

本章学习目标

- 了解 CPU 的发展历史；
- 熟悉 CPU 的结构及工作原理；
- 掌握 CPU 的主要技术指标；
- 了解 CPU 散热器的组成及安装。

CPU 是计算机的运算和控制核心，其作用堪比人的大脑。新型 CPU 已将传统的中央处理器与显卡中的图形处理单元（GPU）集成在一起，在一个 CPU 芯片中集成了多个 CPU 核心以及若干个 GPU。

3.1 CPU 简介

CPU 主要由运算器、控制器、寄存器组、高速缓冲存储器（Cache）和内部总线构成。

CPU 作为计算机的核心，负责整个计算机系统的协调、控制以及程序运行，随着大规模集成电路技术以及微电子技术的进步，CPU 中集成的电子元件越来越多，例如 AMD 公司于 2015 年推出的用于笔记本计算机的代号为 Carrizo 的 CPU 内部集成了 31 亿个晶体管。

CPU 主要有如下 4 个方面的基本功能：

- （1）指令控制。也称为程序的顺序控制，控制程序严格按照规定的顺序执行。
- （2）操作控制。通过指令译码（分析指令），产生的一系列控制信号（微指令）分别送往相应的部件，从而控制这些部件按指令的要求进行工作。
- （3）时间控制。有些控制信号在时间上有严格的先后顺序，如读取存储器的数据，只有地址线信号稳定后才能通过数据线读出所需的数据，这样计算机才能有条不紊地工作。
- （4）数据加工。对数据进行算术运算和逻辑运算处理。

3.2 CPU 的发展历史

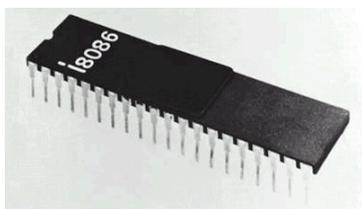
下面介绍两大 CPU 生产厂家——Intel 和 AMD 的产品发展历程。

3.2.1 Intel 系列 CPU

1. 8088, 8086

Intel 公司于 1978 年推出 8086 微处理器，为 16 位微处理器（CPU 一次可以处理 16b 数据），同时推出与之配合的数学协处理器 8087。1979 年推出 8088 微处理器。图 3-1（a）所示为 8086 微处理器，图 3-1（b）所示为 8088 微处理器。这两种 16 位的微处理器比以

往的 8 位微处理器功能大大增强，地址线有 20 条，内存寻址范围为 1MB。它们的主要区别：8086 的外部数据总线为 16 条（位），而 8088 为 8 条。1981 年 8088 首次用于 IBM PC 中，开创了微型计算机时代，从 8088 开始，PC 的概念开始流行。



(a) 8086 微处理器



(b) 8088 微处理器

图 3-1 两种 CPU

2. 80286

1982 年 Intel 公司推出 80286 芯片，如图 3-2 所示。80286 仍是 16 位结构，但是频率比 8086 高，含有 13.4 万个晶体管，有 24 条地址线，寻址范围为 $16M(2^{24})B$ 。

3. 80386

从 80386 开始，Intel 系列 CPU 进入 32 位时代，80386 CPU 外观如图 3-3 所示。



图 3-2 80286 CPU

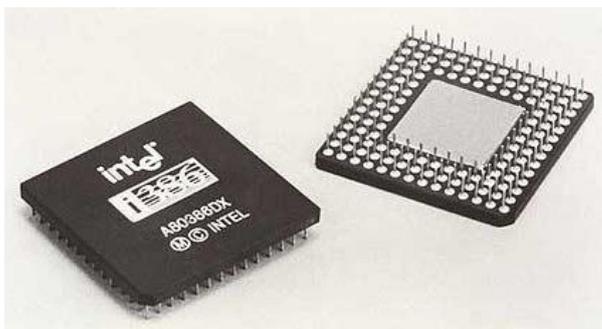


图 3-3 80386 CPU

80386 CPU 内部和外部数据总线都是 32 位，地址总线也是 32 位，可寻址 4GB。增加了虚拟 86 的工作方式，即通过同时模拟多个 8086 处理器来提供多任务能力。

80386 主要有以下型号：

(1) 80386-SX。准 32 位 CPU，数据总线 16 位，内部 32 位寄存器由两个 16 位的总线来读取。80386-SX 是 286 与 386DX 之间的过渡产品。

(2) 80386-DX。80386-DX 是真正的 32 位 CPU，数据总线和内部寄存器都是 32 位。可以搭配 80387 数字协处理器，以提高计算速度。

(3) 80386-SL。1990 年推出的 80386-SX 低功耗 CPU 版本，增加了系统管理方式（SMM）工作模式，具有电源管理功能，可以降低运行速度，进入休眠状态以实现节能。

(4) 80386-DL。1990 年推出的 80386-DX 低功耗版本，主频有 16MHz，20MHz，25MHz，33MHz，40MHz 这 5 种。

当时除 Intel 公司生产 80386 CPU 外, AMD、Cyrix、Ti、IBM 等厂商也生产与 80386 兼容的 CPU, 统称 386 CPU。

4. 80486

1989 年 Intel 公司推出 80486, 属于 32 位 CPU, 包括 120 万个晶体管, 将 80386 和数字协处理器 80387 以及 8KB 高速缓存集成在一个芯片内, 并且在 80X86 系列中首次采用 RISC (精简指令) 技术, 可以在一个时钟周期内执行一条指令。采用突发总线工作方式, 提高了 CPU 与内存的数据交换速度。80486 时钟频率从 25MHz 逐步提高到 33MHz、50MHz。

同期, 其他 CPU 厂商也推出了与 80486 功能近似的产品, 统称为 486 CPU。图 3-4 所示是 486 CPU 外观。

5. Pentium 及 Pentium MMX

Intel 公司于 1993 年推出 Pentium (奔腾) CPU, 为防止其他公司模仿, 没有继续叫 586。图 3-5 展示了 Pentium CPU 外观, 内部集成 310 万个晶体管, 数据总线为 64 位, 高速缓存为 16KB。Pentium CPU 时钟频率最初为 60MHz 和 66MHz, 后来提高到 200MHz。



图 3-4 80486 CPU

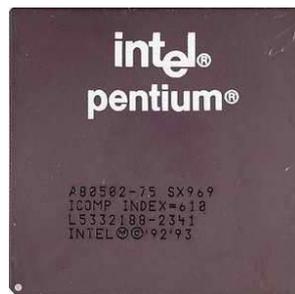


图 3-5 Pentium CPU

Intel 公司同时还推出了使用 MMX (Multimedia Extension, 多媒体扩展) 技术, 能加速声音图像处理的 Pentium MMX CPU, 即多能奔腾, 增加了 57 条多媒体指令, 高速缓存为 32KB, 最高频率为 233MHz。

随后, Intel 公司推出 Pentium Pro, 即高能奔腾, 主要是增加了 256KB 二级缓存 (L2)。

Cyrix 6X86、Cyrix Media GX、AMD K5 与 Pentium 是同一级别的 CPU; AMD-K6 和 Cyrix 6x86MMX CPU 与 Pentium MMX 同一级别。

6. Pentium II

1997 年 5 月 Intel 公司推出 Pentium II CPU, 外观如图 3-6 所示。核心结构与 Pentium Pro 相同, 集成了 750 万个晶体管, 扩充了 MMX 指令集, 加速了 16 位操作系统的执行速度。Pentium II 比 Pentium Pro 大 6mm^2 , 比 Pentium Pro 多 200 万个晶体管。

Pentium II 采用 Solt1 接口标准, 不再用陶瓷封装, 而是采用一块带金属外壳的印刷电路板, 印刷电路板上集成了处理器部件, 以及 32KB 一级缓存 (L1)。

1998 年, 为了争夺低端市场, Intel 公司推出 Pentium II 的简化版, 即赛扬 (Celeron) CPU。Pentium II 的二级缓存和相关电路被抽离出来, 再把塑料盒子去掉, 就构成了第一代 Celeron CPU。图 3-7 展示了第一代 Celeron CPU。

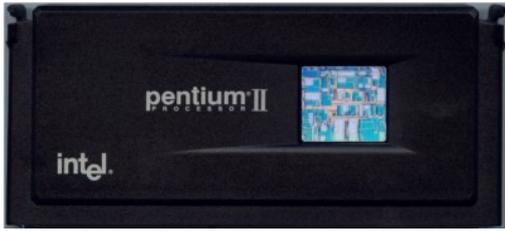


图 3-6 Pentium II CPU



图 3-7 Celeron CPU

7. Pentium III

1999 年年初，Intel 公司推出第三代奔腾 CPU（Pentium III），如图 3-8 所示。采用 Slot1 接口，0.25/0.18 μm 制作工艺，100MHz/133MHz 外频，L2 为 512KB（以 CPU 的半速运行），使用 SSE 多媒体指令集，比 MMX 多 70 条新指令，三维图形处理和浮点计算能力增强。

2000 年，Pentium III 的简化版推出，俗称 Celeron2。Celeron2 的超频性能出色，超频幅度可以达到 100%，0.18 μm 制作工艺。



图 3-8 Pentium III CPU

8. Pentium 4

2000 年 11 月，Intel 公司推出第四代奔腾 CPU（Pentium 4），简称 P4，如图 3-9 所示。P4 采用超管线技术及 NetBurst 架构，起步频率为 1.3GHz，400MHz 前端总线（100 \times 4），SSE2 指令集，L2 为 256KB、512KB，具备超线程技术，支持模拟的双核心，多任务处理能力进一步提升，65nm 制作工艺。

同时，Intel 公司发布了第三代 Celeron 核心的低端 CPU，代号 Tualatin，采用 0.13 μm 工艺，L2 为 256KB，外频为 100MHz。

9. Pentium D

2005 年，Intel 公司推出双核心 CPU，即 Pentium D，如图 3-10 所示。

Pentium D 有两个独立的执行核心，两个 1MB 的 L2，两核心共享 800MHz 前端总线，与内存连接。具有比单核心 CPU 更高的吞吐量和并行计算能力。

10. Pentium E

由于 Pentium D 耗电量大，2007 年 Intel 公司推出 Pentium E 系列 CPU，功耗较低，采用超线程技术，基于 Core 微架构，双核心设计，主要是面向低端用户，各项指标强于 Pentium D。Pentium E 由移动版 Pentium MBanias 发展而来，外观如图 3-11 所示。



图 3-9 Pentium 4 CPU



图 3-10 Pentium D CPU



图 3-11 Pentium E CPU

11. Core

2006 年年初, Intel 公司针对桌面、移动和服务器平台推出统一的 Core (酷睿) 微体系架构, 具有 64 位处理能力, 两个核心共享 2MB 的 L2, 减少了前端串行总线和北桥的数据交换。制造工艺为 65nm、45nm。核心尺寸为 143mm², 2.91 亿个晶体管, 性能提升 40%, 能耗降低 40%, 平均能耗 65W, 采用无引脚的 LGA775 封装, 如图 3-12 所示。



图 3-12 Core CPU

Core 架构具备内存消歧功能, 可以预装下一条指令需要的数据, 降低读取内存的延迟; 还可以侦测冲突, 并重新读取正确的信息, 保证运算结果不出错误, 执行效率大幅度提高; 可以智能打开需要运行的子系统, 而其他部件处于休眠状态, 从而降低功耗。

Core 架构针对台式机、笔记本电脑和服务器推出的 CPU 产品代号分别是 Conroe、Merom 和 Woodcrest。

12. Core 2

2006 年 7 月, Core 的升级版——酷睿 2 (Core 2) 推出, 如图 3-13 所示。主要改进: L2 为 4MB; 支持 EM64T 和 SSE4 指令集, EM64T 支持更大的内存寻址空间, SSE4 指令集比 Core 的 SSE3 指令集在多媒体处理方面有多处优化。



图 3-13 Core 2 CPU

Core 2 分为 Solo (单核)、Duo (双核)、Quad (四核) 及 Extreme (极致版) 等型号。

Core 2 CPU 主要有 T 系列、E 系列、P 系列、Q 系列、i3 系列、i5 系列、i7 系列。

T 系列：用于笔记本，包括奔腾双核和酷睿双核 CPU，型号数字中千位数 2 以下的，例如 T2140，是奔腾双核；2 以上是酷睿双核，如 T5800、T9600，数字越大，功能越强。

E 系列：包括奔腾双核和酷睿双核，用于台式机。

P 系列是酷睿双核的升级版，旨在减少功耗。同数字的 P 型号 CPU 性能优于 T 型号 CPU，例如 P8600 CPU 性能优于 T8600 CPU。

Q 系列是用于台式机的酷睿四核 CPU。

i3 系列：双核心，4 线程，4MB 缓存，不支持智能加速（睿频），制作工艺为 35nm。内置显示核心（GPU，图形处理器），当然内置的 GPU 性能有限，想获得更好的 3D 性能可以外加显卡。

i5 系列：2 个或 4 核心，4 线程，3MB、4MB、6MB 或 8MB 缓存，内置显示核心，支持睿频，相当于 i7 系列的简化版。

i7 系列：首款产品于 2008 年年底推出，核心数为 2 个、4 个、6 个，线程数为 8 个、12 个，8MB 或 12MB 缓存，支持睿频，无内置显示核心。

上述 CPU 性能排列：笔记本系列 i7>i5>i3>P>T；桌面平台系列 i7>i5>i3>Q>E。同期，Intel 公司还推出了性能更加强劲的 Core 2 博锐 CPU。

Core 2 博锐 CPU 主要包括 i3 系列、i5 系列、i7 系列。主要特性：内置视频处理功能，支持 4 路以上多任务处理，具备硬件安全及防盗功能、智能节能功能。

13. 第二代酷睿 i 处理器

2011 年 1 月，Intel 公司推出核心代号为 Sandy Bridge 的第二代智能酷睿处理器，包括 i3、i5、i7 三大系列。与第一代 i 系列处理器最大的不同：GPU（俗称核心显卡，显示核心），与 CPU 封装在同一芯片上；CPU 和 GPU 都可以睿频；更加智能，睿频受内部最高温度控制，可以超过 TDP（Thermal Design Power，热设计功耗，是指当处理器达到负荷最大时释放出的热量，单位为 W）提供更大的睿频幅度，不睿频时更节能；制造工艺为 32nm。

14. 第三代酷睿 i 处理器

2012 年 4 月，核心代号为 Ivy Bridge 的第三代酷睿处理器推出。主要特色：首次引入 3D 晶体管技术；内置 USB 3.0 功能；GPU 型号 HD 4000，比 Sandy Bridge 的 GPU 性能提升明显；支持 OpenCL 和 DirectX 11；制造工艺为 22nm。

15. 第四代酷睿 i 处理器

2013 年 6 月，核心代号为 Haswell 的第四代酷睿处理器推出。主要特色：添加了新的 AVX（Intel Advanced Vector Extensions）指令集，理论上 CPU 浮点运算性能提升了两倍；改善了 AES-NI（内置的高级数据加密标准算法）的性能；GPU 性能增强，支持 DirectX 11.1、OpenCL 1.2，优化 3D 性能，支持 HDMI、DP、DVI、VGA 接口标准；使用 LGA1150 接口；新的 22nm 制作工艺，集成了完整的电压调节器，性能更强，超频潜力更强。

16. 第五代酷睿 i 处理器

2015 年 1 月，代号为 Broadwell 的第五代酷睿处理器发布，制作工艺为 14nm。GPU 性能进一步提升，融合了更多新技术，功耗与发热量进一步降低。

17. 第六代酷睿 i 处理器

2015 年 9 月，核心代号为 Skylake 的第六代酷睿处理器推出。主要变化：支持 DDR4

内存；更加节能。第六代智能酷睿 CPU 仍然有 i3 系列、i5 系列、i7 系列。

表 3-1 所示是第 1~6 代 i7 处理器的主要技术参数。

表 3-1 Intel 酷睿 i 系列 CPU 产品

主要参数	第一代酷睿 i 处理器	第二代酷睿 i 处理器	第三代酷睿 i 处理器	第四代酷睿 i 处理器	第五代酷睿 i 处理器	第六代酷睿 i 处理器
CPU 系列	i7 980X	i7 2600	i7 3770k	i7 4790k	i7 5775c	i7 6700k
CPU 架构	Westmere	Sandy Bridge	Ivy Bridge	Haswell	Broadwell	Skylake
制作工艺/nm	32	32	22	22	14	14
CPU 主频/GHz	3.33	3.4	3.5	4	3.3	4
最大睿频/ GHz	3.6	3.8	3.9	4.4	3.7	4.2
插槽类型	LGA 1366	LGA 1155	LGA 1155	LGA 1150	LGA 1150	LGA 1151
核心数	六核心	四核心	四核心	四核心	四核心	四核心
线程数	12	8	8	8	8	8
热设计功耗/W	130	95	77	88	65	91
三级缓存/ MB	12	8	8	8	6	8
支持最大内存/GB	24	32	32	32	32	128MB
集成显卡	否	是	是	是	是	是

小知识：CPU 功耗与 TDP

CPU 功耗（功率）等于流经处理器核心的电流值与该处理器上的核心电压值的乘积。

TDP（Thermal Design Power，热设计功耗）是指当处理器达到最大负荷时释放出的热量，主要供计算机系统厂商、散热片/风扇厂商，以及机箱厂商等进行系统设计时，作为设计散热器的参考。处理器的 TDP 不代表处理器的真正功耗。

CPU 型号中数字和字母的含义：第一位数字表示该系列第几代产品，3 就是三代，4 为四代。后三位数字表示性能档次：第二位（5、6、7、8）代表处理器等级，数字越大性能等级越高。第三位（3、5、0）基本上是对应核心显卡的型号，其中 3 代表高性能处理器配核心显卡的型号为 HD 4600；5 代表核心显卡型号为 Iris 5000、5100 或者 Pro5200；0 则是 HD 4600。第四位（0、2、8）：0 在标准电压中代表 47W，在低电压中代表 15W；2 代表 37W，8 在低电压处理器中代表 28W。数字后面的字母：K 表示没锁倍频，可以超频；S 表示低功耗版本；M 表示笔记本用，U 表示笔记本用低功耗版，Y 表示超低功耗版。M 的性能比 U 的好，但功率大一点，Y 的性能相对最差。Q 表示四核，H 表示 Haswell 架构下的一种封装规格（保证性能，降低功耗发热，但不可拆卸），r 是焊死在主板上的，性能比桌面版（台式机用的 CPU）的稍强，数字后面没有字母的是桌面版。MX 代表旗舰级，HQ 表示支持 vPro（博锐，智能管理与节能）技术，MQ 版本不支持 vPro 技术。

18. Intel 其他 CPU 分类

除了用于个人计算机的酷睿 i 系列 CPU 外，Intel 公司还有以下系列 CPU：

1) 用于 PC 服务器的至强（Xeon）CPU

Xeon CPU 分为高端（Xeon E7 系列）、中端（Xeon E5 系列）、低端（Xeon E3 系列）三大系列。自 2011 年第一代 Xeon 系列 CPU 问世到 2016 年已经发展到第 4 代。

Xeon E7 系列：为 Intel 服务器的最高端 CPU。2015 年 Intel 最高端至强 CPU 是采用 Haswell-EX 架构的第三代 Xeon E7 v3，支持 AVX2 指令集，TDP 165W，18 个 CPU 核心，

36 线程。

Xeon E5 系列：用于双路处理器服务器，2015 年主流产品为 Intel Xeon E5-2600 系列；2016 年的最新产品为第四代至强 Xeon E5 处理器，有 22 个核心，制造工艺为 14nm。

Xeon E3 系列：用于单路处理器服务器。2015 年推出的第四代至强 Xeon E3 处理器 Xeon E3-1285 v4 是最高端型号，主频 3.5~3.8GHz，核芯显卡 Iris Pro P6300 内存支持 DDR3L-1866，TDP 为 95W，也是发烧友配置高端个人计算机的首选 CPU。

2) 用于大型服务器的安腾 (Itanium) CPU

配置 Itanium CPU 的服务器运行 UNIX 操作系统，属于大型服务器，虚拟化性能卓越，可以为最复杂的数据密集型工作负载提供支持，型号主要有 9100、9300 系列，2011 年停产。

3) 用于便携式设备的凌动 (Atom) CPU

2008 年，Intel Atom CPU 问世，制造工艺为 45nm，功耗 2.5W，价格比常规的 Intel 处理器低许多，能够满足日常上网、文字处理等基本应用需求。Atom CPU 的优势在于能耗低 (1.3W~13W)，主要作为智能汽车、医疗设备等嵌入式设备，或者手机、上网本等手持移动设备的 CPU。

2015 年，Intel 公司推出 Atom X3/X5/X7 处理器，低端的 Atom X3 系列使用 SoFIA 架构，主要面向低价位的手机、平板计算机；Atom X5/X7 系列 CPU 采用 14nm 制作工艺，Airmont 架构，功耗进一步降低，用于中高端便携式设备。

2015 年最高端的 Atom X7-Z8700 系列，内核为 4 核心，最高主频为 2.4GHz，高速缓存为 2MB，内置 GPU，售价低于 37 美元。小米平板计算机 2 采用的凌动中端处理器 Atom X5-Z8500，除了主频为 1.44GHz 外，其他技术参数与 Atom X7-Z8700 基本一致。

图 3-14 所示为 Intel 四大系列 CPU 商标。

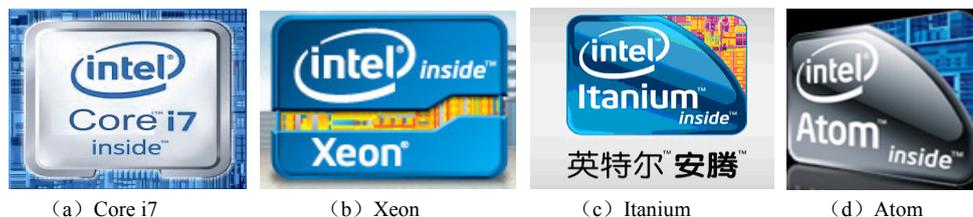


图 3-14 Intel 4 大系列处理器商标

3.2.2 AMD 系列 CPU

AMD (Advanced Micro Devices, 超威半导体) 公司是目前唯一可与 Intel 公司匹敌的 CPU 厂商，成立于 1969 年，专为计算机、通信及电子消费类市场供应各种芯片产品，包括 CPU、图形处理芯片、主板芯片组等。

AMD CPU 主频通常比同效能的 Intel CPU 低，价格比同等档次的 Intel CPU 便宜，但发热量较高。

2003 年之前，AMD CPU 的更新换代基本上是跟随 Intel CPU 的脚步。但 2003 年 AMD 公司先于 Intel 公司推出 64 位 CPU (Athlon 64)。AMD CPU 的发展可以总结成 4 个阶段。

1. 第一阶段

从涉足 CPU 产品至 K6 阶段。价格比 Intel CPU 便宜，最高性能与同期的 Intel CPU 相当。图 3-15 展示了 AMD 公司从 1981 年 16 位 CPU 到 K6 系列 CPU 阶段的产品。



(a) AMD 8086



(b) AMD 286



(c) AMD-K5



(d) AMD K6-III

图 3-15 AMD 第一阶段的系列 CPU

这一阶段的产品主要有：

Am2900 系列（1975 年）：4 位算数逻辑单元，可以进行硬件乘法。

Am 29000（29K）系列（1987—1995 年）：内置浮点运算功能，是嵌入式微处理器。

Amx86 系列（1991—1995 年）：最具代表性的产品 Am5x86（1995 年）的性能相当于 Intel 486 CPU。

K5 系列（1995 年）：与 Intel Pentium 竞争的产品。

K6 系列（1997—2001 年）：性能相当于 Intel Pentium MMX CPU。代表性产品 AMD-K6II CPU，性能优于同档次的 Pentium II CPU。

2. 第二阶段

K7 阶段主要包括 Athlon、Athlon XP（Athlon MP）以及新 Duron 三个系列的产品。

图 3-16 所示为两款 K7 CPU 外观，表 3-2 列出了 K7 系列 CPU 的主要参数。



图 3-16 AMD K7 系列 CPU

表 3-2 K7 系列 CPU 主要参数

主要参数	Athlon	Athlon XP (MP)	Duron
CPU 核心	Thunderbird	Palomino	Morgan
主频	750MHz~1.4GHz	1.2GHz 以上	1.0GHz 以上
插槽	Socket A	Socket A	Socket A
生产工艺/ μm	0.18	0.18	0.18
晶体管数/万	3700	3750	3750
芯片面积/ m^2	120	128	128
高速缓存	L1 128K, L2 256K	L1 128K, L2 256K (data Prefetch 技术)	L1 128K, L2 64K (data Prefetch 技术)
3D 指令集	3DNow!	3DNow! Professional	3DNow! Professional

由于 K7 CPU 的倍频锁定限制较松，深受超频用户的欢迎。

3. 第三阶段

主要包括 K8、K10 两代产品。K9 由于设计原因没有正式推出。

2003 年 9 月，AMD 公司先于 Intel 公司推出 64 位 CPU：Athlon 64 和 Athlon 64 FX，标志 AMD CPU 进入 K8 时代。K8 是 AMD 第 8 代 CPU 的通称，也是从 32 位的 x86 平台向 64 位的 AMD64 平台过渡的时代。

K8 系列 CPU 的变化主要是整合内存控制器与 x86-64 指令，解决了因为电气性能有限所导致 CPU 不稳定和发热量、耗电功率过大的问题。

K8 CPU 性能由低到高依次出现的型号有 Sempron（闪龙）Athlon 64（速龙，单核）、Athlon 64 X2（速龙，双核）、Athlon 64 FX、Turion 64（炫龙），以及用于服务器的处理器 Opteron。图 3-17 所示是两款 K8 CPU 外观。

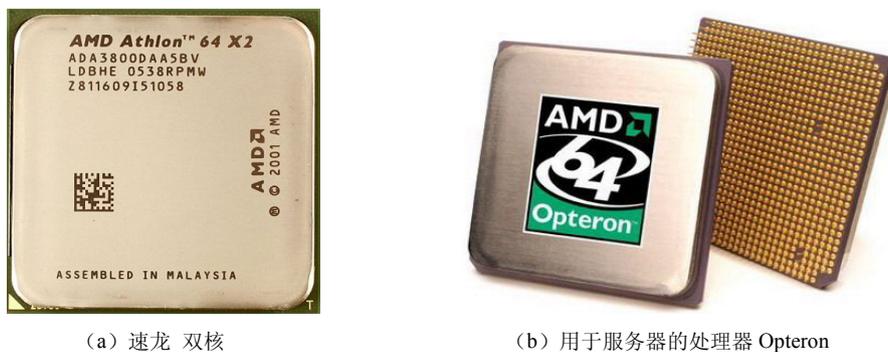


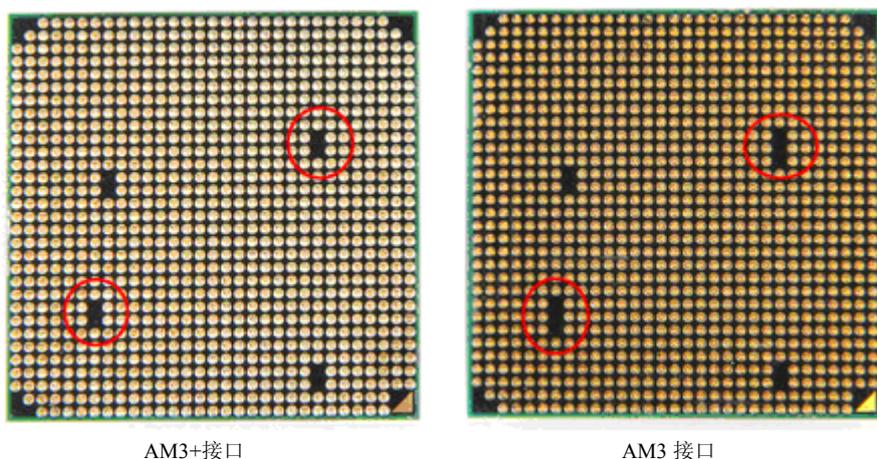
图 3-17 AMD K8 系列 CPU

K8 早期有 Socket754、Socket939 和 Socket940 三种接口。Socket754 面向中低端用户，Socket939 面向中高端用户，Socket940 为早期服务器 CPU Opteron 专用（后来服务器也改用 Socket939 接口）。后来 K8 统一为 Socket AM2（940 针）接口。

K10 是 K8 的升级版，早期 K10 主要为 4 核心，也有 2、6 核心的产品。每核心 L1 为 64KB，L2 为 512KB，共享 2MB 或者 6MB 三级缓存，具备 HyperTransport 3.0 总线、增强型 PowerNow 省电技术、AMD-V 虚拟化技术等，接口为 Socket AM2。

K10 CPU 主要有三大系列: 速龙 (Athlon), 面向中低端用户 (与同期的 Core i3 CPU 性能相当); 羿龙 (Phenom), 后来升级为羿龙 II (Phenom) (与同期的 Core i5 CPU 性能相当), 接口为 Socket AM3 (938 针); 推土机 (FX), 2011 年 10 月面向高端游戏用户的 FX CPU 推出 (与同期的 Core i7 CPU 性能相当), 支持 DDR3-1866MHz 内存, 具备 XOP 指令集、模块化设计等新特性, 接口为 Socket AM3+ (938 针)。

Socket AM3 与 Socket AM3+ 的针脚数均为 938, 不同之处在于针脚定义, 图 3-18 给出了两种接口的差别。



AM3+接口

AM3 接口

图 3-18 Socket AM3 与 Socket AM3+ 针脚定义差别示意图

FX CPU 推出后, 全面取代了羿龙 II 系列 CPU。表 3-3 是 2015 年 K10 处理器的高中低档代表产品技术参数。

表 3-3 K10 系列两款 CPU 主要参数

主要参数	Athlon X4 870K	AMD FX 6330	AMD FX-9590
适用类型	台式机	台式机	台式机
CPU 系列	速龙 X4	FX	FX
CPU 主频/GHz	3.9	3.6	4.7
最大睿频/GHz	4.1	4.2	5
插槽类型	Socket FM2+	Socket AM3+	Socket AM3+
二级缓存/MB	4	6	8
核心数量	4 核心	6 六核心	8 核心
热设计功耗/W	95	95	220

2016 年 AMD 公司推出面向高端 PC 的 ZEN 架构系列 FX CPU, 核心性能比上一代处理器提升 40%, 采用 AM4 接口, 支持 DDR4 内存。该系列 CPU 有 4 核、6 核和 8 核三种。图 3-19 所示是 ZEN CPU 外观。

4. 第四阶段

APU 阶段。2011 年 1 月 AMD 公司推出加速处理器 Fusion APU (Accelerated Processing Units), 首次在 AMD 公司的处理器产品中将 CPU 与 GPU 做在一个晶片上, 第一代 APU 研发代号为 Liano, 称为 Liano APU, CPU 采用 Phenom II 核心, 显示核心为 HD6000。

AMD APU 产品统称为 AMD A 系列。

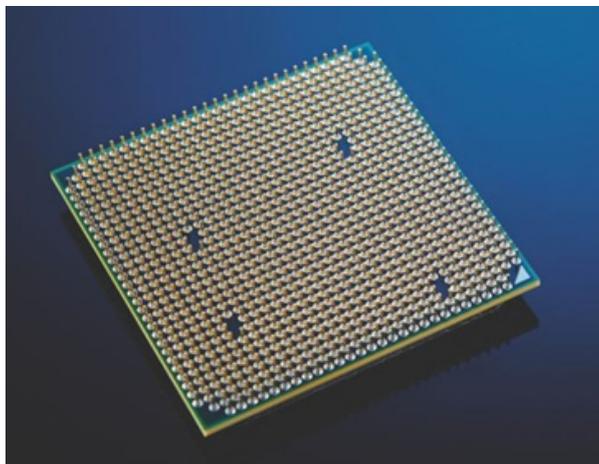


图 3-19 ZEN CPU

2012 年 10 月, 第二代 APU——Trinity APU 发布, 用于台式计算机的 CPU 代号为 Virgo, 用于移动设备的 CPU 代号为 Coma, 采用 32nm 工艺, 有 2~4 个基于改进的 FX 架构 CPU 核心, 代号为 Piledriver (俗称增强版的推土机架构“打桩机”), 显示核心为 HD6900, 与 Intel 公司第三代酷睿处理器性能相当。第二代 A 系列包括 AMD A4、A6、A8 及 A10, 其中 A4 和 A6 是低端产品。

2013 年 6 月, 第三代 APU 问世, 以四核为主, 分别有面向台式计算机的高端 (代号为 Richland)、中低端 (代号为 Kabini), 以及用于移动设备 (代号为 Temashi) 的 APU 产品。

2014 年 2 月, 代号为 Kaveri 的第四代 APU 问世, GPU 图形处理能力进一步提升, 采用异构系统架构 (HSA), GPU 和 CPU 共享内存统一寻址, 解决了内存带宽不足的问题, 制造工艺为 28nm。这一代的 CPU 架构俗称“压路机”, 应用在桌面、笔记本、嵌入式等各个领域。APU 的 4 个 CPU 核心以及 8 个 GPU SIMD (单指令流多数据流) 阵列 (512 个流处理器单元) 都被称为计算核心, 共计 12 个计算核心。

第四代 APU 主要包括 AMD A8、A10 及 FX 系列。性能上, FX 系列与 Core i7 CPU 相当, A10 对应 Core i5, A8 介于 Core i5/i3 之间。

2014 年 5 月, 代号为 Carrizo 的第五代 APU 问世, 采用“挖掘机”核心架构, 支持 DDR4 内存, 增加了对 AVX2、BMI2、MOVBE 和 RDRAND 的支持, 28nm 制造工艺。比上一代 APU 最高有 30% 的能耗比提升。

2015 年 6 月, 第六代 APU 问世, 用于台式计算机的 APU 代号为 Carrizo (代表产品为 A10-7870K), 针对低功耗小型设备的 APU 代号为 Carrizo-L (高中低档代表产品分别是 FX-8800P、A10-8700P、A8-8600P), 是 AMD 公司推出的首款高性能 SoC (片上系统, 即将计算机的核心功能完全集成在一个芯片上) 系统芯片。效能比上一代节省两倍, 支持 HSA 1.0、OpenCL、HEVC 硬件解码。基于 AMD “挖掘机”核心和第三代次世代图形核心 (GCN) 架构设计, 12 个计算核心 (4 个 CPU + 8 个 GPU), 采用改良的 28nm 制造工艺。

主要用于笔记本电脑。表 3-4 是 AMD 公司第六代 APU 代表产品主要参数。

表 3-4 AMD A10-7870K主要参数

主要参数	A8-8600P	A10-8700P	FX-8800P	A10-7870K
适用类型	笔记本	笔记本	笔记本	台式机
CPU 系列	APU A8	APU A10	APU FX	APU A10
CPU 主频/GHz	3.0	3.2	3.4	3.9
二级缓存/MB	2	2	2	4
核心数量	10 (4C+6G)	10 (4C+6G)	12 (4C+8G)	12 (4C+8G)
线程数	4 线程	4 线程	4 线程	4 线程
GPU	Radeon R6	Radeon R6	Radeon R7	Radeon R7
TDP/W	35	35	35	95

2016 年 6 月, 第七代 APU 问世, 面向中高端的代号为 Bristol Ridge 的 APU 产品包括 35W 和 15W 两种版本, 以及 AMD FX、A12 和 A10 三种规格; 面向低端应用的代号为 Stoney Ridge 的 APU 系列有 15W 的 A9、A6 和 E2 三种规格。表 3-5 为新款 APU 主要参数。

表 3-5 第七代 AMD A 系列 APU 和 FX APU

型号	Radeon™ 品牌	TDP/W	核心数	CPU 频率 (最高/基频) /GHz	二级高速缓存/MB
FX™ 9830P	R7	25~45	4	3.7 / 3.0	2
FX™ 9800P	R7	12~15	4	3.6 / 2.7	2
A12-9730P	R7	25~45	4	3.5 / 2.8	2
A12-9700P	R7	12~15	4	3.4 / 2.5	2
A10-9630P	R5	25~45	4	3.3 / 2.6	2
A10-9600P	R5	12~15	4	3.3 / 2.4	2
A9-9410	R5	10~25	2	3.5 / 2.9	1
A6-9210	R4	10~15	2	2.8 / 2.4	1
E2-9010	R2	10~15	2	2.2 / 2.0	1

3.3 CPU 的结构

从外部物理构造角度看, CPU 主要由基板、内核、针脚、基板之间的填充物以及散热器装置支撑垫等组成, 如图 3-20 所示。本节内容供 CPU 爱好者参考。

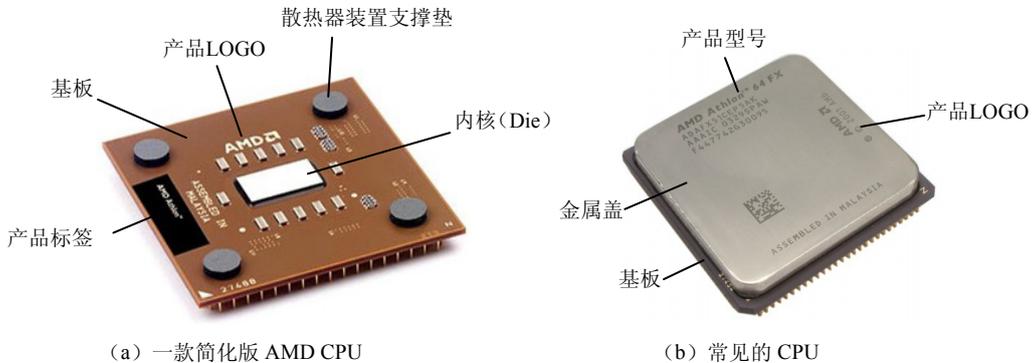


图 3-20 CPU 结构图

1. CPU 内核

内核 (Die) 又称为核心, 是 CPU 最重要的组成部分。图 3-20 (a) 中 CPU 中心那块隆起的芯片就是内核, 是由单晶硅以一定的生产工艺制造出来的, CPU 所有的计算、存储命令、处理数据操作都由内核执行。

为了便于 CPU 设计、生产以及销售管理, CPU 制造商会对各种 CPU 核心给出相应的代号, 这就是所谓的 CPU 核心类型。

不同的 CPU (不同系列或同一系列) 有不同的核心类型 (如 Pentium 4 的 Northwood, Willamette, 以及 K6-2 的 CXT、K6-2+ 的 ST-50 等), 甚至同一种核心也会有不同版本的类型 (如 Northwood 核心分为 B0 和 C1 等版本), 核心版本的变更是为了修正上一版存在的错误并提升性能。每一种核心类型都有相应的制造工艺 (如 0.25 μm 、0.18 μm 、0.13 μm 、0.09 μm 等)、核心面积 (决定 CPU 成本的关键因素, 成本与核心面积基本上成正比)、核心电压、电流大小、晶体管数量、各级缓存的大小、主频范围、流水线架构和支持的指令集 (这两点是决定 CPU 实际性能和工作效率的关键因素)、功耗和发热量的大小、封装方式、接口类型、前端总线频率 (FSB) 等。核心类型在某种程度上决定了 CPU 的工作性能。

CPU 核心的发展趋势: 更低的电压、更低的功耗、更先进的制造工艺、集成更多的晶体管、更小的核心面积、更先进的流水线架构和更多的指令集、更高的前端总线频率、集成更多的功能 (例如集成内存控制器等) 以及多核心、集成图形处理功能, 与多个图形处理单元 (GPU) 整合等。

2. 基板

CPU 基板是承载 CPU 内核的电路板, 是核心和针脚的载体。负责内核芯片和外界的通信, 并决定这一颗芯片的时钟频率, 上面有电容、电阻, 还有决定 CPU 时钟频率的电路桥 (俗称金手指), 在基板的背面或者下沿还有用于和主板连接的针脚或者卡式接口。

早期 CPU 基板采用陶瓷, 新型 CPU 基板用有机物制造, 能提供更好的电气和散热性能。

3. 填充物

CPU 内核和 CPU 基板之间有填充物, 作用是缓解散热器的压力、固定芯片和电路基板, 它的优劣直接影响整个 CPU 的质量。

4. CPU 封装

封装是指安装半导体集成电路芯片用的外壳, CPU 封装技术是一种将集成电路用绝缘的塑料或陶瓷材料打包的技术。其作用是固定、密封、保护芯片和增强导热性能。

封装还是沟通芯片内部与外部电路的桥梁: 芯片上的接点用导线连接到封装外壳的引脚上, 这些引脚通过印刷电路板上的导线与其他器件连通。图 3-21 为 Intel Core 2 Duo 处理器封装前后的芯片外观。

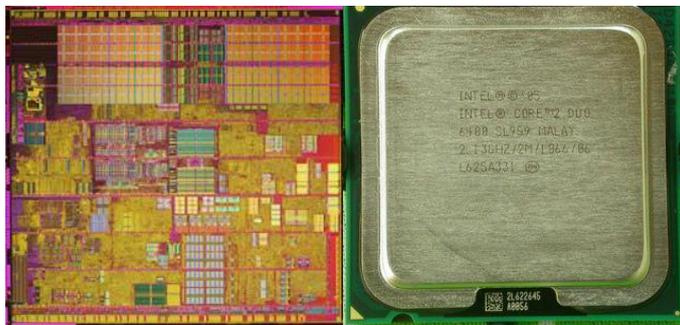


图 3-21 Intel Core 2 Duo 处理器封装前后的芯片

由于处理器芯片的工作频率越来越高,功能越来越强,引脚数越来越多,封装的外形也不断在改变。封装时主要考虑的因素如下:

- (1) 为提高封装效率,芯片面积与封装面积之比尽量接近 1:1。
- (2) 为减小传输延迟,引脚尽量短;为减少相互干扰,引脚间距离尽量远。
- (3) 为确保散热,封装越薄越好。

基于以上因素,随着 CPU 集成度的提高以及越来越突出的散热问题,CPU 的封装形式也在不断变化。从 DIP、QFP、PGA、BGA 到 S.E.C.C 再到 LGA,芯片面积与封装面积的比例越来越趋近于 1:1,承受的频率越来越高,耐热越来越好,引脚越来越多,引脚间距越来越小,重量越来越轻,可靠性越来越高,操作便宜性越来越体现出人性化。

CPU 的封装方式取决于 CPU 安装形式和器件集成设计,从大的分类来说,采用 Socket 插座进行安装的 CPU 使用 PGA(栅格阵列)方式封装,而采用 Slot x 槽安装的 CPU 则采用 SEC(单边接插盒)的形式封装。现在还有 PLGA(Plastic Land Grid Array)、OLGA(Organic Land Grid Array)等封装技术。

下面介绍几种常见的封装。

1) DIP 封装

DIP 封装(Dual In-line Package),也叫双列直插式封装,是指采用双列直插形式封装的集成电路芯片。DIP 封装的 CPU 芯片有两排引脚,需要插入到具有 DIP 结构的芯片插座上。也可以直接插在有相同焊孔数和几何排列的电路板上再焊接。早期的 4004、8008、8086、8088 等 CPU 都采用 DIP 封装,通过其上的两排引脚可插到主板上的插槽或焊接在主板上。绝大多数中小规模集成电路采用这种封装形式,引脚数一般不超过 100。DIP 封装的芯片在从芯片插座上插拔时应特别小心,以免损坏管脚。

DIP 封装结构形式有多层陶瓷双列直插式 DIP、单层陶瓷双列直插式 DIP、引线框架式 DIP(含玻璃陶瓷封接式、塑料包封结构式、陶瓷低熔玻璃封装式)等。

DIP 封装具有以下特点:

- (1) 适合在 PCB(印刷电路板)上穿孔焊接,操作方便。
- (2) 芯片面积与封装面积之间的比值较大,故体积也较大。

2) QFP 封装

方型扁平式封装技术(Plastic Quad Flat Package),该技术实现的芯片引脚之间距离小,管脚细,一般大规模或超大规模集成电路采用这种封装形式,引脚数一般在 100 以上。该技术封装操作方便,可靠性高。封装外形尺寸较小,寄生参数减小,适合高频应用。该技术适合用表面贴装技术(Surface Mounted Technology, SMT)在 PCB 上布线。

3) PFP 封装

PFP(Plastic Flat Package,塑料扁平组件)封装的芯片必须采用表面贴装器件(Surface Mounted Devices, SMD)技术将芯片与主板焊接起来。采用 SMD 安装的芯片不必在主板上打孔,在主板表面上有设计好的相应管脚的焊盘,将芯片引脚对准相应的焊盘即可实现与主板的焊接。用这种方法焊上去的芯片,不用专用工具很难拆卸。该技术与 QFP 技术基本相似,只是外观的封装形状不同。

4) PGA 封装

PGA(Pin-Grid Array,针栅阵列)封装,也叫插针网格阵列封装(Ceramic Pin Grid Arrau

Package), 外观为正方形或者长方形, 封装的芯片外有多个方阵形的插针, 每个方阵形插针沿芯片的四周间隔一定距离排列, 根据管脚数目的多少可以围成 2~5 圈。安装时插入专门的 PGA 插座。为了方便 CPU 的安装和拆卸, 从 486 芯片开始出现了 ZIF (Zero Insertion Force) CPU 插座, 专门用来满足 PGA 封装的 CPU 在安装和拆卸上的要求。80486 和 Pentium、Pentium Pro 等 CPU 均采用 PGA 封装, 如图 3-22 所示。



图 3-22 PGA 封装形式

5) BGA 封装

BGA (Ball Grid Array Package, 球栅阵列) 封装占用基板的面积较大。虽然该技术的 I/O 引脚数增多, 但引脚之间的距离远大于 QFP, 从而提高了组装成品率。该技术采用可控塌陷芯片法焊接, 改善了电热性能。该技术的组装可用共面焊接, 能提高封装的可靠性。由该技术封装的 CPU 信号传输延迟小, 频率提高很大。

采用 BGA 技术封装的内存, 可以使内存在体积不变的情况下容量提高 2~3 倍。BGA 与 TSOP 相比, 具有更小的体积, 更好的散热性能和电性能。BGA 封装技术使每平方英寸的存储量有了很大提升, 采用 BGA 封装技术的内存产品在相同容量下, 体积只有 TSOP 封装的 1/3。

6) S.E.C.C.封装

S.E.C.C. (Single Edge Contact Cartridge, 单边接触卡盒) 封装不使用针脚, 而使用“金手指”触点, CPU 通过这些触点与主板连接。CPU 被一个金属壳覆盖, 如图 3-23 所示。卡盒的背面是热材料镀层, 充当散热器。在 S.E.C.C.内部有一个被称为基体的印刷电路板连接处理器、二级高速缓存和总线控制电路。S.E.C.C 封装用于有 242 个触点的 Pentium II, 有 330 个触点的 Pentium II 至强 (Xeon) 和 Pentium III 至强 CPU。



图 3-23 S.E.C.C.封装形式

7) S.E.C.C.2 封装

与 S.E.C.C 封装相似, S.E.C.C.2 封装使用更少的保护性包装, 并且不含有导热镀层。

用于较晚版本的 Pentium II 和 Pentium III CPU (242 触点), 如图 3-24 所示。

8) FC-PGA 封装

FC-PGA (Flip-Chip Pin Grid Array, 反转芯片针脚栅格阵列) 封装于 1999 年由 Intel 公司发明, 应用到之后出现的所有 Pentium 芯片上。这种封装中片模 (构成 CPU 的主要集成电路部分) 暴露在芯片的上部, 散热解决方案直接作用到片模上, 能实现更有效的芯片冷却。为了通过隔绝电源信号和接地信号来提高封装的性能, 在 CPU 的底部放置电容和电阻。芯片底部的针脚是锯齿形排列, 如图 3-25 所示。



图 3-24 S.E.C.C.2 封装形式



图 3-25 FC-PGA 封装形式

9) FC-PGA2 封装

FC-PGA2 封装与 FC-PGA 相似, 在封装时添加了集成式散热器 (IHS)。集成式散热器在生产时直接安装到 CPU 芯片上。IHS 与片模有很好的热接触, 并且提供了更大的表面积以更好地散发热量, 增加了热传导。FC-PGA2 封装用于后期的 Pentium III 和赛扬 CPU (370 针) 及 Pentium 4 CPU (478 针), 如图 3-26 所示。



图 3-26 FC-PGA2 封装形式

10) OPGA 封装

OPGA (Organic pin grid Array, 有机管脚阵列) 封装的基底使用玻璃纤维, 类似于印刷电路板上的材料。此种封装方式可以降低阻抗和封装成本。OPGA 封装拉近了外部电容和处理器内核的距离, 可以更好地改善内核供电和过滤电流杂波。AMD 的 AthlonXP 系列 CPU 大多使用此类封装。

11) CPGA 封装

CPGA (Ceramic PGA) 就是常说的陶瓷封装, 主要在 Thunderbird (雷鸟) 核心和 Palomino 核心的 Athlon CPU 上采用。

12) mPGA 封装

mPGA 即微型 PGA 封装, AMD 的 Athlon 64 和 Intel 的 Xeon (至强) 系列 CPU 等产品采用此种封装, 是一种先进的封装形式, 如图 3-27 所示。



图 3-27 mPGA 封装形式

13) LGA 封装

LGA (Land Grid Array) 是栅格阵列封装, 与 Intel CPU 之前的封装技术 Socket 478 相对应, 也称为 Socket T。主要体现在用金属触点式封装取代了以往的针状插脚。LGA775 表示有 775 个触点, 如图 3-28 所示。



图 3-28 LGA775 封装形式

采用 LGA775 接口的 CPU 在安装方式上与以往产品不同, 需要一个安装扣架固定, CPU 可以正确地压在 Socket 露出来的具有弹性的触须上, 其原理与 BGA 封装一样, 不过 BGA 是用锡焊死, 而 LGA 可以随时解开扣架更换芯片。

5. 接口类型

CPU 和主板连接的接口类型主要有引脚式、卡式、针脚式、触点式等, 对应到主板上相应的插槽 (Slot) 或插座 (Socket)。图 3-29 所示为插座形式的针脚式和触点式 CPU

接口。

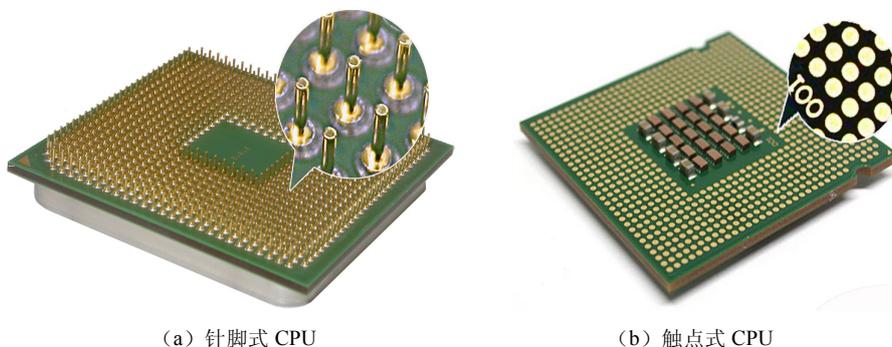


图 3-29 针脚式和触点式 CPU 接口

Slot 接口(也称为卡式接口)的 CPU 外观像常见的各种扩展卡(显卡、声卡、网卡等),竖立插到主板上,当然主板上必须有对应 Slot 插槽。

Socket 接口的 CPU 有数百(千)个针脚或者触点——对应插在主板的 CPU 插座上。CPU 的接口和主板插座必须完全吻合。例如,Slot 1 接口的 CPU 只能安装在具备 Slot 1 插槽的主板上,Socket 478 接口的 CPU 只能安装在具备 Socket 478 插座的主板上。

注意: 接口类型不同,金手指数、插针数或触点数以及接点的布局、形状等就不同,不能互相接插。

3.4 CPU 的主要技术指标

1. 主频

主频,即 CPU 内核工作的时钟频率(CPU Clock Speed),单位是 MHz 或 GHz。通常所说的某某 CPU 是多少兆赫指的就是 CPU 的主频。

注意: 很多人认为 CPU 的主频就是其运行速度,其实不然。

CPU 的主频表示在 CPU 内数字脉冲信号震荡的速度,主频和实际的运算速度存在一定的关系,但目前还没有一个确定的公式能够定量两者的数值关系,因为 CPU 的运算速度还与 CPU 的流水线数目、缓存大小、指令集、CPU 的位数等指标有关。

2. 外频

外频是 CPU 的基准频率,单位是 MHz,是 CPU 与主板之间同步运行的工作频率(系统时钟频率)。绝大部分计算机系统外频也是内存与主板之间同步运行的频率。

3. 前端总线

前端总线(Front Side Bus, FSB)是 AMD 公司推出 K7 CPU 时提出的概念,是将 CPU 连接到北桥芯片的总线,决定 CPU 与内存数据交换的速度。

数据传输最大带宽取决于所有同时传输数据的宽度和传输频率,即数据带宽=(FSB×数据位宽)/8。例如 64 位的 CPU,前端总线是 800MHz,则它的数据传输最大带宽是 6.4GB/s。常见的前端总线频率有 266MHz、333MHz、400MHz、533MHz、800MHz、1066MHz、1333MHz 等,前端总线频率越大,表示 CPU 与内存之间的数据传输速率越高,

更能充分发挥出 CPU 的性能。足够大的前端总线可以保障有足够的供给 CPU。较低的前端总线无法供给足够的供给 CPU，限制了 CPU 性能的发挥，成为系统瓶颈。

外频与前端总线的区别：前端总线的速度是 CPU 与内存之间数据传输的速度，外频是 CPU 与主板之间同步运行的频率。也就是说，100MHz 外频特指数字脉冲信号在每秒钟震荡一千万次；而 64 位处理器 100MHz 前端总线指的是每秒钟 CPU 可接受的数据传输量是 $100\text{MHz} \times 64\text{b} / 8 = 800\text{MB/s}$ 。

4. 倍频

倍频，全称是倍频系数，是 CPU 主频与外频的比值。

原先并没有倍频概念，CPU 主频和系统总线的速度是一样的，但 CPU 的速度越来越快，倍频技术也就应运而生。

CPU 主频的计算方式为：主频 = 外频 × 倍频。显然，当外频不变时，提高倍频，CPU 主频也就提高了。每一款 CPU 默认的倍频只有一个，主板必须能支持这个倍频。因此在选购主板和 CPU 时必须注意这点，如果两者不匹配，系统就无法工作。

俗称的超频就是通过设置倍频系数，CPU 工作频率超过 CPU 主频。

5. CPU 的位和字长

在数字电路和计算机技术中采用二进制，只有 0 和 1，无论是 0 还是 1 在 CPU 中都是一“位”。

CPU 在单位时间内（同一时间）能一次处理的二进制数的位数叫字长。能处理字长为 8 位数据的 CPU 通常叫 8 位 CPU。同理，32 位 CPU 就能在单位时间内处理 32 位二进制数据。

字节和字长的区别：英文字符用 8 位二进制可以表示，所以将 8b 称为一个字节。CPU 字长是不固定的，8 位 CPU 一次只能处理 1B，而 32 位 CPU 一次就能处理 4B，64 位 CPU 一次可以处理 8B。

6. 缓存

缓存（Cache）是位于 CPU 与内存之间的临时存储器，容量比内存小，存取速度比内存快。Cache 中的数据实际上是内存中的一小部分，计算机工作时，CPU 需要重复读取同样的数据块，如果每次都从内存中读取，由于 CPU 速度远高于内存速度，则内存成为计算机工作的瓶颈，Cache 正是在这种情况下出现的。

Cache 工作原理：当 CPU 要读取一个数据时，首先从 Cache 中查找，如果找到，就立即读取并送给 CPU 处理；如果没有找到，就从速度相对慢的内存中读取，同时把这个数据所在的数据块调入 Cache 中，以便以后能够快速地从 Cache 中读取该数据，而不必再去读内存。其工作原理如图 3-30 所示。

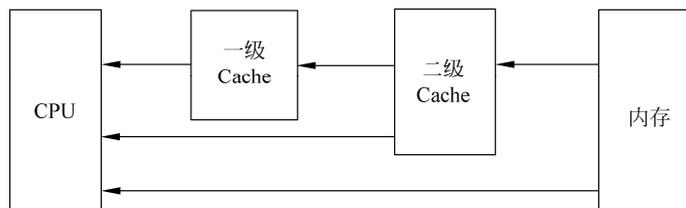


图 3-30 Cache 工作原理图

这样的读取机制使 CPU 读取 Cache 的命中率非常高 (多数 CPU 可达 90% 左右), 也就是说 CPU 下一次要读取的数据 90% 都在 Cache 中, 只有大约 10% 需要从内存读取, 这样可以大大节省 CPU 读取数据的时间。

早期的 Cache 是直接固定在主板上的存储块, 从 80486 开始 Cache 加到了 CPU 内部, 但容量很小, 起初只有几千字节。由于当时制造工艺的限制, 不可能大幅度提高 CPU 中缓存的容量。Intel 公司从 Pentium 开始对缓存进行分类。把 CPU 内核集成的缓存称为一级缓存 (L1 Cache), 主板上集成的缓存称为二级缓存 (L2 Cache)。一级缓存可以进一步分为数据缓存 (D-Cache) 和指令缓存 (I-Cache), 分别用来存放数据和执行这些数据的指令, 可以同时被 CPU 访问, 能够减少争用 Cache 造成的冲突, 提高处理器效能。

随着 CPU 制造工艺的进步, 二级缓存也被集成到 CPU 内核中, 容量不断提升, 目前 CPU 中还集成了三级缓存 (L3 Cache)。截至 2015 年 10 月, CPU 中 L1 容量在 32 KB~6×256KB 之间, L2 容量在 256 KB~12MB 之间, L3 容量最大为 24MB。

L2 是 L1 的缓冲器: L1 制造成本高, 容量有限; L2 存储 CPU 可能要用到、而 L1 无法存储的数据。同理, L3 和内存是 L2 的缓冲器, 它们的容量递增, 但单位制造成本却递减。需要注意的是, 无论是 L2、L3 还是内存都不能存储处理器操作的原始指令, 这些指令只能存储在 CPU 的 L1 中, 而余下的 L2、L3 和内存仅用于存储 CPU 所需数据。

7. 指令集

CPU 依靠指令完成计算和控制各部件的工作, 每款 CPU 在设计时就规定了一系列与其硬件电路相配合的指令系统。指令集的强弱也是 CPU 的重要指标, 指令集是提高 CPU 效率的有效工具之一。

从计算机体系结构讲, 指令集可分为复杂指令集和精简指令集两部分。目前常见的 Intel CPU 以及 AMD CPU 均为采用 X86 架构的复杂指令集。

而从具体运用看, Intel 公司的 MMX (Multi Media Extended)、SSE、SSE2 (Streaming-Single instruction multiple data-Extensions 2) 和 AMD 公司的 3DNow! 等都是 x86 架构 CPU 的扩展指令集, 分别增强了 CPU 的多媒体、图形、图像和 Internet 等的处理能力。

1) CISC 指令集

在 CISC (Complex Instruction Set Computer, 复杂指令集计算机) 微处理器中, 程序的指令按顺序串行执行, 每条指令中的各个操作也是按顺序串行执行的。顺序执行的优点是控制简单, 但计算机各部分的利用率不高, 执行速度慢。从具体应用看, Intel 公司生产的 x86 系列 (IA-32 架构) CPU 及其兼容 CPU (AMD、VIA), 以及 x86-64 系列 CPU 使用的指令集都属于 CISC 的范畴。

2) RISC 指令集

精简指令集计算机 (Reduced Instruction Set Computing, RISC) 是在 CISC 指令系统基础上发展起来的。对 CISC 测试表明, 各种指令的使用频度悬殊, 最常使用的是一些较简单的指令, 仅占指令总数的 20%, 但在程序中出现的频度却占 80%。复杂的指令系统必然增加微处理器的复杂性, 使处理器的研制时间长, 成本高, 并且复杂指令需要复杂的操作, 必然会降低计算机的速度。基于上述原因, 20 世纪 80 年代 RISC 型 CPU 诞生, 相对于 CISC 型 CPU, RISC 型 CPU 不仅精简了指令系统, 还采用了一种超标量和超流水线结构, 增加了并行处理能力。RISC 指令集是高性能 CPU 的发展方向。相比而言, RISC 的指令格

式统一，种类较少，寻址方式也比复杂指令集少，处理速度高。RISC 指令系统更适合高档服务器，RISC 型 CPU 与 Intel 和 AMD 的 CPU 在软件和硬件上都不兼容。

目前，中高档服务器采用的 RISC 处理器主要有 PowerPC 处理器、SPARC 处理器、PA-RISC 处理器、MIPS 处理器、Alpha 处理器。

3) MMX 指令集

1997 年，Intel 公司推出多媒体扩展指令集（MMX），包括 57 条多媒体指令，主要用于增强 CPU 对 3D 图形、视频和音频信息等多媒体信息的处理能力。MMX 指令借用了浮点处理器的 8 个寄存器，导致浮点运算速度降低，并没有带来 3D 游戏性能的显著提升。

4) SSE 指令集

1999 年，Intel 公司在 Pentium III CPU 中添加了数据流单指令序列扩展指令（Streaming SIMD Extensions, SSE）。SSE 兼容 MMX 指令，通过 SIMD（单指令多数据技术）以及单时钟周期并行处理多个浮点数来提高浮点运算速度。

而在 Pentium III CPU 中增加了 8 个 128 位的 SSE 指令专用寄存器，SSE 指令寄存器可以全速运行，保证了与浮点运算的并行性。

5) SSE2 指令集

Intel 公司在 Pentium 4 CPU 中添加了新指令集 SSE2，共 144 条指令，包括浮点 SIMD 指令、整型 SIMD 指令、SIMD 浮点和整型数据之间转换、数据在 MMX 寄存器中转换等指令。重要的改进包括引入新的数据格式，如 128 位 SIMD 整数运算和 64 位双精度浮点运算等。为了更好地利用高速缓存，还增加了几条缓存指令，允许程序员控制缓存中的数据。

6) SSE3 指令集

SSE3 相对于 SSE2 新增加了 13 条新指令，它们被统称为 pni (prescott new instructions)。13 条指令中，一条用于视频解码，两条用于线程同步，其余用于复杂的数学运算、浮点到整数转换和 SIMD 浮点运算。

7) SSE4 指令集

SSE4 相对于 SSE3 增加了 50 条新的增加性能的指令，这些指令有助于编译、媒体、字符/文本处理和程序指向加速。

SSE4 指令集作为 Intel 公司“显著视频增强”平台的一部分。该平台的其他视频增强功能还有 Clear Video 技术（CVT）和统一显示接口（UDI）支持等，支持高级解码、后处理和增强型 3D 功能。

8) 3D Now! 指令集

3D Now! 指令集是 AMD 公司开发的多媒体扩展指令集，有 21 条指令。针对 MMX 指令集没有加强浮点处理能力的弱点，重点提高了 AMD 公司 K6 系列 CPU 对 3D 图形的处理能力。3D Now! 指令集主要用于 3D 游戏，对其他商业图形应用处理支持不足。

3DNow!+ 指令集在 3D Now! 指令集基础上增加到 52 条指令，包含了部分 SSE 指令，该指令集主要用于新型的 AMD CPU 上。

8. CPU 内核和 I/O 工作电压

从 Pentium 开始，CPU 的工作电压分为核心电压和 I/O 电压两种，核心电压即驱动 CPU 核心芯片的电压，I/O 电压指驱动 I/O 电路的电压。CPU 的核心电压小于等于 I/O 电压。核心电压根据 CPU 的生产工艺而定，一般制作工艺越先进，电压越低；I/O 电压一般

在 1.6~5V 之间。CPU 的工作电压有明显的下降趋势, 低工作电压有三个优点:

(1) 使 CPU 的总功耗降低, 系统的运行成本相应降低, 电池可以工作更长时间, 对于便携式和移动系统来说非常重要。

(2) 功耗降低, 发热量减少, 运行温度不高的 CPU 可以与系统更好的配合。

(3) 是提高 CPU 主频的重要因素之一。

9. 制造工艺

制造工艺是指集成电路内电路与电路之间的距离。1995 年以后, 芯片制造工艺从 0.5 μm 、0.35 μm 、0.25 μm 、0.18 μm 、0.15 μm 、0.13 μm 、90nm、65nm、45nm, 发展到目前的 28nm、15nm。

先进的制造工艺可以在同样的面积上集成更多的晶体管, 并降低功耗, 从而减少发热量, 使 CPU 实现更多的功能和更高的性能; 使 CPU 核心面积不断减小, 在相同面积的晶圆上可以制造出更多的 CPU 产品, 从而降低 CPU 的售价。

10. 超流水线与超标量

在解释超流水线与超标量前, 先了解流水线 (Pipeline)。

流水线是 Intel 公司在 80486 CPU 中开始使用的。流水线工作方式就像工业生产上的装配流水线, 通过增加硬件实现。例如要预取指令, 就增加取指令的硬件电路, 在 CPU 中由 5、6 个不同功能的电路单元组成一条指令处理流水线, 并将一条指令分成 5、6 步, 再由这些电路单元分别执行, 各步的工作在时间上重叠, 从而提高 CPU 的运算速度。

Pentium CPU 整数操作流水线分四级 (步) 流水, 即指令预取、译码、执行、写回结果。理想情况下, 每步需要一个时钟周期。当流水线完全装满时, 每个时钟周期平均有一条指令从流水线上执行完毕, 输出结果, 就像轿车从组装线上开出来一样。

超级流水线通过细化流水、提高主频, 使得在一个机器周期内完成一个甚至多个操作, 其实质是以时间换空间。例如 Intel Pentium 4 的流水线长 20 级。流水线的步 (级) 越长, 完成一条指令的速度越快, 能适应主频更高的 CPU。但是流水线过长也带来一定的副作用, 很可能出现主频较高的 CPU 实际运算速度较低的现象。Intel Pentium 4 就出现了这种情况, 虽然主频达 1.4GHz 以上, 但其运算性能却比不上 AMD 1.2GHz 的速龙, 甚至 Intel Pentium III。

在 CPU 中内置多条流水线来同时执行多条指令, 每时钟周期内可以完成一条以上的指令, 这种设计叫超标量 (Superscalar) 技术。

11. SMP

SMP (Symmetric Multi-Processing, 对称多处理结构) 是指在一个计算机上汇集了一组结构相同的处理器 (多 CPU), 各 CPU 共享内存以及总线。在高性能主板和服务中常见, 例如运行 UNIX 操作系统的服务器可支持最多 256 个 CPU。

12. 多核心

多核心是指单芯片多处理器 (Chip Multiprocessors, CMP)。CMP 由美国斯坦福大学提出, 其思想是将大规模并行处理器中的 SMP 集成到同一芯片内, 各个处理器并行执行不同的进程。从体系结构角度看, SMP 比 CMP 对处理器资源利用率要高, 在克服延迟影响

方面更具优势。而 CMP 相对 SMP 的最大优势在于其模块化设计的简洁性。复制简单、设计容易，指令调度也更加简单。同时，SMP 中多个线程对共享资源的争用也会影响其性能，而 CMP 对共享资源的争用要少得多，因此当应用的线程级并行性较高时，CMP 性能一般优于 SMP。此外，在设计上，更短的芯片连线使 CMP 比长导线集中式设计的 SMP 更容易提高芯片的运行频率，从而在一定程度上起到性能优化的效果。

现在的处理器都属于 CMP，有 2~16 个结构相同的 CPU，以及 2~10 个结构相同的 GPU。

13. 多（超）线程技术

每个正在运行的程序都是一个进程。每个进程包含一到多个线程。线程是进程中可以独立完成一定功能的指令段。

多线程技术是指从软件或者硬件上实现多个线程并发执行的技术。具有多线程能力的计算机因有硬件支持而能够在同一时间执行多个线程，进而提升整体性能。具有这种能力的系统包括对称多处理机、多核心处理器以及芯片级多线程（Chip-Level Multithreading）或同时多线程（Simultaneous Multithreading, SMT）处理器。

操作系统通过快速的在不同线程之间进行切换，由于时间间隔很小，给用户造成一种多个线程同时运行的假象。这样的程序运行机制称为软件多线程，如 Windows 和 Linux 可以在各个不同的线程间来回切换，被称为多任务操作系统。

超线程（Hyper-Threading, HT）技术是 Intel P4 CPU 开始出现的一种技术，利用特殊的硬件指令把两个逻辑内核模拟成两个物理芯片，让单个处理器能进行线程级并行计算，进而兼容多线程操作系统和软件，减少 CPU 的闲置时间，提高 CPU 的运行效率。虽然采用超线程技术能同时执行两个线程，但它并不像两个真正的 CPU 那样，每个 CPU 都具有独立的资源。当两个线程都同时需要某一个资源时，其中一个要暂时停止，并让出资源，直到这些资源闲置后才能继续。因此超线程的性能并不等于两个 CPU 的性能。另外，含有超线程技术的 CPU 需要芯片组、软件支持才能发挥该技术的优势。

14. NUMA 技术

NUMA 即非一致访问分布共享存储技术，是由若干通过高速专用网络连接起来的独立节点构成的系统，各个节点可以是单个的 CPU 或是 SMP 系统。在 NUMA 中，Cache 的一致性有多种解决方案，需要操作系统和特殊软件的支持。

15. 乱序执行技术

乱序执行（Out of Order execution）技术是指 CPU 能够对程序中各条指令之间的关联情况进行分析，并根据 CPU 中各功能单元的状态将程序中的指令进行拆分，分发给不同功能部件进行处理。这期间不按指令排列的顺序执行，而是将各条指令的结果按程序中指令顺序重新排列。乱序执行技术可以使 CPU 内部功能部件满负荷运转，提高程序运行的速度。

3.5 散热装置

计算机部件中大量使用集成电路，集成电路工作时会产生热量。高温会导致系统运行

不稳,使用寿命缩短,甚至有可能使部件烧毁。散热器的作用就是将这些热量吸收,然后发散出去,保证计算机正常工作。多数散热器通过和发热部件表面接触,吸收热量,再通过各种方法将热量传递到空气中,完成计算机的散热。

散热器种类繁多,CPU、显卡、主板芯片组、硬盘、机箱、电源甚至光驱和内存都需要散热器,不同的散热器不能混用。

依照散热器带走热量的方式分为主动散热和被动散热。前者常见的是风冷散热器,而后者常见的是散热片。

随着 CPU 内部晶体管数目的增加,CPU 工作造成的高温带来的散热问题必须重视。最常用的解决高温散热的方法是在 CPU 上面加装散热装置。各种型号 CPU 的发热量不同,选用散热器时要根据 CPU 类型以及是否超频来综合考虑。

3.5.1 CPU 散热器的分类

CPU 散热器可以分为风冷散热器、热管散热器、水冷散热器等类型。

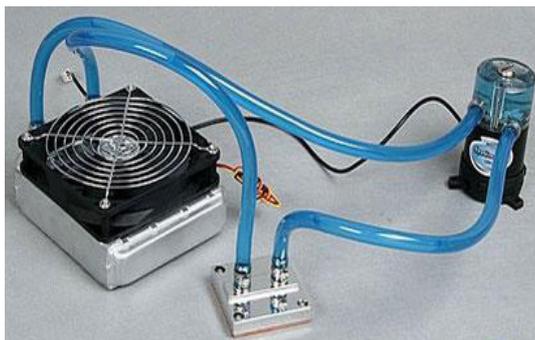
与传统散热相比,热管技术可以说是一项突破。热管温差小,导热系数高,导热能力强。热管由三部分组成:密封中空管(一般为铜管)、附于管内壁的毛细结构和工质(一般为水)。热管工作时可分为三段:蒸发段、绝热段和冷凝段。与热源接触吸收热量的部分称为蒸发段;向外界放热使蒸汽凝结的部分称为冷凝段;蒸发段与冷凝段之间的部分为绝热段。

主流的 CPU 散热器为风冷散热器和热管散热器,因为价格实惠,性能卓越,质量优异而受到认同。风冷散热器和热管散热器已经融合在一起。图 3-31 (a) 为一款风冷+热管散热器。

水冷散热器散热效果突出,图 3-31 (b) 为一款水冷散热器。但有致命的缺陷——安全问题,长时间高温使用,一旦漏水,CPU、主板、内存、显卡等电子元件极有可能损坏。此外,用水冷散热器还比较麻烦,需要一个水箱,还需要耐心细致的安装。



(a) 风冷/热管散热器



(b) 水冷散热器

图 3-31 两款散热器

风冷散热器的散热效果不如水冷散热器,但因为其使用安全、安装简便的特点,所以一直是计算机 CPU 的首选散热器。

在选择散热器时，不同系列、不同型号的 CPU 封装不同，所需散热器也不同。图 3-32 是目前常用的 CPU 的风冷散热器。

3.5.2 散热器的组成

下面介绍风冷散热器的组成及各部分作用。

1. 底座与散热片

散热器的底座和散热叶片采用铜或者铝。铜比铝热传导快，散热效果好，但价格贵。绝大多数散热片用铝合金，高端 CPU 的散热器底座用铜。图 3-33 所示为散热器的底座。



图 3-32 CPU 风冷散热器

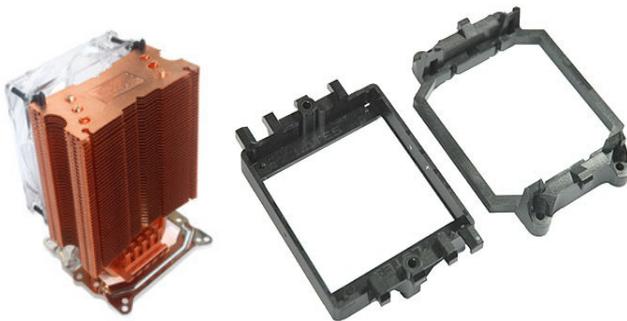


图 3-33 散热器底座

影响散热效果的另一个主要因素是散热片（称为鳍片或鳃片）的表面积。散热片的热经流动的冷空气带走，与空气接触的面积越大，热交换面积越大，散热速率越快。所以散热片越薄越密集、表面积越大，散热效果越好。

2. 风扇

风扇质量决定散热器的散热效果和寿命，如图 3-34 所示。风扇的主要性能指标有风扇口径、风量、噪音、风压大小、采用的轴承及使用寿命等。

3. 扣具

扣具是固定 CPU 散热器的装置。散热片与 CPU 表面紧密接触，可以增加散热片底部的吸热能力。为了加强散热效果，扣具除了保证使散热器底部与处理器均匀受力外，压力的大小也必须适当。压力太小会产生空隙，太大会压坏处理器。图 3-35 所示是一种散热器扣具。



图 3-34 散热器风扇和散热片



图 3-35 散热器扣具

3.6 本章小结

CPU 作为计算机的核心,负责整个计算机系统的协调、控制以及程序运行。伴随着大规模集成电路的技术革命以及微电子技术的发展,CPU 发展日新月异、种类繁多,其中集成的电子元件也越来越多,速度越来越快,功能越来越强。一般从功能组成上讲,CPU 由控制器和运算器两大功能部件组成;从结构组成上讲,CPU 由基板、内核、针脚、基板之间的填充物以及散热器装置支撑垫等组成。

CPU 在一定程度上决定着计算机的档次。在选择 CPU 时,应该熟悉它的主要技术指标。

CPU 与主板的关系就如同人体的大脑与躯干的关系。CPU 的功能相当于人类大脑的思维功能,而主板则相当于人体的躯干和神经传导系统。

现在的 CPU 已经超出了传统中央处理器的功能范畴,一个 CPU 芯片内部包括若干个 CPU 核以及若干个 GPU,内部还集成了多级 Cache。

习 题 3

1. 填空

- (1) CPU 主要由_____、_____、寄存器组和内部总线等构成,再配上储存器、输入输出接口和系统总线组成完整的计算机系统。
- (2) 从_____开始,Intel 系列 CPU 进入了 64 位时代。
- (3) CPU 中的_____是计算机的控制指挥中心,它协调和指挥整个计算机系统的操作。
- (4) CPU 中的_____负责对信息进行加工和运算,它也是控制器的执行部件。
- (5) _____封装技术具有跨越性的技术革命,主要体现在它用金属触点式封装取代了以往的针状插脚。
- (6) 计算机技术中对 CPU 在单位时间内能一次处理的二进制数的位数叫_____。
- (7) CPU 的风冷散热器主要由_____、_____、_____组成。

2. 简答题

- (1) 计算机的主要技术指标有哪些?
- (2) 以 Intel 公司 CPU 为例,简要说明 CPU 产品的技术进展?
- (3) CPU 的主要封装形式有哪些?
- (4) 试比较当前两款主流 CPU 的技术参数。