

第一章 网和网系统

一般系统模型由两类元素构成：

- 状态元素
- 变化元素

程序设计语言

Petri网：状态元素：S；变化元素T

怎样把两类元素联系起来构成系统呢？

• 程序设计语言

- 用控制流把语句串连在一起

• Petri网

- S和T平等，S由T改变；T由S描述。T引起S中资源的流动
- 联系T和S的是两者间的流关系F
- 没有任何的固有控制。自然规律决定了每个变迁与那些状态元素有关，也决定其相关方式。变迁间通过共享的S元素联系在一起，构成网状的系统结构。

- **研究对象**以自然的依赖关系描述变化间的联系
- 系统中可能发生各种变化、变化之间的关系。
- 变化发生的条件及发生后对系统状态的影响。

• **变化的外延**

变化所直接涉及的一切与系统状态有关的因素（二方面：变化前及变化后）。因素—资源（如：产品、信息）

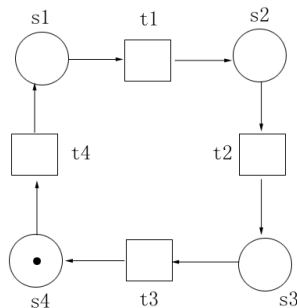
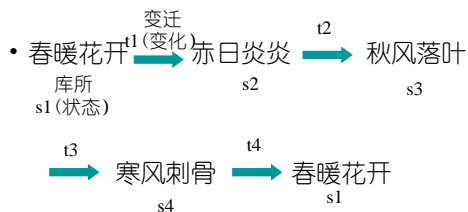
• **状态元素**

存放同一类资源的地方抽象为一个状态元素。资源有消耗、使用及产生。状态元素—**库所（S元素）**：表示状态元素改变

第一节 实例

用Petri网描述系统的共同特征：系统的动态行为表现为资源（物质资源和信息资源）的流动

一、四季系统



变迁t1发生的前提：s1成真 \wedge s2成假

变迁t1发生的结果：s1成假 \wedge s2成真

库所：存放信息（例如s1是否春天）
有信息，条件为真；无信息，条件为假——二种状态 \rightarrow 条件

变迁：相应的变迁 \rightarrow 事件

- 真 \rightarrow 1，假 \rightarrow 0

四维向量 \rightarrow 4个s（条件）的状态

\rightarrow (0, 0, 0, 1) 表示s4成真，其他均为假

\rightarrow (0, 0, 0, 1) 表示四季系统的状态为冬天

- $S=\{s1, s2, s3, s4\}$

$T=\{t1, t2, t3, t4\}$

二种节点

$s1 \rightarrow s2 \rightarrow (s1, t1) \text{ 及 } (t1, s2)$

$F=\{(s1, t1), (t1, s2), (s2, t2), (t2, s3), (s3, t3), (t3, s4), (s4, t4), (t4, s1)\}$ 表示变化

- 缺少系统当前状态（初始状态）

$M_0 = (0, 0, 0, 1)$ ——表示冬季

$\Sigma = (S, T; F, M_0)$

图 示

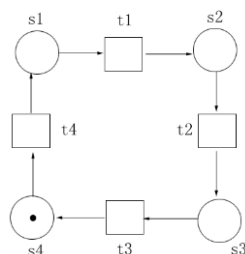
S—圆圈

t—方框

M_0 —圆圈中加黑点
(托肯token)

如：(0, 0, 0, 1)表示在s4
中有一个黑点

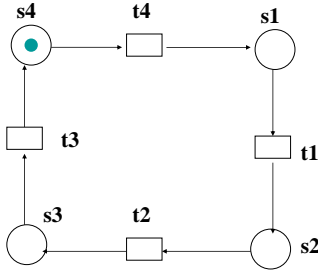
F—有向弧，称为流关系



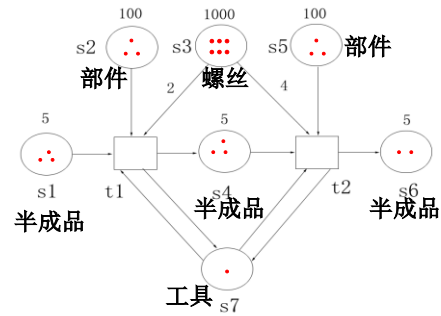
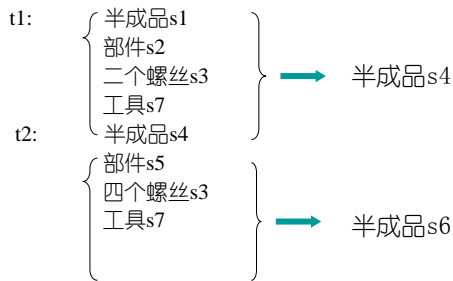
Petri网的网图表示十分清晰，由此得名。

几点说明

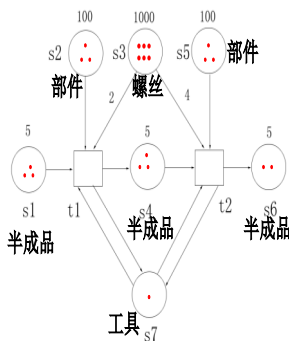
- 模型中，只涉及气温和植物生长两个因素。模型只是从实际系统生存的宇宙中切下的相对完整的一部分。
- 宇宙中每个变迁并不依赖宇宙的全局状态，只依赖少数局部于该变迁的因素——它的外延，可以从外延中，选择一部分来刻画变迁。
- 季节变化模型，没有用时间来描述。相反，时间体现在季节变化中。



二、生产流水线



- 先看s3和s7，即螺丝用后不归还（消耗），工具用了要还原（非消耗品）
- 容量：螺丝s3, s2, s5和部件s1, s4, s6的最大存放数
 $K: S \rightarrow \mathbb{N}^+ \cup \{\omega\}$
 (自然数 $\mathbb{N}^+ = \{1, 2, \dots\}$, ω 表示无穷大)
- 权：螺丝消耗的数量问题
 $W: \text{弧} \rightarrow \mathbb{N}^+$
 因此， $\Sigma = (S, T; F, K, W, M_0)$ M_0 为初始状态



• 冲突 (conflict)

S7中只有一个，t1 t2不能同时组装，它们竞争共享的资源（工具）

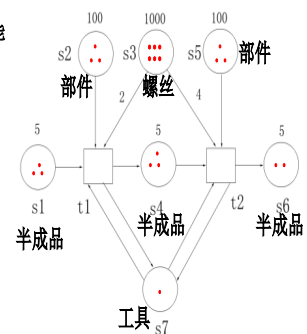
• 不确定性

t1 t2处于平等竞争资源（工具）的地位，从而，就有可能一个连续占用多次，而另一个没有机会使用，所以，网论把冲突又称为不确定性

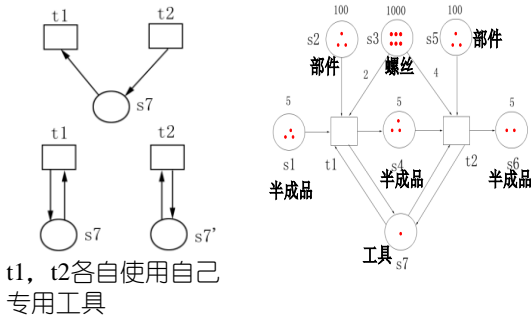
• 饥饿 (starvation)

不确定性会导致资源被一方无限占用，另一方则饿死

- 上述的模型不会发生饥饿现象



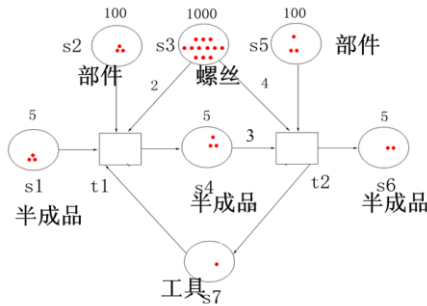
工具s7为t1发生使用，直到t2发生归还(交替使用)



- s7, s7'可以从系统略去，因为显然不影响t1, t2的动态关系，乃至不影响整个系统；

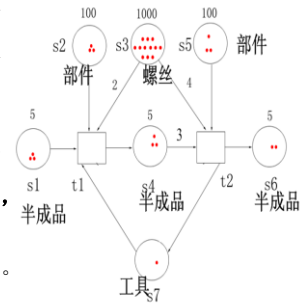
所以在Petri网建模时，必须考虑略去次要因素。

t1和t2交替使用时：



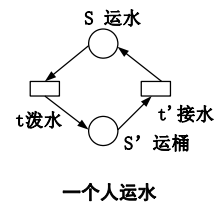
死锁

- ❖ t1发生一次，产生一个半成品，就失去工具占有权；t2发生一次，要用到3个t1的半成品。
- ❖ 当t1t2t1时，此时，占有工具使用权的t2由于没有足够的半成品可用，而不能发生，从而导致整个系统处于死锁状态：没有任何一个变迁可以发生。

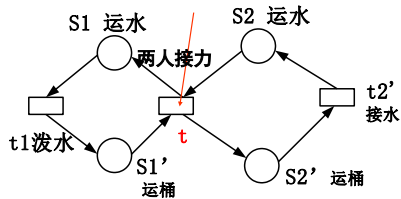


三、救火队伍

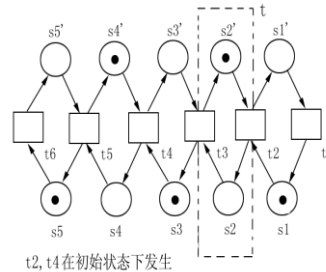
救火队员人手一桶从水源向火场运水。
系统中流动三种物质资源：人、桶和水。桶和水依赖于人而不必单独描述。三种资源的流动体现为人的状态改变
人有两种状态：运水或运桶；



第一个人的接水和第二个人的泼水的合并



n个人排成一队接力，n=5



初始状态表明：每个人不是运水(S)，就是运桶(S')

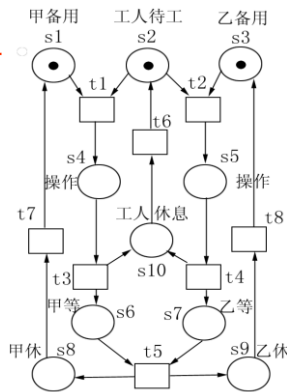
- 没有中央控制
- 完全由自然规律支配的系统：体壮的多走点，体弱的少走点，何时相遇何时交换水桶
- 没有全局时钟
- t2和t4并发，第一人和第二人，第三人和第四人交换水桶，另一方面t6也可发生，即第五个人可以继续运水，这些动作之间互不相关，异步行为
- 自修补系统（某个人(s2, s2')的退出不会影响整个系统）

四、复杂例子

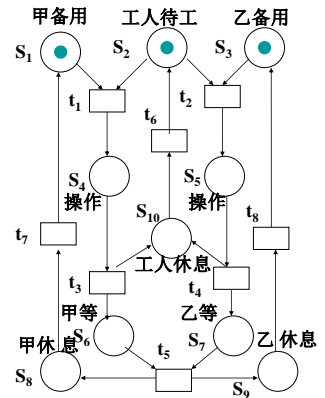
$$W(x,y)=1$$

$$K(s)=\omega$$

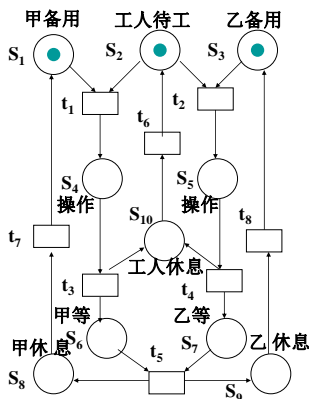
$$M_0=\{1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0\}$$



- **冲突：**(t1, t2)
冲突表示环境对系统在冲突之处可以施加控制
- **并发：**(t5, t6), (t7, t8), (t6, t7), (t6, t8)
并发变迁既可能一步发生，又可能依任意次序发生
- **顺序：**(t1, t3), (t2, t4), (t5, t7), (t5, t8)
表示先后发生关系
- **并发不具备传递性：**
否则，t5和t6并发，t6和t7并发，则t5和t7并发



- **冲突：**(t1, t2)
冲突表示环境对系统在冲突之处可以施加控制
- **并发：**(t5, t6), (t7, t8), (t6, t7), (t6, t8)
并发变迁既可能一步发生，又可能依任意次序发生
- **顺序：**(t1, t3), (t2, t4), (t5, t7), (t5, t8)
表示先后发生关系
- **并发不具备传递性：**
否则，t5和t6并发，t6和t7并发，则t5和t7并发



就全局而言：

- 1 各变迁“各行其事”，无统一控制，无统一时间；
- 2 外延决定变迁发生与否；
- 3 网系统本质上是一个异步并发系统；

