

Laboratorio: Un simulatore della Macchina di Turing Universale

Roberto Cordone

17 agosto 2008

1 Macchina di Turing Universale (*UTM*)

È una macchina di Turing che

1. riceve la codifica di una macchina di Turing $M = (Q, q_0, A, \Sigma, -, \Gamma, \delta)$ e una stringa $I \in \Sigma^*$
2. simula i passi che la macchina M compirebbe se ricevesse la stringa I
3. restituisce la stessa risposta (e lo stesso contenuto sul nastro di lavoro)

Vogliamo simulare una Macchina di Turing Universale sul calcolatore. Il programma dovrà quindi aprire un file di testo che contiene la codifica della macchina di Turing da simulare e uno che contiene la codifica dell'istanza, eseguire operazioni corrispondenti ai passi che la macchina M compirebbe ricevendo la stringa I e restituire in uscita la risposta della macchina di Turing e il contenuto finale del nastro di lavoro.

2 Codifica della macchina di Turing

Rappresentiamo la codifica della macchina di Turing con un file di testo. Interpretiamo come simbolo ogni sequenza di caratteri terminata da spazio, a capo o tabulazione (questa definizione è comoda perché facilmente riconoscibile dalla funzione `fscanf` con una stringa di formato uguale a "%s").

Ipotizziamo che ognuna delle sette componenti della macchina di Turing sia introdotta da un simbolo (parola chiave):

1. il simbolo `Stati`: introduce il numero degli stati e una sequenza di simboli che li rappresentano uno per uno (a rigore, il numero è ridondante e non è un simbolo, ma rende più facile l'acquisizione della macchina)
2. il simbolo `StatoIniziale`: introduce il simbolo dello stato iniziale, che deve essere uno di quelli elencati in precedenza;
3. il simbolo `StatiAccettanti`: introduce il numero di stati accettanti (vedi commento sul numero degli stati) e la sequenza dei simboli corrispondenti;
4. il simbolo `AlfabetoIngresso`: introduce il numero di simboli dell'alfabeto d'ingresso Σ e la loro sequenza;
5. il simbolo `SimboloBlank`: introduce il simbolo *blank*;
6. il simbolo `AlfabetoLavoro`: introduce il numero di simboli dell'alfabeto di lavoro Γ e la loro sequenza, che deve contenere tutti i simboli precedentemente elencati per Σ , nonché il simbolo *blank*;
7. il simbolo `FunzioneTransizione`: introduce il numero di quintuplette che indicano le coppie stato-ingresso sulle quali la funzione δ è definita e le corrispondenti triplete stato-uscita-spostamento; stati, ingressi e uscite devono appartenere agli insiemi di simboli precedentemente elencati, mentre gli spostamenti sono rappresentati dai simboli S (sinistra) o D (destra).

3 Il programma

Il programma si deve comporre delle solite fasi:

1. interpretazione della linea di comando, che deve indicare i file con la codifica della macchina e con l'istanza
2. caricamento della macchina di Turing e della stringa di ingresso (e relative allocazioni)
3. non occorre allocare strutture dati ausiliarie
4. elaborazione
5. non occorre deallocare strutture dati ausiliarie
6. salvataggio del nastro di lavoro e della risposta

7. deallocazione delle strutture dati

Ad ogni passo, il programma determina, dato lo stato e il simbolo corrente sul nastro, la quintupletta corrispondente, e applica le relative modifiche allo stato, al nastro e alla posizione della testina.

In mancanza di una quintupletta corrispondente, il programma si arresta, verifica se lo stato corrente è accettante o no, risponde di conseguenza e salva il nastro di lavoro e la risposta su file.

4 Strutture dati

- Gli stati e i simboli dell'alfabeto di ingresso e di lavoro sono rappresentati da stringhe di caratteri (con una lunghezza massima predefinita).
- L'insieme di stato è rappresentato da un vettore di stati, gli alfabeti e il nastro da vettori di simboli. Opportune variabili ne indicano la lunghezza. Il nastro è teoricamente infinito, ma gli si assegna una lunghezza finita, assicurandosi di segnalare il superamento con un messaggio di errore.
- Per gli spostamenti si definisce un tipo enumerativo *Mossa* con due valori.
- Una transizione è rappresentata da una `struct` contenente uno stato (iniziale), un simbolo (ingresso), un altro stato (finale), un altro simbolo (uscita) e una mossa.
- La funzione di transizione è rappresentata da un vettore di transizioni. Un'opportuna variabile ne indica la lunghezza.
- Una macchina di Turing è rappresentata da una `struct` contenente un insieme di stato, uno stato (iniziale), un altro insieme di stati (accettanti), due alfabeti (ingresso e lavoro), un simbolo *blank*, una funzione di transizione, un nastro. Per simularne il funzionamento, occorrono anche uno stato corrente e una posizione corrente sul nastro.

Si può realizzare un simulatore di Macchina di Turing Universale Non deterministica?