



普通高等教育“十二五”规划教材

电子电气基础课（应用型系列）

现代电子设计与创新 (第二版)

李 洋 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育 十二五 规划教材

现代电子设计与创新

(第二版)

主 编 李 洋

副主编 李 莉 张路纲

编 写 张 磊 冼立勤 史国振

常 段晓毅 耿彦明

主 审 藏 冬 书 章



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

本书以电子创新设计、全国大学生电子设计竞赛为主线，介绍了现代电子线路与系统的设计与制作的方法；以模拟系统、现代数字系统、智能系统（以单片机为核心、利用 EDA 技术的数模混合系统）三大系统并结合实例主题展开；介绍基本设计方法、工程制作实现的技巧及技术报告的撰写要求和方法。

本书可供高校电气工程类、电子工程类、信息工程类、自动控制类及机电工程类的专业作为参加各类电子制作、课程设计、毕业设计的教材以及电子工程技术人员进行电子电路设计与制作的参考书，同时可作为全国大学生电子设计竞赛的训练教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代电子设计与创新/李洋主编. —2 版. —北京：中国电力出版社，2012.7

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-3308-6

I. ①现… II. ①李… III. ①电子电路—电路设计—高等学校—教材 IV. ①TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 162703 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 7 月第一版

2012 年 9 月第二版 2012 年 9 月北京第四次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.75 印张 477 千字

定价 36.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

加强实践教学环节,提高实际能力的培养是当今社会对人才需求提出的要求,也是高等教育改革的重点,正是教育部正在试点的卓越工程师计划的主要内容,为了适用这一发展的需要,我们编写了现代电子设计与创新的第2版,其目的在于为电子系统设计的初学读者提供最基本的基础知识,为推动“加强实践环节、提高实际能力培养”的教学要求做出一点贡献。

近年来我们看到很多用人单位,很欢迎参加过电子竞赛的学生,所以我们以全国大学生电子设计竞赛所需要的知识点为主线,兼顾其他电子类的竞赛,坚持工程性和创新性,注重培养学生综合分析、协作精神和竞赛设计制作的能力。本书也可以作为课程设计、毕业设计的教学参考书以及电子工程技术人员进行电子电路设计与制作的参考书。

本书精简第一版的内容,整合部分内容,去掉了部分不是主流的内容如下:①MAX7000系列芯片;②FLEX10K系列芯片;③MAX+PLUS II的使用;④FLEX10K通用最简系统简介;⑤EPM7128通用最小系统简介;⑥系统设计与系统仿真技术。

增加的主要内容有:①速度传感器;②MAX II CPLD系列芯片;③Cyclone FPGA系列;④供电电路;⑤Quartus II的使用;⑥无三总线单片机系统的设计——AVR单片机;⑦Protues软件在单片机开发中的应用;⑧MP3音乐播放器的设计实例;⑨双因素认证系统设计实例;⑩加强了科技论文写作的内容;⑪补全了近年的全国电子设计竞赛的题目。

限于编者水平,错误之处在所难免,请读者批评指正。联系邮箱:liyangu@tom.com。

第二版前言

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。电子创新设计、电子竞赛都是综合性较强的电子设计制作项目,相当于一项小型科研。需要较扎实的理论基础和较强的实际操作能力,学生萌生的那些创意新颖的想法很可能在这里成为现实,这是非常有吸引力的。

本书的特点是以全国大学生电子设计竞赛所需要的知识点为基础,内容丰富实用,叙述简洁清晰,工程性强,突出了设计制作竞赛作品的方法,注重培养学生综合分析、开发创新和竞赛设计制作的能力。本书也可以作为参加各类电子制作、课程设计、毕业设计的教学参考书,以及电子工程技术人员进行电子电路设计与制作的参考书。

全书共分9章,第1章介绍了电子系统的设计方法和全国大学生电子设计竞赛命题原则及要求。第2章介绍了各种传感器的原理及应用电路。第3章介绍了集成直流稳压电源,信号放大电路,信号产生电路及模拟设计中的EDA技术。第4章介绍现代数字系统设计的方法,PLD及最小系统的开发、VHDL硬件描述语言和编程技巧。第5章介绍了单片机最小系统,通用键盘显示电路,单片机与液晶显示电路接口电路,第6章介绍了电子系统设计的举例。第7章介绍了电子元器件的识别检测及制作工艺,印制电路板设计与制作,电子系统的抗干扰设计。第8章介绍了各种电子设计的题目。第9章介绍了电子设计竞赛设计总结报告写作基本要求,设计总结报告示例,附录有电子网站和历年全国电子设计竞赛的题目。

目 录

前言

第一版前言

第1章 电子系统设计导论	1
1.1 电子系统概述	1
1.1.1 定义	1
1.1.2 电子系统的构成	1
1.1.3 电子产品的研制开发过程	1
1.1.4 电子系统设计的基本原则	2
1.2 电子系统的设计方法	3
1.3 各种电子系统设计步骤	5
1.3.1 模拟系统设计步骤	5
1.3.2 数字系统设计步骤	6
1.4 电子设计竞赛题目与分析	7
1.4.1 全国大学生电子设计竞赛简介	7
1.4.2 全国大学生电子设计竞赛命题原则及要求	7
1.4.3 全国大学生电子设计竞赛的题目分析	8
第2章 传感器及其应用	11
2.1 传感器概述.....	11
2.1.1 传感器组成.....	11
2.1.2 传感器分类.....	11
2.1.3 传感器特性.....	12
2.2 传感器及其应用.....	14
2.2.1 转速传感器.....	14
2.2.2 温度传感器.....	17
2.3 传感器接口电路的设计.....	23
2.3.1 接口电路设计注意事项.....	23
2.3.2 放大电路的设计.....	23
第3章 模拟系统中的基本电路模块	26
3.1 电源电路的设计.....	26
3.1.1 引起稳压电源输出不稳定的主要原因.....	26
3.1.2 稳压电源技术指标.....	26
3.1.3 直流稳压电源.....	27

3.2	运算放大器电路	33
3.2.1	运算放大器基本特性	33
3.2.2	理想运放的工作特点及常用运算电路	36
3.2.3	集成运放的单电源应用	38
3.2.4	测量放大电路	38
3.3	信号产生电路和信号处理电路	41
3.3.1	信号产生电路	41
3.3.2	信号处理电路	42
3.4	模拟设计中的 EDA 技术	45
3.4.1	概述	45
3.4.2	用于模拟设计的 EDA 工具简介	45
3.4.3	影响 EDA 模拟设计正确性的因素	47
第 4 章	现代数字系统设计	49
4.1	概述	49
4.2	现代数字系统设计的方法	50
4.3	PLD 器件概述	51
4.3.1	MAX II CPLD 系列芯片	52
4.3.2	Cyclone FPGA 系列	53
4.4	PLD 最简系统的开发	53
4.4.1	PLD 的配置	54
4.4.2	供电电路	55
4.5	Quartus II 的使用	56
4.6	VHDL 硬件描述语言常见错误及其原因分析	58
4.7	编程技巧	66
4.7.1	程序优化	66
4.7.2	状态机优化	67
4.7.3	毛刺与抗干扰	68
4.7.4	宏功能模块和 IP 核复用	69
第 5 章	单片机应用系统设计	70
5.1	概述	70
5.2	单片机系统设计基础	70
5.2.1	单片机系统的一般组成	70
5.2.2	芯片选择	71
5.2.3	单片机系统的扩展	72
5.3	具有三总线单片机系统的设计——MCS-51	75
5.3.1	MCS-51 单片机概述	75
5.3.2	最小系统	76
5.3.3	单片机总线接口扩展	77

5.4	无三总线单片机系统的设计——AVR 单片机	83
5.4.1	AVR 单片机概述	83
5.4.2	最小系统	85
5.4.3	单片机总线接口扩展	87
5.5	单片机与 D/A 及 A/D 转换电路制作	87
5.5.1	D/A 转换电路及程序设计	87
5.5.2	A/D 转换电路及程序设计	92
5.6	人机通道设计	98
5.6.1	按键或键盘的结构形式	98
5.6.2	按键或键盘接口	99
5.6.3	显示类型与显示接口	100
5.7	Protues 软件在单片机开发中的应用	102
5.7.1	Protues 简介	102
5.7.2	Protues 的功能构成	102
5.7.3	Protues 开发及仿真实例	103
第 6 章	电子系统设计举例	109
6.1	水温控制系统的设计	109
6.1.1	设计任务与要求	109
6.1.2	总体论证	109
6.1.3	系统设计	110
6.1.4	硬件开发	111
6.1.5	软件开发	118
6.1.6	联机调试	121
6.1.7	指标测试及软件固化	124
6.1.8	系统改进措施与功能扩展	124
6.2	低频数字式相位测量仪的设计	126
6.2.1	设计任务	126
6.2.2	设计方案论证	126
6.2.3	系统硬件设计	131
6.2.4	系统软件设计	135
6.2.5	系统设计总结	147
6.3	MP3 音乐播放器的设计	148
6.3.1	设计任务与要求	148
6.3.2	总体方案设计	149
6.3.3	系统各模块方案论证与选择	149
6.3.4	系统软件设计	150
6.4	双因素认证系统设计	157
6.4.1	设计需求	157

6.4.2	系统硬件设计	157
6.4.3	系统软件设计	161
第7章	电子制作工艺基础	163
7.1	电子制作工艺概述	163
7.1.1	电子工程师必须重视电子制作工艺	163
7.1.2	元器件的测试与筛选	164
7.1.3	焊接工艺	165
7.1.4	装配工艺	165
7.2	电子元器件的识别	166
7.2.1	电阻器	166
7.2.2	电容器	169
7.2.3	电感器	171
7.2.4	半导体器件手册的查询方法	172
7.2.5	晶体二极管	175
7.2.6	晶体三极管	179
7.2.7	晶体闸流管	182
7.2.8	双向晶闸管	184
7.2.9	组合器件	185
7.2.10	半导体集成电路	187
7.3	表面贴装元件	189
7.3.1	电阻器	189
7.3.2	片式电容器	190
7.3.3	其他贴片器件	191
7.4	电路板的设计与制作	192
7.4.1	印制电路板简介	192
7.4.2	印制电路板	192
7.4.3	印制电路板设计	193
7.4.4	印制电路板的制作	193
7.5	电子元件的焊接技术	196
7.5.1	手工焊接的工具和材料	196
7.5.2	电子元器件的引线成形和插装	197
7.5.3	焊接工艺	197
7.5.4	平面焊接技术	199
7.5.5	工业生产锡焊技术简介	201
7.5.6	电子焊接技术的发展	202
7.5.7	表面安装与微组装技术	203
7.6	电子作品的调试与检测	204
7.6.1	电子作品的调试	204

7.6.2	电子作品的故障检修	204
7.7	电子系统的抗干扰设计	206
7.7.1	电磁干扰与电磁兼容问题	206
7.7.2	干扰的类型	206
7.7.3	抗干扰设计方法	206
第8章	电子设计与实践题目选编	209
8.1	模拟电子设计题目选编	209
8.1.1	数字温度计的设计	209
8.1.2	过电压、欠电压和过电流保护电路的设计	211
8.1.3	扩音机的设计	212
8.1.4	有源滤波系统的设计	212
8.1.5	直流稳压电源的设计	213
8.2	数字电子设计题目选编	215
8.2.1	五路呼叫器的设计	215
8.2.2	交通灯控制器的设计	216
8.2.3	半导体三极管 β 值数字显示测试电路的设计	217
8.2.4	开关型直流稳压电源的设计	218
8.2.5	音乐彩灯控制器的设计	219
8.3	混合电子系统设计题目选编	220
8.3.1	音乐演奏器的设计	220
8.3.2	自行车里程表的设计	221
8.3.3	高层楼房物业管理系统的的设计	221
8.3.4	单次波形数据采集与观测电路的硬件设计	222
8.3.5	公共场所安全报警系统的设计	222
8.3.6	会议大厅电器遥控系统的设计	222
8.3.7	公共汽车自动报站系统的设计	223
8.3.8	航海模型遥控电路的设计	223
第9章	历年全国大学生电子设计竞赛题目选编	224
9.1	第一届(1994年)全国大学生电子设计竞赛题目	224
9.2	第二届(1995年)全国大学生电子设计竞赛题目	225
9.3	第三届(1997年)全国大学生电子设计竞赛题目	228
9.4	第四届(1999年)全国大学生电子设计竞赛题目	231
9.5	第五届(2001年)全国大学生电子设计竞赛题目	236
9.6	第六届(2003年)全国大学生电子设计竞赛题目	242
9.7	第七届(2005年)全国大学生电子设计竞赛试题	248
9.8	第七届(2005年)全国大学生电子设计竞赛基本仪器和主要元器件清单	255
9.9	第八届(2007年)全国大学生电子设计竞赛题目	256
9.10	第八届(2007年)全国大学生电子设计竞赛基本仪器和主要元器件清单	266

9.11	第九届(2009年)全国大学生电子设计竞赛题目	266
9.12	第九届(2009年)全国大学生电子设计竞赛基本仪器和主要元器件清单 ...	277
9.13	第十届(2011年)全国大学生电子设计竞赛题目	277
9.14	第十届(2011年)全国大学生电子设计竞赛基本仪器和主要元器件清单 ...	287
第10章	科技写作基础知识	288
10.1	科技写作概述	288
10.1.1	科技写作的作用	288
10.1.2	科技写作的分类	288
10.2	科技论文写作	289
10.2.1	科技论文写作要求	289
10.2.2	科技论文的编写格式	290
10.3	电子设计竞赛技术报告的撰写	293
10.3.1	电子设计竞赛设计总结报告的评分标准分析	293
10.3.2	电子设计竞赛设计总结报告的内容、要求与应注意的一些问题	294
10.4	电子设计竞赛设计的总结报告示例	296
附录1	电子设计常用网站	301
附录1.1	著名搜索引擎	301
附录1.2	常用电子网站	301
附录1.3	著名电子公司网站	301
附录1.4	著名电子杂志首页	302
附录2	常用电子工程手册	303
参考文献		304

第1章 电子系统设计导论

1.1 电子系统概述

1.1.1 定义

1. 系统

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。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,现行使用的各种系统已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

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。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。这些应用系统在其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重点。

1.1.2 电子系统的构成

一个复杂的电子系统可以分成若干个子系统,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,如图1-1所示。例如,微型计算机系统就是由微处理器、存储器、键盘及显示器等部件组成的,而部件又由许多元件组成。

一般的,电子系统由输入、输出、信息处理三大部分组成,用来实现对信息的采集处理,变换与传输功能。图1-2所示为电子系统基本组成方框图。

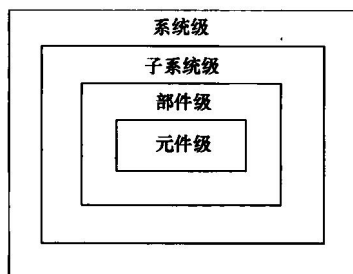


图 1-1 电子系统结构的层次

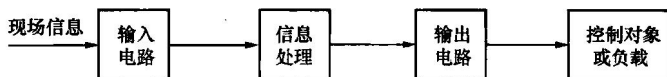


图 1-2 电子系统方框图

从系统的角度看,电子系统是能按特定的控制信号,执行所设想的功能,由一组元器件(通常是电子元器件)连成的一个整体。从单级放大器到最复杂的计算机等很多设备都可以称为一个电子系统。可以将很多元器件集成为一个功能单元,再用若干个功能单元去描述一个系统。

1.1.3 电子产品的研制开发过程

电子产品的研制开发过程如图1-3所示。

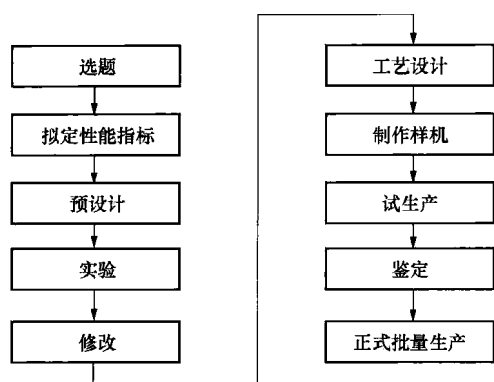


图 1-3 电子产品的研制过程

1. 选题

选题是否合适关系到研制工作的难易和产品的经济效益,它是产品研制成败的关键。应特别注意其技术含量和市场前景。

2. 拟定性能指标

提出一套完整的、合适的性能指标,并不是一件容易的事情。设计刚开始时提出的性能指标,某些方面可能不准确或不切实际或安全系数太大等。这些事情可能要预设计阶段、甚至试生产或使用阶段才能发现。因此,产品的性能指标一般要在研制过程中反复修改,才能

最后确定。

3. 预设计

预设计包括定出总体方案,落实各环节的具体电路的电路图,计算出它们的参数值,画出总体电路图、软件设计流程框图等。

4. 工艺设计

工艺设计包括设计电路板的布线,编写各部件(如插件板、面板等)之间的接线表,画出各插头、插座的接线图和机箱加工图等。

5. 试生产

样机制作完成后,可根据具体情况试生产若干台,并交使用单位试用。若发现问题,应及时改进,做出合格的定型产品,再进行鉴定。在确信有令人满意的经济效益前提下,才能投入批量生产。

1.1.4 电子系统设计的基本原则

进行电子系统设计时,应当遵循的几个原则如下。

1. 满足系统功能和性能指标要求

设计必须能完全满足系统所要求的功能特性和技术指标,这是电子系统设计必须满足的基本条件。

2. 电路简单和经济

在满足功能和性能要求的情况下,简单的电路对系统来说不仅是经济的,同时也是可靠的,所以电路应尽量简单。值得注意的是,采用系统集成技术是简化系统电路的最好方法。

3. 抗干扰性好

抗干扰性是现代电子电路应具备的基本特性,因此一个电子系统应具有良好的抗干扰性,以确保系统正常工作。

4. 可靠性高

电子系统的可靠性要求与系统的实际环境等因素有关。任何一种工业系统的可靠性都是以概率统计为基础的,因此,电子系统的可靠性只能是一种定性估计,所得到的结果只能是具有统计意义的数值。实际上,电子系统可靠性的计算方法和计算结果与设计人员的实际经验有相当大的关系,设计人员应当注意积累经验,以提高可靠性设计的水平。

5. 系统集成度高

最大限度地提高集成度是电子系统设计应当遵循的一个重要原则。高集成度的电子系统,一定具有抗干扰性好、可靠性高、制造工艺简单、质量容易控制以及性能价格比高等一系列优点。

6. 调试简单方便

调试简单方便要求电子系统设计者在设计电路时,必须考虑调试的问题。如果一个电子系统不容易调试或调试点过多,则这个系统的质量是难以保证的。

7. 生产工艺简单

生产工艺是电子系统设计者应当考虑的一个重要问题,无论是批量产品还是样品,生产工艺对于电路的制作与调试都是相当重要的一个环节。

8. 操作简便

操作简便是现代电子系统的重要特征,操作复杂的系统是没有生命力的。

9. 性价比高

性价比是进行电子系统设计时必须考虑的一个问题。

1.2 电子系统的设计方法

电子系统的设计应采用层次式的设计方法。其基本策略是将一个系统按功能分解成可以独立设计的子系统,子系统设计完成后,将各子系统拼接在一起完成整个系统的设计。一个复杂的系统分解成子系统进行设计可大大降低设计复杂度。模块化是实现层次式设计方法的重要技术途径,模块化是将一个系统划分成系列的子模块,对这些子模块的功能和物理界面明确地加以定义,模块化可以帮助设计人员阐述或明确解决问题的方法,还可以在模块建立时检查其属性的正确性,因而使系统设计更加简单明了。将一个系统的设计划分成一系列已定义的模块还有助于进行集体间共同设计,使设计工作能够并行开展,缩短设计时间。根据电子系统功能和结构上的层次性,通常有如下几种设计方法。

1. 自顶向下的设计方法

自顶向下的设计方法(即现代设计方法)如图1-4所示,设计者根据原始设计指标或用户需求,从整体上规划整个系统的功能和性能,然后对系统进行划分,将系统分解为规模较小、功能较简单且相对独立的子系统,并确立它们之间的相互关系。这种划分过程可以不断进行下去,直到划分得到的单元可以映射到物理实现。这种物理实现可以是具体的部件、电路和元件,也可以是VLSI的芯片版图。

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

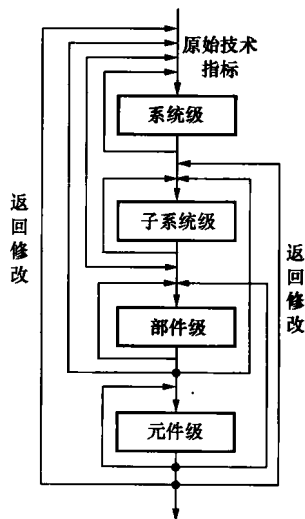


图 1-4 自顶向下的设计方法

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而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,必须将其解决才能进行下一级(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,必须退回到其上一级(层)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。

设计中不主张采用难以理解的诀窍和技巧,应当在实际的设计中和文档中直观、清晰地反映出设计者的思路,使以后系统的修改、升级和维修大为方便,即达到可维护性好的目标。

2. 自底向上的设计方法

所谓自底向上的设计方法(即传统的设计方法),就是设计者根据要实现系统的各个功能的要求,首先从现有的可选用元件中选出最适合的,设计成一个个的部件,当一个部件不能直接实现系统的某个功能时,就需要设计由多个部件组成的子系统去实现该功能。上述过程一直进行到系统所要求的全部功能都实现为止。该方法的优点是可以继承使用经过验证的成熟的部件与子系统,从而可以实现设计重用,减少设计的重复劳动,提高设计生产率。其缺点是设计人员的思想受限于现成可用的元件,不容易实现系统化清晰易懂的以及可靠性高、可维护性好的设计。

3. 以自顶向下方法为主导,并结合自底向上的方法

随着单芯片系统(System on Chip, SoC)的出现,为了实现设计重用以及对系统进行模块化测试,通常采用自顶向下方法为主导,并结合自底向上的方法。这种方法既能保证实现系统化的、清晰易懂的以及可靠性高、可维护性好的设计,易能减少设计的重复劳动,提高设计生产率;这对于以IP核为基础的VLSI片上系统的设计特别重要,因而得到普遍采用。

4. 基于IP的嵌入式设计方法

现代电子系统的规模越来越复杂,而产品上市时间却要求越来越短,即使采用自顶向下设计方法和更好的计算机辅助设计技术,对于一个百万门级规模的应用电子系统,完全从零

开始自主设计是难以满足上市时间要求的。芯片集成度的增加,也使 SoC 成为可能, SoC 意味着在单个芯片上完成以前需要在一个或多个印制线路板上才能够完成的电路功能。嵌入式设计方法在这种背景下应运而生,嵌入式设计方法除继续采用自顶向下设计方法和计算机综合技术外,其最主要的特点是具有大量知识产权(Intellectual Property, IP)模块的复用。对于集成电路设计师来说,IP 是可以完成特定电路功能的模块,如 RAM、CPU、DSP 等。在系统设计时可以将 IP 看做黑箱,设计者只需设计实现系统其他功能的部分以及 IP 模块与外部电路的接口,而不需要知道 IP 内部操作,从而简化设计,缩短设计时间[所谓 IP 核系指装有 5000 门以上的硅功能块的设计,IP 核是由用户或专用公司开发而成。IP 核分软核、硬核和固核。具体地说,软核是一种可综合(HDL)描述,硬核为芯片版图,固核为 RTL 级 HDL 描述]。

一个复杂的系统通常既包含硬件又包含软件,并且随着系统规模和复杂度的增加,系统中软件实现的功能也呈增长的趋势,因此必须协同考虑系统软/硬件模块的划分,这就是软/硬件协同设计的问题。软/硬件协同设计要求硬件和软件同时进行设计,并在设计的各个阶段进行模拟验证,减少设计的反复,缩短设计时间,增加设计灵活性,同时满足系统的功耗、面积和速度等约束要求。

1.3 各种电子系统设计步骤

电子系统的种类较多,从总体上可分为模拟系统、数字系统和模/数混合系统三大类。数/模混合系统应分别设计数字部分和模拟部分,再将两部分耦合起来。下面主要介绍模拟系统和数字系统的设计步骤。

1.3.1 模拟系统设计步骤

1. 总体方案设计

在电子系统设计中,任务分析、方案比较、确定总体方案是非常关键的。因此,设计人员要对系统功能、性能、体积、成本等多方面作权衡比较,同时还要考虑实际情况,才能最后确定方案。

2. 划分功能块,设计总框图

根据系统的功能、总体指标,按信号输入到输出的流向划分各个相对独立的功能块。划分各功能块时,除依据完成的功能外,还要考虑系统指标的分配、装配连接的合理性等因素。

例如,扩音系统的设计,可划分成前置放大器、音调控制放大器和功率放大器。前置放大器完成对输入信号的匹配,频率特性均衡;音调控制放大器完成音调的调节;功率放大器完成功率输出。在功能块设计时,应将扩音系统总增益分配到各单元增益设计中。

3. 功能电路设计

设计功能电路时应首选集成电路,计算该集成电路外电路的参数。例如,选择集成运放,需要计算反馈网络的参数;选择音调控制放大器,应计算调节网络的参数计算;选择 A/D 转换器,需要计算外加双极性量程电路参数;选择取样/保持电路,应计算保持电容的大小。在实际设计工作中,步骤(3)与步骤(2)不能截然分开,他们是交互设计过程。

输入单元和输出单元集成电路的选择应特别关注,一般来说,系统设计要求输入单元的

输入特性与信号源匹配,输出单元的输出特性应与负载相匹配。匹配是指使输入和输出单元工作在最佳状态,所谓“最佳状态”是指在规定的条件下,能获得最好的结果。例如,某些系统要求输入单元获得尽可能大的信噪比,输出单元在规定的条件下要使负载获得尽可能大的功率,以满足扬声器或天线负载的要求,或者要求输出单元高效率工作,减少发热等。

4. 系统原理图设计

系统原理图的设计需要解决两个方面的问题:单元电路之间的耦合和整体电路的配合。模拟电路的工作情况和性能通常与直流工作点有关,有些单元之间连接时,前级的工作点会影响后级的工作情况。例如,直接耦合电路各级的工作点互相影响,甚至可能造成系统工作不正常。同时后级的输入阻抗也会给前级的性能指标带来影响,从而影响系统总指标。因此,在每个单元电路的外电路参数确定后,应根据实际参数重新进行核算。

模拟系统普遍应用负反馈技术来改善品质,不论音响系统、控制系统或通信系统都不例外。作为系统的主反馈,通常是要求计算外接电路参数,再通过调试,最后确定电路参数。另外,为了使系统稳定,有时需要加入校正网络。为了消除电源纹波对系统的影响,要在适当的地方接入滤波电路等。重新核算系统主要指标后,得到完整的原理图。

系统主要指标除了要满足要求外,最好留有一定的裕量,如增益裕量、误差裕量、稳定性裕量、功率裕量等,以备系统应用后,器件老化或工作条件变化后系统仍能可靠工作。

5. 设计印制电路板布线图,考虑测试方案,设置测试点

由于模拟系统的特殊性,元件布置和印制电路板布线显得更为重要。有的有用输入信号很小,小到微伏级,且各单元电路大都处于线性工作状态,对于干扰的影响极为敏感。传感器的敏感元件种类繁多,影响对象各异;环境和元器件的杂散电磁场和地线电流的存在,极易形成寄生反馈;有时可能发生声、光、电等物理量交互作用的寄生反馈。总之,作为一个完善的系统设计,这些因素都应考虑。最终所设计的模拟系统能否达到预期要求,要经过调试和测量才能得出,而且调试过程能否顺利完成,与调试者的严谨作风和工作经验是密切有关的。

1.3.2 数字系统设计步骤

自上而下的数字系统的基本设计步骤可以归纳为以下几点:

1. 明确设计要求

这一步是明确设计系统的逻辑功能及性能指标,画出系统的简单示意方框图,标明输入、输出信号及必要的指标。

2. 确定系统方案

这一步是最具创造性的工作,同一功能可能有不同的实现方案,而方案的优劣直接关系到系统的质量及性能价格比,因此要反复比较与权衡。常用方框图、流程图或描述语言来描述系统方案。系统方案确定后要求画出系统方框图、详细的流程图或用描述语言写出的算法,如需要画出时序图。

3. 数据子系统设计

根据系统方案,选择合适的器件构成数据子系统原理图。根据设计要求可能需要对原理图进行时序设计。