INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

MAUÁ

ECM253 – Linguagens Formais, Autômatos e Compiladores

Projeto

Implementação de um simulador de DFA

Marco Furlan

Maio/2022

Instruções:

- **Esta atividade** tem **peso 5** nas notas de trabalho.
- Implementar em **Python** o **simulador** de **autômatos finitos determinísticos** descrito nesta atividade.
- Basta enviar os **arquivos desenvolvidos**, compactados no **formato ZIP** para o **OpenLMS** da disciplina – basta **um envio** por equipe.

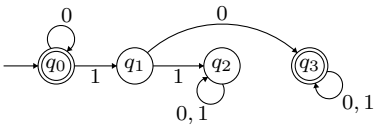
1 Descrição do projeto

Implementar um interpretador de autômatos determinísticos em Python. O programa deverá **ler a descrição** de um **autômato** finito determinístico **presente** em um **arquivo-texto** e então **aguardar** (até que o usuário termine o programa) a **entrada** de **cadeias** que serão **aceitas** ou **rejeitadas** pelo autômato.

Assim que uma **cadeia** for **entrada** no programa, o **programa** deverá **simular** o **funcionamento** do autômato com **esta cadeia**, **apresentando** na **tela** os **pares** (q, c) a partir de um estado inicial, onde q é um estado e c é um símbolo de entrada.

Deverá **apresentar**, no **final**, se esta cadeia foi **aceita** ou **rejeitada** e, neste caso, imprimir o **motivo**: estado de não aceitação com a cadeia vazia ou a cadeia não está vazia mas não conseguiu aplicar uma transição.

Por exemplo, considerar a máquina M representada a seguir:



Ele aceita a linguagem $L(M) = \{0^n, 0^n 10x\}$, onde x é qualquer cadeia contendo 0s e 1s. Esse **autômato** pode ser assim **codificado**, em um **arquivo-texto**, por exemplo, `m.dfa`, que contém estruturas válidas em **Python**:

```
{
    'states' : set([0,1,2,3]),
    'initial_state' : 0,
    'sigma' : set(['0','1']),
    'delta' : { (0,'0'):0, (0,'1'):1,
                (1,'0'):3, (1,'1'):2,
                (2,'0'):2, (2,'1'):2,
                (3,'0'):3, (3,'1'):3,
              },
    'final_states' : set([0, 3])
}
```

Notar que esta codificação está bem próxima dos elementos de um autômato finito determinístico: $M = (Q, \Sigma, \delta, q_0, F)$. Neste arquivo:

- A **descrição do autômato é um dicionário Python** (`dict`) cujas **chaves são os elementos** dele;
- O **conjunto de estados** e o **conjunto de estados finais** e o **alfabeto** são **representados** por um **conjunto** (`set`) de **Python**. Um `set` é uma **lista** onde a **ordem não importa** e onde **não** se **tem duplicatas**. Seguem algumas **operações** que se pode utilizar quando se tem um `set` **Python** (onde `x`, é um elemento do conjunto e `R` e `S` são `sets` quaisquer):
  - `x in S`: o mesmo que $x \in S$;
  - `x not in S`: o mesmo que $x \notin S$;
  - `R < S`: o mesmo que $R \subset S$;
  - `R <= S`: o mesmo que $R \subseteq S$.
- A **função de transição** é **representada** por **outro dicionário**: neste dicionário, a **chave** é um **par** (q, c) onde q é o **estado** e c é um **símbolo** da **entrada** e que **mapeia** para um outro **estado**;

- Notar que foram usados **números inteiros** para **estados** e **caracteres** (cadeias) para **símbolos** da **entrada**.

2 Aspectos de implementação

Como interpretar este arquivo? Primeiramente é necessário **ler** este **arquivo**. Felizmente, esta tarefa é muito **simples** em **Python**. A **função** `open()` **abre** um **arquivo** e atribui a ele um **objeto** de **arquivo** com a construção a seguir:

```
with open('m.dfa') as dfa_file:
    dfa_data = dfa_file.read()
```

A função `read()` **lê todo arquivo** e **armazena** seu **conteúdo** como uma **cadeia de caracteres na variável** `data` do exemplo. Por fim, **como transformar uma cadeia de caracteres contendo código Python** em **elementos** de um **programa** que podem ser manipulados? Isso pode ser feito com a **função** `eval()`, assim:

```
dfa = eval(dfa_data)
# Para conferir o conteúdo
print(dfa)
```

Daqui para frente, com esses elementos, é possível realizar a interpretação do autômato a partir de uma entrada qualquer.

O **algoritmo** é bem **simples** e está descrito a seguir em **pseudocódigo**:

```
function simular_dfa(dfa, entrada)
begin
    estado = obter o estado inicial do autômato
    aceitar = falso
    while comprimento(entrada) > 0
    begin
        c = remover o símbolo mais à esquerda da entrada
        if c não está no alfabeto then
        begin
            erro('O símbolo', c, 'não pertence ao alfabeto do autômato!')
            recolocar c no início da entrada
            break
        end
        if estado não está no conjunto de estados then
        begin
            erro('O estado', estado,
                'não pertence ao conjunto de estados do autômato!')
            break
        end
        estado = obter o próximo estado a partir de estado e c
        if não for possível realizar a transição then
        begin
            erro('Não foi possível realizar a transição do estado',
                estado, 'com entrada', c)
```

```
            break
        end
    end
    if estado estiver no conjunto de estados finais e a entrada estiver vazia then
    begin
        aceitar = verdadeiro
    end
    if aceitar for verdadeiro then
    begin
        exibir('A cadeia', entrada, 'foi aceita pelo autômato!')
    end
    else
    begin
        exibir('A cadeia', entrada, 'foi rejeitada pelo autômato!')
    end
end
```

3 Requisitos do projeto

Lista de **funcionalidades** que o **programa** deverá apresentar:

(1) **Ler a especificação** de um autômato finito determinístico **de** um **arquivo-texto**;

(2) **Apresentar** os **estados transitados** durante uma simulação;

(3) **Sinalizar**:

   a. **Quando** uma **cadeia** é **reconhecida** com sucesso;
   b. **Erro quando** um **estado** selecionado **não está** no **conjunto** de **estados**;
   c. **Erro** quando um **símbolo** lido da **entrada não está** no **alfabeto**;
   d. **Erro** quando **não** for **possível** aplicar uma **transição**..

(4) O **programa** deve **interagir** com o **usuário** – ele poderá testar quantas cadeias quiser até interromper;

(5) A **forma** como se **entrará** o **nome** do **arquivo** do **autômato** no programa é **livre** (pode usar `input()` ou argumentos de linha de comando).

   Como **exemplo de uso**, seguem alguns **testes positivos**:

```
marco@JUPITER:~$ python3 /home/marco/Projects/Python/DFASimulator/dfasim.py m3.dfa
Digite a cadeia:
A cadeia  foi aceita pelo autômato!
Digite a cadeia: 0000
(0, '0') -> 0
(0, '0') -> 0
(0, '0') -> 0
(0, '0') -> 0
A cadeia 0000 foi aceita pelo autômato!
Digite a cadeia: 00010101010
(0, '0') -> 0
(0, '0') -> 0
```

```
(0, '0') -> 0
(0, '1') -> 1
(1, '0') -> 3
(3, '1') -> 3
(3, '0') -> 3
(3, '1') -> 3
(3, '0') -> 3
(3, '1') -> 3
(3, '0') -> 3
A cadeia 00010101010 foi aceita pelo autômato!
Digite a cadeia: 10
(0, '1') -> 1
(1, '0') -> 3
A cadeia 10 foi aceita pelo autômato!
Digite a cadeia: ^D
Programa finalizado pelo usuário!
```

E alguns **testes negativos**:

```
marco@JUPITER:~$ python3 /home/marco/Projects/Python/DFASimulator/dfasim.py m3.dfa
Digite a cadeia: 1110
(0, '1') -> 1
(1, '1') -> 2
(2, '1') -> 2
(2, '0') -> 2
A cadeia 1110 foi rejeitada pelo autômato!
Digite a cadeia: 10a1
(0, '1') -> 1
(1, '0') -> 3
O símbolo a não pertence ao alfabeto do autômato!
A cadeia 10a1 foi rejeitada pelo autômato!
Digite a cadeia: ^D
Programa finalizado pelo usuário!
```

Dicas: :

- Para **ler a entrada** que está em uma **cadeia de caracteres**, **transforme** a cadeia entrada **em** uma **lista** de caracteres assim: `s = list(s)`. Desse modo, será possível **utilizar** a **função** `pop()` para **extrair** (e reduzir a cadeia) **assim**: `c = s.pop(0)`;
- Se **quiser ler** o nome do arquivo pela **linha** de **comando**: **importar** de `sys` a **variável** `args`, que contém a **lista** de **argumentos** do script (na posição 0 é o nome do script, na posição 1 tem o primeiro argumento etc.);
- Se quiser **interromper** "graciosamente" o **programa** teclando `CTRL+C` ou `CTRL+D` (fim de arquivo em Linux) ou `CTRL+Z` (fin de arquivo em Windows): adicionar um bloco `try/except` na linha que lê a entrada. Tratar respectivamente as exceções `KeyboardInterrupt` e `EOFError`;
- Se quiser **tratar exceção** de **chave não encontrada** no dicionário: proteger a instrução que usa a chave no dicionário e tratar a exceção `KeyError`.