

❖ 普通高等教育电子信息类规划教材 ❖

微型计算机系统 原理及应用

PRINCIPLES AND APPLICATIONS
OF MICROCOMPUTER SYSTEMS



贺建民 石晓军 黄珊 李兵 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



本书赠送电子教案

普通高等教育电子信息类规划教材

微型计算机系统原理及应用

贺建民 石晓军 黄珊 李兵 编著



机械工业出版社

本书以应用十分广泛的 Intel 80x86 微处理器为核心,介绍了微型计算机系统的硬件工作原理、接口技术和典型应用。全书共分为 9 章,第 1 章介绍微型机的发展、分类、主要技术指标,以及计算机中的数据表示方法;第 2 章介绍 Intel 8086 的指令系统、寻址方式,以及汇编语言程序设计的方法;第 3 章介绍系统总线的基本概念、微机系统中的总线多层结构和系统总线的构成方法,以及 I/O 接口的基本概念;第 4 章介绍存储器芯片和主存储器的组织;第 5 章介绍可编程定时/计数器的基本结构、工作原理和应用;第 6 章介绍中断的基本概念、可编程中断控制器 8259A 的工作原理;第 7 章介绍并行接口的基本概念、可编程并行输入/输出接口芯片 8255A 的结构、工作原理和典型应用;第 8 章介绍串行接口的基本概念、可编程串行输入/输出接口芯片 8250 的结构、工作原理和典型应用;第 9 章介绍 DMA 系统及应用。

本书注重理论联系实际,从应用的角度出发,强调对分析问题、解决问题能力的训练与培养。读者从中可以学习如何掌握微型机硬件的有关基础知识,以及汇编语言程序设计、微机接口电路的开发与应用等重要内容。本书可作为普通高等院校电子信息类相关专业“微型计算机原理及应用”等相关课程的教材或教学参考书,也可供从事微型机技术开发工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机系统原理及应用/贺建民等编著. —北京:机械工业出版社,2011.8

普通高等教育电子信息类规划教材

ISBN 978-7-111-35187-0

I. ①微… II. ①贺… 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(2011)第 129124 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:李馨馨

责任印制:杨 曦

北京市朝阳展望印刷厂印刷

2011 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.75 印张 · 462 千字

0001-3500 册

标准书号: ISBN 978-7-111-35187-0

定价: 34.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010)68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

微型计算机的诞生与发展是计算机历史上的一座里程碑，它极大地推动了计算机在各个领域的应用。掌握微型计算机的工作原理与应用技术，是许多工科院校学生的迫切愿望，相关的课程也是计算机、电子、自动控制等相关专业的一门重要专业基础课。虽然计算机的发展日新月异，但是其基本组成结构和工作原理没有改变。本书以技术成熟、应用广泛的 Intel 8086 微处理器为核心，介绍了微型计算机系统的硬件组成、工作原理和接口技术，并通过一些例子介绍了其典型应用。

全书共分为 9 章。第 1 章为微型计算机系统概述，主要介绍微型机的发展、分类、主要技术指标，以及计算机中的数据表示方法；第 2 章是汇编语言程序设计，主要介绍 Intel 8086 的指令系统、寻址方式，以及汇编语言程序设计的方法；第 3 章是系统总线与接口，介绍系统总线的基本概念、微机系统中的总线多层结构和系统总线的构成方法，以及 I/O 接口的基本概念；第 4 章介绍存储器芯片和主存储器的组织；第 5 章介绍可编程定时/计数器的基本结构、工作原理和应用方法；第 6 章介绍中断的基本概念、可编程中断控制器 8259A 的工作原理；第 7 章介绍并行接口的基本概念、可编程并行输入/输出接口芯片 8255A 的结构、工作原理和典型应用；第 8 章介绍串行接口的基本概念、可编程串行输入/输出接口芯片 8250 的结构、工作原理和典型应用；第 9 章介绍 DMA 的概念以及 8086 系统中的 DMA 系统。

作者在编写过程中，注重对基本概念、基本原理的阐述，注重理论联系实际，从应用的角度出发，强调对分析问题、解决问题能力的训练与培养。书中引入了大量的实例，读者从中可以学习如何掌握微型机硬件的有关基础知识，以及汇编语言程序设计、微机接口电路的开发与应用等重要内容。本书从内容选取、概念引入、文字叙述等方面，都力求遵循面向实际应用、便于自学的原则，每章后都留有适量的习题，便于读者练习。

本书的适应面较宽，可作为普通高等院校电子信息类相关专业“微型计算机原理及应用”等相关课程的教材或教学参考书，也可供从事微型机技术开发工作的工程技术人员参考。

本书的第 1、3、4 章由贺建民编写，第 2 章由李兵编写，第 5、6 章由石晓军编写，第 7、8、9 章由黄珊编写，全书由贺建民教授统稿。本书的编写得到了解放军理工大学指挥自动化学院训练部和计算机系领导与机关的大力支持，得到了各位同事的指导与帮助，尤其是徐勇副教授为本书的编写提供了大量的素材，并提出了许多宝贵建议，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，不妥、疏漏之处在所难免，恳请广大读者批评指正，不胜感谢！

编 者

目 录

前言

第 1 章 微型计算机系统概述	1
1.1 微型计算机系统的基本概念	2
1.1.1 微型计算机系统的三个层次	2
1.1.2 微型计算机的分类	3
1.1.3 微型计算机系统的主要性能指标	4
1.2 微型计算机系统的发展与应用	6
1.2.1 微型计算机的发展	6
1.2.2 微型计算机的特点与应用	9
1.3 微型计算机系统的组成与结构	11
1.3.1 微型计算机系统的硬件组成	11
1.3.2 微型计算机系统的软件组成	12
1.3.3 Intel 8086 微处理器的结构	13
1.4 计算机中的数据表示	20
1.4.1 进位计数制及其相互转换	20
1.4.2 二进制数的运算	25
1.4.3 数值数据的表示方法	27
1.4.4 非数值数据的表示方法	37
1.5 习题	40
第 2 章 汇编语言程序设计	42
2.1 指令与寻址	43
2.1.1 指令的概念	43
2.1.2 寻址方式	43
2.2 8086 CPU 指令系统	48
2.2.1 数据传送指令	48
2.2.2 算术运算指令	53
2.2.3 逻辑运算与移位指令	59
2.2.4 串操作指令	61
2.2.5 转移控制指令	64
2.2.6 处理器特殊控制指令	69
2.3 汇编语言程序设计方法	70
2.3.1 汇编语言程序开发流程	71
2.3.2 伪指令与伪操作	74

2.3.3	汇编语言程序格式	83
2.3.4	用户程序与操作系统的连接	88
2.3.5	汇编语言程序调试工具	90
2.3.6	BIOS 中断调用与 DOS 中断调用	91
2.3.7	汇编语言的程序结构	93
2.3.8	汇编语言综合应用编程示例	101
2.4	习题	104
第3章	系统总线与接口	107
3.1	系统总线	108
3.1.1	总线的基本概念	108
3.1.2	总线的仲裁方式	112
3.1.3	总线的通信控制方式	114
3.2	微机系统中常见的总线	116
3.2.1	系统总线	116
3.2.2	局部总线	119
3.2.3	外部总线	121
3.3	8086 CPU 的引脚功能与工作模式	123
3.3.1	8086 CPU 的总线周期	123
3.3.2	8086 CPU 的工作模式与引脚功能	125
3.4	IBM PC 微型机中总线的形成	132
3.4.1	时钟发生器 8284A	133
3.4.2	数据与地址总线的形成	136
3.4.3	控制总线的形成	138
3.5	I/O 接口	141
3.5.1	接口的基本概念	141
3.5.2	I/O 端口编址方式	143
3.5.3	I/O 端口地址译码	145
3.5.4	I/O 传输方式	146
3.6	习题	149
第4章	主存储器系统	150
4.1	存储器系统概述	151
4.1.1	存储器的分类	151
4.1.2	存储器的分级结构	153
4.1.3	存储器的技术指标	154
4.1.4	主存储器的基本组成	155
4.2	半导体存储器芯片	156
4.2.1	半导体存储器芯片的分类	156
4.2.2	静态随机存储器	157
4.2.3	动态随机存取存储器	163

4.2.4	只读存储器	168
4.3	主存储器的组织	171
4.3.1	主存与 CPU 的连接	171
4.3.2	高速缓冲处理器	178
4.4	习题	182
第 5 章	可编程定时/计数器	184
5.1	定时系统的基本概念	185
5.1.1	定时器、计数器的功能与分类	185
5.1.2	微机系统中的定时/计数器	186
5.2	可编程定时/计数器 8253-5	186
5.2.1	8253-5 的结构及功能	187
5.2.2	8253-5 的工作方式	189
5.2.3	8253-5 的编程	193
5.3	8253-5 的应用举例	196
5.3.1	自动计数系统应用	196
5.3.2	多计数器的组合应用	197
5.3.3	8086 微型计算机中的定时系统	198
5.4	习题	200
第 6 章	中断系统	201
6.1	中断的基本概念	202
6.1.1	中断的类型	202
6.1.2	中断源和优先控制	203
6.1.3	查询中断和向量中断	203
6.1.4	中断过程	204
6.2	可编程中断控制器 8259A	204
6.2.1	8259A 的结构及功能	204
6.2.2	8259A 的中断响应过程	207
6.2.3	8259A 的控制命令字	208
6.2.4	8259A 的工作方式	214
6.3	可编程中断控制器 8259A 的应用举例	218
6.3.1	PC 的中断系统	218
6.3.2	8259A 的编程实例	220
6.4	习题	221
第 7 章	并行接口	222
7.1	并行接口的基本概念	223
7.2	可编程并行输入/输出接口芯片 8255A	225
7.2.1	8255A 的结构及功能	225
7.2.2	8255A 的控制命令字	228
7.2.3	8255A 的工作方式	230

7.3	8255A 的应用举例	235
7.3.1	8255A 驱动 LED	235
7.3.2	8255A 驱动数码管	236
7.3.3	8255A 连接键盘	238
7.4	习题	240
第 8 章	串行接口	242
8.1	串行接口的基本概念	243
8.2	串行接口标准 EIA RS-232C	244
8.3	可编程串行输入/输出接口芯片 8250	249
8.3.1	8250 的结构及功能	249
8.3.2	8250 的控制命令字	252
8.4	8250 的应用举例	257
8.5	习题	259
第 9 章	DMA 传输	260
9.1	DMA 传输的基本概念	261
9.2	可编程 DMA 控制器 8237A	262
9.2.1	8237A 的结构及功能	262
9.2.2	8237A 的控制命令字	265
9.2.3	8237A 的工作方式	272
9.3	8237A 的应用举例	272
9.4	习题	274
附录	275
附录 A	.COM 文件与 .EXE 文件的比较表	276
附录 B	DEBUG 常用命令	276
附录 C	PC 系统的中断分配表	282
附录 D	BIOS 中断调用表	284
附录 E	DOS 功能调用 (INT 21H) 表	287
参考文献	292

第 1 章

微型计算机系统概述

- 1.1 微型计算机系统的基本概念
- 1.2 微型计算机系统的发展与应用
- 1.3 微型计算机系统的组成与结构
- 1.4 计算机中的数据表示
- 1.5 习题

1.1 微型计算机系统的基本概念

世界上第一台实用的电子计算机——电子数字积分计算机（Electronic Numerical Integrator And Calculator, ENIAC）诞生于1946年。计算机的诞生和发展是人类历史上最伟大的科技成果之一，它的出现极大地促进了许多学科快速发展，并对人类社会的生产和生活都产生了极为深刻的影响。微型计算机的诞生是计算机发展史上的一个里程碑，它以突出的性能价格比优势得到普遍认可，并迅速地普及到了社会生活的各个领域。

1.1.1 微型计算机系统的三个层次

人们在日常生活中对微型计算机的叫法有很多种，如电脑（或微电脑）、微机、PC等，这些术语含义相近但又不尽相同。如果从部件和系统组成的观点来看，在微机系统中从局部到全局存在着三个层次，即微处理器、微型计算机、微型计算机系统。这三个概念既有联系，又有区别。在此，有必要对这三个易混淆的概念加以说明，以便读者准确地理解后续内容。

1. 微处理器

微处理器（Microprocessor，常简称为 μP ）也称微处理机或CPU，是指由一片或几片大规模集成电路（Large Scale Integration, LSI）、超大规模集成电路（Very Large Scale Integration, VLSI）组成的、具有运算器和控制器功能的中央处理器（Central Process Unit, CPU）。微处理器本身并不是完整的计算机，而是微型计算机的核心部件，其内部包含了算术逻辑部件（Arithmetic Logic Unit, ALU）、寄存器组（Registers）和控制单元（Control Unit, CU）三个基本组成部分。微处理器需和其他部件一起构成微型计算机。

2. 微型计算机

微型计算机（Microcomputer）是以微处理器为核心，加上存储器系统、输入/输出（I/O）接口和系统总线等组成的。微型计算机常简称为微机，它是微型计算机系统的物质基础，需和其他设备或部件以及软件系统一起构成微型计算机系统。

3. 微型计算机系统

微型计算机系统（Microcomputer System）是以微型计算机为核心，配以相应的外部设备、辅助电路、电源，再加上系统软件和应用软件，构成的一个完整的计算机系统，通过编制相应的程序，可解决特定的实际问题。

由此可见，微处理器、微机和微机系统，是三个相互联系，又有区别的概念。其中，单纯的微处理器和单纯的微机都不能独立地工作，只有在相应的设备、部件和软件的支持下构成完整的微机系统，才能真正用于实际工作、解决实际问题。

我们平常所说的PC，指的是IBM公司所生产的个人计算机（Personal Computer），或者由其他计算机厂商生产的与IBM PC相兼容的计算机。PC是微型计算机中的一种，也是目前在日常办公和生活中使用最广泛的一种微型计算机。

1.1.2 微型计算机的分类

世界上研制、生产微型计算机的公司和厂家很多，微机产品种类繁多、型号各异，人们可以从不同的角度对微机进行分类，例如按照微处理器的制造工艺、按照微处理器的字长、按微机的构成形式、按微机的应用范围等进行分类。其中，用得比较多的两种分类方法是

- 按照微处理器的字长分类：4位、8位、16位、32位和64位机。
- 按微机的构成形式分类：单片机、单板机、系统机（或称多板机）。

1. 按微处理器的字长分类

微处理器（或称中央处理器 CPU）是微机的核心部件，其性能（尤其是字长）在很大程度上决定了微机的性能。字长是指 CPU 能直接处理二进制数据的位数，它与 CPU 内部的寄存器、运算器的位数、数据总线的宽度等因素有关。

(1) 4位微型计算机

采用4位字长的微处理器，其数据总线宽度为4位，如果要处理1字节数据（8位二进制数），就要分两次来传送或处理。4位机的指令系统简单、运算功能单一，主要用于计算机、家电、娱乐产品和简单的过程控制，是微型计算机发展的初级阶段。

(2) 8位微型计算机

采用8位字长的微处理器，其数据总线宽度为8位，一次可以处理1字节的数据。8位机在硬件和软件技术方面都已比较成熟，指令系统比较完善，外部配套电路齐全，因而8位机的通用性强、应用范围广，可用于事务管理、工业生产过程的自动检测和控制、通信、智能终端、教育，以及家用电器控制等领域。

(3) 16位微型计算机

采用高性能的16位字长的微处理器，其数据总线宽度为16位。在芯片集成度、处理速度、数据总线宽度、内部结构等方面，16位CPU与8位CPU相比有了很大的提高，由此构成的16位微型计算机在功能和性能上也达到了相当高的水平。优良的性能价格比使得以IBM PC为代表的16位微机迅速地进入了社会的各个领域。

(4) 32位微型计算机

32位微型计算机是近年来的主流机型，在相应软件的支持下，它的强大处理能力可以满足绝大多数日常办公、学习、娱乐的需要。

(5) 64位微型计算机

64位字长的微处理器是目前各家CPU研发公司重点开发的产品。其实64位微处理器早在1992年就已经问世了，只是由于价格过高，所以通常用在工作站或服务器上。现在，随着技术的进步、工艺的成熟，以及应用的需求和软件的推动，64位CPU已经开始大量地进入微型计算机的领域。

2. 按微机的构成形式分类

如果按照微机的构成形式划分，则微机可以分为单片机、单板机、系统机（或称多板机）三种类型。

(1) 单片机

如果将构成微型计算机的各个功能部件（CPU、存储器及I/O接口电路等）集成在同一

块大规模集成电路芯片上,则一个芯片就是一台微型计算机,称为单片微型计算机,简称单片机。单片机的特点是集成度高、体积小、功耗低、可靠性高、使用灵活方便、价格低廉,利用单片机可以方便地构成一个控制系统。因此,单片机在工业控制、智能仪器仪表、数据采集和处理、通信和分布式控制系统、家用电器等领域的应用十分广泛。

一般单片机本身没有软件开发功能,因为单片机内无监控程序或系统通用管理软件,只存放有用户事先调试好的应用程序。不过随着单片机技术的迅速发展,目前也有一些高档单片机的内部可以固化部分系统软件。

单片机典型产品有: Intel 公司的 MCS 8051 (8 位)、8096 (16 位), Motorola 公司的 MC68HC05、MC68HC II 等。

(2) 单板机

如果将 CPU 芯片、存储器芯片、I/O 接口芯片及简单的 I/O 设备(如小键盘、数码显示器等)装配在同一块印制电路板上,则这块印制电路板就是一台微型计算机,称为单板微型计算机,简称单板机。单板机具有完全独立的操作功能,加上电源就可以工作。但由于它的输入、输出设备简单、存储容量有限,工作时只能用机器码(二进制)编程输入,故通常只能应用于一些简单的控制系统和教学中。国内曾经最流行的单板机是 TP801 (CPU 为 Z80)。单板机现已基本被单片机、系统机所淘汰。

(3) 系统机(多板机)

把微处理器芯片、存储器芯片、各种 I/O 接口芯片和驱动电路、电源等装配在不同的印制电路板上,各印制电路板插在主机箱内标准的总线插槽上,通过系统总线相互连接起来,就构成了一个多插件板的微型计算机,称为多板微型计算机(也称系统机)。目前广泛使用的微型计算机系统(如 IBM PC 系列机)就是用这种方式构成的。多板微型计算机也称单机系统,所有的系统软件和应用程序都在系统内的硬盘上或内存中。它功能强、组装灵活,选择不同的功能部件适配卡(如主机板、内存条、显示卡、声卡、硬盘驱动器、光驱、打印机、键盘、鼠标等)就可以构成不同功能和规模的微型计算机。

1.1.3 微型计算机系统的主要性能指标

在购买或使用一台微机时我们首先要了解这台微机的性能。与一般的计算机系统一样,衡量微机系统性能优劣的技术指标主要包括以下 5 个方面。

1. 字长

在计算机中,所有的信息都是以二进制形式存储的,存储信息的最小单位是“位”(bit),它代表一个二进制数字 0 或 1。我们常用一个小写字母“b”表示二进制位。在计算机系统中进行信息的处理、存储或传送时,作为一个单元的一组二进制位的组合称为一个“字”(Word)。一个字中包含的二进制位数称为“字长”,字长反映的是 CPU 能直接处理二进制的位数。一般而言,字长越长,运算精度就越高,价格也越高。早期微型机的字长为 4 位、8 位、16 位,目前微型机的字长大多为 32 位或 64 位。

2. 存储器容量

存储器容量是指计算机中能够保存二进制信息的数量,通常以 MB、GB 等作为衡量单位。

一位二进制数所能表示的信息量太少，所以需要多位二进制数字的组合来表示字符或数字，这种表示的最基本单位是“字节”（Byte），每字节由8个二进制位组成，即1 Byte = 8 bit。我们常用一个大写字母“B”表示字节。与字节相关的单位常用的有KB、MB、GB、TB等。它们之间的换算关系是

$$1 \text{ KB} = 2^{10} \text{ B} = 1024 \text{ B}$$

$$1 \text{ MB} = 2^{10} \text{ KB} = 2^{20} \text{ B} = 1048576 \text{ B}$$

$$1 \text{ GB} = 2^{10} \text{ MB}$$

$$1 \text{ TB} = 2^{10} \text{ GB}$$

存储器可以分为主存储器和辅助存储器，存储器容量也相应地细分为主存储器容量和辅助存储器容量。

主存储器（简称“主存”）又称内存储器（简称“内存”），它通常由半导体材料制成，工作速度比较快，CPU运行所需的程序和数据都存在内存中。由于各种软件的规模越来越大，需要有足够大的内存空间才能获得较快的运行速度，所以计算机的内存容量也是越来越大，早期PC的内存只有几百KB，后来逐渐增大到数十至数百MB，现在市面上购买的PC内存容量一般是1GB、2GB或4GB。

除了内存以外，还有一种存储设备叫辅助存储器（简称“辅存”）或外存储器（简称“外存”），主要包括磁介质存储器和光盘存储器两种。磁介质存储器包括硬磁盘存储器（简称“硬盘”）、软磁盘存储器（简称“软盘”）和磁带。与内存相比，外存的存取速度比较慢，但是它的存储成本比较低，所以可以用较低的价格获得较大的存储容量。目前常见的硬磁盘容量可以达到数百GB，高者可达1TB、2TB甚至更高。

3. 时钟频率与运算速度

计算机在执行指令时总是按照一个固定的节拍进行着，显然，节拍越快，计算机的运行速度也就越快。这个节拍是由一个标准的振荡器产生的，其振荡频率称为时钟频率。一台计算机允许配备的时钟频率多高取决于机内逻辑电路的工作速度。早期的计算机时钟频率比较低，一般为数百kHz至几MHz，现在的PC已经把时钟频率提高到了1GHz以上。

运算速度可用每秒所能执行的指令条数来衡量，但由于不同的指令所需的时间不同，所以目前有三种计算运算速度的方法。

(1) 以特定指令为标准计算运算速度

通常选择最简单而又常用的运算指令作为标准，例如，用每秒能执行定点加法指令的条数作为计算速度指标。可采用MIPS（Million Instructions Per Second，百万条指令/秒）表示运算速度。

(2) 测算统计平均值

根据不同类型的指令在程序运行过程中出现的频率高低，确定不同指令的加权系数，结合每种指令的运行速度，可以求得运算速度的统计平均值。

(3) 直接给出每条指令的实际执行时间或主频

目前，在微型机中主要用主频反映运行速度。主频又称为内频，指CPU芯片内部器件的工作频率。一般而言，主频越高，CPU执行指令的速度就越快。例如：8086 CPU的主频为

4. 77 ~ 10 MHz, Pentium 的主频为 60 ~ 166 MHz, 目前微机 CPU 的工作主频最高已超过 3 GHz。

4. 外部设备的扩展能力

微机系统允许配置的外设数量与种类, 也在很大程度上影响着微机系统的综合性能。外设扩展能力主要是指微机系统配接各种外部设备的可能性、灵活性和适应性。一台微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要影响。在微机系统中, 能连接什么类型的外设、采用什么接口标准进行连接等, 都是外设配置中需要考虑的问题。

5. 软件的配置

软件是微机系统中必不可少的重要组成部分。软件的配置是否齐全, 直接关系到微机性能的好坏和效率的高低。例如, 是否有功能很强、能满足应用要求的操作系统和高级语言、汇编语言, 是否有丰富的工具软件和应用软件的支持等, 都是在购置微机系统时需要考虑的。

以前微机的性能主要是通过字长、运算速度以及内存容量等三项指标来衡量的。实际上, 决定微机性能的因素有许多, 除了上述三个指标外, 它还与系统结构、指令系统、外部设备的配置、软件的配置等因素密切相关, 因此, 不能简单地根据一两项指标就得出结论, 而必须从总体上进行综合考虑。

1.2 微型计算机系统的发展与应用

一般根据计算机采用的电子元器件, 可将计算机的发展历程划分为四个阶段 (或称为四代), 即电子管计算机 (1946 ~ 1957 年)、晶体管计算机 (1958 ~ 1964 年)、集成电路计算机 (1965 ~ 1971 年)、大规模超大规模集成电路计算机 (1971 年至今)。微型计算机是伴随着大规模、超大规模集成电路的发展而诞生和发展起来的, 它的发展速度超过了其他类型计算机的发展速度。

1.2.1 微型计算机的发展

微机的出现是计算机发展史上一个里程碑式的事件, 它使计算机从结构复杂、体积庞大、价格昂贵的机器, 变为可以为办公室、家庭、个人拥有的大众化工具, 对人类生活的各个方面都产生了前所未有的巨大影响。微机的发展是以微处理器的发展为主要特征的, 下面以微处理器的发展为主线, 对微处理器和微型计算机 (尤其是 IBM PC 及其兼容机) 的发展做一个简要介绍。

从 1971 年 11 月 Intel 公司研制成第一台微处理器 Intel 4004 开始, 众多的公司和厂家生产了大量的微处理器及相应的微型计算机。如果从微处理器字长的角度进行分类, 可以分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位微处理器。通常根据微处理器的性能将其划分为五代。

1. 第一代: 4 位及低档 8 位微处理器

4 位 CPU 的典型产品是 Intel 4004 (其改进型是 Intel 4040), 构成运算器、控制器的所有器件都集成在一片大规模集成电路芯片上, 可以同时进行 4 位二进制运算。以它为核心构成的微型计算机是 MCS-4。Intel 4004 包含 2300 个晶体管, 时钟频率为 1 MHz, 寻址能力为

4 KB, 包含 45 条指令, 指令周期为 $20\mu\text{s}$ 。1972 年 4 月开发出的 Intel 8008 是 Intel 4004 的扩展型产品, 字长为 8 位, 寻址能力扩展为 16 KB, 包含 48 条指令。与 Intel 4004 一样, Intel 8008 也是采用了 PMOS 工艺, 同属第一代微处理器。

2. 第二代: 中、高档 8 位微处理器

微处理器问世后受到了广泛欢迎, 众多公司纷纷研制自己的微处理器产品, 逐步形成了以 Intel、Motorola、Zilog 公司产品为代表的三大系列微处理器产品。典型产品有: Intel 公司的 Intel 8080, 其指令周期为 $2\mu\text{s}$, 寻址空间为 64 KB, 采用 NMOS 工艺生产。此外还有 Motorola 公司的 M6800 以及 Zilog 公司的 Z80 等。以 Z80 为核心的单板机 TP801 在我国拥有众多的用户。在 IBM PC 推出之前, 世界上最流行的微型计算机是 Apple 公司的 Apple II, 它采用的是 MOS 公司的 MOS 6502 微处理器。

3. 第三代: 16 位微处理器

1978 年以后, 出现了 16 位微处理器, 代表产品如 Intel 8086/8088/80286, Motorola 公司的 MC68000 (集成度为 68000 管/片) 和 Zilog 公司的 Z8000 (集成度为 17500 管/片) 等。

值得一提的是 Intel 8088, 它是准 16 位微处理器 (内部数据总线 16 位, 外部数据总线 8 位), IBM 公司于 1981 年推出的最早的 PC 采用的就是 Intel 8088, 操作系统采用的是 Micro Soft 公司 (后改名为 Microsoft) 的 DOS (Disk Operation System, 磁盘操作系统)。1983 年, IBM 公司又推出了 PC/XT 机 (XT 表示扩展型, 即 Extended Type), 此外, 同期的产品也采用了 Intel 8086, 它的内、外部数据总线都是 16 位, 属于 16 位机。它的 CPU 芯片集成了大约 4.7 万个晶体管, 工作主频为 $4.77 \sim 10\text{ MHz}$, 每秒执行的指令条数约为 100 万, 即 1 MIPS。

1984 年 8 月, IBM 公司推出了 IBM PC/AT 机 (AT 表示先进型, 即 Advanced Type)。它使用的 CPU 是 Intel 80286 (由于这个缘故, PC/AT 机常被简称为 286 机), 芯片内部集成了大约 13.4 万个晶体管, 工作主频为 $6 \sim 12\text{ MHz}$, 指令处理速度为 $1 \sim 2\text{ MIPS}$ 。PC/AT 机仍是 16 位机, 但采用的是 ISA (Industry Standard Architecture, 工业标准体系结构) 总线, 又被称为 AT 总线。用 16 位微处理器组装的微机 (如 IBM PC/AT、AST286 等) 在功能和速度上已经达到或超过了当时的低档小型机的水平。

4. 第四代: 32 位微处理器

从 1985 年开始, Intel、Motorola 等公司相继推出了多款 32 位微处理器, 如 1984 年 10 月推出的 Intel 80386, 1989 年 4 月推出的 Intel 80486, 以及 Motorola 公司相继推出的 MC68020 ~ 68050 共 4 款 32 位 CPU 等。以 Intel 80386、80486 为 CPU 的微机通常俗称为“386 机”和“486 机”。

Intel 80386 CPU 实际上也有多款 (如 80386SX、80386DX、80386EX 等), 它们在某些方面存在差异, 具体的参数可以查阅相关的资料。这里列举 Intel 80386DX CPU 的部分参数, 大家可以对其有大致地了解。

80386DX CPU 的数据总线及地址总线都是 32 位, 最大可管理 4 GB 内存, 内含 80387 浮点处理部件 (80386SX CPU 内部则不含浮点处理部件)。时钟频率为 $16 \sim 33\text{ MHz}$, 集成了约 27.5 万个晶体管, 采用 $1.5 \sim 1\mu\text{m}$ 工艺制造, 指令处理速度为 $6 \sim 12\text{ MIPS}$ 。

与 80386 CPU 类似, 80486 也分为 80486SX 和 80486DX, 区别在于后者内部集成了 80387 浮点协处理器, 在进行浮点运算以及图形处理时的速度更快。80486 仍是 32 位微处理器, 芯片内含 120 ~ 160 万个晶体管, 工作主频为 25 ~ 100 MHz, 指令处理速度为 20 ~ 40MIPS。80486DX CPU 内部集成了 8KB 的一级高速缓存 (L1 Cache), 可以有效地加快指令或数据的存取速度。

这一时期出现的一个令人瞩目的变化就是兼容机厂商的迅速崛起。由于 PC 的市场销售取得了出人意料的成功, 再加上 PC 标准的开放性, 许多公司开始生产与 IBM PC 兼容的微机 (俗称“兼容机”), 并迅速成长为在 PC 领域举足轻重的角色, 占据了市场的大部份份额, 如: Compaq、AST、DELL 公司等。第一台基于 Intel 80386 CPU 的微机就是由 Compaq 公司于 1986 年 9 月率先推出的 (Compaq Deskpro PC), 这标志着兼容机厂商首次超越 IBM 公司而开始在 PC 市场上领跑了。Compaq 公司在短短的 4 年内跃入《财富》500 强, 并在 1994 年第一次超过 IBM 公司而跃居 PC 销售的榜首。

5. 第五代: 高档 32 位及 64 位微处理器

进入 20 世纪 90 年代以来, CPU 的发展进入了崭新的阶段, 即高档 32 位 (准 64 位) 和 64 位微处理器的阶段。典型的产品有: Intel 公司推出的 Pentium 系列产品; 1992 年 Digital 公司推出的 Alpha; 1995 年由 IBM、Motorola、Apple 公司联合推出的 PowerPC; AMD 公司推出的 K5、Athlon 64 等。

1993 年, Intel 公司推出了 Pentium (奔腾) 微处理器, 与之前的 CPU 相比, Pentium 最大的改进是拥有超标量结构 (支持在一个时钟周期内执行一至多条指令)。此外, 一级缓存不仅容量增加了, 而且单独设置指令和数据高速缓存, 这些改进大大提升了 CPU 的性能。Pentium 微处理器的内部数据总线为 32 位、外部数据总线为 64 位, 芯片上集成了 301 万个晶体管, 工作主频为 60 ~ 166 MHz, 指令处理速度为 112 MIPS。1995 年, Intel 公司又推出了高能奔腾处理器 Pentium Pro, 它集成了 550 万个晶体管, 工作主频为 133 ~ 200 MHz, 指令处理速度为 300 MIPS。其内部有 64 位数据总线、36 位地址线。之后, Intel 公司又相继推出了多能奔腾处理器 (Pentium MMX, 增加了对多媒体处理的指令)、第二代奔腾 (Pentium II)、第三代奔腾 (Pentium III)、第四代奔腾 (Pentium 4) 等。

自 1992 年 Digital 公司推出 64 位 Alpha 微处理器以来, IBM、SGI、Sun、Intel、AMD、HP 等厂商先后推出了自己的 64 位微处理器, 从而标志着微机高性能计算技术将全面进入 64 位时代。处理器字长从 32 位提升到 64 位, 使得可寻址的存储器地址范围大大增加, 内存容量、数据传输速度、处理速度和精度等性能指标也将随之提升。

尽管 Intel 公司生产的微处理器占据了全球 CPU 市场的大半江山, 但目前已经有数家公司对 Intel 公司的垄断地位发起了有力挑战, 如美国 AMD (Advanced Micro Device) 公司和 Cyrix 公司 (现已被中国台湾的芯片组大厂威盛收购) 生产的 CPU, 由于具有较高的性能价格比而占据了越来越多的市场份额。近年来中国大陆在微处理器研制方面也取得了长足的进步。首枚具有自主知识产权的 32 位实用化 CPU 芯片于 2001 年 7 月 10 日宣告研制成功, 代号为“方舟-1”的 CPU 是面向网络应用的 CPU 芯片, 采用 0.25 μm 工艺制造, 主频达到 166 MHz, 每秒能执行 2 亿条指令。“方舟-1”CPU 的研制成功标志着我国国产 CPU 实现了突破。此后多家单位陆续推出了星光、龙芯、北大众志等多种系列微处理器芯片, 其中, 龙

芯系列微处理器在国产 CPU 中的发展最为引人注目。

2002 年 9 月,中国科学院计算技术研究所研制成功“龙芯 1 号”CPU,经 SPEC 2000 基准程序测试和产品测试,表明其运行稳定可靠,可以投入实际使用。“龙芯 1 号”CPU 被称为我国第一款商品化通用高性能 CPU,采用 $0.18\mu\text{m}$ 工艺生产,芯片内部集成了近 400 万个晶体管,工作主频达到 266 MHz,定点与双精度浮点运算速度均超过每秒 2 亿次,性能相当于相同主频的 Pentium II 处理器的一半。2003、2004、2005 年分别推出了龙芯 2B、龙芯 2C、龙芯 2E,每一款的性能都比上一款提高了大约 3 倍。龙芯 2E 采用了 90 nm 生产工艺,单精度、双精度浮点运算速度分别达到了 80 亿次/秒和 40 亿次/秒,综合性能达到高端 Pentium III 或中低端 Pentium 4 CPU 的水平。可以预料,以龙芯为代表的国产 CPU,将会逐渐接近 CPU 设计与生产的世界先进水平。

1.2.2 微型计算机的特点与应用

与以往其他类型的计算机相比,微型计算机具有突出的特点,因此在社会生活的各个领域都得到了广泛应用。

1. 微型计算机的特点

(1) 体积小、重量轻、功耗低

微型机的主要逻辑元器件都采用大规模、超大规模集成电路芯片,使得微机的体积小、重量轻,同时功耗也显著降低。这些优点在小型电子设备、航空航天、日常办公等应用领域都很有意义。

(2) 性能可靠

采用大规模、超大规模集成电路后,系统内组件数大幅度下降,印制电路板上的焊接点数和接插件数目大为减少,使得微机的可靠性大大提高,而且对使用环境的要求也不高。

(3) 结构灵活,适应性强

微机通过总线将主要功能部件进行连接,连接方式简单、灵活,可以很方便地构成满足各种需要的应用系统,并易于进行系统功能的扩充。此外,构成微机的基本部件的系列化和标准化,增强了微机的通用性和适应性。

(4) 性能价格比高

由于集成电路技术和制造工艺的进步,微机的性能一直在大幅度地提升,而成本却在不断地下降,所以微机具有很高的性能价格比,这为微机的迅速普及奠定了基础。

上述特点使得微型机的应用领域大大拓展,可以广泛应用于社会、经济、军事等各个领域。

2. 微型计算机的应用

(1) 科学技术计算

科学技术计算一般是指在科学技术研究以及工程设计应用中遇到的各种数学问题的计算,这类计算问题的特点是计算烦琐、数据量大,如果没有计算机的帮助是很难用人工来完成的。例如:高能物理中热核反应控制条件及能量的计算;天气预报的数值计算;核武器的数值仿真等。目前以 PC 为代表的微型机可以解决一般的科学计算问题,对于计算特别复杂、数据量巨大的复杂计算问题,仍需借助高性能计算机来完成。