

微型计算机的
接口及其控制系统

微型计算机的 接口及其控制系统

袁忠长 编著



机械工业出版社

微型计算机的接口及其控制系统

袁忠长 编著

*

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登记证出字第 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 $850 \times 1168^{1/32}$ · 印张 $20^{1/2}$ · 字数 540 千字

1986年6月北京第一版·1986年6月北京第一次印刷

印数 0,001—8,600 · 定价 5.85 元

*

统一书号: 15033 · 5863

前 言

作者曾长期在校从事自动化专业的教学和科研工作，深知目前国内广大工程技术人员及在校师生急需把微型机原理和自动控制理论相结合的教材，以便在各个领域中使用好微型机。

本书是根据作者多年来的教学和科研实践写成的一本既能用于理论教学又比较结合实际使用的教材。撰写时，考虑到读者的程度不同，在内容上力求做到深入浅出。但是限于作者的水平，难免有不足和错误之处，恳请广大读者批评指正。

在编写中，承蒙清华大学自动化系副教授孙建华、夏凯等数位教师的指教和审阅，作者深表感谢！

此外，对钟京莲、齐鹏、鲍明、赵志强、曹桂满等同志的协助，在此也一并致谢！

袁忠长写于清华大学

一九八三年十二月

目 录

前 言

第一章 计算机控制系统概述	1
第一节 自动控制系统概述	1
一、自动控制系统的组成	1
二、开环控制系统和闭环控制系统	2
三、模拟控制系统和数字控制系统	4
四、微机系统和微机控制系统	5
第二节 计算机控制系统的分类和控制规律	6
一、计算机控制系统的分类	6
二、计算机控制系统的控制规律	9
第二章 微机系统的主机和指令系统	12
第一节 微机系统的主机	12
一、CPU	13
二、内存	22
三、TP801 A 的主机	27
第二节 Z80的指令系统	31
一、指令代码的格式	37
二、数据传送与交换	38
三、数据块的传送与查找	48
四、算术和逻辑运算	53
五、转跳指令	68
第三章 汇编语言基本程序设计	80
第一节 逻辑运算	80
一、与	81
二、或	81
三、非	81
四、异或	82
五、记忆	82

第二节 代码转换	87
一、二-十进制数转换为二进制数	87
二、二进制数转换为二-十进制数	90
三、ASCII 数转换为二进制数	94
四、四位二进制数转换为 ASCII 数	98
五、循环码变为二进制码	101
六、二进制码转换为循环码	105
第三节 算逻辑判断	111
一、数据的校验和	111
二、找最小值	114
三、找字节中 1 的个数	116
四、判断字符串的一致性	118
第四节 算术运算	121
一、二-十进制数相加	121
二、八位二进制乘法	124
三、二进制除法	131
第四章 外部设备和接口之一——程序查询方式	137
第一节 程序查询传送方式	139
一、同步传送和异步传送	139
二、存储器寻址和口子寻址	140
三、并行传送和串行传送	141
第二节 Z80 输入输出指令	144
一、输入指令组	144
二、输出指令组	146
第三节 显示及其接口	149
一、LED 显示器的字符控制	150
二、七段 LED 显示的数位控制	153
三、七段 LED 显示的控制程序	155
第四节 键盘及其接口	161
一、键盘接口电路	163
二、键盘程序	164
第五节 并行输入输出接口芯片 PIO	172

一、专用并行接口	172
二、PIO	179
第六节 程序查询传送时的异步传送方式	190
一、专用的带联络的 I/O 接口	191
二、PIO 用于异步传送	193
第五章 外部设备和接口之二——中断方式	201
第一节 中断的目的和中断系统的功能	201
一、中断的目的	201
二、中断源	201
三、中断系统的功能	202
四、堆栈及其有关的指令	204
第二节 Z80的中断处理	212
一、中断处理序列	212
二、不可屏蔽中断	214
三、可屏蔽中断	220
四、外设怎样申请可屏蔽中断方式 2	226
第三节 PIO 的中断控制	228
一、装入中断矢量	228
二、外设如何通过 PIO 芯片提出中断申请	229
第四节 中断优先权和中断嵌套	237
一、中断优先权	237
二、中断嵌套	240
第五节 Z80计数器定时器	244
一、CTC 的结构	244
二、CTC 的程序设定	246
三、CTC 的中断	254
四、CTC 应用举例	257
第六章 外部设备和接口之三——模拟量和数字量转换	261
第一节 D/A 转换器	261
一、D/A 转换器的基本工作原理	261
二、双极性工作	267
三、D/A 转换器的分时工作	269

第二节 A/D转换器	271
一、A/D转换器的基本工作原理	271
二、A/D转换器的分时工作	278
三、A/D转换板	280
第三节 A/D和D/A转换器的特性参数	285
一、A/D转换器的特性参数	285
二、各种A/D转换器的比较	290
第四节 A/D转换器的使用	291
一、ADC0809 A/D转换器	291
二、A/D转换器和微型机联结的规律	300
第五节 D/A转换器的使用	307
一、D/A转换器作波形发生器	307
二、D/A转换器的二次缓冲方式	309
三、D/A转换器的双极型工作方式	314
四、D/A转换器和微型机联结的规律	316
第七章 顺序控制系统	317
第一节 顺序控制系统的基本概念	317
一、顺序控制系统的组成	321
二、顺序控制系统的分类	323
第二节 微型机控制皮带运输机	324
第三节 微型机控制针织提花帽机	339
一、总体方案	339
二、硬件	345
三、软件	360
第八章 巡回检测和随机采样	366
第一节 概述	366
第二节 八点巡回检测系统	368
一、功能	368
二、硬件	369
三、软件	372
第三节 时间比例控制	387
一、硬件	389

二、软件	389
三、测试数据	400
四、程序清单	401
第九章 数字程序控制系统	40
第一节 数字程序控制系统的基本概念	407
一、数字程序控制的基本概念	407
二、数字程序控制系统的组成	408
三、数字程序控制系统的分类	410
第二节 微型机数字程序控制的硬件	413
一、步进马达	413
二、驱动电路	420
三、脉冲分配	421
四、举例	427
第三节 插补原理	430
一、直线插补	431
二、圆弧插补	437
第四节 软件	445
一、直线插补	445
二、圆弧插补	453
第十章 随动系统	464
第一节 随动系统的基本概念	464
一、静态误差	468
二、动态品质	470
第二节 微机控制数字随动系统	482
一、硬件系统	483
二、PID 调节	490
第三节 数字角随动系统设计举例	493
一、系统的物理结构	493
二、系统数学模型的建立	496
三、控制算法的选择	499
四、控制方程及参数	501
五、数字控制程序	507

附录	525
附录一 指令表	525
一、8 位传送指令组 (LD)	525
二、16 位传送指令组 (LD, PUSH, POP)	527
三、交换指令组 (EX 和 EXX)	527
四、数据块传送指令组	528
五、数据块搜索指令组	528
六、通用运算指令组	528
七、8 位算术和逻辑指令组	529
八、16 位算术指令组	530
九、其它 CPU 控制指令组	530
十、循环和移位指令组	530
十一、位操作指令组	532
十二、转移指令组	534
十三、调用和返回指令组	534
十四、重新启动指令组	534
十五、输入指令组 (IN)	535
十六、输出指令组 (OUT)	535
十七、指令按操作码排列	536
十八、指令按助记符排列	543
附录二 TPBUG-A 监控程序	554
附录三 录音机的转储和输入	560
一、转储	561
二、输入	569
附录四 微型打印机的使用说明	574
一、打印机电气原理	575
二、打印方式	576
三、节拍式限时中断方式	587
附录五 TP801A 实验	591
一、实验一：熟悉键盘操作	591
二、实验二：简单程序的练习	592
三、实验三：简单程序的设计	593

四、实验四：十六进制单字节乘法	595
五、实验五：用软件实现三相三拍、三相六拍分配器	595
六、实验六：PIO 输入输出方式	597
七、实验七：PIO 输入输出方式的中断	597
八、实验八：PIO 位控方式的中断	598
九、实验九：CTC 实验	599
十、实验参考程序	599
附录六 专用词汇（中、英、日）.....	615
一、计算机硬件	615
二、计算机软件	626

第一章 计算机控制系统概述

第一节 自动控制系统概述

一、自动控制系统的组成

自动控制系统是一个能自动按要求控制一些设备的系统。该设备是由一些机器零件有机地组合在一起，用以完成某种特定的动作，通常称为被控对象，简称对象。

例如，轧钢机的自动控制系统，轧钢机是对象。起动后能够自动地将加热炉送来的钢坯轧制成预定尺寸的钢材，如果在运行中发生故障，系统可以自动紧急停车、报警。又例如，针织提花织帽机的自动控制系统，织帽机是对象，起动后能够自动地织出预定花型的帽子，若在织帽中发生断线，系统会自动停车。

一个自动控制系统一般由检测、输入、控制、输出和执行五部分组成，见图 1-1。检测部分通常包括检测机构和显示单元。检测机构将对象的必要情况报送给控制部分，例如，控制的对象是电梯，通常用行程开关作检测机构，可随时将电梯处在哪一层的信号，如行程开关的通断，报送给控制部分。该信号叫检测信号。显示单元则向乘客指示电梯现在的位置。

输入部分包括输入接口、输入通道和显示单元。通常，检测信号由于种种原因不宜直接送到控制部分，例如，上述行程开

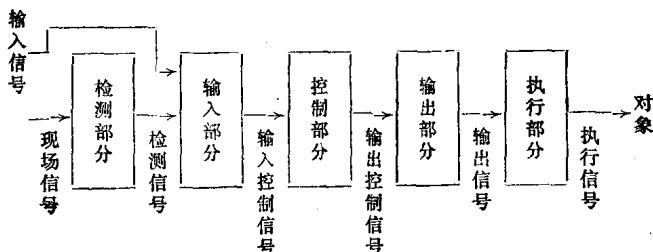


图1-1 自动控制系统框图

关，一般只有一对常开触点和一对常闭触点，而控制部分常常多处要用该信号。此外，显示和调试，也要用到该信号，所以需在控制部分和检测部分之间加一个中间继电器，这就是输入接口。除了检测信号要进入控制部分外，还有一些信号也要进入控制部分，如起、停按钮信号，通称为输入信号。在输入信号和检测信号中，有一些信号还需要放大或电平转换才能进入控制部分，即要为这些信号进入控制部分提供通路。这些放大和电平转换之类的电路称为输入通道。广义来说，输入接口也是输入通道的一部分。经过输入部分送入控制部分的信号便是输入控制信号，显示单元就是显示这些信号的。

控制部分包括一台或多台控制装置。它根据输入控制信号进行算术和逻辑运算，产生输出控制信号去完成自动控制任务，反馈控制系统还要根据反馈控制信号进行运算。

输出部分和输入部分相对应。它包括输出接口、输出通道和显示单元。输出控制信号到执行部分的转接部分是输出接口。有一些输出控制信号需要放大或电平转换，所通过的电路就是输出通道。它输出的信号即为输出信号，显示单元也就是显示这些信号的。

执行部分包括执行机构和显示。执行机构就是拖动对象的电气功率部件，例如拖动电梯的直流电动机或交流电动机；拖动绘图仪的交流或直流伺服机；液压或气压拖动机械时用的液压马达、气动马达；织帽机提花用的电磁铁等等。执行机构接受的输出信号绝大多数是电气信号（包括触点通、断电路的信号），例如直流电动机调压调速时的电压；电磁铁动作的电流；交流电动机通电的接触器触点等等。执行机构送出的信号绝大多数是力矩或力，例如直流电动机或交流电动机轴上的输出转矩、电磁铁的吸力等等。

二、开环控制系统和闭环控制系统

在自动控制系统中。若系统的输出信号对自动控制没有影响，则该系统是开环控制系统。它不需要检测任何信号送回（即

反馈)到系统的输入部分,因此,开环控制系统也是无反馈控制系统,例如洗衣机起动后,控制部分按预定步骤定时正、反转,到时停机。该系统的控制对象是洗衣机械,执行机构是交流电动机,执行信号是接触器触点;输出信号是定时器输出。这些信号都不再反馈回去影响洗衣机的控制作用。又如织帽机,人们编好程序,起动控制系统,计算机按程序送出输出控制信号,经输出部分的输出信号驱动执行机构——提花电磁铁,织出各种花色的帽子。无论计算机送出的输出控制信号怎样变化,都不会影响原定的控制作用。也就是说,输出信号一旦由于某种因素而变化(该变化并非控制部分失误,而是由于输出部分或执行部分所致),则这种变化后的输出信号不会纠正控制作用去消除或减轻这种变化。

图 1-1 所画的框图便是一个开环自动控制系统,检测部分仅检测必要的现场信号,而没有反馈信号。

在自动控制系统中,凡是输出信号,又取回来作为输入信号而影响系统控制作用的系统是反馈控制系统,也叫闭环自动控制系统,其框图如图 1-2 所示。正确提取反馈信号,就能改善控制作用,达到较好的控制效果。

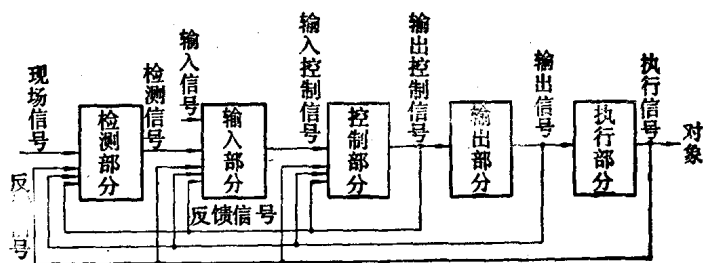


图1-2 闭环控制系统框图

例如,轧钢用的连轧机,为了保持钢带的一定张力,保证各台轧机之间的一定速度关系。必须把直流电动机(执行机构)的转速检测出来,反馈到输入部分,以调整控制,保证直流机的转

速稳定。控制部分得到电机速度变快的反馈信号，就调慢速度，得到速度变慢的反馈信号就调快速度。

又如电梯的上、下控制，在电气上就是电动机正、反转。正、反向接触器通电吸合后，其辅助触点反馈到控制回路自锁和互锁，可以保证电机连续运转和防止正、反向同时接通造成电源短路。

开环系统的设计、制造和调整比较容易，也比较稳定，所以在没有太大扰动的前提下，一般都用开环系统。闭环系统因为采用了反馈，所以能削弱外部扰动和内部参数变化所造成的性能变化，使系统静态性能变好。但由于闭环，会使系统引起动态超调，甚至造成系统等幅振荡或增幅振荡，系统就不稳定了。为了兼顾静、动态的要求，就要精心设计。其依据是自动调整原理，可参考有关方面的书籍。

三、模拟控制系统和数字控制系统

信号或数据可以分为模拟量和数字量两种。这里提到的模拟量是指电子模拟信号，可以定义为一种电压或电流的信号，其电平可以连续或以无限小的阶跃量改变。理论上讲，模拟信号的分辨率是无限高的。换言之，能用无限多个数值来表示，因此，模拟量是连续量。

这里提到的数字量是指电子数字信号，它只按有限个不连续的阶梯或增量来改变。所以，数字量只能代表一种有限数值，是离散量。

一位数字量是数字量的特例，一般不用来表示数值，而是用来表示事物的逻辑状态，多用在开关电路中，所以称为开关量。开关量只用整数 0 和 1 表示。

在自动控制系统中，控制部分是核心，通常，按其运算量是模拟量还是数字量来区分自动控制系统。运算的量是模拟量，控制部分是模拟控制器，该系统是模拟控制系统。运算的量是数字量，控制部分是数字控制器，该系统是数字控制系统。但是，在模拟控制系统中，往往带有开关量的逻辑运算。如果一个系统中既有

模拟量运算, 又有数字量运算, 控制部分就是模拟控制器和数字控制器的混合体, 该系统称为模拟和数字的混合系统。数字控制器比模拟控制器有很多优越的地方。数字控制器能够以一定的精度, 高速度地完成复杂的计算任务。只要数字计算机的字长足够, 就可以达到所希望的精度, 增加的费用并不太大, 计算任务的复杂程度基本上不影响机器的造价。相反, 如果要达到同样精度, 随着计算任务复杂程度的增加, 模拟计算机的造价迅速增高。其次, 数字计算机具有很好的通用性, 同一台计算机, 用于不同的控制对象, 只要改变一下程序就可以了, 即使控制系统的其它部分有所差异, 也不会相差太大, 模拟计算机则不然。再则, 数字计算机还可以分时使用、分级分布控制。随着大型计算机的研制成功以及大系统理论的发展, 为合理地处理复杂的控制问题提供了可能和方便。

因此, 无论信号是模拟量还是数字量 (包括开关量), 今后发展的方向都是大量采用带数字计算机的数字控制系统。数字控制系统的控制部分采用计算机, 是数字控制系统的特例, 故称之为计算机控制系统。控制部分用微型计算机的自动控制系统, 就称为微型机控制系统, 简称微机控制系统。

四、微机系统和微机控制系统

注意不要混淆微机系统和微机控制系统这两个概念。

利用大规模集成电路技术或超大规模集成电路技术把计算机的运控部分, 即中央处理单元 (简称 CPU) 集成在一块或几块芯片上, 该芯片称为微处理器。还可以利用同样的技术生产出半导体读写存储器 (简称 RAM)、半导体只读存储器 (简称 ROM), 可编并行输入输出接口 (例如 PIO、8255)、串行输入输出接口 (例如 SJO、8251) 等等。

一台计算机, 除电源外, 至少要有五大件组成, 即运算器、控制器、存储器、输入、输出。而 CPU 已包括了运算器和控制器, PIO 已包括输入和输出, RAM 是读写存储器。所以, CPU、PIO、RAM 各一片, 配上电源和时钟源就可以组成一台微型计

算机，再加上监控软件，便能自成系统，独立工作。通常，把这样的一台计算机称为计算机系统，其中，CPU 和 RAM 合称为主机，PIO 是外部接口，监控软件一般固化在 ROM 片中。包括电源、时钟源、和 CPU、PIO、RAM、固化软件的 ROM 各一片的系统也叫做微型机最小系统，因为缺少任一部分就不成为计算机系统了。一个计算机系统还可以配上其它外部设备，如打印机、CRT 显示、硬磁盘、软磁盘、ROM 等等，但它仍是一个计算机系统，配备的外部设备越多，计算机系统越大。

微型机系统简称微机系统。它只是前面提到的微机控制系统中的控制部分，或至多还包括输入部分和输出部分中的输入接口和输出接口。

第二节 计算机控制系统的分类和控制规律

一、计算机控制系统的分类

计算机控制系统，按计算机参与控制的结构特点和功能来分，通常可以分为五类：

（一）数据收集系统

计算机用于生产过程控制中最简单的系统是数据收集系统 (DAS)，如图 1-3 所示。该计算机控制系统的功能是巡回检测过程参数，这些参数包括模拟量和数字量，多数是模拟量，模拟量要经过模/数转换后才能进入计算机。在大多数系统中，这些数据都是由计算机用适当的公式换算成以相应变量的工程单位表示的数值，然后加以必要的数据处理。最后，由计算机输出计算结

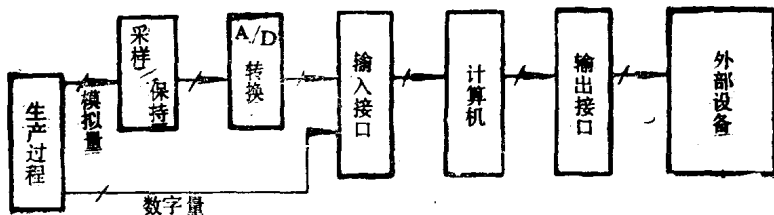


图1-3 数据收集系统