

Redes de Petri

**Ayran de Abreu Silva Duarte
Kauan Henrique Werlich**

Teoria da Computação
Professor Cristiano Vasconcellos
02/12/2024

O que são redes de Petri?

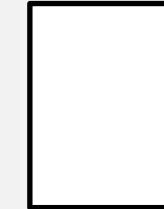
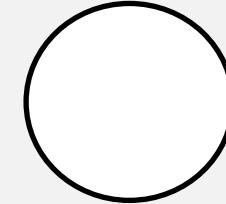
- As Redes de Petri são uma ferramenta matemática (modelo de computação) utilizada para modelar e analisar **sistemas concorrentes** e **sistemas distribuídos**.
- São equivalentes a máquinas de Turing (Turing-completas).
- Composta por lugares, transições, arcos e tokens, que juntos formam uma rede (grafo) bipartida.



Carl Petri

■ Componentes Básicos

- **Lugares/Places** (Círculos):
Representam estados ou condições.
- **Transições** (Retângulos/Barras):
Representam eventos que podem ocorrer, alterando os estados.
- **Arcos**: Conectam lugares a transições e vice-versa, indicando a relação entre estados e eventos.



■ Componentes Básicos

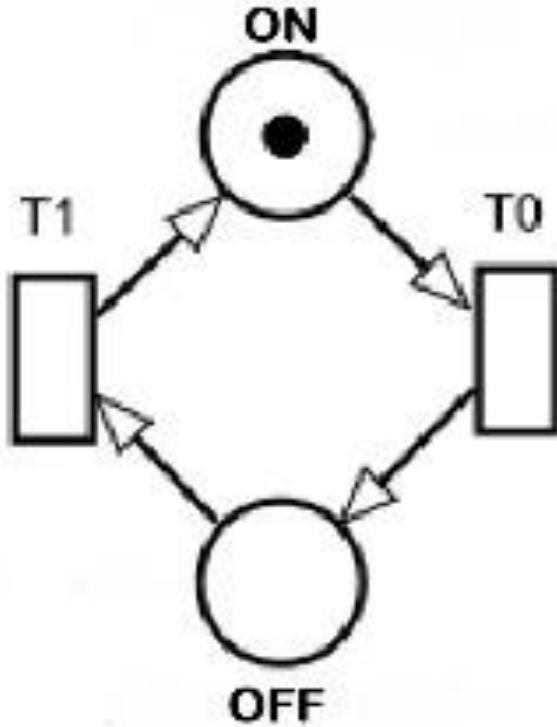
- **Marcadores/Fichas (Tokens)**: Situados nos lugares, representam a quantidade de recursos ou o estado atual do sistema.
- O consumo de tokens é um dos principais recursos das redes de Petri.
- Tokens podem representar várias coisas.



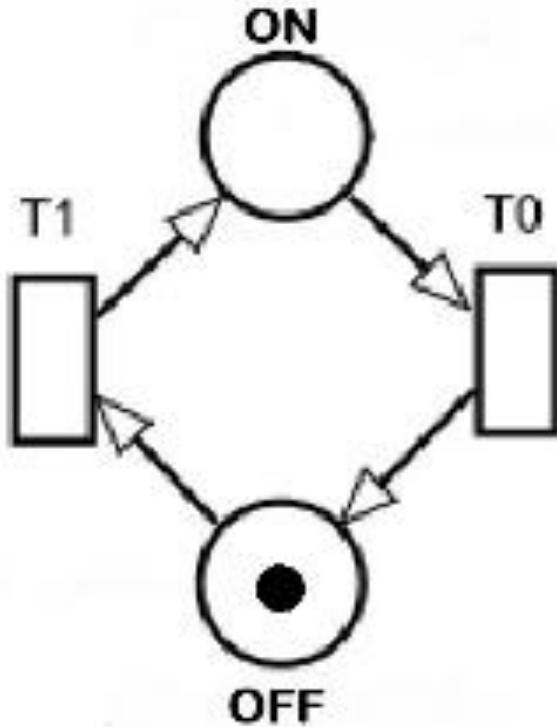
Consumo de Tokens

- ❑ Disparo de Transições: Uma transição é habilitada quando todos os seus lugares de entrada possuem marcadores suficientes.
- ❑ Quando disparada, a transição consome marcadores dos lugares de entrada e adiciona aos lugares de saída.
- ❑ A quantidade de tokens consumidos ou produzidos são especificados nas transições.
- ❑ Essa informação pode ser escrita em uma matriz de transição e abstraída da representação gráfica.

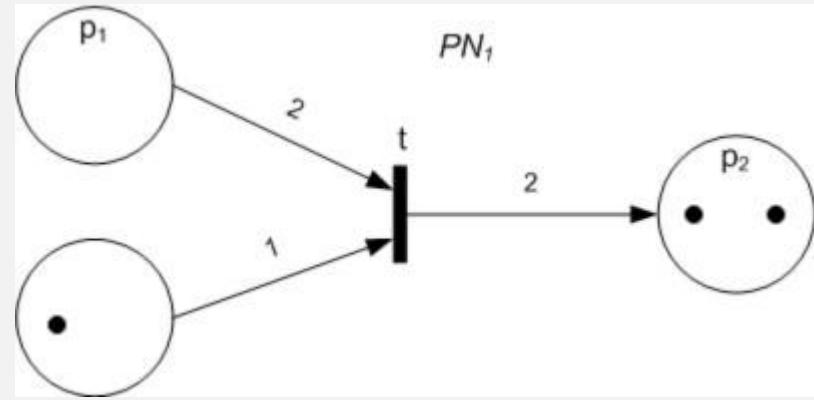
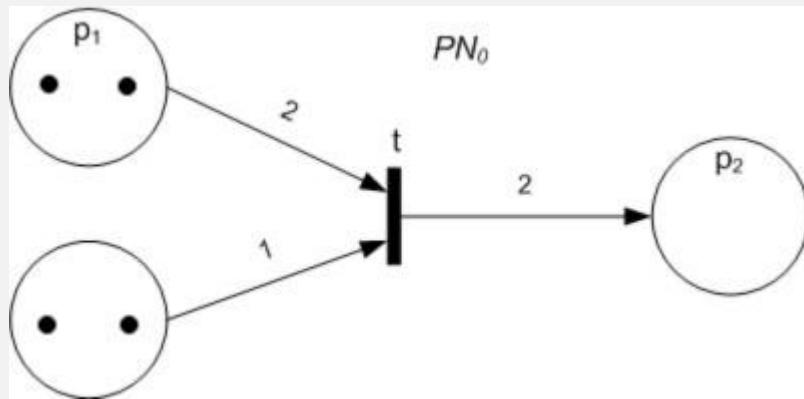
Exemplo: Sistema de ON/OFF



Exemplo: Sistema de ON/OFF



Exemplo com numeração nos arcos



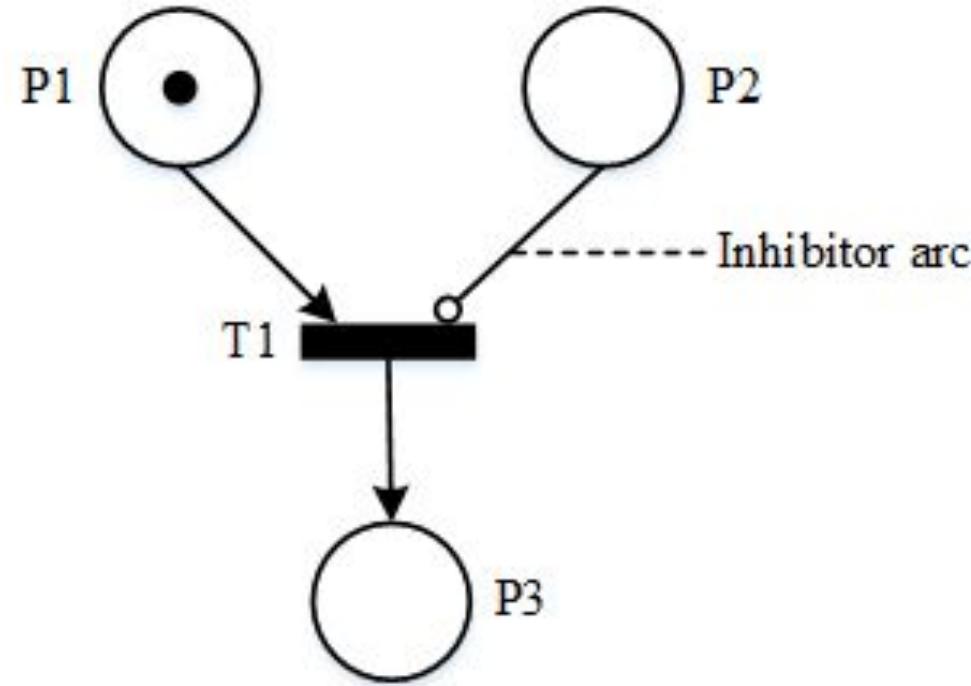
■ Equivalência com Máquinas de Turing

- São necessárias várias adaptações para transformar uma na outra!
- Existem várias extensões das redes de Petri que não aumentam seu poder computacional, mas permitem simplificar a descrição da rede.
- Redes de Petri costumam ter tokens finitos -> equivalentes a Autômatos Finitos
- Com tokens infinitos pode-se fazer a equivalência.

■ Equivalência com Máquinas de Turing

- Outra estratégia é o uso de Redes de Petri **coloridas** (tokens de cores diferentes) -> cada cor representa um dado/entrada diferente.
- **Arcos inibidores**: uma transição só executa se certas condições forem atendidas:
 - teste de igualdade a Zero (Zero-Testing), que permite verificar se um lugar está vazio.
 - Capacidades Condicionais também oferecem mais flexibilidade.

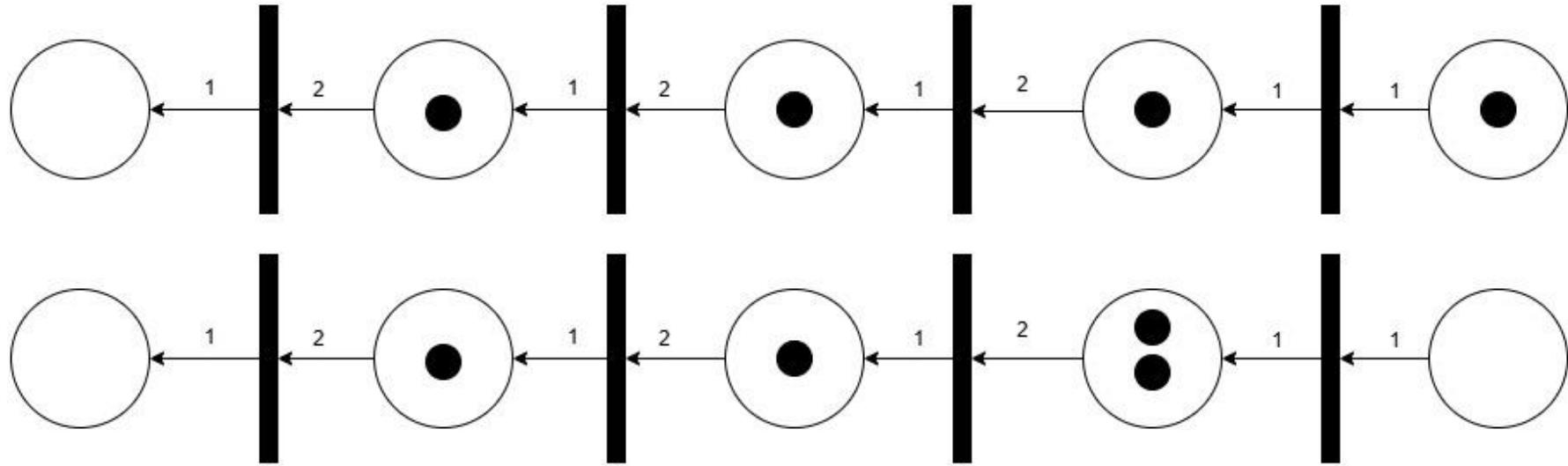
Arcos Inibidores



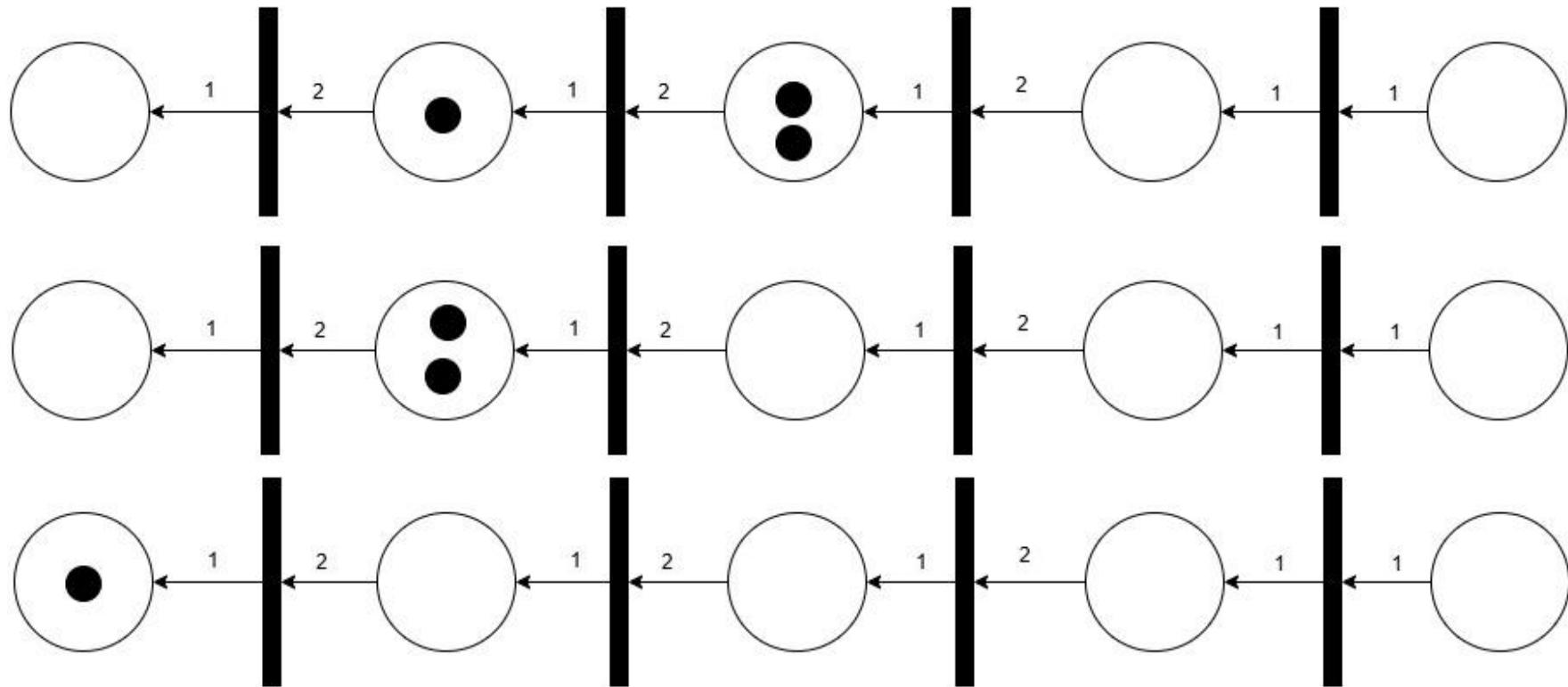
■ Decidibilidade e Indecidibilidade

- Com tokens finitos, Redes de Petri são decidíveis.
- Mas com tokens infinitos e arcos inibidores, elas se tornam indecidíveis.

■ Adicionar 1 em binário



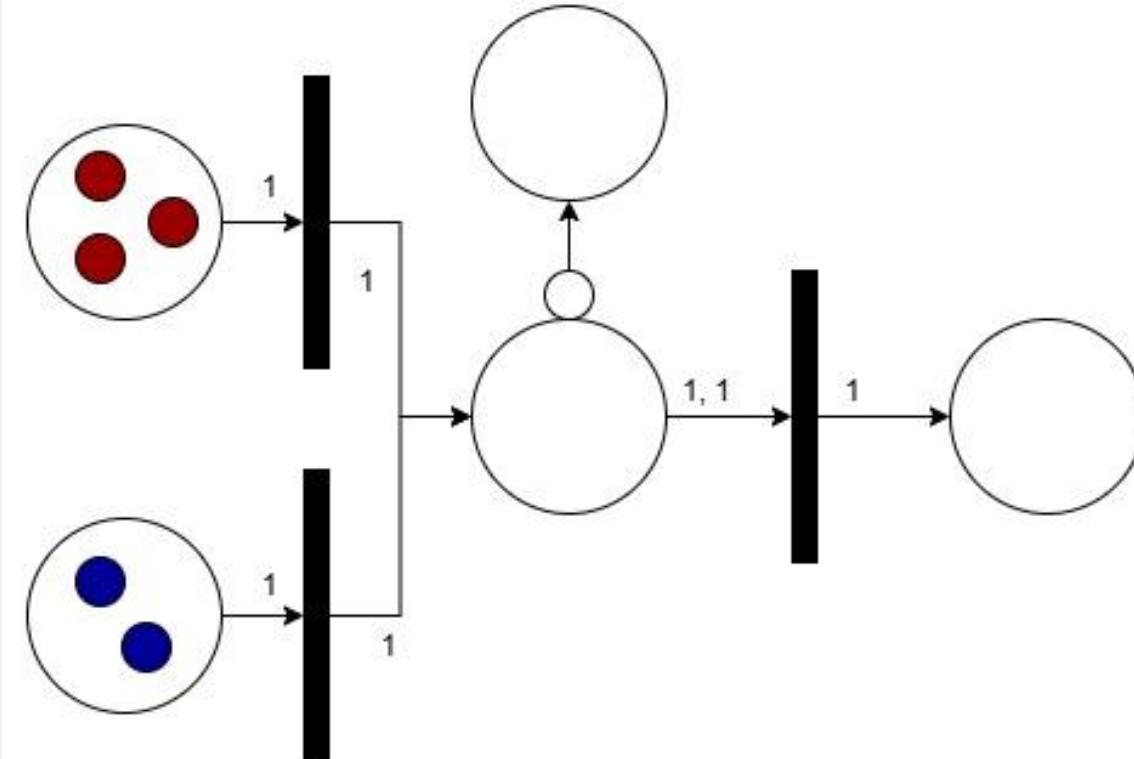
■ Adicionar 1 em binário



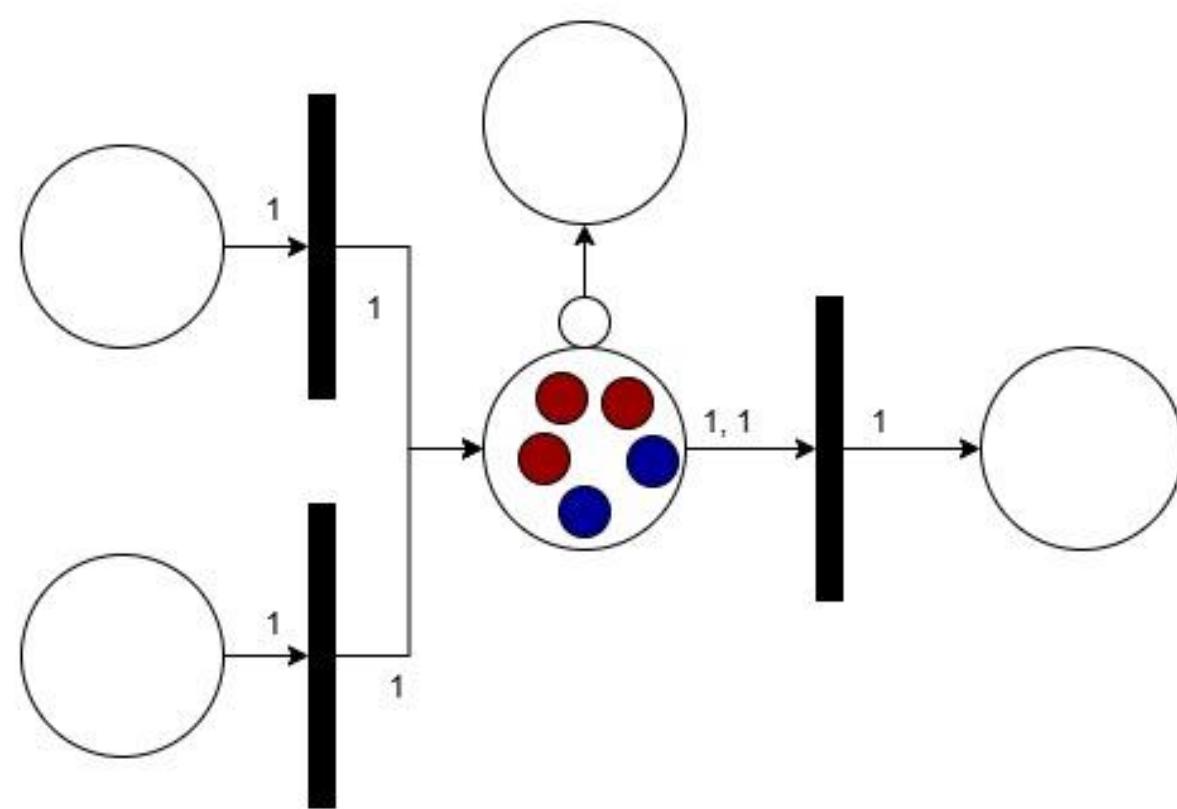
■ Deadlocks

- **Concorrência por Recursos:** Quando duas ou mais transições estão habilitadas ao mesmo tempo e querem tokens do mesmo lugar.
- **Condição de Exclusão Mútua:** Em redes de Petri, um token só pode ser consumido por uma única transição. Se duas ou mais transições tentarem consumir o mesmo token simultaneamente, um conflito ocorre porque apenas uma delas pode avançar.
- **Deadlock:** Nenhuma transição pode avançar devido à falta de disponibilidade de recursos.

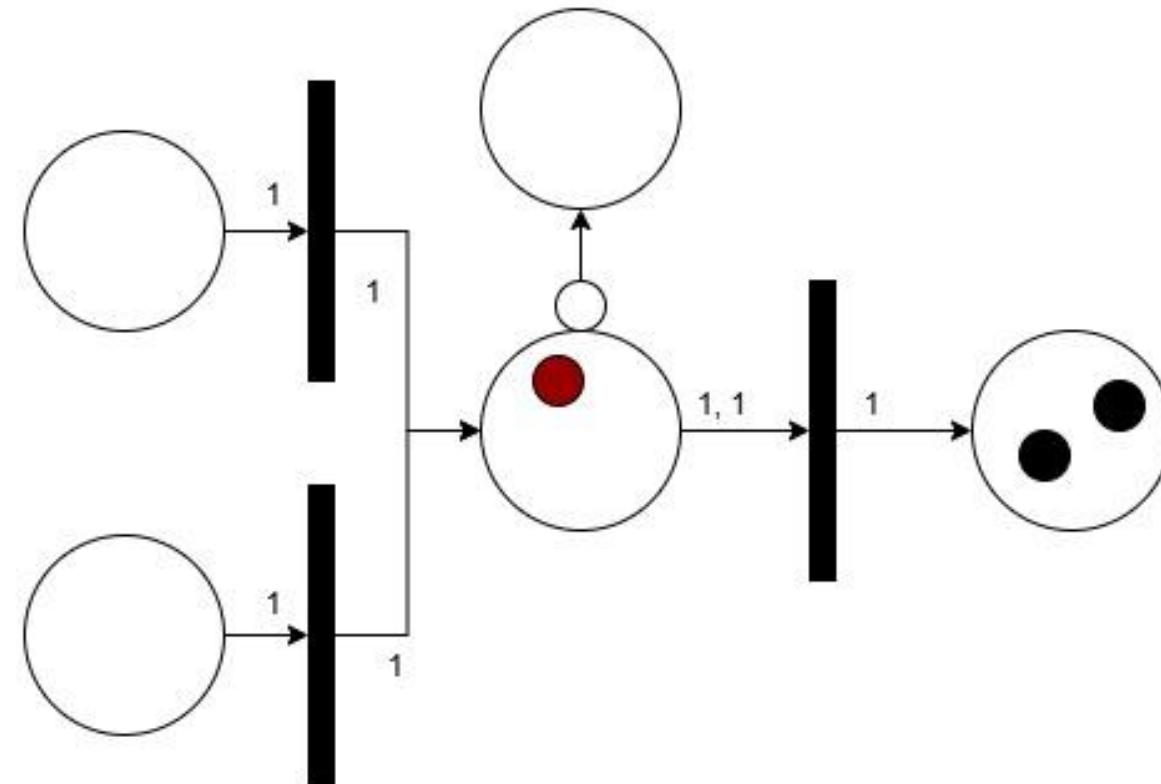
$|a| = |b|$



$|a| = |b|$



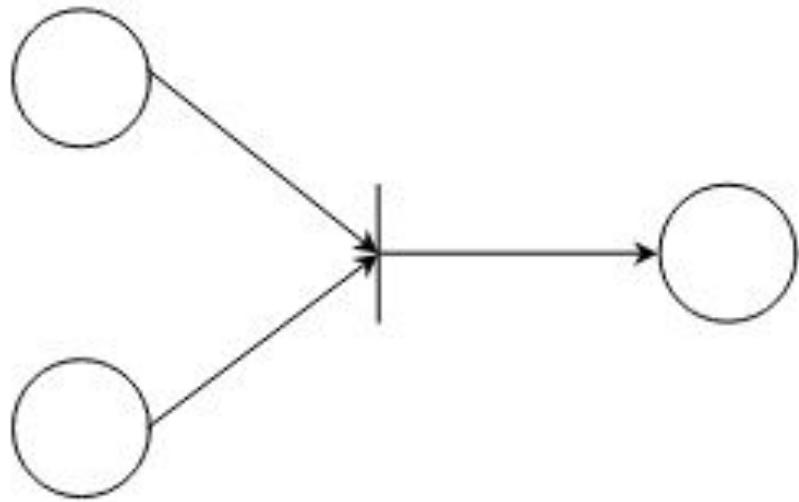
$|a| = |b|$



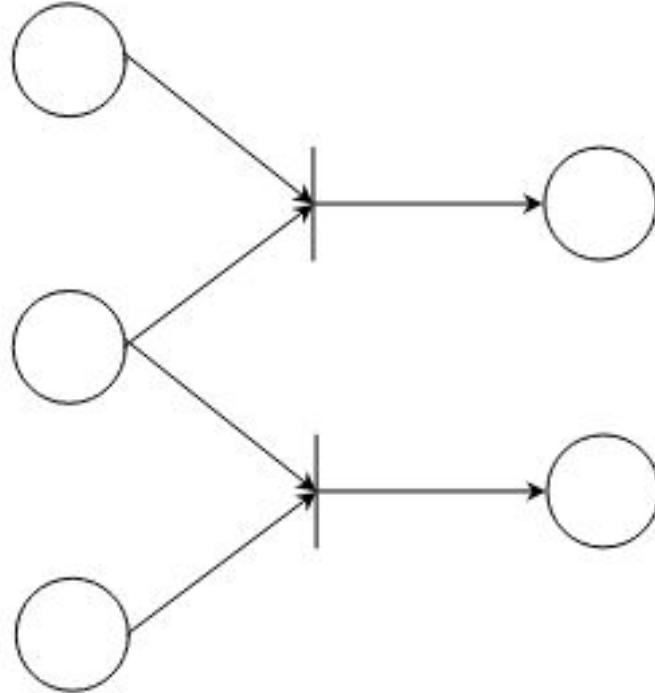
Ações Sequenciais



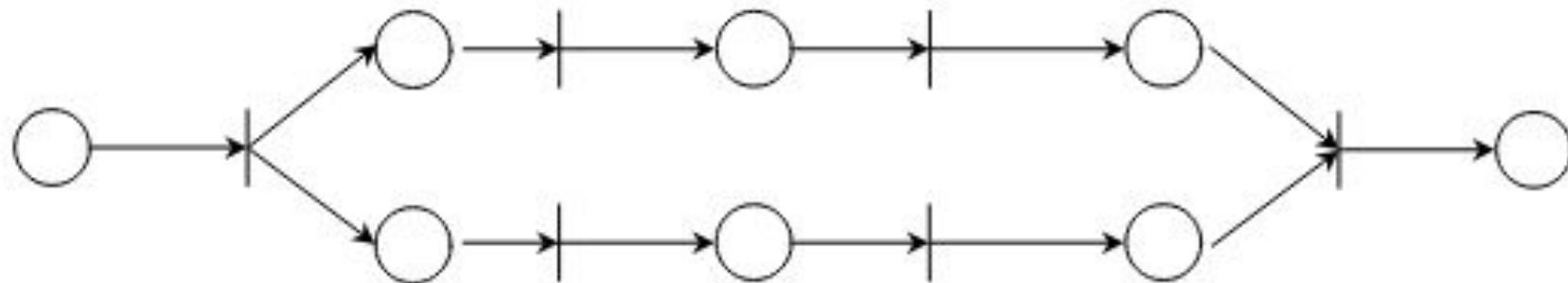
Dependência



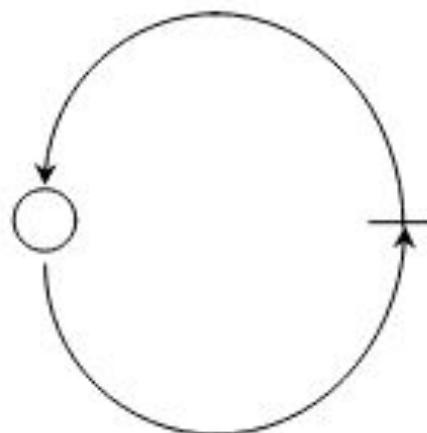
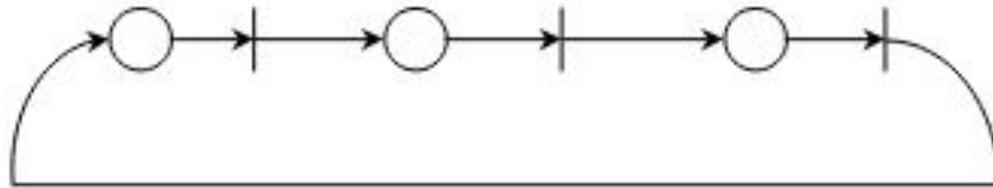
Conflito



Concorrência



Ciclos



Vantagens

- **Visualização Clara e Intuitiva (Gráfica)**: Fácil de entender e visualizar sistemas complexos.
- **Análise Formal**: Permite a análise rigorosa de propriedades como deadlock, liveness e reachability.
- **Análise Estrutural**: Permitem uma análise estrutural do modelo antes da simulação ou verificação formal, identificando problemas como deadlocks de maneira mais direta e visual.
- **Facilidade para**: modelar sistemas industriais, manufatura, protocolos de rede.

■ Desvantagens

- **Escalabilidade:** Pode ser difícil de escalar para sistemas muito grandes (explosão de estados).
- **Complexidade:** A análise pode se tornar complexa à medida que o sistema cresce.
- **Expressividade Limitada:** Em comparação com outros modelos como Máquinas de Turing, as redes de Petri podem ter limitações na expressividade para certos tipos de propriedades ou comportamentos específicos do sistema.

Ferramentas

Existem várias ferramentas para simular Redes de Petri:

- LoLA - Low Level Petri Net Analyzer
- PIPE (Platform Independent Petri net Editor)
- GreatSPN
- Petrinator
- Woflan (Workflow Analyzer)
- ExSpect
- Snoopy
- Design/CPN (Colored Petri Nets)

Referências

- [1] DAVIDE, Roberto; DAVIDE, Lisa S.; KOUTNY, Maciej. **Understanding Petri Nets: Modeling Techniques, Analysis Methods, Case Studies.** Berlin: Springer, 2013. ISBN 978-3642286585.
- [2] MURATA, Tadao. **Petri Nets: Properties, Analysis and Applications.** *Proceedings of the IEEE*, v. 77, n. 4, p. 541-580, 1989. ISBN 978-0818673943.
- [3] REISIG, Wolfgang. **Petri Nets: Fundamental Models, Verification and Applications.** Berlin: Springer, 2005. ISBN 978-3540259058.
- [4] PETRI net. Wikipedia, a enciclopédia livre. Disponível em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Petri_net>. Acesso em: 28 nov. 2024.
- [5] PETRI Nets World. Petri Nets World. Disponível em: <<http://www.informatik.uni-hamburg.de/TGI/PetriNets/>>. Acesso em: 30 nov. 2024.

Referências

- [6] AALST, Wil van der; HEE, Kees van. **Petri Nets: Theory and Applications.** Berlin: Springer, 2002. ISBN 978-3540208490.
- [7] Billington, J., Han, B. **Modelling and analysing the functional behaviour of TCP's connection management procedures.** *Int J Softw Tools Technol Transfer* **9**, 269–304 (2007).
- [8] HERRMANN, Jeffrey W.; LIN, Edward. **Petri Nets: Tutorial and Applications.** In: CIM Lab, Institute for Systems Research, University of Maryland. Proceedings of the 32th Annual Symposium of the Washington Operations Research - Management Science Council, Washington, D.C., November 5, 1997. Disponível em: <https://isr.umd.edu/Labs/CIM/miscs/wmsor97.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2024.

Referências

- [9] JAVAN, A.; AKHAVAN, M.; MOEINI, A. **Simulating Turing Machines Using Colored Petri Nets with Priority Transitions.** International Journal on Recent Trends in Engineering and Technology, v. 9, n. 1, p. 34-81, jul. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Abolfazl-Javan/publication/265086639_Simulating_Turing_Machines_Using_Colored_Petri_Nets_with_Priority_Transitions/links/53ff9a020cf2194bc29a94ba/Simulating-Turing-Machines-Using-Colored-Petri-Nets-with-Priority-Transitions.pdf. Acesso em: 01 dez. 2024.
- [10] ZAITSEV, D. A.; LI, Z. W. **On simulating Turing machines with inhibitor Petri nets.** IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, v. 13, p. 147-156, 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/tee.22508>. Acesso em: 01 dez. 2024.