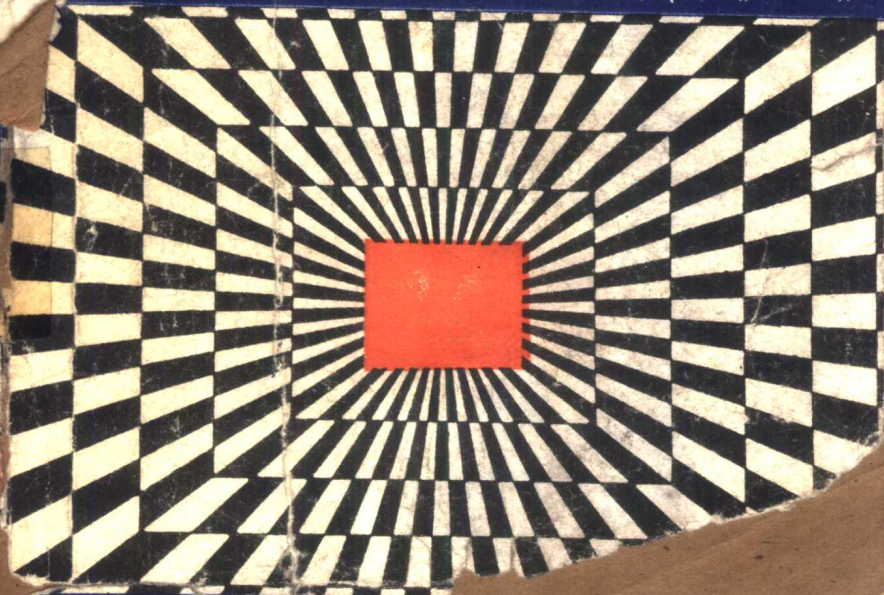


单片微型 计算机及其应用

■ 孙育才 编

■ 高等教育出版社



■ DANPIAN WEIXING

单片微型计算机及其应用

孙育才 编

高等教育出版社

内 容 简 介

本书在简述了目前国内广泛应用的微型计算机新的重要分支——单片微型计算机的发展及功能特点的基础上,着重介绍了 MCS-48 系列单片微型计算机的结构原理、指令系统及系统的扩展,通过程序举例、应用举例及常用外围器件的介绍,可使读者加强理解、深入领会单片微型计算机使用的要点。书末还附有 MCS-48 系列单片微型计算机指令集常用符号说明和指令系统表。

全书内容紧凑、实用性强,可作为单片微型计算机训练班教材,也可供有关专业的本科生及工程技术人员参考。

单片微型计算机及其应用

孙育才 编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

河北省香河县印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 8.125 字数 203 000

1988年 8月第1版 1988年 8月第1次印刷

印数 00 001—3,761

ISBN 7-04-000082-2/TN·6

定价 3.10 元

前 言

本书由单片微型计算机训练班使用的讲义经过多次讲授、整理修改而成。为了使本书能适应各方面科技读者,特别是非计算机类科技读者,除力求论述通俗易懂外,还以一定的篇幅简要介绍了微型计算机的基本知识。全书系统地论述了MCS-48系列单片微型计算机的基本原理、指令系统、外部功能扩展、应用举例,最后一章还简要介绍了几种常用接口器件,为扩展各种功能系统提供了方便。本书除适于广大科技读者学习参考外,还可作大专院校、学习班的教材。

全书由华东师范大学计算机系包新福、钱菊娣审阅并提出了宝贵意见,在此向他们表示衷心的感谢!

由于学识水平所限,加之时间仓促、有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

1986.12

目 录

第一章 概 论	1
§ 1.1 单片微型计算机发展简述	1
1.1.1 单片微型计算机的功能特点	1
1.1.2 单片微型计算机的发展	3
§ 1.2 微型计算机基础简介	7
1.2.1 微型计算机的基本组成	7
1.2.2 程序设计简介	21
第二章 MCS-48 单片机的结构原理	29
§ 2.1 Intel 单片机系列简介	29
§ 2.2 MCS-48 单片机的结构特点	32
§ 2.3 MCS-48 内部结构框图及引脚功能	34
2.3.1 单片机内部结构框图	34
2.3.2 单片机引脚功能说明	34
§ 2.4 MCS-48 单片机的内部结构	38
2.4.1 MCS-48 单片机的CPU	38
2.4.2 存贮器	42
2.4.3 输入/输出(I/O)口	48
2.4.4 程序计数器(PC)和程序状态字(PSW)	52
2.4.5 中断逻辑	55
2.4.6 定时器/计数器	60
2.4.7 时钟	62
§ 2.5 单片机的工作方式与定时	66
第三章 指令系统及程序举例	79
§ 3.1 MCS-48 指令系统概述	79
§ 3.2 MCS-48 单片机的寻址方式	82
§ 3.3 8048/8049 单片机的一般指令	88

3.3.1	部分数据传送类指令	88
3.3.2	算术/逻辑运算类指令	90
3.3.3	其它常用指令	94
§ 3.4	程序转移指令	103
3.4.1	无条件转移指令	103
3.4.2	条件转移指令	106
3.4.3	循环转移指令	111
§ 3.5	输入/输出类指令	114
3.5.1	标准(I/O口)输入/输出指令	115
3.5.2	I/O口逻辑操作指令	116
§ 3.6	查表指令	118
3.6.1	当前页数据传送指令	118
3.6.2	固定页3的数据传送指令	119
§ 3.7	子程序	120
3.7.1	子程序调用指令	120
3.7.2	返回指令	121
§ 3.8	程序状态字 PSW 和开关指令	124
3.8.1	程序状态字 PSW 指令	124
3.8.2	工作寄存器区开关指令	125
3.8.3	中断开关指令	126
§ 3.9	定时器/计数器控制指令	127
3.9.1	定时器/计数器内容的设置与修改	127
3.9.2	控制工作方式指令	127
3.9.3	定时器/计数器停止指令	128
3.9.4	溢出判跳指令	129
3.9.5	控制 T0 输出时钟指令	130
§ 3.10	程序编制举例	130
第四章	系统扩展	137
§ 4.1	程序存贮器的扩展	137
§ 4.2	数据存贮器的扩展	142
§ 4.3	输入/输出(I/O)口的扩展	146

4.3.1	通过 BUS 口进行 I/O 扩展	146
4.3.2	通过 P1、P2 口进行 I/O 扩展	151
4.3.3	采用 TTL/三态门电路扩展 I/O 口	160
§ 4.4	数/模和模/数转换的扩展	163
4.4.1	D/A 和 DAC 0832	163
4.4.2	A/D 和 ADC 0809	166
第五章	应用举例	172
§ 5.1	应用程序段举例	172
5.1.1	单字节减法比较程序	172
5.1.2	单字节整数除法程序段	173
5.1.3	双字节数据处理	175
5.1.4	多分支转移程序	177
§ 5.2	中断的应用	179
5.2.1	中断请求电路	179
5.2.2	内部中断	183
5.2.3	中断响应	184
§ 5.3	MCS-48 系列单片机的开发	186
§ 5.4	单片机应用实例	188
第六章	常用外围器件简介	202
§ 6.1	8755 A 带 I/O 口的 $2k \times 8$ EPROM 器件	202
§ 6.2	2716/2732 可用紫外线擦除的 EPROM	209
§ 6.3	8155/8156 RAM 和 I/O 扩展器	214
§ 6.4	8243 专用 I/O 扩展器	223
§ 6.5	可编程并行 I/O 接口片 8255 A	229
附表 1	指令集常用符号说明	239
附表 2	MCS-48 系列指令系统	240

第一章 概 论

§ 1.1 单片微型计算机发展简述

一提到微处理器或微型计算机,读者可能马上会联想起 Intel 公司的 8080、8085、8086, Motorola 公司的 MC-6800、68000, Zilog 公司的 Z-80、Z-8000, 或者诸如 TP 801、APPLE II、IBM-PC 等等。但本书所要介绍的是微型计算机的另一个分支——单片微型计算机。

1.1.1 单片微型计算机的功能特点

什么是单片微型计算机呢?

一台典型的微型计算机,一般包含以下几个基本部分:

中央处理器,简称 CPU,或称微处理器;

存贮器,包括只读存贮器 ROM 和随机存取存贮器 RAM;

输入/输出(I/O)接口。

例如: TP 801 单板微型计算机,在一块印制电路板上组装了 Z 80 CPU、主存贮器(包括 4 k字节的随机存取存贮器 RAM 和 2 k字节的只读存贮器 ROM)、Z-80 PIO 并行接口、定时/计数器 CTC 以及 LED 七段显示器接口芯片等。

单片微型计算机是随着超大规模集成电路技术的发展,为满足低价格、大销售量、广泛应用的需要而开发的新产品。它打破了典型微型计算机按逻辑功能划分芯片结构的传统概念,在一块芯片上集成了一台典型微型计算机所需的基本部分:中央处理器 CPU、主存贮器 RAM 和 ROM、定时器/计数器以及输入/输出(I/O)接口等,如图 1.1 框图所示。因此,一块芯片就构成一台微型计算机。这就是单晶片微型电脑或单片微型计算机,又称为微控制器,简称单片机。

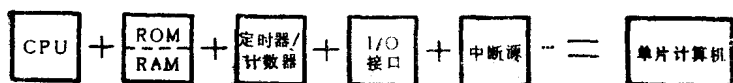


图 1.1 典型单片机组组成框图

单片微型计算机为满足上述需要,因此在硬件结构上、指令系统的设置上均有其独特之处。并以单晶片为准则不断向扩大功能、降低价格、使用方便的方向迅速发展。

单片微型计算机之所以深受各个领域的广大用户欢迎,是因为它具有以下优点:

1. 体积小、价廉、面向控制

单片微型计算机的最大特点是一块芯片就是一台完整的具有一定功能的计算机,例如: Intel 公司推出的 8 位高档 MCS-51 系列单片机就在一块芯片上集成了 8 位强功能 CPU、时钟振荡器、4k (或 8k) 字节的程序存储器 ROM (或 EPROM)、128 (或 256) 字节的数据存储器 RAM、多个特殊功能寄存器、32 线并行 I/O 口、全双工串行 I/O 口, 2 个 16 位定时器/计数器、5 个中断源等, 可分别寻址 64k 字节的外部扩展存储器 RAM 和 ROM 空间, 并且有很强的位寻址、布尔 (位) 处理功能。它在结构上相当于一台单板机, 而控制功能处理速度比单板机强。

价格低廉是它的另一个重要特点。由于它具有高性能/价格比, 因而占有市场的重要一席, 应用于各种产品中。例如: 目前国内普遍采用的 MCS-48 系列产品, 售价仅几美元/片。功能很强的 16 位 8096 单片机, 售价也只几十美元/片。因此, 采用单片机取代常规控制逻辑或单板机控制, 则不仅大大缩小了体积, 而且降低了成本。

单片机的硬件结构、指令集的设置, 均具有面向控制的特点。I/O 口多, 对外部信息响应快, 实时性强, 这是 Z-80 等单板机所不及的。

2. 便于产品小型化、智能化

由于单片机具有体积小、功能强、价格低廉等特点，所以广泛应用于电子仪器仪表、家用电器、自动控制设备、节能装置、军事装置、计算机外设、机器人、工业控制等诸方面。其中单片机则作为控制部件而成为整个产品的一部分，从而使产品小型化、智能化，既提高了产品的功能和质量，又降低了成本，简化了设计。某些应用场合，仅单片机能胜任，采用一般微型计算机是不适宜的。

3. 研制周期短、可靠性高

一般微型计算机应用于控制系统的研制周期较长，需进行所谓的二次开发，而单片机借助简易开发装置的支持，能在实际环境中开发，即所谓的在线开发。一旦开发成功，即可付诸实际使用。

一般器件有民用和军用产品之分，二者的价格和可靠性是不同的。由于单片机面向控制，必须提高器件本身的可靠性，又要考虑售价，为此，单片机的可靠性指标介于军品和民品之间，即属工业用产品。另外，采用单片机后，省略了很多外部连线、金属化孔等，减少了外部干扰因素，并简化了印制电路板的设计和加工，因此，它比用多片组合的微型计算机或单板机可靠性高。应用实践证明，在某些环境下 Z-80 单板机已不能工作，而单片机仍正常运行，且设计简单，使用方便。

由于单片微型计算机具有上述独特优点，所以它一诞生就深受广大用户欢迎，目前生产各类电子产品厂家，都在其复杂的产品中争相采用单片微型计算机来简化设计、降低成本，提高产品的性能与质量，实现产品小型化、智能化，并收到了良好效果。

1.1.2 单片微型计算机的发展

由于单片微型计算机深受各个领域的广大用户欢迎，因此引起了计算机制造厂商的激烈竞争，争相推出了自己的单片微型计算机产品。与此同时，大规模集成电路技术的不断发展也促进了单片微型计算机的迅速发展。

单片微型计算机的概念，最初是由美国仙童 (Fairchild)公司提出，并最先研制出 F 8 微型计算机，它是一台双片机，一片是 3850——8 位的 CPU，一片是 3851——存储器部件，组成一台计算机基本系统。它是一套奇特的芯片，具有当时人们不可思议的奇特的指令集，因而曾被认为不符合微型计算机产品发展潮流。F 8 微型计算机的设计，打破了流行的 8080、MC-6800、Z-80 等按逻辑功能划分芯片的传统设计概念。而是以减少组成计算机芯片的总数目为设计目标，以求规模大、力求小而全为宗旨。它的指令设置，也与通常的微型计算机指令不同，从某种意义上讲是有限的，但它反映了简化芯片的设计思想，因此，F 8 微型计算机一经推出，就深受民用电器等制造厂商的重视和好评，很快占领了市场。

F 8 微型机的成功经验，使各主要微处理器制造厂家也先后走上开发这类产品的道路。Mostek 公司本是仙童公司 F 8 的第二供货源公司，但它在 F 8 的基础上加以改进，制成单片微型计算机 3870 型，指令集相同，而性能与结构上比 F 8 强。它在芯片内部提供了 2 k 字节的掩模 ROM，4 个 8 位双向 I/O 口和定时器/计数器，为用户提供了强而灵活的控制功能，但它无外部扩展功能。

1976 年，Intel 公司推出了 MCS-48 单片微型计算机，这是单片微型计算机划时代的里程碑。它是受 F 8 影响的 8080 A 型单片微型计算机，但其基本型 8048 的指令丰富、功能强，特别是 I/O 指令具有独特功能。其特点是可以进行外部功能扩展，以满足不同用户的需要。为了便于系统的调试和诊断，设置了单步执行、断点设置等模式，并围绕 8048 形成了不同功能的 MCS-48 单片微型计算机系列。

1977 年，GI 公司推出了 PIC 1650 单片微型计算机系列，专用于仪器仪表。

1978 年，Motorola 公司推出了 6801 和 6805 单片微型计算

机系列。

Zilog 公司推出了 Z-8 单片微型计算机系列。它设有 9 种寻址方式, 6 种中断源。如 Z-8671 型, 除 8 位 CPU 外, 还设有 2 K 字节的 ROM(固化有 TINY BASIC 解释/调试监控程序), 144 个字节的数据存储器 RAM, 以及能支持 UART (通用异步接收/发送) 的 32 条 I/O 线等。

ROCKWELL 公司推出了 6500 单片微型计算机系列等。

这阶段单片微型计算机的特点是无串行 I/O 口, 存储器 RAM 和 ROM 的容量较小, 寻址范围(程序有存储器 ROM)仅为 4 k 字节, 这在一定程度上限制了它的应用范围。但这是目前应用最广、销售量最大的产品。

1980 年, Intel 公司推出了高档的 8 位单片微型计算机系列: MCS-51 系列, 其中的 8051 与 8048 相比, 在功能/速度方面提高了 2.5 倍, 片内存储器容量扩大了 4 倍, 而且分别可寻址外部 64 k 字节的 RAM 或 ROM 的存储空间, 增设了全双工 I/O 口, 扩大了 I/O 口和中断源, 增强了指令功能及位处理能力, 集成度达 6 万余个管/片。它的基本功能已超过 TP 801 单板微型计算机, 适用于较复杂的控制设备、工业和实时控制以及复杂电子设备的智能化等。为方便用户对应用系统的开发, Intel 公司还推出了 PL/M-51 语言程序包, 可供用户在多种开发系统上运行。

NEC 公司推出了 μ COM-78 系列单片微型计算机, 7800 型与 8080 兼容, 7801 型与 Z-80 兼容, 采用 NMOS 工艺, 除与 8051 具有相同功能外, 还设有硬件乘、除法器、A/D 转换器等, 可见其功能之强。

1981 年 TI 公司推出 TMS-7000 系列微程序控制单片微型计算机, 其指令集采用微程序技术, 固化于 ROM 中, 因此用户可设计自己所需的指令, 大大增强了灵活性, 并设有硬件乘法器, 运算速度快, 指令中有使用 BCD 码算法等。

日本国日立 HD 63 L 05 单片微型计算机, 采用 CMOS 工艺, 只需 3 V 电池供电即可工作, 对携带式设备特别方便。

这阶段的高档 8 位单片微型计算机, 不但增加了串行 I/O 口, 扩大了存贮器容量, 而且整个功能都有了增强, 有的还设有 A/D 转换器以及乘、除法器。今后还将增加显示器和网络接口等, 适用于复杂的控制系统、分布式系统等。

1983 年, Intel 公司又推出了新的 16 位 MCS-96 系列单片微型计算机。在一块芯片上集成了 12 万以上管子, 设有 16 位的 CPU, 片内设有 8 k 字节的程序存贮器 ROM 和 232 字节的数据存贮器 RAM, 均可外部扩展 64 k 字节的存贮空间; 增设了 8 路 (或 4 路) 10 位 A/D 转换器、一个全双工串行 I/O 口、4 个 16 位定时器/计数器、8 个中断源、5 个 8 位并行 I/O 口、可高速脉冲输入/输出、脉宽可调输出, 当主频为 12 MHz 时, 执行一次 16 位加法为 $1\ \mu\text{s}$, 一次 16×16 位乘法或 $16 \div 16$ 位除法为 $6.2\ \mu\text{s}$, 可见运算速度是很快的。这类单片微型计算机今后还将配置高级语言。

Mostek 公司推出的 68200 单片微型计算机, 16 位 CPU, 它适用于计算机网络。

TI 公司的 TMS-9900 系列 16 位单片微型计算机、最近我国引进的 TMS-320 16/32 位数字信息处理单片微型计算机专用于通讯系统中, 同时引进了 Intel MCS-96 系列, 目前正在研制开发系统。

从上述可见, 仅仅十年的时间, 单片机作为微型计算机的一个分支发展速度是相当快的。

尽管单片微型计算机发展很快、品种日益增多, 但是 Intel 公司的 MCS-48 系列仍是单片微型计算机的主导产品。

MCS-48 系列单片微型计算机在设计上的最大特点是面向控制。例如, 可通过指令的执行, 使 I/O 的某位置 1 或复位为 0, 进行输入或输出, 可对累加器 A 的某一位检测、判跳; 设有丰富的

条件分支指令、查表指令；某些测试端口对外部信息响应快，实时性强；设有多功能的定时器/计数器等。所有这些，都使 MCS-48 系列单片微型计算机具有强而有效的控制功能。因此 Intel 公司称 MCS-48 系列为“微型控制器”。

目前，国内普遍采用的也正是这一系列中的基本型和提高型，因此，本书着重系统介绍这一系列中的基本型（8048）和提高型（8049）单片微型计算机的硬件结构、指令系统、功能扩展以及应用举例，目的在于应用。

§ 1.2 微型计算机基础简介

为适应各类科技人员学习和应用单片微型计算机的需要，本节就有关微型计算机的基础知识作一简要介绍，为初学计算机的读者学好后续各章节内容提供必要的准备知识。

1.2.1 微型计算机的基本组成

微型计算机是一种高度自动化的、能进行高速运算和逻辑判断的、具有记忆能力的先进电子机器。它不仅能代替人们的体力劳动，而且能代替人们的脑力劳动，能进行尖端科学计算。当前，微型计算机已广泛应用于各个领域，各个方面。

微型计算机的最基本功能是对信息（数据）进行加工处理。要使计算机工作，首先要把需加工处理的信息（数据）输送到计算机中，这就需要输入设备，例如，键盘、光电输入机，卡片机等。对信息加工处理后的结果需输出，则需输出设备，例如，发光二极管（LED）显示器、CRT显示屏幕、打印输出机、绘图机等。这些统称输入/输出（I/O）设备。

大批信息（数据或程序）通过输入设备送入计算机，存放在哪里呢？这就需要存贮信息的仓库，这个仓库就称为存贮器，它随时为计算机提供需加工处理的信息或保存中间结果。

计算机对信息进行加工处理的逻辑部件，称为算术/逻辑运算部件，简称ALU。指挥计算机各部件按规定步骤、有条不紊地协

调工作的逻辑部件,称为控制部件,它是计算机的指挥中心。运算部件和控制部件逻辑关系密切,二者常组合在一起,集成在一块芯片上,称为中央处理器,简称CPU。如大家所熟悉的 8080、8086、MC-6800、Z-80 等均属CPU。

将上述三大部件,通过总线联接,就组成一台微型计算机的硬件系统,称为微型计算机。如图 1.2 所示。

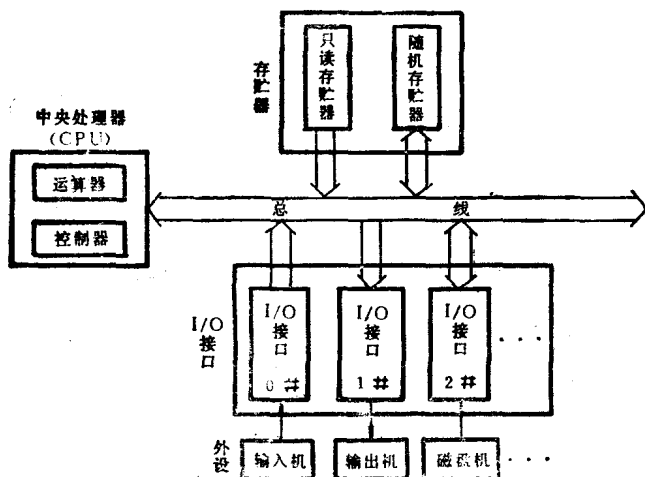


图 1.2 微型计算机结构框图

一、CPU内部结构与功能

中央处理器(CPU)是由算术/逻辑运算部件(ALU)和控制部件组成。在微型计算机中,通常把这二者集成在一块芯片上,例如Intel 8080、8086、Z-80、MC-6800 等,称为微处理器。现以Intel 8080 为例介绍其基本结构及有关功能。

由图 1.3 可知,一个典型的微处理器(CPU)内部主要由三部分组成:

1. 寄存器阵列

CPU内部设有多个存贮数据的暂存存贮单元,这些存贮单元都可由CPU随机读/写,称为寄存器。寄存器中存放的数据都是

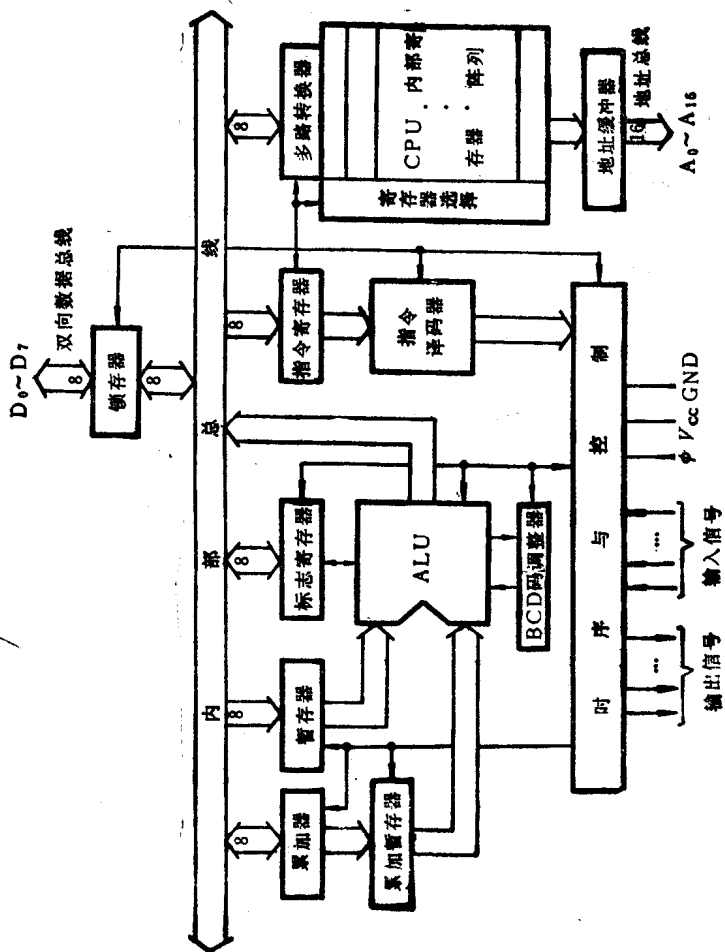


图 1.3 CPU内部结构框图

在程序的执行过程中送入的。一般寄存器中所存放的都属暂时存放的数据,这也就是“寄存”的含意。

CPU中的寄存器一般分两大类:通用寄存器和专用寄存器。

通用寄存器一般均设有若干个,其数量的多少是该计算机功能强弱的标志之一,它常用来寄存参加运算的通用数据。对8位字长的微型计算机,通用寄存器也都是8位的,有的还可联成寄存器对(16位),用以寄存操作数的地址等。

专用寄存器用来寄存专用数据。一般常设有:

(1) 程序计数器(简称PC,即Program Counter)。对典型的8位微型计算机,PC为16位的专用寄存器。

计算机的一切操作服从控制器发布的操作命令,这些操作命令(如 $+$ 、 $-$ 、 $\times$ 、 $\div$ 、 $+1$ 等)称为指令。用计算机解题或实现某种控制,必须事先有一个明确的计算步骤或操作过程,这些计算步骤或操作过程必须用一系列指令来体现。这一系列指令的有序集合,就称为程序。程序通过输入设备送往计算机的内存贮器中存贮起来。启动计算机运行时,再从内存贮器中逐条取出指令送到CPU去分析指令和执行指令,并为取下条指令作好准备。内存贮器由若干存贮单元组成,半导体存贮器一般一个存贮单元存放8位二进制数(称为一个字节),对每个存贮单元进行编号,以便于CPU按编号对存贮单元进行读/写数据,这种编号就称为地址。一般程序存入内存贮器是从某个存贮地址开始顺序存贮的。

程序计数器(又称指令计数器)PC,是专用来指明指令在存贮器中存贮的地址的。即指明将要执行的指令应从存贮器的哪个单元中读取,亦即PC中存放的是即将执行的指令的地址。取出该指令后,PC自动加1,指向下一条指令(或下一个存贮单元)的地址,为取下条指令(或字节)作好了准备。由于PC反映了程序的执行顺序,所以称为程序计数器。

PC值也可打破自动加1的程序执行顺序,而置入新的地址值,这样程序就转向新的另一个指令地址去执行,这称为程序执行