



普通高等教育“十五”国家级规划教材

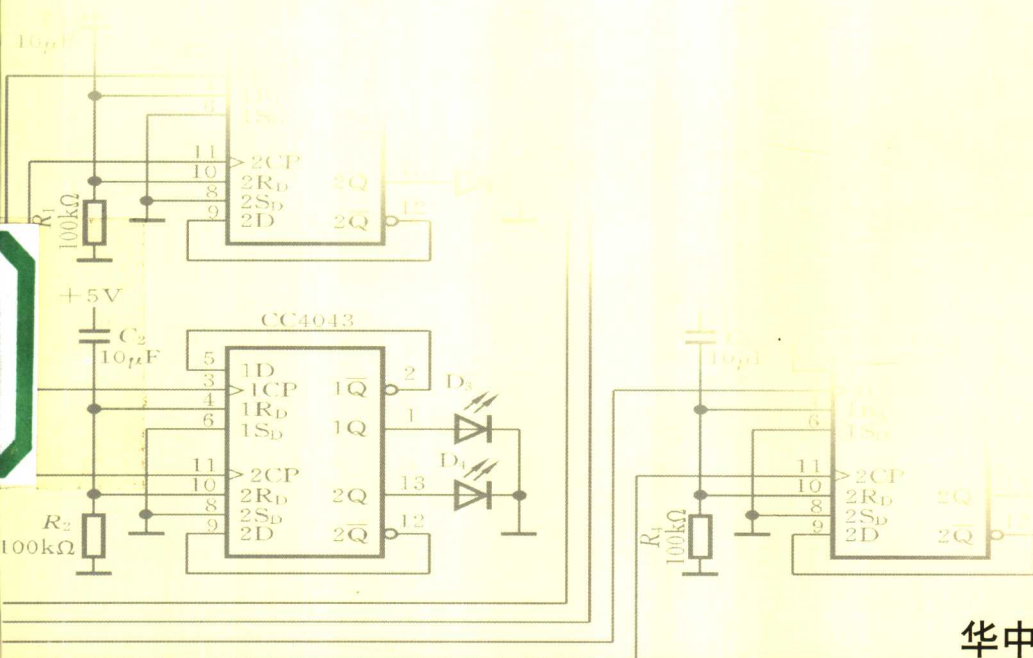
Electronic Circuit
Synthesis Design



电子线路综合设计

主编 谢自美

编著 谢自美 尹仕肖 看赵云娣 罗杰



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>



普通高等教育“十五”国家级规划教材

TN7
102

*Electronic Circuit
Synthesis Design*

电子线路综合设计

主编 谢自美

编著 谢自美 尹仕肖 看赵云娣 罗杰

华中科技大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子线路综合设计/谢自美 主编
武汉:华中科技大学出版社,2006年6月
ISBN 7-5609-3506-0

- I. 电…
II. ①谢… ②尹… ③肖… ④赵… ⑤罗…
III. 电子线路-设计
IV. TN7

电子线路综合设计

谢自美 主编

责任编辑:沈旭日
责任校对:吴 晗

封面设计:潘 群
责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社
武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:华中科技大学惠友文印中心
印 刷:湖北新华印务有限公司

开本:787×1092 1/16
版次:2006年6月第1版
ISBN 7-5609-3506-0/TN·93

印张:19
印次:2006年6月第1次印刷

字数:440 000
定价:28.80 元

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材,它与《电子线路设计·实验·测试》(第三版)教材配套,形成一个“基础实验—设计性实验—综合设计性实验”三层实验教学体系。本书以电子线路综合设计为主要内容,重点介绍综合性设计课题的设计方法、设计流程以及电路安装调试技术、性能指标测试方法和电子综合设计中的一些抗干扰技术。

全书共分6章,介绍了22个课题的设计过程与实现方法:第1章介绍综合设计的基本方法、系统的抗干扰技术和常见技术指标的测试方法;第2章介绍信号源类课题(共5个);第3章介绍放大器类课题(共5个);第4章介绍控制系统类课题(共4个);第5章介绍测量仪器类课题(共4个);第6章介绍通信系统类课题(共4个)。这些课题的综合性较强,所涵盖的电路范围比较宽:有模拟电路和数字电路综合应用的课题;有低频电路、高频电路与数字逻辑电路综合应用的课题;有单片机与可编程逻辑器件构成的综合性应用课题。每个设计课题均介绍了设计思路、设计过程、设计实现的实验方法以及技术指标测试方法。这些设计范例具有一定的指导作用。为检验学生的电子设计能力,每个设计课题均布置了设计任务和实验思考题。

本书的作者是华中科技大学具有丰富教学、实践经验的教师,也是全国大学生电子设计竞赛的指导教师。本书可作为电子线路课程设计、电子系统设计和电子设计大赛、课外科技活动培训的主要教材,也可作为工程技术人员的参考书。

前 言

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材,它与《电子线路设计·实验·测试》(第三版)教材配套,形成一个“基础实验—设计性实验—综合设计性实验”三层次实验教学体系。本书是为第三个层次的实验教学而编写的教材。它以低频、高频、数字逻辑电路等课程的综合性设计为主要内容,重点介绍电子线路综合性设计课题的设计方法、电路安装与调试技术、性能指标测试方法以及电子综合设计中的一些抗干扰技术。

本书将电子线路综合性设计课题分成信号源类、放大器类、测量仪器类、控制系统类及通信系统类等5种类型。这些课题的综合性较强,所涵盖的电路范围比较宽,有模拟电路和数字电路综合应用的课题;有低频电路、高频电路与数字逻辑电路综合应用的课题;有单片机与可编程逻辑器件构成的综合性应用课题。

每两年举行一次的全国大学生电子设计大赛推动了高等学校信息电子类专业教学内容和课程体系的改革,促进了大学生的实践能力、创新能力和综合素质的提高。近几年来,我们在电子线路实验教学、课程设计、创新人才培养基地和大学生课外科技活动等实践性教学环节中,将电子设计竞赛成果引入到教学中,对教学内容和教学方法进行了一系列改革。实践证明,这些改革有利于系统地培养与提高学生的工程实践能力和创新设计能力,有利于一批优秀人才脱颖而出。我校在1995年至2005年共6届电子设计大赛中,取得了优异的成绩,获得SONY杯奖1个队,全国一等奖共25个队,全国二等奖共16个队;2002年全国大学生嵌入式系统专题竞赛国家一等奖1项,第三届“挑战杯”创业计划竞赛国家铜奖1项;2003年创新人才培养基地的学生申报专利共3项,发表科技论文共12篇。一批又一批优秀人才从我校电子线路实验教学、课程设计、创新人才培养基地和大学生课外科技活动等实践性教学环节中脱颖而出,如肖奋洛同学在大学二年级学习“电子线路设计与测试”课程期间,参加了美国国家半导体2002年温度传感器设计大赛,并获得冠军。

为及时反映这些教学改革成果,本书按照教学规律与要求,对大赛获奖的优秀作品进行了理论总结与实践,以去粗取精,去伪存真。因此,本书可作为电子线路综合设计、课程设计、电子设计大赛培训和大学生课外科技活动培训的主要参考教材。

本书具有以下特点。

(1) 总结归纳出了两种实用的电子线路综合设计方法。一是一般的设计方法,其设计流程是:审题与指标分析—设计总体框图分配技术指标—设计单元电路并进行计算机仿真实验—整机联调,测试技术指标。二是EDA的设计方法,其设计流程是:顶层(系统级)—中间层(子系统级)—底层(部件模块级)—设计实现(芯片下载)。可培养和提高学生电子设计的能力和科学的设计方法。

(2) 介绍了电子线路综合设计实验中的一些抗干扰技术和常见技术指标的实验测试方法。这可提高学生解决实际问题的能力,培养学生掌握实用的电子测试方法。

(3) 将电子设计大赛的内容引入到教材中,并按照教学规律与要求进行理论总结与实践。因此,教材的内容先进、综合性较强。可培养学生的知识综合运用能力、创新设计能力和新技术、新器件运用的能力。

(4) 每个设计课题均介绍了设计思路、设计过程、设计实现的实验方法、具体电路、相关软件,以及电路安装调试技术和性能指标测试方法。这些设计范例具有一定的指导作用。为检验学生的电子设计能力,每个设计课题均布置了设计任务和实验思考题。

(5) 实验课题选用了新方法、新器件来实现,可提高实验教学水平和实验室的建设。如采用 EDA 设计方法,选用集成仪表运算放大器 AD620、CMOS 功率开关管 IRF9540 与 IRF540、可变增益放大器 AD603、真有效值变换芯片 AD637。集成电路调频发射芯片 MC2833、调频接收芯片 MC3361、数字锁相环频率合成器 MC145152、可编程逻辑器件 FPGA 以及温度传感器、超声传感器、光电传感器等。可使学生拓宽知识、开阔视野。

(6) 本书所选用的主要元器件功能、引脚及其对应的应用电路以速查表的方式在附录中列出,方便实用,读者可快速检索查阅。

(7) 本书的作者是具有丰富实践教学经验的教师,也是全国大学生电子设计竞赛的指导教师。

参加本书编写工作的有谢自美、尹仕、肖看、赵云娣、罗杰等。谢自美编写第 1 章、第 2 章的 2.1 节、第 3 章的 3.1 节,尹仕编写第 2 章的 2.2、2.5 节、第 3 章的 3.2、3.3、3.5 节、第 4 章的 4.2、4.3、4.4 节、第 5 章的 5.3、5.4 节,肖看编写第 2 章的 2.4 节、第 5 章的 5.1、5.2 节、第 6 章的 6.1、6.2 节,赵云娣编写第 2 章的 2.3 节、第 6 章的 6.3、6.4 节,罗杰编写第 3 章的 3.4 节、第 4 章的 4.1 节。谢自美任本书主编,负责全书的整体规划、统稿与定稿工作。

以上作者均为我校全国大学生电子设计竞赛的指导教师,具有丰富的实践教学经验。

本书的编写工作得到华中科技大学教务处、华中科技大学出版社的大力支持。“电子线路设计与测试”课程组和电工电子科技创新基地的各位老师十分关心本书的出版工作,给予了热情支持。责任编辑沈旭日老师对本书的整体规划、文图处理等提出了许多修改意见。在本书出版之际,谨向他们致以最诚挚的谢意。本书的编写工作还得到了全国大学生电子设计竞赛组委会和全国大学生电子设计竞赛湖北赛区组委会的关心与支持,在此表示衷心感谢。

本书的实践性很强,我们尽量为读者提供有一定参考价值的电路图与实验参数。为此,我们做了大量实验研究工作。在使用本书时,如果因实验条件不同,出现实验参数有些偏差,这是正常现象。如果差距很大,或者发现电路图中有错误,恳请读者给予批评指正。

编 者

2005 年 5 月于华中科技大学

目 录

第 1 章 电子线路综合设计概述

1.1 电子线路综合设计基本方法····· (1)	实验与思考题 ····· (12)
1.1.1 电子线路综合设计一般方法····· (1)	1.3 常见技术指标与实验测试 ····· (13)
1. 仔细审题,分析技术指标	1.3.1 信号的失真及测量 ····· (13)
2. 设计总体框图,分配技术指标	1. 失真的相关术语 2. 非线性失真测量
3. 设计单元电路,进行计算机仿真实验	1.3.2 分贝及其实验测试 ····· (14)
4. 整机联调,测试技术指标	1. 分贝的定义
1.1.2 电子线路综合设计 EDA 方法	2. 分贝与功率比、电压比的换算
····· (2)	3. 功率电平与电压电平的换算
1. “自顶向下”的设计方法	4. 分贝的测量
2. “自顶向下”的设计方法举例	1.3.3 高频电子系统的技术指标及实验
实验与思考题 ····· (5)	测试 ····· (18)
1.2 电子线路综合设计中的抗干扰	1. 接收机的技术指标及实验测试
技术····· (6)	2. 发射机的技术指标及实验测试
1.2.1 布线技术 ····· (6)	1.3.4 天线的技术指标及实验测试
1. 合理布线 2. 元器件和导线的固定	····· (21)
1.2.2 寄生振荡及其抑制方法 ····· (7)	1. 射频天线系统的组成框图
1. 较容易产生寄生振荡的电路	2. 天线电长度与谐振频率的关系
2. 抑制寄生振荡的一般方法	3. 用吸收电路法测量简单天线的谐振频率
1.2.3 接地技术 ····· (9)	4. 用射频谐振表测量天线系统的谐振频率
1. 低频电路一点接地	5. 用噪声桥测量天线的阻抗和谐振频率
2. 仪器先接地线再测量	6. 用常用仪器构成天线测试系统
3. 仪器的信号线与地线的连接	1.3.5 ADC 与 DAC 的主要技术
4. 高频电路多点接地	指标 ····· (23)
1.2.4 屏蔽与隔离耦合技术 ····· (11)	1. ADC 的主要技术指标
1. 屏蔽抑制电磁干扰	2. DAC 的主要技术指标
2. 变压器隔离耦合 3. 光电隔离耦合	实验与思考题 ····· (24)

第 2 章 信号源类课题

2.1 集成电路锁相环及其应用电路	电路设计 ····· (31)
设计 ····· (25)	1. FM 解调 2. FM 调制
2.1.1 锁相环的基本工作原理 ····· (25)	3. FSK 信号解调
2.1.2 锁相环的主要参数与测试	2.1.5 低频锁相环 NE567 及其应用
方法 ····· (25)	电路设计 ····· (34)
1. 捕捉带 Δf_v 2. 同步带 Δf_L	1. 精密低频振荡器 2. 频率监视和控制
3. 压控振荡器的控制特性曲线	3. 双音多频译码
2.1.3 数字锁相环 CC4046 及其应用	2.1.6 设计任务 ····· (36)
电路设计 ····· (27)	实验与思考题 ····· (37)
1. 锁相倍(分)频 2. 频率合成	2.2 DDS 技术及波形发生器的设计
3. 电压/频率变换	····· (37)
2.1.4 高频模拟锁相环 NE564 及其应用	2.2.1 DDS 技术的基本原理 ····· (37)

1. DDS 的基本组成原理	基本原理	(69)
2. DDS 主要性能指标	1. 正弦信号的产生 2. 调制信号的产生	
3. 实现 DDS 的 3 种技术方案	3. 主要技术指标	
2.2.2 设计任务及方案分析	(42)	
1. 设计要求		
2. 主要功能和技术指标分析		
2.2.3 主要电路设计	(43)	
1. 频率控制模块(相位累加器)		
2. 幅度控制 3. 相位差控制		
4. 查找表设计		
2.2.4 其他电路模块设计	(47)	
1. 键盘电路 2. 显示电路		
3. 滤波电路 4. 掉电存储电路		
5. 手写板输入电路		
2.2.5 系统软件设计	(50)	
1. 键盘输入控制子程序设计		
2. CPLD 控制字输入子程序设计		
3. 任意波形采集子程序设计		
4. 系统软件主程序设计		
2.2.6 电路安装与系统测试及分析	(51)	
1. 电路安装调试		
2. 主要技术指标测试 3. 误差分析		
2.2.7 两种不采用 CPLD 进行频率控制的方案	(53)	
1. 采用 BCD 乘法器 14527		
2. 采用锁相环倍频		
2.2.8 设计任务	(54)	
实验与思考题	(54)	
2.3 电压控制 LC 振荡器设计	(55)	
2.3.1 工作原理	(55)	
1. 基本组成原理 2. 主要技术指标		
2.3.2 设计举例	(55)	
1. 正弦 VCO 电路设计		
2. 频率控制电路设计		
3. 输出电压幅度稳定电路设计		
4. 单片机控制设计		
5. 电路安装与调试		
2.3.3 设计任务	(69)	
实验与思考题	(69)	
2.4 正弦波调制信号发生器设计	(69)	
2.4.1 多功能正弦信号发生器的基本原理	(69)	
1. 正弦信号的产生 2. 调制信号的产生		
3. 主要技术指标		
2.4.2 设计要求及方案分析	(71)	
1. 设计要求		
2. 主要功能指标分析及方案选择		
2.4.3 主体电路设计	(73)	
1. DAC 电路设计 2. AM 调制电路设计		
3. 滤波电路设计 4. 放大电路设计		
2.4.4 电路安装与系统调试	(75)	
1. DDS 信号输出调试		
2. DDS 与单片机接口调试		
3. 滤波、放大部分的调试		
2.4.5 主要技术指标测试	(75)	
1. 测试仪器 2. 测试方法 3. 测试数据		
2.4.6 设计任务	(77)	
1. 基本要求 2. 发挥部分		
实验与思考题	(78)	
2.5 三相正弦波变频电源	(78)	
2.5.1 变频电源的基本理论	(78)	
1. 变频电源原理		
2. 正弦脉冲宽度调制 SPWM 基本原理		
3. 双极性正弦脉冲宽度 BSPWM 逆变器		
2.5.2 设计任务及方案分析	(82)	
1. 设计任务 2. 设计要求		
3. 设计方案分析与选择		
2.5.3 三相正弦波变频电源电路设计	(85)	
1. AC-DC 电路设计 2. DC-AC 电路设计		
3. 电流电压测量电路 4. 频率测量		
5. 保护电路 6. 单片机系统		
7. 红外遥控键盘		
2.5.4 算法与软件流程	(91)	
1. 频率测量 2. 输出稳压控制		
3. 程序流程图		
2.5.5 系统安装与指标测试	(92)	
1. 安装注意事项		
2. 测试仪器		
3. 指标测试方法与数据记录		
2.5.6 设计任务	(92)	
实验与思考题	(93)	

第 3 章 放大器类课题

3.1 低频功率放大器设计	(94)
3.1.1 基本原理	(94)
1. 基本组成原理 2. 主要技术指标	
3.1.2 设计任务及方案分析	(95)
1. 设计要求 2. 主要技术指标分析	
3.1.3 电路设计	(96)

1. 功率放大级电路设计	
2. 前置放大级电路设计	
3. 方波发生器电路设计	
4. 稳压电源设计	
5. 数字音量控制和电平指示电路设计	
3.1.4 电路安装与调试	(100)
3.1.5 主要技术指标测试	(101)
3.1.6 设计任务	(103)
实验与思考题	(103)
3.2 宽带放大器设计	(103)
3.2.1 宽带放大器概述	(103)
3.2.2 设计任务及方案分析	(103)
1. 设计要求	
2. 主要功能和技术指标分析	
3. 设计方案选择	
4. 理论分析与参数计算	
3.2.3 电路设计	(107)
1. 输入缓冲和增益控制电路设计	
2. 功率放大电路设计 3. 控制电路设计	
4. 稳压电源设计 5. 抗干扰措施	
3.2.4 软件设计	(111)
3.2.5 电路安装与系统调试	(111)
3.2.6 主要技术指标测试与分析	(111)
1. 指标的测试 2. 误差分析	
3. 测试性能总结	
3.2.7 设计任务	(113)
实验与思考题	(114)
3.3 测量放大器设计	(114)
3.3.1 基本原理	(114)
1. 基本原理 2. 主要技术指标	
3.3.2 设计要求及方案分析	(115)
1. 设计要求 2. 主要功能和指标分析	
3. 设计方案选择	
3.3.3 电路设计与理论计算	(118)
1. 仪用放大器设计	
2. 程控增益电路设计	
3. 后级放大电路及信号变换电路设计	
4. 稳压直流电源设计	
5. 单片机小系统设计	
3.3.4 软件设计	(122)
3.3.5 电路安装与系统调试	(122)
3.3.6 主要技术指标测试	(124)
3.3.7 设计任务	(125)
实验与思考题	(125)
3.4 简易心电图仪设计	(125)
3.4.1 心电信号及其检测	(125)
1. 什么是心电图	
2. 心电信号的特点及其检测方法	
3. 心电信号前置放大器的输入回路	
4. 几种抑制心电信号中 50Hz 共模信号干扰的有效方法	
3.4.2 心电图仪的基本组成	(129)
3.4.3 设计任务及方案分析	(130)
1. 设计要求	
2. 主要功能和指标分析	
3. 设计方案的选择	
3.4.4 心电放大器的设计	(131)
1. 由运算放大器构成的心电放大器	
2. 由单片集成仪表放大器组成的心电放大器	
3.4.5 电路安装与系统调试	(133)
3.4.6 主要技术指标测试	(134)
3.4.7 设计任务	(135)
实验与思考题	(135)
3.5 高效率音频功率放大器设计	(135)
3.5.1 D 类功率放大器的基本原理	(136)
1. D 类功率放大器及其应用	
2. 正弦脉冲宽度调制的基本原理	
3.5.2 设计任务及方案分析	(138)
1. 设计要求	
2. 主要功能和技术指标分析	
3.5.3 电路设计	(141)
1. 基于常规 PWM 调制方案的电路设计	
2. 基于降低空载损耗的 PWM 调制方案的电路设计	
3. 基于减少开关损耗的 PWM 调制方案的电路设计	
3.5.4 基于常规 PWM 调制方案的电路安装与系统调试	(149)
3.5.5 主要技术指标测试	(150)
3.5.6 总结	(151)
1. 电路设计方案小结	
2. C 类(丙类)功率放大器的工作原理	
3. E 类(戊类)功率放大器的工作原理	
3.5.7 设计任务	(153)
实验与思考题	(154)

第4章 控制系统类课题

4.1 步进电机驱动控制系统

设计 (155)

4.1.1 主要技术要求 (155)

4.1.2 步进电机的工作原理与系统

组成框图 (155)

1. 步进电机的工作原理

2. 步进电机控制系统框图

4.1.3 单元电路设计 (156)

1. 功放电路设计

2. 步进电机供电电源电路设计

4.1.4 整机调试与技术指标测量
..... (158)

4.1.5 设计任务 (159)

实验与思考题 (159)

4.2 简易智能电动小汽车设计 (159)

4.2.1 概述 (159)

4.2.2 设计任务及方案选择 (159)

1. 设计要求

2. 主要功能和技术指标分析

4.2.3 电路设计与软件算法设计
..... (161)

1. 电动车行走功能的实现

2. 电动车的循迹 3. 物体的检测

4. 简单避障的软件算法设计

4.2.4 电路安装与系统调试 (171)

4.2.5 主要技术指标测试 (172)

4.2.6 设计任务 (172)

实验与思考题 (173)

4.3 基于PID的水温控制系统的设计

..... (173)

4.3.1 PID控制的基本原理 (173)

1. PID控制系统的基本组成

2. PID控制中的主要技术指标分析

4.3.2 设计任务及方案分析 (175)

1. 设计要求

2. 主要功能和技术指标分析

3. 设计方案选择

4.3.3 电路设计 (178)

1. 温度-电压转换电路设计

2. 执行电路设计 3. 串行通信电路设计

4.3.4 软件设计 (179)

4.3.5 电路安装与调试 (179)

4.3.6 主要技术指标测试 (180)

4.3.7 设计任务 (181)

实验与思考题 (181)

4.4 运动轨迹控制系统设计 (181)

4.4.1 控制系统的基本原理 (181)

1. 控制系统的基本组成

2. 控制系统的主要技术指标

4.4.2 设计任务与方案选择 (182)

1. 设计任务 2. 设计要求

3. 主要功能和技术指标的分析

4. 设计方案的选择

4.4.3 运动轨迹控制系统硬件设计
..... (185)

1. 直流伺服控制系统的设计与实现

2. 光电探测模块设计与实现

3. 无线数传模块

4.4.4 运动轨迹控制系统软件及控制
算法设计 (187)

1. Bresenham 直线算法的适应性应用

2. 坐标系变换

3. 按设定轨迹运行的实现

4. 软件流程

4.4.5 系统安装调试 (190)

4.4.6 主要功能和技术指标的系统测试
..... (191)

4.4.7 控制系统设计 (192)

实验与思考题 (192)

第5章 测量仪器类课题

5.1 低频数字式相位测量仪设计

..... (193)

5.1.1 数字相位测量仪的基本原理

..... (193)

1. 基本组成 2. 主要技术指标

5.1.2 设计要求及方案分析 (195)

1. 设计要求

2. 主要功能指标分析及方案选择

5.1.3 电路设计 (198)

1. 整形电路设计 2. 鉴相电路设计

3. 波形产生及幅度控制电路设计

4. 单片机小系统电路设计

5.1.4 软件设计 (202)

1. FPGA 系统的软件设计

2. 单片机系统的软件设计

5.1.5 电路安装与系统调试	(203)	5.3.4 系统软件设计	(233)
5.1.6 主要技术指标测试	(203)	5.3.5 系统安装调试	(234)
5.1.7 设计任务	(205)	1. 电路的安装与调试	
实验与思考题	(206)	2. 软件的测试与修改	
5.2 简易逻辑分析仪设计	(207)	5.3.6 主要功能和技术指标测试	(234)
5.2.1 逻辑分析仪的基本原理	(207)	1. 拟定测试方案	
1. 基本组成		2. 单次和连续触发测试	
2. 主要技术指标		3. 扩展显示功能 4. 双踪显示	
5.2.2 设计要求及方案分析	(208)	5. 垂直灵敏度测试 6. 扫描速度测试	
1. 设计要求		5.3.7 设计任务	(235)
2. 主要功能指标分析及方案选择		实验与思考题	(236)
5.2.3 电路设计	(210)	5.4 数控直流电流源设计	(236)
1. 信号发生器电路设计		5.4.1 直流电流源的基本原理和应用	(236)
2. 输入信号调理电路设计		5.4.2 数控直流电流源设计举例 ...	(237)
3. 显示驱动电路设计		1. 设计课题:数控直流电流源(第六届全 国电子设计竞赛 F 题)	
4. 人机交互电路设计		2. 主要功能和技术指标的分析	
5. 触发、存储及显示电路设计		3. 设计方案的选择	
5.2.4 软件设计	(216)	5.4.3 数控直流电流源电路设计 ...	(240)
1. 单片机系统的软件设计		1. A/D 转换(AD7705)电路设计	
2. FPGA 系统的软件设计		2. D/A 转换(MAX532)的电路设计	
5.2.5 电路安装与系统调试	(216)	3. 压控电流源电路设计	
5.2.6 主要系统功能测试	(217)	4. 负载电流、负载电压的测量	
5.2.7 设计任务	(219)	5. 人机接口 6. 电源	
实验与思考题	(220)	5.4.4 数控直流电流源系统软件设计	(245)
5.3 简易数字存储示波器设计	(220)	1. 主程序流程图 2. A/D 转换(AD7705)	
5.3.1 数字存储示波器的基本原理	(220)	3. D/A 转换(MAX532)	
1. 基本组成原理 2. 主要技术指标		4. 触摸屏的程序设计	
3. 采样方式		5.4.5 系统安装调试与系统测试 ...	(247)
5.3.2 设计任务及方案分析	(222)	1. 系统安装调试	
1. 设计要求		2. 主要功能和技术指标的系统测试	
2. 主要功能和技术指标分析		5.4.6 设计任务	(248)
3. 设计方案选择		实验与思考题	(248)
5.3.3 电路设计	(227)		
1. 前向通道电路设计			
2. 数据采集与存储电路设计			
3. 后向通道电路设计			

第 6 章 通信系统类课题

6.1 多路数据采集系统设计	(249)	1. 正弦波振荡电路设计	
6.1.1 基本原理	(249)	2. F/V 变换电路设计	
1. 基本组成原理 2. 主要技术指标		3. 从机系统电路设计	
6.1.2 设计任务及方案分析	(250)	4. 主控器电路设计	
1. 设计要求		6.1.4 8 路数据采集系统软件设计	(253)
2. 主要功能指标分析及方案选择		1. C 语言开发及 RTX51 的采用	
6.1.3 8 路数据采集系统电路设计	(251)	2. 从机程序流程框图	

3. 主机程序流程图	
6.1.5 电路安装与系统调试	(255)
1. 主机调试 2. 从机调试 3. 系统联调	
6.1.6 主要技术指标测试	(256)
1. 测试仪器	
2. 现场模拟信号发生器测试	
3. 采集系统测试	
6.1.7 设计任务	(256)
实验与思考题	(257)
6.2 数字化语音存储与回放系统	
设计	(257)
6.2.1 基本原理	(257)
1. 基本组成原理 2. 主要技术指标	
6.2.2 设计任务及方案分析	(258)
1. 设计要求	
2. 主要功能指标分析及方案选择	
6.2.3 电路设计	(260)
1. 语音输入及前置放大电路设计	
2. AGC 电路设计	
3. 带通滤波器电路设计	
4. 单片机系统及存储器电路设计	
5. A/D 转换电路设计	
6. D/A 转换电路设计	
7. 语音回放电路设计	
8. 幅频特性校正电路设计	
6.2.4 软件设计	(264)
6.2.5 电路安装与系统调试	(265)
6.2.6 主要技术指标测试	(266)
6.2.7 设计任务	(266)
实验与思考题	(267)
6.3 无线多路遥控调频发射/接收	
系统设计	(267)
6.3.1 调频发射/接收系统的工作原理	
.....	(267)
1. 系统组成框图	
2. 主要功能和技术指标	
6.3.2 设计任务及功能、指标分析	
.....	(269)
1. 设计任务 2. 主要功能和指标分析	
6.3.3 基于 MC2833 芯片的调频发射机	
的设计	(269)
1. MC2833 构成的调频发射机	
2. MC2833 的外接电路设计	
6.3.4 基于 MC3361 芯片的调频接收机	
的设计	(272)
1. MC3361 调频接收机工作原理	
2. MC3361 调频接收机组成框图	
3. MC3361 外接电路设计	
4. 第一本振电路设计	
5. 第一混频电路设计	
6.3.5 键盘及其接口电路设计	(277)
6.3.6 编码程序设计	(277)
6.3.7 显示与接口电路设计	(278)
6.3.8 译码程序设计	(279)
6.3.9 控制电路设计	(279)
6.3.10 系统安装与调试	(279)
6.3.11 设计任务	(281)
实验与思考题	(282)
6.4 红外多路遥控发射/接收系统	
设计	(282)
6.4.1 系统组成框图	(282)
6.4.2 主要技术指标	(282)
6.4.3 单元电路设计	(283)
1. 键盘及其代码产生电路设计	
2. 编码电路设计	
3. 脉码调制振荡电路设计	
4. 红外发射电路设计	
5. 红外接收电路设计	
6. 解码电路设计	
7. 译码与控制电路设计	
6.4.4 系统调试与技术指标测量	
.....	(287)
6.4.5 设计任务	(288)
实验与思考题	(288)
附录 本书所用元器件及其应用速查表	(289)
参考文献	(291)

第 1 章

电子线路综合设计概述

内容提要 电子线路综合设计是对低频电路、高频电路、数字逻辑电路等多门课程的综合应用课题进行设计。本章介绍了电子线路综合设计中两种实用的设计方法,电子系统中容易产生寄生振荡的几种电路形式,抑制寄生振荡的一般方法,几种实用的抗干扰技术以及电子线路中常见技术指标的概念与实验测试方法。

1.1 电子线路综合设计基本方法

学习要求 掌握电子线路综合设计的一般方法和设计流程。掌握电子线路综合设计的 EDA 设计方法及其设计流程。

1.1.1 电子线路综合设计一般方法

电子线路综合设计是指在提出一个设计任务或题目后,按规定的技术指标和功能要求设计一个电子系统电路的过程。电子线路综合设计一般按照图 1.1.1 所示的流程进行。

1. 仔细审题,分析技术指标

接到设计课题任务后,一定要仔细研究题目的要求、各项技术指标的含义,了解出题者的意图。这是完成综合设计和实验的前提。否则,会事倍功半。例如,1995 年全国电子设计大赛中有一道赛题为“实用信号源的设计和制作”,其中有一项技术指标是:要求产生正弦波和脉冲波,信号频率为 $20\text{Hz} \sim 20\text{kHz}$,步进调整,步长为 5Hz 。如果仅考虑输出的波形和频率范围,则直接选用集成电路芯片 8038 就可以实现。但是,要实现步长为 5Hz 的步进调整,如果从 0Hz 开始调整到 20kHz 所需要的步长数共计为 $20\text{kHz} / 5\text{Hz} = 4000$,则芯片 8038 的频率控制精度就不能满足要求了。

2. 设计总体框图,分配技术指标

分析理解题意后,就可进行方案论证了。这时,可以通过图书馆、资料室或网络检索相关参考资料,参考一些与设计课题相同或相近的电路方案,查阅能够满足技术指标要求的器件。对于同一个题目,实现的方案可以有多个,应该将不同的方案加以对比,从中选择一种“相对合理、思路比较巧妙、成本又较低”的方案来作为设计方案。

设计总体框图是指将制定的方案按照功能划分成若干个互相联系的模块,也可以称为“自顶向下”的设计流程;然后将技术指标和功能分配给各个模块。

例如,要求设计一个具有数字混响延时、卡拉 OK 功能的音响放大器电路。可先分析题意:该系统的主要功能是放大和混响延时,这是一个数模混合的电子系统。参考相关资料,可以设计出该系统的总体框图,如图 1.1.2 所示。

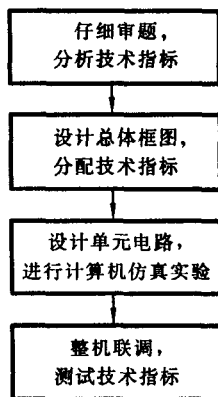


图 1.1.1 电子线路综合设计流程

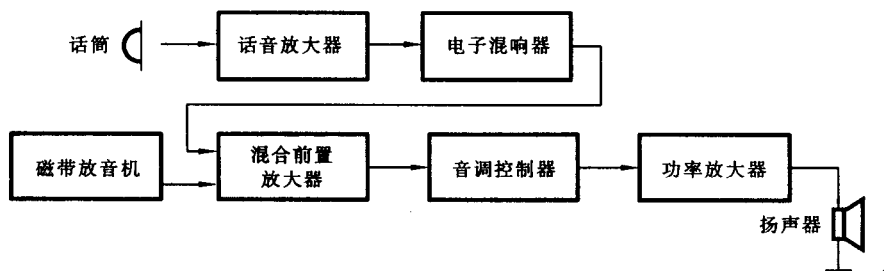


图 1.1.2 音响放大器的总体框图

然后将每个模块实现的功能及主要技术指标进行分配。其中,混响延时电路不放大信号,一般不需要分配电压增益,可以选用相关专用数字混响集成电路芯片,如 M65831A。该系统的电压增益主要分配给放大器。图 1.1.3 所示的是分配给各个模块的电压增益。

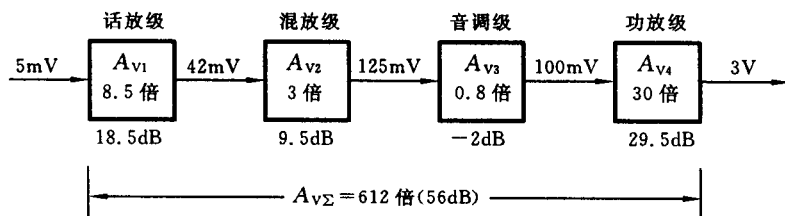


图 1.1.3 各个模块的电压增益分配

3. 设计单元电路,进行计算机仿真实验

各个模块中的单元电路设计,可以参考一些典型的实用电路,或者将某几个电路巧妙地组合起来实现某个功能。这时要与选择的元器件进行配合,如果元件选择合适,则电路实现起来就比较简单。

单元电路的实验可以用计算机来进行仿真实验。比如,滤波器、放大器等的电路参数调整比较繁琐,需要进行多次调整才能达到技术指标的要求。这时,如果在计算机上进行仿真实验,修改电路参数,观测电路的性能指标,就比在实验板上搭接电路方便得多,而且实验效率也高。

4. 整机联调,测试技术指标

整机联调是电子线路设计中一次非常重要的工作。有时,单元电路工作正常,整机电路反而工作不正常。主要原因是没有进行逐级连接与调试。通常是按照电路信号的流向,先将两级电路进行级联、调试,使这两级的技术指标达到设计要求;再将下一级与前两级进行级联、调试,使这 3 级的技术指标达到设计要求;如此类推,直到整机电路调试完成。这样,在进行级联调试与测试的过程中,可以及时发现、排除电路故障或修改电路参数,以满足技术指标的要求。

1.1.2 电子线路综合设计 EDA 方法

电子设计自动化(electronic design automation,简称 EDA)的出现,使电子线路的设计方法有了突破性的进展。随着计算机技术和微电子技术的发展,EDA 技术已成为电子学领域的一门新兴的学科,并已形成一个新的产业。

电子设计中常用的 EDA 工具有 3 类。

① 模拟(仿真)分析软件(如 PSpice、Multisim),主要用于单元电路或子系统的设计,在信号输入端加入模拟输入信号,在信号输出端就可以观测电路的输出的模拟结果。这些内容已经在《电子线路设计·实验·测试》(第三版)的第3章中进行了比较详细的介绍。

② 计算机绘图排版软件(如 Protel)等,主要用于绘制电路原理图和设计印刷电路板的版图。

③ 在系统可编程器件的开发软件,如模拟可编程器件开发软件 PAC-Designer 和数字可编程器件开发软件 Maxplus II、Synario 等。采用 PAC-Designer 软件进行编程的主要器件有 LATTICE 公司生产的 ispPAC 系列,如 ispPAC10、ispPAC20、ispPAC30 以及 ispPAC80、ispPAC81 等。这些器件中集成有若干可编程放大器和若干可编程滤波器,可以通过编程改变放大器的增益、带宽以及级联的情况,也可以通过编程改变滤波器的类型和截止频率,使用非常方便。采用 Maxplus II、Synario 软件进行编程的主要器件是一些可编程的逻辑器件,如 CPLD、FPGA,可以电路原理图或文本(VHDL,ABEL)方式输入,对电路功能进行模拟和芯片下载。

1. “自顶向下”的设计方法

基于 EDA 技术的设计方法一般都采用“自顶向下”的设计方法。其过程如图 1.1.4 所示。先从顶层——系统级设计入手,在顶层进行结构设计和子系统的功能划分(有些软件可以先对系统级进行仿真,验证结构设计和功能划分的正确性);再进入中间层——子系统级的结构设计和模块(或部件)划分;然后逐级进行底层模块的设计、功能仿真和测试;最后是设计实现,即将设计好的文档下载到可编程的 CPLD 或 FPGA 芯片中。由此可见“自顶向下”的设计方法是一种抽象的设计思想实现的过程。

该方法要求在整个设计过程中尽量运用概念(抽象地)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。

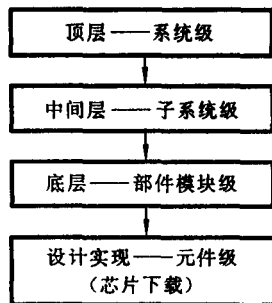


图 1.1.4 自顶向下的设计过程

2. “自顶向下”的设计方法举例

下面以一个简易数字频率计的设计为例,说明“自顶向下”的设计方法。已知频率计的测量范围为 1000~9999Hz,测量精度为 1Hz,输入信号为方波,其幅度为 TTL 电平。按照图 1.1.4 所示的流程,其设计过程描述如下。

(1) 创建顶层设计文件

首先在顶层级设计数字频率计的电路结构,并将其划分为分频、计数、锁存 3 个子系统,如图 1.1.5 所示。其中,分频子系统 second2 将 1Hz 的方波变成 0.5Hz 的方波,以提供 1s 的高电平作为闸门 NAND2 的控制信号,计数器子系统由 4 个十进制计数器 count_10 级联构成,其清“0”脉冲由闸门控制信号的上升沿提供,锁存器子系统由 4 个独立的寄存器 reg_4 构成,其数据锁存脉冲由闸门控制信号的下降沿提供。寄存器 REG_4 的输出直接与译码显示电路连接。

由上可见,顶层级的设计,只是从系统的功能和工作时序的关系上分析了分频、计数、锁存这 3 个子系统所必须满足的要求,并没有考虑这 3 个子系统所采用的元器件的型号和工艺。图 1.1.5 中的 second2、count_10、reg_4 仅仅是符号而已,与器件的型号没有任何关系。将图 1.1.5 作为数字频率计的顶层设计文件,在 Maxplus II 的平台上,将其命名并存盘。

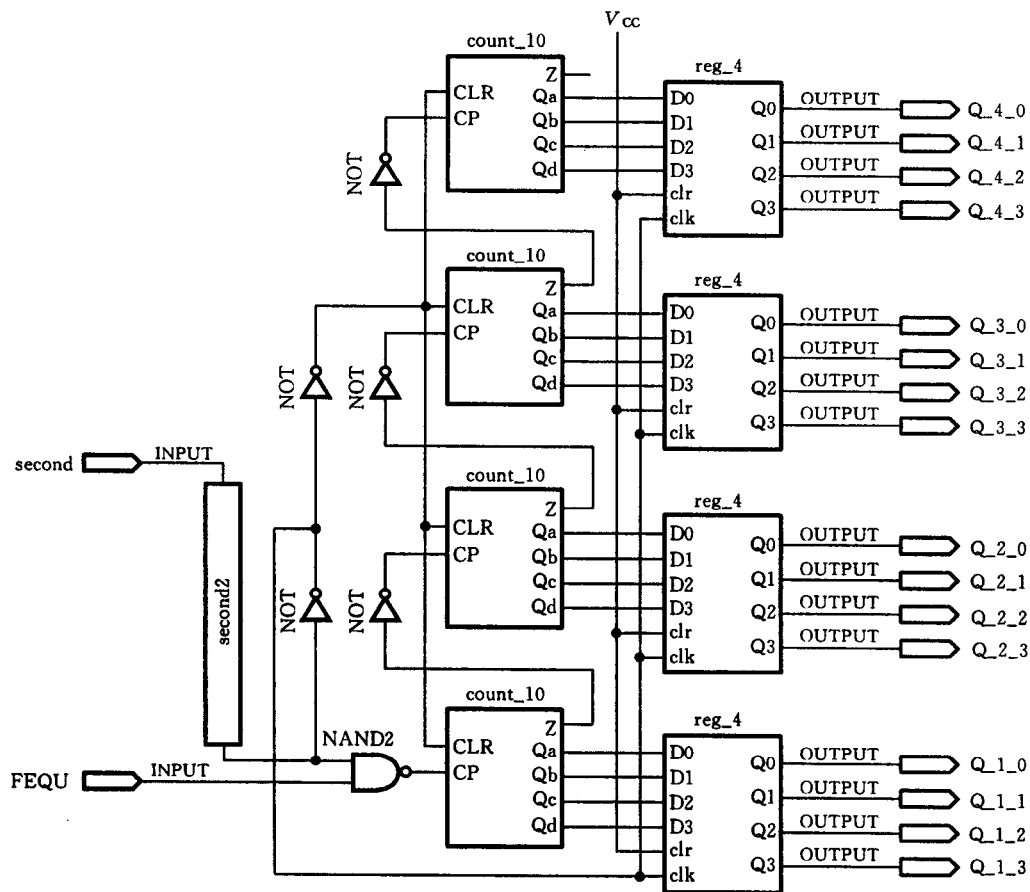


图 1.1.5 频率计的顶层级组成框图

(2) 在子系统级生成 second2、count_10、reg_4 符号模块

在子系统级生成 second2、count_10、reg_4 符号模块供顶层级文件调用。顶层级的 second2、count_10、reg_4 符号在子系统级应该是具体的电路图,电路的工作原理和工作时序必须满足顶层级对符号模块的要求。例如,生成分频符号模块 second2 的过程是:在 Maxplus II 的平台上,首先输入图 1.1.6 所示的电路图,用 second2.gdf 文件名存盘;然后将 second2.gdf 文件设置成当前工程项目并对该项目进行编译和波形仿真。

图 1.1.6 描述的是一个由 D 触发器构成的二分频电路,其中,D 触发器和非门从元器件库中调用。按照上述过程,生成 count_10、reg_4 符号模块,分别如图 1.1.7 和图 1.1.8 所示。

需要说明的是,上述子系统的输入文件是以图形方式输入的,也可以用文本方式输入,如用 VHDL 语言描述 second2、count_10 和 reg_4 符号模块。所以,在子系统级的设计中,同样不用考虑子系统的实现所采用的元器件的型号和工艺。

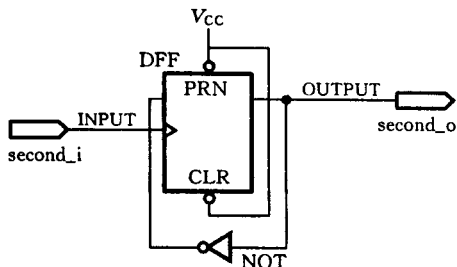


图 1.1.6 分频器符号模块 second2 的电路

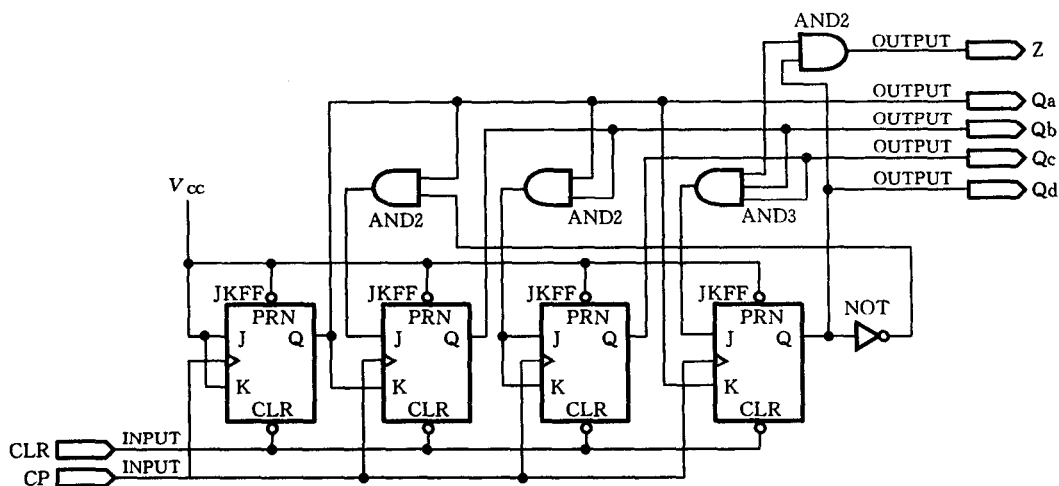


图 1.1.7 计数器符号模块 count_10 的电路

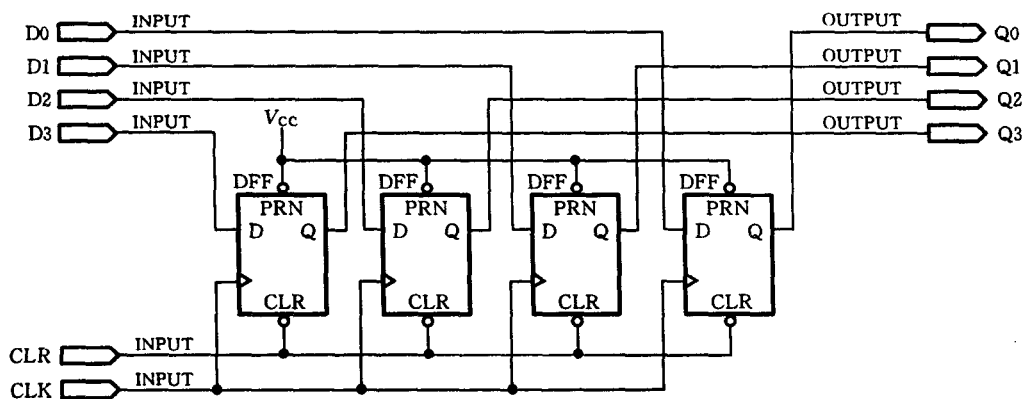


图 1.1.8 锁存器符号模块 reg_4 的电路

(3) 芯片下载与设计实现

数字频率计的系统设计完成后,还要按照前面的过程对系统的功能和工作时序进行仿真,最后生成可供芯片下载的文件。这时,就要考虑芯片的型号和工艺结构,以及芯片各个引脚的合理分配,芯片资源的充分利用等。直到这一步才与实现的器件有关。

综上所述,比较复杂的数字逻辑电子系统,都应采用 EDA“自顶向下”的设计方法。

实验与思考题

- 1.1.1 电子线路综合设计基本方法的设计流程需要经过哪几个步骤? 每个步骤的主要内容是什么?
- 1.1.2 以图 1.1.3 所示电路为例,如果输入信号为 20mV,功放级的输出为 5V,要求信号不失真放大,应如何分配各个模块的电压增益?
- 1.1.3 电子线路综合设计 EDA 方法的设计过程需要经过哪几个步骤? 每个步骤的主要内容是什么?
- 1.1.4 已知频率计的测量范围为 100~999Hz,测量精度为 1Hz,输入信号为方波,其幅度为 TTL 电平。按照图 1.1.4 所示的流程,描述其设计过程。