

微型计算机和 微处理机入门

〔美〕阿尔贝特·巴纳 著
唐·埃·普莱特



机械工业出版社

本书是微型计算机和微处理机的入门书。共九章，一～三章介绍硬件和软件的基本知识；四～八章详细叙述计算机的操作；第九章介绍计算机的补充材料。

本书各章都自成一体，相互参照之处极少，读者可以略去几章不读，也不会给阅读另外章节带来任何困难。

结合各章内容，本书编入例题和习题共 120 道，书末还给出了部分习题答案，使其特别适于自学。

本书可供微型计算机及微处理机使用人员阅读，也可供有关院校师生参考。

Introduction to Microcomputers
and Microprocessors

ARPAD BARNADAN I. PORAT

John Wiley & Sons, Inc. 1976

* * *

微型计算机和微处理机入门

〔美〕 阿尔贝特·巴纳 著
唐·埃·普莱特

浙江大学固体电子学教研组 译

*

机械工业出版社出版（北京阜成门外西百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $3 \frac{1}{2}$ · 字数 71 千字

1979 年 8 月北京第一版·1979 年 8 月北京第一次印刷

印数 000,001—110,000 · 定价 0.30 元

*

统一书号：15033·4584

前 言

随着微型计算机和微处理机品种的日益繁多，它们的应用也越来越广泛。但是，在微处理机基本系统的设计中，总是要涉及到如下几个方面的问题：它们包括逻辑设计、数字系统、计算机结构、程序设计以及少量的电路设计和半导体工艺等等。本书是为了对于上述各个领域都没有详细的知识，但是希望学会有效地使用微型计算机和微处理机所必须具备的那种知识的初学者而编写的。

本书内容可分为三部分：前三章概述硬件和软件的基本知识，接下来五章详细叙述计算机的操作，最后一章介绍计算机的补充材料。书中各章都自成一体，相互参照之处极少，所以读者可以略去几章不读也不会给阅读本书另外章节带来任何困难，此外，本书参考资料的使用也极为方便。

结合各章内容，本书共编入了120道例题和习题，使其特别适于自学，并且也为以后了解各种实用的微型计算机和微处理机的性能打下一个良好的基础。列于书末的参考文献为本书讨论到的内容提供一些补充的资料，最后还给出部分习题的答案。

阿尔贝特·巴纳
唐·埃·普莱特
斯丹福，加利福尼亚
1975年9月

缩 写 表

ALU	运算逻辑部件 (arithmetic-logic unit)
BCD	二进制编码的十进制 (binary-coded decimal)
ASCII	美国信息交换标准代码 (American Standard Code for Information Interchange)
CCD	电荷耦合器件 (charge-coupled device)
CPU	中央处理机 (central processor unit)
DMA	直接存储存取 (direct memory access)
I/O	输入、输出 (input-output)
MAR	存储器的地址寄存器 (memory address register)
MDR	存储器的数据寄存器 (memory data register)
MOS	金属-氧化物-硅 (metal-oxide-silicon)
MOSFET	金属-氧化物-硅场效应晶体管 (metal-oxide-silicon field-effect transistor)
PLA	可编程序逻辑阵列 (programmable logic array)
PROM	可编程序只读存储器 (programmable read-only memory)
RAM	随机存取存储器 (random-access memory)
ROM	只读存储器 (read-only memory)

目 录

缩写表

第一章 概述	1
第二章 微型计算机和微处理机的基本结构	4
2.1 输入、输出部件	4
2.2 中央处理机	6
运算逻辑部件	6
寄存器	7
控制器	8
2.3 主存储器	9
2.4 微处理机	10
习题	10
第三章 程序设计技术基础	11
3.1 机器语言指令	11
逻辑指令	12
取出指令	12
存入指令	12
算术运算指令	12
转移指令	13
输入、输出指令	13
3.2 汇编语言指令	13
宏指令	14
3.3 高级程序设计语言	15
3.4 子程序	17
3.5 流程图	18
习题	19

第四章 输入和输出	21
4.1 输入和输出指令	21
4.2 输入、输出部件	21
输入、输出寄存器	22
多路器和缓冲器	22
4.3 中断	28
4.4 直接存取	29
习题	30
第五章 算术运算	31
5.1 记数制	31
二进制数	32
二-十进制转换	32
十-二进制转换	33
负数的表示	35
原码表示法	35
反码表示法	36
补码表示法	37
5.2 八进制和十六进制数的表示法	38
八进制	38
十六进制记数系	40
记数制的比较	41
5.3 编码	42
用编码来减少位数	42
二进制编码的十进制计数法	42
查错编码(奇偶校验)	43
字符和其他符号的编码(ASCII 代码)	44
5.4 浮点表示法和浮点运算	45
浮点表示法	45
浮点运算	46

习题	47
第六章 算术电路和逻辑电路	48
6.1 加法和减法器	48
二进制加法器	48
二进制减法器	50
二十进制加法器	52
6.2 乘法和除法器	54
6.3 累加器和运算逻辑部件	55
习题	57
第七章 主存储器	58
7.1 半导体存储器	58
存储器的应用	58
存储器工艺	59
操作速度	62
7.2 存储器的结构	62
7.3 移位寄存器	63
7.4 辅助寄存器	64
7.5 动态金属氧化物-半导体随机存储器的再生电路	64
7.6 寻址方式	66
基本页面寻址法	66
利用页面寄存器寻址	67
相对于程序计数器的寻址	68
相对于变址寄存器的寻址	68
7.7 间接寻址	69
习题	70
第八章 控制器	71
8.1 顺序	71
8.2 定时	77
8.3 数据通道和总线结构	77

VI

8.4 微程序设计	79
8.5 微型计算机的框图	80
习题	82
第九章 补充材料	83
9.1 汇编程序	83
9.2 输入程序	86
9.3 数据结构	86
堆栈	86
排队	90
9.4 子程序连接	91
9.5 模拟	94
9.6 硬件共享	95
9.7 系统操作	95
习题	96
附录 A 基数为 8 的算术表	97
附录 B 基数为 16 的算术表	98
附录 C 以 2 为底的指数表	100
参考文献	101
习题答案选	102

第一章 概 述

“程序存储式计算机”的出现，在数字计算机的发展史上，标志着一个最重要的发展阶段。它与一般的算盘或用手工操作的台式计算都不同。在程序存储式计算机中，操作的顺序是由机内的存储程序来控制的。

例1.1 在公路的干线和支线交汇点，车辆来往是由交通控制器来管理的。这种交通控制器内有一个60秒的循环定时装置。它控制着公路干线上的交通信号灯，使它们按照如下的顺序循环地亮各种灯：绿灯30秒，黄灯5秒，红灯20秒，黄灯5秒。像交通控制器这样简单的装置，也可看成是一台程序存储式计算机。

但是，按照现行的解释，程序存储式计算机尚有一种额外的特性，即在程序的各段之间该机具有进行“转移”的能力。这种“转移”，或称为“判定”，可以由前面计算所得到的结果来进行控制，也可以由来自计算机输入设备的信息进行控制。

例1.2 将例1.1中的交通控制器作进一步扩充，使它包括二个车辆传感器。这二个传感器是作为输入设备同控制器相连接的，当支线上有车辆在等待通行时，装在支线上的传感器就会发出指示以改变信号灯。交通控制器在干线上的交通信号灯亮完30秒钟绿灯的瞬间就对传感器发出询问信号，仅当支线上有车辆等待通行时，控制器才使信号灯改变。

最近二十年中，程序存储式计算机已经开始普及起来，

这主要应归功于工艺上的各项发展，诸如：晶体管得到广泛的采用，存储器中存储元件的改进，机电外围设备可靠性的提高以及大量采用集成电路等等。数字计算机通常可分为两类，其中一类是适于单一用途的专用计算机，另一类则是广泛应用于控制、数据处理、科学计算等各种领域的通用计算机。

随着可靠性的不断改善，计算能力的不断提高和通用计算机使用的日益方便，也出现了通用小型计算机。尽管通用小型计算机在计算能力上有一定的限制，但是它的体积较小，价格也较低廉。主要还是由于它价廉，使小型通用计算机渗透到原来是由小型专用计算机独占的各个应用领域中去。在通用计算机的应用领域和专用计算机以及控制器的应用领域之间，还留有一个应用领域的间隙，这个间隙目前正在为最近才出现的、体积最小的通用计算机即微型计算机所占领。目前，微型计算机还正在取代着，也在丰富着许多小型通用计算机和专用计算机，特别是固定接线的专用控制器。

例1.3 在快速变换系统中都安装有备用安全互锁装置。每个跟踪“部件”都备有独立的互锁装置，用以监视出入于“部件”的信号序列。当初设计时，使每个互锁装置都使用一个固定接线专用控制器，然而，由于在跟踪中不同的支线会产生各种“特殊情况”，使得所有的控制器不可能完全相同。所以在最后实现这种设计时，固定接线控制器都由微型计算机来代替了。用微型计算机代替之后，这种特殊情况就可用适当的程序设计来加以处理。

微型计算机结构的简单和成本的低廉，这两种因素使它们的应用日趋广泛，但是也由于这些原因，它们的程序设计技术较相应的小型计算机更为困难和麻烦。而且，电路（硬

件)和程序设计(软件),这二者的相互牵涉程度也较小型计算机为深。尽管有时对于从事计算机的工作者说来有“硬件专家”和“软件专家”之分;但在使用微型计算机组成的系统中,却往往同时需要这两方面的知识,因此,在本书的极大部分篇幅中,这两方面的内容总是相互交织在一起的,以便使应用于微型计算机中的软件和硬件知识均衡地介绍进来。

第二章 微型计算机和微处理机 的基本结构

图 2.1 表示微型计算机的简单方框图，它由三个功能部件组成：输入、输出部件；中央处理机以及主存储器*。

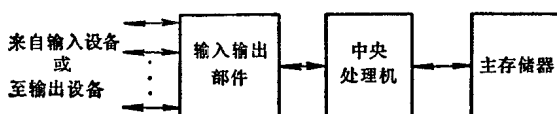


图2.1 微型计算机的简单框图**

2.1 输入、输出部件

图 2.1 中输入、输出部件左边的几条线是连接微型计算机和输入、输出设备用的。输入、输出设备又称外围设备。

例2.1 一部手提式计算器具有十个数字键(标有从 0 到 9 十个数字)、五个功能键 (即 +, -, ×, ÷ 和 =), 一个字长六位的十进显示器以及一台用来处理和存储数据的微型计算机。这些键就是输入设备, 十进数字显示器就是输出设备。

图 2.2 表示输入、输出部件的简单方框图。其中输入和输出多路器具有对输入、输出设备进行选择的功能 (输入和输出多路器常缩写成 MPX 或 MUX) 输入和输出多路器也

* 详细的方框图在第八章内。

** 方框图之间的连线可以表示多重连接线。

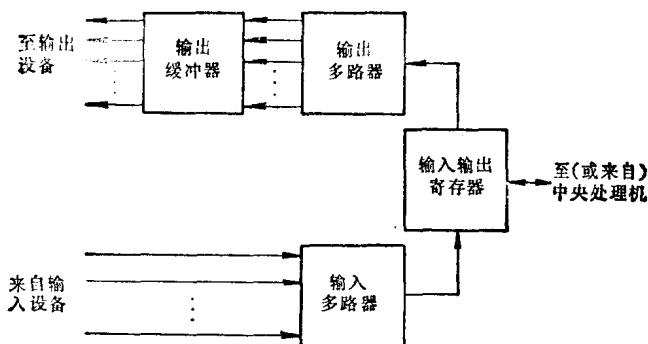


图2.2 输入、输出部件简单框图

就是通常所说的数据选择器。输出缓冲器用来存储输出的信息。信息在中央处理机和输入、输出部件之间传送时输入、输出寄存器则起着暂时存储信息的作用。

例2.2 在马路交汇处，一个交通控制器使用了四个指示车辆出现的传感器和四个交通信号灯。交通控制器中装有一台微型计算机，它同作为输入设备的传感器相连，又同作为输出设备的交通信号灯相连，并使四个交通信号灯都连续地发绿光、黄光或红光。

因为车辆的速度有限制，传感器检测到一辆车子至少要0.1秒的时间。所以，只要保证对每个传感器以10个读数/秒以上速率的探测，那末，这四个传感器完全可以由一台微型计算机对它们进行顺序地扫描来控制。交通控制器的微型计算机输入、输出部件可用图2.2来描述。

输入和输出设备的特性以及各种连接方法将在第四章中进行讨论。

2.2 中央处理机

中央处理机的内部结构因微型计算机品种的不同而有很大的差异。为此，下面我们先来描述一种简单的中央处理机的结构。它是由这样几部分组成的：一个运算逻辑部件，几个寄存器和一个控制器，方框图如图 2.3。其中运算逻辑部件、累加器（寄存器 A）和寄存器 B、M 之间互连线的数目取决于字长，字长是指运算逻辑部件能够并行处理的最大二进制位的数目。

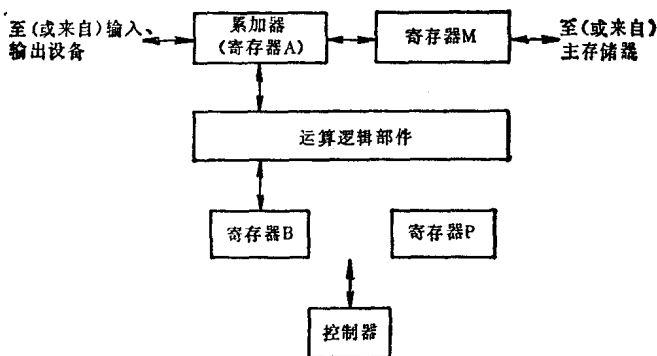


图2.3 中央处理机的简单框图（控制器与寄存器 P 之间的连线未画）

运算逻辑部件

运算逻辑部件的功能是对一个或二个数据进行运算。这种运算有二种，一是算术运算，如加法和减法。另一种是逻辑运算，如对“相等”的检测。有关运算逻辑部件的结构和操作将在第六章中进行讨论。

寄存器

中央处理机中有几个寄存器，通常把这些寄存器指定为数据寄存器、工作寄存器或中间结果存储器。供给运算逻辑部件进行运算的数据是存储在寄存器 A（累加器）和寄存器 B 中的。

例2.3 在图 2.3 的中央处理机中，加法是这样来完成的：将寄存器 B 的内容同累加器的内容相加并将加得的结果存放在累加器内。

累加器和寄存器 B 的位容量由字长来决定。在某些运算中，这二个寄存器可以联合起来当做一个寄存器使用，这时字长为原来的两倍。

例2.4 在有 16 位字长的中央处理机中，乘法是这样进行的：将寄存器 B 的存储内容乘以累加器的存储内容。乘得的结果是一个 32 位数。对这个数的存储方法是这样的：将它最高有效的 16 位放在累加器中，而最低有效 16 位放在寄存器 B 中。

图 2.3 中的中央处理机要通过输入、输出部件才能同输入、输出设备进行联系，中央处理机通过寄存器 M 而与主存储器进行联系。

例2.5 装有图 2.3 那种中央处理机的微型计算机使用在工业温度控制器中。控制器通过五个传感器来进行温度的测量。它是以每分读数十二次的速率对每一个传感器进行询问扫描。温度是由一个电热器根据这五个温度传感器最后读到的三个读数来进行控制的。

来自传感器的数据通过输入、输出部件，累加器和寄存器 M 而传送到主存储器中。来自最后三个读数的温度数据，由中央处理机对它们进行运算，需要通过寄存器 M，中央处

理机同主存储器之间进行进一步的数据传送。最后把得到的控制信息通过输入、输出部件送到加热器上。

寄存器 P 是一个用来决定微型计算机操作顺序的程序计数器。除非得到另外的命令，程序计数器在一般情况下是每次加 1 进行计数。每一步计数确定一个单独的操作，譬如二数的相加，或者是一个操作的顺序。

例2.6 一个简单的加热系统可由三部分组成：一个恒温器，一个可开、关的加热器以及图 2.3 所示的中央处理机。所希望的温度从存储器送到寄存器 M 中，控制周期由程序计数器（即寄存器 P）来规定。表 2.1 大致列出了这种简化了的控制顺序。每隔 10 秒钟，控制周期又回复到开始状态。这是由寄存器 P 的存储内容被置“0”来达到的。

表2.1 例2.6加热系统的简化控制顺序

寄存器 P 的存 储内容	操 作
0	开 始
1	将所需温度从寄存器 M 送到寄存器 B
2	读出恒温器温度值并将读数通过输入输出部件传送到累加器
3	在运算逻辑部件内将累加器的内容同寄存器 B 的内容进行比较
4	如累加器内容小于寄存器 B 的内容，则通过输入、输出部件将加热器接通
5	如累加器内容大于或等于寄存器 B 的内容，则将加热器关掉
6	结 束

控制器

微型计算机中控制器的主要用途是给计算机的操作提供适当的控制。

例2.7 在图 2.3 的中央处理机中二个数相加的运算是

按照例 2.3 所描述的那样来执行的。首先是控制器建立起一些数据通道，使累加器和寄存器 B 的输出按顺序地送到运算逻辑部件中，使其完成相加运算。在相加运算一结束，控制器把数据从运算逻辑部件传送到累加器中。

控制器的操作在第八章中讨论。

2.3 主存储器

微型计算机的中央处理机和输入、输出部件中都有几个寄存器、或缓冲器。它们用于存储可变的或临时性的数字信息。至于微型计算机中的大量的数据，那是存储在它的主存储器中。拿中央处理机的寄存器和输入、输出部件的输出缓冲器跟主存储器相比较的话，则主存储器中存储单元的数目较前者更多，而存储速度通常较前者为慢。

主存储器可包括几种存储元件，在微型计算机的主存储器中，最为盛行的存储元件是只读存储器和随机存取存储器（RAMs）。事实上，这二者都可随机地被访问，而且对所有的单元来说，访问时间基本上相等。从只读存储器（ROM）的任何一个单元中可以读出数据，而在随机存储器中，数据可以从它的任何一个单元中读出和写入。但是，随机存储器中的数据在电源关掉后通常是会消失的，而只读存储器中的数据在电源关掉后仍然会保存着。所以，对于存储永久性的信息而论，若存贮如表 2.1 中所示的控制时序等，则只读存储器较为优越。

一般说，一个只读存储器或随机存储器集成电路都能存贮大量的二进制位数：存储容量为 16384 位（16 K 位）的只读存储器芯片和存储容量为 4096（4 K 位）的随机存储器芯片都是很普通的。在微型计算机的主存储器中都是按字存储，