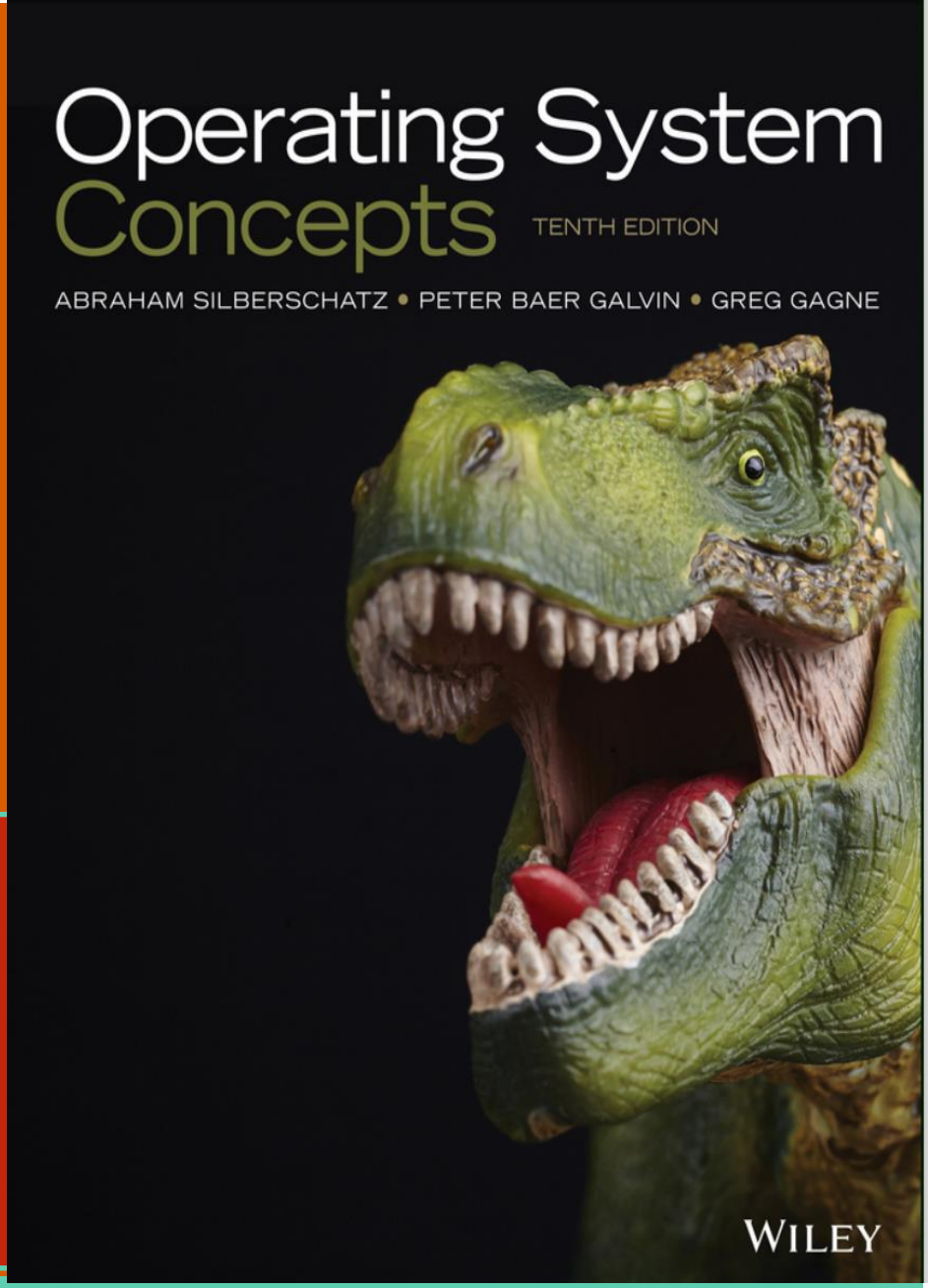
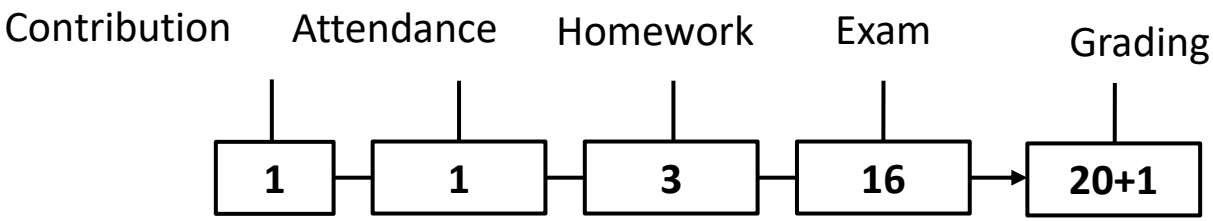
Operation Systems



Dr. A. Taghinezhad

Website: ataghinezhad.github.io, Email:a0taghinezhad@gmail.com

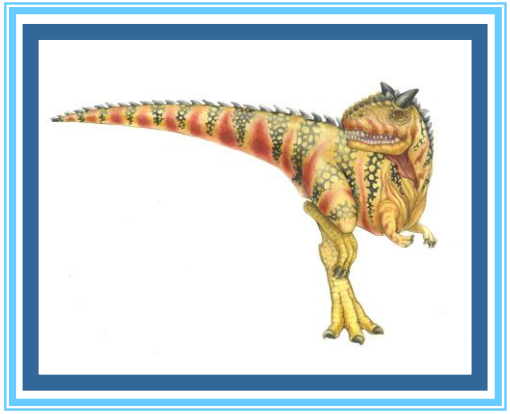
ارزیابی

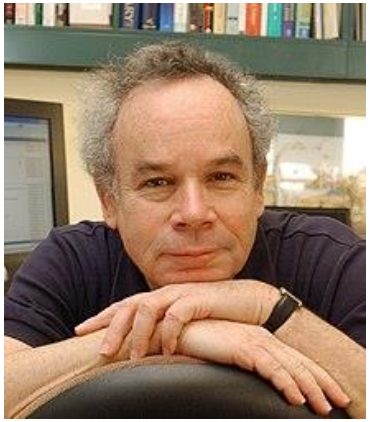


Outline of this Course

- فرآیندها(Processes)
- رشته‌ها و هم‌زمانی(Threads and Concurrency)
- زمان‌بندی(CPU Scheduling) CPU
- بن بست‌ها (Deadlocks)
- حافظه اصلی(Main Memory)
- حافظه مجازی(Virtual Memory)
- ساختار ذخیره‌سازی حجیم(Mass-Storage Structure)

فصل ۱: مقدمه





Silberschatz, Galvin and Gagne ©2013

چیزهایی که در این بخش میخوانید:

- سیستم‌عامل‌ها چه کاری انجام می‌دهند
- سازمان سیستم‌های کامپیوتری
- معماری سیستم‌های کامپیوتری
- ساختار سیستم‌عامل
- عملیات سیستم‌عامل
- مدیریت فرآیند
- مدیریت حافظه
- مدیریت ذخیره‌سازی
- حفاظت و امنیت
- ساختارهای داده‌ای کرنل
- محیط‌های محاسباتی
- سیستم‌های‌عامل متن‌باز

Objectives

- **اهداف:**
  - توصیف ساختار سیستم‌های کامپیوتری
  - ارائه مروری کلی بر اجزای اصلی سیستم‌عامل‌ها
  - بررسی انواع محیط‌های محاسباتی
  - کاوش چندین سیستم‌عامل متن‌باز

What is an Operating System?

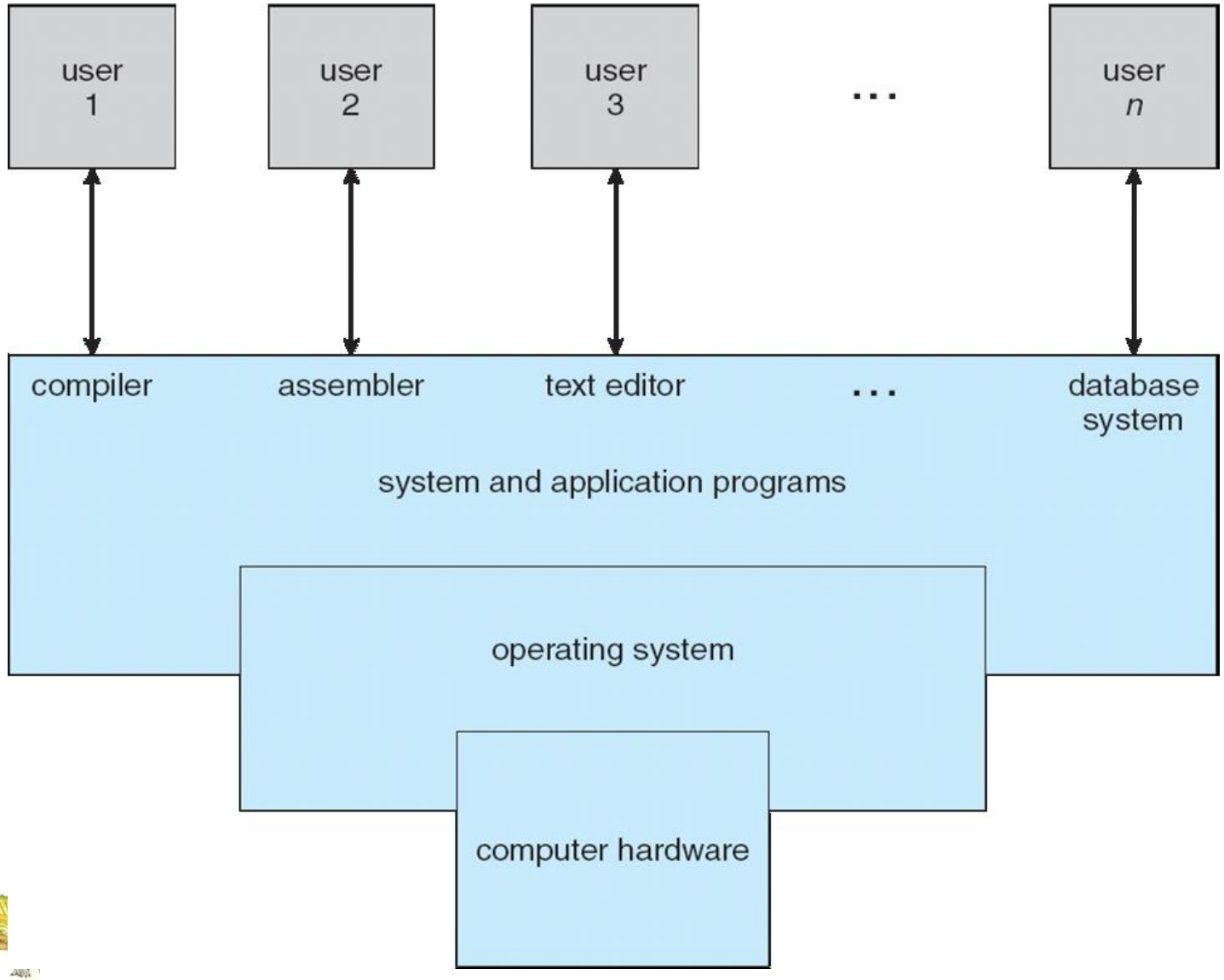
- **تعریف سیستم‌عامل:**
- برنامه‌ای که به‌عنوان واسطه بین کاربر کامپیوتر و سخت‌افزار عمل می‌کند.
- **اهداف سیستم‌عامل:**
  - اجرای برنامه‌های کاربر و تسهیل حل مسائل کاربران
  - راحت‌تر کردن استفاده از سیستم کامپیوتری
  - استفاده بهینه از سخت‌افزار کامپیوتر (مدیریت منابع)

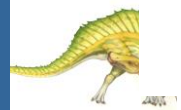
Computer System Structure

- **اجزای سیستم کامپیوتری:**

1. **سخت‌افزار** –منابع پایه‌ای محاسباتی را فراهم می‌کند:
   - پردازنده(CPU) ، حافظه، دستگاه‌های ورودی/خروجی
2. **سیستم‌عامل** –کنترل و هماهنگی استفاده از سخت‌افزار بین برنامه‌های مختلف و کاربران
3. **برنامه‌های کاربردی** –تعیین روش استفاده از منابع سیستم برای حل مسائل کاربران:
   - پردازشگر متن، کامپایلرها، مرورگرهای وب، سیستم‌های پایگاه داده، بازی‌های ویدیویی
4. **کاربران** –شامل افراد، ماشین‌ها و سایر کامپیوترها

Four Components of a Computer System





What Operating Systems Do

- **بستگی به دیدگاه دارد**
  - کاربران راحتی، سهولت استفاده و عملکرد خوب را می‌خواهند
  - به بهره‌برداری از منابع اهمیتی نمی‌دهند
  - اما در سیستم‌های مشترک مانند **مین‌فریم** یا **مینی‌کامپیوتر**، باید تمام کاربران راضی باشند
  - کاربران سیستم‌های اختصاصی مانند **ایستگاه‌های کاری**، منابع اختصاصی دارند اما اغلب از منابع مشترک سرورها نیز استفاده می‌کنند
  - **کامپیوترهای دستی** منابع محدودی دارند و برای **قابلیت استفاده و عمر باتری** بهینه شده‌اند
  - برخی از کامپیوترها **رابط کاربری کمی دارند یا اصلاً ندارند**، مانند کامپیوترهای تعبیه‌شده در دستگاه‌ها و خودروها

Operating System Definition

- **سیستم‌عامل به‌عنوان مدیریت منابع**
  - تمامی منابع را مدیریت می‌کند
  - بین درخواست‌های متضاد تصمیم‌گیری می‌کند تا استفاده از منابع **کارآمد و عادلانه** باشد
- **سیستم‌عامل به‌عنوان برنامه کنترلی**
  - اجرای برنامه‌ها را کنترل می‌کند تا از **خطاها و استفاده نادرست** از کامپیوتر جلوگیری کند

Operating System Definition (Cont.)

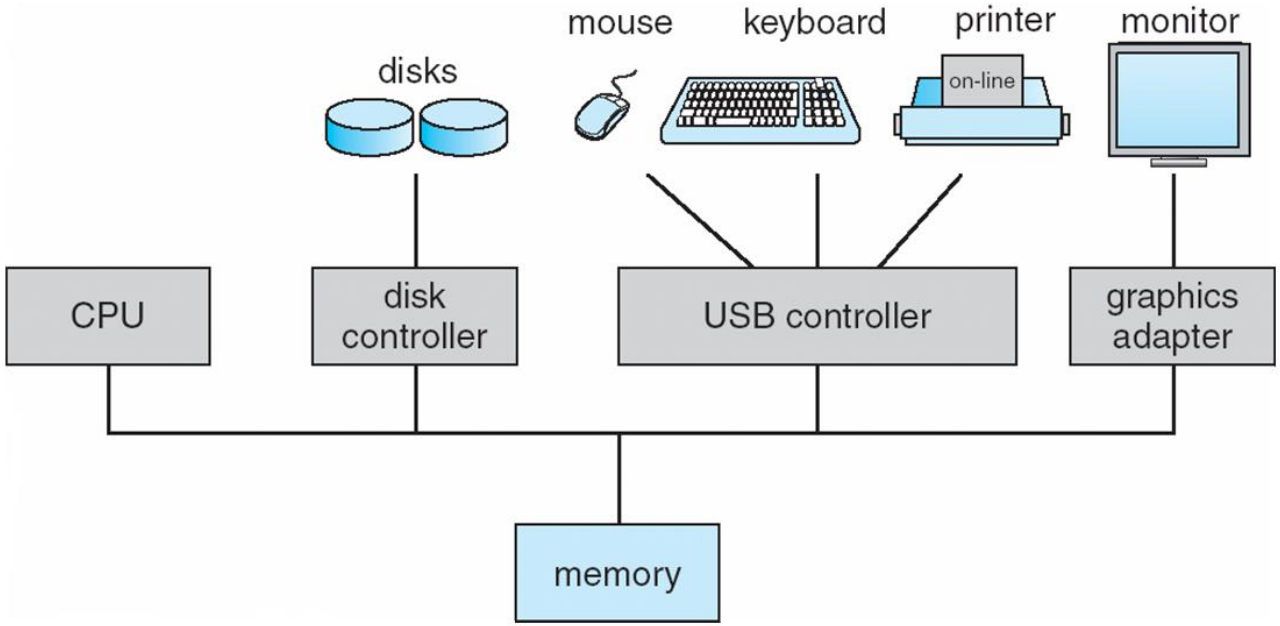
- **تعریف سیستم‌عامل**
  - هیچ **تعریف جهانی پذیرفته‌شده‌ای** ندارد
  - "هر چیزی که یک فروشنده هنگام خرید سیستم‌عامل ارائه می‌دهد" یک تقریب خوب است، اما **بسیار متغیر است**
  - "برنامه‌ای که همیشه در حال اجرا است "**کرنل** نامیده می‌شود
  - سایر اجزا شامل:
    - **برنامه‌های سیستمی** همراه سیستم‌عامل ارائه می‌شوند
    - **برنامه‌های کاربردی**

Computer Startup

- **برنامه بوت‌استرپ**
  - هنگام **روشن شدن یا ری‌استارت** سیستم بارگذاری می‌شود
  - معمولاً در **ROM** یا **EPROM** ذخیره شده و به عنوان **فرمور** شناخته می‌شود
  - تمامی بخش‌های سیستم را **مقداردهی اولیه** می‌کند
  - کرنل سیستم‌عامل را بارگذاری کرده و اجرای آن را آغاز می‌کند

Computer System Organization

- **عملیات سیستم کامپیوتری**
  - شامل **یک یا چند پردازنده (CPU)** و **کنترل‌کننده‌های دستگاه** که از طریق **یک گذرگاه مشترک** به حافظه اشتراکی دسترسی دارند
  - پردازنده‌ها و دستگاه‌های مختلف **به‌طور همزمان اجرا می‌شوند** و برای دسترسی به حافظه رقابت می‌کنند



Computer-System Operation

- **مدیریت ورودی/خروجی (I/O) و نقش کنترل‌کننده‌های دستگاه**
  - **CPUو دستگاه‌های I/O می‌توانند همزمان اجرا شوند**
  - هر **کنترل‌کننده دستگاه** مسئول **یک نوع خاص از دستگاه‌ها** است
  - هر کنترل‌کننده دارای **یک بافر محلی** است
  - CPUداده‌ها را بین حافظه اصلی و بافر کنترل‌کننده جابه‌جا می‌کند
  - عملیات I/O از **دستگاه به بافر محلی کنترل‌کننده** انجام می‌شود
  - **کنترل‌کننده دستگاه از طریق وقفه به CPU اطلاع می‌دهد** که عملیاتش به پایان رسیده است

Device controller

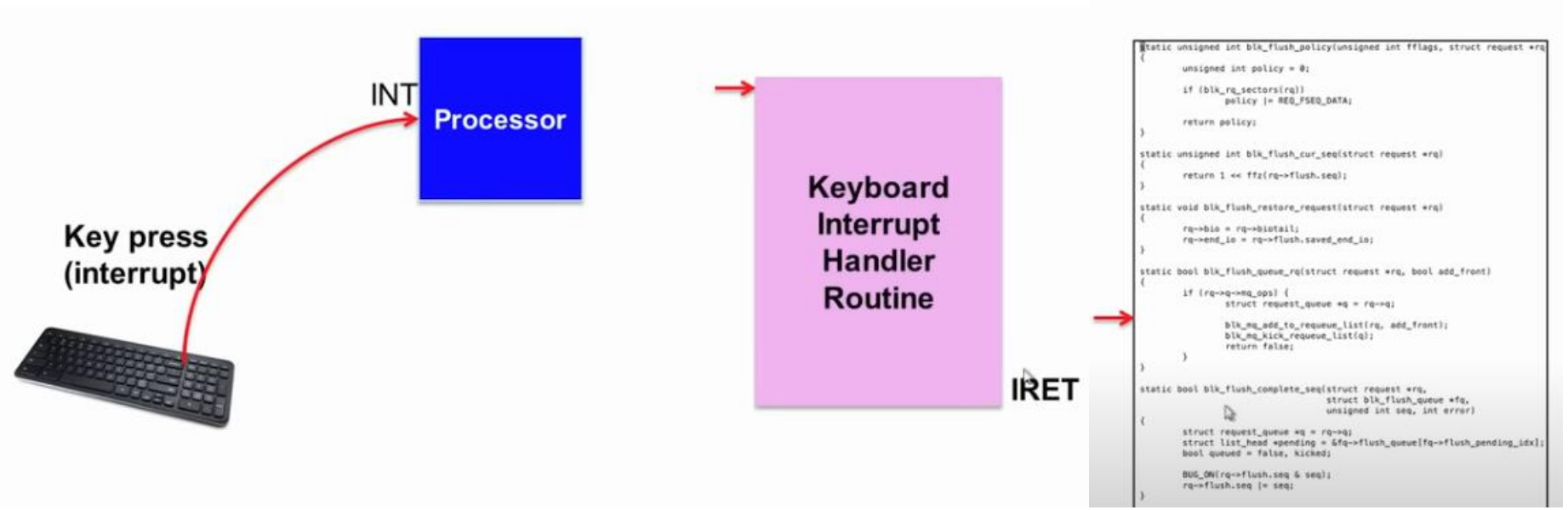
تعریف کنترل‌کننده دستگاه

- یک **جزء الکترونیکی** است که ارتباط بین **CPU** و **دستگاه‌های ورودی/خروجی (I/O)** را مدیریت می‌کند
- به عنوان یک **واسط** بین سیستم‌عامل و دستگاه‌های I/O عمل می‌کند
- **وظایف کنترل‌کننده:**
  - **تبدیل جریان بیت‌های سریال** به **بلوک‌های بایت**
  - **اصلاح خطا** در صورت نیاز
  - **ذخیره داده در بافر داخلی** و بررسی صحت آن قبل از انتقال به حافظه اصلی

Interrupt

- **وقفه (Interrupt) در سیستم‌عامل**
  - سیگنالی که **سخت‌افزار یا نرم‌افزار** هنگام نیاز به **رسیدگی فوری** ارسال می‌کند
- *انواع وقفه‌ها:*
  1. **وقفه سخت‌افزاری :**ناشی از وضعیت دستگاه‌های سخت‌افزاری
     - مثال :**خطوط IRQ** در رایانه شخصی، تایمر پردازنده
  2. **وقفه نرم‌افزاری :**توسط نرم‌افزار یا سیستم‌عامل ایجاد می‌شود
     - مثال :**خطاها(Trap)** ، درخواست‌های سیستمی(System Calls)
- *زمان تأخیر وقفه:(Interrupt Latency)*
  - فاصله زمانی بین **دریافت وقفه** و **شروع اجرای سرویس وقفه**

Hardware Interrupt



Common Functions of Interrupts

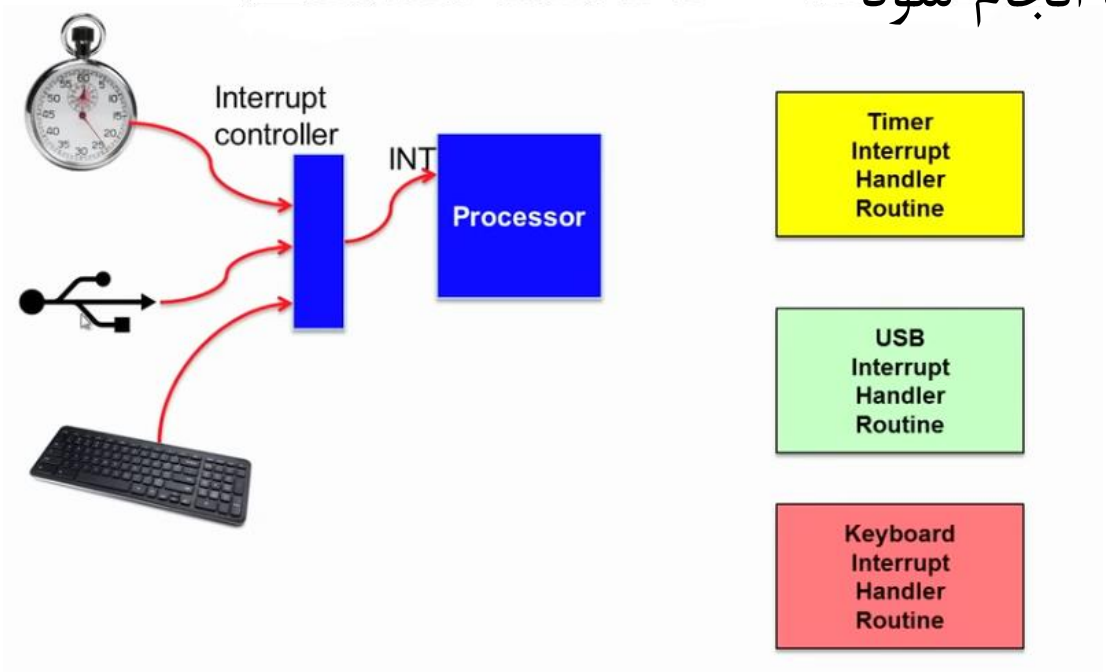
- **مدیریت وقفه در سیستم‌عامل**
  - کنترل به **روال سرویس وقفه (ISR)** منتقل می‌شود، که شامل آدرس تمامی روال‌های خدماتی است
  - معماری وقفه باید **آدرس دستورالعمل قطع‌شده** را ذخیره کند
  - **یک تله (Trap) یا استثنا**، یک وقفه نرم‌افزاری است که به دلیل **خطا یا درخواست کاربر** رخ می‌دهد
  - **سیستم‌عامل مبتنی بر وقفه‌ها اجرا می‌شود**

Interrupt Handling

- **سیستم‌عامل وضعیت پردازنده را با ذخیره‌ی ثبات‌ها (Registers)و شمارنده‌ی برنامه (Program Counter) حفظ می‌کند.**

تشخیص می‌دهد که چه نوع وقفه‌ای رخ داده است.

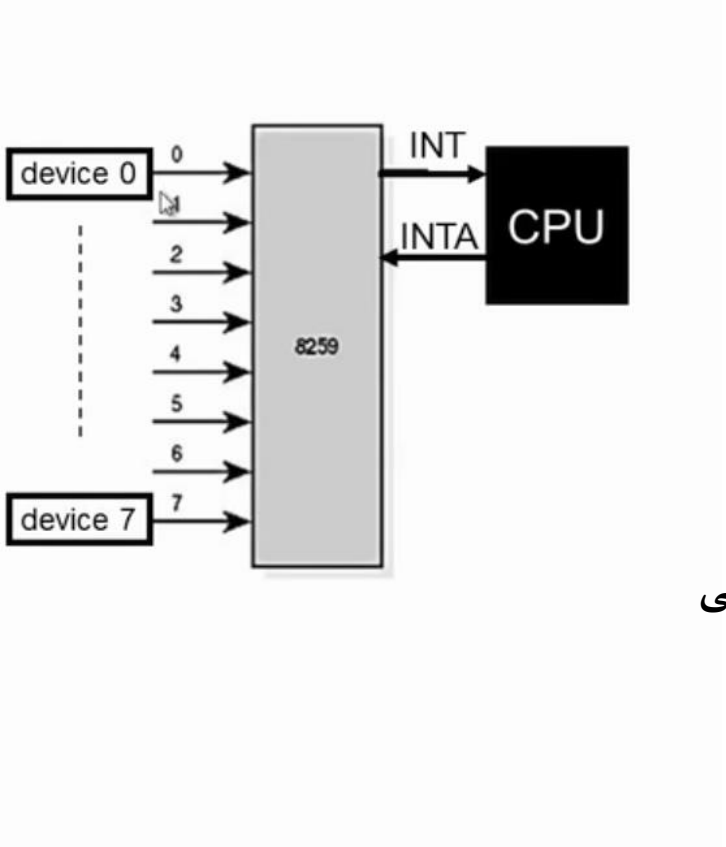
بخش‌های جداگانه‌ای از کد مشخص می‌کنند که برای هر نوع وقفه چه اقدامی باید انجام شود



وقفه‌ها و پردازنده (CPU Interrupts)

- هنگامی که پردازنده دچار وقفه می‌شود، آنچه را که در حال انجام آن است متوقف کرده و بلافاصله اجرای خود را به یک مکان ثابت منتقل می‌کند. این مکان معمولاً شامل آدرس شروع روال خدمات وقفه (Interrupt Service Routine - ISR)است. پس از اجرای ISR ، پردازنده به محاسبات متوقف‌شده بازمی‌گردد.

Programmable Interrupt Controller



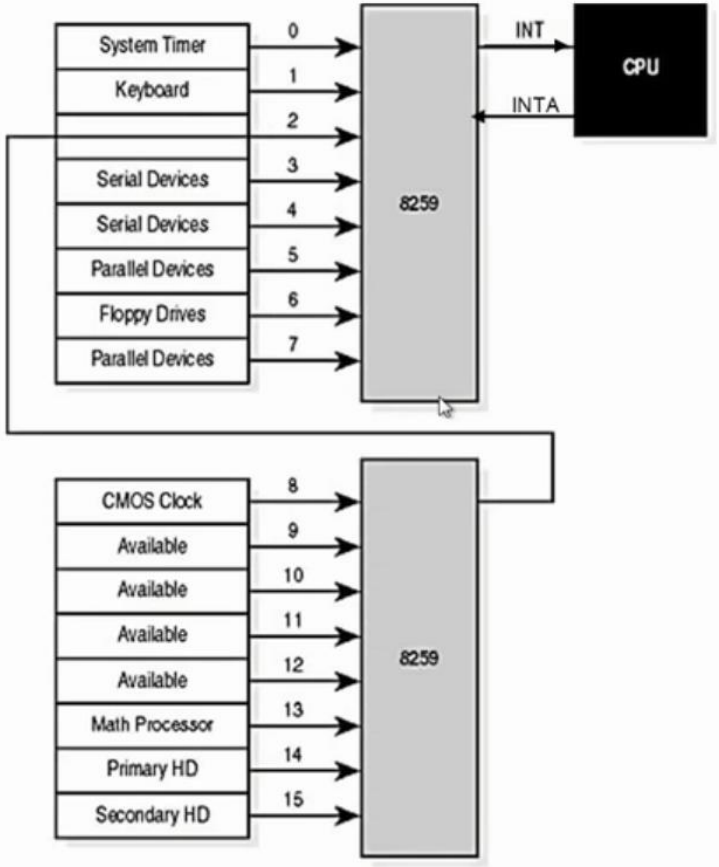
کنترل وقفه توسط ۸۲۵۹ (کنترل‌کننده وقفه برنامه‌پذیر)

- قابلیت **ارسال حداکثر ۸ وقفه به CPU**
- دستگاه‌ها از طریق **IRQ** وقفه ایجاد می‌کنند
- CPU وقفه را تأیید کرده و **8259 را برای شناسایی منبع وقفه** پرس‌وجو می‌کند
- **اولویت‌ها می‌توانند به هر خط IRQ اختصاص داده شوند**
- **چندین ۸۲۵۹ می‌توانند به‌صورت آبشاری برای پشتیبانی از تعداد بیشتری وقفه استفاده شوند**

The Intel **8259** is a programmable interrupt controller (PIC) designed for the Intel 8085 and Intel 8086 microprocessors.

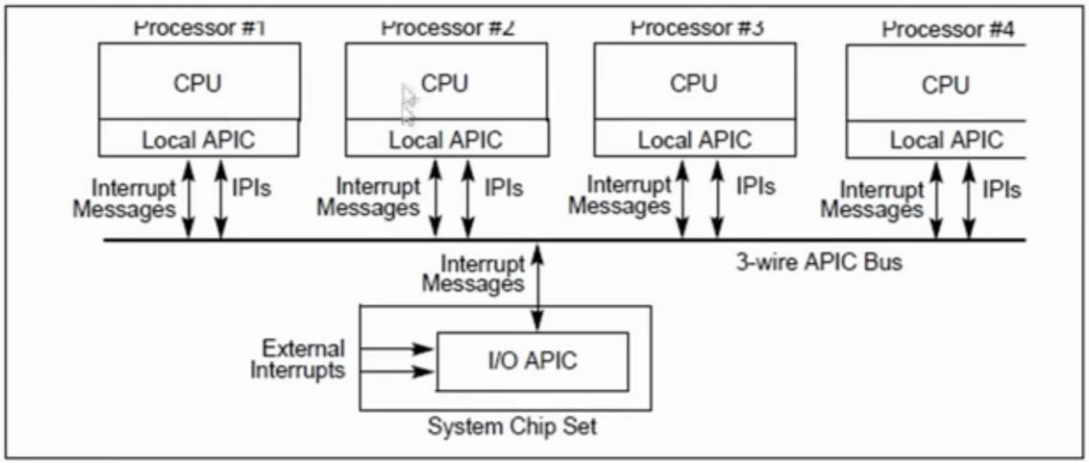
Interrupts in legacy CPUs

- 15 IRQs (IRQ0 to IRQ15), so 15 possible devices
- Limitations
  - Limited IRQs
  - Not suited for multi-processor / multi-core platforms



New systems Interrupt handler per CPU

Advanced Programmable Interrupt Controller (APIC)



وقفه‌های خارجی (External Interrupts) در سیستم‌های چندپردازنده‌ای از طریق APICاز دستگاه‌های جانبی به پردازنده‌ها منتقل می‌شوند.

APICوقفه‌ها را به پردازنده‌ها توزیع و اولویت‌بندی می‌کند.

APICشامل دو بخش است:

- APICمحلی(LAPIC)
- APICورودی/خروجی(I/O APIC)

ارتباط بینAPIC ها از طریق یک گذرگاه (Bus) ویژه‌ی سه‌سیمی APIC انجام می‌شود.

I/O Structure

- **عملیات ورودی/خروجی (I/O) و بازگشت کنترل به برنامه‌ی کاربر**

- پس از شروع I/O ، کنترل تنها پس از تکمیل I/O به برنامه‌ی کاربر بازمی‌گردد.
- دستور *Wait* پردازنده را تا زمان وقوع وقفه‌ی بعدی در حالت بیکار قرار می‌دهد.
- حلقه‌ی انتظار (Wait Loop) موجب رقابت برای دسترسی به حافظه می‌شود.
- در هر لحظه، تنها یک درخواست I/O فعال است و پردازش همزمان I/O وجود ندارد.
- پس از شروع I/O ، کنترل بدون انتظار برای تکمیل عملیات I/O به برنامه‌ی کاربر بازمی‌گردد.

I/O Structure

- **System Call**(سیستم‌کال) درخواستی به سیستم‌عامل است که اجازه می‌دهد کاربر برای تکمیل I/O منتظر بماند.
- جدول وضعیت دستگاه (Device-Status Table) برای هر دستگاه ورودی/خروجی یک ورودی دارد که نوع، آدرس و وضعیت آن را نشان می‌دهد.
- سیستم‌عامل با استفاده از این جدول وضعیت دستگاه را تعیین کرده و در صورت نیاز مدخل مربوطه را برای ثبت وقفه تغییر می‌دهد.

Interrupt Timeline

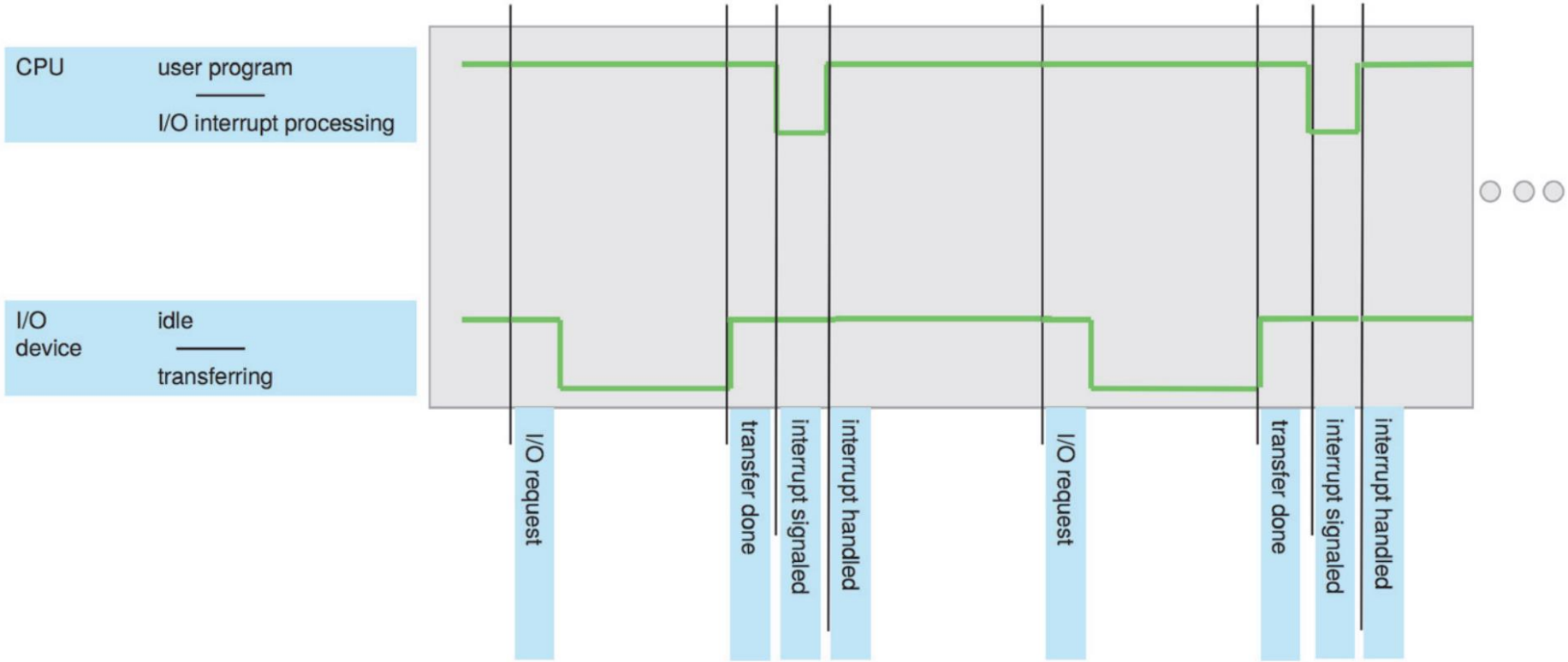


Figure 1.3 Interrupt timeline for a single program doing output.

vector number	description
0	divide error
1	debug exception
2	null interrupt
3	breakpoint
4	INTO-detected overflow
5	bound range exception
6	invalid opcode
7	device not available
8	double fault
9	coprocessor segment overrun (reserved)
10	invalid task state segment
11	segment not present
12	stack fault
13	general protection
14	page fault
15	(Intel reserved, do not use)
16	floating-point error
17	alignment check
18	machine check
19–31	(Intel reserved, do not use)
32–255	maskable interrupts

Figure 1.5 Intel processor event-vector table.

Storage Definitions and Notation Review

واحدهای ذخیره‌سازی کامپیوتر

- **واحد پایه ذخیره‌سازی در کامپیوتر بیت است** .یک بیت می‌تواند یکی از دو مقدار ۰ یا ۱ را ذخیره کند.
- **تمامی سایر انواع ذخیره‌سازی در کامپیوترها بر اساس مجموعه‌ای از بیت‌ها ساخته شده است** .با داشتن تعداد کافی بیت‌ها، می‌توان اعداد، حروف، تصاویر، فیلم‌ها، صداها، اسناد و برنامه‌ها را نمایندگی کرد.
- **یک بایت برابر با ۸ بیت است،** و در بیشتر کامپیوترها کوچک‌ترین واحد ذخیره‌سازی قابل استفاده است. اصطلاح کمتر رایج "کلمه (word)" است که واحد داده‌ای بومی معماری خاص کامپیوتر می‌باشد.
- **ذخیره‌سازی کامپیوتر و بیشتر توان عملیاتی آن معمولاً در واحد بایت و مجموعه‌هایی از بایت‌ها اندازه‌گیری و پردازش می‌شود.**
- **یک کیلوبایت (KB) برابر با ۱,۰۲۴ بایت است.**
- **یک مگابایت (MB) برابر با ۱,۰۲۴۲ بایت است.**
- **یک گیگابایت (GB) برابر با ۱,۰۲۴۳ بایت است.**
- **یک ترابایت (TB) برابر با ۱,۰۲۴۴ بایت است.**
- **یک پتابایت (PB) برابر با ۱,۰۲۴۵ بایت است.**

Storage Structure

- **حافظه اصلی (Main Memory) و ذخیره‌سازی ثانویه (Secondary Storage)**
  - حافظه‌ی اصلی، تنها رسانه‌ی ذخیره‌سازی بزرگی است که پردازنده مستقیماً به آن دسترسی دارد.
    - دسترسی تصادفی دارد.
    - معمولاً فرّار (Volatile) است.
  - حافظه‌ی ثانویه، گسترشی از حافظه‌ی اصلی است که ظرفیت ذخیره‌سازی بزرگ و غیرفرّاری را فراهم می‌کند.

Storage Structure

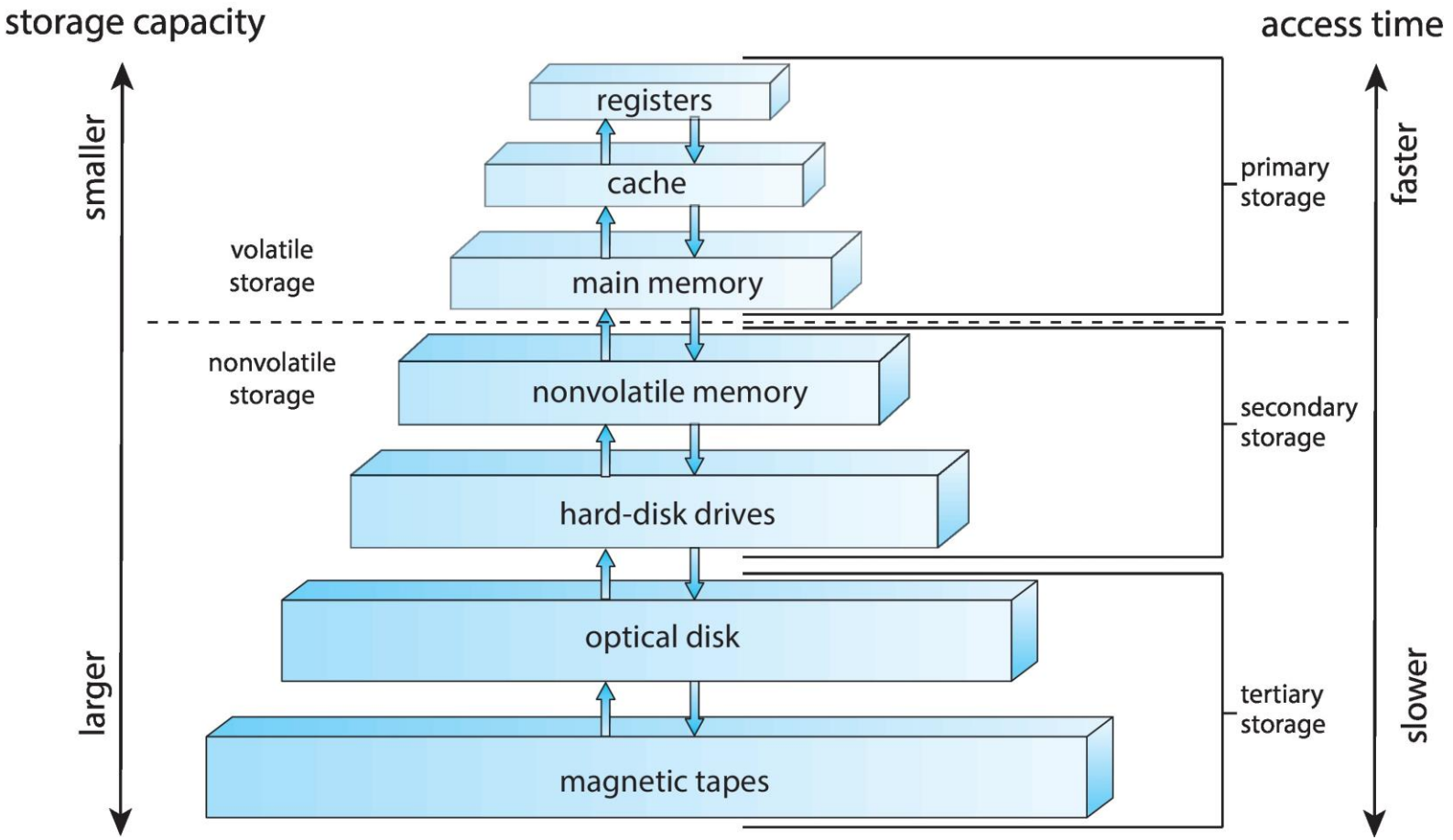
- **دیسک‌های سخت و ذخیره‌سازی Solid-state disk حالت‌جامد**

- دیسک‌های سخت از صفحات فلزی یا شیشه‌ای سختی تشکیل شده‌اند که با مواد مغناطیسی پوشیده شده‌اند.
- سطح دیسک به‌صورت منطقی به شیارها (Tracks) تقسیم شده است که هر شیار به بخش‌هایی (Sectors) تقسیم می‌شود.
- کنترل‌کننده‌ی دیسک، تعامل منطقی بین دستگاه و رایانه را تعیین می‌کند.
- دیسک‌های حالت‌جامد (SSD) سریع‌تر و غیرفرّار هستند.
- دارای فناوری‌های مختلفی بوده و روزبه‌روز محبوب‌تر می‌شوند.

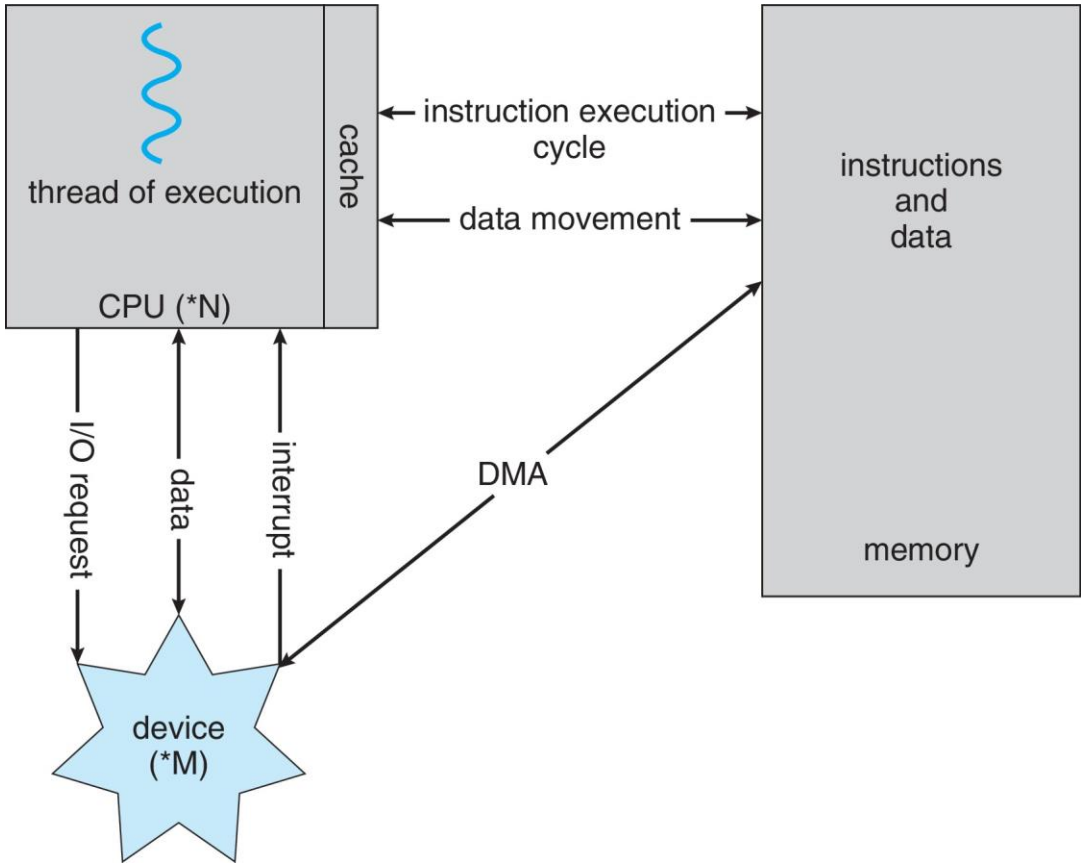
Storage Hierarchy

- **سیستم‌های ذخیره‌سازی در یک سلسله‌مراتب سازمان‌دهی می‌شوند بر اساس:**
  - سرعت
  - هزینه
  - فرّار بودن
- **Caching** – کپی کردن اطلاعات در یک سیستم ذخیره‌سازی سریع‌تر. حافظه‌ی اصلی می‌تواند به‌عنوان یک حافظه نهان (Cache) برای ذخیره‌سازی ثانویه دیده شود.
درایور دستگاه برای هر کنترل‌کننده‌ی دستگاه ورودی/خروجی جهت مدیریت I/O وجود دارد.
این درایور یک رابط یکپارچه بین کنترل‌کننده‌ی دستگاه و کرنل فراهم می‌کند.

Storage-Device Hierarchy



How a Modern Computer Works



A von Neumann architecture

Direct Memory Access Structure

- **دسترسی مستقیم به حافظه(DMA - Direct Memory Access)**

این یک دستگاه سخت‌افزاری است که به برخی از زیرسیستم‌های سخت‌افزاری اجازه می‌دهد به حافظه‌ی اصلی (RAM) بدون دخالت پردازنده مرکزی (CPU)دسترسی پیدا کنند.

این ویژگی مفید است زیرا پردازنده می‌تواند به انجام کارهای دیگر بپردازد، در حالی که انتقال داده‌های I/O که معمولاً کند است، در حال انجام است.

سیستم‌های سخت‌افزاری که از DMA استفاده می‌کنند:

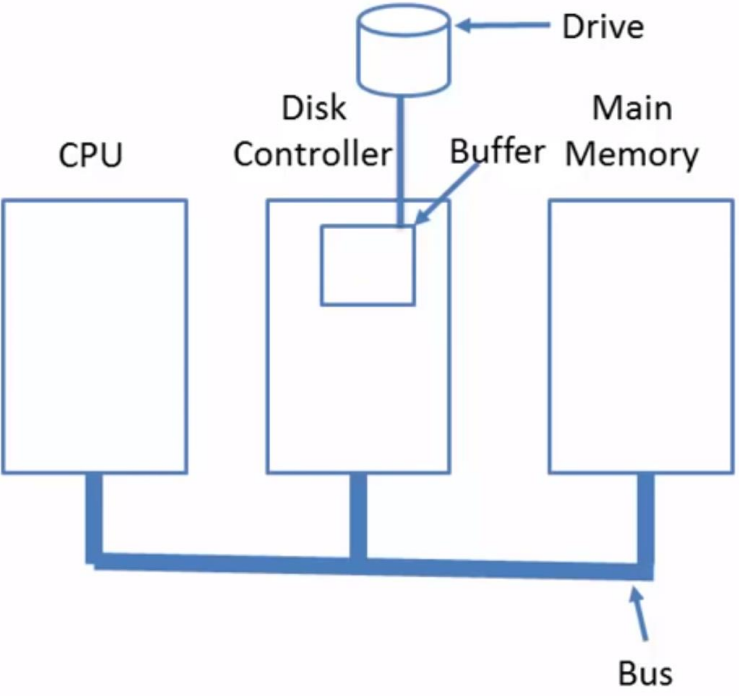
- درایو دیسک
- کارت‌های گرافیک
- کارت‌های شبکه
- کارت‌های صدا

Direct Memory Access Structure

مزایای استفاده از DMA

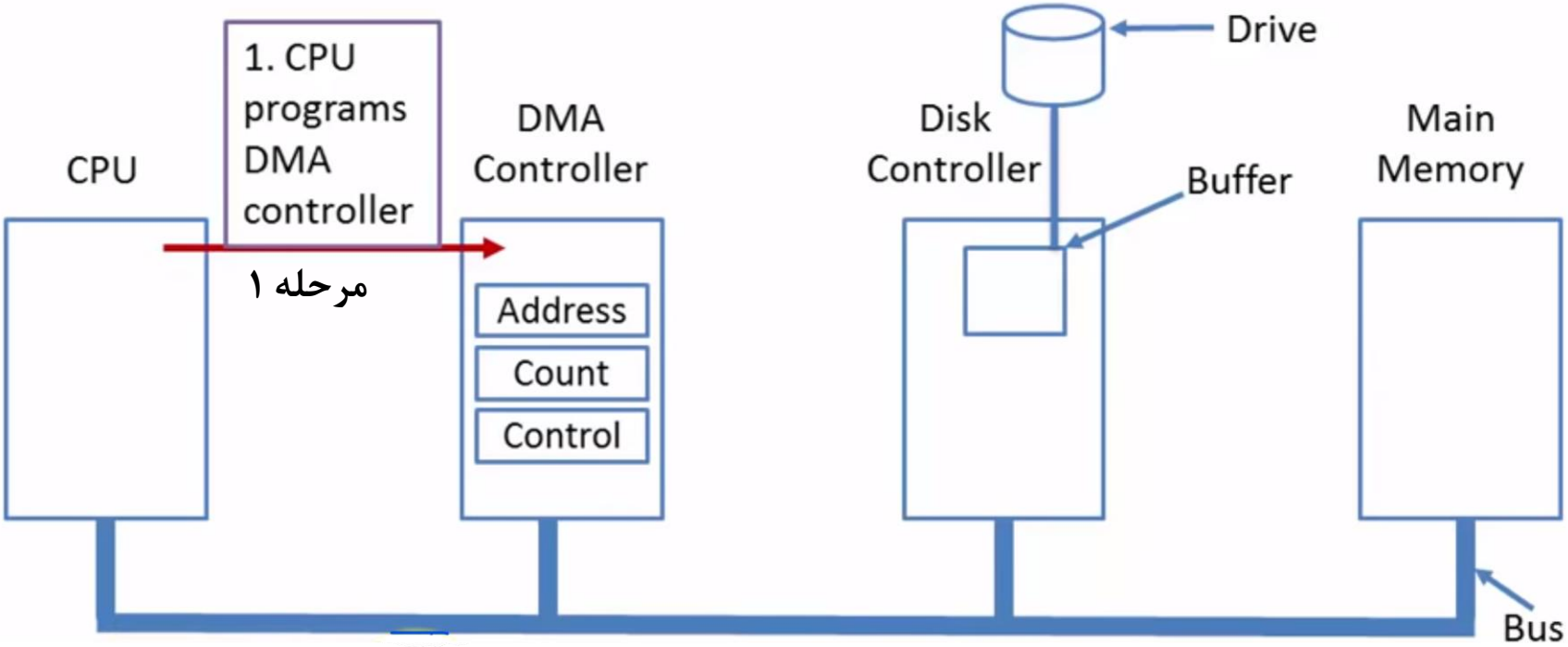
- بدون استفاده از DMA ، زمانی که پردازنده از I/O برنامه‌ریزی‌شده استفاده می‌کند، برای کل مدت عملیات خواندن یا نوشتن اشغال می‌شود و نمی‌تواند کار دیگری انجام دهد.
- با استفاده از DMA ، پردازنده ابتدا انتقال را آغاز می‌کند، سپس به انجام سایر عملیات می‌پردازد و در نهایت از کنترل‌کننده‌ی DMA وقفه‌ای دریافت می‌کند که نشان‌دهنده‌ی پایان عملیات است.

Disk read-write without a DMA



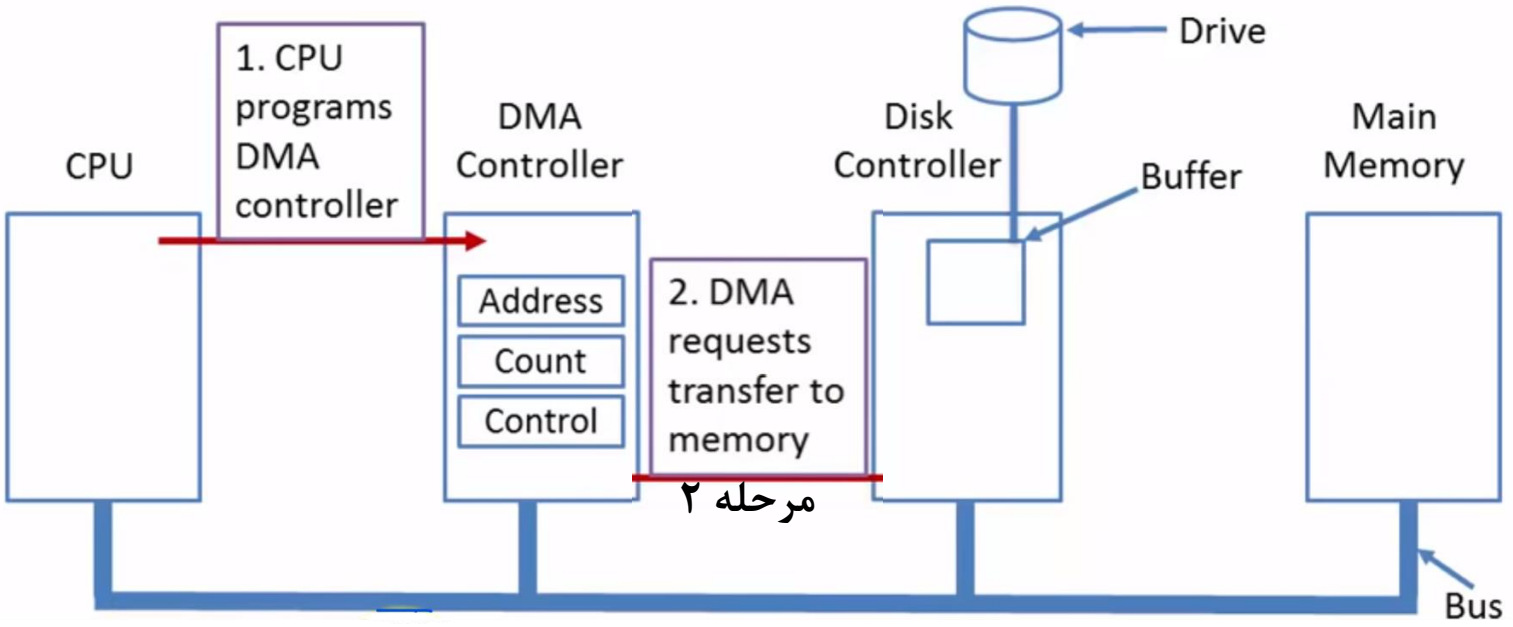
- کنترل‌کننده دیسک، بلوک را به‌صورت سریالی، بیت به بیت از درایو می‌خواند تا زمانی که کل بلوک در بافر کنترل‌کننده ذخیره شود.
- سپس یک مقدار بررسی (checksum) را محاسبه می‌کند تا اطمینان حاصل کند که هیچ خطای خواندنی رخ نداده است.
- پس از تأیید داده‌ها، کنترل‌کننده یک وقفه ایجاد می‌کند تا سیستم‌عامل بتواند بلوک را از بافر کنترل‌کننده بخواند (به‌صورت یک بایت یا یک کلمه در هر مرحله) با اجرای یک حلقه.
- پس از خواندن هر بخش از بلوک از ثبات (register)دستگاه کنترل‌کننده، سیستم‌عامل آن را در حافظه اصلی ذخیره می‌کند.

DMA فرآیند خواندن داده از دیسک توسط



مرحله ۱:

- پردازنده ابتدا کنترل‌کننده‌ی DMA را با تنظیم ثبات‌های آن پیکربندی می‌کند تا بداند چه چیزی را به کجا انتقال دهد.
- سپس فرمانی به کنترل‌کننده‌ی دیسک می‌دهد تا داده‌ها را بخواند و در بافر داخلی خود ذخیره کند.

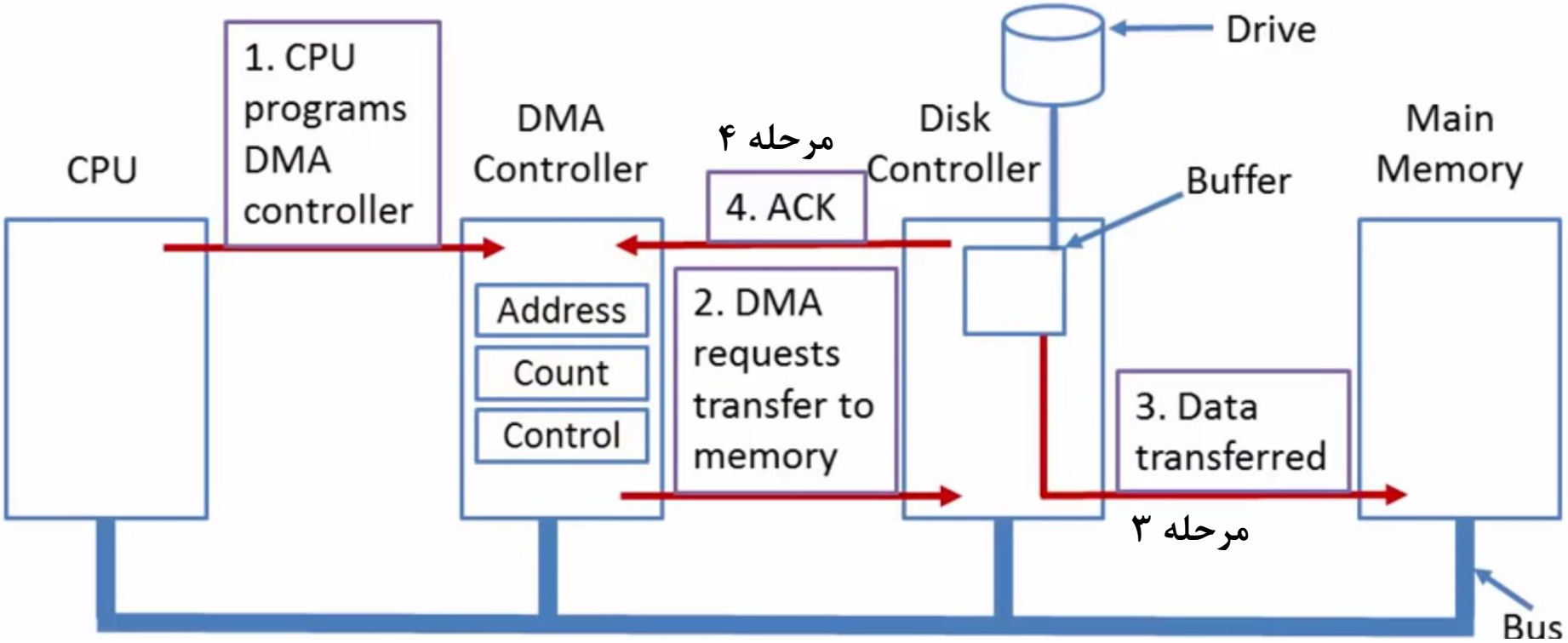


مرحله ۲:

- کنترل‌کننده‌ی DMA با ارسال درخواست خواندن، انتقال داده را آغاز می‌کند.

مرحله ۳:

- داده‌های بافر شده از کنترل‌کننده‌ی دیسک به حافظه‌ی اصلی منتقل می‌شوند.



مرحله ۴:

- پس از تکمیل انتقال، کنترل‌کننده‌ی دیسک سیگنال «ASK» را به کنترل‌کننده‌ی DMA ارسال می‌کند.
- کنترل‌کننده‌ی DMA آدرس حافظه را افزایش داده و مقدار شمارش بایت را کاهش می‌دهد.
- در صورت وجود داده‌های بیشتر، مراحل ۲ تا ۴ تکرار می‌شوند تا تمام داده‌ها منتقل شوند. در نهایت، وقفه‌ای برای اطلاع پردازنده ارسال می‌شود.

Modes of Bus operation

مدهای عملکرد گذرگاه‌ها(Buses)

مد انتقال کلمه‌ای:(Word-at-a-time Mode)

- DMAبرای انتقال یک کلمه درخواست می‌کند و آن را دریافت می‌کند.
- اگر پردازنده در همان لحظه به گذرگاه نیاز داشته باشد، باید منتظر بماند.
- به این روش *Cycle* گفته می‌شود.

مد انتقال بلوکی:(Block Mode)

- کنترل‌کننده‌ی DMA گذرگاه را در اختیار می‌گیرد، داده‌ها را در چندین انتقال ارسال می‌کند و سپس گذرگاه را آزاد می‌کند.
- این روش *Burst Mode* نام دارد و کارایی بیشتری نسبت به *Cycle* دارد.

Operating-System Operations

- **بوت‌استرپ (Bootstrap Program) و فرآیند راه‌اندازی سیستم**
  - برنامه‌ای ساده برای راه‌اندازی سیستم و بارگذاری کرنل
  - کرنل اجرا شده و سرویس‌های سیستمی (Daemons) را راه‌اندازی می‌کند
  - سیستم‌عامل مبتنی بر وقفه‌ها است

Multiprogramming (Batch system)

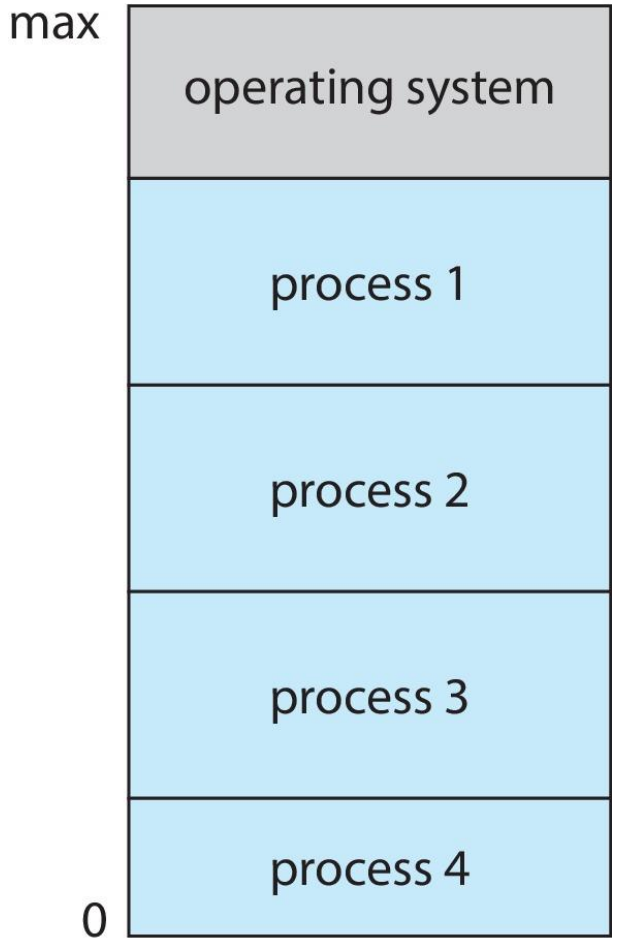
- یک کاربر نمی‌تواند همیشه CPU و دستگاه‌های ورودی/خروجی را مشغول نگه دارد.
- چندبرنامگی (Multiprogramming) کارها (کد و داده) را سازمان‌دهی می‌کند تا CPU همیشه یک کار برای اجرا داشته باشد.
- زیرمجموعه‌ای از کل کارهای سیستم در حافظه نگه داشته می‌شود.
- یک کار از بین کارهای موجود انتخاب شده و از طریق زمان‌بندی کار (Job Scheduling)اجرا می‌شود.
- هنگامی که یک کار باید منتظر بماند (مثلاً برای ورودی/خروجی)، سیستم‌عامل به کار دیگری سوئیچ می‌کند.

Multitasking (Timesharing)

- CPUکارها را به‌طور مداوم تغییر می‌دهد تا کاربران بتوانند هنگام اجرای هر کار با آن تعامل داشته باشند و این فرآیند منجر به محاسبات تعاملی (Interactive Computing)می‌شود.
  - زمان پاسخ باید کمتر از ۱ ثانیه باشد.

    هر کاربر حداقل یک برنامه در حال اجرا در حافظه دارد که به آن **پردازه (Process)** گفته می‌شود.
  - اگر چندین کار به‌طور هم‌زمان آماده اجرا باشند , زمان‌بندی CPU (CPU Scheduling)انجام می‌شود.
  - اگر پردازه‌ها در حافظه جا نشوند، عملیات تعویض (Swapping) آن‌ها را جابجا می‌کند تا اجرا شوند.
  - حافظه مجازی (Virtual Memory) امکان اجرای پردازه‌هایی را فراهم می‌کند که به‌طور کامل در حافظه اصلی قرار ندارند.

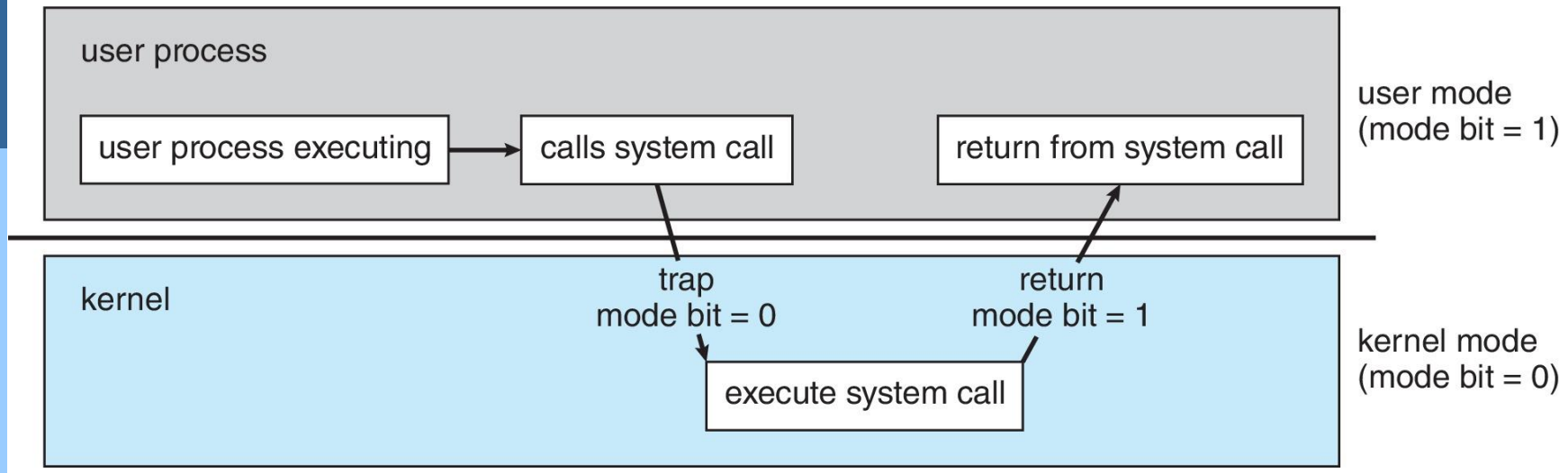
Memory Layout for Multiprogrammed System



Dual-mode Operation

- عملکرد دوحالته (Dual-Mode) به سیستم‌عامل اجازه می‌دهد که از خود و سایر اجزای سیستم محافظت کند.
  - دو حالت موجود عبارتند از **حالت کاربر (User Mode)** و **حالت کرنل (Kernel Mode)**.
- بیت حالت (Mode Bit) توسط سخت‌افزار ارائه می‌شود تا امکان تشخیص اجرای کد کاربر یا کد کرنل فراهم شود.
  - هنگامی که یک کاربر در حال اجراست , بیت حالت **"کاربر** "است.
  - هنگامی که کد کرنل در حال اجراست , بیت حالت **"کرنل** "است.
  - چگونه تضمین کنیم که کاربر به‌طور دستی بیت حالت را به "کرنل" تغییر ندهد؟
- **فراخوانی سیستمی (System Call)** حالت را به کرنل تغییر می‌دهد و بازگشت از این فراخوانی، آن را مجدداً به حالت کاربر تنظیم می‌کند.
  - برخی از دستورات به‌عنوان **دستورات ویژه (Privileged Instructions)** تعیین شده‌اند و فقط در حالت کرنل قابل اجرا هستند.

Transition from User to Kernel Mode



در زمان راه‌اندازی سیستم(Boot Time) ، سخت‌افزار در **حالت کرنل** شروع به کار می‌کند.

سپس سیستم‌عامل بارگذاری شده و اجرای برنامه‌های کاربر را در **حالت کاربر** آغاز می‌کند.

Timer

- **تایمر برای جلوگیری از حلقه‌های بی‌نهایت (یا پردازه‌هایی که منابع را اشغال می‌کنند)**
  - تایمر برای ایجاد وقفه در رایانه پس از مدت‌زمان مشخص تنظیم می‌شود.
    یک شمارنده وجود دارد که با ساعت فیزیکی کاهش می‌یابد.
  - سیستم‌عامل مقدار این شمارنده را تنظیم می‌کند (یک دستور ویژه).
  - هنگامی که مقدار شمارنده به صفر برسد، یک **وقفه (Interrupt)** ایجاد می‌شود.
  - این تایمر قبل از زمان‌بندی پردازه تنظیم می‌شود تا کنترل سیستم را بازپس گیرد یا پردازه‌ای را که از زمان اختصاص‌یافته فراتر رفته است، خاتمه دهد.

Process Management

- یک **پردازه (Process)** برنامه‌ای در حال اجرا است و به‌عنوان یک واحد کاری در سیستم شناخته می‌شود.
  برنامه یک موجودیت غیرفعال است، درحالی‌که پردازه یک موجودیت فعال است.
- پردازه برای انجام وظایف خود به منابع نیاز دارد:
  - CPU، حافظه، ورودی/خروجی، فایل‌ها
  - داده‌های اولیه برای مقداردهی اولیه
- **پایان پردازه** نیازمند بازپس‌گیری منابع قابل بازیابی است.

Process Management

- یک **پردازه تک‌نخی (Single-Threaded Process)** تنها یک شمارنده برنامه دارد که محل دستور بعدی برای اجرا را مشخص می‌کند.
  - پردازه به‌صورت ترتیبی، یک دستور را در هر لحظه اجرا می‌کند تا به پایان برسد.
- یک **پردازه چندنخی (Multi-Threaded Process)** برای هر نخ یک شمارنده برنامه جداگانه دارد.
- معمولاً سیستم دارای پردازه‌های متعددی است که برخی مربوط به کاربر و برخی مربوط به سیستم‌عامل هستند و به‌طور هم‌زمان روی یک یا چند CPU اجرا می‌شوند.
  - **هم‌زمانی (Concurrency)** از طریق **تسهیم** CPU **(Multiplexing)** بین پردازه‌ها و نخ‌ها انجام می‌شود.

Process Management Activities

- **مدیریت پروسس (پردازه) در سیستم‌عامل**
- سیستم‌عامل مسئول فعالیت‌های زیر در ارتباط با مدیریت پردازه است:
  - ایجاد و حذف پردازه‌های کاربر و سیستم
  - متوقف کردن و از سرگیری پردازه‌ها
  - فراهم‌سازی مکانیزم‌هایی برای **همگام‌سازی پردازه‌ها (Process Synchronization)**
  - فراهم‌سازی مکانیزم‌هایی برای **ارتباط پردازه‌ها (Process Communication)**
  - مدیریت بن‌بست(Deadlock Handling)

Memory Management

مدیریت حافظه

- برای اجرای یک برنامه، تمام (یا بخشی از) دستورالعمل‌ها باید در حافظه باشند.
- تمام (یا بخشی از) داده‌هایی که برنامه نیاز دارد، باید در حافظه باشند.
- **مدیریت حافظه** مشخص می‌کند چه چیزی در حافظه باشد و چه زمانی بارگذاری یا جابجا شود.
  - بهینه‌سازی استفاده از CPU و پاسخ‌گویی به کاربران.

Memory Management

فعالیت‌های مدیریت حافظه

- پیگیری بخش‌های مورد استفاده حافظه و کاربرانی که از آن استفاده می‌کنند.
- تصمیم‌گیری درباره انتقال پردازه‌ها (یا بخش‌هایی از آن‌ها) و داده‌ها به داخل و خارج از حافظه.
- تخصیص و آزادسازی فضای حافظه بر اساس نیاز.

File-system Management

- **مدیریت فایل در سیستم‌عامل**
- سیستم‌عامل یک نمای منطقی و یکنواخت از ذخیره‌سازی اطلاعات فراهم می‌کند:
  - ویژگی‌های فیزیکی را به یک واحد ذخیره‌سازی منطقی **فایل** تبدیل می‌کند.
  - هر رسانه ذخیره‌سازی تحت کنترل یک دستگاه خاص است (مانند دیسک، نوار مغناطیسی).
  - ویژگی‌های متغیر شامل سرعت دسترسی، ظرفیت، نرخ انتقال داده و روش دسترسی (ترتیبی یا تصادفی) است.

File-system Management

مدیریت فایل

- فایل‌ها معمولاً درون **دایرکتوری‌ها (Directories)** سازماندهی می‌شوند.
- **کنترل دسترسی (Access Control)** مشخص می‌کند که چه کسانی می‌توانند به چه فایل‌هایی دسترسی داشته باشند.
- فعالیت‌های سیستم‌عامل شامل موارد زیر است:
  - ایجاد و حذف فایل‌ها و دایرکتوری‌ها
  - ارائه عملیات پایه برای مدیریت فایل‌ها و دایرکتوری‌ها
  - نگاشت فایل‌ها روی حافظه ذخیره‌سازی ثانویه
  - پشتیبان‌گیری از فایل‌ها روی رسانه‌های ذخیره‌سازی پایدار (غیر فرار)

Mass-Storage Management

- **مدیریت دیسک**
  - معمولاً دیسک‌ها برای ذخیره داده‌هایی که در حافظه اصلی جا نمی‌شوند یا برای مدت طولانی نیاز است، استفاده می‌شوند.
  - کل سرعت عملکرد رایانه به زیرسیستم دیسک و الگوریتم‌های آن بستگی دارد.
- ***فعالیت‌های سیستم‌عامل در مدیریت دیسک***
  - **سوار کردن (Mounting) و پیاده کردن (Unmounting)** سیستم فایل
  - مدیریت **فضای آزاد(Free-Space Management)**
  - تخصیص حافظه ذخیره‌سازی
  - **زمان‌بندی دیسک(Disk Scheduling)**
  - **تقسیم‌بندی(Partitioning)**
  - تأمین **مکانیزم‌های حفاظتی(Protection)**

Caching

مدیریت کش(Cache)

- اطلاعات در حال استفاده به‌طور موقت از ذخیره‌سازی کندتر به ذخیره‌سازی سریع‌تر **(کش)**منتقل می‌شود.
- ابتدا کش بررسی می‌شود تا مشخص شود آیا اطلاعات موردنظر در آن وجود دارد:
  - اگر اطلاعات در کش باشد -> مستقیماً از آن استفاده می‌شود (سریع).
  - در غیر این صورت-> داده‌ها در کش بارگذاری شده و از آنجا استفاده می‌شوند.
- اندازه کش کوچک‌تر از کل فضای ذخیره‌سازی است، بنابراین مدیریت کش یک مسئله مهم در طراحی سیستم است:
  - **اندازه کش و سیاست جایگزینی داده‌ها(Replacement Policy)**

Characteristics of Various Types of Storage

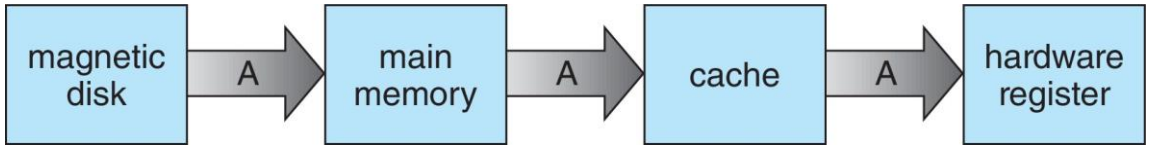
Level	1	2	3	4	5
Name	registers	cache	main memory	solid-state disk	magnetic disk
Typical size	< 1 KB	< 16MB	< 64GB	< 1 TB	< 10 TB
Implementation technology	custom memory with multiple ports CMOS	on-chip or off-chip CMOS SRAM	CMOS SRAM	flash memory	magnetic disk
Access time (ns)	0.25-0.5	0.5-25	80-250	25,000-50,000	5,000,000
Bandwidth (MB/sec)	20,000-100,000	5,000-10,000	1,000-5,000	500	20-150
Managed by	compiler	hardware	operating system	operating system	operating system
Backed by	cache	main memory	disk	disk	disk or tape

Movement between levels of storage hierarchy can be explicit or implicit

Migration of data “A” from Disk to Register

مدیریت هم‌زمانی در سیستم‌های چندپردازشی

- **در محیط‌های چندوظیفه‌ای(Multitasking)** ، سیستم باید آخرین مقدار ذخیره‌شده را بدون توجه به مکان ذخیره‌سازی، بازیابی کند.



- **در محیط‌های چندپردازنده‌ای(Multiprocessor Environment)** ، سخت‌افزار باید **یکپارچگی کش (Cache Coherency)** را تضمین کند تا همه‌CPU ها مقدار به‌روز را در کش خود داشته باشند.
- **در محیط‌های توزیع‌شده(Distributed Environment)** ، این چالش پیچیده‌تر می‌شود:
  - نسخه‌های متعددی از یک داده ممکن است وجود داشته باشد.
  - راهکارهای مختلفی برای حل این مشکل وجود دارد.

Migration of data “A” from Disk to Register

- **یکپارچگی کش(Cache Coherency)**
- یک مکانیزم **یکپارچگی داده‌ها** است که تضمین می‌کند تمام پردازنده‌ها در یک سیستم چندپردازنده‌ای، یک نمای واحد و سازگار از داده‌ها مشاهده کنند.
  - زمانی که یک CPU مقدار ذخیره‌شده در کش خود را تغییر می‌دهد، مقدار معادل در کش سایر پردازنده‌ها باید به‌روزرسانی یا نامعتبر شود تا یکپارچگی حفظ شود.
  - مثال: دو پردازنده **P1** و **P2** دارای کش‌های مستقل هستند و هر دو به یک مکان حافظه **M** دسترسی دارند:
    - مقدار اولیه **M = 10** :در کش‌های **P1**، **P2** و حافظه اصلی
    - اگر **P1** مقدار **M** را در کش خود به **20** تغییر دهد، بدون وجود پروتکل یکپارچگی کش، **P2** همچنان مقدار قدیمی (۱۰) را می‌بیند.
    - اما با وجود پروتکل یکپارچگی کش، مقدار جدید **M = 20** در حافظه اصلی و کش **P2** به‌روزرسانی می‌شود.

I/O Subsystem

- **مدیریت ورودی/خروجی(I/O Management)**
- یکی از وظایف سیستم‌عامل، پنهان‌سازی پیچیدگی‌های سخت‌افزار از کاربر است.

زیرسیستم I/O مسئول موارد زیر است:

- **مدیریت حافظه I/O** شامل **بافرینگ** (**ذخیره موقت داده‌ها هنگام انتقال**)، **کشینگ** (**ذخیره بخش‌هایی از داده در حافظه سریع‌تر برای بهبود عملکرد**) و **اسپولینگ** (**همپوشانی خروجی یک کار با ورودی کار دیگر**)
- **رابط استاندارد درایورهای دستگاه**
- **درایورهای مخصوص سخت‌افزارهای مختلف**

Protection and Security

- **امنیت و حفاظت در سیستم‌عامل**
  - **حفاظت :(Protection)** مکانیزمی برای کنترل دسترسی پردازه‌ها و کاربران به منابع سیستم.
  - **امنیت :(Security)** دفاع در برابر حملات داخلی و خارجی شامل:
    - **حملات منع سرویس(DoS)**
    - **ویروس‌ها و کرم‌های رایانه‌ای**
    - **سرقت هویت و سرقت خدمات**

Protection and Security

- سیستم‌ها معمولاً ابتدا کاربران را شناسایی می‌کنند تا مشخص شود هر کاربر چه مجوزهایی دارد:
  - هر کاربر دارای **شناسه کاربری (User ID)** است که به فایل‌ها و پردازه‌های وی مرتبط می‌شود.
  - **شناسه گروهی (Group ID)** اجازه مدیریت مجموعه‌ای از کاربران را فراهم می‌کند.
  - **افزایش سطح دسترسی (Privilege Escalation)** به کاربران امکان می‌دهد موقتاً مجوزهای بیشتری دریافت کنند.

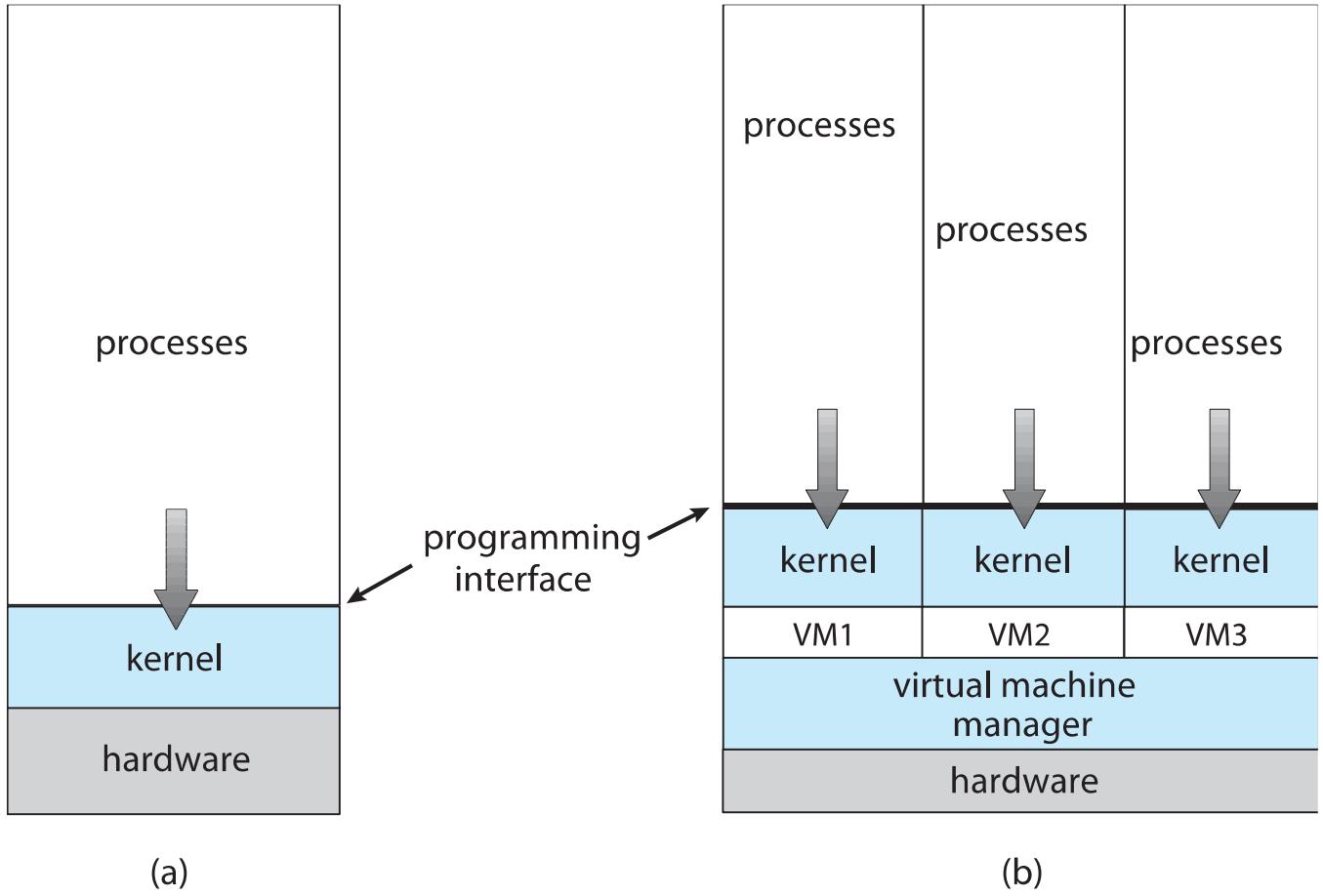
Virtualization

- **مجازی‌سازی (Virtualization) و شبیه‌سازی(Emulation)**
  - مجازی‌سازی به سیستم‌عامل امکان می‌دهد که برنامه‌ها را در محیط‌های دیگر اجرا کند.
  - **شبیه‌سازی :(Emulation)** زمانی استفاده می‌شود که نوع پردازنده مبدا و مقصد متفاوت باشد مثلاً PowerPC به Intel x86
    - معمولاً کندترین روش است.
    - درصورتی‌که زبان برنامه‌نویسی مستقیماً به کد بومی ترجمه نشود، **تفسیر (Interpretation)**انجام می‌شود.
- **مجازی‌سازی :**سیستم‌عامل مهمان و میزبان هر دو به‌صورت بومی برای پردازنده کامپایل شده‌اند.
  - مثال **VMware** :که سیستم‌عامل **Windows XP**را به‌عنوان مهمان روی **Windows XP** میزبان اجرا می‌کند.
  - **مدیر ماشین مجازی (VMM - Virtual Machine Manager)** سرویس‌های مجازی‌سازی را ارائه می‌دهد.

Virtualization (cont.)

- *کاربردهای مجازی‌سازی*
  - اجرای چندین سیستم‌عامل روی لپ‌تاپ یا دسکتاپ مثلاً اجرای Windowsدر Mac OS
  - توسعه اپلیکیشن برای چند سیستم‌عامل بدون نیاز به سخت‌افزارهای متعدد
  - **تست نرم‌افزارها** در محیط‌های مختلف بدون نیاز به سخت‌افزار اضافی
  - **مدیریت محیط‌های پردازشی در مراکز داده**
  - برخی VMM ها مانند **VMware ESX** و **Citrix XenServer** مستقیماً روی سخت‌افزار اجرا می‌شوند و نیازی به سیستم‌عامل میزبان ندارند.

Computing Environments - Virtualization



Distributed Systems

رایانش توزیع‌شده (Distributed Computing)

- مجموعه‌ای از سیستم‌های مستقل که از طریق شبکه به هم متصل شده‌اند.
  - **پروتکل TCP/IP** رایج‌ترین روش ارتباط است.
- **سیستم‌عامل شبکه‌ای (Network OS)** امکاناتی برای تعامل بین سیستم‌ها فراهم می‌کند.
  - **امکان تبادل پیام بین سیستم‌ها**
  - **ایجاد توهم یک سیستم یکپارچه برای کاربر**

Network Operating System VS Distributed Systems

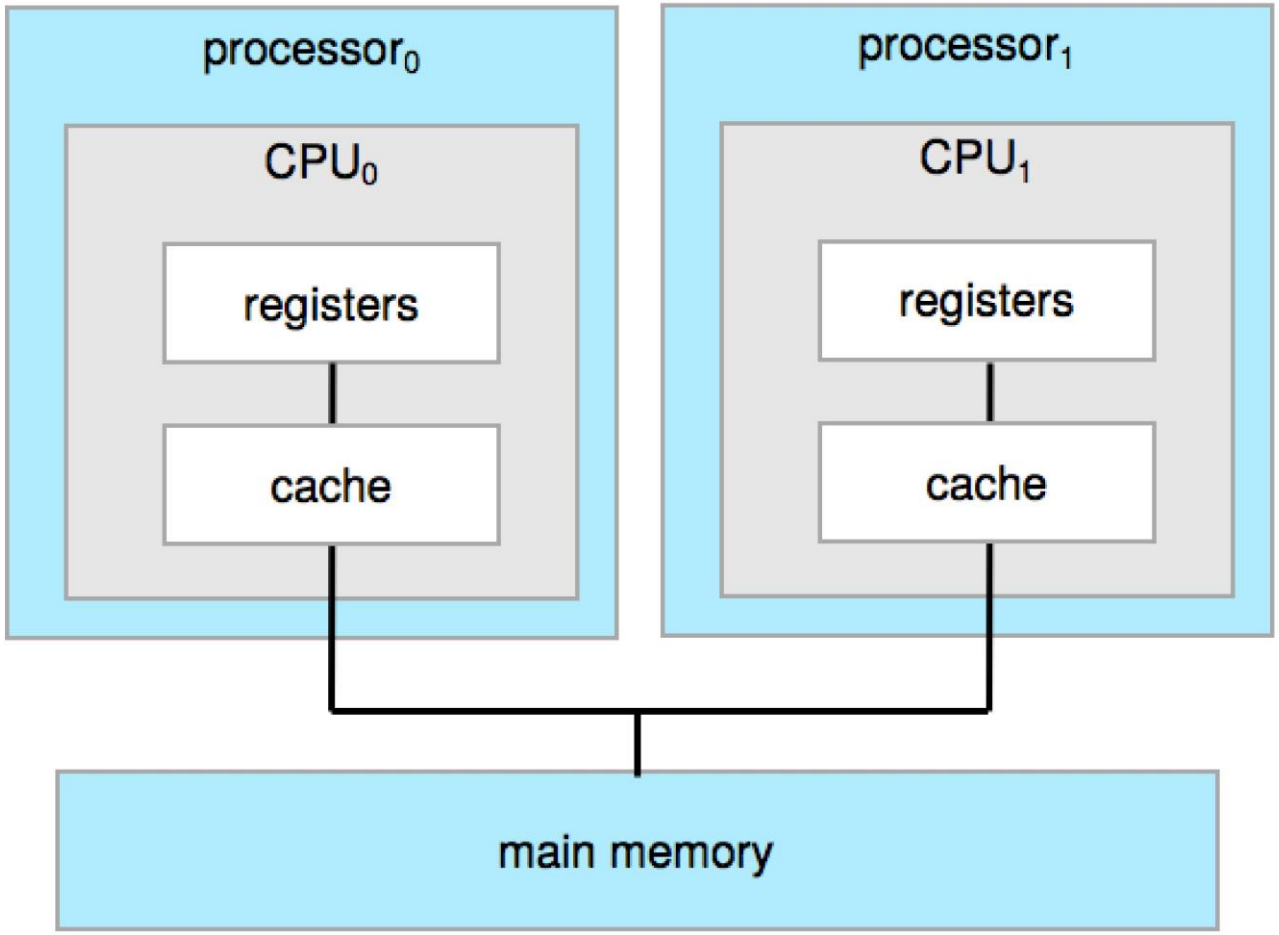
- *نمونه‌هایی از سیستم‌های توزیع‌شده*
  - **Windows Server:** مدیریت منابع شبکه مانند فایل‌ها، چاپگرها و کاربران به‌صورت متمرکز.
  - **Android OS:** سیستم‌عاملی برای دستگاه‌های موبایل که با ساعت‌های هوشمند و اسپیکرهای هوشمند ارتباط برقرار کرده و تجربه‌ای یکپارچه برای کاربر ایجاد می‌کند.

Computer-System Architecture

Computer-System Architecture

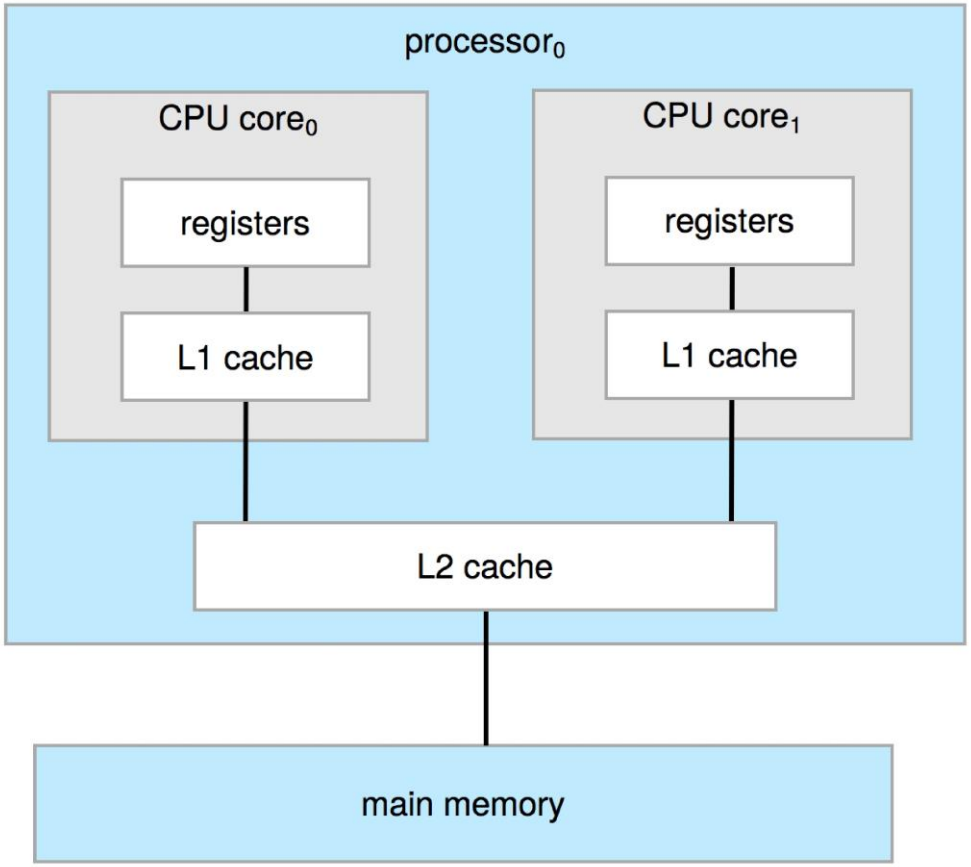
- **پردازش چندگانه(Multiprocessing)**
  - بیشتر سیستم‌ها دارای یک **پردازنده عمومی (General-Purpose Processor)** هستند.
  - اما امروزه استفاده از **پردازنده‌های چندگانه (Multiprocessors)** رو به افزایش است.
- *مزایای پردازش چندگانه:*
  1. **افزایش توان عملیاتی(Throughput)**
  2. **مقیاس‌پذیری اقتصادی(Economy of Scale)**
  3. **افزایش قابلیت اطمینان – (Reliability)** کاهش اثر خرابی‌ها(Fault Tolerance)
- *انواع سیستم‌های چندپردازنده‌ای:*
  1. **پردازش نامتقارن :(Asymmetric Multiprocessing - AMP)** هر پردازنده یک وظیفه خاص را اجرا می‌کند.
  2. **پردازش متقارن :(Symmetric Multiprocessing - SMP)** تمام پردازنده‌ها وظایف مشابهی دارند.

Symmetric Multiprocessing Architecture

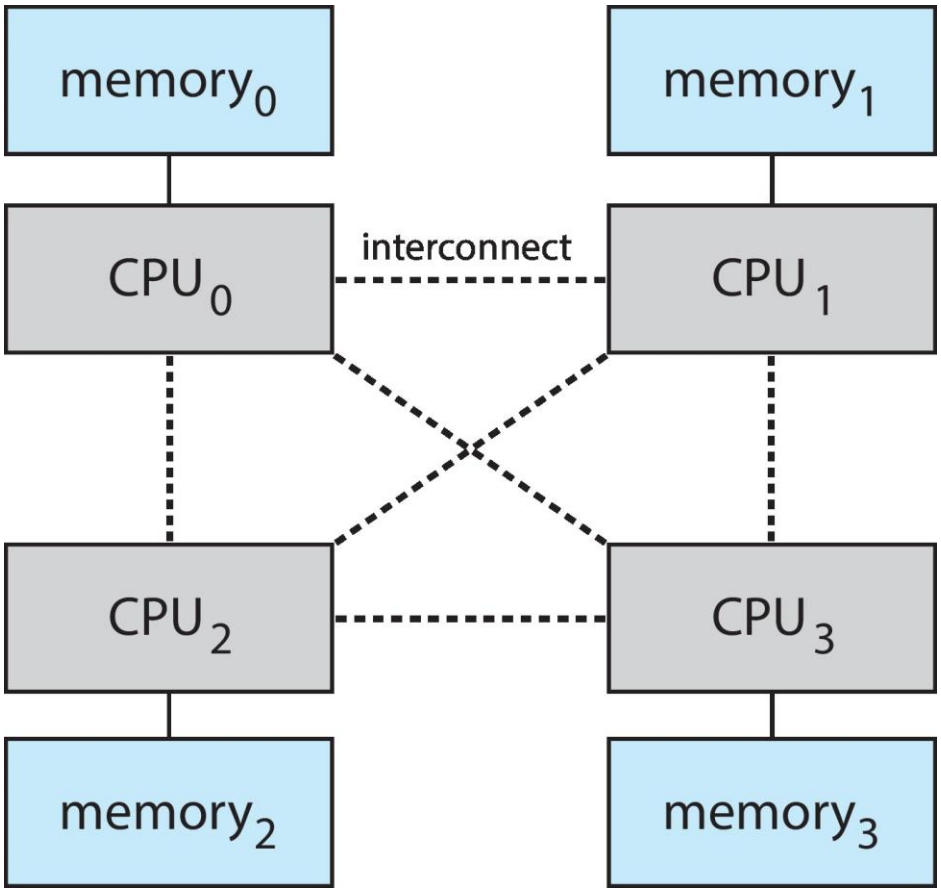


Dual-Core Design

- Multi-chip and **multicore**
- Systems containing all chips
  - Chassis containing multiple separate systems



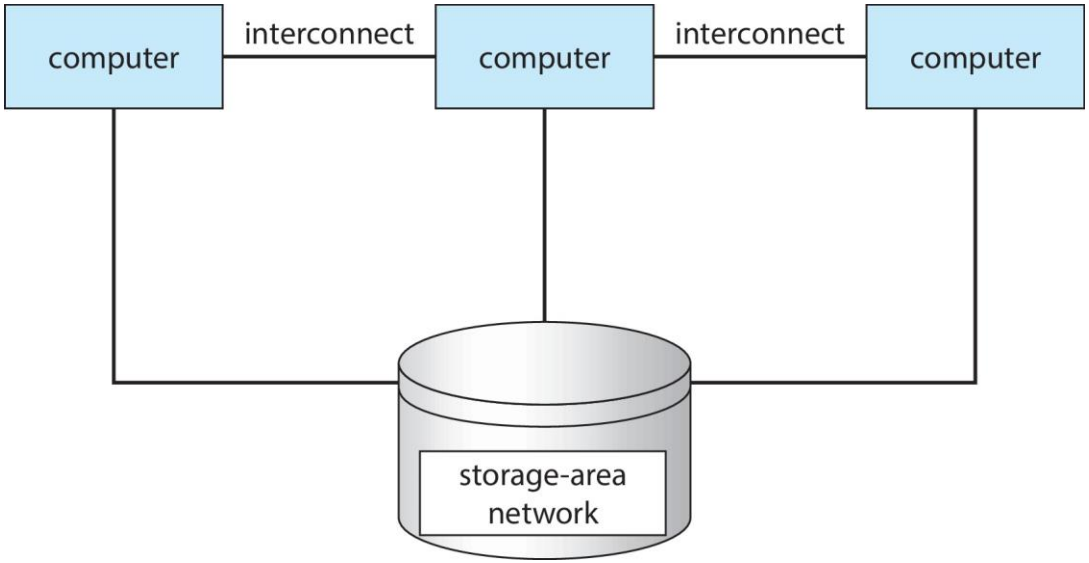
Non-Uniform Memory Access System

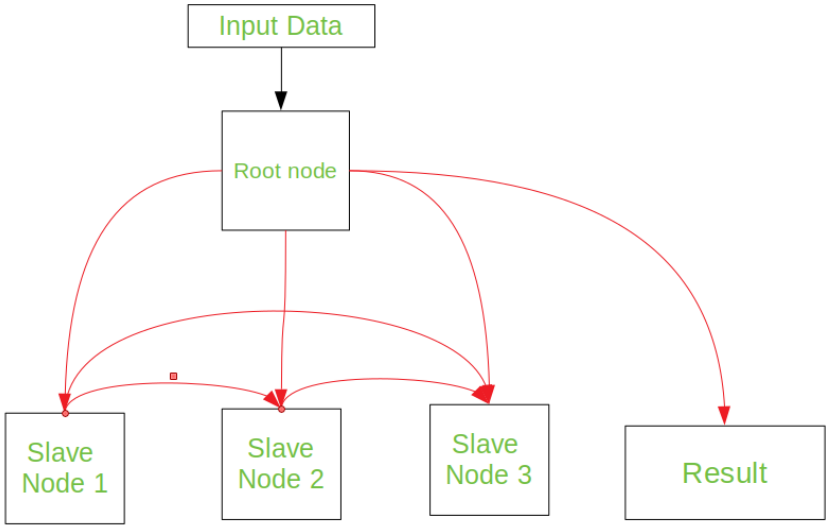


Clustered Systems

- **خوشه‌بندی (Clustering)**
  - مانند سیستم‌های چندپردازنده‌ای، اما شامل چندین سیستم مستقل که با هم کار می‌کنند.
    - معمولاً از **SAN (Storage-Area Network)** برای ذخیره‌سازی اشتراکی استفاده می‌شود.
    - ارائه سرویس‌های **دردسترس‌پذیری بالا (High Availability)** که در برابر خرابی‌ها مقاوم هستند.
- *انواع خوشه‌بندی:*
  - **خوشه‌بندی نامتقارن (Asymmetric Clustering):** یک ماشین در حالت آماده‌باش است و فقط هنگام خرابی وارد عمل می‌شود.
  - **خوشه‌بندی متقارن (Symmetric Clustering):** چندین ماشین هم‌زمان در حال اجرا هستند و یکدیگر را پایش می‌کنند.
  - **خوشه‌های پردازش با کارایی بالا (HPC - High Performance Computing):** برای اجرای برنامه‌های موازی.

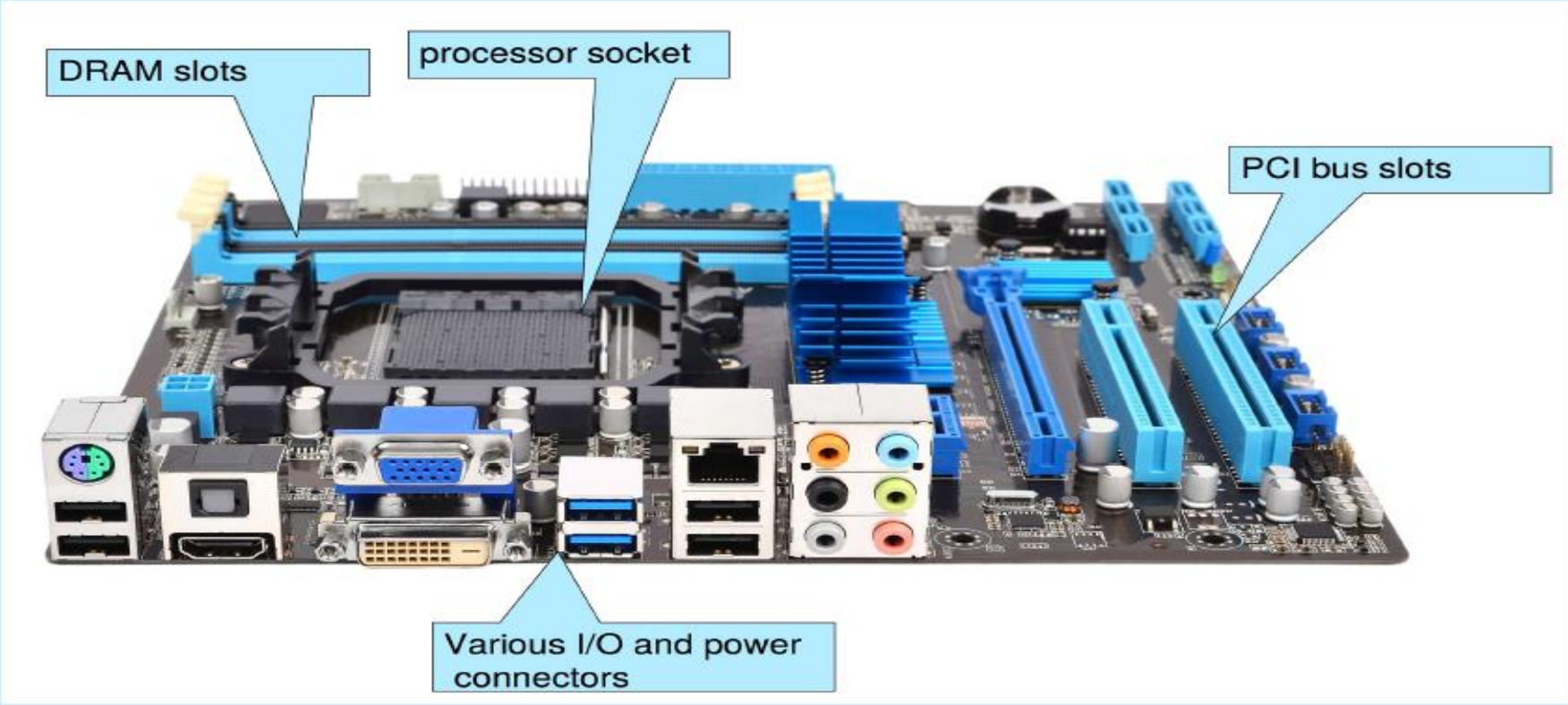
Clustered Systems





PC Motherboard

Consider the desktop PC motherboard with a processor socket shown below:



This board is a fully-functioning computer, once its slots are populated. It consists of a processor socket containing a CPU, DRAM sockets, PCIe bus slots, and I/O connectors of various types. Even the lowest-cost general-purpose CPU contains multiple cores. Some motherboards contain multiple processor sockets. More advanced computers allow more than one system board, creating NUMA systems.

Computer System Environments

Computing Environments

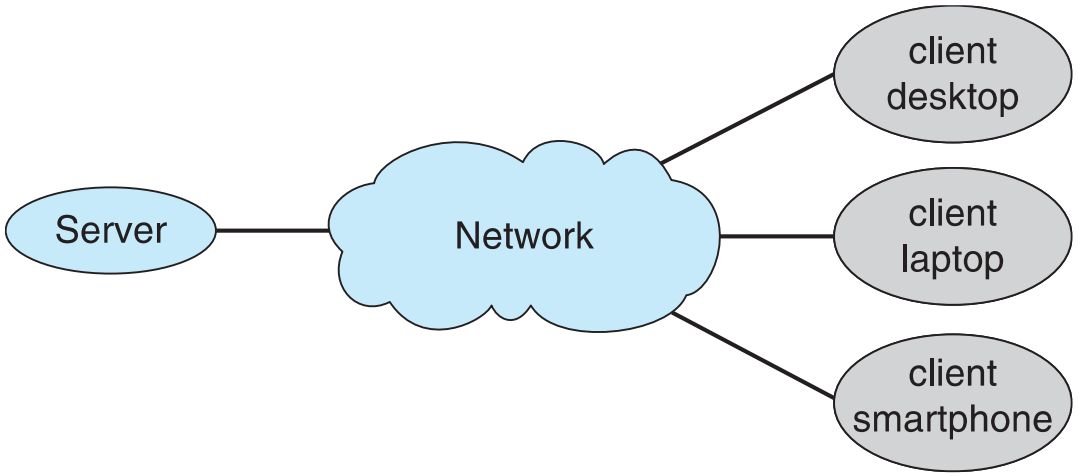
- مدل‌های محاسباتی مختلف
  1. سنتی(Traditional)
  2. موبایل(Mobile)
  3. کلاینت–سرور(Client-Server)
  4. همتا به همتا(Peer-to-Peer)
  5. رایانش ابری(Cloud Computing)
  6. سیستم‌های بی‌درنگ(Real-time Embedded)

Mobile Computing

- **تفاوت موبایل و سیستم‌های سنتی**
  - **تلفن‌های هوشمند، تبلت‌ها و سایر دستگاه‌های همراه**
  - تفاوت عملکردی با لپ‌تاپ‌های سنتی شامل:
    - **ویژگی‌های اضافی مانند GPS و ژیروسکوپ**
    - **اجرای اپلیکیشن‌های واقعیت افزوده(AR)**
    - **استفاده از شبکه‌های بی‌سیم IEEE 802.11 یا داده‌های سلولی**
- *سیستم‌عامل‌های پیشرو:*
  - **Apple iOS**
  - **Google Android**

Client Server Computing

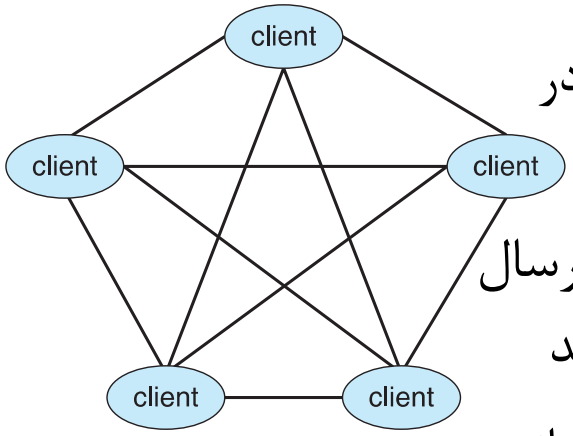
- **تحول سیستم‌های رایانه‌ای**
- **ترمینال‌های ساده (Dumb Terminals)** جای خود را به **رایانه‌های هوشمند (Smart PCs)** داده‌اند.
- **امروزه بسیاری از سیستم‌ها به‌عنوان سرور عمل می‌کنند.**
  - **سیستم‌های سرویس‌دهنده محاسباتی (Compute-Server):** ارائه خدماتی مانند پایگاه داده به کلاینت‌ها.
  - **سیستم‌های سرویس‌دهنده فایل (File-Server):** ارائه فضای ذخیره‌سازی و بازیابی فایل‌ها برای کلاینت‌ها.



Peer-to-Peer

- **مدل دیگری از سیستم توزیع شده**

- در P2P تفاوتی بین کلاینت‌ها و سرورها وجود ندارد
  - در عوض، تمام گره‌ها به عنوان همتا در نظر گرفته می‌شوند
  - هر گره می‌تواند به عنوان کلاینت، سرور یا هر دو عمل کند
  - گره باید به شبکه P2P متصل شود
    - سرویس خود را با سرویس جستجوی مرکزی در شبکه ثبت می‌کند، یا
    - درخواست سرویس را از طریق پروتکل کشف ارسال کرده و به درخواست‌های سرویس پاسخ می‌دهد
  - مثال‌ها شامل Napster وGnutella ، و VoIP مانند Skypeهستند



Cloud Computing

محاسبات ابری

- ارائه محاسبات، ذخیره‌سازی و حتی برنامه‌ها به عنوان سرویس از طریق یک شبکه
- توسعه منطقی از مجازی‌سازی است زیرا از مجازی‌سازی به عنوان پایه برای عملکرد خود استفاده می‌کند
  - Amazon EC2هزاران سرور، میلیون‌ها ماشین مجازی و پتابایت‌ها ذخیره‌سازی در سراسر اینترنت دارد و پرداخت بر اساس استفاده است

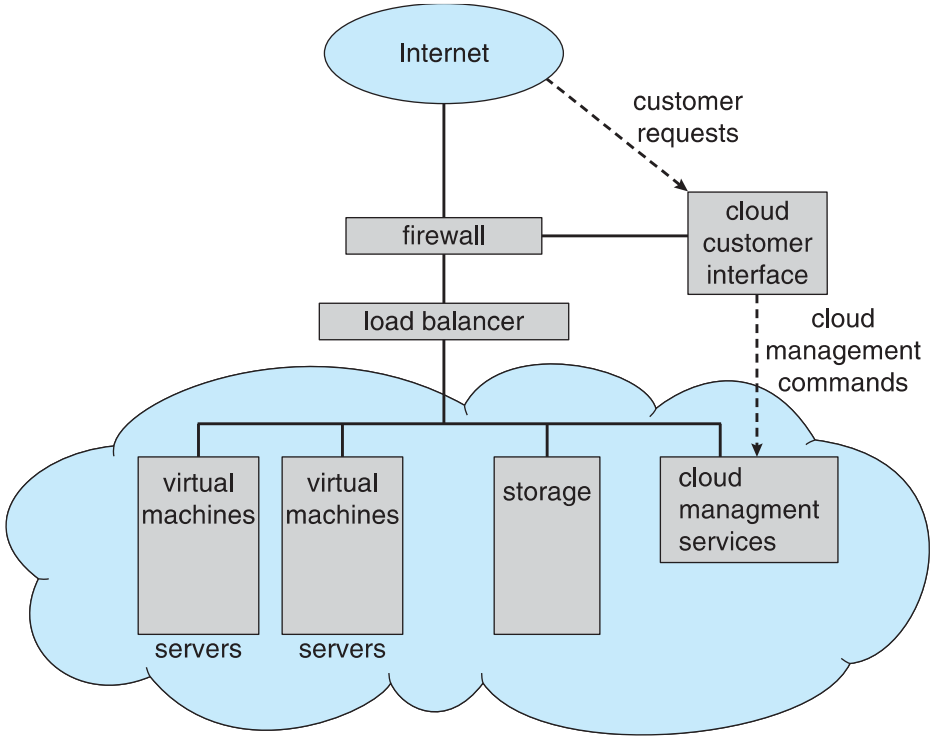
Cloud Computing – Many Types

- **انواع مختلف ابر**
  - **ابر عمومی** –در دسترس هر کسی که حاضر به پرداخت باشد از طریق اینترنت
  - **ابر خصوصی** –توسط یک شرکت برای استفاده داخلی همان شرکت اجرا می‌شود
  - **ابر هیبریدی** –شامل اجزای ابر عمومی و خصوصی
  - **نرم‌افزار به عنوان سرویس – (SaaS)** یک یا چند برنامه در دسترس از طریق اینترنت (مانند پردازشگر متن)
  - **پلتفرم به عنوان سرویس – (PaaS)** پشته نرم‌افزاری آماده برای استفاده از برنامه‌ها از طریق اینترنت (مثلاً سرور پایگاه داده)
  - **زیرساخت به عنوان سرویس – (IaaS)** سرورها یا ذخیره‌سازی در دسترس از طریق اینترنت (مانند ذخیره‌سازی برای استفاده پشتیبان)

Cloud Computing (cont.)

محیط‌های محاسبات ابری

- محیط‌های محاسبات ابری شامل سیستم‌عامل‌های سنتی، به علاوه ماشین‌های مجازی، به علاوه ابزارهای مدیریت ابری
  - اتصال اینترنتی به امنیت نیاز دارد مانند فایروال‌ها
  - متعادل‌کننده بار ترافیک را بین چندین برنامه تقسیم می‌کند



Real-Time Embedded Systems

- **سیستم‌های تعبیه(جاساز) شده بلادرنگ**
  - رایج‌ترین نوع کامپیوترها
    - بسیار متنوع هستند، سیستم‌عامل‌های خاص، سیستم‌عامل‌های محدود و سیستم‌عامل‌های بلادرنگ
    - استفاده آن‌ها در حال گسترش است
  - بسیاری دیگر از محیط‌های محاسباتی خاص نیز وجود دارند
    - بعضی از آن‌ها سیستم‌عامل دارند، برخی بدون سیستم‌عامل وظایف خود را انجام می‌دهند
  - سیستم‌عامل بلادرنگ دارای محدودیت‌های زمانی مشخص و ثابت است
    - پردازش باید درون محدودیت زمانی انجام شود
    - عملکرد صحیح تنها در صورتی است که محدودیت‌ها رعایت شوند

Free and Open-Source Operating Systems

نرم‌افزارهای متن‌باز

- سیستم‌عامل‌هایی که به صورت کد منبع در دسترس قرار دارند، نه فقط در قالب باینری بسته و اختصاصی
- مخالف با حرکت حفاظت از کپی و مدیریت حقوق دیجیتال(DRM)
- این حرکت توسط بنیاد نرم‌افزار آزاد (FSF) و ریچارد استالمن آغاز شد که مجوز عمومی گنو (GPL) با مفهوم "کپی‌لفت" دارد
  - نرم‌افزار آزاد و نرم‌افزار متن‌باز دو ایده متفاوت هستند که توسط گروه‌های مختلف از افراد حمایت می‌شوند
    - لینک فلسفه نرم‌افزار آزاد

- http://gnu.org/philosophy/open-source-misses-the-point.html/

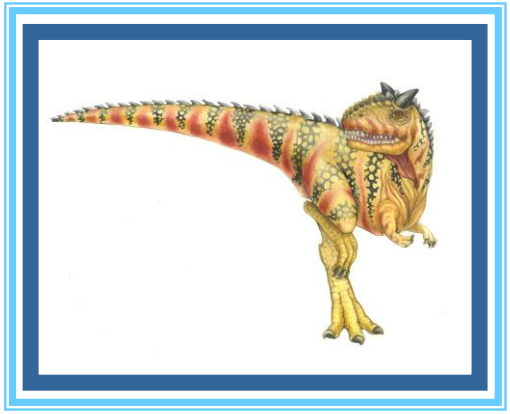
Free and Open-Source Operating Systems

- نمونه‌ها شامل GNU/Linux و BSD UNIX شامل هسته‌macOS ، و بسیاری دیگر
  - می‌توان از ماشین مجازی مانند VMware Player رایگان برای ویندوز Virtualboxمتن‌باز و رایگان در بسیاری از پلتفرم‌ها - لینک Virtualbox استفاده کرد
    - برای اجرای سیستم‌عامل‌های مهمان به منظور کاوش

The Study of Operating Systems

- جنبش نرم‌افزار متن‌باز باعث شده است که بسیاری از سیستم‌عامل‌ها هم در قالب کد منبع و هم باینری (قابل اجرا) در دسترس قرار گیرند.
- فهرست سیستم‌عامل‌هایی که در هر دو فرمت در دسترس هستند شامل لینوکس، BSD UNIX، Solarisو بخشی از macOS می‌شود
- .دسترسی به کد منبع به ما این امکان را می‌دهد که سیستم‌عامل‌ها را از درون بررسی کنیم. سوالاتی که قبلاً تنها با مطالعه مستندات یا رفتار یک سیستم‌عامل قابل پاسخ‌گویی بودند، اکنون می‌توانیم با بررسی کد خود سیستم‌عامل پاسخ دهیم .
- فهرست گسترده اما ناقص پروژه‌های سیستم‌عامل متن‌باز از این لینک در دسترس است .
- علاوه بر این، ظهور مجازی‌سازی به عنوان یک عملکرد رایج (و اغلب رایگان) رایانه‌ای، امکان اجرای چندین سیستم‌عامل را بر روی یک سیستم اصلی فراهم می‌کند.
- ظهور سیستم‌عامل‌های متن‌باز همچنین مهاجرت از دانش‌آموز به توسعه‌دهنده سیستم‌عامل را آسان‌تر کرده است. با برخی دانش، تلاش و اتصال به اینترنت، یک دانش‌آموز حتی می‌تواند توزیع جدیدی از سیستم‌عامل ایجاد کند.

End of Chapter 1



Silberschatz, Galvin and Gagne ©2013