

高等学校试用教材

工业控制计算机外围设备

合肥工业大学张奠成主编

机械工业出版社

高等学校试用教材

工业控制计算机外围设备

合肥工业大学张奠成 主编

机械工业出版社

工业控制计算机外围设备

合肥工业大学张奠成 主编

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

四川新华印刷厂印刷

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 $21\frac{3}{4}$ · 插页 3 · 字数 537 千字

1980 年 7 月成都第一版 · 1980 年 7 月成都第一次印刷

印数 0,001—6,700 · 定价 2.35 元

*

统一书号: 15033 · 4890

前 言

本书是根据1978年3月一机部对口高等学校专业教材座谈会制定的教学计划和同年10月在上海召开的计算机及其应用专业会上制定的《工业控制计算机外围设备》教材编写大纲而编写的。

本书主要讲述了工业控制机系统及其外围设备的组成、干扰与误差概念、系统性能与指标、模拟量输入信号的处理技术、模-数转换技术中的采样与量化原理及误差分析、模拟开关的特性，并对外围通道中的主要电路——放大、比较和采样保持电路、模-数和数-模转换技术作了较全面的介绍，最后以DJS-130机为主机讲述了一个整体外围通道的例子及其设计考虑。

本书可作为计算机及其应用专业的试用教材，也可作为计算机专业、自动控制专业和数字测量技术专业的教学参考书，也可供其他从事这方面工作的工程技术人员参考。

本书由合肥工业大学张莫成副教授主编（第一、二、三、四章）。参加编写工作的还有吉林工业大学苑森淼和钟声华两同志（第八、九、十、十一章）、东北重型机械学院马龙生同志（第五、六两章）和哈尔滨电工学院林铨文同志（第七章）。本书由上海工业大学孔宪豪副教授主审。参加审稿的有陕西机械学院、上海业余工业大学和一机部机械工业自动化研究所等有关单位。与会同志秉着认真负责的精神，对编写大纲和初稿都提出了宝贵的修改意见。陕西机械学院王智相同志、合肥工业大学贺健华同志和姚君遗同志、吉林工业大学沈长妹同志和东北重型机械学院兰云同志参加了有关工作，对此，编写者表示深切谢意。

由于编写时间短促，加之编者水平有限，因此本书难免存在不少缺点和错误，恳切希望读者给予批评指正。

一九七九年十月

目 录

第一章 绪 论	1
§ 1-1 工业控制机系统概述	1
§ 1-2 计算机控制系统外围设备概述	6
一 模拟量输入通道	6
二 模拟量输出通道	8
三 数字量输入和输出通道	9
§ 1-3 信号输入通道中的干扰	10
§ 1-4 系统性能与误差估计	15
一 系统性能	15
二 误差的基本概念	15
三 系统的性能指标	17
四 系统误差估计	18
第二章 模拟量输入通道信号的处理技术	20
§ 2-1 概 述	20
§ 2-2 模拟量输入通道特征指标和系统结构	21
§ 2-3 模拟量输入信号	24
§ 2-4 模拟量输入信号处理技术	26
一 标度变换	26
二 信号滤波	30
三 线性化处理	39
四 某些特殊输入信号的处理技术	44
第三章 采样与量化	52
§ 3-1 概 述	52
§ 3-2 采样过程与采样定理	52
§ 3-3 多路采样器结构形式及其误差分析	56
一 单端式	56
二 双端式	57
三 双端电容式	58
四 双端变压器耦合式	60
§ 3-4 采样误差	64
一 常模串扰误差	64
二 连续采样误差	66
三 孔径时间误差	67

四 采样频谱重叠误差	68
§ 4-35 量化过程与量化误差	69
第四章 模拟开关	73
§ 4-1 概 述	73
§ 4-2 机械触点式开关	74
一 干簧继电器	74
二 水银触点继电器与振子式继电器	75
§ 4-3 晶体管开关	76
§ 4-4 场效应管开关	81
§ 4-5 集成模拟开关介绍	86
§ 4-6 光电耦合器件开关	88
第五章 放大、比较与采样保持电路	91
§ 5-1 放大电路分类及其技术要求	91
§ 5-2 分立元件数据放大器	94
一 调制式直流放大器	94
二 直接耦合式放大器	103
三 双通道放大器	105
四 SF-72数据放大器简介	107
§ 5-3 集成电路数据放大器	109
一 概 述	109
二 理想运算放大器	110
三 实际运算放大器的分析	112
四 如何提高运算放大器的精度和减少漂移	114
五 由集成电路组成的数据放大器	118
§ 5-4 电压比较器	121
一 电压比较器的作用和主要指标	121
二 简单的电压比较器	123
三 晶体管差动放大式比较器	124
四 场效应管比较器	126
五 用运算放大器组件组成的比较器	127
§ 5-5 采样保持电路	134
一 采样保持电路的特性	135
二 采样保持电路的组成	136
三 采样保持电路实例	137
四 峰值采样保持电路	139
§ 5-6 低噪声电路	140
第六章 数字-模拟D/A转换技术	145
§ 6-1 概 述	145
§ 6-2 并行式数-模转换器	146

一 电阻解码网络	147
二 并行数-模转换器的组成	153
三 并行数-模转换器的双极性工作	155
四 反T型数-模转换器	155
§ 6-3 串行式数-模转换器	157
一 电荷转移式数-模转换器	158
二 循环式数-模转换器	160
§ 6-4 间接式数-模转换器	163
§ 6-5 数字到交流数-模转换器	167
§ 6-6 集成数-模转换器介绍	169
第七章 模拟-数字转换技术	171
§ 7-1 概 述	171
§ 7-2 模-数转换器的基本原理和转换过程的分析	171
一 基本原理	171
二 转换过程的分析	172
三 模-数转换器的基本部件	173
四 模-数转换器的特性参数	174
五 模-数转换器的分类	177
§ 7-3 比较式模-数转换器	177
一 正向计数型	178
二 可逆计数型	178
三 置“1”置“0”型	179
四 逐位比较反馈编码型	180
五 运算放大器逐次比较型	183
六 电容电荷转移型	184
§ 7-4 电压-时间式(V-T式)模-数转换器	187
一 单斜率(单积分)式	187
二 阶梯波式	188
三 跟踪比较式	189
四 双积分式	189
五 脉冲调宽式	192
§ 7-5 电压-频率式模-数转换器	195
§ 7-6 复合式模-数转换器	189
一 两次采样积分式	198
二 三次采样积分式	199
§ 7-7 高速度高精度模-数转换器	201
一 并行比较式	201
二 并串行比较式	203
三 部分级联式	205

四 级联式模拟-格雷码转换器	211
五 传输型(行波式)	215
六 超高速隧道二极管模-数转换器	216
§ 7-8 特种模-数转换器	216
一 非线性模-数转换器	217
二 对数模-数转换器	218
三 峰值电压模-数转换器	219
§ 7-9 集成电路模-数转换器	222
§ 7-10 综述及速度精度的提高问题	226
一 典型模-数转换器的综述	226
二 关于提高精度和速度的问题	227
第八章 工业控制机外围设备的构成	230
§ 8-1 工业控制机的外围设备	230
§ 8-2 计算机对外围设备的控制	231
一 计算机的中断概念	231
二 计算机的直接数据通道	232
三 接口电路的职能和基本接口的构成思想	233
四 把外围通道看作接口电路的一个组成部分的通道设计思想	236
§ 8-3 计算机对中断的处理	237
一 概 述	237
二 启动中断	238
三 中断处理	239
四 关于设备的优先度问题	239
五 中断屏蔽问题	241
六 中断恢复	242
§ 8-4 主机对外围设备的控制信号	242
一 概 述	242
二 计算机的输入输出指令	243
三 中央处理机指令	250
四 指令符号汇编书写格式	251
第九章 模拟量输入通道	252
§ 9-1 模拟量输入通道概述	252
§ 9-2 采样切换装置的构成	253
一 概 述	253
二 构成方法	253
§ 9-3 采样器典型电路分析	258
一 总的设计考虑	258
二 特征码寄存器及其译码和控制电路	260
三 采样地址寄存、译码及其控制电路	264

§ 9-4 比较反馈型模-数转换器的构成	270
一 概 述	270
二 控制电路	272
三 比较转换电路	277
§ 9-5 模拟量输入通道的抗干扰问题	284
一 常模干扰的抑制	285
二 各种转换方式对常模干扰的抑制特性	285
三 共模干扰的抑制问题	289
四 附注 (关于图9-46转换器工作的分析)	293
第十章 模拟量输出通道	296
§ 10-1 概 述	296
§ 10-2 模拟量输出通道的构成	298
一 输出回路的切换电路	298
二 数-模转换器的组成	299
§ 10-3 模拟量输出通道的典型电路分析	301
一 主机与模拟量输出通道之间的联系	302
二 输出回路切换电路	303
三 步数码计数器	306
四 步进分配器及其控制	309
§ 10-4 步进电机的驱动与控制	311
一 驱动电路	311
二 步进电机的控制电路	312
三 恒流源输出电路	313
第十一章 开关量通道、实时时钟和运行操作台	316
§ 11-1 开关量输入通道	316
一 概 述	316
二 开关量输入通道的构成	316
三 开关量报警问题	319
四 开关量输入通道举例	320
§ 11-2 开关量输出通道	323
一 概 述	323
二 开关量输出通道举例	324
§ 11-3 过程运行操作台	326
一 概 述	326
二 显示设备	327
三 作用开关	329
§ 11-4 实时时钟	330
一 概 述	330
二 分频电路	330

X

三 时钟计数电路	332
参考资料	335
本书主要符号一览表	337

第一章 绪 论

内 容 提 要

电子数字计算机已成为工业生产自动化和科学测试自动化的主要技术工具之一,第一节列举了采用工业控制机的控制和测试系统的组成框图。工业控制机外围设备是主机与外界交换信息的桥梁,第二节简述了外围设备输入输出通道的作用和组成。干扰是输入通道的重要问题,第三节总述了干扰的特性,干扰电平和系统抗干扰能力的定量估算,特别对共模干扰的产生及采取的控制措施加以阐述。第四节简述了误差的基本概念,系统的性能指标和误差综合原则。

§ 1-1 工业控制机系统概述

电子数字计算机是本世纪中最重要技术发展项目之一。科学技术的发展要求有快速准确的计算工具为之服务,在此基础上发展起来的电子数字计算机,不仅为现代科学技术提供了强有力的技术装备,而且也大大地促进了科学技术的发展。计算机除了能高速自动地进行数字计算外,还具有记忆、判断和比较等逻辑功能。因此不仅在数据处理和科学计算等方面应用极广,而且在工业自动化方面也得到越来越广泛的应用。特别是在石油、化工、冶金、电力等方面生产过程控制和机械、轻工等方面的数控和群控发展较快。其次,机械制造工业中对各种产品如农机、水泵、动力机械、汽车、石油化工机械及其零部件进行性能试验以及国防工业中对飞机、导弹等进行静态试验,都需要电子计算机进行快速检测和实验数据处理。总之,电子计算机已成为工业生产自动化和科学测试自动化主要技术工具之一。

电子计算机用于工业自动化是随着计算机技术和自动化技术的发展而发展起来的。计算机发展初期,在工业生产部门中就开始使用计算机作自动检测和数据处理。随后发展为对生产过程进行开环控制,进而发展用计算机对常规调节仪表的给定值进行调整,从而进行闭环控制。到了六十年代上半期,迅速发展了直接数字控制技术。到六十年代末和七十年代初,发展用计算机进行生产过程最佳控制。近年来,由于微型机的迅速发展,又开始向多级分散集中控制系统发展。

图1-1为工业控制机系统组成框图,由图可以看出:生产过程中被控制参数,经过传感器、变换器转换成电信号,再送到端接板,经过输入通道对信号进行预处理和转换后,送到中央处理机(CPU),进行运算判断,然后通过输出通道、端接板送回生产现场,通过执行机构对生产过程进行控制。或者送到仪表盘、显示操作盘进行指导操作和监视。或者直接由中央处理机送到外部设备去进行打印、记录和显示。此外还可以通过数据通讯装置、计算机系统输入输出装置与高级计算机或系统中其他计算机联接起来。

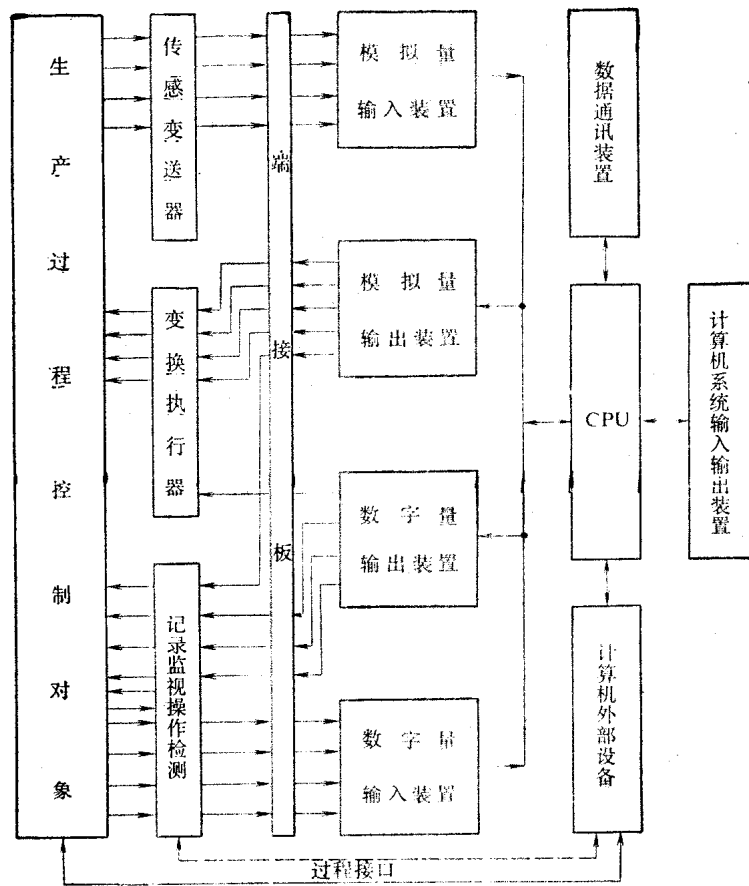


图1-1 计算机控制系统框图

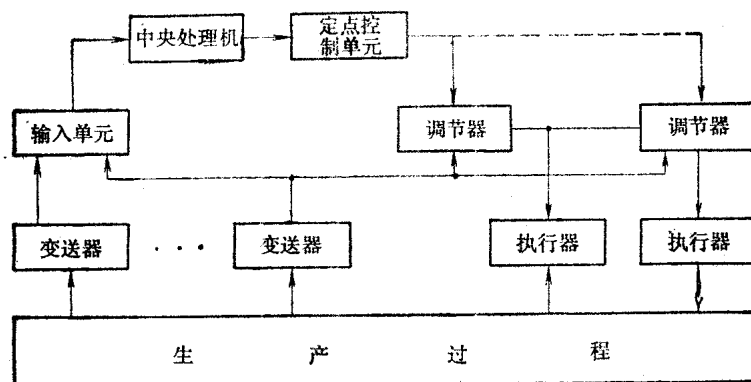


图1-2 设定点控制系统

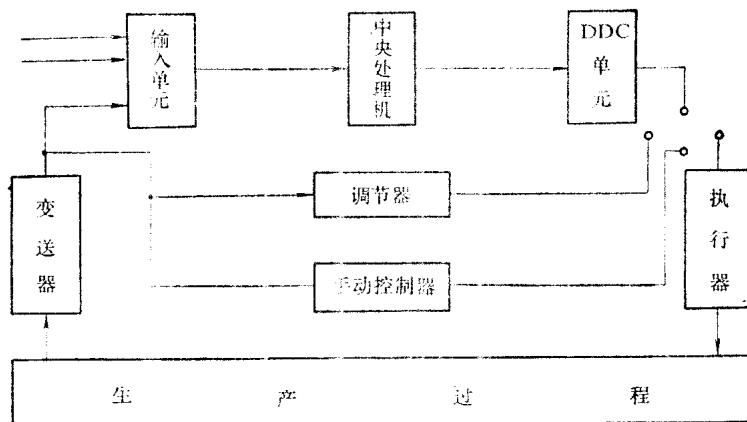


图1-3 直接数字控制 (DDC) 系统

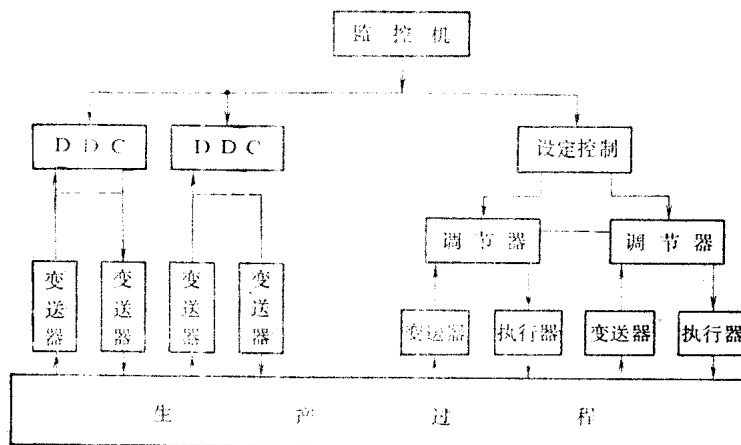


图1-4 分级控制系统

用电子计算机作工业生产自动控制时，可以用不同的基本控制方式。图1-2是所谓计算机监督控制，计算机根据数学模型计算出最佳值，然后去改变模拟调节器的给定值。图1-3是直接数字控制系统(DDC)，用直接数字控制仪代替大量的模拟调节器。为了避免计算机出故障时生产过程的中断，系统中带有备用模拟调节器和手动控制器。在这两种控制系统中，一般使用小型计算机作工业控制用。第三种是分级控制系统，如图1-4所示，第一级为设定控制或直接数字控制，第二级为监督控制，即监控机根据最佳化数学模型计算出最佳操作条件，再去调节多个直控仪各回路的给定值，或者由设定值控制机去调整模拟调节器的参数。监控机上面是管理机，分别对各监控机进行管理控制，以实现综合自动化。最低级可以用微型机代替直控仪和设定控制器进行控制，监控机一般使用小型计算机，而管理机视综合自动化的程度和范围而定。

工厂和科研单位要对新产品及研究对象进行性能试验时，也采用工业控制机构成自动测试和处理系统。图1-5为发动机试验台数据测量和处理系统框图，该系统用以测量温度、流量、压力等发动机参数。被测参数经过安置在相应测量点的传感器转换为相应的电压或脉冲

信号后，送到测试系统中。首先经信号预处理，然后通过采样器送到转换装置，实现电压或频率到数字量的转换，最后存入计算机的存储器中。当每次输入数据采样完成后，对于不需要计算的数据便从存储器中取出，由快速打印机打印输出。对于需要进行计算处理的数据，根据预先编制好的程序进行运算，运算结果由打字机制表输出或由显示器显示。整个工作周期很短，这样就可以几乎是同时地采集动态性能各参数，并进行实时显示，供现场试验人员监控，也可以在短时间内直接给出试验曲线。

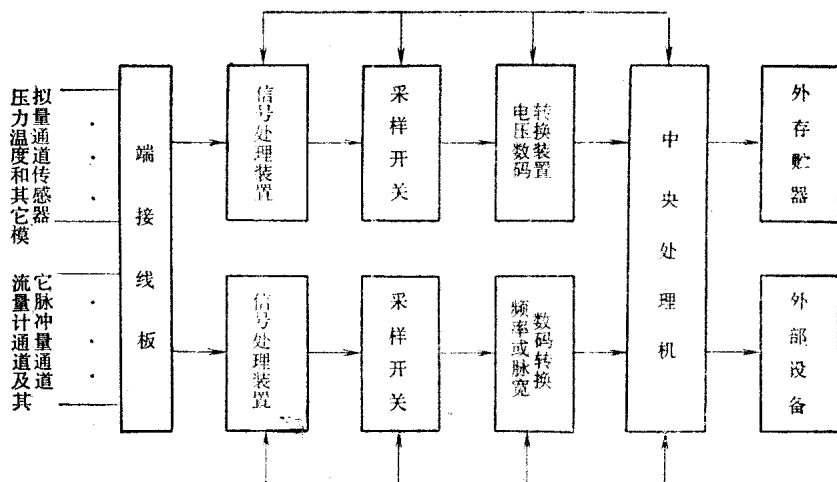


图1-5 计算机自动测试和处理系统

另外也有一些数据的采集与计算机处理数据是分开的情况。这时就需要一套单独的数据采集装置。例如对于振动和爆炸冲击等进行测量分析，处理地震勘探的资料，以及对机械动态现象进行多数据的采集和处理等。这时数据采集装置与工业控制机外围设备的输入通道相类似，只是一些技术要求不同。图1-6是数字地震数据采集系统框图。图1-7是瞬态数据采集装置框图。

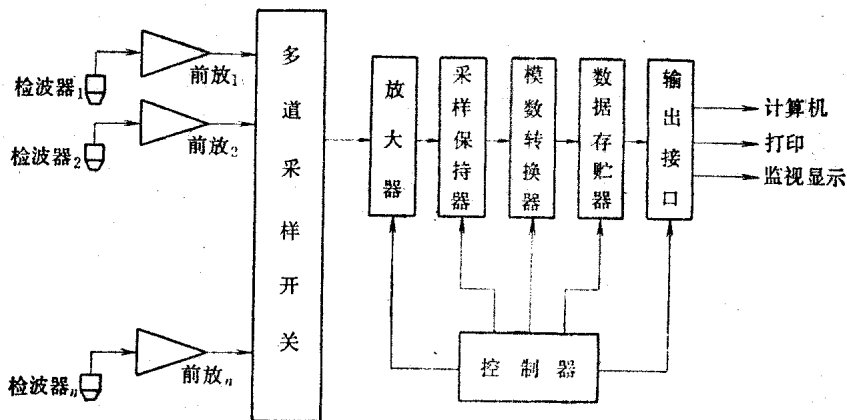
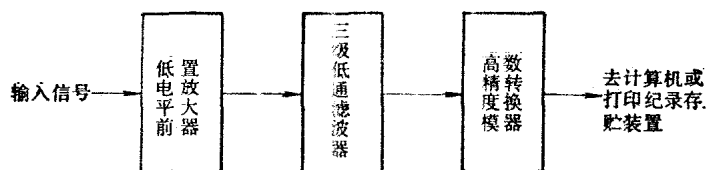
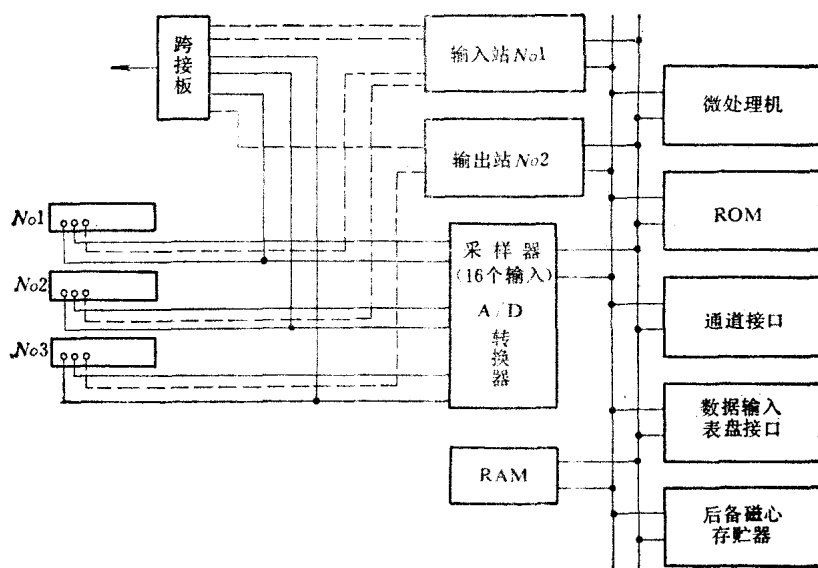


图1-6 地震数据采集装置系统框图



近年来,随着大规模集成电路技术的发展,微处理机得到广泛应用,这也使计算机自动控制系统发生很大的变化。在生产过程控制方面,采用微型机构成集中分散系统。即最低一级用微型机作控制用,每一台微型机管理几个迴路,这是分散的;另外又用一台主控计算机(小型机或微型机)来管理若干台微型机,这又是集中的。采用这样的系统,可实现从简单到复杂的调节,进而到最优控制等不同水平的控制。最低级的微型机与控制迴路和控制点密切相连,起着就地控制的作用,它能完成远比模拟调节器多的功能,如模拟控制、顺序控制、数据采集记录、与操作人员的人机联系、与其它级联系等。图1-8为用微型机所构成的基本控制器的框图,该控制器以微型机为中心,配备外部和外围设备和接口所组成,其中采样及模数转换器为多个输入通道服务。输出通道将向执行器的输出数字信号转换成电流或电压信号,送往控制对象,并送到模拟量显示设备上去。该装置拥有控制多个控制回路的转换与运算电路。有几十种控制运算程序存于ROM(只读存储器)中。操作人员可以通过远程按键实现控制意图,也可以通过CRT(阴极射线管显示器)控制站或直接通过处于多级控制系统上级的小型机进行选择。



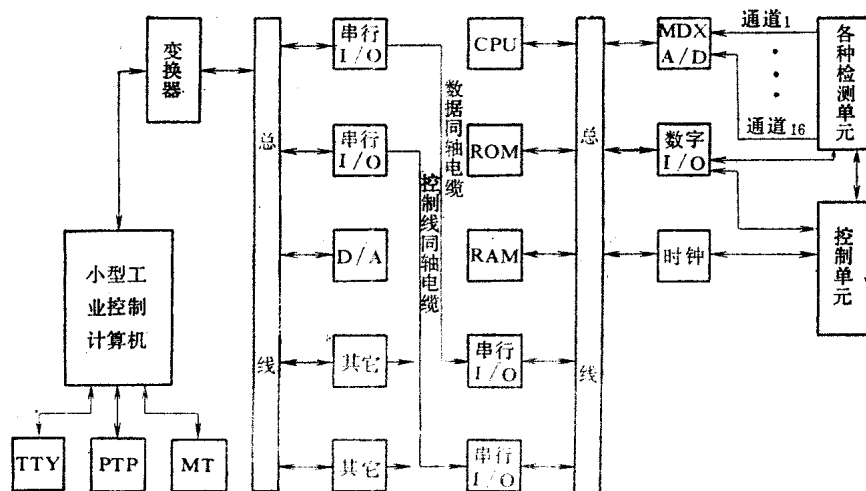


图1-9 用微型机的数据采集系统

微型机也适用于数据采集系统，其特点是由一台微型机担负着几个传感系统的监控记录、标度换算、补偿、报警、检查以及其它功能，同时也进行必要的数据存储。这时只需要将处理过的必要的最少限度的数据送往中心机，这样就减轻了中心计算机的负担。这种方式在数据检测传感器分布较分散，而与中心计算机相距较远时，更为有效。图1-9为用于海洋观测用浮标数据采集装置的系统框图，在采集站用微处理机、16路通道转换器，中央部分使用小型机，其间用二根同轴电缆进行串行传送。

§ 1-2 计算机控制系统外围设备概述

上一节我们对用于控制和测试的计算机系统组成作了概述。尽管系统组成方框图是多种多样的，但就其功能来说，为了使中心计算机发挥控制和自动检测的作用，都必须配备输入输出设备，以供计算机和外界交换信息之用。这些设备大致分为三大类：(1)操作输入输出设备。这些设备中，除了一般通用计算机的外部设备外，还包括操作人员与计算机联系用的各种设备，如操作台、图形显示器等。(2)数据通讯设备。它们是与其它系统或分布距离较大的系统内部进行数据信息交换的设备。(3)过程输入输出通道，一般称作计算机外围设备。这是计算机控制和检测系统中非常重要的一部分，它在系统中担负着计算机与外界进行信息交换的作用。本课程着重讨论这部分内容。

外围设备在计算机控制系统中的位置如图1-1所示。控制和检测对象的被控和被测参数尽管是多种多样的，但一般都变换成电信号，这种电信号可分为模拟量和数字量两种。因此外围设备包括模拟量输入装置、模拟量输出装置、数字量输入装置和数字量输出装置。下面我们简述各部分的组成和作用。

一、模拟量输入通道

图1-10为模拟量输入通道方框图。计算机控制对象的各种被测参数如温度、压力、流量、物位、密度、机械量和成分量等大部分都通过检测仪表和变送器转换成模拟电信号。另外有

些检测仪表和变送器的输出是脉冲或数字信号，如容积式流量计、涡轮流量计和光学转数计等，模拟量输入通道只接收和处理前一种信号。以温度检测为例，用热电偶作为温度检测元件时，产生的热电势通过温度变送器转换成 $0\sim 10\text{mA}$ 或 $4\sim 20\text{mA}$ 统一电流信号，这种电流信号经精密电阻转换成 $0\sim 0.5\text{V}$ 或 $0.2\sim 1\text{V}$ 电压信号作为模拟量输入通道的输入信号。这时进入模拟量输入通道的信号是标准的电压信号。但在温度监测点比较多的场合，例如发电厂，为了经济起见，不使用单独安装在现场各点上的温度变送器，而将热电偶产生的热电势或者随温度而变化的电阻变化量直接引到输入通道中，这时就必须在输入通道中对这些信号进行处理转换。例如采用电桥电路将电阻变化量转换为相应的电压信号并进行线性化处理。用热电偶测温时，往往多通道共用一个冷端电阻测定器，并在通道中进行冷端补偿和线性化处理，这通常由信号处理装置以模拟方式来完成。信号处理装置的作用除对上述非标准信号进行转换和预处理外，还对输入信号进行滤波，以清除附加在有用信号上的干扰。此外还进行标度变换、电平变换、线性化处理以及对某些特殊输入信号的加工和变换，其目的是将不同的输入信号变换成统一的可以直接应用的电信号。模拟量输入通道中另一重要部分是多路切换采样器，这是为了使用一台模数转换器（A/D转换器）来处理多路模拟输入信号，它由控制器对信号进行分时巡回或选择切换。接在采样器后的是放大器和采样保持器。放大器是为了将输入的低电平信号放大到A/D转换器的输入电平，对高电平信号来说，虽不需电平放大，但也通过放大器进行隔离和阻抗变换。对放大器的要求，主要是增益和零点的稳定性、增益的自动切换。此外，由于输入信号在采样后已成为脉冲信号，为了不丢失信息，放大器必须有一定的带宽。采样保持器是为了提高转换精度和消除转换时间的不确定性。模拟量输入通道中的核心部分是模数转换器。它的作用是将模拟电参量转换为计算机能处理的二进制数字量。A/D转换的方案很多，有直接法和间接法之分，也有电压时间变换和电压频率变换之分，各种方法各有其不同的特点。在工业控制系统中应用较多的是电压反馈逐次比较法。由于一台高速和高精度的A/D转换器价格较高，因此一般都是几十到几百个通道共用一台A/D转换器。今后控制方式向分散集中系统发展，用微型机分散来处理为数不多的通道，这

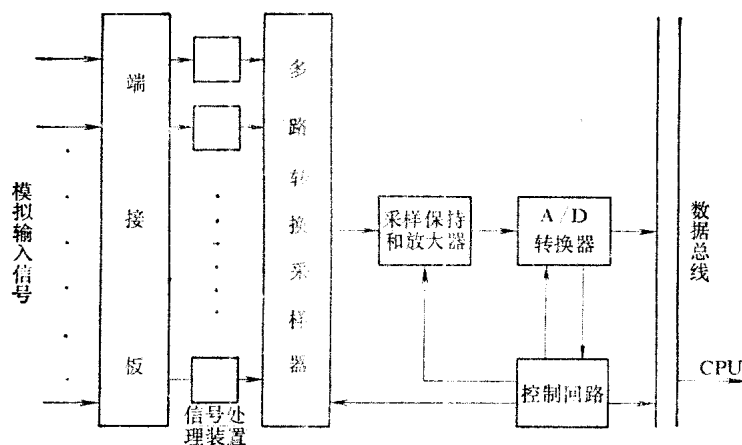


图1-10 模拟量输入通道框图