Sesión 9: Memoria dinámica

Programación para Sistemas

Ángel Herranz

Curso 2023-2024

Recordatorio: `malloc` y `free`

- ¡Dame más memoria (para *arrays*)!

```
int *enteros = (int *) malloc(N * sizeof(int));
char *s = (char *) malloc(N * sizeof(char));
double *reales = (double *) malloc(N * sizeof(double));
```

- ¡Ya no la necesito más!

```
free(enteros);
free(s);
free(reales);
```

- `malloc` en C: *es como* `new` en Java
- `free` en C: no existe en Java porque en Java es automático

Recordatorio: `malloc` y `free`

- ¡Dame más memoria (para *arrays*)!

```
int *enteros = (int *) calloc(N, sizeof(int));
char *s = (char *) calloc(N, sizeof(char));
double *reales = (double *) calloc(N, sizeof(double));
```

- ¡Ya no la necesito más!

```
free(enteros);
free(s);
free(reales);
```

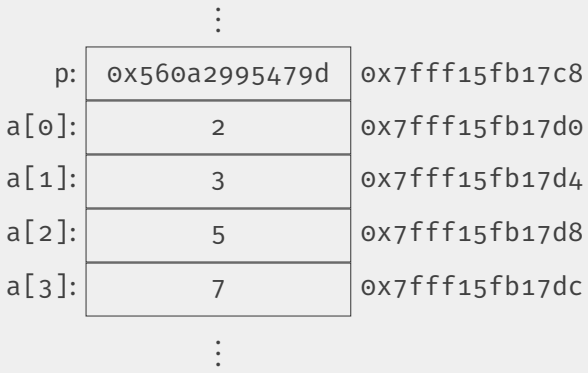
- `malloc` en C: *es como* `new` en Java
- `free` en C: no existe en Java porque en Java es automático

Recordatorio: malloc's *friends* (man 3 malloc)

```
MALLOC(3)                Linux Programmer's Manual                MALLOC(3)

NAME
       malloc,  free, calloc, realloc - allocate and free dynamic memory

SYNOPSIS
       #include <stdlib.h>

       void *malloc(size_t size);
       void free(void *ptr);
       void *calloc(size_t nmemb, size_t size);
       void *realloc(void *ptr, size_t size);
       void *reallocarray(void *ptr, size_t nmemb, size_t size);

DESCRIPTION
       The  malloc()  function  allocates  size  bytes  and  returns a
       ...
```

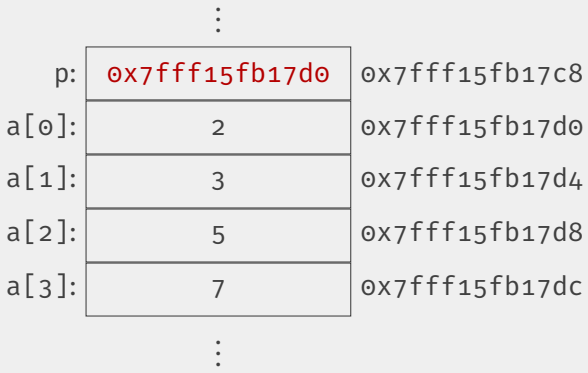
Recordatorio: *aritmética* de punteros I

```
int *p;
int a[] = ...;
```



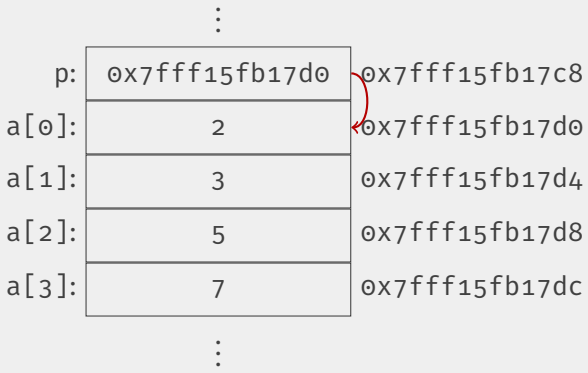
Recordatorio: *aritmética* de punteros I

```
int *p;
int a[] = ...;
p = a;
```



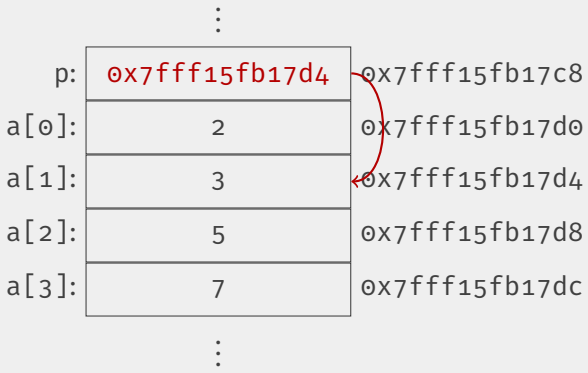
Recordatorio: *aritmética* de punteros I

```
int *p;
int a[] = ...;
p = a;
assert(*p == a[0]);
```



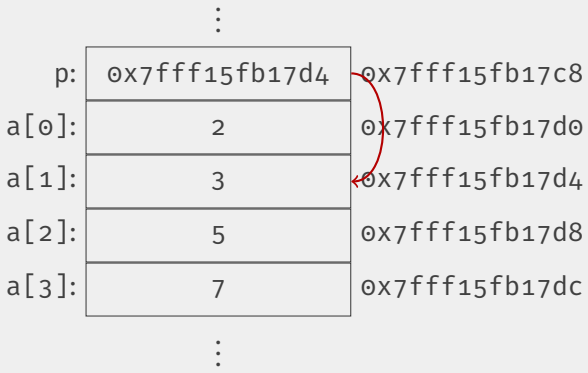
Recordatorio: *aritmética* de punteros I

```
int *p;
int a[] = ...;
p = a;
assert(*p == a[0]);
p = p + 1;
```



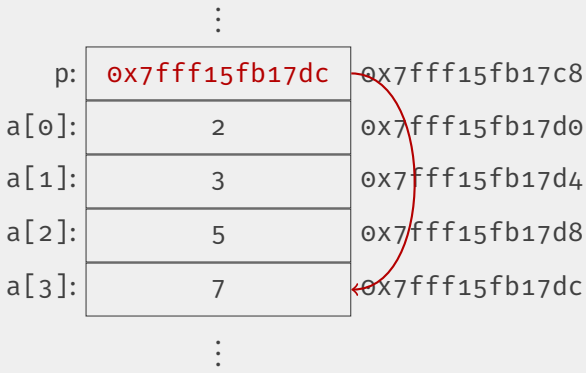
Recordatorio: *aritmética* de punteros I

```
int *p;
int a[] = ...;
p = a;
assert(*p == a[0]);
p = p + 1;
assert(*p == a[1]);
```



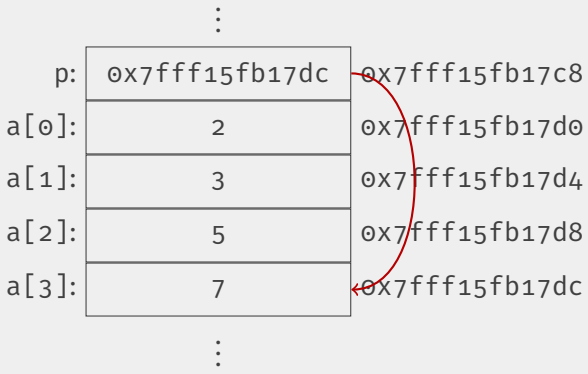
Recordatorio: *aritmética* de punteros I

```
int *p;
int a[] = ...;
p = a;
assert(*p == a[0]);
p = p + 1;
assert(*p == a[1]);
p = p + 2;
```



Recordatorio: *aritmética* de punteros I

```
int *p;
int a[] = ...;
p = a;
assert(*p == a[0]);
p = p + 1;
assert(*p == a[1]);
p = p + 2;
assert(*p == a[3]);
```



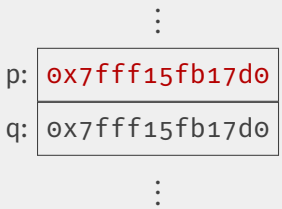
Recordatorio: *aritmética* de punteros II

```
int *p;
long long int *q;
```

Recordatorio: *aritmética* de punteros II

```
int *p;
long long int *q;
p = (int *)q;
```

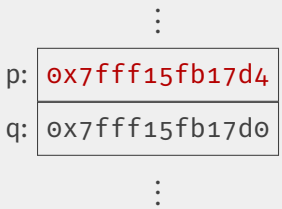
← *¡sólo didáctico!*



Recordatorio: *aritmética* de punteros II

```
int *p;
long long int *q;
p = (int *)q;
p++;
```

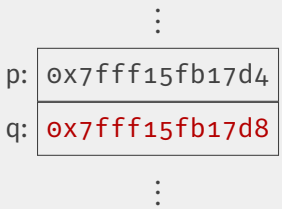
← *¡sólo didáctico!*



Recordatorio: *aritmética* de punteros II

```
int *p;
long long int *q;
p = (int *)q;
p++;
q++;
```

← *¡sólo didáctico!*



Recordatorio: relación punteros-array

- Asumiendo el siguiente contexto…

```
T a[] = ...;
T *p = a;
```

- Tenemos las siguientes verdades

Recordatorio: relación punteros-array

- Asumiendo el siguiente contexto...

```
T a[] = ...;
T *p = a;
```

- Tenemos las siguientes verdades

$$
\begin{aligned}
\texttt{p} &\equiv \texttt{a} \\
\texttt{p} &\equiv \texttt{\&a[0]} \\
\texttt{*p} &\equiv \texttt{a[0]} \\
\texttt{p+}i &\equiv \texttt{\&a[}i\texttt{]} \\
\texttt{*(p+}i\texttt{)} &\equiv \texttt{a[}i\texttt{]}
\end{aligned}
$$

Recordatorio: ¡PELIGRO!

Memory leaks

Cuando se nos olvida liberar memoria

Recordatorio: ¡PELIGRO!

Memory leaks

Cuando se nos olvida liberar memoria

Segmentation fault

Cuando se nos olvida solicitar memoria

Recordatorio: ¡PELIGRO!

Memory leaks

Cuando se nos olvida liberar memoria

Segmentation fault

Cuando se nos olvida solicitar memoria
o la usamos más allá de la solicitada

Recordatorio: ¡PELIGRO!

Memory leaks

Cuando se nos olvida liberar memoria

Segmentation fault

Cuando se nos olvida solicitar memoria
o la usamos más allá de la solicitada

Comportamiento indefinido

Cuando liberamos memoria no solicitada

En el capítulo de hoy...

- *Structs*
- Cadenas enlazadas

Structs

struct I

A structure is a collection of one or more variables, possibly of different types, grouped together under a single name for convenient handling. (Structures are called “records” in some languages, notably Pascal.) [...]

Capítulo 6, K&R

A structure is a collection of one or more variables, possibly of different types, grouped together under a single name for convenient handling. (Structures are called "records" in some languages, notably Pascal.) [...]

Capítulo 6, K&R

Simplificando: *como* objetos sin métodos

`struct` II

- Empezamos creando una variable para representar un punto en coordenadas cartesianas enteras

```
struct {
  int x;
  int y;
} a;
```

- El código anterior declara la variable `a`,
- como un registro (*struct*),
- con dos atributos (*members*) `x` e `y` de tipo antero,
- accesibles con la sintaxis `a.x` y `a.y`

Sintaxis *popular*

Escribe un programa con dos structs a y b

```
struct {
  int x;
  int y;
} a, b;
```

y explora la sintaxis de **`struct`**

5'

- Ideas:

```
a.x = 1;
printf("x == %i\n", a.x);
sizeof(a)
b = a;
```

`struct` III

- Si observas con detalle verás que la frase

  ```
  struct {int x; int y;}
  ```

  se puede considerar como un nuevo tipo
- Para escribir menos se puede declarar una *etiqueta* (*tag*) para el *struct* de esta forma:

```
struct punto_s {
  int x;
  int y;
};
```

- Ahora la etiqueta `punto_s` nos permite declarar variables así:

```
struct punto_s a, b; /* "struct punto_s" es un tipo */
```

`struct` IV

- Por supuesto, es posible declarar structs de structs, arrays de structs y punteros de structs

```
struct rectangulo_s {
  struct punto_s so;
  struct punto_s ne;
};

struct rectangulo_s r; // r es un "struct rectangulo"
struct punto_s h[6]; // h es un array de "struct punto"
struct punto_s *p; // p es un puntero a "struct punto"
```

Punteros a *struct*

Punteros a *structs*: ¡DIBUJAR!

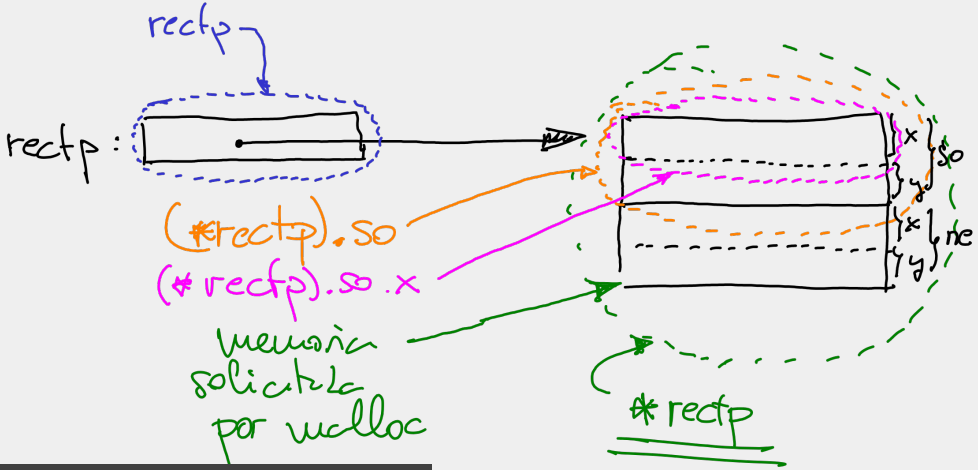
5'

```
struct rectangulo_s *rectp;
rectp = (struct rectangulo_s *)
        malloc(sizeof(struct rectangulo_s));
```

```
struct punto_s {int x; int y;};

struct rectangulo_s {
  struct punto_s so;
  struct punto_s ne;
};
```

Solución

- Deberías haber dibujado algo parecido a esto:



La *flecha*: ->

¿Qué significa `(*rectp).so`?

La *flecha*: `->`

¿Qué significa `(*rectp).so`?
¿Por qué no `*rectp.so`?

La *flecha*: ->

¿Qué significa `(*rectp).so`?
¿Por qué no `*rectp.so`?

C pone los paréntesis que faltan en `*rectp.so`
donde no queremos:
`*(rectp.so)`

La *flecha*: ->

¿Qué significa `(*rectp).so`?
¿Por qué no `*rectp.so`?

C pone los paréntesis que faltan en `*rectp.so`
donde no queremos:
`*(rectp.so)`

$$(*\texttt{rectp}).\texttt{so} = \texttt{rectp->so}$$

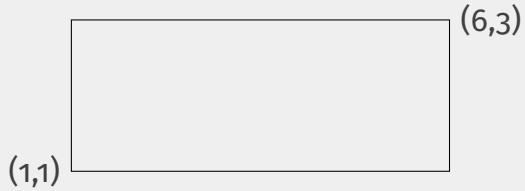
La *flecha*: ->

¿Qué significa `(*rectp).so`?
¿Por qué no `*rectp.so`?

C pone los paréntesis que faltan en `*rectp.so`
donde no queremos:
`*(rectp.so)`

$$(*\texttt{rectp}).\texttt{so} = \texttt{rectp->so}$$

Almacena este rectángulo en `rectp`



5’

typedef: DEFINIENDO NUEVOS TIPOS

- Podemos definir nuevos tipos con **typedef**
- Ejemplo

```
typedef long long unsigned int natural;
```

typedef: DEFINIENDO NUEVOS TIPOS

- Podemos definir nuevos tipos con **typedef**
- Ejemplo

```
typedef long long unsigned int natural;
```

- Funciona igual que la definición de una variable,
- pero define un nuevo tipo, **natural**, que es igual a **long long unsigned int**

Por convención, algunos desarrolladores usan el sufijo `_t`

```
typedef long long unsigned int natural_t;

// Ejemplo de decl de variables de tipo natural_t:
natural_t n, m;
```

typedef DE *STRUCTS*

💬 ¿Alguna idea para evitar tener que declarar variables así?

```
struct punto_s a, b;
```

typedef DE *STRUCTS*

¿Alguna idea para evitar tener que declarar variables así?

```
struct punto_s a, b;
```

- Usando **typedef** podríamos hacer esto

```
struct punto_s {int x; int y};
typedef struct punto_s punto_t;
```

incluso no sería necesario declarar la etiqueta:

```
typedef struct {int x; int y} punto_t;
```

- Podríamos declarar variables de una forma más legible:

```
punto_t a, b;
rectangulo_t r, s;
```

Punteros a *struct*: uso masivo en C

```
$ man fopen
FOPEN(3)        Linux Programmer's Manual        FOPEN(3)

NAME
   fopen, fdopen, freopen - stream open functions

SYNOPSIS
   #include <stdio.h>
   FILE *fopen(const char *pathname, const char *mode);
   ...
```

Interpreta esas líneas de la página del manual:

`FILE` es internamente un tipo *struct*

Aunque los usamos como *tipos abstractos*

```
FILE *fd = fopens("/etc/password", O_RDONLY);
char linea[2050];
while (fgets(linea, 2049, fd)) {
  /* hacer algo con linea */
}
```

`fopens` y `fgets` forman parte del API de `FILE`

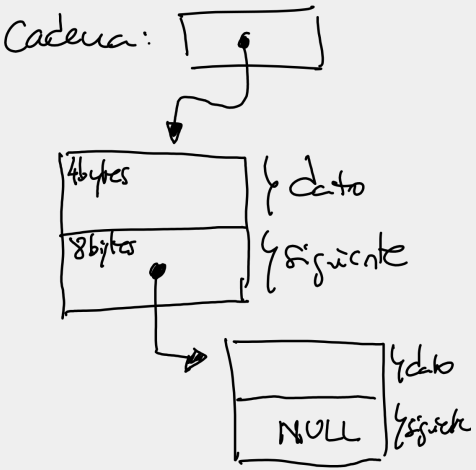
Cadenas enlazadas

Cadenas enlazadas: el tipo

```
struct nodo_s {
  int dato;
  struct nodo_s *siguiente;
};
```

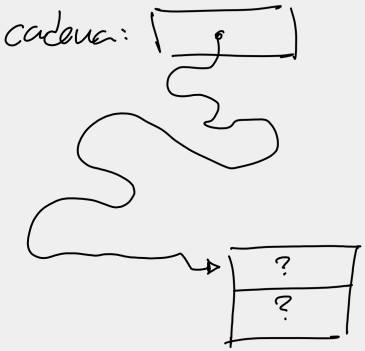
Cadenas enlazadas: el tipo

```
struct nodo_s {
  int dato;
  struct nodo_s *siguiente;
};

struct nodo_s *cadena;
```

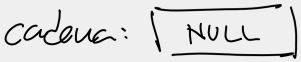


Cadenas enlazadas: vacía

```
struct nodo_s *cadena;
```



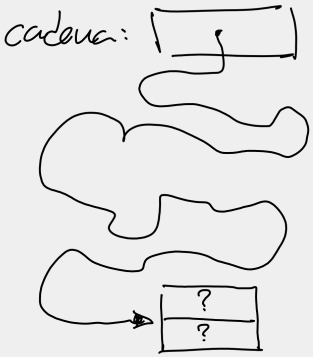
Cadenas enlazadas: vacía




```
struct nodo_s *cadena;

cadena = NULL;
```

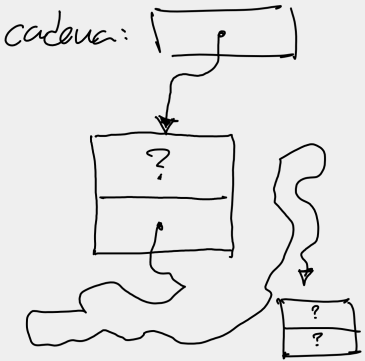
Cadenas enlazadas: un elemento

```
struct nodo_s *cadena;
```



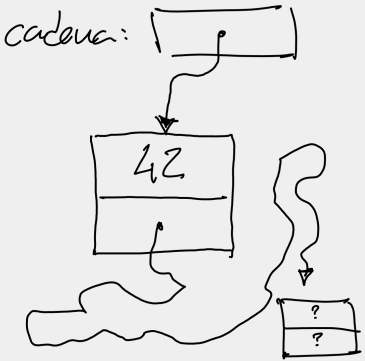
Cadenas enlazadas: un elemento

```
struct nodo_s *cadena;
cadena =
  (struct nodo_s *)
  malloc(sizeof(struct nodo_s));
```



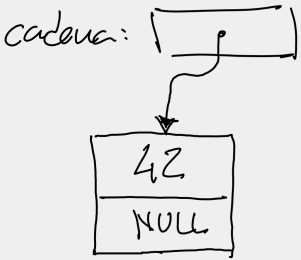
Cadenas enlazadas: un elemento

```
struct nodo_s *cadena;
cadena =
  (struct nodo_s *)
  malloc(sizeof(struct nodo_s));
cadena->dato = 42;
```



Cadenas enlazadas: un elemento

```
struct nodo_s *cadena;
cadena =
  (struct nodo_s *)
  malloc(sizeof(struct nodo_s));
cadena->dato = 42;
cadena->siguiente = NULL;
```



Cadenas enlazadas: primero y último

- Expresión que representa el primero:

```
cadena->dato
```

- Recorrido hasta el último:

```
struct nodo_s *ultimo;
ultimo = cadena;
while (ultimo->siguiente != NULL) {
  ultimo = ultimo->siguiente;
}
```

- Dibujar

Cadenas enlazadas: añadir al principio

```
struct nodo_s *primero;
primero = (struct nodo_s*)malloc(sizeof(struct nodo_s));
primero->dato = nuevo;
primero->siguiente = cadena;
cadena = primero;
```

Dibujar

5’

Cadenas enlazadas: añadir al final

```
ultimo = cadena;
while (ultimo->siguiente != NULL) {
  ultimo = ultimo->siguiente;
}
ultimo->siguiente =
  (struct nodo_s*)malloc(sizeof(struct nodo_s));
ultimo = ultimo->siguiente;
ultimo->dato = nuevo;
ultimo->siguiente = NULL;
```

Dibujar

Cadenas enlazadas: borrar el primero

```
cadena = cadena->siguiente;
```

- Dibujar ¿Algún problema?

Cadenas enlazadas: borrar el primero

```
cadena = cadena->siguiente;
```

- Dibujar ¿Algún problema?

¡*Memory leak*!
¿Solución?

Cadenas enlazadas: borrar el primero

```
primero = cadena;
cadena = cadena->siguiente;
free(primero);
```

Dibujar ¿Algún problema?

¡*Memory leak*!
¿Solución?

Cadenas enlazadas: borrar el último

```
penultimo = cadena;
while (penultimo->siguiente->siguiente != NULL) {
  penultimo = penultimo->siguiente;
}
ultimo = penultimo->siguiente;
penultimo->siguiente = NULL;
free(ultimo);
```

Dibujar