

GRADUAÇÃO PRESENCIAL
1º semestre- 2015

Sistemas Digitais II
Eng^a Elétrica – 6º/ 7º semestres

Prof^o. Ms. Cristiano Malheiro

cmalheiro@anhanguera.com

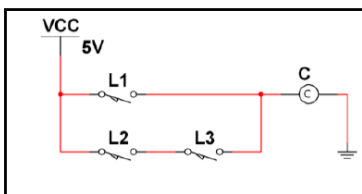
<http://cristianotm.wix.com/notasdeaula>

1

Aula 7

Sistemas Dinâmicos

Exemplo de sistema dinâmico a eventos discretos (DES)



• Elementos do sistema:

C : contator (C=1 → contator energizado,
C=0 → contator desligado)

L1, L2, L3: chaves (L=1 → chave fechada,
L=0 → chave aberta)

□ $C = L1 \text{ or } (L2 \text{ and } L3)$ (álgebra booleana)

□ Interpretação das situações que podem ocorrer em função dos eventos de fechamento das chaves :

- Caso 1: fechamento de L1 implica em C=1;
- Caso 2: fechamento simultâneo de L2 e L3 implica em C=1;
- Caso 3: O fechamento simultâneo de L1, L2 e L3 também implica em C=1 (valor diferente da soma linear das saídas anteriores).

2

Aula 7

Sistemas a Eventos Discretos

- A ocorrência de um evento causa uma mudança abrupta e instantânea no sistema.
- Ao perceber o evento, o sistema reage acomodando-se instantaneamente em uma nova situação (estado), onde permanece até que ocorra um novo evento.
- Para especificar o comportamento do sistema deve-se estabelecer sequências ordenadas de eventos que levem à realização de determinado objetivo.

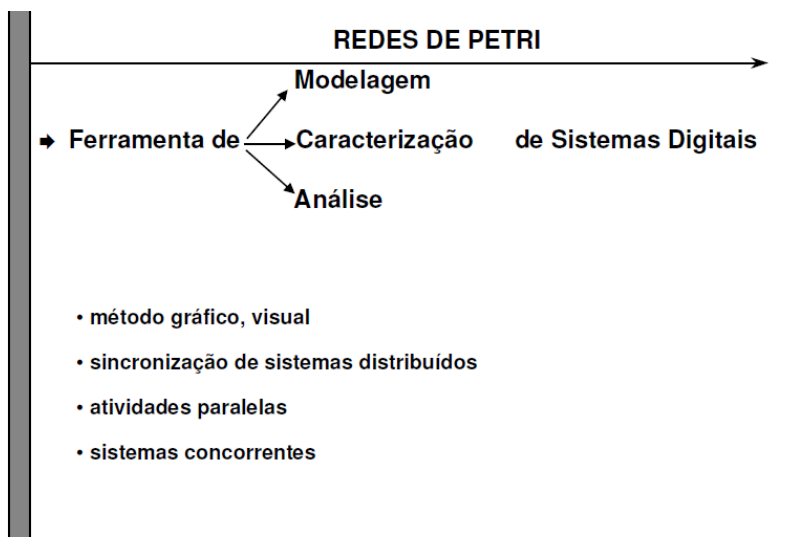
❑ Sistemas Sequenciais

- Máquinas de Estado (Mealy e Moore)

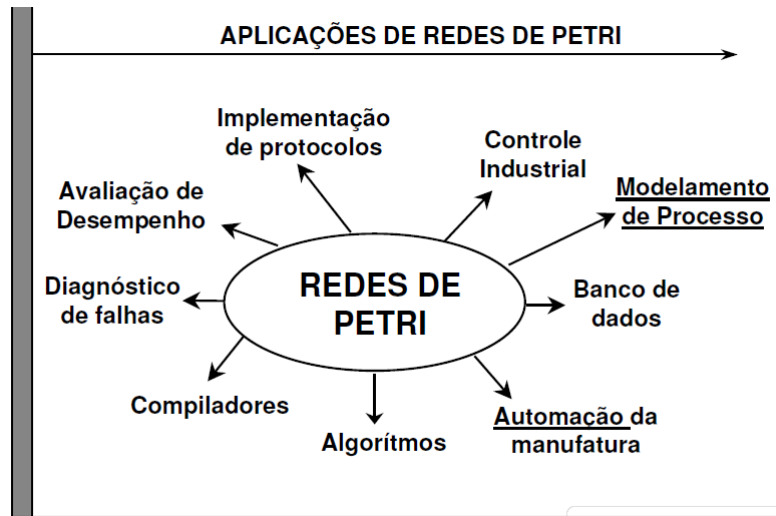
❑ Múltiplos Fluxos de Controle, Paralelismo, Concorrência

- Redes de Petri (RP)

Aula 7



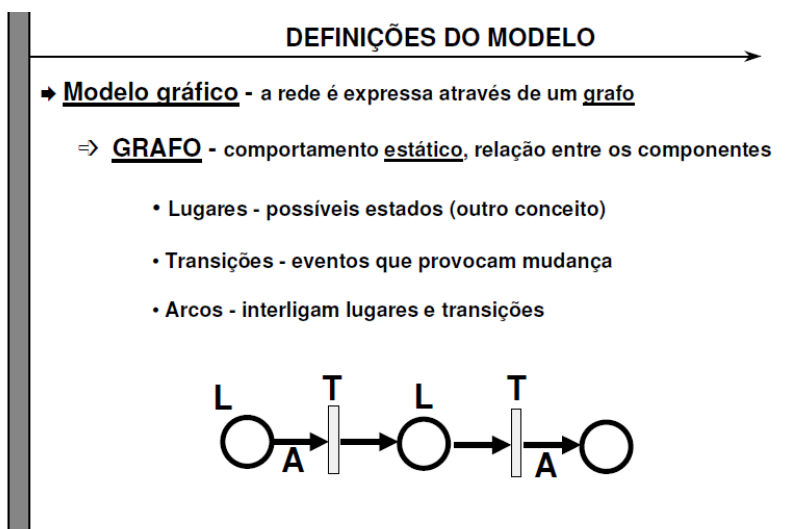
Aula 7



5

kroton
pensando por educar

Aula 7



6

kroton
pensando por educar

Aula 7

Redes de Petri – Modelo Gráfico

□ **MODELO GRÁFICO** - a rede é expressa através de um **grafo**

□ **GRAFO** - comportamento **estático**, relação entre os componentes



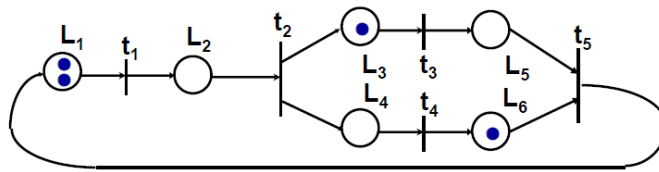
= **Lugares** - depósitos de recursos, representantes do "estado"



= **Transições** - ações ou eventos que provocam mudança



= **Arcos orientados ponderados** - interligam lugares e transições, sentido da mudança



7

kroton
pensando por educar

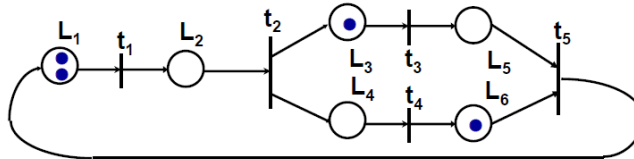
Aula 7

Redes de Petri – Modelo Gráfico

Associado a **cada transição t_n** existe um conjunto de:

Lugares de Entrada (L5 e L6 são lugares de entrada de t_5) e

Lugares de Saída (L3 e L4 são lugares de saída de t_2)



8

kroton
pensando por educar

Aula 7

Redes de Petri – Modelo Gráfico

- ❑ **MARCAS** - são representadas por pontos dentro dos lugares. Podem indicar lugares ativos ou número de recursos associados a cada lugar.
- ❑ **MARCAÇÃO** - corresponde ao número de marcas, em um certo instante, e como estão distribuídas pelos lugares da rede (representa o estado da rede naquele instante).
- ❑ **COMPORTAMENTO DINÂMICO** - evolução do sistema ao longo do tempo, sucessão de marcações ao longo do tempo.
- A marcação de uma rede pode ser representada através de um **vetor**; a marcação no instante i é $M_i = (201001)$, onde **cada elemento** indica o **número de marcas no lugar** correspondente, no instante considerado.

16

9



 kroton

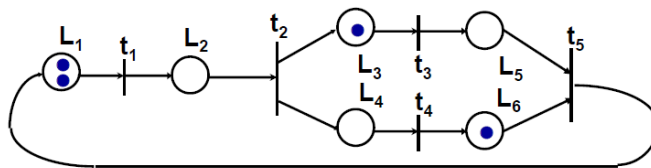
 paixão por educar

Aula 7

Redes de Petri – Modelo Gráfico

Rede de Petri é definida pelo grafo
e por sua marcação inicial

$$M_0 = (2 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1)$$



10



 kroton

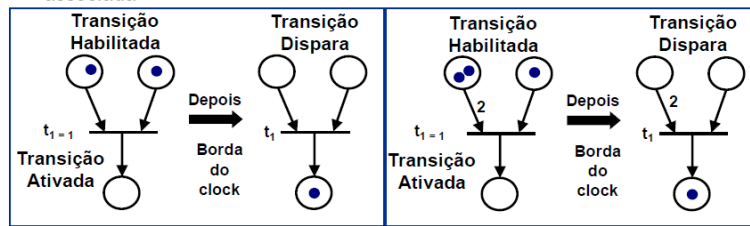
 paixão por educar

Aula 7

Redes de Petri – Evolução da Rede

DISPARO DA TRANSIÇÃO

- **Condição:** Transição habilitada E ativada E borda do clock
- **Efeito:** Consome marcas dos lugares de entrada e gera marcas nos lugares de saída da transição, dependendo do peso dos arcos
 - ⇒ Transição Habilitada: todos os lugares de entrada possuem marcas suficientes para serem consumidas;
 - ⇒ Transição Ativada ($t=1$): transição verdadeira, ocorrência do evento a ela associada

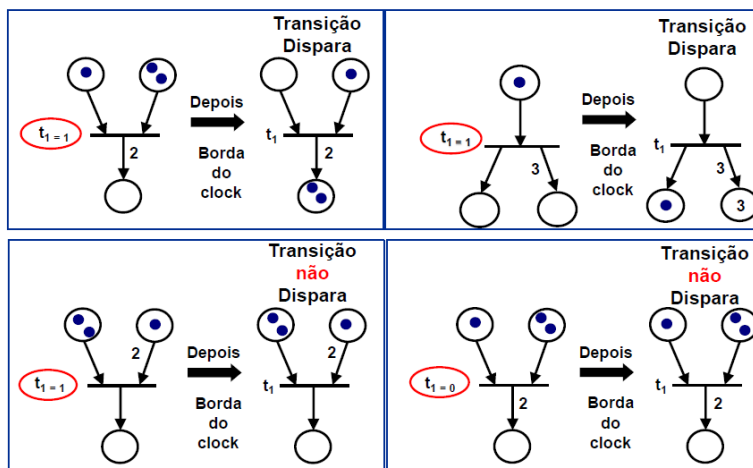


11

kroton
pensando por educar

Aula 7

Redes de Petri – Regras de Evolução



12

kroton
pensando por educar

Aula 7

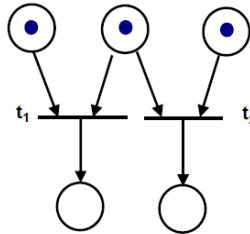
Redes de Petri – Regras de Evolução

❑ SITUAÇÃO DE CONFLITO

Caracteriza-se, ao nível do modelo, quando duas ou mais transições estão habilitadas simultaneamente, mas o disparo de uma transição inibe o disparo da(s) outra(s).

São utilizadas para sincronização (ou intertravamento) entre processos independentes.

Exemplo com transições t_1 e t_2 em conflito:



13

kroton
pensando por educar

Aula 7

Redes de Petri – Diagrama de Marcação

❑ SEQUÊNCIA DE DISPARO DE TRANSIÇÕES

Seja $\underline{S}$ uma sequência finita de transições pertencentes ao conjunto

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_n\}$ de transições da rede, ou seja: $S = \{t_i, t_{i+1}, \dots, t_{i+k}\}$.

- $\underline{S}$ será uma sequência de transições ativável, a partir de uma certa marcação M_i da rede, se e somente se, existirem as marcações $M_{i+1}, M_{i+2}, \dots, M_{i+(k+1)}$ e estas marcações forem alcançáveis a partir do disparo das transições correspondentes, ou seja:

$$M_i \xrightarrow{t_i} M_{i+1} \xrightarrow{t_{i+1}} M_{i+2} \dots M_{i+k} \xrightarrow{t_{i+k}} M_{i+k+1}$$

14

kroton
pensando por educar

Aula 7

Redes de Petri – Diagrama de Marcações

$S = \{t_1, t_3, t_5, t_6, t_7, t_1, t_2, t_4\}$ é uma sequência ativável a partir de M_0

$M_0 = (1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)$

$M_1 = (0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)$

$M_2 = (0\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0\ 0)$

$M_3 = (0\ 0\ 0\ 1\ 0\ 1\ 0\ 0)$

$M_4 = (0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 1\ 0)$

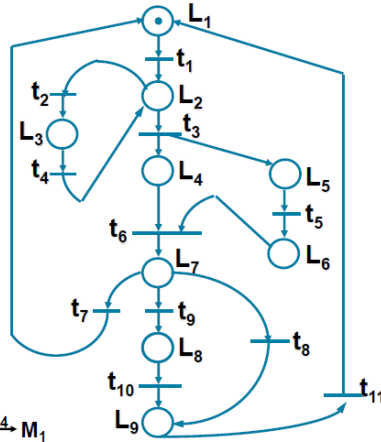
$M_0 = (1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)$

$M_1 = (0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)$

$M_5 = (0\ 0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)$

$M_1 = (0\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0)$

$M_0 \xrightarrow{t_1} M_1 \xrightarrow{t_3} M_2 \xrightarrow{t_5} M_3 \xrightarrow{t_6} M_4 \xrightarrow{t_7} M_0 \xrightarrow{t_1} M_1 \xrightarrow{t_2} M_5 \xrightarrow{t_4} M_1$



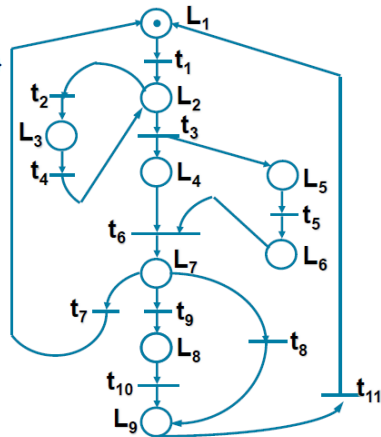
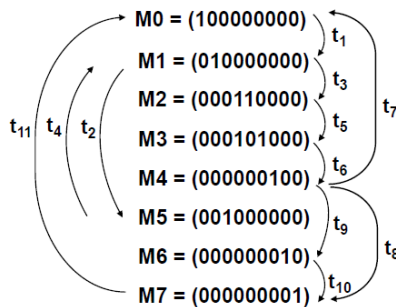
kroton
pensando por educar

Aula 7

Redes de Petri – Diagrama de Marcações

Classe de marcações alcançáveis a partir de M_0

$\overline{M}_0 = \{M_0, M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7\}$



16

kroton
pensando por educar

Aula 7

Redes de Petri – Representação Matricial

□ MATRIZ DE ENTRADAS e MATRIZ DE SAÍDAS (das transições)

• Estas matrizes possuem:

- número de colunas igual ao número de LUGARES da rede
- número de linhas igual ao número de TRANSIÇÕES

• Elementos da Matriz de Entradas (ME)

- $a_{ij} = W$: se existe um arco interligando o lugar j com a transição i , onde W corresponde ao peso do arco;
- $a_{ij} = 0$: se não existe arco de ligação do lugar j com a transição i

• Elementos da Matriz de Saídas (MS)

- $b_{ij} = W$: se existe um arco interligando a transição i com o lugar j onde W corresponde ao peso do arco;
- $b_{ij} = 0$: não existe arco de ligação da transição i com o lugar j

• Se associarmos a estas duas matrizes o vetor M_0 da marcação inicial, teremos uma descrição completa da rede.

17

kroton
pensando por educar

Aula 7

Redes de Petri – Representação Matricial

MATRIZ DE ENTRADAS

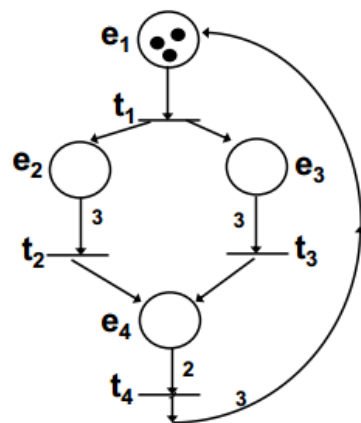
 $M_0 = [3000]$

$$ME = \begin{matrix} & \begin{matrix} e_1 & e_2 & e_3 & e_4 \end{matrix} \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{pmatrix} & \begin{matrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$a_{22} = 3$$

Existe um arco, com peso 3, ligando o lugar e_2 com a transição t_2

ou ainda, o lugar e_2 é um lugar de entrada da transição t_2 , com um arco de peso 3



18

kroton
pensando por educar

Aula 7

Redes de Petri – Representação Matricial

MATRIZ DE SAÍDAS

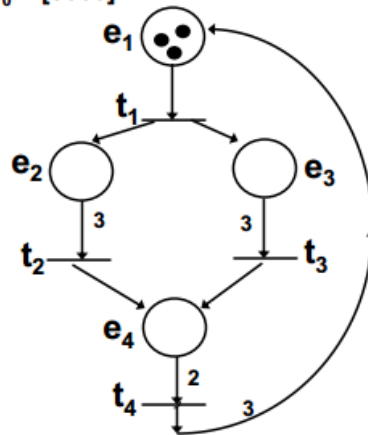
$$MS = \begin{matrix} & \begin{matrix} e_1 & e_2 & e_3 & e_4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} & \begin{matrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \end{matrix} \end{matrix}$$

$$b_{24} = 1$$

Existe um arco, com peso 1, ligando a transição t_2 com o lugar e_4

ou ainda, o lugar e_4 é um lugar de saída da transição t_2 , com um arco de peso 1

$$M_0 = [3000]$$



19

kroton
pensando por educar

Aula 7

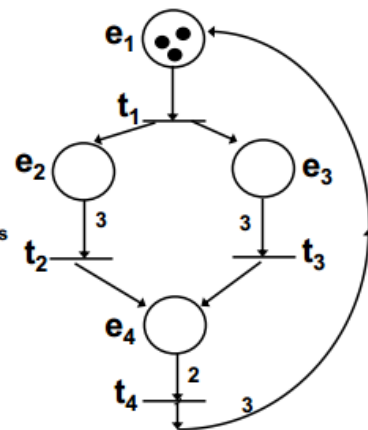
Redes de Petri – Representação Matricial

$$M_0 = [3000]$$

$$ME = \begin{matrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 \end{matrix}$$

$$MS = \begin{matrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 3 & 0 & 0 & 0 \end{matrix}$$

Representações
Equivalentes



20

kroton
pensando por educar

Aula 7

Modelagem de Unidades de Controle Digital

Máquinas de estados e unidades de controle digital podem ser descritas com redes de Petri associando-se a seguinte interpretação:

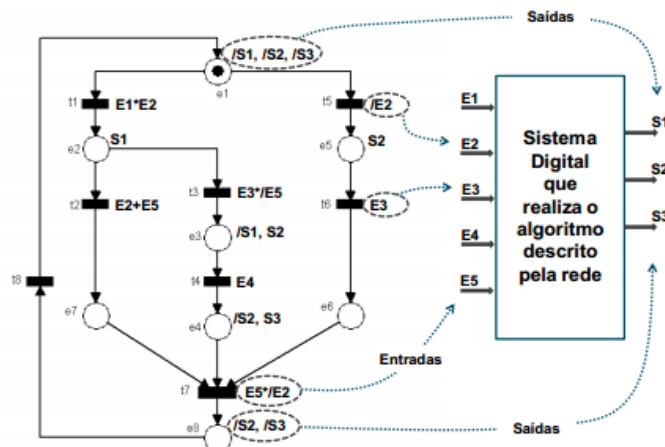
- ❑ **Lugares** – associados ao conjunto de **saídas** permitidas da unidade de controle digital, sendo que as **saídas** são produzidas sempre que o **lugar** correspondente **recebe uma marca**;
- ❑ **Transições** – associadas ao conjunto das **entradas** da unidade de controle, sendo que uma transição qualquer **dispara sempre que estiver habilitada**, a **proposição lógica** a ela associada **for verdadeira** e houver **borda de clock** em unidades de controle síncronas;
- ❑ **Marcação** – indica as **variáveis de saída** que se encontram **ativas** em um certo instante de tempo, e informa também o **estado interno** onde se encontra a unidade de controle nesse instante.

21

kroton
pensando por educar

Aula 7

Modelo de Unidade de Controle



22

kroton
pensando por educar



kroton
paixão por educar

Bibliografia desta aula:

- www.altera.com.br
(manual do PLD D2-115)
- Sistemas Digitais: Princípios e Aplicações – TOCCI, 11ª edição, 2011.
- - Redes de Petri:
- <http://www.dca.fee.unicamp.br/~rafael/ia851/PETRI.pdf>

23



kroton
paixão por educar

