

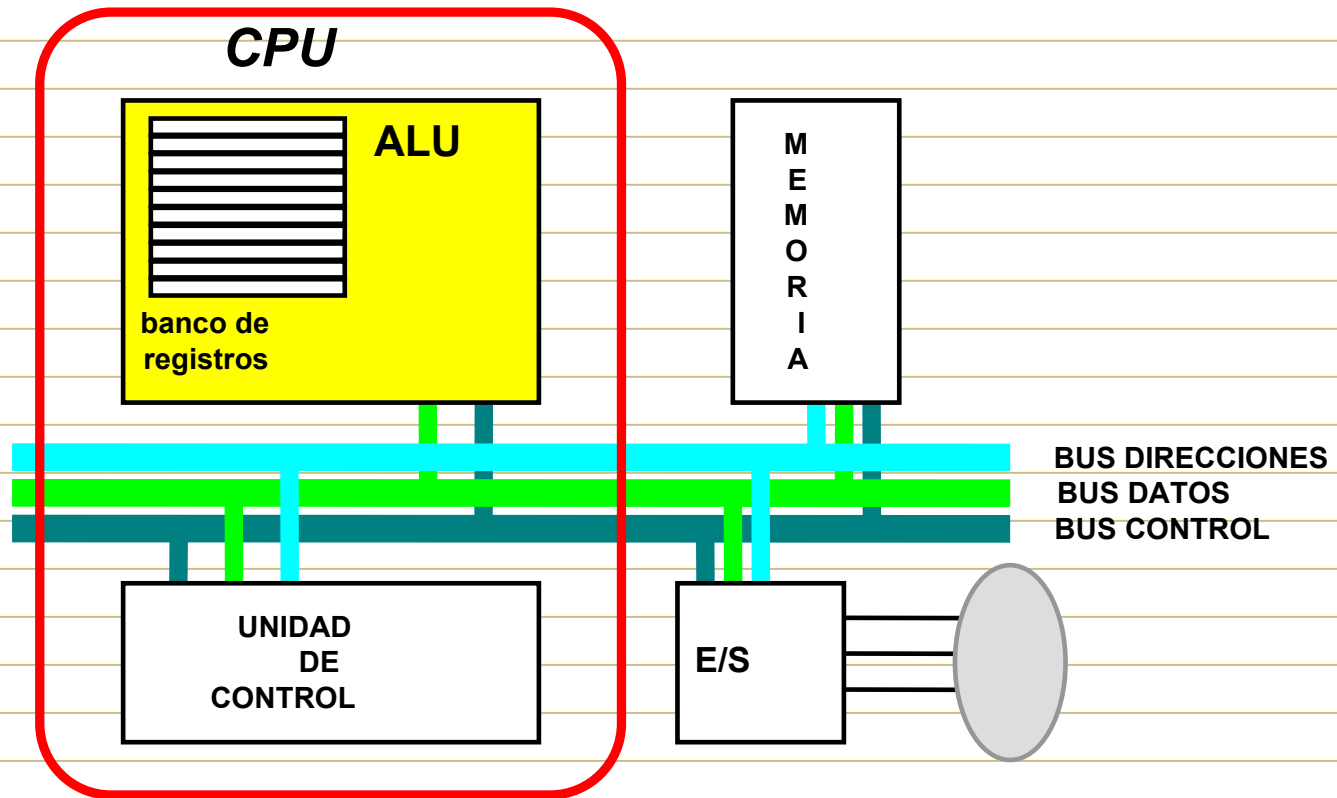
OPERADORES:

Maquinaria para realizar las instrucciones.

Capítulo Tercero
Fundamentos de Computadores
Ingeniería de Telecomunicación

Introducción (I)

ALU / Arquitectura Von Neumann



Arquitectura de Von Neumann

Introducción (II)

Operador:

- Dispositivo encargado de llevar a cabo una operación de tratamiento o manipulación de la información

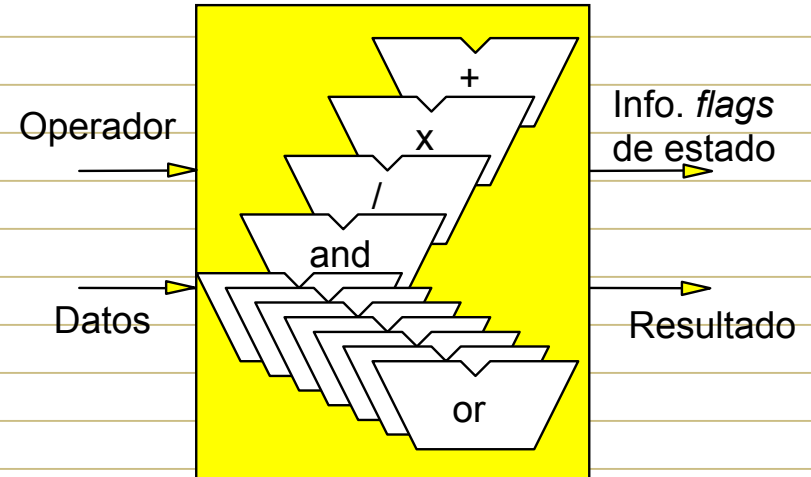


Unidad Aritmético Lógica:

- Conjunto de operadores disponibles en un computador

Registro de estado (RE):

- Registro que dispone de un conjunto de bits que indican situaciones especiales ocurridas al operar (Ej. acarreo, cero)
- Estos bits se llaman señalizadores o *flags*



Tipos de operadores

Clasificación de los operadores:

- Operadores generales y especializados:
 - Generales: Realizan diversas operaciones
 - Especializados: Realizan una determinada operación
- Operadores combinacionales y secuenciales:
 - Combinacionales: La salida depende directamente de las entradas
 - Secuenciales: La salida depende de las modificaciones de las entradas, en cada una de las etapas del algoritmo y de los estados.
- Operadores serie y paralelo:
 - Serie: La operación se realiza dígito a dígito
 - Paralelo: La operación se realiza, simultáneamente, sobre todos los dígitos del operando
- Operadores con tecnología MOS y bipolar

Tipos de ALU:

- Operaciones en **coma fija**
- Operaciones en **coma flotante**

Operaciones típicas de la ALU

Operaciones de desplazamiento

- Desplazamientos lógicos
- Desplazamientos aritméticos
- Desplazamientos circulares
- Desplazamientos concatenados

Operaciones lógicas

- NOT
- AND
- OR
- XOR

Operaciones sobre el signo

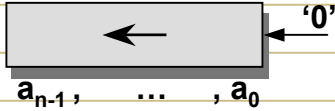
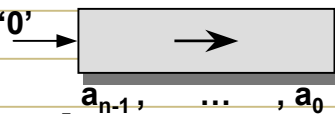
- Cambio de signo
- Extensión de signo

Operaciones aritméticas

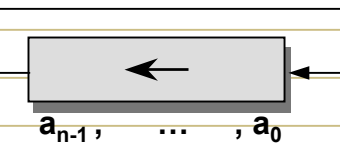
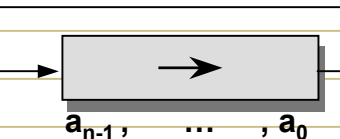
- Suma/resta binaria
- Suma/resta en coma flotante
- Suma/resta en BCD
- Multiplicación en binario
- Multiplicación en coma flotante
- División en binario
- División en coma flotante

Operaciones de desplazamiento

- **Desplazamientos lógicos:**

- a la izquierda 
- a la derecha 

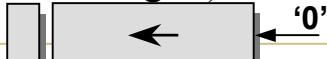
- **Desplazamientos circulares:**

- a la izquierda 
- a la derecha 

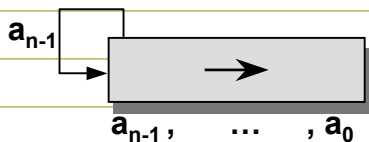
- **Desplazamientos concatenados:**

- registro-registro
- registro-biestado de acarreo
- registro-biestado de signo

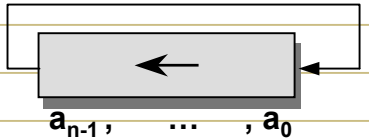
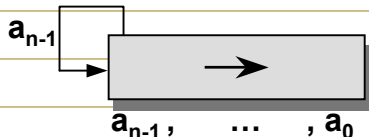
- **Desplazamientos aritméticos:**

- Aritmética sin signo (= Desplaz. lógicos)
- Aritmética en s-m (= Desplaz. lógicos, **pero** excluyendo al bit de signo)
 - a la izquierda 
 - a la derecha 

- Aritmética en Ca2

- a la izquierda (= Desplaz. lógicos)
- a la derecha 

- Aritmética en Ca1

- a la izquierda 
- a la derecha 

Operaciones lógicas

- Suma OR
- Producto AND
- Suma exclusiva XOR
- Negación NOT

Operaciones de suma y resta

Tablas de las operaciones de suma y resta

A	B	Resultado A+B	Acarreo
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

A	B	Resultado A-B	Acarreo
0	0	0	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	1	0	0

Operaciones de suma y resta

Sumadores-restadores paralelos (I)

Sumador-restador en exceso M

- Si $M = 2^{n-1}$:
 - invertir el bit más significativo de las representaciones en exceso 2^{n-1}
 - operar como si fueran representaciones en $Ca2$
 - invertir el bit más significativo del resultado

Operaciones de suma y resta

Sumadores-restadores paralelos (II)

- **Representación IEEE 754**

- Simple precisión: 32 bits
 - Mantisa: Signo (1 bit)
Magnitud (23 bits)
 - Mantisa fraccionaria con bit implícito
 - Exponente: Exceso 127 (8 bits)
- Doble precisión: 64 bits
 - Mantisa: Signo (1 bit)
Magnitud (52 bits)
 - Mantisa fraccionaria con bit implícito
 - Exponente: Exceso $2^{11-1}-1$ (11 bits)
- Ejemplos: Calcular el valor de:
- 0 1000 0011 1100 ... 0000
- 1 1000 0010 0010 ... 0000

- **Sumador-restador en coma flotante:**

- Separación de mantisas y exponentes
- Comparación de exponentes, obteniendo:
 - exponente mayor, que será el del resultado salvo normalización
 - mantisa que hay que desplazar, que será la de menor exponente
 - número total de desplazamientos
- Alineación de mantisas
- Realización de suma o resta
- Normalización
- **Ejemplo:** Suma de A+B, representados en el formato IEEE 754
- A: 0 0000 0010 0110 1000 ... 0000
- B: 0 0000 0100 1100 0101 0 ... 0000

Operaciones de multiplicación (I)

Algoritmo de suma desplazamiento

- Multiplicación binaria sin signo
- Este algoritmo se basa en el modo de multiplicar manualmente
- Ejemplo:
 - $A = 12 = 1100$
 - $B = 10 = 1010$
 - $A \times B = 12 \times 10 = 1100 \times 1010 = 1111000 = 120$

$$\begin{array}{r} 1100 \\ 1010 \\ \hline 0000 \\ 1100 \\ 0000 \\ 1100 \\ \hline 1111000 \end{array}$$

Operaciones de multiplicación (II)

Algoritmo de sumas y restas

- Multiplicación binaria sin signo
- Método para multiplicar operandos sin signo:
 1. Añadir al multiplicador un 0 por la izquierda
 2. Añadir al multiplicando (A) un 0 por la izquierda y calcular $-A$ (en $Ca2$)
 3. Recorrer el multiplicador desde el LSB al MSB y:
 - restar $A \cdot 2^i$ cuando se alcance el primer 1
 - sumar $A \cdot 2^i$ cuando se alcance el siguiente 0

- Ej. 1: Sea A: 1100 (12), y B:1010 (10):

1. B': ~~0~~1010

2. A: ~~0~~1100 y $-A$: 10100

3. $A \times B = -A \cdot 2^1 + A \cdot 2^2 - A \cdot 2^3 + A \cdot 2^4$

1 1 1 1 0 1 0 0 0 : $-A \cdot 2^1$

0 0 0 1 1 0 0 0 0 : $A \cdot 2^2$

1 1 0 1 0 0 0 0 0 : $-A \cdot 2^3$

0 1 1 0 0 0 0 0 0 : $A \cdot 2^4$

0 0 1 1 1 1 0 0 0 : 120

- Ej. 2: Sea A: 1100 (12), y B:0011 (3):

1. B': ~~0~~0011

2. A: ~~0~~1100 y $-A$: 10100

3. $A \times B = -A \cdot 2^0 + A \cdot 2^2$

1 1 1 1 1 0 1 0 0 : $-A \cdot 2^0$

0 0 0 1 1 0 0 0 0 : $A \cdot 2^2$

0 0 0 1 0 0 1 0 0 : 36

Operaciones de multiplicación (III)

Algoritmo de Booth

- Multiplicación con signo en Ca2
- El algoritmo de Booth acelera el proceso de la multiplicación y funciona correctamente con operandos en Ca2
- Método para multiplicar operandos en Ca2:

1. Calcular $-A$ en Ca2, tal que A es el multiplicando
2. Recorrer el multiplicador desde el LSB al MSB y:

- restar $A \cdot 2^i$ cuando se alcance el primer 1 y
- sumar $A \cdot 2^i$ cuando se alcance el siguiente 0

- Ej. 1: Sea $A: 1100$, $V(A) = -4$, y $B: 1010$, $V(B) = -6$, tal que:

1. $B': 1010$
2. $A: 1100$ y $-A: 0100$
3. $A \times B = -A \cdot 2^1 + A \cdot 2^2 - A \cdot 2^3$

$$\begin{array}{r}
 00001000 : -A \cdot 2^1 \\
 11110000 : A \cdot 2^2 \\
 \underline{00100000} : -A \cdot 2^3 \\
 00011000 : 24
 \end{array}$$

- Ej. 2: Sea $A: 1100$, $V(A) = -4$, y $B: 0011$, $V(B) = 3$, tal que:

1. $B': 0011$
2. $A: 1100$ y $-A: 0100$
3. $A \times B = -A \cdot 2^0 + A \cdot 2^2$

$$\begin{array}{r}
 00000100 : -A \cdot 2^0 \\
 \underline{11110000} : A \cdot 2^2 \\
 11110100 : -12
 \end{array}$$

Operaciones de división

División con restauración sin signo

$$\begin{array}{r}
 01010111 \quad | \quad 1001 \\
 - 1001 \\
 \hline
 00011 \\
 - 1001 \\
 \hline
 11010 \\
 00111 \quad \text{Restauramos} \\
 - 1001 \\
 \hline
 11110 \\
 01111 \quad \text{Restauramos} \\
 - 1001 \\
 \hline
 0110
 \end{array}$$

Ejemplos:

- Realizar la división de:
 - D: 1011 0100
 - d: 1001
 - Cociente: 101000
- D: 11000
 - d: 01100
 - Cociente: 00010