

1 (2 puntos)

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 condicional con direccionamiento relativo a contador de programa, ¿qué registros se modifican durante su fase de ejecución cuando la condición se cumple y de qué manera? ¿qué ocurre si la condición no se cumple?

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 instrucción leída de memoria.

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

b) Si se cumple la condición en una instrucción de salto condicional y con direccionamiento relativo a contador de programa, durante la fase de ejecución se modifica el PC sumándole el desplazamiento contenido en la instrucción. Cuando la condición no se cumple, se pasa al fetch de la siguiente instrucción en secuencia.

2 (3 puntos) En el siguiente código en ensamblador IEEE, donde todas las instrucciones son de una palabra, se tiene un programa principal almacenado a partir de la dirección de memoria 0 y una subrutina almacenada a partir de la dirección 4000. Las direcciones y los datos se expresan en decimal. El computador tiene palabras y direcciones de 32 bits y direccionamiento a nivel de byte. La pila crece hacia direcciones de memoria decrecientes, apuntando el SP inicialmente a la dirección 3000 que es la primera posición libre. La dirección de retorno de la subrutina se almacena en la pila.

a) Escriba en una tabla los valores sucesivos que van tomando los registros y las posiciones de memoria afectados por la ejecución, incluyendo el SP y el biestable Z (no es necesario que incluya el PC). Considere que en las direcciones de memoria 1000 y 1004 se almacenan, respectivamente, los valores 0 y 1.

Programa principal

```
LD  .R2, #1000
LD  .R3, #1
LD  .R4, #4000
PUSH .R2
PUSH .R3
CALL [.R4]
POP  .R3
POP  .R2
HALT
```

Subrutina

```
LD  .R5, #12[.SP]
LD  .R6, #8[.SP]
SUB .R6, [.R5 ++]
BNZ $-8
ST  .R5, #12[.SP]
ST  .R6, #8[.SP]
RET
```

SOLUCIÓN

a) En la tabla que se muestra a continuación, se indican los valores pedidos. Ya que las direcciones se incrementan en 4, la dirección de retorno corresponde a la dirección 24, en la que está almacenada la instrucción siguiente a la de llamada a subrutina.

Z	1000	1004	3000	2996	2992	R2	R3	R4	R5	R6	SP
0	0	1	1000	1	24	1000	1	4000	1000	1	3000
1			1008	0		1008	0		1004	1	2996
									1008	0	2992
											2988
											2992
											2996
											3000

3 (5 puntos)

Un computador cuenta con los dos formatos de representación siguientes:

Formato 1. Coma fija, complemento a dos, 12 bits con la coma entre el bit 3 y el 4. Ej. 10110101,1101.

Formato 2. Coma flotante, 12 bits. El bit superior es el de signo, los cinco siguientes el exponente representado en exceso a 15 y los seis restantes la mantisa, representada en signo-magnitud, con bit implícito y la coma a la derecha de éste. La Unidad aritmética usa dos bits de guarda, un retenedor y redondeo al más próximo.

1. Determine el rango y la resolución de los dos formatos.

2. $A = H'E29$ es un número representado en el formato 1. Determine su valor decimal y represéntelo en el formato 2.

3. $B = H'BCF$ es un número representado en el formato 2. Determine su valor decimal y represéntelo en el formato 1.

4. Realice la operación $A - B$ en los dos formatos, dejando el resultado en el formato de partida y determinando el valor decimal del resultado.

5. Determine el número de bits que debería tener la mantisa en el formato 2 para que el número A se pueda representar con la misma resolución que en el formato 1

SOLUCIÓN

a) Rango y resolución de los formatos.

Formato 1. En complemento a dos tenemos las representaciones siguientes:

$$\pm \begin{cases} 0000\ 0000,0000 & \rightarrow 0 \\ 0000\ 0000,0001 & \rightarrow 2^{-4} \\ \dots & \\ 0111\ 1111,1111 & \rightarrow 2^7 - 2^{-4} \\ 1000\ 0000,0000 & \rightarrow -2^7 \\ \dots & \\ 1111\ 1111,1111 & \rightarrow -1 \end{cases}$$

$$\text{Rango} = [-2^7, 2^7 - 2^{-4}]$$

$$\text{Resolución} = 2^{-4}$$

Formato 2.

Exponente: Exceso a 15. $[-15, 16]$ Se reserva el exponente -15 para la representación del cero, quedando el rango del exponente como: $[-14, 16]$.

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

$$\text{Rango} = \pm [1 \cdot 2^{-14}, (2 - 2^{-6}) \cdot 2^{16}] \cup 0$$

$$Resolucion = 2^{-6} \cdot 2^E$$

b) Valor de A y cambio al formato 2

$$A = H'E29 = 1110\ 0010,1001 = -0001\ 1101,0111 = -29,4375$$

En el formato 2:

$$A = -1,110101 \cdot 2^4 = 1\ 10011\ 110101 = H'CF5$$

c) Valor de B y cambio al formato 1

$$B = H'BCF = 1\ 01111\ 001111 = -1,001111 \cdot 2^0 = -1,234375$$

En el formato 1:

$$B = -0000\ 0001,0011 = 1111\ 1110,1101 = H'FED$$

d) Operación $A - B$

Formato 1. Los números a restar son: $A = 1110\ 0010,1001$ y $B = 1111\ 1110,1101$

$$A - B = A + B + 1$$

$$\begin{array}{r} 11100010,1001 \\ 00000001,0010 \\ \hline 1 \\ 11100011,1100 \end{array}$$

$$A - B = 1110\ 0011,1100 = H'E3C = -0001\ 1100,0100 = -28,25$$

Formato 2. Los números a restar son: $A = -1,110101 \cdot 2^4$ y $B = -1,001111 \cdot 2^0$

Se restan los exponentes: $E_A - E_B = 4$ y se determina el exponente del resultado: $E = E_A = 4$.

Hay que desplazar la mantisa de B 4 lugares a la derecha. Usando dos bits de guarda y un retenedor queda:

$$B = -0,000100\ 11\ 1 \cdot 2^4$$

Puesto que los signos de A y B son iguales y, tras igualar los exponentes, la mantisa de A es mayor que la de B, hay que restar las mantisas ($M = M_A - M_B$) y el signo del resultado será el mismo que el de los operandos.

$$\begin{array}{r} -1,110101\ 00\ 0 \\ - -0,000100\ 11\ 1 \\ \hline -1,110000\ 00\ 1 \cdot 2^4 \\ + \qquad \qquad \qquad 1 \\ \hline -1,110000\ 10\ 1 \cdot 2^4 \end{array} \quad \begin{array}{l} \text{Normalizado} \\ \text{Redondeo} \end{array}$$

$$A - B = -1,110000 \cdot 2^4 = +11100,00 = -28.$$

En el formato:

$$A - B = 1\ 10011\ 110000 = H'CF0$$

e) Número de bits de mantisa.

En el formato 1 la resolución es constante y tiene valor 2^{-4} . En el formato 2 la resolución es variable y depende del exponente: $2^{-6} \cdot 2^E$ por ser 6 el número de bits de la mantisa a la derecha de la coma.

Llamando p al número de bits de la mantisa, en general, para el formato 2 la resolución será $2^{-p} \cdot 2^E$. Como el número A se representa en el formato 2 con exponente 4, para poder representarlo con la misma resolución que en el formato 1 se debe cumplir:

$$2^{-p} \cdot 2^4 = 2^{-4}, \text{ es decir, } p = 8$$