Tema 1:

Representación digital de la información

Fundamentos de computadores

José Manuel Mendías Cuadros
Dpto. Arquitectura de Computadores y Automática
Universidad Complutense de Madrid

Contenidos

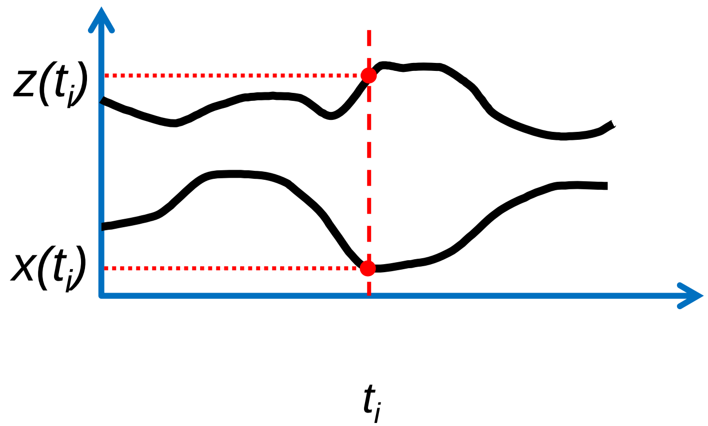
Presentación basada en los libros:

- R. Hermida, F. Sánchez y E. del Corral. *Fundamentos de computadores.*

Concepto de sistema

- <u>Sistema</u>: caja "negra" que a lo largo del tiempo:
  - Recibe información por sus entradas, x(t)
  - Procesa dicha información según una cierta función, F
  - Genera información por sus salidas, z(t)

$$z(t) = F(\,x(t)\,)$$



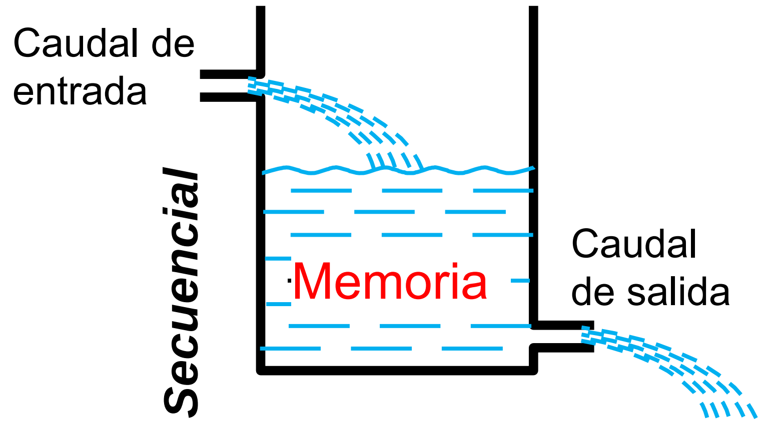
Analógicos vs. digitales

- Sistema analógico
  - Los valores que pueden tomar las entradas/salidas pertenecen a un espectro continuo de valores.
- Sistema digital
  - Los valores que pueden tomar las entradas/salidas están restringidos a un conjunto discreto de valores.

Los sistemas analógicos establecen semejanzas, los digitales numerizan

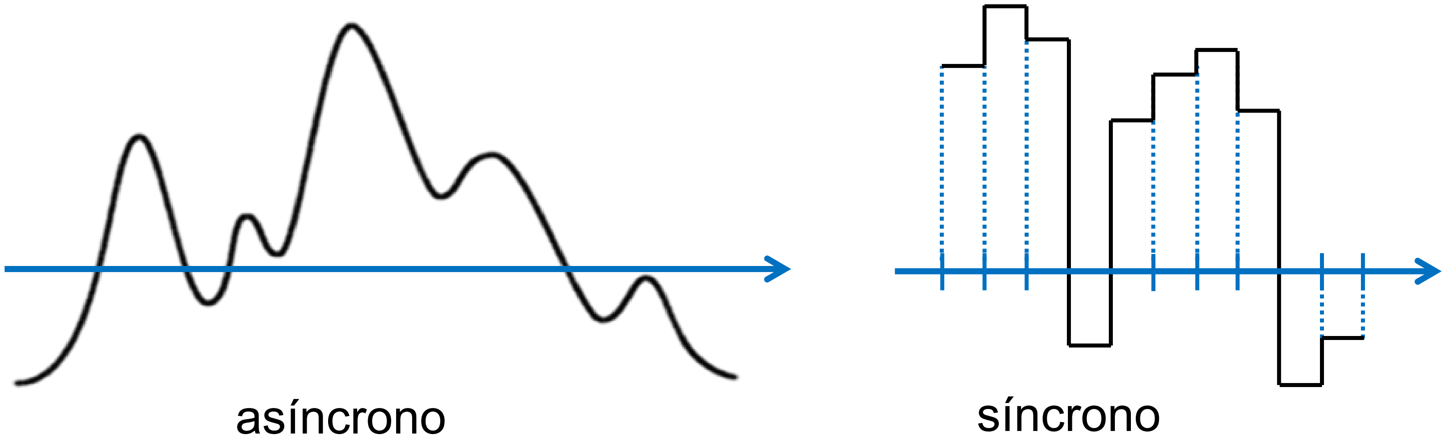
Combinacionales vs. secuenciales

- Sistema combinacional $z(t_i) = F(x(t_i))$
  - La salida en cada instante depende exclusivamente del valor de la entrada en ese instante.
- Sistema secuencial $z(t_i) = F(x(t)), \text{ con } t \in [0, t_i]$
  - La salida en cada instante depende del valor de la entrada en ese instante y de todos los valores que la entrada ha tomado con anterioridad.



Asíncronos vs. síncronos

- Asíncronos
  - o Las entradas/salidas pueden cambiar en cualquier momento.
- Síncronos
  - o Las entradas/salidas solo pueden cambiar en un conjunto discreto de instantes definidos por una señal de reloj.



Especificación vs. implementación

- Especificación *(¿qué hace?)*
  - o Descripción del comportamiento de un sistema sin precisar cómo está constituido.
- Implementación *(¿cómo está hecho?)*
  - o Descripción de un sistema en base a un conjunto de elementos más simples interconectados.

Para una especificación dada existen multitud de implementaciones válidas.

Síntesis vs. análisis

- Síntesis (o diseño)
  - Proceso de obtener una implementación que tenga el comportamiento definido por una especificación dada.
- Análisis
  - Proceso de obtener el comportamiento de una implementación dada.

Sistemas de numeración

- Mecanismo que permite dar una representación gráfica a cada número.
- Se define por:
  - Un conjunto discreto de símbolos (dígitos) cada uno de los cuales representa directamente un número.
    - La cardinalidad de este conjunto se llama base.
  - Un conjunto discreto de reglas de generación (notación) que permiten representar números mayores usando más de un dígito.
  - Un conjunto de reglas de manipulación de símbolos (aritmética) que permite realizar coherentemente operaciones con números.

Notación posicional

- Cada cantidad se representa utilizando una cadena de dígitos distinta

$$(a_{n-1}, a_{n-2} \dots a_1, a_0)_r$$

  - a_{n-1} es el dígito más significativo
  - a_0 es el dígito menos significativo
  - r es la base del sistema de numeración

- El valor de cada dígito es función de la posición que ocupa en la cadena (peso). El peso de la posición i en un sistema de *base r* es r^i

$$(\textit{valor dígito})_i = (\textit{valor digito}) \times r^i$$

- El valor de una cadena es la suma del valor de cada uno de los dígitos que la forman.

Notación polinomial

- Cada cantidad se representa por un polinomio cuya resolución permite conocer el valor representado

$$\sum_{i=0}^{n-1} a_i \times r^i$$

Notación posicional	Notación polinomial	Cantidad representada
$(17)_{10}$	$1\times10^1 + 7\times10^0$	*17*
$(10001)_2$	$1\times2^4 + 0\times2^3 + 0\times2^2 + 0\times2^1 + 1\times2^0$	*17*
$(21)_8$	$2\times8^1 + 1\times8^0$	*17*
$(11)_{16}$	$1\times16^1 + 1\times16^0$	*17*

Sistemas base 10, 2, 8 y 16

Decimal	Binario	Octal	Hexadecimal
0	0	0	0
1	1	1	1
2	10	2	2
3	11	3	3
4	100	4	4
5	101	5	5
6	110	6	6
7	111	7	7
8	1000	10	8
9	1001	11	9
10	1010	12	A
11	1011	13	B
12	1100	14	C
13	1101	15	D
14	1110	16	E
15	1111	17	F
16	10000	20	10
	computadores	*binario compacto*	

Aritmética binaria

- Aritmética de símbolos
  - o Las tablas de sumar, restar, multiplicar... dígitos.

Suma	
0 + 0 = 0	
0 + 1 = 1	
1 + 0 = 1	
1 + 1 = 0	y me llevo 1

Resta	
0 - 0 = 0	
0 - 1 = 1	y me llevo 1
1 - 0 = 1	
1 - 1 = 0	

Multiplicación
0 × 0 = 0
0 × 1 = 0
1 × 0 = 0
1 × 1 = 1

- Aritmética de notación
  - o El mecanismo para sumar, restar, multiplicar... cadenas de dígitos.

Suma binaria

$$\boxed{S = 9 + 11}$$

9		1	0	0	1	sumando 1
+ 11	+	1	0	1	1	sumando 2
						suma

Suma binaria

$$\boxed{S = 9 + 11}$$

	1						acarreos
		9	1	0	0	1	sumando 1
+	1	1	1	0	1	1	sumando 2
		0					suma

Suma binaria

$$\boxed{S = 9 + 11}$$

	1							acarreos
		9		1	0	0	1	sumando 1
+	1	1		1	0	1	1	sumando 2
	2	0						suma

Suma binaria

$$\boxed{S = 9 + 11}$$

	1				1			**acarreos**
		9	1	0	0	1		**sumando 1**
+	1	1	1	0	1	1		**sumando 2**
	2	0				0		**suma**

Suma binaria

$\boxed{S = 9 + 11}$

	1			1	1			acarreos
		9		1	0	0	1	sumando 1
+	1	1		1	0	1	1	sumando 2
	2	0				0	0	suma

Suma binaria

S = 9 + 11

	1			1	1			acarreos
		9	1	0	0	1		sumando 1
+	1	1	1	0	1	1		sumando 2
	2	0		1	0	0		suma

Suma binaria

S = 9 + 11

	1		1		1	1			acarreos
		9		1	0	0	1		sumando 1
+	1	1		1	0	1	1		sumando 2
	2	0		0	1	0	0		suma

Suma binaria

S = 9 + 11

	1		1		1	1		**Acarreos**
		9		1	0	0	1	**sumando 1**
+	1	1		1	0	1	1	**sumando 2**
	2	0	1	0	1	0	0	**Suma**

Resta binaria

$$\boxed{R = 83 - 21}$$

83		1 0 1 0 0 1 1	minuendo
–21	–	1 0 1 0 1	sustraendo
			acarreos
			diferencia

Resta binaria

$$R = 83 - 21$$

83	1 0 1 0 0 1 1	minuendo
–21	– 1 0 1 0 1	sustraendo
		acarreos
2		diferencia

Resta binaria

$$\boxed{R = 83 - 21}$$

8 3		1	0	1	0	0	1	1	minuendo
–2 1	–			1	0	1	0	1	sustraendo
									acarreos
6 2									diferencia

Resta binaria

R = 83 - 21

8 3	1 0 1 0 0 1 1	minuendo
–2 1	– 1 0 1 0 1	sustraendo
		acarreos
6 2	0	diferencia

Resta binaria

$$\boxed{R = 83 - 21}$$

83		1	0	1	0	0	1	1	minuendo
–21	–			1	0	1	0	1	sustraendo
									acarreos
62							1	0	diferencia

Resta binaria

R = 83 - 21

83		1	0	1	0	0	1	1	minuendo
–21		–		1	0	1	0	1	sustraendo
					1				acarreos
62						1	1	0	diferencia

Resta binaria

$$\boxed{R = 83 - 21}$$

83	1	0	1	0	0	1	1	minuendo
–21	–		1	0	1	0	1	sustraendo
			1	1				acarreos
62				1	1	1	0	diferencia

Resta binaria

$$\boxed{R = 83 - 21}$$

83	1 0 1 0 0 1 1	minuendo
-21	– 1 0 1 0 1	sustraendo
	1 1 1	acarreos
62	1 1 1 1 0	diferencia

Resta binaria

$$R = 83 - 21$$

$\begin{array}{r} 83 \\ -21 \\ \hline \\ \hline 62 \end{array}$	$\begin{array}{rrrrrrrr} & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ - & & & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ \hline & 1 & 1 & 1 & 1 & & & \\ \hline & & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{array}$	minuendo sustraendo acarreos diferencia

Resta binaria

$$R = 83 - 21$$

	Decimal	Binario	
	8 3	1 0 1 0 0 1 1	minuendo
–	2 1	1 0 1 0 1	sustraendo
		1 1 1 1	acarreos
	6 2	0 1 1 1 1 1 0	diferencia

Multiplicación binaria

$$\boxed{P = 11 \times 5}$$

	1 1		1 0 1 1	multiplicando
×	5	×	1 0 1	multiplicador

Multiplicación binaria

$$\boxed{P = 11 \times 5}$$

$$\begin{array}{rr} & 11 \\ \times & 5 \\ \hline & 5 \end{array} \qquad \begin{array}{rr} & 1\ 0\ 1\ 1 \\ \times & 1\ 0\ 1 \\ \hline \end{array}$$

multiplicando

multiplicador

productos parciales

resultado

Multiplicación binaria

$$\boxed{P = 11 \times 5}$$

$$\begin{array}{r} 11 \\ \times \quad 5 \\ \hline 55 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1\ 0\ 1\ 1 \\ \times \quad 1\ 0\ 1 \\ \hline \\ \\ \hline \end{array}$$

multiplicando

multiplicador

productos parciales

resultado

Multiplicación binaria

$$\boxed{P = 11 \times 5}$$

	1	1		1	0	1	1	multiplicando
$\times$		5	$\times$		1	0	1	multiplicador
	5	5		1	0	1	1	
								productos parciales
								resultado

Multiplicación binaria

$$\boxed{P = 11 \times 5}$$

$$\begin{array}{r} 1\ 1 \\ \times \quad 5 \\ \hline 5\ 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{rrrrrl} & 1 & 0 & 1 & 1 & \text{multiplicando} \\ \times & & 1 & 0 & 1 & \text{multiplicador} \\ \hline & 1 & 0 & 1 & 1 & \\ 0 & 0 & 0 & 0 & & \text{productos parciales} \\ & & & & & \\ \hline & & & & & \text{resultado} \end{array}$$

Multiplicación binaria

$$\boxed{P = 11 \times 5}$$

$$\begin{array}{rr} & 1\;1 \\ \times & 5 \\ \hline & 5\;5 \end{array}$$

$$\begin{array}{rrrrrrl} & & 1 & 0 & 1 & 1 & \text{multiplicando} \\ \times & & & 1 & 0 & 1 & \text{multiplicador} \\ \hline & & 1 & 0 & 1 & 1 & \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & & \text{productos parciales} \\ 1 & 0 & 1 & 1 & & & \\ \hline & & & & & & \text{resultado} \end{array}$$

Multiplicación binaria

$$\boxed{P = 11 \times 5}$$

$$\begin{array}{rr} & 1\ 1 \\ \times & 5 \\ \hline & 5\ 5 \end{array}$$

$$\begin{array}{rrrrrrl} & & 1 & 0 & 1 & 1 & \text{multiplicando} \\ \times & & & 1 & 0 & 1 & \text{multiplicador} \\ \hline & & 1 & 0 & 1 & 1 & \\ & 0 & 0 & 0 & 0 & & \text{productos parciales} \\ 1 & 0 & 1 & 1 & & & \\ \hline 1\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & & \text{resultado} \end{array}$$

Conversión entre bases

- Sustitución en serie

base R → base S, usando la aritmética de base S

otra → base 10

- Se evalúa la representación polinomial del número usando la aritmética de base S.

$$(2A)_{16} = 2\times16^1 + 10\times16^0 = 32 + 10 = (42)_{10}$$

$$(1010)_2 = 1\times2^3 + 0\times2^2 + 1\times2^1 + 0\times2^0$$
$$= 8 + 0 + 2 + 0 = (10)_{10}$$

Conversión entre bases

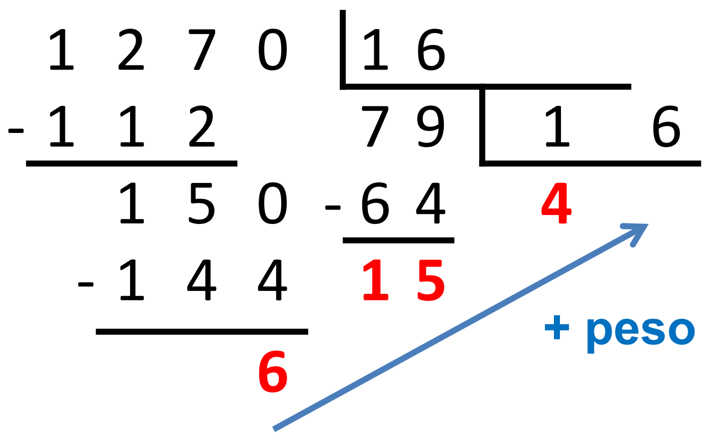
- <u>División por la base</u>

base R → base S, usando la aritmética en <u>base R</u>

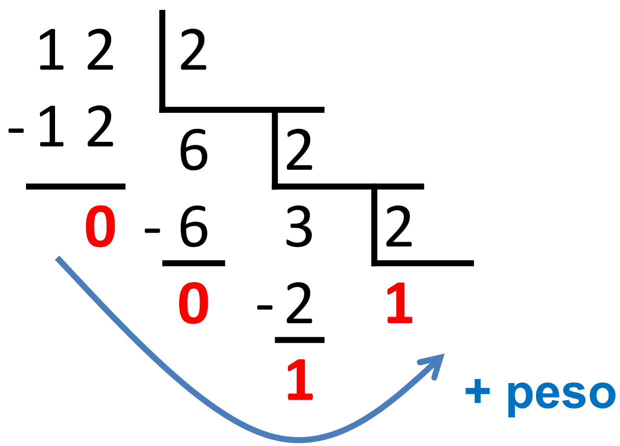
base 10 → otra

- Se divide sucesivamente el número por S reservando los restos hasta que el cociente sea menor que S.

$(1270)_{10} = (4F6)_{16}$



$(12)_{10} = (1100)_2$



Conversión entre bases

- Conversión entre potencias de la misma base

base R → base $S=R^i$

base 2→ base $8=2^3$ o base $16=2^4$

- Los dígitos de base R se agrupan de derecha a izquierda en bloques de i elementos.
- Cada bloque se remplaza por el correspondiente dígito de base S.

$$(10011110110)_2 = (2366)_8$$

$$(100111101)_2 = (13D)_{16}$$

Conversión entre bases

- Conversión entre potencias de la misma base

base $R=S^i \rightarrow$ base S

base $8=2^3$ o base $16=2^4 \rightarrow$ base 2

  - Cada dígito de base R se remplaza por el correspondiente bloque de dígitos en base S.

$$(713)_8 = (111001011)_2$$

$$(A5C)_{16} = (101001011100)_2$$

Representación de la información

- Un sistema digital solo procesa información digital codificada en binario.
  - Una codificación es un convenio que asocia a cada elemento de información una representación binaria diferente.
  - Un mismo dato puede tener distintas representaciones en distintos códigos.
- Cada código usa un número de dígitos binarios fijo (bits de anchura) que limita el número de datos representable.
  - Con n bits como máximo se representan 2^n datos diferentes.
- El problema del desbordamiento:
  - En las codificaciones numéricas, se produce cuando el resultado de una operación aritmética no es representable (no hay un código que represente al resultado).
  - Deben detectarse porque el resultado obtenido es incorrecto.

Binario puro

- Codifica números naturales
- Notación n bits:
  - o n bits codifican la magnitud en binario.
- Rango representable: $[\ 0,\ 2^n\text{-}1\ ]$
- Aritmética:
  - o Extensión (pasar de n a m bits la representación del número, con m>n)
    - Completar con ceros por la izquierda.
  - o Suma
    - Suma binaria
    - Hay desbordamiento si al sumar el bit más significativo se produce un acarreo.

$$6_{10} = (00110)_{2\text{-}5bits}$$

$$\begin{array}{rccccl} & 1 & 0 & 1 & 1 & (11) \\ + & 0 & 1 & 1 & 1 & (7) \\ \hline {}^{1} & 0 & 0 & 1 & 0 & (2 \neq 18) \end{array}$$

Magnitud y signo (MyS)

- Codifica números enteros
- Notación n bits:
  - 1 bit codifica el signo (el bit más significativo)
  - n-1 codifican la magnitud en binario.
    - Positivos: $+\,N = 0\,(N)_2$
    - Negativos: $-\,N = 1\,(N)_2$
- Rango representable: $[-(2^{n-1}-1), +(2^{n-1}-1)]$
  - el cero tiene doble representación (000..00) y (100..00)

$$6_{10} = (0110)_2 \Rightarrow \boxed{\begin{array}{l} (+\,6_{10}) = (00110)_{MyS\text{-}5bits} \\ (-\,6_{10}) = (10110)_{MyS\text{-}5bits} \end{array}}$$

Magnitud y signo (MyS)

- Procedimiento de codificación (n bits)
  - Codificar el signo '+' ≡ '0' , ' – ' ≡ '1'
  - Codificar la magnitud en binario de n-1 bits usando división por la base.

$$-26_{10} \rightarrow \text{MyS de 8 bits} \left[\begin{array}{l} \text{signo} \equiv (1) \\ \text{magnitud} \equiv (0011010) \end{array} \right] -26_{10} = (10011010)_{MyS}$$

$$+115_{10} \rightarrow \text{MyS de 8 bits} \left[\begin{array}{l} \text{signo} \equiv (0) \\ \text{magnitud} \equiv (1110011) \end{array} \right] +115_{10} = (01110011)_{MyS}$$

- Procedimiento de decodificación:
  - Decodificar el signo '0' ≡ '+', '1' ≡ '-'
  - Decodificar la magnitud usando sustitución en serie.

$$(10010010)_{MyS} \rightarrow \text{decimal} \left[\begin{array}{l} \text{signo} \equiv \text{'–'} \\ \text{magnitud} \equiv 18_{10} \end{array} \right] (10010010)_{MyS} = -18_{10}$$

$$(01011010)_{MyS} \rightarrow \text{decimal} \left[\begin{array}{l} \text{signo} \equiv \text{'+'} \\ \text{magnitud} \equiv 90_{10} \end{array} \right] (01011010)_{MyS} = +90_{10}$$

Aritmética en MyS

- Cambio de signo (cambiar un número por su opuesto)
  - Cambiar el bit de signo

$$-\,(00110)_{MyS\text{-}5bits} = (10110)_{MyS\text{-}5bits}$$

- Extensión (pasar n a m bits, con m>n)
  - Manteniendo el signo, completar la magnitud con ceros por la izquierda.

$$(-\,6_{10}) = (10110)_{MyS\text{-}5bits} = (10000110)_{MyS\text{-}8bits}$$

- Suma / Resta
  - Signo y magnitud se manipulan por separado.
  - El signo del resultado depende de las magnitudes y signos de los operandos.
  - Las magnitudes se suman o restan en función de la magnitud y signo de los operandos.

Aritmética en MyS: suma

- Signo (A) = signo (B)
  - Signo (R) = signo (A) = signo (B)
  - Magnitud (R) = magnitud (A) + magnitud (B)

$$\begin{array}{rr|l} & + & 4 \\ + & + & 2 \\ \hline & + & 6 \end{array} \qquad \begin{array}{rr|lll} & 0 & 1 & 0 & 0 \\ + & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \hline & 0 & 1 & 1 & 0 \end{array} \qquad \begin{array}{rr|l} & - & 4 \\ + & - & 2 \\ \hline & - & 6 \end{array} \qquad \begin{array}{rr|lll} & 1 & 1 & 0 & 0 \\ + & 1 & 0 & 1 & 0 \\ \hline & 1 & 1 & 1 & 0 \end{array}$$

- Signo (A) = positivo, signo (b) = negativo, |A| ≥ |B|
  - Signo (R) = signo (A) = positivo
  - Magnitud (R) = magnitud (A) - magnitud (B)

$$\begin{array}{rr|l} & + & 4 \\ + & - & 2 \\ \hline & + & \end{array} \qquad \begin{array}{r|l} & 4 \\ - & 2 \\ \hline & 2 \end{array} \qquad \begin{array}{rr|lll} & 0 & 1 & 0 & 0 \\ + & 1 & 0 & 1 & 0 \\ \hline & 0 & & & \end{array} \qquad \begin{array}{r|lll} & 1 & 0 & 0 \\ - & 0 & 1 & 0 \\ \hline & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

Aritmética en MyS: suma

- Signo (A) = positivo, signo (b) = negativo, |A| < |B|
  - Signo (R) = signo (B) = negativo
  - Magnitud (R) = magnitud (B) - magnitud (A)

$$
\begin{array}{rr:l}
 & + & 2 \\
+ & - & 4 \\
\hline
 & - &
\end{array}
\qquad
\begin{array}{r:l}
 & 4 \\
- & 2 \\
\hline
 & 2
\end{array}
\qquad
\begin{array}{rr:lll}
 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
+ & 1 & 1 & 0 & 0 \\
\hline
 & 1 & & &
\end{array}
\qquad
\begin{array}{r:lll}
 & 1 & 0 & 0 \\
- & 0 & 1 & 0 \\
\hline
 & 0 & 1 & 0
\end{array}
$$

- Resto de casos
  - Equivalente a alguno de los anteriores si se aplica conmutatividad.
- Desbordamiento
  - Hay desbordamiento si al operar con el bit más significativo de la magnitud se produce un acarreo.

Complemento a dos (C2)

- Codifica números enteros
- Notación con ***n*** bits:
  - Positivos: $+ N = 0\ (N)_2$
  - Negativos: $- N = (2^n - N)_2 = C2(\ (N)_2)$
    - el bit más significativo se denomina bit de signo
- Rango representable: $[-(2^{n-1}), +(2^{n-1}-1)\ ]$
  - el cero tiene una única representación (000..00)
  - el rango es asimétrico, hay un negativo de más (100..00)

$$6_{10} = (0110)_2 \Rightarrow (+\ 6_{10}) = ({\color{red}0}0110)_{C2\text{-}5bits}$$

$$(2^5 - 6)_{10} = (26)_{10} = (11010)_2 \Rightarrow (-\ 6_{10}) = ({\color{red}1}1010)_{C2\text{-}5bits}$$

Complemento a dos (C2)

- Procedimiento de codificación (n bits)
  - Si el número es positivo, codificar en binario con n bits usando el método de división por la base.

$$+93_{10} \rightarrow \text{C2 de 8 bits} \left\{ 93_{10} = (01011101)_2 \right\} +93_{10} = (01011101)_{C2}$$

  - Si el número es negativo, codificar el número prescindiendo del signo en binario de n bits usando el método de división por la base y realizar el complemento a dos del resultado.

$$-78_{10} \rightarrow \text{C2 de 8 bits} \left\{ \begin{array}{l} 78_{10} = (01001110)_2 \\ \text{C2}(01001110) = (10110010) \end{array} \right\} -78_{10} = (10110010)_{C2}$$

Complemento a dos (C2)

- Procedimiento de decodificación:
  - Si el bit de signo es positivo (vale '0'), decodificarlo usando el método de sustitución en serie.

$$(01110001)_{C2} \rightarrow \text{decimal} \left\{ (01110001)_2 = (113)_{10} \right\} (01110001)_{C2} = +113_{10}$$

  - Si el bit de signo es negativo (vale '1'), realizar su complemento a dos y decodificar el resultado usando el método de sustitución en serie.

$$(10110100)_{C2} \rightarrow \text{decimal} \left\{ \begin{array}{l} C2(10110100) = (01001100) \\ (01001100)_2 = (76)_{10} \end{array} \right\} (10110100)_{C2} = -76_{10}$$

Complemento a dos (C2)

- Para realizar la operación C2 hay varias opciones:
  - Restar el número a 2^n
  - Invertir todos los bits y sumar 1
  - Copiar los bits de derecha a izquierda hasta encontrar el primer 1, invertir el resto.

Aritmética en C2

- Cambio de signo (cambiar un número por su opuesto)
  - o Complementar a dos el número

$$-(00110)_{C2\text{-}5bits} = C2(00110) = (11010)_{C2\text{-}5bits}$$

- Extensión (pasar n a m bits, con m>n)
  - o Replicar el bit de signo hacia la izquierda

$$(-\,6_{10}) = (11010)_{C2\text{-}5bits} = (11111010)_{C2\text{-}8bits}$$

$$(+\,6_{10}) = (00110)_{C2\text{-}5bits} = (00000110)_{C2\text{-}8bits}$$

Aritmética en C2: suma

- Signo (A) = signo (B)
  - R = A + B

$$\begin{array}{rrr} & + & 4 \\ + & + & 2 \\ \hline & + & 6 \end{array} \qquad \begin{array}{rrrrr} & 0 & 1 & 0 & 0 \\ + & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \hline & 0 & 1 & 1 & 0 \end{array} \qquad \begin{array}{rrr} & - & 4 \\ + & - & 2 \\ \hline & - & 6 \end{array} \qquad \begin{array}{rrrrr} & 1 & 1 & 0 & 0 \\ + & 1 & 1 & 1 & 0 \\ \hline {}^{1} & 1 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

- Signo (A) = positivo, signo (B) = negativo, |A| ≥ |B|
  - R = A + B

$$\begin{array}{rrr} & + & 4 \\ + & - & 2 \\ \hline & + & 2 \end{array} \qquad \begin{array}{rrrrr} & 0 & 1 & 0 & 0 \\ + & 1 & 1 & 1 & 0 \\ \hline {}^{1} & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array}$$

Aritmética en C2: suma

- Signo (A) = positivo, signo (B) = negativo, |A| < |B|
  - R = A + B

	+	2				0	0	1	0
+	-	4			+	1	1	0	0
	-	2				1	1	1	0

- Resto de casos
  - Equivalente a alguno de los anteriores si se aplica conmutatividad.

- Resumen suma/resta
  - Para sumar/restar números en C2 basta con hacerlo en binario, ignorando el acarreo del bit más significativo.
  - No obstante, es común realizar la resta como la suma del opuesto
    - $A - B = A + (-B) =_{C2} A + C2(B)$

Aritmética en C2: suma

- Desbordamiento
  - En la suma, solo puede producirse si ambos operandos son del mismo signo. En la resta, solo si son de distinto signo.
  - Se detecta chequeando si el signo del resultado es coherente con el signo de los operandos. Si al sumar dos números negativos da resultado positivo o al sumar dos positivos da negativos.
  - NO se tiene en cuenta el acarreo del bit más significativo

	0	0	1	1	(+3)
+	0	1	1	0	(+6)
	1	0	0	1	(-7≠+9)

	1	0	1	1	(-5)
+	1	0	1	0	(-6)
1	0	1	0	1	(+5≠-11)

el rango representable con 4 bits es: [-8, +7]

Comparación códigos (4 bits)

Decimal	MyS	C2
+7	0111	0111
+6	0110	0110
+5	0101	0101
+4	0100	0100
+3	0011	0011
+2	0010	0010
+1	0001	0001
+0	0000	0000
-0	1000	----
-1	1001	1111
-2	1010	1110
-3	1011	1101
-4	1100	1100
-5	1101	1011
-6	1110	1010
-7	1111	1001
-8	----	1000

Representaciones decimales

- BCD (Binary Coded Decimal)
  - Cada dígito decimal se representa por un bloque de 4 bits (*nibble*) que lo codifica en binario.

$$(375)_{10} = (001101110101)_{BCD}$$

- Exceso-3
  - Cada dígito decimal se representa por un bloque de 4 bits que codifica en binario el valor del dígito + 3.

$$(375)_{10} = (011010101000)_{EX\text{-}3}$$

Simplifican la conversión decimal-binario y evitan pérdidas de precisión en la conversión de números con parte fraccionaria

Representaciones de alfabetos

- ASCII (American Standard Code for Information Interchange)
  - Codifica el alfabeto latino occidental con 7 bits.
  - Los códigos 00h-1Fh (0-31) y el 7Fh (127) son de control.
  - Los códigos 20h-7Eh (32-126) son imprimibles.
  - Hay diferentes extensiones de 8 bits (1 byte) para soportar más caracteres imprimibles.

- EBCDIC (Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)
  - Codifica el alfabeto latino occidental con 8 bits.

- Unicode. (Investigad en qué consiste)

Código ASCII (7 bits)

ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo
0	0	NUL	16	10	DLE	32	20	(espacio)	48	30	0
1	1	SOH	17	11	DC1	33	21	!	49	31	1
2	2	STX	18	12	DC2	34	22	"	50	32	2
3	3	ETX	19	13	DC3	35	23	#	51	33	3
4	4	EOT	20	14	DC4	36	24	$	52	34	4
5	5	ENQ	21	15	NAK	37	25	%	53	35	5
6	6	ACK	22	16	SYN	38	26	&	54	36	6
7	7	BEL	23	17	ETB	39	27	'	55	37	7
8	8	BS	24	18	CAN	40	28	(	56	38	8
9	9	TAB	25	19	EM	41	29	)	57	39	9
10	A	LF	26	1A	SUB	42	2A	*	58	3A	:
11	B	VT	27	1B	ESC	43	2B	+	59	3B	;
12	C	FF	28	1C	FS	44	2C	,	60	3C	<
13	D	CR	29	1D	GS	45	2D	-	61	3D	=
14	E	SO	30	1E	RS	46	2E	.	62	3E	>
15	F	SI	31	1F	US	47	2F	/	63	3F	?

ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo	ASCII	Hex	Símbolo
64	40	@	80	50	P	96	60	`	112	70	p
65	41	A	81	51	Q	97	61	a	113	71	q
66	42	B	82	52	R	98	62	b	114	72	r
67	43	C	83	53	S	99	63	c	115	73	s
68	44	D	84	54	T	100	64	d	116	74	t
69	45	E	85	55	U	101	65	e	117	75	u
70	46	F	86	56	V	102	66	f	118	76	v
71	47	G	87	57	W	103	67	g	119	77	w
72	48	H	88	58	X	104	68	h	120	78	x
73	49	I	89	59	Y	105	69	i	121	79	y
74	4A	J	90	5A	Z	106	6A	j	122	7A	z
75	4B	K	91	5B	[	107	6B	k	123	7B	{
76	4C	L	92	5C	\	108	6C	l	124	7C	|
77	4D	M	93	5D	]	109	6D	m	125	7D	}
78	4E	N	94	5E	^	110	6E	n	126	7E	~
79	4F	O	95	5F	_	111	6F	o	127	7F	□

No olvidar

Una cadena de bits por sí misma no significa nada

10001001

¿?

No olvidar

Una cadena de bits por sí misma no significa nada

10001001

¿?

¿? $\xrightarrow{\text{BCD}}$ 89

¿? $\xrightarrow{\text{bin}}$ 137

¿? $\xrightarrow{\text{C2}}$ -119

¿? $\xrightarrow{\text{MyS}}$ -9

¿? $\xrightarrow{\text{ASCII}_{\text{8-bits}}}$ ê

es la codificación usada la que le da sentido