

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 又称微处理器,是计算机的运算核心和控制核心,其作用堪比人的大脑。

3.1 CPU 简介

CPU 主要由运算器、控制器、寄存器组、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的技术革命以及微电子技术的发展,其中集成的电子元件也越来越多,比如 Intel 第三代酷睿 Core i7-3930K 内部集成了 22.7 亿个晶体管。

CPU 主要具有如下 4 方面的基本功能。

指令控制:也称程序的顺序控制,控制程序严格按照规定的顺序执行。

操作控制:将取出的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工作。

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,只有当地址线信号确定后,才能通过数据线将所需的数据读出,这样计算机才能有条不紊地工作。

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 和 8086

Intel 公司于 1978 年推出 8086 微处理器,属于 16 位微处理器,同时推出与之相配合的数学协处理器 8087。次年,Intel 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(2^{20})。它们的主要区别是,8086 的外部数据总线为 16 条,而 8088 为 8 条。1981 年 8088 芯片首次用于 IBM PC,开创了微型计算机时代,从 8088 开始,个人计算机(Personal Computer,PC)的概念开始在全世界流行起来。

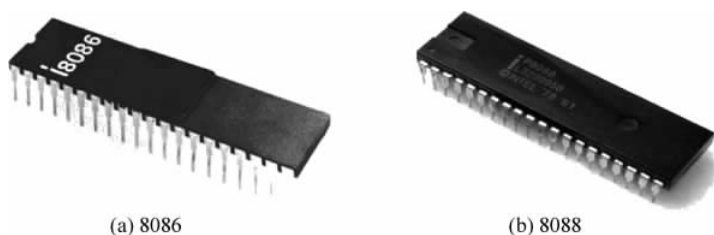


图 3-1 8086 与 8088 CPU

2. 80286

1982 年,Intel 推出 80286 芯片,如图 3-2 所示。80286 比 8086 和 8088 有了质的飞跃,虽然仍旧是 16 位结构,但是它含有 13.4 万个晶体管,频率比 8086 高,有 24 条地址线,寻址范围达到 16MB。

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 属于 32 位 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 内存。增加了一种称为虚拟 86 的工作方式,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,是准 32 位 CPU,数据总线 16 位,其内部 32 位寄存器必须分两个 16 位的总线来读取。是 286 与 386DX 之间的过渡产品。

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

(3) 80386-SL,是 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,可以自动降低运行速度,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 16、20、25、33、40MHz。

当时,除 Intel 公司生产 386 芯片外,AMD、Cyrix、Ti、IBM 等厂商也生产与 386 兼容的 CPU。

4. 80486

1989年Intel公司推出80486,属于32位CPU,内部集成了120万个晶体管,图3-4是486CPU外观。80486时钟频率从25MHz逐步提高到33MHz、50MHz,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)技术,一个时钟周期内执行一条指令。486CPU采用突发总线工作方式,提高了CPU与内存的数据交换速度。

5. Pentium 及 Pentium MMX

Pentium(奔腾)是Intel公司1993年推出的CPU,为了防止别的公司侵权,没有继续叫586,图3-5展示了Pentium CPU外观,内部集成了310万个晶体管,数据总线为64位,16KB高速缓存。Pentium CPU的时钟频率最初为60MHz和66MHz,后来提高到200MHz。



图 3-4 80486 CPU



图 3-5 Pentium CPU

为了增强CPU在音像、图形和通信应用方面的处理能力,Intel又推出了使用MMX(multimedia extension,多媒体扩展,能加速对声音图像的处理)技术的Pentium MMX,即多能奔腾。增加了57条多媒体指令,内部高速缓存为32KB,最高频率233MHz。

随后,Intel公司又推出了Pentium Pro,即高能奔腾,包括256KB的二级缓存。

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。采用与Pentium Pro相同的核心结构,继承了Pentium Pro的32位性能,加快了段寄存器写操作的速度,增加了MMX指令集,以加速16位操作系统的执行速度。在Pentium II内部,750万个晶体管被压缩到一个203mm²的印模上。Pentium II比Pentium Pro大6mm²,比Pentium Pro多容纳200万个晶体管。

在接口方面,为了击垮竞争对手,并获得更加大的内部总线带宽,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,该印刷电路板不但集成了处理器部件,还包括32KB的一级缓存。

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

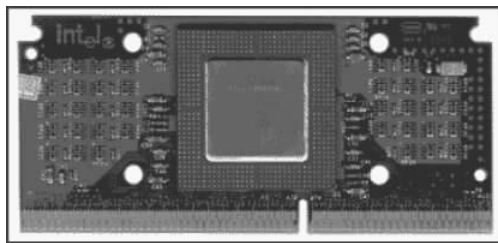


图 3-7 Celeron CPU

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,512KB二级缓存(以CPU的半速运行),使用SSE多媒体指令集,比MMX多70条新指令,以增强三维图形处理和浮点计算能力。

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

8. Pentium 4

2000年11月,Intel公司推出第四代Pentium CPU,Pentium 4简称P4,如图3-9所示。P4采用全新设计,包括400MHz前端总线(100x4),SSE2指令集,256~512KB二级缓存,全新的超管线技术及NetBurst架构,起步频率为1.3GHz。P4最大的技术提升是处理器支持SSE2、SSE3和EMT64技术,采用65nm制造技术,具备超线程技术,支持模拟的双核心,进一步提升了多任务处理能力。



图 3-8 Pentium III CPU



图 3-9 Pentium 4 CPU

在低端CPU方面,Intel公司发布了第三代的Celeron核心,代号为Tualatin,采用0.13 μm 工艺,二级缓存容量256KB,外频100MHz。

9. Pentium D

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

Pentium D有两个独立的执行核心及两个1MB的二级缓存,两核心共享800MHz的前端总线与内存连接。双核心CPU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,外观如图3-11

所示。Pentium E 由移动版 Pentium MBanias 发展而来,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。



图 3-10 Pentium D CPU



图 3-11 Pentium E CPU

11. Core

2006 年 Intel 公司针对桌面、移动和服务器平台使用统一的构架,即 Core(酷睿)微体系架构,其针对桌面、笔记本和服务器推出的产品代号分别是 Conroe、Merom 和 Woodcrest,有 64 位处理能力。

Core 制造工艺为 65nm 或 45nm,产品均为双核心,二级缓存(L2)缓存容量 4MB,晶体管数量达到 2.91 亿个,核心尺寸 143mm²,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 节能的微架构,提升了 CPU 性能,提高了每瓦特性能(能效比)。为了进一步降低功耗,优化电源使用,可以智能地打开需要运行的子系统,而其他部分则处于休眠状态,大幅降低处理器的功耗。采用两个核心共享二级缓存技术,大幅提高了二级高速缓存的命中率,减少通过前端串行总线和北桥进行的数据交换。Core 还具备内存消歧的功能,对内存读取顺序做出分析,智能预测和装载下一条指令所需要的数据,能够减少处理器的等待时间,减少闲置,同时降低内存读取的延迟,可以侦测出冲突,并重新读取正确的信息,重新执行指令,保证运算结果不会出错误,大大提高了执行效率。

12. Core 2

Intel 公司 2006 年 7 月 27 日推出基于 Core 微架构 64 位 CPU——酷睿 2(Core 2 Duo),如图 3-13 所示。Core 2 是 Core 的升级版,主要在以下几个方面做了改进:

(1) 支持移动 64 位计算模式,为运算速度更快的时代提供了坚实的硬件基础。

(2) 二级缓存为 4MB,比 Core 的 2MB 高一倍,更大的二级缓存意味着多任务处理能力更为强劲,处理时间大大缩短。

(3) Core 2 CPU 加入了对 EM64T 与 SSE4 指令集的支持,由于对 EM64T 的支持使得其可以拥有更大的内存寻址空间,能够更好的支持 VISTA 操作系统,此外,SSE4 指令集相比于 Core 的 SSE3 指令集,对多媒体的处理速度有多处优化。

Core 2 分为 Solo(单核,用于笔记本计算机)、Duo(双核)、Quad(四核)及 Extreme(极致版)等型号。

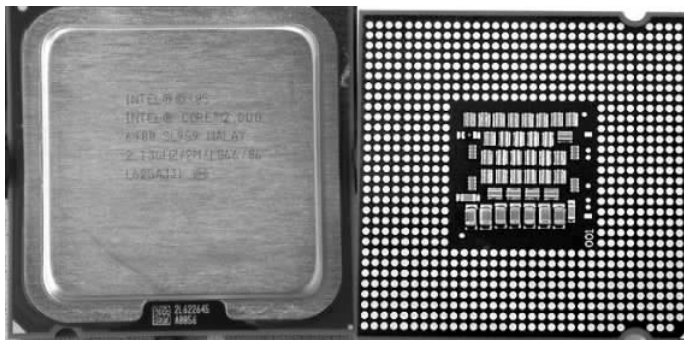


图 3-13 Core 2 CPU

13. Intel 近期 CPU 分类

目前,Intel CPU 主要包括 4 大系列:

(1) 用于个人计算机的第二代智能酷睿 CPU 和酷睿博锐 CPU。

第二代智能酷睿 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 系列是双核,主要用于笔记本。包括奔腾双核和酷睿双核,2 以下的,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,双核,也包括奔腾双核和酷睿双核,用于台式机。

P 系列,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,如 P8600 好于 T8600。

Q 系列是用于台式机的酷睿四核 CPU,制作工艺为 45nm 或者 65nm。

i3 系列:双核心,4 线程,4MB 缓存,有内置显卡,不支持睿频加速,制作工艺 35nm。

i5 系列:2 个或 4 核心,4 线程,3MB、4MB、6MB 或 8MB 缓存,有内置显卡(i5 750 系列无显卡)支持睿频加速,相当于 i7 系列的简化版。

i7 系列:首款产品 2008 年底推出,核心数 2 个、4 个、6 个,线程数为 8 个或 12 个,8M 或 12M 缓存,支持睿频加速,无内置显卡。

上述 CPU 大体性能排列为,笔记本系列 $i7 > i5 > i3 > P > T$; 桌面平台系列 $i7 > i5 > i3 > Q > E$ 。

第二代智能酷睿博锐处理器主要包括 i3 系列、i5 系列、i7 系列的产品。主要特性有内置视频处理功能、支持 4 路以上多任务处理、硬件安全及防盗功能、智能节能功能。

另外, i5、i7 系列 CPU 具备智能加速功能(睿频加速)。

(2) 用于 PC 服务器的至强(Xeon)CPU。

Xeon E7 系列: 适用于多路处理器服务器, 为目前 Intel 服务器使用的最高端 CPU。

Xeon 5000 系列: 适用于双路处理器服务器。

Xeon E3 系列: 适用于单路处理器服务器。

(3) 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, 支持大型的企业应用, 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。

(4) 用于便携式设备的灵动(Atom)CPU。

Atom CPU 的优势在于能耗低(1.3W~13W), 能够满足日常上网、文字处理等基本应用。主要作为手机、上网本等手持移动设备的 CPU。

图 3-14 展示了 Intel 四大系列 CPU 商标。

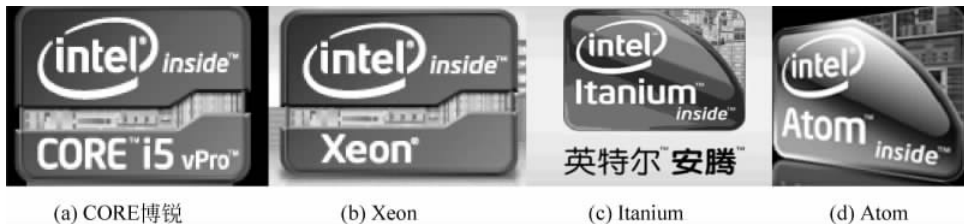


图 3-14 Intel 四大系列处理器商标

2012 年 4 月, Intel 公司发布了第三代酷睿处理器, 主要有 i5、i7 两大系列。采用 22nm 制造工艺, 3D 晶体管新架构, 进一步提高了芯片密度和性能, 并降低了功耗。

3.2.2 AMD 系列 CPU

AMD 公司成立于 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 公司是目前唯一可与 Intel 公司匹敌的 CPU 厂商。AMD CPU 的特点是以较低的核心时脉频率产生相对上较高的运算效率, 主频通常比同效能的 Intel CPU 低。

自从 Athlon XP 上市以来, AMD 公司与 Intel 公司的技术差距逐渐缩小。特别是 2003 年, AMD 公司先于 Intel 发布了 64 位 CPU Athlon 64, 使得 AMD 的技术在某些方面已经领先于 Intel 公司。2005 年 AMD 公司发布了拥有两个核心的 CPU——Athlon 64 X2, 该系列产品与 Intel 稍后推出的 Core 2 系列双核心 CPU, 是当时个人计算机选用 CPU 时效能最佳的两套方案。AMD 公司系列 CPU 的发展经历可以总结成 4 个阶段。

1. 第一阶段

从涉足 CPU 产品至 K6 阶段。产品价格较低, 虽然最高性能不比同期的 Intel CPU 弱, 但却拥有较佳的性价比。图 3-15 展示了从 1982 年 16 位 CPU 到 K6 系列 CPU 阶段的产品。

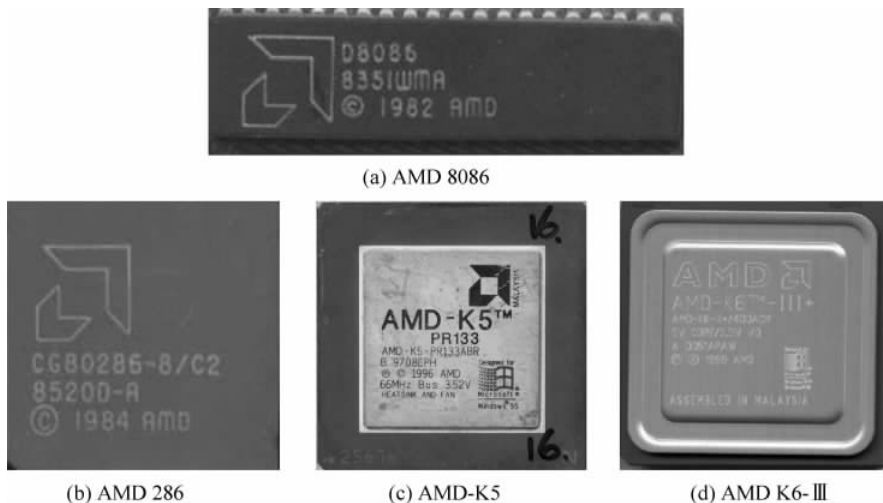


图 3-15 AMD 第一阶段的系列 CPU

这一阶段的产品主要如下：

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)性能相当于 Intel 486 CPU。

K5 系列(1995 年):是与 Intel 的 Pentium 竞争的产品,但性能不及 Pentium。

K6 系列(1997—2001 年)性能相当于 Intel Pentium MMX 级别的 CPU。其代表性产品 AMD K6- II 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 3-1 列出了 K7 系列 CPU 的主要参数。

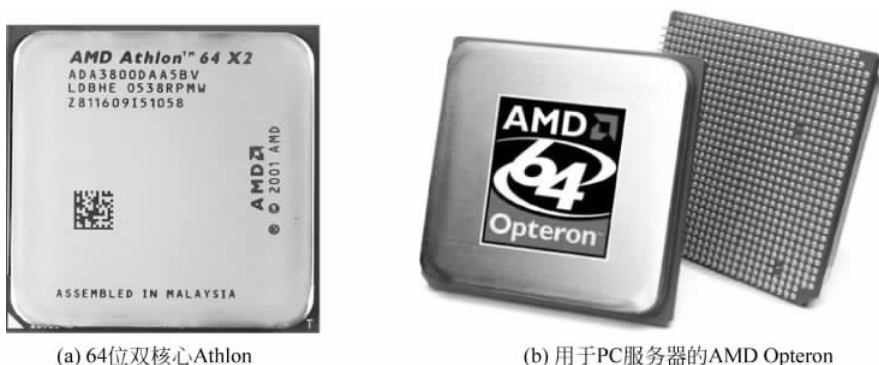


图 3-16 AMD K8 系列 CPU

K7 CPU 的倍频锁定限制较松,受超频用户的欢迎。超频过度的 K7 系列 CPU 有较高的烧毁风险。

表 3-1 K7 系列 CPU 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	0.18 μ m	0.18 μ m	0.18 μ m
晶体管数目	3700 万	3750 万	3750 万
芯片面积/mm ²	120	128	128
高速缓存/KB	L1 128,L2 256	L1 128,L2 256(data Prefetch 技术)	L1 128, L2 64 (data Prefetch 技术)
3D 指令集	3DNow!	3DNow! Professional	3DNow! Professional

3. 第三阶段

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 发布第一款桌面 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。

由于先于 Intel 推出 64 位 CPU,使得 AMD 在 64 位 CPU 领域有发展优势,在 K8 系列的变化中,值得注意的是其整合内存控制器与 x86-64 指令,重点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)。另外还有用于服务器的处理器 Opteron。图 3-16 所示是两款 K8 CPU 外观。

K8 早期有 Socket 754、Socket 939 和 Socket 940 三种接口。Socket 754 主要面向中低端用户,Socket 939 面向中高端用户,Socket 940 为早期服务器 CPU Opteron 专用(后来服务器 CPU 也改用 Socket 939 接口)。新 K8 统一为 Socket AM2(940 针)接口。

K10 是 K8 架构产品的继任者,主要为四核心,也有 2、6 核心的产品。每核心 64KB 一级缓存、512KB 二级缓存、共享 2MB 或 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。

K10 处理器主要有速龙(Athlon)、羿龙(Phenom)和推土机(FX)三大系列。其中,速龙面向中低端用户,羿龙面向高端用户,FX 为 AMD 顶级产品。

2012 年 K10 处理器的代表性产品如下:

(1) 定位低端的 Athlon II X4 650,主频 3.2GHz,功耗 95W,接口为 Socket AM3,性能与 Core i3 相当。

(2) 高端的 AMD Phenom II X4 965,主频 3.4GHz,三级缓存为 6MB,功耗 125W,接口为 Socket AM3,性能与 Core i5 相当。

(3) 顶级产品 AMD FX-8150,8 核心,默认主频 3.6GHz,最高 4.2GHz。8 个核心被封装成 4 个模块,每个模块共享 2MB 二级缓存,4 个模块共享 8MB 三级缓存,支持 DDR3-1866 内存,接口为 Socket AM3+。其性能与 Core i7 相当。

Socket AM3 与 Socket AM3+ 针脚数均为 938, 不同之处在于针脚定义, 图 3-17 给出了两种接口的差别。

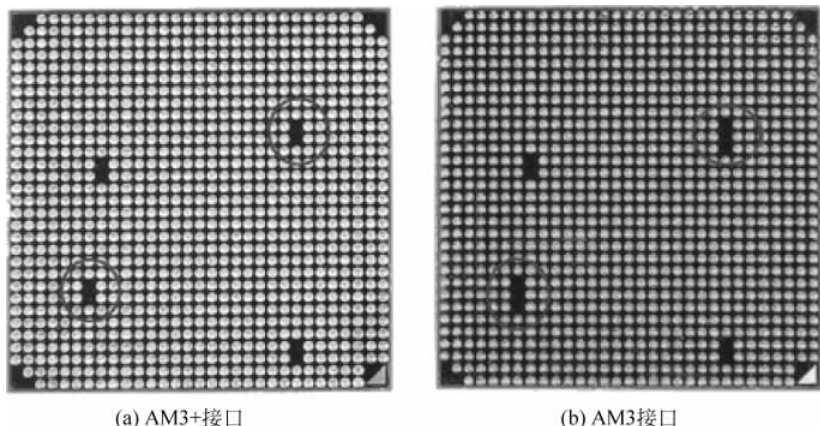


图 3-17 Socket AM3 与 Socket AM3+ 针脚定义差别示意图

4. 第四阶段

APU 阶段。2011 年 AMD 公司推出加速处理器 Fusion APU (accelerated processing units), 融聚了 CPU 与 GPU (图形处理器) 的功能, 研发代号为 LIano, 其中 CPU 部分采用 Phenom II 核心, 目前最高为四核心; GPU 部分采用 Radeon HD 5000 显示核心, 集成 480 个流处理单元, 支持 DX11 技术。支持最新的视频解码器 UVD3。

虽然现有的单核心 APU 性能仅与 Intel Core i3 相当, 但有可能成为 AMD 未来处理器的一个发展方向。

AMD 未来的处理器将按照推土机 (Bulldozer) 和山猫 (Bobcat) 两款全新的处理器架构划分, 推土机架构主攻性能和扩展性, 面向主流客户端和服务端领域; 山猫架构侧重灵活性、低功耗和小尺寸, 用于低功耗设备、小型设备、云客户端。

3.3 CPU 的结构

从外部物理构造的角度看, 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 3-18 所示。

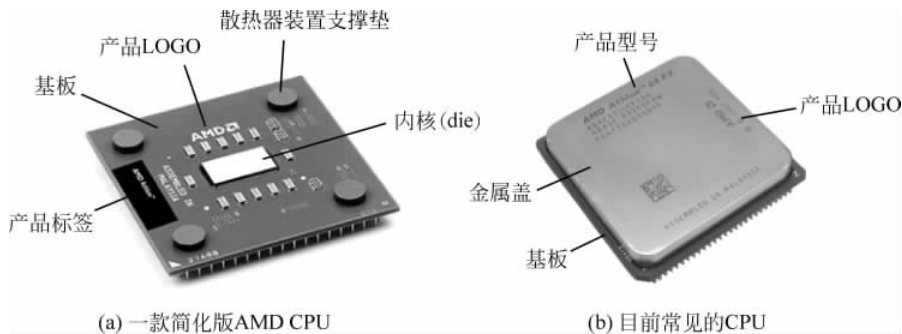


图 3-18 CPU 结构图