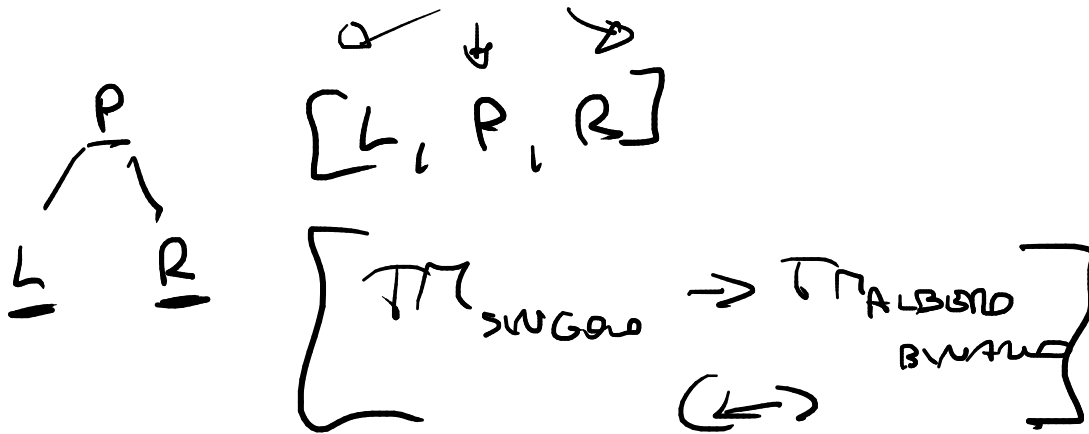


1. (12 punti) Una *macchina di Turing ad albero binario* usa un albero binario infinito come nastro, dove ogni cella nel nastro ha un figlio sinistro e un figlio destro. Ad ogni transizione, la testina si sposta dalla cella corrente al padre, al figlio sinistro oppure al figlio destro della cella corrente. Pertanto, la funzione di transizione di una tale macchina ha la forma

$$\delta : Q \times \Gamma \mapsto Q \times \Gamma \times \{P, L, R\},$$

dove  $P$  indica lo spostamento verso il padre,  $L$  verso il figlio sinistro e  $R$  verso il figlio destro. La stringa di input viene fornita lungo il ramo sinistro dell'albero.

Mostra che qualsiasi macchina di Turing ad albero binario può essere simulata da una macchina di Turing standard.



$$Q \times \Gamma \times \{L, R\} \quad Q \times \Gamma \times \{P, L, R\}$$

$$\subseteq$$

→ (simulazione)

② SECONDO VERSO

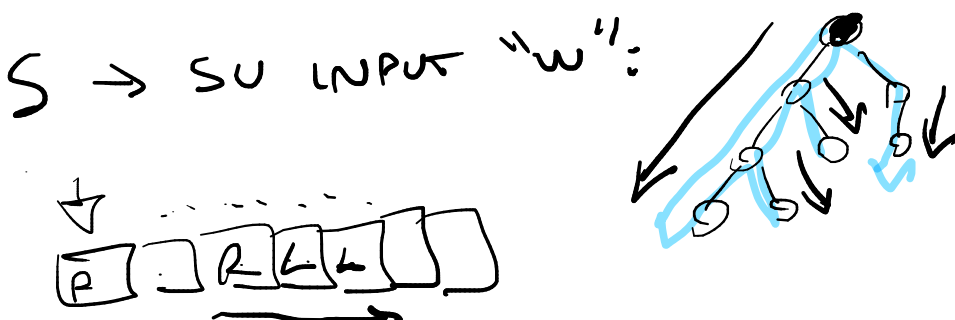
$$TM_{BINARIA} \geq TM_{STANDARD}$$

1. (12 punti) Una *macchina di Turing ad albero binario* usa un albero binario infinito come nastro, dove ogni cella nel nastro ha un figlio sinistro e un figlio destro. Ad ogni transizione, la testina si sposta dalla cella corrente al padre, al figlio sinistro oppure al figlio destro della cella corrente. Pertanto, la funzione di transizione di una tale macchina ha la forma

$$\delta : Q \times \Gamma \mapsto Q \times \Gamma \times \{P, L, R\},$$

dove  $P$  indica lo spostamento verso il padre,  $L$  verso il figlio sinistro e  $R$  verso il figlio destro. La stringa di input viene fornita lungo il ramo sinistro dell'albero.

Mostra che qualsiasi macchina di Turing ad albero binario può essere simulata da una macchina di Turing standard.



$$\delta(r, a) = (s, b, P) \rightarrow 1^o$$

Su stato "r" e con input "a", scrivi "b" sul nastro andando come stato "s" e facendo il movimento "P = Padre"



→ MOVIMENTO "1° PADRE"

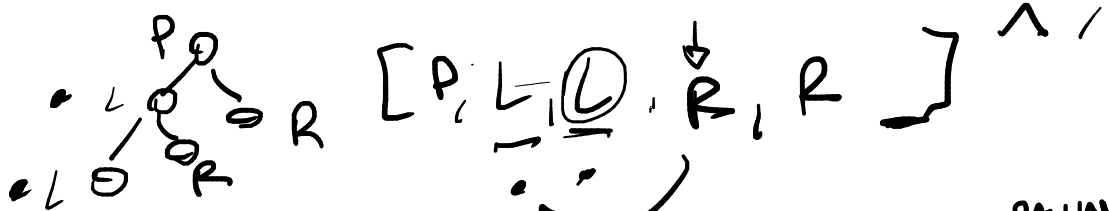
5 DA LÌ SIMULAZIONE SUL

NASTRO LA F. DI

TRANSIZIONI

- SCORRI TUTTI I FIGLI SX E DX

- UNO FIGLIO SX → P → • /



[P P] ← SUMMA DI PAIRING  
P OR DING

$$\delta(r, a) = (s, b, \underline{L})$$

"TUO  
PADRE"

→ SCORRI TUTTI I LEFT

→ TORNA AL PADRE ORIGINALE

(SX)

$$\delta(r, a) = (s, b, R)$$

→ UGUALE A LEFT

→ TORNA AL PRIMO  
PADRE (DX)

ALBANO

BINARIO

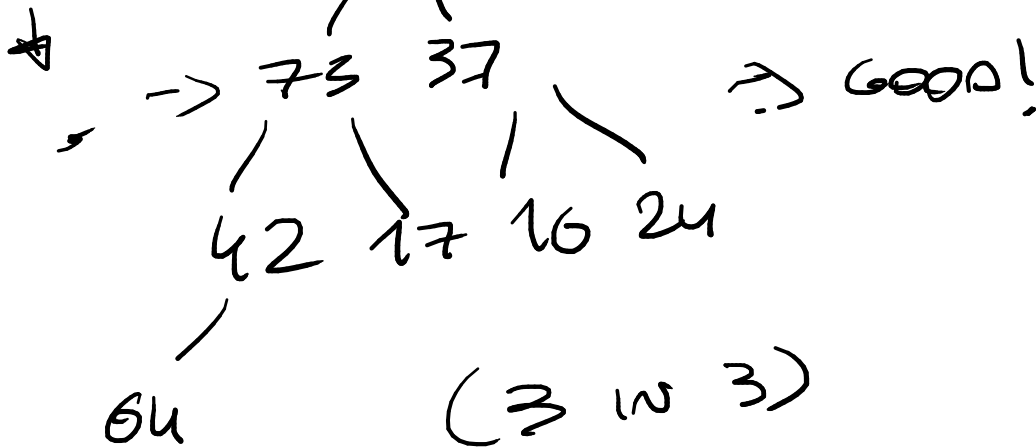
$\{L \overset{P}{R} L R L$

$\rightarrow [80, 75, 37, 42, 17, 16, 24, 64]$

$\underset{2}{24}, 64]$

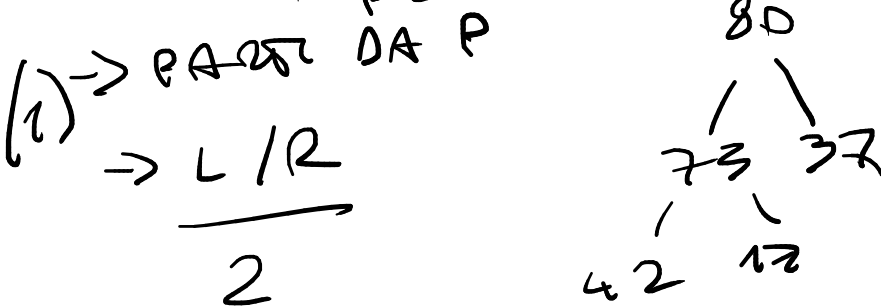
$\uparrow$   
P

$80 - P$

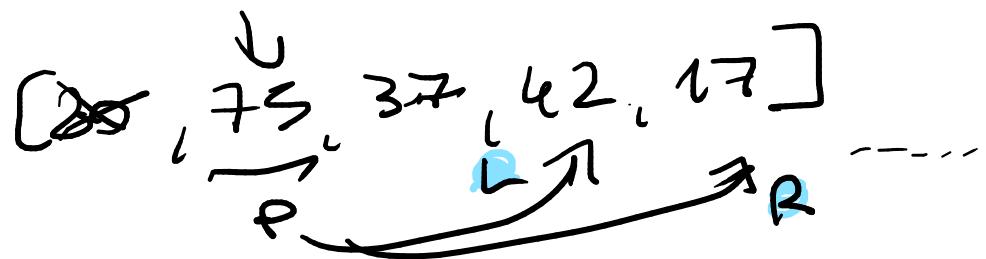


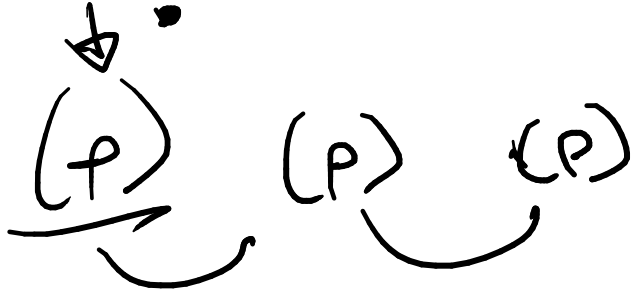
$[80, 75, 37, 42, 17, 16, 24, 64]$

$\overline{P} \quad \overline{L} \quad \overline{R} \quad \overline{P} \quad \overline{L} \quad \overline{R} \quad \overline{P} \quad \overline{L} \quad \overline{R}$



(2)  $\rightarrow$  SOTTO DI 2 CASOLE E LA CASOLA DOPO È IL NUOVO PARTO





$\underline{L, R} \rightarrow \underline{S \times \mathbb{N} \times \mathbb{N}}$   
 SCORE INPUT  
 0 move a pure P

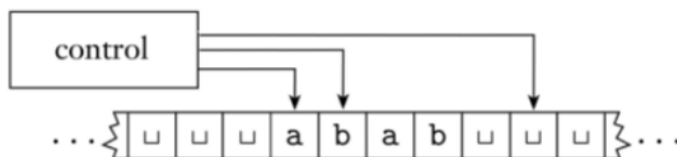
1. Una macchina di Turing a testine multiple è una macchina di Turing con un solo nastro ma con varie testine. Inizialmente, tutte le testine si trovano sopra alla prima cella dell'input. La funzione di transizione viene modificata per consentire la lettura, la scrittura e lo spostamento delle testine. Formalmente,

$$\rightarrow \delta : Q \times \Gamma^k \mapsto Q \times \Gamma^k \times \{L, R\}^k$$

dove  $k$  è il numero delle testine. L'espressione

$$\delta(q_i, a_1, \dots, a_k) = (q_j, b_1, \dots, b_k, L, R, \dots, L)$$

significa che, se la macchina si trova nello stato  $q_i$  e le testine da 1 a  $k$  leggono i simboli  $a_1, \dots, a_k$  allora la macchina va nello stato  $q_j$ , scrive i simboli  $b_1, \dots, b_k$  e muove le testine a destra e a sinistra come specificato.



Un esempio di TM con tre testine.

Dimostra che qualsiasi macchina di Turing a testine multiple può essere simulata da una macchina di Turing deterministica a nastro singolo.

3. (9 punti) Dimostra che un linguaggio è decidibile se e solo se esiste un enumeratore che lo enumera seguendo l'ordinamento standard delle stringhe.

$$\exists \text{ TM} = A \rightarrow B \dots Z$$

Enumeratore = TM che fa da stampante = Copia tutto l'alfabeto (a....z).

Ordinamento standard  $\rightarrow$  lessicografico  
 "abaco > abbecedario"

[A.....Z]

TM SUGLI ORDINI STANDARD

verso ?

$(\Rightarrow) > \text{DISCUSSIBLE} \rightarrow \exists \text{ GNUM.}$

$(\Leftarrow) \exists \text{ GNUM} \rightarrow \underline{\text{DISCUSSIBLE}}$

$D = TM$

CMS

DISCUSS

TM

