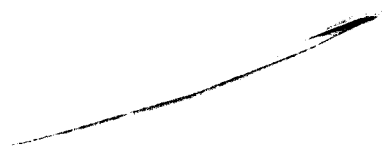


微机原理及MCS-51单片机应用

微机原理及MCS-51单片机应用

顾 淑 平 主 编

煤 炭 工 业 出 版 社



内 容 简 介

本书分成两大篇。第一篇以典型微机 Z-80 为对象介绍微机基本原理。主要内容有 Z-80 基本结构与原理、指令与编程、中断、接口及应用。第二篇以工业控制中已占有重要地位的 MCS-51 单片微机为对象, 先从应用出发简要介绍了它的结构与原理, 接着介绍指令与编程, 重点介绍了系统扩展与应用, 并有应用实验及实例剖析, 以引导读者举一反三。本书每章开始都有《内容提要及基本要求》, 最后有《思考与练习》, 还有《部分习题解答》及《实验》。

本书通俗易懂, 便于自学。虽篇幅不长, 但学后可初步掌握单片微机(或单片机)应用技术。既可作大专院校非电类学生的微机教材, 又可作工程技术人员、研究人员、知识青年学习单片微机的自学读本, 也是函授及短训班较好的教材。

责任编辑: 陈锦忠

微机原理及 MCS-51 单片机应用

顾淑平 主编

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街 21 号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $850 \times 1168 \text{ mm}^1/32$ 印张 $18^{1/4}$ 插页 2

字数 468 千字 印数 1—3,480

1991 年 5 月第 1 版 1991 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7-5020-0372-X/TD·339

书号 3170

定价 9.20 元

前 言

目前,微型计算机的应用越来越广泛,它已从科学计算、企业管理深入到工业控制、仪表智能化。特别是近年来单片微机迅猛发展,由于它具有功能强、价格低、体积小、可靠性好等独特的优点,使微机的应用达到了空前未有的普及程度。为此,广大读者迫切需要一本通俗易懂能快速掌握微机原理及单片微机应用技术的书籍。另外,大专院校非电类专业的学生也迫切需要一本能适应当前单片微机技术发展的教材。本书就是为满足以上要求而编写的。

本书以典型微机 Z-80 为对象介绍微机基本原理,接着以 MCS-51 单片微机为对象从应用角度对其结构与原理作了简明介绍,着重介绍了指令与编程、系统扩展与应用技术。

本书每章开头有《内容提要及基本要求》并对该章的重点、难点及学习方法作了说明;每章最后均有《思考与练习》及《实验要求》;全书最后还附有《习题》及《实验》。力求做到教材、实验、习题密切配合。本书不仅例题多、还有典型应用实例剖析,以引导读者迈开应用单片微机的第一步。在文字叙述上力求简明扼要、通俗易懂、便于自学。

本书前稿曾在上海同济大学非电类的《微机原理及应用》课程中试用多次。并在华东化工学院、北京轻工业学院、上海工程技术大学、郑州轻工业学院等院校试用。经多次修改、充实、整理而成。

实践证明,使用本教材经 50 学时左右的学习,可初步具备应用微机的能力。如作教材使用,说明如下:

(1) 本书共分二大篇。如采用 Z-80 机为学

学习第一篇。第二篇可供自学用；如采用 MCS-51 单片微机作学习机，可着重学习第二篇，有关微机的基本原理可选读第一篇的有关章节。

(2) 为便于自学，本书中附有第一篇的部分习题解答。为便于作教材用，全书最后又另附有《习题》，作补充练习题。

(3) 微机实验是重要环节。如有条件的话，建议可采取讲课（或自学）→习题→实验反复循环的方法，以提高教学效果。

本书第一篇中的第一、二、四、五章由顾淑平编写，第三章由杨燕琴编写。第六、七章由顾淑平、杨燕琴合编，第八章由顾淑平、盛晨合编，《习题》与《部分解答》由杨燕琴编写。《实验》由沈瑛瑛编写。第二篇的第1.3章由刘庆文副教授编写。第2.4章由顾淑平、刘庆文合编。第5章由顾淑平、赵惠德、毛育晨合编，实验由杨肿球编写。全书由顾淑平副教授主编。

在教材编写过程中得到全国及上海计算机基础教学研究会、全国及上海电工学研究会、上海同济大学教务处、电气系的支持与帮助，并得到上海市单片微机学会徐君毅理事长的指导与帮助，曹余庚教授在百忙中对本书进行了认真、仔细的审阅，提出了许多宝贵意见；张永正、郑敏、凌帮国、贾树朋等老师对本教材的修改提出了不少宝贵意见。在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，时间仓促，缺点错误在所难免，恳请读者批评指正！

编 者

目 录

第一篇 Z-80 微机原理及应用

第一章 学习微型计算机的基础知识	1
§1.1 概述	1
§1.2 计算机中的数和编码	13
§1.3 计算机中的运算	22
§1.4 基本逻辑电路	33
思考与练习	48
第二章 Z-80 CPU	50
§2.1 微处理器结构	50
§2.2 Z-80 CPU 电路引脚	71
思考与练习	74
实验要求	76
第三章 内存贮器	77
§3.1 概述	77
§3.2 读/写存贮器RAM	78
§3.3 只读存贮器ROM简介	84
§3.4 存贮器的使用	86
§3.5 存贮器扩展举例	88
思考与练习	92
第四章 Z-80指令系统	94
§4.1 概述	95
§4.2 数据传送与交换指令	98
§4.3 算术和逻辑运算指令	114
§4.4 循环移位和移位指令	128
§4.5 跳转、调用、返回指令	

§4.6 基本CPU控制指令	149
§4.7 位操作指令	149
§4.8 数据块传送与搜查指令	150
§4.9 Z-80寻址方式	153
§4.10 指令周期及CPU定时	156
思考与练习	162
实验要求	167
第五章 汇编语言程序设计基础	168
§5.1 概述	168
§5.2 简单程序	175
§5.3 分支程序	178
§5.4 循环程序	180
§5.5 常用子程序举例	189
§5.6 查找程序	199
思考与练习	201
实验要求	202
第六章 接口技术及中断	203
§6.1 接口电路的一般概念	204
§6.2 外设与CPU交换信息时的几个问题	207
§6.3 中断	216
思考与练习	226
实验要求	226
第七章 常用接口芯片介绍	227
§7.1 微型计算机接口电路的特点	227
§7.2 Z-80CTC计数器/定时器芯片	228
§7.3 PIO接口芯片	249
§7.4 数/模 (D/A) 和模/数 (A/D) 转换	273
思考与练习	284
实验要求	285
第八章 Z-80单板机及其应用	286
§8.1 TP801单板机简介	286

§8.2 Z-80单板机应用举例	292
思考与练习	319
实验要求	322
实验	323
实验一 TP801键盘操作	323
实验二 指令练习一(传送、交换指令)	337
实验三 指令练习二(算术、逻辑运算指令和 循环移位指令)	337
实验四 指令练习三(转移、调用、返回、位操作指令)	338
实验五 编程练习一(简单程序、分支程序设计)	339
实验六 编程练习二(循环程序的设计)	339
实验七 编程练习三(子程序及关键字的查找)	340
实验八 字符显示	341
实验九 CTC基本性能实验	342
实验十 CTC的应用(实时计时电子钟)	343
实验十一 PIO基本性能实验	344
实验十二 PIO应用实验	344
实验十三 交通信号灯定时控制	351
实验十四 利用Z-80单板机实现温度检测	351
习题	352
部分《思考与练习》参考答案	359

第二篇 MCS-51单片微机应用

第一章 概述	375
第二章 MCS-51单片机系统结构	379
§2.1 8051的结构框图	380
§2.2 MCS-51单片机的管脚	394
第三章 指令系统和程序设计	396
§3.1 概述	396
§3.2 数据传送指令及应用	400
§3.3 算术运算指令	

§3.4	控制转移指令	408
§3.5	逻辑类和布尔变量操作类指令	416
§3.6	程序设计举例	422
第四章	MCS-51单片微机的系统扩展	434
§4.1	系统扩展的基础知识	434
§4.2	存储器的扩展	439
§4.3	I/O扩展	449
§4.4	中断	456
§4.5	定时/计数器	463
第五章	MCS-51单片机应用	475
§5.1	MCS-51应用系统的研制过程	475
§5.2	硬件设计举例	476
§5.3	MCS-51应用实验举例	497
§5.4	MCS-51应用系统举例	521
	思考与练习	538
总附录		543
附录1-1	按字母顺序排列的Z-80指令表	543
附录1-2	Z-80指令标志位操作摘要表	565
附录1-3	Z-80与8080指令对照表	567
附录2-1	MCS-51指令表	570
附录2-2	EXR51功能键说明	577

第一篇 Z-80微机原理及应用

第一章 学习微型计算机的基础知识

内容提要 and 基本要求

本章是学习《微机应用基础》的预备知识。为便于广大读者自学，我们先介绍计算机的基本组成、发展和应用，使读者对计算机有一概貌了解；然后介绍微型计算机运算的基础知识、基本逻辑电路和常用逻辑部件。

通过本章学习应掌握十进制、二进制和十六进制之间相互转换的方法；掌握补码运算方法；掌握常用逻辑门电路的逻辑符号、功能；熟悉BCD码及ASCII码的编码方法；熟悉微机中最常用的逻辑部件的组成、符号及功能。

若读者已掌握以上要求，则本章第二节以后的内容可以免读。

§1.1 概 述

1.1.1 计算机的基本组成

一、微型计算机的组成部件（硬件）

我们常用的算盘、计算尺、手摇计算器、电子计算器它们可以做加、减、乘、除运算，有的还可以做函数运算。近年来，高级的电子计算器能把编程序的卡片输入，花样很多、功能也越来越强。但不管怎样，它们的计算还需人工干预，不能自动完成，故都称为计算器。

那么，什么是电子计算机呢？电子数字计算机（简称计算机）是一种不需要人的干预，能自动地、高速地进行算术和逻辑运算的计算装置。它不仅能进行各种运算，而且具有记忆功能。

为了说明计算机的组成，让我们先来看一下人利用算盘算题的过程。若现在我们要用算盘计算下列问题：

$$1 \times 2 + 6 \div 2 = ?$$

首先必须要有一个算盘作为运算工具，其次要有纸和笔来记录原始数据、中间结果和最后的运算结果，而整个运算过程都是在人的控制下按规定步骤进行的，即：

1. 先把要计算的公式、解题步骤、原始数据记录下来。
2. 按先乘除后加减的原则在算盘上进行计算。先做 1×2 ，将得到的结果记录在纸上；再做 $6 \div 2$ ，并把它与 1×2 的结果相加，就得到最后结果，再把它写在纸上。

从上述过程可知，要完成该计算工作，必须具备以下几个组成部分：

1. 运算部分：完成运算的工具，在这里是算盘。
2. 记忆部分：用来存放原始数据、计算步骤、中间结果与最终结果，在这里是纸和人的大脑。
3. 控制部分：用来控制整个计算过程，这里是人的意志中枢。
4. 输入、输出部分：将输入信息传给意志中枢，将输出数据写到纸上。在这里是眼、手和笔。

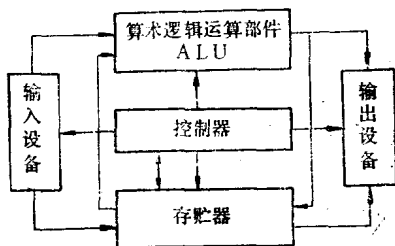


图 1-1 计算机的组成框图

运算器、控制器及输入输出设备。其组成框图如图 1-1 所示。

运算器：主要用来对数据进行算术运算和逻辑运算。

存储器：用来存放原始数据、中间结果、最终结果、解题步骤等。

输入设备：解题步骤、原始数据要通过输入设备转换成计算机所能识别的代码送到存贮器保存起来，常用的输入设备如：键盘、纸带输入机、卡片输入机等。

输出设备：计算结果或人们需要的其它信息，通过输出设备传送出来，如打印在纸上，或在显示器上显示出来，常用的输出设备有：打印机，字符（或图像）显示器（CRT）等。

控制器：控制计算机各部分按人们预先规定的计算步骤自动进行操作。

图 1-1 中各部件称为计算机硬件。其中运算器和控制器是计算机的核心部分合起来称为中央处理器（CPU），而 CPU 和存贮器合在一起又称为主机；把各种输入、输出设备称为外围设备。

从图 1-1 的框图中，可以看出，在计算机中流动的信息有二种。一种是数据即：各种原始数据、中间结果、和人给计算机的各种命令（即程序）等，用实线表示。另一种是控制命令用虚线表示。如输入、输出设备的起停、存贮器的读写、运算器按规定命令一步步地运算和进行数据处理等都由控制器发命令、指挥其工作的。

二、软件系统

上面谈了组成计算机的硬件。但是，光有硬件的计算机是不能工作的，还必须有软件的配合。就整个计算机系统而言，系统软件和某些应用软件常常总是占总价格的大部分，对于用户来讲，要使用机器必须掌握其指令系统及程序编制。那么，什么是指令、指令系统及程序呢？程序设计的语言有哪几种呢？

指令：指挥计算机工作的基本命令。

指令系统：指一台计算机所能识别的全部指令。

程序：由若干指令组成的指令串，以完成某一任务。例如，当我们利用微机来完成某一控制任务或解某一算题时，就得预先编出一套有效的工作程序，来指挥计算机工作，以使计算机能脱

商人的直接干预、而自动控制或自动解题。用户为解决某一问题而编的程序称为源程序。

微型计算机中常用的程序设计语言有三种。即机器语言、汇编语言及高级语言。

机器语言：由于计算机只认识二进制信息，故指令、数据都必须以二进制代码表示。如：在 Z-80 中 10000010B 表示一种加法指令。其功能是将 D 寄存器内容和 A 寄存器（累加器）的内容相加，并将结果送入 A 中。

这种采用二进制编码的指令称为机器指令或机器码，采用机器码编程的程序称为机器语言程序。很明显，这种机器语言程序既不便记忆，又不便书写，如用它来定某项任务，指令是相当冗长的。在微机中常采用十六进制表示，如表 1-1 所示，但它仍不易理解和记忆。

表 1-1

机 器 语 言		符 号 指 令	注 释
二 进 制	十 六 进 制		
10000010	82H	ADD A, D	$A \leftarrow A + D$

汇编语言：为了解决以上问题，人们就采用英文缩写符号来表示的“符号指令”来代替机器指令。如：上面的加法指令可以写成 ADD A, D。这种符号指令显然容易记忆，书写也方便。而且还有一套伪指令使程序编制更直观、明确。我们把这种语言称为“汇编语言”。用汇编语言编的程序称为汇编语言程序，又称源程序。

但计算机不能直接执行汇编语言程序，必须先把它翻译成机器语言的程序（又称目标程序）。这种翻译工作可由计算机内部的“汇编程序”来完成，也可用查表的方法进行手工汇编。

用汇编语言编程的工作量较大，而且不同的机型，汇编语言也不同。常用的汇编语言有 Z-80、8085、M-6800、8086 等汇编

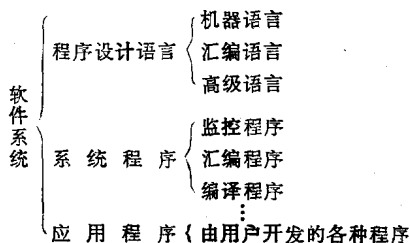
语言。一种语言只能适用于一种机型。

高级语言：为了克服汇编语言的缺点，又出现了一种与机器的指令系统无关的计算机语言——高级语言。这种高级语言比较接近人的习惯，便于书写、掌握。不受机型限制，通用性强。但机器不能直接执行，必须把高级语言翻译成机器语言，这种翻译工作由“编译程序”完成，这种“编译程序”要占用一部分存贮空间，而且执行时间长。常用的高级语言有 BASIC 语言、FORTRAN 语言、COBOL 语言等。

在实时控制中主要采用汇编语言。本书是以 Z-80 单板机及 MCS-51 单片机为对象，介绍其汇编语言程序设计。

计算机的软件系统除程序设计语言以外，还包括系统程序及应用程序。其中系统程序包括管理微机运行的监控程序，担任翻译工作的编译程序和汇编程序等。如表 1-2 所示。

表 1-2 计算机的软件组成



1.1.2 微处理器 (μP)、微型计算机 (μC) 及微型计算机系统 (μCS)

一、微处理器 (μP)

微处理器本身不是计算机，它是微型计算机的核心部分。一般微处理器包括三个基本部分，即算术逻辑运算部分、寄存器组和定时控制部件（见图 1-2）。微处理器又称中央处理器用 CPU 表示。

1. 算术逻辑运算部件 (ALU)：它能执行算术运算又能执

行逻辑运算。

2. 寄存器组：每个微处理器中均有许多寄存器，它们用来存放待运算的数据，或存放中间结果或运算的结果等。

3. 定时、控制部件：它能按一定顺序从存储器中取出程序中的一条指令加以“解释”，并发出一系列的操作命令。此外，它还要安排一定的操作步骤，使计算机各部分在得到操作指令后，按一定的节拍（时钟），有条不紊地工作。

二、微型计算机 (μC)

微型计算机由中央处理器 (CPU)、存储器 and 输入/输出接口 (I/O接口) 三部分组成。这三者又通过系统总线（地址总线、数据总线和控制总线）连接起来，如图 1-2 所示。

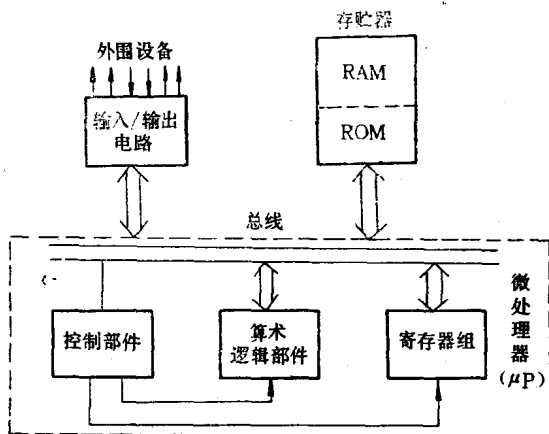


图 1-2 微型计算机基本结构框图

1. 中央处理器 CPU：这是整个计算机的核心部分。它的功能与组成前面已讲过。

2. 存储器：存储器顾名思义，它是存放信息（指令与数据）的地方。打个粗浅的比方，存储器好比一个大旅馆，大旅馆有许多许多的房间，而存储器也有类似房间的许许多多多个存储单元。每个单元都编好号码，按计算机术语称之为“地址”。它好象房

间号码一样。当我们需要用到哪一个数据或哪一条指令的时候，就可以从相应的存贮单元里取出来。这好比我们到某个旅馆的几号房间里去找某一个人一样方便。所以，存贮器是计算机中能够按规定的地址随时接受并保存程序指令和数据，并能根据程序指令随时提供所需信息的装置。它是计算机的重要组成部分，有了它计算机才能从单纯的计算器变成电脑。这是由于存贮器具有记忆功能，它能把要计算或处理的数据和程序，预先存入计算机，才能使计算机脱离人的直接干预而自动地工作。存贮器能存放信息的总量即存贮器的容量越大，计算机的功能就越强。计算机中大量的操作是与存贮器交换信息，所以，存贮器的工作速度是影响计算机运算速度的重要因素。

一个八位的微型计算机，每个存贮单元能存放一个八位二进制数（也称一个字节），如图 1-3 所示。图中当存贮单元的地址为 1000 时，该存贮单元内容为 10110100。应特别注意存贮单元的地址和存贮单元内的数虽均为二进制数，但其代表的意义是不同的，一个是地址，另一个却是具体的数据，千万不能混淆起来。

目前，微型计算机几乎都采用半导体存贮器作内存贮器。按其存取方式又分成“只读存贮器”(ROM)和随机存取存贮器即“可读/写存贮器”(RAM)二种。ROM 中内容只能读出，(常用来存放监控程序)；而 RAM 既可读出又可重新写入(供用户编程用)。

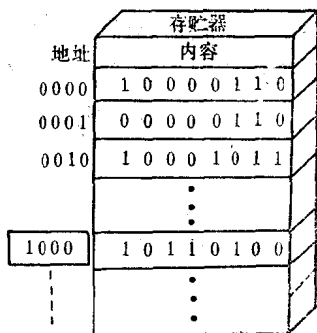


图 1-3 内存贮器示意图

3. I/O接口电路：计算机在工作时常需与各种外围设备如：打字机、显示器、键盘等打交道。外设不能直接与 CPU 相连，必须通过输入/输出接口电路来与 CPU 相连，见图 1-4。

有些微计算机将 CPU、存贮器和输入/输出电路都做在一片

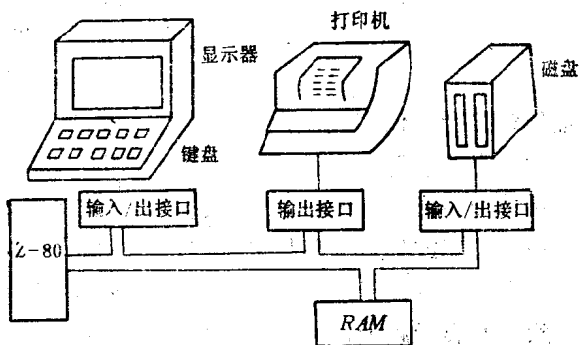


图 1-4 微型计算机系统组成

硅片上，这叫单片微计算机；有的是把这三者放置在一块或多块印刷电路板上，这称单板或多板微计算机。

三、微计算机系统 (μCS)

要使计算机充分发挥其效能，除了要有质量较好的硬件电路 (CPU、存贮器和输入/输出设备) 外，还需配上系统软件 (如监控程序、汇编程序等)。所以，一个完整的计算机系统应包括硬件电路、软件系统及外围设备。如图 1-4 所示。故任何单片、单板机只要配上系统软件及各种输入/输出设备，就能构成一个

表 1-3 μP 、 μC 、 μCS 的关系

微型计算机系统 (μCS)	软 件	程序语言	微处理器 (μP)
			存贮器
			输入/输出接口
		系统程序	系统总线
			机器语言
			汇编语言
			高级语言
			监控程序
			汇编程序
			编译程序
			...
			应用程序 { 由用户开发的程序
			外围设备 { 打印机、CRT 磁盘等