

Эмулятор машины Тьюринга

Что такое машина Тьюринга?

Машина Тьюринга - это универсальный исполнитель (абстрактная вычислительная машина), предложенный английским математиком А. Тьюрингом в 1936 году как уточнения понятия алгоритма. Согласно тезису Тьюринга, любой алгоритм может быть записан в виде программы для машины Тьюринга.

Машина Тьюринга состоит из каретки (считывающей и записывающей головки) и бесконечной ленты, разбитой на ячейки. Каждая ячейка ленты может содержать символ из некоторого алфавита $A = \{a_0, a_1, \dots, a_N\}$. Любой алфавит содержит символ «пробел», который обозначается как a_0 или \square .

Машина Тьюринга - это автомат, который управляется таблицей. Строки в таблице соответствуют символам выбранного алфавита A , а столбцы - состояниям автомата $Q = \{q_0, q_1, \dots, q_M\}$. В начале работы машина Тьюринга находится в состоянии q_1 . Состояние q_0 - это конечное состояние, попав в него, автомат заканчивает работу.

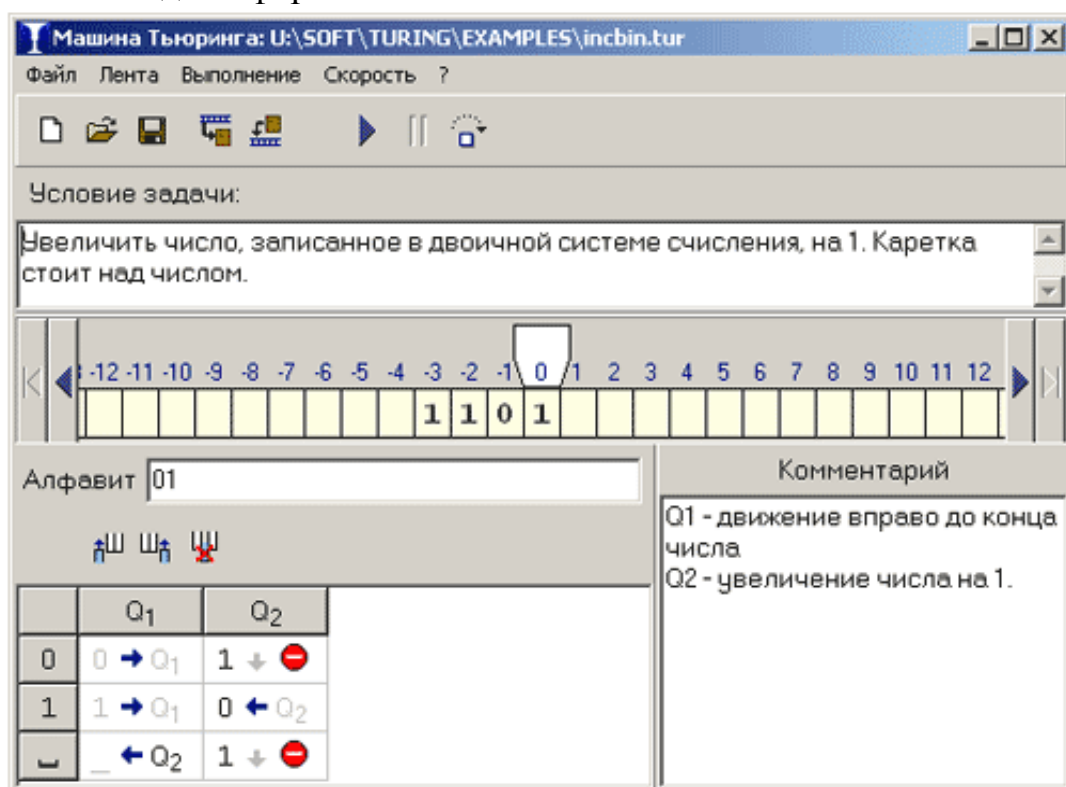
В каждой клетке таблицы, соответствующей некоторому символу a_i и некоторому состоянию q_j , находится команда, состоящая из трех частей

- символ из алфавита A
- направление перемещения: «>» (вправо), «<» (влево) или «.» (на месте)
- новое состояние автомата

При вводе команд пробел заменяется знаком подчеркивания «_».

Как работать с программой?

В верхней части программы находится поле редактора, в которое можно ввести условие задачи в свободной форме.



Лента перемещается влево и вправо с помощью кнопок, расположенных слева и справа от нее. Двойным щелчком по ячейке ленты (или щелчком правой кнопкой мыши) можно изменить ее содержимое.

С помощью меню *Лента* можно запомнить состояние ленты во внутреннем буфере и восстановить ленту из буфера.

В поле *Алфавит* задаются символы выбранного алфавита. Пробел добавляется к введенным символам автоматически.

В таблице в нижней части окна набирается программа. В первом столбце записаны символы алфавита, он заполняется автоматически. В первой строке перечисляются все возможные состояния. Добавить и удалить столбцы таблицы (состояния) можно с помощью кнопок, расположенных над таблицей.

При вводе команды в ячейку таблицы сначала нужно ввести новый символ, затем направление перехода и номер состояния. Если символ пропущен, по умолчанию он не изменяется. Если пропущен номер состояния, по умолчанию состояние автомата не изменяется.

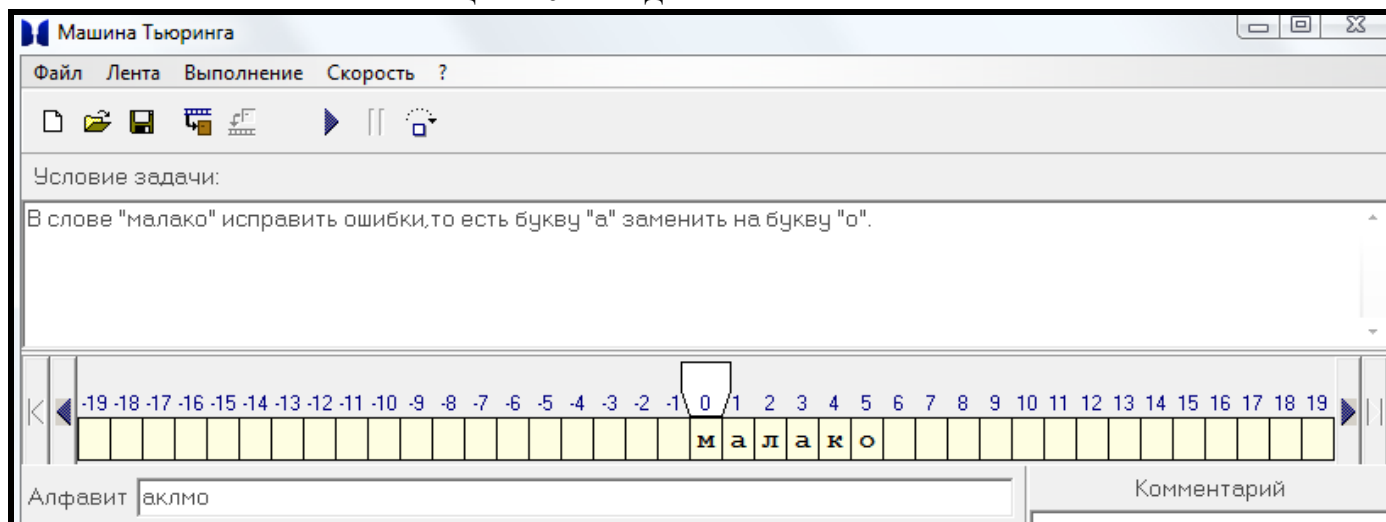
Справа в поле *Комментарий* можно вводить в произвольной форме комментарии к решению. Чаще всего там объясняют, что означает каждое состояние машины Тьюринга.


Программа может выполняться непрерывно (F9) или по шагам (F8). Команда, которая сейчас будет выполняться, подсвечивается зеленым фоном. Скорость выполнения регулируется с помощью меню *Скорость*.







Выполнение программы: в таблице отыскивается ячейка на пересечении первой строки (т.к. автомат находится в состоянии q1) и того столбца, который соответствует первому символу входного слова (это необязательно левый столбец таблицы), и выполняется такт, указанный в этой ячейке. В результате автомат окажется в новой конфигурации. Теперь такие же действия повторяются, но уже для новой конфигурации: в таблице отыскивается ячейка, соответствующая состоянию и символу этой конфигурации, и выполняется такт из этой ячейки. И так далее.

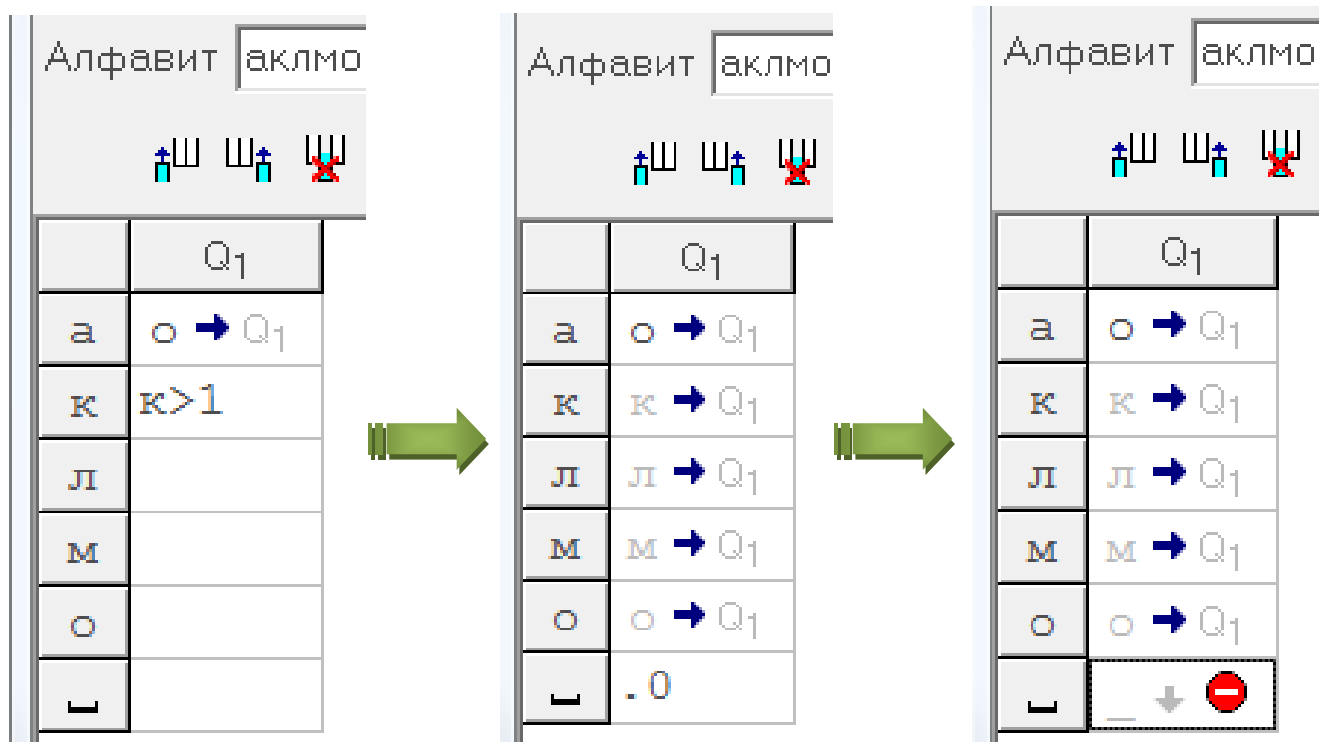
Пример 1. Написать машину Тьюринга, которая исправляет ошибку в слове «малако».

- Запускаем программу turing.exe.
- Вносим символы «аклмо» в алфавит программы.
- На ленте начиная с позиции «0» вводим слово «малако».

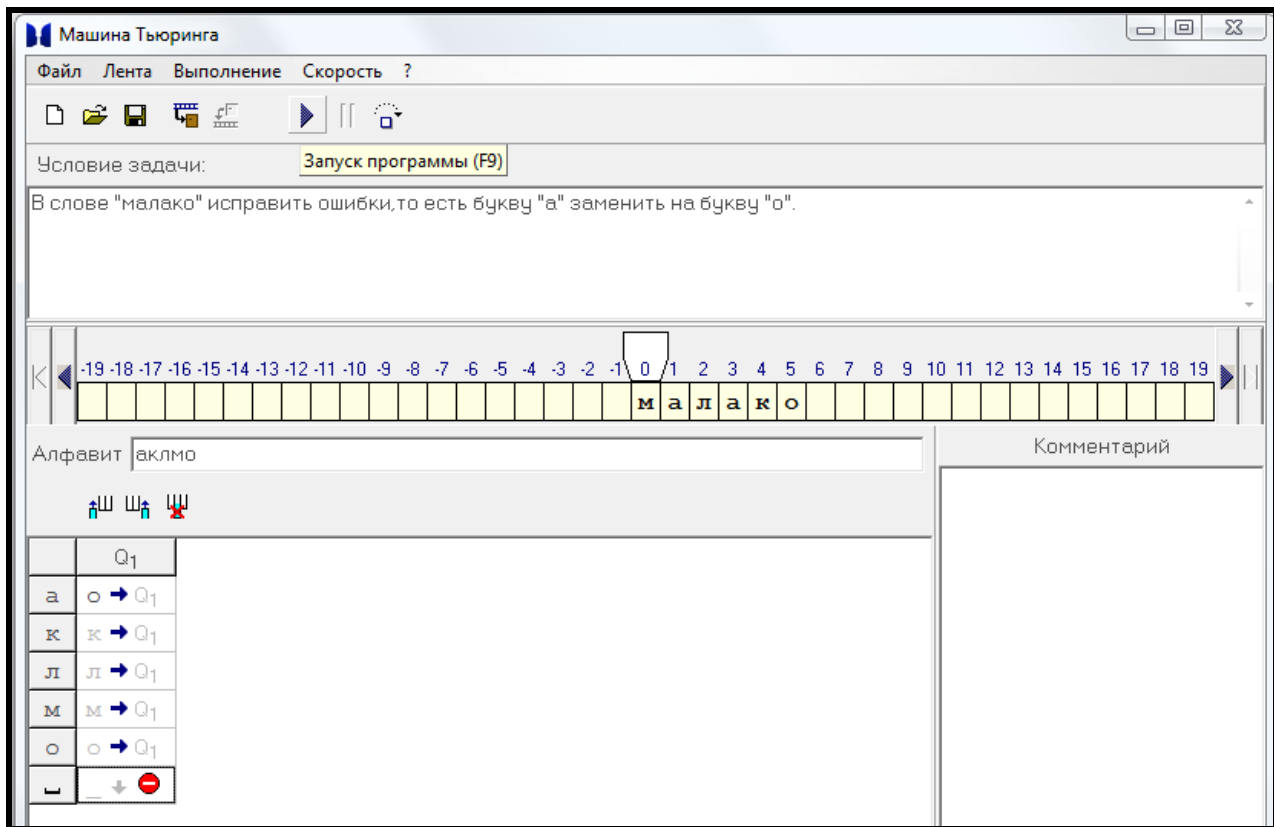


- Удаляем ненужные столбцы Q кнопкой .
- Заполняем таблицу командами.

-  о>1
-  к>1
-  л>1
-  м>1
-  о>1
-  .0



- Запускаем программу.



Задание.

Написать машину Тьюринга, которая исправляет ошибку в слове «пороллилаграмм».

Написать машину Тьюринга, которая исправляет ошибку в слове «иксковотар».

Задание 2. Дано натуральное число $n > 1$. Разработать машину Тьюринга, которая уменьшала бы заданное число n на 1, при этом в выходном слове старшая цифра не должна быть 0. Например, если входным словом было “100”, то выходным словом должно быть “99”, а не “099”. Автомат в состоянии q_1 обозревает правую цифру числа.

	a_0	0	1	2	...	8	9
q_1		9 л q_1	0 л q_2	1 н q_0	...	7 н q_0	8 н q_0
q_2	a_0 л q_3	0 н q_0	1 н q_0	2 н q_0	...	8 н q_0	9 н q_0
q_3		a_0 н q_0					

Состояние q_1 — уменьшаем младшую (очередную) цифру на 1. Если она больше 1, то после уменьшения — сразу останов, если же младшая цифра равна 0, то вместо нее пишем 9, смещаемся влево и вновь выполняем вычитание. Если уменьшаемая цифра равна 1, то вместо нее пишем 0 и переходим в состояние q_2 .

Состояние q_2 — после записи “0” в каком-либо разряде надо проанализировать, не является ли этот ноль старшей незначащей цифрой (т.е. не стоит ли слева от него в записи выходного слова a_0).

Состояние q_3 — если записанный “0” является старшей незначащей цифрой, то его надо удалить из записи выходного слова.

Те клетки, в которые машина Тьюринга никогда не попадает, оставляем пустыми.

Задание 3. Дан массив из открывающих и закрывающих скобок. Построить машину Тьюринга, которая удаляла бы пары взаимных скобок, т.е. расположенных подряд “()”.

Например, дано “((((((”, надо получить “) . . . ((”.

Автомат в состоянии q_1 обозревает крайний левый символ строки.

Ключ к заданию.

- ✚ Состояние q_1 : если встретили “(”, то сдвиг вправо и переход в состояние q_2 ; если встретили “a₀”, то останов.
- ✚ Состояние q_2 : анализ символа “(” на парность, в случае парности должны увидеть “)”. Если парная, то возврат влево и переход в состояние q_3 .
- ✚ Состояние q_3 : стираем сначала “(”, затем “)” и переходим в q_1 .

Задание 4.

<p>Реализовать на эмуляторе машины Тьюринга алгоритм вычисления функции $\varphi(n) = n - 4$.</p> <p>Вычислите $\varphi(102)$ $\varphi(4508)$</p>	<p>Реализовать на эмуляторе машины Тьюринга алгоритм вычисления функции $\varphi(n) = n - 3$.</p> <p>Вычислите $\varphi(305)$ $\varphi(7138)$</p>
--	--

Задание 5.

Построить машину Тьюринга, которая прибавляет единицу к числу на ленте. Машина должна прибавить единицу к последней цифре числа. Если последняя цифра равна 9, то ее заменить на 0 и прибавить единицу к предыдущей цифре. В начальный момент машина находится против самой правой цифры числа.