



高等学校电子与通信工程专业“十二五”规划教材

电子设计装调 实验教程

鲁昀 黄河 张建强 王聪敏 编著
孙中禹 主审



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电子与通信工程专业“十二五”规划教材

电子设计装调实验教程

鲁 昀 黄 河 张建强 王聪敏 编著

孙中禹 主 审

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共 8 章, 主要介绍电子系统设计与装调的相关知识。第 1 章到第 4 章介绍了相关知识和技能, 重点讲述了电子系统设计方法概述、印制电路板的设计方法、印制电路板的设计制作方法、焊接技术和电子电路识图方法。第 5 章到第 7 章以实例讲述电子系统设计与装调方法, 其中第 5 章以电子产品实例介绍了电子产品的装配调试, 第 6 章给出了几个典型电子系统设计, 第 7 章讲述了 10 个新颖电子小产品设计的电路原理。第 8 章介绍了几种常用机器人平台和相关竞赛。书中大量使用图例说明, 形象直观, 易于理解。

本书可作为高等院校电类相关专业学生的综合设计实验教材, 也可作为电子系统设计者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计装调实验教程/鲁昀等编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2015.4

高等学校电子与通信工程专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3682-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 053034 号

策 划 戚文艳

责任编辑 戚文艳

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 15.5

字 数 362 千字

印 数 1~3000 册

定 价 28.00 元

ISBN 978-7-5606-3682-5/TN

XDUP 3974001-1

如有印装问题可调换

编委会名单

主编 鲁 昀

编委 黄 河 张建强 王聪敏 李少娟 赵颖娟 马静因

李 佳 李亚宁 姚 远 刘 宏 张 君 姬正洲

主审 孙中禹

◆◆◆◆ 前 言 ◆◆◆◆

电子系统的设计装调能力对于电类各专业的学生来说非常重要,目前国家每年组织各类各层次系统设计竞赛有几十种之多,各大专院校都在鼓励学生积极参与。电子系统的设计不仅可以培养学生的工程综合实践能力,而且可以培养学生的创新意识,为我国从“中国制造”到“中国设计”奠定坚实的基础。

目前,市场上关于系统设计的图书和教材很多,但大多图书太过注重原理和理论讲解,实用性不强,学生看过后还是无从下手。另外,电子技术日新月异,新技术、新方法不断涌现,这都需要有人总结归纳,本书就是针对以上图书的不足之处,用图文并茂的方法系统讲解电子系统设计装调的方法和步骤。

本书的主要特点:

(1) 比较系统。本书详细介绍了系统设计装调的方法和步骤,并有大量的实例说明。

(2) 突出新技术。对于设计装调的新技术,书中都做了详细的叙述,重点突出,针对性强。

(3) 注重实用。所介绍的内容都是作者长期从事教学实践总结所得,内容难度适宜,读者易于理解吸收。

(4) 内容由浅入深,循序渐进,尽量避免大量的原理理论讲述,着重各学科综合应用。

(5) 讲述方法有文、有图、有表,图文并茂,形象直观,易于理解。

本书可作为高等院校电类相关专业学生的综合设计实验教材,也可作为电子系统设计者的参考书。

本书由鲁昀统筹规划,其中第1章、第3章、第5章、第8章由鲁昀编写,第2章由黄河编写,第4章由张建强编写,第6章的6.1节由马静因、6.2节由赵颖娟、6.3节由李少娟、6.4节由李佳、6.5节由李亚宁编写,第7章由王聪敏编写,刘宏、张君参与本书的讨论和规划,并提供了部分素材,姚远为本书绘制大量的图片,孙中禹参与本书讨论并审阅了本书。

由于作者水平有限,加之时间紧迫,书中难免有不妥之处,恳请广大读者提出宝贵意见。

作 者

2015年1月

于空军工程大学(西安)

◆◆◆◆ 目 录 ◆◆◆◆

第 1 章 概述	1
1.1 电子系统的基本组成和分类	1
1.1.1 电子系统组成	1
1.1.2 电子系统分类	1
1.2 电子系统的设计方法	2
1.2.1 电子系统总体框图的设计方法	2
1.2.2 模拟电路的设计方法	2
1.2.3 数字电路的设计方法	4
1.2.4 设计报告撰写	5
1.3 电子系统设计需要掌握的基本知识	5
1.3.1 基本知识	6
1.3.2 基本技能	6
第 2 章 印制电路的设计与制作	8
2.1 印制电路板概述	8
2.1.1 基本概念	8
2.1.2 印制电路板的分类	9
2.1.3 印制电路板的发展趋势	10
2.2 印制电路板的设计	12
2.2.1 设计目标	12
2.2.2 设计前的准备工作	12
2.2.3 印制电路板的排版布局	15
2.2.4 印制电路板的设计	20
2.2.5 印制电路板的抗干扰设计	25
2.2.6 印制电路板图的绘制	33
2.3 手工制作印制电路板	43
2.3.1 制作材料和工具的准备	44
2.3.2 制作印制电路板的步骤	45
2.3.3 手工制作印制电路板	46
2.3.4 印制电路板的检验与修复	51
2.3.5 刀刻法制作印制电路板实例	53
2.3.6 热转印法制作印制电路板实例	57
2.3.7 感光法制作印制电路板实例	65
2.4 LPKF S63 型雕刻机制作印制电路板	72

2.4.1	LPKF S63 型雕刻机简介	72
2.4.2	制作印制电路板的步骤	73
2.4.3	印制电路板制作实例	73
2.5	华文默克 HW-3232 型雕刻机制作印制电路板	84
2.5.1	华文默克 HW-3232 型雕刻机简介	84
2.5.2	制作印制电路板的步骤	86
2.5.3	印制电路板制作实例	87
第 3 章	焊接技术	98
3.1	手工焊接技术	98
3.1.1	焊接工具及材料	98
3.1.2	焊接方法	101
3.1.3	拆焊方法	108
3.1.4	表面安装元器件的焊接方法	110
3.2	回流焊技术	115
3.2.1	回流焊设备及材料	115
3.2.2	焊接方法	121
3.3	焊接质量检验	121
3.3.1	外观观察检验法	121
3.3.2	带松香重焊检验法	122
3.3.3	通电检查法	122
3.3.4	常见焊点缺陷及质量分析	123
第 4 章	电子电路识图	126
4.1	电子电路识图的基本概念	126
4.1.1	电子电路图的构成	126
4.1.2	电子电路的组成	132
4.2	电子电路识图的步骤及要领	133
4.2.1	电子电路图识图技巧	133
4.2.2	电子电路图识图步骤和要领	135
4.3	电子电路识图要求	142
4.4	电子电路图识读实例	145
第 5 章	整机装配实训	149
5.1	收音机装配实训	149
5.1.1	电路原理	149
5.1.2	装配	154
5.1.3	调试	157
5.2	电子钟装配实训	158
5.2.1	电路原理	158
5.2.2	装配	159
5.2.3	调试	162

5.3 音箱装配实训	162
5.3.1 电路原理	162
5.3.2 装配	162
5.3.3 调试	168
第6章 实用电子系统设计	169
6.1 开关电源设计	169
6.1.1 设计要求	169
6.1.2 总体方案设计	170
6.1.3 电路原理图设计	171
6.1.4 电路板设计焊接及装配调试	174
6.2 数字温度计设计	175
6.2.1 设计要求	175
6.2.2 硬件电路设计	175
6.2.3 软件设计	178
6.2.4 数字温度计的装配调试	178
6.3 音频功放设计	180
6.3.1 设计要求	180
6.3.2 方案设计	180
6.3.3 单元电路设计	181
6.4 RC有源宽带带通滤波器	184
6.4.1 设计要求	184
6.4.2 总体方案设计	184
6.4.3 单元电路设计	185
6.4.4 电路仿真	187
6.5 阶梯波发生器	187
6.5.1 设计要求	188
6.5.2 总体方案设计	188
6.5.3 单元电路设计	189
6.5.4 电路仿真	189
第7章 新颖电子小产品设计	191
7.1 基于单片机的红外线报警器的设计	191
7.2 音频功率放大器的设计	194
7.3 简易数字电压表的设计	198
7.4 基于单片机的超声波测距仪的设计	201
7.5 简单温湿度测量仪的设计	204
7.6 简易电子脉搏仪的设计	206
7.7 1.2~20 V、1 A 的可调实验直流电源的设计	208
7.8 数字密码锁报警器的设计	210
7.9 闪烁灯光门铃电路的设计	211

7.10 基于单片机的拔河游戏的设计	212
第 8 章 机器人创新平台及竞赛	216
8.1 机器人概述	216
8.1.1 机器人技术用途	216
8.1.2 机器人发展简史	217
8.1.3 机器人的相关概念	219
8.1.4 世界著名机器人简介	220
8.1.5 机器人竞赛简介	222
8.2 NAO 机器人平台	225
8.2.1 NAO 的实体平台	225
8.2.2 NAO 的软件平台	225
8.2.3 NAO 的运动	226
8.2.4 NAO 的视觉	226
8.2.5 NAO 的语音	227
8.2.6 NAO 的触摸传感器与声纳测距仪	227
8.2.7 NAO 的连接性	228
8.2.8 NAO 的开源	228
8.2.9 关于 NAO 的竞赛	229
8.3 创意之星机器人平台	229
8.3.1 创意之星机器人创意套件硬件	230
8.3.2 创意之星机器人软件开发环境	230
8.3.3 创意之星机器人适合参加的竞赛	231
8.4 教育机器人平台	232
8.4.1 智能搬运竞赛一	232
8.4.2 智能搬运竞赛二	235
参考文献	238

第1章 概 述

电子系统设计是指为满足一定的技术指标和功能,将若干电子元件或单元电路相互连接,以达到设计指标的过程。对于初次接触电子系统设计的学生熟悉一定设计规律是至关重要的,本章主要介绍电子系统设计的一般方法和准则。

1.1 电子系统的基本组成和分类

1.1.1 电子系统组成

电子系统组成千差万别,但通常由以下几部分组成,如图 1.1 所示。

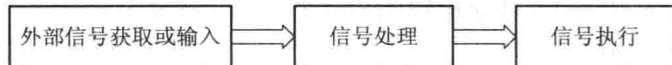


图 1.1 电子系统的基本组成

外部信号获取或输入:电子系统只能处理电信号,外部信号如果是基本物理量,就需要用传感器来进行转换;如果是其他电路或设备输入的信号,就需要进行信号的耦合匹配。

信号处理:信号处理前通常要对外部信号进行调理,也就是对输入信号进行衰减、放大、滤波等处理,然后再进行下一步的采集、分析、计算、变换、传输、判断和执行。

信号执行:信号执行主要是指信号处理后的显示、驱动负载和输出等。

其他组成:电子系统设计离不开电源,由于市场中有很多现成电源模块可供选择,故图 1.1 中没有列出。智能电子系统还会有控制电路协调系统各部分工作,但对于简单系统不一定需要。

1.1.2 电子系统分类

电子系统的分类如图 1.2 所示。

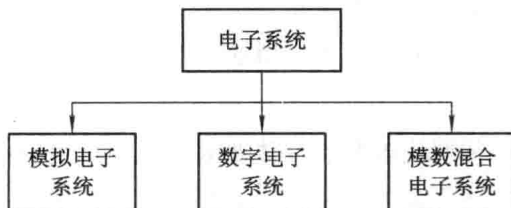


图 1.2 电子系统的分类

模拟电子系统：由模拟电子元器件组成，主要处理模拟信号的电子系统。自然界的物理量大多以模拟量形式存在，用于采集、分析、计算、变换、传输、判断和执行模拟信号的系统大量存在，模拟集成电路数量也很多，如运算放大器集成芯片型号就有数千种之多。

数字电子系统：由数字电子元器件组成，主要处理数字信号的电子系统。数字信号的传输和处理优势非常明显，目前嵌入式系统在电子设计中作为核心控制和处理电路大量存在，整个系统不但可靠性高而且体积很小。数字集成电路种类繁多，规模越来越大。

模数混合电子系统：系统既有模拟元器件，又有数字元器件，处理的信号包含模拟量和数字量的电子系统。现代电子系统的设计通常都是模数混合系统，信号经模拟系统调理后转换为标准数字量，然后在数字系统中经过分析、计算、变换、传输和判断后又转换为模拟量用于执行机构动作，这中间 A/D、D/A 作为桥梁不可缺少。

1.2 电子系统的设计方法

电子系统的设计方法一般采用自顶向下的方法。即先依据设计指标和功能要求进行系统总体框图设计，再根据总体框图的单元电路指标要求确定具体单元电路实现方法。设计流程如图 1.3 所示。

下面就以模数混合系统设计为例分别从系统总体框图设计方法、模拟电路的设计方法、数字电路的设计方法和设计文档撰写几个方面进行介绍。

1.2.1 电子系统总体框图的设计方法

系统总体框图设计过程其实就是总体方案论证的过程，是系统实现最终成功的关键。在总体方案设计时，一定要牢牢把握“可行性”和“先进性”这两点。首先要全面分析电子系统任务书所下达的系统功能、技术指标，清楚地了解各项技术指标的实际内涵，从而明确项目的重点、难点和关键点；其次要广泛查阅资料，集思广益，并逐一对各种方案从性能稳定性、工作可靠性、电路结构、成本、功耗、调试维修等方面进行比较，最终选择出一个技术先进、功能多样、扩展性强、性价比高的系统。

1.2.2 模拟电路的设计方法

一个由模拟元件组成的电路首先根据设计任务，进行电路设计、参数计算、元器件选择、计算机模拟仿真和实验，最后绘出用于指导工程的电路图。

1. 电路设计

在进行电路设计时，必须明确电路的具体要求，详细拟定出电路的性能指标，认真考虑各单元之间的相互联系，应注意前后级单元之间信号的传递方式和匹配，尽量少用或不

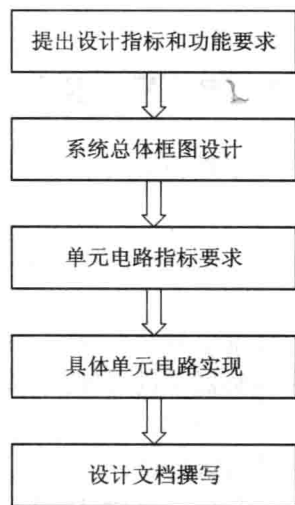


图 1.3 电子系统设计流程

用电平转换之类的接口电路,并使各单元电路的供电电源尽可能地统一,以便使整个电子系统简单可靠。另外,应尽量选择现有的、成熟的电路来实现单元电路的功能。如果找不到完全满足要求的现成电路,则可在与设计要求比较接近的电路基础上适当改进,或自己进行创造性设计。为使电子系统的体积小、可靠性高,单元电路尽可能用集成电路组成。

2. 参数计算

在进行设计时,应根据电路的性能指标要求确定电路元器件的参数。例如:根据电压放大倍数的大小,可确定反馈电阻的取值;根据振荡器要求的振荡频率,利用公式可计算确定振荡频率的电阻和电容值等。但一般满足电路性能指标要求的理论参数值不是唯一的,设计者应根据元器件性能、价格、体积、通用性和货源等灵活选择。在计算元器件工作电流、电压和功率等参数时,应考虑工作条件最不利的情况,并留有适当的余量。

(1) 对于元器件的极限参数必须留有足够的余量,一般取 1.5~2 倍的额定值。

(2) 对于电阻、电容参数的取值,应选择计算值附近的标称值。电阻值一般在 $1\text{ M}\Omega$ 内;非电解电容一般在 $100\text{ pF}\sim 0.47\text{ F}$ 之间;电解电容一般在 $1\sim 2000\text{ }\mu\text{F}$ 之间。

(3) 在保证电路达到性能指标要求的前提下,尽量减少元器件的品种、价格及体积等。

3. 元器件选择

在确定电子元器件时,应全面考虑电路处理信号的频率范围、环境温度、空间大小、成本高低等诸多因素。

(1) 一般优先选择集成电路。集成电路体积小、功能强,可使电子电路可靠性增强,安装调试方便,并可大大简化电子电路的设计。随着模拟集成技术的不断发展,适用于各种场合下的集成运算放大器不断涌现,只要外加极少量的元器件,就可构成性能良好的放大器。同样,目前的直流稳压电源也很少采用分立元器件设计了,取而代之的是性能更稳定、工作更可靠、成本更低廉的集成稳压器。

(2) 正确选择电阻器和电容器。电阻器和电容器是两种最常见的元器件,种类很多,性能相差很大,应用的场合也不同。对于设计者来说,应熟悉各种电阻器和电容器的主要性能指标和特点,以便根据电路要求,对元件作出正确的选择。

(3) 选择分立半导体元件。首先要熟悉这些元件的性能,掌握它们的应用范围;再根据电路的功能要求和元器件在电路中的工作条件,如通过的最大电流、最大反向工作电压、最高工作频率、最大消耗功率等,确定元器件型号。

4. 计算机模拟仿真

随着计算机技术的飞速发展,电子系统的设计方法发生了很大变化。目前,EDA(电子设计自动化)技术已成为现代电子系统设计的必要手段。在计算机平台上,利用 EDA 软件,可对各种电子电路进行调试、测量、修改,这样大大提高了电子设计的效率和精确度,同时节约了设计费用。

5. 实验

电子设计要考虑的因素和问题相当多,由于电路在计算机上进行模拟时所采用的元器件参数和模型与实际器件有差别,所以对经计算机仿真过的电路,还要进行实际实验。通过实验可以发现问题、解决问题。若性能指标达不到要求,应深入分析问题出在哪些单元

或元件上，再对它们重新设计和选择，直到性能指标完全满足要求为止。

6. 总体电路图绘制

总体电路图是在总框图、单元电路设计、参数计算和元器件选择的基础上绘制的，它是组装、调试、印制电路板设计和维修的依据。目前一般利用绘图软件绘制电路图。

绘制电路图时应注意以下几点：

(1) 总体电路图尽可能画在同一张图上，同时注意信号的流向，一般从输入端画起，由左至右或由上至下按信号的流向依次画出各单元电路。对于电路图比较复杂的，应将主电路图画在一张或数张图纸上，并在各图所有端口两端标注标号，依次说明各图纸之间的连接关系。

(2) 注意总体电路图的紧凑和协调，要求布局合理、排列均匀。图中元器件的符号应标准化，元件符号旁边应标出型号和参数。集成电路通常用方框表示，在方框内标出它的型号，在方框的两侧标出每根连线的功能和引脚号。

(3) 连线一般画成水平线或垂直线，并尽可能地减少交叉和拐弯。对于相互交叉连接的线，应在交叉处用圆点标出连接关系。对于连接电源负极的连线，一般用接地符号表示；对于连接电源正极的连线，仅需标出电压值。

1.2.3 数字电路的设计方法

1. 数字电路的设计方法

数字电路的规模差异很大，对于规模比较小的数字电路可采用所谓经典设计。即根据设计任务要求，用真值表、状态表求出简化的逻辑表达式，画出逻辑图、逻辑电路图，最后用小规模电路实现。随着中大规模集成电路的发展，实现比较复杂的数字系统变得比较方便，且便于调试、生产和维护，其设计方法也比较灵活。例如，目前普及的 FPGA 现场可编程逻辑器件的出现，给数字系统设计带来了革命性的变化，使硬件设计变得像软件一样易于修改，如要改变设计方案，通过设计工具软件在计算机上数分钟内即可完成。这不仅扩展了器件的用途，缩短了电路的设计周期，而且还去除了对器件单独编程的环节，省去了器件编程设备。

2. 功能要求分析

数字电路一般包括输入电路、控制电路、输出电路、被控电路和电源等。设计首先要做到：明确电路任务、技术性能、精度指标、输入/输出设备、应用环境以及有哪些特殊要求等。

3. 方案确定

明确了系统性能以后，应考虑实现这些性能的技术，即采用哪种电路来完成它。对于比较简单的系统，可采用中小规模集成电路实现；对于输入逻辑变量比较多、逻辑表达式比较复杂的系统，可采用大规模可编程逻辑器件完成；对于需要完成复杂的算术运算，进行多路数据采集、处理及控制的系统，可采用单片机系统实现。目前处理复杂的数字电路的最佳方案是大规模可编程逻辑器件加单片机，这样可大大节约设计成本，提高可靠性。

4. 逻辑功能划分

一般数字电路可划分为信息处理和控制电路，然后根据信息处理电路的功能要求将其

分成若干个功能模块。控制电路是整个数字电路的核心，它根据外部输入信号及来自受其控制的信息处理电路的状态信号，产生受控电路的控制信号。常用的控制电路有3种：移位型控制器、计数型控制器和微处理器控制器。一般根据控制对象的复杂程度，可灵活选择控制器类型。

5. 电路设计

在全面分析模块功能类型后，应选择出合适的元器件并设计出电路。在设计电路时，应充分考虑能否用 ASIC(专用集成电路)器件实现某些逻辑单元电路，这样可大大简化逻辑设计，提高系统的可靠性和减小 PCB 的体积。

6. 电路综合

在各模块和控制电路达到预期要求以后，可把各个部分连接起来，构成整个电路系统，并对该系统进行功能测试。测试主要包含3部分的工作：电路故障诊断与排除、电路功能测试、电路性能指标测试。若这3部分的测试有一项不符合要求，则必须修改电路设计。

7. 设计文件撰写

在整个电路实验完成后，应整理出包含如下内容的设计文件：完整的电路原理图、详细的程序清单、所用元器件清单、功能与性能测试结果及使用说明书等。

1.2.4 设计报告撰写

撰写设计报告，不仅仅是整理资料的过程，而是对整个设计工作进行总结分析，最后升华达到融会贯通的过程。设计报告内容如表 1.1 所示。

表 1.1 设计报告内容

内 容	说 明
设计要求	明确设计目的和性能指标要求
方案论证	比较几种设计方案的优劣，选择综合性能高的方案
分析计算	原理分析、软件算法研究、元件参数计算过程
系统设计	软件原理图、硬件电路图、仿真过程
系统实现	硬件焊接、安装过程
系统调试	软硬件调试，发现、调整、解决问题的方法
测试分析	测试系统参数，对比设计要求进行分析
结论	总结设计过程，提出性能指标改进设想
附件	包括电路原理图、印制板图、元器件清单、源程序等

设计报告内容较多，所以在设计时就要注意保存调试数据、程序源码和测试数据等资料。

1.3 电子系统设计需要掌握的基本知识

要想顺利地完成电子系统的设计，首先需要掌握一些设计制作的基本知识，其次在课程和实验学习时做到有心，及时提高自己的基本技能。

1.3.1 基本知识

电子系统的设计要具备的理论知识较多。初次接触系统设计者,可结合自身知识的选择性能指标合适的系统进行设计,不要贪大求全,将指标定得过高,最后导致设计不成功。

1. 理论知识

理论知识包括电路分析基础、信号与系统、低频电子线路、高频电子线路、脉冲数字电路、嵌入式系统设计、自控原理、传感器原理等。这些课程的学习中,每个知识点都有对应的经典电路,实际电路都是这些电路的应用拓展,必须要掌握这些经典电路的原理,这对系统设计帮助很大。

2. 实验知识

实验知识不是实践技能,是电路性能指标测量方法的知识,如放大电路输出阻抗的测量,针对不同电路有多种测量方法。这些知识在实验课中将集中讲授,初学者要注意积累这方面的知识。

1.3.2 基本技能

1. 元器件的识别与检测

电子元器件种类繁多,设计者不可能做到样样精通,但基本的元器件识别和检测方法应熟练掌握。例如,电阻、电容、二极管、三极管、常用运放、数字集成电路等都应做到拿到就能用。对于一些不常用的元器件也应做到有所了解,只要查手册和网络就能迅速掌握使用。

2. 电路焊接、安装、调试

在电路制作过程中,焊接是连接各种电子元器件和印制电路板的主要手段。从几个元件构成的整流电路到成千上万个零部件组成的计算机系统,都是由基本的电子元器件和功能部件,按一定的电路工作原理,用一定的工艺方法连接而成的。焊接工艺很多,如手工焊接、波峰焊、无锡焊接等。

电路安装涉及内容较多,如导线的安装、照明设备的安装等,复杂电路安装有一定的工艺要求,要严格按工艺要求去做,对于简单的电路只要按照基本规则安装就可以了。

由于电路设计的近似性、元器件的离散性和装配工艺的局限性,装配后的整机都要进行调试,所以调试是一个重要的环节,调试水平很大程度上决定了整机的质量。复杂系统的调试要制定调试方案,即要有明确的调试项目和内容、具体的调试步骤和方法、相关调试条件和仪表、有关的注意事项和安全操作规范。电路调试方法有很多,如静态调试、动态调试、系统联调等,主要根据具体电路结构选择合适的方法。

3. 仪器仪表使用

电路调试要用到仪器仪表,常用仪器仪表如三用表、信号源、示波器、交流毫伏表等要做到能熟练使用,这对电路调试、指标测试意义重大。

4. 设计软件使用

一个电路设计好后，需要对其进行仿真测试，及时修改电路中的不足，直到电路中的各功能都能实现时，再开始进行制作，以避免不必要的资源浪费。目前，市场上各类电路仿真软件有很多种，用于数模混合仿真的软件有 PSpice、Multisim 等，用于系统仿真的有 Systemview、Cadence 等，用于纯数字系统仿真的有 MAX+plus II、Proteus、Keil μ Vision3 等。这些仿真软件模型库、器件库都比较完善，可以在计算机上设计好电路，仿真结果证实性能达到要求后再装配电路，或直接给可编程器件下载。这种设计方法是十分科学的，可以收到事半功倍的效果。

印制电路板设计软件目前应用的也很多，如 Protel 99SE、Protel DXP 2004、Proteus、Cadence、Pads、Cam350 等。初学者应掌握其中一种设计软件的使用。

第 2 章 印制电路的设计与制作

印制电路板亦称印制线路板, 简称印制板或 PCB(Printed circuit board), 是电子产品中电子元件的支撑体, 并为电子元件之间提供物理上的电气连接。在电子制作时, 通常要根据确定的电路原理图, 结合机箱尺寸、元器件大小、重量以及电路特点等因素, 设计和制作印制电路板。本章重点讨论印制电路板设计方法和实验室条件下小批量制作印制电路板的方法。

2.1 印制电路板概述

2.1.1 基本概念

印制电路板由印制电路和基板两部分组成, 其相关的基本概念有:

- (1) 印制: 利用一定的方法, 在某个表面上再现图形和符号的工艺。
- (2) 印制线路: 利用印制法在基板上制成的具有一定连接关系的导电图形, 主要包括印制导线、焊盘等。
- (3) 印制元件: 利用印制法在基板上制成的电路元件, 如电感、电容等。
- (4) 印制电路: 利用印制法得到的电路, 包括印制线路和印制元件以及由二者构成的电路。
- (5) 敷铜板: 由绝缘基板和粘敷在上面的铜箔构成, 是制造印制电路板的基板材料。
- (6) 印制电路板: 印制了电路或印制线路并加工后的板子, 简称印制板, 如图 2.1 所示。
- (7) 印制电路板组件: 安装了元器件或其他部件的印制板, 如图 2.2 所示。

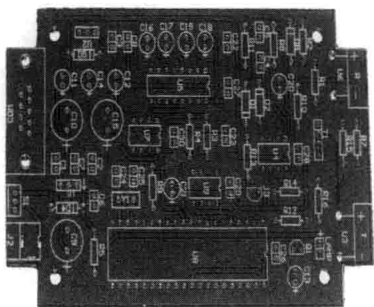


图 2.1 印制电路板

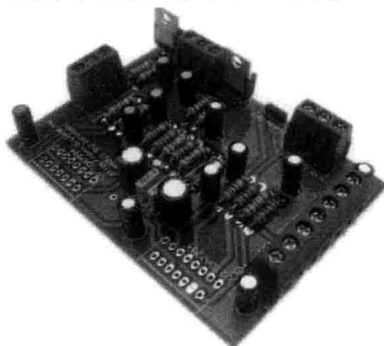


图 2.2 印制电路板组件