



Universidade de São Paulo
Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação
Departamento de Ciências de Computação
SCC0202 e SCC0502 – Algoritmos e Estruturas de Dados I

Projeto 2: *Árvore Rubro-Nebra*

Professor: Dr. Marcelo Garcia Manzato (mmanzato@icmc.usp.br)
Estagiários PAE: André (andrezanon@usp.br) e Luan (luanssouza@usp.br)

Árvores Balanceadas

Descrição

Neste projeto você deve implementar a árvore LLRB (Left-Leaning Red-Black). A sua implementação deve ter as seguintes operações:

- Inserção de um número inteiro na árvore balanceada em $O(\log n)$
- Sucessor de uma chave em $O(\log n)$
- Predecessor de uma chave $O(\log n)$
- Máximo $O(\log n)$
- Mínimo $O(\log n)$
- Impressão pré-ordem, em-ordem e pós-ordem em $O(n)$
- Inicialização de uma árvore balanceada em $O(1)$
- Desalocação da árvore em $O(n)$

Note que remoção de um único elemento não faz parte do conjunto obrigatório de operações, com a finalidade de simplificar o projeto.

Entrada

A entrada deve ser lida da entrada padrão e tem o seguinte formato:

A primeira linha contém o número de operações N . As próximas N linhas contém as operações, uma por linha. As operações possuem o seguinte formato:

$O\ X$

No qual, O pode assumir 1 para **inserção**, 2 para **sucessor**, 3 para **predecessor**, 4 para **máximo**, 5 para **mínimo**, 6 para impressão **pré-ordem**, 7 para **impressão em-ordem** e 8 para **impressão pós-ordem**. Utilize as operações de inicialização e desalocação da árvore no início e final da execução, respectivamente. X é um valor inteiro e ocorre nas opções 1 (inserção), 2 (sucessor) e 3 (predecessor) apenas.

Saída

Para a operação 1 (inserção) não imprima nada na tela. Para as operações 2 (sucessor), 3 (predecessor), 4 (máximo) e 5 (mínimo) imprima um único número inteiro com a resposta em uma linha em separado. Para as operações 6 (impressão pré-ordem), 7 (em-ordem) e 8 (pós-ordem), imprima uma sequência de números inteiros separados com um único espaço em branco entre números e em uma linha em separado. Para respostas a consultas inválidas, imprima a mensagem “erro” em uma linha em separado.

Observações

- O uso da estrutura árvore é obrigatório;
- Somente as bibliotecas *stdio.h*, *stdlib.h* e *string.h* podem ser utilizadas.

Exemplo

Entradas

```
10
1 5
1 4
1 3
1 2
1 1
3 1
2 1
4
5
7
```

Saídas

```
2
erro
5
1
1 2 3 4 5
```

Critérios de Correção

O projeto será avaliado quanto à corretude (faz tudo que deveria fazer?), organização do código (lembre-se de usar o conceito de TAD), legibilidade e documentação interna (comentários no código, indentação, etc.).

Observações

- O trabalho deve ser desenvolvido individualmente por cada aluno, sendo este responsável por decidir as melhores opções de implementação;
- Somente as bibliotecas *stdio.h*, *stdlib.h* e *string.h* podem ser utilizadas.

Material Complementar

Recomendamos as seguintes páginas aos alunos interessados em complementar o seu conhecimento sobre o tópico abordado neste projeto:

- Red-Black BSTs
- Capítulo 3.3 do Livro de Sedgewick e Wayne - Balanced Search Trees