

**1** [2 puntos] Conteste a las siguientes cuestiones sobre el funcionamiento del computador:

- a) Explique brevemente qué registros se modifican durante la fase de fetch de una instrucción y cuál es la función de cada uno de ellos.
- b) Si la instrucción que se ejecuta es una bifurcación con direccionamiento indirecto a registro, ¿qué registros se modifican durante su fase de ejecución?

## SOLUCIÓN

- a) Los registros que se modifican en la fase de fetch son los siguientes:

PC (contador de programa): contiene la dirección de la instrucción a ejecutar. Se incrementa en el fetch para apuntar a la siguiente instrucción en secuencia.

AR (registro de direcciones): contiene la dirección de memoria a la que se accede para leer la instrucción.

DR (registro de datos): en él se carga la información leída de memoria, que en el fetch será la instrucción que a continuación se va a ejecutar.

IR (registro de instrucción): contiene la instrucción que se ejecuta.

- b) En una instrucción de salto con direccionamiento indirecto a registro, durante la fase de ejecución propiamente dicha sólo se modifica el PC, en el que se escribe una copia de la información del registro utilizado en la indirección. En las instrucciones de salto se escribe en el PC la dirección de la instrucción a la que se va a saltar.

**2** [3 puntos] En un computador con palabras y direcciones de 32 bits, y direccionamiento a nivel de byte se ejecuta el siguiente fragmento de código en el que el tamaño de cada instrucción es de una palabra.

```
XOR .R11, .R11
LD .R10, [.R1++]
ADD .R11, #1
CMP .R10, [.R3]
BZ $8
ST .R10, [.R2--]
BR $-24
SUB .R11, #1
```

- a) Rellene la tabla que se proporciona en la hoja adjunta, con los valores sucesivos que van tomando los registros y las posiciones de memoria afectados por la ejecución de cada una de las instrucciones, incluyendo el biestable Z. Considere para ello lo siguiente:

- Los registros **R1**, **R2**, **R3** y **R11** tienen los valores 400, 500, 700 y 800 respectivamente.
- A partir de la dirección de memoria 400 están almacenados los valores 1,3,5 y 7. A partir de la dirección 500 los valores 2,4,6 y 8, y en la dirección 700 está almacenado el valor 3

- b) Indique razonadamente qué modelo de ejecución tiene este computador y en qué instrucciones se utilizan los modos de direccionamiento inmediato, indirecto y relativo a PC.

## SOLUCIÓN

- a) Las instrucciones ejecutadas y las modificaciones que produce su ejecución en los registros, posiciones de memoria y biestable Z se muestran en la tabla.

- b) El modelo de ejecución es registro-memoria ya que los operandos de las instrucciones aritmético-lógicas están uno en un registro y el otro en memoria o en un registro. En cuanto a las instrucciones que utilizan los modos de direccionamiento pedidos, son las siguientes:

- Inmediato: ADD .R11, #1 y SUB .R11, #1 (en el segundo operando)
- Indirecto: LD .R10, [.R1++], CMP .R10, [.R3] y ST .R10 [.R2-] (en el segundo operando)
- Relativo a PC: En las instrucciones de salto condicional e incondicional: BZ \$8 y BR \$-24

	Registros						Posiciones de memoria
	R11	R1	R2	R3	R10	Z	500
<i>Instrucción</i>	800	400	500	700			
XOR .R11, .R11	0					1	
LD .R10, [.R1++]		404			1		
ADD .R11, #1	1					0	
CMP .R10, [.R3]						0	
BZ \$8							
ST .R10 [.R2--]			496				1
BR \$-24							
LD .R10, [.R1++]		408			3		
ADD .R11, #1	2						
CMP .R10, [.R3]						1	
BZ \$8							
SUB .R11, #1	1					0	

**3** [5 puntos] Un computador cuenta con dos formatos de coma flotante:

- **Formato 1.** Formato estándar IEEE754 de 32 bits.
- **Formato 2.** Formato de 12 bits que sigue las convenciones del estándar IEEE754 en todo excepto en los tamaños, es decir, usa el mismo tipo de representaciones especiales, representación del exponente, bit implícito, situación de la coma, representaciones normalizadas y no normalizadas, así como bits de guarda y modos de redondeo. En el formato, el bit superior corresponde al signo, los cinco siguientes al exponente y los seis últimos a la mantisa.

- a) [20 %] Determine el rango y la resolución del formato 2.
- b) [20 %] Represente en ambos formatos los números  $A = -3,2$  y  $B = +52,5$
- c) [20 %] La cadena  $C = \text{H}'48100000$  es una representación en el formato 1. Determine su valor decimal y represéntelo en el formato 2.
- d) [30 %] Realice paso a paso la operación  $A + B$  en el formato 2, dejando el resultado en dicho formato. Utilice redondeo al más próximo.
- e) [10 %] Determine el error absoluto cometido en la operación.

## SOLUCIÓN

### 1. Rango y resolución del formato.

Números normalizados.

Exponente: El estándar IEEE754 representa los exponentes en exceso a  $2^{n-1} - 1$ . En este caso sería exceso a 15. Como se reserva el exponente mínimo (-15) para la representación del cero y los números no normalizados, y el exponente máximo (+16) para la representación del infinito y las indeterminaciones, el rango de exponente para la representación de números queda:  $[-14, 15]$ .

La mantisas normalizadas en este formato se representan en signo-magnitud, con bit implícito y la coma situada a la derecha del bit implícito:

$$\text{Mantisa: } \pm \begin{cases} 1,000000 & \rightarrow 1 \\ 1,111111 & \rightarrow 2 - 2^{-6} \end{cases}$$

El rango para números normalizados es:  $\pm [1 \cdot 2^{-14}, (2 - 2^{-6}) \cdot 2^{15}]$

Números no normalizados

Exponente: Siguiendo el estándar IEEE754, aunque los números no normalizados se representan con el exponente todo a ceros (valor  $-15$ ), a todos ellos se les asigna como exponente el más pequeño de los normalizados, en este caso  $-14$ . De este modo hay continuidad en la representación.

$$\text{Mantisas: } \pm \begin{cases} 0,000000 & \rightarrow 0 \\ 0,000001 & \rightarrow 2^{-6} \\ 0,111111 & \rightarrow 1 - 2^{-6} \end{cases}$$

El rango para números no normalizados es:  $\pm [2^{-6} \cdot 2^{-14}, (1 - 2^{-6}) \cdot 2^{-14}] \cup 0$

La resolución depende del exponente y es:  $2^{-6} \cdot 2^E$

## 2. Paso a los formatos.

### Formato 1

$$A = -3,2 = -11,001100110011 \dots = -1,1001100110011 \dots \cdot 2^1$$

$$A = 1 \ 10000000 \ 10011001100110011001100 = \text{H}'\text{C04CCCCC}$$

$$B = +52,5 = +110100,1000000 \dots = +1,1010010000000 \dots \cdot 2^5$$

$$B = 0 \ 10000100 \ 101001000000000000000000 = \text{H}'42520000$$

### Formato 2

$$A = -3,2 = -11,00110011 \dots = -1,100110 \cdot 2^1 = 1 \ 10000 \ 100110 = \text{H}'\text{C26}$$

$$B = +52,5 = +110100,1 = +1,101001 \cdot 2^5 = 0 \ 10100 \ 101001 = \text{H}'529$$

## 3. Valor decimal del número.

$$C = \text{H}'48100000 = 0 \ 10010000 \ 001000000000000000000000 = +1,001 \cdot 2^{17} = +1,125 \cdot 2^{17} = +147456$$

Al representarlo en el formato 2 vemos que no es posible hacerlo puesto que el exponente 17 se sale del rango de representación de exponentes de dicho formato  $[-14, 15]$ .

## 4. Suma $A + B$ .

Este formato utiliza dos bits de guarda y un bit retenedor para la suma. Los números a sumar son:

$$A = -1,100110 \cdot 2^1 \quad y \quad B = +1,101001 \cdot 2^5$$

Se restan los exponentes:  $E_A - E_B = 1 - 5 = -4$ . Hay que desplazar la mantisa de A cuatro lugares a la derecha. Así, teniendo en cuenta los dos bits de guarda y el bit retenedor queda:

$$A = -0,000110 \ 01 \ 1 \cdot 2^5$$

Como tienen distinto signo habrá que restar el valor absoluto de la mantisa de B menos el valor absoluto de la mantisa de A. El signo del resultado es el signo de B

$$\begin{array}{rcl} M_B & 1,101001 \ 00 \ 0 \cdot 2^5 & \\ M_A & - \ 0,000110 \ 01 \ 1 \cdot 2^5 & \\ \hline & 1,100010 \ 10 \ 1 \cdot 2^5 & \text{Normalizado} \\ \text{Redondeo} & \underline{0,000000 \ 10 \ 0} & \\ & 1,100011 \ 00 \ 1 \cdot 2^5 & \end{array}$$

$$A + B = +1,100011 \cdot 2^5 = 0 \ 10100 \ 100011 = \text{H}'523$$

## 5. Valor absoluto del resultado.

$$A + B = +110001,1 = 49,5$$

$$A + B = 52,5 - 3,2 = 49,3$$

$$e_a = |49,3 - 49,5| = 0,2$$