

# Máquina de Turing

SCC 221 - ICC I

# Alan Turing

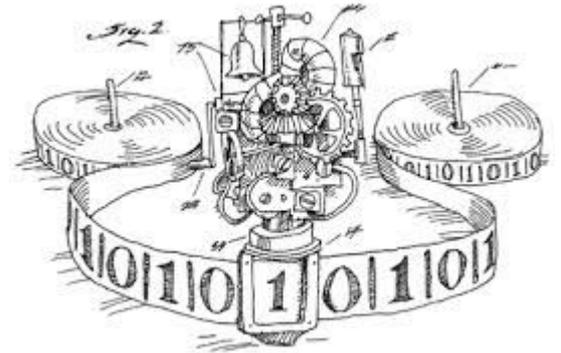
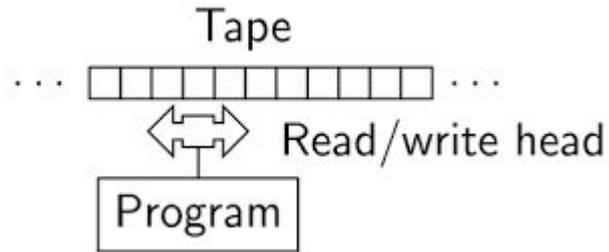
- Um dos pais da computação
- Nasceu na Inglaterra, em 1912
- Aos 24 anos (1936), em Princeton, desenvolveu uma ideia que culminou com o que conhecemos Máquina de Turing.

# O ser humano gosta de pensar...

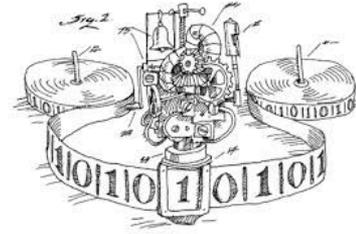
- Como é possível resolver problemas, não apenas seguindo intuição ou inspiração, mas sim seguindo regras muito precisas, com muito cuidado, ou seja, seguindo um **algoritmo**?
- O primeiro passo é definir o que é um algoritmo.
- Turing respondeu a esta questão por meio de sua máquina, conhecida como Máquina de Turing.

# Máquina de Turing

- A Informação deve ser escrita em forma codificada: ele criou uma **fita de tamanho infinito** na qual são colocados **símbolos**



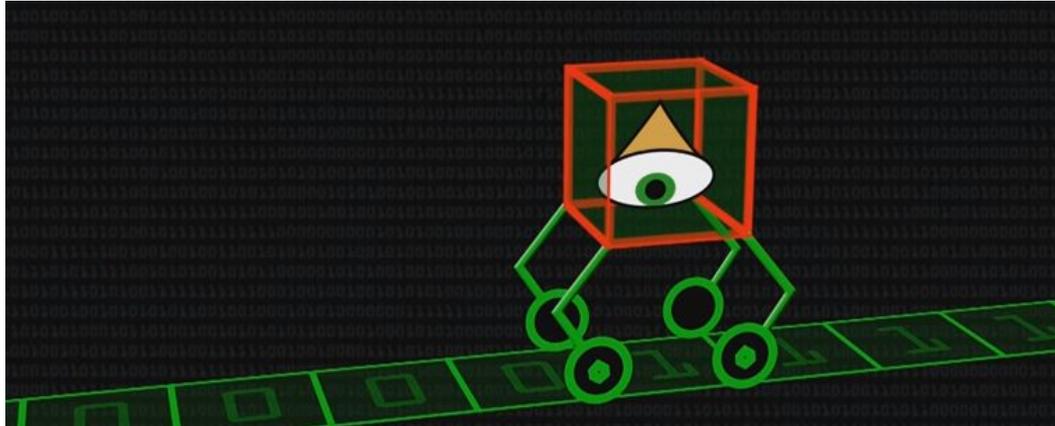
# Máquina de Turing - Os símbolos



- O que são os símbolos em relação a um computador moderno?
  - Agem como memória !
  - Ou então algum dispositivo qualquer de armazenamento de dados
- Os símbolos normalmente são binários (0 e 1) e espaços em branco (*blank spaces*)
- Esta máquina com 3 símbolos, em especial, é chamada de Máquina de Turing de 3 símbolos (*3-symbol Turing Machine*)

# Máquina de Turing - a cabeça de leitura

- O que a máquina faz?
  - Ela tem uma cabeça de leitura que lê um símbolo (informação)
  - Esta informação traduz-se em algum conjunto de instruções que devemos seguir para resolver um problema.
  - Podemos dizer que isso é a CPU do nosso computador.



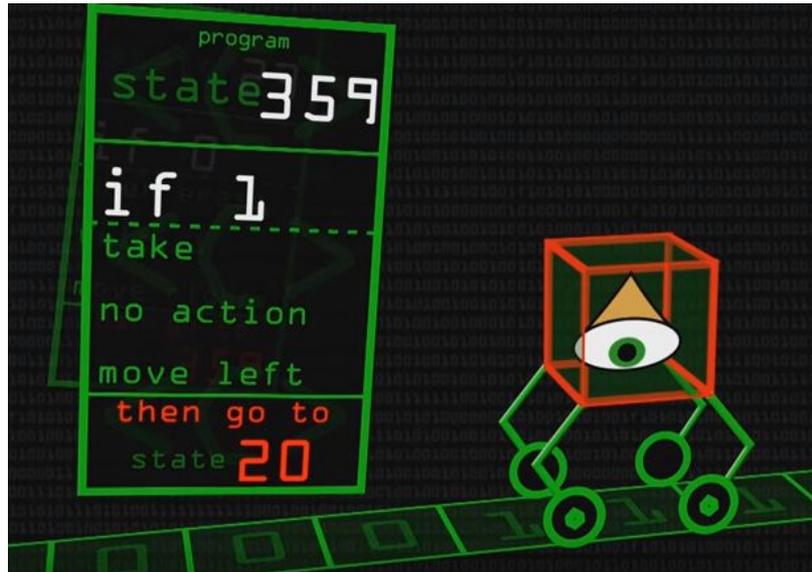
# Máquina de Turing

- Num determinado momento (estado) ela “lê” um quadrado. A máquina tem um “log book” ou um “programa” que diz o que deve ser feito naquele momento.



# Máquina de Turing

Estando no estado 359, se for 1, então “faça nada”, mova à esquerda.



# Máquina de Turing

- Resumindo
  - Comece com um padrão de 0's e 1's
  - Siga as instruções, um quadro de cada vez
  - transforme a string de 0's e 1's em uma diferente string de 0's e 1's !!!!
  - Finalmente, esperamos que a máquina chegue a um estado final (halting state)
- O que fica na fita é a resposta ao problema proposto
  - tudo codificado com 0's e 1's...
- Tudo muito simples e ainda assim é a essência do que chamamos de computação !
- Em teoria, tudo que um computador pode fazer, pode ser feito por esta máquina de Turing.

# Máquina de Turing

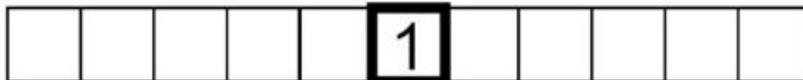
- O que significa a fita propriamente?
  - um meio de armazenamento
  - um “veículo” para input e output
  - um dispositivo onde se armazenam resultados intermediários da computação
- A fita + o conjunto de instruções definido em cada estado é o computador!

# Um exemplo

Vamos escrever a sequência “110” na fita. Nesta etapa estamos apenas colocando alguma informação na ‘memória’ !



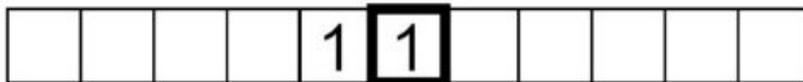
First, we write a 1 on the square under the head:



Next, we move the tape left by one square:



Now, write a 1 on the new square under the head:



We then move the tape left by one square again:



Finally, write a 0 and that's it!



# Um exemplo

Agora o programa

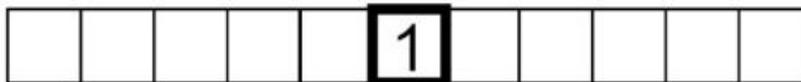
Escreva um programa que inverta a cadeia: o que é 0 vira 1, e vice-versa.

Importante: O estado inicial da máquina é o que vemos na última representação da fita ao lado

Para isso temos que ter um conjunto de instruções que seria...



First, we write a 1 on the square under the head:



Next, we move the tape left by one square:



Now, write a 1 on the new square under the head:



We then move the tape left by one square again:



Finally, write a 0 and that's it!



# Um exemplo

- Podemos definir tais instruções no formato de uma tabela simples: vc conseguiria preenchê-la ?

| Símbolo Lido | O que fazer? | Qual movimento ? |
|--------------|--------------|------------------|
| Blank        |              |                  |
| 0            |              |                  |
| 1            |              |                  |

# Um exemplo

- Podemos definir tais instruções no formato de uma tabela simples:

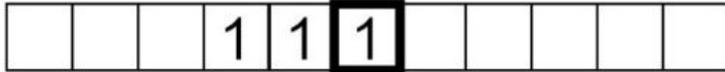
| Símbolo Lido | O que fazer? | Qual movimento ?       |
|--------------|--------------|------------------------|
| Blank        | nada         | nenhum                 |
| 0            | Escreva 1    | Move fita para direita |
| 1            | Escreva 0    | Move fita para direita |

# Um exemplo: o resultado das instruções anteriores

Let's see what this program does to our tape from the previous end point of the instructions:



The current symbol under the head is 0, so we write a 1 and move the tape right by one square.



The symbol being read is now 1, so we write a 0 and move the tape right by one square:



Similarly, the symbol read is a 1, so we repeat the same instructions.

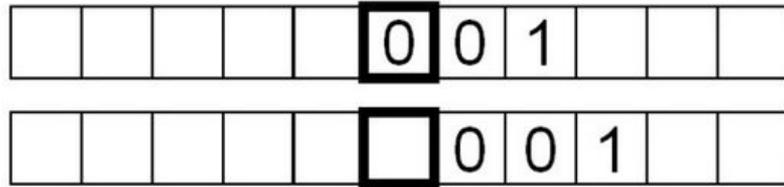


Pergunta: o que esta máquina faz quando atinge o último estado da figura ao lado?

A máquina não para. Ficará lendo o símbolo blank eternamente...

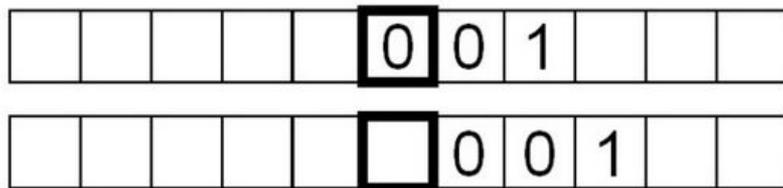
Qual a sua sugestão para resolver este problema?

# Turing machines e o conceito de estados



- Responda: de acordo com as instruções que criamos, o que esta máquina faz quando chega e lê o símbolo 'blank', como ilustrado acima?
  -

# Turing machines e o conceito de estados



- Responda: de acordo com as instruções que criamos, o que esta máquina faz quando chega e lê o símbolo 'blank', como ilustrado acima?
  - A máquina não para. Ficará lendo o símbolo blank eternamente?
    - Isso é um programa perdido num 'loop eterno'
- Qual a solução para este problema?

# Turing machines e o conceito de estados

- O problema da solução anterior é que o programa não faz distinção entre o **estados**: a máquina em funcionamento (um determinado estado) e a máquina em não funcionamento (stop/halt ou parado).

| Estado | Símbolo Lido | Instrução de Edição | Instrução de movimento | Próximo estado |
|--------|--------------|---------------------|------------------------|----------------|
| 0      | Blank        | nada                | nada                   | <b>Stop</b>    |
|        | 0            | Escreva 1           | Move fita para direita | 0              |
|        | 1            | Escreva 0           | Move fita para direita | 0              |

A máquina agora tem um estado principal (0) e quando ler um blank, pula para um estado “stop”, parando o processamento.

# Expandindo o nosso programa

- Suponha que agora queremos inverter e, depois, “reverter” a sequência;
  - $110 > 001 > 110$
  - é bobinho, mas escreva a tabela de instruções para este caso

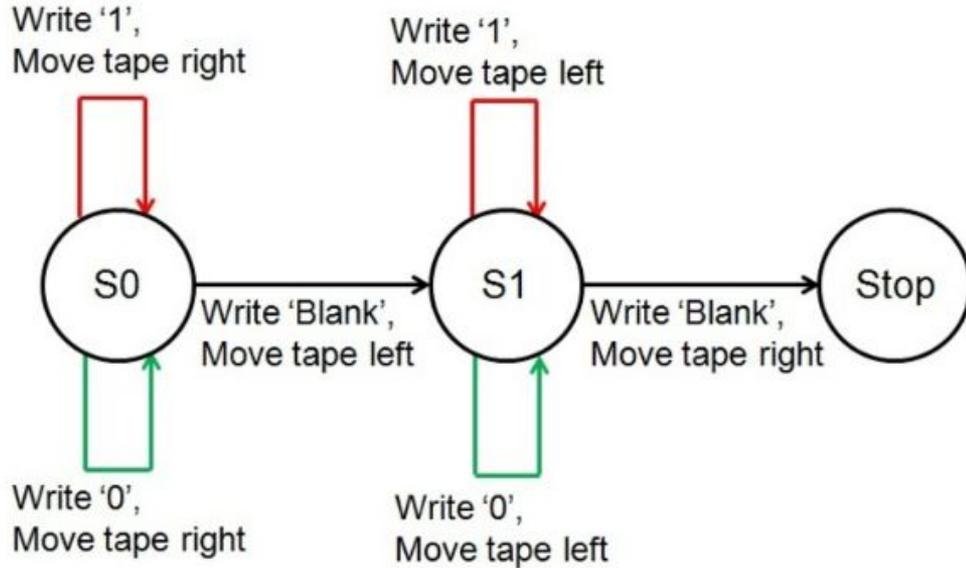
| Estado | Símbolo Lido | Instrução de Edição | Instrução de movimento | Próximo estado |
|--------|--------------|---------------------|------------------------|----------------|
| 0      | Blank        | escreva blank       | ????                   | ??????         |
|        | 0            | Escreva 1           | Move fita para direita | 0              |
|        | 1            | Escreva 0           | Move fita para direita | 0              |
| ?      | Blank        | ?                   | ?                      | ?              |
|        | 0            | ?                   | ?                      | ?              |
|        | 1            | ?                   | ?                      | ?              |

# Expandindo o nosso programa

- Suponha que agora queremos inverter e, depois, “reverter” a sequência;
  - 110 > 001 > 110
  - é bobinho, mas escreva a tabela de instruções para este caso

| Estado | Símbolo Lido | Instrução de Edição | Instrução de movimento    | Próximo estado |
|--------|--------------|---------------------|---------------------------|----------------|
| 0      | Blank        | escreva blank       | Move fita para a esquerda | <b>1</b>       |
|        | 0            | Escreva 1           | Move fita para direita    | 0              |
|        | 1            | Escreva 0           | Move fita para direita    | 0              |
| 1      | Blank        | escreva blank       | Move fita para direita    | Stop           |
|        | 0            | Escreva 1           | Move fita para esquerda   | 1              |
|        | 1            | Escreva 0           | Move fita para esquerda   | 1              |

# Máquina de Turing e máquina de estado

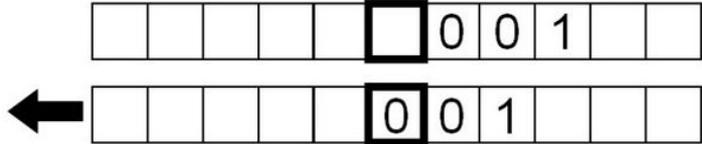


Legend:

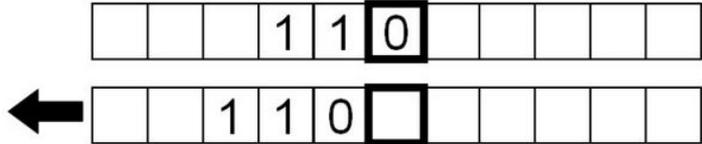
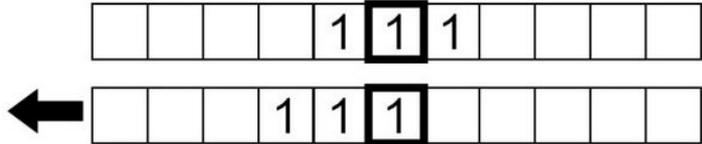
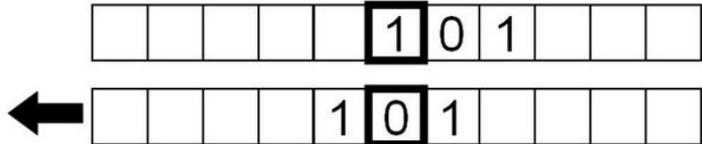
- Instruction when 'Blank' symbol is read
- Instruction when '0' symbol is read
- Instruction when '1' symbol is read

- Trocamos o termo 'nada' por 'escreve branco', apenas para manter a uniformidade das ações.
- Repare que a tabela anterior é bem representada pelo diagrama à esquerda, mais conhecido como diagrama de estado.

# Finalmente, teremos...



Next, we invert the bits again, this time moving the tape left instead of right.



Finally, a blank symbol is read, so we move the tape right to get back to where we started, and stop the program



A transição do estado 0 para estado 1.

Comportamento durante estado 1.

Repare que o programa para com a fita sobre o símbolo 0