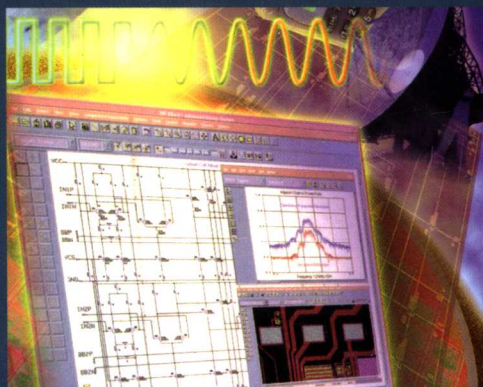




普通高等教育“十五”国家级规划教材

电子设计指南

孙肖子 邓建国 陈南
钱聪 任爱锋 易运晖



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十五”国家级规划教材

电子设计指南

孙肖子 邓建国 陈 南
钱 聪 任爱锋 易运晖

高等教育出版社

内容简介

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。全书共十三章,分别是“电子系统”的总体框架设计指南,常用元器件及电参数的测量方法,信号的获取及常用非电量的转换方法,模拟信号处理及信号变换技术,数据采集及A/D、D/A转换,波形产生器的设计方法,信号的执行,信号的传输,数字系统及可编程逻辑器件设计,单片机及其开发应用,电子系统中的电源,电路中的干扰及其消除方法,电子设计实例。

本书介绍了许多新器件、新方法,内容丰富,涉及面广,实用性强。本书可作为大学本科和专科学生学习电子电气信息类课程,进行毕业设计、课程设计以及参加各类电子及创新设计竞赛的教学参考书,也可作为教师和工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子设计指南/孙肖子等. —北京:高等教育出版社,2006.1

ISBN 7-04-017792-7

I. 电... II. 孙... III. 电子电路-电路设计-高等学校-教材 IV. TN702

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第140853号

策划编辑 张培东 责任编辑 曲文利 封面设计 王凌波 责任绘图 朱 静
版式设计 胡志萍 责任校对 尤 静 责任印制 孔 源

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市西城区德外大街4号

邮政编码 100011

总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司

印 刷 北京四季青印刷厂

开 本 787×1092 1/16

印 张 41.75

字 数 1 030 000

购书热线 010-58581118

免费咨询 800-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

<http://www.hep.com.cn>

网上订购 <http://www.landaco.com>

<http://www.landaco.com.cn>

畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006年1月第1版

印 次 2006年1月第1次印刷

定 价 47.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 17792-00

前 言

知识来源于实践,能力来自于实践,素质需要在实践中养成,创新之根在于实践。各种实践教学环节对于培养学生的自学能力、实践能力和创新能力至为关键。我国的高等教育在世界上是先进的,但也有严重不足,最为突出的就是实践能力的培养较差。当前我国的实践教学环节仍非常薄弱,并严重制约了教学质量的进一步提高。

如何加强实践教学环节,提高教学质量是每一位致力于教学改革的教育工作者思考的问题。

对于电子电气信息类、计算机类、自动控制类乃至其他诸多专业的本、专科学生,在学习了电路基础、信号与系统、模拟电子技术和线路、数字电子技术和线路、高频(通信)电子线路、微机原理和接口技术、可编程技术和 EDA 技术等理论课程和相关实验以后,特别需要将不同课程所学知识串接、综合起来,以扩展视野,使学生站得更高、看得更远,并切切实实地付诸于实践。为此,一方面,各学校纷纷建立各种新技术实验室、综合应用开发实验室、大学生创新基地等,千方百计充实、改善实践教学的软硬件环境和条件;另一方面,应为学生提供更加丰富的优质教学资源,全方位、立体化、多视角地推动实践教学环节的建设。本书正是基于这一出发点而编写和出版的。本书被列为普通高等教育“十五”国家级规划教材。

本书按照一条明显的主线自顶而下展开。全书共分十三章,第一章为“电子系统”的总体框架设计指南,主要介绍电子系统的组成以及选题和方案论证、任务分解、方案的具体实现等,特别增加了“利用互联网搜索所需资料”一节,向读者推荐当今国内外主要搜索网站的网址以及介绍如何利用互联网获取资料。

第二章为常用元器件及电参数的测量方法,主要介绍一些无源元器件以及电压、电流、功率、频率、时间、相位的基本测量方法。

第三章为信号的获取及常用非电量的转换方法,主要介绍温度、转速、流量、速度、加速度、位移、光电等传感器的原理和应用以及红外遥控、CCD 图像传感器等。

第四章为模拟信号处理及信号变换技术,主要介绍各种集成放大器(高速、宽带、射频、仪用、隔离、功率放大器等)的特点及应用以及模拟开关,数控电位器,增益、幅度和直流电平控制, V/F、F/V 变换器,电压比较器等。并将无源和有源滤波器的设计专门列为一节,以介绍滤波器和自动化设计软件的应用。

第五章为数据采集及 A/D、D/A 转换,介绍数据采集系统的组成, A/D、D/A 转换器原理、选型及应用。

第六章为波形产生器的设计方法,主要介绍波形产生的模拟方法和数字方法、专用芯片以及基于 FPGA 的直接数字合成(DDS)波形产生器。

第七章为信号的执行,主要介绍继电器、电动机、显示器件以及发声器件等。

第八章为信号的传输,主要介绍信号传输策略,调制、解调,编码、解码以及遥控与遥测芯片及其应用。

第九章为数字系统设计及可编程逻辑器件设计,通过几个具体例子,说明数字系统的设计方

法以及可编程逻辑器件开发软件及其应用。

第十章为单片机及其开发应用,以 AT89X51 系列单片机为例,介绍单片机的结构、扩展及开发应用,单片机小系统的构成及典型的程序设计。

第十一章为电子系统中的电源,介绍整流、滤波、稳压、直流-直流变换及电压基准等。

第十二章为电路中的干扰及其消除方法,介绍电子系统中抗干扰的一般方法。

第十三章为电子设计实例,通过三份获全国大学生电子设计竞赛一等奖的学生报告全文,展示了电子设计的过程、方法以及如何撰写报告等。

全书以“信号的获取、信号的处理、信号的执行”为主线,详细地介绍了有关电子设计的资源和信息,对新技术有比较多的涉及,以促进学生综合设计能力和创新能力的提高。本书可作为本、专科学生学习相关课程,进行课程设计、毕业设计、参加各种电子设计竞赛的教学参考书,也可作为教师和工程技术人员的参考书。

本书由西安电子科技大学、西安交通大学、西安通信学院的教师合作编写。其中第一章由西安电子科技大学孙肖子教授、陈南教授合编,第二章、第三章、第十二章由西安交通大学邓建国教授编写,第五章、第十一章和第四章 4.11 节由西安通信学院钱聪教授编写,第四章 4.1~4.10 节由孙肖子编写,第七章、第八章由陈南编写,第六章、第九章由西安电子科技大学任爱锋编写,第十章由西安电子科技大学易运晖编写,第十三章由西安电子科技大学和西安交通大学的学生提供。孙肖子规划了本书的基本结构,经邓建国审核,最后由编写组集体讨论确定,孙肖子同时负责统稿和修改。首届全国百名教学名师、哈尔滨工业大学蔡惟铮教授和王立欣教授、杨春玲教授在百忙之中审阅了全部书稿,并提出了十分宝贵的修改意见,对提高本书的质量起到了关键性的作用。西安电子科技大学电工电子教学基地闫卫利、邓成老师帮助编排了部分书稿。在此,对于为本书的编写和出版提供过帮助的所有同仁和研究生同学们表示最诚挚的感谢。

由于水平与时间所限,书中可能会有许多疏漏或错误,恳请广大老师、同学和读者批评指正。

编 者

2005.7 于西安

目 录

第一章 “电子系统”的总体框架设计指南	1
1.1 电子系统的组成	1
1.2 电子系统的总体框架设计	2
1.2.1 关于“选题”	2
1.2.2 总体方案论证及选择	2
1.2.3 总体框图的构筑及任务的分解、 细化	3
1.3 总体方案的实现	3
1.3.1 技术路线和设计理念	3
1.3.2 设计方法	4
1.3.3 将借鉴、继承与创新相结合	4
1.3.4 尽量发挥软件的优势	4
1.4 元器件的选择原则	4
1.5 分级调试及系统联调	5
1.6 “电子设计”的文档整理及报告撰写 指南	6
1.6.1 文档整理	6
1.6.2 报告撰写指南	6
1.7 利用互联网搜索所需资料	6
第二章 常用元器件及电参数的测量方法	9
2.1 测量方法和测量技术的基本 概念	9
2.2 电压、电流、电功率的测量方法	11
2.2.1 直流电压测量	11
2.2.2 直流电流测量	12
2.2.3 峰值、平均值和有效值测量电路	16
2.3 频率、时间、相位的测量方法	26
2.3.1 频率测量方法	26
2.3.2 时间测量方法	27
2.3.3 相位差测量方法	28
2.4 电阻、电容、电感的测量方法	29
2.4.1 电阻测量方法	30
2.4.2 电容测量方法	30
2.4.3 电感测量方法	31
第三章 信号的获取及常用非电量的转换方法	34
3.1 传感器的一般性介绍	34
3.1.1 传感器的一般特性	35
3.1.2 传感器的类型与发展趋势	36
3.2 温度、湿度传感器及其测量方法	36
3.2.1 温度传感器及测量电路	37
3.2.2 湿度传感器及测量电路	52
3.3 转速、流量、速度、加速度传感器及 其测量方法	54
3.3.1 转速与角位移传感器及其测量 电路	54
3.3.2 流量传感器及流量测量方法	57
3.3.3 线速度测量方法	59
3.3.4 加速度传感器与振动测量	60
3.4 压力、应变、位移传感器及其测量 方法	61
3.4.1 压力传感器及测量电路	61
3.4.2 应变传感器及测量电路	61
3.4.3 位移传感器	62
3.5 光电传感器及红外遥控器、CCD 图像传感器	64
3.5.1 光敏器件及测量电路	64
3.5.2 光电开关及其应用电路	68
3.5.3 红外传感器及测量电路	69
3.5.4 CCD传感器的基本概念和用法	71
第四章 模拟信号处理及信号变换技术	75
4.1 集成运算放大器在信号调理中 的应用	75
4.1.1 集成运算放大器在信号调理中的 基本应用	75

4.1.2 选用集成运算放大器时应考虑的 几个问题	82	4.8.2 隔离放大器应用举例	176
4.1.3 部分常用器件的主要参数	83	4.8.3 光耦合器	177
4.2 高速、宽带、射频(RF)放大器	87	4.9 V/F、F/V 变换器	180
4.2.1 速度与带宽的含义	87	4.9.1 非同步步 V/F、F/V 变换器举例	181
4.2.2 电压反馈型集成运放与电流反馈型 集成运放	88	4.9.2 同步式 V/F 变换器 VFC100	186
4.2.3 高速、宽带集成运放选择树	90	4.10 集成电压比较器	190
4.2.4 高速、宽带电流模运放应用举例	92	4.10.1 关于电压比较器的一般描述	190
4.2.5 射频(RF)小信号放大器	95	4.10.2 电压比较器举例	192
4.3 仪用集成运算放大器	100	4.10.3 电压比较器选择树	200
4.3.1 仪用放大器原理和电路	100	4.11 信号的功率放大	201
4.3.2 部分集成仪用放大器选择树	101	4.11.1 集成功率放大器的主要技术 参数	201
4.3.3 仪用放大器应用举例	102	4.11.2 小功率集成功率放大器 及其应用	201
4.4 模拟开关(Analog Switches)	107	4.11.3 中、大功率集成功率放大器 及其应用	212
4.4.1 常用的两种模拟开关——CC4066 和 CD4051	108	4.11.4 D 类音频功率放大器	220
4.4.2 其他系列模拟开关	109	第五章 数据采集及 A/D、D/A 转换	228
4.5 数控电位器(DCP)	113	5.1 数据采集与 A/D 转换的概念	228
4.5.1 数控电位器的结构及工作原理	113	5.1.1 一般数据采集系统	228
4.5.2 数控电位器应用举例	116	5.1.2 关于采样率	229
4.6 增益、幅度和直流电平控制	119	5.2 采样保持电路	229
4.6.1 增益、幅度和直流电平的一般控制 方法	119	5.2.1 采样保持电路原理及主要参数	229
4.6.2 单片集成可变增益放大器芯片 简介	125	5.2.2 采样保持芯片及其应用	230
4.6.3 对数放大器	133	5.3 A/D 转换电路及其应用	235
4.7 有源和无源滤波器设计	138	5.3.1 A/D 转换的分类及特点	235
4.7.1 滤波器的传递函数及分类	139	5.3.2 A/D 转换的主要技术指标	235
4.7.2 常用一阶和二阶有源滤波器的电路 及传递函数	140	5.3.3 8~12 位低速 A/D 转换器	236
4.7.3 几种高 Q 值滤波器及多功能状态 变量滤波器	144	5.3.4 高速 A/D 转换器	245
4.7.4 单片集成有源 RC 及开关电容 滤波器	149	5.3.5 高精度 A/D 转换器	250
4.7.5 滤波器设计软件简介——设计自动 化的实现	160	5.4 D/A 转换电路及其应用	255
4.7.6 无源集中选频滤波器	167	5.4.1 概述	255
4.8 隔离放大器(Isolation Amplifiers) 及光耦合器	171	5.4.2 常用 D/A 转换器	256
4.8.1 隔离放大器原理	172	5.4.3 高速、高精度 D/A 转换器	267
		第六章 波形产生器的设计方法	274
		6.1 概述	274
		6.2 正弦波产生电路	275
		6.3 单片集成波形产生器芯片—— 函数发生器	284
		6.3.1 ICL8038 型精密函数发生器	284

6.3.2	MAX038 型高频函数发生器	286	9.3.1	新型数字逻辑标准及接口技术	381
6.4	信号波形的数字产生方法——DDS (直接数字合成)技术	292	9.3.2	逻辑电平转换	386
6.4.1	DDS 简介	292	9.4	可编程逻辑器件应用	389
6.4.2	常用 DDS 集成芯片介绍	295	9.5	可编程逻辑器件设计实例	413
6.4.3	基于 FPGA 的 DDS 波形产生器 设计	305	9.5.1	VGA 视频信号产生	413
第七章	信号的执行	309	9.5.2	PS/2 键盘接口的 FPGA 设计	424
7.1	继电器	309	第十章	单片机及其开发应用	431
7.2	电动机	316	10.1	概述	431
7.2.1	直流电机的驱动	316	10.1.1	常用单片机种类、性能	431
7.2.2	步进电机的驱动	320	10.1.2	单片机选型	433
7.3	显示器件	324	10.2	单片机应用系统的软、硬件开发 方法	434
7.3.1	发光二极管及其组合模块	324	10.2.1	单片机应用系统开发工具	434
7.3.2	字符型、点阵型液晶显示模块 的应用	331	10.2.2	单片机系统设计原则	435
7.4	发声器材	338	10.2.3	应用系统开发过程	437
第八章	信号的传输	340	10.3	AT89×51 系列单片机基础 知识	438
8.1	信号的传输策略及几个重要 概念	340	10.3.1	MCS-51 系列单片机的结构	439
8.1.1	信道、信道带宽、信噪比、信道容量 及香农公式	340	10.3.2	存储器配置	443
8.1.2	模拟信号的传输	342	10.3.3	MCS-51 寻址方式	451
8.1.3	数字信号的基带方式与频带方式 传输	342	10.3.4	MCS-51 汇编指令系统	452
8.2	调制与解调及相关芯片的应用	344	10.3.5	外部寻址和总线控制	458
8.2.1	模拟信号的调制与解调电路	345	10.3.6	中断系统	460
8.2.2	数字信号的调制与解调	349	10.3.7	定时器/计数器	463
8.3	编码与解码、遥控与遥测相关 芯片介绍及应用	359	10.3.8	串行接口	464
8.3.1	PT2262/PT2272 遥控编/解码 芯片	359	10.3.9	AT89S51/89S52 的 ISP 编程方式	467
8.3.2	MT8880 双音多频(DTMF)编/解码 收发芯片	361	10.4	单片机常用总线接口	469
8.3.3	红外光遥控编/解码器芯片	364	10.4.1	Intel 总线	469
第九章	数字系统及可编程逻辑器件 设计	371	10.4.2	MOTOROLA 总线	472
9.1	概述	371	10.4.3	SPI/Microwire 串行扩展接口	472
9.2	常用 74、4000 系列芯片介绍	375	10.4.4	I ² C 总线	474
9.3	逻辑标准及电平转换	381	10.4.5	1-wire 总线	479
9.3.1	新型数字逻辑标准及接口技术	381	10.5	单片机常用扩展和接口芯片	483
9.3.2	逻辑电平转换	386	10.5.1	存储器扩展	483
9.4	可编程逻辑器件应用	389	10.5.2	多端口存储器	491
9.5	可编程逻辑器件设计实例	413	10.5.3	I/O 扩展芯片	496
9.5.1	VGA 视频信号产生	413	10.5.4	人机通道常用器件	502
9.5.2	PS/2 键盘接口的 FPGA 设计	424	10.5.5	外部串行接口电路	522
第十章	单片机及其开发应用	431	10.6	单片机应用系统设计	525
10.1	概述	431	10.6.1	典型程序设计	525
10.1.1	常用单片机种类、性能	431			
10.1.2	单片机选型	433			
10.2	单片机应用系统的软、硬件开发 方法	434			
10.2.1	单片机应用系统开发工具	434			
10.2.2	单片机系统设计原则	435			
10.2.3	应用系统开发过程	437			
10.3	AT89×51 系列单片机基础 知识	438			
10.3.1	MCS-51 系列单片机的结构	439			
10.3.2	存储器配置	443			
10.3.3	MCS-51 寻址方式	451			
10.3.4	MCS-51 汇编指令系统	452			
10.3.5	外部寻址和总线控制	458			
10.3.6	中断系统	460			
10.3.7	定时器/计数器	463			
10.3.8	串行接口	464			
10.3.9	AT89S51/89S52 的 ISP 编程方式	467			
10.4	单片机常用总线接口	469			
10.4.1	Intel 总线	469			
10.4.2	MOTOROLA 总线	472			
10.4.3	SPI/Microwire 串行扩展接口	472			
10.4.4	I ² C 总线	474			
10.4.5	1-wire 总线	479			
10.5	单片机常用扩展和接口芯片	483			
10.5.1	存储器扩展	483			
10.5.2	多端口存储器	491			
10.5.3	I/O 扩展芯片	496			
10.5.4	人机通道常用器件	502			
10.5.5	外部串行接口电路	522			
10.6	单片机应用系统设计	525			
10.6.1	典型程序设计	525			

10.6.2	定点数和浮点数	528	11.4.2	开关稳压控制器及其应用	562
10.6.3	单片机系统中的抗干扰设计	529	11.4.3	开关稳压器及其应用	567
10.7	单片机小系统设计实例	531	11.4.4	开关稳压电源模块及其选用	582
第十一章	电子系统中的电源	536	11.5	直流-直流变换器及其应用	583
11.1	直流稳压电源的主要技术		11.6	电压基准	593
	指标	536	11.6.1	两端型电压基准	593
11.1.1	性能参数	536	11.6.2	三端型电压基准	594
11.1.2	工作参数	537	第十二章	电路中的干扰及其	
11.2	常用整流滤波电路	537		消除方法	600
11.2.1	常用整流电路	537	12.1	电磁干扰源及其耦合途径	600
11.2.2	常用滤波电路	538	12.1.1	电磁干扰源	600
11.2.3	整流滤波电路简单设计	538	12.1.2	电磁干扰的耦合途径	601
11.3	线性集成稳压器及其应用	539	12.2	接地、屏蔽及滤波	603
11.3.1	CW78 \times \times 三端式集成稳压器	539	12.2.1	接地的概念	603
11.3.2	LM117/217/317 系列集成稳压器	541	12.2.2	PCB设计的基本方法	607
11.3.3	LM196/396 大电流可调稳压器	542	12.2.3	屏蔽技术	609
11.3.4	LT/LM108 \times 系列低压差三端式线性稳压器	544	12.2.4	滤波技术	610
11.3.5	LM2990/2991 负电压输出线性稳压器	546	第十三章	电子设计实例	612
11.3.6	TPS75 \times \times 系列集成线性稳压器	548	13.1	短波调频接收机	613
11.3.7	TPS73 \times \times 系列线性稳压器	549	13.1.1	题目和要求	613
11.3.8	小型线性稳压器	551	13.1.2	报告全文	613
11.3.9	线性稳压电源设计举例	554	13.2	简易数字存储示波器	625
11.3.10	线性稳压器应用电路举例	556	13.2.1	题目和要求	625
11.4	开关型集成稳压器及其应用	560	13.2.2	报告全文	626
11.4.1	开关稳压的基本原理	560	13.3	简易逻辑分析仪	646
			13.3.1	题目和要求	646
			13.3.2	报告全文	648
			参考文献	656

第一章

“电子系统”的总体框架设计指南

电子系统设计是一项创造性的工作,它是在满足技术要求的前提下,将各种电路和器件、软件和硬件加以综合,以达到系统所规定的功能和指标。电子系统的设计虽有一定规律可循,但这些规律不是一成不变的,它往往与设计者的经验、兴趣有关。一般教科书主要讨论设计过程中所需的单元电路,很少涉及这种独创的综合能力。本章的目的就是帮助初次从事电子系统设计的读者,使他们对电子系统设计的一般方法和准则有所了解。

1.1 电子系统的组成

什么是“电子系统”,很难下一个明确的定义。一般来说,将若干个单元电路或功能模块组合成的规模较大的、能够完成特定功能的完整的电子装置称为“电子系统”。

电子系统有大有小,有非常简单的,也有异常复杂的。通常电子系统由图 1.1.1 所示几部分组成,各部分的作用简述如下:

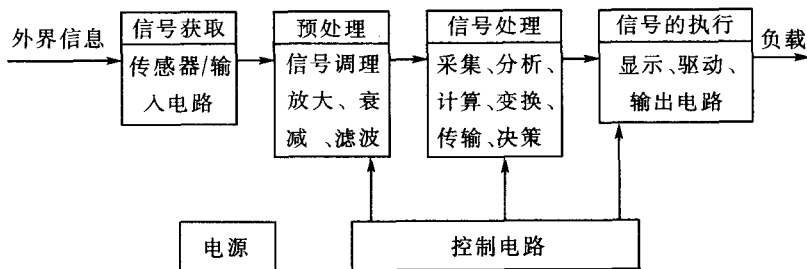


图 1.1.1 电子系统的组成

信号获取:主要是通过传感器或输入电路,将外界信息变换为电信号或实现系统与信源间的耦合匹配。

预处理:主要是解决信号的放大、衰减、滤波等,也就是通常所说的“信号调理”。经预处理后的信号,在幅度和其他诸多方面都比较适合做进一步的分析和处理。

信号处理:主要完成信号和信息的采集、分析、计算、变换、传输和决策等。

信号的执行:主要包括处理结果的显示、负载的驱动以及输出电路等。

控制电路:主要完成对各部分动作的控制,使各部分能协调有序地工作。

电源:这是每个电子系统中必不可少的部分。目前电源基本上都可采用标准化电路,有许多成品可供选择。

当前的电子系统有以下特点:

(1) 模拟电路仍然是重要的组成部分。自然界的物理量大多以模拟量的形式存在,所以系统中模拟电路一般必不可少,特别是输入电路部分、信号调理部分和输出电路部分。

(2) 数字化是信号处理和电子系统设计的大趋势。数字化具有诸多优点,故数字电路在电子系统中占有极为重要的地位。从模拟量到数字量,或从数字量重新回到模拟量,A/D、D/A转换作为二者的桥梁已成为电子系统中的重要环节。对于规模较大的数字电路,固定的中、小规模器件几乎已被可编程器件(CPLD、FPGA等)所代替。

(3) 嵌入式系统、微处理器(CPU)或DSP,已成为系统中控制和信号处理的核心。

(4) 软件设计可使系统的自动化、智能化、多功能化变得容易实现,软件可使硬件简化,成本降低。所以,软件在电子系统中所占的分量将越来越重。

1.2 电子系统的总体框架设计

电子系统的总体框架设计也就是电子系统的顶层设计。这是整个设计中至关重要、首当其冲的一环。在这里,读者不妨充当一回“总设计师”的角色,根据项目的要求,用自己的聪明才智和已积累的学识以及灵感来构思自己的电子系统。

1.2.1 关于“选题”

在许多情况下,没有现成的选题。那么设计题目的选择无疑是摆在任何一个设计者面前的难题。好的题目往往来自设计者对社会和市场深刻的洞察力,对现有产品设计的广泛了解以及对新技术的敏感。一个优秀的题目可以带来巨大的市场和经济效益。但就一般的设计而言,应充分注意以下几点:

(1) 充分调查市场需求,防止闭门造车,劳而无功。

(2) 对目前本领域中类似题目的系统所达到的功能及性能做充分的了解和估计,保证您所设计的系统具有先进性和实用性。

(3) 评估选题的可行性,保证在一定时间内经过努力可以达到。

(4) 进行经济成本预算。

1.2.2 总体方案论证及选择

总体方案论证及选择是电子系统设计成功的开始,也是成功的关键所在。方案错了,将会导致全盘皆输。

方案论证和选择的依据仍然是系统的“先进性”和“可行性”。这里必须做以下两件事情:

(1) 深刻理解项目所要求的每项技术指标的水平和含义,明确该题目的重点、难点及关键技术。

(2) 查阅资料、广开思路、选择方案。

通常,符合基本要求的系统方案不止一种,必须查阅有关资料、广开思路、提出多种不同的方案,然后逐一分析每种方案的优缺点和可行性,经过充分比较,选择一种技术上先进、合理、可行、性能价格比较高的最佳方案。

1.2.3 总体框图的构筑及任务的分解、细化

一个电子系统结构最简洁、最明确的描述莫过于总体方框图,一般采取自顶而下(top-down)的设计方法。针对设计题目的要求和指标,从全局出发,构筑系统框图。将系统划分为若干个子系统或功能块,建立各功能块的数学模型,进行分析计算。总体设计者将系统的要求和指标细化,分解给每个功能块,规划好每个功能块的任务,如图1.2.1所示。要明确系统的创新点、攻关的目标、所需的关键性器件以及实现的基本技术路线。甚至于功耗、体积、成本、时间限制等都是应该充分考虑的问题。完成了以上工作,就可以分工进入各功能块的具体电路设计阶段了。

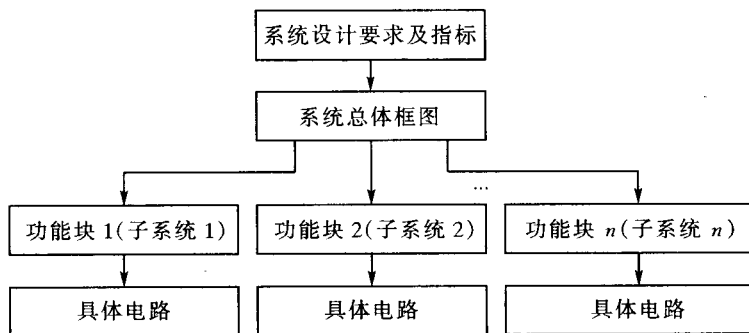


图 1.2.1 电子系统设计结构及流程图

在具体电路设计和调试中,很可能发现方案的不完善性,应反过来去调整方案或各功能块的分工和组合。出现一些反复是难免的,但应当尽量避免方案上大的反复,以免浪费时间和精力。

1.3 总体方案的实现

系统方案确定后,便可画出各功能块的详细框图,设计各单元电路。首先应当根据方案要求,明确对单元功能和技术指标的要求,这一点在多人参与设计时尤为重要。此外,要特别注意各单元电路之间输入、输出电路的衔接和匹配,尽量不用或少用电平转换之类的接口电路。

1.3.1 技术路线和设计理念

要顺应当前三大技术的重点转移:即分立元件向集成电路转移、模拟技术向数字技术转移、固定器件向可编程器件转移。

随着微电子技术的发展,集成电路功能越来越强大、价格也迅速降低,所以要尽量用集成电路,尽量减少分立元件(除非在一些非常特殊的情况下),以简化设计、减小体积、提高系统可靠性。数字化有诸多优点,特别是需要多功能的复杂信号处理时,数字化是必需的途径,所以技术重点向数字化转移是必然的。但是需要指出,数字化不可能完全替代模拟技术,随着模拟集成电路的发展,许多场合采用模拟集成电路解决方案也是非常有效的,而且是唯一的,所以要辩证地来处理数字技术与模拟技术的关系。可编程器件及其 EDA 工具的出现与发展是电子设计领域

的一场革命。可编程器件可以使系统性能最优化、体积缩小、成本降低、可靠性提高、设计周期大大缩短,甚至在印制电路板完成后仍可修改电路……诸多优点使其很快代替了固定的中、小规模数字器件。

1.3.2 设计方法

必须充分利用各种 EDA 工具,采取先“仿真”,后“实验”,先“虚拟”,后“硬件”的方法。

当前的 EDA 工具越来越完善,用于数模混合仿真的有 PSpice、HSpice、Workbench 等,用于系统仿真的有 Systemview、Cadence、Synopsys 等,用于纯数字系统仿真的有 MaxPlus II、Quartus II、Foundation 等。模型库、器件库都比较完善。可以在计算机上设计好电路,仿真结果证实性能达到要求后再装配电路,或直接给可编程器件下载。这种设计方法是十分科学的,可以收到事半功倍的效果。

1.3.3 将借鉴、继承与创新相结合

在设计过程中,要将借鉴、继承与创新结合起来。设计者可以通过查阅教科书、电路图集、手册、技术和学术期刊、上网等,借鉴、继承已有的成果,从中得到启发;或直接找到满足要求的电路,在已有电路基础上加以挑选、修改,为我所用。不必一切从头开始,闭门造车。在广泛调查研究的基础上,设计者可将精力集中在某些关键技术,有所发现,有所创造,设计出与众不同、性能优异的电子系统来。

1.3.4 尽量发挥软件的优势

当前的电子系统大多是软、硬件结合的系统。有的电子系统,离开软件,硬件根本无法工作,而成了一堆废物。硬件设计软件化是当前设计的趋势之一。所以应充分利用软件多解决问题,尽量减少硬件电路。

1.4 元器件的选择原则

如何选择电路结构中所需的元器件是摆在设计者面前的难题之一。从某种意义上讲,电子电路的设计就是选择最合适的元器件,并将其有机地组合起来。因此,不仅要在设计单元电路时考虑采用那些元器件,而且在方案选择时,也要考虑到核心器件的性能及价格问题。有时,找到一种元器件就可使设计变得十分简单。那么应当如何选择元器件呢?这里必须搞清“要什么?”和“有什么?”两个问题。

“要什么?”是指根据指标要求系统需要什么样的器件,即指每个器件应具备的功能和性能参数。对于元器件最重要的 4 个要素是:功能、速度、精度和价格。在满足功能、性能要求的前提下,能用低速的决不用高速的,能用便宜的决不用昂贵的。

“有什么?”是指哪些元器件手头有,哪些可以在市场上买到或订到,它们的供货周期长短、价格、体积、性能如何等。应当认识到解决这个问题的学问很大,因为电子元器件品种繁多而且新的元器件不断涌现,这就要求设计者多关心元器件的信息,多查阅元器件资料(包括上网),多去元器件市场走走。市场柜台的陈列和价格表是设计者了解元器件行情的最直接、最生动的教

科书。

集成电路品种繁多,分模拟集成电路、数字集成电路和数模混合集成电路三种,每种又按功能分为许多类,要正确地选择它们,应该注意以下几点:

(1) 应熟识集成电路的分类,最好能熟识每类中若干典型产品的型号、性能及价格,以便及时地提出好的方案,设计出好的电路。

(2) 尽量选择市面流行的或大公司的系列产品。一般来说,集成电路更新很快,有些产品问世不久就被新产品所代替而停产。一旦我们选用过时或停产的产品,不但采购困难而且价格会很高。例如 EPROM 存储器 2716(仅 8KB),其价格比 27010(128KB)的芯片还贵。

(3) 应根据系统的应用场合选择合乎标准的器件。同样一类集成电路可分为美国 833 级、军品级、汽车级、工业级和商业级。商业级价格最低,适用于 $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围;工业级为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$;汽车级为 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$;军品级为 $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 125\text{ }^{\circ}\text{C}$;883 级的温度范围与普通军品级相同,但在许多性能指标上,如失效率等高于普通军品级。商业级与军品级器件的价格可能差几十倍之多,在应用中必须考虑到这些器件标准的差异。

1.5 分级调试及系统联调

经过严格 EDA 仿真与设计的电路一般是正确、合理、有把握的(但也有一些电路受器件模型精度及仿真软件的缺陷及限制,仿真结果与实际电路有较大差异)。如果对某些特别关键的部分还不放心,则可以做一些局部的实验,以便心中更加有数。这样以后就可以设计印制电路板(PCB)图,进入制板安装阶段。印制电路板通常由专业生产厂家来生产,设计者仅需提供设计文件即可,设计工艺可以向生产厂家咨询,如最小线宽、间距等。电路板装配完成后,首先进行分级调试,按功能块或子系统分别测试其性能是否达到方案总体设计时所分配的指标。如果达到,则调试下一个功能块。如果达不到,则要寻找原因。首先,应查看电路连线是否正确、电源是否正确、器件是否损坏等。若硬件没有问题,则应检查软件程序是否有问题,控制指令是否发送正确。如果发现电路连线有问题,则要改动印制电路板,就会带来较大的麻烦,通常需要利用“割线”或“飞线”来解决。此时如果应用可编程器件将会特别显示出其优越性。因为它可以将错误的电路擦除,改写为正确的电路,而且可以改写很多次。

调试中如果发现问题,还可以将各功能块的任务及指标加以适当调整,使其总体满足要求即可。

分级调试完毕,就可进行系统联调,看各模块联起来是否有问题。并从系统的输入到输出,逐项指标加以测试,直到系统的各项功能、性能均达到或超过设计要求为止。

调试是否顺利,与前期工作有很大的关系。方案正确与否,理论计算、指标分配正确与否,是否进行过计算机仿真,PCB 图设计是否正确,装配工艺是否规范等,一环扣一环,每个环节都要十分严格,不可掉以轻心,否则将会给调试工作带来极大困难,甚至会导致整个设计的失败。调试中可能还会出现许多实际问题,如电路不稳定、自激、干扰噪声大等,这些问题在设计阶段就要加以控制和避免。一旦出现,就要细心地逐个排除。

1.6 “电子设计”的文档整理及报告撰写指南

1.6.1 文档整理

“电子设计”文档包括：

- 设计要求、指标、合同或协议。
- 总体方框图、各功能块电路图、计算机仿真波形图或曲线图、总的完整的电路图。
- PCB图。
- 元器件清单。
- 软件流程图、执行程序及源程序。源程序各部分要注释清楚,以免时间久了忘记掉。
- 重要的理论分析与算法。
- 调试步骤及测试结果。

1.6.2 报告撰写指南

“电子设计”报告一般分两部分,一部分是技术报告,或称研制报告;另一部分是使用报告。使用报告是告诉用户如何使用和操作电子系统,比较简单。技术报告十分重要,它是电子系统设计的总结和升华,一般技术报告应包含以下部分:

- 系统设计目标及性能要求。
- 方案论证及选择。
- 理论分析、算法研究及参数计算。
- 系统组成、各子系统的指标分配。
- 系统的实现——硬件设计、EDA仿真。
- 系统的实现——软件设计。
- 系统调试,出现问题及解决的途径与方法。
- 测试结果,包括测试仪器,测试的曲线、数据、波形等。
- 误差分析。
- 结论。
- 必要的附件文档,如电路原理图、PCB图、元器件清单、原程序清单等。

如果读者经过电子系统设计的全过程训练,独立工作能力、创新意识和综合素质等诸多方面将会有个很大的飞跃,这也是编写本书的初衷。我们希望、也相信,我们的良好愿望能变为广大读者和朋友们的现实。

1.7 利用互联网搜索所需资料

随着互联网技术的不断发展,其内容不断渗入日常生活和工作中。充分利用网络上的资源,利用各种相关技术文献、各大公司的器件手册,下载各种设计软件以及设计者之间的相互交流已

成为电子设计过程中的重要的手段。网络上的资源浩如烟海,必须利用搜索引擎,才能快速从网络中找到所需要的资料和信息。

常用的搜索引擎有国外的 Google 网站(www.google.com)、国内的百度网站(www.baidu.com)等众多网站。各搜索引擎网站的使用方法不尽相同,但基本的方法大同小异。以 Google 网站为例,只需登录网站,在查询框内输入查询内容并敲一下回车(Enter)键,或单击“Google 搜索”按钮,即可得到相关资料。

Google 搜索严谨细致,能帮助你找到最重要、最相关的内容。例如,当 Google 对网页进行分析时,它也会考虑与该网页链接的其他网页上的相关内容。Google 还会先列出那些搜索关键词相距较近的网页。

通常 Google 搜索出的内容很多,由于 Google 只搜索包含全部查询内容的网页,所以缩小搜索范围的简单方法就是添加搜索词。添加词语后,搜索结果的范围就会比原来“过于宽泛”的搜索小得多,便于查找。

各搜索引擎网站更具体的操作,请参阅各网站的帮助内容,这里就不详细叙述了。

图 1.7.1 所示是搜索“PCA9534”芯片,Google 网站给出的结果。第一项即为该器件的器件手册。

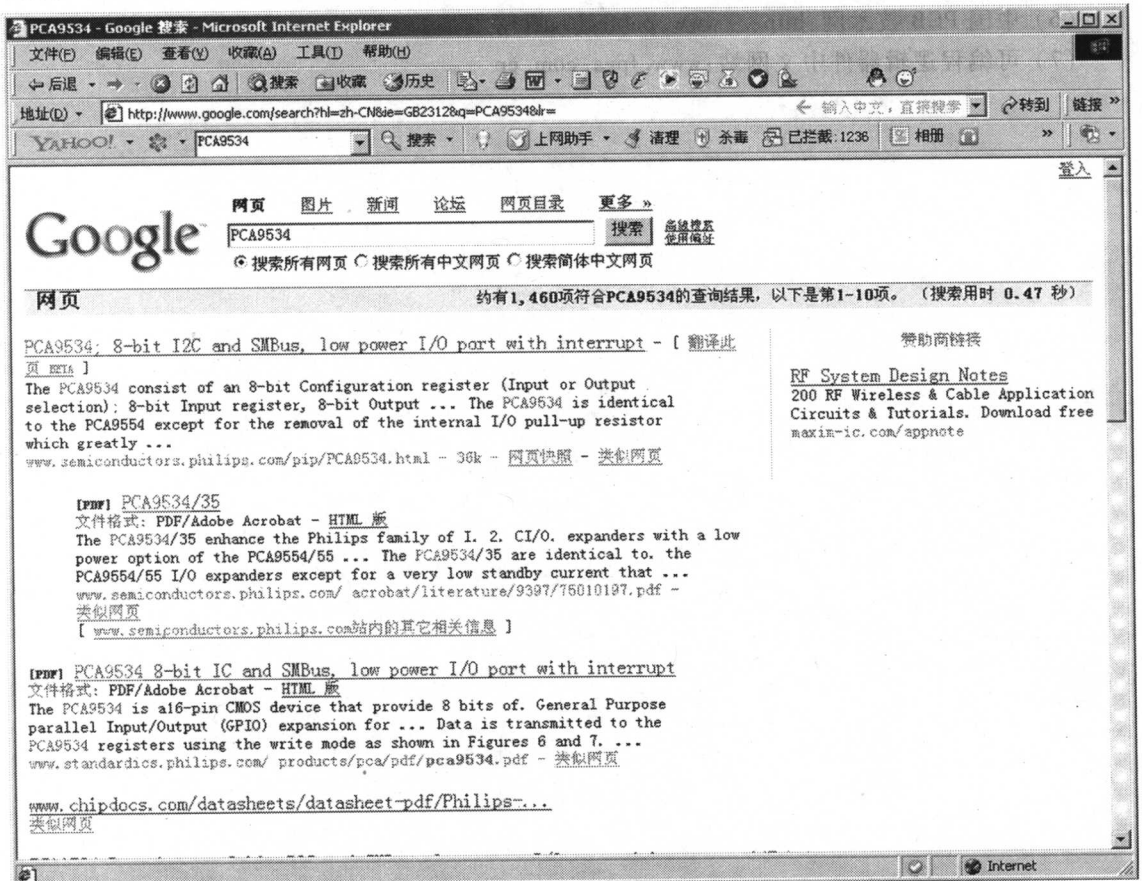


图 1.7.1 Google 网站给出的一个搜索结果

推荐常用电子工程类搜索引擎：

(1) 百度：<http://www.baidu.com>。

(2) 21IC 中国电子网：<http://cn.21ic.com>。

其中包括嵌入式系统、电测仪表、视频音频、电源技术、接口电路、存储器、DSP、传感与控制、通信网络、无线通信、单片机、模拟技术、显示光电、EDA/PLD 等搜索内容。

(3) 器件搜索：www.alldatasheet.com。

(4) 中国芯片手册网：<http://www.datasheet.com.cn>。

(5) 天网搜索引擎(北大天网搜索引擎)：<http://e.pku.edu.cn>。

(6) 华中大在线：<http://so.hustonline.net/>。

推荐常用设计网站：

(1) 21IC 中国电子网：<http://cn.21ic.com/>。

(2) 老古开发网：<http://www.laogu.com/>。

(3) 周立功单片机网：<http://www.mcustudy.com/>。

(4) 电子工程专辑网站：<http://www.eetchina.com/>。

(5) 微波论坛：<http://www.microwavebbs.com/>。

(6) 中国 PCB 技术网：<http://www.pcbtech.net/>。

(7) 可编程逻辑器件中文网站：www.fpga.com.cn。