

# **ESTRUCTURA Y TECNOLOGIA DE COMPUTADORES II**

## **TEMA 7: *Microprogramación***

**SOLUCION  
PROBLEMAS PROPUESTOS EN EXAMEN**

**Curso 2007-2008  
Jose Manuel Díaz Martínez  
Tutor de la asignatura ETC-II**

**CONTENIDO**

SOLUCION PROBLEMA 7.1 .....	3
SOLUCION PROBLEMA 7.2 .....	3
SOLUCION PROBLEMA 7.3 .....	3
SOLUCION PROBLEMA 7.4 .....	4
SOLUCION PROBLEMA 7.5 .....	4
SOLUCION PROBLEMA 7.6 .....	4
SOLUCION PROBLEMA 7.7 .....	4
SOLUCION PROBLEMA 7.8 .....	4
SOLUCION PROBLEMA 7.9 .....	5
SOLUCION PROBLEMA 7.10 .....	5
SOLUCION PROBLEMA 7.11 .....	5
SOLUCION PROBLEMA 7.12 .....	6
SOLUCION PROBLEMA 7.13 .....	7
SOLUCION PROBLEMA 7.14 .....	9
SOLUCION PROBLEMA 7.15 .....	9
SOLUCION PROBLEMA 7.16 .....	9
SOLUCION PROBLEMA 7.17 .....	10
SOLUCION PROBLEMA 7.18 .....	11
SOLUCION PROBLEMA 7.19 .....	11
SOLUCION PROBLEMA 7.20 .....	11
SOLUCION PROBLEMA 7.21 .....	12
SOLUCION PROBLEMA 7.22 .....	13
SOLUCION PROBLEMA 7.23 .....	13
SOLUCION PROBLEMA 7.24 .....	14
SOLUCION PROBLEMA 7.25 .....	15

## SOLUCION PROBLEMA 7.1

En el enunciado nos dicen que se tiene un total de  $(5+5+3)$  subcampos, cada uno de los cuales requiere de un decodificador que sólo puede tener una de sus salidas activadas en un determinado instante de tiempo. Eso implica que el computador puede tener activadas como máximo 13 señales de control o microórdenes simultáneamente.

Por otro lado si un subcampo tiene  $j$  bits, puede codificar un total de  $2^j - 1$  señales de control. Una codificación se reserva para especificar el caso en que ninguna de las señales de control de ese subcampo se encuentre activa.

Luego del enunciado se sabe que el formato tiene:

5 subcampos codificados de un bit  $\rightarrow 5 \cdot (2^1 - 1) = 5$  señales de control

5 subcampos codificados de tres bits  $\rightarrow 5 \cdot (2^3 - 1) = 35$  señales de control

3 subcampos codificados de tres bits  $\rightarrow 3 \cdot (2^4 - 1) = 45$  señales de control

Lo que hace un total de **85 señales de control**.

## SOLUCION PROBLEMA 7.2

### DATOS

- Computador digital con 114 señales de control diferentes.
- Siendo 6 de ellas mutuamente excluyentes

#### Afirmación I:

Hay que tener en cuenta que el enunciado dice que de las 114 señales de control diferentes, 6 son mutuamente excluyentes. Eso implica que esas 6 señales deben ser codificadas dentro de un mismo subcampo. Dicho subcampo debe tener como mínimo 3 bits, con lo que se tendrían 8 codificaciones: 6 codificaciones asociadas a cada una de las 6 señales de control, 1 codificación para indicar el caso en que no se active ninguna de las señales de control codificadas en este subcampo y la codificación restante no se utilizaría. Luego la afirmación I es **verdadera**.

#### Afirmación II:

Esta afirmación es **falsa**. Ya que con el formato horizontal existe un subcampo asignado a cada señal de control, independientemente de que sean excluyentes o no.

## SOLUCION PROBLEMA 7.3

### DATOS

- Microinstrucciones de formato horizontal con direccionamiento explícito.
- Las microinstrucciones deben gobernar 135 señales de control
- Codificar un repertorio de 50 instrucciones máquina
- Memoria de control de 2048 palabras

La memoria de control es de 2048 palabras  $= 2 \cdot 1024$  palabras  $= 2 \cdot 2^{10} = 2^{11}$  palabras. Luego el campo de dirección de cada microinstrucción debe tener **11 bits** para especificar una posición de la memoria de control

## SOLUCION PROBLEMA 7.4

Afirmación I: Es **Falsa** ya que un subcampo de  $j$  bits puede codificar un total de  $2^j - 1$  señales de control ya que una de las codificaciones se debe reservar para especificar el caso en que ninguna de las señales de control de ese subcampo se encuentre activa.

Afirmación II: Es **Falsa** ya que eso únicamente ocurre en las microinstrucciones con formato horizontal.

## SOLUCION PROBLEMA 7.5

De acuerdo con lo que se explica en el libro de Teoría sobre las tareas de una unidad de control microprogramada:

Afirmación I: **Verdadera**

Afirmación II: **Verdadera**

## SOLUCION PROBLEMA 7.6

Afirmación I: Es **Falsa** ya que en este formato cada señal de control tiene asociado un subcampo.

Afirmación II: Es **Verdadera** es la característica típica de las microinstrucciones con formato horizontal

## SOLUCION PROBLEMA 7.7

Afirmación I: Es **Verdadera**, ya que existe un subcampo por cada señal de control lo que genera microinstrucciones muy anchas.

Afirmación II: Es **Falsa**, las tiene codificadas.

## SOLUCION PROBLEMA 7.8

Afirmación A: Es **Falsa**. En una unidad de control microprogramada la memoria de control se utiliza para almacenar en ella los microprogramas asociados a las instrucciones máquina.

Afirmación B: Es **Falsa**

Afirmación C: Es **Verdadera**, ya que en las microinstrucciones con formato horizontal existe un subcampo por cada señal de control lo que genera microinstrucciones muy anchas.

## SOLUCION PROBLEMA 7.9

### DATOS

- 132 señales de control
- Un grupo de 16 señales de control mutuamente excluyentes entre si.
- Otro grupo de 32 señales de control mutuamente excluyentes entre si.

Afirmación I : Es **falsa** ya que un subcampo codificado de  $i$  bits puede codificar a los sumo  $2^i - 1$  señales de control diferentes. Por este motivo harían falta dos subcampos de 5 bits cada uno.

Afirmación II : Es **falsa** ya que el formato vertical de microinstrucciones saca partido precisamente del hecho de que existan señales de control mutuamente excluyentes.

## SOLUCION PROBLEMA 7.10

### DATOS

- Memoria de control con longitud de palabra de 24 bits.
- La parte de control del formato de una microinstrucción se divide en dos subcampos :
  - Subcampo de *control* de 13 bits para indicar las microoperaciones a realizar.
  - Subcampo de *selección de dirección* que especifica un tipo de bifurcación condicional. Es función de las señales de condición.
  - Se tienen 8 señales de condición

Por un lado el tamaño de una microinstrucción es de 24 bits.

- a) Puesto que el subcampo de *selección de dirección* es función de las señales de condición, se requerirán **3 bits** en ese subcampo para codificar las 8 señales de condición disponibles.
- b) Luego el campo de control ( subcampo de control + subcampo de selección de dirección) constará de  $13 + 3 = 16$  bits. Por lo que el campo de dirección constará de  $24 - 16 = 8$  bits. Luego el formato de la microinstrucción es:

Subcampo de control (microoperación)	Subcampo de selección de dirección	campo de dirección
13 bits	3 bits	8 bits

- c) Puesto que se tienen 8 bits en el campo de dirección se podrán direccionar  $2^8$  direcciones. El tamaño de la memoria de control será:

$$C = 2^8 \text{ pal} \times 24 \text{ bits/pal}$$

## SOLUCION PROBLEMA 7.11

El formato de microinstrucción del problema anterior define una microinstrucción de bifurcación condicional, ya que siempre se está evaluando una de las señales de condición, aquella especificada en el subcampo de selección.

Para tener microinstrucciones que no especifiquen ningún tipo de bifurcación, basta con definir el subcampo de control de manera que uno de sus bits (T) indique bifurcación/ no- bifurcación (1/0) Este es el formato que se muestra a continuación

Subcampo de control (microoperación)	T	Subcampo de selección de dirección	campo de dirección
13 bits	1 bit	3 bits	8 bits

## SOLUCION PROBLEMA 7.12

### DATOS

- Cada instrucción máquina se le asignan 8 palabras en la memoria de control
- El Código de operación (Cod\_Op) de las instrucciones tienen 5 bits.
- La memoria de control tiene una capacidad de 1024 palabras.

Puesto que el campo del código de operación (Cod\_Op) de las instrucciones máquina tiene 5 bits, se podrán codificar un total de  $2^5 = 32$  operaciones.

Cada una de estas operaciones tiene asociado un microprograma ( $\mu p$ ), cada uno de los cuales ocupa 8 palabras. Por lo tanto de la capacidad total de la memoria de control  $2^{10}$  palabras sólo habrá que ocupar:

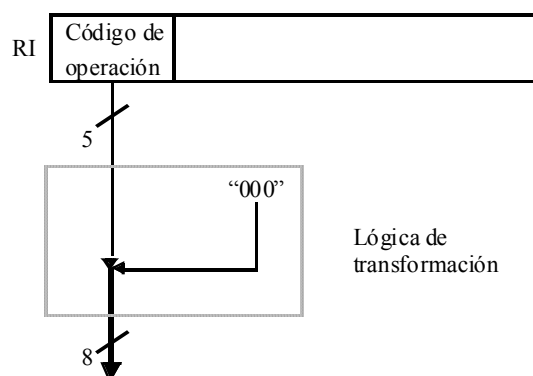
$$2^3 \text{ pal}/\mu p \times 2^5 \mu p = 2^8 \text{ pal}$$

Luego la dirección para acceder a palabras de la memoria de control tiene 8 bits.

En la siguiente tabla se muestran las direcciones de la memoria de control que se corresponden a cada uno de los 32 códigos de operación posible. Como se comprueba, la dirección inicial del microprograma correspondiente a un determinado código de operación está formada por los 5 bits de este, como bits más significativos, más tres bits a 0 adicionales.

Código de operación	Direcciones en la M. Control	Formato de las direcciones
00000	00000000 - 00000111	00000XXX
00001	00001000 - 00001111	00001XXX
00010	00010000 - 00010111	00010XXX
...	...	...
11111	11111000 - 11111111	11111XXX

Teniendo esto presente la estructura del bloque “Lógica de transformación” es el que se muestra en la siguiente figura:



## SOLUCION PROBLEMA 7.13

A la vista del esquema de la Unidad de Procesamiento (Figura 67-16-1), se deduce que son posibles 5 tipos de operaciones básicas:

- 1) Bifurcación (B): Condicionales (8 señales de condición) e incondicionales.
- 2) Aritméticas y lógicas (UAL).
- 3) Desplazamiento (DESP): 3 bits para indicar el tipo de desplazamiento.
- 4) Transferencia de registros (TRANS):  $R_{\text{destino}} \leftarrow (R_{\text{origen}})$ .
- 5) Memoria (MEM): Operaciones de lectura y escritura en memoria principal, o asignar un valor directo a un registro (este último caso se podría considerar como un tipo independiente de las operaciones de memoria):

dirección  $\leftarrow (R_i)$

$R_i \leftarrow (\text{dirección})$

$R_i \leftarrow \text{valor}$

El formato de microinstrucción que se elija ha de permitir todos estos tipos de operaciones. La solución no es única. A continuación se expone cada una de las posibilidades, indicando sus ventajas e inconvenientes.

A) Microinstrucciones de formato horizontal. Cada señal de control tiene un subcampo independiente de 1 bit que indica el correspondiente valor de la señal de control. Éstas son:

Registros 1 al 31: 2 señales cada uno.

Registro 0: 3 señales de carga y 1 de salida al bus.

Registro de desplazamiento: 1 señal de carga y 3 de control de modo.

UAL: 2 señales de carga y 5 de control de modo.

16 bits de direccionamiento directo o inmediato.

Es decir, en total hay 93 señales de control que han de ser especificadas, una a una, en la microinstrucción (al ser tantas señales no se ha representado gráficamente este formato de microinstrucción).

Éste es el modo más sencillo y más rápido de ejecutar, ya que no es necesario ningún tipo de decodificación de las microinstrucciones. Cada bit de la microinstrucción se corresponde directamente con una única señal de control.

Sin embargo, su longitud es muy grande y no está bien aprovechada; por ejemplo, una instrucción no puede realizar simultáneamente una operación de la UAL y del registro de desplazamiento, pues en ambas interviene el registro  $R_0$ . Es decir, se tiene un formato en el que muchas señales se excluyen mutuamente.

B) Microinstrucciones de formato vertical. Soluciona en parte la longitud excesiva del formato horizontal. No existe un bit por señal de control, sino que éstas se encuentran codificadas:

- Las señales de lectura de los registros 1 al 31 se pueden codificar con únicamente 5 bits ( $2^5=32$ ). Así, 00001 indicará lectura del registro  $R_1$ , 00010 lectura del registro  $R_2$ , etc. Sobra una combinación, la 00000, que se puede utilizar para indicar que no se lee el valor de ningún registro. En este caso la lectura de un registro excluye la de todos los demás.

- Lo mismo sucede con las señales de carga de los registros 1 al 31.

- Las 4 señales de control del registro  $R_0$  (3 de carga y una de lectura con salida al bus) se pueden codificar con 2 bits.

- El registro de desplazamiento  $R_D$  tiene un total de 4 señales de control que no necesitan más codificación.

- La UAL se controla con un total de 7 señales.

- 16 bits de direccionamiento directo o inmediato.

El formato de microinstrucción es el de la Figura 67-16-2.

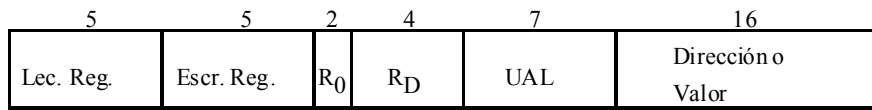


Figura 67-16-2 Formato de microinstrucciones vertical

Este tipo de microinstrucción sólo necesita una longitud de palabra de control de 39 bits, frente a los 93 del formato horizontal. Sin embargo, el nivel de decodificación adicional añade complejidad al hardware y hace que la ejecución de las microinstrucciones resulte más lenta, a igualdad de tecnología empleada.

C) Microinstrucciones verticales de formato variable. Representan un nivel adicional de codificación frente al formato vertical fijo. Como se indicó anteriormente, hay 5 tipos de operaciones. A cada uno de ellos se le asigna un formato especial de microinstrucción, según se muestra en la Figura 67-16-3. En este caso, el ancho de palabra de control es de un mínimo de 21 bits.

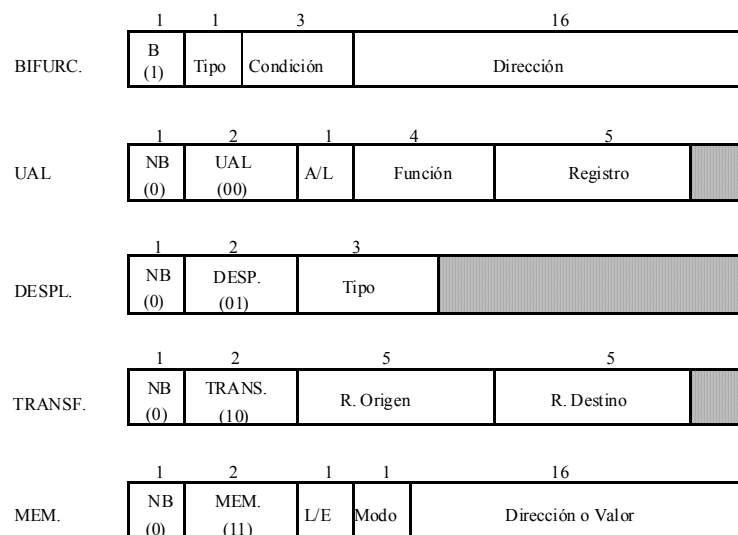


Figura 67-16-3 Microinstrucciones verticales de formato variable

El formato de microinstrucción vertical variable implica el que algunos campos determinen la forma en que se han de decodificar los demás.

El primer campo (B/NB) es común a todos los formatos, y determina si la instrucción es de bifurcación (cuando vale 1) o no (cuando vale 0).

En las instrucciones de bifurcación el segundo campo indica el tipo de bifurcación, condicional (1) o incondicional (0). Sigue un campo que sólo se interpreta en las bifurcaciones condicionales, para fijar el tipo de condición que determina la bifurcación. Finalmente, hay un campo adicional que señala la dirección a la que hay que saltar.

En las instrucciones que no implican bifurcación, el siguiente campo de 2 bits indica el tipo de operación a realizar: UAL, desplazamiento, transferencia de registros u operaciones con memoria.

En las operaciones tipo UAL el tercer campo indica si la operación es aritmética (0) o lógica (1), el siguiente campo indica la función, y el último el registro que se empleará, junto con el acumulador, en las operaciones que requieren dos registros. En el caso de una operación que requiera un único operando, este campo se ignora y la operación se realiza con  $R_0$ .

El tercer campo de las operaciones de desplazamiento indica el tipo de desplazamiento a realizar, el sentido, etc. El resto de la palabra que compone la microinstrucción es ignorado.

En las operaciones de transferencia de registros, hay dos campos que indican el registro origen y el registro destino.



Finalmente, en las operaciones con memoria, el tercer campo indica lectura o escritura, el cuarto el modo de direccionamiento (directo o inmediato) y el último la dirección de memoria, para el caso de direccionamiento directo. El direccionamiento inmediato es diferente, ya que este último campo contiene el valor que hay que cargar en el registro  $R_0$ .

Este formato es el que utiliza una palabra de control más corta, pero la decodificación de las microinstrucciones es complicada y requiere varios niveles, siendo por tanto más lenta.

La elección del formato más adecuado resulta de un compromiso entre velocidad, eficiencia, sencillez de diseño y coste, dependiendo por tanto de cada caso particular.

## SOLUCION PROBLEMA 7.14

### DATOS

- Formato de microinstrucciones vertical.
- 16 señales de control

En general un subcampo de control de  $j$  bits de una microinstrucción de formato vertical puede codificar un total  $2^j - 1$  señales de control ya que una codificación se debe reservar para especificar el caso en que ninguna de las señales de control de ese subcampo se encuentre activa. Por lo tanto:

Puesto que se tienen 16 señales de control y hay que reservar una codificación por lo explicado anteriormente, se requiere un decodificador con al menos 17 salidas. Este decodificador debe poseer como mínimo 5 entradas, ya que para codificar estas 17 salidas se requieren 5 bits al verificarse que  $2^5 = 32 > 17$ . Por lo tanto la anchura mínima de este subcampo debe ser de **5 bits**.

## SOLUCION PROBLEMA 7.15

### DATOS

- Unidad de control microprogramada.
- Direccionamiento explícito con 2 direcciones por microinstrucción.
- Memoria de control de 35 bits.
- 15 bits para los campos de control.

La memoria de control almacenará las posibles microinstrucciones que se pueden ejecutar en el sistema, la anchura de esta memoria según el enunciado es de 35 bits, de los cuales 15 son para los bits de control y los 20 restantes para almacenar dos direcciones de memoria de control, ya que se usa direccionamiento explícito con 2 direcciones por microinstrucción.

Luego una dirección de memoria de control requiere para especificarse  $20/2 = 10$  bits. En consecuencia, el número de palabras máxima que tendrá la memoria de control, es decir que pueden ser direccionadas con 10 bits es:  **$2^{10}$  palabras**

## SOLUCION PROBLEMA 7.16

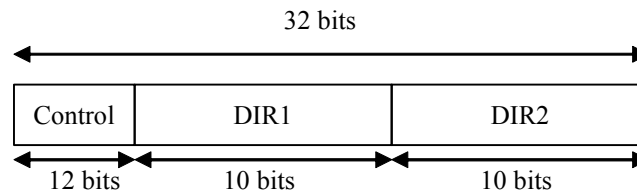
### DATOS

- Unidad de control microprogramada.
- Direccionamiento explícito con 2 direcciones por microinstrucción.
- Microprogramación horizontal
- Memoria de control de 1K palabras x 32 bits/palabra
- ¿Máximo número de puntos de control?

La memoria de control almacenará las posibles microinstrucciones que se pueden ejecutar en el sistema, la anchura de esta memoria y por tanto de una microinstrucción según el enunciado es de 32 bits.

Por otra parte puesto que hay 1 K palabras, el número de bits necesarios para codificar una dirección de esta memoria de control es 10, ya que  $1\text{ K} = 2^{10}$ . Luego como se utiliza un direccionamiento explícito con dos direcciones por microinstrucción se requieren  $2 \times 10 = 20$  bits para especificar ambas direcciones.

Como la anchura de una microinstrucción es de 32 bits, eso significa que se utilizan 12 bits (32-20) para el campo de control. Es decir, la estructura de la microinstrucción sería



Como el enunciado indica que se usa microprogramación horizontal, eso significa que se asigna un bit a cada una de las señales de control existentes en la unidad de procesamiento. En consecuencia puesto que el campo de control de la microinstrucción tiene un tamaño de 12 bits, como máximo podrán existir 12 señales de control. Puesto que cada señal de control se aplica a un determinado punto físico de control como máximo existirán **12 puntos de control**.

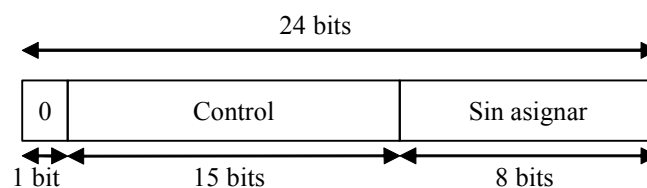
## SOLUCION PROBLEMA 7.17

### DATOS

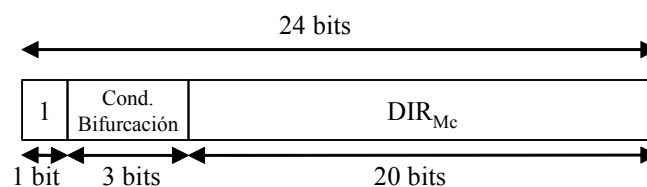
- Unidad de control microprogramada.
- Direccionamiento implícito
- Memoria de control de 24 bits/palabra
- Microinstrucciones con 15 bits para los campos de control.
- Se pueden evaluar 8 condiciones en el caso de las instrucciones de bifurcación.
- ¿Tamaño máximo de la memoria de control?

La memoria de control almacenará las posibles microinstrucciones que se pueden ejecutar en el sistema, la anchura de esta memoria y por tanto de una microinstrucción según el enunciado es de 24 bits.

Como se utiliza direccionamiento implícito, el bit más significativo (bit de formato) de la microinstrucción indicará el tipo de microinstrucción: 0 (Control), 1 (Bifurcación). En el caso de tratarse de una microinstrucción de control se tendría la siguiente estructura:



En el caso de una microinstrucción de bifurcación, se necesitarán 3 bits para codificar las  $8=2^3$  condiciones posibles de salto, los restantes bits se usarían para especificar una dirección de la memoria de control luego su estructura sería:



Luego se requieren 20 bits para codificar una dirección de la memoria de control, en consecuencia, el tamaño de dicha memoria es  **$2^{20}$  palabras**.

## SOLUCION PROBLEMA 7.18

### DATOS

- Microinstrucciones de formato vertical.
- Este formato tiene 15 subcampos de 2 bits, 5 subcampos de 3 bits y 2 subcampos de 5 bits.
- ¿Número máximo de señales de control?

En el enunciado nos dicen que se tiene un total de 22 (15+5+2) subcampos, cada uno de los cuales requiere de un decodificador que sólo puede tener una de sus salidas activadas en un determinado instante de tiempo. Eso implica que el computador puede tener activadas como máximo 22 señales de control o microórdenes simultáneamente.

Por otro lado si un subcampo tiene  $j$  bits, puede codificar un total de  $2^j-1$  señales de control. Una codificación se reserva para especificar el caso en que ninguna de las señales de control de ese subcampo se encuentre activa.

Luego del enunciado se sabe que el formato tiene:

15 subcampos codificados de 2 bits  $\rightarrow 15 \times (2^2-1) = 15 \times 3 = 45$  señales de control

5 subcampos codificados de 3 bits  $\rightarrow 5 \times (2^3-1) = 5 \times 7 = 35$  señales de control

2 subcampos codificados de 5 bits  $\rightarrow 2 \times (2^5-1) = 2 \times 31 = 62$  señales de control

Lo que hace un total de  $45+35+62=142$  **señales de control**.

## SOLUCION PROBLEMA 7.19

### DATOS

- Unidad de control microprogramada.
- Tamaño de una microinstrucción 50 bits
  - $\Rightarrow$  21 bits para seleccionar independientemente las microoperaciones que lleva a cabo.
  - $\Rightarrow$  Un campo para indicar el tipo de bifurcación a realizar (condicional, incondicional, o no bifurcar).
  - $\Rightarrow$  Un campo para seleccionar una de las 13 señales de condición posibles

Del enunciado sabemos que la distribución de los 50 bits de una microinstrucción es la siguiente:

- 21 bits para seleccionar independientemente las microoperaciones que lleva a cabo.
- Un campo para indicar el tipo de bifurcación a realizar (condicional, incondicional, o no bifurcar). Luego dicho campo debe tener un tamaño de 2 bits para poder codificar estas tres posibilidades ( $3 \leq 2^2$ )
- Un campo para seleccionar una de las 13 señales de condición posibles. Luego dicho campo debe tener un tamaño de 4 bits para poder codificar las 13 señales de condición. ( $13 \leq 2^4$ )

Por lo tanto quedan disponibles  $50 - (21+2+4) = 23$  bits.. Entonces una dirección de la memoria de control puede tener como máximo un tamaño de 23 bits, y en consecuencia el tamaño de la memoria de control será como máximo de  $2^{23}$  **palabras**.

## SOLUCION PROBLEMA 7.20

### DATOS

- Cada instrucción máquina tiene un tamaño de 20 bits:
  - \* Los 6 bits más significativos ( $I_{19}, I_{18}, \dots, I_{14}$ ) codifican el código de operación.
  - \* Los 14 bits restantes ( $I_{13}, I_{12}, \dots, I_0$ ) hacen referencia a los operandos.
- Cada microprograma asociado a un código de operación ocupa 16 palabras consecutivas de la memoria de control

Puesto que el campo del código de operación (Cod\_Op) de las instrucciones máquina tiene 6 bits, se podrán codificar un total de  $2^6 = 64$  operaciones. Cada una de estas operaciones tiene asociado un microprograma ( $\mu p$ ), luego hay que almacenar 64 microprogramas en la memoria de control.

Cada microprograma ocupa 16 palabras consecutivas de la memoria de control. Por lo tanto la capacidad mínima necesaria para la memoria de control es:

$$2^4 \text{ pal}/\mu\text{p} \times 2^6 \mu\text{p} = 2^{10} \text{ pal}$$

Luego la dirección para acceder a palabras de la memoria de control tiene 10 bits.

En la siguiente tabla se muestran las direcciones de la memoria de control que se corresponden a cada uno de los 64 códigos de operación posible.

Código de operación	Direcciones del $\mu\text{P}$ asociado en la Memoria de Control	Formato de las direcciones
000000	0000000000 - 0000001111	000000XXXX
000001	0000010000 - 0000011111	000001XXXX
000010	0000100000 - 0000101111	000010XXXX
...	...	...
111111	1111110000 - 1111111111	111111XXXX

Como se comprueba, la dirección inicial del microprograma correspondiente a un determinado código de operación está formada por los 6 bits de este, como bits más significativos, más cuatro bits a 0 adicionales. Es decir

$$(I_{19}, I_{18}, I_{17}, I_{16}, I_{15}, I_{14}, 0, 0, 0, 0)$$

## SOLUCION PROBLEMA 7.21

### DATOS

- Unidad de control microprogramada.
- Tamaño de una microinstrucción 42 bits
  - ⇒ 20 bits para seleccionar independientemente las microoperaciones que lleva a cabo.
  - ⇒ Un campo para indicar el tipo de bifurcación a realizar (condicional, incondicional, o no bifurcar).
  - ⇒ Un campo para seleccionar una de las 16 señales de condición posibles

Del enunciado sabemos que la distribución de los 42 bits de una microinstrucción es la siguiente:

- 20 bits para seleccionar independientemente las microoperaciones que lleva a cabo.
- Un campo para indicar el tipo de bifurcación a realizar (condicional, incondicional, o no bifurcar). Luego dicho campo debe tener un tamaño de 2 bits para poder codificar estas tres posibilidades ( $3 \leq 2^2$ )
- Un campo para seleccionar una de las 13 señales de condición posibles. Luego dicho campo debe tener un tamaño de 4 bits para poder codificar las 13 señales de condición. ( $16 \leq 2^4$ )

Por lo tanto quedan disponibles  $42 - (20 + 2 + 4) = 16$  bits.. Entonces una dirección de la memoria de control puede tener como máximo un tamaño de 16 bits, y en consecuencia el tamaño de la memoria de control será como máximo de  **$2^{16}$  palabras.**

## SOLUCION PROBLEMA 7.22

### DATOS

- Computador usa un formato de microinstrucción mixto, parte horizontal y parte vertical
- La parte con formato horizontal de codificación tiene una longitud de  $k$  bits.
- La parte con formato vertical de codificación posee  $m$  campos codificados de  $n$  bits cada uno.

El número máximo de señales de control  $N_{\max}$  que pueden usarse en este computador vendrá dado por la suma de las señales que pueden usarse en la parte horizontal más las que pueden usarse en la parte vertical:

En la parte con formato horizontal se asigna un bit a cada señal de control. Luego como el tamaño de esta parte es  $k$  bits se pueden tener  $k$  señales de control.

En un campo con formato vertical de  $n$  bits se pueden codificar un máximo de  $2^n - 1$  señales de control, ya que siempre se debe reservar una codificación para indicar el caso en que ninguna señal de control está activada. Luego si se disponen de  $m$  campos con formato vertical de  $n$  bits. Se podrán codificar un máximo de  $m(2^n - 1)$  señales de control.

Por lo tanto

$$N_{\max} = k + m \cdot (2^n - 1)$$

## SOLUCION PROBLEMA 7.23

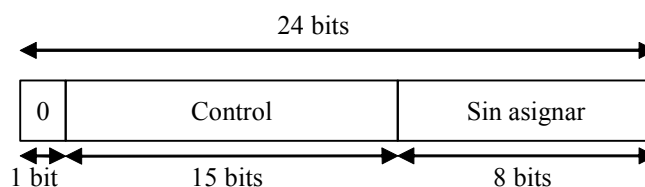
### DATOS

- Unidad de control microprogramada con direccionamiento implícito.
- Memoria de control de 24 bits de longitud de palabra.
- Las microinstrucciones emplean 15 bits para los campos de control.
- El tamaño máximo de la memoria de control es de  $2^{20}$  palabras.

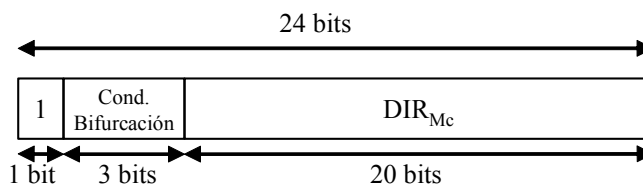
La memoria de control almacenará las posibles microinstrucciones que se pueden ejecutar en el sistema, la anchura de esta memoria y por tanto de una microinstrucción según el enunciado es de 24 bits.

Además como la memoria de control tiene una capacidad de  $2^{20}$  el número de bits  $n$  necesarios para codificar una dirección de la memoria es de 20 bits.

Como se utiliza direccionamiento implícito, el bit más significativo (bit de formato) de la microinstrucción indicará el tipo de microinstrucción: 0 (Control), 1 (Bifurcación). En el caso de tratarse de una microinstrucción de control se tendría la siguiente estructura:



En el caso de una microinstrucción de bifurcación, puesto que una dirección de la memoria de control ocupa 20 bits, la estructura de la microinstrucción sería el que se muestra en la figura



Es decir, se dispone de 3 bits para codificar las condiciones de bifurcación. Luego el número máximo de condiciones de bifurcación es  $2^3=8$ .

## SOLUCION PROBLEMA 7.24

### DATOS

- Unidad de control microprogramada.
- Formato de microinstrucción horizontal o vertical
- Direcciones de 12 bits
- Formato de la microinstrucción horizontal en la Figura 1.
- $A_i$  ( $i=1,2,3$ ),  $B_j$  ( $j=1,2,3$ ),  $C_k$  ( $k=1,\dots,4$ ),  $D_m$  ( $m=1,2,3$ ) y  $E_n$  ( $n=1,\dots,8$ ) son señales de control
- Formato de la microinstrucción horizontal en la Figura 2
- El campo 4 se decodifica como sel-B o sel-D a partir del campo 2, que es un campo de selección

Para resolver este problema se puede consultar la sección 7.2.4 del libro de teoría.

### A)

- *Cálculo del tamaño de la memoria de control con formato de microinstrucción horizontal:*

El campo de control se muestra en la siguiente figura:

A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3	E1	.....	E8
3 bits			3 bits			4 bits				3 bits			8 bits		

De donde es fácil comprobar que el tamaño del campo de control con el formato horizontal es de 21 bits. Como el campo de dirección de la microinstrucción, según el enunciado, tiene 12 bits, el número de microinstrucciones es de 212. Por lo tanto, el tamaño de la memoria de control utilizando formato horizontal es de  $212 \times 21$  bits.

- *Cálculo del tamaño de la memoria de control con formato de microinstrucción vertical:*

Teniendo en cuenta que en este caso con un subcampo de  $j$  bits se pueden especificar  $2^j-1$  señales de control (una de las codificaciones hay que reservarla para el caso de que ninguna señal de control esté activa), el formato de los subcampos de control de la microinstrucción con formato vertical es el que se muestra en la siguiente figura:

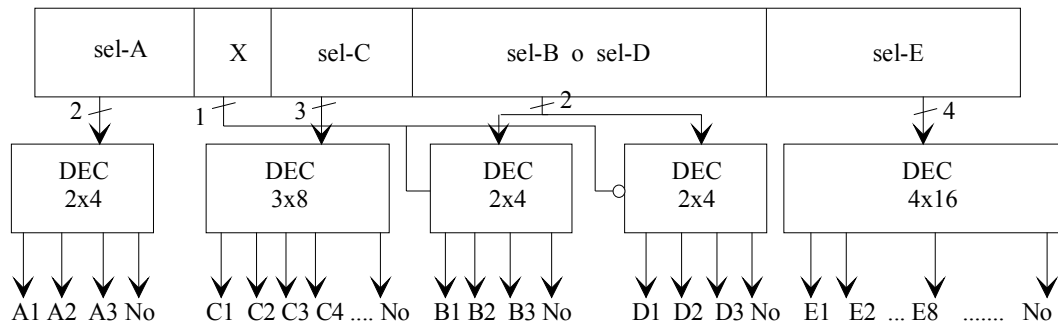
sel-A	x	sel-C	sel-B o sel D	sel-E
2	1	3	2	4

Luego en este caso el número de bits utilizados en los subcampos de control de la microinstrucción vertical es de 12 bits.

Como el número de microinstrucciones es de 212, el tamaño de la memoria de control utilizando formato vertical es de  $212 \times 12$  bits.

Ambas memorias tienen el mismo número de palabras, pero la horizontal necesita un ancho de palabra casi el doble que la vertical, luego su tamaño será prácticamente el doble que la vertical.

**B)** En el diseño vertical las señales de control se activan un cierto tiempo después respecto al diseño horizontal, igual al tiempo de decodificación. Según se puede apreciar en la figura siguiente, la decodificación impone un retardo igual al decodificador más lento, es decir, al decodificador  $4 \times 16$ .



C) El ahorro de memoria del diseño vertical es lógico, puesto que las señales de control están codificadas, mientras que en el caso de la horizontal tenemos un bit para activar directamente cada señal.

Por la misma razón, esta ventaja del caso vertical produce el inconveniente de introducir un retraso en la activación de las señales, puesto que se ha de realizar la decodificación.

En el diseño habría que estudiar si lo que se prima más es un diseño rápido (en cuyo caso nos inclinaríamos por la memoria horizontal), o bien se valora más la optimización del tamaño de la memoria de control y la posibilidad de reducir errores de microcodificación (es este caso sería mejor el diseño vertical).

## SOLUCION PROBLEMA 7.25

### DATOS

- El tamaño máximo de la memoria de control es de  $2^{20}$  palabras.
- La parte de control del formato de una microinstrucción emplea 8 bits para seleccionar la operación.
- Posee un campo para indicar el tipo de bifurcación a realizar (condicional, incondicional o no bifurcar).
- Un campo para seleccionar una de las 32 señales de condición posible

De acuerdo con la información del enunciado y supuesto direccionamiento explícito con una dirección por microinstrucción, el formato de microinstrucción de que se dispone sería el siguiente supuesto:

Selección microoperación	Tipo Bifurcación	Señal Condición	$DIR_{Mc}$
-----------------------------	---------------------	--------------------	------------

- El campo [Selección microoperación] tiene un tamaño de 8 bits.
- El campo [Tipo de bifurcación] puesto que existen tres posibles tipos requerirá  $n$  bits para codificarlos, donde  $n$  se obtiene de  $3 \leq 2^n \Rightarrow n=2$  bits
- El campo [Señal de condición] puesto que existen 32 señales de condición posibles requerirá  $n$  bits para codificarlas, donde  $n$  se obtiene de  $32 \leq 2^n \Rightarrow n=5$  bits.
- El campo [Dirección de la memoria de control] puesto que la memoria de control tiene una capacidad de  $2^{20}$  palabras requerirá  $n=20$  bits para codificar una dirección.

En consecuencia el tamaño de una microinstrucción es:  $8+2+5+20=35$  bits.