



# 数据结构与算法 (Python版)

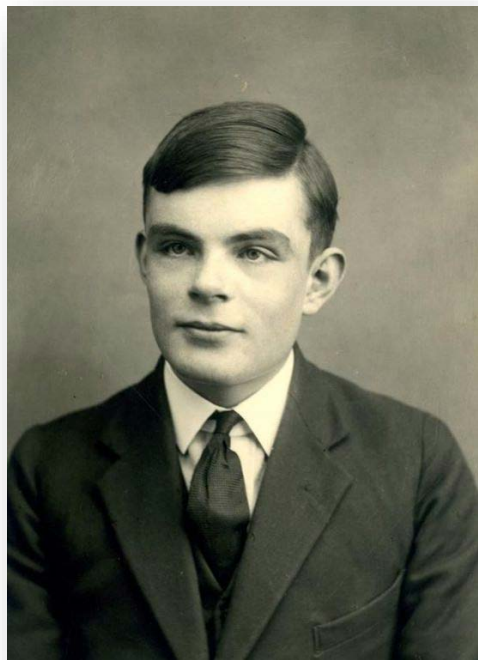
## 图灵机计算模型

陈斌 北京大学 [gischen@pku.edu.cn](mailto:gischen@pku.edu.cn)

# 图灵机Turing Machine

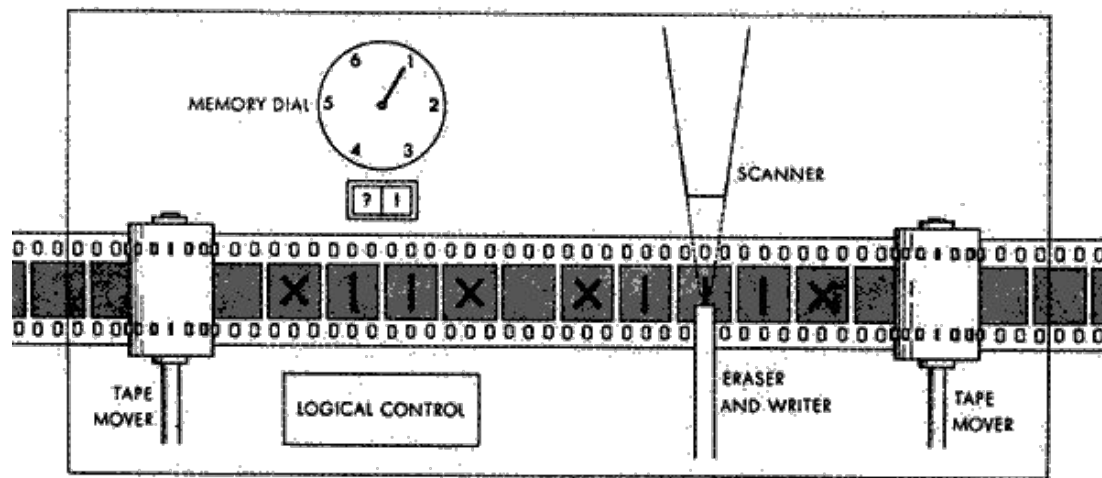
## ❖ 1936年, Alan Turing提出的一种抽象计算模型

基本思想是用机器模拟人们用纸笔进行数学运算的过程, 但比数值计算更为简单



# 图灵机Turing Machine基本概念

- ❖ 在纸上**写上**或**擦除**某个**符号**;
- ❖ 把**注意力**从纸的一个位置转向另一个位置
- ❖ 在每个阶段，要决定下一步动作依赖于：
  - (a)此人当前所关注的纸上某个位置的符号和
  - (b)此人当前思维的状态。



# The.Imitation.Game.2014



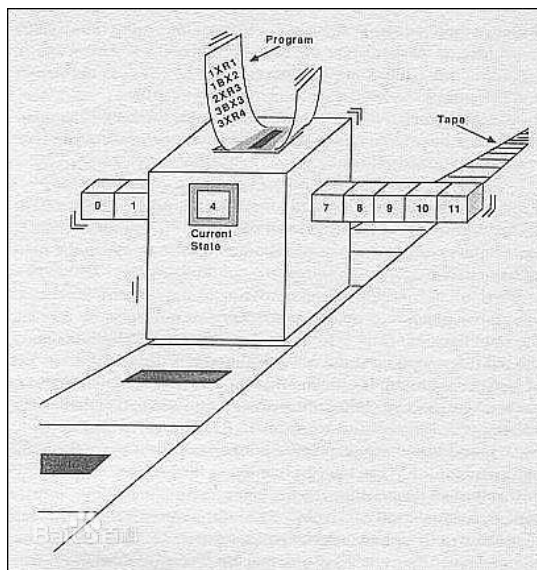


# 图灵机的基本定义

## ❖ 图灵机由以下几部分构成

- 一条无限长的分格纸带，每格可以记录1个符号
- 一个读写头，可在纸带上左右移动，能读出和擦写格子的字符
- 一个状态寄存器，记录有限状态中的1个状态
- 一系列有限的控制规则：

- 某个状态，读入某个字符时：
- 要改写成什么字符
- 要如何移动读写头
- 要改变为什么状态



# 看一个图灵机例子

❖ 判定 $\{a^m b^m | m \geq 0\}$ : 左半部全是a, 右半部全是b, 且ab数量相等的字符串

如: ab、aabb、aaaabbbb, 进入“接受”状态

如: b、ba、abb, 进入“拒绝”状态

❖ 规则思路: 读写头来回移, 将a和b一一对消, 如果最后剩下空白B则接受, 否则拒绝

初始状态s0是读写头停在第一个字符处

s1状态是读写头正在右移

s2状态是读写头到字符串最右边

s3状态是读写头正在向回左移

# 判定 $a^m b^m$ 模式串图灵机的规则 1/2

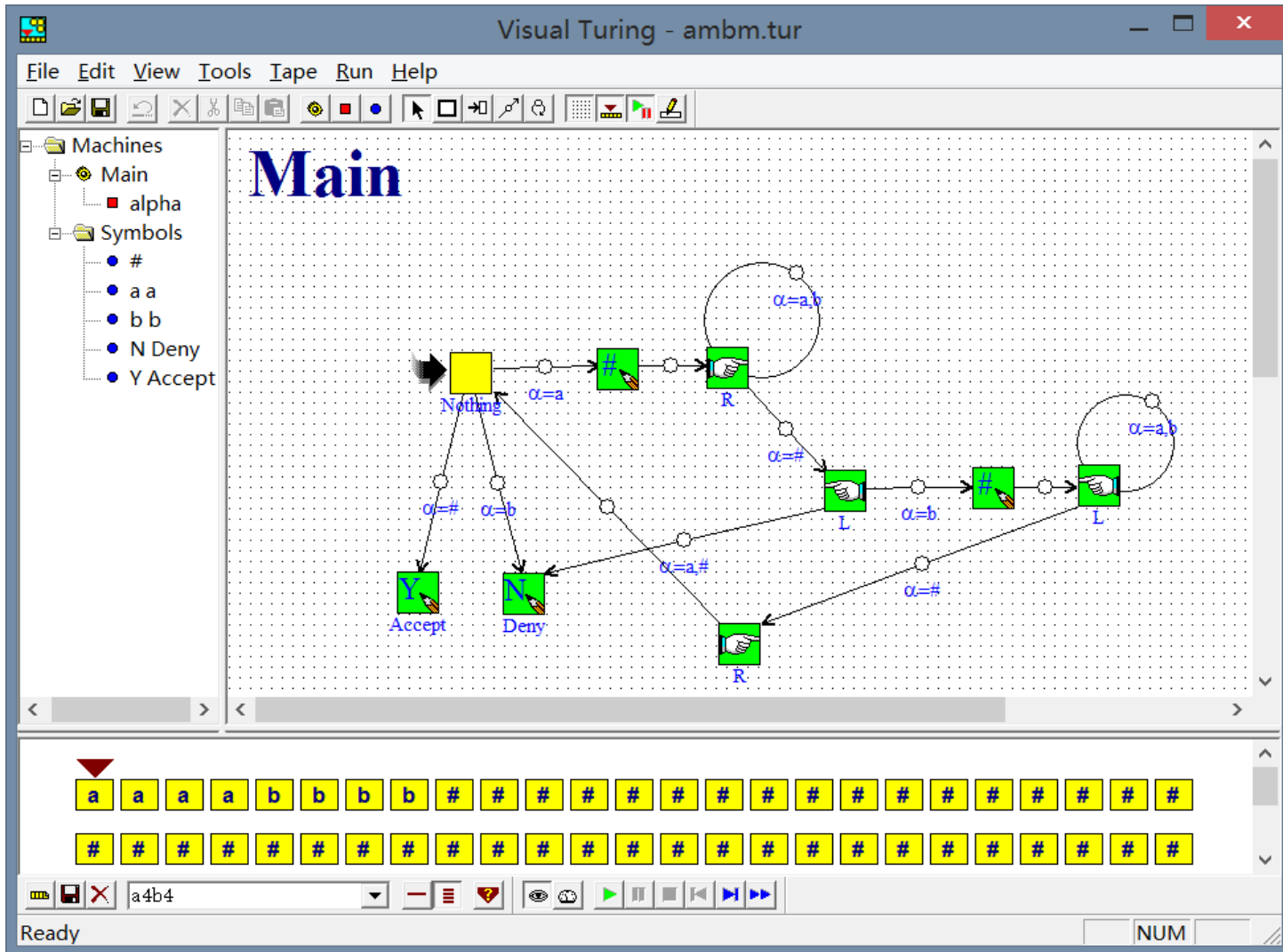
- ❖  $\langle s_0, a, B, s_1, R \rangle$ : 初始碰到a消去,  $s_1$ , 右移
- ❖  $\langle s_1, a, a, s_1, R \rangle$ : 消去1个a的状态, 继续右移, 找最后一个b
- ❖  $\langle s_1, b, b, s_1, R \rangle$ : 遇到b, 继续右移
- ❖  $\langle s_1, B, B, s_2, L \rangle$ : 右移到尾, 状态 $s_2$ , 回移
- ❖  $\langle s_2, b, B, s_3, L \rangle$ : 如果有b, 消去, 进入左移状态 $s_3$
- ❖  $\langle s_3, b, b, s_3, L \rangle$ : 左移遇到b, 继续左移
- ❖  $\langle s_3, a, a, s_3, L \rangle$ : 左移遇到a, 继续左移

## 判定 $a^m b^m$ 模式串图灵机的规则 2/2

- ❖  $\langle s3, B, B, s0, R \rangle$ : 左移到头回初始状态 $s0$ , 右移检查下个字符
- ❖  $\langle s0, B, B, sY, N \rangle$ :  $a, b$ 都能一一消完, 则进入“接受”状态, 停机
- ❖  $\langle s0, b, b, sN, R \rangle$ :  $b$ 多了, 或者 $b$ 在 $a$ 前, 进入“拒绝”状态, 停机
- ❖  $\langle s2, a, a, sN, R \rangle$ :  $s2$ 是末尾状态, 如果碰到 $a$ , 表示 $a$ 多了, 或者 $a$ 在 $b$ 后, 进入“拒绝”状态, 停机
- ❖  $\langle s2, B, B, sN, R \rangle$ :  $s2$ 是末尾状态, 如果没碰到 $b$ , 表示 $a$ 多了, 进入“拒绝”状态, 停机



# 图灵机模拟器软件Visual Turing



# 视频：演示图灵机模拟过程