

WIKIPEDIA

物理地址扩展

维基百科，自由的百科全书

物理地址扩展（**Physical Address Extension**，缩写为**PAE**），又释实体位置延伸，是x86处理器的一个功能，让中央处理器在32位操作系统下存取超过4GB的实体内存。

PAE为IntelPentium Pro及以上级别的CPU（包括除了总线频率为400MHz的这个版本的奔腾M之外的所有新型号奔腾系列处理器）所支持，其他兼容的处理器，如速龙（Athlon）和AMD的较新型号的CPU也支持PAE。

x86的处理器增加了额外的地址线以选择那些增加了的内存，所以实体内存的大小从32位增加到了36位。最大的实体内存由4GB增加到了64GB。

32位的虚拟地址（线性地址）则没有变，所以一般的应用软件可以继续使用地址为32位的指令；如果用平面内存模式的话，这些软件的地址空间也被限制为4GB。操作系统用页表将这4GB的地址空间映射到大小为64GB的实体内存，而这个映射对各个进程一般是不一样的。这样一来，即使不能为单一个程序所用，那些增加了的物理内存仍然可以发挥作用。

对于需要超过4GB内存的应用软件来说，除了一般的PAE支持，还需要操作系统提供另外的特殊的技术。在Windows上，这种技术叫做Address Windowing Extensions（AWE）。而在类Unix的系统上则有多种技术在使用，例如使用mmap() 按需要把一部分文件映射到地址空间；但是，这还没有成为一个标准。

目录

页表结构

操作系统的支持

FreeBSD

Linux

Mac OS X

Solaris

Windows

参见

参考资料

外部链接

页表结构

在传统的32位的保护模式中，x86处理器使用一种两级的转换方案。在这种方案中，控制暂存器CR3指向一个长4KiB的*页目录*（page directory）；页目录又分为1024个每个4KB的页表（page table）；最后页表又分为1024个每个长4KB的页。

启用PAE（通过设置控制暂存器CR4的第5位来启用）会改变上面的方案。默认情况下，每页的大小是4KB的。页表和页目录中的表项都从32位扩为64位（8字节）以使用附加的地址位。但是，页表和页目录的总大小不变。所以，页表和页

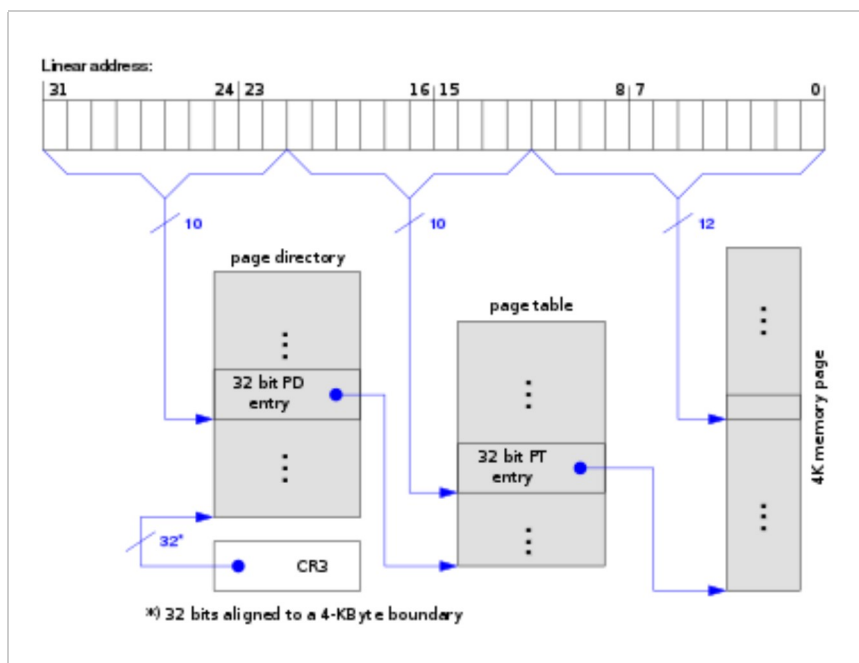
目录现在都只有512个表项。因为这变成了原来方案的一半，所以另外的一个级加了进来：**CR3**现在指向的是**页目录指针表**，即一个包含4个页目录指针的表。

页目录里的表项的第7位叫做PS (*Page Size*)。如果这个位设为1，则页目录的表项不再指向页表，而是指向一个**2MB**的页。页目录里还有另外一个叫NX位元的标志位。它是第63位，表示*No eXecute*。因为页表项中最低的12位，要么是这种标识位，要么是和操作系统相关的数据，所以最多可有52位在将来用于在 2^{52} 字节，即4pebibyte的物理内存中寻址。

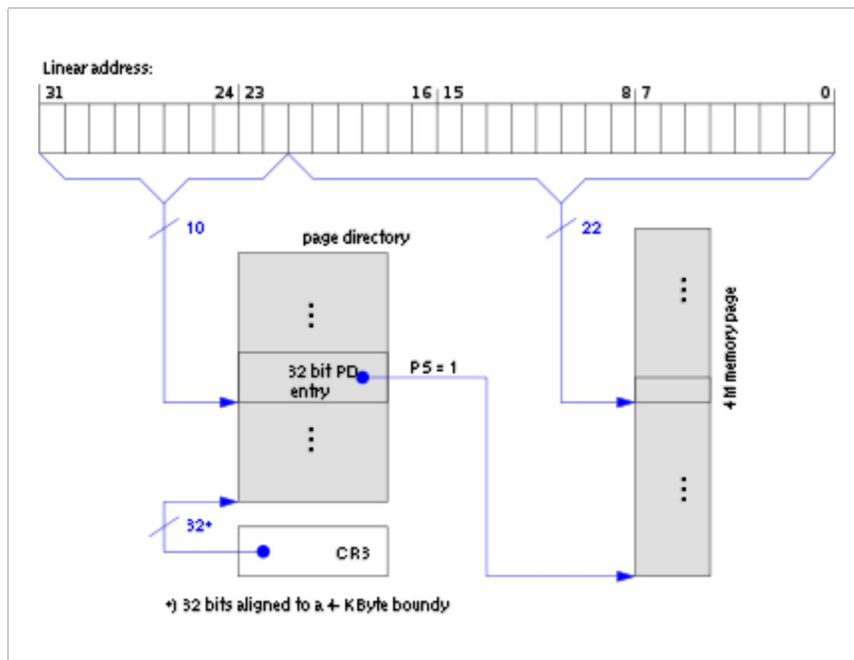
现在，x86架构只使用该52位中的36位。对于在长模式 (*long mode*) 中的x86-64处理器，PAE是必须的；其中AMD64使用了52位中的40位或48位^[1]，而Intel64将最多使用46位^[2]。

CPU对PAE模式的支持可以通过CUID标志PAE来识别。

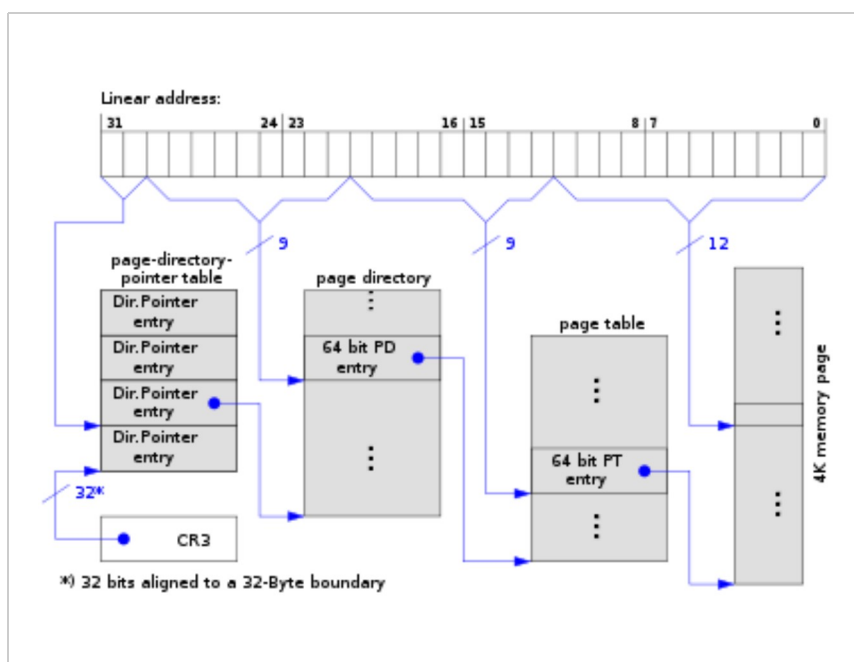
页表结构



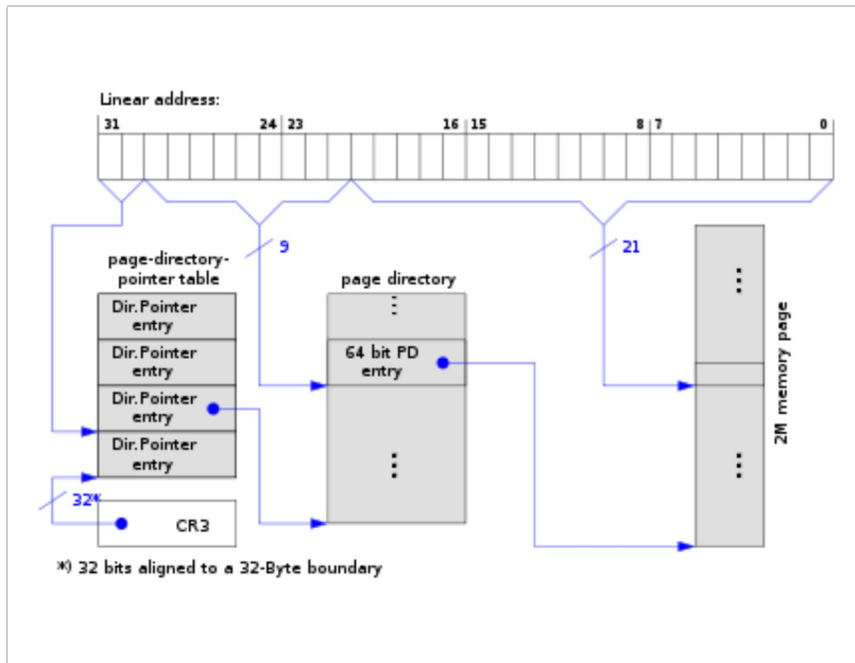
未启用PAE, 4 KB的页



未启用PAE, 4 MB的页



启用PAE, 4 KB的页



启用PAE，2 MB的页

操作系统的支持

FreeBSD

FreeBSD的4.x系列从4.9开始支持PAE，而5.x系列则从5.1开始。6.x及以后的系列都支持PAE。对内核的关于**PAE**的配置是必须的。如果一个可加载内核模块是启用了**PAE**的，则它只可以被加载到一个启用了**PAE**的内核；FreeBSD中二进制版本的模块没有启用**PAE**，所以它们不能加载到启用了**PAE**的内核。并不是所有驱动程序都支持**4GB**的物理内存的；这种驱动程序不能在启用了**PAE**的内核下正常工作^[3]。

Linux

Linux内核从2.6版本开始全面支持PAE^[4]，这使得在**32**位的机器上可以访问**64GB**的内存。启用了**PAE**的Linux内核还需要同样支持**PAE**的CPU。从2008年起，很多一般的发布的Linux版本都默认使用启用了**PAE**的内核。

Mac OS X

运行在Intel CPU上的Mac OS X都支持PAE和NX位；在受苹果支持的CPU上它也支持该两种特性。即使Mac OS X 10.5 Leopard内核仍然是**32**位的，但是Mac Pro和Xserve系统现在也是支持**32GB**的RAM的。^[5]

Solaris

Solaris从版本7开始支持PAE。但是，版本7的那些没有专门支持**PAE**的第三方驱动程序在支持**PAE**的系统上可能会发生错误，甚至完全崩溃。^[6]。

Windows

PAE受下列版本的32位版的Windows所支持：^[7]^[8]

系统版本	最大物理内存支持
Windows 2000 Advanced Server	8 GB
Windows 2000 Datacenter Server	32 GB
Windows XP ^[9]	4 GB
Windows Server 2003 Enterprise Edition	32 GB
Windows Server 2003 SP1+ or R2 Enterprise Edition	64 GB
Windows Server 2003 Datacenter Edition ^[10]	64 GB
Windows Server 2003 Standard Edition	4 GB
Windows Vista	4 GB
Windows Server 2008 Enterprise or Datacenter Edition	64 GB
Windows Server 2008 other editions	4 GB
Windows 7 Starter	2 GB
Windows 7 other editions	4 GB

Windows XP SP2和其他新的版本，默认在有no-execute (NX)和execute-disable (XD)特性的处理器上以PAE模式运行以允许NX。NX（或XD）在页表项的第63位。如果没有PAE，页表项只就32位；所以要利用NX这个特性的话，就必须运行在PAE模式下。但是，基于为保证驱动兼容等原因，微软通过许可证，在内核中把桌面版Windows（包括Windows XP、Windows Vista和Windows 7）和部分低端Windows Server的物理地址空间限制为4GB。

参见

- PSE-36: an alternative to Physical Address Extension
- Page Size Extension
- Architecture of Windows NT

参考资料

- Intel 64 and IA-32 Software Developer's Manual—Volume 3A (PDF). Intel. [2007-11-16]. Page 3.42.
- Intel 64 architecture increases the linear address space for software to 64 bits and supports physical address space up to 46 bits." on page Vol. 1 2-21 of Intel 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual September 2014 (<http://www.intel.com/content/www/us/en/architecture-and-technology/64-ia-32-architectures-software-developer-manual-325462.html>)
- FreeBSD PAE(4) man page. 2003-04-08 [2007-11-26].
- Wonderful World of Linux 2.6. （原始内容存档于2003-07-16）.
- Road to Mac OS X 10.6 Snow Leopard: 64-Bits. 2008-09-26 [2008-09-26].
- Solaris 7 5/99 Release Notes (Intel Platform Edition), Appendix B: Hardware Compatibility List and Device Configuration Guide (Intel Platform Edition) 5/99. 1999 [2007-11-26].
- Memory Limits for Windows releases. Microsoft. December 5, 2007 [2007-12-10]. （原始内容存档于2007-12-17）.

8. Intel Physical Addressing Extensions (PAE) in Windows 2000. Microsoft. October 26, 2007 [2007-12-29].
9. Physical Address Extension. Microsoft.
10. Memory Support and Windows Operating Systems. 2007 [2008-03-22].

外部链接

- Windows PAE entry on MSDN Library (<https://web.archive.org/web/20080206082431/http://msdn2.microsoft.com/en-us/library/aa366796.aspx>)
 - Windows PAE entry on Microsoft knowledge base (<http://support.microsoft.com/?kbid=291988>)
 - Paging Extensions for the Pentium Pro Processor (<http://www.x86.org/articles/2mpages/2mpages.htm>)
-

取自“<https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=物理地址扩展&oldid=56779888>”

本页面最后修订于2019年11月7日 (星期四) 08:34。

本站的全部文字在知识共享 署名-相同方式共享 3.0协议之条款下提供，附加条款亦可能应用。（请参阅使用条款）
Wikipedia®和维基百科标志是维基媒体基金会的注册商标；维基™是维基媒体基金会的商标。
维基媒体基金会是按美国国内税收法501(c)(3)登记的非营利慈善机构。