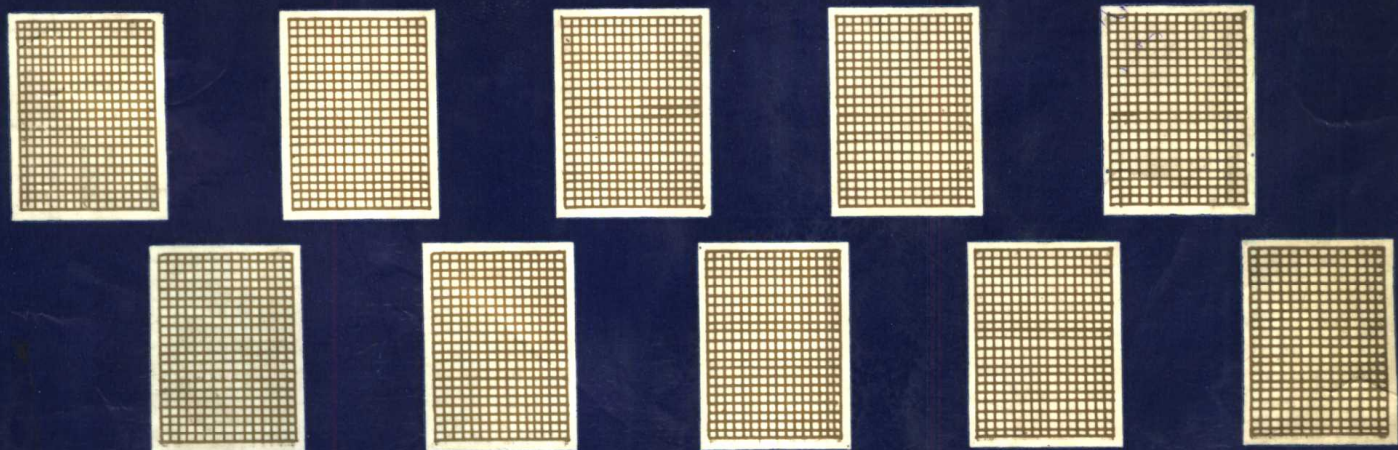


微型计算机 实用测控接口技术

高登芳 潘承武 朱英杰 编著



北京科学技术出版社

微型计算机 实用测控接口技术

高登芳 潘承武 朱英杰 编著

北京科学技术出版社

内容简介

本书主要阐明应用于生产实际中的常用微型机接口技术。内容有：常用的D/A、A/D芯片，开关量、数字量接口电路原理及应用方法，MCS-48、MCS-51单片机，APPLE-II 八位机，TP801单板机，IBM-PC/XT及兼容机，STD总线微型机与NEC PC-9801FC等微机，从CPU到I/O通道的电路、时序、外设寻址、中断调用，各种系统机、单板机用A/D板、D/A板工作原理和软件编程，同型机和异型机经RS-232C和IEEE-488通用接口的通信原理和实用程序。并介绍工业过程控制、设备改造、双机串、并行通讯、自动测试等实例。

本书可作为工程技术人员的实用参考书，也可作为高等院校有关专业教材或供师生参考。

微型计算机实用测控接口技术

高登芳 潘承武 朱英杰 编著

*

北京科学技术出版社

(北京西直门南顺城街12号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

法律出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 20.75印张 495千字

1990年5月第一版 1990年5月第一次印刷

印数1-4100册

ISBN7-5304-0615-9/T·120 定价：9.10元

前 言

数据采集、实时控制、智能仪器以及微机通讯是微型计算机十分重要的应用领域。在这些领域中，计算机要和外部世界频繁地交换信息：输入反映测控对象状态或变化的各种信息，经CPU处理之后，输出控制对象状态和变化规律的信息。这些信息可能是模拟量，也可能是数字量或开关量。其物理表现也是千姿百态、五光十色的。所以微型计算机既要通过各种接口电路和测控对象相连接，还要有适当的程序相配合，才能完成特定的信息交换任务和特定的操作。所以从事上述领域微机应用工作的科技人员必须掌握常用微型机的这类实用接口电路和输入输出程序设计。我们把这类技术简称为微型机实用测控接口技术。

人们要测控的对象往往是生产过程的状态或变化信息。它们多数可能是非电量，常需经过传感器转化为电学量通过前向通道进入微型机，所以A/D转换原理和芯片应用技术是前向通道的重要内容之一；各种信息通过CPU处理后有时还要经过后向通道输出控制信号到被控对象，所以D/A转换原理和芯片应用技术亦是本书的重要内容之一；为了正确地把测控对象和微型机连接为一个实用测控系统，掌握各种常用微型机的CPU到扩展总线信号的电路原理、时序、外设寻址、中断调用等输入输出技术是至关重要的，所以本书详细分析了单片机、单板机、APPLE-II、IBM-PC/XT及其兼容机、STD总线微型机、PC-9801FC等常用微型机这方面的实用技术；在上述内容的基础上，书中通过大量实验和实例阐明了怎样用扩展总线信号和输入输出命令组成各种实用前向和后向通道，包括多例各种功能的并行数字量和开关量接口板、A/D转换板、D/A转换板、……；适应高可靠和集散型自动测试系统的发展和实用化的需要，本书对IEEE-488接口专门予以讨论；在分级分布的大、中型实际测控系统中，多采用RS-232C/RS-422通信在上位机与下位机间传递命令和数据，所以本书对此也进行了详细分析并给出了实用程序；限于篇幅最后列举了两个实用测控实例。全书实例电路和程序均经上机调试通过。并尽可能由浅入深、循序渐进。注意软硬件相结合讲解。内容取材上突出了对微型机接口技术有代表性、系统性和实用性的典型电路。但由于微型机应用场合的多样性和本书的局限性，不可能对测控对象本身、传感器及芯片电路原理、整个微机电路原理等介绍得十分详尽。

本书第一、六、九、十章由高登芳副教授执笔；第二、三、八章由朱英杰同志执笔；第四、五、七、十一章由潘承武同志执笔。

全书由高登芳、潘承武统稿。

本书由河北机电学院电子系主任杨荫彪副教授主审。

本书编写出版过程中，曾得到许多单位的帮助，索达文、钟国民、李平等同志给予大力支持；高重九、梁普选、刘书梅等同志参加测量或提供资料。对此表示衷心感谢。

由于实际接口技术的复杂性和涉及面很广，我们的知识和经验不足，错误不妥在所难免，恳请广大读者赐教。

编著者 1990年5月

目 录

第一章 微型机接口技术概述	(1)
第一节 微型机接口的重要性和分类	(1)
第二节 微型机接口技术的现状和发展	(5)
第二章 D/A转换器的基本原理	(8)
第一节 概述	(8)
第二节 权电阻D/A转换器的原理	(9)
第三节 T型电阻D/A转换器	(11)
第四节 倒T型电阻D/A转换器	(15)
第五节 权电流D/A转换器	(17)
第六节 D/A转换器中的模拟开关	(20)
第七节 D/A转换器的主要技术指标	(21)
第三章 D/A转换器芯片	(24)
第一节 八位D/A转换器芯片	(24)
第二节 十二位D/A转换器芯片	(34)
第三节 D/A转换器芯片主要技术参数的测试方法	(41)
第四节 D/A转换器芯片的应用	(44)
第四章 A/D转换的基本原理	(56)
第一节 概述	(56)
第二节 A/D转换的基本原理	(59)
第三节 A/D转换器的技术指标	(66)
第五章 常用A/D转换器	(70)
第一节 概述	(70)
第二节 八位A/D转换器ADC0809/0808	(71)
第三节 12位A/D转换器AD574	(78)
第四节 双积分型A/D转换器5G14433	(82)
第五节 A/D转换器参数的测量	(89)
第六章 常用微型机扩充总线及输入输出技术	(92)
第一节 TP801单板机的I/O寻址原理和输入输出程序设计	(92)
第二节 APPLE-II 外设接口总线信号及其输入输出技术	(98)
一、APPLE-II 微型机CPU到外设接口总线信号的电路原理	(98)
二、输入输出实例——TP801单板机与APPLE-II 微机的双向通信	(106)
第三节 IBM PC/XT微型机控制核心到I/O通道电路的基本原理及输入输出技术	(110)
一、时钟、复位与等待电路	(110)
二、系统控制核心及I/O读写时序	(112)
三、系统板上I/O接口芯片选址	(113)

四、8253—5的定时计数功能	(113)
五、DMA控制逻辑	(114)
六、中断功能及其使用实例程序	(115)
七、IBM PC/XT机中I/O通道的口地址及应用实例	(121)
第四节 STD总线的规范与应用实例	(122)
一、总线信号的定义和排列	(122)
二、诸STD总线信号的功能	(123)
三、从CPU到STD总线信号的硬件电路原理	(126)
四、STD总线的应用举例	(129)
第五节 PC—9801FC微型机CPU到扩充槽总线电路信号及应用	(132)
一、扩充槽总线信号的定义和排列	(132)
二、中央控制核心的地址、数据总线信号及读写信号	(133)
三、PC—9801FC的读写时序	(134)
四、基本输入输出技术及实例	(136)
第七章 单片机与D/A及A/D转换器的接口技术	(139)
第一节 单片机与D/A转换器的接口	(139)
第二节 单片机与A/D转换器的接口	(146)
第八章 单板机与A/D及D/A转换板的接口技术	(169)
第一节 八位A/D及D/A转换板的原理及使用	(169)
第二节 十二位A/D及D/A转换板的原理及使用	(176)
第三节 利用单板机测试A/D及D/A转换板的技术参数	(189)
第九章 系统机与A/D及D/A转换板的接口技术	(194)
第一节 APPLE—II 微型机用A/D及D/A板的原理和使用	(194)
一、APPLE—II 微型机用12位A/D转换板	(194)
二、八位A/D及D/A板电路原理及应用	(197)
第二节 IBM PC/XT及其兼容机用A/D及D/A板的原理和使用	(201)
第三节 PC—9801FC微型机用高速A/D转换板	(206)
第四节 用系统机测试A/D及D/A转换板的技术参数	(211)
第十章 微型机通用标准接口原理及应用	(214)
第一节 RS—232C异步通信接口的原理	(214)
一、异步通信规程和RS—232C接口信号	(214)
二、异步通信适配器的电路原理	(216)
三、8250的内部结构与编程要点	(218)
四、RS—232C接口的初始化与汇编语言双向通信程序实例	(227)
五、常用微型机间双RS—232C接口的接线与实用通信程序	(234)
第二节 GP—IB通用接口的原理及应用	(243)
一、GP—IB通用接口的基本概念	(243)

二、诸母线信号的名称及功能	(244)
三、十种接口功能	(247)
四、通用接口GP-IB的实际电路	(249)
五、通用接口GP-IB的应用	(251)
第十一章 微型机在测量和控制中应用举例	(257)
第一节 微型机温度检测控制系统	(257)
第二节 用单片微机改造轻工机械	(273)

第一章 微型机接口技术概述

随着微型机应用技术的蓬勃发展,微型机已在工业、农业、交通运输、文化教育、邮电、商业、地质堪探、企业管理、智能仪器等各个领域的新产品开发、传统设备改造中显示出巨大的优点。推广和拓宽微机应用成果既是各行各业的热切希望,也给要与微型机打交道的各级技术人员提出了迅速更新知识的问题。

微型机的应用一般分为六个领域:

- (1) 科学计算;
- (2) 管理;
- (3) 数据采集;
- (4) 实时控制;
- (5) 智能仪器;
- (6) 微机通讯。

(1)、(2)两项应用中,多采用配有存贮器、磁盘机、显示器、打印机和键盘的系统机。微型机与外设所需的接口均由制造厂设计、制造和提供;其支持系统软件也一并提供。

(3)~(6)项应用,既有系统机、更有单片机和单板机。由于应用的具体对象五光十色,交换的信号千姿百态,预期目的千差万别,所以这种情况下的微机系统的接口技术除在软件上的差别外,所需硬件也各有特色,很难由微机生产厂提供适合不同需要且用户不经再开发就可直接使用的通用产品。因此,把微机应用于上述技术领域时,接口电路和程序几乎都要专门设计,从而形成了微机应用技术的一个新分支和产业。

第一节 微型机接口的重要性和分类

使用过微型机的人们不一定意识到自己使用过微型机接口。但要自己设计硬件使CPU和外围设备实现信息交换,立即会产生一个如何连接的问题。也就是说,在构成某种特定功能的微机系统时,不管是采用单片机还是采用系统机,还是扩充其功能把一个器件或设备连到微机总线或某个外设端口时,都会遇到介决硬件连接和软件控制的问题。微机应用中,人们把这种用软硬件综合来完成某一特定任务的技术称为微型机接口技术。

接口技术总体上的复杂性是显而易见的。一方面因为它要求人们掌握所用CPU结构及其指令系统和汇编语言的知识;另一方面还因为外围设备的多样性:机械式、机电式、电子式五花八门;此外,输入信号可能是数字量、开关量或模拟量;输出信号可能需要保持一些时间,或以适时脉冲、模拟量等各种形式,才能控制外设工作;信息的传送速率也有很大区别,可以是几分种一个数据,也可以如磁盘机每秒传送250000位或更多位信息;传送的距离可能近在咫尺,也可能相隔万水千山;测控对象可以是巨型锅炉的众多工况参数,也可能是极小针头的简单运动;可以是粗野轧机的高速旋转,也可能是传送巧夺天工的复

杂画面……。

为了便于初学者理解总体上复杂的接口技术的基本功能，现举一个最简单的输入输出接口的例子，如图1—1所示。用两个JK触发器记忆按钮开关K1、K2的状态，以便计算机读取。JK触发器的CLR端，三态门IC1均为负跳触发，IC2、IC3、IC4为8输入与非门，即只有8个输入全为1时，输出为0。将这些输入直接(或间接)连在Z80CPU的地址总线上，即可反映BFH、DFH、EFH三种不同的地址码。这些地址码即可在CPU的读($\overline{IOR}$)选通脉冲作用下触发IC1，或在CPU的写($\overline{IOW}$)选通脉冲作用下触发继电器A(完成A动作)，或触发继电器B(完成B动作)；也在A、B线圈动作之后，分别清除记下的K1、K2的状态。

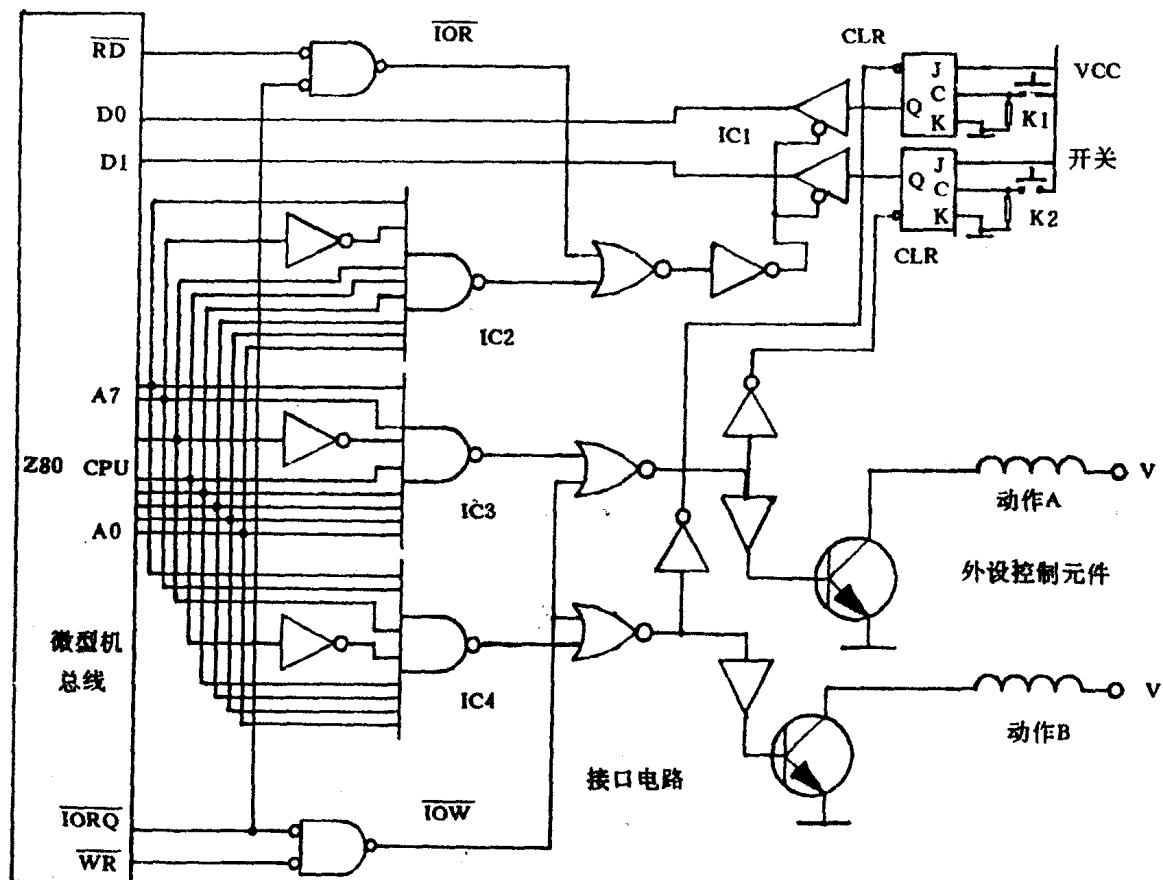


图1—1 接口功能示意图

与图1—1电路相配的程序(按下K1执行A继电器负责的动作，按下K2完成B继电器负责的动作)清单如下：

```

BEGEN: IN  A,(BFH)    ; 输入开关K1、K2状态
        AND  03H      ; 屏蔽D2~D7位
        RRA           ; 右移一位
        JR  C,ONA     ; D0=1则转ONA
AGAIN:  RRA           ; 否则再右移一位
        JR  C,ONB     ; D1=1则转ONB
    
```

```

HOME:  HALT          ; D1=D0=0则停
ONA:    OUT  (DFH), A ; 完成动作A
        JR   AGAIN    ; 返回查K2状态
ONB:    OUT  (EFH), A ; 完成动作B
        JR   BEGEN    ; 转回重新开始

```

对初学者要说明的是，执行直接寻址的IN指令过程中，(BFH)放到地址线的低8位，即A7~A0，以便从256个端口中选择一个。与此同时，累加器的内容出现在地址总线的高8位，即A15~A8， $\overline{IORQ}=0$ ， $\overline{RD}=0$ ，从而选通(BFH)端口中的一个字节数据被放到数据总线上，并送到A累加器中去；执行上述的直接寻址的OUT指令能将累加器的内容输出到端口地址为(DFH)或(EFH)的端口中，但这里无此安排，只利用CPU把端口地址(DFH)或(EFH)放到地址总线的低8位A7~A0，同时 $\overline{IORQ}=0$ ， $\overline{WR}=0$ ，以便选通指定地址设备的执行元件(线圈A或线圈B)。

共性寓于个性之中。现结合上例说明接口技术的一般功能：

(1) 信息格式变换。把外围设备(如上例中的线圈A、B及K1、K2)送往微机的数据或信息转换成与微机相容的格式。如开关K1、K2的状态(对应设备A、设备B的状态)被转换为D0D1位数字信号；或反之，把微机送往外围设备的数据或信息转换为与外围设备相容的格式。如上例中是把输出命令中的 $\overline{IORQ}$ 和 $\overline{WR}$ 及A7~A0数字信号转换为A、B线圈需要的电流而完成某种动作。

(2) 产生外设地址选通脉冲。如输入指令中的地址值(BFH)在IC2输出端产生负脉冲，该脉冲和 $\overline{IOR}$ 结合产生选通IC1的负脉冲，这里地址值(BFH)即是K1、K2这一外设的口地址；在输出指令中(DFH)和(EFH)产生的负脉冲分别和 $\overline{IOW}$ 结合可分别选通线圈A或线圈B，这里同是 $\overline{IOW}$ 主要靠地址值的不同。人们把依靠不同地址产生的不同选通脉冲叫外设地址选通脉冲。这里说的外设也常称为“设备”，但它不同于某单位内“设备帐”上的设备，那时，上述的K1、K2和线圈A、B可以是一台设备，但这里称其为三个外设。

(3) 提供状态信息。上例中K1、K2的状态被提供给CPU，CPU再根据这一状态决定程序走向，完成相应的操作。

(4) 有程控性。即可用软件控制设备做某种操作，如继电器A、B负责的A动作或B动作。没有程序运行或错误的程序是不能完成A动作或B动作的。

(5) 应能提供中断信号。即接口电路最好能检测并处理由外围设备给微机的中断申请信号。

图1-2示出了一个典型微机系统和它的接口。当然一个具体的特定功能微机系统不一定这么多接口。由此可见，接口可分为五种基本类型。即用户交换接口、辅助操作接口、传感接口、控制接口和通用标准接口。

用户交换接口：属于用户交换接口的有打印机接口、键盘接口、终端设备接口等。这种接口的主要功能是将用户指定的数据、信息传送给微机，或将来自微机的数据、信息传至CRT、打印机输出。主要用于用户直接和微机交换信息。

辅助操作接口：CPU要与磁带机、软磁盘驱动器等大容量的外部存储器进行信息交换，也需要一个串行或并行接口，所以辅助操作接口是微机系统在较大系统下正常工作所

必须的。

传感接口：许多场合，外界模拟量，例如压力、流量、温度、转速、振动、声音、扭力等非电量，一般需经过传感器、放大器、采保电路、A/D转换等才能输入微机。在微机系统用作数据采集和测控任务时，传感接口是必须的，它是微机与外界联系的重要接口之一。

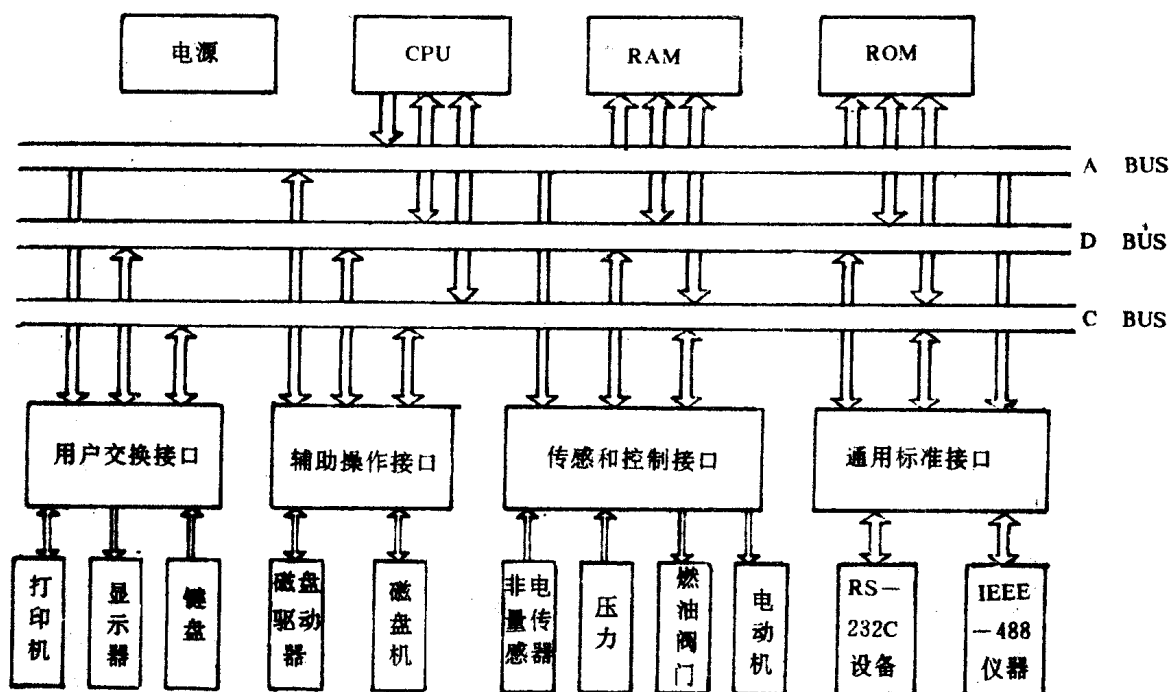


图1-2 典型的微型机系统及其接口示意

控制接口：由于CPU的输出是数字量，若微机控制的是模拟量时，则微机输出的数字量必须经过D/A转换才能控制模拟量。与传感接口一样，它也是微机完成测控任务的重要接口。

通用标准接口：目前通用标准接口指全世界都标准化而通用的RS-232C和IEEE-488等。功能较强的微型机都配有或可插入RS-232C串行通信接口，以便能完成微机间或微机与其它配有RS-232C接口的外设的近程或远程数据通信；系统微型机一般都可插配IEEE-488(或IEC-625)标准接口，使其能担任智能测试系统的控者，以便把众多的智能仪器“积”成功能很强的自动测试系统。目前这两种标准化接口已使不懂硬件的同志可以方便的操作。

综上所述，微机应用中，不光是打印机、CRT、软硬磁盘需要接口，更重要的是各种传感器的信息采集，丰富多彩的控制任务的实现，千里迢迢的信息交流，都需要和CPU沟通，以便交换工作状态和数据。由于使用的外围设备各具特色，因而必须用各式各样的输入输出接口电路和程序来实现CPU的信号与外围设备的信息之间的匹配和转换，并由该接口提供数据缓冲、适当的控制时序信号，同步、协调、传送设备的状态信息等功能。由此可知，在设计和研制微机应用系统时，接口技术是至关重要的。亦可以这么说，在微机应用时，每次需要设计的硬件，只不过是一个接口电路而已，所编的软件只不过是控制该电

路的基本程序。如果这些清楚了，一切问题就好办了。这种说法是无可非议的。

第二节 微型机接口技术的现状和发展

为了开发利用CPU的丰富功能。人们在微型机数据采集处理、远程及近程通讯、智能测试系统及各种实时控制领域里做了很多卓有成效的工作。为了简化CPU和外设间的连接电路，人们设计制造了五光十色、功能丰富、使用灵活的专用和通用I/O接口芯片。目前其中用得最多的是Intel系列、Zilog系列和Motorola系列接口芯片。除各种常见的门电路、锁存器、译码器、比较器、模拟开关、采样保持器等I/O芯片以外，主要有以下几类：

(1) 专用外设控制芯片：如可编程键盘/显示器控制器(8279 PK/TI)、点阵式打印机控制器(8295 DMPC)、可编程CRT控制器(8275 PCRTC)、软磁盘控制器(8271 PFDC、8272 S/DDFDC)。这类芯片为系统机的必配外设与CPU的接口提供了简捷途径，是计算机厂家的常用芯片。

(2) 通用接口芯片：这种芯片按数据传送方式，可分为串行和并行两种。并行接口芯片的代表有Z80系列的并行输入输出控制器，简称PIO；Intel系列的可编程通用并行输入输出接口芯片8255(改进型为8255A及8255A—5)；MC6800系列的外设接口适配器，简称PIA，型号为MC6820(改进型为MC6821)。上述三种芯片都是使用单一+5V电源的40脚双列直插式大规模集成电路，都可编程使用；串行接口芯片的代表有可编程通信接口芯片INS8250、8251A、Z80—SIO和MC6850等。这是串行或并行通信的核心电路。

(3) 定时器/计数器芯片：在测控和数据采集系统中，为了实现定时采集或对外部事件进行计数，以便累计量值等，需要定时器/计数器。这种接口芯片常用的有Z80—CTC、8253—PIT以及MC6840。这些芯片都可通过软件编程定时或计数。实现向CPU发出中断，或定时控制、定时检测、定时扫描等。

(4) DMA控制接口芯片：有8257DMAC、Z80DMA、MC6844DMAC。它们都用单一+5电源。均仅需要CPU启动一下就可不用软件介入而高速传输数据。

(5) D/A及A/D接口芯片：这是很重要的一类芯片。目前D/A转换器芯片的输入数据有8位、10位、12位、14位、16位、18位等规格。转换时间可达1 μ s，输出有电流或电压型，常用D/A芯片的简单功能见表3—6。

目前A/D转换器的芯片有4位、6位、8位、10位、12位、14位、16位等。这些芯片的控制信号逻辑电平一般与微机兼容，许多芯片的模入通道可单极性或双极性输入，高速芯片的转换时间达1 μ s。常用A/D转换芯片的简单功能见表5—2。

依据具体系统功能，有选择的熟悉常用接口芯片的详细功能和正确使用方法，是理解和自行设计接口电路、编制实用软件程序的重要基础之一，芯片详细功能可参阅有关手册。

对一般要给微型机配上接口，完成某些特定功能的同志，还需弄清自己所用微型机的扩充总线信号。若有条件，能看懂从微机CPU总线到其扩充槽总线的电路原理，即从CPU执行某指令，引起CPU某些引脚信号变化，又经过那些电路引起了扩充槽那些信号动作来分析扩充槽诸信号的含义及其诸信号的时序关系，特别是I/O读写时序是很有好处的。

它是自己设计接口的又一重要基础知识。本书第六章论述了常用微型机,象TP801、APPLE—II、IBM PC/XT及其兼容机、STD总线机、PC—9801FC微型机等这方面的电路原理,并举实例说明如何应用这些信号,便于初学者在软硬件结合的基础上理解常用微型机的基本输入输出原理。若要知道微型机的完整电路,可查阅相应微型机的技术手册。

对不少同志来说,设计接口电路和编制软件程序是很费时间和经费的。适应这些同志想节省接口研制费用和心理,不少厂家、研究院、所、大专院校研制了各种微型机的多种功能接口板。目前象TP801单板机、STD总线机、APPLE—II、IBM PC/XT及兼容机、PC—9801FC等常用微型机都分别配有十多种或百余种各种功能的接口板在市场出售。用户可以选购到这些接口板,方便的构成自己的特定系统。这些功能接口板主要有以下几类:

(1) A/D转换板:目前输入模拟信号有4路、8路、16路、32路等多种。输入电压范围有的只0~2.5V,0~5V或0~10V;也有±2V、±2.5V、±5V或±10V。好的A/D板多做成既可单极性又可双极性输入。有的输入通道选择用湿簧继电器,使路与路之间的耐压大于500V,适于在恶劣环境下的数据采集。分辨率有8位、10位、12位、18位等多种规格,转换时间最快达2μs;

(2) D/A转换板:模出信号有2路、4路、8路、16路等规格。模出电压有±5V、±10V双极性输出,也有0~10V,0~5V的单极性输出,适应性更强的D/A板则既可单极性又可双极性输出。转换时间多为1μs。

由于测控系统的发展,常见把A/D及D/A结合在一起的多功能接口板,它兼有上述二者的功能。与微机可用程序查询或中断方式联系。一些高质量的接口板,为了提高抗干扰性能,采用了高性能的隔离放大器,使输入端与输出端和电源之间没有直接的电路耦合,实现了系统与现场之间的完全不共地,这就具有很高的共模抑制能力。

(2) 开关量输入输出接口板:广泛用于工业现场的电平检测、接点检测、驱动执行器和报警元件。开关量输入输出接口板的通道数有几十路、百余路甚至更多路的产品,输入高低电平一般为 $>2.4V / <0.45V$,输出高低电平为 $>2.2V / <0.4V$ 。与主机连系方式多为程序查询和中断两种。也有只能输入或输出开关量的接口板。较好的I/O板采用光电耦合器件避免了干扰;隔离现场电压可达500V;输入输出传输距离可达数公里。且有锁存式输出、加电清除功能。

(4) 计数/定时接口板:适应工业生产中定时、外部事件计数的需要,出现了多种定时/计数板。一般都具有定时、计数输出功能。也有的具有条件触发定时,输入脉冲频率高、定时范围宽、功能组合方便、灵活,可作为中断申请信号,实现定时启动A/D及D/A工作等。

(5) 其它接口板:目前由于微机应用技术发展日新月异,原来很少应用的接口板增加了需求量、形成了商品,也使功能接口板的花样五彩缤纷、不胜枚举。如通道扩展板、接线端子板、过程控制板、多通道串行通信板、EPROM写入板、V/I转换板、小信号放大板、步进电机板、总线延伸板、I/O译码板、显示控制板、自带电池存贮板、可控硅输出板等等。读者不难通过这些名类理解当今接口技术方兴未艾的形势了。

这些功能接口板都是适应某些特定应用场合的需要,用一、二种主要接口芯片和门电

路、译码器、锁存器等组成的。一般具备以下特点：

- (1) 作成印刷板插件式，不经焊接便可和相应微型机总线连接；
- (2) 适应不同大小或极短促时间的模拟量，加了放大电路、采样保持器。并可程控调节放大倍数或人为调整；
- (3) 接口板的端口寻址都做成可用开关人为设定，便于避开微机已占端口地址，方便了用户；
- (4) 各种接口板都只适用某一微机总线，若要改到其它微机应用，还要加配总线转换板；
- (5) 不少厂家为其产品配了测试和基本使用软盘，便于用户检查验收和使用。一般情况下都有较高的抗干扰能力。

接口板的种类繁多，和微机的连接千丝万缕，但只要熟悉了外设和微机总线信号两边的情况，又熟悉了构成接口板电路的接口芯片。分析和使用一些实际接口板，将会发现，它们虽不象图1-1那样简单，但却具有最基本的串行或并行输入输出功能。

各种功能接口板，虽然可以省去很多有关接口设计、制造和编程工作，但由于微机应用极其广泛，众多的接口板几乎常在价格或功能方面满足不了用户的要求，所以微型机应用技术人员，仍需既懂硬件、又熟悉软件，尽可能多地掌握接口电路的设计和软件编程的知识和技能，这对于推动、推广、移植现有微机应用成果，开发新的应用技术是很有必要的。

第二章 D/A转换器的基本原理

第一节 概述

模拟信号是指时间上连续和幅值上也连续变化的信号。工业生产和科学研究中常见的绝大多数物理量，如温度、湿度、压力、流量等非电量的模拟信息，它们都可以通过各种传感器转换成模拟电信号。这些模拟电信号可以是电压信号，也可以是电流信号，其电平可以连续地改变。理论上可以说，模拟信号有无限高的分辨率，但是易受噪声干扰。

数字信号是指时间上离散，而且幅度也离散的信号。数学上可以用序列来表示，实际电路中的数字信号用高低电平来表示。其数值是用高、低电平的各种组合(编码)来描述的。所以数字信号只能取有限个数值，也就是只有有限的分辨率。但数字信号抗噪声干扰能力强。而且只要数字信号的数位足够的多，总可以达到所要求的精度。

在工业自动控制及智能化产品中，常常要使用A/D转换器(见第四章和第五章)，把一些连续变化的电信号转变为数字信号，以便于计算机进行加工、计算及处理。以达到去伪存真、提高测量精度、准确进行实时控制的目的。

数模转换器是一种把数字信号转换成为模拟电信号的器件，通常称为D/A转换器。

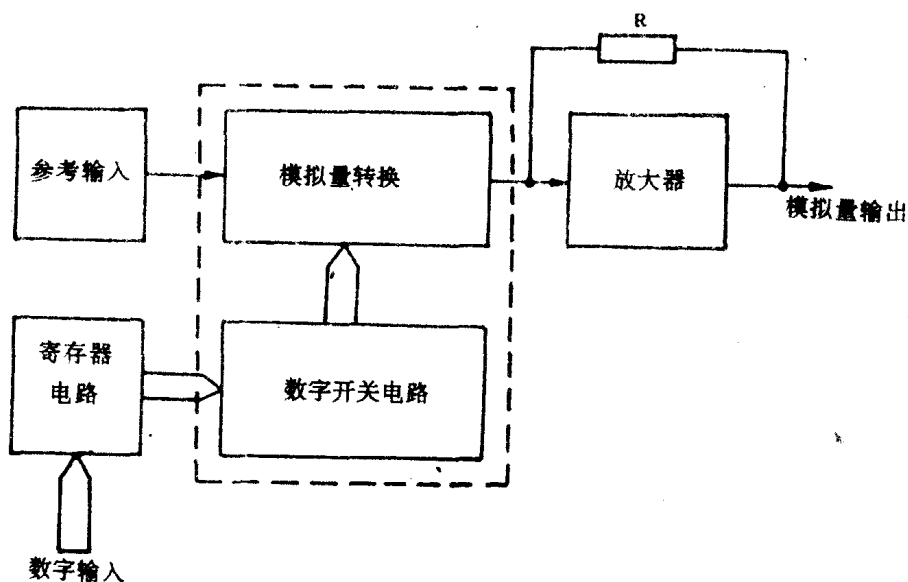


图2-1 单片数/模(D/A)转换器框图

目前，单片D/A转换器有很多类型。按照工作原理的不同，D/A转换器可分成两大类，即直接D/A转换器和间接D/A转换器两种。直接D/A转换器的工作方式是指直接将输入的数字信号转换为输出的模拟信号；而间接D/A转换器的工作方式，则是先将输入的数字信号转换为某种中间量，然后再把这种中间量转换成为输出的模拟信号。例如可

以把输入的数字信号首先转换为频率一定，宽度随数字信号变化的脉冲信号，然后再利用低通滤波器提取其平均值，从而得出相应的模拟信号。不过这类间接D/A转换方式在集成D/A转换器中很少使用，本章不予介绍。直接D/A转换器通常由一组权电阻网络或梯形电阻网络与一组控制开关组成。其输入端为一组数据输入线与联络信号线（控制线），其输出端为模拟信号线。按输入端的结构分类大致又可以分为两种：一种是输入端带有数据锁存器，这种D/A转换器的数据线可以直接和计算机的数据总线相接。另一种D/A转换器的数据输入端不带数据锁存器，这时就需要另外配接数据寄存器。D/A转换器的基本框图如图2-1所示。一般单片集成D/A转换器芯片的电路结构，至少包含图中虚线框内的电路部分。

第二节 权电阻D/A转换器的原理

我们已经知道，二进制数码是有权码。在一个多位二进制数码中，每一位的“1”所代表数值的大小是不同的。例如：

$$1011_{(2)} = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 11_{(+)}$$

式中的注脚(2)表示二进制，(+)表示十进制。 2^3 、 2^2 、 2^1 、 2^0 分别表示这个四位二进制数的权。很显然，所谓“权”就是二进制数中的每一位“1”分别代表十进制数的大小。例如第0位的“1”代表十进制数的 2^0 ，即代表1；二进制数中第3位的“1”代表十进制的 2^3 ，即代表8等等。

因此，一般说来，对于一个n位二进制数码 D_n 来说：

$$D_n = d_{n-1} d_{n-2} \dots d_1 d_0$$

从最高位（通常用MSB表示）到最低位（通常用LSB表示）的权分别为 2^{n-1} 、 2^{n-2} 、 $\dots$ 、 2^1 、 2^0 。

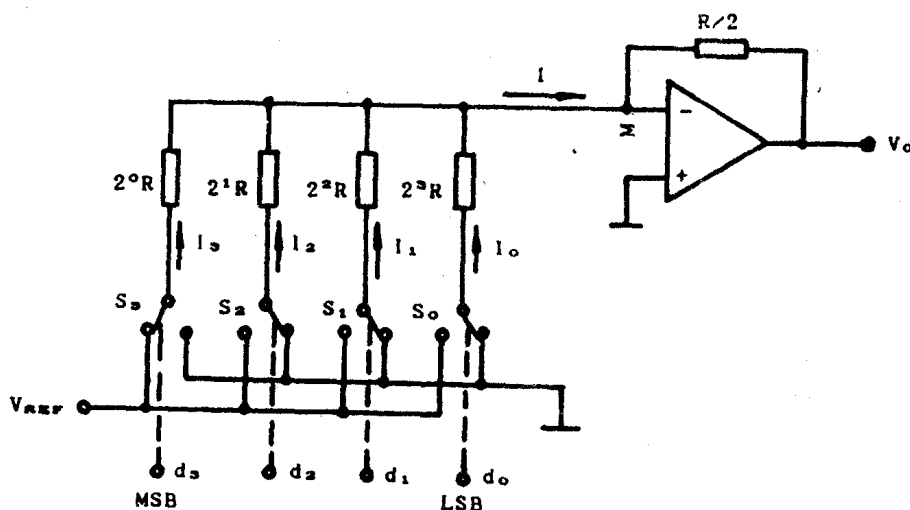


图2-2 权电阻D/A转换器工作原理图。

要想将数字量转换为模拟量,就必须将二进制数码中的各位,按其权的大小转换成模拟量,然后再将转换的各位模拟量相加,得到该数字量所对应的模拟量。

四位权电阻D/A转换器的工作原理如图2-2所示。此电路包括四部分内容:

权电阻网络: 一般情况,对应于几位权电阻D/A转换器,权电阻网络就由几个电阻器构成。显然,对于图2-2所示四位二进制数,就由四个电阻器组成。所有电阻的一端接 Σ 点(虚地点),另外一端分别和模拟开关S相连。由图中可以看出,四个电阻器阻值的大小,是按二进制数各位“权”的高低成比例减小的。最高位(对于四位二进制数)为 2^0R ,最低位为 2^3R ,并且低一位对应的电阻是相邻高一位对应电阻的2倍。权电阻网络的作用,是为了产生与二进制数各位“权”的高低成比例的电流信号。因为权电阻网络各电阻的比例为 $2^0:2^1:2^2:\dots$,和二进制数“权”的比例关系相同,因此称其为权电阻D/A转换器。

模拟开关S(本章第5节介绍): 开关 S_3 、 S_2 、 S_1 、 S_0 分别受输入的数字信号代码 d_3 、 d_2 、 d_1 、 d_0 控制。代码为“1”时,开关S将电阻接到参考电压 V_{REF} 上;当代码为“0”时,开关将电阻接地。这样,开关的状态就表示了相应位的二进制代码。

求和放大器: 作为电阻网络的缓冲器,使输出的模拟电压 V_O 不受负载变化的影响。同时,还可以通过改变 R_f 的大小方便地调节变换系数(即改变放大器的放大倍数),使输出模拟信号电压符合实际的需要。

参考电压源 V_{REF} : 它为能够使权电阻网络,产生和输入的二进制数字信号对应的电流,提供恒压源。

该转换器的工作原理分析如下:

假设输入的数字信号代码第三位 $d_3=1$,亦即 S_3 接到 V_{REF} 一端,则由电路可以看出:

$$I_3 = \frac{V_{REF}}{R} = \frac{V_{REF}}{2^0R}$$

此电流将流入放大器的反相输入端(Σ 点)。当 $d_3=0$ 时,则 S_3 将接到地端,流入放大器输入端的电流 $I_3=0$ 。

无论 $d_3=1$ 还是 $d_3=0$,用一个统一的数学式子表示 I_3 为:

$$I_3 = \frac{V_{REF}}{2^0R} d_3$$

同理对于第二位数字信号 d_2 ,可用下式表示:

$$I_2 = \frac{V_{REF}}{2^1R} d_2$$

其余各位,依次类推。

显然,我们很容易求出输入到求和放大器反相输入端的总电流为:

$$\begin{aligned} I &= I_3 + I_2 + I_1 + I_0 \\ &= \frac{V_{REF}}{2^0R} d_3 + \frac{V_{REF}}{2^1R} d_2 + \frac{V_{REF}}{2^2R} d_1 + \frac{V_{REF}}{2^3R} d_0 \\ &= \frac{V_{REF}}{2^3R} (2^3 d_3 + 2^2 d_2 + 2^1 d_1 + 2^0 d_0) \end{aligned}$$