Computer Organization

Lecture - 3 -

Computer Science Dept.

Instructor: Marthed Hussein

The Memory

The Memory: To operate on data, it is necessary to read it from memory and move it to the processor (specifically, to the ALU). Information stored in memory can be either machine instructions or data. Computer memories have the following features:

1. Memory is organized in equal-size units called cells.
2. Only binary information (bits, zeros and ones) can be stored in a computer memory.
3. There are only two memory operations, read and write.

The Memory

الذاكرة: لكي يتم تشغيل البيانات، من الضروري قراءتها من الذاكرة ونقلها إلى المعالج (تحديدًا إلى وحدة الحساب والمنطق ALU).
المعلومات المخزنة في الذاكرة يمكن أن تكون إما تعليمات الآلة أو بيانات. تتميز ذاكرة الحاسوب بالخصائص التالية:
- تُنظَّم الذاكرة في وحدات متساوية الحجم تُسمى الخلايا.
- يمكن تخزين المعلومات الثنائية فقط (بتات، أصفار وآحاد) في ذاكرة الحاسوب.
- هناك عمليتان فقط يمكن إجراؤهما على الذاكرة، وهما: القراءة والكتابة.

The Memory

Certain familiar values for *memory* are 8K, 64K, 256K, 1M,. The quantity K (the letter K stands for "Kilo") is normally defined as 10^3 = 1000 but, since computers use binary numbers, the quantity K that's used in computers is defined as the power of 2 that's nearest 1000. This turns out to be $\mathbf{2^{10} = 1024}$.

Thus, 8K is 8×2^{10} = 8192,
64K equals 26 ×210 = 65536.

Similarly M (Mega) is not defined as a million (10^6) but as $\mathbf{2^{20} = 1024}$***K***, which is a little more than a million.

The Memory

The two main types of semiconductor memories are **ROM and RAM.** The ROM stands for “read only memory.” The computer can read from this type of memory but cannot write into it. Data can be written in **ROM only during its manufacturing process.**

Some types of ROM can be written to (programmed) using a special device located outside the computer. RAM is Read/Write memory and is of more general use.

The “memory read” operation consists of four steps:

1. *Send an address to memory.*
2. *Send a “read” signal to memory.*
3. *Wait for memory to prepare a copy of the data to be read.*
4. *Move the content from memory to where it should go.*

The Memory

النوعان الرئيسيان من ذاكرة أشباه الموصلات هما
ROM و RAM

تشير ROM إلى "ذاكرة القراءة فقط." يمكن للحاسوب القراءة من هذا النوع من الذاكرة، لكنه لا يستطيع الكتابة فيها. يتم كتابة البيانات في ذاكرة ROM فقط أثناء عملية التصنيع.

بعض أنواع ROM يمكن برمجتها باستخدام جهاز خاص يقع خارج الحاسوب.

The Memory

RAM

هي ذاكرة القراءة/الكتابة وتُستخدم بشكل أعم.

تتألف عملية "قراءة الذاكرة" من أربع خطوات:

1. إرسال عنوان إلى الذاكرة.
2. إرسال إشارة "قراءة" إلى الذاكرة.
3. الانتظار حتى تُجهز الذاكرة نسخة من البيانات المطلوبة للقراءة.
4. نقل المحتوى من الذاكرة إلى المكان المطلوب.

The ROM Memory

- **ROM** (Read Only Memory). The memory can only read but cannot write on it. This type of memory is non-volatile. The information is stored permanently in such memories during manufacture. A ROM, stores such instructions that are required to start a computer. ROM chips are not only used in the computer but also in other electronic items like washing machine and microwave oven.
- **The various types of ROM:**

1. **ROM (Read Only Memory)**
2. **PROM (Programmable Read only Memory)**
3. **EPROM(Erasable and Programmable Read Only Memory)**
4. **EEPROM(Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)**

The ROM Memory

- ذاكرة ROM ذاكرة القراءة فقط:
- هذه الذاكرة يمكن القراءة منها فقط ولا يمكن الكتابة عليها. هذا النوع من الذاكرة غير متطاير، حيث يتم تخزين المعلومات بشكل دائم أثناء عملية التصنيع.
- تخزن ذاكرة ROM التعليمات الضرورية لتشغيل الحاسوب.
- لا تُستخدم رقائق ROM في الحواسيب فقط، بل تُستخدم أيضًا في أجهزة إلكترونية أخرى مثل الغسالات وأفران الميكروويف.

The various types of ROM:

1. ROM (Read Only Memory)
2. PROM (Programmable Read only Memory)
3. EPROM(Erasable and Programmable Read Only Memory)
4. EEPROM(Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)

The ROM Memory

- **ROM(Read Only Memory):** The very first ROMs that contained a pre-programmed set of data or instructions.

- **PROM (Programmable Read only Memory):** PROM is read-only memory that can be modified only once by a user. It can be programmed only once and is not erasable.

- **EPROM(Erasable and Programmable Read Only Memory)** The EPROM can be erased by exposing it to ultra-violet light for a duration of up to 40 minutes.
- **EEPROM(Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory)** The EEPROM is programmed and erased electrically. Both erasing and programming take about 4 to 10 ms.

The ROM Memory

- **Advantages of ROM:**

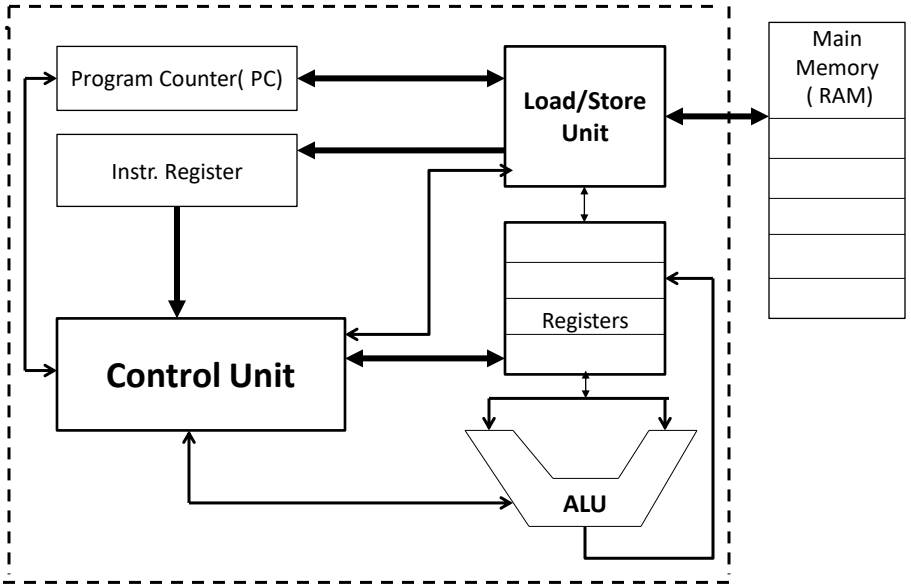
a. Non-volatile in nature.
b. Cheaper than RAMs
c. Easy to test
d. More reliable than RAMs
e. These are static and do not require refreshing
f. Its contents are always known and can be verified.

The ROM Memory

- **Advantages of ROM:**

مزايا ذاكرة ROM:
• تعتبر ذاكرة ثابتة غير متطايرة بطبيعتها.
•أرخص من ذاكرة RAM.
•سهلة الاختبار.
•أكثر موثوقية من ذاكرة RAM.
•ثابتة ولا تحتاج إلى عملية تحديث مستمرة.
•محتوياتها معروفة دائمًا ويمكن التحقق منها.

CPU Components



CPU Components

Program Counter(PC) register: contains the address of current instruction.

هو سجل يحتوي عنوان الايعاز الحالي

Instruction register: contains a copy of current instruction.

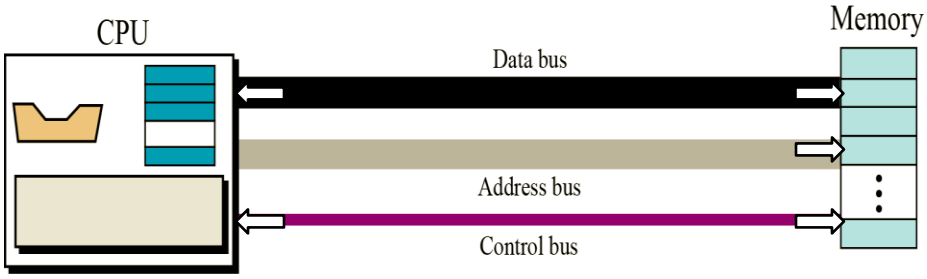
هو سجل يحتوي نسخة من الايعاز الحالي

Registers Units: a group of ultrafast general purpose registers for reading and writing during a program run.

ALU: for the calculation, logic, shifts and comparisons operations.

System Buses

System Bus: The CPU and Memory (RAM) are normally connected by three Groups of connections, each called a **bus**: ***data bus*, *address bus* and *control bus.***



System Buses

Address bus: **unidirectional** : group of wires which carries address information bits from processor to Memory.

مجموعة من النواقل التي تحمل بتات معلومات العنوانين من المعالج الى الذاكرة

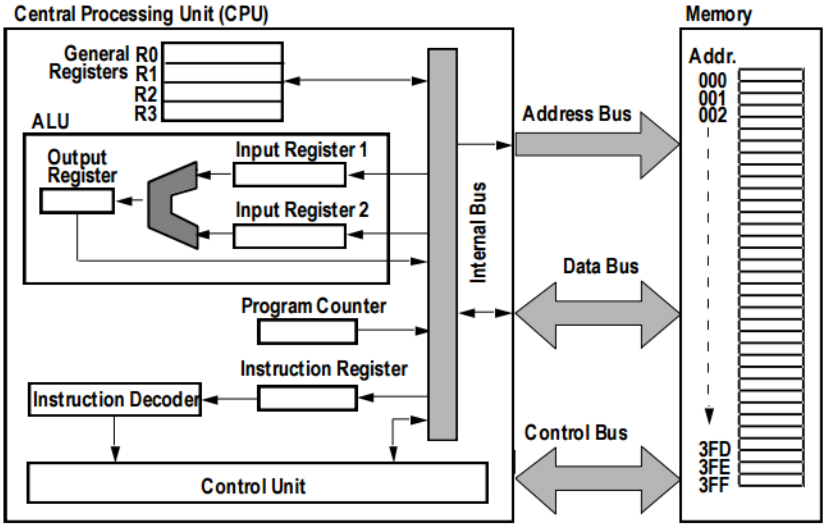
Data bus: **bidirectional** : group of wires which carries data information bit from processor to Memory and vice –versa

مجموعة من النواقل التي تحمل بتات معلومات البيانات من المعالج الى الذاكرة و بالعكس

Control bus: **bidirectional:** group of wires which carries control signals from processor to Memory and vice –versa

مجموعة من النواقل التي تحمل إشارات السيطرة من المعالج الى الذاكرة وبالعكس

CPU Basic Organization



Computer Organization

Lecture - 4 -

Computer Science Dept.

Instructor: Marthed Hussein

CPU Basic Organization: The ALU

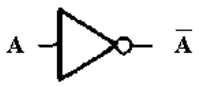
The ALU of a modern computer is a complex device that can execute the many operations specified by the machine instructions. These operations, can be classified into three categories, namely arithmetic, logic, and shifts. In addition, the ALU also performs comparisons.

- **Logical operations (AND, OR, NOT, XOR)**
- **Integer Addition and Subtraction**
- **Integer Multiplication**
- **Integer Division**
- **Shifts**
- **Comparisons**

The ALU

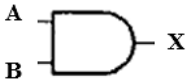
❖ **Logical operations (NOT,AND, OR, XOR)**

NOT, inverter



A	$\overline{A}$
0	1
1	0

AND Gate



A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

The ALU

- **Logical operations (NOT,AND, OR, XOR)**

OR Gate

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

XOR Gate

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

The ALU

- **Integer Addition and Subtraction**

The simplest arithmetic operations are adding and subtracting two bits *A* and *B*. The table below lists the sum *S*, carry *C*, difference *D*, and borrow *R* resulting from these operations. (where $\oplus$ is the XOR operation)

		$A+B$		$A-B$	
A	B	S	C	D	R
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0

Table: Adding and subtracting two bits

$S = A \oplus B$

$D = A \oplus B$

$C = A \cdot B$

$R = \bar{A} \cdot B$

The ALU

❖ **Integer Addition and Subtraction**

أبسط العمليات الحسابية هي جمع وطرح البتات Aو .B يوضح الجدول أدناه ناتج الجمع S، الحمل C، الفرق D، والاستلاف R الناتجة عن هذه العمليات.

		$A+B$		$A-B$	
A	B	S	C	D	R
0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	1	0	1	0
1	1	0	1	0	0

$S = A \oplus B$

$D = A \oplus B$

$C = A \cdot B$

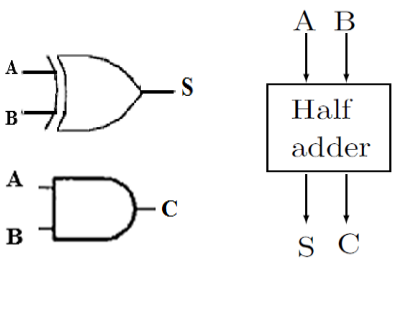
$R = \bar{A} \cdot B$

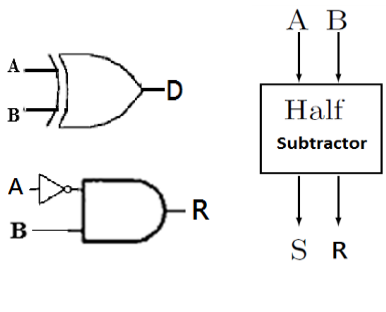
Table: Adding and subtracting two bits

The ALU

The adding two bits requires an XOR and AND gates, and subtracting them requires the same gates and an inverter.

These two simple operations are similar, so they can be combined in one device with a control line specifying which operation is required. Such a device is called a **half-adder-subtractor (HAS)** because it deals with pair of bits.

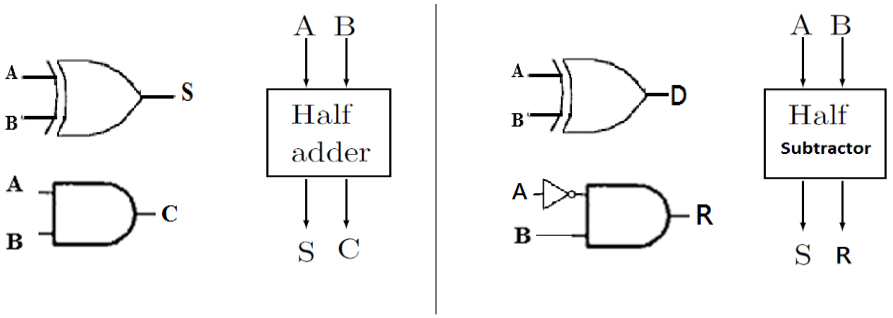




The ALU

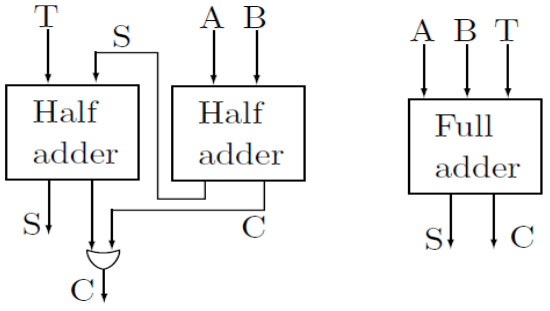
جمع بتين يتطلب بوابتي XOR وAND، وطرح بتين يتطلب نفس البوابات بالإضافة إلى عاكس .(Inverter)

تتشابه هاتان العمليتان البسيطتان، لذا يمكن دمجهما في جهاز واحد مع خط تحكم يحدد العملية المطلوبة. يُطلق على هذا الجهاز اسم "نصف جامع-طارح" (Half-Adder-Subtractor أو HAS) لأنه يتعامل مع زوج من البتات.



The ALU

A full adder (FA) and full subtractor (FS) operate on entire numbers, not just a single pair of bits, by propagating the carry or borrow. To propagate the carry we need a circuit that can add two bits and a carry. Unlike the half-adder, such a circuit has *three* inputs and two outputs, it is called a ***full adder***, and its truth table and logical design are shown below.

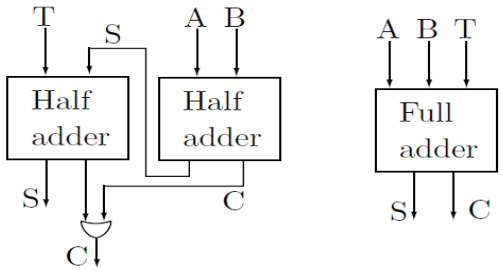


The ALU

الجمع الكامل (Full Adderأو FA) والطرح الكامل (Full Subtractorأو FS))يعملان على أرقام كاملة وليس مجرد زوج واحد من البتات، من خلال تمرير الحمل أو الاستلاف.

لتمرير الحمل، نحتاج إلى دائرة يمكنها جمع بتين مع الحمل.

على عكس نصف الجامع، فإن مثل هذه الدائرة تحتوي على ثلاثة مدخلات ومخرجين، وتُسمى جامع كامل (Full Adder) ويُوضح الجدول الحقيقي والتصميم المنطقي الخاص بها أدناه.

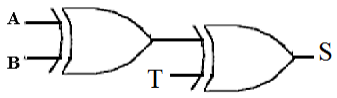


The ALU

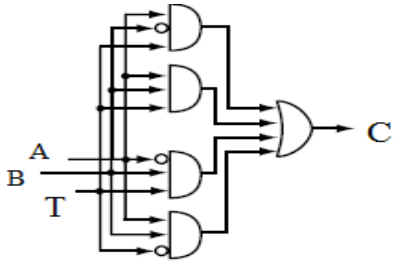
A full adder Truth table.

A	B	T	S	C
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

$$S = A \oplus B \oplus T$$

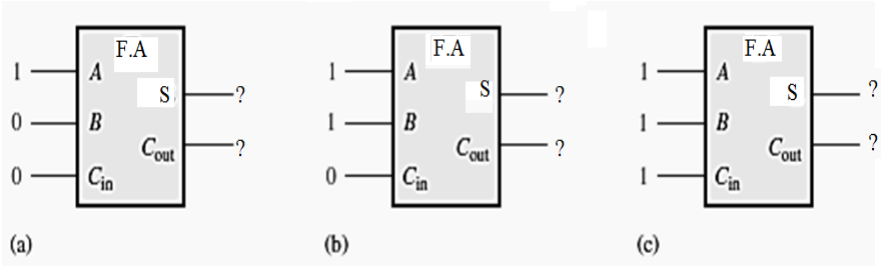


$$C = \bar{A}BT + AB\bar{T} + ABT + A\bar{B}T$$



The ALU

Example: Determine the outputs for the inputs in full-adder shown.



The ALU

❖ Parallel Binary Adders

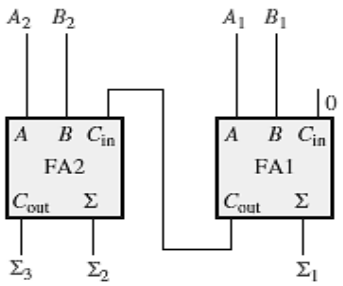
Two or more full-adders are connected to form parallel binary adders. To add two binary numbers, a full-adder (FA) is required for each bit in the numbers. So for 2-bit numbers, two adders are needed; for 4-bit numbers, four adders are used; and so on. The carry output of each adder is connected to the carry input of the next higher-order adder.

A = 11

B = 01

Carry bit

1
11
+ 01
100



The ALU

❖ Parallel Binary Adders

يتم توصيل اثنين أو أكثر من الجامعات الكاملة لتشكيل جامعات ثنائية متوازية.

لجمع رقمين ثنائيين، يلزم جامع كامل (FA)لكل بت في الأرقام.

على سبيل المثال، للأرقام ذات 2 بت، نحتاج إلى جامعَين؛ وللأرقام ذات 4 بت، نستخدم أربعة جامعات؛ وهكذا.

يتم توصيل خرج الحمل لكل جامع بمدخل الحمل للجامع الذي يليه في الترتيب الأعلى.

A = 11

B = 01

Carry bit

1
11
+ 01
100