Arquitectura de Computadoras

Clase 1

Bibliografía

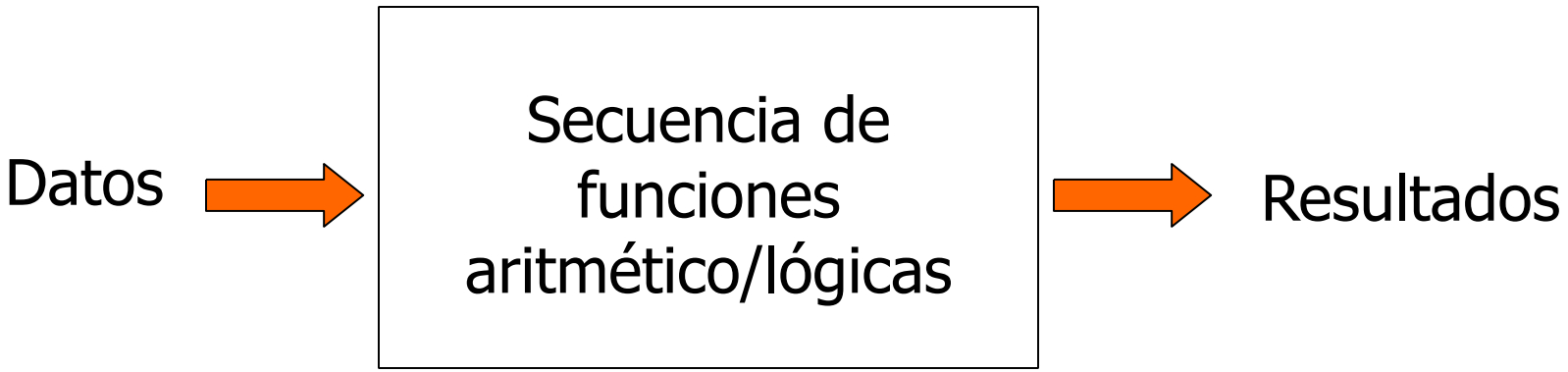
- ***Organización y Arquitectura de Computadoras – Diseño para optimizar prestaciones***, Stallings W., Editorial Prentice Hall.
- ***Organización de Computadoras***, Tanenbaum A., Editorial Prentice Hall.
- ***Arquitectura de Computadores - Un enfoque cuantitativo***, Hennessy & Patterson., Editorial Mc Graw Hill.
- ***Diseño y evaluación de arquitecturas de computadoras***, Beltrán M. y Guzmán A., Editorial Prentice Hall.
- ***Computer Organization and Embedded Systems***, 6th ed. Hamacher C., Vranesic Z., Zaky S., Manjikian N., Editorial Mc Graw Hill
- ***Computer Organization and Architecture, 10/E***. Stallings W., Editorial Pearson

Temas de clase

- Temas básicos de repaso
  - Programas
  - Arquitectura Von Neumann
  - Repertorio de instrucciones
  - Ciclo de instrucción
  - Simulador
- Subrutinas
  - Pasaje de argumentos

Concepto de programa

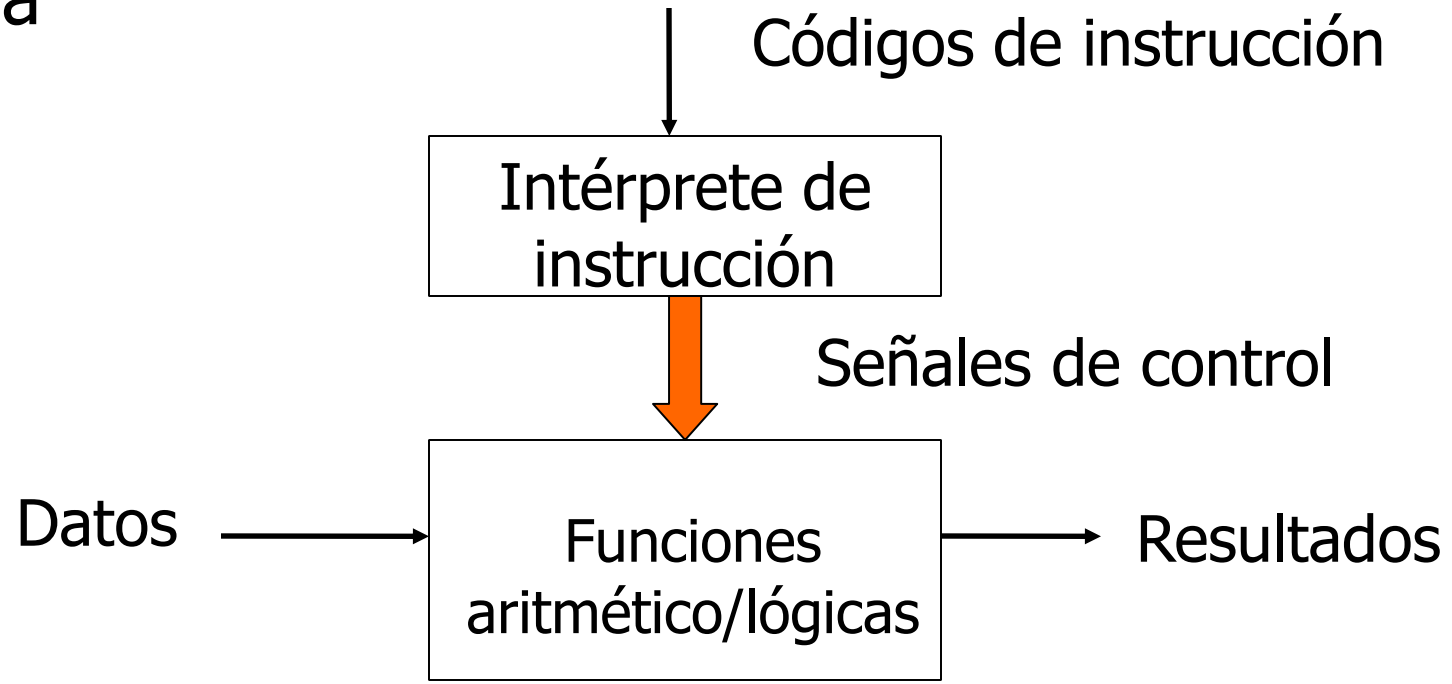
- Antes se tenían sistemas cableados



- Programación en hardware: cuando cambiamos las tareas, debemos cambiar el hardware

Concepto de programa (2)

- Ahora



  - Programación en software: en cada paso se efectúa alguna operación sobre los datos

Concepto de programa (3)

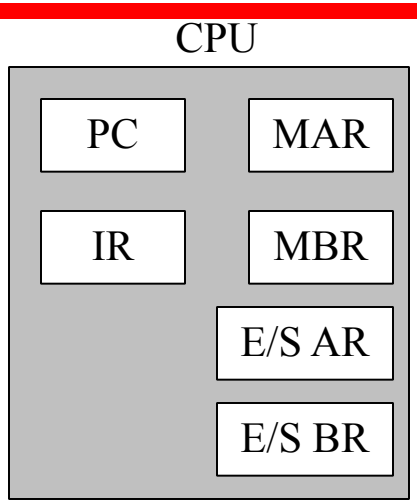
- Para cada paso se necesita un nuevo conjunto de señales de control.
- Las instrucciones proporcionan esas señales de control.
- Aparece el nuevo concepto de programación.

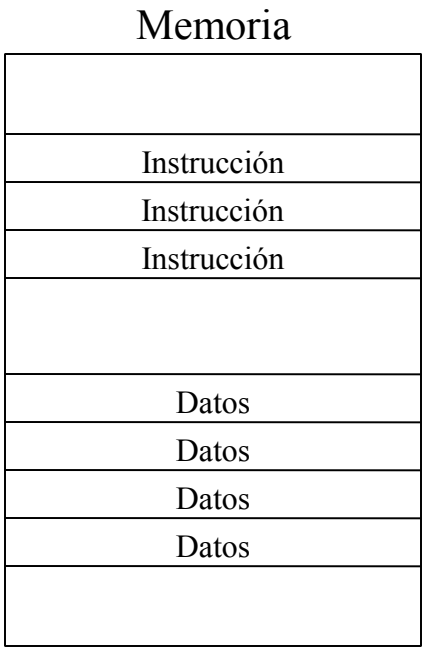
No hay que cambiar el hardware !!!

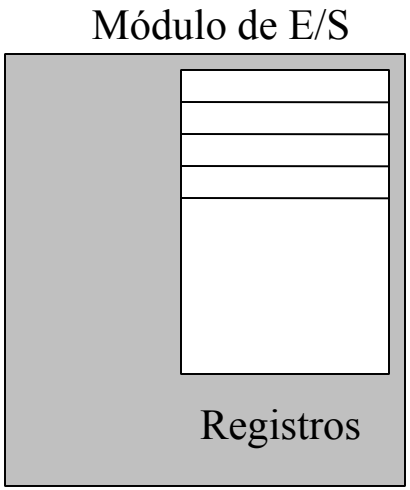
Arquitectura Von Neumann

- La unidad central de procesamiento (CPU) está constituida por la unidad de control (UC) y la unidad aritmético-lógica (ALU).
- Datos e instrucciones deben introducirse en el sistema y los resultados se proporcionarán mediante componentes de entrada/salida (E/S).
- Se necesita almacenar temporalmente datos e instrucciones:
  - Memoria Principal

Componentes de una computadora







PC = Contador de programa

IR = Registro de instrucción

MAR = Registro de dirección de memoria

MBR = Registro de buffer de memoria

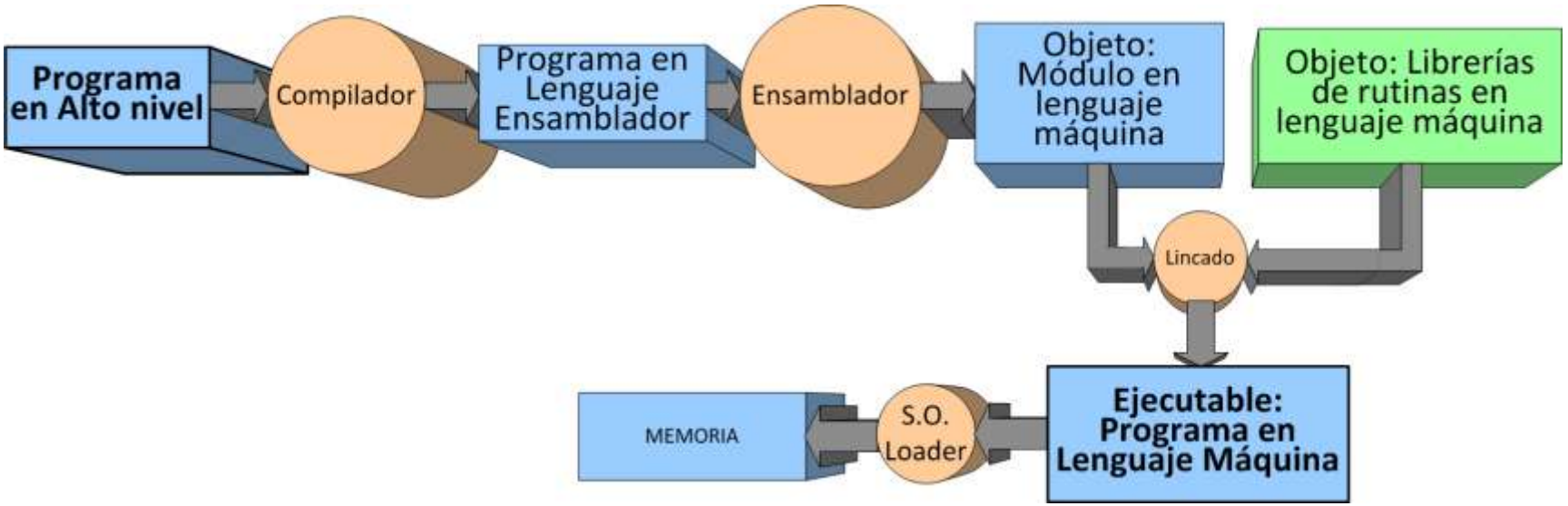
E/S AR = Registro de dirección de E / S

E/S BR = Registro buffer de E / S

Repertorio de instrucciones

- Es el conjunto completo de instrucciones que se realizan en una CPU.
  - Código máquina
  - Binario
- Representado simbólicamente por un conjunto de códigos de ensamblaje
  - de operaciones:
    - ADD (sumar), SUB (restar), LOAD (cargar datos en un registro)
  - de operandos:
    - ADD BX, PEPE; sumar contenidos de reg BX y dirección PEPE, el resultado se guarda en reg BX

Alto nivel a máquina



Elementos de una instrucción

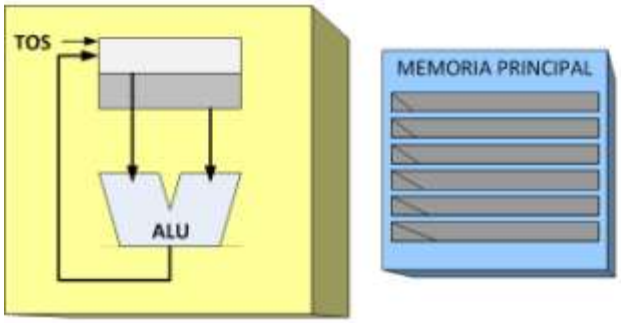
- Código de operación (“Cod Op”)
- Referencia a operandos fuentes
- Referencia al operando resultado
- Referencia a la siguiente instrucción

¿Dónde se almacenan operandos?

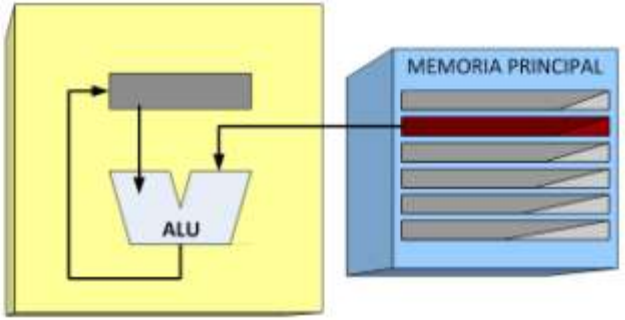
- Memoria principal
  - o memoria virtual o en memoria cache
- Registro de la CPU
- Dispositivo de E/S

Alternativas de almacenamiento

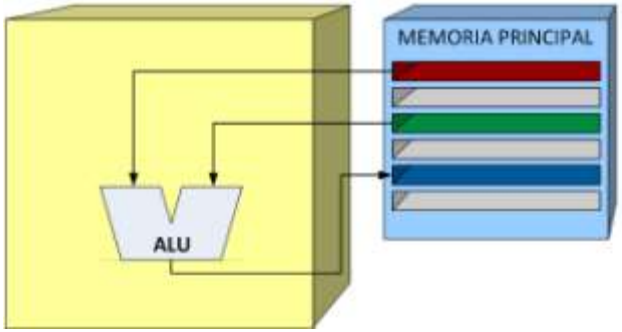
Almacenamiento tipo Pila



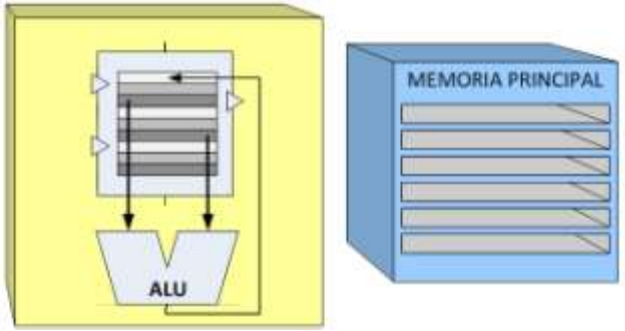
Almacenamiento tipo Acumulador



Almacenamiento tipo Memoria - Memoria



Almacenamiento tipo Registro-Registro



Tipos de instrucciones

- Procesamiento de datos:
  - instrucciones aritmético-lógicas
- Almacenamiento de datos:
  - instrucciones de memoria
- Transferencia de datos:
  - instrucciones de E/S
- Control:
  - instrucciones de testeo y flujo del programa

¿Cuántas direcciones?

- Más direcciones por instrucción
  - Instrucciones más complejas
  - Más registros:
    - Las operaciones entre los registros son más rápidas.
  - Menos instrucciones por programa
- Menos direcciones por instrucción
  - Instrucciones menos complejas
  - Más instrucciones por programa
  - La captación/ejecución de las instrucciones es más rápida

Decisiones en el diseño del conjunto de instrucciones (1)

- Tipos de operandos (datos)
- Repertorio de operaciones
  - ¿Cuántas operaciones se considerará?
  - ¿Cuáles operaciones se realizarán?
  - ¿Cuán compleja será cada una de ellas?
- Formatos de instrucciones:
  - Longitud de instrucción
  - Número de direcciones
  - Tamaño de los campos

Decisiones en el diseño del conjunto de instrucciones (2)

- Registros
  - Número de registros de la CPU referenciables
  - ¿En qué registros se pueden ejecutar qué operaciones?
- Modos de direccionamiento
  - ¿cómo es especificada la ubicación de un operando o una instrucción?

- **RISC** contrapuesto a **CISC**

  (Computadora de conjunto reducido de instrucciones) a (Computadora de conjunto complejo de instrucciones)

Tipos de operandos

- Direcciones
- Números
  - punto fijo ó punto flotante
- Caracteres
  - ASCII, EBCDIC ...etc.
- Datos lógicos
  - Bits (1 ó 0)

    Ej: flags o indicadores

Orden de los bytes

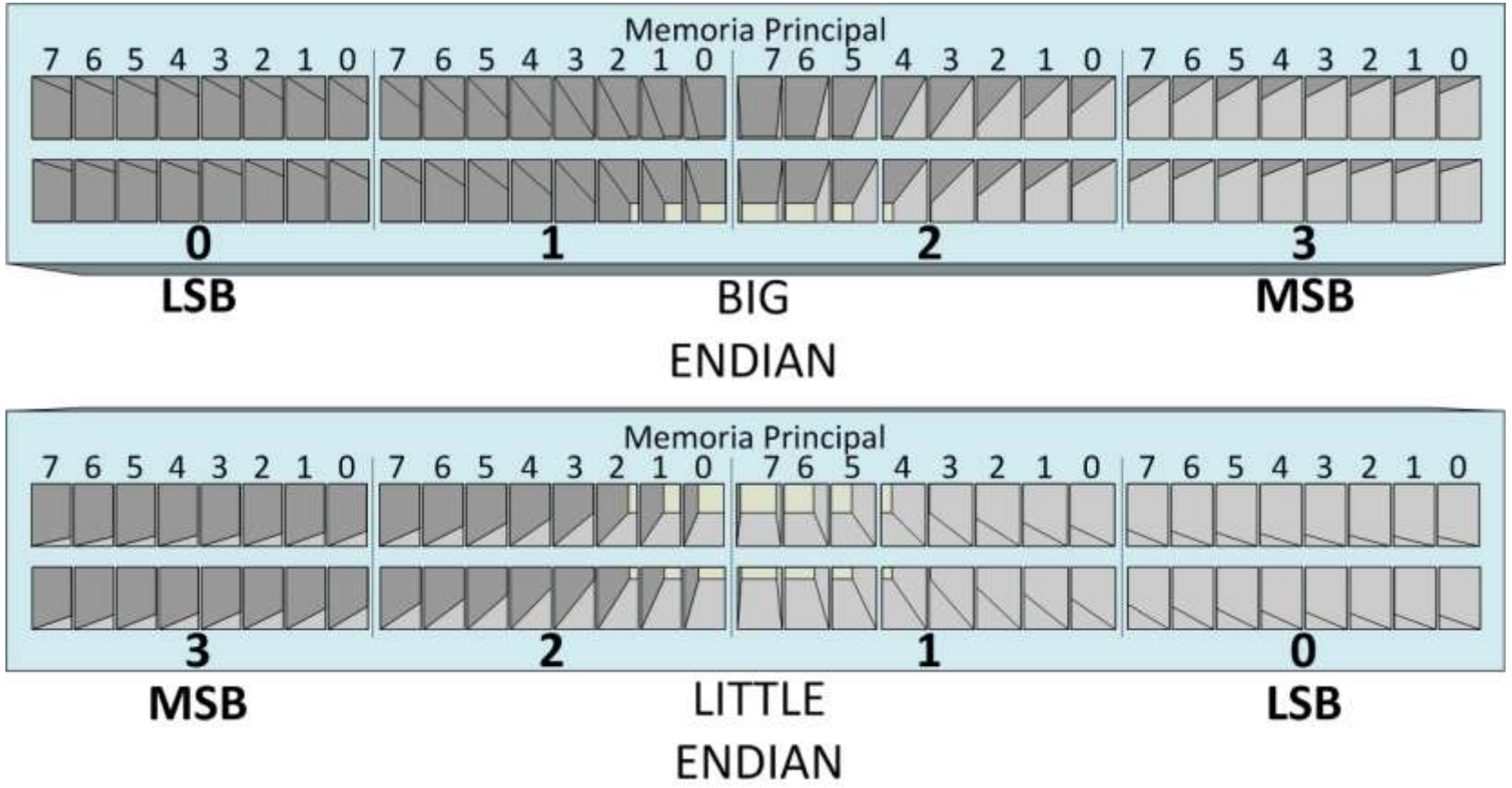
Supongamos una memoria direccionable de a byte

- ¿En qué orden se leen aquellos números que ocupan más de un byte?

Ejemplo:

La palabra doble 98765432H (32 bits) se puede almacenar en 4 bytes consecutivos de las siguientes 2 formas:

Orden de los bytes (2)



Orden de los bytes (3)

Dir. de byte	Forma 1	Forma 2
00	98	32
01	76	54
02	54	76
03	32	98

¿cuál forma uso?

Big endian: el byte más significativo en la dirección con valor numérico más bajo

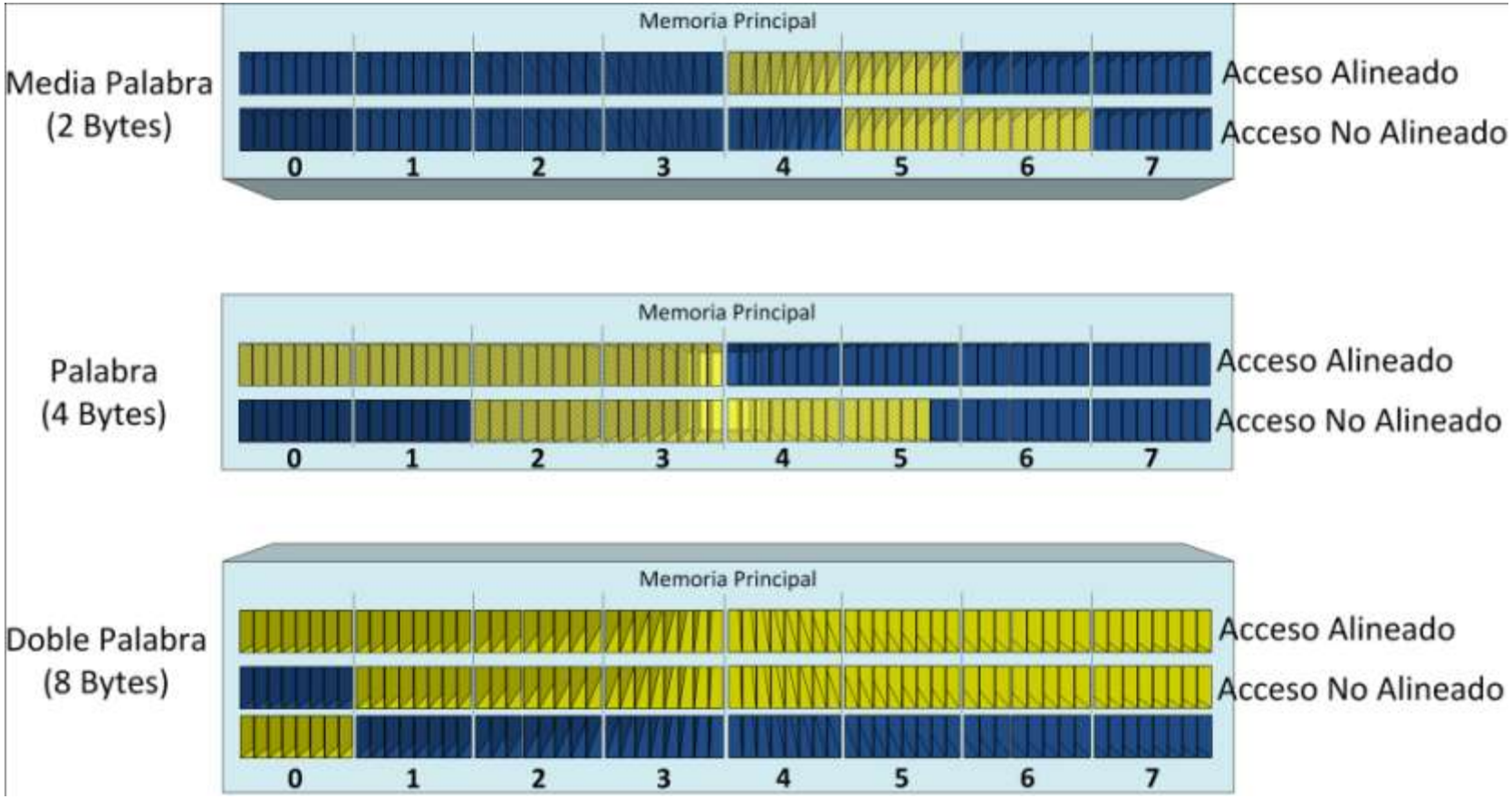
Little endian: el byte menos significativo en la dirección con valor numérico más bajo

Problema

- Intel 80x86, Pentium y VAX son “little-endian”.
- IBM S/370, Motorola 680x0 (Mac) y la mayoría de los RISC son “big-endian”.

Incompatibilidad !!!

Accesos a la memoria



Problema

- Si se permiten, los accesos no alineados son mas lentos!!!!

Tipos de operaciones

- Transferencias de datos
- Aritméticas
- Lógicas
- Conversión
- Entrada/Salida
- Control del sistema
- Control de flujo

Transferencia de datos

- Debe especificarse:
  - Ubicación del operando fuente
  - Ubicación del operando destino
  - Tamaño de los datos a ser transferidos
  - Modo de direccionamiento
- Diferentes movimientos ->diferentes instrucciones
  - Reg-Reg, Reg-Mem o Mem-Reg
- O una instrucción y diferentes direcciones
  - MOV destino, fuente ; copia fuente a destino

Aritméticas

- Operaciones básicas:

  Add, **Sub**stract, **Mul**tiply y **Div**ide
  - Números enteros sin/con signo.
  - ¿Números en punto flotante?
- Pueden incluirse otras operaciones ...
  - **Inc**rement o **Dec**rement (en 1 el operando)
  - **Neg**ate: cambia el signo del operando (Ca2).
  - **Abs**olute: toma el valor absoluto del operando.
  - Shift left/right: desplaza bits a izq/der un lugar

Lógicas - Conversión

Operaciones que manipulan bits individualmente

- Operaciones Booleanas.

  AND, OR, XOR, NOT

- Otras operaciones
  - Rotate left/right: rota las posiciones de los bits a izq/der

Operaciones para cambiar formatos de datos

- Conversión de binario a decimal o de EBCDIC a ASCII

Entrada/Salida

- Pocas instrucciones pero de acciones específicas
  - IN ó OUT
- Se pueden realizar utilizando instrucciones de movimiento de datos
  - MOVE
- Se pueden realizar a través de un controlador aparte: DMA (Direct Memory Access)

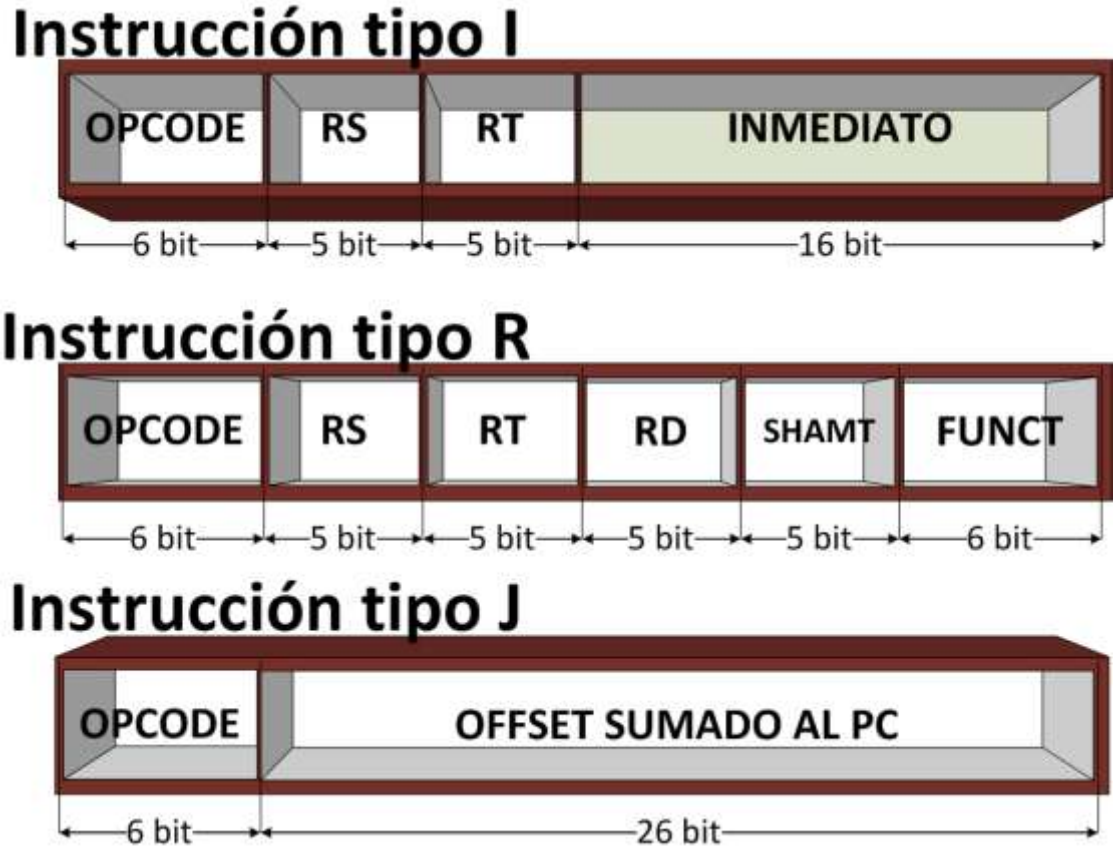
Control de flujo

Modifican el valor contenido en el registro PC

- Salto Incondicional
  - **JMP** equis ; saltar a la posicion 'equis'
- Salto Condicional
  - **JZ** equis ; saltar a la posición 'equis', si bandera Z=1
- Salto con retorno o llamada a subrutina
  - **CALL** subrut ;saltar a la posición 'subrut'

  Para retornar al programa que llamó, se debe utilizar la instrucción **RET** como última instrucción del cuerpo de subrutina

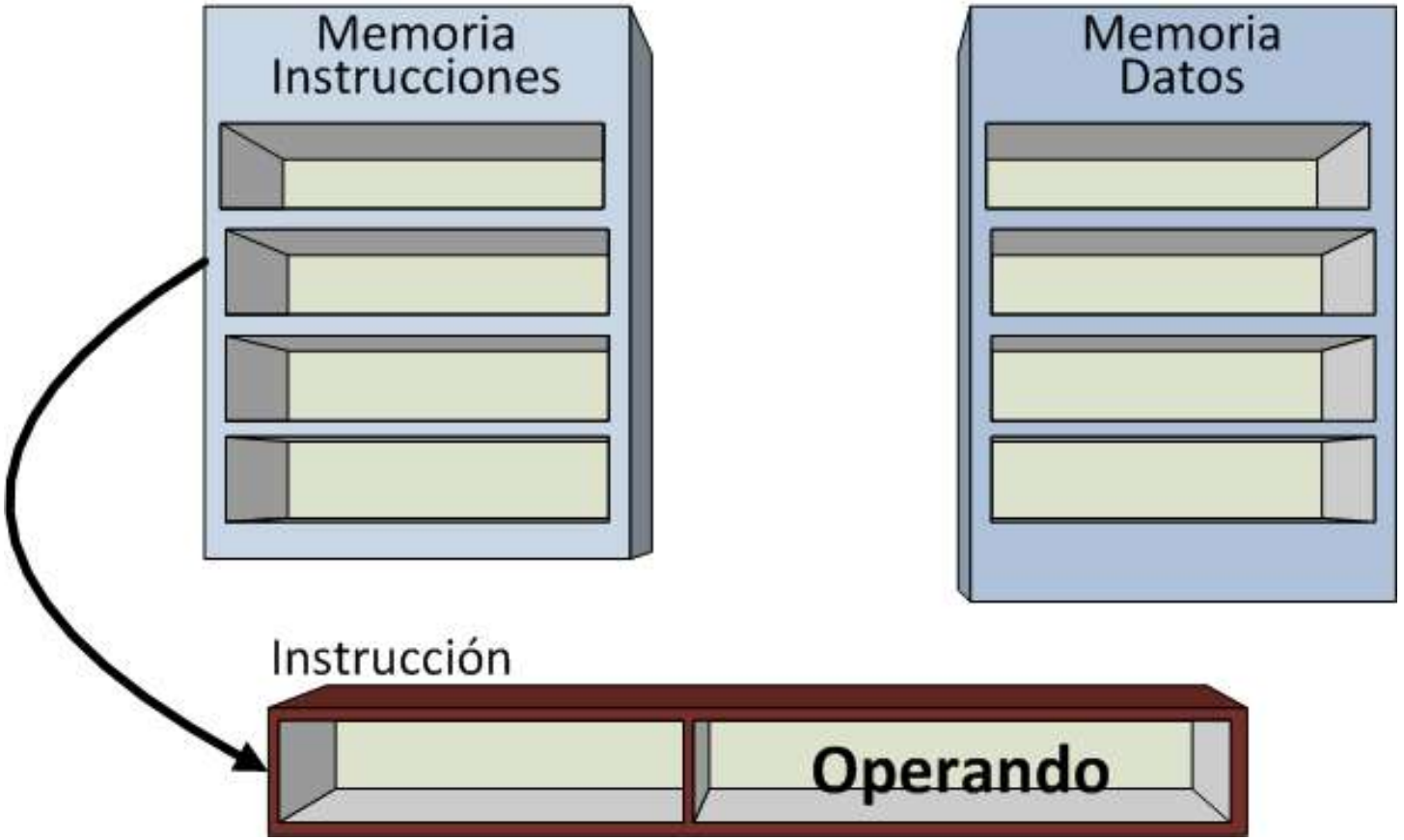
Formatos de instrucción



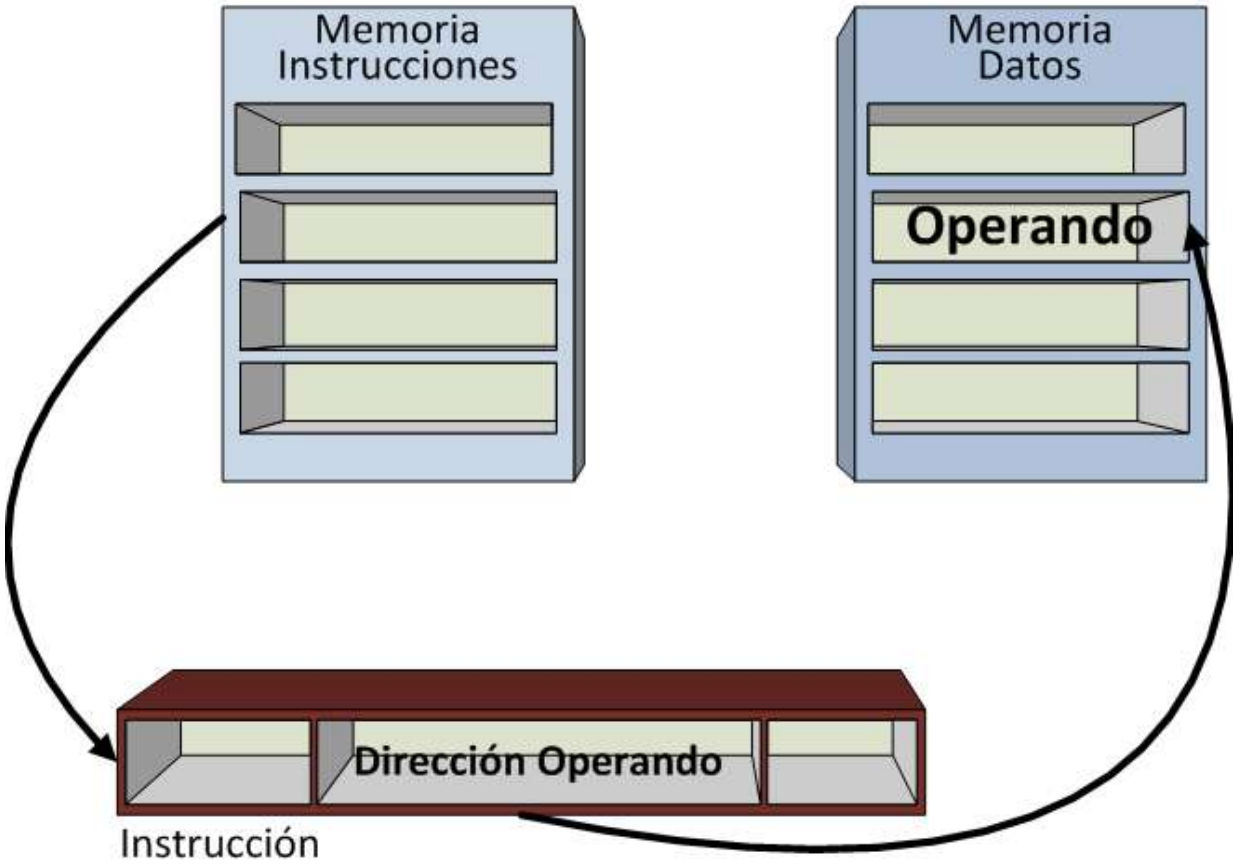
Modos de direccionamiento

- Inmediato
- Directo de memoria o Absoluto
- Directo de Registro
- Indirecto de memoria (en desuso)
- Indirecto con registro
- Indirecto con Desplazamiento
  - basado, indexado o relativo al PC
  - Pila (o relativo al SP)

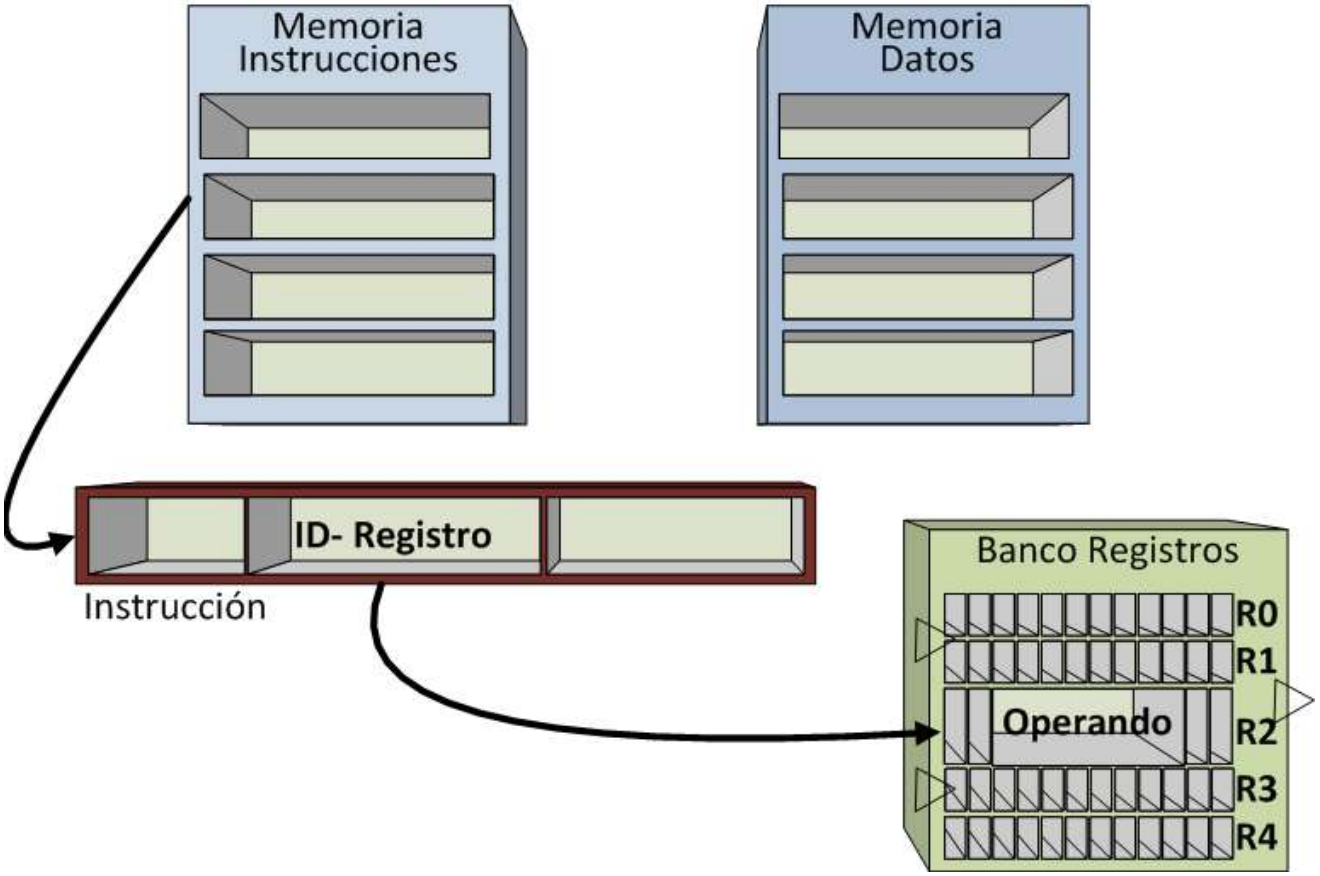
MDD Inmediato



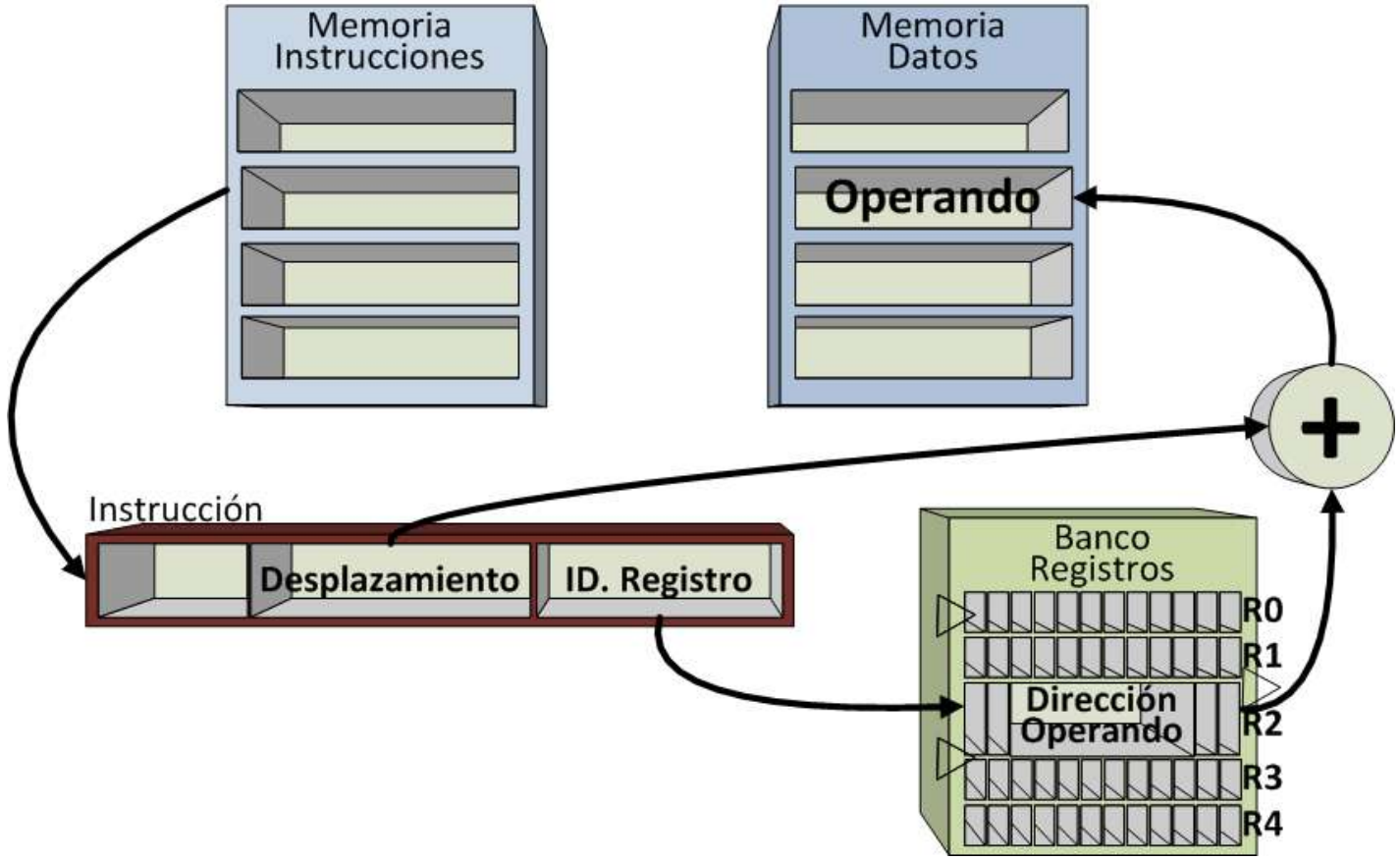
MDD Directo o Absoluto (de memoria)



MDD Directo de Registro

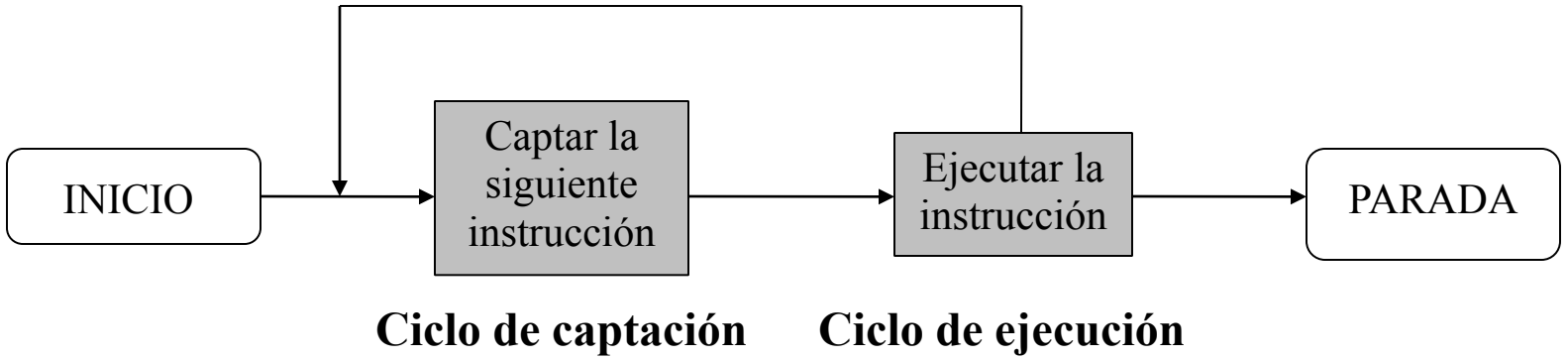


MDD Indirecto con desplazamiento



Ciclo de instrucción básico

- Dos pasos:
  - Captación
  - Ejecución



Ciclo de captación

- La dirección de la instrucción que se debe captar se encuentra en el registro Contador de Programa (PC)
- La UC **capta** la instrucción desde la Memoria
  - La instrucción va al registro de instrucción (IR)
- El registro PC se incrementa
  - a no ser que se indique lo contrario.
- La UC interpreta la instrucción captada y debe lleva a cabo la acción requerida

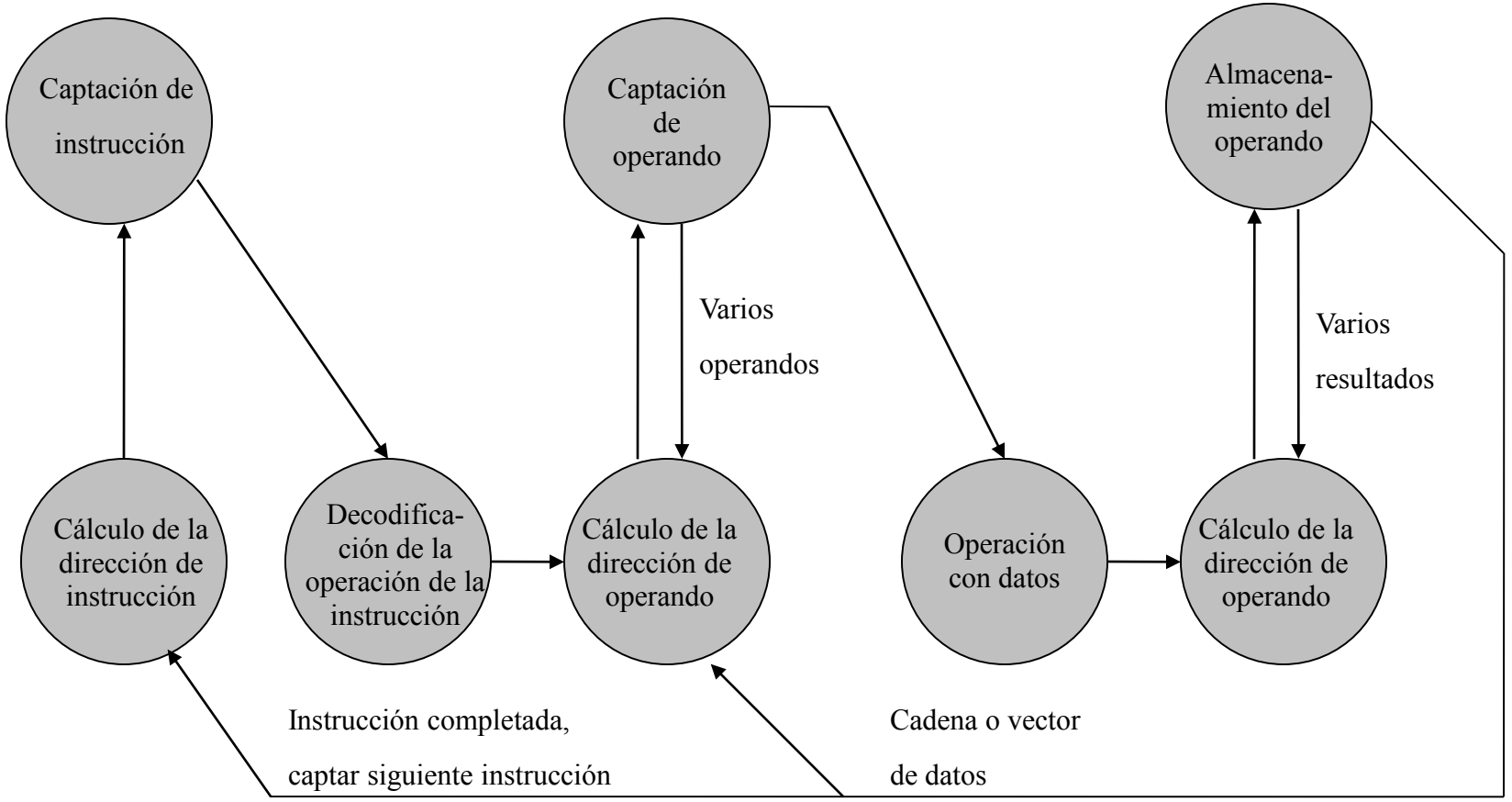
Ciclo de ejecución

Acciones posibles:

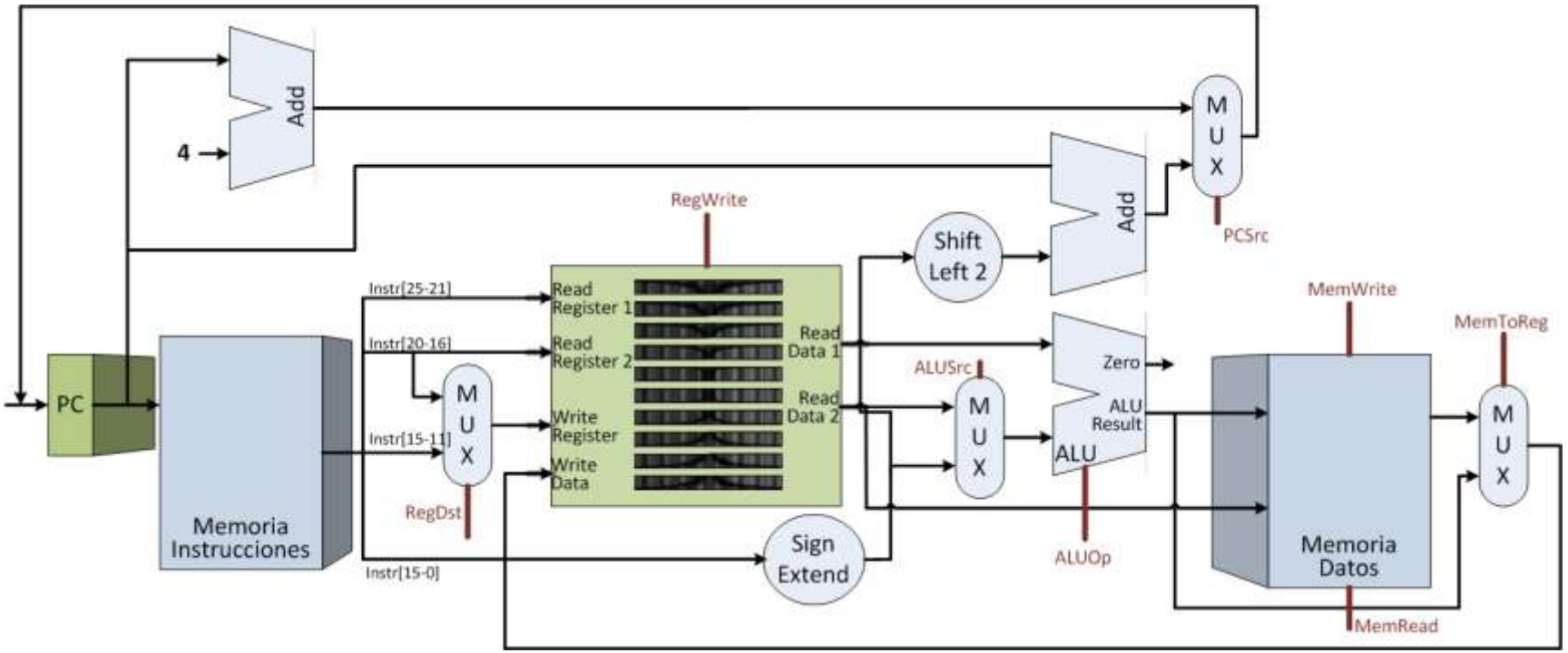
- Procesador - memoria
  - Transferencia de datos CPU - Memoria.
- Procesador - E/S
  - Transferencias de datos CPU y módulo de E/S.
- Procesamiento de datos
  - Alguna operación aritmética o lógica con los datos.
- Control
  - Alteración de la secuencia de ejecución.
    - Instrucción de salto

ó combinación de las acciones anteriores

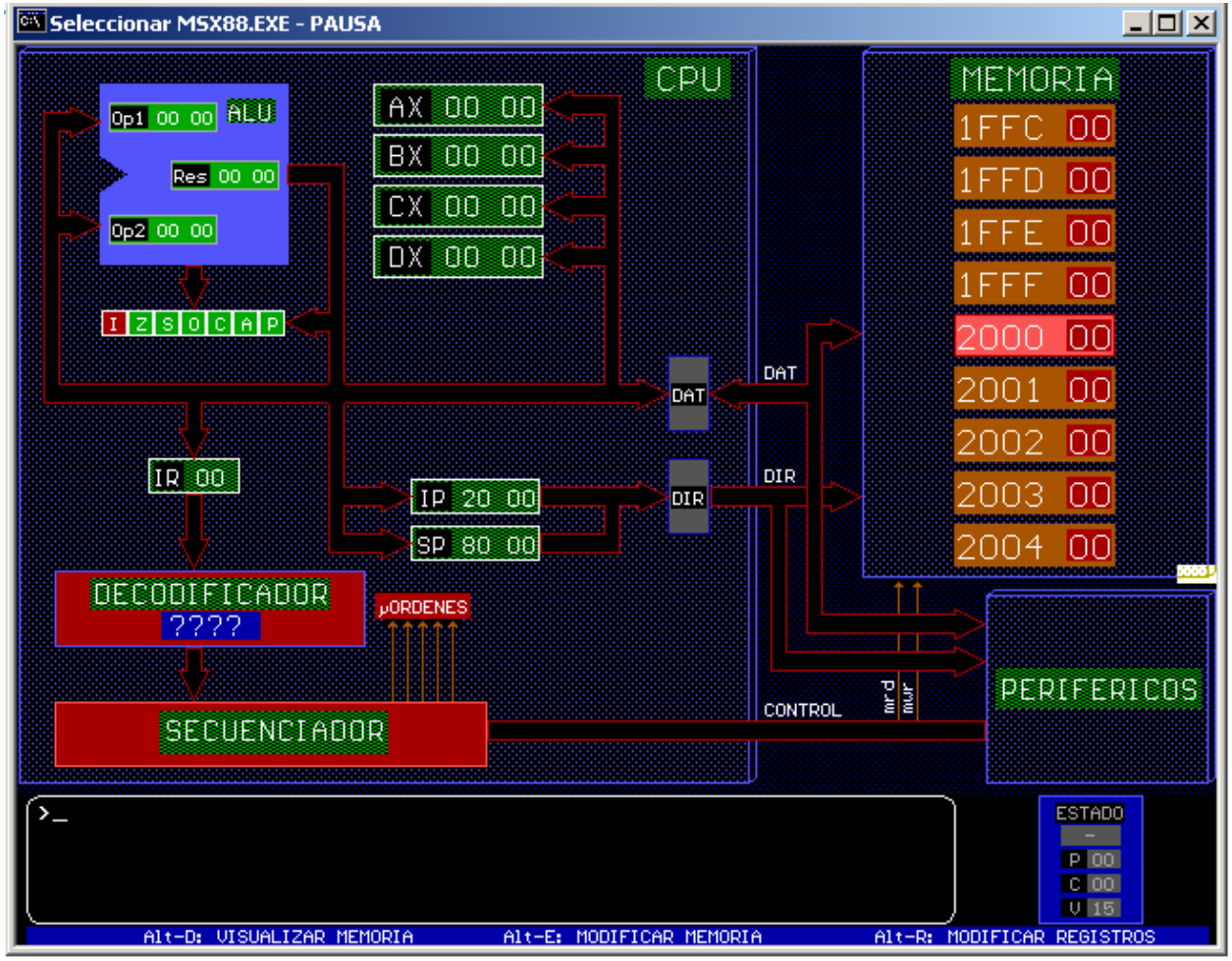
Diagrama de estados del ciclo de instrucción



Ruta de Datos



Simulador MSX88



MSX88: inst. de transferencia

1	MOV *dest,fuente*	Copia *fuente* en *dest*	*(dest)*←*(fuente)*
2	PUSH *fuente*	Carga *fuente* en el tope de la pila	(SP)←(SP)-2;[SP+1:SP] ←*(fuente)*
2	POP *dest*	Desapila el tope de la pila y lo carga en *dest*	*(fuente)*←[SP+1:SP]; (SP)←(SP)+2
2	PUSHF	Apila los flags	(SP)←(SP)-2;[SP+1:SP] ←(flags)
2	POPF	Desapila los flags	(flags)←[SP+1:SP]; (SP)←(SP)+2
3	IN *dest,fuente*	Carga el valor en el puerto *fuente* en *dest*	*(dest)*←*(fuente)*
4	OUT *dest,fuente*	Carga en el puerto *dest* el valor en *fuente*	*(dest)*←*(fuente)*

1. *dest/fuente* son: *reg/reg, reg/mem, reg/op.inm, mem/reg, mem/op.inm.*
   mem puede ser una etiqueta (dir.directo) o [BX] (dir.indirecto).
2. *dest* y *fuente* solo pueden ser registros de 16 bits.
3. *dest/fuente* son: *AL/mem, AX/mem, AL/DX, AX/DX.*
4. *dest/fuente* son: *mem/AL, mem/AX, DX/AL, DX/AX.*
   mem debe ser dirección entre 0 y 255. Puede ser un operando inmediato o una etiqueta.

Inst. aritméticas y lógicas

1	ADD *dest,fuente*	Suma *fuente* y *dest*	(*dest*)← (*dest*)+(*fuente*)
1	ADC *dest,fuente*	Suma *fuente*, *dest* y *flag C*	(*dest*)← (*dest*)+(*fuente*)+C
1	SUB *dest,fuente*	Resta *fuente* a *dest*	(*dest*)← (*dest*)-(*fuente*)
1	SBB *dest,fuente*	Resta *fuente* y *flag C* a *dest*	(*dest*)← (*dest*)-(*fuente*)-C
1	CMP *dest,fuente*	Compara *fuente* con *dest*	(*dest*)-(*fuente*)
5	NEG *dest*	Negativo de *dest*	(*dest*)← CA2(*dest*)
5	INC *dest*	Incrementa *dest*	(*dest*)← (*dest*)+1
5	DEC *dest*	Decrementa *dest*	(*dest*)← (*dest*)-1
1	AND *dest,fuente*	Operación *fuente* AND *dest* bit a bit	(*dest*)← (*dest*) AND (*fuente*)
1	OR *dest,fuente*	Operación *fuente* OR *dest* bit a bit	(*dest*)← (*dest*) OR (*fuente*)
1	XOR *dest,fuente*	Operación *fuente* XOR *dest* bit a bit	(*dest*)← (*dest*) XOR (*fuente*)
5	NOT *dest*	Complemento a 1de *dest*	(*dest*)← CA1(*dest*)

1. *dest/fuente* son: *reg/reg, reg/mem, reg/op.inm, mem/reg, mem/op.inm.*

5. *dest* solo puede ser *mem* o *reg.*

mem puede ser una etiqueta (dir.directo) o [BX], siendo (BX) una dirección de memoria (dir.indirecto).

Inst. transf. de control

6			
6	CALL *etiqueta*	Llama a subrutina cuyo inicio es *etiqueta*	
6	RET	Retorna de la subrutina	
6	JZ *etiqueta*	Salta si el último valor calculado es cero	Si Z=1, (IP)←*mem*
6	JNZ *etiqueta*	Salta si el último valor calculado no es cero	Si Z=0, (IP)←*mem*
6	JS *etiqueta*	Salta si el último valor calculado es negativo	Si S=1, (IP)←*mem*
6	JNS *etiqueta*	Salta si el último valor calculado no es negativo	Si S=0, (IP)←*mem*
6	JC *etiqueta*	Salta si el último valor calculado produjo carry	Si C=1, (IP)←*mem*
6	JNC *etiqueta*	Salta si el último valor calculado no produjo carry	Si Z=1, (IP)←*mem*
6	JO *etiqueta*	Salta si el último valor calculado produjo overflow	Si O=1, (IP)←*mem*
6	JNO *etiqueta*	Salta si el último valor calculado no produjo overflow	Si O=0, (IP)←*mem*
6	JMP *etiqueta*	Salto incondicional a *etiqueta*	(IP)←*mem*

6. *mem* es la dirección de memoria llamada *etiqueta.*

Subrutinas

- Innovación en lenguajes de programación
- Programa auto-contenido
- Puede invocarse desde cualquier punto de un programa
  - mediante instrucción CALL
- Brinda economía (código usado varias veces) y modularidad (subdivisión en unidades pequeñas).
- Requiere pasaje de argumentos (parámetros)
  - por valor (copia de una variable)
  - por referencia (dirección de la variable)

Pasaje de argumentos a subrutinas

- Vía registros
  - El número de registros es la principal limitación
  - Es importante documentar que registros se usan
- Vía memoria
  - Se usa un área definida de memoria (RAM).
  - Difícil de estandarizar

Pasaje de argumentos a subrutinas

- Vía pila (stack)
  - Es el método más ampliamente usado.
  - El verdadero "pasaje de parámetros".
  - Independiente de memoria y registros.
  - Hay que comprender bien como funciona porque la pila (stack) es usada por el usuario y por el sistema.

En x86, SP apunta al último lugar usado

Funcionamiento de una pila

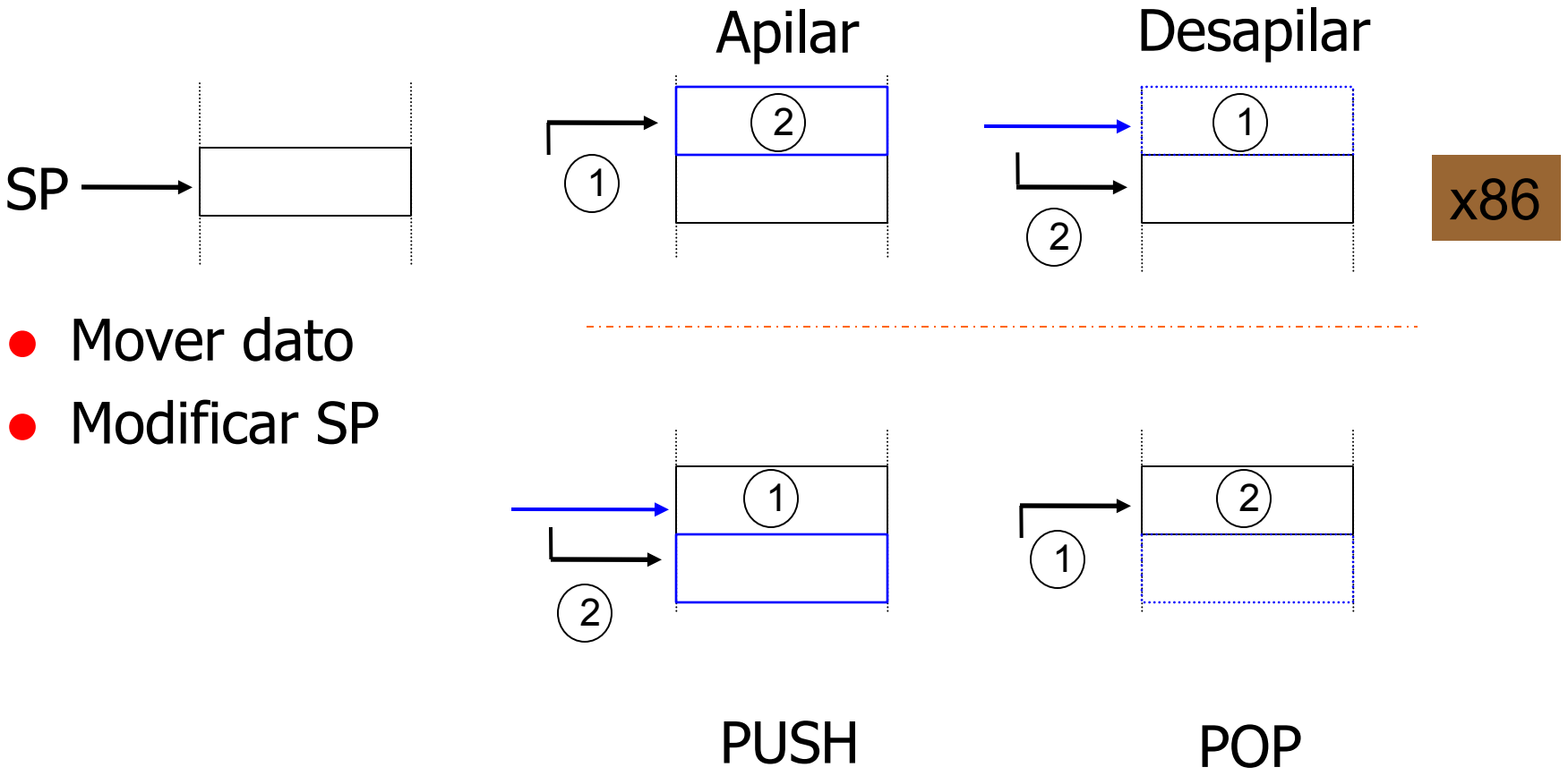
- El operando está (de forma implícita) en la cabeza de la pila
- Se requiere un registro Puntero de Pila (SP)
  - Contiene la dirección de la cabeza de la pila
- Operaciones sobre la pila
  - **PUSH** ; operación de Apilar
  - **POP** ; operación de Desapilar
  - Son inversas entre sí

Operaciones de apilar/desapilar

- Secuencia de dos acciones:
  1- Movimiento de datos Reg-Mem ó Mem- Reg
  2- Modificación del puntero antes/después de la anterior

- Tener en cuenta:
  - dónde apunta el puntero
  - cómo crece la pila

Funcionamiento de la pila



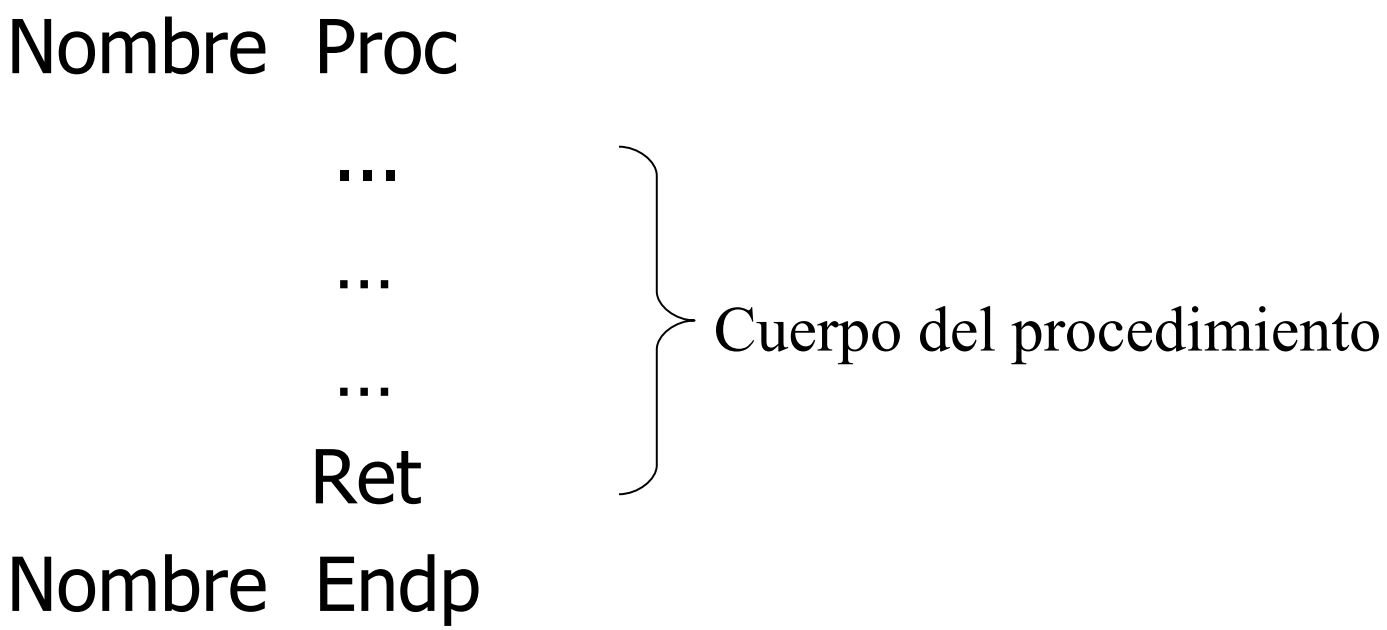
Ejemplo en Assembly y máquina

Dir.	Codigo maquina	Linea		Codigo en lenguaje ensamble	
		1		ORG	2000H
2000	BB 00 30	2		MOV	BX, 3000H
2003	8B 07	3		MOV	AX, [BX]
2005	50	4		PUSH	AX
2006	BB 02 30	5		MOV	BX, 3002H
2009	8B 0F	6		MOV	CX, [BX]
200B	51	7		PUSH	CX
200C	58	8		POP	AX
200D	59	9		POP	CX
200E	F4	10		HLT	
		11		ORG	3000H
3000	55 33 44 22	12	datos	DB	55h, 33h, 44h, 22h
		13		END	

S I M B O L O S:

Nombre:	Tipo:	Valor:	
datos	Byte	3000h	No usado

Definición del procedimiento



Llamada al procedimiento

En programa principal

```
        ...
    Push Parametro 1
    Push Parametro 2
    Call  Nombre
        ...
        ...
```

Ejemplo con subrutina

```
            ORG 1000H
subrutin:   NEG     AX
            RET

            ORG 2000H
            MOV     BX, 0
            MOV     AX, dato
            PUSH    AX
            CALL    subrutin
            POP     BX
            HLT
            ORG 3000H
dato        DB      55H
            END
```

Analizar la pila y los valores finales de AX y BX

Listado Fuente: subrut14.LST

Programa Fuente en: subrut14.ASM

Fecha: Tue Aug 19 14:46:48 2014

```
Dir.  Codigo maquina   Linea      Codigo en lenguaje ensamble
                          1                ORG       1000H
1000  F7 D8               2     subrutin:  NEG       AX
1002  C3                  3                RET
                          4
                          5                ORG       2000H
2000  BB 00 00            6                MOV       BX, 0
2003  8B 06 00 30         7                MOV       AX, dato
2007  50                  8                PUSH      AX
2008  E8 00 10            9                CALL      subrutin
200B  5B                 10                POP       BX
200C  F4                 11                HLT
                         12                ORG       3000H
3000  55                 13     dato       DB        55H
                         14                END

S I M B O L O S:
Nombre:   Tipo:          Valor:
subrutin  Label          1000h
dato      Byte           3000h
```

Posibles pasos en un procedimiento

1. Salvar el estado de BP (viejo BP)
2. Salvar estado de SP (BP=SP)
3. Reservar espacio para datos locales (opcional)
4. Salvar valores de otros registros (opcional)
5. Acceder a parámetros
6. Escribir sentencias a ejecutar
7. Retornar parámetro (opcional)
8. Regresar correctamente del procedimiento

Pasos... (1)

- El procedimiento comenzaría con:

```
push BP
mov  BP, SP
```

- Esto establece a BP como puntero de referencia y es usado para acceder a los parámetros y datos locales en la pila. SP no puede ser usado para éste propósito porque no es un registro base ó índice. El valor de SP puede cambiar pero BP permanece 'quieto'.

Pasos... (2)

- Así la primera instrucción salva BP y la segunda carga el valor de SP en BP (en el momento de entrar al procedimiento).
- BP es el puntero al área de la pila asignada al procedimiento (frame pointer).
- Para acceder a los datos se deberá sumar un desplazamiento fijo a BP.

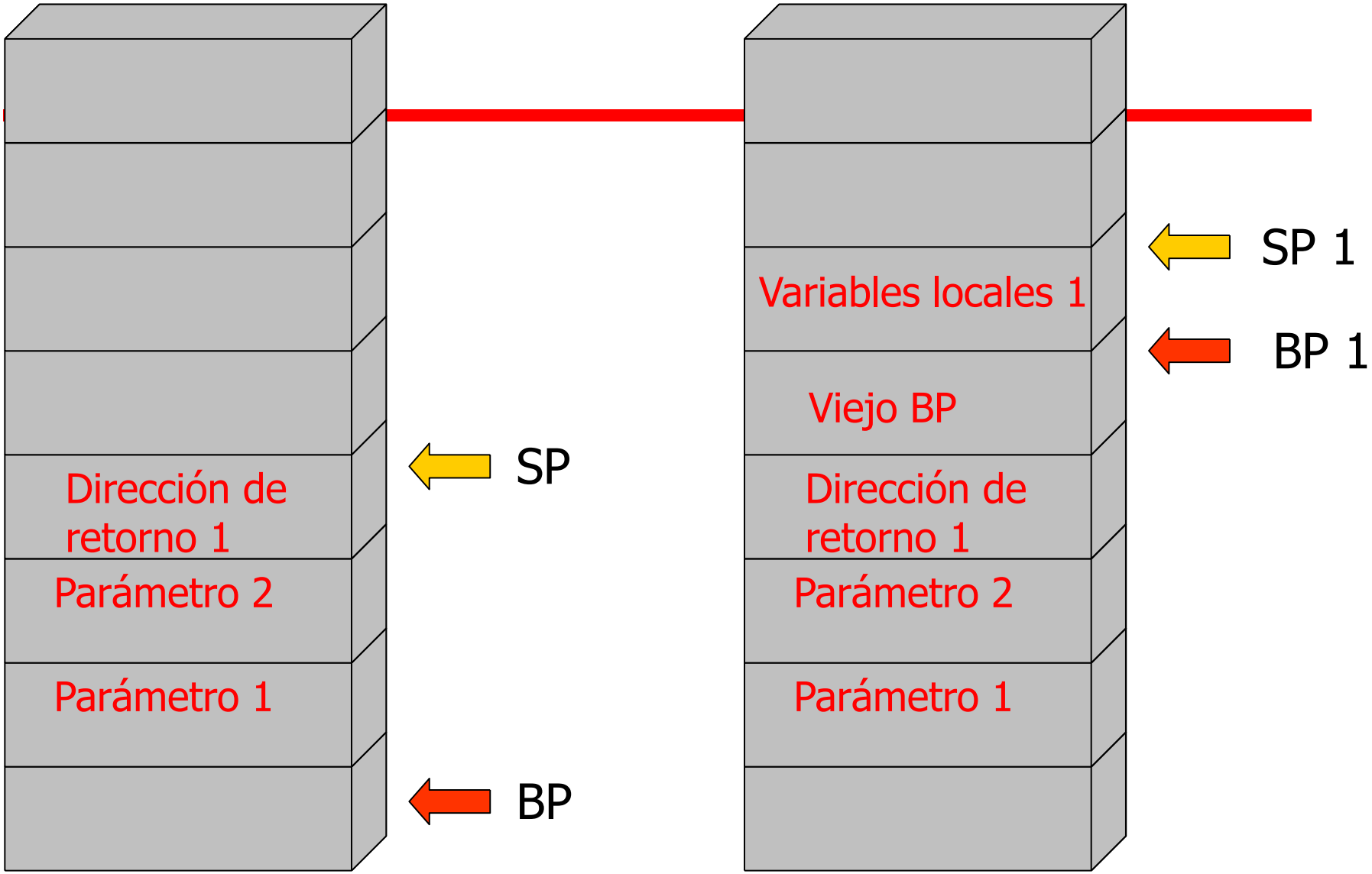
Pasos... (3) (Opcional)

- Reservar espacio para variables locales
  - se decrementa SP, reservando lugar en la pila

    sub SP, 2
  - Este ej. reserva 2 bytes para datos locales.
- El sistema puede utilizar al SP sin escribir sobre el área de trabajo (o frame) del procedimiento.

SP y BP al entrar a SUBR 1

SP y BP después de paso 3

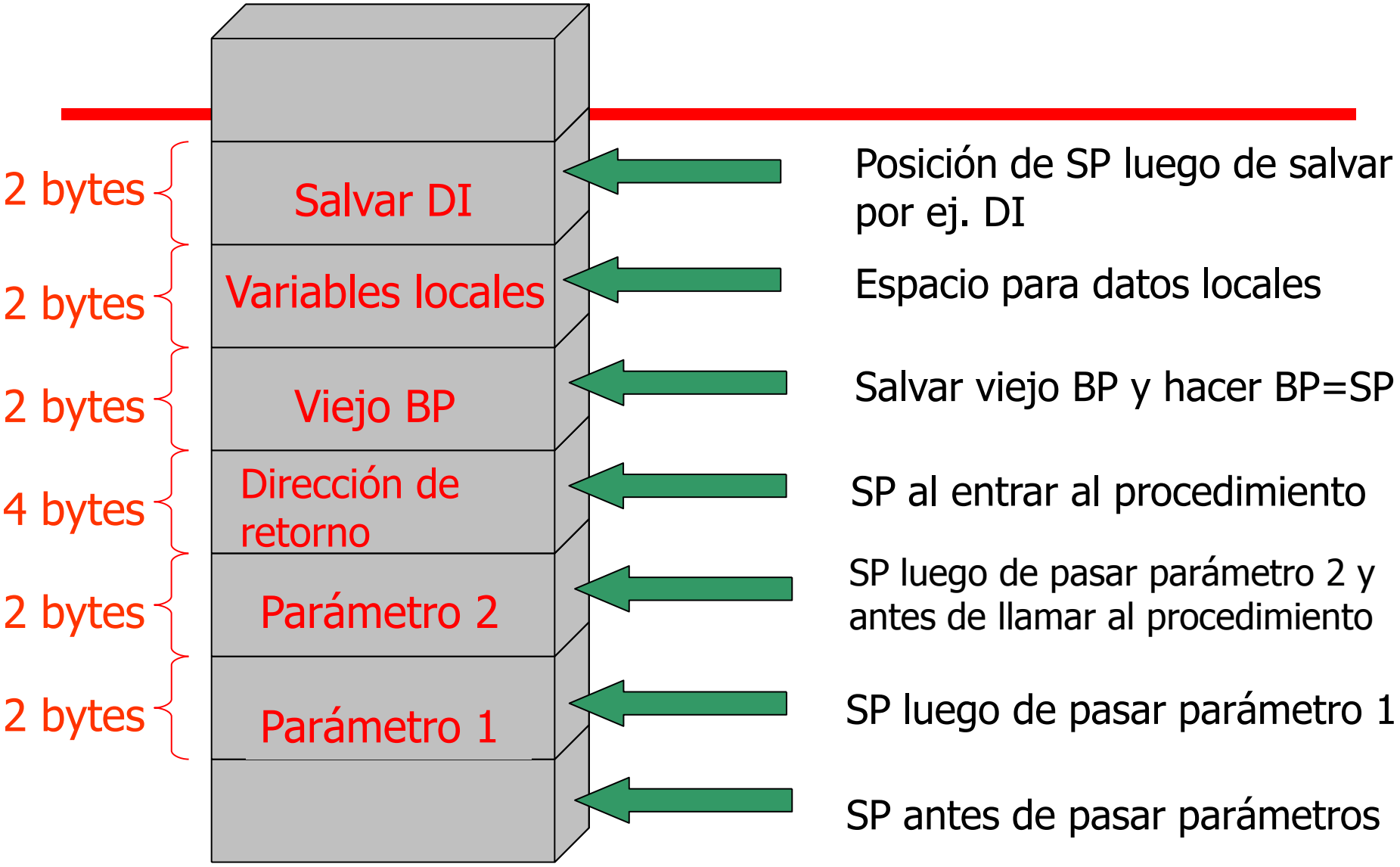


Pasos... (4) (Opcional)

- Salvar otros registros
  - por ej. DI

```
push DI
```

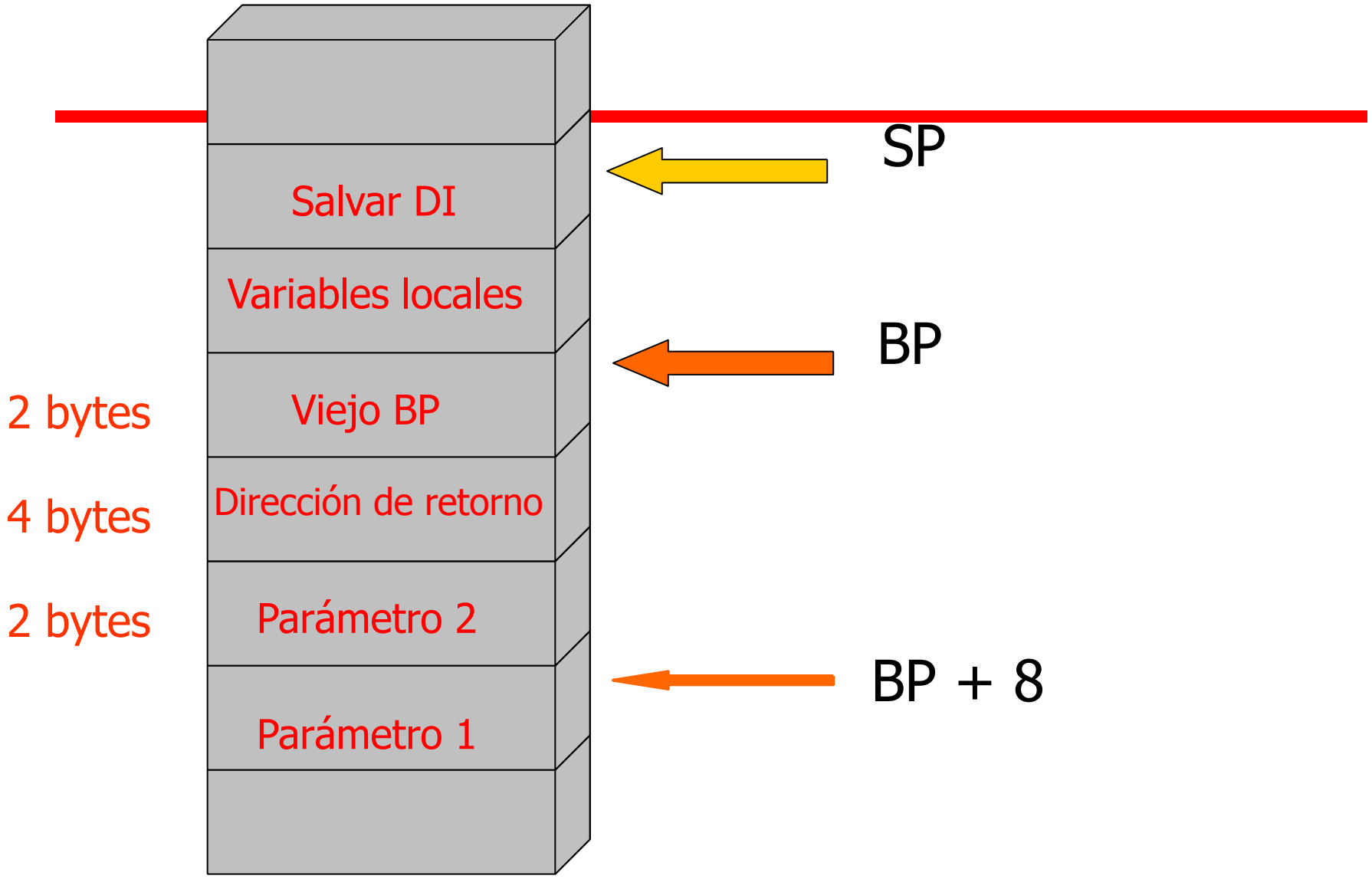
- Si el procedimiento no cambia el valor de los registros, éstos no necesitan ser salvados. Normalmente los registros son salvados después de establecer el puntero (frame pointer) y los datos locales.


2 bytes
Salvar DI
2 bytes
Variables locales
2 bytes
Viejo BP
4 bytes
Dirección de retorno
2 bytes
Parámetro 2
2 bytes
Parámetro 1
Posición de SP luego de salvar por ej. DI
Espacio para datos locales
Salvar viejo BP y hacer BP=SP
SP al entrar al procedimiento
SP luego de pasar parámetro 2 y antes de llamar al procedimiento
SP luego de pasar parámetro 1
SP antes de pasar parámetros

Pasos... (5)
acceso a los parámetros

- En general el desplazamiento de BP para acceder a un parámetro es igual a:
- 2 (es el tamaño de BP apilado) + tamaño de dirección de retorno + total de tamaño de parámetros entre el buscado y BP
- Para acceder al Parámetro 1 deberá ser:

mov CX, [BP + 8]


SP
Salvar DI
Variables locales
BP
2 bytes
Viejo BP
4 bytes
Dirección de retorno
2 bytes
Parámetro 2
BP + 8
Parámetro 1

Salida del procedimiento (1)

- Los registros salvados en la pila deben ser descargados en orden inverso.
- Si se reservó espacio para variables locales, se debe reponer SP con el valor de BP que no cambió durante el procedimiento.
- Reponer BP.
- Volver al programa que llamó al procedimiento con RET.

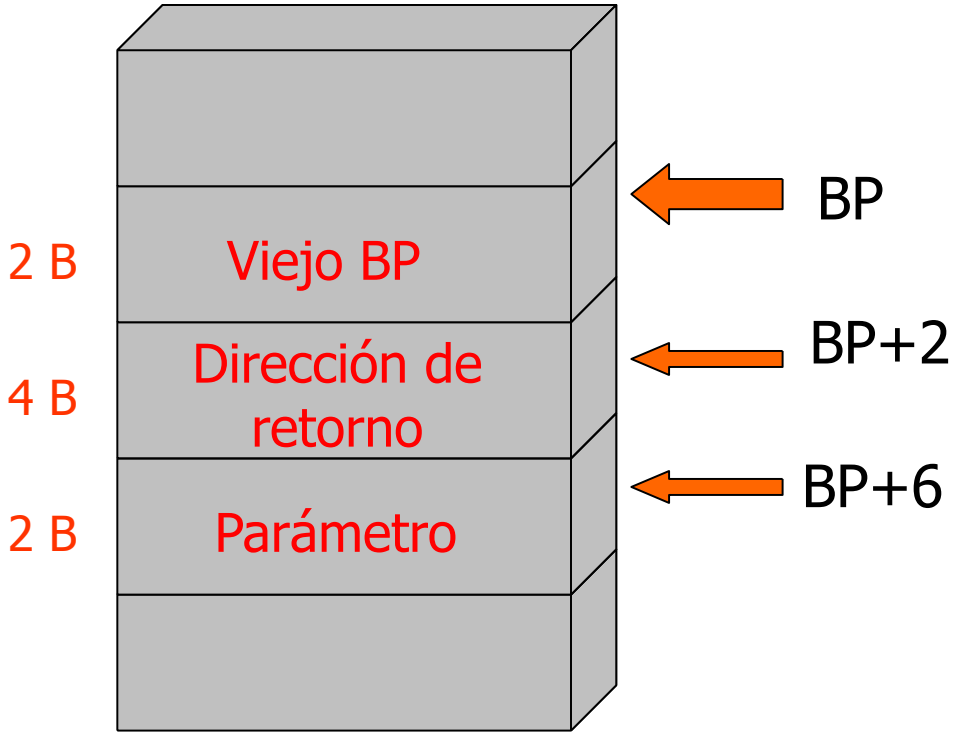
Salida del procedimiento (2)

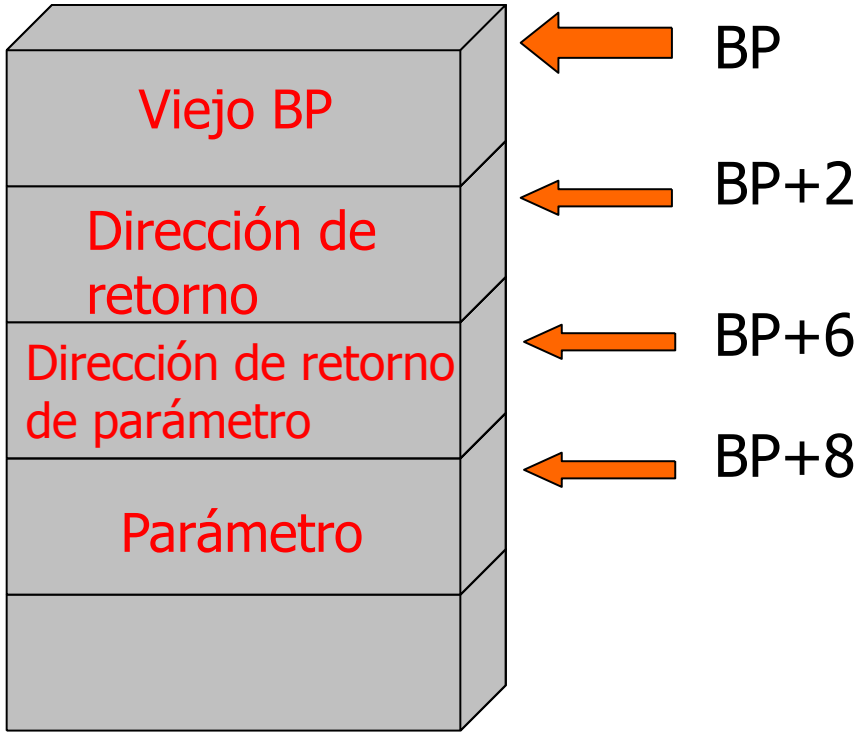
- En nuestro ej.

```
.
.
pop  DI
mov SP, BP
pop  BP
ret
```

Sin parámetro de retorno

Con parámetro de retorno

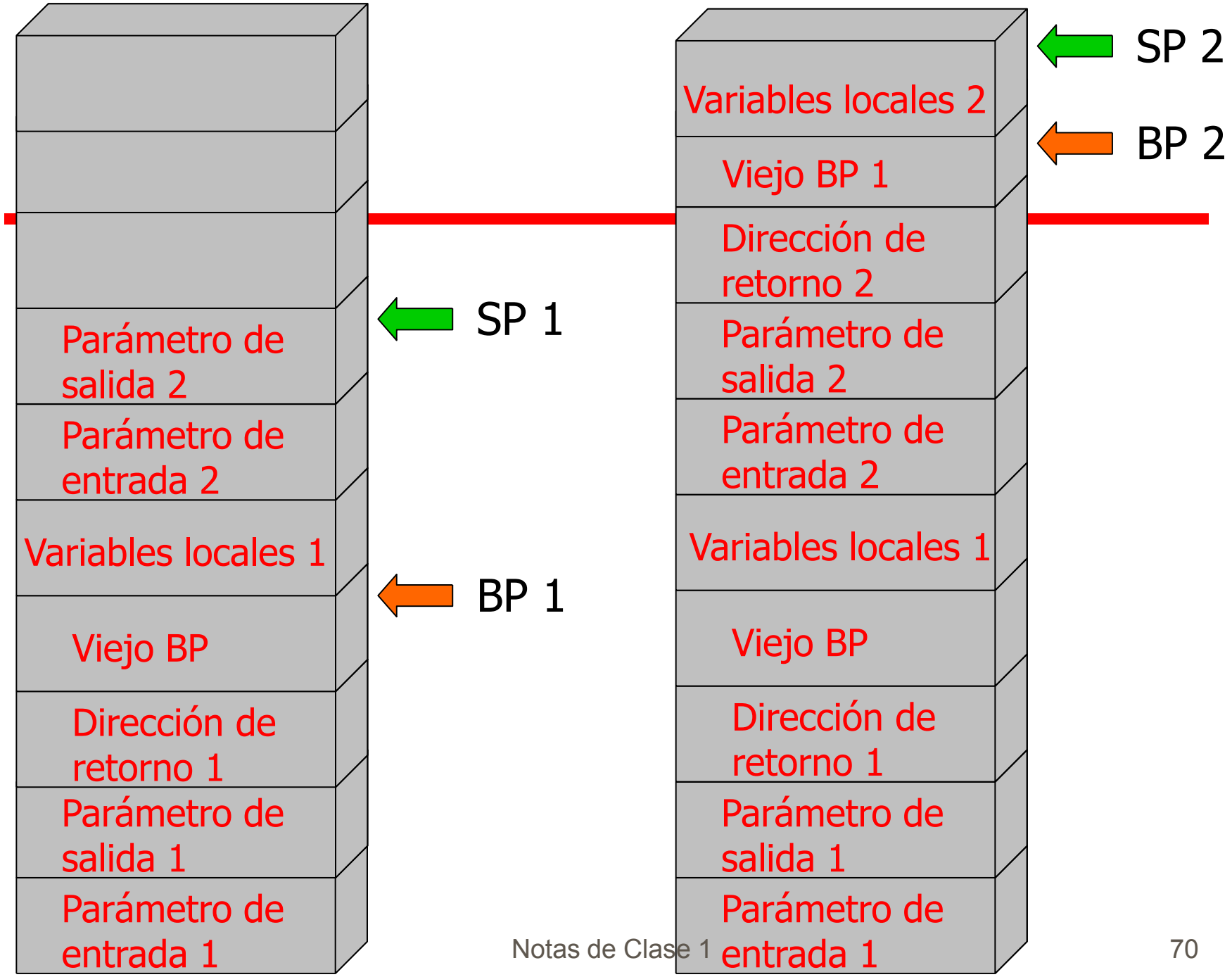


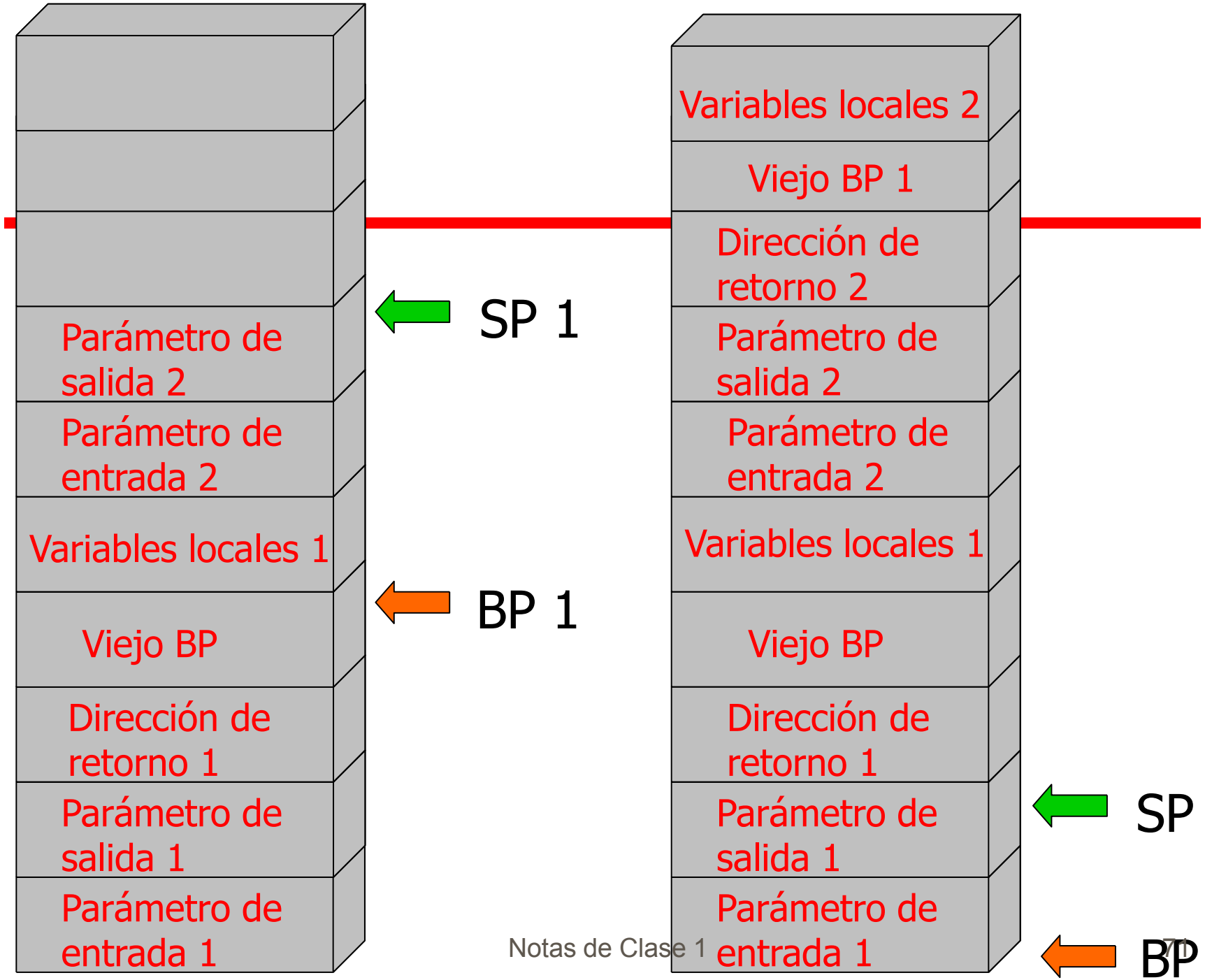


Anidamiento de subrutinas

```
        ORG 1000H
rutina1: NEG    AX
        PUSH    AX
        CALL    rutina2
        POP     AX
        RET
        ORG 1020H
rutina2: INC    AX
        RET
```

```
        ORG 2000H
PPIO:   MOV     BX, 0
        MOV     AX, dato
        PUSH    AX
        CALL    rutina1
        POP     BX
        HLT
        ORG 3000H
dato:   DB      55H
        END
```


Parámetro de salida 2
Parámetro de entrada 2
Variables locales 1
Viejo BP
Dirección de retorno 1
Parámetro de salida 1
Parámetro de entrada 1
SP 1
BP 1
Variables locales 2
Viejo BP 1
Dirección de retorno 2
Parámetro de salida 2
Parámetro de entrada 2
Variables locales 1
Viejo BP
Dirección de retorno 1
Parámetro de salida 1
Parámetro de entrada 1
SP 2
BP 2


Parámetro de salida 2
Parámetro de entrada 2
Variables locales 1
Viejo BP
Dirección de retorno 1
Parámetro de salida 1
Parámetro de entrada 1
SP 1
BP 1
Variables locales 2
Viejo BP 1
Dirección de retorno 2
Parámetro de salida 2
Parámetro de entrada 2
Variables locales 1
Viejo BP
Dirección de retorno 1
Parámetro de salida 1
Parámetro de entrada 1
SP
BP

Para el simulador

- Declaración del procedimiento

  nombre: instrucción

  .

  .

- En lugar de BP se usa BX

Ejemplo para simulador MSX88

```
        ORG 1000H
NUM1    DW  5H
NUM2    DW  3H
RES     DW  ?

        ORG 3000H
MUL:    PUSH BX
        MOV  BX,SP
        PUSH CX
        PUSH AX
        PUSH DX
        ADD  BX,6
        MOV  CX,[BX]
        ADD  BX,2
        .....
        MOV  AX,[BX]
SUMA:   ADD  DX,AX
        DEC  CX
        JNZ  SUMA
        SUB  BX,4
        MOV  AX,[BX]
        MOV  BX,AX
        MOV [BX],DX
        POP  DX
        POP  AX
        POP  CX
        POP  BX
        RET

        ORG 2000H
        MOV  AX,NUM1
        PUSH AX
        MOV  AX,NUM2
        PUSH AX
        MOV  AX,OFFSET RES
        PUSH AX
        MOV  DX,0
        CALL MUL
        POP  AX
        POP  AX
        POP  AX
        HLT
        END
```

Bibliografía e información

- Organización y Arquitectura de Computadoras. W. Stallings, 5ta Ed.

  Repertorios de instrucciones
  - Capítulo 9: características y funciones
  - Capítulo 10: modos de direccionamiento y formatos
  - Apéndice 9A: Pilas

  Ciclo de instrucción:
  - Capítulo 3 apartado 3.2.
  - Capítulo 11 apartados 11.1. y 11.3.

  Organización de los registros
  - Capítulo 11 apartado 11.2.

  Formatos de instrucciones
  - Capítulo 10 apartado 10.3. y 10.4.
- Simulador MSX88

Link de interés: www.williamstallings.com