PRÁCTICA 1: Tipos Abstractos de Datos y Estructuras de datos

OBJETIVOS

- Profundizar en el concepto de TAD (Tipo Abstracto de Dato).
- Aprender a elegir la estructura de datos apropiada para implementar un TAD.
- Codificar sus primitivas y utilizarlo en un programa principal.
- Entender el tipo de dato `void *` del lenguaje C.

NORMAS

Los programas que se entreguen deben:

- Estar escritos en C, siguiendo las normas de programación establecidas.
- Compilar sin errores ni warnings incluyendo las banderas `-Wall` y `-pedantic` al compilar.
- Ejecutarse sin problema en una consola de comandos.
- Incorporar un adecuado control de errores. Es justificable que un programa no admita valores inadecuados, pero no que se comporte de forma anómala con dichos valores.
- No producir fugas de memoria al ejecutarse.

PLAN DE TRABAJO

- **Semana 1:** Ejercicio 1.
- **Semana 2:** Ejercicios 2.1 y 2.2.
- **Semana 3:** Ejercicio 2.3.

Cada profesor indicará en clase cómo hacer el seguimiento, como por ejemplo **entregas parciales semanales** por Moodle o email, preguntas en clase, etc.

La entrega final se realizará a través de Moodle, siguiendo escrupulosamente las instrucciones indicadas en el enunciado referentes a la organización y nomenclatura de ficheros y proyectos. Se recuerda que el fichero comprimido que se debe entregar debe llamarse `Px_EDAT_Gy_Pz`, siendo `x` el número de la práctica, `y` el grupo de prácticas y `z` el número de pareja (ejemplo de entrega de la pareja 5 del grupo 2112: `P1_EDAT_G2112_P05.zip`).

El fichero comprimido debe contener la siguiente organización de ficheros:

```
--- P1_EDAT_Gy_Pz/
    |--- vertex.c
    |--- vertex.h
    |--- graph.c
    |--- graph.h
    |--- p1_e1.c
    |--- p1_e2.c
    |--- p1_e3.c
    |--- Makefile
    |--- g1.txt
```

La fecha límite de entrega es la siguientes:

- Los alumnos de Evaluación Continua, la semana del **24 de febrero** hasta la hora de inicio de la clase de prácticas.
- Los alumnos de Evaluación Final, según lo especificado en la normativa.

EJERCICIO 1.

En este ejercicio definiremos el Tipo Abstracto de Dato (TAD) `Vertex` que se representará mediante un **id** (un `long int`), un **tag** (una cadena estática de caracteres) y un **estado** (de tipo `Label`).

El tipo de datos `Label` está definido en el fichero `vertex.h` (ver Material en Moodle de la Práctica 1). Otros tipos de datos útiles están definidos en el fichero `types.h`.

Definición del tipo abstracto de dato `Vertex` e implementación: Selección de su estructura de datos e implementación de su interfaz.

Para definir la estructura de datos necesaria para representar el TAD `Vertex` conforme la metodología de encapsulamiento vista en clase, debe incluirse la siguiente declaración en `vertex.h`:

```
typedef struct _Vertex Vertex;
```

Para implementar el TAD `Vertex` deberás:

- Crear el fichero `vertex.h` con la declaración del tipo `Vertex`, los prototipos de las funciones de la interfaz pública y las directivas `#include` necesarias.
- Definir en el fichero `vertex.c` la estructura de datos `_Vertex`:

```
#define TAG_LENGTH 64

struct _Vertex {
    long id;
    char tag[TAG_LENGTH];
    Label state;
};
```

- Implementar en el fichero `vertex.c` las funciones de la interfaz pública declaradas en el fichero `vertex.h`.
- Incluir en el fichero `vertex.c` las funciones privadas que consideres oportunas.

Comprobación de la corrección de la definición del tipo `Vertex` y de su interfaz.

Crea un programa en un fichero de nombre `p1_e1.c` cuyo ejecutable se llame `p1_e1`, y que realice las siguientes operaciones:

- Crear e inicializar dos vértices.
- El primero tendrá *id* `10`, *tag* `one` y estado `WHITE`.
- El segundo tendrá *id* `20`, *tag* `two` y estado `BLACK`.
- Imprimir ambos vértices y después un salto de línea.
- Comparar ambos vértices y mostrar un mensaje que diga el resultado.
- Imprimir el *tag* del segundo vértice.
- Copiar el primer vértice en un tercero.
- Imprimir el *id* del tercer vértice.
- Imprimir el primer y el tercer vértice y después un salto de línea.
- Comparar el primer y tercer vértices y mostrar un mensaje que diga el resultado.

- Liberar memoria.

Salida esperada:

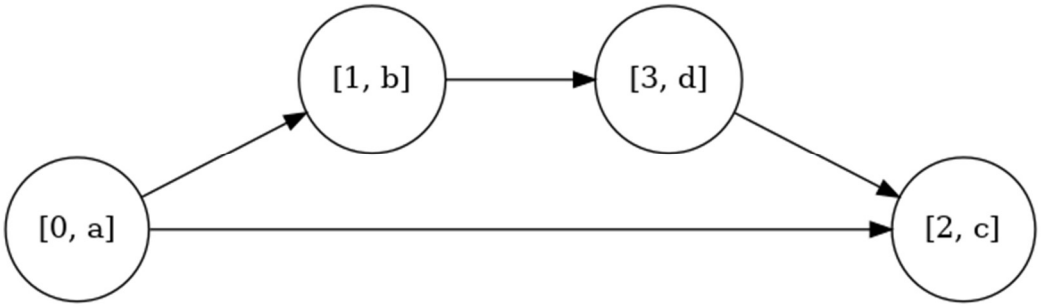
```
[10, one, 0][20, two, 1]
Equals? No
Vertex 2 tag: two
Vertex 3 id: 10
[10, one, 0][10, one, 0]
Equals? Yes
```

EJERCICIO 2.

En esta parte de la práctica se definirá el Tipo Abstracto de Datos (TAD) `Graph` como un conjunto de *vértices* junto con un conjunto de conexiones o *aristas* que definen una relación binaria entre los vértices.

2.1. Definición e implementación del TAD `Graph`: Estructura de datos e interfaz.

Se desea definir una estructura de datos para representar el TAD `Graph`. Asumiremos que los datos que hay que almacenar en el grafo son de tipo `Vertex` y que su capacidad máxima es 4096 elementos. La información sobre las conexiones se almacenará en una matriz de adyacencia (una matriz de 0s y 1s indicando si el nodo correspondiente a la fila está conectado con el nodo correspondiente a la columna). Por ejemplo, el siguiente grafo tendría la matriz de adyacencia que se muestra a continuación:



	Vertex A	Vertex B	Vertex C	Vertex D
Vertex A	0	1	1	0
Vertex B	0	0	0	1
Vertex C	0	0	0	0
Vertex D	0	0	1	0

Para implementar el TAD `Graph` deberás:

- Crear el fichero `graph.h` con la definición del tipo `Graph`, los prototipos de las funciones de la interfaz (ver Material en Moodle de la Práctica 1) y las directivas `#include` necesarias.
- Definir en el fichero `graph.c` la estructura de datos `_Graph`:

```
# define MAX_VTX 4096


struct _Graph {
    Vertex *vertices[MAX_VTX];
    Bool connections[MAX_VTX][MAX_VTX];
    int num_vertices;
    int num_edges;
};
```

- Implementar en el fichero `graph.c` las funciones de la interfaz declaradas en el fichero `graph.h`.
- Incluir en el fichero `graph.c` las funciones privadas que consideres oportunas.

2.2. Comprobación de la corrección de la definición del tipo `Graph` y de su interfaz.

Crea un programa en un fichero de nombre `p1_e2.c` cuyo ejecutable se llame `p1_e2`, y que realice las siguientes operaciones:

- Inicializar un `Graph`.
- Insertar un vértice con *tag* `Madrid`, *id* `111` y *state* `WHITE`, y verificar si la inserción se realizó correctamente.
- Insertar un vértice con *tag* `Toledo`, *id* `222` y *state* `WHITE`, y verificar si la inserción se realizó correctamente.
- Insertar una arista desde el vértice con *id* `222` hasta el vértice con *id* `111`.
- Comprobar si el vértice con *id* `111` está conectado con el vértice con *id* `222` (ver salida esperada más abajo).
- Comprobar si el vértice con *id* `222` está conectado con el vértice con *id* `111` (ver salida esperada más abajo).
- Obtener e imprimir el número de conexiones desde el vértice con *id* `111`.
- Obtener e imprimir el número de conexiones desde el vértice con *tag* `Toledo`.
- Obtener e imprimir la lista de conexiones del vértice con *tag* `Toledo`.
- Imprimir el grafo.
- Liberar todos los recursos y salir.

Salida esperada:

```
Inserting Madrid... result...: 1
Inserting Toledo... result...: 1
Inserting edge: 222 --> 111
111 --> 222? No
222 --> 111? Yes
Number of connections from 111: 0
Number of connections from Toledo: 1
Connections from Toledo: 111
Graph:
[111, Madrid, 0]:
[222, Toledo, 0]: [111, Madrid, 0]
```

2.3. Lectura de un grafo desde fichero.

Implementa la siguiente función de la interfaz de `Graph`, que permite cargar un grafo a partir de la información leída de un fichero de texto. El formato del fichero está definido en la documentación de la función.

```
/**
 * @brief Reads a graph definition from a text file.
 *
 * Reads a graph description from the text file pointed to by fin,
 * and fills the graph g.
```

```
 *
 * The first line in the file contains the number of vertices.
 * Then one line per vertex with the vertex description.
 * Finally one line per connection, with the ids of the origin and
 * the destination.
 *
 * For example:
 *
 * 4
 * id:1 tag:Madrid
 * id:2 tag:Toledo
 * id:3 tag:Avila
 * id:4 tag:Segovia
 * 1 2
 * 1 3
 * 2 4
 * 4 3
 *
 * @param fin Pointer to the input stream.
 * @param g Pointer to the graph.
 *
 * @return OK or ERROR
 */
Status graph_readFromFile (FILE *fin, Graph *g);
```

Para probar la función crea el programa `p1_e3.c` que reciba como argumento el nombre de un fichero de texto, cree un `Graph` de acuerdo a la descripción contenida en ese fichero e imprima el grafo por pantalla. La ejecución de este programa debe funcionar sin problemas, incluyendo una gestión adecuada de la memoria (*valgrind* no debería mostrar fugas).

A continuación, se muestra un ejemplo de fichero de datos de entrada:

```
 4
 id:100 tag:Madrid
 id:200 tag:Toledo
 id:300 tag:Avila
 id:400 tag:Segovia
 100 200
 100 300
 200 400
 400 300
```

Salida esperada:

```
 [1, Madrid, 0]: [2, Toledo, 0] [3, Avila, 0]
 [2, Toledo, 0]: [4, Segovia, 0]
 [3, Avila, 0]:
 [4, Segovia, 0]: [3, Avila, 0]
```