

## 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، نتیجه 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 حافظه نهان را برای پردازنده توضیح دهد و مقدار آن را در سطوح مختلف تشخیص دهد.
- خنک کننده پردازنده و کار آن را توضیح دهد.

### ۳-۱ مقدمه

در رایانه‌های امروزی پردازنده‌های بسیاری به کار برده می‌شوند، مانند پردازنده کارت صدا و یا پردازنده کارت گرافیک، ولی پردازنده مورد بحث در این فصل به واحد پردازشگر مرکزی در

رایانه اطلاق می‌شود. پردازنده دو وظیفه 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 توجه 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 (FSB) و در سال‌های

اخیر گذرگاه QPI<sup>1</sup> و گذرگاه DMI<sup>2</sup>

**پژوهش:** در مورد QPI و DMI تحقیق کرده و در کلاس ارائه دهید.

– بهینه‌سازی ساختار هسته 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 حوصله 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 تولیدکننده پردازنده بوده است:

– افزایش توان و سرعت پردازنده با افزایش فرکانس پالس ساعت

– استفاده بهینه از ظرفیت‌های موجود در پردازنده

برای توسعه پردازنده، محققان با گلوگاه‌های حساسی روبه‌رو هستند. یکی از این گلوگاه‌ها

1. QuickPath Interconnect  
2. Direct Media Interface

گذرگاه سیستم یا FSB است. به همین دلیل با پافشاری شرکت‌های تولید کننده پردازنده برای افزایش پالس ساعت داخلی آن و همچنین محدودیت در افزایش سرعت انتقال داده‌ها به وسیله 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:

– تک‌چرخه‌ای

– خط لوله

– Superscalar

– Hyper-Threading

برای توضیح این فناوری‌ها، ابتدا با مفاهیم زیر آشنا شویم:

## 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. همه پردازنده‌ها یک سرعت کاری دارند که به وسیله یک کریستال بسیار ریز تعیین می‌شود. این کریستال نوسان‌ساز که با آن آشنا شده‌اید، روی برد اصلی قرار دارد. پردازنده با استفاده از 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 در حالی که 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 تولید کننده 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

---

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

پردازنده در جدول ۱-۳ نگاه کرد.

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

نسل	پردازنده	سال تولید	تعداد ترانزیستور	فرکانس پالس ساعت (مگاهرتز)
اول (XT)	8088	۱۹۷۹	۲۹/۰۰۰	۱۰-۴/۷۷
	8086	۱۹۷۸		
دوم (AT)	80286	۱۹۸۲	۱۳۴/۰۰۰	۲۵-۶
سوم	80386 SX	۱۹۸۵	۲۷۵/۰۰۰	۴۰-۴
	80386 DX			
چهارم	80486 DX	۱۹۸۹	۱/۲۰۰/۰۰۰	۲۳
	80486 DX2			۶۶
	80486 DX4			۱۰۰
	80486 DX5			۱۳۳
پنجم	Pentium	۱۹۹۳	۳/۱۰۰/۰۰۰	۳۰۰-۶۰
	Pentium MMX	۱۹۹۷	۴/۵۰۰/۰۰۰	۲۳۳-۱۶۶
ششم	Pentium Pro	۱۹۹۵	۵/۵۰۰/۰۰۰	۲۰۰-۱۵۰
	Pentium II	۱۹۹۷	۷/۵۰۰/۰۰۰	۱۰۰۰-۲۳۳
	Pentium III	۱۹۹۹	۲۸/۰۰۰/۰۰۰	۱۴۰۰-۴۵۰
هفتم	Pentium IV "Prescott"	۲۰۰۰	۴۲/۰۰۰/۰۰۰	۲۲۰۰-۱۴۰۰
		۲۰۰۲	۵۵/۰۰۰/۰۰۰	۲۸۰۰-۲۲۰۰
		۲۰۰۳	۵۵/۰۰۰/۰۰۰	۳۲۰۰-۲۶۰۰
		۲۰۰۴	۱۲۵/۰۰۰/۰۰۰	۳۶۰۰-۲۸۰۰

### نکته

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

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 دفترچه 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 وسیله برد اصلی تأمین می‌شود. این ولتاژها عبارت‌اند از:

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

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

هر قدر اندازه (ابعاد) ترانزیستورها کاهش پیدا کند، سطح ولتاژ مورد نیاز آن برای عملکرد مناسب کاهش می‌یابد. به همین دلیل سطح ولتاژ ۵ ولت در هسته پردازنده‌های اولیه به ۳/۳ تا یک ولت در پردازنده‌های امروزی کاهش پیدا کرده است. از طرفی با کاهش اندازه 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 تراشه 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 حافظه اصلی وجود دارند، اجرا می‌کند. در واقع برای اجرای هر برنامه، ابتدا دستورالعمل‌ها و داده‌های مربوط به آن، به حافظه 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 وسیله کاربر و با استفاده از صفحه کلید و یا ماوس به پردازنده ارسال شود مانند دستورالعمل‌های ذخیره کردن و یا کپی کردن و یا دستور چاپ. دستورالعمل‌ها به دو دسته ساده و پیچیده تقسیم می‌شوند:

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

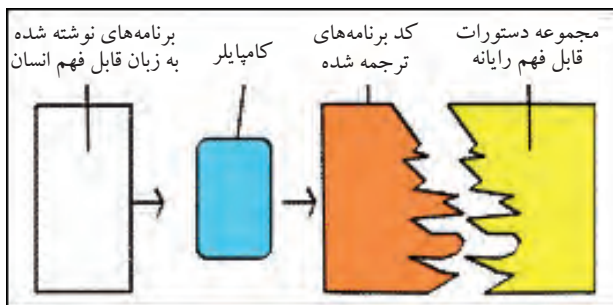
– **دستور پیچیده** به دستورالعملی گفته می‌شود که برای اجرا شدن در پردازنده به زمان زیادی نیاز دارند.

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 وسیله کاربر باشد، مانند متن ایجاد شده در نرم‌افزار وازه پرداز و یا نامه الکترونیکی، و یا ممکن است داده‌های حاصل از پردازش تصویر یا فیلم باشد که به وسیله نرم‌افزارهای مخصوص ایجاد می‌شوند.

دستور به کدهای دودویی گفته می‌شود که قابل فهم به وسیله پردازنده باشد. کدهای دودویی یا کدهای ماشین به وسیله روش‌های خاصی (کامپایل شدن) پس از نوشتن هر برنامه تولید می‌شود. همه پردازنده‌ها بدون توجه به سایر اجزای رایانه، قابلیت اجرای تعداد محدودی از دستورالعمل‌ها را دارند که به مجموعه 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 دستورالعمل‌هایی را اجرا می‌کند که به زبان انسان نزدیک است و با مجموعه دستورالعمل‌های قابل فهم خود فاصله زیادی دارد؟ طراحان و تولیدکنندگان زبان‌های برنامه‌نویسی برای استفاده بیشتر و راحت‌تر کاربران، با استفاده از ابزارهای **مترجم** و **مفسر** مانند کامپایلر، برنامه ایجاد شده به وسیله کاربران را به زبان ماشین تبدیل می‌کنند. در واقع دستورالعمل‌های ایجاد شده به وسیله کاربران که به زبان انسان نزدیک است با ابزارهای مترجم و مفسر به کدهای ماشین تبدیل شده و سپس برای اجرا به پردازنده ارسال می‌شود. شکل ۱-۳ مراحل تبدیل برنامه به کدهای پردازنده را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۳ مراحل تبدیل برنامه به کدهای پردازنده

## نکته

پردازنده‌های شرکت‌های مختلف مانند AMD (Advanced Micro Devices, Inc) و Intel 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 پردازنده دیگر هم اجرا شود.

پس از شناخت <sup>1</sup>opcodeها 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 حافظه اصلی رایانه به وسیله این واحد صورت می‌پذیرد که به این عمل، **واکشی (Fetch)** می‌گویند.

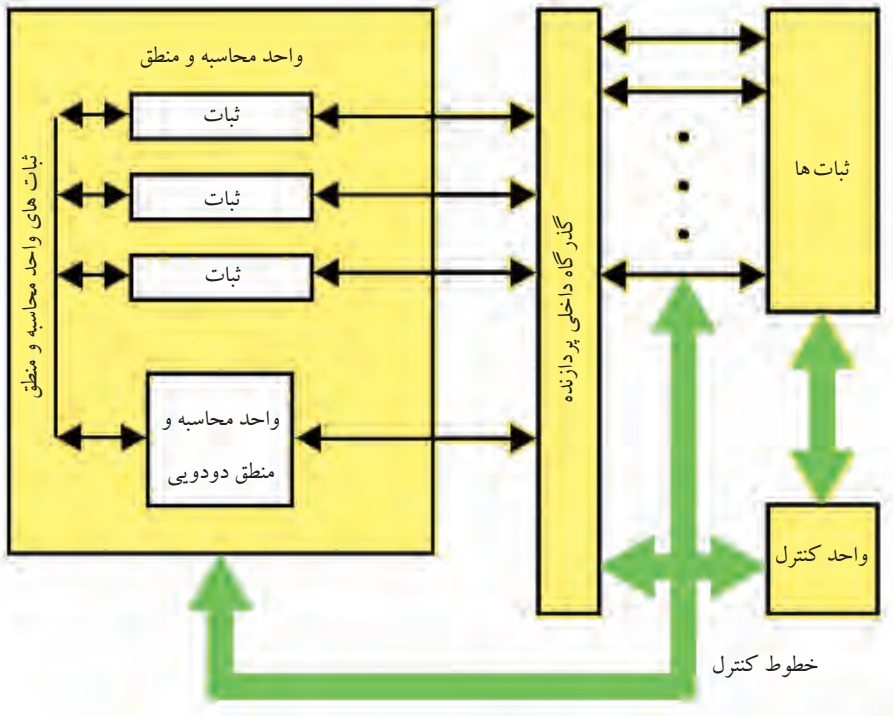
– این واحد دستورالعمل دریافت شده را برای اجرا در واحدهای دیگر آماده می‌کند که به این کار **رمزگشایی (Decode)** می‌گویند.

هر دستورالعمل پس از دریافت از حافظه اصلی و رمزگشایی می‌تواند **اجرا (Execute)** شود. واحد دیگری که در پردازنده بسیار مورد توجه قرار می‌گیرد واحد محاسبه و منطق <sup>2</sup>ALU است که قدرت اجرای دستورالعمل‌ها را دارد. واحدهای اجرا در پردازنده توانایی اجرای 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 <sup>3</sup>FPU این دستورها را اجرا می‌کند که در ادامه با آن آشنا خواهیم شد.

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

---

1. Operation Code  
2. Arithmetic and Logical Unit  
3. Floating Point Unit



شکل ۲-۳ ساختار داخلی پردازنده

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 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 داده 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 می باشد که در این مرحله به وسیله واحد ALU و یا FPU انجام می شود.
- **نوشتن نتیجه (Write back):** در نهایت نتیجه هر پردازش ممکن است در حافظه یا یک ماژول



ورودی / خروجی نوشته شود و یا نتیجه پردازش برای کارهای بعدی ذخیره شود.

همان‌طور که بیان شد برای اجرای یک دستور، پردازنده نیاز دارد دستور مورد نظر و داده مربوط به آن را به طور موقت در خود ذخیره کند. همچنین پردازنده باید مکان دستور بعدی در حافظه 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 حافظه 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 هسته پردازنده، مجموعه‌ای از ثبات‌ها قرار دارند که در سطحی بالاتر از حافظه اصلی و حافظه نهان کار می‌کنند و به پردازنده نزدیک‌تر هستند. در زمان اجرای دستور، از ثبات‌ها برای ذخیره موقت داده و دستور استفاده می‌شود.

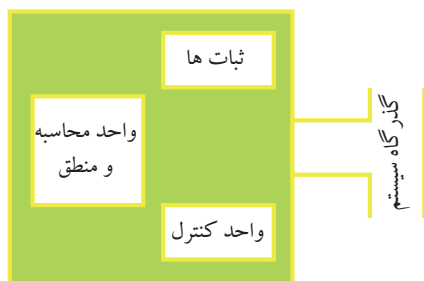
## مطالعه آزاد

تعدادی از ثبات‌های درون هسته پردازنده عبارت‌اند از:

- **ثبات شمارنده 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 داده مورد نیاز دستورالعمل در حال اجرا، در آن قرار دارد.
- **ثبات حافظه میانگیر (Memory Buffer Register-MBR):** معمولاً نتیجه هر پردازش در آن قرار می‌گیرد تا به حافظه اصلی منتقل شود.
- **ثبات تست (Test Register-TR):** یک نوع خاص نگهدارنده است که نتایج حاصل

1. Register

از انجام مقایسه‌ها به وسیله واحد ALU را در بر دارد. ALU قادر به مقایسه دو عدد و تشخیص مساوی و یا نامساوی بودن آنها است. اجزای اصلی پردازنده در شکل ۳-۳ نشان داده شده است.



شکل ۳-۳ نمای داخلی پردازنده با گذرگاه سیستم

### 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 پردازنده ریاضی<sup>۱</sup> MPU و یا پردازنده اعشاری<sup>۲</sup> FPU در کنار پردازنده 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 هرترز اندازه‌گیری 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.

1. Mathematical Processing Unit  
2. Floating Processing Unit

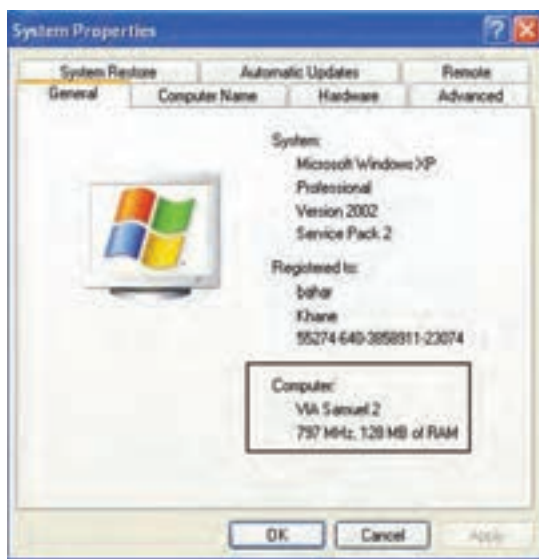
روش دیگری که برای بیان سرعت پردازنده وجود دارد این است که بر حسب تعداد دستور در ثانیه بیان شود. به طور معمول اجرای هر دستور به وسیله پردازنده به تعداد مشخصی از چرخه‌های پالس ساعت نیاز دارد که بسته به نوع دستور بین ۲ تا ۵۰ چرخه پالس ساعت می‌باشد. به طور مثال اگر سرعت فرکانس پالس ساعت ۲۰۰ مگاهرتز باشد،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

### ۷-۳ تعیین نوع پردازنده در رایانه‌ها

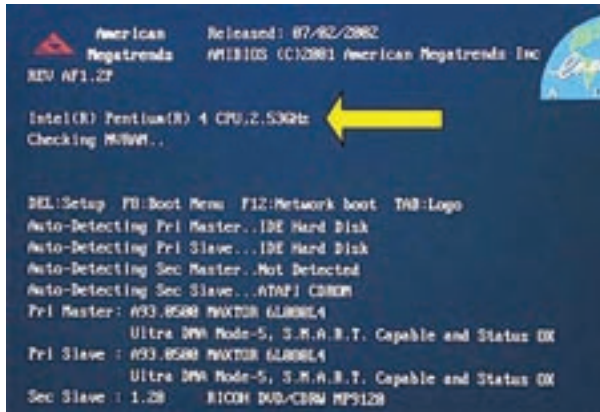
یکی از راه‌های پی بردن به نوع پردازنده دیدن آن به طور مستقیم است ولی با توجه به وجود سیستم خنک کننده روی پردازنده‌ها به طور معمول این کار صورت نمی‌گیرد. روش‌های دیگری وجود دارد که بدون دسترسی به پردازنده می‌توان نوع آن را تشخیص داد. در این بخش به آنها اشاره مختصری می‌شود.

اگر از سیستم عامل ویندوز استفاده می‌کنید می‌توانید از پنجره 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 پنجره 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 ادامه کار سیستم باید همان کلید فشار داده شود. در بیشتر موارد می‌توان از نرم‌افزارهایی استفاده کرد که به منظور ارائه 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 ارائه می‌دهد (شکل ۳-۶).

در بخش بایاس سیستم نیز اطلاعات مربوط به همه 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 فرامی‌گیرید.

## 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 تراشه<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 PGA<sup>۲</sup> همراه با بردهای اصلی AT طراحی و به بازار عرضه شد. سوکت‌های PGA

1. Dual In Line Package  
2. Pin Grid Array



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

فضای مناسبی برای جابه‌جایی و ارتقای پردازنده‌ها ایجاد کرد ولی بیشتر کاربران برای نصب 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.

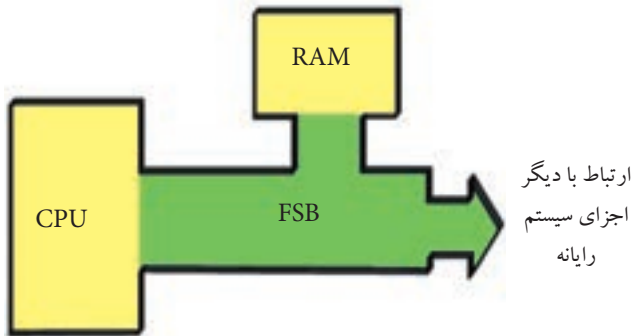
1. Zero Insertion Force

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 وسیله 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 حافظه 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 و DMI به نظر می‌رسد بسیاری از محدودیت‌های سرعت انتقال داده در گذرگاه سیستم برطرف شده است.

## ۳-۱۰ مجموعه دستورالعمل‌های پردازنده

همان‌طور که گفته شد پردازنده‌ها تنها قادر به اجرای تعداد محدودی دستورالعمل هستند. اولین مجموعه دستورالعمل‌ها که برای پردازنده‌های شرکت اینتل، خانواده 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.

براساس این قانون، طراحان و برنامه‌نویسان می‌توانند از اجرای برنامه‌های خود روی همه 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 همه 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 براساس 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 پردازنده ۸۰۳۸۶ تعداد ۲۶ دستورالعمل به مجموعه دستورالعمل‌های پایه x86 اضافه شد و در زمان عرضه پردازنده ۸۰۴۸۶، تعداد ۶ دستورالعمل و در پردازنده پنتیوم، ۸ دستورالعمل جدید به این مجموعه اضافه شدند.

شاید بتوان پایبندی پردازنده‌ها به مجموعه دستورات 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 توسعه 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> یا RISC<sup>۲</sup> می‌دانند و در ابتدا پردازنده‌ها را براساس مجموعه دستورالعمل به دو نوع تقسیم می‌کردند:

– پردازش مبتنی بر مجموعه دستورالعمل‌های پیچیده (CISC)

– پردازش مبتنی بر مجموعه دستورالعمل‌های کاهش یافته (RISC)

1. Complex Instruction Set Computing  
2. Reduced Instruction Set Computing

همان‌طور که گفته شد وظیفه اصلی پردازنده، پردازش دستورهای برنامه تا رسیدن به هدف نهایی آن است و این عمل مراحل مختلفی دارد. برای اجرای هر دستور (Opcode) باید مدار الکترونیکی آن در پردازنده ایجاد شود. در ابتدایی‌ترین 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. همه این دستورها در پردازنده‌های اولیه ۸۰۸۶ با ۲۹,۰۰۰ ترانزیستور طراحی شدند.

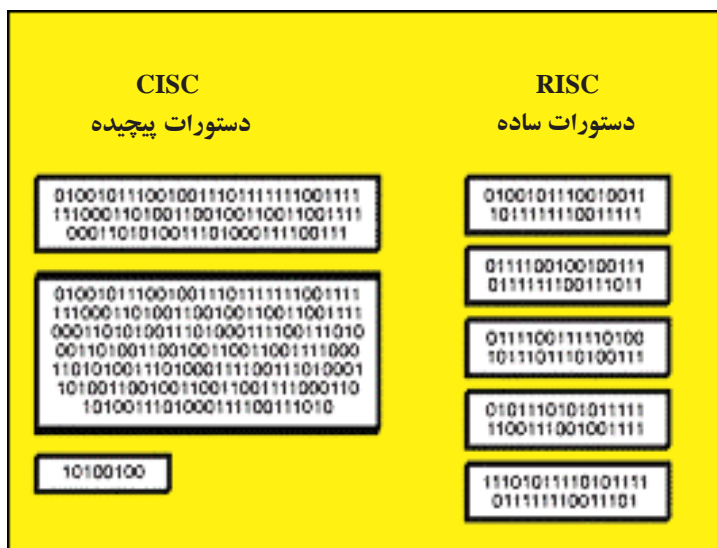
اما مدت زمانی پس از توسعه سخت‌افزاری پردازنده و بیشتر شدن تعداد ترانزیستورهای آن، و بالاتر رفتن فرکانس پالس ساعت پردازنده، طراحان به فکر فناوری دیگری در پردازش دستورها افتادند. این فناوری، چرخشی اساسی را در دیدگاه و فلسفه قبلی نشان می‌دهد. در این فناوری به جای استفاده از دستورهای زیاد و طراحی سخت‌افزاری 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 رفته واحد اجرا نزدیک به صفر است. در واقع می‌توان گفت که در پردازنده 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 نتیجه به‌دست آمده در حافظه 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 به‌طور دائم به حافظه 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 آن‌که 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 کننده 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، به‌طور 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:

- حافظه بیشتری باید در زمان اجرا به برنامه‌های RISC اختصاص داد.
  - حجم نقل و انتقال دستورها بین پردازنده و حافظه اصلی بیشتر می‌شود.
- امروزه، ترکیبی از طراحی CISC و RISC در معماری پردازنده‌ها به کار می‌رود.

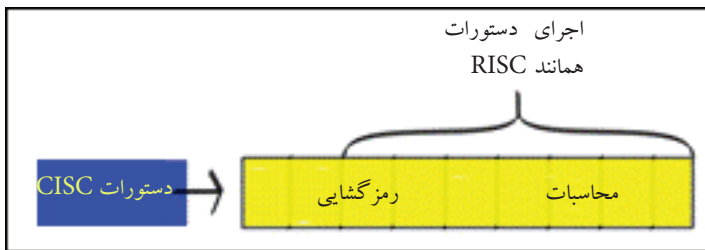
## جدول ۲-۳ خلاصه‌ای از ویژگی‌های هفت نسل از پردازنده‌های اینتل

نسل	پردازنده	خطوط داده	خطوط آدرس	حافظه قابل آدرس دهی	ولتاژ کاری پردازنده (ولت)	توضیحات
اول (XT)	8088	8	20	1 MB	5	• حداکثر می‌تواند ۳۲۰/۰۰۰ دستور در ثانیه را اجرا کند.
	8086	16				• برای کار با اعداد اعشاری از یک کمک پردازنده به نام ۸۰۸۷ استفاده می‌کند که روی برد اصلی به صورت DIP نصب شده است.
دوم (AT)	80286	16	24	16 MB	5	• توانایی اجرای ۱/۲۰۰/۰۰۰ دستور در ثانیه را دارد. • کمک پردازنده ۸۰۲۸۷ را دارد که روی برد اصلی نصب شده است. • استفاده از حالت حفاظت شده
سوم	80386 SX 80386 DX	16 32	32	4 GB	5	• از فناوری پردازش خط لوله استفاده می‌کند. • کمک پردازنده ۸۰۳۸۷ را دارد که روی برد اصلی نصب شده است. • استفاده از حافظه نهان بر روی برد اصلی که در برخی از مدل‌ها در داخل پردازنده قرار دارد.
چهارم	80486 DX	32	32	4 GB	5	• توانایی اجرای ۲۰ میلیون دستور در ثانیه را دارد.
	80486 DX2				5	• اولین پردازنده‌ای که از قابلیت ساعت دوگانه استفاده نمود.
	80486 DX4				3/3	• اولین پردازنده‌ای که حافظه نهان در داخل آن قرار گرفته است.
	80486 DX5				3/3	• در این نسل و به بعد، کمک پردازنده به درون پردازنده انتقال یافته است. • از فناوری پردازش سوپر اسکالر استفاده می‌کند.
پنجم	Pentium	64	32	4 GB	3/3	• از فناوری پردازش سوپر اسکالر به همراه Rise و Cisc استفاده می‌کند.
	Pentium MMX	64	32	4 GB	2/7-3/3	
ششم	Pentium PRO	64	32	4 GB	3/1 یا 3/3	• از فناوری SSE استفاده می‌کند. • در نسخه‌های آخر حدود ۱۴۰/۰۰۰/۰۰۰ ترانزیستور دارد.
	Pentium II	64	32	4 GB	2 یا 2/8	
	Pentium III	64	32	4 GB	1/8 یا 2/8	
هفتم	Pentium IV "Prescott"	64	32	4 GB	1/7	• پشتیبانی از مجموعه دستورات جدید SSE2

## ۱۲-۳ فناوری های پردازش

همان طور که در ابتدای این فصل اشاره شد یکی از راه های افزایش سرعت پردازش دستورها بهینه کردن ساختار هسته پردازنده و اجزای دیگر آن برای انجام کارهای بیشتر در هر پالس ساعت است. برای شرکت اینتل رفتن به معماری جدید که با معماری خانواده x86 سازگار نبود، کار سختی بود. ولی با توسعه فناوری و پیشرفت در بقیه زمینه های رایانه، پردازنده نیز مجبور به تغییر ساختار بود. هنگامی که تولید پردازنده های خانواده x86 در اواخر دهه ۱۹۷۰ شروع شد، پردازنده تنها از ده ها هزار ترانزیستور ساخته می شد و ساختار پردازنده به گونه ای بود که در هر سیکل تنها یک دستور اجرا می شد. به این نوع پردازنده ها پردازنده های **تک چرخه ای** می گویند. این نوع پردازنده ها پس از اجرای هر دستور، دستور بعدی را از حافظه واکشی می کردند و مراحل اجرای آن را طی می کردند و سپس به سراغ دستور بعدی می رفتند. در این فناوری پردازش، زمان های بسیار زیادی از پردازنده تلف می شد (شکل ۹-۳).

در دهه ۱۹۸۰ پردازنده ها با صدها هزار ترانزیستور تولید می شدند که بسیار قوی تر از پردازنده های قبلی بودند. به همین دلیل طراحان به فکر استفاده بیشتر از امکانات پردازنده افتادند. برای این منظور با استفاده بهینه از زمان پردازنده سعی کردند تعداد کارهای بیشتری در یک سیکل اجرا به وسیله پردازنده انجام شود.

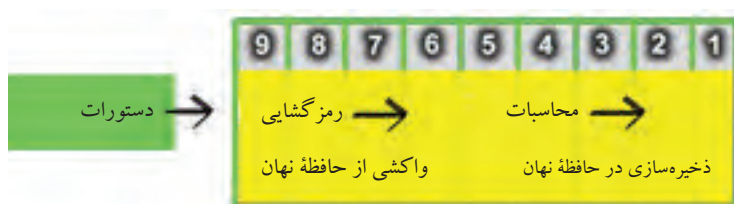


شکل ۹-۳ پردازش بدون استفاده از خط لوله (تک چرخه ای)

همان طور که آموختید رایانه یک سیستم سلسله مراتبی است و این طبیعت در همه سیستم های یک رایانه جاری است. یکی از راه های حل مسئله، تقسیم آن به کارهای کوچک تر است. در یکی از تکنیک های به کار گرفته شده در پردازنده نیز برنامه را به دستورالعمل های کوچک تر تقسیم می کنند و آنها را برای اجرا پشت سرهم به پردازنده می فرستند تا در نهایت پس از اجرای آنها برنامه اصلی انجام شود. این کار به پردازش خط لوله معروف شده است.

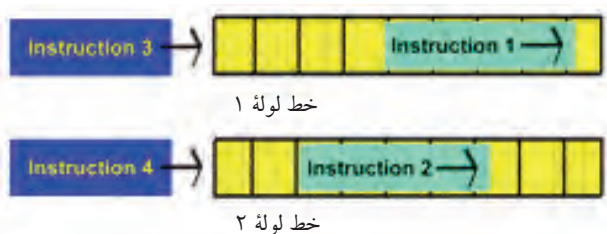
پردازش با استفاده از تکنیک خط لوله همانند یک کارخانه دارای خط تولید است که تعدادی مرحله برای تولید دارد به طوری که در هر مرحله عملیات خاصی روی محصول انجام می‌گیرد تا وقتی که محصول نهایی آماده شود. مراحل چندگانه اجرای یک دستور (واکشی، Decode و ...) را می‌توان به مراحل عملیات یک کارخانه برای تولید همانند دانست. همان‌گونه که در شکل ۱۰-۳ (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 ذخیره نتیجه پردازش قبلی در حافظه نهان است (Store to cache) و واحد ALU در زمان چهار و پنج در حال محاسبه مربوط به دستور دیگر است (Calculate)، در همین حال پس از اتمام کار ذخیره به وسیله 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 (۲+۲+۴+۴) طول می‌کشید و این اختلاف سه واحدی برای اجرای یک دستور است. در واقع این تصویر نشان دهنده استفاده از بیشترین زمان ممکن به وسیله پردازنده است. با این فناوری پردازش، برنامه‌نویسان می‌توانستند از زمان پردازنده بیشترین استفاده ممکن را برای پردازش دستورها داشته باشند.

یکی از شرایط لازم برای استفاده بهینه از خطوط لوله این است که دستورها به صورت پشت سر هم 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 تأمین نمی‌شود. در واقع باید گفت که این خطوط لوله باید همیشه از دستور پر باشند. به همین دلیل در این فناوری پردازش دستوره‌های برنامه را به صورت زنجیر و پشت سرهم برای اجرا به پردازنده می‌فرستند به هر کدام از این رشته دستورها یک Thread می‌گویند.



شکل ۱۰-۳ پردازش با استفاده از خط لوله

**Thread**: یک دنباله‌ای از دستورهای رایانه است که یک فرایند یا برنامه را می‌سازد. یک برنامه در صورت پشتیبانی در طراحی نرم‌افزاری، می‌تواند به صورت تک رشته‌ای Single-Thread یا چند رشته‌ای Multi-Thread اجرا شود. پردازنده‌های ۳۸۶ تا پردازنده‌های پنتیوم پرو و پنتیوم II از خط لوله تک رشته‌ای پشتیبانی می‌کردند. اما در Multi-Thread چندین رشته دستور به طور هم‌زمان و مستقل از یکدیگر اجرا می‌شوند. Multi-Thread باعث می‌شود که از کلیه زمان‌های پردازنده استفاده کنیم و زمان تلف شده کمتری داشته باشیم (شکل ۱۱-۳).



شکل ۱۱-۳ اجرای دستورها به صورت چند رشته‌ای

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 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 طراحی‌های CISC، RISC و روش سوپراسکالر با هم شدند که منجر به تولید پردازنده‌های معروف پنتیوم پرو، پنتیوم II تا پنتیوم IV شد.

با افزایش مقدار حافظه‌ی قابل نصب روی سیستم‌های ۸۰۴۸۶، 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>۲</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 راه‌های دیگر کاهش زمان دسترسی به داده‌ها، استفاده‌ی هم‌زمان از حافظه‌ی نهان بود، که در کاهش زمان دسترسی به داده‌های حافظه

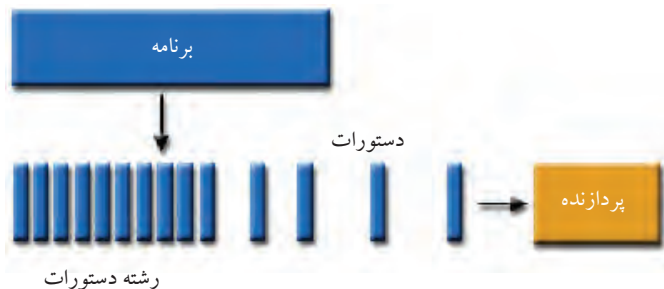
۱- Superscalar

۲- Memory Bank

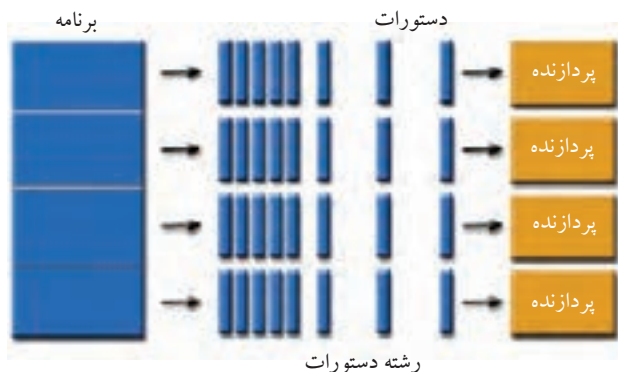
تأثیر فراوان داشت. در واقع استفاده از حافظه نهان که در سیستم ۸۰۳۸۶ روی برد اصلی قرار می‌گرفت، از مزیت‌های این پردازنده است. حافظه نهان در نسل‌های بعدی پردازنده به یکی از ویژگی‌های مهم پردازنده تبدیل شد.

### ۱۳-۳ فناوری پردازش Hyper-Threading

هسته پردازنده پنتیوم IV در هر لحظه تنها قادر به پردازش یک دستورالعمل می‌باشد (شکل ۱۲-۳). این در حالی است که دستورالعمل ممکن است به همه 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 تراشه پنتیوم IV با سرعت پردازش ۳/۶۰ گیگاهرتز معرفی نمود. این تکنولوژی با استفاده از نظریه 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 هسته پردازنده به صورت دو هسته مجازی به وسیله سیستم‌عامل شناسایی می‌شود.



شکل ۱۲-۳ پردازنده با یک هسته و یک Thread



شکل ۱۳-۳ 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 رشته ۱ (Thread1) برای نمایش تصویر جدید و هم‌زمان با آن رشته ۲ (Thread2) برای نوشتن تصویر جدید (با تغییرات جدید) در حافظه استفاده می‌گردد (شکل ۱۳-۳).

در مجموع این فناوری باعث گردید که سیستم عامل، یک پردازنده تک هسته‌ای را دو پردازنده مجزا یا یک پردازنده 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 برنامه کاربردی یا از برنامه‌های با 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 وسیله 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 ارائه 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 عرضه خانواده 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 حافظه نهان، برای کارایی بیشتر و بهتر پردازنده، مجدداً Hyper-Threading را در خانواده چند هسته‌ای Core i به کار گرفته است.

### فناوری Hyper-Threading چگونه کار می‌کند



شکل ۱۴-۳ استفاده بیشتر از منابع مختلف پردازنده با استفاده از فناوری HT



همان گونه که در شکل ۱۴-۳ مشاهده می کنید خانه های آبی رنگ مربوط به زمان هایی است که Thread 1 از منابع مختلف پردازنده استفاده می کند و رنگ نارنجی مربوط به زمان های مورد استفاده Thread 2 است. در صورتی که سیستم از فناوری HT استفاده نکند، همان گونه که در بالای تصویر می بینید منابع پردازنده زمان زیادی (خانه های زرد رنگ) را بیکار می مانند (ده خانه زرد رنگ). در حالی که اگر سیستم از فناوری HT استفاده کند، همان گونه که در پایین تصویر می بینید Thread ها منابع پردازنده را بیشتر به کار می گیرند و این منابع زمان کمتری (خانه های زرد) را بیکار می مانند (شش خانه زرد رنگ).

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

**پژوهش:** تفاوت Multi Threading با Hyper Threading را تحقیق کرده و در کلاس ارائه دهید.

### تحقیق

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

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

## ۱۴-۳ کاربرد حافظه نهان Caching

حافظه نهان فناوری استفاده شده برای زیر سیستم‌های حافظه، در رایانه است. پردازنده‌ها با استفاده از فناوری فرکانس پالس ساعت دوگانه، به سرعت توانستند فرکانس کاری خود را افزایش دهند و امروزه با فرکانس‌های پالس ساعت حدود ۳ تا ۶ گیگاهرتز کار می‌کنند. در این میان حافظه اصلی نتوانست با پردازنده از نظر فرکانس پالس ساعت سازگاری داشته باشد و در محدوده فرکانس‌های کمتر از یک گیگاهرتز کار می‌کند.

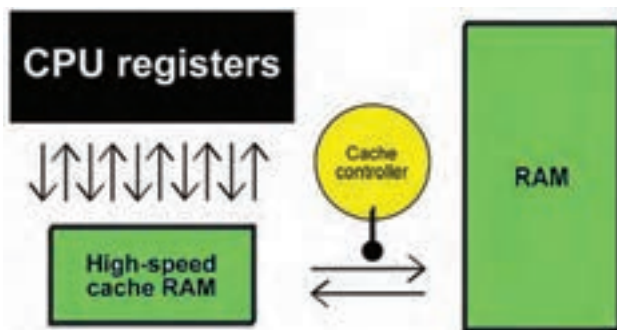
از طرفی همان‌طور که گفته شده در طراحی RISC یکی از مزایا، استفاده از حافظه‌های ثابت بیشتر نگهداری داده‌ها است که به کمک آنها، جابه‌جایی داده‌ها بین پردازنده و حافظه اصلی کمتر می‌شود. در طراحی پردازنده‌ها، برای استفاده‌های ضروری از ثابت‌ها استفاده می‌شود و باید توجه داشت که نمی‌توان مجموعه حافظه‌های ثابت را خیلی زیاد گسترش داد، زیرا افزایش تعداد این حافظه‌ها علاوه بر بزرگ شدن هسته پردازنده، خود باعث پیچیده شدن عملیات آدرس‌دهی و دستیابی به آنها می‌شود، 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 آنها از سرعت انتقال داده حافظه اصلی بیشتر باشد و حافظه نهان (Cache) به عنوان یک راه‌حل مناسب مورد توجه قرار گرفت (شکل ۱۵-۳).



شکل ۱۵-۳ مقدار تبادل داده ما بین پردازنده و حافظه اصلی با حافظه نهان و بدون آن

دلیل مهم‌تر این است که حافظه نهان در پردازنده قرار دارد و دسترسی به آن آسان‌تر و سریع‌تر از حافظه اصلی است. مهم‌ترین هدف حافظه نهان، افزایش سرعت پردازش و عملکرد بهتر رایانه با کمترین هزینه اضافی، برای تهیه سیستم است. با استفاده از حافظه نهان، دستورالعمل‌ها با سرعت بیشتری انجام خواهند شد.

حافظه نهان، میان حافظه اصلی و ثبات‌های پردازنده قرار می‌گیرد و داده‌های مورد نظر پردازنده را در اختیار ثبات‌ها قرار می‌دهد (شکل ۱۶-۳). در واقع حافظه نهان مانند پلی میان حافظه اصلی و ثبات‌ها است. حافظه نهان برای دستیابی به داده‌ها، سرعتی را فراهم می‌کند که در میان حافظه‌های موجود، سریع‌ترین است و محتویات آن شامل بخشی از داده‌های حافظه اصلی است.



شکل ۱۶-۳ رایانه با حافظه نهان می‌تواند داده‌ها و دست‌والعمل‌ها را با سرعت بیشتری پردازش کند

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

چندین نکته مهم در رابطه با حافظه نهان وجود دارد:

- فناوری حافظه نهان، استفاده از حافظه‌های سریع ولی با ظرفیت کوچک است که به منظور افزایش سرعت انتقال داده، حافظه اصلی کند ولی با ظرفیت بالا استفاده می‌شود.
- زمانی که از حافظه 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 حافظه نهان موجود نباشند (**Cache miss**)، پردازنده باید در انتظار تأمین داده‌های خود از حافظه اصلی سیستم باشد.
- اندازه حافظه نهان محدود بوده و سعی می‌شود که ظرفیت این حافظه در بالاترین مقدار خود باشد، با این وجود اندازه آن نسبت به سایر ابزار ذخیره‌سازی بسیار کم است.
- این امکان وجود خواهد داشت که از چندین لایه حافظه نهان استفاده شود.

در صورت عدم استفاده از حافظهٔ نهان، پردازنده برای تأمین داده‌های خود باید به سرعت انتقال داده در گذرگاه داده و حافظهٔ اصلی وابسته باشد. با اختلاف بسیار زیاد در فرکانس پالس ساعت پردازنده و فرکانس کاری حافظه می‌توان گفت که به طور معمول پردازنده از هر شش پالس ساعت فقط می‌تواند 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 حافظهٔ نهان، جلوگیری از توسعه و پیشرفت در فناوری پردازنده است.

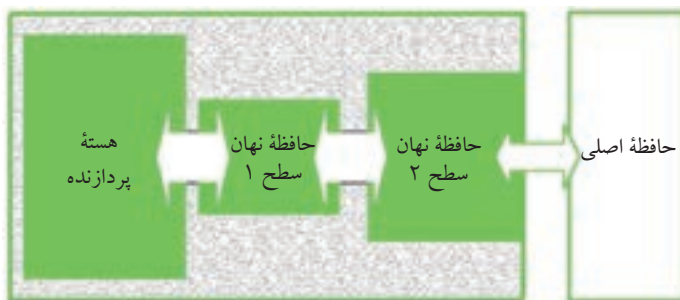
یکی از دلیل‌های مهم که حافظهٔ نهان براساس آن طراحی شد این است که حافظهٔ نهان باید به صورت حافظه‌ای نزدیک به پردازنده و سریع‌تر از حافظهٔ اصلی باشد و همیشه و بدون نیاز به هیچ ساختار دیگری در اختیار پردازنده باشد. در بیشتر پردازنده‌ها از حافظهٔ نهان در چند سطح استفاده می‌شود. در بسیاری از پردازنده‌ها که اغلب برای سرورها استفاده می‌شوند حتی سطح سوم حافظهٔ نهان نیز به کار برده می‌شود.

حافظهٔ نهان سطح یک در همهٔ پردازنده‌ها در هستهٔ پردازنده قرار می‌گیرد و در اندازه‌های ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ و ۱۲۸ کیلوبایتی طراحی می‌شوند. این حافظه با فرکانس پالس ساعت پردازنده کار می‌کند و در واقع می‌توان گفت که حافظهٔ نهان سطح یک، قسمتی از پردازنده است.

حافظهٔ نهان سطح یک را به طور معمول به دو قسمت تقسیم می‌کنند که یک قسمت به داده‌ها و قسمت دیگر به دستورالعمل‌ها اختصاص می‌یابد. هدف از این تقسیم‌بندی دستیابی سریع‌تر به داده‌ها و دستورالعمل‌ها است. در بیشتر پردازنده‌ها این دو قسمت با هم مساوی هستند که در ادامه انواع آن را خواهید دید.

با توجه به حجم کم حافظهٔ نهان سطح یک و از طرفی بزرگ‌تر شدن برنامه‌های کاربردی، پردازنده مجبور بود که تعداد مراجعات به حافظهٔ اصلی را افزایش دهد. در واقع هدف اصلی حافظهٔ نهان، کم کردن تعداد مراجعه به حافظهٔ اصلی و در نتیجه افزایش سرعت پردازش است. با گذشت زمان و بزرگ شدن برنامه‌ها و افزایش داده‌های مورد پردازش، برای انتقال بلوک‌های بزرگ‌تر و بیشتری از حافظهٔ اصلی به حافظهٔ نهان، طراحان به فکر استفاده از حافظهٔ نهان سطح دو افتادند (شکل ۱۷-۳).

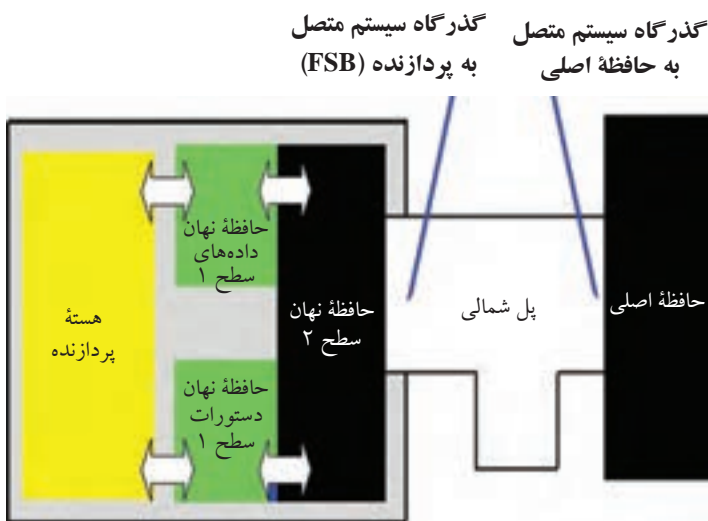
حافظهٔ نهان سطح دو به طور طبیعی بزرگ‌تر از حافظهٔ نهان سطح یک است و اندازه‌های



شکل ۱۷-۳ حافظه‌های نهان سطح یک و دو

متفاوتی مانند ۱۲۸، ۲۵۶ و ۵۱۲ کیلوبایت دارد و در پردازنده‌های امروزی یک، دو و یا چند مگابایت است. این حافظه برخلاف حافظه نهان سطح یک تفکیک نمی‌شود و به صورت یک پارچه هم برای داده‌ها و هم برای دستورالعمل‌ها استفاده می‌شود. در اولین پردازنده‌هایی که حافظه 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 حافظه نهان نیز همراه با پردازنده در یک تراشه قرار می‌گیرد که می‌تواند باعث ارتباط بهتر و سریع‌تر حافظه نهان سطح دو و یک با هم شود.

همان‌گونه که در شکل ۱۸-۳ می‌بینید حافظه نهان سطح دو با استفاده از گذرگاه سیستم (FSB) به پل شمالی متصل می‌شود و برای تبادل داده‌ها با حافظه اصلی از آن استفاده می‌کند.



شکل ۱۸-۳ حافظه نهان سطح دو و ارتباط آن با حافظه اصلی

## ۱۵-۳ پردازنده‌های XT (نسل اول)

اولین رایانه شخصی شرکت آی بی ام در سال ۱۹۸۱ براساس پردازنده ۸۰۸۸ تولید شد.

**پژوهش:** در مورد پردازنده ۴۰۰۴ محصول شرکت اینتل و خصوصیات و ویژگی‌های آن تحقیق کنید و در کلاس ارائه نمایید.

## ۱۶-۳ پردازنده ۸۰۸۶

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



(ب)



(الف)

شکل ۱۹-۳ (الف) پردازنده ۸۰۸۶ محصول شرکت اینتل (ب) کمک پردازنده 8087

### 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.

## ۱۷-۳ پردازنده‌های AT (نسل دوم)

پردازنده 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 حافظه 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.



(ب)



(الف)

شکل ۲۰-۳ (الف) جلو، پشت و سوکت پردازنده ۸۰۲۸۶ (ب) کمک پردازنده ۸۰۲۸۷

### نکته

مهم‌ترین سیاست شرکت‌های سازنده 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 حافظه اصلی یک مگابایت را حافظه متعارف یا حافظه پایه می‌نامند که کاربری آن در تمام این سیستم‌ها یکسان است. به حافظه بالای یک مگابایت تا هر مقداری که قابل نصب و استفاده باشد، حافظه توسعه یافته می‌گویند

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 عرضه سیستم عامل‌های جدید مانند ویندوز، کاربران می‌توانند از این ویژگی جدید استفاده کنند.

## ۱۸-۳ پردازنده ۸۰۳۸۶ (نسل سوم)

در سال ۱۹۸۶ شرکت اینتل پردازنده ۸۰۳۸۶ را معرفی کرد که به اختصار به آنها ۳۸۶ می‌گویند. پردازنده ۸۰۳۸۶ از ۲۷۵,۰۰۰ ترانزیستور ساخته شده است و توانایی اجرای ۶ میلیون دستور در ثانیه را دارد.



شکل ۲۱-۳ پردازنده ۸۰۳۸۶ DX و کمک پردازنده ۸۰۳۸۷ محصول شرکت اینتل



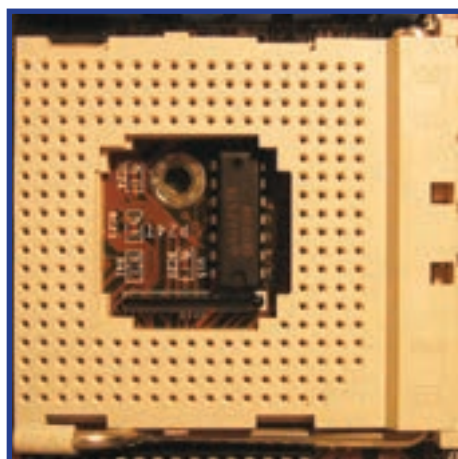
## ۱۹-۳ پردازنده ۸۰۴۸۶ ( نسل چهارم )

در بخش مربوط به برد اصلی درباره ساعت دوگانه<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 می‌داد. پردازنده ۴۸۶ اولین پردازنده‌ای بود که از این قابلیت استفاده کرد و دارای فرکانس کاری چند برابر فرکانس پالس ساعت گذرگاه سیستم است که در پردازنده‌ها به این قابلیت Overdrive می‌گویند. به همین دلیل در این دوره 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 (شکل ۲۲-۳).



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

پردازنده ۴۸۶، اولین پردازنده اینتل است که در داخل خود حافظه نهان دارد. علاوه بر این پردازنده ۴۸۶ مانند پردازنده ۳۸۶ می‌تواند از حافظه نهان روی برد اصلی نیز پشتیبانی کند. مقدار حافظه نهان داخلی سطح یک (L1) برای این پردازنده ۸ کیلوبایت است و حافظه نهان خارجی سطح دو (L2) متناسب با طراحی برد اصلی می‌تواند ۶۴ کیلوبایت تا یک مگابایت باشد. شکل ۲۲-۳ پردازنده ۴۸۶ DX ۴/۱۰۰ با سرعت ۱۰۰ مگاهرتز و سوکت شماره ۳ را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲-۳ پردازنده ۴۸۶ DX ۴/۱۰۰ با سرعت ۱۰۰ مگاهرتز و سوکت شماره ۳

### نکته

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

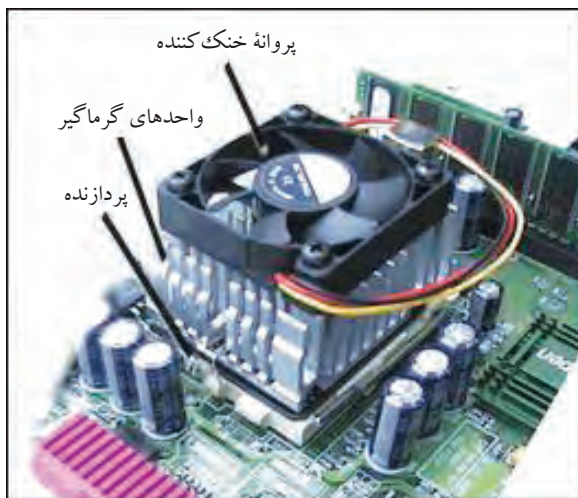
## ۲-۳ سیستم خنک کننده پردازنده

با توجه به افزایش تعداد ترانزیستورها که در ساخت پردازنده‌ها به کار می‌رود و روند رو به رشد فرکانس پالس ساعت که باعث افزایش حجم کارهای پردازنده می‌شود، دمای ایجاد شده در تراشه بسیار زیاد می‌شود و از طرفی توان مصرفی پردازنده‌های امروزی بین ۵۰ تا ۱۲۰ وات و در بعضی موارد بیشتر است. میزان گرمای تولید شده در سطح کوچک تراشه پردازنده‌ای که با این مقدار توان مصرفی کار می‌کند زیاد است. با توجه به این دلایل، از پردازنده ۴۸۶ به بالا، برای کنترل این حرارت و جلوگیری از آسیب رسیدن به تراشه پردازنده نیاز به سیستم خنک کننده است. بنابراین به همراه هر پردازنده ۴۸۶ و بالاتر، یک سیستم خنک کننده نیز وجود دارد که روی آن نصب می‌شود (شکل ۲۴-۳).

در پردازنده‌های جدید در زمان بالا رفتن دمای پردازنده از حد معینی، یک دیود<sup>۱</sup> وظیفه ارسال سیگنال به بایاس سیستم را دارد. برد اصلی و بایاس سیستم با دریافت این سیگنال برق

1. Diode

سیستم را در هر مرحله‌ای از کار که باشد، قطع می‌کند (به بخش کیس و منبع تغذیه رجوع کنید). برای استفاده از بالاترین فرکانس کاری پردازنده و جلوگیری از افزایش دمای آن، باید از سیستم‌های خنک‌کننده مناسب استفاده کرد.



شکل ۲۴-۳ سیستم خنک‌کننده پردازنده

شرکت AMD<sup>۱</sup> یکی از شرکت‌های بسیار معروف در طراحی و عرضه پردازنده‌هاست. در این فصل تعدادی از محصولات این شرکت نیز معرفی می‌شوند (شکل ۲۵-۳).



شکل ۲۵-۳ پردازنده AM486 DX4 از شرکت AMD مشابه خانواده DX 486 Intel با سرعت ۱۲۰ مگاهرتز

1. Advanced Micro Devices

## ۲۱-۳ ولتاژ کاری

همهٔ پردازنده‌ها از XT تا ۲ DX ۴۸۶ دارای ولتاژ کاری ۵ ولت هستند. این پردازنده‌ها با همان ولتاژ ورودی از منبع تغذیه کار می‌کنند. هر چه تعداد ترانزیستورهای به کار رفته در پردازنده بیشتر شود، در زمان کار با سطح ولتاژ ۵ ولت گرمای تولیدی آنها نیز افزایش می‌یابد. یکی از راه‌های کاهش این دما، استفاده از سیستم خنک‌کننده است. راه کار دوم، کاهش ولتاژ کاری تراشه پردازنده است. این راه‌حل، هم باعث کاهش دمای ایجاد شده به وسیله تراشه می‌شود و هم باعث کاهش مقدار انرژی مصرفی می‌شود. به همین دلیل تراشهٔ ۴ DX ۴۸۶ طوری طراحی شده است که می‌تواند با سطح ولتاژ ۳/۳ ولت کار کند (جدول ۲-۳).

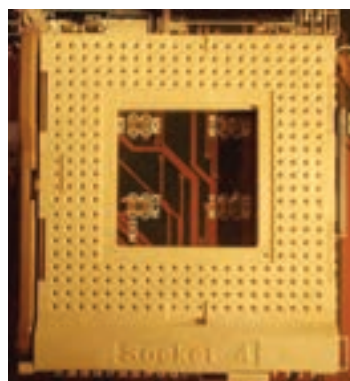
## ۲۲-۳ پردازندهٔ پنتیوم (نسل پنجم)

پردازندهٔ ۸۰۵۸۶ در سال ۱۹۹۳ به وسیله شرکت اینتل به بازار عرضه شد که به اختصار به آن پنتیوم می‌گویند. پردازندهٔ پنتیوم طی سال‌های بعد تکامل پیدا کرد. اولین پردازندهٔ 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. سوکت ۴ در سال ۱۹۹۳ وارد بازار شد که در نهایت برای دو پردازندهٔ مدل پنتیوم ۶۰ و پنتیوم ۶۶ مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۲۶-۳).

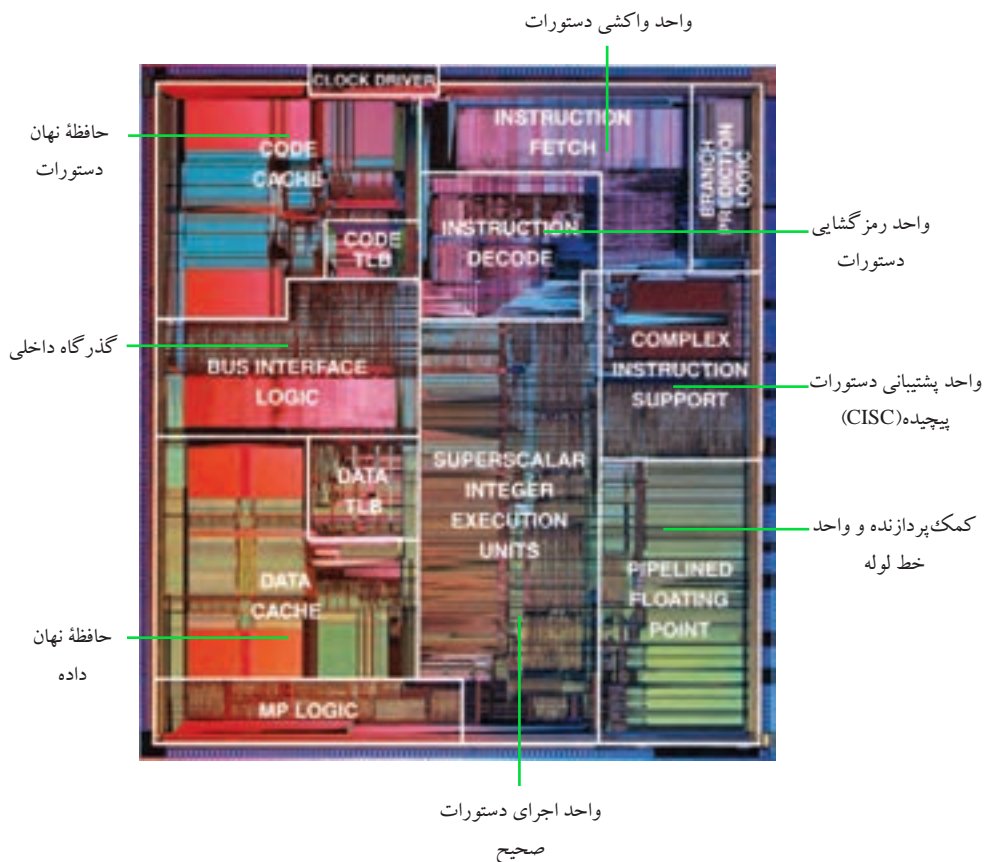
پردازندهٔ پنتیوم نیز مانند پردازندهٔ ۴۸۶، حافظهٔ نهان سطح یک بین حافظهٔ نهان خارجی سطح دو و ثبات‌های پردازنده قرار دارد. با این تفاوت که در پردازندهٔ پنتیوم مقدار ۱۶ کیلو بایت حافظهٔ نهان داخلی سطح یک را به دو بخش ۸ کیلوبایتی تقسیم می‌کنند. تقسیم حافظهٔ نهان سطح یک به دو بخش مساوی برای نگهداری داده‌ها و دستورالعمل‌ها، به دلیل پردازش موازی صورت می‌گیرد. در واقع می‌توان گفت که حافظهٔ نهان داده و دستورالعمل، به صورت جداگانه وجود دارد (شکل ۲۷-۳). پردازندهٔ پنتیوم ۷۵ و سوکت شمارهٔ ۵ آن را در شکل ۲۸-۳ مشاهده کنید.

### بیشتر بدانید

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



شکل ۲۶-۳ پردازنده ۸۰۵۸۶ معروف به پنتیوم محصول شرکت اینتل با فرکانس پالس ساعت ۶۶ مگاهرتز و سوکت شماره ۴



شکل ۲۷-۳ نمای داخلی پردازنده پنتیوم محصول اینتل در سال ۱۹۹۳



شکل ۲۸-۳ پردازنده پنتیوم ۷۵ و سوکت شماره ۵

شرکت اینتل بعد از پردازنده پنتیوم ۱۳۳ مگاهرتزی، برای اندازه گیری سرعت پردازنده‌های 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 نمی‌کنند. به همین دلیل شرکت اینتل پس از ارائه پردازنده پنتیوم ۱۳۳ مگاهرتزی، اندازه گیری سرعت پردازنده‌های خود را با استفاده از MIPS متوقف کرد. برای ارائه واحدهای بهتر و قابل قبول برای کاربران، شرکت اینتل از سال ۱۹۹۲ واحد iCOMP را برای اندازه گیری سرعت پردازنده‌های خود معرفی کرد. جدول ۳-۳ را مشاهده کنید.

### بیشتر بدانید

نام گذاری پردازنده پنتیوم که شروع نسل پنجم پردازنده‌هاست، ساختار نام گذاری به صورت شماره‌ای پردازنده‌ها را برهم زد. شرکت‌های معتبر سازنده پردازنده مانند Intel، IBM، Cyrix، AMD، ... تا قبل از پردازنده پنتیوم محصولات خود را براساس شماره مانند x86 نام گذاری می‌کردند. اما بعد از پنتیوم هر شرکت برای محصولات خود از نام خاصی استفاده می‌کند.

### بیشتر بدانید

در روش اندازه گیری iCOMP، یک عدد که نتیجه آزمایشات گوناگون پردازنده با استفاده از روش‌های مختلف است به وسیله شرکت تولید کننده ارائه می‌شود. بهترین ویژگی شیوه اندازه گیری iCOMP، این است که می‌توان آن را برای مقایسه پردازنده مختلف به کار برد.

### جدول ۳-۲ سرعت چند پردازنده شرکت اینتل بر حسب iCOMP

سرعت عملکرد براساس iCOMP	پردازنده و فرکانس پالس ساعت آن
۳۰۳	پنتیوم II، ۲۶۶ مگاهرتز
۲۶۷	پنتیوم III، 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

**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 ارائه نمایید.

#### بیشتر بدانید

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

### ۳-۲۳ پردازنده 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 پردازنده 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 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 تراشه مجهز به این دستورها، در جهت توسعه کاربردهای چند رسانه‌ای، نقش مؤثری دارد.

این پردازنده‌ها حافظه نهان ۳۲ کیلوبایتی (۱۶ × ۲ کیلوبایت) داخلی سطح یک و توان پشتیبانی را از حافظه نهان سطح دو روی برد اصلی تا یک مگابایت دارند.

سوکت هفت برای پردازنده 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 ۲۹-۳).

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 وسیله 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 حافظه 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 پردازنده 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.

1. Multi Media Extensions

2. Direct Memory Access





شکل ۲۹-۳ پشتهای جلو و پشت پردازنده پنتیوم MMX ۱۶۶ و سوکت شماره ۷

### ۳-۲۴ پردازنده پنتیوم پرو (نسل ششم)

در این پردازنده مقدار حافظه نهان سطح یک، ۳۲ کیلوبایت است که به صورت دو حافظه مجزای ۱۶ کیلوبایتی وجود دارد. یکی از ویژگیهای مهم پردازنده پنتیوم پرو این است که برای اولین بار حافظه نهان سطح دو از روی برد اصلی به داخل پردازنده انتقال یافت و این خصوصیت در پردازندههای بعدی نیز ادامه پیدا کرد (شکل ۳۰-۳).

#### نکته

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

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



شکل ۳۰-۳ جلو و پشت پردازنده پنتیوم پرو با فرکانس ۲۰۰ مگاهرتز

## تحقیق

با توجه به مطالب ارائه شده در بخش حافظه‌ها و قسمت حافظه مجازی، بررسی کنید که پردازنده‌ها از چه نسلی قابلیت پشتیبانی از حافظه‌های مجازی و تا چه مقدار را به دست آوردند.

## نکته

پردازنده‌های پنتیوم پرو از ویژگی مجموعه دستورهای MMX پشتیبانی نمی‌کنند.

## ۲۵-۳ پردازنده پنتیوم II (نسل ششم)

مهم‌ترین ویژگی تأثیرگذار بر مدل‌های مختلف این پردازنده حافظه نهان در دو سطح یک و دو است. همه این پردازنده‌ها دارای حافظه نهان سطح یک ۳۲ کیلوبایتی به صورت دو حافظه ۱۶ بایتی هستند.

## بیشتر بدانید

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



شکل ۳۱-۳ جلو و پشت پردازنده پنتیوم II با دو تراشه حافظه نهان و به صورت شکاف ۱

برای حافظه‌ی نهان سطح دو پردازنده‌ی پنتیوم II را به سه دسته تقسیم می‌کنند. الف) پنتیوم II دارای حافظه‌ی نهان سطح دو به مقدار ۵۱۲ کیلوبایت است. این حافظه به همراه پردازنده روی یک برد مدار چاپی عرضه و قابل نصب در شکاف‌های مخصوص به نام Slot1 می‌باشد. به این پردازنده‌ی پنتیوم II با حافظه‌ی نهان کامل (فول کش<sup>۱</sup>) گفته می‌شود.

ب) پنتیوم II با ویژگی حافظه‌ی نهان نیمه (هاف کش<sup>۲</sup>)، دارای حافظه‌ی نهان سطح دو به مقدار ۲۵۶ کیلوبایت است. به این پردازنده‌ی پنتیوم II نیم کش گفته می‌شود. ج) پنتیوم II سلرون<sup>۳</sup> این نوع پردازنده‌ی پنتیوم II خود دو نوع است:

- به طور کلی حافظه‌ی نهان سطح دو ندارد و به این نوع پردازنده‌ی پنتیوم II کلاس B گفته می‌شود.

- مقدار ۱۲۸ کیلوبایت حافظه‌ی نهان سطح دو دارد و به این نوع پردازنده‌ی پنتیوم II کلاس A یا سلرون گفته می‌شود.

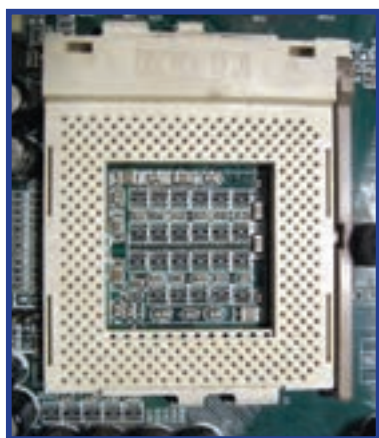
## مطالعه آزاد

اینتل با عرضه‌ی پنتیوم II تاریخچه‌ی سوکت ۷ را با پردازنده‌ی پنتیوم MMX ۲۳۳ به اتمام رساند، و از آن به بعد از شکاف ۱ (Slot1) برای پردازنده‌های خود استفاده می‌کرد، یکی از نکته‌های متفاوتی که در پردازنده‌های شکاف ۱ دیده شد این بود که حافظه‌ی نهان سطح دو از روی برد اصلی برداشته شده و روی کارت پردازنده (نه داخل پردازنده) قرار گرفت.

در مورد پردازنده‌های سلرون باید گفت که شرکت اینتل برای کاهش قیمت تمام شده و رقابت با شرکت‌هایی رقیب مانند AMD، حافظه‌ی 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.

1. Full Cache  
2. Half Cache  
3. Celeron

در حقیقت شرکت اینتل با این بازگشت به نوع سوکت‌های متعارف و طراحی تراشه در قالب کلاسیک آن، به نوعی شکست خود را در طراحی پردازنده‌هایی با ساختار جدید شکاف ۱، پذیرفت و از انحصاری که در مورد شکاف ویژه آن ایجاد کرده بود، نه تنها سودی نبرد بلکه بیشتر کاربران از شکاف ۱ به علت قیمتش استقبال نکردند به همین دلیل طراحی تراشه‌های پردازنده در قالب یک سیلیکون مربع شکل را احیا نمود و در سال ۱۹۹۸ فناوری جدید سوکت ۳۷۰ در دو حالت مختلف<sup>۱</sup> PPGA و<sup>۲</sup> FC-PGA عرضه شد (شکل ۳۲-۳).



شکل ۳۲-۳ پردازنده سلرون و سوکت ۳۷۰ PGA

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

1. Plastic Pin Grid Array  
2. Flip Chip Pin Grid Array

## نکته

یک نوع از پردازنده‌های سلرون که دارای ۱۲۸ کیلوبایت حافظه نهم سطح دو است به جای استفاده از مجموعه دستورهای MMX از یک مجموعه دستورهای جدید (SSE(Streaming SIMD (Single Instruction/Multiple Data) Extension) 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.

## ۳-۲۶ پردازنده پنتیوم III (نسل ششم)

پردازنده‌های تعبیه شده روی شکاف ۱ و همچنین سوکت ۳۷۰ برای یک دوره 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 (شکل ۳-۳۳).



شکل ۳-۳۳ پردازنده پنتیوم III با ساختار شکاف ۱ (بالا)، پروانه خنک کننده آن و پنتیوم III با شکل کلاسیک (پایین)

## تحقیق

مانند پردازنده‌های بنتیوم II با توجه به ویژگی‌های هر نسخه از پردازنده PIII، برای آنها نام‌های خاصی هم در نظر گرفته‌اند که عبارت‌اند از: PIII-E، PIII-Xeon، PIII-E-Xeon. در مورد ویژگی‌های هر کدام از پردازنده‌های PIII بررسی کنید و نتیجه را در کلاس ارائه نمایید.

## نکته

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

## بیشتر بدانید

شرکت AMD، پردازنده‌های AMD Athlon و AMD Duron را هم‌زمان با پردازنده بنتیوم III اینتل به بازار معرفی کرد (شکل ۳-۳۴).



شکل ۳-۳۴ پردازنده AMD Athlon در سمت چپ و پردازنده AMD Duron در سمت راست

## ۲۷-۳ پردازنده پنتیوم IV (نسل هفتم)

برترین ویژگی پردازنده پنتیوم IV افزایش سرعت انتقال داده در گذرگاه سیستم است. در حقیقت این گذرگاه در پردازنده‌های پنتیوم IV گذرگاهی چهار کاناله است که مانند چهار گذرگاه سیستم عمل می‌کنند. به همین دلیل در هر سیکل ساعت به میزان چهار برابر، داده‌ها را منتقل می‌کند. می‌توان گفت برای فرکانس پالس ساعت ۱۳۳، ۱۰۰ و ۲۰۰ مگاهرتز مانند یک گذرگاه سیستم با فرکانس پالس ساعت (۴×۱۰۰=۴۰۰)، (۴×۱۳۳=۵۳۲)، و (۴×۲۰۰=۸۰۰) مگاهرتز عمل می‌کند (شکل ۳۵-۳).



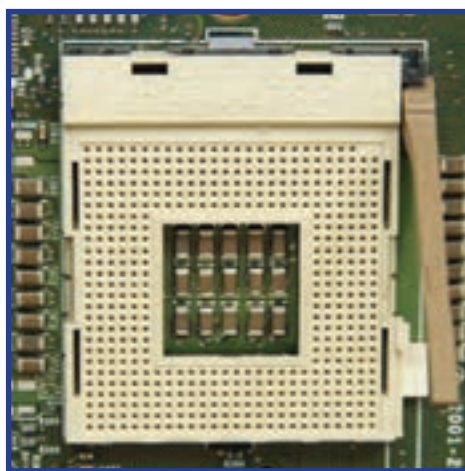
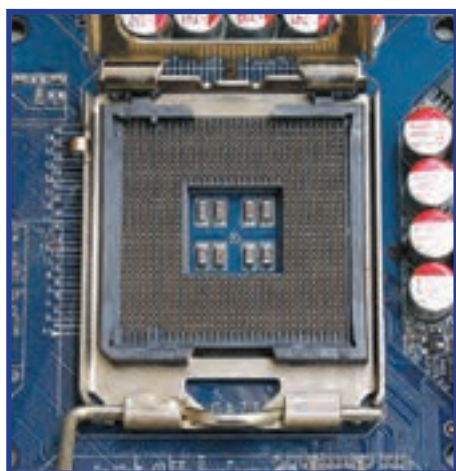
شکل ۳۵-۳ پنتیوم IV

استفاده از حافظه نهان در پردازنده‌های پنتیوم IV با پردازنده‌های قبلی شرکت اینتل متفاوت است. در این پردازنده‌ها مقدار حافظه نهان سطح یک ۲۰ کیلوبایت و به صورت ۱۲ کیلوبایت برای دستورالعمل و ۸ کیلوبایت برای داده‌هاست. حافظه نهان سطح دو نیز حداقل ۲۵۶ کیلوبایت است.

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

پردازنده پنتیوم IV روی سوکت ۴۲۳ وارد بازار گردید. سوکت ۴۷۸ هم‌زمان با پردازنده پنتیوم IV با هسته Northwood و همچنین حافظه نهان سطح دو با ظرفیت ۵۱۲ کیلوبایت یعنی دو برابر مدل قبلی وارد بازار شد. اینتل در مسیر حرکت از سوکت ۴۷۸ به سوکت LGAY75، گام بزرگی را برداشت. در پردازنده‌های LGA برخلاف پردازنده‌های دیگر، پین وجود ندارد

و به جای آن در زیر پردازنده سوراخ‌هایی تعبیه شده است که پین‌های روی سوکت LGA در برد اصلی داخل آنها فرو می‌رود. سوکت‌های LGA براساس تعداد پایه‌های خود شماره‌گذاری می‌شوند و به همان نام هم شناخته می‌شوند (شکل ۳۶-۳). از ویژگی‌های پردازنده پنتیوم IV که در موفقیت و ماندگاری آن نقش فراوان داشت فناوری Hyper-piplined است.



شکل ۳۶-۳ سوکت ۴۷۸ و سوکت ۷۷۵ LGA

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

پردازنده‌های چند هسته‌ای (Multiple Core) شرکت اینتل تاکنون در سه خانواده مختلف به نام‌های Core i، Core 2، و Core i5، Core i7 و Core i3 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.

### ۲۸-۱-۳ 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.

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



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، پردازنده ولتاژ متوسط<sup>۱</sup>، پردازنده‌های ولتاژ پایین<sup>۲</sup> و پردازنده‌های ولتاژ بسیار پایین<sup>۳</sup>. توان مصرفی این پردازنده‌ها به ترتیب برابر با ۳۵، ۲۵، ۱۷ و ۱۰ وات است.

### • مزایا

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

### • 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 حافظه نهان سطح سه اشتراکی هستند. بسیاری از پردازنده‌های این خانواده دارای پردازنده 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 ۳۷-۳ و ۳۸-۳).

---

1. Medium Voltage

2. Low Voltage

3. Ultra Low Voltage



شکل ۳۷-۳ جلو و پشت پردازنده Intel core i7-975



شکل ۳۸-۳ نمونه‌ای از سیستم خنک کننده پردازنده‌های core i7

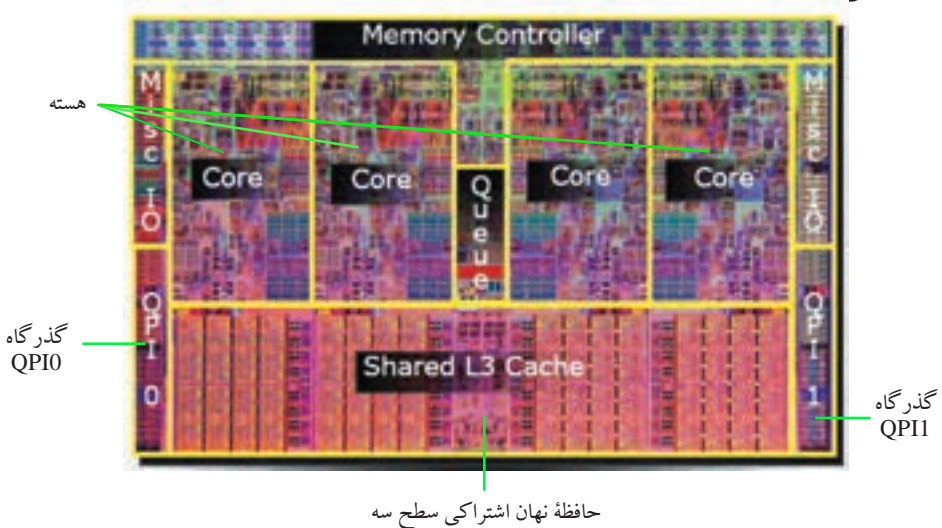
توان مصرفی پردازنده‌های با ولتاژ بسیار پایین حدود ۱۸ وات، ولتاژ پایین حدود ۲۵ وات و ولتاژ عادی ۳۵ یا ۴۵ وات است. پردازنده‌های با ولتاژ بسیار پایین و پایین اغلب در نوت‌بوک‌های دوازده تا چهارده اینچی مورد استفاده قرار می‌گیرند که وزن آنها به نسبت کم است.

### ● 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. پردازنده Cre i7 با ۴ هسته و گذرگاه‌های QPI0 و QPI1 را در شکل ۳۹-۳ مشاهده کنید.

## ● معایب

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



حافظه نهان اشتراکی سطح سه

شکل ۳-۲۹ نمای داخلی پردازنده‌های چهار هسته‌ای به همراه حافظه نهان سطح سه با استفاده از فناوری QPI

## ۳-۲۸-۳ پردازنده‌های سری Core i5

پردازنده‌های این سری، نسخه ساده‌شده پردازنده‌های Core i7 هستند. اینتل در حال حاضر چند پردازنده در این سری معرفی کرده که همگی دو هسته‌ای بوده و قابلیت Hyper-Threading را دارند. برخی از این پردازنده‌ها همچنین دارای فناوری Turbo Boost و پردازنده گرافیکی مجتمع<sup>۱</sup> درون پردازنده هستند (شکل ۳-۴۰).



شکل ۳-۴۰ جلو و پشت پردازنده Intel Core i5-750

1. Standby Bridge

## ● مزایا

یک مدل از Core i5 دارای ولتاژ بسیار پایین است که به دلیل قیمت مناسب در طیف وسیعی از نوت بوک‌ها 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 حافظه 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، اندازه ترانزیستورها 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 واسطه 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 پردازنده بزرگ قرار دهید، به احتمال زیاد سرعت پردازش آن بیش از یک تراشه امروزی نخواهد بود. به همین دلیل، رویکرد جدید طراحان را که در آن، ترانزیستورهای جدید را به جای یک پردازنده در چندین هسته پردازشی نصب می‌کنند، به خوبی قابل درک می‌کنند.

در واقع در پردازنده‌های جدید برای توسعه پردازنده‌ها، هسته‌های پردازشی جایگزین افزایش ترانزیستورها شده‌اند.

چنین تراشه‌های پیشرفته‌ای به منظور 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 به کارگیری میلیون‌ها ترانزیستور در یک تراشه ابداع کردند، برای یافتن راه‌حل‌های مناسب به منظور 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 وسیلهٔ 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. به عنوان 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 می‌توان گفت، استفاده از موازی‌سازی در برنامه‌هایی که تعداد زیادی از کاربران وظایف تقریباً یکسانی را انجام می‌دهند مانند مثال‌های بالا، در مقایسه با مواردی که یک کاربر عملیات بسیار پیچیده‌ای را اجرا می‌کند، ساده‌تر است، به همین دلیل در حال حاضر تنها این برنامه‌ها می‌توانند از امکانات پردازنده‌های چند هسته‌ای استفاده کنند.

یکی دیگر از کاربردهای عملی موازی‌سازی، ایجاد گرافیک رایانه‌ای است. فیلم‌های انیمیشن و فیلم‌هایی که از جلوه‌های ویژه رایانه‌ای بهره می‌برند، نوعی از موازی‌سازی را به کار می‌گیرند که در آن صحنه‌های مستقل به‌طور موازی پردازش می‌شوند. در این برنامه‌ها، برنامه‌نویسان از قابلیت موازی‌سازی برای پردازش هر یک از تصاویر بهره می‌برند. پردازنده‌های گرافیکی پیشرفته‌ای که برای اجرای بازی‌ها روی رایانه‌های شخصی به کار گرفته می‌شوند، گاهی حاوی صدها هسته پردازشی دارند که هر یک تنها بخش کوچکی از فرایند ایجاد و بازسازی تصاویر

را به انجام می‌رساند. در یک فناوری جدید شرکت اینتل راه‌حل جدیدی برای این مشکل ارائه کرده است.

## ۲۹-۳ فناوری Intel Turbo Boost

یکی از ویژگی‌های بسیار ارزندهٔ پردازنده‌های چند هسته‌ای Core i شرکت اینتل به خصوص پردازنده‌های سری Core i5 و Core i7 فناوری Turbo Boost است. برای درک بهتر ویژگی این فناوری دو پردازنده دو هسته‌ای و چهار هسته‌ای را که هر دوی آنها دارای توان مصرفی ۹۵ وات هستند، در نظر بگیرید. در پردازندهٔ چهار هسته‌ای این توان بین چهار هسته تقسیم می‌شود، در حالی که در پردازندهٔ دو هسته‌ای توان بین دو هسته به اشتراک گذاشته می‌شود. به عبارت ساده‌تر در پردازندهٔ چهار هسته‌ای، هر هسته ۲۳/۷۵ توان مصرف می‌کند، در حالی که توان مصرفی هر هسته در پردازندهٔ دو هسته‌ای، ۴۷/۵ وات است. همان‌گونه که می‌دانید، توان کمتر موجب می‌شود تا پردازنده در فرکانس پایین‌تری کار کند. بنابراین پردازنده‌های چهار هسته‌ای فرکانس پایین‌تری نسبت به پردازنده‌های دو هسته‌ای دارند.

به همین دلیل است که پردازنده‌های چهار هسته‌ای اینتل نسبت به نسخه‌های دو هسته‌ای با فرکانس پایین‌تری عرضه می‌شوند. در حقیقت، تعداد هسته‌های پردازنده و فرکانس ساعت پردازنده با یکدیگر رابطهٔ عکس دارند و افزایش یکی به معنای کاهش دیگری است. از طرفی همان‌طور که گفته شد بسیاری از برنامه‌های 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 پردازندهٔ چهار هسته‌ای اجرا شوند، چه اتفاقی می‌افتد؟ برنامهٔ کاربردی با توجه به خصوصیت خود تنها از یک یا دو هستهٔ 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. به طور مثال، فرکانس پردازنده Core i7 ۸۷۰ معادل ۲٫۹۳ گیگاهرتز است، که با دو هسته 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 ۴۱-۳).



شکل ۴۱-۳ فناوری Turbo Boost در پردازنده‌های چند هسته‌ای سری‌های Core i5 و Core i7

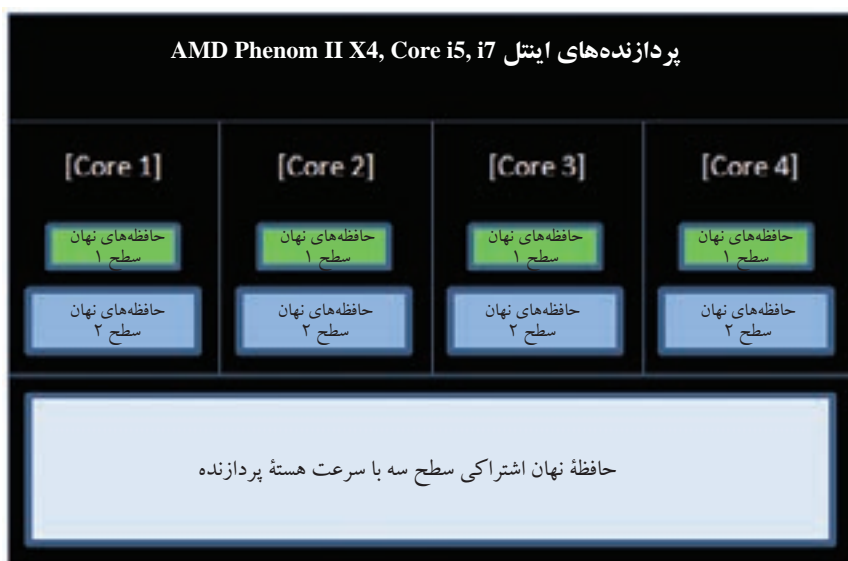
**پژوهش:** در مورد فناوری Smart cache تحقیق کرده و در کلاس ارائه دهید.

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

پردازنده‌های Core 2 دارای دو سطح حافظه 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 حافظه نهان هستند. حافظه‌های نهان سطح یک و دو مستقل و وابسته به هر هسته است، اما حافظه نهان سطح سه بین تعدادی از هسته‌ها مشترک است. حافظه نهان اشتراکی موجب می‌شود تا در صورتی که یکی از هسته‌های درون پردازنده غیرفعال شود،

حافظه نهم 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 حافظه نهم پردازنده در کاربردهایی مانند ویرایش تصاویر و ویدئویی تأثیر بسزایی دارد (شکل ۴۲-۳).

پردازنده‌های نسل Core i نیز مانند سایر پردازنده‌ها به سیستم‌های خنک کننده نیاز دارند (شکل ۴۳-۳).



شکل ۴۲-۳ پردازنده‌های چهار هسته‌ای با حافظه نهم سطح سه اشتراکی

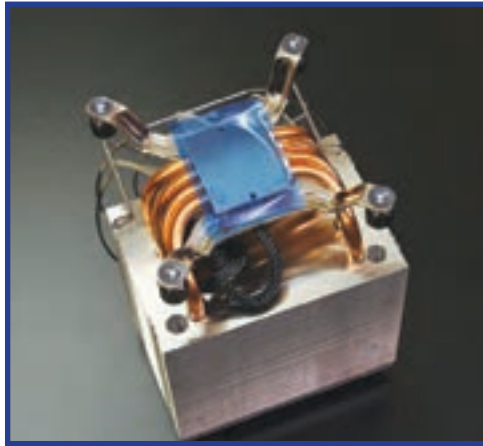
### ۳-۳۱ رایانه‌های چند پردازنده‌ای

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

1. Symmetric Multi-Processor(SMP)





شکل ۴۳-۳ سیستم خنک کننده برای پردازنده‌های نسل Core i

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

### بیشتر بدانید

با وجود همه 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 استفاده هم‌زمان از چند پردازنده به افزایش کارایی موردنظر خود دست یابند.

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

– تک‌چرخه‌ای

– خط لوله

– Superscalar

– Hyper-Threading

برای رسیدن به فرکانس پالس ساعت بسیار بالا و بالاتر، شرکت‌های تولیدکننده 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 وسیله برد اصلی تأمین می‌شود. این ولتاژها عبارت‌اند از:

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

– سطح ولتاژی که به بخش‌های دیگر پردازنده مانند حافظه نهم اعمال می‌شود.

برای اجرای هر برنامه، ابتدا دستورالعمل‌ها و داده‌های مربوط به آن، به حافظه 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:

– واکنشی دستور یا Fetch

– رمزگشایی دستور یا decode

– برداشت داده

– پردازش داده یا اجرا Execute

– نوشتن نتیجه (Write back)

در داخل هسته پردازنده، مجموعه‌ای از ثبات‌ها قرار دارند که در سطحی بالاتر از حافظه اصلی و حافظه نهم 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 می‌کند سوکت پردازنده می‌گویند.

گذرگاه سیستم که به طور مستقیم به پردازنده وصل شده است ارتباط میان پردازنده و حافظه اصلی را برقرار می‌کند که به آن FSB نیز می‌گویند.

بیشتر کاربران تفاوت اصلی بین پردازنده‌ها را در مبتنی بودن بر CISC و یا RISC می‌دانند و در ابتدا پردازنده‌ها را براساس مجموعه دستورالعمل به دو نوع تقسیم می‌کردند:

– پردازش مبتنی بر مجموعه دستورالعمل‌های پیچیده (CISC)

– پردازش مبتنی بر مجموعه دستورالعمل‌های کاهش یافته (RISC)

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

بزرگترین محدودیت رایانه‌های XT برای توسعه، محدودیت مقدار حافظه قابل آدرس‌دهی بود زیرا این رایانه‌ها می‌توانستند حداکثر ۱۶ مگابایت حافظه را آدرس‌دهی کند.

طراحی pipeline یا خط لوله بین قسمت‌های داخلی پردازنده ۳۸۶، از قابلیت‌های مهم این پردازنده است که با تکیه بر این ویژگی، پردازنده 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 داده حافظه اصلی بیشتر باشد و حافظه نهان (Cache) به عنوان یک راه‌حل مناسب مورد توجه قرار گرفت. این حافظه نهان در پردازنده قرار دارد و دسترسی به آن آسان‌تر و سریع‌تر از حافظه اصلی است.

پردازنده ۴۸۶ به بالا، برای کنترل حرارت و جلوگیری از آسیب رسیدن به تراشه پردازنده نیاز به سیستم خنک‌کننده دارند.

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

الف) پردازنده پنتیوم II با حافظه نهان کامل (فول کش)

ب) پنتیوم II با ویژگی حافظه نهان نیمه (هاف کش)  
ج) پنتیوم II سلرون این نوع پردازنده پنتیوم II خود دو نوع است:  
- پردازنده پنتیوم II کلاس B که حافظه نهان سطح دو ندارد.  
- پردازنده پنتیوم II کلاس A یا سلرون که ۱۲۸ کیلوبایت حافظه نهان سطح دو دارد.  
از ویژگی های پردازنده پنتیوم IV که در موفقیت و ماندگاری آن نقش فراوان داشت فناوری Hyper-piplined است. این تکنولوژی با استفاده از نظریه پردازش موازی قادر بود منابع پردازنده را دسته بندی کند تا امکان پردازش چند دستورالعمل به صورت هم زمان پدید آید.  
پردازنده های چند هسته ای (Multiple Core) شرکت اینتل تاکنون در سه خانواده 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.

---

۱. حافظه نهران در پردازنده به چه منظوری استفاده می‌شود؟
۲. اجزای مختلف تشکیل دهنده 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 حافظه اصلی به وسیله 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 دستورات عمل 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 ارائه شد.
۱۴. مزیت‌ها و ویژگی‌های کاربرد حافظه نهران 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.