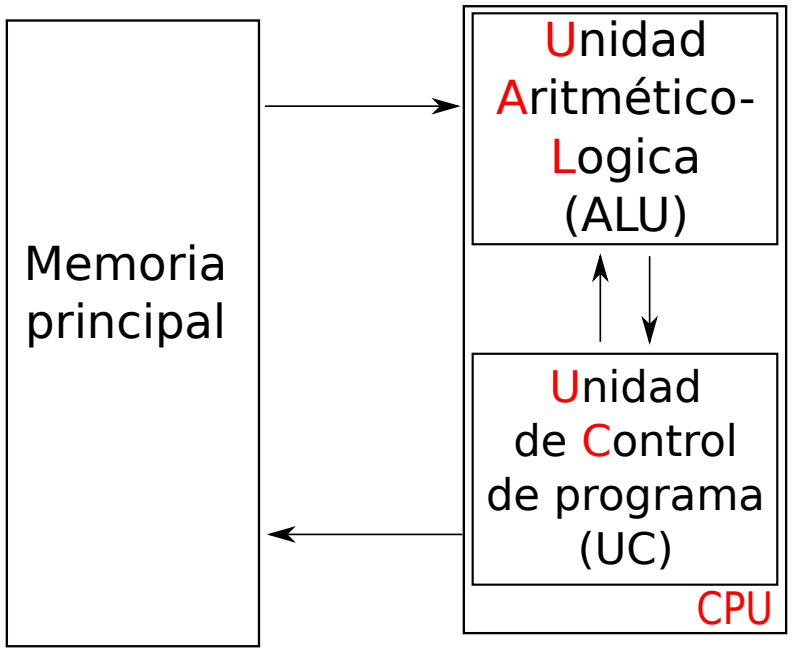
Ejecución de programas simples en una arquitectura simple

Organización de computadoras

Universidad Nacional de Quilmes

http://orga.blog.unq.edu.ar

Arquitectura de Von Neumann



Unidad aritmético lógica

ALU (Unidad aritmético lógica)
Dispositivo que realiza las operaciones aritméticas y lógicas sobre los datos de entrada que se le proveen.

¿Cómo se usa?

1. La UC (unidad de control) suministra los operandos a la ALU
2. La UC indica a la ALU la operación a llevar a cabo.
3. La ALU realiza la operación.
4. La UC toma el resultado.

Registros internos

Registro
Espacio de almacenamiento interno a la CPU. Es la tecnología de almacenamiento mas rápida del sistema de cómputos.

- Para ser procesado, todo dato debe alojarse en un registro interno a la CPU
- Algunos están disponibles para ser usados por los programas.
- Otros están reservados para uso interno de la Unidad de Control

Código binario

Código binario

Las computadoras tienen la capacidad de traducir una cadena binaria en una acción determinada

Los programas deben estar codificados en binario

Código binario

Ejemplo: decodificando una receta

001  agregar huevo
000  mezclar
010  agregar harina
000  mezclar
110  agregar leche
000  mezclar

Código binario

Código Fuente
Código comprensible por un humano

Código Máquina
Código directamente interpretable por la CPU

Código binario

¿Cuándo se ensambla (código fuente $\rightarrow$ código máquina)?

¿Cuándo se desensambla (código máquina $\rightarrow$ código fuente)?

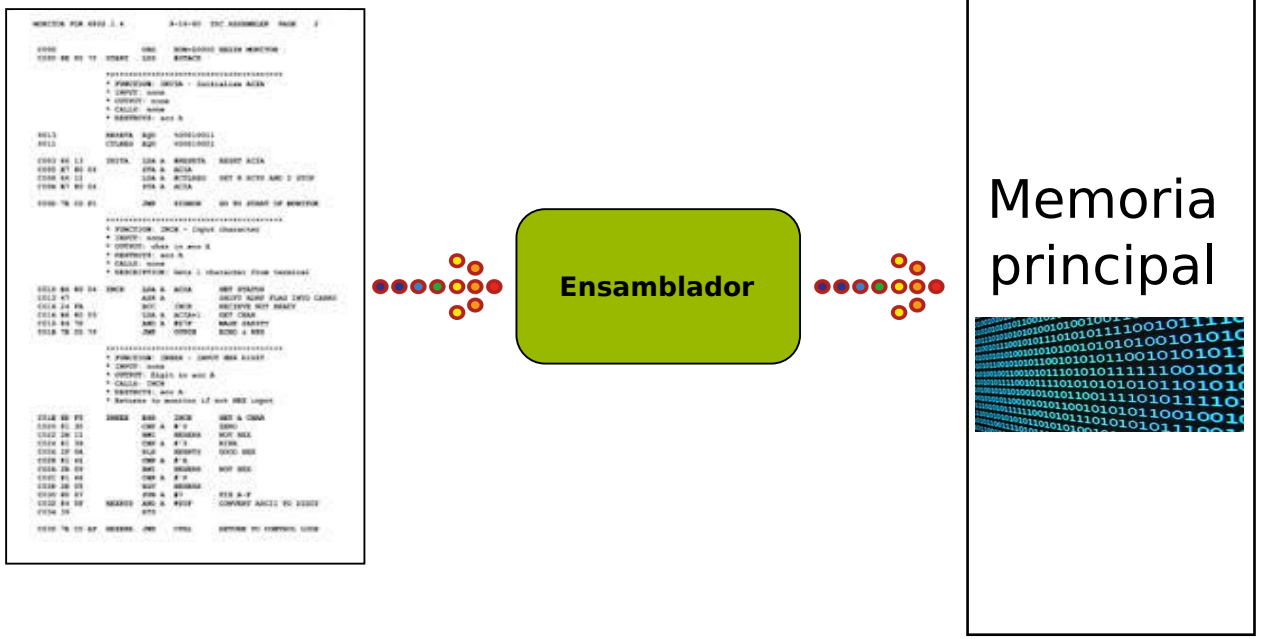
Ciclo de vida de un programa

Ciclo de vida de un programa

El programador escribe el programa

Ciclo de vida de un programa

El ensamblador lo traduce a código máquina y lo carga en memoria

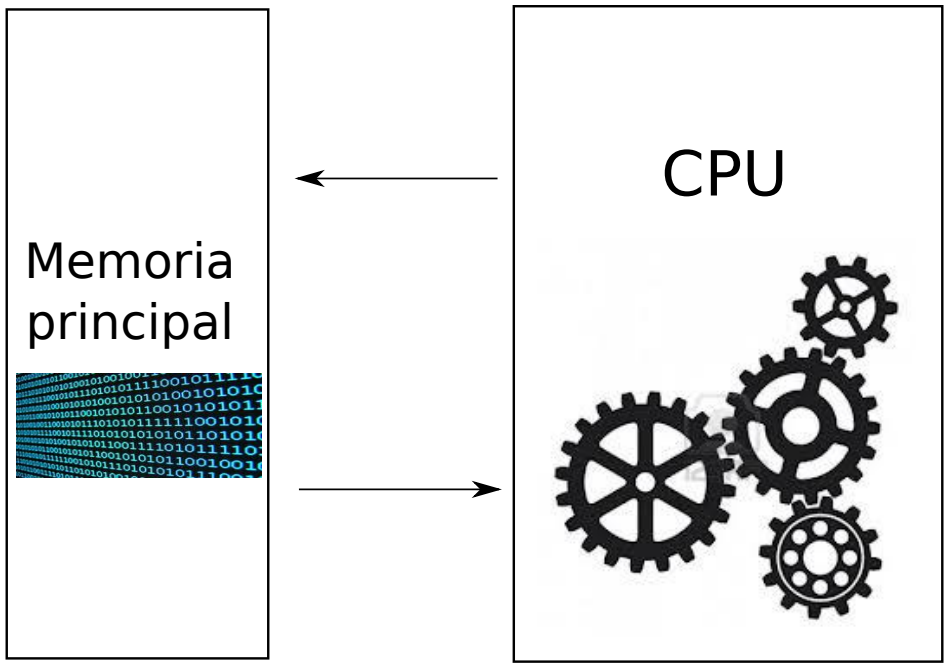


Ciclo de vida de un programa

El usuario pide la ejecución del programa

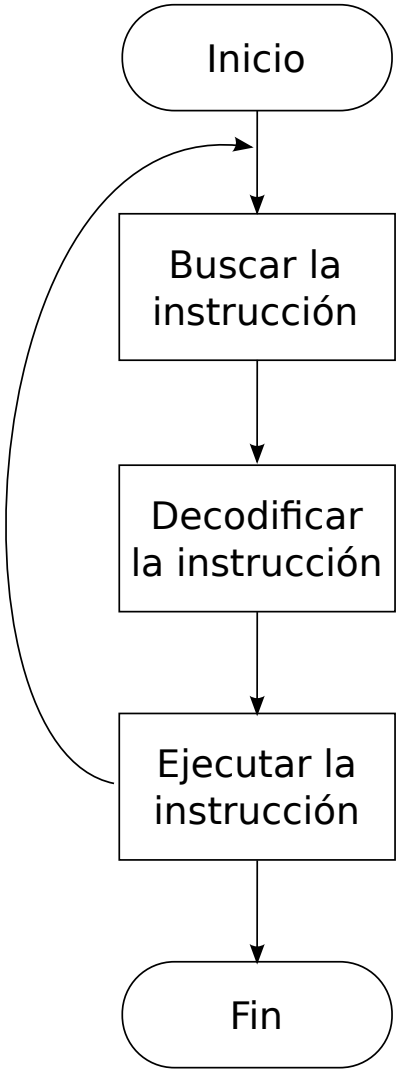
Ciclo de vida de un programa

La CPU ejecuta el programa



Ciclo de ejecución de una instrucción

Ciclo de ejecución de una instrucción



Arquitectura **Q1**

Arquitectura **Q1**

- Tiene 8 registros de uso general de 16 bits: R0..R7
- Tiene instrucciones de 2 operandos:

instrucción	sintaxis	efecto
ADD	`ADD destino, origen`	`destino ← destino+origen`
SUB	`SUB destino, origen`	`destino ← destino - origen`
MUL	`MUL destino, origen`	`(R7,destino) ← destino * origen`
DIV	`DIV destino, origen`	`destino ← destino% origen`
MOV	`MOV destino, origen`	`destino ← origen`

- Los operandos pueden ser variables (alguno de los registros) o constantes.

Arquitectura **Q1**: modos de direccionamiento

Modo de direccionamiento
Mecanismo por el cual la unidad de control obtiene el operando requerido

Q1 permite 2 modos de direccionamiento:

- modo registro: el valor buscado está en un registro
- modo inmediato: el valor buscado está codificado dentro de la instrucción (constante)

Arquitectura **Q1**: modos de direccionamiento

Modo de direccionamiento Inmediato

MOV R0, 0x3456

ADD R6, 0xFEFE

Arquitectura **Q1**: modos de direccionamiento

Modo de direccionamiento Registro

MOV R0, 0x3456

ADD R6, R1

Arquitectura **Q1**: formato de instrucciones

Formato de instrucción
Define la organización de los bits dentro de una instrucción, en términos de las partes que la componen. Debe incluir el **código de la operación** y los **operandos**

Cuando se tiene una cadena así:

0000100000000000000011110000111100001111000011111

Se separan las partes así

0000100000000000000011110000111100001111000011111

Arquitectura **Q1**: formato de instrucciones

0000100000000000000011110000111100001111000011111

0000100000000000000011110000111100001111000011111

Cod_Op (4b)	Modo Destino (6b)	Modo Origen (6b)	Operando Destino (16b)	Operando Origen (16b)

Arquitectura **Q1**: Códigos de Operación

Operación	**CodOp**
MUL	0000
MOV	0001
ADD	0010
SUB	0011
DIV	0111

Arquitectura **Q1**: Códigos de los modos de direccionamiento

Modo	**Codificación**
Inmediato	000000
Registro	100rrr

donde rrr es una codificación (en 3 bits) del número de registro.

Arquitectura **Q1**: formato de instrucciones

Cod_Op (4b)	Modo Destino (6b)	Modo Origen (6b)	Operando Destino (16b)	Operando Origen (16b)

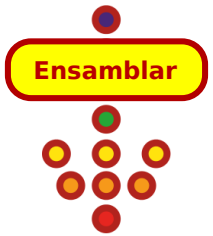
Los campos de los opendos Destino y Origen...

- contienen valores constantes (si el modo respectivo es *inmediato*)
- o no existen (si el modo respectivo es *registro*).

Arquitectura **Q1**: Ejemplos

Ejercicio: Ensamblar MOV R1,0x0003

Efecto	R1 ← 0x0003
Código de operación	0001
Modo Destino	R1 está en modo registro: 100rrr
Modo Origen	0x0003 está en modo inmediato: 000000

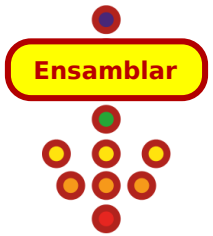


0001100001000000000000000000011

Arquitectura **Q1**: Ejemplos

Ejercicio: ensamblar MOV R1,R6

Efecto	R1 ← R6
Código de operación	0001
Modo Destino	R1 está en modo registro: 100001
Modo Origen	R6 está en modo registro: 100110



0001100001100110

Arquitectura **Q1**: Ejercicios

Ejercicios

1. Hacer un programa que multiplique por 12 el valor de R0.
2. Hacer un programa que sume R0 con R1 y guarde el resultado en R2

Arquitectura **Q1**: Ejercicios

Ejercicio: ensamblar el siguiente programa

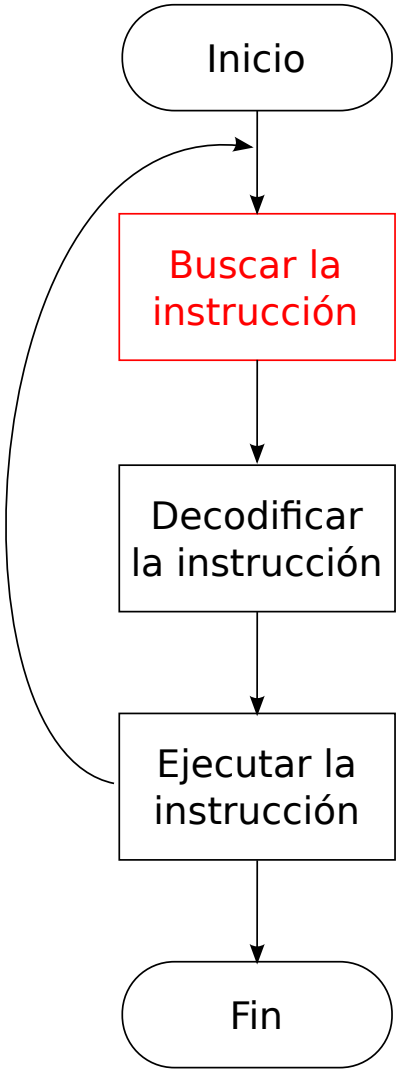
```
SUB R0, R1
ADD R2, R0

DIV R2, 7
```

Arquitectura **Q1**: Ejercicios

Ejercicio: Desensamblar

cadena (hexa)	**Codop**	**Modo Destino**	**Modo Origen**	**Origen**	**Destino**
1821	MOV	Registro	Registro	R1	R0
0860	MUL	Registro	Registro	R1	R0
28400005	ADD	Registro	Inmediato	0005	R1

Ciclo de ejecución de una instrucción



Ciclo de ejecución de una instrucción

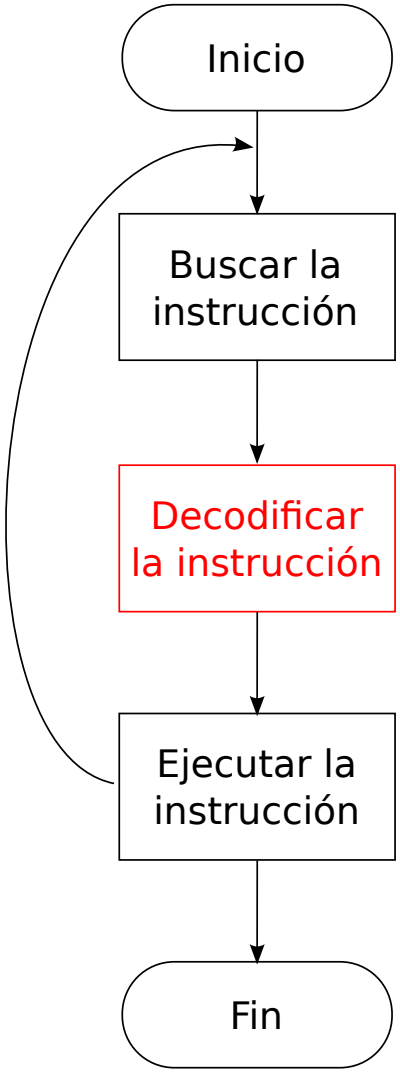
Búsqueda de la instrucción

1. La UC pide a la memoria un conjunto de bits
2. La memoria le envía el sector pedido

La UC **sabe** que el sector pedido contiene una instrucción

La memoria **no lo sabe**

Ciclo de ejecución de una instrucción

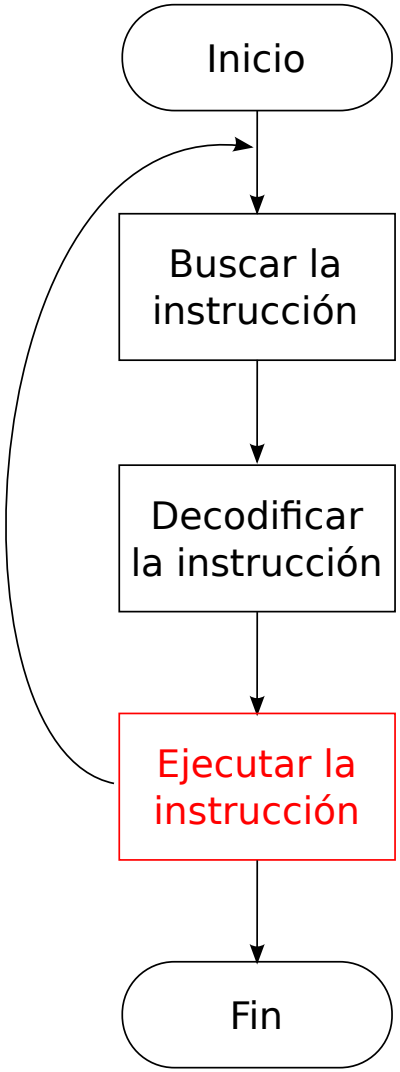


Ciclo de ejecución de una instrucción

Decodificación de la instrucción

1. La UC extrae la operación de determinados bits de la cadena leida

Ciclo de ejecución de una instrucción



Ciclo de ejecución de una instrucción

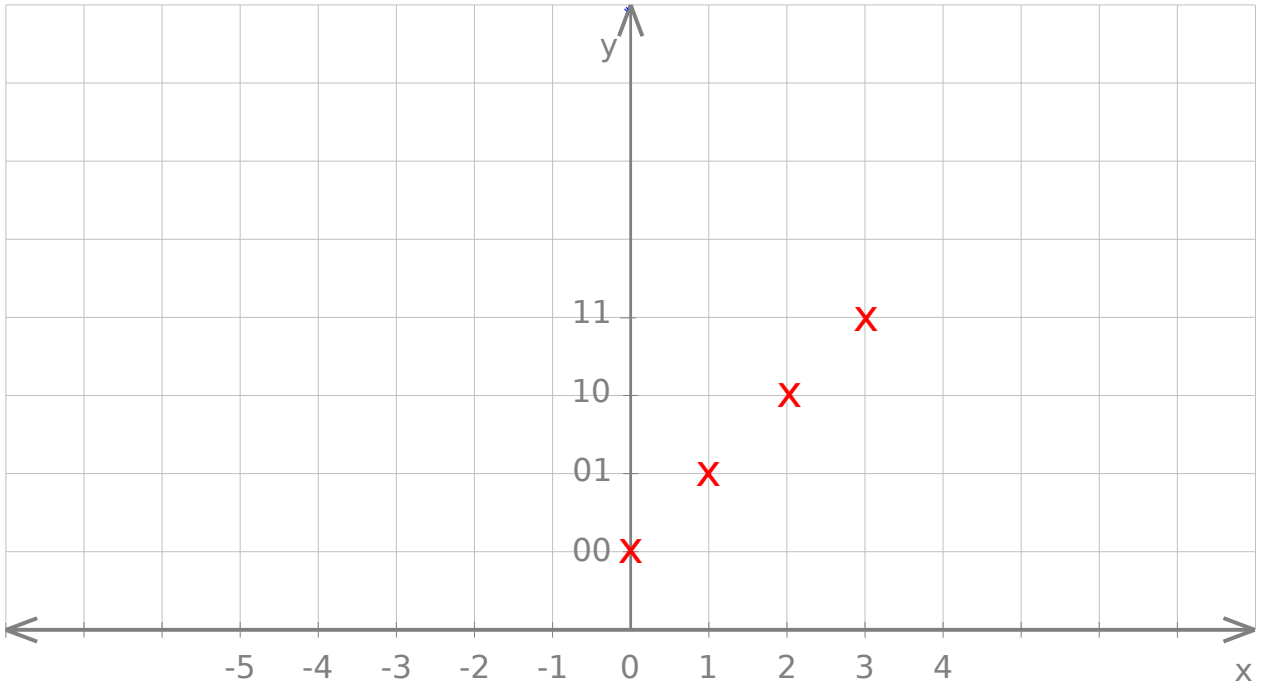
Ejecución de la instrucción

1. La UC traduce la operación en señales eléctricas a:
   - la ALU (dándole parámetros y obteniendo resultados)
   - la memoria (pidiendole la lectura o escritura de bits)
   - los registros (poniendoles valor o leyendo el contenido)

Sistemas de numeración enteros

Binario Sin Signo

¿Que números podemos representar en $BSS(2)$?

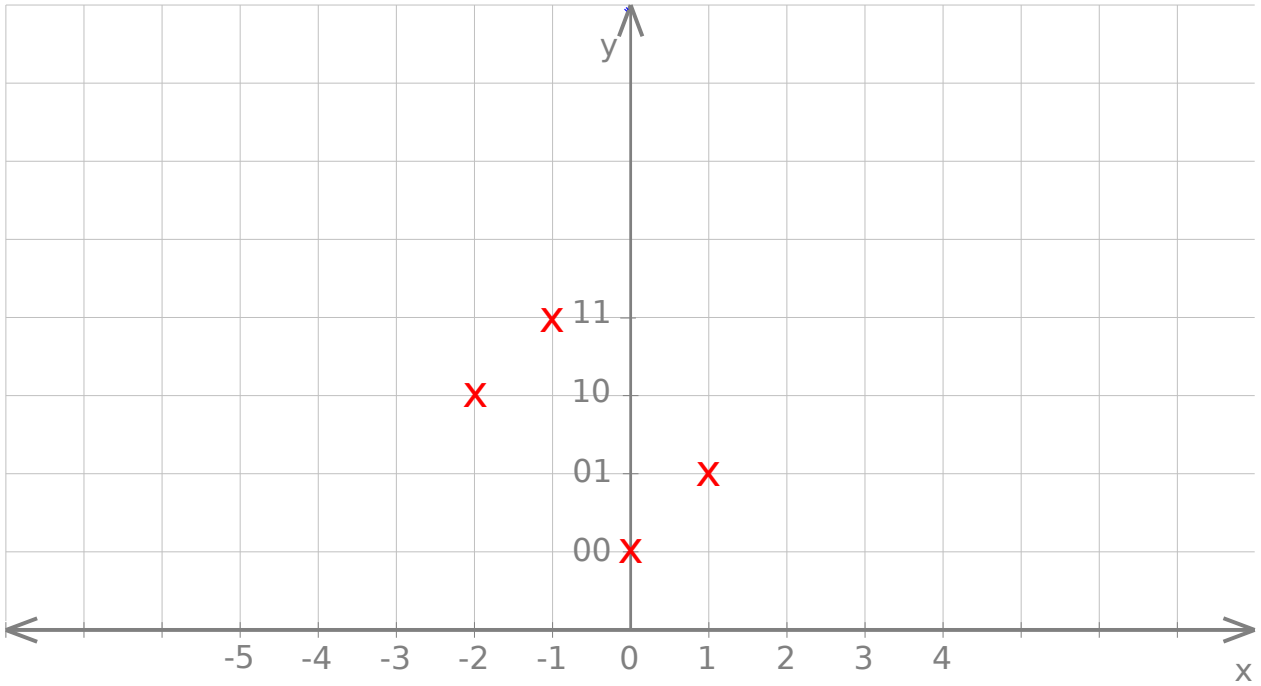


¿Cómo representar números negativos?

¿Cómo representar números negativos?

Asociando las cadenas a otros números

¿Cómo representar números negativos?



Complemento a 2

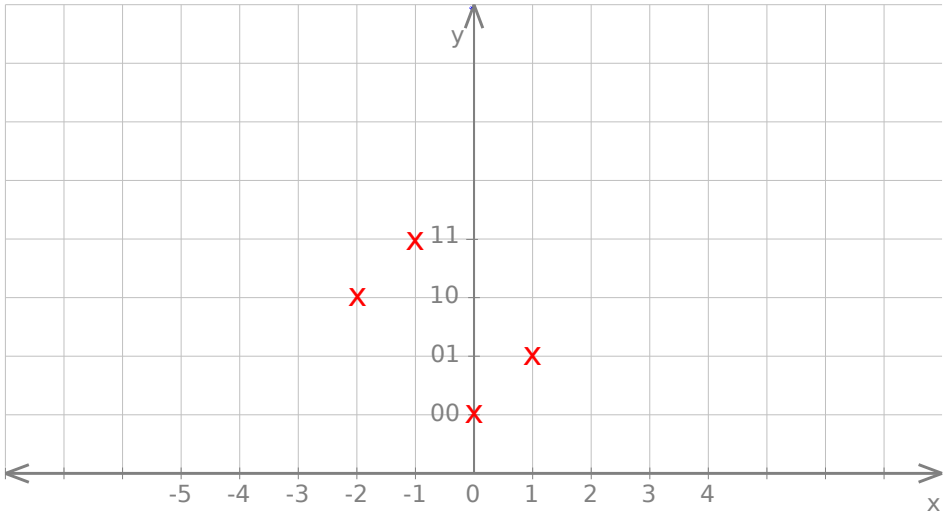
Complemento a 2

Mecanismo para interpretar una cadena $C=b_{n-1}...b_0$

- Las cadenas se dividen en 2:
  1. Las mas bajas para los positivos (y el cero)
  2. Las mas altas para los negativos

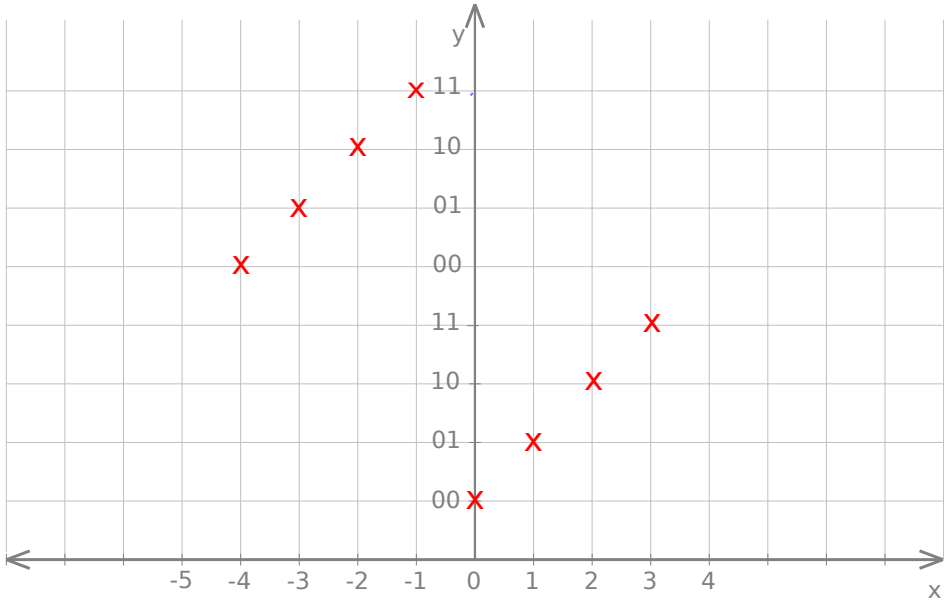
Complemento a 2

cadenas bajas (positivos)	00
	01
cadenas altas (negativos)	10
	11



Complemento a 2

cadenas bajas (positivos)	000
	001
	010
	011
cadenas altas (negativos)	100
	101
	110
	111



Complemento a 2

cadenas bajas (positivos)	0000	cadenas altas (negativos)	1010
	0001		1011
	0010		1010
	0011		1011
	0100		1100
	0101		1101
	0110		1110
	0111		1111

Interpretación en CA2

Interpretación en CA2

Mecanismo para interpretar una cadena $C=b_{n-1}...b_0$

a) Si comienza con 0 ($b_{n-1}=0$) entonces interpretar como *Binario Sin Signo*

b) Si comienza con 1 ($b_{n-1}=1$) entonces:

1. Invertir los bits de la cadena
2. Sumar 1
3. Interpretar como *Binario Sin Signo*
4. Multiplicar por -1

Interpretación en CA2

Ejemplo: Interpretar 1001

a) ¿Comienza con 0? No
b) Si comienza con 1
   1. Invertir los bits de la cadena: $\Rightarrow 0110$
   2. Sumar 1 $\Rightarrow 0110 + 1 = 0111$
   3. Interpretar como *Binario Sin Signo* $\Rightarrow I(0111) = 7$
   4. Multiplicar por -1 $\Rightarrow I(0111) = -7$

Comparación entre interpretaciones

Cadena de bits	Interpretación en BSS	Interpretación en CA2
0000	0	0
0001	1	1
0010	2	2
0011	3	3
0100	4	4
0101	5	5
0110	6	6
0111	7	7

Comparación entre interpretaciones

Cadena de bits	Interpretación en BSS	Interpretación en CA2
1000	8	–8
1001	9	–7
1010	10	–6
1011	11	–5
1100	12	–4
1101	13	–3
1110	14	–2
1111	15	–1

Representación en CA2

Representación en CA2

Hay dos casos:

Si $X >= 0$ se representan como en $BSS()$

Si $X < 0$s

1. Representar $|X|$ en $BSS(n)$
2. Invertir los bits de la cadena
3. Sumar 1

Representación en CA2

Ejemplo: Representar -1

- $X >= 0$ no
- $X < 0$
  1. Representar $|-1|$ en $BSS(n)$ $\Rightarrow$R(1)=0001
  2. Invertir los bits $\Rightarrow$1110
  3. Sumar 1 $\Rightarrow$1111

Representación en CA2

Ejercicios en *CA2*(4)

1. Representar 0
2. Representar 1
3. Representar 6
4. Representar el -5
5. Representar el -8

Representación en CA2

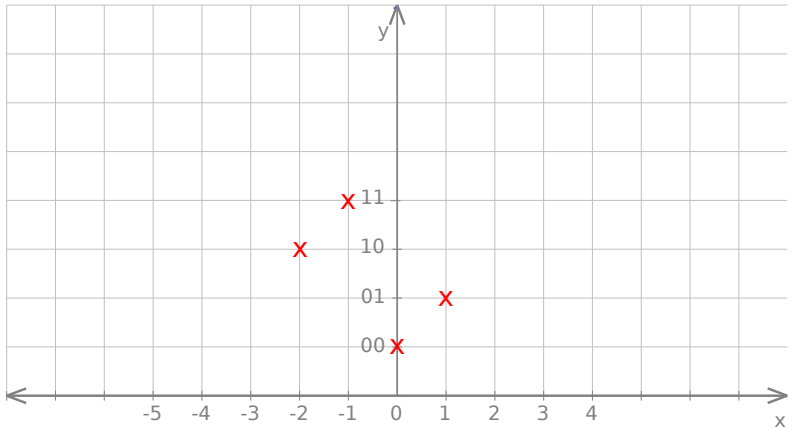
Ejercicios

1. R(0) $\Rightarrow$ 0000_2
2. R(1) $\Rightarrow$ 0001_2
3. R(6) $\Rightarrow$ 0110_2
4. R(-5)$\Rightarrow$ $0101_2 \Rightarrow 1010_2 + 1 \Rightarrow 1011_2$
5. R(-8)$\Rightarrow$ $1000_2 \Rightarrow 0111_2 + 1 \Rightarrow 1000_2$

Rango de CA2

- En un sistema de $CA2(2)$ se pueden representar $2^2 = 4$ números diferentes.
- La mitad de ellos $(4/2 = 2)$ son positivos (incluyendo el cero) $\Rightarrow$ irán de 0 a 1.
- La otra mitad son negativos, yendo del -2 al -1.

Rango de CA2 con 2 bits es: $[-2, 1]$



Rango de CA2

- En un sistema de CA2 con N bits, se pueden representar 2^N números diferentes.
- Positivos: son $2^{N-1} \Rightarrow$ irán de 0 a $2^{N-1} - 1$.
- La mitad de ellos (2^{N-1}) son negativos, yendo del -1 al -2^{N-1}.

Rango de CA2 con N bits es: $[-2^{N-1}; 2^{N-1} - 1]$

Aritmética en CA2

- Las operaciones de suma y resta en CA2 son exactamente las mismas que las de BSS.
- Cambiando la forma de detectar que el resultado cae fuera de rango.

Suma: interpretación

Ejercicio: sumar y verificar resultados

$$\begin{array}{r} 1001 \\ +\ 0101 \\ \hline \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0011 \\ +\ 0010 \\ \hline \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1011 \\ +\ 0111 \\ \hline \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0011 \\ +\ 0110 \\ \hline \end{array}$$

Suma: interpretación

$$\begin{array}{r} {\scriptstyle 1} \\ 0001- \\ +\ 1001 \\ \hline 1110 \end{array} \qquad \begin{array}{r} {\scriptstyle 1} \\ 0010- \\ +\ 0011 \\ \hline 0101 \end{array} \qquad \begin{array}{r} {\scriptstyle 1} \\ 1111- \\ +\ 1011 \\ \hline 0111 \end{array} \qquad \begin{array}{r} {\scriptstyle 1} \\ 0110- \\ +\ 0011 \\ \hline 1001 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} -7 \\ +\ 5 \\ \hline \text{¿-2?} \end{array} \qquad \begin{array}{r} 3 \\ +\ 2 \\ \hline 5 \end{array} \qquad \begin{array}{r} -5 \\ +\ 7 \\ \hline 2 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 3 \\ +\ 6 \\ \hline \text{¿-7?} \end{array}$$

Resta: interpretación

Ejercicio: restar y verificar resultados

$$\begin{array}{r} 0011 \\ -\ 0110 \\ \hline 1101 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1001 \\ -\ 0101 \\ \hline 0100 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0011 \\ -\ 0010 \\ \hline 0001 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1011 \\ -\ 0011 \\ \hline 1000 \end{array}$$

Resta: interpretación

$$\begin{array}{r} 0011 \\ -\ 0110 \\ \hline 1101 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1001 \\ -\ 0101 \\ \hline 0100 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 0011 \\ -\ 0010 \\ \hline 0001 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1011 \\ -\ 0011 \\ \hline 1000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ -\ 6 \\ \hline -3 \end{array} \qquad \begin{array}{r} -7 \\ -\ 5 \\ \hline ¿4? \end{array} \qquad \begin{array}{r} 3 \\ -\ 2 \\ \hline 1 \end{array} \qquad \begin{array}{r} -5 \\ -\ 3 \\ \hline -8 \end{array}$$

Conclusiones

Conclusiones

- Para manejar enteros se utiliza *CA2*() porque se puede aprovechar la misma ALU
- Para ejecutar un programa se lo debe Ensambla
- Hemos hecho tareas manuales (humanas):
  1. Desensamblar
  2. Representar números en binario

Conclusiones

¿Preguntas?

Buzón de sugerencias