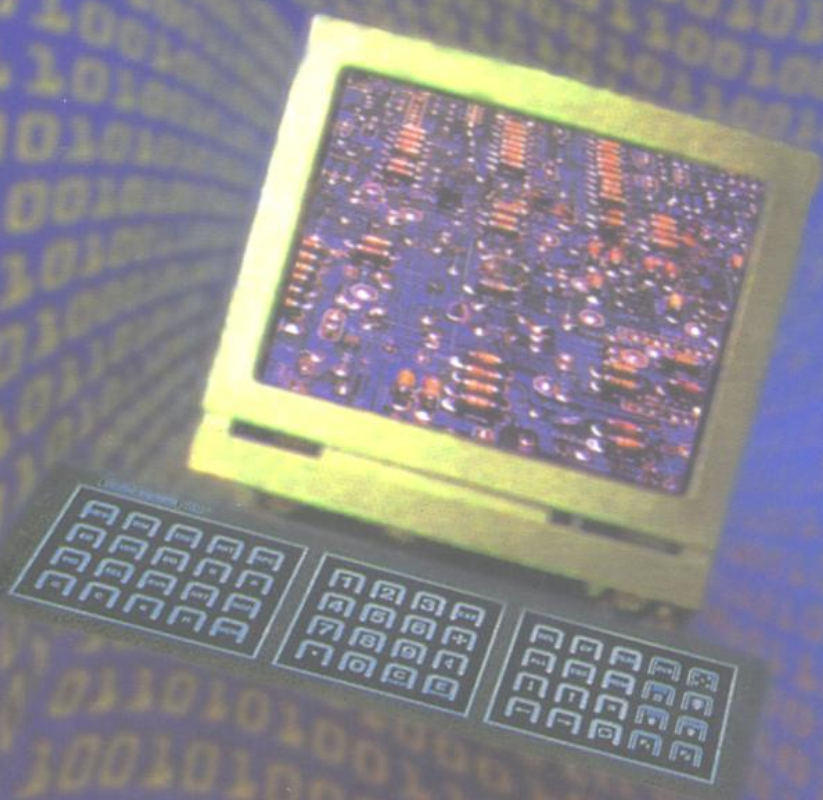


单片微型计算机 原理及应用

马崇良 主编



中国纺织出版社

TF3-81
MCL/1

单片微型计算机原理及应用

马崇良 主编

中国纺织出版社

内 容 简 介

本书是针对高等院校理工科专业(非计算机专业)微机原理及应用课程而编写的教材。内容包括:单片微机软件、硬件和用户系统的开发调试仿真器的功能、结构、特点介绍及仿真器调试操作方法。书中比较详细地讲述了在上位机(IBM-PC机及其各种兼容机)交叉开发调试的方法。包括编辑、汇编、反汇编、通讯和调试。最后编写了MCS-51单片机软件,硬件,接口等典型实验。为教学实验和科计人员开发、实验提供了有实用价值的参考。

本书在附录中列出了指令表各种形式,为编程、调试提供方便。

本书最大特点是实用性强,也可作为科技人员和自学人员开发应用的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理及应用/马崇良主编; 耿仁义等编著. —北京:中国纺织出版社,1996.10

ISBN 7-5064-1250-0/TP·0009

I. 单… I. ①马…②耿… II. 单片微型计算机-基本知识 N. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 16417 号

中国纺织出版社出版发行

北京东直门南大街4号

邮政编码:100027 电话:010-64168226

中国纺织出版社印刷厂印刷 各地新华书店经销

1996年12月第1版 1996年12月第1次印刷

开本:787×1092毫米 1/16 印张:20.25

字数:497千字 印数:1-3000

定价:38.00元

前 言

近年来微型计算机开发和应用技术在飞速发展。单片微型计算机做为自动控制装置的基本单元易于扩展,并具有功能强、体积小、可靠性高、容易开发和价格低廉等一系列优点,因而在工业、农业、国防、交通、民用家电产品等各个领域得到广泛的应用,已取得很多可喜的科研成果,有力地推动各行各业的技术改造和产品的更新换代,并转化为一定的生产力,收到明显的经济效益和社会效益。

本书是编者在多年教学和科研基础上编写的,力求使内容具有一定的系统性、先进性和实用性。本书以8位单片微机MCS-51为例,系统地讲述微机基本原理、指令系统、扩展技术、接口技术、编程技术和开发技术等,并列举一些有实用价值的实例。为方便教学,另外编写一本与本书相配套的实验指导。本书既可作为高等院校微机原理及应用的教材,也可作为广大科技人员的参考书。

本书由马崇良主编,参加本书编写的有马崇良(编写第一章至第五章、附录),耿仁义(编写第六章),王金海(编写第七章),钟坚(编写第八章)。由于编者业务水平和教学经验所限,加之编写时间仓促,书中难免有错误和不足之处。敬希读者批评指正。

编写过程中,得到中国纺织总会教育部、中国纺织出版社、天津纺织工学院领导和有关部门大力支持和帮助。李兰友教授对本书的编写给予很多指导,北京服装学院吴锡祺教授对本书提出了宝贵意见,在此一并致谢。

编 者

1996年5月于天津

目 录

第一章 微型计算机基础	(1)
§ 1.1 计算机的系统组成	(1)
§ 1.2 微型计算机系统的结构	(2)
§ 1.3 计数方法.....	(10)
§ 1.4 计算机中数的表示方法与编码方法.....	(15)
§ 1.5 计算机中数的运算与运算电路.....	(20)
§ 1.6 单片微型计算机概述.....	(27)
习题和思考题	(34)
第二章 MCS-51 系列单片机系统结构	(36)
§ 2.1 总体结构.....	(36)
§ 2.2 中央处理器 CPU	(37)
§ 2.3 存储器组织.....	(42)
§ 2.4 I/O 口.....	(47)
§ 2.5 定时器/计数器	(49)
§ 2.6 串行接口.....	(56)
§ 2.7 中断系统.....	(67)
§ 2.8 内部 EPROM 程序存储器	(74)
§ 2.9 CHMOS 型单片机的节电方式.....	(77)
习题和思考题	(81)
第三章 MCS-51 指令系统	(82)
§ 3.1 指令格式.....	(82)
§ 3.2 寻址方式.....	(83)
§ 3.3 指令执行过程和数据操作的结果标志.....	(87)
§ 3.4 数据传送指令.....	(90)
§ 3.5 算术运算指令.....	(95)
§ 3.6 逻辑运算指令.....	(99)
§ 3.7 位操作指令	(103)
§ 3.8 控制转移指令	(105)
习题和思考题.....	(111)
第四章 汇编语言程序设计	(113)
§ 4.1 MCS-51 程序设计语言.....	(113)
§ 4.2 MCS-51 汇编语言.....	(114)

§ 4.3	MCS-51 汇编语言程序设计方法	(118)
	习题和思考题	(134)
第五章	应用程序设计实例	(135)
§ 5.1	输入输出操作程序	(135)
§ 5.2	定时器应用程序	(139)
§ 5.3	串行通讯程序	(144)
	习题和思考题	(151)
第六章	MCS-51 单片机系统扩展技术	(153)
§ 6.1	MCS-51 单片机系统扩展总线	(153)
§ 6.2	程序存储器的扩展	(154)
§ 6.3	数据存储器的扩展	(159)
§ 6.4	并行接口的扩展	(168)
§ 6.5	串行接口的扩展	(194)
§ 6.6	A/D 转换与 A/D 转换接口	(202)
§ 6.7	D/A 转换与 D/A 转换接口	(215)
	习题和思考题	(229)
第七章	单片机输入与输出设备接口技术	(231)
§ 7.1	BCD 拨盘接口技术	(231)
§ 7.2	七段数码显示器接口	(233)
§ 7.3	键盘接口	(244)
§ 7.4	显示键盘接口应用举例	(255)
§ 7.5	8279 可编程键盘/显示器接口	(260)
§ 7.6	打印机接口	(271)
§ 7.7	CRT 显示及其接口	(275)
	习题和思考题	(279)
第八章	单片机应用系统的开发方法及应用实例	(281)
§ 8.1	单片机应用系统开发方法	(281)
§ 8.2	单片机开发系统	(284)
§ 8.3	单片机应用系统的调试	(287)
§ 8.4	单片机应用系统实例	(294)
	习题和思考题	(303)
附录一	MCS-51 指令表	(304)
	MCS-51 微机指令表	(310)
	特殊功能寄存器地址表	(312)
附录二	ASCII (美国标准信息交换码) 表	(313)
附录三	MCS-51 典型产品引脚图	(314)

第一章 微型计算机基础

我们通常所说的计算机，实际上是指电子数字计算机。数字计算机 (digital computer) 是对数据量进行算术和逻辑操作的计算机，这种计算机按照所编制的程序自动运行，具有运算速度快、精度高、通用性强等特点。

计算机的种类很多。根据设计目标来分，有通用计算机和专用计算机；根据用途来分，有科学计算、数据处理和工业控制计算机；若根据规模和功能来分，有巨型机、大型机、中型机、小型机和微型机。

微型计算机又可以分为多片微型计算机和单片微型计算机。

§ 1.1 计算机的系统组成

计算机的组成包括硬件和软件两大部分。

硬件部分是由运算器、控制器、存储器、输入输出电路和输入输出设备等组成，如图 1-1 所示。运算器 (ALU) 负责进行算术运算和逻辑操作，存储器用以存放程序和数据代码，输入输出电路作为与输入输出设备 (也称外围设备) 联结的桥梁，它的任务是传输数据、控制信号和状态信号，用于协调和外部设备之间有序的工作。控制器负责统一调度各部分之间有序工作。

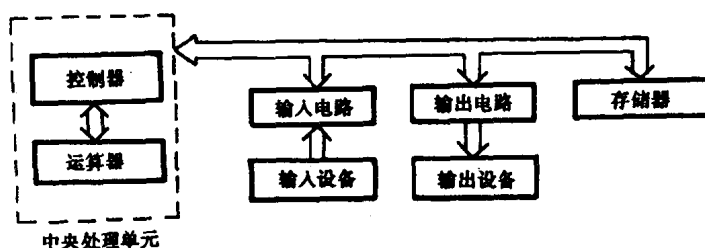


图 1-1 计算机硬件系统组成

随着大规模集成电路生产的飞速发展，20 世纪 70 年代初诞生了新一代电子计算机——微型计算机 (Microcomputer)。将计算机的运算器和控制器集成在一块大规模集成电路芯片上，称为微处理器 MPU (Micro Processing Unit)，也称作中央处理单元 CPU (Central Processing Unit)，见图 1-2。同样，利用大规模集成电路技术做成容量相当大的存储器 (Memory)，同时又把各种通用的或专用的输入输出接口电路集成在一个芯片上，把 CPU 配上一定容量的存储器和输入输出接口电路并用总线连接起来就构成一个微型计算机。再配上必要的输入输出设备，例如键盘、显示器等就构成一个微型计算机系统。如果将它们装配焊接在一块印

刷电路板上就称为单板微型计算机系统。将CPU、一定容量的存储器和输入输出电路集成在一个大规模电路芯片上，就成了单片微型计算机（Single Chip Microcomputer）。

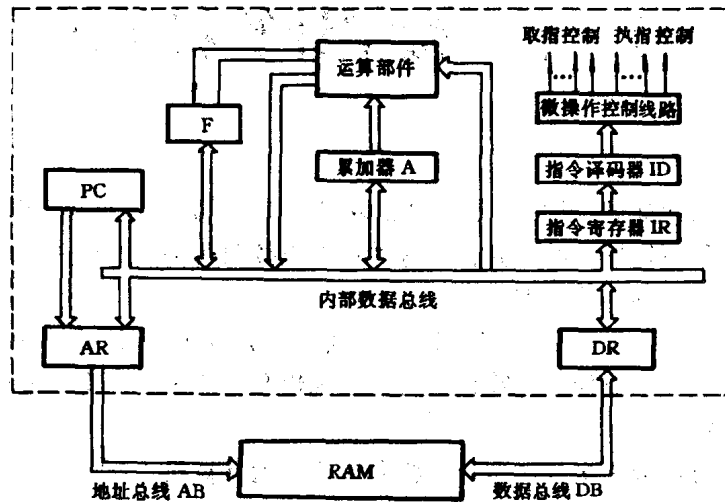


图 1-2 CPU

软件部分是指计算机系统所使用的各种控制程序总和，它包括系统软件和应用软件。不需要用户干预的计算机管理程序，称为系统软件，用户使用的各种程序设计语言以及使用程序设计语言所编制的各种应用程序称为应用软件。

应当指出，硬件系统和软件系统是相辅相成的，共同构成计算机系统，缺一不可。没有软件系统的计算机称为裸机，是没有什么用途的。同样，没有硬件系统，软件也就无立足之地。另外，现代计算机硬件系统和软件系统之间的分界线并不明显，总的趋势是两者统一融合，互促互补。

软件系统是人与计算机硬件系统进行信息交换、通讯对话、按人的思维对计算机控制和管理的工具。通常是人使用程序设计语言编制应用程序，在系统软件的管理下支配计算机硬件系统工作。系统软件中的操作系统主要用于管理计算机和文件；诊断程序用于诊断机器故障；编译程序用来把高级语言翻译成机器语言。

现在，微型计算机（包括单片微型计算机）主要使用高级程序语言和汇编语言。对于数据处理任务多用高级程序语言，如 PL/M 语言、C 语言；对于工业控制任务多用汇编语言。

§ 1.2 微型计算机系统的结构

微型计算机系统硬件是由中央处理单元、存储器、输入输出接口电路和外围设备组成的。中央处理单元包括运算器和控制器两部分，各部分是由系统总线连接而成。

1.2.1 运算器

计算机的数据运算可以归纳为两类：一类是算术运算，另一类是逻辑运算。运算器是计算机进行算术和逻辑运算的功能部件。

一、算术运算

算术运算包括加、减、乘、除四则运算。

(1) 加法和减法运算 运算方法和数的表现形式有关,在计算机中最常用的是补码,补码的加减法运算最简单,符号位可以和数值位一样参加运算。

(2) 乘法 乘法运算包括符号运算和数值运算。相同符号两数乘积为正,符号相异两数乘积为负数。数值运算是两个数的绝对值相乘,它们可以看作无符号的两个数相乘。

(3) 除法 除法运算也包括符号运算和数值运算。两个同符号数相除,商为正数;异号的两数相除,商为负数。数值运算是两个数的绝对值相除。

二、逻辑运算

基本的逻辑运算有三种:

(1) 逻辑“或”运算 逻辑或运算也称为逻辑加,用符号“ \vee ”或“+”表示。

其函数关系为:

$$C = A \vee B$$

用以实现或运算的逻辑电路称为或门,其符号如图 1-3 所示。

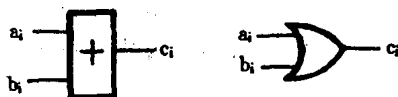


图 1-3 或门的逻辑符号

(2) 逻辑“与”运算 逻辑与运算也称为逻辑乘,运算符号为“ \wedge ”或“ \cdot ”。

其函数关系为:

$$C = A \wedge B$$

用以实现与运算的逻辑电路称为与门,其符号如图 1-4 所示。

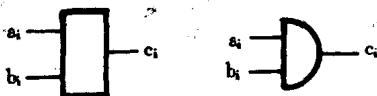


图 1-4 与门的逻辑符号

(3) 逻辑“非”运算 逻辑非运算又称为逻辑否定。如有变量 A , A 的上面加一横 \bar{A} 表示 A 的逻辑非。

函数关系为:

$$C = \bar{A}$$

实现非运算的逻辑电路称为非门,逻辑符号如图 1-5 所示。

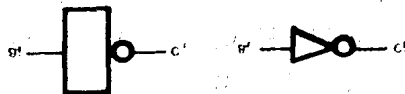


图 1-5 非门的逻辑符号

逻辑运算除上述三种基本运算以外,还有逻辑异或运算和逻辑同或运算。逻辑异或运算也称按位加或称半加,通常用符号 \oplus 表示,亦即:

$$C = A \oplus B = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$$

逻辑同或运算通常用符号 \odot 表示,亦即:

$$C = A \odot B = A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$$

表 1-1 为逻辑运算的“真值表”。用它表示当 A 和 B 的值为不同逻辑组合时, 各种逻辑运算所得到的逻辑值。

表 1-1 逻辑运算真值表

A	B	\bar{A}	\bar{B}	$A \wedge B$	$A \vee B$	$A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$	$A \cdot B + \bar{A} \cdot \bar{B}$
0	0	1	1	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1	0
1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	0	0	1	1	0	1

计算机中常使用复合的门电路, 它们有:

- 与非门, 其逻辑符号如图 1-6 (a) 所示, 函数关系为: $C = \overline{A \cdot B}$ 。
- 或非门, 其逻辑符号如图 1-6 (b) 所示, 函数关系为: $C = \overline{A + B}$ 。
- 与或非门, 其逻辑符号如图 1-6 (c) 所示, 函数关系为: $F = \overline{A \cdot B + C \cdot D}$ 。

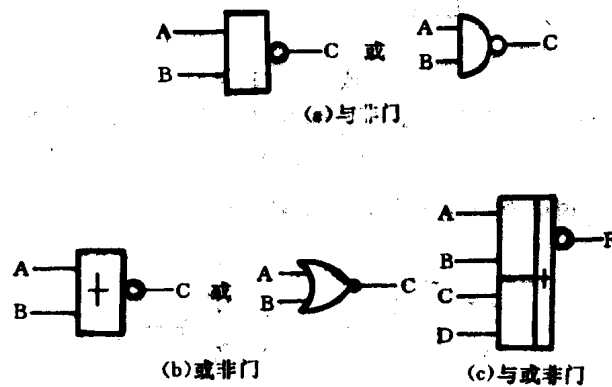


图 1-6 复合门逻辑符号

三、运算器的结构

运算器的结构如图 1-7 所示。它是由算术逻辑运算部件 ALU、累加器 ACC、通用寄存器、标志寄存器、暂存器和多路开关等组成。

(1) 算术逻辑运算部件 计算机中的加减乘除运算都通过加法来实现, 加法器是算术逻辑运算部件中的核心部件。

(2) 累加器和寄存器 运算器中的寄存器用于存放运算数据和运算结果, 寄存器的位数和计算机字长一致, 它也是由逻辑门电路组成的, 典型的一位寄存器有图 1-8 所示的几种。由 n 位 D 型触发器构成的寄存器如图 1-9 所示。

运算器中具有多个通用寄存器, 以便在操作过程中减少对存储器的访问次数, 来提高运算速度。累加器 ACC 是一个特别重要的寄存器, 在许多指令的操作中, ACC 中的内容作为第一操作数并存放操作的结果。暂存器用于暂时存放操作的数据。标志寄存器存放操作结果的特征位, 如奇偶位、进位位、溢出位等。

(3) 多路开关 ACC 也是计算机中数据传送的通路, 它接收来自各个寄存器或存储器的数据信息, 运算后的结果送往各个寄存器或存储器。因此 ALU 的输入和输出端各有一个多路开关。多路开关一般由与或非门组成。典型的一位输入和输出多路开关如图 1-10 所示。

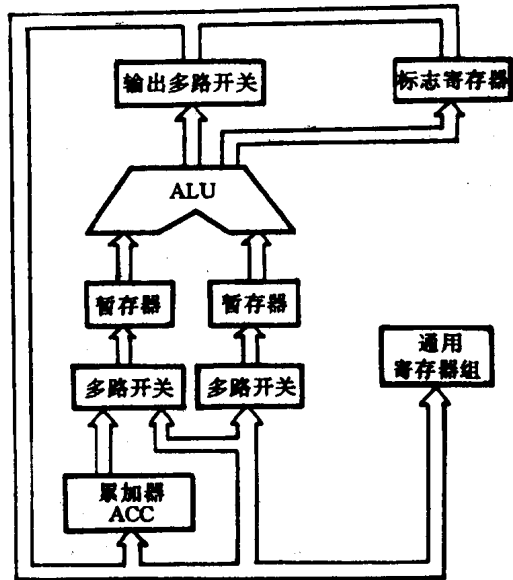


图 1-7 运算器的结构

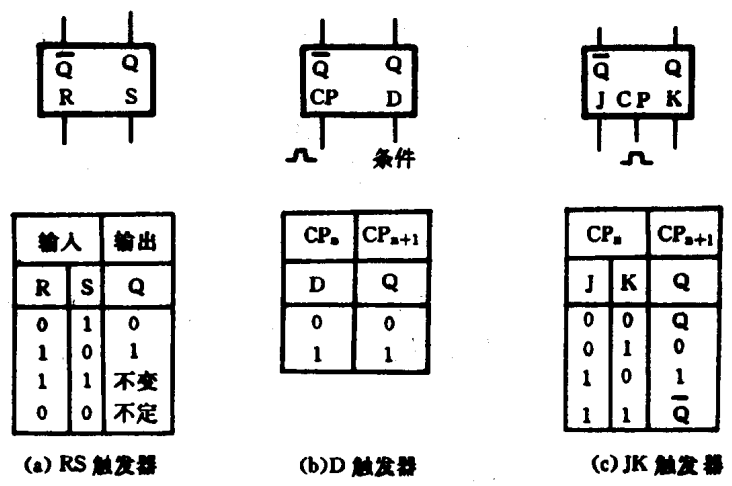


图 1-8 典型的一位寄存器

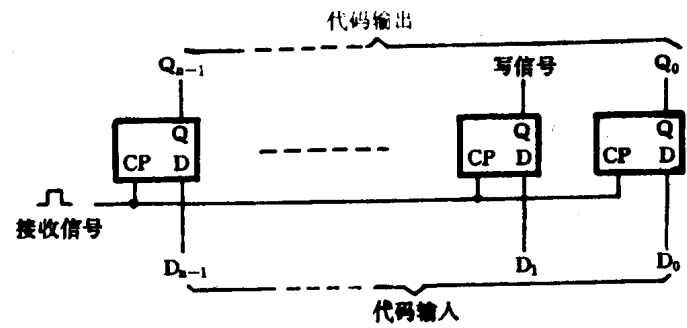


图 1-9 D 型触发器构成的寄存器

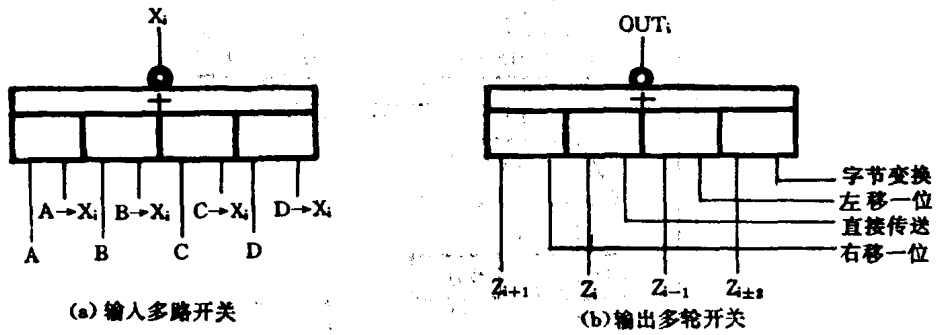


图 1-10 一位多路开关

1.2.2 存储器

计算机之所以能够快速自动地进行各种复杂的运算，就是因为事先把解题的程序和数据存放在存储器中，在运算过程中再由存储器快速地向 CPU 提供，这就是所谓“程序存储工作方式”。所以存储器的职能是存储程序和数据。

一、存储器的主要技术指标

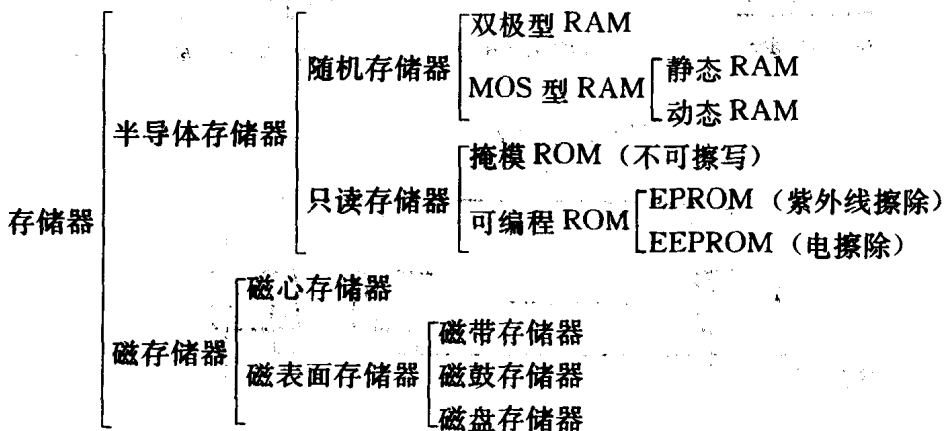
存储器的主要技术指标有：存储容量、体积、存取时间、功耗、可靠性和成本等。

存取时间是指将信息存入存储器或从存储器中读出信息所需要的时间，存取时间的长短将影响计算机系统的工作速度。

存储器容量是指它能够存储的信息量。计算机的存储器由存储单元组成，每个存储单元存放一个机器字。为统一起见，存储器的容量一般以它所能存储的字节数来表示，如 2K、4K……256K、512K 等 (1K 等于 1024 字节)。

二、存储器的种类

根据存储器同 CPU 的关系，可分为主存储器（也称内存）和辅助存储器（也称外存）两种。根据所使用的材料不同，较先进的存储器有光存储器、激光存储器、全息存储器、磁光存储器、超导存储器等，常用的存储器分类如下：



由于半导体存储器具有速度快、体积小、集成度高、成本低等一系列的优点，所以目前的计算机的主存储器普遍地使用半导体存储器，而外存储器一般都选用存储密度高、容量大的磁盘存储器。

三、半导体存储器结构

图 1-11 给出了半导体存储器结构的一般形式。

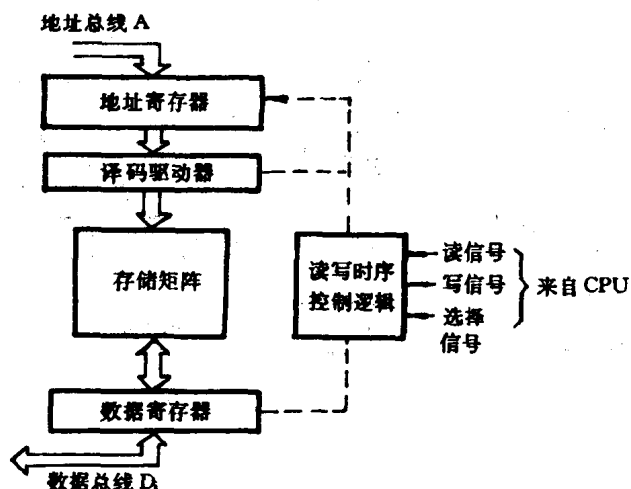


图 1-11 半导体存储器的结构

半导体存储器由地址寄存器、地址译码驱动器、存储矩阵、数据寄存器、读写时序控制逻辑等部分组成。

(1) 地址寄存器和地址译码驱动器 地址寄存器接收 CPU 从地址总线送来的地址 $A_0 \sim A_i$ ，地址的位数和存储器的容量有关，例如 2K 字节的存储器地址线为 11 位 ($i=10$)，地址经过译码驱动器选中存储器中相应的一个存储单元。

(2) 存储矩阵 存储矩阵也称存储体，它由许多能存储二进制信息的存储单元组成，每个存储单元分若干位，每位实际上是一个双稳态触发器（也称寄存器）。

(3) 数据寄存器 数据寄存器用于存放从存储单元中读出的信息并把它送到数据总线，也用于接收 CPU 在数据总线上送来的数据信息并把它存入相应的存储单元中。

(4) 读写时序控制逻辑 该模块接收 CPU 送来的读信号、写信号和选片信号，由这三个信号控制将信息写入相应的存储单元，或从选中的存储单元中读出信息。

(5) 地址总线和数据总线 这是存储器和 CPU 之间的信息传输线，分别用于传送地址和数据。

1.2.3 控制器

控制器由程序计数器 (PC)、指令寄存器 (IR)、指令操作译码器、地址形成部件、脉冲发生器、启停电路、时序电路、微操作控制部件等组成，其结构如图 1-12 所示。

一、控制器工作过程

计算机是按照存储器中的程序（完成某一功能的指令序列）进行操作的，它的工作过程就是不断地读取指令和执行指令。

(1) 开始执行程序时，把第一条指令的地址送至程序计数器 PC；

(2) 以 PC 作为地址指针，从存储器中取出一条指令送至指令寄存器 IR，使 PC 增量并指向下一条指令的存储地址；

(3) 译码器对指令的操作码进行译码，确定该指令所要执行的全部操作；

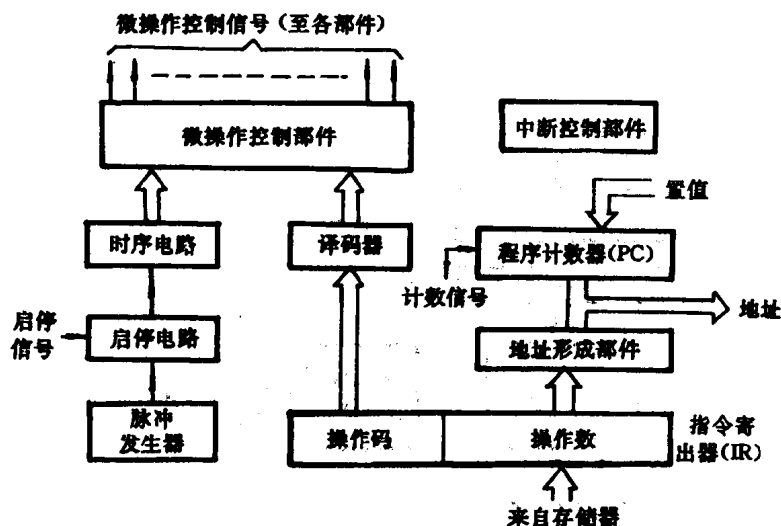


图 1-12 控制器的结构

(4) 若需要从存储器中取操作数，根据寻址方式，由地址形成部件产生地址信息，控制器把地址发至存储器，并发出读命令，从存储器中读出数据送至运算器，由运算器根据操作的规定进行处理，其结果再送至有关的寄存器或存储器。

重复 (1) ~ (4) 的过程，直至读到停机指令，程序执行完为止。

由此可见，在一条指令的执行过程中包含了一系列的微操作（如送地址、发读命令、取指令、取数据、……），这些微操作都具有一定的次序，控制器的功能就是协调计算机中各个功能部件的操作，使它们有条不紊地工作。

二、控制器组成部分

(1) 脉冲发生器和启停电路 脉冲发生器产生计算机的主振脉冲，用于同步计算机内的一切操作。启停电路允许或禁止脉冲发生器输出的主振脉冲送至各个部件，从而启动或停止计算机的工作。

(2) 时序电路 一条指令从取出到执行完的时间（即指令周期）可以分成若干个机器周期，每个机器周期完成一个基本操作。一个机器有若干个工作节拍，每个节拍完成一个规定的微操作。时序电路由节拍脉冲发生器组成，它对主振脉冲进行分频和控制，以产生节拍脉冲。

(3) 指令寄存器译码器 指令寄存器存放从存储器中取出的指令，操作码部分送译码器译码，以确定指令的性质、类型以及所需要执行的所有的微操作序列。由指令的功能和寻址方式确定获得操作数的方法，需要时由地址形成部件产生存储器的地址，并从存储器中读取操作的数据。

(4) 微操作控制部件 微操作控制部件接收时序电路产生的节拍脉冲信号和操作码译码器产生的控制信号，产生执行指令的所有微操作控制信号，使所有的微操作按一定的次序执行，这些控制信号送至运算器、存储器和输入输出部件，以控制它们的操作。

(5) 程序计数器 程序计数器用于存放下一条指令的存储地址，使 CPU 根据它的内容自动读取指令和执行指令。一般情况下，在取出一条指令后，使 PC 加“1”计数以得到下一条指令的地址，在执行程序控制指令时，对 PC 置值，将转移地址送 PC，使 CPU 从该地址开始

执行程序。

(6) 中断控制部件 在计算机运行过程中，一旦发生某个事件（如掉电、外围设备请求传送一个数据等）必须进行及时处理时，就需要中止执行现行的程序转而去执行与该事件有关的处理程序，等该处理程序执行完毕后，再返回被中止的程序继续执行下去，这一过程称为中断。中断控制部件是实现中断的控制机构。

中断控制部件中包含了中断源（即引起中断的事件）寄存器、中断源排队线路，以及允许和禁止中断的控制电路等。

1.2.4 输入输出接口电路和外围设备

计算机的外围设备包括输入设备、输出设备和外部存储器。输入设备用以输入解题的程序和原始数据，输出设备把计算机的处理结果以字符或图形的方式输出，外部存储器存储备用的程序和数据，以补充主存储器容量的不足。

常见的输入输出设备有：键盘、显示终端、打印机、绘图仪、光笔图形显示器、模拟量输入和输出设备等。

常见的外部存储器设备有：磁带机、磁鼓、磁盘机等。

计算机的外围设备都配有设备控制器，由设备控制器接收 CPU 的命令，实现对设备的操作控制，并传送数据和外围设备的状态。目前设备控制器一般由大规模集成电路组成，通常称之为输入输出接口电路，它又划分为专用和通用的两类接口电路。

1.2.5 总线

在计算机的运行过程中，中央处理器、存储器和外围设备等各个功能部件之间进行着大量的信息交换：程序和原始的数据从输入设备送入存储器；存储器中的数据传送给 CPU 加工处理；处理后的最终结果送至输出设备，CPU 和存储器、外围设备之间还频繁地传送地址、数据和读写命令信息。

总线 (BUS) 就是计算机中各个功能部件之间传送信息的公用通道，是连接各个功能部件并为它们服务的一组信息传递导线。显然在任何时刻，总线只能为一个发送者服务，只能传送一种信息，否则就会发生冲突。这就是说，总线必须分时使用，对不同的发送对象分时地传送不同信息，而收发对象由操作总线两端的控制门来控制。图 1-13 给出了有三个发送对象和三个接收对象的总线示意图。在任一时刻，A、B、C 中只能有一个发送门打开，即只允许一种信息在总线上传递。但接收门可以按照需要打开一个或多个。

一般地说，总线是连接于多个源设备和目标设备之间的一束并行的连接线，并行通讯连接线的根数就是并行地传送信息代码的位数，称为总线的宽度。

把多个发送设备并接在总线上，发送控制门必须是输出端能够“线或”的器件，过去多使用集电极开路的输出门 (OC 门)，目前多数使用三态（输出有高电平、低电平和浮空三个状态）门电路。接收门除控制接收外还能对传送来的信号进行整形。

信息在总线上的传送是有方向性的，总线也可以划分为单向总线和双向总线。在计算机中，有些信息是单向传送的，如读、写控制命令只能由 CPU 发出，而数据信息一般是双向传送的，如存储器和 CPU 之间的数据传送是双向的。具有三对发送接收设备的一位双向总线的结构如图 1-14 所示。

按传送信息的属性来分析，总线又可以分为：数据总线、地址总线和控制总线。

(1) 数据总线 (Data Bus 简称 DB) 是各功能部件之间用来相互传送数据、状态特征、

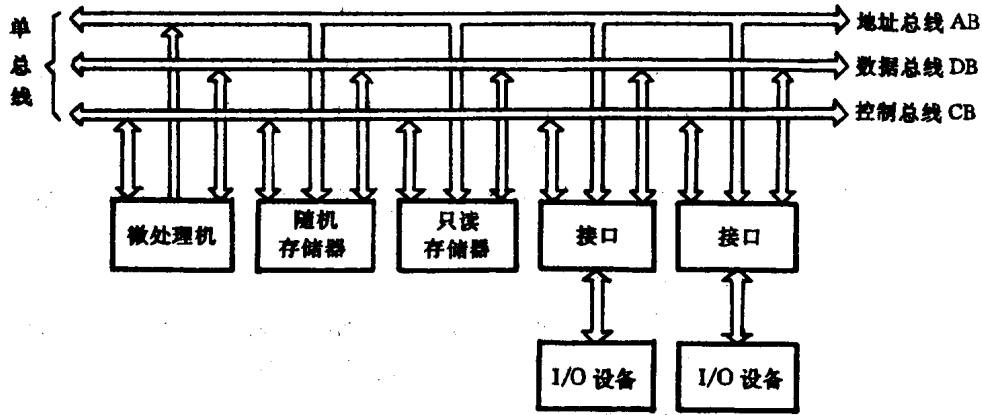


图 1-13 总线示意图

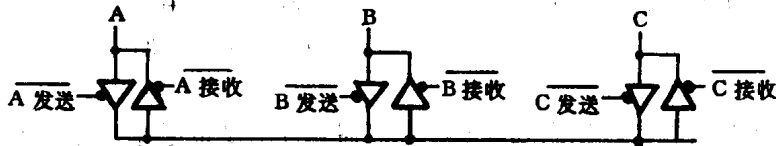


图 1-14 一位双向总线的结构

标志等信息的总线，总线的宽度一般和计算机的字长一致。

(2) 地址总线 (Address Bus 简称 AB) 是用来传送 CPU 发出的地址信息的总线，总线的宽度由 CPU 对存储器或外围设备的寻址范围确定。

(3) 控制总线 (Control Bus 简称 CB) 是用来传送读命令、写命令等控制信息的总线。

§ 1.3 计数方法

1.3.1 进位计数制

按进位的原则进行计数的方法，称为进位计数制。

例如，在十进制计数制中，是根据“逢十进一”的原则进行计数的。它的数值是由数码 0、1、2……8、9 来表示的。数码所处的位置不同，代表数的大小也不同。从右面起的第一位是个位，第二位是十位，第三位是百位，第四位是千位，……“个、十、百、千……”在数学上叫做“位权”或“权”。每一位上的数码与该位“位权”的乘积表示了该位数值的大小。十进制中的 10 称为基数。也就是基数为 10 的进位计数制是按“逢十进一”的原则进行计数。

在微机中，常用的是十进制，二进制，十六进制和八进制，其中二进制用得最为广泛，八进制很少用。

1.3.2 进位计数制的表示方法

在十进制计数制中，251.34 可表示为：

$$251.34 = 2 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 1 \times 10^0 + 3 \times 10^{-1} + 4 \times 10^{-2}$$

在二进制中，只有 0、1 两种数码，采用“逢二进一”的原则进行计数。基数为 2。例如，二进制数 $101.11 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2}$

在十六进制中，有 0、1、2、...9、A、B、C、D、E、F 十六种数码，采用“逢十六进一”的原则进行计数，基数为 16。例如，十六进制数 2B4.E2 可以表示为：

$$2B4.E2 = 2 \times 16^2 + 11 \times 16^1 + 4 \times 16^0 + 14 \times 16^{-1} + 2 \times 16^{-2}$$

在八进制中，有 0、1、2、...7 八种数码，采用“逢八进一”的原则进行计数，基数为 8。例如，八进制数 237.4 可以表示为：

$$237.4 = 2 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 7 \times 8^0 + 4 \times 8^{-1}$$

为了区别各种进制的表示方法，十进制、二进制、八进制、十六进制分别用英文字母 D、B、Q、H 或下称 10、2、8、16 表示。而十进制均可省略。例如，251.34D、101.11B、237.4Q、2B4.E2H 或 (251.34) 10、(101.11) 2、(237.4) 8、(2B4.E2) 16，十进制数也可写为 251.34。

我们把常用的几种进位计数制表示数的方法列于表 1-2 中。

表 1-2 常用进位计数制表示数的方法

十进制	二进制	十六进制	八进制
0	0000	0	0
1	0001	1	1
2	0010	2	2
3	0011	3	3
4	0100	4	4
5	0101	5	5
6	0110	6	6
7	0111	7	7
8	1000	8	10
9	1001	9	11
10	1010	A	12
11	1011	B	13
12	1100	C	14
13	1101	D	15
14	1110	E	16
15	1111	F	17
16	10000	10	20

1.3.3 不同进位计数制之间转换

转换原则：不同进位计数制之间的转换是根据两个有理数若相等，则两数的整数部分和小数部分一定分别相等的原则而进行的。这样就可将一个数的整数部分和小数部分进行分别转换。

一、十进制数与二进制数之间的转换

(1) 十进制整数转换成二进制整数 十进制整数转换成二进制整数通常采用除 2 取余