

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Matemática e Computação
Bacharelado em Ciência da Computação

Disciplina: Teoria da Computação. 2019-1. Trabalho – Máquina de Turing Multifitas

SIMULAÇÃO DE MÁQUINA DE REGISTRADORES COM MÁQUINA DE TURING MULTIFITA

Neste trabalho você deverá construir e testar, com a ferramenta *JFLAP*, uma MT multifita que simula o funcionamento de um computador digital moderno (*Von Neumann*) em nível de linguagem de máquina. Tal modelo é às vezes chamado de "Máquina de Registradores" ou "Máquina de Acesso Aleatório" (Random Access Machine) em alusão às características principais das máquinas de *Von Neumann*, de ter memória de acesso direto ou aleatório onde se misturam programas e dados, e ter uma arquitetura baseada em registradores.

A referência principal para este trabalho é: Hopcroft, J.E.; Motwani, R.; Ullman, J.D. *Introdução à Teoria dos Autômatos, Linguagens e Computação*. 2nd ed. Addison-Wesley. 2001. → **Capítulo 8, item 8.6.**

Deverá ser desenvolvido:

- 1. Uma MT multifita para a arquitetura especificada abaixo;**
- 2. Elaborar pelo menos um caso de teste razoável;**
- 3. Elaborar um pequeno documento contendo a solução adotada e o caso de teste.**

Data de entrega: 21/05/2019

A seguir são descritos pontos específicos do problema:

1. FITA 1: A memória. A primeira fita contém a memória. O alfabeto de entrada Σ desta fita é $\{0, 1, *, \#\}$ e entende-se que a fita inicialmente (e em geral em estados intermediários "estáveis" durante a computação) contém uma string de pares $(e;w)$ no formato $e_0 * w_0 \# e_1 * w_1 \# e_2 * w_2 \# e_3 * w_3 \# \dots$ onde os e_i são endereços de memória em binário e os w_i são os conteúdos da memória em binário dos respectivos endereços. Por exemplo, a memória:

100 * 11 # 1 * 110 # 1101 * 0

contém no endereço 4(100) o valor 3(11); no endereço 1(1) o valor 6(110); no endereço 13(1101) o valor 0(0). Os endereços restantes tem conteúdo indefinido. Note que os endereços não precisam aparecer em sequência (a menos que você achar conveniente que estejam).

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Matemática e Computação
Bacharelado em Ciência da Computação

Disciplina: Teoria da Computação. 2019-1. Trabalho – Máquina de Turing Multifitas

2. FITA 2: PC. A segunda fita contém o endereço da próxima instrução que será executada pelo computador. Ela deverá ser inicializada com um valor *default*, por exemplo 0, quando a máquina começa a executar, que é onde começa o programa na memória. PC vem de "program counter", é o nome que frequentemente se dá ao registrador que supre tal função nas máquinas de *Von Neumann*. Cada instrução ocupa exatamente uma palavra de memória, de modo que, ao final da execução de uma instrução, o conteúdo desta fita deverá estar incrementado de 1 (exceto após a instrução *jump*).

3. FITAS 3 e 4: registradores X e Y. Toda a computação é centralizada nos registradores X e Y (veja instruções abaixo). Isto é um modelo semelhante ao da arquitetura de pilha.

4. Formato e Conjunto simplificado de instruções de máquina. Quando uma posição de memória for interpretada como instrução, a convenção é a seguinte: os três primeiros símbolos (bits) formam o código da instrução conforme abaixo. Para as instruções *Load*, *Store* e *Jump* a sequência de bits seguintes é um endereço de memória referenciado como "e" nas instruções abaixo.

000 Add: máquina soma o conteúdo de X com Y e coloca em X (a seu critério você pode ter uma fita auxiliar para armazenamento temporário do resultado).

001 Sub: máquina calcula X-Y e coloca o resultado em X

010 And: máquina faz "and" lógico entre X e Y e coloca resultado em X (defina os detalhes de acordo com sua conveniência)

011 Not: máquina coloca em X o inverso (lógico) de X

100 Swap: troca os conteúdos dos registradores X e Y (use uma fita auxiliar para tal)

101 Load: máquina coloca no registrador X o conteúdo da posição de memória cujo endereço é e.

110 Store: máquina coloca o conteúdo do registrador X na posição de memória cujo endereço é e.

111 Jump: máquina coloca no contador de programa o endereço e.

A máquina para quando o contador de programas contiver um endereço com conteúdo indefinido. Note a falta de alguns elementos importantes que foram retirados para reduzir a complexidade. Em particular, note que omitimos representação de números negativos e eliminamos os *flags* (por exemplo, zero, negativo, etc.) e "jumps"

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Matemática e Computação
Bacharelado em Ciência da Computação

Disciplina: Teoria da Computação. 2019-1. Trabalho – Máquina de Turing Multifitas

condicionais, de modo que na prática nossa máquina não pode fazer nenhum tipo de desvio condicional (!!!) Se desejar, inclua algo neste sentido para torná-la útil, mas note que cada coisa vai aumentando a complexidade da máquina ... Também os loads/stores imediato e indireto e jump indireto ficaram de fora.

5. Dinâmica de funcionamento (loop) Uma vez colocada a memória na fita 1 (via copy/paste) ao ser executada a máquina coloca 0 na fita do PC (fita 2), e aí fica num ciclo de execução de instruções até dar "halt":

(a) Procura na memória uma palavra de endereço idêntico ao armazenado na fita do PC. Se não achar, termina a execução (*Halt*). Se achar, transfere o conteúdo da memória (instrução) para uma fita auxiliar (você pode chamá-la de RI - Registrador de Instruções).

(b) Soma um ao PC.

(c) Dependendo dos três primeiros símbolos da instrução, vai para um dentre oito estados, cada um representando uma das 8 instruções.

(d) Na ocorrência de qualquer inconsistência a máquina para (tranca). Por exemplo, se não houver 3 bits na instrução, ou se um endereço procurado não estiver definido.

Exemplo de simulação da instrução

- 1) suponha que o contador de instrução contém o endereço e_i
- 2) procura a posição de memória e_i a partir do início da fita 1. Se encontrar brancos, a máquina para.
- 3) se encontrar a posição e_i , examina a instrução. Suponha que a instrução está nos 10 primeiros bits da palavra e que ela contém "ADD no registrador 2 o conteúdo do endereço j ", onde o restante da palavra contém o endereço j .
- 4) soma 1 na fita do contador de instrução
- 5) copia j na fita do registrador de endereço
- 6) procura o endereço e_j na fita 1 começando do início
- 7) se não encontrar o endereço, assume que o endereço contém zero e executa a próxima instrução
- 8) se encontrar e_j , w_j é somado a fita do registrador 2

Casos de Teste

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Matemática e Computação
Bacharelado em Ciência da Computação

Disciplina: Teoria da Computação. 2019-1. Trabalho – Máquina de Turing Multifitas

Caso 1: Programa que carrega o valor “111”, soma a “1” e salva no endereço “1000”.

Entrada:

#1000*111#1001*1#0*1011000#1*100#10*1011001#11*000#100*1101000#

Resultado:

#1000*1000#1000*111#1001*1#0*1011000#1*100#10*1011001#11*000#100*1101000#

Caso 2: Programa que faz o *And* lógico entre os mesmos valores do caso 1 e salva no endereço “1000”.

Entrada:

#1000*111#1001*1#0*1011000#1*100#10*1011001#11*010#100*1101000#

Resultado:

#1000*001#1000*111#1001*1#0*1011000#1*100#10*1011001#11*010#100*1101000#

Caso 3: Programa que faz o *Not* no valor “1101” e o salva no endereço “1000”.

Entrada:

#1000*1101#0*1011000#1*011#10*1101000#

Resultado:

#1000*0010#1000*1101#0*1011000#1*011#10*1101000#

Caso 4: Programa que soma uma constante que esta no endereço “1000000” no vetor de 2 elementos que começa no endereço “1000001” e as salva de volta no vetor.

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Matemática e Computação
Bacharelado em Ciência da Computação

Disciplina: Teoria da Computação. 2019-1. Trabalho – Máquina de Turing Multifitas

Entrada:

#1000000*1#1000001*1#1000010*10#0*1011000000#1*100#10*1011000001#11*000#
100*1101000001#101*1011000000#110*100#111*1011000010#1000*000#1001*1101000010#

Resultado:

#1000010*11#100001*10#1000000*1#1000001*1#1000010*10#0*1011000000#1*100#10*1011000001
#11*000#100*1101000001#101*1011000000#110*100#111*1011000010#1000*000#
1001*1101000010#