

Práctica de Organización del Computador II

Programación orientada a datos - Cuarta parte

Segundo Cuatrimestre 2023

Organización del Computador II
DC - UBA

Introducción

Ahora vamos a ver:

- Uso del **stack** y del **heap**.
- Manejo de memoria dinámica.
- Estructura completa del espacio de memoria de una aplicación.

Visión de la memoria (vista de aplicación)

Vamos a introducir otra categoría para los datos. Ya habíamos estudiado al dato según:

- **Tipo:** esto lo vieron nativamente en Orga 1 (enteros con y sin signo, flotantes) y en alto nivel aquí (structs, chars, arrays, punteros).
- **Estructura:** que es lo que estuvimos explicando en la primera parte de la clase, o sea, su representación en memoria.
- Pero falta estudiar otra categoría que la **temporal**, que determina cuándo se crea, en qué contexto y cuánto tiempo está disponible dentro de la ejecución.
- Vamos a ver que los datos puede ser **estáticos**, **dinámicos** o **temporales**.

¿Cuál es la diferencia entre datos **dinámicos** y su complemento, los datos **estáticos**? ¿Qué son los datos temporales?

- **Los datos estáticos** se definen, conocen y potencialmente inicializan al momento de compilar el programa.
- **Los datos dinámicos** dependen de la ejecución del programa, pueden variar en cantidad o tamaño y su tiempo de vida puede ser distinto del tiempo de vida de la aplicación.
- **Los datos temporales** se definen y viven dentro del contexto de ejecución de una función (entre su CALL y su RET).

Ahora podemos estudiar una visión simplificada de la memoria principal desde la perspectiva de la aplicación, primero nos va a interesar definir dos secciones importantes que tienen que ver con la temporalidad de los datos.

- **La pila (o stack):**

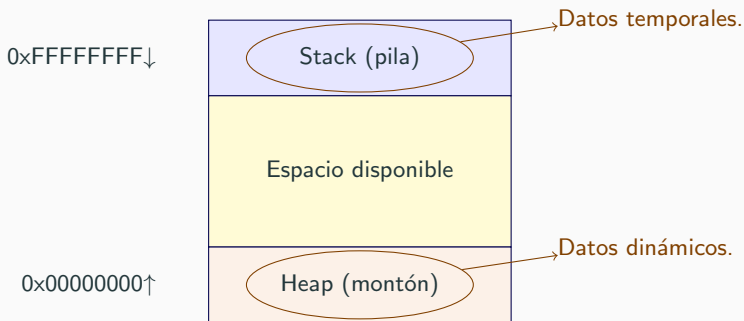
Donde vamos a encontrar los datos **temporales** y vinculados a la cadena de llamadas de funciones (call stack).

- **El montículo, montón o parva (heap):**

Donde vamos a encontrar los datos **dinámicos**.

- En breve vamos a ver dónde se encuentran los datos **estáticos**.

Aquí hay un diagrama simplificado de la memoria.



Ambas regiones comparten un mismo espacio de memoria, debido a esto y por conveniencia una se ubica en la parte alta y se expande hacia abajo cuando hace falta (la pila) y la otra se ubica en la parte baja y se expande hacia arriba (heap).

Lo importante por ahora es recordar que hay dos regiones distinguidas del espacio de memoria que se utilizan para dos tipos de datos distintos.

- **La pila** para los datos temporales.
- **El heap** para los datos dinámicos.

Veamos ahora cómo nos conviene manejar los datos dinámicos.

Manejo de memoria dinámica

Intentemos escribir el programa:

```
uint16_t *secuencia(uint16_t i);
```

Supongamos que debemos escribir un programa secuencia que dado un entero n devuelve una lista con los números de 0 a $n - 1$, su declaración sería:

```
uint16_t *secuencia(uint16_t n);
```

```
uint16_t *secuencia(uint16_t n){  
    uint16_t *arr = foo(?);  
    for(uint16_t i = 0; i < n; i++)  
        arr[i] = i;  
    return arr;  
}
```

Observen que la forma de devolver un arreglo es con un puntero al tipo del arreglo.

¿Qué debería hacer `foo(?)` en nuestro programa?

```
uint16_t *secuencia(uint16_t n){  
    uint16_t *arr = foo(?);  
    for(uint16_t i = 0; i < n; i++)  
        arr[i] = i;  
    return arr;  
}
```

¿No podemos hacer `uint16_t arr[n]`?

Vamos a ver más adelante que este tipo de declaración trae problemas cuando queremos acceder a `arr` fuera del contexto de `secuencia`.

Intentemos explicitar algunas preguntas.

Construyendo la función `foo(?)`

- ¿Qué parámetros debería tomar y qué tipo de dato debería devolver?
- ¿Dónde debería almacenarse `arr`?
- ¿A partir de qué momento y cuándo debería dejar de estar disponible `arr`?

Construyendo la función `foo(?)`

- Vamos a suponer que se le indica el tamaño en bytes de la instancia a crear y devolverá la dirección de memoria dónde comienza la representación de la misma.
- Como ya habíamos dicho esta memoria se va a ubicar en el **heap** que es donde se almacenan los datos dinámicos.
- Deberíamos tener un mecanismo que nos permita indicar que la instancia ya no es necesaria y que esa porción de memoria en el **heap** vuelve a estar disponible para llamadas futuras.

Construyendo la función `foo(?)`

- La declaración de la función será:

```
void *malloc(size_t size).
```

- Vamos a utilizar una función más que indica cuándo la región de memoria queda disponible: `void free(void *ptr)`.

Nótese que el tipo `void*` denota un puntero genérico, que no define a qué tipo apunta. Se puede utilizar en este caso porque todos los punteros tienen el mismo tamaño para una arquitectura dada. `size_t` es un tipo numérico utilizado para denotar tamaños.


```
void *malloc(size_t size)
```

```
void free(void *ptr)
```

Por ahora vamos a suponer que estas funciones están disponibles para la aplicación.

Como mecanismo son un buen ejemplo de **arbitraje sobre un recurso compartido**, ya que desde varios puntos de un mismo programa o incluso varios procesos pueden estar pidiendo sus porciones de memoria dinámica a la misma función y en la misma región (**heap**).

Volvamos al programa con nuestra nueva función:

```
uint16_t *secuencia(uint16_t n){  
    uint16_t *arr = malloc(n * sizeof(uint16_t));  
    for(uint16_t i = 0; i < n; i++)  
        arr[i] = i;  
    return arr;  
}
```

Recordemos que `sizeof` es un operador que nos indica el tamaño expresado en bytes para un tipo dado (se resuelve al momento de compilar el programa).

Veamos un uso típico del par malloc/free:

```
uint16_t n = 5;
uint16_t *perm = secuencia(n);
for(uint8_t i = 0; i < n; i++)
    printf("%d ", perm[i]);
printf("\n");
free(perm);
```

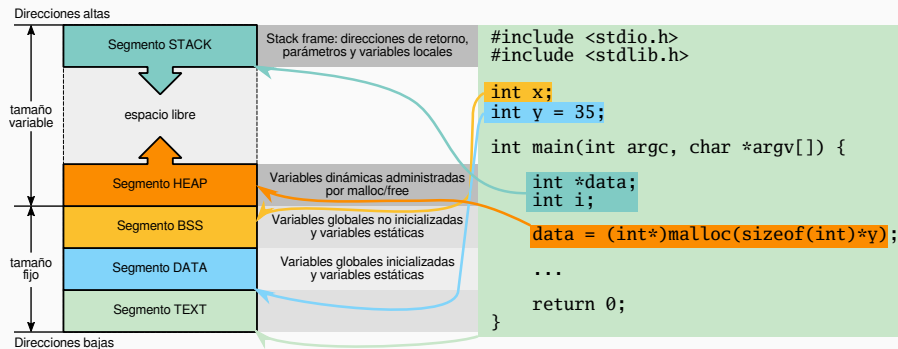
Es importante liberar con `free` toda la memoria que se pide con llamadas a `malloc` porque en caso contrario podemos perjudicar el rendimiento del procesador o incluso llegar a la situación crítica de agotar la memoria dinámica disponible.

Espacio de memoria del programa

Ya estamos en condiciones de presentar una visión más completa del espacio de memoria del programa.

- Ya habíamos presentado el **heap** y la **pila**.
- Ahora vamos a introducir la sección de **text** o text, donde se almacena el código máquina del programa.
- La sección de **data** o datos estáticos inicializados.
- La sección de **bss** o datos estáticos no inicializados.

Aquí hay un diagrama simplificado de la memoria.



Veamos donde se van a almacenar los datos de nuestra función:

```
uint16_t *seucencia(uint16_t n){  
    uint16_t *arr =  
        malloc(n * sizeof(uint16_t));  
  
    for(uint16_t i = 0; i < n; i++)  
        arr[i] = i;  
  
    return arr;  
}
```

$i \notin \text{stack}, \text{arr} \notin \text{stack}$

Aquello que viva en el stack se va a ir liberando a medida que vayamos retornando de las llamadas a función.

Analicemos un uso típico del par malloc/free:

```
uint16_t n = 5;  
uint16_t *sec = secuencia(n);
```

$sec \in data, *sec \in heap$

```
for(uint8_t i = 0; i < n; i++)  
    printf("%d ", sec[i]);
```

$i \in data$

```
printf("\n");  
free(sec);
```

$*sec \notin heap, sec \in data$

Noten que el puntero `sec` está en la sección de datos, pero el valor al que apunta está en el heap. ¿Esto siempre es así?

Respuesta:

No, podría estar apuntando a un dato estático sin problemas.

Recapitulando antes de cerrar. ¿Por qué no podíamos hacer esto?

```
uint16_t *secuencia(uint16_t n){  
    uint16_t arr[n];  
    for(uint16_t i = 0; i < n; i++)  
        arr[i] = i;  
    return arr;  
}
```

Porque `arr[n]` se crearía en el **stack** y perderíamos referencia al arreglo al salir de la función.

Cierre

En la primera parte habíamos visto:

- Una introducción a la **perspectiva de datos**.
- Una interpretación de la memoria como un **espacio contiguo y ordenado de bits (bytes)**.
- Un repaso de los tipos de datos básicos y **cómo se representan en memoria**.
- Una **introducción a los punteros** y las operaciones de referencia y desreferencia.

En esta última parte vimos:

- Uso del **stack** y del **heap**.
- Manejo de memoria dinámica (**malloc**, **free**).
- Estructura completa del espacio de memoria de una aplicación.

Consultas y trabajo en ejercicios
