

微型计算机原理和接口

上 册

何维中 张治中 编

北京工业学院九系

1983.1

前 言

计算机的出现，已被公认是本世纪最重大的技术进展之一。只三十多年，它已经历了从电子管、晶体管、集成电路到大规模集成电路四代的发展。每进一代，其性能都大为提高。就在计算机进入第四代发展的时候，出现了一种全新的计算机——微型计算机。微型计算机一出现，就以比它的前辈更高的速度迅猛发展：1971年底4位微处理器问世；1973年8位机出现；1978年16位机诞生；到1982年则更揭开了32位机的序幕。至今仅11年，它已进入了第四代。其发展速度，大约是每三年半更新一代产品。随着VLSI工艺的进展，预计，微型计算机将有更大的发展。到八十年代末期，将会出现微型化的大型机或更复杂的集成系统。如果说，七十年代是微型机的诞生时期，八十年代则是微型计算机的黄金时代。

在这十一年间，微型计算机的应用和微计算机自身的发展结伴而行，相互促进。目前，微计算机正深入到工业、农业、科学技术、国防等各个领域和人类生活的各个方面。从宇宙航行、空间利用、生产过程控制、企业管理、节能、教育、遗传工程、机器人、办公室自动化乃至玩具和游戏机等各行各业，小得几乎看不见的微处理器都已显示着它越来越大的作用。其影响之深远，是那些曾给人类生产和生活带来巨大变化的某些发明，如电话、电影和电视等，所不能比拟的。本书是为计算机专业《微计算机原理和接口》课编写的教材。因此，学习它，要求以数字逻辑、程序设计、计算机组成原理等为它的先行课。本书编写过程中，力求贯彻如下原则：

1. 以微计算机的接口技术和系统组成为主。微计算机的原理作一般叙述。
2. 以八位机为主，兼顾十六位机。考虑到当前微型机的发展和使用情况，这样作是妥当的。而八位机中，我们又以Z80系列为重点，对8080只作了适当介绍。
3. 软硬件兼顾。考虑到微型机的特点，力求在原理分析、

接口实现和系统组成中，把软件和硬件结合起来。为此，有一定的篇幅介绍微型机的汇编语言和程序设计，但若从微型机汇编语言程序设计的要求看来，这当然是不够的。4. 理论和实际相结合。考虑到本课是一门实践性很强的学科，所以在理论学习的同时，配合了相当数量的实验，以培养学生的实际动手能力。另外，在举例和其他方面都注意了所学知识的训练和运用问题。本教材对微型机系统的开发和应用等方面，只作了粗略介绍，学生将在其它选修课和毕业设计等环节中获得这方面进一步知识。

本教材分上下两册，上册六章，下册五章。第一章讨论微型计算机系统的基本概念，重点是微处理器的结构，从使用者的观点，详细地介绍了Z80微处理器的结构。第二章讨论Z80微处理器的指令系统。在介绍了Z80的十种寻址方式之后，详尽地分四类讨论了Z80的全部指令。第三章讨论微型计算机的汇编语言，主要介绍Z80汇编语言。第四章讨论Z80汇编语言的程序设计。本章前半部分，是Z80指令使用的训练，大部分的程序例子，都是按这一目的按排的。本章后半部分是Z80汇编语言程序设计的基本方法。第五章重点介绍半导体存储器与CPU的连结。第六章讨论输入和输出外围芯片。首先讨论了微型机输入输出的一般原理，介绍了Z80的中断系统，最后介绍了Z80系列主要的外围芯片，也介绍了8088系列的并行接口芯片。

下册的内容是：第七章接口技术、第八章微型计算机系统 第九章十六位机 第十章微型机系统开发 第十一章微型机的应用。

限于编者水平，教材中难免有不妥甚至错误之处，诚恳欢迎批评指正。

目 录

第一章 微处理器和微型计算机	1.1
§ 1.1 微型计算机概论	1.1
一、计算机的分类	1.1
二、微处理器和微型计算机系统	1.7
三、微型计算机的应用	1.10
§ 1.2 微处理器的结构	1.13
一、微处理器的一般结构	1.14
二、总 线	1.21
三、8080微处理器	1.27
四、M6800微处理器	1.35
§ 1.3 Z80微处理器	1.37
一、Z80CPU的组成	1.37
二、Z80CPU的寄存器结构	1.42
三、Z80CPU芯片的引脚信号和定时	1.52
第二章 Z80微处理器的指令系统	2.1
§ 2.1 Z80的寻址方式	2.1
一、Z80的指令格式	2.1
二、Z80的十种寻址方式	2.3
§ 2.2 Z80的指令系统	2.22
一、数据传送指令	2.23
二、数据操作指令	2.45
三、程序控制指令	2.60
四、CPU控制指令	2.67

第三章 微计算机的汇编语言	3.1
§ 3.1 汇编语言概论	3.1
一、计算机的程序和语言	3.1
二、汇编语言	3.2
三、微计算机的高级语言	3.5
四、汇编语言程序的格式	3.6
§ 3.2 伪指令	3.12
一、汇编语言的指令类型	3.12
二、伪指令	3.13
§ 3.3 条件汇编	3.24
§ 3.4 宏指令	3.26
一、宏定义	3.27
二、宏参数	3.30
第四章 Z80 汇编语言程序设计	4.1
§ 4.1 数据传送	4.1
一、八位数据传送	4.1
二、十六位传送	4.3
三、数块传送	4.5
§ 4.2 算术和逻辑运算	4.6
一、八位算术运算	4.6
二、十六位算术运算	4.10
三、十进制算术问题	4.13
四、逻辑指令的使用	4.14
§ 4.3 移位和位操作	4.16
一、用移位作乘法和除法	4.16
目 录	

二、用移位完成代码转换	4.18
三、位操作指令用于 CRT 显示程序	4.20
§ 4.4 查找指令用于表运算	4.28
一、数据串	4.28
二、表运算	4.35
§ 4.5 算法和框图	4.42
§ 4.6 简单程序和分支程序	4.43
一、简单程序	4.43
二、分支程序	4.46
§ 4.7 循环程序	4.51
一、简单循环程序	4.52
二、多重循环程序	4.63
§ 4.8 子程序	4.69
一、子程序的调用	4.70
二、子程序范例	4.75
第五章 微型计算机的存贮器	5.1
§ 5.1 半导体存贮器的主要特点	5.1
一、非破坏性读出	5.1
二、信息的易失性	5.2
三、信息的挥发性	5.2
四、单片(芯片)形式	5.2
五、其他	5.3
§ 5.2 半导体存贮器的分类及其特性	5.3
一、半导体存贮器的分类	5.3
二、RAM 的分类, 特性及芯片	5.6

三、ROM的分类, 特性及芯片	5.13
四、PROM, EPROM和EAROM简介	5.15
§ 5.3 存储器接口的一般特点	5.17
一、存储器与CPU连接时需考虑的问题	5.17
二、存储器与CPU连接时读写过程的描述	5.19
三、ROM与CPU的连接	5.21
四、RAM与CPU的连接	5.22
§ 5.4 Z80-CPU和存储器接口	5.24
一、读周期的时序及配合	5.25
二、写周期的时序及配合	5.31
第六章 输入输出和外围芯片	6.1
§ 6.1 引言	6.1
一、外围设备	6.1
二、微型计算机中外围设备与主机连接时要 解决的基本问题	6.2
三、外围接口	6.2
四、接口信号	6.4
§ 6.2 输入输出中数据传送的控制方式	6.5
一、程序查询方式	6.5
二、中断控制方式	6.7
三、DMA方式	6.9
§ 6.3 系统部件之间的通讯	6.10
一、输入输出的寻址和指令方式	6.11
二、通讯联络的方式(定时方式)	6.16
三、数据传送方式	6.23

§ 6.4 中断	6.36
一、概 述	6.36
二、非屏蔽中断 ($\overline{\text{NMI}}$)	6.41
三、可屏蔽中断 ($\overline{\text{INT}}$)	6.43
四、用中断退出停机	6.55
五、中断源识别, 判优和中断嵌套	6.56
六、Z80的中断序列	6.59
§ 6.5 并行接口芯片	6.61
一、概 述	6.61
二、Z80-PIO	6.61
三、Intel 8255 (PPI)	6.94
§ 6.6 串行接口芯片	6.108
一、概 述	6.108
二、Z80-SIO	6.108
三、Intel 8251	6.155
§ 6.7 计数器/定时器芯片 Z80-CTC	6.170
一、概 述	6.170
二、结 构	6.171
三、引 脚	6.176
四、编 程	6.179
五、时 序	6.188
六、CTC的中断控制	6.191
七、CTC硬件联接	6.193
§ 6.8 Z80-DMA接口芯片	6.194
一、概 述	6.194

二、结构和引脚说明		6.196
三、功能介绍		6.199
四、时 序		6.204
五、编 程		6.213

第一章 微处理器和微型计算机

本章内容分两部分：第一节讨论微型计算机的一般概念，第二节讨论微处理器的结构。将着重介绍 Z_80 微处理器的结构。

§ 1.1 微型计算机概论

本节的内容将告诉读者：什么是微处理器和什么是微型计算机，以及微型计算机在计算机世界中的地位；并介绍最简单的微型机：单片微计算机和单板微计算机的概念。最后，还简单介绍微型计算机的应用。

一、计算机的分类

当今的计算机，可以分成三档：

- 大型计算机（包括巨型机）
- 小型计算机
- 微型计算机

这三档计算机，在机器的整体性能、应用领域和价格等各方面，均存在很大的差异。

1. 大型计算机

大型计算机是计算机中的最高档。具有很高的运算速度和很大的存贮容量。一般，大型机的运算速度，达每秒几百万次或数千万次。巨型机更高达数亿次。由于高速应用的场合，也往往要求计算机有很高的运算精度，所以，大型机都有较长的字长。一般都，都在32位以上，且多为48位或64位。“字长较长”是大型机不同于小型机和微型机的重要特征。另外，大型机都用并行或并串行处理方式，内存贮器容量超过8兆，输入/输出速度高，辅助电路很完整并配有种类齐全、数量众多和速度很快的外围设备。因之，这种硬件上运算速度快、存贮容量大、字长长和外设快速的将

点，加上它丰富和高性能的软件，使大型机的数据存取宽度和工作周期都优于小型机和微型机。正由于这些优点，大型机有比其他两类计算机多得多的信息吞吐量。这是大型机的特殊优势，也使得在某些应用领域，非大型机莫属，小型机和微型机是难于问津的。

大型计算机的其他特点还有：它体积庞大，占地往往是一个大房间；需经过专门训练的班子维护；机器一经安装，往往是昼夜不停地运转。另外，主机的价格也较昂贵。

总用上，大型机多用于宇宙航行、核工程以及其他工程和科学计算。

2. 小型计算机

小型机是指某机性能（如运算速度、存贮容量和输入/输出设备配备等方两都）比大型机低一档的一类计算机。如果从1961年第一台小型机PDR-1诞生算起，它的历史也只廿年，但其发展速度也很快。尤其近年来，小型机大量涌入市场，并已广泛地应用于各个领域。

小型机的体积，外观看，只半个衣柜大小。字长16到32位，运算速度几十万次。按整机性能，尤其快字长，目前的小型机，分为占主流的传统小型机和近年才兴起的起级小型机两种。

1). 传统小型机

这是小型机中的主流：字长16位，采用串并行处理方式，内存容量在1兆字节以下，最大是4兆。输入/输出中速，配有打印、外存和多个CRT终端。广泛应用于文字处理、会计、库存管理和数据处理等方两。尤其，多装在实验室和工作现场，用于收集和处理数据。有的装在生产现场，用于生产过程控制。和大型机相比，小型机的使用目的比较单一。它的价格也较大型机便宜很多。

2). 起级小型机

起级小型机是对高档小型机的称呼。1971才问世，但发展速度惊人，

大约以每年增长一半的速度上升。超级小型机的整机性能，已和大型机中的低档区别很小。它的字长也有16位的，但大多数是32位。内存容量是4兆到8兆字节。它有几个明显的优点：

- ①字长较长，因而有较大的存贮器直接访问能力。
- ②具有较大的信息吞吐量，因而有较高的效率。
- ③计算精度较高。
- ④程序开发容易。

以上几点，加上它有较丰富的软件，超级小型机主要用工程和科学计算。目前，只是价格较贵，但前景是很乐观的。

当前，传统小型机受到超级小型机和16位微型机的上下夹攻，其应用领域很可能被二者瓜分。虽然，16位小型机系统在近期内仍不可少，但最后将被它们挤出市场，被认为是不可避免的。下因是表明三者占领市场变化情况的数字，已经可以看出这种趋势

	80年	84年(预计)
超级小型机	16%	23%
微型机	33%	42%
传统小型机	50%	33%

小型机对使用环境没有特殊要求。一般只需一、二人维护。甚至可以没有专门的维护班子维护，随用随开。体积小、价格便宜、维护方便和价格性能比高，这些都是它的重要特点，也是它对于大型机的优点。

无论大型机还是小型机，从最基本的原理来看，结构上可以认为都由下面四部分组成：运算器（算术逻辑部件）、控制器、存贮器和输入/输出（I/O）接口电路。这四个部分，通过总线——在它们之间传送信息（数据、地址和接制信号）的通路——而连成一个计算机整体。如图1—1所示。

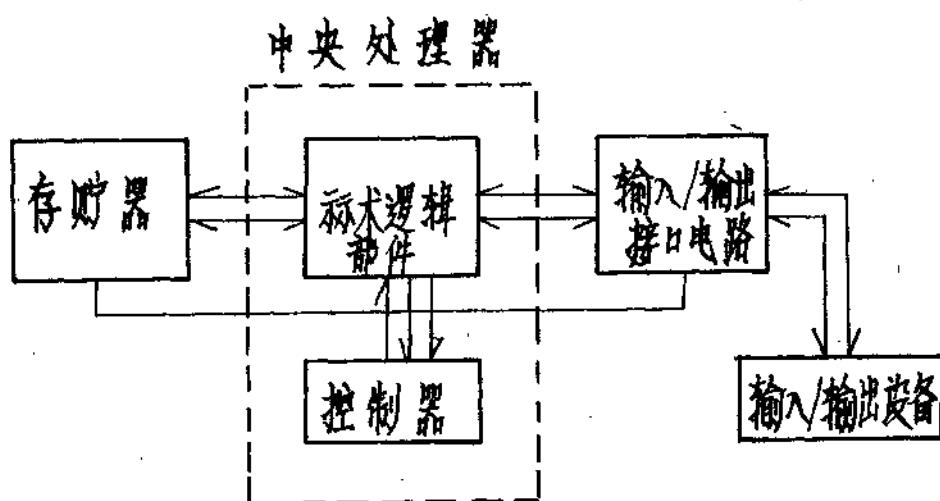


图 1-1 计算机的硬件组成

其中，运算器和控制器是处理数据和控制全机的核心。习惯上，人们把它们合称为中央处理器 (Central Processing Unit)，简称 CPU。这样，一个计算机只由三个部分组成：中央处理器 CPU，存储器和 I/O 接口电路。

大规模集成电路出现后，产生了一档性能较低、字长较短的计算机。它的三个组成部分：CPU、存储器和 I/O 接口电路，集成在一个或几个大规模集成电路片上。用这样的大规模集成电路片组装的计算机，就是下面要讨论的微型计算机。

3. 微型计算机

微型计算机是由一片或几片大规模集成电路组成的计算机，1971 年后才发展起来*。是三档计算机中的最低档。

微型计算机中有一种，把中央处理器CPU、存贮器和I/O接口电路三部分全部集成在一片电路板上，这称为单片计算机。它又是微计算机中的最低档，也占少数。

微计算机中占主流的，是由多片大规模集成电路组成的计算机。这些片是：中央处理器CPU为一片，存贮器有只读存贮器ROM(Read-Only Memory)和读写存贮器RAM(Random Access Memory)多片，I/O接口电路多片。这些大规模集成的CPU、ROM、RAM和I/O接口电路，由在它们之间传送信息的总线连成一个整体的微计算机。如图1-2所示。

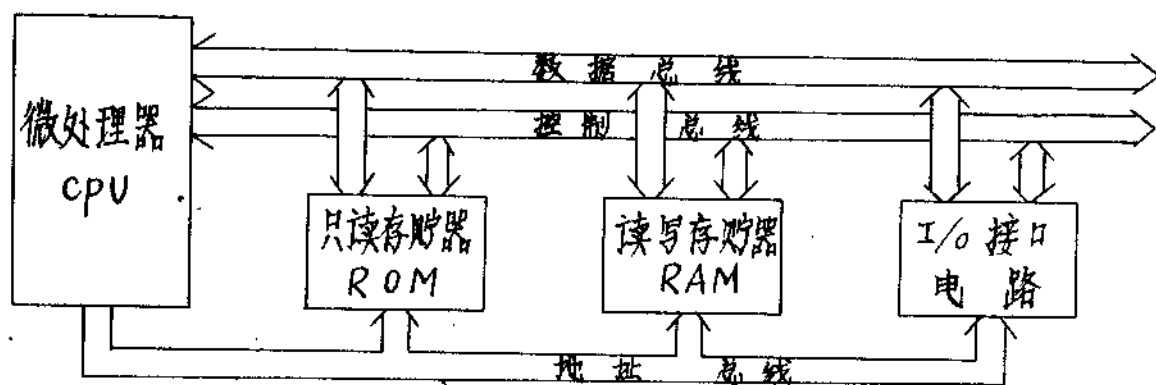


图 1-2 微型计算机的组成

微型计算机体积小而又价格低廉。如果把大型机比做计算机中的“贵族”，微计算机便是计算机世界的“平民”。这“平民”既指它的小体积和低价格，也指它如平民那样，什么都干，其应用深入到各个领域的广泛程度，和在什么环境下都可以正常工作的优良的适应性。

微型机的字长是4位、8位和16位。32位的微型机业已出现。但

目前占主流的仍是8位机。整机功能上，微型机中的高档，已接近小型机的水平，对传统小型机的生存已经造成了威胁。有人惊呼：“今天的小型机，就是明天的微型机！”就是指这种趋势。

注：微型计算机小史

1969年，日本一家制造台式计算器的公司，要美国INTEL公司制造计算器的集成电路系列。当时只有12个成员的小小的INTEL公司，把这个任务交给了M·E·霍夫。霍夫经过认真研究后确信：这家日本公司的方案太复杂，技术上也很难实现。但他注意到，如果改用完整的小型计算机就可以达到设计的要求。他利用小型机的设计思想和自己在这方面丰富的经验，用程序存储器简化机器指令，并巧妙地把系统分成四片：中央处理器片、只读存储器片（存用户程序）、读写存储器片（存待处理数据）和移位寄存器片，再用这四片组装成计算机。微型计算机问世十一年，并已经历四代而大大发展了的今天，它的组成仍然是这种格局。

中央处理器除叫CPU外，当时并没有专门的名称。后来人们便把它叫微处理器。但INTEL公司并没有看到它的巨大潜力，而只把它当做小型机的代用品出售，售量只有几千片。直到1971年底，当世界上第一个微处理器4004问世并投入市场后，才得到了意外的成功。于是INTEL公司很快又推出了世界上第一个8位微处理器8008。这期间，许多公司都相继开始生产微处理器。这样由INTEL公司领头，首先是美国，其后是全世界，从此开始了微计算机工业大跃进的时代。并且很快进入了社会生产和生活的各个领域。

二、微处理器和微型计算机系统

1. 微处理器

微处理器，就是集成在一个大规模集成电路片上的中央处理器CPU。这个集成电路的芯片面积一般只几平方毫米。微处理器还不是计算机，它只是微计算机的一部分——中央处理器。

2. 微计算机

一个大规模集成的微处理器片，和同样是大规模集成的存贮器（ROM、RAM）片、I/O接口电路片装焊在一块或几块印制电路板上（往往还配有其他中小规模电路），用总线相连而构成一个完整的计算机，称为微计算机（microcomputer），简称 μC 。只用几个甚至一个大规模集成电路片，是微计算机的重要特征。

3. 微计算机系统

以上所述的微计算机，我们还不能和它打交道，我们既不能向它输入数据，也不能从它取得结果。因此，微计算机还必须加上外围设备（加输入设备、输出设备、及外存贮器等）以及管理计算机的系统程序等才构成一个完整的可使用的计算机。我们称它为“微计算机系统”。微计算机和外围设备构成了系统的硬件，系统程序构成了系统的软件。所以，我们可以说：微计算机系统由系统硬件和系统软件两大部分组成。图1—3是微计算机系统组成图，从图中也可以看出“微处理器”、“微计算机”和“微型计算机系统”三者的关系。

需要说明的是，人们通常说：“微计算机”或“微型机”，实际上是指“微型计算机系统”。因此，未配成系统的微计算机，实际不和用户见面，把“微计算机系统”直呼为“微计算机”或“微型机”并不发生误会。

微型计算机 系统

系 统 硬 件

微 型 计 算 机

微处理器

累加器、寄存器阵列

算术逻辑部件

控制部件

时钟发生器

存贮器

ROM

RAM

EPROM

接口

I/O
接口
电路

外 围 设 备

I/O 设备

键盘

显示器

打印机

外存贮器

磁盘机

磁带

系统软件

操作系统

编译程序

解释程序

汇编程序

图 1-3 微型计算机系统组成

1) 单片微计算机

“一个电路片，便是一个完整的微计算机。”这就单片机的含意。所以，在这单片电路上，既有中央处理器CPU，又有存贮器（ROM、RAM）和各种接口电路。

单片机的主要使用场所是控制领域。在这种应用中，总希望计算机有尽可能简单可靠，并有各种方便、含用的接口电路。对计算机的存贮容量