



单片微机测控系统 设计大全

王福瑞 等编著



北京航空航天大学出版社

单片微机测控系统设计大全

王福瑞 等编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书系统阐述微机测控技术,涉及面宽,包括:计算机控制理论,微机测控系统常用元器件(放大器、比较器、多路模拟开关、集成稳压器、光电耦合器、新型传感器、存储器、总线、显示器、键盘、A/D、D/A、可编程 I/O 接口芯片、等)应用技术,硬件电路和接口技术,控制算法和程序设计。并给出很多工程实例,包括硬件和软件,并加以分析。本书是作者在多年教学和科研的基础上写成的,有些内容是作者的科研成果。本书中所用微机包括单片机 8051 和 8098 以及 IBM-PC 机及其兼容机,以 8051 和 8098 为主。本书理论结合实际,重在应用。为此,尽量做到叙述详细,并给出具体参数、用法和程序清单,以便读者进行设计时引用和查阅。

本书叙述由浅入深,深入浅出,便于自学,适用的读者面宽,不仅可作为高等学校工业自动化和自动控制专业的教材,也可作为高等学校计算机应用、自动化仪表、电气技术、电气测量、电子应用技术、通信技术、机电一体化、冶金、石油、化工等专业的学生和科技人员的自学用书和参考书,还可起到设计手册的作用,尤其对于正在进行毕业设计的学生。

图书在版编目(CIP)数据

单片微机测控系统设计大全/王福瑞等编著. —北京:
北京航空航天大学出版社,1998.4

ISBN 7-81012-719-5

I. 微… II. ①王… III. ①微型计算机-计算机辅助
测试-系统设计②微型计算机-计算机控制-系统设计
IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 14803 号

单片微机测控系统设计大全

王福瑞 等编著

责任编辑 肖之中

责任校对 李宝田

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083),发行部电话 82317024

<http://www.buaapress.cn.net>

E-mail: pressell@publica.bj.cninfo.net

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

开本: 787 × 1092 1/16 印张: 30.75 字数: 990 千字

1998 年 4 月第 1 版 2000 年 1 月第 2 版

2005 年 2 月第 7 次印刷 印数: 24 001~27 000 册

ISBN 7-81012-719-5/TP·250 定价: 38.00 元

前 言

电子技术和微型计算机的迅速发展,促进了微型计算机测量和控制技术的迅速发展和广泛应用。可以说,微机测控技术的应用已渗透到国民经济的各个部门。国防技术、航空、航天、铁路、冶金、化工等产业自不必说,就连日常生活中也用上了微机控制的电梯、微波炉、电冰箱、电视机、电扇、智能照像机、玩具、模糊控制洗衣机、模糊控制空调机、携带式心脏监护机等。所有这些智能机电一体化产品的出现,无不是微机测控技术的成功应用。可以说,微机测控技术的应用是产品提高档次和推陈出新的有效途径。因此,学习微机测控技术是目前的热点之一。为了适应这种形势,我们特编写此书。

微机测控技术包括计算机控制理论和微机测控系统的实现技术两大部分。后者包括各种控制算法、微机测控系统所需元器件应用技术、接口技术和软件设计技术。本书较全面地阐述这些技术。第1章、第12章~14章讲述计算机控制的基本理论和控制算法;第3章介绍单片机8051和8098以及微机IBM-PC/XT的应用技术要点,以备读者查阅;第2章、第4章~第10章讲述微机测控系统常用元器件应用技术、硬件电路设计和接口技术。除了讲述元器件的工作原理、用法、它们与微机的接口技术外,还列出元器件的性能、参数,以备读者查阅。这些元器件包括放大器、比较器、光电耦合器、多路模拟开关、集成稳压器、新型传感器、可编程接口芯片(8255A和8279等)、显示器、键盘、微型打印机等。第15章和第16章集中一些工程实例进行分析,进行系统的硬件电路和软件设计,以便读者更好地掌握和运用前述章节的技术。第11章讲述程序设计方法,列出程序清单,读者可以直接引用。除此之外,其它章节的相应部分也都有相应的程序。

本书是作者在高等学校多年讲课的教材的基础上,另外增加一些新技术和作者实用的科研成果统编而成。本书叙述由浅入深,循序渐进,深入浅出,便于自学。本书可作为大学本科教材,删除一部分内容后可作为专科教材。作为教材使用时,根据前修课的情况,可酌情删去第2章、第3章、第10章、第11章,其它章节也可视课时情况选讲。第2章~第13章在学生毕业设计及工程技术人员在进行硬、软件设计时很有用。

全书由王福瑞主编。第11章由陆培、王春艳和王春曜撰稿,§14.1由李京平撰稿,§15.1由石志熹撰稿,§15.2由庄绍雄撰稿,§15.3、§15.4和第16章由赵永键撰稿,其余由王福瑞撰稿。李群提供部分素材,在此致以谢意。

本书在第2次印刷时,对书中部分内容进行了修改,并增加了一些应用实例(§2.9, §6.5, §15.5)。

由于编者水平所限,缺点、错误在所难免,恳请广大读者批评指正。

作 者

1999年3月

目 录

第1章 概 述.....	(1)
§ 1.1 微型机实时控制系统的组成	(1)
§ 1.2 微型机控制系统的分类	(4)
第2章 微型机测控系统常用器件.....	(9)
§ 2.1 集成运算放大器应用要点	(9)
§ 2.2 测量放大器.....	(18)
§ 2.3 变压器耦合隔离放大器.....	(21)
§ 2.4 集成电压比较器.....	(22)
§ 2.5 采样保持器.....	(25)
§ 2.6 多路模拟开关.....	(28)
§ 2.7 光电耦合器、光电耦合放大器和固态继电器	(33)
§ 2.8 集成稳压器和高精度稳压器.....	(41)
§ 2.9 系统监控集成电路 MAX703~709/813L	(49)
第3章 工业控制计算机技术要点	(53)
§ 3.1 微型计算机的选用.....	(53)
§ 3.2 MCS-51 单片机的结构	(55)
§ 3.3 MCS-51 单片机的定时器、串行口和中断系统	(63)
§ 3.4 MCS-96 单片机的结构	(70)
§ 3.5 MCS-96 的 I/O 部件	(81)
§ 3.6 工业 PC 系列微型计算机	(94)
第4章 单片机存储系统扩展.....	(100)
§ 4.1 常用寄存器(触发器、锁存器和译码器).....	(100)
§ 4.2 EPROM 及其接口	(104)
§ 4.3 EEPROM 及其与单片机接口	(108)
§ 4.4 RAM 和 NVRAM 及其接口	(112)
§ 4.5 串行 EEPROM M9346 及其接口和程序	(116)
第5章 标准总线和串行通信.....	(121)
§ 5.1 标准总线概述	(121)
§ 5.2 STD 总线及 STD 总线标准(IEEE961 标准)	(123)

§ 5.3	单片机 STD 总线 CPU 模板设计问题	(129)
§ 5.4	8098 单片机 STD 总线模板设计举例	(131)
§ 5.5	RS-232-C 串行总线接口标准	(132)
§ 5.6	RS-499 和 RS-423/422/485 标准	(136)
§ 5.7	20mA 电流环串行接口	(138)
§ 5.8	串行通信接口电路	(138)
§ 5.9	可编程异步通信控制器 8250	(140)
§ 5.10	PC 总线与 AT 总线	(145)
第 6 章	微型机应用系统常用可编程接口芯片	(146)
§ 6.1	并行 I/O 口的扩展—8255A	(146)
§ 6.2	带有 RAM 和定时器的并行输入/输出接口 8155/8156	(150)
§ 6.3	定时器/计数器的扩展—8253/8254	(154)
§ 6.4	中断的扩展和 8259A 可编程中断控制器	(158)
§ 6.5	实时时钟集成电路 DS1287 和 DS12887	(173)
第 7 章	键盘、显示和打印	(180)
§ 7.1	键盘及其与单片机接口	(180)
§ 7.2	拨动开关和拨码盘及其接口	(184)
§ 7.3	LED 显示器及接口设计	(185)
§ 7.4	LCD(液晶显示器)及其接口设计	(192)
§ 7.5	8279 可编程键盘、显示器接口芯片	(194)
§ 7.6	8279 键盘、显示接口电路设计	(201)
§ 7.7	8279 键盘、显示软件设计	(204)
§ 7.8	微型打印机及其与单片机接口	(206)
第 8 章	D/A 转换器及其与单片机接口	(215)
§ 8.1	D/A 转换器的工作原理和性能指标	(215)
§ 8.2	8 位 DAC 及其与单片机接口	(218)
§ 8.3	DAC 的双极性输出	(223)
§ 8.4	多路输出 D/A 转换电路	(226)
§ 8.5	8 位以上 D/A 转换器及其与微处理器接口	(229)
§ 8.6	AD7543 串行输入 DAC 及其与单片机接口	(234)
第 9 章	A/D 转换器及其与微处理器的连接	(237)
§ 9.1	ADC 的工作原理	(237)
§ 9.2	A/D 转换器的性能指标	(240)
§ 9.3	8 位 A/D 转换器及其与单片机接口	(242)
§ 9.4	ADC 的双极性输入	(249)

§ 9.5	ADC1210 和 ADC1211 及其与单片机接口	(250)
§ 9.6	AD574 系列 ADC 及其与单片机接口	(253)
§ 9.7	双积分 ADC CC14433 及其与单片机接口	(260)
§ 9.8	ICL7135 双积分 ADC 及其与单片机接口	(263)
§ 9.9	ICL7109 双积分 ADC 及其与单片机接口	(270)
第 10 章	新型传感器及其应用	(279)
§ 10.1	温度传感器及其应用	(279)
§ 10.2	热电阻和热电偶	(283)
§ 10.3	光电传感器	(287)
§ 10.4	红外线传感器及其应用	(290)
§ 10.5	霍尔传感器及其应用	(291)
§ 10.6	压力传感器和力传感器	(295)
§ 10.7	其它传感器概述	(298)
第 11 章	单片机运算程序设计	(300)
§ 11.1	数的表示方法	(300)
§ 11.2	MCS-96 的定点数运算	(303)
§ 11.3	MCS-96 的浮点数运算和数制转换	(307)
§ 11.4	MCS-96 4 字节浮点数常用函数计算	(315)
第 12 章	数字控制系统的模拟-离散设计方法	(323)
§ 12.1	引 言	(323)
§ 12.2	Z 变换、差分方程和改进 Z 变换	(324)
§ 12.3	模拟校正装置(控制器)的离散化方法	(329)
§ 12.4	各种离散化方法的比较	(332)
§ 12.5	模拟-离散设计方法应用举例	(333)
§ 12.6	数字滤波	(335)
§ 12.7	数字 PID 控制基本算法	(338)
§ 12.8	PID 算法积分项的改进	(342)
§ 12.9	PID 控制的微分项的改进	(343)
§ 12.10	其它 PID 控制算法	(345)
§ 12.11	PID 控制器的参数整定	(346)
§ 12.12	纯滞后补偿算法——Smith 预估器	(349)
第 13 章	计算机控制系统的直接数字设计方法	(351)
§ 13.1	数字控制系统中的一些表达式	(351)
§ 13.2	最少拍设计中典型输入对 $\Phi_e(z)$ 的限制	(353)
§ 13.3	最少拍设计对 $M(z)$ 和 $\Phi_e(z)$ 的约束——设计规则	(356)

§ 13.4	最少拍设计小结	(359)
§ 13.5	最少拍无波纹系统设计	(361)
§ 13.6	最少拍设计的局限性	(363)
§ 13.7	达林(Dahlin)算法	(364)
第 14 章	现代控制方法	(372)
§ 14.1	模糊控制原理	(372)
§ 14.2	单片机模糊控制实例	(386)
§ 14.3	时滞不确定对象的数字控制系统设计方法	(391)
第 15 章	微型机测量、智能仪器仪表和过程控制实例	(400)
§ 15.1	MCS-51 单片机控制的电话录音系统	(400)
§ 15.2	单片机 8031 控制的电阻电容在线测试仪	(408)
§ 15.3	由 PC 机和 8031 实现渗碳过程集散控制系统	(410)
§ 15.4	用 8031 单片机实现印染车间经济效益在线记录	(419)
§ 15.5	MCS-51 单片机温度控制系统	(422)
第 16 章	电机控制及实例	(432)
§ 16.1	电力电子器件	(432)
§ 16.2	直流电动机的速度控制及实例	(439)
§ 16.3	PWM 直流伺服定位系统	(443)
§ 16.4	交流电动机的变频调速及实例	(446)
§ 16.5	矢量控制的交流变频系统及实例	(458)
§ 16.6	单片机控制的恒压变量变频调速供水系统	(461)
§ 16.7	步进电机的控制和锅炉加工系统	(462)
附录 1		(473)
附录 2		(477)
附录 3		(479)
参考文献		(483)

第1章 概述

由微型机与其它器件和装置适当连接起来的所谓硬件,在软件的操作下协调运行以执行预定的测量或控制任务,这些硬件和软件的总体就是微机测量和控制系统,简称微机测控系统。

顾名思义,微机测量系统的功能是对某些参数进行测量。微机控制系统的任务是对生产过程或某些物理量进行控制。要控制就必须测量。因此可以认为微机测量系统是微型机控制系统的一个特例。

§ 1.1 微型机实时控制系统的组成

“实时控制”中的所谓“实时”就是“立刻”、“现在”、“及时”之意。“实时控制”就是及时控制的意思。系统中信息的输入、计算和输出都是在短时间内完成,因而可以对生产过程进行及时的控制,超过这个时间就会失去控制时间。这个“短时间”的长短决定于系统的要求。

图 1.1.1 是微型机实时控制系统的原理图。微机实时控制系统包括硬件和软件两部分。

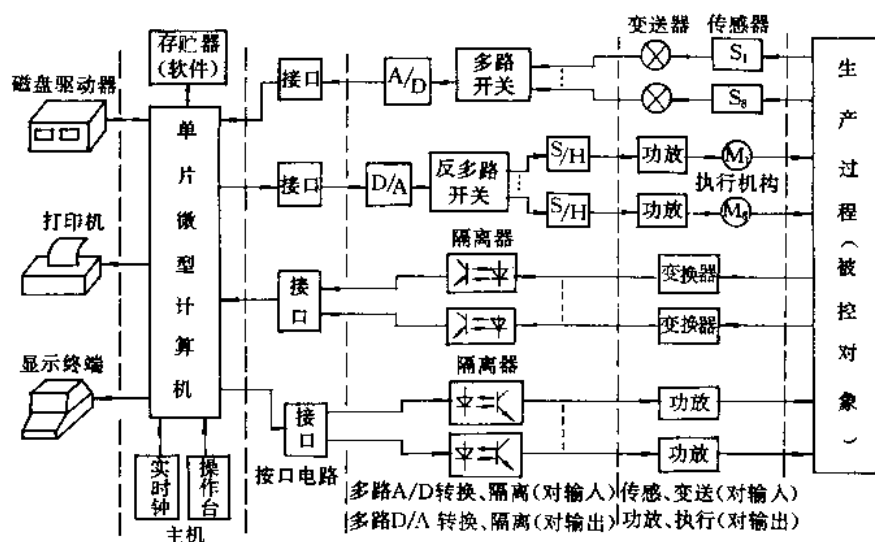


图 1.1.1 微型机实时控制系统原理图

1.1.1 微型机实时控制系统硬件

硬件是微型机实时控制系统的物质基础。它在软件的协调下运行,实现对生产过程或被控对象参数的检测,完成对生产过程或被控对象的控制任务。

硬件包括主机、外部设备、传感器和变送器、功率放大和执行机构、模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入和输出通道、接口电路和电源。

1. 主机

主机包括微型机、存储器、操作台和实时时钟。主机是任何一个微型机实时控制系统不可缺少的。

微型机的选用,可根据系统的复杂程度、功能的强弱和对速度的要求选用各种单片机(如

MCS-48, MCS-51 或 MCS-96), 或选用 IBMPC 系列微机。

操作台用于实现人机对话, 向主机传送数据或命令, 以实现启动或停止系统的运行, 改变系统参数、软件组态, 实现显示、打印等功能。

存储器包括 EPROM 和 RAM。EPROM 用于存放调试好的程序或须永久保存的数据, RAM 用于暂存数据。有的主机还包括 E²PROM, 用于在线修改须长时间保留的数据或实现软件组态。

“在线”也称为“联机”。一个器件或设备“在线”, 是说这个器件或设备联接在系统中, 也可能它正在运行。例如一个 EPROM, 如果插在主机上, 也可能主机正在运行其中的程序, 就称这个 EPROM 是在线。如果把这个 EPROM 从主机上拔下来对它进行测试或固化程序, 那么这个 EPROM 是离线的。

所谓对程序组态, 就是重新填写组态字, 把填写好的组态字在线地固化到 E²PROM 中。组态字规定了在什么时间按什么顺序在什么条件下调用哪个程序模块(子程序), 从什么地方取数据, 把数据送到什么地方。这样, 同样一些程序模块和硬件, 程序组态不同, 所执行的任务也不同, 以适应不同的生产过程和要求, 增强系统的通用性。

当然也可以把填写好的组态字固化到 EPROM 中然后插到主机上, 这是离线的办法。

程序组态常用于智能仪器仪表、集散系统的基本控制器和可编程序控制 PC (Programmable Controller)。

实时时钟根据系统要求, 功能可强可弱, 可有可无。功能强的, 可计年、月、日、时、分、秒以及采样定时等。功能弱的, 可能只有采样定时功能。对于一些程序执行与时间无关的系统, 可以不要实时时钟。

2. 外部设备

外部设备包括 CRT、磁盘驱动器和打印机。一般上位机、稍大一点的系统和操作站, 配备这些设备。

传感器用于把被测的非电信号变为电信号, 其品种很多, 如温度传感器、压力传感器等。

变送器用来把非电信号变为标准电信号, 如差压变送器把压力差变为标准的电信号 0V~5V 或 0mA~10mA。

模拟量输入通道把来自变送器的多路模拟信号变为数字量, 再通过接口电路送给微型机。

模拟量输出通道用来把微型机送出的数字量变换为模拟信号, 再经功率放大器放大为功率信号, 去驱动执行机构, 对被控对象进行控制。

功率放大器可能是大功率放大器、可控硅整流装置和变频调速器或电液放大器等。

执行机构是调节线、电机等。它们往往与被控对象连为一体。

开关量输入通道用于把生产现场的开关量传送给微型机。开关量输出通道用于把微型机送出的开关量传送到生产现场, 控制某些设备。为了提高抗干扰能力(特别在远距离传输信号时)可用光电耦合器传输开关量或数字量。

开关量是幅值上不连续的量, 它只有两个状态, 例如灯的亮和灭, 开关的合和关, 电压的高和低等。

有些开关量是非电量, 须把它变为标准电信号送往微型机, 这就是图 1.1.1 中变换器的作用。

接口电路一般是一些通用接口器件, 例如 TTL 电路、8255 等, 它把微型机与其它部分连

接起来。

系统不同所用电源也不同,有通用电源、高精度电源(一般用来做 A/D、D/A 基准源和电压基准)和 UPS(掉电不断电电源)。

1.1.2 微型机实时控制系统的软件

所谓控制系统的软件,指的是它的全部程序,包括系统软件和应用软件两大类。

1. 系统软件

购置的现成的计算机,在计算机出厂之前,已把系统软件装入 ROM 中,计算机的用户只需熟悉和使用,不能改变。对于自行设计的微型机系统,系统软件也需自行设计,然后固化在 EPROM 中。系统软件主要包括以下内容:

1) 监控程序或操作系统

监控程序是一种低级计算机的管理程序。它的功能是扫描键盘,实现人机对话,接受用户程序,显示、调试、修改和运行用户程序,显示和修改存储器中内容。通电后立即进入监控程序,各种程序均在监控程序控制下运行。我们在编制用户程序时,可以调用监控程序中的一些子程序,节省用户应用程序的存储器空间。

操作系统是一种微型计算机的大型管理程序,是在监控程序的基础上进一步扩展许多控制程序形成的。其主要功能是实现人机对话,管理微型机、存储器、操作台、外部设备(磁盘驱动器、CRT、打印机及其它外围设备)、文件和作业进程。它控制各种软件,如汇编程序、解释程序、编译程序、I/O 驱动程序、连接程序等。不同的计算机系统可能有不同的操作系统,如 CP/M、CDOS 等。

2) 汇编程序、解释程序和编译程序

汇编程序(也称为汇编软件)用于把汇编语言程序变为计算机能够认识和执行的机器语言程序(也称为目标程序)。例如 MCS-51 单片机仿真器里有 MCS-51 汇编程序,用户可以把自己用汇编语言编写的程序送入仿真器然后把它变为机器语言程序,再把这些机器程序固化到 EPROM 中,EPROM 中的程序就可以在用户系统中执行。

解释程序能把用某种程序设计语言写的源程序(如 BASIC),翻译成机器语言的目标程序,此目标程序是可执行程序。解释程序翻译一句执行一句。

编译程序能把用高级语言编写的源程序(如 FORTRAN),编译成某中间语言(如汇编语言)或机器目标程序。

2. 应用软件

微型机实时控制系统的应用软件是服务于实时控制的程序的集合,由微型机实时控制系统的设计者编写。因控制系统的复杂程度和功能差别很大,所以应用软件的差别也很大。应用软件的设计应当留有余地、易于扩展和更改。为此,应用软件宜采用模块化结构,一个程序模块就是一个子程序。主程序的主要任务是调用这些子程序。总的来说,这些子程序可分为两类:通用软件和专用软件。

1) 通用软件

不管控制规模有多大,按什么规律控制,也不管被控对象是什么,一般情况下,有些软件常会用到,这些软件称为通用软件。下面列出一些通用软件:

- 数制变换程序,例如二进制数与 BCD 码之间互相转换程序;
- 运算程序,包括加、减、乘、除、乘方、开方、函数运算等;

- 数字滤波程序,用于对数据进行处理;
- 工程量程序,在工程显示时往往用到这类程序;
- 查表程序,例如查找热电势对应的温度值;
- 报警程序。

2) 专用软件

这是针对某一具体控制系统和不同控制规律编制的程序。主要有:

- 数据采集程序;
- 输出程序;
- 各种控制算法程序,例如 PID 程序、纯滞后补偿算法程序、自适应控制程序等。

§ 1.2 微型机控制系统的分类

微型机有各种不同分类方法。

1.2.1 按控制规律分类

1. 程序控制

在某些生产过程中要求被控量按预先规定好的时间函数变化。按这种规律进行控制的系统称为程序控制系统。例如,经过机械加工后的坡莫合金须在氢气炉中进行退火才能提高坡莫合金的性能。退火规律是先按一定速度升温,达到预定温度后再保温 2 小时,最后按某一速度降温。显然按这一温度规律对炉温进行控制就是程序控制。

2. 顺序控制

顺序控制是指以预先规定好的时间或条件为依据,按预先规定好的动作顺序地对某项工作进行控制。例如对给汽车加油的控制就是顺序控制。其过程是先开泵加油,当加到预先规定的油量时停泵。

3. 数值控制

数值控制是按预先规定的要求和轨迹,控制一个或数个被控对象,使被控点按预定的轨迹运动。数值控制技术应用用于对加工设备(例如电火花加工)、测量设备和绘图设备等的控制。

由上述可见,程序控制、顺序控制和数值控制都是开环控制,这是它们的共同点。但三者又有不同点:程序控制是以时间为条件进行控制;顺序控制不仅可以以时间为条件,还以某些物理量为条件进行控制;数值控制则要求被控点按某一轨迹运动。

4. 数字 PID 控制

这种控制系统按 PID 规律进行控制,详见后续章节。这是一种闭环控制系统。

5. 串级数字控制系统

这是一种较复杂的控制系统,是双闭环控制系统,分内环和外环两个闭环回路。关于串级控制可参阅有关“过程控制”和“自控系统”方面的书籍。

6. 前馈控制

在反馈控制系统中,对象受干扰(扰动)后,必须在被控参数出现偏差后,调节器才对被控参数进行调节来补偿干扰对被控参数的影响。因而控制作用总是落后于干扰的作用。

与反馈控制不同,前馈控制不是按偏差进行控制,而是直接按干扰进行控制。干扰一出现,前馈调节器就直接根据测得的干扰大小和方向按一定规律去控制,补偿干扰对被控参数的影响,而不是等被控参数发生变化后才去控制。因而是一种超前控制。

7. 选择性控制

选择性控制的控制规律是这样的：生产过程处于不同状态采用不同的控制规律。这使整个系统安全且性能良好。例如，对以燃气为燃料的锅炉进行控制的辅助锅炉压力控制系统就是一个选择性控制系统。

8. 最优控制

最优控制也称为最佳控制。最优控制是指在一定的约束条件下，使某一性能最优的控制。例如让汽车从甲地到乙地（约束条件），选择不同的行车路线和加油规律，使耗油量最少的控制，是耗油量最少的最优控制。如果要使汽车从甲地到乙地所花时间最少，则是时间最优控制。

实现最优控制需要存贮大量信息，需要快速进行大量运算，一般需要高档单片机。

9. 自适应控制

自适应控制也称适应控制，是最优控制的一个重要分支。

自适应控制是当对象参数发生变化后，使系统仍工作在最优状态的控制。

要实现自适应控制，就必须辨识对象参数，根据辨识所得对象当前实际参数来修改控制器的参数，以使系统工作在最优状态。所谓辨识对象参数就是在线不断测取对象的有关物理量（例如对象的输入和输出），根据这些物理量计算出对象的实际参数。

在一定约束条件下，根据对象数学模型的变化而修改控制器的参数以使系统处于最优状态的自适应控制系统称为自动参数自整定自适应控制系统，也称为自整定控制系统。

能根据约束条件，随对象数学模型的变化而改变适应控制器（自适应控制系统的控制器称为适应控制器）自身参数和结构的自适应控制，称为自动组织控制系统，也称为自组织系统。自组织控制系统是比自整定控制系统更高级的控制系统。

约束条件和对象数学模型都在变化，能随着约束条件和对象数学模型的变化，不断积累经验，并根据所积累的经验自动改变适应控制器本身的参数和结构，使控制效果越来越好的自适应控制系统，叫做自学习适应控制系统，也称为自学习系统。这是一种更高级的自适应控制系统。

1.2.2 按单片机参与控制的方式不同分类

1. 生产过程的巡回检测和数据处理系统

在图 1.1.1 中，去掉模拟量输出通道和开关量输出通道，保留模拟量输入通道和开关量输入通道，微型机不断轮流检测生产过程的各个参数，即所谓巡回检测，然后微型机对所测得的参数进行处理和加工，如数字滤波，并将经处理和加工的数据存于半导体存储器或磁盘。在需要时可打印和显示这些数据。如果发生异常情况，还可以发出声光报警。这样的系统称为生产过程的巡回检测和数据处理系统，简称为巡回检测系统或数据采集系统。

人们可以利用巡回检测系统所得到的数据和信息获得生产过程的数学模型和其它有用信息（由计算机离线进行），作为设计或修改微型机控制系统的依据。打印或显示的结果可以作为生产的历史记录。操作人员可以根据所打印和显示的结果及报警信号对生产过程进行监视和控制。

生产过程的巡回检测和数据处理系统更多地是作为较大型和复杂的生产过程控制系统的一部分，作为这个控制系统的信息采集装置。它按时快速向上位计算机提供生产过程的有关数据和信息，由上位机进行复杂的运算和决策，以便实现自适应控制和最优控制。

2. 直接数字控制系统(DDC)

图 1.1.1 也是一个 DDC(Direct Digital Control)控制系统。在 DDC 控制系统里,微型机不仅对数据进行采集,还通过输出通道直接对生产过程进行控制,因此称为直接数字控制系统。这里的“数字”二字是区别于模拟或连续控制系统而言的。

大多数直接数字控制系统不须配备磁盘驱动器、打印机和显示终端,而用简单的数码显示器代替显示终端。

操作人员通过操作台(或键盘)和数码显示器实现与微型机的对话,输入或修改系统的期望值(给定值)和其它参数,命令系统启动或停机,命令 CRT 显示过程参数和生产流程图,命令打印机打印数据。

系统的工作过程是这样的:DDC 微型机通过模拟量输入通道和开关量输入通道巡回检测生产过程的参数,并与事先存于存储器中的给定值进行比较,得出误差(给定值与生产过程的被调量之差),然后根据误差及其变化趋势,运用体现控制规律的控制算法(程序)求出控制器的输出量,并通过模拟量输出通道和开关量输出通道送给执行机构,控制生产过程,使被控量接近给定值。

一个直接数字控制系统可以按上述控制规律中的任何一种进行控制,例如可实现数值控制、PID 控制,甚至自适应控制。只不过实现复杂控制规律需选用速度更高功能更强的高档微型机作为 DDC 计算机。

3. 计算机监督控制系统(SCC)

计算机监督控制系统即 SCC(Supervisory Computer Control)系统是比 DDC 系统更高一级的系统。在监督控制系统中,SCC 计算机(单片机)根据原始的生产工艺信息和其它信息,如运行条件的变更等,按照生产过程的数学模型,计算出生产过程的最优给定值(设定值或期望值)送给 SCC 计算机的下级计算机(DDC 计算机)或模拟控制系统,作为 DDC 控制系统或模拟控制系统的给定值,由 DDC 控制系统或模拟控制系统对生产过程进行直接控制,从而实现整个生产过程的综合最优控制(例如生产效率高、产品质量好、能源消耗少、原材料省、成本低、人员和设备安全等)。

计算机监督控制系统是一个两级控制系统,上位级是 SCC 计算机。SCC 的输出不直接控制执行机构,而是给出下一级系统(DDC 系统或模拟控制系统)的设定值。所以这种系统也称为设定值控制系统 SPC(Set Point Computer)。给定值是由程序计算出来的。程序是根据控制策略(控制算法)编制的。控制策略是根据对系统的要求和生产过程运动规律即生产过程的数学模型求解得到的。可见建立生产过程的数学模型即建模和求解控制策略是 SCC 计算机的两个重要任务。计算机监督控制系统的好坏主要决定于这两项任务完成的好坏。

数学模型可以是数学表达式,也可以是图表。

建模有几种方法。可以根据生产过程的基本物理、化学规律,即生产过程的机理,采用分析的方法,求得所谓机理模型,也叫理论模型。但是对于复杂的生产过程,很难得到机理模型,或者所得到的机理模型不能较好地描述生产过程的运动规律。因此就不得不测出能表征生产过程的参数(一般为生产过程的输入和输出),运用数学工具求出生产过程的数学模型。这种模型叫做测试模型或识别模型。如果对生产过程的数学模型一无所知,即不了解其结构(例如是线性还是非线性的,有滞后还是没有滞后,如果是线性的,是一阶的、二阶的还是高阶的,全然不知),也不知其参数(例如方程中各系数),就须凭测得大量的数据(如过程的输入和输出数据),

再用数学方法求得数学模型的结构和参数。这就是所谓系统识别或系统辨识。如果模型结构已知,但参数不知,仅须借测试数据决定模型中的未知参数,这是参数识别或叫参数估计。

参数估计、系统识别和控制策略求解,都须处理大量数据,进行较复杂的运算,需要计算机存储容量较大,运算速度较高,往往使用高级语言。因此 SCC 计算机一般选用稍高档一些的单片机或微型机,例如可选用 MCS-96 单片机或 PC 机等。

SCC 系统有两种不同的结构形式,一种是 SCC 加模拟调节器,另一种是 SCC 加 DDC 控制系统。两种形式的差别只在于直接控制级不同。

图 1.2.1 和图 1.2.2 是这两种计算机监督控制系统的原理图。

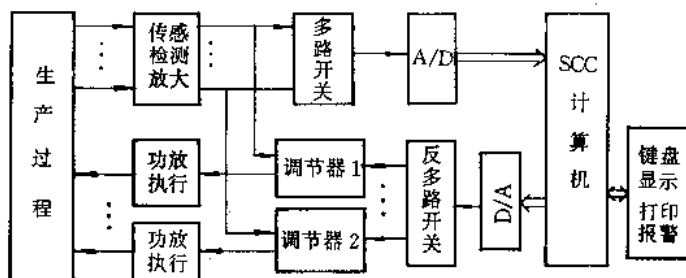


图 1.2.1 SCC+模拟调节器控制系统原理图

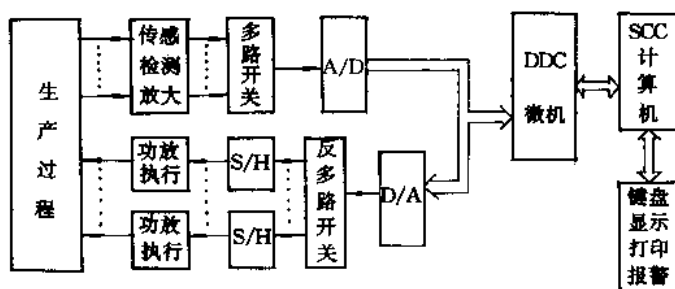


图 1.2.2 SSC+DDC 控制系统原理图

4. 计算机多机控制系统

现代化工业生产规模大,生产过程复杂,而且要求可靠性很高,不仅要生产过程进行控制,而且还要进行各种管理,需要传输和处理的数据量很大。适应这种需要,便出现了计算机多级控制系统。图 1.2.3 是多级计算机控制系统的示意图。这是一个多级综合控制的大系统。整个系统的结构是宝塔形的,它由三级组成,包括直接控制级、监督控制级(SCC)和管理级(MIS 级)。

直接控制级(DDC 级)采集生产过程的参数,接收来自 SCC 计算机的给定值并按预定的控制规律(由控制程序体现)对被控对象进行控制。这时的直接控制级的作用如同图 1.1.1 的实时控制系统,只是不需打印机、显示终端和磁盘驱动器,而是把这些设备配备给 SCC 计算机。DDC 级也可由可编程序控制器或智能仪表担任,在少数情况下也可能是模拟调节器。

监督控制级(SCC)的 SCC 计算机的作用如前面所述,其功能主要是建立过程的数学模型,求解控制策略,确定各 DDC 级的给定值并传送给各 DDC 级以实现最优或自适应控制。SCC 级所需的过程参数可以自己直接采集,也可从 DDC 级读取。SCC 可以存储较长时间的过程参数,必要时可显示打印出来。SCC 计算机不仅可以与 DDC 级通讯,各 SCC 级之间也有通

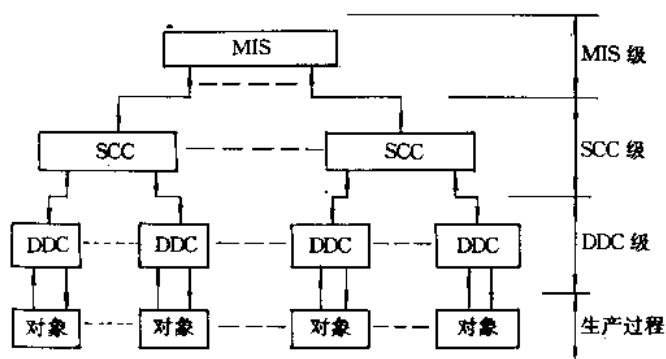


图 1.2.3 多机计算机控制系统示意图

讯联系,以便交流信息。

MIS (Management Information System) 级即管理级可能有几个层次,如车间管理层、工厂管理层。车间管理层的任务是计算机最佳调度和行政管理,如原料、产品、能源(水、气、电、油)等的合理调度,机床和人力的调度,车间设备维修安排,日产量、月产量和质量的统计。它搜集各 SCC 级的工作的有关数据,制作各种报表,接受上层管理级的命令,监督和指挥各 SCC 级的工作。总之,车间层管理级负责车间内各种生产调度和日常各种管理工作。

目前多级控制系统的水平还不高,一般只限于两级控制(SCC+DDC)。

5. 分布型综合控制系统

分布型综合控制系统 TDCS (Total Distributed Control Systems) 也称为分布型微处理器控制系统 (Distributed Microprocessors Control Systems) 或分布控制系统 (Distributed Control), 简称集散系统或分布系统。

集散控制系统实质上就是一种多级控制系统,它除具有上述多级控制系统的功能和优点外,还有其自己的特点。

集散系统各部分(硬件和软件)以组件或模块的形式出现。用户只要把这些组件和模块适当连接就可组成控制系统。集散系统的最低级即直接数字控制级(相当于 DDC, 叫做基本控制器)之上是协调级(相当于 SCC)。各计算机之间用已设计好的通讯装置进行联络形成一个完整的系统。集散控制系统由基本控制器进行局部分散控制,用协调级协调各基本控制器的工作,实现最优控制,并实现集中监视、操作和管理,以达到掌握全局的目的。集散控制系统还可以再加上一个位机(由已设计好的通讯装置进行联络)构成多级控制系统。系统的级数和各级的规模由用户决定。集散系统的优点是:

- 1) 容易掌握,组建系统工作量少。
- 2) 扩充灵活,可实现各种控制。
- 3) 分散控制,故障分散,再加上有完善系统自检功能,故可靠性高。
- 4) 集中协调和管理,可实现最优控制。
- 5) 维修方便。哪一部分有故障,换下来即可,系统可不停止运行。

用户可以自己设计集散系统,特别是 DDC 级。对于大型集散系统,用户可以购买这种集散系统,用户只需把模块连接起来并对软件进行组态就可组成系统。按这种方法组成系统,节省时间,系统性能优良,可靠性高。

第2章 微型机测控系统常用器件

在微型机测控系统里用到各种器件,这些器件有:各种数字电路、各种放大器比较器、采样保持器、多路模拟开关、光电耦合器、固态继电器、集成稳压器等。本章从应用的角度出发介绍这些器件并列出它们的参数,举出应用实例,以便设计者查阅。

§ 2.1 集成运算放大器应用要点

生产现场的各种物理量,如位移、转角、温度、流量、压力、速度、液位、频率、成分等,须先经过传感器或变送器变为电信号。这些传感器或变送器输出的电信号往往比较小,需经过放大后才能送给 A/D 转换器变为数字量送给计算机。

因生产现场不同,放大器的工作环境千差万别,传感器的输出信号大小和输出阻抗不同,对系统的精度、速度和稳定性要求不同,因而需要各种各样的放大器。

2.1.1 一个重要概念——虚地

图 2.1.1 是一个反相端输入的线性放大电路。假设运放 A 是理想运放,也就是说,如果运放处于正常工作状态,即运放工作于线性范围内,运放的输出 V_O 未达到饱和状态,可以认为 $I_{B1}=I_{B2}=0$,运放的输出电阻 $R_{O1}=0$,共模抑制比 $KCMR=\infty$,差模输入电阻 $R_{ID}=\infty$,差模增益 $A_{VD}=\infty$ 。因为 $V_O=A_{VD}(V_{B2}-V_{B1})$, V_O 为有限值, $A_{VD}=\infty$,所以 $V_{B1}=V_{B2}$ 。也就是说,在具有负反馈的放大器中,一个处于正常工作状态(未饱和)的理想运放,其两个输入端同电位,如果运放的同相输入端是地电位($V_{B2}=0$),那么其反相端也是地电位($V_{B1}=0$)。但是反相输入端不是真正已接地,只是地电位,因此称为虚地。上述“工作于线性范围内的理想运放的两个输入端同电位”的概念,即所谓虚地概念,在推导由运放组成的各种线路的近似计算公式时非常有用。利用“虚地”概念推导出图 2.1.1 的近似计算公式如下:

$$V_O = -\frac{R_2}{R_1} V_1$$

上式两边求拉氏变换得 $V_O(s) = -\frac{R_2}{R_1} V_1(s)$

如果 R_2 和 R_1 换成阻抗 Z_2 和 Z_1 ,则

$$V_2(s) = -\frac{Z_2}{Z_1} V_1(s) \quad (2.1.1)$$

例如,若 $Z_1=R_1$, Z_2 为电容 C ,则 $Z_2=1/Cs$,于是

$$V_O(s) = -\frac{1}{R_1 C s} V_1(s)$$

显然,这是一个积分环节,其微分方程为

$$V_O(t) = -\frac{1}{RC} \int V_1(t) dt$$

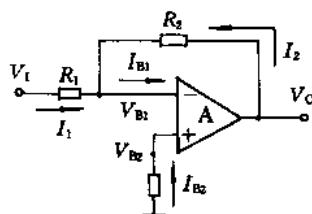


图 2.1.1 反相放大器

应该强调,“虚地”是以集成运放工作于线性范围为前提,如果运放进入饱和区或阻塞,“虚地”的前提就不存在。另外,如果差模输入电压或共模输入电压过大,也会使放大器脱离线性区,“虚地”的前提就不存在。对于有些运放还会使输出极性倒相,甚至有些运放还会永久性损坏。因此,在应用中往往在输入端加保护电路,例如用保护二极管保护电路,类似于 CMOS 集成电路的输入保护电路。对于允许最大差模输入电压较小的运放,必须加输入保护,如 OP-27 等。

2.1.2 集成运放的典型应用线路

1. 放大线路

图 2.1.2 是一些常用典型集成运放应用线路。假设运放接近理想运放,即差模增益 A_{VD} 很大,差模输入电阻 R_{ID} 很大,差模输出电阻 R_{OD} 很小,共模抑制比很大,输入偏置电流很小,可以忽略。据此下面列出各典型线路的主要参数的计算公式的近似表达式。各表达式中采用以下符号:

G ——放大器的差模增益; R_O ——放大器的差模输出电阻;
 R_{IN} ——放大器的差模输入电阻; V_O ——放大器的输出电压。