

TP3 - 2

1. O seguinte sistema dinâmico denota 4 inversores (A, B, C, D) que têm um bit num canal input e escrevem num canal output uma transformação desse bit.

Autómato

- Cada inversor tem um bit s de estado, inicializado com um valor aleatório.
- Cada inversor é regido pelas seguintes transformações

```
invert(in, out)
x ← read(in)
s ← ¬x || s ← s ⊕ x

write(out, s)
```

ii. A escolha neste comando é sempre determinística; isto é, em cada inversor a escolha do comando a executar é sempre a mesma. Porém qual é essa escolha é determinada aleatoriamente na inicialização do sistema.

iii. O estado do sistema é um duplo definido pelos 4 bits s , e é inicializado com um vetor aleatório em $\{0, 1\}^4$.

iv. O Sistema termina em ERRO quando o estado do sistema for $(0, 0, 0, 0)$.

- Construa um SPOTS que descreva este sistema e implemente este sistema, numa abstragem BMC (bounded model checker) num traço com n estados.
- Verifique se o sistema é seguro usando BMC, k-indução ou model checking com interpolantes.

In [1]:

```
from pysmt.shortcuts import *
from pysmt.typing import INT
import itertools
from random import randint
```

Função genState(vars, s, i, n):

```
vars - Variáveis a serem declaradas
s - Nome da variável
i - Valor do traço atual
n - Número de bits utilizados
```

A seguinte função cria a 4-ésima cópia das variáveis de estado, agrupadas num dicionário que nos permite aceder às mesmas pelo nome.

In [2]:

```
s = {'pc'+i}
def genState(vars,s,i,n):
    state = {}
    state['pc'] = Symbol('pc'+ '-' +s+str(i), BVType(n))
    for v in range(1, 5):
        for v in vars[i]:
            if v not in state:
                state[v] = {}
                state[v][i] = Symbol(v+str(i)+'-'+s+str(i), BVType(n))
    pprint(state)

    return state
```

Função ini(state, n):

```
state - dicionário de variáveis de estado
n - Número de bits utilizados
```

A função ini() tem como objetivo devolver um predicado do Solver que testa se é um possível estado inicial do programa, através do state, um dicionário de variáveis.

In [3]:

```
def init(state, n):
    random_state = (BV(randint(0,1), n), BV(randint(0,2), n), BV(randint(0,1), n), BV(randint(0,1), n))

    s_list = []
    for v in state['s']:
        s_list.append( Equals(state['s'][v], random_state[v-1]) )

    return And(
        Equals(state['pc'], BV(1, n)),
        And(s_list)
    )
```

Função trans(curr, prox, n):

```
curr - Estado das variáveis no momento atual
prox - Estado das variáveis no momento da próxima iteração
n - Número de bits
```

A função trans() tem como objetivo devolver um predicado do Solver, através dos três estados disponíveis, que teste se é possível transitar entre os estados possíveis.

Função error(state, n):

```
state - Variáveis do programa num certo estado do programa
n - Número de bits
```

A função error() tem como objetivo devolver um predicado do Solver que verifica se o programa se encontra num estado de erro.

Estratégias utilizadas

Dado o facto de estarmos a utilizar o tipo BitVec para as variáveis do programa, tivemos de adaptar a nossa de forma de abordar o problema.

Operação Not(x)

Dado que a operação not num BitVector inverte todos os bits, substituímos a operação Not(x) pelo equivalente:

$$(2^n - 1) - Not(x)$$

Para $x = 1$, com 5 bits, tem-se $x = 00001$.

Ora, $Not(x) = 11110$. Assim, tem-se

$$(2^5 - 1) - Not(x) = 11110 - 11110 = 00000 = x = 0$$

Obtemos então o resultado pretendido, $x = 0$.

In [4]:

```
def error(state, n):
    return Or(
        Equals( BVAdd(
            BVAdd(state['s'][1], state['s'][2]),
            BVAdd(state['s'][3], state['s'][4])
        ), BV(0, n)
        )
    )

def trans(curr, prox, n):
    zero_state = Equals(
        BVAdd(
            BVAdd(curr['s'][1], curr['s'][2]),
            BVAdd(curr['s'][3], curr['s'][4])
        ), BV(0, n)
    )

    # prox_s = prox.s
    # prox_s = Not(curr[s]) v xor(curr[s], curr[s])
    t2_2 = And(
        Equals(curr['pc'], BV(1, n)),
        Or(
            And(Not(zero_state), Equals(prox['pc'], BV(2, n))),
            And(zero_state, Equals(prox['pc'], BV(5, n)))
        ),
        Equals(prox['s'][1], BVOr( BVSub(BWot(curr['s'][4]), BV(30, n)), BVor(curr['s'][1], curr['s'][4]) )),
        And([ Equals(prox['s'][1], curr['s'][1]) for i in range(2,5)])
    )

    t2_3 = And(
        Equals(curr['pc'], BV(2, n)),
        Or(
            And(Not(zero_state), Equals(prox['pc'], BV(3, n))),
            And(zero_state, Equals(prox['pc'], BV(5, n)))
        ),
        Equals(prox['s'][2], BVOr( BVSub(BWot(curr['s'][1]), BV(30, n)), BVor(curr['s'][2], curr['s'][1]) )),
        Equals(prox['s'][1], curr['s'][1]),
        And([ Equals(prox['s'][i], curr['s'][i]) for i in range(3,5)])
    )

    t3_4 = And(
        Equals(curr['pc'], BV(3, n)),
        Or(
            And(Not(zero_state), Equals(prox['pc'], BV(4, n))),
            And(zero_state, Equals(prox['pc'], BV(5, n)))
        ),
        Equals(prox['s'][3], BVOr( BVSub(BWot(curr['s'][2]), BV(30, n)), BVor(curr['s'][3], curr['s'][2]) )),
        Equals(prox['s'][1], curr['s'][1]) for i in range(1,3))),
        Equals(prox['s'][3], curr['s'][3])
    )

    t4_1 = And(
        Equals(curr['pc'], BV(4, n)),
        Or(
            And(Not(zero_state), Equals(prox['pc'], BV(1, n))),
            And(zero_state, Equals(prox['pc'], BV(5, n)))
        ),
        Equals(prox['s'][4], BVOr( BVSub(BWot(curr['s'][3]), BV(30, n)), BVor(curr['s'][4], curr['s'][3]) )),
        And([ Equals(prox['s'][i], curr['s'][i]) for i in range(1,4)])
    )

    error = And(
        Equals(curr['pc'], BV(5, n)),
        Equals(prox['pc'], curr['pc']),
        zero_state,
        And([ Equals(prox['s'][i], curr['s'][i]) for i in range(1,5)])
    )

    return Or(t2_2, t2_3, t3_4, t4_1, error)
```

Função gera_traco(vars, init, trans, error, n, k)

```
vars - Variáveis a declarar
init - Função que devolve um predicado que representa o estado inicial do programa
trans - Função transição
n - Número de bits a utilizar
k - Tamanho do traço
```

A função gera_traco() tem como objetivo imprimir o valor das variáveis à medida que vão percorrendo os estados, através das variáveis do estado, de um predicado que testa se um estado é inicial, um número positivo para gerar um possível traço de execução do programa de tamanho K , com n bits, multiplicando k por k .

In [5]:

```
def gera_traco(vars, init, trans, error, n, k):
    with Solver(name='z3') as s:
        X = [genState(vars,'X',i,n) for i in range(k+1)]
        I = Init(X[0], n)
        Ts = [ trans(X[i],X[i+1],n) for i in range(k) ]

        if s.solve([I,And(Ts)]):
            for i in range(k):
                print("Passo:",i)
                for v in X[i]:
                    if v == 'pc':
                        print("Estado: ",str(s.get_value(X[i][v]))[0:-2] )
                    else:
                        for k in range(1,5):
                            print("-----", "v, '%s',str(s.get_value(X[i][v][k]))[0:-2] )

            print("unsat")
```

In [6]:

```
gera_traco(['pc','s'], init, trans, error, 5, 18)

Passo: 0
Estado: 1
s = 0
s = 0
s = 0
-----
Passo: 1
Estado: 1
s = 1
s = 0
s = 0
-----
Passo: 2
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 3
Estado: 3
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 4
Estado: 1
s = 1
s = 1
s = 1
-----
Passo: 5
Estado: 2
s = 0
s = 0
s = 1
-----
Passo: 6
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 7
Estado: 4
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 8
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 0
-----
Passo: 9
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 1
-----
Passo: 10
Estado: 3
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 11
Estado: 4
s = 0
s = 0
s = 1
-----
Passo: 12
Estado: 1
s = 1
s = 1
s = 1
-----
Passo: 13
Estado: 2
s = 0
s = 0
s = 1
-----
Passo: 14
Estado: 3
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 15
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 16
Estado: 1
s = 0
s = 0
s = 1
-----
Passo: 17
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 1
-----
Passo: 18
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 19
Estado: 4
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 20
Estado: 1
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 21
Estado: 2
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 22
Estado: 3
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 23
Estado: 4
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 24
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 25
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 26
Estado: 3
s = 1
s = 0
s = 0
-----
Passo: 27
Estado: 4
s = 1
s = 0
s = 0
-----
Passo: 28
Estado: 1
s = 1
s = 1
s = 1
-----
Passo: 29
Estado: 2
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 30
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 31
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 1
-----
Passo: 32
Estado: 1
s = 0
s = 0
s = 1
-----
Passo: 33
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 1
-----
Passo: 34
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 35
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 36
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 37
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 38
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 39
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 40
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 41
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 42
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 43
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 44
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 45
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 46
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 47
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 48
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 49
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 50
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 51
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 52
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 53
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 54
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 55
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 56
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 57
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 58
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 59
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 60
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 61
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 62
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 63
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 64
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 65
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 66
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 67
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 68
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 69
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 70
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 71
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 72
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 73
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 74
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 75
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 76
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 77
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 78
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 79
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 80
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 81
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 82
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 83
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 84
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 85
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 86
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 87
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 88
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 89
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 90
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 91
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 92
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 93
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 94
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 95
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 96
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 97
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 98
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 99
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 100
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 101
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 102
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 103
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 104
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 105
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 106
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 107
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 108
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 109
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 110
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 111
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 112
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 113
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 114
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 115
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 116
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 117
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 118
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 119
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 120
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 121
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 122
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 123
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 124
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 125
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 126
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 127
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 128
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 129
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 130
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 131
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 132
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 133
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 134
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 135
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 136
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 137
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 138
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 139
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 140
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 141
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 142
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 143
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 144
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 145
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 146
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 147
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 148
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 149
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 150
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 151
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 152
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 153
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 154
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 155
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 156
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 157
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 158
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 159
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 160
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 161
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 162
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 163
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 164
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 165
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 166
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 167
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 168
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 169
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 170
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 171
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 172
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 173
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 174
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 175
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 176
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 177
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 178
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 179
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 180
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 181
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 182
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 183
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 184
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 185
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 186
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 187
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 188
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 189
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 190
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 191
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 192
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 193
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 194
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 195
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 196
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 197
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 198
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 199
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 200
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 201
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 202
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 203
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 204
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 205
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 206
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 207
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 208
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 209
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 210
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 211
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 212
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 213
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 214
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 215
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 216
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 217
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 218
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 219
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 220
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 221
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 222
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 223
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 224
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 225
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 226
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 227
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 228
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 229
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 230
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 231
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 232
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 233
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 234
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 235
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 236
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 237
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 238
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 239
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 240
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 241
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 242
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 243
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 244
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 245
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 246
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 247
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 248
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 249
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 250
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 251
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 252
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 253
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 254
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 255
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 256
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 257
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 258
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 259
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 260
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 261
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 262
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 263
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 264
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 265
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 266
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 267
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 268
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 269
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 270
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 271
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 272
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 273
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 274
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 275
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 276
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 277
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 278
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 279
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 280
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 281
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 282
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 283
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 284
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 285
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 286
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 287
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 288
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 289
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 290
Estado: 3
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 291
Estado: 4
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 292
Estado: 1
s = 0
s = 1
s = 1
-----
Passo: 293
Estado: 2
s = 1
s = 1
s = 0
-----
Passo: 294
```