



---

سیستم عامل:  
مفاهیم اساسی، اصول طراحی و  
مهندسی

---

نویسنده  
دکتر میر شهریار امامی  
فوق دکترای کامپیوتر  
عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی (واحد رودهن)



## سیستم عامل: مفاهیم اساسی، اصول طراحی و مهندسی

---

مؤلف:

شابک

صفحه آرا: اکرم ملک نژاد

ناشر: پادینا

قطع و تیراژ: وزیری - 1000

نوبت چاپ و سال چاپ: اول 1397

چاپ و صحافی:

قیمت: ریال

---

تهران: خیابان مطهری، خیابان میرعماد، کوچه پنجم، پلاک - 3

کدپستی 1587958711

تلفن: 88847884 (021) نمابر: 88739092 ssrc.ac.ir info@ssrc.ac.ir

---

کلیه حقوق برای پژوهشگاه تربیت بدنی و علوم ورزشی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری محفوظ است.

این کتاب تقدیم به  
همه کسانی که از آنها آموختم.

فرمانروا (مدیر)، به باور من باید که تفاوت‌اش با  
مردمان [دیگر] نه در زندگی آسوده و پر زرق و برق  
باشد بلکه [باید] در پیش‌اندیشی‌ها و در خِرَد و در  
شوق وی به کار (خدمت به مردم) باشد...  
کوروش کبیر

## فهرست مطالب

فصل اول: ساختار داخلی و معماری کامپیوتر.....16	
فصل دوم: سیستم عامل و ساختارهای آن.. ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
فصل سوم: مدیریت دستگاه های ورودی/خروجی..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
فصل چهارم: فرآیندها و نخها ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
فصل پنجم: مدیریت و زمانبندی فرآیندها و نخها. ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
فصل ششم: مدیریت فرآیندهای همروند ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
فصل هفتم: مدیریت بن بست..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
فصل هشتم: مدیریت حافظه اصلی ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
فصل نهم: مدیریت دیسک..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
فصل دهم: سیستم مدیریت فایل ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه الف..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه ب..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه پ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه ت..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه ث..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه ج..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه د..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه ح..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه ص..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه ط..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ضمیمه ی..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
فهرست منابع..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
فهرست اختصارات..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
واژه نامه..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	

## فهرست تفصیلی

11.....	مقدمه مولف.....
16.....	فصل اول: ساختار داخلی و معماری کامپیوتر.....
20.....	1-1- معماری سیستم های کامپیوتری.....
20.....	2-1- روش های طراحی معماری سیستم های کامپیوتری.....
20.....	1-2-1- طراحی معماری سیستم های کامپیوتری با روش سیستماتیک.....
22.....	1-1-2-1- واحد ورودی/خروجی.....
24.....	2-1-2-1- واحد حافظه داخلی/خارجی.....
25.....	1-2-1-2-1- حافظه خارجی.....
26.....	2-2-1-2-1- حافظه داخلی.....
26.....	3-1-2-1- واحد محاسبه و منطق و واحد کنترل (پردازنده).....
28.....	تعریف: پردازنده بخش اصلی و مرکزی یک سیستم کامپیوتری است که وظیفه آن تفسیر و اجرای دستور العمل ها می باشد.....
29.....	1-3-1-2-1- واحد محاسبه و منطق.....
30.....	2-3-1-2-1- واحد کنترل.....
32.....	4-1-2-1- گذرگاه های ارتباطی (Bus).....
34.....	2-2-1- طراحی معماری سیستم های کامپیوتری با روش مسیر داده.....
34.....	3-2-1- طراحی معماری سیستم های کامپیوتری با روش ترکیبی.....
35.....	تمرین های فصل اول.....
36.....	یادداشت های فصل اول.....
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	فصل دوم: سیستم عامل و ساختارهای آن
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.	
ERROR! 1-2.	ساختار هسته یکپارچه (MONOLITHIC KERNEL)
BOOKMARK NOT DEFINED.	
ERROR! 2-2.	ساختار هسته لایه ای (LAYERED KERNEL)
NOT DEFINED.	
ERROR! 3-2.	ساختار ریز هسته (MICRO KERNEL)
NOT DEFINED.	
ERROR! 4-2.	ساختار ماشین مجازی (VIRTUAL MACHINE)
NOT DEFINED.	

تمرین‌های فصل دوم.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 یادداشت‌های فصل دوم.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
**فصل سوم: مدیریت دستگاه‌های ورودی/خروجی**  
**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 1-3-1-1-3 روش‌های مدیریت دستگاه‌های ورودی/خروجی **ERROR!**  
**BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 1-1-3-1 روش برنامه نویسی شده یا سرکشی (Polling)  
**Error! Bookmark not defined.**  
 1-1-3-2 روش وقفه (Interrupt)  
**Error! Bookmark not defined.**  
 1-1-3-2-1-3 تمهیدات ماشین برای برپایی مکانیسم وقفه **Error!**  
**Bookmark not defined.**  
 تمرین‌های فصل سوم.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 یادداشت‌های فصل سوم.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
**فصل چهارم: فرآیندها و نخ‌ها**  
**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 1-4 فرایند (PROCESS)  
**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 2-4 سیاست‌های اجرایی فرآیندها **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 3-4 انواع مدهای اجرایی فرآیندها **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
**DEFINED.**  
 6-4 جدول فرایند (PROCESS TABLE)  
**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED....**  
 7-4 تعویض متن (CONTEXT SWITCH)  
**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....**  
 8-4 نخ‌ها (THREADS) و سیاست چند نخی (MULTI-THREADING)  
**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 9-4 مدیریت نخ‌های کاربر در فضای هسته و در فضای کاربر  
**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 تمرین‌های فصل چهارم.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 یادداشت‌های فصل چهارم.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
**فصل پنجم: مدیریت و زمانبندی فرآیندها و نخ‌ها**  
**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 1-5 معیارهای ارزیابی کارایی.....**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 2-5 روش‌ها و الگوریتم‌های زمانبندی فرآیندها و نخ‌ها  
**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**  
 1-2-5 روش‌ها و الگوریتم‌های زمانبندی با سیاست  
 انحصاری.....**Error! Bookmark not defined.**  
 2-2-5 روش‌ها و الگوریتم‌های زمانبندی با سیاست  
 غیر انحصاری.....**Error! Bookmark not defined.**  
 1-2-2-5 روش زمانبندی نوبت گردشی (RR)  
**Error! Bookmark not defined.**  
 2-2-2-5 الگوریتم زمانبندی SRTF.....**Error! Bookmark not defined.**  
 3-2-2-5 الگوریتم زمانبندی با اولویت  
**Error! Bookmark not defined.**  
 4-2-2-5 الگوریتم زمانبندی صف چند سطحی  
**Error! Bookmark not defined.**  
 5-2-2-5 روش زمانبندی صف چند سطحی با پس‌خورد **Error!**

**Bookmark not defined.**

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....** تمرین‌های فصل پنجم

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....** یادداشت‌های فصل پنجم

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.** فصل ششم: مدیریت فرایندهای همروند

**ERROR!** 1-6- فرایندهای مستقل و فرایندهای همروند

**BOOKMARK NOT DEFINED.**

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....** 2-6- ناحیه بحرانی

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.** 3-6- مشکل رقابتی و تجزیه و تحلیل آن

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....** 4-6- انحصار متقابل (ME)

**ERROR!** 5-6- تلاش‌هایی ابتدایی برای حل مشکل رقابتی:

**BOOKMARK NOT DEFINED.**

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....** 6-6- راه حل‌های مشکل رقابتی

**Error! Bookmark not defined....** 1-6-6- راه حل‌های نرم افزاری

**Error! Bookmark not defined.....** 1-1-6-6- الگوریتم دکر (Dekker)

**Error! Bookmark not defined.** 2-1-6-6- الگوریتم پیترسون (Peterson)

**Error! Bookmark not defined.** 2-6-6- راه حل‌های سخت افزاری:

**Error! Bookmark not defined.....** 1-2-6-6- غیر فعال نمودن وقفه‌ها:

**Error! Bookmark not defined.** 2-2-6-6- استفاده از دستورات یکپارچه:

**Error!** 1-2-2-6-6- دستور العمل مقایسه و تعویض (CAS)

**Bookmark not defined.**

**Error!** 3-6-6- راه حل‌های سیستم عامل و کامپایلر:

**Bookmark not defined.**

**Error! Bookmark not defined.....** 1-3-6-6- سمافور (Semaphore)

**Error! Bookmark not defined.** 2-3-6-6- سمافور دودویی (Binary Semaphore)

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....** تمرین‌های فصل ششم

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....** یادداشت‌های فصل ششم

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....** فصل هفتم: مدیریت بن بست

**ERROR!** 1-7- چگونگی استفاده از منابع توسط فرایندها

**BOOKMARK NOT DEFINED.**

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.** 2-7- انواع منابع از دید ماهیت تخصیص

**NOT DEFINED.**

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.** 3-7- شرایط وقوع بن بست (شرایط کافمن)

**NOT DEFINED.**

**ERROR!** 4-7- مدلسازی بن بست با گراف تخصیص منابع

**BOOKMARK NOT DEFINED.**

**ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....** 5-7- روش‌های حل مشکل بن بست:

**Error!** 1-5-7- پیشگیری از بن بست (Deadlock Prevention):

**Bookmark not defined.**

**Error! Bookmark not defined.....** 1-1-5-7- نقض انحصار متقابل



Error! Bookmark not defined..... 2-1-5-7 نقض نگهداری و انتظار

Error! Bookmark not defined..... 3-1-5-7 نقض انحصاری بودن

Error! Bookmark not defined..... 4-1-5-7 نقض انتظار حلقوی

2-5-7 تشخیص و ترمیم بن بست (Deadlock Detection and Recovery)

Error! Bookmark not defined.....

Error! Bookmark not defined..... 1-2-5-7 تشخیص بن بست

Error! Bookmark not defined..... 2-2-5-7 ترمیم بن بست

Error! Bookmark not (Deadlock Avoidance) 3-5-7 دوری از بن بست

defined.

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... تمرین‌های فصل هفتم

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... یادداشتهای فصل هفتم

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... فصل هشتم: مدیریت حافظه اصلی

ERROR! 1-8 وظایف سیستم عامل در مدیریت حافظه :

BOOKMARK NOT DEFINED.

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... 2-8 سیاست‌های تخصیص حافظه :

Error! Bookmark 1-2-8 مدیریت تک برنامه‌گی حافظه اصلی

not defined.

Error! 2-2-8 مدیریت حافظه با روش چند بخشی ثابت

Bookmark not defined.

Error! 3-2-8 مدیریت حافظه با روش چند بخشی پویا

Bookmark not defined.

Error! 4-2-8 مدیریت حافظه با روش صفحه بندی ساده

Bookmark not defined.

Error! 5-2-8 مدیریت حافظه با روش قطعه بندی ساده :

Bookmark not defined.

6-2-8 مدیریت حافظه با روش قطعه بندی صفحه بندی

Error! Bookmark not defined..... شده :

7-2-8 مدیریت حافظه با تکنیک مبادله (Swapping) :

Error! Bookmark not defined.....

ERROR! 3-8 جایگذاری صفحه و سیاست‌های جایگذاری صفحه :

BOOKMARK NOT DEFINED.

Error! Bookmark not defined..... 1-3-8 الگوریتم FIFO

Error! Bookmark not defined..... 2-3-8 الگوریتم LRU

Error! Bookmark not defined..... 3-3-8 الگوریتم Optimal

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... 4-8 نگاشت آدرس حافظه :

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... 5-8 محافظت از حافظه :

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... تمرین‌های فصل هشتم

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... یادداشتهای فصل هشتم

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... فصل نهم: مدیریت دیسک

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... 1-9 ساختار دیسک مغناطیسی :

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED..... 2-9 معیارهای کارایی دیسک مغناطیسی :

NOT DEFINED.

3-9- سیاست‌های زمان‌بندی دیسک..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

1-3-9- الگوریتم FCFS..... Error! Bookmark not defined.

2-3-9- الگوریتم LIFO..... Error! Bookmark not defined.

3-3-9- الگوریتم SSTF..... Error! Bookmark not defined.

4-3-9- الگوریتم Scan..... Error! Bookmark not defined.

5-3-9- الگوریتم Look Scan..... Error! Bookmark not defined.

6-3-9- الگوریتم Circular Scan..... Error! Bookmark not defined.

4-9- حافظه سلسله مراتبی..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

5-9- اعتماد به سیستم‌های کامپیوتری..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

DEFINED.

1-5-9- استفاده از اجزای فیزیکی با کیفیت بسیار

بالا (Fault Avoidance)..... Error! Bookmark not defined.

2-5-9- به‌کارگیری تکنیک‌های افزونگی (Fault Tolerance)

..... Error! Bookmark not defined.

فصل دهم: سیستم مدیریت فایل..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

DEFINED.

1-10- مشخصات فایل‌ها..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

1-1-10- نام فایل..... Error! Bookmark not defined.

2-1-10- قالب فایل (File Format)..... Error! Bookmark not defined.

3-1-10- خصیصه‌های فایل (Attributes)..... Error! Bookmark not defined.

defined.

2-10- شیوه‌های پیاده سازی فایل‌ها..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

DEFINED.

3-10- شیوه‌های سازماندهی فایل‌ها..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

DEFINED.

4-10- فراهم آوردن امکانات لازم برای کار با فایل‌ها

..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

5-10- فشرده سازی فایل‌ها..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

6-10- قابلیت اعتماد (RELIABILITY)..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

DEFINED.

7-10- امنیت فایل‌ها (SECURITY)..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

8-10- سرویس نگهداری سیستم مدیریت فایل (MAINTENANCE)

..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

9-10- سازمان دستیابی رکوردهای فایل..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

DEFINED.

تمرین‌های فصل دهم..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

یادداشت‌های فصل دهم..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ضمیمه الف..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ضمیمه ب..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ضمیمه پ..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ضمیمه ت..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ضمیمه ث..... ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	ضمیمه ج
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	ضمیمه د
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	ضمیمه ح
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	ضمیمه ص
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	ضمیمه ط
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	ضمیمه ی
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	فهرست منابع
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	فهرست اختصارات
ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.....	واژه نامه

## مقدمه مولف

سال‌های زیادی از روزهای اولیه پیدایش علم الکترونیک و کامپیوتر می‌گذرد و هر روز با تجهیزات الکترونیکی و سیستم‌های کامپیوتری جدیدتر و متنوع‌تر روبرو می‌شویم. این تنوع در سیستم‌ها و تجهیزات جدید، هم به لحاظ اندازه، و هم به لحاظ گوناگونی خدماتی که ارائه می‌نمایند، شایان توجه است. سیستم کمودور 64 (Commodore 64 System) که در آن از یک رسانه ذخیره ساز نوار کاست مغناطیسی معمولی برای ذخیره سازی اطلاعات استفاده می‌شد، اولین سیستم کامپیوتری بود که من با آن آشنا شدم. گرچه در آن روزگار نوجوانی، والدینم این ماشین را با هدف انجام بازی‌های کامپیوتری به‌عنوان هدیه برای من خریداری نموده بودند، با اینحال، من مجذوب برنامه نویسی و ایجاد بازی‌های کامپیوتری طراحی شده توسط خودم روی آن شدم و به تدریج پی بردم برای آنکه یک برنامه بازی کامپیوتری بتواند با کیفیت مطلوب اجرا گردد و تامین کننده نیازهای کاربر آن باشد، سیستم کامپیوتری مجری این برنامه، حداقل نیازهایی هم در حوزه سخت افزار و معماری سیستم کامپیوتری، و هم در زمینه نرم افزار قابل اجرا روی آن را دارد و این زمانی بود که مفهوم Minimum System را درک نمودم. مدتی بعد، برای اجرای بازی‌هایی با سطح گرافیکی بالاتر بر آن شدم تا به استفاده از سیستم آمیگا 500<sup>1</sup> که از رسانه ذخیره ساز فلاپی دیسک با اندازه  $3\frac{1}{2}$  اینچی با ظرفیت 720 کیلوبایتی (720 KB) و سیستم

---

1 Amiga 500

عامل Amiga OS 1.2 و پردازنده 7 مگاهرتزی Motorola 68000 استفاده می‌نمود، روی آورم. پس از آن در دوران دانشجویی کارشناسی در رشته مهندسی سخت افزار کامپیوتر، یک دستگاه پی سی Intel 80286 که دارای معماری 16 بیتی بود و با سیستم عامل داس نسخه 5 مایکروسافت (MS DOS 5.0) 16 بیتی کار می‌نمود و از یک رسانه ذخیره ساز دیسک سخت مغناطیسی 40 مگابایتی (40 MB) و یک رسانه ذخیره ساز فلاپی دیسک با اندازه  $3\frac{1}{2}$  اینچی با ظرفیت 1.44 مگا بایتی (1.44 MB) استفاده می‌نمود را خریداری نمودم تا بتوانم با نرم افزار Autocad 10 به طراحی قطعات صنعتی گوناگون بپردازم. در آنزمان ماشین Intel 80286، از یک پردازنده اصلی برای پردازش‌های ساده‌تر و یک پردازنده کمکی (Co-Processor) برای پردازش‌های پیچیده‌تر و مبتنی بر اعداد اعشاری، استفاده می‌نمود. کمی بعدتر به جای ارتقای کامپیوترم، ترجیح دادم که یک دستگاه کامپیوتر Intel 80386 DX (i386DX) که دارای معماری 32 بیتی بود و قابلیت اجرای محاسبات اعداد اعشاری را داشت و با سیستم عامل ویندوز 95 مایکروسافت (MS Windows 95) 32 بیتی کار می‌نمود، را خریداری نمایم. با اینهمه از آنجا که بسیار علاقه مند کار در محیط شبکه‌های کامپیوتری بودم به مطالعه سیستم عامل ویندوز NT نسخه 3.5 (MS Windows NT 3.5) که از سیستم فایل امن NTFS بهره برداری می‌نمود، روی آوردم و با خرید قطعات دست دوم، دو کامپیوتر دیگر را مونتاژ نمودم و در مجموع با سه کامپیوتر، یک شبکه کامپیوتری مبتنی بر ویندوز NT را در منزل خودم راه اندازی نمودم. بعد از فراگیری ویندوز NT 3.5 به مطالعه قابلیت‌های آن نسبت به سیستم عامل OS/2 Warp پرداختم و نتیجه این پژوهش را در قالب یک مقاله با عنوان: "سیستم‌های عامل Windows NT و OS/2 Warp" را به ماهنامه علم الکترونیک و کامپیوتر ارائه نمودم که این مقاله تایید شد و به چاپ رسید.

پس از کسب این تجربیات، وارد یک پروژه کاری بزرگ در شهر کتاب وابسته به شهرداری تهران شدم که در آنجا با سیستم عامل یونیکس (UNIX) و سیستم عامل سولاریس نسخه 2.6 شرکت سان (Sun Solaris)، که خود از خانواده یونیکس بود، و در آنجا روی کامپیوترهای سرویس دهنده شرکت سان مایکروسیستمز (Sun Microsystems Server) اجرا می‌شد، آشنا شدم. سیستم عامل سولاریس نسخه 2.6 که از یک طرف قابلیت ارائه سرویس‌های همزمان به تعداد زیادی کاربر در شبکه را داشت، و از طرف دیگر از امنیت بالا، و مقیاس پذیری گسترده برخوردار بود، توجه من را بسیار به خود جلب نمود و این بود که در محل کارم به سرعت به فراگیری این سیستم عامل قدرتمند پرداختم و چندی بعد یک مقاله با عنوان: "راهنمای فشرده سیستم عامل سولاریس" را به ماهنامه علم الکترونیک و کامپیوتر ارائه نمودم که این مقاله خیلی زود تایید شد و به چاپ رسید و پس از چاپ شدن، خوانندگان بسیار زیادی را به خود جذب نمود. پس از کسب همه این تجربیات عملی و پژوهشی روی چندین سیستم عامل، سال‌ها به تدریس درس سیستم عامل در دانشگاه‌ها و آموزشکده‌های فنی پرداختم. از آنجا که آموزه‌های من هم برگرفته از مطالعات و پژوهش‌های من و هم برگرفته از تجربیات عملی کار با انواع سیستم‌های عامل بود، تصمیم گرفتم که خود اقدام به نوشتن یک سیستم عامل برای دستگاه‌های بیل بوردهای نمایشگر دیجیتال که مبتنی بر دیود نوری<sup>1</sup> بود، بنمایم و لذا تصمیم گرفتم که خود به طراحی سخت افزار این دستگاه‌ها بپردازم و به همراه آن اقدام به نوشتن سیستم عامل برای آنها بنمایم. در ابتدا طراحی خود را با میکرو کنترلرهای خانواده 8051 که مبتنی بر معماری CISC<sup>2</sup> بود، آغاز نمودم اما مدتی بعد به سمت

---

1 Light Emitting Diod (LED)

2 Complex Instruction Set Computers

پردازنده‌های RISC<sup>1</sup> که به لحاظ توانایی اجرای موازی دستورات بخصوص از نظر قابلیت بهره برداری از خط لوله<sup>2</sup> بر معماری CISC برتری داشت، روی آوردم و در طراحی‌هایم اقدام به استفاده از میکروکنترلرهای خانواده Atmel AVR نمودم.

کوتاه سخن اینکه، اکنون که این کتاب را تالیف می‌نمایم، همه روزه در حال کار با سیستم عامل‌های MS Windows 8.1 روی لپ تاپ HP Intel Core i5، و سیستم عامل اندروید 5.1.1 روی تبلت SAMSUNG Galaxy Note 10.1، و iOS 11.2.5 روی گوشی تلفن همراه iPhone\_6 شخصی خودم، و سیستم عامل تایزن (Tizen OS) مربوط به تلویزیون هوشمند<sup>3</sup> سامسونگ منزل، و همچنین در حال کار با انواع سیستم‌های عامل‌های شبکه مانند: Windows Server 2012 R2 و توزیع‌های متعدد لینوکس از جمله اوبانتو<sup>4</sup>، و مجازی ساز VMware VSphere 6.0 روی سرورهای HP Server Gen8 و HP Server Gen9 هستم. امیدوارم که این کتاب که هم نتیجه کارهای آموزشی و پژوهشی من، و همچنین نتیجه تجربیات من در استفاده و کار با سیستم عامل‌های متعدد می‌باشد، بتواند هم مورد استفاده دانشجویان رشته مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات، و هم مورد استفاده اساتید، طراحان، و کاربران سیستم‌های عامل قرار گیرد.

میر شهریار امامی

فروردین ماه یک هزار و سیصد

ونود و هفت

---

1 Reduced Instruction Set Computers

2 Pipeline

3 Samrt Tv

4 Ubuntu Linux OS





---

## فصل اول

---

### ساختار داخلی و معماری کامپیوتر

---

گرفتن پول نقد از دستگاه ATM، وب گردی، مشاهده روزانه ایمیل‌های کاری یا شخصی، ثبت نام آنلاین دانشجویان برای ترم جدید تحصیلی، خرید آنلاین انواع کالاها، ارائه خدمات وب و خدمات زیر ساخت شبکه، ارائه خدمات بانکداری مجازی، ارائه خدمات پزشکی از راه دور، سیستم خلبان اتوماتیک در هواپیما، شبیه سازی فضا پیما و رورهای سیاره‌ای، مدل سازی انواع پایلوت‌های صنعتی و نیمه صنعتی، سیستم‌های مانیتورینگ و کنترل صنعتی و کشاورزی، تنها بخش‌هایی از اموری است که در زندگی بشر امروز در حال انجام است. بدیهی است که مقدمه انجام هر یک از این امور، وجود فیزیکی انواع سیستم‌های کامپیوتری و تجهیزات الکترونیکی و سخت افزاری است که قابلیت لازم را برای انجام این امور داشته باشد. هریک از این سیستم‌های فیزیکی، دارای ساختارهای داخلی و معماری‌های مربوط به خود می‌باشند. در این بخش، به مروری بر ساختارهای عمومی داخل کامپیوتر، شامل: سازمان حافظه، معماری انواع پردازنده‌ها و واحد کنترل و واحد محاسبات منطق آنها، ثبات‌ها، گذرگاه‌های

داخلی و خارجی، دستگاه‌های ورودی/خروجی، و غیره پرداخته می‌شود.

واژه‌های مهم فصل: سیستم‌های کامپیوتری، تجهیزات الکترونیکی، فناوری اطلاعات، نرم افزار، سخت افزار، ساختار عمومی کامپیوتر، سازمان حافظه، معماری پردازنده، واحد کنترل، واحد محاسبات و منطق، ثبات‌ها، گذرگاه‌های داخلی، گذرگاه‌های خارجی، دستگاه‌های ورودی/خروجی.

---



در دنیای امروز، صنعت انفورماتیک با حجم انبوهی از اطلاعاتی روبرو است که در انواع سیستم‌هایی کامپیوتری از کوچک مقیاس تا بزرگ مقیاس، در حال پردازش، ذخیره سازی و یا مبادله می‌باشند. بدیهی است که برای اداره این **اطلاعات انبوه**<sup>1</sup> از انواع علوم نرم افزاری، سخت افزاری و فناوری اطلاعات بهره برداری می‌گردد. امروزه اغلب افراد جامعه درگیر کار با انواع سیستم‌های کامپیوتری و الکترونیکی در محل کار، در منزل و یا پارک‌های تفریحی، و یا در باشگاه‌های ورزشی، در مطب پزشک یا دندانپزشکی، در ایستگاه اتوبوس و مترو، در فرودگاه، و یا در داخل اتوبوس، تاکسی یا اتومبیل‌های شخصی خود هستند. این افراد از انواع وسایل و دستگاه‌ها برای امور متعدد از جمله: واریز و مشاهده موجودی حساب بانکی خود، خرید آنلاین، شارژ تلفن همراه، بازی و سرگرمی، کار و اطلاع رسانی و کسب انواع اطلاعات متنی، تصویری و مالی مدیا در محیط شبکه‌های اجتماعی مجازی، جستجو در اینترنت و دانلود نمودن انواع فایل‌ها استفاده می‌نمایند. بنا به دلایل مذکور، افراد جامعه از انواع ماشین‌ها شامل: **گوشی‌های هوشمند**<sup>2</sup>، **تبلت‌ها**<sup>3</sup>، **لپ‌تاپ‌ها**<sup>4</sup>، انواع کامپیوترهای رومیزی، **تلویزیون‌های هوشمند**<sup>5</sup>، ماشین‌های لباس شویی و یخچال‌های هوشمند، و یا

---

1 Big Data

2 Smart Phone

3 Tablet

4 Laptop

5 Smart TV

در مقیاس بزرگتر از انواع **سرویس دهنده‌ها**<sup>1</sup> در شبکه‌های کامپیوتری و **پایگاه داده‌ها**<sup>2</sup>، و همچنین انواع تجهیزات مربوط به زیر ساخت شبکه‌های کامپیوتری مانند: **سوئیچ‌ها**<sup>3</sup>، **مسیریاب‌ها**<sup>4</sup>، **پل‌ها**<sup>5</sup>، **گذرگاه‌های ارتباطی**<sup>6</sup>، **وسایل ذخیره ساز اشتراکی**<sup>7</sup>، **فایروال‌ها**<sup>8</sup> و غیره استفاده می‌نمایند.

### **1-1- معماری سیستم‌های کامپیوتری**

انجام هر کاری در هر سیستم‌های کامپیوتری مستلزم وجود قابلیت‌های فیزیکی لازم برای انجام آن کار می‌باشد. هر سیستم فیزیکی کامپیوتری، دارای ساختار داخلی و معماری مربوط به خود است.

### **1-2- روش‌های طراحی معماری سیستم‌های کامپیوتری**

امروزه طراحی معماری سیستم‌های کامپیوتری با سه روش کلی شامل: روش سیستماتیک<sup>9</sup>، روش مسیر داده<sup>10</sup>، و روش ترکیبی طراحی می‌گردند. در ادامه به شرح هر یک از این روش‌ها می‌پردازیم.

### **1-2-1- طراحی معماری سیستم‌های کامپیوتری با روش سیستماتیک**

روش سیستماتیک مبتنی بر توسعه یک ساختار پایه<sup>11</sup> می‌باشد که این ساختار پایه اغلب بر

---

1 Server

2 Database

3 Switch

4 Router

5 Bridge

6 Gateway

7 Shared Storage Devices

8 Firewall

9 Systematic Approach

10 Datapath Approach

11 Basic Structure

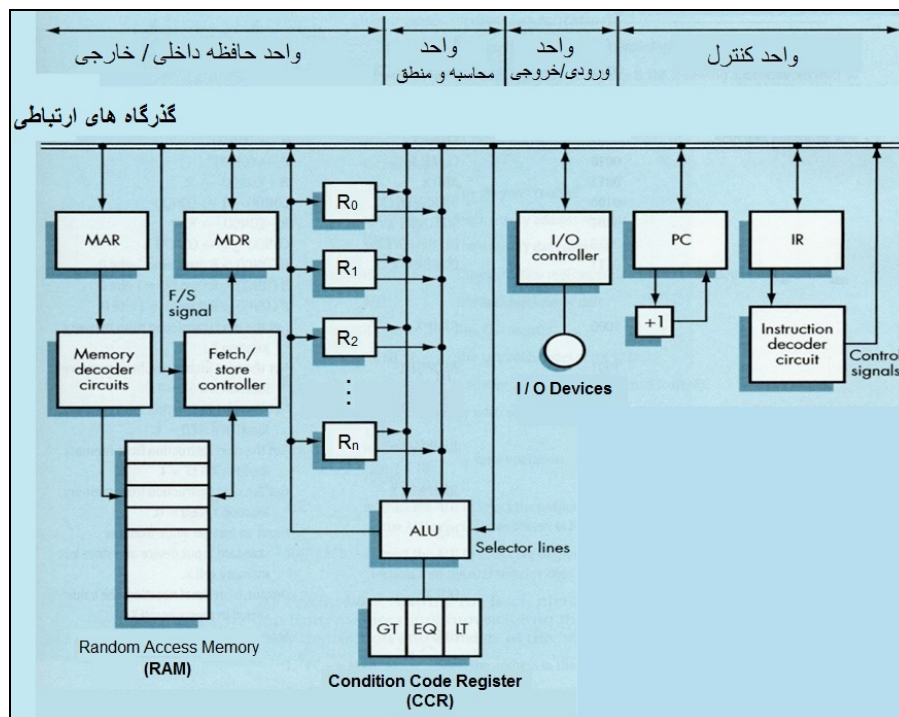
اساس مدل پیشنهادی **فون نیومن**<sup>1</sup> است. ساختار پایه سیستم کامپیوتری در مدل فون نیومن در شکل 1-1 مشاهده می‌گردد. همانطور که در شکل 1-1 مشاهده می‌گردد، در مدل پیشنهادی فون نیومن، یک ماشین فیزیکی مبتنی بر چهار مولفه اساسی زیر می‌باشد:

- واحد ورودی/خروجی
- واحد حافظه داخلی/خارجی
- واحد محاسبه و منطق، و واحد کنترل
- گذرگاه‌های ارتباطی

**تعریف:** در طراحی معماری سیستم‌های کامپیوتری با روش سیستماتیک، یک کامپیوتر پایه موجود است و سپس روی آن کامپیوتر پایه، اصلاح، تکمیل، و بهینه سازی صورت می‌پردازد. در ادامه به شرح هریک از این چهار ساختار اساسی به اختصار پرداخته می‌شود.

---

1 John Von Neumann



شکل 1-1- معماری سیستم‌های کامپیوتری پایه (مدل فون نیومن).

### 1-1-2-1 واحد ورودی/خروجی

امروزه همه ما با روش‌های مختلف، خواسته و نیاز خود را به انواع ماشین‌ها و سیستم‌های الکترونیکی و کامپیوتری توسط وسایل متعدد اعلام می‌نماییم و نتایج حاصل از پاسخگویی سیستم مذکور را توسط همان وسایل یا وسایل دیگری مشاهده یا ثبت می‌نماییم. این وسایل همان **دستگاه‌های ورودی/خروجی (I/O Device)**<sup>1</sup> هستند. برای اداره دستگاه‌های ورودی/خروجی اغلب از یک واحد الکترونیکی به نام **مدار کنترل کننده** دستگاه‌های ورودی/خروجی (I/O Controller) استفاده می‌گردد که این واحد در مدل پیشنهادی فون نیومن در شکل 1-1 قابل مشاهده است.

**تعریف:** دستگاه‌های ورودی/خروجی وسایل و ابزارهایی هستند که برای برقراری ارتباط یک

1 Input/Output Devices (I/O Devices)

طرفه یا دو طرفه با سیستم‌های کامپیوتری مورد استفاده قرار می‌گیرند.

صفحه کلید، ماوس، صفحه تماسی<sup>1</sup>، دسته بازی<sup>2</sup>، میکروفن، بلندگو، صفحه نمایش کاتودی<sup>3</sup>، و صفحه نمایش ال سی دی<sup>4</sup>، صفحه نمایش دیود نوری<sup>5</sup>، و صفحه نمایش لمسی<sup>6</sup>، دوربین‌های وب<sup>7</sup>، انواع سنسورها محیطی در مراکز داده<sup>8</sup> مانند: سنسور دما<sup>9</sup>، سنسور رطوبت<sup>10</sup>، سنسور تشخیص دود<sup>11</sup>، سنسور تشخیص نشت آب<sup>12</sup>، سنسور جریان هوا<sup>13</sup>، وسایل خواندن بارکد<sup>14</sup> در فروشگاه‌ها، وسیله کنترل از راه دور برای ارائه در همایش‌ها<sup>15</sup>، نمونه‌هایی از انواع دستگاه‌های ورودی/خروجی به حساب می‌آیند. نمونه‌هایی از انواع دستگاه‌های ورودی/خروجی در شکل 1-2 نمایش داده شده است.

- 
- 1 Touch Pad
  - 2 Joystick
  - 3 Cathod Ray Tube Monitor (CRT Monitor)
  - 4 Liquid Crystal Display (LCD Monitor)
  - 5 Light Emitting Diode Monitor (LED Monitor)
  - 6 Touch Screen Monitor
  - 7 Webcam
  - 8 Datacenters
  - 9 Temperature Sensor
  - 10 Humidity Sensor
  - 11 Smoke Sensor
  - 12 Water Leak Sensor
  - 13 Airflow Sensor
  - 14 Barcode Reader
  - 15 Office Presentation Remote Device





(الف) ریموت کنترل (ب) مانیتور 34 اینچی (ج) وب کم کیفیت  
ارائه آفیس<sup>1</sup> خمیده با صفحه گسترده<sup>2</sup> بالا با میکروفن<sup>3</sup>



(د) حافظه جانبی (ه) سنسور کومبو  
SSD خارجی<sup>4</sup> 1T (ج) ست کومبو صفحه کلید درجه حرارت و  
و ماوس به یسیم<sup>5</sup> رطوبت با  
بایته USB 3.0 کانکتور RJ-45<sup>6</sup>

شکل 1-2- نمونه هایی از دستگاه های ورودی/خروجی.

## 1-2-1-2- واحد حافظه داخلی/خارجی

واحد حافظه وظیفه ذخیره سازی موقتی داده ها و دستورالعمل ها را به عهده دارد. این نوع حافظه در اغلب سیستم های کامپیوتری از نوع موقتی است یعنی با خاموش شدن و یا راه اندازی مجدد سیستم، اطلاعات آن از بین می رود. واحد حافظه داخلی/خارجی همانطور که از نامش پیدا است به لحاظ موقعیت مکانی یا در خارج از تراشه پردازنده واقع شده است که در این صورت به آن **حافظه خارجی** می گویند، و یا در داخل

1 Kensington K33374USA Wireless Presenter with Red Laser Pointer.

2 Samsung CF791 34" Curved Widescreen Monitor.

3 Ausdom Full HD video Webcam 1080p (30 frame per second), widwsereen digital Web Camera with Microphone.

4 Transcend 1T TS1TESD400K USB 3.0 External Solid State Drive (SSD), \$700 (Year 2018)

5 Logitech MK550 Wireless wave Keyboard and Mouse combo (Ergonomic design).

6 Raritan DPX3-T1H1 Single combo Temprature and Humidity sensor with RJ-45 connector.

**تراشه پردازنده**<sup>1</sup> قرار دارد که در این حالت به آن **حافظه داخلی** می‌گویند.

**تعریف:** واحد حافظه داخلی/خارجی، بخشی از معماری سیستم کامپیوتری است که برای ذخیره سازی موقت داده‌ها و دستورالعمل‌ها اختصاص داده شده است.

### 1-2-1-2-1- حافظه خارجی

این حافظه از نظر موقعیت مکانی در خارج از تراشه پردازنده واقع شده است و اغلب حافظه خارجی را **حافظه اصلی**<sup>2</sup> می‌نامند. در کامپیوترهای امروزی بزرگی حافظه اصلی با مقیاس **گیگا بایت**<sup>3</sup> سنجیده می‌شود (یک گیگا بایت در حدود یک میلیارد بایت است<sup>4</sup>). حافظه‌های اصلی امروزی عموماً از نوع SDRAM<sup>5</sup> هستند. SDRAM ها با رفتار خازنی خود به ذخیره سازی بیت‌ها می‌پردازند و لذا همانند **خازن‌ها**<sup>6</sup> با افزایش دما و در اثر وجود **جریان ناشی خازنی**<sup>7</sup>، به آرامی به علت از دست دادن انرژی ذخیره شده در سلول‌های حافظه آن، نیازمند انجام شارژ مجدد در **بازه‌های زمانی کوتاه**<sup>8</sup> هستند<sup>9</sup> و لذا در صورت عدم شارژ مجدد، اطلاعات داخل SDRAM ها از بین می‌رود. امروزه حافظه‌های خارجی از خانواده DDR شامل: DDR1، DDR2، DDR3، DDR4 همگی مبتنی بر فناوری SDRAM هستند.

1 CPU Chip

2 Main Memory

3 Giga Byte

4 یک گیگا بایت برابر با 230 بایت، یعنی: 1'073'741'824 بایت است.

5 Synchronous Dynamic Random Access Memory

6 Capacitor

7 Capacitor Leakage

8 Refresh Time

9 برای مثال در اغلب حافظه‌های از نوع DDR3 باز زمانی لازم برای نوسازی حافظه در دمای 45° C در حدود 64 میلی ثانیه (64 ms) می‌باشد [1].

## 1-2-1-2-2- حافظه داخلی

این نوع حافظه از نظر موقعیت مکانی در داخل تراشه پردازنده واقع شده است. حافظه داخلی شامل ثبات‌ها و حافظه نهان می‌باشد که در ادامه به شرح آن‌ها می‌پردازیم.

**1-2-2-1-2-1- ثبات‌ها<sup>1</sup>:** ثبات‌ها عموماً به دو گروه ثبات‌های سیستمی<sup>2</sup> و ثبات‌های کاربر<sup>3</sup> تقسیم بندی می‌شود.

ثبات‌های سیستمی شامل: ثبت شمارنده ( $PC^4$ )، ثبات دستورالعمل ( $IR^5$ )، ثبات داده<sup>6</sup> ( $MDR$ ) و ثبات آدرس<sup>7</sup> ( $MAR$ )، و همچنین مدار دیکودر آدرس<sup>8</sup>، کنترلر واکنشی و ذخیره سازی<sup>9</sup> دستورالعمل/داده، و ثبات وضعیت<sup>10</sup> یا همان ثبات وضعیت کد که حاوی بیت های وضعیت<sup>11</sup> است، وضعیت‌هایی مانند: وضعیت‌های تساوی ( $EQ^{12}$ )، بزرگتر بودن ( $GT^{13}$ )، و کوچکتر بودن ( $LT^{14}$ ) که بیانگر وضعیت آخرین محاسبات صورت گرفته می‌باشد.

در مقابل ثبات‌های کاربر که همان ثبات همه منظوره<sup>15</sup> می‌باشند، شامل ثبات‌های  $R_0$  تا  $R_n$  (شکل 1-1) است. کاربر برای کاهش زمان اجرای برنامه‌اش، بجای استفاده مکرر از حافظه اصلی، می‌تواند از ثبات‌های همه منظوره که نسبت به

1 Registers

2 System Registers

3 User Registers

4 Program Counter

5 Instruction Register (IR)

6 Memory Data Register (MDR)

7 Memory Address Register (MAR)

8 Memory Decoder Circuit

9 Fetch/Store Controller

10 Status Register

11 Status Flags

12 Equal To

13 Greater Than

14 Less Than

15 General Purpose Register (GPR)

حافظه اصلی از سرعتی بالاتری برخوردار هستند، استفاده نماید. امروزه پردازنده‌های RISC نسبت به پردازنده‌های CISC از تعداد خیلی بیشتری از ثبات‌های همه منظوره استفاده می‌نمایند (مراجعه به ضمیمه ح).

**1-2-1-2-2-2- حافظه نهان<sup>1</sup>:** امروزه در پردازنده‌های چند هسته<sup>2</sup> حافظه داخلی شامل سطوح مختلفی از حافظه نهان می‌باشند. این سطوح به اختصار حافظه نهان L1<sup>3</sup>، حافظه نهان L2<sup>4</sup>، و حافظه نهان L3<sup>5</sup> نامیده می‌شوند که معمولاً از نظر نزدیکی به هسته پردازنده، حافظه نهان L1 به هسته پردازنده نزدیکتر و L3 از هسته پردازنده دورتر است. بدیهی است که حافظه نهان L2 از نظر فاصله نسبت به هسته به پردازنده مابین حافظه نهان L1 و حافظه نهان L3 قرار دارد. در مقابل از نظر اندازه، حافظه نهان L1 کوچکترین اندازه و حافظه نهان L3 بزرگترین اندازه را دارد<sup>6</sup>. در فصل هشتم همین کتاب به‌طور مفصل‌تر به ادامه این بحث در مبحث حافظه سلسله مراتبی خواهیم پرداخت.

---

1 Cache Memory

2 Multi-Core Processor

3 Level 1 Cache

4 Level 2 Cache

5 Level 3 Cache

6 برای مثال در پردازنده Intel Core i7-7920HQ که دارای معماری x86-64 با حداکثر فرکانس کاری هسته 3.1 GHz و اندازه لیتوگرافی 14nm، و دارای 4 هسته فیزیکی و 8 هسته مجازی می‌باشد، یک حافظه نهان L1 برای دستورالعمل‌ها با اندازه 32KB، یک حافظه نهان L1 برای داده‌ها با اندازه 32KB به ازای هر هسته، یک حافظه نهان L2 با اندازه 256KB به ازای هر هسته، و یک حافظه نهان L3 هوشمند با اندازه 8MB اشتراکی میان هسته‌ها می‌باشد (ضمیمه د).

### 1-2-1-3- واحد محاسبه و منطق و واحد کنترل (پردازنده<sup>1</sup>)

واحد محاسبه و منطق و واحد کنترل واحدهای مرکزی و اصلی یک سیستم کامپیوتری محسوب می‌گردند. این دو واحد تقریباً همیشه در داخل یک واحد فیزیکی تجمیع شده‌اند و آن واحد فیزیکی واحد پردازشگر مرکزی (CPU<sup>2</sup>) یا به‌طور خلاصه **پردازنده** نام دارد. پردازنده‌ها دارای دو معماری عمومی CISC و RISC می‌باشند (مراجعه به جدول 1-2).

جدول 1-2- انواع معماری پردازنده‌ها.

نوع معماری پردازنده	
معماری RISC	معماری CISC
1- تعداد دستورات کم	1. تعداد دستورات زیاد
2. تنوع کم در طول دستورات (اغلب ثابت)	2. تنوع زیاد در طول دستورات
3. روشهای آدرس دهی کم	3. روشهای آدرس دهی زیاد
4. دستورات ساده (عموماً قابل اجرا در یک Clock)	4. دستورات پیچیده
5. عدم استفاده مکرر از حافظه (محدود به Load و Store)	5. استفاده مکرر از حافظه
6. تعداد ثبات‌ها زیاد	6. تعداد ثبات‌ها کم
7. همزمانی رمزگشایی دستور و واکنشی اپرند‌ها	7. معمولاً عدم همزمانی رمزگشایی دستور و واکنشی اپرند‌ها
8. واحد کنترل عموماً به‌صورت سخت افزاری <sup>3</sup>	8. واحد کنترل عموماً به‌صورت ریز برنامه نویسی شده <sup>4</sup>

1 Processor

2 Central Processing Unit

3 Hardwired

4 Micro-programmed

9. CPI بزرگتر	9. CPI کوچکتر
10. طول برنامه‌ها معمولاً کوتاه	10. طول برنامه‌ها معمولاً بلند
11. انعطاف پذیری زیاد	11. انعطاف پذیری بسیار کم

**تعریف:** پردازنده بخش اصلی و مرکزی یک سیستم کامپیوتری است که وظیفه آن تفسیر و اجرای دستور العمل‌ها می‌باشد. در ادامه به تشریح واحد محاسبه و منطق و واحد کنترل می‌پردازیم.

### 1-2-1-3-1- واحد محاسبه و منطق<sup>1</sup>

این واحد شامل: مدارهای لازم برای عملیات محاسباتی و منطقی، و همچنین مدارهای لازم برای تعیین مقدار برای **پرچم‌های وضعیت** در **ثبات وضعیت کد**<sup>2</sup> می‌باشد. در ماشین‌های تجاری ساده، اغلب عملیات محاسباتی مانند جمع، تفریق، ضرب، تقسیم، مقایسه صرفاً توسط مدارهای **جمع کننده**<sup>3</sup> انجام می‌پذیرد اما در ماشین‌های قوی‌تر برای هریک از عملیات مذکور، مدارهای دیجیتالی جداگانه‌ای طراحی شده است. دیگر آنکه بر اساس نوع عدد به لحاظ صحیح بودن یا اعشاری بودن، معمولاً در واحد محاسبه و منطق، مدارهای دیجیتالی جداگانه‌ای در نظر گرفته می‌شود. محاسبات مربوط به اعداد صحیح یا اعداد با نقطه ممیز اعشار ثابت<sup>4</sup> در **واحد محاسبه و منطق ممیز ثابت**<sup>5</sup>، و محاسبات مربوط به اعداد اعشاری یا اعداد با نقطه شناور<sup>6</sup> در **واحد محاسبه و**

1 Arithmetic and Logic Unit (ALU)

2 Condition Code Register

3 Adder circuit

4 Fixed Point

5 Fixed Point ALU

6 Floating Point

**منطق ممیز شناور**<sup>1</sup> انجام می‌پذیرد. بدیهی است که عملیات محاسباتی روی اعداد اعشاری، پیچیده‌تر و زمانبر تر از عملیات محاسباتی روی اعداد صحیح است<sup>2</sup>. در پردازنده‌های قدیمی‌تر خانواده x86 مانند: پردازنده‌های اینتل 16 بیتی سری 80286، به جهت ملاحظات قیمت در بازار (ارزان‌تر نمودن قیمت کامپیوتر)، واحد محاسبه و منطق ممیز ثابت در **تراشه پردازنده اصلی**<sup>3</sup>، و واحد محاسبه و منطق ممیز شناور، در یک تراشه جداگانه به نام **کمک پردازنده**<sup>4</sup> قرار داشت<sup>5</sup> (که پردازنده‌های خانواده x87 نام گرفت) و بدین ترتیب، خریداران پردازنده‌های خانواده x86، تراشه کمک پردازنده را صرفاً در صورت نیاز (مثلاً برای انجام کارهای طراحی و گرافیکی) خریداری می‌نمودند.

## 1-2-3-1-2- واحد کنترل<sup>6</sup>

واحد کنترل مهمترین بخش در یک سیستم کامپیوتری است. وظیفه واحد کنترل تفسیر دستورالعمل‌های دریافتی، و تولید و صدور فرمان‌ها لازم به نام **ریز دستورالعمل‌ها**<sup>7</sup> به سایر

1 Floating Point ALU

2 در واقع مشکل اصلی سخت افزار در محاسبات اعشاری آن است که سخت افزار کامپیوتر توان ذخیره سازی نقطه ممیز اعشار را دارا نیست و لذا باید قسمت صحیح و اعشاری یک عدد اعشاری به جای یک ثبات، در دو ثبات جداگانه ذخیره گردد. بدیهی است که در زمان انجام هرگونه عملیات روی اعداد اعشاری باید ملاحظات پایه و توان را در آنها رعایت نمود و اغلب لازم است که عملیات جابجایی روی یکی از اعداد صورت پذیرد تا امکان انجام محاسبات میسر شود.

3 Main CPU Chip

4 Coprocessor Chip

5 شرکت اینتل کمک پردازنده ماشین 80286 را با نام تراشه Intel 80287 به بازار ارائه نمود.

6 Control Unit

7 Micro-instructions

واحدها برای اجرای دستورالعمل تفسیر شده می‌باشد. در پردازنده‌ها واحد کنترل اغلب مبتنی بر یکی از دو معماری: **واحد کنترل ریزبرنامه سازی شده<sup>1</sup>**، و **واحد کنترل سخت افزاری<sup>2</sup>** می‌باشد. در واحد کنترل ریز برنامه نویسی شده، به ازای هر دستورالعمل پردازنده یک تعداد ریز دستور توسط شرکت سازنده پردازنده نوشته شده است تا در زمان اجرای دستورالعمل مذکور ریز دستورات متناظر با آن فراخوانی شده و اجرا گردند. مجموعه ریز دستورالعمل در یک حافظه ویژه به نام **حافظه کنترلی<sup>3</sup>** در داخل تراشه پردازنده ذخیره می‌گردند. بدیهی است که در صورت نیاز کاربر به دستورالعمل‌های جدید، شرکت سازنده پردازنده می‌تواند اقدام به نوشتن دستورالعمل‌های جدید بنماید و از کاربر بخواهد که به صورت آنلاین یا آفلاین اقدام به به روز رسانی حافظه کنترلی پردازنده خود بنماید و بدین ترتیب است که یک پردازنده مبتنی بر واحد کنترل ریز برنامه نویسی شده، به میزان زیاد **انعطاف پذیر** می‌باشد. در مقابل در پردازنده‌های مبتنی بر واحد کنترل سخت افزاری، برای تفسیر دستورالعمل‌های پردازنده مدارهای دیجیتالی متعددی طراحی می‌گردد. این امر سبب می‌گردد که سرعت تفسیر و در نهایت سرعت اجرای دستورالعمل‌ها در پردازنده‌های مبتنی بر واحد کنترل سخت افزاری نسبت به پردازنده‌های ریز برنامه نویسی شده از **سرعت بالاتری** برخوردار باشند. در عوض، از آنجا که در پردازنده‌های مبتنی بر واحد کنترل سخت افزاری، برای تفسیر دستورالعمل‌ها مدارهای دیجیتالی متعددی طراحی شده است، لذا اضافه نمودن دستورالعمل‌های جدید در این پردازنده‌ها مشکل و اغلب ناممکن است. بنابر این، پردازنده‌های مبتنی بر واحد کنترل سخت افزاری، نسبت به پردازنده‌های ریز برنامه

1 Micro-programmed Control Unit

2 Hardwired Control Unit

3 Control Memory



نویسی شده، از انعطاف پذیری بسیار کمتری برخوردار هستند.

## 1-2-1-4- گذرگاه های ارتباطی (Bus)

همانطور که در بخش های قبلی دیدیم انواع داده ها از طریق دستگاه های ورودی وارد سیستم کامپیوتری شده و در حافظه اصلی سیستم کامپیوتری قرار می گیرند و منتظر می مانند تا توسط پردازنده مورد پردازش قرار بگیرند. دیدیم که واحد کنترل در پردازنده در ابتدا به تفسیر دستورالعمل های داده شده به سیستم کامپیوتری می پرداخت و سپس همین واحد کنترل، با تولید سیگنال کنترلی فرمان های لازم را در قالب ریز دستورالعمل ها به قسمت های مختلف صادر می نمود تا اجرای دستور العمل های داده انجام پذیرد و در نهایت نتیجه اجرای این دستورالعمل ها به صورت های نمایشی، چاپی، و یا ذخیره سازی طولانی مدت به معرض ظهور گذاشته شود. در میان همه این روندهای کاری، انواع اطلاعات بین بخش های مختلف مبادله می گردد اما پرسش اینجاست که این اطلاعات چگونه مبادله می گردد؟ جواب این پرسش وجود انواع گذرگاه های ارتباطی میان واحدها است که فراهم آوردن مسیرهای فیزیکی برای مبادله صورت گوناگونی از اطلاعات می باشد. به این مسیرهای فیزیکی **گذرگاه های اطلاعات<sup>1</sup>** می گویند. گذرگاه های اطلاعات بنا به نوع اطلاعاتی که مبادله می کنند به سه گروه: **گذرگاه آدرس<sup>2</sup>**، **گذرگاه داده<sup>3</sup>** و **گذرگاه کنترل<sup>4</sup>** می گویند. **گذرگاه آدرس** حاوی اطلاعات مربوط به آدرس قرار گرفتن اطلاعات در حافظه که به آن **آدرس فیزیکی<sup>5</sup>** می گویند، می باشد. آدرس

1 BUS

2 Address BUS

3 Control BUS

4 Data BUS

5 Physical Address

فیزیکی در واقع آدرسی است که محل خواندن/نوشتن اطلاعات از/در حافظه اصلی را مشخص می‌سازد. گذرگاه داده حاوی انواع اطلاعات می‌باشد. این اطلاعات شامل: **دستورالعمل‌ها**<sup>1</sup>، **عملوندها**<sup>2</sup>، و **آدرس‌های حافظه** می‌باشد. در این میان برای آنکه عملیات گوناگون قابل انجام باشد، ضروری است که انواع اطلاعات کنترلی برای **کنترل، نظارت، صدور فرمان، و اعلام وضعیت** بین واحدهای مختلف مبادله شود. وظیفه مبادله اطلاعات کنترلی بر عهده **گذرگاه کنترل** است. گذرگاه کنترل گاهی اطلاعات کنترلی را از پردازنده به سایر واحدها، و گاهی برعکس یعنی اطلاعات کنترلی را از سایر واحدها به پردازنده می‌رساند. البته بسیاری از این اطلاعات کنترلی در داخل خود پردازنده نیز مبادله می‌گردد. بر همین اساس گذرگاه‌های اطلاعات رابر اساس موقعیت آنها نسبت به پردازنده به دو دسته **گذرگاه‌های خارجی**<sup>3</sup>، و **گذرگاه‌های داخلی**<sup>4</sup> طبقه بندی می‌نمایند. گذرگاه‌های خارجی همان گذرگاه‌هایی هستند که انواع اطلاعات را از سایر واحدها به پردازنده و یا از پردازنده به سایر واحدها مبادله می‌نمایند. در مقابل، گذرگاه‌های داخلی به مبادله اطلاعات میان واحدهای گوناگون در داخل پردازنده می‌پردازند. البته در اغلب پردازنده‌های امروزی بدلیل محدودیت‌های گذرگاه داده داخلی، برای انتقال اطلاعات بین هسته‌های پردازشی و حافظه‌های نهان آنها از **شبکه ارتباطی داخل پردازنده (NOC)**<sup>5</sup> استفاده می‌شود. از گذشته تا کنون بزرگی عرضی گذرگاه داده یک پردازنده به‌عنوان یکی از مشخصه‌های پر اهمیت یک سیستم کامپیوتری مطرح می‌باشد چرا که با بزرگتر شدن عرض یک پردازنده، صرف نظر از

---

1 Instructions

2 Operand

3 External BUS

4 Internal BUS

5 Network on Chip

فرکاس کاری گذرگاه، اطلاعات بیشتری در واحد زمان قابل مبادله است. برای مثال در پردازنده Intel 80286 که اندازه عرضی گذرگاه داده آن 16 بیت است، تنها 16 بیت داده در واحد زمان بین واحدها مبادله می‌شود، و این در حالی است که برای مثال در پردازنده‌های Intel Core i-7 اندازه عرضی گذرگاه داده عموماً 64 بیت است و این بدان معنی است که داده‌های مبادله شده در واحد زمان میان واحدهای مختلف در این پردازنده 64 بیت داده می‌باشد که این مقدار به میزان قابل توجهی از میزان داده مبادله شده در پردازنده Intel 80286 بیشتر است و هر دوی این پردازنده حجم بیشتری از اطلاعات را از پردازنده Zilog Z80 با معماری 8 بیتی مبادله می‌نمایند.

### 1-2-2- طراحی معماری سیستم‌های کامپیوتری با روش مسیر داده

همانطور که در روش سیستماتیک دیدیم، برای طراحی یک معماری یک سیستم کامپیوتری، در ابتدا یک معماری کامپیوتری پایه مانند معماری فون نیومن، در نظر گرفته می‌شد و سپس با اعمال تغییرات رو آن معماری پایه، کامپیوتری که تامین کننده نیاز کاربر باشد، طراحی می‌گردید. در روش مسیر داده، طراحی معماری سیستم کامپیوتری با دنبال نمودن مسیر اجرایی **دستور العمل‌های پردازنده<sup>1</sup>**، به تکمیل نیازهای سخت افزاری پرداخته می‌شود و با اصلاح و بهینه سازی مدارهای سخت افزاری ایجاد شده، کامپیوتر مورد نظر کاربر طراحی می‌گردد.

**تعریف:** در طراحی معماری سیستم‌های کامپیوتری با روش مسیر داده، با دنبال کردن مسیر اجرای دستور العمل‌ها، به صورت مرحله به مرحله به طراحی مدارهای سخت افزاری و بهینه سازی و اصلاح مدارهای ایجاد شده پرداخته می‌شود. یک نمونه از بخش‌هایی از طراحی پردازنده با روش

<sup>1</sup> Opcode

مسیر داده در پردازنده Stanford MIPS در ضمیمه (ط) قابل مشاهده است.

### **1-2-3- طراحی معماری سیستم‌های کامپیوتری با روش ترکیبی**

در روش سیستماتیک گفتیم که طراحی یک معماری یک سیستم کامپیوتری، با اعمال تغییرات روی یک معماری کامپیوتری پایه صورت می‌پذیرد و در روش مسیر داده، طراحی معماری سیستم کامپیوتری با دنبال نمودن مسیر اجرایی دستور العمل‌های پردازنده انجام می‌پذیرد. امروزه در طراحی معماری سیستم‌های کامپیوتری از یک روش ترکیبی استفاده می‌شود که در واقع شامل ترکیبی از هر دو روش سیستماتیک و روش مسیر داده می‌باشد.

## تمرین‌های فصل اول

- ✎ **تمرین 1-1:** روش‌های طراحی معماری سیستم‌های کامپیوتری را نام ببرید.
- ✎ **تمرین 1-2:** مولفه‌های اساسی در مدل پیشنهادی فون نیومن کدامند؟
- ✎ **تمرین 1-3:** نقش مدارهای کنترل کننده دستگاه‌های ورودی/خروجی چیست؟
- ✎ **تمرین 1-4:** حافظه‌های اصلی چیست؟ چه انواعی از حافظه‌های اصلی امروزی را می‌شناسید؟
- ✎ **تمرین 1-5:** ثبات چیست؟ چه انواعی از ثبات‌ها را می‌شناسید؟ توضیح دهید.
- ✎ **تمرین 1-6:** آخرین وضعیت رخ داده در پردازنده را چگونه می‌توان فهمید؟ با ذکر مثال توضیح دهید.
- ✎ **تمرین 1-7:** پردازنده‌های با معماری RISC را پردازنده‌های با معماری CISC مقایسه نمایید.
- ✎ **تمرین 1-8:** حافظه نهان چیست و دارای چه سطوحی است؟ اهمیت آن را توضیح دهید.
- ✎ **تمرین 1-9:** وظایف واحد کنترل در یک سیستم کامپیوتری چیست؟ چه انواعی از واحدهای کنترل را می‌شناسید؟
- ✎ **تمرین 1-10:** BUS چیست و انواع آن کدام است؟ توضیح دهید.
- ✎ **تمرین 1-11:** منظور از شبکه NoC چیست؟