

XIAN DAI DIAN ZI JI SHU ZONG HE SHI YAN

现代电子技术

综合实验

王军 编著



电子科技大学出版社

TN-33
1001

现代电子技术综合实验

王 军 编著

电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代电子技术综合实验/王军编著. —成都: 电子科技大学出版社, 2003.8
ISBN 7-81094-237-9

I. 现... II. 王... III. 电子技术-实验-高等学校-教材 IV. TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 074505 号

内 容 提 要

本书是一本集电路设计方法、测试原理和计算机软硬件技术为一体的综合实验教材。全书从电路的简单设计入手, 教会学生如何完成一个小型系统的软件、硬件制作到系统的综合调试, 而且充分考虑了实验的难度、器材以及损耗。本书实验内容对大学三年级和四年级学生的综合能力有着较好的锻炼作用。

本书系统地将计算机应用技术引入到电子技术实验教学中, 对三个从简单到复杂的系统实验作了详细地阐述, 可作为高等院校电子类各专业的电子技术实验教材, 还可以供相关技术人员参考。

现代电子技术综合实验

王 军 编著

出 版:	电子科技大学出版社	(成都建设北路二段四号)
责任编辑:	周清芳	
发 行:	新华书店	
印 刷:	电子科技大学出版社印刷厂	
开 本:	787mm × 1092mm 1/16	印张 10.625 字数 260 千字
版 次:	2003 年 8 月第一版	
印 次:	2004 年 8 月第二次印刷	
书 号:	ISBN 7-81094-237-9/TN · 3	
印 数:	4001—7000 册	
定 价:	16.80 元	

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 邮购本书请与本社发行科联系。电话: (028) 83201635 邮编: 610054
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前 言

21 世纪是人才竞争的时代。近年来,我国加大了教育的投资和管理,扩大了大学的招生比例,使更多的人获得了在高等院校接受教育的机会。同时,国家也拥有了更多优秀的创造性人才,他们掌握了现代化的科学技术,为我们综合国力的进一步增强做出了贡献。

21 世纪的社会将更加信息化,信息社会的支柱之一是电子技术,它是社会信息化的基础,各个行业的发展完善都需要电子信息技术的支撑。作为电子信息类专业的大学生,应该清醒地意识到自己肩负的历史重任。同时,我们的教育系统也应该适应时代的要求,在教学方面改革和完善教学体系和教学内容,在教学环节中实现理论与实践相结合,努力培养具有创新能力的优秀人才,勇敢地迎接新世纪的挑战。

从 1998 年起,我校开始了实验教学的改革,减少了过去那种纯验证型的简单实验,而发展和创新了综合性实验。实验教学是理工科教育中一个重要的环节,它不仅帮助学生掌握和消化理论课堂里的知识,同时锻炼学生的动手能力。但是,我们以前的实验忽略了加强学生在分析问题、解决问题、创新设计、理论联系实际、综合应用等能力上的锻炼,致使工科的学生感觉他们在学习纯理论,所以学习积极性不高,学不知所用。这些是我们亟待解决的问题,实验改革也正是在做这方面的探索。

近年来,国家教育部等教育司和全国各地的高校经常举办大学生电子设计竞赛,其目的在于促进高校电子信息类学科教育思想和教育方法的转变和相关课程的教学体系改革。在具体的实验教学过程中作者发现:虽然很多学生的成绩非常好,但是动手能力却较差,不知道学过的东西如何去应用,这也说明我们的教育方式存在着缺陷,需要强化实践教学环节。

通过多年的实验教学,作者以单片机的应用为基础,提取了三个典型的实验作为本书的素材。第一章简单介绍了综合实验以及控制系统的常识,没有集中讲解原理,而是注重于应用。第二章和第三章重点介绍了常见的单片机应用于系统设计所需要的两种软件,这两种软件被学生普遍使用,简单易学,实用性强。由于该书重在实验,所以这两种软件没有给出完整的使用方法,而是介绍了和本实验相关的内容,在此基础上学生可以根据自身需要再进行深层次的学习。第四章通过讲解简单的交通灯控制系统让学生了解时序型控制系统,该实验较简单,大约 8 学时可以完成制作。其中的部分设计思路、设计方法和软件设计可以作为后两个实验的参考。第五章讲解了数据采集系统的前端电路以及数据的处理和显示。电子设计竞赛中经常见到类似的题目,可见这一系统带有典型性和重要性。本实验的目的在于让学生了解数据采集的原理以及数据的处理,大约 24 学时完成。第六章讲述了电动小汽车控制系统的设计,其实验难度最大,尤其是在综合调试方面,但是该实验的综合性最强,包含了数字电路、模拟电路、单片机应用等,而且提出了在实验中如何利用所学知识进行环境模拟,这种方法在实际的应用中也是广泛使用的。由于此实验的软件制作较多,所以在实验中可以选择性的抽取典型来完成。有兴趣的学生可以在实验电路板的

目 录

第一章 现代电子技术综合实验概述.....	1
1.1 工业自动控制系统.....	1
1.1.1 工业自动控制系统的定义.....	1
1.1.2 基本控制方式.....	1
1.1.3 自动控制的发展状况.....	2
1.1.4 计算机应用技术.....	2
1.1.5 系统介绍.....	2
1.2 工业时序控制的原理及构成.....	3
1.2.1 单稳态延时电路.....	3
1.2.2 功率开关器件及电路.....	4
1.2.3 微机控制系统设计.....	6
第二章 Wave 软件的使用.....	10
2.1 Wave 软件的特点.....	10
2.2 Wave 的使用.....	11
2.2.1 文件.....	11
2.2.2 编辑.....	14
2.2.3 搜索.....	14
2.2.4 项目.....	14
2.2.5 执行.....	15
2.2.6 窗口.....	17
2.2.7 仿真器.....	23
2.3 Wave6000 简介.....	28
第三章 Protel99 SE 的应用.....	30
3.1 Protel99 SE 功能模块.....	30
3.2 Protel99 SE 原理图的应用.....	31
3.2.1 设计步骤及方法.....	31
3.2.2 使用 Schematic99 SE 绘制原理图.....	32
3.3 PCB99 SE 制板.....	41
3.3.1 绘制 PCB 板的准备.....	41
3.3.2 PCB 99 SE 的使用.....	42

第四章 时序控制系统.....	50
4.1 AT89C2051 CPU	50
4.1.1 AT89C2051 CPU 简介.....	50
4.1.2 指令的使用限制.....	52
4.1.3 程序的固化.....	52
4.1.4 编程接口.....	53
4.1.5 AT89C2051 CPU 特异之处.....	54
4.2 时序控制系统模拟设计.....	55
4.2.1 硬件原理以及设计方法.....	55
4.2.2 系统的制作.....	59
4.2.3 软件设计.....	60
4.2.4 系统电路制作与调试技巧.....	70
4.2.5 改进的交通灯控制系统.....	74
第五章 多路数据采集系统设计.....	76
5.1 传感器.....	76
5.1.1 温度传感器.....	76
5.1.2 温度传感器实用电路.....	78
5.2 模数转换器.....	80
5.2.1 A/D 转换器.....	81
5.2.2 A/D 转换器的主要参数.....	81
5.2.3 ADC0809 模数转换器	81
5.3 系统设计.....	85
5.3.1 设计要求.....	85
5.3.2 MCS-51 中断系统.....	85
5.3.3 硬件设计.....	89
5.3.4 软件设计.....	92
5.4 系统综合调试.....	98
5.4.1 软件调试方法与技巧.....	98
5.4.2 硬件调试方法与技巧.....	98
第六章 电动小汽车控制系统设计.....	100
6.1 概述.....	100
6.2 硬件电路设计方案.....	101
6.2.1 车速测定.....	102
6.2.2 速度/时间显示.....	104
6.2.3 区域的检测.....	104

6.2.4 边界的检测.....	109
6.2.5 转向控制.....	111
6.2.6 外部中断 0 电路.....	111
6.2.7 时钟、复位、CPU 电路.....	111
6.2.8 电机驱动电路.....	112
6.2.9 速度控制.....	113
6.3 MCS-51 内部定时/计数器及其应用.....	114
6.3.1 MCS-51 内部定时/计数器的工作方式.....	115
6.3.2 MCS-51 内部定时/计数器的控制.....	116
6.4 软件系统设计.....	117
6.4.1 时间的显示.....	118
6.4.2 速度的显示.....	120
6.4.3 电机驱动及触黑线中断处理.....	126
6.5 系统测试.....	128
6.5.1 系统实验电路板.....	128
6.5.2 实验的准备器材.....	130
6.5.3 实验技巧.....	130
附录 1 按功能排列的指令表.....	149
附录 2 全国大学生电子设计竞赛题.....	153
第一届 (1994)	153
题目二 多路数据采集系统.....	153
第四届 (1999 年)	155
E 题 数字化语音存储与回放系统.....	155
第五届 (2001 年)	156
B 题 简易数字存储示波器.....	156
C 题 自动往返电动小汽车.....	157
E 题 数据彩集与传输系统.....	158
附录 3 实验用面包板.....	160
附录 4 实验电路板.....	161

第一章 现代电子技术综合实验概述

综合实验是指实验内容不局限于惟一的一门课程,而是利用多门课程的综合内容完成系统级设计。通过综合实验的学习,不仅能学会综合应用各门功课完成小系统的设计,而且能够大大锻炼读者的动手能力,包括使用工具软件、硬件、测试仪器进行整体制作。由于这一部分恰恰是目前大学生欠缺的能力,所以本书的目的是要努力引导他们从理论向实践应用过渡。

本书涉及到三个小型系统的制作(时序控制系统、多路数据采集系统、电动小汽车控制系统),从简单到复杂,主要通过系统的设计过程来讲解设计的原理、方法和调试的过程。因此,本书以硬件到软件再到综合调试为主线,首先讲解设计硬件所用的软件,通过原理完成硬件电路的设计和绘制;其次讲解了软件工具的使用方法,依据硬件电路完成软件的设计制作,最后,将指导学生把程序写入 CPU,再完成综合调试。在充分考虑了学生的设计应用能力不足的情况下,本书的特点是先讲解简单的子程序,再把多个子程序合并完成总体软件的设计,并在系统设计过程中讲述了软硬件调试的方法和技巧。

1.1 工业自动控制系统

1.1.1 工业自动控制系统的定义

利用控制装置替代人的直接参与,操纵被控对象称为自动控制。而应用于工业生产系统的自动控制装置及被控对象就组成了工业自动控制系统。

1.1.2 基本控制方式

一般控制系统有以下三种控制方式:

一、无反馈控制

这种方式控制被控对象的被控量,根据预先给定的值单向传递给控制对象。同时,当出现破坏系统正常运行的干扰时,能利用干扰信号产生控制作用,以补偿干扰对控制的影响。例如,出现强干扰时,暂停系统工作,以便排除干扰后恢复正常的控制。

这种控制系统比较简单,如果系统受到不可测量的干扰以及系统自身参数变化影响正常工作时,系统自身无法进行协调性控制。因此,这种控制方式的控制精度不高,只能应用于较简单的控制系统。

二、反馈控制

这种控制方式需要通过测量被控量的定值偏差,来控制被控对象的量。如果被控量出现偏差,系统可以自行纠正。因此,这种方式提供了较高精度的控制,在工程系统中广泛使用。

三、复合控制

当系统受到强干扰时,反馈控制提供的反馈补偿可能无法使系统立即恢复正常工作,为了提高系统快速反应能力及稳定工作的精度,将上述两种方式组合控制形成复合控制。

1.1.3 自动控制的发展状况

19 世纪后期,随着科学技术的发展,逐渐出现了自动控制理论,并且应用于工程系统。随后几十年,经典控制论迅速发展并成熟,形成了许多分析及设计控制系统的基本方法。20 世纪 60 年代,计算机的发展又引出了现代控制理论,在很大程度上弥补了以前控制论的不足。现在,在系统论、信息论、计算机科学、人工智能等学科发展的基础上,自动控制理论逐渐向大型系统理论及智能控制理论发展,并且正在逐步地完善。

1.1.4 计算机应用技术

20 世纪 70 年代以来,微处理机的发明和发展,为计算机的普及和推广应用创造了条件。以计算机为核心的控制系统应用于社会的各个方面,尤其是单片机的出现给控制带来了更大的方便,成为实时检测控制应用系统中的优选机种。在工业自动化控制中,智能化的控制更是离不开计算机的参与。

以计算机为主的工业自动控制系统能够使生产过程实现实时控制,提高了控制的精度和产品的质量,降低了劳动成本,减轻了劳动强度,特别是一些机械性的劳动。因此,在大型工业系统中,微机控制系统是起至关重要的作用的,并且由于自动化系统的广泛应用,使许多工业系统收到了良好的效果。

1.1.5 系统介绍

目前,对于大学生来说,已经掌握了计算机方面的基本知识。但是,要将这些知识应用于实践,设计出一些简单的控制系统时,他们仍然缺乏系统设计方法及经验,并无法组

成良好的应用系统。本小节将通过单片机系统，将微机控制系统中的前向通道及后向通道提出部分来介绍微机控制的设计及应用。

1.2 工业时序控制的原理及构成

在工业控制系统中，经常遇到简单的时序控制系统，对控制对象实现定时控制。下面举出两例进行说明：

【例 1】某电子产品电装传送带的定时控制，其走带时间 5s~15s 可调，停带（安装产品）时间 30s~60s 可调。并设置连续走带、暂停两个锁存按钮。

【例 2】某注塑机的合模→注塑→热压→开模→铲伸→铲退各工序所需时间分别为 1s、2s、15s、3s、2s、1s。而且，其时序控制系统中设置有启动开关及故障报警。

针对上述两例的定时工业控制系统可以用多种方式来实现，既可以利用分离元件组成延时电路实现时序操作，也可以利用微机及其后向通道的组合来实现精确的控制。显然，在设计上述系统控制时，要事先了解一些相关的电路及微机的后向通道中常用开关量的驱动、控制。

1.2.1 单稳态延时电路

目前，用于制作单稳态电路的器件较多，常见的有 NE555 定时器、74123 等。相对来说，NE555 电路比较成熟，而且使用方便，价格低廉，因此，本小节将介绍用 NE555 定时器制作单稳态延时电路。

一、NE555 的结构

NE555 的结构、原理及使用，在数字电路教材中已有详细介绍，这里就不再重复，我们只给出 NE555 芯片的内部结构，如图 1.1 所示。

二、应用于工控的延时电路设计

前面所提到的电装传送带的控制问题，如果定时控制的要求不是非常精确，即可采用 NE555 组成的定时控制电路。下面提供一种参考的设计方法，其原理图如图 1.2 所示。

1. 工作原理

(1) 第二级 NE555 输出高电平的时间长短由 R_2 和 C_2 的值决定，输出低电平的时间长

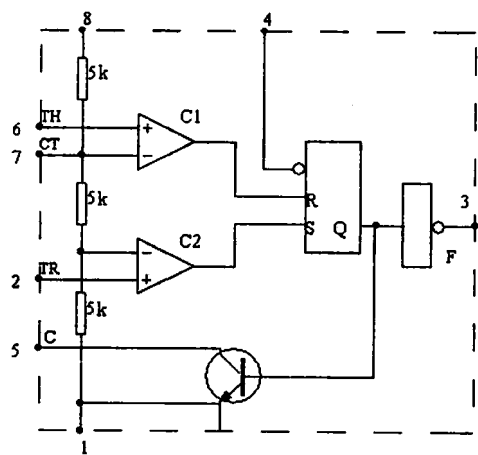


图 1.1 NE555 内部结构

短由第一级 NE555 中 R_1 和 C_2 的值决定。

(2) QA 按下后, 交流接触器 JC1 线包得电, 两个触点闭合, 其中一个 JC1-1 接点使 JC1 线包得电自锁, 另一个 JC1-2 接点闭合使电机获得启动和停止的条件。

(3) JC2 线包在 NE555 第二级输出高电平时得电, JC2 接点闭合, 电机启动。当第二级的输出为低电平时, JC2 失电, 电机停转。

(4) 开关 K 闭合, 则可实现连续走带。TA 常闭开关按下可以实现暂停走带。

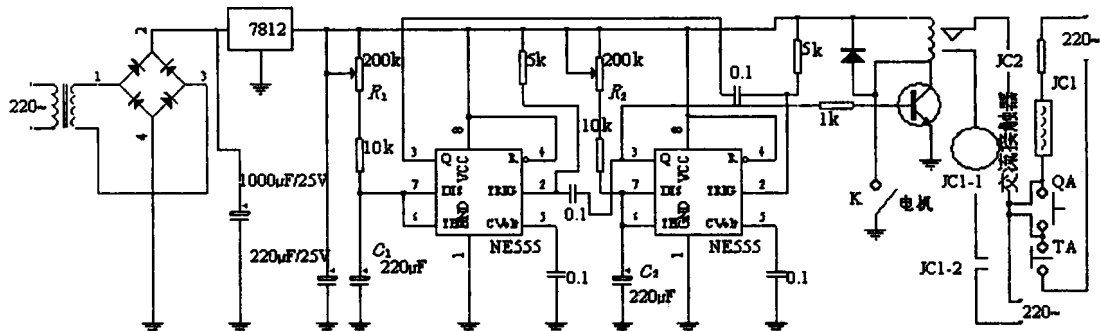


图 1.2

2. 主要性能参数设计

(1) 设计原则

由电路手册查得 NE555 定时器的输出上升时间为 Δt , 且 $\Delta t < 150\text{ns}$ 。

根据微分电路的设计要求:

$$RC \ll \Delta t / \Pi$$

若取 $10RC = \Delta t / \Pi$, 则可以设计出所要选用的 R 值和 C 值。

(2) 选取本设计的参数值

根据 NE555 延时电路的计算公式可知 R 的取值范围为几百欧到几兆欧, 电容取值范围为几百皮法到几兆微法, T_w 的对应范围为几微秒到几分钟。

1.2.2 功率开关器件及电路

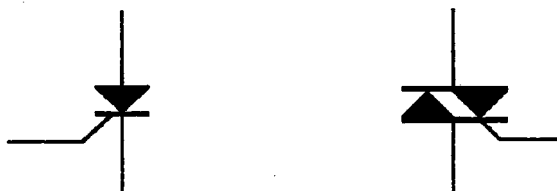
前述控制电路中使用了功率开关驱动电路。在控制系统中, 大电流、大功率的驱动设计是一个极其重要的环节, 这部分性能的好坏直接影响控制的质量。要设计好功率驱动电路, 就必须了解和掌握常用功率驱动开关器件, 如可控硅、功率晶体管、继电器等等。

一、可控硅

可控硅是一种大功率的半导体器件, 常用的有单向可控硅和双向可控硅, 结构符号如图 1.3 所示。

可控硅既有整流作用, 又有可以控制的开关作用。利用它可以实现较小功率控制较大功率。因此, 在无触点开关方面得到广泛应用。可控硅的关键在于它的控制极。控制极上无电压时, 可控硅是不导通的, 只有加一定的电压, 可控硅才处于导通状态, 而且压降很

小(1V左右)。双向可控硅由于其双向可通性,使用更为广泛,只是需要注意的是,工作于交流时,当每一半周交替时,纯阻负载一般能恢复截止;但在感性负载情况下,电流相位滞后于电压,电流过零,可能反向电压超过转折电压,使可控硅反向导通。所以要求其能够承受这种反向电压,而且一般要加RC吸收回路。



(a) 单向可控硅结构符号

(b) 双向可控硅结构符号

图 1.3 可控硅结构符号

图 1.4 是一个利用过零电压触发双向可控硅的典型应用电路,从中可以看出双向可控硅能够应用于交流调压、调功、调温、无触点开关等方面。如果用单片机控制应用系统的软件产生触发脉冲控制可控硅的导通,那么会使控制更为精确、灵活。

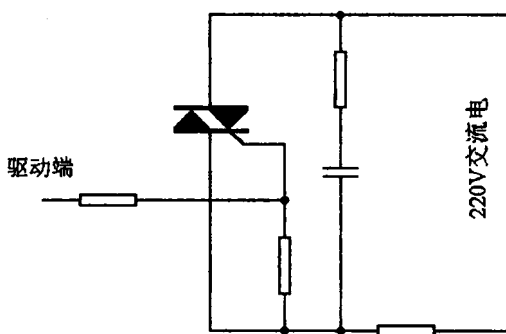


图 1.4 可控硅典型应用电路

二、功率晶体管

当晶体管用作开关元件时,其输出电流为输入电流乘以晶体管的增益。

在晶体管驱动电路中,开关晶体管的驱动电流要足够大,否则晶体管会增加其管压降来限制负载电流,从而有可能使晶体管超过允许功耗而损坏。

三、继电器

1. 机械继电器

通常使用的机械继电器由两个磁性簧片组成,受磁场作用时,两个簧片相接触而导通。显然,这是一种有触点的继电器。因此,在系统设计和使用时,一定要考虑机械开关产生的时间延迟。图 1.5 为机械继电器的一个简单电路。虚线框内为继电器结构符号,与控制线圈相连的二极管可以控制反向电动势,而与簧片相连的齐纳二极管是用来防止产生触点电弧的。

2. 固态继电器 (SSR)

固态继电器是一种无触点通断功率型电子开关, 输入端仅要求输入很小的控制电流, 而且能与 TTL、HTL、CMOS 等集成电路有较好的兼容性。固态继电器与普通继电器相比, 具有工作可靠、寿命长、对外界干扰小、开关速度快、使用方便等优点。因此, 在控制系统中, 已经越来越广泛地被采用了。

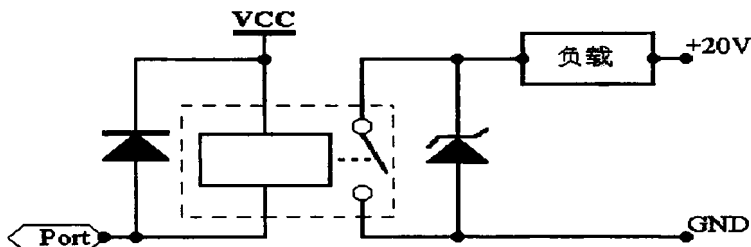


图 1.5 机械继电器结构符号

固态继电器有两个输入端、两个输出端, 它们之间以光电耦合隔离, 在使用时应注意其导通后的压降和断开时的漏电流。一般, 固态继电器还会受周围环境 (主要是温度) 的影响, 因此要根据实际情况选定合适的固态继电器。另一个特别要注意的地方是固态继电器的过载能力差, 尤其要避免负载短路造成的损坏。下面列举出两种常见的固态继电器的典型应用电路, 供读者设计时参考使用。

(1) 基本的触点控制, 如图 1.6 (a) 所示。

(2) 输入驱动控制, 如图 1.6 (b) 所示。

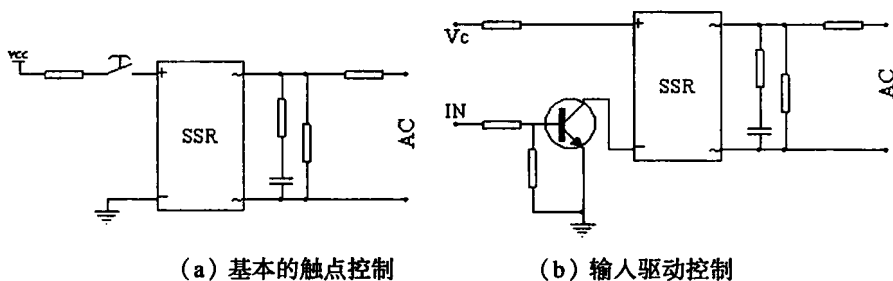


图 1.6 固态继电器应用电路

1.2.3 微机控制系统设计

本小节将以单片机为核心, 介绍对离散量进行无反馈式输出控制的设计方法。前面所列举的注塑机工序控制的模型就比较适合利用微机进行较精确的控制。单片机控制系统中, 对控制对象实现操作的输出通道构成了控制的后向通道。一般后向通道能够完成以下功能:

(1) 功率驱动。对单片机输出的小信号进行功率放大, 完成大功率控制。

(2) 能够在恶劣环境下防治干扰。通常采用信号隔离、电源隔离及对大功率开关实现过零切换等方法, 但是不能防治前向通道产生的干扰。

(3) 能够进行数/模转换。通常采用专用数/模转换器件或电路。

图 1.7 列出了单片机控制的部分后向通道的构成。

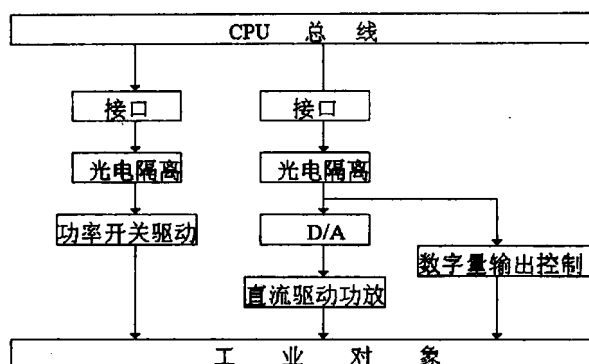


图 1.7 后向通道的构成

由后向通道的构成可以看出，在控制系统中，为了安全可靠，通常需把弱电与强电在电气上隔离开。目前，广泛采用了高性能而又廉价的光电耦合器件。光电耦合器件是把发光元件和受光元件封装在一个器件中，以光为媒介传输信息，达到隔离输入与输出端的直接电气联系。常用的用于信号隔离的光电耦合器件，如图 1.8 所示，其中发光二极管为输入端，光敏三极管为输出端。这种器件一般用于隔离 100kHz 以下的频率信号。

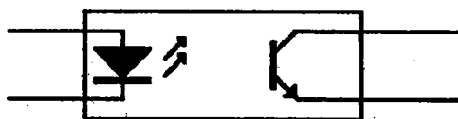


图 1.8 普通型光电耦合器件

一、硬件设计

以下提出两种单片机控制电机的例子，一种是采用继电器驱动电路，如图 1.9 所示。驱动器的选择要根据所用继电器线圈的吸合电流而定，要求驱动器的最大负载电流一定要大于继电器的吸合电流。

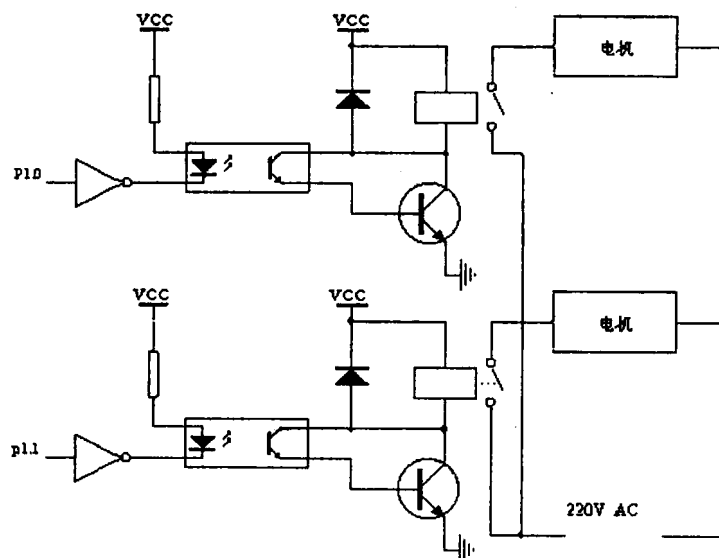


图 1.9 单片机控制输出驱动

另一种是采用双向可控硅光电隔离驱动电路,如图 1.10 所示。

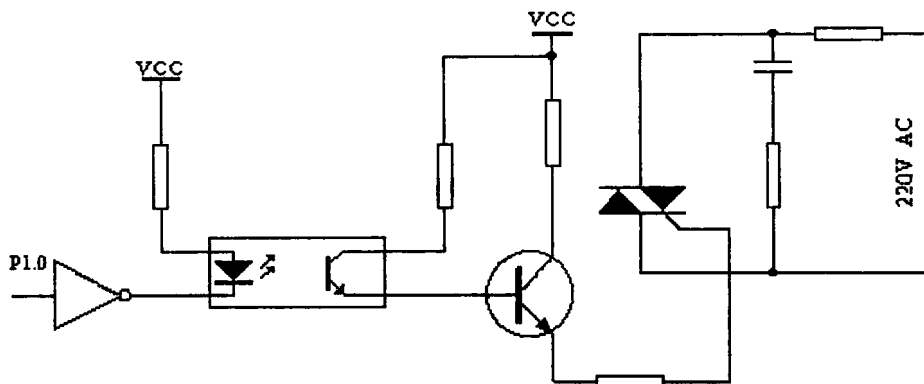


图 1.10 双向可控硅光电隔离驱动

由这一种方法可以看出,采用单片机的 P1 并行口控制电平的输出,使光耦器件输入端二极管导通发光,输出端光敏三极管导通,也就相应的使继电器的簧片吸合,电机得电。若控制 P1 并行口某一位有效的时间,就可以使电机得电运转一定的时间。

下面给出了一种启动开关及故障报警的设计方法,仅供读者参考。

(1) 启动开关

利用 AT89C2051 CPU P3 口的定时/计数输入端进行启动控制。电路设计时,在停机状态下, P3.4 口读出的信息为“1”;当 P3.4 口读出信息为“0”时,启动运行控制机制(实验时可以采用,而工程上一般不会使用此方法)。

(2) 故障报警

在工业现场控制中,内部或外部因素可能会对整个控制系统产生强烈的干扰甚至破坏控制系统。其中一种排除干扰的方法是将这些干扰因素采集后经过变换输入 CPU 的中断,使 CPU 受到干扰后转向中断服务程序,中断服务程序在提供声、光报警的同时暂停控制系统的运行,在中断服务程序末尾等待干扰排除的信息,一旦有效,将退出中断服务,重新返回执行工控操作。显然,中断的采用给实时处理及系统不停机处理提供了方便。

基于上述方法,可以简单地设计一个电路,如图 1.11 所示。

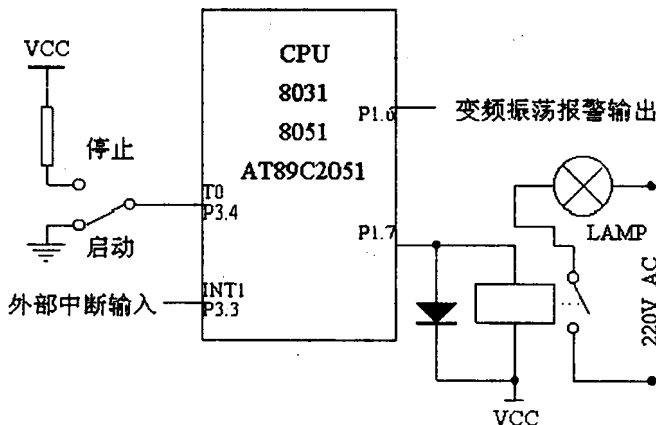


图 1.11 中断及声光报警

在图 1.11 中, 利用 P3.4 引脚, 判其为低时, 启动控制系统。当中断信号有效时, 在中断服务中以 P1.6 引脚输出 1kHz 和 2kHz 的变调音频, 每隔 1s 交替一次, P1.7 引脚输出秒信号使报警灯闪烁以提示现场工程人员。

二、软件设计

从前面所介绍的硬件设计中可以看出, 软件设计中应包括如下任务:

(1) 以单片机 MCS-51 的 P1.0 至 P1.5 引脚输出各工序要求的驱动电平并保持规定的时间。

(2) 中断服务程序内含有 P1.7 输出的秒信号, 驱动指示灯闪烁, 同时 P1.6 输出变频音调信号。

(3) 附加软件设计。

在工控过程安全运行时, 能够显示“GOOD”; 出现故障使操作暂停时, 显示“PAUSE”。这两种显示软件设计可利用 MCS-51 系统的串口外接串行显示电路。

通过以上提供的简易参考设计方案, 读者可以自行安排整个工业时序控制系统的组成。当然, 这里也要说明一点, 在实际的工业时序控制系统中, 为实现实时、安全控制, 还需要考虑许多因素, 并且系统的组成是非常可靠及精确的。由于实验条件有限, 因此只能模拟其中一些部分的设计, 目的是把理论学习和实际应用联系在一起, 对大学教育实施一种尝试性的改革。

第二章 Wave 软件的使用

Wave 操作系统有 DOS 版本、Windows 版本。其中 Windows 版本功能强大，其中文界面、英文界面可任选；用户源程序的大小不再有任何限制；支持 ASM、C、PLM 语言混合编程，具有项目管理功能，为用户的资源共享和课题重组提供强有力的手段；支持点屏显示，用鼠标左键点一下源程序中的某一变量，即可显示该变量的数值；有丰富的窗口显示方式，可多方位、动态地显示仿真的各种过程，使用极为便利。目前，在网上可以下载多种 Wave 操作系统的 Windows 版本，如 Wave2000、Wave6000 等，它们的使用方法大同小异，这里我们介绍简单的一种 Wave V2.50 版。

2.1 Wave 软件的特点

一、编辑、编译、下载、调试全部集中在一个环境下

多种仿真器、多类 CPU 仿真全部集成在一个环境下。可仿真 51 系列，96 系列，PIC 系列，飞利浦公司的 552、LPC764、DALLAS320、华邦 438 等 51 增强型 CPU。为了跟上形势，现在很多工程师需要面对和掌握不同的项目管理器、编辑器、编译器，它由不同的厂家开发，相互不兼容，使用不同的界面，使用户学习、使用都很吃力。伟福 Windows 调试软件则提供了一个全集成环境，统一的界面，包含一个项目管理器，一个功能强大的编辑器，汇编 Make、Build 和调试工具并提供一个与第三方编译器的接口。由于风格统一，从而大大节省了用户的精力和时间。

二、强大的逻辑分析仪综合调试功能

逻辑分析仪由交互式软件菜单窗口对系统硬件的逻辑或时序进行同步实时采样，并实时在线调试分析，采集深度 32KB (E2000/L)，最高时基采样频率达 20MHz，40 路的波形可精确实时反映用户程序运行的历史时间。系统在使用逻辑分析仪时，除普通的单步运行、键盘断点运行、全速硬件断点运行外，还可实现各种条件组合调试，如数据、地址、外部控制信号、CPU 内部控制信号、程序区间断点等。由于逻辑仪可以直接对程序的执行结果进行分析，因此极大地便利了程序的调试。

随着科学技术的发展，单片机通讯方面的运用越来越多。在通讯功能的调试时，如果通讯不正常，查找原因是非常耗时和低效的，您很难搞清楚问题到底在什么地方。是波特