



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

国家级精品课程配套教材

国家级精品资源共享课程配套教材

高等院校信息技术规划教材

微型计算机控制技术 (第3版)

于海生 等 编著



清华大学出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

国家级精品课

国家级精品资

全国普通高等

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3版)

于海生 丁军航 潘松峰 吴贺荣 于金鹏 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是普通高等教育“十二五”国家级规划教材、国家级精品课程教材、国家级精品资源共享课程教材、高等院校信息技术规划教材。本书以主流机型 ISA/PCI/PCI-E 总线工业控制机为控制工具,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。全书内容丰富,体系新颖,理论联系实际,实践性、工程性、系统性、集成性强。

本书可作为高等院校自动化类、电气类、电子信息类、计算机类、机械类、仪器类专业高年级本科生的教材,也可作为相关学科专业低年级研究生的教材,还可供有关科技人员参考。

本书配有电子教案,欢迎选用本书作教材的老师索取,索取邮箱:dingjunhang@163.com,也可以在清华大学出版社网站下载。

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. —3 版. —北京:清华大学出版社,2017
(高等院校信息技术规划教材)
ISBN 978-7-302-44901-0

I. ①微… II. ①于… III. ①微型计算机—计算机控制—高等学校—教材 IV. ①TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 201738 号

责任编辑:袁勤勇 徐跃进

封面设计:常雪影

责任校对:李建庄

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.75 字 数:580 千字

版 次:1999 年 3 月第 1 版 2017 年 5 月第 3 版 印 次:2017 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.50 元

产品编号:037505-01

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自动化类、电气类、电子信息类、计算机类、机械类、仪器类等专业的主干专业课程。

本书是普通高等教育“十二五”国家级规划教材、国家级精品课程教材、国家级精品资源共享课程教材、高等院校信息技术规划教材。本版主要是基于计算机控制技术的发展,利用工业界、科技界和教育界所取得的经验对第2版进行了修订。第1版曾获全国普通高等学校优秀教材二等奖(2002年),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。教材以主流机型ISA/PCI/PCI-E总线工业控制机为控制工具,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。教材第3版共分9章。第1章是绪论,介绍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章讨论计算机控制系统的输入输出接口与过程通道;第3章讨论数字控制技术,重点介绍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章讨论常规及复杂控制技术,主要介绍数字控制器的各种控制算法;第5章讨论现代控制技术,主要介绍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章讨论应用程序设计与实现技术;第7章讨论HMI/SCADA技术与监控组态软件;第8章讨论分布式测控网络技术;第9章讨论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,本书内容丰富,体系新颖,理论联系实际,实践性、工程性、系统性、集成性强。

全书的编写工作由于海生教授主持,于海生和丁军航统稿;第1、第3至第6、第8、第9章内容由于海生编写,丁军航提供部分素材;第2章第1节内容由潘松峰、于金鹏编写;第2章第2至第5节内

容由于海生编写;第3章第1、第2节内容由于海生编写;第3至第5节由于海生和吴贺荣编写;第7章内容由于海生、丁军航、吴贺荣编写。

本书得到了清华大学出版社的大力支持,在此表示衷心的感谢。由于编著者水平有限,书中难免有许多欠妥之处,诚请读者批评指正。

于海生

2017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	8
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	9
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	11
1.3.3 工业控制机的特点	20
1.4 计算机控制系统的发展概况和趋势	21
1.4.1 计算机控制系统的发展概况	21
1.4.2 计算机控制系统的发展趋势	24
习题	25
第 2 章 输入输出接口与过程通道	26
2.1 总线接口扩展技术	26
2.1.1 系统总线接口扩展技术	26
2.1.2 外部总线接口扩展技术	32
2.2 输入输出接口与过程通道设计原理	35
2.2.1 数字量输入接口与过程通道	35



2.2.2	数字量输出接口与过程通道	38
2.2.3	模拟量输入接口与过程通道	40
2.2.4	模拟量输出接口与过程通道	52
2.3	基于系统总线的计算机控制系统硬件设计	58
2.3.1	基于系统总线的硬件设计方案	58
2.3.2	系统总线板卡	58
2.4	基于外部总线的计算机控制系统硬件设计	64
2.4.1	基于外部总线的硬件设计方案	65
2.4.2	远程 I/O 模块	65
2.4.3	其他测控装置	69
2.5	硬件抗干扰技术	74
2.5.1	过程通道抗干扰技术	75
2.5.2	主机抗干扰技术	81
2.5.3	系统供电与接发技术	84
习题	89
第3章	数字控制技术	90
3.1	数字控制基础	90
3.1.1	数控技术发展概况	90
3.1.2	数字控制原理	91
3.1.3	数字控制方式	92
3.1.4	数字控制系统	93
3.1.5	数控系统的分类	94
3.2	运动轨迹插补原理	95
3.2.1	逐点比较法的直线插补	96
3.2.2	逐点比较法圆弧插补	100
3.2.3	数字积分插补法	104
3.3	进给速度与加减速控制	109
3.3.1	进给速度控制	109
3.3.2	加减速控制	110
3.4	电机驱动控制与位置伺服系统	114
3.4.1	电机驱动控制方式	114
3.4.2	位置伺服系统	121
3.5	多轴运动控制技术	125
3.5.1	PC+运动控制器/运动控制卡硬件方案	125
3.5.2	软件系统设计	126
3.5.3	数控系统设计举例——基于 PC 的多轴运动控制	129
习题	132

第 4 章 常规及复杂控制技术	133
4.1 控制系统的性能指标	133
4.1.1 稳态性能指标	133
4.1.2 动态性能指标	134
4.1.3 抗干扰性能	134
4.1.4 对控制作用的限制	134
4.2 数字控制器的连续化设计技术	135
4.2.1 数字控制器的连续化设计步骤	135
4.2.2 数字 PID 控制器的设计	138
4.2.3 数字 PID 控制器的改进	141
4.2.4 数字 PID 控制器的参数整定	146
4.3 数字控制器的离散化设计技术	151
4.3.1 数字控制器的离散化设计步骤	151
4.3.2 根轨迹法	152
4.3.3 最少拍控制器的设计	153
4.3.4 最少拍有纹波控制器的设计	157
4.3.5 最少拍无纹波控制器的设计	161
4.4 纯滞后控制技术	164
4.4.1 施密斯预估控制	164
4.4.2 达林算法	167
4.5 串级控制技术	171
4.5.1 串级控制的结构和原理	171
4.5.2 数字串级控制算法	172
4.5.3 副回路微分先行串级控制算法	172
4.6 前馈-反馈控制技术	174
4.6.1 前馈控制的结构和原理	174
4.6.2 前馈-反馈控制结构	175
4.6.3 数字前馈-反馈控制算法	177
4.7 解耦控制技术	178
4.7.1 解耦控制原理	180
4.7.2 数字解耦控制算法	182
4.8 模糊控制技术	183
4.8.1 模糊控制的数学基础	183
4.8.2 模糊控制原理	188
4.8.3 模糊控制器设计	192
习题	198

第 5 章 现代控制技术	200
5.1 采用状态空间的输出反馈设计法	200
5.1.1 连续状态方程的离散化	201
5.1.2 最少拍无纹波系统的跟踪条件	201
5.1.3 输出反馈设计法的设计步骤	202
5.2 采用状态空间的极点配置设计法	205
5.2.1 按极点配置设计控制规律	206
5.2.2 按极点配置设计状态观测器	208
5.2.3 按极点配置设计控制器	212
5.2.4 跟踪系统设计	216
5.3 采用状态空间的最优化设计法	218
5.3.1 LQ 最优控制器设计	219
5.3.2 状态最优估计器设计	223
5.3.3 LQG 最优控制器设计	227
5.3.4 跟踪系统的设计	228
习题	229
第 6 章 应用程序设计与实现技术	230
6.1 程序设计技术	230
6.1.1 模块化与结构化程序设计	230
6.1.2 面向过程与面向对象的程序设计	232
6.1.3 高级语言 I/O 控制台编程	233
6.2 测量数据预处理技术	234
6.2.1 误差自动标准	234
6.2.2 线性化处理和非线性补偿	236
6.2.3 标度变换方法	237
6.2.4 越限报警处理	238
6.2.5 量化误差来源	239
6.2.6 A/D、D/A 及运算字长的选择	241
6.3 数字控制器的工程实现	242
6.3.1 给定值和被控量处理	243
6.3.2 偏差处理	244
6.3.3 控制算法的实现	245
6.3.4 控制量处理	246
6.3.5 自动/手动切换	247
6.4 软件抗干扰技术	248

6.4.1	数字滤波技术	248
6.4.2	开关量的软件抗干扰技术	251
6.4.3	指令冗余技术	251
6.4.4	软件陷阱技术	252
	习题	252
第7章	人机接口技术与监控组态软件	254
7.1	人机接口技术	254
7.1.1	HMI/SCADA 的含义	254
7.1.2	基于 VB/VC++ 语言设计人机交互界面	255
7.2	监控组态软件概述	256
7.2.1	监控组态软件的体系结构及功能	256
7.2.2	几种典型的自动化组态软件	257
7.3	基于监控组态软件设计人机交互界面	258
7.4	实时数据库	260
7.4.1	实时数据库简介	260
7.4.2	实时数据库的结构	263
7.4.3	实时数据库应用的新领域——数据仓库	264
7.5	监控组态软件的 I/O 设备驱动	265
7.6	监控组态软件的网络通信功能	267
7.7	监控组态软件的控制功能	269
7.7.1	监控组态软件的控制功能概述	269
7.7.2	监控组态软件控制功能模块	270
7.7.3	监控组态软件策略生成器	271
7.8	计算机控制系统中的数据交换技术	272
7.8.1	DDE 技术与应用	272
7.8.2	OPC 技术与应用	273
7.9	监控组态软件应用举例	277
7.9.1	应用组态软件设计监控系统的步骤	277
7.9.2	组态王软件应用工程分析	277
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	279
	习题	283
第8章	分布式测控网络技术	284
8.1	工业网络技术	284
8.1.1	工业网络概述	284
8.1.2	数据通信编码技术	292

8.1.3	网络协议及其层次结构	293
8.1.4	IEEE 802 标准	295
8.1.5	工业网络的性能评价和选型	296
8.2	分布式控制系统	297
8.2.1	DCS 概述	297
8.2.2	DCS 的分散控制级	302
8.2.3	DCS 的集中监控级	305
8.2.4	DCS 的综合管理级	307
8.3	现场总线控制系统	310
8.3.1	现场总线概述	310
8.3.2	5 种典型的现场总线	315
8.3.3	FF 现场总线技术	318
8.4	工业以太网测控系统	320
8.4.1	工业以太网测控系统概述	320
8.4.2	工业以太网测控系统	322
8.5	系统集成与集成自动化系统	325
8.5.1	系统集成的含义与框架	325
8.5.2	集成自动化系统的体系结构	328
8.6	综合自动化技术	331
8.6.1	5 层 Purdue 模型	331
8.6.2	ERP/MES/PCS 三层结构	333
8.6.3	综合自动化系统的实现	336
习题	340
第 9 章	计算机控制系统设计与实现	341
9.1	系统设计的原则与步骤	341
9.1.1	系统设计的原则	341
9.1.2	系统设计的步骤	343
9.2	系统的工程设计与实现	346
9.2.1	系统总体方案设计	346
9.2.2	硬件的工程设计与实现	347
9.2.3	软件的工程设计与实现	349
9.2.4	系统的调试与运行	352
9.3	设计举例——啤酒发酵过程计算机控制系统	355
9.3.1	啤酒发酵工艺及控制要求	355
9.3.2	系统总体方案的设计	356
9.3.3	系统硬件和软件的设计	357
9.3.4	系统的安装调试运行及控制效果	361

9.4 设计举例——机器人计算机控制系统	361
9.4.1 PUMA560 机器人的结构原理	361
9.4.2 机器人运动学方程	362
9.4.3 机器人动力学方程	362
9.4.4 机器人手臂的独立关节位置伺服控制	363
参考文献	366

绪 论

随着科学技术的进步,人们越来越多地用计算机实现控制系统,因此,充分理解计算机控制系统是十分重要的。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程序运行。图 1-1 为自动控制系统原理框图。

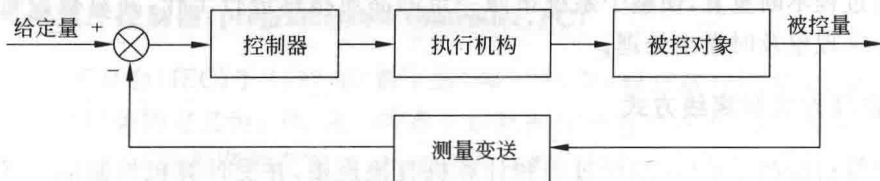


图 1-1 自动控制系统

典型的工业生产过程可分为 3 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 3 个步骤。

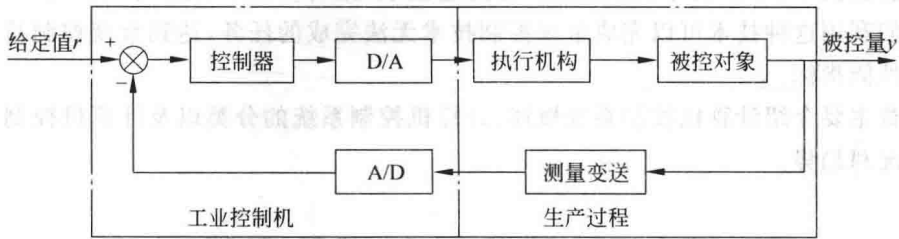


图 1-2 计算机控制系统原理图

- (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一个实时系统,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。工业控制机是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。

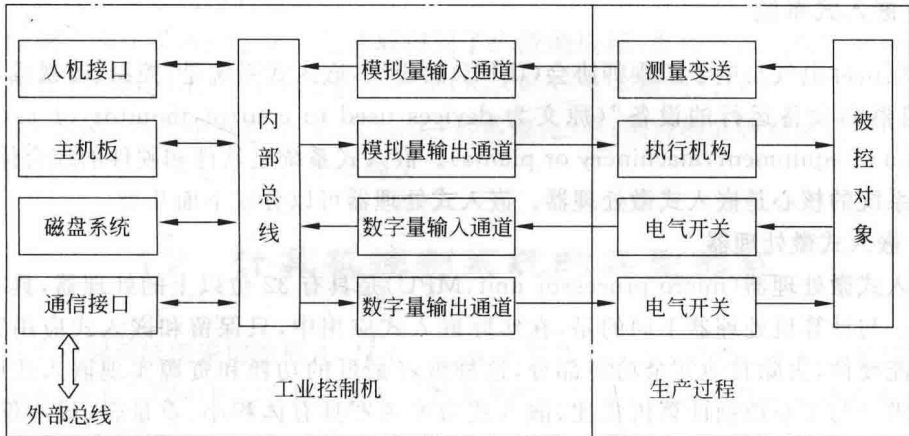


图 1-3 计算机控制系统的组成框图

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)做了定义,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版、数字量输入输出模版等。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,体积大幅减小,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) 数字信号处理器

数字信号处理器(digital signal processor, DSP)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,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电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。

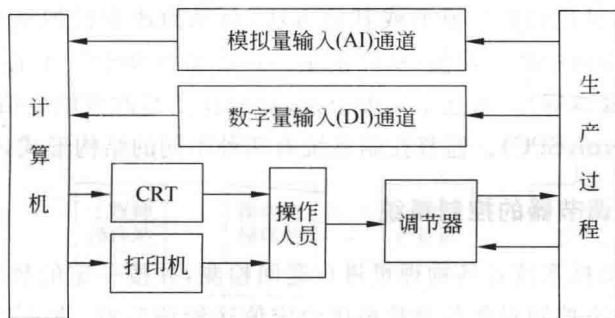


图 1-4 操作指导控制系统

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