

**Донецкий национальный технический университет**

---

**Факультет компьютерных наук и технологий  
Кафедра «Прикладная математика»**

**Ю.Н. Добровольский**

**Реализация машины Тьюринга на персональ-  
ном компьютере**

(Учебно-методическое пособие)

**Для студентов специальности  
«Прикладная математика»**

**Донецк 2018**

Государственное образовательное учреждение высшего профессио-  
нального образования  
«Донецкий национальный технический университет»

Факультет компьютерных наук и технологий  
Кафедра прикладной математики

**Ю.Н. Добровольский**

**Реализация машины Тьюринга на персональ-  
ном компьютере**

(Учебно-методическое пособие)

**Для студентов специальности  
«Прикладная математика»**

Рассмотрено  
на заседании кафедры ПМ  
протокол № \_ от “\_” \_\_\_\_\_ 2018 г.

Утверждено  
учебно-издательским советом ДонНТУ  
протокол №\_ от “\_” \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Донецк 2018**

УДК 681.3.07

Добровольский Ю.Н. Реализация машины Тьюринга на персональном компьютере. Решение задач. (Учебно-методическое пособие)-Д: ДонНТУ, 2018. – 10 с.

Пособие посвящено составлению программ для машины Тьюринга на персональном компьютере.

В первую очередь предназначено для студентов имеющих опыт составление программ в бумажном формате.

Пошаговое выполнение программы для машины Тьюринга на компьютере дает наглядность, что способствует глубже понять и осмыслить процесс решения задачи.

Все программы, которые предлагаются в данном пособии, подробно описаны в пособии:

Павлыш В.Н, Добровольский Ю.Н. Машина Тьюринга, алгоритмы Маркова, рекурсивные функции. Решение задач. (Учебно-методическое пособие)-Д: ДонНТУ, 2018. – 34с.

Автор:

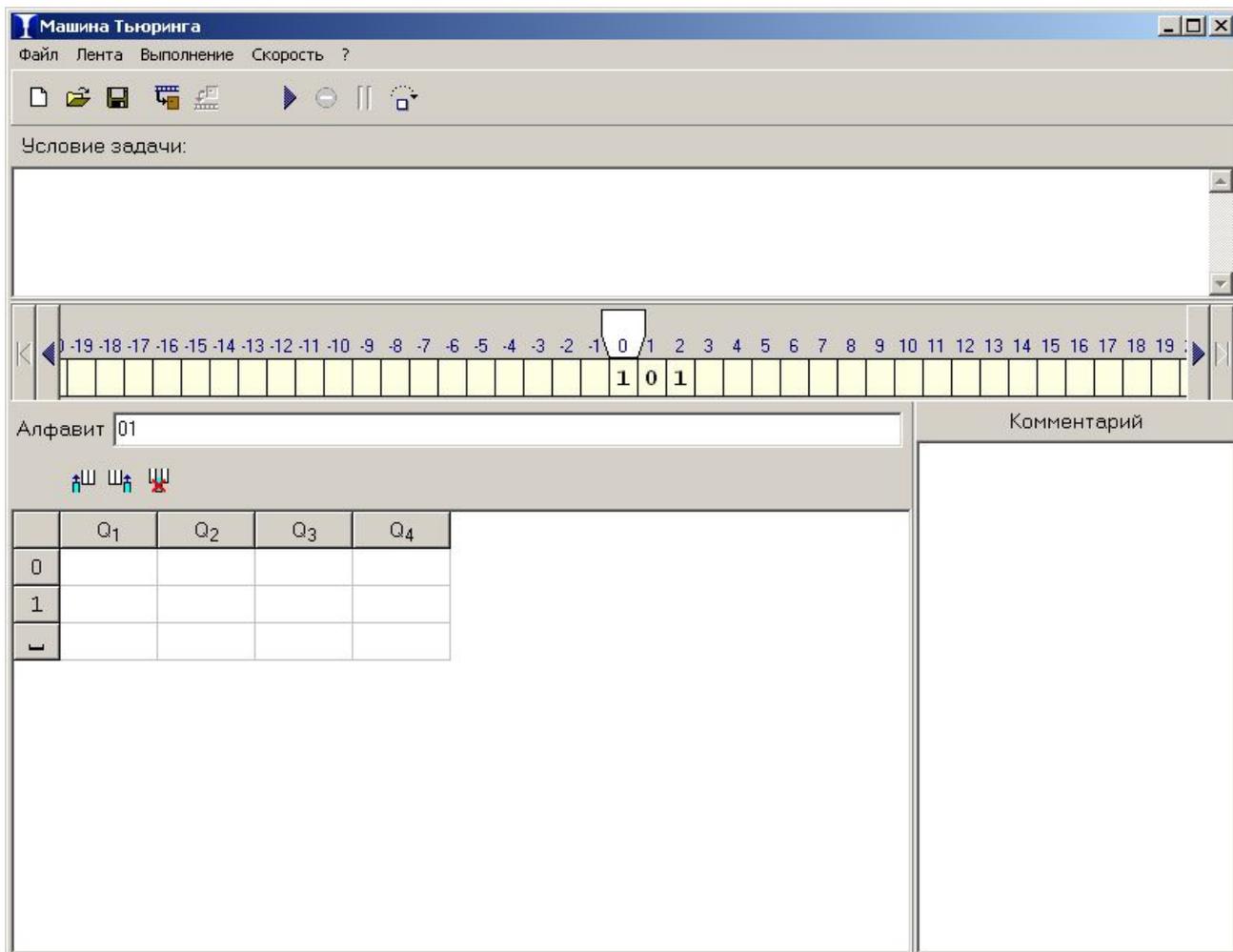
Ю.Н. Добровольский

Отв. за выпуск:

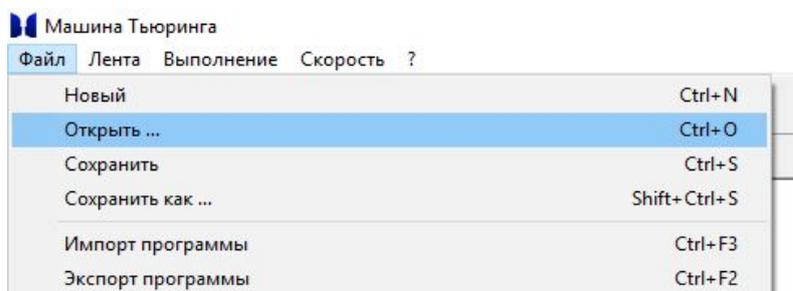
В.Н. Павлыш, д.т.н., профессор

© ГОУВПО ДонНТУ. 2018

Для создания программы для машины Тьюринга нужен один единственный файл **turing.exe**. После запуска этого файла, мы видим следующее стандартное окно:

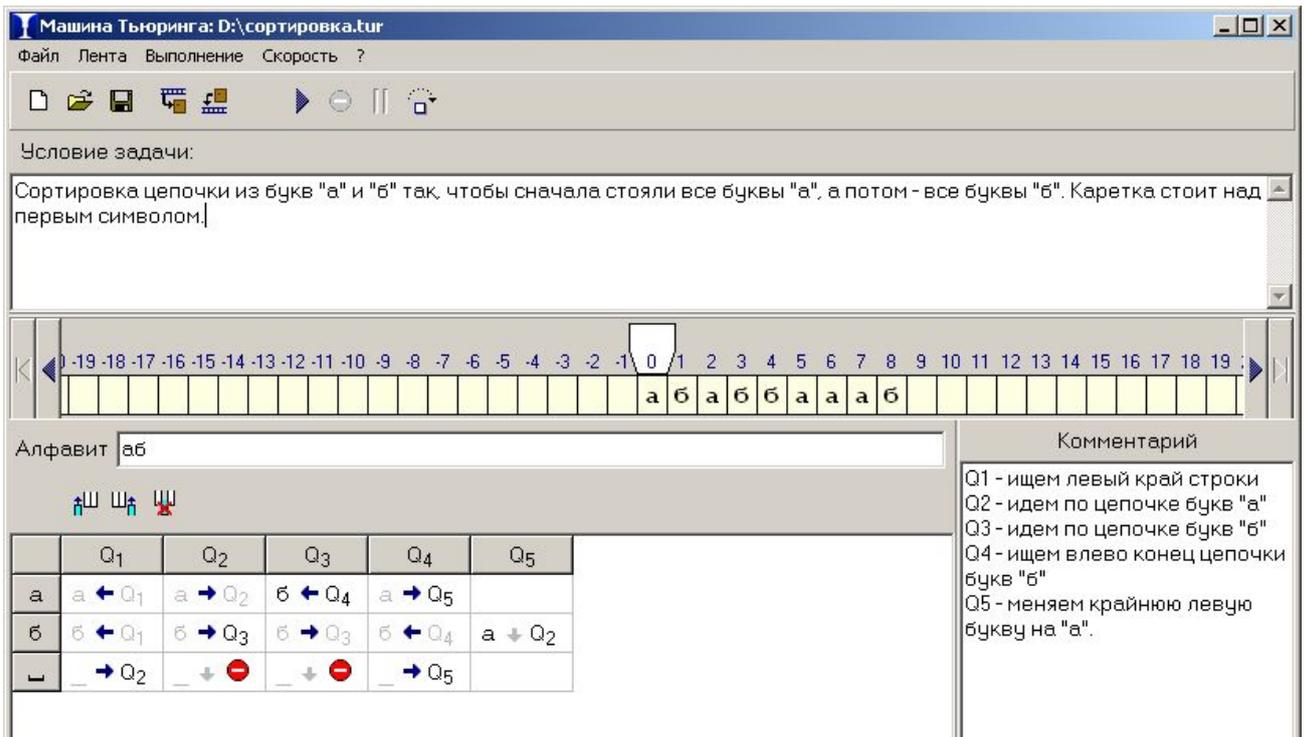


Для того, чтобы произвести **загрузку или выгрузку файла программы** для МТ необходимо перейти во вкладку **Файл**, в верхнем левом углу и выбрать соответствующие подменю **Новый**, **Открыть**, **Сохранить**, **Сохранить как**:



Чтобы произвести **экспорт кода программы или импорт в текстовый файл** – используется подменю **Файл**→**Импорт(экспорт)** программы.

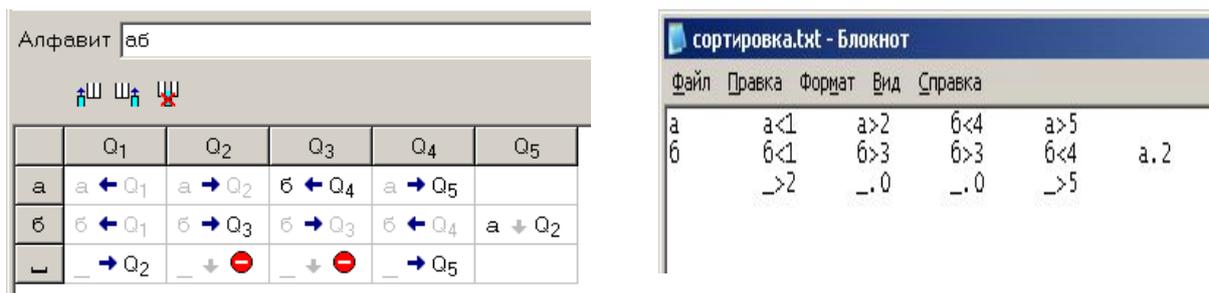
Давайте попробуем экспортировать написанную нами программу в файл. У нас есть программа:



Используем подменю: **Файл** → **Экспорт программы** и выбираем куда его сохранить. Файл, который будет создан или загружен будет иметь расширение **.txt** и будет иметь вид:



А теперь сравним табличку в программе и табличку на выходе в текстовый файл:



Соответственно, чтобы записать в программе значение в ячейке, как на рисунке ниже, необходимо:



Дважды кликаем мышкой по ячейке и вводим **а<1**. Затем нажимаем **Enter**. Перед этим не забываем указать алфавит.

Читается этот элемент таблички так: «Если автомат находится в состоянии Q<sub>1</sub> и обозревает на ленте «а», то записывает он в ячейку «а», переходит в состояние Q<sub>1</sub>, а головка смещается влево.»

Давайте разберем на примере другой ячейки, на пересечении строки «б» и столбца «Q5», что же за запись таится в ней:

Алфавит		аб				
		Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>	Q <sub>5</sub>
а		а ← Q <sub>1</sub>	а → Q <sub>2</sub>	б ← Q <sub>4</sub>	а → Q <sub>5</sub>	
б		б ← Q <sub>1</sub>	б → Q <sub>3</sub>	б → Q <sub>3</sub>	б ← Q <sub>4</sub>	а ↓ Q <sub>2</sub>
_		_ → Q <sub>2</sub>	_ ↓	_ ↓	_ → Q <sub>5</sub>	

Читается этот элемент таблички так : «Если автомат находится в состоянии Q5 и обозревает на ленте «б», то записывает он в ячейку «а», переходит в состояние Q2, а головка остается на месте.»

**Записи в ячейках означают:**

→ - Автомат смещает головку вправо.

← - Автомат смещает головку влево.

↓ - Автомат не смещает головку

- Автомат завершает свою работу.

\_ (нижнее подчеркивание) – это запись пустого символа в ячейку таблицы.

**Как записать символы в ячейку?**

→ - Символ на английской раскладке клавиатуры «>».

← - Символ на английской раскладке клавиатуры «<».

↓ - Просто ставите точку «.»

- Ставите ноль «0».

### Составление программ для машины Тьюринга на персональном компьютере.

**Пример 1** (перемещение автомата, замена символов)

$A = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ . Пусть  $P$  – непустое слово; значит,  $P$  – это последовательность из десятичных цифр. Требуется получить на ленте запись числа, которое на 1 больше числа  $P$ .

Условие задачи:  
Пример1 (перемещение автомата, замена символов)  
 $A = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9\}$ . Пусть  $P$  - непустое слово; значит,  $P$  - это последовательность из десятичных цифр. Требуется получить на ленте запись числа, которое на 1 больше числа  $P$ .  
Начальное положение - автомат находится под первой цифрой числа.

Алфавит 0123456789

	Q <sub>1</sub>	Q <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	Q <sub>4</sub>
0	0 → Q <sub>1</sub>	1 +		
1	1 → Q <sub>1</sub>	2 +		
2	2 → Q <sub>1</sub>	3 +		
3	3 → Q <sub>1</sub>	4 +		
4	4 → Q <sub>1</sub>	5 +		
5	5 → Q <sub>1</sub>	6 +		
6	6 → Q <sub>1</sub>	7 +		
7	7 → Q <sub>1</sub>	8 +		
8	8 → Q <sub>1</sub>	9 +		
9	9 → Q <sub>1</sub>	0 + Q <sub>2</sub>		
_	← Q <sub>2</sub>	1 +		

Комментарий  
Q1 - движение под последнюю цифру числа.  
Q2 - прибавление 1.

**Пример 2 (анализ символов)**  
 $A=\{a,b,c\}$ . Перенести первый символ непустого слова  $P$  в его конец.

**Пример 3 (сравнение символов, стирание слова)**  
 $A=\{a,b,c\}$ . Если первый и последний символы (непустого) слова  $P$  одинаковы, тогда это слово не менять, а иначе заменить его на пустое слово.

**Пример 4 (удаление символа из слова)**  
 $A=\{a,b\}$ . Удалить из слова  $P$  его второй символ, если такой есть.

Условие задачи:  
 Пример4 (удаление символа из слова)  
 $A=\{a,b\}$ . Удалить из слова  $P$  его второй символ, если такой есть.

Алфавит ab

	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$
a	$\_ \rightarrow Q_2$	a + $\ominus$ b + $\ominus$	b + $\ominus$
b	$\_ \rightarrow Q_3$	a + $\ominus$ b + $\ominus$	b + $\ominus$
$\_$	$\_ + \ominus$	a + $\ominus$ b + $\ominus$	b + $\ominus$

Комментарий  
 $Q_1$  - анализ и удаление 1-го символа, разветвление,  
 $Q_2$  - замена 2-го символа на a,  
 $Q_3$  - замена 2-го символа на b.

**Пример 5 (сжатие слова)**  
 $A=\{a,b,c\}$ . Удалить из слова  $P$  первое вхождение символа a, если такое есть.

Условие задачи:  
 Пример5 (сжатие слова)  
 $A=\{a,b,c\}$ . Удалить из слова  $P$  первое вхождение символа a, если такое есть.

Алфавит abc

	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$
a	$\_ \rightarrow Q_2$	b + $\ominus$ c + $\ominus$	b + $\ominus$ c + $\ominus$
b	$\_ \rightarrow Q_3$	b $\rightarrow Q_2$ b + $\ominus$ c + $\ominus$	c $\rightarrow Q_2$
c	$\_ \rightarrow Q_3$	b $\rightarrow Q_3$ b + $\ominus$ c + $\ominus$	c $\rightarrow Q_3$
$\_$	$\_ + \ominus$	b + $\ominus$ c + $\ominus$	b + $\ominus$ c + $\ominus$

Комментарий  
 $Q_1$  - стереть 1-й символ и перенести его вправо,  
 $Q_2$  - запись b, перенос ранее видного символа вправо,  
 $Q_3$  - запись c, перенос ранее видного символа вправо.

### Пример 6 (вставка символа в слово)

$A=\{a,b,c\}$ . Если  $P$  – непустое слово, то за его первым символом вставить символ  $a$ .

Условие задачи:  
Пример6 (вставка символа в слово)  
 $A=\{a,b,c\}$ . Если  $P$ - непустое слово, то за его первым символом вставить символ  $a$ .

Алфавит | abc

	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$
a	a ← $Q_2$				a → $Q_5$
b	b ← $Q_3$				a → $Q_5$
c	c ← $Q_4$				a → $Q_5$
␣	␣ → $Q_1$	a → $Q_5$	b → $Q_5$	c → $Q_5$	

Комментарий  
Q1 - анализ 1-го символа для переноса его влево,  
Q2 - приписать a слева,  
Q3 - приписать b слева,  
Q4 - приписать c слева,  
Q5 - заменить бывший 1-й символ на a.

### Пример7 (раздвижка слова)

$A=\{a,b,c\}$ . Вставить в слово  $P$  символ  $a$  за первым входжением символа  $c$ , если такое есть.

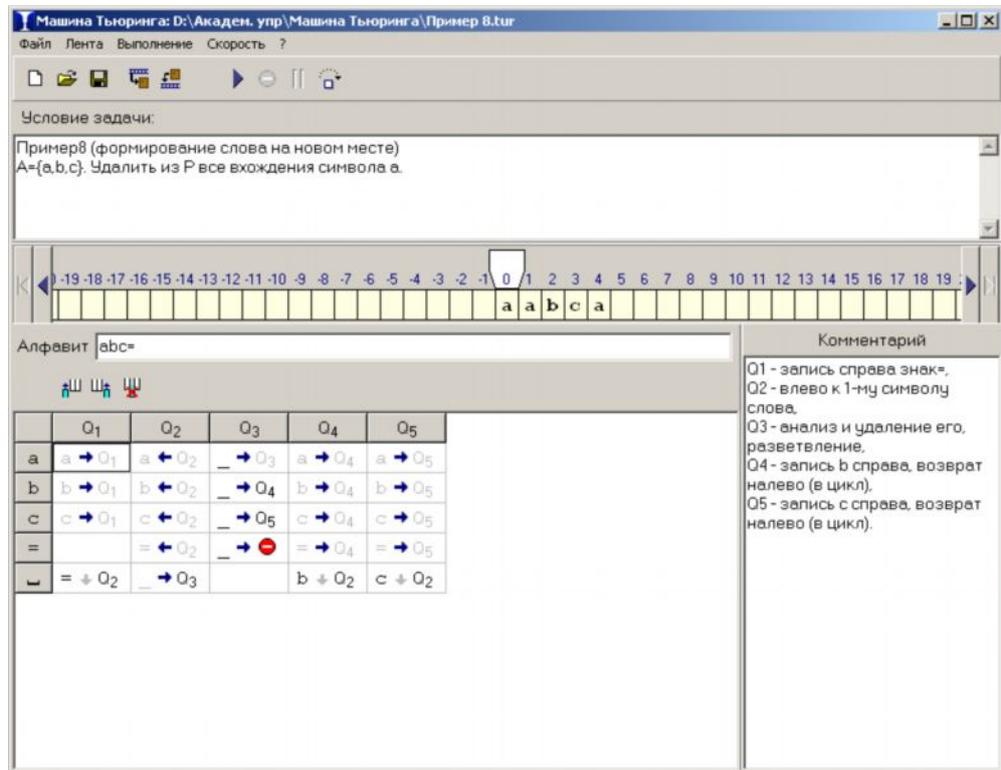
Условие задачи:  
Пример7 (раздвижка слова)  
 $A=\{a,b,c\}$ . Вставить в слово  $P$  символ  $a$  за первым входжением символа  $c$ , если такое есть.

Алфавит | abc

	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$
a	a → $Q_1$	a ← $Q_2$	b ← $Q_3$	c ← $Q_4$
b	b → $Q_1$	a ← $Q_3$	b ← $Q_3$	c ← $Q_3$
c	a ← $Q_4$	a ← $Q_4$	b ← $Q_4$	c ← $Q_4$
␣	␣ → $Q_1$	a → $Q_2$	b → $Q_3$	c → $Q_4$

Комментарий  
Q1 - вправо до c, вставка a вместо c, перенос c влево,  
Q2 - перенос a справа,  
Q3 - перенос b справа,  
Q4 - перенос c справа.

**Пример8** (формирование слова на новом месте)  
 $A=\{a,b,c\}$ . Удалить из  $P$  все вхождения символа  $a$ .



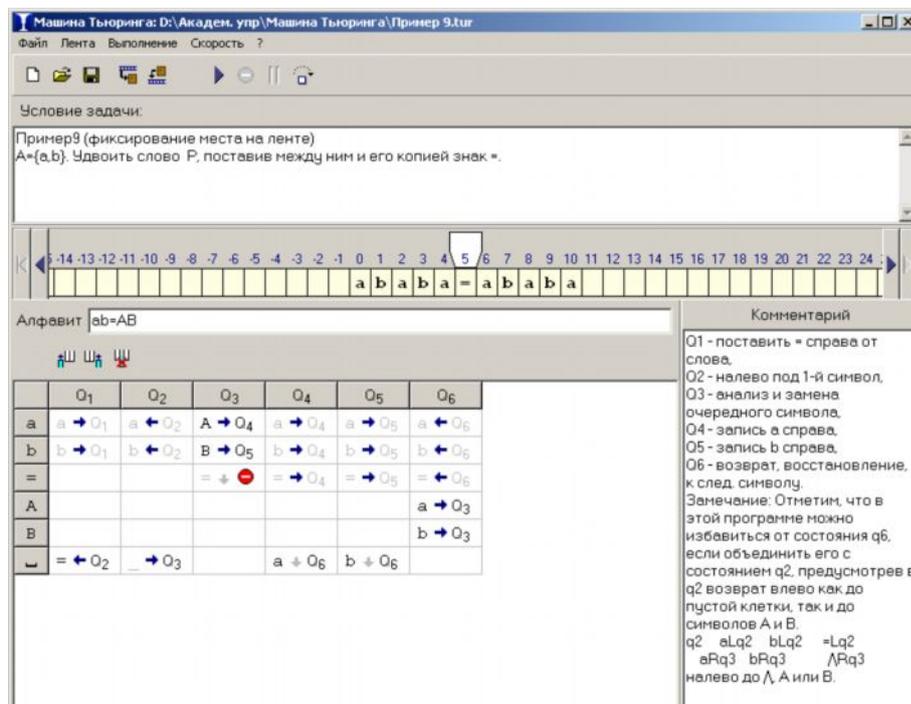
Условие задачи:  
 Пример8 (формирование слова на новом месте)  
 $A=\{a,b,c\}$ . Удалить из  $P$  все вхождения символа  $a$ .

Алфавит: abc

	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$
a	$a \rightarrow Q_1$	$a \leftarrow Q_2$	$\_ \rightarrow Q_3$	$a \rightarrow Q_4$	$a \rightarrow Q_5$
b	$b \rightarrow Q_1$	$b \leftarrow Q_2$	$\_ \rightarrow Q_4$	$b \rightarrow Q_4$	$b \rightarrow Q_5$
c	$c \rightarrow Q_1$	$c \leftarrow Q_2$	$\_ \rightarrow Q_5$	$c \rightarrow Q_4$	$c \rightarrow Q_5$
=		$= \leftarrow Q_2$	$\_ \rightarrow Q_5$	$= \rightarrow Q_4$	$= \rightarrow Q_5$
$\_$	$= \rightarrow Q_2$	$\_ \rightarrow Q_3$		$b \rightarrow Q_2$	$c \rightarrow Q_2$

Комментарий  
 Q1 - запись справа знак=  
 Q2 - влево к 1-му символу слова.  
 Q3 - анализ и удаление его, разветвление.  
 Q4 - запись b справа, возврат налево (в цикл).  
 Q5 - запись c справа, возврат налево (в цикл).

**Пример9** (фиксирование места на ленте)  
 $A=\{a,b\}$ . Удвоить слово  $P$ , поставив между ним и его копией знак  $=$ .



Условие задачи:  
 Пример9 (фиксирование места на ленте)  
 $A=\{a,b\}$ . Удвоить слово  $P$ , поставив между ним и его копией знак  $=$ .

Алфавит: ab=A

	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$
a	$a \rightarrow Q_1$	$a \leftarrow Q_2$	$A \rightarrow Q_4$	$a \rightarrow Q_4$	$a \rightarrow Q_5$	$a \leftarrow Q_6$
b	$b \rightarrow Q_1$	$b \leftarrow Q_2$	$B \rightarrow Q_5$	$b \rightarrow Q_4$	$b \rightarrow Q_5$	$b \leftarrow Q_6$
=			$= \rightarrow Q_4$	$= \rightarrow Q_4$	$= \rightarrow Q_5$	$= \leftarrow Q_6$
A						$a \rightarrow Q_3$
B						$b \rightarrow Q_3$
$\_$	$= \leftarrow Q_2$	$\_ \rightarrow Q_3$		$a \rightarrow Q_6$	$b \rightarrow Q_6$	

Комментарий  
 Q1 - поставить '=' справа от слова.  
 Q2 - налево под 1-й символ.  
 Q3 - анализ и замена очередного символа.  
 Q4 - запись a справа.  
 Q5 - запись b справа.  
 Q6 - возврат, восстановление, к след. символу.  
 Замечание: Отметим, что в этой программе можно избавиться от состояния q6, если объединить его с состоянием q2, предусмотрев в q2 возврат влево как до пустой клетки, так и до символов A и B.  
 $q_2$  aLq2 bLq2 =Lq2  
 aRq3 bRq3 ^Rq3  
 налево до ^, A или B.

**Замечание.** Если в ячейке отсутствует команда, то это означает, что такая конфигурация недопустима.