3. Aritmética binaria

Introducción

- La aritmética binaria es esencial en los ordenadores y en muchos otros tipos de sistemas digitales
- Para comprender los circuitos aritméticos es necesario conocer los principios básicos de estas operaciones

- Los objetivos de este tema son:
  - Describir las operaciones de suma, resta, multiplicación y división de números binarios
  - Introducir los distintos convenios usados para la representación de números negativos
  - Detallar el proceso de realización de operaciones aritméticas en el formato más frecuentemente usado: complemento a 2

Estructura del tema

- Introducción
- Operaciones aritméticas básicas
  - Suma
  - Resta
  - Multiplicación
  - División
- Representación de números enteros
  - Signo-magnitud
  - Complemento a 1
  - Complemento a 2
- Resumen y bibliografía

Suma binaria

- La operación de suma se estructura en columnas
  - El bit menos significativo del resultado de una columna es la suma de dicha columna
  - El bit más significativo del resultado de una columna pasa como acarreo a la columna siguiente
- Las cuatro reglas básicas de la suma binaria son:

0 + 0 = 00 ➔ suma 0, acarreo 0

0 + 1 = 01 ➔ suma 1, acarreo 0

1 + 0 = 01 ➔ suma 1, acarreo 0

1 + 1 = 10 ➔ suma 0, acarreo 1

Suma binaria

- En el momento en el que aparece un acarreo igual a 1 nos vemos obligados a sumar tres bits en lugar de dos
  - 1 + 0 + 0 = 01 ➔ suma 1, acarreo 0
  - 1 + 0 + 1 = 10 ➔ suma 0, acarreo 1
  - 1 + 1 + 0 = 10 ➔ suma 0, acarreo 1
  - 1 + 1 + 1 = 11 ➔ suma 1, acarreo 1
- Ejemplo: 1110 + 1010

	1	1	1	0	14
+	1	0	1	0	+ 10
1	1	0	0	0	24

Suma binaria

- Otro ejemplo: 1001001010’11 + 1101010111’1

	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	’	1	1
+	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	’	1	0
1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	’	0	1

586’75 + 855’5 = 1442’25

Resta binaria

- La operación de resta también se organiza en columnas
- Si el minuendo es menor que el sustraendo (0 menos 1)
  - El resultado de la resta es la diferencia entre los dos
  - Se produce un acarreo negativo, es decir, sumamos 1 al sustraendo de la siguiente columna
  - Sumar un acarreo negativo a un 1 en el sustraendo implica la generación de un nuevo acarreo negativo
- Ejemplo: 1101 - 111

```
  1 1 0 1        13
  1   1
– 0 1 1 1      – 7
-------------  -----
  0 1 1 0        6
```


Resta binaria

- Otro ejemplo: 1010101110'10 – 1001110100'01

```
    1 0 1 0 1 0 1 1 1 0 ' 1 0
      1   1   1           1
– 1 0 0 1 1 1 0 1 0 0 ' 0 1
-----------------------------
  0 0 0 0 1 1 1 0 1 0 ' 0 1
```

686'5 – 628'25 = 58'25

Multiplicación binaria

- Las reglas básicas de la multiplicación binaria son:

  0 x 0 = 0 1 x 0 = 0

  0 x 1 = 0 1 x 1 = 1

- La multiplicación se realiza generando productos parciales, desplazando cada nuevo producto parcial una posición a la izquierda y luego sumándolos todos

- Ejemplo: 11 x 10

```
      1 1        3
    x 1 0      x 2
    ------     ---
      0 0        6
  + 1 1
  -------
    1 1 0
```


Multiplicación binaria

- Otro ejemplo: 11010 x 101

```
      1 1 0 1 0
    x     1 0 1
    -----------
      1 1 0 1 0
    0 0 0 0 0
  + 1 1 0 1 0
  -----------
  1 0 0 0 0 0 1 0
```

26 x 5 = 130

División binaria

- La división binaria sigue el procedimiento tradicional de multiplicación y resta al que estamos acostumbrados
- Ejemplo: 110 / 11

```
  1 1 0 | 1 1
- 1 1   |-----
-------  | 1 0
  0 0 0
  - 0 0
  -----
    0
```

```
6 | 3
0 | 2
```


División binaria

- Otro ejemplo: 100011 / 110

```
1 0 0 0 1 1 | 1 1 0
            |-----
  1   1     | 1 0 1
- 1   1 0
---------
0 0 1 0 1 1
    1
  - 1 1 0
  -------
  0 1 0 1
```

35 / 6 = 5 (resto = 5)

Estructura del tema

- Introducción
- Operaciones aritméticas básicas
  - Suma
  - Resta
  - Multiplicación
  - División
- Representación de números enteros
  - Signo-magnitud
  - Complemento a 1
  - Complemento a 2
- Resumen y bibliografía

Números con signo

- Los sistemas digitales deben ser capaces de manejar tanto números positivos como números negativos
- Un número binario con signo se caracteriza por su magnitud y su signo
  - La magnitud indica el valor del número
  - El signo indica si es positivo o negativo
- Vamos a ver tres formatos binarios para representar números enteros
  - En todos ellos, el bit más significativo representa el signo
  - Todos los números en un ordenador tienen la mismo cantidad de bits, por lo que el bit de signo tiene una posición fija

Signo-magnitud

- El bit más a la izquierda representa el signo del número y el resto de bits representan la magnitud del número
- Un número negativo tiene los mismos bits de magnitud que su versión positiva, pero distinto bit de signo
  - Se utiliza un 0 para el signo positivo
  - Se utiliza un 1 para el signo negativo
- Dado que los números usados por un ordenador tienen tamaño fijo, supondremos números de 8 bits

	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
0	0	0	1	0	1	0	1	➔ 16 + 4 + 1 ➔ 21
1	0	0	1	0	1	0	1	➔ 16 + 4 + 1 ➔ –21

Rango de valores en signo-magnitud

- Los números binarios naturales de n bits pueden tener valores que van desde 0 hasta $2^n - 1$
- Dado que los números en formato signo-magnitud usan un bit de signo, un número de n bits sólo dedicará $(n - 1)$ bits a representar la magnitud
- Los números en signo-magnitud pueden tener valores que van desde $-(2^{n-1} - 1)$ hasta $+(2^{n-1} - 1)$

binario	decimal
000	0
001	1
010	2
011	3
100	–0
101	–1
110	–2
111	–3

Aritmética en signo-magnitud

- Suma y resta en signo-magnitud
  - Se comparan el signo y la magnitud de los operandos
  - Si el signo de los operandos es el mismo se suman las magnitudes y se mantiene el mismo signo
  - Si el signo de los operandos es distinto, se resta la magnitud mayor menos la menor y se pone el signo de la mayor
- Multiplicación y división en signo-magnitud:
  - Se multiplican o dividen las magnitudes
  - Si los operandos tienen el mismo signo el resultado es positivo; en caso contrario el resultado es negativo

Desventajas en signo-magnitud

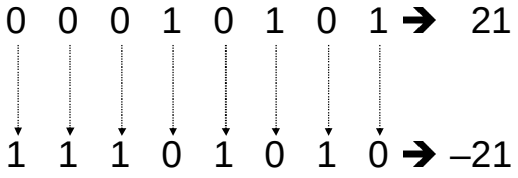
- En el formato signo-magnitud existen dos ceros, uno positivo y otro negativo, pero con el mismo significado
- La multiplicación y la división pueden hacerse basándose en sumas y restas, pero es necesario tener circuitos capaces tanto de sumar como de restar
- Dado que las operaciones de suma y resta necesitan realizar comparaciones, los circuitos aritméticos en signo magnitud tienden a ser más lentos de lo deseado

Estructura del tema

- Introducción
- Operaciones aritméticas básicas
  - Suma
  - Resta
  - Multiplicación
  - División
- Representación de números enteros
  - Signo-magnitud
  - Complemento a 1
  - Complemento a 2
- Resumen y bibliografía

Complemento a 1

- El complemento a 1 de un número binario se obtiene cambiando todos los 0 por 1 y todos los 1 por 0
- Los números positivos se representan igual que los números positivos en formato signo-magnitud
- Los números negativos son el complemento a 1 del correspondiente número positivo



Valor decimal en complemento a 1

- El valor decimal de los números positivos se calcula de la misma manera que en signo-magnitud

	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
0	0	0	1	0	1	0	1

16 + 4 + 1 ➔ 21

- El valor decimal de los números negativos se calcula asignando el valor negativo del peso correspondiente al bit de signo y luego sumando uno al resultado

-2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
1	1	1	0	1	0	1	0

–128 + 64 + 32 + 8 + 2 ➔ –22 + 1 ➔ –21

Rango de valores en complemento a 1

- El bit más significativo de los números en formato complemento a 1 representa el signo
- Un número de *n* bits sólo dedicará (*n* – 1) bits a representar la magnitud
- Los números en complemento a 1 pueden tener valores que van desde $-(2^{n-1} - 1)$ hasta $+(2^{n-1} - 1)$

binario	decimal
000	0
001	1
010	2
011	3
100	–3
101	–2
110	–1
111	–0

Generalización: complemento a la base – 1

- El complemento a la base menos uno de un número se calcula restándolo a la potencia de la base que se corresponde con la cantidad de dígitos del número y luego restando uno al resultado

  Sistema binario ➔ Complemento a 1
  Con 3 bits ➔ $011_{(2)}$ ➔ $1000_{(2)} – 011_{(2)} – 1 = 100_{(2)}$

  Sistema decimal ➔ Complemento a 9
  Con 2 dígitos decimales ➔ $28_{(10)}$ ➔ $100_{(10)} – 28_{(10)} – 1 = 71_{(10)}$

- La conversión de un número a este formato se puede realizar de forma sencilla, dígito a dígito

  en binario se intercambian 0's y 1's: $011_{(2)}$ ➔ $100_{(2)}$
  en decimal se resta cada dígito a 9: $28_{(10)}$ ➔ $71_{(10)}$

Generalización: complemento a la base – 1

- Representando los números negativos en complemento a la base menos uno se simplifica la operación de resta

- La resta de dos números se expresa como la suma de un número positivo y otro negativo
  - El minuendo se mantiene positivo
  - El sustraendo se pasa a negativo calculando su complemento a la base menos uno

con 3 bits ➔ $011_{(2)} – 011_{(2)} = 0_{(2)}$ ➔ $011_{(2)} + 100_{(2)} = 111_{(2)} = – 0$
con 2 dígitos decimales ➔ $28_{(10)} – 28_{(10)} = 0_{(10)}$ ➔ $28_{(10)} + 71_{(10)} = 99_{(10)} = – 0$

Aritmética en complemento a 1

- La operación de resta es innecesaria: para restar podemos limitarnos a sumar el complemento a 1 del número que queremos restar
- Por ejemplo, suponiendo números de 8 bits (1 *byte*):

00011000 – 00011001 = 00011000 + 11100110

```
  0 0 0 1 1 0 0 0
+ 1 1 1 0 0 1 1 0
-----------------
  1 1 1 1 1 1 1 0      24 – 25 = 24 + (–25) = –1
```

- La multiplicación y la división también pueden realizarse partiendo de la suma

Aritmética en complemento a 1

- La suma puede producir un acarreo en la última columna, que no puede representarse en 8 bits
- Para obtener el valor correcto debemos sumar este acarreo al resultado de la suma
- Por ejemplo, suponiendo de nuevo números de 8 bits:

00011001 – 00011000 = 00011001 + 11100111

```
    0 0 0 1 1 0 0 1
+   1 1 1 0 0 1 1 1
-------------------
  1 0 0 0 0 0 0 0 0
+                 1
-------------------
    0 0 0 0 0 0 0 1      25 – 24 = 25 + (–24) = 1
```

Desbordamiento

- Dado que los números en un ordenador tienen una cantidad fija de bits, es posible un desbordamiento, es decir, que el resultado tenga demasiados bits
- Podremos identificar un resultado como incorrecto a causa de un desbordamiento porque no tendrá el signo que debería tener

```
  0 1 1 1 1 1 1 1   ➔   127
+ 0 0 0 0 0 0 1 1   ➔     3
-----------------
  1 0 0 0 0 0 1 0   ➔  –125
```

↳ Dos sumandos positivos no pueden sumar negativo

Desventajas del complemento a 1

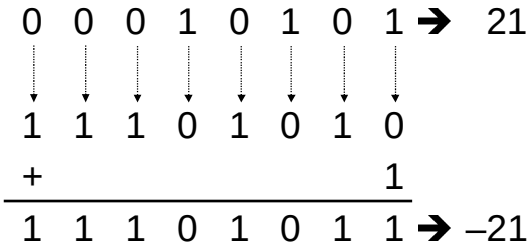
- En el formato complemento a 1 existen dos ceros, uno positivo y otro negativo, pero con el mismo significado
- La multiplicación, la división y la resta pueden hacerse basándose en sumas, pero los circuitos sumadores se complican porque en determinadas circunstancias hay que sumar un acarreo al resultado
- Debido a esta complicación, los circuitos aritméticos en complemento a 1 también tienden a ser más lentos de lo que se querría

Estructura del tema

- Introducción
- Operaciones aritméticas básicas
  - Suma
  - Resta
  - Multiplicación
  - División
- Representación de números enteros
  - Signo-magnitud
  - Complemento a 1
  - Complemento a 2
- Resumen y bibliografía

Complemento a 2

- El complemento a 2 de un número binario se obtiene sumando uno al bit menos significativo del complemento a 1 del número



- Un método alternativo es comenzar por el bit menos significativo hasta encontrar un 1 y luego hacer el complemento a 1 del resto del número

Valor decimal en complemento a 2

- El valor decimal de los números positivos se calcula de la misma manera que en signo-magnitud

	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
0	0	0	1	0	1	0	1

16 + 4 + 1 ➔ 21

- El valor decimal de los números negativos se calcula asignando el valor negativo del peso correspondiente al bit de signo

-2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
1	1	1	0	1	0	1	1

–128 + 64 + 32 + 8 + 2 + 1 ➔ –21

Rango de valores en complemento a 2

- El bit más significativo de los números en formato complemento a 2 representa el signo
- Un número de *n* bits sólo dedicará (*n* – 1) bits a representar la magnitud
- Los números en signo-magnitud pueden tener valores que van desde $-(2^{n-1})$ hasta $+(2^{n-1} - 1)$

binario	decimal
000	0
001	1
010	2
011	3
100	–4
101	–3
110	–2
111	–1

Generalización: complemento a la base

- El complemento a la base de un número se calcula restándolo a la potencia de la base correspondiente a la cantidad de dígitos del número

  Sistema binario ➔ Complemento a 2
  Con 3 bits ➔ $011_{(2)}$ ➔ $1000_{(2)} - 011_{(2)} = 101_{(2)}$

  Sistema decimal ➔ Complemento a 10
  Con 2 dígitos decimales ➔ $28_{(10)}$ ➔ $100_{(10)} - 28_{(10)} = 72_{(10)}$

- Representando los números negativos en complemento a la base se simplifica la resta, permitiendo expresarla como la suma de un número positivo y otro negativo

Con 3 bits ➔ $011_{(2)} - 011_{(2)} = 0_{(2)}$ ➔ $011_{(2)} + 101_{(2)} = \cancel{1}000_{(2)}$
Con 2 dígitos decimales ➔ $28_{(10)} - 28_{(10)} = 0_{(10)}$ ➔ $28_{(10)} + 72_{(10)} = \cancel{1}00_{(10)}$

Ventajas del complemento a 2

- Solo existe una representación del cero
- Todas las operaciones pueden hacerse con un circuito sumador, más simple que el usado por signo-magnitud o complemento a 1 y, por tanto, más rápido
- Por estos motivos, el complemento a 2 es el formato más utilizado por los ordenadores actuales

binario	signo-magnitud	complemento a 1	complemento a 2
000	**0**	**0**	**0**
001	**1**	**1**	**1**
010	**2**	**2**	**2**
011	**3**	**3**	**3**
100	**–0**	**–3**	**–4**
101	**–1**	**–2**	**–3**
110	**–2**	**–1**	**–2**
111	**–3**	**–0**	**–1**

Suma en complemento a 2

- Dado que el complemento a 2 es el formato más usado, estudiaremos su aritmética con más detalle
- Vamos a suponer que los números con los que trabajaremos tienen 8 bits (1 byte)
- A la hora de sumar dos números en complemento a 2, existen cuatro situaciones posibles
  - Ambos números son positivos
  - Los dos números tienen distinto signo
    - El número positivo tiene un valor absoluto mayor que el negativo
    - El número negativo tiene un valor absoluto mayor que el positivo
  - Ambos números son negativos

Suma en complemento a 2

- Si los dos valores sumados son positivos, el resultado también será positivo
- Existe la posibilidad de un desbordamiento (*overflow*), es decir, de obtener un resultado incorrecto porque necesita más bits de los que se pueden representar

```
  1 1 1 1
  0 1 1 1 1 1 0 1      ➔ 125
+ 0 0 1 1 1 0 1 0      ➔  58
-----------------
  1 1 1 1 0 1 1 1      ➔ 183 (max = 2^7 – 1 = 127)
  └─ Overflow!! El resultado debe ser positivo
```

Suma en complemento a 2

- Si los dos valores sumados son negativos el resultado también será negativo
- Existe la posibilidad de que aparezca un acarreo (*carry*) pero no invalida el resultado y debe descartarse

```
  1 1 1 1     1
  1 1 1 1 1 0 1 1    ➔  –5
+ 1 1 1 1 1 0 1 0    ➔  –6
-----------------
1 1 1 1 1 0 1 0 1    ➔  –11
```

Carry!! Se descarta y el resultado es correcto

Suma en complemento a 2

- Si los dos valores sumados son negativos también existe la posibilidad de que ocurra un desbordamiento y, por tanto, el resultado sea incorrecto

```
    1 1
  1 0 0 0 0 0 1 1    ➔ –125
+ 1 1 0 0 0 1 1 0    ➔  –58
-----------------
1 0 1 0 0 1 0 0 1    ➔ –183 (min = –2^7 = 128)
```

Overflow!! El resultado debe ser negativo

Carry!! Se descarta

Suma en complemento a 2

- Si los dos valores sumados tienen distinto signo es imposible que ocurra un desbordamiento
- Cuando el valor absoluto del número positivo es mayor que el del negativo puede aparecer un acarreo, pero se descarta y el resultado es correcto

```
  1 1         1 1
  0 0 1 1 1 0 0 1    ➔  57
+ 1 1 1 0 0 0 1 1    ➔ –29
-----------------
1 0 0 0 1 1 1 0 0    ➔  28
```

Carry!! Se descarta y el resultado es correcto

Resta en complemento a 2

- Para restar dos números se calcula el complemento a 2 del número restado y se suman, descartando cualquiera acarreo que pueda aparecer y controlando la posibilidad de que ocurra un desbordamiento

  57 – 29 = 57 + (– 29) = 28

```
  1 1         1 1
  0 0 1 1 1 0 0 1    ➔  57
+ 1 1 1 0 0 0 1 1    ➔ –29
-----------------
1 0 0 0 1 1 1 0 0    ➔  28
```

Carry!! Se descarta y el resultado es correcto

Resta en complemento a 2

- Para restar dos números se calcula el complemento a 2 del número restado y se suman, descartando cualquiera acarreo que pueda aparecer y controlando la posibilidad de que ocurra un desbordamiento

  –125 – 58 = –125 + (– 58) = –183

  1 0 0 0 0 0 1 1 ➔ –125 (acarreos: 1 1)

  \+ 1 1 0 0 0 1 1 0 ➔ –58

  1 0 1 0 0 1 0 0 1 ➔ –183 (min = $-2^7 = 128$)

  Overflow!! El resultado debe ser negativo

  Carry!! Se descarta

Sumas o restas en cadena

- Para sumar o restar varios números aplicamos la propiedad asociativa, es decir, sumamos o restamos los números de dos en dos

  68 + 27 + 14 + 18 = ((68 + 27) + 14) + 18 = 127

0 1 0 0 0 1 0 0	➔	68
\+ 0 0 0 1 1 0 1 1	➔	27
0 1 0 1 1 1 1 1	➔	95
\+ 0 0 0 0 1 1 1 0	➔	14
0 1 1 0 1 1 0 1	➔	109
0 0 0 1 0 0 1 0	➔	18
0 1 1 1 1 1 1 1	➔	127

Multiplicación en complemento a 2

- La suma directa es el método más simple: sumar el multiplicando tantas veces como el multiplicador
- La desventaja de este método es que puede llegar a ser muy lento si el multiplicador es muy grande
- El método más común es el de los productos parciales
  - Se multiplica el multiplicando por cada bit del multiplicador
  - Cada producto parcial se desplaza un bit a la izquierda
  - La suma de los productos parciales nos da el resultado

Multiplicación en complemento a 2

- El signo del resultado depende de los signos de los números multiplicados
  - Si son del mismo signo, el resultado es positivo
  - Si son de distinto signo, el resultado es negativo
- Después de comprobar los signos, los números a multiplicar deben ser pasados a binario real
- Es bastante posible que el resultado tenga más bits que la representación de los operandos

$$3 \times 3 = 9 \rightarrow 11 \times 11 = 1001$$

Multiplicación en complemento a 2

- Ejemplo: 83 X –59 = –4897
- Los números tienen distinto signo, luego el resultado será un número negativo

  83 = 01010011
  –59 = 11000101

- Pasamos los números a binario real
  - Ignoramos el bit de signo del número positivo
  - Deshacemos el complemento a 2 del número negativo y luego ignoramos el bit de signo

  83 = 01010011
  –59 = 11000101 ➔ 59 = 00111011

Multiplicación en complemento a 2

- Realizamos la multiplicación entre los dos números positivos

```
          0 1 0 1 0 0 1 1
        x 0 0 1 1 1 0 1 1
  -------------------------
          1 0 1 0 0 1 1
      + 1 0 1 0 0 1 1
  -------------------------
        1 1 1 1 1 0 0 1
    + 0 0 0 0 0 0 0
  -------------------------
        0 1 1 1 1 1 0 0 1
  + 1 0 1 0 0 1 1
  -------------------------
      1 1 1 0 0 1 0 0 0 1
+ 1 0 1 0 0 1 1
  -------------------------
    1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1
+ 1 0 1 0 0 1 1
  -------------------------
  1 0 0 1 1 0 0 1 0 0 0 0 1
```

Multiplicación en complemento a 2

- Multiplicando números de 8 bits hemos obtenido un resultado de 13 bits
  - Supondremos que el resultado tiene 16 bits
  - Será importante recordar esto para diseñar multiplicadores
  - Dado que hemos multiplicado dos números positivos, el bit de signo debe ser positivo o habrá habido un desbordamiento

  0001001100100001
- Una vez obtenido el resultado, y dado que habíamos determinado que éste era negativo, calculamos el complemento a 2 del mismo

  0001001100100001 ➔ 1110110011011111

División en complemento a 2

- El esquema básico de división usado en los ordenadores está basado en la resta
- Dado que las restas en complemento a 2 son sumas, la división puede realizarse con circuitos sumadores
- El signo del resultado depende de los signos de los dos operandos de la división
  - Si son del mismo signo, el resultado es positivo
  - Si son de distinto signo, el resultado es negativo
- Tras comprobar los signos, cualquier número negativo debe ser convertido en el positivo corresponidente

División en complemento a 2

- Ejemplo: 100 / 25 = 4
- Los números tienen el mismo signo, luego el resultado será un número positivo

  100 = 01100100
  25 = 00011001

- En caso de que alguno de ellos hubiera sido un número negativo hubiéramos tenido que deshacer el complemento a 2
- El valor inicial del cociente es cero

  C = 0

División en complemento a 2

- Restamos el divisor del dividendo (sumando su complemento a 2) para obtener el primer resto parcial y luego sumamos uno al cociente

  01100100 – 00011001
  01100100 + 11100111 = 101001011
  C = C + 1 = 0 + 1 = 1

- Si el resto parcial es cero o negativo, damos la división por finalizada
- Si el resto parcial es positivo, repetimos el proceso, restando el divisor del resto parcial y volviendo a sumar uno al cociente

División en complemento a 2

- Segunda iteración:

  01001011 – 00011001
  01001011 + 11100111 = ~~1~~00110010
  C = C + 1 = 1 + 1 = 10

- Tercera iteración:

  00110010 – 00011001
  00110010 + 11100111 = ~~1~~00011001
  C = C + 1 = 10 + 1 = 11

División en complemento a 2

- Cuarta iteración:

  00011001 – 00011001
  00011001 + 11100111 = ~~1~~00000000
  C = C + 1 = 11 + 1 = 100

- El resto parcial es cero, por lo que la división termina
- Sólo queda asegurarse de que el bit de signo es el correcto, en este caso, signo positivo

  C = 100
  7 bits magnitud ➔ C = 0000100
  1 bit de signo positivo ➔ C = 00000100

Estructura del tema

- Introducción
- Operaciones aritméticas básicas
  - Suma
  - Resta
  - Multiplicación
  - División
- Representación de números enteros
  - Signo-magnitud
  - Complemento a 1
  - Complemento a 2
- Resumen y bibliografía

Resumen

- La comprensión de las operaciones básicas de la aritmética binaria es importante para el diseño de los circuitos digitales que las realizan
- Existen varios formatos que permiten la representación de números enteros negativos
- Los ordenadores actuales utilizan generalmente el formato de complemento a 2 para representar números negativos porque permite simplificar en gran medida el diseño de los circuitos necesarios

Bibliografía

Fundamentos de Sistemas Digitales (7ª edición)

Capítulo 2
Thomas L. Floyd
Prentice Hall, 2000

Principios de Diseño Digital

Capítulo 2
Daniel D. Gajski
Prentice Hall, 1997