# Complemento a 2 - Introducción

- También conocido como *Complemento al Módulo* o *Complemento a la Base*
- Es un sistema de numeración binario que nos permitirá representar números enteros **positivos** y **negativos**
- El bit más hacia la izquierda representará el signo, aunque veremos que será una mera consecuencia aritmética.

**+**

**CA2(n)**

**-**

# CA2 : ¿Porqué es importante?

- Porque toda la aritmética de los procesadores se basa en este sistema numérico.
- La interpretación de los resultados de las operaciones binarias dependerá de nosotros.
- La aritmética en CA2(n) es idéntica a la que utilizamos en BSS(n).
- Existen reglas prácticas de muy fácil aplicación.

+

CA2(n)

-

# CA2 - ¿A qué llamamos módulo?

- Para un sistema de ***N*** bits, se llama *módulo* al ***n° de combinaciones posibles de cadenas*** a las que podemos asignar un valor.

**Ejemplo:** Para un sistema de 3 bits entero positivo, las cadenas posibles serán:

000 b -» I (000b) = 0 d
001 b -» I (000b) = 1 d
010 b -» I (000b) = 2 d
011 b -» I (000b) = 3 d
100 b -» I (000b) = 4 d
101 b -» I (000b) = 5 d
110 b -» I (000b) = 6 d
111 b -» I (000b) = 7 d

**Son en Total 8 cadenas -» 1000b : Luego 1000b es el módulo !!!**
**Podemos expresarlo como el resultado de la *base* elevado a la *cantidad de bits* del sistema: $2^3$ = 8 » 1000b**

# CA2 – Rango en BSS(n)

- Para un sistema Binaria Sin Signo de n bits -BSS(n)-, se entiende **rango** como el conjunto de valores cerrado desde el mínimo hasta el máximo que se puede representar.

**Ejemplo**: Para un sistema BSS(3), el ***rango*** puede ser expresado así:

$$R\,(0\,,\; 2^3 - 1) \;=\; R\,(0\,,\,7)$$

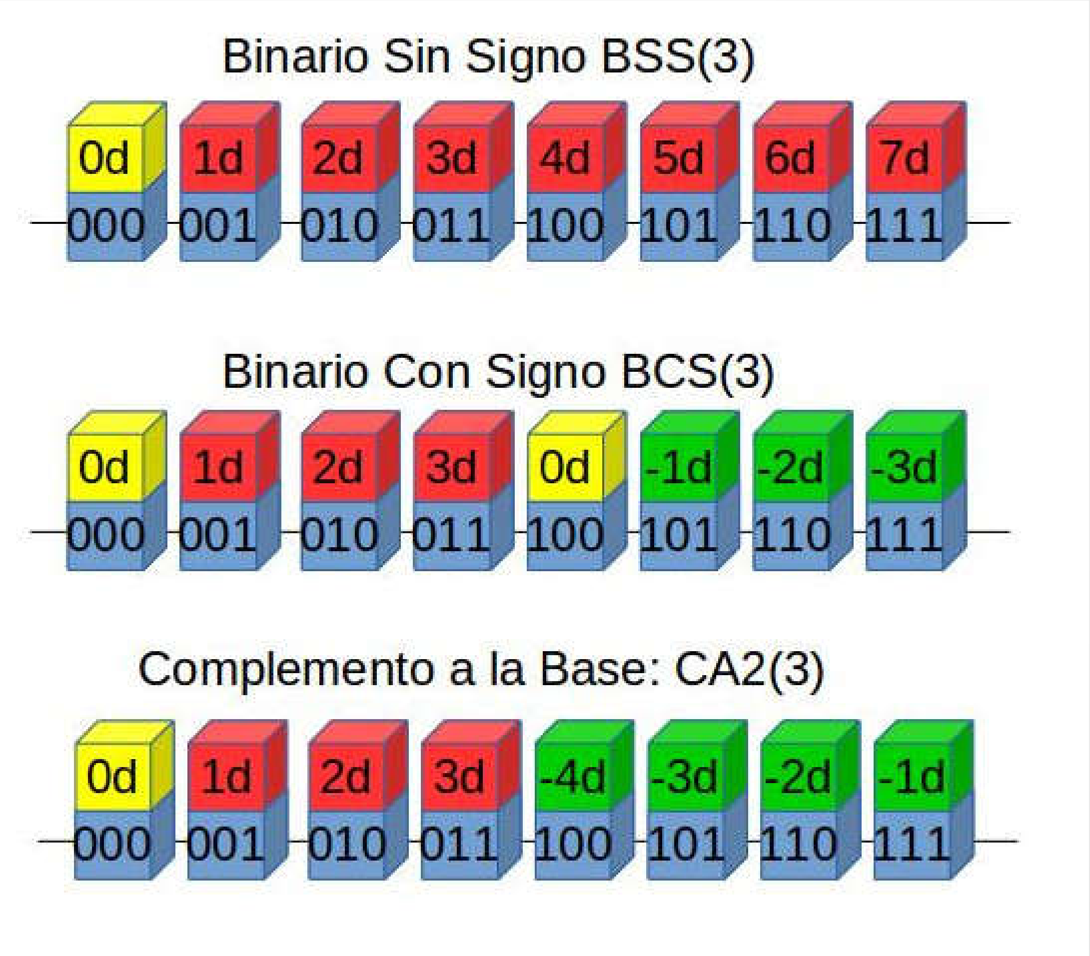
**No obstante observamos que $2^3$ también representa al módulo del sistema. Si expresamos lo mismo generalizando para sistemas de *n* bits:**

**Rango : R (0, M – 1)**

**donde el M será el módulo del sistema BSS(3)**

# CA2 - ¿Cómo representar valores negativos?

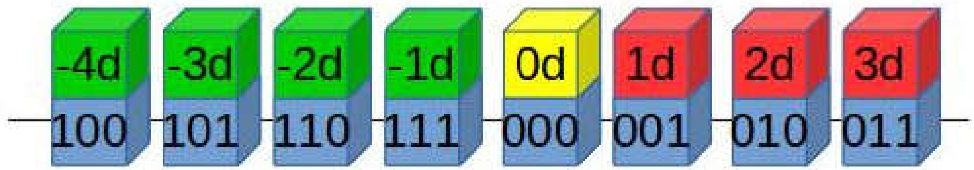
- Si dibujamos una recta con las cadenas de representación posibles para 3 bits, veremos que podemos asignarle valores de interpretación para los sistemas que deseemos.



# Complemento a 2 – Rango y módulo

- Si ordenamos los valores de la recta numérica correspondiente a CA2, podemos darle un sentido creciente y analizar su rango.
-
- Es importante notar que los enteros positivos en CA2, se representan con las mismas cadenas que en BSS

Complemento a la Base: CA2(3)




Rango ( -2^(n-1) , 2^(n-1) – 1)
Para n = 3 : Rango ( -4 , 3 )
El ***módulo*** sigue siendo 8d = 1000b como en BSS(3)

# Complemento a 2 - Justificación

¿Se han elegido arbitrariamente las cadenas que representarán los enteros negativos en el sistema CA2(n)?

La respuesta es:

**NO!!!**

Por supuesto que no :)

# Complemento a 2 - Justificación

- Estamos buscando un sistema numérico que siga las reglas de la aritmética decimal con números binarios…
-
- Pensemos en la siguiente cuenta: 3 + (-3) ... ¿en decimal que obtendríamos?

**0 !!!**

# Complemento a 2 - Justificación

- Si operamos en BCS(3), obtenemos lo siguiente

**011 » 3 en BCS(3)**

**+ 111 » -3 en BCS(3)**

**----------**

**~~1~~« 010 » 2 ???**

- Vemos que la interpretación del resultado de la cuenta **no representa** el valor esperado :(

# Complemento a 2 - Justificación

- Si ahora pensáramos en un sistema de numeración tal que definimos el ***complemento**** de un número como la distancia al módulo del sistema… Para 3 bits podemos plantear:

- $N^* = M – N$
-
- Leemos: complemento de un número N es igual al módulo del sistema menos ese valor N

# Complemento a 2 - Introducción

- Ejemplo: Pensamos en CA2(3).
- Calculamos el complemento para N = 011b
- $N^* = M – 011b = 1000b – 011b$
- **1000 » 8 en Ca2**
- **- 011 » 3 en Ca2**
- **-----------------**
- **101**
- **...elegiremos esta cadena como la que representará el -3 en CA2**

# Complemento a 2 - Justificación

- **Eligiendo de esta manera las cadenas**, la suma de un número y su complemento arrojará siempre el módulo del sistema … Y así queda conformado el sistema de “Complemento a la Base”.

| # N decimal | M - N | CA2(3) |
|---|---|---|
| -4 | 1000 – 100 = | 100 |
| -3 | 1000 – 011 = | 101 |
| -2 | 1000 – 010 = | 110 |
| -1 | 1000 – 001 = | 111 |
| 0 | | **000** |
| 1 | 1000 – 111 = | 001 |
| 2 | 1000 – 110 = | 010 |
| 3 | 1000 – 101= | 011 |

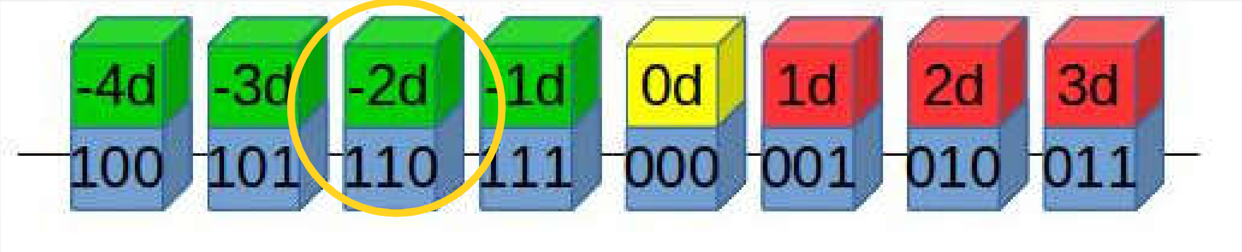
# CA2 – Origen de la regla práctica

- Si observamos las cuentas que realizamos para obtener la cadena complemento, debemos representar al módulo en 4 bits: **1000b** para CA2(3). Lo que es una incongruencia, ya que nuestro sistema sólo admite aritmética de 3 bits !!!

- Por lo que para salvar este detalle, ***“se le resta 1 al módulo”*** para operar en 3 bits, y luego se suma una unidad.

- **Ejemplo:** Calcular el complemento de N = 010b (2 decimal)

- **N* = (111 – 010) + 1 = 101 +1 = 110 » -2d ok!!!**



# CA2 – Origen de la regla práctica

✓**Pero Hay más…**

✓Si observamos el 1er término del cálculo del complemento:

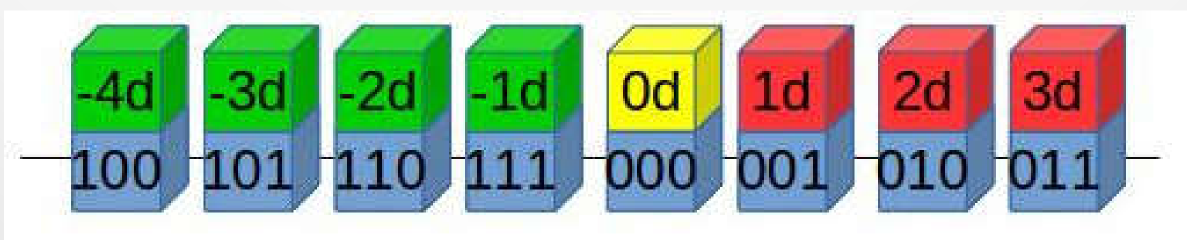
✓ **N* = ( 111 – N ) + 1**

✓**...**vemos que es lo mismo que invertir los bits de N …

✓**Ejemplos:** 111 – 001 = **110**, e invertir bits de N: /001 » **110**

✓ 111 – 010 = **101**, e invertir bits de N: /010 » **101**

✓**Entonces SOLO FALTA SUMAR 1 PARA OBTENER EL CA2**

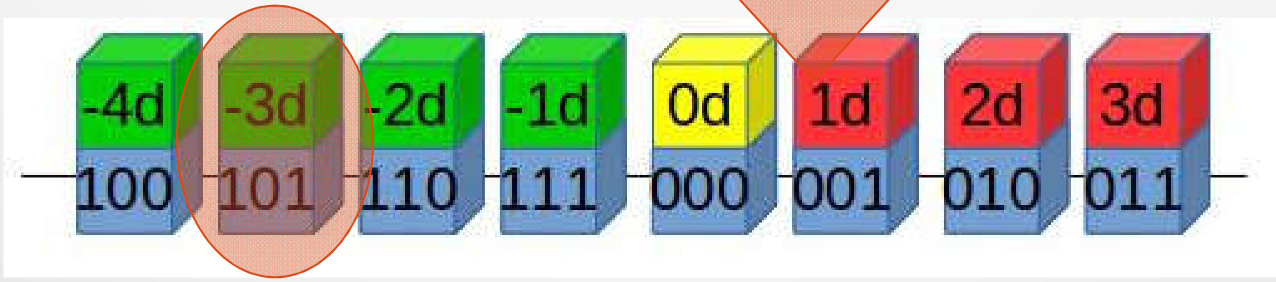


# CA2 – Regla práctica.

*Invirtiendo los bits !!!*

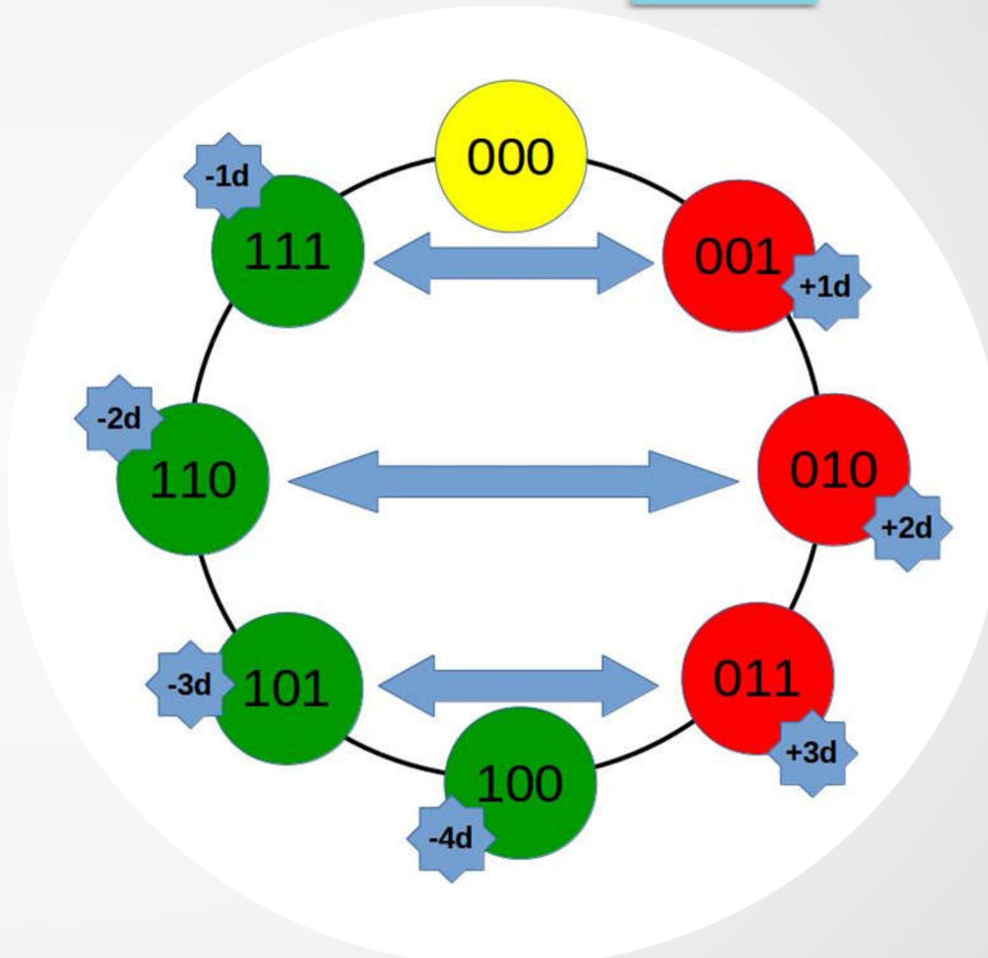
- **Para calcular el complemento al módulo² de un número binario se invierten los unos y ceros del mismo, y luego se suma 1 al resultado.**

- **3d » 011b entonces -3d » 100b +1 = 101**



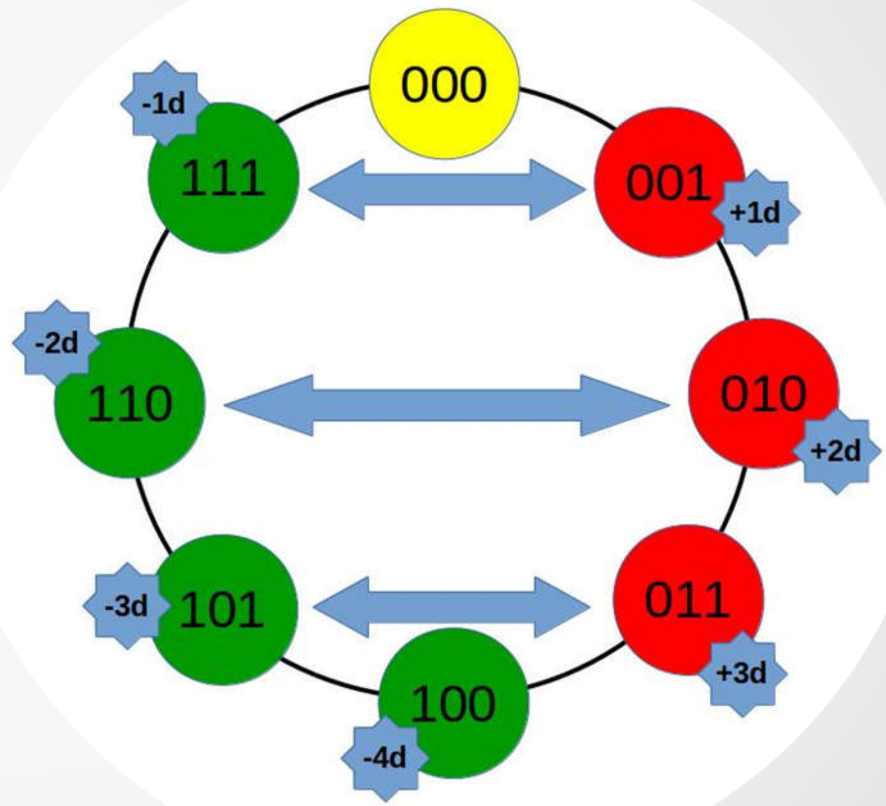
# CA2 – Conceptos finales

- ✓ La representación de un número negativo es lo que debe sumarse a la representación de ***su*** positivo para que el resultado sea su ***módulo*** y viceversa...
- ✓
- ✓ ***Las representaciones de números positivos y negativos de igual magnitud, son complementarias respecto a su módulo.***



# CA2 – Conceptos finales

- El bit más a la izquierda, en la posición más significativa de la cadena se corresponde con un bit de signo: **0+ / 1-**
- 
- Para representar cadenas en sistemas de ***n bits*** cualquiera, podemos extender el signo:
- 
- ***1d » 001b en CA2(3)***
- ***1d » 00001b en CA2(5)***
- ***-3d » 101b en CA2(3)***
- ***-3d » 11101b en CA2(5)***



# Complemento a 2

FIN !!!