



全国大学生电子设计竞赛“十二五”规划教材

全国大学生电子设计竞赛 技能训练(第2版)

黄智伟 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



全国大学生电子设计竞赛“十二五”规划教材

全国大学生电子设计竞赛 技能训练(第2版)

黄智伟 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书为“全国大学生电子设计竞赛‘十二五’规划教材”之一。针对全国大学生电子设计竞赛的特点,为使
学生全面、系统地掌握一些在电子竞赛作品制作过程中必需的基本技能,本书从7个方面系统介绍了元器件
的种类、特性与选用;印制电路板的设计与制作;元器件和导线的安装与焊接;元器件的检测,电压、分贝、信号
参数、时间和频率及电路性能参数的测量,噪声和接地对测量的影响;电子产品调试和故障检测的一般方法,
模拟电路、数字电路和整机的调试与故障检测;设计总结报告的写作要求与示例;赛前培训、赛前试题分析和
赛前准备工作等内容。

本书内容丰富实用,叙述简洁清晰,工程实践性强,注重培养学生制作、装配、调试与检测等实际动手能
力。可作为高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛
的培训教材,也可作为参加各类电子制作、课程设计、毕业设计的教学参考书,还可作为工程技术人员进行电
子产品设计与制作的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

全国大学生电子设计竞赛技能训练 / 黄智伟编著

-- 2版. --北京:北京航空航天大学出版社,2011.1

ISBN 978-7-5124-0267-6

I. ①全… II. ①黄… III. ①电子电路—电路设计—
竞赛—高等学校—自学参考资料 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 230444 号

版权所有,侵权必究。

全国大学生电子设计竞赛技能训练(第2版)

黄智伟 编著

责任编辑 刘 星

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路37号(邮编100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京市媛明印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:27 字数:605千字

2011年1月第2版 2011年1月第1次印刷 印数:5000册

ISBN 978-7-5124-0267-6 定价:48.00元

序

全国大学生电子设计竞赛是教育部倡导的四大学科竞赛之一,是面向大学生的群众性科技活动,目的在于促进信息与电子类学科课程体系和课程内容的改革,促进高等学校实施素质教育以及培养大学生的创新能力、协作精神和理论联系实际的学风,促进大学生工程实践素质的培养,提高学生针对实际问题进行电子设计制作的能力。

1. 规划教材由来

全国大学生电子设计竞赛既不是单纯的理论设计竞赛,也不仅仅是实验竞赛,而是在一个半封闭、相对集中的环境和限定的时间内,由一个参赛队共同设计、制作完成一个有特定工程背景的作品。作品成功与否是竞赛能否取得好成绩的关键。竞赛也有其内在的规律和特点。

为满足高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的需要,我们修订并编写了这套规划教材:《全国大学生电子设计竞赛系统设计(第2版)》、《全国大学生电子设计竞赛电路设计(第2版)》、《全国大学生电子设计竞赛技能训练(第2版)》、《全国大学生电子设计竞赛制作实训(第2版)》、《全国大学生电子设计竞赛常用电路模块制作》、《全国大学生电子设计竞赛 ARM 嵌入式系统应用设计与实践》。该规划教材从2006年出版以来,已多次印刷,一直是全国各高等院校大学生电子设计竞赛训练的首选教材之一。随着全国大学生电子设计竞赛的深入和发展,近几年来,特别是2007年以来,电子设计竞赛题目要求的深度、难度都有很大的提高。2009年对竞赛规则与要求也出现了一些变化,如对“最小系统”的定义、“性价比”与“系统功耗”指标要求等。为适应新形势下全国大学生电子设计竞赛的要求与特点,对该规划教材的内容进行了修订与补充。

2. 规划教材内容

《全国大学生电子设计竞赛系统设计(第2版)》在详细分析了历届全国大学生电子设计竞赛题目类型与特点的基础上,通过47个设计实例,系统介绍了电源类、信号源类、高频无线电类、放大器类、仪器仪表类、数据采集与处理类以及控制类7大类作品的设计要求、系统方案、电路设计、主要芯片、程序设计等内容。通过对这些设计实例进行系统方案分析、单元电路设计、集成电路芯片选择,可使学生全面、系统地掌握电子设计竞赛作品系统设计的基本方法,培养学生系统分析、开发创新的能力。

《全国大学生电子设计竞赛电路设计(第2版)》在详细分析了历届全国大学生电子设计竞

序

赛题目的设计要求及所涉及电路的基础上,精心挑选了传感器应用电路、信号调理电路、放大器电路、信号变换电路、射频电路、电机控制电路、测量与显示电路、电源电路、ADC 驱动和 DAC 输出电路 9 类共 180 多个电路设计实例,系统介绍了每个电路设计实例所采用的集成电路芯片的主要技术性能与特点、芯片封装与引脚功能、内部结构、工作原理和应用电路等内容。通过这些电路设计实例的学习,学生可全面、系统地掌握电路设计的基本方法,培养电路分析、设计和制作的能力。由于各公司生产的集成电路芯片种类繁多,限于篇幅,本书仅精选了其中很少的部分以“抛砖引玉”。读者可根据电路设计实例举一反三,并利用在参考文献中给出的大量的公司网址,查询到更多的电路设计应用资料。

《全国大学生电子设计竞赛技能训练(第2版)》从7个方面系统介绍了元器件的种类、特性、选用原则和需注意的问题;印制电路板设计的基本原则、工具及其制作;元器件、导线、电缆、线扎和绝缘套管的安装工艺和焊接工艺;电阻、电容、电感、晶体管等基本元器件的检测,电压、分贝、信号参数、时间和频率、电路性能参数的测量,噪声和接地对测量的影响;电子产品调试基本方法,故障检测的一般方法,模拟电路、数字电路和整机的调试与故障检测;设计总结报告写作的基本格式、写作要求与示例;赛前培训、赛前题目分析和赛前准备工作等内容。通过上述内容的学习,学生可全面、系统地掌握在电子竞赛作品制作过程中必需的一些基本技能。

《全国大学生电子设计竞赛制作实训(第2版)》指导学生完成 SPCE061A 16 位单片机、AT89S52 单片机、AD μ C845 单片数据采集等最小系统的制作;系统可编程模拟放大器、系统可编程低通滤波器、单通道音频功率放大器、双通道音频功率放大器、语音录放器、语音解说文字显示系统等模拟电路的制作;FPGA 最小系统、彩灯控制器等数字电路的制作;射频小信号放大器、射频功率放大器、VCO(压控振荡器)、PLL-VCO 环路、调频发射器、调频接收机等高频电路的制作;DDS AD9852 信号发生器、MAX038 函数信号发生器等信号发生器的制作;DC-DC 升压变换器、开关电源、交流固态继电器等电源电路的制作。介绍了电路组成、元器件清单、安装步骤、调试方法、性能测试方法等内容,可使学生提高实际制作能力。

《全国大学生电子设计竞赛常用电路模块制作》以全国大学生电子设计竞赛中所需要的常用电路模块为基础,介绍了 AT89S52、ATmega128、ATmega8、C8051F330/1 单片机, LM3S615 ARM Cortex-M3 微控制器, LPC2103 ARM 7 微控制器 PACK 板的设计与制作;键盘及 LED 数码管显示器模块、RS-485 总线通信模块、CAN 总线通信模块、ADC 模块和 DAC 模块等外围电路模块的设计与制作;放大器模块、信号调理模块、宽带可控增益直流放大器模块、音频放大器模块、D 类放大器模块、菱形功率放大器模块、宽带功率放大器模块、滤波器模块的设计与制作;反射式光电传感器模块、超声波发射与接收模块、温湿度传感器模块、阻抗测量模块、音频信号检测模块的设计与制作;直流电机驱动模块、步进电机驱动模块、函数信号发生器模块、DDS 信号发生器模块、压频转换模块的设计与制作;线性稳压电源模块、DC/DC 电路模块、Boost 升压模块、DC/AC/DC 升压电源模块的设计与制作;介绍了电路模块在随动控制系统、基于红外线的目标跟踪与无线测温系统、声音导引系统、单相正弦波逆变电源、

无线环境监测模拟装置中的应用。本书以实用电路模块为模板,叙述简洁清晰,工程性强,可使学生提高常用电路模块的制作能力。所有电路模块都提供电路图、PCB图和元器件布局图。

《全国大学生电子设计竞赛 ARM 嵌入式系统应用设计与实践》以 ARM 嵌入式系统在全国大学生电子设计竞赛应用所需要的知识点为基础,介绍了 LPC214x ARM 微控制器最小系统的设计与制作;键盘及 LED 数码管显示器电路、汉字图形液晶显示器模块、触摸屏模块、LPC214x 的 ADC 和 DAC、定时器/计数器和脉宽调制器(PWM)、直流电机、步进电机和舵机驱动电路、光电传感器、超声波传感器、图像识别传感器、色彩传感器、电子软盘、倾角传感器、角度传感器、E²PROM 24LC256 和 SK-SDMP3 模块、nRF905 无线收发器电路模块、CAN 总线模块电路与 LPC214x ARM 微控制器的连接、应用与编程;基于 ARM 微控制器的随动控制系统、音频信号分析仪、信号发生器和声音导引系统的设计要求、总体方案设计、系统各模块方案论证与选择、理论分析及计算、系统主要单元电路设计和系统软件设计;ADS1.2 和 MDK 集成开发环境工程的建立、程序的编译、HEX 文件的生成以及 ISP 下载。该书突出了 ARM 嵌入式系统应用的基本方法,以实例为模板,可使学生提高 ARM 嵌入式系统在电子设计竞赛中的应用能力。本书所有实例程序都通过验证,相关程序清单可以在北航出版社网站“下载中心”下载。

3. 规划教材特点

本规划教材的特点:以全国大学生电子设计竞赛所需要的知识点和技能为基础,内容丰富实用,叙述简洁清晰,工程性强,突出了设计制作竞赛作品的方法与技巧。“系统设计”、“电路设计”、“技能训练”、“制作实训”、“常用电路模块制作”和“ARM 嵌入式系统应用设计与实践”这 6 个主题互为补充,构成一个完整的训练体系。

《全国大学生电子设计竞赛系统设计(第 2 版)》通过对历年的竞赛设计实例进行系统方案分析、单元电路设计和集成电路芯片选择,全面、系统地介绍电子设计竞赛作品的基本设计方法,目的是使学生建立一个“系统概念”,在电子设计竞赛中能够尽快提出系统设计方案。

《全国大学生电子设计竞赛电路设计(第 2 版)》通过对 9 类共 180 多个电路设计实例所采用的集成电路芯片的主要技术性能与特点、芯片封装与引脚功能、内部结构、工作原理和应用电路等内容进行介绍,目的是使学生全面、系统地掌握电路设计的基本方法,以便在电子设计竞赛中尽快“找到”和“设计”出适用的电路。

《全国大学生电子设计竞赛技能训练(第 2 版)》通过对元器件的选用、印制电路板的设计与制作、元器件和导线的安装和焊接、元器件的检测、电路性能参数的测量、模拟/数字电路和整机的调试与故障检测、设计总结报告的写作,培训学生全面、系统地掌握在电子竞赛作品制作过程中必需的一些基本技能。

序

《全国大学生电子设计竞赛制作训练(第2版)》与《全国大学生电子设计竞赛技能训练(第2版)》相结合,通过单片机最小系统、FPGA 最小系统、模拟电路、数字电路、高频电路、电源电路等 30 多个制作实例,掌握主要元器件特性、电路结构、印制电路板、制作步骤、调试方法、性能测试方法等内容,培养学生制作、装配、调试与检测等实际动手能力,使其能够顺利地完成电子设计竞赛作品的制作。

《全国大学生电子设计竞赛常用电路模块制作》指导学生完成电子设计竞赛中常用的微控制器电路模块、微控制器外围电路模块、放大器电路模块、传感器电路模块、电机控制电路模块、信号发生器电路模块和电源电路模块的制作,所制作的模块可以直接在竞赛中使用。

《全国大学生电子设计竞赛 ARM 嵌入式系统应用设计与实践》以 ARM 嵌入式系统在全国大学生电子设计竞赛应用所需要的知识点为基础,以 LPC214x ARM 微控制器最小系统为核心;以 LED、LCD 和触摸屏显示电路,ADC 和 DAC 电路,直流电机、步进电机和舵机的驱动电路,光电、超声波、图像识别、色彩识别、电子罗盘、倾角传感器、角度传感器, E²PROM, SD 卡,无线收发器模块, CAN 总线模块的设计制作与编程实例为模板;目的是使学生能够简单、快捷地掌握 ARM 系统,并且能够在电子设计竞赛中熟练应用。

4. 读者对象

本规划教材可作为电子设计竞赛参赛学生的训练教材,也可作为高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业学生参加各类电子制作、课程设计和毕业设计的教学参考书,还可作为电子工程技术人员和电子爱好者进行电子电路和电子产品设计与制作的参考书。

作者在本规划教材的编写过程中,参考了国内外的大量资料,得到了许多专家和学者的大力支持。其中,北京理工大学、北京航空航天大学、国防科技大学、中南大学、湖南大学、南华大学等院校的指导老师和电子参赛队员提出了一些宝贵意见和建议,并为本规划教材的编写做了大量的工作,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,本规划教材中的错误和不足之处在所难免,敬请各位读者批评斧正。

黄智伟
2010 年 12 月
于南华大学

前 言

《全国大学生电子设计竞赛技能训练》从 2007 年出版以来,已多次印刷,一直是全国各高等院校大学生电子设计竞赛训练的首选教材之一。随着全国大学生电子设计竞赛的深入和发展,近几年来,特别是从 2007 年以来,电子设计竞赛题目要求的深度、难度都有很大的提高。2009 年对竞赛规则与要求也出现了一些变化,如对“最小系统”的定义、“性价比”与“系统功耗”指标要求等。为适应新形势下的全国大学生电子设计竞赛的要求与特点,需要对该书的内容进行修订与补充。

本书是《全国大学生电子设计竞赛系统设计(第 2 版)》、《全国大学生电子设计竞赛电路设计(第 2 版)》、《全国大学生电子设计竞赛制作实训(第 2 版)》、《全国大学生电子设计竞赛常用电路模块制作》、《全国大学生电子设计竞赛 ARM 嵌入式系统应用设计与实践》的姊妹篇,6 本书互为补充,构成一个完整的训练体系。

全国大学生电子设计竞赛是教育部倡导的四大学科竞赛之一,全国大学生电子设计竞赛试题包括理论设计、实际制作与调试等内容,既考虑到教学的基本内容要求,又适当地反映了新技术和新器件的应用,竞赛试题一般都要求完成一个完整的电子系统的设计与制作,全面测试学生运用基础知识、实际设计制作和独立工作的能力。

全国大学生电子设计竞赛既不是单纯的理论设计竞赛,也不是实验竞赛,而是在一个半封闭、相对集中的环境和限定时间内,由一个参赛队共同设计、制作完成一个有特定工程背景的作品,作品能否制作成功是竞赛取得好成绩的关键。

本书根据全国大学生电子设计竞赛的要求与特点,系统介绍了在电子设计竞赛作品制作中必须掌握的元器件选用、印制电路板设计与制作、参数测量、装配工艺、调试与故障排查、设计报告写作、赛题解析等内容,训练学生全面、系统地掌握在电子竞赛作品制作过程中必需的一些基本技能。

全书共分 7 章,第 1 章介绍了元器件的选用,包含有电阻(位)器、电容器、电感线圈、变压器、二极管、三极管、场效应管、晶闸管、运算放大器、数字电路的种类、特性与选用原则以及应注意的问题等内容;第 2 章介绍了印制电路板的设计基本原则与制作等内容;第 3 章介绍了元器件和导线的安装与焊接,包含有元器件、导线、电缆、线扎和绝缘套管的安装与焊接工艺等内容;第 4 章介绍了参数测量,包含有电阻、电容、电感等基本元器件的检测,电压、分贝、信号参

前 言

数、时间和频率、电路性能参数测量,噪声和接地对测量的影响等内容;第5章介绍了作品的调试与故障检测,包含有电子产品调试基本方法,故障检测的一般方法,模拟电路、数字电路和整机的调试与故障检测等内容;第6章介绍了设计报告写作,包含设计总结报告写作的基本格式、写作要求与示例等内容;第7章介绍了赛前准备,包含赛前培训、赛前试题分析和赛前准备工作等内容。

本书内容丰富实用,叙述简洁清晰,工程实践性强,注重培养学生制作、装配、调试与检测等实际动手能力。可作为高等院校电子信息工程、通信工程、自动化、电气控制类专业学生参加全国大学生电子设计竞赛的培训教材,也可作为参加各类电子制作、课程设计、毕业设计的教学参考书,还可作为工程技术人员进行电子产品设计与制作的参考书。

在编写过程中,本书参考了大量的国内外著作和资料,得到了许多专家和学者的大力支持,听取了多方面的宝贵意见和建议。李富英高级工程师对本书进行了审阅。南华大学电气工程学院通信工程、电子信息工程、自动化、电气工程及自动化、电工电子、实验中心等教研室的老师,南华大学王彦副教授、朱卫华副教授、陈文光副教授,湖南师范大学邓月明博士,南华大学电气工程学院2001、2003、2005、2007、2009年全国大学生电子竞赛参赛队员林杰文、田丹丹、方艾、余丽、张清明、申政琴、潘礼、田世颖、王凤玲、俞沛宙、裴霄光、熊卓、陈国强、贺康政、王亮、陈琼、曹学科、黄松、王怀涛、张海军、刘宏、蒋成军、胡乡城、童雪林、李扬宗、肖志刚、刘聪、汤柯夫、樊亮、曾力、潘策荣、赵俊、王永栋、晏子凯、何超、张翼、李军、戴焕昌、汤玉平、金海锋、李林春、谭仲书、彭湃、尹晶晶、全猛、周到、杨乐、周望、李文玉、方果、黄政中、邱海枚、欧俊希、陈杰、彭波、许俊杰等人为本书的编写做了大量的工作,并得到了凌阳科技股份有限公司刘宏韬先生、威健国际贸易(上海)有限公司吴惠峰先生的帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,错误和不足之处在所难免,敬请各位读者批评斧正。有兴趣的朋友,可以发送邮件到: fuzhi619@sina.com,与本书作者沟通;也可以发送邮件到: emsbook@gmail.com,与本书策划编辑进行交流。

黄智伟
2010年12月
于南华大学

目 录

第 1 章 电子元器件的选用	1
1.1 电阻(位)器	1
1.1.1 电阻的种类与特性	1
1.1.2 电阻器的选用	5
1.1.3 电阻器应用时应注意的问题	6
1.2 电容器	8
1.2.1 电容的种类与特性	8
1.2.2 电容器选用时应注意的问题.....	10
1.2.3 电容器应用时应注意的问题.....	13
1.3 电感线圈.....	14
1.3.1 电感线圈的种类与特性.....	14
1.3.2 电感线圈的选用.....	16
1.3.3 电感线圈应用时应注意的问题.....	25
1.4 变压器.....	26
1.4.1 变压器的种类与特性.....	26
1.4.2 变压器的选用.....	28
1.5 二极管.....	30
1.5.1 二极管的种类与特性.....	30
1.5.2 二极管的选用.....	32
1.6 三极管.....	39
1.6.1 三极管的种类与特性.....	39
1.6.2 三极管的选用.....	42
1.6.3 半导体分立器件应用时应注意的问题.....	45
1.7 场效应管.....	48
1.7.1 场效应管的种类与特性.....	48

1.7.2 场效应管的选用	49
1.8 晶闸管(可控硅)	52
1.8.1 晶闸管的种类与特性	52
1.8.2 晶闸管的选用	53
1.9 光电耦合器	55
1.9.1 光电耦合器的种类与特性	55
1.9.2 光电耦合器的选用	55
1.10 霍尔元件	56
1.10.1 霍尔元件的种类与特性	56
1.10.2 霍尔元件的选用	56
1.11 显示器件	58
1.11.1 显示器件的种类与特性	58
1.11.2 显示器件的选用	59
1.12 集成电路	61
1.12.1 集成电路的种类与特性	61
1.12.2 集成电路的选用	63
1.12.3 集成电路应用时应注意的问题	68
1.13 石英晶体	73
1.13.1 石英晶体的种类与特性	73
1.13.2 石英晶体的选用	74
1.14 电声器件	76
1.14.1 扬声器的选用	76
1.14.2 压电陶瓷蜂鸣片和蜂鸣器的选用	77
1.14.3 驻极体话筒的选用	78
1.15 继电器	79
1.15.1 普通电磁继电器的选用	79
1.15.2 固态继电器的选用	80
1.15.3 干簧管的选用	82
1.16 电子元器件的电浪涌防范措施	83
1.16.1 电路开关工作状态产生浪涌电流的防范措施	83
1.16.2 电容性负载接通时产生浪涌电流的防范措施	84
1.16.3 电感性负载断开时产生浪涌电压的防范措施	85
1.16.4 驱动白炽灯时产生浪涌电流的防范措施	87
1.16.5 供电电源引起的浪涌干扰的防范措施	88

1.16.6	TTL 电路防浪涌干扰的措施	90
第 2 章	印制电路板的设计与制作	93
2.1	印制电路板设计的基础知识	93
2.1.1	印制电路板的类型	93
2.1.2	元器件封装形式	94
2.1.3	导线宽度与间距	95
2.1.4	焊盘、引线孔和过孔(导孔)	96
2.1.5	网络、中间层和内层	97
2.2	印制电路板的设计步骤	97
2.2.1	电路板设计的前期工作	98
2.2.2	规划电路板	98
2.2.3	设置 PCB 设计环境和定义边框	99
2.2.4	引入网络表和修改元器件封装	99
2.2.5	布置元器件位置	99
2.2.6	布线规则设置	99
2.2.7	自动布线及手工调整	99
2.2.8	文件保存及打印输出	100
2.3	元器件的布局	100
2.3.1	元器件布局的一般要求	100
2.3.2	核心元件	101
2.3.3	屏 蔽	101
2.3.4	通风散热	101
2.3.5	机械强度	101
2.3.6	可调元器件的布局	102
2.4	印制电路板的布线	102
2.4.1	基本布线方法	102
2.4.2	印制板布线的一般要求	103
2.4.3	导线走向与形状要求	105
2.4.4	元器件引线焊盘的形状和尺寸	106
2.4.5	表面安装元器件的焊盘形状和尺寸	108
2.4.6	大面积铜箔的处理	110
2.5	印制电路板的制作	111
2.5.1	打印菲林纸	112
2.5.2	曝 光	113
2.5.3	显 影	114
2.5.4	腐 蚀	114

2.5.5	打 孔	115
2.5.6	穿 孔	115
2.5.7	沉 铜	115
2.5.8	表面处理	116
2.6	锉 削	116
2.6.1	锉刀的结构与形状	116
2.6.2	锉刀的握法	116
2.6.3	锉削的姿势和动作	118
2.6.4	锉削平面的方法	119
2.6.5	锉削中常用的测量工具	119
2.7	钻孔和扩孔	120
2.7.1	钻 孔	120
2.7.2	扩 孔	121
2.7.3	钻孔和扩孔时应注意的一些问题	122
第3章 元器件和导线的安装与焊接		124
3.1	电子元器件安装前的预处理	124
3.1.1	电子元器件的引线镀锡	124
3.1.2	电子元器件的引线成型	125
3.2	电子元器件的安装	127
3.2.1	电子元器件的安装形式	127
3.2.2	电子元器件安装时应注意的一些问题	133
3.3	常用焊接工具与焊接材料	135
3.3.1	电烙铁	136
3.3.2	焊 料	138
3.3.3	焊 剂	138
3.3.4	拆焊工具	139
3.3.5	其他辅助工具	140
3.4	手工锡焊的基本方法	141
3.4.1	电烙铁和焊锡丝的握拿方式	141
3.4.2	插装式元器件焊接操作的基本步骤	141
3.4.3	插装式元器件焊点质量检查	143
3.4.4	表面安装元器件的焊接方法	145
3.5	焊接过程中应注意的一些问题	151
3.5.1	印制电路板的焊接	151
3.5.2	接线柱的焊接	152
3.5.3	开关、插接件等铸塑元件的焊接	152

3.5.4	继电器、波段开关等弹片类元件的焊接	153
3.5.5	集成电路的焊接	153
3.5.6	表面安装元器件的焊接	153
3.6	拆 焊	154
3.6.1	插装式元器件的拆焊	154
3.6.2	SMT 元器件的拆焊	156
3.7	导线加工	158
3.7.1	绝缘导线的加工步骤	158
3.7.2	屏蔽导线的加工步骤	159
3.8	导线的连接	161
3.8.1	两条粗细相同导线的连接	161
3.8.2	两条粗细不同导线的连接	162
3.9	导线成型	163
3.9.1	线绳绑扎	163
3.9.2	其他扎线方法	165
3.9.3	线扎制作要求	166
3.10	导线端子的焊接	166
3.10.1	导线与元器件之间的焊接	166
3.10.2	导线与印制电路板的焊接	167
3.11	整机装配	168
3.12	静电保护	171
3.12.1	静电的产生和危害	171
3.12.2	静电敏感器件的分级	171
3.12.3	静电源	172
3.12.4	静电的防护方法	174
3.12.5	静电防护器材及静电测量仪器	175
3.12.6	防静电技术指标要求	176
第4章	参数测量	177
4.1	电子测量基础知识	177
4.1.1	电子测量	177
4.1.2	电子测量仪器	179
4.1.3	测量术语	181
4.1.4	测量误差	182
4.2	元器件的检测	186
4.2.1	固定电阻器的检测	186

4.2.2	电位器的检测	187
4.2.3	压敏电阻的检测	187
4.2.4	光敏电阻的检测	188
4.2.5	固定无极性电容器的检测	188
4.2.6	电解电容的检测	188
4.2.7	可变电容器的检测	190
4.2.8	电感线圈的检测	190
4.2.9	电源变压器的检测	190
4.2.10	整流二极管的检测	192
4.2.11	全桥组件的检测	193
4.2.12	快恢复/超快恢复二极管的检测	194
4.2.13	硅高速二极管的检测	194
4.2.14	肖特基二极管的检测	194
4.2.15	稳压二极管的检测	195
4.2.16	变容二极管的检测	196
4.2.17	发光二极管的检测	196
4.2.18	单向晶闸管的检测	198
4.2.19	双向晶闸管的检测	199
4.2.20	可关断晶闸管的检测	200
4.2.21	中小功率三极管的检测	200
4.2.22	大功率晶体三极管的检测	203
4.2.23	达林顿管的检测	203
4.2.24	光敏三极管的检测	205
4.2.25	结型场效管的检测	205
4.2.26	绝缘栅场效应管的检测	206
4.2.27	光电耦合器的检测	209
4.2.28	霍尔元件的检测	209
4.2.29	LED 数码管的检测	210
4.2.30	TN 型液晶显示器件的检测	211
4.2.31	运算放大器的检测	212
4.2.32	数字集成电路的检测	214
4.2.33	石英晶体的检测	219
4.2.34	电声器件的检测	220
4.2.35	继电器的检测	222
4.3	电压测量	224
4.3.1	电压测量的特点	224

4.3.2	交流电压的参数	225
4.3.3	常用电压测量仪器	228
4.3.4	低频交流电压的测量	229
4.3.5	高频交流电压的测量	230
4.3.6	噪声电压的测量	230
4.4	分贝测量	231
4.4.1	分贝的定义	231
4.4.2	绝对电平	232
4.4.3	音量单位	232
4.4.4	分贝值的测量方法	233
4.5	信号参数测量	235
4.5.1	信号波形的观测	235
4.5.2	信号频率特性的测量	235
4.5.3	交流信号的幅度测量	236
4.5.4	包含有交流信号的直流电压幅度测量	236
4.5.5	幅度测量误差	237
4.5.6	信号周期或时间的测量	237
4.5.7	脉冲信号的脉冲宽度测量	238
4.5.8	脉冲信号的脉冲上升沿和下降沿时间测量	238
4.5.9	两个信号时间差的测量	240
4.5.10	示波器延迟特性对脉冲波形测量的影响	240
4.5.11	相位差的测量	241
4.5.12	利用示波器的 X—Y 功能进行测量	244
4.6	时间和频率的数字测量	245
4.6.1	频率测量	245
4.6.2	周期测量	246
4.6.3	时间间隔的测量	248
4.6.4	脉冲计数	249
4.6.5	频率比的测量	249
4.6.6	时间和频率的数字测量应注意的一些问题	250
4.7	电路性能参数测量	251
4.7.1	音频电路的频率特性测量	251
4.7.2	音频功率放大器最大不失真功率的测量	253
4.7.3	立体声双通道信号的相位差测量	254
4.7.4	调幅度(调幅系数) m 的测量	254
4.7.5	发射机测试	256

4.7.6	接收机测试	262
4.8	噪声对测量的影响	269
4.8.1	噪声产生的原因	269
4.8.2	公共阻抗耦合干扰及其抑制	270
4.8.3	空间电磁耦合干扰及其抑制	271
4.9	接地对测量的影响	273
4.9.1	接 地	273
4.9.2	接地不良引入的干扰	276
4.9.3	仪器信号线与地线接反引入的干扰	277
4.9.4	高输入阻抗仪表输入端开路引入的干扰	278
4.9.5	接地不当会导致被测电路短路	278
第5章	调试与故障检测	280
5.1	电子产品调试	280
5.1.1	对调试人员的要求	280
5.1.2	制定调试工艺方案	280
5.1.3	电子产品调试一般方法	281
5.1.4	整机产品调试的步骤	283
5.2	故障检测的一般方法	284
5.2.1	直观检查法	285
5.2.2	接触检查法	286
5.2.3	电阻检查法	287
5.2.4	熔焊修理法	288
5.2.5	测量电压、电流法	288
5.2.6	波形观察法	291
5.2.7	信号输入法(干扰检查法)	295
5.2.8	分割测试法	297
5.2.9	部件替代法	297
5.2.10	电容旁路法	298
5.2.11	变动可调元件法	298
5.2.12	加热检查法	298
5.3	模拟电路的调试与故障检测	298
5.3.1	单级放大电路的静态工作点调试	298
5.3.2	多级放大电路的静态工作点调试	300
5.3.3	差分放大电路的静态工作点调试	301
5.3.4	集成运算放大器的调零	301
5.3.5	放大器的放大倍数测量	303