



国防特色教材·电子科学与技术

综合电子系统设计与实践

ZONGHE DIANZIXITONG SHEJI YU SHIJIAN

○ 臧春华 邵 杰 魏小龙 编著 ○

北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社 哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨工程大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·电子科学与技术

综合电子系统设计与实践

臧春华 邵 杰 魏小龙 编著

北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社 哈尔滨工业大学出版社
哈尔滨工程大学出版社 西北工业大学出版社

内容简介

本书是为高等学校电子信息类专业编写的一本综合性电子设计的实践类教材。以电子系统设计方法为主线,将模拟系统设计、数字系统设计、单片机应用系统设计,以及传感器与控制等相关技术融为一体,培养学生综合电子系统的设计能力,以适应电子信息时代对相关专业学生知识结构与实践能力的要求。

本书从电子系统概念、分类及设计方法入手,讨论了常用传感器及其应用电路,模拟系统设计技术与 Multisim 设计工具,数字系统设计技术与 VHDL、PLD、Quartus II 开发平台,基于单片机的智能型电子系统设计技术与相关汇编语言、C 语言和常用控制方法,以及可用于实验课题的9个综合电子系统设计实例。

本书结构新颖,内容丰富,剪系统性强,注重理论与实践相结合及选材的先进性,着力加强实践性与工程性训练,例题和实验课题具有实用性和层次性。

本书除用于高等院校电子信息类各相关专业的教材外,还可作为大学生课外电子制作、电子设计竞赛和相关工程技术人员的实用参考书与培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

综合电子系统设计与实践/臧春华,邵杰,魏小龙编
著. —北京:北京航空航天大学出版社,2009. 11

ISBN 978-7-81124-902-6

I. 综… II. ①臧…②邵…③魏… III. 电子系统-系统设计 IV. TN02

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 155142 号

综合电子系统设计与实践

臧春华 邵 杰 魏小龙 编著

责任编辑 张军香 刘福军 朱红芳

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:bhpress@263.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:29.75 字数:666 千字

2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷 印数:3 500 册

ISBN 978-7-81124-902-6 定价:50.00 元

前 言

人类社会已步入信息时代,电子信息技术渗透到社会生活的各个方面,尤其是在国防领域,电子技术水平直接关系到武器装备效能、国防实力和国家安全。因此,培养具有综合电子系统设计能力与创新素质的人才对国防战线具有特别重要的意义。

电子系统是信息技术的载体与基础。学生在全面掌握理论知识的同时,还必须具备对电子电路与电子系统的设计能力。

电子系统一般可分为数字系统、模拟系统和基于微控制器的智能化系统。实际工程项目往往是综合性的电子系统,既有非电量转换为电参量的传感器和进行信号调理的模拟电路,又有模/数与数/模转换器、逻辑电路和微控制器,还可能涉及控制算法和继电器(可控硅)等强电执行机构。

作为综合实践性教材,本书的先修课程包括模拟电子线路、数字电路、单片机原理等。因此,在内容编排上,为避免与先修课程和教材重复,本教材就系统设计中涉及的重点问题展开讨论,如常用传感器及其应用,模拟信号发生、处理与变换电路,数字系统设计方法、硬件描述语言与可编程逻辑器件应用,SoC 型 MSP430 单片机及软件编程,常用控制算法与驱动电路等。

本书的例题和实验课题贴近生活和工程实际,具有实用性和趣味性,便于调动学生学习和动手的积极性。实验课题的难易程度循序渐进,并且每道题目在功能与指标上分为基本要求和提高要求,以便因材施教。

全书共分 6 章。第 1 章介绍电子系统分类及特点、电子系统一般设计方法与步骤。第 2 章介绍传感器种类及特性,以及常用温度传感器、压力传感器、霍尔传感器、光电传感器及其应用电路。第 3 章讨论常用模拟信号产生、调理与变换电路,Multisim 10.0 基本用法与典型应用,最后以调频收音机作为模拟系统设计实例。第 4 章阐述了由算法设计、数据处理单元设计和控制单元设计构成的数字系统设计方法,介绍了硬件描述语言 VHDL 和可编程逻辑器件,以及 Quartus II 8.0 的基本用法,最后以交通管理器作为数字系统设计的实例。第 5 章在简要介绍各种单片机特点和 51 单片机系统的基础上,着重讨论了 SoC 型 MSP430 单片机的

硬件系统、软件编程及其开发环境,还介绍了常用的控制算法,最后以打铃系统作为单片机系统设计的实例。第6章给出了类型与难度各异的9个综合性电子系统设计的实验课题,各实验课题介绍了系统方案选择与设计、核心硬件模块设计、软件设计流程等,完整的设计结果均有待读者自行完成,因此,实验课题具有系统性、综合性和设计性。此外,各实验课题分为基本要求和提高要求(进一步的设计要求),以便读者循序渐进和分层次学习。

本书由臧春华主编。第1、4章及2.1、2.3、5.5、6.5~6.7节由臧春华执笔,第3章及2.2、2.5、6.1~6.4节由邵杰执笔,第5章(除5.5节)及2.4、6.8、6.9节由魏小龙执笔。

南京航空航天大学的唐金华同学参加了书稿录入、插图绘制等工作。钱梅雪、叶宁、张列峰等同志对本书的编写给予了大力协助,在此一并表示感谢。

本书承蒙解放军理工大学徐志军教授和南京航空航天大学王成华教授审阅,并提出了宝贵的修改意见,在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,书中错误和不当之处,恳请读者批评指正。

作 者

2009年5月于南京航空航天大学

目 录

第 1 章 电子系统设计方法	1
1.1 电子系统概述	1
1.2 电子系统设计方法	4
1.2.1 电子系统设计的一般方法	4
1.2.2 电子系统设计的一般步骤	5
1.2.3 EDA 工具在电子系统设计中的作用	7
1.3 典型电子系统举例	10
第 2 章 常用传感器及其在电子系统中的应用	12
2.1 传感器概述	12
2.1.1 传感器及其种类	12
2.1.2 传感器的特性	13
2.1.3 传感器的激励与调理	14
2.1.4 传感器的发展趋势	15
2.2 温度传感器	16
2.2.1 常用温度传感器	16
2.2.2 集成单片温度传感器	17
2.2.3 温度传感器应用电路	24
2.3 压力传感器	26
2.3.1 压力传感器种类与原理	26
2.3.2 压力传感器的选用	32
2.3.3 压力传感器应用举例	36
2.4 霍尔传感器	40
2.4.1 线性霍尔电路	41
2.4.2 开关型霍尔传感器	42
2.4.3 霍尔电路的应用	44
2.5 光电传感器	46
2.5.1 常用光敏器件	47

2.5.2 光电传感器应用	49
2.5.3 光电耦合器件及其应用	50
习题与思考题	55
第3章 模拟系统设计	56
3.1 模拟信号产生电路	56
3.1.1 LC 正弦波振荡电路	56
3.1.2 单片函数发生器 MAX038 及其应用电路	59
3.1.3 锁相频率合成电路	62
3.1.4 DDS 信号发生器及其典型器件应用	66
3.2 模拟信号的常用处理电路	72
3.2.1 集成运算放大器及其典型参数	72
3.2.2 集成运算放大器的应用	77
3.2.3 仪表放大器及其典型应用	82
3.2.4 滤波器及其设计	86
3.3 模拟信号变换电路	97
3.3.1 电压比较器及其应用	97
3.3.2 电压/频率与频率/电压变换器及其应用	99
3.3.3 电压/电流变换器和电流/电压变换器	105
3.4 电路仿真在模拟系统设计中的应用	110
3.4.1 常用仿真工具介绍	110
3.4.2 Multisim 的功能与基本用法	113
3.4.3 典型电路分析举例	120
3.5 模拟系统设计举例	135
3.5.1 相关基础知识	135
3.5.2 单片式调频收音机的制作	138
习题与思考题	141
第4章 数字系统设计	142
4.1 数字系统设计方法	142
4.1.1 算法流程图与算法设计	143
4.1.2 数据处理单元设计	146
4.1.3 ASM 图与控制单元设计	148
4.2 硬件描述语言及其应用	154

4.2.1	VHDL 基本结构	155
4.2.2	数据对象、类型及运算符	160
4.2.3	顺序语句	164
4.2.4	并行语句	167
4.2.5	子程序	174
4.2.6	程序包与设计库	178
4.2.7	典型单元电路的 VHDL 描述	180
4.3	高密度可编程逻辑器件	188
4.3.1	可编程逻辑器件的基本原理	188
4.3.2	复杂可编程逻辑器件(CPLD)	201
4.3.3	现场可编程门阵列(FPGA)	210
4.3.4	CPLD/FPGA 编程技术	218
4.3.5	常用可编程逻辑器件及其开发工具	225
4.3.6	CPLD/FPGA 设计工具 Quartus II 8.0	240
4.4	数字系统设计实例	261
4.4.1	系统设计	261
4.4.2	功能描述	263
4.4.3	逻辑综合与仿真	267
	习题与思考题	269
第 5 章	以单片机为核心的智能型电子系统设计	271
5.1	概 述	271
5.1.1	单片机与嵌入式系统	271
5.1.2	51 单片机简介	274
5.2	MSP430 单片机的硬件组成	287
5.2.1	MSP430 单片机概述	287
5.2.2	MSP430 单片机的核心部件	289
5.2.3	MSP430 单片机的端口	301
5.2.4	MSP430 单片机的定时器 TA	304
5.2.5	MSP430 单片机的液晶驱动	318
5.2.6	MSP430 单片机的模/数转换器 ADC12	323
5.3	MSP430 单片机的指令系统与程序设计	337
5.3.1	寻址模式	337
5.3.2	指令格式	341

5.3.3	汇编语言程序设计	350
5.3.4	C 语言程序设计基础	354
5.3.5	MSP430 单片机开发环境	364
5.4	MSP430 单片机应用系统扩展设计	369
5.4.1	单片机最小系统	370
5.4.2	键盘设计	370
5.4.3	显示系统设计	374
5.4.4	测量接口电路	378
5.4.5	常用驱动电路接口	381
5.5	基于单片机的控制方法	386
5.5.1	概 述	386
5.5.2	脉宽调制控制方法	388
5.5.3	PID 控制方法	390
5.5.4	模糊控制方法	393
5.6	单片机应用系统设计举例	395
5.6.1	系统设计	395
5.6.2	系统时钟	399
5.6.3	走时时钟的调整	399
5.6.4	打铃控制时间的设定	400
5.6.5	打铃输出控制	401
	习题与思考题	402
第 6 章	综合电子系统设计实例	403
6.1	数字温度计	403
6.1.1	设计任务和要求	403
6.1.2	方案设计及论证	403
6.1.3	设计实现	404
6.1.4	系统调试	406
6.2	水温控制系统	407
6.2.1	设计任务和要求	407
6.2.2	参考设计方案	408
6.2.3	主要硬件电路设计	409
6.2.4	系统控制算法及软件设计	410
6.2.5	进一步的设计	411

6.3 信号发生器	412
6.3.1 设计任务和要求	412
6.3.2 参考设计方案	412
6.3.3 进一步的设计	419
6.4 宽带放大器	419
6.4.1 设计任务和要求	419
6.4.2 参考设计方案	419
6.4.3 理论分析与参数计算	421
6.4.4 主要模块的电路设计	422
6.4.5 抗干扰措施	425
6.4.6 软件设计及流程图	426
6.4.7 进一步的设计	426
6.5 车辆自动检测器	427
6.5.1 功能与指标	427
6.5.2 系统设计	427
6.5.3 硬件电路设计	428
6.5.4 测频方案及其原理	432
6.5.5 软件流程	433
6.5.6 进一步的设计	434
6.6 数字存储示波器	435
6.6.1 功能与指标	435
6.6.2 系统设计	435
6.6.3 硬件电路设计	436
6.6.4 软件流程	441
6.6.5 进一步的设计	442
6.7 简易逻辑分析仪	442
6.7.1 功能与指标	442
6.7.2 系统设计	443
6.7.3 硬件电路设计	444
6.7.4 软件设计	447
6.7.5 进一步的设计	449
6.8 数控直流稳压电源	450
6.8.1 任务及要求	450
6.8.2 功能与指标分析	451

6.8.3	方案分析与系统设计	451
6.8.4	硬件电路设计	453
6.8.5	软件设计	455
6.9	韦根传感器筛选器	456
6.9.1	功能与指标分析	456
6.9.2	方案分析与系统设计	456
6.9.3	硬件电路设计	457
6.9.4	软件设计	462
附录	电子设计网站	463
参考文献		464

第 1 章 电子系统设计方法

1.1 电子系统概述

1. 电子系统及其分类

电子系统是指由电子元器件和模块部件组成的能够产生、传输、处理电信号和信息的客观实体。例如：计算机系统、通信系统、雷达系统、电子测量系统、自动控制系统等。电子电路功能较为单一，而电子系统通常包含多种电子电路，具有较高的复杂性和综合性，这也是电子系统区别于电子电路的主要因素。

电子系统的复杂性决定了系统构成的多层次性。因此，可以将系统划分成若干子系统，而子系统可以进一步分解成功能模块。例如：一个数字化的电子测量系统可以划分成信号获取与转换、存储与处理、结果显示与判断等子系统。而信号获取与转换子系统通常又包括：传感器、放大器、A/D 转换器等功能电路。如果要进一步划分，则功能电路又包括电子元件和器件。

电子系统可以按用途分类，例如上文列举的几种系统；也可按组成为模拟系统、数字系统、数/模混合系统和以微控制器(MCU)为核心的系统等，后两种又称为综合性的电子系统。由于微控制器本身就是一个典型的数字系统，所以，以 MCU 为核心的系统也可以归入数字系统或数/模混合系统。但习惯上，这两者是有所区别的。数字系统一般指纯硬件系统，而微控制器构成的系统还必须要有软件才能工作。

有些系统既可以用模拟系统实现，又可以用数字系统或数/模混合系统实现，如通信系统、声像系统，在早期都是单纯的模拟体制(系统)，而现在更多的是采用数字处理方式的数/模混合系统。

数字处理方式或称数字化(技术)是 20 世纪 60 年代开始，随着集成电路出现而发展起来的，将随集成电路技术的不断发展而扩大其应用范围。数字(化)技术正成为现代电子技术的热点，综合性电子系统是目前最常见的应用系统。

2. 模拟系统的特点

自然界存在的物理量按其取值是否连续可分为连续变化的量和离散量两大类。按连续方式直接对连续变化的电参量(简称模拟信号)进行处理，所构成的系统称为模拟电子系统，简称模拟系统。

模拟系统的主要优点是简单、高效、低成本、低功耗。例如,采用一个集成运算放大器和若干电阻、电容就可以构成最简单的加法器、减法器、乘法器和积分器等功能电路。

模拟系统的主要缺点是系统工作的稳定性、可靠性较低。其原因是信息直接由电参量的大小来表示,这样在信息的产生、传输、存储、处理过程中耦合的噪声和产生的失真直接影响信号的质量和信息的准确性。

模拟系统的另一个缺点是设计与调试的难度较大。元器件的参数直接影响电路的特性,比如同一个三极管在不同直流工作点下、不同工作温度下、不同供电电压下、不同工作频率下,其放大倍数(增益)、输入/输出阻抗都会发生变化。此外,元器件参数的偏差也会影响电路的性能。所以,为达到较高的技术指标和较好的稳定性,须反复设计、实验、调整。

3. 数字系统的特点

按离散方式对离散的电参量(简称数字信号)进行处理,所构成的系统称为数字电子系统,简称数字系统。由于自然界普遍存在着模拟量,人们也常采用数字系统来处理模拟量,但此时需要对模拟量进行转换,一般在处理前采用模/数转换器(ADC)将模拟信号变成数字信号,处理后再采用数/模转换器(DAC)将结果还原成模拟信号。例如,多媒体计算机中的声卡就包括 ADC 和 DAC。话筒产生的模拟信号在送入计算机进行处理之前,通过卡上的 ADC 转变成数字信号,而处理后的数字信号再通过卡上的 DAC 转换成模拟信号,才能通过耳机或扬声器播放出来。

数字系统的特点与模拟系统正好相反,其主要优点是工作稳定,可靠性高。首先,数字信号是离散的电平(电流或电压),通常只有高、低 2 个状态,具有较大的噪声容限。其次,尽管数字电路本质上仍是模拟电路,但有源元件的工作状态是离散的,如三极管工作在饱和和截止 2 个不同的特性区域,相当于开关的“通”、“断”状态(故数字电路又称为开关电路)。所以,一定范围内的元器件参数偏差、直流工作点偏差、温度漂移、供电电压波动、工作频率改变等不会影响电路的性能指标。因此,数字系统往往可以提供高品质的处理效果。

数字系统的主要缺点是进行复杂运算时,所需硬件规模大,成本高,功耗大。数字系统中各种处理分解到最底层(逻辑层)都是逻辑运算,因此逻辑门是数字电路最底层的模块。一般的逻辑门的内部集成元器件的数量与集成运放相当,但要实现一个 8 位并行乘法器,则需要数百个逻辑门。所以,若没有大规模集成电路的支撑,数字技术难以得到长足的发展。

数字系统的另一缺点是实时性逊于模拟系统。首先是系统组成复杂,电路级数多,信号从输入到输出延迟大,制约了系统的处理速度,而采用流水线结构可以改善这一问题。其次,对于数/模混合系统,处理对象是模拟量,则须进行 A/D 和 D/A 转换,也影响了系统的实时性;而且,即便是非实时处理,ADC 的转换速度(带宽)也限制了数字系统所能处理的模拟对象的

范围。鉴于目前的器件水平,数字系统的处理带宽基本上局限在 1 GHz 以下,主要是进行中频和基带信号的处理。

数字系统的设计在理论上主要依据是逻辑代数(故数字电路又称为逻辑电路),因此在设计方法上相对简单。但是,数字系统设计仍然具有难点:一是结构复杂,可主要通过功能分解(层次化设计)加以化解;二是时序复杂,特别是工作频率较高时,可主要通过对关键路径的精心设计加以解决。

4. 以单片机为核心的系统

无论是模拟系统、数字系统,还是数/模混合系统,通常都难以进行非常复杂的信息处理。在这种情况下,需要采用带有微控制器的电子系统。

单片机,顾名思义,指单片计算机,可以方便地嵌入到目标板上,所以自 20 世纪 80 年代出现以来,得到了非常广泛的应用。

以单片机为核心的系统除了必要的硬件外,还必须装载软件才能工作。

以单片机为核心的系统的优点是处理功能灵活、强大,硬件设计可以适当简化。例如:只需配备加法器和基本逻辑运算电路 ALU(算术逻辑单元),就可以通过软件实现乘法运算。

以单片机为核心的系统的缺点是处理速度较慢,难以满足实时性要求较高的场合,另外,除硬件设计外,还必须设计软件。例如:通过软件和简单的 ALU 实现乘法运算时,要进行多次循环,大大降低了运算速度。

单片机的品牌和型号众多,主要有 51 系列、430 系列、AVR 系列、PIC 系列等。不同系列单片机的硬件结构大同小异,各具特色,选用时可根据系统需要进行选择。尽管不同系列单片机的指令系统互不兼容,但由于软件开发基本上都基于 C 语言(各系列单片机都有相应的 C 编译器支持),若不是直接访问硬件资源,则编程与平台无关,提高了系统开发的便利性和可移植性。

5. 其他电子系统

除上述几种系统外,典型的电子系统还包括以 DSP 为核心的系统和嵌入式系统等。

DSP 是一种微处理器,其内部组成与单片机不同。由于它主要用于数字信号处理,需要快速完成乘法运算,因此其内部集成了硬件乘法器。硬件运算电路的增加大大提高了信号处理的速度,提高了实时处理能力。

嵌入式系统是近几年才出现的新概念,源于微型计算机,但与微机分属两个不同的分支。微机是通用计算机系统,而嵌入式系统属专用计算机系统。迄今为止,尚没有对嵌入式系统的确切定义,但“嵌入性”、“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的 3 个基本要素。嵌入性本质是将一个计算机嵌入到一个对象体系中去,这是理解嵌入式系统的基本出发点。对象系统则

是指嵌入式系统所嵌入的宿主系统。由此,可以给出嵌入式系统的定义:嵌入到对象体系中的、软硬件可裁剪的专用计算机系统。

按照上述嵌入式系统的定义,只要满足定义中三要素的计算机系统,都可称为嵌入式系统。因此,嵌入式系统按形态可分为设备级(工控机)、板级(单板、模块)、芯片级(MCU)。

广义地讲,也可以把单片机和 DSP 等微控制(处理)器归入嵌入式系统,因为它们面向嵌入式应用,且是具有特定组成结构的专用计算机系统。

1.2 电子系统设计方法

1.2.1 电子系统设计的一般方法

电子系统的复杂性决定了系统设计方法上必须采用“划整为零、各个击破”的策略和层次化的设计方法,具体做法通常有 3 种。

1. 自顶向下法

自顶向下的设计方法指从系统级到功能级再到电路级的设计过程,如图 1.1 所示。

(1) 系统级设计

首先根据设计需求,全面、准确地描述系统功能和各项性能指标。然后根据系统功能要求与性能指标,确定系统方案。在此基础上,将系统划分为若干适当的能够实现某一(些)功能、相对独立的子系统。子系统的功能、性能以及相互之间的关系(接口)必须明确定义。如果子系统的功能比较单一,则所谓的子系统就是功能部件。如果子系统功能仍然较为复杂,则还需要对子系统再进一步划分,直到功能单一的部件为止。

(2) 功能级设计

首先根据部件的功能与性能指标,确定实现方案。然后选择合适的器件和元件构成功能电路。

(3) 电路级设计

电路级又称为元件级。根据上一步所确定的元器件,设计出适当的电路。

自顶向下的设计方法,是由粗到细、由抽象到具体、由功能行为到电路结构的逐次递进的过程。适合于全新的系统设计,便于实现全局的最优配置与实现。

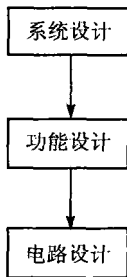


图 1.1 自顶向下的设计方法

2. 自底向上法

自底向上法与自顶向下法的设计过程正好相反,是由电路级到功能级再到系统级。

自底向上法首先是根据设计需求,全面、准确地理解系统功能和各项性能指标。然后根据各项功能与指标,选择合适的元器件构成适当的电路。在这个过程中,有些功能可以选择现成的功能模块实现,或采用以往设计过的成熟电路,或对成熟电路适当修改。

各功能模块实现后,可以组合成较大的子系统,进而合成完整的系统。

自底向上设计方法的优点在于:可以继承、借鉴经过实际验证的、成熟的电路与功能部件,提高设计的重用性,缩短设计周期,也便于从关键部件入手,研究和解决系统的设计瓶颈。

但是,由于自底向上设计方法从局部展开设计,不利于整体最优化,而且在由功能部件合成子系统和系统时容易产生不匹配和不协调的情况,影响系统的功能与性能。

3. 自顶向下与自底向上结合法

显然,自顶向下设计方法和自底向上设计方法,各有所长。因此,实际系统的设计往往将二者结合起来运用。采用自顶向下为主、自底向上为辅的设计方法,即先从系统功能要求与性能指标出发,确定系统方案,划分系统结构,在这一过程中,充分借鉴以往的设计成果和经验,合理划分功能模块、分配性能指标,既保证全局最优,又保证各模块易于实现,并尽可能利用现有的成果,缩短设计周期,提高设计的成功率。

实际上,无论采用上述哪一种设计方法,一个系统的设计与实现一般都要经历“几上几下”的修正迭代过程才能最终完成。因此,不能机械理解这些方法,而应根据待设计系统的特点灵活运用,使设计出来的系统方案合理、性能优越、可靠性和可维护性好、设计效率和性价比高。

1.2.2 电子系统设计的一般步骤

电子系统设计过程没有一个固定不变的模式,对于以微控制器为核心的系统还包括软件设计,在此仅讨论硬件系统的一般设计步骤。

电子系统的一般设计步骤包括项目分析、系统方案制定、电路设计、PCB设计、结构设计、样机组装与调试,如图1.2所示。

1. 项目分析

对待设计的系统,首先要全面了解或具体确定各项功能指标。如果是他人命题的项目,要切实理解设计需求的内容与含义,然后通过查阅资料、调研,结合以往的经验,分析项目是否可行。如果是自命题的项目,就要根据项目实施的条件和现有的技术、能力,确定项目的功能与技术指标。

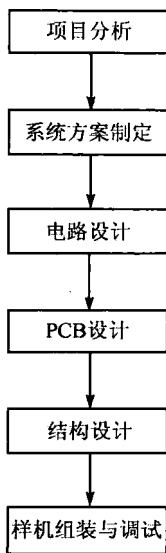


图 1.2 电子系统设计的一般过程

2. 系统方案制定

在项目分析的基础上,确定系统可以采取的技术路线。如是采用模拟处理方式还是数字处理方式,是硬件实现方式还是软硬件结合的方式等等。在此基础上,对系统功能进行适当的分解,构建系统的组成框图,同时将系统的性能指标分解到各子系统(功能块)上。这一点对模拟系统尤为重要。例如,高灵敏度接收机通常包含高放、混频、中放、解调等模块,为保证较高的接收质量,对中放输出信号的幅度和信噪比有指标要求。在系统设计时就要根据接收机灵敏度和输入信号的信噪比,来确定整机的增益和噪声系数,然后将它们适当分解到各级功能模块中。

3. 电路设计

系统方案中已明确了各功能模块的功能与技术指标。在此前提下,选择最适当的电路形式和元器件构成功能电路。比如,接收机系统中,为提高信号质量,必须提高信噪比。而提高信噪比的方法除采用低噪声系数的元器件外,通常还要采用滤波器。滤波器的电路种类分有源和无源,而无源滤波器有 LC、陶瓷滤波器、晶体滤波器、机械滤波器等。必须根据技术指标要求,选择最合适的滤波器类型。

确定电路类型后,再设计电路及元件参数。

4. PCB 设计

电路与系统的实现需要将元器件可靠地连接起来,然后进行调试和测试,检查系统的功能和技术指标是否达到要求。若达不到要求,则查找原因,必要时可能还要修改设计。简单的系统或功能电路可以在面包板上搭接或在通用板上焊接实验电路,待成功后再设计与制作印刷电路板(PCB)。复杂电路或高频电路则必须设计 PCB。因此,PCB 设计是系统设计的一个环节,而且对于频率较高的电路,PCB 的设计不仅要考虑连通性问题,更重要的是要考虑信号的完整性。

无论是在通用板上焊接实验电路,还是设计制作 PCB,都须注意以下问题:

① 要考虑数字电路对模拟电路的影响。由于数字系统的高频脉冲信号引起很大的高频杂波干扰,而且在电源与地线上大量存在,这将严重影响模拟信号的准确性。解决的办法通常是将模拟与数字系统的电源与地线严格分开,电源要特别注意滤波,地线最终在一点连接。同时在各器件的电源与地线间用电容去耦(根据干扰源的频率选择适当的去耦电容,一般为 $0.1\ \mu\text{F}$ 或 $0.01\ \mu\text{F}$)。在模拟与数字信号的连接上还可以使用光电隔离或继电器隔离等。

② 小信号与大信号的问题。由于大信号会对小信号产生严重干扰,所以两者必须在电路板上远离。最好在电路板上分区分块,一些区域用于小信号器件及其布线,另一些区域用于大