



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

(第五版)

电子系统设计

D I A N Z I X I T O N G S H E J I

何小艇 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

电子系统设计

(第五版)

何小艇 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子系统设计 / 何小艇主编. —5 版. —杭州:
浙江大学出版社, 2015. 11
ISBN 978-7-308-15379-9

I. ①电… II. ①何… 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 (2015) 第 281489 号

内 容 简 介

本书是面向 21 世纪课程教材,同时也是浙江省高等教育重点建设教材之一,又是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

本书以电子系统设计方法为主线,以数字系统、模拟系统、智能系统(以微处理器为核心的数模混合系统)三大系统的设计原理、方法并结合实例为主题展开,同时简要地介绍了电力电子系统。全书特别注重理论与实际的结合,并注重实用性。

本书可作高等学校工科电子工程类、信息工程类、电子技术类、电气工程类、自动控制类以及机电工程类专业本科生的教材,也可供有关工程技术人员作为学习电子系统设计的参考书,同时可作为全国大学生电子设计竞赛的培训教材及参考书。

电子系统设计

何小艇 主编

责任编辑 王元新
责任校对 陈慧慧 王文舟 丁佳雯
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州中大图文设计有限公司
印 刷 富阳市育才印刷有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 28.5
字 数 711 千
版 次 2015 年 11 月第 5 版 2015 年 11 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-15379-9
定 价 49.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部联系方式:0571-88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

编 者

何小艇 童乃文 陈邦媛

李式巨 阮秉涛 潘再平

金心宇 张 昱

第四版前言

这本《电子系统设计》是国家“十一五”规划教材,它是在2004年8月出版的面向21世纪课程教材《电子系统设计》(第三版)基础上重新编写出版的。这本新编的“十一五”规划出版的《电子系统设计》与以前出版的第三版《电子系统设计》有着一系列重大差别。这是因为当前的电子系统设计领域的内容比起十年前而言有了新的发展。它表现在:①单片机系统及嵌入式系统已成为大多数电子系统不可或缺的基本组成;②众多的设计与模拟软件为人们打开了设计的大门;③功能强大、高集成度的功能模块电路日新月异;④可编程逻辑器件已被广泛用为电子系统的常用器件;⑤电力电子系统业已成为应用电子系统的重要方面。在这种环境下,人们设计电子系统的方法与以前有着很大差别。人们不再过多地埋头于应用传统的中小规模电路的设计中,而是优先考虑使用单片机最小系统作为待设计电子系统的核心部分。更多地选用适当的大规模功能模块电路构成电子系统,以提高产品性能、加快设计进程、减少设计时间;重视使用可编程逻辑器件;重视使用各种类型的软件,加速系统设计的进程。

因此,当前电子系统设计最基本的设计过程就是:根据设计要求,设计者自行构成可以完成设计要求的全机方框图。然后对这个方框图进行论证与分析,从而得到一个可供实现设计任务的总体方框图。对于一个不太复杂的电子系统而言,下一步就是尽量选用合适的功能模块电路(功能与指标)以实现总体方框图的每一个方框。接下去就是根据各个功能模块电路不同的接口要求,逐步加入必要的辅助电路,并计算必需的外接元件。最后画出全机电路图。经过软硬件实现以后,最后进行调试。根据这个基本情况,本书应该提供给本科教学读者哪些基本内容呢?我们认为应该是:

1. 根据设计要求设计不同类型小型电子系统的基本方法。
2. 单片机最小系统及嵌入式微处理器在电子系统中的应用。
3. 各个领域有代表性、常用的功能模块电路及其使用方法。
4. 典型的接口电路及外接元件的计算方法。
5. 常用的软件使用方法及可编程逻辑器件的应用方法。

6. 系统的软硬件的实现及调试检测方法。

本书编写的特点是在学生掌握专业基础课程“模拟电路”(低频、高频)、“脉冲与数字电路”、“单片机与微机原理及应用”的基础上,教给学生小型电子系统的设计方法和概念。全书特别注意了通过实例的引导,培养学生的独立设计能力及创新精神。本书不是一本单纯的实践性环节的指导书,它是一本在理论指导下的设计方法指导书,特别注意与当前电子行业发展紧密结合,注意实用性。因此本书又可作为电子设计竞赛的培训参考教材。

全书共分七章:

第1章 电子系统设计基本概念:智能型与非智能型电子系统的组成、特点。现代电子系统的设计方法及工具。

第2章 数字系统设计:数字系统的基本结构及一般设计方法;数字系统设计的描述方法(流程图、MDS图);数据子系统及控制子系统的设计与实现;非智能型数字系统设计举例;可编程逻辑器件的应用。

第3章 模拟系统设计:模拟系统的基本结构及一般设计方法;低频模拟系统主要单元电路介绍;低频模拟系统设计举例(数控稳压电源、音响放大系统);高频模拟系统设计举例(锁相环系统、通信系统)。

第4章 电力电子系统设计:小功率电力电子系统中常用元器件介绍;小功率电力电子系统设计举例。

第5章 以微处理器为核心的智能型电子系统的设计:以单片机最小系统为核心的智能型电子系统的设计方法与设计举例;以嵌入式微处理器为核心的智能型电子系统的设计方法与设计举例。

第6章 电子系统综合设计举例:各种实用信号源的设计;数据采集系统的设计。

第7章 电子系统的实现:电子系统的布局、布线;印刷电路板的设计;电子系统的硬件及软件的装配与调试以及抗干扰设计;设计报告与总结的编写。

本书在章节安排上仍采用模块式结构。同一内容采用不同方法加以介绍,以加强对比性。不同要求、不同层次的读者可以挑选必需的内容,而跳过的章节并不会影响全书的学习。本书内容力求新颖、翔实,便于阅读,具有指导性。在利用本书作教材时建议应精讲(主要介绍设计方法及一些关键内容),多练(组织必要的专题讨论、实际设计一个系统并实现),注重自学。条件允许时,要求人人(组成团队)独立完成一个系统的设计、组装、调试、总结全过程,贯彻理论联系实际的原则才能真正学到手。为了方便,本书还提供了若干实用性很强、不同内容、不同难度的设计题供选用。

应该指出的是,随着时代的发展,电子系统越来越复杂,要求越来越高。没有设计自动化软件的帮助,人们将无法实现预定的设计要求。因此,可以毫不夸张地讲,电子设计自动化是现代电子系统设计的基本手段,是走向市场、走向社会、走向国际的基本技能。不会使用电子设计自动化工具就无法适应电子与信息社会对电子系统设计人员的要求。但是我们应该认识到,设计自动化软件并不可能全部代替人们的设计工作。一个崭新的系统必须经过设计师们不断地反复探索、研究、论证、创新后才可能构成它的结构框图。然后,人们才可能利用设计自动化软件来实现这个结构框图。所以说人的知识、能力、创新精神永远是设计工作的动力与源

泉。本书主要面向本科教学层次,因此有关众多的设计自动化软件不可能一一涉及。有关知识将在研究生教学层次中介绍。

参加本书编写的共八人。陈邦媛主要负责数字系统及高频模拟系统设计;童乃文主要负责低频模拟系统设计;阮秉涛主要负责单片机系统设计;李式巨主要负责嵌入式系统及总体设计;潘再平负责电力电子系统设计;张昱负责部分例题的设计与实现;金心宇负责电子系统设计题选;何小艇主要负责全书策划,审、定稿并与阮秉涛共同编写电子系统实现。本书承蒙北京大学沈伯弘教授、上海交通大学宋文涛教授审阅并提出许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。浙江大学信息与电子工程系陈文正高级工程师对本书的编写在电子系统实现方面作了热心指导,在此一并感谢。

由于编者水平有限,书中肯定会有不少缺点和错误,恳请广大读者予以批评指正。

编 者

2007年12月于杭州玉泉浙江大学

目 录

第 1 章 电子系统设计基本概念	1
1.1 电子系统设计概念	1
1.2 电子系统设计方法	3
1.2.1 自底向上设计方法	4
1.2.2 自顶向下设计方法	5
1.2.3 数模混合电子系统和模拟电子系统的设计方法	6
1.2.4 电子系统设计自动化 EDA	7
1.3 EDA 设计流程	8
1.3.1 EDA 设计输入	8
1.3.2 EDA 设计综合	9
1.3.3 EDA 设计仿真	10
1.4 可编程逻辑器件 PLD	10
1.4.1 PLD 器件的发展	11
1.4.2 PLD 设计综合	12
1.5 片上系统设计中的新概念	13
1.6 EDA 设计工具和环境	14
1.6.1 EDA 设计语言与软件	14
1.6.2 仿真工具	15
1.6.3 印刷电路板 PCB 软件	16
1.7 总结	16
参考文献	17
第 2 章 数字系统设计	18
2.1 概述	18
2.1.1 数字系统的基本组成	19
2.1.2 设计数字系统的基本步骤	20

2.2	明确设计要求	20
2.3	确定系统方案	22
2.4	受控器(数据子系统)硬件设计	26
2.5	控制器设计	30
2.5.1	MDS图	30
2.5.2	控制器的硬件实现	33
2.5.3	控制子系统的微程序设计	41
2.6	数字系统设计举例	51
2.6.1	出租车计价器的设计	51
2.6.2	堆栈处理器的设计	59
2.6.3	应用可编程逻辑器件设计交通灯控制系统	68
2.6.4	时钟问题	89
	参考文献	93
第3章	模拟系统设计	94
3.1	模拟系统设计方法	94
3.1.1	概述	94
3.1.2	模拟系统的设计方法与步骤	95
3.2	低频模拟系统主要单元电路及其应用知识	97
3.2.1	集成运放应用设计基础	97
3.2.2	高性能放大电路介绍	102
3.2.3	A/D转换器、D/A转换器和取样/保持(S/H)电路	107
3.2.4	传感器	112
3.2.5	执行机构	130
3.3	低频模拟系统设计举例	143
3.3.1	电子系统的数控直流稳压电源设计	143
3.3.2	音响系统放大通道设计简述	149
3.4	锁相环系统	157
3.4.1	设计举例	158
3.4.2	系统调试与指标测试	168
3.4.3	不同应用场合的锁相环的性能特点	170
3.5	通信系统	171
3.5.1	设计举例	171
3.5.2	结构与工艺	187
3.5.3	系统调试	190
3.5.4	指标测量	196
3.5.5	附录	197

参考文献	201
第 4 章 电力电子系统设计	203
4.1 概述	203
4.2 电力电子器件	203
4.2.1 晶闸管(SCR)	204
4.2.2 大功率晶体管(GTR)	207
4.2.3 功率场效应晶体管(P-MOSFET)	208
4.2.4 绝缘栅双极型晶体管(IGBT)	210
4.3 驱动与保护电路	212
4.3.1 晶闸管触发电路	212
4.3.2 全控型器件驱动电路	212
4.3.3 电力电子器件的保护	214
4.4 电力电子基本电路	216
4.4.1 整流电路(AC-DC)	216
4.4.2 直流变换电路(DC-DC)	218
4.4.3 逆变电路(DC-AC)	221
4.4.4 交流变换电路(AC-AC)	224
4.5 电力电子系统设计举例	227
4.5.1 三相正弦波变频电源设计	227
4.5.2 开关稳压电源设计	230
参考文献	232
第 5 章 以微处理器为核心的智能型电子系统设计	233
5.1 概述	233
5.2 系统功能的软、硬件划分	234
5.3 以单片机为核心的智能型电子系统设计	235
5.3.1 单片机系统软件开发	235
5.3.2 单片机系统硬件设计	245
5.3.3 以单片机为核心的智能型电子系统设计举例	267
5.4 以嵌入式微处理器为核心的智能型电子系统设计	297
5.4.1 嵌入式系统概述	297
5.4.2 ARM 处理器系列	298
5.4.3 以 ARM 为核心的嵌入式系统	300
5.4.4 嵌入式系统软件的层次结构	301
5.5 Linux 设备驱动程序	303
5.5.1 Linux 设备与设备文件	304

5.5.2	Linux 模块调用	306
5.5.3	Linux 设备驱动程序的编写	307
5.5.4	嵌入式 Linux 字符型设备驱动程序框架	313
5.6	以嵌入式微处理器为核心的智能型电子系统的设计举例	316
5.6.1	无线摄像系统方案论证	316
5.6.2	无线摄像系统电原理图设计	318
5.6.3	CMOS 摄像头驱动	320
5.6.4	CF 无线网卡的驱动	324
5.6.5	嵌入式系统控制模块实现与软件移植	325
5.7	嵌入式多核系统简介	331
5.7.1	嵌入式多核系统概述	331
5.7.2	嵌入式多核系统软件设计	333
	参考文献	334
第 6 章	电子系统综合设计举例	336
6.1	实用信号源的设计	336
6.1.1	审题	337
6.1.2	方案论证	338
6.1.3	方案细化	342
6.1.4	方案实现	353
6.2	正弦信号发生器的设计	357
6.2.1	分析设计要求	357
6.2.2	确定系统方案	358
6.2.3	方案流程图	362
6.2.4	方案实现	362
6.2.5	硬件实现	366
6.2.6	附录:控制器的编程源代码及仿真	367
6.3	脉冲信号发生器的设计	371
6.3.1	方案论证	371
6.3.2	脉冲信号发生器硬件设计	373
6.3.3	附录	379
6.4	数据采集系统的设计	389
6.4.1	设计任务与要求	390
6.4.2	总体方案的确定	390
6.4.3	系统硬件设计	392
6.4.4	系统软件编制	402
6.4.5	系统改进措施及功能扩展的讨论	404

参考文献	408
第7章 电子系统的实现	410
7.1 概述	410
7.2 电子系统的硬件实现	411
7.2.1 元件选择	411
7.2.2 系统布局	412
7.2.3 印刷电路板的设计	413
7.2.4 硬件基本功能检测	418
7.3 电子系统的动态调试	421
7.3.1 系统软件调试	421
7.3.2 软、硬件联合调试	422
7.3.3 软件抗干扰措施	423
7.4 电子系统的指标测试	425
7.5 设计报告与总结报告的编写	426
7.5.1 设计报告的编写	427
7.5.2 总结报告的编写	428
参考文献	429
附录 电子系统设计题选	430

电子系统设计基本概念

1.1 电子系统设计概念

电子系统是由电子部件按照一定的规律组成的有组织的、有序的且满足一定功能的整体。电子系统的概念是相对的,若电子部件是小系统,则整体是由小系统所组成的大电子系统。电子系统是相对于环境或其他系统而存在的,电子系统可以和环境或其他系统组成更大的巨系统。为了满足系统功能的要求,电子系统一般包括模拟子系统、数字子系统和微处理机子系统。模拟子系统包括传感、高低频放大、模/数变换、数/模变换以及执行机构等;数字子系统具有信息处理、决策、控制等功能;对于软硬结合的电子系统而言,它的信息处理、决策与控制部分大多可由含有 CPU 的微处理器的电子系统来实现。

现代电子设计的基本特征是:设计者在系统开发软件的支持下,在现场可直接根据系统要求定义和修改其功能。它是基于电子设计自动化 EDA(Electronic Design Automation)技术和在系统可编程 ISP(In-System Programmable)技术,并以大规模集成电路现场可编程门阵列 FPGA(Field Programmable Gate Array)/复杂可编程逻辑器件 CPLD(Complex Programmable Logic Device)和可编程自动化控制 PAC(Programmable Automatic Control)器件为物质基础。EDA 技术打破了软硬件之间的最后屏障,ISP 技术使“硬件”一词变得不合时宜。系统设计师将用新的思路来发掘硬件设备的潜力,而不受产品是否已交付使用的限制。FPGA/CPLD 和 PAC 器件,将超大规模集成电路 VLSI(Very Large Scale Integrated Circuit)的优点和可编程器件的设计灵活、制作及上市快速等长处融合为一体。

电子设计的内容非常广泛,包括电子元器件设计、电子电路(分立元件电路和集成电路)设计、电子系统(硬件系统和软件系统)设计等。电子系统设计的基本内容包括分析方案中的关键技术、初步确定设计方案、落实各环节具体电路的实现方法、计算出它们的参数、画出总体电路图、试验样机的制作与调试等。

自然界的物理量绝大多数都是模拟量。一个应用系统首先通过传感器感知这些物理模拟量,然后将模拟量转换成数字量。有关模拟子系统的设计应在系统设计的同时,根据模拟信号的特点,采用数据流法对模拟子系统的结构进行安排。因为在一个电子系统中,一般占主要部分的是数字子系统,模拟子系统只在信号的输入、输出等局部电路中起主要作用,而且总是根

据模拟信号的流向及对模拟信号的要求安排模拟子系统的各个环节。设计人员可用方框图及技术指标来描述模拟子系统,然后再用硬件实现。但由于模拟集成电路的集成度较低、品种不齐、覆盖面不广,以致个别电路还必须用小规模电路或是分立元件来实现。因此模拟子系统的方框图中最后应落实到硬件可以实现的层次,而不只限于集成电路。由于数字量具有再生性、抗干扰性能强,便于传输、处理和交换,因而用数字方法设计的系统无论在质量、精度、可靠性,还是成本方面都比用模拟方法设计的系统优越。

电子系统的数字实现技术又可分为用硬件实现和借助计算机(或单片机、信号处理芯片)用软件实现。一个实用的电子系统设计总是将电子技术的基本内容与多专业方向相结合,涉及多门课程、多个学科,既有电子工程类;又有通信工程类,既有自动控制类,又有计算机类。在计算机类学科中,既涉及计算机硬件知识,又有软件知识。在软件方面,既有 EDA 软件的使用,又有电子、计算机、通信、控制等学科算法工具。因此对于从事电子系统设计的人员而言需要有系统工程学的知识。

从电子系统的类型来讲,电子系统又可分为智能型与非智能型两种。

智能意味着理智和才能或智慧和能力,其中理智、智慧是内在的特性与功能,而才能、能力是外在的行为与表现,智能基于信息,智能寓于系统。广义智能是多种类、多层次、多阶段、多模式、多特征、多范畴的。关于智能型电子系统的定义,至今还没见到过一个简单明确的权威论述。虽然如此,我们仍可参照人类活动规律,找出智能型所应具有的特点,从而得出必要的结论。智能型的特点包括:①必须有记忆力,如果没有记忆力则根本不可能由此及彼地、全面地进行分析;②具有学习能力并便于学习各种知识,而且这些知识可运用于实践;③易于接收信息、命令;④具有分析、判断和决策能力;⑤可以控制或执行所作出的决定。

只有由带有 CPU 的微处理器配以必要的外围电路从而构成的软硬结合的电子系统才具有智能型的特点。首先它有存储单元及输入/输出接口,可以接收并记忆信息、数据、命令以及输出并控制决策的执行。其次它善于并且便于学习,只要将合适的软件装入系统,人们不必改动系统结构就可使它具有某种新功能。有了记忆能力,它就可以进行必需的分析、判断,完成一些决策,从而具有智能型的特点。因此我们把以微处理器为核心的软硬结合的电子系统称为智能型电子系统。

非智能型电子系统应该是那些功能简单或功能固定的电子系统,例如,简单的巡回检测报警系统等。对照以上特点,显然纯硬件的电子系统是不可能被划在智能型范围内的。它的最大弱点是硬件与功能是一一对应的,增加一个功能必须增加一组硬件,改变功能必须改变电路结构。所以纯硬件结构不具有便于学习的功能,因此它不具有智能型的特点。但纯硬件结构具有快速、简洁、可靠、价廉等优点,而被广泛应用于特定场合。根据电子系统的不同功能,大致分为以下几种,举例如下:

①测控系统 大到航天器的飞行轨道控制系统,小到自动照相机快门系统以及工业生产控制等。

②测量系统 电量及非电量的精密测量。

③数据处理系统 如语音、图像、雷达信息处理等。

④通信系统 数字通信、微波通信,蜂窝通信、卫星通信等。

⑤计算机系统 计算机本身就是一个电子系统,可以单机工作也可以多机联网。

⑥智能家居系统 智能家居系统由家庭综合服务器将家庭中各种各样的智能信息化家电通过家庭总线技术连接在一起。智能家居系统实现了家务劳动和家庭服务信息的自动化。

⑦智能交通系统 智能交通系统 ITS(Intelligent Transportation System)是一种先进的运输管理模式。ITS 将先进的计算机处理技术、信息技术、数据通信传输技术、自动控制技术、人工智能及电子技术等有效地综合运用于交通运输管理体系中,使车辆和道路交通智能化,以实现安全快速的道路交通环境,从而达到缓解道路交通拥堵、减少交通事故、改善道路交通环境、节约交通能源、减轻驾驶疲劳等功能。

⑧智能楼宇系统 智能楼宇系统是用计算机、通信、网络、传感器、摄像等技术,把原来建筑中各自功能独立、分散的设备装置进行整体设计,将其集中、统一地控制起来,形成一个智能管理系统。这种智能大厦除了用传统建筑工程完成建筑结构设施以外,还包括智能建筑系统的三要素:楼宇自动化系统、楼宇通信网络系统和办公自动化系统。

以上列举了众多的电子系统,它们的功能不同、规模不同、使用场合不同,因此对它们的要求也不同,从而衡量这些系统的指标也是不同的。衡量电子系统的性能指标可能有功能、工作范围、容量、精度、灵敏度、稳定性、可靠性、响应速度和使用场合、工作环境、供电方式、功耗、体积重量等。对不同系统而言,系统指标要求不同,例如:对航天器中的轨道控制系统,动态工作范围、精度、响应速度、可靠性、体积重量、功耗、工作环境等则必须重点考虑;对通信系统,则应重视容量、灵敏度、稳定性、使用场合等;对家电系统,主要考虑功能、稳定性、可靠性、成本及价格等,而对供电方式、精度、响应速度等指标则不作过多考虑。系统设计人员应根据系统类型、功能要求、指标要求,细化出每个待设计的子系统的技术指标以便进行设计。在细化过程中必须注意符合国家标准或部颁标准,必要时还应符合国际标准,以便产品走向世界。在细化中应该注意系统的档次定位恰当技术含量适合、符合发展潮流、性价比高,以满足市场需求。根据待设计的电子系统的特点以及使用的技术层次,可将电子系统设计分成三种类型:

①新系统开发设计 开拓、研制一个崭新的电子系统,所用的部分技术、电路、器件有待于同期开发。它属于创新、开拓、科研型的设计类型。

②新产品开发型设计 利用现有成熟技术、电路及器件,开发出满足市场需求的新产品、新设备。它属于开发型的设计类型。

③新技术应用型开发设计 介于以上两种类型之间,将新技术、新器件应用于电子系统的开发,将电子系统的性能提高到一个新的档次。

1.2 电子系统设计方法

电子系统设计牵涉的范围非常广,而且涉及的技术层次也大不相同。设计电子系统,首先要审题,明确电子系统应用的场合,明确电子系统的技术指标。根据指标,了解当前技术可能实现的性能情况,进行方案论证。同一个项目,可以有不同的方案,根据不同方案的特点,从性价比、可行性等方面选择最优方案。其次要进行电路设计、电路实现、装配调试、系统测试、总结报告、文档整理等工作。这样的综合性的设计要求设计者有系统工程学的概念,如果不经

方案论证直接进入电路设计或不经电路设计直接进入电路实现,到最后出现问题再从头来,既费时,又费财力、物力和人力。在其他子系统设计中也同样存在类似问题。譬如在进行软件设计的时候,对于一个大型软件系统,如果不按照软件工程学的方法,也会出现同样的问题。

1.2.1 自底向上设计方法

早期的电子系统设计采用的是分立元件,之后的设计则是将大量中、小规模集成电路器件焊接在电路板上。电子系统设计集中在基本单元电路的设计和基本器件的选用上。例如一个模拟子系统可涉及如集成运算放大器、数据放大器、可编程数据放大器、跨导型放大器(电压/电流转换器)、隔离放大器、A/D转换器、D/A转换器和取样/保持(S/H)电路、传感器电路的设计。基本器件的选用如晶体管、基本运算放大器、电压比较器、A/D转换器、D/A转换器、传感器(光电传感器、超声传感器、金属探测传感器、红外传感器等)的选用,在此基础上构成初级电子系统。20世纪70年代,出现第一代电子设计自动化EDA工具。人们开始将系统设计过程中高度重复性的复杂劳动,如绘图、布线工作用二维图形编辑与分析的计算机辅助设计CAD(Computer Aided Design)工具代替,使电子电路设计和印制板布线工艺实现了自动化。20世纪80年代出现了第二代EDA系统,常称为计算机辅助工程CAE(Computer Aided Engineering)系统。可以用少数几种通用的标准芯片实现电子系统,电子系统设计进入到计算机辅助工程CAE阶段。此时的设计工具(软件)大部分是遵循由原理图出发的所谓自底向上的设计方法,用基本单元逐步构造出高层模块,如图1-1所示。首先

确定设计方案,并选择能实现该方案的合适元器件,然后根据元器件手工设计电路原理图。接着进行第一次仿真,其中包括数字电路的逻辑模拟、故障分析等。其作用是在元件模型库的支持下检验设计方案在功能方面的正确性。仿真通过后,根据原理图产生的电气连接网络表进行PCB板的自动布局布线。在制作PCB之前,还可以进行PCB后分析,并将分析结果反馈回电路图,进行第二次仿真,称之为后仿真,其作用是检验PCB板在实际工作环境中的可行性。

还应该明确的是,以上全部设计过程都是手工设计过程(可编程器件及专用集成电路实现除外),这也是目前小系统常用的设计方法。对初学者及简单用户来讲是有实用价值的,它是

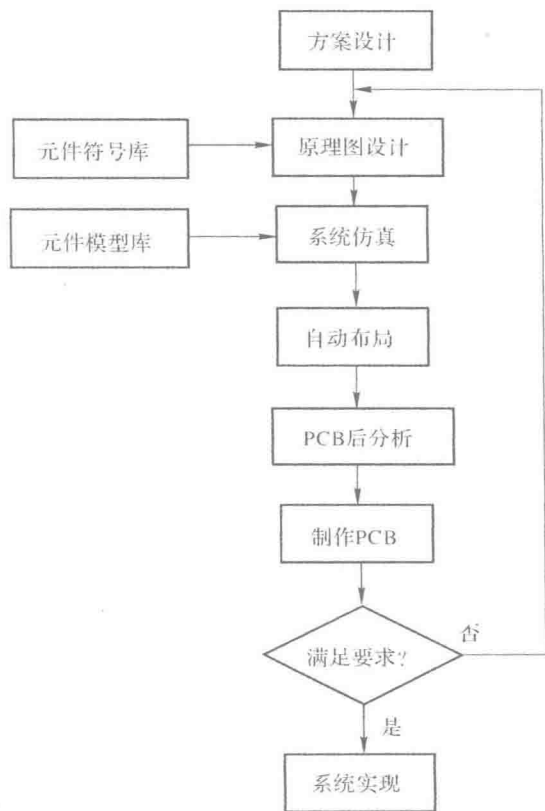


图 1-1 电子系统设计自底向上设计方法流程

电子系统设计的基础知识。

应该说明的是,以上的系统设计过程实际上是非智能型系统硬件的设计过程。一个智能型电子系统应包括软件和硬件两部分,同时还应有模拟子系统部分。对于一个智能型电子系统而言,在设计开始时就应该有一个软件和硬件分工的安排,然后再分别进行硬件系统设计和软件设计。

1.2.2 自顶向下设计方法

20世纪60年代开始,数字集成电路迅猛发展,经历了小规模、中规模、大规模和超大规模集成电路几个发展过程。20世纪90年代以后,由于新的EDA工具不断出现,使设计者可以利用可编程逻辑器件PLD(Programmable Logic Device)直接设计出所需要的专用集成电路ASIC(Application Specific Integrated Circuit)。从而使电子系统的设计产生了革命性的变革,形成了一套“自顶向下”的设计思想,其设计方法如图1-2所示。

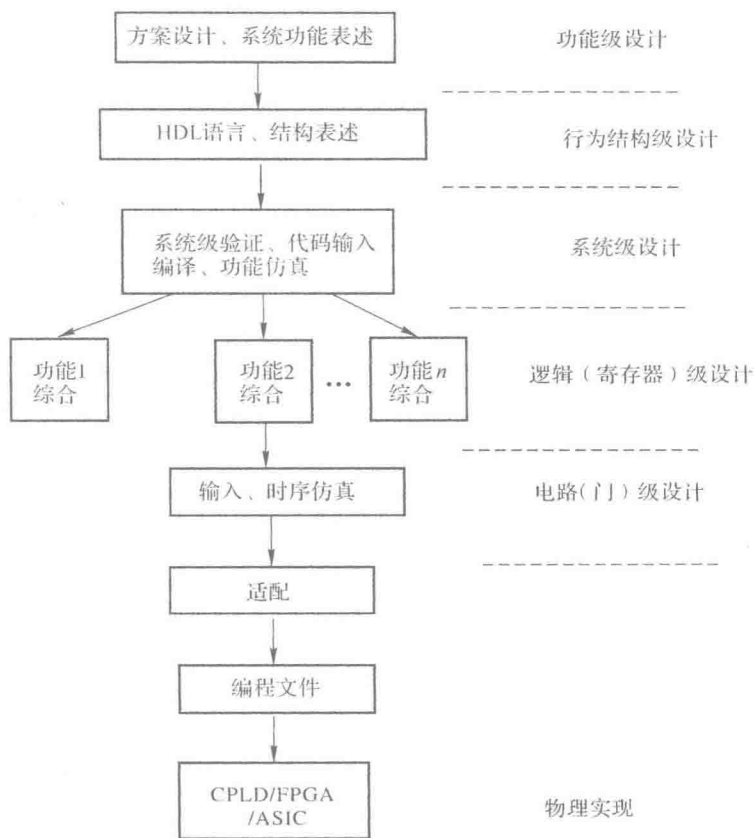


图 1-2 自顶向下的设计方法流程

基于系统功能的 EDA 设计方法第一步从系统方案设计入手,在顶层进行系统功能划分。第二步用超大规模集成电路硬件描述语言 VHDL (VHSIC Hardware Description Language)、