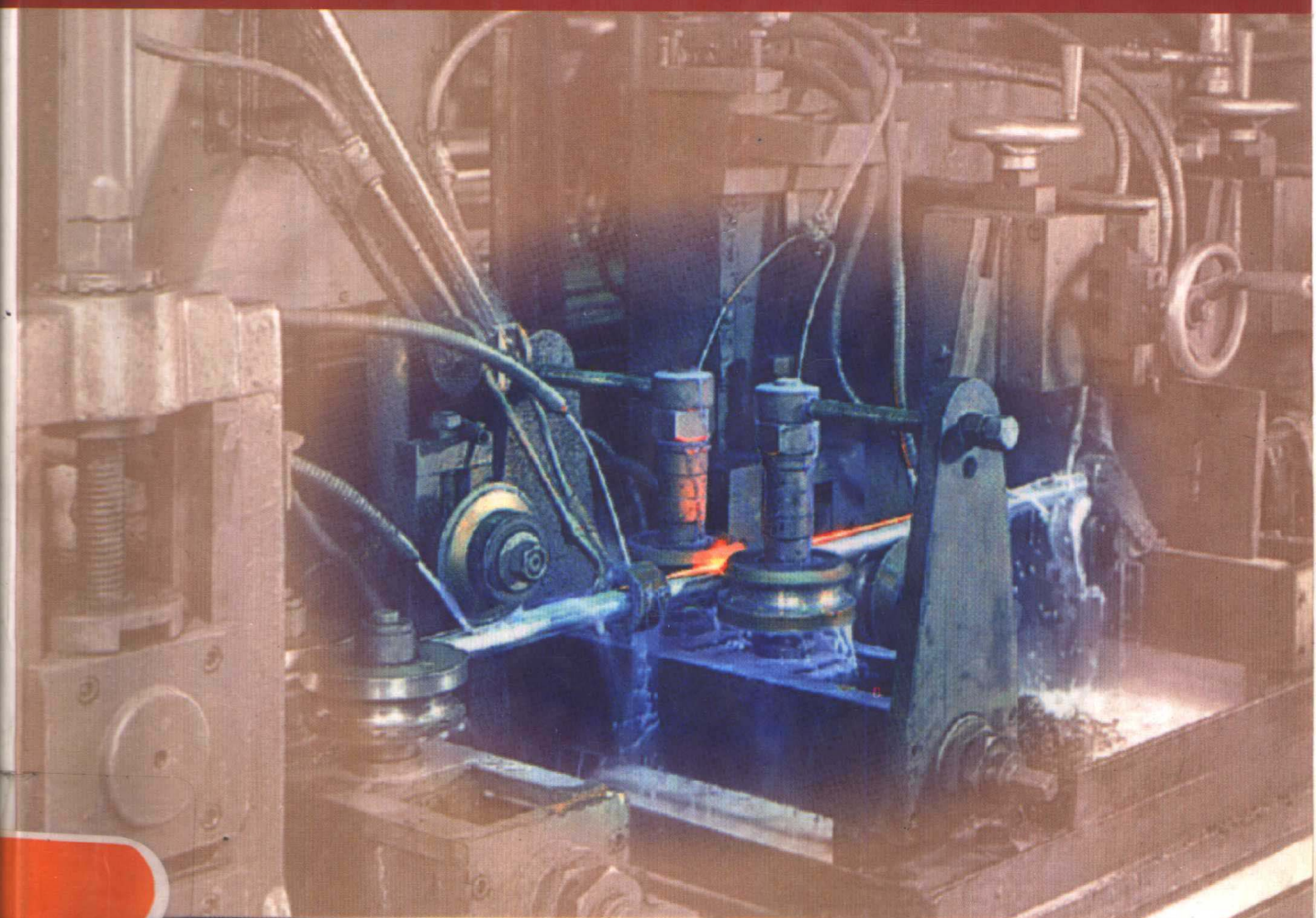


教育部规划教材
中等职业学校机械专业
(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

单片机与可编程控制器

全国中等职业学校机械专业教材编写组 编

朱家建 主编



高等教育出版社

—TP368.1
2531

教育部规划教材

中等职业学校机械专业

(含岗位培训 行业中级技术工人等级考核)

单片机与可编程控制器

全国中等职业学校机械专业教材编写组 编

朱家建 主编

高等教育出版社

(京) 112 号

内 容 简 介

本书是教育部职业技术教育司组织编写的全国中等职业学校机械类专业教材,是教育部规划教材。

本书以我国广泛使用的 MCS-51 系列 8 位单片微机和 F1 系列可编程控制器为对象,介绍了它们的内部结构、工作原理、指令系统和编程方法,重点介绍了单片机的实用接口技术以及可编程控制器在工业控制系统中的应用,同时还介绍了它们之间的实用通信技术,为构成多种工业生产过程控制系统奠定了基础。

本书参照劳动部颁发的中级技术工人等级标准及职业技能鉴定规范,结合中等专业学校、职业学校特点编写,可以作为中等专业学校、中等职业学校机械类专业、机电一体化专业教材,也可作为机械行业的技术人员岗位培训教材及自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机与可编程控制器/朱家建主编. —北京:高等教育出版社,1998.8
ISBN 7-04-006560-6

I. 单… II. 朱… III. ①可编程序控制器—基本知识
②单片式计算机—基本知识 IV. TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 11509 号

*

高等教育出版社出版

北京沙滩后街 55 号

邮政编码:100009 传真:64014048 电话:64054588

新华书店总店北京发行所发行

中国科学院印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 31.5 字数 780 000

1998 年 8 月第 1 版 1998 年 8 月第 1 次印刷

印数 0 001—10 123

定价 35.80 元

凡购买高等教育出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页等
质量问题者,请与当地图书销售部门联系调换

版权所有,不得翻印

前 言

本书是根据江苏省教育委员会 1997 年制定的中等专业学校和职业学校机电一体化专业教学计划及“单片机与可编程控制器”课程教学大纲编写的,同时并入中等职业学校机械类专业教育部规划教材。

单片微型计算机(简称单片机)是在一块芯片内集成了计算机各种主要功能器件所构成的一种微型计算机;可编程控制器(简称 PC)是一种以单片机或微处理器为核心,综合了计算机技术、自动控制技术和通信技术的新型的、通用的自动控制装置。它们具有功能强、结构简单、可靠性高、体积小、使用方便等优点,因此在工业自动化控制、通信、机器人、机电一体化技术等领域中应用越来越广泛。本书以 MCS-51 系列 8 位单片机和 F1 系列可编程控制器为主要对象,较详细地介绍了它们的结构、工作原理、指令系统及控制系统。同时,从实用出发,对单片机在工业自动化控制领域中的各种接口技术及可编程控制器的应用作了较为系统的介绍。本书的文字通顺易懂,内容由浅入深、循序渐进,力求概念清楚、重点突出、分析透彻、自成体系。

本书根据教学大纲的要求,教学时数建议不少于 150 学时,其中第一篇约为 92 学时,第二篇约为 58 学时,具体教学时数的分配,可参考下表。

内容	建议学时数	内容	建议学时数
第一章	4	第九章	8
第二章	14	第十章	2
第三章	16	第十一章	20
第四章	14	第十二章	2
第五章	6	第十三章	8
第六章	32	第十四章	5
第七章	6	第十五章	8
第八章	2	第十六章	3

本书由南京机电学校朱家建任主编。其中,朱家建编写了第一章至第七章,无锡机械制造学校吴宜平编写了第八、十、十一、十二、十六章,常州机械学校赵红顺编写了第九、十三、十四、十五章。全书由常州轻工业学校吴国经副教授审稿。在此谨向在编写过程中给予过大力帮助的有关同志致以深深的谢意。

由于编者水平有限,书中难免存有错漏,恳请读者批评指正。

编 者

1998 年 2 月

责任编辑	韦晓阳		
封面设计	李卫青		
责任绘图	陈钧元	潘曙光	孟庆祥
版式设计	马静如		
责任校对	康晓燕		
责任印制	宋克学		

目 录

第一篇 单 片 机

第一章 微型计算机基础	1
第一节 微型计算机的硬件组成及工作原理	1
第二节 Intel 系列单片机简介	5
第三节 半导体存储器简介	8
思考与练习	10
第二章 MCS-51 系列单片机的硬件结构	11
第一节 基本结构与引脚功能	11
第二节 存储器配置	17
第三节 时钟、复位电路与时序	19
第四节 定时器/计数器	24
第五节 中断系统	29
第六节 并行输入输出(I/O)端口	35
思考与练习	39
第三章 MCS-51 的指令系统	40
第一节 指令格式和寻址方式	40
第二节 指令系统	44
第三节 程序设计基础	61
思考与练习	83
第四章 MCS-51 的系统扩展技术	85
第一节 片外三总线的扩展	85
第二节 程序存储器的扩展	88
第三节 数据存储器的扩展	95
第四节 定时器/计数器的扩展	105
第五节 I/O 口的扩展	111
第六节 外部中断源的扩展	131
思考与练习	137
第五章 MCS-51 串行输入/输出	139
第一节 串行通信基础	139
第二节 MCS-51 的串行接口	143
第三节 串行口工作方式	145
第四节 串行口的应用与编程	150

第五节 串行口的扩展	164
思考与练习	172
第六章 MCS-51 的输入/输出接口技术	173
第一节 单片机应用系统 I/O 接口技术概述	173
第二节 MCS-51 的 I/O 接口设计基本方法	178
第三节 键盘接口技术	181
第四节 显示器接口技术	194
第五节 微型打印机接口技术	226
第六节 拨盘开关接口技术	239
第七节 高电压、大电流负载接口技术	244
第八节 A/D、D/A 转换器接口技术	251
第九节 RS-232C 串行通信标准接口的连接	274
思考与练习	282
第七章 MCS-51 单片机应用实例	284
第一节 单片机应用系统开发的原则与方法	284
第二节 八路温度巡回检测系统	287
第三节 电机转速测量和控制系统	289
第四节 16×64 点阵 LED 汉字显示屏	291
思考与练习	304

第二篇 可编程控制器

第八章 可编程控制器概述	305
第一节 PC 的定义及其与微型计算机的关系	305
第二节 PC 的发展过程与特点	306
第三节 PC 的应用范围	308
思考与练习	309
第九章 PC 的结构与工作原理	310
第一节 PC 的基本配置	310
第二节 PC 的工作原理	314

第三节 PC 的性能指标	319	第一节 PC 应用的设计步骤	417
第四节 PC 与其它工业控制系统的比较	323	第二节 PC 的选型和硬件配置	417
思考与练习	324	第三节 PC 应用程序的设计方法	419
第十章 常见 PC 性能简介	325	第四节 设备故障的检测与显示	423
第一节 几种常见 PC 的性能	325	第五节 I/O 的合理使用	426
第二节 F1、FX 系列 PC 性能简介	326	第六节 PC 控制系统可靠性的提高	429
第三节 C 系列 PC 性能简介	332	思考与练习	431
思考与练习	335	第十四章 PC 的安装与维护	434
第十一章 F1 系列 PC 的指令系统		第一节 PC 的安装	434
与编程方法	337	第二节 ROM 写入器的正确使用	438
第一节 PC 常用的编程语言	337	第三节 PC 系统的试运行	440
第二节 F1 系列 PC 内部各编程元件及		第四节 PC 的维护和保养	441
其功能	338	思考与练习	442
第三节 基本指令及编程方法	345	第十五章 PC 在工业控制中的应用	443
第四节 基本指令应用实例	357	第一节 PC 在工业电机控制中的应用	443
第五节 功能图与步进指令	362	第二节 PC 在电镀生产线中的应用	449
第六节 功能指令及编程方法	370	第三节 PC 在注塑成型机上的应用	455
第七节 几种常见 PC 指令系统的比较	396	第四节 PC 在机械手操作中的应用	458
思考与练习	398	思考与练习	465
第十二章 编程器及其使用	403	第十六章 PC 网络及通信	468
第一节 编程器概述	403	第一节 PC 与计算机通信	468
第二节 便携式编程器	403	第二节 PC 网络	471
第三节 便携式编程器的使用	405	第三节 MAP 简介	489
第四节 监控操作	413	思考与练习	491
思考与练习	416	附录 MCS-51 指令表	492
第十三章 PC 控制系统的设计方法	417	参考文献	497

第一篇 单片机

本篇主要介绍 MCS-51 系列单片机的基本知识、硬件结构、基本工作原理、指令系统以及程序设计的基本方法;重点介绍 MCS-51 系列单片机的系统扩展技术、各种接口技术以及在工业自动化控制中的实际应用。同时也是学习第二篇“可编程控制器”的基础。

第一章 微型计算机基础

本章主要介绍微型计算机的硬件组成、基本工作过程以及 Intel 系列单片机,为进一步学习 MCS-51 系列单片机的应用奠定必要的知识基础。

第一节 微型计算机的硬件组成及工作原理

自世界上第一台电子数字计算机(ENIAC)1946 年在美国宾希法尼亚大学问世以来,随着大规模集成电路制造技术的不断发展,将计算机的运算器与控制器集成在一块芯片上而形成的中央处理单元(CPU)——微处理器(Microprocessor)也处在不断更新和发展之中。

以微处理器为主要核心器件的微型计算机,自 1971 年以来也先后经历了由第一代(4 位和低档 8 位微处理器)、第二代(8 位微处理器)、第三代(16 位微处理器)和第四代(32 位微处理器)的发展过程。微型计算机的迅速发展,使得它的应用从人造卫星,到日常生活用品;从科学计算到儿童玩具,无处不留下它的踪迹,并显示出越来越广阔的应用前景。

一、微处理器、微型计算机、微型计算机系统的基本概念

1. 微处理器(CPU)

CPU 又称中央处理单元,一般由以下两部分组成:

- (1) 算术逻辑运算单元(ALU) 又称运算器,主要用于数据的算术运算和逻辑运算。
- (2) 控制单元(CU) 又称控制器,主要是使微型计算机各组成部分按照程序给出的命令以一定的节拍有条不紊地进行工作。

微处理器现在都以单一芯片的形式出现,它是微型计算机的核心部件。

2. 微型计算机

主要由微处理器、内部存储器以及输入/输出接口等部件组成,具有数据处理、程序存储和与外部设备进行信息交换的功能。如果将具有这三种功能的电路集成在一块芯片上,就可构成单片微型计算机;组装在一块印刷电路板上,就可构成单板微型计算机;组装在一台机器内,再配上

电源及其它相关的部件,就成为微型计算机。

3. 微型计算机系统

在微型计算机的硬件基础上,再配置系统软件和必要的外设,即成为微型计算机系统。因此,一个完整的微型计算机系统应由软件和硬件两大部分组成。人们习惯上提到的“微机”,一般都是指微型计算机系统。

尽管目前微型计算机系列繁多,档次也不相同,内部结构也各有所异,但就其内部的基本部件和基本工作过程而言,仍然是十分相似的。因此,可以通过了解微型计算机最基本的硬件组成和工作过程,作为学习单片微型计算机的基础。

二、硬件组成

微型计算机的内部基本硬件结构框图如图 1-1 所示,它包括微处理器、存储器、三总线和输入/输出接口电路等四个部分,一个完整的微型计算机硬件系统还包括总线外部设备等。

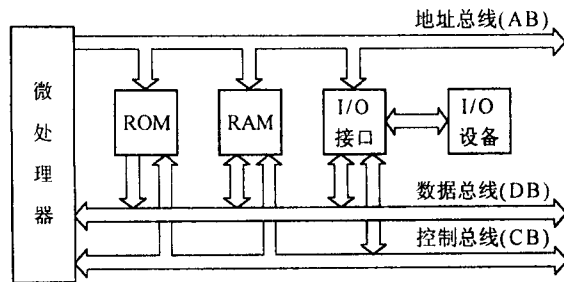


图 1-1 微型计算机的内部基本硬件结构框图

1. 微处理器

运算器可以进行两数的加、减、加 1、减 1 等算术运算,两数的相与、相或、异或等逻辑运算,以及数据的循环移位等操作。

控制器主要用于控制微型计算机的各组成部分,根据给定的程序去分析和执行程序指令,进行各种操作,协调各部件之间的相互关系,使微型计算机按照一定的节拍,有条不紊地进行工作。

2. 存储器

存储器是用来存放程序和数据的装置。根据它与微处理器的连接关系,可分为内部存储器和外部存储器。内部存储器设在微型计算机内部,用来存放当前要运行的程序和运算所需要的数据,容量较小但存取速度快;外部存储器设在微型计算机外部,用来存放大量当前暂时不直接参与运行的程序和运算的数据,在需要时与内部存储器进行信息的成批传送,其特点是容量大,但存取速度较慢。

根据存储器的存取功能,又可分为随机存储器(RAM)和只读存储器(ROM)。RAM 可以随时写入或读出信息,ROM 中的信息须经一定的方式才能写入,写入的信息一般只能读出而不能随意更改。存储器中的信息通常以字节作为基本单位进行存取。

3. 输入/输出接口

输入/输出接口是微型计算机与外设进行信息交换的通道,是实现微型计算机功能不可缺少的重要部件。因此,输入/输出接口电路一般都按标准化、系列化的要求制成单块芯片。输入/输

出接口电路的主要功能包括:实现外设与微机的连接,协调微机与外设的数据传送速度,进行信号电平的转换、数据交换格式的转换等。

4. 三总线

将微处理器、存储器和输入/输出接口等相对独立的功能部件连接起来进行信息交换的公共通道称为系统总线。系统总线实质上是一组信号传输线的集合,利用它可以减少信息传输线的数量,提高微机系统工作的可靠性与灵活性。系统总线按其传递的信息类型可分为:

(1) 数据总线(DB) 用来实现微处理器、存储器、输入/输出接口之间的数据双向传送。这里所指的数据可以是程序的指令代码,也可以是参与运算的数据。数据总线的宽度(根数)一般与微型计算机的位数相同,如 8 位微机的数据总线有 8 根。

(2) 地址总线(AB) 用来传送由微处理器单向发出的存储器或输入/输出接口的地址码,以选择相应的存储单元和输入/输出接口。地址总线的宽度(根数)决定了微处理器所能寻找的存储单元数量(即寻址范围)。对于 8 位微机,地址总线一般有 16 根,可以寻址 $2^{16} = 65\,536$ 个存储单元(即 64KB 存储单元,其中 1KB=1 024 个存储单元)。

(3) 控制总线(CB) 它给出微机中各个部分协调进行工作的定时信号和控制信号,保证正确执行程序指令时所要求的各种操作。控制总线传送的信号中,有微处理器发出的存储器和输入/输出接口的读写操作控制信号以及对外设的应答信号,也有其它部件输入给微处理器的复位、中断请求、总线请求等信号。控制总线的宽度(根数)因机型而异。

三、基本工作原理和工作过程

1. 基本工作原理

每个微处理器都有自己的指令系统(即指令的集合),而每条指令一般由指令操作码(规定指令的操作类型)和操作数(规定指令的操作对象)两部分组成。用户可根据要完成的任务,结合所用的微机指令系统(也可采用不受微机机型限制的高级语言)先进行编程,然后再通过输入设备(如键盘)将编制好的程序顺序送入存储器中连续的存储单元中。因此,在运行程序时,只要将该程序在存储器中起始存储单元的地址送入微处理器中的程序计数器(PC),微处理器就能根据此地址找到对应的存储单元,取出存放在其中的指令操作码送入微处理器中的指令寄存器(IR),再通过指令译码器(ID)对操作码进行译码,并由微操作控制电路发出相应的微操作控制脉冲序列,为下一步进行对操作数或操作码的操作做好必要的准备。若该指令为非转移类指令,则 PC 自动加 1,形成下一个存储单元的地址。如此不断重复上述过程,直至执行到最后一条指令为止,这就是微型计算机的基本工作原理。

2. 基本工作过程

根据以上的内容可知,微型计算机的基本工作过程就是执行程序的过程,而程序的执行过程又可以分解为取指令、分析指令、执行指令和为取下一条指令作准备的连续操作过程。下面以 8 位模型机(即从实际 8 位微机中抽象出来、结构简单但又具有微机基本功能的微型机)为例,结合一段简单程序(用模型机的指令系统编程)的执行过程来介绍微型机的基本工作过程。8 位模型机的结构逻辑框图如图 1-2 所示,其中,A 为累加寄存器(用来存放参与运算的一个操作数以及运算后的结果),TMP 为暂存寄存器(用来存放参与运算的另一个操作数),F 为标志寄存器(用来保存 ALU 最近一次运算时所产生的各种条件标志),CON 为微操作控制电路(控制器),AR

- ② PC 送出 00H 后,自动加 1 形成 01H 并存放在 PC 中;
- ③ 00H 经 AR 送往地址总线 AB,经存储器中地址译码器译码选中 00H 单元;
- ④ CPU 向存储器发出读信号;
- ⑤ 00H 单元中的内容(3EH)被送到数据总线 DB 上,再送往 CPU 中的数据寄存器;
- ⑥ 由于第一条指令第一个字节的内容是操作码,所以 DR 将其送至指令寄存器 IR,经指令译码器 ID 译码,由控制器 CON 发出执行这条指令操作的各种控制信号。

(2) 取第一条指令的第二个字节(取指令操作数):

- ①~⑤ 按上所述方式进行;
- ⑥ 按指令要求将 01H 单元中的内容 05H 送至 A。

(3) 取第二条指令的第一个字节(取指令操作码):

- ①~⑤ 按上所述方式进行;
- ⑥ 按指令要求,读出存储器 02H 单元中的内容 C6H 送往 IR,经 ID 译码后由 CON 发出相关的控制信号。

(4) 取第二条指令的第二个字节(取指令操作数):

- ①~⑤ 按上所述方式进行;
- ⑥ 按指令要求,读出存储器 03H 单元中的内容 03H,经暂存寄存器 TMP 由 ALU 输入端 I_2 进入 ALU,A 中的 05H 由 I_1 端进入 ALU,进行加法运算;

⑦ 将 5+3 的结果送回到 A。

(5) 取第三条指令(取指令操作码):

①~⑥ 如前所述,按指令功能暂停操作。

综上所述,微机的基本工作过程,就是 CPU 自动地从程序存放的第一个存储单元起逐条取出指令、分析指令,按指令操作码规定的操作类型、操作数指定的操作对象执行指令规定的有关操作。如此重复,周而复始,直至执行完程序的所有指令,实现程序的基本功能。

第二节 Intel 系列单片机简介

在我国引进的单片微型计算机系列中,美国 Intel 公司的单片机产品占主导地位,其主要代表系列是 MCS-48、MCS-51 和 MCS-96 等。

一、MCS-48 系列单片机

MCS-48 系列单片机是 Intel 公司 1976 年以后陆续开发出来的第一代 8 位单片机系列产品,它拥有丰富的指令系统,共有 96 条指令,其中 70% 为单字节指令,其余为双字节指令。每个机器周期为 $2.5\mu\text{s}$,所有指令的执行时间约为 1~2 个机器周期。

MCS-48 系列单片机的典型产品是 8048 型单片机,在其 40 个引脚的大规模集成电路芯片中集成有:8 位 CPU,1KB 字节程序存储器,64 字节数据存储器,一个 8 位定时器/计数器,4KB 字节片外程序存储器空间和 256 字节片外数据存储器空间,27 根输入/输出线等。

MCS-48 系列单片机及其主要特性如表 1-1 所示。

表 1-1 MCS-48 系列单片机主要特性表

型号	片外存储器(字节)		I/O 线	定时器/计数器	片外寻址空间(字节)	
	程序存储器	数据存储器			程序存储器	数据存储器
8048	1K ROM	64 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8748	1K EPROM	64 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8035	无	64 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8049	2K ROM	128 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8749	2K EPROM	128 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8039	无	128 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8050	4K ROM	256 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8750	4K EPROM	256 RAM	27	1 个 8 位	4K	256
8040	无	256 RAM	27	1 个 8 位	4K	256

二、MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机属于 8 位高档单片机,它在 MCS-48 系列单片机基础上,扩大了片内存储器容量、片外寻址空间、并行输入/输出(I/O)接口,增加了全双工串行 I/O 口、中断源、中断优先级处理、指令及寻址功能、乘、除法运算和位操作,特别是它的布尔(位)处理器,对于处理实时逻辑控制具有突出的优点。

MCS-51 系列单片机的典型产品是 8051 型单片机,其芯片内部集成有:8 位 CPU,4K 字节片内程序存储器,256 字节片内数据存储器,64K 字节片外程序、数据存储器空间,32 根 I/O 口线,1 个全双工串行接口,2 个 16 位定时器/计数器,5 个中断源和 2 个中断优先级。

MCS-51 系列单片机一般采用 HMOS(8051)和 CHMOS(80C51)两种工艺制造,但这两种单片机完全兼容。MCS-51 系列单片机主要特性见表 1-2。

表 1-2 MCS-51 系列单片机主要特性表

型号	片内存储器(字节)		I/O 线	定时器/计数器	片外寻址空间(字节)		串行通信
	程序存储器	数据存储器			程序存储器	数据存储器	
8051	4K ROM	128 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UTAR
8751	4K ROM	128 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UTAR
8031	无	128 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UTAR
80C51	4K ROM	128 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UTAR
80C31	无	128 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UTAR
8052	8K ROM	256 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UTAR
8032	无	256 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	UTAR
8044	4K ROM	192 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	SDLC
8744	4K EPROM	192 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	SDLC
8344	无	192 RAM	32	2 个 16 位	64K	64K	SDLC

三、MCS-96 系列单片机

MCS-96 系列是 Intel 公司推出的 16 位高性能单片机,与前面介绍过的 MCS-48 系列和 MCS-51 系列单片机相比,它有两个显著的特点:第一,集成度高。它除了内部具有常规的 I/O

口、定时器/计数器、全双工串行口外,还具有高速 I/O 部件、多路 A/D 转换、脉宽调制输出及监视定时器。第二,运算速度快。它具有丰富的指令系统、先进的寻址方式和带符号运算功能,不但可以对字或字节操作,还可以进行带符号或不带符号数的乘除运算。

MCS-96 系列单片机的典型产品是 8096、8397,其芯片内部集成有:16 位 CPU,8K 字节程序存储器,232 字节数据存储器,8 路具有采样保持的 10 位 A/D 转换器,40 根 I/O 线,20 个中断源,专用串行口波特率发生器,2 个 16 位定时器/计数器,4 个 16 位软件定时器,高速 I/O 子系统和 16 位定时监视器。

MCS-96 系列单片机的主要特性如表 1-3 所示。

表 1-3 MCS-96 系列单片机主要特性表

型号	片内存储器(字节)		I/O 线	定时器/计数器	片外寻址空间(字节)	串行通信	A/D 转换
	程序存储器	数据存储器					
8094	无	232 RAM	32	2 个 16 位	64K	UTAR	无
8795	无	232 RAM	32	2 个 16 位	64K	UTAR	4 路 10 位
8096	无	232 RAM	48	2 个 16 位	64K	UTAR	无
8097	无	232 RAM	48	2 个 16 位	64K	UTAR	4 路 10 位
8394	8K	232 RAM	32	2 个 16 位	64K	UTAR	无
8395	8K	232 RAM	32	2 个 16 位	64K	UTAR	4 路 10 位
8396	8K	232 RAM	48	2 个 16 位	64K	UTAR	无
8397	8K	232 RAM	48	2 个 16 位	64K	UTAR	8 路 10 位

由于 MCS-48 系列单片机目前在性能/价格比上已没有明显的优势,除在老系统中具有一定的市场外,已逐步被高档 8 位机 MCS-51 系列所取代,MCS-96 系列单片机由于价格偏高等原因,目前在国内市场还未广泛应用。因此,MCS-51 系列单片机在国内已获广泛使用,本书将以此机型为例介绍。

四、单片机的应用领域

由于单片机具有体积小、成本低、可靠性高、抗干扰能力强、应用灵活、开发效率高、易于被产品化等特点,使其具有很强的面向控制的能力,在工业自动化控制、智能化仪表、家用电器、机器人、军事装置等方面获得了广泛的应用。

单片机的应用领域主要有以下几个方面:

- (1) 工业控制方面:电机控制、工业机器人、过程控制、数字控制、智能化传感器等。
- (2) 仪器、仪表智能化方面:数字化仪表、智能仪器、医疗器械及仪器、示波器等。
- (3) 民用方面:电子玩具、录像机、激光唱机、激光视盘机、照相机等。
- (4) 通信方面:移动电话、调制解调器、程控交换技术等。
- (5) 航空航天技术方面:航天飞机导航系统、导弹制导、智能武器装置等。
- (6) 数据处理方面:数据采集与监测系统、磁盘(带)机、打印机、复印机等。
- (7) 交通运输方面:汽车的点火控制、变速器控制、排气控制、防滑刹车、交通指挥信号系统等。

等。

第三节 半导体存储器简介

在微型计算机中,目前广泛使用的是半导体存储器,特别是随着微电子技术和大规模集成电路制造技术的发展,使得半导体存储器的存取速度和集成度等有了很大提高。在现代微型计算机系统中,存储器系统实际上是由内部存储器和外部存储器这两种形式组成的。外部存储器主要是各种大容量的磁盘存储器、光盘存储器等;内部存储器主要是能与 CPU 直接进行数据交换的半导体存储器。在微型计算机运行时,外部存储器中的信息必须先被调入内部存储器,才能被 CPU 处理。

一、半导体存储器的分类

半导体存储器的分类如图 1-3 所示,按其可读写功能可分为只读存储器(ROM)和随机存储器(RAM)两类;从制造工艺上,可分为双极型晶体管电路存储器和 MOS 电路存储器两种。由

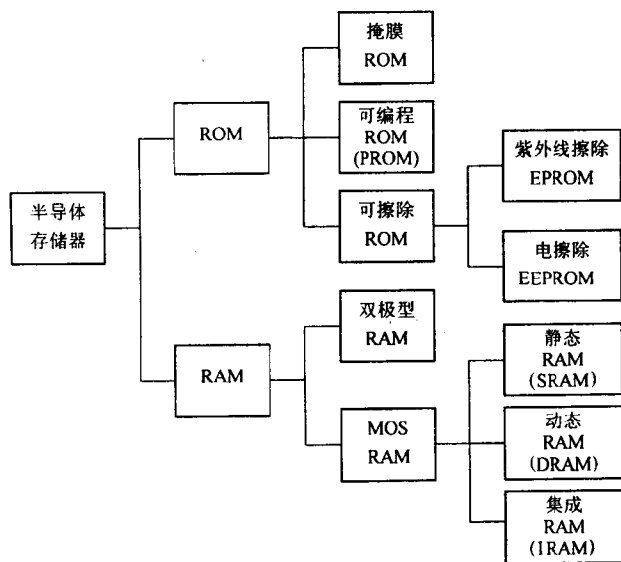


图 1-3 半导体存储器分类图

于双极型存储器是以晶体管触发器作为基本存储电路,故存取速度快,但因其结构复杂,集成度低,功耗大,成本高,所以主要被用于要求速度很高的小容量高速存储器中,一般系统较少采用。

1. 只读存储器(ROM)

存储在 ROM 中的信息只能被读取,不能修改,即使系统断电,ROM 中的内容也不会丢失。因此,这种存储器适用于存放各种固定的系统程序、应用程序和表格常数等。

按不同的制造工艺,ROM 可分为以下几种:

(1) 掩膜 ROM 它存储在 ROM 中的信息是在生产过程中用“掩膜”技术固化在 ROM 芯片中的,此后便不能被改变。

(2) 可编程 ROM(PROM) PROM 中的信息是由用户用特定的方法将自己所需信息写入其中,但只能写入一次,以后再也不能改变。

(3) 可擦除 ROM 根据可擦除 ROM 的擦除方法不同,可分为下述两种:

① 紫外线擦除、电可编程 ROM(EPROM) 它允许用户对已写入的信息用紫外线照射器件上的窗口来擦除,然后再重新写入。

② 电擦除、电改写 ROM(EEPROM) 它允许用户利用片外的 +5V 电压擦除已存入的信息,并可重新进行在线改写。

2. 随机存储器(RAM)

存放在随机存储器中的内容可随时进行读/写操作,但在系统断电后,其中的内容将丢失。

随机存储器按其信息保存的方式可分为以下三类:

(1) 静态 RAM(SRAM) 存储在 SRAM 中的信息在加电工作期间不会丢失,除非对其进行改写操作。

(2) 动态 RAM(DRAM) 存储在 DRAM 中的信息在加电工作期间超过一定时间(一般为 2ms)时,存放在其中的信息便会自动丢失。因此,对这类存储器中存储的信息,必须每隔一定的时间间隔利用另外设置的刷新电路进行一次重写(刷新)。

(3) 集成 RAM(IRAM) 它是一种能自动完成对存储在其中的信息进行周期性刷新的随机存储器。

DRAM 与 SRAM 相比,具有集成度高、功耗低、价格低等优点,但需另外设置专用的刷新电路。因此,它与 CPU 的连接比 SRAM 复杂。当微机系统需要的内存容量较少时(几千个字节至几万个字节),常采用 SRAM。这样既可省去一套刷新电路,又可减小存储器部分的体积,便于组合成工业自动化控制器件和装置,在单片机应用系统中更显得方便和实用。

二、半导体存储器中的常用术语和主要参数

1. 常用术语

(1) 位(Bit) 位是计算机中所能表示的最基本和最小的数据单位。由于在计算机中使用的都是二进制数,因此,位就是指一个二进制位。

(2) 字节(Byte) 相邻的 8 位二进制数码称为一个字节,即 1Byte=8bit,也可以说一个字节的长度是 8 位。16 位二进制数便是 2 个字节。在微型计算机中,通常数据都是以字节为单位存放的。因此,往往用字节来表示存储容量。如 1 024 个字节称为 1KB,1 024KB 称为 1MB 等。

(3) 字(Word)和字长 字是计算机内部进行数据处理的基本单位。它由若干位二进制数码组成,通常与计算机内部的寄存器、运算器、数据总线的宽度相一致。每个字所包含的二进制数码的位数称为字长。8 位二进制数码称为一个字节,两个字节定义为一个字,32 位的二进制数码定义为一个双字。不同类型的微型计算机有不同的字长,如 MCS-51 系列单片机是 8 位机,字长为 8 位;以 80586 为微处理器的是 32 位机,字长为 32 位。

2. 主要参数

(1) 存储容量 存储器的存储容量用来表示可存放二进制数据量的多少,存储容量越大,其存储的数据就越多。一块存储器芯片的存储容量通常用存储单元数与每个存储单元的基本存储元数来表示。如某块存储器芯片的存储容量为 $1\,024 \times 4$,则表示该芯片中有 1 024 个存储单元,每个存储单元有 4 个基本存储元(即每个存储单元可存放 4 位二进制代码)。

(2) 存取周期 存取周期是指内部存储器从接收到由 CPU 送来的要寻找的存储单元地址

开始,到取出或存入1个字节数据所需要的时间。因此,它是表示存储器工作速度的重要指标。MOS型存储器的存取周期约为100~300ns。

(3) 功耗 存储器芯片的功耗可分为工作功耗和维持功耗。工作功耗是指存储器芯片被选通进行读/写时的功耗,而维持功耗是指存储器芯片未被选通而仅维持已存储信息时的功耗。功耗的单位一般表示为mW/芯片。

三、半导体存储器芯片容量的计算

存储器芯片包含有一定数量的存储单元,为了区别这些存储单元,需要给每个存储单元编号(即地址)。当CPU要对某个存储单元进行数据读写操作时,应先由CPU通过地址总线送出要寻找的存储单元地址,然后再进行数据读写操作。例如,某块存储器芯片中有8个字节的存储单元,则此8个存储单元应该有8个不同的地址(用二进制或十六进制表示):000B、001B、010B、011B、100B、101B、110B、111B(B表示二进制数)。当CPU对此芯片进行数据操作时,它只需要3根地址线来传送三位二进制地址,就可以通过8根数据总线与这8个存储单元中的任何一个进行数据操作。由此可见,存储器芯片的存储容量大小决定了与之相连的地址总线的根数,其中每个存储单元含有的基本存储元数决定了与之相连的数据总线的根数。反之,如果已知和某个存储器芯片相连的地址总线、数据总线的根数,则可知道该芯片的存储容量和每个存储单元的基本存储元数(即每个存储单元可存放的二进制数的位数)。例如,EPROM27256(紫外线擦除、电可编程ROM)芯片,在某一微机系统中与之相连的地址线有15根,数据线有8根,则该芯片的存储容量为 $2^{15} \times 8$,即存储容量为32K字节。

有些存储器芯片(如SRAM2115)的存储容量表示为 $1K \times 1$,则说明该芯片中有1K字节的存储单元,每个存储单元只有1个基本存储元,只能存放1位二进制代码。因此,在将其和8根数据总线、16根地址总线的微机系统相连时,需要10根地址线和1根数据线;但要将其用于8位微机系统时,要组成1K字节的存储容量,需要8片2114才能组成 $1K \times 8$ 字节的存储器。依此类推,对SRAM2114($2K \times 4$),要用2块芯片,才能组成 $2K \times 8$ 字节的存储器。

思考与练习

- 1-1 微型计算机由哪几个主要部分组成?各具有何种功能?
- 1-2 试解释微处理器、微型计算机、微型计算机系统的基本概念。
- 1-3 Intel公司生产的单片机系列主要有哪些?各系列的区别又是什么?
- 1-4 微型计算机有哪几种总线?其功能各是什么?
- 1-5 简述微型计算机的程序执行过程。
- 1-6 半导体存储器在微型计算机中的作用是什么?RAM、ROM、PROM、EPROM、EEPROM的存取方式和功能各有何特点?
- 1-7 SRAM和DRAM存储的信息会在什么情况下丢失?
- 1-8 某SRAM芯片有10个地址线输入端,1个数据线输入/输出端,试确定该芯片的存储容量?
- 1-9 下列容量的存储器芯片(非DRAM芯片),各需多少根地址线 and 数据线与其相连?要组成 $32K \times 8$ 的存储容量,各需要多少块芯片?
 $2716(2K \times 8)$, $27128(76K \times 8)$, $62256(32K \times 8)$, $2115(1K \times 1)$, $2114(1K \times 4)$
- 1-10 试说明下列名词的含义:字节、字长、位、字。