Sesión 04: Funciones en C

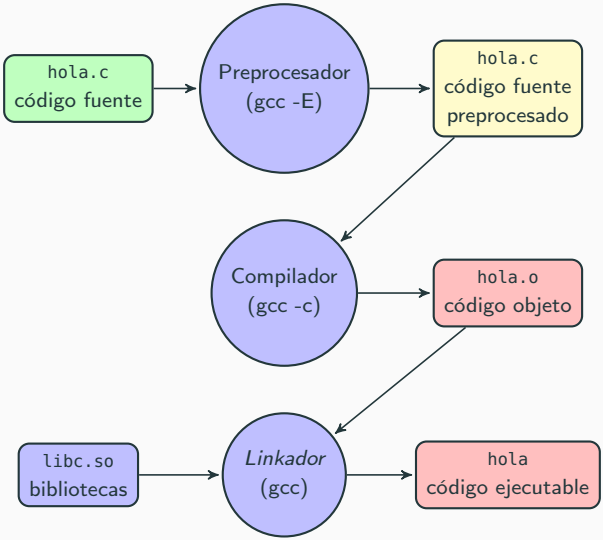
Programación para Sistemas

Ángel Herranz

2022-2023

Universidad Politécnica de Madrid

Minirepaso Sesión 1



Minirepaso Sesión 2

- Función `main`
- Argumentos de invocación (`argc` y `argv`)
- Funciones (ej. `factorial`)
- Depuración (método 1): trazas, es decir `printf` para ver por donde va el programa
- Depuración (método 2): `gdb`

Minirepaso Sesión 3

- No vemos el detalle de mucha sintaxis de C porque se parece mucho a la de Java: libro de C a mano
- Intuimos el tipo *string*: **`char`** `*` y **`char`** `[]` (en la siguiente sesión)
- Tipos básicos (enteros): **`char`** e **`int`** y sus *modificadores* **`unsigned`** y **`long`**
- Tipos básicos (coma flotante): **`float`** y **`double`**
- Función de biblioteca `printf` y *conversores*

  `\n`, `%d`, `%i`, `%c`, `%f`, `%.6f`, `%s`, etc.

  para más detalles, desde el terminal: `man 3` **`printf`**
- Makefile: `make basicos` vs. `gcc -ansi -Wall ...`

¿Dudas?

¿Cómo van esos accesos a `triqui`? (`ssh`)

¿Dudas?

¿Cómo van esos accesos a `triqui`? (`ssh`)

¿Cuánto ocupa en memoria un
`long long unsigned int`? ¿Cuáles son sus límites?
¿Cómo se imprimen con `printf`?

En el capítulo de hoy...

- Funciones, variables, ámbito y pila
- Paso de parámetros por valor y por referencia
- Más `make`

GNU Make Manual

The Free Software Foundation (FSF)

`http://makefiletutorial.com/`

Chase Lambert

Una recomendación

- Crear un directorio para el material de la asignatura:

```
$ mkdir pps
```

- Crear un directorio para el material de las clases:

```
$ cd pps
$ mkdir clases
```

- Crear un directorio por sesión, hoy:

```
$ cd clases
$ mkdir 04
```

- Trabaja en ese directorio, comprueba que estás en él

```
$ pwd
```

Otra recomendación

Los programas o los ficheros tipo `Makefile` tienen que seguir una gramática formal. Si no prestas mucha atención lo más probable es que cometas errores de sintaxis. El compilador o `make` quizás te digan qué error has cometido pero es posible que aún no lo entiendas bien. Transcribe todo con mucho cuidado, presta especial atención a espacios, tabuladores y cambios de línea

Funciones, variables y ámbito

LCG: generando números *aleatorios*

- LCG = *Linear Congruential Generator*
- Algoritmo que genera números *pseudoaleatorios* utilizando una ecuación lineal.

$$X_{n+1} = (a \times X_n + c) \mod m$$

💬 Juguemos con $a = 7$, $c = 1$, $m = 11$ y $X_0 = 0$

LCG: generando números *aleatorios*

- LCG = *Linear Congruential Generator*
- Algoritmo que genera números *pseudoaleatorios* utilizando una ecuación lineal.

$$X_{n+1} = (a \times X_n + c) \mod m$$

- Juguemos con $a = 7$, $c = 1$, $m = 11$ y $X_0 = 0$
- Implementar una función `generar_aleatorio` que cada vez que se le llame genere un número aleatorio usando el LCG anterior. Elaborar un programa `lcg1.c` para mostrar su funcionamiento. Ver siguiente transparencia.

`lcg1.c`: copia, compila y ejecuta

```c
#include <stdio.h>

#define A 7
#define C 1
#define M 11

int x = 0;

int generar_aleatorio() {
  int anterior = x;
  x = (A * x + C) % M;
  return anterior;
}
```

```c
int main()
{
  int i;

  for (i = 0; i < M; i++) {
    printf(
      "%i -> %i\n",
      i,
      generar_aleatorio());
  }

  return 0;
}
```

make i

- ¿Cansados de `gcc -Wall -Werror ...`?
- Automaticemos las tareas con la herramienta `make` (cada vez un poco más)

Probemos a crear un fichero `Makefile` con este contenido:

```
CFLAGS=-Wall -Wextra -g

lcg1: lcg1.o
	$(CC) $(CFLAGS) -o lcg1 lcg1.o
```

Ejecutar `make lcg1` para construir el ejecutable:

```
$ make lcg1
cc -Wall -g   -c -o lcg1.o lcg1.c
cc -Wall -g -o lcg1 lcg1.o
```

make ii

- Y ya se puede ejecutar `lcg1` (observa `./lcg1`):

```
$ ./lcg1
0 -> 0
1 -> 1
2 -> 8
3 -> 2
4 -> 4
5 -> 7
6 -> 6
7 -> 10
8 -> 5
9 -> 3
10 -> 0
$ |
```

Makefile explicado i

- Primera línea: *variable* con nuestros *flags* de gcc:

```
CFLAGS=-Wall -g
```

- Las otras dos líneas[1]:

```
lcg1: lcg1.o
	$(CC) $(CFLAGS) -o lcg1 lcg1.o
```

dicen "para construir el fichero `lcg1` necesitas el fichero `lcg1.o` y entonces tienes que ejecutar la orden `$(CC) $(CFLAGS) -o lcg1 lcg1.o`"

- La herramienta `make` tiene algunas reglas por defecto[2].

[1] ¡Cuidado con el tabulador!

[2] Ejecuta `make -p` para ver dichas reglas

`Makefile` explicado ii

- `make` utiliza los tiempos de modificación de los ficheros para saber si tiene que volver a realizar las tareas o no
- En un mismo fichero `Makefile` se pueden escribir varias reglas

💬 ¿Qué pasa al ejecutar `make lcg1` por segunda vez?

💬 ¿Por qué crees que pasa eso?

💬 ¿Qué pasa si modificas `lcg1.c` y ejecutas `make lcg1`?

💬 ¿Por qué crees que pasa eso?

Disección de `lcg1.c` i

```c
#include <stdio.h>

#define A 7
#define C 1
#define M 11

int x = 0;

int generar_aleatorio() {
  int anterior = x;
  x = (A * x + C) % M;
  return anterior;
}
```

- *Includes*
- *Copy and paste* de `/usr/include/stdio.h` realizado por el preprocesador antes de compilar
- Los ficheros *header* (`.h`) no contienen código, ni variables, ni funciones, sólo declaraciones.

Disección de `lcg1.c` ii

```
1  #include <stdio.h>
2
3  #define A 7
4  #define C 1
5  #define M 11
6
7  int x = 0;
8
9  int generar_aleatorio() {
10   int anterior = x;
11   x = (A * x + C) % M;
12   return anterior;
13 }
```

- *Macros*
- *Find and replace*: antes de ejecutar serán substituidas por el texto indicado:

  `A` por `7`, `C` por `1`, y `M` por `11`

- Es el preprocesador el encargado de realizar el trabajo

`gcc -E lcg1.c` para ver el efecto de **`#define`**

Disección de `lcg1.c` iii

```
1  #include <stdio.h>
2
3  #define A 7
4  #define C 1
5  #define M 11
6
7  int x = 0;
8
9  int generar_aleatorio() {
10   int anterior = x;
11   x = (A * x + C) % M;
12   return anterior;
13 }
```

- **Definición** de una variable global: x
- (definir vs. declarar)
- Tiempo: dicha variable existe durante la ejecución completa del programa
- Ámbito (*scope*): dicha variable es accesible desde cualquier parte del programa (ver línea 10)

Disección de `lcg1.c` iv

```c
#include <stdio.h>

#define A 7
#define C 1
#define M 11

int x = 0;

int generar_aleatorio() {
  int anterior = x;
  x = (A * x + C) % M;
  return anterior;
}
```

- Definición de una función: `generar_aleatorio()`
- No tiene argumentos
- Devuelve `int`
- Las funciones no se pueden anidar (casi nada en C se puede anidar)
- Las funciones son globales y no se pueden esconder

Disección de `lcg1.c` v

```
1  #include <stdio.h>
2
3  #define A 7
4  #define C 1
5  #define M 11
6
7  int x = 0;
8
9  int generar_aleatorio() {
10   int anterior = x;
11   x = (A * x + C) % M;
12   return anterior;
13 }
```

- Variable automática o local: `anterior`
- Tiempo: se crea una variable en la pila de ejecución con cada llamada y se destruye al terminar la llamada.
- Ámbito: sólo es accesible desde la función (ver línea 12).
- Cuidado: límite de pila.

Sumar números del 0 a *n* con recursión: `sum1.c`

```c
#include <stdio.h>

unsigned sum(unsigned i) {
  if (i < 1) {
    return 0;
  }
  else {
    return i + sum(i-1);
  }
}
```

```c
int main() {
  unsigned n = 10;
  printf(
    "0+1+...+%u = %u\n ",
    n,
    sum(n)
  );

  return 0;
}
```

Repetir los pasos para `lcg1.c` con `sum1.c`

Actualizamos el `Makefile`

- Añadimos una nueva regla a nuestro `Makefile`, como la anterior substituyendo `lcg1` por `sum1`:

```
...
sum1: sum1.o
	$(CC) $(CFLAGS) -o sum1 sum1.o
```

- Recordemos, el significado de esa regla es:

"para construir el fichero `sum1` necesitas el fichero `sum1.o` y entonces tienes que ejecutar la orden `$(CC) $(CFLAGS) -o sum1 sum1.o`"

¿Cómo se comporta el programa `sum1`?

- Probemos con diferentes valores de `n`
- ¿1 000? ¿100 000? ¿500 000?
- Editar y recompilar y ejecutar con cada cambio: `make sum1` y `./sum1`

¿Qué ocurre?

[3] Si no ves el fichero `core`, prueba ejecutando **`ulimit`** `-c unlimited` antes de ejecutar el programa

¿Cómo se comporta el programa `sum1`?

- Probemos con diferentes valores de `n`
- ¿1 000? ¿100 000? ¿500 000?
- Editar y recompilar y ejecutar con cada cambio: `make sum1` y `./sum1`

¿Qué ocurre?

Segmentation fault (core dumped) (prueba `ls -l`)

- El programa se rompe con un *stackoverflow* y genera un volcado de toda su huella en la memoria: `core`[3]

[3] Si no ves el fichero `core`, prueba ejecutando **`ulimit`** `-c unlimited` antes de ejecutar el programa

This is C. . .

Direcciones de memoria

- C permite un control absoluto de la memoria
- Nueva sintaxis:

$$\begin{aligned} \langle expr \rangle \quad ::= & \ \ldots \\ | & \ \text{`\&'} \ \langle expr \rangle \\ | & \ \ldots \end{aligned}$$

- Su semántica:

$$[\![\&e]\!] = \text{«dirección de memoria de la expresión } e\text{»}$$

- Usaremos el *conversion specifier* `%p` de `printf` para mostrar direcciones de memoria

¿Donde está la variable?

```
int x = 42;
printf("El contenido de x es %i\n", x);
printf("La dirección de memoria de x es %p\n", &x);
```

¿Donde está la variable?

```
int x = 42;
printf("El contenido de x es %i\n", x);
printf("La dirección de memoria de x es %p\n", &x);
```

```
El contenido de x es 42
La dirección de memoria de x es 0x7ffc4e20391c
```

dir.c: exploremos la memoria i 10'

```c
#include <stdio.h>
int global1;
int global2;

void f (int arg) {
  int local;
  printf("f(%i): &arg: %p\n",
         arg, &arg);
  printf("f(%i): &local: %p\n",
         arg, &local);
  if (arg) f(!arg);
}
```

```c
int main() {
  int local;
  printf("main: &local: %p\n", &local);
  printf("main: &global1: %p\n",
         &global1);
  printf("main: &global2: %p\n",
         &global2);
  printf("main: &f: %p\n", &f);
  printf("main: &main: %p\n", &main);
  f(1);
  return 0;
}
```

dir.c: exploremos la memoria ii

- ¿Puedes ver donde están las variables globales?
- ¿Puedes ver lo que ocupan?
- ¿Puedes ver cómo se distribuyen las variables y argumentos en el *stack*?
- ¿Has observado que las funciones son variables globales?
- Añade más variables locales y argumentos

Punteros: variables con direcciones de memoria

- Sintaxis para declarar punteros:

$$T \ *p;$$

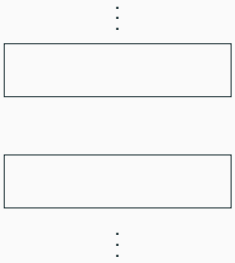
- p es una variable que contiene una dirección de memoria,
- en la que hay un elemento de tipo T
- accesible usando la expresión

$$*p$$

$$\begin{array}{lll} \langle expr \rangle & ::= & \ldots \\ & | & \text{`}*\text{'} \ \langle expr \rangle \\ & | & \ldots \end{array}$$

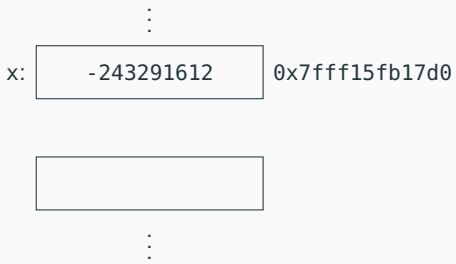
$$[\![*e]\!] = \text{«contenido de la dirección de memoria } [\![e]\!]\text{»}$$

Encajando las piezas i

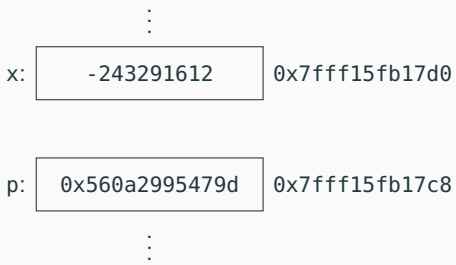


Encajando las piezas i

```
int x;
```



Encajando las piezas i

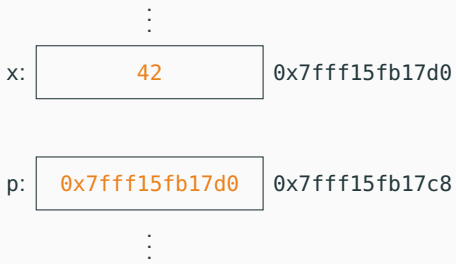



```
int x;
int *p;
```

Encajando las piezas i

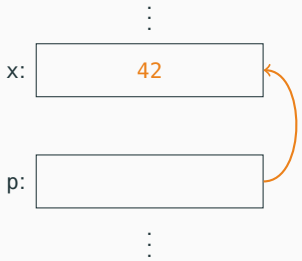

```
int x;
int *p;
x = 42;
```

Encajando las piezas i




```
int x;
int *p;
x = 42;
p = &x;
```

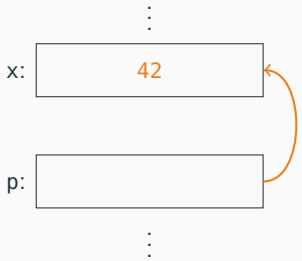
Encajando las piezas i




```
int x;
int *p;
x = 42;
p = &x;
```

Representación habitual

Encajando las piezas i

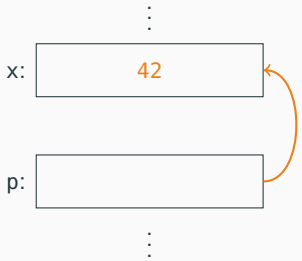



```
int x;
int *p;
x = 42;
p = &x;
```

Representación habitual

```
printf("%i\n", *p)
```

Encajando las piezas i




```
int x;
int *p;
x = 42;
p = &x;
```

Representación habitual

```
printf("%i\n", *p)
```

42

Encajando las piezas ii

¿Qué hacen estas dos líneas después del código anterior?

```
*p = 27;
printf("%i\n", x);
```

Encajando las piezas ii

¿Qué hacen estas dos líneas después del código anterior?

```
*p = 27;
printf("%i\n", x);
```

Entender estas últimas transparencias es muy importante

Función que intercambie dos enteros

```
int x = 42, y = 27;
printf("Antes de intercambiar: (%i, %i)\n", x, y);
intercambiar(x,y);
printf("Despues de intercambiar: (%i, %i)\n", x, y);
```

Lo esperado:

```
Antes de intercambiar: (42, 27)
Despues de intercambiar: (27, 42)
```

intercambiar: primer intento 5

```
void intercambiar(int x, int y) {
  int aux = x;
  x = y;
  y = aux;
}
```

`intercambiar`: primer intento 5

```
void intercambiar(int x, int y) {
  int aux = x;
  x = y;
  y = aux;
}
```

¿Qué ocurre? (¡dibujémoslo en cajas!)

intercambiar: primer intento 5

```
void intercambiar(int x, int y) {
  int aux = x;
  x = y;
  y = aux;
}
```

¿Qué ocurre? (¡dibujémoslo en cajas!)

Paso por valor: el contenido de las variables se **copia** en los argumentos

¿Y si pasamos los punteros como argumento? 5'+

sum2.c: sum no recursiva

- El paso de parámetros por referencia se usa para tener parámetros de salida
- Por ejemplo, la siguiente cabecera es la de una función `sum` que *devuelve* en el segundo parámetro la suma de los números de `0` a `n`

```
void sum(unsigned n, unsigned *s)
```

- Prepara un programa `sum2.c` que tome como argumento *n* e imprima la suma de números de 0 a *n* en la salida estándar:

```
$ ./sum2 6
21
$ |
```