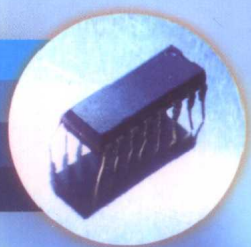


高等学校电工电子系列教材



姚福安 编著

电子电路 设计与实践

山东科学技术出版社 www.lkj.com.cn

电子电路 设计与实践

姚福安 编著

山东科学技术出版社

电子电路设计与实践

姚福安 编著

出版者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 2065109

网址: www.lkj.com.cn

电子邮件: sdkj@jn-public.sd.cninfo.net

发行者: 山东科学技术出版社

地址: 济南市玉函路 16 号

邮编: 250002 电话: (0531) 2020432

印刷者: 山东新华印刷厂

地址: 济南市胜利大街 56 号

邮编: 250001 电话: (0531) 2059512

开本: 787mm × 1092mm 1/16

印张: 13.5

字数: 291 千

版次: 2001 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

印数: 1 - 3000

ISBN 7 - 5331 - 2956 - 3

TP·81

定价: 19.00 元

图书在版编目(CIP)数据

电子电路设计与实践/姚福安编著. —济南: 山东科学技术出版社, 2001

ISBN 7-5331-2956-3

I. 电... II. 姚... III. 电子电路—电路设计
IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 050818 号

内 容 简 介

本书从加强实践教学环节角度出发,系统地介绍了电子技术课程设计的方法及过程。全书共分六章,主要包括:电子电路设计基础、常用电子元器件、模拟集成电路、数字集成电路、电子技术课程设计实例及电子电路的计算机辅助设计软件 Protel 99 的使用方法。

电子技术设计是一门内容发展迅速、教学方式灵活、理论联系实际要求很高的课程。同时也是培养学生综合运用电子技术知识,提高创新能力、独立分析问题和解决问题能力的一门非常重要的课程。在编写过程中力求内容丰富、资料翔实、新颖实用,书中每个电路全部给出了元器件参数,读者可直接引用。本书可以满足不同专业、不同教学学时的需要。本书可作为高等学校计算机类、电子信息类、自动化工程类、电气工程类等专业的本科生教材,也可作为电子设计用参考书以及供从事电子技术开发的工程技术人员、广大电子爱好者参考。

前 言

21 世纪是信息的时代,也是人才竞争的时代。为了全面适应社会对高级科学技术人才的需求,目前我国高等教育在专业设置、课程体系建设等方面进行了全面的改革。目的在于培养具有竞争意识、创新能力的高素质人才。为此,我们在积极探索多年“电子技术”课程体系教学改革的基础上,编写了本书。本书主要用于培养学生的工程意识,提高综合运用知识的能力,启发学生的创新思想。本书首先介绍了电子电路系统设计、安装、调试的一般方法步骤及注意事项;介绍了常用电子元器件、集成电路的特性及正确使用方法;列举了一些典型单元电路并详细讲述了几种电子电路系统设计实例;最后介绍了电子电路计算机辅助设计软件 Protel99,以帮助学生掌握电子产品设计制作的现代化手段。本书在编写过程中,主要考虑了以下几个方面。

一、系统性。由于本书是学生在修完《电子技术基础》课程后所进行的一个实践教学环节,所以本教材在内容编排、设计课题选择等方面,尽可能保持前后课程要连贯,与整个“电子技术”课程体系有机地结合起来。

二、独立性。尽管本书是“电子技术”课程体系中的一部分,但它与传统的课堂教学有很大的区别。本书从元器件的选取,到单元电路的设计,最后到电路的安装调试成功,详细介绍了电子系统设计所遵循的普遍规律,使它们自成体系。这样更便于学生学习。

三、实用性。本书的最突出的特点就是引导学生如何应用电子技术。从如何选择使用元器件,到如何设计、安装、调试电路,均作了详细的介绍。同时教会学生如何利用现代化手段设计电子电路。本书所列举的电路均给定了元件参数,可直接引用。

四、便于教学。电子技术课程设计一般是集中进行的,学生的前修课程也不尽相同,有的安排在“模拟电子电路”和“数字电子电路”课程修完后开设;有的安排在仅修完“模拟电子电路”或“数字电子电路”课程后开设。为此,本书有针对性地编排设计题目以适应不同的对象。

五、使用范围广。本书可作为自动化、电气工程、电子信息、计算机等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 also 具有很好的参考价值。

本书的编写得到了山东大学工业电子学教研室全体老师的大力支持和热情帮助,高宁老师对书中部分题目作了实验,在此一并表示衷心感谢。

作 者

2001 年 7 月于山东大学

目 录

第一章 电子电路设计基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 模拟电子系统	1
1.1.2 数字电子系统	2
1.1.3 模拟—数字电子混合系统	2
1.2 模拟电子系统设计的一般方法	3
1.2.1 模拟电子系统的设计方法	3
1.2.2 模拟电子系统的安装与调试	5
1.3 数字电子系统设计的一般方法	6
1.3.1 数字电子系统的设计方法	6
1.3.2 数字电子系统的安装和调试	8
1.4 电子电路的抗干扰措施	9
1.4.1 正确选择器件	9
1.4.2 正确分布元器件	9
1.4.3 交流输入电源增加电源滤波器	10
1.4.4 施加屏蔽措施	11
1.4.5 用合理的接地方式	12
1.4.6 电路加入滤波电容和补偿网络	13
第二章 常用电子元器件	15
2.1 电阻器	15
2.1.1 电阻器的命名方法	15
2.1.2 电阻器的分类及特点	16
2.1.3 常用电阻器的标志方法	17
2.1.4 电阻器的正确选用	19
2.2 电位器	20
2.2.1 电位器的性能指标	20
2.2.2 几种常用电位器型号与规格	21
2.3 电容器	23
2.3.1 电容器的型号和标志方法	23
2.3.2 电容器的主要参数	24
2.3.3 常用电容器	25
2.3.4 电容器的正确选用	26
2.4 半导体二极管	27
2.4.1 半导体二极管的分类	27
2.4.2 普通半导体二极管的主要参数	27
2.4.3 几种常用二极管的特点	28
2.5 半导体三极管	30
2.5.1 半导体三极管的分类	30

2.5.2 半导体三极管的主要参数	31
2.5.3 半导体器件的命名方法	31
2.5.4 几种常用半导体三极管的性能	34
2.5.5 半导体三极管的正确使用	35
2.6 半导体场效应管	36
2.6.1 正确使用场效应管的方法	37
2.6.2 常用半导体场效应管	37
2.7 几种常用的电力半导体器件	38
2.7.1 普通晶闸管	38
2.7.2 双向晶闸管	41
2.7.3 功率场效应管	42
第三章 模拟集成电路	45
3.1 国产半导体集成电路的命名方法	45
3.1.1 原国标命名方法	45
3.1.2 现行国标命名方法 (GB3430-89)	45
3.2 集成运算放大器	47
3.2.1 集成运算放大器的分类	47
3.2.2 正确选择集成运算放大器	48
3.2.3 集成运算放大器的使用要点	48
3.2.4 几种常用集成运算放大器的性能参数	51
3.2.5 集成运算放大器应用实例	53
3.3 集成功率放大器	59
3.3.1 LM386 集成功率放大器	59
3.3.2 高功率集成功率放大器 TDA2006	61
3.4 线性集成稳压器	64
3.4.1 三端固定集成稳压器	64
3.4.2 三端可调集成稳压器	66
3.4.3 集成稳压器典型应用实例	68
3.5 集成基准电压源	70
3.5.1 集成基准电压源 MC1403	70
3.5.2 精密基准电压源 LM399	71
第四章 数字集成电路	73
4.1 数字集成电路的分类与特点	73
4.1.1 TTL 数字集成电路	73
4.1.2 CMOS 集成电路	74
4.2 数字集成电路的应用要点	75
4.2.1 数字集成电路使用中注意事项	75
4.2.2 TTL 集成电路使用应注意的问题	75
4.2.3 CMOS 集成电路使用应注意的问题	76
4.3 数字集成电路的接口电路	77
4.3.1 TTL 与 CMOS 接口	78
4.3.2 CMOS 电路驱动 LED 或继电器接口电路	78

4.3.3 利用光电耦合器构成的接口电路	79
4.4 集成逻辑门电路	80
4.4.1 集成反相器与缓冲器	80
4.4.2 集成与门和与非门	81
4.4.3 集成或门和或非门	81
4.4.4 集成异或门	83
4.4.5 集成三态门	83
4.5 组合逻辑中规模集成电路	84
4.5.1 集成编码器	84
4.5.2 集成译码器	85
4.5.3 集成数据选择器	88
4.5.4 集成数字运算电路	89
4.6 中规模时序逻辑集成电路	91
4.6.1 集成触发器和锁存器	91
4.6.2 集成移位寄存器	92
4.6.3 集成计数器	94
4.7 常用集成模拟开关	97
4.7.1 单刀单掷型集成模拟开关	97
4.7.2 单刀双掷型集成模拟开关	98
4.7.3 单刀多掷型集成模拟开关	98
4.8 集成单稳态触发器	98
4.8.1 集成可重复触发单稳态触发器	99
4.8.2 集成不可重复触发单稳态触发器	100
4.9 集成 D/A 和 A/D 转换器	101
4.9.1 集成 D/A 转换器	101
4.9.2 集成 A/D 转换器	104
4.10 集成 V/F、F/V 变换器	107
4.10.1 LMx31 系列 V/F、F/V 变换器介绍	107
4.10.2 LMx31 系列 V/F、F/V 变换器的应用实例	109
4.11 555/556 集成定时器	111
4.11.1 555/556 集成定时器简介	111
4.11.2 双极型与 CMOS 型 555 定时器性能比较及使用要点	112
4.12 数字集成电路的典型应用实例	113
4.12.1 脉冲信号产生电路	113
4.12.2 水位自动控制器	114
4.12.3 简易电容测试仪	115
4.12.4 BCD 码加法器	116
4.12.5 密码电子锁	117
4.12.6 八路智力竞赛抢答器	118
4.12.7 数码预置电路	119
4.12.8 数字动态扫描显示电路	120
4.12.9 数字音量控制电路	120
4.12.10 程控增益放大器	121

第五章 电子课程设计实例	123
5.1 8W 扩音机	123
5.1.1 设计任务和要求	123
5.1.2 设计方案	123
5.1.3 单元电路设计	124
5.1.4 调试要点	131
5.2 多功能信号发生器	132
5.2.1 设计任务和要求	132
5.2.2 设计方案	133
5.2.3 电路设计	133
5.2.4 调试要点	138
5.3 简易数控直流稳压电源	138
5.3.1 设计任务和要求	138
5.3.2 设计方案	139
5.3.3 电路设计	139
5.3.4 调试要点	143
5.4 多路温度巡检仪	143
5.4.1 设计任务和要求	143
5.4.2 设计方案	143
5.4.3 电路设计	144
5.4.4 调试要点	148
5.5 交通灯定时控制系统	148
5.5.1 设计任务和基本要求	148
5.5.2 设计方案	148
5.5.3 电路设计	149
5.5.4 调试要点	153
5.6 简易公用电话计时器	153
5.6.1 设计任务和基本要求	153
5.6.2 设计方案	154
5.6.3 电路设计	154
5.6.4 调试要点	158
5.7 数字电子钟计时系统	159
5.7.1 设计任务和基本要求	159
5.7.2 设计方案	159
5.7.3 电路设计	160
5.7.4 调试要点	164
5.8 数字频率计	164
5.8.1 设计任务和基本要求	164
5.8.2 设计方案	164
5.8.3 电路设计	165
5.8.4 调试要点	168
5.9 半导体三极管放大倍数 b 值自动分检仪	169
5.9.1 设计任务和要求	169
5.9.2 设计方案	169

5.9.3 电路设计提示	169
第六章 电子电路计算机绘图与制版软件——Protel 99 简介	172
6.1 Protel 99 电路原理图设计	172
6.1.1 进入 Protel 99 原理图编辑器 Sch	172
6.1.2 设置图纸样本	176
6.1.3 设置文件信息	177
6.1.4 添加元件库	177
6.1.5 在图纸上放置元件	178
6.1.6 元件位置的调整	179
6.1.7 元件属性的编辑	180
6.1.8 电源及接地符号	181
6.1.9 绘制电路原理图	181
6.1.10 电路原理图文件的存储及打印	182
6.2 生成报表	182
6.2.1 电气法则测试表 (ERC)	182
6.2.2 生成元件列表	184
6.2.3 产生网络表	186
6.3 制作库元件	187
6.3.1 进入原理图元件库编辑器	187
6.3.2 元件库绘图工具介绍	188
6.3.3 制作一个元件	189
6.4 PCB 印刷电路板设计	190
6.4.1 PCB 电路板设计基础	190
6.4.2 进入 Protel 99-PCB 编辑器	191
6.4.3 设置电路板工作层面	193
6.4.4 电路板的规划	195
6.4.5 装入元件库	196
6.4.6 网络表与元件的装入	196
6.4.7 元件的布局	197
6.4.8 自动布线	198
6.4.9 手工调整	201
参 考 文 献	203

第一章 电子电路设计基础

1.1 概 述

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，能按特定的控制信号，去执行所设想的功能。一般按电子系统所处理加工完成信号的不同，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。

1.1.1 模拟电子系统

模拟电子系统的主要功能是对模拟信号进行检测、处理、变换和产生。模拟信号的特点是，在时间上和幅值上均是连续的，在一定的动态范围内可能任意取值。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（如应变、温度、压力、流量等）。组成模拟电子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 1.1.1 为低频功率扩音系统方框图，它由话筒、音频放大器、扬声器和电源组成。

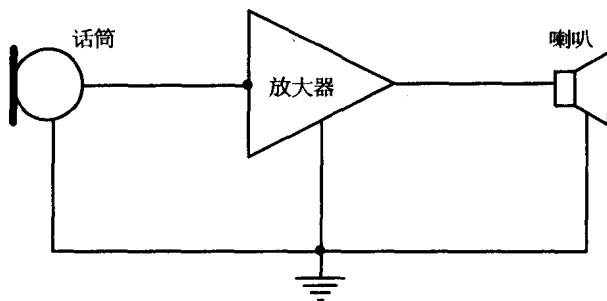


图 1.1.1 模拟电子系统框图

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、电压放大和功率放大电路组成。通过前置放大、电压放大单元电路，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子系统，可以用几片集成电路再加上分离元件和电路单元来实现。本书将从工程实践的角度出发，对组成模拟电子系统的典型单元电路、常用模拟集成电路将作详细的分析，同时讲述构成模拟电子系统的设计方法。

1.1.2 数字电子系统

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。一个复杂的数字电子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。数字电子系统中必须要有控制器, 控制器的主要功能是用来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。数字电子系统的简单框图由图 1.1.2 表示。

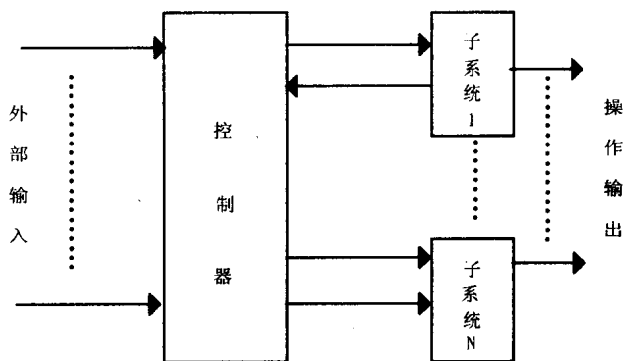


图 1.1.2 数字系统框图

一般说来, 有没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子系统, 如仅由几片中规模集成电路组成的交通灯控制器应称之为系统; 而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。

1.1.3 模拟—数字电子混合系统

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, 完成对如温度、压力、流量、速度等物理量的控制、测量、显示等功能, 需要模拟—数字混合电子系统来实现。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子系统。一个水温自动控制系统的框图如图 1.1.3 所示。

测温电路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, 送入模数转换电路, 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力电子电路的电流大小, 从而调整水温高低。

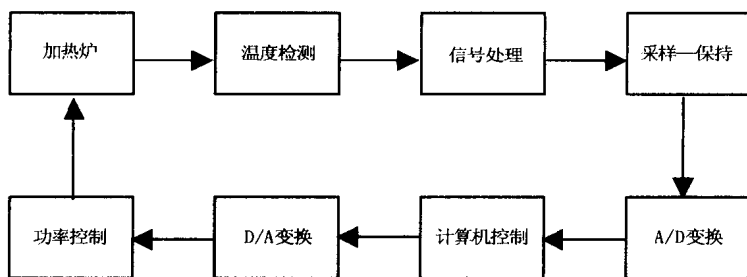


图 1.1.3 水温控制系统框图

1.2 模拟电子系统设计的一般方法

1.2.1 模拟电子系统的设计方法

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、元器件确定和实验调试；最后绘出用于指导工程的电路图。

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，根据已掌握的资料，将总体系统功能合理的分解成若干个子系统（电路单元），并画出各个电路单元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，直接决定电子系统设计的质量。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。

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。有时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。为了使电子系统的体积小，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，可计算出决定振荡频率的电阻和电容之值等等。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裕量,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;非电解电容器一般在 $100\text{pF}\sim 0.47\mu\text{F}$ 选择;电解电容一般在 $1\mu\text{F}\sim 2000\mu\text{F}$ 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

电子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。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,可大大简化电子电路的设计。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,它们的种类很多,性能相差也比较大,应用的场合也不同。因此,对于设计者来说,应该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。有关电阻器和电容器性能特点的介绍,详见第二章。

(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)技术已成为现代电子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,大大提高了电子设计的效率和精确度,同时节约了设计费用。目前常用的电子电路辅助分析、设计的常用软件有 PSPICE、PROTEL、EWB(电子工作台)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,直到完全满足性能指标为止。

7. 绘总体电路图

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。目前绘电路图一般是在计算机上利用绘图软件完成。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;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图上,而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。

1.2.2 模拟电子系统的安装与调试

1. 电子系统的安装

设计电路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. 电子系统的调试

(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 FG—163 型函数发生器,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,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“ $\Omega \times 1$ ”档,或用数字万用表的“ Ω ”挡的蜂鸣器来测量。

(3) 调试步骤。

对于电子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条件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。

1.3 数字电子系统设计的一般方法

1.3.1 数字电子系统的设计方法

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变的比较方便,且便于调试、生产、维护,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,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,且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。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消化、分析与理解,特别要和课题提出者、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的确定下来。

2. 确定总体方案

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、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 1.3.1 所示。而对于时序逻辑电路的设计步骤如图 1.3.2 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,提高系统的可靠性和减小 PCB 体积。

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、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。