

7 Microprogramación

- 1.- Modelo original de Wilkes
- 2.- Estructura de una unidad de control microprogramada
- 3.- Representación de los microprogramas
- 4.- Ejemplo de diseño microprogramado: multiplicador binario
- 5.- Unidad de control microprogramada de un computador: SIMPLÉ2

Introducción

Unidad de control \Rightarrow conjunto de microoperaciones \Rightarrow cada μop
 μop \Downarrow conjunto de microórdenes
 $\mu ord = \mu I$

Unidad de control microprogramada \Rightarrow Almacenada en una memoria \Rightarrow En cada posición de memoria una microinstrucción μI

microprograma $\mu P =$ serie ordenada de microinstrucciones

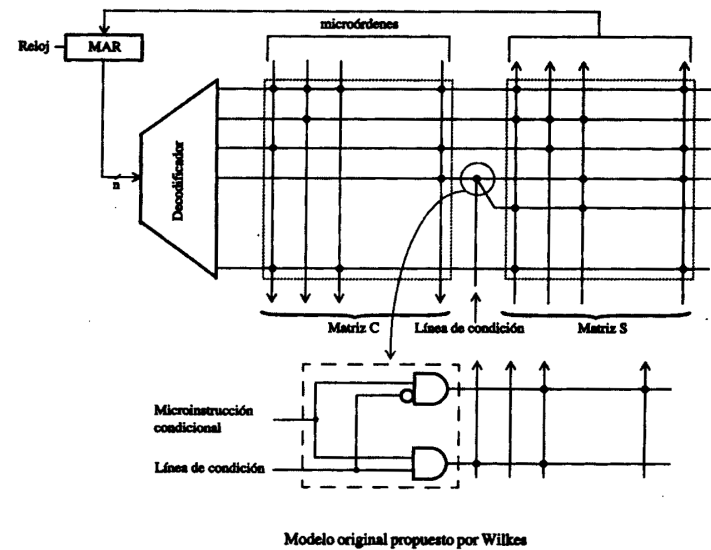
$$\mu P = [\mu I(1), \mu I(2), \dots, \mu I(p)]$$

Condiciones de una U.C. microprogramada

- Mem. suficiente grande
- A cada instrucción asociar la dir. de comienzo de su microprograma
- Ha de leer las sucesivas μI y biturcar a uno nuevo cuando termina el que se está ejecutando

Microprogramación = método sistemático para diseñar la unidad de control de cualquier sistema digital

1.- Modelo original de Wilkes



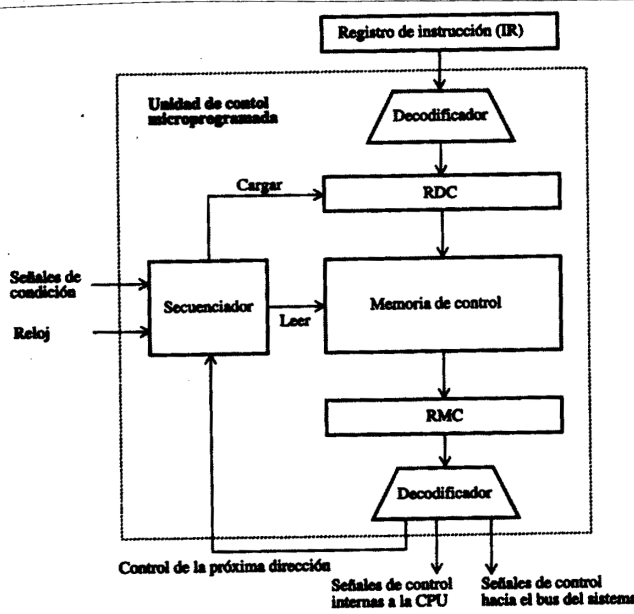
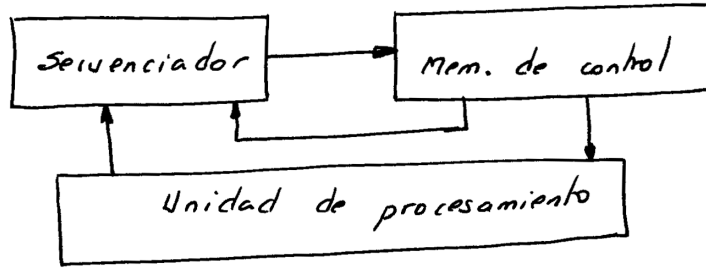
- Modelo de Wilkes
- N° de líneas horizontales \Rightarrow n° de microinstrucciones
 - " " " verticales \Rightarrow longitud de palabra de mem. ctrl.
 - Las líneas verticales no necesitan decodificarse
 - La inserción de las señales de condición tiene lugar entre la matriz de control C y la de secuencia S

2.- Estructura de una unidad de control microprogramada

- a.) Tareas
- U.C. - secuenciamiento de $\mu I \Rightarrow$ obtener próxima μI de la mem. ctrl
 - MP - Ejecución de la $\mu I \Rightarrow$ generar las señales de control

$\mu I =$ conjunto de μord que se ejecutan simultáneamente y contenidas en una palabra de la mem. de ctrl

b.- Elementos de una U.C. microprogramada



RDC = Reg. dirección de la mem. de control.

RMC = Reg. de datos de la mem. de control.

Funcionamiento de una unidad de control microprogramada

Funcionamiento:

- 1º La instrucción entra en IR y tras decodificarse carga en RDC la dirección de la 1ª μJ
 - 2º RDC apunta a mem. de ctrl que saca el dato a RMC
 - 3º RMC contiene 3 campos
 - señales de ctrl al bus sistema
 - " " " internas a CPU
 - Próxima dirección de μJ
 - 4º Secuenciador carga la próxima instrucción en RDC y continúa la secuencia
- Opciones
 - RDC \leftarrow RDC + 1
 - Biturcación: RDC \leftarrow RMC [dirección] a siguiente instrucción
 - " RDC \leftarrow Función (IR[cod-op])

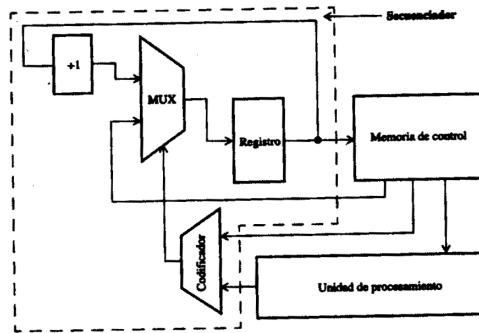
C.- Secuenciamiento de las microinstrucciones

El secuenciador más simple = contador

↳

No hay opción a "saltos condicionales"

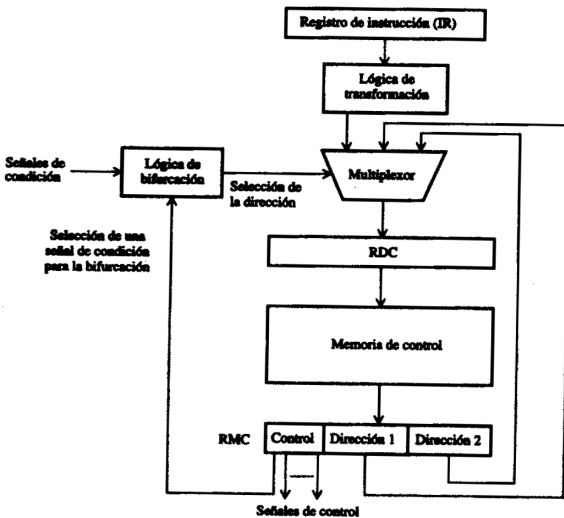
Un secuenciador } -salto condicional
 } - Incrementación de la dirección actual



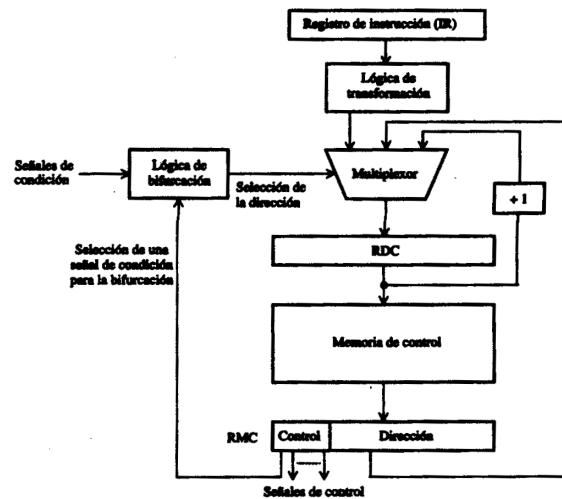
Secuenciador que permite el salto condicional entre microinstrucciones

Tipos de direccionamiento } - Explícito → especificado en un campo separado
 } - Implícito → Dos tipos de instrucciones } - Señales de control
 } } - Biturcación

Opciones de direccionamiento explícito.



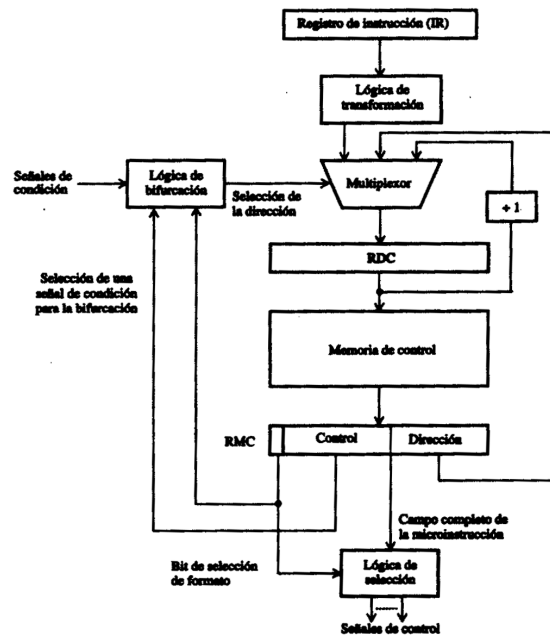
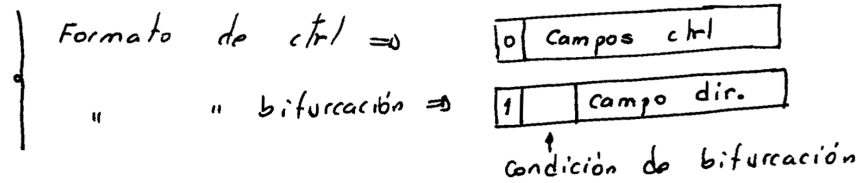
Unidad de control microprogramada con dos direcciones por microinstrucción



Unidad de control microprogramada con una dirección por microinstrucción

Direccionamiento implícito

- Reduce el ancho de las $\mu I.$ \Rightarrow microprogramas más largos
- Las μI s se ejecutan en el orden de almacenamiento en la mem.
- Bifurcación \Rightarrow formato especial de instrucción



Unidad de control microprogramada con formato de microinstrucción variable

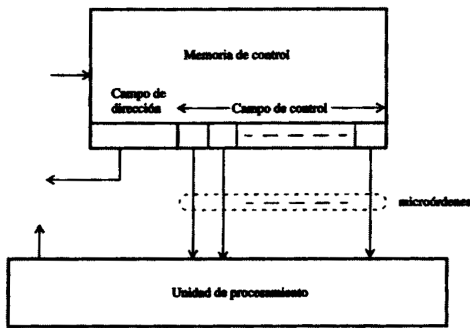
d.- Organización de la mem. de control

- Campos de una microinstrucción
- de control \Rightarrow señales de ctrl de la unidad procesa.
 - de dirección \Rightarrow dir. de la próxima instrucción

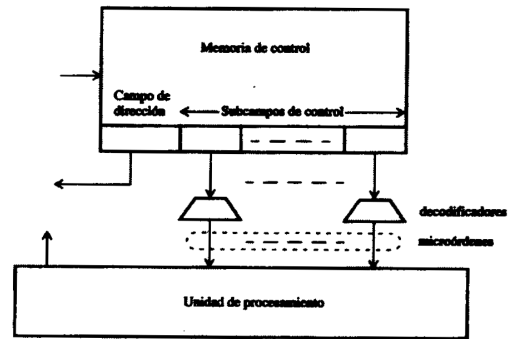
Formatos

microinstrucciones

- Horizontal (No codificadas) \Rightarrow cada bit de la micromemoria a un punto físico de control
- Vertical (Codificada) \Rightarrow El campo de control dividido en subcampos, cada uno de los cuales controla un conjunto de operadores y está codificado indicando la señal a controlar y precisando un decodificador por subcampo. Dentro de cada subcampo las señales son excluyentes entre sí.



Formato horizontal de una microinstrucción



Formato vertical de una microinstrucción codificada por subcampos

e.- Ejecución de las microinstrucciones

Fases

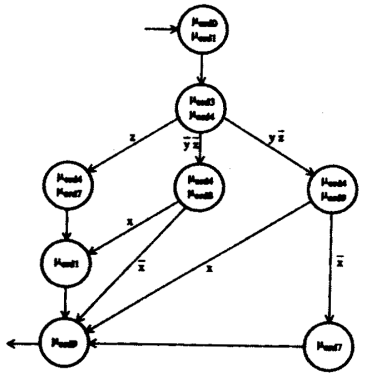
- 1) Búsqueda de la μI
- 2) Decodificación de los campos de la μI
- 3) Ejecución de las μop
- 4) Cálculo de la dir. de la próxima μI .

Tipos ejecuciones

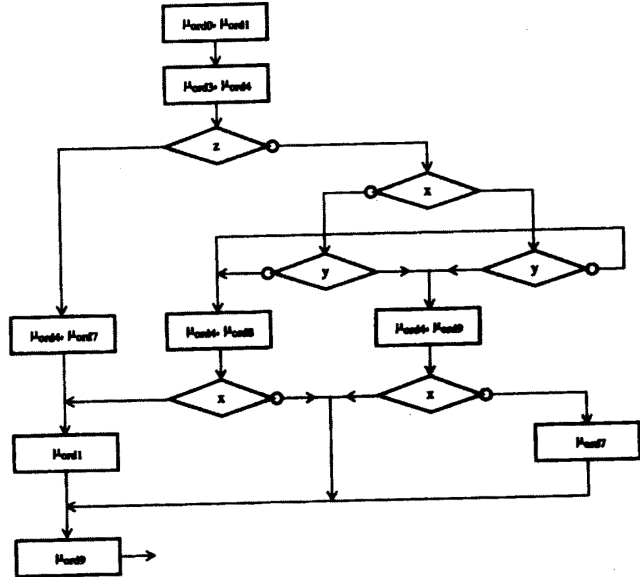
- Monotásicas \Rightarrow las μop se pueden ejecutar al mismo tiempo
- Politásicas \Rightarrow los campos se utilizan de forma escalonada en el tiempo de ejecución

3.- Representación de los microprogramas

$\mu I \times$ estado máquina \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{No dos} \rightarrow \mu \text{ ops} \\ \text{Líneas} \rightarrow \text{secuencias en la U.C.} \end{array} \right.$



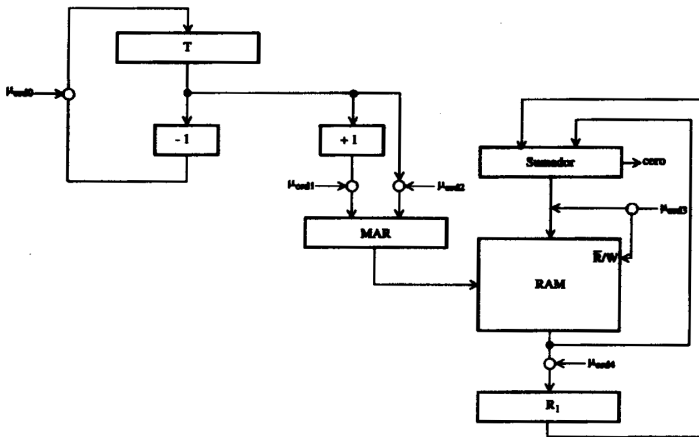
Representación de un microprograma como un grafo orientado



Organigrama equivalente al de la Figura 7.19

Ejemplo

Un procesador como el mostrado:

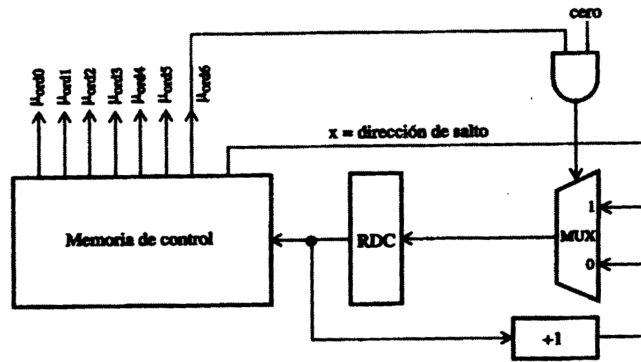


Ruta de datos del procesador del ejemplo

- $17[MAR] \rightarrow RAM 256 \times 8$
- $T \rightarrow \text{Reg. } 8 \text{ bits}$
- $R_1 \rightarrow \text{" " "}$
- $17DR \rightarrow \text{Reg. dir. mem. } 8 \text{ bits}$
- $DECR(-1) \rightarrow \text{Decremento en } 1$
- $INCR(+1) \rightarrow \text{Incremento en } 1$
- $SUM \rightarrow \text{sumador}$

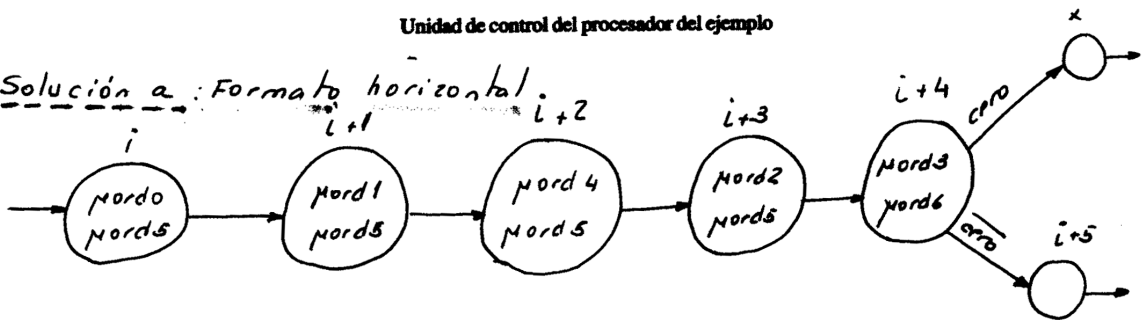
Microorden	Significado	Acción
Mord0	Decrementa T	$T \leftarrow T - 1$
Mord1	Transfiere T+1 a MAR	$MAR \leftarrow T + 1$
Mord2	Transfiere T a MAR	$MAR \leftarrow T$
Mord3	Suma R1 a M[MAR]	$M[MAR] \leftarrow M[MAR] + R1$
Mord4	Transfiere M[MAR] a R1	$R1 \leftarrow M[MAR]$
Mord5	Secuenciamiento normal	$RDC \leftarrow RDC + 1$
Mord6	Salto incondicional a $\mu J(x)$	$RDC \leftarrow x$

Objetivo del MP

$$\left\{ \begin{array}{l} T \leftarrow T - 1 \\ M[T] \leftarrow M[T] + M[T+1] \\ \text{if } M(T) = 0 \text{ then } RDC \leftarrow x \text{ else } RDC \leftarrow RDC + 1 \end{array} \right.$$


Unidad de control del procesador del ejemplo

Solución a: Formato horizontal.



Código binario del microprograma

Mprogra	No0	No1	No2	No3	No4	No5	No6	Dir salto
$\mu I(i)$	1	0	0	0	0	1	0	-
$\mu I(i+1)$	0	1	0	0	0	1	0	-
$\mu I(i+2)$	0	0	0	0	1	1	0	-
$\mu I(i+3)$	0	0	1	0	0	1	0	-
$\mu I(i+4)$	0	0	0	1	0	0	1	x

Solución b: Formato vertical \Rightarrow Codificar las μ ordenes excluyentes

M ₁	M ₂	M ₃	Nord
0	0	0	No0
0	0	1	No1
0	1	0	No2
0	1	1	No3
1	0	0	No4
1	0	1	-
1	1	1	-

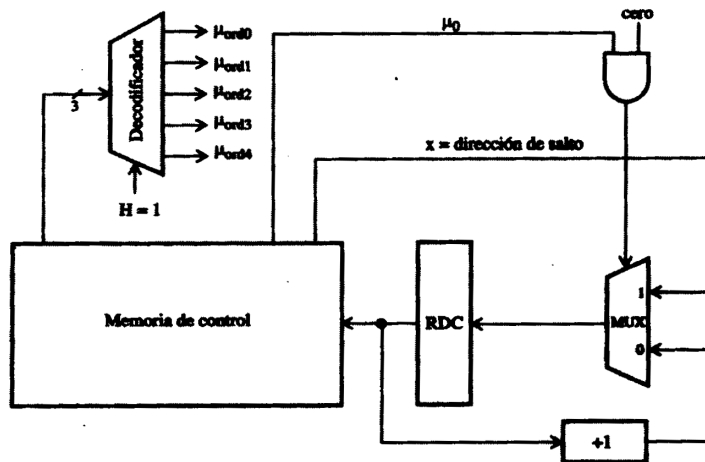
Código binario del μ programa

Mprogra	No	M ₁	M ₂	M ₃	Dir. salto
$\mu I(i)$	⑤ 0	0	0	0 ⑥	-
$\mu I(i+1)$	⑤ 0	0	0	1 ⑦	-
$\mu I(i+2)$	⑤ 0	1	0	0 ④	-
$\mu I(i+3)$	⑤ 0	0	1	0 ②	-
$\mu I(i+4)$	⑤ 1	0	1	1 ③	x

Nord5 \Rightarrow No = 0

Nord6 \Rightarrow No = 1

\Downarrow
Según secuencia del grafo

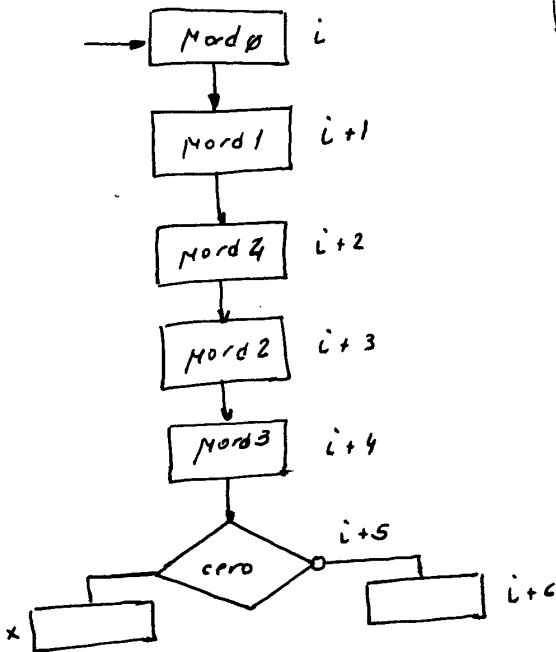
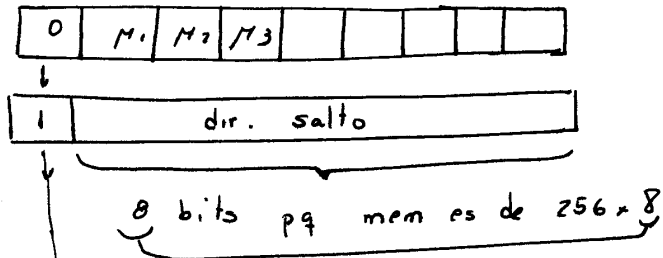


Nuevo esquema de la unidad de control del procesador del ejemplo

Solucion C : Direccionamiento implicito.

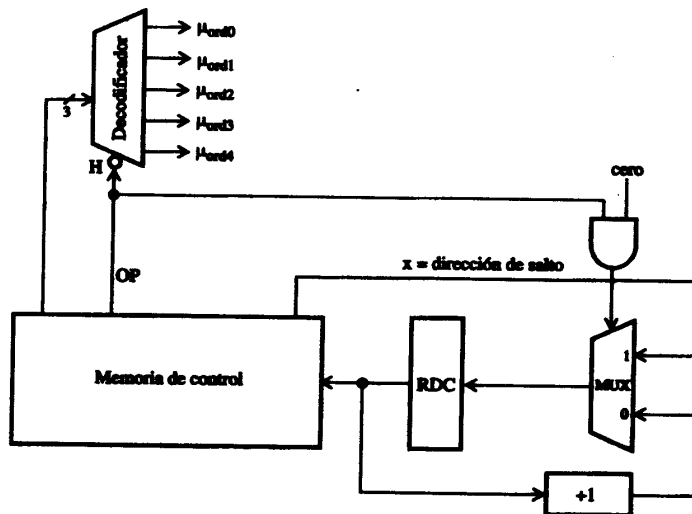
Formato vertical para para biturcación tipo especial de formato de instrucción:

Formato ejecución
" teste

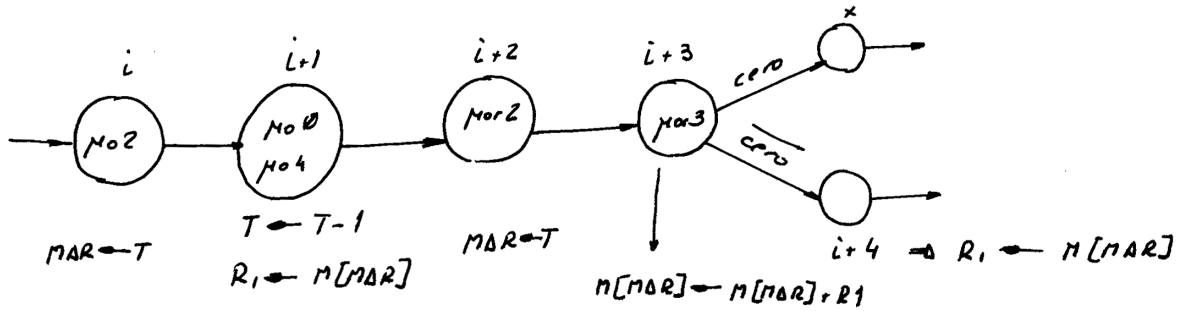


Codificación binaria

M Prog	OP	M1	M2	M3
MJ(i)	0	0	0	0
MJ(i+1)	0	0	0	1
MJ(i+2)	0	1	0	0
MJ(i+3)	0	0	1	0
MJ(i+4)	0	0	1	1
MJ(i+4)	1			



Solución d: Ejecución paralelo de varias órdenes



4.- Ejemplo de diseño microprogramado: multiplicador binario

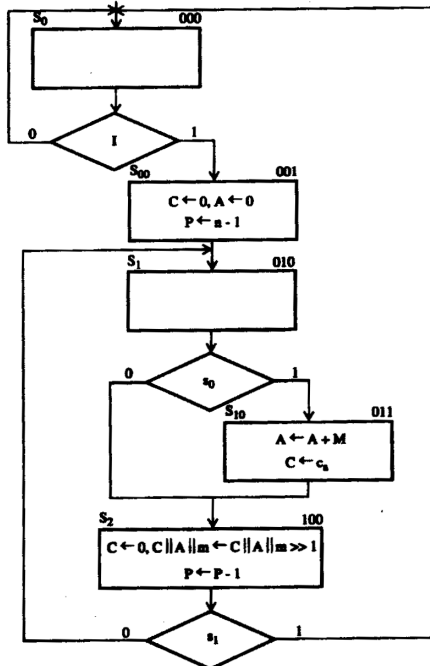


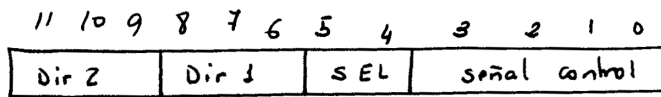
Diagrama ASM para el diseño de la unidad de control microprogramada del multiplicador

señal control	Transf. req.	Estados en los que señal activa	Bit posición en la μP	Nombre simbólico
Inicializer	$A \leftarrow 0, P \leftarrow n-1$	S_{00}	0	IN
Sumar-Cargar	$A \leftarrow A+M, C \leftarrow c_n$	S_{10}	1	SC
Borrar-C	$C \leftarrow 0$	S_{00}, S_{20}	2	BC
Desplaz. Dec	$C A M \leftarrow C A M \gg 1$ $P \leftarrow P-1$	S_{20}	3	DD
				<u>MP.11</u>

Modos
definir
direcciones
en toma decisión

- Incluir las 2 dir. en la μJ * Es cogido
- Utilizar un contador con capacidad de carga paralelo como reg. RDC \Rightarrow
 - 1^{er} dir \rightarrow incrementarlo
 - 2^{er} dir \rightarrow carga paralela

Formato $\mu J =$



3 bits pq n^o estados
es 5 $\Rightarrow 2^3 = 8$
5 < 8

4 bits sin codificar

- Inicializar
- Sumar-Cargar
- Desplaz- Dec
- Borrar-C

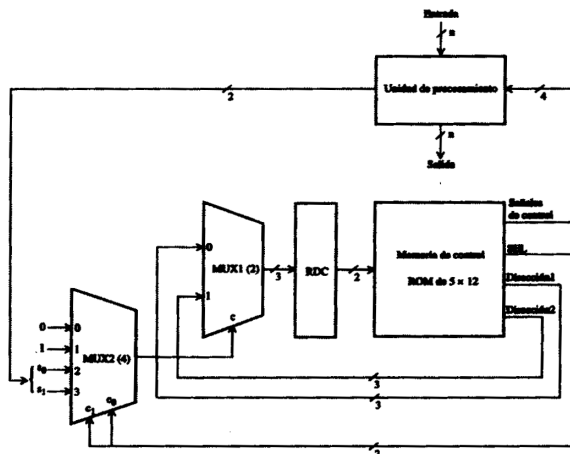
Var. toma decisión

$$\begin{array}{l} I \\ s_0 \\ s_1 \\ \hline 3 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} I \\ s_0 \\ s_1 \\ \hline 3 \end{array}} \right\} \Rightarrow 2^2 = 4$$

 $3 < 4$

SEL		
Nombre	Cod. binario	Mord
S16	00	RDC \leftarrow Dir 1 $\bar{I} \Rightarrow$ RDC \leftarrow Dir 1
D1	01	$\bar{I} \Rightarrow$ RDC \leftarrow Dir 2
Ds0	10	$\bar{s}_0 \Rightarrow$ RDC \leftarrow Dir 1 $s_0 \Rightarrow$ RDC \leftarrow Dir 2
Ds1	11	$\bar{s}_1 \Rightarrow$ RDC \leftarrow Dir 1 $s_1 \Rightarrow$ RDC \leftarrow Dir 2

S16 = siguiente dir
D = decisión



Unidad de control microprogramada del multiplicador

Dirección	sentencias de transfer. simbólica
S ₀	$I: RDC \leftarrow S_{00} \quad \bar{I}: RDC \leftarrow S_0$
S ₀₀	$C \leftarrow 0, A \leftarrow 0, P \leftarrow n-1, RDC \leftarrow S_1$
S ₁	$S_0: RDC \leftarrow S_{10}, \bar{S}_0: RDC \leftarrow S_2$
S ₁₀	$A \leftarrow A+M, C \leftarrow C_a, RDC \leftarrow S_2$
S ₂	$C \leftarrow 0, C A m \leftarrow C A m \gg 1$ $S_1: RDC \leftarrow S_0, \bar{S}_1: RDC \leftarrow S_1, P \leftarrow P-1$

μprog. simbólico

Dir	Dir 2	Dir 1	SEL	señ. ctrl
S ₀	S ₀₀	S ₀	D _I	Ninguna
S ₀₀	--	S ₁	S _{IG}	JN, BC
S ₁	S ₁₀	S ₂	D _{S₀}	Ninguna
S ₁₀	--	S ₂	S _{IG}	SC
S ₂	S ₀	S ₁	D _{S₁}	BC, DD

código binario

Dir.	Dir. 2	Dir. 1	SEL	señ. ctrl
000	001	000	01	0000
001	000	010	00	0101
010	011	100	10	0000
011	000	100	00	0010
100	000	010	11	1100