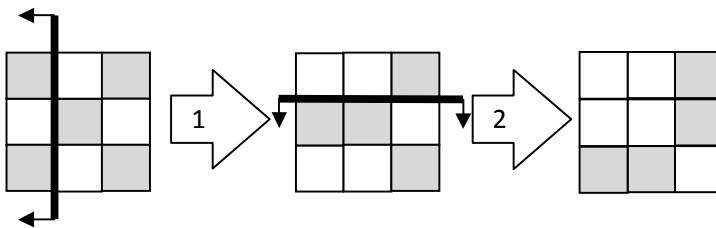


Pretende-se a resolução do seguinte problema, com a utilização de técnicas de procura cegas¹:

- **Estado inicial:** tabuleiro de NxN com casas brancas e pretas (considerar N entre 2 e 10).
- **Movimentos:** inversão do estado de cada casa (branca/preta) em metade do tabuleiro, dividido horizontalmente ou verticalmente; exceptuam-se os movimentos que aumentam o número de casas de cor preta.
- **Objectivo:** atingir o estado com todas as casas brancas.

Exemplo 3x3:



- No estado inicial foi invertida uma zona de 3 casas, com 2 pretas e 1 branca, pelo que o número de casas pretas diminui;
- No segundo estado, foi invertida uma zona com 3 casas pretas e 3 casas brancas, pelo que o número de casas pretas mantém-se. Neste caso, não poderia ser invertida a linha de cima, já que tem 2 casas brancas e 1 preta, aumentando nesse caso o número de casas pretas;
- Após o terceiro estado, bastam dois movimentos para obter o estado final, todas as casas brancas.

Considere que a numeração das colunas vai de 1 a N, da esquerda para a direita, e que as linhas vão de 1 a N, de cima para baixo. Na indicação de um movimento deve-se utilizar a primeira linha/coluna invertida, e a direcção (Esquerda/Direita/Cima/Baixo). Por exemplo, o movimento 1 do exemplo é identificado por “1E”, enquanto que o movimento 2 é identificado por “2B”. Note que há 4 movimentos que invertem todo o tabuleiro. No caso do 3x3 são os seguintes: 3E; 1D; 3C; 1B.

Para facilidade de notação considere o carácter “o” como sendo a marca de uma casa branca, e “x” a marca de uma casa preta. Uma instância é definida por uma string cujo primeiro dígito é N^2 , seguido das casas iniciais brancas/pretas correspondendo aos caracteres “o”/“x”. À instância de exemplo corresponde a seguinte string: “3xoxoxox”.

Embora o código deva ser genérico para funcionar para qualquer instância do problema, deve colocar as seguintes instâncias no código para serem escolhidas pelo utilizador (não leia de ficheiro):

¹ Caso utilize uma heurística para resolver o problema, seja utilizando uma função heurística seja um algoritmo heurístico, sofre uma penalização global até 50%

² Excepto o dígito “0” que significa N=10

O executável deve correr as 12 instâncias no algoritmo ou algoritmos implementados, sem requerer intervenção do utilizador, indicando o tempo de execução. A não execução de uma ou mais instâncias significa que as mesmas não foram resolvidas nas condições do critério "Performance".

Exemplo de um *output*:

```
#####  
Instancia A:  
  
(algoritmo, configuração): valor|expansões/gerações (tempo)  
(algoritmo, configuração): 2|3/3 (0.00)  
...  
  
#####  
Instancia B:  
...
```

Análise do Problema:

- Existem ciclos, podendo inverter-se todos os movimentos em que o número de casas brancas se mantém;
- Existem várias sequências de movimentos para ligar dois estados;
- Existem simetrias horizontal/vertical/diagonal;
- A ramificação é no máximo $4*N$, embora este valor não tenha em atenção as simetrias nem a restrição do número não crescente de casas pretas.

Identificação de algoritmos:

1. Procura em largura, com limite de estados gerados a 1000 – caso não se limite, algumas instâncias não são resolvidas.
2. Procura em profundidade – mesmo sem limite, bloqueando os ciclos consegue responder razoavelmente
3. Procura iterativa – retorna o resultado óptimo, nas instâncias em que resolve.

Identificação de implementação de estado:

- A. Herda de TProcuraConstrutivaComCiclos, de modo a evitar a geração de sucessores na actual linha de procura;
- B. Normaliza com simetrias horizontal/vertical/diagonal, e uma hashtable, de modo a garantir que um estado não é gerado segunda vez;

Não foi implementado um estado com uma estrutura de dados binária, que permitiria ganho de performance. A configuração B3 não foi implementada (seria necessário inicializar a hashtable sempre que o nível de profundidade fosse alterado).

Resultados (valor | expansões/gerações):

Instância	A1	A2	A3	B1	B2
A	2 13/57	5 5/23	2 3/22	2 3/3	2 2/3
B	3 178/1769	11 11/83	3 21/225	3 19/30	3 4/10
C	4 2032/22926	7 10/61	4 1123/14241	4 450/493	22 28/163
D	5 437/1284	5 5/15	5 189/631	5 36/37	5 6/12
E	6 3279/28511	12 12/78	6 33696/348617	6 41/41	6 6/23
F	8 5534/24741	12 12/61	-	8 118/118	8 18/38
G	12 9552/92961	18 18/149	-	10 416/416	18 24/88
H	13 8754/24368	-	-	11 306/306	13 144/174
I	14 12172/60196	18 18/114	-	12 1443/1443	16 92/140
J	18 16026/162630	24 24/237	-	14 5771/7052	30 202/339
K	32 30482/170572	-	-	9 6512/37048	24 1459/1567
L	23 21558/247642	30 30/342	-	18 14552/67198	54 1885/2179