Úloha 4.1
autor: Peter Žiak

Zadanie:

Kód grafu je slovo w nad abecedou {1,0,#}, také že w= e_1##e_2 ##...##e_n pričom e_i je kód hrany, taký že e_i=v_1#v_2, kde v_i je binárne číslo vrcholu.
To jest, kód grafu je zoznam jeho hrán (odelených ##), pričom hrana sa skladá z dvoch vrcholov (oddelných #).
Pre jazyk L = { w | w je kód grafu, ktorý obsahuje cyklus } zostrojte turingov stroj (TM) M, taký že L(M) = L. Svoje tvrdenie dokážte.

Riešenie:

Zostrojíme nedeterministický turingov stroj **M**=(K, Σ, Γ, δ, $\mathbf{q_0}$, $\mathbf{t_{OK}}$).

K={q_0, q_1, q_2, q_{ZAC}, q_{START}, q_{ZAP}, q_{REV}, q_{SKOC}, q_{TEST}, q_{SKOC}', q_{Z0}, q_{Z1}, q_{Z*}, q_S, r, r_0, r_1, r_2, r_*, r_T, t_C, t_0, t_1, t_{21}, t_{20}, t_{1*}, $t_{1\$}$, $t_{0\$}$, t_S, t_C', t_0', t_1', t_{21}', t_{20}', t_{0*}', t_{1*}', t_S', t_P'', t_C'', t_0'', t_1'', t_{21}'', t_{20}'', t_{0*}'', t_{1*}'', t_S'', t_P'', t_{PR}'', t_{OK}}

Σ={0,1,#}

Γ={0,1,0',1',0_Z,1_Z,#,*,*',*''}

Predpokladáme, že binárne čísla vrcholov sú zapísané v najkratšom možnom tvare, t.j. každý vrchol vždy začína bitom 1 (neobsahuje žiadne leading zeros).

δ:

1. $\delta(q_0,n)=\{(q_0,n,1)\}$ $n\in\{0,1\}$
2. $\delta(q_0,\#)=\{(q_1,*,1)\}$
   - #-ky za prvými vrcholmi hrán prepíšem na *-ky

3. $\delta(q_1,n)=\{(q_1,n,1)\}$ $n\in\{0,1\}$
4. $\delta(q_1,\#)=\{(q_2,*,1)\}$
   - #-ky za druhými vrcholmi hrán prepíšem na *-ky

5. $\delta(q_2,\#)=\{(q_0,\#,1)\}$
   - jednu #-ku medzi hranami ponechám

6. $\delta(q_0,B)=\{(q_{ZAC},¢,1)\}$
   - na koniec vstupnej pásky zapíšem ¢

7. $\delta(q_{ZAC},x)=\{(q_{ZAC},x,-1)\}$ $x\in\Gamma-\{¢\}$
   - prechod na začiatok pásky

8. $\delta(q_{ZAC},B)=\{(q_{START},¢,1)\}$
   - pri prvom prechode na začiatok pásky zapíšem na začiatok ¢

9. $\delta(q_{ZAC},¢)=\{(q_{START},¢,1)\}$
   - pri ďalších prechodoch na začiatok pásky ponechávam na začiatku ¢

10. $\delta(q_{START},1)=\{(q_{ZAP},1,0), (q_{REV},1,0), (q_{SKOC},1,0), (q_{TEST},1,0)\}$
10b. $\delta(q_{START},1')=\{(q_{SKOC},1',0), (q_{TEST},1',0)\}$

Časť 11 až 13 zabezpečí preskočenie ľubovoľnej hrany

11. $\delta(q_{SKOC},x)=\{(q_{SKOC},x,1)\}$ $x\in\{0,1,0',1',0_Z,1_Z,*\}$
   - prechádzam na najbližšiu #-ku (preskakujem hranu)

12. $\delta(q_{SKOC},\#)=\{(q_{SKOC}',\#,1)\}$
13. $\delta(q_{SKOC}',\#)=\{(q_{START},\#,1)\}$
   - preskočenie ľubovoľnej hrany

Časť 14 až 27 zabezpečí prekopírovanie celej hrany, na prvom znaku ktorej sa nachádzame.

14. $\delta(q_{ZAP},0)=\{(q_{Z0},0_Z,1)\}$
15. $\delta(q_{ZAP},1)=\{(q_{Z1},1_Z,1)\}$
16. $\delta(q_{ZAP},*)=\{(q_{Z*},*',1)\}$
   - označenie práve prekopírovávaného znaku

17. $\delta(q_{Z0},x)=\{(q_{Z0},x,1)\}$ $x\in\Gamma$
18. $\delta(q_{Z1},x)=\{(q_{Z1},x,1)\}$ $x\in\Gamma$
19. $\delta(q_{Z*},x)=\{(q_{Z*},x,1)\}$ $x\in\Gamma$
   - prechod na koniec pásky

20. $\delta(q_{Z0},B)=\{(q_S,0,-1)\}$
21. $\delta(q_{Z1},B)=\{(q_S,1,-1)\}$
22. $\delta(q_{Z*},B)=\{(q_S,*,-1)\}$
   - zapísanie prekopírovávaného znaku na koniec pásky

23. $\delta(q_S,x)=\{(q_S,x,-1)\}$ $x\in\Gamma-\{0_Z,1_Z\}$
   -návrat na označený znak naposledy prekopírovávaného znaku

24. $\delta(q_S,0_Z)=\{(q_{ZAP},0',1)\}$
25. $\delta(q_S,1_Z)=\{(q_{ZAP},1',1)\}$

26. $\delta(q_S,*')=\{(q_{ZAP},*,1)\}$
- prepísanie naposledy prekopírovávaného znaku na symbol s čiarkou-t.j.aby som v budúcnosti vedel, že tá hrana už bola prekopírovaná na koniec pásky

27. $\delta(q_{ZAP},\#)=\{(q_{ZAC},\#,-1)\}$
-prekopírovali sme celú hranu a vraciame sa na začiatok pásky

Časť 28 až 47 zabezpečí prekopírovanie reverznej hrany vzhľadom k hrane, na ktorej prvom znaku sa nachádzame. T.j. z danej hrany najprv prekopíruje na koniec pásky druhý vrchol hrany a až potom prvý vrchol hrany.

28. $\delta(q_{REV},n)=\{(q_{REV},n,1)\}$ $n\in\{0,1\}$
- prechod cez prvý vrchol

29. $\delta(q_{REV},*)=\{(r,*'',1)\}$
- označenie *-ky medzi vrcholmi na *" slúži na to, aby sme po skopírovaní druhého vrcholu vedeli, kde sa nachádza prvý vrchol

30. $\delta(r,0)=\{(r_0,0_Z,1)\}$
31. $\delta(r,1)=\{(r_1,1_Z,1)\}$
32. $\delta(r,*)=\{(r_*,*',1)\}$
33. $\delta(r,*'')=\{(r_*,*'',1)\}$
- označenie kopírovaného znaku

34. $\delta(r_0,x)=\{(r_0,x,1)\}$ $x\in\Gamma$
35. $\delta(r_1,x)=\{(r_1,x,1)\}$ $x\in\Gamma$
36. $\delta(r_*,x)=\{(r_*,x,1)\}$ $x\in\Gamma$
- prechod na koniec pásky

37. $\delta(r_0,B)=\{(r_T,0,-1)\}$
38. $\delta(r_1,B)=\{(r_T,1,-1)\}$
39. $\delta(r_*,B)=\{(r_T,*,-1)\}$
- zapísanie prekopírovávaného znaku na koniec pásky

40. $\delta(r_T,x)=\{(r_T,x,-1)\}$ $x\in\Gamma-\{0_Z,1_Z\}$
-návrat na označený znak naposledy prekopírovávaného znaku

41. $\delta(r_T,0_Z)=\{(r,0',1)\}$
42. $\delta(r_T,1_Z)=\{(r,1',1)\}$
43. $\delta(r_T,*')=\{(r,*,1)\}$

- prepísanie naposledy prekopírovávaného znaku na symbol s čiarkou-t.j.aby som v budúcnosti vedel, že tá hrana už bola prekopírovaná na koniec pásky

44. $\delta(r_T,*'')=\{(q_{ZAC},*,-1)\}$
-prekopírovali sme celú hranu a vraciame sa na začiatok pásky

45. $\delta(r,\#)=\{(r_2,\#,-1)\}$
- prekopírovali sme už druhý vrchol hrany

46. $\delta(r_2,x)=\{(r_2,x,-1)\}$ $x\in\{0,1,0',1',*,*''\}$
- návrat cez druhý prekopírovaný a prvý /ešte neprekopírovaný/ vrchol hrany

47. $\delta(r_2,\#)=\{(r,\#,1)\}$
- dostali sme sa na prvý znak prvého vrcholu

Časť 48 až 102 nám zabezpečí otestovanie hrán prekopírovaných na koniec vstupnej pásky a akceptovanie, ak vrcholy hrán na seba 'nadväzujú' a prvý vrchol prvej hrany je rovnaký ako druhý vrchol poslednej hrany.
Vrcholy hrán na seba 'nadväzujú', ak druhý vrchol určitej hrany je rovnaký ako prvý vrchol nasledujúcej hrany.

48. $\delta(q_{TEST},x)=\{(q_{TEST},x,1)\}$ $x\in\{0',1',0,1,0_Z,1_Z,\#,*\}$
49. $\delta(q_{TEST},¢)=\{(t_C,¢,1)\}$
- prechod na koniec vstupnej pásky a nastavenie hlavy na prvý znak nami vytvoreného pokračovania pásky = ďalej už len 'páska'

Časť 50 až 68 slúži na overenie, či prvý vrchol prvej hrany je rovnaký ako druhý vrchol poslednej hrany

50. $\delta(t_C,1)=\{(t_1,1_Z,1)\}$
51. $\delta(t_C,0)=\{(t_0,0_Z,1)\}$
- označenie znaku, ktorý budeme kontrolovať

52. $\delta(t_C,*)=\{(t_C',*,1)\}$
- porovnanie prvého a posledného vrchola prebehlo úspešne, pokračujeme porovnávaním druhého a tretieho vrchola /časť 69 až 82/

53. $\delta(t_1,x)=\{(t_1,x,1)\}$ $x\in\{0,1,0',1',*\}$
54. $\delta(t_0,x)=\{(t_0,x,1)\}$ $x\in\{0,1,0',1',*\}$
- prechod na koniec pásky

55. $\delta(t_1,B)=\{(t_{1\$},\$,-1)\}$
56. $\delta(t_1,\$)=\{(t_{1\$},\$,-1)\}$
57. $\delta(t_0,\$)=\{(t_{0\$},\$,-1)\}$
58. $\delta(t_{1\$},\$)=\{(t_{1*},\$,-1)\}$
59. $\delta(t_{1\$},*)=\{(t_{1*},\$,-1)\}$
- ideme na posledný znak pred $-rom, ak je to * tak ju prepíšeme na $ a ideme pred neho

60. $\delta(t_{1*},n)=\{(t_{1*},n,-1)\}$ $n\in\{0,1\}$
61. $\delta(t_{0\$},n)=\{(t_{0\$},n,-1)\}$ $n\in\{0,1\}$
- prechádzame cez všetky ešte neoznačené /neokontrolované/ znaky

62. $\delta(t_{1*},x')=\{(t_{21},x',1)\}$ $x'\in\{*,0',1'\}$
63. $\delta(t_{0\$},n')=\{(t_{20},n',1)\}$ $n'\in\{*,0',1'\}$
- našli sme naposledy kontrolovaný znak /prípadne *, keď sme ešte žiadny znak nekontrolovali/

64. $\delta(t_{20},0)=\{(t_S,0',-1)\}$
65. $\delta(t_{21},1)=\{(t_S,1',-1)\}$
- ak kontrolovaný znak zodpovedá znaku, ktorý sme tu očakávali, tak ho označíme a vratíme sa

66. $\delta(t_S,x)=\{(t_S,x,-1)\}$ $x\in\{0,1,0',1',*\}$
- vraciame sa na naposledy kontrolovaný znak

67. $\delta(t_S,1_Z)=\{(t_C,1',1)\}$
68. $\delta(t_S,0_Z)=\{(t_C,0',1)\}$
- skontrolovaný znak označíme ako skontrolovaný /t.j. na 0', resp. 1'/ a pokračujeme v kontrolovaní ďalšieho znaku

Časť 69 až 82 slúži na overenie, či druhý a tretí vrchol sú rovnaké, t.j. či druhý vrchol prvej hrany a prvý vrchol druhej hrany sú rovnaké.

69. $\delta(t_C',1)=\{(t_1',1_Z,1)\}$
70. $\delta(t_C',0)=\{(t_0',0_Z,1)\}$
- označenie znaku, ktorý budeme kontrolovať

71. $\delta(t_1',n)=\{(t_1',n,1)\}$ $n\in\{0,1\}$
72. $\delta(t_0',n)=\{(t_0',n,1)\}$ $n\in\{0,1\}$

- prechod cez zvyšné, ešte neokontrolované znaky tohto vrchola

73. $\delta(t_1',*)=\{(t_{1*}',*,1)\}$
74. $\delta(t_0',*)=\{(t_{0*}',*,1)\}$
- prechod cez *, t.j. hlava sa nachádza na prvom znaku ďalšieho /tretieho/ vrchola

75. $\delta(t_{1*}',n')=\{(t_{1*}',n',1)\}$ $n'\in\{0',1'\}$
76. $\delta(t_{0*}',n')=\{(t_{0*}',n',1)\}$ $n'\in\{0',1'\}$
- prechod cez všetky už označené znaky

77. $\delta(t_{1*}',1)=\{(t_S',1',-1)\}$
78. $\delta(t_{0*}',0)=\{(t_S',0',-1)\}$
- nájdenie prvého ešte neskontrolovaného znaku. Ak zodpovedá našej podmienke, tak ho označíme, inak sa stroj zasekne

79. $\delta(t_S',x)=\{(t_S',x,-1)\}$ $x\in\{0,1,0',1',*\}$
- spätný prechod na naposledy označený znak, ktorý sme predtým vybrali na kontrolu

80. $\delta(t_S',0_Z)=\{(t_C',0',1)\}$
81. $\delta(t_S',1_Z)=\{(t_C',1',1)\}$
- označenie naposledy kontrolovaného znaku na už skontrolovaný znak a posun hlavy na ďalší znak, ktorý sa bude kontrolovať

82. $\delta(t_C',*)=\{(t_P'',*,1)\}$
- porovnanie druhého a tretieho vrchola prebehlo úspešne, pokračujeme porovnávaním tretieho a štvrtého vrchola a ďalších zvyšných dvojíc vrcholov /časť 83 až 102/

Časť 83 až 102 slúži na overenie, či štvrtý a piaty vrchol sú rovnaké, /t.j. či druhý vrchol druhej hrany a prvý vrchol tretej hrany sú rovnaké/ a ak sú na páske ešte ďalšie neskontrolované vrcholy, tak aj na ich overenie /pretože graf, ktorý môže obsahovať cyklus musí mať aspoň 3 hrany - lebo ide o neorientovaný graf/.

83. $\delta(t_P'',n')=\{(t_P'',n',1)\}$ $n'\in\{0',1'\}$
84. $\delta(t_P'',*)=\{(t_C'',*,1)\}$
- prechod hlavy na prvý znak ešte neskontrolovaného vrchola

85. $\delta(t_C'',1)=\{(t_1'',1_Z,1)\}$

86. $\delta(t_C'',0)=\{(t_0'',0_Z,1)\}$
- označenie znaku, ktorý budeme kontrolovať

87. $\delta(t_1'',n)=\{(t_1'',n,1)\}$ $n\in\{0,1\}$
88. $\delta(t_0'',n)=\{(t_0'',n,1)\}$ $n\in\{0,1\}$
- prechod cez zvyšné, ešte neokontrolované znaky tohto vrchola

89. $\delta(t_1'',*)=\{(t_{1*}'',*,1)\}$
90. $\delta(t_0'',*)=\{(t_{0*}'',*,1)\}$
- prechod cez *, t.j. hlava sa nachádza na prvom znaku ďalšieho vrchola

91. $\delta(t_{1*}'',n')=\{(t_{1*}'',n',1)\}$ $n'\in\{0',1'\}$
92. $\delta(t_{0*}'',n')=\{(t_{0*}'',n',1)\}$ $n'\in\{0',1'\}$
- prechod cez všetky už označené znaky

93. $\delta(t_{1*}'',1)=\{(t_S'',1',-1)\}$
94. $\delta(t_{0*}'',0)=\{(t_S'',0',-1)\}$
- nájdenie prvého ešte neskontrolovaného znaku. Ak zodpovedá našej podmienke, tak ho označíme, inak sa stroj zasekne

95. $\delta(t_S'',x)=\{(t_S'',x,-1)\}$ $x\in\{0,1,0',1',*\}$
- spätný prechod na naposledy označený znak, ktorý sme predtým vybrali na kontrolu

96. $\delta(t_S'',0_Z)=\{(t_C'',0',1)\}$
97. $\delta(t_S'',1_Z)=\{(t_C'',1',1)\}$
- označenie naposledy kontrolovaného znaku na už skontrolovaný znak a posun hlavy na ďalší znak, ktorý sa bude kontrolovať

98. $\delta(t_C'',*)=\{(t_P'',*,1)\}$
- porovnanie párneho (2n)-tého a nepárneho (2n+1)-ho /pri prvom prechode štvrtého a piateho/ vrchola prebehlo úspešne

99. $\delta(t_P'',n')=\{(t_P'',n',1)\}$ $n'\in\{0',1'\}$
- prechod cez nepárny (2n+1)-vy, naposledy skontrolovaný vrchol

100. $\delta(t_P'',*)=\{(t_{PR}'',*,1)\}$
- presun hlavy na prvý znak vrchola 2n+2

101. $\delta(t_{PR}'',n')=\{\mathbf{(t_{OK},n',0)}\}$ $n'\in\{0',1'\}$

- ak prvý znak tohto 2n+2-ho vrchola je už označený ako skontrolovaný, tak to znamená, že sa nachádzame na prvom znaku posledného vrchola a teda graf zadaný na vstupe obsahuje cyklus - **akceptujeme**

102. $\delta(t_{PR}'',n)=\{(t_C'',n,0)\}$ $n \in \{0,1\}$
- ak prvý znak tohto 2n+2-ho vrchola nie je ešte označený ako skontrolovaný, tak ho skontrolujeme

Dôkaz:

L=L(M)

'$\subseteq$'

Chceme ukázať, že pre každé slovo, ktoré je kódom grafu obsahujúceho cyklus, existuje akceptačný výpočet.

Časť δ-funkcie 1 až 9 nám upraví vstupnú pásku do pre nás jednoduchšieho tvaru, hlava sa premiestni na prvý znak prvého vrchola a budeme v stave q_{START}.

Na začiatku je automat v konfigurácii ($q_0e_{11}\#e_{12}\#\#e_{21}\#e_{22}\#\#...\#\#e_{i1}\#e_{i2}\#\#$), $e_{ij} \in \{0,1\}$. Použitím δ-funkcie časti 1 TS prejde do konfigurácie ($e_{11}q_0\#e_{12}\#\#e_{21}\#e_{22}\#\#...\#\#e_{i1}\#e_{i2}\#\#$). Použitím δ-funkcie časti 2 TS prejde do konfigurácie ($e_{11}*q_1e_{12}\#\#e_{21}\#e_{22}\#\#...\#\#e_{i1}\#e_{i2}\#\#$). Použitím δ-funkcie časti 3 TS prejde do konfigurácie ($e_{11}*e_{12}q_1\#\#e_{21}\#e_{22}\#\#...\#\#e_{i1}\#e_{i2}\#\#$). Použitím δ-funkcie časti 4 TS prejde do konfigurácie ($e_{11}*e_{12}*q_2\#e_{21}\#e_{22}\#\#...\#\#e_{i1}\#e_{i2}\#\#$). Použitím δ-funkcie časti 5 TS prejde do konfigurácie ($e_{11}*e_{12}*\#q_0e_{21}\#e_{22}\#\#...\#\#e_{i1}\#e_{i2}\#\#$). Takto TS pokračuje prechodom cez δ-funkcie časti 1 až 5, pokiaľ nepríde na koniec pásky, t.j. do konfigurácie ($e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...*\#e_{i1}*e_{i2}*\#q_0B$). Potom cez δ-funkciu časti 6 prejde do konfigurácie ($e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...*\#e_{i1}*e_{i2}*\#¢q_{ZAC}B$). Pomocou δ-funkcie časti 7 TS prejde na začiatok pásky, t.j. do konfigurácie ($Bq_{ZAC}e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...*\#e_{i1}*e_{i2}*\#¢B$). δ-funkciou časti 8 TS prepíše prvý Blank na ¢ a prejde do konfigurácie ($¢q_{START}e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...*\#e_{i1}*e_{i2}*\#¢B$).

pôvodná páska: $BBBe_{11}\#e_{12}\#\#e_{21}\#e_{22}\#\#...\#\#e_{i1}\#e_{i2}\#\#BBB$
nová páska: $BBB¢e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...*\#e_{i1}*e_{i2}*\#¢BBB$

Časť δ-funkcie 10 je základným kameňom princípu celého automatu.
Automat sa v tomto stave vie nedeterministicky správne rozhodnúť čo s hranou, na začiatku ktorej sa nachádza, urobí.

$\delta(q_{START},1)=\{(q_{ZAP},1,0), (q_{REV},1,0), (q_{SKOC},1,0), (q_{TEST},1,0)\}$
$\delta(q_{START},1')=\{(q_{SKOC},1',0), (q_{TEST},1',0)\}$

a) prechod do stavu q_{ZAP}
Prechodom do tohto stavu sme spustili časť δ-funkcie 14 až 27, ktorá nám prekopíruje hranu, na začiatku ktorej je hlava, na koniec pásky a automat sa vráti na začiatok pásky /na prvý znak prvej hrany/ a prejde opäť do stavu q_{START}.

Túto časť δ-funkcie dokážeme MI vzhľadom na počet prechodov cyklom 14-26.
IP: Ak sme n-krát prešli cyklom 14-26, tak potom na koniec pásky sme dopísali n znakov /cyklus 14-26 pozostáva z časti δ-funkcie 14 až 26/.
Báza indukcie: Ak sme prešli cyklom 0-krát, tak na koniec pásky sme nič nové nedopísali.
Podľa IP to pre n prechodov cyklom platí. Dokážeme, že to potom platí aj pre n+1 prechodov cyklom.

Po n cykloch je TS v konfigurácii
$(¢e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...xq_{ZAP}y*\#...*\#e_{m1}*e_{m2}*\#¢vx)$, kde $|x|=n$, $x_i \in \{0',1',*\}$ a $y_i \in \{0,1\}$, alebo $x_i \in \{0',1'\}$ a $y_i \in \{0,1,*\}$ /$v=v_{i1}*v_{i2}*v_{i2}*...*$/, pričom môžu nastať 3 možnosti:
a) hlava je na znaku 0, t.j. vyhovuje δ-funckia časti 14 a TS prechádza do konfigurácie $(¢e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...x0_Zq_{Z0}y*\#...*\#e_{m1}*e_{m2}*\#¢vx)$. Z tejto konfigurácie existuje výpočet len cez δ-funkciu časti 17 a prejdeme teda do konfigurácie $(¢e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...x0_Zy*\#...*\#e_{m1}*e_{m2}*\#¢vxq_{Z0}B)$. V tejto konfigurácii TS použitím δ-funkcie časti 20 prepíše Blank na 0 a prejde do stavu q_S /na koniec pásky nám pribudol n+1 znak prepisovanej hrany/.

b) hlava je na znaku 1, t.j. vyhovuje δ-funckia časti 15 a TS prechádza do konfigurácie $(¢e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...x1_Zq_{Z1}y*\#...*\#e_{m1}*e_{m2}*\#¢vx)$. Z tejto konfigurácie existuje výpočet len cez δ-funkciu časti 18 a prejdeme teda do konfigurácie $(¢e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...x1_Zy*\#...*\#e_{m1}*e_{m2}*\#¢vxq_{Z1}B)$. V tejto konfigurácii TS použitím δ-funkcie časti 21 prepíše Blank na 1 a prejde do stavu q_S /na koniec pásky nám pribudol n+1 znak prepisovanej hrany/.

c) hlava je na znaku *, t.j. vyhovuje δ-funckia časti 16 a TS prechádza do konfigurácie $(¢e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...x*'q_{Z*}y*\#...*\#e_{m1}*e_{m2}*\#¢vx)$. Z tejto konfigurácie existuje výpočet len cez δ-funkciu časti 19 a prejdeme teda do konfigurácie $(¢e_{11}*e_{12}*\#e_{21}*e_{22}*\#...x*'y*\#...*\#e_{m1}*e_{m2}*\#¢vxq_{Z*}B)$. V tejto konfigurácii TS použitím δ-funkcie časti 22 prepíše Blank na * a prejde do stavu q_S /na koniec pásky nám pribudol n+1 znak prepisovanej hrany/.

Teraz je TS v konfigurácii
(¢e_{11}*e_{12}*#e_{21}*e_{22}*#...xH'y*#...*#e_{m1}*e_{m2}*#¢vxq_SHB), H'∈ {0_Z,1_Z,*'},
H∈ {0,1,*}. Časťou δ-funkcie 23 sa TS vráti na posledne kopírovaný znak, t.j. bude v konfigurácii (¢e_{11}*e_{12}*#e_{21}*e_{22}*#...xq_SH'y*#...*#e_{m1}*e_{m2}*#¢vxHB), H'∈ {0_Z,1_Z,*'}, H∈ {0,1,*} a tejto konfigurácii vyhovuje len jedna časť δ-funkcie z častí 24 až 26 - znak z H prepíšeme prislúchajúcim znakom z H' a prejdeme do stavu q_{ZAP}, kde môžeme pokračovať v ďalšom cykle /pokiaľ neskopírujeme celú hranu/ alebo keď sme už skopírovali celú hranu, tak hlava je nad # a tejto konfigurácii vyhovuje δ-funkcia časti 27 - prechod do stavu q_{ZAC}, pomocou ktorého TS prejde na začiatok pásky a do stavu q_{START}.

b) prechod do stavu q_{REV}
Prechodom do tohto stavu sme spustili časť δ-funkcie 28 až 47, ktorá nám prekopíruje opačnú hranu /t.j.hranu s vymeneným poradím vrcholov/, na začiatku ktorej je hlava, na koniec pásky a automat sa vráti na začiatok pásky /na prvý znak prvej hrany/ a prejde opäť do stavu q_{START}.

Dôkaz by bol podobný ako pri prechode do stavu q_{ZAP}.

c) prechod do stavu q_{SKOC}
Prechodom do tohto stavu sme spustili časť δ-funkcie 11 až 13, pomocou ktorej z hrany, na začiatku ktorej sa hlava nachádza, automat prejde na najbližšiu ďalšiu hranu /smerom doprava/, hlavu položí na jej prvý znak a opäť prejde do stavu q_{START}. Automat vie prejsť po ľubovoľnej hrane /aj po už označenej/.

d) prechod do stavu q_{TEST}
Prechodom do tohto stavu sme spustili časť δ-funkcie 48 až 102, pomocou ktorej skontrolujeme, či sa automat pri tvorbe cyklu nepomýlil /resp. či vstupný kód grafu naozaj obsahuje cyklus/ a ak sa rozhodoval správne tak akceptujeme v stave q_{OK}. Túto časť δ-funkcie vieme rozdeliť na 3 menšie časti:
Časť 50 až 68 slúži na overenie, či je počiatočný vrchol prvej hrany rovnaký ako koncový vrchol poslednej hrany a prejdeme do druhej časti = 69 až 82. Tu overíme zhodnosť koncového vrcholu prvej hrany a počiatočného vrcholu druhej hrany, a prejdeme do takmer rovnakej časti 83 až 102, v ktorej overíme zhodnosť koncového vrcholu druhej hrany a počiatočného vrcholu tretej hrany. Ak všetko sedí, tak sa automat ide pozrieť na koncový vrchol tretej hrany. Ak už tento vrchol je označený ako overovaný, tak to znamená že kód grafu obsahuje cyklus a automat prejde do akceptačného stavu q_{OK}. Ak tento vrchol ešte nie je označený, tak opäť pomocou časti 83 až 102 overíme, či aj nasledujúce dva vrcholy sú rovnaké. Takto automat pokračuje, až kým neakceptuje alebo sa nezasekne. Rozdelením testu na 3 časti som zabezpečil, že ak automat akceptuje, tak kód grafu pozostával minimálne z troch hrán.

'⊇'

Chceme ukázať, že ak automat nejaké slovo akceptuje, tak toto slovo je kódom grafu, ktorý obsahuje cyklus.

Keď je automat