

微 型 计 算 机 接 口

原 理 与 应 用

西安交通大学

王以和 编

微型计算机接口

——原理与应用

西安交通大学 王以和 编

*

上海科学技术文献出版社出版
(上海市武康路2号)

新华书店上海发行所发行
上海商务印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/32 印张 17.5 字数 423,000

1985年10月第1版 1985年10月第1次印刷

印数: 1—25,000

书号: 15192·404 定价: 3.20 元

《科技新书目》99-234

000000

前 言

作为新技术革命高潮中关键技术之一的微处理器和大规模集成电路,近年来获得了飞速的发展,对各行各业以及社会生活各方面都产生了巨大的影响。在我国社会主义现代化的伟大革命事业中,微处理器和微型计算机在国民经济各个领域的推广应用,正是方兴未艾,前景美好。

微型计算机的推广应用,关键在于接口技术的研究和软件的开发。本书是根据作者在1982年为研究生课程和一些学习班编写的《微处理机接口技术》讲义的基础上加以补充修改的,目的是为了能够更好地满足大专院校的师生、学生以及从事微机应用的广大科技人员的需要。在内容上,本书以一般的微处理机原理为基础,进一步深入而系统地介绍接口技术,包括从接口原理、应用到设计调试的理论和实践。本书的重点是目前普遍采用的8位微处理器的接口技术,同时也介绍了即将广泛应用的16位微处理器和多微机系统与网络的接口方法。

全书共十一章,分为四大部分。第一部分为接口的基本原理和方法,包括第一章导论、第二章中央处理部件的接口、第三章输入输出方法和第四章接口元件及其特性。第二部分为接口的应用技术,包括:第五章外围接口技术,主要是各种外围设备与微型计算机接口的方法,包括键盘、显示、磁带、终端、打印机、软磁盘、硬磁盘、多路终端系统等;第六章模拟接口,主要是讨论微型计算机的数字世界与外部现实的模拟世界之间的接口技术,并介绍了数据采集系统原理;第七章总线技术及标准,总线

标准化是推广应用的必经之路,本章介绍了国外流行的有关并行通信和串行通信的若干标准的原理和特点。第三部分为接口的设计与调试,包括:第八章接口设计,介绍一些设计方法和实例;第九章接口的安装和调试。第四部分为接口技术的发展,包括第十章 16 位微处理器及其接口,重点讨论了 8086/8088 的接口技术;最后第十一章多微处理机系统,介绍一些多微处理机和网络的接口原理,这是一个普遍感兴趣的问题,但过多地涉及分布式处理系统、分布式控制系统、计算机局域网络和并行处理系统等领域已超出本书的范围了。

在本书的编写和出版过程中,得到了徐士熙、蒋孝良、张企唐等同志的关心和帮助,从内容取材到文字图表等各方面都提出了极有价值的意见,花费了辛勤的劳动,在此谨致衷心的感谢。

由于作者水平有限,时间紧迫,错误与疏漏之处在所难免,敬请广大读者指正。

编 者

1984 年 6 月

目 录

第一章 导论	1
§ 1-1 标准的微型计算机系统	2
§ 1-2 接口的基本类型	6
§ 1-3 微处理器的实际应用例子	15
第二章 中央处理部件的接口	20
§ 2-1 微处理器的选择	20
§ 2-2 微处理器评价实例	25
§ 2-3 存贮器的主要特性	34
§ 2-4 微处理器与存贮器的接口	40
§ 2-5 8080 与存贮器的接口	45
§ 2-6 6800 与存贮器的接口	53
§ 2-7 Z-80 与存贮器的接口	59
§ 2-8 存贮容量的扩充	62
第三章 输入/输出方法	65
§ 3-1 存贮器映射和 I/O 映射	65
§ 3-2 并行输入/输出	68
§ 3-3 串行输入/输出	77
§ 3-4 I/O 的控制和调度	95
§ 3-5 输入/输出的定时	115
第四章 接口元件及其特性	127
§ 4-1 驱动电路	127
§ 4-2 接收器电路	133
§ 4-3 单片接收发送器	136
§ 4-4 电平转换器	138
§ 4-5 大功率接口器件	140
§ 4-6 光的显示和感测器件	144

第五章 外围接口技术	151
§ 5-1 键盘	151
§ 5-2 发光二极管(LED)显示	158
§ 5-3 电传打字机	163
§ 5-4 磁带录音机	168
§ 5-5 显示终端	176
§ 5-6 打印机	188
§ 5-7 软磁盘驱动器	192
§ 5-8 硬磁盘驱动器	206
§ 5-9 多路终端系统	214
第六章 模拟接口	229
§ 6-1 D/A、A/D 转换原理	229
§ 6-2 单片 A/D 转换器及其接口	242
§ 6-3 单片 D/A 转换器及其接口	247
§ 6-4 数据采集系统——A/D 转换应用实例	251
第七章 总线技术及标准	263
§ 7-1 引言	263
§ 7-2 系统总线(内总线)	265
§ 7-3 外总线	284
第八章 接口设计	301
§ 8-1 系统设计概要	301
§ 8-2 逻辑设计要点	309
§ 8-3 物理设计要点	320
§ 8-4 接口软件的设计和实现	329
§ 8-5 两个简单的应用例	336
§ 8-6 实时程序设计	347
第九章 接口的安装和调试	357
§ 9-1 机箱的选择	357
§ 9-2 接插件的选择	362

§ 9-3	电路插件的布局 and 结构	363
§ 9-4	一般故障与调试	368
§ 9-5	动态故障调试	374
§ 9-6	软件测试方法	378
§ 9-7	模拟和仿真	382
§ 9-8	调试例子	385
第十章	16 位微处理器及其接口	390
§ 10-1	16 位微处理器的基本概念	390
§ 10-2	通用微处理器 8086/8088	408
§ 10-3	8087 数值数据处理器 (NDP)	444
§ 10-4	8089 输入/输出处理器 (IOP)	449
§ 10-5	8086/8088 的支持配套芯片	467
第十一章	多微处理机系统	495
§ 11-1	引言	495
§ 11-2	主从式多微处理器实例	496
§ 11-3	多微机的系统结构	510
§ 11-4	多微机系统的软件	536
主要参考书		552

第一章 导 论

七十年代初,微处理器的问世标志了电子学领域的一个革命的开始。在短短十年中,微处理器的发展极为惊人。一方面从性能上,例如运算速度、字长、容量、功能等各方面获得了飞速的改进;另一方面,由于其生产工艺的特点,在数量上也以“一日万片”的速度大量投入市场。在这样的冲击下,要使微处理器能迅速发挥作用,必须狠抓接口技术和软件开发的研究。

所谓微型计算机接口技术,也就是使用微处理器、并把它有效地结合在整个系统中的方法。从应用角度来看,接口技术是极为重要的,离开了接口的微处理器好象离开了电路的晶体管一样,是毫无用处的。事实上,微处理器周围的支持电路和设备比微处理器本身占有更大的空间、花费更多的经费、消耗更多的电力,并且对环境有更严格的要求。因此,应该把接口方法放在系统设计中很高的地位,在设计阶段就仔细地考虑系统的接口要求。

计算机的接口技术传统上是一种技艺,也就是说,是一种实现把各种外围设备与主机相连的电路上的技艺。但是,自从出现各种大规模集成电路片子以来,微型计算机接口技术已不再是一种单纯的技艺,而成为一种技术,也就是说,可遵循若干严格的规则,而且具有一套系统的方法。在有些场合,从外表上看,接口仅仅是一组片子而已。装配一个完整系统传统上所用的大多数电路板已被缩小成LSI片子,甚至还生产出了设备控制器的接口片子。因此,现在已有可能只用少量LSI片子来实现一

完整的微型计算机系统——包括接口在内。

在一般的计算机设计中,大多数技术或方法都可以或者用硬件(元器件)、或者用软件(程序)、或者用软硬结合的办法来实现。接口技术也是这样。因此,系统设计者总要在硬件的效率、高和软件可节省元件数量之间作出合理的抉择。这方面没有一成不变的原则,它与每个具体系统有关,并且当研制出新的元件时,也可能会改变原来的选择。

§ 1-1 标准的微型计算机系统

在本书中,为了原理性叙述的方便,将以一种“标准”的微处理器为参考。当前,这种“标准”的微处理器是8位微处理器。例如,Intel 8080, 8085, Zilog 的 Z-80, Motorola 的 6800 等。由于 MOS LSI 工艺在元件密度上的限制,目前尚不可能把整个存贮器以及 I/O 电路直接集成在一个微处理器芯片上。在本标准系统中,微处理器本身(缩写为 MPU)或者还有时钟集成在一个芯片上。而存贮器,包括只读存贮器 ROM 和随机存贮器 RAM,则是外接的。由于存贮器和 I/O 芯片是在微处理器之外连接的,所以必须要有一种选择机构来对这些元件进行寻址,也就是说,微处理器必须具有一个地址总线。对8位机而言,这种地址总线的标准宽度为16位,可对64K单元进行寻址(这里 $K=1024$)。

一个8位微处理器可传送8位数据,所以它必须具有一个8位的数据总线。

地址总线、数据总线加在一起就需要24条引脚。另外,至少需要两条引脚用于电源及地线,两条或两条以上引脚供连接一外部晶体或振荡器。因此,剩下的10至12条引脚必须用来控制在系统中的数据传送,这就是控制总线。

这样,总的引脚数为40。双列直插式组件从经济性上考虑,一般引脚数也限制为40—42。工业上提供的标准测试设备一般也以40或42脚作为标准。

随着制造工艺的发展,已经生产出各种新的标准的微处理器,例如16位微处理器。但目前本书主要以8位微处理器作为标准系统来进行讨论,事实上,所论及的大多数接口技术原则上也适用于新的系统。这种标准系统的基本结构如图1-1所示。由于目前时钟电路已能集成到MPU芯片之中,所以新的产品一般都不要求外接时钟电路,而只要外接一个晶体就可以了。

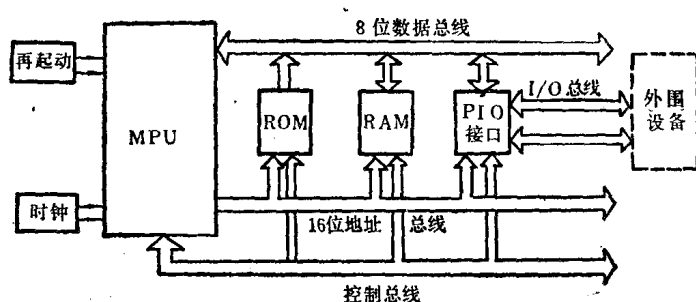


图 1-1 标准的微型计算机系统

如前所述,这种微处理器具有三组总线:

(1) 8位双向数据总线,用三态逻辑实现,允许使用直接存取存储器存取控制器(DMAC)。

(2) 16位单向地址总线,在微处理器内部与地址指示器(例如程序计数器)相连。为了能使用DMAC,地址总线也用三态逻辑来实现。

(3) 10至12根线的控制总线,包含来自或送至微处理器的各种同步信号。控制线并不一定需要三态逻辑。

系统中各种普通的元件都直接连至这三组总线上。图中画

出了三种元件，它们分别为 ROM、RAM 和 PIO。PIO 是一种可编程的输入/输出芯片，它使得多个入/出口能多路复用数据总线。这在第三章中将进行较详细的研究。入/出口可以直接与输入/输出设备或设备控制器相连，也可能还需要使用某些接口电路。

表 1-1 各种微处理器总线信号对应表

	8080 与 8228	8085	Z-80	6800
地址总线	A_0-A_{15}	AD_0-AD_7 + ALE A_8-A_{15}	A_0-A_{15}	A_0-A_{15}
数据总线	D_0-D_7	AD_0-AD_7 + - ALE	D_0-D_7	D_0-D_7
控制总线	HOLD HOLD $\phi 2$ INT INTE WAIT READY RESET SYNC INTA MEME MEMW I/ORD I/OWR BUSEN SSTB	HOLD HOLD CLK INTR --- --- READY RESET --- INTA RD & IO/M WR & IO/M RD & IO/M WR & IO/M ---	BUSAK BUSRQ --- INT --- --- WAIT RESET MI MI & IORQ RD & MEMRQ WR & MEMRQ RD & IORQ WR & IORQ --- ---	BA & VMA HALT $\phi 2$ 扩展 IRQ --- --- --- RESET --- VMA & FFF8 R/W & $\phi 2$ " " " HALT ---
	---	RST 5.5 RST 6.5 RST 7.5 TRAP RESET OUT SID SOD ALE ---	--- --- --- NMI --- --- --- --- RFSH HALT --- ---	--- --- --- NMI --- --- --- --- --- --- TSC DBE ---

把此基本系统与实际的 I/O 设备相连所需的接口电路或接口芯片将与上述各总线相连,它可能是和微处理器总线相连,也可能是和 PIO 或其它芯片产生的输入/输出总线相连接。

接口技术的重点也就是基本系统与各种外围设备相连的技术。对于不同的微处理器来说,接口技术在本质上是相同的。各种标准的微处理器原则上都有相同的数据总线和地址总线,它们的差别主要在控制总线上。正是控制总线的具体特性不同,产生了各种微处理器之间 I/O 接口芯片能否兼容的问题。表 1-1 表示了 8080、6800、Z-80 等接口特性的差别。

可以看出,控制总线较为复杂。一般来说,控制线上的控制信号或接口信号提供了四种功能:

- (1) 存储器同步。
- (2) 输入/输出同步。
- (3) MPU 调度——中断和 DMA(直接存储器存取)。
- (4) 公用信号,例如时钟和复位。

输入/输出和存储器的同步本质上是相似的,但在输入/输出时,数据传送的方式常按外围设备工作速度而有不同的选择。较常使用的数据传送方式是“握手”方式或问答方式。在“读”操作时,有一“就绪”状态或信号来指出已准备好了数据,即已把数据传送到数据总线上。对于“写”操作,要通过一个状态位或信号来验证此外部设备的有效性,然后才把数据加到数据总线上。在某些输入/输出设备中,要产生一“确认”信号,以肯定数据已被接受。

产生或不产生“确认”信号,是使用异步方式还是同步方式的典型区别。在同步方式中,所有的事件都在指定的时间内发生,当然不需要回答信号来确认。而在异步系统中,则必须要产生确认信号来表示事件的进展。在通信方式上采用同步还是异

步是设计一个控制总线的基本之点。同步方式可以获得较高的速度,并且可以减少控制线的数目。但是,它对外部设备提出了较严格的速度的约束。异步方式需要附加的应答信号,并且逻辑线路也稍多一些,但是,它允许在同一系统中使用速度各不相同的元件或设备。

§ 1-2 接口的基本类型

一个微型计算机系统的接口,从应用的角度来看,可以分为三种基本的类型:运行辅助接口、用户交互接口以及感测控制接口。图 1-2 表示了一典型的例子。

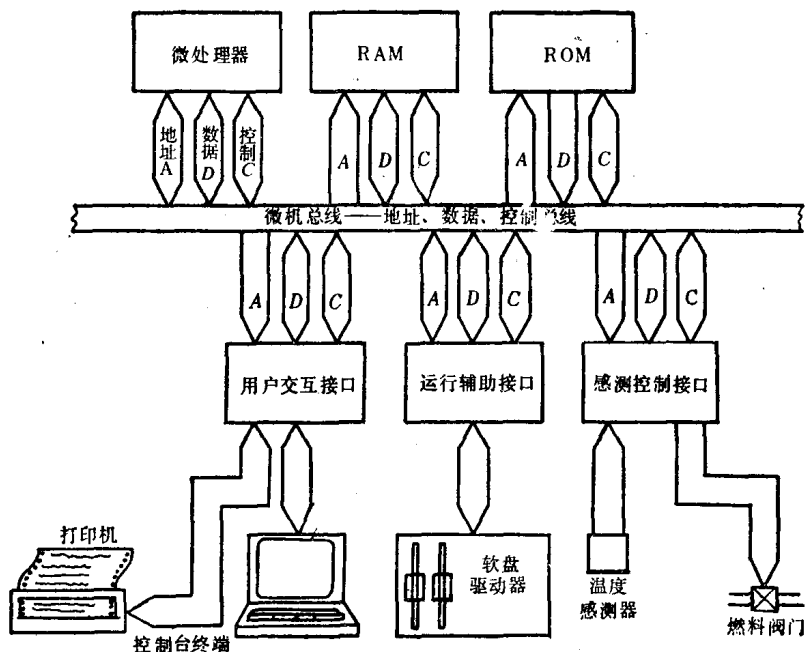


图 1-2 包含三种接口的微机系统例

1. 运行辅助接口

运行辅助接口指的是使得微机的功能处于最基本水平上所需的接口元件。它包括微处理器周围的数据和地址总线驱动器、总线接收器和时钟电路。存贮器和外存贮设备所需的较大的接口部件也归入此类。

图 1-3 进一步表示了图 1-1 中微处理器方块 MPU 的组成部分, 其中采用了时钟电路、总线驱动器和总线接收器来把微处理器连至系统总线。总线驱动器是一种放大器, 用来增加微处理器数据、地址和控制总线的驱动功率。当前一般 MOS 微处理器的每根输出线只能提供很小的约几毫安的驱动电流。如果把较多的功率驱动器做在处理器芯片中的话, 它们的热损耗就会太高。但是, 也有一些微处理器的内部驱动能力可直接推动少量接口和存贮器片子而不需外加总线驱动器。这样, 只要少量元件就可构成完整的小型系统和控制器, 这是 Motorola 6800

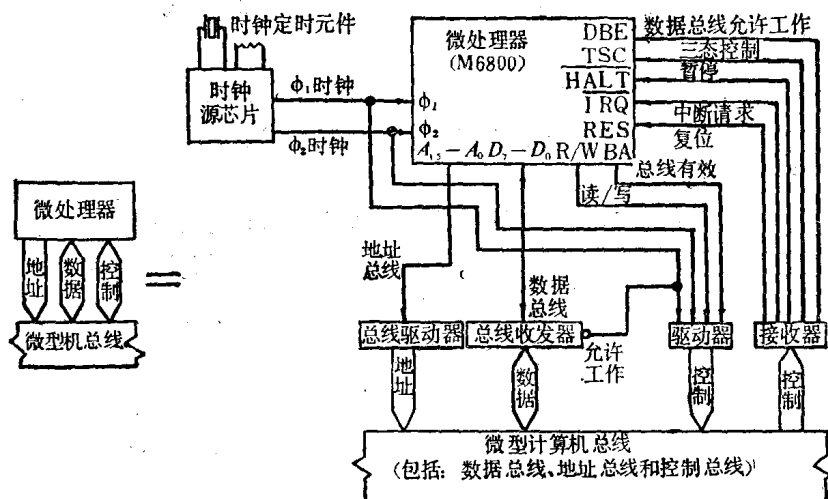


图 1-3 典型微机系统的微处理器接口

获得大量应用的一个原因。但是,即使采用 6800,对于使用大量存贮器或接口的大型系统来说,仍旧需要使用总线驱动器;而且几乎每个采用 6800 的微型机系统为了安全起见也都采用了总线驱动器。

总线接收器执行三个功能:减少总线负载,总线滤波和阻抗匹配。数据、地址和控制总线一般相当长,存在显著的传输线效应(如:信号衰减,外界干扰,波形畸变等)。总线上的接口起着分枝和反射点的作用,如果阻抗不匹配,就会造成“振铃”效应和产生噪音。在主机系统中,接线底板上的“振铃”会非常严重,以致必须在每根总线上采用有源端接器或甚至铁氧体环来过滤噪音。总线接收器常常利用滞迟现象来提高其抑制干扰的能力。

除了单片微机内带有 RAM 和 ROM 以外,一般的微处理器都需要外接存贮器和有关的接口元件。这时在存贮器地址总线上要使用总线接收器来减小微机总线的负载。和微处理器一样,存贮元件也不能驱动太多的负载,所以也常使用总线驱动器。

存贮器的控制线通常也要求接口电路。静态 RAM 只要求一根读/写线,可能还要一个“选片”线驱动器。动态 RAM 则要求多得多。

ROM 的接口与 RAM 情况非常类似。在地址线上采用接收器,数据线上采用驱动器。但是,由于 ROM 不会有数据写入,所以其数据线上不需要采用任何接收器。对于可编程 ROM(PROM),如果要求“入线”(in-circuit)编程的话,则有时也要求有写入的接口电路。因为 PROM 要求特殊的编程电平来保证正常的信号不致改变 PROM 的内容,所以它的接口电路更复杂一些。再有,在 PROM 接口中要求高压驱动器。

控制大容量外部存贮系统(例如磁带、磁盘和软盘等)的接

口也可以归入运行辅助接口这一类中。通常这些设备内部带有自己的控制器来处理机械上的序列动作要求。把这些设备与微机总线连接时,只要简单地构成一串行或并行的数据通信接口来发送命令和数据以及回收状态和数据就可以了。关于并行和串行数据通信通道和复杂的控制器将在后面几章中介绍。

2. 用户交互接口

用户交互接口就是把用户指定的数据发送给处理系统或从该系统接收数据的那些线路。这一类接口包括计算机终端接口、键盘接口、图形显示器接口以及声音识别和合成接口等。

人和计算机用完全不同的语言进行工作,因此要采用较复杂的设备来进行彼此之间的转换。从根本上来说,有两件事必须进行转换:表示方法与呈现速度的转换。表示方法的转换传统上由外围设备来进行,而呈现速度的转换则由主机来担任。标准的电传打字机或终端设备是一个很好的例子。用户通过键盘来打入数据(一种机电之间的接口),这些数据被转换为ASCII代码,并以计算机的表示形式,即一串“0”和“1”,传送给主机。处理器及有关接口使用中断或软件等待循环的方法来与用户打入数据的速率相同步,也就是执行呈现速度的变换。

反过来的通信也一样,处理器使用中断或软件等待循环的方法来以打印机能够处理的最高速率发送字符。这些ASCII代码再转换回机械动作,然后数据就被打印在终端上。

相对于计算机的处理速度来说,人们只能以极低的速率来接受数据,所以一般采用串行接口来带动这类外围设备。也就是说,把多位的ASCII代码分割开来一位一位地传送,这样可把通信线路减少到只需三个基本信号:串行发送数据、串行接收数据和一公共地线。EIA RS-232C 接口标准是一种比较普遍

采用的串行标准,它规定用于 20000 位/秒以下的速度。另外,CCITT 的 V. 24 建议也是一种比较普遍采用的国际标准。

许多高速的外围设备要求数据流动的速率超过了低速串行接口的能力,在这种传送速率较高的场合,通常要借助于高速并行接口。需要采用并行接口的一个例子是高速行式打印机。从用户的立场来看,这种设备不是实时工作的,因为当它工作时用户并不与它进行交互作用。它以高速打印出计算机输出的数据信息或表格,而用户以后才去读它们。并行接口能够以超过 RS-232C 标准限制的速率向行式打印机提供数据。

当采用并行接口时,由于必须有许多根线通向外围设备,所以一般不把整个控制器都放在设备中,而常常把大部分控制电路放在一块接口板上,然后插入主机。并行接口的方法虽然提高了效率和在某些场合减小了插件尺寸,但它有一个主要的缺点,就是难以标准化。目前没有一个并行接口标准象 RS-232C 那样被广泛采用。当然,结果是外围设备要连接的每一种微机都有一个特殊的接口板。

图形设备,例如电视扫描式显示终端,常常使用并行接口来与系统接口。一般来说,因为人们能够迅速地领会大量图形信息,所以显示设备需要较高的数据传送速率。

图 1-4 表示了简单的 RS-232C 接口与交互式终端连接的情况(交互式终端是操作员用来与计算机之间进行通信的设备)。驱动器和接收器用来作为微机总线的缓冲。异步通信接口适配器(ACIA)实现由串行至并行或由并行至串行的数据格式转换,并且采用 RS-232C 驱动器和接收器来产生所需的电平。终端发送或接收数据的速率取决于数据串行移出 ACIA 的速率,由波特速率发生器产生时钟脉冲来精确地控制这一速率。串行通信的典型传送速率从 110 至 19200 位/秒。