

普通高等教育机电类规划教材

单片机原理及应用

徐泳龙
倪晓骅

主 编
副主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育机电类规划教材

单片机原理及应用

主 编 徐泳龙

副主编 倪骁骅

参 编 丁 坤 闫 华

主 审 孙 华



机械工业出版社

本书深入浅出、循序渐进、全面系统地从小计算机基础知识开始,介绍了 MCS-51 系列中 52 子系列单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计、中断系统、定时器/计数器、串行接口、存储器的扩展、串行、并行 I/O 接口的扩展、输入/输出设备接口技术等基本原理及应用实例。全书注重理论联系实际,特别注重应用实例的典型性。每章后均附有思考题与习题。

本书为普通高等教育机电类规划教材,可供机械、电力、电子、计算机、自动化等工科专业大学本科使用,也可作为高等专科学校、高等职业技术学院及成人教育的相关专业的教材和从事动态测试、控制和智能仪器仪表等工作的科技人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/徐泳龙主编. —北京:机械工业出版社, 2004.1
普通高等教育机电类规划教材
ISBN 7-111-13444-3

I. 单… II. 徐… III. 单片微型计算机-高等学校:技术学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 106566 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:高文龙 版式设计:张世琴 责任校对:姚培新
封面设计:姚毅 责任印制:闫焱
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2004 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷
1000mm×1400mm B5·8.25 印张·317 千字
定价:20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010) 68993821、88379646
封面无防伪标均为盗版

普通高等教育机电类规划教材编审委员会

主任委员：邱坤荣

副主任委员：黄鹤汀

左健民 高文龙

王晓天 蔡慧官

秘 书：周骥平

委 员：(排名不分先后)

沈世德 周骥平

徐文宽 唐国兴

韩雪清 戴国洪

李纪明 吴建华

鲁屏宇 王 钧

赵连生

序

人类满怀激情刚刚跨入充满机遇与挑战的 21 世纪。这个世纪是经济全球化、科技创新国际化的世纪，是新经济占主导地位的世纪，是科学技术突飞猛进、不断取得新突破的世纪。这个世纪对高等教育办学理念、体制、模式、机制和人才培养等各个方面都提出了全新的要求，培养的人才必须具备新思想新观念、不断创新、善于经营和开拓市场、有团队精神等素质。

机械高等工程教育是我国高等教育的重要组成部分，21 世纪对它的挑战同样是严峻的。随着现代科学技术的迅猛发展，特别是微电子技术、信息技术的发展，它们与机械技术紧密结合，从而形成传统制造技术、信息技术、自动化技术、现代管理技术等相交融、渗透的先进制造技术，使制造业和制造技术的内涵发生了深刻的变化。面向 21 世纪的机械制造业正从以机器为特征的传统技术时代迈向以信息为特征的系统技术时代。制造技术继续沿着 20 世纪 90 年代展开的道路前进。制造技术和自动化水平的高低已成为一个国家或地区经济发展水平的重要标志。而目前我国制造技术与国际先进水平还有较大差距，亟需形成我国独立自主的现代制造技术体系。面对这一深刻的变化和严峻的形势，我们必须认真转变教育思想，坚持以邓小平同志提出的“三个面向”和江泽民同志提出的“四个统一”为指导，以持续发展为主题，以结构优化升级为主线，以改革开放为动力，以全面推进素质教育和改革人才培养模式为重点，以构建新的教学内容和课程体系、深化方法和手段改革为核心，努力培养素质高、应用能力与实践能力强、富有创新精神和特色的应用性的复合型人才。

基于上述时代背景和要求，由国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅（原江苏省教委）、江苏省以及部分省外高等工科院校成立了教材编审委员会，并组织编写了机械工程及自动化专业四个系列成套教材首批 31 本，作为向新世纪的献礼。

这套教材力求具有以下特点：

(1) 科学定位。本套教材主要用于应用性本科人才的培养。

(2) 强调实际、实践、实用，体现“浅、宽、精、新、用”。所谓“浅”，就是要深浅适度；所谓“宽”，就是知识面要宽些；所谓“精”，就是要少而精，不繁琐；所谓“新”，就是要跟踪应用学科前沿，跟踪技术前沿，推陈出新，反映时代要求，反映新理论、新思想、新材料、新技术、新工艺；所谓“用”，就是要理论联系实际，学以致用。

(3) 强调特色。就是要体现一般工科院校的特点、特色,符合一般工科院校的实际教学要求,不盲目追求教材的系统性和完整性。

(4) 以学生为本。本套教材尽量体现以学生为本、以学生为中心的教育思想,不为教而教,要有利于培养学生自学能力和扩展、发展知识能力,为学生今后持续创造性学习打好基础。

当然,本套教材尽管主观上想以新思想、新体系、新面孔出现在读者面前,但由于是一种新的探索以及其他可能尚未认识到的因素,难免有这样那样的缺点甚至错误,敬请广大教师和学生以及其他读者不吝赐教,以便再版时修正和完善。

本套教材的编审和出版得到了国家机械工业局教编室、机械工业出版社、江苏省教育厅以及各主审、主编和参编学校的大力支持和配合,在此,一并表示衷心感谢。

普通高等教育机械工程及自动化专业机电类规划教材编审委员会

主任 邱坤荣

2001年元月于南京

前 言

随着计算机技术的飞速发展和普及,单片机以其体积小、应用灵活、可靠性和性能价格比高等优点,在工业控制、智能仪器仪表、数据采集系统和各种家用电器等诸多领域得到了极为广泛的应用。美国 Intel 公司的 MCS-51 单片机,曾是 8 位单片机中的主流机型,在国内外占有很大的市场份额,应用面非常广。

目前全国大多数工科类各专业开设的单片机方面的课程普遍是以 MCS-51 单片机为主。但不足之处是介绍的内容只是其中的 51 子系列,缺少 52 子系列的内容。根据“普通高等教育机电类规划教材编审委员会”的统一要求,结合目前市场上 52 子系列芯片被广泛应用的实际情况,为了满足教学的实际需要,本书以 MCS-51 单片机中的 52 子系列为主,较详尽地介绍了单片机的工作原理、指令系统、编程方法和接口技术,并提供了大量实用程序和应用实例,这是本书的一个特色。全书在注重完整性和系统性的前提下,坚持少而精的原则,做到深入浅出、通俗易懂。书中十分注重理论联系实际,融合了编者多年的教学和科研经验,力求实用性,让学生能从应用的角度出发,在理论与实践的结合上充分了解单片机的工作原理,建立和掌握单片机系统的整体概念和接口技术,掌握单片机系统设计和开发方面的知识。

本书共分十章,第一章介绍了计算机基础知识,第二、三章分别介绍了 MCS-51 单片机的结构、原理及指令系统,第四章介绍了汇编语言程序设计方法,第五、六、七章重点介绍了中断系统、定时器/计数器和串行口通信,第八、九章分别介绍了存储器和并行 I/O 接口的扩展,第十章介绍了输入/输出设备及接口技术。

本书由南京工程学院徐泳龙任主编,盐城工学院倪骁骅任副主编。其中第一、三、四、十章由徐泳龙编写,第五、六、七章由倪骁骅编写,第八、九章由河海大学丁坤编写,第二章由南京工程学院闫华编写。全书由徐泳龙负责统稿和定稿。

本书由南京工程学院孙华主审,并提出了许多宝贵的意见和建议。本书中部分文稿的文字处理和图稿的绘制得到了沈仪、孙小俐的帮助,在此一并表示衷心感谢!

由于时间仓促,并限于编者的水平和经验,书中疏漏及错误之处在所难免,恳请同行专家和广大读者批评指正。

编 者 于南京

目 录

序

前言

第一章 计算机基础知识	1
第一节 概述	1
第二节 微处理器	4
第三节 存储器	6
第四节 计算机中的数和编码	9
第五节 单片机的发展及应用	15
思考题与习题	21
第二章 MCS-51 单片机的硬件结构	22
第一节 MCS-51 单片机的结构和引脚	22
第二节 中央处理单元 CPU	26
第三节 MCS-51 单片机存储器结构	28
第四节 MCS-51 并行 I/O 端口	36
第五节 时钟和 CPU 时序	41
第六节 复位与节电工作方式	44
思考题与习题	48
第三章 MCS-51 单片机的指令系统	49
第一节 指令系统概述	49
第二节 寻址方式	51
第三节 MCS-51 单片机指令系统	56
思考题与习题	84
第四章 汇编语言程序设计	88
第一节 汇编语言源程序的格式和伪指令	88
第二节 汇编语言源程序汇编	92
第三节 汇编语言程序设计举例	93
思考题与习题	110
第五章 MCS-51 单片机中断系统	112
第一节 中断系统结构	113
第二节 中断的响应	118

思考题与习题	124
第六章 MCS-51 单片机定时器/计数器	125
第一节 定时器/计数器结构和工作方式	125
第二节 定时器/计数器的编程应用举例	134
思考题与习题	139
第七章 MCS-51 单片机串行接口	140
第一节 串行通信的基本概念	140
第二节 MCS-51 串行接口的组成	142
第三节 串行接口的工作方式	145
第四节 多机通信原理	151
第五节 串行接口应用程序举例	152
思考题与习题	163
第八章 MCS-51 单片机存储器的扩展	164
第一节 MCS-51 单片机存储器扩展的概述	164
第二节 程序存储器的扩展	169
第三节 数据存储器的扩展	171
第四节 扩展外部存储器的综合设计举例	174
思考题与习题	174
第九章 MCS-51 单片机并行 I/O 接口的扩展	175
第一节 I/O 接口的扩展	175
第二节 8255A 可编程 I/O 接口设计及扩展技术	177
第三节 8155 可编程接口及扩展技术	184
思考题与习题	190
第十章 输入/输出设备及接口技术	191
第一节 七段 LED 显示器接口技术	191
第二节 键盘接口技术	196
第三节 打印机接口技术	202
第四节 数/模 (D/A) 与模/数 (A/D) 转换电路接口技术	216
第五节 串行通信接口技术	237
思考题与习题	245
附录	247
附录 A ASCII (美国标准信息交换码) 表	247
附录 B MCS-51 单片机指令系统表	248
附录 C MCS-51 单片机系统开发常规流程	251
参考文献	253

第一章 计算机基础知识

第一节 概 述

计算机的发明是 20 世纪最重大的科学技术成就之一，它使人类文明进入了一个崭新的时代，它的应用已进入了社会生活的各个领域，有力地推动了社会的发展。

计算机能在现代社会各个领域起着极其重要的作用，主要是由它的卓越特性决定的：

(1) 高速度 计算机被广泛应用的最重要原因是它能以人所无法比拟的高速度进行信息处理。计算机的运算速度大于每秒几十万次，有些巨型机已达每秒几十亿次。

(2) 高度自动化 计算机能在程序的控制下，无需人的介入，自动地处理信息。

(3) 具有记忆能力 计算机能保存大量的信息，一般计算机能在机内存储几万、几十万、几百万甚至几千万字符的信息。

(4) 具有逻辑判断能力 计算机可进行各种逻辑判断，并根据判断的结果自动决定下一步的工作。

(5) 高精度和高可靠性 用计算机处理得到的结果，数据的有效位数可达十几位，甚至上百位。计算机的可靠性高，可无故障地连续运行数万小时。

自 1946 年出现了世界上第一台计算机以来，电子计算机经历了电子管、晶体管、集成电路、大规模集成电路四代。20 世纪 70 年代出现的由大规模集成电路组成的微型电子计算机，不但保持了计算机的特点，而且体积小、价格低、不需要严格的环境条件，从而开拓了计算机普及的新时代。近年来逐步普及的单片微型计算机，已在一片芯片上集成一台微型计算机，更加

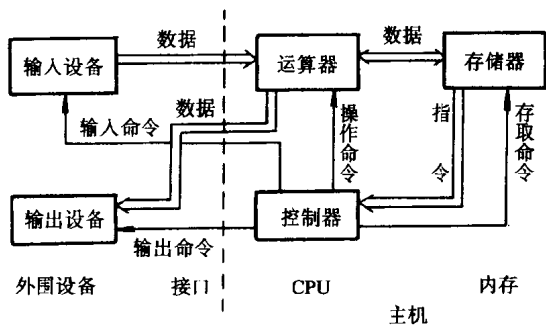


图 1-1 计算机的结构框图

充分地发展了微型计算机的特点。

一、微型计算机的组成

1. 计算机的基本结构

通常计算机的结构框图如图 1-1 所示。它由运算器、控制器、存储器、输入设备及输出设备五大部分组成。

运算器是计算机处理信息的主要部件。控制器产生一系列控制命令，控制计算机各部件自动地、协调一致地工作。存储器是存放数据与程序的部件。输入设备用来输入数据与程序，常用的输入设备有键盘、光电输入机等。输出设备将计算机的处理结果用数字、图形等形式表示出来。常用的输出设备有显示终端、数码管、打印机、绘图仪等。

通常把运算器、控制器、存储器这三部分称为计算机主机，而输入、输出设备则称为计算机的外部设备（简称“外设”）。由于运算器、控制器是计算机处理信息的关键部件，所以常将它们合称为中央处理单元 CPU（Central Processing Unit）。

2. 微型计算机结构

随着大规模集成电路技术的发展，已经把运算器、控制器集成在一块硅片上，成为独立的器件。该芯片称为微处理器或微处理机（Microprocessor），也称 CPU。存储器（Memory）也已经集成为一块块独立的芯片。

微处理器芯片、存储器芯片与输入/输出接口电路芯片（简称 I/O 接口）构成了微型计算机（Micro-Computer），芯片之间用总线（Bus）连接，如图 1-2 所示。

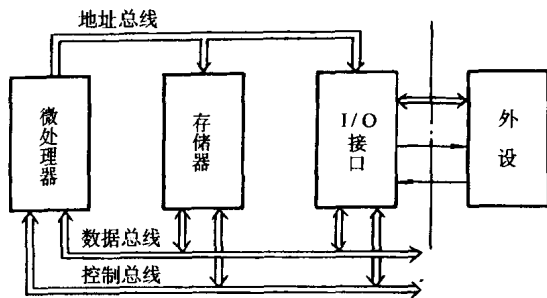


图 1-2 微型计算机的结构框图

(1) 微处理器 微处理器是微型计算机的核心，它通常包括 3 个基本部分：

1) 算术逻辑部件 ALU(Arithmetic Logic Unit) ALU 是对传送到微处理器的数据进行算术运算或逻辑运算的电路，如执行加法、减法运算，逻辑与、逻辑或运算等。

2) 工作寄存器组 CPU 中有多个工作寄存器，用来存放操作数及运算的中间结果等。

3) 控制部件 控制部件包括时钟电路和控制电路。时钟电路产生时钟脉冲，用于计算机各部分电路的同步定时。控制电路产生完成各种操作所需的控制信号。

(2) 存储器 存储器是微型计算机的一个重要组成部分，其功能是存放程序及数据，有了它计算机才具备记忆功能。

(3) 输入/输出接口电路 I/O 接口是沟通 CPU 与外部设备的不可缺少的重要部件。外部设备种类繁多，其运行速度、数据形式、电平等各不相同，常常与 CPU 不一致，所以要用 I/O 接口作桥梁，起到信息转换与协调的作用。例如打印机打印一行字符约需 1s，而计算机输出一行字符仅需 1ms 左右，要使打印机与计算机同步工作，必须采用相应的接口电路芯片来协调和衔接。

(4) 总线 所谓总线，就是在微型计算机各芯片之间或芯片内部各部件之间传输信息的一组公共通信线。图 1-3 表示各芯片之间的一组 8 位数据总线，该数据总线由 8 根传输导线组成，可以在芯片 1, 2, ..., N 之间并行传送 8 位二进制数构成的信息。

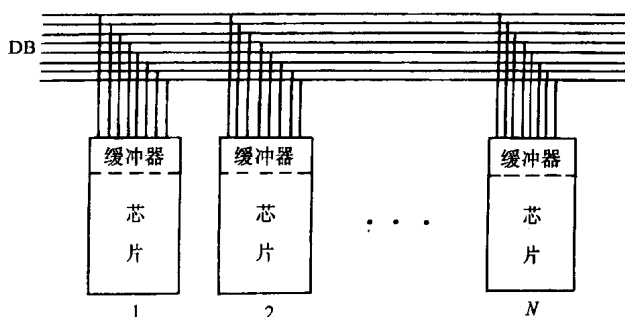


图 1-3 8 位总线

微型计算机采用总线结构后，还可以提高计算机扩展存储器芯片及 I/O 芯片的灵活性。因为挂在总线上的芯片数量原则上是有限制的，需要增加芯片时，只需通过缓冲器挂到总线上就行了。但是，总线一次只能传送一个数据，使计算机的工作速度受到了影响。

很多计算机采用三总线结构：数据总线 DB (Data Bus) 在芯片之间传送数据信息；地址总线 AB (Address Bus) 传送地址信息；控制总线 CB (Control Bus) 传送控制命令。有的计算机用一组总线分时传送地址和数据信息，称为地址/数据分时复用总线。在微处理器内部往往只使用一组总线，称为单总线结构。

微型计算机与外部设备、电源、系统软件一起构成应用系统，称为微型计算机系统。图 1-4 概括了微处理器、微型计算机、微型计算机系统三者的关系。

二、单片微型计算机

如果将微处理器、存储器、I/O 接口电路以及简单的输入、输出设备组装在一块印制电路板上

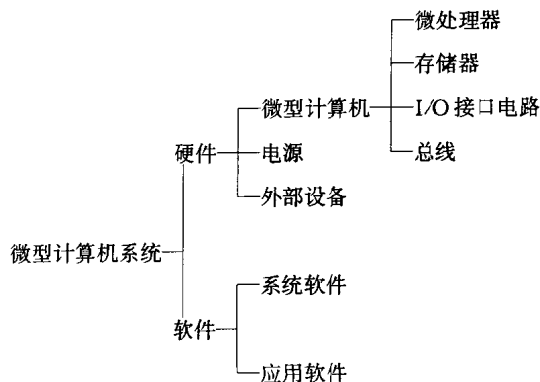


图 1-4 微型计算机系统

上，则称为单板微型计算机，简称单板机。所以，从结构上看，单板机是在一块印制电路板上装配多个集成电路芯片的微型计算机小系统，如 TP801、TP805 等。虽然单板机有诸多不足，如体积大、不灵活、不便安装等缺点，但是，在当时条件下，它对我国推广普及计算机起到过重要作用，它的推广应用有力地推动了我国的技术改造和技术进步。同时，也为后来单片机的广泛应用奠定了基础。

如果将微处理器、存储器和 I/O 接口电路集成在一块芯片上，就称为单片微型计算机，简称单片机。单片机与普通的单板机从工作原理上来说没有本质的区别，两者的不同仅在于物理器件发生了变化。也就是说，单片机是集成在一块集成电路芯片上的计算机。

第二节 微处理器

微处理器是微型计算机的核心。不同型号微处理器的结构有所不同。图 1-5 是典型的 8 位微处理器的结构框图，包括运算器、控制器、工作寄存器组三部分。该微处理器的外部采用三总线结构，内部是单总线结构。

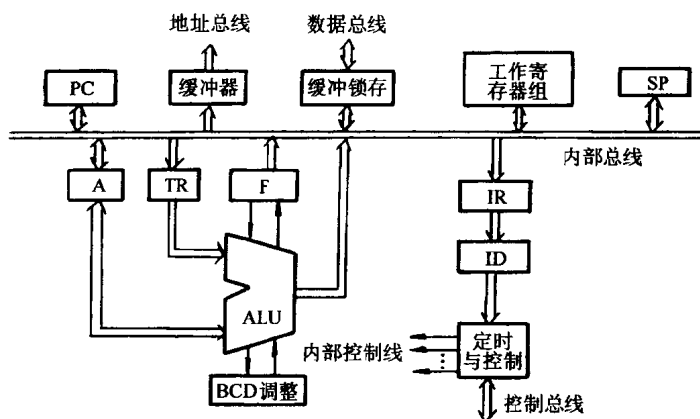


图 1-5 典型微处理器结构框图

一、运算器

运算器由算术逻辑单元 ALU、累加器 A、暂存寄存器 TR、标志寄存器 F、二—十进制调整电路等部分组成。

1. 算术逻辑单元和累加器

算术逻辑单元 ALU 是微型计算机执行算术运算和逻辑运算的主要部件。它有两个输入端：一个输入端与累加器 A（Accumulator）相连，另一个输入端与暂存寄存器 TR 相连。ALU 的输出端与内部总线相连。

累加器 A 是一个 8 位寄存器。很多 8 位双操作数运算，如执行下列指令时，

ADD A, #24H ; $A \leftarrow (A) + 24H$

ADD A, R0 ; $A \leftarrow (A) + (R0)$

ANL A, R1 ; $A \leftarrow (A) \wedge (R1)$

一个操作数来自 A，运算结果又送回 A，所以累加器 A 是一个使用十分频繁的特殊功能寄存器。另一个操作数可来自 CPU 内部的工作寄存器，也可来自存储器或接口电路。无论是哪一种情况，它总是通过内部总线送来的。由于总线只能分时传送数据，故用暂寄存器在内部总线与 ALU 之间起缓冲作用。在执行上面的指令时，内部总线先传送一个操作数至 TR，然后由控制器控制 ALU 对 A 和 TR 中的内容进行运算，运算结果再通过内部总线传送到累加器 A。

微型计算机的运算器可执行加法、减法等算术运算，有些微机还可执行乘法和除法操作。运算器执行的逻辑运算有与、或、求反、异或、清零、移位等。

2. 标志寄存器

标志寄存器 F (Flag) 又称状态寄存器，用来存放 ALU 运算结果的一些特征，如溢出 (OV)、进位 (C)、辅助进位 (AC)、奇偶 (P) 等。

3. 二—十进制调整电路

计算机在进行二—十进制数运算时，要对运算结果进行调整，这由二—十进制调整电路 (BCD 调整电路) 实现。

二、控制器

控制器由指令寄存器 IR、指令译码器 ID 及定时与控制电路三部分组成。

计算机工作时，由定时与控制电路按照一定的时间顺序发出一系列控制信号，使计算机各部件能按一定的时间节拍协调一致地工作，从而使指令得以执行。

一个指令的执行分成取指令和执行指令两个阶段。具体步骤为：

1) 从存储器中取回该指令的机器码，送指令寄存器寄存，直至该指令执行完毕。

2) 由指令译码器译码，以识别该指令需要实施何种操作。

3) 由定时与控制电路产生一系列控制信号，送到计算机各部件以执行这一指令。

定时与控制电路除了接收译码器送来的信号外，还接收 CPU 外部送来的信号，如中断请求信号、复位信号等，这些信号由控制总线送入。定时与控制电路产生的控制信号一部分用于 CPU 内部，控制 CPU 各部件的工作；另一部分通过控制总线输出，用于控制存储器和 I/O 接口电路的工作。

三、工作寄存器

微型计算机的 CPU 内部通常设置工作寄存器组。设置工作寄存器后，参加

运算的操作数及运算的中间结果可以存放在寄存器中，而不必每次都送入存储器存放。这样可提高计算机的工作速度，还能简化指令的机器代码。工作寄存器还可以寄存片内外数据存储器低 8 位地址。

四、程序计数器

程序计数器 PC (Program Counter) 是管理程序执行次序的特殊功能寄存器。它没有物理地址，主要用来存放即将执行的指令地址。它是一个 16 位寄存器，用来对 64KB 程序存储器直接寻址。程序的执行有两种情况——按照顺序执行和跳转。为此，程序计数器具有下述三种功能。

1. 复位功能

计算机通电时有上电复位，运行时有操作复位（按钮复位）。复位时计算机进入初始状态，PC 的内容将自动清零。

2. 计数功能

CPU 读取一条指令时，总是将 PC 的内容作为当前指令地址，并经地址总线送到存储器，从而从该地址单元中取回指令的机器码，送到指令寄存器。同时，每取回指令代码的一个字节，PC 的内容自动加 1（加法计数）。因此，在取回指令进入执行指令的阶段，PC 的内容已是按顺序排列的下一条指令的地址。

3. 基址寄存器功能

在变址寻址中，它作为 16 位基址寄存器用，将当前指令的首址加 1 后存入 PC 中，然后再与累加器 A 中的 8 位地址偏移量相加后形成变址寻址的实际地址。

第三节 存 储 器

存储器是计算机的一个重要组成部分。由于存储器存放了需要处理的数据和程序，使计算机具有了记忆功能，从而能够脱离人的直接干预自动工作。

存储器的主要指标是容量和存取速度。容量越大，则记忆的信息越多，计算机的功能就越强。由于存储器的存取速度比 CPU、ALU 的运算速度要低，所以存储器的工作速度是影响计算机工作速度的主要因素。目前存储器存取数据的时间为数百 ns 到数十 ns。

一、存储器的分类

根据存储器的位置，可分为内存储器和外存储器。内存储器一般由半导体集成电路芯片组成，用来存放当前运行所需要的程序与数据。它在主机内通过总线直接与 CPU 连接，具有体积小、存取速度快等优点，但它的容量有限。外存储器则在主机外，是作为计算机的外设之一，它必须通过系统总线与 CPU 进行联系，具有容量大、体积大、存取速度慢等特点，通常用来存放暂时不用的数据和程序。它不能直接参与计算机的运算，一般情况下外存储器只与内存储器成批交

换信息。通常采用容量较大的磁带、磁盘、光盘作为外存储器。磁带、磁盘、光盘的数量可随意增加，从这个意义上说，外存储器的容量是无限的。

按结构与使用功能分，内存存储器又可分为随机存储器（又称读/写存储器）RAM（Random Access Memory）和只读存储器 ROM（Read Only Memory）两大类。RAM 和 ROM 又可以细分为若干种，如图 1-6 所示。

二、随机存储器 RAM

随机存储器可随时地对存储器中的数据进行读出/写入操作，它的数据读出/写入时间都很短。但断电后 RAM 中存放的信息将丢失。RAM 适宜存放原始数据、中间结果及最后的运算结果，因此又被称作数据存储器。

随机存储器按其信息保存的方法不同可分为静态 RAM 和动态 RAM。

1. 静态 RAM——SRAM（Static RAM）

SRAM 用触发器存储信息，只要不断电，信息就不会丢失。除非进行改写，否则其存储信息不会改变。

2. 动态 RAM——DRAM（Dynamic RAM）

DRAM 依靠电容存储信息，充电后为“1”，放电后为“0”。由于集成电路中电容的容量很小，且存在泄漏电流的放电作用，高电平的保持时间只有几个 ms。为了保存信息，每隔 1~2ms 必须对高电平的电容重新充电，这称为 DRAM 的定时刷新。

DRAM 与 SRAM 相比，具有集成度高、功耗低、价格低等优点，但需为其设置刷新电路，因而与 CPU 的连接比 SRAM 复杂。所以当计算机系统的内存容量较小时（几 KB~几十 KB），常采用 SRAM 芯片，不但可省去一套动态刷新电路，而且此时“功耗稍大、速度稍低”相对于系统来说都不是主要矛盾，如单片机应用系统。DRAM 则被广泛用于内存量较大的系统，因为不仅解决了“体积小”的问题，而且“功耗小、速度高”的优点十分突出。相反，增设动态刷新电路的缺点相对于整个系统的造价及复杂性都不是主要矛盾了，如 PC 个人计算机系统。

三、只读存储器 ROM

只读存储器中的内容在使用时不能被修改，只能读出其中内容，即使突然断

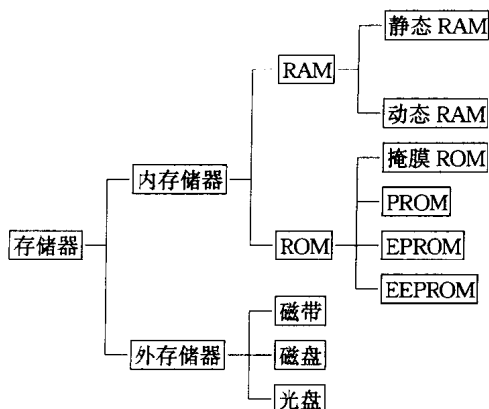


图 1-6 存储器的分类

电，信息也不会丢失。也就是说，计算机运行时，CPU 只能从中读出原先写入的信息，却不能将信息再写入其中。因此 ROM 适宜存放程序、常数、表格等，因此又称为程序存储器。

按照不同的制造工艺，ROM 可分为以下四种：

1. 掩膜 ROM

掩膜 ROM 在半导体工厂生产时，已经用掩膜技术将需存储的程序等信息由厂家固化在芯片中，用户只能读出内容而不能改写。掩膜 ROM 只能应用于有固定程序且批量很大的产品中。

2. 可编程 ROM

可编程 ROM 又称 PROM (Programmable ROM)。它在出厂时不写入信息，用户可根据自己的需要将程序写入 PROM，但只能写入一次，程序一经写入就不能被改写。

3. 紫外线可擦除可编程 ROM

紫外线可擦除可编程 ROM，又称 EPROM (Erasable PROM)，用户可将程序写入 EPROM。如果要改写程序，可用紫外线进行擦除，然后重新写入新程序。一片 EPROM 芯片，可反复多次被擦除和写入。

4. 电可擦除可编程 ROM

电可擦除可编程 ROM，又称 EEPROM 或 E²PROM (Electrically Erasable PROM)，这是一种近年来发展起来的只读存储器。由于采用电擦除方式，而且擦除、写入、读出的电源都用 +5V，故能在应用系统中在线改写。但目前 E²PROM 写入时间较长，一个字节需 10ms 左右，读出时间约为几百 ns，这在很大程度上限制了其被广泛使用。

四、存储器容量

存储器是由许多存储单元组成的，每个存储单元又由若干存放 1 位二进制代码的存储单元组成。存储单元越多，存储单元越大，则存储器的容量就越大。一个存储器芯片的容量常用有多少个存储单元以及每个存储单元可存放多少位二进制数码来表示。例如，某存储器芯片有 2048 个单元，每个存储单元可存放 4 位二进制代码，则常以 2048×4 位或 2×

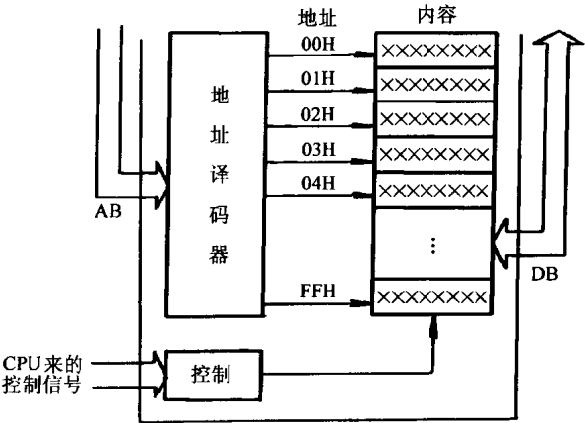


图 1-7 存储器结构示意图