



Titulación: Grado en Ingeniería Informática
Asignatura: Fundamentos de Computadores

Bloque 1: Introducción

Tema 2: Sistema binario de representación numérica

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



ÍNDICE

- Bibliografía.
- Sistemas de numeración de base fija.
- Conversión entre bases.
 - Sustitución en serie.
 - División/multiplicación por la base.
 - Conversión rápida binario-hexadecimal, binario-octal.
- Aritmética binaria.
- Representación de enteros en el computador.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



BIBLIOGRAFÍA

- Román Hermida, Ana M^o del Corral, Enric Pastor, Fermín Sánchez
“Fundamentos de Computadores” , cap 1
Editorial Síntesis
- Thomas L. Floyd
“Fundamentos de Sistemas Digitales”, cap 2
Editorial Prentice Hall
- Daniel D. Gajski
“Principios de Diseño Digital”, cap 2
Editorial Prentice Hall
- M. Morris Mano
“Diseño Digital”, cap 1

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



ÍNDICE

- Bibliografía.
- **Sistemas de numeración de base fija.**
- Conversión entre bases.
 - Sustitución en serie.
 - División/multiplicación por la base.
 - Conversión rápida binario-hexadecimal, binario-octal.
- Aritmética binaria.
- Representación de enteros en el computador.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



SISTEMAS DE NUMERACIÓN DE BASE FIJA

- Un sistema numérico consta de:
 - Un conjunto ordenado de símbolos (cifras o dígitos).
 - Relaciones definidas para la suma, resta, multiplicación y división.
- Se denomina **base** de un sistema numérico al número de cifras o dígitos que utiliza.
- Ejemplos:
 - Sistema decimal (base = 10).
 - Dígitos: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}
 - Sistema binario (base = 2).
 - Dígitos: {0, 1}
 - Sistema hexadecimal (base = 16).
 - Dígitos: {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F}

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



SISTEMAS DE NUMERACIÓN DE BASE FIJA

- Los números en un sistema de numeración consisten en una secuencia de dígitos que pueden tener parte entera y parte fraccionaria separadas por una coma:

$$N = (a_{p-1} a_{p-2} \dots a_1 a_0 , a_{-1} a_{-2} \dots a_{-q})_r$$

a_i son los dígitos,

p es el número de dígitos enteros,

q es el número de dígitos fraccionarios,

a_{p-1} es el dígito más significativo,

a_{-q} es el dígito menos significativo.

- Ejemplo:
 - $(107,45)_{10}$
 - $(1A3,B)_{16}$
 - $(101110,11)_2$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



SISTEMAS DE NUMERACIÓN DE BASE FIJA

- Se define el peso del dígito a_i como r^i .
- Cada dígito tiene asociado un valor en función de su peso, y es el producto de dicho dígito por el peso.
 - Valor de a_i : $a_i \cdot r^i$
- Un número se puede representar como la suma de los valores de todos sus dígitos:

$$N = \sum_{i=-q}^p a_i \cdot r^i$$

- Ejemplo: el número en notación posicional $(123,54)_{10}$ se puede representar como :

Cartagena99

particular.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



ÍNDICE

- Bibliografía.
- Sistemas de numeración de base fija.
- **Conversión entre bases.**
 - Sustitución en serie.
 - División/multiplicación por la base.
 - Conversión rápida binario-hexadecimal, binario-octal.
- Aritmética binaria.
- Representación de enteros en el computador.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



CONVERSIÓN ENTRE BASES

- Dos métodos diferentes: sustitución en serie y división/multiplicación por la base.
- Sustitución en serie: se utiliza para pasar un número en base r a base s , utilizando las operaciones de la base s .
 - Sólo hay que evaluar la notación polinomial del número utilizando las operaciones de la base s :
 - Ejemplo: convertir el número $(101,01)_2$ a decimal.

$$\begin{aligned}(101,01)_2 &= 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^{-1} + 1 \cdot 2^{-2} = \\ &= 4 + 0 + 1 + 0 + 0,25 = (5,25)_{10}\end{aligned}$$

- Ejemplo: convertir el número $(1AC,2)_{16}$ a decimal.

$$(1AC,2)_{16} = 1 \cdot 16^2 + A \cdot 16^1 + C \cdot 16^0 + 2 \cdot 16^{-1} =$$

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

Cartagena99



CONVERSIÓN ENTRE BASES

- División/multiplicación por la base: se utiliza para pasar un número en base r a base s utilizando las operaciones de la base r .
 - Para la parte entera:
 - Se divide la parte entera entre la base s . El resto obtenido será el dígito a_0 de la parte entera.
 - El cociente se divide de nuevo entre la base s , obteniéndose un nuevo resto que será a_1 .
 - Se continúa realizando divisiones sucesivas obteniendo nuevos dígitos, hasta que el cociente vale '0'.
 - Para la parte fraccionaria:
 - Se multiplica la parte fraccionaria por la base s , obteniéndose un nuevo número que tendrá parte entera y parte fraccionaria. La parte entera será el dígito a_{-1} .
 - La nueva fraccionaria se vuelve a multiplicar por la base, obteniendo un nuevo

Cartagena99

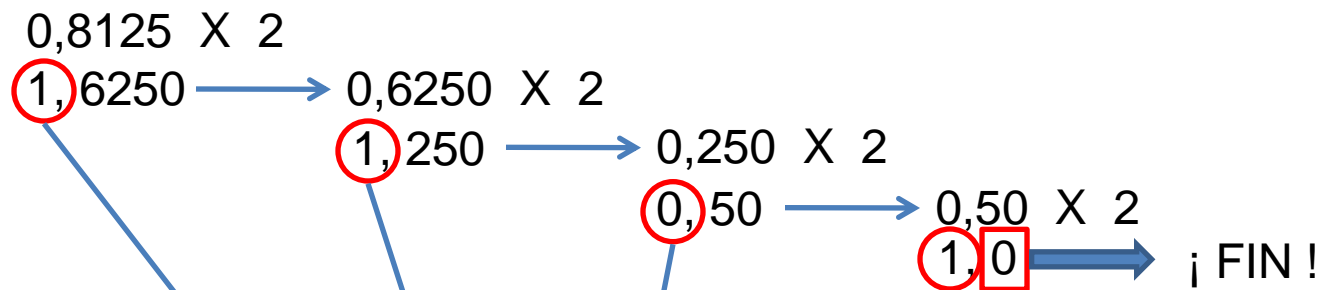
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



CONVERSIÓN ENTRE BASES

- Ejemplo: convertir el número $(0,8125)_{10}$ a binario.



Cartagena99

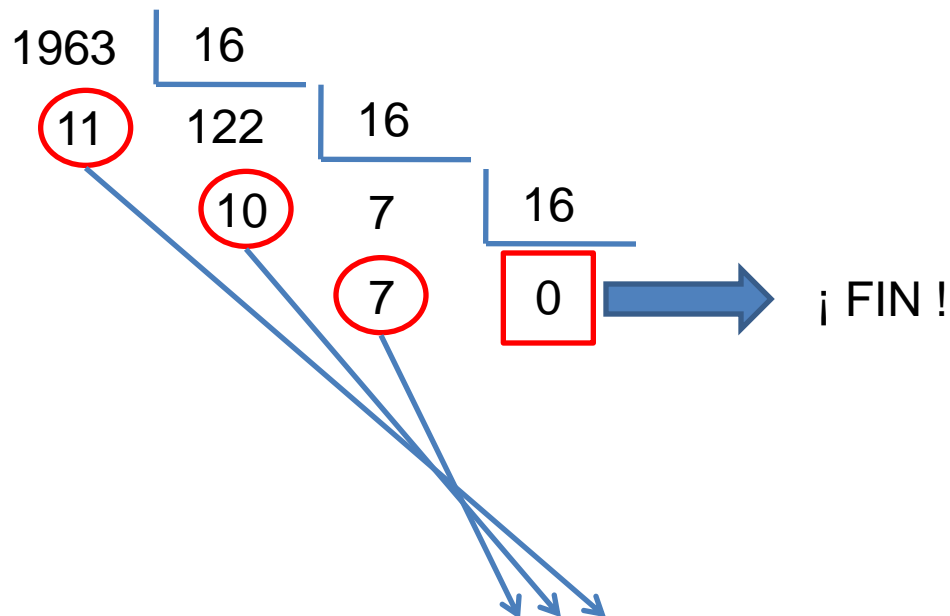
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



CONVERSIÓN ENTRE BASES

- Ejemplo: convertir el número $(1963)_{10}$ a hexadecimal.



Resultado: $(1963)_{10} = (7AB)_{16}$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

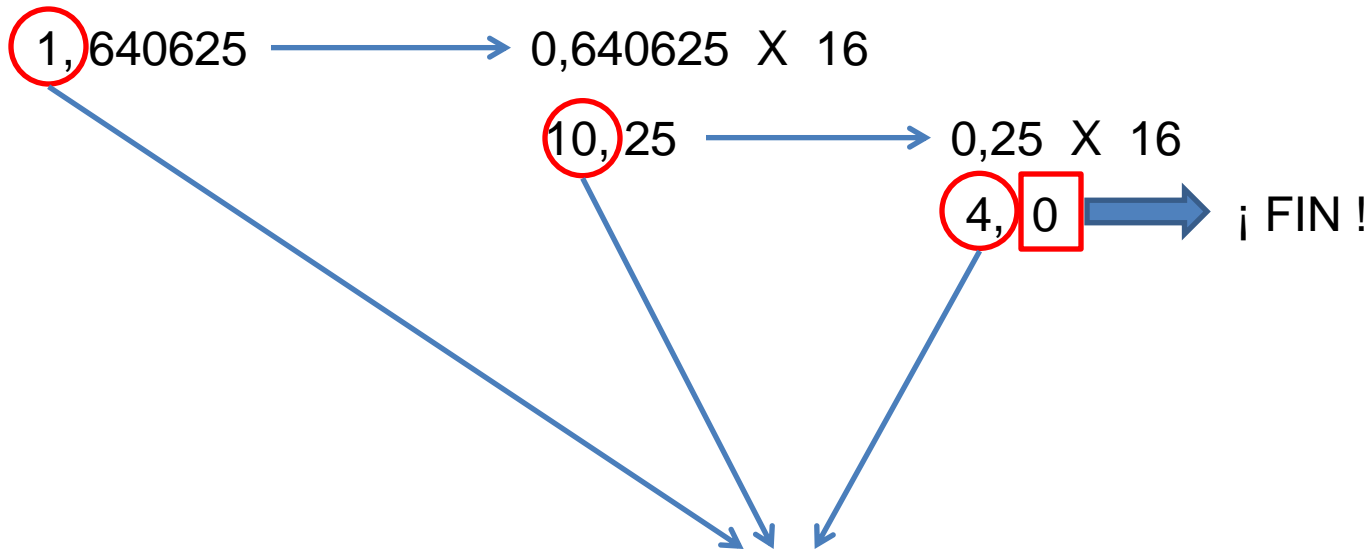
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



CONVERSIÓN ENTRE BASES

- Ejemplo: convertir el número $(0,1025390625)_{10}$ a decimal.

$$0,1025390625 \times 16$$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



CONVERSIÓN ENTRE BASES

Correspondencias de los 15 primeros números en distintas bases

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

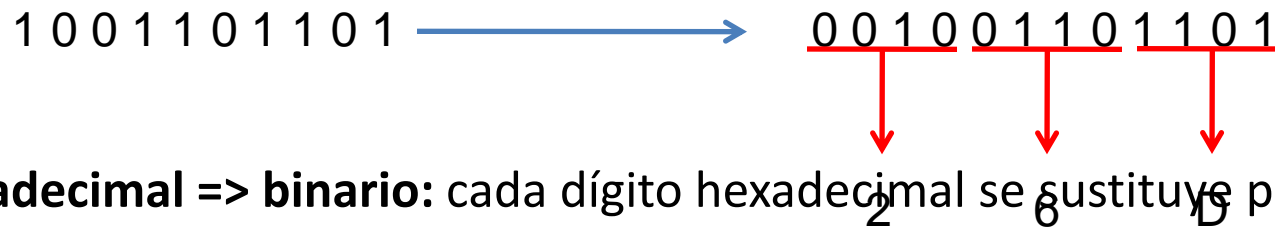
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



CONVERSIÓN ENTRE BASES

- Para convertir de binario a hexadecimal y viceversa, así como de binario a octal, existe un método sencillo.
- **Binario => hexadecimal:** se completa con '0' por la izquierda hasta que se tenga un número de bits múltiplo de 4. Se agrupan los bits de 4 en 4 y cada grupo de 4 bits se convierte directamente a hexadecimal:



- **Hexadecimal => binario:** cada dígito hexadecimal se sustituye por su correspondiente valor en binario con 4 bits:

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

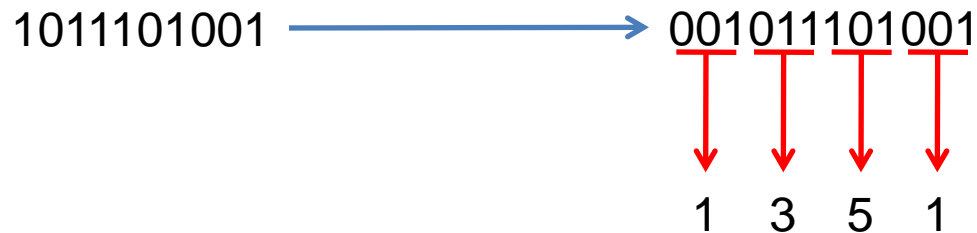
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



CONVERSIÓN ENTRE BASES

- Para pasar de binario a octal y viceversa el proceso es el mismo, pero agrupando los bits de 3 en 3:

Binario a octal



Octal a binario

1 7 3 2

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



ÍNDICE

- Bibliografía.
- Sistemas de numeración de base fija.
- Conversión entre bases.
 - Sustitución en serie.
 - División/multiplicación por la base.
 - Conversión rápida binario-hexadecimal, binario-octal.
- **Aritmética binaria.**
- Representación de enteros en el computador.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



ARITMÉTICA BINARIA

- El sistema binario es el utilizado por los computadores para la representación de los números por dos razones:
 - Los dispositivos electrónicos que manejan señales con sólo dos posibles valores son mas sencillos y baratos de fabricar.
 - Las operaciones aritméticas en binario son sencillas de implementar.
- En el sistema binario cualquier número se representa utilizando solamente los dígitos '0' y '1'.
- Para referirse a los dígitos binarios se utiliza habitualmente el término **bit** (**binary digit**).
- Las tablas de las operaciones aritméticas básicas son:

+	0	1

x	0	1

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



ARITMÉTICA BINARIA

- Ejemplos:

Sumar: 1001 + 1011

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

Sumar: 1011 + 0011

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

Restar: 101101 - 011011

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

Restar: 101101 - 011110

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

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



ARITMÉTICA BINARIA

- Ejemplos:

Multiplicar: 1100×101

$$\begin{array}{r}
 1100 \\
 \times 101 \\
 \hline
 1100 \\
 0000 \\
 1100 \\
 \hline
 111100
 \end{array}$$

Dividir: $1101001 / 101$

$$\begin{array}{r}
 1101001 \quad | \quad 101 \\
 \underline{101} \\
 0011 \\
 \underline{000} \\
 110 \\
 \underline{101} \\
 0010 \\
 \underline{000} \\
 101
 \end{array}
 \quad \longrightarrow \quad \text{Cociente}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



ÍNDICE

- Bibliografía.
- Sistemas de numeración de base fija.
- Conversión entre bases.
 - Sustitución en serie.
 - División/multiplicación por la base.
 - Conversión rápida binario-hexadecimal, binario-octal.
- Aritmética binaria.
- **Representación de enteros en el computador.**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

REPRESENTACIÓN DE ENTEROS EN EL COMPUTADOR

- En un computador los tamaños de los datos que se pueden manejar no son arbitrarios, sino que van ligados a la arquitectura del computador y a la circuitería utilizada.
- El computador va a manejar datos que tienen tamaños fijos: 8 bits, 16 bits, 32 bits, etc.
- Con un número fijo 'n' de bits se pueden representar 2^n valores o números diferentes, además de otro tipo de información como caracteres o imágenes.
- Vamos a estudiar diferentes formas de representar números enteros utilizando 'n' bits.
- Uno de los criterios más importantes a la hora de escoger una forma de representación u otra es que las operaciones aritméticas sean lo más

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

bits disponible => **overflow o desbordamiento.**

REPRESENTACIÓN DE ENTEROS EN EL COMPUTADOR

- Representación de enteros sin signo:
 - Con 'n' bits se pueden representar los números del 0 al 2^n-1 utilizando el sistema de numeración binario.
 - Suma: la suma de 2 números de 'n' bits puede necesitar 'n+1' bits para representar el resultado => *Overflow*.

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

↑
overflow

- Resta: la operación de resta puede dar un resultado < 0 => *Overflow*.
- Multiplicación: el resultado de una multiplicación de 2 número de 'n' bits puede necesitar hasta '2n' bits para ser representada => *Overflow*.
- Las operaciones de suma y resta son diferentes. Sería interesante que una

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

REPRESENTACIÓN DE ENTEROS EN EL COMPUTADOR

- **Complemento a la base de un número:** para un número N de ‘ n ’ dígitos en base ‘ r ’, se define el complemento a la base de N como $C_r N$:

$$C_r N = r^n - N$$

- Para el caso binario la base es 2, y el complemento se llama “complemento a 2”. Por ejemplo para el número $N = 1001$ de 4 bits:

$$C_2 N = 2^4 - N$$

$$C_2(1001) = 10000 - 1001 = 0111$$

- El complemento a 2 permite realizar la operación de resta como una suma. Ejemplo: siendo A y B números enteros sin signo de ‘ n ’ bits:

$$A + C_2 B = A + 2^n - B = (A - B) + 2^n$$

- Tenemos por una parte 2^n que tiene sus ‘ n ’ bits menos significativos

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



REPRESENTACIÓN DE ENTEROS EN EL COMPUTADOR

- Pero para calcular el C_2N es necesario hacer una resta $2^n - N$, luego ¿de qué vale si seguimos teniendo que hacer restas?
- Se define el complemento a 1 de N (**complemento restringido a la base**)

como:

$$C_1N = 2^n - N - 1 = C_2N - 1$$

- Es decir que:

$$C_2N = C_1N + 1$$

- Por tanto podemos calcular el complemento a 2 de un número utilizando una suma en lugar de una resta.
- ¿Pero cómo se calcula el complemento a 1 de un número N representado en binario?
- Muy sencillo, basta con cambiar los '1' por '0' y los '0' por '1'.
- Ejemplo: $C_1(1011) = 0100$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



REPRESENTACIÓN DE ENTEROS EN EL COMPUTADOR

- Representación de enteros con signo: signo y magnitud.
 - Utilizando 'n' bits podemos representar número enteros con signo, utilizando el bit más significativo como signo y los 'n-1' bits restantes como magnitud.
 - De esta forma, podemos representar números entre $2^{n-1}-1$ y $-(2^{n-1}-1)$.
 - Con esta representación hay dos codificaciones para el número '0', una con signo positivo y otra con signo negativo.

- Sumas y restas en signo y magnitud.
 - Hay que tener en cuenta los signos de los operandos.
 - Hay que ordenar los módulos si hay que restar.
 - Hay que calcular el signo del resultado en función de los signos de los operandos y sus módulos.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

habitualmente en los computadores.



REPRESENTACIÓN DE ENTEROS EN EL COMPUTADOR

- Representación de enteros con signo: complemento a 2.
 - Utilizando 'n' bits se pueden representar enteros con signo:
 - Los positivos se representan en binario natural.
 - Los negativos se representan como el C_2 del positivo correspondiente.
 - Para cambiar el signo de un número, se hace el C_2 de dicho número.
 - Ejemplo con 'n' = 4 bits:
 - $6_{10} \Rightarrow 0110$
 - $-6_{10} \Rightarrow C_2(6_{10}) = C_2(0110_2) = 1010$
 - Con esta forma de representar los números, el primer bit coincide con el signo del número (positivos comienzan por 0, negativos comienzan por 1).
 - El rango de números representables con 'n' bits va desde -2^{n-1} hasta $2^{n-1}-1$.
 - Existe una única representación del número '0'.
 - A la hora de hacer sumas y restas el bit de signo no se trata de forma diferente, sino que se opera con él de forma normal.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

REPRESENTACIÓN DE ENTEROS EN EL COMPUTADOR

- Ejemplos de operaciones ('n' = 4 bits):

Si son números sin signo
(binario puro)

$$\begin{array}{r} 5 \\ + 9 \\ \hline 14 \end{array}$$



$$\begin{array}{r} 0101 \\ + 1001 \\ \hline 1110 \end{array}$$



Si son números con signo
en complemento a 2

$$\begin{array}{r} 5 \\ + (-7) \\ \hline -2 \end{array}$$

Las operaciones se realizan igual independientemente de que los bits representen un número con signo o sin signo.

La única diferencia está en cómo detectar *overflows*.

- En binario puro hay desbordamiento en sumas o restas si

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

siempre se desprecia).