

## فصل سوم

### پردازنده‌ها

در فصل اول گفته شد که پردازنده یکی از اجزای مهم سیستم رایانه است. پردازنده که با توجه به سیستم سلسله مراتبی رایانه، خود دارای یک سیستم سلسله مراتبی است، می‌تواند داده‌ها و دستورها را از اجزای مختلف رایانه دریافت کرده و پس از پردازش، نتیجه‌ی آن را به مکان مشخصی ارسال کند. برای درک بهتر از عملکرد سیستم پردازنده، تلاش شده است تا در این بخش سیر تکاملی پردازنده‌های شرکت اینتل را مورد بررسی قرار داده و اتفاقات و فناوری‌های مهمی معرفی شوند که تأثیر فراوانی در موفقیت یا شکست این سیستم داشته‌اند.

**هنر جو پس از آموزش این فصل می‌تواند:**

- مشخصات فنی پردازنده را شناسایی کند.
- اصول کار پردازنده را توضیح دهد.
- پالس ساعت پردازنده را شرح دهد.
- کاربرد ثبات در پردازنده را شرح دهد.
- گذرگاه سیستم را شرح دهد.
- جایگاه پردازنده روی برد اصلی و انواع آن را شناسایی کند.
- فناوری‌های پردازش را شرح دهد.
- ضرورت حافظه‌ی نهان را برای پردازنده توضیح دهد و مقدار آن را در سطوح مختلف تشخیص دهد.
- خنک‌کننده‌ی پردازنده و کار آن را توضیح دهد.

#### ۱-۳ مقدمه

در رایانه‌های امروزی پردازنده‌های بسیاری به کار برده می‌شوند، مانند پردازنده‌ی کارت صدا و یا پردازنده‌ی کارت گرافیک، ولی پردازنده‌ی مورد بحث در این فصل به واحد پردازشگر مرکزی در رایانه اطلاق می‌شود. پردازنده دو وظیفه‌ی اصلی دارد که عبارت‌اند از:

- انجام محاسبات روی داده‌ها

- انتقال و جابه‌جایی داده‌ها

پردازنده این کارها را با سرعت بسیار بالایی انجام می‌دهد. با وجود این سرعت بالا، باز هم افزایش سرعت انجام این کارها همواره مورد توجهی کاربران و تولیدکنندگان پردازنده بوده است. طراحان برای دستیابی به **افزایش سرعت**، در تولید پردازنده‌های جدید راه کارهای زیر را در نظر داشته‌اند:

- افزایش فرکانس پالس ساعت پردازنده

- افزایش عرض گذرگاه‌های مربوط به پردازنده، مانند گذرگاه سیستم<sup>۱</sup> FSB و در سال‌های اخیر گذرگاه<sup>۲</sup> QPI

- بهینه‌سازی ساختار هسته‌ی پردازنده و اجزای دیگر آن، برای انجام کارهای بیشتر در هر پالس ساعت با وجود این که بیان و توضیح عملکرد پردازنده مفصل است و از حوصله‌ی این کتاب خارج است، اما در این بخش تلاش می‌شود روش عملکرد پردازنده به زبانی ساده بررسی شود. برای بررسی و فهم عملکرد پردازنده‌های جدید و موجود در بازار، لازم است با روش و شیوه‌های کار پردازنده‌های قدیمی آشنا شوید. به همین دلیل به صورت خلاصه و فشرده نسل‌های مختلف پردازنده‌ها بررسی می‌شوند و تحولات تأثیرگذار بر معماری پردازنده‌ها در هر نسل، بیشتر مورد توجه واقع می‌شوند.

در سیر تکامل پردازنده از ابتدا تا به امروز، دو رویکرد برای افزایش کارایی آن‌ها مورد توجه محققان و شرکت‌های تولیدکننده‌ی پردازنده بوده است:

- افزایش توان و سرعت پردازنده با افزایش فرکانس پالس ساعت

- استفاده‌ی بهینه از ظرفیت‌های موجود در پردازنده

برای توسعه‌ی پردازنده، محققان با گلوگاه‌های حساسی روبه‌رو هستند. یکی از این گلوگاه‌ها گذرگاه سیستم یا FSB است. به همین دلیل با پافشاری شرکت‌های تولیدکننده‌ی پردازنده برای افزایش پالس ساعت داخلی آن و همچنین محدودیت در افزایش سرعت انتقال داده‌ها به وسیله‌ی گذرگاه سیستم، تلاش شده است تا برای افزایش کارایی پردازنده، بیشتر به **فناوری پردازش** پرداخته شود. با این رویکرد می‌توان نمونه‌های مختلفی از فناوری پردازش را دید. تعدادی از این فناوری‌های پردازش عبارت‌اند از:

1. Front Side Bus

2. QuickPath Interconnect

- تک چرخه‌ای
- خط لوله
- Superscalar
- Hyper-Threading

که در بخش معرفی نسل‌های مختلف پردازنده‌ها به اختصار با آن‌ها آشنا خواهید شد.

## ۲-۳ پالس ساعت پردازنده

هر پردازنده‌ای را که در نظر بگیرید اولین ویژگی و یا خصوصیتی که در مورد آن بیان می‌شود، فرکانس پالس ساعت است. همه‌ی پردازنده‌ها یک سرعت کاری دارند که به وسیله‌ی یک کریستال بسیار ریز تعیین می‌شود. این کریستال نوسان‌ساز که با آن آشنا شده‌اید، روی برد اصلی قرار دارد.

همان‌گونه که در بخش برد اصلی گفته شد، در دنیای رایانه برای هماهنگی در انجام کارها و کنترل بیشتر، نیاز به یک ساعت وجود دارد. سیگنال تولید شده به وسیله‌ی کریستال نوسان‌ساز به تایمر اعمال می‌شود و تایمر با توجه به تنظیمات بایاس سیستم (در بخش مربوطه با آن آشنا خواهید شد) فرکانس پالس ساعت‌های متفاوت تولید و در اختیار سیستم قرار می‌دهد. یکی از این سیگنال‌های تولیدی به وسیله‌ی تایمر، مخصوص پردازنده است که به یکی از پایه‌های تراشه‌ی پردازنده اعمال می‌شود. پردازنده با استفاده از این سیگنال پالس ساعت، کارهای داخلی خود را با دیگر اجزای سیستم هماهنگ می‌کند.

پردازنده‌های جدید به طور دائم با افزایش فرکانس پالس ساعت خود در حال توسعه هستند. پردازنده‌ها در سال ۱۹۸۱ با فرکانس ۴/۷ مگاهرتز کار می‌کردند درحالی‌که بعد از سی سال با فرکانسی بیشتر از ۶ گیگاهرتز کار می‌کنند. برای بررسی بیشتر و درک بهتر افزایش این فرکانس، در جدول ۱-۳ فرکانس پالس ساعت نسل‌های مختلف پردازنده‌های شرکت اینتل تا سال ۲۰۰۴ ارائه شده است.

برای رسیدن به سرعت پردازش بسیار بالا و بالاتر در این مدت، شرکت‌های تولیدکننده‌ی پردازنده نیاز داشتند تعداد بسیار زیادی ترانزیستور را در فضای بسیار کمی از تراشه قرار دهند.<sup>۱</sup> برای درک بهتر این موضوع می‌توان به روند افزایش تعداد ترانزیستورها در نسل‌های مختلف پردازنده در جدول ۲-۳ نگاه کرد.

۱. فناوری تولید و ساخت ترانزیستورها در طراحی پردازنده‌ها نقش بسیار مؤثری دارد. فناوری ساخت ترانزیستور شیوه‌ی تولید و ابعاد ترانزیستور تولید شده را معرفی می‌کند.

جدول ۳-۱ فرکانس پالس ساعت هفت نسل از پردازنده‌های اینتل

نسل	پردازنده	سال تولید	فرکانس پالس ساعت (مگاهرتز)
۱	8088	۱۹۷۹	۴/۷۷-۸
۲	80286	۱۹۸۲	۶-۱۲/۵
۳	80386	۱۹۸۵	۱۶-۳۳
۴	80486	۱۹۸۹	۲۵-۱۰۰
۵	Pentium Pentium MMX	۱۹۹۳	۶۰-۲۰۰
		۱۹۹۷	۱۶۶-۳۰۰
۶	Pentium Pro Pentium II Pentium III	۱۹۹۵	۱۵۰-۲۰۰
		۱۹۹۷	۲۳۳-۴۵۰
		۱۹۹۹	۴۵۰-۱۲۰۰
۷	Pentium IV “Prescott“	۲۰۰۰	۱۴۰۰-۲۲۰۰
		۲۰۰۲	۲۲۰۰-۲۸۰۰
		۲۰۰۳	۲۶۰۰-۳۲۰۰
		۲۰۰۴	۲۸۰۰-۳۶۰۰

جدول ۳-۲ تعداد ترانزیستورهای هفت نسل از پردازنده‌های اینتل

نسل	پردازنده	سال تولید	تعداد ترانزیستور
۱	8088	۱۹۷۹	۲۹/۰۰۰
۲	80286	۱۹۸۲	۱۳۴/۰۰۰
۳	80386	۱۹۸۵	۲۷۵/۰۰۰
۴	80486	۱۹۸۹	۱/۲۰۰/۰۰۰
۵	Pentium Pentium MMX	۱۹۹۳	۳/۱۰۰/۰۰۰
		۱۹۹۷	۴/۵۰۰/۰۰۰
۶	Pentium Pro Pentium II Pentium III	۱۹۹۵	۵/۵۰۰/۰۰۰
		۱۹۹۷	۷/۵۰۰/۰۰۰
		۱۹۹۹	۲۸/۰۰۰/۰۰۰
۷	Pentium IV “Prescott“	۲۰۰۰	۴۲/۰۰۰/۰۰۰
		۲۰۰۲	۵۵/۰۰۰/۰۰۰
		۲۰۰۳	۵۵/۰۰۰/۰۰۰
		۲۰۰۴	۱۲۵/۰۰۰/۰۰۰

## تکته

باید اشاره کرد که در پردازنده‌های پنتیوم III و IV به دلیل قرار گرفتن حافظه‌ی نهان سطح دو در پردازنده‌ها تعداد ترانزیستورهای آن نیز به ترانزیستورهای پردازنده اضافه شده است.

در رایانه هر ثانیه به میلیون‌ها قسمت تقسیم می‌شود که به هر یک از این قسمت‌ها پالس گفته می‌شود. به تعداد پالس‌های تولید شده در یک ثانیه **سرعت ساعت** گویند که با واحد هر تزا<sup>۱</sup> سنجیده می‌شود. به طور معمول سرعت هر رایانه بستگی به قدرت پردازنده در پردازش تعداد دستورالعمل‌ها در هر ثانیه دارد. در بسیاری از پردازنده‌ها، این تعداد روی پردازنده یا در دفترچه‌ی راهنمای آن ثبت می‌شود.

### ۳-۳ ولتاژ پردازنده

پردازنده‌های امروزی به دلیل میزان پردازش‌های بسیار زیاد، مقدار انرژی الکتریکی خیلی زیادی مصرف می‌کنند. همان‌گونه که می‌دانید پردازنده روی برد اصلی نصب می‌شود. برای تأمین مناسب انرژی الکتریکی مورد نیاز، هر پردازنده دارای دو سطح ولتاژ است که به وسیله‌ی برد اصلی تأمین می‌شود. این ولتاژها عبارت‌اند از:

– سطح ولتاژی که به هسته‌ی پردازنده اعمال می‌شود (Core Voltage).

– سطح ولتاژی که به بخش‌های دیگر پردازنده مانند حافظه‌ی نهان اعمال می‌شود.

هر قدر اندازه‌ی (ابعاد) ترانزیستورها کاهش پیدا کند، سطح ولتاژ مورد نیاز آن برای عملکرد مناسب کاهش می‌یابد. به همین دلیل سطح ولتاژ ۵ ولت در هسته‌ی پردازنده‌های اولیه به ۳٫۳ تا یک ولت در پردازنده‌های امروزی کاهش پیدا کرده است. از طرفی با کاهش اندازه‌ی ترانزیستورها تعداد بیشتری ترانزیستور در واحد سطح پردازنده قرار می‌گیرد که مصرف نهایی انرژی الکتریکی را بالا می‌برد. با کاهش سطح ولتاژ مورد نیاز ترانزیستورها انتظار کاهش مصرف انرژی وجود دارد، ولی با افزایش تعداد ترانزیستورها در تراشه‌ی پردازنده، مقدار انرژی مصرفی پردازنده‌های جدید به نسبت پردازنده‌های قدیمی، یا ثابت مانده و یا افزایش داشته است.

### ۳-۴ سازمان پردازنده

برای درک سازمان پردازنده، بهتر است وظایف اصلی آن را بررسی نمود. پردازنده برنامه‌هایی را که در حافظه‌ی اصلی وجود دارند، اجرا می‌کند. در واقع برای اجرای هر برنامه، ابتدا دستورالعمل‌ها و داده‌های مربوط به آن، به حافظه‌ی اصلی منتقل می‌شوند. هر برنامه از تعدادی دستورالعمل تشکیل می‌شود که به این دستورالعمل‌ها **کد برنامه** (Program Code) یا opcode گفته می‌شود. ممکن است دستورالعمل به وسیله‌ی کاربر و با استفاده از صفحه‌کلید و یا ماوس به پردازنده ارسال شود مانند دستورالعمل‌های ذخیره کردن و یا کپی کردن و یا دستور چاپ. دستورالعمل‌ها به دو

دسته‌ی ساده و پیچیده تقسیم می‌شوند:

- **دستور ساده** به دستورهایی گفته می‌شود که برای اجرا شدن در پردازنده زمان کمی مصرف می‌کنند.

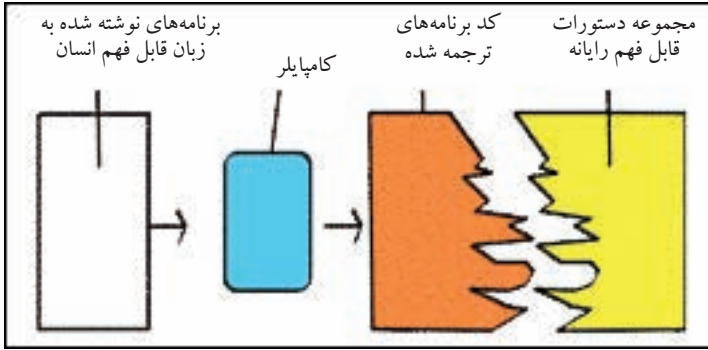
- **دستور پیچیده** به دستورهایی گفته می‌شود که برای اجرا شدن در پردازنده به زمان زیادی نیاز دارند.

به طور مثال دستور Add (جمع کردن) دستوری ساده است که به راحتی با کمترین زمان ممکن (یک واحد زمانی یا یک سیکل اجرا) در پردازنده انجام می‌شود. ولی دستور Multiple (ضرب کردن) دستوری پیچیده است که برای اجرا نیاز به چند واحد زمانی (چند سیکل اجرا) در پردازنده دارد، زیرا برای اجرای هر عمل ضرب نیاز به اجرای چندین عمل جمع داریم.

داده‌ها ممکن است داده‌های ایجاد شده به وسیله‌ی کاربر باشد، مانند متن ایجاد شده در نرم‌افزار واژه‌پرداز و یا نامه‌ی الکترونیکی، و یا ممکن است داده‌های حاصل از پردازش تصویر یا فیلم باشد که به وسیله‌ی نرم‌افزارهای مخصوص ایجاد می‌شوند.

دستور به کدهای دودویی گفته می‌شود که قابل فهم به وسیله‌ی پردازنده باشد. کدهای دودویی یا کدهای ماشین به وسیله‌ی روش‌های خاصی (کمپایل شدن) پس از نوشتن هر برنامه تولید می‌شود. همه‌ی پردازنده‌ها بدون توجه به سایر اجزای رایانه، قابلیت اجرای تعداد محدودی از دستورالعمل‌ها را دارند که به مجموعه‌ی آن‌ها **Instruction Set** می‌گویند. در واقع این مجموعه دستورالعمل‌ها، زبان قابل فهم برای پردازنده است و برنامه‌ها برای اجرا شدن روی رایانه‌ها مجبور هستند این مجموعه دستورالعمل‌ها را به کار ببرند.

برنامه‌نویسی با زبان رایانه بسیار سخت و طاقت‌فرساست. به همین دلیل اغلب کاربران علاقه‌ای به برنامه‌نویسی با این زبان ندارند. برای ارتباط راحت‌تر و ساده‌تر برنامه‌نویسان با رایانه، تلاش شد تا زبان‌های برنامه‌نویسی به زبان مکالمه و محاوره نزدیک‌تر باشد. شاید این سؤال در ذهن کاربران ایجاد شود که پردازنده چگونه دستورهایی را اجرا می‌کند که به زبان انسان نزدیک است و با مجموعه دستورالعمل‌های قابل فهم خود فاصله‌ی زیادی دارد؟ طراحان و تولیدکنندگان زبان‌های برنامه‌نویسی برای استفاده بیشتر و راحت‌تر کاربران، با استفاده از ابزارهای **مترجم و مفسر** مانند کامپایلر، برنامه‌ی ایجاد شده به وسیله‌ی کاربران را به زبان ماشین تبدیل می‌کنند. در واقع دستورالعمل‌های ایجاد شده به وسیله‌ی کاربران که به زبان انسان نزدیک است با ابزارهای مترجم و مفسر به کدهای ماشین تبدیل شده و سپس برای اجرا به پردازنده ارسال



شکل ۱-۳ مراحل تبدیل برنامه به کدهای پردازنده

می‌شود. شکل ۱-۳ مراحل تبدیل برنامه به کدهای پردازنده را نشان می‌دهد.

### نکته

پردازنده‌های شرکت‌های مختلف مانند Intel و AMD (Advanced MicroDevices, Inc) از نظر مجموعه دستورها با هم سازگار هستند. در واقع می‌توان گفت که نرم‌افزارها و برنامه‌های مختلفی که روی هر کدام از این پردازنده‌ها اجرا شود می‌تواند روی پردازنده‌ی دیگر هم اجرا شود.

پس از شناخت <sup>۱</sup>opcode می‌توان روش اجرای هر کدام را بررسی کرد. پردازنده تقاضاهای متفاوتی از سخت‌افزارهای مختلف دریافت می‌کند بنابراین برای انجام صحیح دستورها و سرعت بخشیدن به کارها به چند بخش تقسیم می‌شود. شکل ۲-۳ ساختار کلی پردازنده را نشان می‌دهد. یکی از این بخش‌ها، واحد کنترل Control Unit (CU) است که کارهای زیر را کنترل می‌کند.

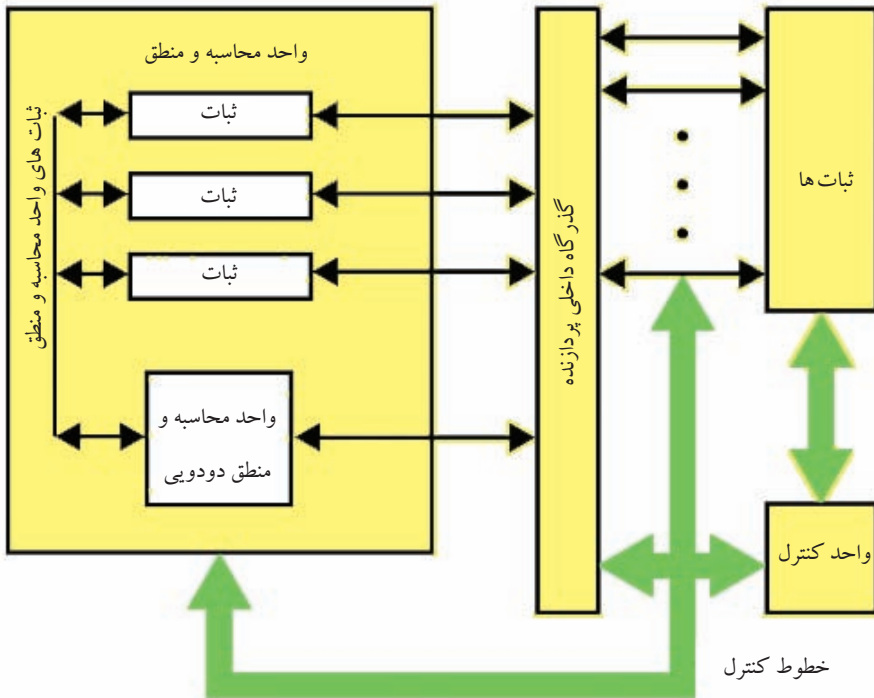
– عمل دریافت دستورالعمل از حافظه‌ی اصلی رایانه به وسیله‌ی این واحد صورت می‌پذیرد که به این عمل، **واکشی (Fetch)** می‌گویند.

– این واحد دستورالعمل دریافت شده را برای اجرا در واحدهای دیگر آماده می‌کند که به این کار **رمزگشایی (Decode)** می‌گویند.

هر دستورالعمل پس از دریافت از حافظه‌ی اصلی و رمزگشایی می‌تواند **اجرا (Execute)** شود. واحد دیگری که در پردازنده بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد واحد محاسبه و منطق <sup>۲</sup>ALU است که قدرت اجرای دستورالعمل‌ها را دارد. واحدهای اجرا در پردازنده توانایی اجرای

1. Operation Code

2. Arithmetic and Logical Unit



شکل ۲-۳ ساختار داخلی پردازنده

دستورهای محدودی را دارند، به طور مثال دستورهای اصلی جمع، تفریق و ... و چند دستور منطقی مثل AND، OR و ... در صورتی که پردازش مربوط به اعداد اعشاری باشد واحد FPU<sup>۱</sup> این دستورها را اجرا می کند که در ادامه با آن آشنا خواهید شد.

هر دستور پس از اجرا، نتیجه ای دارد که برای اعلام به درخواست کننده یا برای استفاده در دستورهای بعدی باید در حافظه نگهداری شود. عمل نوشتن نتیجه ی هر دستورالعمل در حافظه را **Write back** گویند.

بنابراین برای اجرای هر دستور برنامه مراحل زیر انجام می شود:

– **واکشی دستور یا Fetch:** در این مرحله پردازنده دستور مورد نظر را از حافظه ی اصلی سیستم می خواند.

– **رمزگشایی دستور یا Decode:** در این مرحله دستور مورد نظر رمزگشایی می شود تا مشخص شود چه عملی باید انجام گیرد.

– **برداشت داده:** ممکن است اجرای دستور نیاز به خواندن داده از حافظه داشته باشد و یا داده



مورد نظر از ماژول ورودی / خروجی درخواست گردد. در این مرحله باید داده‌ی مورد نظر در اختیار پردازنده قرار گیرد.

– **پردازش داده یا اجرا (Execute):** برای اجرای هر دستور نیاز به انجام بعضی کارهای محاسباتی یا منطقی روی داده می‌باشد که در این مرحله به وسیله‌ی واحد ALU و یا FPU انجام می‌شود.

– **نوشتن نتیجه (Write back):** در نهایت نتیجه‌ی هر پردازش ممکن است در حافظه یا یک ماژول ورودی / خروجی نوشته شود و یا نتیجه‌ی پردازش برای کارهای بعدی ذخیره شود.

همان‌طور که بیان شد برای اجرای یک دستور، پردازنده نیاز دارد دستور مورد نظر و داده‌ی مربوط به آن را به طور موقت در خود ذخیره کند. همچنین پردازنده باید مکان دستور بعدی در حافظه‌ی اصلی را برای اجرای آن بداند. به بیان دیگر پردازنده باید دستور و داده را ضمن اجرای یک دستور در یک مکان موقت ذخیره کند، به همین دلیل پردازنده به یک حافظه‌ی داخلی کوچک و سریع نیاز دارد. به این حافظه‌های کوچک **ثبات**<sup>۱</sup> می‌گویند.

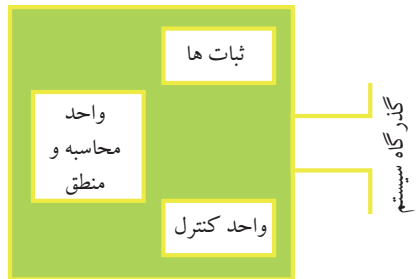
در فصل مربوط به حافظه‌ها خواهید دید که رایانه از یک سیستم سلسله مراتبی حافظه استفاده می‌کند. در بالاترین سطح از این سلسله مراتب، حافظه‌ها سریع‌تر، کوچک‌تر و گران‌تر می‌شوند. در داخل هسته‌ی پردازنده، مجموعه‌ای از ثبات‌ها قرار دارند که در سطحی بالاتر از حافظه‌ی اصلی و حافظه‌ی نهان کار می‌کنند و به پردازنده نزدیک‌تر هستند. در زمان اجرای دستور، از ثبات‌ها برای ذخیره‌ی موقت داده و دستور استفاده می‌شود. تعدادی از ثبات‌های درون هسته‌ی پردازنده عبارت‌اند از:

– **ثبات شمارنده‌ی برنامه (Program counter-Pc):** نوع خاصی از یک نگهدارنده اطلاعات است که قابلیت افزایش به میزان یک و یا پذیرش هر مقدار دیگری را داراست. این ثبات، آدرس دستور بعدی را که قرار است اجرا شود، نگهداری می‌کند.

– **ثبات دستورالعمل (Instruction Register-IR):** این ثبات آخرین دستوری را نگهداری می‌کند که از حافظه برداشت شده است و در حال اجراست.

– **ثبات آدرس حافظه (Memory Address Register-MAR):** حاوی آدرس مکانی در حافظه است که داده‌ی مورد نیاز دستورالعمل در حال اجرا، در آن قرار دارد.

– **ثبات حافظه‌ی میانگیر (Memory Buffer Register-MBR):** معمولاً نتیجه‌ی هر پردازش در آن قرار می‌گیرد تا به حافظه‌ی اصلی منتقل شود.



شکل ۳-۳ نمای داخلی پردازنده با گذرگاه سیستم

– **ثبات تست (Test Register-TR):** یک نوع خاص نگهدارنده است که نتایج حاصل از انجام مقایسه‌ها به وسیله‌ی واحد ALU را در بر دارد. ALU قادر به مقایسه‌ی دو عدد و تشخیص مساوی و یا نامساوی بودن آن‌ها است. اجزای اصلی پردازنده در شکل ۳-۳ نشان داده شده است.

### ۳-۵ کمک پردازنده

برای بالا بردن سرعت محاسبات ریاضی در مجموعه عددهای اعشاری و پردازش گرافیکی، از یک تراشه به نام کمک پردازنده (Coprocesor) با دو نام پردازنده‌ی ریاضی<sup>۱</sup> MPU و پردازنده‌ی اعشاری FPU در کنار پردازنده‌ی اصلی استفاده می‌شود.

### ۳-۶ اندازه گیری سرعت عملکرد اجرایی رایانه

به صورت‌های مختلف سرعت عملکرد اجزای مختلف یک رایانه را بررسی می‌کنند، بیشتر اجزای رایانه برای ایجاد هم‌زمانی با سایر اجزاء، از پالس‌های ساعت استفاده می‌کنند ولی خود با سرعت‌های مختلف کار می‌کنند. سرعت پالس ساعت به طور معمول بر حسب سیکل بر ثانیه یا هرتز اندازه گیری می‌شود که به صورت Hz نمایش داده می‌شود. سرعت پالس ساعت پردازنده در رایانه‌های امروزی به صورت MHz مگاهرتز یا GHz گیگاهرتز نشان داده می‌شود.

#### نکته

سرعت پالس ساعت پردازنده یک نوع اندازه‌گیری خطی است و نمی‌تواند واحد مناسبی برای اندازه‌گیری سرعت عملکرد پردازنده باشد. به عنوان مثال با دو برابر کردن سرعت پالس ساعت یک پردازنده نمی‌توان نتیجه گرفت که سرعت اجرای دستورهای آن نیز دو برابر شده است.

روش دیگری که برای بیان سرعت پردازنده وجود دارد این است که بر حسب تعداد دستور در ثانیه بیان شود. به طور معمول اجرای هر دستور به وسیله‌ی پردازنده به تعداد مشخصی از چرخه‌های پالس ساعت نیاز دارد که بسته به نوع دستور بین ۲ تا ۵۰ چرخه‌ی پالس ساعت می‌باشد. به طور مثال اگر سرعت فرکانس پالس ساعت ۲۰۰ مگاهرتز باشد، یعنی ۲۰۰ میلیون پالس ساعت در هر ثانیه تولید می‌شود. بنابراین بسته به نوع برنامه‌ی کاربردی و دستورهای آن، سرعت اجرای پردازنده به نسبت دیگر پردازنده‌ها قابل اندازه‌گیری است.

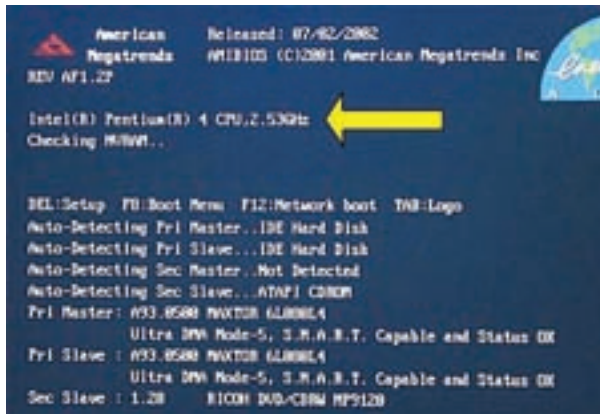
### ۳-۷ تعیین نوع پردازنده در رایانه‌ها

یکی از راه‌های پی بردن به نوع پردازنده دیدن آن به طور مستقیم است ولی با توجه به وجود سیستم خنک کننده روی پردازنده‌ها به طور معمول این کار صورت نمی‌گیرد. روش‌های دیگری وجود دارد که بدون دسترسی به پردازنده می‌توان نوع آن را تشخیص داد. در این بخش به آن‌ها اشاره‌ی مختصری می‌شود.

اگر از سیستم عامل ویندوز استفاده می‌کنید می‌توانید از پنجره‌ی مشخصات سیستم به نوع پردازنده و فرکانس پالس ساعت آن دسترسی پیدا کنید (شکل ۴-۳). در هنگام بالا آمدن سیستم و در اولین صفحه‌ای که برخی از مشخصات سیستم را نمایش می‌دهد، نوع پردازنده و فرکانس پالس ساعت آن نیز نمایش داده می‌شود (شکل ۵-۳).



شکل ۴-۳ نوع پردازنده در پنجره‌ی مشخصات سیستم



شکل ۳-۵ نمایش نوع پردازنده در زمان راه‌اندازی سیستم

نمایش این صفحه در مدت زمان کوتاهی انجام می‌شود که می‌توان با فشار دادن کلید درنگ (Pause) آن را نگه داشت. برای ادامه‌ی کار سیستم باید همان کلید فشار داده شود. در بیشتر موارد می‌توان از نرم‌افزارهایی استفاده کرد که به منظور ارایه‌ی مشخصات سیستم تولید شده‌اند. یکی از این نرم‌افزارها CPU-Z نام دارد که علاوه بر نوع پردازنده و فرکانس پالس ساعت، مشخصات جزئی تری از پردازنده را نیز ارایه می‌دهد (شکل ۳-۶).

در بخش بایاس سیستم نیز اطلاعات مربوط به همه‌ی اجزای سیستم به خصوص پردازنده نگهداری می‌شود و می‌توان مشخصات پردازنده را در آنجا بررسی کرد. در بخش پایانی همین کتاب چگونگی دسترسی به بایاس و اطلاعات آن را فرا می‌گیرید.

## ۳-۸ سوکت پردازنده

هر پردازنده به صورت تراشه‌ای جدا از برد اصلی تولید می‌شود. به محل قرار گرفتن پردازنده روی برد اصلی که ارتباط بین پردازنده و برد اصلی را برقرار می‌کند سوکت پردازنده می‌گویند. در ابتدا تراشه‌های پردازنده به صورت تراشه‌ی<sup>۱</sup> DIP (دو ردیف پایه در دو طرف تراشه) تولید شده و روی برد اصلی لحیم می‌شدند. با بزرگ‌تر شدن پردازنده و افزایش تعداد پایه‌های آن تراشه‌های DIP پاسخگوی نیازها نبود.

یکی از نیازهای کاربران، توانایی برد اصلی برای ارتقای پردازنده بود. به همین دلیل سوکت‌های<sup>۲</sup> PGA همراه با بردهای اصلی AT طراحی و به بازار عرضه شد. سوکت‌های PGA فضای مناسبی برای جابه‌جایی و ارتقای پردازنده‌ها ایجاد کرد ولی بیشتر کاربران برای نصب

1. Dual In Line Pachage

2. Pin Grid Array



شکل ۶-۳ نمایش مشخصات پردازنده با نرم افزار CPU-Z

پردازنده‌های خود روی این سوکت‌ها دچار مشکل بودند. همچنین نصب خنک کننده روی پردازنده‌های ۴۸۶ به بعد کار بسیار مشکلی بود.

برای افزایش اطمینان از درستی نصب پردازنده و جلوگیری از آسیب رسیدن به آن، سوکت‌های ZIF<sup>۱</sup> روی بردهای اصلی قرار گرفت. با قرار گرفتن اهرمی در کنار این سوکت کاربران با کمترین فشار و با اطمینان بیشتر می‌توانند، پردازنده را در جای خود قرار دهند.

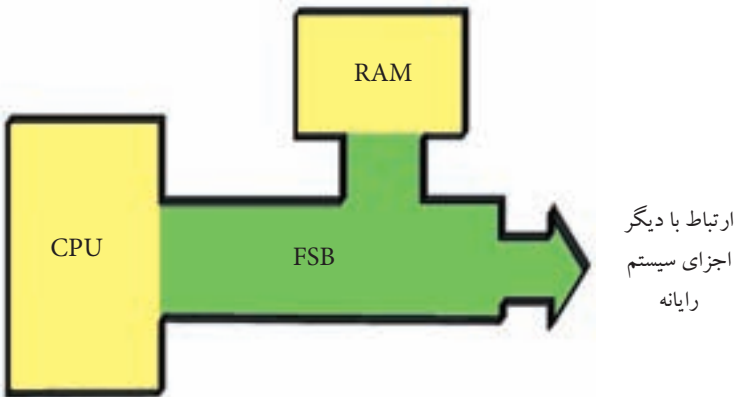
بیشترین آسیب به پردازنده‌ها در زمان نصب و یا جداسازی آن‌ها وارد می‌شود. برای کم کردن این آسیب‌ها در سوکت‌های جدید که LGA<sup>۲</sup> نام دارند، پایه‌های رابط پردازنده روی سوکت‌ها قرار می‌گیرد و هیچ پایه‌ای روی پردازنده‌ها وجود ندارد. با توجه به افزایش توان مصرفی پردازنده‌های جدید تلاش شده است تا در این سوکت‌ها انرژی به شکل بهتری توزیع شود. در این سوکت‌ها نصب سیستم خنک کننده راحت‌تر است و در زمان نصب آن، فشار کمتری به برد اصلی و پردازنده وارد می‌شود.

1. Zero Insertion Force

2. Land Grid Array

### ۳-۹ گذرگاه‌ها و پردازنده

همان‌طور که در بخش برد اصلی گفته شد سیستم رایانه دارای گذرگاه داده برای انتقال داده‌ها و گذرگاه آدرس برای دستیابی به مکان مورد نظر و گذرگاه کنترل برای ارسال سیگنال‌های کنترلی به وسیله‌ی پردازنده و دیگر سخت‌افزارهاست. گذرگاه‌ها برای ارتباط بین اجزای مختلف سیستم طراحی شده‌اند و گذرگاه سیستم که به طور مستقیم به پردازنده وصل شده است ارتباط میان پردازنده و حافظه‌ی اصلی را برقرار می‌کند که به آن FSB نیز می‌گویند (شکل ۷-۳). گذرگاه سیستم بیشترین مقدار تبادل داده را نسبت به دیگر گذرگاه‌ها انجام می‌دهد و به همین دلیل بیشتر کاربران و سازندگان سیستم‌های رایانه‌ای، مشخصات این گذرگاه را به عنوان یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر عملکرد سیستم مورد توجه قرار می‌دهند.



شکل ۷-۳ گذرگاه سیستم

#### نکته

در سال‌های اخیر با استفاده از فناوری جدید گذرگاه QPI به نظر می‌رسد بسیاری از محدودیت‌های سرعت انتقال داده در گذرگاه سیستم برطرف شده است.

### ۱۰-۳ مجموعه دستورالعمل های پردازنده

همان‌طور که گفته شد پردازنده‌ها تنها قادر به اجرای تعداد محدودی دستورالعمل هستند. اولین مجموعه دستورالعمل‌ها که برای پردازنده‌های شرکت اینتل، خانواده‌ی x86 طراحی شد، به همین نام شناخته می‌شوند. طی مدت زمان تکامل پردازنده‌ها، شرکت‌های تولیدکننده آن به این قانون پایبند بودند که:

هر پردازنده باید بتواند دستورالعمل‌های پردازنده‌های قبل از خود را اجرا کند.

بر اساس این قانون، طراحان و برنامه‌نویسان می‌توانند از اجرای برنامه‌های خود روی همه‌ی پردازنده‌ها اطمینان حاصل کنند. همان‌گونه که کاربران هم انتظار دارند با خریدن پردازنده‌های جدید نرم‌افزار قدیمی خود را بدون مشکل و با سرعت بیشتر اجرا کنند. همان‌طور که در عمل هم می‌بینید همه‌ی نرم‌افزارها و برنامه‌های تولیدی برای پردازنده‌های پنتیوم، روی پردازنده‌های پنتیوم IV قابل اجرا هستند. به همین دلیل مجموعه دستورالعمل‌های x86 پایه و اساس دستورالعمل‌های پردازنده‌ها شد و بعد از آن دستورالعمل‌های جدیدی بر اساس نیاز به این مجموعه اضافه شد که در ادامه با برخی از آن‌ها آشنا خواهید شد. در واقع با تولید هر نسل از پردازنده‌ها، تعدادی دستورالعمل به مجموعه دستورالعمل‌ها اضافه می‌شد و آن را توسعه می‌دادند. به عنوان مثال در هنگام طراحی پردازنده‌ی ۸۰۳۸۶ تعداد ۲۶ دستور به مجموعه دستورالعمل‌های پایه x86 اضافه شد و در زمان عرضه‌ی پردازنده‌ی ۸۰۴۸۶، تعداد ۶ دستور و در پردازنده‌ی پنتیوم، ۸ دستور جدید به این مجموعه اضافه شدند.

شاید بتوان پایبندی پردازنده‌ها به مجموعه دستورالعمل‌ها قبل از خود را برای احترام به تلاش‌ها و تولیدات نرم‌افزاری قبل از خود، در نظر گرفت کرد. اما نباید در نظر گرفت که پردازنده‌ها در روش اجرای همان دستورالعمل‌ها نیز، به یک شیوه پایبند بودند. در واقع باید گفت که فناوری اجرای دستورالعمل‌ها با توسعه‌ی پردازنده‌ها و افزایش امکانات آن، تغییرات گسترده‌ای را تجربه کرده است که بسیاری از آن‌ها موفق بودند و بسیاری نیز نتوانستند موفق باشند. در این بخش به معرفی و بررسی فناوری‌های بسیار مهم پردازش و تأثیرگذار پرداخته می‌شود.

### ۱۱-۳ مجموعه دستورالعمل‌های CISC و RISC

بیشتر کاربران تفاوت اصلی بین پردازنده‌ها را در مبتنی بودن بر CISC<sup>۱</sup> و یا RISC<sup>۲</sup> می‌دانند و در ابتدا پردازنده‌ها را بر اساس مجموعه‌ی دستورالعمل‌ها به دو نوع تقسیم می‌کردند:

– پردازش مبتنی بر مجموعه‌ی دستورالعمل‌های پیچیده (CISC)

– پردازش مبتنی بر مجموعه‌ی دستورالعمل‌های کاهش یافته (RISC)

همان‌طور که گفته شد وظیفه‌ی اصلی پردازنده، پردازش دستورالعمل‌های برنامه تا رسیدن به

1. Complex Instruction Set Computing

2. Reduced Instruction Set Computing

هدف نهایی آن است و این عمل مراحل مختلفی دارد. برای اجرای هر دستور (Opcode) باید مدار الکترونیکی آن در پردازنده ایجاد شود. در ابتدایی ترین طراحی برای پردازنده‌ها، طراحان سعی کردند بیشتر دستورهای مورد نیاز را در پردازنده به صورت مدارهای منطقی ایجاد نمایند تا برنامه‌نویسان برای ایجاد برنامه‌های مورد نظر خود مشکلات کمتری داشته باشند. اما این طراحی که به CISC معروف است، مشکلات و محدودیت‌های زیادی داشت.

در این طراحی، گرایش طراحان بیشتر به سمت داشتن مجموعه دستورهای بیشتر از نظر تعداد و پیچیدگی آن‌ها بوده است. در طراحی CISC (محاسبه‌گر مجموعه دستورهای پیچیده) همان‌طور که از نامش پیداست، پردازشگر توانایی پردازش دستورهای پیچیده را نیز دارد. در واقع در این فناوری، دستورهایی مانند ضرب اعداد به صورت مدارهای منطقی سخت‌افزاری در پردازنده طراحی می‌شدند که طراحان برای پیاده‌سازی آن‌ها مجبور به طراحی مدارهای پیچیده و بزرگی بودند. مجموعه دستورهای x86 که برای پردازنده‌های ۸۰۸۶ شرکت اینتل طراحی شدند نوعی از دستورهای CISC هستند. این مجموعه دستورها شامل دستورهای مختلفی از دستور ساده تا دستور پیچیده بود و طول‌های مختلفی از ۸ بیت تا ۱۲۰ بیت داشتند. همه‌ی این دستورها در پردازنده‌های اولیه‌ی ۸۰۸۶ با ۲۹,۰۰۰ ترانزیستور طراحی شدند.

اما مدت زمانی پس از توسعه‌ی سخت‌افزاری پردازنده و بیشتر شدن تعداد ترانزیستورهای آن، و بالاتر رفتن فرکانس پالس ساعت پردازنده، طراحان به فکر فناوری دیگری در پردازش دستورها افتادند. این فناوری، چرخشی اساسی را در دیدگاه و فلسفه قبلی نشان می‌دهد. در این فناوری به جای استفاده از دستورهای زیاد و طراحی سخت‌افزاری آن‌ها در پردازنده، از دستورهای ساده و کمتری استفاده می‌شود. به بیان ساده پردازشگرهای مبتنی بر طراحی RISC (محاسبه‌گر مجموعه دستورهای کاهش یافته) فقط توانایی انجام دستورهای ساده را دارد. در فناوری RISC طول بیشتر دستورها یکسان است، در صورتی که در فناوری CISC هر دستور می‌توانست طول خاص خود را داشته باشد.

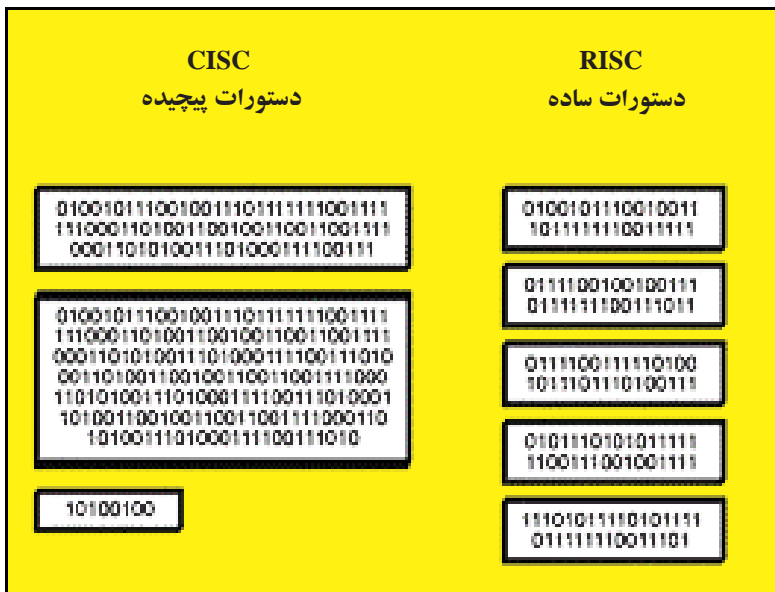
پردازشگر مبتنی بر طراحی CISC به دلیل اجرای دستورهای پیچیده دارای واحد کنترل پیچیده و بزرگی است که فضای زیادی از پردازنده را اشغال می‌کند و همین پیچیدگی باعث سخت و دشوار شدن طراحی و ساخت این واحد می‌گردد. در این نوع پردازشگرها، چون دستورها قالب (Format) واحدی ندارند و بیشتر آن‌ها دستورهای پیچیده‌ای هستند، به همین دلیل برای اجرا نیز زمان‌های متفاوتی از پردازنده به آن‌ها اختصاص می‌یابد. بعضی از دستورها



چند سیکل زمانی از پردازنده و تعدادی دیگر از دستورها فقط یک سیکل زمانی جهت اجرا نیاز دارند. به عنوان مثال برای دستورهای خیلی ساده مانند جمع، ممکن بود چهار سیکل زمان و برای دستور ضرب که دستور پیچیده‌ای بود پانزده تا بیست سیکل زمان از پردازنده اختصاص یابد. به همین دلیل در زمان اجرا، ناهماهنگی زیادی بین واحدهای اجرا و کنترل پیش می‌آید که به طور معمول واحد اجرا زمان‌های زیادی را جهت هماهنگی با واحد کنترل از دست می‌دهد و بیکار می‌ماند.

شکل ۸-۳ تفاوت طول دستورها در مجموعه دستورهای CISC و یکسان بودن آن در دستورهای RISC را نشان می‌دهد.

در پردازشگر مبتنی بر طراحی RISC چون دستورها دارای قالب و ساختار واحدی می‌باشند واحد کنترل واحد کوچک و ساده‌ای است که فضای کمی از پردازنده را اشغال می‌کند و طراحی آن نیز آسان‌تر است. در این نوع از پردازشگرها چون تمام دستورها (تقریباً ۸۰٪ دستورها) شکل یکسان دارند. در زمان اجرا هماهنگی زیادی بین واحد کنترل و واحد اجرا وجود دارد و زمان از دست رفته‌ی واحد اجرا نزدیک به صفر است. در واقع می‌توان گفت که در پردازنده‌ی مبتنی بر طراحی RISC، واحدهای کنترل و اجرا هیچ وقت بیکار نمی‌مانند.



شکل ۸-۳ تفاوت طول دستورها در CISC و RISC

همان‌طور که قبلاً اشاره شد یکی از وظایف پردازنده پس از هر پردازش، نوشتن نتیجه‌ی به‌دست آمده در حافظه‌ی سیستم است. در سیستم‌های CISC به دلیل وجود واحد کنترل بزرگ فضای کمی در اختیار واحد اجرا برای نگهداری اطلاعات و نتایج پردازش‌ها قرار می‌گیرد، به همین دلیل پردازنده مجبور است که نتایج را به طور دائم به حافظه‌ی اصلی منتقل کند که این عمل زمان زیادی از پردازنده را تلف می‌کند. از طرفی در پردازش‌های بعدی وقتی به این داده نیاز باشد پردازنده مجبور است دوباره زمان دیگری برای فراخوانی آن تلف کند.

حال آن که در پردازشگرهای مبتنی بر طراحی RISC به دلیل کوچک بودن واحد کنترل فضای بیشتری از پردازنده در اختیار واحد اجرا است و می‌تواند نتایج حاصل از هر پردازش را جهت استفاده‌های بعدی در ثبات‌های خود نگهداری کند. این ویژگی، از تلف شدن زمان زیادی جلوگیری می‌کند و باعث افزایش سرعت پردازش می‌گردد.

استفاده از طراحی RISC با توجه به امتیازات اشاره شده بیشتر مورد توجه شرکت‌های تولید کننده‌ی پردازنده قرار گرفت. اما این طراحی دارای مشکلات خاصی بود.

برنامه‌های تولید شده برای اجرا روی پردازنده‌های مبتنی بر RISC باید براساس مجموعه دستورهای ساده‌ای ترجمه و یا تفسیر شوند. برای اجرای دستورهای پیچیده به دو، سه و یا تعداد بیشتری دستور ساده نیاز است. در واقع باید گفت که برنامه پس از ترجمه و تفسیر برای اجرا روی پردازنده‌های مبتنی بر RISC، بلندتر از طول همان برنامه برای اجرا روی پردازنده مبتنی بر CISC است. براساس تحقیقات صورت گرفته، به طور متوسط برنامه‌های قابل اجرا در پردازنده‌های مبتنی بر طراحی RISC حدود ۳۰٪ بلندتر از برنامه‌های قابل اجرا در پردازنده‌های مبتنی بر طراحی CISC است.

با توجه به این مورد می‌توان گفت:

– حافظه‌ی بیشتری باید در زمان اجرا به برنامه‌های RISC اختصاص داد.

– حجم نقل و انتقال دستورها بین پردازنده و حافظه‌ی اصلی بیشتر می‌شود.

امروزه، ترکیبی از طراحی CISC و RISC در معماری پردازنده‌ها به کار می‌رود.

## ۱۲-۳ پردازنده‌های XT (نسل اول)

اولین رایانه شخصی شرکت آی بی ام در سال ۱۹۸۱ براساس پردازنده‌ی ۸۰۸۸ تولید شد. این پردازنده از ۲۹,۰۰۰ ترانزیستور ساخته شده است و سرعت پالس ساعت آن ۴/۷۷ مگاهرتز

است. ثبات‌های این پردازنده ۱۶ بیتی هستند و این یعنی طول کلمه‌های این پردازنده ۱۶ بیت است.

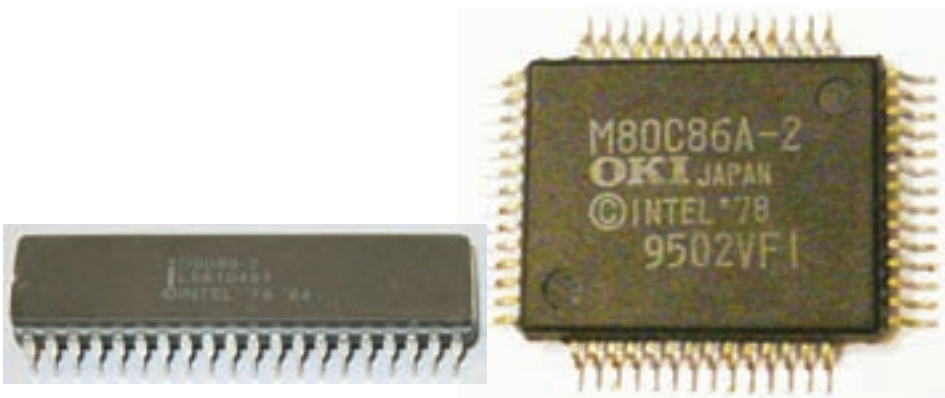
در آن زمان تولید دستگاه‌های جانبی بسیار گران بود و برای کاهش قیمت آن‌ها را به صورت هشت بیتی طراحی می‌کردند. به همین دلیل پهناهای باند گذرگاه داده برای این پردازنده ۸ بیت است. با کاهش هزینه‌های تولید و افزایش فرکانس پالس ساعت این پردازنده به ۱۰ مگاهرتز، بازهم پردازنده‌ی ۸۰۸۸ بسیار کند است و تنها می‌تواند ۳۲۰,۰۰۰ دستور را در ثانیه اجرا کند.

### پژوهش

در مورد پردازنده‌ی ۴۰۰۴ محصول شرکت اینتل و خصوصیات و ویژگی‌های آن تحقیق کنید و در کلاس ارایه نمایید.

## ۱۳-۳ پردازنده‌ی ۸۰۸۶

در سال ۱۹۷۸ شرکت اینتل اولین پردازنده‌ی ۱۶ بیتی خود را تحت عنوان ۸۰۸۶ روانه بازار کرد. پردازنده‌ی ۸۰۸۶ نیز مانند پردازنده‌ی ۸۰۸۸ است و تنها تفاوت آن‌ها در پهناهای باند گذرگاه است. پردازنده‌ی ۸۰۸۶ دارای گذرگاه داده ۱۶ بیتی است. این پردازنده‌ها دارای ۲۰ خط گذرگاه آدرس بودند که با این تعداد خطوط تنها می‌توان یک مگابایت حافظه را آدرس‌دهی کرد (شکل ۹-۳).



شکل ۹-۳ پردازنده‌ی ۸۰۸۶ محصول شرکت اینتل

پردازنده ی ۸۰۸۶ برای انجام عملیات ریاضی مبتنی بر اعداد صحیح طراحی شده است و برای کار با اعداد اعشاری مناسب نیست. برای رفع این مشکل و برای افزایش سرعت اجرای محاسبات ریاضی، شرکت اینتل کمک پردازنده‌ای به نام ۸۰۸۷ تولید کرد و آن را در اختیار کاربران قرار داد تا در سوکت مخصوص روی برد اصلی نصب شود. این کمک پردازنده به صورت تراشه ی DIP است. کمک پردازنده با نام‌های واحد پردازنده ی اعشاری (FPU<sup>۱</sup>) و یا کمک پردازنده ی ریاضی MPU<sup>۲</sup> شناخته می‌شود (شکل ۱۰-۳).



شکل ۱۰-۳ کمک پردازنده ی ۸۰۸۷

این نخستین پردازنده‌ای بود که برای آن، زبان‌های برنامه‌نویسی سطح بالا و سیستم‌های عامل قدرتمندی فراهم شد. این عوامل سبب شد که این پردازنده، پایه‌ی ساخت رایانه‌های آی بی ام گردد که بعداً به نام رایانه‌های شخصی<sup>۳</sup> نام‌گذاری شدند. همه‌ی سیستم‌های سازگار با آی بی ام نیز بر پایه‌ی ریزپردازنده ی ۸۰۸۶ ساخته شدند. جانشین‌های بعدی ۸۰۸۶ نیز باید این پردازنده را شبیه‌سازی می‌کردند تا برنامه‌ها و نرم‌افزارهایی که برای پردازنده ی ۸۰۸۶ نوشته شده بودند، روی آن‌ها نیز اجرا شود.

تراشه ی ۸۰۸۶ یک تراشه ی مستطیلی شکل با ۴۰ پایه است. این تراشه ی داخل سوکتی در روی برد اصلی نصب می‌شود و محل آن هم به طور معمول کنار شکاف‌های توسعه و جلوی رابط ورودی صفحه کلید است. طرح ریزی پردازنده ی ۸۰۸۶ براساس ساختمان داخلی ۱۶ بیتی انجام گرفت. یعنی تمام ثبات‌های داخلی آن ۱۶ بیتی است و بنابراین کار با داده‌های ۱۶ بیتی را هم به صورت داخلی و هم روی گذرگاه داده‌ها امکان‌پذیر می‌سازد. با این همه، قیمت بالای حافظه و تراشه‌های جانبی از متداول شدن و فراگیر شدن این پردازنده، جلوگیری کرد.

1. Floating Processing Unit  
2. Mathematical Processing Unit  
3. Personal Computer (PC)

## نکته

پردازنده‌های ۸۰۸۸ و ۸۰۸۶ پایه‌گذار نسل‌های مختلف پردازنده‌های x86 شرکت اینتل هستند و با توجه به سادگی ساختار داخلی آن‌ها، می‌توان عملکرد پردازنده را به راحتی بررسی کرد.

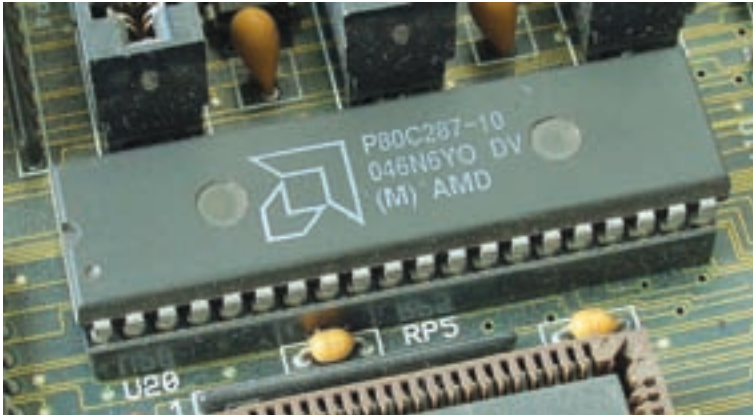
## ۱۴-۳ پردازنده‌های AT (نسل دوم)

در سال ۱۹۸۴، پردازنده‌ی ۸۰۲۸۶ به بازار عرضه شد (شکل ۱۱-۳). رایانه‌های مبتنی بر این پردازنده را که به اختصار به آن ۲۸۶ می‌گویند رایانه AT می‌نامند. پردازنده‌ی ۸۰۲۸۶ از ۱۳۴,۰۰۰ ترانزیستور ساخته شده است و توانایی اجرای ۱/۲ میلیون دستور در ثانیه را دارد. فرکانس پالس ساعت آن حدود ۲۰ مگاهرتز و پهنای باند گذرگاه داده ۱۶ بیت است. برای این پردازنده نیز کمک پردازنده‌ی ۸۰۲۸۷ عرضه شد (شکل ۱۲-۳).

بزرگ‌ترین محدودیت رایانه‌های XT برای توسعه، محدودیت مقدار حافظه‌ی قابل آدرس‌دهی بود. در پردازنده‌ی ۸۰۲۸۶ خطوط آدرس ۲۴ بیتی است، بنابراین می‌توانستند مقدار ۱۶ مگابایت حافظه را آدرس‌دهی کند.



شکل ۱۱-۳ جلو، پشت و سوکت پردازنده‌ی ۸۰۲۸۶



شکل ۱۲-۳ کمک پردازنده‌ی ۸۰۲۸۷

**نکته**

مهم‌ترین سیاست شرکت‌های سازنده‌ی پردازنده به خصوص شرکت اینتل، سازگاری محصولات جدید با مدل‌های قبلی است. به همین دلیل این پردازنده نیز با استفاده از مجموعه دستورهای پردازنده‌های قبلی توانایی اجرای برنامه‌های پیشین را دارد.

**نکته**

در تمام سیستم‌ها از XT به بعد مقدار حافظه‌ی اصلی یک مگابایت را حافظه‌ی متعارف یا حافظه‌ی پایه می‌نامند که کاربری آن در تمام این سیستم‌ها یکسان است. به حافظه‌ی بالای یک مگابایت تا هر مقداری که قابل نصب و استفاده باشد، حافظه‌ی توسعه یافته می‌گویند.

پردازنده‌ی ۲۸۶ اولین پردازنده‌ای بود که حالت **حفاظت شده**<sup>۱</sup> را معرفی کرد. حالت حفاظت شده وضعیتی است که در آن هر برنامه در هنگام اجرا در فضای مخصوص به خود در حافظه‌ی توسعه یافته قرار می‌گیرد و در صورت ایجاد اشکال در زمان اجرای برنامه و یا بیکار ماندن به وسیله کاربر، در عملکرد سایر برنامه‌ها و یا منابع سیستم مشکلی پیدا نمی‌شود. در واقع با فناوری حالت حفاظت شده پردازنده‌ها توانایی اجرای چند برنامه را با هم دارند و این به معنای چند وظیفه‌ای<sup>۲</sup> است که می‌تواند بدون تداخل کارکرد نرم‌افزارها و سخت‌افزارها، برنامه‌های مختلف را به صورت جداگانه و هم‌زمان راه‌اندازی و اجرا کند.

1. Protected Mode

2. Multitasking

### بیشتر بدانید

توانایی اجرای هم‌زمان چند برنامه در زمان سیستم عامل DOS به دلیل این که طراحی این سیستم عامل یک سیستم عامل چند وظیفه‌ای نبود، مورد توجه کاربران قرار نگرفت. اما با عرضه‌ی سیستم عامل‌های جدید مانند ویندوز، کاربران می‌توانند از این ویژگی جدید استفاده کنند.

### ۱۵-۳ پردازنده‌ی ۸۰۳۸۶ (نسل سوم)

در سال ۱۹۸۶ شرکت اینتل پردازنده‌ی ۸۰۳۸۶ را معرفی کرد که به اختصار به آن‌ها ۳۸۶ می‌گویند. پردازنده‌ی ۸۰۳۸۶ از ۲۷۵,۰۰۰ ترانزیستور ساخته شده است و توانایی اجرای ۶ میلیون دستور در ثانیه را دارد. فرکانس پالس ساعت آن ۴، ۱۶، ۲۵، ۳۲ و ۴۰ مگاهرتز برای تولیدهای مختلف این پردازنده هستند.

پهنای باند گذرگاه داده این پردازنده ۳۲ بیت است که در واقع پیشرفت مهمی در فناوری ساخت آن از سوی شرکت اینتل بود و می‌توانست سرعت انتقال داده‌ها را تا دو برابر نسبت به پردازنده‌ی ۲۸۶ افزایش دهد که یک پردازنده ۱۶ بیتی است. برای این پردازنده نیز کمک پردازنده‌ی ۸۰۳۸۷ عرضه شد. شکل ۱۳-۳ پردازنده‌ی ۳۸۶ و کمک پردازنده‌ی ۳۸۷ را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳-۳ پردازنده‌ی ۸۰۳۸۶ DX و کمک پردازنده‌ی ۸۰۳۸۷ محصول شرکت اینتل



پردازنده‌ی ۳۸۶ با ۳۲ خط گذرگاه آدرس می‌تواند تا ۴ گیگابایت حافظه را پشتیبانی کند که ظرفیت بسیار بالایی بود، اما بردهای اصلی آن زمان توانایی پشتیبانی از این حجم حافظه را نداشتند. همچنین مجموعه دستورهای پردازنده‌ی ۸۰۳۸۶ با پردازنده‌های قبلی نیز سازگار است.

طراحی Pipeline یا **خط لوله** بین قسمت‌های داخلی این پردازنده، از قابلیت‌های مهم این پردازنده است که با تکیه بر این ویژگی، پردازنده‌ی ۳۸۶ توانایی اجرا و پشتیبانی از سیستم‌عامل‌های چند کاربری - چند وظیفه‌ای<sup>۱</sup> را دارد.

پردازنده‌ی ۸۰۳۸۶ به دلیل گرانی در دو مدل به بازار ارایه شد. DX ۸۰۳۸۶ و SX ۸۰۳۸۶. پردازنده‌ی SX ۸۰۳۸۶ نسبت به مدل DX، تنها دارای ۱۶ بیت پهنای باند گذرگاه است و خصوصیات دیگر آن مشابه پردازنده‌ی DX ۸۰۳۸۶ می‌باشد.

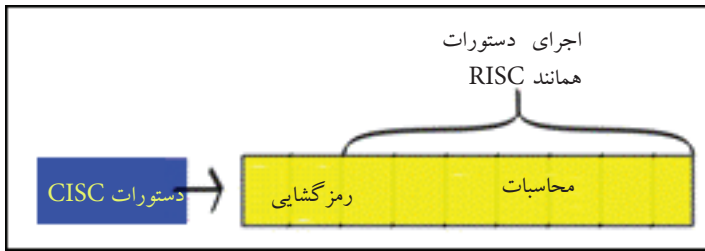
## ۱۶-۳ فناوری های پردازش

همان‌طور که در ابتدای این فصل اشاره شد یکی از راه‌های افزایش سرعت پردازش دستورها بهینه کردن ساختار هسته‌ی پردازنده و اجزای دیگر آن برای انجام کارهای بیشتر در هر پالس ساعت است. برای شرکت اینتل رفتن به معماری جدید که با معماری خانواده‌ی x86 سازگار نبود، کار سختی بود. ولی با توسعه‌ی فناوری و پیشرفت در بقیه‌ی زمینه‌های رایانه، پردازنده نیز مجبور به تغییر ساختار بود. هنگامی که تولید پردازنده‌های خانواده‌ی x86 در اواخر دهه‌ی ۱۹۷۰ شروع شد، پردازنده تنها از ده‌ها هزار ترانزیستور ساخته می‌شد و ساختار پردازنده به گونه‌ای بود که در هر سیکل تنها یک دستور اجرا می‌شد. به این نوع پردازنده‌ها پردازنده‌های **تک چرخه‌ای** می‌گویند. این نوع پردازنده‌ها پس از اجرای هر دستور، دستور بعدی را از حافظه واکنشی می‌کردند و مراحل اجرای آن را طی می‌کردند و سپس به سراغ دستور بعدی می‌رفتند. در این فناوری پردازش، زمان‌های بسیار زیادی از پردازنده تلف می‌شد (شکل ۱۴-۳).

در دهه‌ی ۱۹۸۰ پردازنده‌ها با صدها هزار ترانزیستور تولید می‌شدند که بسیار قوی‌تر از پردازنده‌های قبلی بودند. به همین دلیل طراحان به فکر استفاده‌ی بیشتر از امکانات پردازنده افتادند. برای این منظور با استفاده‌ی بهینه از زمان پردازنده سعی کردند تعداد کارهای بیشتری در یک سیکل اجرا به وسیله‌ی پردازنده انجام شود.

همان‌طور که آموختید رایانه یک سیستم سلسله مراتبی است و این طبیعت در همه‌ی





شکل ۱۴-۳ پردازش بدون استفاده از خط لوله (تک چرخه‌ای)

سیستم‌های یک رایانه جاری است. یکی از راه‌های حل مسئله، تقسیم آن به کارهای کوچک‌تر است. در یکی از تکنیک‌های به کار گرفته شده در پردازنده نیز برنامه را به دستورالعمل‌های کوچک‌تر تقسیم می‌کنند و آن‌ها را برای اجرا پشت سرهم به پردازنده می‌فرستند تا در نهایت پس از اجرای آن‌ها برنامه‌ی اصلی انجام شود. این کار به پردازش خط لوله معروف شده است. پردازش با استفاده از تکنیک خط لوله همانند یک کارخانه دارای خط تولید است که تعدادی مرحله برای تولید دارد به طوری که در هر مرحله عملیات خاصی روی محصول انجام می‌گیرد تا وقتی که محصول نهایی آماده شود. مراحل چندگانه‌ی اجرای یک دستور (واکشی، Decode و ...) را می‌توان به مراحل عملیات یک کارخانه برای تولید همانند دانست. همان‌گونه که در شکل ۱۵-۳ (این تصاویر صرفاً برای فهم بهتر مطلب است و ممکن است در عمل اتفاقات گوناگونی صورت پذیرد.) می‌بینید، مدت ۹ پالس ساعت پردازنده نشان داده شده است. در این شکل در زمان یک تا چهار که بخش کنترل در حال ذخیره‌ی نتیجه‌ی پردازش قبلی در حافظه‌ی نهان است (Store to cache) واحد ALU در زمان چهار و پنج در حال محاسبه‌ی مربوط به دستور دیگر است (Calculate)، در همین حال پس از اتمام کار ذخیره به وسیله‌ی واحد کنترل، این واحد باید دستور بعدی را در زمان پنج تا هفت واکشی کند (Fetch from cache) و همچنین باید در زمان هشت و نه به رمزگشایی (Decode) از دستور جدید پردازد. حال اگر این کارها را بدون استفاده از خط لوله انجام می‌داد باید دوازده واحد ساعت  $(2+2+4+4)$  طول می‌کشید و این اختلاف سه واحدی برای اجرای یک دستور است. در واقع این تصویر نشان دهنده‌ی استفاده از بیشترین زمان ممکن به وسیله‌ی پردازنده است. با این فناوری پردازش، برنامه‌نویسان می‌توانستند از زمان پردازنده بیشترین استفاده‌ی ممکن را برای پردازش دستورها داشته باشند.

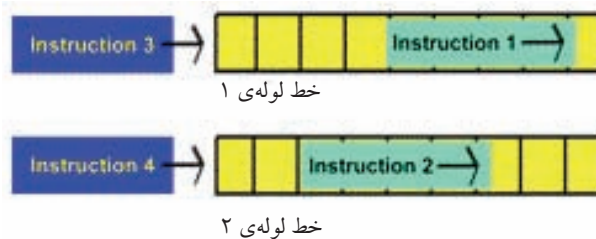
یکی از شرایط لازم برای استفاده‌ی بهینه از خطوط لوله این است که دستورها به صورت پشت سرهم و بدون وقفه در خط لوله در اختیار پردازنده قرار گیرند. در غیراین صورت مانند کارخانه‌ای است که دارای خط تولید است ولی مواد لازم برای بخش‌های مختلف به خوبی



شکل ۱۵-۳ پردازش با استفاده از خط لوله

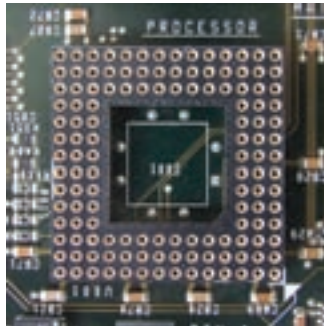
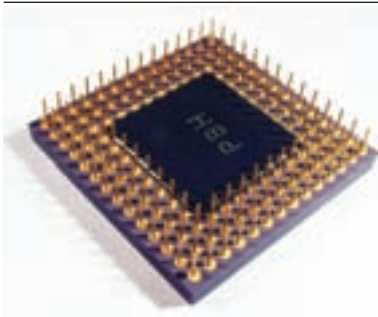
تأمین نمی شود. در واقع باید گفت که این خطوط لوله باید همیشه از دستور پر باشند. به همین دلیل در این فناوری پردازش دستورهای برنامه را به صورت زنجیر و پشت سرهم برای اجرا به پردازنده می فرستند به هر کدام از این رشته دستورها یک Thread می گویند.

**Thread**: یک دنباله ای از دستورهای رایانه است که یک فرایند یا برنامه را می سازد. یک برنامه در صورت پشتیبانی در طراحی نرم افزاری، می تواند به صورت تک رشته ای Single-Thread یا چند رشته ای Multi-Thread اجرا شود. پردازنده های ۳۸۶ تا پردازنده های پنتیوم پرو و پنتیوم II از خط لوله ای تک رشته ای پشتیبانی می کردند. اما در Multi-Thread چندین رشته دستور به طور هم زمان و مستقل از یکدیگر اجرا می شوند. Multi-Thread باعث می شود که از کلیه ی زمان های پردازنده استفاده کنیم و زمان تلف شده ی کمتری داشته باشیم (شکل ۱۶-۳).



شکل ۱۶-۳ اجرای دستورها به صورت چند رشته ای

در همین زمان طراحان به فکر منظم کردن دستورها برای بهبود عملکرد خط لوله بودند که منجر به طراحی مجموعه دستورها به روش RISC شد. ترکیب موفق خط لوله و طراحی RISC به سوپراسکالر<sup>۱</sup> معروف شد که به تولید پردازنده ی ۸۰۴۸۶ منتهی گردید. شرکت اینتل در همان زمان تلاش کرد سوپراسکالر را با ساختار CISC نیز اجرا کند. در نهایت طراحان به فکر استفاده از ترکیب طراحی های CISC، RISC و روش سوپراسکالر با هم شدند که منجر به تولید پردازنده های معروف پنتیوم پرو، پنتیوم II تا پنتیوم IV شد. نمونه ای از پردازنده ی ۸۰۳۸۶DX را در شکل ۱۷-۳ مشاهده کنید.



شکل ۱۷-۳، پشت و سوکت پردازنده‌ی DX ۸۰۳۸۶ محصول شرکت اینتل

با افزایش مقدار حافظه‌ی قابل نصب روی سیستم‌های ۸۰۳۸۶، زمان دستیابی به داده‌ها در حافظه‌ی اصلی بیشتر شد. در واقع افزایش مقدار حافظه باعث کندی سرعت انتقال داده‌ها شد. به همین دلیل برای دسترسی سریع‌تر و کاهش زمان دستیابی به خانه‌های حافظه، آدرس‌های حافظه را به چند **بانک حافظه**<sup>۱</sup> تقسیم کردند. برای دسترسی هم‌زمان به آدرس‌های مختلف با استفاده از چند بانک حافظه، سیستم با تأخیرهای کمتری روبه‌رو می‌شود.

همان‌طور که در بخش برد اصلی گفته شد، یکی از راه‌حل‌های دیگر کاهش زمان دسترسی به داده‌ها، استفاده‌ی هم‌زمان از حافظه‌ی نهان بود، که در کاهش زمان دسترسی به داده‌های حافظه تأثیر فراوان داشت. در واقع استفاده از حافظه‌ی نهان که در سیستم ۸۰۳۸۶ روی برد اصلی قرار می‌گرفت، از مزیت‌های این پردازنده است. حافظه‌ی نهان در نسل‌های بعدی پردازنده به یکی از ویژگی‌های مهم پردازنده تبدیل شد. این حافظه‌ی نهان در بعضی از مدل‌های ۸۰۳۸۶ داخل پردازنده قرار گرفته است.

### ۱۷-۳ کاربرد حافظه‌ی نهان Caching

حافظه‌ی نهان فناوری استفاده شده برای زیر سیستم‌های حافظه، در رایانه است. پردازنده‌ها با

استفاده از فناوری فرکانس پالس ساعت دو گانه، به سرعت توانستند فرکانس کاری خود را افزایش دهند و امروزه با فرکانس های پالس ساعت حدود ۳ تا ۶ گیگاهرتز کار می کنند. در این میان حافظه ی اصلی نتوانست با پردازنده از نظر فرکانس پالس ساعت سازگاری داشته باشد و در محدوده ی فرکانس های کمتر از یک گیگاهرتز کار می کند.

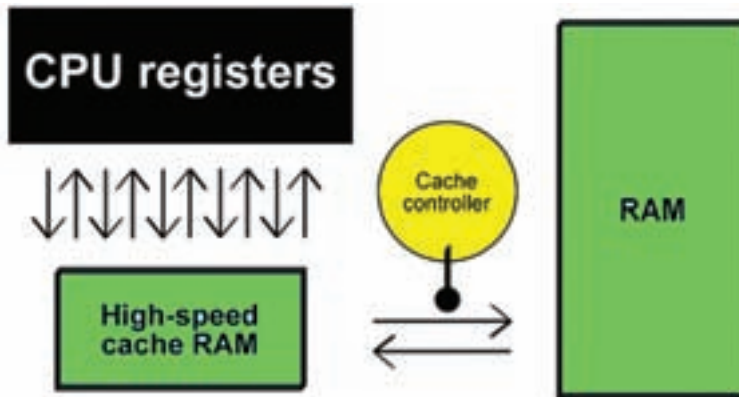
از طرفی همان طور که گفته شده در طراحی RISC یکی از مزایا، استفاده از حافظه های ثابت بیشتر نگهداری داده ها است که به کمک آن ها، جابه جایی داده ها بین پردازنده و حافظه ی اصلی کمتر می شود. در طراحی پردازنده ها، برای استفاده های ضروری از ثابت ها استفاده می شود و باید توجه داشت که نمی توان مجموعه حافظه های ثابت را خیلی زیاد گسترش داد، زیرا افزایش تعداد این حافظه ها علاوه بر بزرگ شدن هسته ی پردازنده، خود باعث پیچیده شدن عملیات آدرس دهی و دستیابی به آن ها می شود، که با توجه به عملکرد و جایگاه ثابت، این کار خیلی مطلوب نیست. به همین دلیل طراحان، به فکر استفاده از نوعی حافظه افتادند که سرعت انتقال داده ی آن ها از سرعت انتقال داده ی حافظه ی اصلی بیشتر باشد و حافظه ی نهان (Cache) به عنوان یک راه حل مناسب مورد توجه قرار گرفت (شکل ۱۸-۳).



شکل ۱۸-۳ مقدار تبادل داده ما بین پردازنده و حافظه ی اصلی با حافظه ی نهان و بدون آن

دلیل مهم تر این است که حافظه ی نهان در پردازنده قرار دارد و دسترسی به آن آسان تر و سریع تر از حافظه ی اصلی است. مهم ترین هدف حافظه ی نهان، افزایش سرعت پردازش و عملکرد بهتر رایانه با کمترین هزینه ی اضافی، برای تهیه ی سیستم است. با استفاده از حافظه ی نهان، دستورالعمل ها با سرعت بیشتری انجام خواهند شد.

حافظه ی نهان، میان حافظه ی اصلی و ثابت های پردازنده قرار می گیرد و داده های مورد نظر پردازنده را در اختیار ثابت ها قرار می دهد (شکل ۱۹-۳). در واقع حافظه ی نهان مانند پلی



شکل ۱۹-۳ رایانه با حافظه‌ی نهان می‌تواند داده‌ها و دستوالعمل‌ها را با سرعت بیشتری پردازش کند

میان حافظه‌ی اصلی و ثبات‌ها است. حافظه‌ی نهان برای دستیابی به داده‌ها، سرعتی را فراهم می‌کند که در میان حافظه‌های موجود، سریع‌ترین است و محتویات آن شامل بخشی از داده‌های حافظه‌ی اصلی است.

پردازنده، داده‌ها را در بسته‌های مختلف و با اندازه‌های متفاوت از قبیل بایت (۸ بیت)، کلمه (۱۶ بیت) و دوکلمه (۳۲ بیت) و یا بلوک (بسته‌های به اندازه‌های بزرگ) انتقال می‌دهند. وقتی پردازنده سعی در خواندن داده‌ای از حافظه‌ی اصلی دارد، ابتدا حافظه‌ی نهان را برای پیدا کردن آن بررسی می‌کند. اگر داده‌ی مورد نظر در حافظه‌ی نهان باشد، در اختیار پردازنده قرار می‌گیرد. در غیراین صورت برای پیدا کردن داده به حافظه‌ی اصلی مراجعه می‌شود. سپس بلوکی از حافظه‌ی اصلی که داده‌ی مورد نظر نیز در آن است به حافظه‌ی نهان انتقال می‌یابد.

چندین نکته‌ی مهم در رابطه با حافظه‌ی نهان وجود دارد:

- فناوری حافظه‌ی نهان، استفاده از حافظه‌های سریع ولی با ظرفیت کوچک است که به منظور افزایش سرعت انتقال داده، حافظه‌ی اصلی کند ولی با ظرفیت بالا استفاده می‌شود.
- زمانی که از حافظه‌ی نهان استفاده می‌شود، برای دسترسی به داده‌ها ابتدا باید محتویات این حافظه مورد بررسی قرار گیرد. در صورت موفقیت، این فرایند را **Cache hit** می‌گویند. در صورتی که اطلاعات مورد نظر در حافظه‌ی نهان موجود نباشند (**Cache miss**)، پردازنده باید در انتظار تأمین داده‌های خود از حافظه‌ی اصلی سیستم باشد.
- اندازه‌ی حافظه‌ی نهان محدود بوده و سعی می‌شود که ظرفیت این حافظه در بالاترین مقدار خود باشد، با این وجود اندازه‌ی آن نسبت به سایر ابزار ذخیره‌سازی بسیار کم است.
- این امکان وجود خواهد داشت که از چندین لایه‌ی حافظه‌ی نهان استفاده شود.

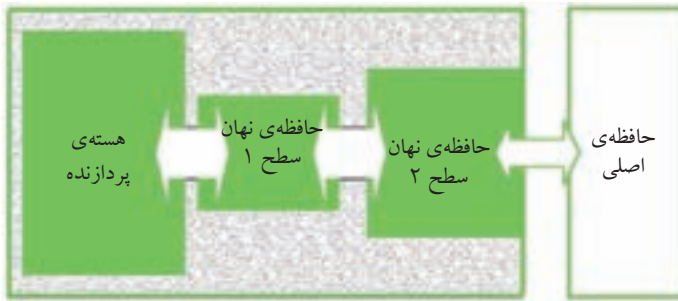
### نکته

در صورت عدم استفاده از حافظه ی نهان، پردازنده برای تأمین داده های خود باید به سرعت انتقال داده در گذرگاه داده و حافظه ی اصلی وابسته باشد. با اختلاف بسیار زیاد در فرکانس پالس ساعت پردازنده و فرکانس کاری حافظه می توان گفت که به طور معمول پردازنده از هر شش پالس ساعت فقط می تواند از یک پالس ساعت آن استفاده کند و پنج پالس خود را بیهوده باید در انتظار داده باشد و این یعنی اتلاف زمان پردازنده که مطلوب نیست. باید گفت که عدم استفاده از حافظه ی نهان، جلوگیری از توسعه و پیشرفت در فناوری پردازنده است.

یکی از دلیل های مهم که حافظه ی نهان براساس آن طراحی شد این است که حافظه ی نهان باید به صورت حافظه ای نزدیک به پردازنده و سریع تر از حافظه ی اصلی باشد و همیشه و بدون نیاز به هیچ ساختار دیگری در اختیار پردازنده باشد. در بیشتر پردازنده ها از حافظه ی نهان در چند سطح استفاده می شود. در بسیاری از پردازنده ها که اغلب برای سرورها استفاده می شوند حتی سطح سوم حافظه ی نهان نیز به کار برده می شود. حافظه ی نهان سطح یک در همه ی پردازنده ها در هسته ی پردازنده قرار می گیرد و در اندازه های ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸ کیلوبایتی طراحی می شوند. این حافظه با فرکانس پالس ساعت پردازنده کار می کند و در واقع می توان گفت که حافظه ی نهان سطح یک، قسمتی از پردازنده است.

حافظه ی نهان سطح یک را به طور معمول به دو قسمت تقسیم می کنند که یک قسمت به داده ها و قسمت دیگر به دستورالعمل ها اختصاص می یابد. هدف از این تقسیم بندی دستیابی سریع تر به داده ها و دستورالعمل ها است. در بیشتر پردازنده ها این دو قسمت با هم مساوی هستند که در ادامه انواع آن را خواهید دید.

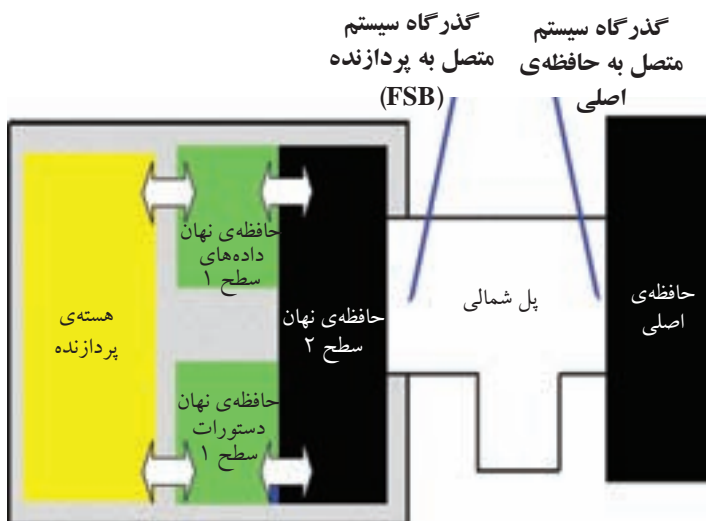
با توجه به حجم کم حافظه ی نهان سطح یک و از طرفی بزرگ تر شدن برنامه های کاربردی، پردازنده مجبور بود که تعداد مراجعات به حافظه ی اصلی را افزایش دهد. در واقع هدف اصلی حافظه ی نهان، کم کردن تعداد مراجعه به حافظه ی اصلی و در نتیجه افزایش سرعت پردازش است. با گذشت زمان و بزرگ شدن برنامه ها و افزایش داده های مورد پردازش، برای انتقال بلوک های بزرگ تر و بیشتری از حافظه ی اصلی به حافظه ی نهان، طراحان به فکر استفاده از حافظه ی نهان سطح دو افتادند (شکل ۲۰-۳).



شکل ۲۰-۲ حافظه‌های نهان سطح یک و دو

حافظه‌ی نهان سطح دو به طور طبیعی بزرگ‌تر از حافظه‌ی نهان سطح یک است و اندازه‌های متفاوتی مانند ۱۲۸، ۲۵۶ و ۵۱۲ کیلوبایت دارد و در پردازنده‌های امروزی یک، دو و یا چند مگابایت است. این حافظه برخلاف حافظه‌ی نهان سطح یک تفکیک نمی‌شود و به صورت یک پارچه هم برای داده‌ها و هم برای دستورالعمل‌ها استفاده می‌شود. در اولین پردازنده‌هایی که حافظه‌ی نهان سطح دو را پشتیبانی می‌کردند این حافظه در خارج از پردازنده و روی برد اصلی قرار داشت. اما با توسعه و پیشرفت فناوری ساخت پردازنده‌ها، این حافظه‌ی نهان نیز همراه با پردازنده در یک تراشه قرار می‌گیرد که می‌تواند باعث ارتباط بهتر و سریع‌تر حافظه‌ی نهان سطح دو و یک با هم شود.

همان‌گونه که در شکل ۲۱-۳ می‌بینید حافظه‌ی نهان سطح دو با استفاده از گذرگاه سیستم (FSB) به پل شمالی متصل می‌شود و برای تبادل داده‌ها با حافظه‌ی اصلی از آن استفاده می‌کند.



شکل ۲۱-۳ حافظه‌ی نهان سطح دو و ارتباط آن با حافظه‌ی اصلی

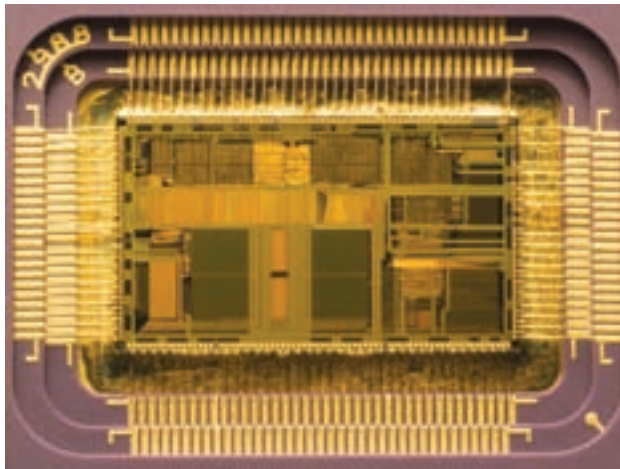


## ۱۸-۳ پردازنده ی ۸۰۴۸۶ ( نسل چهارم)

در سال ۱۹۸۹، پردازنده ی ۸۰۴۸۶ به بازار عرضه شد که به اختصار به آن ۴۸۶ می گویند. این پردازنده از ۱/۲ میلیون ترانزیستور تشکیل شده است و توانایی اجرای ۲۰ میلیون دستور در ثانیه را دارد. پهنای باند گذرگاه این پردازنده ۳۲ بیتی است و گذرگاه آدرس ۳۲ خط دارد، بنابراین می تواند تا ۴ گیگابایت حافظه را آدرس دهی کند (شکل های ۲۲-۳ و ۲۳-۳).



شکل ۲۲-۳ پردازنده ی ۸۰۴۸۶ DX محصول شرکت اینتل با فرکانس پالس ساعت ۳۳ مگاهرتز، کمک پردازنده ی اولیه ی ۸۰۴۸۷ و سوکت شماره ی یک



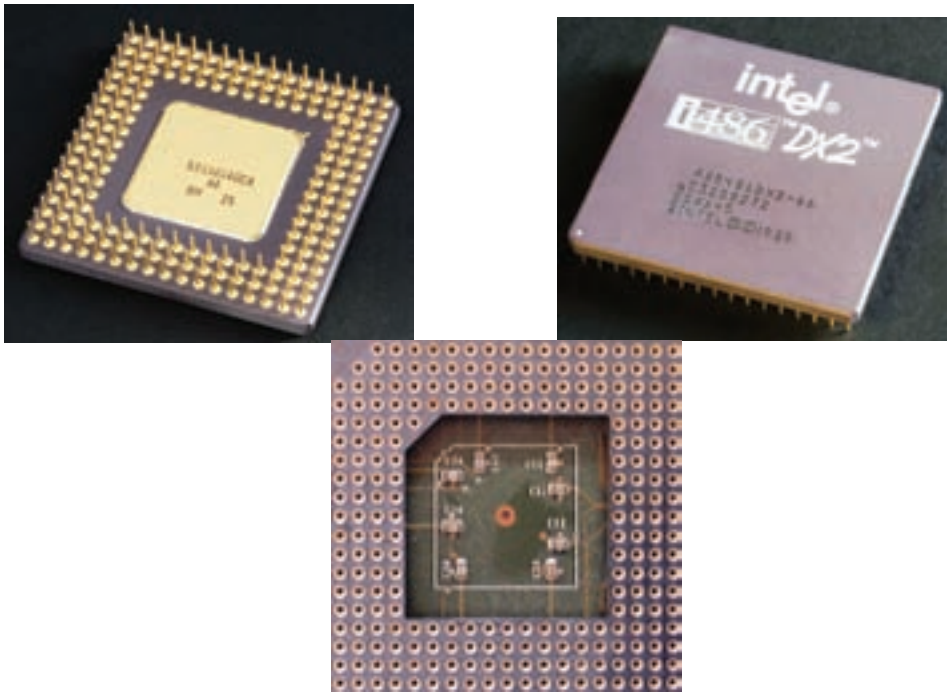
شکل ۲۲-۳ نمای داخلی پردازنده ی ۴۸۶ DX2

در بخش مربوط به برد اصلی درباره ی ساعت دو گانه<sup>۱</sup> گفته شد که این ویژگی به سازندگان پردازنده امکان افزایش فرکانس پالس ساعت پردازنده را با توجه به فرکانس پالس ساعت گذرگاه سیستم می داد. پردازنده ی ۴۸۶ اولین پردازنده ای بود که از این قابلیت استفاده کرد و

1. Double Clocking

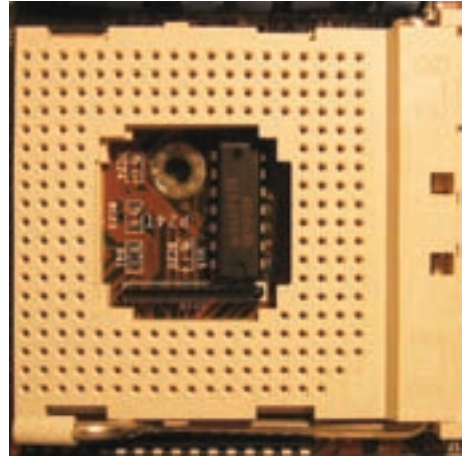


دارای فرکانس کاری چند برابر فرکانس پالس ساعت گذرگاه سیستم است که در پردازنده‌ها به این قابلیت Overdrive می‌گویند. به همین دلیل در این دوره‌ی زمانی پردازنده‌های مختلف ۴۸۶ با فرکانس کاری بالا عرضه شدند. در آن زمان به دلیل این که فرکانس پالس ساعت گذرگاه سیستم، ۳۳ مگاهرتز بود، پردازنده با دو، سه و چهار برابر کردن این فرکانس توانست با مدل‌های ۴۸۶ DX ۲/۶۶، ۴۸۶ DX ۴/۱۰۰ و ۴۸۶ DX ۵/۱۳۳ عرضه شوند. پردازنده‌ی ۴۸۶ DX ۲/۶۶ با سرعت ۶۶ مگاهرتز و سوکت شماره‌ی ۲ را در شکل ۲-۲۴ مشاهده کنید.



شکل ۲-۲۴ پردازنده‌ی ۴۸۶ DX ۲/۶۶ با سرعت ۶۶ مگاهرتز و سوکت شماره‌ی ۲

پردازنده‌ی ۴۸۶، اولین پردازنده‌ی اینتل است که در داخل خود حافظه‌ی نهان دارد. علاوه بر این پردازنده‌ی ۴۸۶ مانند پردازنده‌ی ۳۸۶ می‌تواند از حافظه‌ی نهان روی برد اصلی نیز پشتیبانی کند. مقدار حافظه‌ی نهان داخلی سطح یک (L1) برای این پردازنده‌ی ۸ کیلوبایت است و حافظه‌ی نهان خارجی سطح دو (L2) متناسب با طراحی برد اصلی می‌تواند ۶۴ کیلوبایت تا یک مگابایت باشد. شکل ۲-۲۵ پردازنده‌ی ۴۸۶ DX ۴/۱۰۰ با سرعت ۱۰۰ مگاهرتز و سوکت شماره‌ی ۳ را نشان می‌دهد.



شکل ۲۵-۳ پردازنده ی ۴۱۰۰ DX ۴۸۶ با سرعت ۱۰۰ مگاهرتز و سوکت شماره ی ۳

### نکته

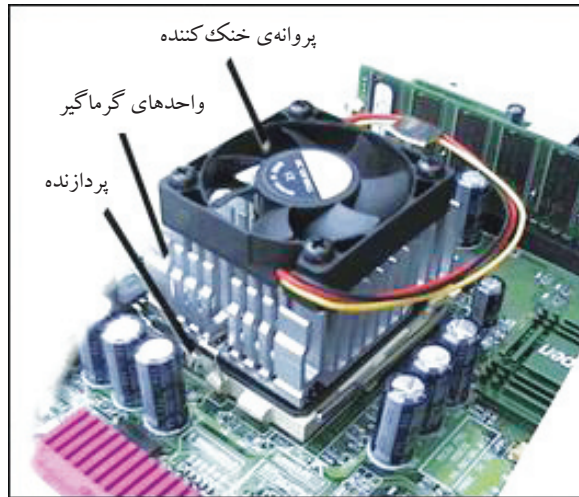
شرکت اینتل از پردازنده های ۴۸۶ به بالا، پردازنده و کمک پردازنده را به صورت یک تراشه عرضه کرد، در واقع کمک پردازنده قسمتی از پردازنده ی اصلی شده است.

## ۱۹-۳ سیستم خنک کننده ی پردازنده

با توجه به افزایش تعداد ترانزیستورها که در ساخت پردازنده ها به کار می رود و روند رو به رشد فرکانس پالس ساعت که باعث افزایش حجم کارهای پردازنده می شود، دمای ایجاد شده در تراشه بسیار زیاد می شود و از طرفی توان مصرفی پردازنده های امروزی بین ۵۰ تا ۱۲۰ وات و در بعضی موارد بیشتر است. میزان گرمای تولید شده در سطح کوچک تراشه ی پردازنده ای که با این مقدار توان مصرفی کار می کند زیاد است. با توجه به این دلایل، از پردازنده ی ۴۸۶ به بالا، برای کنترل این حرارت و جلوگیری از آسیب رسیدن به تراشه ی پردازنده نیاز به سیستم خنک کننده است. بنابراین به همراه هر پردازنده ی ۴۸۶ و بالاتر، یک سیستم خنک کننده نیز وجود دارد که روی آن نصب می شود (شکل ۲۶-۳).

در پردازنده های جدید در زمان بالا رفتن دمای پردازنده از حد معینی، یک دیود<sup>۱</sup> وظیفه ی ارسال سیگنال به بایاس سیستم را دارد. برد اصلی و بایاس سیستم با دریافت این سیگنال برق سیستم را در هر مرحله ای از کار که باشد، قطع می کند (به بخش کیس و منبع تغذیه رجوع

1. Diode



شکل ۲۶-۳ سیستم خنک کننده‌ی پردازنده

کنید). برای استفاده از بالاترین فرکانس کاری پردازنده و جلوگیری از افزایش دمای آن، باید از سیستم‌های خنک کننده‌ی مناسب استفاده کرد. شرکت AMD یکی از شرکت‌های بسیار معروف در طراحی و عرضه پردازنده‌هاست. در این فصل تعدادی از محصولات این شرکت نیز معرفی می‌شوند (شکل ۲۷-۳).



شکل ۲۷-۳ پردازنده‌ی AM486 DX4 از شرکت AMD مشابه خانواده‌ی Intel 486 DX با سرعت ۱۲۰ مگاهرتز

## ۲۰-۳ ولتاژ کاری

همه ی پردازنده ها از XT تا DX ۲ ۴۸۶ دارای ولتاژ کاری ۵ ولت هستند. این پردازنده ها با همان ولتاژ ورودی از منبع تغذیه کار می کنند. هر چه تعداد ترانزیستورهای به کار رفته در پردازنده بیشتر شود، در زمان کار با سطح ولتاژ ۵ ولت گرمای تولیدی آن ها نیز افزایش می یابد. یکی از راه های کاهش این دما، استفاده از سیستم خنک کننده است. راه کار دوم، کاهش ولتاژ کاری تراشه پردازنده است. این راه حل، هم باعث کاهش دمای ایجاد شده به وسیله تراشه می شود و هم باعث کاهش مقدار انرژی مصرفی می شود. به همین دلیل تراشه ی DX۴ ۴۸۶ طوری طراحی شده است که می تواند با سطح ولتاژ ۳/۳ ولت کار کند.

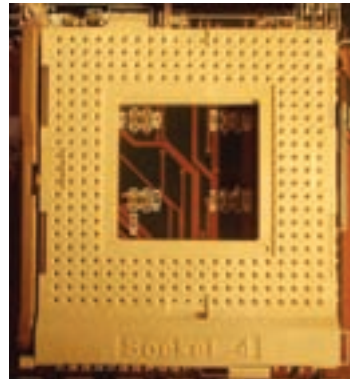
## ۲۱-۳ پردازنده ی پنتیوم (نسل پنجم)

پردازنده ی ۸۰۵۸۶ در سال ۱۹۹۳ به وسیله شرکت اینتل به بازار عرضه شد که به اختصار به آن پنتیوم می گویند. پردازنده ی پنتیوم طی سال های بعد تکامل پیدا کرد. اولین پردازنده ی پنتیوم دارای فرکانس پالس ساعت ۶۶ مگاهرتز بود و تا فرکانس پالس ساعت ۲۳۳ مگاهرتز نیز عرضه شد. پنتیوم دارای ۳/۲ میلیون ترانزیستور و پهنای باند گذرگاه داده ۳۲ بیت در گذرگاه سیستم و در داخل پردازنده به صورت ۶۴ بیتی است. گذرگاه آدرس این پردازنده دارای ۳۲ خط است و می تواند تا ۴ گیگابایت حافظه را آدرس دهی کند. سوکت ۴ در سال ۱۹۹۳ وارد بازار شد که در نهایت برای دو پردازنده ی مدل پنتیوم ۶۰ و پنتیوم ۶۶ مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲۸-۳).

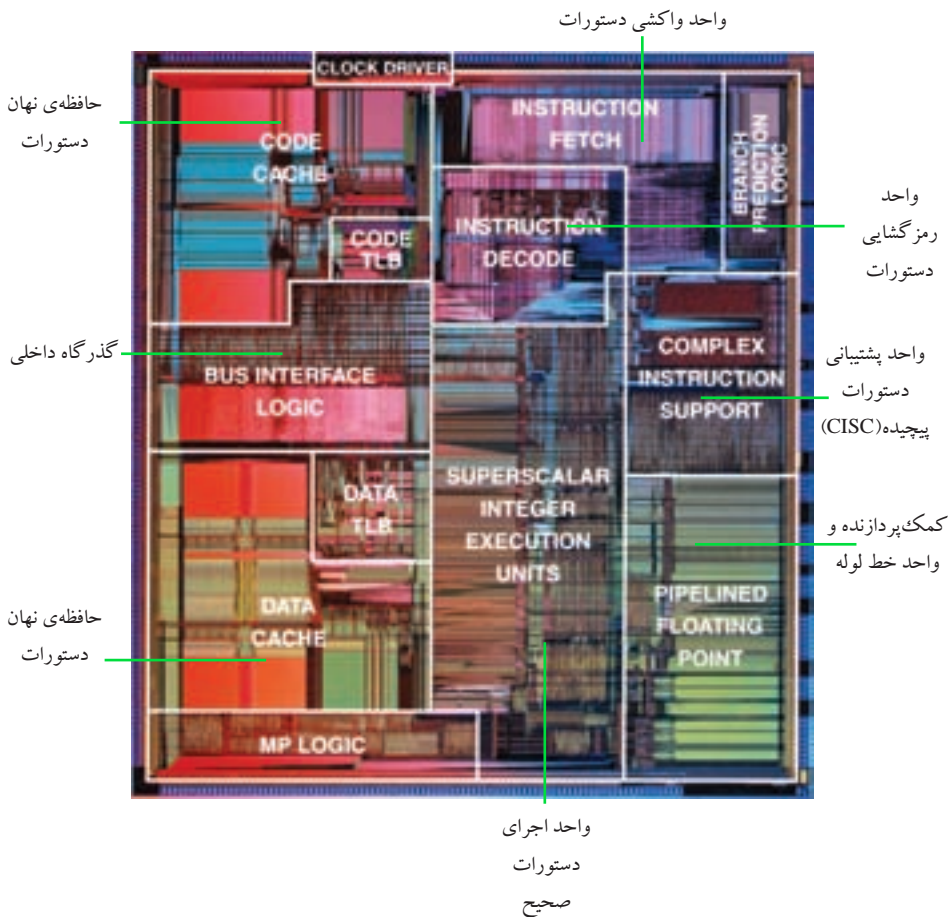
پردازنده ی پنتیوم نیز مانند پردازنده ی ۴۸۶، حافظه ی نهان سطح یک بین حافظه ی نهان خارجی سطح دو و ثبات های پردازنده قرار دارد. با این تفاوت که در پردازنده ی پنتیوم مقدار ۱۶ کیلو بایت حافظه ی نهان داخلی سطح یک را به دو بخش ۸ کیلو بایتی تقسیم می کنند. تقسیم حافظه ی نهان سطح یک به دو بخش مساوی برای نگهداری داده ها و دستورالعمل ها، به دلیل پردازش موازی صورت می گیرد. در واقع می توان گفت که حافظه ی نهان داده و دستورالعمل، به صورت جداگانه وجود دارد (شکل ۲۹-۳). پردازنده ی پنتیوم ۷۵ و سوکت شماره ی ۵ آن را در شکل ۳۰-۳ مشاهده کنید.

### بیشتر بدانید

پردازنده ی پنتیوم بعد از تولید انبوه به دلیل داشتن اشکال محاسباتی در بخش ممیز شناور، در دسرهای زیادی را برای شرکت اینتل به وجود آورد.

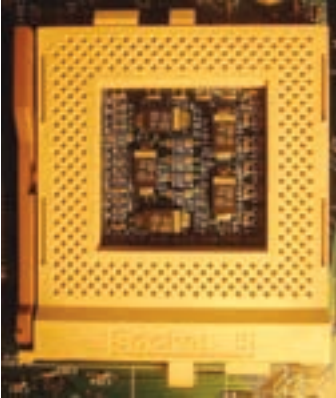


شکل ۲۸-۳ پردازنده‌ی ۸۰۵۸۶ معروف به پنتیوم محصول شرکت اینتل با فرکانس پالس ساعت ۶۶ مگاهرتز و سوکت شماره‌ی ۴



شکل ۲۹-۳ نمای داخلی پردازنده‌ی پنتیوم محصول اینتل در سال ۱۹۹۳





شکل ۳۰-۳ پردازنده ی پنتیوم ۷۵ و سوکت شماره ی ۵

شرکت اینتل بعد از پردازنده ی پنتیوم ۱۳۳ مگاهرتزی، برای اندازه گیری سرعت پردازنده های خود از معیار میلیون دستور در ثانیه یا MIPS استفاده نکرد. البته باید گفت که واحدهای سرعت پالس ساعت و MIPS که قبلاً توضیح داده شدند، سرعت عملکرد پردازنده را به صورت مناسب برآورد نمی کنند. به همین دلیل شرکت اینتل پس از ارایه ی پردازنده ی پنتیوم ۱۳۳ مگاهرتزی، اندازه گیری سرعت پردازنده های خود را با استفاده از MIPS متوقف کرد.

برای ارایه ی واحدهای بهتر و قابل قبول برای کاربران، شرکت اینتل از سال ۱۹۹۲ واحد iCOMP را برای اندازه گیری سرعت پردازنده های خود معرفی کرد. جدول ۳-۳ را مشاهده کنید.

### بیشتر بدانید

نام گذاری پردازنده ی پنتیوم که شروع نسل پنجم پردازنده هاست، ساختار نام گذاری به صورت شماره ای پردازنده ها را برهم زد. شرکت های معتبر سازنده ی پردازنده مانند Intel ، IBM ، Cyrix ، AMD ، .... تا قبل از پردازنده ی پنتیوم محصولات خود را براساس شماره مانند x86 نام گذاری می کردند. اما بعد از پنتیوم هر شرکت برای محصولات خود از نام خاصی استفاده می کند.

### بیشتر بدانید

در روش اندازه گیری iCOMP، یک عدد که نتیجه ی آزمایشات گوناگون پردازنده با استفاده از روش های مختلف است به وسیله ی شرکت تولید کننده ارایه می شود. بهترین ویژگی شیوه ی اندازه گیری iCOMP این است که می توان آن را برای مقایسه ی پردازنده های مختلف به کار برد.

جدول ۳-۳ سرعت چند پردازنده‌ی شرکت اینتل بر حسب iCOMP

سرعت عملکرد براساس iCOMP	پردازنده و فرکانس پالس ساعت آن
۳۰۳	پنتیوم II، ۲۶۶ مگاهرتز
۲۶۷	پنتیوم II، ۲۳۳ مگاهرتز
۲۲۰	پنتیوم پرو، ۲۰۰ مگاهرتز
۱۹۷	پنتیوم پرو، ۱۸۰ مگاهرتز
۱۶۸	پنتیوم پرو، ۱۵۰ مگاهرتز
۱۴۲	پنتیوم، ۲۰۰ مگاهرتز
۱۲۷	پنتیوم، ۱۶۶ مگاهرتز
۱۱۴	پنتیوم، ۱۵۰ مگاهرتز
۱۱۱	پنتیوم، ۱۳۳ مگاهرتز
۱۰۰	پنتیوم، ۱۲۰ مگاهرتز
۹۰	پنتیوم، ۱۰۰ مگاهرتز

ولتاژ کاری پردازنده‌ی پنتیوم با فرکانس ۶۶ مگاهرتز، ۵ ولت بود اما در ادامه ولتاژ کاری پردازنده‌های دیگر پنتیوم تا فرکانس ۲۰۰ مگاهرتز، ولتاژ ۳/۳ تا ۳/۵ ولت است.

### پژوهش

در جدول فوق به واحد iCOMP مربوط به پردازنده‌های پنتیوم پرو و پنتیوم، با فرکانس پالس ساعت ۲۰۰ مگاهرتز توجه کنید. دلیل‌های اختلاف این واحد با توجه به فرکانس پالس ساعت یکسان را بررسی و در کلاس ارایه نمایید.

### بیشتر بدانید

شرکت AMD، پردازنده‌ی AMD K5 را هم‌زمان با پردازنده‌ی پنتیوم به بازار معرفی کرد و شرکت Cyrix نیز پردازنده‌ی 6x86 را عرضه کرد.

## ۲-۳ پردازنده‌ی پنتیوم MMX (نسل پنجم)

طی سال‌هایی که پنتیوم عرضه شد، نرم‌افزارهای چند رسانه‌ای، انیمیشن‌ها و بازی‌های رایانه‌ای رشد چشم‌گیری داشتند. این مجموعه نرم‌افزارها که مبتنی بر گرافیک هستند، دارای حجم اطلاعات بالایی جهت پردازش هستند. با وجود این که پردازنده‌ی پنتیوم سرعت بسیار بالایی در انجام عملیات داشت ولی نیازهای نرم‌افزارهای گرافیکی را به خوبی برآورده نمی‌کرد. برای

برطرف کردن این مشکل در پردازنده‌های پنتیوم، تلاش شد تا مجموعه دستورهای جدیدی به پردازنده‌های پنتیوم اضافه شود که این مجموعه دستورها<sup>۱</sup> MMX نامیده شدند. مجموعه دستورهای MMX برای پردازش سریع تر صدا و تصویر به مجموعه دستورالعمل‌های پردازنده ی پنتیوم اضافه شد.

دستورالعمل‌های MMX یک سری دستورالعمل توسعه یافته‌ای از دستورالعمل‌های عادی هستند که به صورت مدارهای منطقی به ساختار پردازنده اضافه شدند. در حقیقت با اجرای یکی از این دستورالعمل‌ها، چندین دستورالعمل عادی انجام می‌شود. مجموعه دستورهای MMX، ۵۷ دستورالعمل هستند که تراشه‌ی مجهز به این دستورها، در جهت توسعه‌ی کاربردهای چند رسانه‌ای، نقش مؤثری دارد.

پردازنده‌های پنتیوم MMX مانند پردازنده‌های پنتیوم دارای پهنای باند گذرگاه داده‌ی ۶۴ بیتی و گذرگاه آدرس ۳۲ بیتی هستند و با فرکانس پالس ساعت ۱۶۶، ۲۰۰ و ۲۳۳ مگاهرتز عرضه شدند. علاوه بر مجموعه دستورهای MMX که شامل ۵۷ دستور چند رسانه‌ای است، این پردازنده‌ها حافظه‌ی نهان ۳۲ کیلوبایتی (۱۶ × ۲ کیلوبایت) داخلی سطح یک و توان پشتیبانی را از حافظه‌ی نهان سطح دو روی برد اصلی تا یک مگابایت دارند.

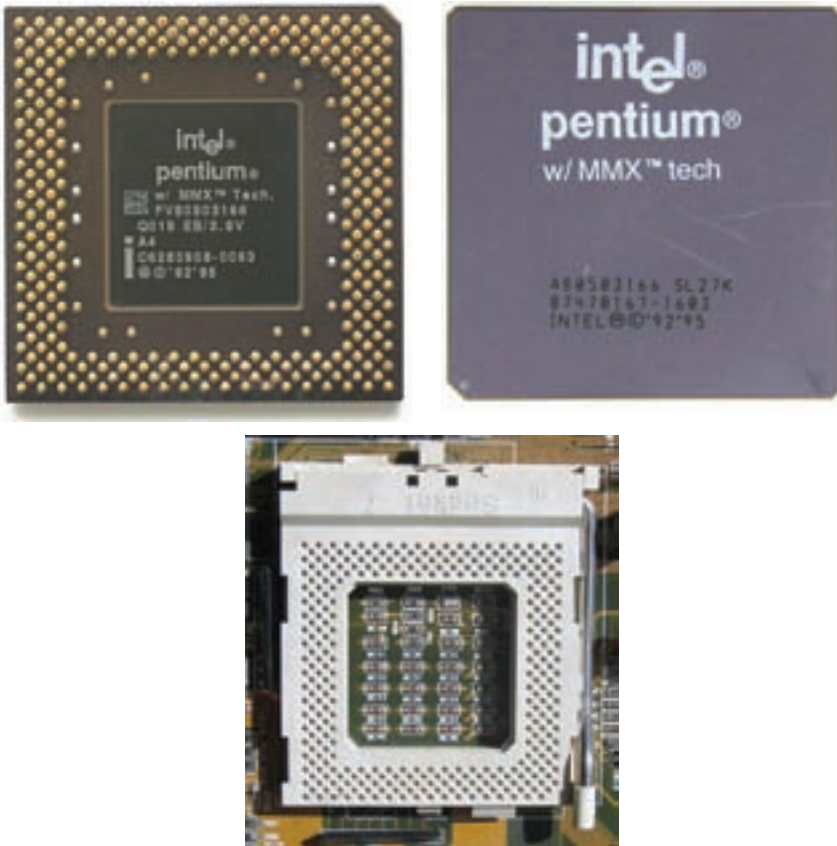
سوکت هفت برای پردازنده‌ی پنتیوم MMX ۱۶۶، عرضه شد که به برد اصلی با دو ولتاژ (۲/۷ و ۳/۳ ولت) برای هسته و بخش‌های دیگر پردازنده احتیاج دارد (شکل ۳۱-۳).

در همین زمان ساختار شکل ATX طراحی و به بازار معرفی شد. در این ساختار جدید یک منبع تغذیه جدید طراحی شد که به رایانه این امکان را می‌دهد تا وارد وضعیت انتظار (Standby) شود و یا به وسیله‌ی یک نرم‌افزار خاموش یا روشن شود. در آن زمان، حافظه هنوز از نظر سرعت انتقال داده‌ها کند بود و همچنین از نظر قیمت گران بود. به همین دلیل اینتل امکان دسترسی مستقیم کارت گرافیک به حافظه‌ی اصلی را فراهم ساخت. همان‌گونه که در بخش برد اصلی اشاره شد، به امکان ارتباط مستقیم کارت گرافیک به حافظه<sup>۲</sup> DMA گفته می‌شود.

### بیشتر بدانید

شرکت AMD، پردازنده‌های AMD K6, K6-2, K6-3 را هم‌زمان با پردازنده‌ی پنتیوم MMX به بازار معرفی کرد و شرکت Cyrix نیز پردازنده‌های 6x86 MX/MII را معرفی کرد. شرکت Cyrix به علت کیفیت کاری پایین محصولات خود، نتوانست در بازار شهرت چندانی به دست آورد.





شکل ۳-۳۱ نماهای جلو و پشت پردازنده‌ی پنتیوم MMX ۱۶۶ و سوکت شماره‌ی ۷

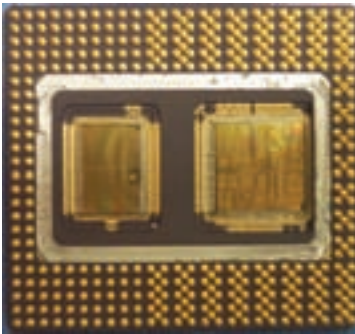
### ۳-۲۳ پردازنده‌ی پنتیوم پرو (نسل ششم)

در سال ۱۹۹۵ شرکت اینتل پردازنده‌ی بعدی خود را به نام پنتیوم پرو عرضه کرد. این پردازنده ۵/۵ میلیون ترانزیستور دارد. فرکانس پالس ساعت مدل‌های مختلف آن ۱۵۰ تا ۲۰۰ مگاهرتز هستند. پهنای باند گذرگاه داده ۶۴ بیتی و گذرگاه آدرس ۳۲ بیتی می‌باشد (شکل ۳-۳۲).

#### نکته

فرکانس پالس ساعت گذرگاه‌ی سیستم FSB، ۶۶ مگاهرتز است و فرکانس داخلی مدل‌های مختلف پردازنده مضرّبی از آن هستند.

$$۱۵۰ = (۶۰ \times ۲/۵) ، ۱۶۶ = (۶۶ \times ۲/۵) ، ۱۸۰ = (۶۶ \times ۳) ، ۲۰۰ = (۶۶ \times ۳/۳)$$



شکل ۳-۲۲ جلو و پشت پردازنده ی پنتیوم پرو با فرکانس ۲۰۰ مگاهرتز

### تحقیق

با توجه به مطالب ارایه شده در بخش حافظه ها و قسمت حافظه ی مجازی، بررسی کنید که پردازنده ها از چه نسلی قابلیت پشتیبانی از حافظه های مجازی و تا چه مقدار را به دست آوردند.

### نکته

پردازنده های پنتیوم پرو از ویژگی مجموعه دستورهای MMX پشتیبانی نمی کنند.

در این پردازنده مقدار حافظه ی نهان سطح یک، ۳۲ کیلوبایت است که به صورت دو حافظه ی مجزای ۱۶ کیلوبایتی وجود دارد. یکی از ویژگی های مهم پردازنده ی پنتیوم پرو این است که برای اولین بار حافظه ی نهان سطح دو از روی برد اصلی به داخل پردازنده انتقال یافت و این خصوصیت در پردازنده های بعدی نیز ادامه پیدا کرد. ولتاژکاری پردازنده ی پنتیوم پرو ۳/۱ یا ۳/۳ ولت است.

### ۳-۲۴ پردازنده ی پنتیوم II (نسل ششم)

در سال ۱۹۹۷ شرکت اینتل پردازنده ی جدید خود را به نام پنتیوم II به بازار عرضه کرد (شکل ۳-۳۳). این پردازنده ۷/۵ میلیون ترانزیستور، پهنای باند گذرگاه داده ۶۴ بیتی و گذرگاه آدرس ۳۲ بیتی دارد. این پردازنده به دلیل افزایش توانمندی برای ارتقای فرکانس پالس ساعت پردازنده، دارای فرکانس های زیادی است که از آن جمله می توان به ۲۳۳، ۲۶۶، ۳۰۰، ۳۰۰، ۶۰۰، ۶۳۳، ۸۰۰، ۸۵۰، ۹۰۰، ۹۵۰ و ۱۰۰۰ مگاهرتز اشاره کرد. ولتاژکاری این پردازنده با توجه به افزایش تعداد ترانزیستورها، ۲ تا ۲/۸ ولت تعیین شده است.



شکل ۳۲-۳ پشت و جلو پردازنده‌ی پنتیوم II با دو تراشه‌ی حافظه‌ی نهان و به صورت شکاف ۱

پردازنده‌ی پنتیوم II مانند پنتیوم پرو، از روش اجرای پویا استفاده می‌کند. روش اجرای پویا به پردازنده اجازه می‌دهد، دستورالعمل‌های بعدی را پیش‌بینی کرده و در نتیجه دستورهای بعدی را برای اجرای سریع‌تر فراخوانی کند. این فناوری باعث می‌شود که دستورالعمل‌ها با سریع‌ترین سرعت ممکن، اجرا شوند.

مهم‌ترین ویژگی تأثیرگذار بر مدل‌های مختلف این پردازنده حافظه‌ی نهان در دو سطح یک و دو است. همه‌ی این پردازنده‌ها دارای حافظه‌ی نهان سطح یک ۳۲ کیلوبایتی به صورت دو حافظه‌ی ۱۶ بایتی هستند. برای حافظه‌ی نهان سطح دو پردازنده‌ی پنتیوم II را به سه دسته تقسیم می‌کنند.

### بیشتر بدانید

همواره درباره‌ی عملکرد مناسب شکاف ۱ اختلاف نظر وجود داشت، به خصوص زمانی که حافظه نهان سطح دو در هسته‌ی پردازنده قرار گرفت، این اختلاف نظرها درباره‌ی پردازنده‌های شکاف ۱ و مزایای آن بیشتر شد و در نهایت به بازگشت شرکت اینتل به ساخت پردازنده‌ها به شکل مربعی منتهی شد.

الف) پنتیوم II، دارای حافظه ی نهان سطح دو به مقدار ۵۱۲ کیلوبایت است. این حافظه به همراه پردازنده روی یک برد مدار چاپی عرضه و قابل نصب در شکاف های مخصوص به نام Slot1 می باشد. به این پردازنده ی پنتیوم II با حافظه ی نهان کامل (فول کش<sup>۱</sup>) گفته می شود.

ب) پنتیوم II با ویژگی حافظه ی نهان نیمه (هاف کش<sup>۲</sup>)، دارای حافظه ی نهان سطح دو به مقدار ۲۵۶ کیلوبایت است. به این پردازنده ی پنتیوم II نیم کش گفته می شود

ج) پنتیوم II سلرون<sup>۳</sup> این نوع پردازنده ی پنتیوم II خود دو نوع است:

- به طور کلی حافظه ی نهان سطح دو ندارد و به این نوع پردازنده ی پنتیوم II کلاس B گفته می شود.

- مقدار ۱۲۸ کیلوبایت حافظه ی نهان سطح دو دارد و به این نوع پردازنده ی پنتیوم II کلاس A یا سلرون گفته می شود.

اینتل با عرضه ی پنتیوم II تاریخچه ی سوکت ۷ را با پردازنده ی پنتیوم MMX<sup>۴</sup> ۲۳۳ به اتمام رساند، و از آن به بعد از شکاف ۱ (Slot1) برای پردازنده های خود استفاده می کرد، یکی از نکته های متفاوتی که در پردازنده های شکاف ۱ دیده شد این بود که حافظه ی نهان سطح دو از روی برد اصلی برداشته شده و روی کارت پردازنده (نه داخل پردازنده) قرار گرفت.

در مورد پردازنده های سلرون باید گفت که شرکت اینتل برای کاهش قیمت تمام شده و رقابت با شرکت هایی رقیب مانند AMD، حافظه ی نهان سطح ۲ را از پنتیوم II حذف کرد، همچنین در این نوع پردازنده، قالب پلاستیکی پنتیوم II نیز برداشته شده و پردازنده در نهایت سادگی بر روی مدار شکاف ۱ قرار گرفت. در حقیقت شرکت اینتل با این بازگشت به نوع سوکت های متعارف و طراحی تراشه در قالب کلاسیک آن، به نوعی شکست خود را در طراحی پردازنده هایی با ساختار جدید شکاف ۱، پذیرفت و از انحصاری که در مورد شکاف ویژه ی آن ایجاد کرده بود، نه تنها سودی نبرد بلکه بیشتر کاربران از شکاف ۱ به علت قیمتش استقبال نکردند به همین دلیل طراحی تراشه های پردازنده در قالب یک سیلیکون مربع شکل را احیا نمود و در سال ۱۹۹۸ فناوری جدید سوکت ۳۷۰ در دو حالت مختلف PPGA<sup>۴</sup> و FC-PGA<sup>۵</sup> عرضه شد (شکل ۳۴-۳).

1. Full Cache

2. Half Cache

3. Celeron

4. Plastic Pin Grid Array

5. Flip Chip Pin Grid Array



شکل ۳-۳۴ پردازنده‌ی سلرون و سوکت ۳۷۰ PGA

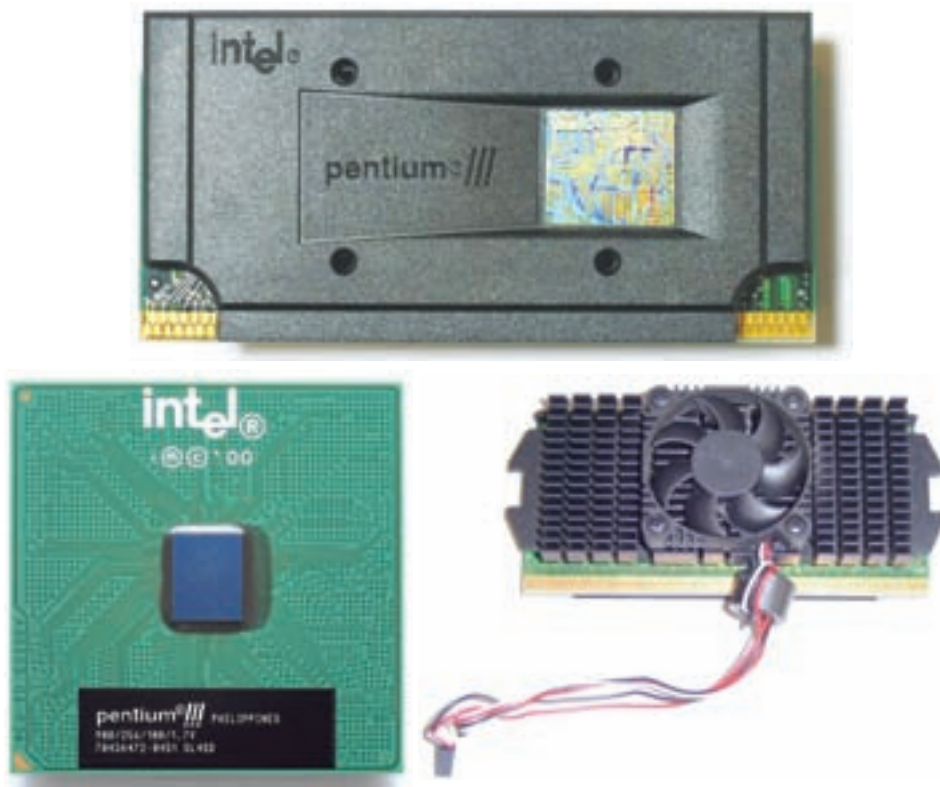
حذف حافظه‌ی نهان سطح دوم، به طور محسوسی کارایی یک پردازنده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شرکت اینتل فقط همین یک‌بار و آن هم در پردازنده‌ی پنتیوم II کلاس B سلرون، از این نوع حافظه استفاده نکرد.

#### نکته

یک نوع از پردازنده‌های سلرون که دارای ۱۲۸ کیلوبایت حافظه‌ی نهان سطح دو است به جای استفاده از مجموعه دستورهای MMX از یک مجموعه دستورهای جدید (Streaming SIMD (Single Instruction/Multiple Data) Extension) SSE استفاده می‌کند. مجموعه دستورهای SSE علاوه بر دستورالعمل‌های MMX دارای ۷۰ دستور دیگر برای پردازش صدا و گرافیک است و مانند MMX برای بهبود بخشیدن به برنامه‌های چند رسانه‌ای و سه بعدی که برای استفاده از این قابلیت جدید طراحی شده بودند، به وجود آمده بود. به همین علت این مجموعه MMX2 نیز نامیده شد.

### ۲۵-۳ پردازنده‌ی پنتیوم III (نسل ششم)

در سال ۱۹۹۹ شرکت اینتل توانست پردازنده‌ی جدید خود را به نام پنتیوم III با فناوری SSE به بازار عرضه کند. این پردازنده ابتدا دارای ۷/۵ میلیون ترانزیستور بود و در نسخه‌های آخر خود ۱۴۰ میلیون ترانزیستور دارد. همچنین دارای پهنای باند گذرگاه داده ۶۴ بیتی و گذرگاه آدرس ۳۲ بیتی است. نسخه‌ی ابتدایی این پردازنده فرکانس پالس ساعت ۴۵۰ مگاهرتزی دارد که تا



شکل ۳-۳۵ پردازنده ی پنتیوم III با ساختار شکاف ۱ (بالا)، پروانه ی خنک کننده ی آن و پنتیوم III با شکل کلاسیک (پایین)

۱/۴ گیگاهرتز نیز افزایش یافت. ولتاژ کاری این پردازنده با توجه به افزایش تعداد ترانزیستورها، ۱/۸ تا ۲/۸ ولت تعیین شده است (شکل ۳-۳۵).

پردازنده های تعبیه شده روی شکاف ۱ و همچنین سوکت ۳۷۰ برای یک دوره ی طولانی مدت ساخته و فروخته شد. اما بعد از پیدایش پنتیوم III با سرعت یک گیگاهرتز به بالا دیگر استفاده از شکاف ۱ خاتمه یافت.

### تحقیق

مانند پردازنده های پنتیوم II با توجه به ویژگی های هر نسخه از پردازنده ی PIII، برای آن ها نام های خاصی هم در نظر گرفته اند که عبارت اند از: PIII-E، PIII-Xeon، PIII-E-Xeon. در مورد ویژگی های هر کدام از پردازنده های PIII بررسی کنید و نتیجه را در کلاس ارایه نمایید.

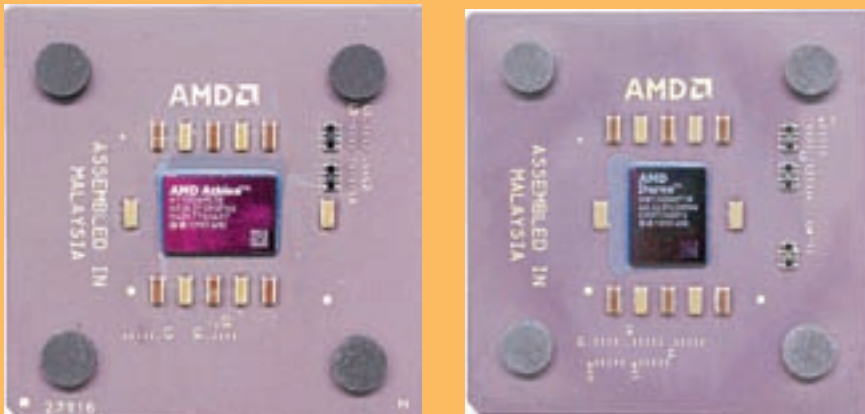


**نکته**

بیشتر فروشندگان و کاربران به پردازنده‌های دارای حافظه‌ی نهان سطح دو با مقدار ۵۱۲ کیلوبایت Full Cache و به پردازنده‌های دارای حافظه‌ی نهان سطح دو با مقدار ۲۵۶ کیلوبایت Half Cache و به پردازنده‌های دارای حافظه‌ی نهان سطح دو با مقدار ۱۲۸ کیلوبایت سلرون می‌گویند.

**بیشتر بدانید**

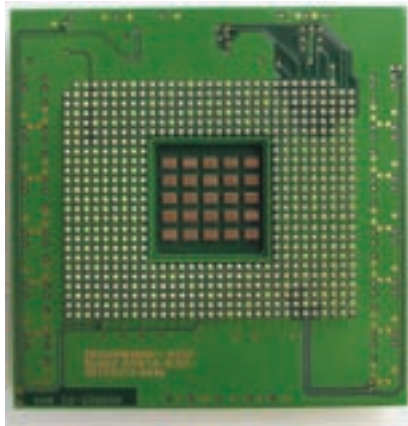
شرکت AMD، پردازنده‌های AMD Athlon و AMD Duron را هم‌زمان با پردازنده‌ی پنتیوم III اینتل به بازار معرفی کرد (شکل ۳-۳۶).



شکل ۳-۳۶ پردازنده‌ی AMD Athlon در سمت چپ و پردازنده‌ی AMD Duron در سمت راست

**۳-۲۶ پردازنده‌ی پنتیوم IV (نسل هفتم)**

در سال ۲۰۰۰ شرکت اینتل نسل هفتم پردازنده‌های خود را به نام پنتیوم IV به بازار عرضه کرد. این پردازنده حداقل دارای ۴۲ میلیون ترانزیستور است و در نسخه‌های دیگر با توجه به مقدار حافظه‌ی نهان درون پردازنده تعداد ترانزیستورها متفاوت است. همچنین دارای پهنای باند گذرگاه داده ۶۴ بیتی و گذرگاه آدرس ۳۲ بیتی است. ولتاژ کاری این پردازنده با وجود افزایش تعداد ترانزیستورها، ۱٫۷ ولت است (شکل ۳-۳۷).



شکل ۳-۳۷ پنتیوم IV

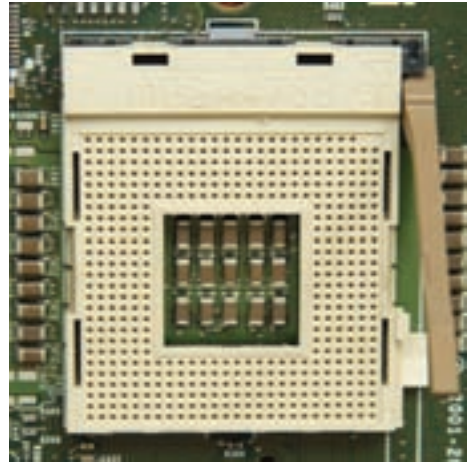
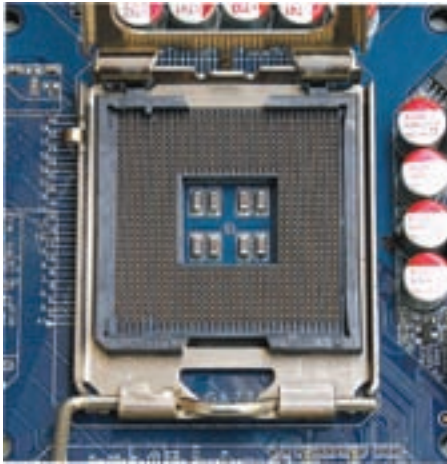
برترین ویژگی پردازنده ی پنتیوم IV افزایش سرعت انتقال داده در گذرگاه سیستم است. در حقیقت این گذرگاه در پردازنده های پنتیوم IV گذرگاهی چهار کاناله است که مانند چهار گذرگاه سیستم عمل می کنند. به همین دلیل در هر سیکل ساعت به میزان چهار برابر، داده ها را منتقل می کند. می توان گفت برای فرکانس پالس ساعت ۱۳۳، ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز مانند یک گذرگاه سیستم با فرکانس پالس ساعت  $(4 \times 100 = 400)$ ،  $(4 \times 133 = 532)$ ، و  $(4 \times 200 = 800)$  مگاهرتز عمل می کند.

استفاده از حافظه ی نهان در پردازنده های پنتیوم IV با پردازنده های قبلی شرکت اینتل متفاوت است. در این پردازنده ها مقدار حافظه ی نهان سطح یک ۲۰ کیلوبایت و به صورت ۱۲ کیلوبایت برای دستورالعمل و ۸ کیلوبایت برای داده هاست. حافظه ی نهان سطح دو نیز حداقل ۲۵۶ کیلوبایت است.

این پردازنده علاوه بر پشتیبانی از مجموعه دستورهای MMX و SSE می تواند از مجموعه دستورهای جدید SSE2 که شامل ۱۴۴ دستورالعمل جدید است نیز استفاده کند.

پردازنده ی پنتیوم IV روی سوکت ۴۲۳ وارد بازار گردید. سوکت ۴۷۸ هم زمان با پردازنده ی پنتیوم IV با هسته Northwood و همچنین حافظه ی نهان سطح دو با ظرفیت ۵۱۲ کیلو بایت یعنی دو برابر مدل قبلی وارد بازار شد. اینتل در مسیر حرکت از سوکت ۴۷۸ به سوکت LGAVV5، گام بزرگی را برداشت. در پردازنده های LGA برخلاف پردازنده های دیگر، پین وجود ندارد و به جای آن در زیر پردازنده سوراخ هایی تعبیه شده است که پین های روی سوکت LGA در برد اصلی داخل آن ها فرو می رود. سوکت های LGA براساس تعداد پایه های خود شماره گذاری می شوند و به همان نام هم شناخته می شوند (شکل ۳-۳۸). (۳)



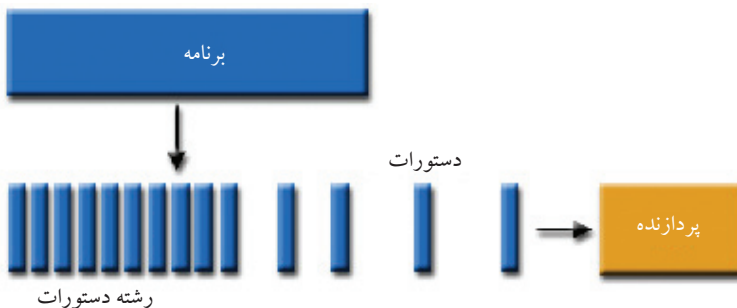


شکل ۲۸-۳ سوکت ۴۷۸ و سوکت LGA ۷۷۵

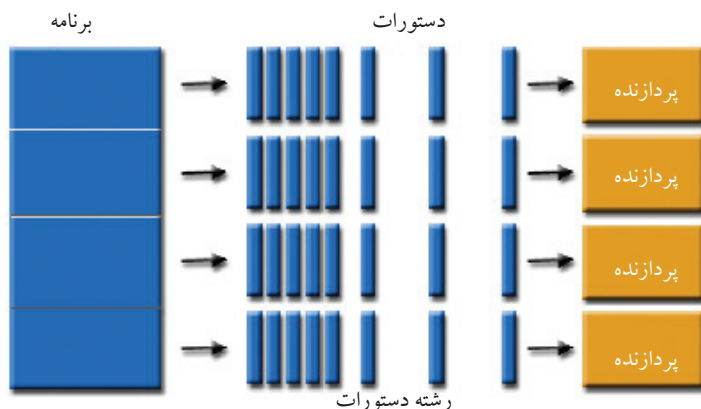
## ۲۷-۳ فناوری پردازش Hyper-Threading

از ویژگی‌های پردازنده‌ی پنتیوم IV که در موفقیت و ماندگاری آن نقش فراوان داشت فناوری Hyper-piplined است.

هسته‌ی پردازنده‌ی پنتیوم IV در هر لحظه تنها قادر به پردازش یک دستورالعمل می‌باشد (شکل ۳۹-۳). این در حالی هست که دستورالعمل ممکن است به همی توان پردازنده نیازی نداشته باشد، بنابراین بخشی از منابع سیستم بیکار می‌ماند، شرکت اینتل برای حل این مسئله فناوری Hyper-Threading را اولین بار در تراشه‌ی پنتیوم IV با سرعت پردازش ۳/۶۰ گیگاهرتز معرفی نمود. این تکنولوژی با استفاده از نظریه‌ی پردازش موازی قادر بود منابع پردازنده را دسته‌بندی کند تا امکان پردازش چند دستورالعمل به صورت هم‌زمان پدید آید یا به نوعی این توانمندی شبیه‌سازی شود. با وجود این فناوری هسته‌ی پردازنده به صورت دو هسته‌ی مجازی به وسیله‌ی سیستم عامل شناسایی می‌شود.



شکل ۳۹-۳ پردازنده با یک هسته و یک Thread

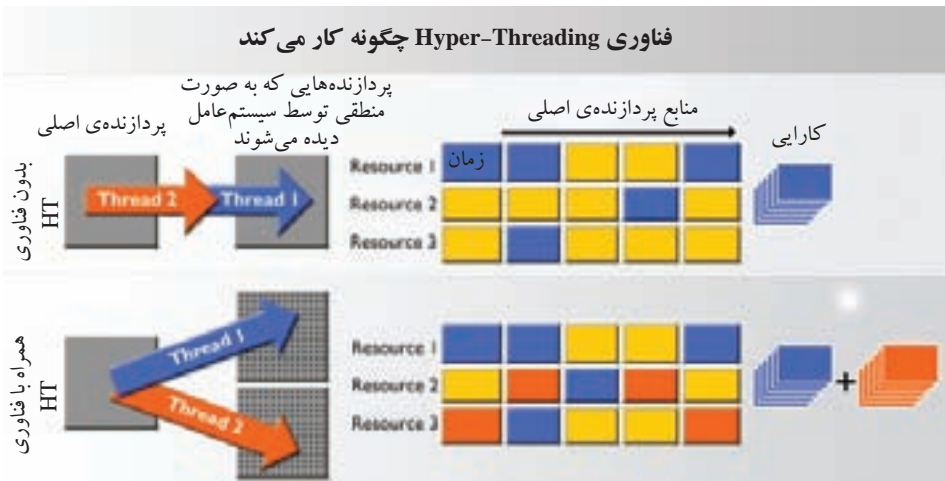


شکل ۴۰-۳ پردازنده با دو هسته و چهار Thread، با استفاده از فناوری Hyper-Threading

به عنوان مثال، پس از تغییرات اعمال شده روی یک تصویر در نرم‌افزارهای گرافیکی تحت پردازنده‌هایی که Hyper-Threading را پشتیبانی می‌کنند، به این صورت عمل می‌شود که رشته‌ی ۱ (Thread1) برای نمایش تصویر جدید و هم‌زمان با آن رشته‌ی ۲ (Thread2) برای نوشتن تصویر جدید (با تغییرات جدید) در حافظه استفاده می‌گردد (شکل ۴۰-۳).

در مجموع این فناوری باعث گردید که سیستم‌عامل، یک پردازنده‌ی تک هسته‌ای را دو پردازنده‌ی مجزا یا یک پردازنده‌ی دو هسته‌ای در نظر بگیرد. زمانی که این فناوری فعال باشد، داده‌های بیشتری برای پردازش به هسته ارسال می‌شود و سیستم در کاربردهای چند وظیفه‌ای (Multitasking) عملکرد بهتری ارائه خواهد کرد. این فناوری زمانی تأثیرگذار است که کاربر از چند برنامه‌ی کاربردی یا از برنامه‌های پشتیبانی از Hyper-Threading مانند Adobe Photoshop و Premiere استفاده کند. به دلیل این که پردازنده در اصل دارای یک هسته بیشتر نبود، هرگز کارایی که انتظار می‌رفت به وسیله‌ی Hyper-Threading برآورده نشد. هر چند این تکنولوژی وظیفه‌اش را خوب انجام می‌داد و برنامه‌های کاربردی که با این فناوری سازگار شده بودند کارایی فراتر از انتظاری داشتند، اما مشکل اینجا بود که بسیاری از برنامه‌های کاربردی در زمان رایجی Hyper-Threading برای این فناوری نوشته نشده بودند و با آن ارتباط مناسبی نداشتند، که سبب گردید این فناوری کارایی لازم را نداشته باشد.

بعد از این اتفاقات، شرکت اینتل فناوری Hyper-Threading را در زمان عرضه‌ی خانواده‌ی دو هسته‌ای Core 2 کنار گذاشت، اما با گذر از آن دوران شرکت اینتل به علت پایین بودن هزینه‌ها و همین‌طور تغییر کردن روش‌های کدنویسی برنامه‌های کاربردی و دستیابی به ظرفیت بسیار بالاتر حافظه‌ی نهان، برای کارایی بیشتر و بهتر پردازنده، مجدداً Hyper-Threading را در خانواده‌ی چند هسته‌ای Core i به کار گرفته است.



همان گونه که در شکل ۴۱-۳ مشاهده می‌کنید خانه‌های آبی رنگ مربوط به زمان‌هایی است که Thread 1 از منابع مختلف پردازنده استفاده می‌کند و رنگ نارنجی مربوط به زمان‌های مورد استفاده Thread 2 است. در صورتی که سیستم از فناوری HT استفاده نکند، همان گونه که در بالای تصویر می‌بینید منابع پردازنده زمان زیادی (خانه‌های زرد رنگ) را بیکار می‌ماند (ده خانه‌ی زرد رنگ). در حالی که اگر سیستم از فناوری HT استفاده کند، همان گونه که در پایین تصویر می‌بینید Thread ها منابع پردازنده را بیشتر به کار می‌گیرند و این منابع زمان کمتری (خانه‌های زرد) را بیکار می‌ماند (شش خانه‌ی زرد رنگ).

با استفاده از این فناوری می‌توان کارایی بین ۱۰ تا ۳۰ درصد بیشتر و بهتر را تجربه کرد. از آنجایی که هنوز بسیاری از کاربران به دلیل تجربه‌ی شکست این فناوری تمایلی به استفاده از آن ندارند، به همین دلیل آن را به گونه‌ای عرضه کرده‌اند که کاربران در صورت عدم تمایل به استفاده از آن، قادر باشد تا از طریق منوهای بایاس، این قابلیت را غیر فعال نمایند.

### تحقیق

در تولید پردازنده‌های نسل بعد از پنتیوم IV (نسل هشتم) به دلیل استفاده از ده‌ها میلیون ترانزیستور در یک تراشه، طراحان به فکر تغییر ساختار پردازنده شدند که منجر به طراحی IA-64 و پردازنده‌ی ایتانیوم شد. در مورد خصوصیات این پردازنده‌ها تحقیق کرده و آن را در کلاس ارایه نمایید.

یکی از خصوصیات پردازنده‌ی پنتیوم IV توان مصرفی بالای آن است. با توجه به فرکانس پالس ساعت بسیار بالای این پردازنده و پردازش‌های خیلی زیاد و همچنین افزایش تعداد ترانزیستورها، می‌توان نتیجه گرفت که توان مصرفی آن زیاد است. حداقل توان مصرفی برای نسخه‌های پردازنده‌ی پنتیوم IV مقدار ۵۰ وات است.

## ۲۸-۳ پردازنده‌های چند هسته‌ای (نسل هشتم)

پردازنده‌های چند هسته‌ای (Multiple Core) شرکت اینتل تاکنون در سه خانواده‌ی مختلف به نام‌های Core i3، Core i5 و Core i7 نام دارند، اواخر ۲۰۰۹ میلادی و اوایل ۲۰۱۰ معرفی شدند. به همین دلیل در این قسمت به بررسی این پردازنده‌ها، مزایا و معایب آن‌ها پرداخته می‌شود.

### ۱-۲۸-۳ پردازنده‌های سری Core 2

پردازنده‌های Core 2 دومین نسل از پردازنده‌های همراه مبتنی بر نام Core هستند. پردازنده‌های این خانواده با دو فناوری ساخت ۴۵ و ۶۵ نانومتر تولید می‌شوند. پردازنده‌های ۶۵ نانومتر در حال حاضر منسوخ شده‌اند و نوت‌بوک‌های بسیار اندکی مبتنی بر آن‌ها در بازار وجود دارد، اما در مقابل بسیاری از نوت‌بوک‌های رایج در بازار اکنون مبتنی بر پردازنده‌های ۴۵ نانومتری هستند. بیشتر پردازنده‌های Core 2 Duo و تمامی پردازنده‌های Core 2 Quad رایج در بازار مبتنی بر این هسته هستند. پردازنده‌های Core 2 فاقد فناوری Hyper-Threading بوده و در نسخه‌های دو و چهار هسته‌ای عرضه می‌شوند. اینتل پردازنده‌های این سری را در چهار سطح ولتاژی مختلف عرضه کرده است. پردازنده‌های ولتاژ معمولی، پردازنده‌ی ولتاژ متوسط<sup>۲</sup>، پردازنده‌های ولتاژ پایین<sup>۳</sup> و پردازنده‌های ولتاژ بسیار پایین<sup>۴</sup>. توان مصرفی این پردازنده‌ها به ترتیب برابر با ۳۵، ۲۵، ۱۷ و ۱۰ وات است.

#### • مزایا

پردازنده‌های خانواده‌ی Core 2 در حال حاضر قیمت‌های مناسب و متنوعی دارند و کاربران با هر میزان هزینه‌ای قادر به تهیه‌ی آن‌ها هستند. با توجه به این که پردازنده‌های این خانواده در ولتاژهای متفاوتی تولید شده‌اند، بنابراین نوت‌بوک‌های کم‌مصرف زیادی را در بازار مبتنی بر آن‌ها می‌توان یافت.

۱. روش تولید و ابعاد ترانزیستور تولید شده را فناوری ساخت می‌نامند.

2. Medium Voltage  
3. Low Voltage  
4. Ultra Low Voltage

## • معایب

پردازنده‌های این خانواده معماری قدیمی دارند و از برخی فناوری‌های جدید پشتیبانی نمی‌کنند. به طور مثال، فناوری‌های Turbo Boost که در ادامه توضیح داده می‌شود و Hyper-Threading از جمله مهم‌ترین فناوری‌هایی هستند که پردازنده‌های این خانواده از آن‌ها پشتیبانی نمی‌کنند. از طرفی دیگر، در صورتی که پردازنده‌های این سری با چیپست‌های مجهز به گرافیک مجتمع اینتل استفاده شوند از نقطه‌نظر گرافیکی نسبت به پردازنده‌های چند هسته‌ای جدید شرکت اینتل، بسیار ضعیف‌تر خواهند بود.

### ۲-۲۸-۳ پردازنده‌های سری Core i7

این خانواده از پردازنده‌های چند هسته‌ای شرکت اینتل در نسخه‌های دو و چهار هسته‌ای با فناوری ساخت ۳۲ و ۴۵ نانومتر عرضه شده‌اند و دارای فناوری‌های Turbo Boost، Hyper-Threading و حافظه‌ی نهان سطح سه اشتراکی هستند. بسیاری از پردازنده‌های این خانواده دارای پردازنده‌ی گرافیکی مجتمع شده می‌باشند. شرکت اینتل پردازنده‌های این سری را در سه سطح ولتاژ عادی، ولتاژ پایین و ولتاژ بسیار پایین عرضه کرده است (شکل‌های ۳-۴۲ و ۳-۴۳).



شکل ۳-۴۲ جلو و پشت پردازنده‌ی Intel core i7-975



شکل ۳-۴۳ نمونه‌ای از سیستم خنک‌کننده‌ی پردازنده‌های core i7

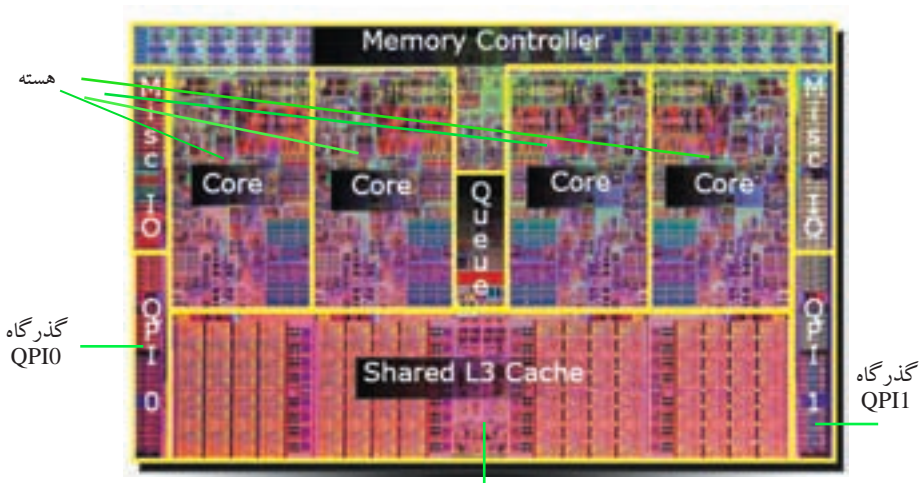
توان مصرفی پردازنده‌های با ولتاژ بسیار پایین حدود ۱۸ وات، ولتاژ پایین حدود ۲۵ وات و ولتاژ عادی ۳۵ یا ۴۵ وات است. پردازنده‌های با ولتاژ بسیار پایین و پایین اغلب در نوت بوک‌های دوازده تا چهارده اینچی مورد استفاده قرار می‌گیرند که وزن آن‌ها به نسبت کم است.

### • مزایا

پردازنده‌های این سری قوی‌ترین پردازنده‌های شرکت اینتل هستند که برای کاربردهای چندوظیفه‌ای طراحی شده‌اند. این پردازنده‌ها برای کاربرانی که قصد ویرایش تصاویر، صدا و ویدئو و اجرای بازی‌های رایانه‌ای پیشرفته را دارند، مناسب است. همچنین پردازنده‌های این سری پاسخ‌گوی نیاز برنامه‌های کاربردی که در آینده معرفی می‌شوند، هستند. پردازنده‌ی Core i7 با ۴ هسته و گذرگاه‌های QPI0 و QPI1 را در شکل ۴۴-۳ مشاهده کنید.

### • معایب

قیمت گران این نوع پردازنده یکی از معایب آن است. در مورد عملکرد آن نیز در ادامه توضیح داده می‌شود.



حافظه‌ی نهان اشتراکی سطح سه

شکل ۴۴-۳ نمای داخلی پردازنده‌های چهار هسته‌ای به همراه حافظه‌ی نهان سطح سه با استفاده از فناوری QPI

### ۲۸-۳-۳ پردازنده‌های سری Core i5

پردازنده‌های این سری، نسخه‌ی ساده‌شده‌ی پردازنده‌های Core i7 هستند. اینتل در حال حاضر چند پردازنده در این سری معرفی کرده که همگی دو هسته‌ای بوده و قابلیت Hyper-Threading





شکل ۳-۴۵ پشت پردازنده‌ی Intel Core i5-750

را دارند. برخی از این پردازنده‌ها همچنین دارای فناوری Turbo Boost و پردازنده‌ی گرافیکی مجتمع<sup>۱</sup> درون پردازنده هستند (شکل ۳-۴۵).

#### • مزایا

یک مدل از Core i5 دارای ولتاژ بسیار پایین است که به دلیل قیمت مناسب در طیف وسیعی از نوت‌بوک‌ها با اندازه، وزن و مصرف توان مختلف عرضه می‌شوند.

#### • معایب

قیمت گران این نوع پردازنده یکی از معایب آن است. در مورد عملکرد آن نیز در ادامه توضیح داده می‌شود.

طراحان پردازنده‌ها برای سال‌های طولانی به منظور افزایش توان پردازشی، از میلیون‌ها ترانزیستور در هر تراشه استفاده می‌کردند. آن‌ها پردازنده‌هایی را تولید کردند که توانایی اجرای چندین پردازش را به طور هم‌زمان دارند. برای مثال، این پردازنده‌ها هم‌زمان با اجرای یک دستورالعمل می‌توانند دستورالعمل دیگری را از حافظه‌ی سیستم استخراج کنند. از طرفی تولیدکنندگان تراشه‌ها به طور دائم سرعت فرکانس ساعت پردازنده‌ها را تا حدی بالا برده بودند که اندازه در حال کاهش ترانزیستورها اجازه می‌داد.

در سال ۲۰۰۳ تولیدکنندگان تراشه متوجه شدند دیگر نمی‌توانند ولتاژ عملیاتی ترانزیستورها را مانند قبل کاهش دهند و در نتیجه نمی‌توانند با همان نرخ کاهش قبلی، اندازه‌ی ترانزیستورها

1. Standy Bridge

را کاهش و سپس سرعت تراشه‌ها را افزایش دهند. این وضعیت به افزایش گرمایی منجر شد که در هر میلی‌متر مربع از سیلیکون تولید می‌شد و برای کاربران به خصوص دارندگان لپ‌تاپ غیر قابل تحمل بود.

در نتیجه، طراحان با مشکلی مواجه شدند که به آن دیوار توان می‌گویند. در واقع حداکثر توان قابل دستیابی برای هر پردازنده، به دلیل افزایش بسیار زیاد گرما با محدودیت چشم‌گیری مواجه شد. در حال حاضر، طراحان این واقعیت را پذیرفته‌اند که با وجود کوچک‌تر شدن ترانزیستورها، امکان افزایش سرعت پردازنده‌ها به واسطه‌ی افزایش تعداد ترانزیستورهای یک تراشه وجود ندارد. به همین دلیل می‌توان گفت که حداکثر سرعت فرکانس ساعت پردازنده‌های امروزی از نمونه‌های تولید شده در چند سال قبل پایین‌تر است. بنابراین، اگر تعداد بسیار زیادی ترانزیستور را درون یک پردازنده‌ی بزرگ قرار دهید، به احتمال زیاد سرعت پردازش آن بیش از یک تراشه‌ی امروزی نخواهد بود. به همین دلیل، رویکرد جدید طراحان را که در آن، ترانزیستورهای جدید را به جای یک پردازنده در چندین هسته‌ی پردازشی نصب می‌کنند، به‌خوبی قابل درک می‌کند. در واقع در پردازنده‌های جدید برای توسعه‌ی پردازنده‌ها، هسته‌های پردازشی جایگزین افزایش ترانزیستورها شده‌اند.

چنین تراشه‌های پیشرفته‌ای به‌منظور تمایز با پردازنده‌های متداول، با عنوان پردازنده‌های چند هسته‌ای و یا زمانی که تعداد هسته‌ها زیاد باشد، پردازنده‌های پرهسته شناخته می‌شوند. از این پس، طراحان تراشه همانند نسل قبل از خود که راه‌هایی را برای به‌کارگیری میلیون‌ها ترانزیستور در یک تراشه ابداع کردند، برای یافتن راه‌حل‌های مناسب به‌منظور گردآوری تعداد زیادی هسته پردازشی درون یک واحد پردازنده تلاش می‌کنند.

این واقعیت مهم که نرم‌افزارهای آینده تنها در صورتی با سرعت بیشتر اجرا می‌شوند که برنامه‌نویسان بتوانند نرم‌افزارهایی با قابلیت اجرای موازی روی پردازنده‌های چند هسته‌ای تولید شده به وسیله‌ی اینتل و سایر تولیدکنندگان تراشه را بنویسند، ممکن است برای کاربران سیستم‌های جدید خوشایند نباشد.

در حال حاضر پردازنده‌های چند هسته‌ای برای موارد خاصی کارایی لازم را دارد. به‌عنوان مثال، می‌توان به بانک‌های اطلاعاتی مورد استفاده برای مدیریت تراکنش‌های دستگاه‌های خودپرداز اشاره کرد یا جست‌وجوی اینترنت که یک مثال دیگر از کاربردهای موازی‌سازی است. همان‌گونه که می‌بینید بیشتر کاربردهای این پردازنده‌های چند هسته‌ای برای سرورها و



انجام امور خاص است.

در واقع می توان گفت، استفاده از موازی سازی در برنامه هایی که تعداد زیادی از کاربران وظایف تقریباً یکسانی را انجام می دهند مانند مثال های بالا، در مقایسه با مواردی که یک کاربر عملیات بسیار پیچیده ای را اجرا می کند، ساده تر است، به همین دلیل در حال حاضر تنها این برنامه ها می توانند از امکانات پردازنده های چند هسته ای استفاده کنند.

یکی دیگر از کاربردهای عملی موازی سازی، ایجاد گرافیک رایانه ای است. فیلم های انیمیشن و فیلم هایی که از جلوه های ویژه رایانه ای بهره می برند، نوعی از موازی سازی را به کار می گیرند که در آن صحنه های مستقل به طور موازی پردازش می شوند. در این برنامه ها، برنامه نویسان از قابلیت موازی سازی برای پردازش هر یک از تصویرها بهره می برند. پردازنده های گرافیکی پیشرفته ای که برای اجرای بازی ها روی رایانه های شخصی به کار گرفته می شوند، گاهی حاوی صدها هسته ای پردازشی دارند که هر یک تنها بخش کوچکی از فرایند ایجاد و بازسازی تصاویر را به انجام می رساند. در یک فناوری جدید شرکت اینتل راه حل جدیدی برای این مشکل ارائه کرده است.

## ۲۹-۳ فناوری Intel Turbo Boost

یکی از ویژگی های بسیار ارزنده ی پردازنده های چند هسته ای Core i شرکت اینتل به خصوص پردازنده های سری Core i5 و Core i7 فناوری Turbo Boost است. برای درک بهتر ویژگی این فناوری دو پردازنده دو هسته ای و چهار هسته ای را که هر دو آن ها دارای توان مصرفی ۹۵ وات هستند، در نظر بگیرید. در پردازنده ی چهار هسته ای این توان بین چهار هسته تقسیم می شود، در حالی که در پردازنده ی دو هسته ای توان بین دو هسته به اشتراک گذاشته می شود. به عبارت ساده تر در پردازنده ی چهار هسته ای، هر هسته ۲۳/۷۵ توان مصرف می کند، در حالی که توان مصرفی هر هسته در پردازنده ی دو هسته ای، ۴۷/۵ وات است. همان گونه که می دانید، توان کمتر موجب می شود تا پردازنده در فرکانس پایین تری کار کند. بنابراین پردازنده های چهار هسته ای فرکانس پایین تری نسبت به پردازنده های دو هسته ای دارند.

به همین دلیل است که پردازنده های چهار هسته ای اینتل نسبت به نسخه های دو هسته ای با فرکانس پایین تری عرضه می شوند. در حقیقت، تعداد هسته های پردازنده و فرکانس ساعت پردازنده با یکدیگر رابطه ی عکس دارند و افزایش یکی به معنای کاهش دیگری است. از طرفی همان طور که گفته شد بسیاری از برنامه های کاربردی امروزی توانایی استفاده از تمام امکانات

پردازنده‌های چند هسته‌ای را ندارند و بیشتر با دو هسته پردازشی اجرا می‌شوند. حال اگر چنین برنامه‌هایی روی یک پردازنده‌ی چهار هسته‌ای اجرا شوند، چه اتفاقی می‌افتد؟ برنامه‌ی کاربردی با توجه به خصوصیت خود تنها از یک یا دو هسته‌ی پردازنده استفاده می‌کند و به این دلیل بخش‌هایی از پردازنده غیرفعال است، در واقع مقدار کمی از ۹۵ وات توان مصرف می‌شود. در صورتی که اگر پردازنده قادر بود چنین وضعیتی را تشخیص دهد و تمامی توان خود را برای همان یک هسته استفاده کند که کار پردازش را انجام می‌دهد، در آن صورت می‌توانست با فرکانس پالس ساعت بالاتری عمل کند. در حقیقت، هنگامی که پردازنده در کاربردهای تک‌منظوری قرار می‌گرفت از تمامی توانش در یک هسته استفاده می‌کرد و فرکانس آن افزایش می‌یافت. اما هنگام استفاده از برنامه‌هایی که به چهار هسته نیاز دارند، فرکانس کاهش پیدا می‌کرد.

فناوری Turbo Boost دقیقاً پاسخی به این نیاز است. پردازنده‌های مبتنی بر این فناوری قادر هستند با توجه به تعداد هسته‌های فعال، فرکانس پردازنده را تغییر دهند. به‌طور مثال، فرکانس پردازنده‌ی Core i7 ۸۷۰ معادل ۲/۹۳ گیگاهرتز است، که با دو هسته‌ی فعال این فرکانس به ۳/۴۶ گیگاهرتز می‌رسد و در وضعیتی که یک هسته آن فعال باشد فرکانس آن ۳/۶۲ گیگاهرتز افزایش می‌یابد. پردازنده‌های سری Core i3 دارای این ویژگی نیستند (شکل ۴۶-۳).

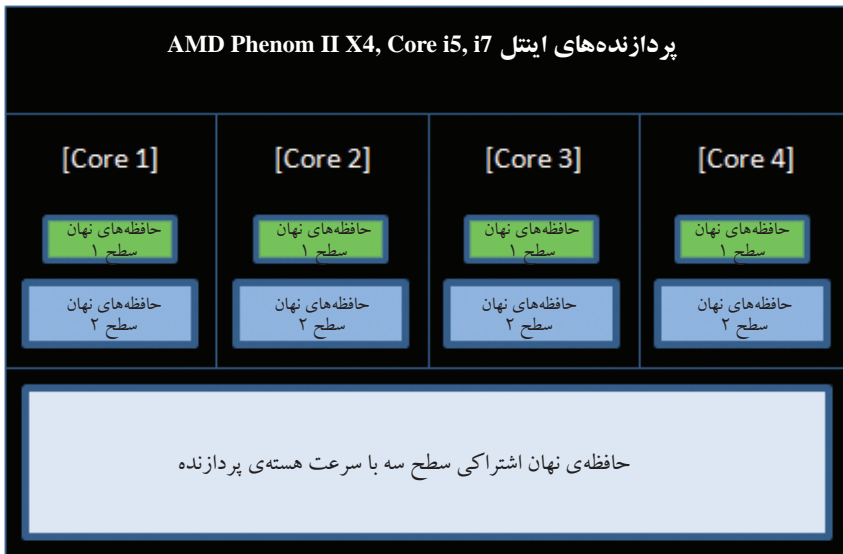


شکل ۴۶-۳ فناوری Turbo Boost در پردازنده‌های چند هسته‌ای سری‌های Core i7 و Core i5

### ۳-۳۰ حافظه‌ی نهان در پردازنده‌های Core i و Core 2

پردازنده‌های Core 2 دارای دو سطح حافظه‌ی نهان هستند. به عبارت ساده‌تر در این پردازنده‌ها هر هسته دارای حافظه‌های نهان سطح یک و سطح دو مستقل است. پردازنده‌های جدید چند هسته‌ای Core i، دارای سه سطح حافظه‌ی نهان هستند. حافظه‌های نهان سطح یک و دو مستقل و وابسته به هر هسته است، اما حافظه‌ی نهان سطح سه بین تعدادی از هسته‌ها مشترک است. حافظه‌ی نهان اشتراکی موجب می‌شود تا در صورتی که یکی از هسته‌های درون پردازنده غیرفعال شود، حافظه‌ی نهان مرتبط با آن غیرفعال نشده و هسته‌های دیگر قادر به استفاده از آن باشند. این موضوع سبب می‌شود تا کارایی پردازنده در برنامه‌هایی که به یک هسته نیاز دارند، افزایش یابد. به طور کلی، ظرفیت حافظه‌ی نهان پردازنده در کاربردهایی مانند ویرایش تصاویر ویدئویی تأثیر بسزایی دارد (شکل ۴۷-۳).

پردازنده‌های نسل Core i نیز مانند سایر پردازنده‌ها به سیستم‌های خنک کننده نیاز دارند (شکل ۴۸-۳).



شکل ۴۷-۳ پردازنده‌های چهار هسته‌ای با حافظه‌ی نهان سطح سه اشتراکی

### ۳-۳۱ رایانه‌های چند پردازنده‌ای

تا چند سال پیش همه‌ی رایانه‌های شخصی تک کاربر و حتی بسیاری از ایستگاه‌های کاری دارای یک پردازنده برای انجام تمام کارها بودند. اما توسعه‌ی فناوری و نیاز به افزایش کارایی



شکل ۴۸-۳ سیستم خنک کننده برای پردازنده‌های نسل Core i

و مهم تر از همه افت قیمت پردازنده‌ها، سازندگان و طراحان اقدام به معرفی سیستم‌های جدید با چند پردازنده کردند. طراحی این نوع سیستم‌ها به صورت چند پردازنده‌ای متقارن<sup>۱</sup> است. سیستم چند پردازنده‌ای متقارن را می‌توان به طور واقعی رایانه‌ای خودکفا با خصوصیات زیر بیان کرد:

- هر سیستم چند پردازنده‌ای متقارن دو یا چند پردازنده مشابه با توانمندی زیاد دارد.
- تمام پردازنده‌های این نوع سیستم از حافظه‌ی اصلی و امکانات ورودی/ خروجی مشترک استفاده می‌کنند و به وسیله‌ی گذرگاه سیستم به هم متصل می‌شوند. دستیابی هر پردازنده به حافظه به طور یکسان است.
- همه‌ی پردازنده‌ها به دستگاه‌های ورودی/ خروجی دسترسی دارند.
- همه‌ی پردازنده‌ها توانایی اجرای اعمال لازم را دارند. به همین دلیل به آن‌ها پردازنده‌های متقارن گویند.

### بیشتر بدانید

با وجود همه‌ی پیشرفت‌ها در صنعت پردازنده‌های چند هسته‌ای و همچنین عدم توانایی طراحان نرم‌افزار برای به کارگیری هسته‌های متعدد در پردازش برنامه‌های تولیدی خود، چند پیش‌بینی برای وضعیت فناوری در سال ۲۰۲۰ میلادی صورت گرفته است.

نخستین امکان این است که متخصصان برنامه‌نویسی از ادامه راه منصرف شوند و این در شرایطی است که تعداد هسته‌های یک پردازنده به حداکثر ممکن برسد و رشد توان پردازشی از این طریق متوقف شود. این رخداد تأثیر بسیاری بر صنعت فناوری اطلاعات برجای می‌گذارد.

امکان دوم این است که محققان بتوانند با وجود وضعیت نامناسب نرم‌افزارهای فعلی، روش‌هایی را برای برنامه‌نویسی موازی بیابند. به احتمال زیاد تنها نرم‌افزارهای چندرسانه‌ای مانند بازی‌های ویدئویی می‌توانند از قابلیت‌های موازی‌سازی و افزایش تعداد هسته‌های پردازشی بهره بگیرند. به این ترتیب، پردازنده‌های سال ۲۰۲۰ برخلاف نمونه‌های امروزی بیشتر شبیه پردازنده‌های گرافیکی شرکت AMD، Nvidia و اینتل خواهند بود.

امکان سوم و خوش‌بینانه‌ترین حالت این است که تعدادی از متخصصان، روش تولید یک نرم‌افزار مطمئن را با توانایی بهره‌برداری از تمامی هسته‌های پردازشی بیابند. این رخداد بستر موردنیاز را برای تولید پردازنده‌های سی سال آینده فراهم می‌کند. به این ترتیب، کاربران می‌توانند با استفاده‌ی هم‌زمان از چند پردازنده به افزایش کارایی موردنظر خود دست یابند.

## خلاصه ی فصل

برای افزایش پالس ساعت داخلی پردازنده و همچنین محدودیت در افزایش سرعت انتقال داده‌ها به وسیله‌ی گذرگاه سیستم، تلاش شده است تا برای افزایش کارایی آن، بیشتر به فناوری پردازش پرداخته شود. تعدادی از این فناوری‌های پردازش عبارت‌اند از:

– تک چرخه‌ای

– خط لوله

– Superscalar

– Hyper-Threading

برای رسیدن به فرکانس پالس ساعت بسیار بالا و بالاتر، شرکت‌های تولید کننده‌ی پردازنده نیاز دارند تعداد بسیار زیادی ترانزیستور را در فضای بسیار کمی از تراشه قرار دهند. هر پردازنده دارای دو سطح ولتاژ است که به وسیله‌ی برد اصلی تأمین می‌شود. این ولتاژها عبارت‌اند از:

– سطح ولتاژی که به هسته‌ی پردازنده اعمال می‌شود (Kernel Voltage).

– سطح ولتاژی که به بخش‌های دیگر پردازنده مانند حافظه‌ی نهان اعمال می‌شود.

برای اجرای هر برنامه، ابتدا دستورالعمل‌ها و داده‌های مربوط به آن، به حافظه‌ی اصلی منتقل می‌شوند. هر برنامه از تعدادی دستورالعمل تشکیل می‌شود که به این دستورالعمل‌ها کد برنامه (Program Code) یا opcode گفته می‌شود.

برای اجرای هر دستور برنامه مراحل زیر انجام می‌شود:

– واکشی دستور یا Fetch

– رمزگشایی دستور یا decode

– برداشت داده

– پردازش داده یا اجرا Execute

– نوشتن نتیجه (Write back)

در داخل هسته‌ی پردازنده، مجموعه‌ای از ثبات‌ها قرار دارند که در سطحی بالاتر از حافظه‌ی اصلی و حافظه‌ی نهان کار می‌کنند و به پردازنده نزدیک‌تر هستند. این حافظه‌ها سریع‌تر، کوچک‌تر و گران‌تر هستند.

به محل قرار گرفتن پردازنده روی برد اصلی که ارتباط بین پردازنده و برد اصلی را برقرار

می کند سوکت پردازنده می گویند.

گذرگاه سیستم که به طور مستقیم به پردازنده وصل شده است ارتباط میان پردازنده و حافظه‌ی اصلی را برقرار می کند که به آن FSB نیز می گویند.

بیشتر کاربران تفاوت اصلی بین پردازنده‌ها را در مبتنی بودن بر CISC و یا RISC می دانند و در ابتدا پردازنده‌ها را براساس مجموعه‌ی دستورالعمل به دو نوع تقسیم می کردند:

- پردازش مبتنی بر مجموعه‌ی دستورالعمل‌های پیچیده (CISC)

- پردازش مبتنی بر مجموعه‌ی دستورالعمل‌های کاهش یافته (RISC)

پردازنده‌ی ۸۰۸۶ نخستین پردازنده‌ای بود که برای آن، زبان‌های برنامه‌نویسی سطح بالا و سیستم‌های عامل قدرتمندی فراهم شد. این عوامل سبب شد که این پردازنده، پایه‌ی ساخت رایانه‌های آی بی ام گردد که بعداً به نام رایانه‌های شخصی نام گذاری شدند.

بزرگترین محدودیت رایانه‌های XT برای توسعه، محدودیت مقدار حافظه‌ی قابل آدرس دهی بود زیرا این رایانه‌ها می توانستند حداکثر ۱۶ مگابایت حافظه را آدرس دهی کند.

طراحی pipeline یا خط لوله بین قسمت‌های داخلی پردازنده‌ی ۳۸۶، از قابلیت‌های مهم این پردازنده است که با تکیه بر این ویژگی، پردازنده‌ی ۳۸۶ توانایی اجرا و پشتیبانی از سیستم‌عامل‌های چند کاربری - چند وظیفه‌ای را دارد.

برای سرعت بخشیدن به انتقال داده‌های مورد نیاز پردازنده، طراحان به فکر استفاده از نوعی حافظه افتادند که سرعت انتقال داده آن‌ها از سرعت انتقال داده‌ی حافظه‌ی اصلی بیشتر باشد و حافظه‌ی نهان (Cache) به عنوان یک راه حل مناسب مورد توجه قرار گرفت. این حافظه‌ی نهان در پردازنده قرار دارد و دسترسی به آن آسان تر و سریع تر از حافظه‌ی اصلی است.

پردازنده‌ی ۴۸۶ به بالا، برای کنترل حرارت و جلوگیری از آسیب رسیدن به تراشه‌ی پردازنده نیاز به سیستم خنک کننده دارند.

مهم ترین ویژگی تأثیرگذار بر مدل‌های مختلف پردازنده‌ی پنتیوم II، حافظه‌ی نهان در دو سطح یک و دو است. همه‌ی این پردازنده‌ها دارای حافظه‌ی نهان سطح یک ۳۲ کیلوبایتی به صورت دو حافظه‌ی ۱۶ بایتی هستند. برای حافظه‌ی نهان سطح دو پردازنده‌ی پنتیوم II را به سه دسته تقسیم می کنند.

(الف) پردازنده‌ی پنتیوم II با حافظه‌ی نهان کامل (فول کش)

(ب) پنتیوم II با ویژگی حافظه‌ی نهان نیمه (هاف کش)

ج) پنتیوم II سلرون این نوع پردازنده ی پنتیوم II خود دو نوع است:

– پردازنده ی پنتیوم II کلاس B که حافظه ی نهان سطح دو ندارد.

– پردازنده ی پنتیوم II کلاس A یا سلرون که ۱۲۸ کیلوبایت حافظه ی نهان سطح دو دارد.

از ویژگی های پردازنده ی پنتیوم IV که در موفقیت و ماندگاری آن نقش فراوان داشت فناوری Hyper-piplined است. این تکنولوژی با استفاده از نظریه ی پردازش موازی قادر بود منابع پردازنده را دسته بندی کند تا امکان پردازش چند دستوره عمل به صورت هم زمان پدید آید.

پردازنده های چند هسته ای (Multiple Core) شرکت اینتل تاکنون در سه خانواده ی مختلف به

نام های Core، Core 2 و Core i تولید شده اند.

حداکثر توان قابل دستیابی برای هر پردازنده، به دلیل افزایش بسیار زیاد گرما با محدودیتی

که به آن دیوار توان می گویند روبه رو است.

پردازنده های مبتنی بر فناوری Turbo Boost قادر هستند با توجه به تعداد هسته های فعال،

فرکانس پردازنده را تغییر دهند. هنگامی که پردازنده در کاربردهای تک منظوری قرار می گیرد

از تمامی توانش در یک هسته استفاده می کند و فرکانس آن افزایش می یابد. اما هنگام استفاده

از برنامه هایی که به چهار هسته نیاز دارند، فرکانس کاهش پیدا می کند.



## خودآزمایی و تحقیق

۱. حافظه‌ی نهان در پردازنده به چه منظوری استفاده می‌شود؟
۲. اجزای مختلف تشکیل دهنده‌ی یک پردازنده کدام‌اند؟
۳. از چه زمانی و به چه دلیلی در کنار پردازنده، فن قرار گرفت؟ شرح دهید.
۴. چهار مرحله برای اجرای برنامه‌های داخل حافظه‌ی اصلی به وسیله‌ی پردازنده به ترتیب از چپ به راست کدام گزینه می‌باشد؟  
 الف) Decode – Fetch – Excecute – Writeback  
 ب) Fetch – Decode – Excecute – Writeback  
 ج) Excecute – Decode – Fetch – Writeback  
 د) Decode – Excecute – Writeback – Fetch
۵. سه مورد از فناوری‌های پردازش را فقط نام ببرید.
۶. هر پردازنده دارای چند سطح ولتاژ است، آن‌ها را نام ببرید.
۷. مجموعه دستورالعمل چیست و دستورات ساده و دستورهای پیچیده را تعریف نمایید.
۸. چهار مورد از ثبات‌های موجود در پردازنده را نام ببرید و هر کدام را به اختصار توضیح دهید.
۹. روش‌های اندازه‌گیری سرعت عملکرد اجرایی رایانه را توضیح دهید.
۱۰. خصوصیات پردازش مبتنی بر مجموعه دستورهای CISC را توضیح دهید.
۱۱. خصوصیات پردازش مبتنی بر مجموعه دستورهای RISC را توضیح دهید.
۱۲. مشخصات پردازنده‌های XT و محدودیت‌های آن‌ها را بیان کنید.
۱۳. فناوری پردازش خط لوله را توضیح داده و بیان کنید که در کدام پردازنده به بازار ارایه شد.
۱۴. مزیت‌ها و ویژگی‌های کاربرد حافظه‌ی نهان را بیان کنید.
۱۵. مشخصات پردازنده‌های پنتیوم MMX را بیان کنید.
۱۶. رویدادهای تأثیرگذار بر پردازنده‌های نسل ششم را بیان کنید.
۱۷. فناوری پردازش Hyper-Threading را توضیح دهید و بیان کنید در کدام پردازنده‌ها از این فناوری استفاده شده است.
۱۸. مزایا و معایب پردازنده‌های چند هسته‌ای Core 2 را بیان کنید.
۱۹. فناوری Turbo Boost را توضیح دهید.