



Sistemas de Controle e Supervisão Industrial

Redes de Petri

Prof. Dr. Osmar Ogashawara

Professor(es) Responsável(is)

Integrantes do Grupo

AIRES HELENA GASPARINI	RA: 761839
IGOR NICOLETTI PINTO	RA: 754229
VITOR MENDES CAMILO	RA: 790736

Sumário

1. Introdução	3
1.1. Máquina Vacuum Forming	3
1.2. Redes de Petri	4
1.3. Funcionamento	4
2. Desenvolvimento	6
3. Conclusão	10

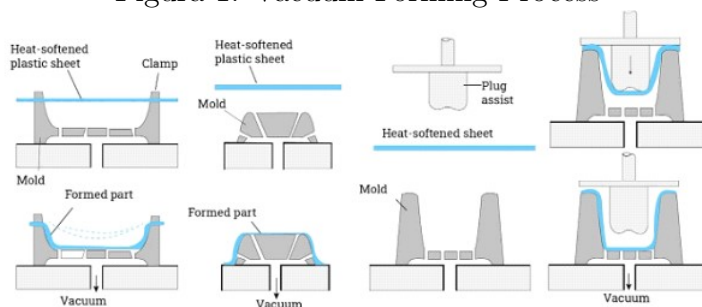
1. Introdução

1.1. Máquina Vacuum Forming

Denomina-se o termo Plástico para descrever materiais compostos por polímeros sintéticos. Os polímeros são caracterizados por suas macromoléculas formadas a partir de monômeros, unidades estruturais menores. Consequentemente, os polímeros são compostos pela combinação de vários meros, que podem ser organizados de diversas formas, influenciando suas propriedades físicas. Além dos polímeros sintéticos, existem os polímeros naturais, tais como o DNA, amidos e proteínas. Assim, enquanto nem todos os polímeros são plásticos, todos os plásticos são, de fato, polímeros. (SOARES, E.A.F, 2020)

A indústria dos polímeros desempenha um papel fundamental na economia global devido à sua ampla aplicação em diversas áreas, destacando-se, por exemplo, na produção de tubos de PVC, que são utilizados em uma variedade de setores industriais e comerciais. Para a fabricação de produtos de plástico, como o PVC, o método mais comum empregado é o Vacuum Forming. Esse processo consiste em aquecer folhas de plástico até que fiquem maleáveis e, em seguida, moldá-las sobre formas utilizando vácuo, resultando em peças com formas específicas e detalhes desejados. O Vacuum Forming é uma técnica amplamente adotada na indústria devido à sua versatilidade e eficiência, sendo empregado na produção de embalagens, componentes automotivos, utensílios domésticos e uma variedade de outros produtos. Sua aplicação se estende a áreas onde a precisão e a personalização são essenciais para atender às demandas do mercado.

Figura 1: Vacuum Forming Process



Fonte: (IQSDirectory, 2024)

1.2. Redes de Petri

Em 1962, a teoria das Redes de Petri foi introduzida por Carl Adam Petri em sua tese de doutorado. As Redes de Petri constituem uma ferramenta matemática e gráfica amplamente utilizada para modelar e analisar sistemas dinâmicos e concorrentes, permitindo a obtenção de informações valiosas sobre a estrutura e o comportamento dinâmico dos sistemas em questão. (PÁDUA, 2004)

Essas redes são caracterizadas por dois elementos fundamentais: lugares e transições. As transições representam as ações ou eventos que podem ocorrer dentro do sistema, enquanto os lugares representam os estados ou variáveis do sistema. A interação entre transições e lugares permite a representação das relações de pré-condições e pós-condições das ações do sistema. Essa representação matemática possibilita análises detalhadas da estrutura e do comportamento dinâmico dos sistemas modelados.

As Redes de Petri possuem uma ampla gama de aplicações em diferentes áreas, incluindo sistemas de manufatura, desenvolvimento de software e sistemas administrativos, devido à sua capacidade de representar de forma clara e eficaz a dinâmica dos processos em estudo. Entre as principais características dessas redes estão a capacidade de modelar sistemas complexos de forma intuitiva, a flexibilidade para representar diferentes tipos de sistemas e a possibilidade de análise rigorosa por meio de técnicas matemáticas. (PÁDUA, 2004)

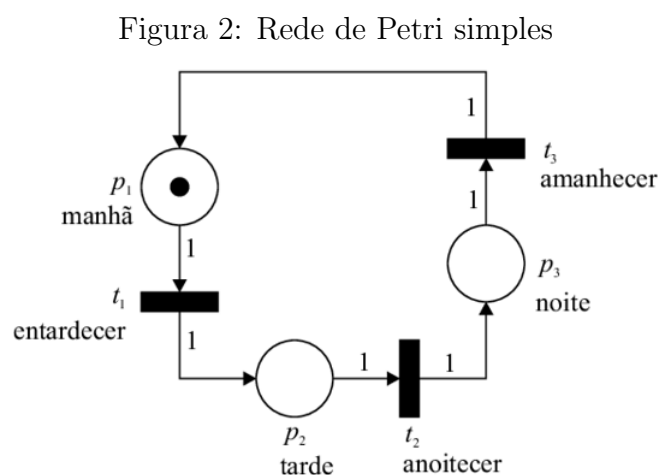
Essas características conferem às Redes de Petri vantagens significativas na compreensão e otimização de processos em uma variedade de contextos, tornando-as uma ferramenta fundamental na engenharia de sistemas, engenharia de software, automação industrial, pesquisa operacional e em diversas outras áreas onde a modelagem e a análise de sistemas dinâmicos são essenciais para compreender e melhorar o desempenho do sistema.

1.3. Funcionamento

Como já mencionado no capítulo anterior, a Rede de Petri é composta por elementos fundamentais: lugares e transições, representados por círculos e retângulos, respectivamente. Os lugares desempenham um papel passivo dentro do sistema, sendo capazes de assumir diferentes estados que representam entidades que podem armazenar ou exibir itens. Esses estados podem ser vazios, quando não há presença de uma marca preta, ou cheios, quando a marca está presente. Por outro lado, as transições são elementos ativos que representam entidades reais capazes de produzir, transportar ou alterar itens dentro do sistema.

A interação entre lugares e transições é representada por linhas, denominadas arcos. Existem dois tipos principais de arcos: o arco orientado de atividade para lugar e o arco orientado de lugar para atividade. Na modelagem de Redes de Petri, é importante observar que um arco nunca pode conectar uma atividade a outra ou um lugar a outro. Se isso ocorrer durante a criação de uma Rede de Petri, é indicativo de que o modelo está omitindo um nível crucial de informação. (MIYAGI, 1996)

Além disso, é crucial ressaltar que a interconexão entre lugares e transições é fundamental para representar com precisão a dinâmica do sistema em estudo. Essa estrutura permite uma representação clara e concisa das relações de pré-condições e pós-condições das atividades do sistema, possibilitando uma análise abrangente e detalhada do comportamento do sistema em diferentes cenários e condições, a seguir podemos ver um exemplo de uma rede ilustrada pela Figura 2.



Fonte: (Lisboa, A.C, 2015)

Ademais, As Redes de Petri operam em diversos níveis de abstração para modelar e analisar sistemas complexos. Esta estrutura hierárquica possibilita uma representação detalhada e compreensível dos processos em estudo. A escolha do nível de abstração apropriado é determinada pelas características e requisitos específicos do sistema em análise. Tipicamente, quanto maior o nível de abstração, mais precisa e detalhada é a representação do sistema, embora isso possa aumentar a complexidade da análise e interpretação dos resultados. (MIYAGI, 1996)

Seguem os 4 principais níveis de abstração :

1. Nível Básico : Este nível fundamental envolve a representação dos elementos básicos das Redes de Petri, tais como lugares, transições e arcos, como por exemplo a Figura 2. Os lugares denotam estados do sistema, as transições representam eventos

ou ações ocorridas no sistema, e os arcos indicam as relações entre lugares e transições, incluindo pré-condições e pós-condições das transições.

2. Nível Estendido da Rede de Petri: Neste nível, elementos adicionais são incorporados para capturar características específicas do sistema em análise. Pode-se adicionar temporizadores para modelar eventos temporais, prioridades para estabelecer a ordem de execução das transições, ou variáveis para armazenar informações extras sobre o estado do sistema.

3. Nível de Rede de Petri Colorida: Este nível expande a representação das Redes de Petri ao incluir cores nos lugares e/ou transições. As cores são utilizadas para distinguir diferentes tipos de tokens ou estados do sistema, permitindo uma modelagem mais detalhada e precisa.

4. Nível de Rede de Petri de Alta Ordem: Neste nível avançado, as Redes de Petri podem ser aninhadas, criando uma hierarquia de redes. Isso possibilita a modelagem modular de sistemas complexos, facilitando a análise de sistemas extensos e intrincados.

Para construir uma Rede de Petri, geralmente começa-se com uma representação básica do sistema, que pode ser considerada como o 1º nível de abstração. À medida que o processo é aprimorado, modelos mais completos são desenvolvidos até que o sistema esteja totalmente representado. Isso pode resultar em vários níveis de abstração, dependendo da complexidade do processo em questão.

Quando o maior nível de abstração é alcançado, torna-se viável a transformação da Rede de Petri em uma programação ladder. Isso ocorre porque a representação da rede deve incluir sensores, atuadores e lógicas de comando, possibilitando a utilização dos diversos níveis de abstração da Rede de Petri na máquina de vacuum forming.

Essa progressão de abstração e refinamento permite uma representação mais precisa e uma compreensão mais profunda do sistema em análise, contribuindo para a otimização e aprimoramento dos processos industriais, como é o caso do vacuum forming.

2. Desenvolvimento

Para iniciar a elaboração da Rede de Petri para a máquina de vacuum forming, foi-se necessário estabelecer um modelo operacional detalhado da máquina, descrevendo cada etapa do processo de funcionamento, para tal adotou-se a seguinte sequência de estados e ações índices ímpares referem - se a estados e índices pares referem-se à ações:

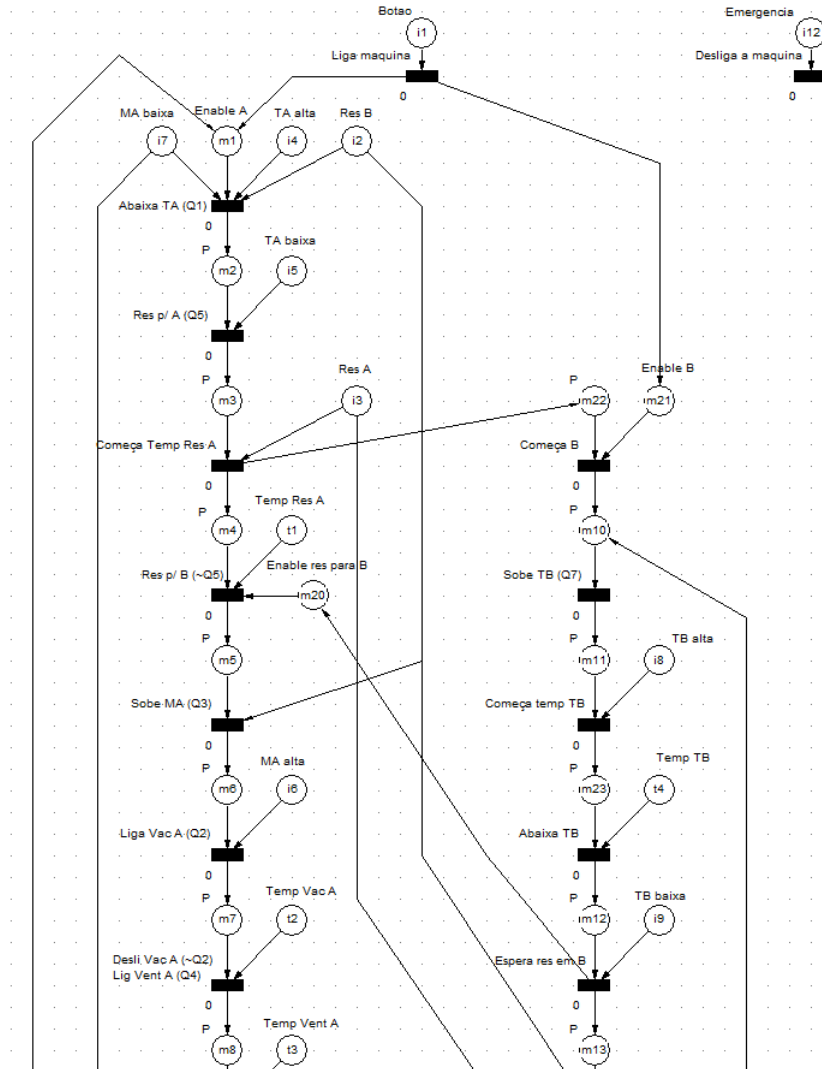
1. Início
2. Liga a máquina

3. Começa A
4. Abaixa tampa A
5. Tampa A baixa
6. Resistência vai para A
7. Temporiza Resistência A
8. Sobe tampa B
9. Temporiza tampa B
10. Abaixa tampa B
11. A quente
12. Resistência vai para B
13. Temporiza resistência B
14. Sobe Molde A
15. A pronto para ser moldado
16. Liga vácuo A
17. Temporiza vácuo A
18. Desliga vácuo A, liga ventilador A
19. Temporiza ventilador A
20. Desliga ventilador A, Desce molde A
21. Peça A moldada
22. Sobe Tampa A
23. Temporiza tampa A
24. Abaixa tampa A (A já começou um novo ciclo)
25. B quente

26. Resistência para A
27. Sobe Molde B
28. B pronto para ser moldado
29. Liga vácuo B
30. Temporiza vácuo B
31. Desliga vácuo B, liga ventilador B
32. Temporiza ventilador B
33. Desliga ventilador B, Desce molde B
34. Peça B moldada
35. Volta ao passo 7 e o processo se repete

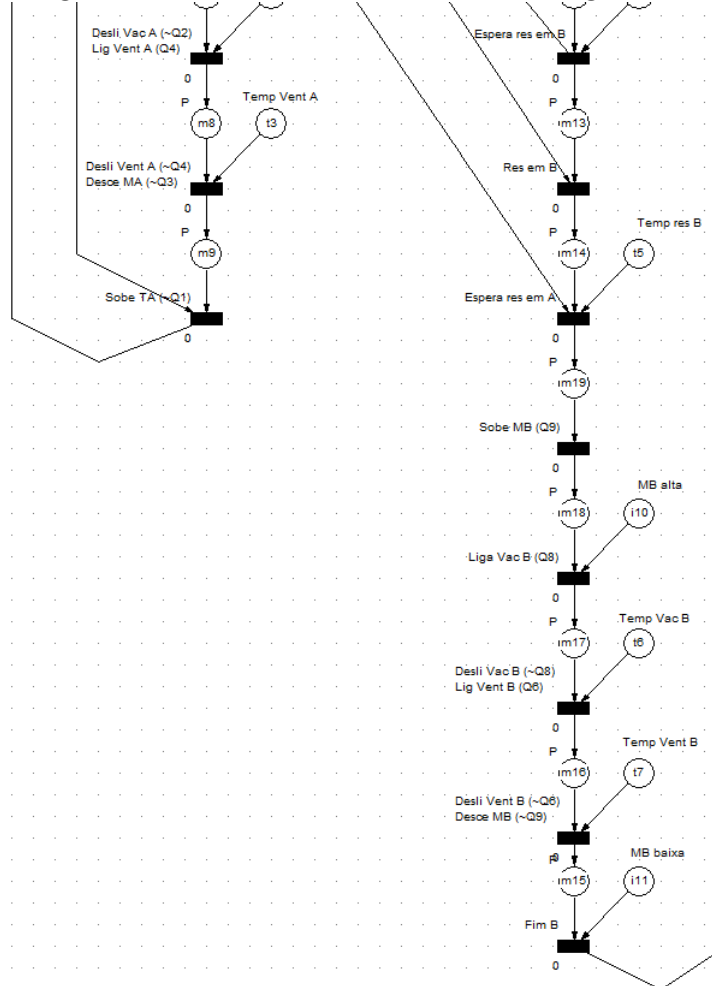
Semelhante a esse processo foi o que utilizou-se para o processo em B, que representa a outra parte do sistema que compõe a máquina de Vacuum Forming. O desenvolvimento da Rede Petri fora desenvolvida utilizando o software Virtual Object Net ++ disponibilizado no ambiente virtual da disciplina, seu desenvolvimento pode ser observado abaixo pela Figura 3 e Figura 4 respectivamente.

Figura 3: Rede de Petri Vacuum Forming Parte 1



Fonte: Próprio Autor

Figura 4: Rede de Petri Vacuum Forming Parte 2



Fonte: Próprio Autor

3. Conclusão

As Redes de Petri emergem como uma ferramenta altamente eficaz na modelagem e simulação de processos complexos, como evidenciado em sua aplicação na automação da máquina de Vacuum Forming. Através da modelagem, proporcionou-se uma visão clara sobre como automatizar o processo, tornando o passo-a-passo mais compreensível na transição para a lógica Ladder, resultando em uma simulação de confiança, cujas etapas são detalhadas.

É perceptível que ao adotar a metodologia das Redes de Petri, um projeto pode ser implementado com maior precisão em relação às demandas específicas do problema a ser resolvido, uma vez que diferentes estados e ações podem ser adequadamente delineados.

O desenvolvimento de sistemas utilizando a metodologia proposta pelas Redes de Petri demonstrou-se altamente eficiente. Através das abstrações, foi possível elaborar um projeto completo, ao passo que a ausência de tal metodologia pode comprometer o nível de detalhamento necessário.

Além disso, a tradução para a linguagem Ladder revelou-se facilitada e metodicamente organizada, resultando em economia de tempo durante o projeto.

Referências

IQSDirectory. **Vacuum Forming**. 2024. Disponível em: <https://www.iqsdirectory.com/articles/vacuum-forming.html>. Acesso em: 15 de fevereiro 2024.

Lisboa, A.C. **Exemplo de rede de Petri para os períodos de um dia**. 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Exemplo-de-rede-de-Petri-para-os-periodos-de-um-dia_fig2_281287118. Acesso em: 15 de fevereiro 2024.

MIYAGI, P. E. **Controle programável**. [S.l.]: Blucher, 1996. ISBN 9788521200796.

PáDUA, S. I. D. de. The potencial of petri nets in modeling and analysis of workflow. **Scielo Brasil**, p. 7, 2004.

SOARES, E.A.F. **O que são polímeros?** 2020. Disponível em: <https://uniplastico.wordpress.com/canal/>. Acesso em: 15 de fevereiro 2024.