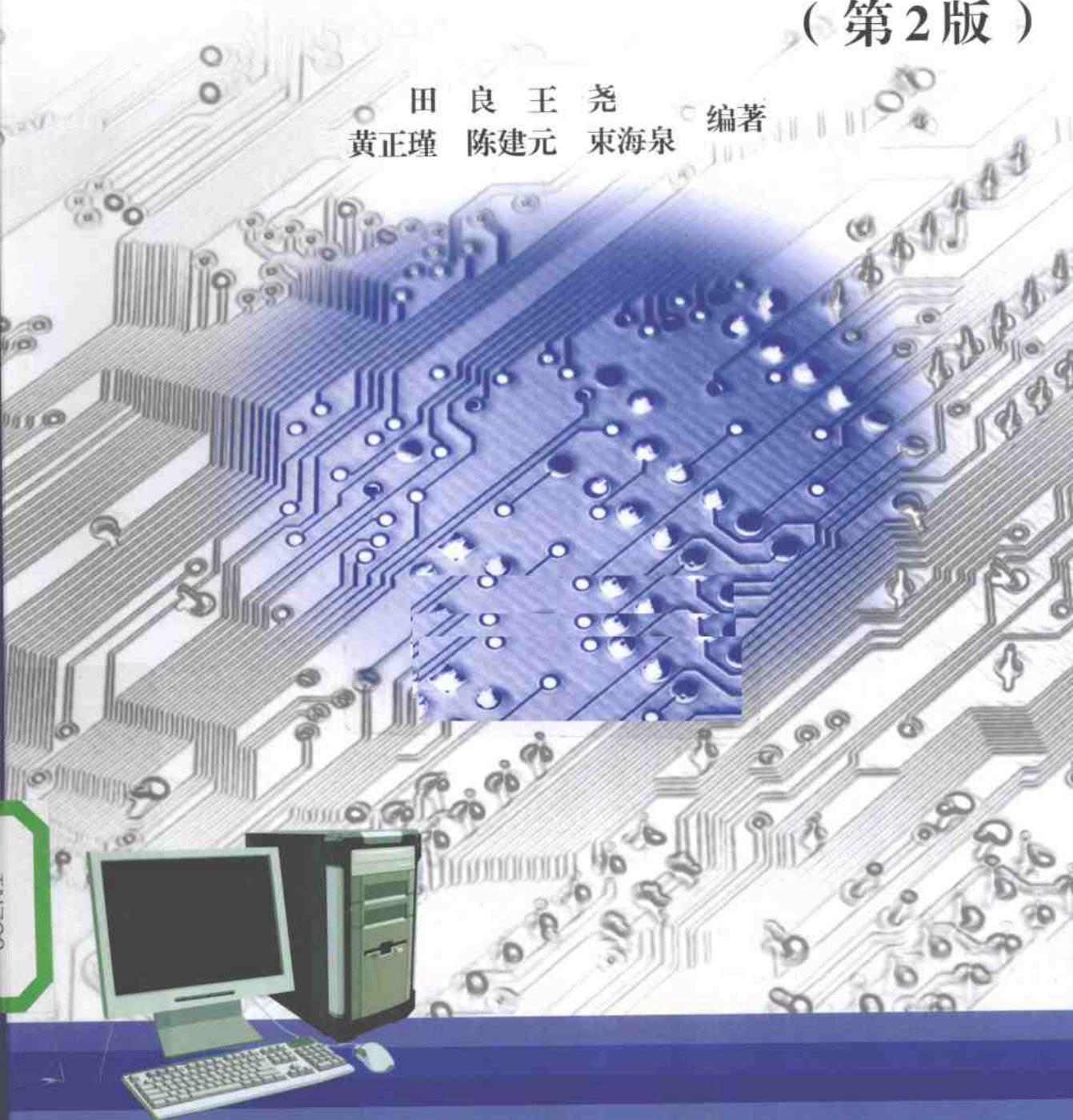


新世纪电工电子实践课程丛书

综合电子设计与实践

(第2版)

田良王尧 编著
黄正瑾 陈建元 束海泉



东南大学出版社

新世纪电工电子实践课程丛书

综合电子设计与实践

(第2版)

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

本书对2002年版做了重要修订。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章为嵌入式处理器与嵌入式系统及其应用;第7章为电子系统的芯片实现方法;第8章为电子系统设计与制造的有关工程问题;第9章为电子系统设计举例。以上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。此次该书经过修编后,内容更加符合当前技术发展趋势以及教学改革的需求。

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. —2版. —南京:
东南大学出版社, 2010.7

(新世纪电工电子实践课程丛书)

ISBN 978-7-5641-2076-4

I. ①综… II. ①田… III. ①电子电路—电路设计
IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 025479 号

综合电子设计与实践(第2版)

出版发行	东南大学出版社
出 版 人	江 汉
社 址	南京市四牌楼2号
邮 编	210096
经 销	全国各地新华书店
印 刷	兴化印刷有限责任公司
开 本	787 mm×1092 mm 1/16
印 张	20.5
字 数	509 千
版 次	2002年3月第1版 2010年7月第2版
印 次	2010年7月第1次印刷
印 数	1—3000 册
书 号	ISBN 978-7-5641-2076-4
定 价	40.00 元

(凡因印装质量问题,请与我社读者服务部联系。电话:025-83792328)

第2版前言

《综合电子设计与实践》一书自2002年3月出版以来,至今已历时7年多。正如MNG三定律^①所揭示的那样,在过去的7年中,微电子、通信、信息技术(IT)等均以惊人的发展速度创造和催生了许多奇迹。其成果惠及了生活在当代的人们的日常工作、学习、文化娱乐、问医求药、通信、证券交易、旅游交通等诸多方面。反映在相关的电路与系统的理论、软硬件技术、电子产品、EDA工具以及电子制造工艺等方面,皆伴随着出现许多新的建树与新的事物。作为电气电子信息类专业实践教材的《综合电子设计与实践》,对上述领域内出现的新生事物应当有所反映,以使该教材能适应电气电子信息技术进步与发展的最新形势以及教学改革的需求。因此有必要对该书做一次推陈出新的修编。

此次修编首先将各章的行文及技术用语根据技术进步与发展的最新形势做了一些必要的修改、调整与润色,并更正了一些印刷错误。其次,对有关内容进行了一些删减与替换补充。压缩了那些在前修课与本课之间起着承上启下作用的部分回顾性的论述,补充介绍了若干新系统、新电路、新器件、新软件、新技术和新工艺。此外,从更有利于培养学生的系统设计能力、理论联系实际的能力以及实践动手的能力,更新、改写与补充了书中的一些设计举例。为配合本书的实践教学,采用并具体介绍了由东南大学信息科学与工程学院束海泉教授^②的团队研发、生产的《ESD-7综合电子设计与实践平台》,本书第九章中有三个设计举例就是利用该平台完成硬、软件的设计与验证的。为了给使用本书的老师提供制作课件以及教学的方便,将本书所有插图、附录和部分在《ESD-7综合电子设计与实践平台》上完成的参考设计的有关介绍,以及该设计的软件清单等刻录在一张光盘上,作为上述平台的附件之一。

此次修编工作的分工与2002版的编写分工基本相同,即第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章由田良、束海泉、陈建元编写,全书由田良审订与统稿。虽然我们

^① MNG三定律,即Moore定律、Nielson定律以及Gilder定律。Moore定律指出,芯片的集成度每18个月翻一番;Nielson定律指出,网络连接速率每21个月翻一番;Gilder定律指出,电信带宽每8个月翻一番(备注:Gordon Moore,美国人,Intel公司的创始人;Jakob Nielsen,丹麦人,著名网页易用性专家;George Gilder,美国人,著名未来学家、经济学家、数字时代的大思想家)。

^② shq@seu.edu.cn

在修编中已经尽了最大的努力,难免还有疏漏之处,请支持与喜欢本书的读者一如以往的献出你们的宝贵意见,欢迎批评与指正^①。

此次修编工作得到本书责任编辑——东南大学出版社朱珉^②老师的热情支持与帮助,本书全体作者在此对她表示衷心感谢!

编者

于东南大学

2009年12月26日

① tl@seu.edu.cn

② zhu_min_seu@163.com

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三种基本子系统——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 $(24\sim32)\times 2$ 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	(7)
1.2.3 设计文档的作用	(9)
1.2.4 传统手工设计步骤	(10)
1.2.5 电子系统设计的 EDA 方法	(11)
1.2.6 电子系统设计的三要素——人才、工具、库	(16)
1.3 各种电子系统设计步骤综述	(17)
1.3.1 数字系统设计步骤	(17)
1.3.2 模拟系统设计步骤	(17)
1.3.3 以微机(单片机)为核心的电子系统的设计步骤	(17)
1.4 电子系统设计选题举例	(18)
1.4.1 简易数控直流电源(1994 年全国大学生电子设计竞赛题之一)	(18)
1.4.2 频率特性测试仪(1999 年全国大学生电子设计竞赛题之一)	(19)
习题与思考题 1	(20)
参考文献	(20)
2 常用传感器及其应用电路	(21)
2.1 概 述	(21)
2.2 常用传感器及其应用要求	(22)
2.2.1 常用传感器分类	(22)
2.2.2 传感器的应用要求	(23)
2.3 温度传感器	(24)
2.3.1 温度传感器的分类	(24)
2.3.2 集成温度传感器	(25)
2.3.3 应用举例——红外热辐射温度仪	(28)
2.4 光电传感器	(29)
2.4.1 发光二极管的特性	(30)
2.4.2 光敏二极管和光敏三极管	(30)
2.4.3 应用举例	(31)

2.5 霍尔传感器	(32)
2.5.1 线性霍尔传感器	(33)
2.5.2 开关型霍尔传感器	(34)
习题与思考题 2	(36)
参考文献	(36)

3 模拟系统及其基本单元	(37)
3.1 模拟系统及其特点	(37)
3.2 模拟信号产生单元	(37)
3.2.1 单片精密函数发生器 ICL8038	(37)
3.2.2 高精度 50 Hz 时基电路	(39)
3.2.3 锁相环频率合成器	(39)
3.3 模拟信号的常用处理单元	(40)
3.3.1 集成运放及其在信号调理电路中的典型运用	(41)
3.3.2 测量放大器	(47)
3.3.3 RC 有源滤波器的实用电路	(49)
3.3.4 D 类音频功率放大器	(52)
3.4 模拟信号变换单元	(54)
3.4.1 集成电压比较器	(55)
3.4.2 采样保持器	(57)
3.4.3 多路模拟开关	(59)
3.4.4 电压-电流变换器	(61)
3.4.5 电压-频率变换器	(65)
3.4.6 频率解码电路	(67)
3.4.7 数字电位器及其应用	(69)
3.5 传感器与放大器之间的“匹配”	(71)
习题与思考题 3	(73)
参考文献	(73)

4 模拟设计中的 EDA 技术	(74)
4.1 引言	(74)
4.2 用于模拟设计的 EDA 工具简介	(75)
4.2.1 PSpice 简介	(75)
4.2.2 OrCAD 简介	(76)
4.2.3 EWB 简介	(77)
4.2.4 MATLAB 简介	(78)
4.2.5 影响 EDA 模拟设计正确性的因素	(78)
4.3 PSpice 及 EWB 中高级分析的使用	(79)

4.3.1 参数扫描分析	(79)
4.3.2 温度扫描分析	(81)
4.3.3 灵敏度分析	(81)
4.3.4 最坏情况分析	(84)
4.3.5 蒙特-卡罗(Monte-Carlo)分析	(87)
4.4 器件宏模型在 PSpice 模拟中的应用举例	(90)
4.4.1 关于器件宏模型	(90)
4.4.2 应用举例	(91)
4.5 在系统可编程模拟器件(ispPAC)的原理及应用	(94)
4.5.1 概述	(94)
4.5.2 结构与性能简介	(95)
4.5.3 应用举例	(98)
4.5.4 在系统可编程电源管理器件——ispPAC Power Manager	(106)
习题与思考题 4	(108)
参考文献	(109)
5 数字系统设计	(110)
5.1 概述	(110)
5.2 可编程逻辑器件(PLD)及其应用	(111)
5.2.1 可编程逻辑器件(PLD)概述	(111)
5.2.2 可编程逻辑器件的结构与编程方法	(111)
5.2.3 可编程逻辑器件(PLD)的使用	(115)
5.2.4 可编程片上系统(SOPC)	(120)
5.3 Verilog HDL 语言及其应用	(121)
5.3.1 Verilog HDL 语言的基本结构	(122)
5.3.2 Verilog HDL 的基本语法	(125)
5.3.3 不同抽象级别的 Verilog HDL 模型	(142)
5.3.4 系统的分层描述	(144)
5.3.5 用 Verilog HDL 描述具体电路举例	(146)
5.4 全硬件数字系统的设计	(155)
5.4.1 总体方案设计	(155)
5.4.2 子系统设计	(158)
习题与思考题 5	(173)
参考文献	(174)
6 嵌入式处理器与嵌入式系统及其应用	(175)
6.0 引言	(175)
6.1 单片机基本知识的回顾	(176)

6.1.1	MCS-51 系列单片机内部资源及引脚功能	(176)
6.1.2	单片机最小系统	(178)
6.2	单片机应用系统的一般组成及开发过程	(178)
6.2.1	单片机应用系统的一般组成	(178)
6.2.2	单片机应用系统的开发过程	(179)
6.2.3	单片机测量控制系统概述	(179)
6.3	单片机与外围器件的连接	(181)
6.3.1	单片机与并行总线外围器件的连接	(181)
6.3.2	单片机与串行外围器件的连接	(183)
6.3.3	单片机与以太网控制器的连接	(184)
6.3.4	用单片机测量脉冲频率的接口及测量方法	(186)
6.4	单片机输出控制通道	(190)
6.5	单片机 C 语言	(191)
6.5.1	概述	(191)
6.5.2	使用 Keil C51 的软件设计	(192)
6.6	DSP 原理、结构及应用	(199)
6.6.1	概述	(199)
6.6.2	TMS320 系列的结构	(201)
6.6.3	TMS320F2812 硬件电路设计	(205)
6.6.4	基于 DSP 的智能测控系统的硬件结构	(208)
6.6.5	DSP 在测控系统中应用的软件设计	(209)
6.7	ARM 处理器及嵌入式操作系统简介	(215)
6.7.1	ARM 处理器简介	(215)
6.7.2	μ CLinux 嵌入式操作系统简介	(216)
6.7.3	嵌入式软件的开发环境与工具	(217)
6.8	基于 FPGA 的 SOPC 系统简介	(218)
6.8.1	概述	(218)
6.8.2	Nios II 软核处理器	(219)
6.8.3	应用 Nios II 设计 SOPC	(220)
	习题与思考题 6	(225)
	参考文献	(226)
7	电子系统的芯片实现方法	(227)
7.1	引言	(227)
7.2	设计流程	(227)
7.2.1	概述	(227)
7.2.2	数字 ASIC 的设计流程	(228)
7.2.3	模拟 ASIC 的设计流程	(229)

7.2.4 片上系统(SOC)的设计流程	(230)
7.3 面向教学的芯片设计工具与环境	(232)
7.4 定时器 ASIC 芯片的设计方法与步骤	(234)
7.4.1 系统描述及功能设计	(234)
7.4.2 逻辑设计和电路设计	(236)
7.4.3 版图设计	(238)
7.5 国产工业级 EDA 软件——九天系统(Zeni System)简介	(241)
习题与思考题 7	(242)
附录 7.1 2 μm 单晶硅单层金属 N 阱 CMOS 设计规则	(243)
附录 7.2 2 μm 单晶硅单层金属 CMOS 库单元版图举例	(248)
参考文献	(250)
8 电子系统设计与制造的有关工程问题	(251)
8.1 概述	(251)
8.2 电子系统的抗干扰设计	(251)
8.2.1 电磁干扰与电磁兼容问题	(251)
8.2.2 干扰的类型	(253)
8.2.3 干扰传播的途径	(253)
8.2.4 抗干扰设计方法	(253)
8.3 电子设备热设计	(256)
8.3.1 功率器件的散热	(256)
8.3.2 整机的散热	(257)
8.4 可靠性设计	(257)
8.5 数字电路的可测试性设计	(258)
8.6 印刷电路板的设计与装配	(260)
8.6.1 PCB 的设计	(261)
8.6.2 关注信号完整性	(262)
8.7 电子系统的调试	(264)
8.7.1 通电调试之前的检查	(265)
8.7.2 初步制定出一个调试顺序与步骤	(265)
8.7.3 做好调试记录	(265)
8.7.4 模拟电路的调试	(265)
8.7.5 数字电路系统的调试	(266)
8.7.6 带微处理器的电路系统调试	(267)
8.8 可制造性设计	(268)
8.9 设计与质量管理	(268)
8.10 电子设备设计文件	(269)
复习思考题 8	(270)
参考文献	(271)

9 电子系统设计举例	(272)
9.1 前言	(272)
9.2 水温控制系统的设计	(272)
9.2.1 原始设计任务书	(272)
9.2.2 水温控制系统的设计报告	(273)
9.3 数字式工频有效值电压表设计	(278)
9.3.1 原始设计任务书	(278)
9.3.2 数字式工频有效值电压表设计报告	(279)
9.4 数字化语音存储与回放系统	(283)
9.4.1 原始设计任务书	(283)
9.4.2 数字化语音存储与回放系统设计报告	(283)
9.4.3 部分子系统的详细设计	(286)
9.4.4 单片机的软件算法与流程图	(289)
9.4.5 系统调试与指标测试	(292)
9.5 采用直接数字合成(DDS)方法产生正弦扫频信号	(293)
9.5.1 DDS工作原理	(293)
9.5.2 在《ESD-7 综合电子设计与实践平台》上,采用 DDS 方法产生正弦扫频信号	(295)
9.5.3 可以达到的性能指标	(297)
9.6 DDS 产生的扫频信号用于频率特性测量	(299)
9.6.1 概述	(299)
9.6.2 电路系统频率特性的测试方法	(299)
9.6.3 设计一个扫频仪	(300)
9.7 数字存储示波器和 FFT 频谱分析	(302)
9.7.1 概述	(302)
9.7.2 设计任务	(302)
9.7.3 设计方案	(302)
参考文献	(305)
附录	(306)
附录 A 电子设计常用网址	(306)
附录 B 常用电子工程手册	(307)
附录 C 《ESD-7 综合电子设计与实践平台》	(307)

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,应作为当代大学生的能力培养目标之一。

(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、采集或处理电信号及信息的客观实体称之为电子系统。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、视听系统等等。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。同一个电路当作为系统问题研究时注意其全局,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,注意研究其各个支路、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,它们均为集中参数元件;但当工作频率很高时,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就变成了分布参数式复杂网络或系统。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一种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) 移动通信设备。

该系统的种类很多,移动电话手持机(手机)是其中的一种。图 1.1 是依照我国自主制定的 TD-SCDMA^① 标准设计的一种 3G 手机的硬件方框图^②。手机是一种众所周知的通信工具,虽然外形很小、重量很轻,但确是一个包括了发射机、接收机、微处理器核和音频处理核及数字信号处理(DSP)核、USIM 卡^③等子系统的复杂系统。其中发射机、接收机和天线等为射频(2 010~2 025 MHz)模拟子系统;音频及 DSP 核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。现代手机主要由射频(RF)和基带(BB)两片专用集成电路(ASIC)甚至可以由一片 SOC(System On Chip 一片上系统)芯片组成。

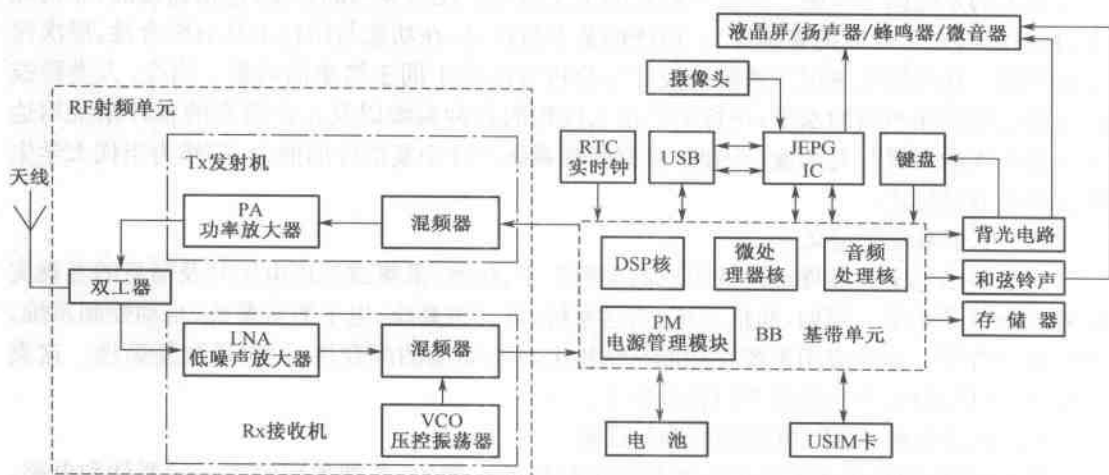


图 1.1 TD-SCDMA 手机硬件方框图

下面,通过该手机系统来看一看它在结构上的层次性。图 1.1 是该手机子系统级上的组成方框图,其中每个子系统又可分解为若干规模更小的子系统。例如,其中的基带(BB)子系统就可分解为微处理器核、DSP 核及音频处理核等规模更小的子系统。继而它们又可分解为若干规模更小的部件,直至最后可以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(子系统的系统级)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。

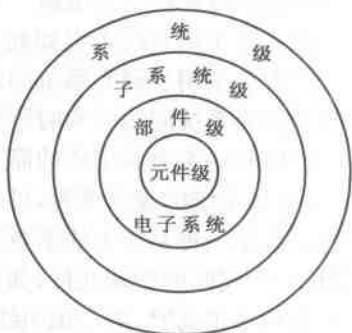


图 1.2 电子系统结构的层次性

① TD-SCDMA——Time Division—Synchronous Code Division Multiple Access——时分同步码分多址接入。

② 雷晓玉,张捷等. TD-SCDMA 手机终端软硬件设计[J]. 北京:电子产品世界,2005 年 5 月下半月。

③ USIM——UMTS Subscriber Identity Module——通用移动通信系统(UMTS)用户识别模块。

(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。

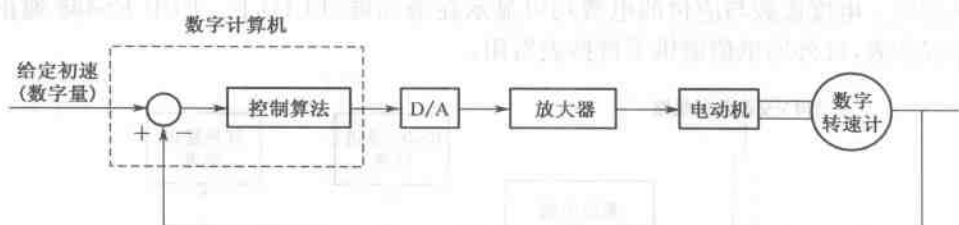


图 1.3 电动机转速调节系统

(3) MP3 随身听

MP3 随身听是一种可移动的音乐设备,专门用来播放 MP3 歌曲,其体积小、重量轻、抗抖动,加上时尚的外观,很受年轻人的青睐。别看它外形很小,却也是一种基于先进微电子技术的复杂系统。图 1.4 所示是一款 MP3 播放器的硬件方框图,主控芯片是一片 SOC 多媒体处理器,其中包括:32 位 RISC 处理器核+片上存储器——负责运行播放器的操作系统;DSP 核——用于实现音频的解码与编码;以及时钟、总线桥、外围组件(A/D、D/A、PMU(电源管理部件)、存储器接口、键盘接口、显示器接口等)。在处理器控制下,把闪存(Flash 存储器)或是闪存卡(SD 卡)之中的 MP3 文件送 DSP 核解码,再经过数模转换、放大,最后把音乐输送到我们的耳朵中。MP3 播放器还附带有调频收音功能(FM)以及录音功能。MP3 播放器的容量取决于内置闪存,常见从 64 MB、128 MB、256 MB 到 1 GB。一般来说,256 MB 内存,可以存放 60 首左右的 MP3 歌曲(因为码率压缩为 128 Kbit/s,每首歌大约占 3~5 MB 内存)。MP3 播放器一般还支持 WMA 格式的音乐文件,在相同音质下 WMA 格式比 MP3 格式文件体积更小,等效增大了它的容量。

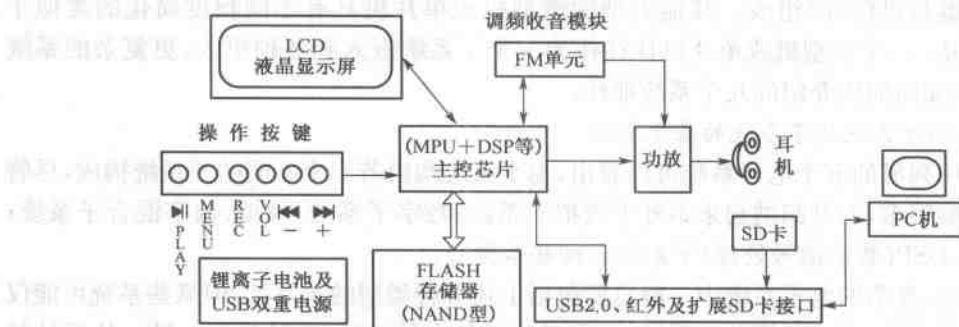


图 1.4 MP3 随身听硬件方框图

(4) 复费率数字式电度表

图 1.5 所示是一种复费率数字式电度表的硬件方框图。其核心部分为高精度电能计量

芯片(ADE7755)及单片机(MCU)。ADE7755^①是一款数/模混合的 VLSI,其中集成有二路 16bit 过取样 A/D 转换器、数字乘法器与滤波器,能够将取样的电压与电流值相乘计算出瞬时有功功率,并以脉冲信号输出送到 MCU 去,脉冲信号的频率即代表了瞬时有功功率,与此同时实时时钟也一起输入到 MCU 中去,经计算处理后即可获得所消耗的电能——电度数($\text{kW} \cdot \text{h}$)。按预先存储的不同时段的峰、谷电价,即可按不同费率计算出用户应付的用电费用。电度读数与应付的电费均可显示在液晶屏(LCD)上。图中 RS485 通讯信道用于远程抄表,红外通讯信道供手持抄表器用。

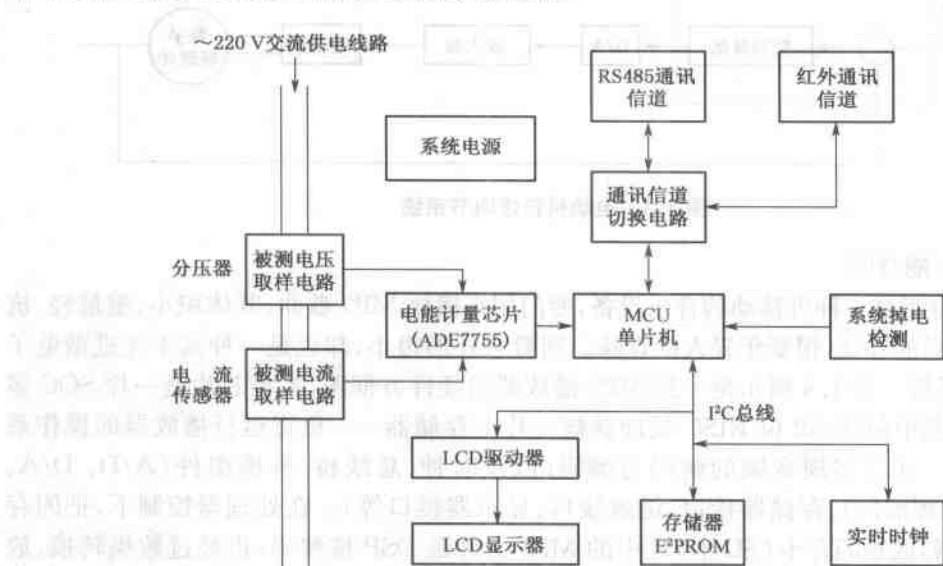


图 1.5 复费率数字式电度表硬件方框图

(5) 计算机系统

图 1.6 是一个典型的个人计算机系统。它由 CPU(Pentium 4 系列)、芯片组(北桥、南桥)、存储器、图形卡(显卡)、CPU 总线、存储器总线、图形总线、外设总线以及各种外设(显示器、硬盘、键盘鼠标等)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 1.6 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,正如前面所介绍的几个系统那样。

3) 构成电子系统的子系统的基本类型

从上面所列举的五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模拟子系统,数字子系统,模拟、数字混合子系统;微机子系统;DSP(数字信号处理)子系统五种基本类型。

现代大型、复杂的电子系统中一般总要包括上述五种类型的子系统,但某些系统可能仅包括前四种子系统,而一些简单的系统,可能只包括其中的三种、两种甚至一种。从设计的基本方法上来讲,掌握了三种最基本的子系统的设计方法也就可以设计上述五种子系统。

^① 详见 ADE7755—Energy Metering IC with Pulse Output, Analog Devices Data Sheet, Rev A, 08/2009, 出处: <http://www.analog.com/>