

微型计算机接口技术

戴明桢 周建江 编



航空工业出版社

7

/1

微型计算机接口技术

戴明桢 周建江 编

航空工业出版社

1993

(京)新登字161号

内 容 简 介

本书介绍微型计算机的接口技术。全书共分六章,内容包括CPU与存储器以及各种外部设备(例如开关、LED显示器、键盘、录音机、打印机、CRT、A/D、D/A等)接口的硬件电路和软件编程使用方法。通过本课程的学习,使读者掌握各种接口技术以及设计和组装微型计算机应用系统的技巧,为在各专业领域广泛应用微型计算机打下良好的基础。

本书可作为高等院校工科电子类专业的本科生教材,也可供从事微型计算机应用的工程技术人员自学参考。

微型计算机接口技术

戴明桢 周建江 编

航空工业出版社出版发行
(北京市安定门外小关东里14号)

— 邮政编码: 100029 —

全国各地新华书店经售
南京航空学院印刷厂印刷

1993年3月第1版

1993年3月第1次印刷

开本: 787×1092 1/16

印张: 13

印数: 1—3700

字数: 308.9千字

ISBN 7-80046-485-7/G·075

定价: 3.80元

前 言

目前,微型计算机的应用已经深入到国民经济的各个领域。就其应用的范围来说,大致可以分成以下四个方面:科学计算、企业事业单位的管理、工业控制以及智能化产品。

在前两个方面的应用中,一般采用微型计算机系统。所需要的接口主要用于人机交换信息,例如键盘接口、显示器接口、打印机接口以及软磁盘接口等,通常采用高级语言编制软件。而在后两个方面的应用中,除了人机之间交换信息以外,还需要在被控制对象和计算机之间交换信息。所需要的接口常常要按特定的被控对象或产品专门设计,较多地采用汇编语言,或者高级语言与汇编语言交叉应用。

接口是微型计算机系统中的一个重要组成部分,接口技术则是推广应用微型计算机的一个关键。为了使已经掌握了微型计算机基本原理的读者,尽快地掌握接口技术,把微机应用到生产实践、科学研究和技术改造等方面去,特编写了本教材。

全书共分六章。第一章是概论,简要回顾微型计算机系统的基本组成,着重说明微型机的各种输入/输出工作方式。第二章介绍 CPU 与各类存贮器的接口技术。第三章和第四章是本教材的重点。第三章介绍常用的各种输入/输出设备及其接口方法,内容包括 CPU 与开关、LED 显示器、键盘、磁带录音机、打印机以及 CRT 的接口技术。第四章专门介绍模拟通道接口技术,即 A/D 和 D/A 接口电路、采样保持器、模拟多路开关以及模拟通道板的设计等。第五章简要说明并行和串行总线接口技术。第六章是微型计算机的应用系统设计方法,也是本教材的重点之一。主要讲两个问题:一是 TPBUG-A 监控程序的分析;二是有关微型计算机应用系统的设计问题。

本书第一、三、六章由戴明桢编写,第二、四、五章由周建江编写,戴明桢负责主编工作。由于编者水平有限,书中可能存在许多不妥和错误之处、恳请读者批评指正。

本书承蒙东南大学沈永朝教授和解放军通信工程学院傅其林副教授审阅,他们对全书提出了不少宝贵的意见。南京航空学院蒋璇副教授在编辑本书的过程中,也提出了许多有益的建议。编者在此向他们一并表示深切的谢意。

编 者

一九九二年二月

目 录

第一章 概论	(1)
§ 1-1 微型计算机系统的组成	(1)
一、完整的微型计算机系统	(1)
二、微型计算机的硬件	(2)
三、微型计算机的软件	(2)
四、微型计算机的接口	(2)
五、TP801 单板微型计算机的硬件组成	(3)
§ 1-2 微型计算机的输入/输出方式	(4)
一、输入/输出设备的特点	(4)
二、对输入/输出接口的要求	(5)
三、输入/输出的寻址方式	(6)
四、输入/输出的定时和协调	(8)
五、并行和串行输入/输出方式	(9)
六、输入/输出的控制方式	(12)
第二章 微处理器与半导体存贮器的接口	(16)
§ 2-1 存贮器的地址译码方法	(16)
一、线选法	(16)
二、全译码法	(17)
三、局部译码法	(17)
§ 2-2 微处理器与存贮器的连接	(18)
一、微处理器与存贮器的接口技术	(18)
二、存贮器与 CPU 接口举例	(23)
§ 2-3 动态 RAM 与 CPU 的连接	(25)
一、动态 RAM 的刷新方式	(25)
二、动态 RAM 与 CPU 的连接	(27)
第三章 输入/输出设备及其接口技术	(31)
§ 3-1 CPU 与开关的接口	(31)
一、CPU 与简单开关的接口电路	(31)
二、拨盘开关信息的输入	(32)
§ 3-2 LED 显示器与 CPU 的接口	(32)
一、七段 LED 显示器	(32)

二、点阵式 LED 显示器·····	(37)
§ 3-3 键盘与 CPU 的接口·····	(38)
一、非编码式键盘·····	(38)
二、编码式键盘·····	(46)
§ 3-4 盒式磁带机与 CPU 的接口·····	(47)
一、磁带记录的标准·····	(47)
二、转贮(内存向磁带机存贮信息)的接口技术·····	(48)
三、输入(磁带机向计算机内存装入信息)的接口技术·····	(56)
§ 3-5 打印机与 CPU 的接口·····	(62)
一、WDY-16 微型打印机·····	(63)
二、WDY-16 打印机与 TP801 单板机的接口方法·····	(66)
三、打印方式及使用举例·····	(67)
四、WDYMP 控打程序分析·····	(72)
五、CP80 打印机与 Z80-CPU 的接口·····	(82)
§ 3-6 CRT 与 CPU 的接口·····	(84)
一、CRT 显示器的工作原理·····	(84)
二、CPU 与电视机的接口·····	(86)
三、单片 CRT 控制器·····	(87)
§ 3-7 音响设备接口电路·····	(89)

第四章 微处理器与 D/A、A/D 变换器的接口····· (92)

§ 4-1 D/A 变换器及其与 CPU 的接口·····	(92)
一、D/A 变换器的工作原理和主要技术指标·····	(92)
二、D/A 变换器与 CPU 的接口·····	(93)
§ 4-2 A/D 变换器及其与 CPU 的接口·····	(100)
一、A/D 变换器的工作原理和主要技术指标·····	(100)
二、A/D 变换器与 CPU 的接口·····	(102)
§ 4-3 采样保持器和多路模拟开关·····	(112)
一、采样保持器的原理和参数·····	(112)
二、多路模拟开关·····	(114)
§ 4-4 微型计算机系统的 A/D、D/A 通道设计·····	(116)
一、A/D 通道的几种结构形式·····	(116)
二、D/A 通道的几种结构形式·····	(117)
三、A/D、D/A 通道的设计原则和举例·····	(118)

第五章 微型计算机的总线标准····· (121)

§ 5-1 总线概述·····	(121)
§ 5-2 并行总线·····	(122)

一、S-100 总线·····	(123)
二、IEEE-488 总线·····	(129)
三、STD 总线·····	(133)
§ 5-3 串行总线·····	(140)
一、RS-232C 串行接口标准·····	(141)
二、RS-232C 串行接口标准应用举例·····	(145)
第六章 微型计算机应用系统设计方法·····	(160)
§ 6-1 微型计算机应用系统设计概论·····	(160)
一、微型计算机应用系统的设计步骤·····	(160)
二、最小微型计算机应用系统·····	(164)
§ 6-2 微型计算机的监控程序·····	(170)
一、TPBUG-A 监控程序的功能和结构·····	(170)
二、TPBUG-A 监控程序分析·····	(174)
习 题·····	(178)
参考文献·····	(183)
附 录·····	(183)
一 ASCII (美国标准信息交换码) 表·····	(184)
二 TP801 单板机线路图·····	(185)

第一章 概 论

本章从微型计算机系统的组成出发,阐明接口电路在微型计算机系统中的地位和作用。着重介绍微型计算机通过接口电路实现输入、输出功能的各种工作方式。

§ 1-1 微型计算机系统的组成

一、完整的微型计算机系统

微型计算机系统由微型计算机的硬件和软件两大部分组成。所谓硬件,是指组成计算机的物质设备,例如运算器、控制器、存贮器以及输入/输出设备等;而软件,指的是使用计算机和发挥计算机效率功能的各种各样的程序。一个完整的微型计算机系统的组成如图 1-1 所示。

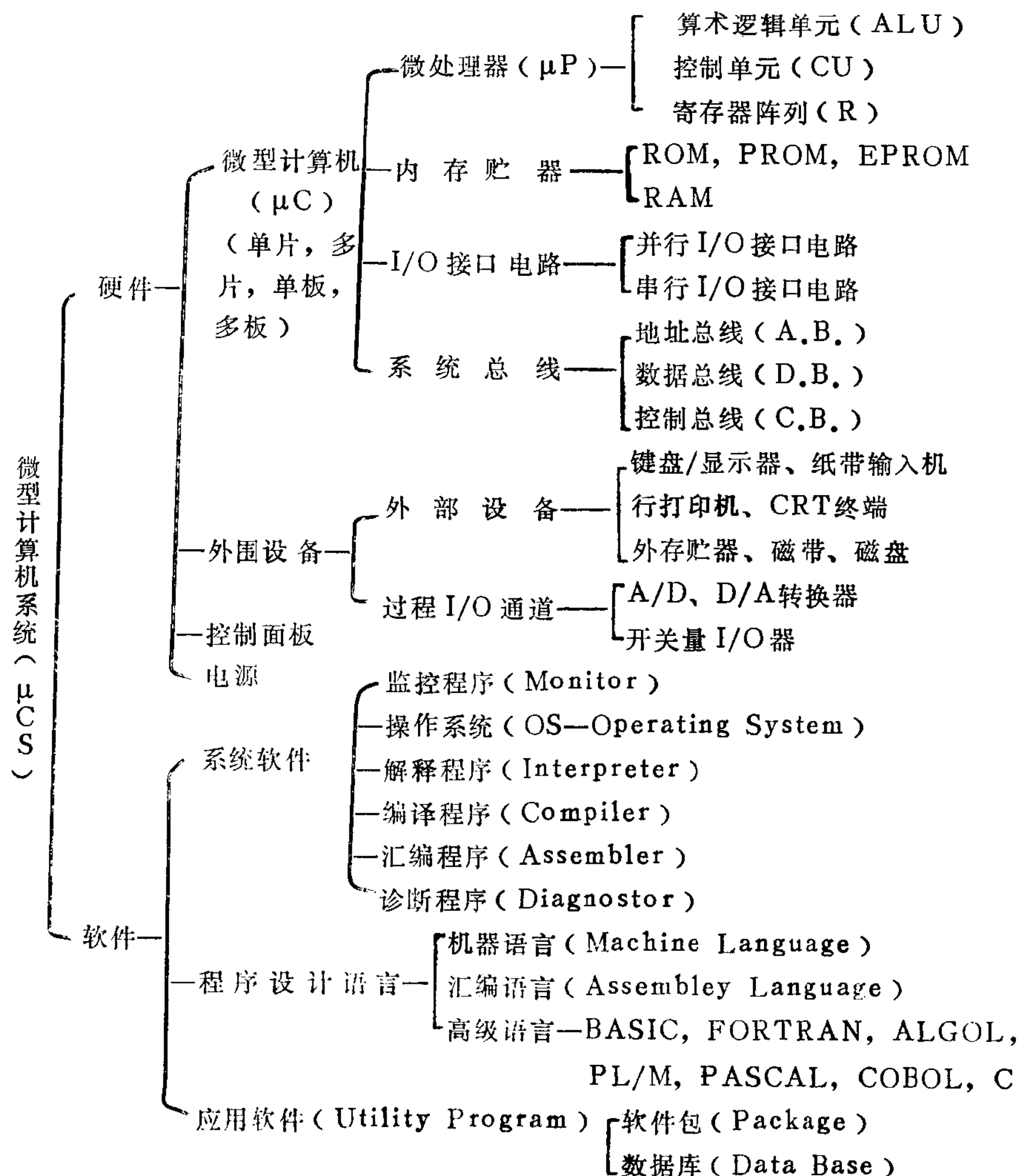


图 1-1 完整的微型计算机系统的组成

二、微型计算机的硬件

微型计算机的硬件，由微处理器(CPU)、存储器以及输入/输出(I/O)接口电路等部分组成。CPU通过I/O接口电路与外部设备(I/O设备)相连接。微型计算机内部通过三组总线——地址总线(A.BUS)、数据总线(D.BUS)和控制总线(C.BUS)来连接。微型计算机的硬件组成框图如图1-2所示。

由于读者已经学过微型计算机原理，这里就不一一加以介绍了。

顺便指出，在本教材中所涉及的CPU，均以Z80-CPU为例。而所讨论的接口技术，则同样适用于常用的8位和16位的微处理器。

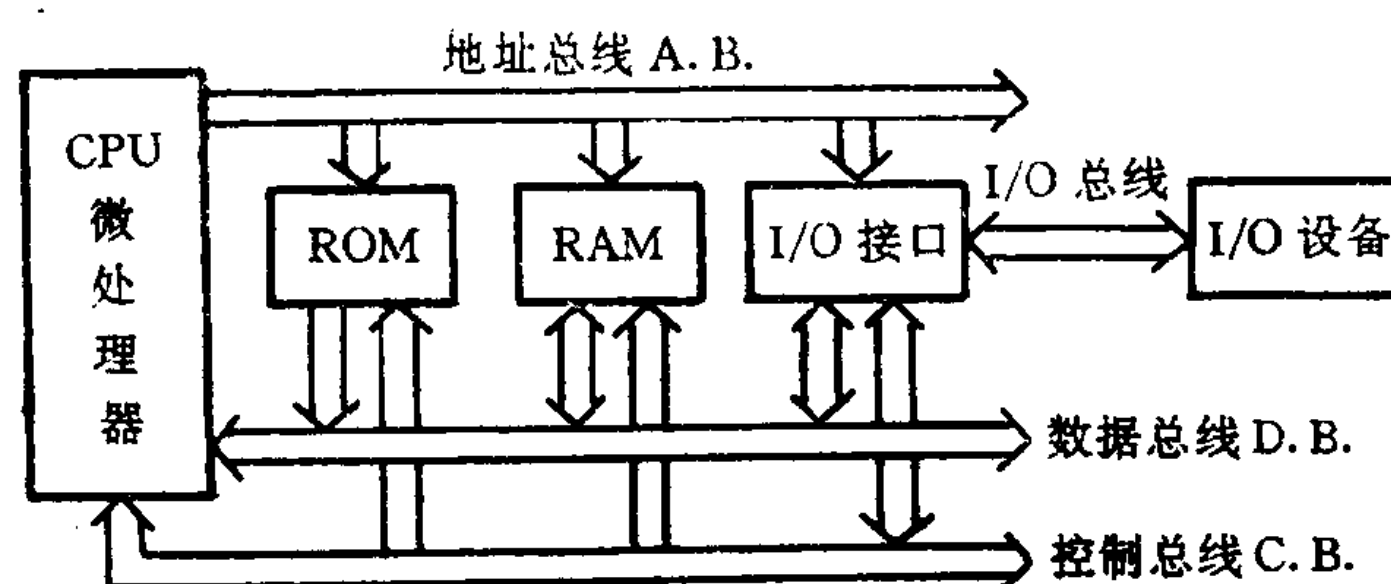


图 1-2 微型计算机的硬件组成框图

三、微型计算机的软件

从广义角度来说，软件包括各种程序设计语言、系统软件、应用软件和数据库等。

程序设计语言是指用来编写程序的语言。通常分为机器语言、汇编语言和高级语言三类。

系统软件是指为了方便用户和充分发挥计算机效能，向用户提供的一系列软件，包括监控程序、操作系统、汇编程序、编译程序、诊断程序及程序库等。

应用软件是专门为完成某个应用领域里的具体任务，如为进行生产过程控制或数据处理而编制的程序。

在数据处理系统中，需要处理大量的数据，检索和建立各种各样的表格。这些数据和表格按一定的形式和规律加以组织，建立数据模型，实行集中管理，这就建立了数据库。对数据库中的数据进行组织和管理软件称之为数据库管理系统。

丰富的软件是对计算机硬件功能的强有力的扩充，它使计算机系统的性能更完善，可靠性更高，使用更为方便。

四、微型计算机的接口

所谓微型计算机的接口，是指微型计算机系统中一个部件与另一个部件之间的联系。这种联系，往往不仅需要硬件上的连接，而且还需要用软件来控制。完成部件之间联系任务的硬件和软件总称为接口，对这些硬件和软件的设计方法称为接口技术。

(一) 接口的分类

接口通常分成四种类型：用户交互接口、辅助操作接口、传感接口和控制接口，如图1-3所示。

用户交互接口的主要功能是把来自用户的数据、信息传送给微型机，或者把来自微型机的数据、信息传送给外部设备。常见的打印机接口、键盘接口、终端显示接口都属于这一类。

辅助操作接口包括总线驱动器、总线接收器、时钟电路、磁带和磁盘系统接口。

传感接口通常用于微机控制和检测系统中。由于微机要控制和检测的外部信息，例如压力、温度、流量、位移等一般都是模拟量，而微机所能接受和处理的都是数字量，因此常常通过传感接口去监视、感受外部被检测或被控制对象的变化，将这些变化转换成电压或电流变化，再进一步转换成微型机能接受的数字量。

控制接口是在微机进行处理、运算后，需要控制外部执行机构动作时，例如驱动马达、起动阀门或接通指示灯等，把数字量转换成模拟量，以实现对外界的控制。

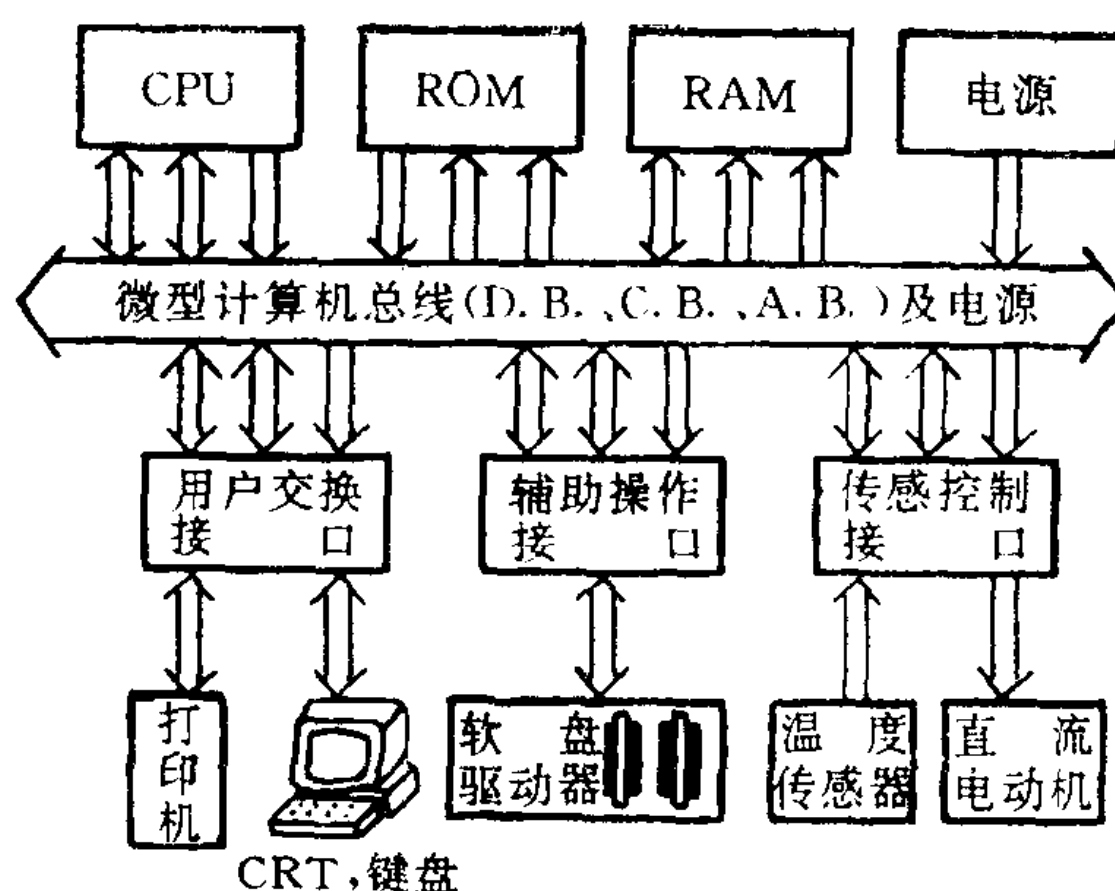


图 1-3 微型计算机的接口

（二）接口电路的任务

1. 输入 把外部设备送往微机的信息转换成与微机相容的格式。

2. 输出 把微机送往外部设备的信息转换成与外设相容的格式。

这里说的相容是指在信息类型、信号电平和信号传送方式等方面使外设与微机之间取得协调。

3. 产生同步脉冲 通常外部设备不止一个，微机在不同时刻需要和不同的外设取得联系，必须对外设寻址。一般需要产生设备选择脉冲，以使相应外设与微机同步工作。

4. 中断处理 检测并处理外部设备发到微机的中断请求信号。

随着大规模和超大规模集成电路工艺水平的不断提高，微型机接口芯片的发展也很快。除了各种功能芯片以外，还有各种功能模块出现。并进而又向着把 CPU、存贮器、各类接口制造在一块芯片上的单片机和专用微处理机方向发展。但是它们都不可能全部替代从事微机开发应用中的接口设计工作。这些发展只是使接口设计中的硬件设计比重减少而软件设计比重相应增加。

五、TP801 单板微型计算机的硬件组成

下面举一个 TP801 单板机的例子，说明接口电路在微型计算机中的作用。

TP801 单板微型计算机，由 Z80 系列芯片 Z80-CPU、Z80-PIO、Z80-CTC 等组成。它的结构比较简单，配的外设比较少，可用作工业控制、数据处理以及学习微型计算机的工具。图 1-4 是它的硬件原理方框图。

由图 1-4 可见，TP801 单板机的硬件由以下三部分所组成：

1. CPU 中央处理单元采用 Z80-CPU，它的工作时钟频率为 1.9968MHz，由频率为 3.9936MHz 的晶振经过二分频之后提供。这个频率恰好是音频盒式磁带机使用的 1200/2400Hz 和 300 波特的整倍数。由于它的时钟频率接近 2MHz，从而可以使用 8080A 的接口芯片以及廉价的存贮器。

2. 存贮器 TP801 单板机上配有 4KB 的 RAM 和 6KB 的 EPROM 插座。这里的

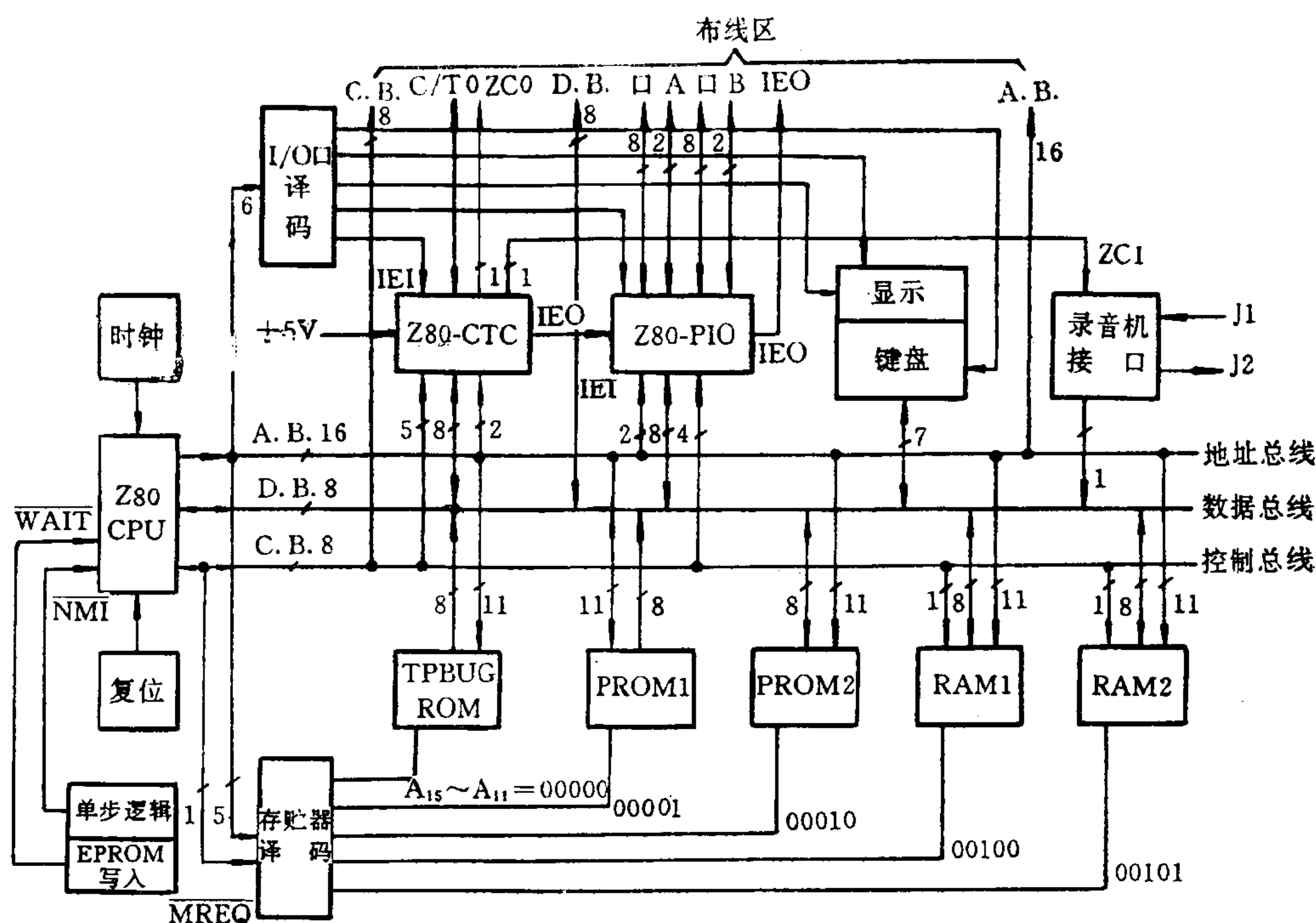


图 1-4 TP801-Z80 单板微型计算机硬件原理框图

RAM 采用 2114 静态读写存储器，EPROM 采用 2716 可擦除的只读存储器。有一块 2716 EPROM 用来存放 TPBUG 监控程序。

3. I/O 接口与外设 TP801 单板机的 I/O 接口电路比较简单，所带的外设也很少。它备有两片可编程的接口芯片：一片是 Z80-PIO，PIO 有两个 8 位的可编程的 I/O 口（A 口和 B 口），全部供用户使用；另一片是 Z80-CTC，CTC 有四个通道，除了 0 通道供用户使用外，其余的三个通道均为监控程序占用。TP801 单板机所带的外设，包括一个六位的 LED 显示器、一个简易键盘和一台盒式录音机。LED 显示器及简易键盘与 CPU 的接口电路比较简单，而录音机的接口电路稍复杂，它与 CTC1 通道有关。

有关各部分硬件电路以及监控程序的详细分析，将在以后各章中陆续介绍。

§ 1-2 微型计算机的输入/输出方式

一、输入/输出设备的特点

输入和输出，是微型计算机与外界交换信息的不可缺少的手段。程序、原始数据以及各种现场采集到的资料和信息，都要通过各种输入设备输入到计算机；而计算结果或各种控制信号，又要输出给各种输出设备，以便显示、打印或实现各种控制动作。所以，输入/输出设备（或称 I/O 设备或外部设备），在微型计算机与外界通信中极为重要。

计算机的外部设备一般具有以下几个特点：

1. 品种繁多。有机械式、电子式、电动式、光电式等。
2. 工作速度差异很大。有高达每秒传送 500K 位信息的软盘机，有每秒传送 100 个信

信息的电传打字机，而键盘手动输入每个字符则以秒计，也有可能长达几分钟才改变一个数据的温度传感器。特别应当指出的是，这些数据的产生与消失并不依赖计算机，而是各按自己的速率提供数据。

3. 信号的类型和电平种类不一。既有数字电压信号，也有连续的电流信号或其它模拟量信号，而且信号电平的高低大小差异较大。

4. 信号的结构格式复杂，控制时序要求各不相同。

5. I/O 设备的标准化程度低。

鉴于上述原因，输入/输出设备与 CPU 相连接不象存储器与 CPU 连接那样简单，通常需要设计专门的接口电路。

二、对输入/输出接口的要求

计算机要进行信息的输入和输出，不但需要设计出把外部设备与 CPU 连接起来的硬件线路，而且还需要编制实现这种输入/输出所需的软件，即输入/输出程序。所谓输入/输出接口技术，就是输入/输出接口电路和输入/输出程序的总和。

由于输入/输出设备的复杂性，因而对输入/输出接口提出了种种要求，归纳起来有如下几个方面：

1. I/O 接口电路应有地址译码或设备选择的能力，即给每个外部设备以一个设备地址（或称设备号）。CPU 通过一定方式产生设备选通脉冲，加到需要沟通的外设接口上。这样，只有被 CPU 选中的外设才能与 CPU 交换信息。

2. 信息的转换。把外部设备送往计算机的信息转换成与计算机相容的格式；或者把计算机送往外部设备的信息转换成与外部设备相容的格式，包括信号类型、信号传送方式以及信号电平的转换。

3. 数据的缓冲和锁存。CPU 总线上常接有不止一个外部设备，而每一时刻只允许在数据总线上传输一种信息，不参与传输的设备需从总线上脱离。因此，输入设备不能直接连向总线，通常都需要通过缓冲器挂到总线上。一般输出设备不可能对只在几个 CPU 时钟周期存在的信息作出反应，所以总线上输出的信息要经过锁存器加以保存，待外设能接收时才输出给外设。

4. 数据传送的同步。为的是使数据的输入和输出过程与 CPU 的工作过程相协调。I/O 接口要为 CPU 提供有关外设的工作状态信息，以及将 CPU 的控制命令传送给外设。如输出时，CPU 何时已将信息送到接口以备输出；输入时，输入设备已将数据送到接口寄存以备 CPU 读取，所有这些均由接口发出相应的信号告诉外设或 CPU。接口发出的信号有“准备好”，数据缓冲器“空”或“满”等。

5. 对外部设备进行中断管理。如暂存中断请求，进行中断排队，提供中断向量等。

6. 提供时序控制功能。有的接口电路具有自己的时钟发生器，可以广泛满足计算机和各种外设按时序控制方面的要求。

最后，说一下微型计算机输入/输出工作方式的分类方法。由于微型计算机输入/输出涉及的面较广，所以有好几种分类方法，如表 1-1 所示。下面将一一加以介绍。

表 1-1 微型机输入/输出工作方式分类表

微型计算机输入/输出工作方式分类	按寻址方式分	- I/O 指令寻址方式 - 存储器映象寻址方式
	按输入/输出定时方式分	- 立即传送方式 - 异步传送方式 - 同步传送方式
	按传送的数据分	- 并行传送方式 - 串行传送方式
	按输入/输出传送数据的控制方式分	- 程序控制方式 - 程序中断方式 - 直接存储器存取方式

三、输入/输出的寻址方式

一般的微处理器都是通过同一条数据总线与存储器以及 I/O 设备交换数据的。如何在同一条总线上区分是 I/O 传送还是存储器传送，通常有两种方法：

(一) I/O 指令寻址

在这种方式中，CPU 有专门的 I/O 指令，用地址来区分不同的外设。

这种 I/O 指令寻址方式，是微处理器对早期计算机设计思想的一种沿用。如 8080 和 Z80 就采用了这一种寻址方式。由于存储器和外设端口的地址空间是各自分别编址的，所以 I/O 结构不会影响存储器的地址空间。存储器用 16 条地址线 $A_{15} \sim A_0$ 寻址，可寻址 64K 存储器空间；I/O 口用 8 条地址线 $A_7 \sim A_0$ 寻址，可寻址 256 个外设端口。在读写控制命令方面也是分开的，对存储器是将 $\overline{MEMRQ}$ 、 $\overline{WR}$ 、 $\overline{RD}$ 控制信号组成存储器读命令 $\overline{MEMR}$ 和存储器写命令 $\overline{MEMW}$ 。对外设是将 $\overline{IORQ}$ 、 $\overline{WR}$ 、 $\overline{RD}$ 控制信号组成外设读命令 $\overline{IOR}$ 和外设写命令 $\overline{IOW}$ 。在操作指令方面，存储器读写是用 LD 指令，而外设读写有专用的 I/O 指令，如 IN、OUT 指令及它们的相关指令组。

图 1-5 是 I/O 指令寻址方式的一个具体例子——TP801 单板机 I/O 口地址译码电路。

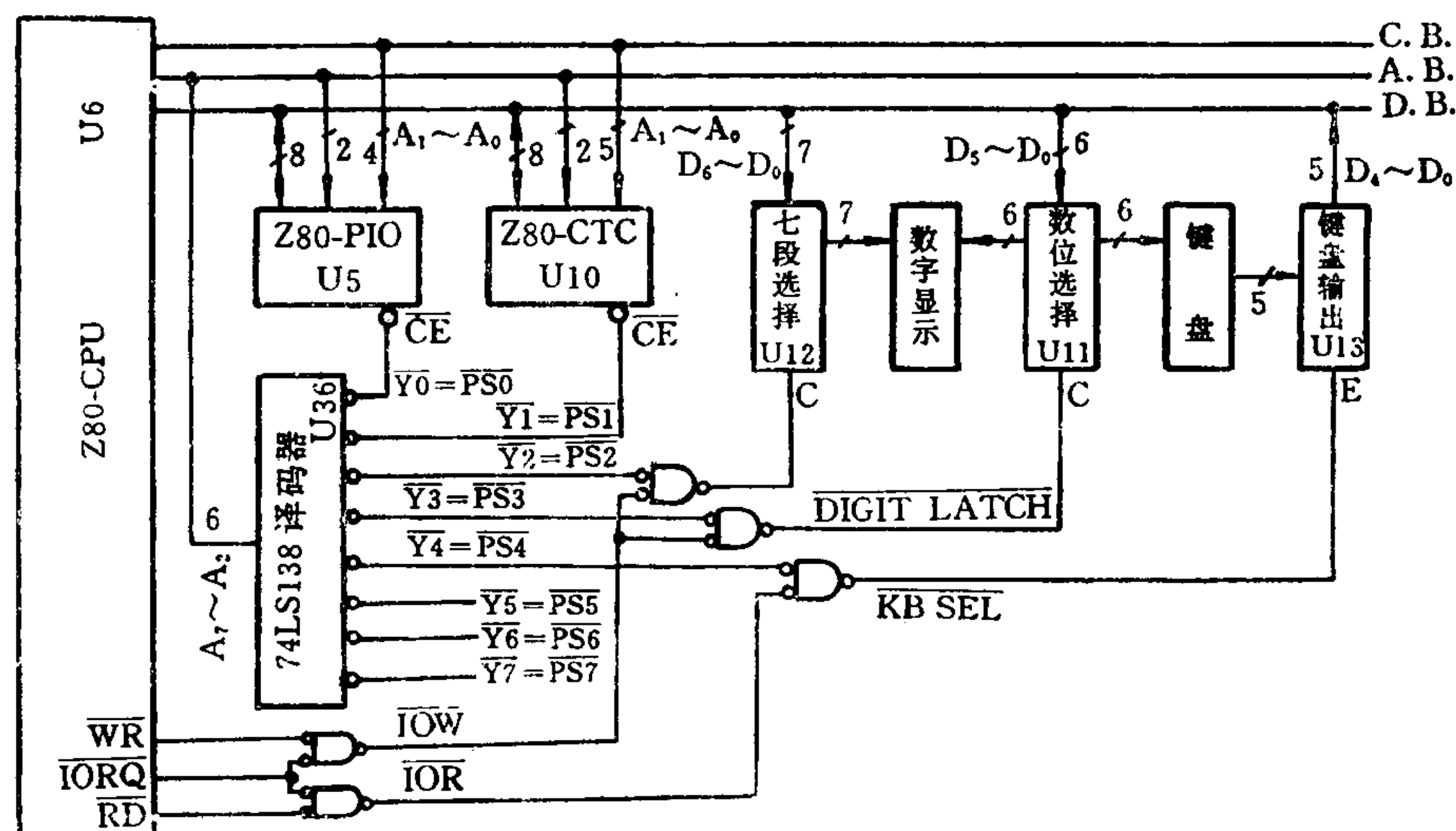


图 1-5 I/O 指令寻址方式举例 (TP801 单板机 I/O 口地址译码电路图)

图 1-5 中的七段数字显示器是一个输出设备。它有七段选择和数位选择两个端口。图中键盘是输入设备,占一个端口。Z80-PIO 是并行输入输出接口芯片, Z80-CTC 是计数器/定时器, 各占四个端口。各个端口的地址分配通过三一八译码器以及有关的地址线来实现, 对应的端口地址分配见表 1-2。

表 1-2 图 1-5 对应的端口地址分配表

$A_7 - A_2$	译码器输出	器件	A_1	A_0	口	口地址
100000	$\overline{Y_0} = \overline{PS_0}$ $= \overline{PIOSEL}$	Z80-PIO U_9	0 0 1 1	0 1 0 1	口 A 数据寄存器 口 B 数据寄存器 口 A 控制寄存器 口 B 控制寄存器	80H 81H 82H 83H
100001	$\overline{Y_1} = \overline{PS_1}$ $= \overline{CTCSEL}$	Z80-CTC U_{10}	0 0 1 1	0 1 0 1	通道 0 通道 1 通道 2 通道 3	84H 85H 86H 87H
100010	$\overline{Y_2} = \overline{PS_2}$ $= \overline{SEGLH}$	74LS273 U_{12} 八锁存器	×	×	七 段 选 择 (只写)	88— 8BH
100011	$\overline{Y_3} = \overline{PS_3}$ $= \overline{DIGLH}$	74LS273 U_{11} 八锁存器	×	×	数 位 选 择 (只写)	8C— 8FH
100100	$\overline{Y_4} = \overline{PS_4}$ $= \overline{KBSEL}$	74LS244 U_{13} 八缓冲器	×	×	读 键 值 (只读)	90— 93H
100101	$\overline{Y_5} = \overline{PS_5}$	没 使 用				94— 97H
100110	$\overline{Y_6} = \overline{PS_6}$	没 使 用				98— 9BH
100111	$\overline{Y_7} = \overline{PS_7}$	没 使 用				9C— 9FH

(二) 存贮器映像 I/O 寻址

存贮器映像 I/O 寻址, 又称为存贮器对应 I/O 寻址, 是用存贮器型指令访问输入/输出设备, 使在指令系统和接口硬件上对存贮器映像的输入/输出设备不加区别, 以达到优化硬件和简化指令的目的。它的基本做法是, 把每一个 I/O 端口看作一个存贮单元, 并且指派给它一个地址。这样, 就不需要专门的 I/O 指令了。在进行输入/输出传送时, CPU 可以使用与存贮器传送相同的指令。这样, 对具有 16 根地址线的 CPU 来说, 不论对存贮器还是对 I/O 端口, 都可由 16 根地址线来寻址。而读/写控制信号和输入/输出信号都采用 $\overline{MEMR}$ 和 $\overline{MEMW}$, 而不必形成 $\overline{IOR}$ 和 $\overline{IOW}$, 对存贮器和 I/O 口访问时都用 LD 指令。

下面比较一下两种 I/O 寻址方式的优缺点。

I/O 指令寻址的优点是：I/O 设备不占用存储器地址空间；程序设计时易于把 I/O 指令与存储器指令分开；I/O 指令通常只有两个字节，寻址速度较快；I/O 指令的地址较短，译码电路比较简单。其缺点是：I/O 指令的功能不强，程序设计时的灵活性较差；而且 CPU 芯片上要有专门的 I/O 读和 I/O 写的控制引脚。

存储器映像寻址方式的优点是：所有存储器访问指令都可以用来处理输入和输出，从而使花样较多、功能较强的存储器访问指令能够用于 I/O，因而使编程比较灵活；I/O 接口的编址空间较大，这在需要多于 256 个输入和输出端口的场合下很有用；I/O 口的控制逻辑比较简单；而且可以减少 CPU 的引脚。其缺点是：I/O 端口占用了一部分存储器空间；输入/输出操作的时间较长；在程序中较难区分访问存储器和访问外设的操作，因而使程序比较难读和难调试。

综上所述，两种寻址方式各有利弊。

四、输入/输出的定时和协调

由于输入/输出设备的速度差异很大，所以微处理器与输入/输出设备交换数据时，对于不同工作速度的外设需要有不同的定时方式。常见的微处理器与输入/输出设备之间定时与协调的方法有三种：立即传送方式、异步传送方式和同步传送方式。

（一）立即传送方式

对于慢速的外部设备，例如温度、压力、流量等物理参量的传感装置以及机械动作的执行机构等，它们的信息变化很慢，因而可以认为它们是随时都处于“准备就绪”状态，计算机可以用立即传送方式与它们进行数据传输。换句话说，外部设备如同存储器一样，它始终是准备好的，能够随时向 CPU 提供或发送数据。

具体地说，当输入数据时，CPU 就能按存储器读操作那样从外设输入数据。也就是说，每当执行输入指令时，就会无条件地将外设的数据输入到 CPU 的某个寄存器中。但是，如果 CPU 采样输入数据的时刻恰好落在数据改变的过渡期，则就容易发生错误。这时，我们可以采取硬件或软件（数字滤波）的办法解决这种由于瞬态过程所引起的错误。

当输出数据时，CPU 将数据送到数据总线上，这只是非常短暂的一瞬间，而慢速的外设反应很慢，在这一瞬间还来不及动作。为此，接口电路必须把 CPU 送出的数据锁存起来，并一直保持到外部设备接受这个数据为止。

（二）异步传送方式

对于速度较慢或中等速度的外部设备，由于它们和 CPU 的工作速度不是一个数量级，或者这类外设（如电传打字机）本身就在不规则的时间间隔下操作的，这时 CPU 与这些外设之间的数据传送，最好采取异步传送方式。所谓异步传送，是指计算机通过检查外部设备的运行状态信息，来协调计算机与外设在时间上的差异，进而完成数据的传送。应当指出，异步传送数据的速度是较低的。异步传送方式，有时也称为信号交互式 I/O 或应答式 I/O 方式。

采用异步传送方式，需要安排一对联络线（或称“握手”线）作为通信时 CPU 与外设之间互发应答信号之用。

具体说来，当输入数据时（参看图 1-6），由外设提供一个专门指示输入数据何时有效的信号，传送给 I/O 接口。I/O 接口将这个信号锁存起来，以供 CPU 检查，或者用中断请

求方式通知 CPU。当 CPU 检测到数据准备好信号有效或者响应中断时，就发出控制命令从 I/O 口上读取数据。CPU 取走数据后，I/O 接口立即发出一个表示“输入已完成”的回答信号送到外设，指示外设可以再送下一个数据。

输出数据时的操作方式如图 1-7 所示。当外设准备好接受 CPU 发来的数据，或者已经

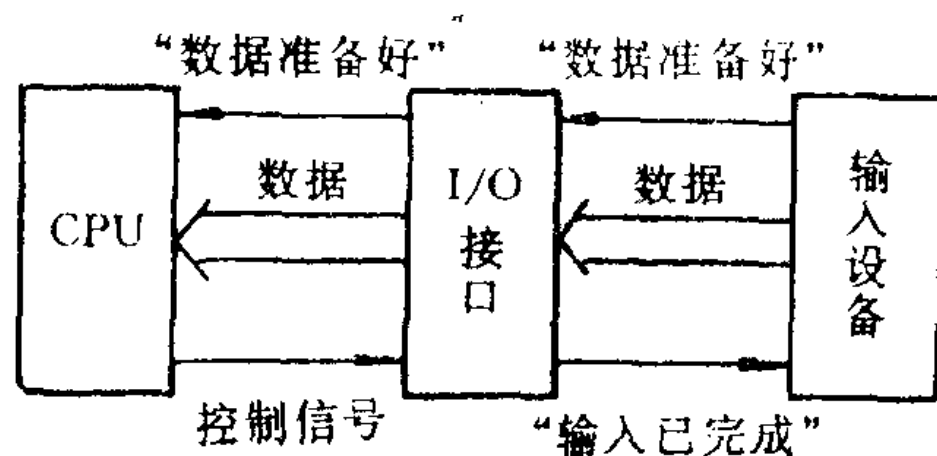


图 1-6 用异步传送方式进行输入操作

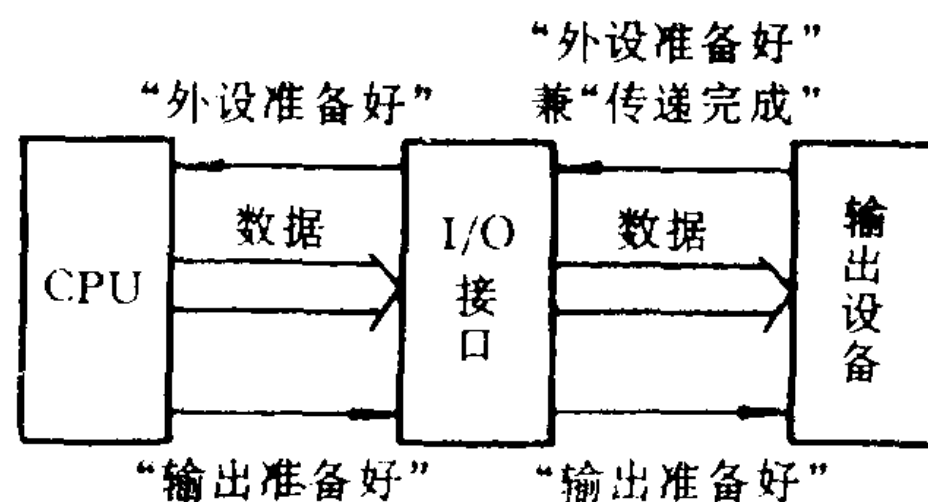


图 1-7 用异步传送方式进行输出操作

接受了 CPU 输出的一个数据时，就向 I/O 接口发出一个“外设准备好”或“请求输出”信号；I/O 接口将此信号锁存，以供 CPU 检测，或者用中断请求方式通知 CPU。当 CPU 检测到“外设准备好”信号有效，或响应中断时，就将数据放在数据总线上，同时发出“输出准备好”的控制信号；I/O 接口将此信号通知外设，外设就取走数据，之后使“外设准备好”有效，表示一次传送数据完成，通知 CPU 可以继续输出下一个数据。（如果外设正在忙于工作，不能立即取走数据，则“外设准备好”无效。只有当外设“空”了，取走了 CPU 输出的数据，此信号才变为有效。）

由上可见，是联络信号线对通信双方（CPU 和外设）起了协调和通信联络的作用。因此，建立正确的联络关系，是异步传送方式的关键。

（三）同步传送方式

所谓同步传送方式，是指计算机与外部设备以某一固定的速率连续地交换信息。它适用于中等以上数据传送速率和按规则间隔工作的外部设备。这是一种速度较快的输入/输出方式。

同步传送方式，是通过专门的控制电路与启动信息，使 CPU 与外部时钟建立同步。随后，CPU 与外设定时地连续地传送数据。例如，某外设以每秒 2400 位的速率向数据线发送信息，CPU 就每隔 $1/2400$ 秒进行一次串行输入操作，到数据传送结束时，又通过专门的控制信号使 CPU 停止传送过程。

由上可见，同步传送数据要比异步传送数据来得快。但是，这种同步传送方式的关键在于确定数据传送的起始同步与停止，这样就需要较多的硬件和软件。直接存贮器存取(DMA)就是这种方法在较高数据传送速率下的典型运用。

五、并行和串行输入/输出方式

CPU 向外设传送数据，可以按一次多位或一次一位的方式进行，这就是所谓的并行传送和串行传送。

（一）并行输入/输出方式

图 1-8 和图 1-9 是并行输入和并行输出方式的实例。图 1-8 是 TP801 单板机键盘的输入接口电路。CPU 执行 $IN A, (90H)$ 指令，指定的端口地址经地址总线的低 8 位

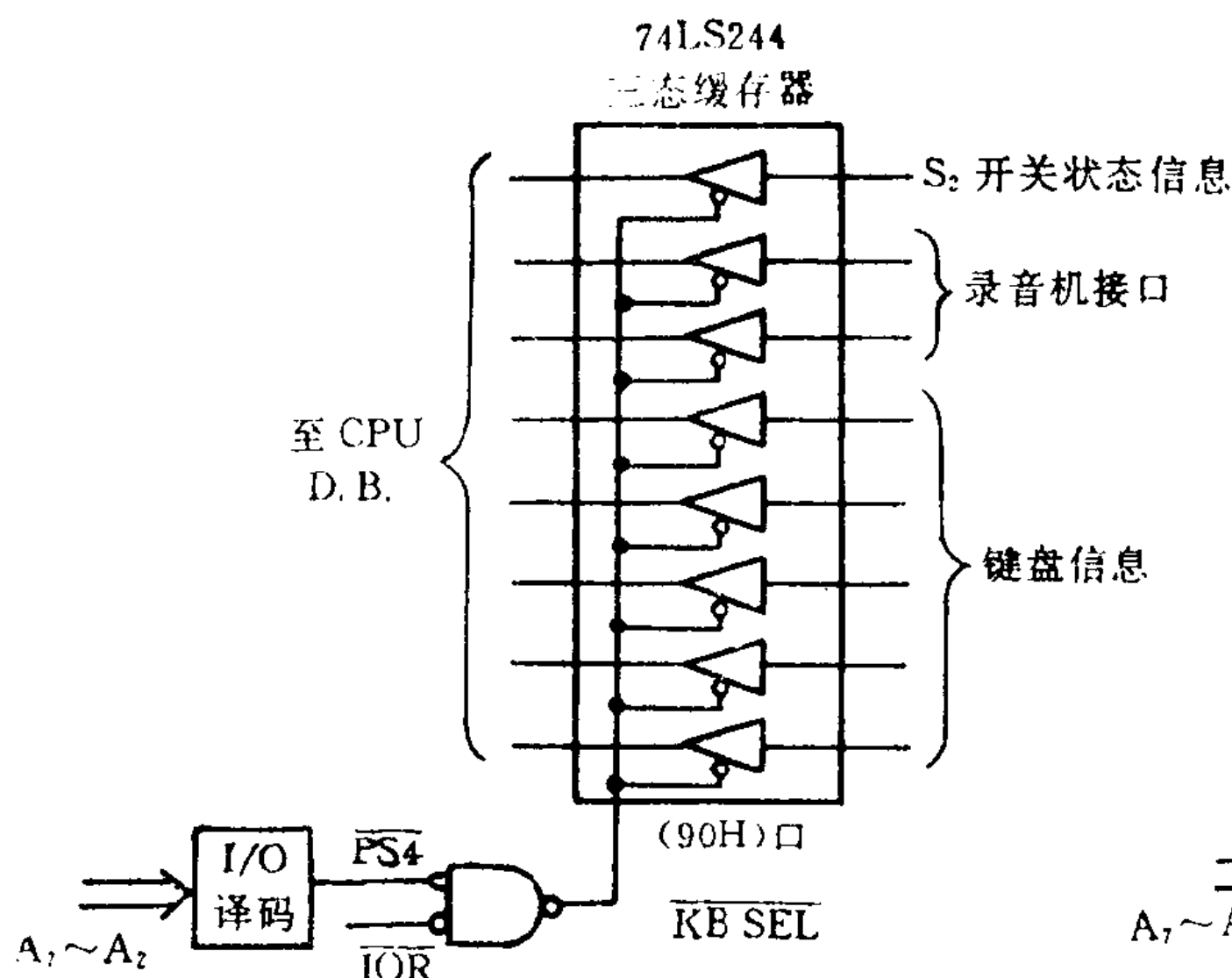


图 1-8 并行输入方式举例

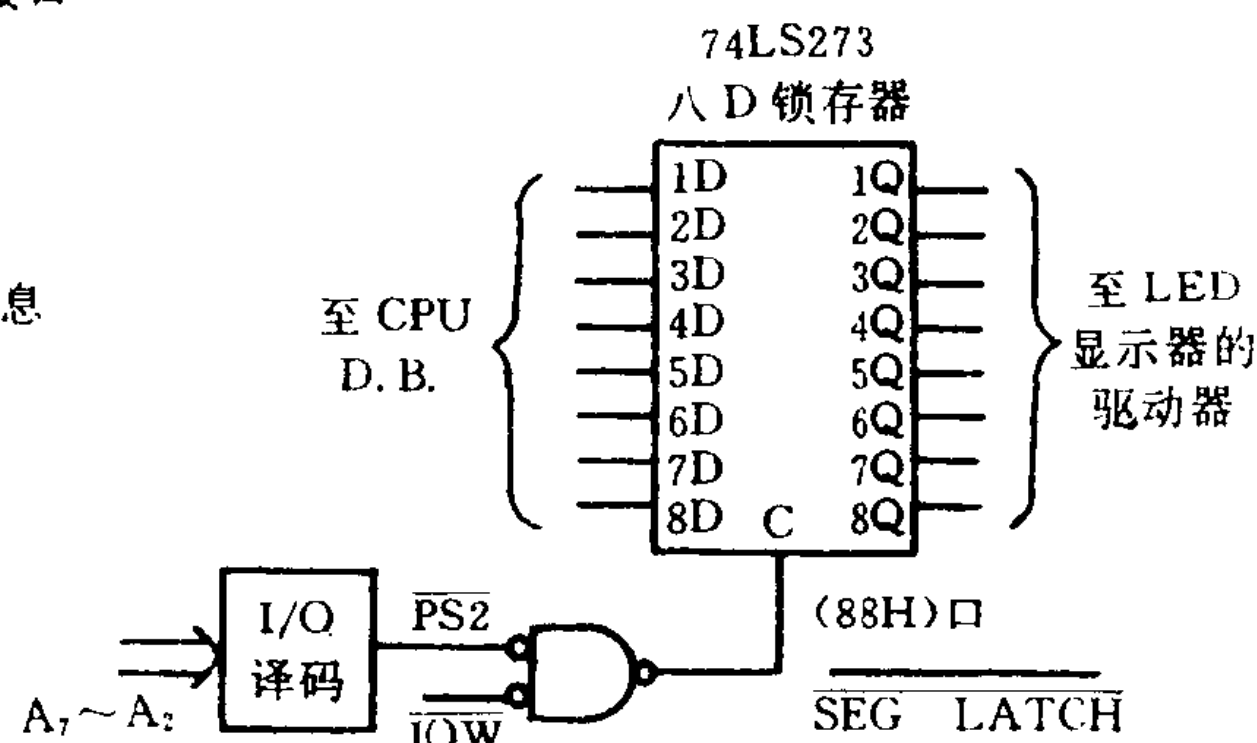


图 1-9 并行输出方式举例

($A_7 - A_0$)，送至地址译码器，选中的地址信号 $\overline{PS}_4$ 与 $\overline{IOR}$ 信号一道去选通输入三态缓存器，把外设的数据或状态信息共 8 位经数据总线输入到 CPU。

图 1-9 是 TP801 单板机显示器输出接口电路，图中仅画了字形输出接口电路，而数位输出接口电路与之相似。由图可见，当 CPU 输出 8 位数据时，只要给出 OUT (88H)，A 指令，指定的端口地址经地址总线低 8 位 ($A_7 - A_0$)，送至地址译码器，选中的地址信号 $\overline{PS}_2$ 与 $\overline{IOW}$ 信号一道去选通输出锁存器，把 CPU 累加器 A 中的 8 位数据传送到 LED 显示器的驱动器。

(二) 串行输入/输出方式

有些外部设备，在数据传送方面不具备并行能力，而要求数据在一条传输线上一位一位地顺序传送。例如，电传打字机、盒式磁带机就属于这一类外部设备，在它们与 CPU 之间传送数据时，需经过串行接口。当 CPU 输入数据时，数据应从串行变成并行；而输出数据时，数据应从并行变成串行。另外，假若终端设备离 CPU 较远时，如果采用 8 条线并行传送数据，则用线量大，价格贵，这时也应采用串行通信方式，如图 1-10 所示。

1. 串行数据的编码

在计算机与外界的通讯中，一般需要传送英文大写字母 A~Z、小写字母 a~z、阿拉伯数字 0~9 以及大约 25 个数字运算符和语法符号等共约 87 个符号。但是，计算机只认识二进制码，因此，必须规定编码方法，即以某种特定的二进制数串来代表上述需要传送的 87 个符号。

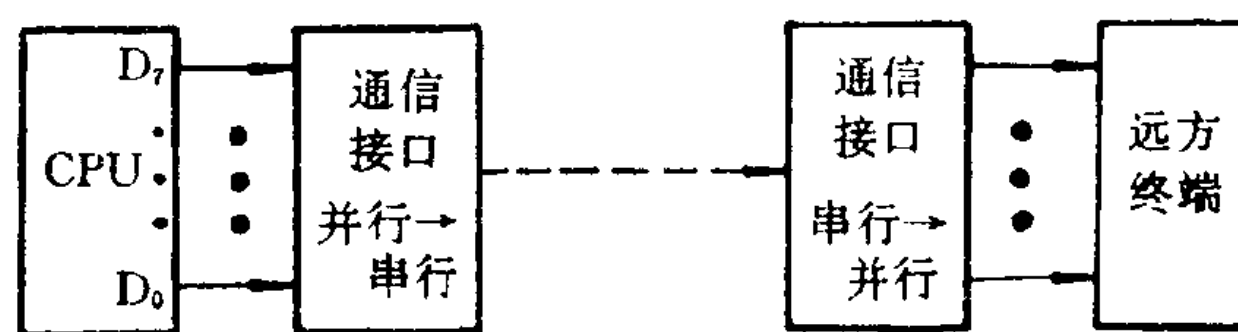


图 1-10 CPU 与远方终端的串行通信

目前，有两种常用的码制。一种是美国标准信息交换码 ASCII (American Standard Code for Information Interchange) 码。这种编码已被广泛地用于串行数据传送、字符显示和打印中。ASCII 码采用七位二进制数，从 00H~7FH 总共可以有 128 个码。ASCII 码多用于小型、微型计算机。另一种是扩展的 BCD 交换码 EBCDIC 码，多用于大型计算机。