

微型计算机控制技术

高等学校试用教材

微型计算机控制技术

华中工学院 黄一夫 主编

GAO DENG XUE
XIAO JIAO CAI

机械工业出版社

36-43
YF/1

机械工业出版社

本书比较系统地介绍了微型计算机控制系统的基本理论及应用技术。第一章介绍计算机控制的概念；第二章介绍接口及过程通道的硬、软件设计；第三章介绍顺序控制及数字程序控制；第四章介绍数字控制器的设计；第五章介绍微型计算机控制系统的设计；第六章介绍多微处理器控制系统；第七章介绍可靠性技术。

本书内容由浅入深，书中列举了许多实例，结合实例介绍理论及应用技术，便于读者掌握。每章附有习题，供读者练习之用。

本书既可作为高等院校自动化类及计算机应用等专业的教材，也可供从事微型计算机控制工作的工程技术人员参考。

微型计算机控制技术

华中工学院 黄一夫 主编

责任编辑：邱锦来 版面设计：张世琴

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）

（北京市书刊出版业营业许可出证第117号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 18 $\frac{1}{2}$ · 字数 451 千字
1988年6月北京第一版·1988年6月北京第一次印刷
印数 00,001—11,100 · 定价：3.10 元

ISBN 7-111-00175-3/TP·14(课)

前 言

本书是高等院校工业电气自动化专业的统编教材。它是以1983年全国高等工业学校自动化类教材编审委员会审定的《微型计算机控制技术》教学大纲为依据并参照1985年11月在合肥召开的自动化类教材编审委员会计算机应用编审小组扩大会议纪要的精神编写而成的。

本书是以微型计算机为控制工具，介绍计算机控制系统的基础知识和基本应用技术。

全书共分七章，教学时数为76学时。

第一章介绍计算机控制的一般概念；计算机控制系统的组成、特点；微型计算机的分类及应用领域。

第二章介绍计算机控制系统中连接计算机与控制对象的接口和过程通道的软、硬件及其设计的基本知识。

第三章介绍工业中常用的顺序控制及数字程序控制。其中特别着重介绍了数字程序控制中几种主要插补方式的工作原理及插补器和步进电机控制的程序编制。对于可编顺序控制器专门用一节加以介绍。

第四章介绍数字控制器的设计方法。其中包括模拟调节规律（PID）的数字化设计法和直接设计法及其程序实现。

第五章介绍微型计算机控制系统的设计步骤及软、硬件设计。并举出双闭环直流数字调速系统和电阻炉温度DDC系统作为典型实例进行分析介绍。

第六章介绍微型计算机控制系统的重要发展方向——多微处理器控制系统的结构形式及软件。

鉴于可靠性技术已日益受到国内外的重视，第七章通过介绍抗干扰措施、冗余技术、故障诊断技术，从实践和理论上对可靠性技术加以阐述。

本书是编者在华中工学院讲授《微型计算机控制技术》课程时，所编写的教材基础上加以充实改写而成。它是工业电气自动化专业的主要专业课程之一。在学习本课程时，应先学完《程序设计》、《微型计算机原理》、《反馈控制理论》、《现代控制理论基础》等课程；应掌握微型计算机的基本原理、各种指令、汇编语言、一般应用程序编制、接口芯片原理等内容；并具备分析和设计一般线性反馈控制系统的理论知识，以及矩阵代数及状态空间分析法的基本知识。

本书既可作为高等院校教材，也可供从事微型计算机应用工作的工程技术人员参考。

本书由华中工学院黄一夫主编。参加本书编写工作的有：程良铨（第1、2章）、赖寿宏（第三章§3-1~§3-4、第五章§5-1，§5-2，§5-4）、盛翊智（第四章、第五章§5-3，§5-5）、黄一夫（第三章§3-5，第六、七章、前言）。

南京工学院仇义杰担任本书的主审，东北工学院顾兴源、清华大学郑学坚、上海机械学院张岫云、合肥工业大学高忠麟、哈尔滨工业大学张晋格、上海第二工业大学章宇先、浙江工学院袁南儿、武汉工学院刘明兰等同志参加了本书的审稿会。审阅中提出了不少宝贵的意

IV

见，华中工学院陈锦江同志，自始至终，关心并指导本书的编写工作。

在此，对以上同志的辛勤劳动表示深切谢意。

在编写本书过程中，得到了华中工学院自动控制系工业电气自动化教研室和自动控制教研室的领导及有关同志的支持和帮助；书中还引用了各章参考文献所列论文和论著的有关部分。在此，亦向以上同志及作者表示谢意。

由于编者水平有限，时间又仓促，书中难免有错误和不当之处，敬请读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	1	§ 4-5 纯滞后系统中数字控制器的设计.....	152
§ 1-1 计算机控制系统的组成	1	§ 4-6 输出反馈设计法.....	156
§ 1-2 工业控制机的特点	3	§ 4-7 状态反馈设计法.....	163
§ 1-3 微型计算机控制系统分类	4	§ 4-8 状态观测器设计.....	167
§ 1-4 微型计算机控制系统的发展	7	§ 4-9 二次型性能最优设计方法.....	173
第二章 接口技术和输入输出通道	10	第五章 微型计算机控制系统设计	181
§ 2-1 概述	10	§ 5-1 控制系统设计的一般步骤.....	181
§ 2-2 并行与串行接口	16	§ 5-2 微型计算机控制系统的软件.....	186
§ 2-3 接口的扩展	26	§ 5-3 设计举例之一——双闭环直流数字 调速系统设计.....	203
§ 2-4 输入输出通道	38	§ 5-4 设计举例之二——电阻炉温度控制 系统.....	222
§ 2-5 信号采样	44	第六章 多微处理器控制系统.....	236
§ 2-6 数/模转换器.....	50	§ 6-1 概述.....	236
§ 2-7 模/数转换器.....	58	§ 6-2 多微处理器控制系统的结构形式.....	237
第三章 顺序控制与数字程序控制	70	§ 6-3 多微处理器系统的通讯.....	239
§ 3-1 概述	70	§ 6-4 多微处理器控制系统的软件.....	246
§ 3-2 顺序控制	70	§ 6-5 多微处理器控制系统应用举例.....	258
§ 3-3 数字程序控制	79	第七章 微型计算机系统的可靠性 技术	263
§ 3-4 数字程序控制系统举例.....	107	§ 7-1 概述.....	263
§ 3-5 可编程序控制器.....	113	§ 7-2 抗电磁干扰措施.....	264
第四章 数字控制器的设计	121	§ 7-3 冗余技术.....	268
§ 4-1 PID 控制规律的离散化设计	121	§ 7-4 故障诊断技术.....	276
§ 4-2 PID 数字控制器算法的改进	127	§ 7-5 软件可靠性技术.....	287
§ 4-3 PID 数字控制器的参数选择及设计 举例.....	135		
§ 4-4 数字控制器的直接设计方法.....	141		

第一章 绪 论

电子计算机的出现，在科学技术上引起了一场深刻的革命。特别是近年来半导体电路的高度集成化，其运行速度和工作可靠性的提高、成本的不断降低，使计算机广泛应用于工业、农业、国防以至日常生活的各个领域。电子计算机不仅在数据处理、科学计算等方面应用极广，而且在工业自动控制方面也得到越来越广泛的应用。由于微型计算机具有成本低、体积小、功耗少、可靠性高和使用灵活等特点，为实现分级计算机控制创造了良好的条件，其控制对象已从单一的工艺流程扩展到企业生产过程的管理和控制。随着微型计算机的推广使用，实现信息自动化与过程控制相结合的分级分布式计算机控制，创造大规模的工业自动化系统，使计算机控制技术的水平发展到一个崭新的阶段。

§ 1-1 计算机控制系统的组成

计算机控制系统是由计算机（通常称为工业控制计算机）和工业对象两大部分组成。

在工业领域中，自动控制技术已获得了广泛的应用。图 1-1 a 示出了按偏差进行控制的闭环控制系统。

图 1-1 a 中，测量元件对被控对象的被控参数（如温度、压力、流量、转速、位移等）进行测量；变换发送单元将被测参数变成电压（或电流）信号，反馈给控制器；控制器将反馈回来的信号与给定值进行比较。如有偏差，控制器就产生控制信号驱动执行机构工作，使被控参数的值达到预定的要求。

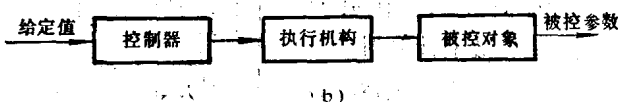
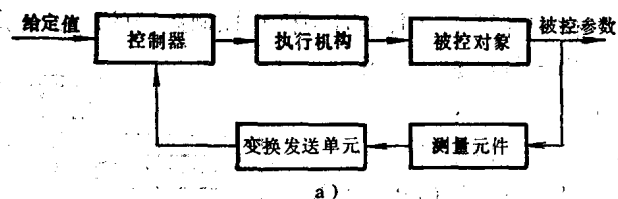


图1-1 控制系统的一般形式

a) 闭环控制系统框图； b) 开环控制系统框图

图 1-1 b 示出了开环控制系统，

它与闭环控制系统不同的是，它的控制器直接根据给定值去控制被控对象工作。被控制量在整个控制过程中对控制量不产生影响，它与闭环控制系统相比，控制性能要差。

由图 1-1 可以看出，自动控制系统的的基本功能是信号的传递、加工和比较。这些功能是由测量元件、变换发送单元、控制器和执行机构来完成的。控制器是控制系统中最重要的部分，它决定了控制系统的性能和应用范围。

如果把图 1-1 中的控制器用计算机来代替，这样就可以构成计算机控制系统，其基本框图如图 1-2 所示。如果计算机是微型计算机，就组成微型计算机控制系统。在微型计算机控制系统中，只要运用各种指令，就能编出符合某种控制规律的程序。微处理器执行这样的程序，就能实现对被控参数的控制。

在计算机控制系统中，由于计算机的输入和输出信号都是数字信号，因此在这样的控制

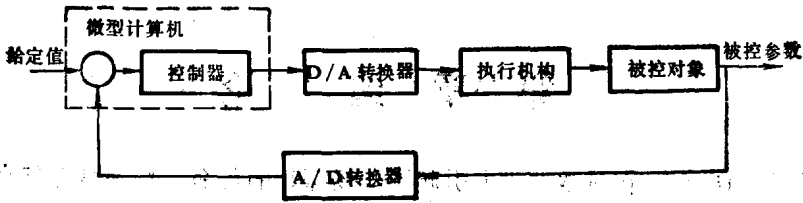


图1-2 计算机控制系统基本框图

系统中，需要有将模拟信号转换为数字信号的A/D转换器，以及将数字信号转换为模拟信号的D/A转换器。

计算机控制系统的控制过程通常可归结为以下二个步骤：

(1) 数据采集 对被控参数的瞬时值进行检测，并输给计算机。

(2) 控制 对采集到的表征被控参数的状态量进行分析，并按已定的控制规律，决定控制过程，适时地对控制机构发出控制信号。

上述过程不断重复，使整个系统能够按照一定的品质指标进行工作，并且对被控参数和设备本身出现的异常状态及时监督并作出迅速处理。

工业生产过程是连续进行的，应用于工业控制的微型计算机系统通常是一个实时控制系统，它包括硬件和软件两部分。

一、硬件组成

微型计算机（简称微型机）控制系统的硬件一般是由微型机、外部设备、输入输出通道和操作台等组成；如图1-3所示。

(一) 微型机

微处理器(μP)是微型计算机(μC)的中央处理器，它是微型计算机的核心，担负微型计算机运算器和控制器的功能。而微型机则是具有完整运行功能的计算机，它除了有相应的微处理器作为核心部件外，还应包括存贮器、输入/输出电路以及其它配套电路。在控制系统中，微型机完成程序存贮、程序执行等。即进行必要的数值计算、逻辑判断和数值处理等工作。

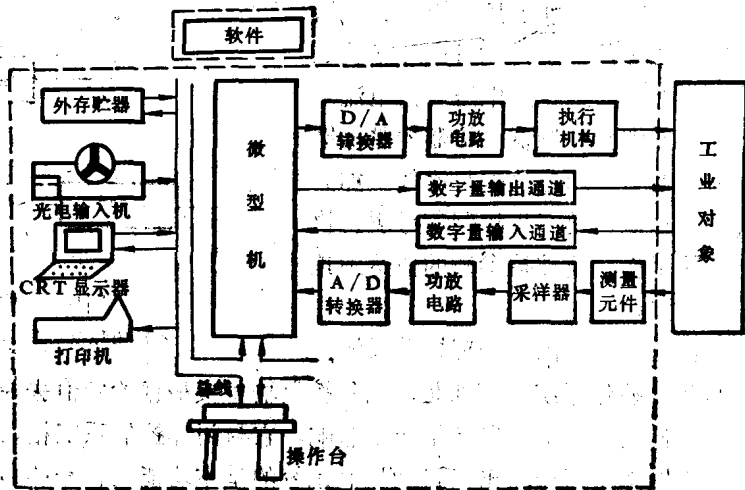


图1-3 微型计算机控制系统的基本组成

(二) 外部设备

实现微型机和外界交换信息的功能的设备称为外部设备(简称外设)。外部设备包括人-机通信设备、输入/输出设备和外存贮器等。

输入设备主要用来输入程序和数据，常用的输入设备有键盘、光电输入机等。

输出设备主要用来把各种信息和数据提供给操作人员，以便及时了解控制过程的情况。

常用的输出设备有打印机、记录仪、显示器（数码显示器或 CRT 显示器），纸带穿孔机等。

外存贮器（简称外存），如磁带装置、磁盘装置，兼有输入、输出功能，主要用于存贮系统程序和数据。

（三）输入输出通道

输入输出通道是计算机和生产过程之间设置信息传递和变换的连接通道，它的作用有：一方面将工业对象的生产过程参数取出，经传感器（一次仪表）变换成计算机能够接受和识别的代码。另一方面将计算机输出的控制命令和数据，经过变换后作为操作执行机构的控制信号，以实现生产过程的控制。

输入输出通道一般分为：模拟量输入通道、模拟量输出通道、开关量输入通道、开关量输出通道。它们的详细情况后面将有专门章节叙述。

自动化仪表则包括测量元件、检测仪表、显示仪表、调节仪表、执行机构等。直接将输入输出通道与工业对象发生联系。

（四）操作台

操作台是操作人员用来与微型机控制系统进行“对话”的，其基本功能如下：

（1）有显示装置，如显示屏幕或荧光数码显示器，以显示操作人员要求显示的内容或报警信号。

（2）有一组或几组功能板键，板键旁应有标明其作用的标志或字符，扳动板键，微型机就能执行该标志所标明的动作。

（3）有一组或几组送入数字的板键，用来送入某些数据或修改控制系统的某些参数。

（4）操作人员即使操作错误，也不应造成严重后果。操作台有多种形式，键盘式是常用的一种形式，有时把它和微型机控制台结合在一起。

二、计算机控制系统的软件

软件是指计算机控制系统的程序系统。软件通常分为两大类：一类是系统软件，另一类是应用软件。

系统软件包括程序设计系统、诊断程序、操作系统以及与计算机密切相关的程序。带有一定的通用性，由计算机制造厂提供。

应用软件是用户根据要解决的实际问题而编写的各种程序。在微型机控制系统中，每个控制对象或控制任务都配有相应的控制程序，用这些控制程序来完成对各个控制对象的不同要求。这种为控制目的而编制的程序，通常称为应用程序。这些程序的编制涉及到生产工艺、生产设备、控制工具、控制规律的深入理解。首先要建立符合实际的数学模型，确定控制算法和控制功能，然后将其编成相应的程序。

计算机控制系统随着硬件技术的日臻完善，对软件提出了越来越高的要求。只有软件和硬件相互间有机的配合，才能充分发挥计算机的优势，研制出完善的计算机控制系统。

§ 1-2 工业控制机的特点

数字计算机的运算和逻辑功能，可以有效地满足当代复杂生产过程的控制要求。用于生产过程控制的数字计算机，通常称为生产过程控制用计算机系统（简称工业控制机）。

工业控制机一般有以下特点：

1. 工业控制机的可靠性和可维修性是两项非常重要的因素，它们决定着系统在控制上的可用程度。用计算机控制连续性生产过程要求高度可靠。

可靠性的简单含义是指设备在规定的时间内运行不发生故障。为此需采用可靠性技术来解决。

为了实现高度的可用性，可维修性是重要的。设计应该使系统通过相同电子线路的集装件的替换而得到快速修理。另外，维修工业控制机必须有诊断程序，这些程序能在闲余时间里，通过检验和测试计算机的不同部位来确定故障。

2. 环境的适应性强 工业控制机除特殊要求外，一般应用在生产现场，易受环境条件，如强电流、强磁场、腐蚀性气体、灰尘、温度变化的影响，这些都会影响计算机的可靠性和使用寿命。

3. 控制的实时性 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处理，并在一定的时间内作出反应或进行控制，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。为此，工业控制机必需配有实时时钟和完善的中断系统。

4. 较完善的输入输出通道 为了对生产装置和生产过程进行控制，计算机经常不断地与被控制的工业对象交换信息。通常，需要配备较完善的输入输出通道，如模拟量输入、开关量输入、模拟量输出、开关量输出、人-机通信设备等。

5. 较丰富的软件 工业控制机应配备有比较完整的操作系统，和适合生产过程控制的应用程序，使机器的操作简单、使用合理、控制性能高。

6. 适当的计算机精度和运算速度 一般工业对象，对于精度和运算速度要求并不苛刻。通常字长为8~32位，速度在每秒几万次至100万次，内存容量为4k~64k等。但随着自动化程度的发展，对于精度和运算速度的要求也在不断提高，应根据具体的应用对象及使用方式，选取合适的机型。

§ 1-3 微型计算机控制系统分类

一、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。该控制系统属开环控制型结构。这时微型机的输出部分与生产过程的各个控制单元不直接发生联系，控制动作实际上由操作人员接受计算机指示去完成。

微型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。

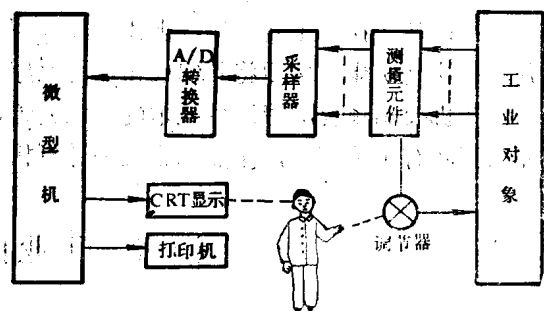


图1-4 操作指导控制系统组成框图

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。它常用于进行数据检测处理及用于试验新的数学模型和调试新的控制程序等。

二、直接数字控制系统

直接数字控制系统 DDC (Direct Digital Control) 的构成如图 1-5 所示。微型机通过测量元件对一个或多个物理量进行巡回检测，经采样、A/D 转换为数字量，并根据规定的控制规律进行运算，然后发出控制信号直接去控制执行机构，使各个被控量达到预定的要求。

DDC 系统中的微型机参加闭环控制过程。它不仅能完全取代模拟调节器，实现多回路的 PID (比例、积分、微分) 调节，而且不需改变硬件，只通过改变程序就能有效地实现较复杂的控制，如前馈控制、非线性控制、自适应控制、最优控制等。

DDC 系统是计算机用于工业生产控制的最典型的一种系统。在 DDC 系统中使用微型机作为数字控制器，在热工、化工、机械、冶金等部门已获得广泛应用。

三、监督控制系统

监督控制系统 (Supervisory Computer Control) 简称 SCC 系统，其构成如图 1-6 所示。在直接数字控制系统中，是用微型机代替模拟调节器进行控制的。而在计算机监督控制系统中，则是由计算机按照描述生产过程的数学模型，计算出最佳给定值送给模拟调节器或者 DDC 微型机。最后由模拟调节器或 DDC 微型机控制生产过程，从而使生产过程始终处于最优工况。

SCC 系统较 DDC 系统更接近生产变化实际情况，它不仅可以进行给定值控制，同时还可以进行顺序控制、最优控制等。它是操作指导控制系统和 DDC 系统的综合与发展。

监督控制系统有两种不同的结构形式。一种是 SCC+模拟调节器，另一种是 SCC+DDC 控制系统。

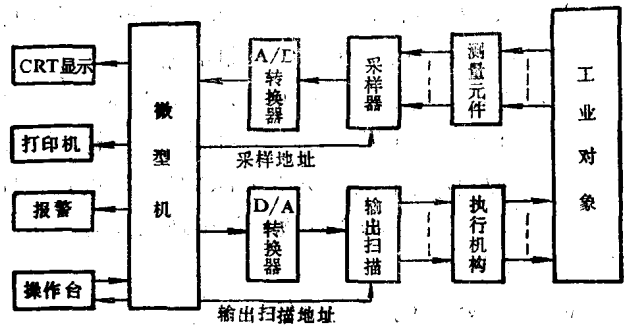


图1-5 直接数字控制系统组成框图

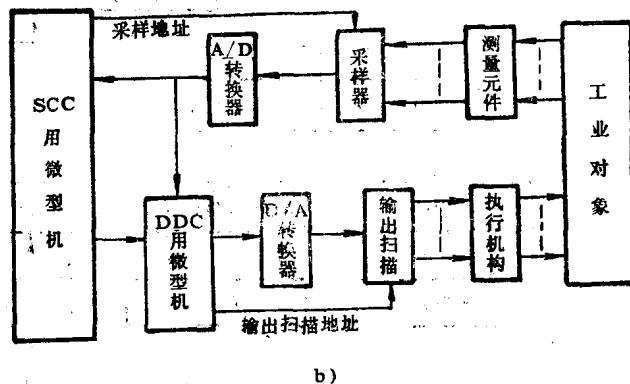
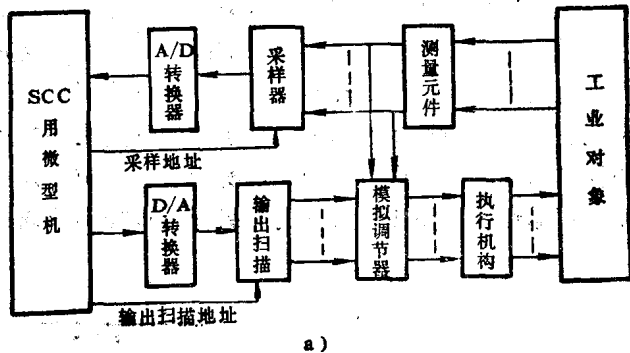


图1-6 监督控制系统的两种结构形式

a) SCC+模拟调节器系统 b) SCC+DDC控制系统

(一) SCC 加上模拟调节器的控制系统

该系统原理图如图 1-6 a 所示。在此系统中，由微型机系统对各物理量进行巡回检测，并按一定的数学模型，计算出最佳给定值并送给模拟调节器。此给定值在模拟调节器中与检测值进行比较后，其偏差值经模拟调节器计算后输出到执行机构，以达到调节生产过程的目的。当 SCC 微型机出现故障时，可由模拟调节器独立完成操作。

(二) SCC 加上 DDC 的控制系统

该系统原理图如图 1-6 b 所示。这实际上是一个二级控制系统，一级为监控级 SCC，其作用与 SCC+ 模拟调节器系统中的 SCC 一样，完成车间或工段高一级的最优化分析和计算，并给出最佳给定值，送给 DDC 级微型机直接控制生产过程。两台计算机之间通过接口进行信息联系，当 DDC 级微型机出现故障时，可由 SCC 级微型机代替，因此，大大提高了系统的可靠性。

四、分级计算机控制系统

由于生产过程中既存在控制问题，也存在大量的管理问题。过去，由于计算机价格高，复杂的生产过程控制系统往往采取集中控制方式，以便对计算机充分利用。这种控制方式由于任务过于集中，一旦计算机出现故障，将会影响全局。价廉而功能完善的微型计算机的出现，则可以由若干台微处理器或微型计算机分别承担部分任务，这种分级（或分布式）计算机系统有代替集中控制的趋势。该系统的特点是将控制功能分散，用多台计算机分别执行不同的控制功能，既能进行控制又能实现管理。由于计算机控制和管理的范围缩小，使用灵活方便，可靠性高。图 1-7 所示的分级计算机控制系统是一个四级系统，各级计算机的功能如下：

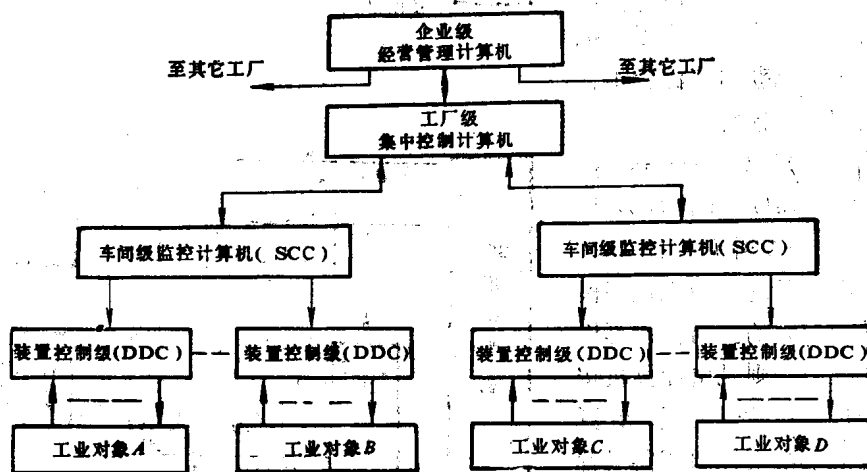


图1-7 分级计算机控制系统

装置控制级(DDC级) 它对生产过程或单机进行直接控制，如进行 PID 控制或前馈控制，使所控制的生产过程在最优化的工况下工作。

车间监督级(SCC级) 它根据厂级下达的命令和通过装置控制级获得的生产过程的数据，进行最优化控制。它还担负着车间内各工段间的工作协调控制及担负对 DDC 级进行监督。

工厂集中控制级 它根据上级下达的任务和本厂情况，制定生产计划、安排本厂工作、进行人员调配及各车间的协调。并及时将 SCC 级和 DDC 级的情况向上级反映。

企业管理级 制定长期发展规划、生产计划、销售计划，发命令至各工厂，并接受各工厂、各部门发回来的信息，实行全企业的总调度。

§ 1-4 微型计算机控制系统的发展

一、计算机控制系统的发展过程

1946年世界上第一台电子计算机 ENICA 正式使用以来，数字计算机在世界各国得到极大的重视和迅速的发展。七十年代微型计算机的推广，标志着计算机的发展和应用进入了新的阶段。

计算机技术的发展给控制系统开辟了新的途径。现代控制理论以及各种新型控制规律和组合控制规律的发展又给自动控制系统增添了理论支柱。经典的和现代的控制理论与计算机相结合，出现了新型的计算机控制系统。

用计算机来控制生产过程，从美国工业控制机的发展和应用来看，大体上经历了三个阶段：1965年以前是试验阶段。早在1952年，化工生产中实现了自动测量和数据处理。1954年开始用计算机构成开环系统。1957年采用计算机构成的闭环系统开始应用于石油蒸馏过程的调节。1959年在美国一个炼油厂建成第一台闭环计算机控制装置。1960年在合成氨和丙烯晴生产过程中实现了计算机监督控制。

1965年到1969年是计算机控制进入实用和开始逐步普及的阶段。由于小型计算机的出现，使可靠性不断提高，成本逐年下降，计算机在生产过程中的应用得到了迅速的发展。但这个阶段仍然主要是集中型的计算机控制系统。经验证明，在高度集中控制时，若计算机出现故障，将对整个生产装置和整个生产系统带来严重影响。虽然采用多机并用的方案，可以提高集中控制的可靠性，但这样就要增加投资。

1970年以来为大量推广和分级控制阶段。现代一些工业的特点是高度连续化、大型化，装置与装置、设备与设备之间的联系日趋密切。因此，为了降低能量消耗、提高产品质量和数量，仅仅实现局部范围内的孤立的控制，是难以取得显著效果的。为了实现对现代化工业企业的综合管理和最优控制，已开始运用系统工程学的方法来实现大规模综合管理系统。这种控制系统通常不是由一台计算机或数台独立的、相互无关的小型机来进行控制的，而是由大、中、小型计算机组合起来，形成计算机系统。在这种采用了分段结构的计算机控制系统中，按照计算机各自的特点，在充分发挥各自的潜力下，形成分级控制。近几年来，微型计算机具有可靠性高、价格便宜、使用方便等优点，为分级计算机控制的发展创造了良好的条件。

二、微型计算机控制系统的发展趋势

微型计算机控制系统的发展是与组成该控制系统的核心部分——微型机的发展紧密相连的。

微型机和微处理器自从70年代崛起以来，发展极为迅猛：芯片的集成度越来越高；半导体存贮器的容量越来越大；控制和计算性能，几乎每两年就提高一个数量级；另外大量新型接口和专用芯片不断涌现、软件的日益完善和丰富，大大扩大了微型计算机的功能，这为促

进微型计算机控制系统的发展创造了有利的条件。

目前,微型计算机控制系统的发展趋势有如下两个方面:

1. 普及工业用可编程序控制器(简称PC)的应用 工业用可编程序控制器,是采用微型机芯片,根据工业生产特点而发展起来的一种控制器,它具有下述特点:

(1) 可靠性高,有较强的抗干扰能力,便于工业现场使用,一旦出现故障,具有停电保护、自诊断等功能。

(2) 采用功能模块化结构,可根据要求,进行组合和扩充。

(3) 具有独立的编程器,编程简单、易于掌握。

(4) 价格低廉。

近年来,由于开发了具有智能I/O模块的PC,它可以将顺序控制和过程控制结合在一起、实现对生产过程的控制。可以预料,进一步完善和系列化的PC将作为下一代通用控制设备,大量地应用在工业生产自动化系统中。

2. 提高控制性能,采用新型的控制系统 采用集散控制系统是微型计算机控制系统的发展趋势之一。集散控制系统是分散型综合控制系统(Total Distributed Control Systems)或分散型微处理器控制系统(Distributed Microprocessor Control Systems)的简称。

现代工业过程对控制系统的要求已不局限于能实现自动控制,还要求工业过程能长期在最佳状态下运行。对一个规模庞大、结构复杂、功能综合、因素众多的工程大系统,要解决生产过程综合自动化的问题。

图1-8是集散控制系统的组成框图。它以微型计算机为核心,把微型机、工业控制计算机、数据通信系统、显示操作装置、输入/输出通道、模拟仪表等有机地结合起来,采用组合组装式结构组成系统,为实现工程大系统的综合自动化创造了条件。

从图中可以看到,它是一种典型的分级分布式控制结构。管理计算机完成制定生产计划、产品管理、财务管理、人员管理以及工艺流程管理等功能。监控计算机通过协调各基本控制器的的工作,达到过程的动态最优化。基本控制器则完成过程的现场控制任务。CRT操作站是显示操作装置,完成人-控制系统-过程的接口任务。自动控制方式的设定值,可由操作人员在数据输入板DEP上设定。数据采集器用来收集现场控制信息和过程变化的信息。

集散控制系统既有计算机控制系统控制算式先进、精度高、响应速度快的优点,又有仪表控制系统安全可靠、维护方便的优点。

集散控制系统有如下几个发展动向值得注意:

(1) 微型计算机在集散控制系统中的地位越来越重要。这一方面是由于微型计算机的功能不断加强,它能完成更多、更复杂的控制任务;另一方面是由于分级分布式控制结构的使用,使下级处理能力提高,减少了对上级计算机的功能要求。目前,在直接控制级都用微

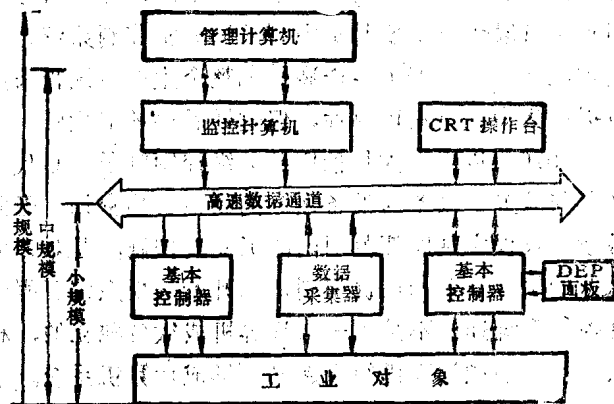


图1-8 集散控制系统组成框图

型机，并且开始在过程监控级使用高性能的微型计算机。今后随着微型计算机向阵列化发展，整个系统“全微机化”也是完全有可能的。

(2) 集散控制系统向小规模发展，单回路控制器发展迅猛。前期开发的集散系统，大多数是多回路的，一般是16个回路以上。八十年代后，出现了只控制1~2个回路的单回路的控制器，因为控制的回路数越少，危险就越分散，可靠性、维护性就越好，所以它在过程控制系统中的应用引起了人们的注目。如果单回路控制器的各种功能特别是数据通信功能得到改善的话，它将成为今后集散系统发展的主要方向。

(3) 存贮器将在今后得到改进，主要是保证随机读写存贮器在失电时能保持信息。随着数字式检测器和执行器越来越广泛应用，有可能省去D/A、A/D转换环节，简化调节器结构。

(4) 通信功能和人-机联系功能将进一步加强。今后将用光导纤维代替高速数据通道进行通信，并统一通信规程。CRT操作台则在简化操作、减少可能发生误操作及提高操作台自身可靠性等方面取得进展，并逐步发展标准的CRT显示画面，允许用户编写显示格式，还可能采用光笔、操作杆等简化键盘。随着控制算法固化的进一步发展，将会促使过程控制语言的发展和普及使用。

第二章 接口技术和输入输出通道

§ 2-1 概 述

接口技术是研究微处理器和外部设备之间如何交换信息的技术，它在微型计算机控制系统中占有很重要的地位。外界的各种数据和信息通过输入设备送到微处理器，而微处理器将计算结果或控制信号输出给输出装置，以便显示、打印和实现各种操作。系统在运行中，信息的交换是频繁发生的。因此如何提高输入输出信息的效率，如何使微处理器适应外部设备的要求，使整个微型计算机系统工作灵便，效率提高，是设计和使用微型计算机系统所必须考虑的问题。

外部设备是多种多样的，有机械式的、机电式的或电子式的等等。其输入信号，可以是数字信号，也可以是模拟信号。输入信号的速率也相差很大。例如，手动的键盘输入，每个字符的输入间隔可达数秒；电传打字机每秒钟需传送 100 位信息；而软磁盘则每秒钟传送 250000 位或更多位。这样，当外部设备与微型机系统相连接时，必须设计一套介于微处理器和外部设备之间的 I/O 接口电路。绝大多数微处理器是用同一数据总线与存贮器和输入/输出设备交换信息的。问题是数据总线上的信息是送往存贮器，还是送往接口输出寄存器？若有众多的接口输出寄存器到底是送往哪一个？同样，输入数据总线的信息也要解决是从哪里来的问题。下面分别对这些问题进行讨论。

一、输入/输出接口的编址方式

输入输出接口有两种编址方式：一种是存贮器统一编址方式，另一种是 I/O 接口编址方式。

(一) 存贮器统一编址方式

这种编址方式是把所有的 I/O 接口都当作存贮单元来对待。每个外部设备都给予相应的一个或几个 16 位地址号。这样，对某一外部设备进行输入输出操作，就象对某一个存贮单元进行读、写操作一样，仅仅是地址号不同而已。因此，所有的访内指令均同样适用于对 I/O 端口的操作。这种编址方式不必区分是 I/O 操作还是访内操作，指令系统中不必再设输入输出指令，M6800 及 6502 微处理器就是典型的例子。

一种简单、常用的存贮器统一编址方式是用地址最高位 A_{15} 作为选择线来实现的。当 $A_{15} = 0$ 时，以 $A_0 \sim A_{14}$ 作为 32kB 内存地址空间；当 $A_{15} = 1$ 时，以 $A_0 \sim A_{14}$ 作为 32kBI/O 接口地址空间，图 2-1 a、b 分别是 8080A 系统和 Z-80 系统存贮器统一编址时部分控制信号的连接方法。

存贮器统一编址方式的优点是：用于存贮器存取的访内指令可以用来处理输入/输出，而不使用专用的 I/O 指令。在微处理器的指令系统中，存贮器指令比 I/O 指令多得多，而且功能强，使用灵活，这就给程序设计带来了方便。例如，利用存贮器指令可以直接对 I/O 接口中的数据完成算术、逻辑运算，而不必经过中间寄存器等。

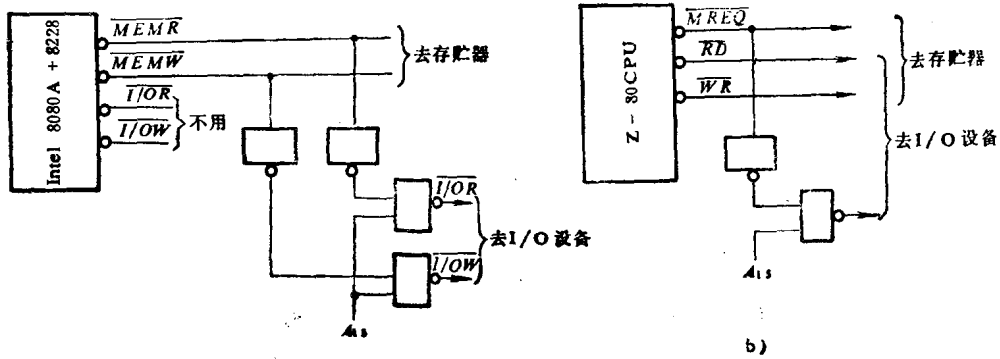


图2-1 Intel 8080A和Z-80存储器统一编址
a) Intel 8080A系统 b) Z-80系统

但统一编址的 I/O 端口占用了存储器地址，每个 I/O 操作需全字长地址译码，整个指令执行时间较长，程序中较难区分 I/O 操作。

(二) I/O 接口的编址方式

这种编址方式是将存储器地址空间和 I/O 接口地址空间分开设置，互不影响。存储单元可以利用地址总线 $A_0 \sim A_{15}$ ，配合访问内存操作信号(如 Z-80 的 \overline{MREQ})，即可产生 64kB 的地址空间；地址总线低 8 位 $A_0 \sim A_7$ ，配合 I/O 操作信号(如 Z-80 的 \overline{IORQ})，即可产生 256 个端口地址，再配合读、写操作信号 \overline{RD} 、 \overline{WR} 就可以对选中的 I/O 端口进行输入或输出操作。图 2-2 为 Z-80 系统 I/O 接口编址的连接方式。

I/O 接口编址方式的优点是：

- (1) 由于采用了单独的 I/O 指令，所编制的程序易于区分，比较清晰；
- (2) I/O 指令执行时间短，译码电路也较简单；
- (3) 由于 I/O 端口和存储器地址彼此分开，输入输出时容易安排应答联系信号，硬件设计比较简单。

这种方式的缺点是：

- (1) 专用 I/O 指令的功能有限，输入和输出数据都必须经过累加寄存器 A，然后才能进行算术逻辑运算。
- (2) 由于采用了专用的 I/O 周期和专用的 I/O 控制线，增加了微处理器本身控制逻辑的复杂性。

二、输入/输出数据的传送方式

(一) 输入/输出信号的种类

外部设备与 CPU 之间交换信息，如图 2-3 所示，通常需要有以下一些信号：

1. 数据 在微型机中，数据通常为 8 位或 16 位，它一般分为三个基本类型：

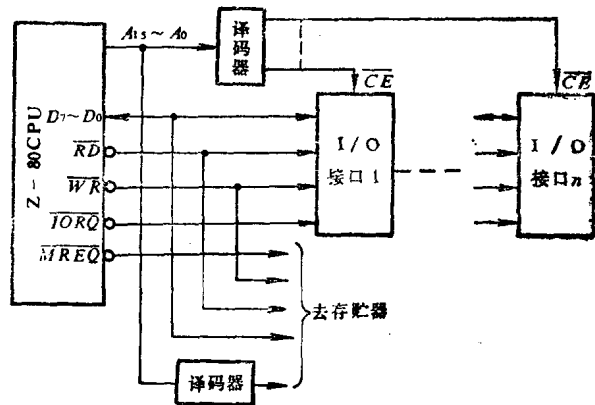


图2-2 Z-80 I/O 端口编址信号

(1) 数字量。由键盘、光电输入机、卡片机等读入的信息一般是以二进制形式表示的数或以 ASCII 码表示的数或字符。

(2) 模拟量。当微处理器用于控制时，大量的现场信息经过传感器把非电量（例如温度、压力、流量、位移等）转换为电量，经过放大，即转换为连续变化的模拟电压或电流，这些模拟量必须先经过 A/D 转换才能输入计算机；当执行机构需要用模拟量控制时，计算机的控制输出也必须经过 D/A 转换。

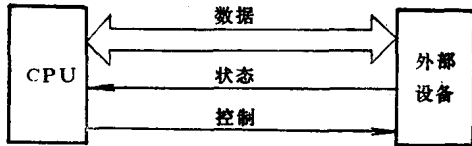


图2-3 CPU与外设间传送的信息

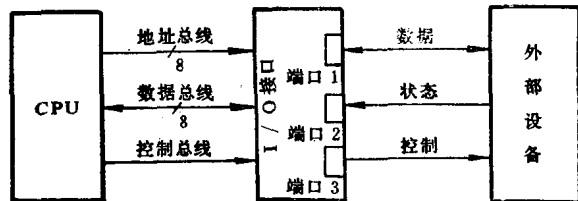


图2-4 CPU与外设之间的接口

(3) 开关量。这是一些两个状态的量，如电机的启动和停止，开关的闭合与断开，阀门的打开和关闭，继电器触点的接通与断开等。这些量只用一位二进制数即可表示，故字长 8 位的机器一次输入或输出可控制 8 个这样的开关量。

2. 状态信息 在输入时，CPU 先输入状态信息，检查数据是否准备就绪 (READY) 的状态信号，当数据准备就绪后才输入数据。在输出时，当 CPU 输入这个信息后，得知外部设备有空，于是执行输出。若输出装置正在输出信息，则以 BUSY 为高电平告知 CPU。

3. 控制信息 用来控制输入输出装置启动或停止等信息。

状态信息和控制信息与数据是不同性质的信息，必须分别传送。但在大部分微型机中（如 Z-80），只有通用的 IN 和 OUT 指令，因此它的状态也必须作为一种数据输入；而 CPU 的控制命令，也必须作为一种数据输出。为了使它们相互间区分开，它们必须有自己的不同端口地址，如图 2-4 所示。

I/O 接口包括若干个端口。数据端口用来传送数据，状态端口用来传送外设的状态信息。通常一个外设的数据端口为 8 位，而状态与控制端口只用其中的一位或两位，故不同的外设的状态或控制信息可共用一个端口。

(二) CPU 和外设数据传送的控制方式

CPU 与外设交换数据可以有以下三种控制

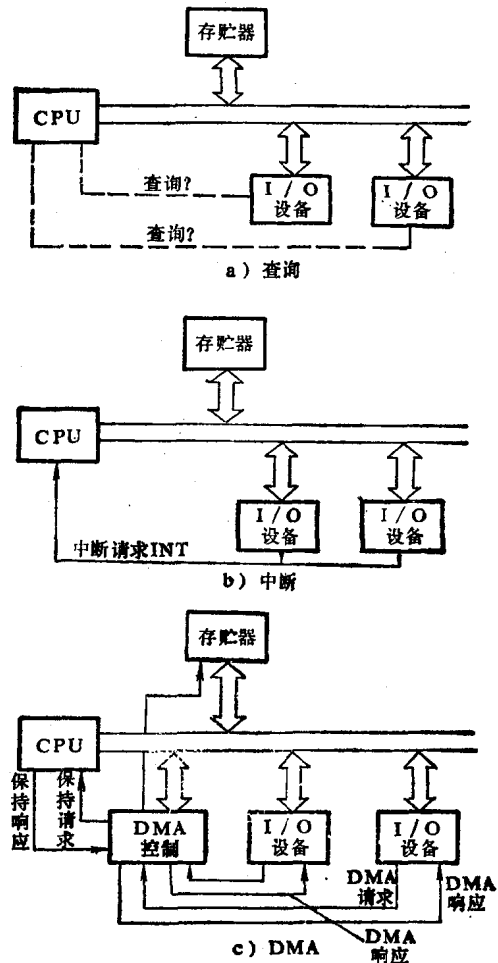


图2-5 I/O 控制的三种方式