

**Задача.** Построить машину Тьюринга для перевода из одной конфигурации в другую. На ленте всех машин Тьюринга записаны лишь нули и единицы, при этом пустые ячейки содержат нули. (  $x, y, z$  ) Проверить работу машины Тьюринга для конкретных значений  $x, y, z$ .

$$q_1 0^x 0^y 0^z \rightarrow \begin{cases} q_0 0^x 0^{y+z+3} & \text{если } y > z \\ q_0 0^{x+y+z+4} & \text{если } y \leq z \end{cases}$$

Решение:

команда	результат выполнения	комментарий
$q_1 0 \rightarrow q_8 1$ $q_8 1 \rightarrow q_9 R$	$q_8 1^{x+1} 0^y 0^z 0$ $1 q_9 1^x 0^y 0^z 0$	метим начало единиц, чтобы найти его в случае $x = 0$ сдвиг вправо
$q_9 0 \rightarrow q_2 R$ $q_2 1 \rightarrow q_3 0$ $q_3 0 \rightarrow q_2 R$ $q_2 0 \rightarrow q_4 R$ $q_4 1 \rightarrow q_5 0$ $q_5 0 \rightarrow q_4 R$ $q_4 0 \rightarrow q_6 L$ $q_6 0 \rightarrow q_6 L$ $q_6 1 \rightarrow q_0 0$	$10 q_2 1^y 0^z 0$ $10^{y+1} q_2 0^z 0$ $10^{y+2} q_4 1^z 0$ $10^{y+2+z} q_4 0$ $q_6 10^{y+z+3}$ $q_0 0^{y+z+4}$	случай $x = 0$ обнуляем $y$ , если $y > 0$ и сдвигаем головку вправо  обнуляем $z$ , если $z > 0$ и сдвигаем головку вправо всё обнулили идём влево случай $x = 0$ закончен
$q_9 1 \rightarrow q_7 L$ $q_7 1 \rightarrow q_7 0$ $q_7 0 \rightarrow q_{10} R$ $q_{10} 1 \rightarrow q_{10} R$ $q_{10} 0 \rightarrow q_{11} R$	$q_7 1^{x+1} 0^y 0^z 0$ $q_7 0 1^x 0^y 0^z 0$ $0 q_{10} 1^x 0^y 0^z 0$ $0 1^x q_{10} 0^y 0^z 0$ $0 1^x 0 q_{11} 1^y 0^z 0$	случай $x > 0$ (далее всегда считается именно так) тогда начало ленты помечено нулём подходим к единичкам $x$ переходим через $x$ подходим к месту для единичек $y$
$q_{11} 0 \rightarrow q_{12} R$	$0 1^x 0^y 0 q_{12} 1^z 0$	случай $y = 0$ , тогда $y \leq z$ заведомо выполнено
$q_{12} 0 \rightarrow q_{28} 0$ $q_{28} 0 \rightarrow q_{28} L$ $q_{28} 1 \rightarrow q_{29} 1$ $q_{29} 1 \rightarrow q_{30} 0$ $q_{30} 0 \rightarrow q_{29} L$ $q_{29} 0 \rightarrow q_0 0$	$0 1^x 0 0 q_{28} 0$ $0 1^{x-1} q_{28} 1 0 0 0$ $0 1^{x-1} q_{28} 1 0 0 0$ $0 1^{x-1} q_{29} 1 0 0 0$ $q_{29} 0 0 0 0 0 0$ $q_0 0^{x+4}$	случай $y = z = 0$ сдвигаемся влево до единички из $x$  пока есть единички из $x$ обнуляем их и сдвигаемся влево случай $x > 0, y = z = 0$ закончен
$q_{12} 1 \rightarrow q_{13} 0$ $q_{13} 0 \rightarrow q_{12} R$ $q_{12} 0 \rightarrow q_{14} L$ $q_{14} 0 \rightarrow q_{14} L$ $q_{14} 1 \rightarrow q_{15} 1$ $q_{15} 1 \rightarrow q_{16} 0$ $q_{16} 0 \rightarrow q_{15} L$ $q_{15} 0 \rightarrow q_0 0$	до операции: $0 1^x 0^y 0 q_{12} 1^z 0$ $0 1^x 0^{y+z+2} q_{12} 0$ $0 1^x 0^{y+z+1} q_{14} 0 0$ $0 1^{x-1} q_{14} 1 0^{y+z+3}$ $0 1^{x-1} q_{15} 1 0^{y+z+3}$ $0 1^{x-1} q_{16} 0 0^{y+z+3}$ $q_{15} 0^{x+y+z+4}$ $q_0 0^{x+y+z+4}$	случай $y = 0, z > 0$ обнуляем единички в $z$  идём назад пока не наткнёмся на единичку из $x$ пока видим единичку обнуляем её и сдвигаемся влево конец случая $y = 0, z > 0$
$q_{11} 1 \rightarrow q_{17} 1$ $q_{17} 1 \rightarrow q_{17} R$ $q_{17} 0 \rightarrow q_{18} R$	$0 1^x 0 q_{17} 1^y 0^z 0$ $0 1^x 0^y q_{17} 0^z 0$ $0 1^x 0^y 0 q_{18} 1^z 0$	случай $y > 0$ переходим через единички $y$ подходим к $z$
$q_{18} 0 \rightarrow q_{19} L$ $q_{19} 0 \rightarrow q_{19} L$ $q_{19} 1 \rightarrow q_{20} 1$ $q_{20} 1 \rightarrow q_{21} 0$ $q_{21} 0 \rightarrow q_{20} L$ $q_{20} 0 \rightarrow q_{22} L$ $q_{22} 1 \rightarrow q_{22} L$ $q_{22} 0 \rightarrow q_0 0$	$0 1^x 0^y q_{19} 0 0$ $0 1^x 0^y q_{19} 1 0 0 0$ $0 1^x 0^y q_{20} 1 0 0 0$ $0 1^x q_{20} 0^{y+z+3}$ $0 1^{x-1} q_{22} 1 0^{y+z+3}$ $q_{22} 0 1^x 0^{y+z+3}$ $q_0 0 1^x 0^{y+z+3}$	случай $z = 0$ , тогда выполнено $y > z$ подходим к единичкам из $y$  обнуляем единички из $y$ и сдвигаемся влево подходим к единичкам из $x$ переходим влево к начальному 0 конец случая $y > z = 0$

$q_{18}1 \rightarrow q_{23}1$ $q_{23}1 \rightarrow q_{24}L$ $q_{24}0 \rightarrow q_{24}L$ $q_{24}1 \rightarrow q_{25}0$ $q_{25}0 \rightarrow q_{26}L$	$01^x01^y0q_{23}1^z0$ $01^x01^yq_{24}01^z0$ $01^x01^{y-1}q_{24}101^z0$ $01^x01^{y-1}q_{25}001^z0$	случай $y > 0, z > 0$ сдвигаемся влево до единички из $y$ обнуляем её ( $y \rightarrow y - 1$ ) смотрим что стоит левее
$q_{26}0 \rightarrow q_{27}0$ $q_{27}0 \rightarrow q_{27}R$ $q_{27}1 \rightarrow q_{12}1$	$01^x0\dots0q_{27}1^z0$ $01^x0\dots0q_{12}1^z0$	если 0, то $y \leq z$ сдвигаемся вправо до единички из $z$ вызываем подпрограмму обнуления на случай $y \leq z$
$q_{26}1 \rightarrow q_{31}1$ $q_{31}1 \rightarrow q_{32}R$ $q_{32}0 \rightarrow q_{32}R$ $q_{32}1 \rightarrow q_{33}0$ $q_{33}0 \rightarrow q_{34}R$	$01^x0\dots q_{32}1^z0$ $01^x0\dots q_{33}01^{z-1}0$ $01^x0\dots0q_{34}1^{z-1}0$	если ещё осталась единичка в $y$ сдвигаемся вправо до единички из $z$ обнуляем её ( $z \rightarrow z - 1$ ) сдвигаемся вправо
$q_{34}0 \rightarrow q_{35}0$ $q_{35}0 \rightarrow q_{19}0$	$01^x0\dots q_{35}0$	если там стоит 0, то $y > z$ вызываем подпрограмму обнуления на случай $y > z$
$q_{34}1 \rightarrow q_{23}1$		если там 1, то уменьшенные на 1 $y$ и $z$ больше 0, закидываемся

Проверка работы машины для  $x = y = z = 2$ :

$q_10110110110 \rightarrow q_81110110110 \rightarrow 1q_9110110110 \rightarrow q_71110110110 \rightarrow q_70110110110 \rightarrow 0q_{10}110110110 \rightarrow$   
 $01q_{10}10110110 \rightarrow 011q_{10}0110110 \rightarrow 0110q_{11}110110 \rightarrow 0110q_{17}110110 \rightarrow 01101q_{17}10110 \rightarrow 011011q_{17}0110 \rightarrow$   
 $0110110q_{18}110 \rightarrow 0110110q_{23}110 \rightarrow 011011q_{24}0110 \rightarrow 01101q_{24}10110 \rightarrow 01101q_{25}00110 \rightarrow 0110q_{26}100110 \rightarrow$   
 $0110q_{31}100110 \rightarrow 01101q_{32}00110 \rightarrow 011010q_{32}0110 \rightarrow 0110100q_{32}110 \rightarrow 0110100q_{33}010 \rightarrow 01101000q_{34}10 \rightarrow$   
 $01101000q_{23}10 \rightarrow 0110100q_{24}010 \rightarrow 011010q_{24}0010 \rightarrow 01101q_{24}00010 \rightarrow 0110q_{24}100010 \rightarrow 0110q_{25}000010 \rightarrow$   
 $011q_{26}0000010 \rightarrow 011q_{27}0000010 \rightarrow 0110q_{27}000010 \rightarrow 01100q_{27}00010 \rightarrow 011000q_{27}0010 \rightarrow 0110000q_{27}010 \rightarrow$   
 $01100000q_{27}10 \rightarrow 01100000q_{12}10 \rightarrow 01100000q_{13}00 \rightarrow 011000000q_{12}0 \rightarrow 01100000q_{14}00 \rightarrow 0110000q_{14}000 \rightarrow$   
 $011000q_{14}0000 \rightarrow 01100q_{14}00000 \rightarrow 0110q_{14}000000 \rightarrow 011q_{14}0000000 \rightarrow 01q_{14}10000000 \rightarrow 01q_{15}10000000 \rightarrow$   
 $01q_{16}00000000 \rightarrow 0q_{15}100000000 \rightarrow 0q_{16}000000000 \rightarrow q_{15}0000000000 \rightarrow q_00000000000.$