

# 图灵机的思想与模型简介

战德臣

哈尔滨工业大学 教授·博士生导师  
教育部大学计算机课程教学指导委员会委员



Research Center on **I**ntelligent  
**C**omputing for **E**nterprises & **S**ervices,  
**H**arbin **I**nstitute of **T**echnology

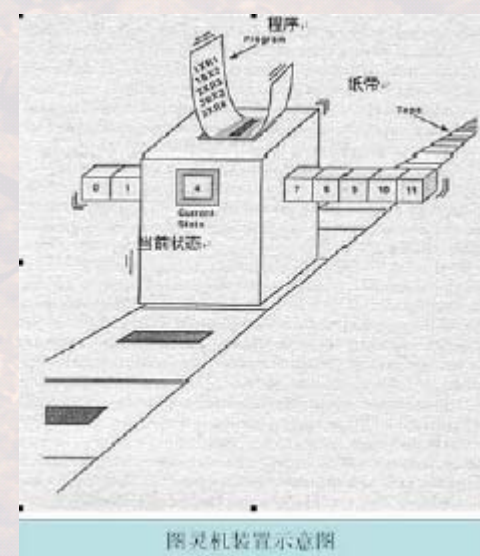


# 图灵机的思想与模型简介

## (1)图灵是谁?

### 图灵及其贡献

- ◆ **图灵** (Alan Turing, 1912~1954), 出生于英国伦敦, 19 岁入剑桥皇家学院, 22 岁当选为皇家学会会员。
- ◆ 1937 年, 发表了论文《论可计算数及其在判定问题中的应用》, 提出了 **图灵机模型**, 后来, 冯·诺依曼根据这个模型设计出历史上第一台电子计算机。
- ◆ 1950 年, 发表了划时代的文章: 《机器能思考吗?》, 成为了人工智能的开山之作。
- ◆ 计算机界于1966年设立了最高荣誉奖: **ACM图灵奖**。



你能查阅一下哪些人获得图灵奖了吗?  
因为什么贡献而获奖呢?



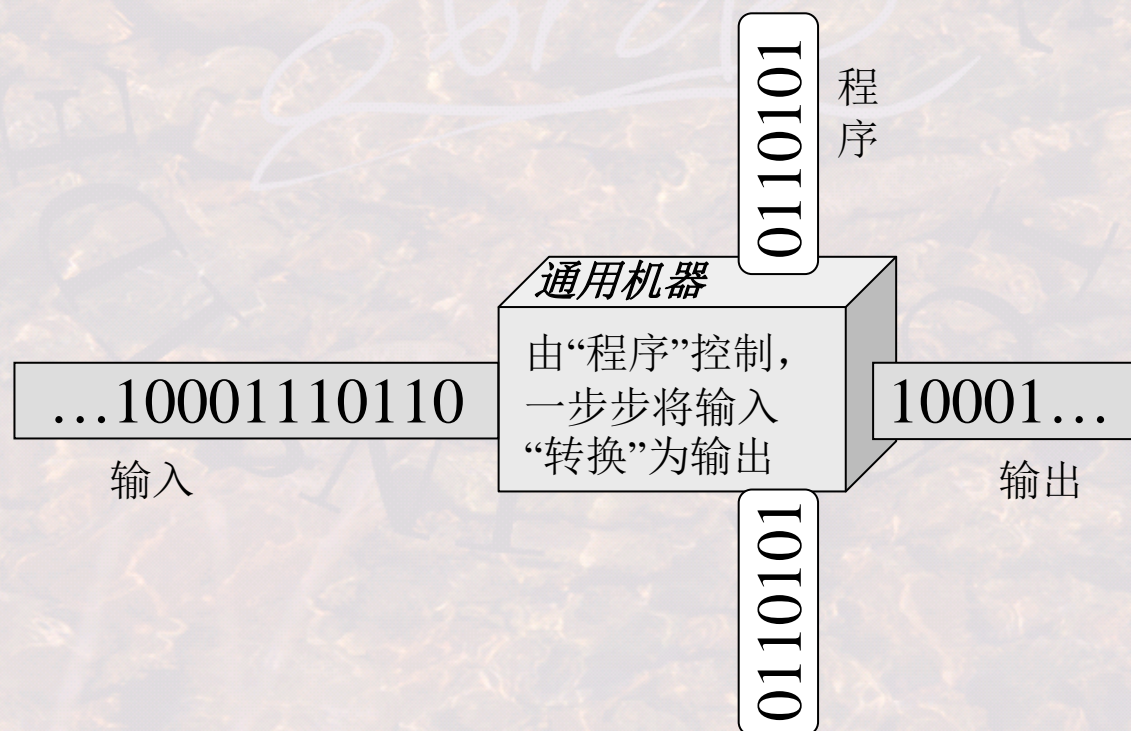
# 图灵机的思想与模型简介

## (2)图灵认为什么是计算?



### 什么是计算

◆所谓**计算**就是计算者(人或机器)对一条两端可无限延长的纸带上的一串0或1，执行指令一步一步地改变纸带上的0或1，经过有限步骤最后得到一个满足预先规定的符号串的**变换过程**。





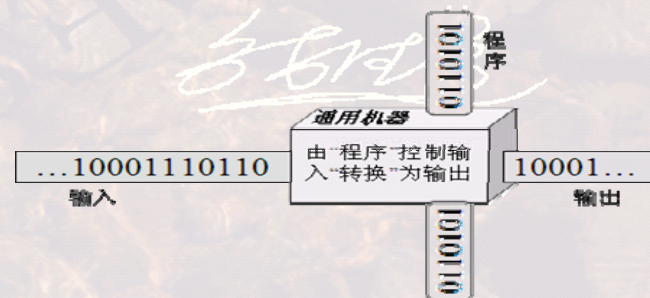
# 图灵机的思想与模型简介

## (2)图灵认为什么是计算?

### 图灵机的思想

是关于数据、指令、程序及程序/指令自动执行的基本思想。

- ◆ 输入被制成一串0和1的纸带，送入机器中----**数据**。如00010000100011...
- ◆ 机器可对输入纸带执行的**基本动作**包括：“翻转0为1”，或“翻转1为0”，“前移一位”，“停止”。
- ◆ 对基本动作的控制----**指令**，机器是按照指令的控制选择执行哪一个动作，指令也可以用0和1来表示：**01**表示“翻转0为1”(当输入为1时不变)，**10**表示“翻转1为0”(当输入0时不变)，**11**表示“前移一位”，**00**表示“停止”。
- ◆ 输入如何变为输出的控制可以用指令编写一个**程序**来完成，如：**011110110111011100...**
- ◆ 机器能够读取程序，按程序中的指令顺序读取指令，  
读一条指令**执行**一条指令。由此实现**自动计算**。





# 图灵机的思想与模型简介

## (3)图灵机是什么？

### 图灵机模型

◆基本的图灵机模型为一个七元组,如右图

◆几点结论:

(1) 图灵机是一种思想模型，它由一个控制器(有限状态转换器)，一条可无限延伸的带子和一个在带子上左右移动的读写头构成。

(2) 程序是五元组 $\langle q, X, Y, R(\text{或}L\text{或}N), p \rangle$ 形式的指令集。其定义了机器在一个特定状态 $q$ 下从方格中读入一个特定字符 $X$ 时所采取的动作作为在该方格中写入符号 $Y$ ，然后向右移一格 $R$  (或向左移一格 $L$ 或不移动 $N$ )，同时将机器状态设为 $p$ 供下一条指令使用。

$$M = (Q, \Sigma, \Gamma, \delta, q_0, B, F)$$

其中:

$Q$ : 状态的有穷集合

$q_0$ : 开始状态

$F$ : 终止状态集合

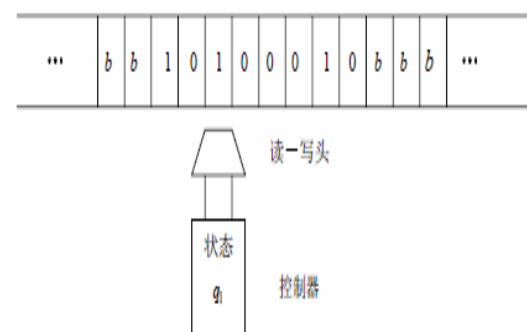
$\Gamma$ : 带符号表

$B$ : 空白符号

$\Sigma$ : 输入字母表

$\delta$ : 移动函数, (1):  $\delta(q, X) = (p, Y, R)$ 表示 $M$ 在状态 $q$ 读入符号 $X$ , 将状态改为 $p$ , 并在这个 $X$ 所在的带方格中印刷符号 $Y$ , 然后将读头向右移动一格.

(2):  $\delta(q, X) = (p, Y, L)$ 表示 $M$ 在状态 $q$ 读入符号 $X$ , 将状态改为 $p$ , 并在这个 $X$ 所在的带方格中印刷符号 $Y$ , 然后将读头向左移动一格.





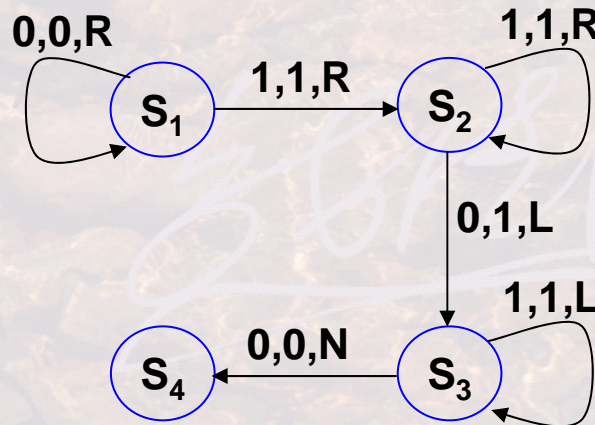
# 图灵机的思想与模型简介

## (3)图灵机是什么？

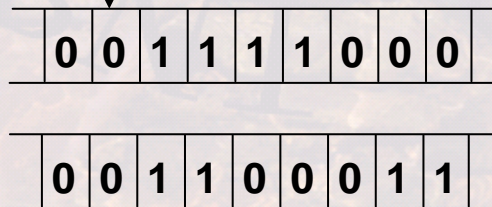
图灵机模型示例。(注:  $(q, X, Y, R(\text{或}L\text{或}N), p)$ , 状态图中圆圈内的的是状态, 箭线上的是  $\langle X, Y, R \rangle$ , 其含义见前页)

$S_1$ : 开始状态  
 $S_2$ : 右移状态  
 $S_3$ : 左移状态  
 $S_4$ : 停机状态

$(S_1, 0, 0, R, S_1)$   
 $(S_1, 1, 1, R, S_2)$   
 $(S_2, 1, 1, R, S_2)$   
 $(S_2, 0, 1, L, S_3)$   
 $(S_3, 1, 1, L, S_3)$   
 $(S_3, 0, 0, N, S_4)$



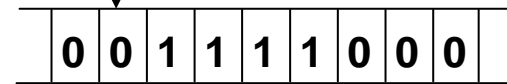
控制器



你能否用另一个输入模拟一下这个程序的执行呢？

功能：将一串连续1的后面再加一位1

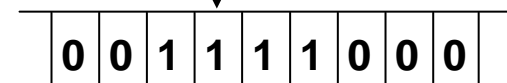
$(S_1, 0, 0, R, S_1)$



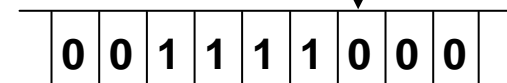
$(S_1, 1, 1, R, S_2)$



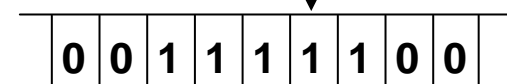
$(S_2, 1, 1, R, S_2)$



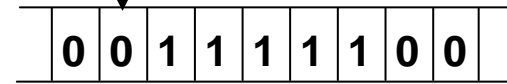
$(S_2, 0, 1, L, S_3)$



$(S_3, 1, 1, L, S_3)$



$(S_3, 0, 0, N, S_4)$



执行过程



# 图灵机的思想与模型简介

## (3)图灵机是什么？



### 几点结论(续):

◆(3)图灵机模型被认为是计算机的基本理论模型

----计算机是使用相应的程序来完成任何设定好的任务。图灵机是一种离散的、有穷的、构造性的问题求解思路，一个问题的求解可以通过构造其图灵机(即程序)来解决。

◆(4)图灵认为：凡是能用算法方法解决的问题也一定能用图灵机解决；凡是图灵机解决不了的问题任何算法也解决不了----图灵可计算性问题。



# 图灵机的思想与模型简介

## (4)小结?



输入/输出都是0  
和1的形式表达

程序和指令也是  
0和1的形式表达

程序可用状态  
转换图来表达