CENTRO SUPERIOR DE INFORMÁTICA
Dpto. de Estadística, I. O. y Computación
Teoría de Autómatas y Lenguajes Formales

Introducción
al Lenguaje de Programación
C

Francisco de Sande
sande@csi.ull.es

Departamento de Estadística, I. O. y Computación
Universidad de La Laguna

Centro Superior de Informática
Abril, 1999

INDICE

1. Introducción al lenguaje C

El presente curso de introducción al C está pensado para ser impartido en unas 10 horas de clase. Se supone como prerequisito que el alumno ya conoce Pascal, y por ello muchas de las construcciones de C se estudian muy por encima, pues son absolutamente análogas a su contrapartida Pascal.

1.1. Historia

El lenguaje C fue diseñado en los años sesenta por Dennis Ritchie, de los Laboratorios Bell. El propósito era ser el lenguaje del sistema operativo UNIX.

Surgió a partir de dos lenguajes de programación de sistemas, BCPL y B.

En 1978 Kernighan y Ritchie publican su descripción en el libro "The C Programming Language", versión que es llamada hoy en día 'K&R C'.

A mediados de los ochenta ya había en el mercado numerosos compiladores C, y muchas aplicaciones habían sido reescritas a él para aprovechar sus ventajas.

Durante este período de tiempo numerosos fabricantes introducen mejoras en el lenguaje, las cuales son recogidas por un comité de estandarización ANSI y establecen las especificaciones de lo que se conoce hoy en día como 'ANSI C'.

1.2. Características

El C se encuentra en la jerarquía de lenguajes en un nivel intermedio entre Pascal y el Ensamblador. Pretende ser un lenguaje de alto nivel con la versatilidad del bajo nivel.

Se diseñó junto con el sistema operativo UNIX y está muy orientado a trabajar en su entorno.

En su desarrollo se siguieron una serie de líneas generales tales como:

El compilador debe ser lo más pequeño y eficiente posible. Pocas palabras reservadas, esto es, un conjunto reducido de sentencias. No existe anidamiento de procedimientos.

La entrada/salida no se considera parte del lenguaje en sí, sino que se suministra a través de funciones de librería. La misma política se sigue con cualquier otro tipo complejo de instrucciones.

Para escribir un programa se debe poder escribir poco texto. Para lograr esto se reduce el número de palabras claves.

Con ello se llegó a un compilador con un poderoso juego de instrucciones, que permite aumentar la productividad/día de los programadores.

A pesar de ello el C es un lenguaje rápido de aprender, que deriva en compiladores sencillos de diseñar, robustos, y que generan objetos pequeños y eficientes.

Una de las características más apreciadas de C es su gran portabilidad, gracias a que deja en manos de librerías las funciones dependientes de la máquina, ¡y todo ello sin restringir el acceso a dicha máquina!

Estas y otras características lo hacen adecuado para la programación en areas tales como:

- programación de sistemas
- estructuras de datos y sistemas de bases de datos
- aplicaciones científicas
- software gráfico
- análisis numérico

1.3. Críticas

Dentro de las principales críticas que se le achacan podemos destacar:

- Lo poco estricto que es el lenguaje con la comprobación de los tipos de datos, dejando esta tarea muchas veces en manos del programador.
- El no verificar automáticamente los límites de los vectores.
- La repetición que hace de símbolos en operadores diferentes (=,*,-). (Sobrecarga de operadores).
- El no poder anidar funciones, con lo que se dificulta la estructuración y la abstracción de datos.
- La incertidumbre existente en el orden de evaluación de las listas de expresiones y parámetros.
- La facilidad con que los programas pueden derivar hacia ser crípticos.

```
for(i=0;i<10;i++)
  for (j=0;j<10;)
     *(*(x+i)+j++)=(y[i][j]>*(*(z+i)+j))?1:2;

for (;*a|*b;*p++=(*a>*b)?*a++;*b++);
```

Figura 1 Programas crípticos

2. Identificadores, palabras reservadas y caracteres especiales

Un identificador puede estar compuesto de cualquier combinación de letras (minúsculas y mayúsculas), dígitos y el símbolo subrayado '_'. La única restricción es que el primer carácter debe ser una letra o un subrayado.

Identificadores válidos	Identificadores no válidos	
x	4num	(primer carácter no es letra)
y2		
suma_1	“x”	(carácter ilegal “)
_t	orden-no	(carácter ilegal -)
TABLA	ind lis	(espacio ilegal)

Figura 2 Ejemplos de identificadores legales e ilegales

No se limita la longitud de los identificadores. Pero algunas implementaciones sólo reconocen los 8 primeros y otras (ANSI) los 31 primeros caracteres.

Se diferencia entre mayúsculas y minúsculas.

Existe un conjunto de caracteres que tienen un significado especial en el lenguaje C. Se muestran en la figura3.

```
!  *  +  \  "  <
#  (  =  |  {  >
%  )  ~  ;  }  /
^  _  [  :  ,  ?
&  -  ]  '  .  (blanco)
```

Figura 3 Caracteres especiales.

Las palabras reservadas de C, que no pueden ser definidas por el usuario son las que se listan en la Figura 4. También existen algunas otras que se han añadido en implementaciones posteriores.

```
auto            extern          sizeof
break           float           static
case            for             struct
char            goto            switch
const           if              typedef
continue        int             union
default         long            unsigned
do              register        void
double          return          volatile
else            short           while
enum            signed
```

Figura 4 Palabras reservadas de C

3. Tipos de datos

C utiliza 5 palabras reservadas para definir los tipos de datos fundamentales. A diferencia de Pascal, un determinado tipo de datos puede ir cualificado por un conjunto de cualificadores que estudiaremos más adelante.

Los tipos de datos fundamentales son:

```
char              short int              int
long int          unsigned char          unsigned short int
unsigned int      unsigned long          int
float             long float             void
```

Figura 5 Tipos de datos fundamentales

char	Representa un carácter en código ASCII, también se puede interpretar como un entero.
short int	Indica un entero de tamaño corto.
int	Entero igual que *integer* en Pascal.
long int	Entero largo.
unsigned short int	Como *short int* pero sin signo.
unsigned int	Como *int* pero sin signo.
unsigned long int	Como *long int* pero sin signo.
float	Flotante corto. Análogo al *single* de Pascal.
double	Flotante largo. Análogo al *double* de Pascal.
void	No indica ningún tipo. Es el tipo de las funciones que no devuelven nada.

Los tipos short int, long int, unsigned int y long float se pueden escribir como: *short*, *long*, *unsigned* y *double*.

Con respecto al tamaño que ocupan en memoria variables de estos tipos, todo lo que garantiza C es:

```
sizeof(char) = 1
sizeof(short) <= sizeof(int) <= sizeof(long)
sizeof(unsigned) = sizeof(int)
sizeof(float) =< sizeof(double)
```

Donde *sizeof* es un operador que está incorporado en C y devuelve el número de bytes que tiene un objeto.

Hay un grupo de cualificadores que indican la forma que se almacena una determinada variable de un determinado tipo. Se indica antes del tipo de la variable.

static

Cuando se invoca a una función por segunda vez se pierden los valores que las variables locales de la función tenían al acabar la anterior llamada. Declarando una variable de este tipo cuando se llama por segunda vez a la subrutina la variable static (estática) contiene el mismo valor que al acabar la llamada anterior.

auto

Es lo mismo que si no se usara ningún cualificador

volatile

El compilador debe asumir que la variable está relacionada con un dispositivo y que puede cambiar de valor en cualquier momento.

register

El compilador procurará almacenar la variable cualificada de este modo en un registro de la CPU.

extern

La variable se considera declarada en otro fichero. No se le asignará dirección ni espacio de memoria.

4. Estructuras de datos

struct Es análoga al constructor *record* de Pascal. Su sintaxis es:

```
struct nombre {
      tipo miembro1;
      tipo miembro2;
      ...
} identificador1, identificador2, ...;
```

Nombre es el nombre de la estructura y las *variables* son variables del tipo de la estructura, tanto el nombre como las variables pueden no existir. Los *miembros* son las componentes de la estructura. La forma de declarar variables del tipo definido en la estructura es:

```
cualificador struct nombre identificador1, identificador2, ...;
```

Para acceder a los campos de la estructura se usa la misma técnica que en Pascal: *variable.miembro*

Se admite el uso de estructuras dentro de la declaración de otra estructura ya que los miembros, en general, pueden tener cualquier tipo.

```
struct fecha {
  int mes;
  int día;
  int año;
};                                  /* Estructura fecha */
struct cuenta {
  int cuen_no;
  char cuen_tipo;
  float saldo;
  struct fecha ultimo_pago;
} cliente[100];               /* Estructura cuenta y declaración */

struct cuenta clientes[20];
clientes[0].cuen_no = cliente[99].ultimo_pago.anio;
```

Figura 6 Ejemplo de struct

union Es una construcción análoga al registro con variante de Pascal. Al igual que las estructuras constan de varios miembros aunque éstos comparten la misma ubicación de memoria. Se usa para hacer referencia a una misma área de memoria de varias formas. El tamaño de la unión es el tamaño del miembro mayor.

La forma de declarar una unión es:

```
cualificador union nombre {
      tipo miembro1;
      tipo miembro2;
      ...
} identificador1, identificador2, ...;
```

La forma de declarar variables del tipo unión es:

```
cualificador union nombre identificador1, identificador2, ...;
```

```
union palabra {                     Se declaran 4 variables
  unsigned char l[2];               a,b,c y d
  unsigned int x;                   A cada variable se puede
} a,b,c,d;                          acceder como entero (x) o
                                    como 2 bytes (l[2]).

a.x = 65535U;                 a.x es un entero
a.l[0] = 0;                   a.l[0] es un byte
a.l[1] = 255;                 a.l[1] es un byte
                    ¿Cuánto vale a.x en este punto?
```

Figura 7 Ejemplo de unión

typedef Permite definir un nuevo tipo de datos en función de los ya existentes. Es análogo a las declaraciones *type* de Pascal. La forma general de definir un nuevo tipo es:

```
typedef tipo nuevo-tipo;
```

nuevo-tipo es el nombre del tipo que se va a definir y *tipo* puede ser todo lo complicado que se quiera siempre que esté definido con los tipos ya existentes.

```
typedef struct {
  int mes;
  int día;
  int anio;
} fecha;                /* Declaración de un nuevo tipo llamado fecha */
fecha hoy;              /* Declaración de una variable de tipo fecha */
typedef unsigned char byte;         /* Tipo byte de Pascal */
typedef unsigned int word;          /* Tipo word de Pascal */
```

Figura 8 Ejemplos de typedef

enum Es análogo a un tipo enumerado de Pascal. Sirve para especificar los miembros de un determinado tipo.

```
enum nombre { miembro0 = valor0 , miembro1 = valor1 , ... }
identificador1, identificador2, ...
```

Las expresiones = *valorX* son opcionales, encargándose el compilador de asignar un valor constante a cada miembro que no la posea.

```
enum colores {negro =-1,azul, cian, magenta, rojo = 2, blanco} fondo, borde;
enum colores primer_plano;
fondo = cian;
```

Figura 9 Ejemplo de enum

5. Declaración de variables

La forma general de declarar variables en C es la siguiente:

```
cualificador tipo identificador = valor, identificador = valor, ... ;
```

Las expresiones = *valor* sirven para inicializar la variable y pueden ser opcionales.

Las variables pueden ser declaradas en dos puntos: dentro de un bloque antes de la primera línea ejecutable; en este caso el ámbito de la variable es el cuerpo del bloque y fuera de todos los procedimientos, en este caso, el ámbito abarca a todas las funciones, es decir son declaraciones globales. El cuerpo de una función es considerado como un bloque.

```
int a,b,c;                    Tres variables enteras.
```

```
float raiz1, raiz2;           Dos variables de tipo real.
char caracter, texto[80];     Un caracter y una cadena de 80.
short int a;                  Entero corto.
long int b;                   Entero largo.
unsigned short int d;         Entero corto sin signo.
unsigned char a;              Caracter sin signo.
signed char b;                Caracter con signo.
char texto[3] = "abc";        Declaración e inicialización
char a = '\n';                Inicialización con Return.
char texto[] = "abc";         Sin especificar tamaño.
extern unsigned short int     Variable externa.
```

Figura 10 Ejemplos de declaración de variables.

6. Arrays

En C los arrays son de tamaño fijo, es decir, su tamaño se especifica en tiempo de compilación.

No se comprueba la longitud del array a la hora de acceder. Es responsabilidad del programador controlar los accesos fuera de rango.

Si se pretende escribir en la posición 20 de un array y este ha sido declarado de 10 componentes, no se generará ningún error (ni siquiera en tiempo de ejecución) y se escribirá en memoria en la dirección donde debería ir el elemento 20 si lo hubiera, por lo que se puede variar el contenido de otra variable, o incluso de parte del programa, o peor aún, se puede destruir parte del sistema operativo.

La forma de declarar arrays en C es la siguiente:

```
cualificador tipo variable[expresión][expresión]... ={valor, ...};
```

La *expresión* y los *valores* deben ser constantes. Si se declara la parte de *valores* se puede eliminar la *expresión*. En este caso el tamaño del vector es el mismo que el número de *valores* que se especifican. No se admite el cualificador *register*.

La forma de hacer referencia a un elemento del vector es:

```
nombre[expresión][expresión]...
```

Las cadenas son consideradas como vectores de caracteres. Acaban con el carácter nulo '\0'. Pueden tener una longitud arbitraria y el primer byte corresponde al primer caracter. No se almacena la longitud de la cadena como parte de la misma (como ocurre en Turbo Pascal).

7. Constantes

7.1. Constantes enteras

Se pueden escribir en decimal (número que no empieza por 0), octal (el primer dígito es 0) y hexa (comienza con 0x ó 0X). Además pueden ser con signo o sin signo. Si es sin signo se les añade el sufijo U. El tamaño de las constantes puede ser normal o largo, en este caso se añade el sufijo L.

	tamaño normal	tamaño largo
con signo		L
sin signo	U	UL (en este orden)

7.2. Constantes en coma flotante

Debe aparecer el punto decimal o la letra E (o e) de exponente. Si se desea especificar que se represente la constante en simple precisión se añade el sufijo F y en larga precisión el sufijo L o sin ninguno.

7.3. Constantes de caracteres

Es un sólo carácter o una secuencia de escape encerrado con comillas simples.
Las secuencias de escape son las que se presentan en la Figura 11:

```
sonido (campana)        '\a'
backspace               '\b'
tab horizontal          '\t'
tab vertical            '\v'
nueva línea             '\n'
form feed               '\f'
retorno de carro        '\r'
comillas(")             '\"'
comilla simple(')       '\''
signo interrogación     '\?'
backslash   (\)         '\\'
nulo                    '\0'
```

Figura 11 Secuencias de escape

Mediante secuencias de escape se puede expresar cualquier carácter ASCII indicando su código en octal (\ooo) o en hexa (\xhh). Donde los símbolos 'o' representan dígitos octales y las 'h' dígitos hexadecimales.

7.4. Constantes de cadenas de caracteres

Constan de cualquier número de caracteres o secuencias de escape consecutivos entre comillas dobles. También se admite ausencia de caracteres (""). El carácter nulo no puede aparecer en medio de una constante de cadena de caracteres puesto que se usa para indicar fin de cadena. El carácter de fin de cadena '\0' se coloca de forma automática en las cadenas literales; así en la cadena "abc" hay 4 caracteres: a, b, c y '\0'.

7.5. Constantes enumeradas

Son las definidas de tipo *enum*

```
0                Entero
9999             Entero
0x               Entero (hexa)
0x1              Entero (hexa)
0X7FFF           Entero (hexa)
0xabcd           Entero (hexa)
05270            Entero (octal)
50000U           Entero (sin signo)
123456789L       Entero (largo)
123456789UL      Entero (largo y sin signo)
01234L           Entero (octal y largo)
077777UL         Entero (octal, largo y sin signo)
0x456L           Entero (hexa y largo)
0XFFFFUL         Entero (hexa, sin signo y largo)
0.               Flotante (double)
0.2              Flotante (double)
.8               Flotante (double)
2E-2             Flotante (double)
2e3              Flotante (double)
2.2e+5           Flotante (double)
0.12L            Flotante representado con larga precisión
.12e6F           Flotante representado con simple precisión
'A'              Carácter A
'$'              Carácter dolar
'\n'             Carácter retorno de carro
'\x20'           Carácter espacio
"verde"          Cadena
"verde\n"        Cadena que termina con un carry return
"\"RETURN\"\n"   Cadena que contiene RETURN entre comillas terminado en
                 retorno de carro.
```

Figura 12 Ejemplos de constantes

8. Punteros

Los punteros son una de las características más útiles y a la vez más peligrosas de que dispone el lenguaje C. En C se permite declarar una variable que contiene la dirección de otra variable, o sea, un puntero. Cuando se declara un puntero éste contiene una dirección arbitraria, si leemos a dónde apunta nos dará un valor indefinido y si se escribe en tal dirección estamos variando el contenido de una posición de memoria que no conocemos por lo que podemos hacer que el sistema tenga comportamientos no deseados.

Antes de hacer uso de un puntero debemos asignarle una dirección de memoria en nuestro espacio de trabajo.

8.1. Declaración de punteros

La forma de declarar un puntero es la siguiente:

```
cualificador tipo *nombre, *nombre;
```

El *tipo* indica al tipo de datos a los que apuntará el puntero, pero como efecto de la declaración se reservará espacio en memoria para guardar un puntero, no para el tipo de datos al que apunta.

Existe un carácter especial que se usa como prefijo y aplicado a las variables indica la dirección de memoria que ocupa la variable, no el contenido (valor). Este símbolo es &. Además existe otro prefijo, *, que aplicado a una variable de tipo puntero indica el contenido de la dirección a la que apunta dicho puntero. A estos dos símbolos se les llama dirección e indirección respectivamente.

Hay 3 formas de inicializar un puntero:

a) Inicializarlo con el valor NULL (definido en un fichero header). De este modo estamos indicando que el puntero no apunta a ninguna memoria concreta.

b) Inicializarlo haciendo que tome como valor la dirección de una variable.

```
int *p, a;
p = &a;
```

A partir de estas sentencias, *p y a son alias.

c) Asignarle memoria dinámica a través de una función de asignación de memoria. Las funciones más habituales son *calloc* y *malloc*, definidas en el fichero `alloc.h` o bien en `stdlib.h`

```
void *malloc(size_t size)
void *calloc(size_t n_items, size)
```

Una inicialización de un puntero a un tipo T tendría la forma:

```
p = (T*)malloc(sizeof(T));
```

8.2. Punteros a una estructura

Existe una pequeña variación a la hora de acceder a una estructura mediante un puntero, por ejemplo, *(*p).miembro* se puede escribir como p->miembro.

8.3. Paso de punteros a una función

El lenguaje C sólo admite paso de parámetros por valor, pero tiene una forma de simular un paso por referencia (variable), pasando un puntero que es la dirección donde están los datos (p. ej. *&v)*. En realidad se pasa un *valor* que es una dirección de una variable.

```
void func(int *pa,int b){
  *pa = 1;
  b = 2;
  return ;
}

main(void) {
  int a, b;
  a = b = 0;
  func(&a, b);
  /* En este punto ¿cuánto valen a y b? */
  return;
}
```

Figura 13 Ejemplo de paso de punteros a una función

8.4. Punteros y arrays unidimensionales

El identificador de un array se considera un puntero al primer elemento del array. Cualquier forma de acceder como un array puede ser sustituida por su forma equivalente como puntero.

```
int x[100];                    Declaración de un array de 100 enteros
x[0]        *x                 Primer elemento del array
x[2]        *(x + 2)           Tercer elemento del array
x           x                  Dirección del array
&x[3]     (x + 3)              Dirección del tercer elemento del array

char a[] ="Pulsa Return";

a[0]        *a                 Carácter "P"
a[i]        *(a + i)           Carácter i-ésimo
&a[0]       a                  Dirección de la cadena
```

Figura 14 Ejemplos de punteros y arrays unidimensionales

Las strings (cadenas de caracteres) se consideran arrays de caracteres a todos los efectos.

8.5. Operaciones con punteros

A los punteros se les puede añadir o restar una cierta cantidad entera. Admiten comparaciones e incrementos y decrementos. Cuando un puntero es incrementado en uno pasa a apuntar al siguiente elemento del array a que apuntaba, no al siguiente byte, es decir, se incrementa en el número de bytes que ocupa el tipo al que apunta. También se permite restar dos punteros para calcular la distancia entre ellos.

```
int *px, *py;
px < py
px <= py
px > py
px >= py
px == py
px != py
px == NULL
a = *(px++)            Postincremento del puntero
a = *(++px)            Preincremento del puntero
px - py                “Distancia” entre los punteros px y py
```

Figura 15 Operaciones con punteros

8.6. Punteros y arrays multidimensionales

Una matriz bidimensional es implementada en C como un vector cuyos elementos son vectores. Es decir, la matriz se implementa en forma de vector, sin embargo, cuando accedemos a ella sigue teniendo la forma de matriz.

La forma de declarar un array multidimensional es:

```
tipo nombre[expresion1][expresion2]...;
```

La forma de acceder a un elemento de la matriz es:

```
nombre[expresion1][expresion2]...
```

También se puede hacer referencia a los elementos de una matriz usando la técnica de punteros pero el texto se hace demasiado críptico.

8.7. Arrays de punteros

Al igual que de cualquier otro tipo de dato se permite declarar un array de punteros. La forma de hacerlo es:

```
tipo *nombre[expresion1][expresion2];
```

9. Expresiones

El C permite operar dos expresiones de cualquier tipo con cualquier operador. Es responsabilidad del programador conocer la interpretación que hará el compilador.

En operaciones lógicas y comparaciones el valor falso se representa con un cero y el verdadero es cualquier otro número, siendo 1 el que devuelven dichas operaciones.

9.1. Operaciones aritméticas

+	Suma
-	Resta
*****	Multiplicación
/	División
++	Incremento
--	Decremento
%	Módulo

9.2. Operaciones lógicas

||	OR lógico
&&	AND lógico
!	NOT lógico
^	XOR lógico

9.3. Operaciones de bits

|	OR
&	AND
~	NOT
>>	Desplazamiento a la derecha
<<	Desplazamiento a la izquierda

9.4. Comparaciones

<	Mayor que
>	Menor que
<=	Menor o igual que
>=	Mayor o igual que
==	Igual que
!=	Distinto que

9.5. Asignaciones

=	Asignación		
+=	ejemplo: `a = a + 3`	es equivalente a:	`a += 3`
-=	ejemplo: `a = a - 3`	es equivalente a:	`a -= 3`
***=**	ejemplo: `a = a * 3`	es equivalente a:	`a *= 3`
/=	ejemplo: `a = a / 3`	es equivalente a:	`a /= 3`
%=	ejemplo: `a = a % 3`	es equivalente a:	`a %= 3`
^=	ejemplo: `a = a ^ 3`	es equivalente a:	`a ^= 3`
&=	ejemplo: `a = a & 3`	es equivalente a:	`a &= 3`
|=	ejemplo: `a = a | 3`	es equivalente a:	`a |= 3`
>>=	ejemplo: `a = a >> 3`	es equivalente a:	`a >>= 3`
<<=	ejemplo: `a = a << 3`	es equivalente a:	`a <<= 3`

9.6. Operadores especiales

? :	Operador If de expresiones
,	Separador de expresiones
*****	Valor apuntado por un puntero (indirección)
&	Dirección de una variable
(*type*)	Typecasting, donde type indica el tipo de datos al que se convierte el resultado de la expresión.
sizeof *type*	Devuelve el número de bytes necesarios para representar un determinado tipo de datos.
.	Cualificador. Separador de campos
->	**(p*).a** es equivalente a: **p->a**

9.7. Precedencia de los *operadores*

() [] -> .
! ~ ++ -- - (*type*) * & sizeof (todos son unarios)
*** / %**
+ -
<< >>
< <= > >=
== !=
&
^
|
&&
||
?:
= += -= *= /= %= ^= &= |=
,

9.8. Incremento ++ y decremento --

Existen dos formas de incrementar y decrementar variables: postincremento y postdecremento, y preincremento y predecremento. En los primeros se calcula la expresión con el valor de la variable y luego se incrementa o decrementa dicha variable, con los segundos se incrementa o decrementa y luego se calcula la expresión.

9.9. Detalle sobre los operadores de asignación

Las asignaciones son operadores, es decir devuelven un valor. El valor que devuelven es el correspondiente al operando de la parte derecha.

```
int a, b, c;
a = b = c = 0;
a += b = c;
```

Figura 16 Ejemplos de asignaciones

Esta propiedad permite que se realicen expresiones como el condicional:

```
if ((x = f(y) == N) ...
```

Preferiremos habitualmente el código equivalente:

```
x = f(y);
if (x == N) ...
```

9.10. Conversión de tipos

Existe un tipo de conversión automática cuando tratamos con expresiones aritméticas (*x op y*) que cumple las siguientes reglas:

1. Todos los *char* o *short* se convierten a *int.*
   Todos los *unsigned char* o *unsigned short* se convierten a unsigned.
2. Si después del paso anterior la expresión es de tipo mixto, el operando de tipo menor se convierte al de tipo mayor según la jerarquía:

```
int < unsigned < long < unsigned long < float < double
```

Considérense las declaraciones:

```
char c;          float f;          int i;
short s;         unsigned u;
```

Expresión	Tipo
c - s / i	int
u * 3 - i	unsigned
u * 3.0 - i	double
f * 3 - i	float
c + 1	int
c + 1.0	double

Figura 17 Conversiones implícitas

También podemos realizar conversiones de tipo explícitas llamadas *type casts* (invitación de tipos), indicando el tipo anfitrión entre paréntesis.

10. Sentencias

En C hay tres tipos de sentencias: las de expresión, las compuestas y las de control de flujo.

Las sentencias de expresión son aquellas en las que se especifica una expresión para evaluar y que devuelven un valor. Acaban siempre con el símbolo ";".

Las sentencias compuestas son las que comienzan por llaves abiertas y acaban con llaves cerradas, conteniendo en su interior en primer lugar las posibles declaraciones (locales al ámbito de la sentencia) y a continuación una lista de sentencias.

Las sentencias de control de flujo son las de bucle (*for, while, switch* y *do*), la condicional (*if*) y las de salto (*goto, continue* y *break*).

10.1. Sentencias de control de flujo

Sentencia while

`while (expresión) sentencia`

Se repite la *sentencia* mientras el valor de *expresión* sea cierto (no 0). La condición se evalúa antes de ejecutar la sentencia.

```
/* Cálculo de la media de un vector */
int v[100], i = 0, media, suma = 0;
while (i < 100)
  suma += v[i++];
media = suma / 100;
```

Figura 18 Ejemplo de sentencia while

Sentencia for

`for (expresión1; expresión2; expresión3) sentencia`

Es la sentencia de control más potente y la más usada. Consta de tres expresiones: la primera es la inicialización del bucle, la segunda indica la condición en la que se debe continuar el bucle y la tercera es la que se encarga de incrementar los índices del bucle. *Expresión1* se ejecuta una sola vez al principio del bucle. La *sentencia* se ejecuta mientras la *expresión2* sea verdadera (no 0). Esta expresión es evaluada antes que la *sentencia* por lo que es posible que el bucle no se ejecute ni siquiera una vez. La *expresión3* se ejecuta después de la *sentencia*. Las expresiones 1 y 3 pueden ser compuestas, expresiones simples separadas por comas. La instrucción for equivale directamente a lo siguiente.

```
expresion1;
while (expresion2) {
      sentencia;
      expresion3;
}
```

```
/* Cálculo de la media de un vector */
int v[100], i, media, suma = 0;
for (i = 0; i < 100; i++)
  suma += v[i];
media = suma / 100;
```

Figura 19 Ejemplo de bucle for

Sentencia if

```
if (expresión) sentencia1 else sentencia2
```

Igual que en Pascal la parte else es opcional. La *sentencia1* se ejecuta si *expresión* tiene un valor verdadero (distinto de 0) y si tiene un valor falso (0) se ejecuta la *sentencia2*.

```
if (estado == 'S')
  tasa = 0.20 * pago;
else
  tasa = 0.14 * pago;

/* Nótese que en C se escribe ";" antes del else */
```

Figura 20 Ejemplo de sentencia if-else

Sentencia do-while

```
do sentencia while (expresión);
```

Se repite la *sentencia* mientras *expresión* sea cierta (no 0). Es análoga al *repeat* de Pascal. La *expresión* se evalúa después de ejecutar la *sentencia*, por lo que esta se ejecuta al menos una vez.

```
/* Cálculo de la media de un vector */
int v[100], i, media, suma = 0;
i = 0;
do
  suma += v[i++];
while (i < 100);
media = suma / 100;
```

Figura 21 do-while

Sentencia switch

```
switch (expresión) {
      case expresión1:    sentencia; sentencia; ...
      case expresión2:    sentencia; sentencia; ...
      case expresión3:    sentencia; sentencia; ...
      default:            sentencia; sentencia; ...
}
```

Es análoga a la sentencia *case* de Pascal. La *expresión* se evalúa y si su valor coincide con el valor de alguna expresión indicada en los *case* se ejecutan todas las acciones asociadas que le siguen. Las expresiones deben ser de tipo entero o carácter. Si el valor de *expresión* no se encuentra en la lista *case* se ejecuta/n la/s sentencia/s correspondiente/s a la opción *default*, si ésta no existe se continúa con la sentencia situada a continuación de *switch*. Una vez se elija una opción se ejecutan las sentencias asociadas y se continúan ejecutando todas las sentencia a partir de ésta (incluso las correspondientes a otras opciones) hasta que aparezca una sentencia *break*.

Sentencia break

```
break
```

Se usa para romper una sentencia *while, do-while, for* o *switch.* Si se ejecuta se sale del bucle más interno o de la sentencia *switch* que se esté ejecutando.

```
char color;
switch (color) {
  case 'a':
  case 'A': printf("AMARILLO\n");
            break;
  case 'r':
  case 'R': printf("ROJO\n");
  case 'b':
  case 'B': printf("BLANCO\n");
  default:  printf("OTRO\n");
}
```

Figura 22 switch

Sentencia continue

continue

Esta sentencia anula la pasada actual de un bucle. Se ejecuta la siguiente pasada del bucle más interno en el que se encuentre ignorándose el código que se tendría que ejecutar para acabar la pasada actual. Se puede usar en los bucles *for*, *while* y *do-while*

Sentencia goto

goto etiqueta

Es análoga a su equivalente Pascal. Le debe seguir una etiqueta a la que transferir control. Sólo se permiten saltos dentro del cuerpo de una función. La forma de definir las etiquetas es la misma que en Pascal, es decir, un identificador seguido de dos puntos. No es necesario declarar las etiquetas previamente.

11. Funciones

El lenguaje C sólo permite funciones, no hay procedimientos. La forma de declarar las funciones es la siguiente:

tipo nombre(tipo parámetro_1, ... tipo parámetro_N) sentencia

Donde *tipo* es el tipo del dato que devuelve la función, que si no aparece se supone siempre *int*, y *nombre* es el identificador de la función.

La forma de invocar a una función es la misma que en Pascal, pero aunque la función no tenga parámetros se deben colocar los paréntesis. Por otra parte, es lícito no realizar ninguna acción con el resultado que devuelve una función, pero en ese caso debiera ponerse un type cast (void) delante de la invocación de la función:

(void)printf("\n");

Las listas de parámetros formales y de parámetros actuales no tienen por qué coincidir en número, e incluso en tipo. Si hay más parámetros formales que actuales se les asigna un valor indefinido a los formales; si ocurre al revés se descartan los parámetros actuales que sobren. Para evitar este problema se puede declarar el prototipo de la función antes de invocarla. La forma de escribir el prototipo de una función es la siguiente:

```
tipo nombre(tipo parámetro_1, ... tipo parámetro_N);
```

O sea, la cabecera de la función acabada en punto y coma. Es análoga una declaración.

Como se comentó anteriormente sólo existe paso por valor.

Para terminar la ejecución de una función se usa la sentencia *return*. Su sintaxis es:

```
return [expresión];
```

Donde *expresión* es el valor que retorna la función. Debe ser del mismo tipo que el de la función.

```
void funcion1(int a);    /* Prototipo de la función */
void funcion2(void);     /* Prototipo de la función */

/* trozo de programa */

void funcion1(int a) {  /* Función 1 */
  /* Cuerpo de la función */
  funcion2();
}

void funcion2(void) {   /* Función 2 */
  /* Cuerpo de la función */
  funcion1(2);
}
```

Figura 23 Funciones

12. Librerías

En el lenguaje C toda la entrada y salida de un programa se realiza a través de funciones definidas en librerías. También se encuentran definidas en librerías otros tipos de funciones. Dichas librerías, o la mayoría, son estándar (las funciones en ellas definidas tienen nombres estándar) lo que facilita la portabilidad de los programas. Al inicio de cada fichero se debe indicar las declaraciones de las librerías que se utilizarán. Esto se realiza utilizando la directiva *#include*, cuya sintaxis es:

```
#include nombre_fichero
```

donde el nombre del fichero donde se realizan las definiciones se coloca entre ángulos (<nombre_fichero>) o entre comillas dobles ("nombre_fichero") según el lugar en que haya que buscar el fichero sea en los directorios asignados por defecto a los ficheros 'include' o en el actual.

Estos ficheros de definiciones suelen tener la extensión .h (de header, cabeceras) y contienen definiciones necesarias para la utilización de las funciones contenidas en las librerías.

Por otra parte, utilizando la directiva *#include* se puede hacer inclusión de ficheros de código del mismo modo que en cualquier otro lenguaje.

```
#include <stdio.h>            Incluye la cabecera para usar las librerias
                              de entrada/salida desde el
                              directorio estándar

#include "stdio.h"            Igual al anterior pero las busca
                              en el directorio actual

#include "a:\librería\mia.h"  Incluye el fichero mia.h desde la unidad a:
```

Figura 24 Ejemplo de inclusión de librerías

12.1. Operaciones sobre ficheros

Existen dos niveles para trabajar con ficheros. Un nivel bajo compatible con UNIX en donde las lecturas y escrituras en ficheros se realizan sobre cadenas de bytes y el programador debe implementar los buffers. Y un nivel alto que permite lectura-escritura de ficheros usando datos, estructuras y buffering. Las funciones del nivel bajo se encuentran fundamentalmente en el fichero *io.h* y las de alto nivel en el fichero *stdio.h*. Funciones para abrir, leer, escribir y cerrar ficheros en alto nivel (modo texto) son fopen, fscanf, fprintf, fclose mientras que sus análogas en bajo nivel (modo binario) son open, read, write y close.

12.2. Manejo de cadenas

Existe una librería que contiene todas las funciones para manejar cadenas cuyas declaraciones estan en *string.h*. Todas estas funciones consideran a una string como una secuencia de caracteres acabada en nulo ('\0').

12.3. Algunas librerías y funciones importantes en ANSI C

alloc.h Contiene las funciones para obtener y liberar memoria.

```
void *calloc(size_t n_elem, size_t ele_size);
```

Reserva espacio contiguo para n_elem elementos de tamaño cada uno ele_size bytes. Devuelve un puntero al bloque o NULL si no hay suficiente espacio.

```
void *malloc(size_t size);
```

Reserva size bytes de memoria. Devuelve un apuntador al comienzo de dicha memoria o NULL.

```
void free(void *block);
```

Libera bloques reservados previamente con calloc o malloc.

conio.h Es la librería que contiene las funciones de entrada salida desde la consola.

ctype.h

Contiene funciones que indican características de los caracteres, por ejemplo, si está en mayúscula o en minúscula, si es un dígito hexa valido, etc.

`int isalnum(char c);`	Verdad si c es una letra o un dígito.
`int isalpha(char c);`	Verdad si c es una letra.
`int isdigit(char c);`	Verdad si c es un digito.

`int islower(char c);` Verdad si c está en minúscula.

`int isupper(char c);` Verdad si c está en mayúscula.

`int isspace(char c);` Verdad si c es un espacio, tabulador, retorno de carro, nueva linea, tabulador vertical o salto de página.

errno.h Declara una lista de constantes de error que devuelven las funciones de entrada salida.

fcntl.h Define los flags para los modos de apertura de un fichero.

stdlib.h Conjunto de funciones estándar.

`double atof(char *s);` Convierte una cadena en un flotante double.

`int atoi(char *s);` Conviete una cadena a un int.

`long atol(char *s);` Convierte una cadena a un long.

`void exit(int status);` Termina el programa devolviendo status.

```
char *ecvt(double value, int ndig, int *dec, int *sign);
```
Convierte u número de flotante a cadena.

```
char *itoa(int value, char *string, int radix);
```
Convierte de int a cadena.

```
char *ltoa(long value, char *string, int radix);
```
Convierte de long a cadena.

```
char *ultoa(unsigned long value, char *string, int radix);
```
Convierte de unsigned long a cadena.

math.h Conjunto de funciones matemáticas.

`int abs(int x);` Valor absoluto de un entero.

`double sin(double x);` Seno.

`double cos(double x);` Coseno.

`double tan(double x);` Tangente.

`double atan(double x);` Arcotangente.

`double exp(double x);` Calcula e elevado a x.

`double log(double x);` Logaritmo neperiano.

`double sqrt(double x);` Raiz cuadrada.

`double pow(double x, double y);` Obtiene la potencia x elevado a y.

string.h Funciones de manejo de cadenas.

```
int strcmp(char *s1, char *s2);
```
Compara s1 y s2, devolviendo <0, 0 ó >0 según sea s1<s2, s1==s2 ó s1>s2.

```
int strncmp(char *s1, char *s2, size_t maxlen);
```
Igual que strcmp, pero con los maxlen primeros caracteres.

```
int stricmp(char *s1, char *s2);
```
Igual que strcmp pero sin diferencial mayúsculas de minúsculas.

```
int strnicmp(char *s1, char *s2, size_t maxlen);
```
Mexcla de stricmp y strncmp.

```
size_t strlen(char *s);
```
Devuelve el número de caracteres en s, sin contar /0.

```
char *strchr(char *str, int c);
```
Busca el primer caracter c en str y retorna un puntero a dicha c o NULL si no hay.

```
char *strrchr(char *str, int c);
```
Busca el último caracter c en str y retorna un puntero a dicha c o NULL si no hay.

```
char *strpbrk(char *s1, char *s2);
```

Busca dentro de s1 el primer caracter de los de s2, devolviendo un puntero a dicha posición o NULL si no hay.

```
char *strcat(char *dest, char *src);
```

Añade src al final de dest.

```
char *strncat(char *dest, char *src, size_t maxlen);
```

Añade a lo sumo maxlen caracteres de src a dest.

```
char *strcpy(char *dest, char *src);
```

Copia la cadena src en dest, devolviendo dest.

```
char *strlwr(char *s);
```

Convierte s a minúsculas.

```
char *strupr(char *s);
```

Convierte la cadena a mayúsculas.

12.4. Funciones de entrada/salida más importantes

Los ficheros estandar definidos en todo sistema C son:

`stdin` (entrada estandar, asociado al teclado)
`stdout` (salida estandar, asociado a la pantalla)
`stderr` (error estandar, asociado a la pantalla)
`stdaux` (auxiliar estandar)
`stdprn` (impresora estandar)

```
putchar(char c)
```

Función de salida de carácter. Imprime el carácter c por la salida estándar.

```
char getchar(void)
```

Entrada estándar de carácter. Obtiene un carácter de la entrada estándar y este es el valor que devuelve la función.

```
int printf(const char *format, ...)
```

Imprime por la salida estándar una secuencia de caracteres cuya estructura está definida en la string *format*. Se permite dar salida a cualquier tipo de dato predefinido. La string *format* tiene la estructura de una string normal pero admite además caracteres de conversión (%) para indicar qué tipo de dato se ha de imprimir.
La estructura de una cadena de formato es:

```
%[flags][.width][.prec][F|N|h|l]type
```

donde type es un caracter de conversión. El campo flag afecta al tipo de justificación; width a la anchura utilizada para imprimir; .prec a la precisión a la hora de escribir números en coma flotante. El último campo opcional afecta a la interpretación del argumento.

```
%c          Carácter
%d          Entero decimal
%e          Flotante se representa con exponente
%f          Flotante se representa sin exponente
%g          Menor entre %e y %f
%o          Entero octal, sin el cero inicial
%u          Entero decimal sin signo
%x          Entero representado en hexa sin 0x
%s          Strings (cadenas)
```

Figura 25 Caracteres de conversión

```
int scanf(const char *format, ...)
```

Es el equivalente a *printf* para la entrada estándar de datos de forma estructurada. En la cadena de formato se pueden poner todos los caracteres de conversión (%) de la tabla anterior.

Además admite %[*cadena*], donde se acepta cualquier cadena formada por elementos pertenecientes a *cadena*, o si la cadena comienza con '^', los no pertenecientes.

```
FILE *fopen(const char *filename,const char *mode)
```

Abre un fichero en alto nivel. *filename* es el nombre del fichero y *mode* indica el modo de apertura del fichero, en la Figura 26 se indican los valores posibles. Retorna un puntero al descriptor del fichero (*FILE*).

```
"r"         Abrir un archivo existente solo para lectura
"w"         Abrir un archivo solo para escritura
"a"         Abrir un archivo para añadir. Si no existe se crea uno
"r+"        Abrir un archivo existente para lectura y escritura
"w+"        Abrir un archivo nuevo para lectura y escritura
"a+"        Abrir un archivo nuevo para leer y añadir
```

Figura 26 Modos de apertura de un fichero

```
int fclose(FILE *fp)
```

Cierra un fichero cuyo puntero al descriptor es *fp*.

```
int fprintf(FILE *fp,const char *format, ...)
```

Escribe en el fichero descrito por *fp* datos con el formato indicado por *format*.

```
int fscanf(FILE *fp,const char *format, ...)
```

Lee del fichero descrito por *fp*. Tanto esta llamada como la anterior son las equivalentes de *printf* y *scanf* que operan sobre ficheros.

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
      FILE *fp;
      char a;
      int b, c;

      fp = fopen("fichero.txt", "r+");
      if (fp == NULL) {
            printf("ERROR");
            exit(-1);
      }
      fscanf(fp, "%c %d, %d", &a, &b, &c);
      fclose(fp);
      return 0;
}
```

Figura 27 Lectura de datos de un fichero

13. Características avanzadas de C

13.1. Operador ?:

Es un operador ternario equivalente a if-else. Su sintaxis es:

(condición) ? expresión1 : expresión2

Antes del signo de interrogación debe aparecer una *condición*. Si la *condición* es verdadera se evalúa *expresión1* y el valor devuelto por el operador ?: será su resultado. Si la *condición* es falsa se devuelve el resultado de *expresión2*.

```
if (a > b)        /* Cálculo del máximo de dos variables */
      c = a;
else
      c = b;

c = (a > b) ? a : b;    /* Equivalente con el operador ?: */
```

Figura 28 Operador ?:

13.2. Punteros a funciones

Existe un tipo especial de punteros que es el puntero a una función. La forma de declararlo es:

tipo (*nombre)();

Donde *tipo* es el tipo que devuelve la función y *nombre* es el identificador del puntero a la función. Para darle una dirección a este puntero se realiza una asignación donde en la parte derecha debe haber un nombre de función. Cuando se haga uso del puntero se estará haciendo una llamada a la función.

```
int funcion1(int a) {
/* Cuerpo de la función */
}

void funcion2(void) {
int a, (*pun_fun)();

pun_fun = funcion1;
a = (*pun_fun)(2);
return ;
}
```

Figura 29 Punteros a funciones

14. Estructura de un programa en C

En C existe una función principal (*main*) que es la primera que se ejecuta. Puede tener dos o tres parámetros. El primer elemento es el número de elementos de la línea de comandos (contando el propio nombre del programa que se ha ejecutado), el segundo es un puntero a un vector de punteros que a su vez apuntan a cadenas que contienen cada uno de los elementos de la línea de comandos y el tercero es un puntero al entorno.

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

```
/* Típica declaración de la función main() */

main(int argc, char *argv[]) {
      /* Cuerpo de la función main */
}
```

Figura 30 Función *main()*

El compilador C lee el fichero fuente una sola vez. Esto quiere decir que si queremos utilizar un identificador tenemos que declararlo antes. Esto no ocurre con las funciones que pueden ser declaradas en el orden que se desee, pero en este caso el compilador no comprueba que los tipos ni que la cantidad de los parámetros formales y actuales coincidan.

15. Preprocesador de C

El preprocesador actúa antes que el compilador. El nombre del preprocesador es CPP (CPP.EXE en el caso de DOS). Es una fase previa a éste, y se encarga de realizar ciertas tareas básicas; entre estas tareas están la inclusión de ficheros, expansión de macros y proceso de directivas.

15.1. #include

Se usa para incluir un fichero.

15.2. #define y #undef

#define declara una macro o una constante y *#undef* borra una macro de la tabla de definiciones.

15.3. #if, #ifdef, #ifndef, #else y #endif

Se puede preguntar por el valor de una constante o la existencia o no de una macro. En caso de ser cierta la condición se compila el código entre *#if* y *#else*, en caso de ser falsa se compila el código entre *#else* y *#endif*.

```
#define NULL 0          /* Definición de constante */

#ifdef DEBUG
        /* Código para depuración */
#else
        /* Código definitivo (sin depuración) */
#endif

#undef VGA /* Quita de la tabla la definición de VGA */
```

Figura 31 Algunas directivas del Preprocesador

16. Convenios a la hora de escribir en C

Existen una serie de convenios que no pertenecen de por sí al lenguaje C, pero que se usan para hacer más legibles los programas, sobre todo para programadores que no han realizado la implementación.

Un buen programador debería codificar aprovechando toda oportunidad que asegure que su código es claro y fácil de comprender. No debe utilizar "trucos inteligentes" a los cuales C se presta con facilidad. Considérese a mondo de ejemplo los siguientes fragmentos de código:

```
1º:
while ('\n' != *p++=*q++);

2º:
while (1) {
      *destination_ptr = *source_ptr;
      destination_ptr++;
      source_ptr++;
      if (*destination_ptr == '\n')
            break;/* abandonar el bucle si se ha acabado */
}
```

Aunque la segunda versión es más larga, es más clara y fácil de comprender. Incluso un programador sin demasiada experiencia en C puede entender que este código tiene algo que ver con mover datos desde una fuente hacia un destino. Al compilador no le importa cuál de las dos versiones se utilice: un buen compilador generará el mismo código máquina para ambas. Es el programador quien se beneficia de la claridad del código.

16.1. Reglas de tipo general

- Comentar, comentar, comentar. Documentar convenientemente los programas es imprescindible en cualquier lenguaje.

- Utilizar siempre la regla KISS: Keep It Simple, Stupid. Claro y sencillo es siempre preferible a complejo y maravilloso.
- Evitar efectos laterales. Utilizar los operadores ++ y -- siempre en una única línea por sí mismos (no imbuídos en otras sentencias complejas).
- Nunca colocar asignaciones dentro de los condicionales. Nunca colocar una asignación dentro de otra sentencia.
- Considere la diferencia entre = y ==. Utilizar = en lugar de == es un error muy común y difícil de encontrar, especialmente entre programadores procedentes de otros lenguajes.
- Nunca haga "nada" de forma "silenciosa".

```
/* Nunca programe de este modo */
for (index = 0; data[index] < key; index++);
/* ¿Ha notado el punto y coma al final de la línea anterior? */

/* Forma correcta para hacer lo mismo: */
for (index = 0; data[index] < key; index++)
       ;      /* No hacer nada */
```

16.2. Legibilidad

- Haga todo lo posible para incrementar la legibilidad de sus programas. En concreto:
- Coloque siempre un espacio después de las comas y puntos y comas: Es preferible

```
for (i = 1; i <= MAX; i++)
```

que

```
for(i=1;i<MAX;i++)
```

- Coloque siempre espacios a ambos lados de un operador binario:

Es preferible **`a + b`**
que **`a+b`**

16.3. Reglas que atañen al diseño

- Cuando diseñe sus programas, tenga en mente la "ley del mínimo asombro", que establece que su programa se debe comportar de modo que asombre lo menos posible al usuario.
- Haga la interface de usuario tan simple y consistente como sea posible.
- Provea al usuario final de tanta ayuda como le sea posible.
- Identifique claramente todos los mensajes de error con la palabra "error" y trate de dar al usuario alguna idea de cómo corregir el problema.

16.4. Declaraciones

- - Coloque una declaración de variable por cada línea, y comente el significado de cada variable significativa para comprender el código.
- - Utilice identificadores lo suficientemente significativos como para comprender su significado y lo suficientemente cortos como para que sean fáciles de escribir.
- - Nunca utilice declaraciones por defecto: si una función retorna un entero, declárela de tipo int. Todos los parámetros de una función deben ser declarados y comentados.
- - Los identificadores de las constantes y macros se suelen escribir en mayúscula y el resto de identificadores en minúscula.

16.5. Sentencia switch

- - Coloque siempre una opción default en las sentencias switch (incluso en caso que no haga nada.
- - Todas las opciones de una sentencia switch deben finalizar con un break.

16.6. Reglas de estilo

- - Los programas de un cierto tamaño se suelen dividir en varios ficheros fuente. Cada uno de los ficheros realiza una determinada parte del trabajo, pudiéndose compilar por separado para posteriormente enlazarlos juntos y crear el ejecutable.
- - Un único bloque de código delimitado por { } no debe extenderse más de tres pantallas. Si se da ese caso, el código debería estar dividido en funciones más pequeñas y simples.
- - Cuando el código comienza a salirse de la pantalla por la parte derecha de la misma es el momento de dividirlo en módulos más pequeños y simples.

16.7. Disposición de las llaves

Las llaves izquierdas (abiertas) se suelen añadir a otras líneas de manera que no ocupen ellas solas una línea. Por ejemplo, se suelen colocar en la misma línea que un *if, for, while*, etc., cerrarla justo antes de *else* y abrirla justo después, etc.

16.8. Sangrado

El sangrado que se utiliza es el normal de cualquier lenguaje de programación, sangrando más a la derecha el contenido de los bloques (*if, for, while, {*, ...) con anidamientos más profundos.

16.9. La función main()

Normalmente la función main no hace nada, es decir, en ella no se codifica la solución del problema. Sólo se encarga de llamar a la funciones que implementan la solución del problema.

17. Herramientas de ayuda a la programación en C

Exponemos brevemente en este epígrafe algunos programas relacionados con la programación en C. Estos programas/utilidades son estandar y habituales en entornos de programación UNIX, pero también en el entorno MS-DOS se pueden conseguir versiones de los mismos. Todas las utilidades que se describen se encuentran disponibles en el Servidor de red del C.S.I.. Las utilidades que acompañan a los compiladores de Borland se encuentran instaladas en los directorios llamados BIN correspondientes a la aplicación. Por ejemplo, las que acompañan al Borland C++ 2.0 se encuentran en el directorio

```
X:\PROG\COMP\BC20\BIN
```

del servidor de red Novell. En caso de tener dificultades en la localización de alguna de ellas, consultar al personal encargado de la administración de Sistemas del Centro.

17.1. Lint

El programa lint (disponible en entornos UNIX, PC-lint es la versión para PC's) toma como entrada un fichero que contiene código C y emite diversos mensajes cuyo objetivo es mejorar la corrección, eficacia y portabilidad de los programas C. Por ejemplo, lint indica datos o funciones declarados pero no utilizados; también detecta partes del código que inadvertidamente nunca serán ejecutadas, detecta variables declaradas y no utilizadas etc.. En términos generales, siempre debe emplearse lint antes de proceder a la compilación final.

Con frecuencia, el gran número de mensajes de aviso e información que Lint genera es demasiado grande; por ello se puede proceder a inhibir la generación de ciertos mensajes, pero hemos de advertir que ello ha de hacerse con conocimiento exacto del significado del mensaje que se ha generado.

Para depurar ciertos ficheros (f1.c, f2.c ...) usando PC-Lint en la red Novell del C.S.I. basta escribir:

```
LINT f1[.C] f2[.C] ... f6[.C]
```

ello provoca que se ejecute el siguiente fichero de comandos:

```
X:\CAMINO\lint2 +v -iX:\CAMINO\ std.lnt %1 %2%3 %4 %5 %6 >_lint.tmp
type _lint.tmp | more
@echo off
echo ---
echo PC-lint for C output placed in _LINT.TMP
```

donde X: es la unidad de disco correspondiente a la red y \CAMINO\ representa el PATH correspondiente a la instalación de PC-Lint en la red: \PROG\COMP\PCLINT\. Como se ve, los mensajes de error de PC-Lint quedan almacenados en el fichero _lint.tmp que además es mostrado por pantalla.

La opción +v implica la activación de los mensajes informativos.

La opción -i implica que los ficheros necesarios que no se encuentren en el directorio de trabajo se buscarán en el directorio especificado a continuación.

El fichero std.lnt contiene los nombres de otros ficheros en los que se especifica el modo de trabajo de PC-Lint:

```
co-tc.lnt:  Contiene ciertas opciones para ser utilizadas con los
            compiladores de Turbo C, Turbo C++ y Borland C++

options.lnt:Habitualmente el usuario deberá colocar una copia de este
            fichero en su propio directorio. Es un fichero en el que
            el usuario puede incluir su propia política de eliminación
            de mensajes. Incluyendo en ese fichero líneas con el
            formato:

                        -eN

            donde N es un cierto número, conseguiremos que PC-Lint no
            genere el mensaje número N.
```

Si se ejecuta X:\CAMINO\LINT sin más opciones, PC-Lint mostrará todas las opciones disponibles. El usuario puede crear su propio fichero de comandos para invocar PC-Lint utilizando las opciones que más le interesen en cada momento.

Desde el entorno integrado del Borland C++ 2.0 se puede invocar PC-Lint utilizando la opción "Lint" del menú – (el que se encuentra a la izquierda del de **A**rchivo en la barra de menús). Las opciones que utiliza PC-Lint en este caso pueden verse en el menú de opciones, bajo el epígrafe "Transfer".

17.2. Grep

La utilidad Grep se utiliza para buscar la aparición de una determinada cadena de caracteres en un fichero de texto. Con frecuencia un programador no recuerda el nombre del fichero en el que realizó cierto trabajo, pero sí recuerda un identificador de variable o función que se utilizaba en aquél fichero. Grep permite buscar todas las apariciones de una cadena de caracteres en un conjunto de ficheros. La Figura 32 muestra todas las opciones que adminte la versión 3.0 del Grep de Borland:

```
Turbo GREP Version 3.0 Copyright (c) 1991 Borland International
Syntax: GREP [-rlcnvidzuwo] searchstring file[s]

Options are one or more option characters preceeded by "-", and optionally
followed by "+" (turn option on), or "-" (turn it off). The default is "+".
-r+  Regular expression search      -l-  File names only
-c-  match Count only               -n-  Line numbers
-v-  Non-matching lines only        -i-  Ignore case
-d-  Search subdirectories          -z-  Verbose
-u-  Update default options         -w-  Word search
-o-  UNIX output format             Default set: [0-9A-Z_]

A regular expression is one or more occurrences of:  One or more characters
optionally enclosed in quotes.  The following symbols are treated specially:
   ^  start of line              $  end of line
   .  any character              \  quote next character
   *  match zero or more         +  match one or more

   [aeiou0-9]   match a, e, i, o, u, and 0 thru 9
   [^aeiou0-9]  match anything but a, e, i, o, u, and 0 thru 9
```

Figura 32 Opciones del Grep de Borland

Como se observa, es posible utilizar expresiones regulares para buscar la cadena de caracteres que se desee. El entorno integrado del Borland C++ 2.0 también está preparado para invocar Grep utilizando la opción correspondiente del menú –.

17.3. Make

La utilidad MAKE también es un estandar en entornos de programación UNIX. MAKE se utiliza para mantener los programas acutalizados según su última versión a través de las siguiente serie de acciones:

- Lee un fichero especial (fichero makefile) que ha de crear el usuario. Este fichero indica a MAKE qué ficheros objeto (.OBJ) y librerías (.LIB) han de ser enlazados con el LINKER para generar el fichero ejecutable, y qué ficheros fuente (.C) y de cabeceras (.H) han de compilarse para generar cada uno de los ficheros objeto (.OBJ)
- Compara la fecha y hora de cada fichero objeto con la de los correspondientes ficheros fuente de los que depende: si alguna de estas fechas es posterior a la del fichero objeto, MAKE detecta que el fichero fuente ha sido modificado y que debe ser recompilado.

- Invoca al compilador de línea para recompilar el fichero fuente que ha sido modificado.
- Una vez que los ficheros .OBJ han sido actualizados, compara las fechas de éstos con las del correspondiente ejecutable.
- Si la fecha de alguno de los ficheros .OBJ es posterior a la del ejecutable, invoca al enlazador (LINKER) para generar de nuevo el fichero ejecutable (.EXE).

Como se puede observar, MAKE se basa fuertemente en la fecha y hora que el sistema operativo coloca a los ficheros. Si se va a trabajar con esta utilidad, es fundamental mantener el reloj y calendario del sistema actualizado.

La utilidad MAKE es tanto más conveniente cuanto más complejo sea el programa ejecutable que se está construyendo. La situación ideal es cuando el fichero ejecutable consta de muchos módulos que pueden ser compilados separadamente.

La documentación correspondiente a la utilidad MAKE de Borland así como la del TLINK (Linker de Borland) está disponible para los alumnos.

17.4. Otras utilidades

El programa PR.EXE es lo que se conoce por un Pretty Printer. Permite obtener listados por impresora de los programas, realizando ciertas funciones sobre los ficheros que procesa. Ejecutarlo sin parámetros para ver las opciones que permite.

FILT.EXE es un programa que realiza ciertas funciones de filtrado sobre un fichero de texto: elimina espacios en blanco sobrantes, cambia tabuladores por espacios y viceversa, etc. Ejecutarlo sin parámetros para ver sus opciones.

La utilidad TOUCH modifica la fecha y hora de los ficheros que se le indiquen, colocándoles la fecha y hora actual.

18. Bibliografía

La bibliografía de la programación en C es extraordinariamente amplia. Nos hemos limitado aquí a unos pocos títulos seleccionados por considerarlos de mucha calidad.

[1] *Programación en C* Byron S. Gottfried. Ed Mc Graw Hill. Serie Schaum.

Es un buen libro de iniciación al C

[2] *Practical C Programming* Steve Oualline. Ed. O'Reilly & Associates, Inc.

Es un libro no tan básico pero muy interesante. En él se propone una programación sistemática, modular y hace uso de todo un conjunto de ideas de muchísimo valor.

[3] *Data Structures Using C* A. M. Tenenbaum, Y. Langsam & M. J. Augenstein. Ed. Prentice-Hall

Se supone que el programdor ya utiliza C con cierta soltura e introduce las estructuras de datos básicas utilizando C para su implementación.

[4] *El lenguaje de programación C* B. W. Kernighan, D. N. Ritchie. Ed Prentice-Hall

Es la "biblia" del C. Se presupone que el lector ya conoce algún lenguaje de programación imperativo.