73	7.2.2 滤波器设计	121
4.4.3 功能模块的实现	74	7.2.3 屏蔽层设计	122
4.4.4 频率计的总体电路	75	7.2.4 接地的设计	123
4.4.5 完成步骤	75	7.2.5 信号隔离的设计	123
第五章 Protel 99 SE 在电路设计与制作时 的应用	84	第八章 电子线路故障检修的基本方法	125
5.1 Protel 99 SE 概述	84	8.1 直观检查法	125
5.2 原理图设计	84	8.2 电阻测量法	125
5.3 印制电路板的设计	89	8.3 电压测量法	126
5.3.1 元器件封装库的制作	90	8.4 电流测量法	127
5.3.2 向导式绘制电路板	92	8.5 波形测量法	128
5.3.3 人工绘制 PCB 板	94	8.6 元器件代换法	128
5.3.4 计算机辅助设计 PCB 板	95	8.7 信号注入法	128
5.4 PCB 布局及布线原则	97	8.8 分割法	129
5.5 PCB 设计应用实例	97	8.9 短路法	130
5.5.1 从原理图到 PCB	97	第九章 科技论文写作	131
5.5.2 手工绘制 PCB	101	9.1 概述	131
第六章 PCB 板的制作	104	9.1.1 科技论文写作的性质与功能	131
6.1 PCB 板的腐蚀法制作	104	9.1.2 科技论文写作的基本特征	131
6.1.1 PCB 设计与打印	104	9.1.3 科技论文写作的意义	132
6.1.2 热转印	106	9.2 科技论文写作的基本要求	132
6.1.3 腐蚀与钻孔	107	9.2.1 科技论文的类型	132
6.2 PCB 板的雕刻法制作	108	9.2.2 科技论文的写作要求	133
6.2.1 雕刻机的工作原理	108	9.2.3 科技论文的编写格式及规范	133
6.2.2 加工文件的生成	108	9.2.4 章、条的编号	135
6.2.3 雕刻机制板	112	附录	136
		参考文献	138

第一章 电子设计与制作基础

1.1 概述

1.1.1 电子设计的选题

电子设计是一项创新性、创造性和实践性的活动。在高等学校，电子设计是大学生在掌握必要的理论知识后，针对某项具体应用而完成的电子产品的实物形态的设计。由于是业余条件下完成的，所以一般不考虑产品所涉及的标准化、商品化的问题。与商品化的电子产品相比，设计与制作的灵活性要大得多，也便于学生因陋就简、就地取材，因此电子设计与制作是非常适合大学生进行的。

根据大学生的能力、财力和时间，电子设计的选题应注意以下几个问题：

1. 选题应新颖，有一定的实用性、趣味性

实用性是电子产品的基础，趣味性则有利于学生提高学习的主动性和积极性。如有可能，可在日后进行商品化开发或申请专利。

2. 选题应循序渐进，难易适中

初学者可选择一些基本电路进行设计与制作，打牢基本功。在具备一定的技能之后，可适当设计与制作一些难度稍大的电子系统。

3. 注意新知识、新器件的使用

电子设计与制作是理论知识的重要补充，应涵盖尽可能多的知识点，同时也应有意识地选择一些新器件。课堂上学到的只是一些基本原理，所涉及的元器件也仅仅是最常见、最基本的，因此很多学生毕业后见到某个元器件，“只知其名，不识其身”。通过电子设计与制作，有机会使用一些新材料、新器件，对今后走向工作岗位是大有裨益的。

1.1.2 电子设计与制作的基本途径

大学教育，仅仅依靠教学计划内的理论和实验教学是远不能达到培养高技能应用型人才的目的，而电子设计与制作很好地弥补了这方面的不足。如何把“电子设计与制作”这门课建设成大学生自主创新能力培养和个性发展的平台，也是本课程的一个着眼点。

1. 兴趣是最好的老师

电子信息产业是国民经济的支柱产业，电类专业也是经久不衰的热门专业，因此对电类专业的学生来说，没有理由不热爱自己的专业。

电子技术也并非高深莫测,只要克服畏惧心理,深入其中,你就会发现电子技术其实是一块充满神奇而又奥妙无穷的土地,不懈努力、辛勤耕耘就一定要有收获。一旦体会到其中的魅力,你一定会被它吸引住。一旦有了兴趣,你的潜能会得到最大的发挥,也许今天的小设计、小制作就是明天事业成功的起点。

2. 多做多练是最好的途径

知识的归宿是应用,但“学”与“用”之间是有差距的。有的人可能理论学得很好,考试分数很高,但碰到实际问题却无所适从。而有的人考试分数可能不高,但实际动手时却如鱼得水。根据我们的观察,那些在校期间动手能力很强的同学走到工作岗位后对岗位的适应能力要明显强于实践能力一般的同学。在实际应用场合,有时会遇到与书本知识不一致甚至完全不同的情形,这都需要我们去思考。只要实践多了,经验的积累也就多了,解决实际问题的能力自然也就强了。还有些课程,本身就比较枯燥,内容也十分繁杂,如单片机,如果不经常动手操练,可以肯定地说,不出半年所学的内容就会几乎全忘记。有的程序,编写时自认为没有任何问题,但实际运行时却没有按照你的意图运作,甚至根本没有反应。这些都需要我们在实践中不断积累经验,在实践中发现问题、解决问题。

3. 要养成多查资料的良好习惯

善于利用前人的有益经验可使我们节省时间,少走弯路。目前,关于电子设计与制作方面的书籍非常多,通过互联网也可以查到各种资料,特别是一些新材料、新器件,如果仅通过书本知识,是根本无法了解其特性的。对于初学者,不妨照抄照搬别人的设计并进行认真消化,在设计和制作中发现问题、解决问题,积累了一定的经验后,就可以进行创新性设计。

4. 要培养团队协作的精神

对于一些小的制作,一个人便可完成,但对于一些大的系统,以个人的能力和精力就显得力不从心了,此时就需要几个同学自愿组合,分工合作。如有的学校组织的机器人制作比赛都是以团队为单位参赛的;每年举办的全国大学生电子设计竞赛,也是以学校为单位,多人组队参加;电子设计与制作也是教育部、人社部、工信部等联合举办的全国职业院校技能大赛的常设项目,几年来均只设团体奖项。协同作战不仅有利于项目的顺利进行,也有利于培养同学们的协作精神,对今后走向社会是非常有益的。

1.2 电子设计的一般过程

电子设计是综合运用电子技术理论,设计出符合规定指标的电路的过程。必须根据实际要求,通过查阅相关资料、方案优化、参数选择、器件选型,并通过不断的调试调整,最终得到符合要求的电子产品。其基本流程如图 1.1 所示。

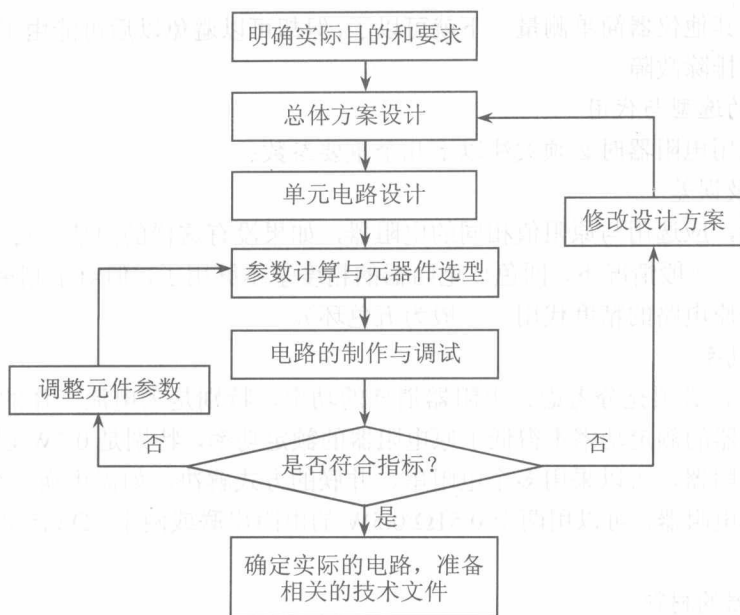


图 1.1 电子设计的一般流程

1.3 电子制作的基本技能

工艺源于个人的操作经验和手工技能。现代电子工艺是科学的经营管理、先进的仪器设备、高效的工艺手段和严格的质量检验。一台高质量的性能优良的电子整机产品的制成, 贯穿从设计到销售、包括每一个制造环节的整个生产过程。

由于教育体制和观念的局限, 长期以来, 我国学生的动手能力普遍比较薄弱, 有很多电类专业的学生甚至毕业时还不能很好地使用万用表、电烙铁。焊接时也经常出现连焊、虚焊。有些同学在作线路板时只是简单对照原理图将元器件连接起来, 丝毫不注意元器件的布局与布线, 或者在装配时随心所欲, 毫无章法, 导致可靠性下降。这些都是不注意工艺的恶果。如果把电子设计与制作比作做菜, 那么设计就是所配的菜, 而制作工艺则是对火候的掌握, 其重要性不言而喻。

1.3.1 常用元器件的选型与代用

作为一个合格的设计, 一定要有工程意识。如一个放大电路, 在选择电阻时, 可能有的同学仅仅根据计算结果来确定阻值, 殊不知有些阻值并不在阻值系列内, 是根本买不到的, 实际上这时可以选用阻值比较接近的电阻。可见学生对阻值系列一定要清楚。另外, 在设计时很多学生往往只注意阻值, 而对电阻的其他参数却不重视, 如功率等。在一些大电流工作的场合, 一定要有元件的功耗意识。又如, 在选择电容时, 不仅要考虑容量、耐压等, 有时还要考虑其损耗, 特别是在高频应用的场合。有时手头没有所设计的元器件, 这时必须知道如何选择代用品, 使电路可以正常工作而不至于损坏。

制作时, 还要养成焊接装配前对元器件进行筛选的习惯。这其实是一个很简单过程,

只要用万用表或其他仪器简单测量一下就可以了,但却可以避免以后可能由于元器件不良而导致花费大量时间排除故障。

1. 电阻器的选型与代用

在选择和代用电阻器时必须关注以下几个重要参数:

(1) 阻值及误差

通常情况下,应选用与原阻值相同的电阻器,如果没有这样的阻值,可采用多个电阻串、并联的方式取得。一般情况下,四色环电阻器的精度基本够用了,但对于测量电路、仪器仪表电路等应严格按原电路的精度代用(一般为五色环)。

(2) 额定功率

电路设计时,必须充分考虑该电阻器消耗的功率,特别是大电流工作的场合。如使用替代品,代用电阻器的额定功率不得低于原电阻器的额定功率,特别是 0.5W 以上的电阻器。如果没有合适的电阻器,可以采用多个电阻串、并联的方式解决。如需更换一个阻值为 1Ω 、额定功率为 1W 的电阻器,可以用两个 $0.51\Omega/0.5W$ 的电阻串联或两个 $2\Omega/0.5W$ 的电阻并联的方法解决。

(3) 电阻器的材料

普通的碳膜电阻器生产成本低,价格也比较便宜,是使用最多的一种电阻器,但产品的稳定性较差,适合于对稳定性要求不高的场合使用。金属膜电阻器的稳定性较好,噪声较低,但价格较高。氧化膜电阻器性能与金属膜电阻器相当,耐热耐压性能更好,但精度一般不高。线绕电阻器的精度高、稳定性好、噪声低、功率大,但体积较大。

通常情况下,功率大的电阻器可以代替功率小的电阻器;金属膜电阻器可以代替碳膜电阻器;精度高的电阻器可以代替精度低的电阻器;在高频电路中,如果原电路用的是贴片电阻器,则不能用通孔元件代用。

2. 电容器的选型与代用

电容器也是最常用的元器件之一,选型或代用时应注意以下问题:

(1) 容量及误差

很多情况下,如耦合电路、滤波电路、退耦电路等对电容器的容量的偏差要求不高,选型或代换时容量偏差不大于 $\pm 20\%$ 即可。但有些场合如谐振电路、调谐电路等对容量的精度要求很高。如果没有同容量的电容,可以采用多个电容串、并联的方法进行代换。

电容器的误差通常有三个等级,即 I 级 ($\pm 5\%$)、II 级 ($\pm 10\%$) 和 III 级 ($\pm 20\%$)。

(2) 额定工作电压

电容器的额定工作电压是指电容器在规定的工作温度范围内长期可靠地工作所能承受的最高直流电压,又称耐压值,通常为击穿电压的一半。

设计时要分析电容器在电路中所承受的最高电压值,以决定选型的电容器的额定工作电压。当然,在满足性能要求的前提下用高耐压的电容器代替低耐压的电容器是完全可行的。

(3) 电容器的损耗

反映电容器损耗的指标是电容器的损耗角正切。理想情况下,电容器上的电压与电流之间的夹角为 $\pi/2$,实际上该角度稍小于 $\pi/2$,其偏差角称为损耗角。它反映了电容器在工作时的漏电性能,该值越小越好。电容器的损耗角正切主要与电介质材料有关。

表 1.1 是几种常用电容器的性能,可以根据电路的具体情况进行合理选择和代用。

表 1.1 常用电容器的电介质材料及特点

序号	电容器名称	电介质材料	主要特点
1	高频瓷介电容器	高频瓷介质	体积小、稳定性好、损耗小
2	低频瓷介电容器	低频瓷介质	体积小、稳定性好、可制成高压电容器、容量较小
3	涤纶电容器	涤纶薄膜	体积小、无感
4	独石电容器	钛酸钡陶瓷	体积小、容量大、可靠性高、耐高温
5	聚苯乙烯电容器	聚苯乙烯薄膜	损耗小、绝缘电阻高、体积较大
6	铝电解电容器	氧化铝薄膜	容量大、体积适中、价格低、损耗大、可靠性差
7	钽电解电容器	氧化钽、二氧化锰	体积小、容量大、漏电小、稳定性好、耐高温、价格高

根据上表可知，从性能上考虑，完全可以用独石电容代替瓷介电容；用钽电解电容代替铝电解电容。

3. 电感器的代用

电感器一般用在滤波、谐振等电路中，通常由骨架、绕组、磁芯、屏蔽罩等组成。

电感器的主要参数有电感量、品质因数、分布电容、额定电流等。

(1) 电感量及精度

选型或代用时尽量选用相同电感量的电感器，精度视用途而定。对振荡线圈，精度要求较高，为 0.2%~0.5%；对耦合线圈和高频扼流圈要求较低，为 10%~15%。

(2) 品质因数

品质因数 Q 用来表示线圈损耗的大小。对谐振回路，要求线圈的 Q 值较高；对耦合线圈，Q 值可以低一些；对高频扼流圈和低频扼流圈则无要求。

(3) 分布电容

线圈的匝与匝之间、层与层之间、线圈与屏蔽盒之间均存在分布电容。分布电容使线圈的工作频率受限并降低线圈的 Q 值。采用蜂房绕法和分段绕法可减少分布电容。

(4) 额定电流

额定电流是指线圈在正常工作时允许通过的最大电流值，可以用字母表示，见表 1.2。

表 1.2 电感器额定电流的标示

字母	A	B	C	D	E
额定电流	50mA	150mA	300mA	700mA	1600mA

可以用大额定电流的电感器代用小额定电流的电感器。

4. 二极管的代用

二极管的种类繁多，在电路中一般完成整流、箝位、限幅、稳压等作用，选型或代用时应根据二极管在电路中的具体作用而定。

在低频应用时，我们应根据二极管在电路中承受的最大反向电压和最大正向电流，确定二极管的型号。主要关注下面两个参数：

(1) 最大整流电流 I_F

该参数是指二极管长期连续正常工作时允许通过的最大正向平均电流值。使用的二极管

的 I_F 必须满足电路工作的实际情况。

(2) 最高反向工作电压 U_{BR}

该参数是指加在二极管两端而不击穿 PN 结的最高反向电压。使用中应选 U_{BR} 大于实际工作电压 2 倍的二极管。

在开关应用的场合,如开关稳压电源,经常用到快恢复二极管,选型或代用时除必须满足 I_F 、 U_{BR} 等参数外,还必须符合反向恢复时间 t_{rr} 不能大于电路工作的实际情况。

5. 三极管的选型与代用

三极管的种类极其繁多,不同场合对三极管的性能要求也不一样,因此正确选择、使用三极管是设计人员必须具备的一项重要技能。

三极管在选型、代用时应注意以下几点:

(1) 代用三极管的材料与原三极管一致,即硅管代替硅管、锗管代替锗管。

(2) 主要参数与所设计电路一致或更优。这里的主要参数有:放大倍数 β ,集电极最大耗散功率 P_{CM} ,最大集电极电流 I_{CM} ,集电极-发射极击穿电压 $U_{(BR)CEO}$,特征频率 f_T 等。选型或代用前,要认真分析三极管在电路中的工作状态以便准确选择,如在低频大功率情况下,我们主要关注集电极最大耗散功率 P_{CM} 、最大集电极电流 I_{CM} ;在高电压应用时,要特别注意集电极-发射极击穿电压 $U_{(BR)CEO}$;对于高频放大电路来说,所用三极管的特征频率 f_T 必须不小于设计要求;达林顿管的放大倍数很高,可以用两个三极管组成复合管来代用。

(3) 外形、引脚分布相同,这样便于直接替换。

1.3.2 元器件焊接工艺

焊接是电子制作的重要环节,从焊接的质量就可以反映一个同学平时练习的情况。可以说,焊接是一名电类专业学生必备的基本功。

焊接质量直接关系到电子制作的可靠性,扎实的焊接技术是制作成功的重要保证。在焊接时一定要注意以下几方面的问题:

1. 电烙铁的选择

电烙铁是电子产品装配中最常用的工具之一。常用的电烙铁有外热式和内热式两种。近年来又出现了吸锡式、恒温式、控温式等电烙铁。

外热式电烙铁的优点是一般功率比较大,适合于焊大体积的材料。缺点是升温比较慢。内热式电烙铁发热快,热量利用率高,但一般功率均不大,适合小型电子元器件的焊接。对于通常的电子制作,一般宜选用内热式电烙铁。

恒温电烙铁和控温电烙铁的优点是焊接温度始终保持在适当的温度范围内,不仅有利于延长烙铁头的寿命,也特别适用于集成电路等的焊接。

烙铁头在使用一段时间后表面容易氧化,温度会大大降低,导致焊锡不易融化,不仅焊点难看,也容易产生虚焊。此时可用锉刀将烙铁头的氧化层锉去,再通电加热后迅速镀上焊锡以免氧化。

2. 焊料与助焊剂

焊料是一种易熔的金属,熔点低于被焊金属。在熔化时使被焊金属表面形成合金与被焊金属连接到一起。目前常用焊料有锡铅焊料、银焊料、铜焊料等。在电子产品的制作中,最常用的是锡铅焊料,俗称焊锡。

助焊剂的使用可防止焊接面被氧化,同时增加焊锡的流动性,有助于焊浸润,保持焊点光泽。

手工焊接时最常用的助焊剂是松香。一般焊锡丝的内部都注入了松香。也可自制液态助焊剂涂在焊点表面。如松香和酒精以 1:3 比例配合制成的松香水就是不错的助焊剂。

3. 焊接件的预处理

元器件在焊接前一般要先进行镀锡处理,特别是对于存放时间较长的元器件这一点更重要。有些元器件在存放较长时间后表面发生氧化,导致焊料与焊接件表面无法形成浸润而出现虚焊、假焊等。此时可用无水酒精擦洗,对严重的氧化层则要用刀刮或用砂纸打磨,直到露出光亮的金属为止,然后再进行镀锡。

有些元器件在焊接前还要进行成型处理。如电阻器、二极管等可根据焊点的跨距按卧式或直立式成型,其中功率较小的电阻器可以紧贴线路板,如图 1.2 中 a_1 、 a_2 所示,功率较大的电阻器应适当悬空,如图 1.2 中 b_1 、 b_2 所示。

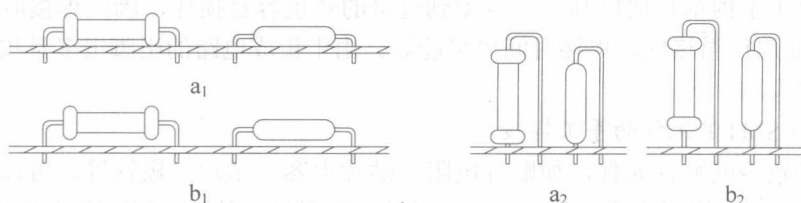


图 1.2 元器件的成型

有时,当线路板尺寸较小,元器件排布较密,为防止元器件的引脚相碰而导致短路,还应加套管。

有些元件或部件需用导线进行连接,为保持焊点的可靠,应采用绕焊,即将导线在元件或部件的引脚上缠绕 1~2 圈再焊接。

4. 焊接的技术要领

良好的焊接是一个电子产品可靠性的重要保证。对于业余条件下的焊接,除了选用较好的焊锡和合适的助焊剂外,还要掌握一定的焊接要领。

首先要控制烙铁的温度和焊接时间。如果烙铁功率过小或烙铁头接触焊点的时间过短,则焊点温度较低,焊锡表面就不光滑,甚至像豆腐渣一样,这样很容易出现虚焊。如果烙铁温度过高或焊接时间过长,则烙铁头的搪锡面很快形成氧化膜,如不及时除去,将和焊锡一起附在焊点上,也易形成虚焊。有些包含塑料件或有机绝缘外皮等不耐热的元件则易被烫坏。过高的温度也容易使焊盘铜箔翘起。

其次,要保持电烙铁的清洁。因为焊接时烙铁长时间处于高温状态,又接触助焊剂等,其表面很容易氧化并沾上一层黑色杂质,这些杂质相当于隔热层,使烙铁头的温度大大下降,因此要随时去除杂质。一般可用锉刀锉去氧化层。在锉去氧化层后要及时镀上焊锡,这样可较长时间保持烙铁头的清洁。

第三,焊锡量要适中。焊锡过少易造成焊接不牢;焊锡过多,不仅浪费了焊锡,在高密度的电路板中还易造成不易察觉的短路。

第四,不要用过量的助焊剂。适量的助焊剂对焊接是十分有益的,但并不是越多越好。

过量的松香可使焊点周围形成松香层,使线路板不清洁,而且易使松香夹杂在焊锡中形成“夹渣”的缺陷。

5. 易损件的焊接

(1) 有机材料、塑料件的焊接

目前,很多有机材料如有机玻璃、聚氯乙烯、聚乙烯、酚醛树脂等已被广泛用于电子元器件的生产中,如各类开关、接插件、收音机中使用的双联电容等,这些元器件都采用热注塑方式制成,最大的弱点就是不能承受高温,当我们在焊接这些元器件时如不控制加热时间,极易产生变形,导致元器件失效或损坏,因此在焊接时一定要控制焊接时间。

(2) 场效应管和集成电路的焊接

场效应管,特别是 MOSFET 或 CMOS 集成电路,由于输入阻抗很高,一旦烙铁稍有漏电就会击穿管子。焊接时可将烙铁的插头拔下,用余热焊接。有的烙铁本身就有接地夹,可将接地夹接在地线上。

集成电路由于内部集成度高,一旦受到过量的热也容易损坏,因此焊接时温度不要超过 200℃,最好使用控温烙铁,焊接时间尽可能短。由于集成电路的引脚很多且挨得很近,因此应使用尖烙铁头。

6. 贴片(SMT)元件的手工焊接

对于引脚较少的贴片元件,如贴片电阻、贴片电容、贴片三极管等,可以先在某一焊盘上上一点焊锡,再用镊子夹住元件,使元件引脚对准焊盘,焊好已有焊锡的端子。如发现元件有些偏,可以一方面焊接,另一方面用镊子进行调整,直至元件的各引脚与焊盘对准。

对于引脚较多的元件,如贴片集成电路,可以先固定元件的对角线上的引脚,在确定各引脚均对准焊盘后对所有引脚一一焊接。如有连焊的引脚,可以用烙铁再焊一次,对于具有良好阻焊层的线路板来说,此时焊点可以自动分开。如果仍无法分开,可以采用吸锡绳将多余的焊锡吸走。

7. 元器件的拆焊

当元器件焊错或更换损坏的元器件时,首先要将元器件拆卸下来。良好的拆焊技术是电子制作水平的重要体现,也是衡量一个学生动手能力的重要方面,是每个电类专业的学生应当掌握的技能。

相对来说,两个脚的元件如电阻、电容等还是比较容易拆焊的。但多脚元器件如集成电路,或者不耐高温的元器件如中周等,拆焊就要困难得多,需要经常练习才能比较熟练地完成。

(1) 拆焊工具

常用的拆焊工具有通针、吸锡器(吸泵)、吸锡绳等。其中通针、吸锡器市场有售,吸锡绳则可用金属编织线代用。

(2) 拆焊的操作要求

拆焊一定要严格控制加热的温度与时间,否则易引起覆铜脱落。一般来说拆焊所用的时间要比焊接的时间长,这就要求操作者熟练掌握拆焊技术,必要时可采用间隙加热进行拆焊,即拆下某一引脚,待冷却后再拆另一个引脚。拆焊时不要用力过猛,不要采用扳、晃、拔等方法去拆元件。

(3) 吸锡绳的使用

吸锡绳是拆集成电路或其他多脚元器件的理想工具。吸锡绳采用铜质或镀锌、镀银的金

属编织线。使用时可先在吸锡绳的一个端头用烙铁镀上松香,再将这个端头置于将要拆焊的引脚,用烙铁将引脚的焊锡熔化,此时吸锡绳会将焊锡吸附在吸锡绳上。为了节省吸锡绳的使用,可在吸锡绳上的焊锡尚未凝固时用力甩下,这样一根不长的吸锡绳可使用很长时间。

吸锡绳拆焊简便易行、费用低,建议多用此法。

(4) SMT 元件的拆焊

如果使用普通电烙铁,可以采用堆锡的办法:使用较多的焊锡丝,然后用烙铁在焊盘处熔解并不断移动,使所有焊锡“同时”熔化,注意尽量避免烙铁头与管脚接触,因为这样可以避免焊盘损坏。焊锡全部熔解后,用镊子夹住元件并取下来。这种时间的操作时间不宜过长。

比较好的拆焊 SMT 元件的工具是热风焊枪,特别是针对多引脚的集成电路比较有效。根据不同的线路基板材料选择合适的温度及风量,使风咀对准贴片元件的引脚,反复均匀加热,待达到一定温度,所有焊锡均熔化后,用镊子稍加力量就可以使其脱离基板并取下。

1.3.3 电子产品的装配工艺

电子产品的装配是电子制作的重要环节,特别是商品级的设计与制作,良好的装配工艺是产品可靠性的重要保证,也是一个企业管理水平和技术水平的重要体现。作为电子专业的学生,尽管只是进行业余制作,但一定要培养产品和商品意识,充分认识到装配工艺的重要性,为日后从事专业工作奠定基础。

1. 电子产品的布局和布线

电子产品的布局要满足下列原则:保证产品技术性能指标的实现;满足结构工艺的要求;布线方便;有利于通风、散热和安全;便于检测和维修。

在布局布线时要注意以下几点:

(1) 电源电路,特别是变压器等由于发热量大,体积和重量都很大,所以要注意产品重心的平衡,散热大的部件应尽可能远离电路板。

(2) 大功率的元器件应放在通风良好的位置并加装散热片或风扇等。

(3) 在同一块线路上的高频电路和低频电路应采取屏蔽隔离措施,通常将高频电路装在金属屏蔽罩内。

(4) 高频电路的连接导线应尽可能地短而细,尽可能采用介电常数小、介质损耗小的绝缘材料。如导线必须平行放置时应尽可能增加间距。

2. 电子产品的装配技术

(1) 常用装配工具

电子产品装配过程中必须准备一套合适的工具。作为业余制作要准备一些常用的工具,如电烙铁、斜口钳、尖嘴钳、剥线钳、镊子、螺丝刀、锉刀、直尺、万用表等。如经济条件许可应选用质量较好的产品,这对制作的顺利进行十分有利。

(2) 整机装配的原则

装配时要确定好零部件的位置、方向、极性。一般是从里到外,从下到上,从小到大。前道工序不能影响后道工序,重的部件应放在下部以保证产品的平稳摆放,另外还要注意便于产品的保养和维修。

安装的元器件、零部件应端正牢固,选用的紧固件应尺寸合适,螺丝紧固时应注意防止滑丝。

导线或线扎的放置应稳固、安全、整齐和美观。线扎应每 10cm 左右用热缩套管或尼龙绳扣固定,导线或线扎应尽量紧贴底板放置并用胶布或热熔胶固定。

高频引线或交流电源线可用塑料支柱支撑架空布线,以便减小干扰。

1.3.4 电子产品的调试

在焊接、装配等程序完成后,接着进行产品的调试。调试的目的是使制作的产品达到设计的指标和要求。调试技能是一项充分反映制作者熟练使用仪器仪表、运用所学知识进行分析判断的综合能力,特别是在产品的试制阶段,必须反复进行调试调整,不断进行参数优化才能达到满意的结果。

对于简单的产品,可直接进行产品调试;对稍复杂的系统,一般采用单元电路调试和整机联调的方式进行。

单元电路调试一般包括静态调试和动态调试。静态调试时没有外加信号,只是测量直流工作电压和电流。动态调试则是在加入信号、接入负载时完成。

整机联调是将各单元组合起来通电后进行调试。由于各单元之间可能存在的相互影响,在单元电路调试后还需进行整机参数的微调,使整机的性能指标符合要求。

调试时应注意以下几点:

(1) 测量仪器的选择

测量仪器的输入阻抗必须远大于被测电路的等效阻抗,否则会引起较大的分流,严重影响测试结果;测量仪器的带宽必须大于被测电路的工作带宽,否则测试结果是失真的。

(2) 选择正确的测试点和测试项目

测试点应具有代表性,测试项目应能够反映电路的主要性能和工作状态。

(3) 测量方法应简便可行

例如测量某支路的电流时,可以采用测量该支路上某电阻的电压,再换算成电流的方法,这样就避免了断开支路来测电流的不便。

(4) 养成正确记录测试数据的习惯

认真记录测试结果并进行分析,不仅可以判断电路工作是否正常,也有利于培养同学们严谨的学习态度和敬业精神,提高职业素质。

1.3.5 故障的判断与排除

制作过程中出现故障是很正常的,需要随时排除。常用的故障检测与排除方法有:

1. 目视检测

主要检测元器件连接是否正确,引脚是否接错,有无虚焊、连焊、漏焊等。以上都是初学者易犯的错误。

2. 不通电检查

一般是用万用表检查电路有无短路、断路,元器件有无损坏等情况。

3. 静态检查

通过测量静态工作点的参数并与参考值进行比较来判断电路是否存在问题。

4. 动态检查

对于某些模拟电路,可以通过信号发生器向电路注入适当的信号,用万用表或示波器测