

Tipos Abstratos de Dados II

23/10/2023

Ficheiros com exemplos

- Está disponível no Moodle um **ficheiro ZIP** de suporte aos tópicos de hoje
- Implementação de tipos abstratos usando **diferentes representações** internas
- Exemplos simples de aplicação

Sumário

- Recap
- O TAD **STACK** de inteiros – Implementação usando um array
- O TAD **STACK** de **ponteiros** – Implementação usando um array
- O TAD **QUEUE** – Implementação usando um array circular
- O TAD **DEQUE** – Sugestão adicional

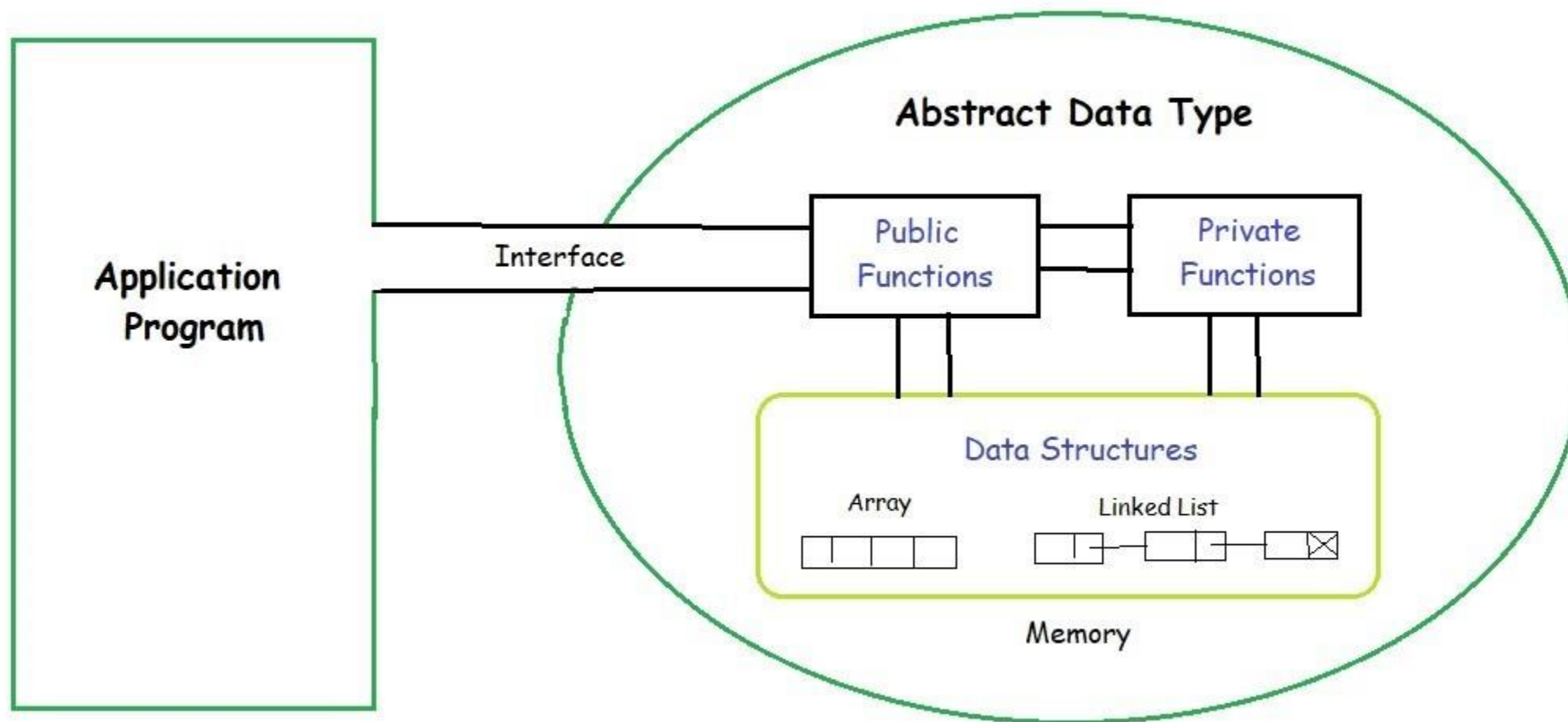
Let's
RECAP

Recapitulação

Motivação

- A linguagem C **não** suporta o paradigma **OO**
- **MAS**, é possível usar alguns princípios de OO no **desenvolvimento** de código em C
- Uma estrutura de dados e as suas operações podem ser organizadas como um **Tipo Abstrato de Dados (TAD)**

Tipo Abstrato de Dados (TAD)



[geeksforgeeks.org]

Tipo Abstrato de Dados (TAD)

- Define um **INTERFACE** entre o TAD e as aplicações que o usam
- **ENCAPSULA** os detalhes da **representação interna** das suas instâncias e da **implementação** das suas funcionalidades
 - Estão **ocultos** para os utilizadores do TAD !!
- Detalhes de representação / implementação **podem ser alterados** sem alterar o interface do TAD
 - **Não** é necessário **alterar código que use o TAD** !!

Resumo

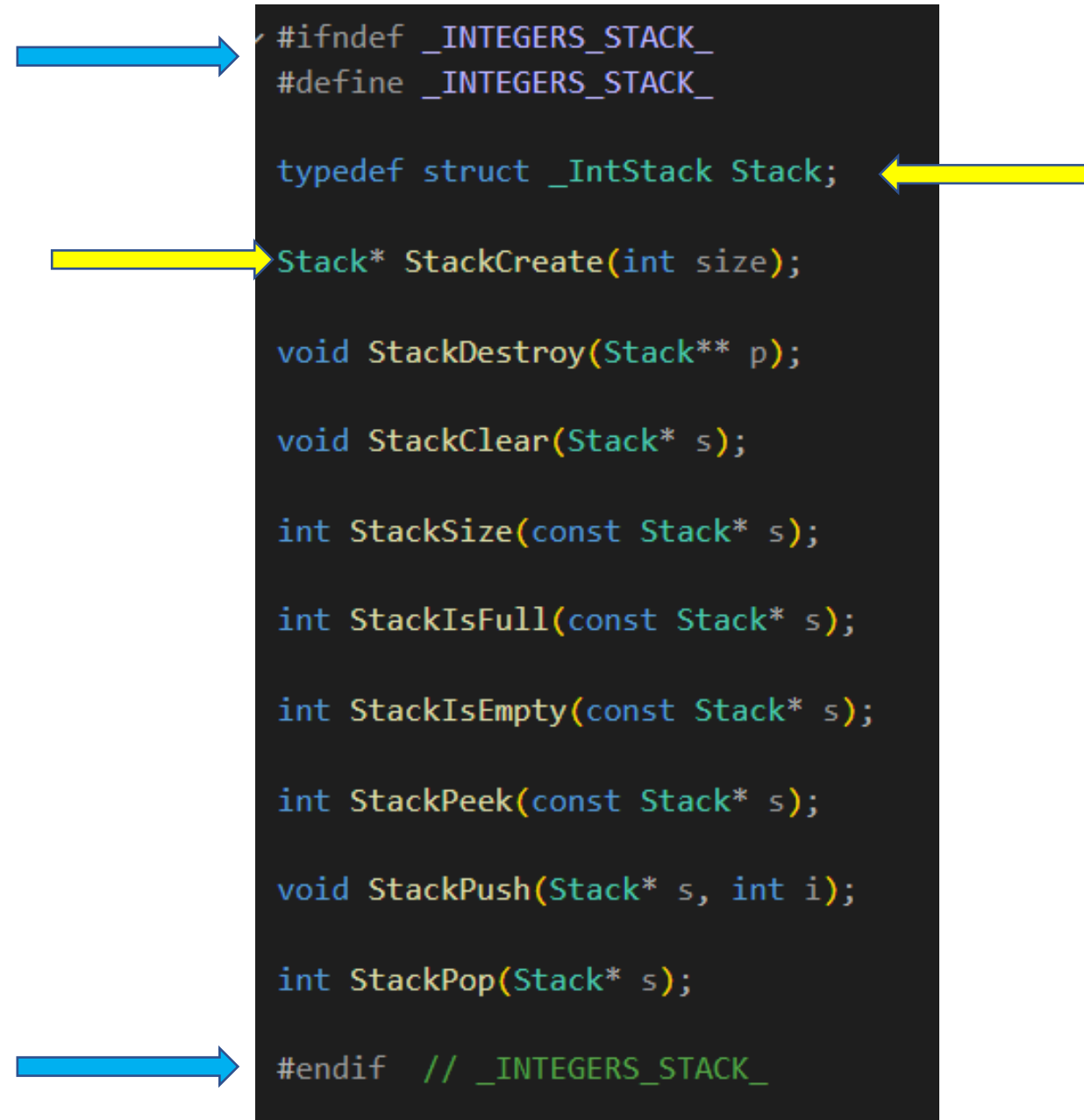
- TAD = especificação + interface + implementação
- Encapsular detalhes da representação / implementação
- Flexibilizar manutenção / reutilização / portabilidade

- Ficheiro .h : operações públicas + ponteiro para instância
- Ficheiro .c : implementação + representação interna

Como evitar múltiplas inclusões / definições ?

- Se o mesmo **ficheiro .h** for **incluído em diferentes locais** de um programa, vai originar múltiplos **erros de definição**, em tempo de **compilação**
- Necesário usar as diretivas de processamento **#ifndef** (if not defined), **#define** e **#endif** no **ficheiro .h**
- Associar um **identificador único** a cada diretiva **#ifndef**
 - Convenção: usar **NOME-TAD_H_**

Exemplo



A diagram illustrating a code example. It features a dark gray rectangular box containing C code for a stack. Four arrows point to specific lines of code: a blue arrow points to the first line, a yellow arrow points to the fourth line, another yellow arrow points to the fifth line, and a blue arrow points to the last line. The code defines a stack structure and its operations.

```
✓ #ifndef _INTEGERS_STACK_
#define _INTEGERS_STACK_

typedef struct _IntStack Stack;

Stack* StackCreate(int size);

void StackDestroy(Stack** p);

void StackClear(Stack* s);

int StackSize(const Stack* s);

int StackIsFull(const Stack* s);

int StackIsEmpty(const Stack* s);

int StackPeek(const Stack* s);

void StackPush(Stack* s, int i);

int StackPop(Stack* s);

#endif // _INTEGERS_STACK_
```

Como evitar múltiplas inclusões / definições ?

- A primeira vez que uma dada diretiva `#ifndef` é encontrada
- O identificador associado `não` está definido
- O bloco de texto entre as diretivas `#ifndef` e `#endif` é processado
- E todos os identificadores desconhecidos aí encontrados ficam definidos

Como evitar múltiplas inclusões / definições ?


- Da **próxima vez** que essa diretiva **#ifndef** for encontrada
- O identificador associado **já** está definido
- O bloco de texto entre as diretivas **#ifndef** e **#endif** é **ignorado**
- E não ocorrem quaisquer múltiplas definições **!!**

Tarefa – 2 versões do TAD Ponto 2D – Fizeram?

- Especificar a **interface** para o TAD Ponto 2D
- Desenvolver **duas implementações** distintas
 - Coordenadas cartesianas
 - Coordenadas polares
- A interface é a mesma para ambas as implementações
- Desenvolver **um único programa de teste**



O TAD Ponto 2D

Point2D.h



```
#ifndef _POINT2D_H_
#define _POINT2D_H_
```


```
typedef struct _Point2D Point2D;
```



```
Point2D* Point2D_CreateXY(double x, double y);
```


```
Point2D* Point2D_CreatePolar(double radius, double angle_deg);
```

```
void Point2D_Destroy(Point2D** p);
```



```
double Point2D_GetX(const Point2D* p);
```

```
double Point2D_GetY(const Point2D* p);
```





```
double Point2D_GetRadius(const Point2D* p);
```

```
double Point2D_GetAngleDegrees(const Point2D* p);
```

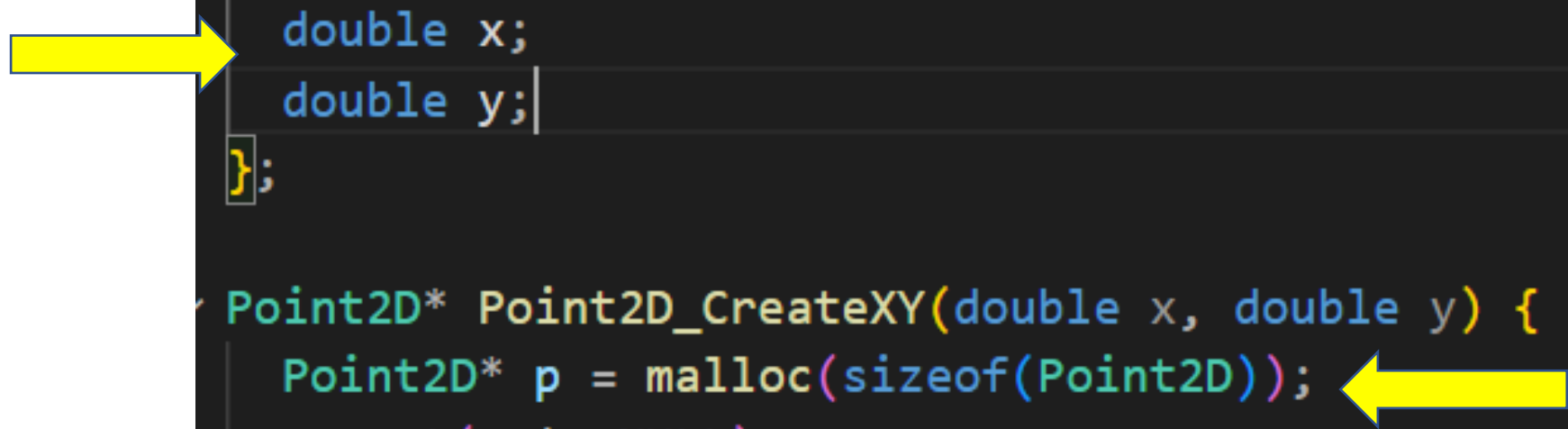
Point2D.h

```
int Point2D_IsEqual(const Point2D* p1, const Point2D* p2);  
int Point2D_IsDifferent(const Point2D* p1, const Point2D* p2);  
  
void Point2D_DisplayXY(const Point2D* p);  
void Point2D_DisplayPolar(const Point2D* p);  
  
double Point2D_Distance(const Point2D* p1, const Point2D* p2);  
  
Point2D* Point2D_MidPoint(const Point2D* p1, const Point2D* p2);  
  
#endif
```




Point2D_XY.c – 1ª versão

```
struct _Point2D {  
    double x;  
    double y;  
};  
  
Point2D* Point2D_CreateXY(double x, double y) {  
    Point2D* p = malloc(sizeof(Point2D));  
    assert(p != NULL);  
    p->x = x;  
    p->y = y;  
  
    return p;  
}
```





Point2D_Polar.c – 2ª versão

```
// radius >= 0
// angle in range [0, 2 * PI[
struct _Point2D {
    double radius;
    double angle;
};
```



```
Point2D* Point2D_CreatePolar(double radius, double angle_deg) {
    assert(radius >= 0.0);
    assert((angle_deg >= 0.0) && (angle_deg < 360.0));

    Point2D* p = malloc(sizeof(Point2D));
    assert(p != NULL);
    p->radius = radius;
    p->angle = angle_deg * DEG_TO_RAD;
    return p;
}
```



Tarefas

- Analisar os ficheiros disponibilizados !!
- Compilação

```
gcc -Wall -Wextra testing_Point2D.c Point2D_XY.c -o testing_Point2D_XY
```

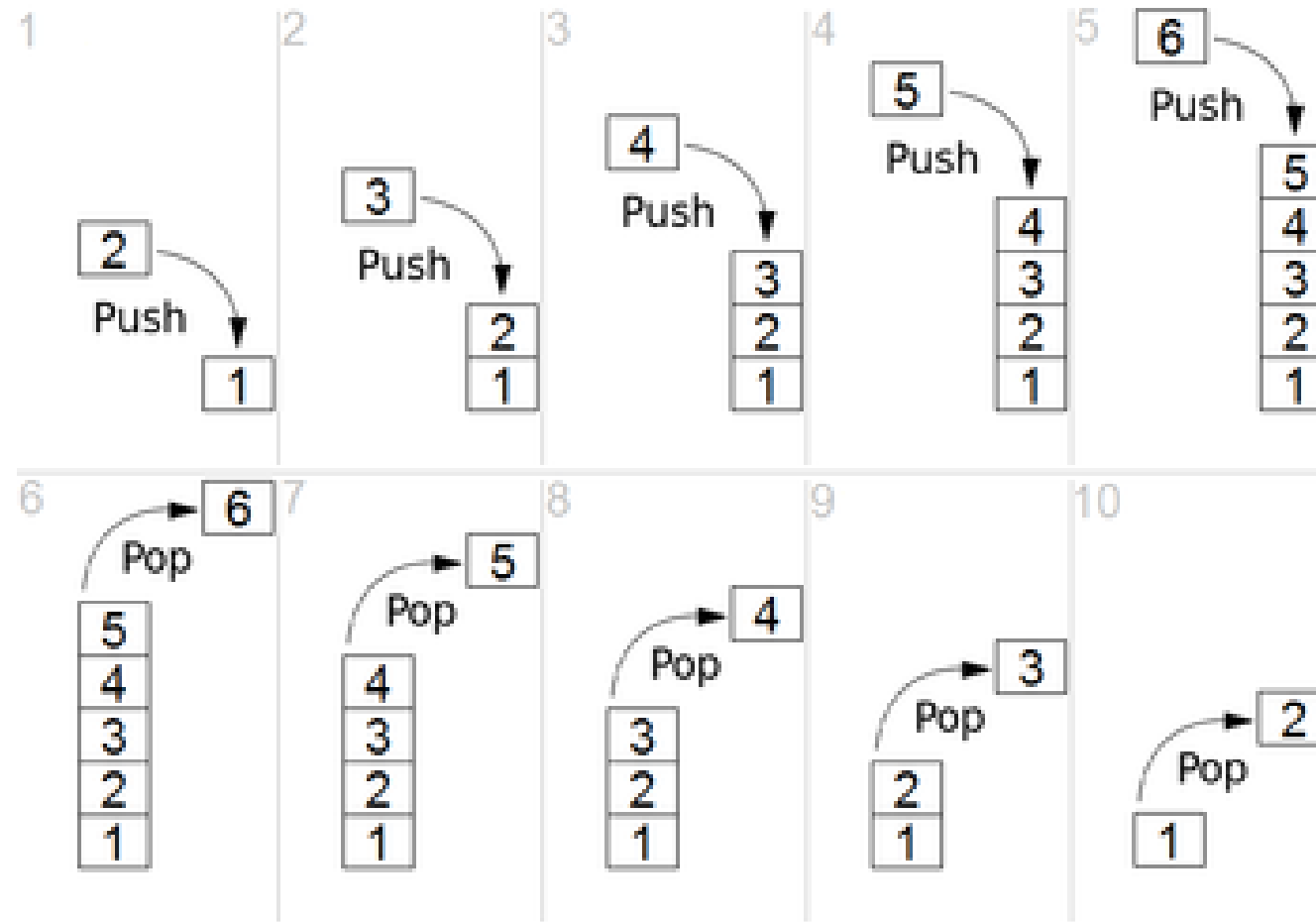
```
gcc -Wall -Wextra testing_Point2D.c Point2D_Polar.c -o testing_Point2D_Polar
```

O TAD STACK / PILHA



[Wikipedia]

STACK / PILHA



[Wikipedia]

STACK / PILHA – Funcionalidades

- Conjunto de **elementos** do **mesmo tipo**
- Armazenados em **ordem sequencial**
- Inserção / remoção / consulta **apenas** no **topo** da pilha
- **push()** / **pop()** / **peek()**
- **size()** / **isEmpty()** / **isFull()**
- **init()** / **destroy()** / **clear()**

O TAD STACK / PILHA

- Array de Inteiros



[Wikipedia]

IntegersStack.h



```
#ifndef _INTEGERS_STACK_
#define _INTEGERS_STACK_

typedef struct _IntStack Stack;

Stack* StackCreate(int size);

void StackDestroy(Stack** p);

void StackClear(Stack* s);

int StackSize(const Stack* s);

int StackIsFull(const Stack* s);

int StackIsEmpty(const Stack* s);

int StackPeek(const Stack* s);


void StackPush(Stack* s, int i);

int StackPop(Stack* s);


#endif // _INTEGERS_STACK_
```




IntegersStack.c – Array de inteiros

```
#include "IntegersStack.h"   
  
#include <assert.h>  
#include <stdlib.h>  
  
struct _IntStack {  
    int max_size; // maximum stack size  
    int cur_size; // current stack size  
    int* data;    // the stack data (stored in an array)  
};
```


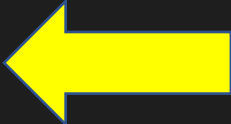
IntegersStack.c



```
Stack* StackCreate(int size) {  
    assert(size >= 10 && size <= 1000000);  
    Stack* s = (Stack*)malloc(sizeof(Stack));  
    if (s == NULL) return NULL;  
    s->max_size = size;  
    s->cur_size = 0;  
    s->data = (int*)malloc(size * sizeof(int));  
    if (s->data == NULL) {  
        free(s);  
        return NULL;  
    }  
    return s;  
}
```




```
void StackDestroy(Stack** p) {  
    assert(*p != NULL);  
    Stack* s = *p;  
    free(s->data);  
    free(s);  
    *p = NULL;  
}
```



IntegersStack.c

```
void StackClear(Stack* s) { s->cur_size = 0; }  
  
int StackSize(const Stack* s) { return s->cur_size; }  
  
int StackIsFull(const Stack* s) { return (s->cur_size == s->max_size) ? 1 : 0; }  
  
int StackIsEmpty(const Stack* s) { return (s->cur_size == 0) ? 1 : 0; }
```



IntegersStack.c

```
int StackPeek(const Stack* s) {  
    assert(s->cur_size > 0);  
    return s->data[s->cur_size - 1];  
}  
  
void StackPush(Stack* s, int i) {  
    assert(s->cur_size < s->max_size);  
    s->data[s->cur_size++] = i;  
}  
  
int StackPop(Stack* s) {  
    assert(s->cur_size > 0);  
    return s->data[--(s->cur_size)];  
}
```

Aplicação – Escrever pela ordem inversa

- Como escrever pela **ordem inversa** os **algarismos** de um **número** inteiro positivo ?
- Como se pode utilizar o **TAD STACK** ?
- **TAREFA** : Analisar o exemplo de aplicação !!

O TAD STACK / PILHA

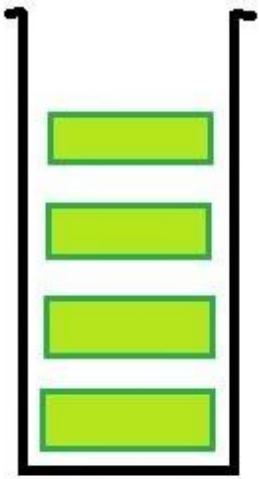
- *Array* de *Ponteiros* Genéricos



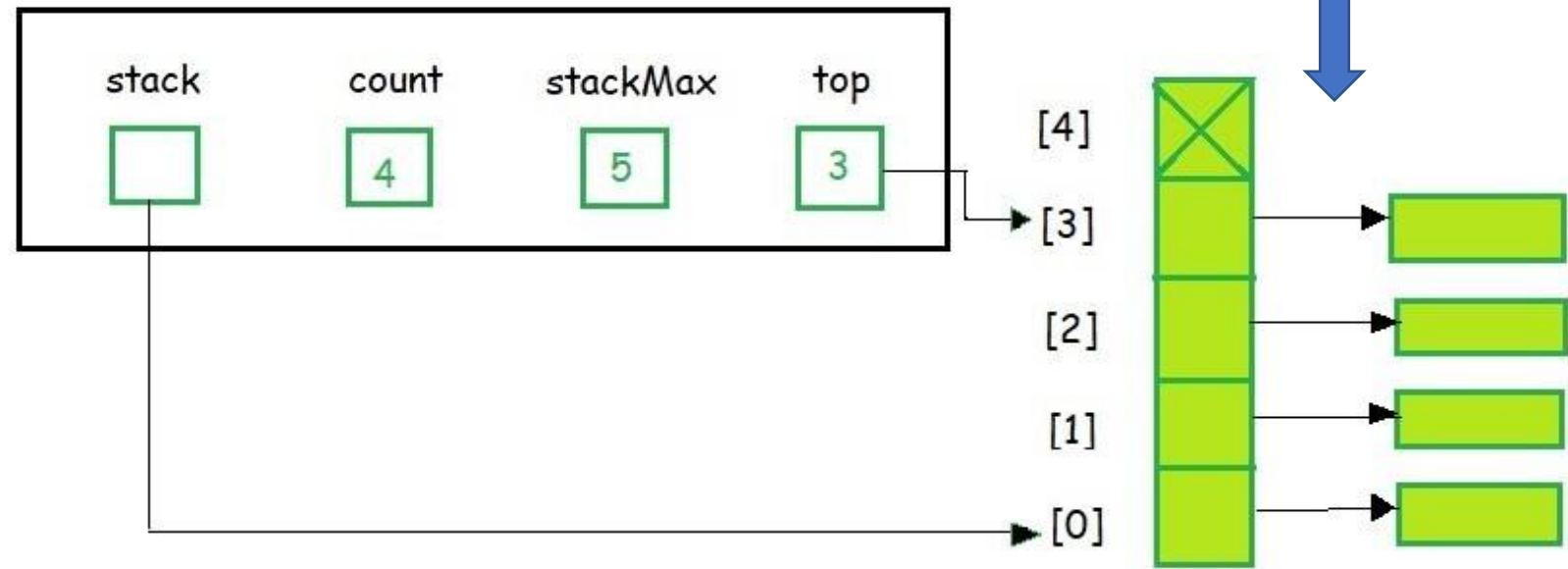
[Wikipedia]

O TAD Stack – Array de ponteiros

a) Conceptual



b) Physical Structure



PointersStack.h

- Alterações ?

```
#ifndef _POINTERS_STACK_
#define _POINTERS_STACK_

typedef struct _PointersStack Stack;

Stack* StackCreate(int size);

void StackDestroy(Stack** p);

void StackClear(Stack* s);

int StackSize(const Stack* s);

int StackIsFull(const Stack* s);

int StackIsEmpty(const Stack* s);

void* StackPeek(const Stack* s);

void StackPush(Stack* s, void* p);

void* StackPop(Stack* s);

#endif // _POINTERS_STACK_
```


PointersStack.h

- Alterações ?

```
#ifndef _POINTERS_STACK_
#define _POINTERS_STACK_

typedef struct _PointersStack Stack;

Stack* StackCreate(int size);

void StackDestroy(Stack** p);

void StackClear(Stack* s);

int StackSize(const Stack* s);

int StackIsFull(const Stack* s);

int StackIsEmpty(const Stack* s);

void* StackPeek(const Stack* s);

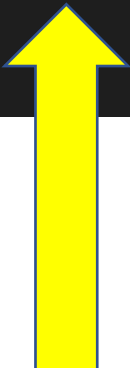
void StackPush(Stack* s, void* p);

void* StackPop(Stack* s);

#endif // _POINTERS_STACK_
```

PointersStack.c

```
struct _PointersStack {  
    int max_size; // maximum stack size  
    int cur_size; // current stack size  
    void** data;  // the stack data (pointers stored in an array)  
};
```



PointersStack.c

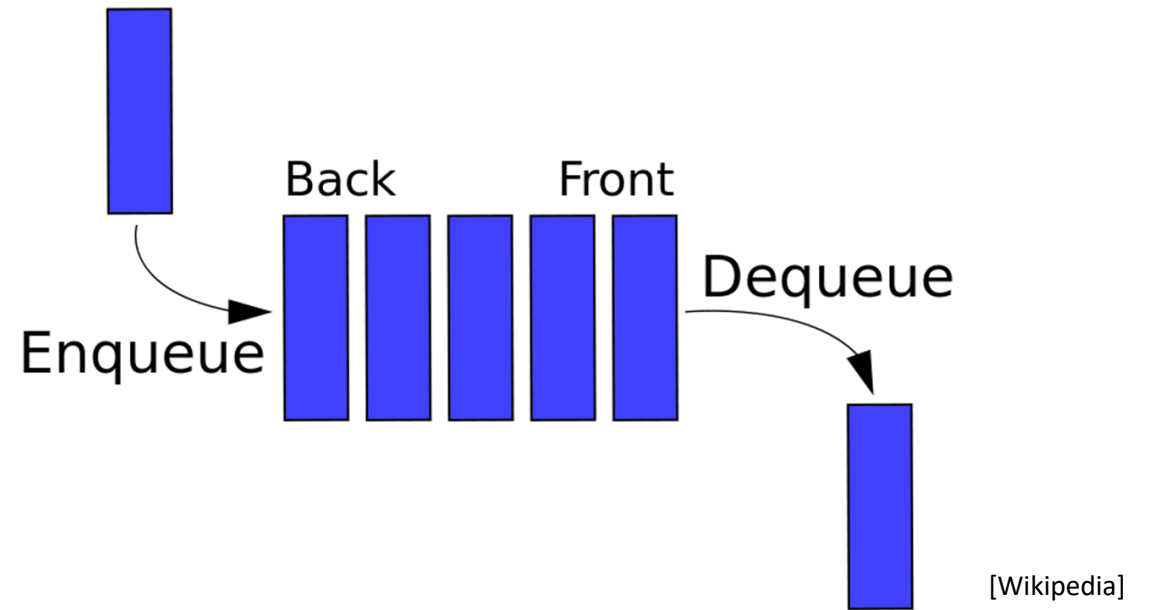
- **TAREFA** : Analisar a **implementação** das funções do TAD
- Quais são as diferenças ?

Aplicação – Escrever pela ordem inversa

- Já sabemos como escrever pela **ordem inversa** os **algarismos** de um **número** inteiro positivo
- Como se pode utilizar esta **nova versão** do **TAD STACK** ?
- Qual é a **principal diferença** ?
- **TAREFA** : Analisar o exemplo de aplicação !!

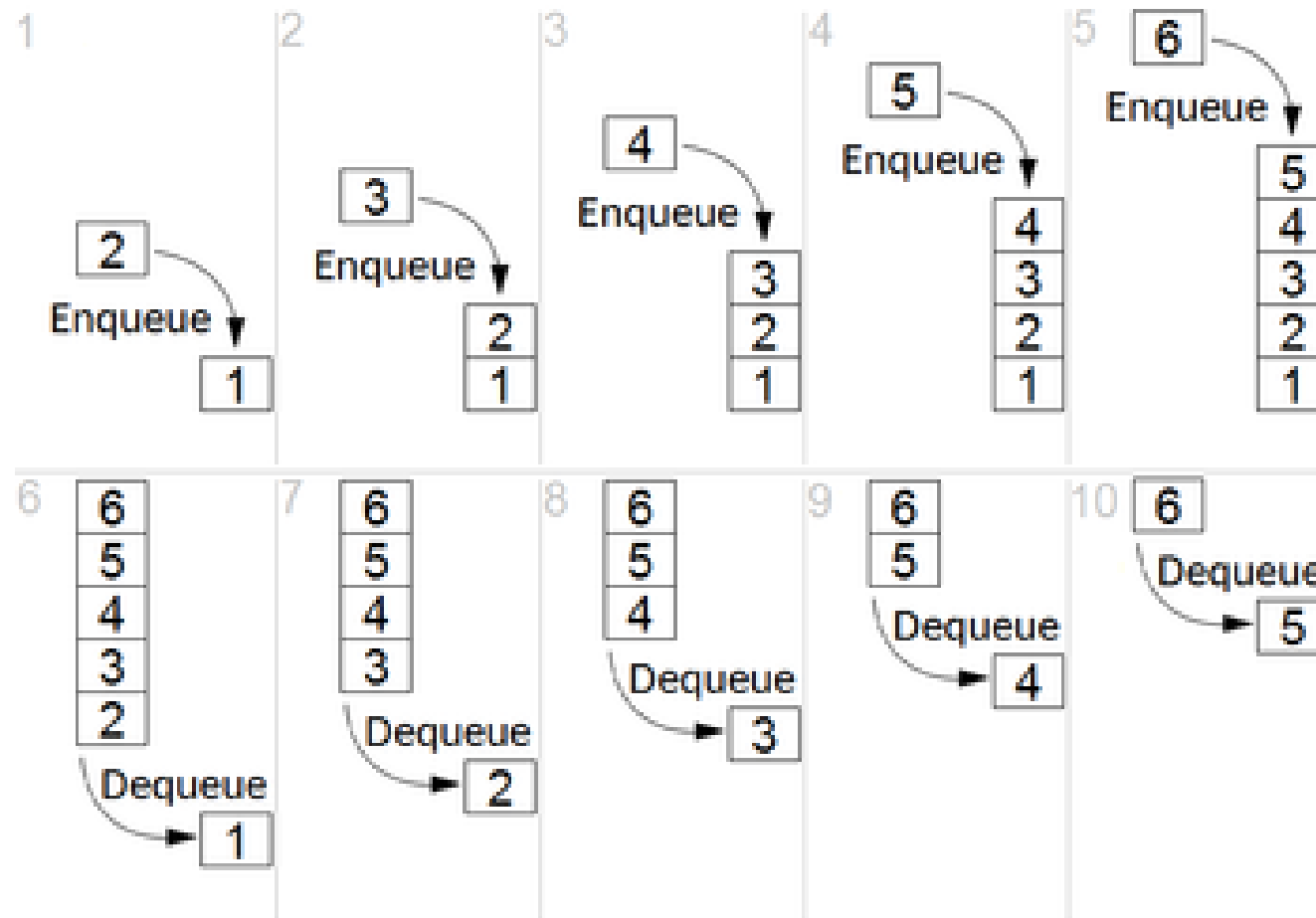
Aplicação – Stack de pontos 2D

- Como se pode utilizar esta nova versão do TAD STACK ?
- TAREFA : Analisar o exemplo de aplicação !!



O TAD QUEUE / FILA

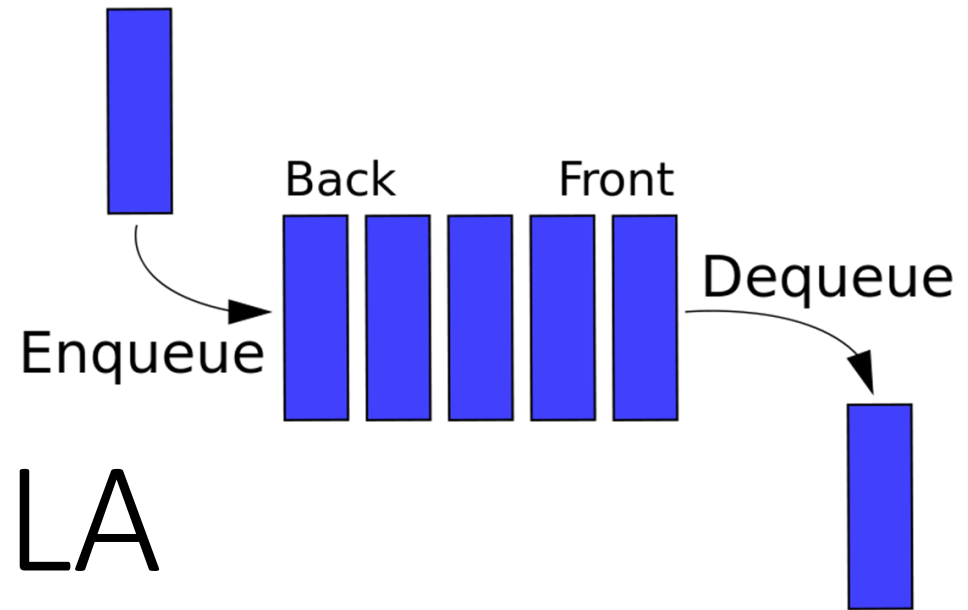
QUEUE / FILA



[Wikipedia]

QUEUE / FILA – Funcionalidades

- Conjunto de **elementos** do **mesmo tipo**
- Armazenados em **ordem sequencial**
- Inserção na **cauda** da fila
- Remoção / consulta **apenas** na **frente** da fila
- **enqueue() / dequeue() / peek()**
- **size() / isEmpty() / isFull()**
- **init() / destroy() / clear()**



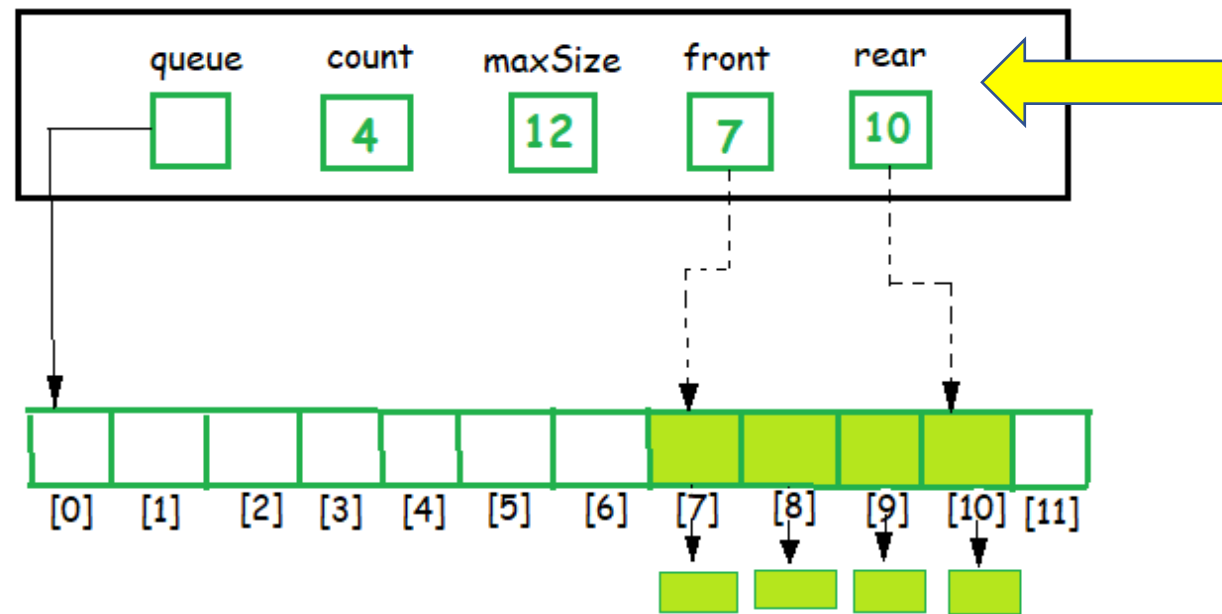
O TAD QUEUE / FILA

- Array Circular de Ponteiros

O TAD QUEUE – Array circular de ponteiros



a) Conceptual



b) Physical Structures

PointersQueue.h



```
#ifndef _POINTERS_QUEUE_
#define _POINTERS_QUEUE_

typedef struct _PointersQueue Queue;

Queue* QueueCreate(int size);

void QueueDestroy(Queue** p);

void QueueClear(Queue* q);

int QueueSize(const Queue* q);

int QueueIsFull(const Queue* q);

int QueueIsEmpty(const Queue* q);

void* QueuePeek(const Queue* q);

void QueueEnqueue(Queue* q, void* p);

void* QueueDequeue(Queue* q);

#endif // _POINTERS_QUEUE_
```

PointersQueue.c

```
struct _PointersQueue {  
    int max_size; // maximum Queue size  
    int cur_size; // current Queue size  
    int head;  
    int tail;  
    void** data; // the Queue data (pointers stored in an array)  
};  
  
// PRIVATE auxiliary function  
  
static int increment_index(const Queue* q, int i) {  
    return (i + 1 < q->max_size) ? i + 1 : 0;  
}
```

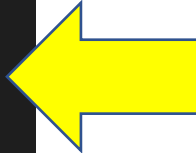
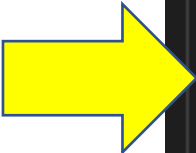
PointersQueue.c

```
Queue* QueueCreate(int size) {
    assert(size >= 10 && size <= 1000000);
    Queue* q = (Queue*)malloc(sizeof(Queue));
    if (q == NULL) return NULL;

    q->max_size = size;
    q->cur_size = 0;


    q->head = 1; // cur_size = tail - head + 1
    q->tail = 0;

    q->data = (int*)malloc(size * sizeof(int));
    if (q->data == NULL) {
        free(q);
        return NULL;
    }
    return q;
}
```




```
void QueueDestroy(Queue** p) {
    assert(*p != NULL);
    Queue* q = *p;
    free(q->data);
    free(q);
    *p = NULL;
}
```

PointersQueue.c



```
void QueueEnqueue(Queue* q, int i) {  
    assert(q->cur_size < q->max_size);  
    q->tail = increment_index(q, q->tail);  
    q->data[q->tail] = i;  
    q->cur_size++;  
}
```

```
int QueueDequeue(Queue* q) {  
    assert(q->cur_size > 0);  
    int old_head = q->head;  
    q->head = increment_index(q, q->head);  
    q->cur_size--;  
    return q->data[old_head];  
}
```



PointersQueue.h + PointersQueue.c

- **TAREFA** : Analisar a **implementação** das funções do TAD
- Analisar / Estudar a implementação das **operações** sobre o **array circular** !
- **TAREFA** : Analisar o exemplo de aplicação !!



[java2novice.com]

O TAD DEQUE

TAREFA

- Especificar a **interface** do tipo DEQUE – ficheiro **.h**
- Estabelecer a **representação interna**, usando um **ARRAY CIRCULAR** – ficheiro **.c**
- **Implementar** as várias funções
- **Testar** com novos exemplos de aplicação
- **Sugestão:** atenda às **semelhanças** com o **TAD QUEUE** implementado com um array circular