

# 第1周

2023.2.21 — chapter 1

## 5. 丘奇图灵论题的主要意义和内容

所有计算或算法都可以由一台图灵机来执行。以任何常规编程语言编写的计算机程序都可以翻译成一台图灵机，反之任何一台图灵机也都可以翻译成大部分编程语言大程序，所以该论题和以下说法等价：常规的编程语言可以足够有效的来表达任何算法。

图灵机是计算的极限，是算法的严格的数学定义。

算法可计算函数都是递归函数。

一切可计算过程都可以用图灵机模拟。

丘奇、图灵定义的“λ演算”和“图灵机”是通用计算。

计算机理论的基础是可计算性理论，而可计算性理论的基石是“图灵机”与“丘奇—图灵论题”，其意义之丰富，涵盖了从数学、算法理论、数理逻辑以及哲学意义上的深刻内容，迄今仍然未被充分解读。

我们把图灵机理解为“算法”，并强调“算法”具有“可计算性”的意义，丘奇—图灵论题就表达了这个意义，但是包含了几个层次的意思。首先，这里的“可计算性”是指数学意义的、由递归函数定义的可计算性；第二，是指机械步骤意义上的可计算性，第三，这里的“图灵机”还指所有具体计算机的模型。

上述的第一和第二点在这里不详述，我们重点讨论“图灵机是所有具体计算机的模型”这个含义。“图灵机”这个概念本身就具有“万能”或“通用”的意义，但在特殊的情况下，如表达“判定问题”时，往往不得已使用“通用图灵机”这样的术语来表达可以把自己作为输入的图灵机，虽然这个术语有助于强调这种自我相关关系，但无形中却对“图灵机”本身所具有的“通用”性质的理解带来了更大麻烦；比如，人们常常使用“具体图灵机”来表达求解具体问题的机器，这就造成一种误导，认为“具体图灵机”也是“图灵机（模型）”，实质上，这里的“具体图灵机”是“按照图灵机（模型）设计的具体的机器”，即一台按图灵机模式构造出来的具体的机器，本质上不是图灵机（模型）。

因此，丘奇—图灵论题的一种等价性的表达就是：图灵机是所有可计算的具体的机器的“模型”，就是说，图灵机表达了所有现在以及还没有制造出来的计算机（设计蓝图）。

6. 哈佛结构和冯·诺依曼结构的主要特点区别有哪些？对于冯·诺依曼架构，CPU如何区分从内存中取得的内容是指令 or 数据？

哈佛结构：1、使用两个独立的存储器模块，分别存储指令和数据，每个存储模块都不允许指令和数据并存；2、使用独立的两条总线，分别作为CPU与每个存储器之间的专用通信路径，而这两条总线之间毫无关联。

哈佛结构是一种将程序指令存储和数据存储分开的存储器结构。这是一种并行体系结构，即程序存储器和数据存储器是两个独立的存储器，每个存储器都独立编址、独立访问。

哈佛结构可以允许在一个机器周期内同时获得指令字和操作数，从而提高了执行速度和数据的吞吐率。

哈佛结构的微处理器通常具有较高的执行效率。其程序指令和数据指令分开组织和储存的，执行时可以预先读取下一条指令。

中央处理器首先从程序存储器中读取指令，再解码后得到数据地址，再到对应的数据存储器中读取数据。

因为指令存储和数据存储分开，则指令和数据可以有不同的数据宽度。

冯·诺依曼体系结构：把程序本身当作数据来对待，程序和该程序的处理的数据用同样的方法存储。冯·诺依曼体系结构是一种将程序指令存储器和数据存储器合并在一起的存储器结构。程序指令存储地址和数据存储地址指向同一个存储器的不同物理位置，因此程序指令和数据的宽度相同。“程序储存，共享数据，顺序执行”。计算机处理的数据和指令一律用二级制数表示。计算机硬件由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部分组成。

指令和数据都存储在内存，在地址来源层面CPU不会加以区分，而在时间段上则是先取指令后取数据。传统计算机CPU在执行过程中根据指令周期的不同阶段来区分指令和数据。取指周期取出来的是指令，执行周期取出来的是数据。在取指令时期，CPU通过指令流取指令，存放在指令寄存器，然后解释并执行指令，在执行指令时期，CPU通过数据流取数据，存放在数据寄存器。所以指令流取的是指令，数据流取的是数据。

冯·诺依曼计算机是根据指令周期的不同阶段，来区分从内存中取出的是指令还是数据。存储器中的每段存储空间都会有一个地址，每个指令都包括一段操作数和一段空间地址，CPU会根据操作数去处理地址所指的数据。一般计算机先读取存储器最开始的内容（这一部分是指令），然后加载操作系统后由操作系统对硬盘文件系统结构（即是数据）以判断其他数据和指令的位置。

指令周期分为4个部分

取指周期，这个周期取出的是指令{操作码，地址码}

间接寻址周期，找到有效地址（内存物理地址）

执行周期，这个周期取出的就是数据

中断周期，检查有没有中断信号

指令和数据都存放在主存，它们都以二进制代码形式出现，区分的方法为：

(1) 取指令或数据时所处的机器周期不同：取指周期取出的是指令；分析、取数或执行周期取出的是数据。

(2) 取指令或数据时地址的来源不同：指令地址来源于程序计数器；数据地址来源于地址形成部件。

## 附加题 固定机实例

该图灵机  $K = \{q_1, q_2, q_3, q_4, q_5, q_{accept}, q_{reject}\}; \Sigma = \{0, 1\}; \Gamma = \{0, 1, X, U\}$

其中 L 表示左移, R 表示右移

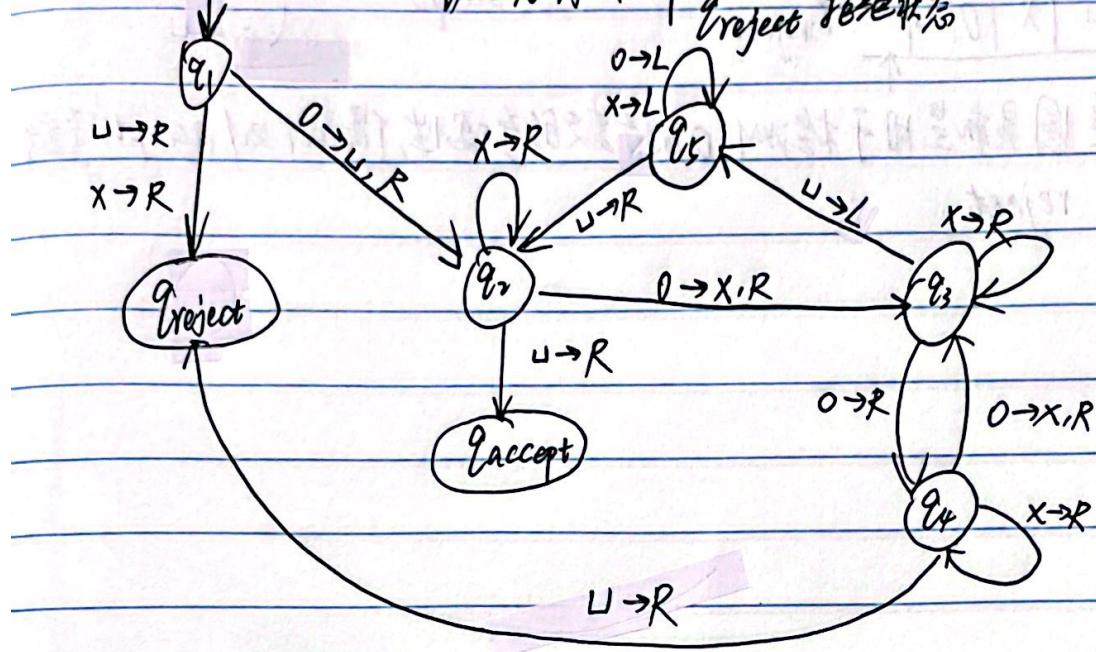
状态图

$q_1$  为初始态

终止态有 2 个

$q_{accept}$  接收状态

$q_{reject}$  拒绝状态



4)  $\dots | U | 0 | 0 | U | \dots q_1$

①  $U \ U \ 0 \ U \ q_2$

⑥  $U \ U \ X \ U \ q_2$

②  $U \ U \ X \ U \ q_3$

⑦  $\dots | U | U | X | U | \dots q_{accept}$

③  $U \ U \ X \ U \ q_5$

④  $U \ U \ X \ U \ q_5$

⑤  $U \ U \ X \ U \ q_2$

(2) ... u | 0 | 0 | 0 | u | ... 91

U O U      U O O O U  
 U U U      U U O O U  
 U U U      accept      U U X O O U  
 U U U      U U X O F U

①  $\sqcup \sqcup \underset{\uparrow}{\circ} \circ \sqcup$   $q_2$

uuxxxu uuxoxu  
uuxxxu uuxoxu

$$\begin{array}{r} \textcircled{2} \\ \textcircled{3} \end{array} \quad \begin{array}{r} 4 \quad 4 \quad x \quad 0 \quad 4 \\ \hline 4 \end{array} \quad \begin{array}{r} 93 \\ 9 \end{array}$$

U U X X X U U U X O X U  
U U X X X U U U X O X U

$$\textcircled{3} \quad \square \quad \square \quad \times \quad 0 \quad \square \quad 94$$

↑  
U U X X X U  
U U X X X U ↑ ↑

④ ... □ □ □ X 0 □ ... <sup>1</sup>  $\downarrow$  reject

accept  $u^* u^* x^0 x^0 u$   
 $u^* u^* x^0 x^0 u$

功  
能：该图灵机是用于检测  $0$  的个数是否为  $2^n$  个 ( $n \geq 0$ ). 若为  $2^n$  个则 accept, 否则 reject.

0 0 0 0 0 0 ↴ q<sub>1</sub>

$$\begin{array}{ccccccccc} 4 & 4 & 9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 9 \\ \hline & & 7 & & & & & & \end{array}$$

U U X 0000U 83

4 1 x 0 0 0 0 4

40 X 0 X 100 93

$$44 \times 3 \times \overset{1}{0} 000 \text{ q4}$$

$$1 \ 1 \ x \ 2 \ x^2 \ x^4 \ x^8$$

→

U U V V X O X U G  
↑

U U X o X o X o b<sub>2</sub>

U U X o X o X o Z Z

U U X X X O X U 83

u U x x k o x u q;

cur x x x o x u g<sub>4</sub>

111 11101111

reject ↑

reject