

电子实践课程丛书

综合电子设计与实践

田良 王尧 编著
黄正瑾 陈建元 束海泉



东南大学出版社

TN702

24

电工电子实践课程丛书

综合电子设计与实践

田 良 王 尧

编著

黄正瑾 陈建元 束海泉

东南大学出版社

·南京·

内 容 提 要

本书是《电工电子实践课程丛书》之一。其内容系围绕电子系统的设计与实现方法来安排的,目的是培养学生的系统设计能力,以适应电子信息时代对学生知识结构和能力的要求。全书共分9章:第1章为电子系统设计导论;第2章为常用传感器及其应用电路;第3章为模拟系统及其基本单元;第4章为模拟设计中的EDA技术;第5章为数字系统设计;第6章为单片机应用系统设计;第7章为电子系统的芯片实现方法;第8章为电子系统工程实现中的问题;第9章为电子系统设计举例。

全书取材先进、内容新颖、理论联系实际,既论及与电子系统高层设计理念相关的问题,又重视底层实现中常见实际问题的处置原则及方法。

本书可作为高等院校电气电子信息类专业的综合设计实践教材,也可供电气电子信息类工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

综合电子设计与实践/田良等编著. —南京:东南大学出版社,2002.3

(电工电子实践课程丛书/陈怡主编)

ISBN 7-81050-862-8

I. 综… II. 田… III. 电子电路—电路设计
IV. TM702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 006414 号

东南大学出版社出版发行
(南京四牌楼2号 邮编210096)

出版人:宋增民

江苏省新华书店经销 扬中市印刷厂印刷

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 20.75 字数 508 千字

2002年3月第1版 2002年3月第1次印刷

印数:1-4000册 定价:28.00元

(凡因印装质量问题,可直接向发行科调换。电话:025-3792327)

《电工电子实践课程丛书》编委会名单

主任委员 陈 怡

副主任委员 王 尧 刘京南

编 委 (以姓字笔划为序)

王澄非 田 良 李桂安

朱 珉 邹家禄 沈永朝

陈建元 胡仁杰 柯锡明

洪焕兴 钱俞寿 堵国梁

黄正瑾 戴先中

序

为了培养具有创新精神的高素质人才,为了适应电子信息技术的发展和拓宽专业口径,我校在多年教改研究与实践的基础上,提出了电气信息类电工电子课程大平台的新体系——8+5课程体系,即在教学计划中规定电气信息类各专业必修8门电工电子理论课程(电路分析,信号与系统,计算机结构与逻辑设计,电子线路基础,自动控制原理,电磁场与波,微机系统与接口,信息、通信、网络基础)及5门电工电子实践课程(电工电子实践初步、电路与数字逻辑设计实践、电子线路实践、微机硬件应用实践、综合电子设计与实践)。

为实施5门电工电子实践课程,培养学生的创新精神和实践能力,我校以接受教育部电工电子教学基地建设任务为契机,创建了校级电工电子实验中心。同时,在学校统一领导下,成立了《电工电子实践课程丛书》编委会,组织在教学第一线的骨干教师编写了本套丛书。

本套丛书是在我校多年来教改研究与实践的基础上,汲取了近年来我校及兄弟院校实践教学改革的经验撰写而成的。它既是前一阶段我校承担的教育部“面向21世纪电工电子教学内容和课程体系改革”项目的成果之一,也是新一轮教改实践的开端。本丛书在内容选择上力图具有以下特色:

- (1) 拓宽学科基础,扩展知识面,使强电与弱电结合、硬件与软件结合。
- (2) 注意将信息技术融入课程的内容及教学手段之中,如引进EDA教学及网络教学等。
- (3) 既注意本系列课程与相应理论课程的衔接、呼应,又保持了实践课程自身的体系与特色。
- (4) 课程内容中设计型、综合型实践占大多数,既注重功能单元及模块的设计与调试,又注重电子系统的设计与实践,强化工程训练及创新能力的培养。

本丛书从筹划到编写自始至终都得到了教育部工科电工课程指导委员会主任委员、东南大学原校长陈笃信教授的热情指导,同时,还得到东南大学教务处处长陈怡教授的大力支持。此外,本校及兄弟院校的许多同仁也给予了多方关心与帮助,在此,我们谨以编委会的名义向他们致以崇高的敬意,并表示衷心的感谢。

限于作者的水平和经验,书中难免存在一些不当之处,敬请各界专家学者及广大读者批评指正。

东南大学

《电工电子实践课程丛书》编委会

1999年7月

前 言

本书是《电工电子实践课程丛书》之一,它是在东南大学多年教改实践和前面 5 本丛书使用经验的基础上编写而成的。本书取材先进、内容新颖、理论联系实际,适合于电气电子信息类各专业选用。

本书的具体内容是对相关课程知识的拓宽、提高和综合应用,其目的是培养学生的系统设计能力,以适应电子信息时代对学生知识结构和能力的要求。众所周知,当今流行的大多数电子信息产品皆是一种集多种电路技术的复杂系统。相对而言,电路技术比较成熟且涉及的问题规模较小,因此在构思与设计这类产品时,其关键就是在给定的上市时间和性价比的约束下,如何成功地完成某种复杂电子系统的设计与实现。本书的内容就是围绕复杂电子系统的设计与实现方法而安排的。有关的论述有:上至电子系统的高层设计理念、一般性设计方法与步骤,下到电子系统工程实现中常见实际问题的处置原则及方法、重要元器件的正确使用方法等;从传统手工设计方法与步骤到 EDA 设计方法与步骤;从 PCB 板上集成系统到芯片上集成系统(简称片上系统——SOC)的设计方法与步骤等。其目的是让学生既要站得高看得远、把握住系统设计中的全局性问题,又能脚踏实地有条不紊地完成某个具体的系统设计与实现的任务,并能正确处理实现时遇到的常见实际问题。与上述论述有关的观点除渗透在本书的主要章节之中外,还在第 1 章和第 8 章内集中做了深入而系统的论述。

本书对构成电子系统的 3 种基本子系统——模拟、数字及微机子系统的设计问题均有相应章节进行较详细的讨论。其中第 2 至第 4 章对模拟子系统及电路的设计进行了讨论,这是因为模拟子系统及电路在系统设计中是不可缺少的,而且它们的设计要比数字系统和电路的设计困难,并缺少规范化的设计方法与步骤。尽管模拟子系统及电路在所要设计的系统中所占的比例并不大,但所需要的设计时间与人力在整个系统设计中却往往占有较大的比例,因此在培养学生系统设计能力的时候,必须注意培养他们设计模拟子系统及电路的能力,尤其是运用 EDA 工具去设计模拟子系统及电路的能力。本书的第 4 章——模拟设计中的 EDA 技术就是为此目的而安排的。

由于采用数字方法实现的系统有许多优越性,因此,现代电子系统中一切能够用数字方法实现的部分则尽量采用数字方法去实现。数字方法中又分硬件和软件的实现方法。纯硬件的数字实现方法适合于设计高速数字系统,本书第 5 章就是具体介绍采用 VerilogHDL 进行描述,并用 CPLD 实现的规范化的纯硬件的数字系统的设计方法。这种设计方法亦适用于采用其他实现技术的数

字系统的设计。单片机或者 DSP 器件广泛用于软件实现的数字系统,这类系统工作速度低于纯硬件的数字系统,但是其灵活性较大,系统功能的增减与修改非常方便,因而广泛用于一切对工作速度要求不高的场合。所以本书安排了第 6 章——单片机应用系统设计,具体讨论了以 MCS-51 系列单片机和 TMS-320 系列 DSP 器件构成的典型应用系统。

由于片上系统(SOC)技术已广泛用到了各类电子产品之中,因此学校的教学内容必须适应这种形势,要使我们的学生对采用片上系统技术来实现电子系统的方法有所了解,并能设计一些复杂性适度的 ASIC 芯片。为此本书安排了第 7 章——电子系统的芯片实现方法。

为了帮助学生理解和掌握所讨论的不同系统的设计方法,在本书相应的地方皆有一些完整的或者局部的设计举例。此外,还专门安排了一章即第 9 章——电子系统设计举例。

必须说明,书中所举的一些例子,包括第 9 章的例子以及所布置的系统设计作业,与实际的各种应用电子系统相比,其规模与复杂性均不算大,这是出于在有限的学时内让学生经历完整的系统设计过程而考虑的。实践证明,经过这些规模与复杂性均不算大的系统的设计和实践训练后,学生是能够掌握更复杂系统的设计方法的,他们在毕业设计中能够出色地完成各种大型复杂系统的设计任务就是一个证明。

本书在教学中使用时,并非全部都要讲,可根据先修的相关课程的内容选择一部分在课堂上讲解,余下的留给同学自学。建议讲课时间为 24~32 学时,动手进行设计实践的时间为 $(24 \sim 32) \times 2$ 学时。

参加本书编写的共 5 人,分工如下:第 1、4、7 章由田良编写,第 2、3 章由王尧编写,第 5 章由黄正瑾编写,第 6 章由陈建元编写,第 8 章由束海泉编写,第 9 章是集体编写与选编,全书由田良统稿。其中第 1、4、7 章在定稿前还请王志功教授进行了审阅,对他提出的宝贵意见在此表示感谢。此外还要感谢:徐莹隽为第 5 章的设计举例做了实验验证工作;上海 LATTICE 公司的陈恒主任为我们提供了 PAC-Designer 设计软件。

由于我们的水平有限,加上时间仓促,书中疏漏及错误之处在所难免,欢迎广大师生批评指正、提出宝贵意见。(e-mail:tl@seu.edu.cn)

编 者

于东南大学

2001 年 12 月 26 日

目 录

1 电子系统设计导论	(1)
1.1 电子系统概述	(1)
1.2 电子系统的设计	(5)
1.2.1 电子系统设计的一般方法	(5)
1.2.2 电子系统设计的一般步骤	(6)
1.2.3 设计文档的作用	(9)
1.2.4 传统手工设计步骤	(9)
1.2.5 电子系统设计的 EDA 方法	(10)
1.2.6 电子系统设计的三要素——人才、工具、库	(15)
1.3 各种电子系统设计步骤综述	(16)
1.3.1 数字系统设计步骤	(16)
1.3.2 模拟系统设计步骤	(16)
1.3.3 以微机(单片机)为核心的电子系统的设计步骤	(16)
1.4 电子系统设计选题举例	(17)
1.4.1 简易数控直流电源	(17)
1.4.2 频率特性测试仪	(18)
习题与思考题	(19)
参考文献	(19)
2 常用传感器及其应用电路	(20)
2.1 概述	(20)
2.2 常用传感器及其应用要求	(21)
2.2.1 常用传感器分类	(21)
2.2.2 传感器的应用要求	(22)
2.3 温度传感器	(23)
2.3.1 温度传感器的分类	(23)
2.3.2 集成温度传感器	(24)
2.4 光电传感器	(27)
2.4.1 发光二极管的特性	(27)
2.4.2 光敏二极管和光敏三极管	(28)
2.4.3 应用举例	(29)
2.5 霍尔传感器	(30)
2.5.1 线性霍尔传感器	(31)
2.5.2 开关型霍尔传感器	(32)
习题与思考题	(34)

参考文献	(34)
3 模拟系统及其基本单元	(35)
3.1 模拟系统及其特点	(35)
3.2 模拟信号产生单元	(35)
3.2.1 单片精密函数发生器 ICL8038	(35)
3.2.2 高精度 50 Hz 时基电器	(37)
3.3.3 锁相环频率合成器	(38)
3.3 模拟信号的常用处理单元	(39)
3.3.1 集成运放及其在放大电路中的典型运用	(39)
3.3.2 测量放大器	(43)
3.3.3 RC 有源滤波器的快速实用设计	(46)
3.4 模拟信号变换单元	(52)
3.4.1 集成电压比较器	(53)
3.4.2 采样保持器	(55)
3.4.3 多路模拟开关	(58)
3.4.4 电压/电流变换器	(60)
3.4.5 电压 - 频率变换器	(63)
3.4.6 频率解码电路	(66)
习题与思考题	(68)
参考文献	(68)
4 模拟设计中的 EDA 技术	(69)
4.1 引言	(69)
4.2 用于模拟设计的 EDA 工具简介	(70)
4.2.1 PSpice 简介	(70)
4.2.2 OrCAD 简介	(71)
4.2.3 EWB 简介	(72)
4.2.4 MATLAB 简介	(72)
4.2.5 影响 EDA 模拟设计正确性的因素	(73)
4.3 PSpice 及 EWB 中高级分析的使用	(73)
4.3.1 参数扫描分析	(73)
4.3.2 温度扫描分析	(75)
4.3.3 灵敏度分析	(76)
4.3.4 最坏情况分析	(79)
4.3.5 蒙特 - 卡罗 (Monte - Carlo) 分析	(81)
4.4 器件宏模型在 PSpice 模拟中的应用举例	(84)
4.4.1 关于器件宏模型	(84)
4.4.2 应用举例	(85)
4.5 在系统可编程模拟器件 (ispPAC) 的原理及应用	(88)
4.5.1 概述	(88)

4.5.2 结构与性能简介	(89)
4.5.3 应用举例	(92)
4.5.4 其他类型的可编程模拟器件	(100)
习题与思考题	(101)
参考文献	(102)
5 数字系统设计	(103)
5.1 概述	(103)
5.2 可编程逻辑器件(PLD)的原理与应用	(104)
5.2.1 可编程逻辑器件(PLD)综述	(104)
5.2.2 PLD 器件的使用	(115)
5.3 VERILOG 语言及其应用	(119)
5.3.1 VeriLog HDL 的基本结构	(119)
5.3.2 VeriLog HDL 的基本语法	(122)
5.3.3 不同抽象级别的 Verilog HDL 模型	(136)
5.3.4 系统的分层描述	(138)
5.3.5 用 VeriLog HDL 描述具体电路举例	(140)
5.4 全硬件数字子系统的设计	(149)
5.4.1 总体方案设计	(149)
5.4.2 子系统设计	(152)
5.4.3 总系统设计	(167)
习题与思考题	(168)
参考文献	(168)
6 单片机应用系统设计	(169)
6.0 引言	(169)
6.1 MCS-51 单片机的基本知识回顾与单片机最小系统	(169)
6.1.1 基本知识的回顾	(169)
6.1.2 单片机最小系统	(171)
6.2 单片机应用系统的一般组成及开发过程	(172)
6.2.1 单片机应用系统的一般组成	(172)
6.2.2 单片机应用系统的开发过程	(174)
6.2.3 单片机测量控制系统	(174)
6.2.4 单片机教学实验系统	(175)
6.3 单片机应用系统的数据采集通道与接口	(181)
6.3.1 数据采集通道概述	(181)
6.3.2 A/D 转换器芯片与系统的连接	(183)
6.3.3 A/D 转换器与 MCS-51 单片机的接口举例	(184)
6.3.4 单片机测量频率量的方法	(186)
6.4 单片机输出通道与接口	(189)
6.4.1 概述	(189)

6.4.2 D/A 转换器与 MCS-51 单片机的接口设计	(191)
6.5 单片机 C 语言	(193)
6.5.1 概述	(193)
6.5.2 使用 Franklin C 高级语言的软件设计	(194)
6.6 DSP 原理及结构	(205)
6.6.1 概述	(205)
6.6.2 TMS320 系列 DSP 的结构	(206)
6.6.3 最小系统设计	(215)
6.6.4 DSP 在智能测控系统中应用的硬件结构	(217)
6.6.5 DSP 在测控系统中应用的软件设计	(223)
6.7 综合实验电路	(229)
习题与思考题	(235)
参考文献	(236)
7 电子系统的芯片实现方法	(237)
7.1 引言	(237)
7.2 设计流程	(238)
7.2.1 概述	(238)
7.2.2 数字 ASIC 的设计流程	(238)
7.2.3 模拟 ASIC 的设计流程	(239)
7.2.4 片上系统(SOC)的设计流程	(240)
7.3 面向教学的芯片设计工具与环境	(242)
7.3.1 引言	(242)
7.3.2 DSCH 软件	(243)
7.3.3 Microwind 软件	(244)
7.4 定时器 ASIC 芯片的设计方法与步骤	(245)
7.4.1 系统描述及功能设计	(245)
7.4.2 逻辑设计和电路设计	(247)
7.4.3 版图设计	(247)
习题与思考题	(251)
参考文献	(251)
附录 7.1 2 μm 单晶硅单层金属 N 阱 CMOS 设计规则	(252)
附录 7.2 2 μm 单晶硅单层金属 CMOS 库单元版图举例	(257)
8 电子系统工程实现中的问题	(260)
8.1 概述	(260)
8.2 电子系统的抗干扰设计	(260)
8.2.1 电磁干扰与电磁兼容问题	(260)
8.2.2 干扰的类型	(261)
8.2.3 干扰传播的途径	(262)
8.2.4 抗干扰设计方法	(262)

8.3 电子设备热设计	(265)
8.3.1 功率器件的散热	(265)
8.3.2 整机的散热	(265)
8.4 可靠性设计	(265)
8.5 数字电路的可测试性设计	(267)
8.6 印刷电路板的设计与装配	(269)
8.6.1 PCB 的设计	(269)
8.6.2 PCB 的装配与焊接	(270)
8.7 电子系统的调试	(270)
8.7.1 通电调试之前的检查	(270)
8.7.2 调试的一般顺序与步骤	(270)
8.7.3 做好调试记录	(271)
8.7.4 模拟电路的调试	(271)
8.7.5 数字电路系统的调试	(272)
8.7.6 带微机电路系统的调试	(273)
8.8 质量管理与质量保证标准	(274)
8.9 电子设备设计文件	(274)
习题与思考题	(276)
参考文献	(276)
9 电子系统设计举例	(277)
9.1 前言	(277)
9.2 水温控制系统的设计	(277)
9.2.1 原始设计任务书	(277)
9.2.2 水温控制系统的设计报告	(278)
9.3 数字式工频有效值电压表设计	(283)
9.3.1 原始设计任务书	(283)
9.3.2 数字式工频有效值电压表设计报告	(284)
9.4 频率特性测试仪	(287)
9.4.1 原始设计任务书	(287)
9.4.2 频率特性测试仪设计报告	(288)
9.5 数字化语音存储与回放系统	(292)
9.5.1 原始设计任务书	(292)
9.5.2 数字化语音存储与回放系统设计报告	(292)
参考文献	(298)
附录 1 电子设计常用网址	(299)
附录 2 常用电子工程手册	(300)
附录 3 YT - CM1 型 CPLD/MCU 综合实验系统	(301)

1.1 电子系统概述

1) 定义

(1) 系统的定义

关于系统的一般化定义有各种不同的表达方式,下面是一个比较准确且易于理解的表达:系统是由两个以上各不相同且互相联系、互相制约的单元组成的、在给定环境下能够完成一定功能的综合体。这里所说的单元,可以是元件、部件或子系统。一个系统又可能是另一个更大的系统的子系统。如此一般化的定义适用于任何类型的系统(包括物理的、非物理的、自然的与人工合成的系统等)。系统的基本特征是:在功能与结构上具有综合性、层次性和复杂性。这些特征决定了系统的设计与分析方法将不同于简单的对象。当今,人类科技和文明已达到相当高的水平,现行的已投入使用的各种系统以及正在研究的各种系统均达到了相当大的规模与复杂度。因此,具有管理系统设计中复杂性的能力,应作为培养当代大学生的目标之一。

(2) 电子系统的定义

通常将由电子元器件或部件组成的能够产生、传输或处理电信号及信息的客观实体称为电子系统。例如,通信系统、雷达系统、计算机系统、电子测量系统、自动控制系统等等。这些应用系统在功能与结构上具有高度的综合性、层次性和复杂性。这类系统的设计与分析方法是本章讨论的中心。

(3) 电子系统、网络、电路的区别与联系

众所周知,组成电子系统的主要部件中包括了大量的、多种类型的电子元器件和电路。电路亦称为电网络或网络。当研究一般的抽象规律时多用网络一词,反之,讨论一些指定的具体问题时则称之为电路。一般说来,系统比网络更复杂、规模更大的组合体。前面所列举的一些应用系统确实如此。然而,实际中常常将一些简单的网络或电路亦称之为系统。这是因为采用了研究系统的观点与方法学去观察与处理这类网络或电路的缘故。同一个事物当作为系统问题研究时应注意其全局,而作为网络问题研究时则关心其局部。例如,仅由一个电阻和一个电容组成的简单电路,在网络分析中,注意研究其各支路、回路的电流或电压;而从系统的观点来看,可以研究它如何构成具有微分或积分功能的运算器(系统)。这样的系统是一种系统方法学意义上的系统,不妨将它们称之为方法学系统。此外,还有一种情况:一个实际的物理元件,如电阻或电容,在工作频率不高时,它们均为一个集中参数的元件而已;但当工作频率很高,需考虑引线以及元件本体的分布参数影响时,它们以及由它们组成的电路均成了比较复杂的网络或系统。深亚微米 VLSI 集成电路片上的互连线以及由片上焊盘(PAD)到外引脚之间的连线就是这样一种复杂的分布参数系统的实例。

本章所讨论的系统设计问题,其目标系统均指各种应用系统,而方法学系统和分布参数

系统则作为所设计的目标系统中的子问题来考虑。实际上,对一些简单的应用系统或者仅限于做系统的高层设计时,不一定涉及到方法学系统和分布参数系统的问题。

2) 有代表性的电子系统

下面列举几个典型的电子系统,以便对各种电子系统的组成与结构有一个感性认识。

(1) 通信系统

该系统的种类很多,现以移动电话为例来看其组成。图 1.1 是一个简化了的 GSM900

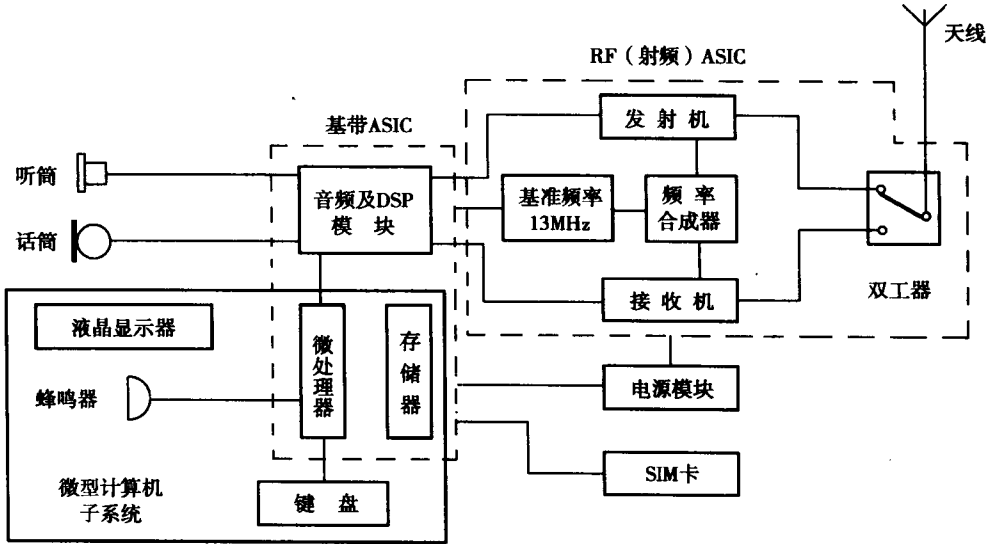


图 1.1 GSM 移动电话组成方框图

(全球通)蜂窝移动电话的子系统级方框图。移动电话是一种众所周知的通信工具,虽然外形小、重量轻,但确是一个包括了发射机、接收机、微型计算机和音频及数字信号处理(DSP)、用户身份卡(SIM)等子系统的复杂系统。其中发射机、接收机和天线等为射频(890 ~ 960 MHz)模拟子系统;音频及 DSP 模块包括了低频模拟电路、数字电路和模数混合电路 A/D、D/A。如此复杂的系统只有借助于先进的 VLSI 微电子技术才能实现,它是现代高科技的结晶。目前最先进的移动电话主要由 RF(射频)和基带两片专用集成电路(ASIC)组成。

下面通过该移动电话系统来看一看一个复杂系统在结构上的层次性。如前所述,图 1.1 是该移动电话子系统级上的组成方框图,其中的每一个子系统又可分解为由若干子部件组成的系统。例如,其中的微型计算机子系统就是由微处理器、存储器、键盘及显示器几个部件组成的(更为一般化的计算机系统的组成框图可参见图 1.5)。而组成子系统的每个部件又可分解为由许多元件组成的电路。类似地,发射机、接收机也可由顶层(子系统级)向下,一层一层地一直分解到元件级(底层)。一般情况下,稍微复杂一点的电子系统均具有如图 1.2 所示的层次式结构。

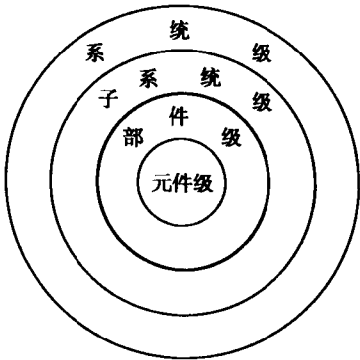


图 1.2 电子系统结构的层次性

(2) 自动控制系统

该自动控制系统是一个由计算机控制的电动机转速调节系统(见图 1.3),由五个子系统组成。子系统的类型有数字的、模拟的和数字模拟混合的(如数字转速计及 D/A 部件)。这是一个有反馈的闭环系统。控制算法由计算机中的数字信号处理(DSP)软件决定。众所周知,利用软件很容易实现诸如数字 PID(比例 - 积分 - 微分)等控制算法。

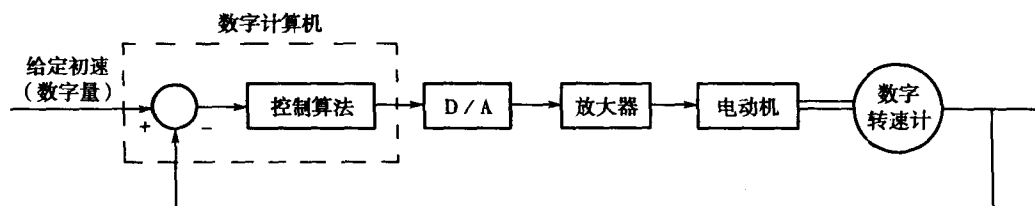


图 1.3 电动机转速调节系统

(3) DVD 播放机

当前 VCD 与 DVD 播放机已成为大众化的家电产品。该产品看似普通,然而它们也属于集多种高新技术的复杂系统。图 1.4 是一个 DVD 播放机的子系统级的方框图。其中光盘驱动及读写部件是一个机、光、电一体化的数据采集与控制(伺服)子系统。此外,几个解码子系统均由数字信号处理(DSP)硬件技术来实现。播放机系统控制器是由一个单片机(MCU)子系统来实现的。显然,该播放机系统也必须在 VLSI 微电子技术的基础上才能实现。

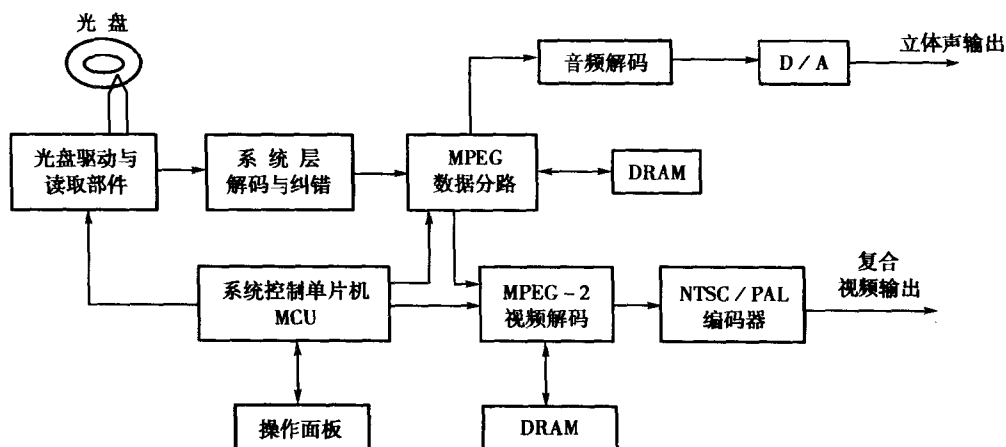


图 1.4 DVD 播放机方框图

(4) 计算机系统

图 1.5 是一个典型的 Pentium 个人计算机系统。它由 CPU、Cache(高速缓冲内存)、SDRAM 内存、南桥、北桥、PCI 总线、ISA/EISA 总线、各种不同功能的接口模块以及各种外设(显示器、键盘、磁盘驱动器、光盘驱动器及打印机等)组成。其他类型的微型机或单片机具有不同程度简化的类似于图 1.5 的结构。一个微型机或单片机往往作为一个子系统嵌入到各种更大、更复杂的系统中去使用,正如前面所介绍的 3 个系统那样。

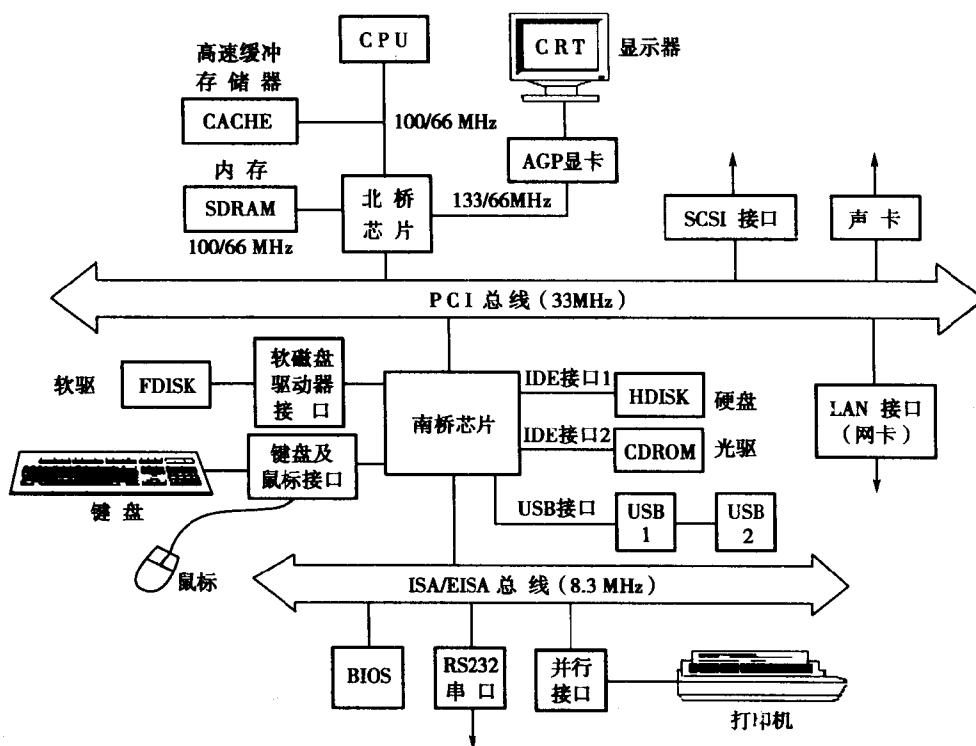


图 1.5 Pentium 个人计算机系统

3) 构成电子系统的子系统的基本类型

从上面所列举的 4 个电子系统可以看出,每个系统均由若干个不同的子系统构成,尽管子系统的类型很多,但是归纳起来不外乎以下 5 种基本类型:

- (1) 模拟子系统;
- (2) 数字子系统;
- (3) 模拟、数字混合子系统;
- (4) 微机子系统;
- (5) DSP(数字信号处理)子系统。

现代大型、复杂的电子系统中一般总要包括上述 5 种类型的子系统,但某些系统可能仅包括前 4 种子系统,而一些简单的系统,可能只包括其中的 3 种、2 种甚至 1 种。然而从设计的基本方法上来讲,掌握了 3 种最基本的子系统的设计方法也就可以设计上述 5 种子系统了。这 3 种子系统即为:模拟子系统、数字子系统、微机子系统。以硬件实现的 DSP 子系统的设计可在掌握 DSP 的理论和算法的前提下,借助数字子系统的设计方法完成设计;以软件实现的 DSP 子系统的设计可在掌握 DSP 的理论和算法的前提下,借助微型计算机子系统的程序设计方法和硬件配置方法去完成;混合子系统的设计可将模拟子系统与数字子系统的设计方法结合起来去完成。读者一般已经接受过上述 3 种基本子系统的设计与分析的学习和实践训练,在此基础上,通过本门课的学习要掌握更大、更复杂的电子系统的设计和分析方法。

1.2 电子系统的设计

1.2.1 电子系统设计的一般方法

因为电子系统的复杂性,必须用有效的方法去管理其复杂性才能使系统设计得到成功。基于系统的功能与结构上的层次性,演化出了如下3种设计方法:

1) 自顶向下法(Top - Down)

该设计方法首先从系统级设计开始。系统级的设计任务是:根据原始设计指标或用户的需求,将系统的功能(或行为)全面、准确地描述出来,也即将系统的输入/输出关系全面、准确地描述出来,然后进行子系统级设计。具体讲就是根据系统级设计所描述的该系统应具备的各项功能,将系统划分和定义为一个个适当的能够实现某一功能的相对独立的子系统。每个子系统的功能(即输入/输出关系)必须全面、准确地描述出来,子系统之间的联系也必须全面、准确地描述出来。例如移动电话应有收信与发信的功能,就必须分别安排一个接收机子系统和一个发射机子系统,还必须安排一个微型计算机作为内务管理和用户操作界面管理子系统,此外,天线和电源子系统的必要性是不言自明的,等等。子系统的划分、定义和互连完成后,就下到部件级上去进行设计,即设计或者选用一些部件去组成实现既定功能的子系统。部件级的设计完成后,再进行最后的元件级设计,即选用适当的元件去实现有既定功能的部件。

自顶向下法是一种概念驱动的设计方法。该方法要求在整个设计过程中尽量运用概念(即抽象)去描述和分析设计对象,而不要过早地考虑实现该设计的具体电路、元器件和工艺,以便抓住主要矛盾,避免纠缠在具体细节上,这样才能控制住设计的复杂性。整个设计在概念上的演化从顶层到底层应当逐步由概括到展开,由粗略到精细。只有当整个设计在概念上得到验证与优化后,才能考虑“采用什么电路、元器件和工艺去实现该设计”这类具体问题。此外,设计人员在运用该方法时还必须遵循下列原则,方能得到一个系统化的、清晰易懂的以及可靠性高、可维护性好的设计:

(1) 正确性和完备性原则 该方法要求在每一级(层)的设计完成后,都必须对设计的正确性和完备性进行反复的过细检查——即检查指标所要求的各项功能是否都实现了,且留有必要的余地,最后还要对设计进行适当的优化。

(2) 模块化、结构化原则 每个子系统、部件或子部件应设计成在功能上相对独立的模块,即每个模块均有明确的可独立完成的功能,而且对某个模块内部进行修改时不应影响其他的模块;子系统之间、部件之间或者子部件之间的联系形式应当与结构化程序设计中模块间的联系形式相仿。

(3) 问题不下放原则 在某一级的设计中如遇到问题时,必须将其解决了才能进行下一级(层)的设计,切不可将上一级(层)的问题留到下一级(层)去解决。

(4) 高层主导原则 在底层遇到的问题找不到解决办法时,必须退回到它的上一级(层)去甚至再上一级去,通过修改上一级的设计来减轻下一级设计的困难,或找出上一级设计中未发现的错误并将其解决,才是正确的解决问题的策略。

(5) 直观性、清晰性原则 设计中不主张采用那些使人难以理解的诀窍和技巧,应当在