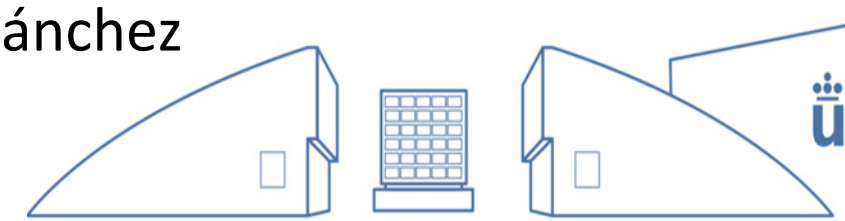
Tema 3

Introducción a la programación de Sistemas Operativos

Sofía Bayona

Luis Rincón

Alberto Sánchez



Índice

Características del lenguaje C

- C es uno de los lenguajes de programación más extendidos hoy en día
- Historia de C:
  - 1970 Difícil de programar en PDP-11. Bell desarrolla un nuevo S.O. para PDP-11 -> UNICS -> UNIX.
  - 1972 *Dennis Ritchie* diseña el lenguaje de programación C
  - Fabricantes crean sus propios compiladores -> pérdida de portabilidad
  - 1980 Estandarización de C. ANSI C
  - 1983 surge C++, versión de C orientada a objetos (Bjarne Stroustrup)

Características de C

- Estructurado: su esquema de programación es imperativo vs. Orientado a objetos (C++).
- Compilado. Las órdenes son transformadas a lenguaje máquina que se almacena en un archivo ejecutable.
- Potente. Aunque es un lenguaje de alto nivel, tiene capacidades de bajo nivel

Primer programa


```
#include <stdio.h>

int main()
{
  //Llamada a printf
  printf("Hola mundo\n");
  return 0;
}
```

- **#include** : es una directiva de preprocesador. Lo que hace es copiar todo el código del archivo stdio.h y pegarlo en esa línea.
- **int main()**: es la función que hace de punto de entrada del programa. Todo programa en C debe tener una función *main*.

Proceso de construcción

- **Preprocesado:** Las directrices que comienzan por # son directrices del preprocesador. Son interpretadas por el preprocesador, normalmente con sustituciones.
- **Compilación:** El código fuente ya preprocesado se transforma en código máquina.
- **Enlazado:** se integra todo el código objeto de las distintas unidades compiladas en un solo programa ejecutable.

Compilador

- El compilador que se utiliza habitualmente en entornos UNIX es *gcc* (GNU C Compiler)
- Sintaxis:
  - **gcc archivo.c –c –o archivo.o**: Preprocesa y compila *archivo.c* generando el fichero objeto *archivo.o*
  - **gcc archivo1.o archivo2.o –o archivo**: Enlaza ficheros *.o* y genera el ejecutable *archivo*
  - **gcc archivo.c –o archivo**: Preprocesa, compila y enlaza *archivo.c* generando el ejecutable *archivo*

Compilador

- Muchas más opciones de gcc:
  - Estándar de C
    - Estándar de C de 1999: -std=c99
    - Estándar de C de 2011: -std=c11. Por defecto a partir de gcc-5
  - Optimización de rendimiento
    - Diferentes niveles -O2, -O3
    - Eficiencia de cache: -Os
  - Warnings
    - -Wall –Wextra
    - Durante realización de pruebas: -Werror
  - Para saber más, consultar el manual (man)
- Entornos de compilación adicionales: Geany, NetBeans, Eclipse, Dev C++ …

Índice

Tipos de datos elementales

- Actualmente se recomienda incluir <stdint.h> y usar los tipos estándar
  - `Enteros (int)`
    - `int8_t, int16_t, int32_t, int_64t` : entero con signo
    - `uint8_t, uint16_t, uint32_t, uint_64t` : entero sin signo
    - `size_t entero capaz de contener el mayor tamaño de memoria disponible`
  - `float` : número en coma flotante, precisión simple 32 bits
  - `double` : número en coma flotante, doble precisión 64 bits
  - `char`: carácter. No se recomienda su uso para un único carácter, solo para secuencias
    - Para un carácter mejor usar uint8_t
  - `void` : tipo vacío

Tipos de datos derivados

- Tipos enumerados
  - Rango de valores pequeño
  - Cada valor identificado por un nombre

```
enum tMesesAnyo {enero=1, febrero, marzo, abril, mayo, junio,
    julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre, diciembre};
```

- Definición de tipos con typedef
  - Permite crear nuevos tipos de datos
  - Mejora legibilidad del código

```
typedef <tipo> <alias>;
```

Declaración de variables


```
/* Variables globales */
int i;
size_t j = 10;
float k, l;
static double m;

int funcion_1()
{
  /* Variables locales */
  int64_t c;
  uint8_t d = 'A';
  static int e;
  . . .
  . . .

  return 0;
}
```

Variables estáticas

- Se declaran al principio de un bloque con **static**
- Son visibles dentro de ese bloque
- Al finalizar el bloque no se destruyen, conservando su valor entre distintas ejecuciones del bloque al que pertenecen
  - Una variable global estática solo es accesible desde el fichero donde está declarada.
  - Una variable local estática conserva el valor entre distintas llamadas a la función.

Constantes

- Declaración:
  - Usando la directiva del preprocesador #define: `#define MAX_SIZE 64`
  - Usando *const* : `const int MAX_SIZE = 64;`
- Constantes carácter: encerrado entre apóstrofes
  - Uso de \ para caracteres especiales

Representación	Descripción	Carácter	Descripción ASCII
'\n'	Nueva línea	LF	10
'\t'	Tabulación	HT	9
'\b'	Espacio	BS	8
'\\'	Barra invertida	\	92
'\''	Comilla simple	'	39
'\"'	Doble comilla	' "	34
'\0'	Carácter nulo		0

Operadores

- Aritméticos: `+, -, *, /, % (módulo)`
- Lógicos: no existe un tipo de datos *boolean*. En C se utilizar enteros.
  - `0 es falso y distinto de 0 es verdadero.`
    - `A partir de C99 se puede usar <stdbool.h> que define true como 1 y false como 0.`
  - `&&, ||, ! : and, or y not.`
- Relacionales (devuelven un entero que indica si se cumple o no la condición) :
  - `>, >=, <, <=, !=, == (Obs: comparador de igualdad).`

Operadores

- Asignación:
  - `a = b` : asigna a `a` el valor de `b`
  - `a++, ++a, a--, --a` : postincremento, preincremento, postdecremento, predecremento
  - `+=, -=, *=, /=` : suma, resta, multiplicación y división con asignación.
    - Ejemplo: `a += b;` es equivalente a: `a = a + b;`
- Operadores de bit:
  - `&, |, ^, ~` : and, or, xor y not binarios
- Otros:
  - << , >> : desplazamiento de bits a izquierda y a derecha
  - `sizeof(variable o tipo)`: tamaño en memoria de la variable o tipo

Operadores

- Conversión de tipos:
  - Implícita:
    - En expresiones, el tipo más bajo promociona al más alto
    - En asignaciones, el valor del lado derecho se convierte al tipo de la variable de la izquierda
  - Explícita (*casting*)
    - (tipo) expresión

Operadores

- Precedencia
  - Prioridad de unos operadores frente a otros
  - Puede modificarse con paréntesis
- Asociatividad
  - Define el orden de ejecución para operadores con idéntica precedencia

Operadores	Asociatividad
( )	de izq. a der.
! ++ -- -(unario)	de der. a izq.
* / %	de izq. a der.
+ -(binario)	de izq. a der.
< <= > >=	de izq. a der.
== !=	de izq. a der.
&&	de izq. a der.
||	de izq. a der.

Índice

Estructuras de control: selección

- **if – then – else**
  - Llaves opcionales si solo hay una instrucción dentro del bloque.
  - *else* opcional.

```
if (expresion) {
        . . .
        . . .
}
else {
        . . .
        . . .
}
```

- **switch-case**
  - Solo evalúa valores discretos.
  - *default* (opcional): si no encuentra otra opción.
  - *break*: necesario. Evita la continuación dentro del switch.

```
switch (expresion) {
        case valor1:
        . . .
        break;
        case valor2:
        . . .
        break;
        . . . .
        default:
        . . .
}
```

Estructuras de control: bucles

- **while y do-while**

```
while (expresion) {
        . . .
}
```

```
do {
        . . .
} while(expresion);
```

  - Mientras la expresión sea distinto de 0 se ejecuta el bucle.
  - *do-while*: el bucle se ejecuta al menos una vez.

- **for**

```
for(inicialización; condición; actualización) {
        . . .
        . . .
}
```

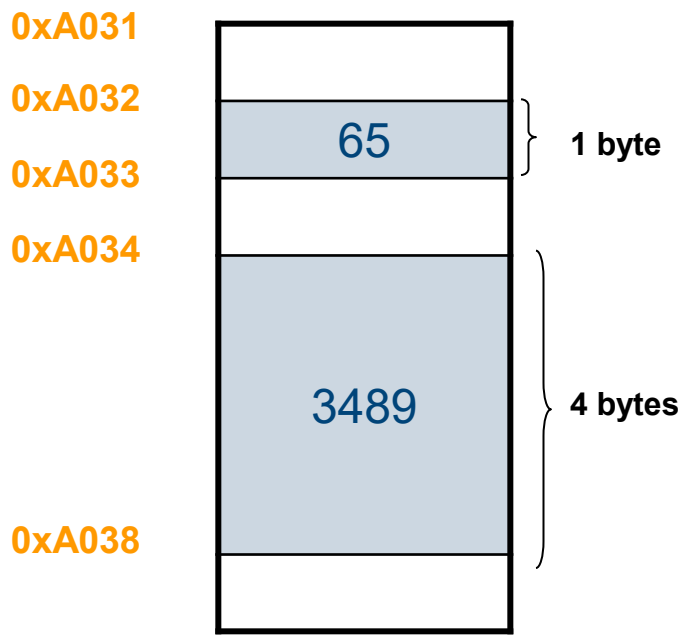
  - Inicialización: expresión que da un valor inicial al iterador del bucle.
  - Condición: expresión de permanencia en el bucle. Cuando la condición no se cumple, se sale del bucle.
  - Actualización: expresión que modifica el valor del iterador.

Índice

Punteros

- Concepto de variable
  - Región en memoria reservada para almacenar un dato de un tipo determinado
    - Posición de memoria inicial
    - Tamaño en bytes

```
char letra = 'A';
unsigned int entero = 3489;
```



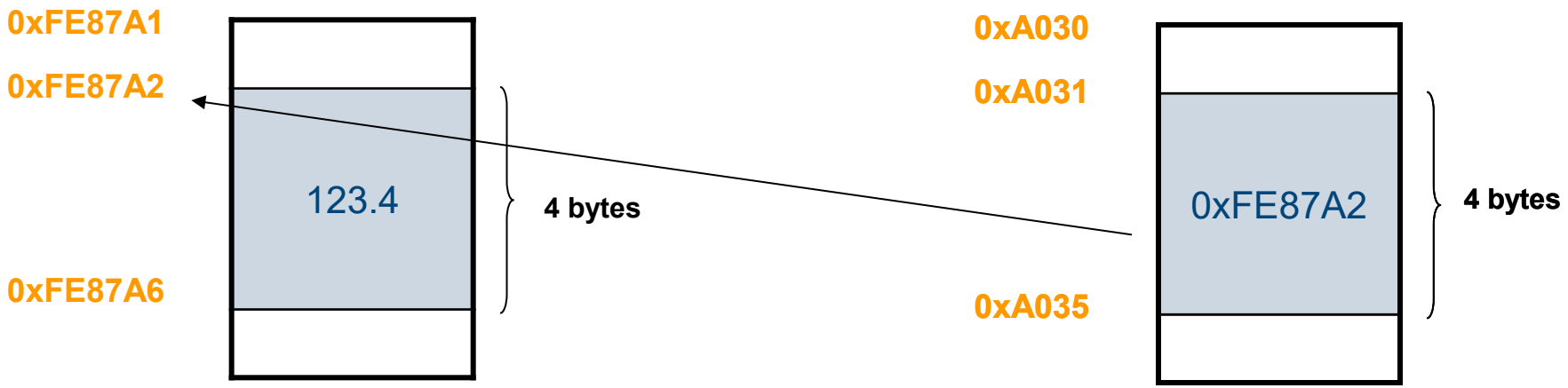
- **Punteros**:
  - Variable que representa una posición de memoria que contiene un dato.
  - Se declaran anteponiendo un * al nombre de la variable.

tipo * identificador;

  - Se puede acceder a una posición de memoria mediante &variable

float datoReal =123.4;

float * pDatoReal = &datoReal;



Punteros

- Operaciones:
  - El operador & devuelve la dirección de memoria donde se encuentra una variable. Es decir, se obtiene un puntero a la variable.
  - El operador * *dereferencia* el puntero. Es decir, se accede al valor apuntado.

```
int a = 0;
int *b;

b = &a; // b apunta a la dirección donde está a
*b = 127; // se guarda 127 en la dir. apuntada por b
//En este punto la variable a tiene valor 127
```

Punteros

- Operaciones:
  - Los punteros se pueden sumar, restar, etc
  - Esas operaciones se hacen en múltiplos del tamaño del dato apuntado

```
int16_t *a = . . . . //a apunta a algún lugar
a = a + 1; //apunta a sizeof(int16_t) más adelante
a = a + 4; //apunta a 4*sizeof(int16_t) más adelante
```

Memoria dinámica

- Cuando se declara una variable de tipo puntero, no apunta a ningún sitio “válido”, y no hay memoria reservada para esa variable.
- Para manejar memoria de forma dinámica, se utilizan las llamadas:
  - *void * malloc*(*size_t size):* devuelve un puntero a una zona de memoria de *size* bytes. Como devuelve un puntero *void** hay que convertirlo al tipo de puntero que se quiere usar.
  - *void *calloc(size_t nmemb, size_t size):* además de reservar memoria, inicializa a 0 la memoria reservada.
  - void *realloc(void *ptr, size_t size): redimensiona el espacio asignado de forma dinámica anteriormente a un puntero.
  - *void free(void *ptr)*: libera la zona de memoria apuntada por *ptr* y obtenida previamente con malloc

Memoria dinámica


```
float *a;
int *b;

//se reserva espacio en memoria para 24 floats
a = (float *) malloc (24*sizeof(float));
//se reserva espacio en memoria para 16 ceros
b = (int *) calloc (16, sizeof(int));
…
// Utilización de a y b
float *tmp_a = realloc(a, 48*sizeof(float));
a = tmp_a;
…
//se libera los espacios de memoria reservados
free(a);
free(b);
```

Paso de Argumentos

- Los argumentos de las funciones por defecto se pasan por **valor**.
- Si se quiere pasar un argumento por **referencia** se deben usar punteros de forma activa.

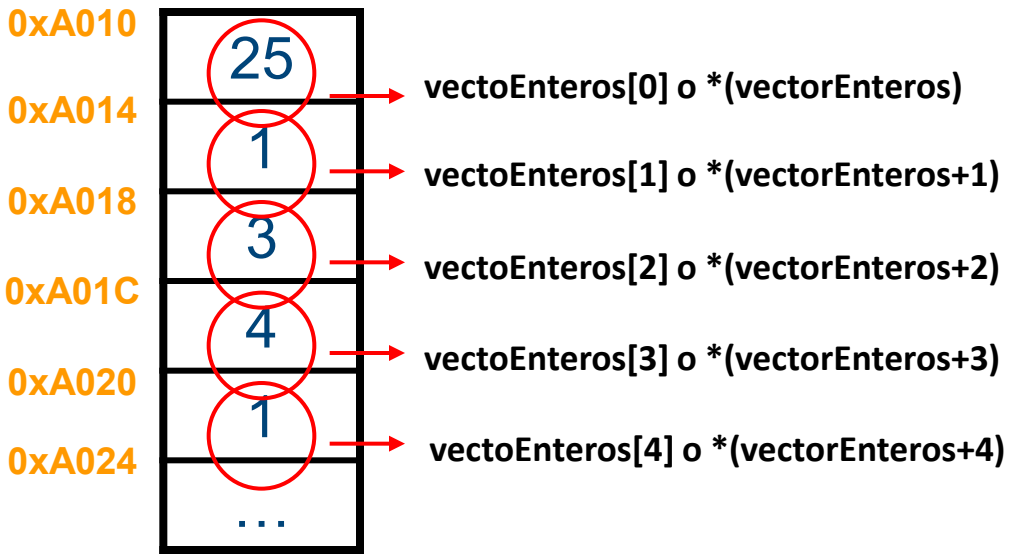
```
//Ejemplo de paso de argumentos por referencia
void intercambia(void *a, void *b) {
        size_t aux;
        aux = (size_t) *a;
        (size_t) *a = (size_t) *b;
        *b = aux;
}

//Llamada a la función
size_t x = 10, y = 20;
. . .
intercambia(&x, &y);
```

Relación entre punteros y arrays

- Los arrays se pueden comportar como punteros, y los punteros como arrays.
- Una variable de tipo array es un puntero al primer elemento del array.
- Un puntero al primer elemento de una colección puede usarse como un array.

```
int vectorEnteros[]={25,1,3,4,1};
```



Relación entre punteros y arrays

- Diferencias:
  - Un array tiene un tamaño asociado, un puntero no.
    - **Un array debe definir su tamaño en tiempo de compilación**
    - A partir de c99 se permite arrays de longitud variable siempre que sean pequeños
  - Un array es un puntero estático, no se puede cambiar el lugar al que apunta.

```
size_t a[128]; //array de 128 elementos
int s1 = sizeof(a); //s1 valdrá 128*sizeof(size_t)

size_t *b = (size_t *) malloc (128*sizeof(size_t);
//b es un puntero a una colección de 128 enteros
int s2 = sizeof(b);
//s2 valdrá 4 u 8, que es el tamaño de una dirección
```

Strings

- En C no existe un tipo de datos específico String para representar las cadenas de caracteres.
  - Se utilizan arrays de caracteres (char *, char[]) acabados en el caracter '\0'
- Una cadena de caracteres entre comillas dobles representa un *string*.

```
char string1[] = "Hola";
char *string2 = "Hola";
char *string3 = {'H', 'o', 'l', 'a', '\0'}
```

Strings

- Para trabajar con *strings* se utilizan diferentes funciones de biblioteca:
  - strlen: devuelve la longitud del string.
  - strcat: concatena dos strings.
  - strcpy: copia un string sobre otro.
  - strdup: duplica un string.
  - strchr: busca un carácter en el string.
  - strcmp: compara dos cadenas de caracteres

- Se encuentran en el fichero *<string.h>*

Registros

- Son tipos compuestos formados por elementos heterogéneos.
- Dentro del registro cada elemento tiene un identificador y un tipo.

```
//Declaración del registro
typedef struct Complejo {
      float real;
      float imag;
} Tcomplejo;

//Declaración de variables del tipo registro
Tcomplejo uncomplejo, otrocomplejo;
```

Registros

- Para acceder a los elementos de un registro estructura se utiliza el operador punto (.)

```
uncomplejo.real = 1.3;
uncomplejo.imag = 2.7;
```

- Si se trata de un puntero a registro se puede atajar con el operador flecha (->)

```
Tcomplejo *a =
(Tcomplejo *) malloc (sizeof(Tcomplejo));

a->real = 2.4; //lo mismo que (*a).real = 2.4;
a->imag = 3.14; //lo mismo que (*a).imag = 3.14;
```

Índice

Funciones

- Las funciones se pueden “declarar”, para que en el resto del código se sepa que existen y como es su interfaz (prototipo).
  - Luego, hay que implementar su funcionalidad (cuerpo).
  - Orden: antes de llamar a una función es necesario conocer su cabecera por lo menos.

```
//Declaración de la función
int media(int a, int b);

--- Código que utiliza media(a,b)

int media(int a, int b)
{
        int result;
        result = (a + b)/2;
        return result;
}
```

Paso de argumentos

- Por defecto, los argumentos de las funciones se pasan por **valor**.
- Si se quiere pasar un argumento por **referencia** se deben usar punteros de forma explícita.

```
//Ejemplo de paso de argumentos por referencia
void intercambia(void *a, void *b) {
        size_t aux;
        aux = (size_t) *a;
        (size_t) *a = (size_t) *b;
        *b = aux;
}

//Llamada a la función
size_t x = 10, y = 20;
. . .
intercambia(&x, &y);
```

main

- La función `main` es el punto de entrada del programa.
  - Solo puede haber una función `main` por ejecutable (aunque esté formado por varios archivos)
- Puede recibir argumentos que serán los argumentos que se le pasen por línea de mandatos a la hora de ejecutar el programa.

```
int main(int argc, char *argv[], char *envp[])
```

- `argc`: es un entero que indica el número de argumentos recibido.
- `*argv[]`: es un puntero a un *array* de *strings*. Cada entrada del *array* es uno de los argumentos.
- `*envp[]`: es un puntero a un *array* de *strings*. Cada entrada del *array* es una variable de entorno heredada del proceso padre.

main

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char *argv[])
{
	// Imprime número de argumentos
	printf("Se han recibido %d argumentos\n",argc);
	int i;
	for(i = 0; i < argc; i++)
	{
		// Imprime argumento a argumento
		printf("Argumento %d = %s\n",i,argv[i]);
	}
	return 0;
}
```

Índice

Entrada/Salida

- Definidas en <*stdio.h*>
- Funciones disponibles para entrada/salida:
  - printf: permite escribir en la pantalla
  - scanf: para leer del teclado con formato.
  - getchar/putchar: leer/escribir un carácter.
  - gets: para leer una línea del teclado.
  - puts: para escribir una línea en la pantalla.

```
printf ("format", …);
```

- Format: es el string que se imprimirá en pantalla. Admite una serie de caracteres de sustitución que serán reemplazados en orden por el resto de argumentos de la función.

```
char dia[] = "Domingo";
int8_t hora = 12;
int8_t min = 30;

printf("Hoy es %s y son las %d:%d\n", dia,hora,min);
```

Entrada/Salida

- Se debe especificar el formato de cada dato a utilizar

```
[flags] [ancho][.precisión] [longitud] especificador_formato
```

Especificador de formato		Descripción
%c		carácter individual
%d	%i	entero decimal con signo
%zu		size_t
%o	%ou	entero octal con y sin signo
%x	%X	entero hexadecimal con signo
%f	%F	double con notación decimal-punto
%e	%E	double con notación exponencial
%p		valor de un puntero hexadecimal. Recomendable hacer cast a (void *)
%s		cadena de caracteres

scanf

- Lectura por teclado de los datos de entrada

```
scanf (cadena_de_control, &var1, &var2, …);
```

- cadena_de_control
  - contiene especificadores de formato
    - establecen la forma de leer los datos
    - son los mismos que los utilizados en printf
  - tantos especificadores como datos a leer

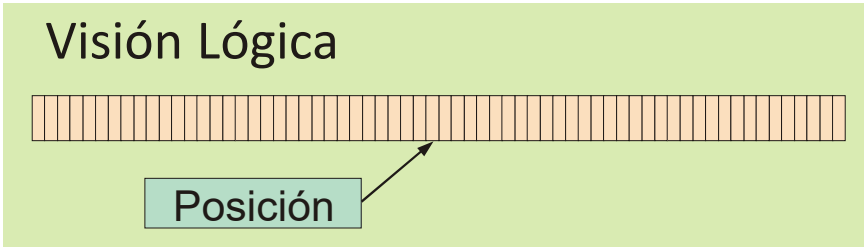
```
size_t limite;

printf("Introduzca el límite superior de la serie: ");
scanf("%d", &limite);
```

Índice

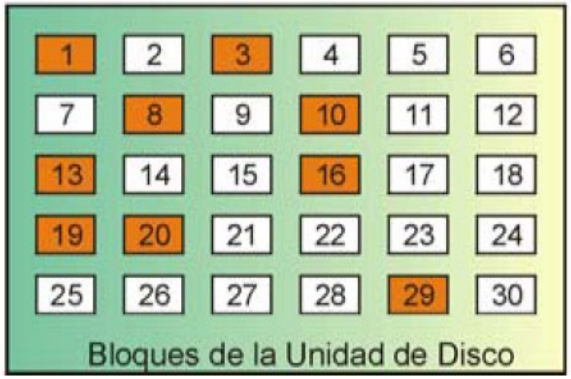
Ficheros

- Un fichero es una unidad de almacenamiento lógico no volátil que agrupa un conjunto de información relacionada entre sí bajo un mismo nombre.
- Visión lógica de un fichero: conjunto de datos en secuencia con un puntero de posición que apunta al último dato accedido.



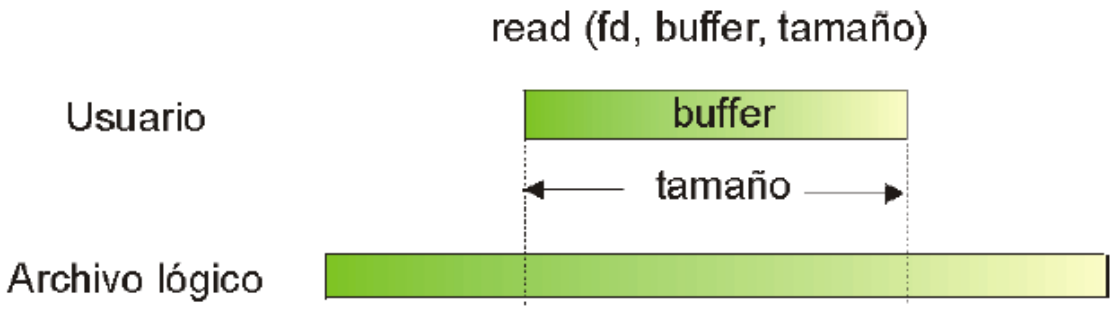
- Visión física de un fichero: conjunto de bloques almacenados en el disco.

Archivo A
Bloques: 13
20
1
8
3
16
19
10
29



Ficheros binarios y de texto

- **Ficheros binarios**: contienen información binaria "en crudo", tal como se almacena en memoria principal.
  - Pensados para ser manipulados por programas y no por personas.
  - Se accede a ellos por bloques de bytes de un cierto tamaño.



- **Ficheros de texto**: contienen caracteres ASCII.
  - Pensados para ser manipulados directamente por personas.
  - Son accesibles por caracteres, por cadenas o por líneas.

Descriptores de ficheros

- Entero no negativo que identifica el índice de la tabla de descriptores de ficheros, única por cada proceso. Cada entrada de la tabla:
  - Representa un fichero abierto.
  - Lleva asociado un offset o puntero indicando la posición por la cual está leyendo/escribiendo.
- Algunos descriptores están predefinidos:
  - 0: entrada estándar
  - 1: salida estándar
  - 2: salida de error
- Se asignan en orden
  - Todas las llamadas al sistema que devuelven un descriptor de fichero, devuelven el más bajo disponible (por proceso), salvo *dup2*.

Descriptores de ficheros


```
fd1 = open("datos.txt",O_RDONLY);
…
fd2 = open("datos.txt",O_RDONLY);
```

Tabla de ficheros:
(una por cada programa)

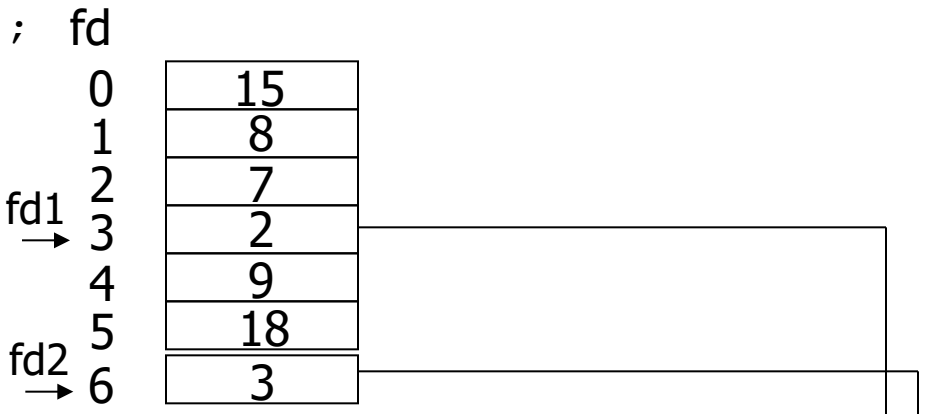
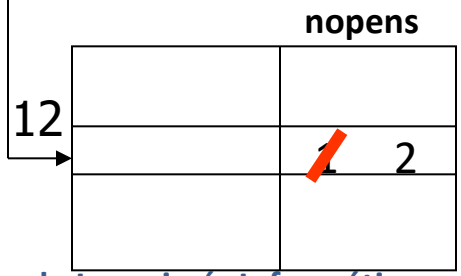


Tabla intermedia:
(perteneciente al SO)

Tabla de i-nodos:



Llamadas para tratamiento de ficheros

- open: apertura de un fichero
- creat: creación de un fichero
- read: lectura de un fichero
- write: escritura en un fichero
- lseek: posicionamiento del puntero
- close: cierre de un fichero
- dup, dup2: duplicar un descriptor de fichero

Apertura de un fichero


```
int open (char* name, int flags [, mode_t mode]);
```

- Argumentos:
  - `name`: cadena de caracteres con el nombre del fichero
  - `flags`:
    - `O_RDONLY`: El fichero se abre de sólo lectura
    - `O_WRONLY`: El fichero se abre de sólo escritura
    - `O_RDWR`: El fichero se abre de lectura y escritura
    - `O_APPEND`: Se escribe a partir del final del fichero
    - `O_CREAT`: Si no existe el fichero, se crea y no da error
    - `O_TRUNC`: Se trunca el fichero
    - Se pueden aplicar varios a la vez separándolos con `|`
  - `mode`: permisos del fichero (sólo con flag `O_CREAT`)
- Valor devuelto: Descriptor de fichero ó -1 en caso de error

Creación de un fichero

```
int creat (char* name, mode_t mode);
```

- Argumentos:
  - `name`: cadena de caracteres con el nombre del fichero
  - `mode`: bits de permisos del fichero:
    - `S_IRUSR, S_IWUSR, S_IXUSR`: R, W, X (user)
    - `S_IRGRP, S_IWGRP, S_IXGRP`: R, W, X (group)
    - `S_IROTH, S_IWOTH, S_IXOTH`: R, W, X (others)
- Valor devuelto:
  - Descriptor de fichero ó -1 en caso de error
- Funcionamiento:
  - Crea un fichero si no existe, o lo trunca si ya existía
  - Similar a `open` con `O_WRONLY | O_CREAT | O_TRUNC`

Lectura de un fichero binario


```
size_t read (int fd, void* buf, size_t n_bytes);
```

- Argumentos:
  - `fd`: descriptor de fichero del fichero que se va a leer
  - `buf`: buffer donde se van a almacenar los Bytes leídos
  - `n_bytes`: número de Bytes que se quiere leer

- Valor devuelto:
  - Número de Bytes leídos ó -1 en caso de error

- Funcionamiento:
  - Lee `n_bytes` como máximo (menos si el fichero es menor)
  - Se incrementa el puntero del fichero por cada Byte leído

Escritura de un fichero binario


```
size_t write (int fd, void* buf, size_t n_bytes);
```

- Argumentos:
  - `fd`: descriptor de fichero del fichero que se va a leer
  - `buf`: buffer que contiene los Bytes a escribir en el fichero
  - `n_bytes`: número de Bytes que se quiere escribir

- Valor devuelto:
  - Número de Bytes escritos ó -1 en caso de error

- Funcionamiento:
  - Escribe `n_bytes` (si no se interrumpe por una señal)
    - Podría escribir menos. Es necesario comprobar el número de bytes escritos
  - Se incrementa el puntero del fichero por cada byte escrito

Posicionamiento del puntero


```
off_t lseek (int fd, off_t offset, int whence);
```

- Argumentos:
  - `fd`: descriptor de fichero del fichero cuyo puntero se cambia
  - `offset`: desplazamiento, positivo o negativo, del puntero
  - `whence`: tipo de desplazamiento del puntero:
    - SEEK_SET: posición del puntero = `offset`
    - SEEK_CUR: posición del puntero = posición actual + `offset`
    - SEEK_END: posición del puntero = tamaño fichero + `offset`
- Valor devuelto:
  - La nueva posición del puntero, ó -1 en caso de error
- Funcionamiento:
  - Desplaza el puntero de acceso del fichero asociado a `fd`

Cierre de un fichero

```
int close (int fd);
```

- Argumentos:
  - `fd`: descriptor de fichero del fichero que se quiere cerrar
- Valor devuelto:
  - 0 si todo ha ido bien, ó -1 en caso de error

Ejemplo: mycp.c


```
#include ...
#define LONBUFFER 256
int main (void) {
    int fde, fds, nr;
    char *entrada = "entrada”;
    char *salida = "salida";
    char buffer[LONBUFFER];
    if ((fde=open(entrada,O_RDONLY)) < 0) {
        printf("Error al abrir el fichero %s.\n%s.\n", entrada,strerror(errno));
        return 1;
    }
    else if ((fds=open(salida,O_WRONLY|O_TRUNC|O_CREAT,S_IRUSR|S_IWUSR|S_IRGRP,S_IROTH)) < 0) {
        printf("Error al abrir el fichero %s.\n%s.\n", salida,strerror(errno));
        close(fde);
        return 1;
    }
    while ((nr = read(fde,buffer,LONBUFFER)) > 0)
        write(fds,buffer,nr);
    close(fde);
    close(fds);
    return 0;
}
```

Duplicar un descriptor de fichero

- Crea una copia del descriptor de fichero
- Se comparten *locks*, indicadores de posición de fichero y *flags*.
  - Cerrojos (*locks*): permiten regular el acceso a los ficheros.
    - Alcance: fichero completo o parte de él.
    - Acceso compartido o exclusivo.
    - Funciones: flock, fstat.
  - *Flags*: modo de apertura del fichero (lectura, escritura, concatenación, etc).
- Formas de llamada
  - *int dup(int oldfd)*: usa el descriptor libre con menor numeración posible como nuevo descriptor.
  - *int dup2(int oldfd, int newfd)*: hace que el nuevo descriptor sea la copia del viejo, cerrando primero el nuevo si es necesario.

Duplicar un descriptor de fichero


```
int dup (int fd);
```

- Argumentos:
  - `fd`: descriptor de fichero que se quiere duplicar
- Valor devuelto:
  - Un descriptor de fichero, ó -1 en caso de error
- Funcionamiento:
  - Crea una copia del descriptor de fichero `fd`
  - Devuelve el descriptor libre más bajo posible

Duplicar un descriptor de fichero


```
int dup2 (int oldfd, int newfd);
```

- Argumentos:
  - `oldfd`: descriptor de fichero que se quiere duplicar
  - `newfd`: nuevo descriptor de fichero
- Valor devuelto:
  - El nuevo descriptor de fichero, ó -1 en caso de error
- Funcionamiento:
  - Hace que `newfd` sea una copia de `oldfd`, cerrando `newfd` si es necesario

Duplicar un descriptor de fichero


```
fd1 = open("datos.txt",O_RDONLY);
…
dup2(fd1, 1);
```

Tabla de ficheros:
(una por cada proceso)

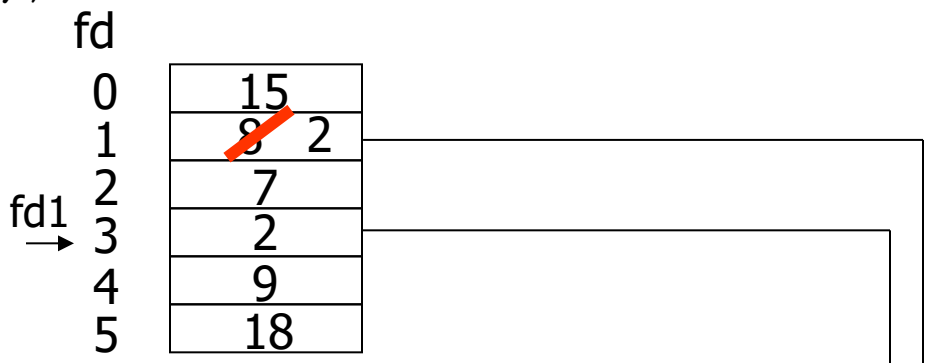
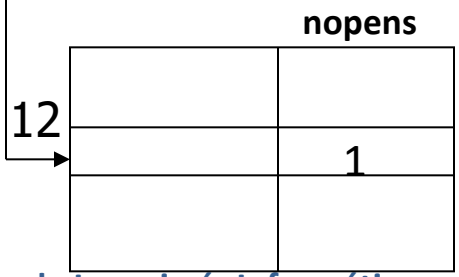


Tabla intermedia:
(perteneciente al SO)

Tabla de i-nodos:



Tratamiento de directorios

- mkdir: creación de un directorio
- rmdir: borrado de un directorio
- getcwd: obtención del directorio actual
- chdir: cambio de directorio

Creación de un directorio

```
int mkdir (char* name, mode_t mode);
```

- Argumentos:
  - `name`: cadena de caracteres con el nombre del directorio
  - `mode`: bits de protección del directorio:
    - `S_IRUSR, S_IWUSR, S_IXUSR`: R, W, X (user)
    - `S_IRGRP, S_IWGRP, S_IXGRP`: R, W, X (group)
    - `S_IROTH, S_IWOTH, S_IXOTH`: R, W, X (others)

- Valor devuelto:
  - 0 si todo ha ido bien, ó -1 en caso de error

Obtención del directorio actual


```
char* getcwd (char* buf, size_t size);
```

- Argumentos:
  - `buf`: buffer donde se va a almacenar el directorio actual
  - `size`: tamaño en Bytes del buffer
- Valor devuelto:
  - Puntero a `buf`, ó `NULL` en caso de error
- Funcionamiento:
  - Obtiene en `buf` el nombre del directorio actual

Cambio de directorio


```
int chdir (char* name);
```

- Argumentos:
  - `name`: cadena de caracteres con el nombre del directorio
- Valor devuelto:
  - 0 si todo ha ido bien, ó -1 en caso de error
- Funcionamiento:
  - Cambia el directorio actual al directorio `name`

Índice

Funciones de biblioteca

- Construidas sobre las llamadas al sistema
- Permiten realizar operaciones de E/S como si se realizaran sobre un *stream* o flujo de datos.
  - Un *stream* nos permite establecer una conexión (entre un origen y un destino) a través de la cual circula información:
- En vez de utilizar descriptores de ficheros se utilizan tipos de datos creados expresamente:
  - FILE: tipo de datos que representa un fichero abierto. Existen varias variables predefinidas
    - *stdin* = descriptor 0
    - *stdout* = descriptor 1
    - *stderr* = descriptor 2
  - DIR: tipo de datos que representa un directorio abierto

Funciones de biblioteca

- Funciones de biblioteca para manejo de ficheros:
  - fopen: abre un fichero.
  - fclose: cierra un fichero.
  - fread: leer datos de un fichero.
  - fwrite: escribir datos a un fichero.
  - fprintf/fscanf: igual que printf y scanf pero con ficheros en lugar de *stdout* y *stdin*.
  - fputs/fgets: escribe/lee una línea completa de un fichero.
  - ftell/fseek: leer/modificar el puntero de posición (int).
  - fgetpos/fsetpos: leer/modificar el puntero de posición (fpos_t).
  - rewind: poner el puntero al comienzo del FILE *.
  - rename: renombrar fichero.
  - remove: borrar fichero.

- Apertura de un archivo

```
FILE* fopen(const char* nombreArchivo, const char* modo);
```

Modo	Descripción
r	Solo lectura.
w	Trunca el fichero para escritura.
a	Escritura al final del fichero.
r+	Lectura y escritura.
w+	Lectura y escritura. Fichero creado si no existe.
a+	Lectura desde comienzo y escritura desde el final.

- Devuelve un puntero a `NULL` si no se puede abrir el archivo

- Cierre de archivos

```
int fclose( FILE* pf);
```

  - Importancia de cerrar un fichero
    - Los flujos `FILE` llevan asociado un buffer intermedio
      - Exceptuando *stderr*
    - **Este buffer sólo se vuelca al fichero cuando está lleno**
      - De esta forma se consigue reducir el número de accesos a un fichero durante la ejecución de un programa
      - Si no se cierra un archivo, puede que no se guarden los últimos cambios hechos.
  - Devuelve un cero si el archivo se cerró con éxito

Entrada/Salida con ficheros de texto

- Lee / escribe líneas de texto

```
char* fgets(char* cad, int n, FILE *pf );
```

```
int fputs (const char *cad, FILE *pf);
```

- Escribe / lee con formato específico

```
int fprintf (FILE* PF, const char* cadControl,…);
```

```
int fscanf(FILE* pf, const char* cadControl, …);
```

- Lee / escribe un carácter

```
int fgetc(FILE* pf);
```

```
int fputc(int c, FILE* pf);
```

Entrada/Salida con ficheros binarios

- Lee / escribe bloques de datos en binario

```
size_t fread(void* ptr, size_t tam, size_t n, FILE* pf);
```

```
size_t fwrite(const void* ptr, size_t tam, size_t n, FILE* pf);
```

- En los ficheros binarios la información se escribe tal cual se almacena en memoria
  - Optimiza el tamaño ocupado por un archivo

Ejemplo: mycpbin.c


```
#include ...
#define LONBUFFER 256
int main (void) {
    FILE *fe, *fs;
    int nr;
    char *entrada = "entrada";
    char *salida = "salida";
    char buffer[LONBUFFER];
    if ((fe=fopen(entrada,"r")) == NULL) {
        fprintf(stderr,"Error al abrir el fichero %s.\n%s.\n",entrada,strerror(errno));
        return 1;
    }
    else if ((fs=fopen(salida,"w")) == NULL) {
        fprintf(stderr,"Error al abrir el fichero %s.\n%s.\n",salida,strerror(errno));
        fclose(fe);
        return 1;
    }
    while ((nr = fread(buffer,sizeof(char),LONBUFFER,fe)) > 0)
        fwrite(buffer,sizeof(char),nr,fs);
    fclose(fe);
    fclose(fs);
    return 0;
}
```

- Funciones de E/S para reposicionar el puntero
  - Leer / posicionar el puntero

```
int ftell (FILE *stream);
```

```
int fseek (FILE *stream, long offset, int whence);
```

```
int fgetpos (FILE *stream, fpos_t *pos);
```

```
int fsetpos (FILE *stream, fpos_t *pos);
```

  - Rebobinar el fichero (poner el puntero al principio)

```
void rewind (FILE *stream);
```

Relación entre descriptor y FILE *

- Obtener el FILE * de un fichero ya abierto a partir de su descriptor
  - El fichero se abrió o creó con anterioridad mediante open, creat, etc.

```
FILE * fdopen (int fd, char *mode);
```

- Obtener descriptor de un fichero ya abierto a partir de su FILE *
  - El fichero se abrió o creó con anterioridad mediante fopen.

```
int fileno (FILE *stream);
```

Funciones de biblioteca

- Funciones de biblioteca para el manejo de directorios:
  - opendir: abre un fichero.
  - closedir: cierra un fichero.
  - readdir: leer una entrada de directorio.
  - rewinddir: rebobinar un directorio.

Entrada/Salida con directorios

- Creacción de un directorio:

```
DIR* opendir (char* dirname);
```

- Argumentos:
  - `dirname`: nombre del directorio que se quiere abrir
- Valor devuelto:
  - Un puntero a una estructura `DIR`, o `NULL` en caso de error
- Funcionamiento:
  - Abre un directorio y se coloca en su primer elemento

Entrada/Salida con directorios

- Lectura de un directorio:

```
struct dirent* readdir (DIR* dirp);
```

- Argumentos:
  - `dirp`: puntero a la estructura devuelta por `opendir`
- Valor devuelto:
  - Un puntero que representa una entrada de un directorio, o `NULL` en caso de error
- Funcionamiento:
  - Devuelve la siguiente entrada del directorio que representa `dirp` y avanza el puntero a la siguiente

Entrada/Salida con directorios

- Creacción de un directorio:

```
int closedir (DIR* dirp);
```

- Argumentos:
  - `dirp`: puntero a la estructura devuelta por `opendir`

- Valor devuelto:
  - 0 si todo ha ido bien, ó -1 en caso de error

Índice

Control de errores

- Muchas de las funciones de biblioteca y llamadas al sistema proporcionan un código de error si no han conseguido realizar su propósito.
  - 0 suele significar funcionamiento correcto
  - Cualquier otro número significa un código de error
- La biblioteca estándar proporciona un mecanismo para controlar estos errores y convertirlos en algo "legible".
  - Las funciones devuelven el código de error en una variable global denominado *errno*.
  - La función *strerror(int errno)* convierte el código de error a una cadena de texto más explicativa.

Control de errores

- Ejemplo:

```
#include <stdio.h>
#include <errno.h> //Para errno
#include <string.h> //Para strerror

int main()
{
FILE *f1;
f1 = fopen(”file.txt", "r+");
if(f1 == NULL)
  fprintf(stderr, "Error al abrir el fichero. %s\n“,strerror(errno));
else
  fprintf(f1,”Hola mundo\n");
}
```

Índice

Aplicaciones modulares

- La definición de un módulo en C viene dada por:
  - Un archivo de cabecera (.h)
    - Define la interfaz del módulo, es decir, qué ofrece el módulo definido
    - Debería contener: definiciones de tipos y declaraciones de funciones (prototipos)
    - Para evitar que se incluya en fichero más de un vez

      #pragma once
  - Un archivo fuente (.c)
    - Define los detalles de implementación del módulo
    - Inclusión de su correspondiente fichero de cabecera

      #include “file.h”
    - Implementación de funciones declaradas y no declaradas en el fichero de cabecera

Aplicaciones modulares

- La posibilidad de definir módulos en C permite:
  - Definición de nuevos tipos de datos junto con sus operaciones (TADs)
    - Colección de valores legales de datos y operaciones primitivas que se pueden realizar sobre esos valores
    - La definición de un TAD implica la definición de:
      - Una interfaz pública
      - Representación privada o implementación
  - La creación de bibliotecas o librerías de funciones

Librerías

- **Librería estática (lib**nombre**.a** (Linux) / librería**.lib** (Windows))
  - “Se copia" el código dentro del ejecutable cuando lo compilamos.
  - Solo se copia aquella parte de la librería que se necesite.
- **Librería dinámica (lib**nombre**.so** (Linux) / librería**.dll** (Windows))**:**
  - No se copia en nuestro programa al compilarlo.
  - Cuando se ejecuta un programa que la requiere, cada vez que el código necesite algo de la librería, irá a buscarlo a ésta.

Librería estática

- Creación de la librería:
  - Obtener los ficheros objeto (**.o**) a partir de todos nuestros fuentes (**.c**).

    ```
    gcc -c fuente.c -o fuente.o
    ```

    - La opción **-c** le dice al compilador que no cree un ejecutable, sino sólo un fichero objeto.
  - Crear la librería (**.a**).

    ```
    ar -rv libnombre.a fuente1.o fuente2.o ...
    ```

    - La opción **-r** le dice al mandato **ar** que tiene que insertar los ficheros objeto en la librería, o reemplazarlos si ya están en ella.

- Compilación de un programa que usa la librería:

  ```
  gcc -o miprograma miprograma.c -I<path1> -I<path2> ... -L<path1>
  -L<path2> ... -llibreria1 -llibreria2
  ```

  - **-llibreria** indica que se debe coger esa librería. El prefijo **lib** y la extensión **.a** las pone automáticamente el compilador. Es necesario ponerlas por orden si una depende de otra.

Librería dinámica

- Creación de la librería:
  - Compilar los fuentes, igual que antes, para obtener los objetos.
  - Crear la librería (**.so**)

```
ld -o liblibreria.so objeto1.o objeto2.o ... -shared
```

    - La opción **-o liblibreria.so** indica el nombre que queremos dar a la librería.
    - La opción **-shared** indica que debe crear una librería y no un ejecutable (que sería la opción por defecto).

- Compilación de un programa que usa la librería:

```
gcc -o miprograma miprograma.c -I<path1> -I<path2> ...
-L<path1> -L<path2> ...  -Bdynamic -llibreria1 -llibreria2
```

  - Se debe definir la variable de entorno **LD_LIBRARY_PATH** con todos los directorios donde haya librerías dinámicas de interés.

```
$ LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:<path1>:<path2>:<path3>
$ export LD_LIBRARY_PATH
```

Librería dinámica

- Creación:
  - Compilar los fuentes, igual que antes, para obtener los objetos.
  - Crear la librería (.so)

    ld -o liblibreria.so objeto1.o objeto2.o ... -shared
    - La opción **-o** liblibreria.so indica el nombre que queremos dar a la librería.
    - La opción **-shared** indica que debe crear una librería y no un ejecutable (opción por defecto).
- Compilación:

```
gcc -o miprograma miprograma.c -I<path1> -I<path2> ...
-L<path1> -L<path2> ...  -Bdynamic -llibreria1 -llibreria2
```

  - Se debe definir la variable de entorno **LD_LIBRARY_PATH** con todos los directorios donde haya librerías dinámicas de interés.

    $ LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:<path1>:<path2>:<path3>
    $ export LD_LIBRARY_PATH
  - Comprobar los ficheros de librería utilizados: mandato **ldd**

Makefile

- Para simplificar el proceso de compilación lo habitual es hacer un fichero **Makefile** en el mismo directorio donde estén los fuentes
  - Ejecución desde la shell: `make objetivo`
- Posible definición de variables:

```
CFLAGS=-I<path1> -I<path2> ...
CC=gcc
```

- Ordenados en forma de reglas:

```
objetivo: dependencias
    comandos
```

- Reglas virtuales: sin dependencias

```
clean :
        rm *.o *~
```

- Reglas implicitas:

```
programa : programa.o
programa.o : programa.c
```

- Reglas patrón:

```
%.o : %.c
        $(CC) $(CFLAGS) $< -o $@
```