

单片机在**控制系统**中 的应用

余永权
汪明慧 编著
黄 英



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

单片机在控制系统中的应用

余永权 汪明慧 黄 英 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

单片机在各个领域有很广泛的应用,控制系统是单片机应用的重要领域之一。本书介绍单片机在控制系统中的系统应用方法,包括输入输出通道,传感技术,驱动电路,控制原理以及对电机的控制,同时还给出了多个单片机控制系统的例子。本书的特点是深入浅出,实用性强,对应用单片机进行控制系统设计、研究和维护的广大读者有较大的实用价值。

本书适合从事单片机应用的研究人员和工程技术人员阅读,也可作为相关专业的高校教师和学生的教学参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

单片机在控制系统中的应用/余永权等编著. —北京:电子工业出版社,2003.10
ISBN 7-5053-9173-9

I.单… II.余… III.单片微型计算机—计算机应用—控制系统 IV.TP271

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 084239 号

责任编辑:竺南直 特约编辑:岳 珊

印 刷:北京市天竺颖华印刷厂

出版发行:电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:18.25 字数:467 千字

版 次:2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:28.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:010-68279077。质量投诉请发邮件至 zts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

随着计算机科学和自动化水平的不断提高,在各种应用领域都大量采用计算机控制系统。计算机控制系统的应用使得科学研究、工农业生产、工艺实践的效率大大提高,同时也大幅度提高了产品和成果的质量。计算机控制系统从结构上讲都是类同的,它包括计算机组成的控制器和被控对象,并且对象的输出通过反馈回路反馈给控制器,形成一个闭环的控制系统。也有部分计算控制系统是开环系统,如线切割机等。从采用的部件角度讲,计算机控制系统所用的计算机往往有较大区别:在大型管理控制系统中,采用大中型机;在一般控制系统中采用微型机;而功能较专的控制系统采用单片机。由于大量的控制系统的任务较专业化,并且执行的是直接数字控制任务,故基本采用单片机。单片机是目前控制系统采用最多的器件和芯片,它在军事、航空、航天、交通、工业、农业等领域都有大量的应用。

单片机的广泛应用及其产生的效益令人瞩目,同时广大读者也需要单片机应用的有关书籍,可是单片机在控制系统中应用的书籍出版很少。为了系统地介绍单片机在控制系统中的应用技术和方法,编著者特意编写了这本书,希望在众多的单片机读物中,能够在控制系统领域中作一些贡献,对广大读者在应用单片机去从事控制系统的设计、研究、维护时有所裨益。

本书从自动控制的基本概念出发,较为系统地介绍了单片机的结构原理及控制系统的结构,特别强调单片机控制系统的特点,包括输入通道结构原理及传感技术,输出通道及功率驱动电路;针对单片机的特点,还专门介绍了单片机的控制方法;由于在工业控制及各类领域的控制中,把电信号转换为动力基本上还依赖于电机,故专门有一章介绍单片机对电机的控制方法;为了使读者对具体的控制系统有所了解,在本书中还专门有两章介绍与单片机有关的控制系统的例子。整本书的结构从浅到深,从基本概念到系统结构,从局部原理到整体实例。这样,有利于读者对单片机控制系统的认识不断深入和提高。

全书共分为8章,由余永权统筹策划。第1章由余永权编写;第2、3章由汪明慧编写;第4章由彭海霞编写;第5章由汪明慧编写;第6章由林勇、余永权编写;第7章由黄英编写;第8章由余永权编写。另外,刘志煌、叶伟琼、王增强、鲁庆、陈光斌等都参加了第8章有关例子的编写工作。

在本书编写过程中还得到广东工业大学智能工程研究所的大力支持和协助,同时也得到电子工业出版社的大力支持。在此一并表示感谢。

本书力求准确无误,但由于编者水平有限,时间较仓促,书中难免有不当和错误之处,敬请广大读者批评指正。

编著者于广东工业大学

2003年9月8日

目 录

第 1 章 自动控制及单片机控制系统	(1)
1.1 自动控制系统的基础及概念	(1)
1.1.1 自动控制系统的概念	(1)
1.1.2 自动控制系统的基本结构	(2)
1.2 控制系统的一般分类	(3)
1.2.1 按给定值变化形式分类	(3)
1.2.2 按系统的动态特性分类	(3)
1.2.3 按控制的时间形式分类	(4)
1.2.4 按被控对象稳态输出分类	(4)
1.2.5 按系统的输入输出数量分类	(5)
1.2.6 按控制信息的方式分类	(5)
1.3 单片机控制系统	(6)
1.3.1 单片机的发展概况	(6)
1.3.2 单片机直接数字控制架构	(10)
1.3.3 单片机模糊控制系统结构	(12)
第 2 章 单片机结构及控制结构	(16)
2.1 单片机的一般结构	(16)
2.2 单片机的接口部件	(17)
2.2.1 I/O 接口的作用	(18)
2.2.2 外部设备的编址	(18)
2.2.3 I/O 接口数据的四种传送方式	(20)
2.2.4 I/O 接口的类型	(23)
2.3 单片机控制系统的外围部件	(29)
2.4 单片机控制系统的程序设计	(42)
2.4.1 汇编语言的格式	(42)
2.4.2 汇编语言程序设计	(43)
2.5 单片机控制系统的数据存储及数据结构	(45)
2.5.1 存储器	(45)
2.5.2 存储器的数据操作	(50)
第 3 章 单片机控制系统的输入通道与传感技术	(51)
3.1 并行输入通道与信号处理	(51)
3.1.1 键盘的工作原理	(52)
3.1.2 独立式按键	(52)
3.1.3 行列式键盘	(53)
3.2 串行输入通道与信号处理	(56)

3.2.1	串行接口非编码键盘电路	(56)
3.2.2	用串行口来扩展 I/O 端口	(57)
3.3	A/D 输入通道与信号处理	(58)
3.3.1	A/D 转换原理	(58)
3.3.2	A/D 转换的主要技术指标	(60)
3.3.3	A/D 转换器与单片机的接口电路	(60)
3.3.4	A/D 转换程序设计	(62)
3.4	信号检测和传感器	(63)
3.4.1	信号检测	(63)
3.4.2	传感器	(67)
3.5	信号采样及处理	(75)
3.5.1	信号的采样	(75)
3.5.2	量化和量化误差	(76)
3.5.3	采样保持器	(77)
第 4 章	单片机控制系统的输出通道与功率驱动	(79)
4.1	并行输出通道及信号处理	(79)
4.1.1	并行输出通道	(79)
4.1.2	I/O 接口的扩展方法	(79)
4.1.3	LED 显示器接口	(82)
4.1.4	液晶显示器 LCD 接口	(85)
4.2	串行输出通道及信号处理	(87)
4.2.1	单片机串行接口通信	(87)
4.2.2	PC 与单片机通信	(88)
4.2.3	MCS-51 单片机串行接口的扩展	(90)
4.3	D/A 输出通道及信号处理	(92)
4.3.1	D/A 电路原理	(92)
4.3.2	D/A 转换芯片——DAC0832	(94)
4.3.3	D/A 转换器接口	(95)
4.4	PWM 输出通道及信号处理	(97)
4.4.1	PWM 工作原理	(97)
4.4.2	PWM 的应用	(98)
4.5	输出通道的功率驱动部件和执行部件	(99)
4.5.1	可控硅	(99)
4.5.2	功率晶体管	(101)
4.5.3	电机	(103)
4.5.4	继电器	(105)
4.5.5	电磁阀	(106)
第 5 章	单片机控制方法	(107)
5.1	P 控制方法	(107)
5.2	PI 控制方法	(108)
5.3	PID 控制方法	(109)

5.3.1	PID 调节器	(109)
5.3.2	数字 PID 控制器的设计	(109)
5.3.3	标准 PID 算法的改进	(112)
5.4	模糊控制方法	(116)
5.4.1	模糊控制的数学基础	(116)
5.4.2	模糊控制的逻辑推理	(120)
5.4.3	模糊控制方法	(126)
第 6 章	单片机对电机的控制	(132)
6.1	单片机控制直流电机	(132)
6.1.1	直流电动机的 PWM 调压调速原理	(132)
6.1.2	直流电动机的不可逆 PWM 控制系统	(134)
6.1.3	直流电动机双极性驱动可逆 PWM 控制系统	(136)
6.1.4	直流电动机单极性驱动可逆 PWM 控制系统	(139)
6.2	单片机控制无刷电机	(142)
6.2.1	无刷直流电动机的结构和原理	(142)
6.2.2	无刷直流电动机的绕组联结方式	(146)
6.2.3	无刷直流电动机的单片机控制	(152)
6.3	单片机控制步进电动机	(154)
6.3.1	步进电动机的结构和工作原理	(155)
6.3.2	步进电动机的特性	(162)
6.3.3	步进电动机的驱动	(164)
6.3.4	步进电动机的单片机控制	(167)
6.4	单片机控制交流电动机	(171)
6.4.1	变频调速原理	(171)
6.4.2	单片机控制变频调速原理	(174)
6.4.3	单片机控制变频调速系统实例	(178)
6.5	单片机控制伺服电动机	(182)
6.5.1	伺服电动机的结构特性	(182)
6.5.2	伺服电动机的 PWM 控制方式	(185)
6.5.3	单片机控制工作原理	(188)
6.5.4	单片机控制伺服电动机实例	(194)
第 7 章	单片机在温度控制系统的应用	(198)
7.1	电饭煲控制系统	(198)
7.1.1	煮饭的一般工艺过程	(198)
7.1.2	控制系统的结构	(200)
7.1.3	控制机理	(201)
7.1.4	控制电路	(204)
7.1.5	控制软件及其流程	(206)
7.2	电冰箱控制系统	(207)
7.2.1	控制系统结构	(207)
7.2.2	模糊控制中的控制规则及模糊量	(208)

7.2.3	控制电路	(212)
7.3	消毒柜控制系统	(214)
7.3.1	控制系统结构	(214)
7.3.2	控制原理	(215)
7.3.3	控制电路	(215)
7.3.4	控制软件及其流程	(217)
7.4	蒸炖煲控制系统	(218)
7.4.1	控制系统结构	(219)
7.4.2	控制电路及其工作原理	(219)
7.4.3	控制软件及其流程	(222)
7.4.4	系统操作状态说明	(225)
7.5	电冷杯控制系统	(225)
7.5.1	控制系统结构	(225)
7.5.2	控制原理	(226)
7.5.3	控制电路	(227)
7.5.4	控制软件及其流程	(230)
7.6	软胶囊生产过程的温度控制系统	(230)
7.6.1	控制系统结构	(230)
7.6.2	控制电路及其工作原理	(230)
7.6.3	控制软件及其流程	(233)
7.7	电烤箱控制系统	(236)
7.7.1	控制系统结构	(236)
7.7.2	模糊控制原理	(237)
7.7.3	控制电路及其工作原理	(237)
7.7.4	控制软件及其流程	(240)
7.7.5	电烤箱控制面板说明	(241)
第8章	单片机在汽车及其他领域的应用	(242)
8.1	单片机在制动主缸试验台中的应用	(242)
8.1.1	试验台的概貌和功能	(243)
8.1.2	试验台的运转模型的介绍	(244)
8.1.3	运用单片机对试验台的改造	(244)
8.2	单片机在电子动力转向系统的应用	(251)
8.3	单片机在脉冲燃烧热水炉控制器的应用	(257)
8.3.1	脉冲燃烧热水炉原理及控制方案	(257)
8.3.2	系统设计	(258)
8.3.3	软件设计	(260)
8.4	单片机在小型注塑机中的应用	(262)
8.4.1	注塑机控制原理简要工作过程	(262)
8.4.2	注塑机的系统结构	(263)
8.4.3	软件设计	(266)
8.5	单片机在水泥定量包装控制中的应用	(269)

8.5.1 单片机控制系统设计	(270)
8.5.2 系统软件设计	(270)
8.6 单片机在啤酒发酵过程中的应用	(274)
8.6.1 概述	(274)
8.6.2 控制系统的组成和功能	(275)
参考文献	(279)

第 1 章 自动控制及单片机控制系统

1.1 自动控制系统的基础及概念

自动控制在现代化的进程中有着极其重要和广泛的应用。无论在工业、农业、交通运输、航空航天、化学、建筑、军工等领域,都有自动控制系统所起的作用。自动控制技术的应用使各种被控对象产生明显令人惊羡的结果:减轻人的劳动强度,提高生产效率,改进了产品质量,改善了工作环境,减少了能量的损耗,增加了资源材料的利用率。特别是 20 世纪 80 年代以来,控制理论的进一步发展和计算机在控制系统中的应用,使自动控制取得了辉煌成果。无论是宇宙飞船、卫星系统、通信、智能机器人还是工业上的最优工业过程控制都反映了自动控制的关键作用。单片机的应用,使嵌入式自动控制系统成为一种崭新的形式,大大扩大了自动控制的应用领域,使自动控制成为无处不在的一种技术。

1.1.1 自动控制系统的概念

自动控制系统是由多个部分组成的,它们在系统中分别起着不同的作用。在自动控制中,有一些重要的概念,这些概念对于理解系统的意义和功能是十分重要的。在这一节中,首先介绍自动控制系统中的重要概念。

对象,也称被控对象。它是一个设备或是多种部件组合成一个整体或物体,其作用是要执行某种特定的动作或功能;任何被控的设备,物体都称为对象。

过程。在自动控制系统中,任何被控的动力系统的运行状态称为过程。过程在自动控制系统中也被称为对象。

系统。由一系列部件组合在一起,能完成一定功能或任务的一个整体,称为系统。系统在自动控制系统中有时也称为对象。

控制器。接收控制指令或信号,并对对象执行控制的部件称控制器。控制器是自动控制系统的核心,各种控制理论和技术是通过控制器的作用而实施的。

反馈。在自动控制系统中,把系统的输出信号进行采样,并把结果送回到系统的输入端去,这一过程称为反馈。如果把输入信号和输出信号进行相加,这一过程称为正反馈;如果把输入信号和输出信号进行相减,这一过程称为负反馈。

检测。在自动控制系统中,为了监视系统的输出结果是否符合控制要求,需要对输出系统状态进行测量,这种测量过程也称检测。测量系统输出状态的器件也称传感器。

扰动。使自动控制系统的输出结果产生偏差的信号称为扰动信号,有时也称干扰信号。扰动信号是在自动控制系统内部产生的,则称为内扰;扰动信号是在自动控制系统外部产生的,则称为外扰。无论内扰还是外扰,都是自动控制系统所不希望的。扰动有已知和无法预知两种。对于已知扰动,在系统中可以采用相关措施加以消除或校正。对于无法预知的扰动,则可以采用负反馈控制的方法加以抑制或消除。

1.1.2 自动控制系统的基本结构

自动控制系统的结构框图如图 1-1 中所示。它包括给定输入,比较,控制器,对象或过程,输出状态以及测量与反馈 6 个部分。在这个基本结构中,各部分的功能分别说明如下。

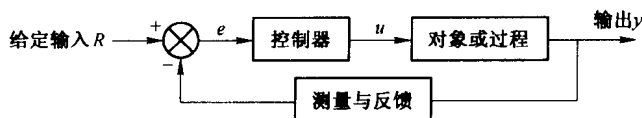


图 1-1 控制系统的结构框图

1. 给定输入

给定输入是人们对控制系统输出的要求,它以给出的已知信号表示,并以自动控制系统的输入端输入。给定输入信号有时也称为设定信号。例如对一个速度控制系统,要求电机转动的速度为 10 r/s ,则给定输入信号就是这个 10 r/s 信号。由于给定信号是以电压模拟量表示,或数字信号表示的。故而在给定输入端输入的是和 10 r/s 这个信号等效的模拟电压,或者是数字量 1010(即 10)。

2. 比较环节

比较环节是输入的给定信号 R 和输出信号的测量及反馈信号进行比较的电路,一般它执行的功能是用给定信号 R 减去输出信号 y 的反馈结果,从而产生偏差信号 e ,即 $e = R - y$ 。

3. 控制器

控制器是一个控制系统的核心,它的作用就是接收期望信号 R (也就是输入的给定信号 R)和实际系统输出的信号 y 两者产生的偏差信号 e ,根据偏差 e 产生相应的控制信号 u ,去对对象进行执行,令偏差 e 趋于 0,也即是使输出信号 y 等于输入给定信号 R 。

4. 对象或过程

对象是指被控制的设备或器件,过程就是被控制的一个动力系统运行状态。它们都是控制器的控制目标系统,一般称为被控对象。

5. 测量与反馈

测量电路和反馈电路是用于把被控对象的输出信号检测出来,并反送到输入部分的比较环节中去的电路。检测电路一般由传感器和相关信号处理电路组成,它可以对被控对象的输出信号 y 进行检测采样,并处理成和比较环节的输入相协调的形式。反馈电路则用于把检测信号反向传回到比较环节中去。

图 1-1 所示的控制系统结构是典型的控制结构,由于这种结构中存在反馈环节,从而把输出和输入部分联系起来。这样,从给定输入到比较环节,控制器,对象或过程,输出部分又通过测量和反馈环节返回到比较环节。这就形成了一个闭合的环路。所以,也称为闭环控制系统。

在一些场合,往往只给定输入信号,接着由控制器去对对象进行控制,而不测量对象的输

出状态,也不反馈回到输入部分。这种控制系统称为开环控制系统。如图 1-2 所示。



图 1-2 开环控制系统

闭环控制系统典型的结构有交流电机变频调速系统,加热炉温度控制系统等。开环控制系统典型的结构有电风扇的调速系统等。

1.2 控制系统的一般分类

自动控制系统按不同的角度和方法有多种分类形式。一般而言,有 6 种不同的分类,下面简要介绍这些分类的情况。

1.2.1 按给定值变化形式分类

按给定值变化形式分类有定值控制系统,程序控制系统和随动控制系统 3 类。

(1) 定值控制系统

定值控制系统是指系统输入即给定值是恒值或随时间缓慢变化的调节系统。这种系统的任务是在外来扰动作用下,使被调量保持在给定的期望值上。在工业生产中,定值系统最为常见,一般如温度、压力、流量、湿度、黏度等一类热工参量的控制多用到定值控制系统。

(2) 程序控制系统

程序控制系统是指给定值是一个按预先确定规律变化的时间函数的调节系统。系统的任务是保证被调量按一定精度跟随输入规律而变化。例如金属材料热处理及耐火材料窑炉炉温程序。化工、石油、冶金、造纸等生产程序常用到程序控制系统。

(3) 随动控制系统

随动控制系统(又称伺服系统或跟踪系统)是指给定值为任一未知变化规律的时间函数的随机调节系统。系统的任务是保证被调量以一定精度跟随输入规律而变化。这类系统在机械、造船、冶金、军工等部门得到广泛应用。例如各种自动测量仪表、有些转速反馈调速系统等就属于典型的随动系统。

在随动控制系统中,给定值虽然是时间的函数,但这种函数关系事先并不知道或给出,或者也无需知道,这就是这种控制系统和程序控制系统的主要区别。

1.2.2 按系统的动态特性分类

系统的动态特性是和其内部结构和性质有关的,在系统的参数不随时间而变化时,这种系统称定常系统,通常定常系统可以用线性微分方程描述;用线性微分方程描述的系统称为线性系统,用非线性微分方程描述的系统称为非线性系统。按系统动态特性区分,可以把控制系统分成线性和非线性控制系统两类。

1. 线性控制系统

线性控制系统是指其动态特性可以用线性微分方程来描述的调节系统。这种系统动态特

性的各个参数(例如时间常数、放大系数等)在工作条件下是恒定的或近似恒定。线性控制系统的一个重要性质是在几个扰动同时作用于系统时,其总效果等于每个扰动单独作用时的效果之和,这就是线性调节系统的迭加原理。

2. 非线性控制系统

非线性控制系统是指其动态特性参数中至少有一个不能保持恒定,随被调量而变化的调节系统。这种控制系统的动态特性只能用非线性微分方程来描述。迭加原理不能应用于非线性控制系统。

应该指出,实际的工程控制系统中,绝大多数的被控对象和调节设备,多少都存在着一定的非线性因素,在工程控制精度允许条件下,一般都把非线性环节或系统在稳定工作点附近线性化,从而简化为线性系统来处理。在控制系统中可通过引入局部负反馈措施来减小非线性因素的不利影响。但在有些场合,又常常需要引入非线性特性(如限幅)来改善调节系统的工作性能。

1.2.3 按控制的时间形式分类

在控制系统,控制量可以是连续的时间函数,也可以是脉冲时间函数。根据控制的时间形式可以分为连续控制系统和离散控制系统两种。

(1) 连续控制系统

连续控制系统是指控制器的输出控制信号是连续的信号。连续控制系统有时也称为模拟控制系统,因为从控制器输出到对象的信号是模拟信号。在连续控制系统中,系统的各个环节的输出都是输入的连续时间函数,也就是说系统的变量都是连续时间变量。连续控制系统一般由模拟电路或模拟元件构成,连续控制系统一般有较高的控制响应。

(2) 离散控制系统

在自动控制系统中,如果有一个以上的变量是断续时间变量,则这个系统称断续控制系统或离散控制系统。在一般的断续控制系统中,又分为脉冲控制系统和继电控制系统,脉冲控制系统中至少含有一个脉冲元件,它将连续的输入量变换为具有一定周期的输出脉冲。用计算机或直接数字控制器组成的采样调节系统就属于这种离散控制系统。继电控制系统中至少含有一个继电器或具有继电特性的元件,继电式温度控制系统即属于这种系统。

现在由于计算机的大量应用,离散控制系统都基本上采用计算机为核心的数字控制器,故而,这种控制系统也称为数字控制系统。在工业生产应用中,可编程逻辑控制器 PLC 在编程中还会用到继电器的一些性质,从而还会保留一些继电控制系统的特性。随着计算机的进一步发展,继电控制系统会日渐式微,而数字控制会日益广泛。

1.2.4 按被控对象稳态输出分类

自动控制系统被控对象稳态输出在有外来干扰时是否有影响,而使输出是否产生偏差,则可以分成有差控制系统和无差控制系统两种。

(1) 有差控制系统

有差控制系统是指被调量的稳态值与外来扰动有关的控制系统。这种系统在不同的扰动作用下,被调量的稳态值是不同的。被调量有稳态偏差(又称静差)是有差调节系统的一个显

著特点。必须指出,有差系统只能减小外来扰动所引起的偏差,但无法完全消除偏差。例如某个系统的扰动作用经过一段时间而趋于某一恒定的稳态值,而被调量的实际值与期望值之差也逐渐趋于某一恒值,此值取决于扰动作用的大小,这个系统就属于有差系统。

(2) 无差控制系统

无差控制系统是指被调量的稳态值在各种扰动作用下都保持在初始给定值上,而与外来扰动作用无关的控制系统。例如某个系统的扰动作用经过一段时间而趋于某一恒定的稳态值,而被调量的实际值与期望值之差逐渐趋于零且与扰动作用的大小无关,这个系统就是一个无差系统。

应该指出,同一系统可能对扰动输入是有差的而对给定输入是无差的,或者相反。因此在研究一个自控系统是有差还是无差,必须指出是对扰动而言还是对给定输入而言。

1.2.5 按系统的输入输出数量分类

自动控制系统的输入有一个或多个,而输出也有一个或多个,从而使控制系统的形式可以有单输入单输出、多输入单输出以及多输入多输出等三种形式。

(1) 单输入单输出控制系统

当一个自动控制系统,其输入只有一个变量,而输出也只有一个变量时,则称为单输入单输出系统,有时称 SISO 系统。在自动控制系统中,很多简单或基本的控制系统都是单输入单输出系统。如一般的温度控制、流量控制以及水位控制等。

(2) 多输入单输出控制系统

有多个输入变量而只有一个输出变量的自动控制系统称为多输入单输出控制系统,有时称为 MISO 系统。在这种自动控制系统中,控制器需要根据多个输入变量的情况,决定一个输出的状态,再去控制一个对象工作。这种控制系统如冷库的温度控制,它就需要冷库中各个主要位置的温度状态,并把这些点的温度输入系统中,再根据综合结果决定压缩机的工作状态和制冷。

(3) 多输入多输出控制系统

有多个输入变量和多个输出变量的自动控制系统称为多输入多输出控制系统,有时也称为 MIMO 系统。在这种自动控制系统中,控制器需要根据多个输入变量的情况,决定多个输出变量的输出去控制多个对象工作。这种控制系统的每个输出都会同时受到多个输入量的影响,故而存在不同程度的耦合现象。在这种控制系统中往往需要进行解耦,以消除一些输入变量对某个输出变量的不良影响。风冷式电冰箱控制是一个典型的多输入多输出控制。这个系统的输入量有冷凝器温度、蒸发器温度、冷藏室温度、冷冻室温度等多个;而输出控制量有压缩机速度控制、送冷风扇控制等多个。冰箱控制必须根据 4 个输入的检测温度再加上两个人为设定的输入温度:冷冻室设定温度,冷藏室设定温度,产生压缩机控制输出信号以及送风电机的输出控制信号。

1.2.6 按控制信息的方式分类

现在的自动控制系统可以处理精确信息和模糊信息。以精确信息进行控制的系统和以模糊信息进行控制的系统是截然不同形式的控制系统。以精确信息处理方式进行控制的系统称为精确控制系统,以模糊信息处理方式进行控制的系统称为模糊控制系统。

(1) 精确控制系统

精确控制系统是指依靠以精确数字为基础建立的一套控制理论进行控制的系统。传统的模拟控制系统、数字控制系统都是精确控制系统。

(2) 模糊控制系统

依靠以模糊理论为基础所建立的模糊控制理论进行控制的系统称为模糊控制系统。模糊控制系统最大的特点是用“词”进行控制,而精确控制系统则是用“数”进行控制,两者有本质的区别。模糊控制系统的最明显的与传统精确控制的区别在于如下几点。

① 信息用模糊量表示,也即是用“词”表示。如输入信号和输出信号都是用“正大”、“正小”,“零”,“负小”,“负大”等词来表示。

② 控制采用模糊推理语句,而不是像传统精确控制那样采用数字公式或算法。模糊推理语句格式为:[if x is “大” and y is “中” then z is “中”]。

③ 模糊控制只需模糊工作经验形成的知识,而无需知道对象的数学模型。

1.3 单片机控制系统

单片机的一个广泛应用领域就是过程控制。这包括生产过程中的控制过程,例如化工过程、冶金过程、轧钢过程、机械加工过程、塑料成型过程等,以及其他各种各样的控制过程。

单片机在过程控制中应用的特点是以控制理论为基础的系统自动化控制。所以一般有较明确的系统组成结构,有较严密的数学算法和较复杂的响应过程。这主要是因为过程控制中对速度、时间、精度有严格的要求。特别是对过渡过程要求是十分严格的。

单片机在过程控制中,通常是对一个过程的直接数字控制,也即是 DDC 控制,很少涉及管理。其原因在于单片机的内存容量、速度、字长都不适应于管理目的。现代计算机控制系统中最基本的控制是 DDC 控制,然后才是监视控制、管理等层次。各种层次往往采用不同结构的计算机。在 DDC 控制中适宜采用单片机,而在监视及管理,则适宜采用微型机系统、微型机网络或小型计算机甚至中型计算机等。

单片机在 DDC 控制中有着显著的优点。它体积小,可以做成体积极小的控制器用于一些体积不大的设备和空间有限的生产过程、控制过程。在现代化的汽车中就有不少单片机的控制器,包括点火控制、节油控制等。单片机还有温度范围宽、抗干扰能力强的特点,故在强电场、强磁场的工业环境中有良好的工作性能,在温度变化范围大的恶劣条件下仍能可靠工作;在钢铁工业的炼钢、轧钢过程中普遍应用单片机进行过程控制;除此之外,石油化工、化肥、塑料、机械制造、纺织、制糖等生产过程也大量应用了单片机。而在航天航空、军事装置、航海、交通设备中,单片机应用也越来越多。过程控制应用单片机已成了一种不可抗拒的趋势。

单片机在过程控制中的应用是一种十分重要的领域,也是单片机应用得最多的一个领域之一。

1.3.1 单片机的发展概况

单片机在过去仅仅是以一种把 CPU、存储器、I/O 接口集成在一起的集成电路面目出现,它的功能和目的只限于小型控制。随着电子技术和计算机应用的发展,单片机技术在近年已经有了很大的发展。今天它已深入到数字信号处理、计算机网络、并行处理等大型系统中,并

且采用了大量新颖的技术,也产生了各种具有新的结构和功能的单片机。

1. 一般通用单片机的发展

目前,世界上的单片机以 Atrnel, Microchip, Motorola, NEC, Zilog, NS 等公司的产品居多。这些公司的单片机主要是用于控制领域和仪器设备的。这类传统的产品也正在向着接口多样化、指令强化和功能专用化的方向发展。

(1) 强化指令功能

指令强化在大多数新型单片机中,主要体现在采用 RISC 技术,使每条指令的功能都相应增强了。例如 Microchip 公司的 PIC16C5X 系列单片机,由于采用 RISC 技术,故只有 33 条基本指令,每条指令字长 12 位,它具有较强的功能,而它的 16c78 系列功能更强。Motorola 公司的 16 位单片机 68HC16Y1 也采用了 RISC 技术。而有些单片机虽然没有采用 RISC 技术,但指令系统增加了一些十分强劲指令:在 NEC 公司的 78K 系列单片机中, μ PD78355, 78356, 78600, 78602 都含有对积求和的指令;而 78355, 78356 还含有互相关指令。这些功能极强的指令大大提高了单片机的处理能力。

(2) 增加各种接口部件

接口多样化主要体现在两个方面:一个方面是在不同用途的单片机上形成不同的接口;另一方面是在多用途的单片机上形成多种接口。过去,一般较高档的单片机如 8096 等才设置 Watchdog;但现在十分普通的 8 位单片机 PIC16C5X 系列单片机也设置了 Watchdog。同样,Philips 的单片机 83C58 也设置了 Watchdog,它和 80C51 兼容。特别在其内部存储器中还提供了扩大堆栈功能的切换开关空间。Motorola 的 16 位单片机 68HC16Y1 采用精减指令计算机(RISC)的时间处理部件,含有 16 通道的定时器。而 NEC 的 78K 系列单片机则含有 A/D、D/A 转换器, FIP 控制器, 实时输出端口, PWM 端口, 伪静态 RAM 刷新部件等多种多样的接口。除此之外,有的单片机还带有正弦波端口, LCD, LED 接口, 三相输出接口, 桥式电机控制接口等。NEC78K 系列单片机有的型号,例如 μ PD78356 就含有十多种接口部件。

(3) 提高专用程度

目前,单片机由于在消耗品和仪器上的应用量大大增加,故应用的对象层出不穷。这种量大面广的状态使单片机渐渐趋向专用化。Motorola 公司推出 MC68HC05 系列和 M68HC08 系列的几十个品种、NEC 公司推出的 μ PD75X 系列的几十个型号、NS 公司推出的 COP400 系列的各种型号和 Microchip 公司推出的 PIC16C5X 系列和 16C78 系列的多个型号,都是分别为了在家用电器、仪器仪表等各类对象上专用。特别值得提出的是 Motorola 公司推出了专门用做神经元的单片机 MC143150, 现在 3150, 3120 主要由日本东芝公司, 美国 Cypress 公司生产。Neuralogix 公司推出了模糊单片机 NLX230 等; TI, NEC 等公司也推出了专门的数字信号处理器 DSP; 而麻省理工学院等则在开发一种最新的单片机, 称为信息驱动处理器 MDP, 它专用于计算机网络控制和并行处理。英国 Inmos 公司的通信计算机(Transputer)是最特殊的单片机之一。通信计算机内部含有 CPU, 存储器以及大量的标准点对点通信网络。

2. 特殊单片机的出现

随着单片机的发展,现在已产生了各种特殊的单片机,它们用于各种专用的目的。这些单片机有用于信息处理的数字信号处理器 DSP, 有用于计算机工业控制网络的神经元单片机, 有

用于网络和并行处理的信息驱动处理器 MDP。

(1) 数字信号处理器 DSP

DSP 是用于通信上数字信号处理的单片机,它的结构比一般单片机要复杂,速度也高得多。主要的 DSP 生产厂家有德州仪器公司 TI,日本电气公司的 NEC,美国 Motorola 公司等。

过去各公司生产的 DSP 以 16 位居多,指令执行时间一般为 250 ns~120 ns。在内部采用改进的 Harvard 结构,即也含有两个独立存储器:程序存储器 ROM,数据存储器 ROM。数据存储器 RAM,容量一般为 256 B 到 2K B。而近年 DSP 有了较大的改进。以美国模拟器件公司前几年推出的数字信号处理器 DSP-21020 为例,它采用 20 MHz 时钟,浮点指令周期为 50 ns,进行 1 024 点快速傅里叶变换只需 0.96 ms。在图像处理、语音识别、雷达和声纳上都有很大的用途。NEC 公司的 μ PD77230 是 32 位的先进型数字信号处理器 ASP,其特点是所有指令都只有一个指令周期,采用 13 MHz 时钟,指令周期为 150 ns;程序存储器 2 KB,数据 ROM 1 KB,数据 RAM 1 KB;在内部采用 55 位 ALU 总线;串行 I/O 端口速度为 4 MHz;采用三态指令流水线。特别是德州仪器公司推出的最新 DASP,其型号为 TMS320C40,是最吸引人的产品。TMS320C40 含有每秒达 100 MB 的总体总线,可以支持存储器共享,也有同样速度的局部总线。在片内有数据 RAM 8 KB。TMS320C40 的 CPU 由 40 位的浮点/整数乘法器、ALU、32 位移位寄存器、32 字的寄存器文件、扩展寄存器文件和两个辅助寄存器运算单元组成。TMS320C40 的机器码和其同一系列的先期产品 TMS320C30 兼容。在 TMS320C40 内部有 6 个通道的 DMA 处理器,有 6 个通信端口的直接通信部件,它每秒可执行 2.75 亿个操作,数据传输率为每 40 ns 传送 320 MB。到目前为止,TMS320C40 仍是 DSP 中的最好产品之一,它可用于高级并行处理和高速通信处理的场合。

(2) 信息驱动处理器 MDP

信息驱动处理器 MDP(Message-Driven Processor)是一种最新的单片机,它专门用于计算机网络和并行处理。MDP 在 1991 年 6 月由麻省理工学院、大卫逊(Davison)设计和开发公司和英特尔公司联合研究成功。研制 MDP 有两个主要目的:

第一,用于实现通用的多机处理节点;这种节点需要有效地支持几种不同的并行程序模式,并提供通信、同步等功能。

第二,产生不昂贵的用于并行计算机的超大规模集成电路;并可以连网以组成杰里宾(Jellybean)多计算机,即 J 机(J-Machine)。

MDP 是一个 36 位单片机,内部含有 100 多万个晶体管。片内有 3 个 CPU、存储器和网络端口。片内的有错误检测和校正的存储器控制器,允许外部可扩充存储器容量到 1MB。

MDP 由 CPU(读取电路、控制电路、寄存器文件及算术逻辑部件 RALU)、存储器、通信系统(线路传送器、网络输入输出接口)、寻址算术部件 AAU 及诊断接口等组成。

和外界联系的端口有存储器端口、网络端口和诊断端口三个。存储器端口提供高达 1 MB 的 ECCDRAM 直接接口;这个接口含有 11 条复用的地址线,12 位数据总线和 3 个控制信号线。36 位数据是对存储器进行 3 次读写得到的。网络端口一共有 6 个双路端口,它使 MDP 可以和三维网络连接;每个双路端口可以和 6 个坐标方向即 +X, -X, +Y, -Y, +Z, -Z 之一的方向相连,并且每个双路端口含有 9 条数据线和 6 条控制线。诊断端口可发出管理命令和对 MDP 存储器进行读写;诊断端口含有 2 条控制线和一条串行输入线,一条串行输出线;利用这个端口,控制台处理器可以对 MDP 地址空间的任何位置进行读写,并可以对 MDP 执