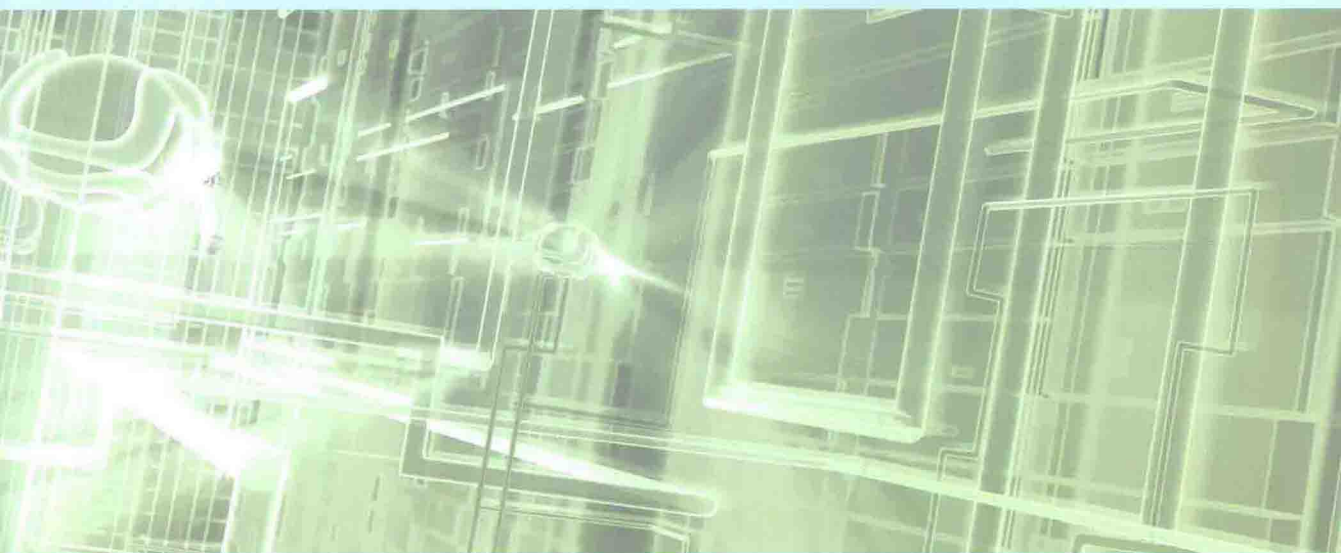




普通高等教育“十二五”规划教材



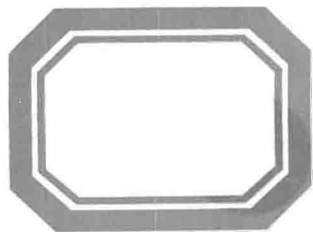
新编微型计算机 原理及应用

袁臣虎 主 编

冯 慧 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

新编微型计算机 原理及应用

主 编 袁臣虎
副主编 冯 慧
编 写 陈伏荣 王 敏
主 审 王淑栋



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

本书根据我国高等院校普遍开设的微型计算机原理课程的基本教学要求和当前微型计算机原理课程改革需求而编写。本书在内容选取和安排上进行了大胆改革，全书可分为三部分：微型计算机通用基础理论、8086 微型计算机系统原理及应用和 MCS-51 微型计算机系统原理及应用。将传统教材中的微型计算机原理通用理论、概念、技术提炼出来，突出通用微型计算机原理知识的学习，以 8086 微处理器为背景机型，使读者掌握 PC 机的结构特征和基本工作原理，为学习 80286-酷睿机奠定了基础；以 MCS-51 单片机为背景机型，使读者掌握单片机的结构特征和基本工作原理，为嵌入式系统微处理器（诸如 ARM/DSP 等）的学习打下了坚实基础。

本书内容新颖全面，重点突出；在充分考虑教学和自学需求的基础上，叙述由浅入深、通俗简洁。本书可作为高等院校本科和研究生微型计算机原理课程教学的教材，也可以作为有关科技人员的参考书。

本书配备免费电子多媒体课件，下载网址：<http://jc.cepp.sgcc.com.cn>。

图书在版编目（CIP）数据

新编微型计算机原理及应用 / 袁臣虎主编. —北京：中国电力出版社，2014.8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-6037-2

I. ①新… II. ①袁… III. ①微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 155201 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 24.75 印张 608 千字

定价 48.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

随着微型计算机技术的发展及广泛应用,微型计算机的结构与性能均发生了翻天覆地的变化。传统微型计算机原理课程教学内容及教材正在经受严峻的考验和挑战。本书由编者结合多年微型计算机原理课程一线教学实践和时下微型计算机原理课程教学要求,与时俱进地颠覆了传统微型计算机原理教材的内容和结构安排,在查阅大量相关文献和资料的基础上重新构思,精心组织编写,以期使读者通过阅读本书,对微型计算机的工作原理有深入理解,达到抛砖引玉、触类旁通之目的。

本书在内容选取和安排上进行了大胆改革创新,全书共分7章。1~5章组成微型计算机通用基础理论部分,第1章介绍了微型计算机的发展历程、微型计算机系统、微型计算机中数制和数的表示、计算机中常见编码、计算机补码运算及运算电路;第2章介绍了微型计算机存储器体系结构、微型计算机内存及内存扩展技术;第3章介绍了微型计算机中断的基本概念和中断系统;第4章介绍了微型计算机接口技术、I/O接口结构及芯片分类、可编程并行接口芯片8255A、可编程中断控制器8259A、定时/计数技术及其控制芯片8253A、串行通信及其接口芯片8251A、可编程DMA控制器8237A和D/A、A/D转换技术及接口芯片;第5章介绍了微型计算机总线技术、PCI总线和串行总线。第6章为本书的第二部分,以8086微处理器为背景机型,系统介绍了8086微处理器内部结构及工作时序、8086微处理器最小微型计算机系统、8086微处理器汇编语言指令系统、8086微处理器汇编程序设计、8086微处理器中断系统及应用和8086微处理器接口技术及应用,使读者掌握PC机的结构特征和基本工作原理,从而为学习80286-酷睿机奠定了基础。第7章为本书的第三部分,以MCS-51单片机为背景机型,系统介绍了MCS-51单片机内部资源及工作时序、MCS-51汇编指令系统、MCS-51汇编程序设计、MCS-51中断系统及应用、MCS-51内部资源应用、MCS-51扩展技术及应用和基于8051单片机的数字温度计设计,使读者掌握单片机的结构特征和基本工作原理,为嵌入式系统微处理器(诸如ARM/DSP等)的学习打下了坚实基础。

全书内容框架安排由天津工业大学微机原理课程组集体设计,袁臣虎任主编负责全书的内容统筹、修改和最终定稿,冯慧任副主编。具体分工为:袁臣虎编写1~5章;冯慧编写第6章和负责多媒体课件的制作;陈伏荣编写第7章;王敏负责全书的内容校对和各章课后习题的设计;天津市计量监督检测科学研究院周海亮博士编写了EMU8086和PROTEUS仿真软件使用方法及附录,并提出了大量的工程实用性建议,在此向其表示衷心感谢。本书由中国石油大学(华东)计算机通信学院王淑栋教授主审,他以独特的专业视角对本书进行了认

真审阅和指导，提出了许多宝贵意见，在此对王教授表示诚挚谢意。

本书的编写与出版凝聚了所有参编人员多年的一线教学工作经验和心血，是集体智慧的结晶，也是学校领导和相关朋友大力支持的结果，在此向他们表示由衷的感谢。

限于编者水平，加之编写时间仓促，书中难免有疏漏之处，殷切希望广大同仁和热心读者批评指正。

编 者

2014年6月

目 录

前言

第 1 章 微型计算机原理基础知识	1
1.1 概述	1
1.2 微型计算机系统	6
1.3 微型计算机中数制和数的表示	9
1.4 计算机中常见编码	14
1.5 计算机补码运算及运算电路	16
习题	20
第 2 章 微型计算机内存及扩展技术	22
2.1 微型计算机存储器体系结构	22
2.2 微型计算机内存	22
2.3 内存扩展技术	34
习题	43
第 3 章 微型计算机中断技术	45
3.1 计算机中断基本概念	45
3.2 中断系统	50
习题	51
第 4 章 微型计算机接口技术	52
4.1 微型计算机接口技术概述	52
4.2 I/O 接口结构及芯片分类	57
4.3 可编程并行接口芯片 8255A	58
4.4 可编程中断控制器 8259A	65
4.5 定时/计数技术及其控制芯片 8253A	79
4.6 串行通信及其接口芯片 8251A	86
4.7 可编程 DMA 控制器 8237A	94
4.8 D/A、A/D 转换技术及接口芯片	105
习题	116
第 5 章 微型计算机总线技术	117
5.1 总线技术概述	117
5.2 PCI 总线	123
5.3 串行总线	130
习题	145
第 6 章 8086 微型计算机系统原理及应用	147
6.1 8086 微处理器内部结构及工作时序	147

6.2	8086 微处理器最小微型计算机系统	155
6.3	8086 微处理器汇编语言指令系统	161
6.4	8086 微处理器汇编程序设计	199
6.5	8086 微处理器中断系统及应用	232
6.6	8086 微处理器接口技术及应用	239
	习题	249
第 7 章	MCS-51 微型计算机系统原理及应用	252
7.1	MCS-51 单片机内部资源及工作时序	252
7.2	MCS-51 汇编指令系统	261
7.3	MCS-51 汇编程序设计	280
7.4	MCS-51 中断系统及应用	301
7.5	MCS-51 内部资源应用	308
7.6	MCS-51 扩展技术及应用	328
7.7	基于 8051 单片机的数字温度计设计	359
	习题	376
附录 A	ASCII 码表	381
附录 B	MCS-51 指令集	383
	参考文献	388

第1章 微型计算机原理基础知识

1.1 概 述

1.1.1 计算机的发展历史

计算机科学之父、英国著名数学家、逻辑学家、密码学家阿兰·麦席森·图灵 (Alan Mathison Turing) 于 1939 年提出著名的“图灵机”设想, 该思想模型包括以下三方面内容:

- (1) 足够长的磁带, 将计算信息和推理过程存储起来, 解决人脑记忆信息量不足的问题。
- (2) 读写磁头, 解决存储在磁带上信息的读写问题。
- (3) 有限的控制部件, 实现数据的计算、推理及信息的存储与读写等功能。

计算机之父、美籍匈牙利数学家冯·诺依曼于 1946 年提出把程序本身当作数据来对待, 程序和该程序处理的数据采用同样的方式储存, 即“存储程序控制”设计出完整的现代计算机体系, 即著名的冯·诺依曼计算机体系。概括来讲, 包括以下三方面内容:

- (1) 用二进制表示数据和指令, 解决了计算机中数的表示问题。
- (2) 存储程序控制, 计算机的所有工作都是按照既定程序进行, 将程序和运算数据预先存入存储器。
- (3) 确立了计算机硬件的五大组成部分: 运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。

1946 年 2 月美国“莫尔小组”发明了世界上第一台多用途计算机“ENIAC (埃尼阿克)”, 如图 1-1 所示。它采用电子管作为基本元件, 每秒能进行 5000 次加减运算, 共使用了 18000 只电子管、10000 只电容、7000 只电阻, 6000 多只开关, 体积 3000ft^3 (约 84.95m^3), 占地 170m^2 , 质量 30t, 耗电 $140\sim 150\text{kW}$, 是一个名副其实的“庞然大物”。

自此计算机发展如雨后春笋, 在短短的几十年里, 经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机和大规模集成电路计算机, 如图 1-2~图 1-5 所示。

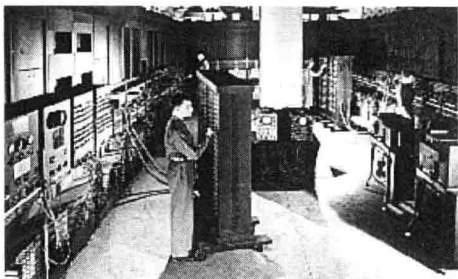


图 1-1 埃尼阿克

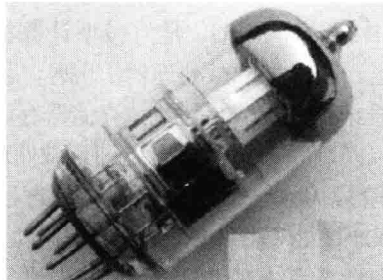


图 1-2 电子管计算机 (1948~1958 年) 及电子管

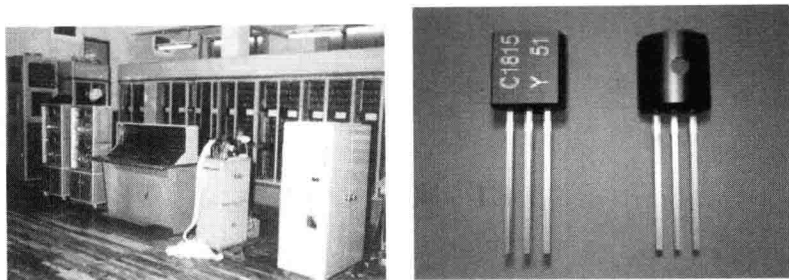


图 1-3 晶体管计算机（1958~1964 年）及晶体管

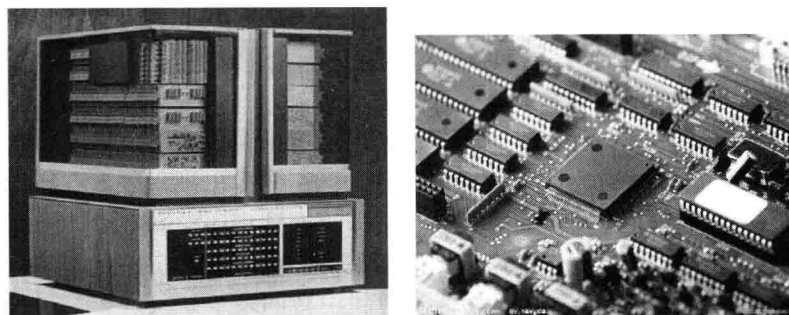


图 1-4 集成电路计算机（1964~1971 年）及集成电路

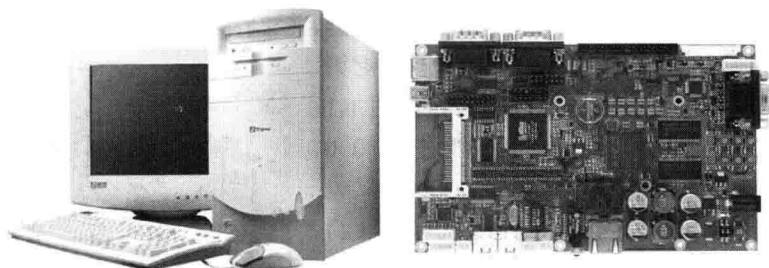


图 1-5 大规模集成电路计算机（1971 年至今）及大规模集成电路

1.1.2 微型计算机的发展历史

微型计算机于 20 世纪 70 年代初研制成功。近年来，微处理器和微型计算机获得了极快的发展，几乎每两年微处理器的集成度翻一番，每 2~4 年更新换代一次。微处理器是微型计算机的核心芯片，简称 MPU，是将微型计算机中的运算器和控制器集成在一片硅片上制成的集成电路。每当一款新型的微处理器出现时，就会带动微型计算机系统其他部件的相应发展，如微型计算机体系结构的进一步优化，存储器存取容量的不断增大、存取速度的不断提高，外围设备的不断改进以及新设备的不断出现等。微处理器和微型计算机的发展经历以下 6 个阶段：

（1）第一阶段为 4 位或 8 位低档微处理器（1971~1973 年）。代表机型为 Intel 公司 4 位 4004 及 8 位 8008 微处理器（见图 1-6）。其特点是采用 PMOS 工艺，集成度约为 2000 个晶体管/片。系统结构和指令系统都比较简单，只能进行串行的二进制运算。软件主要采用机器语言或简单的汇编语言，指令数目较少（20 多条指令），基本指令周期为 20~50 μ s，用于简单的控制场合。

(2) 第二阶段为中高档 8 位微处理器 (1974~1977 年)。代表机型为 Intel 8085、Z80 和 MC6809 等 (见图 1-7), 均为 8 位微处理器, 具有 16 位地址总线, 可寻址 64KB 个存储单元。比第一代有了较多改进, 采用 NMOS 工艺, 集成度提高 1~4 倍, 运算速度提高 10~15 倍, 指令系统相对比较完善, 已具有典型的计算机体系结构以及中断、存储器直接存取 (DMA) 功能。软件除汇编语言外, 还可使用 BASIC、FORTRAN 以及 PL/M 等高级语言, 在后期还出现了操作系统, 但对于具有大量数据的大型复杂程序还是不够的。另外, 8 位微处理器每次只能处理 8 位数据, 处理大量数据要分成许多个 8 位字节进行操作, 数值越大或越小, 计算时间都很长。

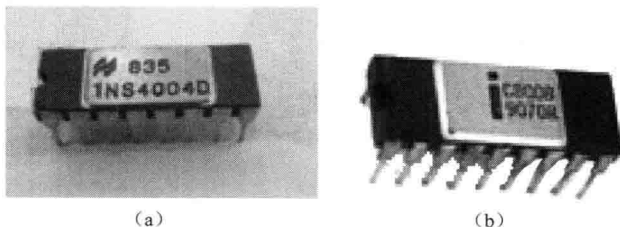


图 1-6 第一代微处理器
(a) 4004; (b) 8008

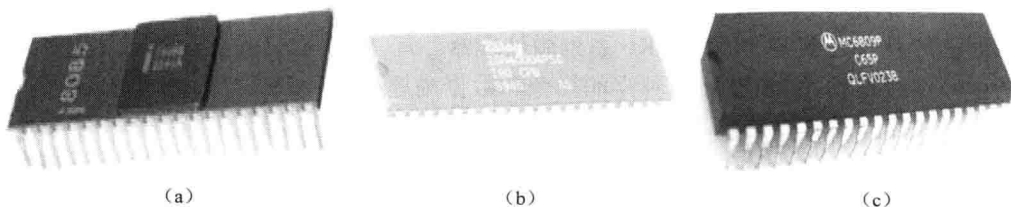


图 1-7 第二代微处理器
(a) 8085; (b) Z80; (c) MC6809

(3) 第三阶段为 16 位微处理器 (1978~1984 年)。代表机型为 Intel 8086、Z8000 和 MC68000 (见图 1-8)。其特点是采用 HMOS 工艺, 集成度 (20000~70000 晶体管/片) 和运算速度 (基本指令执行时间是 $0.5\mu\text{s}$) 都比第二代提高了一个数量级。指令系统更加丰富、完善, 采用多级中断、多种寻址方式、段式存储机构、硬件乘除部件, 并配置了软件系统。这一阶段著名微型计算机产品有 IBM 公司的个人计算机。1981 年 IBM 公司推出的个人计算机采用 8088CPU。紧接着 1982 年又推出了扩展型的个人计算机 IBM PC/XT, 对内存进行了扩充, 并增加了一个硬盘驱动器。1984 年, IBM 公司推出了以 80286 处理器为核心组成的 16 位增强型个人计算机 IBM PC/AT。由于 IBM 公司在发展个人计算机时采用了技术开放的策略, 使个人计算机风靡世界。

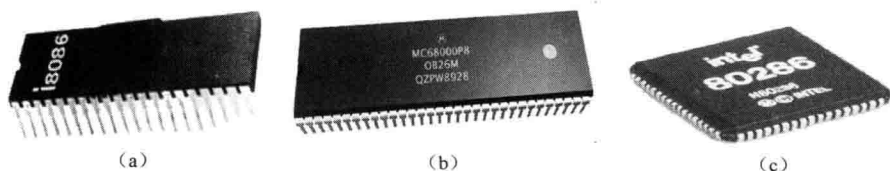


图 1-8 第三代微处理器
(a) 8086; (b) Z8000; (c) MC80286

(4) 第四阶段为 32 位微处理器 (1985~1992 年)。代表机型为 Intel 80386/80486、Motorola M69030/68040 等 (见图 1-9)。其特点是采用 HMOS 或 CMOS 工艺, 集成度高达 100 万个晶体管/片, 具有 32 位地址线和 32 位数据总线, 每秒钟可完成 600 万条指令 (Million Instructions Per Second, MIPS)。这一阶段的微型计算机的功能已经达到甚至超过超级小型计算机, 完全可以胜任多任务、多用户的作业。同期, 其他一些微处理器生产厂商 (如 AMD、TEXAS 公司等) 也推出了 80386/80486 系列的芯片。

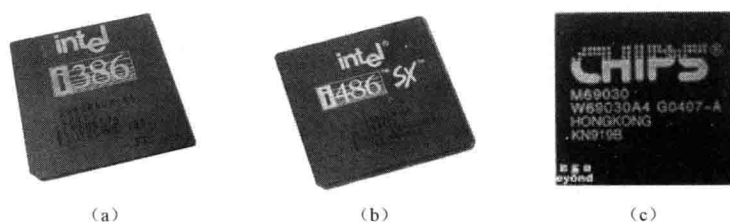


图 1-9 第四代微处理器

(a) 80386; (b) 80486; (c) M69030

(5) 第五阶段为奔腾 (pentium) 系列微处理器 (1993~2005 年)。代表机型为 Intel 公司奔腾系列芯片及与之兼容的 AMD K6 系列微处理器芯片 (见图 1-10)。其特点是内部采用超标量指令流水线结构, 并具有相互独立的指令和数据高速缓存。MMX (Multi Media eXtended) 微处理器的出现, 使微型计算机的发展在网络化、多媒体化和智能化等方面跨上了更高的台阶。2000 年 3 月, AMD 与 Intel 公司分别推出时钟频率达 1GHz 的 Athlon 和 Pentium III。2000 年 11 月, Intel 公司又推出了 Pentium 4 微处理器, 集成度高达每片 4200 万个晶体管, 主频为 1.5GHz。2002 年 11 月, Intel 公司推出的 Pentium 4 微处理器的时钟频率达到 3.06GHz。多任务处理一直是困扰个人计算机用户的难题, 因为单处理器的多任务以分割时间段的方式来实现, 性能损失相当巨大。而在双内核处理器的支持下, 真正的多任务得以应用, 越来越多的应用程序甚至会为之优化, 进而奠定扎实的应用基础。

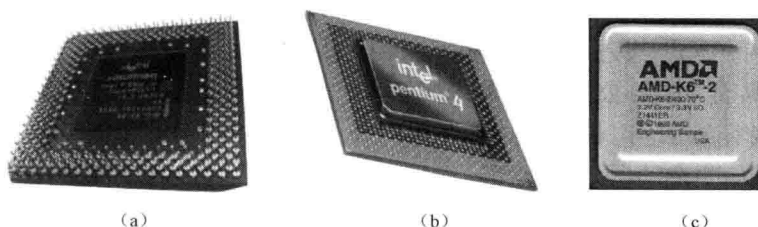


图 1-10 第五代微处理器

(a) 80586; (b) Pentium 4; (c) AMD K6

(6) 第六阶段为酷睿 (core) 系列微处理器 (2005 年至今)。Intel 公司继使用长达 12 年之久的“奔腾”处理器之后推出“Core 2 Duo”和“Core 2 Quad”品牌, 以及最新推出的酷睿 i7、酷睿 i5、酷睿 i3 三个品牌的 CPU (见图 1-11)。“奔腾”并没有被放弃, 作为消费者所熟悉的一个品牌将逐渐转向经济型产品。

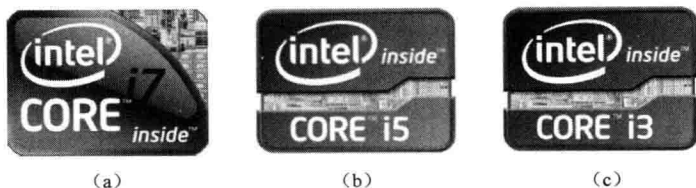


图 1-11 第六代微处理器

(a) 酷睿 i7; (b) 酷睿 i5; (c) 酷睿 i3

“酷睿”是一种领先节能的新型微架构，早期的“酷睿”是基于笔记本处理器的。酷睿 2 (Core 2 Duo) 是新一代基于 Core 微架构的产品体系的统称，于 2006 年 7 月 27 日发布。酷睿 2 是一个跨平台的构架体系，包括服务器版、桌面版、移动版三大领域。其中，服务器版的开发代号为 Woodcrest，桌面版的开发代号为 Conroe，移动版的开发代号为 Merom。酷睿 i7 (内核代号: Bloomfield) 处理器是 2008 年推出的 64 位四内核 C 酷睿 i7 CPU，沿用 I7 920x86-64 指令集，并以 Intel Nehalem 微架构为基础，I7 920 取代 Intel Core 2 系列处理器。Nehalem 曾经是 Pentium4 10GHz 版本的代号。Core i7 的名称并没有特别的含义，不是指第 7 代产品。价格昂贵的 Core i7 新架构处理器很难走进广大消费者的生活之中。Core i5 是基于 Nehalem 架构的四核处理器，依旧采用整合内存控制器，三级缓存模式，三级缓存达到 8MB，支持 Turbo Boost 等技术。Core i5 采用的是成熟的直接媒体接口 (Direct Media Interface, DMI)，相当于内部集成所有北桥的功能，采用 DMI 用于淮南桥通信，并且只支持双通道的 DDR3 内存。Core i3 可看作是 Core i5 的进一步精简版，采用最新的 32nm 工艺版本 (研发代号为 Clarkdale，基于 West mere 架构)，其最大的特点是整合 GPU (图形处理器)，也就是说 Core i3 由 CPU+GPU 两个核心封装而成。由于整合 GPU 性能有限，用户想获得更好的 3D 性能，可以外加显卡。值得注意的是，即使是 Clarkdale，其显示核心部分的制作工艺仍会是 45nm。在规格上，Core i3 的 CPU 部分采用双核心设计，通过超线程技术可支持 4 个线程，三级缓存由 8MB 削减到 4MB，而内存控制器、双通道、超线程技术等技术仍保留，同样采用 LGA 1156 接口，相对应的主板将是 H55/H57。

1.1.3 单片微型计算机发展历史

单片微型计算机是一种集成电路芯片，是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 口和中断系统、定时器/计数器等功能 (可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路) 集成到一块硅片上构成的一个小而完善的微型计算机系统，简称单片机 (Single Chip)，也称为嵌入式微控制器 (Microcontroller Unit, MCU)。和计算机相比，单片机只缺少了 I/O 设备。概括讲，一块芯片就是一台计算机。它体积小、质量轻、价格便宜，为学习、应用和开发提供了便利条件。最早的单片机设计理念是通过将大量外围设备和 CPU 集成在一个芯片中，使计算机系统变小，以便集成进复杂且对体积要求严格的控制设备中。Intel 公司的 Z80 是最早按照这种思想设计出来的处理器，当时单片机都是 8 位或 4 位，其中最成功的是 Intel 公司的 8031，后来形成了 MCS-51 系列单片机系统。MCS 是 Intel 公司生产单片机的系列号，主要有 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列。MCS-51 系列单片机包括 3 个基本型，分别是 8031 (80C31)、8051 (80C51)、8751 (87C51)。20 世纪 80 年代中期以后，Intel 公司以专利形式

将 8051 技术转让给 ATMEL、PHILIPS、ANALOG、DEVICE、DALLAS 公司等许多半导体厂家, 所以这些厂家生产的单片机与 MCS-51 系列单片机兼容。目前国内单片机课程学习内容大多都是 MCS-51 系列单片机, 主要是因为其简单、可靠、易学易用、性价比高。尽管 2000 年以后 ARM 公司已经发展出了 32 位的主频超过 300MHz 的高端单片机, 直到目前基于 8031 的单片机仍广泛使用。在很多方面单片机比专用处理器更适合应用于嵌入式系统。单片机的发展大致经历了 4 个阶段。

(1) 第一阶段(1976~1978 年)为低性能单片机的探索阶段。以 Intel 公司的 MCS-48 为代表, 采用了单片结构, 即在一块芯片内含有 8 位 CPU、定时/计数器、并行 I/O 口、RAM 和 ROM 等, 主要用于工业领域。

(2) 第二阶段(1978~1982 年)为高性能单片机阶段。此类单片机带有串行 I/O 口、8 位数据线、16 位地址线(可以寻址的范围达到 64KB)、控制总线、较丰富的指令系统等。这类单片机的应用范围较广, 并在不断改进和发展。

(3) 第三阶段(1982~1990 年)为 16 位单片机阶段。16 位单片机除 CPU 为 16 位外, 片内 RAM 和 ROM 容量进一步增大, 实时处理能力更强, 体现了微控制器的特征。

(4) 第四阶段(1990 年至今)为微控制器的全面发展阶段。各公司的产品在尽量兼容的同时, 向高速、强运算能力、寻址范围大以及小型廉价方面发展。

现代人类日常生活中几乎每件电子和机械产品中都会集成有单片机。手机、电话、计算器、家用电器、电子玩具、掌上电脑以及鼠标等计算机配件中都配有 1~2 部单片机。汽车上一般配备 40 多部单片机, 复杂的工业控制系统上甚至可能有数百台单片机在同时工作。事实上单片机是世界上数量最多的处理器, 数量远超过 PC 机和其他计算机的总和。

1.2 微型计算机系统

一个微型计算机系统主要由硬件系统和软件系统两大部分组成, 如图 1-12 所示。硬件系统包括主机和外部设备; 软件系统包括系统软件和应用软件。

1.2.1 微型计算机主机组成

微型计算机系统除输入/出设备外, 其余部件组成主机。主机包括微处理器(MPU)、内存(主存)、输入/出接口(简称 I/O 接口)、总线及地址译码电路。MPU 嵌入到系统之后, 即为 CPU(中央处理器)。微型计算机主机可用图 1-13 所示模块化结构来表示。图 1-13 所示是一种总线结构, 各部件均以同一形式“挂”在总线上, 结构简单, 易于扩充, 需要什么就“挂”什么, 灵活方便。

1. 微处理器

微处理器(MPU)是微型计算机的核心部件, 将其嵌入系统加上外围电路, 即为中央处理器(CPU), 一般由运算器、控制器和寄存器三部分组成。

(1) 运算器。运算器也称为算术逻辑单元(ALU), 其功能是完成数据的算术运算和逻辑运算。

(2) 控制器。控制器是微型计算机的指挥控制中心, 由指令寄存器、指令译码器和控制电路组成。它负责把指令逐条从存储器中取出, 经译码分析后, 根据指令的要求, 对微型计算机各部件发出相应的控制信息(取数、执行、存数等), 使其协调工作, 以保证正确完成程

序所要求的功能，从而对整个微型计算机系统进行控制。

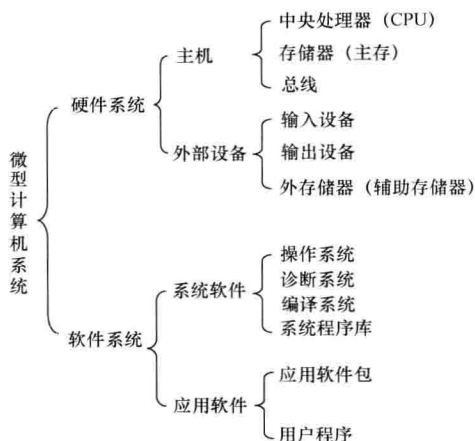


图 1-12 微型计算机系统构成

(3) 寄存器。寄存器是 CPU 内部用来暂时存放数据和运算结果的空间，CPU 对寄存器读写方便快捷。

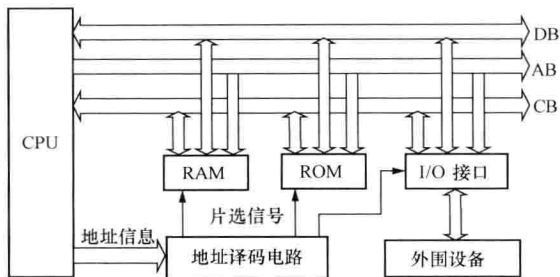


图 1-13 微型计算机系统的主机结构

2. 存储器

存储器 (Memory) 又称主存 (Main Storage) 或内存，是微型计算机的存储和记忆部件，用以存放程序和数据。微型计算机的内存通常采用集成度高、容量大、体积小、功耗低的半导体存储器。

(1) 存储单元。内存中存放的程序和数据均以二进制数形式存储。计算机科学中一般将 8 位二进制数称作一个字节 (Byte)，例如“01001101B”就是一个字节。能存储一个字节数据的存储空间定义为一个存储单元，即一个存储单元能存储 8 位二进制数，其中每一位用 1bit 表示。

(2) 存储器地址。为了便于 CPU 对存储器进行访问，存储器通常被划分为若干个存储单元且每一个存储单元都对应有自己的编号。存储器的编号称为存储器地址 (内存地址)，CPU 通过其地址来识别不同内存单元。为了书写简洁，计算机科学中地址一般都用十六进制数表示，如存储器地址 00001H 表示存储单元编号为 00001H。必须说明的是，内存单元的地址和内存单元的内容是两个完全不同的概念。例如，在图 1-14 中，第 6 号内存单元的存储器地址是 00006H，其内容是 11001111B(CFH)，可表示为 (00006H) = CFH，在实际学习和应用中存储单元地址和内容都用十六进制表示，注意不要混淆。

实际上 CPU 对内存的操作只有“读”或“写”两种。CPU 访问存储器的数据，实际上就是按指定的存储地址对相应的存储单元进行“读”、“写”操作。“读”操作是 CPU 将内存单元的内容读入 CPU 内部；“写”操作是 CPU 将其内部信息传送到内存单元保存起来。显然，“写”操作的结果改变了被写内存单元的内容，是破坏性的；而“读”操作是非破坏性的，即该内存单元的内容在信息被读“走”之后仍保持原信息。存储器的“读”、“写”操作过程如图 1-15 所示。

3. 总线

总线是用来传送信息的公共导线，根据所传送信息的内容与功能不同可将总线分为数据总线 DB (Data Bus)、地址总线 AB (Address Bus) 和控制总线 CB (Control Bus) 三类。

地址	内容
00000H	
00001H	
00002H	
⋮	⋮
00006H	1100 1111
⋮	⋮
FFFFFH	

图 1-14 内存单元的地址和内容

(1) 数据总线 DB。用于双向传输数据信息。其宽度(根数)与 MPU 提供的数据线的引脚数有关, 数据线宽度越宽, 传输数据的能力越强。

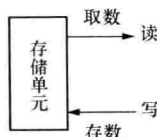


图 1-15 存储器的“读”、“写”操作过程

(2) 控制总线 CB。用于传送各种控制信号和状态信号。对于每一根单线来说数据都是单向传送的。控制信号由 CPU 指向被控设备, 例如对被控设备的“读”、“写”操作, 就是控制信号; 状态信号是由被控设备提供给 CPU 的状态和应答信号, 例如设备的“忙”、“闲”等就是状态信号。

(3) 地址总线 AB。CPU 执行指令时, AB 用于单向传送地址信息。地址信息包括指令代码在程序存储器中的地址信息和操作数在数据存储器中的地址信息两种。CPU 执行一条指令时, 首先从程序存储器中将欲执行指令的代码取入 CPU 中的指令寄存器 (IR), 经指令译码器 (ID) 译码后, 产生相应的操作时序, 再根据指令提供的操作数地址信息, 对操作数进行“读”、“写”操作。地址总线的宽度决定了计算机系统的最大寻址能力(寻址空间)。计算机系统的最大寻址空间可用 2^N 表示, 其中 N 为 AB 的宽度。例如, MCS-51 单片机 $N=16$, 则其最大寻址空间 $=2^{16}=65536\text{B}=64\text{KB}$; 8086/8088CPU 的 $N=20$, 则其最大寻址空间 $2^{20}=1\text{MB}$ 。

4. 地址译码电路

凡是“挂”在总线上的部件都被系统分配一个地址域, CPU 访问某部件时, 由指令提供被访问部件的地址信息, 该地址信息部分或全部经地址译码电路译码后产生一个唯一选通信号(也称片选信号), 将被选中部件的“门”打开, 使得数据得以传输。

5. 接口

接口是主机与外围设备连接的必然通路, 即“桥梁”。复杂的设备有复杂的接口, 简单的设备有简单的接口。即使一个灯、一个开关或按钮与计算机连接也必须通过接口。每个接口可包含若干个端口, 每个端口对应一个端口地址, 可由指令按地址访问端口。接口的主要功能为数据类型转换、电平转换与放大、锁存与缓冲、数据隔离等。

1.2.2 微型计算机的主要性能指标

1. 字和字长

字是计算机一次能并行处理的一个基本信息单位。例如, 一个数据(25、35.67、-0.0038…)一个字符(A、a、#、…)等均称为一个字。字长是字的二进制位数, 与 CPU 内部数据线和寄存器宽度一致。例如, 51 单片机内部寄存器长度为 8 位, 执行一条指令最多能处理 8 位二进制数, 字长为 8 (即 8 位机); 而 8086/8088CPU 内部寄存器为 16 位, 字长为 16 位 (即 16 位机); 依此类推, 80386、80486、80586 (Pentium) 字长均为 32 位 (即 32 位机); “安腾”(Itanium) 为 64 位机。字长是计算机的主要性能指标之一, 字长越长, 其运算速度越快, 数的表示范围越宽, 数据的运算精度越高, 机器的整体功能越强。一般情况下, CPU 的内、

外数据总线宽度是一致的。但有的 CPU 为了改进运算性能，加宽了 CPU 的内部总线宽度，致使内部字长和对外数据总线宽度不一致。如 Intel 8088/80188 的内部数据总线宽度为 16 位，外部为 8 位。这类芯片称为“准××位”CPU，Intel 8088/80188 被称为“准 16 位”CPU。

2. 存储器容量

存储器容量是衡量微型计算机存储二进制信息量大小的一个重要指标。存储二进制信息基本单位是位 (bit)。微型计算机中通常以字节 (B) 为单位表示存储容量，1024B=1KB (千字节)，1024KB=1MB (兆字节)，1024MB=1GB (吉字节)，1024GB=1TB (太字节)。

存储器容量包括内存容量和外存容量。内存容量又分最大容量和实际装机容量。最大容量由 CPU 的地址总线位数决定，如 CPU 的地址总线为 16 位，其最大内存容量为 64KB；Pentium 处理器的地址总线为 32 位，其最大内存容量为 4GB。而实际装机容量则由所用软件环境决定，如现行 PC 系列机，若采用 Windows 环境，则内存必须在 4MB 以上；若采用 Windows 95，则内存必须在 8MB 以上；若采用 Windows 98，则内存必须在 32MB 以上等。外存容量是指硬盘和光盘等的容量，通常主要指硬盘容量，其大小应根据实际应用的需要来配置。

3. 运算速度

微型计算机的运算速度一般用每秒钟所能执行的指令条数来表示。由于不同类型的指令所需时间长度不同，因而运算速度的计算方法也不同。常用计算方法有：

(1) 根据不同类型的指令出现的频度，乘上不同的系数，求得统计平均值，得到平均运算速度。常用百万条指令/秒 (millions of instruction per second, MIPS) 作为单位。

(2) 以执行时间最短的指令 (如加法指令) 为标准来估算运算速度。

(3) 以 CPU 主频和每条指令执行所需的时钟周期表示。

4. 系统总线

系统总线是连接微型计算机系统各功能部件的公共数据通道，其性能直接关系到微型计算机系统的整体性能。系统总线的性能主要表现为它所支持的数据传送位数和总线工作时钟的频率。数据传送位数越多，总线工作时钟频率越高，则系统总线的信息吞吐率就越高，微型计算机系统的性能就越强。

5. 外部设备扩展能力

外部设备扩展能力是指微型计算机系统配接各外部设备的可能性、灵活性和适应性。一台微型计算机允许配接多少外部设备，对于系统接口和软件研制都有重大影响。在微型计算机系统中，打印机型号、显示屏幕分辨率、外存储器容量等都是外部设备配置中需要考虑的问题。

6. 软件配置情况

软件是微型计算机系统必不可少的重要组成部分。软件配置是否齐全，功能的强弱，是否支持多任务、多用户操作等都是微型计算机硬件系统性能可否得到充分发挥的重要因素。

1.3 微型计算机中数制和数的表示

1.3.1 数制

1. 十进制 (D)

十进制数码为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 共 10 个。十进制各位的权是以 10 为底的

幂，后缀用“D”表示。

2. 二进制 (B)

二进制数码为 0、1 共 2 个。二进制各位的权是以 2 为底的幂，后缀用“B”表示。

3. 十六进制 (H)

十六进制数码为 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, A, B, C, D, E, F 共 16 个。十六进制各位的权为以 16 为底的幂，后缀用“H”表示。

1.3.2 数制转换方法

人们习惯用十进制记数，在研究问题或讨论解题的过程时，常用十进制数来考虑和书写。但是微型计算机只能处理二进制数，因此需要将十进制数转换成二进制数。在微型计算机运算完毕得到二进制数的结果时，又需要十进制运算结果，因此需要将二进制数转换成十进制数。在计算机程序设计时，为了简化二进制书写，一般将二进制转换为十六进制表示。因此十进制、二进制和十六进制相互转换的方法是学习微型计算机原理课程必须掌握的内容。

1. 十进制数转换成二进制数

(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的方法是将十进制整数除以 2 直到商为 0 为止，反向取其余数即可得到该十进制数的对应二进制代码，简称“除 2 反向取余法”。

【例 1-1】 求 53 的二进制代码，其过程如下：

$$\begin{array}{r}
 2 \overline{) 53} \text{ ---- } 1 \uparrow \\
 2 \overline{) 26} \text{ ---- } 0 \\
 2 \overline{) 13} \text{ ---- } 1 \\
 2 \overline{) 6} \text{ ---- } 0 \\
 2 \overline{) 3} \text{ ---- } 1 \\
 2 \overline{) 1} \text{ ---- } 1 \\
 2 \overline{) 0} \text{ ---- } 0
 \end{array}$$

用一个字节表示 53 的二进制形式为 00110101 B。

(2) 十进制小数要转换成二进制小数。十进制小数转换成二进制小数的方法是“乘 2 取整法”（乘以 2 正序取整）。一个十进制小数乘以 2 之后可能有整数位 1（当该小数大于 0.5 时），也可能没有进位，其整数位仍为 0（当该小数小于 0.5 时）。这些整数位的结果即为二进制小数位结果。

【例 1-2】 求十进制数 0.625 的二进制数，其过程如下：

$$\begin{array}{r}
 0.625 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 1.25 \text{ ---- } 1 \\
 0.25 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 0.50 \text{ ---- } 0 \\
 \times \quad 2 \\
 \hline
 1.00 \text{ ---- } 1 \downarrow
 \end{array}$$

则 0.625 对应的二进制数为 0.1010。需要说明的是，若小数位不是 0.00，则还得继续乘下去，直至变成 0.00 为止，也有可能永远不会出现 0.00。也就是说一个十进制小数在转换为二进制小数时有可能无法准确转换。即在字长一定的情况下，二进制表示十进制小数可能会