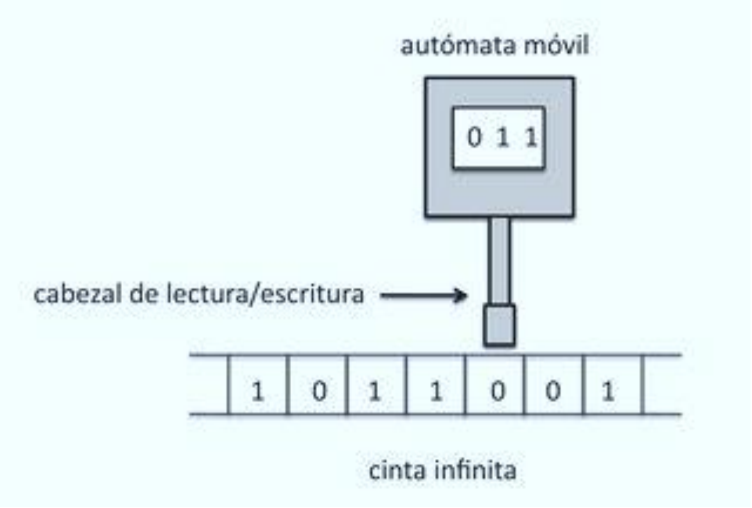
Introducción a las Máquinas de Turing

Máquina de turing

Una máquina de turing consta de:

- Una cinta dividida en celdas, que es infinita en ambos sentidos
- Una unidad de control: que se desplaza hacia adelante y hacia atrás, y que en cada paso está en un estado diferente de entre un conjunto finito de estados
- Tienen la capacidad para leer y escribir en la cinta, mientras la unidad de control se desplaza hacia delante y hacia atrás
- Poseen memoria



Máquina de turing

Una máquina de Turing T= (S, I, f, q_0) donde:

- S es un conjunto finito de estados
- I es un alfabeto de símbolos de entrada que contiene el símbolo B del espacio en blanco
- Una función parcial f de S x I en S x I x {R,L}
- q_0 es el estado inicial

Máquina de turing

En cada paso la unidad de control lee el símbolo de la cinta x

La unidad de control está en el estado q_0

La función parcial f está definida como:

$$f(q_0,x) = (q_1,y,d)$$

De q_0 pasa a q_1

Borra el x y escribe el y

Determina si la cabeza se mueve a la derecha (R) o a la izquierda (L)

Si f no esta definida entonces la máquina de Turing se para

Máquina de turing

En cada paso la unidad de control lee el símbolo de la cinta x

La unidad de control está en el estado q_0

La función parcial f está definida como: $f(q_0,x) = (q_1,y,d)$

La 5-tupla resultante entonces estaría definida por:

$$(q_{0,}x,\ q_{1,}y,d)$$

De q_0 pasa a q_1

Borra el x y escribe el y

Determina si la cabeza se mueve a la derecha (R) o a la izquierda (L)

Ejemplo

- ¿Cuál es la cinta final que se obtiene al desplazarse la maquina T sobe la cinta, si la máquina está definida por siete tuplas 5-tuplas siguientes: Estado inicial: q0

$(q_{0,}0, q_0,0,R)$

$(q_{0,}1, q_1,1,R)$

$(q_{0,}B, q_3,B,R)$

$(q_{1,}0, q_0,0,R)$

$(q_{1,}1, q_2,0,L)$

$(q_{1,}B, q_3,B,R)$

$(q_{2,}1, q_3,0,R)$

Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$

$(q_0, 1, q_1, 1, R)$

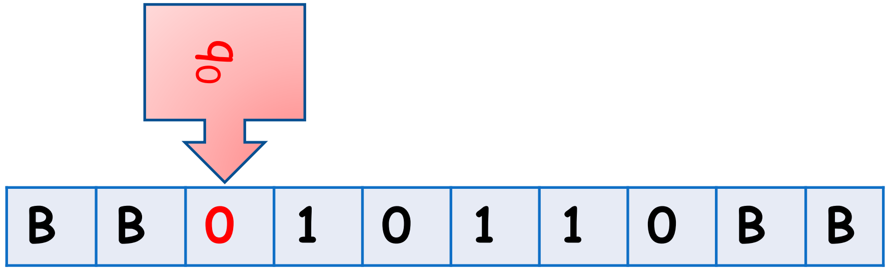
(q_0, B, q_3, B, R)

$(q_1, 0, q_0, 0, R)$

$(q_1, 1, q_2, 0, L)$

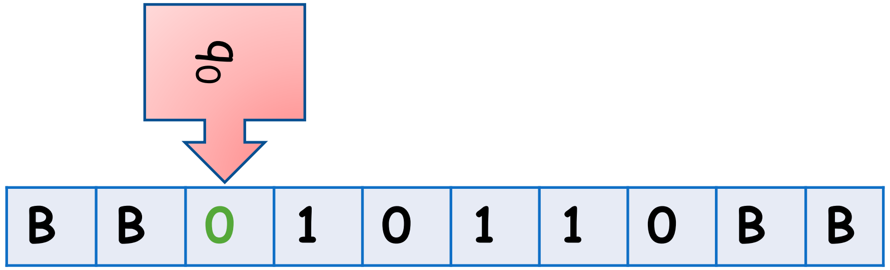
(q_1, B, q_3, B, R)

$(q_2, 1, q_3, 0, R)$

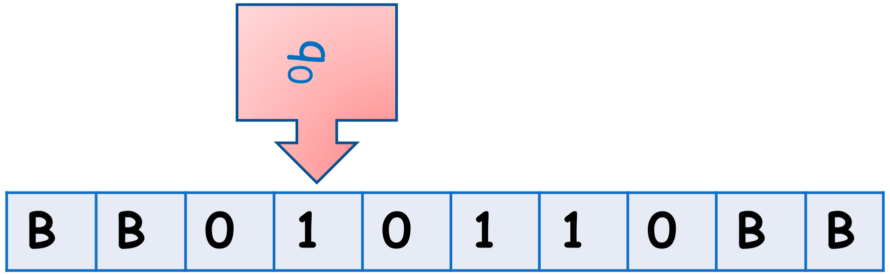


Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$
$(q_0, 1, q_1, 1, R)$
(q_0, B, q_3, B, R)
$(q_1, 0, q_0, 0, R)$
$(q_1, 1, q_2, 0, L)$
(q_1, B, q_3, B, R)
$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



Ejemplo



$(q_0, 0, q_0, 0, R)$

$(q_0, 1, q_1, 1, R)$

(q_0, B, q_3, B, R)

$(q_1, 0, q_0, 0, R)$

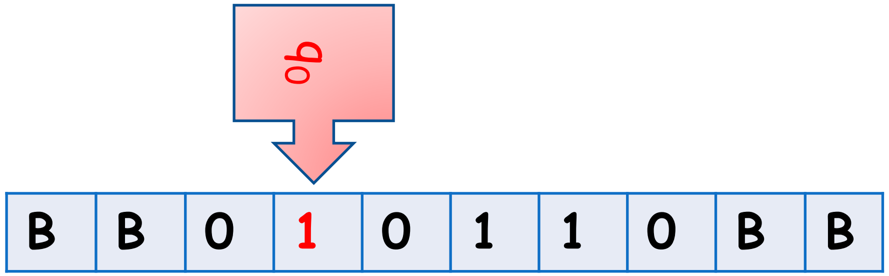
$(q_1, 1, q_2, 0, L)$

(q_1, B, q_3, B, R)

$(q_2, 1, q_3, 0, R)$

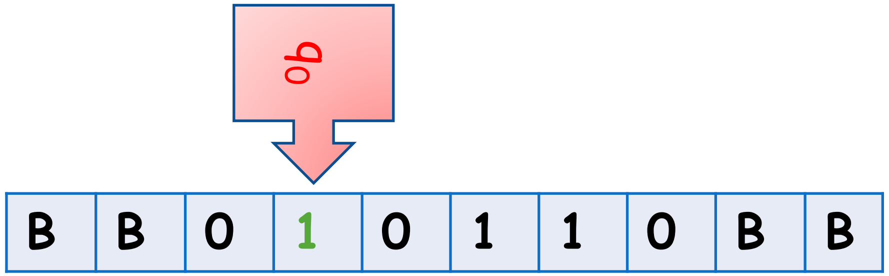
Ejemplo

$(q_0, 0,\ q_0, 0, R)$
$(q_0, 1,\ q_1, 1, R)$
$(q_0, B,\ q_3, B, R)$
$(q_1, 0,\ q_0, 0, R)$
$(q_1, 1,\ q_2, 0, L)$
$(q_1, B,\ q_3, B, R)$
$(q_2, 1,\ q_3, 0, R)$



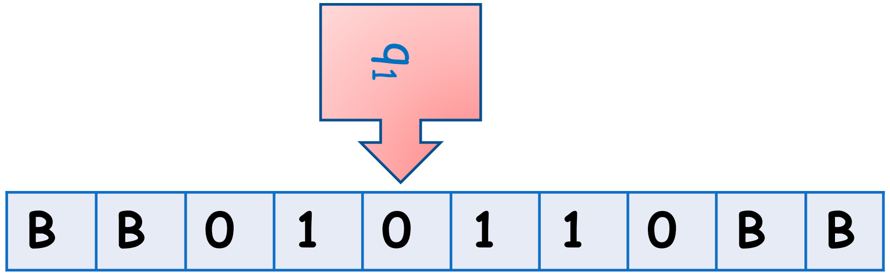
Ejemplo

$(q_{0,}0,\ q_0,0,R)$
$(q_{0,}1,\ q_1,1,R)$
$(q_{0,}B,\ q_3,B,R)$
$(q_{1,}0,\ q_0,0,R)$
$(q_{1,}1,\ q_2,0,L)$
$(q_{1,}B,\ q_3,B,R)$
$(q_{2,}1,\ q_3,0,R)$



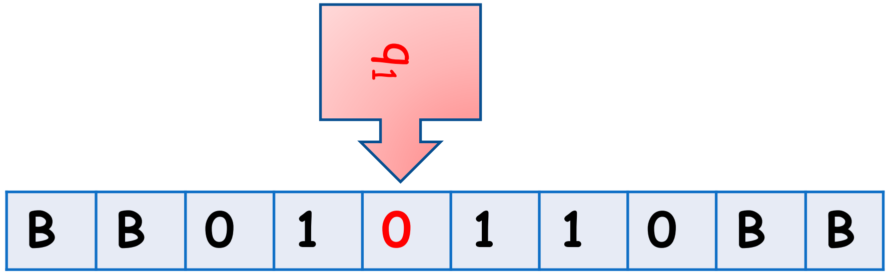
Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$
$(q_0, 1, q_1, 1, R)$
(q_0, B, q_3, B, R)
$(q_1, 0, q_0, 0, R)$
$(q_1, 1, q_2, 0, L)$
(q_1, B, q_3, B, R)
$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



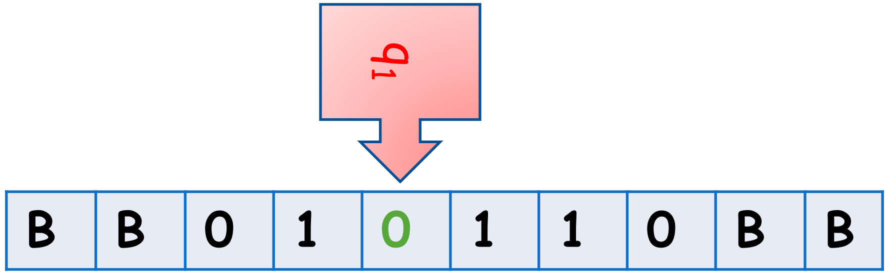
Ejemplo

$(q_{0,}0,\ q_0,0,R)$
$(q_{0,}1,\ q_1,1,R)$
$(q_{0,}B,\ q_3,B,R)$
$(q_{1,}0,\ q_0,0,R)$
$(q_{1,}1,\ q_2,0,L)$
$(q_{1,}B,\ q_3,B,R)$
$(q_{2,}1,\ q_3,0,R)$



Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$
$(q_0, 1, q_1, 1, R)$
(q_0, B, q_3, B, R)
$(q_1, 0, q_0, 0, R)$
$(q_1, 1, q_2, 0, L)$
(q_1, B, q_3, B, R)
$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$

$(q_0, 1, q_1, 1, R)$

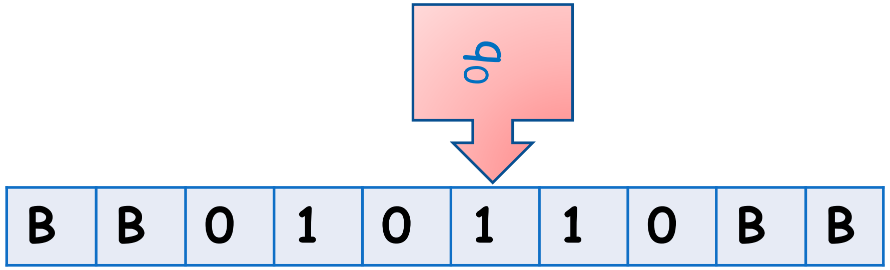
(q_0, B, q_3, B, R)

$(q_1, 0, q_0, 0, R)$

$(q_1, 1, q_2, 0, L)$

(q_1, B, q_3, B, R)

$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$

$(q_0, 1, q_1, 1, R)$

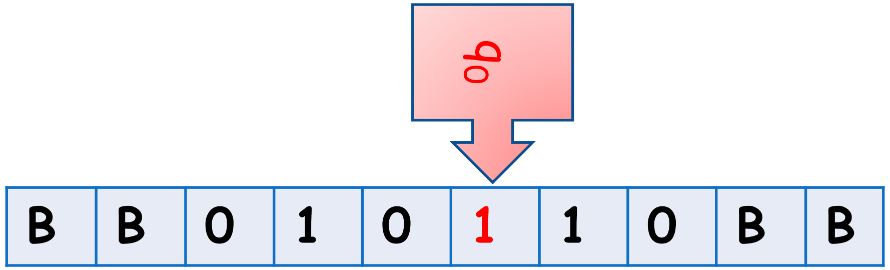
(q_0, B, q_3, B, R)

$(q_1, 0, q_0, 0, R)$

$(q_1, 1, q_2, 0, L)$

(q_1, B, q_3, B, R)

$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$

$(q_0, 1, q_1, 1, R)$

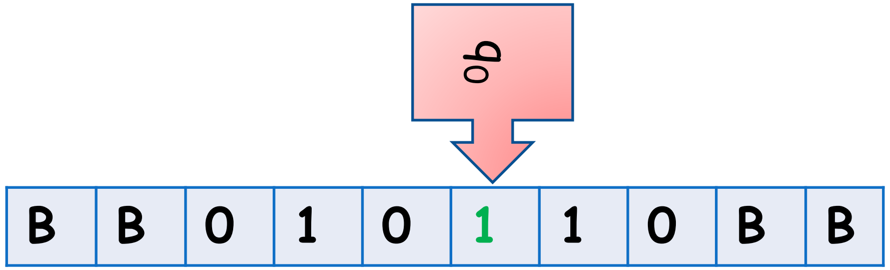
(q_0, B, q_3, B, R)

$(q_1, 0, q_0, 0, R)$

$(q_1, 1, q_2, 0, L)$

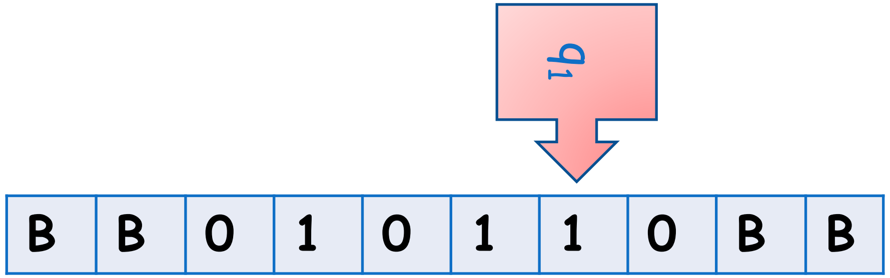
(q_1, B, q_3, B, R)

$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



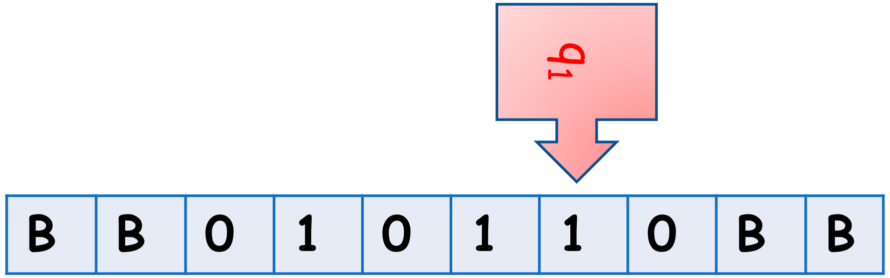
Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$
$(q_0, 1, q_1, 1, R)$
(q_0, B, q_3, B, R)
$(q_1, 0, q_0, 0, R)$
$(q_1, 1, q_2, 0, L)$
(q_1, B, q_3, B, R)
$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



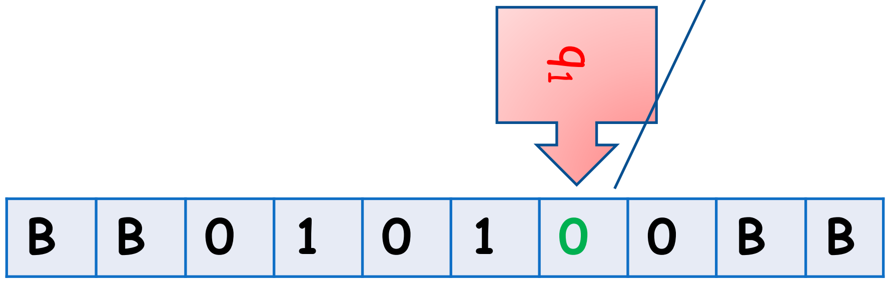
Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$
$(q_0, 1, q_1, 1, R)$
(q_0, B, q_3, B, R)
$(q_1, 0, q_0, 0, R)$
$(q_1, 1, q_2, 0, L)$
(q_1, B, q_3, B, R)
$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$
$(q_0, 1, q_1, 1, R)$
(q_0, B, q_3, B, R)
$(q_1, 0, q_0, 0, R)$
$(q_1, 1, q_2, 0, L)$
(q_1, B, q_3, B, R)
$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



Donde estaba el 1 lo borro y escribo el 0

Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$

$(q_0, 1, q_1, 1, R)$

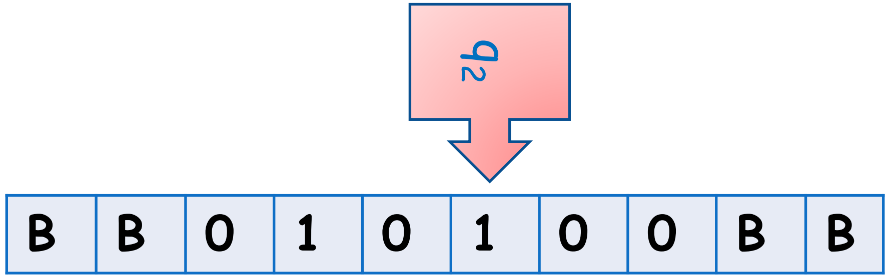
(q_0, B, q_3, B, R)

$(q_1, 0, q_0, 0, R)$

$(q_1, 1, q_2, 0, L)$

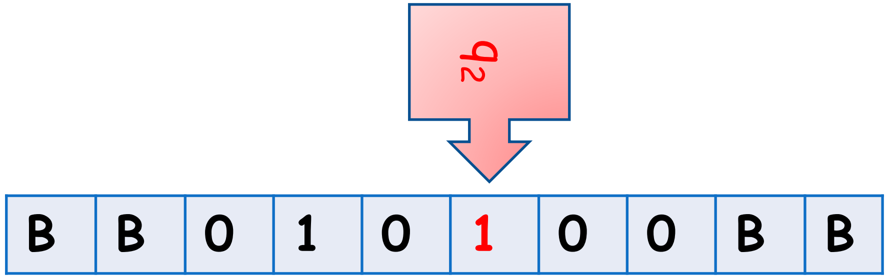
(q_1, B, q_3, B, R)

$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$
$(q_0, 1, q_1, 1, R)$
(q_0, B, q_3, B, R)
$(q_1, 0, q_0, 0, R)$
$(q_1, 1, q_2, 0, L)$
(q_1, B, q_3, B, R)
$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$

$(q_0, 1, q_1, 1, R)$

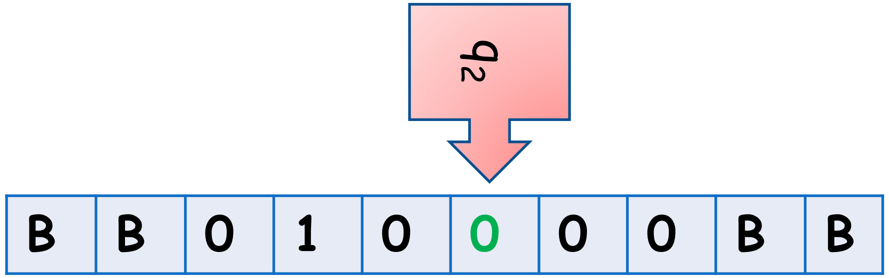
(q_0, B, q_3, B, R)

$(q_1, 0, q_0, 0, R)$

$(q_1, 1, q_2, 0, L)$

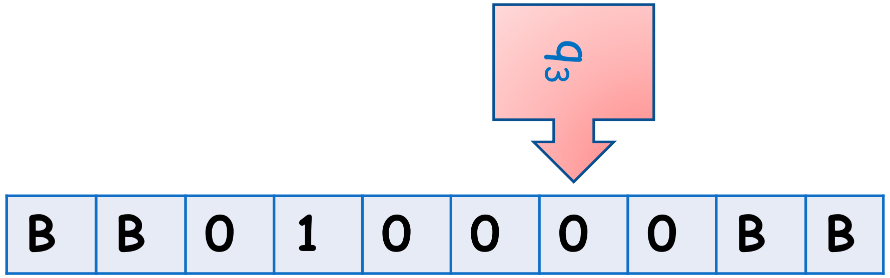
(q_1, B, q_3, B, R)

$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



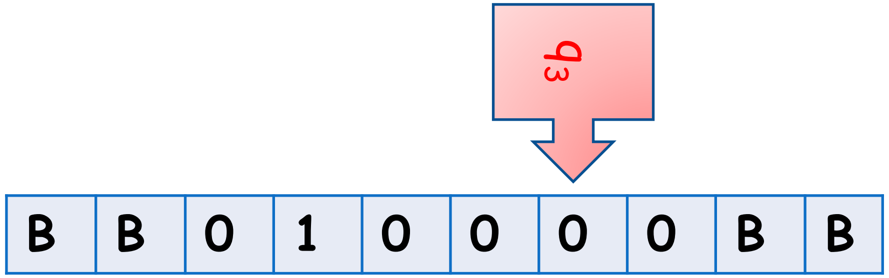
Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$
$(q_0, 1, q_1, 1, R)$
(q_0, B, q_3, B, R)
$(q_1, 0, q_0, 0, R)$
$(q_1, 1, q_2, 0, L)$
(q_1, B, q_3, B, R)
$(q_2, 1, q_3, 0, R)$



Ejemplo

$(q_0, 0,\ q_0, 0, R)$
$(q_0, 1,\ q_1, 1, R)$
$(q_0, B,\ q_3, B, R)$
$(q_1, 0,\ q_0, 0, R)$
$(q_1, 1,\ q_2, 0, L)$
$(q_1, B,\ q_3, B, R)$
$(q_2, 1,\ q_3, 0, R)$

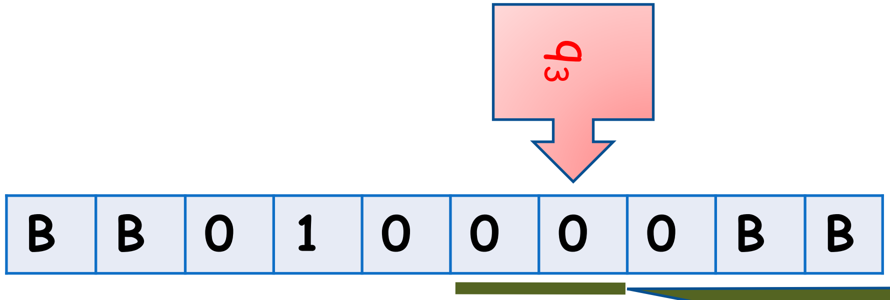


Aquí ya para porque no existe una tupla que empiece por (q3,0)

Ejemplo

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$
$(q_0, 1, q_1, 1, R)$
(q_0, B, q_3, B, R)
$(q_1, 0, q_0, 0, R)$
$(q_1, 1, q_2, 0, L)$
(q_1, B, q_3, B, R)
$(q_2, 1, q_3, 0, R)$

Aquí ya para porque no existe una tupla que empiece por (q3,0)



La máquina cambia el primer par de unos consecutivos de la cinta por ceros y se detiene

Ejemplo

- Que hace la máquina de Turing definida por las 5-tuplas siguientes **en cada una de las cintas**? $(q_0, 0, q_1, 1, R)$, $(q_0, 1, q_1, 0, R)$, $(q_0, B, q_1, 0, R)$, $(q_1, 0, q_2, 1, L)$, $(q_1, 1, q_1, 0, R)$ y $(q_1, B, q_2, 0, L)$

B	B	0	0	1	1	B	B

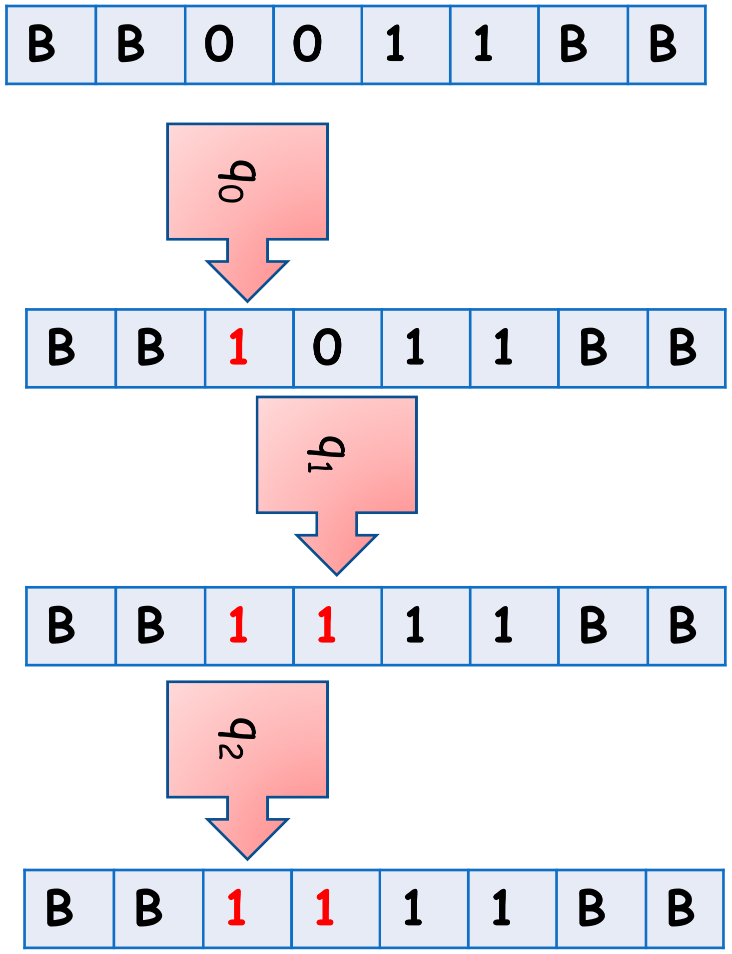
B	B	1	0	1	B	B	B

B	B	1	1	B	0	1	B

B	B	B	B	B	B	B	B

Ejemplo

$(q_0, 0, q_1, 1, R)$,
$(q_0, 1, q_1, 0, R)$,
$(q_0, B, q_1, 0, R)$,
$(q_1, 0, q_2, 1, L)$,
$(q_1, 1, q_1, 0, R)$ y
$(q_1, B, q_2, 0, L)$



$(q_0, 0, q_1, 1, R)$,

$(q_1, 0, q_2, 1, L)$,

Devuelve la cadena 1111

Para no existe la tupla $(q_2, 1)$

Ejercicios

- Que hace la máquina de Turing definida por las 5-tuplas **en cada cinta?** $(q_0,0, q_0,1,R)$, $(q_0,1, q_1,0,R)$, $(q_0,B, q_1,0,R)$, $(q_1,0, q_2,1,L)$, $(q_1,1, q_1,0,R)$ y $(q_1,B, q_2,0,L)$

B	B	1	0	1	B	B	B

B	B	1	1	B	0	1	B

B	B	B	B	B	B	B	B

Uso de las máquinas de Turing para reconocer conjuntos

- **El estado final** de una máquina de Turing es un estado que no es el primer estado de ninguna 5-tupla de T, por ejemplo:

$$(q_2, 1, q_3, 0, R)$$

Uso de las máquinas de Turing para reconocer conjuntos

Sea V un subconjunto del alfabeto I. **Una máquina de Turing $T = (S, I, f, q_0)$ reconoce la cadena *x* de V* si, y sólo si, comenzando desde la posición inicial, T para en un estado final al escribir *x* en la cinta.**

Se dice que T reconoce un subconjunto *A* de V* si *x* es reconocido por T si, y sólo si, *x* pertenece a *A*.

Uso de las máquinas de Turing para reconocer conjuntos

Una máquina de Turing **no reconoce una cadena** cuando:

- La máquina no para, es decir,
- Cuando opera sobre la cinta comenzando en la posición inicial y colocando los símbolos de x en celdas consecutivas llega a un estado que no es un estado final

Ejemplo

- Defina una máquina de Turing que reconozca el conjunto de cadenas de bits que tienen un 1 como segundo bit, esto es, la expresión regular **(0 U 1) 1(0 U 1)***

Ejemplo

- Defina una máquina de Turing que reconozca el conjunto de cadenas de bits que tienen un 1 como segundo bit, esto es, la expresión regular **(0 U 1) 1(0 U 1)***

Queremos realizar una máquina que, se mueva a la derecha y determine **si el segundo símbolo es o no un 1**.

- **Si es un 1** debe desplazarse a un **estado final**
- **Sino** la máquina no debería parar o **llegar a un estado que no es final.**

Ejemplo

- Defina una máquina de Turing que reconozca el conjunto de cadenas de bits que tienen un 1 como segundo bit, esto es, la expresión regular (0 U 1) 1(0 U 1)*

1. **Analicemos**… las posibles cintas de nuestra máquina podrían ser:

B	B	0	1	1	1	B	B
B	B	1	1	1	1	B	B
B	B	0	0	1	1	B	B
B	B	1	0	1	1	B	B

Válidas: Aquellas que empiezan con 0 o con 1, seguidas de un 1

No válidas: Aquellas que empiezan con 0 o con 1, seguidas de un 0

Ejemplo

- Defina una máquina de Turing que reconozca el conjunto de cadenas de bits que tienen un 1 como segundo bit, esto es, la expresión regular (0 U 1) 1(0 U 1)*

2. Creamos las 5-túplas que nos permitan leer el primer símbolo que puede ser 0 o 1 y pasar al estado q_1

$(q_0, 0, q_1, 0, R)$ o

$(q_0, 1, q_1, 1, R)$

B	B	0	1	1	1	B	B

B	B	1	1	1	1	B	B

B	B	0	0	1	1	B	B

B	B	1	0	1	1	B	B

(0 U 1)

Ejemplo

Defina una máquina de Turing que reconozca el conjunto de cadenas de bits que tienen un 1 como segundo bit, esto es, la expresión regular (0 U 1) 1(0 U 1)*

$(q_0, 0, q_1, 0, R)$ o

$(q_0, 1, q_1, 1, R)$

En la 5-túpla anterior nos hemos movido a la derecha con el estado q_1, por lo que **debemos definir las 5-túplas de este estado**, cuando tome valores de 0 o de 1 así:

$(q_1, 1, ?, ?, ?)$

$(q_1, 0, ?, ?, ?)$

Ejemplo

- Defina una máquina de Turing que reconozca el conjunto de cadenas de bits que tienen un 1 como segundo bit, esto es, la expresión regular (0 U 1) 1(0 U 1)*

$(q_1, 1, ?, ?, ?)$

Si el siguiente valor en la cinta es un 1, deberá borrarse ese 1 escribir un 1 y pasar a otro estado que sería el estado de aceptación

$(q_1, 1, q_3, 1, R)$

Donde q_3 debe ser un estado de aceptación.

Si se ingresa una cadena con segundo valor 0, $(q_1, 0, ?, ?, ?)$ la cadena **no debe ser aceptada**, por tanto cuando **pase a otro estado**, este **no** puede ser de **aceptación**

$(q_1, 0, q_2, 0, R)$ donde **q_2 no puede ser un estado de aceptación (final)**

$(q_2, 0, q_2, 0, R)$ para garantizar que q_2 no sea un estado final

Ejemplo

- Defina una máquina de Turing que reconozca el conjunto de cadenas de bits que tienen un 1 como segundo bit, esto es, la expresión regular (0 U 1) 1(0 U 1)*

2. Por último como la máquina **no debe reconocer** la cadena vacía, creamos la 5-túpla:

$(q_0, B, q_2, 0, R)$

Tampoco debe reconocer las cadenas de un bit, creamos la 5-túpla

$(q_1, B, q_2, 0, R)$

Cálculo de funciones con máquinas de Turing

Se usan las representaciones unarias para los enteros.

Por ejemplo 0 se representa por la cadena 1 y 5 se representa por la cadena 111111

Cálculo de funciones con máquinas de Turing

Para representar la k-tupla $(n_1, n_2, \ldots n_k)$ se utiliza una cadena de $n_1 + 1$ unos, seguida por un asterisco, seguida por una cadena de $n_2 + 1$ unos, seguida por un asterisco y así sucesivamente; finalizando con la cadena $n_k + 1$ unos

Por ejemplo: represente 4-tupla (2, 0, 1, 3) para ello utilizamos las representaciones unarias de manera que sería:

(111*1*11*1111)

Cálculo de funciones con máquinas de Turing

Entonces una máquina de turing es un evaluador de funciones aritméticas $T, T^1, T^2, \ldots T^k$

La función T^k se define por la acción de T sobre las k-tuplas de enteros representados mediante sus representaciones unarias separadas por asteriscos.

Ejemplo

Construye una máquina de turing para sumar dos enteros no negativos

Ejemplo

Construye una máquina de turing para sumar dos enteros no negativos

- ***Analicemos…***

Lo que se desea realice la máquina es la suma de dos números por ejemplo **2 + 1 = 3**

Si realizamos la representación unaria sería: 111 * 11 = 1111

Ejemplo

Ejemplo 2 + 1 = 3. **Si realizamos la representación unaria sería:**

111 * 11 = 1111

Es decir:

- Se va construir la máquina que calcula la función $f(n_1, n_2) = n_1 + n_2$
- El par (n_1, n_2). se presenta mediante la cadena $\mathbf{n_1 + 1}$ seguidos por un **asterisco** y seguidos por $\mathbf{n_2 + 1}$ **unos**
- Al final la máquina debe producir la salida $n_1 + n_2 + 1$ unos

Así pues, $\mathbf{n_1} + 1 + \mathbf{n_2} + 1$ **tiene 2 unos de más y un asterisco en medio de ellos**

111 * 11 = 1111

Ejemplo

- Así pues, $n_1 + 1 + n_2 + 1$ **tiene 2 unos de más y un asterisco en medio de ellos**

$$111 * 11 = 1111$$

Una solución sería:

1. **Eliminar los dos unos sobrantes**, quitando los primeros 2 unos de la cinta, y
2. **Cambiar el * por un 1**, de esta manera daría el resultado esperado $n_1 + n_2 + 1$ unos

Ejemplo

- Así pues, n_1 +1+ n_2 +1 **tiene 2 unos de más y un asterisco en medio de ellos**

111 * 11 = 1111

Una solución sería:

1. **Eliminar los dos unos sobrantes**, quitando los primeros 2 unos de la cinta, y
2. **Cambiar el * por un 1**, de esta manera daría el resultado esperado n_1 + n_2 +1 unos

Para una solución hay que analizar 2 casos de valores de entrada:

1. Que el primer número sea 0
2. Que el primer número sea >=1

Ejemplo

- Así pues, n_1 +1+ n_2 +1 **tiene 2 unos de más y un asterisco en medio de ellos**

111 * 11 = 1111

Para una solución hay que analizar 2 casos de valores de entrada:

1. **Que el primer número sea 0**: En este caso, En las 2 primeras posiciones de la cinta habría un 1 seguido de un asterisco. Ejemplo: 0 + 2 = 1*111
2. Que el primer número sea >=1

Ejemplo

- *Así pues,* $n_1 + 1 + n_2 + 1$ **tiene 2 unos de más y un asterisco en medio de ellos**

$$111 * 11 = 1111$$

Para una solución hay que analizar 2 casos de valores de entrada:

1. Que el primer número sea 0: En este caso, En las 2 primeras posiciones de la cinta habría un 1 seguido de un asterisco. Ejemplo: 0 + 2 = 1*111
2. **Que el primer número sea >=1:** En este caso, se tendrían en las primeras posiciones 2 o más 1 antes de un *

Ejemplo

Construye una máquina de turing para sumas dos enteros no negativos

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

B	B	1	1	1	*	1	1	B	B

El resultado en la cinta deberá ser:

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R)$,

B	B	1	1	1	*	1	1	B	B

El resultado en la cinta deberá ser:

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

→ Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R)$,

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

Hay que analizar si q1 es un 1, para eliminarlo e ir al siguiente estado, o si es * cambiarlo por B y detenerse

El resultado en la cinta deberá ser:

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R),$

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

$(q_1,1,q_2,B,R),$

$(q_1,*,q_3,B,R),$

Hay que analizar si q1 es un 1, para eliminarlo e ir al siguiente estado, o si es * cambiarlo por B y detenerse

q_3,Es estado final

El resultado en la cinta deberá ser:

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R)$,

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

$(q_1,*,q_3,1,R)$,

$(q_1,1,q_2,B,R)$,

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

El resultado en la cinta deberá ser:

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R)$,

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

$(q_1,1,q_2,B,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

Se eliminaron los 2 unos de las primeras 2 posiciones

El resultado en la cinta deberá ser:

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R)$,

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

$(q_1,1,q_2,B,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

Se eliminaron los 2 unos de las primeras 2 posiciones

Hay que analizar si lo que hay en q2 es 1, entonces se deja igual y se mueve a la derecha, o si es * se cambia por 1 y se detiene

El resultado en la cinta deberá

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R)$,

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

$(q_1,1,q_2,B,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

Se eliminaron los 2 unos de las primeras 2 posiciones

$(q_2,1,q_2,1,R)$,

$(q_2,*,\mathbf{q_3},1,R)$,

Hay que analizar si lo que hay en q2 es 1, entonces se deja igual y se mueve a la derecha, o si es * se cambia por 1 y se detiene

q_3,Es estado final

El resultado en la cinta deberá

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R)$,

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

$(q_1,1,q_2,B,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

$(q_2,1,q_2,1,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

$(q_1,*,q_3,B,R)$,

$(q_2,*,q_3,1,R)$,

El resultado en la cinta deberá ser:

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R),$

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

$(q_1,1,q_2,B,R),$

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

$(q_2,1,q_2,1,R),$

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

$(q_1,*,q_3,B,R),$

$(q_2,*,q_3,1,R),$

El resultado en la cinta deberá ser:

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R)$,

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

$(q_1,1,q_2,B,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

$(q_2,1,q_2,1,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

$(q_2,*,q_3,1,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

$(q_1,*,q_3,B,R)$,

$(q_2,*,q_3,1,R)$,

El resultado en la cinta deberá ser:

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

En la cinta sería la representación de 2 + 1 esta dada por:

$(q_0,1,q_1,B,R)$,

B	B	B	1	1	*	1	1	B	B

$(q_1,1,q_2,B,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

$(q_1,*,q_3,B,R)$,

$(q_2,1,q_2,1,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

$(q_2,1,q_2,1,R)$,

B	B	B	B	1	*	1	1	B	B

$(q_2,*,q_3,1,R)$,

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

El resultado en la cinta deberá ser:

B	B	B	B	1	1	1	1	B	B

Representación unaria del 3

Ejemplo

Construye una máquina de turing para sumas dos enteros no negativos

Un conjunto de 5-tuplas podría ser:

$(q_0,1,q_1,B,R)$,
$(q_1,1,q_2,B,R)$,
$(q_1,*,q_3,B,R)$,
$(q_2,1,q_2,1,R)$,
$(q_2,*,q_3,1,R)$,

Ejemplo

- Que hace la máquina de Turing definida por las 5-tuplas $(q_0, 0, q_0, 0, R)$, $(q_0, 1, q_1, 0, R)$, (q_0, B, q_2, B, R), $(q_1, 0, q_1, 0, R)$, $(q_1, 1, q_0, 1, R)$ y (q_1, B, q_2, B, R)

Ejemplo

- Que hace la máquina de Turing definida por las 5-tuplas $(q_0, 0, q_0, 0, R)$, $(q_0, 1, q_1, 0, R)$, (q_0, B, q_2, B, R), $(q_1, 0, q_1, 0, R)$, $(q_1, 1, q_0, 1, R)$ y (q_1, B, q_2, B, R)

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$ -> Si la cinta empieza en 0 cambia su valor por 0 se mueve a la derecha con el estado q_0

$(q_0, 1, q_1, 0, R)$ -> Si la cinta empieza en 1 cambia su valor por 0 y se mueve a la derecha con el estado q_1

Ejemplo

- Que hace la máquina de Turing definida por las 5-tuplas $(q_0, 0, q_0, 0, R)$, $(q_0, 1, q_1, 0, R)$, (q_0, B, q_2, B, R), $(q_1, 0, q_1, 0, R)$, $(q_1, 1, q_0, 1, R)$ y (q_1, B, q_2, B, R)

$(q_0, 0, q_0, 0, R)$

B	B	0	1	1	1	B	B

B	B	0	0	1	1	B	B

$(q_0, 1, q_1, 0, R)$

B	B	1	1	1	1	B	B

B	B	1	0	1	1	B	B

Ejemplo

- Que hace la máquina de Turing definida por las 5-tuplas $(q_0,0, q_0,0,R)$, $(q_0,1, q_1,0,R)$, (q_0,B, q_2,B,R), $(q_1,0, q_1,0,R)$, $(q_1,1, q_0,1,R)$ y (q_1,B, q_2,B,R)

$(q_0,0, q_0,0,R)$

B	B	0	0	0	0	B	B

Siempre que el valor sea 0 se va producir 0

$(q_0,1, q_1,0,R)$

B	B	0	1	1	1	B	B

Si en algún momento el valor de q_0 es 1, se borra el 1, se pone el 0 y pasa al siguiente estado con q_1

Ejemplo

- Que hace la máquina de Turing definida por las 5-tuplas $(q_0,0,\ q_0,0,R)$, $(q_0,1,\ q_1,0,R)$, $(q_0,B,\ q_2,B,R)$, $(q_1,0,\ q_1,0,R)$, $(q_1,1,\ q_0,1,R)$ y $(q_1,B,\ q_2,B,R)$

$(q_1,0,\ q_0,0,R)$

B	B	0	0	0	0	B	B

Siempre que el valor sea 0 se va producir 0

$(q_0,1,\ q_1,0,R)$

B	B	1	1	1	1	B	B

B	B	0	1	1	1	B	B

Si en algún momento el valor de q_0 es 1, se borra el 1, se pone el 0 y pasa al siguiente estado con q_1

Ejemplo

- Que hace la máquina de Turing definida por las 5-tuplas $(q_0, 0, q_0, 0, R)$, $(q_0, 1, q_1, 0, R)$, (q_0, B, q_2, B, R), $(q_1, 0, q_1, 0, R)$, $(q_1, 1, q_0, 0, R)$ y (q_1, B, q_2, B, R)

$(q_1, 0, q_1, 0, R)$

B	B	0	0	1	1	B	B

Si en algún momento el valor de q_1 es 0, sigue poniendo 0 y produciendo 0

$(q_1, 1, q_0, 0, R)$

B	B	0	1	1	1	B	B
B	B	0	0	1	1	B	B

Si en algún momento el valor de q_1 es 1, sigue poniendo 0 y produciendo 0

Produce una cadena de 0