

# Metodología de la Programación

## Tema 3. Funciones (ampliación)

Andrés Cano Utrera

(acu@decsai.ugr.es)

Departamento de Ciencias de la Computación e I.A.



Curso 2018-2019

## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 Referencias
- 3 Parámetros con valor por defecto
- 4 Sobrecarga de funciones
- 5 Funciones inline
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

### La función main

## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 Referencias
- 3 Parámetros con valor por defecto
- 4 Sobrecarga de funciones
- 5 Funciones inline
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

### La función main

## La función main I

- Un programa C++ comienza cuando el SO transfiere el control a main y finaliza cuando esta función acaba.
- Hasta ahora, hemos usado la siguiente cabecera simple para main:  
`int main()`
- C++ permite una versión ampliada de la cabecera de main:  
`int main(int argc, char *argv[])`
  - **Valor de retorno:** El int devuelto por main informa al SO sobre el posible código de error del programa.
    - 0: Ok (valor por defecto)
    - Otro valor: Algún tipo de error
  - **Argumentos de main:**
    - int argc: Número de argumentos usados al ejecutar el programa.
    - char \*argv[]: Array de cadenas con cada uno de los argumentos.  
argv[0]: Nombre del ejecutable  
argv[1]: Primer argumento  
...

## La función main II: Ejemplo

```

1 #include <iostream>
2 using namespace std;
3 int main(int argc, char *argv[]){
4     if (argc<3){
5         cerr << "Uso: "
6             << " <Fichero1> <Fichero2> ..." << endl;
7         return 1;
8     }
9     else{
10        cout<<"Numero argumentos: "<<argc<<endl;
11        for (int i=0; i<argc; ++i){
12            cout<<argv[i]<<endl;
13        }
14    }
15    return 0;
16 }

```



## La función main III

Podemos convertir las cadenas estilo C al tipo string

```

1 #include <iostream>
2 #include <string>
3 using namespace std;
4 int main(int argc, char *argv[])
5 {
6     string par;
7     cout<<"Argumentos: " << endl;
8     for (int i=0; i<argc; ++i)
9     {
10        par=argv[i];
11        cout<<par<<endl;
12    }
13    return 0;
14 }

```



### Referencias

### Referencias

## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 **Referencias**
- 3 Parámetros con valor por defecto
- 4 Sobrecarga de funciones
- 5 Funciones inline
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

### Referencia

Es una especie de alias a otro dato u objeto. Se usa en:

- Paso de parámetros por referencia en una función o método
- Referencias como alias a otras variables
- Devolución por referencia desde una función

## Referencias como alias a otras variables

### Referencias como alias a otras variables

Una variable referencia es un alias a otra variable:

<tipo> & <identificador> = <iniciador> ;

Las variables referencia deben **inicializarse** en su declaración y **no pueden reasignarse** como alias a otras variables.

#### • Ejemplo 1:

```
int a=0;
int &ref=a;
ref=5;
cout<<a<<endl;
```

#### • Ejemplo 2:

```
int v[5]={1,2,3,4,5};
int &ref=v[3];
ref=0;
cout<<v[3]<<endl;
```

## Paso de parámetros por referencia en una función o método

### Por referencia o variable

- Debe usarse un **lvalue** en el parámetro actual (en la llamada a la función o método).
- No realiza una copia del parámetro actual en el formal, sino un vínculo entre ellos.
- Una modificación en el parámetro formal, conlleva la misma modificación en el parámetro actual.

## Paso de parámetros por referencia en una función o método

### Ejemplo:

Función que intercambia el valor de dos variables

```
#include <iostream>
using namespace std;

void Swap(char &c1, char &c2){
    char aux=c1;
    c1=c2;
    c2=aux;
}

int main(){
    char a='a', b='b';

    Swap(a,b);
    cout << "a=" << a
         << " y b=" << b << endl;
}
```

## Paso de parámetros por referencia constante

### Paso por referencia constante

Habitualmente se usa para pasar objetos de gran tamaño que no van a modificarse en la función o método

```
double calcularMedia(const VectorSD& v){
    double suma = 0.0;
    for(int i=0; i< v.nElementos(); i++){
        suma += v.getDato(i);
    }
    return suma/v.nElementos();
}

int main(){
    VectorSD miVector;
    for(int i = 0; i < 1000000; i++)
        miVector.aniadir(uniforme(0,50));
    cout << calcularMedia(miVector);
}
```

## Paso de parámetros por referencia en una función o método

Paso por referencia constante: ¿se puede llamar con un rvalue?

Podemos usar un lvalue y también una expresión (un **rvalue**) para llamar a una función o método que espera un argumento por referencia constante.

```
void mostrar(const double& dato){
    cout << "Dato: " << dato << endl;
}

int main(){
    int a = 3.0;
    mostrar(a); // Llamada con un lvalue
    mostrar(a+2); // ¿Es válida esta llamada?
}
```

## Llamada a funciones o métodos con lvalues o rvalues

Llamada a funciones con parámetros actuales lvalue o rvalue

Según sea el parámetro formal, podremos llamar a la función o método con parámetros actuales lvalue o rvalue.

- **Paso por valor:** argumento actual puede ser una expresión, una constante o una variable.
- **Paso por referencia:** argumento actual solo puede ser un lvalue.
- **Paso por referencia constante:** argumento actual puede ser una expresión, una constante o una variable.

## Devolución por referencia

Función con devolución por referencia

Una función puede devolver una referencia a un dato u objeto

```
int& valor(int *v, int i){
    return v[i];
}
```

La referencia puede usarse en el lado derecho de una asignación

```
int main(){
    int v[]={3,5,2,7,6};
    int a=valor(v,3);
}
```

Pero también en el lado izquierdo de la asignación

```
int main(){
    int v[]={3,5,2,7,6};
    valor(v,3)=0;
}
```

## Devolución por referencia

Devolución de referencias a datos locales

La devolución de referencias a datos locales a una función es un error típico: Los datos locales se destruyen al terminar la función.

```
#include <iostream>
using namespace std;
int& funcion()
{
    int x=3;
    return x; //Aviso al compilar: devolución referencia a variable local
}

int main()
{
    int y=funcion(); // Error de ejecución
    cout << y << endl;
}
```

## Devolución por referencia

### Devolución de referencia constante

Una función puede devolver una referencia constante: significa que el dato referenciado es constante.

```
const int &valor(const int *v, int i){
    return v[i];
}

int main(){
    int v[3]={0,1,2};
    v[2]=3*5; // Correcto
    valor(v,2)=3*5 // Error compilación, pues la referencia es const
    int res=valor(v,2)*3; // Correcto
}
```

## Devolución por referencia

### Devolución de puntero constante

Lo mismo ocurre cuando una función devuelve un puntero: podemos hacer que éste sea const: significa que el dato apuntado es constante.

```
const int *valor(int *v, int i){
    return v+i;
}

int main(){
    int v[3];
    v[2]=3*5; // Correcto
    *(valor(v,2))=3*5; // Error, pues el puntero devuelto es const
    int res=*(valor(v,2))*3; // Correcto
}
```

### Parámetros con valor por defecto

## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 Referencias
- 3 **Parámetros con valor por defecto**
- 4 Sobrecarga de funciones
- 5 Funciones inline
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

### Parámetros con valor por defecto

## Parámetros con valor por defecto

### Parámetros con valor por defecto

Una función o método puede tener parámetros con un valor por defecto

- Deben ser los últimos de la función.
- En la llamada a la función, si solo se especifican un subconjunto de ellos, deben ser los primeros.

```
void funcion(char c, int i=7){
    ...
}

int main(){
    funcion('a',8);
    funcion('z');
}
```

## Parámetros con valor por defecto: Ejemplo

```
#include <iostream>
using namespace std;
int volumenCaja(int largo=1, int ancho=1, int alto=1);
int main()
{
    cout << "Volumen por defecto: " << volumenCaja() << endl;
    cout << "El volumen de una caja (10,1,1) es: " <<
        volumenCaja(10) << endl;
    cout << "El volumen de una caja (10,5,1) es: " <<
        volumenCaja(10,5) << endl;
    cout << "El volumen de una caja (10,5,2) es: " <<
        volumenCaja(10,5,2) << endl;
    return 0;
}
int volumenCaja( int largo, int ancho, int alto )
{
    return largo * ancho * alto;
}
```

## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 Referencias
- 3 Parámetros con valor por defecto
- 4 **Sobrecarga de funciones**
- 5 Funciones inline
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

## Sobrecarga de funciones

### Sobrecarga de funciones

C++ permite definir varias funciones en el mismo ámbito con el mismo nombre. C++ selecciona la función adecuada en base al número, tipo y orden de los argumentos.

```
void funcion(int x){
    ...
}
void funcion(double x){
    ...
}
void funcion(char *c){
    ...
}
void funcion(int x, double y){
    ...
}

int main(){
    char *c;
    funcion(3);
    funcion(4.5);
    funcion(4,9.3);
    funcion(c);
}
```

## Sobrecarga de funciones

### Conversión implícita de tipos

C++ puede aplicar conversión implícita de tipos para buscar la función adecuada.

```
void funcion(double x){
    cout << "double" << x << endl;
}
void funcion(char *p){
    cout << "char *" << *p << endl;
}
int main(){
    funcion(4.5);
    funcion(3); // conversión implícita
}
```

## Sobrecarga de funciones

### Distinción por el tipo devuelto

C++ no puede distinguir entre dos versiones de función que solo se diferencian en el tipo devuelto.

```
int funcion(int x){
    return x*2;
}

double funcion(int x){
    return x/3.0;
}

int main(){
    int x=funcion(3);
    double f=funcion(5);
}
```

## Sobrecarga de funciones

### Uso de const en punteros y referencias

C++ puede distinguir entre versiones en que un parámetro puntero o bien referencia es const en una versión y en la otra no.

```
#include <iostream>
using namespace std;
void funcion(double &x){
    cout << "funcion(double &x): " << x << endl;
}
void funcion(const double &x){
    cout << "funcion(const double &x): " << x << endl;
}
int main(){
    double x=2;
    const double A=4.5;
    funcion(A);
    funcion(x);
}
```

## Sobrecarga de funciones

### Uso de const en punteros y referencias

C++ puede distinguir entre versiones en que un parámetro puntero o bien referencia es const en una versión y en la otra no.

```
#include <iostream>
using namespace std;
void funcion(double *p){
    cout << "funcion(double *p): " << *p << endl;
}
void funcion(const double *p){
    cout << "funcion(const double *p): " << *p << endl;
}
int main(){
    double x=2;
    const double A=4.5;
    funcion(&A);
    funcion(&x);
}
```

## Sobrecarga de funciones

### Uso de const en parámetros por valor

Sin embargo, C++ no puede distinguir entre versiones en que un parámetro por valor es const en una versión y en la otra no.

```
#include <iostream>
using namespace std;
void funcion(double x){
    cout << "funcion(double x): " << x << endl;
}
void funcion(const double x){
    cout << "funcion(const double x): " << x << endl;
}
int main(){
    double x=2;
    const double A=4.5;
    funcion(A);
    funcion(x);
}
```

## Sobrecarga de funciones

### Ambigüedad

A veces pueden darse errores de ambigüedad

```
void funcion(int a, int b){
    ...
}
void funcion(double a, double b){
    ...
}
int main(){
    funcion(2,4);
    funcion(3.5,4.2);
    funcion(2,4.2); //Ambiguo
    funcion(3.5,4); //Ambiguo
    funcion(3.5,static_cast<double>(4));
}
```

## Sobrecarga de funciones

### Otro ejemplo de ambigüedad

En este caso al usar funciones con parámetros por defecto

```
void funcion(char c, int i=7){
    ...
}
void funcion(char c){
    ...
}
int main(){
    funcion('a',8);
    funcion('z');
}
```

## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 Referencias
- 3 Parámetros con valor por defecto
- 4 Sobrecarga de funciones
- 5 **Funciones inline**
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

## Funciones inline

### Función inline

Es una forma de declarar una función para que el compilador genere una copia de su código, cada vez que es llamada, para evitar una llamada a función, y así aumentar la velocidad de ejecución del programa.

- Se definen colocando `inline` antes del tipo de retorno en la definición de la función.
- Suelen ser funciones pequeñas y que son llamadas con mucha frecuencia.
- Fueron introducidas en C++ para solucionar los problemas de las macros (no comprobación de tipos, problemas al expandirlas, etc).
- Ejecución más rápida en general.
- Código generado de mayor tamaño.
- El compilador puede que no haga caso al calificador `inline`.
- Suelen colocarse en ficheros de cabecera (`.h`) ya que el compilador necesita su definición para poder expandirlas.



## Funciones inline: Ejemplo

```

1 #include <iostream>
2 inline bool numeroPar(const int n){
3     return (n%2==0);
4 }
5 int main(){
6     std::string parimpar;
7     parimpar=numeroPar(25)?"par":"impar";
8     std::cout<<"Es 25 par?: " << parimpar;
9 }

```



## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 Referencias
- 3 Parámetros con valor por defecto
- 4 Sobrecarga de funciones
- 5 Funciones inline
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

## Variables locales static

### Variable local static

Es una variable local de una función o método que no se destruye al acabar la función, y que mantiene su valor entre llamadas.

- Se inicializa la primera vez que se llama a la función.
- Conserva el valor anterior en sucesivas llamadas a la función.
- Es obligatorio asignarles un valor en su declaración.

```

#include <iostream>
double cuadrado(double numero){
    static int contadorLlamadas=1;
    std::cout<<"Llamadas a cuadrado: "
        <<contadorLlamadas<<std::endl;
    contadorLlamadas++;
    return numero*numero;
}
int main(){
    for(int i=0; i<10; ++i)
        std::cout<<i<<"^2 = "<<cuadrado(i)<<std::endl;
}

```

## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 Referencias
- 3 Parámetros con valor por defecto
- 4 Sobrecarga de funciones
- 5 Funciones inline
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 Referencias
- 3 Parámetros con valor por defecto
- 4 Sobrecarga de funciones
- 5 Funciones inline
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

## Introducción a la recursividad

### Recursividad

Un problema podrá resolverse de forma recursiva si podemos expresar su solución en términos de un conjunto de datos o entrada de menor tamaño.

### Factorial de un número

$$n! = \begin{cases} 1 & \text{si } n = 0 \\ n \cdot (n-1)! & \text{si } n > 0 \end{cases}$$

### Solución recursiva de un problema

Como podemos ver, para resolver un problema recursivamente es necesario definir cómo resolver:

- Los casos base: casos del problema que se resuelven sin recursividad.
- Los casos generales: cuando el problema es suficientemente grande o complejo, la solución se expresa de forma recursiva.

## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 Referencias
- 3 Parámetros con valor por defecto
- 4 Sobrecarga de funciones
- 5 Funciones inline
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

## Ejemplos de funciones recursivas

### Factorial de un número

- Implementación secuencial:

```
int factorial(int n){
    int res = 1;
    for(int i=2; i<=n; ++i)
        res *= i;
    return res;
}
```

- Implementación recursiva:

```
int factorial(int n){
    if (n==0)
        return 1;
    else
        return n * factorial(n-1);
}
```

## Ejemplos de funciones recursivas

### Suma de los elementos de un array

Podemos resolverlo recursivamente sumando dos cantidades:

- La primera, la suma de los elementos desde el 0 hasta elemento central.
- La segunda, la suma de los elementos desde el central al último.

```
int suma(const int array[], int desde, int hasta){
    if(desde==hasta)
        return array[desde];
    else{
        int centro = (desde+hasta)/2;
        return suma(array, desde, centro) + suma(array, centro+1, hasta);
    }
}
```

## Ejemplos de funciones recursivas

### Mostrar al revés los elementos de un array

Mostramos al revés los elementos del subarray derecho (todos los elementos menos el primero), y luego el primer elemento.

```
void mostrarAlReves(const int array[], int utiles, int desde){
    if(desde<utiles) { // Si hay elementos a mostrar
        mostrarAlReves(array, utiles, desde+1);
        cout << array[desde] << endl;
    }
}
```

## Contenido del tema

- 1 La función main
- 2 Referencias
- 3 Parámetros con valor por defecto
- 4 Sobrecarga de funciones
- 5 Funciones inline
- 6 Variables locales static
- 7 Funciones recursivas
  - Introducción a la recursividad
  - Ejemplos de funciones recursivas
  - Recursivo versus iterativo

## Recursivo versus iterativo

### Solución con algoritmo recursivo versus iterativo

En muchos casos, una solución recursiva requiere **más recursos de tiempo y memoria** que una solución iterativa.

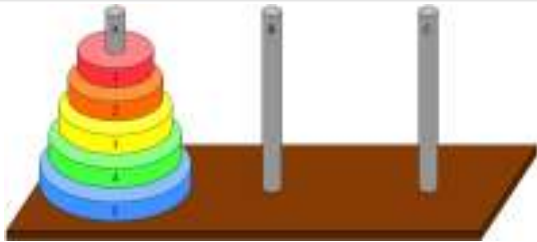
Por ello, la recursividad tiene su gran aplicación para **problemas complejos**, cuya solución recursiva es más fácil de obtener, más estructurada y sencilla de mantener.

## Problema de las torres de Hanoi

### Problema de las torres de Hanoi

Tenemos un conjunto de tres torres.

- La primera tiene apiladas  $n$  fichas de mayor a menor tamaño.
- El problema consiste en pasar las  $n$  fichas de la primera a la tercera torre teniendo en cuenta
  - En cada paso solo se puede mover una ficha.
  - Una ficha de un tamaño no puede apilarse sobre otra de menor tamaño.



```
void hanoi(int m, int inicial, int final){
    if(m==1)
        cout << "Ficha de " << inicial << " a " << final << endl;
    else {
        hanoi(m-1, inicial, 6-inicial-final);
        cout << "Ficha de " << inicial << " a " << final << endl;
        hanoi(m-1, 6-inicial-final, final);
    }
}

int main(){
    int n;
    cout << "Número de fichas: ";
    cin >> n;
    hanoi(n, 1, 3);
}
```

```
Número de fichas: 3
Ficha de 1 a 3
Ficha de 1 a 2
Ficha de 3 a 2
Ficha de 1 a 3
Ficha de 2 a 1
Ficha de 2 a 3
Ficha de 1 a 3
```

## Soluciones especialmente malas con recursividad

### Soluciones especialmente malas con recursividad

Hay que tener cuidado de que la solución recursiva no resuelva varias veces el mismo subproblema en distintas llamadas recursivas.

### Sucesión de Fibonacci

$$F(n) = \begin{cases} 1 & \text{si } n = 0 \text{ o } n = 1 \\ F(n-1) + F(n-2) & \text{si } n > 1 \end{cases}$$

```
int Fibonacci (int n){
    if(n<2)
        return 1;
    else
        return Fibonacci(n-1)+Fibonacci(n-2);
}
```

## Cita sobre recursividad

Cita sobre recursividad (L. Peter Deutsch: creador de Ghostscript)

"La iteración es humana, la recursión, divina"