

# SISTEMAS DIGITALES

## UNIDAD 1- SISTEMAS DE NÚMERACIÓN Y OPERACIONES (Part.1)

Departamento de Ingeniería Informática y Ciencias de la  
Computación

UNIVERSIDAD DE ATACAMA

# Tabla de Contenidos

- 1 Recordatorio
- 2 Sistemas de numeración

# Conceptos

- **Computador:** Sistema (conjunto de elementos interrelacionados) al que se le suministran datos y nos aporta unos resultados acordes con la resolución de un determinado problema.
- **Programa:** Secuencia de instrucciones.
  - Sistema Operativo (S.O.): facilitan la gestión de los recursos.
  - Compiladores de lenguajes de alto nivel.

# Arquitectura

## Resumen:

- Memoria  $\rightarrow$  CPU: la CPU lee una instrucción o dato desde la memoria.
- CPU  $\rightarrow$  Memoria: la CPU escribe un dato en memoria.
- E/S  $\rightarrow$  CPU: la CPU lee datos de un dispositivo de E/S.
- CPU  $\rightarrow$  E/S: la CPU envía datos a un dispositivo de E/S.
- Memoria  $\leftrightarrow$  E/S: un módulo de E/S intercambia datos directamente con la memoria sin pasar por CPU.

# Tabla de Contenidos

- 1 Recordatorio
- 2 Sistemas de numeración

# La abstracción digital

La mayoría de las variables físicas son continuas.

## Example

El voltaje en un cable, la frecuencia de una oscilación o la posición de una masa son cantidades continuas.

Los sistemas digitales, por otro lado, representan información con **variables de valores discretos**, es decir, variables con un número finito de valores distintos.

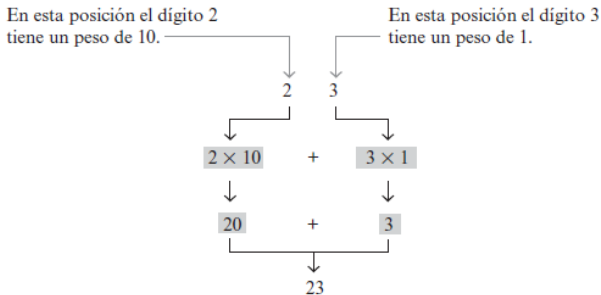
En la que un voltaje alto indica un 1 y un voltaje bajo indica un 0, porque es más fácil distinguir entre dos voltajes que diez.

La cantidad de información  $D$  en una variable de valor discreto con  $N$  estados distintos se mide **en unidades de bits** como

$$D = \log_2 N$$

# Sistema Numérico Decimal

El sistema numérico decimal se emplea en la aritmética cotidiana para representar números mediante cadenas de dígitos. Dependiente de su posición en la cadena, cada dígito tiene un valor asociado a un entero como potencia en base 10.



# Sistema Numérico Decimal

## Example

El número decimal 724.5 se interpreta de manera que representa 7 centenas, más 2 decenas, más 4 unidades y más 5 décimas.

Las centenas, decenas, unidades y décimas son potencias de 10, dependiendo de la posición de los dígitos.

El valor del número se calcula de la forma siguiente:

$$724,5 = 7 \times 10^2 + 2 \times 10^1 + 4 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1}$$



# Sistema Numérico Decimal

## Ejercicios:

- Expresar el número decimal 47 como una suma de valores de cada dígito.
- Expresar el número decimal 568,23 como suma de los valores de cada dígito.

# Sistema Numérico Decimal

## Resultado:

•

$$47 = (4 \times 10^1) + (7 \times 10^0)$$

•

$$568,23 = (5 \times 10^2) + (6 \times 10^1) + (8 \times 10^0) + (2 \times 10^{-1}) + (3 \times 10^{-2})$$

# Tabla de Contenidos

- ② Sistemas de numeración
  - Sistema Numérico Binario
  - Operaciones aritméticas binarias

# Sistema Numérico Binario

- El sistema de numeración binario es simplemente otra forma de representar magnitudes.
- Es menos complicado que el sistema decimal porque sólo emplea dos dígitos (0 y 1 [*bits*]).
- La posición de un 1 o un 0 en un número binario indica su peso; o valor dentro del número, del mismo modo que la posición de un dígito decimal determina el valor de ese dígito.
- Los pesos de un número binario se basan en las potencias de dos.

# Sistema Numérico Binario

**Table 1.1** Binary numbers and their decimal equivalent

1-Bit Binary Numbers	2-Bit Binary Numbers	3-Bit Binary Numbers	4-Bit Binary Numbers	Decimal Equivalents
0	00	000	0000	0
1	01	001	0001	1
	10	010	0010	2
	11	011	0011	3
		100	0100	4
		101	0101	5
		110	0110	6
		111	0111	7
			1000	8
			1001	9
			1010	10
			1011	11
			1100	12

# Sistema Numérico Binario

## Conversión binario a decimal

### Example

- Convierte el número binario  $10110_2$  a decimal:

$$10110_2 = 1X2^4 + 0X2^3 + 1X2^2 + 1X2^1 + 0X2^0 = 22_{10}$$

- Convierte el número binario  $11010_2$  a decimal:

$$11010_2 = 1X2^4 + 1X2^3 + 0X2^2 + 1X2^1 + 0X2^0 = 26_{10}$$

# Sistema Numérico Binario

## Conversión binario a decimal

### Ejercicios:

- Expresar el número decimal 4 *K* a binario.
- Expresar el número decimal 16 *M* a binario.

# Sistema Numérico Binario

## Conversión binario a decimal

### Resultado:

- $4K = 2^2 \times 2^{10} = 2^{12} = 4096$
- $16M = 2^4 \times 2^{20} = 2^{24} = 16777216$



# Sistema Numérico Binario

## Conversión de decimal a binario (Método la suma de los pesos)

- Una forma de hallar el número binario equivalente a un número decimal determinado consiste en determinar el conjunto de pesos binarios cuya suma es igual al número decimal.

### Example

$$9 = 8 + 1; 9 = 2^3 + 2^0$$

Colocando los 1s en las posiciones de pesos apropiadas,  $2^3$  y  $2^0$ , y los 0s en las posiciones  $2^2$  y  $2^1$  se determina el número binario correspondiente al decimal 9.

$$2^3 2^2 2^1 2^0 = 1001$$

# Sistema Numérico Binario

## Conversión decimal a binario

Ejercicios: Convertir a binario los siguientes números decimales:

- (a) 12
- (b) 25
- (c) 58
- (d) 82

# Sistema Numérico Binario

## Conversión decimal a binario

### Resultado:

- $$12 = 8 + 4 = 2^3 + 2^2 = 1100$$

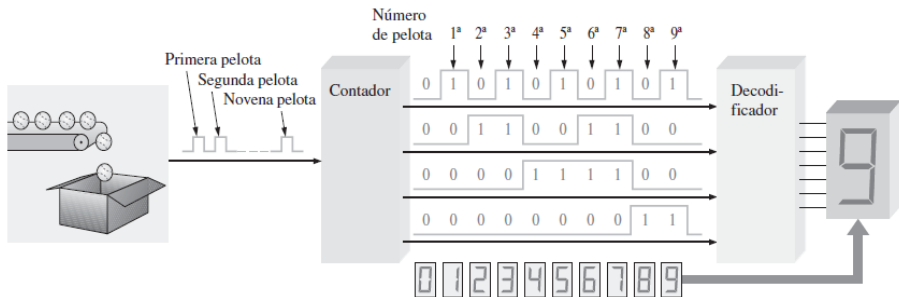
- $$25 = 16 + 8 + 1 = 2^4 + 2^3 + 2^0 = 11001$$

- $$58 = 32 + 16 + 8 + 2 = 2^5 + 2^4 + 2^3 + 2^1 = 111010$$

- $$82 = 64 + 16 + 2 = 2^6 + 2^4 + 2^1 = 1010010$$

# Sistema Numérico Binario

## Aplicación: Contador de pelotas



# Tabla de Contenidos

- ② Sistemas de numeración
  - Sistema Numérico Binario
  - Operaciones aritméticas binarias

# Operaciones aritméticas binarias

- La aritmética binaria es esencial en todas las computadoras digitales y en muchos otros tipos de sistemas digitales.
- Para entender los sistemas digitales, es necesario conocer los fundamentos de la suma, la resta, la multiplicación y la división binarias.

# Operaciones aritméticas binarias

## Suma binaria

- La suma binaria es muy parecida a la suma decimal, pero más sencilla.
- Como en la suma decimal, si la suma de dos números es mayor que lo que cabe en un solo dígito, llevamos un 1 a la siguiente columna.

$  \begin{array}{r}  11 \\  4277 \\  + 5499 \\  \hline  9776  \end{array}  $	$\leftarrow \text{carries} \rightarrow$	$  \begin{array}{r}  11 \\  1011 \\  + 0011 \\  \hline  1110  \end{array}  $
(a)		(b)

# Operaciones aritméticas binarias

## Suma binaria

$$\begin{array}{r} \text{11} \\ 4277 \\ + 5499 \\ \hline 9776 \end{array} \quad \leftarrow \text{carries} \rightarrow \quad \begin{array}{r} \text{11} \\ 1011 \\ + 0011 \\ \hline 1110 \end{array}$$

(a) (b)

- En la columna más a la derecha,  $7 + 9 = 16$ , que no cabe en un solo dígito porque es mayor que 9.
- Así que registramos el dígito de las unidades, 6, y llevamos el dígito de las decenas, 1, sobre a la siguiente columna.
- Del mismo modo, en binario, si la suma de dos números es mayor que 1, trasladamos el dígito 2 a la siguiente columna.



# Operaciones aritméticas binarias

## Suma binaria

- En la columna de la derecha, la suma  $1 + 1 = 2_{10} = 10_2$  no cabe en un solo dígito binario.
- Entonces registramos el dígito de las 1(0) y llevamos el dígito de las 2(1) del resultado a la siguiente columna.
- En la segunda columna, la suma es  $1 + 1 + 1 = 3_{10} = 11_2$ .
- Nuevamente, registramos el dígito de las 1(1) y llevamos el dígito de las 2(1) a la siguiente columna.
- Por razones obvias, el bit que se transfiere a la columna vecina se denomina bit de acarreo.

# Operaciones aritméticas binarias

## Resta binaria

- Cuando se restan números, algunas veces se genera un acarreo negativo que pasa a la siguiente columna de la izquierda.
- En binario, sólo se produce un acarreo negativo cuando se intenta restar 1 de 0.
- En este caso, cuando se acarrea un 1 a la siguiente columna de la izquierda, en la columna que se está restando se genera un 10, y entonces debe aplicarse la última de las cuatro reglas enumeradas.

# Operaciones aritméticas binarias

## Resta binaria

Restar 011 de 101.

*Solución*

$$\begin{array}{r} 101 \quad 5 \\ -011 \quad -3 \\ \hline 010 \quad 2 \end{array}$$

Examinemos detalladamente cómo se ha obtenido la resta de los dos números binarios, ya que es necesario un acarreo negativo. Empezamos por la columna de la derecha.

Columna izquierda:

Cuando se accarea un 1, queda 0, luego  $0 - 0 = 0$ .

Columna central:

Acarreo negativo de 1 de la columna siguiente que da lugar a 10 en esta columna, luego  $10 - 1 = 1$ .

Columna derecha:

$$1 - 1 = 0$$

$$\begin{array}{r} 0101 \\ -011 \\ \hline 010 \end{array}$$

# Operaciones aritméticas binarias

## Multiplicación binaria

- La multiplicación con números binarios se realiza de la misma forma que con números decimales.
- Se realizan los productos parciales, desplazando cada producto parcial sucesivo una posición hacia la izquierda, y sumando luego todos los productos parciales.

# Operaciones aritméticas binarias

## Multiplicación binaria

Realizar las siguientes multiplicaciones binarias:

(a)  $11 \times 11$     (b)  $101 \times 111$

*Solución*

$$\begin{array}{r} \text{(a)} \qquad \qquad 11 \qquad \qquad 3 \\ \qquad \qquad \times 11 \\ \hline \text{Productos} \left\{ \begin{array}{l} 11 \\ + 11 \end{array} \right. \\ \hline \text{parciales} \qquad \mathbf{1001} \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \text{(b)} \qquad \qquad 111 \qquad \qquad 7 \\ \qquad \qquad \times 101 \qquad \qquad \times 5 \\ \hline \text{Productos} \left\{ \begin{array}{l} 111 \\ 000 \end{array} \right. \\ \hline \text{parciales} \qquad + 111 \\ \hline \qquad \qquad \mathbf{100011} \end{array}$$

# Operaciones aritméticas binarias

## División binaria

Realizar las siguientes divisiones binarias:

(a)  $110 \div 11$       (b)  $110 \div 10$

*Solución*

(a) 
$$\begin{array}{r} 10 \\ 11 \overline{)110} \\ \underline{11} \phantom{0} \\ 000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2 \\ 3 \overline{)6} \\ \underline{6} \\ 0 \end{array}$$

(b) 
$$\begin{array}{r} 11 \\ 10 \overline{)110} \\ \underline{10} \phantom{0} \\ 10 \\ \underline{10} \\ 00 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 3 \\ 2 \overline{)6} \\ \underline{6} \\ 0 \end{array}$$

# Operaciones aritméticas binarias

## Ejercicios

Realizar las siguientes operaciones:

1  $1101 + 1010$

2  $10111 + 01101$

3  $1101 - 0100$

4  $1001 - 0111$

5  $110X111$

6  $1100/011$