

 电子系统设计与学科竞赛培训教程

- 将模拟电路、数字电路、单片机等技术进行有机结合
- 对各种仪器设备、应用软件的使用知识进行全面讲解
- 呈现电子系统设计中资料查找、方案论证、电路设计、电路实现、安装调试、系统测试、总结报告、文档整理的全过程
- 培养理论联系实际、工程实践和设计创新能力
- 国家电子系统设计专家倾情奉献，电子系统设计精髓一览无余

实用电子系统

设计基础

ShiyongDianziXitong
ShejiJichu

■ 姜 威 主 编
姚富安 刘 勇 南新志 副主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

TN702/177

2008

电子系统设计与学科竞赛培训教程

实用电子系统设计基础

姜 威 主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是一本从实用角度编写的教材,为读者介绍设计实用电子电路所必备的基础知识。全书共分八章,主要内容有电子设计中的一些基础知识,常用电子材料及电子元器件,常用单元电路及其应用,51 单片机及其指令系统简介,电子电路仿真软件的使用,电路板的设计与制作,可编程逻辑器件简介,电子系统设计实例和全国大学生电子设计竞赛简介。

本书内容丰富新颖、通俗实用,适合自学,可作为电子信息类高等学校本、专科学生的教材,也可以作为参加大学生电子设计大赛学生的培训教材以及从事电子设计与制作的工程技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电子系统设计基础/姜威主编. —北京:北京理工大学出版社,
2008. 1

电子系统设计与学科竞赛培训教程

ISBN 978 - 7 - 5640 - 1368 - 4

I. 实… II. 姜… III. 电路设计 - 技术培训 - 教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 168728 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京地质印刷厂

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 26.5

字 数 / 636 千字

版 次 / 2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 4000 册

定 价 / 42.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 周瑞红

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

我国现行的教育体制虽然经过了多次改革和完善，但是在实际执行的过程中，仍然还存在着一些值得改进的地方，例如仍存在重知识传授，轻能力和素质培养；重理论研究，轻实践环节的训练；重共性教育，轻个性发展；重对传统的继承，轻对现状的突破和创新等现象。这反映在高校中，主要表现为专业设置较窄、教学内容陈旧、教学手段落后、实验教学重视不够、培养模式单一、人文素养较差等，使高校培养出来的学生创新意识较差、动手能力不强，与社会的要求还有较大的差距。因此，如何加强实验教学环节，培养学生的创新能力和动手能力，是目前国内高校正在探索的重要课题。

通过认真分析历届竞赛题目，可以看出竞赛题目的特点是：实用性强、综合性强、难度大、工作量也大。所涉及的主要课程有：低频电路、高频电路、数字电路、微机原理、单片机原理、电子测量等。实验中所需要的器件有：分立器件、集成电路、大规模集成电路、可编程逻辑器件、数字信号处理芯片等。设计思想除采用传统的设计方法外，还鼓励使用现代电子设计软件进行设计，例如 ISP 在系统可编程系统等。不难看出，电子设计竞赛试题既反映了当前电子技术的应用情况，又引导各高校教学的指导思想：即注重培养学生的理论联系实际、工程实践和设计创新的能力。

鉴于上述情况，我们编写了这本教材，目的是克服传统的电子信息类专业教学内容重理论，轻实践；重分析，轻综合的情况。书中内容以实用为主，通过本教材使同学们能够将以前所学过的模拟电路、数字电路、单片机原理等课程进行有机的结合，学会合理使用各种仪器设备，学会各种应用软件的使用，最终达到较系统地掌握电子系统设计过程的资料查找、方案论证、电路设计、电路实现、安装调试、系统测试、总结报告、文档整理等全过程。本书可作为参加各类竞赛（例如电子设计竞赛、挑战杯等）学生的培训教材，也可以作为从事电子产品开发的工程技术人员的参考书。

本书共分八章，第一章介绍电路系统设计的基本方法，电路的组装与调试以及常用仪器设备的合理使用。第二章介绍各种常用电子材料，电阻、电容、电感、继电器、半导体分立器件等电子元器件的识别，学会正确的焊接技术。第三章介绍常用单元电路及其应用，主要有：电源电路，单管放大电路，运算放大器的应用，功率放大器的应用，波形产生电路，信号调理电路，传感器电路，锁相频率合成器。第四章简单介绍 MCS-51 系列单片机硬件系统及其指令系统，51 单片机最小系统。第五章介绍 Multisim 电子电路仿真软件，通过典型电子电路说明仿真分析的应用。第六章介绍 Protel 软件的使用，学会电路板的设计与制作。

第七章介绍可编程逻辑器件，VHDL 语言概述，基于 FPGA 的数字系统设计实验板的制作。第八章介绍一些电子系统设计实例，主要有：LED 显示电路，LCD 显示电路，时间显示电路，温度显示电路和语音录放电路。

本书第一章（1.5 节除外），3.7 节、3.8 节、第八章、附录由姜威编写，第二章、第三章（3.7、3.8 节除外）、第六章由姚富安编写，第七章、第一章 1.5 节由南新志编写，第四章、第五章由刘勇编写。徐维昌、窦明松、陈军生、李振兴、刘元财等同学也参加了本书的编写工作，全书由姜威统稿。

在本书编写过程中，参阅了许多专家、学者出版的相关著作和文献，在此一并表示感谢。

由于编者的水平有限，书中难免有错误和不妥之处，衷心希望读者批评指正。

编 者

第一章 电子设计基础知识	(1)
1.1 电路系统设计的基本方法	(1)
1.2 电路的组装与调试	(7)
1.3 电子电路的设计工艺	(10)
1.4 电子设计报告的撰写	(14)
1.5 常用仪器设备的合理使用	(18)
第二章 常用电子材料及电子元器件	(37)
2.1 常用电子制作工具	(37)
2.2 常用电子制作材料	(39)
2.3 常用电子元器件	(41)
2.4 焊接技术	(78)
第三章 常用单元电路及其应用	(85)
3.1 电源电路	(85)
3.2 单管放大电路	(95)
3.3 集成运算放大器的应用	(98)
3.4 功率放大器的应用	(98)
3.5 波形产生电路	(100)
3.6 信号调理电路	(106)
3.7 传感器电路	(119)
3.8 锁相频率合成器	(135)
第四章 51 单片机及其指令系统	(142)
4.1 单片机简介	(142)
4.2 MCS-51 系列单片机硬件系统	(146)
4.3 MCS-51 指令系统	(169)
第五章 电子电路仿真软件	(186)
5.1 Multisim 2001 简介	(186)
5.2 Multisim 2001 的基本界面	(187)

5.3	Multisim 2001 的基本操作	(195)
5.4	Multisim 2001 的电路创建	(197)
5.5	Multisim 2001 的仪表使用方法	(203)
5.6	Multisim 2001 的电路分析方法	(219)
5.7	典型电子电路的仿真分析	(235)
第六章	电路板的设计与制作	(242)
6.1	Protel 99 软件简介	(242)
6.2	Protel 99 电路原理图设计	(243)
6.3	生成报表	(251)
6.4	制作库元件	(255)
6.5	PCB 印刷电路板设计	(258)
6.6	印制电路板布线时应注意的问题	(268)
第七章	可编程逻辑器件简介	(271)
7.1	可编程逻辑器件概述	(271)
7.2	VHDL 语言概述	(284)
7.3	基于 FPGA 的数字系统设计实验板的制作	(297)
第八章	电子系统设计实例	(311)
8.1	系统扩展	(311)
8.2	可编程键盘输入和 LED 显示电路	(328)
8.3	LCD 显示模块	(339)
8.4	时钟显示模块	(349)
8.5	温度显示电路	(366)
8.6	常用数/模、模/数转换芯片及应用	(378)
8.7	语音录放电路	(397)
8.8	串行通信接口	(404)
附录 A	全国大学生电子设计竞赛简介	(411)
附录 B	全国大学生电子设计竞赛章程	(413)
参考文献	(417)

第一章

电子设计基础知识

1.1 电路系统设计的基本方法

1.1.1 引言

随着电子技术的不断发展，电子系统的设计方法和手段得到了不断的改进和创新。传统的设计方法已经逐步退出，而基于电子设计自动化（Electronics Design Automation, EDA）正在成为电子系统设计的主流。可编程的专用集成电路（Application Specific Integrated Circuit, ASIC）是从 20 世纪 70 年代开始起步的器件，由于具有可编程性和设计的方便性在电子系统的设计中被广泛应用。

1.1.2 现代电子系统的设计思想

电子系统一般由模拟、数字和 CPU 控制 3 个部分构成。传统的设计方法是采用小规模集成电路（Small Scale Integrated, SSI），中规模集成电路（Medium Scale Integrated, MSI）等标准通用器件和其他元件进行设计。一个复杂的系统所需要的元件种类和数量非常多，连线复杂、系统庞大、可靠性差，其设计思想被称为“自下而上”。但随着 20 世纪 60 年代开始的数字集成电路的发展迅猛，经历了 SSI、MSI、LSI、VLSI 几个发展过程。20 世纪 90 年代以后，由于新的 EDA 工具不断出现，设计者可以利用可编程逻辑器件（Programmable Logic Device, PLD）直接设计出所需要的专用电路。这就使电子系统的设计产生了革命化的变革，形成了一套“自顶向下”的设计思想，其设计方法如图 1-1 所示。

在这种新的设计方法中，系统的关键电路只需要一片或几片 ASIC 来实现。行为设计是确定该电子系统的功能、性能及允许的芯片面积大小、成本预算等。结构设计是根据该系统或芯片的特点分解成几个接口清晰、功能明确的子系统，使之得到一个总体结构。逻辑设计是将结构设计的几个子系统转换成逻辑图电路。电路设计包括设计输入和仿真两个部分。目前，EDA 技术使得电路设计输入方便了许多，如

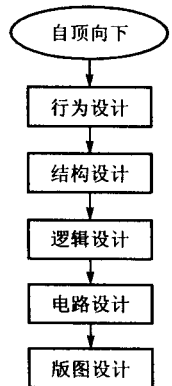


图 1-1 “自顶向下”设计思想图

用原理图输入是利用软件系统提供的元器件库及各种符号和连线画出原理图,形成原理图输入文件;用 VHDL 硬件描述语言的输入方式是用文本方式描述设计,这种输入方式,因具有设计与工艺的无关性、语言的公开和宽范围的描述能力以及便于组织大规模系统的设计,已成为当前设计的主体。仿真部分是电路设计不可缺少的部分,它包括功能仿真和时序仿真;功能仿真是在设计输入完成之后选择具体器件之前进行的逻辑功能验证(它不包括延时效果),若发现错误则返回设计输入中修改设计输入;时序仿真是在选择了具体器件并完成布局、布线之后进行的时序关系仿真,是与实际器件工作情况基本相同的仿真。最后的版图设计是将电路图转换成版图。

1.1.3 设计的划分与步骤

所谓电路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,其能按特定的控制信号去执行所设想的功能。一般按电路系统所处理加工完成信号的不同,可分为模拟电路系统、数字电路系统和数字-模拟混合电路系统。

1. 模拟电路系统

模拟电路系统的主要功能是对模拟信号进行检测、处理、变换和产生。模拟信号的特点

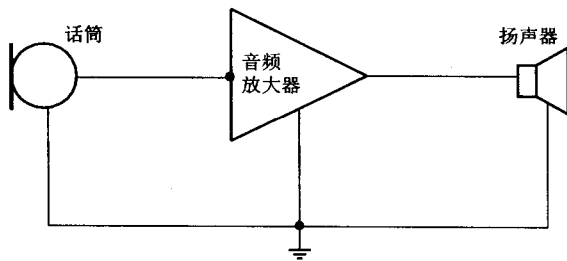


图 1-2 低频功率扩音系统方框图

是,在时间和幅值上均是连续的,在一定的动态范围内可任意取值。这些信号可以是电量(如电压、电流等),也可以是来自传感器的非电量(如温度、压力、流量等)。组成模拟电路系统的主要单元电路有放大电路、滤波电路、信号变换电路、驱动电路等。图 1-2 为低频功率扩音系统方框图,它由话筒、音频放大器、扬声器组成。

当人们对着话筒讲话时,话筒将声音高低强弱的变化,转换成相应的电信号。由于该信号非常微弱,必须经过音频放大器的放大,才能驱动扬声器。音频放大器一般由前置放大和功率放大电路组成。通过前置放大、单元电路,提高信号电压;通过功率放大电路,可提高所需的输出功率。随着集成电路技术的发展,对于一个小功率的扩音系统,完全可用一片集成电路来实现。对于更复杂的模拟电路系统,可以用几片集成电路再加上分离元件和电路单元来实现。我们将从工程实践的角度出发,对组成模拟电路系统的典型单元电路、常用模拟集成电路作较详细的分析,同时讲述模拟电路系统的设计方法。

2. 数字电路系统

由若干数字电路和逻辑部件组成,处理及传送数字信号的设备称为数字电路系统。数字信号的特点是不随时间作连续变化。一个复杂的数字电路系统可分解为控制器加若干个子系统。这些子系统完成的逻辑功能比较单一,一般由中、大规模集成电路实现,如存储器、译码器、数据选择器、加法器、比较器、计数器等。数字电路系统中必须要有控制器。控制器的主要功能是管理各个子系统之间的互相操作,使它们有条不紊地按规定的顺序操作。数字电路系统的简单框图由图 1-3 表示。

一般说来,是否有控制器是区别数字电路是系统还是功能部件的标志。凡是有控制器的

数字电路, 不管其规模大小一律称为数字电路系统, 如仅由几片中规模集成电路组成的交通灯控制器应称为系统; 不包含控制器的数字电路, 不管其规模大小, 均不能作为一个独立的数字系统来对待, 最多只能算一个子系统。如一个半导体存储器, 尽管规模很大, 由于其功能单一, 只能称之为部件。

3. 模拟-数字电路混合系统

简单地说, 包含有模拟电子

电路和数字电子电路组成的电子系统称之为混合电子系统。在过程控制和各种仪器仪表中, 完成对温度、压力、流量、速度等物理量的控制、测量、显示等功能需要模拟-数字混合电路系统来实现。随着微电子技术的不断发展, 各种混合式集成电路不断出现, 如 555 定时器、集成采样保持器、A/D、D/A 转换器等。利用这些集成电路和其他元件, 并配合数字控制器 (一般是微处理器或计算机), 可组成功能强大的电路系统。一个水温自动控制系统的框图如图 1-4 所示。

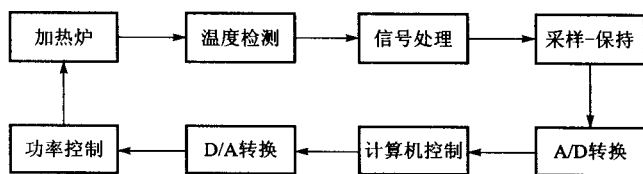


图 1-4 水温控制系统框图

测温电路的作用是把温度的变化转化为微弱的电压信号。该电压信号经放大、滤波, 送入 A/D 转换电路, 经 A/D 转换器把电压信号转换为与温度变化相应的数字编码信号。然后, 微处理机系统根据水温控制模型进行计算, 得到相应

的控制输出数字信号。该数字信号可控制电子电路的电流大小, 或控制加热炉的通、断电时间, 实现调整水温的高低。

1.1.4 模拟电路系统的设计方法

由于模拟电路系统种类繁多, 千差万别, 故设计一个电路系统的方法和步骤也不尽相同, 而且往往与设计者的经验、兴趣和爱好密切相关。从总的设计过程来讲, 可以归纳为以下几个步骤。

1. 总体方案确定

在全面分析将要设计的系统功能和技术指标的前提下, 根据已掌握的知识和资料, 将总体系统功能合理地分解成若干个子系统 (单元电路), 并画出各个单元电路框图相互连接而形成的系统原理框图。因为电路系统总体方案的选择直接决定电路系统设计的质量, 所以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、工作可靠、电路简单、成本低、功耗小、调试维修方便等方面, 选择出最佳方案。

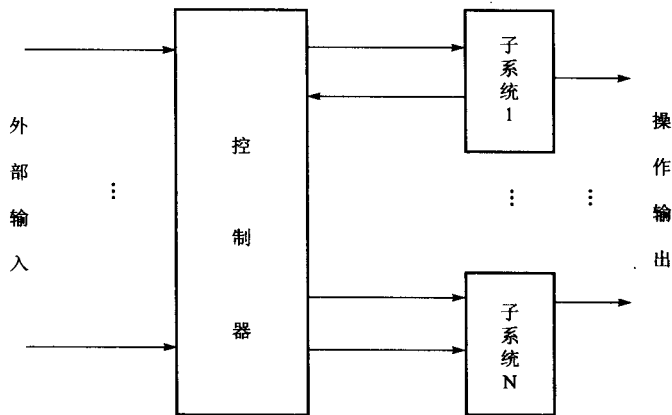


图 1-3 数字电路系统框图

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, 认真考虑各单元电路之间的联系, 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, 并要考虑到各单元电路的供电电源尽可能统一, 以便使整个电子系统更简单可靠。另外, 尽量选择现有的、成熟的电路来实现单元电路的功能。若找不到完全满足要求的现成电路, 可在与设计要求比较接近的某电路基础上适当改进, 或自己进行创造性设计。为了使电路系统的体积小, 可靠性高, 电路单元尽可能用集成电路组成。

3. 参数计算

在进行电路设计时, 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, 利用公式可计算出决定振荡频率的电阻和电容之值等等。一般满足电路性能指标要求的理论参数值不是唯一的, 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冗余量, 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 M Ω 内选择; 非电解电容器一般在 100 pF~0.47 μ F 选择; 电解电容一般在 1 μ F~2 000 μ F 范围内选用。

④ 在保证电路达到功能指标要求的前提下, 尽量减少元器件的品种、价格、体积等。

4. 元器件选择

电路的设计就是选择最合适的元器件并把它们有机地组合起来。在确定电子元件时, 应根据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全面考虑。具体表现为:

① 一般优先选择集成电路。集成电路体积小、功能强, 可增加电路的可靠性, 简化电路的设计。例如, 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层出不穷, 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, 目前我们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、成本更价廉的集成稳压器。

② 电阻器和电容器是两种最常用的元器件, 它们的种类繁多, 性能差别大, 应用的场合也不尽相同。因此, 对于设计者来说, 必须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其做出正确的选择。

③ 分立半导体元件的选择。首先要熟悉它们的功能, 掌握它们的应用范围; 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。

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)技术已成为现代电路系统设计的必要手段。在计算机工作平台上, 利用

EDA 软件, 可对各种电子电路进行调试、测量、修改, 大大提高了电路设计的效率和精确度, 同时也节约了设计费用。目前常用的电子电路辅助分析、设计的常用软件有 Multisim 2001、PROTEL、EWB 等。

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采用元器件的参数和模型与实际器件有所差别, 所以对经计算机仿真过的电路, 还要进行实际实验。以发现在仿真环境下不能发现的问题并寻求解决问题的方法。

7. 绘制电路总图

电路总图是在总框图、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。目前绘电路图一般是在计算机上利用绘图软件(如 Protel99se、Altium2004 等)完成。绘制电路图时主要注意以下几点:

① 总体电路图尽可能画在同一张图纸上; 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图上, 再将其余的单元电路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, 在方框的边线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和垂直线, 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, 仅需标出电源的电压值即可。若系统中还需要负电源时, 则在标出电源电压值的同时还应标注负号。

1.1.5 数字电路系统的设计方法

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法设计。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已经比较方便, 其设计方法也非常灵活。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就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, 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, 而且还根除了对器件单独编程的环节, 省去了器件编程设备。

1. 充分分析系统功能要求

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的是明确系统的任务、所要达到的技术性能、精度指标、输入输出设备、应用环境以及有哪些特殊要求等。

2. 确定总体方案

明确了系统性能要求以后, 应考虑如何实现这些技术功能, 即采用哪种电路来完成。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、控制的系统，可采用单片机系统实现。目前对于处理复杂的数字系统最佳方案是大规模可编程逻辑器件加单片机，这可大大简化设计成本，提高可靠性。

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受其控制的信息处理电路来的状态信号，产生受控电路的控制信号。常用的控制电路有如下三种：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，可灵活选择控制器形式。

4. 单元电路设计

在全面分析各模块功能类型后，应选择出合适的器件并设计出电路。对于组合逻辑电路设计的一般设计步骤方框图如图 1-5 所示。而对于时序逻辑电路的设计步骤如图 1-6 所示。在设计电路时，应充分考虑能否用 ASIC 器件实现某些逻辑单元电路，这样可大大简化逻辑设计，提高系统的可靠性并减小 PCB 体积。

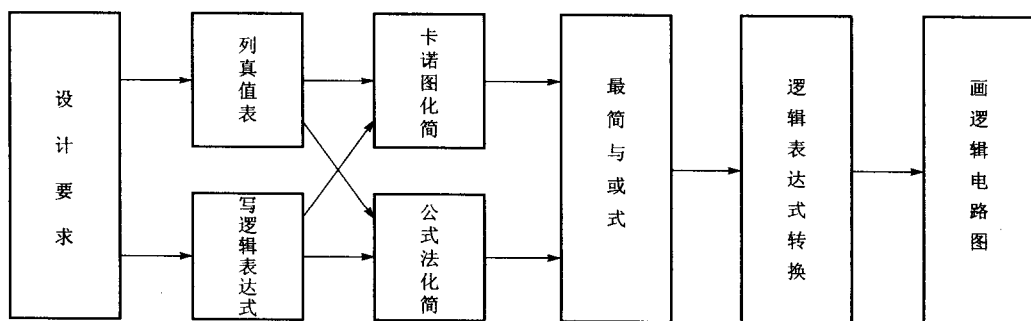


图 1-5 组合逻辑电路设计步骤

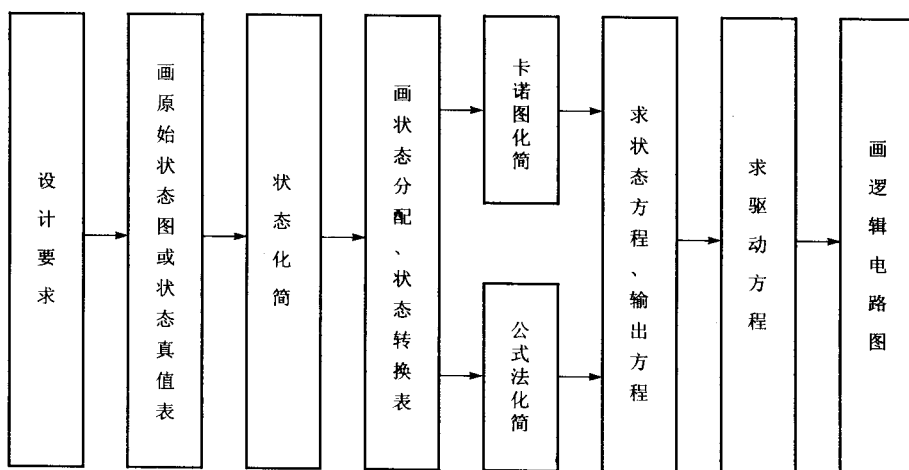


图 1-6 时序逻辑电路设计步骤

5. 系统电路综合

在各单元电路模块和控制电路达到预期要求以后，可把各个部分电路连接起来，构成整

个电路系统并对该系统进行功能测试。测试主要包含三部分工作：系统故障诊断与排除、系统功能测试和系统性能指标测试。若系统有一项不符合要求，则必须修改电路设计。

6. 撰写设计报告

在整个系统实验完成后，应整理出如下的设计文件：完整的电路原理图、详细的原程序清单、所用元器件清单、功能与性能测试结果、使用说明书等。

1.1.6 电路设计小结

电子系统的设计方法，没有一成不变的步骤，它往往与设计者的经验，兴趣，爱好密切相关，但从总的设计过程来讲，可以归纳成以下三个步骤：

1. 课题分析

根据技术指标的要求，弄清系统所要求的功能和性能指标以及目前该领域中类似系统所达到的水平，是否有能完成技术指标所要求功能的类似电路可以借鉴。若有，电路需经何种改动或电路参数需要哪些设计计算等，要做到心中有数，从而对课题的可行性作出判断。

2. 方案论证

按照系统要求，把电路划分成若干功能块，从而得到系统框图。每个方框即是一个单元电路。按系统指标要求，规划出各单元电路要完成的任务，确定输出与输入的关系，决定单元电路的结构。为完成总任务，由系统框图到单元电路的具体结构应是多解的，应该经过较为详细的方案比较和论证，以技术上的可行性和较高的性能价格比为依据，最后选定方案。

3. 方案实现

尽量选用市场上可以提供的中大规模集成电路，并通过应用性设计来实现各功能块的要求以及各功能块之间的协调。该步骤的要点是：① 熟悉目前数字或模拟集成电路的分类，特点，合理选择所用芯片，方便地实现各功能块的要求，并且工作可靠，价格低廉。② 对所选各功能块进行应用性设计时，要根据集成电路的技术要求和功能块的任务，正确计算外围电路的参数，对于数字集成电路则要正确处理各功能输入端。③ 要保证各功能块协调一致地工作，对于模拟系统，按需要采用不同耦合方式把它们连接起来；对于数字系统，协调工作主要通过控制器来完成。控制器作为一个功能模块，通常由移位寄存器或计数器构成的脉冲分配器（又称节拍发生器）来组成，控制各功能模块按一定顺序有条不紊地工作。因此，对该控制器的要求较严格，不允许有竞争冒险和过渡干扰脉冲出现，以免发生控制失误。目前在计算机或较大的数字系统中，这种控制多由所谓微程序控制器来实现。

1.2 电路的组装与调试

安装和调试是保证设计是否成功的重要环节，也是产品开发的必须步骤。例如大学生电子设计竞赛成绩总共有 150 分，其中的 100 分取决于作品的实测结果，50 分取决于设计总结报告，所以电路的组装与调试部分务必要受到高度重视。

1.2.1 模拟电路系统的安装与调试

1. 电路系统的安装

电路设计完成以后要进行电路的安装,一般采用印刷电路板、通用电路板和面包板,在进行安装时注意以下方面:

① 准备好常用的工具和材料。要将各种各样的电子元器件及结构各异的零部件装配成符合要求的电子产品,一套基本的工具是必不可少的。如烙铁、钳子、改锥、镊子和焊锡。正确使用得心应手的工具,可大大提高工作效率,保证装配质量。

② 所有电子元器件在安装前要全部测试一遍,有条件的还要进行老化,以保证元器件的质量。

③ 有极性的电子元器件安装时其标志最好方向一致,以便于检查和更换。集成电路的方向要保持一致,以便正确布线和查线。

④ 在面包板上组装电路时,为了便于查线,可根据连线的不同作用选择不同颜色的导线。如正电源采用红色线、负电源采用蓝色导线、地线采用黑色导线、信号线采用黄色导线等。

⑤ 布线要按信号的流向有序连接,连线要做到横平竖直,不允许跨接在集成电路上。另外,选择导线粗细要适中,避免导线与面包板插孔之间接触不良。

2. 电路系统的调试

(1) 调试电路的常用仪器。

① 万用表。它可以测量交直流电压、交直流电流、电阻、电容及半导体二极管和三极管。具有精度高,使用方便,应用广泛等特点。

② 示波器。示波器可以对电路中的各点电位进行测量和观察波形,同时可比较任意两点波形的相位关系。示波器具有高的灵敏度、高的交流阻抗、对负载影响小等特点。在使用示波器时应注意的是所用示波器的频带一定要大于被测信号的频率。

③ 信号发生器。因为经常要在加信号的情况下进行测试,则在调试和故障诊断时最好备有信号发生器。如 EE1641E 型函数信号发生器/计数器,它可产生正弦波、三角波、方波等波形。

(2) 调试电路前的检查。

电路安装完毕后,不要急于通电,首先要根据电路原理图认真检查电路接线是否正确。主要直观检查电源、地线、信号线、元器件引脚之间有无短路,连线有无接触不良,元器件有无漏焊、虚焊,二极管、三极管和电解电容极性有无错误。查线时最好用指针式万用表“ $\Omega \times 1$ ”挡,或用数字万用表的“ Ω ”挡的蜂鸣器来测量。

(3) 调试步骤。

对于电路系统的调试一般采用化整为零,分块调试,一般步骤为:

① 通电观察。在确认电路连接没有错误的情况下,接通电源。电源接通后不要先急于测量数据,而应首先观察有无异常现象,如有无冒烟,是否闻到异常气味,手摸元器件是否发烫,电源是否有短路现象等。如有异常,应立即关断电源,待故障排除后方可重新通电。

② 分块调试。把电路按功能分成不同的模块,分别对各模块进行调试。通常调试顺序是按照信号的流向进行,这样可把前级测试过的输出作为后一级的输入信号,为最后联调创

造条件。分块调试包括静态和动态调试。静态测试是在没有外加信号的情况下测量电路各点电位,通过静态测试可以及时发现已经损坏的元器件或其他故障。动态测试是在信号源的作用下,借助示波器观察各点波形,进行波形分析,测量动态指标。把静态和动态测试的结果与设计的指标加以比较,经深入分析后对电路与参数提出合理的修整。调试电路过程应对测试结果作详尽记录。

③ 整机联调。各单元电路调试好以后,还要将它们连接成整机进行统调。整机统调主要观察和测量动态特性,把测量的结果与设计指标逐一对比,找出问题及解决办法,然后对电路及参数进行修正,直到整机的性能完全符合设计要求为止。

1.2.2 数字电路系统的安装和调试

在按照上述数字电路设计的方法完成理论设计以后,要对设计方案进行安装调试。通过测量、调试可以发现并纠正原设计方案中的错误和缺点,并可以掌握实际的数字系统正常运行时的各项指标、参数、工作状态与逻辑功能。因此调试工作是检验、修正设计方案的实践过程,是应用理论知识来解决实践中各类问题的关键环节,是数字电路设计者必须掌握的基本技能。

1. 数字电路器件的功能检测

在安装数字电路系统之前,对所选用的数字集成电路器件应进行功能检测,以避免由于器件功能不正常而增加调试的困难。检测数字集成器件的方法主要有:

- ① 仪器检测法。利用专用数字检测仪进行测试。
- ② 替代法。用被测器件代替正常工作的数字装置中的相同器件,从而判定它的好坏。
- ③ 功能检查法。对照所用器件的功能表,做功能检查。

2. 数字电路的安装调试

有关数字电路的安装方法及注意事项与模拟电路的安装方法相同,请参阅 1.2.1 节。数字电路系统的调试可分为两步进行。首先调试单元电路,然后进行整机调试。调试电路的一般步骤为:

① 明确调试任务。搞清楚电路输入与输出间的逻辑关系如何,正常情况下输入与输出信号的特征(幅度、频率、波形)是什么。正确选择测量仪器,认真做好记录。

② 列举测试项目。数字电路测试的基本项目是静态测量、动态测量、稳定性及抗干扰分析等。静态测量是在被测电路没有输入动态信号(或只加固定电压)时,用万用表测量电路的各点电压。动态测量是在被测电路输入端加入合适的动态信号,通过双踪示波器观察电路的各点波形,同时测量电路的技术指标。

③ 故障诊断及调整。在对电路进行调试时,肯定会存在诸多问题,为了尽快找出故障所在,通常可用“替代法”、“对比法”、“对分检测法”等。所谓“替代法”就是把已调整好的单元电路代替有故障的相同电路,这可很快判断出故障原因是在单元电路本身,还是在其他的单元或连线上。“对比法”是将有问题电路的状态、参数与相同的正常电路进行逐项对比,可很快地从异常的参数中,找出故障的原因。“对分检测法”是把有故障的电路对分为两个部分,先检测这两部分中究竟是哪一部分有故障,然后在对有故障的部分进行对分检测,一直分到找出故障点为止。

1.3 电子电路的设计工艺

影响电路系统可靠、安全运行的主要因素主要来自系统内部和外部的各种电气干扰,并受系统结构设计、元器件选择、安装、制造工艺影响。这些都构成电路系统的干扰因素,常会导致电路系统运行失常,轻则影响产品质量和产量,重则会导致事故,造成重大经济损失。

形成干扰的基本要素有三个:

① 干扰源。它是指产生干扰的元件、设备或信号,用数学语言描述如下: du/dt 、 di/dt 大的地方就是干扰源。如:雷电、继电器、可控硅、电机、高频时钟等都可能成为干扰源。

② 传播路径。它是指干扰从干扰源传播到敏感器件的通路或媒介。典型的干扰传播路径是通过导线的传导和空间的辐射。

③ 敏感器件。它是指容易被干扰的对象。如: A/D、D/A 变换器,单片机,数字 IC,弱信号放大器等。

1.3.1 干扰的分类

干扰的分类有好多种,通常可以按照噪声产生的原因、传导方式、波形特性等进行不同的分类。按产生的原因可分为放电噪声、高频振荡噪声、浪涌噪声。按传导方式可分为共模噪声和串模噪声。按波形可分为持续正弦波、脉冲电压、脉冲序列等。

1.3.2 干扰的耦合方式

干扰源产生的干扰信号是通过一定的耦合通道才对测控系统产生作用的。因此,我们有必要看看干扰源和被干扰对象之间的传递方式。干扰的耦合方式,无非是通过导线、空间、公共线等等,细分下来主要有以下几种:

(1) 直接耦合

这是最直接的方式,也是系统中存在最普遍的一种方式。比如干扰信号通过电源线侵入系统。对于这种形式,最有效的方法就是加入去耦电路。

(2) 公共阻抗耦合

这也是常见的耦合方式,这种形式常常发生在两个电路电流有共同通路的情况。为了防止这种耦合,通常在电路设计上就要考虑使干扰源和被干扰对象间没有公共阻抗。

(3) 电容耦合

电容耦合又称电场耦合或静电耦合,是由于分布电容的存在而产生的耦合。

(4) 电磁感应耦合

电磁感应耦合又称磁场耦合,是由于分布电磁感应而产生的耦合。

(5) 漏电耦合

这种耦合是纯电阻性的,在绝缘不好时就会发生。