

14. 斯通
〔美〕 HAROLDS. STONE 著

孙贞运 叶成兰 卢显良 译

微型计算机接口

MICROCOMPUTER
INTERFACING

清华大学出版社

微型计算机接口

孙贞运 叶成兰 卢显良 译

清华大学出版社

内 容 简 介

本书对微型计算机的接口原理、基本技术、设计方法进行了全面系统的研究和精辟的分析。

全书共九章。第一章介绍微型计算机结构；第二章讲解屏蔽、接地和传输线技术；第三章讲解总线连接；第四章讲解存储器系统及DMA控制器；第五、六两章分析、介绍串行接口和并行接口；第七章讲解磁记录技术；第八章介绍CRT控制器的设计；第九章介绍I/O软件的开发。所有章节都是从接口的基本原理及应用的角度来阐述的。每章之末均附有参考资料。除了第一章和第九章之外，每章的后面还给出了实验题目及思考问题。

本书可供从事微型计算机系统设计及应用的工程技术人员以及高等院校计算机专业的师生学习参考；也可作为计算机专业的教科书。

JS03/16

微 型 计 算 机 接 口

Microcomputer Interfacing

[美]Harold S. Stone

University of Massachusetts, Amherst

Addison-Wesley, 1982.

孙贞运 叶成兰 卢显良 译

☆

清华大学出版社出版

北京 清华园

原子能出版社印刷厂排版

河北省固安县印刷厂印装

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

☆

开本：787×1092 1/16 印张：17 1/2 字数：436千字

1985年9月第一版 1985年9月第一次印刷

印数：00001—30000

统一书号：15235·186 定价：3.40元

译 者 的 话

本书根据美国Addison-Wesley出版公司1982年出版的“Microcomputer Interfacing”一书翻译。它的特点是以基本原理为核心，系统地介绍微型计算机接口技术。鉴于集成电路工艺水平的日新月异，为使读者能适应不断出现的新型器件，本书重点讲解微型计算机的基本原理，而不详细介绍某些系列的产品。每章都首先提出基本原理；然后介绍这些原理在现代技术中的应用；最后给出应用这些原理的实例。这样，使读者在学习本书后，能抓住具有相同功能的各种型号器件在本质上的共性，从而能从原理的角度认识实际微型计算机接口，并了解它的发展趋势。

本书是为美国高等院校教学计划中的课程编写的。为了适应各种专业教学计划的不同要求和学生的不同基础，本书各章是按模块结构编排的。教师可根据需要略去一些章节。

本书在1982年年中刚出版后，就被美国伊里诺斯大学计算机科学系选为“微型计算机系统”课程的教科书。1983年春又被加州大学伯克利分校的电气工程与计算机科学系选为同样课程的教科书。此外，本书还被制成由著者本人讲授的录象带发行。这些事实都说明了本书在美国众多的有关微型计算机的书籍中所具有的重要地位。

本书由成都电讯工程学院计算机工程与科学系组织翻译。前三章由孙贞运翻译，第四、五、九章由叶成兰翻译、其余三章由卢显良翻译。在翻译过程中，对发现的原文中的错误和不妥之处，均作了更正。由于我们的水平有限，译文中一定会有缺点错误，恳请读者批评指正。

译 者

1983年12月

给教师的序

在今后的几十年里，当历史学家回顾过去的时候，他们将把七十年代和八十年代视为计算机革命的时代。正如工业革命标志着人类进入了把能量用于驱动机器的时期一样，计算机革命标志着人类进入了把微电子技术用于控制和信息处理的时期。在微处理器已问世的十年里，它强烈地影响着我们的生活和工作的方式。当使人讨厌的多位数除法还必须用脑力来完成的时候，有谁不对求复利、平方根以及三角函数这类复杂的计算望而生畏呢？今天，电子计算器已使我们毫不费力地动几下指头就可完成所有这些计算。然而，这些七十年代初期出现的计算器只是一场电子计算技术革命的前兆。

现在，微处理器已深入到个人计算机，小型商用机，文字处理器，数据通讯网，汽车用计算机以及智能电话交换机等各个方面。而所有这些应用都还只是开始。在仪器设备的设计中，微处理器已被用于代替传统的机械部件或分离的电子器件。这种设计使产品价格降低了，提高了可靠性，同时增强了功能。此外，微处理器的应用还导致了一些原来没有的新技术的出现。在实验室里，出现了微处理器控制的示波器——逻辑分析仪。它使工程师们能够用以前不可能采用的方法来捕获和分析电子信号和波形。在医学领域，出现了CT扫描器和超声扫描器，它们大大改进了疾病的诊断；在商业中，出现了自动读入商品标记的销售点终端，它们有助于掌握存货情况，并且可以更快更精确地处理销售；在其它方面，能自动扫描打印文本并大声念出读入文字的微处理控制的阅读器为盲人带来了光明。现在，创新微处理器的应用受到的主要限制已不是技术问题，而是创造力和技巧的问题。

为了突破这种非技术性的限制，本书向学生介绍微处理器的基本原理，目的是为了培养出微处理器应用方面的创新者。本书针对高等院校教学计划中的课程编写，特别适合作为计算机工程，电机工程或计算机科学系的三、四年级课程的教科书。采用本书为教科书的课程将为学生在计算机与外部设备和通讯设备的连接以及在计算机实时控制外部设备的程序设计两方面打下良好的基础。

学习本书的读者应具有一定的硬件、软件、电子学和数学基础。由于本书内容按模块组织，教师可略去一些学生还未掌握必要基础的章节。本书各部分要求学生具备的基础知识如下：

1. 所有各章，学生应从Blakeslee (1979)、Klingman (1977)、Kraft和Tor (1979)、Krutz (1980)或者Peatman (1977)的教科书中学过微处理器和逻辑设计。这些概括性的教科书介绍了逻辑器件、设计技术和数字计算机的结构。学生应了解汇编语言，但不要求在这方面有很熟练的技巧。学生最好读过Gear (1980)或Wakerly (1981)的教科书，这两本书都介绍了好几种计算机的汇编语言。

2. 第二章，传输线。掌握传输线理论对学习本章很有帮助，但不是绝对必要。这一章是独立的，所有需要的基本物理概念都在本章内给出。对于要略去接口电子方面问题的教学计划，教师可略去第二章、第三章和第七章。

3. 第二章，线性系统。本章的一些结果和公式援引自其它材料而不在本章内推导。为

了完全了解这些内容,学生应掌握拉普拉斯变换和传递函数。本章习题也要求学生掌握电子学知识。对于先讲微处理器接口后上线性系统的教学安排可略去这些内容。

4. 第九章,高级语言程序设计。学生应熟悉一些高级语言,例如Pascal、ALGOL、Ada、PL-I、FORTRAN或者COBOL。本章基本采用Pascal的符号,但对熟悉上面列出的前四种语言中任何一种的读者应是容易理解的。对于教学计划中要求掌握的高级语言只有FORTRAN或COBOL的情况,在学习第九章前,教师应补充一些有关模块结构的程序语言。

本书的内容以三个层次编排。每章包括:

1. 基本原理。
2. 这些基本原理目前在技术中的应用。
3. 使用这些原理的实例。

把原理作为重点是十分必要的,因为原理是知识的基础,它通常改变得十分缓慢。如果有一点改变的话,也要经过相当长的时间。而细节和具体的事实却相反,它们通常很快就过时了。在微处理器工业中,每两三年就会出现一代新的存贮器和微处理器。这就是说,教给大学二年级学生的具体细节在他们毕业的时候就已经过时了。因此,教学计划必须立足于支持技术的原理上。学生必须掌握这些原理,并学会应用它们。这样,在随着工业的发展具体细节改变时,学生才能适应新的细节而不用再去补课。这就是说,高等院校的教学计划应培养学生将来自学的能力。为此,必须使学生具有良好的基本原理的基础。

本书有九章,它超过了一学期的微处理器接口课程所能讲授的内容,但教师可以选用本书部分内容以适应各种教学计划。对任何教学计划,都应包括下列核心内容:

第一章,微型计算机结构

第三章,总线连接

第五章,串行接口

第六章,并行接口

第九章,软件开发

对于着重于电气设计和逻辑设计的教学计划应增加下列内容:

第二章,屏蔽接地和传输线技术

第四章,存贮器

对于着重于把微型计算机用于控制的教学计划应增加下列内容:

第七章,磁记录技术

第八章,CRT控制器的设计

下面说一下讲授本书内容的方法。课堂教学应与实验相结合。学生应能在计算机实验室进行一些单独的接口实验,包括基本的控制程序设计。每周应有配合课程的实验大约三小时,此外,课程计划中至少应该有一个集中的以微处理器为基础的课程设计实验。这个课程设计实验应能使把有关微处理器的多方面知识,例如,接口技术、软件开发、以及通讯等结合起来。

本书给出的实验足够一个学期使用。由于学生在进行实验时不必进行设计和调整大量实验设备,从而可以迅速而有效地巩固学过的知识,因此本书着重于实验,而不是设计。学生利用现有的计算机设备和实验板来学习接口的原理。他们可以用数字电路实验板和简单的接口软件配合现成的计算机设备工作,同时通过用示波器或逻辑分析仪观察计算机设备的工作

情况,来学习关于噪声抑制、电气负载、定时、滞后、握手、失真等基本概念。此外,实验室应能进行一些实验,给学生表演各种现象和示范处理基本问题的正确方法。在完成这些实验以后,学生应已具有进行课程设计实验的基础。

在技术已高度发达的今天,仍然完全以传统方式来进行微处理器的教育确实带有一点讽刺意义。这本教科书本身就是采用几百年前已有的技术的例证。很明显,印刷文字是一种传递信息的有效方法,¹⁸ 否则的话,它不会生存到今天。但是,还有比它更好的方法吗?新技术已使一个人能在一天内做完以前需要四个人干一周的工作,那么,它能帮助学术界更快更好地培养学生吗?为了探索一种更好的教学方法,著者把这门课程发展为一个包括教科书和一套彩色录象带的教学系统。录象带由佐治亚理工学院的媒介基工程教育协会(AMCEE)制作,可向Addison-Wesley出版公司订购,联系人为:Tom Robbins。

这个教学系统是分块组织起来的,各块独立的,亦适用于传统的教学方法。录象带也是独立的,因此可单独使用。教科书和录象带一起构成了这门课程的教学系统,它比单独使用两种媒介的任何一种都要有效得多。

我们以第二章中传输线的内容来说明教科书和录象带如何配合使用。教师在课堂上讲了传输线上的反射和端接负载怎样消除或减少反射之后,为了使學生更好地理解这个概念,应使他们能看一下这种现象。录象演示了说明这个概念的实验。由于演示的实验示出了波形随时间的变化,而且示出了波形中常有的尖峰和跳动,学生就会获得真实的而不是人为情况的经验。这里的关键是录象示出的图象给出了随时间变化的动态信息。如果用照像或插图的方法把这些图象放进教科书,就会失去这种动态信息。当进行比较时,录象会连续地示出要比较的图象,因此学生能迅速地掌握比较对象之间的相同之处和不同之处。当电压控制振荡器的振荡频率突然改变的时候,锁相环路达到锁相的情况生动地在录象上被显示出来。在捕获阈值处波形的跳动在示波器上清楚可见。这些信息显然不可能在教科书中示出。对于反映随时间变化的波形,录象要比教科书明显的优越些。

作者经常准备一些说明基本概念的演示实验。准备这些实验所花的精力是相当多的,而演示还不一定成功。有些演示在实验台上很好,但搬进教室就失败了。一会儿夹头掉下来了,一会儿接头没接紧,或者噪声假信号又使逻辑电路置到错误的工作方式。录象带上的演示实验都是很成功的。这些实验是经过仔细的准备并在正常进行中录制的,因此教师既不用再费精力去准备它们,也不用担心演示失败。

此外,用录象显示波形比用实际设备更好,示波器或逻辑分析仪的显示屏幕的边长10—20厘米,对一个有30名学生的教室来说它太小了些。这就迫使教师在实验室里进行这些演示或把学生分成小组向他们演示,以使每个学生都能了解演示说明的基本原理。这种方法不但效率很低,而且也没有解决要在小小的屏幕上指出波形的某一点时所存在的困难。由于在指着图象时教师的手会挡住屏幕的很大一部分,这样做的效果不会很好。然而,用录象来显示示波器屏幕上的图象时,由于图象被放大了,就比用示波器直接显示好得多。此外,电子叠加技术使教师可以指出或标出波形中很细微的部分而不会妨碍学生看到图象的其它部分。录象用变焦距和摇镜头的方式来显示一个原理图上的各个区域,并把这些图象插在原理图上各指定点处的波形图象中,从而建立了原理图与波形的联系。这些信息被给出来的速度比课堂上讲解快得多,而且由于录象的优点,学生也更容易理解。如果学生想再看一遍某些波形,只要把录象带倒到他们感兴趣的地方重放就行了。因此,录象是一种非常理想的解决演示实

验问题的方法，不需要额外准备，设备也不贵，而且在向许多人演示时比用实验设备直接演示效率也要高些。与教科书一样，录象内容也按模块方式组织，因此教师可以只选用部分内容来帮助他的讲授和实验。

由于微处理器仍然在高速地发展着，我们计划每隔一定的时间发行一次教科书和录象带的新版本。这些新版本将加入新的章节从而使它们能反映技术的发展和保持把基本原理与最新技术联系起来。

除了著者以外，还有许多人为本书和录象作了贡献。作者特别感谢研究生 John Wake-
rly 在整个这项工作期间提出了及时的、有益的意见。其它几位审稿人都提出了他们的宝贵意见，帮助作者把本书编得更好。这几个审稿人是 Jack Lipovski、Martha Sloan、Jacob Abraham、Ed Bruckert 和 Dominique Thiebaut。由于 John Fitch 在录象和导演方面的才能，才使我讲授课程的录象能够实现。他在为发掘录象媒介和技术的独特效力而证明它们的功能方面所作的努力是值得赞扬的。本书编辑 Tom Robbins 从最初与我通话到本书最后出版中的所有困难时刻对这项工作始终充满了热情，由于他的工作，才使作者避开了许多琐碎的问题而把精力集中到编写本书上。此外，Marilee Sorotskin 在校订和保证一致性这些细致工作方面的才能提高了本书的质量。最后，本书所用的文字处理器操作系统是我的妻子 Jan Stone 编写的，她作为我的妻子和一道工作的系统程序员给了我不可寻常的支持，因此也是这项工作的主要参加者之一。

哈罗德 司顿

1982年5月于麻萨诸塞大学

致 读 者

本书是为高等院校学生和计算机专业人员而写的。使用本书的学生先应该学习一些计算机工程和计算机科学课程,具备一些有关逻辑设计,汇编程序设计和高级语言程序设计的知识。对于在电子工程,计算机科学或其它技术领域方面已受过训练而有良好的基础,但想学习一些微处理机技术的专业技术人员,先浏览一下本书所讨论的主要内容,再攻读不熟悉的部分会更有效些。

每个专题都包含了这样三个方面:每章的开头讲基本原理,接着讲基本原理的应用方法,最后讲解应用这些原理的实际例子。基本原理部分是微处理器技术的基础。今后十年内仍然会像现在一样适用,然而,将来使用的器件将会随着技术的提高而迅速更新。一个二年级大学生在实验室所学过的处理器,存储器 and I/O 端口,到了他毕业的时候就已过时了,但基本原理在这段时间内不会有多大的变化。

为了很好地掌握这本书,读者应当先学习基本原理,再了解如何把它们用于现有的技术。书中的一些例子介绍了用于1982年产品中的实际设计。读者根据新产品的详细技术说明和本书中讲述的基本原理,应能容易地掌握最现代的产品。

本书的有关实验部分供学生学习实验技术用。这些实验可以加深学生对原理部分的理解。运用原理的实践可通过实验或以后的课程设计进行。

毫无疑问,专业读者已有一定的实验经验。对于以前在学校主修计算机工程或计算机科学而渴望通过本书了解最新技术的读者,虽然有一个实验场所对阅读此书有帮助,但并不一定需要。这些读者应该把注意力放在某个专题部分,他们用不着做实验,通过阅读就能够掌握有关内容。有些读者也许在本单位有足够的设备,就学习过程中的核心部分有选择地做些实验。有几个演示实验已制成彩色录像带,可能在某些公司的图书馆或培训点可以看到。无论如何,专业读者应该有足够的经验和能力来确定应该掌握书中的哪些课题,以及如何掌握这些课题。

本书是针对各类读者的需要编写的。专业设计师以及希望成为专业设计师的读者会发现本书与他们的工作密切相关。这类读者除了本书所讲解的内容以外,需要在电子学和逻辑设计方面也有雄厚的基础。对他们来说,具有第二章需要的传输线的基础和第七章需要的线性系统的基础会十分有用。另一类读者可能关心微型计算机与I/O设备或另一些微型计算机的连接问题,他们希望利用现成接口而不要设计新的接口。这类读者应该注意第一章微处理器结构,第五章串行接口,第六章并行接口和第九章软件开发。如果这类读者还需解决系统之间的具体连接问题,阅读第二章屏蔽、接地、传输线会有帮助。第三章总线互连讲解各种协定和定时问题。这些问题在构造复杂系统时,也是重要的课题。

本书的另一类读者,也许在软件方面能力较强,而在电子学方面较弱。这类读者一般希望不要涉及太多的逻辑设计,而用软件来控制I/O。这类读者会发现第九章软件开发特别有启发作用,在第一章微处理器结构,第四章存储器和DMA,第五章串行接口,第六章并行接口,第七章磁记录技术和第八章CRT-控制器设计中也会发现有意思的讨论。

配合本书的彩色录像用实验说明了原理，是一种非常有效的工具。对于一些没有实验条件的读者，我们特别推荐观看这些录像带。因为它们提供了几个较重要而且生动的演示实验。专业读者会发现，有录像带的短期训练，是学习有关材料的有效方法。不仅是观察实验的一种方法，而且是一种课堂上提出和回答问题的一种良好机会。

作者十分关心对本书的反映。读者类型很广泛，在专业基础和技术素养方面差别是很大的。书中的讲解对一些读者可能太深，而对另一些读者也许太浅。作者将十分感激对本书的内容在应用方面的意见，以便将来再版时修改。

哈罗德 司顿

1982年5月于麻萨诸塞大学

目 录

第一章 微型计算机结构	(1)
1.1 基本的微型计算机结构.....	(1)
1.2 存储器接口.....	(4)
1.3 I/O接口.....	(8)
I/O端口的结构及I/O操作	
中断	
中断接口	
设备识别	
I/O端口的寻址方式	
1.4 DMA接口.....	(17)
1.5 I/O方案: 程序控制与中断驱动的比较.....	(19)
1.6 典型微型计算机的存储器和I/O接口.....	(22)
微型计算机发展的历史及背景参考资料.....	(27)
第二章 屏蔽、接地和传输线技术	(29)
2.1 接地和屏蔽.....	(29)
屏蔽技术	
平衡连接	
2.2 传输线技术.....	(37)
点对点的传送	
应用	
图解法	
2.3 连接技术的实践应用.....	(47)
内板连接	
底板连接	
板到板的连接	
机壳到机壳的连接	
其它的原始资料.....	(55)
实验.....	(56)
习题.....	(57)
第三章 总线连接	(59)
3.1 总线功能.....	(59)
3.2 总线握手.....	(60)
同步总线	

异步总线	
半同步总线	
3.3 总线占用权的判决 协定	(67)
3.4 异步定时的 难点	(73)
3.5 中断请求的 判决	(74)
3.6 目前存在的总线协定 举例	(75)
3.7 总线判决 举例	(79)
其它的阅读资料	(83)
实验	(84)
习题	(85)
第四章 存贮器	(87)
4.1 存贮器的 类型	(87)
半导体存贮器的一般特性	
静态随机存取存贮器 (RAM)	
只读存贮器 (ROM)	
动态RAM	
4.2 存贮器 系统	(97)
判决方法	
同步装置	
4.3 DMA控制器	(101)
4.4 DMA 控制器的例子	(104)
i8257DMA控制器	
Am9517DMA控制器	
MC6844DMA控制器	
其它阅读资料	(107)
实验	(108)
第五章 串行接口	(111)
5.1 串行I/O协定	(112)
5.2 异步协定	(113)
RS-232-C 接口	
20mA电流环接口	
RS-422, RS-423和RS-449接口	
5.3 同步 接口	(123)
BISYNC协定	
HDLC协定	
5.4 串行接口的 实现	(127)
控制上升时间以减少串扰	
隔离	
串行通信线路的数据流控制	

5.5 接口器件.....	(132)
MC6850异步接口	
BISYNC接口	
用于异步和同步连接通信中的i8251 HDLC接口	
其它读物和资料.....	(137)
实验.....	(137)
习题.....	(139)
第六章 并行接口.....	(141)
6.1 并行接口的特性.....	(141)
集电极开路输出	
三态输出	
控制线	
6.2 IEEE-488仪器总线.....	(147)
IEEE-488总线的功能描述	
6.3 并行接口的集成电路.....	(155)
IEEE-488总线接口芯片	
其它读物和原始资料.....	(165)
实验.....	(166)
习题.....	(167)
第七章 磁记录技术.....	(169)
7.1 磁带接口.....	(169)
锁相环路的原理	
具有锁相环路的接口的实例	
7.2 磁盘记录技术.....	(182)
磁盘控制器设计	
磁盘接口的实例	
其它读物和原始资料.....	(199)
实验.....	(200)
习题.....	(201)
第八章 CRT控制器的设计.....	(203)
8.1 典型显示控制器的系统描述.....	(203)
控制软件	
键盘扫描	
CRT定时的考虑	
8.2 CRT控制器芯片.....	(213)
时钟的产生和定时功能	
光标功能	
滚行	

其它控制功能	
8.2 一些实际的CRT控制器芯片	(217)
基本的控制器: SMC5027	
Intel8275CRT控制器	
Signetics267X CRT芯片组	
视频显示控制器: 6847/68047	
其它读物和原始资料	(222)
实验	(222)
第九章 软件开发	(224)
9.1 软件开发的方法	(224)
自顶向下设计与迭代改进	
引例: 文件合并	
翻译成汇编语言	
汇编语言的实际应用	
9.2 I/O控制中的软件	(238)
联立程序: 结构和执行过程	
文件筛选: 联立程序的一种应用	
I/O控制中的联立程序	
一种I/O控制器的详细例子	
其它资料	(262)
附录A ASCII码	(263)
附录B RS-232-C连接器标准	(264)
附录C RS-449 连接器标准	(265)
附录D IEEE-488总线多线接口信息	(267)

第一章 微型计算机结构

这一章讨论微型计算机系统的一般特性，我们集中精力对主要部件的功能及系统结构加以描述，通过对微型计算机的这些方面的了解，我们就能在几种可行的接口方案中进行挑选，并能容易地用软件和硬件来构成一个复杂的系统。在这一章里的功能描述仅仅讨论数据和控制信息的流向，而不涉及定时及电子器件的细节问题。以后的各章将仔细地探讨这些细节，以便使读者充分地了解实际的接口设计。这一章及以后的各章都是这样安排的，开始对于出现的主要概念加以描述，而末尾用几个特定的实例对这些概念的实际实现加以说明。

1.1 基本的微型计算机结构

一个很简单的微型计算机系统是由三种模块组成的，其典型的连接如图 1.1 所示，这三部分是：

1. 微处理器，它包含有系统的控制逻辑及运算器。
2. 存储器，用来保存程序和数据。
3. 输入/输出 (I/O) 系统，它包含一个或几个端口。这些端口用来和终端、磁盘、打印机及通讯设备的调制解调器等之类的外部设备相连接。

图1.1 (a) 表示一个单总线系统，通过总线系统存储器及I/O系统和处理器相互通讯。在这个系统里，处理器是主控制器，它通过向存储器及I/O系统发布命令来启动总线操作。总线每次只进行一个信息交换，因此命令只能顺序的发出，一次发送一个。存储器及I/O系统响应这些命令，但不会反过来发出这些命令。如果我们监视在一个周期内总线上发生些什么事，我们会看到处理器发出一系列命令，每个命令指向一个特定的端口或存储单元。一类命令用来指示目标接收数据，而这些数据是随着命令由处理器送来的。另一类命令是指示目标把数据送到处理器，目标通过把所需的数据送回到处理器作为回答。这样，信息由处理器流向存储器及I/O，并以相反方向流动作为对处理器命令的响应。

一个稍微不同的方案表示在图1.1 (b) 上，在这里，I/O及存储器系统各自具有到处理

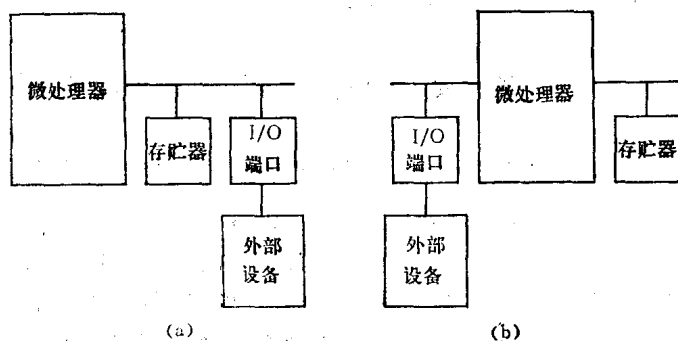


图1.1 微型计算机基本结构

(a)单通路系统；(b)双通路系统。

器去的独立通路，而不是像图1.1 (a) 那样共同使用一条通路。因为在这里通路是分开的并且是独立的，两个不同的信息交换可以分别在两条总线上同时进行，也就是说，处理器既能发出命令到存储器，同时又能发出命令到I/O系统。这种型式的微处理器具有总线控制功能，而这种功能和常规的微处理器功能一起被做在一块芯片上。

在芯片上附加功能的想法，比如对I/O及存储器独立控制的能力，已远远超过图1.1(b)所示出的这种。I/O端口本身已经和处理器集成在一起，使得微处理器能够直接和外部设备相连，而不需要作为I/O端口的支持芯片。此外，这种处理器往往包含有与其它功能集成在一块芯片上的容量相当大的存储器，这种型式的微处理器实际上已是一个单片微型计算机，因为它含有图1.1 (a) 所示的全部功能。

表示在图1.1的两个系统，它们的基本性能是相同的。处理器与存储器之间典型的相互作用是下面序列的重复：

1. 从存储器中取出一条指令。

2. 执行这条指令，可能从存储器中读出数据或向存储器写入数据。

处理器中的一个特殊寄存器是程序计数器，它控制着下一次要执行哪条指令。每条指令的执行以规定的方式更改程序计数器，以便当处理器执行完一条指令时，程序计数器已被修改而指向一条新的要执行的指令。一般地说，一条指令的执行包含有一次或多次总线操作，这种操作取决于所执行的指令，例如，处理器可能从存储器中读出或向存储器写入，以实现内部寄存器和存储器之间的数据交换。对于I/O操作，处理器可能获得从I/O端口送来的数据或状态，或者传送命令或数据到I/O端口。在一条指令的执行期间，即使处理器不执行总线操作，除了每条指令都要更改程序计数器外，处理器也可能改变其内部寄存器的内容。图1.2以图解的形式表示一条指令的执行过程，包括存储器操作的相对定时及处理器的独立动作。

迄今为止我们描述过的I/O接口的工作情况看来很像一个存储器接口。因此处理器能用相同类型的接口从存储器或I/O系统读出数据或向它们写入数据。有些计算机具有存储器与I/O共享的公共总线，对这些计算机系统来说，处理器—存储器接口本质上和处理器—I/O接口是一样的。但由于定时及同步的缘故，I/O有点不同于存储器，I/O接口实际上包括存储器到接口的全部功能。

存储器周期需要一个固定的最长时间，而存储器响应处理器的命令是在这个固定时间之内。然而，I/O系统必须控制或检测计算机外部的过程，这些过程的定时完全独立于计算机的定时。当处理器对I/O端口发出一个命令以接收由外界信息源来的数据时，这个数据可能在未来的任何时刻到达（如果它最终会到达的话），而在它到达的那个时刻处理器的状态是无法预料的。因此，要进行处理器与外界之间的数据传送，必须使处理器的动作同步于外界过程，大多数的系统提供了两种一般的同步方式，详细说明如下，它们是：

1. 中断。

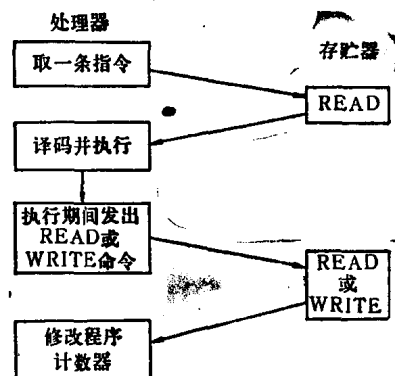


图1.2 在一条指令的执行期间处理器/存储器相互作用的时序

2. 周期性的状态检测。

这里，中断是端口发出的，而状态测试是处理器发出的。

当外部事件出现并且通过总线传送到计算机请求服务时，I/O 子系统就使它的动作同步于处理器。这个信号通常就叫做“中断请求”，它为I/O同步提供一种手段。处理器同步的另一种方法是询问端口的状态信息。端口询问通常是在总线上做一个I/O读操作，而端口送回来的是一个状态信息而不是数据。当然，假若端口的回答是没有事件发生，则处理器必须再询问。然而，当端口发出中断信号时，这个中断信号将在微处理器的输入端上保持有效状态直到它被处理器响应为止。因而处理器就不必发出周期性的I/O总线操作去读取这个中断信号。

给出了上述的关于微型计算机系统主要部件功能的基本信息之后，我们来考虑一下如何构成一个满足特定需要的系统。图1.1中有两种不同的模块结构。哪一种更好，为什么？在回答这些问题之前，应首先考虑哪一种更适合。设计问题有许多不同的解答，有时没有最好的解答，而所有的解答都是这种或那种的折衷方案。然而在多数情况下，最好的解答取决于应用，而不同的方案必须用于不同的情况。在做出倾向于某一设计的决定时，科学技术水平也起着重要作用。1980年是最好的东西到1990年就不一定是最好的。1980年认为办不到而舍弃的方案，到1990年可能成为标准的实现方法。了解可用的解决方法、应用的要求及目前的技术水平是能够从几个方案中作出明智选择的关键。

回到图1.1，我们可以看出在系统之间的主要的差别是有一条数据通路还是有两条数据通路连到处理器。可以想像到有两条数据通路的系统能同时在两条通路上进行操作，这样一来就比一条通路的系统要稍微快些。然而，两条通路同时运行比单通路需要较多的逻辑线路，因此，图1.1 (b) 的微处理器可能比图1.1 (a) 的要稍微复杂些。实际上，由于在一块芯片上有了同时控制 I/O及存贮器而需要的额外逻辑线路，所以典型的两通路微处理器在其它方面就会简单些。科学技术水平限制着放在一块芯片上的逻辑线路的数量，随着为了增强某些特殊功能而引起的复杂性的增加，其它的一些功能只好放弃。只有技术水平的发展才能容许在芯片上真正增加电路的复杂性。因此，假如我们比较图1.1所示的两个系统，并用同一年代的微处理器产品，我们应能预料到有两条独立数据通路的处理器会缺少某些只有一条数据通路的处理器所具有的功能。

系统之间的另一个差别更清楚地画在图1.3上。在这里我们看到一个叫做“直接存贮器存取 (DMA) 控制器”的模块被加进微型计算机系统中。这个DMA控制器能发出命令到存贮器，而这些命令的作用和由处理器发出的是一样的。从这个意义上说，DMA控制器是系统中的第二个处理器，但它是供 I/O 操作专用的。如图所示，DMA控制器直接把一个或几个I/O端口连接到存贮器，使数据能在这些端口和存贮器之间传送，而不必经过处理器，也不要程序直接干预。I/O数据流通过DMA控制器而不通过处理器，这样，比通过处理器速度快得多、效率高得多，这是因为 DMA 通道是专门用于执行数据传送任务的。

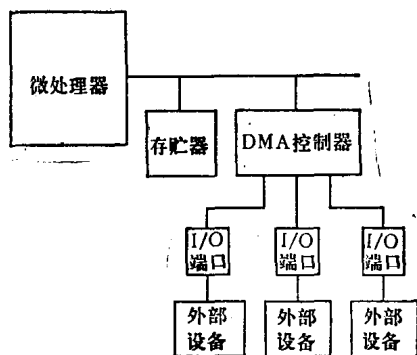


图1.3 具有直接存贮器存取控制器的微处理器