



北京市高等教育精品教材立项项目

王振红 张常年 编著

综合电子设计与实践

清华大学出版社



北京市高等教育精品教材立项项目

内容简介

王振红 张常年 编著

综合电子设计与实践

图例(11) 目录页码

清华大学出版社
地址：北京清华大学学研大厦A座
邮编：100084
电话：(010) 62770175
网址：http://www.tup.tsinghua.edu.cn

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书共分六篇。第一篇论述了电子电路设计的一般方法、电子电路设计的基本课题。第二篇列举了用 Protel 99 仿真模拟电子技术、数字电子技术实验的仿真实例。第三篇介绍了 VHDL 语言的基础知识、MAXPLUS II 软件的应用方法、CPLD 简单的设计应用实例以及 CPLD 数字系统设计课题(如定时器、频率计以及智能函数发生器等)。第四篇模拟可编程器件 PAC 应用技术,包括增益调整、滤波器、电压监控以及温度监控等实验内容。第五篇介绍了 PCB 电路板设计基础、电子电路的安装调试方法以及电子电路抗干扰措施等。第六篇介绍了基于公用电话网的智能家居控制系统的设计实例。

本书是一本综合实践性教材,适合高等院校电类各专业专科、本科学生以及工程技术人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

综合电子设计与实践/王振红,张常年编著. —北京:清华大学出版社,2005.2

ISBN 7-302-10079-9

I. 综… II. ①王… ②张… III. 电子电路—电路设计 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 128340 号

出 版 者:清华大学出版社

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

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客户服务:010-62776969

组稿编辑:陈国新

文稿编辑:赵从棉

印 装 者:北京国马印刷厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:17.5 字数:389 千字

版 次:2005 年 2 月第 1 版 2005 年 2 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 7-302-10079-9/TN·224

印 数:1~3000

定 价:25.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103 或(010)62795704

序

当前国内各高校都在重视并不断加大投入实践教学的改革,已有多所学校推出电子技术实践教学环节的教材,本书就是其中之一。

本书由 6 篇 16 章内容组成。第一篇电子电路设计基础,介绍传统的电子电路设计方法,侧重于模拟和数字集成电路构成的电子电路设计,由分析电路系统的功能、分析技术指标、给出系统框图、完成总体方案设计 4 个过程组成,为学生建立一个完整的系统构成概念。第二篇介绍用 Protel 99 仿真软件对模拟和数字电子电路在虚拟平台上进行仿真与分析的方法,有助于学生在实验室虚拟环境下进行仿真实验,以提高学生掌握软件分析与测试的能力。这一篇由 3 章组成,包括单晶体管放大器、运放的线性应用及非线性应用、门电路、全加器、显示电路、各种触发器、555 定时器及模拟数字混合电路的综合仿真方法。第三篇讲述 VHDL 语言的数字系统设计方法,既简要地介绍了 VHDL 的语法基础和 MAXPLUS II 软件的应用方法,利用 CPLD 内部强大的互联技术及在线可编程特性实现单片机系统的 I/O 通信,以及外围硬件电路(ADC 和 DAC 等)的设计;又同时列举了很多设计实例,紧密结合数字技术的教学内容,使学生用较少的学时,就可以学会和掌握 VHDL 语言的数字电子电路系统的设计技术。第四篇介绍模拟可编程器件电子技术的设计方法,内容新颖,包括 PAC-Designer 软件基本介绍、模拟信号接口电路、增益调整、滤波器实现技术、电压监控的实现及设计实例等内容。第五篇电子电路制作相关技术,介绍了 PCB 电路板设计方法、电子电路安装调试方法和电子电路抗干扰措施。第六篇电子电路设计范例,介绍了基于公用电话网的智能家居控制系统的设计方法和实用电路。书中每一章都列举了很多设计实例,紧密结合电子技术的教学内容,内容丰富、针对性强。

本书在内容编排上注意拓展知识面,将单元电路与复杂电子电路系统相结合,将基本部分、拓宽部分和提高部分相互衔接,逐层深入。用虚拟实验技术拓宽和加深实验内容,并运用 EDA 工具进行实验的设计与模拟。在选材内容上,设计型、综合性题目占大多数,既注重单元电路及功能模块的设计和调试,又注重电子电路系统的设计与实践,强化工程训练及创新能力的培养。本书非常适合作为电类本科生电子技术课程设计教材使用。

陈文楷

北方工业大学电子信息与控制工程学院

2004 年 10 月

前言

迈进 21 世纪,网络与通信技术、多媒体技术以及新型体系结构的计算机设计随时都在向系统级芯片(System-on-Chip, SoC)的设计与制造提出新的挑战。现代电子产品的性能越来越高,复杂度越来越大,更新步伐越来越快。实现这种进步的主要原因就是微电子技术和电子设计技术的发展。前者以微细加工技术为代表,目前已进入了超深亚微米阶段,可以在几平方厘米的芯片上集成几千万个晶体管;后者的核心就是电子设计自动化(electronic design automatic, EDA)技术。本书的目的就是在传统的硬件设计方法的基础上,将新器件、新的设计手段和方法介绍给广大读者,把新旧设计方法融会贯通、综合应用,主要体现了电子设计的新方法、新手段的综合应用。本书不同于其他教材之处是反映了要完成一个电子产品设计所必备的技术手段和方法,较全面地介绍了 EDA 设计的方法和手段。本书在编写过程中,主要考虑了以下几个方面:

1. 系统性。由于本书是在学生修完《电子技术基础》课程后所进行的实践教学环节,所以本教材所选择的电子单元电路的仿真设计、VHDL 的设计与清华大学阎石主编的《数字电子技术基础》,清华大学童诗白、华成英主编的《模拟电子技术基础》同步,电子电路系统设计的题目选自北方工业大学参加全国大学生电子竞赛训练的题目,或是参加全国大学生“挑战杯”参赛的题目,有的题目选自多年实践教学中的课程设计题目。所选择的内容尽可能保持前后课程连贯,与整个“电子技术”课程体系有机地结合起来。

2. 独立性。尽管本书是“电子技术”课程体系的一部分,但它与传统的课程教学有很大的区别。本书详细介绍了电子电路系统设计的 EDA 设计方法和手段,使它们自成体系。电子电路系统设计都要涉及到电子仿真技术、PCB 设计技术、数字可编程器件设计技术、模拟可编程器件设计技术、电磁兼容技术等新的设计方法和手段,这些新的设计方法与传统的硬件设计方法相互补充,使得本书成为一本综合实践性教材。

3. 实用性。本书的最突出特点就是引导学生如何应用 EDA 设计方法和手段。所列举的电子电路设计题目都是经过实践验证的实用设计题目,可直接引用。

4. 便于教学。每篇各成体系,可集中教学,也可根据教学实际情况选各篇章分散教学,以适应不同的教学对象。

5. 使用范围广。本书可作为自动化、电气工程、电子信息、通信工程、计算机等电类专业学生的电子技术课程设计教材,同时也可作为电子设计竞赛的参考书,对电子工程技术人员、电子爱好者也具有很好的参考价值。

本书受到了北方工业大学的高度重视,特别是学校的教务处给予了大力的支持和帮助,对此表示衷心的感谢。编著者曾长期从事电子技术理论教学、实践教学,对电子设计过程有切实的体会和经验,因此本书在编写的过程中力求结合实际,为广大读者提供有益

的帮助。由于编著者自身的水平有限,若书中存在错误和不妥之处,敬请读者指正。读者的反馈信息可通过电子邮件发送至:wzh_writer@Sohu.com

编著者

2004 年 10 月于北方工业大学

目 录

第一篇 电子电路设计基础

第 1 章 电子电路设计的一般方法	3
1.1 模拟电子电路的设计方法	3
1.2 数字电子电路的设计方法	5
第 2 章 电子电路设计的基本课题	8
2.1 温度报警器设计	8
2.2 音响式产品分档器的设计	10
2.3 方波、三角波、正弦波发生器的设计	13
2.4 99 分钟以内的定时器的设计	14

第二篇 电子电路仿真技术

第 3 章 仿真技术的基础知识	25
3.1 Protel 99 的运行环境	25
3.2 Protel 99 仿真的基本界面	25
3.3 Protel 99 仿真的基本操作方法	29
3.4 Protel 99 仿真的常用分析法	32
3.5 Protel 99 仿真快速入门	32
第 4 章 模拟电子电路的仿真设计	36
4.1 单管放大器的仿真设计	36
4.2 负反馈放大器的仿真设计	42
4.3 运算放大器线性应用的仿真设计	46
4.4 运算放大器非线性应用的仿真设计	51
第 5 章 数字电子电路仿真设计	54
5.1 门电路仿真设计	54
5.2 组合逻辑电路	56
5.3 触发器	64
5.4 时序电路和脉冲电路	69

第三篇 CPLD 应用技术

第 6 章 VHDL 语言的基础知识	77
6.1 VHDL 编程思想	77
6.2 VHDL 语言程序的基本结构	77
6.3 VHDL 语言中的数据	79
6.4 VHDL 语言中的表达式	83
6.5 VHDL 语法基础	86
6.6 VHDL 编程举例	91
第 7 章 MAXPLUS II 软件应用方法	94
7.1 启动 MAXPLUS II	94
7.2 建立设计项目	94
7.3 新建文件	95
7.4 文件编辑	96
7.5 编译	99
7.6 仿真	100
7.7 下载	103
7.8 硬件连线	103
第 8 章 CPLD 简单的设计应用实例	105
8.1 组合电路的设计	105
8.2 扫描显示电路的驱动	109
8.3 时序电路和计数器的设计	113
8.4 寄存器设计	119
8.5 状态机设计	122
8.6 A/D 采样控制器设计	125
8.7 波形发生器设计	127
第 9 章 CPLD 数字系统设计	130
9.1 总述	130
9.2 定时器	130
9.3 数字钟	137
9.4 频率计	150
9.5 智能函数发生器设计	164
9.6 16×16 的点阵显示设计	169
9.7 数据采集及监控系统	175
9.8 CPLD 器件与单片机构成的双控制器设计	178

9.9 用 CPLD 控制 ISD2590 语音芯片设计及其在智能家居系统中的应用	182
---	-----

第四篇 模拟可编程器件 PAC 应用技术

第 10 章 PAC-Designer 软件的基本介绍	191
10.1 软件的运行环境及特征	191
10.2 软件的安装及启动	191
10.3 实验系统开发的基本步骤	191
10.4 软件的详细使用说明	194
10.5 设计仿真	196
第 11 章 增益调整的实现	198
11.1 在系统可编程模拟电路的结构	198
11.2 信号接口电路	200
11.3 普通增益的调整	203
11.4 高精度增益的调整	204
11.5 温度监控	206
第 12 章 滤波器的实现	208
12.1 二阶滤波器的实现	208
12.2 高精度阶梯滤波器的实现	212
第 13 章 电压监控的实现	214
13.1 ispPAC20 芯片介绍	214
13.2 过压监控	217
13.3 欠压监控	219
13.4 双正电压监控	220
13.5 负电压监控	221

第五篇 电子电路制作相关技术

第 14 章 PCB 电路板设计基础	225
14.1 启动 Protel 99	225
14.2 建立设计项目	225
14.3 新建文件	226
14.4 Protel 99 设计界面介绍	228
14.5 设置参数	228
14.6 放置元件	230
14.7 库的使用	232
14.8 自制元件	233

14.9 布局与连线·····	236
14.10 PCB 板封装·····	239
第 15 章 电子电路安装调试方法 ·····	240
15.1 模拟电子系统的安装与调试·····	240
15.2 数字电子系统的安装与调试·····	243
15.3 电子电路抗干扰措施·····	245

第六篇 电子电路设计范例

第 16 章 基于公用电话网的智能家居控制系统 ·····	253
16.1 系统原理和组成·····	253
16.2 系统外围硬件电路·····	254
16.3 系统的软件实现·····	258
16.4 系统的整体结构·····	258
16.5 VHDL 模块介绍·····	259
16.6 单片机模块介绍·····	264
16.7 小结·····	268

第一篇

电子电路设计基础

本篇主要介绍电子电路设计的一般方法和基本课题,所介绍的电子电路设计的一般方法是自下而上的传统硬件设计方法,是基本的实践训练环节。

第 1 章 电子电路设计的一般方法

所谓电子系统是指由一组电子元件或基本电子单元电路相互连接、相互作用而形成的电路整体,它能按特定的控制信号执行所设定的功能。按所处理信号的不同,电子系统一般可分为模拟电子系统、数字电子系统和数字模拟混合电子系统。

1.1 模拟电子电路的设计方法

由于模拟电子系统种类繁多、千差万别,故设计一个模拟电子系统的方法和步骤也不尽相同。但对于要设计的实际电子系统,一般首先根据电子系统的设计任务,进行总体方案选择;然后对组成系统的单元电路进行设计、参数计算、元器件的确定和实验调试;最后绘出用于指导工程的电路图。

1.1.1 总体方案确定

在全面分析电子系统任务书所下达的系统功能、技术指标后,根据已掌握的知识和资料,将总体系统按功能合理地分解成若干个子系统(单元电路),并画出由各个单元电路框图相互连接而形成的系统原理框图。电子系统总体方案的选择,将直接决定电子系统设计的质量。因此,在进行总体方案设计时,要多思考、多分析、多比较。要从性能稳定性、工作可靠性、电路结构、成本、功耗、调试维修等方面,选出最佳方案。

1.1.2 单元电路设计

在进行单元电路设计时,必须明确对各单元电路的具体要求,详细拟定出单元电路的性能指标,认真考虑各单元之间的相互联系,注意前后级单元之间信号的传递方式和匹配,尽量少用或不用电平转换之类的接口电路,并应使各单元电路的供电电源尽可能地统一,以便使整个电子系统简单可靠。另外,应尽量选择现有的、成熟的电路来实现单元电路的功能。如果找不到完全满足要求的现成电路,则可在与设计要求比较接近的电路基础上适当改进,或自己进行创造性设计。为使电子系统的体积小、可靠性高,单元电路尽可能用集成电路组成。

1.1.3 参数计算

在进行电子电路设计时,应根据电路的性能指标要求决定电路元器件的参数。例如根据电压放大倍数的大小,可决定反馈电阻的取值;根据振荡器要求的振荡频率,利用公式可算出决定振荡频率的电阻和电容值等。但一般满足电路性能指标要求的理论参数值

不是惟一的,设计者应根据元器件性能、价格、体积、通用性和货源等方面灵活选择。计算电路参数时应注意以下几点。

(1) 在计算元器件工作电流、电压和功率等参数时,应考虑工作条件最不利的情况,并留有适当的余量。

(2) 对于元器件的极限参数必须留有足够的余量,一般取 1.5~2 倍的额定值。

(3) 对于电阻、电容参数的取值,应选计算值附近的标称值。电阻值一般在 $1\text{M}\Omega$ 内选择;非电解电容一般在 $100\text{pF}\sim 0.47\text{F}$ 之间选择;电解电容一般在 $1\mu\text{F}\sim 2000\mu\text{F}$ 之间选用。

(4) 在保证电路达到性能指标要求的前提下,尽量减少元器件的品种、价格及体积等。

1.1.4 元器件选择

在确定电子元器件时,应全面考虑电路处理信号的频率范围、环境温度、空间大小、成本高低等诸多因素。

(1) 一般优先选择集成电路。由于集成电路体积小、功能强,可使电子电路可靠性增强,安装调试方便,并可大大简化电子电路的设计。随着模拟集成技术的不断发展,适用于各种场合下的集成运算放大器不断涌现,只要外加极少量的元器件,利用运算放大器就可构成性能良好的放大器。同样,目前在进行直流稳压电源设计时,已很少采用分立元器件进行设计了,取而代之的是性能更稳定、工作更可靠、成本更低廉的集成稳压器。

(2) 正确选择电阻器和电容器。这是两种最常见的元器件,种类很多,性能相差很大,应用的场合也不同。因此,对于设计者来说,应熟悉各种电阻器和电容器的主要性能指标和特点,以便根据电路要求,对元件作出正确的选择。

(3) 选择分立半导体元件。首先要熟悉这些元件的性能,掌握它们的应用范围;再根据电路的功能要求和元器件在电路中的工作条件,如通过的最大电流、最大反向工作电压、最高工作频率、最大消耗的功率等,确定元器件型号。

1.1.5 计算机模拟仿真

随着计算机技术的飞速发展,电子系统的设计方法发生了很大变化。目前,EDA(电子设计自动化)技术已成为现代电子系统设计的必要手段。在计算机平台上,利用 EDA 软件,可对各种电子电路进行调试、测量、修改,这样可大大提高电子设计的效率和精确度,同时节约了设计费用。

1.1.6 实验

电子设计要考虑的因素和问题相当多,由于电路在计算机上进行模拟时所采用的元器件参数和模型与实际器件有差别,所以对经计算机仿真过的电路,还要进行实际实验。通过实验可以发现问题、解决问题。若性能指标达不到要求,应深入分析问题出在哪些单元或元件上,再对它们重新设计和选择,直到性能指标完全满足要求为止。

1.1.7 总体电路图绘制

总体电路图是在总框图、单元电路设计、参数计算和元器件选择的基础上绘制的,它是组装、调试、印刷电路板设计和维修的依据。目前一般是利用绘图软件绘制电路图。绘制电路图时要注意以下几点。

(1) 总体电路图尽可能画在同一张图上,同时注意信号的流向,一般从输入端画起,由左至右或由上至下按信号的流向依次画出各单元电路。对于电路图比较复杂的,应将主电路图画在一张或数张图纸上,并在各图所有端口两端标注上标号,依次说明各图纸之间的连线关系。

(2) 注意总体电路图的紧凑和协调,要求布局合理、排列均匀。图中元器件的符号应标准化,元件符号旁边应标出型号和参数。集成电路通常用方框表示,在方框内标出它的型号,在方框的两侧标出每根连线的功能和管脚号。

(3) 连线一般画成水平线或垂直线,并尽可能减少交叉和拐弯。对于相互交叉的线,应在交叉处用圆点标出。对于连接电源负极的连线,一般用接地符号表示;对于连接电源正极的连线,仅需标出电压值。

1.2 数字电子电路的设计方法

数字系统的规模差异很大,对于比较小的数字系统可采用所谓经典设计。即根据设计任务要求,用真值表、状态表求出简化的逻辑表达式,画出逻辑图、逻辑电路图,最后用小规模电路实现。随着中大规模集成电路的发展,实现比较复杂的数字系统变得比较方便,且便于调试、生产和维护,其设计方法也比较灵活。例如目前正迅速普及的ISP(在系统编程)可编程逻辑器件的出现,给数字系统设计带来了革命性的变化,硬件设计变得像软件一样易于修改,如要改变一个设计方案,通过设计工具软件在计算机上数分钟内即可完成。这不仅扩展了器件的用途,缩短了系统的设计周期,而且还去除了对器件单独编程的环节,省去了器件编程设备。

1.2.1 系统功能要求分析

数字电路系统一般包括输入电路、控制电路、输出电路、被控电路和电源等。数字系统设计首先要做到的是明确系统的任务、技术性能、精度指标、输入输出设备、应用环境以及有哪些特殊要求等。设计者有时接到的课题比较笼统,有些技术问题要靠设计者的分析与理解,特别是要和课题提出者、系统使用者反复磋商,并在应用现场进行实地考察以后才能明确地确定下来。

1.2.2 总体方案确定

明确了系统性能以后,应考虑如何实现这些技术功能,即采用哪种电路来完成它。对于比较简单的系统,可采用中小规模集成电路实现;对于输入逻辑变量比较多、逻辑表达式比较复杂的系统,可采用大规模可编程逻辑器件完成;对于需要完成复杂的算术运算,

进行多路数据采集、处理及控制的系统,可采用单片机系统实现。目前处理复杂的数字系统的最佳方案是大规模可编程逻辑器件加单片机,这样可大大节约设计成本,提高可靠性。

1.2.3 逻辑功能划分

任何一个复杂的大系统都可以逐步划分成不同层次的较小的子系统。一般先将系统划分为信息处理和控制电路两部分,然后根据信息处理电路的功能要求将其分成若干个功能模块。控制电路是整个数字系统的核心,它根据外部输入信号及来自受其控制的信息处理电路的状态信号,产生受控电路的控制信号。常用的控制电路有 3 种:移位型控制器、计数型控制器和微处理器控制器。一般根据完成控制对象的复杂程度,可灵活选择控制器类型。

1.2.4 单元电路设计

在全面分析各模块功能类型后,应选择出合适的元器件并设计出电路。组合逻辑电路的设计步骤如图 1.1 所示。时序逻辑电路的设计步骤如图 1.2 所示。

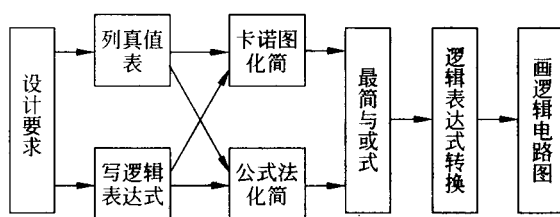


图 1.1 组合逻辑电路设计步骤

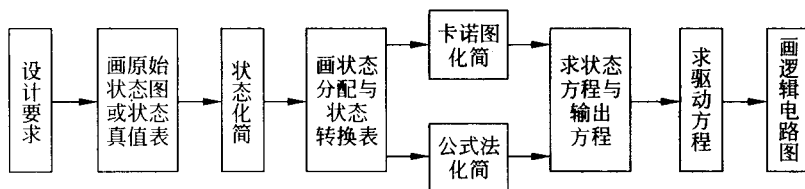


图 1.2 时序逻辑电路设计步骤

在设计电路时,应充分考虑能否用 ASIC(专用集成电路)器件实现某些逻辑单元电路,这样可大大简化逻辑设计,提高系统的可靠性和减小 PCB 的体积。

1.2.5 系统电路综合

在各单元模块和控制电路达到预期要求以后,可把各个部分连接起来,构成整个电路系统,并对该系统进行功能测试。

测试主要包含 3 部分的工作:系统故障诊断与排除、系统功能测试、系统性能指标测试。若这 3 部分的测试有一项不符合要求,则必须修改电路设计。

1.2.6 设计文件撰写

在整个系统实验完成后,应整理出包含如下内容的设计文件:完整的电路原理图、详细的程序清单、所用元器件清单、功能与性能测试结果及使用说明书等。