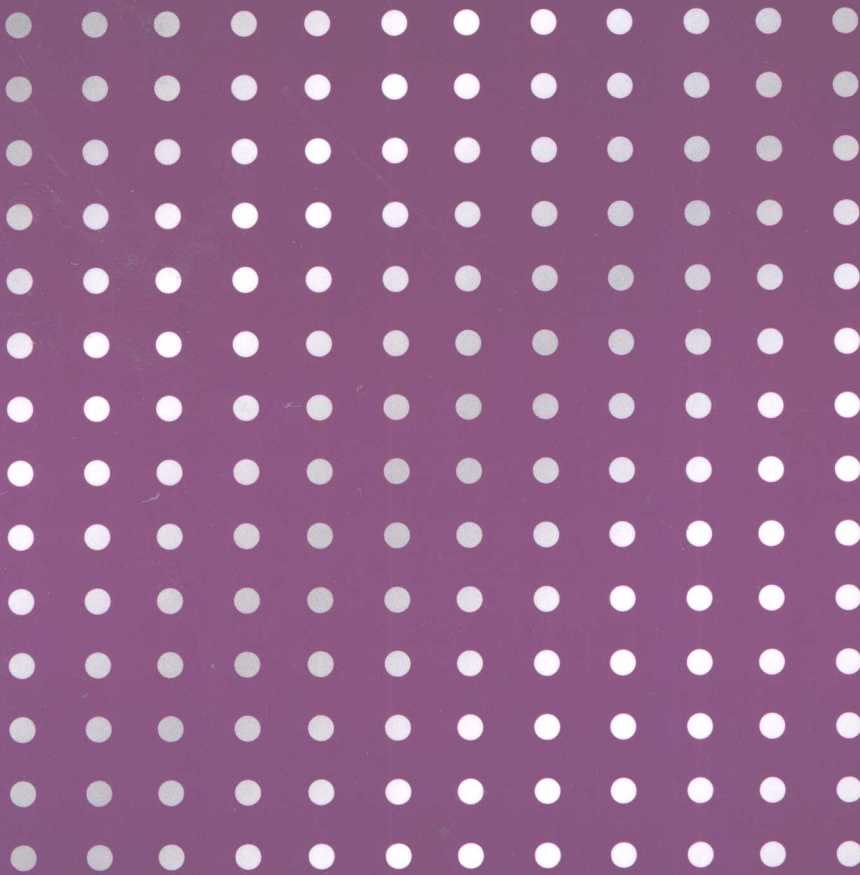


国家级精品课程配套教材

高等院校信息技术规划教材

微型计算机控制技术 (第2版)

于海生 丁军航 潘松峰 吴贺荣 编著



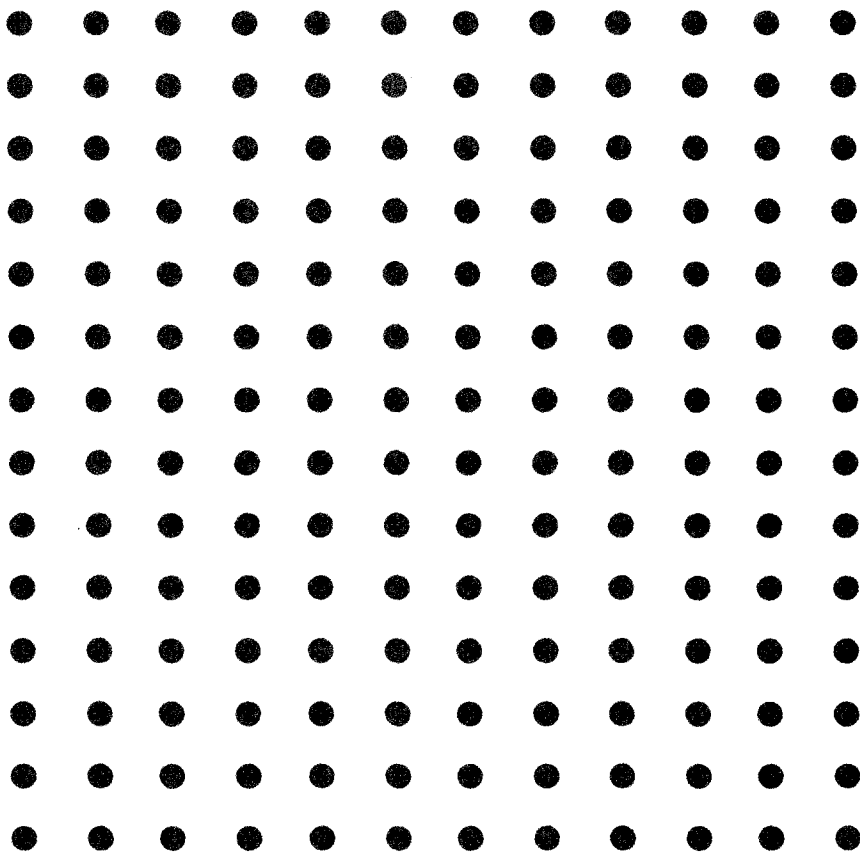
清华大学出版社

国家级精品课程配套教材
第1版获全国普通高等学校优秀教材二等奖
高等教育面向21世纪教学内容和课程体系改革项目

高等院校信息技术规划教材

微型计算机控制技术 (第2版)

于海生 丁军航 潘松峰 吴贺荣 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书为高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划立项教材的第 2 版,第 1 版曾获全国普通高等学校优秀教材二等奖。教材以主流机型 ISA/PCI 总线工业控制机或 IBM-PC 系列微型计算机为控制工具,系统地阐述了计算机控制系统的设计技术与工程实现方法。全书共分 9 章,内容包括计算机控制系统及其组成、计算机控制系统的典型形式、工业控制机的组成结构及特点、计算机控制系统的发展概况和趋势,计算机控制系统的输入输出接口与过程通道,数字控制技术,常规及复杂控制技术,现代控制技术,应用程序设计与实现技术,HMI/SCADA 技术与监控组态软件,分布式测控网络技术,计算机控制系统设计与实现。

本书可作为高等院校各类自动化、电气与电子工程、计算机应用、机电一体化等专业高年级本科生的教材,也可供有关技术人员参考和自学。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机控制技术/于海生等编著. —2 版.—北京:清华大学出版社,2009.9
(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-20238-7

I. 微… II. 于… III. 微型计算机—计算机控制—高等学校—教材 IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 081607 号

责任编辑:袁勤勇 赵晓宁

责任校对:时翠兰

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:22

字 数:516 千字

版 次:2009 年 9 月第 2 版

印 次:2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:29.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:031702-01

前言

Foreword

工业控制是计算机的一个重要应用领域,计算机控制正是为了适应这一领域的需要而发展起来的一门专业技术,它主要研究如何将计算机技术、通信技术和自动控制理论应用于工业生产过程,并设计出所需要的计算机控制系统。《微型计算机控制技术》是我国高等学校各类自动化、电气与电子工程、计算机应用、机电一体化等专业的主干专业课程。

本书为高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划立项教材,是作者 1999 年编著的《微型计算机控制技术》教材的第 2 版,教材第 1 版获全国普通高等学校优秀教材二等奖(2002 年)。教材第 2 版共分 9 章。第 1 章是绪论,介绍了计算机控制系统及其组成、计算机控制系统的典型形式、工业控制机的组成结构及特点、计算机控制系统的发展概况和趋势;第 2 章讨论了计算机控制系统的输入输出接口与过程通道;第 3 章讨论了数字控制技术,重点介绍了逐点比较法插补原理、多轴步进驱动控制技术和多轴伺服驱动控制技术;第 4 章讨论了常规及复杂控制技术,主要介绍了数字控制器的各种控制算法;第 5 章讨论了现代控制技术,主要介绍了采用状态空间的输出反馈设计法、极点配置设计法、最优化设计法;第 6 章讨论了应用程序设计与实现技术;第 7 章讨论了 HMI/SCADA 技术与监控组态软件;第 8 章讨论了分布式测控网络技术;第 9 章讨论了计算机控制系统的设计原则、步骤和工程实现,并给出了设计实例。书中配有习题可供选用。全书内容丰富,体系新颖,理论联系实际,系统性、工程性、集成性强。

本书第 1、第 3~第 6、第 8、第 9 章由于海生编写,丁军航提供部分素材;第 2 章第 1 节由潘松峰编写,第 2 章第 2~第 5 节由于海生



编写;第7章由于海生、丁军航和吴贺荣编写。全书由于海生和丁军航统稿。

本书的第2版,得到了清华大学出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。由于编者水平有限,书中难免有不妥与错误之处,请读者批评指正。

于海生
2009年1月

目录

Contents

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机控制系统概述	1
1.1.1 计算机控制系统	2
1.1.2 计算机控制系统的组成	3
1.1.3 常用的计算机控制系统主机	3
1.2 计算机控制系统的典型形式	5
1.2.1 操作指导控制系统	5
1.2.2 直接数字控制系统	6
1.2.3 监督控制系统	6
1.2.4 集散控制系统	7
1.2.5 现场总线控制系统	7
1.2.6 综合自动化系统	8
1.3 工业控制机的组成结构及特点	8
1.3.1 工业控制机的组成	9
1.3.2 工业控制机的总线结构	10
1.3.3 工业控制机的特点	17
1.4 计算机控制系统的发展概况和趋势	17
1.4.1 计算机控制系统的发展概况	17
1.4.2 计算机控制系统的发展趋势	20
习题 1	21
第 2 章 输入输出接口与过程通道	22
2.1 总线扩展技术	22
2.1.1 I/O 端口与地址分配	22
2.1.2 I/O 端口地址译码技术	24
2.1.3 基于 ISA 总线的端口扩展	26



2.2	数字量输入输出接口与过程通道	28
2.2.1	数字量输入输出接口技术	28
2.2.2	数字量输入通道	29
2.2.3	数字量输出通道	30
2.2.4	数字量输入输出通道模板应用举例	32
2.3	模拟量输入接口与过程通道	33
2.3.1	模拟量输入通道的组成	33
2.3.2	信号调理和 I/V 变换	34
2.3.3	多路转换器	37
2.3.4	采样、量化及采样/保持器	38
2.3.5	A/D 转换器及其接口技术	41
2.3.6	模拟量输入通道模板应用举例	45
2.4	模拟量输出接口与过程通道	47
2.4.1	模拟量输出通道的结构形式	48
2.4.2	D/A 转换器及其接口技术	48
2.4.3	单极性与双极性电压输出电路	50
2.4.4	V/I 变换	51
2.4.5	模拟量输出通道模板应用举例	52
2.5	硬件抗干扰技术	54
2.5.1	过程通道抗干扰技术	55
2.5.2	主机抗干扰技术	61
2.5.3	系统供电与接地技术	63
	习题 2	68
第 3 章 数字控制技术		69
3.1	数字控制基础	69
3.1.1	数控技术发展概况	69
3.1.2	数字控制原理	70
3.1.3	数字控制方式	71
3.1.4	数字控制系统	72
3.1.5	数控系统的分类	73
3.2	插补原理	74
3.2.1	逐点比较法的直线插补	75
3.2.2	逐点比较法圆弧插补	78
3.2.3	数字积分插补法	81
3.3	多轴步进驱动控制技术	86
3.3.1	步进电机的分类	87
3.3.2	步进电机的工作原理	87

3.3.3	步进电机的工作方式	88
3.3.4	步进电机控制接口及输出字表	89
3.3.5	步进电机控制程序	90
3.3.6	数控系统设计举例——三轴步进电机控制	91
3.4	多轴伺服驱动控制技术	94
3.4.1	伺服系统	94
3.4.2	现代运动控制技术	95
3.4.3	数控系统设计举例——基于 PC 的多轴运动控制	96
习题 3	.....	100
第 4 章	常规及复杂控制技术	101
4.1	控制系统的性能指标	101
4.1.1	稳态性能指标	101
4.1.2	动态性能指标	102
4.1.3	抗干扰性能	102
4.1.4	对控制作用的限制	102
4.2	数字控制器的连续化设计技术	103
4.2.1	数字控制器的连续化设计步骤	103
4.2.2	数字 PID 控制器的设计	106
4.2.3	数字 PID 控制器的改进	109
4.2.4	数字 PID 控制器的参数整定	114
4.3	数字控制器的离散化设计技术	118
4.3.1	数字控制器的离散化设计步骤	119
4.3.2	根轨迹法	120
4.3.3	最少拍控制器的设计	120
4.3.4	最少拍有纹波控制器的设计	125
4.3.5	最少拍无纹波控制器的设计	127
4.4	纯滞后控制技术	131
4.4.1	施密斯(Smith)预估控制	131
4.4.2	达林(Dahlin)算法	133
4.5	串级控制技术	137
4.5.1	串级控制的结构和原理	138
4.5.2	数字串级控制算法	138
4.5.3	副回路微分先行串级控制算法	139
4.6	前馈-反馈控制技术	141
4.6.1	前馈控制的结构和原理	141
4.6.2	前馈-反馈控制结构	142
4.6.3	数字前馈-反馈控制算法	144



4.7	解耦控制技术	145
4.7.1	解耦控制原理	146
4.7.2	数字解耦控制算法	148
4.8	模糊控制技术	149
4.8.1	模糊控制的数学基础	149
4.8.2	模糊控制原理	155
4.8.3	模糊控制器设计	159
习题 4	.....	165
第 5 章	现代控制技术	167
5.1	采用状态空间的输出反馈设计法	167
5.1.1	连续状态方程的离散化	168
5.1.2	最少拍无纹波系统的跟踪条件	168
5.1.3	输出反馈设计法的设计步骤	169
5.2	采用状态空间的极点配置设计法	172
5.2.1	按极点配置设计控制规律	172
5.2.2	按极点配置设计状态观测器	175
5.2.3	按极点配置设计控制器	179
5.2.4	跟踪系统设计	183
5.3	采用状态空间的最优化设计法	185
5.3.1	LQ 最优控制器设计	185
5.3.2	状态最优估计器设计	189
5.3.3	LQG 最优控制器设计	194
5.3.4	跟踪系统的设计	194
习题 5	.....	195
第 6 章	应用程序设计与实现技术	196
6.1	程序设计技术	196
6.1.1	模块化与结构化程序设计	197
6.1.2	面向过程与面向对象的程序设计	198
6.1.3	高级语言 I/O 控制台编程	199
6.2	测量数据预处理技术	200
6.2.1	误差自动标准	200
6.2.2	线性化处理和非线性补偿	201
6.2.3	标度变换方法	203
6.2.4	越限报警处理	204

6.2.5	量化误差来源	205
6.2.6	A/D、D/A 及运算字长的选择	207
6.3	数字控制器的工程实现	208
6.3.1	给定值和被控量处理	209
6.3.2	偏差处理	210
6.3.3	控制算法的实现	211
6.3.4	控制量处理	211
6.3.5	自动/手动切换	212
6.4	软件抗干扰技术	214
6.4.1	数字滤波技术	214
6.4.2	开关量的软件抗干扰技术	216
6.4.3	指令冗余技术	217
6.4.4	软件陷阱技术	217
	习题 6	218
第 7 章	人机接口技术与监控组态软件	219
7.1	人机接口技术	219
7.1.1	HMI/SCADA 的含义	219
7.1.2	基于 VB/V C++ 语言设计人机交互界面	220
7.2	监控组态软件概述	221
7.2.1	监控组态软件的体系结构及功能	221
7.2.2	几种典型的自动化组态软件	222
7.3	基于监控组态软件设计人机交互界面	223
7.4	实时数据库	225
7.4.1	实时数据库简介	225
7.4.2	实时数据库的结构	228
7.4.3	实时数据库应用的新领域——数据仓库	229
7.5	监控组态软件的 I/O 设备驱动	230
7.6	监控组态软件的网络通信功能	232
7.7	监控组态软件的控制功能	234
7.7.1	监控组态软件的控制功能概述	234
7.7.2	监控组态软件控制功能模块	235
7.7.3	监控组态软件的策略生成器	236
7.8	计算机控制系统中的数据交换技术	237
7.8.1	DDE 技术与应用	237
7.8.2	OPC 技术与应用	238



7.9	监控组态软件应用举例	241
7.9.1	应用组态软件设计监控系统的步骤	242
7.9.2	组态王软件应用工程分析	242
7.9.3	基于组态王软件的串联双容水箱液位监控系统设计	244
习题 7	.....	248
第 8 章	分布式测控网络技术	249
8.1	工业网络技术	249
8.1.1	工业网络概述	249
8.1.2	数据通信编码技术	257
8.1.3	网络协议及其层次结构	258
8.1.4	IEEE 802 标准	259
8.1.5	工业网络的性能评价和选型	260
8.2	基于串行总线的测控网络技术	262
8.2.1	RS-232/RS-422/RS-485 串行通信总线	262
8.2.2	RS-485 总线测控网络设计	265
8.2.3	RS-485 总线测控网络设计举例	267
8.3	分布式控制系统	270
8.3.1	DCS 概述	270
8.3.2	DCS 的分散过程控制级	274
8.3.3	DCS 的集中操作监控级	277
8.3.4	DCS 的综合信息管理级	279
8.4	现场总线控制系统	281
8.4.1	现场总线概述	282
8.4.2	CAN 总线技术	287
8.4.3	Profibus 总线技术	289
8.4.4	FF 现场总线技术	291
8.4.5	工业以太网	294
8.4.6	设计举例——基于 PLC 的 Profibus 测控网络	295
8.5	系统集成与集成自动化系统	297
8.5.1	系统集成的含义与框架	297
8.5.2	集成自动化系统的体系结构	299
8.6	综合自动化系统	303
8.6.1	企业综合自动化技术	303
8.6.2	五层 Purdue 模型	303
8.6.3	ERP/MES/PCS 三层结构	305
习题 8	.....	308

第 9 章 计算机控制系统设计与实现	309
9.1 系统设计的原则与步骤	309
9.1.1 系统设计的原则	309
9.1.2 系统设计的步骤	311
9.2 系统的工程设计与实现	313
9.2.1 系统总体方案设计	314
9.2.2 硬件的工程设计与实现	315
9.2.3 软件的工程设计与实现	317
9.2.4 系统的调试与运行	319
9.3 设计举例——啤酒发酵计算机过程控制系统	323
9.3.1 啤酒发酵工艺及控制要求	323
9.3.2 系统总体方案的设计	324
9.3.3 系统硬件和软件的设计	325
9.3.4 系统的安装调试运行及控制效果	328
9.4 设计举例——机器人计算机控制系统	329
9.4.1 PUMA560 机器人的结构原理	329
9.4.2 机器人运动学方程	330
9.4.3 机器人动力学方程	330
9.4.4 机器人手臂的独立关节位置伺服控制	331
参考文献	333

绪 论

随着科学技术的进步,人们越来越多地用计算机来实现控制系统,因此,充分理解计算机控制系统是十分重要的。我们可以把计算机控制系统看作是模拟控制系统的一种近似,但这种看法是相当贫乏的,因为它没有充分发挥计算机控制的潜力,最多只能获得与采用模拟控制时一样的控制效果。近年来,自动控制技术、计算机技术、网络与通信技术、检测与传感器技术、显示技术、电子技术的高速发展,给计算机控制技术带来了巨大的变革。人们利用这种技术可以完成常规控制技术无法完成的任务,达到常规控制技术无法达到的性能指标。

本章主要介绍计算机控制系统概述、计算机控制系统的分类以及计算机控制系统的发展概况和趋势。

1.1 计算机控制系统概述

在工程和科学技术领域,自动控制担负着重要角色。自动控制理论和技术的不断发展,为人们提供了获得动态系统最佳性能的方法,提高了生产率,并使人们从繁重的体力劳动和大量重复性的手工操作中解放出来。所谓自动控制,就是在没有人直接参与的情况下,通过控制器使生产过程自动地按照预定的规律运行。图 1-1 为自动控制系统原理框图。

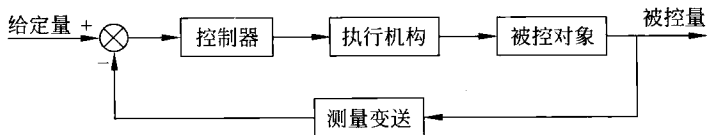


图 1-1 自动控制系统

典型的工业生产过程可分为三种:连续过程(continuous process)、离散过程(discrete process)和批量过程(batch process)。连续过程也称为流程工业,其产品一般都是流体,如液体、气体等。离散过程也称为制造业,其产品是“固态”、按件计量的,过程的输入输出变量为时间离散和幅度离散的量,如产品的数量、开关的状态等。批量过程是指间歇性多品种生产过程,其特点是连续过程和离散过程交替进行,配方的切换和生

生产工艺的改变是离散过程,而在确定了配方和生产工艺后的生产过程又是一个连续过程。

1.1.1 计算机控制系统

计算机控制系统就是利用计算机(通常称为工业控制计算机,简称工业控制机)来实现生产过程自动控制的系统。近年来,计算机已成为自动控制技术不可分割的重要组成部分,并为自动控制技术的发展和應用开辟了广阔的新天地。

1. 计算机控制系统的工作原理

为了简单和形象地说明计算机控制系统的工作原理,图 1-2 给出了典型的计算机控制系统原理框图。在计算机控制系统中,由于工业控制机的输入和输出是数字信号,因此需要有 A/D 和 D/A 转换器。从本质上看,计算机控制系统的工作原理可归纳为以下三个步骤。

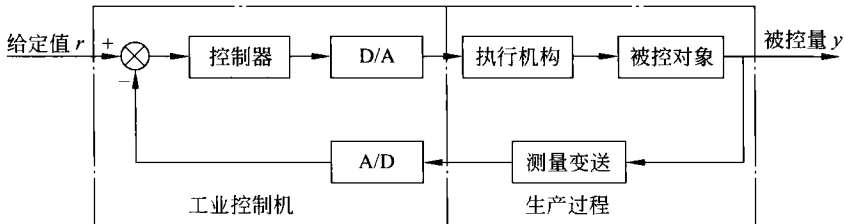


图 1-2 计算机控制系统原理图

- ① 实时数据采集: 对来自测量变送装置的被控量的瞬时值进行检测和输入。
 - ② 实时控制决策: 对采集到的被控量进行分析和处理,并按已定的控制规律,决定将要采取的控制行为。
 - ③ 实时控制输出: 根据控制决策,适时地对执行机构发出控制信号,完成控制任务。
- 上述过程不断重复,使整个系统按照一定的品质指标进行工作,并对被控量和设备本身的异常现象及时做出处理。

2. 在线方式和离线方式

在计算机控制系统中,生产过程和计算机直接连接,并受计算机控制的方式称为在线方式或联机方式;生产过程不和计算机相连,且不受计算机控制,而是靠人进行联系并做相应操作的方式称为离线方式或脱机方式。

3. 实时的含义

所谓实时,是指信号的输入、计算和输出都要在一定的时间内完成,亦即计算机对输入信息,以足够快的速度进行控制,超出了这个时间,就失去了控制的时机,控制也就失去了意义。实时的概念不能脱离具体过程,一个在线的系统不一定是实时系统,但一个实时控制系统必定是在线系统。

1.1.2 计算机控制系统的组成

计算机控制系统由计算机(工业控制机)和生产过程两大部分组成。图 1-3 给出了计算机控制系统的组成框图。工业控制机指按生产过程控制的特点和要求而设计的计算机,它包括硬件和软件两个组成部分。

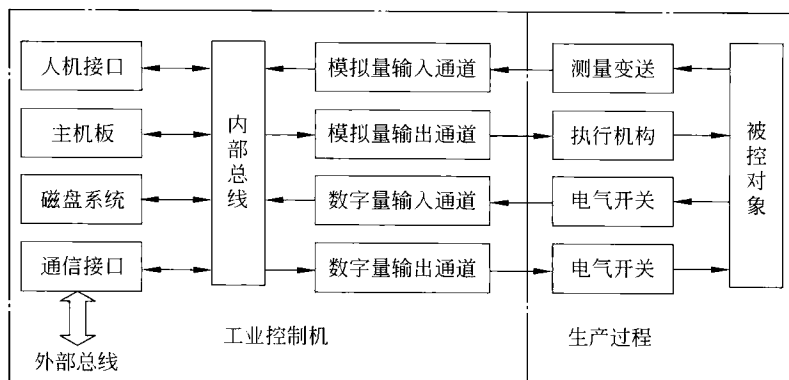


图 1-3 计算机控制系统的组成框图

生产过程包括被控对象和测量变送、执行机构、电气开关等装置,这些装置都有各种类型的标准产品,在设计计算机控制系统时,根据需要合理地选型即可。

1.1.3 常用的计算机控制系统主机

在计算机控制系统中,可编程序控制器、工控机、单片机、DSP、智能调节器等,都是常用的控制器,适应不同的应用要求。在工程实际中,选择何种控制器,应根据控制规模、工艺要求、控制特点和所完成的工作来确定。

1. 可编程序控制器(programmable controller, PC)

国际电工委员会(IEC)于 1982 年(第 1 版)和 1985 年(修订版)对 PC(也称 PLC)作了定义,其中修订版的定义为:PC 是一种数字运算操作的电子系统,专为在工业环境下应用而设。它采用可编程序的存储器,用来在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时、计数和算术运算等操作指令,并通过数字式或模拟式的输入与输出,控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备,都按易于与工业控制系统联成一个整体,易于扩充其功能的原则设计。

由于 PLC 是一种专为工业环境下设计的计算机控制器,具有可靠性高、编程容易、功能完善、扩展灵活、安装调试简单方便的特点。国内外生产 PLC 的厂家有很多,如德国西门子的 S 系列,日本的 OMRON 的 C 系列,日本三菱的 F、F1、F3、FX 系列。

2. 工控机(industrial personal computer, IPC)

工业控制机(简称工控机),是一种面向工业控制、采用标准总线技术和开放式体系



结构的计算机,配有丰富的外围接口产品,如模拟量输入输出模板、数字量输入输出模板等。广为流行的工控机总线有 PC 总线、ISA 总线、PCI 总线、STD 总线、VME 总线等。工控机具有可靠性高、可维修性好、环境适应性强、控制实时性强、输入输出通道完善、软件丰富等特点。

3. 嵌入式系统

根据国际电气与电子工程师协会(IEEE)的定义,嵌入式系统是“控制、监视或者辅助装置、机器和设备运行的设备”(原文为 devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants)。嵌入式系统是软件和硬件的综合体,其中嵌入式系统的核心是嵌入式微处理器。嵌入式处理器可以分成下面几类:

(1) 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器(micro processor unit, MPU)是具有 32 位以上的处理器,具有较高的性能。与计算机处理器不同的是,在实际嵌入式应用中,只保留和嵌入式应用紧密相关的功能硬件,去除其他的冗余功能部分,这样就以最低的功耗和资源实现嵌入式应用的特殊要求。与工业控制计算机相比,嵌入式微处理器具有体积小、重量轻、成本低、可靠性高的优点。目前主要的嵌入式处理器类型有 Am186/88、386EX、SC-400、Power PC、68000、MIPS、ARM/ Strong ARM 系列等。

(2) 嵌入式微控制器

嵌入式微控制器(micro controller unit, MCU)的典型代表是单片机。微控制器的最大特点是单片化,体积大大减小,从而使功耗和成本下降、可靠性提高。微控制器是目前嵌入式系统工业的主流。微控制器的片上外设资源一般比较丰富,适合于控制。比较有代表性的包括 8051、MCS-251、MCS-96、P51XA、C166/167、68K 系列以及 MCU 8XC930/931、C540、C541,并且有支持 I2C、CAN-Bus、LCD 及众多专用 MCU 和兼容系列。

(3) 嵌入式 DSP 处理器

嵌入式 DSP 处理器(embedded digital signal processor, EDSP)是专门用于信号处理方面的处理器,其在系统结构和指令算法方面进行了特殊设计,具有很高的编译效率和指令的执行速度。在数字滤波、FFT、谱分析等各种仪器上 DSP 获得了大规模的应用。

目前最为广泛应用的是 TI 的 TMS320C2000/C5000 系列,另外如 Intel 的 MCS-296 和 Siemens 的 TriCore 也有各自的应用范围。

(4) 嵌入式片上系统(system on chip, SoC)

SoC 最大的特点是成功实现了软硬件无缝结合,直接在处理器片内嵌入操作系统的代码模块。而且 SoC 具有极高的综合性,在一个硅片内部运用 VHDL 等硬件描述语言,可实现一个复杂的系统。

由于 SoC 往往是专用的,所以大部分都不为用户所知,比较典型的 SoC 产品是 Philips 的 Smart XA。少数通用系列如 Siemens 的 TriCore, Motorola 的 M-Core, 某些 ARM 系列器件, Echelon 和 Motorola 联合研制的 Neuron 芯片等。

4. 智能调节器

智能调节器是一种数字化的过程控制仪表,以微处理器或单片微型计算机为核心,具有数据通信功能,能完成生产过程 1~4 个回路直接数字控制任务,在 DCS 的分散过程控制级中得到了广泛的应用。智能调节器不仅可接受 4~20mA DC 电流信号输入的设定值,还具有异步通信接口 RS-422/485、RS-232 等,可与上位机连成主从式通信网络,发送接收各种过程参数和控制参数。

智能调节器在我国工业控制领域得到了广泛的应用,市场中常用的智能调节器国外的品牌有 SHIMADEN(日本岛电)、YAKOGAWA(日本横河)、HONEYWELL(美国霍尼韦尔)、OMRON(日本欧姆龙)以及 RKC(日本理化)等;国内的品牌有厦门宇光自动化科技有限公司(厦门宇光)的 AI 系列等。

1.2 计算机控制系统的典型形式

计算机控制系统所采用的形式,与生产过程的复杂程度密切相关,不同的被控对象和不同的要求,应有不同的控制方案。计算机控制系统大致可分为以下几种典型的形式。

1.2.1 操作指导控制系统

操作指导控制系统的构成如图 1-4 所示。该系统不仅具有数据采集和处理的功能,而且能够为操作人员提供反映生产过程工况的各种数据,并相应地给出操作指导信息,供操作人员参考。

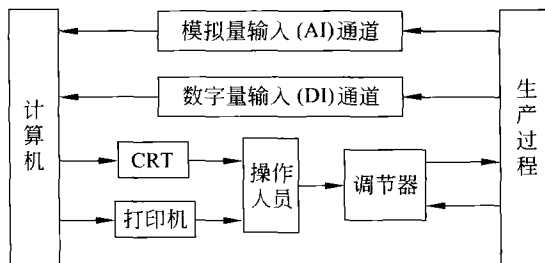


图 1-4 操作指导控制系统

该控制系统属于开环控制结构。计算机根据一定的控制算法(数学模型),依赖测量元件测得的信号数据,计算出供操作人员选择的最优操作条件及操作方案。操作人员根据计算机的输出信息,如 CRT 显示图形或数据、打印机输出等去改变调节器的给定值或直接操作执行机构。

操作指导控制系统的优点是结构简单,控制灵活和安全。缺点是要由人工操作,速度受到限制,不能控制多个对象。