**第二章**

**Intel® 64 和 IA-32 架构发展简史**

**2.1 Intel® 64 和 IA-32 架构发展简史**

以下各节总结了从 IA-32 到 Intel 64 架构的主要技术演变：从 Intel 8086 处理器到最新的 Intel® Core® 2 Duo、Core 2 Quad 以及 Intel Xeon 处理器 5300 和 7300 系列。为 1978 年发布的处理器创建的目标代码仍能在最新的 Intel 64 和 IA-32 架构系列处理器上运行。

**2.1.1 16位处理器和分段技术 (1978)**

IA-32 架构家族的前身是 16 位处理器 8086 和 8088。8086 具有 16 位寄存器和 16 位外部数据总线，使用 20 位寻址，提供 1 MB 的地址空间。8088 类似于 8086，但其外部数据总线为 8 位。8086/8088 处理器引入了分段技术。通过分段，16 位的段寄存器包含指向最多 64 KB 内存段的指针。使用四个段寄存器，8086/8088 处理器可以在不切换段的情况下寻址最多 256 KB。通过段寄存器和额外的 16 位指针，可以形成 20 位地址，提供总计 1 MB 的地址范围。

**2.1.2 Intel® 286 处理器 (1982)**

Intel 286 处理器将保护模式引入了 IA-32 架构。保护模式使用段寄存器的内容作为选择符或指向描述符表的指针。描述符提供 24 位基地址，支持最多 16 MB 的物理内存，支持基于段交换的虚拟内存管理，以及若干保护机制。这些机制包括：

* 限制检查
* 只读和仅执行段选项
* 四个权限级别

**2.1.3 Intel® 386 处理器 (1985)**

Intel386 处理器是 IA-32 架构家族中的第一款 32 位处理器。它引入了 32 位寄存器，用于存储操作数和寻址。每个 32 位 Intel386 寄存器的低 16 位保持了早期 16 位寄存器的特性，确保了向后兼容性。该处理器还提供了虚拟 8086 模式，在执行为 8086/8088 处理器创建的程序时可以实现更高的效率。

此外，Intel386 处理器还支持：

* 支持最多 4 GB 物理内存的 32 位地址总线
* 分段内存模型和扁平内存模型
* 固定 4 KB 页大小的分页，用于虚拟内存管理
* 支持流水线处理

**2.1.4 Intel486™ 处理器 (1989)**

Intel486™ 处理器通过将 Intel386 处理器的指令解码和执行单元扩展为五个流水线阶段，增加了更多的并行执行能力。每个阶段可以与其他阶段并行操作，处理处于不同执行阶段的最多五条指令。

此外，该处理器还增加了以下功能：

* 一个 8 KB 的一级缓存，提高了每个时钟周期可以执行的指令比例
* 集成的 x87 浮点运算单元 (FPU)
* 节能和系统管理功能

**2.1.5 Intel® Pentium® 处理器 (1993)**

Intel Pentium 处理器的引入增加了第二条执行流水线，从而实现了超标量性能（两条流水线，分别称为 u 和 v，可以每个时钟周期执行两条指令）。一级缓存的容量翻倍，分别为 8 KB 的代码缓存和 8 KB 的数据缓存。数据缓存采用 MESI 协议，以支持更高效的回写缓存，同时保留了 Intel486 处理器使用的写直达缓存。此外，还增加了带有分支表的分支预测功能，以提高循环结构中的性能。

此外，该处理器还增加了以下功能：

* 扩展功能，使虚拟 8086 模式更高效，并支持 4 MB 和 4 KB 页。
* 内部数据路径扩展为 128 位和 256 位，以加快内部数据传输速度。
* 外部数据总线可突发传输，宽度增加至 64 位。
* 集成了 APIC 以支持多处理器系统。
* 支持双处理器模式，以支持不需要额外的外部硬件的双处理器系统。

Pentium 系列的后续版本引入了 Intel MMX 技术（带有 MMX 技术的 Pentium 处理器）。Intel MMX 技术采用单指令多数据（SIMD）执行模型，用于在 64 位寄存器中并行计算打包的整数数据。请参见第 2.2.7 节“SIMD 指令”。

**2.1.6 P6 家族处理器(1995—1999)**

P6 家族处理器基于超标量微架构，设立了新的性能标准；详见第 2.2.1 节，“P6 家族微架构”。设计 P6 家族微架构的目标之一是显著超越 Pentium 处理器的性能，同时使用相同的 0.6 微米、四层金属 BICMOS 制造工艺。该家族的成员包括：

* Intel® Pentium® Pro 处理器是三路超标量的。通过并行处理技术，该处理器平均每个时钟周期可以解码、调度和完成（退役）三条指令。Pentium Pro 在超标量实现中引入了动态执行（微数据流分析、乱序执行、优越的分支预测和推测执行）。该处理器还通过缓存得到进一步增强。它具有与 Pentium 处理器相同的两个 8 KByte 一级缓存，并在处理器同一封装中增加了一个 256 KByte 的二级缓存。
* Intel® Pentium® II 处理器将 Intel MMX 技术添加到 P6 家族处理器中，并进行了新包装和若干硬件增强。处理器核心采用单边接触卡带（SECC）封装。一级数据和指令缓存增大至各 16 KByte，并支持 256 KByte、512 KByte 和 1 MByte 的二级缓存大小。一个半频率的背板总线将二级缓存连接到处理器。支持 AutoHALT、Stop-Grant、Sleep 和 Deep Sleep 等多个低功耗状态，以在空闲时节省电力。
* Pentium® II Xeon 处理器结合了前几代 Intel 处理器的优质特性。这包括：4路、8路（及以上）可扩展性和一个 2 MByte 的二级缓存，运行在全频率背板总线上。
* Intel® Celeron® 处理器家族专注于价值型 PC 市场。其推出提供了集成的 128 KByte 二级缓存和塑料引脚网格阵列（P.P.G.A.）封装，以降低系统设计成本。
* Intel® Pentium® III 处理器将流式 SIMD 扩展（SSE）引入 IA-32 架构。SSE 扩展通过提供一组新的 128 位寄存器和在打包单精度浮点值上执行 SIMD 操作的能力，扩展了与 Intel MMX 技术一起引入的 SIMD 执行模型。详见第 2.2.7 节，“SIMD 指令”。
* Pentium® III Xeon 处理器通过增强全速、集成的高级传输缓存（Advanced Transfer Cache）提升了 IA-32 处理器的性能水平。