(3)

Escuela Politécnica Superior

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID

Unidad 3
Interfaz del ensamblador con el lenguaje C

SISTEMAS BASADOS EN MICROPROCESADORES

Grado en Ingeniería Informática
EPS - UAM

Índice

3.1. Características generales

- Muchas aplicaciones escritas en lenguajes de alto nivel requieren partes críticas escritas en ensamblador (ejecución en tiempo real, uso de instrucciones multimedia tipo MMX, etc.)
- Implica poder llamar desde programas escritos en lenguajes de alto nivel compilables a rutinas escritas en ensamblador.
- También es posible llamar desde programas escritos en ensamblador a rutinas escritas en lenguajes de alto nivel compilables.
- Factible si programas de ensamblador siguen las convenciones (nomenclatura, paso de parámetros y resultados, …) de los lenguajes de alto nivel.

3.2. El ejemplo del lenguaje C (I)

- La mayoría de aplicaciones que requieren interactuar con ensamblador escritas en lenguaje C (y C++).
- El lenguaje C tiene construcciones típicas de alto nivel (bucles, tipos estructurados, recursividad, …), pero también permite un control a muy bajo nivel (acceso a puertos de E/S, manipulación de bits, …).
- Los compiladores de C permiten el enlace con programas escritos en ensamblador sólo si siguen las **mismas convenciones** aplicadas por el compilador.
- Programa en C se compila a código objeto, programa en ensamblador se ensambla a código objeto y montador (*linker*) del compilador de C genera el ejecutable enlazando esos ficheros objeto.

3.2. El ejemplo del lenguaje C (II)

- Convenciones del lenguaje C relacionadas con:
  - Uso de direcciones cortas (*near*) o largas (*far*) para acceder a datos (variables) y/o procedimentos: modelo de memoria.
  - Nomenclatura de segmentos, variables y procedimientos.
  - Paso de parámetros a procedimientos y devolución de resultados.

3.3. Los distintos modelos del lenguaje C (I)

- Cuando se compila un programa en C se debe escoger un modelo de memoria.
- Cada modelo determina la ubicación en memoria de los segmentos lógicos (código, datos y pila) y si se usan direcciones cortas o largas para acceder a ellos.
- Seis modelos de memoria en Turbo C:
  - TINY
  - SMALL
  - MEDIUM
  - COMPACT
  - LARGE
  - HUGE

3.3. Los distintos modelos del lenguaje C (II)

- TINY
  - Mínima ocupación de memoria.
  - Los cuatro registros de segmento (**CS**, **SS**, **DS** y **ES**) son idénticos. El programa ocupa hasta 64 KB.
  - Código, datos y pila en el mismo segmento físico.
  - Programas compilados en este modelo pueden convertirse a .COM (*drivers*) mediante la utilidad EXE2BIN de DOS o usando la opción /t del montador.
  - Punteros cortos (*near*) para código y datos.
- SMALL
  - Programas pequeños en los que no es necesario mínima ocupación de memoria.
  - Un segmento físico para código (hasta 64 KB) y otro para datos y pila (hasta 64 KB).
  - Punteros cortos (*near*) para código y datos.

3.3. Los distintos modelos del lenguaje C (III)

- MEDIUM
  - Programas grandes que usan pocos datos.
  - Varios segmentos físicos para código (hasta 1 MB) y uno para datos y pila (hasta 64 KB).
  - Punteros largos (*far*) para código y cortos (*near*) para datos.
- COMPACT
  - Programas pequeños que usan muchos datos.
  - Un segmento físico para código (hasta 64 KB) y varios para datos y pila (hasta 1 MB).
  - Punteros cortos (*near*) para código y largos (*far*) para datos.
- LARGE
  - Programas grandes que usan muchos datos.
  - Varios segmentos físicos para código (hasta 1 MB) y para datos y pila (hasta 1 MB). En total no puede superarse 1MB.
  - Punteros largos (*far*) para código y datos.

3.3. Los distintos modelos del lenguaje C (IV)

- HUGE
  - Similar al LARGE con algunas ventajas y desventajas.
  - Punteros normalizados (offset < 16).
  - Variables globales estáticas pueden superar 64 KB (posible manipular bloques de datos de más de 64 KB).
  - Compilador inserta código que actualiza automáticamente registros de segmento de datos (punteros a datos siempre normalizados).
  - Modelo más costoso en tiempo de ejecución.

3.3. Los distintos modelos del lenguaje C (V)

Modelo	Segmentos			Punteros	
	Código	Datos	Pila	Código	Datos
Tiny	64 KB			NEAR	NEAR
Small	64 KB	64 KB		NEAR	NEAR
Medium	1 MB	64 KB		FAR	NEAR
Compact	64 KB	1 MB		NEAR	FAR
Large	1 MB	1 MB		FAR	FAR
Huge	1 MB	1 MB (bloques de más de 64 KB)		FAR	FAR

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (I)

Nomenclatura

- El compilador de C siempre nombra de igual forma los segmentos lógicos que utiliza:
  - El segmento de código se llama _**TEXT**.
  - El segmento _**DATA** contiene las variables globales inicializadas.
  - El segmento _**BSS** contiene las variables globales NO inicializadas.
  - El segmento de pila lo define e inicializa el compilador de C en la función *main*.
  - En los modelos pequeños de datos (*tiny*, *small* y *medium*), todos los segmentos de datos están agrupados con el nombre **DGROUP**:

DGROUP **GROUP** _DATA, _BSS

(3)

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (II)

Nomenclatura

- El compilador de C añade un _ delante de todos los nombres de variables y procedimientos:
  - Ejemplo:

```
int a = 12345;
char b = ‘A’;
char c[] = "Hola mundo";
int d = 12;
```

  - Se compila como:

```
_DATA SEGMENT WORD PUBLIC ‘DATA’
PUBLIC _a, _b, _c, _d
_a   DW   12345
_b   DB   ‘A’
_c   DB   "Hola mundo", 0
_d   DW   12
_DATA ENDS
```

(3)

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (III)

Nomenclatura

- El compilador de C añade un _ delante de todos los nombres de variables y procedimientos:
  - Ejemplo:

```
main()
{
        funcion();
}
```

  - Se compila como:

```
_TEXT SEGMENT BYTE PUBLIC 'CODE'

_main PROC FAR
      CALL _funcion
      RET
_main ENDP

_TEXT ENDS
```

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (IV)

Nomenclatura

- Las variables y procedimientos de ensamblador que sean accedidos desde programas en C deben llevar un _ por delante que no aparece en C.
- El lenguaje C distingue entre mayúsculas y minúsculas: funcion() y FUNCION() son procedimientos distintos.
- Es necesario que el ensamblador también distinga entre mayúsculas y minúsculas.
- En TASM se consigue ensamblando con las opciones /mx (fuerza distinción para símbolos públicos) o /ml (fuerza distinción para todos los símbolos).

(3)

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (V)

Paso de parámetros

- En lenguaje C, un procedimiento que llama a otro apila sus parámetros antes de ejecutar el **CALL**.
- Los procedimientos de ensamblador que llamen a funciones de C también han de apilar sus parámetros.
- Los parámetros se apilan en orden inverso a como aparecen en la llamada de C: empezando por el último y acabando por el primero.
- Tras retornar de la subrutina, se extraen de la pila los parámetros sumando al registro **SP** el tamaño en bytes de los parámetros.
- Los parámetros de un byte (char) se apilan con dos bytes (el más significativo vale 0).

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (VI)

Paso de parámetros

- Los parámetros se apilan en formato *little endian*: palabra menos significativa en dirección menor y byte menos significativo en dirección menor.
- Para pasar por parámetro punteros a funciones o a datos, es necesario saber en qué modelo de memoria se está compilando el programa en C, para apilar el registro de segmento (modelo largo) o no apilarlo (modelo corto).

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (VII)

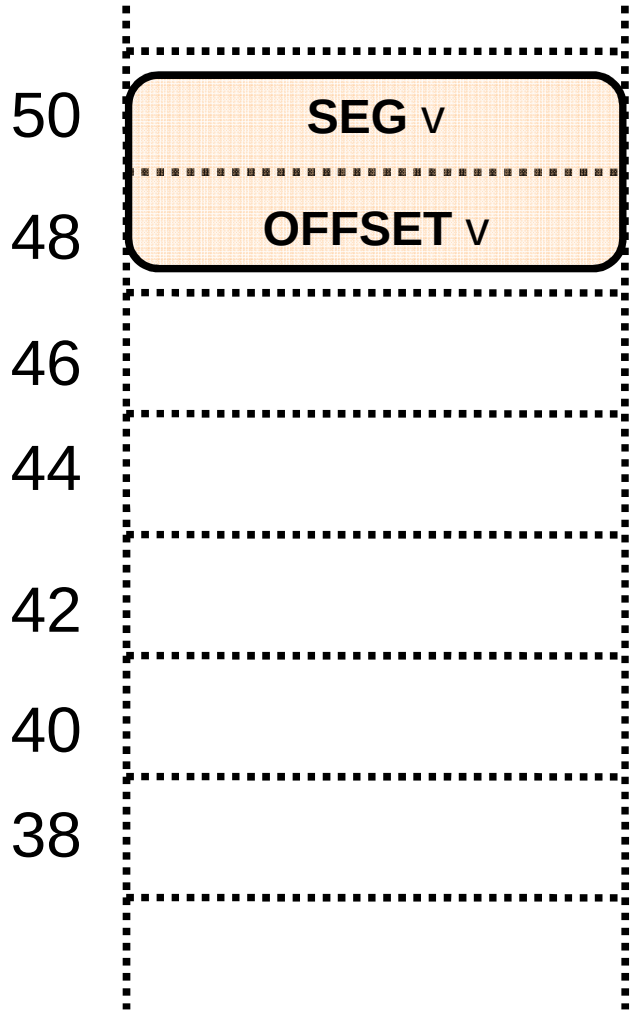
Paso de parámetros (ejemplo)

- Prototipo de la función:

  void funcion (**char**, **long int**, **void** *);

- Llamada en modelo largo (punteros **FAR** para datos y código)

  funcion (‘P’, 0x23, &v);



3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (VIII)

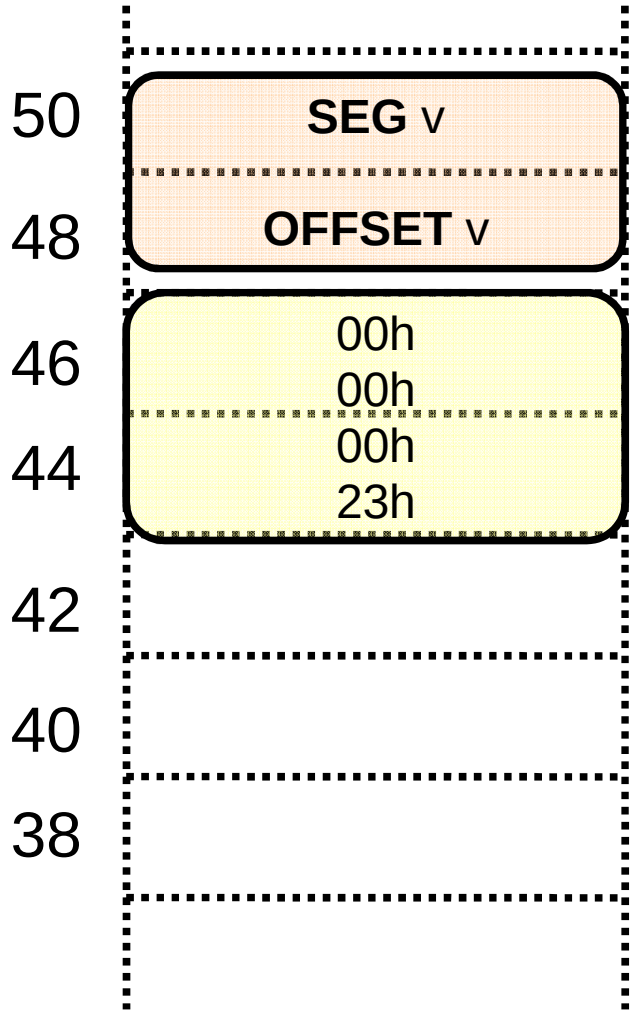
Paso de parámetros (ejemplo)

- Prototipo de la función:

  void funcion (**char**, **long int**, **void** *);

- Llamada en modelo largo (punteros **FAR** para datos y código)

  funcion (‘P’, 0x23, &v);



3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (IX)

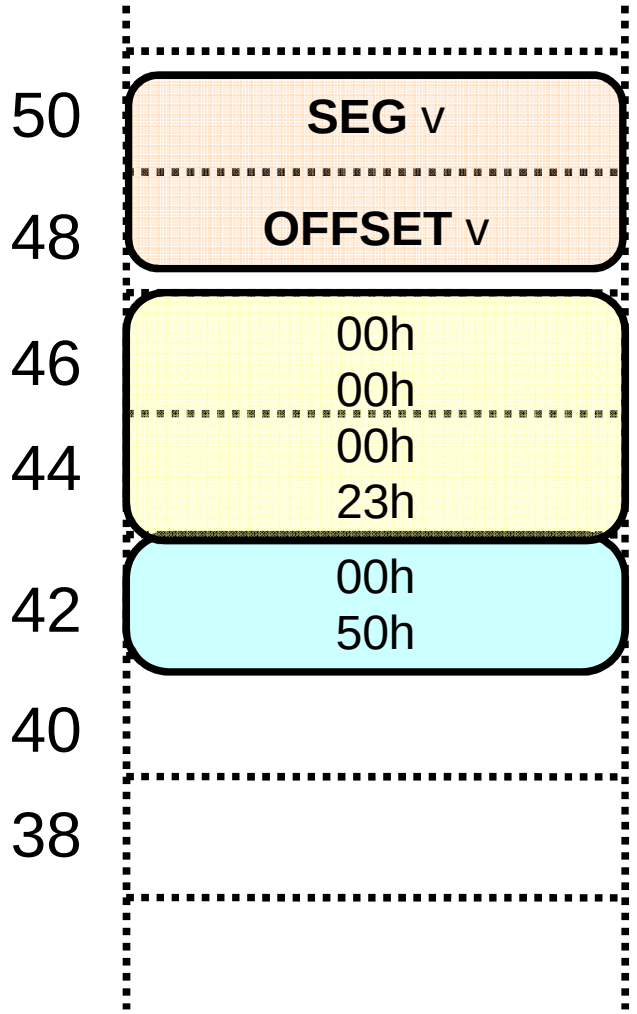
Paso de parámetros (ejemplo)

- Prototipo de la función:

  void funcion (**char**, **long int**, **void** *);

- Llamada en modelo largo (punteros **FAR** para datos y código)

  funcion (‘P’, 0x23, &v);



3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (X)

Paso de parámetros (ejemplo)

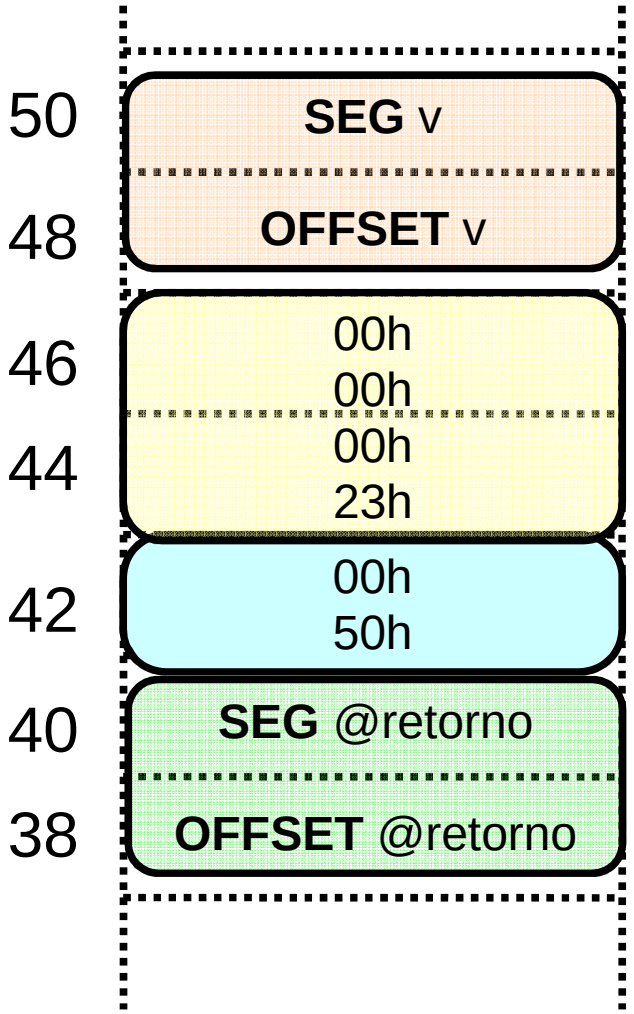
- Prototipo de la función:

  void funcion (**char**, **long int**, **void** *);

- Llamada en modelo largo (punteros **FAR** para datos y código)

  funcion (‘P’, 0x23, &v);

```
call _funcion
```



3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (XI)

Paso de parámetros (ejemplo)

void funcion (**char**, **long int**, **void** *);
funcion ('P', 0x23, &v);

```
mov ax, SEG _v
push ax
mov ax, OFFSET _v
push ax
```
→ **SP** = 52

```
mov ax, 0000h
push ax
mov ax, 0023h
push ax
```
→ **SP** = 48

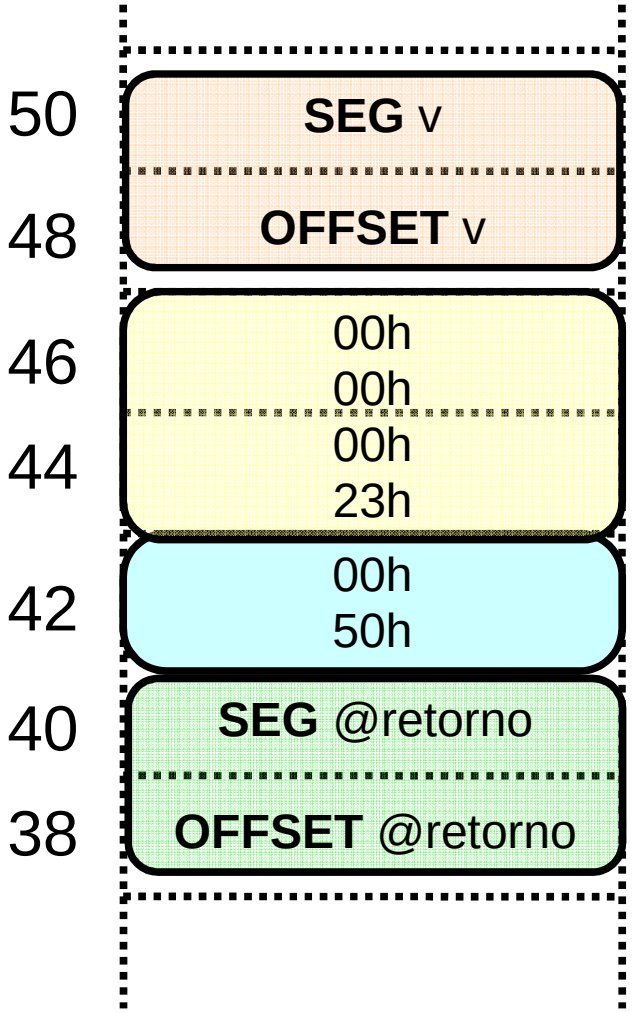
```
mov ax, 0050h
push ax
```
→ **SP** = 44

→ **SP** = 42

```
call _funcion
```

```
add sp, 10
```
→ **SP** = 42

→ **SP** = 52



3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (XII)

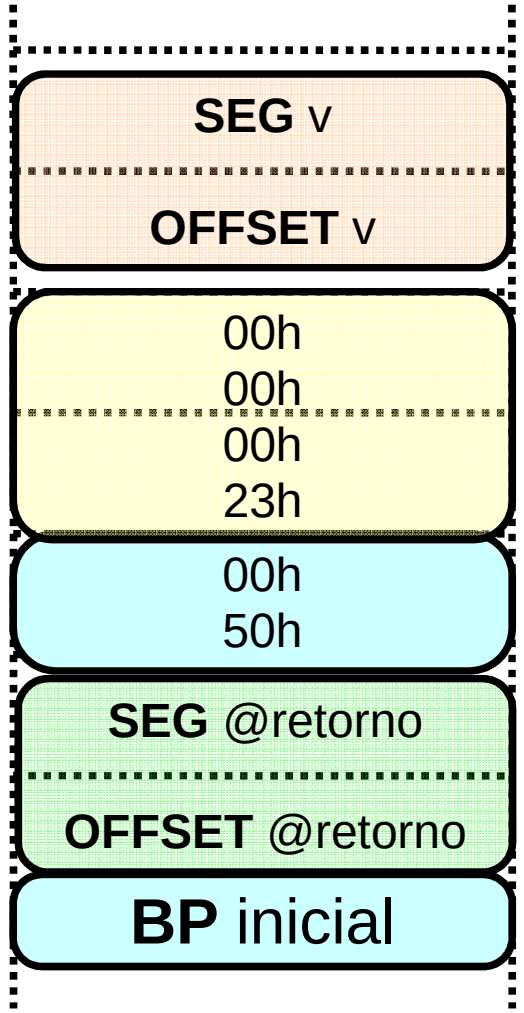
Acceso a parámetros (ejemplo)

void funcion (**char**, **long int**, **void** *);

```
_funcion PROC FAR
        push bp
        mov bp, sp

        les bx, [ bp + 12 ]
        mov dx, [ bp + 10 ]
        mov ax, [ bp + 8 ]
        mov cx, [ bp + 6 ]
        …

        ret
_funcion ENDP
```

bx := **OFFSET** v
es := **SEG** v

SP = **BP**



3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (XIII)

Devolución de resultados

- Las variables de retorno de una función con una longitud de 16 bits se devuelven al procedimiento llamante en **AX** y las de 32 bits en **DX:AX**.

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (XIV)

Ejemplo 1

```
/* Variable visible (externa) desde la rutina de ensamblador */
int variable_c;

/* Variable definida como pública en ensamblador */
extern int dato_as;

/* Declaración de la función de ensamblador (podría estar en un include) */
int funcion ( int a, char far *p, char b ) ;

main()
{
    int a = 123;              /* Declaración de variables locales de C */
    char b = 'F';
    char far *p;

/* Llama a la función y guarda en variable_c  el valor devuelto en AX */
    variable_c = funcion ( a, p, b );
}
```

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (XV)

```
DGROUP GROUP _DATA, _BSS                    ; Se agrupan segmentos de datos en uno

_DATA SEGMENT WORD PUBLIC 'DATA'            ; Segmento de datos público
    PUBLIC _dato_as                         ; Declaración de _dato_as como público
    _dato_as    DW      0                   ; Reserva de _dato_as e inicialización
_DATA ENDS

_BSS SEGMENT WORD PUBLIC 'BSS'              ; Segmento de datos público
    EXTRN _variable_c : WORD                ; Declaración de _variable_c como externa y de
                                            ; tipo WORD (definida en el módulo C)
    _sin_as     DW      ?                   ; Variable no accesible por el módulo C
_BSS ENDS

_TEXT SEGMENT BYTE PUBLIC 'CODE'            ; Definición del segmento de código
    ASSUME CS:_TEXT, DS:DGROUP, SS:DGROUP
PUBLIC _funcion                             ; Hace accesible a funcion desde C
_funcion  PROC NEAR                         ; En C es funcion ()
    PUSH BP                                 ; Para poder utilizar BP para direccionar la pila
    MOV BP, SP                              ; se carga con puntero a cima de pila
    MOV BX, [ BP+4 ]                        ; Guarda a en BX , BX=123
    LDS SI, [ BP+6 ]                        ; Guarda p en DS:SI
    MOV CX, [ BP+10 ]                       ; Guarda b en CX, CL='F', CH =0
    ...

    MOV AX, CX                              ; Como función es int el valor se devuelve en AX
    POP     BP                              ; Restaura BP
    RET                                     ; Retorna a procedimiento llamante
_funcion ENDP
_TEXT ENDS
END
```

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (XVI)

Ejemplo 2

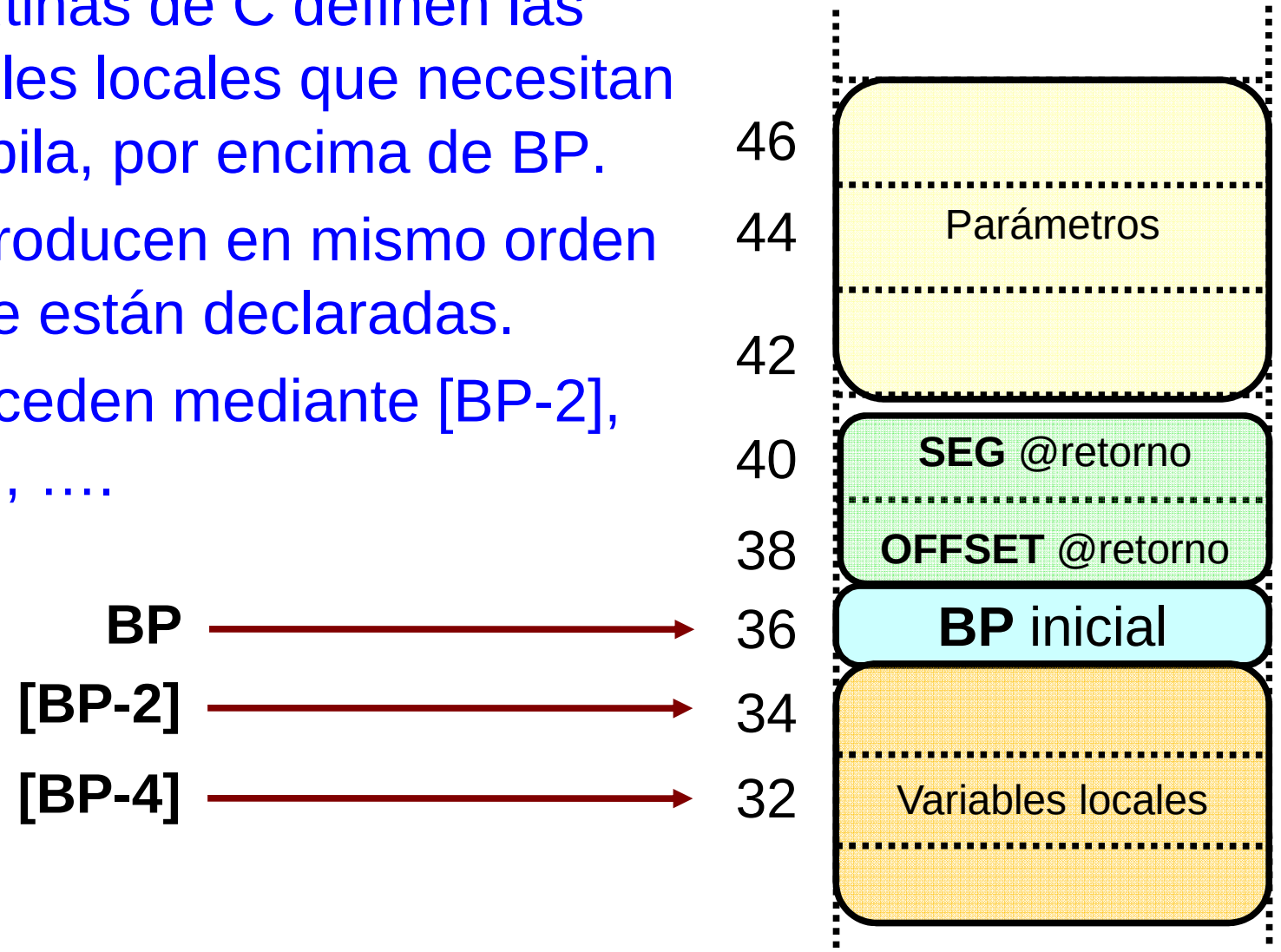
char * strchr (char *string, int caracter);

```
datos SEGMENT
    micadena DB "Esto es una cadena ASCIIZ", 0
datos ENDS

codigo SEGMENT

    mov ax,'a'                  /* Se apila carácter buscado       */
    push ax

    mov ax, SEG micadena        /* Se apila cadena de caracteres */
    push ax
    mov ax, OFFSET micadena
    push ax

    call FAR _strchr            /* Llamada al procedimiento      */
    add sp, 6                   /* Equilibrado de la pila         */

    mov ds, dx                  /* Puntero retornado en DX:AX   */
    mov si, ax

codigo ENDS
```

3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (XVII)

Definición de variables locales

- Las rutinas de C definen las variables locales que necesitan en la pila, por encima de BP.
- Se introducen en mismo orden en que están declaradas.
- Se acceden mediante [BP-2], [BP-4], ….



3.4. Convenios de nomenclatura, paso de parámetros, devolución de resultados (XVIII)

- La instrucción asm permite insertar ensamblador en el programa en C (ensamblador *inline*).

```
main
{
        int d1 = 5, d2 = 4, resultado;
        asm {
                push cx
                push ax
                mov ax, 0
                mov cx, d2
                cmp cx, 0
                jz final
        }
mult:
        asm {
                add ax, d1
                dec cx
                jnz mult
final:          mov resultado, ax
                pop ax
                pop cx
        }
        printf (“resultado %d\n", resultado); }
```

No se debe usar **BP**, ya que lo utiliza el compilador para acceder a las variables locales.