

Metodología de la Programación

Tema 2. Punteros y memoria dinámica

Andrés Cano Utrera
(acu@decsai.ugr.es)

Departamento de Ciencias de la Computación e I.A.



Curso 2016-17

Motivación

- En muchos problemas es difícil saber en tiempo de compilación la cantidad de memoria que se va a necesitar para almacenar los datos que se requieren para dicho problema.
- Este problema tendría solución si pudieramos definir variables cuyo espacio se reserva en tiempo de ejecución.
- La memoria dinámica permite justamente eso, crear variables en tiempo de ejecución.
- La gestión de esta memoria es **responsabilidad del programador**.
- Para poder realizar la gestión es necesario el uso de variables **tipo puntero**.

Contenido del tema

Parte I: Tipo de Dato Puntero

- 1 Definición y Declaración de variables
- 2 Operaciones con punteros
- 3 Punteros y arrays
- 4 Punteros y cadenas
- 5 Punteros, struct y class
- 6 Punteros y funciones
- 7 Punteros a punteros
- 8 Punteros y const
- 9 Arrays de punteros
- 10 Punteros a funciones
- 11 Errores comunes con punteros

Parte II: Gestión Dinámica de Memoria

- 12 Estructura de la memoria
- 13 Gestión dinámica de la memoria
- 14 Objetos Dinámicos Simples
- 15 Objetos dinámicos compuestos
- 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- 17 Lista de celdas enlazadas
- 18 Arrays dinámicos
- 19 Matrices dinámicas

Parte I

Tipo de Dato Puntero

Contenido del tema

- 1 Definición y Declaración de variables
- 2 Operaciones con punteros
- 3 Punteros y arrays
- 4 Punteros y cadenas
- 5 Punteros, struct y class
- 6 Punteros y funciones
- 7 Punteros a punteros
- 8 Punteros y const
- 9 Arrays de punteros
- 10 Punteros a funciones
- 11 Errores comunes con punteros
- 12 Estructura de la memoria
- 13 Gestión dinámica de la memoria
- 14 Objetos Dinámicos Simples
- 15 Objetos dinámicos compuestos
- 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- 17 Lista de celdas enlazadas
- 18 Arrays dinámicos
- 19 Matrices dinámicas

Definición de una variable tipo puntero

Tipo de dato puntero

Tipo de dato que contiene la dirección de memoria de otro dato.

- Incluye una dirección especial llamada *dirección nula* que es el valor 0.
- En C esta dirección nula se suele representar por la constante NULL (definida en `stdlib.h` en C o en `cstdlib` en C++).

Sintaxis

`<tipo> *<identificador>;`

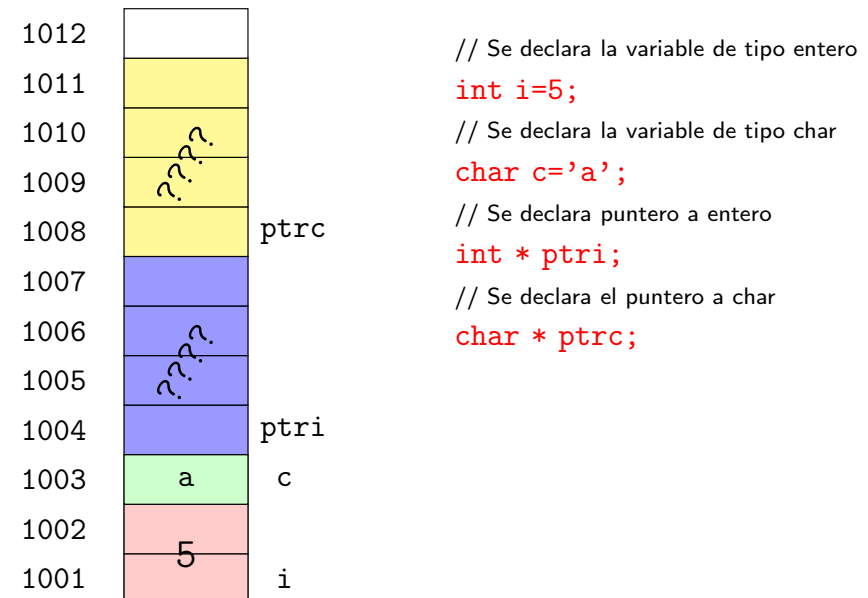
- `<tipo>` es el tipo de dato cuya dirección de memoria contiene `<identificador>`
- `<identificador>` es el nombre de la variable puntero.

Ejemplo: Declaración de punteros

```

1
2 .....
3
4 // Se declara variable de tipo entero
5 int i=5;
6
7 // Se declara variable de tipo char
8 char c='a';
9
10 // Se declara puntero a entero
11 int * ptri;
12
13 // Se declara puntero a char
14 char * ptrc;
15
16 .....
17
```

Ejemplo: Declaración de punteros



Se dice que

- ptri es un *puntero a enteros*
- ptrc es un *puntero a caracteres*.

¡Nota!

Cuando se declara un puntero se reserva memoria para albergar la dirección de memoria de un dato, no el dato en sí.

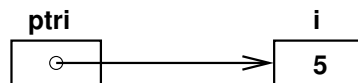
¡Nota!

El tamaño de memoria reservado para albergar un puntero es el mismo independientemente del tipo de dato al que 'apunte' (será el espacio necesario para albergar una dirección de memoria, 32 ó 64 bits, dependiendo del tipo de procesador usado).

Operador de dirección &

- &<var> devuelve la dirección de la variable <var>(o sea, un puntero).
- El operador & se utiliza habitualmente para asignar valores a datos de tipo puntero.

```
int i = 5, *ptri;
ptri = &i;
```



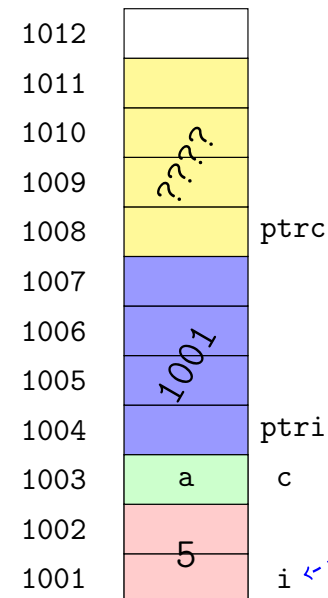
- i es una variable de tipo entero, por lo que la expresión &i es la dirección de memoria donde comienza un entero y, por tanto, puede ser asignada al puntero ptri.

Se dice que ptri *apunta o referencia* a i.

Contenido del tema

- Definición y Declaración de variables
- Operaciones con punteros**
- Punteros y arrays
- Punteros y cadenas
- Punteros, struct y class
- Punteros y funciones
- Punteros a punteros
- Punteros y const
- Arrays de punteros
- Punteros a funciones
- Errores comunes con punteros
- Estructura de la memoria
- Gestión dinámica de la memoria
- Objetos Dinámicos Simples
- Objetos dinámicos compuestos
- Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- Lista de celdas enlazadas
- Arrays dinámicos
- Matrices dinámicas

Operador de dirección &



```
// Se declara la variable de tipo entero
int i=5;
// Se declara la variable de tipo char
char c='a';
// Se declara puntero a entero
int * ptri;
// Se declara el puntero a char
char * ptrc;
// ptri apunta a la variable i
ptri=&i;
```

Operador de indirección *

- `*<puntero>` devuelve el valor del objeto apuntado por `<puntero>`.

```
char c *ptrc;
```

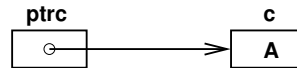
```
.....
```

```
// Hacemos que el puntero apunte a c
```

```
ptrc = &c;
```

```
// Cambiamos contenido de c mediante ptrc
```

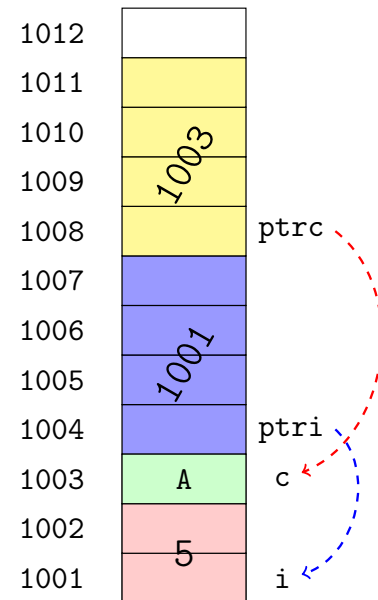
```
*ptrc = 'A'; // equivale a c = 'A'
```



- `ptrc` es un puntero a caracter que contiene la dirección de `c`, por tanto, la expresión `*ptrc` es el objeto apuntado por el puntero, es decir, `c`.

Un puntero contiene una dirección de memoria y se puede interpretar como un número entero aunque un puntero no es un número entero. Existen un conjunto de operadores que se pueden aplicar sobre punteros (como veremos más adelante): `+`, `-`, `++`, `--`, `!=`, `==`

Operador de indirección *



```
// Se declara la variable de tipo entero
```

```
int i=5;
```

```
// Se declara la variable de tipo char
```

```
char c='a';
```

```
// Se declara puntero a entero
```

```
int * ptri;
```

```
// Se declara el puntero a char
```

```
char * ptrc;
```

```
// ptri apunta a la variable i
```

```
ptri=&i;
```

```
// ptrc apunta a c
```

```
ptrc=&c;
```

```
//cambia contenido con ptrc
```

```
*ptrc='A';
```

Asignación e inicialización de punteros

- Un puntero se puede inicializar con la dirección de una variable:

```
int a;
```

```
int *ptri = &a;
```

- A un puntero se le puede asignar una dirección de memoria. La única dirección de memoria que se puede asignar directamente a un puntero es la dirección nula:

```
int *ptri = 0;
```

Asignación e inicialización de punteros

- La asignación sólo está permitida entre punteros de igual tipo.

```
int a=7;
```

```
int *p1=&a;
```

```
char *p2=&a; //ERROR: char *p2 = reinterpret_cast<char*>(&a);
```

```
int *p3=p1;
```

```

asignacionPunteros.cpp: En la función 'int main()':
asignacionPunteros.cpp:8:14: error: no se puede convertir 'int*' a 'char*' en la inicialización
  
```



Asignación e inicialización de punteros

- Un puntero debe estar correctamente inicializado antes de usarse

```
int a=7;
int *p1=&a, *p2;
*p1 = 20;
*p2 = 30; // Error
```

Violación de segmento ('core' generado)



- Es conveniente inicializar los punteros en la declaración, con el puntero nulo: 0

```
int *p2=0;
```

Ejemplo

```
int main() {
    char y = 5, z = 3;
    char *nptr;
    char *mptr;
```

1007	?	mptr
1003	?	nptr
1002	3	z
1001	5	y

```
nptr = &y;
```

1007	?	mptr
1003	1001	nptr
1002	3	z
1001	5	y

```
z = *nptr;
```

1007	?	mptr
1003	1001	nptr
1002	5	z
1001	5	y

```
*nptr = 7;
```

1007	?	mptr
1003	1001	nptr
1002	5	z
1001	7	y

```
mptr = nptr;
```

1007	1001	mptr
1003	1001	nptr
1002	5	z
1001	7	y

```
mptr = &z;
```

1007	1002	mptr
1003	1001	nptr
1002	5	z
1001	7	y

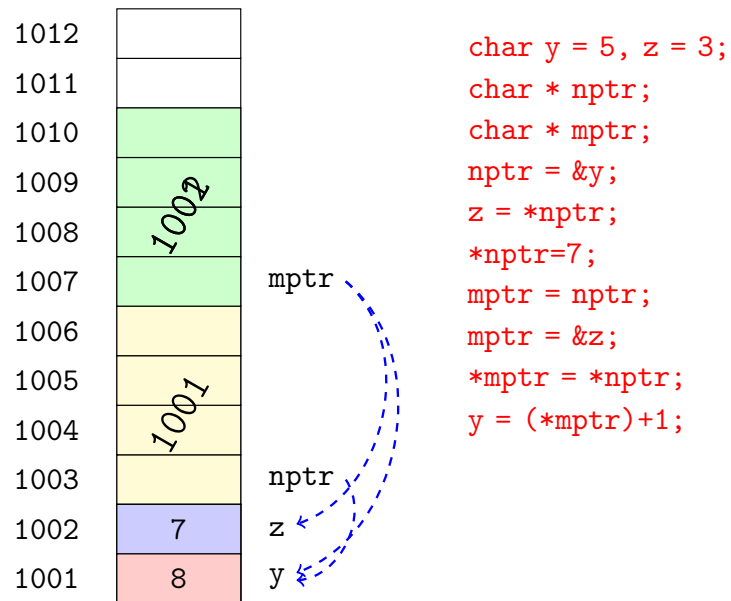
```
*mptr = *nptr;
```

1007	1002	mptr
1003	1001	nptr
1002	7	z
1001	7	y

```
y = (*mptr) + 1;
}
```

1007	1002	mptr
1003	1001	nptr
1002	7	z
1001	8	y

Ejemplo anterior animado



Operadores relacionales

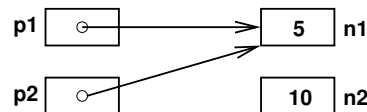
- Los operadores <, >, <=, >=, !=, == son aplicables a punteros.
- El valor del puntero (la dirección que almacena) se comporta como un número entero.

Operadores != y ==

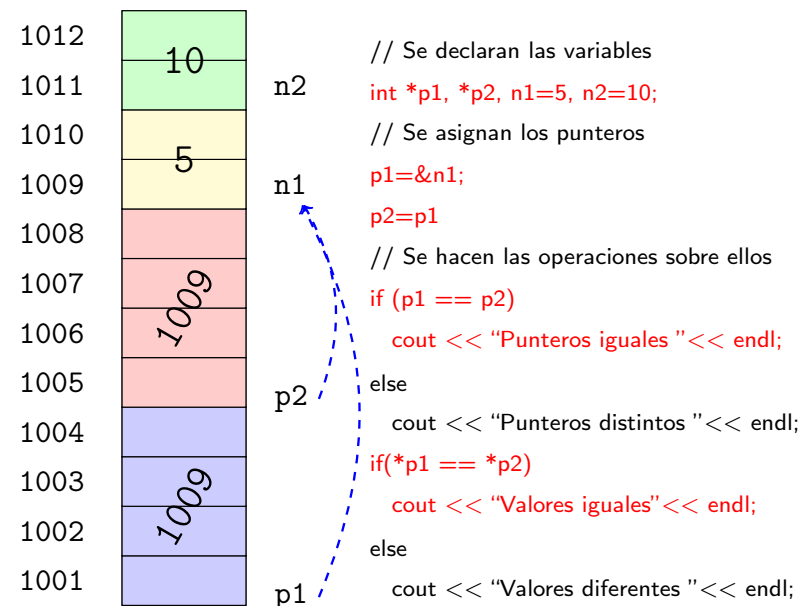
- $p1 == p2$: comprueba si ambos punteros apuntan a la misma dirección de memoria (ambas variables guardan como valor la misma dirección)
- $*p1 == *p2$: comprueba si coincide lo almacenado en las direcciones apuntadas por ambos punteros

Operadores relacionales

```
int *p1, *p2, n1 = 5, n2 = 10;
p1 = &n1;
p2 = p1;
if (p1 == p2)
    cout << "Punteros iguales\n";
else
    cout << "Punteros diferentes\n";
if (*p1 == *p2)
    cout << "Valores iguales\n";
else
    cout << "Valores diferentes\n";
```

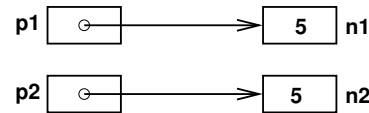


Operadores relacionales: Ejemplo anterior animado

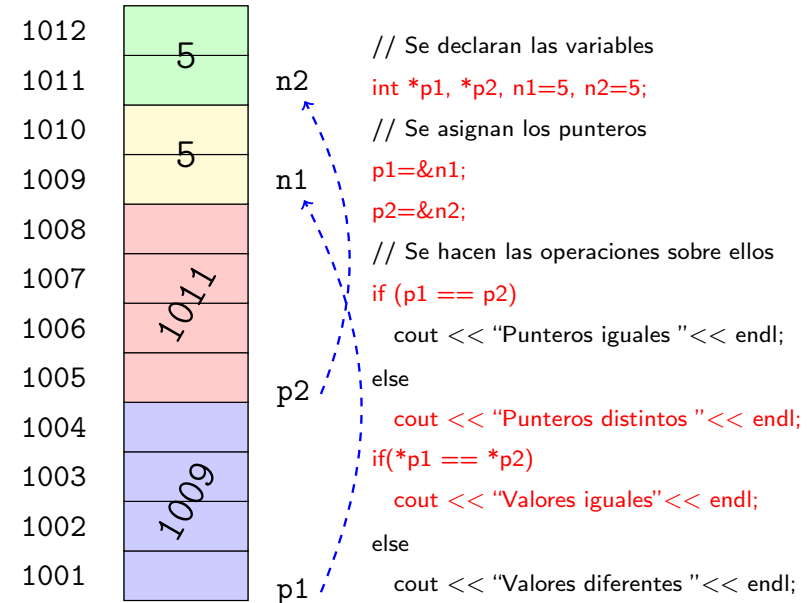


Operadores relacionales: otro ejemplo

```
int *p1, *p2, n1 = 5, n2 = 5;
p1 = &n1;
p2 = &n2;
if (p1 == p2)
    cout << "Punteros iguales\n";
else
    cout << "Punteros diferentes\n";
if (*p1 == *p2)
    cout << "Valores iguales\n";
else
    cout << "Valores diferentes\n";
```



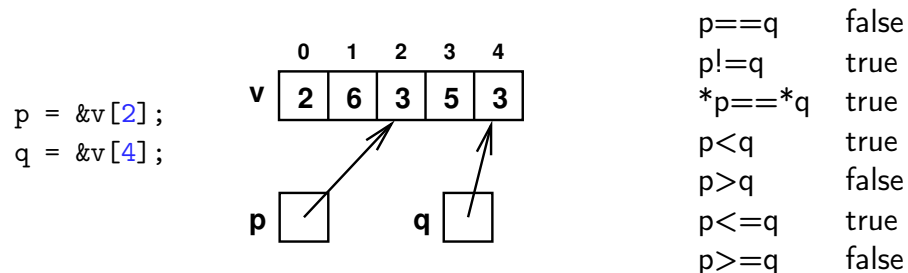
Operadores relacionales: otro ejemplo (ej. animado)



Operadores relacionales

Operadores <, >, <=, >=

- Los operadores <, >, <= y >= tienen sentido para conocer la posición relativa de un objeto respecto a otro en la memoria.
- Sólo son útiles si los dos punteros apuntan a objetos cuyas posiciones relativas guardan relación (por ejemplo, elementos del mismo array).



Operadores aritméticos

- Los operadores +, -, ++, --, += y -= son aplicables a punteros.
- Al usar estos operadores, el valor del puntero (la dirección que almacena) se comporta CASI como un número entero.
- Al sumar o restar un número N al valor del puntero, éste se incrementa o decrementa un determinado número de posiciones, en función del tipo de dato apuntado, según la fórmula:

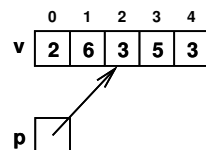
$$N * \text{sizeof}(\text{tipobase})$$

- Esto proporciona una forma rápida de acceso a los elementos de un array, aprovechando que todos sus elementos se almacenan en posiciones sucesivas.

Operadores aritméticos

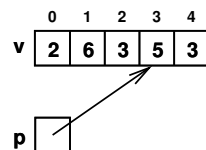
- Situación inicial:

```
int v [5] = {2, 6, 3, 5, 3};
int *p;
p = &v[2];
```



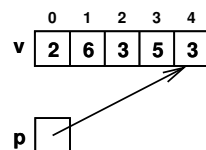
- Si sumamos 1 a p:

```
p++; // p=p+1
```



- Si sumamos 2 a p:

```
p+=2; // p=p+2
```



Contenido del tema

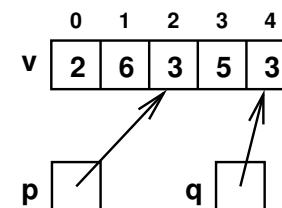
- 1 Definición y Declaración de variables
- 2 Operaciones con punteros
- 3 Punteros y arrays**
- 4 Punteros y cadenas
- 5 Punteros, struct y class
- 6 Punteros y funciones
- 7 Punteros a punteros
- 8 Punteros y const
- 9 Arrays de punteros
- 10 Punteros a funciones
- 11 Errores comunes con punteros

- 12 Estructura de la memoria
- 13 Gestión dinámica de la memoria
- 14 Objetos Dinámicos Simples
- 15 Objetos dinámicos compuestos
- 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- 17 Lista de celdas enlazadas
- 18 Arrays dinámicos
- 19 Matrices dinámicas

Operadores aritméticos

- ¿Qué devuelve q - p?

```
p = &v[2];
q = &v[4];
```



Punteros y arrays

Los punteros y los arrays están estrechamente vinculados.

Al declarar un array

```
<tipo> <identif>[<n_elem>]
```

- 1 Se reserva memoria para almacenar <n_elem> elementos de tipo <tipo>.
- 2 Se crea un puntero CONSTANTE llamado <identif> que apunta a la primera posición de la memoria reservada.

Por tanto, el identificador de un array, es un puntero CONSTANTE a la dirección de memoria que contiene el primer elemento. Es decir, v es igual a &(v[0]).

Podemos usar arrays como punteros al primer elemento.

```
int v[5] = {2, 6, 3, 5, 3};
cout << *v << endl;
cout << *(v+2) << endl;
```

	0	1	2	3	4
v	2	6	3	5	3

- `*v` es equivalente a `v[0]` y a `*(&v[0])`.
- `*(v+2)` es equivalente a `v[2]` y a `*(&v[2])`.

Podemos usar un puntero a un elemento de un array como un array que comienza en ese elemento

- De esta forma, los punteros pueden poner subíndices y utilizarse como si fuesen arrays: `v[i]` es equivalente a `ptr[i]`.

Algunos Ejemplos I

```
❶ int v[3]={1,2,3};
   int *p;
   p = v;           // v como int*
   cout << *p;       // Escribe 1
   cout << p[1];     //Escribe 2
   v = p;           //ERROR
```

```
❷ void CambiaSigno (double *v, int n){
    for (int i=0; i<n; i++)
        v[i]=-v[i];
}

int main(){
    double m[5]={1,2,3,4,5};
    CambiaSigno(m,5);
}
```

Punteros y arrays: ejemplo

```
// Se declara el array
int v[5]={2, 6, 3, 5, 3};
// Se crea el puntero
int *p;
// Se asigna
p=&(v[1]);
cout << *p << endl;           _____ 6
p=v+2;
cout << *p << endl;           _____ 3
p++;
cout << *p << endl;           _____ 5
p=&(v[3])-2;
cout << p[0] << " " << p[2] << endl;           _____ 6 5
```

Algunos Ejemplos II

- ❸ Recorrer e imprimir los elementos de un array:

```
int v[10] = {3,5,2,7,6,7,5,1,2,5};
for (int i=0; i<10; i++)
    cout << v[i] << endl;
```

- ❹ Recorrer e imprimir los elementos de un array:

```
int v[10] = {3,5,2,7,6,7,5,1,2,5};
int *p=v;
for (int i=0; i<10; i++)
    cout << *(p++) << endl;
```

Algunos Ejemplos III

- 5 Recorrer e imprimir los elementos de un array:

```
int v[10] = {3,5,2,7,6,7,5,1,2,5};
```

```
for (int *p=v; p<v+10; ++p)
    cout << *p << endl;
```

Contenido del tema

- | | |
|---|---|
| 1 Definición y Declaración de variables | 12 Estructura de la memoria |
| 2 Operaciones con punteros | 13 Gestión dinámica de la memoria |
| 3 Punteros y arrays | 14 Objetos Dinámicos Simples |
| 4 Punteros y cadenas | 15 Objetos dinámicos compuestos |
| 5 Punteros, struct y class | 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados |
| 6 Punteros y funciones | 17 Lista de celdas enlazadas |
| 7 Punteros a punteros | 18 Arrays dinámicos |
| 8 Punteros y const | 19 Matrices dinámicas |
| 9 Arrays de punteros | |
| 10 Punteros a funciones | |
| 11 Errores comunes con punteros | |

Punteros y cadenas

- Según vimos en el tema anterior:

Una cadena de caracteres estilo C es un array de tipo `char` de un tamaño determinado acabado en un carácter especial, el carácter `'\0'` (carácter nulo), que marca el fin de la cadena.

- También se vio que:

Un literal de cadena de caracteres es un array constante de `char` con un tamaño igual a su longitud más uno.

`"Hola"` de tipo `const char[5]`

`"Hola mundo"` de tipo `const char[11]`

- Realmente, C++ considera que un literal cadena de caracteres es de tipo `const char *`

Ejemplos de uso

- Calcular longitud cadena:

```
const char *cadena="Hola"; // Se reservan 5
const char *p;
int i=0;
for(p=cadena;*p!='\0';++p)
    ++i;
cout << "Longitud: " << i << endl;
```

- Eliminar los primeros caracteres de la cadena:

```
const char *cadena="Hola Adios";
cout << "Original: " << cadena << endl
    << "Sin la primera palabra: " << cadena+5;
```

Inicialización de cadenas

Notación de corchetes

- Se copia el contenido del literal en el array.
- Es posible modificar caracteres de la cadena.

```
char cad1[]="HOLA"; // Copia literal "HOLA" en cad1
cad1[2] = 'b'; // cad1 contiene ahora "Hoba"
```

Notación de punteros

- Copia la dirección de memoria de la constante literal en el puntero.
- No es posible modificar caracteres de la cadena.

```
const char *cad2="HOLA"; // Se asignan los punteros
cad2[2] = 'b'; // Error
```

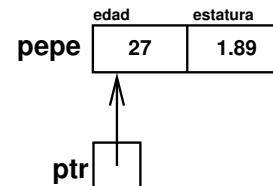
Contenido del tema

- Definición y Declaración de variables
- Operaciones con punteros
- Punteros y arrays
- Punteros y cadenas
- Punteros, struct y class**
- Punteros y funciones
- Punteros a punteros
- Punteros y const
- Arrays de punteros
- Punteros a funciones
- Errores comunes con punteros
- Estructura de la memoria
- Gestión dinámica de la memoria
- Objetos Dinámicos Simples
- Objetos dinámicos compuestos
- Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- Lista de celdas enlazadas
- Arrays dinámicos
- Matrices dinámicas

Punteros a objetos struct o class

Un puntero también puede apuntar a un **objeto de estructura o clase**:

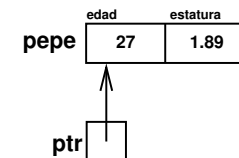
```
struct Persona{
    int edad;
    double estatura;
};
Persona pepe;
Persona *ptr;
pepe.edad=27;
pepe.estatura=1.89;
ptr = &pepe;
cout << (*ptr).edad << endl;
```



Punteros a objetos struct o class

Igualmente un puntero puede apuntar a un **objeto de una clase**:

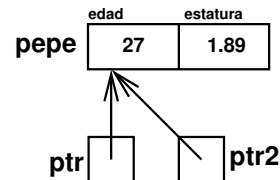
```
class Persona{
    int edad;
    double estatura;
public:
    int getEdad() const;
    double getEstatura() const;
    void setEdad(int anios);
    void setEstatura(double metros);
};
Persona pepe, *ptr;
pepe.setEdad(27); pepe.setEstatura(1.89);
// pepe.edad=27; CUIDADO: no valido desde fuera
//de metodo de la clase, edad es privado
ptr = &pepe;
cout << (*ptr).getEdad() << endl;
// cout << (*ptr).edad << endl; CUIDADO: no valido
//desde fuera de metodo de la clase, edad es privado
```



Punteros a objetos struct o class

La asignación entre punteros funciona igual cuando apuntan a un **objeto struct** o **class**.

```
struct Persona{
    int edad;
    double estatura;
};
Persona pepe;
Persona *ptr, *ptr2;
pepe.edad=27;
pepe.estatura=1.89;
ptr = &pepe;
ptr2 = ptr;
cout << (*ptr).edad << endl;
cout << (*ptr2).edad << endl;
```



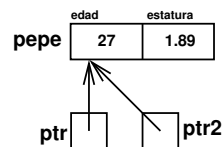
Operador ->

Si *p* es un puntero a un struct o class podemos acceder a sus miembros con:

- `(*p).miembro`: Cuidado con el paréntesis
- `p->miembro`

Ejemplo con struct

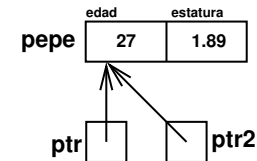
```
struct Persona{
    int edad;
    double estatura;
};
Persona pepe;
Persona *ptr, *ptr2;
pepe.edad=27;
pepe.estatura=1.89;
ptr = &pepe;
ptr2 = ptr;
cout << ptr->edad << endl;
cout << ptr2->edad << endl;
```



Punteros a objetos struct o class

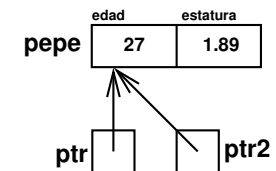
La asignación entre punteros funciona igual cuando apuntan a un **objeto struct** o **class**.

```
class Persona{
    int edad;
    double estatura;
public:
    int getEdad() const;
    double getEstatura() const;
    void setEdad(int anios);
    void setEstatura(double metros);
};
Persona pepe, *ptr, *ptr2;
pepe.setEdad(27); pepe.setEstatura(1.89);
ptr = &pepe;
ptr2 = ptr;
cout << (*ptr).getEdad() << endl;
cout << (*ptr2).getEdad() << endl;
```



Ejemplo con class

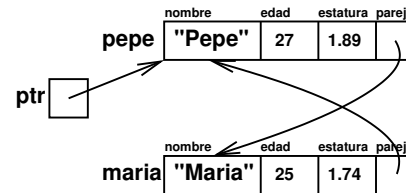
```
class Persona{
    int edad;
    double estatura;
public:
    int getEdad() const;
    double getEstatura() const;
    void setEdad(int anios);
    void setEstatura(double metros);
};
Persona pepe, *ptr, *ptr2;
pepe.setEdad(27); pepe.setEstatura(1.89);
ptr = &pepe;
ptr2 = ptr;
cout << ptr->getEdad() << endl;
cout << ptr2->getEdad() << endl;
```



Un struct o class puede contener campos de tipo puntero.

```
struct Persona{
    string nombre;
    int edad;
    double estatura;
    Persona *pareja;
};

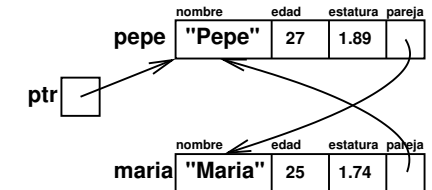
Persona pepe={"Pepe",27,1.89,0},
        maria={"Maria",25,1.74,0},
        *ptr=&pepe;
pepe.pareja=&maria;
maria.pareja=&pepe;
cout << "La pareja de "
      << ptr->nombre
      << " es "
      << ptr->pareja->nombre
      << endl;
```



Ejemplo con class

```
class Persona{
    string nombre;
    int edad;
    double estatura;
    Persona *pareja;
public:
    Persona(string name, int anios, double metros);
    int getEdad() const;
    double getEstatura() const;
    Persona *getPareja() const;
    void setPareja(Persona *compa);
    ...
};

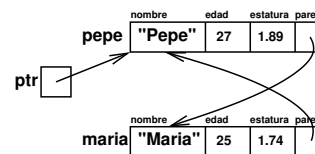
Persona pepe("Pepe",27,1.89),
        maria("Maria",25,1.74),
        *ptr=&pepe;
pepe.setPareja(&maria);
maria.setPareja(&pepe);
cout << "La pareja de "
      << ptr->getNombre()
      << " es "
      << ptr->getPareja()->getNombre()
      << endl;
```



```
Persona::Persona(string name, int anios,
double metros){
    nombre=name;
    edad=anios;
    estatura=metros;
    pareja=0;
}

Persona* Persona::getPareja() const{
    return pareja;
}

void Persona::setPareja(Persona *compa){
    pareja=compa;
}
```



Contenido del tema

- 1 Definición y Declaración de variables
- 2 Operaciones con punteros
- 3 Punteros y arrays
- 4 Punteros y cadenas
- 5 Punteros, struct y class
- 6 Punteros y funciones**
- 7 Punteros a punteros
- 8 Punteros y const
- 9 Arrays de punteros
- 10 Punteros a funciones
- 11 Errores comunes con punteros
- 12 Estructura de la memoria
- 13 Gestión dinámica de la memoria
- 14 Objetos Dinámicos Simples
- 15 Objetos dinámicos compuestos
- 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- 17 Lista de celdas enlazadas
- 18 Arrays dinámicos
- 19 Matrices dinámicas

Punteros y funciones I

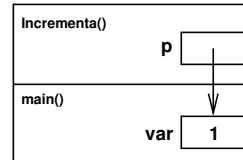
Un puntero puede ser un argumento de una función

- Puede usarse por ejemplo para simular el paso por referencia.

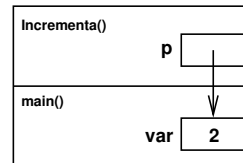
```

1 void incrementa(int* p){
2     (*p)++;
3 }
4 int main()
5 {
6     int var = 1;
7     cout << var << endl; // 1
8     incrementa(&var);
9     cout << var << endl; // 2
10 }
```

Situación en línea 1



Situación en línea 3



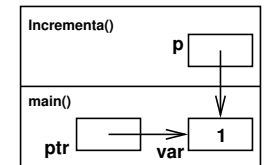
Punteros y funciones II

Otra posibilidad

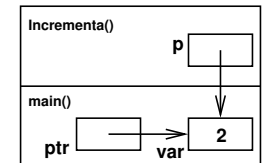
```

1 void incrementa(int* p){
2     (*p)++;
3 }
4 int main()
5 {
6     int var = 1;
7     int *ptr=&var;
8     cout << var << endl; // 1
9     incrementa(ptr);
10    cout << var << endl; // 2
11 }
```

Situación en línea 1



Situación en línea 3



Punteros y funciones III

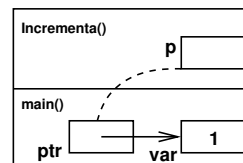
El puntero se puede pasar por referencia

Si deseamos modificar el puntero original, podemos usar paso por referencia.

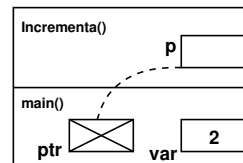
```

1 void incrementa(int* &p){
2     (*p)++;
3     p=0;
4 }
5 int main()
6 {
7     int var = 1;
8     int *ptr=&var;
9     cout << var << endl; // 1
10    incrementa(ptr);
11    cout << var << endl; // 2
12 }
```

Situación en línea 1



Situación en línea 4



Punteros y funciones IV

Devolución de punteros a datos locales

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

```

int *doble(int x){
    int a;
    a = x*2;
    return &a;
}

int main(){
    int *x;
    x = doble(3);
    cout << *x << endl;
}
```

Punteros y funciones V

Otro ejemplo incorrecto

```
int *doble(int x){
    int a;
    int *p=&a;
    a = x*2;
    return p;
}

int main(){
    int *x;
    x = doble(3);
    cout << *x << endl;
}
```

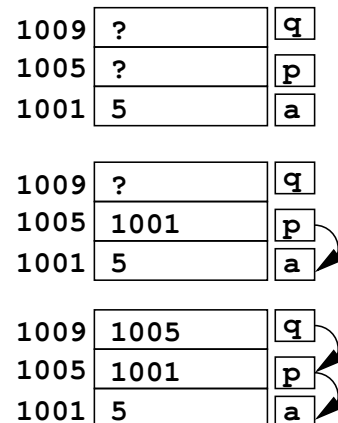
Punteros a punteros

Un puntero a puntero es un puntero que contiene la dirección de memoria de otro puntero.

```
int a = 5;
int *p;
int **q;
```

```
p = &a;
```

```
q = &p;
```



En este caso, para acceder al valor de la variable a tenemos tres opciones: a, *p y **q.

Contenido del tema

- 1 Definición y Declaración de variables
- 2 Operaciones con punteros
- 3 Punteros y arrays
- 4 Punteros y cadenas
- 5 Punteros, struct y class
- 6 Punteros y funciones
- 7 Punteros a punteros**
- 8 Punteros y const
- 9 Arrays de punteros
- 10 Punteros a funciones
- 11 Errores comunes con punteros
- 12 Estructura de la memoria
- 13 Gestión dinámica de la memoria
- 14 Objetos Dinámicos Simples
- 15 Objetos dinámicos compuestos
- 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- 17 Lista de celdas enlazadas
- 18 Arrays dinámicos
- 19 Matrices dinámicas

Contenido del tema

- 1 Definición y Declaración de variables
- 2 Operaciones con punteros
- 3 Punteros y arrays
- 4 Punteros y cadenas
- 5 Punteros, struct y class
- 6 Punteros y funciones
- 7 Punteros a punteros
- 8 Punteros y const**
- 9 Arrays de punteros
- 10 Punteros a funciones
- 11 Errores comunes con punteros
- 12 Estructura de la memoria
- 13 Gestión dinámica de la memoria
- 14 Objetos Dinámicos Simples
- 15 Objetos dinámicos compuestos
- 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- 17 Lista de celdas enlazadas
- 18 Arrays dinámicos
- 19 Matrices dinámicas

Punteros y const I

- Cuando tratamos con punteros manejamos dos datos:
 - El dato puntero.
 - El dato que es apuntado.
- Pueden ocurrir las siguientes situaciones:

Ninguno sea const	<code>double *p;</code>
Sólo el dato apuntado sea const	<code>const double *p;</code>
Sólo el puntero sea const	<code>double *const p;</code>
Los dos sean const	<code>const double *const p;</code>

- Las siguientes expresiones son equivalentes:

<code>const double *p;</code>	<code>double const *p;</code>
-------------------------------	-------------------------------

Punteros y const III

- Un puntero a dato no const no puede apuntar a un dato const.

Ejemplo 1

El siguiente código da error ya que `&f` devuelve un `const double *`

```
double *p;
const double f=5.2;
p = &f;    // INCORRECTO, ya que permitiría cambiar el
*p = 5.0;  // valor de f a través de p
```

Error de compilación:

...error: conversión inválida de 'const double*' a 'double*'-fpermissive]

Nota: observad que de permitirse la operación se permitiría cambiar el valor de `f`, que fue declarada como constante.

Punteros y const II

- Es posible asignar un puntero no const a uno const, pero no al revés (en la asignación se hace una conversión implícita).

```
double a = 1.0;
double * const p=&a; // puntero constante a double
double * q;         // puntero no constante a double
q = p;              // BIEN: q puede apuntar a cualquier dato
p = q;              // MAL: p es constante
```

Error de compilación:

...error: asignación de la variable de sólo lectura 'p'

`p` ha quedado asignado en la declaración de la constante y no admite cambios posteriores (como buena constante.....)

Punteros y const IV

Ejemplo 2

El siguiente código da error ya que `*p` devuelve un `const double`

```
const double *p;
double f;
p = &f;    // (const double *) = (double *)
*p = 5.0;  // ERROR: no se puede cambiar el valor
```

Error de compilación:

...error: asignación de la ubicación de sólo lectura '*p'

Punteros y const V

Ejemplo 3

El siguiente código da error ya que `&(vocales[2])` devuelve un `const char *`

```
const char vocales[5]={'a','e','i','o','u'};
char *p;
p = &(vocales[2]); // ERROR de compilación
```

Error de compilación:

...error: conversión inválida de 'const char*' a 'char*' [-fpermissive]

Punteros, arrays y const

Dada la estrecha relación entre arrays y punteros, podemos usar un array de constantes como un puntero a constantes, y al contrario:

```
const int matConst[5]={1,2,3,4,5};
int mat[3]={3,5,7};
const int *pconst;
int *p;
pconst = matConst; // CORRECTO
pconst = mat; // CORRECTO
p = mat; // CORRECTO
p = matConst; // ERROR
```

Punteros, funciones y const

Podemos llamar a una función que espera un puntero a dato `const` con uno a dato no `const`.

```
void HacerCero(int *p){
    *p = 0;
}
void EscribirEntero(const int *p){
    cout << *p;
}
int main(){
    const int a = 1;
    int b=2;
    HacerCero(&a); // ERROR
    EscribirEntero(&a); // CORRECTO
    EscribirEntero(&b); // CORRECTO
}
```

Error de compilación:

...error: conversión inválida de 'const int*' a 'int*' [-fpermissive]

Contenido del tema

- 1 Definición y Declaración de variables
- 2 Operaciones con punteros
- 3 Punteros y arrays
- 4 Punteros y cadenas
- 5 Punteros, struct y class
- 6 Punteros y funciones
- 7 Punteros a punteros
- 8 Punteros y const
- 9 Arrays de punteros
- 10 Punteros a funciones
- 11 Errores comunes con punteros
- 12 Estructura de la memoria
- 13 Gestión dinámica de la memoria
- 14 Objetos Dinámicos Simples
- 15 Objetos dinámicos compuestos
- 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- 17 Lista de celdas enlazadas
- 18 Arrays dinámicos
- 19 Matrices dinámicas

Arrays de punteros

Arrays de punteros

Un array donde cada elemento es un puntero

Declaración

Podemos declarar un array de punteros a enteros de la siguiente forma:

```
int* arrayPunts[4];
```

Arrays de punteros

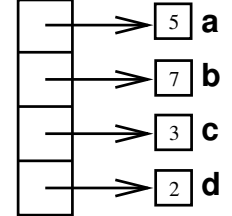
Ejemplo de array de punteros a enteros

```
int* arrayPunts[4];
int a=5, b=7, c=3, d=2;
arrayPunts[0] = &a;
arrayPunts[1] = &b;
arrayPunts[2] = &c;
arrayPunts[3] = &d;
for(int i=0; i<4; i++){
    cout << *arrayPunts[i] << " ";
}
cout << endl;
```

5 7 3 2



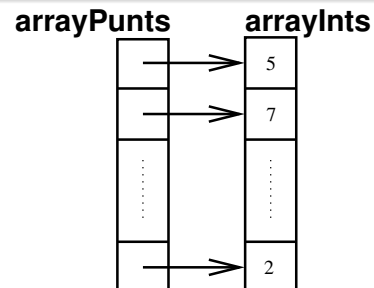
arrayPunts



Arrays de punteros

Otro ejemplo de array de punteros a enteros

Podemos usar un array de punteros a los elementos de otro array para ordenar sus elementos sin modificar el array original.



Arrays de punteros

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

void ordenacionPorSelección(const int * v[], int util_v){
    int pos_min;
    const int *aux;

    for (int i=0; i<util_v-1; i++){
        pos_min=i;
        for (int j=i+1; j<util_v; j++)
            if (*v[j] < *v[pos_min])
                pos_min=j;

        aux = v[i];
        v[i] = v[pos_min];
        v[pos_min] = aux;
    }
}
```

```
int main(){
    const int DIMARRAY=100;
    const int* arrayPunts[DIMARRAY];
    const int arrayInts[DIMARRAY]={5,7,3,2};
    int utilArray=4;

    for(int i=0; i< utilArray; i++){
        arrayPunts[i] = &arrayInts[i];
    }

    cout<<"Array antes de ordenar (impreso con arrayPunts):"<<endl;
    for(int i=0; i< utilArray; i++){
        cout << *arrayPunts[i] << " ";
    }
    cout << endl;

    ordenacionPorSeleccion(arrayPunts,utilArray);

    cout<<"Array despues de ordenar (impreso con arrayPunts):"<<endl;
    for(int i=0; i< utilArray; i++){
        cout << *arrayPunts[i] << " ";
    }
    cout << endl;

    cout<<"Array despues de ordenar (impreso con arrayInts):"<<endl;
    for(int i=0; i< utilArray; i++){
        cout << arrayInts[i] << " ";
    }
    cout << endl;
}
```

Arrays de punteros

```
Array antes de ordenar (impreso con arrayPunts):
5 7 3 2
Array despues de ordenar (impreso con arrayPunts):
2 3 5 7
Array despues de ordenar (impreso con arrayInts):
5 7 3 2
```

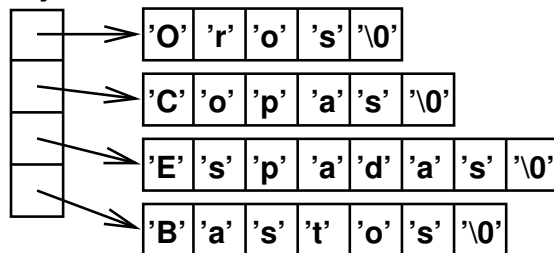


Arrays de punteros

Ejemplo de array de punteros a cadenas estilo C

Podemos usar un array de punteros a cadenas de caracteres estilo C.

palosBaraja



Arrays de punteros

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

int main(){
    const char* const palosBaraja[4]={ "Oros", "Copas", "Espadas", "Bastos" };

    cout<<"Palos de la baraja: ";
    for(int i=0; i< 4; i++){
        cout << palosBaraja[i] << " ";
    }
    cout << endl;
}
```

```
Palos de la baraja: Oros Copas Espadas Bastos
```



Contenido del tema

- 1 Definición y Declaración de variables
- 2 Operaciones con punteros
- 3 Punteros y arrays
- 4 Punteros y cadenas
- 5 Punteros, struct y class
- 6 Punteros y funciones
- 7 Punteros a punteros
- 8 Punteros y const
- 9 Arrays de punteros
- 10 **Punteros a funciones**
- 11 Errores comunes con punteros
- 12 Estructura de la memoria
- 13 Gestión dinámica de la memoria
- 14 Objetos Dinámicos Simples
- 15 Objetos dinámicos compuestos
- 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- 17 Lista de celdas enlazadas
- 18 Arrays dinámicos
- 19 Matrices dinámicas

Punteros a funciones

Puntero a función

Contiene la dirección de memoria de una función, o sea la dirección donde comienza el código que realiza la tarea de la función apuntada.

Con estos punteros podemos hacer las siguientes operaciones:

- Usarlos como parámetro a una función.
- Ser devueltos por una función con `return`.
- Crear arrays de punteros a funciones.
- Asignarlos a otras variables puntero a función.
- Usarlos para llamar a la función apuntada.

Declaración de variables o parámetro puntero a función

Declaración de variables o de parámetros puntero a función

Puntero a función que devuelve `bool` y que tiene dos parámetros de tipo `int`:

```
bool ( *comparar )( int, int );
```

Los paréntesis alrededor de `*comparar` son obligatorios para indicar que es un puntero a función.

Cuidado con los paréntesis

Si no incluimos los paréntesis, estaríamos declarando una función que recibe dos enteros y devuelve un puntero a un valor `bool`.

```
bool *comparar( int, int );
```

Ejemplo de punteros a funciones

Ordenación de un array ascendente o descendentemente

Construimos una función con un parámetro puntero a función para permitir ordenar ascendente o descendentemente.

```
bool ascendente( int a, int b ){
    return a < b;
}
bool descendente( int a, int b ){
    return a > b;
}
void ordenarPorSeleccion( int arrayInts[], const int utilArrayInts, bool (*comparar)( int, int ) ){
    ...
    if ( !(*comparar)( arrayInts[ masPequenoOMasGrande ], arrayInts[ index ] ) )
    ...
}
int main(){
    const int DIMARRAY = 10;
    int array[DIMARRAY] = { 2, 6, 4, 8, 10, 12, 89, 68, 45, 37 };

    ...
    ordenarPorSeleccion(array, DIMARRAY, ascendente ); // Ordena ascendentemente

    ...
    ordenarPorSeleccion(array, DIMARRAY, descendente ); // Ordena descendentemente
}
```

Llamada a la función apuntada por un puntero a función

Llamada a la función apuntada por un puntero a función

Usaremos la sintaxis:

```
(*comparar)( valorEntero1, valorEntero2 );
```

Cuidado con los paréntesis

Son obligatorios los paréntesis alrededor de *comparar.

Alternativa para la llamada a la función apuntada por un puntero a función

```
comparar( valorEntero1, valorEntero2 );
```

Pero es recomendable la primera forma, ya que indica explícitamente que comparar es un puntero a función. En el segundo caso, parece que comparar es el nombre de alguna función del programa.

Ejemplo de punteros a funciones

```
cout << "\nElementos en el orden original\n";
for ( contador = 0; contador < DIMARRAY; ++contador )
    cout << setw( 4 ) << array[contador];
if ( orden == 1 )
{
    ordenarPorSeleccion( array, DIMARRAY, ascendente );
    cout << "\nElementos en el orden ascendente\n";
}
else
{
    ordenarPorSeleccion( array, DIMARRAY, descendente );
    cout << "\nElementos en el orden descendente\n";
}
for ( contador = 0; contador < DIMARRAY; ++contador )
    cout << setw( 4 ) << array[contador];

cout << endl;
```

Ejemplo de punteros a funciones

Ordenación de un array ascendente o descendente (código completo)

Mostramos a continuación el código completo para este problema.

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

// prototipos
void ordenarPorSeleccion( int [], const int, bool (*)( int, int ) );
void intercambiar( int * const, int * const );
bool ascendente( int, int ); // implementa orden ascendente
bool descendente( int, int ); // implementa orden descendente

int main()
{
    const int DIMARRAY = 10;
    int orden; // 1 = ascendente, 2 = descendente
    int contador; // indice del array
    int array[DIMARRAY] = { 2, 6, 4, 8, 10, 12, 89, 68, 45, 37 };

    cout << "Introduce 1 para ordenar en orden ascendente,\n"
          << "Introduce 2 para ordenar en orden descendente: ";
    cin >> orden;
```

Ejemplo de punteros a funciones

```
void ordenarPorSeleccion( int arrayInts[], const int utilArrayInts,
                          bool (*comparar)( int, int ) )
{
    int masPequenoOMasGrande;
    for ( int i = 0; i < utilArrayInts - 1; ++i )
    {
        masPequenoOMasGrande = i;
        for ( int index = i + 1; index < utilArrayInts; ++index )
            if ( !(*comparar)( arrayInts[ masPequenoOMasGrande ], arrayInts[ index ] ) )
                masPequenoOMasGrande = index;
        intercambiar( &arrayInts[ masPequenoOMasGrande ], &arrayInts[ i ] );
    }
}

void intercambiar( int * const elemento1Ptr, int * const elemento2Ptr )
{
    int aux = *elemento1Ptr;
    *elemento1Ptr = *elemento2Ptr;
    *elemento2Ptr = aux;
}

bool ascendente( int a, int b )
{
    return a < b; // devuelve true si a es menor que b
}

bool descendente( int a, int b )
{
    return a > b; // devuelve true si a es mayor que b
}
```

Ejemplo de punteros a funciones

Introduce 1 para ordenar en orden ascendente,
Introduce 2 para ordenar en orden descendente: 1

Elementos en el orden original
2 6 4 8 10 12 89 68 45 37
Elementos en el orden ascendente
2 4 6 8 10 12 37 45 68 89

Introduce 1 para ordenar en orden ascendente,
Introduce 2 para ordenar en orden descendente: 2

Elementos en el orden original
2 6 4 8 10 12 89 68 45 37
Elementos en el orden descendente
89 68 45 37 12 10 8 6 4 2



Contenido del tema

- 1 Definición y Declaración de variables
- 2 Operaciones con punteros
- 3 Punteros y arrays
- 4 Punteros y cadenas
- 5 Punteros, struct y class
- 6 Punteros y funciones
- 7 Punteros a punteros
- 8 Punteros y const
- 9 Arrays de punteros
- 10 Punteros a funciones
- 11 Errores comunes con punteros
- 12 Estructura de la memoria
- 13 Gestión dinámica de la memoria
- 14 Objetos Dinámicos Simples
- 15 Objetos dinámicos compuestos
- 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- 17 Lista de celdas enlazadas
- 18 Arrays dinámicos
- 19 Matrices dinámicas

Algunos errores comunes

- Asignar puntero de distinto tipo

```
int a=10, *ptri;
double b=5.0, *ptrf;
```

```
ptri = &a;
ptrf = &b;
ptrf = ptri; // Error en compilación
```

- Uso de punteros no inicializados

```
char y=5, *nptr;
*nptr=5; // ERROR
```

- Asignación de valores al puntero y no a la variable.

```
char y=5, *nptr =&y;
nptr = 9; // Error de compilación
```

Parte II

Gestión Dinámica de Memoria

Contenido del tema

- | | |
|---|---|
| 1 Definición y Declaración de variables | 12 Estructura de la memoria |
| 2 Operaciones con punteros | 13 Gestión dinámica de la memoria |
| 3 Punteros y arrays | 14 Objetos Dinámicos Simples |
| 4 Punteros y cadenas | 15 Objetos dinámicos compuestos |
| 5 Punteros, struct y class | 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados |
| 6 Punteros y funciones | 17 Lista de celdas enlazadas |
| 7 Punteros a punteros | 18 Arrays dinámicos |
| 8 Punteros y const | 19 Matrices dinámicas |
| 9 Arrays de punteros | |
| 10 Punteros a funciones | |
| 11 Errores comunes con punteros | |

Estructura de la memoria asociada a un programa

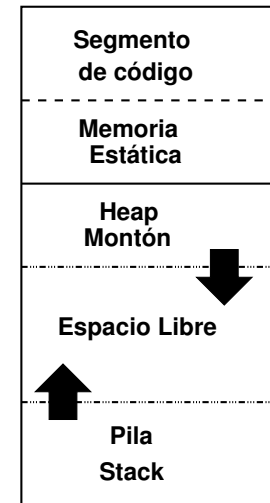
Gracias a la gestión de memoria del Sistema Operativo, los programas tienen una visión más simplificada del uso de la memoria, la cual ofrece una serie de componentes bien definidos.

Segmento de código

Es la parte de la memoria asociada a un programa que contiene las instrucciones ejecutables del mismo.

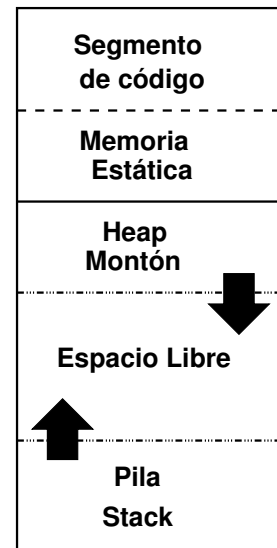
Memoria estática

- Reserva antes de la ejecución del programa
- Permanece fija
- No requiere gestión durante la ejecución
- El sistema operativo se encarga de la reserva, recuperación y reutilización.
- Variables globales y static.



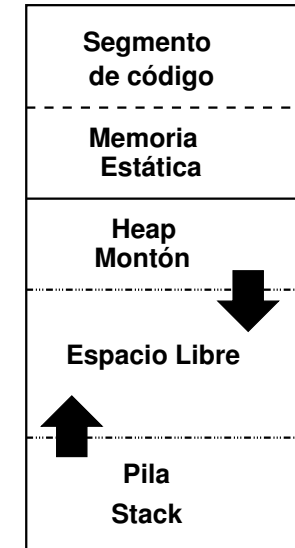
La pila (Stack)

- Es una zona de memoria que gestiona las llamadas a funciones durante la ejecución de un programa.
- Cada vez que se realiza una llamada a una función en el programa, se crea un **entorno de programa**, que se libera cuando acaba su ejecución.
- La reserva y liberación de la memoria la realiza el S.O. de forma automática durante la ejecución del programa.
- Las variables locales no son variables estáticas. Son un tipo especial de variables dinámicas, conocidas como **variables automáticas**.



El montón (Heap)

- Es una zona de memoria donde se reservan y se liberan "trozos" durante la ejecución de los programas según sus propias necesidades.
- Esta memoria surge de la necesidad de los programas de "crear nuevas variables" en tiempo de ejecución con el fin de optimizar el almacenamiento de datos.



Ejemplo

Supongamos que se desea realizar un programa que permita trabajar con una lista de datos relativos a una persona.

```
struct Persona{
    char nombre[80];
    int DNI;
    image foto;
};
```

¿Qué inconvenientes tiene la definición `Persona arrayPersona[100]`?

- Si el número de posiciones usadas es mucho menor que 100, tenemos reservada memoria que no vamos a utilizar.
- Si el número de posiciones usadas es mayor que 100, el programa no funcionará correctamente.

"Solución": Ampliar la dimensión del array y volver a compilar.

Contenido del tema

- | | |
|---|---|
| 1 Definición y Declaración de variables | 12 Estructura de la memoria |
| 2 Operaciones con punteros | 13 Gestión dinámica de la memoria |
| 3 Punteros y arrays | 14 Objetos Dinámicos Simples |
| 4 Punteros y cadenas | 15 Objetos dinámicos compuestos |
| 5 Punteros, struct y class | 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados |
| 6 Punteros y funciones | 17 Lista de celdas enlazadas |
| 7 Punteros a punteros | 18 Arrays dinámicos |
| 8 Punteros y const | 19 Matrices dinámicas |
| 9 Arrays de punteros | |
| 10 Punteros a funciones | |
| 11 Errores comunes con punteros | |

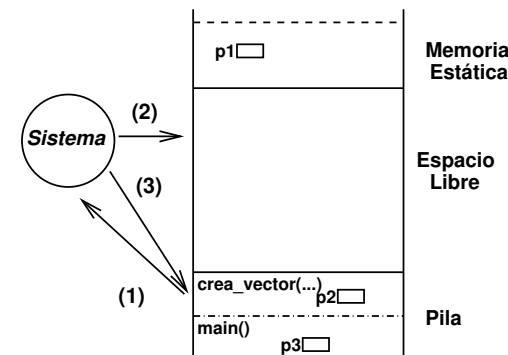
Consideraciones:

- La utilización de variables estáticas o automáticas para almacenar información cuyo tamaño no es conocido a priori (sólo se conoce exactamente en tiempo de ejecución) resta generalidad al programa.
- La alternativa válida para solucionar estos problemas consiste en la posibilidad de reservar la memoria justa que se precise (y liberarla cuando deje de ser útil), **en tiempo de ejecución**.
- Esta memoria se reserva en el Heap y, habitualmente, se habla de **variables dinámicas** para referirse a los bloques de memoria del Heap que se reservan y liberan en tiempo de ejecución.

Gestión dinámica de la memoria

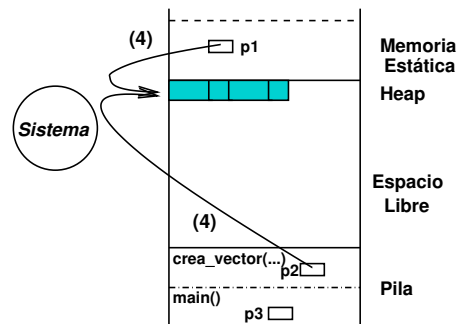
El sistema operativo es el encargado de controlar la memoria que queda libre en el sistema.

- (1) Petición al S.O. (tamaño)
- (2) El S.O. comprueba si hay suficiente espacio libre.
- (3) Si hay espacio suficiente, devuelve la ubicación donde se encuentra la memoria reservada, y marca dicha zona como memoria ocupada.

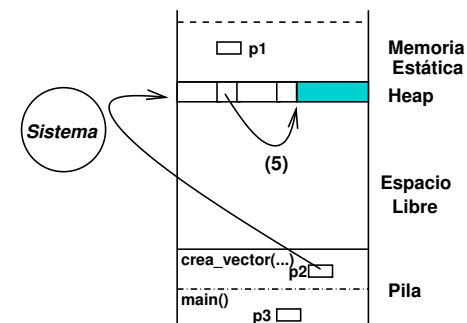


Reserva de memoria

- (4) La ubicación de la zona de memoria se almacena en una variable estática (**p1**) o en una variable automática (**p2**). Por tanto, si la petición devuelve una dirección de memoria, **p1** y **p2** deben ser variables de tipo *puntero* al tipo de dato que se ha reservado.

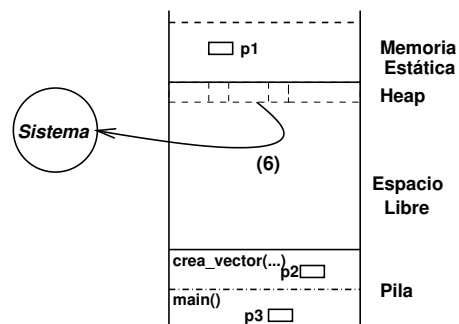


- 5 A su vez, es posible que las nuevas variables dinámicas creadas puedan almacenar la dirección de nuevas peticiones de reserva de memoria.



Liberación de memoria

- 6 Finalmente, una vez que se han utilizado las variables dinámicas y ya no se van a necesitar más, es necesario liberar la memoria que se está utilizando e informar al S.O. que esta zona de memoria vuelve a estar libre para su utilización.



¡ RECORDAR LA METODOLOGÍA !

- 1 Reservar memoria.
- 2 Utilizar memoria reservada.
- 3 Liberar memoria reservada.

Contenido del tema

- | | |
|---|---|
| 1 Definición y Declaración de variables | 12 Estructura de la memoria |
| 2 Operaciones con punteros | 13 Gestión dinámica de la memoria |
| 3 Punteros y arrays | 14 Objetos Dinámicos Simples |
| 4 Punteros y cadenas | 15 Objetos dinámicos compuestos |
| 5 Punteros, struct y class | 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados |
| 6 Punteros y funciones | 17 Lista de celdas enlazadas |
| 7 Punteros a punteros | 18 Arrays dinámicos |
| 8 Punteros y const | 19 Matrices dinámicas |
| 9 Arrays de punteros | |
| 10 Punteros a funciones | |
| 11 Errores comunes con punteros | |

El operador new

```
<tipo> *p;
p = new <tipo>;
```

- **new** reserva una zona de memoria en el Heap del tamaño adecuado para almacenar un dato del tipo *tipo* (**sizeof(tipo)** bytes), devolviendo la dirección de memoria dónde empieza la zona reservada.
- Si **new** no puede reservar espacio (p.e. no hay suficiente memoria disponible), se provoca una excepción y el programa termina.
- Por ahora supondremos que siempre habrá suficiente memoria.

Otra opción (no recomendable)

```
<tipo> *p;
p = new (nothrow) <tipo>;
```

En caso de que no se haya podido hacer la reserva devuelve el puntero nulo (0).

Ejemplo

```
int main(){
    int *p;

    p = new int;
    *p = 10;
}
```

Notas:

- Observar que **p** se declara como un puntero más.
- Se pide memoria en el Heap para guardar un dato **int**. Si hay espacio para satisfacer la petición, **p** apuntará al principio de la zona reservada por **new**. Asumiremos que siempre hay memoria libre para asignar.
- Se trabaja, como ya sabemos, con el objeto referenciado por **p**.

El operador delete

```
delete puntero;
```

delete permite liberar la memoria del Heap que previamente se había reservado y que se encuentra referenciada por un puntero.

Ejemplo

```
int main(){
    int *p, q=10;

    p = new int;
    *p = q;
    .....
    delete p;
}
```

Notas:

- El objeto referenciado por **p** deja de ser “operativo” y la memoria que ocupaba está disponible para nuevas peticiones con **new**.

Contenido del tema

- | | |
|---|---|
| 1 Definición y Declaración de variables | 12 Estructura de la memoria |
| 2 Operaciones con punteros | 13 Gestión dinámica de la memoria |
| 3 Punteros y arrays | 14 Objetos Dinámicos Simples |
| 4 Punteros y cadenas | 15 Objetos dinámicos compuestos |
| 5 Punteros, struct y class | 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados |
| 6 Punteros y funciones | 17 Lista de celdas enlazadas |
| 7 Punteros a punteros | 18 Arrays dinámicos |
| 8 Punteros y const | 19 Matrices dinámicas |
| 9 Arrays de punteros | |
| 10 Punteros a funciones | |
| 11 Errores comunes con punteros | |

Contenido del tema

- | | |
|---|--|
| 1 Definición y Declaración de variables | 12 Estructura de la memoria |
| 2 Operaciones con punteros | 13 Gestión dinámica de la memoria |
| 3 Punteros y arrays | 14 Objetos Dinámicos Simples |
| 4 Punteros y cadenas | 15 Objetos dinámicos compuestos |
| 5 Punteros, struct y class | 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados |
| 6 Punteros y funciones | 17 Lista de celdas enlazadas |
| 7 Punteros a punteros | 18 Arrays dinámicos |
| 8 Punteros y const | 19 Matrices dinámicas |
| 9 Arrays de punteros | |
| 10 Punteros a funciones | |
| 11 Errores comunes con punteros | |

Objetos dinámicos compuestos

Para el caso de objetos compuestos (p.e. struct) la metodología a seguir es la misma, aunque teniendo en cuenta las especificidades de los tipos compuestos.

En el caso de los **struct**, la instrucción **new** reserva la memoria necesaria para almacenar todos y cada uno de los campos de la estructura.

```

int main(){
    Persona *yo;

    struct Persona{
        char nombre[80];
        char DNI[10];
    };

    yo = new Persona;
    lee_linea((*yo).nombre,80);
    lee_linea((*yo).DNI,10);
    .....
    delete yo;
}

```

Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados

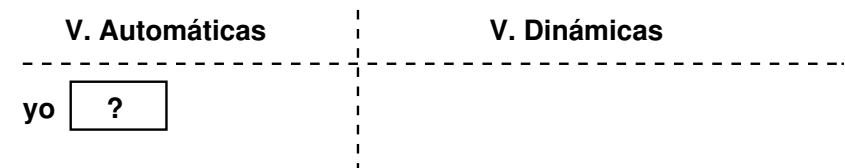
Dada la definición del siguiente tipo de dato Persona y declaración de variable

```

struct Persona{
    char nombre[80];
    Persona *sig;
};

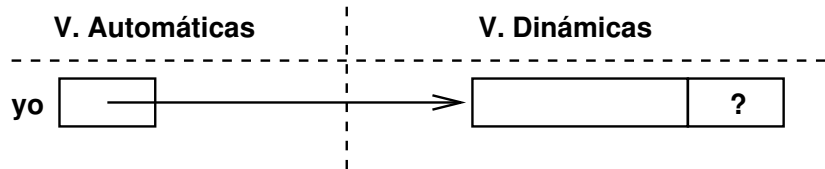
```

Persona *yo;



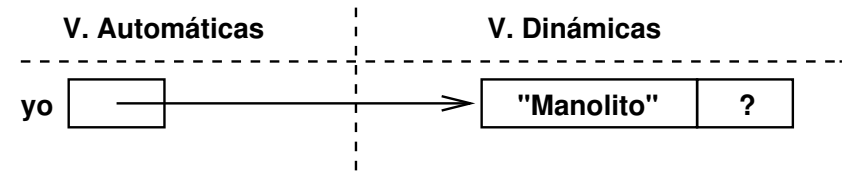
¿Qué realiza la siguiente secuencia de instrucciones?

1. `yo = new Persona;`



Reserva memoria para almacenar (en el Heap) un dato de tipo *Persona*. Como es un tipo compuesto, realmente se reserva espacio para cada uno de los campos que componen la estructura, en este caso, un array de 80 posiciones y un *puntero*.

2. `strcpy(yo->nombre, "Manolito");`

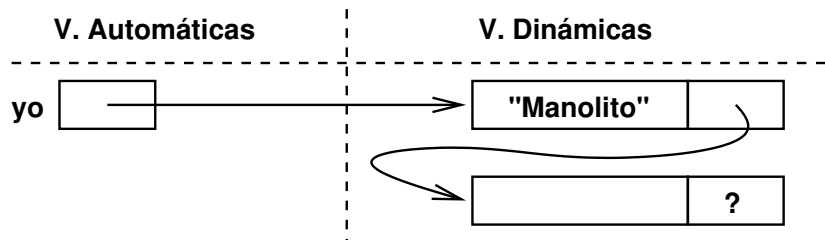


Asigna un valor al campo *nombre* del nuevo objeto dinámico creado.

Como la referencia a la variable se realiza mediante un puntero, puede utilizarse el operador flecha (`->`) para el acceso a los campos de un registro.

3. `yo->sig = new Persona;`

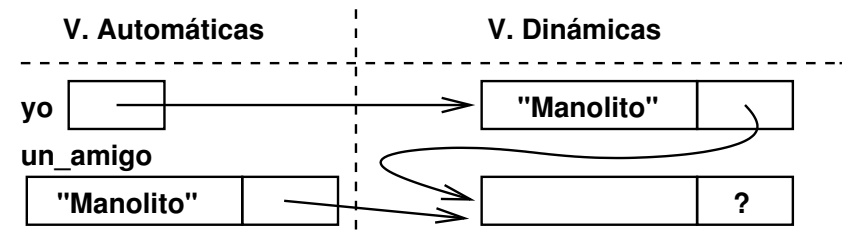
Reserva memoria para almacenar (en el Heap) otro dato de tipo *Persona*, que es referenciada por el campo *sig* de la variable apuntada por *yo* (creada anteriormente).



Por tanto, a partir de una variable dinámica se pueden definir nuevas variables dinámicas siguiendo una filosofía semejante a la propuesta en el ejemplo.

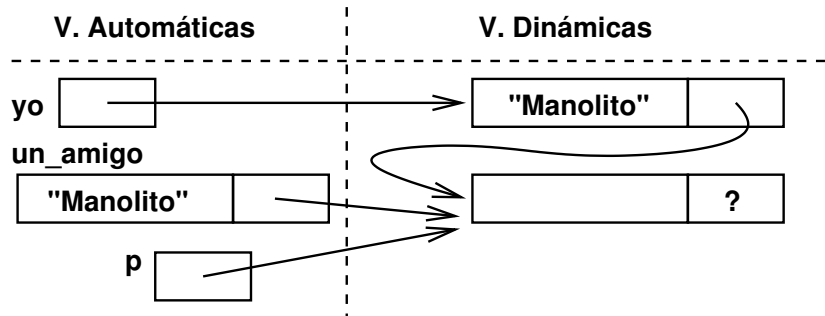
4. `Persona un_amigo = *yo;`

Se crea la variable automática *un_amigo* y se realiza una copia de la variable que es apuntada por *yo*.



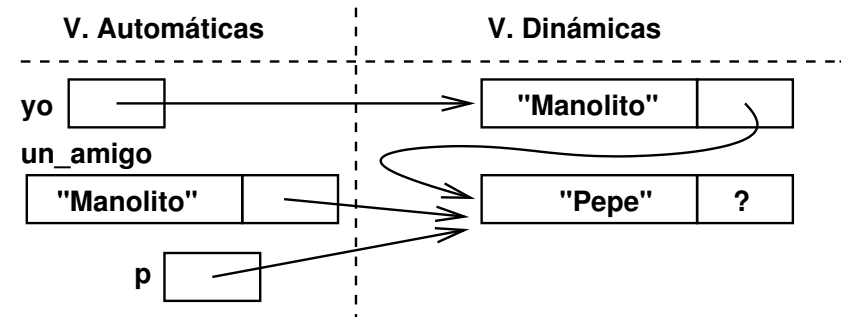
5. `Persona *p = yo->sig;`

La variable `p` almacena la misma dirección de memoria que el campo `sig` de la variable apuntada por `yo`.

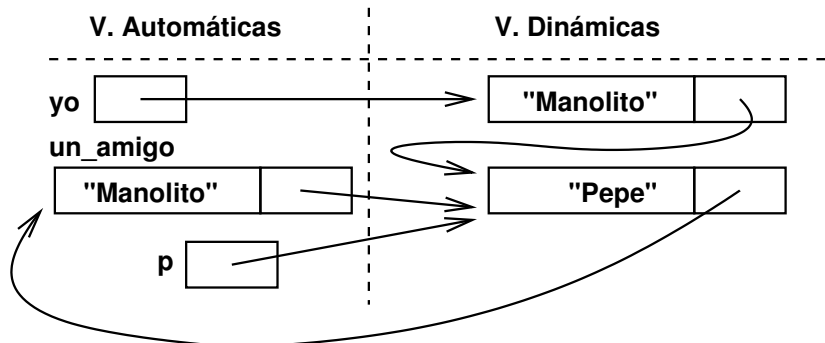


6. `strcpy(p->nombre, "Pepe");`

Usando la variable `p` (apunta al último dato creado) damos valor al campo `nombre`.

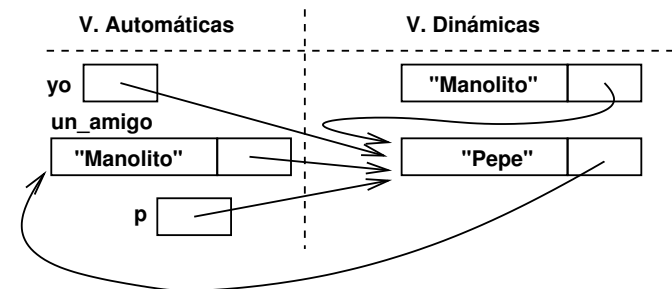


7. `p->sig = &un_amigo;`



Es posible hacer que una variable dinámica apunte a una variable automática o estática usando el operador `&`.

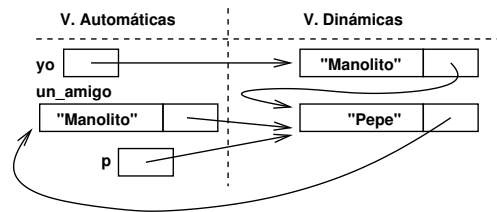
8. `yo = p;`



Con esta orden se pierde el acceso a uno de los objetos dinámicos creados, siendo imposible su recuperación. Por tanto, antes de realizar una operación de este tipo, hay que asegurar:

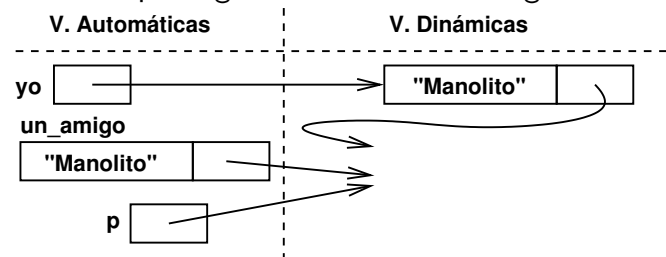
- que no perdemos la referencia a ese objeto (existe otro puntero que lo referencia).
- Si la variable ya no es útil para el programa, debemos liberar antes la memoria (indicando al sistema que esa zona puede ser utilizada para almacenar otros datos).

Volvamos a la situación anterior



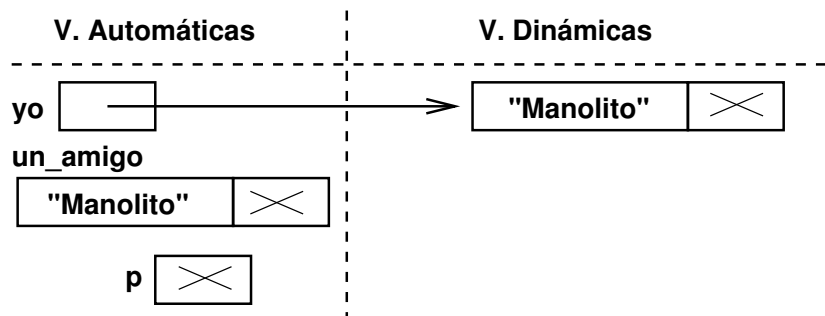
9. `delete un_amigo.sig;`

Esta sentencia libera la memoria cuya dirección de memoria se encuentra almacenada en el campo sig de la variable un_amigo.



Una forma de advertir esta situación es asignar la dirección nula a todos aquellos punteros que apunten a zonas de memoria que ya no existen.

10. `yo->sig = un_amigo.sig = p = 0;`



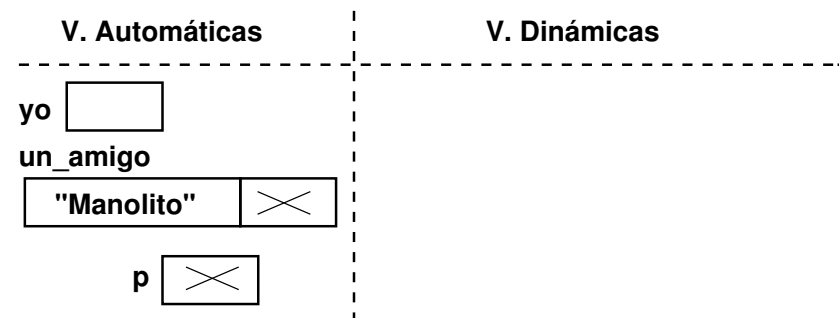
- La liberación implica que la zona de memoria queda disponible para que otro programa (o él mismo) pudieran volver a reservarla. Sin embargo, la dirección que almacenaba el puntero usado para la liberación (y el resto de punteros) se mantiene tras la liberación.
- Por consiguiente, **hay que tener cuidado y no usar la dirección almacenada en un puntero que ha liberado la memoria**. Por ejemplo:

```
strcpy(un_amigo.sig->nombre, "Alex");
```

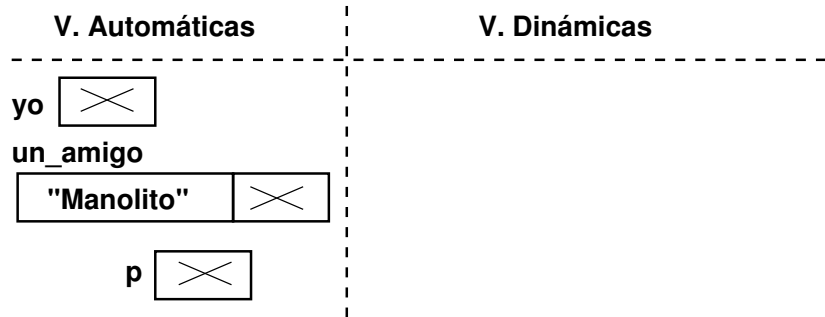
- De igual forma, hay que tener cuidado con todos aquellos apuntadores que mantenían la dirección de una zona liberada, ya que se encuentran con el mismo problema.

```
strcpy(yo->sig->nombre, "Alex");
```

11. `delete yo;`



12. `yo = 0;`



Contenido del tema

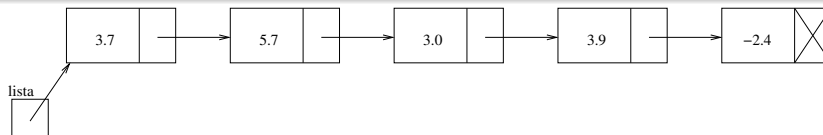
- 1 Definición y Declaración de variables
- 2 Operaciones con punteros
- 3 Punteros y arrays
- 4 Punteros y cadenas
- 5 Punteros, struct y class
- 6 Punteros y funciones
- 7 Punteros a punteros
- 8 Punteros y const
- 9 Arrays de punteros
- 10 Punteros a funciones
- 11 Errores comunes con punteros
- 12 Estructura de la memoria
- 13 Gestión dinámica de la memoria
- 14 Objetos Dinámicos Simples
- 15 Objetos dinámicos compuestos
- 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados
- 17 Lista de celdas enlazadas**
- 18 Arrays dinámicos
- 19 Matrices dinámicas

Lista de celdas enlazadas

Lista de celdas enlazadas

Es una **estructura de datos lineal** que nos permite guardar un conjunto de elementos del mismo tipo usando celdas enlazadas.

- Cada celda se alojará en el Heap.
- Usaremos punteros para enlazar una celda con la siguiente.



```
struct Celda{
    double dato;
    Celda* sig;
}
```

Lista de celdas enlazadas

```
#include <iostream>
using namespace std;
struct Celda{
    double dato;
    Celda* sig;
};

int main(){
    Celda* lista;
    double valor;

    lista = 0;
    cin >> valor;
    while(valor != 0.0){ // Creación de las celdas de la lista
        Celda* aux = new Celda;
        aux->dato = valor;
        aux->sig = lista;
        lista = aux;
        cin >> valor;
    }
```

Lista de celdas enlazadas

```
// Mostrar la lista en salida estandar
aux = lista;
while(aux != 0){
    cout << aux -> dato << " ";
    aux = aux->sig;
}
cout << endl;

while (lista != 0) { // Destrucción de la lista
    Celda* aux = lista;
    lista = aux->sig;
    delete aux;
}
}
```

Lista de celdas enlazadas

Función para insertar al principio de la lista

```
void insertarPrincipioLista(Celda* &lista, double valor){
    Celda* aux = new Celda;
    aux->dato = valor;
    aux->sig = lista;
    lista = aux;
}
```

Función para mostrar el contenido de la lista

```
void mostrarLista(Celda* lista){
    Celda* aux = lista;
    while(aux != 0){
        cout << aux -> dato << " ";
        aux = aux->sig;
    }
    cout << endl;
}
```

Lista de celdas enlazadas

Función para destruir la lista

```
void destruirLista(Celda* &lista){
    while (lista != 0) {
        Celda* aux = lista;
        lista = aux->sig;
        delete aux;
    }
}
```

Lista de celdas enlazadas

Función para insertar al final de la lista

- Si la lista está vacía, inserto al principio.
- Si la lista no esta vacía
 - Busco puntero p a última celda.
 - Inserto después de posición p.

Lista de celdas enlazadas

Función para insertar después de una celda apuntada por un puntero p

- Hacer que aux (puntero auxiliar) apunte a nueva celda.
- Asignar a aux->dato, el nuevo dato.
- Asignar a aux->sig, el valor de p->sig.
- Asignar a p->sig el valor de aux.

Lista de celdas enlazadas

Función para insertar antes de una celda apuntada por un puntero p

- Si se quiere insertar al principio o la lista está vacía, insertar al principio.
- En caso contrario:
 - Buscar un puntero aux que apunte a celda anterior a la apuntada por p
 - Hacer que aux2 (puntero auxiliar) apunte a nueva celda.
 - Asignar a aux2->dato, el nuevo dato.
 - Asignar a aux2->sig, el valor de p.
 - Asignar a aux->sig, el valor de aux2.

Función para borrar la celda apuntada por un puntero p

Contenido del tema

- | | |
|---|---|
| 1 Definición y Declaración de variables | 12 Estructura de la memoria |
| 2 Operaciones con punteros | 13 Gestión dinámica de la memoria |
| 3 Punteros y arrays | 14 Objetos Dinámicos Simples |
| 4 Punteros y cadenas | 15 Objetos dinámicos compuestos |
| 5 Punteros, struct y class | 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados |
| 6 Punteros y funciones | 17 Lista de celdas enlazadas |
| 7 Punteros a punteros | 18 Arrays dinámicos |
| 8 Punteros y const | 19 Matrices dinámicas |
| 9 Arrays de punteros | |
| 10 Punteros a funciones | |
| 11 Errores comunes con punteros | |

Arrays dinámicos

- Hasta ahora sólo podíamos crear un array conociendo *a priori* el número máximo de elementos que podría llegar a tener. P.e.
`int vector[20];`
- Esa memoria está ocupada durante la ejecución del módulo en el que se realiza la declaración.
- Para reservar la memoria estrictamente necesaria:

El operador new []

```
<tipo> *p;
p = new <tipo> [num];
```

- Reserva una zona de memoria en el Heap para almacenar num datos de tipo <tipo>, devolviendo la dirección de memoria inicial.
num es un entero estrictamente mayor que 0.

La liberación se realiza con

El operador delete []

```
delete [] puntero;
```

libera (pone como disponible) la zona de memoria **previamente reservada** por una orden new [], zona referenciada por puntero.

Con la utilización de esta forma de reserva dinámica podemos crear arrays que tengan justo el tamaño necesario. Podemos, además, crearlo justo en el momento en el que lo necesitamos y destruirlo cuando deje de ser útil.

Ejemplo I

```
1  for (int i= 0; i<n; i++) {    // Lectura del vector dinamico
2      cout << "Valor en casilla "<<i<< ": ";
3      cin >> v[i];
4  }
5  cout << endl;
6
7  for (int i= 0; i<n; i++) // Escritura del vector dinamico
8      cout << "En la casilla " << i
9          << " guardo: " << v[i] << endl;
10
11  delete [] v; // Liberar memoria
12  v = 0;
13 }
```

Ejemplo I

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  int main(){
5      int *v=0, n;
6
7      cout << "Numero de casillas: ";
8      cin >> n;
9      // Reserva de memoria
10     v = new int [n];
```



Ejemplo

Una función que devuelve una copia en un array dinámico de un array automático.

```
1  #include <iostream>
2  using namespace std;
3
4  int *copia_vector(const int v[], int n){
5      int *copia = new int[n];
6      for (int i=0; i<n; i++)
7          copia[i]=v[i];
8      return copia;
9  }
10 int main(){
11     int v1[30], *v2=0, m;
12     cout << "Numero de casillas: ";
13     cin >> m;
```



```

14  for (int i=0; i<m; i++) { // Rellenar el vector
15      cout << "Valor en casilla " << i << ": ";
16      cin >> v1[i];
17  }
18  cout << endl;
19
20  // Copiar en v2 (dinámico) el vector v1
21  v2 = copia_vector(v1,m);
22
23  for (int i=0; i<m; i++) // Escribir vector v2
24      cout << "En la casilla " << i
25          << " guardo: " << v2[i] << endl;
26
27  delete [] v2; // Liberar memoria
28  v2 = 0;
29 }

```

Ejemplo:

Ampliación del espacio ocupado por un array dinámico (Ampliar)

```

void ampliar (int *&v, int old_tama, int new_tama){
    if (new_tama > old_tama){
        int *v_ampliado = new int[new_tama];

        for (int i=0; i<old_tama; i++)
            v_ampliado[i] = v[i];

        delete [] v;
        v = v_ampliado;
    }
}

```

Cuestiones a tener en cuenta:

- v se pasa por referencia porque se va a modificar.
- Es necesario liberar v antes de asignarle el valor de v_ampliado.

¡Cuidado!

Un error muy común a la hora de construir una función que copie un array es el siguiente:

```

int *copia_vector(const int v[], int n){
    int copia[100];
    for (int i=0; i<n; i++)
        copia[i]=v[i];
    return copia;
}

```

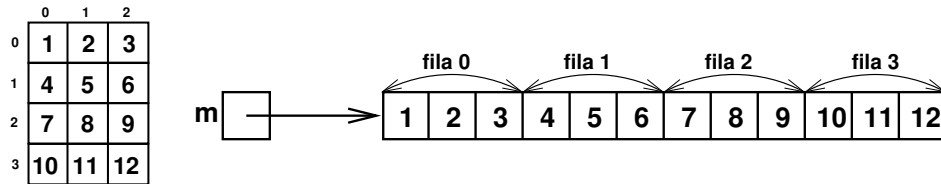
¡Cuidado!

Al ser copia una variable local no puede ser usada fuera del ámbito de la función en la que está definida.

Contenido del tema

- | | |
|---|---|
| 1 Definición y Declaración de variables | 12 Estructura de la memoria |
| 2 Operaciones con punteros | 13 Gestión dinámica de la memoria |
| 3 Punteros y arrays | 14 Objetos Dinámicos Simples |
| 4 Punteros y cadenas | 15 Objetos dinámicos compuestos |
| 5 Punteros, struct y class | 16 Ejemplo: Objetos dinámicos autoreferenciados |
| 6 Punteros y funciones | 17 Lista de celdas enlazadas |
| 7 Punteros a punteros | 18 Arrays dinámicos |
| 8 Punteros y const | 19 Matrices dinámicas |
| 9 Arrays de punteros | |
| 10 Punteros a funciones | |
| 11 Errores comunes con punteros | |

Matriz 2D usando un array 1D



- Creación de la matriz:

```
int *m;
int nfil, ncol;
m = new int[nfil*ncol];
```

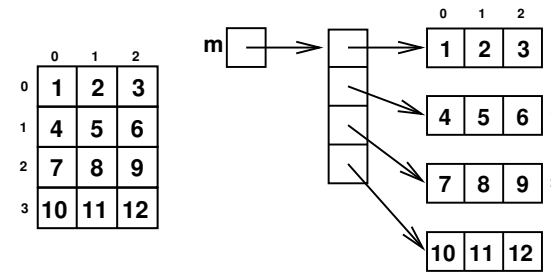
- Acceso al elemento f,c:

```
int a;
a = m[f*ncol+c];
```

- Liberación de la matriz:

```
delete[] m;
```

Matriz 2D usando un array 1D de punteros a arrays 1D



- Creación de la matriz:

```
int **m;
int nfil, ncol;
m = new int*[nfil];
for (int i=0; i<nfil;++i)
    m[i] = new int[ncol];
```

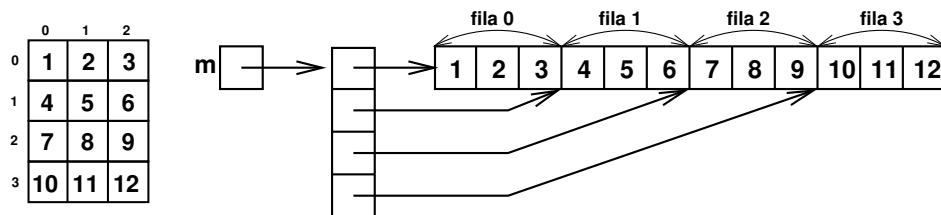
- Acceso al elemento f,c:

```
int a;
a = m[f][c];
```

- Liberación de la matriz:

```
for (int i=0; i<nfil;++i)
    delete[] m[i];
delete[] m;
```

Matriz 2D usando un array 1D de punteros a un único array



- Creación de la matriz:

```
int **m;
int nfil, ncol;
m = new int*[nfil];
m[0] = new int[nfil*ncol];
for (int i=1; i<nfil;++i)
    m[i] = m[i-1]+ncol;
```

- Acceso al elemento f,c:

```
int a;
a = m[f][c];
```

- Liberación de la matriz:

```
delete[] m[0];
delete[] m;
```