



Tema 4 (I) El procesador



Grupo ARCOS

Estructura de Computadores
Grado en Ingeniería Informática
Universidad Carlos III de Madrid

Contenidos

1. Introducción

1. Motivación y objetivos
2. Funciones básicas de la unidad de control
3. Señales de control y operaciones elementales

2. Computador elemental:

1. Estructura del computador elemental
2. Señales de control
3. Operaciones elementales

¡ATENCIÓN!

- ❑ Estas transparencias son un guión para la clase
- ❑ Los libros dados en la bibliografía junto con lo explicado en clase representa el material de estudio para el temario de la asignatura
- ❑ Para la preparación de los exámenes se ha de utilizar todo el material de estudios

Contenidos

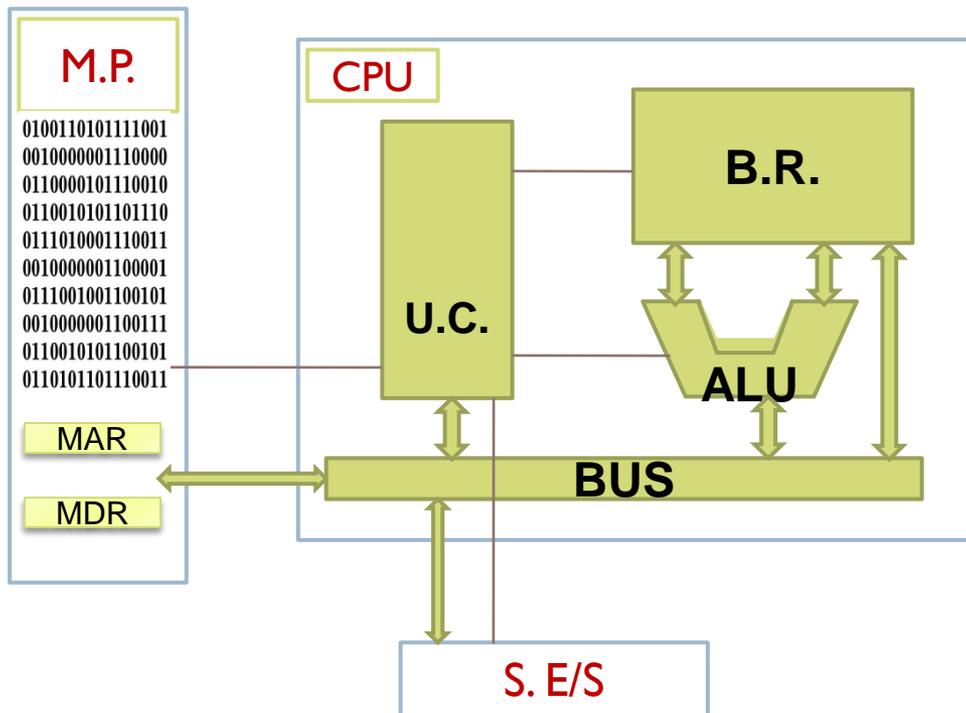
1. **Introducción**

1. **Motivación y objetivos**
2. Funciones básicas de la unidad de control
3. Señales de control y operaciones elementales

2. **Computador elemental:**

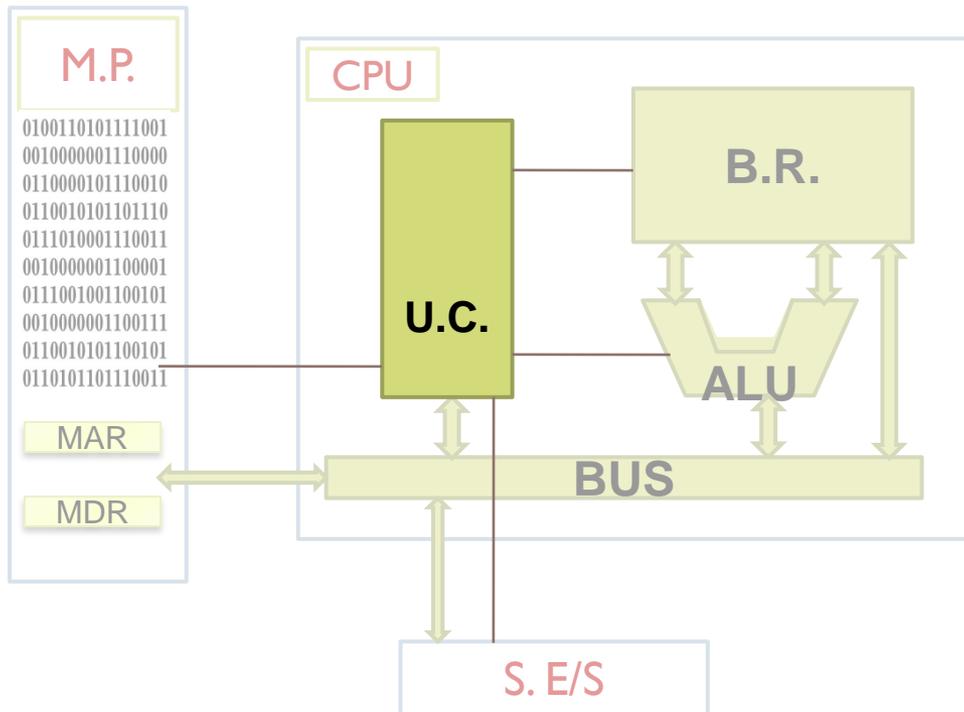
1. Estructura del computador elemental
2. Señales de control
3. Operaciones elementales

Motivación



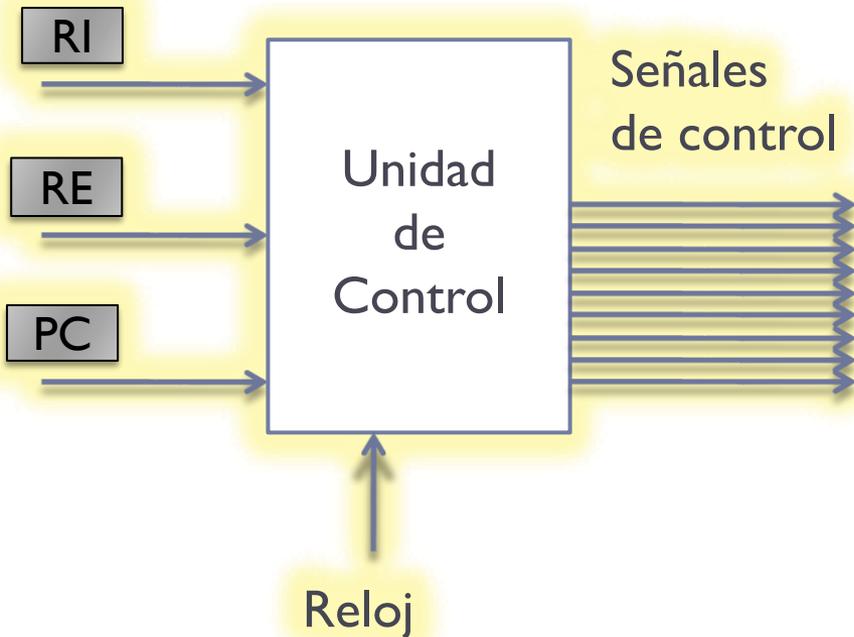
- En el tema 3 se estudia **qué** hace:
 - Instrucciones
 - Direccionamiento
 - Etc.
- En el tema 4 se estudia **cómo** lo hace:
 - Funcionamiento interno
 - Diseño de la U.C.

Motivación



- La Unidad de Control es el director de orquesta:
 - coordina el funcionamiento del resto de los elementos
- El estudio de la Unidad de Control es importante

Unidad de control



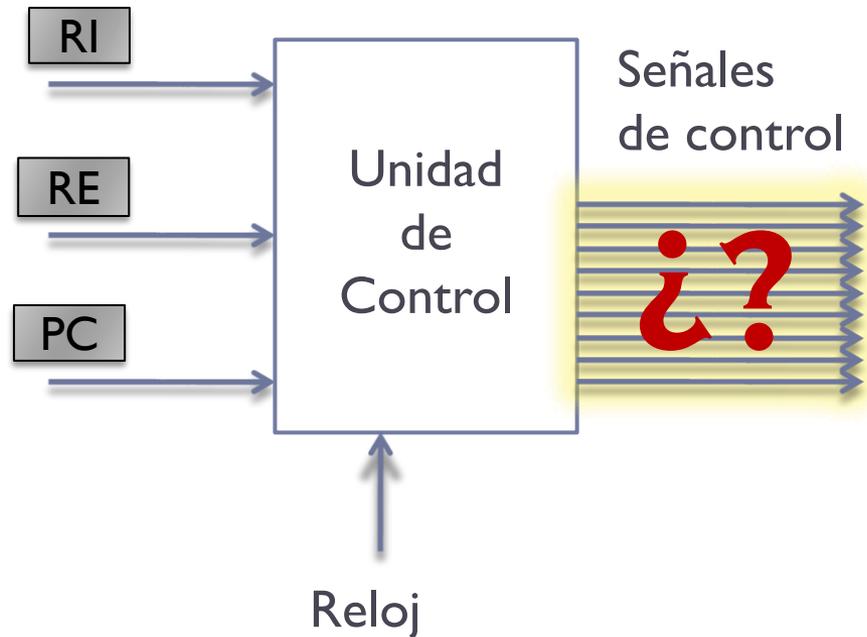
▶ Entrada:

- ▶ Instrucción en ejecución
- ▶ Registro de estado
- ▶ Contador de programa

▶ Salida:

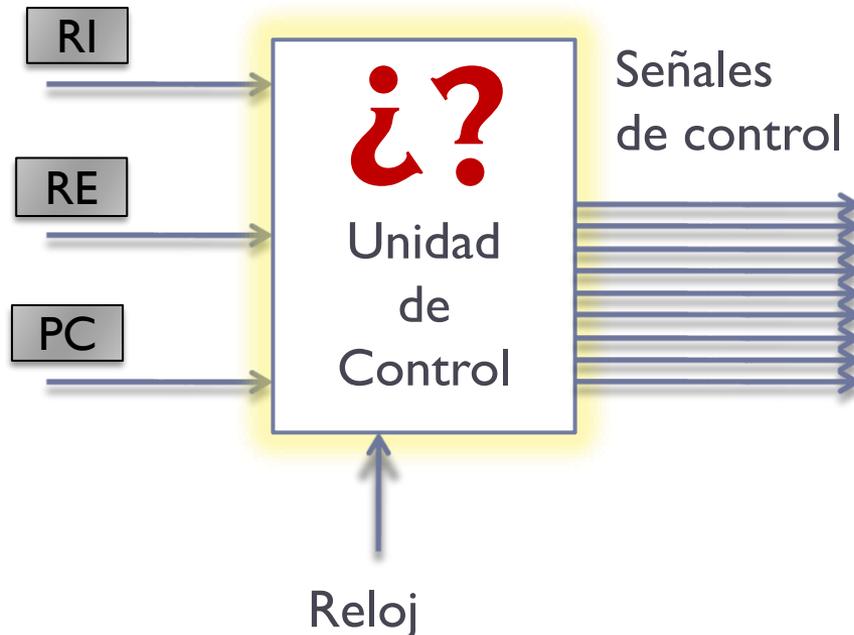
- ▶ Señales de control y estado externas a la UCP

Objetivos



- Conocer las señales de control típicas en un computador que genera la U.C.

Objetivos



- ▶ Conocer las señales de control típicas en un computador que genera la U.C.
 - ▶ Conocer la forma de:
 - ▶ Especificar
 - ▶ Diseñar
- La unidad de control

Contenidos

1. **Introducción**

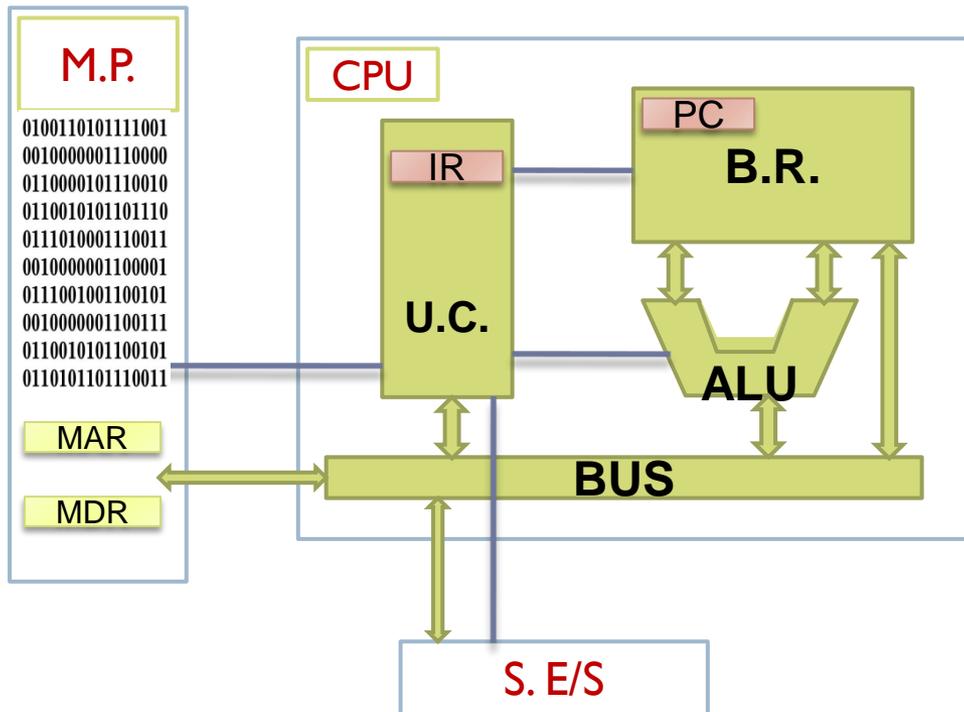
1. Motivación y objetivos
2. **Funciones básicas de la unidad de control**
3. Señales de control y operaciones elementales

2. **Computador elemental:**

1. Estructura del computador elemental
2. Señales de control
3. Operaciones elementales

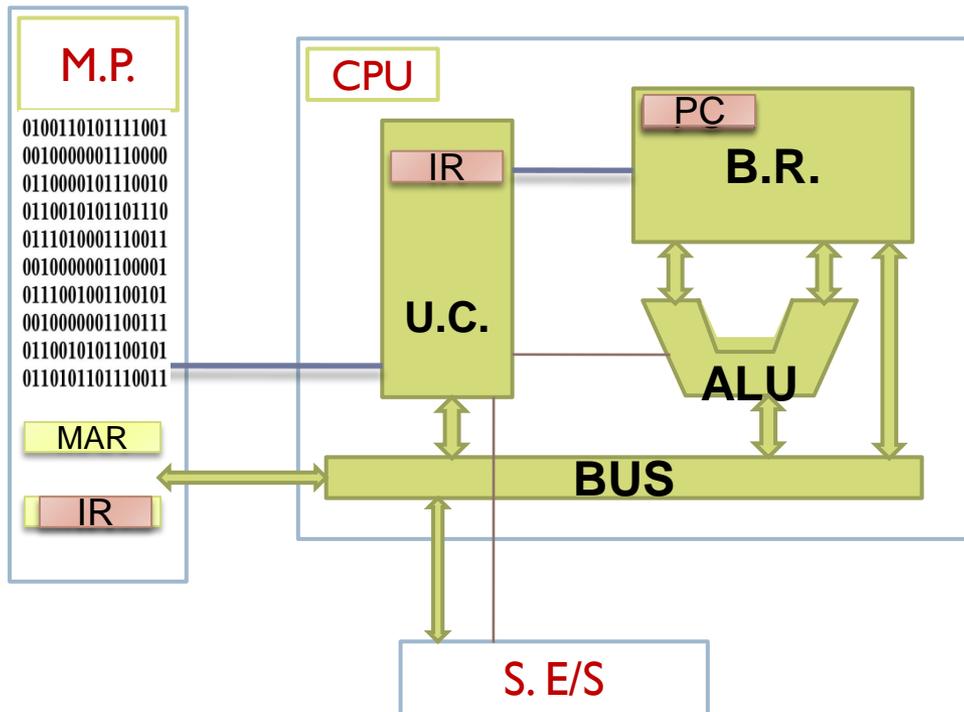


Funciones de la unidad de control (1)



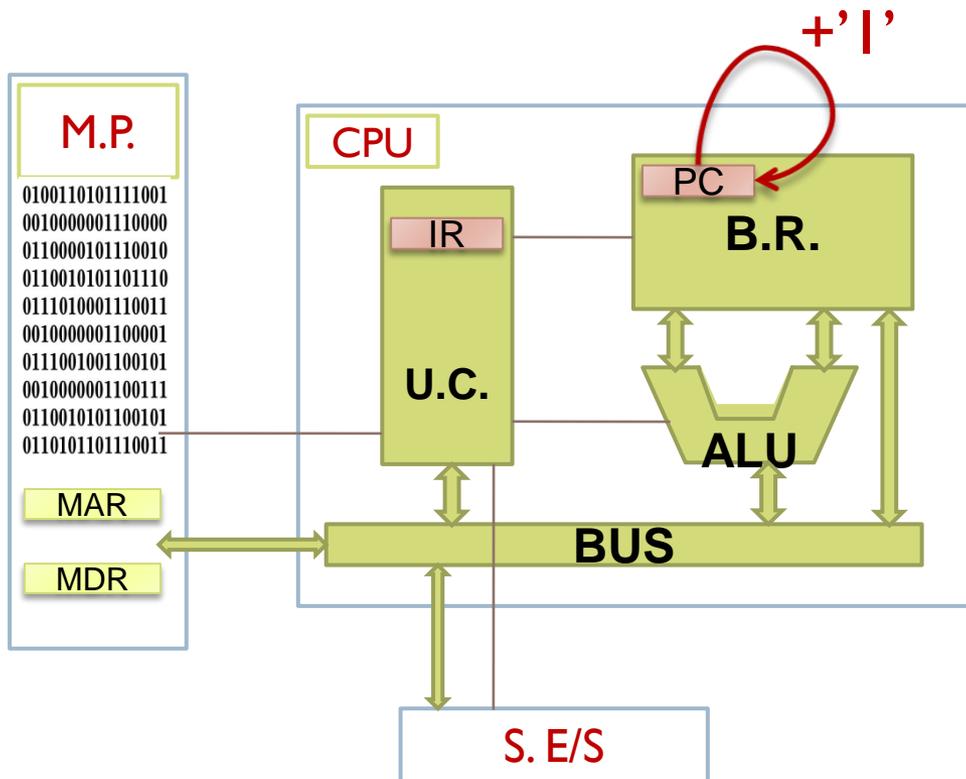
- Leer de memoria principal la instrucción apuntada por el PC
- Incrementar PC
- Decodificar instrucción
- Hacer que se ejecute la instrucción

Funciones de la unidad de control (1)



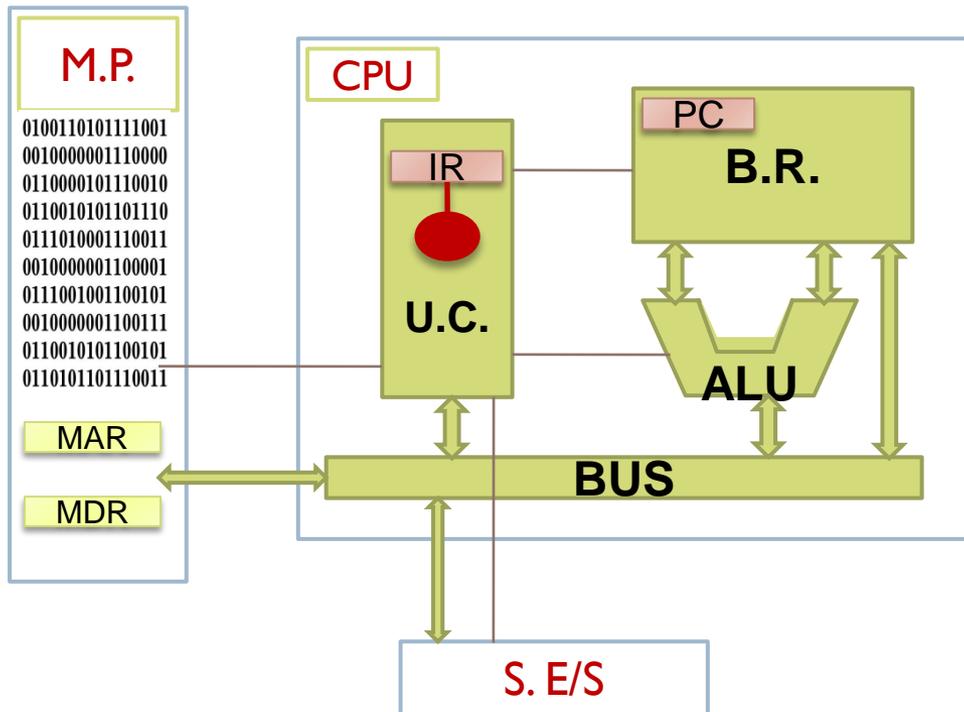
- Leer de memoria principal la instrucción apuntada por el PC
- Incrementar PC
- Decodificar instrucción
- Hacer que se ejecute la instrucción

Funciones de la unidad de control (1)



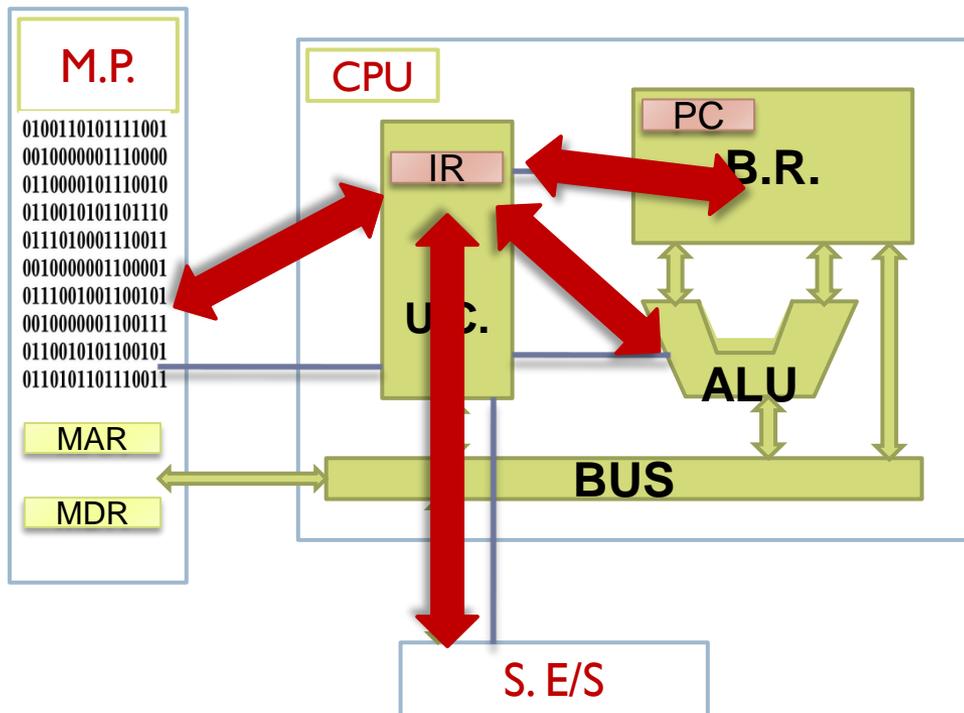
- Leer de memoria principal la instrucción apuntada por el PC
- Incrementar PC
- Decodificar instrucción
- Hacer que se ejecute la instrucción

Funciones de la unidad de control (1)



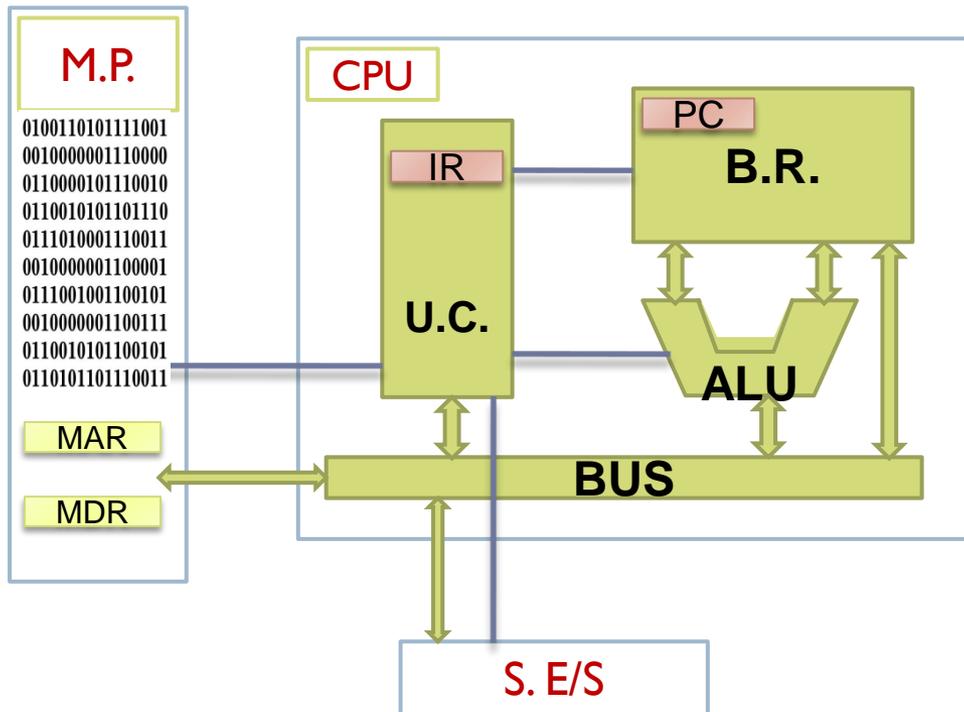
- Leer de memoria principal la instrucción apuntada por el PC
- Incrementar PC
- **Decodificar instrucción**
- Hacer que se ejecute la instrucción

Funciones de la unidad de control (1)



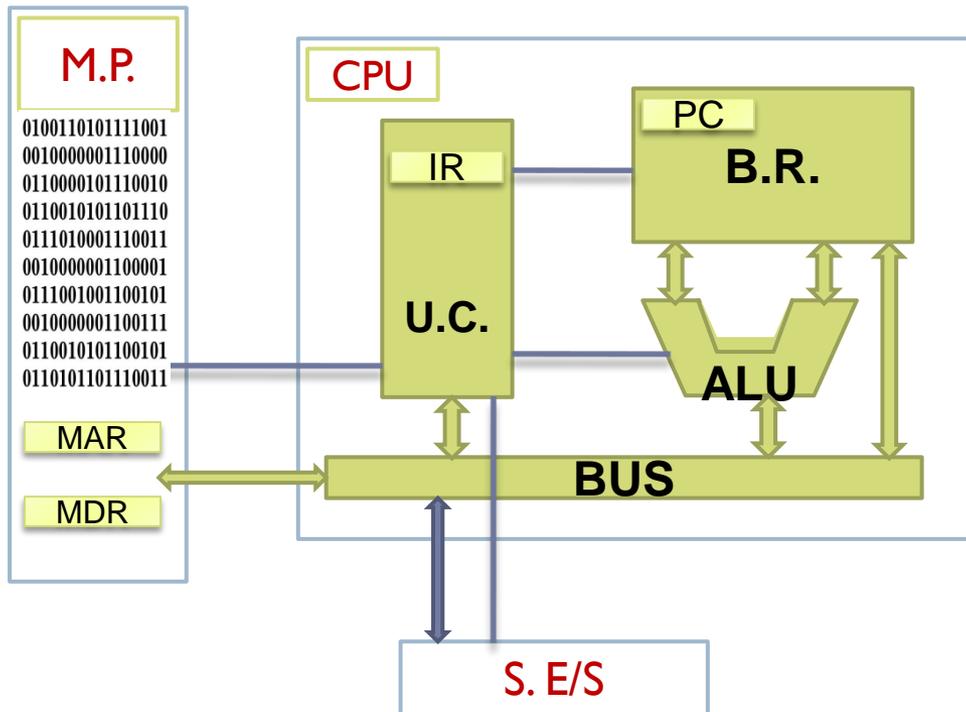
- Leer de memoria principal la instrucción apuntada por el PC
- Incrementar PC
- Decodificar instrucción
- **Hacer que se ejecute la instrucción**

Funciones de la unidad de control (1)



- Leer de memoria principal la instrucción apuntada por el PC
- Incrementar PC
- Decodificar instrucción
- Hacer que se ejecute la instrucción

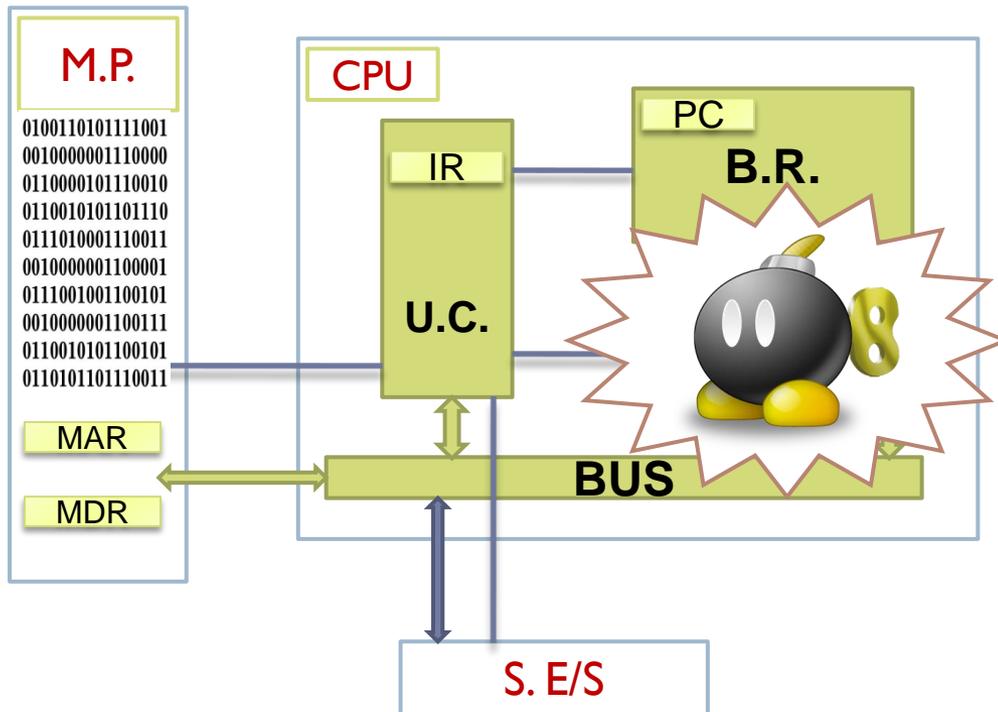
Funciones de la unidad de control (2)



▶ Además:

- Resolver situaciones anómalas
- Atender las interrupciones
- Controlar la comunicación con los periféricos

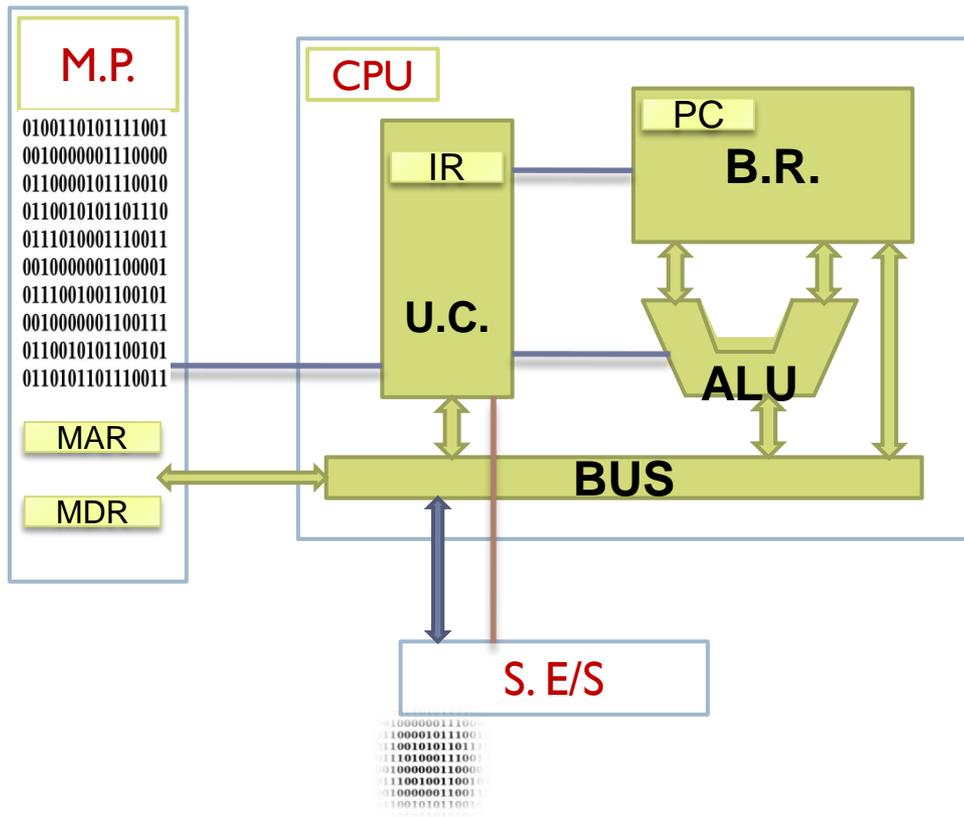
Funciones de la unidad de control (2)



▶ Además:

- Resolver situaciones anómalas
- Atender las interrupciones
- Controlar la comunicación con los periféricos

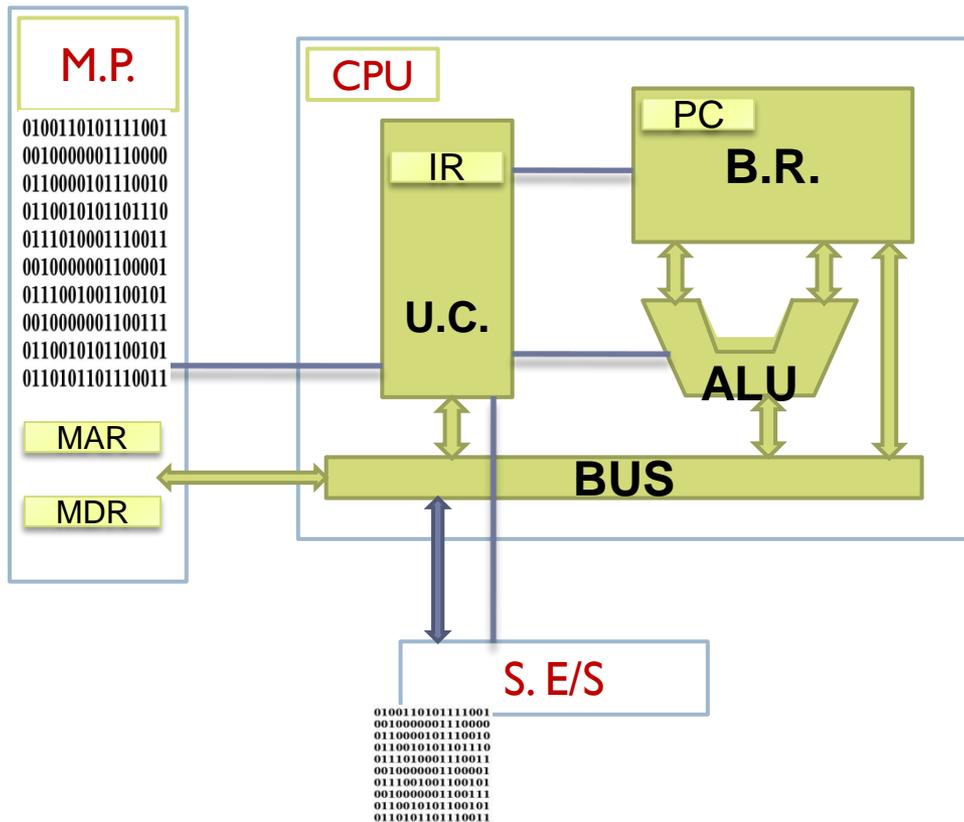
Funciones de la unidad de control (2)



▶ Además:

- Resolver situaciones anómalas
- **Atender las interrupciones**
- Controlar la comunicación con los periféricos

Funciones de la unidad de control (2)



▶ Además:

- Resolver situaciones anómalas
- Atender las interrupciones
- **Controlar** la comunicación con los periféricos

Contenidos

1. **Introducción**

1. Motivación y objetivos
2. Funciones básicas de la unidad de control
3. **Señales de control y operaciones elementales**

2. **Computador elemental:**

1. Estructura del computador elemental
2. Señales de control
3. Operaciones elementales

Registro y bus



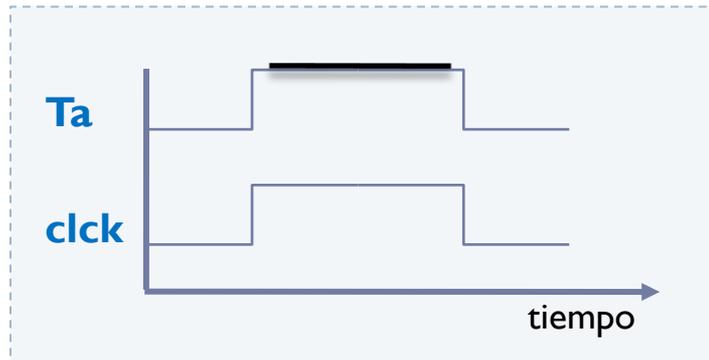
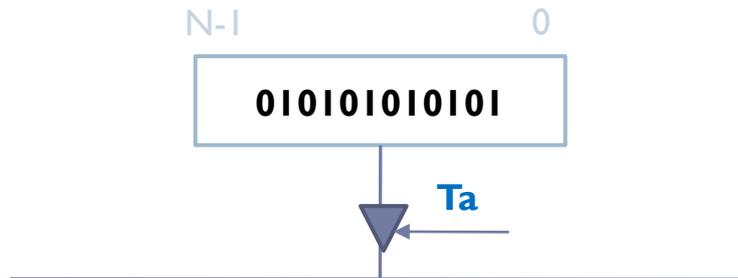
▶ Registro

- ▶ Permite almacenar varios bits

▶ Bus

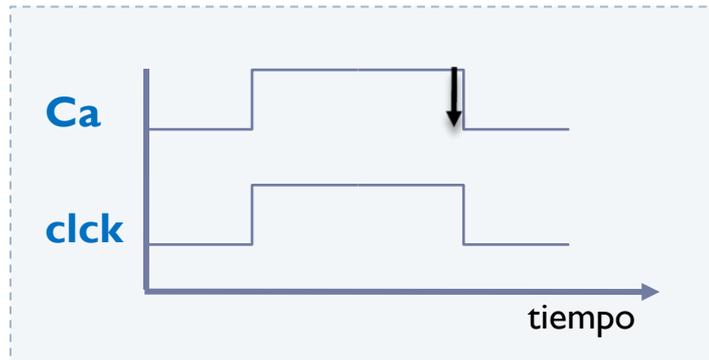
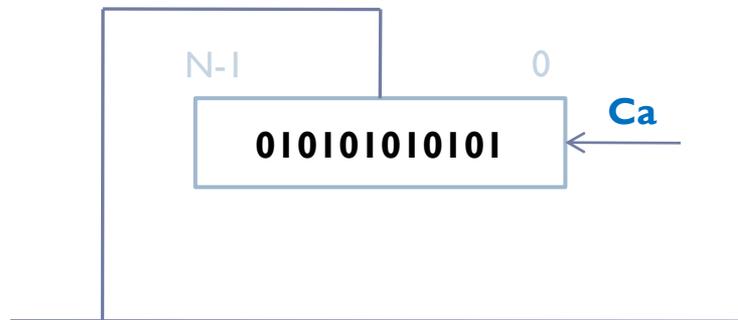
- ▶ Permite transmitir varios bits entre dos elementos conectados a él

Señales: triestado de salida



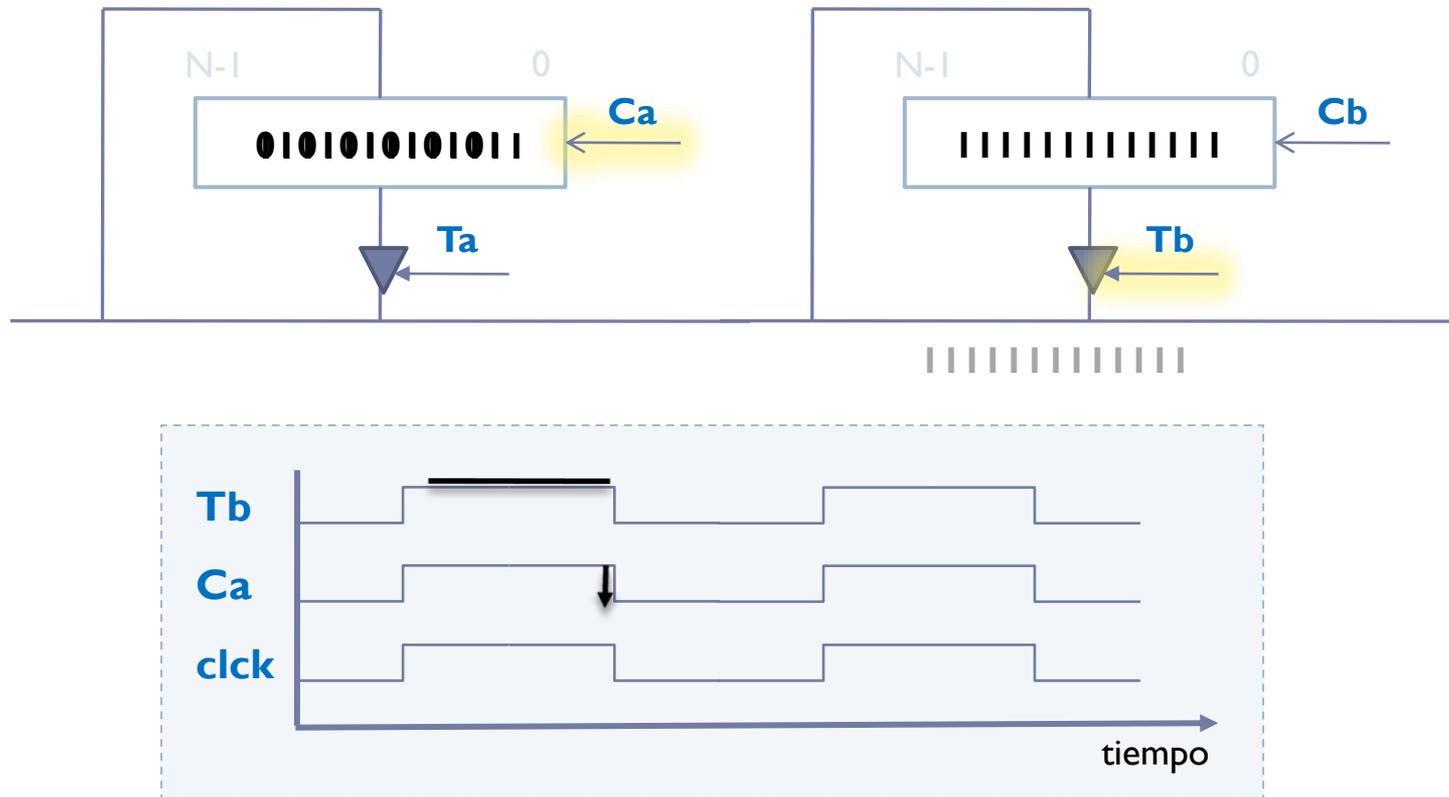
- ▶ **Triestado**
 - ▶ Se coloca entre los elementos y el bus
 - ▶ Permite mandar al bus unos datos
- ▶ **IMPORTANTE**
 - ▶ No se puede activar dos o más triestados al mismo bus y al mismo tiempo

Señales: carga en registro

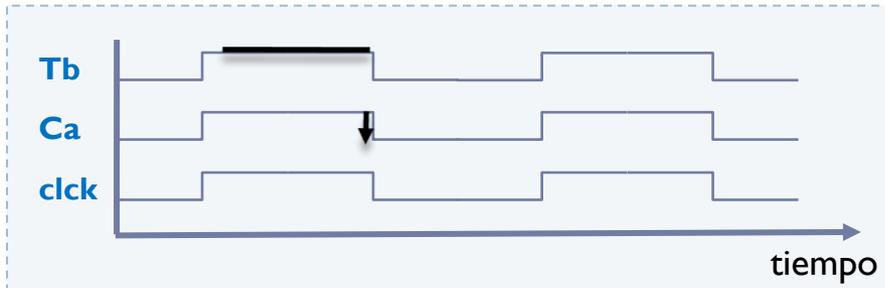
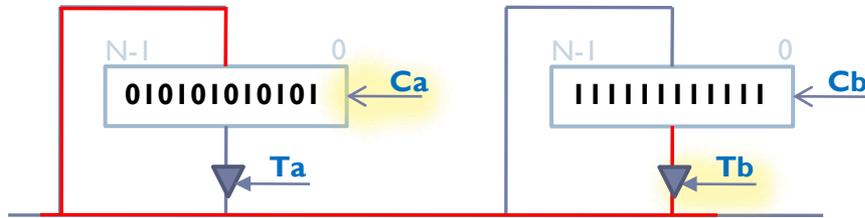


- ▶ **Carga en registro**
 - ▶ Permite almacenar en el flanco de reloj el valor que esté a la entrada
 - ▶ Durante el nivel del ciclo el registro mantiene el valor antiguo
 - ▶ Al final del ciclo es cuando se actualiza
- ▶ **IMPORTANTE**
 - ▶ Por tanto, en el siguiente ciclo se verá a la salida el nuevo valor

Secuencia de señales



Ejemplo de operación elemental de transferencia



▶ Operación elemental de transferencia:

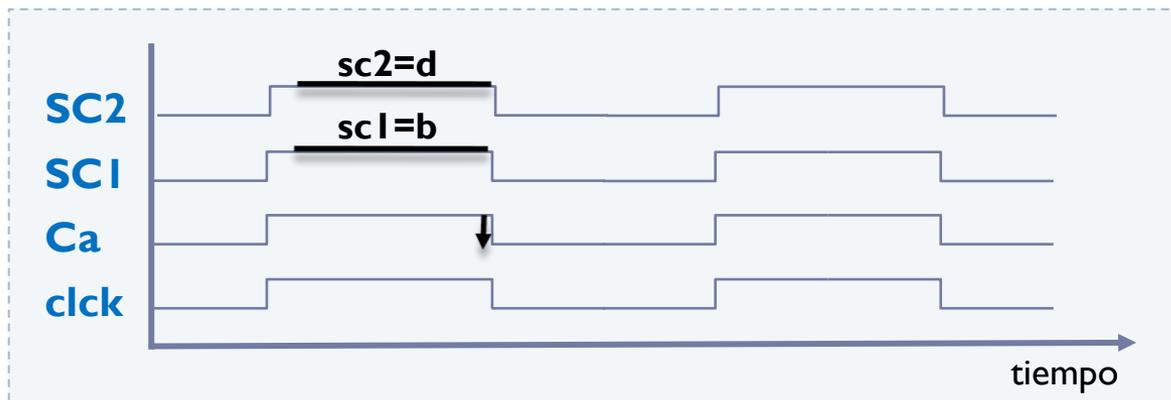
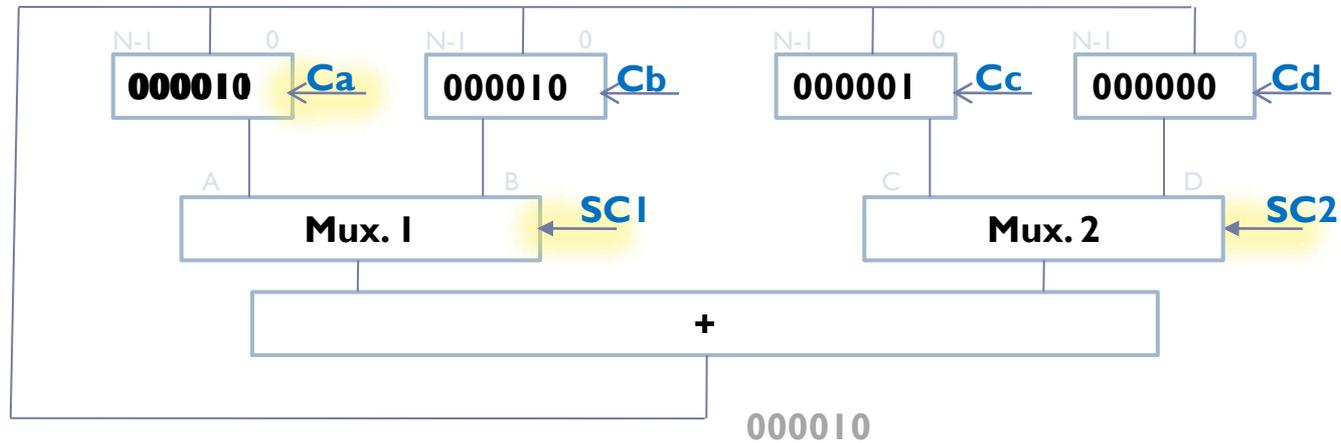
- ▶ Elemento de almacenamiento origen
- ▶ Elemento de almacenamiento destino
- ▶ Se establece un camino

xx: $A \leftarrow B$ [T_b, C_a]

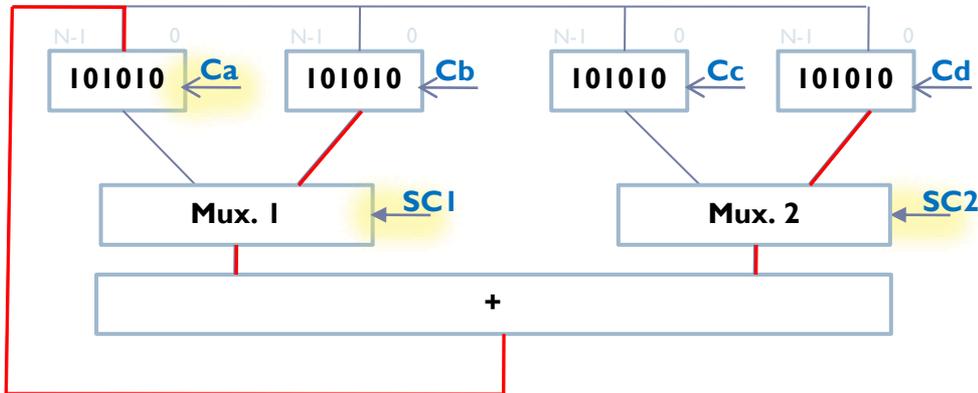
▶ IMPORTANTE

- ▶ Establecer el camino entre origen y destino en un mismo ciclo
- ▶ En un mismo ciclo **NO**:
 - ▶ se puede atravesar un registro
 - ▶ se pasará por un bus 2 veces

Secuencia de señales



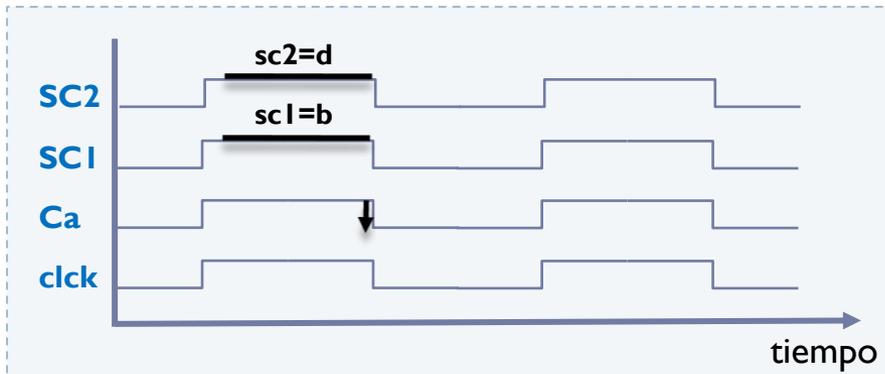
Ejemplo de operación elemental de procesamiento



▶ Operación elemental de procesamiento:

- ▶ Elemento(s) de origen
- ▶ Elemento destino
- ▶ Operación de transformación en el camino

yy: $A \leftarrow B+C$ [SC1=b, SC2=d, Ca]



▶ IMPORTANTE

- ▶ Establecer el camino entre origen y destino en un mismo ciclo
- ▶ En un mismo ciclo **NO**:
 - ▶ se puede atravesar un registro
 - ▶ se pasará por un bus 2 veces

Operaciones elementales

Clasificación de operaciones elementales:

a) Operaciones de transferencia:

- ▶ Elemento de almacenamiento origen
- ▶ Elemento de almacenamiento destino
- ▶ Se establece un camino



xx: $A \leftarrow B$

b) Operaciones de proceso:

- ▶ Elemento/s origen
- ▶ Elemento destino
- ▶ Operación que transforma la información en su camino



yy: $A \leftarrow \varphi(B)$

Contenidos

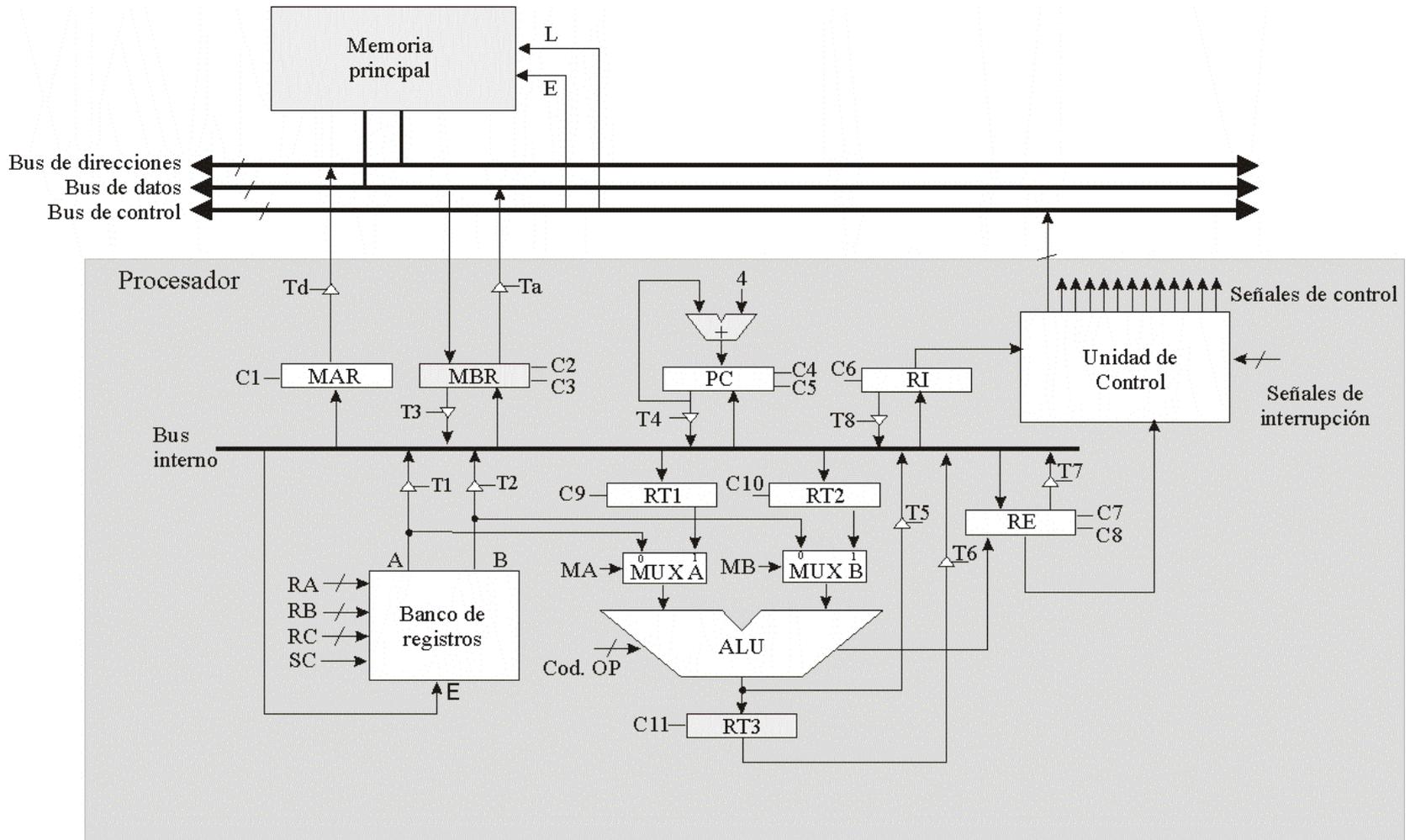
1. Introducción

1. Motivación y objetivos
2. Funciones básicas de la unidad de control
3. Señales de control y operaciones elementales

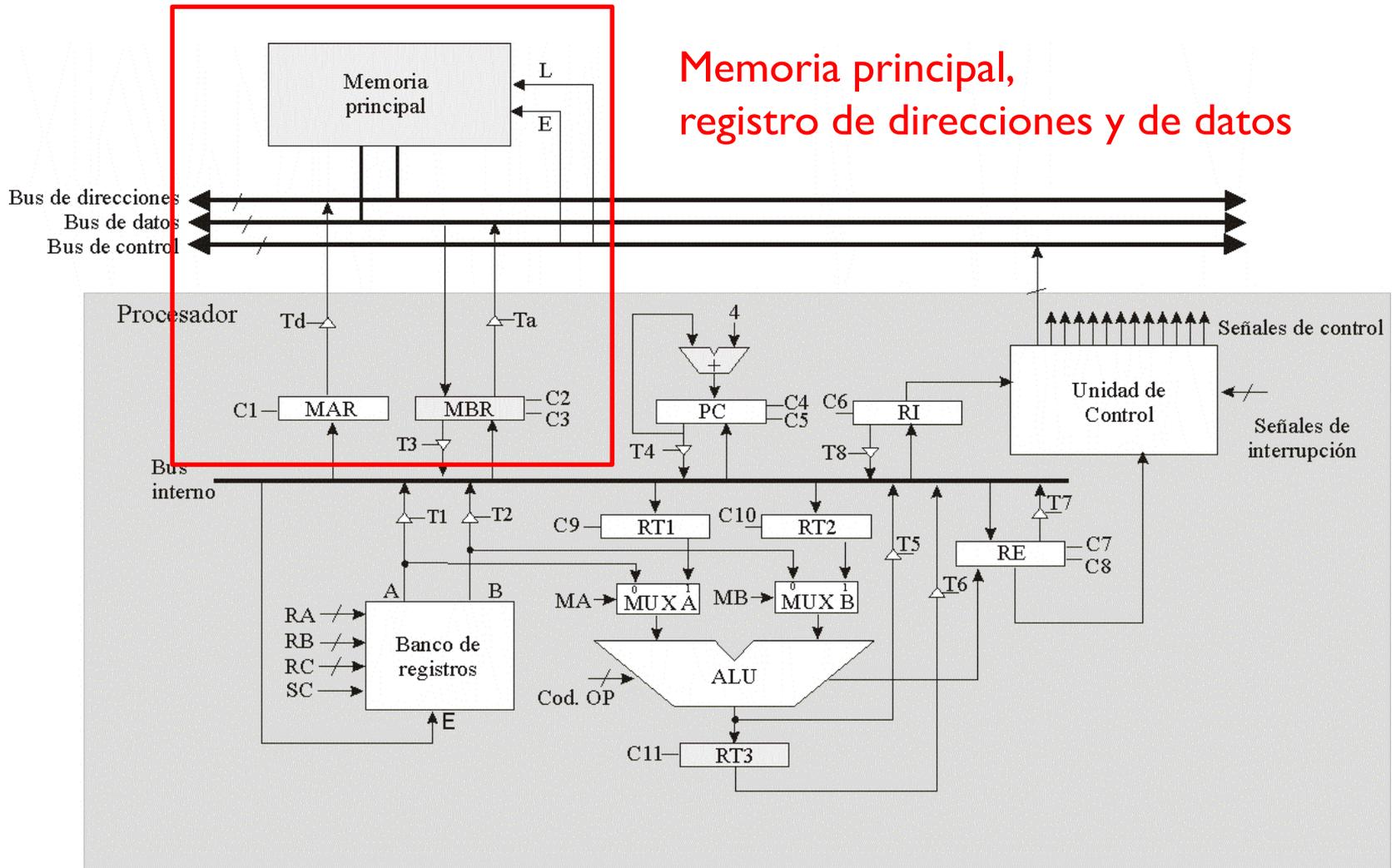
2. **Computador elemental:**

1. **Estructura del computador elemental**
2. **Señales de control**
3. Operaciones elementales

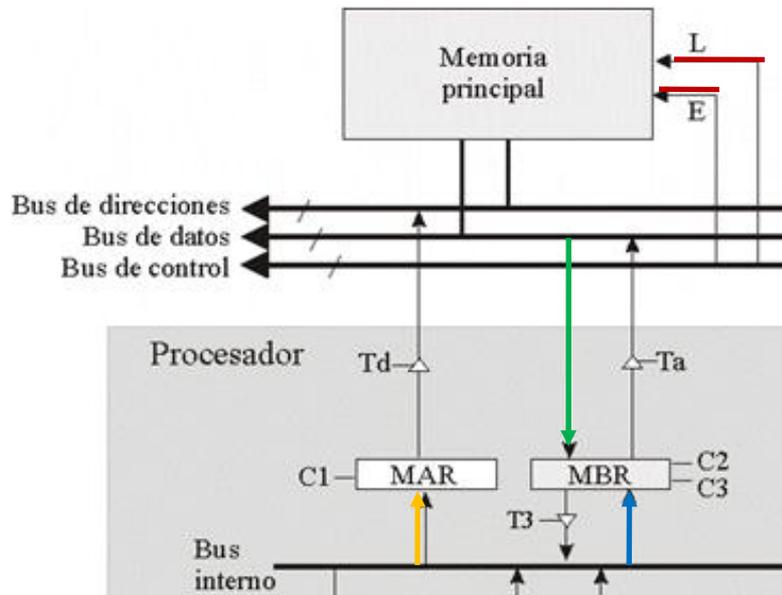
Estructura de un computador elemental



Estructura de un computador elemental



Señales de control



Nomenclatura:

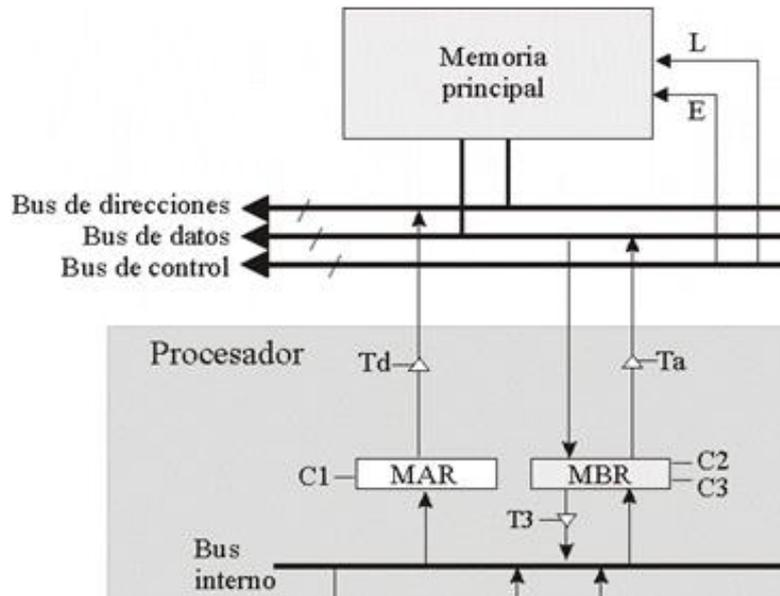
- MAR -> registro de direcciones
- MBR -> registro de datos
- Tx -> Señal de activación triestado
- Cx -> Señal de carga de registro

▶ Memoria principal

- ▶ L – Lectura
- ▶ E – Escritura
- ▶ C1 – del bus interno al MAR
- ▶ C2 – del bus de datos al MBR
- ▶ C3 – del bus interno al MBR
- ▶ Td – salida del MAR al bus de direcciones
- ▶ Ta – salida del MBR al bus de direcciones
- ▶ T3 – salida del MBR al bus interno

Ejemplo

operaciones elementales para usar la memoria



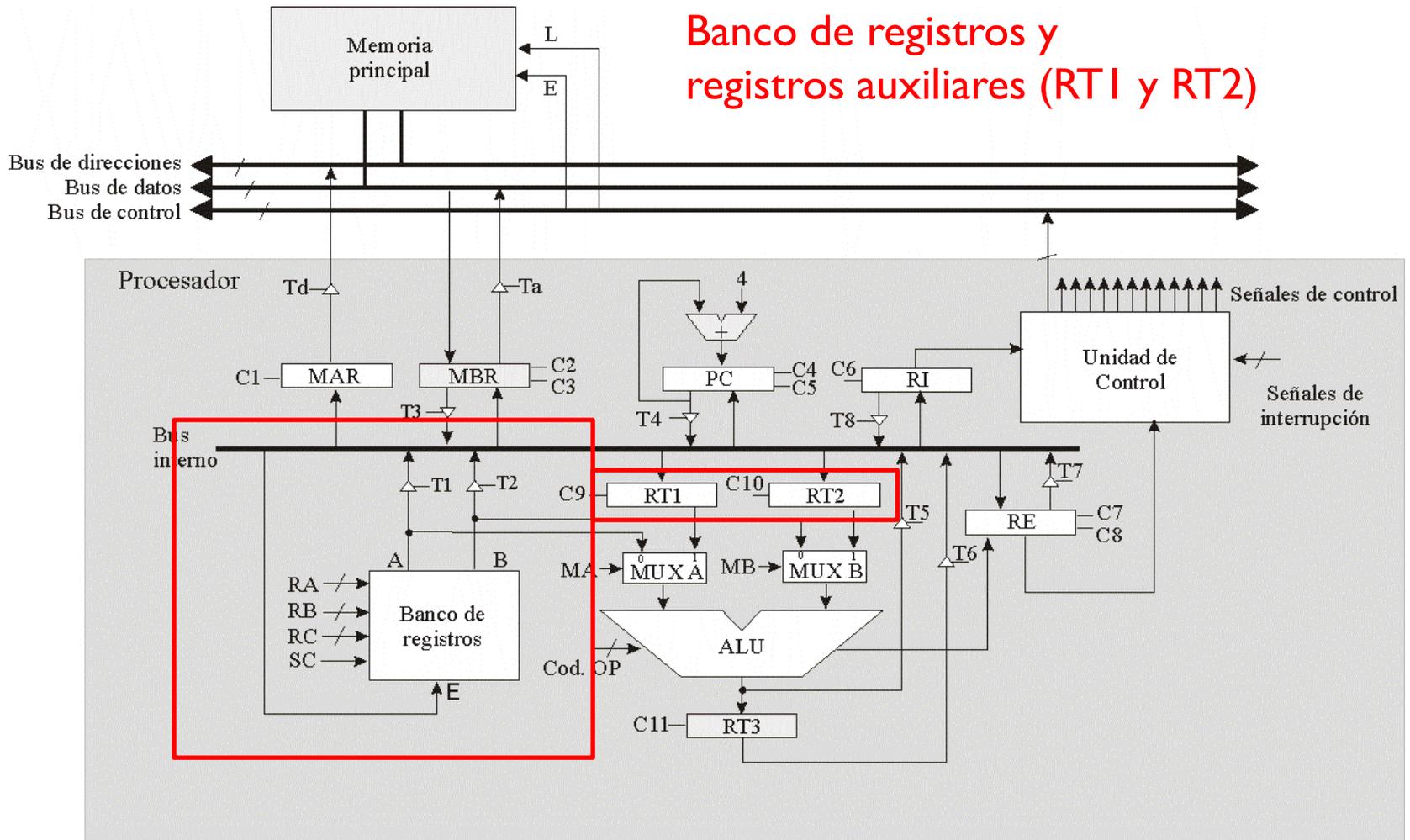
▶ Lectura

- ▶ $MAR \leftarrow \langle \text{dirección} \rangle$ (C1)
- ▶ Ciclo lectura (T_d, L)
- ▶ $MBR \leftarrow MP[D]$ ($T_d, L, C2$)

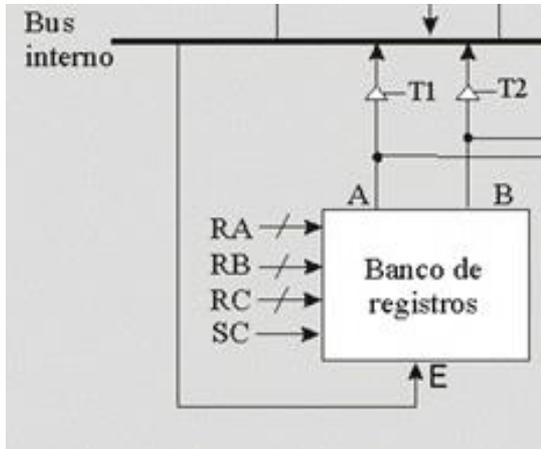
▶ Escritura

- ▶ $MAR \leftarrow \langle \text{dirección} \rangle$ (... , C1)
- ▶ $MBR \leftarrow \langle \text{dato} \rangle$ (... , C3)
- ▶ Ciclo de escritura (T_a, T_d, E)

Estructura de un computador elemental



Señales de control



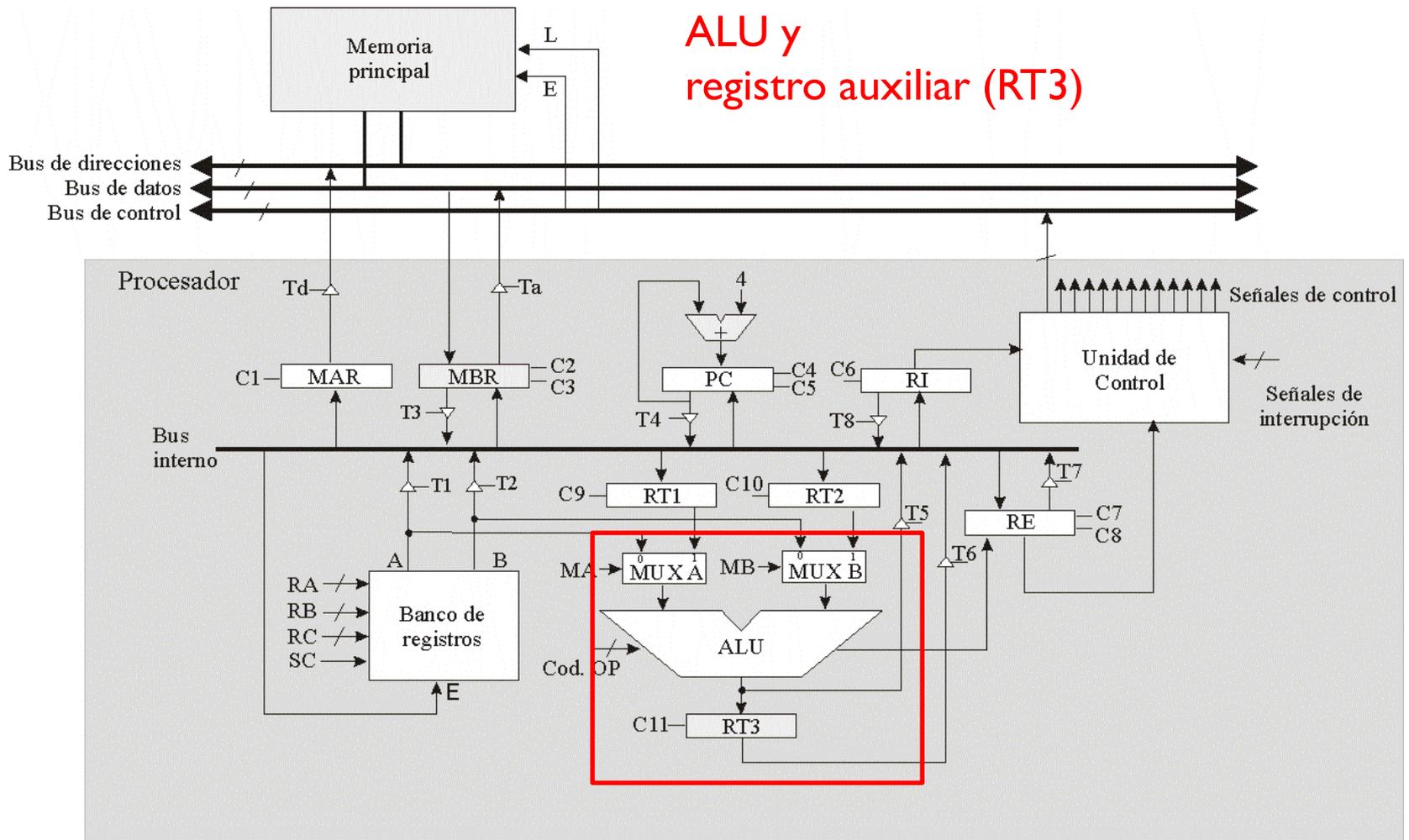
Nomenclatura:

- Y -> puerta de entrada/salida
- Tx -> Señal de activación triestado
- Rx -> señal de selección de registro
- SC -> Señal de carga de registro

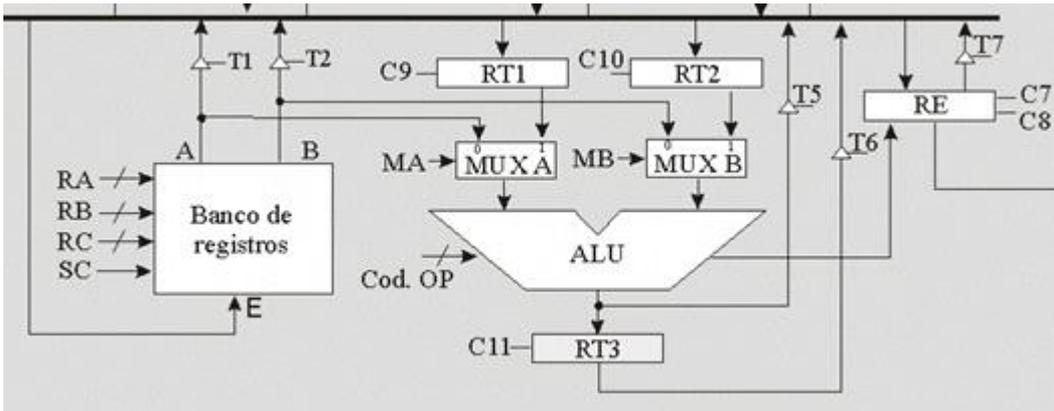
▶ Banco de registros

- ▶ A – salida del B.R. por A
- ▶ B – salida del B.R. por B
- ▶ E – entrada del B.R. por E
- ▶ RA – selección registro por A
- ▶ RB – selección registro por B
- ▶ RC – selección registro por **E**
- ▶ SC – escritura en registro
- ▶ T1 – salida del B.R. al bus interno por A
- ▶ T2 – salida del B.R. al bus interno por B

Estructura de un computador elemental



Señales de control

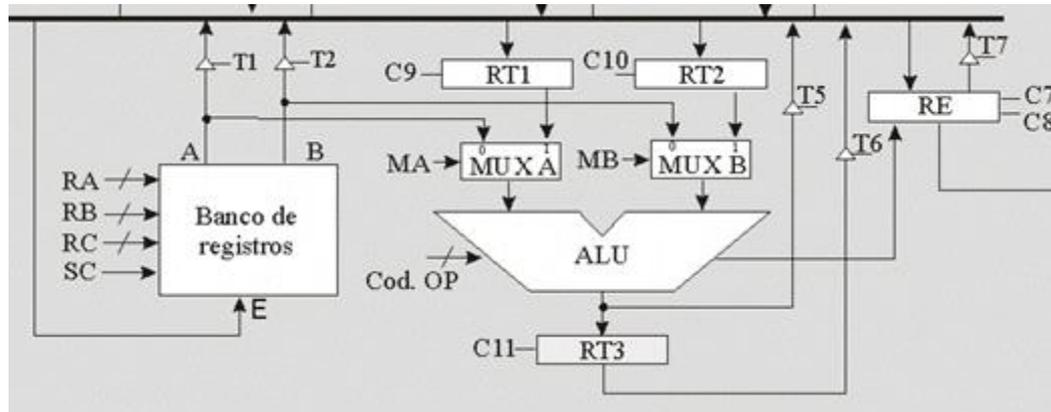


▶ ALU

- ▶ C9 – bus interno al registro RT1
- ▶ C10 – bus interno al registro RT2
- ▶ MA – selección de operador: A ó RT1
- ▶ MB – selección de operador: B ó RT2
- ▶ Cod. OP – operación a realizar en la ALU (+,-,...)
- ▶ C11 – resultado de la ALU a registro RT3
- ▶ T5 – resultado de la ALU al bus interno
- ▶ T6 – salida de RT3 al bus interno

Ejemplo

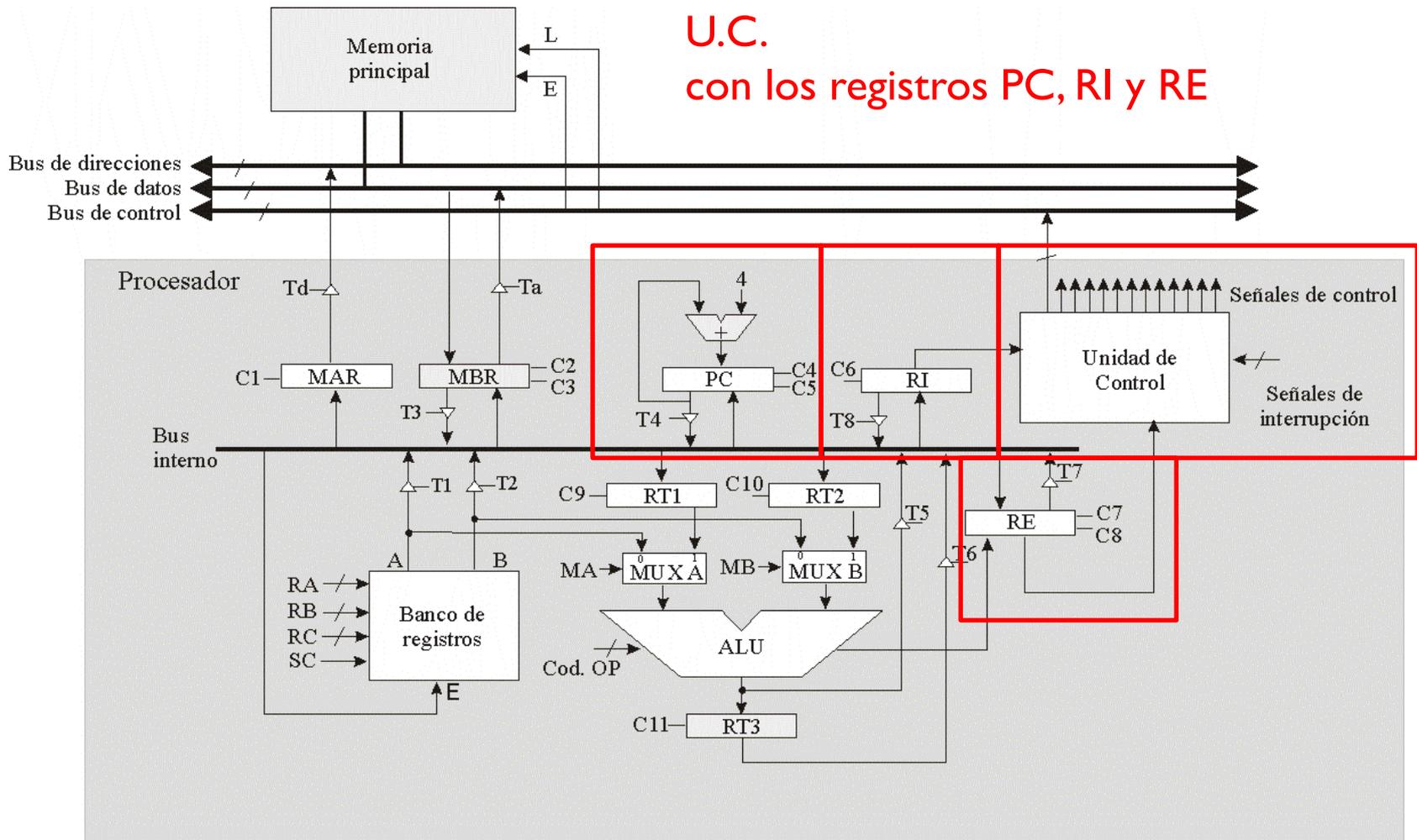
operaciones elementales para usar la ALU



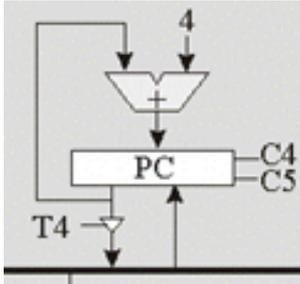
▶ **$\$t3 = \$t1 + \$t2$**

▶ RA= $\$t1$, RB= $\$t2$, MA=0, MB=0, cod.OP=+, T5, RC= $\$t3$, SC=I

Estructura de un computador elemental

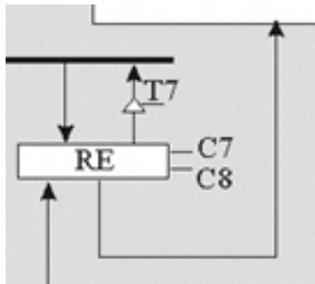


Señales de control



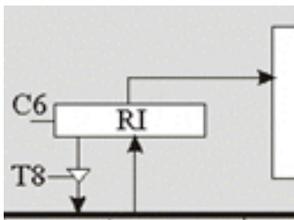
▶ **Contador de programa PC:**

- ▶ C4 – $PC \leftarrow PC + 4$
- ▶ C5 – del bus interno al PC
- ▶ T4 – de PC a bus interno



▶ **Registro de estado RE:**

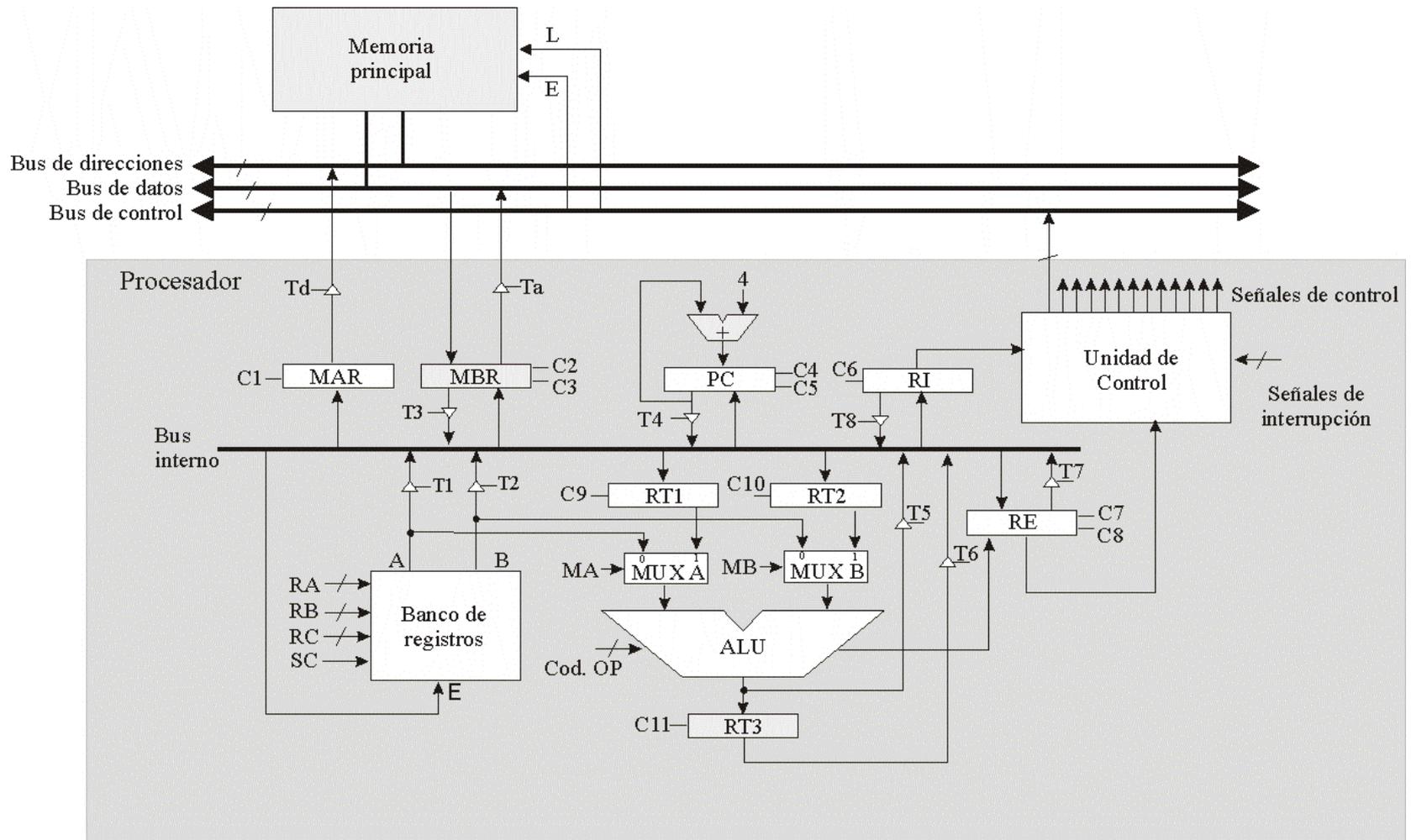
- ▶ C7 – de bus interno al RE
- ▶ C8 – de los flags de la ALU al RE
- ▶ T7 – del RE al bus interno



▶ **Registro de instrucciones RI:**

- ▶ C6 – del bus interno al RI
- ▶ T8 – de RI al bus interno

Estructura de un computador elemental y señales de control



Contenidos

1. Introducción

1. Motivación y objetivos
2. Funciones básicas de la unidad de control
3. Señales de control y operaciones elementales

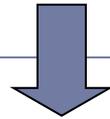
2. **Computador elemental:**

1. Estructura del computador elemental
2. Señales de control
3. **Operaciones elementales**

Descripción de la actividad de la U.C.

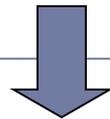
Instrucción

mv R0 R1

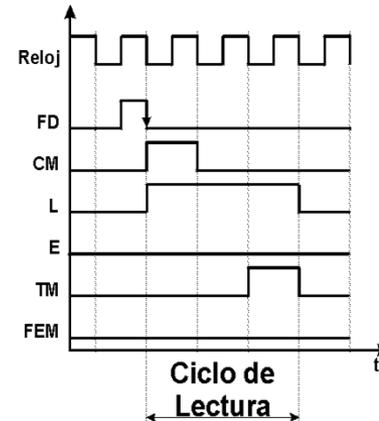


Secuencia de **operaciones elementales**

- $RI \leftarrow [PC]$
- $PC++$
- decodificación
- $R0 \leftarrow R1$



Secuencia de **señales de control** por cada operación elemental

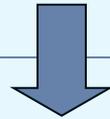


+ nivel de detalle Hw.

Descripción de la actividad de la U.C.

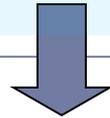
Instrucción

mv R0 R1

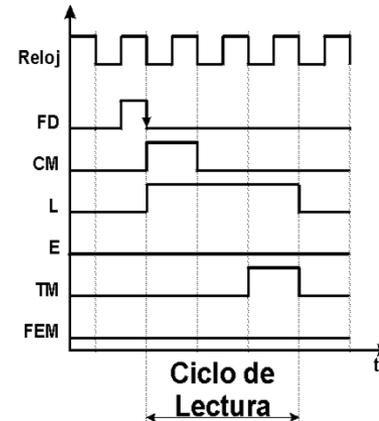


Secuencia de **operaciones elementales**

- $RI \leftarrow [PC]$
- $PC++$
- decodificación
- $R0 \leftarrow R1$



Secuencia de **señales de control** por cada operación elemental



Operaciones elementales asociadas a una instrucción de ensamblador

ADD (R₂) R₃ (R₄)

A. Fetch

- 1.- $MAR \leftarrow PC$
- 2.- $RI \leftarrow Memoria(MAR)$
- 3.- $PC \leftarrow PC + 'I'$
- 4.- Decodificación de la instrucción

B. Traer operandos

- 5.- $MAR \leftarrow R_4$
- 6.- $R_{tmp} \leftarrow Memoria(MAR)$
- 7.- $PC \leftarrow PC + 'I'$ (si es necesario...)

C. Ejecutar

- 8.- $R_{tmp} \leftarrow R_3 + R_{tmp}$

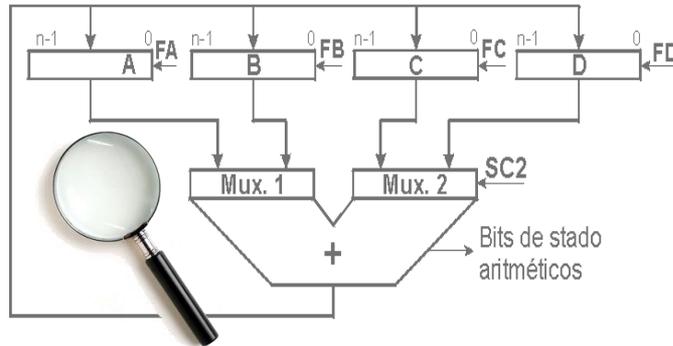
D. Guardar resultados

- 9.- $MBR \leftarrow R_{tmp}$
- 10.- $MAR \leftarrow R_2$
- 11.- $Memoria(MAR) \leftarrow MBR$

Operaciones elementales asociadas a una instrucción de ensamblador

ADD (R₂) R₃ (R₄)

- ▶ Es preciso conocer que operaciones elementales son posibles en una arquitectura:



$$A \leftarrow A + C$$

$$B \leftarrow A + D$$

$$A \leftarrow A + B$$

$$A \leftarrow C + D + A$$

$$A \leftarrow D + D$$

$$1.- \text{MAR} \leftarrow \text{PC}$$

$$2.- \text{RI} \leftarrow \text{Memoria}(\text{MAR})$$

$$3.- \text{PC} \leftarrow \text{PC} + 'I'$$

4.- Decodificación de la instrucción

$$5.- \text{MAR} \leftarrow R_4$$

$$6.- R_{\text{tmp}} \leftarrow \text{Memoria}(\text{MAR})$$

$$7.- \text{PC} \leftarrow \text{PC} + 'I' \text{ (si es necesario...)}$$

$$8.- R_{\text{tmp}} \leftarrow R_3 + R_{\text{tmp}}$$

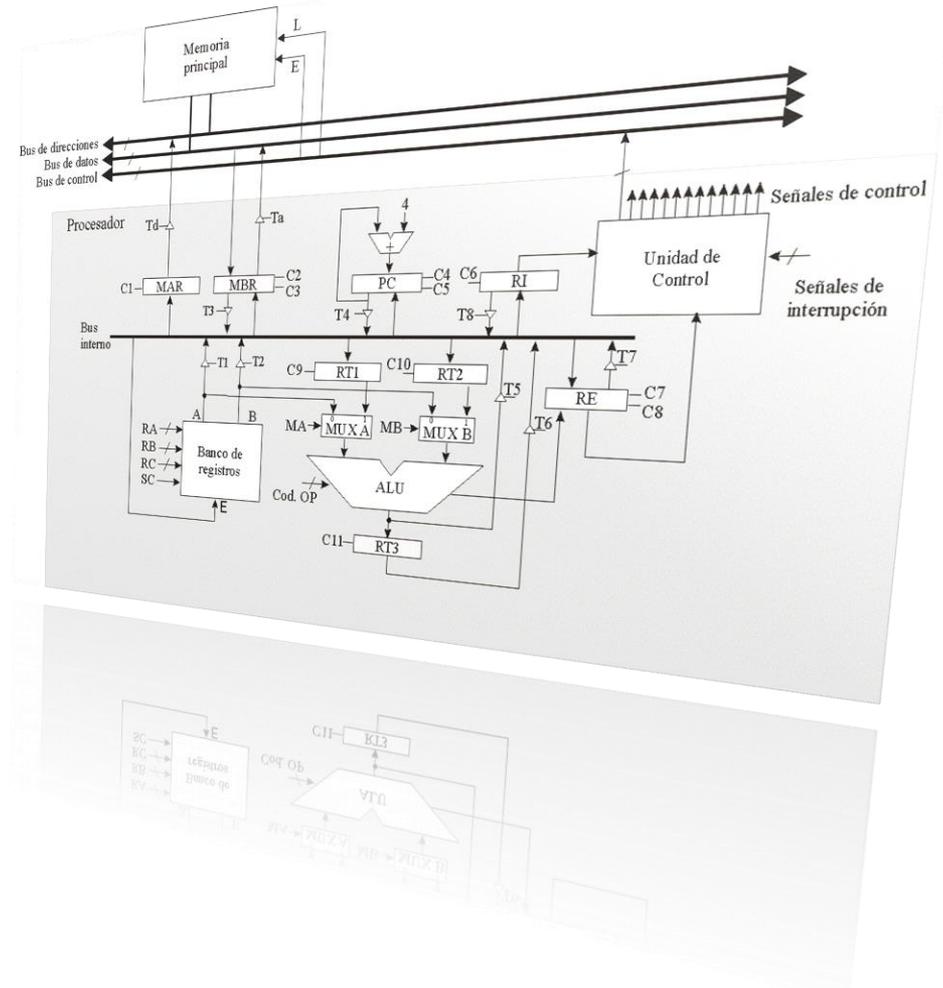
$$9.- \text{MBR} \leftarrow R_{\text{tmp}}$$

$$10.- \text{MAR} \leftarrow R_2$$

$$11.- \text{Memoria}(\text{MAR}) \leftarrow \text{MBR}$$

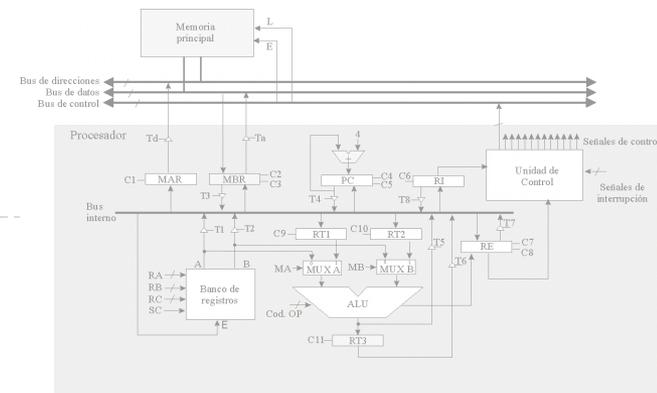
Ejemplos de describir las O.E. asociadas a una instrucción

- ▶ **ADD .4,.7**
- ▶ **LD .3,#734[.4++]**
- ▶ **SUB .12,[#1734[.13]]**
- ▶ **BZ #1342[.6]**



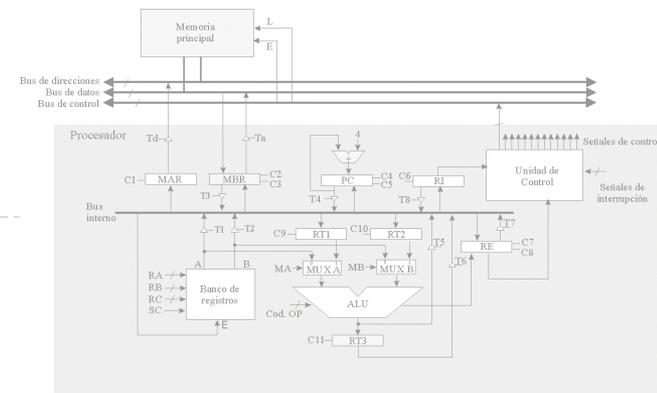
ADD .4,.7 (Operaciones elementales)

1. $MAR \leftarrow PC$
2. $L, PC \leftarrow PC + 'I'$
3. $MBR \leftarrow memoria(MAR)$
4. $RI \leftarrow MBR$
5. Decodificación de la instrucción leída
6. $R_4 \leftarrow R_4 + R_7, RE \leftarrow \text{Bits de estado aritméticos}$



BZ #1342[.6] (Operaciones elementales)

1. $MAR \leftarrow PC$
2. $L, PC \leftarrow PC + 'I'$
3. $MBR \leftarrow memoria(MAR)$
4. $RI \leftarrow MBR$
5. Decodificación de la instrucción leída
6. Si no se cumple la condición, entonces saltar a FETCH
7. $RT2 \leftarrow RI(1342)$
8. $PC \leftarrow RT2 + R_6$
9. saltar a FETCH





Tema 4 (I) El procesador



Grupo ARCOS

Estructura de Computadores
Grado en Ingeniería Informática
Universidad Carlos III de Madrid