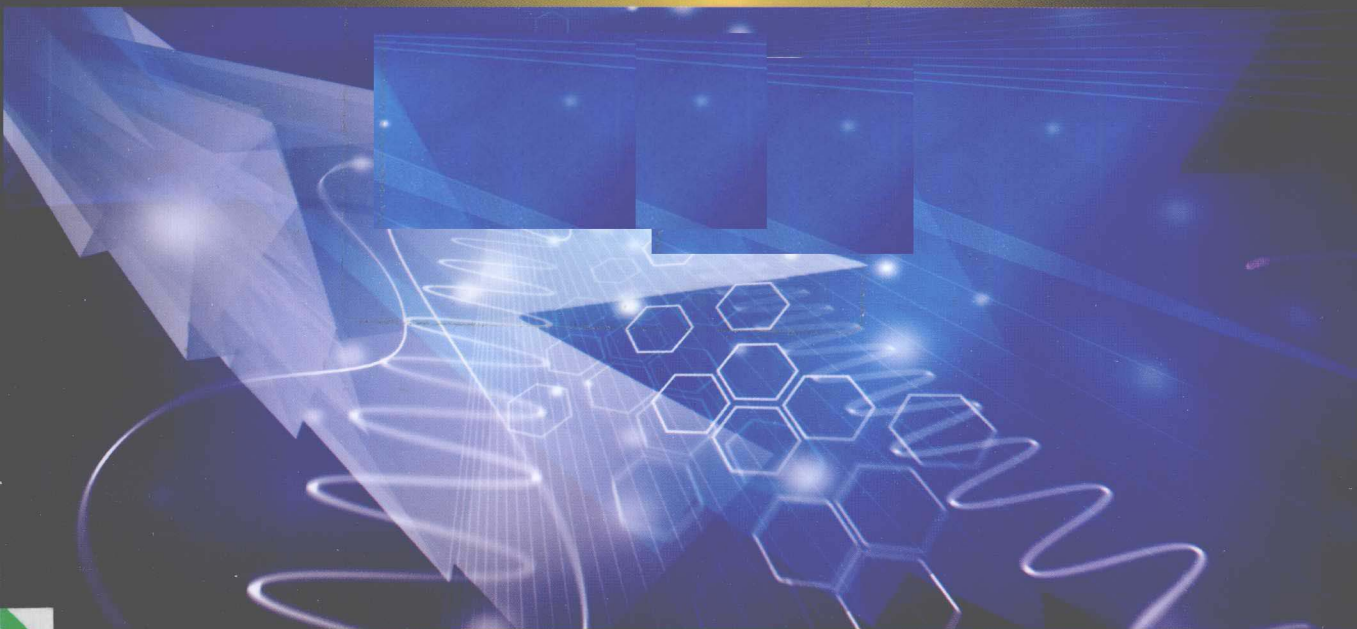


电子创新设计 与实践

DIANZI
CHUANGXIN SHEJI
YU SHIJIAN

(第2版)



王松武 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

电子创新设计与实践

(第2版)

		王松武	主编	
王松武	王伞	王扬		
田野	国强	刘勇		
杨亮	潘大鹏	周斌	编著	
于航	尹延辉			

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书以电子创新设计、电子竞赛为主线,介绍了现代电子线路与系统的设计与制作。

全书主要内容包括常用模拟电路、高频与无线发射、接收电路、遥控电路、基本数字电路、PLD 器件的开发与应用、数模混合电路、电源技术、传感器技术、单片机技术、电子电路设计范例以及科技写作基础等。

本书编著的内容主要考虑到高校学生的需求。首先,在开放的实验环境下,学生将充分发挥主观能动性,完成综合性强的系统级电路设计与制作;其次,学生将参加各种电子赛事,要在“实战演习”中演练水平、获取佳绩,这是本书编写的初衷。不仅如此,事实上,除大学生群体以外,尚有众多的电子工程技术人员,需要加强相互之间的交流,这也是我们编写本书的重要目的。

图书在版编目(CIP)数据

电子创新设计与实践/王松武主编.—2版.—北京:国防工业出版社,2010.5

ISBN 978-7-118-06744-6

I. ①电... II. ①王... 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 061113 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

· 开本 787×1092 1/16 印张 29½ 字数 650 千字

2010 年 5 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 49.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422

发行邮购: (010)68414474

发行传真: (010)68411535

发行业务: (010)68472764

前言

《电子创新设计与实践》第1版于2005年发行,作者希望借助此书为开展课外科技创新活动的高校学生及电子爱好者提供一定的帮助,并热诚期待本书能够成为一座桥梁,沟通从事电子教学、竞赛培训、工程开发的业内专家学者之间的交流和学习。自该书出版以来,受到广大读者的支持,引起了积极的反响。

电子系统设计是一个发展速度较快的领域,自2005年以后,新的IC器件层出不穷,一些先进的设计方法与理念逐渐成熟,因此,本书第1版中的部分内容已落后于应用技术的发展,鉴于上述情况,编者在第1版的基础上进行修订,形成《电子创新设计与实践》第2版书稿。第2版教材有如下特点:

(1) 体系合理。从大的方面划分,电子电路分为硬件电路与智能电路,硬件电路通常无需软件编程,而智能电路则是软硬件结合的电路,本书对硬件电路与智能电路均进行了介绍。硬件电路广泛采用集成电路和专用芯片。以智能器件为核心的单片机与可编程逻辑器件各列为一章,鉴于单片机与可编程逻辑器件更新换代的速度快,这两章的内容全部更新,特别是介绍了当前最新的CPLD芯片及其开发软件,反映了当代电子电路设计的新方向。电子电路设计范例列为一章,选用了实用性强、典型、成熟的电路加以介绍,这些电子系统具有综合性强、数模混合、硬件与软件相结合的特点。考虑到电子电路设计与制作和电子测量技术密不可分,故第11章介绍了电子测量技术及仪器。第1章作为开篇介绍了电子电路设计与制作概论,第14章作为本书的结束,介绍了科技写作基础。

在编写体系上,设置了三级目录,本着循序渐进的原则,叙述由浅入深、重点突出、通俗易懂。各章节内容相对独立,既可以通读,也可根据实际需要选读。

(2) 注重实践。本书编写的主导思想是注重实践,以工程设计训练为主,在对电子电路进行分析时,尽量避免抽象的原理分析和数学推导,侧重于器件的外特性、电路功能、物理意义和结论的说明。通过电子电路的设计与制作实践,旨在提高学生的工程实践能力、分析问题与解决问题的能力。

(3) 启发创新。当前,培养学生创新精神和创新能力为主题的创新教育已成为高校讨论的热门话题,如何在工程教育中进行教育创新,是值得思考的。在政府部门支持下开展的一系列具有导向性、示范性和群众性的全国大学生科技竞赛活动,目的在于推动普通高等学校面向21世纪课程体系和课程内容改革,鼓励广大学生踊跃参加课外科技活动,引导高校在教学中培养学生的创新意识、协作精神,加强学生工程实践能力的训练和培养,为优秀人才脱颖而出创造条件。为此,许多高校都建设了创新实践环境,学生可以有很大的自由度自选题目、自行设计,完成具有一定创意的选题。本书考虑到为适应创新教育的要求精选内容,对电子电路创新设计与实践具有启发性。

本书可作为高校电工电子类专业参考教材,可作为中专、高等职业教育的教科书,亦可作为大学生开展课外科技活动、电子赛事自学或培训教材,还适于作为工程技术人员、技术工人、电子爱好者的自学参考书。

本书的实践性强,书中所述电路,由于实验条件不同,可能会得出与书中不同的结果,同时由于编者知识所限,难免有疏漏之处,恳请各位同仁指正。

本书如能为大学生课外科技活动、电子赛事和电子爱好者、工程技术人员提供帮助,作者将感到十分欣慰。

编 者

2009 年 12 月于哈尔滨工程大学

目 录

第 1 章 电子电路设计与制作概论	1	2.1.1 三极管放大电路	20
1.1 电子电路设计与制作入门	1	2.1.2 场效应管放大电路	23
1.1.1 电子电路设计与制作如何选题	1	2.2 集成运算放大电路	26
1.1.2 电子电路设计与制作如何入门	1	2.2.1 运算放大器的电路结构与模型	26
1.1.3 电子技术平台	3	2.2.2 反相比例放大电路	27
1.2 电子电路设计	4	2.2.3 反相求和电路	28
1.2.1 电子电路设计的基本原则	4	2.2.4 同相比例放大电路	28
1.2.2 电子电路设计的基本方法	5	2.2.5 差动比例电路	29
1.2.3 电子电路设计的步骤	7	2.2.6 仪用放大电路	29
1.3 电子电路制作工艺	8	2.2.7 程控增益放大电路	32
1.3.1 电子工程师必须重视电子制作工艺	8	2.2.8 低频宽带放大器	35
1.3.2 元器件的测试与筛选	8	2.3 积分与微分电路	36
1.3.3 焊接工艺	9	2.3.1 积分电路	36
1.3.4 装配工艺	9	2.3.2 微分电路	37
1.3.5 PCB 设计与制作工艺	9	2.4 信号滤波器	37
1.4 电子电路中的抗干扰与屏蔽接地	12	2.4.1 滤波器概述	37
1.4.1 电子电路中的抗干扰措施	12	2.4.2 一阶低通有源滤波器	38
1.4.2 电子电路的电磁屏蔽技术	14	2.4.3 二阶低通有源滤波器	39
1.4.3 电子电路的布线与接地技术	15	2.4.4 二阶压控低通有源滤波器	39
1.4.4 电子电路中的浮置、滤波、隔离技术	16	2.4.5 一阶高通有源滤波器	41
1.5 电子电路的调试与检测	17	2.4.6 二阶有源压控高通滤波器	41
1.5.1 电子电路的调试	17	2.4.7 带通有源滤波器	42
1.5.2 排除故障的常用方法	17	2.4.8 带阻有源滤波器	42
1.5.3 正确处理几个关系	18	2.4.9 滤波器的组合	43
第 2 章 常用模拟电路	20	2.5 U-I 与 I-U 变换电路	44
2.1 分立元件基本放大电路	20	2.5.1 U-I 变换	44
		2.5.2 I-U 变换器	45
		2.6 电压比较器	45
		2.6.1 电压比较器的基本概念	45
		2.6.2 电压比较器的分类	45
		2.6.3 电压比较器芯片	48
		2.6.4 电压比较器的应用示例	48
		2.7 电平转换电路	49

步骤	126	6.6.1 任意进制分频器	193
5.2.2 组合逻辑电路设计示例	127	6.6.2 乐曲自动演奏电路	194
5.3 常用组合逻辑电路	128	第7章 数模混合电路	198
5.3.1 编码器	128	7.1 常用 A/D 转换器	198
5.3.2 译码器	130	7.1.1 A/D 转换器原理	198
5.3.3 数据选择器	132	7.1.2 A/D 转换器的性能指标	200
5.3.4 加法器	133	7.1.3 常用 A/D 转换芯片及 应用	202
5.3.5 加法器的应用	134	7.2 常用 D/A 转换器	205
5.4 时序逻辑电路概述	136	7.2.1 D/A 转换原理	205
5.4.1 时序逻辑电路的特点	136	7.2.2 D/A 转换器的性能指标	206
5.4.2 时序逻辑电路的分析方法	136	7.2.3 并行输入/电流输出 D/A 转换器 DAC0832	207
5.5 常用的时序逻辑电路	138	7.3 A/D 与 D/A 转换器常用的辅助 电路	208
5.5.1 寄存器	138	7.3.1 电压基准	208
5.5.2 计数器	141	7.3.2 时钟源电路	210
5.5.3 顺序脉冲发生器	145	7.3.3 采样保持器	210
5.6 时序逻辑电路的设计方法	146	7.4 数字电位器	212
第6章 PLD 器件的开发与应用	148	7.4.1 数字电位器工作原理	212
6.1 PLD 概述	148	7.4.2 数字电位器配置模式	212
6.1.1 MAX II 系列	148	7.4.3 数字电位器连接	213
6.1.2 Cyclone 系列	149	7.4.4 数字电位器芯片	214
6.2 PLD 的设计与开发	150	7.4.5 数字电位器的应用	216
6.2.1 EPM240 的设计与开发	150	7.4.6 数字电位器使用注意事项	217
6.2.2 EP1C6 的设计与开发	151	7.5 语音电路	218
6.3 PLD 系统的开发	153	7.5.1 语音 IC 概述	218
6.3.1 EPM240 开发板	153	7.5.2 音乐芯片	220
6.3.2 EP1C6 的最小系统	156	7.5.3 WTV 系列语音芯片	221
6.4 Quartus II 的使用	159	7.5.4 ISD 系列语音 IC	224
6.4.1 Quartus II 的安装	159	7.5.5 语音识别芯片	226
6.4.2 Quartus II 设计流程	164	7.5.6 RSC-364 语音识别芯片	227
6.4.3 Quartus II 的设计特点	164	7.5.7 PM50 系列语音 IC	229
6.4.4 Quartus II 的使用	165	7.5.8 PM50 系列语音 IC 的开发	230
6.5 VHDL 语言简介	174	7.5.9 ISD1700 系列语音芯片	233
6.5.1 VHDL 语言语法结构	174	7.6 显示电路	245
6.5.2 包、库和配置	176	7.6.1 LED 显示和接口	245
6.5.3 数据类型和运算	178	7.6.2 LCD 显示和接口	246
6.5.4 VHDL 语言的主要描述 语句	181	7.7 DDS 数字频率合成器	250
6.5.5 VHDL 设计实例	184		
6.6 VHDL 编程实例	193		

7.7.1	DDS 工作原理	250	9.1.1	传感器的定义与发展	280
7.7.2	DDS 芯片	252	9.1.2	传感器的分类	281
7.7.3	易于开发的 DDS 芯片 AD9850 与 AD9851	253	9.1.3	传感器的基本特性	283
7.7.4	具有多种调制方式的 DDS 芯片 AD9852 与 AD9854	256	9.1.4	传感器的非线性校正	284
7.7.5	DDS 芯片在无线通信系统中 的应用	259	9.2	传感信号的电桥检测电路	285
第 8 章	电源技术	261	9.3	传感信号处理电路	286
8.1	线性稳压电源	261	9.3.1	电压输出型传感器的信号 放大	286
8.1.1	简单稳压电路	261	9.3.2	电阻型传感器信号的差动 放大	287
8.1.2	分立元件线性稳压电路	261	9.3.3	传感器信号的电流放大	288
8.1.3	固定式线性集成稳压电路	262	9.3.4	用于金属检测的感性传感 信号放大	288
8.1.4	可调式线性集成稳压器	264	9.3.5	振荡器驱动传感器	289
8.2	开关式稳压电路	265	9.4	传感信号变换电路	289
8.2.1	串联型脉宽调制式开关 稳压电路	265	9.5	传感器接口电路	291
8.2.2	并联型脉宽调制式开关 稳压电路	266	9.6	传感器的应用	292
8.2.3	开关电源实例	267	9.6.1	温度传感器	292
8.3	电源变换电路	268	9.6.2	光敏传感器	294
8.3.1	DC/DC 变换电路	268	9.6.3	角传感器	299
8.3.2	DC/AC 逆变器	271	9.6.4	CCD 图像传感器	299
8.3.3	电源变换模块	271	9.6.5	霍耳传感器	301
8.4	UPS 电路	273	9.6.6	气敏传感器	303
8.5	电子镇流器电路	275	9.6.7	超声波传感器	304
8.6	可控硅调压电路	276	9.7	传感器的标定	307
8.6.1	单向可控硅交流调压电路	276	9.7.1	标定方法	307
8.6.2	双向可控硅交流调压电路	276	9.7.2	标定技巧	308
8.6.3	双向可控硅调压电路干扰 的抑制	277	第 10 章	单片机原理及应用	310
8.7	直流馈电电路	277	10.1	51 系列单片机硬件系统	310
8.7.1	独立电源供电的考虑	278	10.1.1	51 单片机的内部结构及 引脚的功能	310
8.7.2	数字电路与模拟电路 供电的考虑	278	10.1.2	MCS-51 存储器空间的 配置和功能	311
8.7.3	退耦滤波电路的考虑	279	10.1.3	几个特殊功能寄存器的 使用与说明	313
8.7.4	使用二次电源的考虑	279	10.1.4	与中断控制有关的特殊功能 寄存器的使用与说明	314
第 9 章	传感器技术	280	10.1.5	定时器/计数器中的控制 寄存器的使用与说明	315
9.1	传感器概述	280	10.1.6	串行通信工作方式及串行	

控制寄存器	317	11.3.4 通用示波器	365
10.1.7 MCS-51 对 LED 的		11.3.5 数字存储示波器	368
接口	318	11.3.6 频谱分析仪	369
10.2 MCS-51 系列单片机的指令		11.3.7 逻辑分析仪	371
系统	319	11.3.8 任意波信号发生器	372
10.2.1 指令系统的寻址方式	319	11.3.9 虚拟仪器	375
10.2.2 指令系统的使用要点	320	11.3.10 电子仪器使用注意	
10.2.3 MCS-51 指令系统的		事项	376
分类总结	321	11.4 基本电子测量技术	377
10.3 凌阳 SPCE061A 单片机	323	11.4.1 电子测量技术概述	377
10.3.1 概述	323	11.4.2 正弦稳态测试技术	378
10.3.2 技术性能及引脚说明	324	11.4.3 方波及脉冲测试技术	380
10.3.3 SPCE061A 开发器应用	326	11.4.4 模拟电路在电子测量中	
10.3.4 项目的创建与操作	330	的应用	382
10.3.5 SPCE061A 程序设计	332	第 12 章 Proteus 电子系统仿真技术	386
10.3.6 61 板	338	12.1 Proteus ISIS 的编辑环境	386
10.3.7 凌阳最小系统开发板	341	12.1.1 进入 Proteus ISIS	386
10.3.8 凌阳 SPCE061A 单片机		12.1.2 工作界面	386
的指令集	342	12.1.3 菜单命令简述	386
10.4 单片机最小系统	347	12.2 原理图编辑	389
10.4.1 MCS-51 单片机最小		12.2.1 ISIS 画原理图的步骤	389
系统	347	12.2.2 元器件块操作	389
10.4.2 AVR 单片机最小系统	350	12.2.3 器件连线	390
10.4.3 MSP430 单片机最小		12.2.4 总线应用	390
系统	352	12.2.5 原理图输出	390
第 11 章 电子测量与基本仪器组	355	12.3 Proteus 应用实例	391
11.1 电子测量的基本概念	355	12.3.1 单片机显示电路设计	391
11.1.1 电子测量的特点	355	12.3.2 广告灯电路的 PCB	
11.1.2 测量误差	356	制作	398
11.1.3 测量误差的性质及分类	356	第 13 章 电子电路设计范例	402
11.1.4 测量误差的来源	357	13.1 温度控制系统的设计	402
11.1.5 电子测量误差分析实例	358	13.1.1 设计要求	402
11.2 电子测量仪器	358	13.1.2 理论分析及控制算法的	
11.2.1 电子测量仪器概述	358	确定	402
11.2.2 电子测量仪器的分类	359	13.1.3 设计方案论证	403
11.3 基本电子测量仪器组	360	13.1.4 功能模块设计	405
11.3.1 电压测量仪器	360	13.1.5 发挥部分设计与实现	406
11.3.2 模拟式信号发生器	362	13.1.6 系统调试	407
11.3.3 数字频率计	364		

13.2	数字存储示波器	407	第 14 章	科技写作基础	444
13.2.1	设计要求	407	14.1	科技写作概论	444
13.2.2	方案论证与比较	408	14.1.1	科技写作的性质与功能	444
13.2.3	系统硬件总体设计	409	14.1.2	科技写作的基本特征	445
13.2.4	各功能模块设计	410	14.1.3	学习科技写作的意义	445
13.2.5	系统软件设计	413	14.1.4	科技写作的分类	446
13.2.6	系统组装与调试	414	14.2	科技论文写作	447
13.3	电动车跷跷板	416	14.2.1	科技论文概述	447
13.3.1	设计题目与要求	416	14.2.2	科技论文的编写格式	448
13.3.2	系统总体设计	417	14.3	学位论文的写作	450
13.3.3	硬件模块设计	417	14.3.1	撰写内容、格式	451
13.3.4	系统软件设计	420	14.3.2	书写打印	451
13.3.5	系统测试	421	14.4	科技报告的写作	452
13.4	简易智能电动车	422	14.4.1	科技报告的定义	452
13.4.1	设计题目与要求	422	14.4.2	科技报告的特点	452
13.4.2	系统总体框图	422	14.4.3	科技报告的类型	452
13.4.3	相关传感器的工作方式 与选型	423	14.5	电子设计竞赛报告的撰写	453
13.4.4	传感器设置与布局	424	14.5.1	电子设计竞赛报告撰写 要点	453
13.4.5	硬件电路设计	425	14.5.2	电子设计竞赛报告撰写 模板	453
13.4.6	单片机软件设计	430	14.6	实验报告的撰写格式	455
13.4.7	测试数据与实验结论	432	附录 A	芯片封装形式	457
13.5	短时间间隔测试仪	433	附录 B	常用的网站	460
13.5.1	方案论证	433	参考文献		462
13.5.2	系统硬件设计	434			
13.5.3	系统软件设计	435			
13.5.4	测试与结论	435			
13.6	电子电路设计参考题目	436			

第1章 电子电路设计与制作概论

1.1 电子电路设计与制作入门

1.1.1 电子电路设计与制作如何选题

首先,解释一下什么是电子电路设计与制作。这里提及的电子电路设计与制作,是指在业余条件下,设计某一电子电路,并把它组装调试出来。为什么说是在业余条件下呢?因为在业余条件下开展电子电路设计与制作,属于趣味制作和学习的层面,在高校常称为学生课外科技活动,不必考虑电子电路设计与制作中涉及的一些标准和商品化问题。例如,一件商品化的电子产品,除对它的外观和成本有要求外,还要求它的电路板尺寸很小、元件很紧凑,厂商在定型设计时可以考虑采用贴片元件、多层电路板等,但在业余条件下可以不必对此刻意追求。这并不等于说业余条件下可以任意放宽要求,电子电路设计与制作在业内有通常为人们认可的规则,这是应该遵守的。

业余条件下的电子电路设计与制作的难易程度如何掌握?设计与制作的规模有多大?从近年来指导学生进行课外活动看,选题应具有以下特点:

(1) 选题应新颖,实用性强,具有一定的趣味性。选题完成后如有可能,可实现商品化,转化为产品,或申请专利。

(2) 选题应包括硬件设计和软件设计,以硬件为主。这样既能锻炼学生硬件设计的水平,又能锻炼学生软件编程技巧和芯片开发的能力。

(3) 选题应综合性强,能够涵盖模拟电路、数字电路,一般都需要用单片机作为控制核心或处理信号,或者用 PLD 等器件来实现。这种综合电子系统的设计与制作能提高学生系统级电路的设计水平。

(4) 选题的难易程度应低于或相当于毕业设计的题目,这样可以在不加重学生课业负担的基础上,既丰富了学生的课余生活,又能锻炼学生的能力。

(5) 如果想通过完成选题在国家级或省级学科竞赛上拿名次,选题应有创新点,有特色。什么是特色,特色就是人无我有、人有我新。选题比较复杂,很可能是机电结合型的。

开展电子电路设计与制作是实践性很强的项目,最好是在开放的实验环境下,支持学生题目自拟、方案自选的电子电路设计项目。有许多学生,他们思想活跃,萌生了很多设想,有的学生甚至在读高中时就对电子情有独钟,他们要亲自动手设计电路并调试出来,这当然是最好的选择;但有些学生一时拿不出好题目,这时指导教师可以为他们提供参考题目,这些题目的来源很多,如全国大学生电子设计竞赛题目,都是经典的选题。电子电路设计与制作,魅力无穷、趣味横生、致力实践、大展宏图。但是,初次涉足电子电路设计与制作领域会感到很困惑,不知从哪里下手。

1.1.2 电子电路设计与制作如何入门

1. 介入电路设计与制作,宜早不宜迟

在大学里,仅仅依靠计划内的理论和实验学时培养实践操作能力是不够的,特别是实践课

程,往往按照实验指导书按部就班地去执行,这样会限制学生的创新能力和特长发挥。但是,在面向大多数学生的技术基础课程教学中,这种形式是十分必要的,它将为学生学习基础理论提供坚实的支撑。学生的创新能力和个性发展,可望通过课外电子电路设计与制作解决。那么,学生什么时候介入电子电路设计与制作为好呢?我们认为,对于初中、高中就爱好电子电路制作的学生,大一下学期就可以开展电子电路设计与制作;对于原本没有这方面爱好和基础的学生,可以在大二下学期参与此项活动。这里澄清一个误区:不要以为把技术基础课都学完了才可参与电子电路设计与制作,在这个问题上是可以打破常规的,参与电子电路设计与制作,宜早不宜迟。而且,介入得越早,获得的实际能力越强。

还有的学生“初学乍练”,感到自己设计电路尚有困难,不妨选择现成的电路进行制作并调试,如报警器、振荡器、对讲机等,从跑市场购买器件开始,然后焊接、组装、调试,由于是现成的电路,容易上手并获得成功,这不失为一种入门的选择。从哪里找入门级的电路呢?阅读一些科普类刊物或书籍,如《无线电》杂志(月刊),1955年创刊,刊载了许多趣味制作文章,能引导初学者入门;另外,还有《电子制作》等,都很吸引人;组装凌阳61板也是很好的选择,物美价廉,非常实用,用它作为控制、搞些小型研发课题都够用,会引导学生尽早走进单片机世界。

2. 兴趣是最好的老师

当你报考大学选择了电子类专业时,说明你对电子类专业感兴趣,也预示着你将在这个领域中拼搏。何况电子类专业是经久不衰的热门专业,在高考中考分需要高出几段才能入围。在相当长的历史阶段中,IT产业、电子信息工程、应用电子技术、通信等领域都将作为我国国民经济的支柱产业。因此,在电子类专业学习的学生,没有理由不热爱自己的专业。“兴趣是最好的老师”,这是一种通俗的说法。对专业感兴趣就会很快地进入,你会把本专业知识作为取之不尽、用之不竭的源泉。假如你对本专业尚不了解,那就需要在学习中有意识地培养专业兴趣,因为电子专业是块充满神奇的土地,需要有志者去开发耕耘。实际上,电子制作是非常引人入胜的,当电路没调通,学生会感到吃不下饭、睡不好觉;当电路一旦调通时,便会获得初次实践的成功感。凭着对电子专业的兴趣和不懈的追求,你在这个领域一定是优秀的。

3. 勤于动手是最好的途径

电子电路设计与制作是实践性很强的项目。特别是各种电子赛事,引领了电子电路设计与制作的方向,这个方向就是电子电路设计与制作正沿着实用性、知识性、综合性、趣味性的方向发展。人们常说“学以致用”,但“学”和“用”毕竟有一定差距。以单片机课程为例,这门课必须联系实际。如果仅限于课上讲了单片机原理、指令、编程,如果不去结合某一命题开发单片机,就等于这门课程没有学习,只会给人们留下枯燥乏味的记忆。在实施设计与制作中,往往有许多技巧和经验。举一个运算放大器的例子:按照理论分析,只要比例电阻选定后,就可决定运放的放大倍数,计算结果十分明确。而事实并非如此,需要用理论计算和实验调整相结合来选取比例电阻,这样才能获得切合实际的放大倍数;此外,在实际应用中还要考虑输入电阻问题、单、双电源供电问题等。至于单片机,更需要在实践中通过灵活地编程、仿真、开发、运行调试来掌握它。有经验的人常说,不编写和运行几百条以至于上千条的程序,就不能说掌握了单片机,因此,勤于动手是电子设计与制作的最好途径。根据我们的经验,对于初学者来说,要完成一个“全国大学生电子竞赛”级的题目,如果每天花费2h的时间,需要1个月~2个月才能完成。当你认认真真地走了这个“过场”,才会感到自己变充实了,突破误区,走向成功。

4. 相互学习是较好的方式

许多高校都建立了开放的实验环境,为学生开展课外科技活动创造条件,选派优秀教师参与指导。高校的许多教师,具有扎实的基础理论和丰富的实际经验,他们会毫无保留地传授给学

生。但是教师要面向众多的学生,教师本身还担负较多的工作,个别指导显然有一定困难,最好的方式是学生间相互学习。例如,初学者可以请教有经验的学生,低年级的学生可以请教高年级的学生。因为学生经常接触,沟通起来有共同语言,相互交流既方便又容易。为了使学生课外科技活动有序进行,常常把学生编组,每2人~4人为一组,自愿结合,然后指定一名高年级的学生辅导他们。在组内,学生可以相互交流、分工配合,还能与负责指导的学生交流,效果非常好,值得提倡。

1.1.3 电子技术平台

这里构建电子技术平台是站在宏观的角度,领会从事电子电路设计与制作所涵盖的知识层面,可以开阔人的视野,使人们联想到知识的融汇贯通,因此,电子技术平台具有一定的启迪性。

电子技术平台由硬件环境和软件环境所组成。

1. 硬件平台

(1) 电路、信号、电子技术基础。含低频电路、高频电路、信号分析与处理知识;典型的单元电路、集成芯片及其应用。例如,各种运算放大器;555 定时器、各种计数器、译码驱动器、显示器;A/D、D/A 变换器芯片;发射、接收、锁相环芯片等。

(2) 可编程 CPLD、FPGA 芯片。可进行灵活的编程和下载,具有可重用性、可组合性,可以构建高速电子电路,可用于前端电路。

(3) 单片机 MCU。可进行灵活的编程改变其功能,处理速度较慢,但接口丰富,常常作为综合电子系统的控制核心。

(4) 专用芯片 ASIC。为完成某一特定功能制造的芯片。例如,图像压缩芯片,可以使图像信息在电话线中传输;移动通信中的射频、音频接口芯片等。

(5) 数字信号处理器 DSP。DSP 芯片由于其特殊的设计结构,使数字信号处理理论建立的算法得以实时运行,并逐步进入 MCU 的应用领域。从某种意义上讲,DSP 处理速度更快,能对数据进行采集处理,具有很好的发展前景。

2. 软件平台

(1) 汇编语言。它是最简单、最基本、最实用的语言,也是一种低级语言,速度快,可直接指挥硬件,在单片机开发中广为应用。

(2) C 语言。作为一种通用的高级语言,可大幅度地提高单片机的应用系统开发效率。C 语言程序便于移植和修改,能提供处理复杂的数据类型,增强了程序处理能力和灵活性。但用 C 编译器生成的代码长度和执行时间较长,影响速度。

(3) MATLAB 语言。一种具有强大的数学运算和图形功能的语言,它的应用范围几乎涵盖了所有的科学和工程计算领域;应用 MATLAB 工具箱还能进行系统级的模拟分析。因此,它是集编程和 EDA 仿真于一体的语言。

(4) VHDL 语言。超高速集成电路硬件描述语言,它是开发、烧制大规模集成电路的语言,是各大半导体公司开发产品的有力工具。

(5) EDA 仿真软件。现在市面上流行各种版本的 EDA 仿真软件,是电路或系统设计的有力工具,常见的 EDA 软件有:虚拟电子实验台 EWB,主要用于电路、低频模拟电路、简单数字电路的仿真设计,新出的 Multisim 是它的升级版;Proteus 电子系统仿真软件,实现高级原理图布图、MCU、混合模式 SPICE 仿真、PCB 设计以及自动布线等完整的电子设计系统;通用电路分析软件 PSPICE,用于高频电路的仿真设计;各著名的器件生产商推出的适合于本厂商器件的仿真软件,如 Xilin 公司的 Foundation、Altera 公司的 MAXPLUSII、Lattice 公司的 Synario 等,在电子设计中比

较常用。

1.2 电子电路设计

当你拿到一份命题或任务书,就要按照给定的技术要求实施设计,电子电路设计是否正确合理关系到电子作品的质量,因此,电子电路设计是对以后产生影响的重要环节。

电子电路设计是依据事先提供的技术指标和功能,综合运用电子技术平台所提供的知识,对电路进行硬件、软件设计,达到用最少的、最节省的器件,实现电路的功能。事实上,电子电路设计如同写文章一样,仍然是“纸上谈兵”,但这绝非空谈,因为电子电路设计要遵循一定的规律,要进行工程计算。电子电路设计是制作的基础,设计是否成功,还要通过组装、调试来检验,在调试阶段还要修改设计。

严格地讲,电子电路设计应涵盖电路设计和工艺设计两部分,在业余条件下,对工艺设计要求并不那么严格、规范,因此,电子电路设计往往泛指电路设计。本节将讨论电子电路设计的相关问题。

1.2.1 电子电路设计的基本原则

电子电路设计最基本的原则是使用最经济的资源实现最好的电路功能。在这一基本原则下,正确处理以下关系:

1. 尽量提高性价比

一个电子电路可能有多种设计方案,在设计时,应尽量提高性价比。例如,在一般的放大电路中,能用普通运放就不必采用高精度运放;能用8位单片机实现功能就不必采用16位单片机。

2. 设计中的“软”与“硬”

设计中,能用软件编程实现的功能,就不要用硬件电路来实现,这实质上也是在追求性价比。仍以电子计数器为例,在计数频率不高的情况下,有现成的电子计数芯片7226,40脚封装,如果用7226来实现,不但价格高,电路也复杂。如果用单片机来实现,只要利用其丰富的指令系统对其编程开发,不但实现电子计数功能,还能扩展其他功能,如键盘管理、自动测试、实时时钟显示,而这些功能并不需要增加硬件电路。

3. 设计中的“简”与“繁”

所设计的电路在非用硬件不可的情况下,也应尽量简化电路。例如,能用集成块就不用分立元件;能用单电源供电就不用双电源;对于组合逻辑电路,可借助于逻辑表达式、卡诺图等工具化简。使设计的电路简单,也简化了工艺设计和组装调试,降低成本。

4. 采用器件的考虑

电子电路设计中涉及到许多器件,在选择器件时主要考虑规格、型号、报价、性能甚至厂商,以下几个问题值得注意:

(1) 电子器件的更新换代非常快,新器件不断进入电子市场,为了抢占市场,新器件往往价位较低。在电子电路中,应优先采用新技术、新工艺、新器件,电子电路采用较多的新器件,说明该作品有创新。

(2) 应选择当前流行的“大路货”。有些“大路货”器件,如51系列单片机、555时基块、三端稳压器等占据市场经久不衰,价格低廉,很容易买到。

(3) 应尽量选用现成的模块或组件。模块或组件实际上是半成品或成品,是器件开发商推出的实现某一功能的电路,内部已组装完成,对外只有几个引脚,价位低廉,使用方便,很受欢迎。

1.2.2 电子电路设计的基本方法

1. 综合电子系统的分级

电子电路通常是综合性强的电子系统,只有设计这样的系统,才能提升水平和能力。为了说明综合电子系统设计的基本方法,通常将电子系统分成四级,即系统级、子系统级、单元级、元件级,如图 1.1 所示。一个系统可能挂若干个子系统,每个子系统可能挂若干个单元,而且上级涵盖下级,层次分明。以“人体脉搏测量系统”为例,其基本组成如图 1.2 所示。如以虚线为界,虚线左边和右边分别为两个子系统,这两个子系统可分别称为“信号处理”和“单片机控制”子系统,每个子系统又包含了几个单元。单元通常是一个独立的电路,每个单元显然由电子元器件组成,这就是最底层元件级。

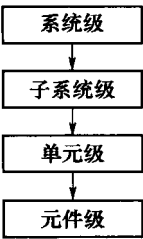


图 1.1 综合电子系统分级

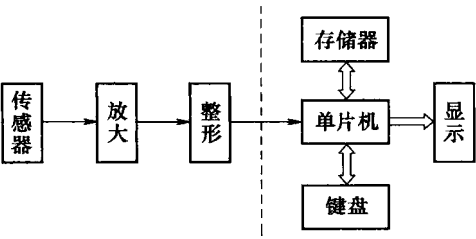


图 1.2 人体脉搏测量系统

当然,也有例外,当采用大规模集成电路时,级(层)的划分并不分明显,可灵活理解和处置。

2. 自顶向下的设计方法

通常,在学习知识时,往往是依“自底向上”的顺序。例如,学习数字电路这门课,是从二极管、三极管开关开始,逐步学习逻辑单元,然后学习组合逻辑和时序逻辑,最后才学习大规模集成电路和数字系统。而“自顶向下法”则与学习的过程相反,是从系统层面展开设计,这种方法的优点是能站得高、看得远,把握系统设计的主线,思路很清晰。

“自顶向下法”是借鉴 IC 的设计方法,它是从系统级开始设计,然后进行子系统级设计、单元级设计,最后落实到选择什么器件和芯片。

使用“自顶向下法”时应注意如下几点:

(1) 在进行系统级设计时,要抓主要矛盾,不必过多地考虑底层选择什么电路、选择什么器件,这时获得的设计结果往往是系统的方框图,或称为方案。系统级设计所需时间比较少,特别是竞赛题目,应能很快确定方案,不可在确定方案时犹豫不决,延误时间。

(2) 上一级设计应对下一级设计负责,保证上一级设计的正确和完美,称为“高层主导”原则。在设计某一级时遇到问题,必须将其解决才能进行下一级设计。此外,当设计到底层遇到问题而无法解决时,要退回到它的上一级,通过修改上一级的设计来解决下一级的设计困难。

“自顶向下法”适合于各级层次比较分明的大型系统,一个系统包括数个子系统,而每个子系统又包括数个单元,采用“自顶向下法”较为合理。

3. 自底向上的设计方法

有时所设计的系统不太复杂,层次不太分明,可采用“自底向上法”。该方法还适合于手头已有现成的单元电路或模块,可直接用来搭建系统。

4. 核心展开法

此方法可借用举例说明。假设让你设计一个多频点射频输出、数字显示、键盘操作、可数据存储的频率合成器,拿到题目后,你一定会想到本题的核心电路是压控振荡器;压控振荡器必须

置于锁相环中,进而构想出锁相环电路;要实现频率调节,锁相环中必须有可变分频器;要改变分频比,并能显示频率、键盘操作,必须由单片机系统来控制。这样,以压控振荡器为核心展开,便勾画出了本题目的基本框图,如图 1.3 所示。

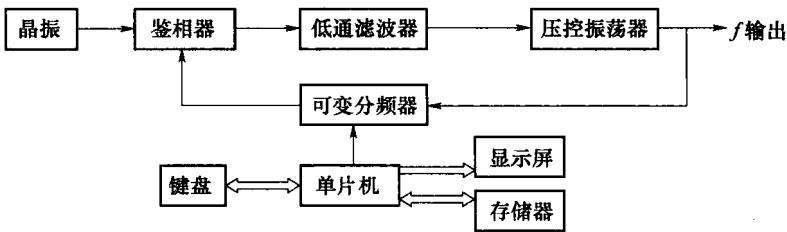


图 1.3 核心展开法设计频率合成器

如果要求有调制功能(AM/FM),只要在此基础上增加调制电路即可;如果要求输出幅度可变,在频率输出端加入宽带放大和衰减器即可。

有了上述方框图,再设计单元电路。由此可见,这种设计方法实际上也是“自顶向下”的设计思路,只不过在系统设计时采用了核心展开法。

上述设计方法不论采用哪种,实际上最困难、最费时间的设计在底层,因为底层设计要拿出具体电路,要计算元件参数。因此,当你的题目完成之后,会得到两份图:一份是系统方框图;另一份是整个系统的电原理图。电原理图很大,有时一个单元电路可能占用一张 16 开纸的版面。

上面所述的三种设计方法仅仅表达了一种设计思想,不是一成不变的,不必拘泥于某种方法,可以根据具体情况混合使用。

5. 系统集成法

系统集成法实际上是建立在“自顶向下法”的基础之上的。对于一个复杂的电子系统,可以在完成了顶层系统设计后,分头实施下一级设计。例如,我校(哈尔滨工程大学)组队参加“2005 ‘泉龙杯’中国空中机器人大赛”,在无人机整体设计上,就采取了系统集成的方案。经过几次方案论证,确定了无人机制作方案,系统总框图如图 1.4 所示。然后将整体任务分解为载机、自动驾驶仪、机载电子系统(含传感器、电源)、机载通信系统(含 GPS)、地面控制站、图像采集识别系统六部分,每部分都提出明确的技术指标,指定专人限期完成。待各部分完成后,采取系统集成的方法,将各部分整合到一起进行联调。

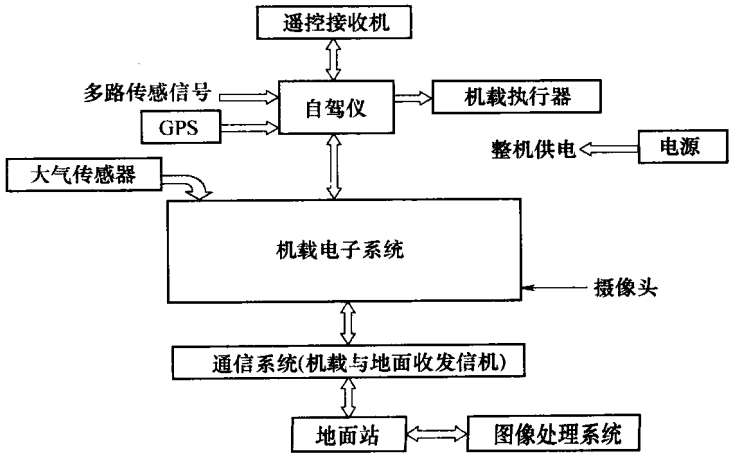


图 1.4 用系统集成法设计的无人机系统