

微型计算机应用丛书

微型计算机过程控制

何克忠 郝忠恕 编著



国防工业出版社

微型计算机应用丛书

微型计算机过程控制

何克忠 郝忠恕 编著

国防工业出版社

(京)新登字106号

内 容 简 介

本书是微型计算机应用丛书之一，它系统地介绍了微型计算机过程控制系统。全书共八章，介绍了微型计算机控制系统的结构、组成；微型计算机控制通道及接口技术；微型计算机控制系统的分析方法和设计方法，也介绍了分布式控制系统以及计算机辅助设计在控制中的应用。

书中将控制理论与微型机技术相结合，列举了在工业中广泛应用的微机控制系统实例。可作为大专院校的教学参考书，亦可作为从事微机应用的工程技术人员、技术管理人员的参考书。

微型计算机应用丛书——微型计算机过程控制

何克忠 郝忠恕 编著

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码100044)

新华书店经售

北京昌平长城印刷厂印装

850×1168 1/32 印张14 368千字

1992年6月第一版 1992年6月第一次印刷 印数：0,001—5,000册

ISBN 7-118-00519-3/TP·68 定价：13.50元

序

以微型机为代表的微电子技术是现代科学技术的重要支柱，微型机的普及应用是当代新技术革命的重要内容。国外有几亿个微处理器，几千万台单板机，一千多万台个人计算机，微型机的应用已深入到社会生活的各个领域，它促进了新的技术革命和社会信息化的进程，并将引起产业结构、劳动方式及社会生活的重大变革。

我国微型机的研制生产及其应用已初具规模，初见成效。目前已有几万台微型机在各部门应用。实践表明，微型机是实现我国科技进步，传统工业技术改造以及实现管理现代化的一种重要技术工具。微型机的进一步普及推广必将推动我国科技、国防、工业、农业的现代化，对我国社会主义建设和社会进步将有深远影响。

为了迎接新的技术革命，大力推广应用微型机，普及微型机应用的知识，我们向广大读者推荐由国防工业出版社编辑出版的一套《微型机应用丛书》。《微型机过程控制》是这套丛书中的一本。

微型机在过程控制中的应用是微型机应用的主要领域，国外微处理器除在商业、事务处理及教学领域应用外，大多数用于信息检测与控制，包括工业控制、通讯控制、外设控制、军事技术、家用电器控制，微型机在信号控制应用中占70%左右。

我国微型机应用的重点在于传统工业的改造，如数控机床、汽车节油及工业窑炉等生产过程实时检测与控制，将是实现优质、高产、低消耗的关键，是提高劳动生产率的一个重要途径。

本书较系统地介绍了微型机控制系统的基本知识、基本概念、分析设计的基本方法，介绍典型控制系统的结构、功能、程序设计

257467

计方法及其实际应用的典型举例。对于分布式控制系统及辅助设计也有简要介绍。

龚炳铮

编者的话

随着微型计算机的迅猛发展,在实时过程控制领域中应用微型计算机势在必行。因为微型计算机过程控制系统为优质高产、安全生产、改善劳动条件、提高经济效益奠定了良好的基础,已成为技术革命和革新的强有力工具。

微型计算机过程控制是以自动控制理论与计算机技术为基础的。随着计算机控制的推广应用,有关计算机控制系统的分析方法和设计方法得到不断提高与发展。因此,广大科研人员与工程技术工作者迫切需要一本能够迅速掌握微型计算机过程控制技术的实用书籍。本书正是为此目的而编写的。

本书内容来源于对国内外微型计算机控制系统的近期资料分析,也有不少是清华大学计算机系近年来从事计算机控制教学与科研工作的实践总结。因而内容丰富,具有先进性、系统性与实用性,可做为高等学校的教科书。

全书共分八章:第一章介绍微型计算机控制系统基本概念,系统分类,组成,控制性能,常用微型机简介,控制用微型机的选择。

第二章介绍微型机过程输入输出通道, A/D及D/A转换器及其接口。

第三章介绍微型机控制系统常用分析方法, Z变换法和时域分析法。

第四章系统地介绍了微型机控制系统的控制算法、调节规律及其整定参数选择:如PID控制;串级、前馈与复合控制;多变量解耦控制;纯时滞补偿控制和最优控制。

第五章简要介绍分布式控制系统的特点、功能、国外主要产品及其应用举例。

第六章讲述微型机控制系统程序设计方法，控制语言如控制BASIC、FORTH、FORTRAN等，及单板机实现数字调节器的程序。

第七章是典型的微型机控制系统实例介绍：隧道窑控制系统；步进电机控制系统；水轮机调速控制；乙烯装置裂解炉解耦控制系统；能源管理——大楼供暖通风空调控制系统；机器人控制系统。

第八章为计算机辅助分析与设计、离散系统数字仿真、最小方差控制计算机辅助设计的举例。

本书在编写过程中承蒙不少专家、学者的帮助。特别是龚炳铮同志详尽地审阅了全书，并为本书撰写了序言。清华大学计算机系教授王尔乾同志及清华大学自动化系教授冯元琨同志也分别对本书进行了审阅、并提出了宝贵意见。在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，书中如有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编 者

1985. 12.

目 录

第一章 微型计算机控制系统的概述	1
1.1 微型计算机控制系统和分类	2
1.2 微型计算机控制系统的组成及其控制性能	12
1.3 各种典型的微处理器及微型计算机简单介绍	31
1.4 过程控制计算机的选择	44
第二章 微型计算机控制系统的通道及接口技术	49
2.1 多路采样的切换	50
2.2 采样和保持	52
2.3 模/数(A/D)转换器及接口	58
2.4 数/模(D/A)转换器及接口	67
第三章 微型计算机控制系统的分析基础	75
3.1 分析方法概述	75
3.2 Z域分析法	83
3.3 时域分析法	119
第四章 微型计算机控制系统的设计方法	145
4.1 PID控制规律及其数字化	145
4.2 串级控制	159
4.3 前馈控制	170
4.4 多变量解耦控制	178
4.5 纯滞后对象的控制	189
4.6 最优控制	200
4.7 最少拍控制及最小均方误差控制	220
4.8 最少拍设计的小结	242
第五章 分布式计算机控制系统	244
5.1 概述	244
5.2 分布式综合控制系统简介	249
5.3 TDCS-2000系统	258

5.4	TDCS-2000系统的应用	269
第六章	微型计算机控制系统的程序设计	274
6.1	控制软件的特点和设计方法	274
6.2	微型计算机控制语言	298
6.3	数字调节器的单板计算机实现	304
第七章	典型的微型计算机控制系统	323
7.1	隧道窑微型机控制系统	323
7.2	微型计算机的位置控制 ——步进电机的微机控制系统	336
7.3	微型计算机速度控制系统 ——水轮机调速器的微型机实现	346
7.4	计算机多变量解耦控制系统	
	——乙烯装置裂解炉的计算机控制	356
7.5	用于能源管理的分布式计算机控制系统	364
7.6	微型计算机机器人控制系统	372
第八章	计算机辅助分析和设计	383
8.1	计算机的辅助计算	383
8.2	计算机的数字仿真	388
8.3	计算机辅助设计	416
附录		434

第一章 微型计算机控制 系统的概述

随着微电子技术和计算机技术的迅猛发展，微型计算机已被日益广泛地应用于过程控制领域之中，成为技术革命、技术改造的强有力的工具。

微型计算机控制系统是在自动控制与计算机技术的基础上发展起来的。自动控制对于工农业生产和科学技术的发展具有重要的作用。不但在宇宙航行、导弹制导、核子技术以及火器控制等领域中是必不可少的。而且，在其它领域例如金属冶炼、仪器制造、工业生产过程中具有重要的意义。工业生产过程的自动控制为高产、稳产、安全生产、改善劳动条件、提高经济效益创造了条件。

但是，生产技术的进步和科学技术的发展，要有更加复杂、更加完善的控制装置，以达到更高的精度，更快的速度和更大的效益。然而，用常规的控制方法，效果是有限的，难以满足如此高的性能要求。电子计算机应用于过程控制，使得自动控制发生了巨大的飞跃。由于计算机具有精度高、速度快、存储容量大并具有逻辑判断的功能，因此可实现高级、复杂的控制算法，获得快速、精密的控制效果。它有很强的信息处理能力，能够把生产控制 and 生产管理有机地结合起来，从而为实现对工厂企业或企业体系的管理自动化奠定了坚实的基础。

电子计算机自四十年代问世，经历了电子管、晶体管、集成电路等阶段。现在，微型计算机的体积已缩小到原来的三十万分之一，性能提高了一百万倍，价格降低到其原来的万分之一以下。目前已有多种规格的微处理机，从一位机、二位机、四位机、八位机发展到十六位机、单片机。现在已经出现了三十二位微处理机。

计算机控制是以自动控制理论与计算机技术为基础的。多年来, 由于广大科学技术人员的努力, 我国在过程控制中使用微型计算机, 取得了不少可喜的成果。如武钢、宝钢等现代化的高炉、转炉、热连轧机、冷连轧机, 多数采用多台小型机及微型机构成两级监控或分布式控制系统, 保证了产品的优质高产。以热轧带钢为例, 计算机控制可使其厚度均匀而增加长度, 如年产一百万吨带钢, 可增产三点三万吨钢板, 合 1320 万元。抚顺铝厂用国产微型机控制十二个电解槽阳极升降系统, 生产每吨铝可节约电力 170 度。阳极消耗下降 8 公斤/吨。如果将其推广到全国四十二家铝厂, 每年因节电、材料消耗下降所带来的收益将达 1717 万元。用于技术改造的投资, 四个半月即可收回。由此可见, 将微型计算机用于过程控制可以获得很高的经济效益。

计算机控制既是一门新兴的学科, 又与自动控制有密切的关系。事实上, 远在五十年代就已经有了采样控制系统的理论。随着计算机控制理论的发展, 计算机控制系统的分析方法和设计方法正在不断提高、不断完善。

1.1 微型计算机控制系统和分类

微型计算机控制的领域是非常广泛的, 控制对象从小到大, 从简单到复杂都可以由微型计算机参与控制。例如它可以控制单个电机或阀门, 也可以控制和管理一个车间、整个工厂以至整个企业。微型计算机的控制可以是单个四路参数的简单控制, 也可以是复杂控制规律的多变量解耦控制、最优控制、自适应控制乃至具有人类智慧的智能控制。下面举几个典型的例子, 介绍微型计算机在过程控制方面的应用。

〔例 1-1〕 过程控制系统中的温度测量

过程控制系统中的温度测量, 随着系统的大型化, 测量点数由几十点到几百点, 而且要进行数据的分析、处理。以前曾广泛采用小型计算机或大型计算机来完成, 现在可用微型计算机取代它们的功能。系统的结构框图见图 1-1 所示。

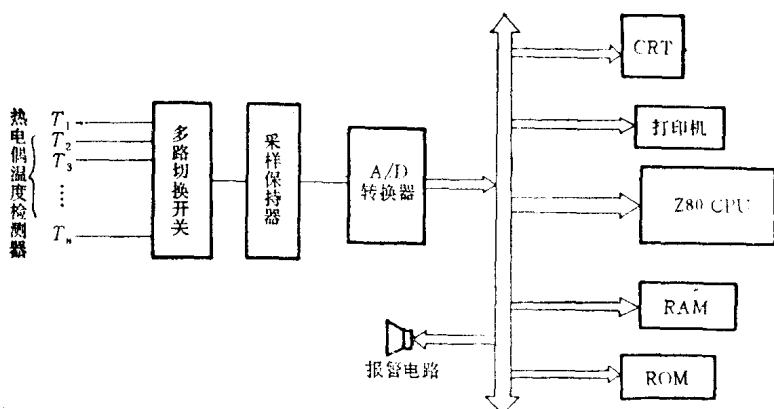


图1-1 过程控制系统中的温度测量方框图

$T_1, T_2, \dots, T_n$ 是从温度传感器来的信号，在 CPU 的控制下通过多路转换开关的切换，采样保持器和 A/D 转换器，将温度的模拟量转换为一个数字量，储存在 RAM 中，并可通过 CRT 显示或通过打印机输出，如遇某温度值超过限值即报警。

〔例1-2〕 金属加工流水线的顺序控制

图 1-2 是用 Intel8080 微型机控制多台机床的金属加工系统

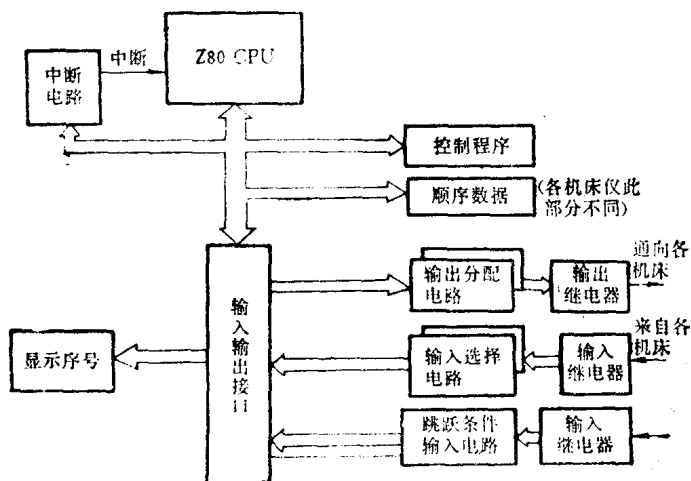


图1-2 金属加工流水线的顺序控制系统框图

的结构框图。

它控制金属工件的进料、向各机床的分料及自动加压，切断成标准金属构件。它的微型计算机控制原理是：将系统及各个机床的工序变为在规定时间内应该完成的动作步数。然后依照这些参数编制出顺序控制程序以及顺序控制的数据，存储在 EPROM 中。系统在 Intel8080CPU 的控制下，分别定时输出 EPROM 中的控制程序和数据，使相应的电磁阀，电磁开关等动作，驱动机床按规定的动作要求工作。由选择输入电路不断判断从各机床限位开关来的状态，使得各机床有条不紊地运行，直至完成全部任务时停止。

〔例1-3〕 飞机或导弹的姿态控制

图1-3是典型的模拟控制系统，系统中的所有信号都是连续

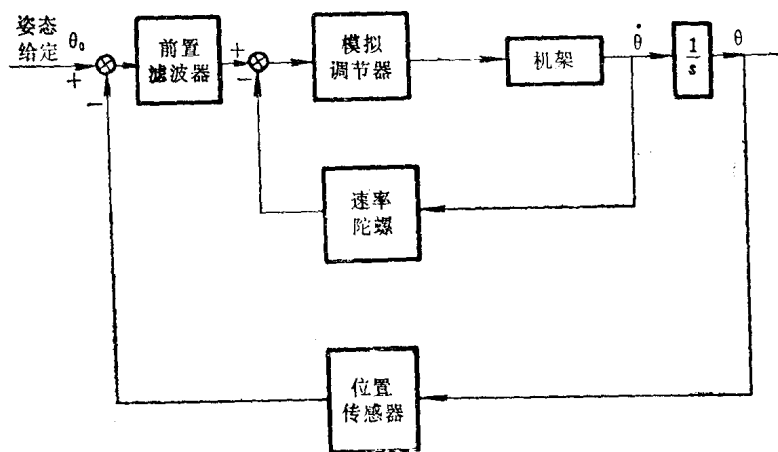


图1-3 飞机单轴自动驾驶模拟控制系统

的时间变量 t 的函数。控制对象是飞机的姿态 θ ，它随姿态命令 θ_0 而变化。系统中的速度反馈回路被用来改善系统的稳定性和动态特性。

当图 1-3 中的模拟调节器由数字调节器代替时，即为微型计算机控制系统，如图 1-4 所示。数字调节器是由微型计算机产生的，为了使系统中信号匹配，必须加入模/数转换器和数/模转换

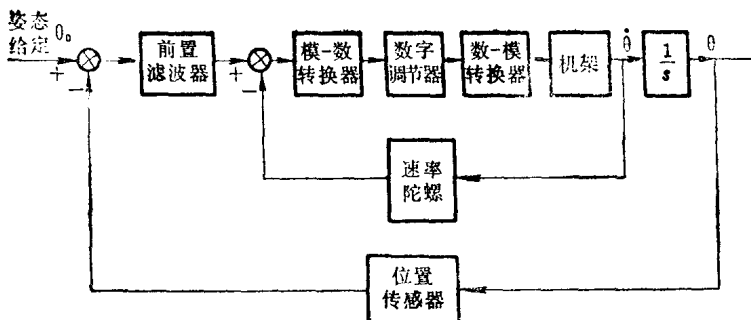


图1-4 飞机单轴自动驾驶微型计算机控制系统

器。比较图 1-3 和图 1-4 可以看出模拟控制系统和计算机控制系统的结构是十分相似的。

〔例1-4〕 分布式微型计算机控制系统用于超高压电站控制。

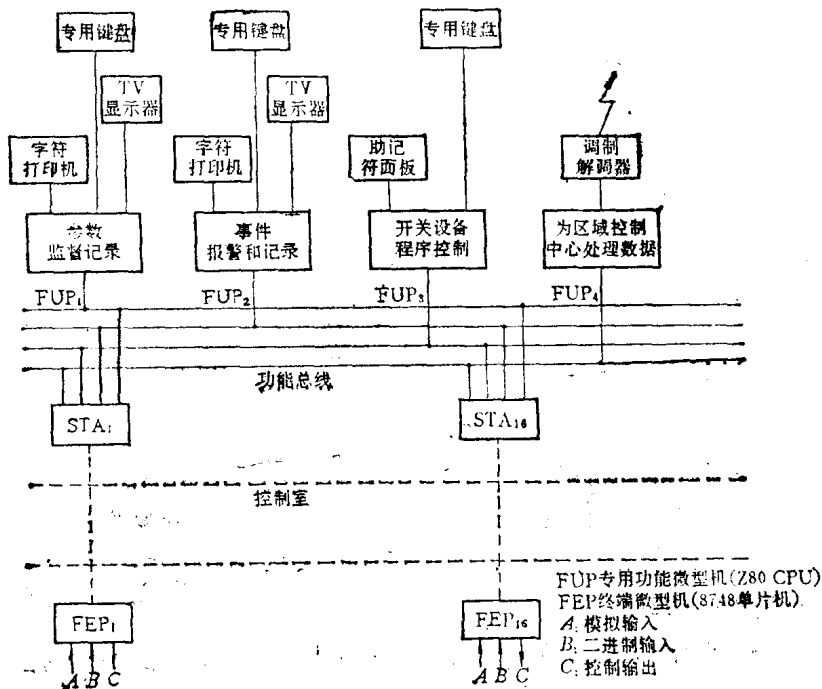


图1-5 分布式微型计算机控制系统结构框图

图中 FUP 专用功能微型机 (Z80CPU) FEP 终端微型机 (8748 单片机)

A, 模拟输入 B, 二进制输入 C, 控制输出

图 1-5 是分布式微型计算机控制系统的结构。其中 $FUP_1 \sim 4$ 为四个功能处理机，它们是由微型计算机为核心，专门为完成某一个特定的监督和控制功能而设置的系统。通过功能总线由串行传送转接器 (STA) 和前端微处理机 (FEP) 相连接，前端处理机专门负责执行输入、输出的功能。整个系统实现超高压变电所的监督和控制。

由于控制对象不同，微型计算机控制系统千变万化，上面仅列举了几个在过程控制方面的典型应用。第一个例子属于数据采集系统，第二个例子属于顺序控制（开环控制）系统，第三个例子属于闭环控制系统，第四个例子属于分布式微型计算机控制系统，这四个方而也是过程控制中的几个主要方面。

微型计算机控制系统可按系统的功能、控制规律或按控制方式不同进行分类。

一、按照功能分类

(1) 数据采集与处理系统

尽管数据处理不属于控制的范畴，然而，一个计算机控制系统是离不开数据的采集和处理的。

数据采集与处理系统能够对生产过程大量参数巡回检测、处理、分析、记录以及进行参数的越限报警。对大量参数进行积累和实时分析，可以清楚地掌握生产过程中的各种趋向。计算机数据处理系统如图 1-6 所示。

(2) 直接数据控制 (简称 DDC)

微型计算机通过过程输入通道对控制对象的参数作巡回检测，并根据测得的参数，按照一定的控制规律进行运算。运算的结果，经过过程输出通道，作用到控制对象，使被控制参数符合要求的性能指标。

直接数字控制与模拟调节系统有很大的相似性。直接数字控制是以一台微型计算机代替多台模拟调节器的功能。由于计算机的特点，除了能够实现基本的 PID 调节规律外，还能进行多回路串级控制、前馈控制、纯滞后补偿控制、多变量解耦控制以及

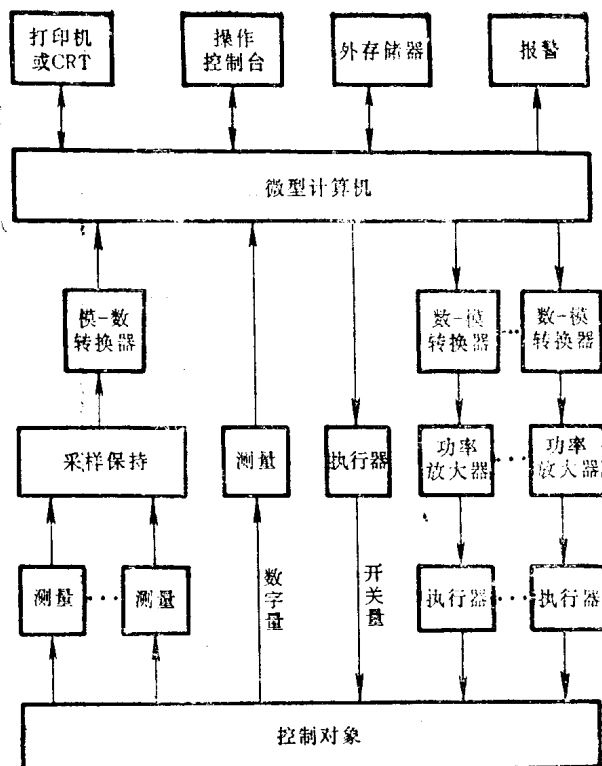


图1-7 直接数字控制系统示意图

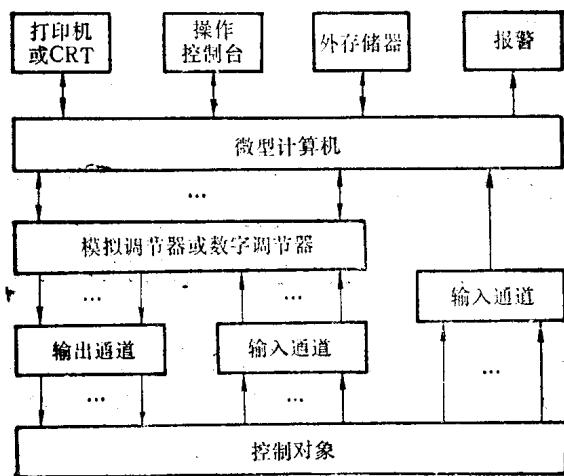


图1-8 监督控制示意图