

微型计算机原理

北京航空学院七〇六教研室

一九八三年二月

目 录

第一章 微处理器与微型计算机概述.....	3
§ 1.1 微处理器与微计算机的定义.....	3
§ 1.2 大型机、小型机和微型机.....	5
§ 1.3 几种典型的计算机的特性比较.....	7
第二章 微处理器的结构.....	10
§ 2.1 微型计算机的硬件组成及工作过程.....	10
§ 2.2 微处理器的结构组成.....	13
§ 2.3 Z-80 微处理器.....	19
§ 2.4 Z-80 CPU 片的引线信号功能.....	22
*§ 2.5 Z-80 CPU 的时序.....	26
第三章 Z-80 CPU 的指令系统.....	33
§ 3.1 指令的格式.....	33
§ 3.2 寻址方式.....	34
§ 3.3 Z-80 的指令系统.....	39
第四章 微型计算机与存储器的连接.....	53
§ 4.1 微型计算机用的存储器.....	53
*§ 4.2 存储器的简单连接和工作波形.....	54
§ 4.3 存储器和总线之间的连接.....	58
§ 4.4 微处理器和存储器的连接.....	61
第五章 微处理机的输入 / 输出.....	65
§ 5.1 输入 / 输出接口的基本功能.....	65
§ 5.2 输入 / 输出的一般过程.....	67
§ 5.3 程序查询、中断和 DMA 控制方式.....	68
§ 5.4 Z-80 的中断结构和操作.....	76
§ 5.5 Z-80 CPU 的中断序列.....	80

第六章 微型计算机的接口芯片.....	83
§ 6.1 Z-80 并行输入 / 输出接口电路.....	83
§ 6.2 Z-80 计数器定时器电路.....	101
§ 6.3 I/O 芯片和系统的连接.....	110
第七章 简单的微型机系统.....	114
§ 7.1 TP801-Z-80 单板计算机系统介绍.....	115
§ 7.2 TRS-80 微形计算机系统简介.....	119
附录 I I-80 指令系统 (简表)	123
附录 II 常用的存储器芯片.....	139

第一章 微处理器与微型计算机概述

微处理器与微计算机的发展是和大规模集成电路 (LSI) 的发展分不开的。60 年代初期, 小规模集成电路 (SSI) 的出现, 到 60 年代后期, 就可以制做集成几千个晶体管的大规模集成电路, 它的体积小, 功耗低、可靠性高, 为各方面所重视。大规模集成电路技术为生产微处理器打下了基础。

1971 年 11 月 Intel 公司制造的 4004 微处理器是第一个微处理器, 它是 4 位的, 采用 PMOS 技术, 16 个引脚, 双列直插式封装。

1972 年初 Intel 公司制出了 8 位的微处理器 8008, 18 个引脚。这就是所谓第一代微处理器。自此相继出现多种 8 位微处理器, 如 1973~1974 年生产出 Intel 8080, Motorola 6800, 等第二代微处理器。这时微处理器的设计和生产技术相当成熟, 配成计算机系统的其它部件也愈来愈齐全。到 1975~1976 年, 出现了集成度更高和性能更强的 Z-80 和 Intel 8085 等微处理器, 以及以及一系列单片微型计算机, 这就是第三代微处理器。1977 年, 超大规模集成电路 (VLSI) 工艺已经成功, 一片硅片上可以容纳成万以上的晶体管, 1978 年开始生产 16 位微处理器 Intel 8086, Zilog-8000 以及 Motorola 68000, 这类微处理器的功能可以同中档小型机的处理器的性能相比拟。它们被称为第一代超大规模集成电路的微处理器。

在生产微处理器片子的同时, 与这些微处理器配套组成系统的部件也得以发展。价格便宜的个人用微计算机广泛应用到生活领域。

可以预料, 微型计算机对人类社会将愈来愈显示出不可忽视的影响和作用。

§ 1.1 微处理器与微型计算机的定义

微型计算机是一片或几片大规模集成电路组成的计算机, 工作原理与一般小型计算机相同。通常把中央处理器 (CPU) 部分制在一两片集成电路上, 称为微处理器 (Microprocessor)。显然可见, 微处理器本身不是计算机, 它是微型计算机的控制和处理部分。微型

计算机是具有完整运行功能的计算机，它包括微处理器，存储器（ROM和RAM）以及输入/输出（I/O）接口电路。图1·1是一台微型计算机（Microcomputer）的基本结构框图。

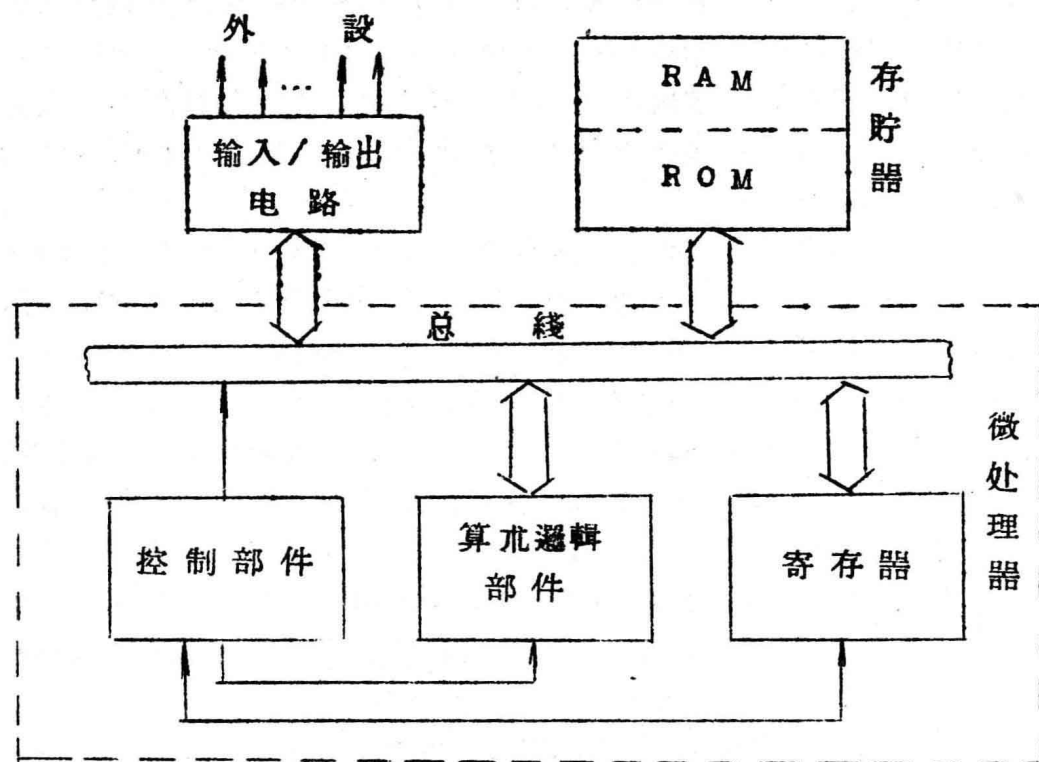


图 1—1 微处理器基本结构框图

图 1-1 虚线框内是微处理器，它包括三个基本部分：

1. 算术逻辑部分 (ALU)

它既能执行算术运算（如加法和减法），又能执行逻辑操作（如逻辑“与”（AND）和逻辑“或”（OR）等）。

2. 寄存器

每个微处理器中都有多个寄存器，它用来存放操作数、中间结果以及标志工作状态的信息等。

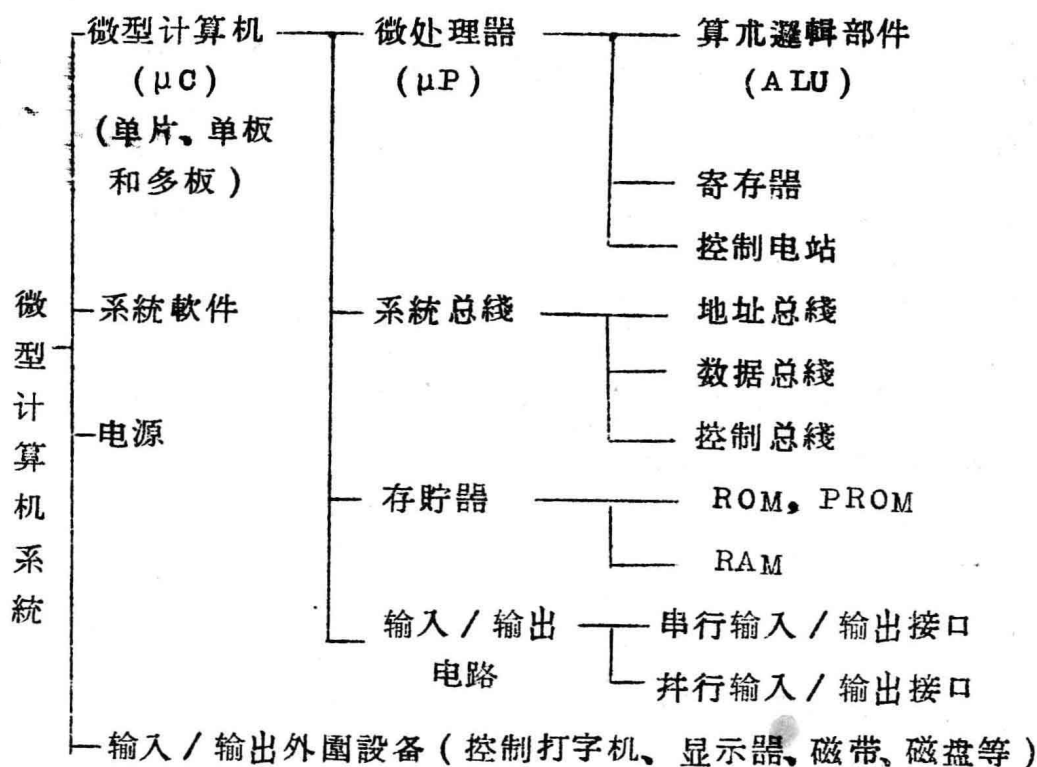
3. 控制部件

它包括用于定时的时钟脉冲发生器以及其它控制操作的电路。

这三个部分在微处理器内通过内部总线互相联系以外，还通过外部总线与外部的存储器和输入/输出电路联系，外部总线一般分数据

总线、地址总线和控制总线，统称为系统总线。存储器包括随机存储器（RAM）和只读存储器（ROM）。微型计算机通过输入/输出电路可与各种外围设备连接。从图 1-1 可知，微处理器和存储器、输入/输出电路组成微型计算机。有的微处理器本身就是微型计算机的中央处理器（CPU），有的微处理器有外加时钟发生器和系统控制电路才构成微型计算机的 CPU。有的微型计算机是把 CPU、存储器和输入/输出电路都做在一片硅片上的，这叫单片微型计算机；有的是把三者放在一块或多块制刷电路板上的，这叫做单板或多板的微型计算机。一台（或一片）微型计算机，再配上系统软件、电源以及各种输入/输出设备，才构成微型计算机系统。表 1.1 概括了微处理器、微型计算机和微型计算机系统三者的相互关系。

表 1.1 微处理器、微型计算机和微型计算机系统



§ 1.2 大型机、小型机和微型机

廉价的计算机已使计算机获得了许多新的应用，这种趋势是从小型计算机开始的，而微处理机扩大了这种趋势。微型计算机、小型计算机和大型计算机的价格以及用户一次可能购置的典型数量如图 1-2

所示。

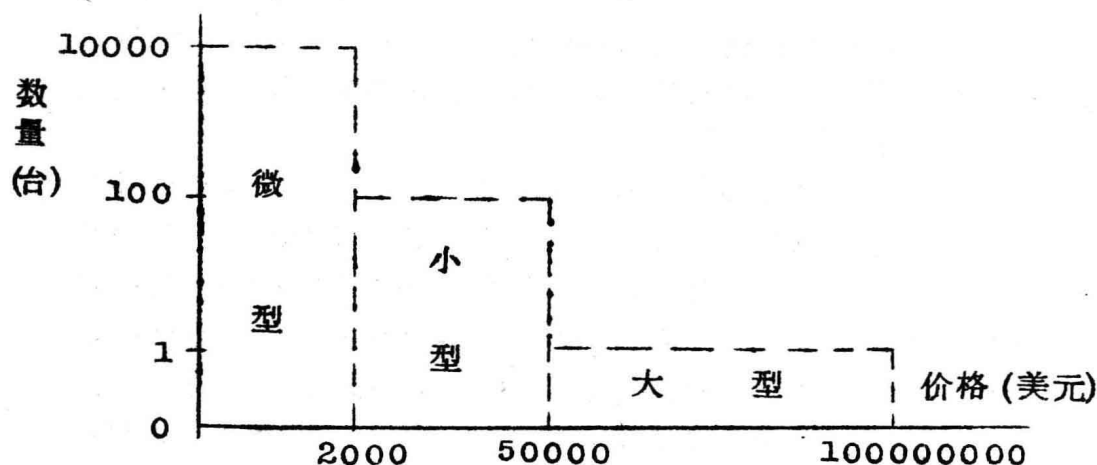


图 1—2 计算机的价格和典型的购买批量

象 IBM 370 那样的大型通用计算机有两个主要用途：

1. 求解复杂的科学和工程问题，例如宇宙飞船的制导、天气预报，电子或结构方面的设计。
2. 完成大宗的数据处理，例如处理银行、保险公司、仓库、公用事业单位和政府机关的数据记录。

这些任务都涉及到数量惊人的计算和数据传送操作。在这些应用中，小型计算机和微型计算机是代替不了大型计算机的。当然，当计算较简单且数量较小时，也可用小型计算机求解类似的问题。因此，小型计算机或微型计算机能完成实验室的计算工作或处理小量的商业记录。然而，小型、微型计算机大多数都应用于大型计算机的典型应用范围以外的那些领域里。

小型计算机和微型计算机的一般应用具有下述特点：

1. 计算机是系统的一个部件。整个系统（可能是测试设备、机床或银行终端的一部分）使用这台小计算机时就象使用一个开关、电源或显示器一样。
2. 计算机为某一个系统完成专门的任务，其程序基本固定，更动很小。例如监视一个安全系统、产生图形显示或其它控制任务。
3. 计算机完成的常常是实时任务。在这些任务中，计算机必须在特定的时刻产生回答，以满足系统的要求。这些应用包括机床或导

彈制導。机床必須在正确的時刻轉動刀具以獲得正确的加工形狀；控制導彈。计算机則必須在适当的時刻發出所需的推力，以獲得預定的彈道。在這些應用中，计算机執行的主要是控制任務，而不是主要用做計算和數據處理。

4. 小型计算机和微型计算机在使用方法上与大型计算机使用方法也不同，小型计算机和微型计算机很少具有为便于使用计算机所需的各種軟件和充分的外圍設備。因此，小计算机的应用时往往要同时考虑硬件和軟件。設計人員一般应为硬件和軟件分配任务，既要考虑价格又要考虑速度，并編出必要的程序。利用小型、微型计算机研制一个系統，往往硬件及接口与程序同时研制，程序常常必須在在适时时间限制下完成复杂的输入 / 输出操作。

§ 1.3 几种典型的计算机的特性比較

表 1.2 列出了微型计算机和其他类型计算机的几个主要特性方面的比較。其中所采用的典型机型分別是：微型计算机—Intel 8080 作中央處理器的 MCS-80；低功耗小型机—NAKED MINI；中等功能小型机—PDP 11/45；大型机 370/168。

1. 字长：

计算机字长影响到精度、功能和速度。大型机的字长为 32-64 位；小型机一般为 16~32 位；微型计算机为 4~16 位，目前典型的是 8 位。字长比較长的计算机可以执行比較复杂的，要求精度較高的計算。一般控制任务，字长較短的可滿足要求。

2. 存貯容量：

存貯容量決定计算机可以处理的数据量和程序的大小。大型机一般容量在兆字节以上；小型机为 64~256K(字节)；微型机主存容量最大为 64K。因此，大型计算机可以处理較多的数据和較大的程序。而微计算机由于主存容量很小，操作系統、高級語言編譯程序或其它軟件必須力求緊湊，只能占用較少的存貯容量。

3. 指令执行时间：

指令执行时间是衡量计算机功能的一項重要的指标。大型计算机执行一条加法指令大約只需十分之几微秒，而微型计算机的典型加法时间則为 2 μ s，这两者相差十几倍。如果再考虑字长。由于大型机

表 1.2 微计算机和其它类型计算机的特性比较

	大型机	小型机		微计算机
		中等功能	低功能	
字长 (位)	32	16	16	8
存貯容量 (字节)	8.4K	256K	64K	64K
加法执行时间 (微秒)	0.13	0.9	32	20
I/O 傳送数据最高速度 (字节/秒)	16M	4M	1.4M	500K
通用寄存器具数	64	16	3	7
外圍設備	各种类型	相当广泛	磁盘、磁带、宽行打印机, CRT显示器;	紙帶輸入机; 軟盘; CRT显示器;
軟件	所有种类	許多种	操作系统; 汇编程序; FORTRAN; BASIC;	PROM編程器; 汇编程序; PL/M; ABSIC

的字长比微计算机长几倍, 要完成同样精度的加法, 则微计算机要进行几次; 此外, 由于微型计算机的字长較短, 为了表示一个真正的存貯器地址, 实际上要花較长的时间。再者, 对于有些复杂指令 (如浮点乘、除法), 大型机是用硬件实现的, 而微计算机則要靠软件来实现, 这要花费几十条, 甚至上百条基本指令才能完成。

4. 输入 / 输出数据最高傳送率:

I/O 傳送速率不仅決定计算机究竟可用什么外圍設備，而且也決定与外界对象交换数据的速度。从表 1.2 可见，微型计算机 I/O 傳送速率較低，一般只能用一些簡單的外圍設備（如鍵盤、显示器，电傳打字机），有时也可能用軟磁盘。

微型计算机只能用在速度較慢的場合，即外界和计算机之间的响应时间为十分之一或百分之一秒的情况。

5. 通用寄存器数目

在通用寄存器中所保存的是常用数据或中间結果。通用寄存器較多，一般可以减少 CPU 訪問存貯器所要花費的时间。

必須指出，由于近年来微型计算机技术的迅速发展，微计算机与小型机之间的差別正在趋向消失。16 位的微处理器，有些性能已超过中擋的小型机。随着科学技术的进展，微型计算机与小型机的概念将会发生深刻的变化。

第二章 微处理器的结构

在讨论微处理器的内部结构以前，最好先了解微计算机工作的简要过程，这样便于弄清微处理器中每个部件在整个微型计算机工作中所起的作用。

§ 2.1 微型计算机的硬件组成及工作过程

第一章我們曾讲到微型计算机系统是由硬件和软件两个大部分组成的。其硬件部分如图 2-1 所示，主要有：

1. 系统总线：包括数据总线、地址总线和控制总线。

数据总线：主要用于传送数据和指令。

地址总线：用于传送地址码，微型计算机总线上各种器件之间的通讯，主要依靠地址码准确地沟通两者之间的联系。如需要对内存某个单元进行存贮或读出数据，必须首先将该单元的地址码送到地址总线上，然后发出写或读的命令才能完成存贮或读出。

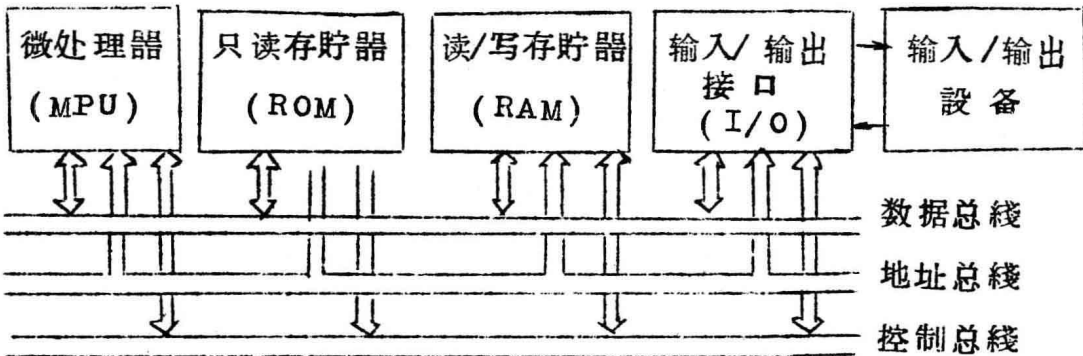


图 2-1 微型计算机硬件方框图

控制总线：微处理器通过控制总线随时掌握各器件的状态，并根据需要随时向有关器件发出控制命令。

2. 微型计算机芯片：

连接在系统总线上的器件，诸如微处理器 (CPU)、内存存储器 (ROM、RAM) 和输入/输出接口 (I/O 接口) 等。

微处理器是微型计算机的中央处理部件，简称 MPU 或 CPU。它是实现运算与控制功能的组件。

存貯器常由 RAM 及 ROM 組成。

輸入 / 輸出接口電路：為了使 CPU 與外部設備（如電傳打字機、鍵盤、盒式磁帶機、軟磁盤、穿孔機、打印機、紙帶閱讀機等）交換數據，並對它們進行輸入 / 輸出控制。一般接口電路又分並行輸入 / 輸出接口和串行輸入 / 輸出接口兩種。

以上這些器件，通常均採用大規模集成電路芯片，每一種型號的微處理器都有與之配套的芯片系列。

圖 2—2 是以 8080 CPU 為中心組成的微型計算機。其中，8080 CPU，時鐘發生器 (8224)，系統控制器 (8228) 合起來構成一個微處理器模塊，構成一個完整的中央處理器。

下面簡要介紹一下微計算機的工作過程。為了使微型計算機完成某項任務，用戶通過外部設備把程序和操作數據送入輸入 / 輸出接口電路 (I/O 電路)，I/O 電路再通過數據總線送入存貯器。

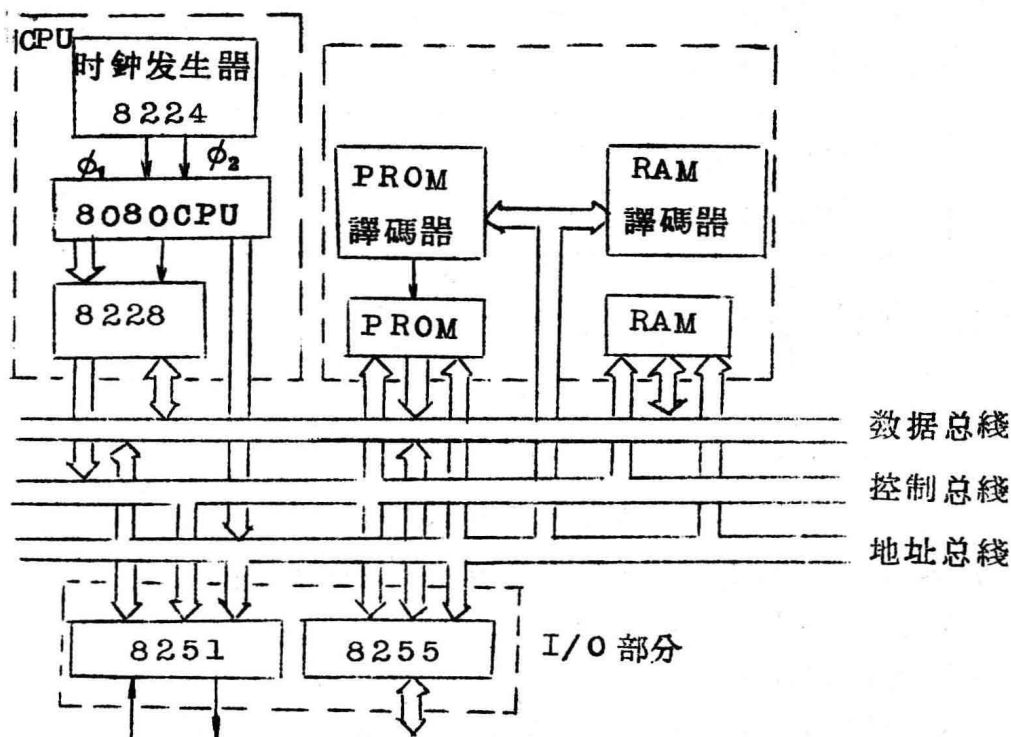


圖 2—2 8080 微型計算機的組成

微型計算機的工作過程，就是在微處理器控制下執行程序的过程。程序由一系列指令組成。指令包括兩部分，操作碼和地址碼。指令執

行周期分成两个阶段。第一阶段是取指令、然后对取出的指令进行译码，即对指令的操作码和地址码进行译码，说明该指令是执行什么类型的操作，以及指出参加操作的操作数的地址；接着，再根据这个地址取出操作数；第二阶段就是，按照操作码所指明的操作类型，对操作数进行操作。这是执行指令的阶段。

根据上述工作过程，一个典型的微处理器在结构上最基本的应有程序计数器、指令寄存器、指令译码器、堆栈指示器，算术逻辑运算单元，通用寄存器以及定时和控制电路等。图 2—3 是微型计算机 CPU 的结构图。

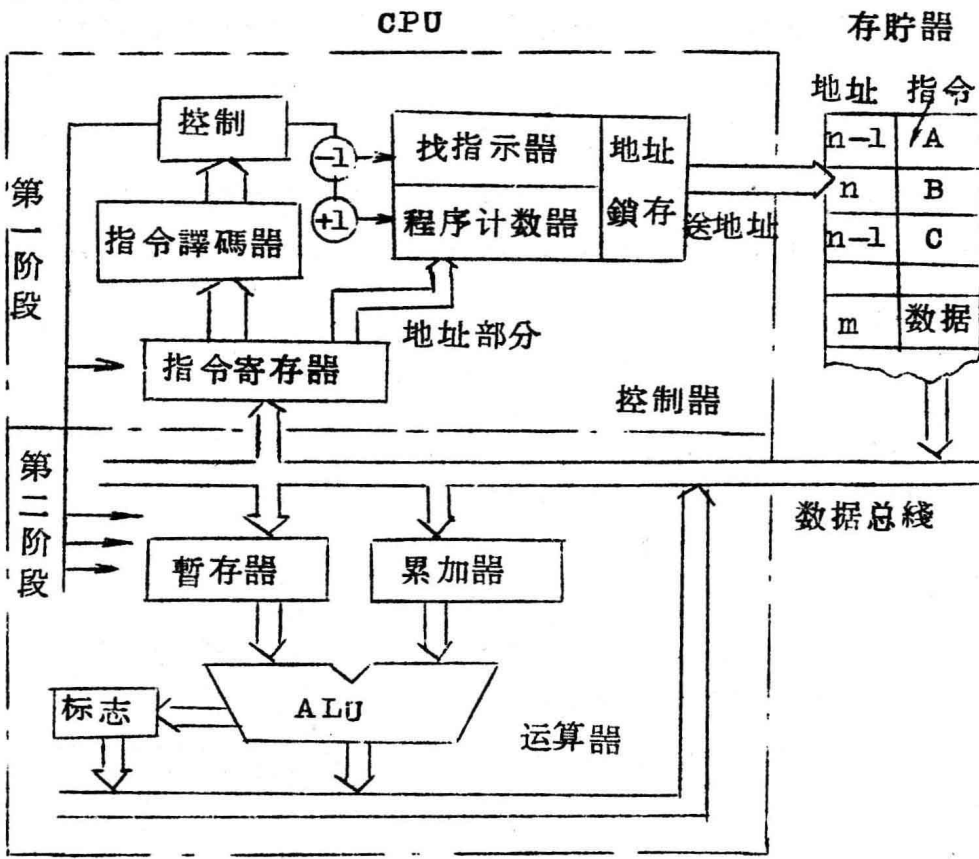


图 2—3 微处理器控制结构

程序计数器指出当前指令地址。根据该地址从存储器中取出指令，经过数据总线进入指令寄存器。指令的操作码部分经过指令译码器译码之后，发生执行本条指令的本种控制信号。指令的地址码部分直接

被送入地址寄存器，或者经过修改后将其结果送入地址寄存器，然后，通过地址总线向存储器指出操作数的地址。CPU 按操作数地址从存储器中取出操作数，经数据总线送入暂时寄存器。暂时寄存器中的数被送到算术逻辑部件 ALU 的一个输入端（ALU 另一个输入端接到累加器 A）。在 ALU 中，对其两个输入数执行算术运算或逻辑操作。其操作结果通过数据总线送回累加器。至此，执行一条指令的工作过程便告结束。此时，程序计数器加 1，指出下一条指令的地址，以便重复上述过程，取下一条指令，完成下一个指令周期。

应该补充说明的是，ALU 在执行计算或逻辑操作时，还把与操作结果有关的一些特殊信息，送入标志寄存器，这些标志寄存器将对下一条指令如何执行产生影响。

§ 2.2 微处理器的结构组成

微处理器与一般小型计算机的中央处理机的组成基本相同，区别只是微处理器是用一片或几片大规模集成电路构成的。结构上由下列几个部分组成：

算术逻辑部件

寄存器阵列

指令寄存器及控制部分

内部总线结构

现分别介绍如下：

一、算术逻辑部件 (ALU)：

ALU 的结构框图如图 2-4 所示。它有两个输入端：一个与累加器 A 相连；另一个与暂时寄存器相连。

其中暂时寄存器通过数据总线从其它数据寄存器或存储单元接受操作数。ALU 接受控制电路来的控制信号，执行的典型功能有：

- 1) 算术运算：加，减，加 1，减 1
- 2) 逻辑运算：与，或，异或。
- 3) 比较操作
- 4) 移位操作：算术移位、逻辑移位和循环移位。

这些操作将在讨论微处理器的指令系统中详细说明。

ALU 有两个输出端：一个用来输出操作结果，并将操作结果经数

据总线再送回累加器 A；另一个用来输出表示操作结果特殊信息的标志位。

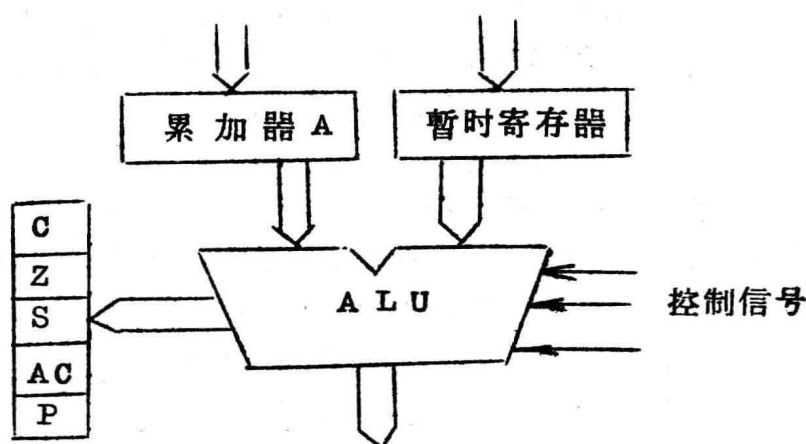


图 2—4 算术逻辑部件

ALU 的左边有标志位寄存器或称状态寄存器。其作用是存贮 ALU 操作结果的特殊状态标志。这种状态将作为一种条件，用于判断是否控制程序转移。

一般微型计算机的标志有以下几种：

1. 进位标志 (C)

这个标志是 ALU 最高位的进位。例如，在进行加法运算时，如果运算结果使得 ALU 最高位产生进位，则应使此标志位置 1；进行减法运算时，如果运算结果最高位产生借位，应使此标志位置 1。否则，此标志位为 0。进位标志 C 位，可以由计算机来检验，并根据此来判断转移的条件是否满足。

2. 零标志位 (Z)

当 ALU 操作结果为零，则此标志位 (Z) 中置 1。这对于算术运算（如加法，减法）或逻辑操作都可适用，并也可用来判断程序转移条件是否满足。

3. 符号标志位 (S)

符号标志位 (S) 有时又称为负数位 (N)。在 2 的补码表示法中，数的最高位表示符号位。为此，若 ALU 中运算结果的最高位是 1，则表示结果数为负数，同时使符号标志位置成“1”，否则 S = “0”。检验标志位 (S)，就可以知道操作结果究竟是正还是负数。

4. 輔助進位標誌位 H

H 標誌位用在二—十進制 (BCD) 操作中。一個 8 位字節 (第 0 位~第 7 位) 可表示兩個 BCD 數字。當兩 BCD 數相加時, 其結果的低位 BCD 數字可能有進位, 這個中間的進位, 使輔助進位標誌 H 置“1”。H 標誌主要用在十進制的運算中。

5. 奇偶/溢出標誌 (P/D 或 P/V)

這是具有兩種用途的標誌位。當進行邏輯運算時, 指出 ALU 中, 運算結果的奇偶性質。即若運算結果中“1”的個數為偶數, 則置 P/O (或 P/V) 位為“1”, 否則置“0”; 當進行帶符號的補碼運算時, P/V (或 P/O) 位用來作為運算結果產生“溢出”的標誌, 即若運算結果產生溢出, 置 P/V (或 P/O) 位為“1”, 否則置“0”。

奇偶/溢出標誌可以被計算機檢驗, 並用來判斷程序轉移的條件是否滿足。此外, 奇偶標誌還可用來檢查數據傳送是否有錯。奇偶校驗分偶數校驗和奇數校驗兩種。偶數校驗的原理如下。把所有傳送的數 (例如 8 位數) 的最高位 (即第 8 位) 留出來, 其餘各位 (共有 7 位) 作為實際傳送的数据, 並計數 7 位數位中“1”的個數。如果“1”的個數為奇數, 則在第 8 位中置“1”, 否則置“0”, 以滿足 8 位數的“1”的個數為偶數。對於這種以偶數校驗方式的數據在傳送過程中, 如能保持“1”的個數為偶數, 則 P/O 標誌位置“1”; 如果發現“1”的個數為奇數, 則表示傳送有錯, P/O 置“0”。奇數校驗方式的原理與上述相同, 只不過在第 8 位置“1”或置“0”時, 應滿足 8 個數位中“1”的個數為奇數。

標誌位放在標誌寄存器中。它標誌着操作結果的狀態。狀態寄存器和累加器內容合在一起, 稱為程序狀態字 (PSW)。

二、寄存器陣列

寄存器是微處理器的重要組成部分, 它既可以存放數據和地址, 也可以控制程序執行的次序。微處理器內的寄存器可以互相連接, 也可通過內部總線與外部總線連接, 再通過外總線與外面的存貯器、I/O 設備設備聯系。

微處理器中寄存器組成的陣列的作用在於提高計算機功能, 增加程序設計的靈活性。從功能來分有如下幾種:

- (1) 通用寄存器;
- (2) 累加器;
- (2) 存贮地址寄存器;
- (4) 程序计数器;
- (5) 变址寄存器; 等。

此外、还有状态寄存器和堆栈、堆栈指示器。

1. 通用寄存器

通用寄存器可以存放数据和地址。由于CPU可以直接处理这些数据和地址,故可以减少访问存贮器的次数,从而节省存贮访问时间。一般通用寄存器字长为8位,它们可以单独使用,也可以成对使用。

2. 累加器

累加器是ALU的关键部件。ALU执行8位算术运算及逻辑运算时的一个输入数一般都是来自累加器,并且其结果也送回累加器。有的微处理器也用累加器执行逻辑操作、移位、以及其它指令动作。很多微处理器只有一个累加器。但是,一些新微处理器有两个以上的累加器,这样可以节省累加器传送数据的时间,提高效率。

3. 存贮地址寄存器(MAR)

它用以存放存贮器的地址值。一般微处理器的MAR为两字节长,可指出64K存贮空间。MAR的输出与地址总线连接。它的输入由内部数据总线供给。对于8位的寄存器,要分两次传送数据:一次送低8位地址;一次送高8位地址。

4. 程序计数器(PC)

PC包含要执行的下一条指令的地址,它决定程序执行的次序。微处理器在执行指令周期时,CPU把PC内容放在地址总线上,CPU按此地址从存贮器取出指令字,这时PC自动增量,自动指出下一条指令地址。微处理器的指令可能包含多字节,如指令是三字节,则每取一个字节,PC就增1,取出三字节指令后,PC仍指出下一条指令地址。

一般指令是按顺序执行的。上述PC自增则可实现。若要改变正常次序,则必须把新的数据放入PC。这叫做转移。

5. 变址寄存器(IX)