



微处理机普及教育丛书

8080/8085 单板机

原理与应用

杨润生 贾德良 何斌 编

湖南科学技术出版社

内 容 提 要

本书通俗、全面、深入浅出地介绍了简单而又用途广泛的8080/8085单板微型计算机的原理与应用知识。全书大致分为基础知识、硬件、软件和应用四大部分。基础知识的内容包括数制及其转换、码制、基本数字逻辑电路和部件等。硬件的内容主要针对单板机而言,包括各种存储器、8080和8085CPU以及几种配套芯片(8212、8255等)的内部结构分析和引脚功能、接口技术和输入输出等,第八章介绍了TK—80单板机系统;软件包括基本概念及汇编语言程序设计、分枝、循环、宏指令、子程序等,并对8080/8085指令系统作了详细分析;除了各章给出大量实例外,全书最后一章专门从系统的角度给出了四个完整的应用实例,旨在帮助读者提高实际设计能力和应用能力。

本书适合作为微机培训班的教材及自学用,可供厂矿企业的工程技术人员及大、中学生阅读。

8080/8085单板机原理与应用

杨润生 贾德良 何 诚 编

责任编辑:夏可军

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路14号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1984年12月第1版第1次印刷

开本:850×1168毫米 1/32 印张:13 插页:1 字数:344,000

印数:1—18,200

统一书号:15204·129 定价:2.50元

前 言

自一九八三年下半年以来，我国掀起了一股学习、普及使用微型计算机的热潮。根据这种形势及社会发展的需要，我们总结了几年来开展微计算机教学、科研和应用工作的一点经验和体会，写成此书。

我们力图通俗、全面、深入浅出地介绍微型计算机的原理与应用知识，并针对我国常见的、用得较多的八位微处理机——8080/8085单板机作了详细介绍。我们希望读者在系统学习本书之后，可用一定的时间上机操作实习，这样才能较好地掌握微计算机的基本原理和一般的应用知识。

全书共九章，大致分为基础知识、硬件、软件和应用四大部分。基础知识的内容包括数制及转换、码制、基本逻辑电路等；硬件包括存贮器、8080、8085CPU及其支持芯片的内部结构和引脚功能，接口技术、输入输出、TK-80单板机系统等；软件包括汇编语言程序设计及8080/8085指令系统分析；应用部分介绍了四个完整的实例。书后附有TK-80E/80单板机的原理图和指令系统表。

本书适合作为微型机培训班的教材及自学用，也可供厂矿企业的工程技术人员及大、中学生阅读。

由于我们的水平有限，书中错误和不当之处，敬请读者批评指正。

作 者

一九八四年七月

目 录

第一章 概 论 (1)

- § 1.1 电子计算机的主要组成部分及其工作特点 1
- § 1.2 微型计算机的组成及其特点 12
- § 1.3 微型计算机的发展概况 17
- § 1.4 微型计算机应用概述 19

第二章 微型计算机中的数制与码制 (22)

- § 2.1 进位计数制 22
- § 2.2 进位数制之间的转换 27
- § 2.3 数的定点与浮点表示 34
- § 2.4 原码、反码和补码 37
- § 2.5 ASCII 码 42

第三章 数字逻辑 (47)

- § 3.1 基本逻辑门 47
- § 3.2 逻辑代数基础 53
- § 3.3 数字集成电路 61
- § 3.4 触发器 70
- § 3.5 基本逻辑部件 79

第四章 8080/8085微处理器 (89)

- § 4.1 几个基本概念 89
- § 4.2 8080A 微处理器 98
- § 4.3 8085微处理器 115
- § 4.4 8080/8085指令系统 129

第五章 8080/8085程序设计 (149)

- § 5.1 概述 149
- § 5.2 8080/8085汇编语言程序设计 162
- § 5.3 8080/8085程序设计举例 184

第六章 微型计算机的存贮器 (197)

- § 6.1 随机存取存贮器(RAM) 198
- § 6.2 只读存贮器 217
- § 6.3 外部存贮器 233

第七章 8080/8085微型计算机的输入/输出与接口芯片 (247)

- § 7.1 8080/8085输入/输出传送方式 247
- § 7.2 8212输入/输出接口芯片 275
- § 7.3 可编程8255并行接口芯片 278
- § 7.4 可编程8251串行接口芯片 288
- § 7.5 8155/8156接口芯片 305

第八章 8080/8085微型计算机系统 (314)

- § 8.1 微型计算机与系统部件的连接 314
- § 8.2 8080/8085微型计算机系统 326
- § 8.3 TK—80单板微型计算机系统 334

第九章 8080/8085微型计算机应用举例 (367)

- § 9.1 微型计算机在交通控制中的应用 367
- § 9.2 用于温度检测及控制的数据采集系统 373
- § 9.3 微型计算机控制线切割机床 381
- § 9.4 微型计算机在电力控制中的应用 389

附录 1 TK—80E180系统原理图

附录 2 8080/8085指令系统表

本章在简要介绍电子计算机的主要组成部分及其工作特点的基础上，讨论微型计算机的基本结构和基本概念，并对微型计算机的发展概况和微型计算机的应用进行概括的介绍。

§ 1.1 电子计算机的主要组成部分及其工作特点

电子计算机是20世纪科学技术的卓越成就之一。它的产生和发展是人类智慧的结晶。由于电子计算机能够有条件地代替一部分特定的脑力劳动，因此，它已成为现代科学技术的重要支柱。电子计算机的科学水平，生产规模和应用深度、广度已成为衡量一个国家现代化水平的重要标志。因而，凡是科学技术发达的国家，都把发展计算机科学作为“国策”，有组织、有计划地制订计算机发展规划，大力培养计算机技术力量，增加计算机研制的投资。所以，计算机得以持续的惊人速度向前发展，它必将对整个人类社会和人们的生活方式产生深远的影响。

1.11 电子计算机的主要组成部分

电子计算机是一种能自动地进行高速运算的计算工具。它每秒能进行成千上万次的各种不同的运算，有的可达每秒几百万次、几千万次甚至几亿次的高速运算。虽然计算机是一种很复杂

的计算工具,但现代的计算机一般都可认为是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备等五部分所组成,如图1—1所示。

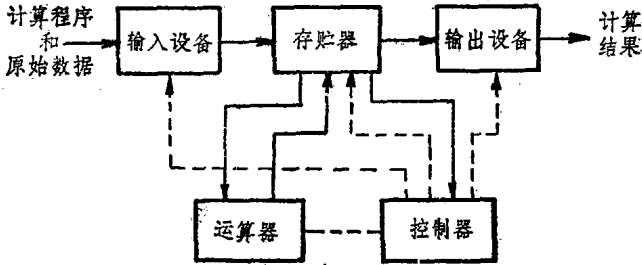


图1—1 计算机框图 实线表示信息传输线,虚线表示控制线

运算器是对数据进行运算的部件,它能自动快速地进行加、减、乘、除等算术运算以及其他一些常见的基本运算(如比较两数的大小等)。运算器在进行运算时,不断地得到由存储器提供的数据,并能把运算结果送回存储器保存起来。运算器的各种运算都是在控制器的统一指挥下,按程序中编排的先后次序有规律地进行。

存储器的主要功能是保存信息,它的作用类似于录音机,能把已记录的内容保存起来。在使用时,根据需要可以把原记录的内容取出而不破坏原有的记录(类似于录音机的放音),或者把原来记录的内容抹去而重新记录新内容(类似于录音机的录音)。存储器内保存的信息主要有数据及指令(表示数据和指令的二进制码统称为代码)两种。在运算前,必须通过计算机的输入设备把计算程序(由一串解决特定任务的指令所组成)和原始数据输入到存储器中保存起来。在运算过程中,存储器一方面不断地向运算器提供运算所需要的数据,另一方面还要保存从运算器送出来的运算结果。此外,存储器中保存的计算程序,则是用来决定计算机的具体工作过程的,即计算机从存储器不断取出指令送往控制器,

然后由控制器分析和解释指令的含意，并据此向运算器或其他部件发出相应的命令，从而指挥和控制各部件执行指令所规定的动作。

控制器的主要作用是使整个计算机能自动地执行程序。它从存储器顺序地取出指令，并向各部件发出相应的命令，使它们一步步地执行程序所规定的任务。因此，控制器是统一指挥和控制计算机各部件的中央控制机构。它一方面向各个部件发出执行任务的命令，另一方面又接受“执行部件”向控制器发回的有关任务执行情况“反馈信息”，例如，运算器向控制器“报告”计算结果的大小是否超出预定界限等等。而控制器将把这些“反馈信息”作为下一步应该发出哪些命令的工作条件，根据各种工作条件的成立与否来决定下一步相应地发出哪些命令。

输入和输出设备是人与计算机进行联系的桥梁，它包括各种类型的输入输出设备以及输入输出的控制部件。常用的输入输出设备有键盘、光电输入机、电传打字机、数码管、CRT和打印机等等。人们在使用计算机时首先接触的就是输入输出设备。在解题之前，要把准备好的程序和数据通过输入设备送到计算机的存储器中。计算完毕以后，要把计算结果以人们能识别的形式通过输出设备显示或打印出来。计算机使用起来是否灵活方便，很重要的一点就是看有没有性能优良、工作可靠的输入输出设备。由于输入输出设备都少不了有些机械动作，因而它们的工作速度一般要比计算机的工作速度慢得多。为了使输入输出设备的工作速度与计算机的工作速度相匹配，必须在输入输出设备与计算机之间配备一种接口电路，称为输入输出接口，这在以后的章节将作详细介绍。

以上简单地介绍了电子计算机的五个主要组成部分。下面讨论计算机的工作特点。

1.12 计算机是怎样工作的

为了粗略地说明计算机是怎样工作的，我们用一个简单的例

子来进行讨论。如果我们用计算机来解算 $3 + 5 \times 2 = 13$ 这道题。那么，必须做如下两方面的工作：

1. 编写计算程序

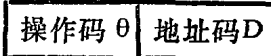
计算程序如表1—1所示。其中，每一个计算步骤相当于给计算机下达一条“命令”，用计算机的术语就叫“指令”。每一种计算机在设计时都要为它设计一套指令系统。指令愈多，计算机的功能就愈强，但每一条指令的功能都是有限的。由许多条指令组成的解决特定问题的计算步骤，便称为解决该类问题的计算程序。

表1—1 计算 $3 + 5 \times 2 = 13$ 的程序

计 算 步 骤	操 作 内 容
1	从存贮器取数2送运算器
2	从存贮器取被乘数5送运算器，并在运算器中作 5×2 的运算
3	从存贮器取加数3送运算器，并在运算器中作 $3 + 10$ 的运算
4	将运算器中的运算结果13存入存贮器
5	将运算结果13打印出来

但是，表1—1中由文字指令组成的程序，计算机既不能识别，也不会执行。因为计算机只能识别由0、1表示的二进制数，因此，指令和数据都必须用二进制代码来表示。另外，必须告诉计算机，指令和数据存于存贮器中的地址，因而，地址也必须用二进制代码来表示。

综上所述，每一条指令都应该用二进制代码来表示。其中，表示操作的代码称为操作码，表示地址的代码称为地址码。因而，一条最简单的计算机指令的组成如下：



操作码举例如下：

操 作	代 码 θ
取 数	0001
存 数	0010
加 法	0011
乘 法	0100
∴	∴
打 印	1110
停 机	1111

现在，把表1-1中由文字指令组成的计算程序，改写成计算机能识别和执行的二进制代码表示的指令，便成为表1-2所示的由指令代码组成的计算程序。其中，每一条指令都存放在一个固定的地址中。表1-3是表1-2的计算程序所用的数据，每一个数据也

表1-2 指令代码组成的计算程序

指 令 存 放 地 址	指 令 代 码	
	操 作 码 θ	地 址 码 D
00001000	0001(取数)	00010000
00001001	0100(乘法)	00010001
00001010	0011(加法)	00010010
00001011	0010(存数)	00010011
00001100	1110(打印)	00010011

表1-3 被运算的数和运算结果

数的存放地址	数
00010000	00000010
00010001	00000101
00010010	00000011
00010011	00001101

存放在一个固定的地址中。

2. 上机操作

计算程序编好后，便可上机操作，其主要步骤如下：

(1) 用输入设备把编好的计算程序和原始数据都输入到存贮

器相应的地址单元存贮起来；

(2) 启动计算机工作，计算机在控制器的控制下自动进行计算。其次序是：

(a) 计算机从存贮器的00001000号地址单元中取出第一条指令的操作码0001送到控制器中的译码器，识别是什么指令。现在是取数指令(0001)，于是，控制器发出执行该条指令所需要的控制信号。在这些控制信号的控制下，计算机又把存放在00010000号地址单元中的乘数00000010(即10进制数2)取入运算器中。这时，运算器中保存了数00000010。

(b) 第一条指令执行完后，计算机又自动地从存贮器的00001001号地址单元中取出第二条指令的操作码0100送到控制器中的译码器，控制器识别它是乘法指令。于是又发出完成第二条指令所需要的一系列控制信号。在这些控制信号的控制下，把存放在存贮器中00010001号地址单元中的被乘数5(即00000101)取出送入运算器，并与运算器中原有的数2进行相乘，求得乘积为10，仍保存在运算中。

(c) 第二条指令执行完后，计算机又自动地从存贮器中取出第三条指令，即加法指令，其过程与前面的相同。计算机执行第三条指令的结果，是从存贮器中取出加数3(即00000011)送入运算器，并与运算器中原有的数10相加，求得和13，仍保存在运算器中。

(d) 第三条指令执行完后，计算机又自动地从存贮器中取出第四条指令，即存数指令，其过程与上同。计算机执行第四条指令的结果，将运算器中的数13(即00001101)送入地址为00010011的存贮单元中保存起来。

(e) 第四条指令执行完后，计算机又自动地从存贮器取出第五条指令，即打印指令，其过程与上同。计算机执行第五条指令的结果是将00010011号地址单元中的内容00001101取出，变换为人们所熟悉的10进制数以后，打印出结果13。

从这个过程可以看出，计算机的自动计算是重复进行“取指

令”和“执行指令”。当整个程序的全部指令执行完后，结果也打印出来了。计算机执行指令的速度相当快，早期的计算机执行一条加法指令需要将近1毫秒，因此，1秒钟可执行1千条指令。现代计算机的速度大大提高，如Intel8080微型计算机，执行一条加法指令约4微秒，因此，1秒钟可执行25万条指令。

本节所举的 $3 + 5 \times 2 = 13$ 这个例子，是为了简要地说明计算机是如何工作的一些基本概念，并不需要计算机来解决这么简单的问题。由于计算机运算速度快，因而，在解决大型和复杂问题而其它计算工具无能为力时，计算机则能充分发挥它的作用。

1.13 计算机的硬件和软件

计算机系统是由硬件和软件两部分组成。

1. 硬件

图1—1所示的计算机框图中，运算器、控制器、存贮器、输入设备和输出设备这五大组成部分都是计算机的硬件。硬件也称为硬设备，它是计算机系统中实际装置的总称。可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置，或由它们组成的计算机部件或计算机。

在计算机系统中，硬件是物质基础，软件则更多地体现了人的主观能动作用。一台没有软件的计算机又称为裸机，裸机事实上干不了什么大的工作，因为硬件只有从内存取出一条指令和解释执行该指令这两项功能。只有在软件的控制下，硬件各组成部分才能自动协调工作，从而充分发挥硬件的作用。例如，一台没有操作系统的计算机，它的效率很低。如果给它配备比较完善的操作系统，则其工作效率可提高数十倍。

2. 软件

软件也称为软设备，它是相对于硬件而言的。它是为了用户方便使用计算机和充分发挥计算机效能的各种程序的总称。软件包括各种程序设计语言、汇编程序、编译程序、故障诊断程序和操作系统等，有的把用户为解决某类问题而编制的应用程序也包

括在内。所以，软件有时也称之为程序系统，通常认为，软件是可以写出或可记录的。下面简要地介绍几种主要的软件。

(1) 机器语言、汇编语言、高级语言

如前所述，用机器指令代码编制的计算程序（见表1—2）既能方便地存于存贮器中，又能为计算机直接执行。也就是说，计算机能够直接“理解”指令代码这种“语言”，因而把机器指令代码称为机器语言。这种语言的优点主要是不需要经过任何“翻译”，计算机便可按人们编好的程序去执行。

但是，当人们用机器语言编写计算程序时，不仅要求程序设计人员记住计算机的全部指令代码，而且指令，地址和操作数都要用二进制代码和数来表示，工作量很大，也容易弄错，发现错误以后要查出错在什么地方也很困难。此外，由于各种计算机的指令系统和指令代码不同，因而，按照一种计算机的机器语言所编写的计算程序便不能在另一种计算机上运行。为了克服用机器语言编写程序不易熟记计算机的全部指令代码这一障碍，人们采用易于记忆的“指令符号”来代替“指令代码”。例如，表1—2中的加法指令是用0011表示，既不直观，又不好记忆。若用指令符号“ADD”来表示加法指令就比较直观和便于记忆，因为“ADD”是英文的“加法”一词的字头。其他指令符号举例如下：

指令名称	记忆符号	指令代码
取 数	LDA	0 0 0 1
存 数	STA	0 0 1 0
加 法	ADD	0 0 1 1
乘 法	MUL	0 1 0 0
⋮	⋮	⋮
打 印	LPT	1 1 1 0
停 机	HLT	1 1 1 1

这种用来编制计算程序的“指令符号”及其使用规则，就形成了另一种计算机语言，称为汇编语言。显然，用汇编语言编写计算程序比用机器语言编写计算程序方便得多，而且根据指令符号的英文词意很容易掌握指令的功能。因此，采用

汇编语言可以提高编写程序的效率。然而，由于汇编语言中的“指令符号”与机器语言中的“指令代码”是一一对应的，所以，用汇编语言编写程序的工作量仍然很大。同样，由于各种计算机的指



令系统不同，各种计算机的汇编语言也各不相同，因而，用汇编语言编写的计算程序，仍然只适用于某一种机器。也就是说，机器语言和汇编语言都是面向机器的语言。用这两种语言编写计算程序时，都脱离不开具体计算机的指令系统，因而，难以提高编程效率，也难以使未经专门训练的一般人员较快地掌握编程技巧。为了解决这个问题，从五十年代开始，世界上陆续发展了许多高级程序设计语言或称为算法语言。这种语言的特点是面向过程，与具体计算机的指令系统无关。使用这种语言编写的解题程序，类似于用英语编写解题步骤，简短明瞭，差错容易发现也容易修改。常用的高级语言有BASIC语言、FORTRAN语言、PASCAL语言和COBOL语言等。

(2) 汇编程序和编译程序

由上面的讨论知道，同一个算题，既可用机器语言来编写计算程序，也可用汇编语言或高级语言来编写计算程序。但是，电子计算机只能“理解”由“指令代码”组成的机器语言，因而只能直接执行用机器语言编写的计算程序，不能直接执行用汇编语言或高级语言编写的计算程序。通常把用机器语言编写的计算程序称为“目标程序”，把用汇编语言或高级语言编写的计算程序称为“源程序”。也就是说，电子计算机只会执行目标程序而不会执行源程序。因此，当人们用汇编语言或高级语言编写出算题的源程序以后，必须把源程序“翻译”成目标程序，计算机才能进行计算。这个翻译工作由预先存放在计算机中的“翻译程序”来完成。如果源程序是用汇编语言写的，那么，就要用“汇编程序”来把源程序翻译成目标程序，再把目标程序送给计算机去执行，才能得到算题结果。如果源程序是用高级语言写的，那么，就要用“编译程序”（或“解释程序”）来把源程序翻译成目标程序，然后计算机才能执行。因此，如果一台计算机配有汇编语言，就必须配备相应的汇编程序。如果配有BASIC语言，就必须配备BASIC解释程序。如果配有FORTRAN语言，就必须配备FORTRAN编译程序等等。

从上面的讨论可以知道，用机器语言编写计算程序时，由于

不易熟记指令代码，编程工作量大，也不易查错和改错。但它本身就是目标程序，因而不需要任何翻译程序便可直接由计算机执行，而且用机器语言编出来的计算程序，所占的内存非常紧凑。用汇编语言或高级语言编写计算程序时，可提高编程效率，但编出来的程序都是源程序，必须要有相应的汇编程序和编译程序把源程序翻译成目标程序后才能由计算机执行。虽然高级语言是面向过程，与具体计算机的指令无关。无论何种机型，只要配上这种高级语言的编译程序或解释程序，用它编写的计算程序都可运行。但一个源程序所需要的存贮空间至少要比目标程序大一个数量级。

(3) 故障诊断程序

早期的电子计算机，由于规模不大，当机器出现故障时，维修人员能及时发现问题和排除故障，保证计算机的正常运行。随着计算机的规模越来越大，全靠机器维修人员来排除故障已变得越来越困难。于是，人们研制出用“软件”来查找机器故障的办法，这种“软件”称为故障诊断程序或简称为诊断程序。当计算机在正常运行中出了故障时，它能自动“调用”预先存放在机器中的诊断程序对故障进行诊断。一个比较完善的诊断程序，对于查到的小故障能自动给予排除。当查到的故障不能排除时，便发出故障信息，告诉故障发生的位置或原因，以便维修人员及时进行检修。

(4) 操作系统

现代计算机的运行速度很快，内存容量大，外围设备多，硬件软件都很繁杂，如果依靠人直接参与对硬件、软件的管理调度，不仅效率很低，而且非常困难。因而，人们研究如何用“软件”来管理和调度计算机的硬件、软件资源，这种“软件”称为操作管理程序，或称为操作系统。操作系统是一个大型的控制程序，它由许多具有控制和管理功能的程序模块组成，主要包括监控程序、主调度程序、作业调度程序和输入输出调度程序等。监控程序监督并控制计算机硬件的操作及处理程序的执行情况。主调度程序实现操作员与计算机之间的信息交换。作业调度程序对作业(例如一

道算题)的开始和终止进行管理。输入输出调度程序对输入输出设备进行管理。计算机系统中的所有软、硬设备都是在操作系统控制下进行工作的。在一个计算机系统中,可能配有多种外部设备,而且计算机的内存中又同时有几道计算程序。那么,开机以后,首先运行操作系统,在操作系统的控制下,使所有外部设备和计算程序有秩序地进行工作,例如,某道计算程序正由输入设备输入数据、某道计算程序的源程序正在由编译程序“翻译”成目标程序、某道计算程序正在由输出设备输出数据、某道计算程序正在进行计算等等,有条不紊地指挥整个计算机系统快速协调地工作。充分发挥计算机系统的效率。

(5) 应用程序

应用程序是为解决某一类特定问题而编制的程序,通常也称为应用软件。应用软件可由下列三种方式组成:

一是利用标准程序库中的标准程序拼凑起来,组成用户所需要的应用程序。所谓标准程序库,就是把一些标准算法编制成精练的程序,将这些程序存放在存贮介质上,便构成一个庞大的程序库。用户可根据自己的需要,从这个程序库中找出适合自己要求的各种标准程序,或稍加改造,或不经任何改造,以编成解决某一特定问题所需的应用程序。

二是利用“程序包”中的各种程序组成用户所需要的应用程序。所谓软件包,就是为完成某一专门工作而设计的一组互相联系的例行程序或子程序。

三是为了解决某一特定问题而专门发明的一种语言及其编译程序,这就是面向问题的语言。例如,应用计算机诊断病人的病情,必须研制一个“病情诊断”软件,它包括病情诊断语言和编译程序两部分。这样,医生用这种语言,把病人的症状或化验参数输入给计算机,计算机便可诊断病人的病情,并开出相应的药方。

§ 1.2 微型计算机的组成及其特点

随着大规模集成电路的发展，可以把图1—1中计算机的运算器、控制器、存贮器以及计算机与输入输出的接口电路做在一片或几片大规模集成电路上。因而就出现了微处理器片，半导体存贮器片以及外围接口片等功能较完善的大规模集成电路片。用这些大规模集成电路片便可以组成微型计算机。

1.21 微型计算机的组成

图1—2表示一种典型的8位微型计算机的基本结构框图。它是由微处理器MPU（或称中央处理单元CPU），存贮器（包括随机存取存贮器RAM和只读存贮器ROM）和输入/输出（I/O）接口等大规模集成电路所组成。用三条总线把这些大规模集成电路片连接起来，它们就能互相通信，共同协作完成各种计算和处理任务。

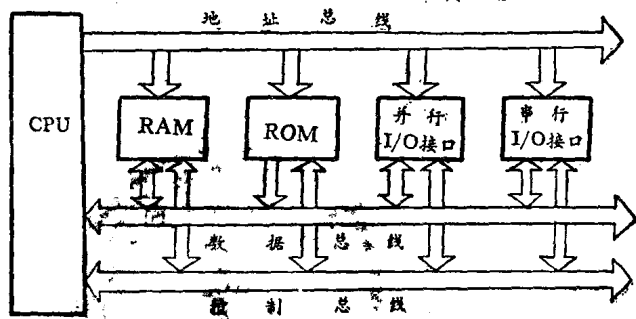


图1—2 微型计算机的组成

三条总线是：一条8位的双向数据总线；一条16位的单向地址总线和一条由10~12条控制线组成的控制总线。

1. 微处理器（Microprocessor）它是把计算机的运算器和控制器集成在一片或几片大规模集成电路片上，是整个微型计算机的核心部件。因而，通常把具有运算器和控制器功能的一片或几