Ficha 3

Programação Imperativa

1 Definição de Tipos

1. Considere o seguinte tipo para representar *stacks* de números inteiros.

```
#define MAX 100
typedef struct stack {
    int sp;
    int valores [MAX];
} STACK;
```

   Defina as seguintes funções sobre este tipo:

   (a) `void initStack (STACK *s)` que inicializa uma stack (passa a representar uma stack vazia)

   (b) `int isEmptyS (STACK *s)` que testa se uma stack é vazia

   (c) `int push (STACK *s, int x)` que acrescenta `x` ao topo de `s`; a função deve retornar `0` se a operação fôr feita com sucesso (i.e., se a stack ainda não estiver cheia) e `1` se a operação não fôr possível (i.e., se a stack estiver cheia).

   (d) `int pop (STACK *s, int *x)` que remove de uma stack o elemento que está no topo. A função deverá colocar no endereço `x` o elemento removido. A função deverá retornar `0` se a operação for possível (i.e. a stack não está vazia) e `1` em caso de erro (stack vazia).

   (e) `int top (STACK *s, int *x)` que coloca no endereço `x` o elemento que está no topo da stack (sem modificar a stack). A função deverá retornar `0` se a operação for possível (i.e. a stack não está vazia) e `1` em caso de erro (stack vazia).

2. Considere o seguinte tipo para representar *queues* de números inteiros.

```
#define MAX 100
typedef struct queue {
    int inicio, tamanho;
    int valores [MAX];
} QUEUE;
```

   Defina as seguintes funções sobre este tipo:

   (a) `void initQueue (QUEUE *q)` que inicializa uma queue (passa a representar uma queue vazia)

(b) `int isEmptyQ (QUEUE *q)` que testa se uma queue é vazia

(c) `int enqueue (QUEUE *q, int x)` que acrescenta `x` ao fim de `q`; a função deve retornar `0` se a operação fôr feita com sucesso (i.e., se a queue ainda não estiver cheia) e `1` se a operação não fôr possível (i.e., se a queue estiver cheia).

(d) `int dequeue (QUEUE *q, int *x)` que remove de uma queue o elemento que está no início. A função deverá colocar no endereço `x` o elemento removido. A função deverá retornar `0` se a operação for possível (i.e. a queue não está vazia) e `1` em caso de erro (queue vazia).

(e) `int front (QUEUE *q, int *x)` que coloca no endereço `x` o elemento que está no início da queue (sem modificar a queue). A função deverá retornar `0` se a operação for possível (i.e. a queue não está vazia) e `1` em caso de erro (queue vazia).

3. Nas representações de stacks e queues sugeridas nas alíneas anteriores o array de valores tem um tamanho fixo (definido pela constante `MAX`). Uma consequência dessa definição é o facto de as funções de inserção (`pop` e `enqueue`) poderem não ser executadas por se ter excedido a capacidade das estruturas.

   Uma definição alternativa consiste em não ter um array com tamanho fixo e sempre que seja preciso mais espaço, realocar o array para um de tamanho superior (normalmente duplica-se o tamanho do array).

   Considere então as seguintes definições alternativas e adapte as funções definidas atrás para estas novas representações.

   Use as funçõe `malloc` e `free` cujo tipo está definido em `stdlib.h`.

   (a)
   ```
   typedef struct stack {
       int sp;
       int *valores;
   } STACK;
   ```

   (b)
   ```
   typedef struct queue {
       int inicio, tamanho;
       int *valores;
   } QUEUE;
   ```

4. Para gerir a informação sobre os alunos inscritos a uma dada disciplina, é necessário armazenar os seguintes dados:

   - Nome do aluno (string com no máximo 60 caracteres)
   - Número do aluno
   - Avaliação

   Quanto à avaliação, há dois métodos alternativos:

   - No método A, a avaliação tem uma componente periódica (6 mini-testes quinzenais), e uma componente final (teste e/ou exame).
   - No método B, a avaliação consta apenas do teste e/ou exame final.

   Considere que para cada prova, os resultados são armazenados como um número inteiro (de 0 a 100).

(a) Defina os tipos `Avaliacao`, `Aluno` e `Turma`. Assuma que o número de alunos nunca ultrapassa 100, podendo por isso usar um array para armazenar a informação da turma.

(b) Defina uma função `int acrescentaAluno (Turma t, Aluno a)` que acrescenta a informação de um dado aluno a uma turma. A função deverá retornar `0` se a operação for feita com sucesso.

(c) Defina uma função `int procura (Turma t, int numero)` que procura esse aluno na turma. A função deve retornar `-1` se a informação desse aluno não existir; caso exista deve retornar o índice onde essa informação se encontra.

(d) Defina uma função que calcula a nota final (um *float* de 0 a 20) de um aluno.

- Para alunos do método A, a nota final é a média ponderada da parte periódica (40%) com a nota do teste/exame (60%).
- A nota da parte periódica é obtida como a média das 5 melhores notas dos mini testes
- A nota do teste/exame é a nota do teste caso o aluno não tenha realizado o exame; é a nota do exame no outro caso.

(e) Defina uma função que determine quantos alunos obtiveram aproveitamento à disciplina (nota final maior ou igual a 10).

2 Listas Ligadas

Considere a seguinte definição de um tipo para representar listas ligadas de inteiros.

```
typedef struct slist *LInt;

typedef struct slist {
    int valor;
    LInt prox;
} Nodo;
```

1. Apresente uma sequência de instruções que coloque na variável `a` do tipo `LInt`, uma lista com 3 elementos: 10, 5 e 15 (por esta ordem).

2. Apresente definições recursivas e iterativas das seguintes funções:

   (a) `int length (LInt)` que calcula o comprimento de uma lista ligada.

   (b) `LInt clone (LInt)` que cria uma cópia de uma lista.

   (c) `void freeL (LInt)` que liberte o espaço ocupado por uma lista.

   (d) `void imprime (LInt)` que imprime no ecran os elementos de uma lista (um por linha).

   (e) `LInt reverse (LInt)` que inverte uma lista (sem criar uma nova lista).

   (f) `LInt insert (LInt, int)` que insere ordenadamente um elemento numa lista ordenada.

   (g) `LInt remove (LInt, int)` que remove um elemento de uma lista ordenada.

3. Defina uma função `LInt merge (LInt a, LInt b)` que junta duas listas ordenadas numa única lista ordenada. Use essa função para definir uma função que ordena uma lista ligada por *mergesort*.

4. Defina uma função `void split (LInt l, int x, LInt *mx, LInt *Mx)` que, dada uma lista ligada `l` e um inteiro `x`, parte a lista em duas (retornando os endereços dos primeiros elementos da lista em `*mx` e `*Mx`): uma com os elementos de `l` menores do que `x` e a outra com os restantes. Note que esta função não deverá criar cópias dos elementos da lista.

   Use essa função para definir uma função de ordenação de listas ligadas por `quicksort`.

5. Apresente definições (não recursivas) das seguintes funções, tendo o cuidado de libertar a memória ocupada pelos elementos removidos.

   (a) `Lint remove (LInt, int)` que remove todas as ocorrências de um dado inteiro de uma lista.

   (b) `LInt removeDups (LInt)` que remove os valores repetidos de uma lista (deixando apenas a primeira ocorrência).

   (c) `LInt removeMaior (LInt)` que remove (a primeira ocorrência) o maior elemento de uma lista não vazia.

6. Apresente definições (preferencialmente não recursivas) para:

   (a) `LInt init (LInt l)` que remove o último elemento de uma lista não vazia (libertando o correspondente espaço).

   (b) `LInt snoc (LInt l, int x)` que acrescenta um elemento no fim da lista.

   (c) `LInt concat (LInt a, LInt b)` que acrescenta a lista `b` a `a`, retornando o início da lista resultante).

As duas últimas funções referidas na alínea anterior são muito pouco eficientes porque obrigam a percorrer uma lista apenas para nos posicionarmos no seu último elemento. Uma forma de melhorarmos a eficiência dessas operações consiste em guardar, para cada lista, dois endereços: o da primeira e o da última componentes.

```
typedef struct difl {
    LInt inicio, fim;
} DifList;
```

Redefina agora as duas operações da alínea anterior usando este novo tipo.

7. `DifList snoc (DifList l, int x)`

8. `DifList concat (DifList a, DifList b)`

Suponha que para resolver o problema descrito na secção 1 se optou por usar uma lista ligada em vez de um array.

9. Defina os novos tipos de dados para esta implementação.

10. Apresente definições das funções `acrescentaAluno`, `procura` e `aprovados` para esta nova implementação.

    Tenha o cuidado de rever os tipos destas funções nesta nova implementação.

11. Considere que os dados sobre os alunos e as notas dos minitestes vão ser lidos a partir do teclado com o seguinte formato:

    - na primeira linha será lido um inteiro `n` que representa o número de alunos inscritos.
    - a segunda linha contem um inteiro `k` que representa o número de minitestes efectuados (este número pode ser maior do que 6 uma vez que a turma pode estar dividida em turnos).
    - de seguida aparece a informação (número e nome) de cada aluno inscrito (um por linha, correspondendo por isso a `n` linhas)
    - de seguida aparecem `k` blocos em que cada bloco tem a seguinte sintaxe:
      - a primeira linha contem o número `p` de notas deste turno/miniteste
      - seguem-se `p` linhas em que cada uma contem o número do aluno e a nota.
    - finalmente aparecem dois blocos sobre as notas do teste e do exame. Cada um destes blocos é constituído por:
      - O número `q` de alunos que foram ao teste/exame
      - `q` linhas com as notas de cada teste/exame, contendo o número do aluno e a classificação.

    Escreva um programa que lê a informação com este formato (do teclado) e escreve no ecran a seguinte informação sobre cada aluno (um aluno por linha);

    - número e nome
    - método de avaliação (A ou B)
    - Nota da avaliação periódica (no caso dos alunos do método A)
    - Nota do Exame
    - Nota Final

    Qualquer elemento de avaliação em falta (miniteste ou exame final) deve ser considerado com o valor 0.

    Um aluno é do método A desde que tenha tido avaliação a pelo menos um mini-teste.

Considere a seguinte definição para implementar listas duplamente ligadas de inteiros:

```
typedef struct node *DList;

typedef struct node {
    int value;
    DList prev, next;
} Node;
```

Defina funções de processamento destas listas (nas duas primeiras alíneas assuma que se pretende manter as listas ordenadas por ordem crescente)

12. `DList addInt (DList l, int x)` que acrescenta um elemento à lista.

13. `DList exists (DList l, int x)` que determina se um elemento existe na lista; no caso de existir deve retornar o endereço da correspondente célula; caso contrário deve retornar `NULL`. Comece por definir duas funções `DList lookLeft (DList l, int x)` e `DList lookRight (DList l, int x)` que procuram um elemento para a direita ou para a esquerda.

14. `DList remove (DList l)` que remove um nodo da lista (libertando o correspondente espaço em memória).

15. `DList rewind (DList l)` que retorna o endereço do primeiro nodo da lista (`NULL` caso a lista seja vazia).

16. `DList forward (DList l)` que retorna o endereço do último nodo da lista (`NULL` caso a lista seja vazia).

3 Árvores

1. Considere a seguinte definição de um tipo para representar árvores binárias de inteiros.

```
typedef struct nodo *ABin;

struct nodo {
    int valor;
    ABin esq, dir;
};
```

   (a) Apresente uma definição recursiva de uma função que calcula a altura de uma árvore binária.

   (b) Defina uma função que cria uma cópia de uma árvore.

   (c) Defina uma função que inverte uma árvore (sem criar uma nova árvore).

   (d) Considere a seguinte definição de uma função que cria uma lista ligada de inteiros a partir de uma travessia *inorder* de uma árvore binária:

```
LInt inorder (ABin a) {
  Lint r, aux;
  if (a == NULL) r = NULL;
  else { r = (LInt) malloc (sizeof (struct slist));
         r->valor = a->valor;
         r->prox = inorder (a->dir);
         aux = inorder (a->esq);
         r = concat (aux,r);
       }
  return r;
}
```

De forma a optimizar esta função vamos apresentar uma definição alternativa que não usa a função `snoc` de listas. Esta alternativa passa por usar uma função auxiliar que insere à cabeça de uma lista (inicialmente vazia) os vários elementos da árvore.

```
LInt inorder (ABin a) {
    return (inorderAcc (a, NULL));
}

LInt inorderAcc (ABin a, LInt l) {
  LInt r;
  if (a == NULL) r = l;
  else { r = (LInt) malloc (sizeof(struct slist));
         r->valor = a->valor;
         r->prox = inorderAcc (a->dir, l);
         r = inorderAcc (a->esq, r);
       }
   return r;
}
```

Apresente definições das funções `LInt preorder (ABin a)` e `LInt posorder (ABin a)` que criam listas a partir das travessias *preorder* e *posorder* de uma árvore binária sem usar a função `concat`

(e) Apresente uma definição recursiva e outra iterativa de uma função que insere um elemento numa árvore binária de procura.

(f) Defina uma função não recursiva `int maior (ABin a)` que calcula o maior elemento de uma árvore binária de procura não vazia.

(g) Defina uma função `ABin remove (ABin a, int x)` que remove um elemento de uma árvore binária de procura.

2. Uma das aplicações mais frequentes de árvores binárias de procura é na implementação de funções finitas. Uma função finita é um conjunto de pares (chave,informação) em que cada chave não aparece repetida. Nos casos em que existe uma ordem sobre as chaves pode-se então usar uma árvore binária de procura (ordenada pela chave) para guardar uma destas funções finitas.

   As operações que devem estar disponíveis são:

   - adicionar um novo par (chave,informação)
   - remover o par associado a uma dada chave
   - modificar a informação associada a um dado par
   - procura da informação associada a uma dada chave

   Considere a seguinte definição para implementar funções finitas em que as chaves são *strings* e a informação associada a cada chave é um endereço de memória.

```
typedef struct fmap {
    char *key;
```

```
    void *info;
    struct fmap *left, *right;
} Node, *Fmap;
```

e implemente as seguintes funções:

(a) `Fmap addPair (Fmap f, char *k, void *i)` que adiciona um novo par `(k,i)` à função finita `f`. A função deverá retornar `NULL` caso a operação não seja possível (por exemplo porque a chave `k` já existe em `f`).

(b) `int remove (Fmap *f, char *k, int *r)` que remove a chave `k` da função `*f`. A função retorna um código de erro (`0` no caso de sucesso). Note que é passado como argumento à função o endereço da árvore – trata-se de uma parâmetro de entrada/saída.

(c) `Fmap udpate (FMap f, char *k, void *i)` que modifica a informação associada a `k` para `i`. Se a chave `k` ainda não existir em `f`, deverá ser acrescentado o par `(k,i)`.

(d) `void *lookup (Fmap f, char *k)` que calcula a informação associada a `k` na função `f`. A função deverá retornar `NULL` caso a chave `k` não exista.

3. Suponha que para resolver o problema descrito na secção 1 se optou por usar uma árvore binária de procura (ordenada pelo número do aluno) vez de um array.

   (a) Defina os novos tipos de dados para esta implementação.

   (b) Apresente definições das funções `acrescentaAluno`, `procura` e `aprovados` para esta nova implementação.

   Tenha o cuidado de rever os tipos destas funções nesta nova implementação.

   (c) Defina uma função que liberte o espaço ocupado por uma destas árvores.

4. Suponha agora que se pretende implementar uma nova funcionalidade: listagem das notas finais dos alunos, por ordem crescente do seu nome. Faça as alterações necessárias para que se tenha em qualquer altura acesso ordenado (por ordem crescente do nome) à lista dos alunos.

   Implemente a referida função de listagem (para o ecran).

5. Considere a seguinte definição:

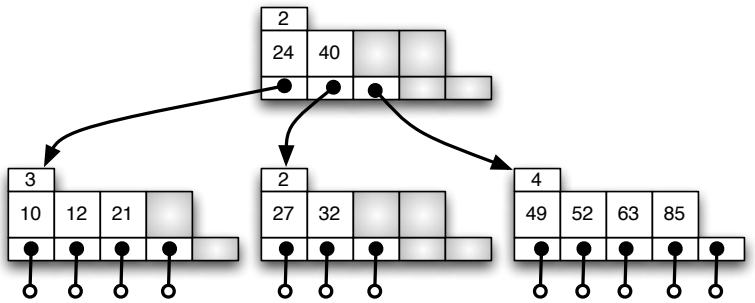
```
typedef struct node {
   int t;
   int valores [N-1];
   struct node *menores [N]
   struct {
       int valor;
       struct node * menores;
       } tab [N];
} *ArvB;
```

Esta definição pode ser usada para representar **árvores B** de ordem `N`.

Em cada nodo de uma destas estruturas guardam-se até `N-1` items (neste caso, inteiros). Daí que cada nodo contenha um inteiro `t` que indica o número de items que estão a ser guardados nesse nodo.

Para além desse inteiro, cada nodo contem um array onde são guardados os vários items e outro onde se guardam os endereços das árvores onde se encontram os items menores ou iguais a esse item. O último elemento deste último array contem o endereço da árvore onde se encontram os items maiores do que todos os items deste nodo.

Veja-se por exemplo a seguinte árvore de altura 2 e ordem 5.



Apresente definições das seguintes funções:

(a) `int quantos (ArvB a)` que calcula quantos elementos tem uma árvore.

(b) `int existe (ArvB a, int x)` que testa se um dado inteiro pertence a uma árvore (retorna `0` sse não existir).

(c) `void imprime (ArvB a)` que imprime no ecran os elementos de uma destas árvores por ordem crescente.

(d) `int maior (ArvB a)` que calcula o maior elemento de uma árvore não vazia.