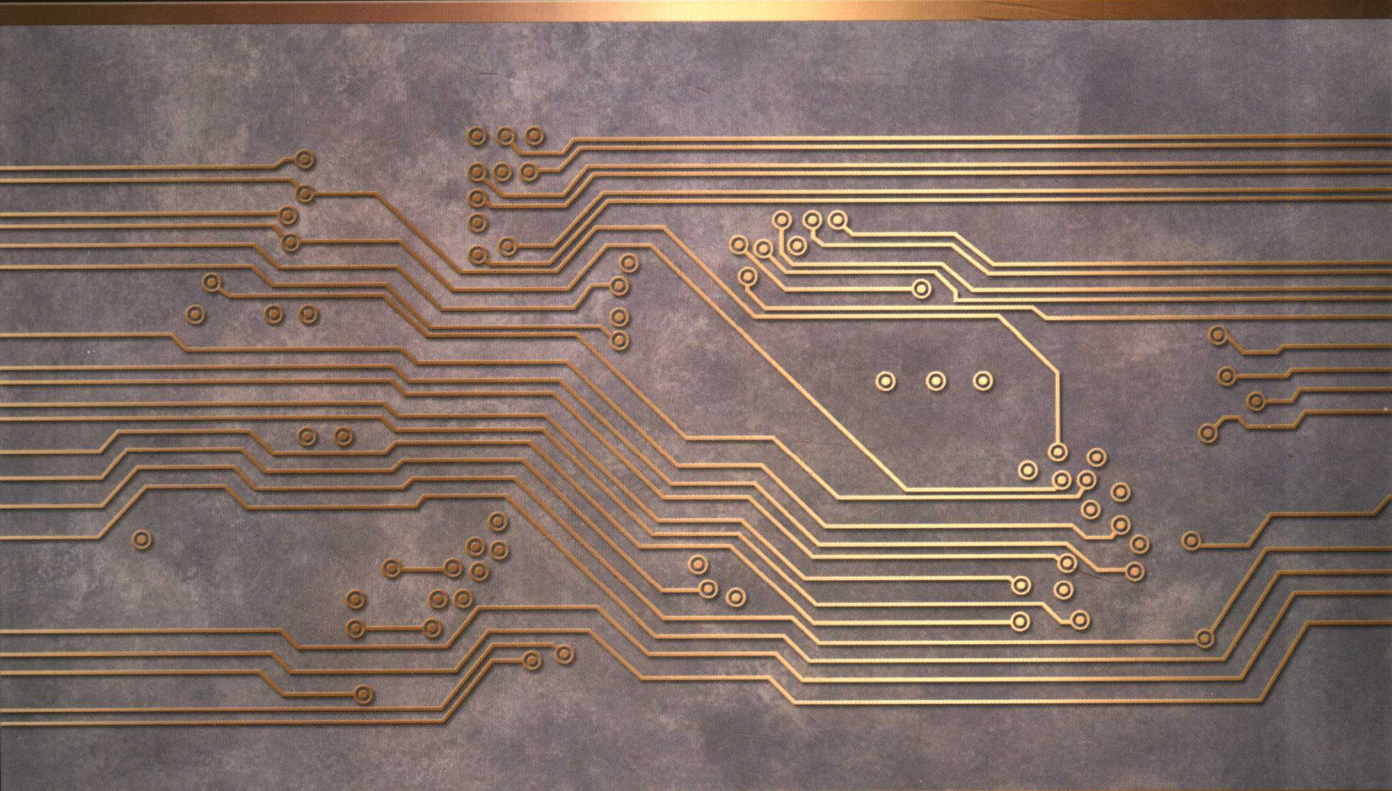


新编电气与电子信息类本科规划教材

电子系统设计

李金平 沈明山 姜余祥 编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>



含光盘1张

新编电气与电子信息类本科规划教材

电子系统设计

李金平 沈明山 姜余祥 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是依据高等工科院校电子技术实践教学大纲的基本要求,并结合作者多年的科研与教学的经验编写的。全书以电子系统设计为目标,系统讲解了元器件选择、传感器应用、信号调理电路、A/D和D/A转换、可编程器件开发应用、单片机系统、驱动电路,以及PCB等设计原理与设计方法,并提供了大量、翔实的设计实例。

本书适应培养应用型人才的需求,具有先进性、实用性、系统性和灵活性。它可作为电气、电子信息类专业“电子系统设计”课程教材,全国大学生电子设计竞赛的培训教材,也可作为电子系统设计技术人员的参考书。

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。

图书在版编目(CIP)数据

电子系统设计/李金平,沈明山,姜余祥编著. —北京:电子工业出版社,2007.8
(新编电气与电子信息类本科规划教材)

ISBN 978-7-121-04859-3

I. 电… II. ①李…②沈…③姜… III. 电子系统-系统设计-高等学校-教材 IV. TN02

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第124705号

策划编辑:张 濮

责任编辑:李秦华 特约编辑:王 崧

印 刷:北京季蜂印刷有限公司

装 订:三河市鹏成印业有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:32.5 字数:895千字

印 次:2007年8月第1次印刷

定 价:46.00元(含光盘1张)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

随着科学技术的发展,电子技术领域的新理论、新方法和新器件等层出不穷,以其构成的电子系统被广泛应用于工业、农业、商业、医疗、国防,以及人们的日常生活的各个领域,极大地促进了国民经济的发展、丰富了人们的生活,人类进入了电子信息时代。其应用的广泛性,形成了对该领域的应用型人才的大量需求,也促进了电气、电子信息类应用性本科专业的教学改革。《电子系统设计》正是适应这种时代改革和应用型人才培养需求而编写的。

本书依据高等工科院校电子技术实践教学大纲的基本要求,并结合作者多年的科研与教学经验,就器件选择、系统单元电路设计、系统仿真分析,以及电子系统设计的原理与方法进行了系统讲解,并列举了适量的设计实例。力求使读者掌握电子系统设计的审题、方案论证、参数计算和 EDA 设计的方法。

本教材具有以下特点:

1. **定位准确。**教材内容注重介绍电子系统设计必要的知识;常规的电子设计思想;智能电子系统相关的电路和器件选择方法;现代电子设计技术。并列举了一定比例的电子系统设计实例,读者参照实例可以举一反三。目标是帮助电气、电子信息类专业学生、电子技术工作者,以及电子爱好者掌握和用好电子系统设计的有关知识。

2. **先进性。**利用计算机工具软件进行电子系统设计是现代电子系统设计的重要特征,电子系统设计自动化(EDA)是电子系统设计的重要环节,因而受到电子系统设计人员的高度重视。本书选用了 Multisim7 这一仿真软件为平台,较详细地讲述了该软件平台的特点和使用方法,读者可利用该平台对自己设计的电路进行仿真、分析和调整,以提高现代电子系统设计的能力。可编程器件是近年来发展快、应用广的新型电子器件,因此本书就可编程器件的开发、应用方法进行了重点讲述。绘图软件选用了新版本的 Protel,旨在使读者掌握版图设计方法,提高工程应用的能力。

3. **实用性。**学习电子技术重在应用,本书始终突出它的实用性。例如,电子元器件一章在简述常用电子元器件各自特点和主要参数的基础上,注重具体指导读者在设计时,如何针对不同情况和要求选择器件,并在附录①中给出了最常用器件的典型参数;在系统单元电路设计时,突出单元电路设计的步骤、方法及典型芯片的应用电路;在电子系统设计时,注重知识和方法的综合应用等。本书各章均有很多设计实例,这些实例均经过挑选,具有一定的典型性和代表性,并具有很强的实用价值。

4. **系统性。**本书从电子系统设计的角度出发,通过先介绍通用器件、专用集成器件,再讲述系统单元电路,最后完成电子系统的综合设计,既符合读者由浅入深的认知规律,又能使读者建立起系统设计的概念、掌握电子系统设计的方法。

5. **灵活性。**考虑到各学校教学计划和实践内容安排上的差异,讲述的内容具有相对的独立性,教学双方可根据实际需要加以取舍,从而增加了教材的灵活性和通用性。

《电子系统设计》一书内容全面、翔实,全书共分 8 章。其中第 1 章介绍电子系统设计基础知识;第 2 章重点介绍常用电子器件的特点与选择方法;第 3 章介绍电子电路仿真、开发软

① 本书共有 12 个附录。为使读者方便检索,将这些附录放在了“随书附带的光盘”中——编者注。

件的使用方法；第4章讲述电子系统中的常用单元电路设计方法及其实用电路；第5章结合可编程器件，具体介绍系统可编程技术；第6章介绍单片机原理及应用系统设计；第7章介绍电子绘图软件（Protel）的安装与使用方法；第8章为实用电子系统设计举例课题。

本书由李金平主编。第1章、第2章、第4章和第8章由李金平编写，第3章和第5章由沈明山编写，第6章和第7章由姜余祥编写。全书由李金平负责文字润饰和统稿，沈明山、姜余祥负责本书的校阅工作。

本书由北京联合大学信息学院王毓银教授主审，他以自己丰富的教学经验和严谨的工作态度，为本书的编写提出了非常好的建议和意见，对保证、提高本书的质量起到了非常重要作用。在此，表示衷心的感谢！

由于作者水平有限，不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编著者

2006年10月于北京联合大学

目 录

第 1 章 电子系统设计基础知识	1
1.1 电子系统的设计方法	1
1.1.1 明确系统的设计任务和要求	1
1.1.2 方案的比较与选择	1
1.1.3 单元电路的设计、参数计算和器件选择	1
1.1.4 电路的仿真	2
1.1.5 电路图的绘制及印制电路板的设计	2
1.2 电子系统的组装与调试	3
1.2.1 电子系统的组装	3
1.2.2 电子系统的调试	4
1.3 电子系统的抗干扰技术	6
1.3.1 在干扰源处采取措施	6
1.3.2 在耦合通道上采取措施	7
1.3.3 在传输通道上采取措施	9
思考题与习题	9
第 2 章 常用电子器件	10
2.1 电阻器	10
2.1.1 电阻器的作用	10
2.1.2 电阻器的分类	10
2.1.3 电阻器的主要技术指标	10
2.1.4 电阻器的合理选用与质量判别	12
2.2 电位器	13
2.2.1 电位器的作用	13
2.2.2 电位器的分类	13
2.2.3 电位器的主要技术指标	13
2.2.4 几种常用的电位器	14
2.2.5 电位器的合理选用与质量判别	15
2.3 电容器	16
2.3.1 电容器的作用	16
2.3.2 电容器的分类	16
2.3.3 电容器的主要技术参数	16
2.3.4 几种常用的电容器	17
2.3.5 电容器的合理选用与质量判别	19
2.4 电感器和变压器	21
2.4.1 电感器	21

2.4.2	变压器	22
2.5	继电器	24
2.5.1	继电器的作用	24
2.5.2	继电器的分类	24
2.5.3	电磁式继电器的主要参数	24
2.5.4	电磁式继电器的合理选用与质量判别	25
2.6	半导体器件	26
2.6.1	晶体二极管	26
2.6.2	晶体三极管	32
2.6.3	场效应管	36
2.6.4	晶闸管	38
2.7	常用集成电路器件	43
2.7.1	集成电路的分类	43
2.7.2	集成电路的主要参数	44
2.7.3	常用集成电路简介	44
2.7.4	集成电路的选用原则及注意事项	47
2.8	传感器	50
2.8.1	温敏传感器	51
2.8.2	光电传感器	54
2.8.3	气敏传感器	58
2.8.4	湿敏传感器	59
2.8.5	磁敏传感器	62
2.8.6	力敏传感器	64
2.8.7	传感器的选用	65
	思考题与习题	66
第3章	电子电路的仿真	67
3.1	Multisim7 概述	67
3.2	Multisim 的安装	67
3.3	Multisim 的操作方法	68
3.3.1	设计主界面的进入及主界面的介绍	68
3.3.2	Multisim7 主菜单及工具条介绍	69
3.3.3	Multisim7 元件数据库介绍	76
3.3.4	Multisim7 的虚拟仪器仪表简介	79
3.3.5	在 Multisim7 中建立并仿真电路	94
3.4	Multisim 的主要分析功能	102
3.4.1	直流工作点分析	102
3.4.2	交流分析	104
3.4.3	瞬态分析	105
3.4.4	傅里叶分析概述	107
3.4.5	失真分析	109

3.4.6	直流扫描分析	110
3.4.7	DC 和 AC 灵敏度分析	112
3.4.8	参数扫描分析	114
3.4.9	温度扫描分析	115
3.4.10	零-极点分析	116
3.4.11	其他分析	117
3.5	Multisim 的应用实例	118
3.5.1	电子元器件的性能测试	118
3.5.2	滤波电路分析	120
3.5.3	模拟电路的设计与分析	120
3.5.4	数字电路的设计与分析	124
	思考题与习题	126
第 4 章	电子系统中的常用单元电路设计	128
4.1	稳压电源电路的设计	128
4.1.1	稳压电源的主要技术指标及组成	128
4.1.2	整流、滤波电路及其设计	129
4.1.3	稳压电路及其设计	133
4.2	信号发生电路的设计	144
4.2.1	反馈型振荡电路的基本构成	144
4.2.2	信号发生电路的主要性能要求	144
4.2.3	信号发生电路的一般设计方法	145
4.2.4	正弦波振荡电路的设计	146
4.2.5	RC 方波振荡电路的设计	150
4.2.6	函数发生器的设计	155
4.3	信号选择电路的设计	158
4.3.1	多路信号选择电路	158
4.3.2	有源滤波电路的设计	160
4.4	信号调理单元电路的设计	167
4.4.1	小信号放大电路	167
4.4.2	频率变换电路设计	173
4.4.3	信号整形电路设计	177
4.5	A/D, D/A 接口电路的设计	180
4.5.1	A/D 接口电路设计	181
4.5.2	D/A 接口电路设计	196
4.6	驱动电路的设计	209
4.6.1	常用驱动器的选择及其典型应用	209
4.6.2	常用光电耦合器的选择及其驱动电路	210
4.7	控制单元电路的设计	214
4.7.1	声控电路及其设计	214
4.7.2	光控电路及其设计	219

4.7.3 遥控电路及其设计	219
思考题与习题	234
第5章 系统可编程技术	236
5.1 可编程器件的基本原理	236
5.1.1 可编程逻辑器件概述	236
5.1.2 可编程逻辑器件基本结构	236
5.2 高密度系统可编程逻辑器件	238
5.2.1 Altera 公司 CPLD 器件	239
5.2.2 Altera 公司的 FPGA 器件	240
5.2.3 CPLD 器件和 FPGA 器件的编程、适配与边界扫描测试技术	242
5.3 Altera 可编程逻辑器件开发软件 (MAX+plus II) 及其应用	251
5.3.1 MAX+plus II 概述	251
5.3.2 MAX+plus II 的安装及初次设置	256
5.3.3 MAX+plus II 的原理图输入设计法	257
5.3.4 MAX+plus II 的文本输入设计法	271
5.3.5 MAX+plus II 的波形输入设计法	272
5.3.6 MAX+plus II 的层次化设计	274
5.3.7 VHDL 设计	281
5.4 数字系统开发实例	303
5.4.1 ASM 图与交通灯控制器设计	303
5.4.2 出租车计程计价表	307
5.5 系统可编程模拟器件	312
5.5.1 可编程模拟器件概述	312
5.5.2 Lattice 的 ispPAC 系列器件的结构	313
5.5.3 ispPAC 接口	317
5.5.4 UREF _{OUT} 缓冲电路	318
5.5.5 ispPAC 增益调整方法	318
5.5.6 有源滤波器设计	320
5.6 PAC-Designer 软件及开发实例	322
5.6.1 可编程模拟器件的开发流程	322
5.6.2 ispPAC10 器件开发应用示例	322
5.6.3 ispPAC20 器件开发应用示例	328
思考题与习题	331
第6章 单片机应用系统设计	334
6.1 最小应用系统设计	335
6.1.1 MCS-51 系列单片机结构	335
6.1.2 AT89C52 单片机指令集	341
6.1.3 AT89C52 单片机最小应用系统	346
6.2 单片机系统扩展	348
6.2.1 数据存储器	348

6.2.2	I/O 接口扩展	354
6.3	单片机接口电路设计	362
6.3.1	键盘接口电路	362
6.3.2	显示接口	369
6.3.3	打印接口	380
6.3.4	通信接口	384
	思考题与习题	397
第 7 章	电子绘图软件	398
7.1	Protel 概述	398
7.1.1	国内 EDA 软件现状	398
7.1.2	Protel 的发展历史	398
7.1.3	Protel 99 SE 系统组成及特点	398
7.1.4	Protel 99 SE 运行环境	399
7.1.5	电路板设计步骤	399
7.2	Protel 99 SE 安装	400
7.2.1	Protel 99 SE 主程序的安装	400
7.2.2	系统组件的选择	403
7.3	Protel 电路原理图设计	404
7.3.1	原理图设计流程	404
7.3.2	数据库文件	404
7.3.3	原理图设计过程	409
7.3.4	原理图常用命令	418
7.3.5	原理图库设计	421
7.3.6	原理图 Miscellaneous Devices 库器件清单	426
7.4	PCB 印制电路板设计	427
7.4.1	新建 PCB 文件	427
7.4.2	PCB 线路板信号层管理	429
7.4.3	PCB 绘图工具	431
7.4.4	PCB 布线规则	435
7.4.5	PCB 布线步骤	436
7.4.5	PCB 库管理	440
	思考题与习题	443
第 8 章	实用电子系统设计举例及课题	444
8.1	电子系统综合设计实例	444
8.1.1	数控直流电源的设计	444
8.1.2	波形发生器的设计	450
8.1.3	简易逻辑分析仪的设计	454
8.1.4	简易数字存储示波器设计	460
8.2	电子技术课程设计课题	464
8.2.1	CDMA 设备用 AC/DC 开关稳压电源	464

8.2.2	多路输出的直流稳压电源	465
8.2.3	小功率线性直流稳压电源	466
8.2.4	开关型直流稳压电源	466
8.2.5	简易开关式充电器	467
8.2.6	镍镉电池快速充电器	467
8.2.7	车用镍镉电池充电器	468
8.2.8	车距报警器	468
8.2.9	气体烟雾报警器	469
8.2.10	汽车无线报警器	469
8.2.11	电子体温计	470
8.2.12	开关电源电磁干扰滤波器	470
8.2.13	抗混叠低通滤波器	471
8.2.14	阶梯波发生器	471
8.2.15	自行车时速表	472
8.2.16	电阻精度筛选仪	472
8.2.17	信号波形发生器	473
8.2.18	OCL 低频功率放大器	473
8.2.19	洗衣机控制电路	473
8.2.20	无线红外耳机	474
8.2.21	无线遥控电控锁	475
8.2.22	线路寻迹器	475
8.2.23	8 路抢答器	476
8.3	电子系统综合设计课题	476
8.3.1	有关电源的课题	477
8.3.2	有关信号源的课题	480
8.3.3	有关放大器的课题	483
8.3.4	有关电参量测量和电子仪器的课题	487
8.3.5	有关数据采集的课题	495
8.3.6	有关检测和自动控制的课题	498
8.3.7	有关无线电的课题	503

第1章 电子系统设计基础知识

随着科学技术的发展和电子技术应用范围的日益广泛, 电子系统正朝着集成度高、功能强大、智能化程度高的方向发展。要完成电子系统设计, 应该抓好以下几个环节: 系统任务分析、系统方案选择、电子电路设计、组装调试和资料提交。本章将首先介绍电子系统设计的相关基础知识, 为设计电子系统提供一个总体的思路。

1.1 电子系统的设计方法

设计一个电子系统时, 首先必须明确系统的设计任务和要求, 并据此进行系统方案的比较、选择, 然后对方案中的各部分进行单元电路的设计、参数计算和元器件的选择, 再利用 EDA 技术对设计的单元电路进行仿真, 最后将各单元电路进行链接, 画出一个符合设计要求的完整的系统电路图。

1.1.1 明确系统的设计任务和要求

设计者要对系统的设计任务及工作环境进行深入具体的分析, 充分了解系统的性能、指标、内容及要求, 以便明确系统应完成的任务及设计过程中必须注意的一些问题。

1.1.2 方案的比较与选择

在充分了解系统工作环境和任务的基础上, 实现任务分解, 即把系统要完成的任务分配给若干单元电路, 并画出能表示各单元功能的系统原理框图。应该指出, 即使是实现同一任务, 其实现方案也并不是唯一的, 设计者可设计多种方案以供比较。

方案选择的重要任务是基于掌握的知识、资料和经验, 针对系统提出的任务、要求和条件完成系统的功能设计。在这个过程中, 设计者要解放思想, 敢于探索, 勇于创新, 争取方案设计合理、可靠, 功能齐全, 技术先进, 性价比高。在对系统方案不断进行可行性和优缺点分析的基础上, 最终确立系统方案, 设计出完整的系统框图。

1.1.3 单元电路的设计、参数计算和器件选择

根据系统指标和功能框图, 明确各单元电路的任务, 进行单元电路的设计、参数计算和器件选择。

1. 单元电路的设计

单元电路是电子系统的一部分, 因此, 单元电路的设计水平将直接影响电子系统的设计水平。

设计单元电路前, 必须明确本单元电路的任务, 详细拟订出单元电路的性能指标; 与前后级的关系, 分析电路的形式。具体设计时, 可参考成熟的先进电路, 也可在其基础上进行改进或创新, 但前提是必须保证单元电路性能、指标的要求。在这个过程中, 仅仅单元电路本身设计合理是远远不够的, 还必须考虑相邻单元电路之间的配合, 注意各部分的输入信号、输出信号和控制信号的关系。

2. 参数计算

为了保证单元电路达到功能指标的要求, 需要用电子技术知识对参数进行计算, 如放大电路的增益; 振荡器中电阻、电容、振荡频率等参数。设计者只有很好地理解电路的工作原理,

正确地利用计算公式，计算的参数才能满足设计要求。需要指出的是，参数计算时，同一个电路可能有多组数据，要注意选择一组既能满足电路的设计要求、在实际中又真正可行的参数。

计算电路参数时应注意以下几个问题：

- (1) 元器件的工作电流、电压、频率和功耗等参数应能满足电路指标的要求。
- (2) 元器件的极限参数必须留有足够的裕量，一般应大于额定值的 1.5 倍。
- (3) 电阻器、电容器的参数应选择计算值附近的标称值。

3. 器件选择

(1) **电阻、电容的选择：**在设计中，电阻、电容的选择往往不被重视，实际上，电阻和电容的种类很多，正确地选择电阻和电容是非常重要的。不同的电路对电阻、电容性能的要求也不相同，有些电路对电容的漏电要求很高，有些电路对电容的容量或耐压要求很高，如滤波电路中常用大容量(100~3000 μF)铝电解电容，为了滤掉高频，通常还需要并联小容量(0.01~0.1 μF)瓷片电容，而精密仪器中通常采用漏电很小的钽电解电容。设计时，要根据电路要求选择性能和参数合适的电阻、电容元件，并注意精度、功耗、容量、频率和耐压范围是否满足要求。

(2) **半导体分立元件的选择：**半导体分立元件包括：二极管、晶体三极管、场效应管、光电二极管、光电三极管、晶闸管等。可根据其用途分别进行选择。

选择的器件种类不同，注意事项也不同。例如选择三极管时，首先注意是 PNP 管还是 NPN 管，是低频管还是高频管，是大功率管还是小功率管，并注意管子的参数 P_{CM} ， $U_{(BR)CEO}$ ， $U_{(BR)EBO}$ ， β ， f_T 和 f_β 是否满足电路设计指标要求，高频工作时要求 $f_T=(5\sim 10)f$ ，其中 f 为工作频率。

(3) **集成电路的选择：**由于集成电路可以实现很多单元电路甚至整个系统功能，所以选用集成电路不仅使系统的体积大大缩小，而且性能可靠，便于调试和安装，所以，设计系统时集成电路应成为首选器件。

集成电路分为模拟集成电路和数字集成电路。器件的型号、功能、电特性可从有关手册查得。

选择集成电路不仅要在功能和特性上实现设计方案，而且要满足功耗、电压、速度、价格等多方面的要求。

1.1.4 电路的仿真

在电子技术高速发展的今天，新电路、新器件不断涌现，电子产品的开发周期也越来越短。按传统的设计研发方法，已无法及时满足各种电路的设计和调试要求。采用软件仿真的方法，在计算机上模拟出一个测试仪器先进、器件品种齐全的工作台。一方面克服了实验室在元器件品种、规格和数量上不足的限制，又避免了原材料的消耗和使用中仪器损坏等不利因素，其优越性是显而易见的。

前面谈到了电子系统的方案选择、电路设计以及参数计算和元器件选择，但方案选择是否合理，电路设计是否正确，元件选择是否经济，这些问题还有待于研究。运用 EDA 软件对设计的单元电路进行实物模拟和调试，以分析检查所设计的电路是否达到设计要求的技术指标，如果检查结果不理想，可通过改变电路中元器件的参数，使整个单元电路的性能达到最佳。最后将仿真通过的单元电路进行连接后，再一次对系统进行仿真，直至得到一个最佳方案。

1.1.5 电路图的绘制及印制电路板的设计

电子系统的电原理图和印制电路板(PCB)图是设计者提供的重要文档。设计文档要求电路布局合理、排列均匀、图面清晰。这依赖于计算机绘图软件。

1. 电路图的绘制

目前应用比较广泛的绘图软件包是 Protel。该软件具有很强的在线库编辑以及完善的库管理功能,提供近两万个元件库及建库功能,具备强大的设计检验功能,能自动地指出各种物理/逻辑冲突,还支持 OrCAD 绘图文件。有关 Protel 软件包的使用可参阅第 7 章。这里只介绍一下绘制电路图时应注意的几个问题。

(1) 布局合理、排列均匀、图面清晰、有利于对图的理解和阅读:为了强调并便于看清各单元电路的功能关系,每个功能单元电路的元件应集中布置在一起,并尽可能按工作顺序排列。若电路系统比较复杂,需绘几张图时,要把主电路画在同一张图纸上,而把一些比较独立或次要的部分画在另外的图纸上,并在图的断口端做上标记,说明各图纸在电路连线之间的关系。

(2) 注意信号的流向。一般从输入端或信号源画起,按信号流向从左至右或从上至下依次画出各单元电路,而反馈通路的信号流向则与此相反。

(3) 图形符号要标准,图中应加适当的标注。电路图的中大规模集成电路器件一般用方框表示,在方框中要标出它的型号,在方框边线外侧标出引脚号和引脚的功能名称。其余元器件符号要标准化,并注明该器件的序号和数值等。

(4) 连线应尽可能为直线,相互连通的交叉线,应在交叉处用圆点表示。根据需要,可在连线上加信号名或有说明意义的标号,有的连线可用符号表示,如器件的电源一般标电源电压的数值,地线用符号“L”表示。

(5) 必须运用设计检验 ERC (电气法则检查)对设计的原理图进行检查,以防止各种物理/逻辑冲突。

2. PCB 的设计

借助基于 Windows 平台的 Protel 绘图软件,不仅可以使底图更整洁、标准,而且很好地解决了手工布线印制导线不能过细和较窄间隙不易布线等问题,同时也彻底解决了双面板和多层板布线的问题。实现了 PCB 板面和布线的优化,并通过在线式 DRC (设计规则检查)自动指出违反设计规则的错误。

1.2 电子系统的组装与调试

一个性能优良、可靠性高的电子系统,除了先进合理的设计之外,高质量的组装与调试也是非常关键的环节,这里简要地介绍电子系统的组装与调试方法。

1.2.1 电子系统的组装

1. 在面包板上的插接技术

进行电子设计或课程设计过程中,为了提高元器件的重复利用率,往往在面包板上插接电路。这种组装有它的特殊性。

(1) 面包板的选用:面包板是可反复使用的,因此插孔夹簧的弹性是很重要的,为了减少故障要选用插孔夹簧弹性好、绝缘性能好的面包板。

(2) 合理布局:根据总原理图,系统性能要求和各元器件的特殊要求,及其对周围电路的影响,合理地进行总体布局,并画出布局图。

① 合理安排输入端、输出端、电源及各可调元件的位置。要确保用电安全、力求调节、使用和测试方便。

② 输入与输出尽可能远离,以避免产生干扰或寄生耦合,影响电路的正常工作。

③ 根据信号流向进行元件的安装,所有集成电路的插向应尽量一致,以便于连线及查找故障。

(3) 合理布线

① 布线时,一般先连电源线和地线,然后再连其他线。为了查线方便,有条件的可采用不同颜色的连线加以区分。

② 连线粗细要合适,插接深浅要适当,连线要紧贴面包板,避免导线跨接在集成芯片上。通常按照“一短五分开”的原则来布线。“一短”即导线长度尽量短;“五分开”即:强输入、弱电线分开,大、小号线分开,输入、输出线分开,交、直流线分开及数据、控制线分开。这样既便于查线,更换器件,又可以减少信号的相互干扰。

2. 电路板焊接技术

焊接质量取决于焊接工具、焊料、焊剂和焊接技术 4 个条件。

(1) **焊接工具:**电烙铁是焊接的主要工具,直接影响焊接质量。要根据不同的焊接对象选用不同功率的电烙铁。功率过小,焊锡丝不能充分融化,焊接不牢。功率过大,有可能焊脱电路板铜箔,损坏电路板。焊接普通电阻、电容和集成电路一般可选用 18~25 W 的电烙铁,元器件引脚较粗或焊接面积较大时可选用 45 W 或更大的电烙铁。焊接 CMOS 电路一般选用 20 W 内热式电烙铁,而且外壳要良好接地。若用外热式电烙铁,最好采用烙铁断电,用余热焊接。

(2) **焊料:**常用的焊料是焊锡丝。市场上出售的焊锡丝有两种:一种是无松香的焊锡丝,焊接时需加助焊剂;另一种是松香焊锡丝,这种焊锡丝无须另加助焊剂即可使用,焊锡丝的粗细要选择合适的,焊电路板一般选取直径为 0.2~1.2 mm 的焊锡丝。

(3) **助焊剂:**目前市场上出售的电子元器件,引脚大都经过镀银处理,加上电路板涂焊盘有助焊剂,这种情况下可不用助焊剂,但有的元器件引脚未经过镀银处理,长久放置引脚被氧化,焊接时必须使用助焊剂。通常使用的助焊剂有松香、松香酒精溶液及焊锡膏,后者比前者焊接效果好,但腐蚀性较大,时间久了甚至会造成断路。

(4) **焊接技术:**首先要要求焊接牢固、无虚焊,其次是焊点的大小、形状和表面粗糙度等。焊接前,要确认是否需要焊件的表面净化,并做出相应的处理,如用酒精擦洗或刀片刮等。焊接过程如下:把烙铁头放在焊接处,待焊件温度达到焊锡融化温度时,使焊锡丝接触焊件,当适量的焊锡丝熔化后,立即移开焊锡丝,再移开烙铁,整个过程不宜过长(一般 2~3 s),以免焊脱电路板铜箔。

组装电子系统要求高度认真和细心,任何马虎都会给后续的调试工作留下隐患,严重的甚至会危及系统的指标。

1.2.2 电子系统的调试

通常调试方法有以下两种。

一种方法是采用边安装边调试的方法。也就是把电子系统按原理框图上的功能分块进行安装调试,在完成功能模块调试的基础上逐步扩大安装和调试范围,最后完成整个系统的调试。对于新设计的电路,一般使用这种方法,以便及时发现问题和解决问题。

另一种方法是整个电路安装完毕,实行一次性调试。这种方法适合于定型产品或需要配合才能运行的产品。如果电子系统中包括模拟电路、数字电路和单片机系统,一般不允许直接连接。不但它们的输出电压和波形不同,而且对输入信号的要求也各不相同。如果盲目连接在一起,可能会使电路出现不应有的故障,甚至造成元器件大量损坏。因此一般情况下,把这三部分分开,按设计指标对各部分分别调试,再经过信号电平转换电路实现系统统调。调试过程中,应注意做好调试记录,准确记录电路各部分的测试数据和波形,以便于分析和运行时参考。

调试步骤如下所述。

1. 通电前检查

电路安装完毕，不要急于插芯片，首先直观检查电路各部分接线是否正确，检查电源、地线、信号线、元器件引脚之间有无短路，器件有无接错，用万用表欧姆挡测量电源到地之间的电阻（一般应大于数百欧），确认电源到地无短路后，再插入芯片，务必注意芯片插接方向。

2. 通电检查

确认电源电压是否符合要求，然后关断电源，将电源接入电子系统后再打开电源开关，观察各部分器件有无异常现象，包括有无冒烟、异味等，如果出现异常现象，要立即关断电源，待排除故障后方可重新加电。

3. 分模块调试

调试功能模块时应明确本模块的调试要求，按调试要求测试性能指标和观察波形。调试顺序按信号流向进行，这样可以把前面调试过的输出信号作为后一级的输入信号，为最后的联调做准备。

模块调试包括静态调试和动态调试。静态调试一般是指没有输入信号条件下测试电路各点的电位，譬如模拟电路的静态工作点，数字电路各输入端、输出端的高、低电平值及逻辑关系等。通过静态测试可及时发现已损坏或处于临界状态的元器件。动态调试时，既可以利用前级的输出信号作为本模块的输入信号，也可以利用自身的信号检查功能模块的各项技术指标是否满足设计要求，包括信号幅值、波形、相位关系、频率、频响特性及增益等。对于信号产生电路，一般只看动态指标。把静态、动态测试结果与设计指标相比较，经深入分析后对电路参数提出合理的修正。

4. 系统联调

系统联调时应观察各功能模块连接后各级之间的信号关系，系统联调只需观察动态结果，检查系统的性能参数，分析测量的数据和波形是否符合设计要求，对发现的故障和问题及时采取相应的处理措施。

排除故障的方法有很多，常用的排除电路故障的方法有以下几种：

(1) **信号跟踪法**：寻找电路故障时，可按信号的流向逐级进行。在电路的输入端加入适当的信号，用电压表或示波器等仪器逐级检查信号在电路中的传输情况，根据电路的工作原理分析电路功能是否正常，如发现问题，要及时处理。

(2) **对分法**：为了加快查找故障的速度，减少调试时间，常采用对分法。这种方法是把有故障的电路系统对分成两部分，先找出故障出在哪个部分，然后再对有故障的部分对分检测，如此重复下去，直到找出故障点为止。

(3) **电容器旁路法**：当遇到电路发生自激或寄生干扰等故障时，检测时可用一只容量较大的电容器并联到故障电路的输入端或输出端，观察对故障现象的影响，据此分析故障点。在放大电路中，旁路电容失效或开路，将使负反馈增强，增益降低，此时用适当的电容并联在旁路电容两端，如果输出幅度恢复正常，即可断定是该旁路电容的问题。这种方法常用来检查电源滤波和去耦电路的故障。

(4) **开环测试法**：对于一些有反馈的环形电路，如振荡器、稳压器等电路，它们各级的工作情况相互牵连，这时可采用开环测试法，将反馈环断开，然后逐级进行检查，可更快地查出故障点。对不需要的自激振荡现象，也可以采用这种方法。

(5) **对比法**：将有问题的电路状态、参数与相同的正常电路进行逐项对比。这种方法可以较快地从异常参数中分析出故障。

(6) 替代法：把已调试好的单元电路代替有故障或有疑问的相同单元电路，这样可以很快地判断出故障部位。再用相同规格的优质元件逐一替代故障部位的元件，就可很快地判断出故障点。这种方法可以加快故障的查找速度，提高调试效率。

(7) 静态、动态测试法：要查找故障点，最常用的方法就是用静态、动态测试法。静态测试法是在电路不加信号的情况下，用万用表测试电阻值、电容是否漏电、电路是否有断路或短路现象、晶体管或集成电路各脚电压是否正常等，通常通过静态测试，可发现元器件的故障。当静态测试不能奏效时，可采用动态测试法。动态测试是在电路输入端加上适当信号再测试元器件的情况，通过观察电路的工作状态，分析、判断故障原因。

5. 注意事项

(1) 调试前要正确地选择仪表，熟悉所选仪表的使用方法，并仔细检查仪表的状态。以避免由于仪表选用不当或出现故障而做出错误的判断。

(2) 测量仪表的地线应与被测电路的地线连在一起，只有使仪表和电路之间建立一个公共的参考点，测量结果才可能是正确的。

(3) 调试过程中，发现器件或接线有问题需要更换或修改时，务必先关闭电源，待更换或修改完毕并确认无误后，方可重新加电。

(4) 调试过程中，在认真观察和测量的同时，要做好调试记录，包括记录观察的现象、测量的数据及实测结果与设计不符的现象等。设计者可依据记录的数据把实际观察的现象和理论预计结果加以定量比较，从中发现设计和安装上的问题，以进一步完善设计方案。

电子系统的调试是一项关键性的工作，调试人员要做好这项工作，一是熟悉使用仪器；二是要采用正确的系统测试方法；三是要有严谨的科学作风，再有一点也是最重要的一点，就是不断地总结调试经验，提高调试水平。

1.3 电子系统的抗干扰技术

电子系统的抗干扰技术是电磁环境兼容性 (Electro Magnetic Compatibility, EMC) 的一个重要组成部分。对于 EMC，国外的文献曾给了通俗的说明：“这种技术的目的在于，使一个电气装置或系统既不受周围电磁环境的影响，又不给环境以这种影响。它不会因电磁环境导致性能变差或产生误动作，而完全可以按原设计的能力可靠工作”。可见，EMC 技术对电气装置和系统，特别是对电子系统的可靠性有着十分密切的关系。因此，研究电子系统的抗干扰技术，是电子系统设计人员系统设计的重要内容。

在分析干扰时，要弄清形成干扰的三要素，即干扰源、被干扰的接收电路及耦合通道。电子系统常见的干扰有电源干扰、电磁场干扰和通道干扰等。

电磁兼容的解决措施一般使用在耦合通道的末端或中间，用来消除或者减弱干扰源的辐射或系统对噪声的灵敏度。究竟将抑制干扰的措施加在干扰源、受干扰电路还是耦合通道上，主要取决于工程技术上的限制和成本。

1.3.1 在干扰源处采取措施

考虑到一个单独的干扰源可能会影响多台邻近的许多设备，所以，一般情况下，都把抑制干扰设备加到干扰源或靠近干扰源的位置，这种方法对于固定的或可控的噪声源来说，是很有效的。在可能的情况下，这应该是电子系统设计人员的首选方法。

按上述原则，首要条件是找到干扰源，其次分析有否抑制噪声的可能性和采取相应的措施。寻找干扰源有一个原则，就是电流和电压发生突变的地方就是电子系统的干扰源。一般说