

# کدام سی پی یو را ترجیح می دهید؟

اشاره

شما هم از کامپیوتر جدید نه چندان گران قیمت خود شرمند هستید چون که مارک Intel Inside روی آن نجسبیده است؟ اگر این طور است، پس تنها نیستید. بخش بزرگی از خریداران کامپیوتر اعتقاد دارند که تنها راه رسیدن به یک پردازنده سازگار با اینتل واقعی این است که آن را از خود شرکت Intel خریداری کنند.

ولی این اعتقاد مبنای حقیقی ندارد. CPUهای مدرن غیر اینتلی خانواده X86 واقعاً مثل تراشه های خود اینتل با این نوع پردازنده سازگاری دارند (البته بحث ما در این جا مربوط به تراشه های مربوط به Mac نیست؛ پردازنده هایی که به طور مستقل توسعه داده می شوند از خانواده X86 نیستند و کاملاً با تراشه های اینتل ناسازگار هستند). علت این مدعا را وقتی متوجه می شوید که بفهمید CPU چگونه وظیفه اش را به انجام می رساند، طی این سال ها چه چیزهایی در CPUها تغییر یافته و چه چیزهایی ثابت باقی مانده اند، و نرم افزارهای امروزی چه انتظاراتی از CPU دارند.

گذشته و تا ۴ گیگابایت (که در آن زمان تصور آن غیرممکن بود) به RAM دسترسی پیدا کنند. این حالت همچنین، «حافظه مجازی» را نیز حمایت می کرد (روشی در مدیریت حافظه که طی آن محتویات حافظه RAM می توانستند به هارد دیسک منتقل شوند تا جا برای کارهای دیگر باز شود). امروزه به این ناحیه از هارد دیسک «فایل مبادله» (Swap file) گفته می شود، اما در آن زمان ها، چنین ایده ای انقلابی را در دنیای ریزپردازنده ها به پا کرد. پردازنده ۸۰۳۸۶ اینتل به سرعت ۳۳ مگاهرتز دست یافت، و همزاد ۳۸۶ را به ۴۰ مگاهرتز برساند.

جهد بزرگ بعدی در سرعت با پردازنده های ۸۰۴۸۶ آغاز شد، اولین پردازنده اینتل که می توانست یک دستورالعمل ساده را در هر «سیکل ساعت» به اجرا در آورد. این ویژگی، عمدتاً با استفاده از یک Cache هشت کیلوبایتی on-chip (که ۳۲ بار بزرگ تر از نمونه های قبلی خود بود) و با درج روتین هایی به انجام رسید که زمان انتظار تراشه برای پردازش داده های جدید را تقریباً به صفر می رساندند. از ۳۸۶ تا ۴۸۶، مجموعه دستورالعمل های اصلی تغییر قابل ملاحظه ای نکرد. ولی عملاً همه چیزهای دیگر تغییر کردند. تعمیمات چندرسانه ای به تراشه های بعدی اضافه شدند. اما این

## نگاهی به گذشته

سرمنشاء CPUهای ۱ و ۲ گیگاهرتزی امروزی، پردازنده ۳۲ بیتی ۸۰۳۸۶ است، و چه باور کنید چه نکنید، تراشه های پنتیوم ۳ و ۴ از نظر یک برنامه نویسی فرق زیادی با این پردازنده قدیمی ندارند. درست است که دستورالعمل های جدیدی طی این سال ها به پردازنده ها اضافه شده اند، اما مجموعه دستورالعمل های اصلی (Core instruction-set) آن ها تغییر زیادی نداشته است.

پردازنده های ۲۸۶ اولین سری از تراشه های X86 اینتل بودند که «حالت حفاظت شده» را حمایت می کردند (این همان حالتی است که تمام انواع حقه های کامپیوتری را که امروزه دیگر برای ما عادی شده اند ممکن ساخت). اما ۲۸۶ عملاً از بسیاری جهات چیز ناقصی بود. به طور مشخص، اگرچه می توانستیم ۲۸۶ را از «حالت واقعی» به حالت حفاظت شده سوئیچ کنیم، اما تنها راه برگشتن به حالت واقعی این بود که پردازنده را ریست کنیم (یعنی یک عمل کاملاً وقت گیر).

در این زمان بود که اینتل پردازنده ۳۸۶ را عرضه ساخت؛ اولین CPU سی و دو بیتی X86 و اولین پردازنده ای که با حالت حفاظت شده حقیقی همراه بود. حالت حفاظت شده به برنامه نویسان این اجازه را می داد که از مرز حافظه ۶۴ کیلوبایتی

در این شماره:

کدام سی پی یو را ترجیح می دهید؟

نسل بعدی شبکه های ماهواره ای

در کارگاه شبکه می کوشیم تا رویکردی فنی در مطالب داشته باشیم و مقالات این بخش به صورتی باشند تا مهیا شوید تجارب فنی نوینی رقم بزنید.

زیرمجموعه های برنامه نویسی، لینوکس و اپل دنیایی دیگر و ... با همین هدف در این بخش شکل گرفته اند.

دستورالعمل‌ها، که صرفاً سرعت پردازش داده‌های مورد استفاده در محاسبات سه بعدی، گرافیک‌های دو بعدی، و رمز و پخش صوت و تصویر جاری (streaming) را افزایش داده‌اند، با پیدایش این همه نرم‌افزار تولیدی رایج بلااستفاده ماندند. حتی امروز، برنامه‌های تجاری استاندارد و همچنین داس، بیشتر لینوکس‌ها، ویندوزهای ۹۵، ۹۸، ام‌ای و ان‌تی در یک سیستم ۴۸۶ کار می‌کنند (اگرچه گند، ولی کار می‌کنند).

با توجه به این مطالب، کلید اصلی در حفظ سازگاری با اینتل عبارت است از توانایی تقلید از عملکرد یک پردازنده ۴۸۶؛ کاری که AMD به خوبی توانسته از عهده آن برآید. حتی IBM مدتی تراشه‌های AMD را به عنوان اولویت اول سیستم‌های خود مورد استفاده قرار داد. در واقع، AMD اجازه استفاده از میکروکد اینتل برای تراشه‌های ۲۸۶ و ۳۸۶ را از اینتل گرفته بود، اما وقتی AMD اقدام به تولید نسخه‌های میکروکد اینتلی تراشه‌های ۴۸۶ خود کرد، جنجال بزرگی به راه افتاد و کار به دادگاه کشید تا AMD تصمیم گرفت به سراغ یک خط تولید ۴۸۶ دیگر برود.

پردازنده‌های ۴۸۶ تا سرعت حدود ۱۰۰ مگاهرتز خود را بالا کشیدند، ولی طراحان این تراشه‌ها متوجه شدند که برای رسیدن به سرعت‌های بالاتر، باید تغییراتی در طراحی‌های خود ایجاد کنند و بدین ترتیب، اولین تراشه پنتیوم پدید آمد. به لحاظ تئوری، پنتیوم دو برابر سریع‌تر از ۴۸۶ مشابه خود عمل می‌کرد، چرا که این پردازنده به دو pipeline (مسیر عبور) موازی مجهز بود که دستورات و داده‌ها از آن‌ها عبور کرده و مورد پردازش قرار می‌گرفتند. در عمل، این افزایش سرعت نزدیک به ۵۰ درصد بود، زیرا پایپ‌لاین‌ها به یکدیگر وصل بودند، و بعضی وقت‌ها خط دوم مجبور بود صبر کند تا از پایپ‌لاین اول تغذیه شود. پردازش‌های «قبل از پایپ‌لاین» عملیات ورودی را تقسیم می‌کردند، و پردازش‌های «بعد از پایپ‌لاین» دوباره آن‌ها را سرهم‌بندی کرده و به جلو می‌فرستادند. یک cache بزرگ‌تر از کش ۴۸۶ هم تداوم جریان داده‌ها را تضمین می‌کرد.

ولی باز هم مثل قبل، هیچ تغییری اساسی در مجموعه دستورالعمل‌های اصلی پردازنده ایجاد نشده بود. هر پایپ‌لاین با مجموعه دستورات ۴۸۶ کار می‌کرد، و از دید نرم‌افزار، پردازنده اصولاً مثل یک ۴۸۶ منتها با سرعت بیشتر می‌نمود. ویندوز ۲۰۰۰ و ویندوز اکس‌پی در این نسل اول پنتیوم به خوبی اجرا می‌شوند (و حتی

روی ۴۸۶ هم کار می‌کنند). پردازنده‌های K5 محصول AMD هم با همین پایپ‌لاین‌ها عمل می‌کردند، اما توزیع کار بین این خطوط را بهتر و موثرتر انجام می‌دادند. تولید K5 برای AMD شاید به اندازه اولین پنتیوم اینتل موفقیتی عظیم محسوب می‌شد، منتها AMD نتوانست سرعت پردازنده‌های خود را به اندازه اینتل بالا ببرد. حداکثر سرعت تراشه‌های AMD به ۱۶۶ مگاهرتز ختم شد، در حالی که پنتیوم (و پس از آن پنتیوم ام‌ام‌ایکس) به ۲۳۳ مگاهرتز رسید.

اینتل و AMD از روش‌ها و فنون مشابهی برای گرفتن سرعت بیشتر از نسل بعدی CPU‌های خود استفاده می‌کردند. در سبب اینتل، پنتیوم پرو، پنتیوم دو، پنتیوم سه و سلرون اساساً یک CPU هستند. هسته مرکزی این پردازنده‌ها منطق decode را از منطق execution جدا کرده است. به علاوه، در معماری این تراشه‌ها از چند واحد functional/execution استفاده شده، و یک بافر «تغییر ترتیب» در آن‌ها تدارک دیده شده که امکان پردازش دستورالعمل‌ها را خارج از ترتیب برنامه فراهم کرده است.

روتین‌های قبل از پایپ‌لاین (یا مراحل fetch) در این تراشه‌ها بسیار هوشمند بوده و مداری دارند که می‌تواند (با دقتی بالا) جهت حرکت دستورات انشعاب را قبل از اجرا پیش‌بینی کند. اگر این پیشرفت‌ها را در کنار حافظه کش ۱۲۸K تا ۲M، ضربان سریع‌تر کلاک، تجهیزات جانبی سریع‌تر (از قبیل RAM و اسلات AGP)، و bus‌های سریع‌تر مورد ملاحظه قرار دهید، خواهید دید که PC‌ها قدرت بسیار بیشتری نسبت به گذشته پیدا کرده‌اند.

در این زمان بود که اینتل با ساخت تراشه پنتیوم سه خود و AMD با تولید تراشه Athlon خود، راه خود را از هم جدا کردند. اینتل از مراحل (یا اصطلاحاً Stage‌های) بسیار بیشتری در پایپ‌لاین‌های خود استفاده می‌کند. بدین ترتیب، در هر مرحله کار کمتری انجام شده و در نتیجه تراشه می‌تواند با ضربان (یا clock) سریع‌تری به فعالیت بپردازد. اما Athlon، علی‌رغم پایپ‌لاین کوتاه‌تر و فرکانس مرکزی کندتر خود، تقریباً به همان سرعت کار می‌کند، چرا که پایپ‌لاین تراشه AMD گرفتار پیش‌بینی‌های غلط انشعاب (یعنی پیش‌بینی جهت حرکت دستورات انشعاب قبل از اجرا) نمی‌شود؛ به طوری که در بسیاری از برنامه‌های تجاری «پرانشعاب» این تراشه سریع‌تر از پنتیوم سه جواب می‌دهد.

پنتیوم چهار آخرین و عظیم‌ترین پردازنده

۳۲ بیتی اینتل است که شیوه تفکر درباره CPU‌ها را دگرگون ساخته است. ایده کلیدی پنتیوم چهار به سرعت ضربان برمی‌گردد. معماری مرکزی این پردازنده با ملاحظات طراحی شده که بتوان سرعت آن را (به لحاظ تئوری) تا ۱۰ گیگاهرتز افزایش داد، اگر چه به نظر می‌رسد تا قبل از این که به این سرعت حداکثر برسیم، شاهد چرخش‌های دیگری از این معماری باشیم. افزایش تعداد مراحل در پایپ‌لاین‌ها (از ۱۰ واحد در پنتیوم سه به ۲۰ واحد در پنتیوم چهار) توسعه‌دهندگان را قادر ساخته است که سرعت ضربان ساعت را بالاتر برده و در نتیجه دستورالعمل‌های بیشتری در داخل پردازنده به حالت معلق (یعنی در صف انتظار برای پردازش) باقی بمانند. این بدان معنی است که نسخه‌های اولیه پنتیوم چهار ممکن است عملاً در بعضی مواقع، کندتر از پنتیوم سه عمل کنند، چرا که پایپ‌لاین پنتیوم سه به لحاظ سیکل ساعت کارایی بیشتری از خود نشان می‌دهد. اما به تدریج که سرعت ساعت برای پنتیوم سه متوقف شود، پنتیوم چهار نهایتاً از تمام جهات از پنتیوم سه پیشی خواهد گرفت.

ترفندهای prepipeline و postpipeline این CPU جدید حتی از ترفندهای پنتیوم سه هم جالب‌تر هستند، اما باز هم، پایپ‌لاین‌های تراشه پنتیوم چهار با مجموعه دستورالعمل‌های پایه ۴۸۶ عمل می‌کند.

تربیتی وجود ندارد که معماری‌های پایه ۳۸۶ و ۴۸۶ هم‌چنان بر PC‌های مدرن اثر دارند. درست است که بیشتر CPU‌های مبتنی بر X۸۶ زمانی پدید آمدند که ۴۸۶ با استفاده از معماری‌های جدید و متفاوت توانست سرعت پردازش را بالا ببرد، اما باز هم این پردازنده‌ها بیشتر از همان مجموعه دستورالعمل‌های اصلی ۳۸۶ و ۴۸۶ (و البته تعمیمات آن‌ها) استفاده می‌کنند. بنابراین، ریشه اصلی تمام CPU‌های جدید به ۴۸۶ برمی‌گردد و اگر خوب فکر کنید، می‌بینید که برای سازندگان این تراشه‌ها مسأله سازگاری موضوع مورد توجه آن‌ها نیست، و امروزه آن چه آن‌ها بیشتر به آن تمرکز دارند سرعت است.

### اصل مطلب


علی‌رغم تمام این جنبه‌های فنی تراشه‌ها، نشان‌های زیادی وجود دارند که ثابت می‌کنند «سازگاری» مسأله‌ای نیست که در عمل ارزش تعیین‌کننده‌ای داشته باشد (گرچه نمی‌توان

صددرد به این نشانه‌ها در تمام موارد تکیه کرد). شاید بهترین نمونه از این نشانه‌ها را بتوان در مقالاتی پیدا کرد که نتایج آزمایش‌های روی سیستم‌های AMD و سیستم‌های Transmeta را مورد نقد قرار داده‌اند (رک. به کادر «درباره Transmeta»). اگر به مقالات دقت کنید، می‌بینید که هیچ کدام از این آزمایش‌ها نتیجه «غیرقابل اجرا» را گزارش نمی‌کنند. در جداول benchmark این پردازنده، تمام آزمون‌ها با موفقیت به انتها می‌رسند. از آن جا که هدف ما تعیین سازگار بودن یا نبودن پردازنده است، پس نباید به «امتیاز» این آزمون‌ها توجه کنیم، بلکه فقط باید در نظر داشته باشیم که اگر تراشه ناسازگار

می‌بود، اصلاً نمی‌توانست امتیازی را به خود اختصاص بدهد.

و حالا سؤال این است که پس چرا نرم‌افزارهای بازار با تراشه‌های غیراینترنتی خوب کار نمی‌کنند؟ پاسخ این است که مایکروسافت، اوراکل، RedHat و بیشتر شرکت‌های نرم‌افزاری دیگر، خودشان در توسعه نرم‌افزارهای خود، از ماشین‌های AMD، اینتل و Transmeta استفاده می‌کنند. در واقع، اگر به «پایگاه دانش» سایت خود مایکروسافت مراجعه کنید، می‌بینید که بیشتر برای مشکلاتی پاسخ و راه‌حل ارائه شده که مربوط به CPUهای اینترنتی می‌شوند تا شرکت‌های رقیب. و نباید اشکالی که طی این

سال‌های اخیر در ریاضیات پنتیوم این همه مسأله‌ساز شده است را فراموش کنید. اگر یک تراشه ساخت اینتل باشد، دلیل نمی‌شود که حتماً تراشه کامل و بی‌نقصی است.

خوب حالا برگردیم به کامپیوتر خودتان که تازه خریده‌اید. باز هم ناراحتید که مارک Intel Inside روی آن نچسبیده است؟ اصلاً ناراحت نباشید. در عوض، ببینید RAM به اندازه کافی دارد؟ فضای هارددیسک آن مناسب است؟ کارت گرافیکی خوبی دارد؟ خدمات پس از فروش آن چگونه است؟ سازگاری پردازنده فقط یکی از ملاحظات است که در خرید PC باید مورد توجه قرار بدهید. 

## درباره Transmeta

در مقوله طراحی CPUهای سازگار با اینتل از طرف شرکت‌های رقیب، اپل خودش را زیاد دور نگه نمی‌دارد، اما Transmeta Crusoe اصلاً در دنیای دیگری سیر می‌کند.

مجموعه دستورالعمل‌های پایه در تراشه‌های مدرن پنتیوم سه، پنتیوم چهار و Athlon (ولی نه تعمیمات چندرسانه‌ای آن‌ها) خیلی شبیه به مجموعه دستورالعمل‌های پایه پردازنده‌های قدیمی ۳۸۶ و ۴۸۶ است. و امروزه با این که معماری AMD و اینتل کاملاً با هم فرق می‌کند، ولی هر دو آن‌ها، دستورالعمل‌ها را با استفاده از میلیون‌ها ترانزیستور on-chip پردازش و decode می‌کنند. این طراحی پیچیده (که انصافاً کار راحتی هم نیست) این امکان را برای پردازنده‌های نسبتاً قدیمی ۳۲ بیتی فراهم آورده که به تدریج و با زحمت فراوان به سرعت‌های گیگاهرتزی برسند. چرا به این مدل ۳۲ بیتی قدیم چسبیده‌ایم و آن را رها نمی‌کنیم؟ به خاطر این که حفظ سازگاری با نرم‌افزارهایی که برای ۳۸۶ و ۴۸۶ نوشته شده‌اند ضرورت اجتناب‌ناپذیری برای یک PC مدرن مبتنی بر ویندوز به حساب می‌آید.

ولی Transmeta Crusoe روشی کاملاً متفاوت را در پیش گرفته است. معماری درونی پردازنده‌های این شرکت اصلاً مثل ۳۸۶، ۴۸۶ یا هیچ یک از PCهای سازگار با اینتل نیست. این شرکت در عوض، از یک مدل پردازشی ۱۲۸ بیتی موسوم به VLIW (سرنام Very Long Instruction Word) استفاده می‌کند که دستورالعمل‌های خاص خود را داشته و کلاً با مجموعه دستورالعمل‌های خانواده X86 تفاوت دارد. دستورات این پردازنده از بسیاری جهات شبیه به مجموعه دستورالعمل‌های درونی RISC گونه پنتیوم و Athlon است، اما هسته مرکزی Transmeta از ترانزیستورهای بسیار کمتری استفاده می‌کند، زیرا ترجمه دستورات X86، عملیات decode کردن، و زمان‌بندی وظایف به صورت off-chip توسط یک لایه نرم‌افزاری Code Morphing انجام می‌دهد. وظیفه این نرم‌افزار، تبدیل دستورالعمل‌های X86 به فرمت درونی این پردازنده است.

نرم‌افزار Code Morphing در حین اجرا از یکی - دو «مد عملیاتی» مختلف می‌تواند استفاده کند، که تعیین آن براساس خود دستورالعملی است که در حال پردازش شدن است. این نرم‌افزار، برای تبدیل دستورالعمل‌های X86 به فرمت درونی خود، یا در مد interpret عمل می‌کند یا در مد translate. دستورالعمل‌هایی که زیاد اجرا نمی‌شوند، interpret می‌شوند و دستورالعمل‌های تکراری‌تر translate می‌شوند. این کد translate شده می‌تواند به لحاظ سرعت بهینه‌سازی شده و برای استفاده‌های بعدی، در جایی نگهداری شود. نرم‌افزار Code Morphing، که ابتدا در ROM پردازنده قرار دارد، طی فرآیند آماده‌سازی (initialization) پردازنده به DRAM سیستم منتقل می‌شود تا اجرای آن سریع‌تر شود.

پردازنده Transmeta، با نظارت بر بار وارده بر سیستم، می‌تواند فرکانس خود را با استفاده از تکنولوژی LongRun تنظیم کرده و ضمن حفظ توان سیستم، گرما تولیدی را کاهش دهد. شهرت پردازنده Transmeta در کم مصرف بودن آن است و امروزه در بعضی مینی‌نوت‌بوک‌ها دیده می‌شود، که عمر باتری آن‌ها در مقایسه با پردازنده‌های رقیب از ۱/۵ تا ۲ برابر بیشتر است (هرچند، عواملی چون مدیریت فعال توان سایر قطعات و تکنولوژی‌های کارآمدتر LCD نیز روی عمر باتری بی‌تأثیر نیستند).

اگر برداشت شما هم این است که این همه زحمت فقط برای «فرق داشتن» با پردازنده‌های اینتل، ارزشش را ندارد، نتیجه‌گیری بی‌جایی نیست، ولی Transmeta حقیقتاً معتقد است که مصرف کمتر power و تولید کمتر گرما، برای دستگاه‌های موبایل (منظور دستگاه‌های قابل حرکت و جیبی کوچکی هستند که «تلفن‌های موبایل» یک نمونه از آن‌ها به شمار می‌آیند) امتیازی حیاتی است. واقعیت هم این است که Transmeta، امکان طراحی سیستم‌هایی را فراهم کرده که عمر باتری طولانی‌تری داشته و نیازی به فن CPU ندارند. و تا به حال که CPUهای این شرکت توانسته‌اند سازگاری خود را با پردازنده‌های X86 اینتل حفظ کنند. 