Fundamentos de los Sistemas Operativos

Departamento de Informática de Sistemas y Computadoras (DISCA)
Universitat Politècnica de València

fSO

Práctica 2
Compilando Programas en C
Versión 1.2

Contenido

1 Objetivos

El objetivo de esta práctica es aprender a programar en C usando las herramientas de programación UNIX.
En concreto los objetivos son:

- Introducir el entorno de programación C en UNIX (shell, editor, gcc, etc.)
- Conocer las fases de compilación de un programa en C.
- Programar en C, utilizando las características que difieren con Java (ámbito de las variables, cadenas, punteros, gestión de memoria).

Para ello se van a realizar y/o modificar programas sencillos en C donde alumno tendrá que comprobar los resultados obtenidos y responder a pequeñas cuestiones sobre los mismos.

1.1 Entorno necesario

El entorno para realizar las prácticas consiste en un sistema Unix (Linux) y el compilador gcc (GNU Compiler). Como entorno de edición se puede utilizar KEdit, KWrite o cualquier otro editor.
Esta práctica también se puede realizar en Mac OS X, utilizando gcc y algunos de los editores disponibles (o mejor el XCode)[1].
Los ficheros necesarios para realizar la práctica se deben descargar del Poliformat.
Para editar archivos se puede usar cualquier editor de los disponibles, en el laboratorio recomendamos utilizar kate, que se puede iniciar desde el menú o de la línea de órdenes escribiendo para editar circulo.c:

```
$ kate circulo.c &
```

2 Introducción al GCC

2.1 El compilador GCC

GCC es un conjunto de compiladores desarrollados dentro del proyecto GNU y por lo tanto es software libre. En un principio sólo disponía de un compilador de C, y se denominaba GNU C Compiler. Actualmente incluye compiladores para diversos lenguajes como C, C++, Objective C, Fortran, Ada. Por ello, las siglas GCC ahora significan "GNU Compiler Collection". GCC es capaz de recibir un programa fuente en cualquiera de estos lenguajes y generar un programa ejecutable binario en el lenguaje de la máquina donde ha de ejecutarse. GCC puede, por tanto, generar código para distintas arquitecturas como Intel x86, ARM, Alpha, Power PC y muchas más. Es por esto, que es utilizado como compilador de desarrollo en la mayoría de plataformas. Por ejemplo, Linux, Mac OS X, iOS (iPhone e iPad) están íntegramente compilados con GCC.

2.2 Sintaxis y opciones de GCC

La sintaxis de uso del compilador gcc es la siguiente:

```
$   gcc [ opción | archivo ] ...
```

Las opciones van precedidas de un guión, como es habitual en UNIX, cada opción puede constar de varias letras y no pueden agruparse varias opciones tras un mismo guión. Algunas opciones requieren después un nombre de archivo o directorio, otras no. Finalmente, pueden darse varios nombres de archivo a incluir en el proceso de compilación. Un ejemplo de uso sería:

[1] NOTA: Aunque existe una versión del gcc para Windows, su funcionamiento difiere a lo descrito en esta memoria y por lo tanto no se recomienda su uso.

```
$   gcc -o hola hola.c
```

que genera el programa hola compilando el fuente hola.c

GCC tiene infinidad de opciones, a continuación detallamos las que vamos a utilizar a lo largo de las prácticas de fSO.

Opción	Descripción
`-c`	realiza el preprocesamiento, compilación y ensamblado, obteniendo el archivo en código objeto (.o).
`-S`	realiza el preprocesamiento y compilación, obteniendo el archivo en ensamblador.
`-E`	realiza solamente el preprocesamiento, enviando el resultado a la salida estándar
`-o archivo`	indica el nombre del archivo de salida (el ejecutable).
`-Iruta`	especifica la ruta hacia el directorio donde se encuentran los archivos marcados para incluir en el programa fuente. No lleva espacio entre la I y la ruta, así: `-I/usr/include`. Por defecto no es necesario indicar las rutas de las include estándar.
`-Lruta`	especifica la ruta hacia el directorio donde se encuentran los archivos de biblioteca con el código objeto de las funciones referenciadas en el programa fuente. No lleva espacio entre la L y la ruta, así: `-L/usr/lib`. Por defecto no es necesario indicar las rutas de las librería estándar.
`-lNOMBRE`	NOMBRE: librería a utilizar para enlazar junto con nuestro programa. Le dice al compilador qué biblioteca o librerías tiene que incluir con el programa que hemos desarrollado. Se utiliza cuando queremos modificar el conjunto de librerías que el enlazador utiliza por defecto. Por ejemplo: -lm incluiría la librería lib**m**.so (librería matemática)
`-v`	Verbose on; muestra los comandos ejecutado en cada etapa de compilación y la versión del mismo.

2.3 Fases de compilación

El gcc, al igual que otros compiladores, se pueden distinguir 4 etapas en el proceso de compilación:

- **Preprocesado**: En esta etapa se interpretan las directivas al preprocesador. Entre otras cosas, las variables inicializadas con #define son sustituidas en el código por su valor en todos los lugares donde aparece su nombre y se incluye el fuente de los #include.
- **Compilación**: transforma el código C en el lenguaje ensamblador propio del procesador de nuestra máquina. Normalmente la máquina destino será la misma que la de desarrollo, pero en el caso de que la maquina difiera, a esto se denomina compilación cruzado.
- **Ensamblado**: transforma el programa escrito en lenguaje ensamblador a código objeto, un archivo binario en lenguaje de máquina ejecutable por el procesador.
- **Enlazado**: Las funciones de C/C++ incluidas en nuestro código, tal como printf(), se encuentran ya compiladas y ensambladas en bibliotecas existentes en el sistema. Es preciso incorporar de algún modo el código binario de estas funciones a nuestro ejecutable. En esto consiste la etapa de enlace, donde se reúnen uno o más módulos en código objeto con el código existente en las bibliotecas.

3 Ejercicio 1: Fases de compilación y estructuración en módulos

3.1 Fases de compilación

En este ejercicio vamos a probar como compilar un programa en C y las distintas fases de compilación. El programa a compilar "circulo.c" es muy simple y se muestra a continuación:

```
#include <stdio.h>

#define PI 3.1416
main() {
   float area, radio;
   radio = 10;
   area = PI * (radio * radio);
   printf("Area del circulo de radio %f es %f\n", radio, area);
}
```

Figura-1: Código del fichero "*circulo.c*"

Para compilar este programa y generar directamente el ejecutable, realizando todas las fases de compilación, introducir la siguiente orden:

```
$   gcc -o circulo circulo.c
```

Comprobar que se ha generado un fichero ejecutable (con `ls -la`). Para poder probar el programa simplemente escribimos la orden (nota: es necesario poner ./ al nombre del fichero para que encuentre el ejecutable en el directorio actual y no lo busque en el PATH).

```
$   ./circulo
```

Ésta será la forma normal de trabajar, generar un fichero ejecutable a partir de un fichero con código fuente. Pero vamos a ver los resultados intermedios de cada fase de compilación.

a) PREPOCESAR: Podemos preprocesar el fichero con la opción –E. Hay que redirigir la salida a un fichero, que llamaremos `circulo.pp`.

```
$   gcc -E circulo.c > circulo.pp
```

Ver el contenido del fichero `circulo.pp` (con nuestro editor de textos) y podemos comprobar dos cosas, a) que ha desaparecido el `#include` y ha sido sustituido por el contenido de este fichero que contiene una serie de definiciones y prototipos de funciones para entrada y salida (entre ellas la función `printf` que vamos a utilizar en nuestro programa) y b) al final del fichero podréis comprobar que la variable PI ha sido sustituida por su valor, 3.1416, tal como había sido fijado en la sentencia #define.

b) COMPILAR: Podemos compilar (y preprocesar) el fichero con la opción –S lo que nos genera el código ensamblador del programa compilado.

```
$   gcc -S circulo.c
```

podemos comprobar que nos ha generado un fichero con extensión .s que contiene el código en ensamblador. Abrir el fichero y ver que efectivamente es así.

c) ENSAMBLAR: al ensamblar se transforma el código en ensamblado en un archivo binario de código máquina que es ejecutable por el procesador:

```
$   gcc -c circulo.c
```

Puede comprobarse el tipo de fichero con el comando `file`:

```
$   file circulo.o
```

d) ENLAZADO: en nuestro programa se utiliza la función `printf` que está en la librería stdio. Para que esta función se incluya dentro del ejecutable a generar, es necesario realizar este enlazado. En esto consiste la etapa de enlace, donde se reúnen uno o más módulos en código objeto con el código existente en las bibliotecas.

```
$   gcc –o circulo circulo.o
```

Si no utilizamos la opción –o el nombre que se le asigna por defecto al programa es a.out

3.2 Estructuración en módulos

En esta sección aprendemos a estructurar un programa en varios módulos. Para ello vamos a crear una función área en un fichero separado y vamos a hacer uso de ella en nuestro programa circulo.c
Pasos a realizar:

a) Cree un fichero `area.c` y defina una función "`float area(float radio)`" con la ayuda del código de la figura-1. Recuerde que aquí tiene que ir la implementación de la función.
b) Cree un fichero `area.h` e introduzca en él la declaración de la función. Recuerde que aquí únicamente ha de ir la declaración o prototipo de la función.
c) Copie el fichero `circulo.c` a `circulo2.c`
d) Edite `circulo2.c` y modifíquelo para que incluya el fichero `area.h` y en la función `main` se haga uso de la función `area` implementada en `area.c`.
   NOTA: Dado que `area.h` está en el directorio actual se ha de poner `#include "area.h"`

Para compilar podemos hacerlo de la siguiente manera incluyendo los dos ficheros fuentes:

```
$   gcc –o circulo2 circulo2.c area.c
```

esto realiza todas las fases: compilará `circulo2.c` y `area.c` generando sus ficheros objetos (.o) y luego enlazará la función `area` para generar un único ejecutable (`circulo2`).

3.3 Cuestiones

a) Enumere y describa los tipos de ficheros que se han generado en cada una de las fases de la compilación
b) En la última compilación los 2 ficheros fuente (`circulo2.c` y `area.c`) son pasados como argumento al compilador gcc. Compruebe que ocurre si no pusiéramos `area.c` como argumento.
c) ¿Qué diferencias y similitudes existen entre la compilación de un programa en C y la de Java?.

4 Ejercicio 2: Ámbito de las variables y gestión de errores.

El objetivo de este ejercicio es doble: primero entender el ámbito de las variables y segundo aprender a corregir los errores surgidos durante la compilación de un programa en C. Para ello se va a proporcionar un programa que contiene una serie de errores (tanto de sintaxis como lógicos) que el alumno tiene que corregir hasta que funcione de forma correcta.

4.1 Ámbito de las variables

En C el ámbito de las variables puede ser:

- Global: las variables se declaran fuera de cualquier función y se pueden acceder desde cualquier función del fichero.
- Local: se definen dentro de una función y solo son accesibles dentro de dicha función.
- Estáticas: son variables locales que conservan su valor.

El código fuente del programa a corregir denominado `variables.c,` es el mostrado en la figura-2.

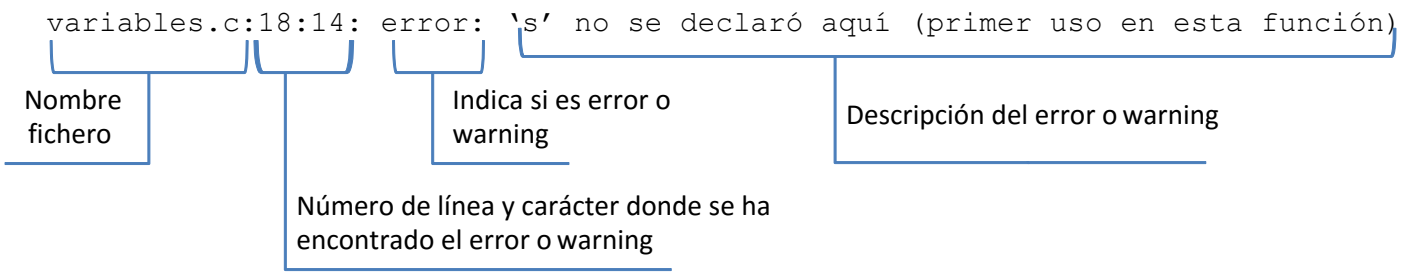
```
#include <stdio.h>
int a = 0; /* variable global */

// Esta función incrementa el valor de la variable global a en 1
void inc_a(void) {
    int a;
    a++;
}

// Esta función devuelve el valor anterior
// y guarda el Nuevo valor v
int valor_anterior(int v) {
      int temp;
      // declarar aquí la variable s estática.

      temp = s;
      s = v;
      return b;
}

main()
{
      int b = 2; /* variable local */
      inc_a();
      valor_anterior(b);
      printf("a= %d, b= %d\n", a, b);
      a++;
      b++;
      inc_a();
      b = valor_anterior(b);
      printf("a= %d, b= %d\n", a, b);
}
```

Figura-2: Código a corregir proporcionado en el fichero "*variables.c*"

Compile `variables.c`

```
$ gcc -o variables variables.c
```

En pantalla le aparecerán una serie de errores. Los errores suelen tener el siguiente formato:



Hay que distinguir bien entre warnings (avisos) y errores.

- Los **warnings** son avisos que nos proporciona el compilador de código porque 'piensa' que puede ser erróneo o que no cumple algún estándar. Si al compilar se producen warnings y no hay errores, se generará el ejecutable. Los warnings pueden producir errores en ejecución, por ello es recomendable revisar el código e intentar corregirlos
- Los **errores**, han de corregirse todos ya que hasta que no se eliminen no se generará el ejecutable.

El programa también contiene errores de programación que ha de corregir:

- la función `inc_a` debe trabajar con la variable global `a`, por lo que no debería estar definida como local.
- En la función `valor_anterior` hay que declarar la variable `s` como se indica y para que devuelva el valor anterior el `return` debe devolver el valor de `temp` (no el de `b`).

Al ejecutar `variables.c` debe mostrar en consola:

```
a= 1, b= 2
a= 3, b= 2
```

4.2 Cuestiones

a) ¿Qué modificaciones tendríamos que hacer en el programa anterior si declarásemos la variable global `a` como local en `main()`?

5 Ejercicio 3: Parámetros por línea de órdenes

Al invocar una orden en UNIX es normal pasarle parámetros. Como hemos visto, el GCC dispone de multitud de opciones y parámetros que se pueden configurar por línea de comandos.

En un programa en C, podemos tratar estos parámetros de forma muy simple con `argc` y `argv`. Para ello hay que definir la función `main` con estos dos argumentos `int main(int argc, char *argv[])` donde:

a) `argc` contendrá el número de argumentos pasados, que siempre será mayor que cero, ya que el nombre de la orden es el primer argumento.
b) `argv` es un vector de cadenas con los argumentos. El primer elemento de este vector (argv[0]) será siempre el nombre de la orden.

En este ejercicio hay que realizar dos programas, partiendo de la base del fichero `argumentos.c`.

```
#include <stdio.h>

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

     // A completar…

}
```

Figura-3: Contenido inicial del fichero "*argumentos.c*"

5.1 Programa listar argumentos

Realizar un programa denominado `listaArgs`, que muestre por pantalla el número de argumentos y el contenido de cada una de ellos. A continuación se muestra cual debe ser el resultado de su ejecución con distintos argumentos:

```
$ ./listaArgs
Numero de argumentos = 1
  Argumento 0 es ./listaArgs
$  ./listaArgs uno dos tres
Numero de argumentos = 4
  Argumento 0 es ./listaArgs
  Argumento 1 es uno
  Argumento 2 es dos
  Argumento 3 es tres
```

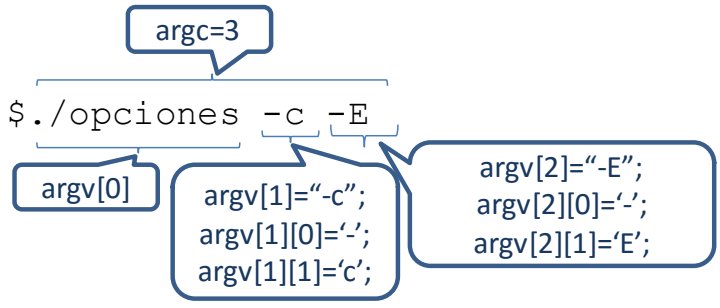
5.2 Programa opciones

Realizar un programa denominado `opciones`, que de forma parecida al gcc identifique las siguientes opciones y si es el caso muestre la ruta de la opción

```
-c    Mostrará “Compilar”
-E    Mostrará “Preprocesar”
-iruta Mostrará “Incluir + ruta”
```

A continuación se muestra cual debe ser el resultado de su ejecución con distintos argumentos:

```
$ ./opciones -c
   Argumento 1 es Compilar
$  ./opciones -c -E -i/includes
   Argumento 1 es Compilar
   Argumento 2 es Preprocesar
   Argumento 3 es Incluir /includes
```



6 Ejercicio 4: Punteros y estructuras

Un puntero es una variable que contiene la dirección de otro objeto. Esto nos permite acceder y modificar elementos de cadenas y estructuras de forma simple. En esta parte de la práctica vamos a completar pequeños programas que trabajan con punteros, cadenas y estructuras.

6.1 Programa mayúsculas

Completar el programa mayusculas.c (figura 4), que tiene que convertir un texto leído por consola, convertirlo en mayúsculas y luego sacarlo por pantalla. En concreto hay que completar:

a) Definir las variables `cadena` y `cadena2` como vectores de cadena con un tamaño `TAM_CADENA`.
b) Leer un texto de consola y asignarlo a la variable `cadena`. Para leer tiras de caracteres que contengan blancos se puede utilizar `scanf("%[^\n]s", str).`
c) Completar el bucle de conversión a mayúsculas. Para ello se hará uso de dos punteros a cadenas, donde `p1` apunta a `cadena` y `p2` apunta a `cadena2`, y por lo tanto habrá que ir copiando el elemento apuntado por `p1` a `p2` (restando 32 para convertirlo a mayúscula, sólo si es un carácter en minúscula). Al finalizar del bucle hay que poner el carácter cero de fin de cadena en la cadena2.
d) Sacar por consola la `cadena2`, que tendrá el texto convertido a mayúscula.

```
#include <stdio.h>
#define TAM_CADENA 200
main() {
    // Puntero a caracter para copiar las cadenas
    char *p1, *p2;

    // A) Definir las variables cadena y cadena2
    // B) Leer cadena de consola
    // C) Convertir a mayúsculas
    p1 = cadena;
    p2 = cadena2;
    while (*p1 != '\0') {
        //  Copiar p1 a p2 restando 32
    }
    // Acordarse de poner el cero final en cadena2
    // D) Sacar por consola la cadena2.
}
```

Figura-4: Contenido inicial del fichero “mayusculas.c”

6.2 Programa sumafilas

Completar el programa `sumafilas.c` (figura 5), que suma una serie de filas y nos devuelve la suma de cada fila y la suma total. Cada fila es una estructura que contiene dos miembros, un vector con los datos y la suma.
Lo que hay que completar es lo siguiente:

a) Definir una variable “filas” que sea un vector de estructuras `FILA` de tamaño `NUM_FILAS`
b) Implementar la función `suma_fila`. A esta función se le pasa un puntero a la fila a sumar. Tendrá que sumar el vector `datos` y asignarla al miembro `suma`.
c) Completar el bucle para sumar todas las filas. Hay que llamar a `suma_fila` pasándole la fila, completar el `printf` y actualizar la variable `suma_total`.

```
#include <stdio.h>

#define TAM_FILA 100
#define NUM_FILAS 10
struct FILA {
    float datos[TAM_FILA];
```

```
    float suma;
};
// A) Define una variable filas que sea un vector de estructuras FILA de
tamaño NUM_FILAS

void suma_fila(struct FILA *pf) {
// B) Implementar suma_fila
}

// Inicia las filas con el valor i*j
void inicia_filas() {
    int i, j;
    for (i = 0; i < NUM_FILAS; i++) {
        for (j = 0; j < TAM_FILA; j++) {
            filas[i].datos[j] = (float)i*j;
        }
    }
}
main() {
    int i;
    float suma_total;

    inicia_filas();
    // C) Completar bucle
    suma_total = 0;
    for (i = 0; i < NUM_FILAS; i++) {
        // Llamar a suma_fila
        printf("La suma de la fila %u es %f\n", i, /* COMPLETAR */);
        // sumar la fila a suma_total
    }
    printf("La suma final es %f\n", suma_total);
}
```

Figura-5: Contenido inicial del fichero “sumafilas.c”

El resultado final de la ejecución de este programa tiene que ser:

```
$  ./sumafilas
La suma de la fila 0 es 0.000000
La suma de la fila 1 es 4950.000000
La suma de la fila 2 es 9900.000000
La suma de la fila 3 es 14850.000000
La suma de la fila 4 es 19800.000000
La suma de la fila 5 es 24750.000000
La suma de la fila 6 es 29700.000000
La suma de la fila 7 es 34650.000000
La suma de la fila 8 es 39600.000000
La suma de la fila 9 es 44550.000000
La suma final es 222750.000000
```