

Aplicação de redes de petri em um sistema de identificação e transporte de três tipos diferentes de produtos

APPLICATION OF PETRI NET TO IDENTIFICATION AND TRANSPORT SYSTEM FOR THREE DIFFERENT PRODUCTS

Giuliani Paulineli Garbi
Francisco José Grandinetti
Universidade de Taubaté
Departamento de Engenharia Mecânica

RESUMO

Com o objetivo de atingir maior eficiência produtiva, realiza-se a análise da performance e execução de um processo de identificação e transporte de diferentes tipos de produtos baseado em Redes de Petri. Este trabalho consiste na modelagem de um sistema flexível de manufatura (FMSs) com a aplicação das ferramentas matemáticas e gráficas de Redes de Petri na interação dos diferentes sistemas e equipamentos envolvidos no processo, identificando as limitações, segurança (*deadlocks*), as concorrências e paralelismos do sistema, simulando todos as etapas e caminhos possíveis e os estados que o modelo pode atingir, assim pode-se prever situações de possíveis impasses no processo. O sistema proposto representa uma célula produtiva, cuja principal tarefa é a identificação e o transporte de três diferentes tipos de produtos, os sensores têm como característica informar ao CLP (Controlador Lógico Programável) o posicionamento, as condições e os momentos em que se encontra o andamento do processo nas duas esteiras, o CLP tem a finalidade de processar os sinais de entrada, controlar e supervisionar os atuadores, ou as saídas do processo, o manipulador robótico tem como principal tarefa o transporte dos produtos envolvidos nas duas esteiras utilizadas no processo e o sistema pneumático é responsável pelos elementos de trabalho e controle presentes nas esteiras e na ferramenta fixada no manipulador para capturar produto no momento do transporte.

PALAVRAS CHAVE

Redes de Petri. Modelagem. Sistema de manufatu-

ra flexível (FMS's). Célula produtiva.

ABSTRACT

This work has as bigger objective to prove the automation of a productive sequence through the algebraic concepts and graphical of Petri net. It is possible carrying through the discrete modeling or modeling for events of the involved equipment in the process, thus has a productive operating for concepts proved and mathematically independent sequence only of the experiences of the designers. This paper consists of the modeling of a system of manufacture flexible (FMSs) with the application of the mathematical and graphical tools of Petri net in the interaction of the different systems and equipment involved in the process, identifying the limitations, security, blockades (*deadlocks*), the competitions and parallelisms of the system, simulating all the stages and possible ways and the states that the model can reach, thus can be foreseen situations of possible blockades in the process. Through the modeling of Petri net, reaches a high level of productive efficiency of the system considered for the analysis of the performance and execution of the identification and transport process of different types of products through the sequence of detonation of the Petri net of the process. The conceptual results had been proven with the application of a simulator of Petri net.

KEYWORDS

Modelling. Petri net. Flexible of manufacture system. Productive efficiency.

INTRODUÇÃO

Este trabalho consiste na modelagem de um sistema de manufatura flexível (FMS's), com a implementação das ferramentas matemáticas e gráficas de Redes de Petri na interação dos diferentes sistemas e equipamentos envolvidos no processo ilustrado na Fig. 1, identificando as limitações, segurança, bloqueios (*deadlocks*), as concorrências e paralelismos do sistema, simulando todas as etapas, os caminhos possíveis e os estados que o modelo pode atingir. Assim podem-se prever situações de possíveis impasses no processo [1]. Através da modelagem por Redes de Petri, atinge-se um elevado patamar de eficiência produtiva do sistema proposto pela análise da performance e execução do processo de identificação e transporte de diferentes tipos de produtos [5], não ficando na

dependência apenas da experiência dos projetistas, tendo, portanto agora um embasamento matemático do funcionamento do sistema na sua configuração macro.

O sistema proposto representa uma célula produtiva, cuja principal tarefa é a identificação e o transporte de três diferentes tipos de produtos, com a aplicação de sensores, CLP (Controlador Lógico Programável), duas esteiras com motores elétricos, um manipulador robótico cilíndrico para transportar os produtos envolvidos nas duas esteiras utilizadas no processo e o sistema de cilindros pneumáticos, para a implementação do sistema foi utilizado o Laboratório de Robótica do Departamento de Mecânica da Universidade de Taubaté (UNITAU).

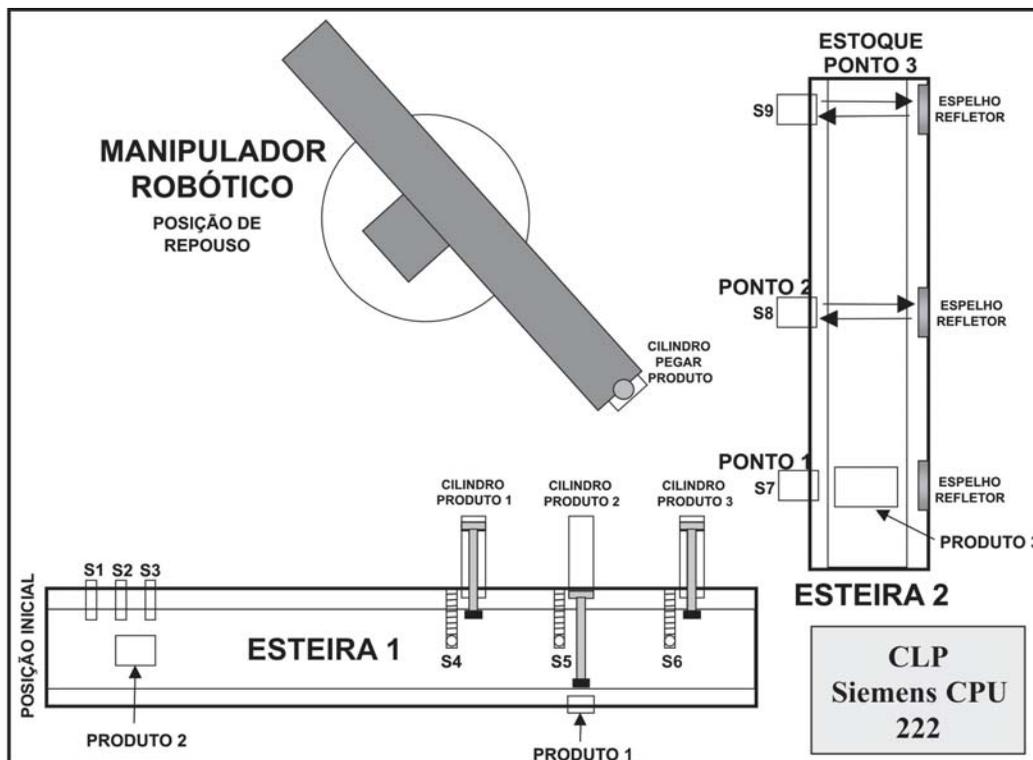


Figura 1. Esquema da célula produtiva.

MATERIAIS E MÉTODOS

O conceito de Redes de Petri foi introduzido por Carl Adam Petri em 1962. Basicamente, o conceito refere-se à comunicação entre componentes assíncronos de um sistema computadorizado.

Em [2] descreve-se que uma Rede de Petri é um modelo do tipo estado-evento, onde cada evento possui pré-condições que vão permitir sua ocorrência e pós-condições decorrentes ilustrado na Fig. 2, uma Rede

de Petri é vista também como um tipo particular de grafo orientado que permite modelar as propriedades estáticas de um sistema a eventos discretos, constituído de dois tipos de nós: as transições (que correspondem aos eventos que caracterizam as mudanças de estado do sistema) e os lugares (que correspondem às condições que devem ser certificadas para os eventos acontecerem), interligados por arcos direcionados ponderados..

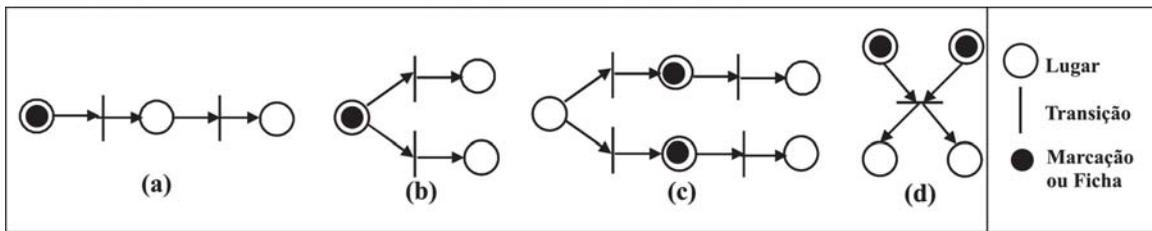


Figura 2 - Relação de causalidade de Redes de Petri.

A Rede de Petri é, portanto, um formalismo que permite a modelagem de sistemas dinâmicos discretos com grande poder de expressividade, permitindo representar com facilidade todas as relações de causalidades entre os processos em situações de: seqüencialidade Fig. 2 (a), conflito Fig. 2 (b), concorrência Fig. 2 (c) e a sincronização Fig. 2 (d).

Assim os eventos do sistema são representados por transições (barras) correspondentes a cada evento, o disparo desta transição indica sua ocorrência. Relacio-

nam-se os eventos às condições através de arcs direcionados que interligam as transições aos lugares. Rede de Petri é, portanto, um modelo formal de especificação e de controle do fluxo de informações de um sistema discreto qualquer [1] e [2].

Portanto uma Rede de Petri é composta por um conjunto de lugares P , de transições t , de entrada I , de saída O e de marcações M que representa as marcações dos lugares P , ilustrado na Eq. (1).

$$R=(P, T, I, O, M) \quad (1)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a aplicação de Redes de Petri, descrevem-se as etapas do processo que pode ser verificado no fluxograma ilustrado na Fig. 3, a partir deste fluxograma

é possível construir o grafo de Rede de Petri do caso estudado, ilustrado na Fig. 4.

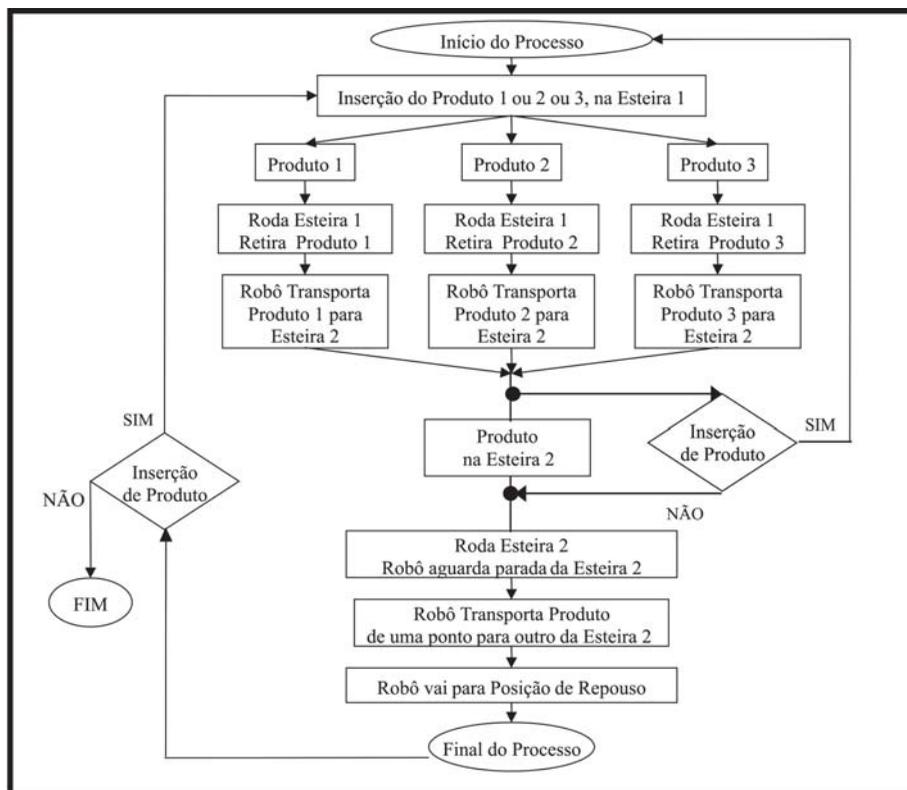


Figura 3 - Fluxograma do processo.

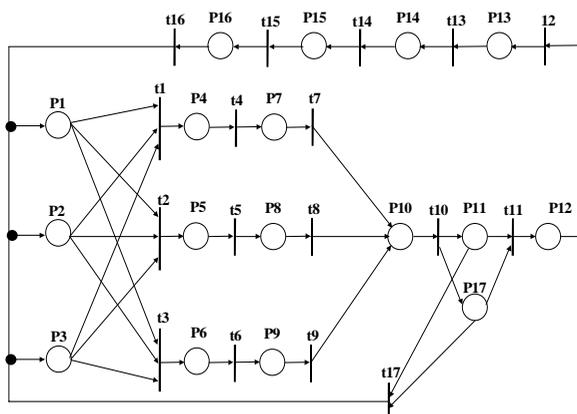


Figura 4 – Grafo de Redes de Petri do processo.

A partir do grafo apresentado na Fig.4, encontra-se a representação matricial ou algébrica do processo [4].

A representação algébrica da estrutura gráfica de Redes de Petri é organizada em uma matriz de incidência “C”, Fig.7, conforme a Eq. (2). A composição desta matriz é a subtração direta da relação da matriz de saída O, na Fig. 6, aplicada sobre cada transição f e a relação da matriz de entrada I, na Fig. 5, aplicada sobre cada transição f [1].

Matriz de Entrada - I = PxT

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
t1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
t11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
t12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
t13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
t14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
t15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
t16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
t17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1

Figura 5 – Matriz de entrada do processo.

Matriz de Saída - O = TxP

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
t1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
t7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
t8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
t9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
t10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
t11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
t12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
t13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
t14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
t15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
t16	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
t17	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 6 – Matriz de saída do processo.

A seguir tem-se a Fig. 7, matriz de incidência “C” do processo em estudo:

$$C = O(t,p) - I(t,p) \tag{2}$$

Matriz Incidente - C = O(t,p) - I(p,t)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	
t1	-1	-1	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
t2	-1	-1	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
t3	-1	-1	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
t4	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
t5	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
t6	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
t7	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
t8	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
t9	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	0	0	
t10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0	1	
t11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	-1	
t12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	
t13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	
t14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	
t15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	1	0	
t16	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	0
t17	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	-1

Figura 7 – Matriz de incidência “C” do processo.

Através do grafo da Rede de Petri do processo e da matriz de incidência “C”, é possível construir a árvore da alcançabilidade ilustrada na Fig. 8 [5]. Tais propriedades são fundamentais para que se possa encontrar através de simulações todas as seqüências ou caminhos possíveis para a maior eficiência do processo e os estados em que se encontra o sistema modelado, ilustrado na Tab. 1.

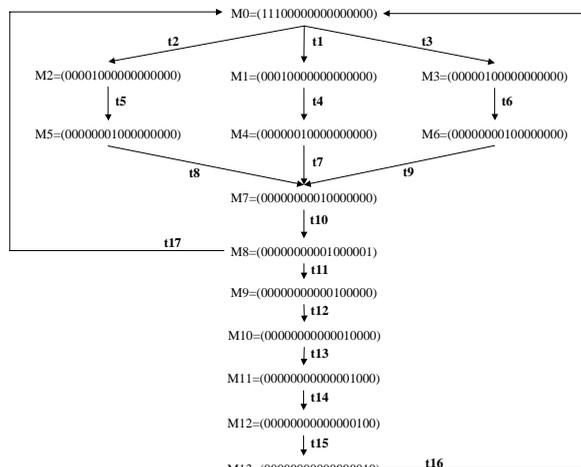


Figura 8 – Árvore da alcançabilidade do processo.

Tabela 1 – Seqüência de disparos

Seqüência 1	t1, t4, t7, t10, t11, t12, t13, t14, t15, t16
Seqüência 2	t2, t5, t8, t10, t11, t12, t13, t14, t15, t16
Seqüência 3	t3, t6, t9, t10, t11, t12, t13, t14, t15, t16
Seqüência 4	t1, t4, t7, t10, t17
Seqüência 5	t2, t5, t8, t10, t17
Seqüência 6	t3, t6, t9, t10, t17

CONCLUSÕES

Então através das ferramentas de Rede de Petri, consegue-se uma visualização de alta abstração e acompanhamento dinâmico da interação das diferentes atividades produtivas, que possuem características predominantemente discretas. Assim pode-se concluir pelos resultados e discussões, o quão é direta, fácil e rápida a modelagem de sistemas automatizados com a implementação de Redes de Petri. E também com a melhor interação dos equipamentos envolvidos no processo com a dedução da seqüência de disparos das transições pertencentes ao grafo do sistema estudado, ilustrado na Tab. 1, assim atingindo a melhor eficiência produtiva. Os resultados conceituais foram confirmados com o simulador de Redes de Petri conhecido como Pesin.

REFERÊNCIAS

- Murata, T., 1981, "Petri nets: Properties, Analysis and Applications", IEEE, 77(4), 541 – 579.
- Peterson, J. L., Petri net Theory and Modeling of Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1981.
- Ranchandani, C., 1974, "Analysis of Asynchronous Concurrent Systems with Petri Nets", Doctoral Dissertation, Cambridge.
- Jensen, K., 1981, "Coloured Petri Nets and the Invariant Methods", Theoret Comput, Sci, v. 14, p 517.
- Jehng, W-K., Petri Net Models Applied to Analyze Automatic Sequencial Pressing Systems, Journal of Materials Processing Technology, 120 (2002) 115-125, july 2000.