

微型计算机与微处理机 引 论

(美) 阿帕德·巴纳
丹·I·波拉特

吉林市科学技术协会

微型计算机与微处理机引论

(美) 阿帕德·巴纳

丹·I·波拉特

魏 进 尊 译

王 波 校

(吉林市科协电子学会供稿)

吉林市科学技术协会

译者前言

七十年代初兴起的以微处理机为核心的微型计算机技术，是计算机科学的重大事件。随着该项技术的发展，其应用范围也在不断地扩大，目前已遍及工业、农业、军事、科学研究、教育、商业等各个领域，甚至深入到日常生活之中，开始对人类的活动产生巨大的影响。由于四人帮的破坏，我国刚刚开始对这种技术进行研究、应用。目前很多人对这一技术还比较陌生。

本书是美国加里福尼亚休莱特/帕卡德 (Hewlett Packard) 研究所的阿帕德·巴纳与加里福尼亚斯坦福大学直线加速器中心的丹·I·波拉特为初学者编写的一本寻引书，全面系统地介绍了以微处理机为中心的微型计算机的硬件与软件知识，以及应用情况。其中不少章节与同类书相比，都有其独到之处。很值得我国从事计算机工作的专业工作人员，院校师生及业余爱好者们一读。

在该书翻译过程中，曾得到吉林大学电子计算机系主任王湘浩教授的指教，得到东北电力学院李井贵老师及吉林市半导体一厂的一些同志们的大力协助。吉林市电子技术研究所的领导和同志们也给予了大力支持。在此一并致谢。

因译者水平有限，译文中缺点和错误之处在所难免，恳请读者给予指正。回信请寄：吉林市电子技术研究所。

译者

1978.9.

- I -

前 言

随着微型计算机和微处理机品种的不断増加，它们的应用也就更加多种多样化了。可是，以微处理机为基础的系统设计，需要通晓好几门学科，包括逻辑设计、数字制式、计算机结构、程序设计以及少量的电子线路和半导体技术等知识。这本引论，就是专为没有这方面的丰富知识，但却想要学习必要的技术，以便有效地使用微型计算机和微处理机的初学者而编写的。

题目分三步介绍：前面三章是关于基本的硬件和软件的概述，下面用五章的篇幅详述其操作，最后一章叙述其它的特点。各章是独立的，相互联系很少，读者越过某些章节也能看懂。这是一本很适用的参考材料。

文章插入了一百二十个例子和习题，使该书特别适于自学，为了解各种不同的微型计算机和微处理机的性能，打下坚实的基础。书末附有参考文献，作为讨论各专题的辅助材料。也有选择地给出了部份习题的答案。

Arpad Barna

Dan I Porat

加里福尼亚斯坦福

1975.11.

目 录

缩写语表.....	(1)
1.展 望.....	(3)
2.微型计算机和微处理机的基本结构.....	(6)
2-1 输入、输出部份.....	(6)
2-2 中央处理部件.....	(8)
算术、逻辑运算部件.....	(8)
寄存器.....	(8)
控制部件.....	(10)
2-3 主存储器.....	(11)
2-4 微处理机.....	(12)
习 题.....	(12)
3.基本的程序设计技术.....	(14)
3-1 机器语言指令.....	(14)
逻辑指令.....	(15)
装入指令.....	(15)
存储指令.....	(15)
算术指令.....	(16)
转移指令.....	(16)
输入、输出指令.....	(16)
3-2 汇编语言指令.....	(16)
宏指令.....	(17)
3-3 高级程序设计语言.....	(18)
3-4 子程序.....	(20)

3-5 流程图.....	(21)
习 题.....	(24)
4. 输入和输出.....	(25)
4-1 输入和输出指令.....	(25)
4-2 输入、输出部份.....	(25)
输入、输出寄存器.....	(25)
多路转换器和缓冲器.....	(26)
4-3 中 断.....	(32)
4-4 直接存储器存取.....	(33)
习 题.....	(33)
5. 算术运算.....	(35)
5-1 数 制.....	(35)
二进制.....	(36)
二——十进制转换.....	(36)
十——二进制转换.....	(37)
负数表示法.....	(40)
5-2 八进制及十六进制数表示法.....	(43)
八进制.....	(43)
十六进制.....	(45)
数制的比较.....	(46)
5-3 编 码.....	(47)
编码减少位数.....	(47)
二进制编码的十进制.....	(47)
编码用于检测误差(奇偶校验).....	(48)
字符及其它符号的编码(美国信息交换代码 “ASCII代码”).....	(50)
5-4 浮点表示法和浮点算术.....	(50)

浮点表示法·····	(50)
浮点算术·····	(52)
习 题·····	(52)
6. 算术电路与逻辑电路·····	(54)
6-1 加法器与减法器·····	(54)
二进制加法器·····	(54)
二进制减法器·····	(57)
二——十进制加法器·····	(58)
6-2 乘法器和除法器·····	(61)
6-3 累加器及算术与逻辑运算部件·····	(61)
习 题·····	(64)
7. 主存储器·····	(65)
7-1 半导体存储器·····	(65)
存储器的用途·····	(65)
存储技术·····	(66)
操作速度·····	(70)
7-2 存储器的结构·····	(70)
7-3 移位寄存器·····	(71)
7-4 辅助寄存器·····	(71)
7-5 动态 MOS RAM 的再生电路·····	(72)
7-6 寻址方式·····	(73)
基页面寻址·····	(74)
用页面寄存器寻址·····	(74)
与程序计数器有关的寻址·····	(75)
与变址寄存器有关的寻址·····	(76)
7-7 间接寻址·····	(77)
习 题·····	(78)

8. 控制部件	(79)
8-1 定 序	(79)
8-2 计 时	(86)
8-3 数据通路和母线结构	(86)
8-4 微程序设计	(87)
8-5 一台微型计算机的方框图	(88)
习 题	(91)
9. 其它特点	(93)
9-1 汇编程序	(93)
9-2 装入程序	(96)
9-3 数据结构	(97)
堆 栈	(97)
排 队	(98)
9-4 子程序连接指令	(101)
9-5 模 拟	(104)
9-6 硬件共用	(106)
9-7 系统操作	(106)
习 题	(107)
参考文献	(108)
附录 A、基数为 8 的算术表	(109)
附录 B、基数为 16 的算术表	(110)
附录 C、2 的乘方表	(111)
选题答案	(112)

缩 写 语 表

ALU	arithmetic—logic unit 算术与逻辑运算部件
BCD	binary—coded decimal 二——十进制, 二进制编码的十进制
ASCII	American Standard Code for Information Interchange 美国信息交换标准代码
CCD	charge-coupled device 电荷耦合器件
CPU	central processor unit 中央处理部件, 中央处理机
DMA	direct memory access 直接存储器存取
I/O	input-output 输入、输出
MAR	memory address register 存储器地址寄存器
MDR	memory data register 存储器数据寄存器
MOS	metal-oxide-silicon 金属——氧化物——硅
MOSFET	metal-oxide-silicon field-effect-transistor 金属——氧化物——硅场效应晶体管

PLA	programmable logic array 可编程序的逻辑阵列
PROM	programmable read-only memory 可编程序的只读存储器
RAM	random-access memory 随机存取存储器
ROM	read-only memory 只读存储器, 固定存储器

1 展 望

数字计算机发展的最重要阶段之一，是采用程序存储计算机。与算盘或手工操作的计算器不同，程序存储计算机的操作顺序是由一个存储在内部的程序控制的。

例 1-1 在一条主要马路与一条次要马路交叉的路口，车辆通行是由交通控制器管理的。这台交通控制器的计时周期为 60 秒。主要马路的交通灯，按绿灯 30 秒，然后 5 秒黄灯，20 秒红灯，再 5 秒黄灯的顺序变换。这样一台简单的交通控制器，就可以看作是一台程序存储计算机。

但是，按一般的解释，程序存储计算机还有一个附加特点：即它有在各程序段之间互相转移的能力。这种转移，或称判断，可由先前的计算结果控制，也可由该计算机的输入设备所收到的信息控制。

例 1-2 将例 1—1. 的交通控制器加以扩大，包括连接作为控制器输入设备的两个车辆传感器。这两个传感器放在次要的马路上，在有车辆等候通过时，让交通灯变化。当主要马路的绿灯亮完 30 秒以后，控制器就询问传感器，只有在次要的马路上有车辆等候时才给以换灯。

程序存储数字计算机在过去的廿年中得到了推广。这主要是由于技术的发展，比如采用现在已经渗透到计算机的所有部件中的晶体管，改进了存储器用的存储元件，提高了电器机械外围设备的可靠性，增加了对集成电路的使用等等。现在的数字计算机，包括只为某一种用途定做的专用计算机，和在许多不同领域中，例如控制、数据处理和科学计算中所用的通用计算机。

在改进通用计算机的稳定性、计算能力和使用方便等性能的同时，也产生了通用的小型计算机。虽然它的计算能力受到限制，但却较为小型化，成本也低。最主要是由于它的成本较低，小型计算机才能不断地渗透到以前只能使用小型的专用计算机的领域中去。通用计算机和专用计算机及控制器之间的空隙，正在由最新式的，也是最为小型化的通用计算机——微型计算机来填补。

最初的微型计算机是计算器。现在的微型计算机也正在扩大到代替小型计算机和专用计算机，特别是专用硬线控制器的范围。

例 1-3 在高速交通系统中按装备份安全联锁设备。给轨道的每一段区域安装一台独立的联锁设备，以控制列车进出这个区域。在最初进行试验时，每台联锁设备都使用一台专用硬线控制器。但是，由于轨道的许多支线上都会产生“特殊情况”，控制器就不可能全都相同。所以，在最后采用时，硬线控制器就得由微型计算机代替，以便由相应的程序设计来处理特殊情况。

微型计算机制造简单，成本低廉，可以广泛地应用，但是它的程序设计技术比小型计算机的要困难，而且也不精细。还有，从线路，即从硬件方面来看，微型计算机比小型计算机受程序，即软件，制约的机会更多。因此，虽然这些工作有时划分给“硬件专家”或“软件专家”，但对采用微型计算机的某个系统的研究却常常需要硬件和软件两个方面的基本知识。由于这种原因，这两方面的知识，在这本书中交叉最多，以便按照微型计算机的应用来平衡介绍硬件和软件。

2 微型计算机和微处理机的基本结构

微型计算机的简略方框图见图 2-1。由三个功能方框构成：输入和输出(I/O)部份、中央处理部件(CPU)及主存储器。

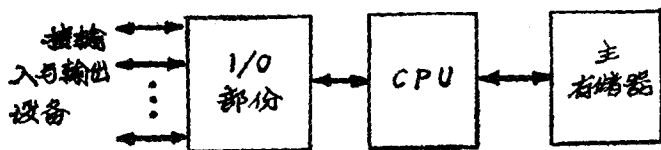


图 2-1 微型计算机的简略方框图

※更详细的方框图见第 8 章；

※※方框图的内接线可用多条线联接表示。

2-1 输入、输出部份

图 2-1 中 I/O 部份左边的线将微型计算机的输入、输出(I/O)设备——亦叫外围设备联接起来。

例 2-1 一台手提计算器有标着 0—9 的十个数字键，+、-、×、÷、= 的五个功能键及显示十进制数字的六位数字，并且与一台能处理和存储数据的微型计算机联接。这些键就是输入设备，而显示用的数字就是输出设备。

I/O 部份的简略方框图见图 2-2。I/O 设备的选择是由输入和输出多路转换器（常缩写为 MPX 或 MUX），又叫数

据选择器，来实现的。输出的信息存储在输出缓冲器中。I/O 寄存器的作用是在 CPU 和 I/O 部份之间传输信息时进行暂存。

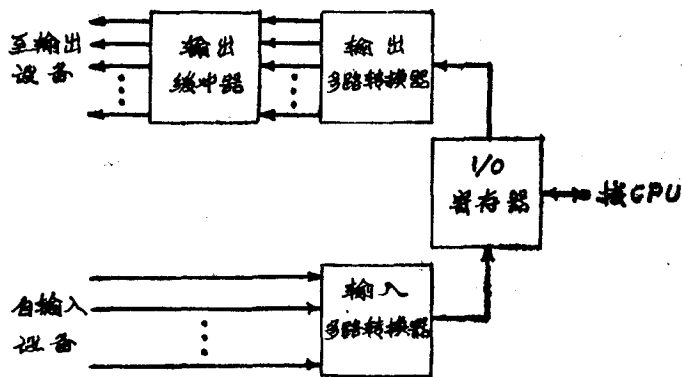


图 2-2 I/O 部份的简略方框图

例 2-2 某个街道十字路口的交通控制器使用 4 个指示车辆出现的传感器和 4 个交通灯。控制器就是一台微型计算机，传感器作为输入设备与微型计算机相连，交通灯作为输出设备与微型计算机相连。必须连续不断地按绿、黄、红的顺序操纵四个交通灯。

由于车辆速度是有限的，传感器至少要按 0.1 秒的时间检测一次。因此，只要按照每秒钟至少十个读数的均匀速度询问每个传感器，这四个传感器就可以由微型计算机按顺序扫描。交通控制器微型计算机的 I/O 部份，可以画成图 2-2 这样。

输入、输出设备的特点和连接在第四章中讨论。

2-2 中央处理部件

CPU 的内部结构, 在各种不同的微型计算机中差别很大。下面, 我们讨论一个简单的 CPU。它由一个算术与逻辑运算部件(ALU)、一些寄存器和一个控制部件组成, 见图 2-3 方框图。ALU、累加器(A 寄存器)和 B 寄存器及 M 寄存器之间互联的线数是由字长决定的, 即算术和逻辑运算部件能并行处理的最大二进制数位(位)决定的。

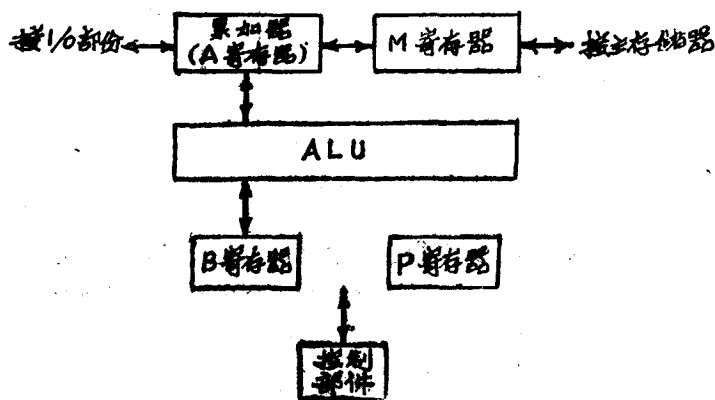


图 2-3 CPU 的简略方框图
没画出控制部件与 P 寄存器的联接

算术和逻辑运算部件

ALU 操作一两个数。它进行象加法和减法之类的算术运算以及检查两数是否相等之类的逻辑运算。ALU 的结构与运算在第 6 章中讨论。

寄存器

CPU 常常包括若干寄存器, 如: 数据寄存器、暂时寄

寄存器（即中间结果寄存器）等。A寄存器（累加器）及B寄存器用来存储由ALU处理的数据。

例 2-3 在图 2-3 的 CPU 中进行的加法是将 B 寄存器的内容加上累加器的内容，再将加得的结果放到累加器中。

累加器的位数和 B 寄存器的位数都是由字长决定的。在某些算术运算中，这两个寄存器可以一起当作一个双字长的寄存器使用。

例 2-4 在 CPU 中进行一个 16 位字长的乘法，是将累加器的内容乘以 B 寄存器的内容。乘得的这一结果是一个 32 位数，这个数的前 16 位有效数字放在累加器中，后 16 位有效数字存在 B 寄存器中。

图 2-3 的 CPU 通过 I/O 部份与 I/O 部件建立联系，并通过 M 寄存器与主存储器建立联系。

例 2-5 由图 2-3 的 CPU 做成的一台微型计算机曾用在工业温度控制器中。这台控制器由五个传感器测量温度，按着每分钟 12 个读数的均匀速度询问每个传感器。这里的温度是由一台电子加热器控制的。这台电子加热器根据五个温度传感器中最新的三个读数进行变化。

传感器产生的数据，通过 I/O 部份、累加器和