



# Componentes de la informática

.....

Carlos Augusto Arellano Muro

## Principales componentes del computador

- ▶ Dispositivos de entrada/salida.

## Principales componentes del computador

- ▶ Dispositivos de entrada/salida.
- ▶ Memoria.

## Principales componentes del computador

- ▶ Dispositivos de entrada/salida.
- ▶ Memoria.
- ▶ Unidad Central de Procesamiento (PCU).

## Principales componentes del computador

- ▶ Dispositivos de entrada/salida.
- ▶ Memoria.
  - ▶ RAM
- ▶ Unidad Central de Procesamiento (PCU).

## Principales componentes del computador

- ▶ Dispositivos de entrada/salida.
- ▶ Memoria.
  - ▶ RAM
  - ▶ ROM
- ▶ Unidad Central de Procesamiento (PCU).

## Principales componentes del computador

- ▶ Dispositivos de entrada/salida.
- ▶ Memoria.
  - ▶ RAM
  - ▶ ROM
  - ▶ CACHÉ
- ▶ Unidad Central de Procesamiento (PCU).

## Principales componentes del computador

- ▶ Dispositivos de entrada/salida.
- ▶ Memoria.
  - ▶ RAM
  - ▶ ROM
  - ▶ CACHÉ
- ▶ Unidad Central de Procesamiento (PCU).
  - ▶ Unidad de control



## Principales componentes del computador

- ▶ Dispositivos de entrada/salida.
- ▶ Memoria.
  - ▶ RAM
  - ▶ ROM
  - ▶ CACHÉ
- ▶ Unidad Central de Procesamiento (PCU).
  - ▶ Unidad de control
  - ▶ ALU

## Principales componentes del computador

- ▶ Dispositivos de entrada/salida.
- ▶ Memoria.
  - ▶ RAM
  - ▶ ROM
  - ▶ CACHÉ
- ▶ Unidad Central de Procesamiento (PCU).
  - ▶ Unidad de control
  - ▶ ALU
  - ▶ Registros

## **Dispositivos de entrada salida**

Es el subsistema de comunicación con el exterior. Se divide en

- ▶ Dispositivos de almacenamiento

## **Dispositivos de entrada salida**

Es el subsistema de comunicación con el exterior. Se divide en

- ▶ Dispositivos de almacenamiento
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento magnético.

## Dispositivos de entrada salida

Es el subsistema de comunicación con el exterior. Se divide en

- ▶ Dispositivos de almacenamiento
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento magnético.
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento óptico.

## Dispositivos de entrada salida

Es el subsistema de comunicación con el exterior. Se divide en

- ▶ Dispositivos de almacenamiento
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento magnético.
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento óptico.
- ▶ Dispositivos que no son de almacenamiento

## Dispositivos de entrada salida

Es el subsistema de comunicación con el exterior. Se divide en

- ▶ Dispositivos de almacenamiento
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento magnético.
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento óptico.
- ▶ Dispositivos que no son de almacenamiento
  - ▶ Teclado

## Dispositivos de entrada salida

Es el subsistema de comunicación con el exterior. Se divide en

- ▶ Dispositivos de almacenamiento
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento magnético.
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento óptico.
- ▶ Dispositivos que no son de almacenamiento
  - ▶ Teclado
  - ▶ Monitor



## Dispositivos de entrada salida

Es el subsistema de comunicación con el exterior. Se divide en

- ▶ Dispositivos de almacenamiento
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento magnético.
  - ▶ Dispositivos de almacenamiento óptico.
- ▶ Dispositivos que no son de almacenamiento
  - ▶ Teclado
  - ▶ Monitor
  - ▶ Impresora

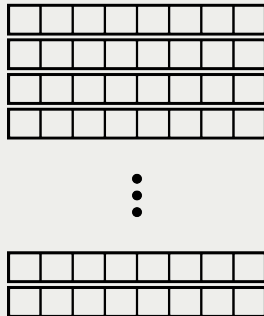
## Memoria

Es una colección de localidades de almacenamiento, cada una con un identificador único conocido como dirección.

## Memoria

Es una colección de localidades de almacenamiento, cada una con un identificador único conocido como dirección.

Espacio en memoria



## Memoria

Es una colección de localidades de almacenamiento, cada una con un identificador único conocido como dirección.

Espacio en memoria

1	1	0	1	0	1	1	0
0	1	0	0	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	1	1	0

•  
•  
•

0	1	0	1	0	1	1	1
1	0	1	0	1	1	0	1

## Memoria

Es una colección de localidades de almacenamiento, cada una con un identificador único conocido como dirección.

	Direcciones	Espacio en memoria								
1KB {	0000000000	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	1	1	0	1	0	1	1	0
	1	1	0	1	0	1	1	0		
	0000000001	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	0	1	0	0	1	0	1	1
	0	1	0	0	1	0	1	1		
	0000000010	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	0	1	1	0	1	0	0
	1	0	1	1	0	1	0	0		
	0000000011	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	1	1	1	0	0	1	1	0
	1	1	1	0	0	1	1	0		
		⋮								
	1111111110	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	0	1	0	1	0	1	1	1
0	1	0	1	0	1	1	1			
	1111111111	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	0	1	1	0	1			

## Memoria

Es una colección de localidades de almacenamiento, cada una con un identificador único conocido como dirección.

	Direcciones	Espacio en memoria								
64KB {	0000000000000000	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	1	1	0	1	0	1	1	0
	1	1	0	1	0	1	1	0		
	0000000000000001	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	0	1	0	0	1	0	1	1
	0	1	0	0	1	0	1	1		
	0000000000000010	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	0	1	1	0	1	0	0
	1	0	1	1	0	1	0	0		
0000000000000011	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	1	1	1	0	0	1	1	0	
1	1	1	0	0	1	1	0			
	⋮									
	1111111111111110	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	0	1	0	1	0	1	1	1
0	1	0	1	0	1	1	1			
	1111111111111111	<table><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	0	1	0	1	1	0	1
1	0	1	0	1	1	0	1			

## Ejemplos

- ▶ Una computadora tiene 32MB de memoria ¿Cuántos bits se necesitan para asignar una dirección a cualquier byte individual en la memoria?

## Ejemplos

- Una computadora tiene 32MB de memoria ¿Cuántos bits se necesitan para asignar una dirección a cualquier byte individual en la memoria?

Solución:

$32 = 2^5$  y  $1M = 2^{20}$ , entonces  $32MB = (2^5)(2^{20}) = 2^{25}$ .

Se necesitan 25 bits.



## Ejemplos

- ▶ Una computadora tiene 32MB de memoria ¿Cuántos bits se necesitan para asignar una dirección a cualquier byte individual en la memoria?

Solución:

$32 = 2^5$  y  $1M = 2^{20}$ , entonces  $32MB = (2^5)(2^{20}) = 2^{25}$ .

Se necesitan 25 bits.

- ▶ Una computadora tiene 128MB de memoria. Cada palabra en esta computadora tiene ocho bytes ¿Cuántos bits se necesitan para asignar una dirección a cualquier palabra individual en la memoria?

## Ejemplos

- ▶ Una computadora tiene 32MB de memoria ¿Cuántos bits se necesitan para asignar una dirección a cualquier byte individual en la memoria?

Solución:

$32 = 2^5$  y  $1M = 2^{20}$ , entonces  $32MB = (2^5)(2^{20}) = 2^{25}$ .

Se necesitan 25 bits.

- ▶ Una computadora tiene 128MB de memoria. Cada palabra en esta computadora tiene ocho bytes ¿Cuántos bits se necesitan para asignar una dirección a cualquier palabra individual en la memoria?

Solución:

$128 = 2^7$  y  $1M = 2^{20}$ , entonces  $128MB = (2^7)(2^{20}) = 2^{27}$ .

Pero cada palabra es de 8 bytes ( $2^3$ ), lo que significa que existen  $2^{24}$  palabras en memoria.

Se necesitan 24 bits.

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura
  - ▶ Memoria volátil.

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
    - ▶ Memoria de lectura y escritura
    - ▶ Memoria volátil.
- Tecnologías

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura
  - ▶ Memoria volátil.  
Tecnologías
    - ▶ SRAM: Memoria estática. Usa flip-flops. Es rápida pero costosa.

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.

- ▶ Memoria de lectura y escritura
- ▶ Memoria volátil.

### Tecnologías

- ▶ SRAM: Memoria estática. Usa flip-flops. Es rápida pero costosa.
- ▶ DRAM: Memoria dinámica. Usa capacitores. Se necesita refrescar.



## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura
  - ▶ Memoria volátil.  
Tecnologías
    - ▶ SRAM: Memoria estática. Usa flip-flops. Es rápida pero costosa.
    - ▶ DRAM: Memoria dinámica. Usa capacitores. Se necesita refrescar.
- ▶ ROM. Read Only Memory.

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura
  - ▶ Memoria volátil.  
Tecnologías
    - ▶ SRAM: Memoria estática. Usa flip-flops. Es rápida pero costosa.
    - ▶ DRAM: Memoria dinámica. Usa capacitores. Se necesita refrescar.
- ▶ ROM. Read Only Memory.
  - ▶ Memoria de solo lectura.

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura
  - ▶ Memoria volátil.  
Tecnologías
    - ▶ SRAM: Memoria estática. Usa flip-flops. Es rápida pero costosa.
    - ▶ DRAM: Memoria dinámica. Usa capacitores. Se necesita refrescar.
- ▶ ROM. Read Only Memory.
  - ▶ Memoria de solo lectura.
  - ▶ No volátil

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura
  - ▶ Memoria volátil.  
Tecnologías
    - ▶ SRAM: Memoria estática. Usa flip-flops. Es rápida pero costosa.
    - ▶ DRAM: Memoria dinámica. Usa capacitores. Se necesita refrescar.
- ▶ ROM. Read Only Memory.
  - ▶ Memoria de solo lectura.
  - ▶ No volátil
  - ▶ es escrita por el fabricante.

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura
  - ▶ Memoria volátil.  
Tecnologías
    - ▶ SRAM: Memoria estática. Usa flip-flops. Es rápida pero costosa.
    - ▶ DRAM: Memoria dinámica. Usa capacitores. Se necesita refrescar.
- ▶ ROM. Read Only Memory.
  - ▶ Memoria de solo lectura.
  - ▶ No volátil
  - ▶ es escrita por el fabricante.  
Tecnologías

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura
  - ▶ Memoria volátil.  
Tecnologías
    - ▶ SRAM: Memoria estática. Usa flip-flops. Es rápida pero costosa.
    - ▶ DRAM: Memoria dinámica. Usa capacitores. Se necesita refrescar.
- ▶ ROM. Read Only Memory.
  - ▶ Memoria de solo lectura.
  - ▶ No volátil
  - ▶ es escrita por el fabricante.  
Tecnologías
    - ▶ PROM: ROM programable.

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura
  - ▶ Memoria volátil.  
Tecnologías
    - ▶ SRAM: Memoria estática. Usa flip-flops. Es rápida pero costosa.
    - ▶ DRAM: Memoria dinámica. Usa capacitores. Se necesita refrescar.
- ▶ ROM. Read Only Memory.
  - ▶ Memoria de solo lectura.
  - ▶ No volátil
  - ▶ es escrita por el fabricante.  
Tecnologías
    - ▶ PROM: ROM programable.
    - ▶ EPROM: ROM programable y borrrable.

## Memoria

- ▶ RAM. Random Acces Memory o Memoria principal.
  - ▶ Memoria de lectura y escritura
  - ▶ Memoria volátil.  
Tecnologías
    - ▶ SRAM: Memoria estática. Usa flip-flops. Es rápida pero costosa.
    - ▶ DRAM: Memoria dinámica. Usa capacitores. Se necesita refrescar.
- ▶ ROM. Read Only Memory.
  - ▶ Memoria de solo lectura.
  - ▶ No volátil
  - ▶ es escrita por el fabricante.  
Tecnologías
    - ▶ PROM: ROM programable.
    - ▶ EPROM: ROM programable y borrrable.
    - ▶ EEPROM: ROM programable y borrrable eléctricamente.



## Memoria

- ▶ CACHÉ. Más rápida que la memoria principal, pero más lenta que los registros del CPU.

## Memoria

- ▶ CACHÉ. Más rápida que la memoria principal, pero más lenta que los registros del CPU.
  - ▶ Contiene en todo momento una copia de una porción de la memoria principal.

## Memoria

- ▶ CACHÉ. Más rápida que la memoria principal, pero más lenta que los registros del CPU.
  - ▶ Contiene en todo momento una copia de una porción de la memoria principal.  
Procedimiento:

## Memoria

- ▶ CACHÉ. Más rápida que la memoria principal, pero más lenta que los registros del CPU.
  - ▶ Contiene en todo momento una copia de una porción de la memoria principal.  
Procedimiento:
    - ▶ El CPU revisa la caché

## Memoria

- ▶ CACHÉ. Más rápida que la memoria principal, pero más lenta que los registros del CPU.
  - ▶ Contiene en todo momento una copia de una porción de la memoria principal.

Procedimiento:

- ▶ El CPU revisa la caché
- ▶ Si la palabra está ahí, la copia; si no, el CPU accede a la memoria principal y copia un bloque de memoria comenzando con la palabra deseada. El bloque reemplaza el contenido en caché.

## Memoria

- ▶ CACHÉ. Más rápida que la memoria principal, pero más lenta que los registros del CPU.
  - ▶ Contiene en todo momento una copia de una porción de la memoria principal.

Procedimiento:

- ▶ El CPU revisa la caché
- ▶ Si la palabra está ahí, la copia; si no, el CPU accede a la memoria principal y copia un bloque de memoria comenzando con la palabra deseada. El bloque reemplaza el contenido en caché.
- ▶ El CPU accede a la caché y copia la palabra.

## Memoria

- ▶ **CACHE.** Más rápida que la memoria principal, pero más lenta que los registros del CPU.
  - ▶ Contiene en todo momento una copia de una porción de la memoria principal.  
Procedimiento:
    - ▶ El CPU revisa la caché
    - ▶ Si la palabra está ahí, la copia; si no, el CPU accede a la memoria principal y copia un bloque de memoria comenzando con la palabra deseada. El bloque reemplaza el contenido en caché.
    - ▶ El CPU accede a la caché y copia la palabra.
- ▶ Jerarquía:

## Memoria

- ▶ **CACHE.** Más rápida que la memoria principal, pero más lenta que los registros del CPU.
  - ▶ Contiene en todo momento una copia de una porción de la memoria principal.  
Procedimiento:
    - ▶ El CPU revisa la caché
    - ▶ Si la palabra está ahí, la copia; si no, el CPU accede a la memoria principal y copia un bloque de memoria comenzando con la palabra deseada. El bloque reemplaza el contenido en caché.
    - ▶ El CPU accede a la caché y copia la palabra.
- ▶ **Jerarquía:**
  - ▶ Velocidad rápida: Memoria principal.



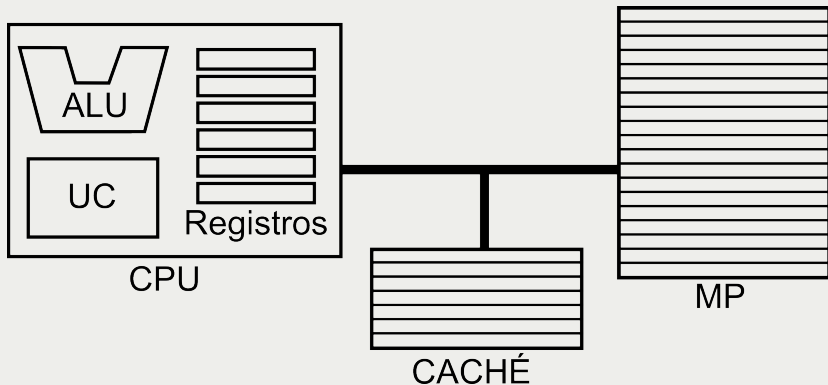
## Memoria

- ▶ CACHÉ. Más rápida que la memoria principal, pero más lenta que los registros del CPU.
  - ▶ Contiene en todo momento una copia de una porción de la memoria principal.  
Procedimiento:
    - ▶ El CPU revisa la caché
    - ▶ Si la palabra está ahí, la copia; si no, el CPU accede a la memoria principal y copia un bloque de memoria comenzando con la palabra deseada. El bloque reemplaza el contenido en caché.
    - ▶ El CPU accede a la caché y copia la palabra.
- ▶ Jerarquía:
  - ▶ Velocidad rápida: Memoria principal.
  - ▶ Velocidad más rápida: Caché.

## Memoria

- ▶ **CACHE.** Más rápida que la memoria principal, pero más lenta que los registros del CPU.
  - ▶ Contiene en todo momento una copia de una porción de la memoria principal.  
Procedimiento:
    - ▶ El CPU revisa la caché
    - ▶ Si la palabra está ahí, la copia; si no, el CPU accede a la memoria principal y copia un bloque de memoria comenzando con la palabra deseada. El bloque reemplaza el contenido en caché.
    - ▶ El CPU accede a la caché y copia la palabra.
- ▶ **Jerarquía:**
  - ▶ Velocidad rápida: Memoria principal.
  - ▶ Velocidad más rápida: Caché.
  - ▶ Velocidad muy rápida: Registros del CPU.

## Memoria



## CPU

Organiza y lleva a cabo las instrucciones del usuario o del software.

- ▶ Unidad de Control.

## CPU

Organiza y lleva a cabo las instrucciones del usuario o del software.

- ▶ Unidad de Control.

Funciones básicas:

## CPU

Organiza y lleva a cabo las instrucciones del usuario o del software.

- ▶ Unidad de Control.

Funciones básicas:

- ▶ Leer e interpretar las instrucciones de los programas.

## CPU

Organiza y lleva a cabo las instrucciones del usuario o del software.

- ▶ Unidad de Control.

Funciones básicas:

- ▶ Leer e interpretar las instrucciones de los programas.
- ▶ Dirigir la operación de los componentes internos del procesador.

## CPU

Organiza y lleva a cabo las instrucciones del usuario o del software.

- ▶ Unidad de Control.

Funciones básicas:

- ▶ Leer e interpretar las instrucciones de los programas.
- ▶ Dirigir la operación de los componentes internos del procesador.
- ▶ Controlar el flujo de entrada y salida de programas y datos en RAM.



## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

- ▶ Operaciones aritméticas.

## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

- ▶ Operaciones aritméticas.
  - ▶ Suma

## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

- ▶ Operaciones aritméticas.
  - ▶ Suma
  - ▶ Resta

## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

- ▶ Operaciones aritméticas.
  - ▶ Suma
  - ▶ Resta
  - ▶ Multiplicación

## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

- ▶ Operaciones aritméticas.
  - ▶ Suma
  - ▶ Resta
  - ▶ Multiplicación
  - ▶ División

## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

- ▶ Operaciones aritméticas.
  - ▶ Suma
  - ▶ Resta
  - ▶ Multiplicación
  - ▶ División
- ▶ Operaciones lógicas.



## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

- ▶ Operaciones aritméticas.
  - ▶ Suma
  - ▶ Resta
  - ▶ Multiplicación
  - ▶ División
- ▶ Operaciones lógicas.
  - ▶ Comparativas

## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

- ▶ Operaciones aritméticas.
  - ▶ Suma
  - ▶ Resta
  - ▶ Multiplicación
  - ▶ División
- ▶ Operaciones lógicas.
  - ▶ Comparativas
  - ▶ Conjunción (AND)

## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

- ▶ Operaciones aritméticas.
  - ▶ Suma
  - ▶ Resta
  - ▶ Multiplicación
  - ▶ División
- ▶ Operaciones lógicas.
  - ▶ Comparativas
  - ▶ Conjunción (AND)
  - ▶ Disyunción (OR)

## CPU

- ▶ Unidad Aritmético Lógica (ALU).

Funciones:

- ▶ Operaciones aritméticas.
  - ▶ Suma
  - ▶ Resta
  - ▶ Multiplicación
  - ▶ División
- ▶ Operaciones lógicas.
  - ▶ Comparativas
  - ▶ Conjunción (AND)
  - ▶ Disyunción (OR)
  - ▶ Negación (NOT)

## CPU

- ▶ Registros. Son localidades de almacenamiento independientes que guardan los datos temporalmente

## CPU

- ▶ Registros. Son localidades de almacenamiento independientes que guardan los datos temporalmente
  - ▶ Registros de datos.

## CPU

- ▶ Registros. Son localidades de almacenamiento independientes que guardan los datos temporalmente
  - ▶ Registros de datos.
    - ▶ Entrada

## CPU

- ▶ Registros. Son localidades de almacenamiento independientes que guardan los datos temporalmente
  - ▶ Registros de datos.
    - ▶ Entrada
    - ▶ Salida



## CPU

- ▶ Registros. Son localidades de almacenamiento independientes que guardan los datos temporalmente
  - ▶ Registros de datos.
    - ▶ Entrada
    - ▶ Salida
  - ▶ Registros de instrucción (IR). Lugar donde se guarda la instrucción que se está usando.

## CPU

- ▶ Registros. Son localidades de almacenamiento independientes que guardan los datos temporalmente
  - ▶ Registros de datos.
    - ▶ Entrada
    - ▶ Salida
  - ▶ Registros de instrucción (IR). Lugar donde se guarda la instrucción que se está usando.
  - ▶ Contador de programa (PC). Apunta a la dirección de programa que se va a ejecutar.

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la suma:

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la suma:  
 $0 + 0 =$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la suma:  
 $0 + 0 = 0$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la suma:
$$0 + 0 = 0$$
$$0 + 1 =$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la suma:
$$0 + 0 = 0$$
$$0 + 1 = 1$$



## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 =$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la suma:
$$0 + 0 = 0$$
$$0 + 1 = 1$$
$$1 + 0 = 1$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 =$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0, \text{ acarreo: } 1$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0, \text{ acarreo: } 1$$

- ▶ Ejemplo:  $11010 + 01011$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0, \text{ acarreo: } 1$$

- Ejemplo:  $11010 + 01011$

$$\begin{array}{r} 11010 \\ + 01011 \\ \hline \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0, \text{ acarreo: } 1$$

- Ejemplo:  $11010 + 01011$

$$\begin{array}{r} 11010 \\ + 01011 \\ \hline 1 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0, \text{ acarreo: } 1$$

- Ejemplo:  $11010 + 01011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{1} \\ 11010 \quad + \\ \underline{01011} \\ 01 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0, \text{ acarreo: } 1$$

- Ejemplo:  $11010 + 01011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{1} \\ 11010 \quad + \\ \underline{01011} \\ 101 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

#### ► Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0, \text{ acarreo: } 1$$

#### ► Ejemplo: $11010 + 01011$

$$\begin{array}{r} 1 \ 1 \\ 11010 \\ + 01011 \\ \hline 0101 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0, \text{ acarreo: } 1$$

- Ejemplo:  $11010 + 01011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } 1 \\ 11010 \quad + \\ \underline{01011} \\ 00101 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Operaciones elementales de la suma:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0, \text{ acarreo: } 1$$

- Ejemplo:  $11010 + 01011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } 1 \\ 11010 \quad + \\ \underline{01011} \\ 100101 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:
  - ▶ Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ + \quad 10101 \\ \hline \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \phantom{10110111} 1 \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 0 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \phantom{10110111} 11 \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 00 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} 111 \\ 10110111 \\ + 10101 \\ \hline 00 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \phantom{10110111} 111 \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 100 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \phantom{10110111} 111 \\ 10110111 \quad + \\ \hline \phantom{10110111} 10101 \\ \hline 1100 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \phantom{10110111} 1 \phantom{000} 111 \\ 10110111 \phantom{000} + \\ \underline{10101} \\ 01100 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} 11 \ 111 \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 001100 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 1001100 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 11001100 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 11001100 \end{array}$$

- Sumar  $10110011101 + 1001011$

## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 11001100 \end{array}$$

► Sumar  $10110011101 + 1001011$

$$\begin{array}{r} 10110011101 \quad + \\ \underline{1001011} \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 11001100 \end{array}$$

► Sumar  $10110011101 + 1001011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{1} \\ 10110011101 \quad + \\ \underline{1001011} \\ 0 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 11001100 \end{array}$$

► Sumar  $10110011101 + 1001011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \\ 10110011101 \quad + \\ \underline{1001011} \\ 00 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 11001100 \end{array}$$

► Sumar  $10110011101 + 1001011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{111} \\ 10110011101 \quad + \\ \underline{1001011} \\ 000 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 11001100 \end{array}$$

► Sumar  $10110011101 + 1001011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{1111} \\ 10110011101 \quad + \\ \underline{1001011} \\ 1000 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 11001100 \end{array}$$

► Sumar  $10110011101 + 1001011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11111} \\ 10110011101 \quad + \\ \underline{1001011} \\ 01000 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 11001100 \end{array}$$

► Sumar  $10110011101 + 1001011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11111} \\ 10110011101 \quad + \\ \underline{1001011} \\ 101000 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \text{ } \textcolor{red}{111} \\ 10110111 \quad + \\ \underline{10101} \\ 11001100 \end{array}$$

► Sumar  $10110011101 + 1001011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11111} \\ 10110011101 \quad + \\ \underline{1001011} \\ 1101000 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 + 10101$

$$\begin{array}{r} 11 \ 111 \\ 10110111 \\ + \quad 10101 \\ \hline 11001100 \end{array}$$

► Sumar  $10110011101 + 1001011$

$$\begin{array}{r} 11111 \\ 10110011101 \\ + \quad 1001011 \\ \hline 10111101000 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Suma binaria:

- ▶ Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 1010111 \\ \phantom{00}1101 \\ \phantom{00}101100 \\ \phantom{00}\underline{11011} \\ \hline \end{array} +$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} \phantom{1010111} 1 \\ 1010111 \quad + \\ \phantom{1010111} 1101 \\ \phantom{1010111} 101100 \\ \phantom{1010111} \underline{11011} \\ \phantom{1010111} 1 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{11} \\ 1010111 \quad + \\ 1101 \\ 101100 \\ \underline{11011} \\ 11 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 111 \\ 1010111 \\ 1101 \\ 101100 \\ 11011 \\ \hline 11 \end{array} +$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 111 \\ 1010111 \\ 1101 \\ 101100 \\ 11011 \\ \hline 11 \end{array} +$$



## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 111 \\ 1010111 \\ 1101 \\ 101100 \\ 11011 \\ \hline 011 \end{array} +$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 1111 \\ 1010111 \\ 1101 \\ 101100 \\ 11011 \\ \hline 011 \end{array} +$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 1111 \\ 1010111 \\ 1101 \\ 101100 \\ 11011 \\ \hline 011 \end{array} +$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 1111 \\ 1010111 \\ 1101 \\ 101100 \\ 11011 \\ \hline 1011 \end{array} +$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 11111 \\ 1010111 \quad + \\ 1101 \\ 101100 \\ \hline 11011 \\ 1011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 11 \\ 11111 \\ 1010111 \quad + \\ 1101 \\ 101100 \\ \hline 11011 \\ \hline 01011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 111 \\ 11111 \\ 1010111 \quad + \\ 1101 \\ 101100 \\ \hline 11011 \\ 01011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 111 \\ 111111 \\ 1010111 \quad + \\ 1101 \\ 101100 \\ \hline 11011 \\ 101011 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 111 \\ 111111 \\ 1010111 \quad + \\ 1101 \\ 101100 \\ 11011 \\ \hline 0101011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Suma binaria:

- Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 111 \\ 111111 \\ 1010111 \quad + \\ 1101 \\ 101100 \\ \underline{11011} \\ 10101011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Suma binaria:

► Uno más:  $1010111 + 1101 + 101100 + 11011$

$$\begin{array}{r} 111 \\ 111111 \\ 1010111 \quad + \\ 1101 \\ 101100 \\ 11011 \\ \hline 10101011 \end{array}$$

Ejercicios...

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la resta:

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 =$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 =$$



## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 =$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 =$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} 10 \quad - \\ \underline{1} \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} \phantom{0}2 \\ 00 \phantom{00} - \\ \underline{1} \phantom{00} \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{2} \\ 00 - \\ \underline{1} \\ 01 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

#### ► Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{2} \\ \textcolor{red}{0}0 - \\ \underline{\phantom{0}1} \\ 01 \end{array}$$

### ► Ejemplo: $11010 - 01011$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

#### ► Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{2} \\ \textcolor{red}{0}0 - \\ \underline{\phantom{0}1} \\ 01 \end{array}$$

#### ► Ejemplo: $11010 - 01011$

$$\begin{array}{r} 11010 - \\ \underline{01011} \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

#### ► Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} \phantom{0}^2 \\ 00 \phantom{00} - \\ \underline{1} \phantom{00} \\ 01 \phantom{00} \end{array}$$

#### ► Ejemplo: $11010 - 01011$

$$\begin{array}{r} \phantom{00}^2 \\ 11000 \phantom{00} - \\ \underline{01011} \phantom{00} \\ 1 \phantom{00000} \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

#### ► Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{2} \\ 00 - \\ \underline{1} \\ 01 \end{array}$$

#### ► Ejemplo: $11010 - 01011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{2} \\ 10000 - \\ \underline{01011} \\ 1 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

#### ► Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{2} \\ \textcolor{red}{0}0 - \\ \underline{\phantom{0}1} \\ 01 \end{array}$$

#### ► Ejemplo: $11010 - 01011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{22} \\ 1\textcolor{red}{0}100 - \\ \underline{01011} \\ 1 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

#### ► Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{2} \\ \textcolor{red}{0}0 - \\ \underline{\phantom{0}1} \\ 01 \end{array}$$

#### ► Ejemplo: $11010 - 01011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{22} \\ \textcolor{red}{1}0\textcolor{red}{1}00 - \\ \underline{01011} \\ 11 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

#### ► Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{2} \\ \textcolor{red}{0}0 - \\ \underline{\phantom{0}1} \\ 01 \end{array}$$

#### ► Ejemplo: $11010 - 01011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{22} \\ \textcolor{red}{1}0\textcolor{red}{1}00 - \\ \underline{01011} \\ 111 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

#### ► Operaciones elementales de la resta:

$$0 - 0 = 0$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 1 = ?$$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{2} \\ 00 \text{ ---} \\ \underline{1} \\ 01 \end{array}$$

#### ► Ejemplo: $11010 - 01011$

$$\begin{array}{r} \textcolor{red}{22} \\ 10100 \text{ ---} \\ \underline{01011} \\ 01111 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:
  - ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - 10101 \\ \hline 0 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - 10101 \\ \hline 10 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - 10101 \\ \hline 010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - 10101 \\ \hline 0010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \phantom{0000}10101 \\ \hline 00010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 100010 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 0100010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Resta binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

- ▶ Restar  $10100011101 - 1101011$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

- Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} 10100011101 \\ - \quad 1101011 \\ \hline \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

► Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} 10100011101 \\ - \quad 1101011 \\ \hline 0 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

► Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{10100011}2 \\ 10100011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline \phantom{10100011}0 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

► Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{10100011}2 \\ 10100011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline \phantom{10100011}10 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

► Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{10100011}2 \\ 10100011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline \phantom{10100011}010 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

► Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{10100011}2 \\ 10100011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline \phantom{10100011}0010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

► Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{10100011}2 \\ 10100011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline 10010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

► Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{100}2 \\ 10000011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline 10010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

- Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{100}2 \\ 10011011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline 10010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

► Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{100}2\phantom{00}2\phantom{00} \\ 10011011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline 10010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

► Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{100}2\phantom{00}2\phantom{00} \\ 10011011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline 110010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

► Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

► Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{100}2\phantom{00}2\phantom{00} \\ 10011011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline 0110010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Resta binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 - 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \\ - \quad 10101 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

- Restar  $10100011101 - 1101011$

$$\begin{array}{r} \phantom{100}2\phantom{00}2\phantom{00} \\ 10011011001 \\ - \quad 1101011 \\ \hline 10010110010 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación signo–magnitud:** Características

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación signo–magnitud:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación signo–magnitud:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación signo–magnitud:** Características
    - ▶ El intervalo va de
$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$
    - ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación signo–magnitud:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Si son menos de  $n - 1$  bits, se rellena con ceros a la izquierda.

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación signo–magnitud:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Si son menos de  $n - 1$  bits, se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo el bit más significativo será 1; de lo contrario, 0.

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación signo–magnitud:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Si son menos de  $n - 1$  bits, se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo el bit más significativo será 1; de lo contrario, 0.
    - ▶ Ejemplo: convertir -22 para un registro de 8 bits.



## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación signo–magnitud:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Si son menos de  $n - 1$  bits, se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo el bit más significativo será 1; de lo contrario, 0.
    - ▶ Ejemplo: convertir -22 para un registro de 8 bits.  
Se convierte el 22 a binario:  $22=10110$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación signo–magnitud:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Si son menos de  $n - 1$  bits, se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo el bit más significativo será 1; de lo contrario, 0.
    - ▶ Ejemplo: convertir -22 para un registro de 8 bits.  
Se convierte el 22 a binario:  $22 = 10110$   
Se rellena con ceros hasta completar 7 bits: 0010110

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación signo–magnitud:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Si son menos de  $n - 1$  bits, se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo el bit más significativo será 1; de lo contrario, 0.
    - ▶ Ejemplo: convertir -22 para un registro de 8 bits.  
Se convierte el 22 a binario:  $22=10110$   
Se rellena con ceros hasta completar 7 bits:  $0010110$   
El octavo bit representa el signo.  $-22=10010110$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 1:** Características

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 1:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 1:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 1:** Características
    - ▶ El intervalo va de
$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$
    - ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento



## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:

- ▶ **Representación complemento a 1:** Características

- ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.

- ▶ Procedimiento

- ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:

- ▶ **Representación complemento a 1:** Características

- ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.

- ▶ Procedimiento

- ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.
  - ▶ Si el número es negativo, se invierten todos los bits ( $0 \rightarrow 1$  y  $1 \rightarrow 0$ ).

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 1:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo, se invierten todos los bits ( $0 \rightarrow 1$  y  $1 \rightarrow 0$ ).
    - ▶ Ejemplo: convertir -22 para un registro de 8 bits.

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 1:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo, se invierten todos los bits ( $0 \rightarrow 1$  y  $1 \rightarrow 0$ ).
    - ▶ Ejemplo: convertir -22 para un registro de 8 bits.  
Se convierte el 22 a binario:  $22=10110$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 1:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo, se invierten todos los bits ( $0 \rightarrow 1$  y  $1 \rightarrow 0$ ).
    - ▶ Ejemplo: convertir -22 para un registro de 8 bits.  
Se convierte el 22 a binario:  $22 = 10110$   
Se rellena con ceros hasta completar 8 bits: 00010110

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:

- ▶ **Representación complemento a 1:** Características

- ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} - 1 \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen dos representaciones para el cero.

- ▶ Procedimiento

- ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.
  - ▶ Si el número es negativo, se invierten todos los bits ( $0 \rightarrow 1$  y  $1 \rightarrow 0$ ).
  - ▶ Ejemplo: convertir -22 para un registro de 8 bits.  
Se convierte el 22 a binario:  $22 = 10110$   
Se rellena con ceros hasta completar 8 bits:  $00010110$   
Se invierten los bits.  $-22 = 11101001$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 2:** Características



## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 2:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 2:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen solo una representación para el cero.

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
    - ▶ **Representación complemento a 2:** Características
      - ▶ El intervalo va de
- $$-2^{n-1} \text{ a } 2^{n-1} - 1$$
- ▶ Existen solo una representación para el cero.
  - ▶ Procedimiento

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 2:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen solo una representación para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 2:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen solo una representación para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo, se invierten todos los bits ( $0 \rightarrow 1$  y  $1 \rightarrow 0$ ) y se suma 1.

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 2:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen solo una representación para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo, se invierten todos los bits ( $0 \rightarrow 1$  y  $1 \rightarrow 0$ ) y se suma 1.
    - ▶ Ejemplo: convertir -20 para un registro de 8 bits.

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 2:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen solo una representación para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo, se invierten todos los bits ( $0 \rightarrow 1$  y  $1 \rightarrow 0$ ) y se suma 1.
    - ▶ Ejemplo: convertir -20 para un registro de 8 bits.  
Se convierte el 20 a binario:  $20 = 10100$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 2:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen solo una representación para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo, se invierten todos los bits ( $0 \rightarrow 1$  y  $1 \rightarrow 0$ ) y se suma 1.
    - ▶ Ejemplo: convertir -20 para un registro de 8 bits.  
Se convierte el 20 a binario:  $20 = 10100$   
Se rellena con ceros hasta completar 8 bits: 00010100



## Operaciones aritméticas

- ▶ Números con signo:
  - ▶ **Representación complemento a 2:** Características
    - ▶ El intervalo va de

$$-2^{n-1} \text{ a } 2^{n-1} - 1$$

- ▶ Existen solo una representación para el cero.
  - ▶ Procedimiento
    - ▶ Se convierte el número a binario ignorando el signo. Se rellena con ceros a la izquierda.
    - ▶ Si el número es negativo, se invierten todos los bits ( $0 \rightarrow 1$  y  $1 \rightarrow 0$ ) y se suma 1.
    - ▶ Ejemplo: convertir -20 para un registro de 8 bits.  
Se convierte el 20 a binario:  $20=10100$   
Se rellena con ceros hasta completar 8 bits:  $00010100$   
Permanecen los ceros de la derecha y el primer 1, el resto se invierte.  $-20=11101100$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 =$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 =$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 =$$



## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:
$$0 \times 0 = 0$$
$$1 \times 0 = 0$$
$$0 \times 1 = 0$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 =$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

- ▶ Ejemplo:  $11010 \times 101$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:

- ▶ Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

- ▶ Ejemplo:  $11010 \times 101$

$$\begin{array}{r} 11010 \times \\ \underline{101} \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Multiplicación binaria:

#### ► Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

#### ► Ejemplo: $11010 \times 101$

$$\begin{array}{r} 11010 \times \\ \underline{101} \\ 11010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Multiplicación binaria:

#### ► Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

#### ► Ejemplo: $11010 \times 101$

$$\begin{array}{r} 11010 \times \\ \underline{101} \\ 11010 \\ 00000 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Multiplicación binaria:

#### ► Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

#### ► Ejemplo: $11010 \times 101$

$$\begin{array}{r} 11010 \times \\ \underline{101} \\ 11010 \\ 00000 \\ 11010 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

### ► Multiplicación binaria:

#### ► Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

#### ► Ejemplo: $11010 \times 101$

$$\begin{array}{r} 11010 \times \\ \underline{101} \phantom{00000} \\ 11010 \phantom{00000} + \\ 00000 \phantom{00000} \\ \underline{11010} \phantom{00000} \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Multiplicación binaria:

#### ► Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

#### ► Ejemplo: $11010 \times 101$

$$\begin{array}{r} 11010 \times \\ \underline{101} \phantom{00000} \\ 11010 \phantom{00000} + \\ 00000 \phantom{00000} \\ \underline{11010} \phantom{00000} \\ 010 \phantom{00000} \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Multiplicación binaria:

#### ► Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

#### ► Ejemplo: $11010 \times 101$

$$\begin{array}{r} 11010 \times \\ \underline{101} \phantom{00000} \\ 11010 \phantom{00000} + \\ 00000 \phantom{00000} \\ \underline{11010 \phantom{00000}} \\ 0010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Multiplicación binaria:

#### ► Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

#### ► Ejemplo: $11010 \times 101$

$$\begin{array}{r} 11010 \times \\ \underline{101} \phantom{00000} \\ 11010 \phantom{00000} + \\ 00000 \phantom{00000} \\ \underline{11010} \phantom{00000} \\ 00010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Multiplicación binaria:

#### ► Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

#### ► Ejemplo: $11010 \times 101$

$$\begin{array}{r} 11010 \times \\ \underline{101} \phantom{00000} \\ 11010 \phantom{00000} + \\ 00000 \phantom{00000} \\ \underline{11010} \phantom{00000} \\ 000010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

### ► Multiplicación binaria:

#### ► Operaciones elementales de la multiplicación:

$$0 \times 0 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

#### ► Ejemplo: $11010 \times 101$

$$\begin{array}{r} 11010 \times \\ \underline{101} \phantom{00000} \\ 11010 \phantom{00000} + \\ 00000 \phantom{00000} \\ \underline{11010} \phantom{00000} \\ 10000010 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 \\ 00000000 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:

- ▶ Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ \underline{10110111} \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Multiplicación binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ \hline 11 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Multiplicación binaria:
  - Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ \hline 011 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

- Multiplicación binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ \hline 0011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Multiplicación binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ \underline{10110111} \\ 00011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Multiplicación binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ \hline 000011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- ▶ Multiplicación binaria:
  - ▶ Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ \hline 0000011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Multiplicación binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ \hline 00000011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Multiplicación binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ \hline 100000011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Multiplicación binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ \hline 1100000011 \end{array}$$

## Operaciones aritméticas

- Multiplicación binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ 10110111 \\ \hline 1110000011 \end{array}$$



## Operaciones aritméticas

- Multiplicación binaria:

- Más ejemplos:  $10110111 \times 10101$

$$\begin{array}{r} 10110111 \times \\ \underline{10101} \\ 10110111 + \\ 00000000 \\ 10110111 \\ 00000000 \\ \underline{10110111} \\ 111100000011 \end{array}$$

## Compuertas lógicas básicas

- ▶ AND

## Compuertas lógicas básicas

- ▶ AND
- ▶ OR

## Compuertas lógicas básicas

- ▶ AND
- ▶ OR
- ▶ NOT

## Compuertas lógicas básicas

### ► AND:

Entrada		Salida
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

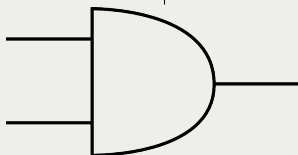
### ► OR

### ► NOT

## Compuertas lógicas básicas

### ► AND:

Entrada		Salida
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0



### ► OR

### ► NOT

## Compuertas lógicas básicas

► AND

► OR:

Entrada		Salida
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

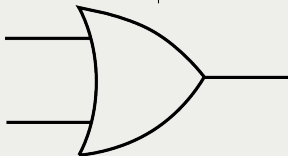
► NOT

## Compuertas lógicas básicas

► AND

► OR:

Entrada		Salida
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0



► NOT



## Compuertas lógicas básicas

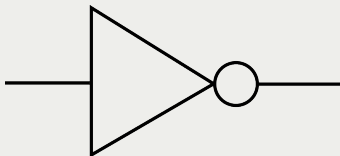
- ▶ AND
- ▶ OR
- ▶ NOT:

Entrada	Salida
1	0
0	1

## Compuertas lógicas básicas

- ▶ AND
- ▶ OR
- ▶ NOT:

Entrada	Salida
1	0
0	1



## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 1 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 10 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 1000 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 10001 \end{array}$$



## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 1000100 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 10001000 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 1000100000 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 10001000000 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \end{array}$$



## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 1 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 11 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 111 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 1111 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 11111 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 11111111 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 11111111 \end{array}$$



## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111111 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 1111111111 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111111110 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111111101 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100110101001 \quad OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111111101 \end{array}$$

$$(a \mathbf{AND} \bar{b}) \mathbf{OR} (\bar{a} \mathbf{AND} b)$$

$$a = 1100, b = 1010$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111111101 \end{array}$$

$$(a \mathbf{AND} \bar{b}) \mathbf{OR} (\bar{a} \mathbf{AND} b)$$

$$a = 1100, b = 1010$$

$$\begin{array}{r} 1100 \text{ } AND \\ \underline{0101} \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111111101 \end{array}$$

$$(a \mathbf{AND} \bar{b}) \mathbf{OR} (\bar{a} \mathbf{AND} b)$$

$$a = 1100, b = 1010$$

$$\begin{array}{r} 1100 \text{ } AND \\ \underline{0101} \\ 0100 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111111101 \end{array}$$

$$(a \mathbf{AND} \bar{b}) \mathbf{OR} (\bar{a} \mathbf{AND} b)$$

$$a = 1100, b = 1010$$

$$\begin{array}{r} 1100 \text{ } AND \quad 0011 \text{ } AND \\ \underline{0101} \quad \underline{1010} \\ 0100 \end{array}$$



## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111111101 \end{array}$$

$$(a \mathbf{AND} \bar{b}) \mathbf{OR} (\bar{a} \mathbf{AND} b)$$

$$a = 1100, b = 1010$$

$$\begin{array}{r} 1100 \text{ } AND \quad 0011 \text{ } AND \\ \underline{0101} \quad \underline{1010} \\ 0100 \quad 0010 \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111111101 \end{array}$$

$$(a \mathbf{AND} \bar{b}) \mathbf{OR} (\bar{a} \mathbf{AND} b)$$

$$a = 1100, b = 1010$$

$$\begin{array}{rcl} 1100 \text{ } AND & 0011 \text{ } AND & 0100 \text{ } OR \\ \underline{0101} & \underline{1010} & \underline{0010} \\ 0100 & 0010 & \end{array}$$

## Operaciones lógicas

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } AND \\ \underline{111011010100} \\ 100010000000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 100110101001 \text{ } OR \\ \underline{111011010100} \\ 111111111101 \end{array}$$

$$(a \mathbf{AND} \bar{b}) \mathbf{OR} (\bar{a} \mathbf{AND} b)$$

$$a = 1100, b = 1010$$

1100	AND	0011	AND	0100	OR
<u>0101</u>		<u>1010</u>		<u>0010</u>	
0100		0010		0110	

## **Circuito operacional**

Actividad: Implementar un circuito operacional de la suma con un bit.

## Circuito operacional

Actividad: Implementar un circuito operacional de la suma con un bit.

Para ello ver la compuerta XOR

## Circuito operacional

Actividad: Implementar un circuito operacional de la suma con un bit.

Para ello ver la compuerta XOR

Entarda		Salida
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

## Circuito operacional

Actividad: Implementar un circuito operacional de la suma con un bit.

Para ello ver la compuerta XOR

Entada		Salida
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

La operación  $a \mathbf{XOR} b$  es equivalente a escribir  $(a \mathbf{AND} \bar{b}) \mathbf{OR} (\bar{a} \mathbf{AND} b)$

## Circuito operacional

Actividad: Implementar un circuito operacional de la suma con un bit.

Para ello ver la compuerta XOR

Entada		Salida
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0

La operación  $a \mathbf{XOR} b$  es equivalente a escribir  $(a \mathbf{AND} \bar{b}) \mathbf{OR} (\bar{a} \mathbf{AND} b)$

Note que es el mismo resultado del primer bit de la suma

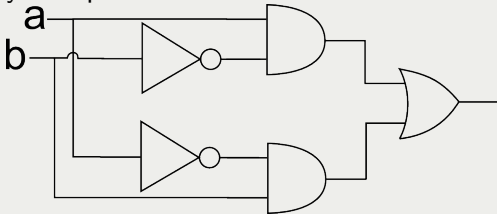


## Circuito operacional

La compuerta XOR se representa como:

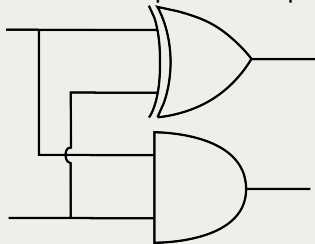


y su equivalente



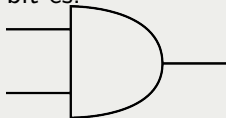
## Circuito operacional

El circuito operacional para la suma de un bit es



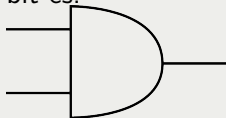
## Circuito operacional

Análogamente el circuito operacional para la multiplicación de un bit es:



## Circuito operacional

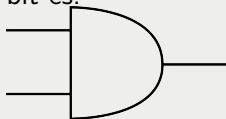
Análogamente el circuito operacional para la multiplicación de un bit es:



¿Cómo sería el circuito operacional de  $a \times b + c$ ?

## Circuito operacional

Análogamente el circuito operacional para la multiplicación de un bit es:



¿Cómo sería el circuito operacional de  $a \times b + c$ ?

¿Cómo sería el circuito operacional de  $a + b + \bar{c}$ ?

## **Unidad de Control**



