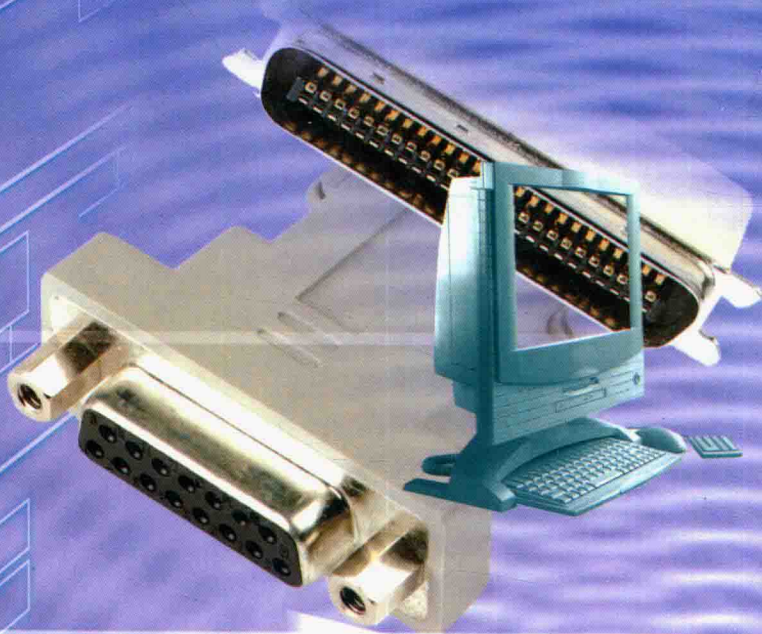


微型计算机 组成原理及接口技术

刘天标

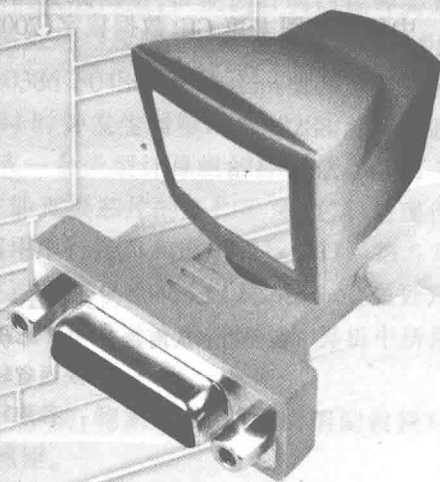


西安交通大学出版社

TP36
155
127

微型计算机 组成原理及接口技术

刘天标



西安交通大学出版社
西安

内 容 简 介

本书以当前国内外广泛使用的 Interl 处理器为背景,讲述如何组成微型计算机及微机的实用接口技术。

全书共分 8 章。第 1 章主要介绍微处理器的发展简史;第 2 章讲述 16 位微型处理器及微型计算机控制核心的组成;第 3 章讲述各种半导体存储器的连接使用;第 4 章讲述高性能支援芯片的工作原理;第 5 章讲述高档微处理器及高档微型计算机的组成;第 6 章讲述微型计算机总线 and 接口标准;第 7 章讲述现代微型计算机中所用的控制芯片组;第 8 章讲述微型计算机系统设置。

本书内容先进,结构新颖,资料翔实。它既可以作为大专院校各专业微型计算机硬件的通用教材,同时也可作为从事计算机工作的工程技术人员自学或参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

微型计算机组成原理及接口技术 / 刘天标编. — 西安:西安交通大学出版社,2002.3
ISBN 7-5605-1500-2

I. 微… II. 刘… III. ① 微型计算机-计算机体系结构-高等学校-教材 ② 微型计算机-接口-高等学校-教材 IV. TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 005600 号

*

西安交通大学出版社出版发行
(西安市兴庆南路 25 号 邮政编码:710049 电话:(029)2668315)
陕西省轻工印刷厂印装
各地新华书店经销

*

开本:787mm×1 092mm 1/16 印张:20.875 字数:506 千字
2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷
印数:0 001~3 000 定价:25.00 元

发行科电话:(029)2668357,2667874

前 言

自 1971 年出现第一枚微处理器以来,微型计算机以极迅速的速度发展,至今已进入第六代。由于其体积越来越微小,价格越来越便宜,尤其是多媒体计算机的应用、Internet 的发展,使微型计算机进入千家万户,渗透到各行各业,大家对微型计算机知识的需求愈来愈强烈。

对于计算机本科学生,更需要深入地了解微型计算机的基本组成、工作原理以及接口和使用方法等。本教材是以硬件为主,讲述一台微型计算机是怎样组成和工作的,以及微型计算机接口方面的有关知识。

本书以 16 位微型计算机为基础,力图以 8088 微处理器为核心,配以高性能的支援芯片,讲述如何组成一台微型计算机。然后,在此基础上讲述 80286,80386,80486 以及 pentium 微处理器的工作原理及由其组成的高档微型计算机。在存储器连接使用方面,考虑到前序课程已讲述了半导体存储器的有关基础知识,因此书中不再讲述每个存储器电路的组成和工作原理以及有关半导体存储器的基本概念,只突出讲述各种半导体存储器如何连接使用以及现代内存条的规范特点和如何使用。书中还系统地讲述了现代微型计算机常用的总线及接口标准,讲述了各种控制芯片组及系统设置等有关知识,较详细地讲述了 8088 微处理器的寻址方式和所有指令,并在此基础上重点讲述了 80386,80486 及 pentium 处理器的扩展指令。

全书共分 8 章。第 1 章主要讲述微处理器的发展简史,以使读者明白在种类繁杂的微型计算机中如何选择和使用。第 2 章讲述 16 位微处理器及微型计算机控制核心的组成。全面、细致地介绍了 8088 CPU,以便为学习 80286,80386,80486 及 pentium 处理器打好基础。同时讲述了以 8088 为核心配以 8087 协处理器、8284 时钟发生器驱动器、8288 总线控制器以及地址锁存器、地址驱动器、数据收发器等,如何组成一台微型计算机的控制核心。第 3 章讲述各种半导体存储器的连接使用。第 4 章讲述高性能支援芯片的工作原理,它们是现代微型计算机中控制芯片组的电路基础。此章也讲述了通用串行接口和通用并行接口。第 5 章讲述高档微处理器及高档微型计算机,从 80286 开始,讲述 80386,80486 以及 pentium 微处理器的工作原理。第 6 章讲述微型计算机总线和接口标准。第 7 章讲述现代微型计算机中所用的控制芯片组。第 8 章讲述微型计算机系统设置。

王复车教授审阅了全稿,并给予悉心指导和帮助;鲍家元教授、董渭清副教授对本书提出了许多有价值的意见和帮助,在此表示衷心的感谢。

使用本书为教材时,可根据教学时数作适当选择,有些内容可由学生自学。

由于编写水平有限,加之时间仓促,书中难免存在不足与疏漏之处,恳请读者批评指正。

刘天标

2001 年 10 月

目 录

前言

第1章 概述

1.1 微型计算机的基本结构	(1)
1.2 微处理器发展简史	(2)
1.3 微处理器主要发展趋势	(9)
复习思考题	(10)

第2章 16位微处理器及微机控制核心的组成

2.1 概述	(11)
2.2 8088 微处理器	(13)
2.2.1 8088 微处理器的内部结构	(13)
2.2.2 8088 程序可访问的内部寄存器	(14)
2.2.3 8088 的引脚及其功能	(17)
2.2.4 8088 最大模式的时序	(20)
2.2.5 8088 指令系统	(23)
2.3 数值数据处理器	(47)
2.3.1 8087 的结构	(47)
2.3.2 IBM PC/XT 机中 8087 的工作	(48)
2.4 8284 时钟发生器驱动器	(49)
2.4.1 复位逻辑	(49)
2.4.2 时钟产生电路	(50)
2.4.3 准备好控制逻辑	(51)
2.5 8288 总线控制器	(52)
2.5.1 状态译码和控制逻辑	(52)
2.5.2 命令输出	(53)
2.5.3 控制输出	(53)
2.5.4 IBM PC/XT 中的 8288 总线控制器	(54)
2.6 IBM PC/XT 的控制核心	(55)
复习思考题	(57)

第3章 半导体存储器的连接使用

3.1 小型微机系统中存储器的连接使用	(59)
3.1.1 Z80 CPU 主要引脚功能	(59)

3.1.2	存储器安排及译码电路分析	(60)
3.1.3	Z80 单板机存储器电路	(61)
3.2	单片机存储器系统的设计举例	(61)
3.2.1	MCS-51 结构及引脚功能简介	(61)
3.2.2	MCS-51 存储器组织	(63)
3.2.3	外部 RAM 电路的逻辑设计	(63)
3.2.4	实用的数据存储器设计	(63)
3.3	动态存储器的连接	(65)
3.3.1	系统板上的 RAM	(65)
3.3.2	4164 动态存储器芯片	(66)
3.3.3	$\overline{\text{RAS}}$ 和 $\overline{\text{CAS}}$ 生成电路	(68)
3.3.4	RAM 电路	(70)
3.3.5	奇偶校验	(72)
3.4	EPROM 和 EEPROM 的连接使用	(73)
3.4.1	EPROM 的连接	(73)
3.4.2	EEPROM 的连接使用	(75)
	复习思考题	(77)
 第 4 章 可编程高性能支援芯片及接口电路		
4.1	可编程并行接口 8255A-5	(78)
4.1.1	8255A-5 的结构	(79)
4.1.2	8255A-5 的工作方式	(81)
4.1.3	IBM PC/XT 中 8255A-5 的使用	(84)
4.2	计数器/定时器 8253-5(8254)	(88)
4.2.1	8253-5 的结构框图	(88)
4.2.2	8253-5 的工作方式	(91)
4.2.3	8253-5 在系统板上的连接使用	(92)
4.3	8259A 中断控制器	(95)
4.3.1	8259 的逻辑功能	(95)
4.3.2	8259 的工作方式	(97)
4.3.3	8259 的初始化命令字和操作命令字	(100)
4.3.4	IBM PC/XT 的中断控制逻辑	(105)
4.3.5	8259 的级联工作	(109)
4.4	8237 DMA 控制器	(110)
4.4.1	8237 DMA 的引脚功能	(111)
4.4.2	8237 的工作方式	(113)
4.4.3	8237 的时序	(115)
4.4.4	8237 的内部寄存器	(116)
4.4.5	8237 DMA 控制器在 PC/XT 中的应用	(120)

4.5 可编程串行接口 8250	(127)
4.5.1 概述	(127)
4.5.2 通用异步收发器(UART)	(127)
4.5.3 8250 及其编程使用	(128)
4.5.4 程序举例	(134)
4.5.5 RS-232 接口标准	(136)
4.5.6 8250 的引脚功能	(140)
4.5.7 异步通信适配器电路	(142)
4.6 并行打印机接口电路	(145)
4.6.1 打印机接口信号	(146)
4.6.2 打印机接口电路分析	(148)
4.6.3 打印机 I/O 功能程序	(151)
复习思考题	(153)

第5章 高档微处理器及高档微机

5.1 80286 CPU	(154)
5.1.1 80286 的结构	(154)
5.1.2 80286 的实地址方式	(157)
5.1.3 80286 的保护虚地址方式	(158)
5.1.4 80286 的引脚功能	(164)
5.1.5 用 80286 组成的微型机举例	(167)
5.2 80386 CPU	(169)
5.2.1 80386 的基本结构	(169)
5.2.2 80386 内部寄存器	(171)
5.2.3 工作模式	(175)
5.2.4 保护的虚地址方式	(176)
5.2.5 特权	(180)
5.2.6 任务切换	(186)
5.2.7 80386 初始化及向保护方式转换	(191)
5.2.8 存储器分页	(193)
5.2.9 虚拟的 8086 环境	(195)
5.2.10 80386 的引脚功能	(195)
5.2.11 由 80386 组成的微机举例	(198)
5.3 80486 CPU	(201)
5.3.1 80486 CPU 的特点	(201)
5.3.2 80486 CPU 的内部结构	(202)
5.3.3 80386/80486 的指令	(205)
5.4 pentium CPU	(219)
5.4.1 pentium CPU 性能及结构	(219)

5.4.2	pentium 内部寄存器	(222)
5.4.3	pentium CPU 的信号引脚功能与定义	(225)
5.4.4	pentium 指令系统	(231)
5.5	高速缓冲存储器(cache)	(232)
5.5.1	几个基本概念	(233)
5.5.2	cache 的结构类型	(234)
5.5.3	替换策略	(237)
5.5.4	实例:80486 处理器 cache	(237)
5.5.5	写策略	(239)
5.5.6	pentium PC 的 cache	(240)
5.6	pentium PC 的主存储器	(242)
5.6.1	交错存储器组织	(242)
5.6.2	先进的 DRAM 芯片	(245)
5.6.3	pentium PC 的主存储器	(247)
5.7	PC 内存的选用	(248)
5.7.1	概述	(248)
5.7.2	PC-100 内存	(250)
5.7.3	新一代内存和 PC 133 规范内存	(252)
5.8	Pentium 微型计算机组成举例	(253)
5.8.1	概述	(253)
5.8.2	控制芯片组简介	(253)
5.8.3	主机板其他电路简介	(260)
	复习思考题	(264)

第 6 章 微机总线和接口标准

6.1	总线的分类	(266)
6.2	总线的主要参数	(268)
6.3	现代微机中常用的总线及接口标准	(269)
6.3.1	ISA 总线	(269)
6.3.2	PCI 总线	(271)
6.3.3	AGP 总线	(277)
6.3.4	IEEE 1394 总线	(280)
6.3.5	USB 总线	(281)
6.3.6	IDE 接口	(282)
6.3.7	SCSI 接口	(285)
6.4	主板中常用的接口	(287)
6.4.1	PS/2 接口	(287)
6.4.2	IRDA 红外传输接口	(287)
6.4.3	COM1, COM2 串行异步通讯接口	(287)

6.4.4 LPT 并行通讯接口	(288)
复习思考题.....	(288)

第7章 控制芯片的概览

7.1 概述	(290)
7.2 Intel 控制芯片组	(291)
7.2.1 Intel 430 控制芯片组	(291)
7.2.2 Intel 440 控制芯片组	(293)
7.2.3 Intel 810 芯片组	(296)
7.2.4 Intel 820 芯片组	(298)
7.2.5 Intel 的新款芯片组	(299)
7.3 其他公司的兼容芯片组	(301)
7.3.1 威盛电子(VIA)	(301)
7.3.2 SIS 620/530 630/540	(306)
7.3.3 ALI 公司	(306)
复习思考题.....	(308)

第8章 微机系统设置

8.1 什么是系统设置	(309)
8.2 系统设置方法举例	(314)
复习思考题.....	(322)

参考文献

第1章 概述

1.1 微型计算机的基本结构

1. 一台计算机的基本组成

如图 1-1 所示,一台计算机主要由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备五大部分组成。它们的功能如下:

运算器:主要对数据进行基本的算术运算及逻辑运算。

存储器:主要用来存储数据、程序、中间结果和最终结果等数字信息。

输入设备:用来把信号、命令、程序、数据输入计算机。常用的输入设备有键盘、纸带输入机、磁带输入机、硬盘机等。

输出设备:把计算机运算的结果显示或打印出来。常用的输出设备有显示器、打印机、绘图仪、硬盘等。常把输入、输出设备称为外围设备(外部设备),有些外围设备(如硬盘)兼有输入输出功能。

控制器:计算机的一切工作都在控制器的控制下执行,它使计算机内部各部分协调一致地工作。

随着大规模集成电路的迅速发展,20 世纪 70 年代后,计算机除了向巨型机方向发展外,还朝着微型机方向飞速发展。首先把运算器和控制器做在一块集成电路片上,这就出现了微处理器,也就出现了微型计算机。

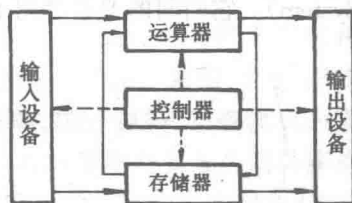


图 1-1 计算机的基本硬件组成

2. 微型计算机的基本结构

(1) 微型计算机硬件系统结构

由于微型计算机(简称微型机或微机)是由微处理器为核心组成的计算机,而微处理器是产品化的集成电路片,它的引脚个数,每个引脚的功能,引脚的有效电平和驱动能力都是确定的。因此,微型计算机结构只能是一种独特的总线结构,系统中各功能部件之间的相互关系变为各个部件面向总线的单一关系。一个部件只要符合总线标准,就可以连接到采用这种总线标准的系统中,使系统功能得到扩展。

尽管各种微型机的总线类型和标准有所不同,但基本上都包含三种不同功能的总线,即数据总线 DB、地址总线 AB 和控制总线 CB。

微型计算机的基本结构如图 1-2 所示。

(2) 几个基本定义

① **微处理器** 微处理器是指能完成计算机中运算器和控制器功能的一片或几片大规模集成电路,又称为微处理器,简称 CPU(Central Processing Unit)。在微型计算机中直接用

CPU 表示微处理器。

② 微型计算机 微型计算机是指以微处理器为核心,配上存储器、输入/输出接口电路及系统总线,能完成完整数据处理功能的计算机(又称主机或微电脑),简称 MC(Micro Computer)。

③ 微型计算机系统 微型计算机系统是指以微型计算机为中心,配以相应的外围设备、电源和辅助电路(统称硬件)以及指挥微型计算机工作的软件所构成的系统。简称 MCS(Micro Computer System)。它们间的关系如图 1-3 所示。

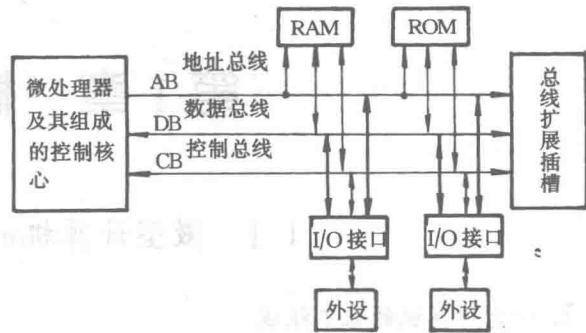


图 1-2 微型计算机硬件结构框图

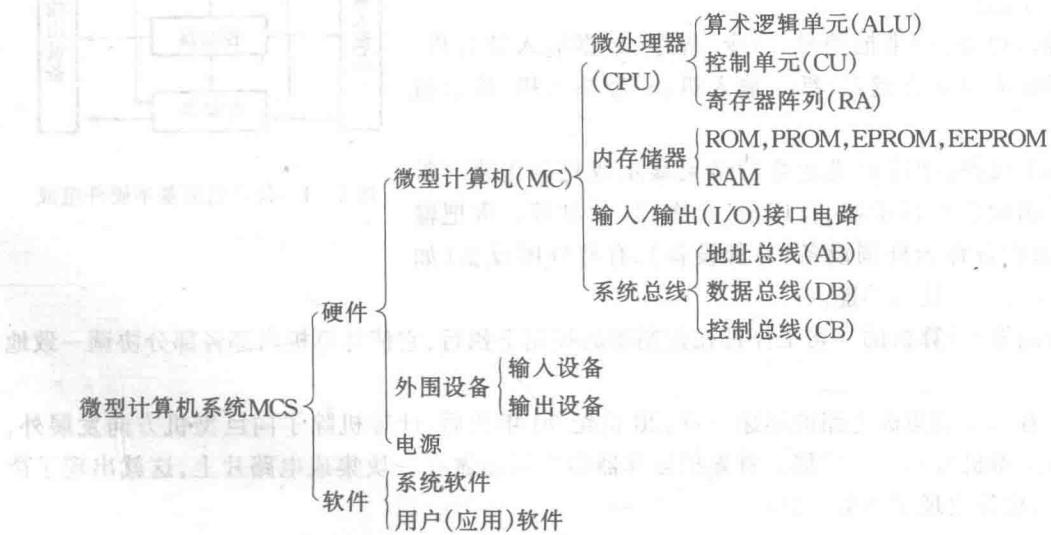


图 1-3 CPU, MC, MCS 间的相互关系

④ 单片机 把微处理器、存储器和输入/输出接口电路统一集成在一块芯片上,就构成了一台计算机的基本组成,这叫单片机。由于单片机常常是针对工业控制以及与控制相关的数据处理而设计的,因而又叫微控制器。

1.2 微处理器发展简史

微处理器是指能完成计算机中控制器和运算器功能的一片大规模集成电路,它是组成微型计算机的核心部件。由于有了微处理器才有微型计算机,由于微处理器从简单到复杂,才使微型计算机由低档到高档。由于微处理器的五花八门,才使市场上有各种各样的微型计算机。了解微处理器的发展历史,对我们正确地认识和选用微型计算机起着很重要的作用。本节简单介绍微处理器的发展简史,希望大家从中有所受益。

世界上第一片微处理器是美国 Intel 公司 1971 年 10 月推出的 4004,它是一个 4 位的微处理器,4004 本来是作为高级袖珍计算器设计的,但它用在一些仪表上(如电动打字机、照相机、电视、台秤及许多家用电器),赋予了这些电器一定的智能,从而大大提高了这些器具的工作质量,这样使很多半导体制造商转而来研究和生产微处理器。20 世纪 70 年代出现了很多生产厂商,最具代表性的是美国的 Intel 公司、Zilog 公司和 Motorola 公司。

由于 Zilog 公司几个主要人员都参加过 Intel 公司 8080 处理器的设计,因此 Zilog 公司一开始就推出高档 8 位机 Z80,它与 8080 的指令一级兼容。后来 Zilog 公司又推出 16 位的 Z8000 微处理器,由于 Zilog 公司后续的 32 位机未能按时推出,致使 Zilog 公司在高档微机中落选。

Intel 公司首先推出 4 位微处理器 4004,接着推出 4040,8008,8080 及 8085 高档 8 位机,又推出 8086(8088)16 位机。由于 Intel 公司在 20 世纪 80 年代初受到美国国际商业机器公司 IBM 的支持,使它的产品发展势头越来越强。

IBM 公司有计算机世界巨人之称,是世界上最大的计算机公司,它一直生产大型机和巨型机。1981 年 IBM 公司突然推出了 IBM PC 机,这在当时确实是一个重大新闻,由于 IBM 公司的技术、声誉、销售能力和良好的服务等方面因素的综合影响,IBM PC 机很快便成为微型计算机的主流产品和事实上的标准。许多厂商看到这种情况,纷纷推出与其兼容的计算机系统。我国当时生产的 0520 系列微型机就是 IBM 的兼容机。当时 IBM PC 机使用的 CPU 就是 Intel 公司的 8088 微处理器。

IBM 公司初期一直与 Intel 公司密切合作,当 Intel 公司推出 80286 高档 16 位机时,IBM 公司即推出 AT 机。IBM 公司初期推出的 IBM PC 机及 AT 机都采取软、硬件公开,这样方便了用户的使用和维修,同时又使 IBM 公司有了丰富的硬件资源,很多厂商为它提供配套的板卡。但硬件公开出现了很多兼容机,这些兼容机厂以低廉的价格与其争夺市场,以至 AT 机推出后,很多兼容机在门阵技术、图形、字符显示等方面都有独到之处,在很多方面都超过 IBM PC/AT 机。特别是 CHIPS AND TECHNOLOGIES 公司推出了一整套 CHIPS 门阵以后,从系统结构上改变了 PC/AT 的设计,不但提高了系统的性能,而且大大降低了系统的成本,这使 IBM 公司失去了微机霸主的地位,它在 1984 年推出 AT 机后再没有推出新型的微机,直到 1987 年 4 月才又推出 PS/2 系列。当时有四种机型、八种配置,即以 8086 为 CPU 的基本机型的 30 型,以 80286 为 CPU 的中档机型 40 型和 60 型,以 80386 为 CPU 的高档机型 80 型。这时 IBM 公司不再将硬件公开,同时把总线改为 MCA 微通道体系结构而不用 AT(ISA)总线,操作系统改用 OS/2 而不用 DOS。

IBM 公司采取这些做法,本来是想限制别人,但结果反而限制了自己,使大部分兼容机制造商拒绝转向 MCA。1988 年 9 月 13 日,以 Compaq 公司为首的九个公司联合,宣布他们研究替代 MCA 的产品,坚持使用 EISA 总线。它与 ISA 总线兼容,这样就结束了 IBM 一支独秀的状态,而出现多种品牌。

由于 Intel 公司的 CPU 一直处在绝对优势和微处理器的领导地位,因而我们以 Intel 微处理器的发展来看微处理器的发展史。

Intel 公司推出 8086 后,为了利用当时现有的经济的 8 位设备,推出 8088 微处理器。8088 内部结构几乎与 8086 一样,内部是 16 位的架构,20 根地址线,可直接访问 1 MB 地址空间,但对外数据线的 8 根,而不是 8086 的 16 根数据线,因此称为准 16 位机。由于它能很容易

地与 8 位外围芯片组成计算机,因而 8088 不仅是 PC 机的核心,也是许多机器的核心,这样 8086 被冷落了。

当时 Intel 替代片也很流行,与 8088 和 8086 能直接互换的两种芯片是日本电气公司(NEC)的 V20 和 V30,用 V20 置换 8088、用 V30 置换 8086 以后,总的效率提高了 30%。

在 8086 和 8088 问世后不久,Intel 公司就着手进行改进。那时所有的处理器,也包括这两种,都依赖于其他芯片的支持。Intel 公司的设计人员考虑到用分立的芯片完成这些支持的功能有很大的缺陷,如果将其中许多功能集成在一块芯片上组成更强的处理器,速度将更快,而且使用较少的芯片也会降低总的费用,这样 186 和 188 问世了。它的主要特征是将几个支持功能做到处理器上。当然,它们还有其他一些功能,不过那些是次要的。从型号上可以猜到,两者内部均以 16 位工作,186 与 8086 类似,一次通信 16 位,而 188 与 8088 类似,一次接收和发送 8 位数据。尽管 186 和 188 是系列中重要的扩展,但它们比原有的处理器并没有显著的改进,而价格却很高。现在看来,186 和 188 是不成功的产品。因此,Intel 公司下大力气完成了那时它最值得夸耀的成就,1982 年推出了一种具有存储管理和保护的高级 16 位微处理器 80286。

286 在四个方面比它的前辈有显著的改进:

- ① 首先它使用了更多的内存,使用 24 根地址线,因此可直接访问 16 MB 地址空间。
- ② 286 很重要的优点是具有虚存这个重要特征,这使得处理器使用外存(如硬盘存储器)模拟大量实际的内存。尽管 286 只有最多 16 MB 的实内存地址(实际实地址方式只有 1 MB 空间),但却能利用外存模拟多达 1 GB 的虚拟存储器。
- ③ 计算机同时运行多个任务。多任务是通过任务硬件机构使处理器在各种任务之间来回快速而方便地切换来完成的。
- ④ 提高了处理器的速度。最早的 PC 时钟速度是 4.77 MHz,第一台基于 286 的 PC/AT 机是 6 MHz,不过很快就提高到 8 MHz,并成了标准。其他仿制机制造商则自行提高时钟速度,它使 286 达 10 MHz,12.5 MHz,16 MHz 甚至 20 MHz 的速度。

不幸的是,尽管 286 有不少先进的特点,但几乎没有多少用户利用它们。这是因为当时大部分人都用 DOS 作为操作系统,而 DOS 都是以原有 8088 体系结构为基础的,因此可以说,在当时很多场合,286 微机只是一种快速的 8086 机。

1985 年 Intel 公司推出 80386,与 286 一样,它也通过提供模拟 8086 的实模式来保护向上兼容,而且它扩充了 286 保护模式,它的主要特点表现为:

- ① 32 位数据线和 32 位地址线即全 32 位机,它能使用 4 GB(2^{32})的实内存和多达 64TB 字节的虚存(64 MMB)。
- ② 增加了一个虚拟 86 操作模式,这使得各个 DOS 程序同时运行,每个就像在自己的 8086 机器上运行一样。
- ③ 在内部一次能处理 16 位,但在外部一次用 32 位进行通信。

但在 386 问世时,很多外围芯片和设备都是 16 位的,因此无法充分利用 32 位数据线。Intel 公司认识到这点后,就推出一个使用 16 位进行通信的 386SX,这种处理器的优点是小而便宜,386SX 与 386 芯片结构完全一样,唯有 386SX 使用 16 位而不是 32 位数据线,原 386 称为 DX。

386 的另一改进就是有一个 16 位预先读取的高速缓冲存储器(cache),这使得 386 运行起

来更加流畅,而无须在接收从系统内存传来的代码时等待。

第一台 386 的速度是 12.5 MHz 和 16 MHz,不久 20 MHz 和 25 MHz 的芯片问世了,而且 33 MHz 的标准也最终建立了。尽管有的制造商推出一些能以 40 MHz 和 50 MHz 运行的特殊芯片,但它们都因为 33 MHz 是 386 可靠运行的上限而不很流行。另外,486 有更快的速度,因此这自然是渴望高速公路的 386 用户升级的道路。

1989 年 8 月,Intel 公司发表了 80486 微处理器。

为了提高数值数据运算速度,Intel 在生产出 8086 后又公布了专门进行数据运算的 8087,称为数值数据运算器(或称为协处理器),它除了一些加、减、乘、除算术运算和逻辑运算外,还有一些特殊函数的运算指令,比如指数、对数、三角函数电路和指令。8087 配合 8086(8088)运行,它可使数值运算速度提高 10~100 倍。与 286 配合的有 287,与 386 配合的是 387(也可用 287)。

简单地说,80486 是把 386,387 合成一个芯片,并在片内装有 8 KB 高速缓存(cache),它含有 120 万个晶体管,273 个引脚(而 386 只有 27.5 万个晶体管,132 个引脚)。

486 内部的协处理器在功能上与独立的 387 完全一样,它做数学运算的速度是 387 的两倍,内部 8 KB 高速缓存缩短了处理器等待慢速 DRAM 的时间。在处理器工作期间,高速缓存装满了最近要使用的指令和数据。当处理器要从主存读信息时,先检查缓存,这样在其中找到所需信息的可能性很大,因为缓存就在芯片内,操作时比系统 RAM 要快多了。

486 标准速度是 33 MHz,后来出现 486DX₂-50,486DX₂-66,它们都可以直接插在 33 MHz 486DX 插槽中,这些升级芯片在其内部以两倍于标准的速度运行。后又推出 486DX₄/75,DX₄/100,其内部以三倍于标准的速度运行。

486 也有 486SX(原 486 称为 DX),它们的不同之处在于 486SX 内部没有(没有激活)协处理器,它的价格便宜(其实就是 486DX 中协处理器有故障的芯片)。

1993 年,Intel 公司又推出第五代微处理器 pentium,该微处理器采用 0.8 μm BiMos 工艺,在 273 个引脚封装中含有 310 万个晶体管,它使用 CISC(复杂指令集计算机)和 RISC(精简指令集计算机)综合技术,它含有指令和数据各 8 KB 的高速缓存、32 位内部总线(故仍属于 32 位微处理器)和 64 位外部的数据总线,内部有两条并行整数流水线可同时执行两条指令,早期推出的时钟为 60 MHz,66 MHz,后来又推出 75 MHz,90 MHz,100 MHz,120 MHz,133 MHz,150 MHz,166 MHz,200 MHz 的 pentium 处理器芯片。

Intel 公司一直以 386,486 这些数字称呼他们的微处理器,但由于数字无法登记注册,想通过申请商标获得法律保障也无法如愿,因此,Intel 公司在内部展开公开征名活动,中选者可获大奖。最后确定用 pentium 这个合成新名词,“pent”是拉丁文里的第五代的意思,正符合第五代处理器的身分,而以“ium”的音结尾,听起来像是一种元素。

1995 年 11 月,Intel 公司又推出 pentium pro(P6),P6 最引人注目的特色是它将二级缓存同 CPU 封装在一起,在 P6 的封装下实际有两种芯片:一个是 CPU 部分,包括两个 8 KB 的一级缓存;另一个是 256 KB 的 SRAM 的二级缓存。CPU 核心拥有 550 万个晶体管,二级缓存有 1 550 万个晶体管,引脚为 387 个,三路超标量系统结构,14 级超级流水线,5 个并行执行单元。由于 256 KB 的 SRAM 二级缓存由其片内部专用总线与 CPU 相连,因此 P6 比同样时钟频率运行的 pentium 芯片速度快 50%,pentium pro 处理器主要规格有 150 MHz,160 MHz,180 MHz 和 200 MHz 四种。由于 P6 价格昂贵,它主要用于高档服务器。

1997年1月9日,Intel公司又推出带有多媒体指令的 pentium MMX 处理器。MMX 处理器的最大特点是新增加了 57 条指令,以更好地支持多媒体技术,一级 cache 为 16 KB + 16 KB,使其性能提高 50%~400%,pentium MMX 处理器主要有 166 MHz,200 MHz,233 MHz 三种规格。

1997年5月,Intel公司推出 pentium II 处理器,简称 PII。它采用与 pentium pro 相同的核心结构,从而继承了原有 pentium pro 的性能。同时,PII 还增加了对 MMX 指令集的支持和对 16 位代码的优化。pentium II 处理的内核为 750 万只晶体管,一级 cache 为 16 KB + 16 KB,它没有与二级 cache 封装在一个芯片里。pentium II 首次采用 SLOT1 接口标准,该总线技术规范为 Intel 公司的专利,它不再使用传统的陶瓷封装,变成了一块带有金属外壳的印刷电路板。印刷电路板上不但集成了处理器部件,而且还包括 512 KB 的二级 cache,它大大降低了封装与测试中的成本,提高了市场竞争能力。pentium II 主要有 233 MHz,266 MHz,300 MHz,333 MHz,350 MHz,400 MHz 几种规格,PII 总线有 66 MHz 和 100 MHz 两种。

从 486 开始,AMD,Cyrix 等几个 CPU 厂家就是 Intel 公司强有力的竞争对手。K₅ 处理器是 AMD 公司生产的第一款 pentium 处理器的竞争者,也是 AMD 公司第一次自行研发的 X₈₆ 处理器。AMD 公司在 286,386 以及 486 年代所生产的处理器其实都是 Intel 公司供给的图纸,由于 AMD 低估了独立设计处理器的困难,因此 K₅ 很晚才出现在市场上,而且并不十分流行。AMD 公司在意识到研发 K₅ 时所遇到的问题后,就收购了 NexGen 公司,并从而得到了它们在 NexGen 686 的设计图,K₆ 就是在 NexGen 686 的基础上进行研发的。与 K₅ 处理器比较,K₆ 含有 MMX 指令以及更多的片内 L₁ cache(32 KB 指令 + 32 KB 数据),能够并行处理多个数据,而且工作在比 K₅ 更高的时钟频率上。K₆ 比 pentium MMX 更出色,而且在大多数测试中,仅落后于 PII 几个百分点,更重要的是,它的价格比这两款处理器都低。我们知道,所有非 Intel 处理器的浮点运算能力都比 pentium MMX 低,K₆ 也不例外,但差距很小,K₆ 非常适合安装在 SOCKET7 主板上,166 MHz 和 200 MHz 两种规格的 K₆ 需要 2.9 V 的分离电压供电,K₆/233 MHz 需要 3.2 V 电压。

K₆-2 是 AMD 公司在 K₆ 基础上进行了几项重要的改进,最主要的一项是采用 3D NOW! 技术,此技术拥有 21 条新指令,能够迅速地对 3D 图形进行辅助处理,从而使 K₆-2 的 3D 性能大大提高。此外,K₆-2 也支持 MMX 技术。3D NOW! 与 MMX 这两项技术都融入了 K₆-2 中,这为多媒体应用提供了强大的功能。K₆-2 处理器也是第一款公开支持 100 MHz 外频的 SOCKET7 架构处理器,AMD 公司称这种支持 100 MHz 外频的 SOCKET7 主板为 Super 7 主板,这样,就连 pentium II 在某些方面也不是它的对手。而 PII 第一代(代号为“Klamath”)和第二代(代号为“Deschutes”)都工作在 66 MHz 的外频下,只有 PII 第三代(代号仍然叫“Deschutes”)工作在 100 MHz 外频下。

AMD 公司公开发布 K₆-2 处理器是在 1998 年 3 月 28 日,首批处理器的规模有 266 MHz 和 300 MHz 两种,后又推出 333 MHz,350 MHz,400 MHz 几种以及 K₆-3。K₆-3 相对于 K₆-2 的主要改进就是 CPU 内部增加了 256 KB 与 CPU 同速的二级缓存。由于这个改进,进一步增加了 K₆ 系列在整数运算方面的速度优势。但在浮点运算方面,由于浮点指令执行时间较长,相对来说受二级缓存的影响小一些,再加上 K₆-3 在浮点指令方面也没有作什么改进,因此,与赛扬、PII、PIII 相比,仍然有大的差距。

AMD 公司于 1999 年 8 月推出 Athlon 处理器(K₇),从 500 MHz 到 700 MHz,不仅在时钟

频率上超过 Intel 公司,在各项性能指标上的表现也大大超过了 pentium III 甚至 PIII Xeon。

AMD Athlon 处理器的主要特点是:

① Athion 使用来自 DEC 公司 EV6-64 位总线技术。这在 X86 上是一种新型的构架,这种总线通常用于 Alpha 21164/21264 系统。

② 200 MHz 总线,其最高频率可达 400 MHz。

③ 优秀的整数、浮点及多媒体性能,Athlon 以较大的优势在 FPU(Floating-Point Unit)上超过了 PIII。

④ 采用 $0.5\mu\text{m}$ 工艺集成 2 200 万个晶体管,比 PIII 的 900 万高出一倍多。它以 500 MHz 起跳,初期有 500 MHz,550 MHz,600 MHz,650 MHz,700 MHz 的版本。

⑤ 芯片内部集成了 128 KB L1 cache(其中 64 KB 作为指令 cache,64 KB 作为数据 cache),这比 pentium III 的 64 KB 多了一倍。

可提供 512 KB~8 MB 的 L2 cache,根据设计,Athlon 采用了一条可编程的后端总线,用户能够选择是否要 L2 cache 与 CPU 核心频率相同,同时也可以定为 CPU 核心频率的 $1/3$ 或 $1/2$,这样为用户提供了一个从服务器到高档工作站的多版本选择。

⑥ 采用类似 SLOT1 结构的 242 脚的 SLOTA 处理器接口,从外观到制造工艺上看,SLOTA 与 SLOT1 极其相似,但两者在电气特性上并不兼容。目前的 SLOT1 主板厂商只需稍加改动,即可利用已有的组件改为制造 SLOTA,大大节约了成本。AMD 公司在 2000 年推出 Thunderbird(雷鸟)、Atnlon(速龙)、Duron(钻龙)向高中低端处理器与 Intel 公司全面展开竞争。

面对 AMD 公司的挑战,Intel 公司要夺回微机低价市场,推出了赛扬(Celeron)微处理器,赛扬处理器集成了 pentium MMX 指令集,在移除了集成于处理器内部的 L2 cache 后,它的总体表现可以看成一枚采用了 pentium II 技术设计生产的 pentium MMX-233 处理器,大幅降低了生产成本,从而得以增加该款处理器的竞争力。同时,移除 L2 cache 也使 Intel 公司可以将处理器的 SLOT1 外壳去掉,这样也会有助于进一步达到降低生产成本的目的。由于赛扬处理器使用了 SLOT1 接口,因此必须有相应的芯片组来支持它。最初,Intel 公司通过由 440LX 芯片组简化得到 440EX 芯片组来支持赛扬处理器,但随着技术的不断改进,现在只要有正确的 BIOS 提供支持,赛扬处理器就能在采用 440BX 和 440LX 芯片组的主板上运行了。

1998 年 8 月,Intel 公司发布了新一代的赛扬处理器,包括赛扬 300A(后面加 A 以便与老式赛扬 300 区别)和赛扬 333 两种型号。新赛扬采用与 Deschutes 完全相同的 $0.25\mu\text{m}$ CMOS 制造工艺,而且内部集成了 128 KB 全速运行了 L2 cache。在视频 VIDEO 处理、图像处理(Image process)、3D 图形(3D Graphics)以及音频 Audio 处理方面,新赛扬 300A 和 PII 300 各有胜负,而且分值非常接近,赛扬 300A 和 PII 的多媒体性能旗鼓相当。

Intel 公司宣布放弃 Socket 7 的架构,全面转向 SLOT1,也许 Intel 公司认为这样一来用户就会觉得 Socket 7 架构无法向后兼容,没有升级能力从而逐渐退出市场,AMD 公司和 Cyrix 公司就会因为没有 SLOT1 的产品而被远远甩开。但这个如意算盘却被由 Socket 7 改进而成 Super 7 架构和 1998 年的低价电脑潮彻底破灭掉了。

Intel 公司在中低价电脑市场的利益受损,只好推出没有二级缓存的赛扬应付,由于没有二级缓存的赛扬功力不够大,无法撼动 Super 7,于是带有 128 KB 缓存的赛扬在 1998 年四季度上市。1999 年初,又推出面向低价市场的 Socket 370 架构的新产品,Socket 370 CPU 和目

前市面上流行的赛扬 300A 有相同的核心,而接口部分由 SLOT1 改为 Socket 形式,速度高达 366 MHz,目前已推出 466 MHz,500 MHz,533 MHz 的产品,以及 0.18 μm 工艺的赛扬 566 MHz,600 MHz 和更高频率的产品。

Intel 公司高端服务器或工作站于 1998 年底发布(此前都是使用 0.25 μm),支持 66 MHz 系统总线代号为 Xeon(至强)的 PⅡ 处理器,Xeon 处理器芯片内工作频率为(主频)400 MHz 至 450 MHz,L2 cache 容量为 512 KB,1 MB,2 MB 不等,采用 SLOT2 插槽。

1999 年 2 月 26 日,Intel 公司发布了 Katmai-PⅢ,有 450 MHz 和 500 MHz 两个版本。PⅢ 实际上是建立在 PⅡ 核心之上的,采用 0.25 μm 制造 SLOT1 架构,512 K 二级缓存。所不同的是它增加了 70 多条改善图像质量的 SEE(数据流指令多数据扩展功能)指令。在一个指令周期内能同时处理多条单精度浮点数据,这就是所谓的单指令多数据流结构(SIMD)。而普通 MMX 功能的 CPU 无法同时处理浮点和 MMX 数据。PⅢ 却可以让浮点和 MMX 的数据流同时访问处理器内的寄存器,使 PⅢ 的性能大大地提高了。

1999 年底,Intel 公司又推出了一批采用 Coppermine 核心的 PⅢ 处理器,时钟从 500 MHz 到 800 MHz 不等。前端总线由原来的 100 MHz 升至 133 MHz,采用 0.18 μm 的制造工艺,芯片内建核心 64 KB 全速 L1 及 256 KB 全速 L2 快速缓存,以及采用全新的 FC-PGA 封装的 Socket 370 架构的 PⅢ 处理器。

PⅢ 正式进入 133 MHz 总线及 0.18 μm 制造工艺的时代,同时主流 PⅢ 均采用 socket 370 架构,现在市面上 PⅢ 有 Katmai 和 Coppermine 两种不同内核的处理器,模式多而复杂,有 133 MHz 和 100 MHz 前端总线,有 SECC2 封装与 FC-PGA 封装的 SLOT1 和 370 架构,L2 快速缓存还分全速和半速。

以 Coppermine 为核心的 PⅢ 的 256 KB 二级高速缓存内建在芯片核心内,执行速度与处理器相同,还能提升处理器运算效能,而且采用 0.18 μm 制造工艺,核心电压为 1.6 V。对于 133 MHz 前端总线,有 SECC2 封装的 PⅢ 800,766,733,667,650,600EB,533EB 几种。

2000 年 6 月 28 日,Intel 公司发布了代号为“Willamette”的 pentium 4 处理器,速度达 1.4 GHz,前端总线 400 MHz。它最突出的特点是支持双精度 SIMD 处理,结构也与以往的 PⅢ 不同,采用了提高动作频率的构造。

pentium 4 是 Intel 公司首次对 P6 架构体系彻底改造后的产物,主要改造体现在:

- ① 不同运算速度的单元构成处理器的非对称内核。
- ② 改进了指令执行的超标量体系架构机制。
- ③ 用全新高级缓存来追踪指令的执行情况。
- ④ 改进了多媒体单元和浮点处理单元。
- ⑤ 全新的 100 MHz 总线,每个时钟周期可以传输 4 个数据封包,相当于 P6 体系的 400 MHz 总线速度。
- ⑥ 20 级指令的超级管道。

2001 年 Intel 公司又推出第二代 P4,它采用 0.13 μm 工艺,核心频率将很容易达到 2 GHz 以上,同时二级缓存为 512 KB,外频为 133 MHz,处理器将以 533 MHz($133\text{ MHz} \times 4$)的速度传送数据。

Intel 公司与 Hewlett-Packard 公司合作将推出安腾(Itanium)64 位处理器,它是第一块由两大著名商合作的 IA-64 芯片。它采用 IA-64(64 位)架构,EPIC 技术(Explicitly Parallel