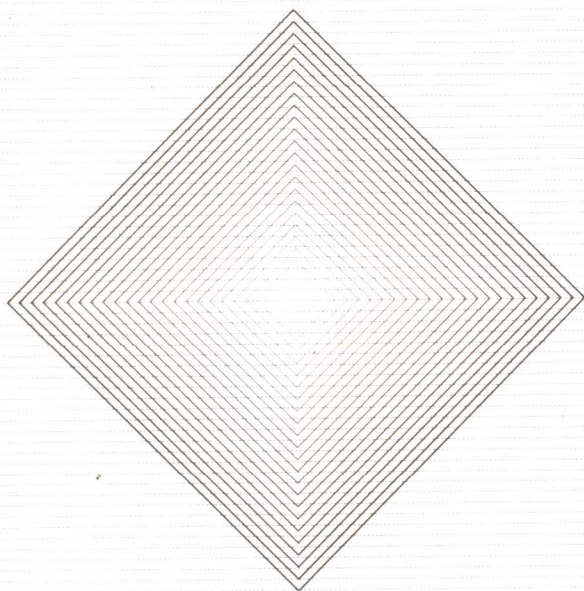


—— 研究生系列规划教材 ——

现代微处理器及总线技术

Technology of Microprocessor and Microcomputer Bus

雷航 王茜 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

电子科技大学研究生系列教材建设项目

现代微处理器及总线技术

雷航 王茜 编著

国防工业出版社

·北京·

图书在版编目(CIP)数据

现代微处理器及总线技术 / 雷航, 王茜编著. —北京:
国防工业出版社, 2006. 4
研究生系列规划教材
ISBN 7-118-04377-X

I. 现... II. ①雷... ②王... III. ①微处理器—研
究生—教材 ②总线—设计—研究生—教材 IV. TP3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 008944 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 25½ 字数 458 千字

2006 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数: 1—4000 册 定价: 36.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010) 68428422

发行邮购: (010) 68414474

发行传真: (010) 68411535

发行业务: (010) 68472764

序 言

从 20 世纪 80 年代至今的 20 多年来,信息电子科学技术的发展令人瞩目。以无线通信和互联网技术为代表的现代信息电子科技极大地促进了经济、社会的发展,并深刻地改变了人类生活。如今,信息电子技术不仅自身已蓬勃发展为强大的新兴产业,它对各传统产业在技术进步上的促进也是有目共睹的。而在国防建设和军事技术的发展中,信息电子技术的重要性更为突出,因为现代化战争最关键的环节就是信息的获取、控制与对抗等电子技术的较量。

正因为迅猛发展的信息电子技术对当今社会发展具有如此重要的意义,因此,国内各高校都极其重视信息电子类相关学科的发展、相关专业的成长和相关专业教学水平的提高。而在这一巨大的努力和付出中,研究生教育质量的提升和研究生教材建设则是至关重要的一环。

电子科技大学正是基于上述认识,近年来加大了电子信息类教材建设的力度。我校的学科专业涵盖了从电子材料、电子器件、电路、信号、控制直到各种电子系统的较为完整的电子信息领域,学校极为重视国内外研究生课程的设置和教材内容的比较研究,并建立了专项基金,用于资助具有一定学术水平的研究生教材的编写与出版。

当然,教材建设也是一项学术性很强的工作。研究生教材既要体现理论上的基础性和系统性,又要尽可能地反映本领域研究的最新成果和进展,要求较高。另一方面,高校的骨干师资力量大多既要承担繁重的科研工作,又要承担大量的教学任务,加之各位教授的专业背景不同,教材的最终质量和使用效果仍需通过实践去检验。因此,我们诚恳希望使用这些教材的各个院校的广大师生直言批评,不吝指正,使我校的教材建设能够越做越好。

电子科技大学
二〇〇五年十月十九日

前 言

本书是在以微处理器为核心的硬件技术迅速发展这一背景下编写的。将现代处理器不断引入的新技术作为线索,首先以 Intel 处理器为背景,主要介绍从 Intel 80286 直到 Pentium 4、Prescott、Pentium D 等的体系结构和新技术(Intel 8086 作了简单介绍),如虚存支持技术、超级标量结构、流水线、指令重调度、寄存器重命名、多线程、双核及多核技术、显示并行计算等。

其次,介绍面向 64 位计算平台的多种 64 位处理器的体系结构和新技术,如 IA-64 (Itanium)、AMD、PowerPC、SunSPARC、Alpha 等处理器。

再次,全面系统地介绍微机总线的发展过程以及总线标准、总线仲裁机制、总线技术的最新发展状况。

此外,本书还简要介绍了微机系统中的多功能芯片组以及系统的性能评价方法和常用的性能评价指标。

本书以全面介绍微机硬件技术的发展为目的,而不是以初学微机原理为目的编写的。因此,在本书中,对于一般微机原理中的寻址方式、汇编指令系统、存储器原理以及诸如中断、DMA、可编程接口的应用、AD/DA 转换等基本概念没有进行介绍。

全书共分 9 章,第 1 章介绍微处理器的发展以及微机领域的发展热点和未来的发展动态,它不仅仅是处理器发展的概述,也较为全面地让读者了解微机领域的发展状况;第 2 章介绍从 Intel 8086 到 80486 的体系结构和每次更新换代引入的新技术;第 3 章介绍高速缓存;第 4 章介绍 Pentium 系列处理器(从 Pentium 基本型到最新的 Pentium D);第 5 章介绍 RISC 技术及其发展过程,并从流水线的角度分析了 RISC 和 CISC 两种设计方法对流水线性能的影响和解决办法,此外还介绍了 SPARC 规范的基本概念;第 6 章较为全面地介绍总线技术、标准总线以及总线仲裁技术;第 7 章介绍一种用于 80386/80486 的多功能接口芯片,并着重介绍 Intel 的多功能芯片组;第 8 章介绍 64 位计算平台以及主流的 64 位处理器;第 9 章介绍计算机系统性能评价方法以及主要评价指标。

本书可以作为本科高年级学生和研究生教材,也可供工程技术人员参考。如果作为研究生专业基础课程,学时数可设为 40。建议在教学中主要从技术发

展的角度,介绍技术特点、新的处理器技术对提高微机系统的性能产生的影响以及对操作系统等系统软件提供的支持。此外,由于计算机技术发展很快,在教学时应结合技术发展的最新情况进行阐述。

本书的第1章到第5章、第8章由电子科技大学计算机学院雷航编写,第6章、第7章、第9章由西南交通大学信息科学与技术学院王茜编写,全书由雷航统稿。

本书的完成参阅了大量书籍和文献资料,难以一一列举。在此,对所有这些书籍和文献资料的作者表示衷心的感谢。同时,本书得到了“电子科技大学研究生教材建设基金”的资助,在此一并表示感谢。

由于计算机技术的发展极为迅速,加之作者水平有限以及时间仓促,书中难免出现遗漏和错误,恳请同行专家和读者批评指正。

目 录

第 1 章 微处理器概述	1
1.1 处理器的发展	1
1.1.1 CPU 历史	1
1.1.2 当今的主流 CPU	4
1.2 微处理器的性能指标	8
1.3 微机发展的热点	10
1.4 微机领域未来的几大热点	21
第 2 章 Intel 系列处理器	28
2.1 Intel 8086 处理器	28
2.1.1 内部组成结构	28
2.1.2 存储器的结构	31
2.1.3 8086 中断系统	33
2.1.4 8086/8088 引脚及功能	36
2.2 Intel 80286 处理器	39
2.2.1 80286 处理器的结构	39
2.2.2 80286 的引脚及功能	42
2.2.3 80286 总线周期描述	43
2.2.4 80286 的工作模式	44
2.2.5 新增指令	66
2.3 Intel 80386 处理器	68
2.3.1 80386 的内部结构	69
2.3.2 80386 的引脚功能	72
2.3.3 80386 的工作模式	77
2.4 Intel 80486 处理器	94
2.4.1 80486 的内部结构	95
2.4.2 80486 的内存管理	97
2.4.3 80486 片内 Cache	98

第3章 Cache	103
3.1 概述	103
3.2 Cache 的结构及工作原理	106
3.3 Cache 的数据更新	111
3.4 Cache 系统实例	116
3.5 Cache 的性能指标	118
3.5.1 影响 Cache 性能的因素	118
3.5.2 Cache 的性能指标	120
第4章 Pentium 系列处理器	122
4.1 Pentium 处理器基本型	122
4.1.1 处理器内部结构	122
4.1.2 Pentium 的寄存器	129
4.1.3 指令格式和寻址方式	141
4.1.4 Pentium 的工作模式	146
4.1.5 特权级保护	151
4.1.6 Pentium 处理器采用的新技术	153
4.1.7 Pentium 的 Cache	170
4.2 Pentium MMX(多能奔腾)	176
4.2.1 Pentium MMX 简介	176
4.2.2 MMX 技术的基本概念	178
4.2.3 MMX 技术对编程环境的扩展	179
4.2.4 SSE 技术	181
4.3 Pentium Pro(高能奔腾)	184
4.3.1 CISC 与 RISC 体系的结合	185
4.3.2 Pentium Pro 的内部结构	185
4.3.3 Pentium Pro 的主要技术改进	188
4.3.4 Pentium Pro 的其他技术	197
4.4 Pentium II 处理器	200
4.4.1 概述	200
4.4.2 Pentium II 的主要改进	201
4.4.3 Pentium II 的 Cache	202
4.4.4 封装	203
4.5 Pentium III 处理器	203
4.5.1 Pentium III 的 SSE 指令集	204

4.5.2 Pentium III 的微体系结构	209
4.6 Pentium IV 处理器	211
4.6.1 Pentium IV 的主要特性	211
4.6.2 SSE2 指令集	212
4.6.3 Pentium IV 的微架构	212
4.6.4 流水线深度	213
4.6.5 双重并发算术逻辑单元和低延迟数据缓存	214
4.6.6 Pentium IV 的系统总线和内存带宽	215
4.6.7 Pentium IV 的超线程技术	215
4.7 Pentium IV 的后继处理器 Prescott	225
4.7.1 超长的流水线级数	225
4.7.2 改善内存延迟问题	226
4.7.3 处理器前端的变化	228
4.7.4 提高分支预测机构	229
4.7.5 高效乱序执行核心	231
4.7.6 Prescott 相关指令集分析	232
4.8 Pentium D	233
第5章 RISC 处理器技术	236
5.1 RISC 技术概述	236
5.1.1 起源	236
5.1.2 RISC 处理器特征描述	240
5.1.3 RISC 和 CISC 设计方法对流水线的影响	244
5.2 Intel 860 处理器 (i860)	250
5.2.1 i860 的组成	251
5.2.2 i860 的指令系统	253
5.3 SPARC 规范	256
5.4 RISC 处理器的变化	261
第6章 微机总线	263
6.1 总线的概念	263
6.2 微机总线的发展——标准总线	269
6.2.1 PC/XT 总线	269
6.2.2 ISA 总线	269
6.2.3 MCA 总线	270
6.2.4 EISA 总线	270

6.2.5	VESA 总线	273
6.2.6	Multibus 总线	274
6.2.7	STD 总线	275
6.2.8	PCI 总线	276
6.2.9	AGP 总线	280
6.2.10	UMA 总线	282
6.2.11	RS-232-C 总线	284
6.2.12	USB 通用串行总线	284
6.2.13	IEEE1394 接口	286
6.2.14	IEEE-488 总线	287
6.2.15	VXI 总线	288
6.2.16	NGIO 总线	291
6.2.17	SCSI 接口	292
6.3	总线仲裁	297
6.3.1	集中式仲裁方式	297
6.3.2	分布式仲裁方式	301
6.3.3	总线仲裁器实例	302
第 7 章	微机多功能器件	306
7.1	多功能接口芯片 82380	307
7.1.1	概述	307
7.1.2	82380 的功能	310
7.2	Intel 多功能芯片组	322
7.2.1	Intel 系列芯片组介绍	322
7.2.2	Pentium IV 多功能芯片组	329
第 8 章	64 位处理器	337
8.1	IA-64 体系架构	337
8.2	Power PC 处理器	348
8.2.1	Power 4 和 Power 5	351
8.2.2	Apple PowerPC 970	355
8.3	AMD Opteron 处理器	359
8.3.1	Opteron 处理器的结构特点	359
8.3.2	AMD X86 的 64 位扩展	360
8.4	UltraSpace IV 处理器	364
8.5	Alpha 处理器	368

8.6 多核 Cell 处理器概述	372
第9章 系统性能评价	376
9.1 概述	376
9.2 性能评价技术及评价方法	380
9.2.1 性能评价技术	380
9.2.2 性能评价的常用指标	383
思考题	392
参考文献	395

第 1 章 微处理器概述

1.1 处理器的发展

谈到 CPU 的发展,一般以 Intel 产品为例。正是由于 IBM 选定了 Intel 的芯片作为其个人计算机 IBM PC 的 CPU,从此 Intel 的发展在很大程度上反映了 CPU 和 PC 机的发展历程。

CPU 发展至今已经有二十多年的历史,其中制造 CPU 的工艺技术也有了长足的发展。CPU 的制造一般是按照以下过程来进行:

首先,用激光器从硅柱上切割下硅片。硅柱的直径越大可以切割的 CPU 就越多,生产成本就越低,这就是半导体加工厂为什么致力于提高晶圆直径的原因,现在工艺先进的半导体加工厂已经把晶圆的直径提高到了 12 英寸。

接下来是硅片镀膜,在硅片表面增加一层由二氧化硅(SiO_2)构成的绝缘层,随后就是镀胶,光刻掩膜,之后对半导体硅进行掺杂工艺,因为纯硅里只有掺入杂质才能变成半导体。

最后布上金属配线,再把完工的晶体管接入自动测试设备中,该设备每秒可作一万次检测,以确保晶体管能够正常工作。

在通过所有的测试后必须将晶体管封入一个陶瓷或塑料的封壳中,这样它就可以很容易地装在一块电路板上,而一块 CPU 的雏形也就此产生出来了。

1.1.1 CPU 历史

设计生产 CPU 的商家很多,但可以说 Intel 公司的历史就是一部 CPU 的发展史,下面将以 Intel 为例简单叙述一下 CPU 的发展历史。

其实早在 Intel 公司诞生前,集成电路技术就已经发明。1947 年,AT&T(贝尔实验室)的三位科学家发明了晶体管。晶体管一出现就迅速替代电子管占领了世界电子领域。随后,晶体管电路不断向微型化方向发展。1957 年,美国科学家达默提出“将电子设备制作在一个没有引线的固体半导体板块中”的大胆技术设想,这就是半导体集成电路的核心思想。

1958 年,美国得克萨斯州仪器公司的工程师基尔比(Jack Kilby)在一块半

导体硅晶片上将电阻、电容等分立元件集成在里面,制成世界上第一片集成电路。也正因为这个原因,2000 年的诺贝尔物理奖颁发给了已退休的基尔比。1959 年,美国仙童公司的诺伊斯用一种平面工艺制成半导体集成电路,从此开启了集成电路的新时代。其后,摩尔、诺伊斯、葛洛夫离开原来的仙童公司,创建了他们自己的公司。三人一致认为,最有发展潜力的半导体市场是计算机存储器芯片市场。

吸引他们成立新公司的另一个重要原因是:集成电路这一市场几乎完全依赖于高新技术,可以尽可能地在一片芯片上放置最多的电路,谁的集成度高,谁就能成为这一行业的领袖。

基于以上考虑,摩尔为新公司命名为 Intel,由集成/电子(Integrated Electronics)两个英文单词组合而成。

Intel 公司发现:当电子在集成电路块的细微部位上出现或消失时,可以将若干比特(Bites)信息非常廉价地储存在微型集成电路硅片上,他们首先将这种发现应用在商业上。1969 年的春天,在成立一周年以后,Intel 公司生产了第一批产品,即双极处理 64bit 存储芯片。不久,该公司又推出 256bit 的 MOS 存储器芯片。Intel 公司以它的两种新产品的问世而打入了整个计算机存储器市场。

随着其他公司加入竞争(特别是日本公司),内存的竞争越来越激烈。日本在芯片制造上的速度和质量方面都具有优势。此时,Intel 公司面对有史以来最大的生存危机作出决断:放弃内存,全力投入微处理器业务。

1971 年 Intel 诞生了第一个微处理器——Intel 4004。该芯片实际上是一种为 Basicom 计算器专门设计制造的处理器芯片,并不能进行复杂的数学计算,但已经可以从中看到个人计算机的影子。其最大的历史意义在于,它是第一个通用型处理器,这在当时专用集成电路设计盛行的时代是难得的突破。

Intel 认为,使用通用的硬件设计加上外部软件支持来完成不同的应用,这就是最初的通用微处理器的设想。

Intel 公司很快对这个设想进行了论证,发现确实可行,而且这种产品的好处在于采用不同的软件支持就能够完成不同的工作,这比重新设计专用的集成电路要简单得多。看到这种产品将来的广阔前景,Intel 公司马上投入了设计工作并很快推出了产品——世界上第一块微处理器 Intel 4004。

1971 年,Intel 4004 诞生了。它出现的意义是划时代的,比起现在的 CPU,4004 显得很可怜,它只有 2300 个晶体管,功能相当有限,而且速度很慢。

Intel 4004 只能处理 4 位数据,但内部指令是 8 位的。4004 拥有 46 条指令,采用 16 针直插式封装;数据内存和程序内存分开,1KB 数据内存,4KB 程序内

存;运行时钟频率预计为 1MHz,最终实现达到了 740kHz,能够进行二进制编码的十进制数学运算。这款处理器很快得到了整个业界的承认,IBM 公司还将 4004 装备在 IBM 1620 机器上。

1978 年,Intel 公司首次生产出 16 位的处理器,命名为 i8086,同时还生产出与之相配合的数学协处理器 i8087,这两种芯片使用相互兼容的指令集。由于这些指令集应用于 i8086 和 i8087,所以人们将这些指令集统称为 X86 指令集。

1979 年,Intel 公司推出了 8088 芯片,它是第一块成功应用于个人计算机的 CPU。它仍然是属于 16 位处理器,内含 29000 个晶体管,时钟频率为 4.77MHz,地址总线为 20 位,寻址范围仅仅是 1MB 内存。8088 内部数据总线都是 16 位,外部数据总线是 8 位,而它的同类 8086 是 16 位,这样做的目的是为了更方便计算机制造商设计主板。

1981 年 8088 芯片首次用于 IBM PC 机中,开创了全新的微机时代。

1982 年,Intel 推出 80286 芯片,它与 8086 和 8088 相比有了飞跃的发展。虽然它仍然是 16 位结构,但在 CPU 的内部集成了 13.4 万个晶体管,时钟频率由最初的 6MHz 逐步提高到 20MHz。其内部和外部数据总线均为 16 位,地址总线为 24 位,可寻址 16MB 内存。80286 也是应用比较广泛的一种 CPU。此外,80286 在存储管理机制上与上代产品相比有了很大的改变。

1985 年,Intel 推出了 80386 芯片,它是 X86 系列中的第一种 32 位处理器,而且制造工艺也有了很大的进步。80386 内部包含 27.5 万个晶体管,时钟频率从 12.5MHz 发展到 33MHz。80386 的内部和外部数据总线都是 32 位,地址总线也是 32 位,可寻址高达 4GB 内存,可以使用 Windows 操作系统。

另一方面,Intel 还推出了不同规格的 80386 芯片,以便适应不同的用户需求。尤其是后来推出的 80386SX 芯片,内部数据总线为 32 位,外部数据总线为 16 位。它既有 80386 的优点,又有 80286 的成本优势,在市场上取得了很大的成功。同时原有的 80386 芯片改称为 80386DX,以区别于 80386SX。

80386DX 的内部和外部数据总线都是 32 位,地址总线也是 32 位,可寻址高达 4GB 内存。它除了具有实模式和保护模式以外,还增加了一种被称为虚拟 8086 模式的工作方式,可以同时模拟多个 8086 处理器来提供多任务能力。

1989 年,Intel 推出 80486 芯片,它的特殊意义在于这块芯片首次突破了 100 万个晶体管的界限,集成了 120 万个晶体管。80486 是将 80386 和数学协处理器 80387 以及一个 8KB 的高速缓存集成在一个芯片内,并且在 80X86 系列中首次采用了 RISC(精简指令集)技术,可以在一个时钟周期内执行一条指令。此外,它还采用了猝发总线传送(Burst)方式,大大提高了与内存的数据交换速度。由于这些改进,80486 的性能比带有 80387 数学协处理器的 80386 快了 4 倍多。

1.1.2 当今的主流 CPU

仍然以 Intel 的 CPU 为例简叙当今主流 CPU 的情况。

1. 奔腾处理器(Pentium)

Intel 在 1993 年推出了全新一代的高性能处理器 Pentium。Pentium 是拉丁文“五”(Pente)和元素周期表的公用后缀 ium 组合而成,其寓意是指 Pentium 为该公司的第五代产品。Pentium 芯片内部集成了 310 万个晶体管,最初版本的 66MHz 的 Pentium 运算性能,比 33MHz 的 80486DX 高出 3 倍多,而 100MHz 的 Pentium 则比 33MHz 的 80486DX 快 6 倍~8 倍。较之后继的 Pentium,这种 Pentium 又叫经典奔腾(Classic Pentium),本书将它称为 Pentium 基本型。

作为第一个 586 级处理器,Pentium 也是第一个超频最多的处理器。由于 Pentium 的制造工艺优良,所以整个系列的 CPU 的浮点性能也是 CPU 中最强的,可超频性能最大。Pentium 家族中芯片的频率有 60MHz、66MHz、75MHz、90MHz、100MHz、120MHz、133MHz、150MHz、166MHz、200MHz,CPU 的内部频率则是从 60MHz 到 66MHz 不等。值得一提的是,从主频为 75MHz 开始,CPU 的插槽技术正式从以前的 Socket 4 转换到同时支持 Socket 5 和 Socket 7,其中 Socket 7 还一直沿用至今。而且在 Pentium CPU 内部配置了大小为 16KB 的一级高速缓冲存储器(Cache),这样使得 Pentium 的处理能力更加强大。

2. Pentium Pro(高能奔腾)

Intel 于 1996 年推出了新 X86 系列 CPU——Pentium Pro。Pentium Pro 是 Intel 首个专门为 32 位服务器、工作站设计的处理器。Pentium Pro 芯片内部集成了 550 万个晶体管,内部时钟频率为 133MHz,处理速度几乎是 100MHz Pentium 基本型的 2 倍。Pentium Pro 内的一级(片内)高速缓冲存储器 Cache 大小为 16KB,其中 8KB 为指令 Cache、8KB 为数据 Cache。值得注意的是 Pentium Pro 的封装除 Pentium Pro 芯片外还包括一个 256KB 的二级 Cache 芯片,两个芯片之间用高频宽的内部通信总线互连,处理器与 Cache 的连接线路也被安置在该封装中(称为双穴封装),这样就使 Cache 能够更容易地运行在更高的频率上。主频 200MHz 的 Pentium Pro CPU 的 L2(二级 Cache)就是运行在 200MHz 时钟频率之下,也就是说,二级 Cache 与处理器同频运行。这样的设计使 Pentium Pro 达到了最高的性能。而 Pentium Pro 最引人注意的地方是,它采用了一项被称之为“动态执行”的创新技术,这是继 Pentium 在超标量体系结构上实现突破之后的又一次飞跃。

3. Pentium MMX(多能奔腾)

Intel 于 1996 年底又推出了 Pentium 系列的改进版本,也就是通常所说的

Pentium MMX(多能奔腾)。MMX 技术是 Intel 发明的一项多媒体增强指令集技术,它的英文全称可以翻译成“多媒体扩展指令集”。MMX 是 Intel 公司在 1996 年为增强 Pentium CPU 在音像、图形和通信应用方面而采取的新技术,它除了为 CPU 增加 57 条 MMX 指令外,还将 CPU 芯片内的高速缓冲存储器(L1 Cache)由原来的 16KB 增加到 32KB(16KB 指令 Cache + 16KB 数据 Cache),因此带有 MMX 功能的 CPU 比普通 CPU 在运行含有 MMX 指令的程序时,处理多媒体的能力提高了 60% 左右。Pentium MMX 系列的频率主要有 3 种:166MHz、200MHz、233MHz,一级 Cache 都是 32KB。

4. Pentium II

1997 年 5 月,Intel 推出了与 Pentium Pro 同一个档次的 Pentium II。Pentium II 有一系列的不同档次的产品,其中第一代的产品就是 Pentium II Klamath 芯片。作为 Pentium II 的第一代芯片,它运行在 66MHz 总线上,主频分为 233MHz、266MHz、300MHz 和 333MHz 4 种。由于它代表了 Pentium 系列处理器当时的最高性能,所以将其称为二代奔腾。

Pentium II 采用了与 Pentium Pro 相同的核心结构,从而继承了原有 Pentium Pro 处理器优秀的 32 位性能。Pentium II 虽然采用了与 Pentium Pro 相同的核心结构,但它加快了段寄存器写操作的速度,并增加了 MMX 指令集,以加快 16 位操作系统的执行速度。由于配备了可重命名的段寄存器,因此 Pentium II 可以猜测地执行写操作,并允许使用旧段值的指令与使用新段值的指令同时存在。在 Pentium II 中,Intel 将 750 万个晶体管集成进了面积为 203mm^2 的模上。在面积上 Pentium II 仅比 Pentium Pro 大 6mm^2 ,但它却比 Pentium Pro 多容纳了 200 万个晶体管。由于使用只有 $0.28\mu\text{m}$ 的制造工艺,因此加快了这些晶体管操作的速度,从而使 Pentium II 达到了 X86 系列机前所未有的速度。

在总线方面,Pentium II 处理器采用了双独立总线结构,即其中一条总线连接到二级高速缓冲存储器,另一条总线主要负责访问主存储器操作。然而 Pentium II 的二级 Cache 实际上还是比 Pentium Pro 的二级 Cache 慢一些。这是因为由于 Pentium Pro 使用了一个双容量的陶瓷封装,Intel 在 Pentium Pro 中配置了板上的二级 Cache,可以与 CPU 一起运行在同一种时钟速度下。为了降低生产成本,Pentium II 使用了一种脱离芯片的二级 Cache,从 16KB 加倍到 32KB,从而减少了对二级 Cache 的调用频率。由于这一措施,再加上更高的时钟速度,Pentium II (配有 512KB 的二级 Cache)在 Windows NT 下的性能比 Pentium Pro (配有 256KB 的二级 Cache)超出大约 25%。在接口技术方面,为了获得更大的内部总线带宽,Pentium II 首次采用了最新的 slot 1 接口标准,它不再用陶瓷封装,而是采用了一块带金属外壳的印制电路板。Pentium II CPU 内部集成了

32KB 片内一级 Cache(16KB 指令 Cache + 16KB 数据 Cache), 57 条 MMX 指令, 8 个 94 位的 MMX 寄存器以及 750 万个晶体管组成的核心部分。

5. Pentium III

Pentium III 作为第一款专为提高用户的互联网计算体验而设计的处理器, 使用户能够尽享丰富的音频、视频、动画和三维效果。针对不同的需求, Pentium III 推出了移动 Pentium III 和 Pentium III Xeon(至强)处理器。1999 年 10 月 Intel 还正式发布代号为“Coppermine”的新一代 Pentium III 处理器, 率先采用 0.18 μ m 工艺技术, CPU 主频更达到 733MHz, 芯片内集成了 2800 万个晶体管, 体积更小, 耗能更低而性能更强, 大幅提高了浮点运算能力。此外, Pentium III 由于增加了 MMX 指令, 其浮点运算和三维处理方面能力明显增强。

Pentium III 所带来的最重要的技术创新之一就是增加了 71 条称为互联网 SSE(Streaming SIMD Extensions, 数据流单指令多数据扩展)的指令和处理器序列号。SIMD 意为单指令多数据操作, 它是高效率运算得以实现的基础。简单地说, SIMD 技术就是让 Pentium III 用一条指令完成以往需 4 条指令才能完成的任务, 即在相同的时间周期内, Pentium III 可以处理 4 倍于原来的浮点运算数据。在高速缓冲存储器方面, Pentium III 仍然采用 32KB 的 L1(一级 Cache)和 512KB 的 L2(二级 Cache), L2 的工作频率是 CPU 内核工作频率的一半, 其余指标和 Pentium II 相同。

随后, Intel 还发布了 Pentium III Xeon 处理器。作为 Pentium II Xeon 的后继者, 除了在内核架构上采用全新设计以外, 也继承了 Pentium III 处理器新增的 70 条指令集, 以更好地执行多媒体、流媒体应用软件。Pentium III Xeon 加强了电子商务应用与高阶商务计算的能力。在缓存速度与系统总线结构上, 也有很多进步, 在很大程度上提升了系统的性能, 并为更好的多处理器协同工作进行了设计。

6. Pentium IV

Pentium IV 是第三代 Pentium 处理器。其主频速度高达 1.50GHz(目前已经超过 3GHz), 芯片采用全新的内部设计, 包括超级流水线技术、快速运行引擎和 400MHz 的系统总线, Pentium IV 处理器的主要技术特点如下。

超级流水线技术将流水线深度增加了一倍, 达到 20 级, 显著提高了处理器性能和频率能力。

快速执行引擎使处理器的算术逻辑单元达到了双倍内核频率, 从而实现了更高的执行吞吐量, 并缩短了等待时间。

400MHz 系统总线、增强的高级动态执行、增强的浮点使数据能够有效地穿过流水线, 实现了逼真的视频和三维图形。