

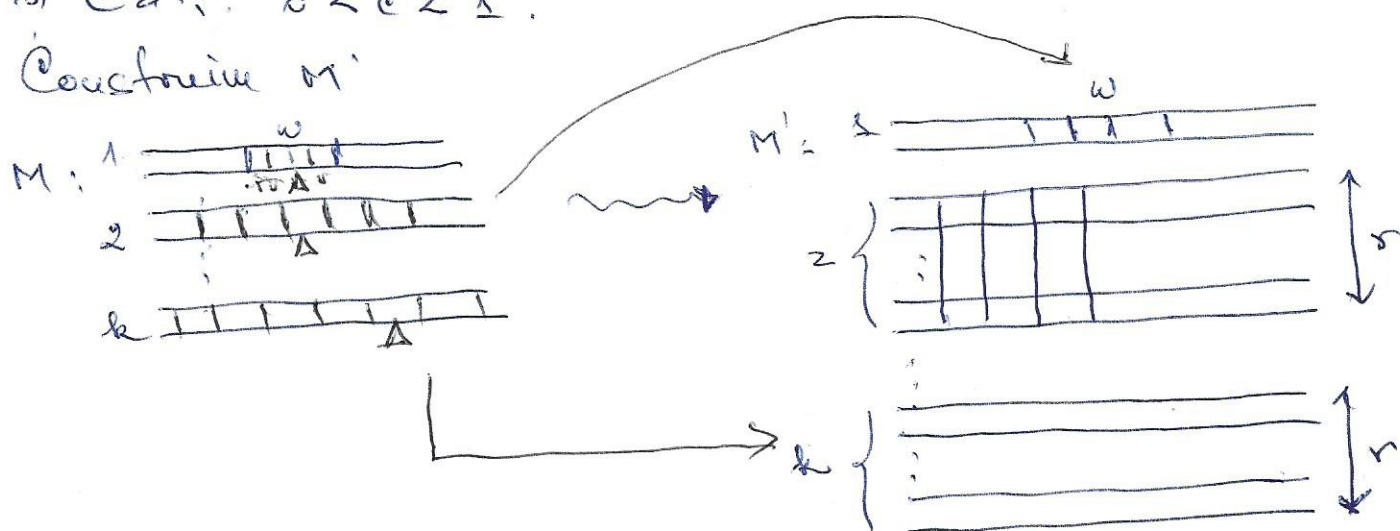
$$\textcircled{T} (N)(D) \text{SPACE}_k(f(u)) = (N)(D) \text{SPACE}_k(c f(u)), \forall c > 0.$$

$$\textcircled{T} \lim_{u \rightarrow \infty} \frac{f(u)}{u} = \infty \left\{ \begin{array}{l} (N)(D) \text{TIME}_k(f(u)) = (N)(D) \text{TIME}_k(c f(u)), \\ k \geq 2 \end{array} \right. \forall c > 0.$$

Dece

Se da  $M$  o m.t. a.i. ~~TIME~~  $\text{time}_M(u) \leq f(u)$ , cu  $k$  benzii si ca!  $0 < c < 1$ .

Construim  $M'$



$M'$ : Etape

1. Citeste  $r$  simboluri de pe banda 1 si le trece intr-un simbol agregat pe banda 2

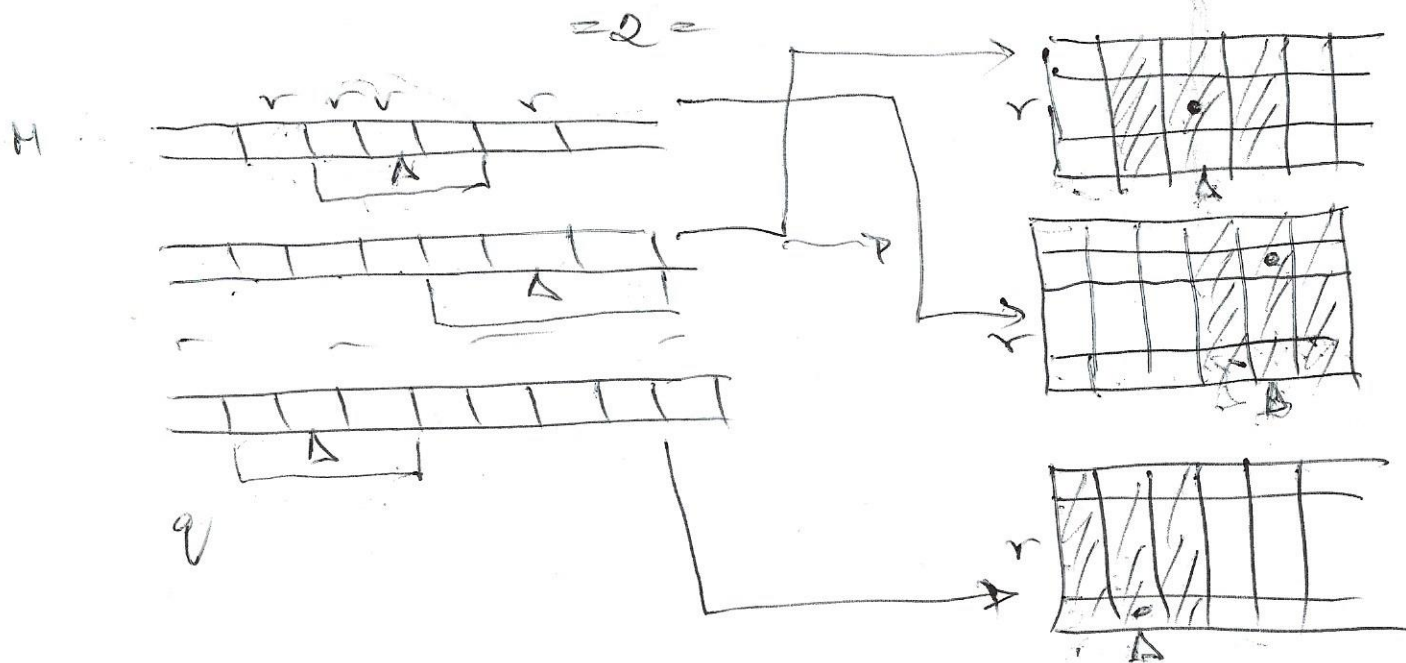
Time:  $u+1$ .

2. Pozitioneaza capul pe banda 2 la inceput

Time:  $\lceil u/r \rceil$ .

3. Face o corespondenta intre benzile lui  $M$  si cele ale lui  $M'$

1  $\rightarrow$  2  
2  $\rightarrow$  1  
 $\vdots$   $\rightarrow$   $\vdots$



$q, (i_1, i_2, i_3)$

4.  $M'$  citește și memorează cele 3 stăbuleți agregate în vecinătatea capului de citire/scritură pe fiecare bandă.

Time: 4

5. Așteaptă  $M$  până când:

- $M$  se oprește
- în cap ~~de citire~~ memorează să părăsească segmentul de lg 3r pe una din benzi la pasul următor.

$M$  livrează lui  $M'$  starea și conținutul celor 3 segmente de lg r pe fiecare bandă.

Time așteptare: 0.

$M$  a lucrat minimum  $r$  pași.

6. Actualizare: stare și conținut benzi

Time: 4.

Obs: Dacă  $M$  se oprește atunci și  $M'$  se oprește.

$$\underbrace{time_{n'}(u)} \leq u+1 + \underbrace{\left\lceil \frac{u}{r} \right\rceil + 8 \left\lceil \frac{f(u)}{r} \right\rceil}_{=3} \leq c f(u).$$

$$t_{n'}(u) \leq u+1 + \left\lceil \frac{u}{r} \right\rceil + 1 + \frac{8f(u)}{r} + 8 = u+10 + \frac{u}{r} + \frac{8f(u)}{r}.$$

$$\boxed{\text{Dacă } u \geq 10} \Rightarrow u+10 \leq 2u.$$

$$t_{n'}(u) \leq 2u + \frac{u}{r} + \frac{8f(u)}{r}.$$

$$\text{Alegem } r \geq 16 \Rightarrow \frac{1}{r} \leq \frac{c}{16}.$$

$$t_{n'}(u) \leq 2u + \frac{cu}{16} + \frac{8f(u) \cdot c}{16}$$

$$\text{Dacă } \frac{f(u)}{u} = 10 \Rightarrow \forall d \exists u_d \text{ a.i. } \boxed{u \geq u_d} \cdot \frac{f(u)}{u} \geq d.$$

$$\Rightarrow u \leq \frac{f(u)}{d}.$$

$$t_{n'}(u) \leq \frac{2f(u)}{d} + \frac{8c f(u)}{16d} + \frac{8c \cdot f(u)}{16} =$$

$$= f(u) \left[ \frac{2}{d} + \frac{c}{16d} + \frac{8c}{16} \right] \leq c f(u).$$

$$\frac{2}{d} + \frac{c}{16d} + \frac{8c}{16} \leq c \Rightarrow \frac{32}{16d} + \frac{c}{16d} + \frac{8cd}{16d} \leq c$$

$$32+c+8cd \leq 16cd. \Rightarrow 32+c \leq 8cd \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{d \geq \frac{32+c}{8c}}.$$

$$\text{Aleg } d \geq \frac{32+c}{8c} \text{ și } \underline{u \geq \max(u_d, 10)}.$$

$$\Rightarrow t_{n'}(u) \leq c f(u).$$

Dacă  $u < \max(u_d, 10)$ . Există un număr fixat de astfel de  $u$ .



$$= 4 =$$

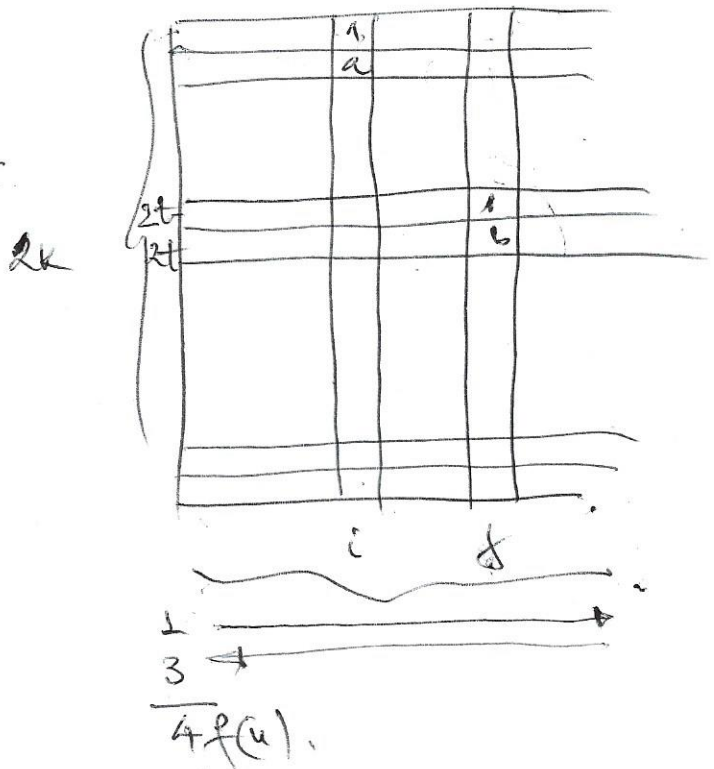
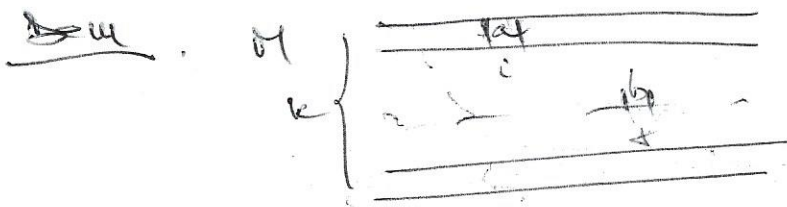
$$\textcircled{v} (N)(D) \text{ TIME}_k(f(u)) = (N)(D) \text{ TIME}_k((1+\varepsilon)f(u)), \quad k \geq 2.$$

$$\forall \varepsilon > 0.$$

Comprimarea benzilor.

$$\textcircled{v} \text{ Dacă } L \in (N)(D) \text{ SPACE}_k(f(u)), \text{ atunci } L \in (N)(D) \text{ SPACE}_1(f(u)), \quad \forall k \geq 1.$$

$$\text{Dacă } L \in (N)(D) \text{ TIME}_k(f(u)), \text{ atunci } L \in (N)(D) \text{ TIME}_1(f^2(u)), \quad \forall k \geq 1.$$



TIME:

M face cel mult  $4f(u)$  mișcări pentru fiecare mișcare a lui M.

$$\text{time}_M(u) \leq 4f(u) \cdot f(u) = 4f^2(u).$$

"Accelerăm" M a.i.  $\text{time}_M(u) \leq \frac{1}{2} f(u).$

M pentru model M și atunci

$$\text{time}_{M'}(u) \leq 4 \cdot \left( \frac{1}{2} f(u) \right)^2 = f^2(u).$$

⑤ Pentru orice funcție total recursivă există  $L$   <sup>$f(u)$</sup>   
recursivă a.i.  $L \notin (N)(O) TIME(f(u))$   
 $L \notin (N)(O) SPACE(f(u))$ .

Seu  $DTIME$ ,  $f(u)$  recursivă

Construim  $L \in \{0,1\}^+$ ,  $L = \{w \mid M_w \text{ nu acceptă } w$   
 în timp  $f(u)$   $\}$ .  $\frac{w_i}{M_i}$

1)  $L$  este recursiv.

Pentru  $M'$ : după  $w_i$

calculează  $f(|w_i|)$  și marchează  
 $f(|w_i|)$  celule pe o bandă.

găsește  $M_i$

Simulează pe  $M_i$  pe intrarea  $w_i$   
 și acceptă dacă  $M_i$  nu acceptă  $w_i$   
 în  $f(|w_i|)$  pași / timp.

2)  $L \notin DTIME(f(u))$ , pp A că  $\bar{M}$  a.i.

$L(\bar{M}) = L$ , și  $time_{\bar{M}}(u) \leq f(u)$ .

Găsește  $f$  a.i.  $\bar{M} = M_j$ , găsește  $w_j$

$w_j \in L \Leftrightarrow w_j$  este acceptat de  $M_j$ .  
 în timp  $f(u) \Leftrightarrow w_j \notin L$ .