

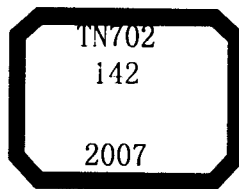
全国大学生电子设计竞赛系列丛书

# 全国大学生电子设计竞赛 技能训练

黄智伟 编著

 北京航空航天大学出版社

全国大学生电子设计竞赛系列丛书



# 全国大学生电子设计竞赛 技能训练

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系列丛书》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、通信、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,以及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. —北京:北京航空航天大学出版社,2007.2

ISBN 978-7-81077-962-3

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第005940号

©2007,北京航空航天大学出版社,版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。侵权必究。

### 全国大学生电子设计竞赛技能训练

黄智伟 编著

责任编辑 王鑫光

\*

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(100083) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhpess@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787 mm×960 mm 1/16 印张:26.75 字数:599千字

2007年2月第1版 2007年2月第1次印刷 印数:5000册

ISBN 978-7-81077-962-3 定价:36.00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,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。

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能否取得好成绩的关键。竞赛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,我们编写了《全国大学生电子设计竞赛系统设计》、《全国大学生电子设计竞赛电路设计》、《全国大学生电子设计竞赛技能训练》和《全国大学生电子设计竞赛制作实训》系列丛书。

《全国大学生电子设计竞赛系统设计》一书,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基础上,用34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、数据采集与处理类和控制类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的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》一书,在详细分析了历届全国大学生电子设计竞赛题目的设计要求及所涉及的电路基础上,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、单片数据采集系统9类140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,可使学生全面、系统地掌握电路设计的基本方法,培养学生电路分析、设计和制作的能力。由于各公司生产的集成电路芯片类型繁多,限于篇幅,本书仅精选了其中的很少部分,“抛砖引玉”,读者可根据电路设计实例举一反三,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》一书,从7个方面系统介绍了元器件的种类、特性与选用原则和注意问题;印制电路板的设计基本原则、设计工具和印制电路板的制作;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,电压和电平的测量,信号参数测量,时间和频率的测量,电路性能参数测量,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,模拟电路的调试与故障检测,数字电路的故障检测,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等内容,可使学生全面、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。

《全国大学生电子设计竞赛制作实训》一书,从《全国大学生电子设计竞赛系统设计》和《全国大学生电子设计竞赛电路设计》中,精心挑选了模拟、数字和高频单元电路、单片机和 FPGA 最小应用系统等实例,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,可使学生掌握实际制作能力。

本系列丛书特点是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。四本书互为补充,构成了一个完整的训练体系。

《全国大学生电子设计竞赛系统设计》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、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地拿出系统设计方案。

《全国大学生电子设计竞赛电路设计》通过对 9 类 140 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,能够在电子设计竞赛中尽快地“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》和《全国大学生电子设计竞赛制作实训》通过对元器件选用、印制电路板设计与制作、参数测量、装配工艺、故障排查、设计报告写作,以及模拟、数字和高频单元电路,单片机和 FPGA 最小应用系统实例制作的训练,目的是培养学生制作、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。

本系列丛书可作为参加电子设计竞赛学生的训练教材,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、毕业设计的教学参考书,以及电子工程技术人员和电子爱好者进行电子产品设计与制作的参考书。

本系列丛书在编写过程中,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,国防科技大学、中南大学、湖南大学、南华大学等指导老师和电子竞赛参赛队员提出了一些宝贵意见和建议,为本系列丛书的编写做了大量的工作,在此一并表示衷心地感谢。

由于水平有限,本系列丛书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  
于南华大学  
2006.1.8

# 前 言

本书是《全国大学生电子设计竞赛系统设计》、《全国大学生电子设计竞赛电路设计》和《全国大学生电子设计竞赛制作实训》的姊妹篇,四本书互为补充,构成了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,也不是单纯的实验竞赛,而是在一个半封闭、相对集中环境和限定时间内,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,包含电阻(位)器、电容器、电感器及变压器、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,包含电阻、电容、电感等基本元器件的检测,电压和电平的测量,信号参数的测量,时间和频率的测量,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,包含电子产品调试基本方法,故障检测的一般方法,模拟电路的调试与故障检测,数字电路的故障检测,整机的调试与故障检测等内容;第6章介绍了设计总结报告写作,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,以及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

## 前 言

持,听取了多方的宝贵意见和建议。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,长沙学院刘辉副教授、王新辉教授,湖南师范大学邓月明老师,南华大学电气工程学院 2000/2002 级电子竞技参赛队员林杰文、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、钟犹洪、王怀涛、张海军、刘宏、蒋成军、胡乡城、童雪林等人为本书的编写做了大量的工作,并得到南华大学高等教育研究与改革课题(06Y05)的资助,在此一并表示衷心地感谢。

由于水平有限,错误和不足之处在所难免,敬请各位读者批评斧正。

黄智伟  
于南华大学  
2006. 9. 28

# 目 录

## 第 1 章 电子元器件的选用

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
<b>第 2 章 印制电路板的设计与制作</b>		
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
<b>第3章 元器件和导线的安装与焊接</b>		
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	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	166
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
<b>第 4 章 参数测量</b>		
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

# 目 录

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	分贝的测量 .....	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
<b>第5章 调试与故障检测</b>		
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

5.3.6	放大器的输入阻抗测量 .....	305
5.3.7	放大器的输出阻抗测量 .....	308
5.3.8	非线性失真度的测量 .....	309
5.3.9	放大器的幅频特性测量 .....	311
5.3.10	放大器的相频特性测量 .....	312
5.3.11	放大器的动态范围测量 .....	312
5.3.12	电路的传输特性曲线测量 .....	313
5.3.13	单级放大器的故障查找方法 .....	315
5.3.14	多级放大器的故障查找方法 .....	316
5.3.15	反馈放大电路的故障查找方法 .....	317
5.3.16	LC 调谐放大器的故障查找方法 .....	319
5.3.17	RC 选频放大电路的故障查找方法 .....	321
5.3.18	压电陶瓷式和声表面滤波(SAW)选频放大电路的故障查找方法 .....	321
5.3.19	功率放大器的故障查找方法 .....	322
5.4	数字电路的故障检测方法 .....	324
5.4.1	数字电路的常见故障 .....	324
5.4.2	数字电路的故障分析方法 .....	325
5.4.3	数字集成电路的非在线和在线检测 .....	326
5.4.4	数字电路的故障检测顺序 .....	328
5.4.5	检测组合逻辑电路故障的电位判断法 .....	330
5.4.6	检测组合逻辑电路故障的功能判断法 .....	332
5.4.7	检测时序电路故障的波形检测法 .....	334
5.4.8	检测时序电路故障的短路法 .....	336
5.4.9	检测时序电路故障的隔离分析法 .....	338
5.4.10	检测时序电路故障的替换法 .....	339
5.4.11	检测时序电路故障的单步跟踪法 .....	340
5.5	整机的调试与故障检测 .....	341
5.5.1	静态工作点的调整 .....	342
5.5.2	中频频率的调整 .....	343
5.5.3	调整频率范围 .....	344
5.5.4	三点统调 .....	345
5.5.5	调频部分的调整 .....	346
5.5.6	信噪比的测量 .....	347
5.5.7	噪限灵敏度的测量 .....	349
5.5.8	频率范围(中波)的测量 .....	349
5.5.9	整机电压谐波失真的测量 .....	350



5.5.10	最大有用功率测量	351
5.5.11	收音机的故障检测方法	352
5.5.12	调频、调幅收音机故障查找实例	354
<b>第6章 设计总结报告写作</b>		
6.1	设计总结报告的评分标准	360
6.2	设计总结报告写作的基本要求	361
6.2.1	题目名称	361
6.2.2	摘要	361
6.2.3	目录	361
6.2.4	系统设计	362
6.2.5	单元电路设计	363
6.2.6	软件设计	364
6.2.7	系统测试	365
6.2.8	结论	368
6.2.9	参考文献	369
6.2.10	附录	369
6.2.11	字体要求	370
6.3	设计总结报告示例	370
	单工无线呼叫系统(D题)	371
<b>第7章 赛前准备</b>		
7.1	赛前培训	387
7.1.1	理论课程培训	387
7.1.2	实践培训	388
7.1.3	系统训练	393
7.2	赛题解析	399
7.2.1	历届电子设计竞赛题目分析	399
7.2.2	赛前题目分析	404
7.3	赛前准备工作	407
7.3.1	仪器的准备	407
7.3.2	元器件的准备	407
7.3.3	最小系统的准备	408
7.3.4	单元电路的准备	408
7.3.5	资料的准备	408
7.3.6	场地的准备	409
<b>参考文献</b>		410