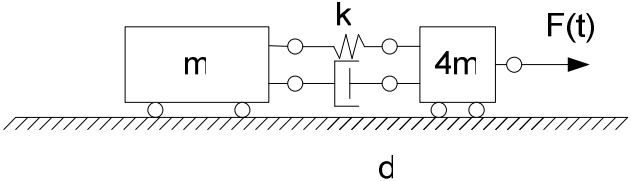


# ES723 Dispositivos Eletromecânicos

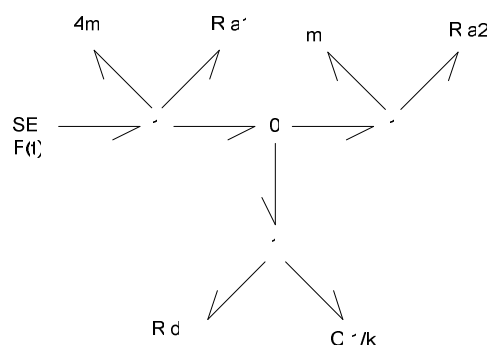
## Gabarito da Prova 2 – 27/11/06 – Parte 1

Nome: \_\_\_\_\_ RA: \_\_\_\_\_ Nota: \_\_\_\_\_

<p>1) A figura ao lado representa uma locomotiva e um vagão. Há uma mola e um amortecedor entre ambos, que também sofrem a ação do atrito com o solo, considerado viscoso. Determine o BG completo que representa o sistema e inclua um atuador e o diagrama de blocos do controlador que deve atenuar a vibração do vagão em relação à locomotiva.</p>	
---	--

**Solução:**

Para o desenho do BG pode-se adotar um procedimento sistemático onde se atribui uma junção-0 a cada velocidade envolvida, sem esquecer que existe também a velocidade nula do referencial parado. Representando-se também a velocidade nula, facilita a concepção do BG, uma vez que se posicionam junções-1 entre cada par de velocidades, às quais se conectam cada elemento 1-porta respectivo. Depois são eliminadas a junção-0, representando a velocidade nula, e todas as suas conexões e simplificado o diagrama eliminando-se as junções desnecessárias.. O resultado é o BG da figura abaixo.



Para o controle da vibração entre a locomotiva e o vagão pode-se adotar um atuador posicionado entre os dois, de acordo com o diagrama misto abaixo, onde o sinal de controle é aplicado através de uma fonte de esforço modulado.

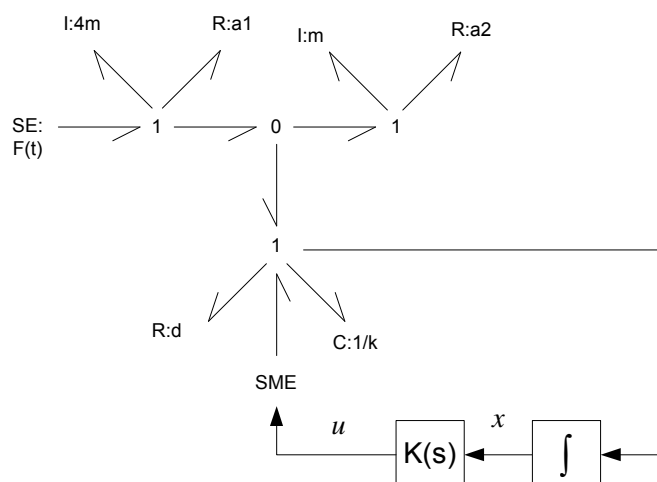


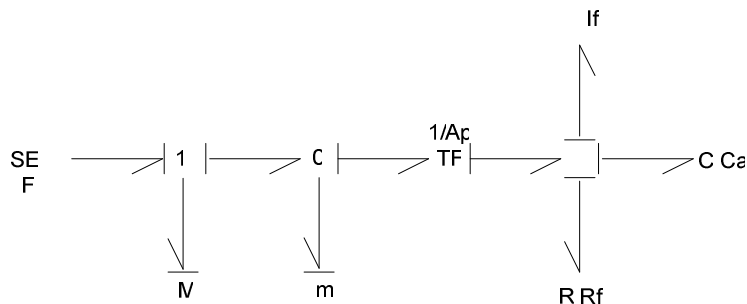
Diagram illustrating the mechanical system and its equivalent circuit for a piston-cylinder assembly.

**Mechanical System:** A mass  $m$  is connected to a piston in a cylinder. The cylinder contains fluid with inertia  $I_f$ . The piston is connected to a tube with compliance  $C$  and resistance  $R$ . An external force  $F$  is applied to the piston.

**Equivalent Circuit:** The system is represented by an equivalent circuit with the following components:

- $I_f$ : Inertia do fluido (Fluid Inertia)
- $C$ : Compliância do ar (Air Compliance)
- $R$ : Resistência do tubo (Tube Resistance)
- $A_p$ : Área do pistão (Piston Area)

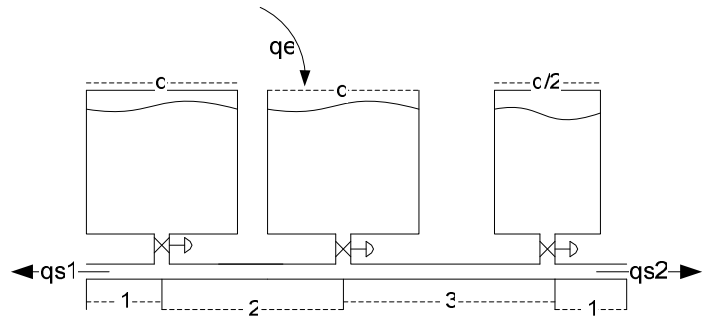
Observe que a conexão entre o elevador e o dispositivo, um tipo de suspensão, é rígida, mas para a carcaça do dispositivo não foi dada a massa, assim ela pode ser desprezada em comparação com as do elevador e a massa suspensa. Assim, a força aplicada ao elevador resulta na velocidade da massa  $M$ , e portanto trata-se de uma junção-1 que deve transmitir a mesma velocidade à carcaça da suspensão. O BG então apenas acrescenta a fonte de esforço e a junção-1. O diagrama respectivo está apresentado a seguir, ao qual foi adicionada a causalidade.



1. Inicialmente, atribui-se a causalidade da fonte;
2. Em seguida, pode-se atribuir a causalidade integral à inércia do elevador (poderia ter sido escolhida um outro armazenador de energia, mas esse faz mais sentido);
3. A terceira causalidade da primeira junção-1 será portanto como mostrada na figura, para que ela tenha apenas uma causalidade definida externamente à junção;
4. Em seguida, pode-se atribuir a causalidade de um outro elemento armazenador, no caso a massa suspensa  $m$ ;
5. Em consequência a junção-0 e o transformador estão determinados.
6. Tendo determinado o transformador, as demais causalidades da segunda junção-1 estão determinadas, resultando na causalidade diferencial para a inércia do fluido.

O BG pode ser assim explicado: a fonte de esforço, representando a força  $F$ , é aplicada ao elevador, com o qual compartilha a velocidade que também é a mesma da suspensão; a força  $F$  é dividida entre as aplicadas à massa  $M$  e à suspensão; a força aplicada à suspensão é transmitida ao seu fluido que suporta a massa suspensa  $m$  e através da relação da área do pistão é transformada em pressão; a pressão é transmitida através do tubo à câmara pneumática contendo ar, e que pode ser representada pela compliância  $C_a$ ; o efeito inercial do fluido bem como a restrição à sua passagem para a câmara estão também representados, todos com a mesma vazão resultante.

3) Para o sistema hidráulico da figura ao lado, considere que os tubos são rígidos e os tanques cilíndricos. Determine o BG correspondente e a equação de estado. Considere que a restrição das válvulas é a mesma e que  $l_3 = 1,5 \cdot l_2 = 2 \cdot l_1$ .  
Obs: desprezar o efeito inercial do fluido.



Solução:

Os elementos a serem representados são os 3 tanques como capacitores generalizados, as três válvulas com a mesma restrição e as perdas de cargas nos diversos lances de tubulação. A capacitância do tanque pode ser calculada como

$$C = \frac{A}{\rho g},$$

e nesse caso a variável esforço é a pressão devido à coluna d'água. Pode também ser considerado a própria área, com a variável esforço correspondendo à altura da coluna. O BG será o mesmo para ambos os casos. Nomeando os tanques 1, 2 e 3, da esquerda para a direita, a capacitância do primeiro e do segundo são iguais e a do terceiro menor, dadas por

$$C_1 = C_2 = \frac{1}{4} \pi d^2 = C \quad C_3 = \frac{1}{16} \pi d^2 = \frac{1}{4} C.$$

A resistência devido à perda de carga pode ser considerada proporcional ao comprimento do tubo, assim, teremos

$$R_1 = R \quad R_2 = \frac{4}{3} R \quad R_3 = 2 R,$$

onde o índice refere-se ao tubo com os tamanhos respectivos. Deve-se notar que de ambos os lados da tubulação saem vazões para a atmosfera, ou seja à mesma pressão que pode ser considerada de referência. O efeito capacitivo devido à existência de ar dentro dos tanques fechados pode ser desconsiderado na modelagem.

As duas questões a seguir baseiam-se nas atividades realizadas em laboratório. Assim, considere as informações e especificações do PLC ZAP500 e do Supervisório Elipse E3 vistas durante o semestre para resolvê-las.

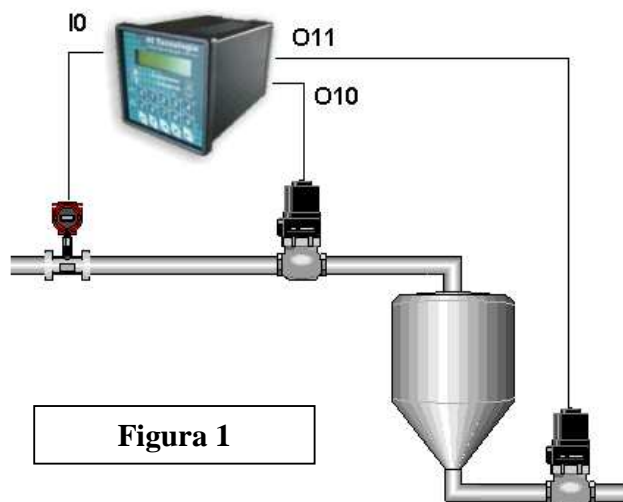
1) Um totalizador de vazão gera um sinal de duração de 1 segundo a cada 5 segundos para indicar que 7,5 litros de um determinado fluido passaram por ele (a figura 1 representa o processo). A saída do totalizador está ligada a entrada digital I0 de um PLC ZAP500. Com estas informações você deverá desenvolver um programa Ladder que desempenhe as seguintes funções:

- a) Contabilizar os pulsos do totalizador em uma memória e convertê-los para  $m^3$ .
- b) A cada 3  $m^3$ , executar o seguinte procedimento: fechar uma válvula para evitar que o fluido continue escoando (O10) e acionar uma saída digital (O11) por 1 minuto responsável por descarregar a quantidade armazenada em uma parte do processo.

Observações:

- A resolução do timer no ZAP500 é 0.01 segundos;
- A saída O10 deve estar acionada para fechar a válvula e interromper o escoamento.

2) Explique o que é Sistema de Supervisão, cite (no mínimo) três funcionalidades ou elementos de um sistema de Supervisão e Proponha uma variável (endereço e função) a ser configurada e/ou monitorada por um Sistema de Supervisão para ser utilizado junto ao ZAP500 do exercício anterior.



### Solução:

1) Arquivo Ladder anexo

2) Os Sistemas de Supervisão (ou supervisórios) são programas de computador responsáveis por coletar dados em tempo-real de equipamentos de aquisição de dados e/ou controle, como os PLCs (Controladores Lógicos Programáveis), e vários outros equipamentos.

As funções comuns a grande parte dos Supervisórios são:

- Telas: permitem criar uma IHM (Interface Homem-Máquina) localmente, pela rede local ou Internet, com o intuito de exibir o status atual ou passado dos dados em várias formas, e também permite a atuação no processo habilitando / desabilitando a escrita de dados;
- Alarmes e Eventos: monitoram o acontecimento de situações específicas podendo indicar em Telas ou executar uma ação específica (disparar alarme sonoro, enviar e-mails, etc);
- Históricos: armazenamento de dados em banco de dados relacionais;
- Relatórios: permitem visualizar e imprimir os dados, alarmes antigos;
- Gerenciamento de acesso a dados / informações por usuários.

Para a aplicação anterior é possível citar várias variáveis que seriam utilizadas para monitorar/configurar o processo:

- R1 indica que O10 e O11 estão acionados;
- D0 indica o Volume em litros e D1 em m<sup>3</sup>;
- Duas outras variáveis que poderiam ser utilizadas D2 e D3 para, respectivamente, configurar o volume programado para descarregar o conteúdo e programar o tempo de descarregamento.



---

S P D S W - Versão 1.8.04

---

Aplicação:	Prova2
Endereço de acesso:	255
Projeto:	PROVA
Controlador:	ZAP500
I H M:	Nenhum
Versão:	1.000
Descrição:	
Responsavel:	HI Tecnologia - Eng. de Aplicação
Empresa:	HI Tecnologia Ind. e Com. Ltda
Criado por:	SPDSW Ver 1.8.04
Criado em:	26/11/2006 10:05:52
Última carga:	26/11/2006 10:05:52
Última modificação:	26/11/2006 11:09:09

---

## Especificação dos módulos do controlador

Rack	Slot	Código	Módulo	Canais
00	00	301.105.510.000	MPB510	27
Proc. c/ 2 canais seriais, 10 led's prog, 4 EDig PNP, 2 EDig NPN, 4 SDig PNP e 1 canal Cont. Rápido				
Canal	Ident.	Tipo	Descrição	
00	O0000	Saída digital p/ Led		
01	O0001	Saída digital p/ Led		
02	O0002	Saída digital p/ Led		
03	O0003	Saída digital p/ Led		
04	O0004	Saída digital p/ Led		
05	O0005	Saída digital p/ Led		
06	O0006	Saída digital p/ Led		
07	O0007	Saída digital p/ Led		
08	O0008	Saída digital p/ Led		
09	O0009	Saída digital p/ Led		
10	COM0	Canal serial RS232-C/RS485		
11	COM1	Canal serial RS232-C		
12	T0000	Contador Quadratura		
13	I0000	Entrada Digital PNP Isolada		
14	I0001	Entrada Digital PNP Isolada		
15	I0002	Entrada Digital PNP Isolada		
16	I0003	Entrada Digital PNP Isolada		
17	I0004	Entrada Digital NPN simples		
18	I0005	Entrada Digital NPN simples		
21	O0010	Saída Digital PNP Isolada		
22	O0011	Saída Digital PNP Isolada		
23	O0012	Saída Digital PNP Isolada		
24	O0013	Saída Digital PNP Isolada		

Rack	Slot	Código	Módulo	Canais
00	01	301.105.400.000	ZEM400	20
I/O c/ 4 EDig PNP, 4 SDig PNP, 8 EAnalog, 2 SAnalog, 2 Ger. Freq. Programavel				
Canal	Ident.	Tipo	Descrição	
00	I0008	Entrada Digital PNP Isolada		
01	I0009	Entrada Digital PNP Isolada		
02	I0010	Entrada Digital PNP Isolada		
03	I0011	Entrada Digital PNP Isolada		
04	O0016	Saída Digital PNP Isolada		
05	O0017	Saída Digital PNP Isolada		
06	O0018	Saída Digital PNP Isolada		
07	O0019	Saída Digital PNP Isolada		
08	E0000	Entrada Analógica Simples		
09	E0001	Entrada Analógica Simples		
10	E0002	Entrada Analógica Simples		
11	E0003	Entrada Analógica Simples		
12	E0004	Entrada Analógica Simples		
13	E0005	Entrada Analógica Simples		
14	E0006	Entrada Analógica Simples		
15	E0007	Entrada Analógica Simples		
16	S0000	Saída Analógica simples		
17	S0001	Saída Analógica simples		
18	T0000	Frequencia Programável		
19	T0001	Frequencia Programável		

Identificadores de Contato auxiliar			
Ident.	NU	Tag	Descrição

R0000			Pulso de 7,5 litros
R0001			contato auxiliar indicando qu já se passaram 3 m³

Obs: NU = X -> Contato auxiliar associada não utilizada no programa.



Identificadores de Memória inteira			
Ident.	NU	Tag	Descrição

M0000

Obs: NU = X -> Memória inteira associada não utilizada no programa.

Identificadores de Memória real			
Ident.	NU	Tag	Descrição

D0000			Contabilização dos pulsos
D0001			

Obs: NU = X -> Memória real associada não utilizada no programa.

Tabela de Constante inteira				
Ident.	NU	Valor	Tag	Descrição
K0000				1(min)x60(segundos)x100(resolução do timer) [ 6000 ]
K0001				Zero [ 0 ]

Obs: NU = X -> Constante inteira associada não utilizada no programa.

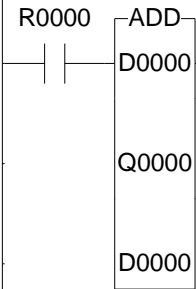
Tabela de Constante real				
Ident.	NU	Valor	Tag	Descrição
Q0000		7.500000		litros por pulso [ 7.500000 ]
Q0001		1000.000000		conversão de litros para m³ (1m³ = 1000 litros) [ 1000.000000 ]
Q0002		3.000000	3M³	Valor a ser comparado para acionar a saída durante 1 minuto [ 3.000000 ]

Obs: NU = X -> Constante real associada não utilizada no programa.

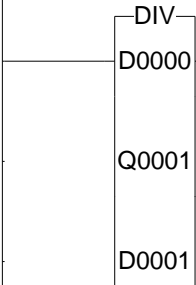
A entrada I0 permanece acionada durante 1 segundo a cada 5 segundos e informa que 7,5 litros se passaram pelo totalizador.  
A bobina de pulso com endereço R0 garante que a soma é realizada uma única vez.



Contabilização dos Pulsos em D0.  
Q0 possui o valor de 7,5 litros e corresponde à quantidade de litros por pulsos



Conversão da contabilização em litros para m³

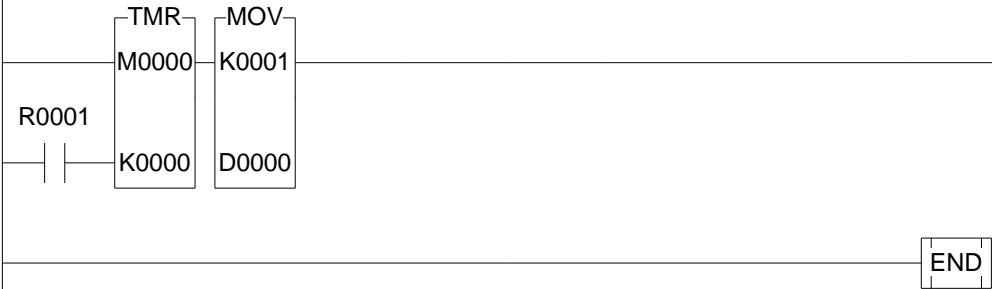


compara o quantidade totalizada com 3m³ e acina um auxiliar e a saída responsável por descarregar a quantidade armazenada



- [ Entrada digital ] -----  
I0000:
- [ Saída digital ] -----  
O0010:  
O0011:
- [ Contato auxiliar ] -----  
R0000: Pulso de 7,5 litros  
R0001: contato auxiliar indicando qu já se passaram
- [ Memória real ] -----  
D0000: Contabilização dos pulsos  
D0001:
- [ Constante real ] -----  
Q0000: litros por pulso [ 7.500000 ]  
Q0001: conversão de litros para m³ (1m³ = 1000 litr  
Q0002: [3M³], Valor a ser comparado para acionar :

A saída é acionada durante 1 minuto para descarregar a quantidade armazenada a uma outra parte do processo. Ao final, a contabilização é zerada.



----- [ Contato auxiliar ] -----  
R0001: contato auxiliar indicando qu já se passaram

----- [ Memória inteira ] -----  
M0000:

----- [ Memória real ] -----  
D0000: Contabilização dos pulsos

----- [ Constante inteira ] -----  
K0001: Zero [ 0 ]  
K0000: 1(min)x60(segundos)x100(resolução do tim