

# COMPUTER ARCHITECTURE

## CHAPTER 3

PREPARATION: FERAS SAMEER RAMADAN SALEEM

The four basic functions  
الوظائف الأربع الأساسية

Control  
التحكم

the paths among components can carry control signals  
يمكن للمسارات بين المكونات أن تحمل إشارات التحكم

Data movement  
حركة البيانات

the paths among components are used to move data from memory to memory and from memory through gates to memory  
تستخدم المسارات بين المكونات لنقل البيانات من الذاكرة إلى الذاكرة ومن الذاكرة عبر البوابات إلى الذاكرة

Data processing  
معالجة البيانات

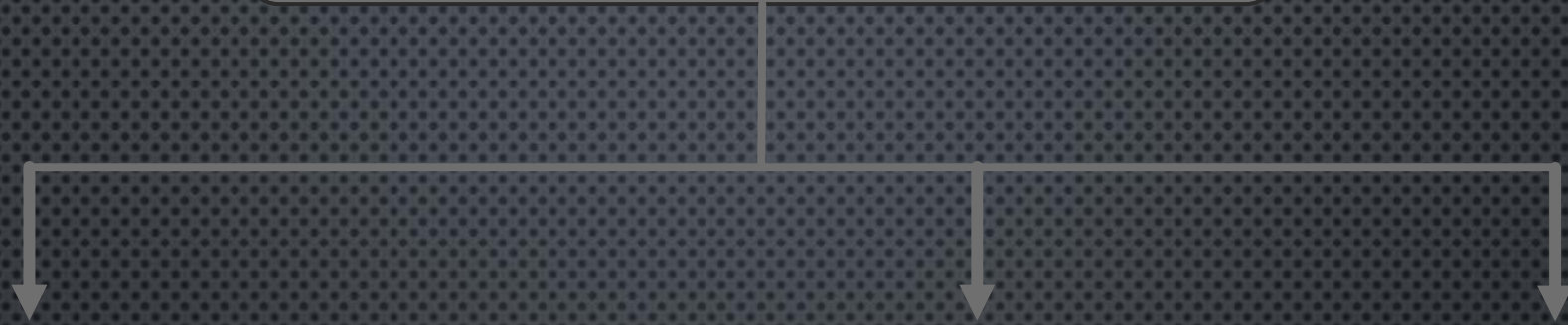
provided by gates  
المقدمة عن طريق البوابات

Data storage  
تخزين البيانات

provided by memory cells  
يتم توفيره بواسطة خلايا الذاكرة



A computer consists of  
يتكون الكمبيوتر من



interconnections among these elements  
روابط بينية بين هذه العناصر

memory cells  
خلايا ذاكرة

gates  
بوابات

constructed

يتم انشاء

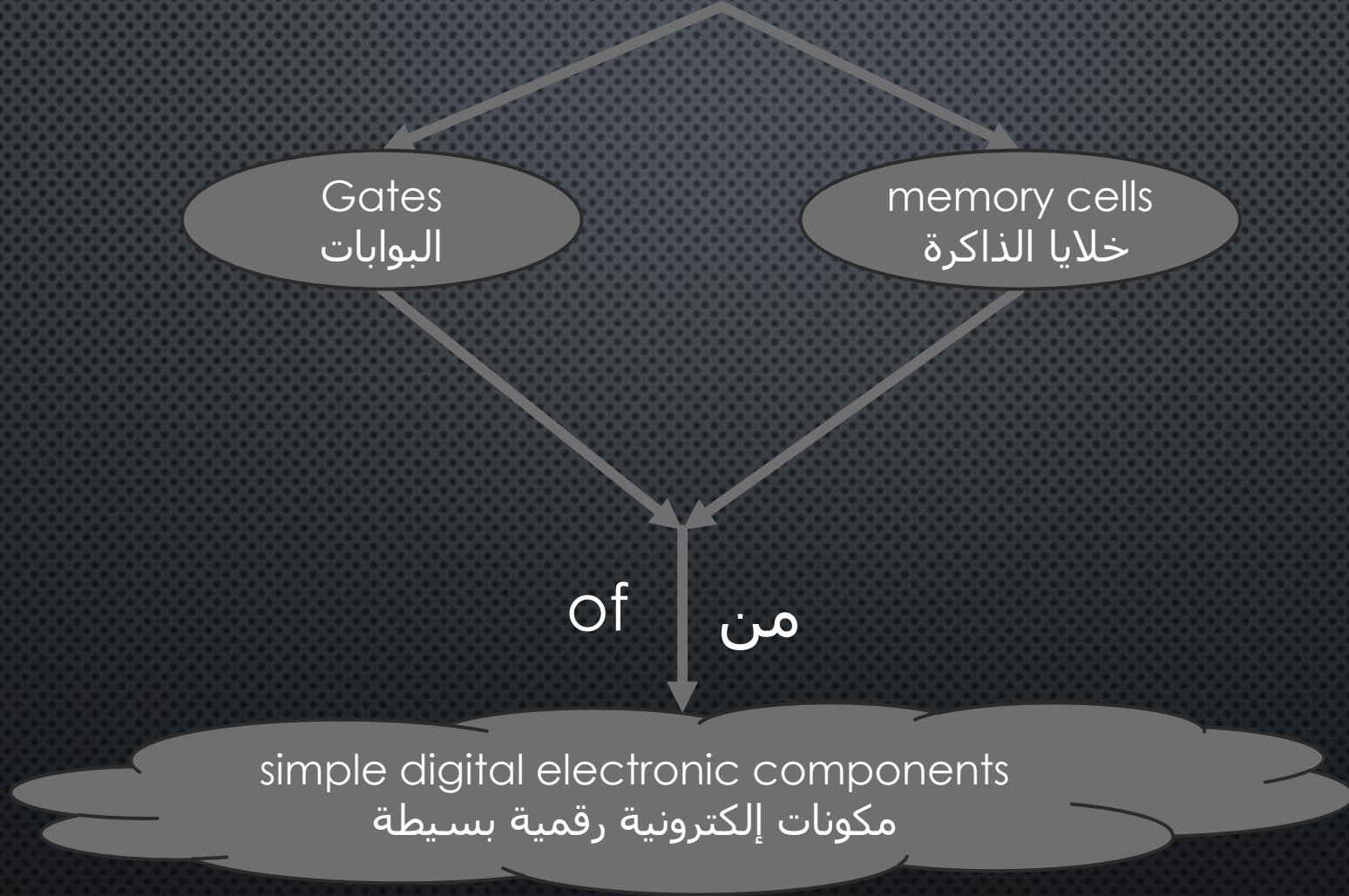
Gates  
البوابات

memory cells  
خلايا الذاكرة

of

من

simple digital electronic components  
مكونات إلكترونية رقمية بسيطة





Exploits the fact that such components as transistors, resistors, and conductors can be fabricated from a semiconductor such as silicon  
يستغل حقيقة أن مكونات مثل الترانزستورات والمقاومات والموصلات يمكن تصنيعها من أشباه الموصلات مثل السيليكون

Many transistors can be produced at the same time on a single wafer of silicon  
يمكن إنتاج العديد من الترانزستورات في نفس الوقت على رقاقة واحدة من السيليكون

Transistors can be connected with a processor metallization to **form circuits**  
يمكن توصيل الترانزستورات بمعالج معدني **لتشكيل دوائر**

Gate  
البوابة

تعريف

a device that implements a simple Boolean or logical function.  
عبارة عن جهاز يقوم بتنفيذ وظيفة منطقية أو منطقية بسيطة.

Memory cell  
خلية الذاكرة

تعريف

is a device that can store 1 bit of data  
عبارة عن جهاز يمكنه تخزين 1 بت من البيانات

By  
من خلال

we can construct a computer  
يمكننا بناء جهاز كمبيوتر

interconnecting large numbers of these  
fundamental devices  
ربط أعداد كبيرة من هذه الأجهزة الأساسية

مثال لتوضيح كيف  
تحدث العملية

Example, a gate will have 1 or 2 data inputs plus a control signal input that activates the gate.

على سبيل المثال، ستحتوي البوابة على مدخل واحد أو مدخلين للبيانات بالإضافة إلى إدخال إشارة التحكم التي تعمل على تنشيط البوابة.

When the control signal is ON, the gate performs its function on the data inputs and produces a data output.

عندما تكون إشارة التحكم قيد التشغيل، تؤدي البوابة وظيفتها على مدخلات البيانات وتنتج مخرجات البيانات.

Conversely, when the control signal is OFF, the output line is null, such as the one produced by a high impedance state.

على العكس من ذلك، عندما تكون إشارة التحكم في وضع إيقاف التشغيل، يكون خط الخرج خاليًا، مثل الخط الناتج عن حالة المعاوقة العالية.

Similarly, the memory cell will store the bit that is on its input lead when the WRITE control signal is ON and will place the bit that is in the cell on its output lead when the READ control signal is ON.

وبالمثل، ستقوم خلية الذاكرة بتخزين البت الموجود على سلك الإدخال الخاص بها عندما تكون إشارة التحكم WRITE قيد التشغيل، وستضع البت الموجود في الخلية على سلك الإخراج الخاص بها عندما تكون إشارة التحكم READ قيد التشغيل.

Greater speed in the execution of a given instruction could be gained by  
يمكن الحصول على سرعة أكبر في تنفيذ تعليمات معينة



The use of **more complex circuitry** in the ALU  
استخدام دوائر أكثر تعقيداً في وحدة ALU

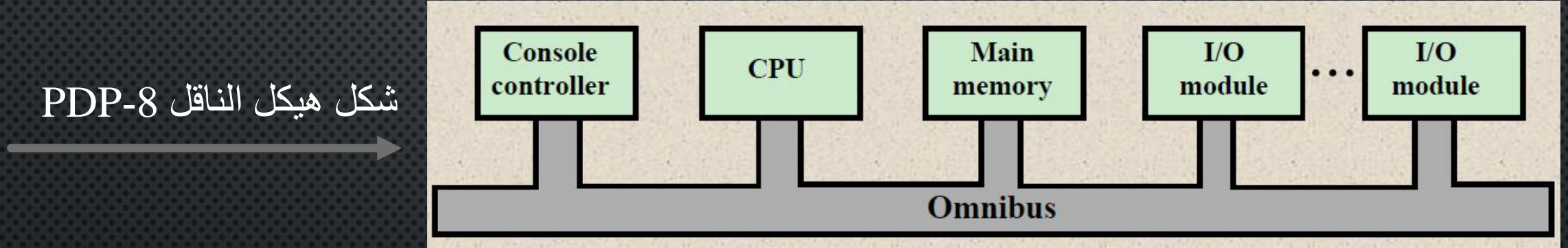
Increase the width of the data path  
between **main memory** and the **CPU**.  
زيادة عرض مسار البيانات بين الذاكرة الرئيسية  
ووحدة المعالجة المركزية.

allowing  
مما يسمح

sub-operations to be carried out in parallel.  
بتنفيذ العمليات الفرعية بالتوازي.



The bus structure PDP-8 used a structure that became virtually universal for microcomputers:  
استخدم هيكل الناقل PDP-8 هيكلًا أصبح عالميًا تقريبًا للحواسيب الصغيرة:





cores  
النواة

يسمى

magnetic rings  
حلقات مغناطيسية

for selecting and detecting the  
contents of the cores  
لاختيار محتويات النواة واكتشافها.

wires passing through them  
تمر عبرها أسلاك

Since 1970, semiconductor memory has been through **13 generations**:

منذ عام ١٩٧٠، مرت ذاكرة أشباه الموصلات **عبر ١٣ جيلًا**:

1k, 4k, 16k, 64k, 256k, 1M, 4M, 16M, 64M, 256M, 1G, 4G, and, as of this writing, 8 Gb on a single chip.  
١k، 4k، 16k، 64k، 256k، 1M، 4M، 16M، 64M، 256M، 1G، 4G، وحتى كتابة هذه السطور، ٨ جيجا بايت على شريحة واحدة.

Each generation has  
وقد وفر كل جيل

increased storage density  
زيادة في كثافة التخزين

declining cost per bit  
انخفاض تكلفة البت الواحد

declining access time  
انخفاض وقت الوصول

Densities are projected to reach 16 Gb by 2018 and 32 Gb by 2023

ومن المتوقع أن تصل الكثافة إلى ١٦ جيجا بايت بحلول عام ٢٠١٨ و٣٢ جيجا بايت بحلول عام ٢٠٢٣

Semiconductor memory  
ذاكرة أشباه الموصلات

Data is stored within Metal-Oxide Semiconductor (MOS) memory cells on a silicon memory chip.

يتم تخزين البيانات داخل خلايا ذاكرة من أشباه الموصلات من أكسيد المعدن (MOS) على شريحة ذاكرة من السيليكون.

The density of elements on processor chips continued to rise

استمرت كثافة العناصر الموجودة على شرائح المعالج في الارتفاع

More and more elements were placed on each chip so that fewer and fewer chips were needed to construct a single computer processor

تم وضع المزيد والمزيد من العناصر على كل شريحة، بحيث كانت هناك حاجة إلى عدد أقل وأقل من الرقائق لبناء معالج كمبيوتر واحد



1971 Intel developed 4004

1971 قامت شركة إنتل بتطوير ٤٠٠٤

First chip to contain all of the components of a CPU on a single chip

أول شريحة تحتوي على كافة مكونات وحدة المعالجة المركزية على شريحة واحدة

Birth of microprocessor

ولادة المعالجات الدقيقة

1972 Intel developed 8008

1972 قامت إنتل بتطوير ٨٠٠٨

First 8-bit Microprocessor

أول معالج دقيق ٨ بت

1974 Intel developed 8080

1974 قامت إنتل بتطوير ٨٠٨٠

First general purpose microprocessor

أول معالج دقيق للأغراض العامة

Faster, has a rich instruction set, has a larger addressing capability

أسرع، ويحتوي على مجموعة تعليمات غنية، ولديه قدرة معالجة أكبر

# INTEL MICROPROCESSOR: EVOLUTION

## المعالجات الدقيقة إنتل: التطور

(a) 1970's

	4004	8008	8080	8086	8088
Introduced	1971	1972	1974	1978	1979
Clock speeds	108 kHz	108 kHz	2 MHz	5 MHz, 8 MHz, 10 MHz	5 MHz, 8 MHz
Bus width	4 bits	8 bits	8 bits	16 bits	8 bits
Number of transistors	2,300	3,500	6,000	29,000	29,000
Feature size (μm)	10	8	6	3	6
Addressable memory	640 Bytes	16 KB	64 KB	1 MB	1 MB

(b) 1980s Processors

	80286	386TM DX	386TM SX	486TM DX CPU
Introduced	1982	1985	1988	1989
Clock speeds	6–12.5 MHz	16–33 MHz	16–33 MHz	25–50 MHz
Bus width	16 bits	32 bits	16 bits	32 bits
Number of transistors	134,000	275,000	275,000	1.2 million
Feature size (μm)	1.5	1	1	0.8–1
Addressable memory	16 MB	4 GB	16 MB	4 GB
Virtual memory	1 GB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	—	—	—	8 kB



# INTEL MICROPROCESSOR: EVOLUTION

## المعالجات الدقيقة إنتل: التطور

(c) 1990s Processors

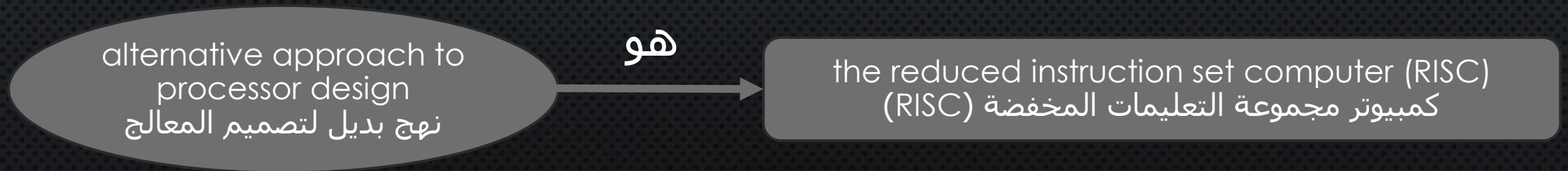
	486TM SX	Pentium	Pentium Pro	Pentium II
Introduced	1991	1993	1995	1997
Clock speeds	16–33 MHz	60–166 MHz,	150–200 MHz	200–300 MHz
Bus width	32 bits	32 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	1.185 million	3.1 million	5.5 million	7.5 million
Feature size ( $\mu\text{m}$ )	1	0.8	0.6	0.35
Addressable memory	4 GB	4 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	8 kB	8 kB	512 kB L1 and 1 MB L2	512 kB L2

(d) Recent Processors

	Pentium III	Pentium 4	Core 2 Duo	Core i7 EE 4960X
Introduced	1999	2000	2006	2013
Clock speeds	450–660 MHz	1.3–1.8 GHz	1.06–1.2 GHz	4 GHz
Bus width	64 bits	64 bits	64 bits	64 bits
Number of transistors	9.5 million	42 million	167 million	1.86 billion
Feature size (nm)	250	180	65	22
Addressable memory	64 GB	64 GB	64 GB	64 GB
Virtual memory	64 TB	64 TB	64 TB	64 TB
Cache	512 kB L2	256 kB L2	2 MB L2	1.5 MB L2/15 MB L3
Number of cores	1	1	2	6



Current x86 offerings represent the results of decades of design effort on complex instruction set computers (CISCs)  
تمثل عروض x86 الحالية نتائج عقود من جهود التصميم على أجهزة الكمبيوتر ذات مجموعة التعليمات المعقدة (CISCs)





ARM architecture  
بنية ARM

استخدامها

used in a wide variety of embedded systems and is one of the most powerful and best-designed RISC-based systems on the market  
تستخدم في مجموعة واسعة من الأنظمة المدمجة وهي واحدة من أقوى الأنظمة المستندة إلى RISC وأفضلها تصميمًا في السوق

Intel Evolution  
تطوير Intel

1. Pentium

2. Pentium  
Pro

3. Pentium  
**II**

4. Pentium  
**III**

5. Pentium  
4

6. Core

7. Core 2

Pentium



```
graph LR; A([Pentium]) --> B[use of superscalar techniques (a specific type of microprocessor that use parallelism to help to facilitate more than one instruction executed during a clock cycle).  
استخدام تقنيات السلمية الفائقة (نوع محدد من المعالجات الدقيقة التي تستخدم التوازي للمساعدة في تسهيل تنفيذ أكثر من تعليمة خلال دورة الساعة).];
```

use of superscalar techniques (a specific type of microprocessor that use parallelism to help to facilitate more than one instruction executed during a clock cycle).

استخدام تقنيات السلمية الفائقة (نوع محدد من المعالجات الدقيقة التي تستخدم التوازي للمساعدة في تسهيل تنفيذ أكثر من تعليمة خلال دورة الساعة).



Pentium  
Pro

use superscalar organization with aggressive use of  
استخدم التنظيم السلمي الفائق مع الاستخدام المكثف لـ

Register renaming  
إعادة تسمية  
السجل

a technique used  
that deals with data  
dependences  
between  
instructions by  
renaming their  
register operands to  
prevent data  
hazard

تقنية مستخدمة تتعامل  
مع تبعيات البيانات بين  
التعليمات عن طريق  
إعادة تسمية معاملات  
السجل الخاصة بها لمنع  
مخاطر البيانات

Branch prediction  
التنبؤ بالفرع

used to predict the  
instructions most  
likely to be  
needed in the  
near future.

يستخدم للتنبؤ  
بالتعليمات التي يحتمل  
أن تكون مطلوبة في  
المستقبل القريب.

Data flow analysis  
تحليل تدفق البيانات

used to align  
instructions for  
optimal execution, as  
opposed to the order  
they came in.

يستخدم لمواءمة  
التعليمات من أجل التنفيذ  
الأمثل، بدلاً من الترتيب  
الذي جاءت به.

Speculative  
execution  
التنفيذ التأملي

is a technique used to  
improve CPU  
performance. It is an  
optimization technique  
where a computer  
performs some task that  
may not be needed to  
prevent delay that  
would happen if it is  
actually needed.

أسلوب يستخدم لتحسين أداء  
وحدة المعالجة المركزية. إنها  
تقنية تحسين حيث يقوم  
الكمبيوتر ببعض المهام التي  
قد لا تكون ضرورية لمنع  
التأخير الذي قد يحدث إذا  
كانت هناك حاجة إليه بالفعل.

Pentium  
II

incorporated Intel MMX technology, designed specifically to process video, audio, and graphics data efficiently.  
تقنية Intel MMX مدمجة، مصممة خصيصًا لمعالجة بيانات الفيديو والصوت والرسومات بكفاءة.

Pentium  
III

يتضمن

additional floating-point instructions  
تعليمات الفاصلة العائمة الإضافية

the Streaming SIMD (single instruction multiple data)  
تدفق SIMD (تعليمات فردية متعددة البيانات)

extensions on SIMD such as SSE (Streaming SIMD Extensions)  
والإضافات على SIMD مثل SSE (امتدادات تدفق SIMD)

Applications  
التطبيقات

تعريف

digital signal processing and graphics processing.  
معالجة الإشارات الرقمية ومعالجة الرسومات



**Pentium 4**

includes additional floating-point and other enhancements for multimedia.  
يتضمن نقطة عائمة إضافية وتحسينات أخرى للوسائط المتعددة

**Core**

the implementation of two cores on a single chip.  
تنفيذ نواتين على شريحة واحدة.

## Core 2

the processor family encompassing a range of Intel's single, dual, and quad-core microprocessors.

عائلة المعالجات التي تشمل مجموعة من معالجات Intel الدقيقة الفردية والثنائية ورباعية النواة.

### صفاتها

The Core 2 Quad provides **four cores** on a single chip.  
يوفر Core 2 Quad **أربعة مراكز** على شريحة واحدة.



More recent Core have up to 10 cores per chip.  
تحتوي Core الأحدث على ما يصل إلى ١٠ مراكز لكل شريحة.



Important addition to the architecture was the Advanced Vector Extensions instruction set (provide a set of 256-bit, and then 512-bit, instructions for efficient processing of vector data).

إضافة مهمة إلى البنية كانت مجموعة تعليمات Advanced Vector Extensions (توفر مجموعة من تعليمات ٢٥٦ بت، ثم ٥١٢ بت، للمعالجة الفعالة لبيانات المتجهات).





# EMBEDDED SYSTEMS

## الأنظمة المضمنة

The use of electronics and software within a product  
استخدام الإلكترونيات والبرمجيات داخل المنتج

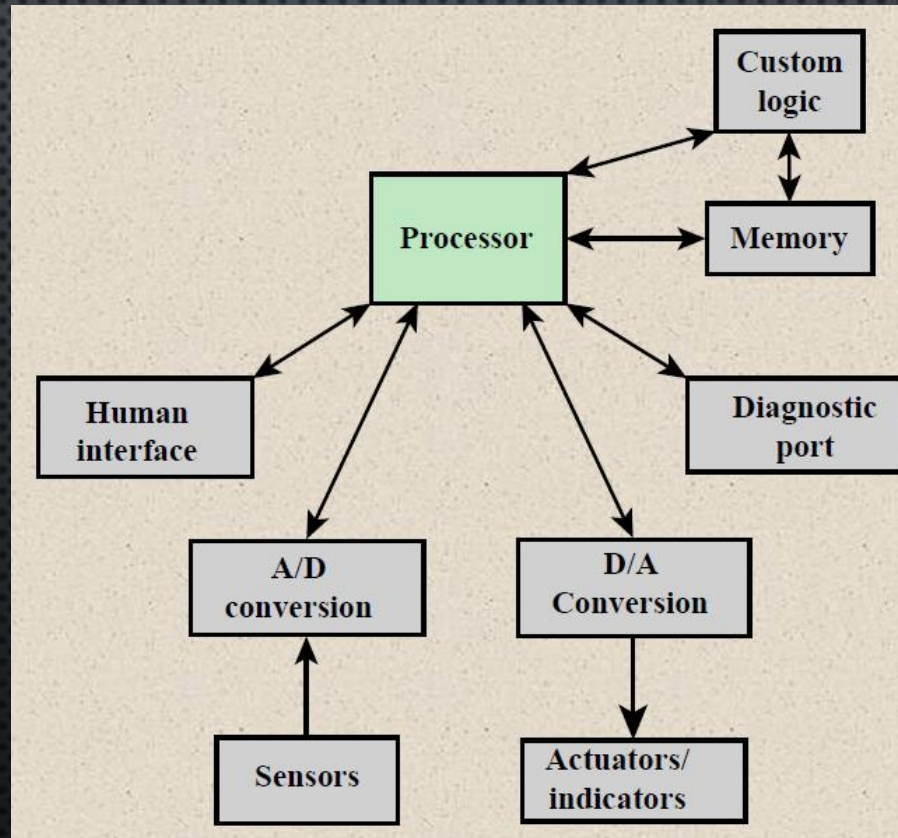
Billions of computer systems are produced each year that are embedded within larger devices  
يتم إنتاج مليارات من أنظمة الكمبيوتر كل عام والتي يتم تضمينها في أجهزة أكبر حجمًا

Today many devices that use electric power have an embedded computing system  
تحتوي اليوم العديد من الأجهزة التي تستخدم الطاقة الكهربائية على نظام حاسوبي مدمج

Often embedded systems are tightly coupled to their environment  
في كثير من الأحيان تكون الأنظمة المدمجة مقترنة ارتباطًا وثيقًا ببيئتها

# EMBEDDED SYSTEMS: ORGANIZATION

## الأنظمة المدمجة: التنظيم





A microcontroller (computer on a chip)  
المتحكم الدقيق (كمبيوتر على شريحة)

تحتوي على

processor, has a much lower silicon area than other microprocessors and much higher energy efficiency.

يحتوي المعالج على مساحة سيليكون أقل بكثير من المعالجات الدقيقة الأخرى وكفاءة طاقة أعلى بكثير.

non-volatile memory for the program (ROM),  
الذاكرة غير المتطايرة للبرنامج (ROM)،

volatile memory for input and output (RAM),  
الذاكرة المتطايرة للإدخال والإخراج (RAM)،

a clock, and an I/O control unit.  
ساعة ووحدة تحكم الإدخال/الإخراج.

The microcontroller is programmed for a specific task, embedded in its device, and executes as and when required.

تتم برمجة وحدة التحكم الدقيقة للقيام بمهمة محددة، ويتم تضمينها في أجهزتها، ويتم تنفيذها عند الحاجة.

## Early microprocessor chips included وشملت رقائق المعالجات الدقيقة المبكرة

تحتوي على

Registers, an ALU, and some sort of control unit or instruction processing logic.  
السجلات و ALU ونوع من وحدة التحكم أو منطق معالجة التعليمات.

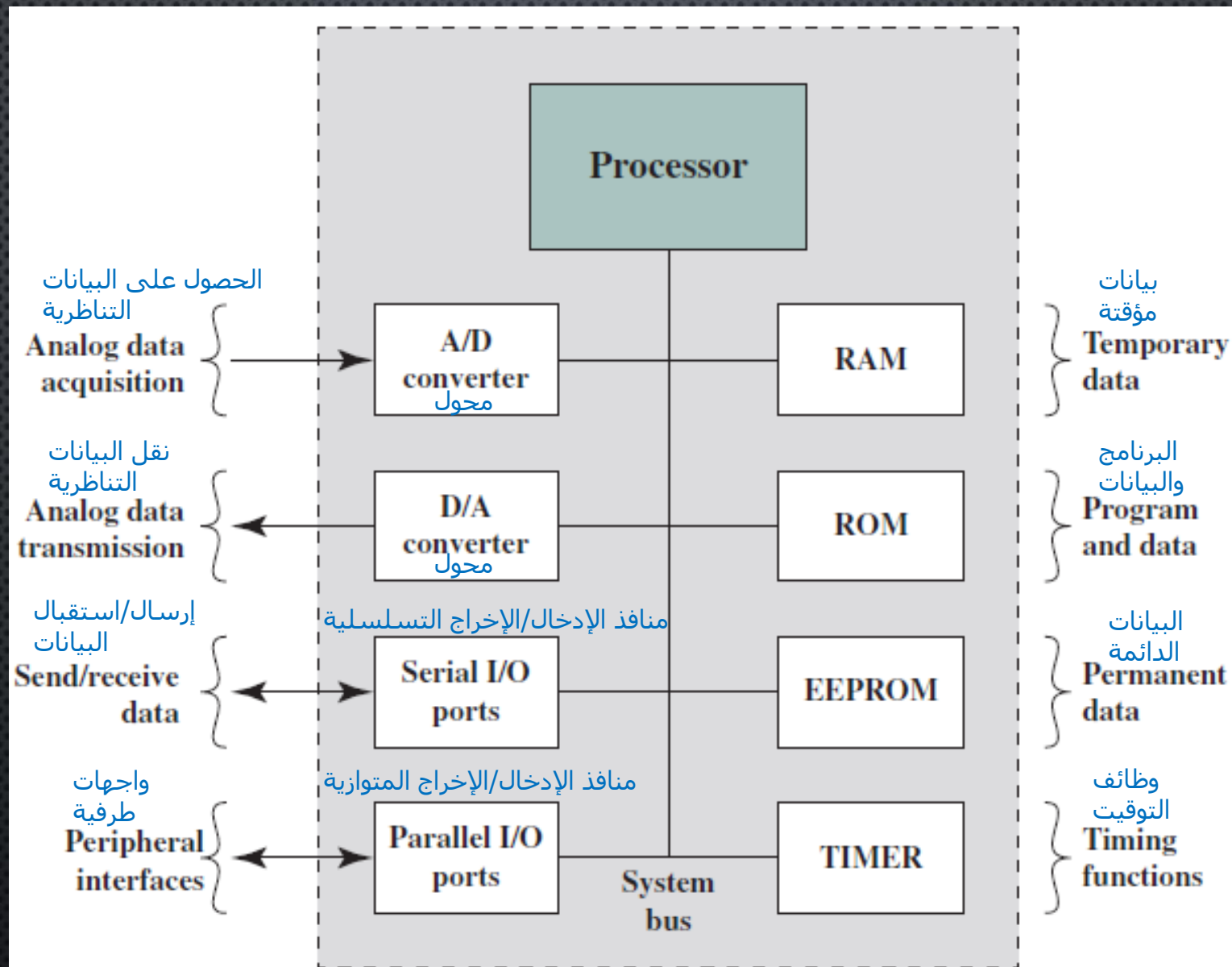
As transistor density increased, it became possible to increase the complexity of the instruction set architecture, and ultimately to add memory and more than one processor.  
ومع زيادة كثافة الترانزستور، أصبح من الممكن زيادة تعقيد بنية مجموعة التعليمات، وفي النهاية إضافة ذاكرة وأكثر من معالج.

Contemporary microprocessor include chips, multiple cores and a substantial amount of cache memory.

تشتمل المعالجات الدقيقة المعاصرة على شرائح ونوى متعددة وكمية كبيرة من ذاكرة التخزين المؤقت.

Microprocessor faster than microcontroller  
المعالج الدقيق أسرع من المتحكم الدقيق





**Figure 1.15** Typical Microcontroller Chip Elements