



“十三五”普通高等教育本科规划教材
高等院校电气信息类专业“互联网+”创新规划教材

现代电子系统设计教程

(第2版)

主编 | 宋晓梅 卫建华



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

教育本科规划教材

高等院校电气信息类专业“互联网+”创新规划教材

现代电子系统设计教程

(第2版)

主 编 宋晓梅 卫建华
参 编 朱 磊 李晓东



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书结合教学实际，以典型案例导入教学，循序渐进地阐述了电子系统的常用电子元器件、电子系统设计的常用软件工具、可编程逻辑器件应用系统设计、DSP 应用系统设计、基于 STM32F1 的 ARM 应用系统设计、电子系统的设计与实现。本书通过大量的设计实例来阐述基本概念和设计方法，并精心设计了综合实例和创新型研究习题，提升学生解决实际问题能力。

本书既可以作为本科电气信息相关专业电子系统设计或综合实验课程的教材，又可以作为毕业设计的教学参考资料。此外，本书还适合本科高年级学生在步入工作岗位前的技能实战训练，也可作为大学生电子设计竞赛等实践环节的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

现代电子系统设计教程/宋晓梅，卫建华主编. —2 版. —北京：北京大学出版社，2018. 5
(高等院校电气信息类专业“互联网+”创新规划教材)

ISBN 978-7-301-29405-5

I. ①现… II. ①宋…②卫… III. ①电子系统—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TN02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 045449 号

书 名	现代电子系统设计教程 (第 2 版) XIANDAI DIANZI XITONG SHEJI JIAOCHENG
著作责任者	宋晓梅 卫建华 主编
策 划 编 辑	程志强
责 任 编 辑	李娉婷
数 字 编 辑	刘 蓉
标 准 书 号	ISBN 978 - 7 - 301 - 29405 - 5
出 版 发 行	北京大学出版社
地 址	北京市海淀区成府路 205 号 100871
网 址	http://www. pup. cn 新浪微博：@ 北京大学出版社
电 子 信 箱	pup_6@ 163. com
电 话	邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667
印 刷 者	北京富生印刷厂
经 销 者	新华书店
定 价	787 毫米×1092 毫米 16 开本 18 印张 416 千字 2010 年 3 月第 1 版 2018 年 5 月第 2 版 2018 年 5 月第 1 次印刷 45. 00 元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究

举报电话：010-62752024 电子信箱：fd@ pup. pku. edu. cn

图书如有印装质量问题，请与出版部联系，电话：010-62756370

第 2 版前言

本书第 1 版自出版以来，得到了广大读者特别是高校相关专业师生的认可。本书是编者从科研及教学经验中凝练出的成果，为此编者付出了很多的心血。但是，随着电子技术的飞速发展，本书第 1 版的内容逐渐显现出滞后于当代电子技术的方面，同时读者在使用过程中发现了书中的一些错误，编者经过几年的积累，对原书中的内容有了进一步的认识，因此编者决定对原书进行较大的修改。本次修订除了修正 1 版中的一些错误之外，对 1 版的内容进行了删减并重新进行了组织编写，其目的是使内容更加适合本科教学，也更适合自学。为配合新的出版要求，第 2 版增加了多媒体元素，一些实例和练习采用多媒体，使得本书信息量倍增。一些背景知识、参考资料文档、调试过程、结果展示都可以通过智能手机扫描书中二维码阅读。

本书对现代电子系统设计的概念和方法进行了较为完整的描述，通过大量的设计实例对每种常用的设计方法进行了详细的论述，具有一定的理论深度，内容力求新颖、翔实，便于阅读，具有指导性。

全书共分 6 章，第 1 章介绍现代电子系统的概念，并将 1 版中第 1 章里的元器件作为背景知识，读者可通过扫描二维码进行阅读；第 2 章介绍电子系统设计中的常用软件设计工具；第 3 章通过实例深入介绍了可编程逻辑器件（FPGA）的设计方法；第 4 章介绍数字信号处理器（DSP）的设计方法并进行了实例演示；第 5 章详细介绍了嵌入式系统（ARM）的设计思想和方法；第 6 章介绍了电子系统在制作与调试过程中的要求和注意事项。各章附有一定的习题供读者选用。

全书在章节设置上力求模块化，章节内容之间相对独立。读者可根据自身情况选择学习部分章节，而跳过的章节不会影响对书中其他章节内容的学习。需要指出的是，本书所涉及的各种器件的应用描述重点在系统设计上，而对元器件本身及资料在后台文件中可以查阅。

本书由宋晓梅、卫建华担任主编，具体编写分工为：宋晓梅编写了第 1 章，卫建华编写了第 2、3 章，朱磊编写了第 4 章，李晓东编写了第 5、6 章。书中的实例都是可以按相关描述实现的，读者可参考其思路采用不同的方法进行实践。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不当之处，敬请广大读者批评指正。

如需本书电子课件和习题答案等教学参考资料，请登录 <http://pup6.com> 下载。

编 者

2017 年 12 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 电子系统概述	1
1.2 电子系统的分类与组成	2
1.3 现代电子系统的设计步骤	3
1.4 电子系统设计的方法和原则	5
1.5 电子系统设计的必备知识	7
1.6 关注前沿技术，注重知识积累	7
习题	8
第 2 章 电子系统设计的常用软件工具	9
2.1 电子线路设计软件 Altium Designer	12
2.2 电路仿真软件 Multisim	24
2.3 单片机虚拟仿真软件 Proteus	31
2.4 图形化编程软件 LabVIEW	36
小结	46
习题	46
第 3 章 可编程逻辑器件应用系统设计	49
3.1 可编程逻辑器件应用系统设计概述	50
3.2 可编程逻辑器件的相关软件	54
3.3 可编程逻辑器件的应用设计实例	57
小结	78
习题	79
第 4 章 DSP 应用系统设计	81
4.1 DSP 应用系统设计概述	83
4.2 DSP 软件开发环境 CCS 的使用	91
4.3 TMS320VC5416 最小系统设计实例	108
4.4 TMS320VC5416 扩展系统设计实例	131
4.5 TMS320VC5416 串行 E2PROM 自举设计实例	174
小结	192
习题	193
第 5 章 基于 STM32F1 的 ARM 应用系统设计	196
5.1 嵌入式应用系统设计概述	198



5.2	ARM 微处理器介绍	204
5.3	Keil μ Vision 4 MDK 集成开发环境介绍	208
5.4	ARM 芯片 STM32F103 介绍	209
5.5	STM32F103 最小系统硬件设计	220
5.6	STM32F103 最小系统的软件开发及基础实验	230
5.7	STM32F103 的嵌入 μ C/OS-II 移植试验	247
5.8	嵌入式项目开发过程总结	260
	小结	264
	习题	264
第 6 章	电子系统的设计与实现	266
6.1	电子系统的实现步骤	267
6.2	电子系统制作要求	268
6.3	系统调试步骤	269
6.4	电子系统设计中的工程问题	270
	小结	274
	习题	274
	参考文献	276

绪 论

伴随着电子技术的发展，电子系统的设计方法和手段也在不断地更新和进步。电子系统设计方法在快速进步的电子技术应用中不断受到挑战。从传统手工设计方法到电子设计自动化（EDA）方法，从分立元件系统到集成电路设计，从印制电路板（PCB）集成系统到芯片集成系统（SOC），从纯硬件系统设计到硬件与软件结合的系统开发，新型电子系统层出不穷，其设计理念也发生着革命性的变化。人们所面临的待开发的电子系统越来越庞大、越来越复杂。设计这样的电子系统，手工作坊式的设计方式逐渐被团队合作的计算机辅助方式所替代。为了适应电子系统设计技术的发展需要，电子工程师应该努力学习，掌握好电子系统设计的基础知识并努力提高电子系统设计的技能和创新能力。

1.1 电子系统概述

什么是电子系统？凡是可以完成一个特定功能的完整的电子装置都可称为电子系统。具体地说，通常将由电子元器件或部件组成的能够产生、传输、采集或处理信号及信息的客观实体称为电子系统。电子系统分为模拟型、数字型和两者兼而有之的混合型 3 种，无论哪一种电子系统，它们都是能够完成某种任务的电子设备。电子系统有大有小，大到航天飞机的测控系统，小到出租车计价器，都是电子系统在实际生活和生产中的应用范例。

通常把规模较小、功能单一的电子系统称为单元电路，实际应用中的电子系统由若干单元电路构成。一般的电子系统由输入、输出、信息处理 3 大部分组成，用来实现对信息的采集处理、变换与传输功能。图 1.1 为电子系统基本组成框图。

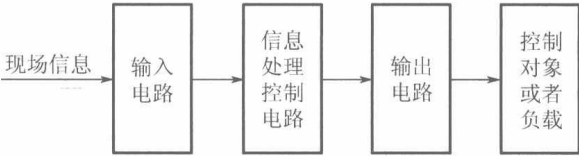


图 1.1 电子系统基本组成框图

现代电子系统设计的最大特点是变化大、发展快，新型元器件层出不穷，相应的电子系统设计工具和手段不断更新。所以电子系统设计者只有掌握电子技术的发展动态，与时俱进，不断学习，更新知识，才能适应电子技术发展的要求。



1.2 电子系统的分类与组成

电子系统可分为非智能型系统和智能型系统。前者功能简单且单一；后者具有接收、记忆信息，并根据信息进行分析、判断、决策和控制操作的能力。一般人们将以中央处理器（CPU）为核心、软硬件结合的电子系统称为智能型系统。

根据电子系统实现的功能，可以将电子系统分为以下几类。

（1）测控系统：相机快门系统、锅炉控制系统、飞行轨道控制系统、汽车控制系统等。

（2）测量系统：电量测量系统、非电量测量系统等。

（3）数据处理系统：语音处理系统、图像处理系统、雷达信息处理系统等。

（4）通信系统：数字通信系统、微波通信系统、卫星通信系统、短波通信系统等。

（5）计算机系统：单机系统、计算机网络系统等。

（6）家电系统：多媒体系统、音频系统、报警系统。

一般电子系统可分为模拟系统、数字系统和模数混合系统。若按软硬件划分，电子系统可分为纯硬件系统和软硬件结合系统等。

实现电子系统的器件可分为：①中大规模或超大规模集成电路；②专用集成电路；③可编程器件；④少量分立元件和机电元件。

总的来说，一个完整的电子系统由若干个子系统构成，每个子系统由各功能模块组成，最终由元器件实现，如图 1.2 所示。

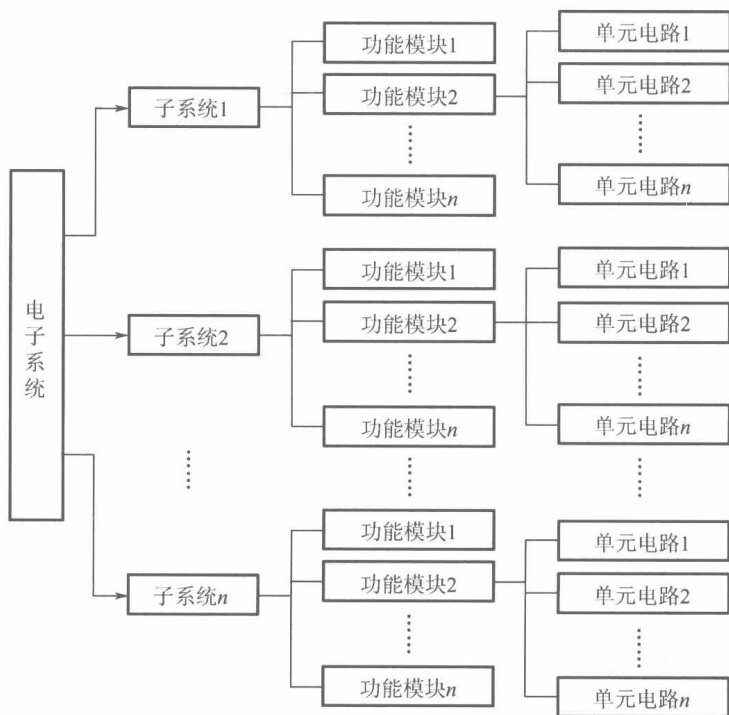


图 1.2 电子系统组成示意图



1.3 现代电子系统的设计步骤

在实现电子系统之前必须按照需求对电子系统进行设计。严谨规范的设计可以使得系统在制作、调试时省时省力、节省成本，达到事半功倍的效果。

一个完整的电子系统的设计流程如图 1.3 所示。

一般较为复杂的电子系统设计的具体步骤可能因实际电子系统要求的不同而有所省略。按照图 1.3 说明如下。

1. 应用需求分析

首先对系统功能进行分析，确定完成功能的控制方式，明确待测信号、被控对象的性质、数量，明确系统的技术指标等。

系统技术指标包含技术参数、性能要求、测量控制精度及范围、工作环境及无故障工作时间等。可参考电子竞赛题目中的指标要求。

另外，要了解进度计划要求，包括技术方案制订和样机开发、测试、鉴定、批量生产的周期需求等。

2. 系统总体技术方案的提出

根据技术的可能性提出各种可能实现的技术方案、系统结构、控制测量方法，部件、元件选择、关键电路及可能实现的功能和技术指标、时间和经济性等。

3. 方案的可行性论证

方案的可行性论证包括以下内容：系统设计的原则，择优选择方案，保证技术先进性、可发展性；说明技术掌握程度、时间进度的安排、经费的来源及市场竞争能力等。

4. 确定系统总体技术方案

确定系统总体技术方案为电子系统设计中必不可少的一个关键步骤。确定系统总体技术方案时必须认真制定翔实可行的技术路线、硬件方案和软件方案及相关技术文档等。

5. 功能模块划分

设计阶段一般分 3 个方面：硬件设计方面，含数字部分、模拟部分、PLD 设计等内容；软件设计方面，含汇编程序、系统管理软件、数据库管理、操作界面与打印设计等内容；通信问题，包含通信方式、网络选择、通信软件等。

设计阶段完成后便为安装制作、调试、测试等方面任务的安排。

6. 系统的方案设计

在确定了系统方案之后，进入设计阶段，系统设计包括以下内容。

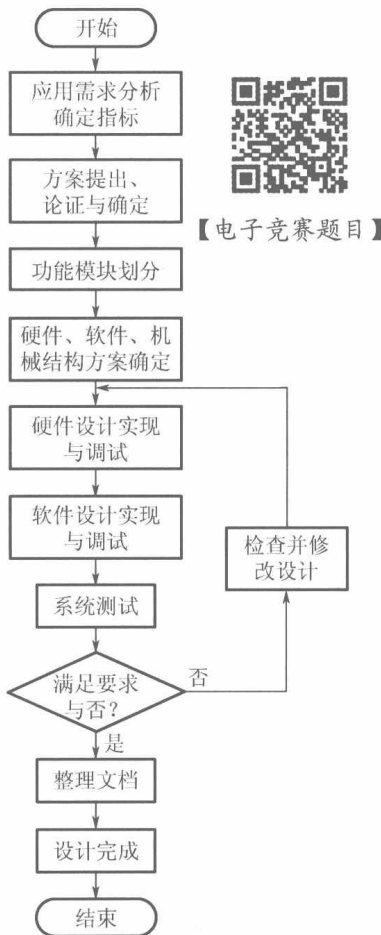


图 1.3 电子系统的设计流程



1) 系统总体方案

系统总体方案应包含系统功能与技术指标、系统原理框架结构与功能实现的方法（硬件实现方法和软件实现方法），系统的测量方法、系统技术指标的保证措施、系统的可靠性与抗干扰能力的整体策略，以及项目进度规划安排等内容。

2) 系统硬件方案

在系统硬件方案设计中，需要确定硬件系统的构成方式。对于功能较为简单的电子系统，可以采用单机系统实现；而功能复杂的电子系统则可以考虑采用多级系统协作方式完成系统任务。

对于硬件系统结构的选择，可以根据系统结构、复杂性、外设数量、驱动能力、兼容能力及可扩展能力要求来确定硬件系统结构为单板结构还是总线模板结构（后者的兼容能力及可扩展能力都要强于前者）。

另外，需要对相关的现场设备进行选择，如传感器、执行结构、显示设备等。

3) 系统机械结构

一个成功的电子系统，除了有一个较好的软硬件方案之外，还应注重系统机械结构的设计，即需要考虑机箱的美观、实用性，机架的牢固、易安装性；同时要考虑系统的接地方式、接线方式要方便可靠，人机操作要简单、方便、快捷，操作界面清晰醒目，容易接受。

4) 系统软件方案

电子系统的功能性、可靠性、可升级性等指标很大程度上都依赖于系统软件的性能。因此在系统软件方案中，首先要设计软件架构框图，需要对数据库结构、操作方式、系统通信方式、控制算法、数据处理算法、优化算法、错误处理等一系列因素进行认真设计，这样才能确保电子系统的设计目标的实现。

7. 系统硬件的设计与实现

现代电子系统的设计离不开嵌入式微处理器的应用。在设计初期就需要对处理器的类型、总线的方式等做出选择。另外还有存储器的设计、接口器件的选择与 I/O 通道的设计，输入/输出方式（包括模拟输入、模拟输出、开关量输入、开关量输出等）设计，还有传感器、变送器、执行结构的接口设计，还有中断系统的设计等诸多硬件设计因素需要考虑。这些因素对电子系统的性能质量有着举足轻重的影响，所以在设计过程中应充分全面地考虑，以免产生不良的设计。

8. 系统软件的设计与实现

一个包含微处理器的电子系统的正常运行离不开一套能正常运行的软件系统的支持。系统软件的设计应包含硬件驱动程序设计、功能模块设计和软件抗干扰设计等。其中硬件驱动程序设计、功能模块设计是实现系统功能必不可少的部分，而软件抗干扰设计则是系统的稳定性、可靠性设计的需求。

9. 系统的调试与运行

当系统的硬件设计完成并实现之后，下一步就进入系统的调试阶段。本阶段包括硬件系统的功能仿真、软件系统的仿真、软硬件在线联合调试及系统运行调试等部分。





在系统的不同开发阶段将会进行不同环境的调试。例如，在硬件系统没有实现之前，对于软件功能的仿真完全可以在相应的软件仿真环境上进行模拟仿真，也可以在开发试验台上先进行仿真。最后待硬件系统完备后方可进行在线联合调试及系统运行调试工作。

系统的调试工作是整个电子系统设计过程中相当重要的步骤。一般来说，调试工作和设计过程密不可分，往往需要交叉反复进行，反复修改验证，才可以达到设计的最佳要求。

10. 系统测试

系统测试作为电子系统开发的最后一个步骤，主要包含以下测试项目。

(1) 系统功能测试，分为硬件测试和软件测试。

① 硬件测试：功能实现，技术指标测试。

② 软件测试：测试操作的方便性、容错性，模块功能及运行速度。

(2) 系统参数及技术指标测试。

(3) 系统的容错性测试。

(4) 系统的可靠性测试。

(5) 系统的电气安全性测试。

(6) 系统的电磁兼容性(EMC)测试。

(7) 系统的机械特性测试。

在完成以上的电子系统测试项目并达到各项性能指标之后，方可将电子系统交付用户，完成整个设计过程。

11. 整理文档

完整的电子系统设计必须包括规范的设计文件。正规文件必须按照相应的行业或国家标准执行并归档。完整的文档为设备升级、维护、技术参考、查询提供依据。

设计文件包括下列文档。

(1) 建立文档编号，便于查询。

(2) 设计任务书，提出设计要求和技术指标。

(3) 方案论证报告，方案选择及可行性论证。

(4) 技术图纸，包括电路图、连接图、装配图、元件清单、软件程序清单等。

(5) 调试记录、更改说明。

(6) 测试记录及结果。

(7) 使用说明书。

(8) 技术总结报告。

1.4 电子系统设计的方法和原则

对于一个复杂的电子系统，根据其功能和层次，一般采用自顶向下、自底向上或者二者相结合的方法进行设计。

自顶向下方法适用于大型、复杂系统的设计。要点是从系统级开始设计，根据系统所



对于现代电子系统设计,通常采用两种方法相结合的方法设计,这样既可进行复杂系统设计,又能充分利用成熟技术,提高设计效率。

以一个典型的电子测量系统为例，完整的功能模块的结构组成如图 1.4 所示。

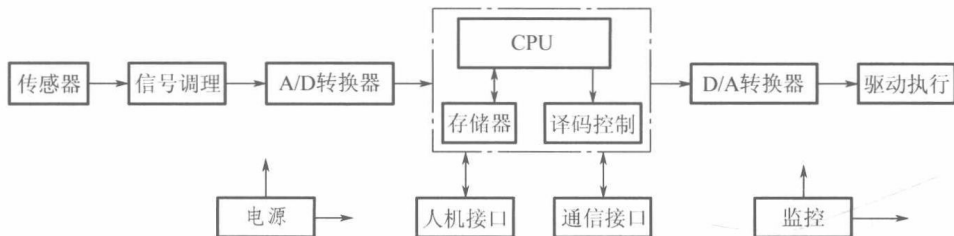


图 1.4 典型电子测量系统

在图 1.4 所示系统中,该系统要完成的功能是对物理量进行测量和处理。根据系统功能可将系统分为 3 个子系统:信号采集子系统、信号处理子系统、系统输出子系统。信号采集子系统分为传感器、信号调理、A/D 转换功能模块;信号处理子系统由 CPU(单片机/DSP/FPGA 等)及外围电路构成;信号输出子系统包括 D/A 转换模块、驱动执行(显示、下一级控制驱动等)模块。系统还应包含电源模块,它为各子系统提供所需电源。监控系统主要对系统各部分工作状态进行检查和控制,确保系统工作正常。

各个功能模块都是由电子元器件具体实现的，可细分为不同的单元电路。

该系统的设计可以在提出技术指标后, 进行子系统及各功能模块划分, 然后设计单元电路, 即自顶向下设计; 设计中可以尽量采用已有的成熟单元电路, 即自底向上设计。

在现代电子系统的设计中，应该遵循如下原则。

(1) 先进性和成熟性：电子系统设计应适应电子技术发展的潮流，这样所设计的产品才能在较长时间内具备一定的先进性。在设计中应尽量采用已有的成熟技术，从而缩短开发产品的周期。

(2) 安全性和可靠性：电子产品的设计应将安全性放在首位，尽量采用成熟技术，严格遵守国家及行业相关技术标准。电子元器件的选择应具有一定的冗余，设计中要充分考虑到使用中可能发生的误操作，要采用相应的保护措施。

(3) 实用性和经济性：系统设计要考虑使用操作的便利性，符合人性化的需要。在保证技术性能的前提下，要考虑成本核算。选择功能合适且价格合理的元器件和部件，采用成熟技术，保证系统具有较高的性价比。

(4) 通用性和易维护性：设计中考虑到使用操作方便，元器件的选择应尽量采用通用和成熟的产品，便于维修时更换。另外系统装配结构设计应合理，便于维护操作。



(5) 开放性和可扩展性：系统设计中应尽量采用标准化技术，符合国际标准、国家标准或行业标准的规定，支持相关协议，如通信标准和协议等。设计上也要考虑系统的开放性，系统之间，系统对外部之间具有进行访问或二次开发的功能。这样系统升级改造时可保护原有资源，降低成本，提高效率。

以上的电子系统设计过程为传统的手工设计过程，随着电子系统智能化、集成化程度的提高，设计方法不断更新。现代电子系统通常为智能型系统，包括软、硬件两部分，设计开始时就应该有一个软、硬件分工的安排，然后分别进行硬件设计和软件设计；现代设计方法应尽可能多地使用 EDA 软件工具进行电子系统设计。

电子系统的设计方法，没有一成不变的规定步骤，它往往与设计者的经验、兴趣、爱好密切相关。设计者应注重总结，灵活应用。

1.5 电子系统设计的必备知识

要进行电子系统设计，必须具备一定的基础知识，除了模拟电路、数字电路、电路基础等基础理论知识外，还需要对实际的电子元器件知识有深入的了解，这些知识可以参考教科书，更为重要的是要关注电子元器件生产厂家官方手册资料。设计满足技术要求的电子系统，除了电路原理正确外，还要对元件的封装、标称参数、特性曲线、功能指标、适应环境等进行选择。为方便阅读查阅，通过扫描本书二维码可以快速查阅电子元器件的相关资料。



【电子元器件】



【电阻和电位器】



【电容器和电感器】



【半导体分立器件】



【集成电路元件】

电子系统设计的过程也是经验不断积累的过程。你设计得越多，对于元器件的了解也就越深入。这里汇总了一些电子工程师的设计经验和体会的分享，希望对读者有所帮助。

1.6 关注前沿技术，注重知识积累

电子技术的发展速度是惊人的。电子设计工程师应该时刻关注电子技术发展的前沿动态，经常阅读相关技术资料，不断更新和充实自身的知识结构，这样才能在设计中得心应手，逐渐成为设计高手。

借助于网络经常访问国际知名的电子企业网站：TI、Microchip、NI 等。



这些公司拥有最新的元器件信息，有些器件还可以免费申请样片。同时网站还提供了
一些常用程序的开源代码。

国内也有许多著名的电子网站，如电子设计应用、电子工程专辑等。

这些网站有大量的实用技术信息，还有一些基础应用知识、经验分享等，可为设计者
的知识积累提供重要的帮助。

网站的信息特点是更新快、技术广，常看可以拓展视野，更新设计理念。



【电子类期刊】

除了网站外，设计者还需要阅读大量的参考文献，看看同样的要求，
别人是怎么做的，是否可以借鉴。这些参考文献大量来自于杂志期刊，
阅读文献对了解研究现状、设计思路、实现原理可以起参考作用。这里
要特别注意，阅读报刊杂志需要对大量的文章进行甄别，去伪存真。对
文章中的方案不要一味照搬，而是在理解的基础上进行改进，这样才能
设计出具有自身特点的电子系统。对文章中的结果不能盲目相信，需要进行验证，只有硬
件和软件调试成功，电子设计才算完成。

习 题

1. 什么是电子系统？它由哪几部分组成？
2. 电子系统设计的步骤是什么？
3. 电子系统设计的方法和原则是什么？
4. 常用电子元器件有哪些？
5. 电阻器是如何分类的？其主要技术指标有哪些？
6. 色环电阻器的阻值如何识别？有一个四环碳膜电阻器，色环顺序是红、紫、黄、
银。这个电阻器的阻值和误差是多少？
7. 电容器的主要技术参数有哪些？常用电容器有哪些？
8. 电容器的使用方法及注意事项有哪些？
9. 电感器是如何分类的？
10. 国产半导体分立器件的命名法是什么？
11. 如何选用二极管？若二极管型号为 2AP9、2CP10 和 1N4001，请问各是哪种二
极管？
12. 如何选用晶体管？若晶体管型号为 3DG6、3AX31 和 9013，请问各是哪种三
极管？
13. 晶体管如何检测？
14. 集成电路是如何分类的？常用集成电路的封装形式有哪些？
15. 数字集成电路使用有哪些注意事项？

第 2 章

电子系统设计的常用软件工具

【内容要点】

- 电子系统设计的常用软件工具。
- 电子线路设计软件 Altium Designer。
- 电路仿真软件 Multisim。
- 可进行单片机仿真的软件 Proteus。
- 上位机编程的图形化开发环境 LabVIEW。

【教学目标与要求】

通过本章的学习，要求了解电子系统设计的常用软件工具，掌握 Altium Designer 软件的使用方法，学会绘制电路原理图及印制电路板图；掌握 Multisim 软件的使用方法，学会采用电路仿真软件来分析电路；学习 Proteus 软件的使用方法，主要通过仿真熟练掌握不同型号单片机的应用，同时加强单片机程序的编写能力；学习图形化编程语言的开发环境 LabVIEW 的使用方法，从而方便地建立自己的虚拟仪器，快速实现上位机软件的编写。

【引言】

电子系统设计要求设计者除了具备电子元器件知识、模拟电路、数字电路及集成电路设计方法等一定的硬件基础外，还需要设计者掌握常用的电子电路或电路系统设计相关软件，包括电路仿真、绘制电路图及印制电路板（PCB）设计、上位机编程等软件，本章将重点讲述常用的电子系统设计软件。首先介绍业界第一款完整的板级设计解决方案，也是应用广泛的电路图绘制及 PCB 设计软件 Altium Designer，其次介绍功能强大的电路仿真软件 Multisim，然后介绍单片机虚拟仿真软件 Proteus，最后介绍图形化的编程开发环境 LabVIEW，并通过一些实例来说明软件的应用。

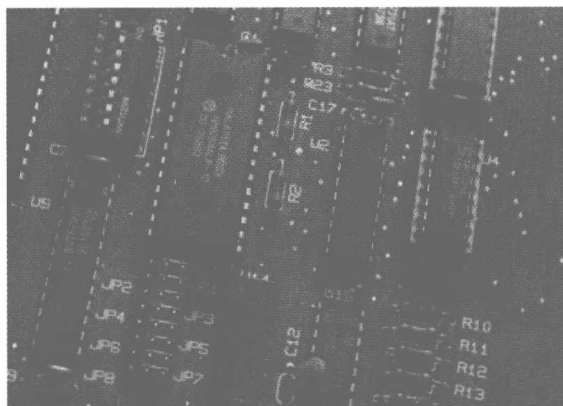
首先通过图 2.1 来了解一下电路板的设计制作过程。图 2.1（a）为制作完成的电路实体的一部分，这部分电路是在图 2.1（b）所示的类似电路板上经过电子元器件焊接安



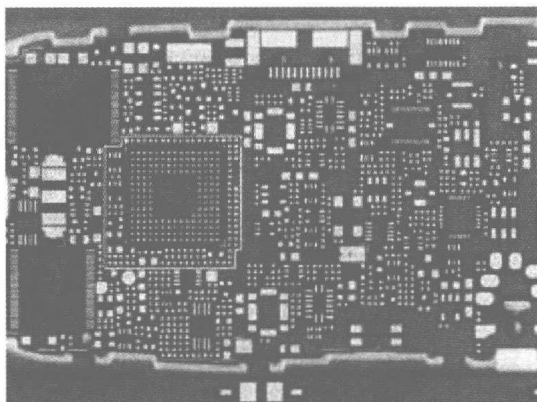
【PCB相关知识】



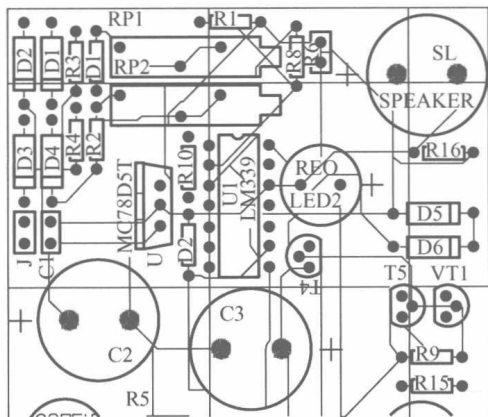
装后完成的，图 2.1 (b) 是由专业电路板生产企业根据图 2.1 (c) 所示的类似 PCB 图加工而成的，而 PCB 图又是根据图 2.1 (d) 所示的类似电路图生成的，Altium Designer 就可以完成图 2.1 (c)、图 2.1 (d) 所示的绘图工作。



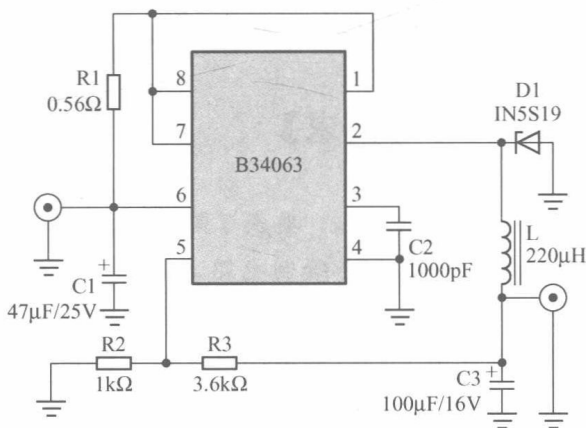
(a)



(b)



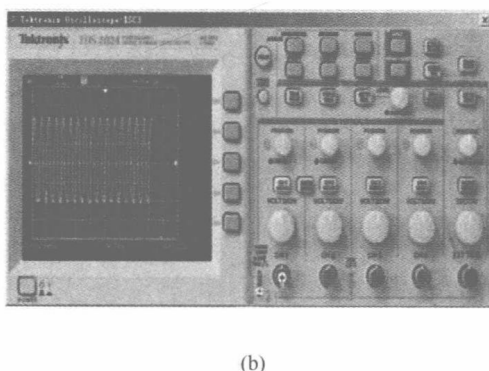
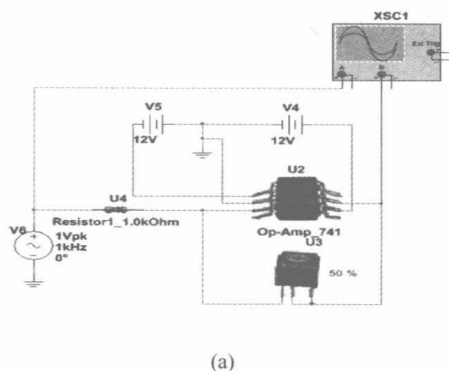
(c)



(d)

图 2.1 电路板的设计制作相关图例

电子工程师仅掌握电路图及 PCB 绘制技能是远远不够的，还需要掌握电路设计、电路原理分析等基本技能，因此还需要学习美国国家仪器（National Instruments, NI）公司推出的电路仿真软件 Multisim。Multisim 是 NI Circuit Design Suite（NI 电路设计套件）的一个重要组成部分，是一个以 Windows 为基础的仿真工具，该软件具有直观的图形界面、丰富的元器件、强大的仿真能力、丰富的测试仪器、完备的分析能力、独特的射频（RF）模块，且集成了强大的 MCU 模块等。图 2.2 给出了 Multisim 仿真软件的特色展示，Multisim 仿真软件不但能够进行电路图形式的仿真，而且可以进行如图 2.2 (a) 所示的元器件实物形式的电路仿真。同时 Multisim 仿真软件还集成了多种电子测量仪器，包括数字万用表、函数信号发生器、双通道示波器、扫频仪、数字信号发生器、逻辑分析仪、瓦特表、失真分析仪、频谱分析仪和网络分析仪等。图 2.2 (b) 为该软件内集成的数字示波器，这台示波器的面板、旋钮操作同实际操作 TEK 的数字示波器一样。



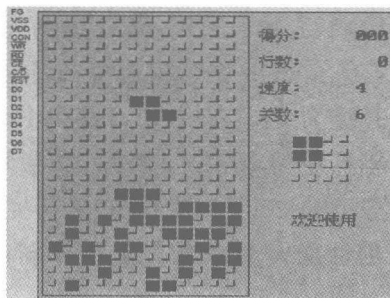
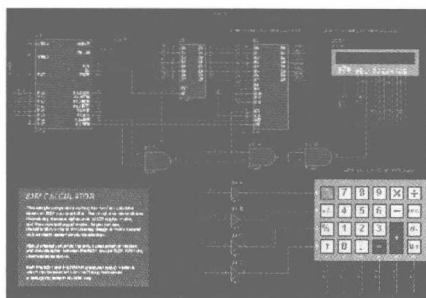
【Multisim 3D效果
元件电路仿真】



【Multisim中TEK
示波器使用】

图 2.2 Multisim 仿真软件的特色展示

在学习单片机课程时，可以利用虚拟仿真软件 Proteus 进行编程练习。Proteus 是英国 Labcenter 公司开发的电路分析与仿真及 PCB 设计软件，具有多种 EDA 工具软件的仿真功能。Proteus 软件还能够仿真单片机及外围器件，包括仿真、分析多种模拟电路与集成电路。Proteus 软件提供了大量模拟、数字元器件与外部设备，以及多种虚拟仪器，特别是具有对单片机及其外围电路组成的综合系统的交互仿真功能。Proteus 软件是目前比较常用的单片机及外围器件仿真软件工具，也是一款电路仿真、PCB 设计和虚拟模型仿真软件三合一的设计平台。Proteus 具有模拟电路仿真、数字电路仿真、单片机及其外围电路组成的系统的仿真、RS-232 动态仿真、C 调试器、SPI 调试器、键盘及 LCD 等仿真的功能；配有多种虚拟仪器，如示波器、逻辑分析仪、信号发生器等。目前 Proteus V8.6 版本支持的单片机类型非常丰富，包括目前较为常用的 8051 系列、STM32F103 系列、MSP430 系列、ARM7 系列、AVR 系列、Cortex 系列、PIC 系列、68HC11 系列等及多种外围芯片，同时还支持大量的存储器；在编译方面，支持 IAR、Keil 和 MPLAB 等多种编译器，并且完美兼容 64 位操作系统。图 2.3 所示为 Proteus 的应用示例，图 2.3 (a) 为采用 Proteus 实现计算器功能，图 2.3 (b) 为采用 Proteus 实现的俄罗斯方块游戏。



【Proteus基于单片机的
计算器仿真】



【Proteus俄罗斯
方块仿真】

图 2.3 Proteus 应用示例

在进行上位机软件编写时，可以选用最易上手的图形化编程语言开发环境 LabVIEW。LabVIEW 同样是由 NI 公司研制的专为工程师和科研人员设计的集成式开发环境，类似于 C 和 BASIC 开发环境，其本质是一种图形化编程语言（G 语言），采用的是数据流模型，而不是顺序文本代码行，其他计算机语言大多采用基于文本的语言产生代码。