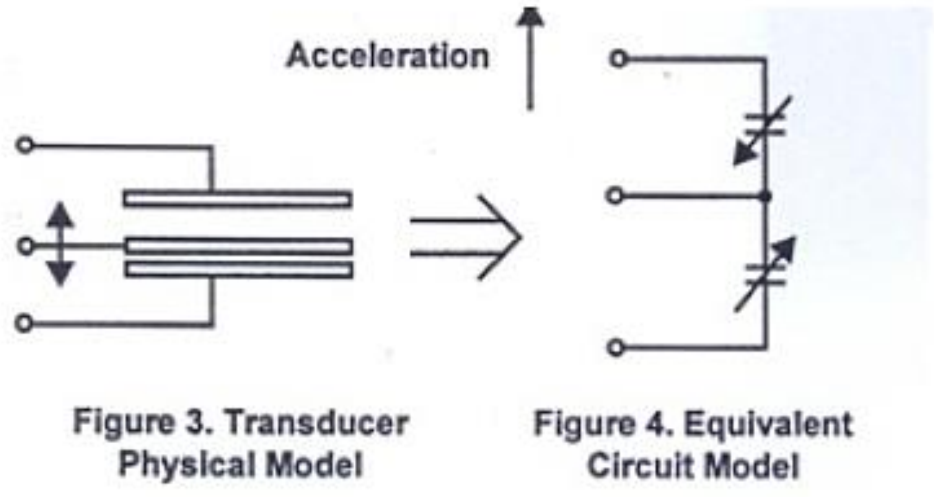
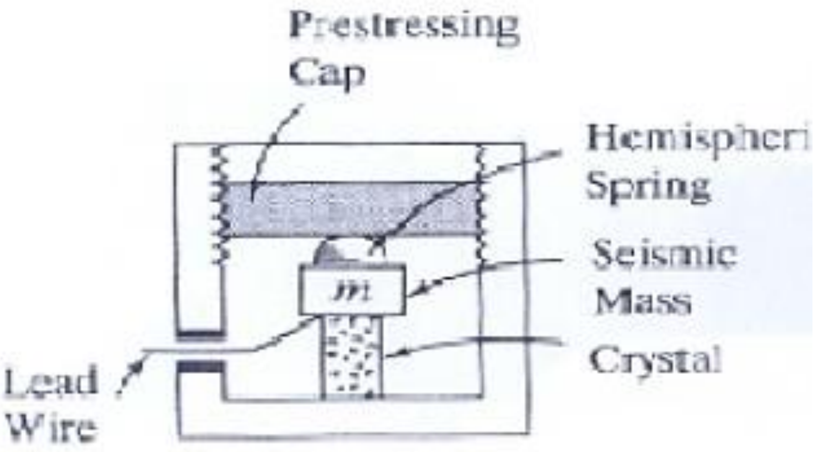
Sensor: Acelerômetro

Armando Antônio Maria Lagana

Tipos de Sensor Acelerômetro

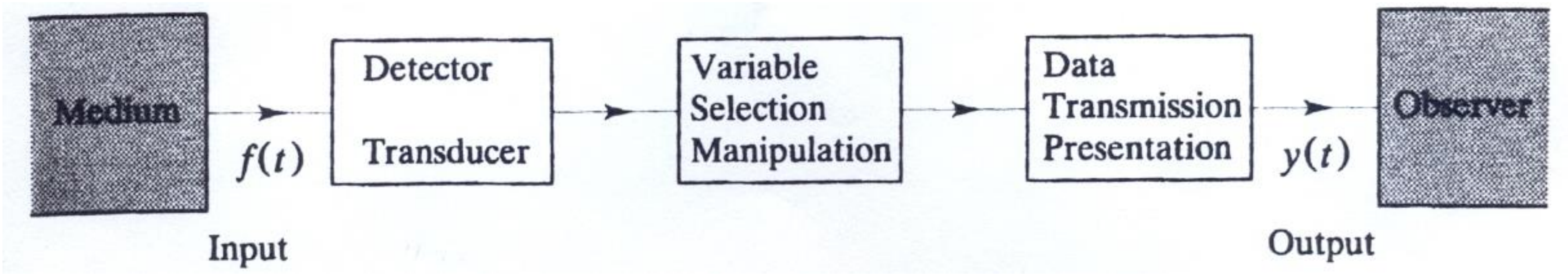


Capacitivo



Piezoresistivo

Instrumento de medição



Sistema de Ordem Zero

- Neste caso a resposta é linear com a grandeza de origem física.

$$y(t) = Kf(t)$$

- K é denominado de constante estática. A equação no domínio S é expressa por:

$$Y(s) = KF(s)$$

$$G_0(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = K$$

Sistema de Primeira Ordem

- Neste sistema a equação no domínio do tempo é dada por:
  - $\tau \frac{dy}{dt} + y = Kf(t)$
- A expressão corresponde-te no domínio S é :
  - $\tau s Y(s) + Y(s) = KF(s)$
  - $(\tau s + 1)Y(s) = KF(s)$
  - $G_1(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{k}{\tau s+1}$

Sistema de Segunda Ordem

- Neste caso teremos para o domínio do tempo a expressão:

$$\frac{d^2y}{dt^2} + 2\zeta\,\mathrm{w_n}\frac{dy}{dt} + w_n^2 y = kf(t)$$

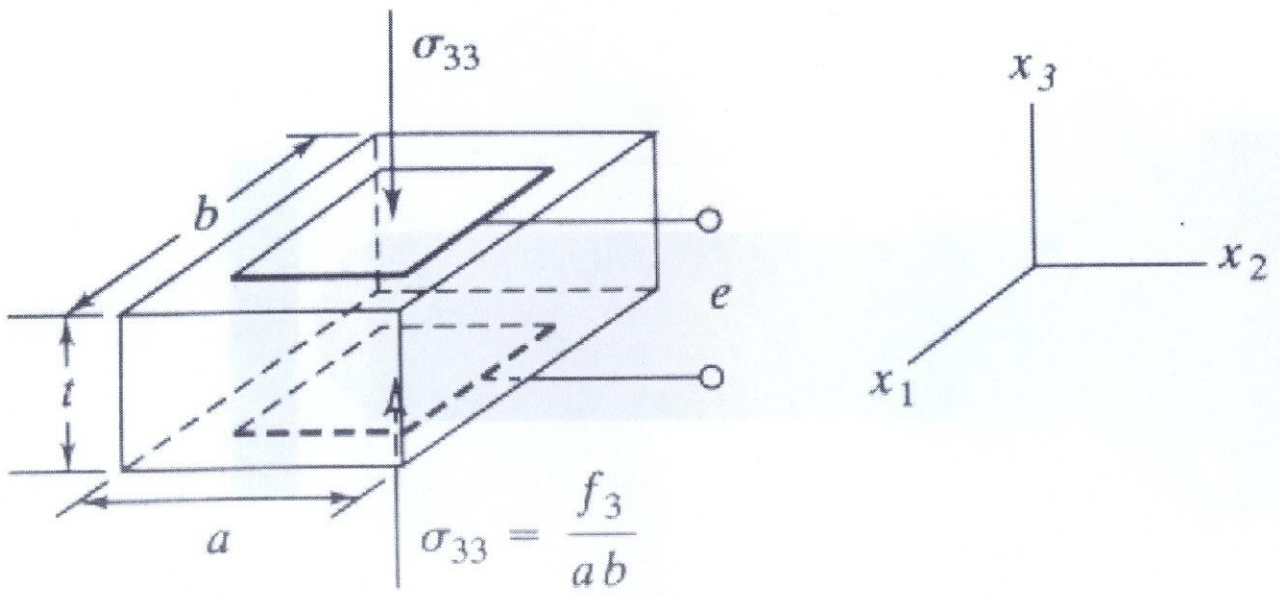
- No domínio s teremos:

$$s^2Y(s) + 2\zeta w_n sY(s) + w_n^2 Y(s) = kF(s)$$

$$[s^2 + 2\zeta w_n s + w_n^2]Y(s) = kF(s)$$

$$G_2(s) = \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{k}{s^2+2\zeta w_n s+w_n^2}$$

Análise



Análise

- Sendo

$$g = \frac{(campo\ eletrico\ x_3)}{(stress\ aplicado\ na\ direção)} = \frac{\left(\frac{e}{t}\right)}{\sigma}$$

- Sendo:

➢ g = constante do material

➢ e = diferença de potencial

➢ t = espessura

➢ $\sigma = \text{stress}$

Análise

$$\sigma = \frac{f_3}{ab} = \frac{e}{gt}$$

- Considerando uma espessura t, uma vez aplicada a força f_3 ocorrera uma deformação u ao longo da direção x_3. Desta forma esta espessura t apresentara uma deformação u onde teremos as seguintes equações utilizando expressões vistas no estudo do sensor de pressão.

$$\sigma = E \ \epsilon_3$$

- Onde E é o módulo de elasticidade, por sua vez;

$$\epsilon_3 = \frac{u}{t}$$

Análise

$$\sigma = \frac{Eu}{t}$$

- Ou

$$u = \frac{\sigma t}{E}$$

$$u = \frac{e}{gt}\frac{t}{E}$$

- Ou

$$e = Egu$$

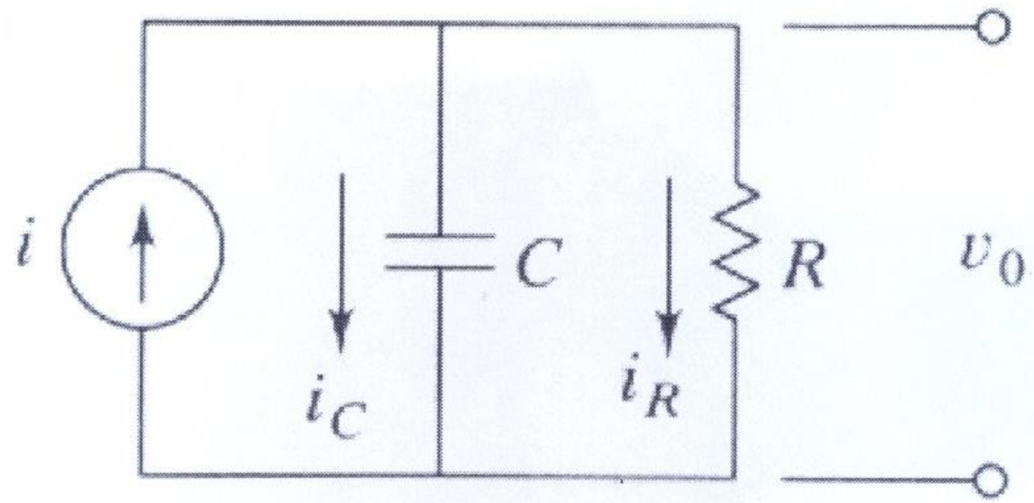
Análise

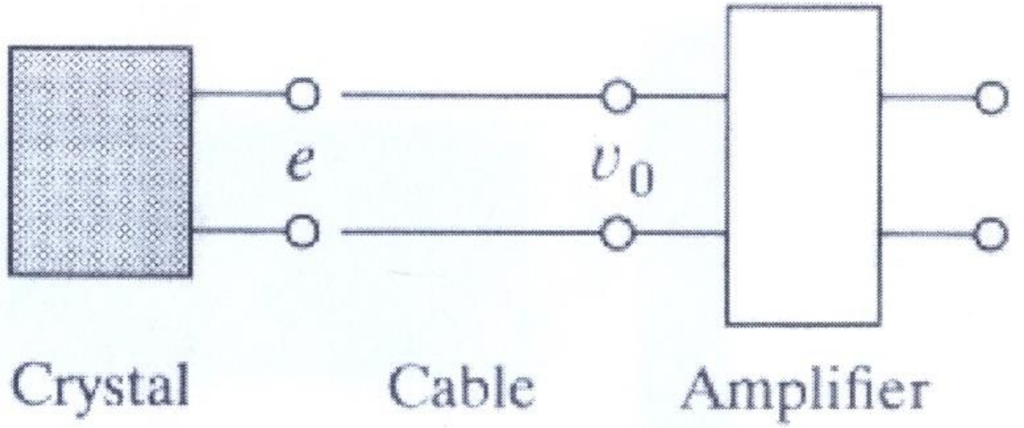
$$q = C_{cr} e = \frac{\in_{cr}\ ab}{t} e$$

- Onde $\in_{cr}\ ab$ é a constante dielétrica do cristal
- Substituindo e:

$$q = C_{cr} E g u$$

- Neste momento modelaremos o cristal como um gerador de corrente.


i
C
R
i_C
i_R
v_0


e
v_0
Crystal
Cable
Amplifier

$$i = \frac{dq}{dt} = C_{cr} g\, E \frac{du}{dt} = K_q \frac{du}{dt}$$

- Onde K_q = $C_{cr} g\ E$
- A capacitância total do circuito é igual ao paralelo da capacitância do cabo, amplificador e do cristal.

$$C = C_{cr} + C_{cabo} + C_{amp}$$

Análise

- A resistência pode ser descrita como

$$R = R_{leak} \,//\, R_{amp} \cong R_{amp}$$

- Podemos agora escrever que:
- $i = i_c + i_r = C\,\frac{dv_0}{dt} + \frac{1}{R}v_0 = K_q\,\frac{du}{dt}$
- Notemos que esta expressão relaciona a tensão v_0 de saída do sensor.

Análise

- No domínio s teremos:

$$sCV_0(s) + \frac{1}{R}V_0(s) = s\,K_qU(s)$$

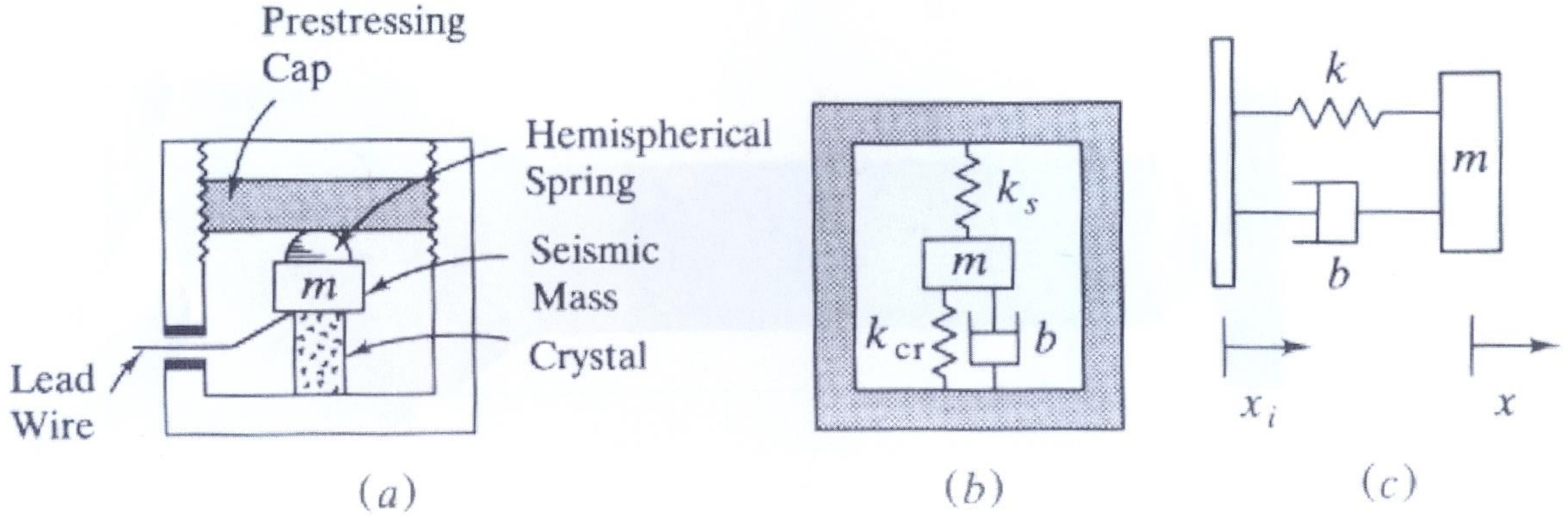
$$G_1(s) = \frac{V_0(s)}{U(s)} = \frac{s\,K_q}{sC + {}^{1}/_{R}} = \frac{sRC({}^{K_q}/_{C})}{sRC + 1}$$

$$G_1(s) = \frac{V_0(s)}{U(s)} = \frac{\tau s K_1}{\tau s + 1}$$

$$k1 = \frac{K_q}{C}$$

$$\tau = RC$$

Esquemático



Análise

$$k = k_{cr} + k_s$$

$$x(t) = x_1(t) - x_1(0)$$

$$x_i(t) = x_{1i}(t) - x_{1i(0)}$$

$$-k(x - \dot{x}_i) - b(\dot{x} - \dot{x}_i) - m\ddot{x}$$

Análise

$$-k(x\ - x_i) - b(\dot{x} - x_i) = m\ddot{x} - m\ddot{x}_i + m\ddot{x}_i$$

$$-k(x\ - x_i) - b(\dot{x} - \dot{x}_i) - m(\ddot{x} - \ddot{x}_i) = m\ddot{x}_i$$

$$m\ddot{u} + b\dot{u} + ku = -m\ddot{x}_i$$

$$\ddot{u} + 2\zeta\, w_n\dot{u} + w_n^2 u = -\ddot{x}_i$$

Análise

$$2\zeta\, w_n = \frac{b}{m}$$

$$w_n^2 = \frac{k}{m} = \frac{k_{cm} + k\_s}{m}$$

$$w_n = \sqrt{\frac{k_{cr} + k_s}{m}}$$

Análise

$$\zeta = \frac{b}{2\sqrt{mk}}$$

- Passando para o domínio s, teremos:

$$s^2U(s) + 2\zeta\, w_n U(s) + \; w_n^2 U(s) = -s^2 X_i(s)$$

$$[s^2 + 2\zeta\, w_n s + \; w_n^2]U(s) = -s^2 X_i(s)$$

$$G_2(s) = \frac{U(s)}{s^2 X_i(s)} = \frac{1}{s^2 + 2\zeta\, w_n s + \; w_n^2}$$

Análise

$$G_2(s) = \frac{U(s)}{s^2 X_i(s)} = \frac{1}{s^2 + 2\zeta\, w_n s + \ w_n^2}$$

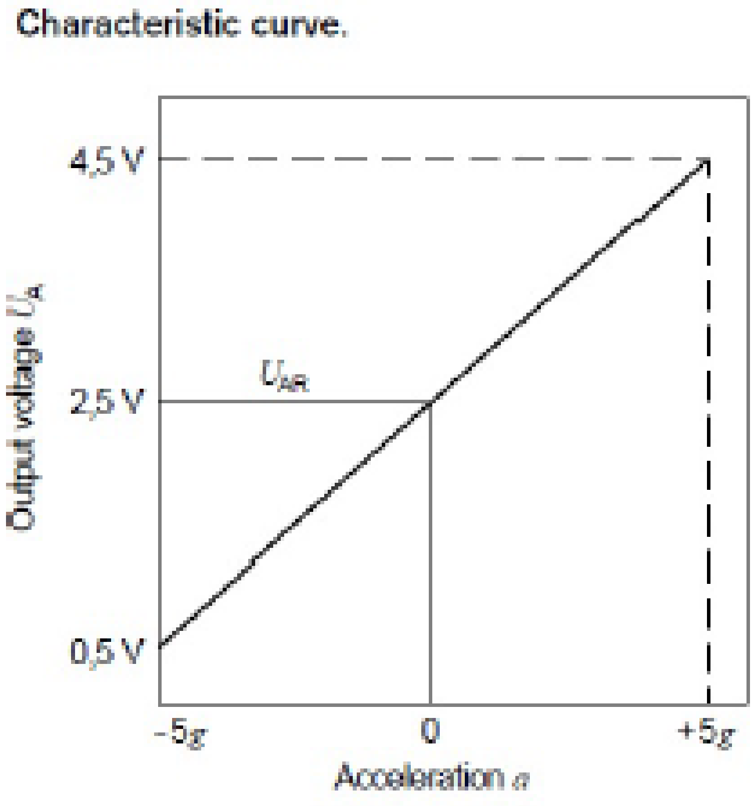
- Combinando $G_1(s)$ e $G_2(s)$.

$$G(s) = G_1(s) G_2(s) = \frac{V_o(s)}{s^2 X_i(s)} = \frac{\tau\, k_1 s}{\tau k + 1} \frac{-1}{s^2 + 2\zeta\, w_n s + \ w_n^2}$$

- Retornando para o domínio do tempo, teremos:

$$\tau \frac{d^3 v_o(t)}{dt^3} + (2\zeta \mathrm{w_n} + 1) \frac{d^2 v_0(t)}{dt^2} + (\tau w_n^2 + 2\zeta w_n) \frac{dV_0(t)}{dt} + w_n^2 v_0(t) = -k_1 \tau \frac{d^3 x_i}{dt^3} = -k_1 \tau \frac{d_{ai}}{d_t}$$

Curva de resposta



Aplicações

- Aplicações:

➢Disparo do Airbag

➢Controle do cinto de segurança

➢Sensores de vibrações

➢Sensor de detonação