

Tema 2 (repaso de representación) Representación de la información

Estructura de Computadores
Grado en Ingeniería Informática

A recordar...

1. Estudiar la teoría asociada:
 - ▶ Repasar lo visto en clase.
 - ▶ Estudiar el material asociado a la bibliografía: las transparencias solo no son suficiente.
2. Ejercitar las competencias:
 - ▶ Realizar las prácticas progresivamente.
 - ▶ Realizar todos los ejercicios posibles.

Contenidos

1. Introducción

1. Motivación y objetivos
2. Sistemas posicionales

2. Representaciones

1. Alfanuméricas: letras y cadenas
2. Numéricas: naturales y enteras

Contenidos

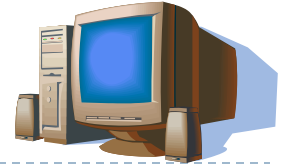
1. **Introducción**

1. **Motivación y objetivos**
2. Sistemas posicionales

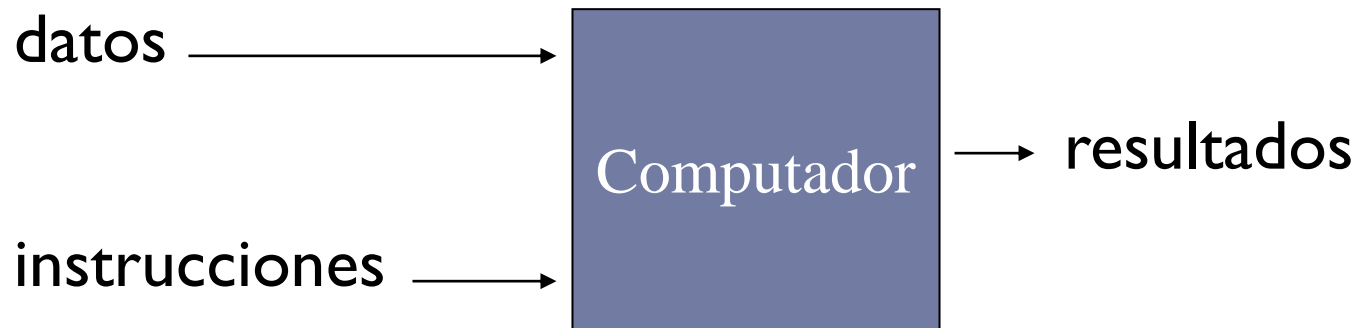
2. Representaciones

1. Alfanuméricas: letras y cadenas
2. Numéricas: naturales y enteras

Introducción: computador

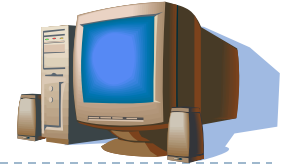


- ▶ Un computador es una máquina destinada a procesar datos.

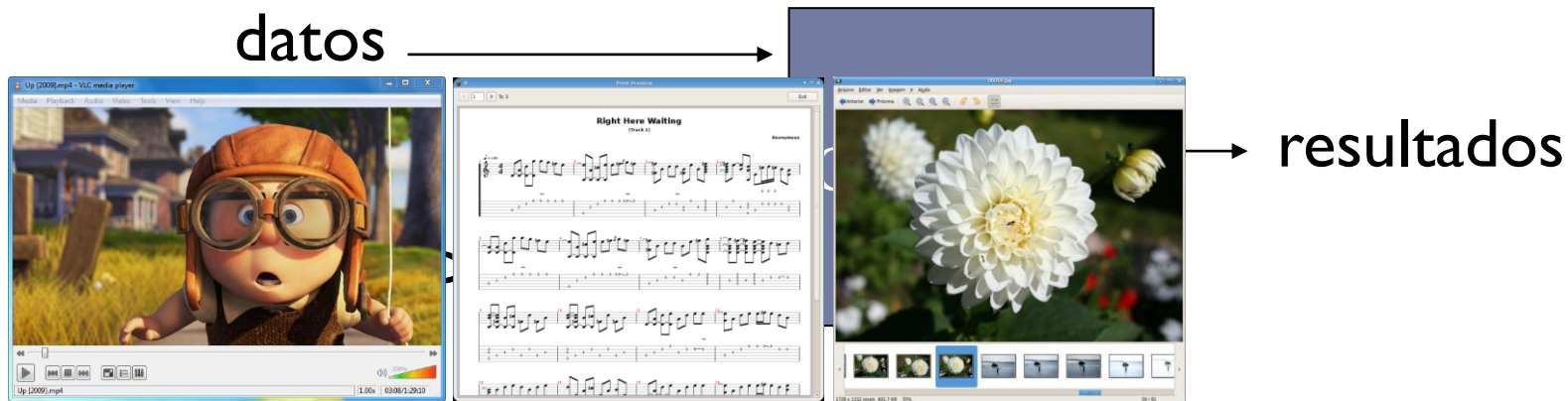


- ▶ Se aplican unas instrucciones y se obtiene unos resultados

Introducción: computador

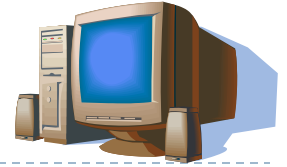


- ▶ Un computador es una máquina destinada a procesar datos.

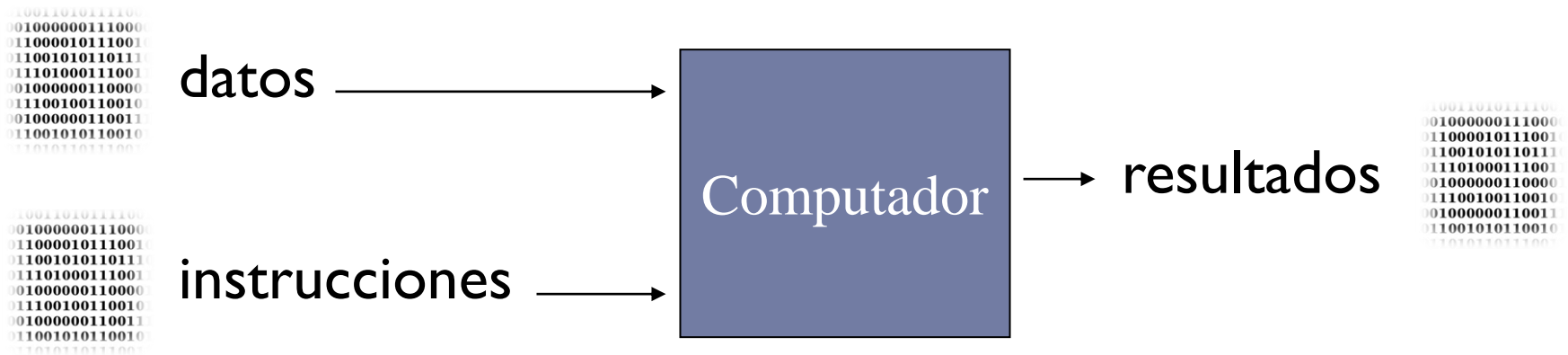


- ▶ Se aplican unas instrucciones y se obtiene unos resultados
- ▶ Los datos/información pueden ser de **distintos tipo**

Introducción: computador



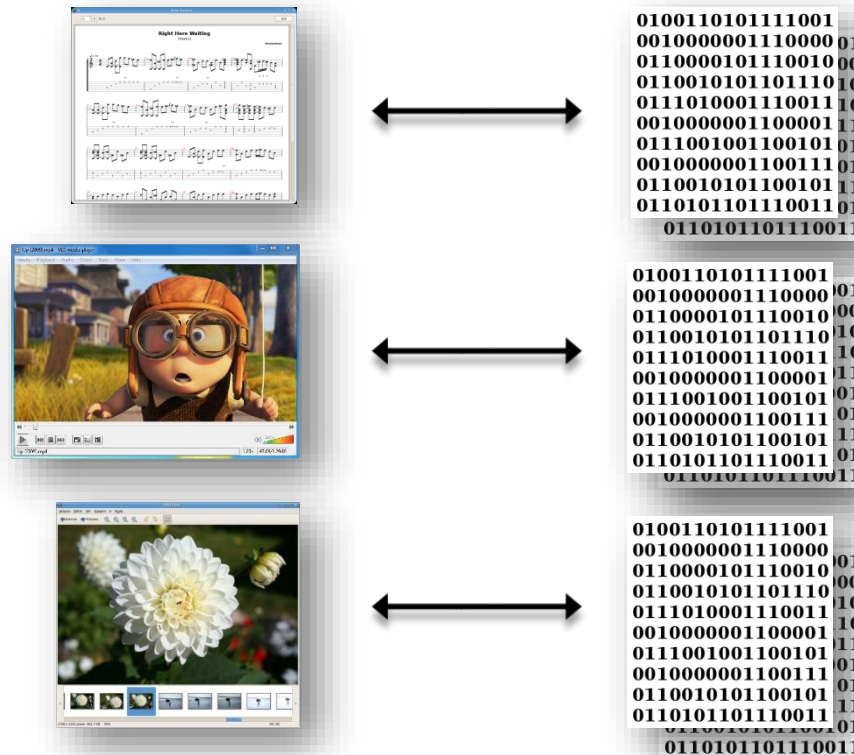
- ▶ Un computador es una máquina destinada a procesar datos.



- ▶ Se aplican unas instrucciones y se obtiene unos resultados
- ▶ Los datos/información pueden ser de **distintos tipo**
- ▶ Un computador solo usa una representación: **binario**.


Introducción: representación de la información

- ▶ El uso de una **representación** permite transformar los distintos tipos de información en binario (y viceversa)




Ejemplo 1: la calculadora de Google con 15 dígitos...

La Web [Imágenes](#) [Maps](#) [Noticias](#) [Video](#) [Gmail](#) [Más ▾](#) [Acceder](#)

 [Búsqueda avanzada](#)
[Preferencias](#)

Buscar en: la Web páginas en español páginas de España

La Web

 **399 999 999 999 999 - 399 999 999 999 998 = 0**

[Más sobre la calculadora.](#)

Buscar documentos que contengan los términos [399999999999999 - 399999999999998](#).

[Google](#) [Página principal de Google](#) - [Programas de publicidad](#) - [Soluciones Empresariales](#) - [Privacidad](#) - [Todo acerca de Google](#)



Ejemplo 2: la profundidad de color...

1 bit	2 colores
4 bits	16 colores
8 bits	256 colores



Ejemplo 2: la profundidad de color...

1 bit	2 colores
4 bits	16 colores
8 bits	256 colores



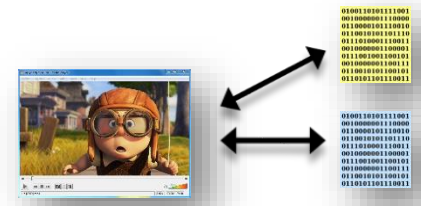
Ejemplo 2: la profundidad de color...

1 bit	2 colores
4 bits	16 colores
8 bits	256 colores



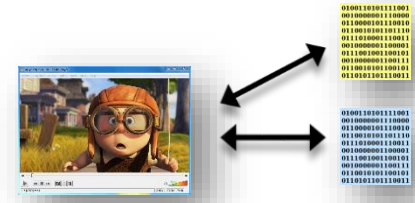
Necesitaremos...

- ▶ Conocer posibles representaciones:



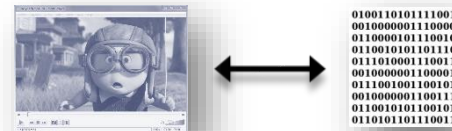
Necesitaremos...

- ▶ Conocer **posibles representaciones**:



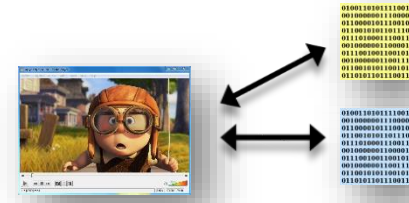
- ▶ Conocer las **características** de las mismas:

- ▶ Limitaciones



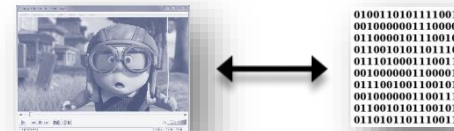
Necesitaremos...

- ▶ Conocer **posibles representaciones**:

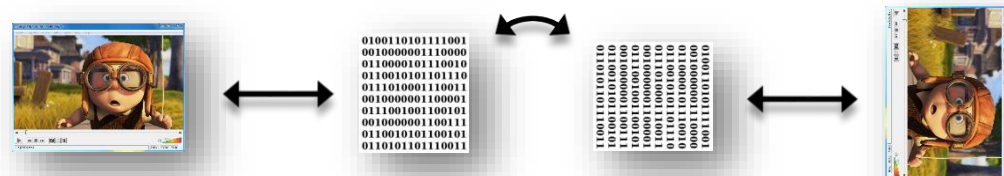


- ▶ Conocer las **características** de las mismas:

- ▶ Limitaciones



- ▶ Conocer **cómo operar** con la representación:



Ejemplo de fallo...

- ▶ **Explosión del Ariane 5 (primer viaje)**
 - ▶ Enviado por ESA en junio de 1996
 - ▶ Coste del desarrollo:
10 años y 7000 millones de dólares
 - ▶ Explotó 40 segundos después de despegar, a 3700 metros de altura.
 - ▶ Fallo debido a la pérdida total de la información de altitud:
 - ▶ El software del sistema de referencia inercial realizó la conversión de un valor real en coma flotante de 64 bits a un valor entero de 16 bits. El número a almacenar era mayor de 32767 (el mayor entero con signo de 16 bits) y se produjo un fallo de conversión y una excepción.



Contenidos

1. **Introducción**

1. Motivación y objetivos
2. **Sistemas posicionales**

2. Representaciones

1. Alfanuméricas
2. Numéricas: naturales y enteras

Sistemas de representación posicionales

- ▶ Un número se define por una **cadena de dígitos**, estando **afectado** cada uno de ellos por un **factor de escala** que **depende** de la **posición** que ocupa en la cadena.

- ▶ Dada una base de numeración b , un número X se define como la cadena de dígitos:
$$X = (\dots x_2 x_1 x_0, x_{-1} x_{-2} \dots)_b \quad \text{Con } 0 \leq x_i < b$$
con una lista de pesos asociados:
$$P = (\dots b^2 b^1 b^0 \quad b^{-1} b^{-2} \dots)_b$$

Sistemas de representación posicionales

- ▶ Un número se define por una **cadena de dígitos**, estando **afectado** cada uno de ellos por un **factor de escala** que **depende** de la **posición** que ocupa en la cadena.

- ▶ Dada una base de numeración b , un número X se define como la cadena de dígitos:
 $X = (\dots x_2 x_1 x_0, x_{-1} x_{-2} \dots)_b$ Con $0 \leq x_i < b$
con una lista de pesos asociados:
 $P = (\dots b^2 b^1 b^0 \quad b^{-1} b^{-2} \dots)_b$

- ▶ Su valor es:

$$V(X) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} b^i \cdot x_i = \dots \underset{\text{bolsa}}{b^2} \cdot x_2 + \underset{\text{bolsa}}{b^1} \cdot x_1 + \underset{\text{bolsa}}{b^0} \cdot x_0 + \underset{\text{bolsa}}{b^{-1}} \cdot x_{-1} + \underset{\text{bolsa}}{b^{-2}} \cdot x_{-2} \dots$$

Sistemas de representación posicionales

▶ Decimal

$$X = \quad 9 \quad 7 \quad 3 \quad 1 \\ \quad \dots 10^3 \ 10^2 \ 10^1 \ 10^0$$

▶ Binario

$$X = \quad 0 \ 1 \ 0 \ 1 \\ \quad \dots 2^3 \ 2^2 \ 2^1 \ 2^0$$

▶ Hexadecimal

$$X = \quad 1 \ F \ A \ 8 \\ \quad \dots 16^3 \ 16^2 \ 16^1 \ 16^0$$

Sistemas de representación posicionales

▶ Decimal

$$X = \quad 9 \quad 7 \quad 3 \quad 1 \\ \dots 10^3 \ 10^2 \ 10^1 \ 10^0$$

▶ Binario

$$X = \quad 0 \ 1 \ 0 \ 1 \\ \dots 2^3 \ 2^2 \ 2^1 \ 2^0$$

▶ Hexadecimal

$$X = \quad 1 \ F \ A \ 8 \\ \dots 16^3 \ 16^2 \ 16^1 \ 16^0$$

Truco (de binario a hexadecimal):

- ▶ Agrupar de 4 en 4 bits, de derecha a izquierda
- ▶ Cada 4 bits es el valor del dígito hexadecimal

▶ Ej.: $\quad 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1$
 $\quad 0x \quad \underline{1 \ 0 \ 1 \ 0} \quad \underline{0 \ 1 \ 0 \ 1}$
 $\quad \quad \quad A \quad \quad 5$

Sistemas de representación posicionales

▶ Decimal

$$X = \begin{array}{cccc} 9 & 7 & 3 & 1 \\ \dots & 10^3 & 10^2 & 10^1 & 10^0 \end{array}$$

¿?



▶ Binario

$$X = \begin{array}{cccc} 0 & 1 & 0 & 1 \\ \dots & 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 \end{array}$$

▶ Hexadecimal

$$X = \begin{array}{cccc} 1 & F & A & 8 \\ \dots & 16^3 & 16^2 & 16^1 & 16^0 \end{array}$$

Ejemplos

1 minutos máx.



- ▶ Representar 342 en binario:

256	128	64	32	16	8	4	2	1
?	?	?	?	?	?	?	?	?

Ejemplos

1 minutos máx.

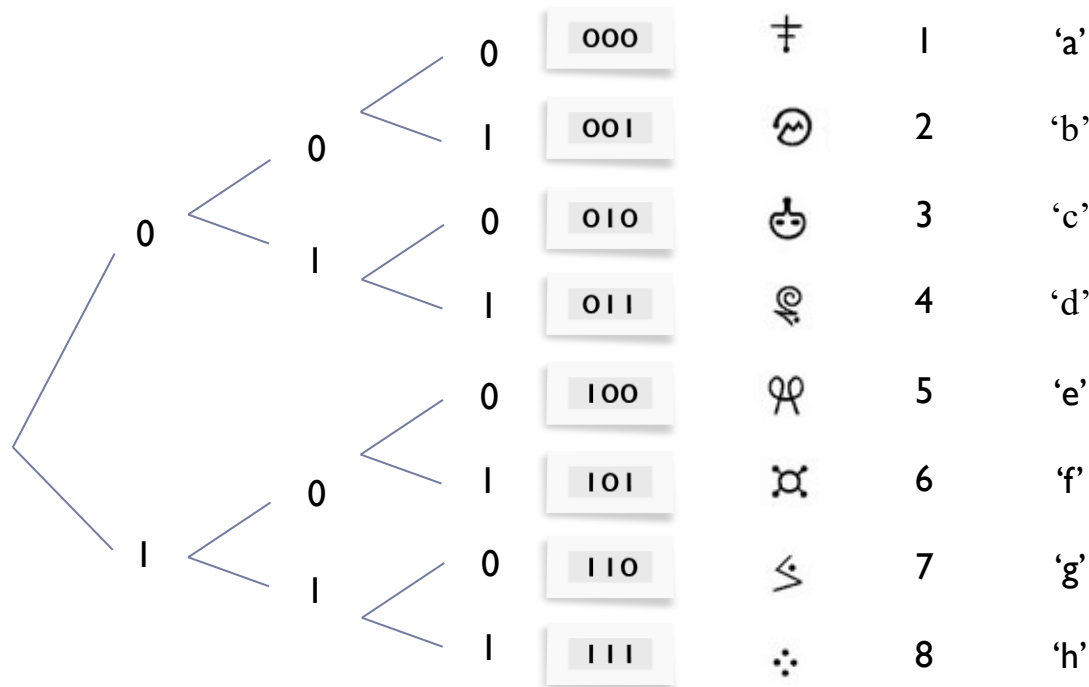


- ▶ Representar 342 en binario:

256	128	64	32	16	8	4	2	1
1	0	1	0	1	0	1	1	0

Ejemplo: cuántos pueden representarse

- ▶ Con **3 dígitos binarios**, representación de **8 símbolos**:



Sistemas de representación posicionales

- ▶ ¿Cuántos valores se pueden representar con n bits?
- ▶ ¿Cuántos bits se necesitan para representar m 'valores'?
- ▶ Con n bits,
si el valor mínimo representable corresponde al número 0,
¿Cuál es el máximo valor numérico representable?

Sistemas de representación posicionales

- ▶ ¿Cuántos valores se pueden representar con n bits?

- ▶ 2^n



1011

- ▶ Ej.: con 4 bits se pueden representar 16 valores

- ▶ ¿Cuántos bits se necesitan para representar m 'valores'?

- ▶ $\log_2(m)$ por exceso

- ▶ Ej.: para representar 35 valores se necesitan 6 bits

- ▶ Con n bits,
si el valor mínimo representable corresponde al número 0,
¿Cuál es el máximo valor numérico representable?

- ▶ $2^n - 1$

Ejemplos: operaciones

► Sumar en binario:

$$\begin{array}{r} 1 \quad 1 \quad 1 \\ 1 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \\ + \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \\ \hline 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \end{array}$$

Ejemplos: operaciones

► Sumar en binario:

$$\begin{array}{r} 1 \quad 1 \quad 1 \\ 1 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \\ + \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \\ \hline 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \end{array}$$

► Restar en binario:

$$\begin{array}{r} 1 \rightarrow 1 \rightarrow \\ 0 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \\ - \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \\ \hline 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \end{array}$$

Ejercicio

2 minutos máx.



Tienes una botella de 5 litros y otra de 3.
¿Cómo puedes conseguir medir 4 litros justos?



Ejercicio (solución)

2 minutos máx.



Tienes una botella de 5 litros y otra de 3. ¿Cómo puedes conseguir medir 4 litros justos?



- ▶ Llenar la jarra de 5 litros
- ▶ Vaciarla en la de 3 (quedan 2 en la de 5)
- ▶ Tirar lo que hay en la de 3
- ▶ Pasar los 2 de la de 5 a la de 3
- ▶ Llenar de nuevo la de 5
- ▶ Rellenar a tope la de 3, lo que queda en la de 5 es 4 litros



Ejercicio

2 minutos máx.



- ▶ Sobre los números 112 y -71 en base decimal realizar la suma en complemento a la base (base 10)

Ejercicio (solución)

2 minutos máx.



- ▶ El complemento a la base de -71 es:

$$\begin{array}{r} 1000 \\ - 071 \\ \hline 929 \end{array}$$

- ▶ La suma es:

$$\begin{array}{r} 112 \\ 929 \\ \hline \times 041 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 112 \\ -071 \\ \hline 041 \end{array}$$

Curiosidad

- ▶ Añadir 45 minutos al minuterero lo deja en la misma posición que restarle 15 minutos (complemento con base 60)



Contenidos

1. Introducción

1. Motivación y objetivos
2. Sistemas posicionales

2. Representaciones

1. **Alfanuméricas: letras y cadenas**
2. Numéricas: naturales y enteras

Representación alfanumérica

- ▶ Cada carácter se codifica con un octeto.
- ▶ Para n bits $\Rightarrow 2^n$ caracteres representables:

# bits	# caracteres	Incluye...	Ejemplo
6	64	<ul style="list-style-type: none">• 26 letras: a...z• 10 números: 0...9• Puntuación: .,;:...• Especiales: + - [...	BCDIC
7	128	<ul style="list-style-type: none">• añade mayúsculas y caracteres de control	ASCII
8	256	<ul style="list-style-type: none">• añade letras acentuadas, ñ, caracteres semigráficos	EBCDIC ASCII extendido
16	34.168	<ul style="list-style-type: none">• Añade distintos idiomas (chino, árabe,...)	UNICODE

Ejemplo: tabla ASCII (7 bits)

ASCII value	Character	Control character	ASCII value	Character	ASCII value	Character	ASCII value	Character
000	(null)	NUL	032	(space)	064	@	096	
001	☺	SOH	033	!	065	A	097	a
002	☻	STX	034	"	066	B	098	b
003	♥	ETX	035	#	067	C	099	c
004	♦	EOT	036	\$	068	D	100	d
005	♣	ENQ	037	%	069	E	101	e
006	♠	ACK	038	&	070	F	102	f
007	(beep)	BEL	039	'	071	G	103	g
008	■	BS	040	(	072	H	104	h
009	(tab)	HT	041	)	073	I	105	i
010	(line feed)	LF	042	*	074	J	106	j
011	(home)	VT	043	+	075	K	107	k
012	(form feed)	FF	044	,	076	L	108	l
013	(carriage return)	CR	045	-	077	M	109	m
014	♪	SO	046	.	078	N	110	n
015	☼	SI	047	/	079	O	111	o
016	▲	DLE	048	0	080	P	112	p
017	▼	DC1	049	1	081	Q	113	q
018	↕	DC2	050	2	082	R	114	r
019	!!	DC3	051	3	083	S	115	s
020	π	DC4	052	4	084	T	116	t
021	\$	NAK	053	5	085	U	117	u
022	▬	SYN	054	6	086	V	118	v
023	↕	ETB	055	7	087	W	119	w
024	↕	CAN	056	8	088	X	120	x
025	↕	EM	057	9	089	Y	121	y
026	→	SUB	058	:	090	Z	122	z
027	←	ESC	059	;	091	[	123	{
028	(cursor right)	FS	060	<	092	\	124	⋮
029	(cursor left)	GS	061	=	093	]	125	}
030	(cursor up)	RS	062	>	094	^	126	~
031	(cursor down)	US	063	?	095	_	127	☐

Copyright 1998, JimPrice.Com Copyright 1982, Loading Edge Computer Products, Inc.



Ejemplo: tabla ASCII (7 bits)

caracteres de control

ASCII value	Character	Control character	ASCII value	Character	ASCII value	Character	ASCII value	Character
000	(null)	NUL	032	(space)	064	@	096	
001	☺	SOH	033	!	065	A	097	a
002	☻	STX	034	"	066	B	098	b
003	♥	ETX	035	#	067	C	099	c
004	♦	EOT	036	\$	068	D	100	d
005	♣	ENQ	037	%	069	E	101	e
006	♠	ACK	038	&	070	F	102	f
007	(beep)	BEL	039	'	071	G	103	g
008	■	BS	040	(	072	H	104	h
009	(tab)	HT	041	)	073	I	105	i
010	(line feed)	LF	042	*	074	J	106	j
011	(home)	VT	043	+	075	K	107	k
012	(form feed)	FF	044	,	076	L	108	l
013	(carriage return)	CR	045	-	077	M	109	m
014	♪	SO	046	.	078	N	110	n
015	☼	SI	047	/	079	O	111	o
016	▲	DLE	048	0	080	P	112	p
017	▼	DC1	049	1	081	Q	113	q
018	↕	DC2	050	2	082	R	114	r
019	!!	DC3	051	3	083	S	115	s
020	π	DC4	052	4	084	T	116	t
021	\$	NAK	053	5	085	U	117	u
022	▬	SYN	054	6	086	V	118	v
023	↕	ETB	055	7	087	W	119	w
024	↕	CAN	056	8	088	X	120	x
025	↕	EM	057	9	089	Y	121	y
026	→	SUB	058	:	090	Z	122	z
027	←	ESC	059	:	091	[	123	{
028	(cursor right)	FS	060	<	092	\	124	⋮
029	(cursor left)	GS	061	=	093	]	125	}
030	(cursor up)	RS	062	>	094	^	126	~
031	(cursor down)	US	063	?	095	-	127	☐

< 32

Copyright 1998, JimPrice.Com Copyright 1982, Loading Edge Computer Products, Inc.

Ejemplo: tabla ASCII (7 bits)

distancia mayúsculas-minúsculas

ASCII value	Character	Control character	ASCII value	Character	ASCII value	Character	ASCII value	Character
000	(null)	NUL	032	(space)	064	@	096	
001	☺	SOH	033	!	<u>065</u>	<u>A</u>	<u>097</u>	<u>a</u>
002	☹	STX	034	"	066	B	098	b
003	♥	ETX	035	#	067	C	099	c
004	♦	EOT	036	\$	068	D	100	d
005	♣	ENQ	037	%	069	E	101	e
006	♠	ACK	038	&	070	F	102	f
007	(beep)	BEL	039	'	071	G	103	g
008	■	BS	040	(	072	H	104	h
009	(tab)	HT	041	)	073	I	105	i
010	(line feed)	LF	042	*	074	J	106	j
011	(home)	VT	043	+	075	K	107	k
012	(form feed)	FF	044	,	076	L	108	l
013	(carriage return)	CR	045	-	077	M	109	m
014	♪	SO	046	.	078	N	110	n
015	☼	SI	047	/	079	O	111	o
016	▲	DLE	048	0	080	P	112	p
017	▼	DC1	049	1	081	Q	113	q
018	↕	DC2	050	2	082	R	114	r
019	!!	DC3	051	3	083	S	115	s
020	π	DC4	052	4	084	T	116	t
021	\$	NAK	053	5	085	U	117	u
022	▬	SYN	054	6	086	V	118	v
023	↕	ETB	055	7	087	W	119	w
024	↕	CAN	056	8	088	X	120	x
025	↕	EM	057	9	089	Y	121	y
026	→	SUB	058	:	090	Z	122	z
027	←	ESC	059	:	091	[	123	{
028	(cursor right)	FS	060	<	092	\	124	⋮
029	(cursor left)	GS	061	=	093	]	125	}
030	(cursor up)	RS	062	>	094	^	126	~
031	(cursor down)	US	063	?	095	-	127	☐

Copyright 1998, JimPrice.Com Copyright 1982, Loading Edge Computer Products, Inc.

97-65=32

Ejemplo: tabla ASCII (7 bits)

conversión un número a carácter

ASCII value	Character	Control character	ASCII value	Character	ASCII value	Character	ASCII value	Character
000	(null)	NUL	032	(space)	064	@	096	
001	☺	SOH	033	!	065	A	097	a
002	☹	STX	034	"	066	B	098	b
003	♥	ETX	035	#	067	C	099	c
004	♦	EOT	036	\$	068	D	100	d
005	♣	ENQ	037	%	069	E	101	e
006	♠	ACK	038	&	070	F	102	f
007	(beep)	BEL	039	'	071	G	103	g
008	■	BS	040	(	072	H	104	h
009	(tab)	HT	041	)	073	I	105	i
010	(line feed)	LF	042	*	074	J	106	j
011	(home)	VT	043	+	075	K	107	k
012	(form feed)	FF	044	,	076	L	108	l
013	(carriage return)	CR	045	-	077	M	109	m
014	♪	SO	046	.	078	N	110	n
015	☼	SI	047	/	079	O	111	o
016	▲	DLE	048	0	080	P	112	p
017	▼	DC1	049	1	081	Q	113	q
018	↕	DC2	050	2	082	R	114	r
019	!!	DC3	051	3	083	S	115	s
020	π	DC4	052	4	084	T	116	t
021	\$	NAK	053	5	085	U	117	u
022	▬	SYN	054	6	086	V	118	v
023	↕	ETB	055	7	087	W	119	w
024	↕	CAN	056	8	088	X	120	x
025	↕	EM	057	9	089	Y	121	y
026	→	SUB	058	:	090	Z	122	z
027	←	ESC	059	:	091	[	123	{
028	(cursor right)	FS	060	<	092	\	124	⋮
029	(cursor left)	GS	061	=	093	]	125	}
030	(cursor up)	RS	062	>	094	^	126	~
031	(cursor down)	US	063	?	095	-	127	☐

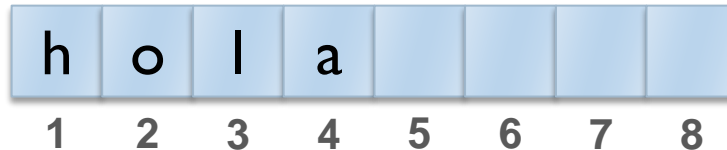
$$6+48=54$$

Copyright 1998, JimPrice.Com Copyright 1982, Loading Edge Computer Products, Inc.

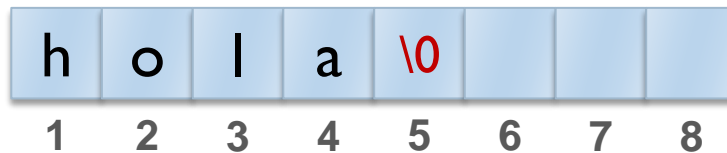
Tiras de caracteres

1000	00110011
1001	01101100
	...
1008	10100011

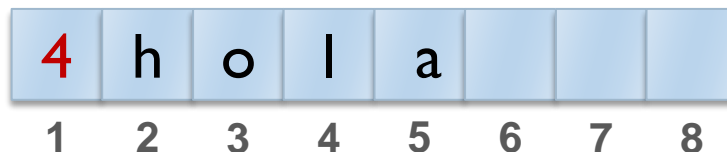
1. Cadenas de longitud fija:



2. Cadenas de longitud variable con separador:



3. Cadenas de longitud variable con longitud en cabecera:



Contenidos

1. Introducción

1. Objetivo
2. Motivación
3. Sistemas posicionales

2. Representaciones

1. Alfanuméricas: letras y cadenas
2. **Numéricas: naturales y enteras**

Representación numérica

- ▶ Clasificación de números reales:
 - ▶ Naturales: 0, 1, 2, 3, ...
 - ▶ Enteros: ... -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3,
 - ▶ Racionales: fracciones ($5/2 = 2,5$)
 - ▶ Irracionales: $2^{1/2}$, π , e, ...

- ▶ Conjuntos infinitos y espacio de representación finito:
 - ▶ Imposible representar todos ☹️

- ▶ Características de la representación usada:
 - ▶ Elemento representado:
Natural, entero, ...
 - ▶ Rango de representación:
Intervalo entre el menor y mayor n° representable
 - ▶ Resolución de representación:
Diferencia entre un n° representable y el siguiente.
Representa el máximo error cometido. Puede ser cte. o variable.

Sistemas de representación binarios más usados

A. Coma fija sin signo o binario puro naturales

B. Signo magnitud

C. Complemento a uno (Ca 1)

enteros

D. Complemento a dos (Ca 2)

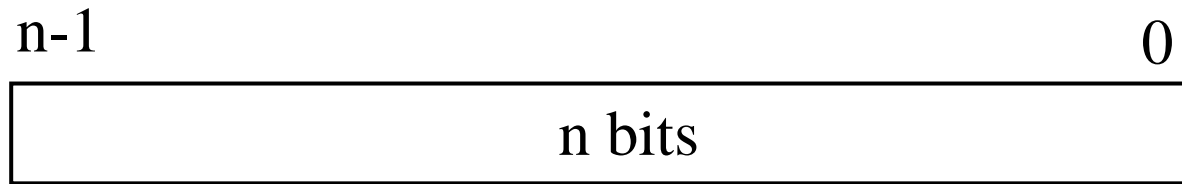
E. Exceso $2^{n-1}-1$

F. Coma flotante: Estándar IEEE 754

racionales

Coma fija sin signo o binario puro [naturales]

- ▶ Sistema posicional con base 2 y sin parte fraccionaria.



$$V(X) = \sum_{i=0}^{n-1} 2^i \cdot X_i$$

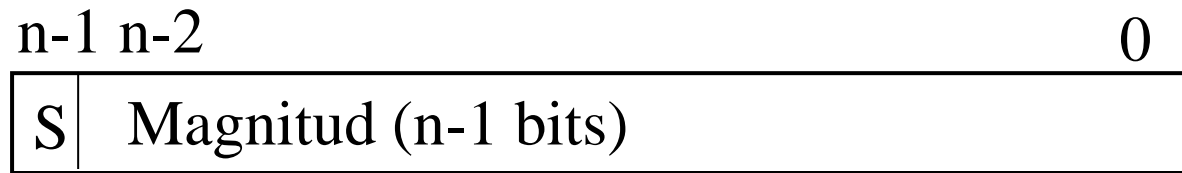
- Rango de representación: $[0, 2^n - 1]$
- Resolución: **1 unidad**

Ejemplo comparativo (3 bits)

Decimal	Binario Puro
+7	111
+6	110
+5	101
+4	100
+3	011
+2	010
+1	001
+0	000
-0	N.D.
-1	N.D.
-2	N.D.
-3	N.D.
-4	N.D.
-5	N.D.
-6	N.D.
-7	N.D.

Coma fija con signo o signo magnitud [enteros]

- ▶ Se reserva un bit (S) para el signo ($0 \Rightarrow +$; $1 \Rightarrow -$)



$$\begin{array}{l} \text{Si } x_{n-1} = 0 \\ \text{Si } x_{n-1} = 1 \end{array} \quad \begin{array}{l} V(X) = \sum_{i=0}^{n-2} 2^i \cdot X_i \\ V(X) = -\sum_{i=0}^{n-2} 2^i \cdot X_i \end{array} \quad \left| \Rightarrow V(X) = (1 - 2 \cdot x_{n-1}) \cdot \sum_{i=0}^{n-2} 2^i \cdot X_i \right.$$

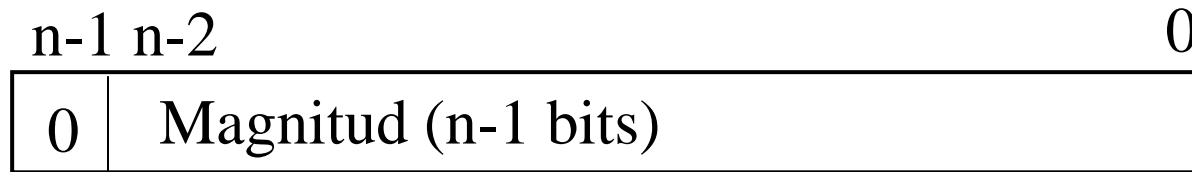
- Rango de representación: $[-2^{n-1} + 1, 2^{n-1} - 1]$
- Resolución: 1 unidad
- Ambigüedad del 0

Ejemplo comparativo (3 bits)

Decimal	Binario Puro	Signo magnitud
+7	111	N.D.
+6	110	N.D.
+5	101	N.D.
+4	100	N.D.
+3	011	011
+2	010	010
+1	001	001
+0	000	000
-0	N.D.	100
-1	N.D.	101
-2	N.D.	110
-3	N.D.	111
-4	N.D.	N.D.
-5	N.D.	N.D.
-6	N.D.	N.D.
-7	N.D.	N.D.

Complemento a uno (a la base menos uno) [enteros] (1 / 3)

- ▶ **Número positivo:**
se representa en binario puro con n-1 bits



$$V(X) = \sum_{i=0}^{n-1} 2^i \cdot X_i = \sum_{i=0}^{n-2} 2^i \cdot X_i$$

- Rango de representación (+): $[0, 2^{n-1} - 1]$
- Resolución: 1 unidad

Complemento a uno (a la base menos uno) [enteros] (2/3)

- ▶ **Número negativo:**
se complementa a la base menos uno



$$V(X) = -2^n + \sum_{i=0}^{n-1} 2^i \cdot y_i + 1$$

- Rango de representación (-): $[-2^{n-1}+1, -0]$
- Resolución: **1 unidad**

Complemento a uno (a la base menos uno) [enteros] (3/3)

Truco: C a 1 (X) = X

C a 1 (-X) = cambiar los 1 por 0 y los 0 por 1

- ▶ Ejemplo: Para $n=4 \Rightarrow$ el $+3_{10} = 0011_2$
- ▶ Ejemplo: Para $n=4 \Rightarrow$ el $-3_{10} = 1100_2$
 - ▶ - \Rightarrow 1 (bit signo y también parte de magnitud)
 - ▶ C a 1(3) $\Rightarrow 2^4 - 0011_2 - 1 = 2^4 - 3 - 1 = 12 \Rightarrow 1100_2$

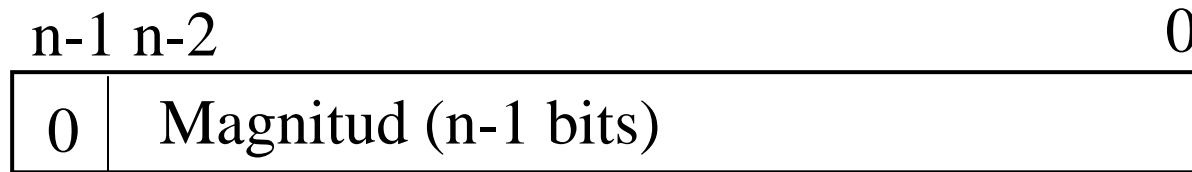
- Rango de representación: $[-2^{n-1}+1, 2^{n-1}-1]$
- Resolución: 1 unidad
- El 0 tiene doble representación (+0 y -0)
- Rango simétrico

Ejemplo comparativo (3 bits)

Decimal	Binario Puro	Signo magnitud	Complemento a uno
+7	111	N.D.	N.D.
+6	110	N.D.	N.D.
+5	101	N.D.	N.D.
+4	100	N.D.	N.D.
+3	011	011	011
+2	010	010	010
+1	001	001	001
+0	000	000	000
-0	N.D.	100	111
-1	N.D.	101	110
-2	N.D.	110	101
-3	N.D.	111	100
-4	N.D.	N.D.	N.D.
-5	N.D.	N.D.	N.D.
-6	N.D.	N.D.	N.D.
-7	N.D.	N.D.	N.D.

Complemento a dos (complemento a la base) [enteros] (1 / 3)

- ▶ **Número positivo:**
se representa en binario puro con n-1 bits

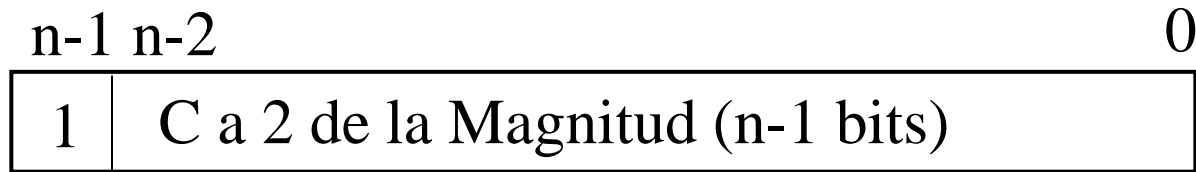


$$V(X) = \sum_{i=0}^{n-1} 2^i \cdot X_i = \sum_{i=0}^{n-2} 2^i \cdot X_i$$

- Rango de representación (+): $[0, 2^{n-1} - 1]$
- Resolución: 1 unidad

Complemento a dos (complemento a la base) [enteros] (2/3)

- ▶ **Número negativo:**
se complementa a la base



$$V(X) = -2^n + \sum_{i=0}^{n-1} 2^i \cdot y_i$$

- Rango de representación (-): $[-2^{n-1}, -1]$
- Resolución: **1 unidad**

Complemento a dos (complemento a la base) [enteros] (3/3)

$$\begin{aligned}\text{Truco: } C a 2 (X) &= X \\ C a 2 (-X) &= C a 1 (X) + 1\end{aligned}$$

- ▶ Ejemplo: Para $n=4 \Rightarrow +3 = 0011_2$
- ▶ Ejemplo: Para $n=4 \Rightarrow -3 = 1101_2$
 - ▶ $1 \Rightarrow -$ (bit signo y también parte de magnitud)
 - ▶ $C a 2 (3) = C a 2(0011_2) = 2^4 - 3 = 13 \Rightarrow 1101_2$

- Rango de representación: $[-2^{n-1}, 2^{n-1}-1]$
- Resolución: 1 unidad
- El 0 tiene una única representación (No $\exists -0$)
- Rango asimétrico

Ejemplo comparativo (3 bits)

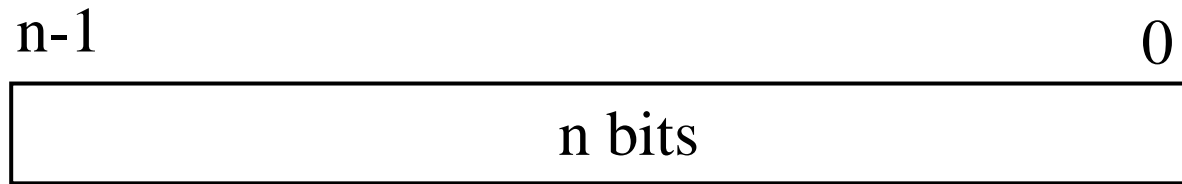
Decimal	Binario Puro	Signo magnitud	Complemento a uno	Complemento a dos
+7	111	N.D.	N.D.	N.D.
+6	110	N.D.	N.D.	N.D.
+5	101	N.D.	N.D.	N.D.
+4	100	N.D.	N.D.	N.D.
+3	011	011	011	011
+2	010	010	010	010
+1	001	001	001	001
+0	000	000	000	000
-0	N.D.	100	111	N.D.
-1	N.D.	101	110	111
-2	N.D.	110	101	110
-3	N.D.	111	100	101
-4	N.D.	N.D.	N.D.	100
-5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
-6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
-7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.



Exceso $2^{n-1}-1$

[enteros]

- ▶ Con n bits, se suma $2^{n-1}-1$ al valor.



$$V(X) = \sum_{i=0}^{n-1} 2^i \cdot x_i - (2^{n-1} - 1)$$

- Rango de representación: $[-2^{n-1} + 1, 2^{n-1}]$
- Resolución: 1 unidad
- No existe ambigüedad con el 0

Ejemplo comparativo (3 bits)

Decimal	Binario Puro	Signo magnitud	Complemento a uno	Complemento a dos	Exceso 3
+7	111	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+6	110	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+5	101	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
+4	100	N.D.	N.D.	N.D.	111
+3	011	011	011	011	110
+2	010	010	010	010	101
+1	001	001	001	001	100
+0	000	000	000	000	011
-0	N.D.	100	111	N.D.	N.D.
-1	N.D.	101	110	111	010
-2	N.D.	110	101	110	001
-3	N.D.	111	100	101	000
-4	N.D.	N.D.	N.D.	100	N.D.
-5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
-6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
-7	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.

Comparación de aritmética en BP, C1 y C2

	Binario puro	Complemento a 1	Complemento a 2
Suma	$\begin{array}{r} 10110 \\ 01100 \\ \hline 100010 \end{array}$	igual que B.P.	igual que B.P.
Resta	$\begin{array}{r} 10110 \\ 01100 \\ \hline 01010 \end{array}$	sumar y si hay Cn-1 entonces sumar Cn-1 al total	sumar y si hay Cn-1 entonces descartarlo

En hardware, es más fácil operar con complemento

Comparación de aritmética en BP, C1 y C2

	Binario		Decimal
Suma		<ul style="list-style-type: none"> • $-X$ se representa como $2^n - X - 1$ • $-Y$ se representa como $2^n - Y - 1$ • $-(X + Y)$ se representa como $2^n - (X+Y) - 1$ • $-(X + Y)$ operando resulta $2^n + 2^n - (X + Y) - 2$ +1 	
Resta	<pre> 10110 01100 ----- 01010 </pre>	sumar y si hay C_{n-1} entonces sumar C_{n-1} al total	sumar y si hay C_{n-1} entonces descartarlo

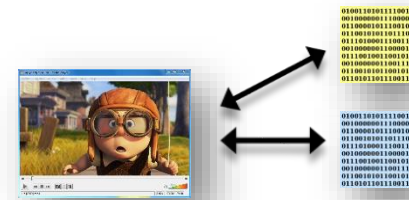
En hardware, es más fácil operar con complemento

Comparación de aritmética en BP, C1 y C2

	Binario puro	Complemento a 1	Complemento a 2
<p>Detectar desbordamiento</p>	<p>El resultado necesita 1 bit más</p> <p>Hay C_n</p>	<p>Suma de 2 + es -, Suma de 2 - es +</p> <p>$C_n \neq C_{n-1}$</p>	<p>Suma de 2 + es -, Suma de 2 - es +</p> <p>$C_n \neq C_{n-1}$</p>
<p>Extensión de signo</p>	<p>0...0 10110</p>	<p>1...1[←]10110 0...0[←]00110</p>	<p>1...1[←]10110 0...0[←]00110</p>
<p>...</p>	<p>...</p>	<p>...</p>	<p>...</p>

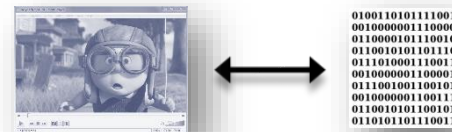
Recordatorio: necesitaremos...

- ▶ Conocer **posibles representaciones**:

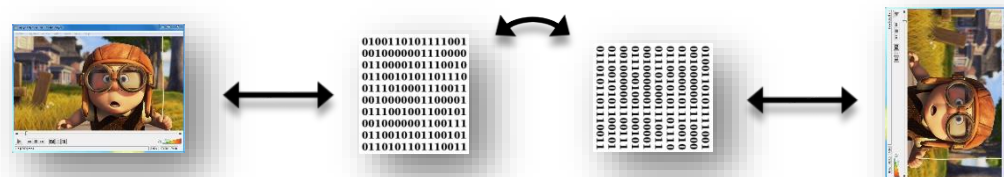


- ▶ Conocer las **características** de las mismas:

- ▶ Limitaciones



- ▶ Conocer **cómo operar** con la representación:



Ejemplos

4 minutos máx.



Indique la representación de los siguientes números, razonando brevemente su respuesta:

1. **-32** en complemento a uno con **6 bits**
2. **-32** en complemento a dos con **6 bits**
3. **-10** en signo magnitud con **5 bits**
4. **+14** en complemento a dos con **5 bits**

Ejemplos (solución)

4 minutos máx.



1. Con 6 bits **no es representable** en CI:
[$-2^{6-1}+1, \dots, -0, +0, \dots, 2^{6-1}-1$]
2. CI + I -> **100000**
3. Signo=1, magnitud=1010 -> **11010**
4. Positivo -> CI=C2=SM -> **01110**

Fallos típicos



- 1) Negativo en complemento a dos
 - ▶ No comprobar el rango (si es representable)

- 2) Negativo en signo magnitud
 - ▶ Tratarlo como complemento a uno
 - ▶ Olvidarse del signo

- 3) Positivo en complemento a dos
 - ▶ Tratarlo como negativo (complementarlo a $1 + 1$)

Tema 2 (repaso de representación) Representación de la información

Estructura de Computadores
Grado en Ingeniería Informática