

pergunta 1

$$R = \frac{V}{I} \quad [\Omega] = \frac{[V]}{[A]} \quad \text{lei de Ohm}$$

$$C = \frac{Q}{V} \quad [F] = \frac{[C]}{[V]} \quad \text{definição de capacidade}$$

$$RC = [\Omega F] = \frac{[C]}{[A]} = \frac{[A][s]}{[A]} = s \quad \text{ok!}$$

carga é integral de corrente:

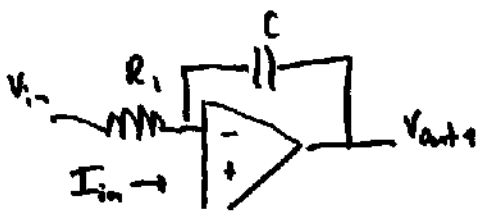
$$Q = \int I dt$$

$$[C] = [A][s]$$

$$\frac{1}{RC} = \frac{1}{s} = Hz$$

pergunta 2

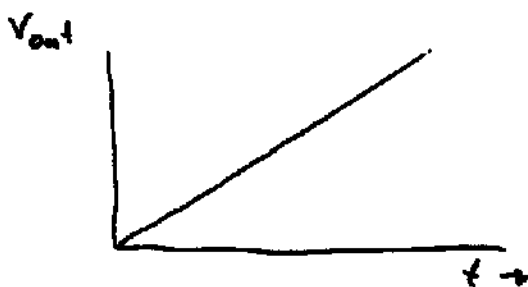
$$V_n = V_p = 0$$



$$I_{in} = \frac{V_{in}}{R_1}, \quad \Delta V_c = \frac{Q_c}{C} = \frac{\int I dt}{C}$$

$$V_{out} = V_n - \frac{\int I_{in} dt}{C} = 0 - \frac{1}{R_1 C} \int V_{in} dt$$

$$= \frac{1}{R_1 C} (-V_{in}) \cdot t$$

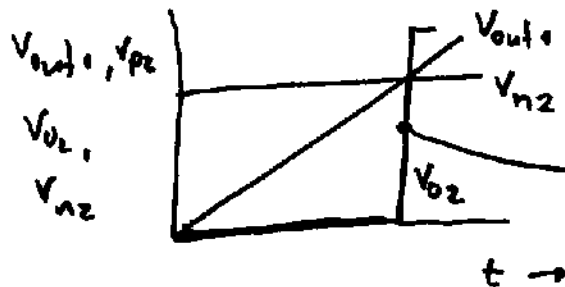
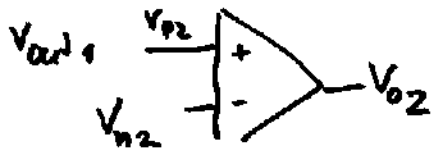


segundo amp-op é ligado como comparador 2

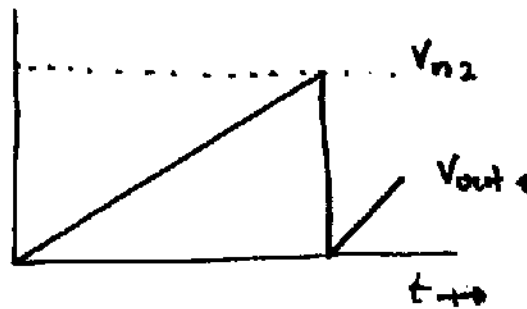
sem realimentação \Rightarrow

$$V_{o2} = \pm V_{cc}$$

neste caso V_{cc} ou 0.



esta transição faz um reset do primeiro ampop ($Q_c = 0 \Rightarrow \Delta V_c = 0 \Rightarrow V_{out1} = 0$)

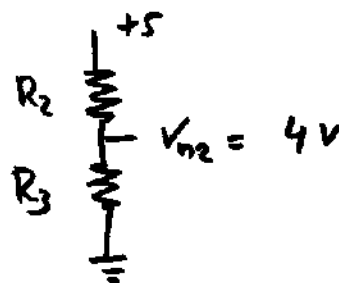


sawtooth (dente de serra)

b) Sawtooth (dente de serra)

c) 4 V ampl.

$$V_{cc} = +5 V$$



$$\frac{R_3}{R_2 + R_3} \times 5V = 4V$$

por exemplo : $R_3 = 4 k\Omega$, $R_2 = 1 k\Omega$

1 ms período :

$$V_{out1} = -\frac{V_{in}}{R_1 C} t$$

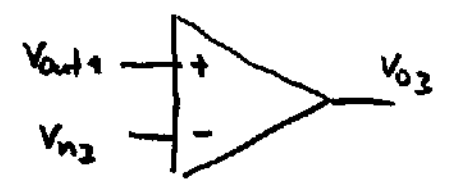
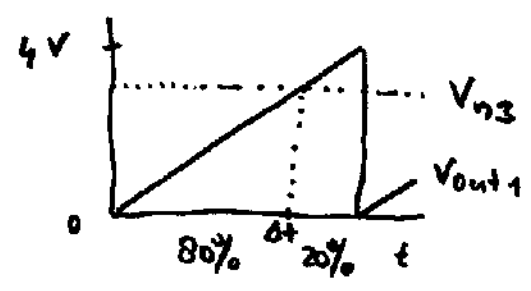
$$V_{out1} = +4V, t = 1ms$$

$$+4V = \left(-\frac{V_{in}}{R_1 C}\right) \cdot 1ms \Rightarrow$$

$$-\frac{V_{in}}{R_1 C} = 4 \times 10^3 \frac{V}{s}, \text{ por exemplo}$$

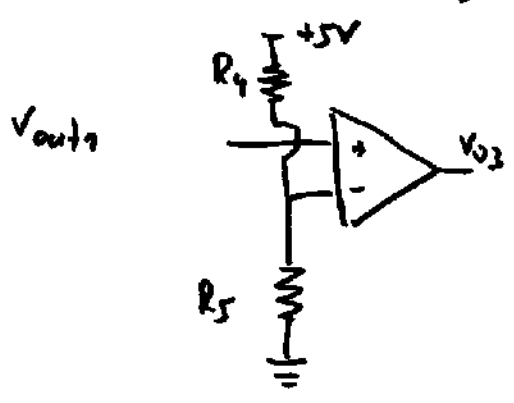
$$-V_{in} = 4V, \quad R_1 = 1k\Omega, \quad C = 1\mu F$$

d)



$$\Delta t: \quad V_{out1} = 80\% \cdot 4V = 3.2V$$

$$\Rightarrow V_{n3} = 3.2V$$



$$\frac{R_5}{R_4 + R_5} \times 5V = 3.2V$$

por exemplo $R_5 = 6.4k\Omega$
 $R_4 = 3.6k\Omega$

pergunta 3

um 'transducer' é um elemento que traduz informação de um domínio para outro.

um sensor é um transducer que traduz informação de um domínio físico para um domínio

elétrico (V, I, R, C)

4

- b) accuracy
reproducibility
resolution (analog & digital)
linearity
preço

Pergunta 4

veja seguinte: Hall probe
NMR probe

Pergunta 5

a) $R = \rho \times \frac{L}{wh} = 705 \Omega$

b) $\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$

$$\epsilon = \frac{P}{E} = \frac{F}{A \cdot E} = \frac{mg}{A \cdot E} = \frac{1 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2}{1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot 2 \cdot 10^{-6} \text{ m} \cdot 69 \text{ GPa}}$$

$$= 71$$

$$\Delta L = \epsilon \cdot L = 71 \times 5 \text{ cm} = 3.55 \text{ m (!)}$$

c) $\frac{dR/R}{dL/L} = 1 + 2\epsilon + \frac{d\rho/\rho}{dL/L}$ veja exercício T.P.

d) Rácio Poisson: $\nu = -\frac{dw/w}{dL/L} = -\frac{dh/h}{dL/L}$

mudança relativa (%) dos comprimentos de
dimensões perpendiculares aos
mudanças relativos (%) do comprimento "a"

direcção da força aplicada.

Efeito Piëzo: $\frac{d\rho/\rho}{dL/L}$
 mudanças (relativas) da resistividade do material às mudanças relativas do comprimento na direcção da força aplicada
 exemplo: se o dispositivo for alongado com 1% e a resistividade do material aumenta 3%, o factor do efeito Piëzo seria

$$\frac{d\rho/\rho}{dL/L} = \frac{3\%}{1\%} = 3$$

e) $\frac{\Delta R}{R} = \frac{dR/R}{dL/L} \cdot \frac{\Delta L}{L}$, $\Delta L = \frac{dL}{dm} \cdot \Delta m$

$$\frac{\Delta L}{\Delta m} = \frac{71 \times 5 \text{ cm}}{1 \text{ kg}} \cdot \frac{1 \text{ Nm}}{1 \text{ Nm}}$$

isto é pedido

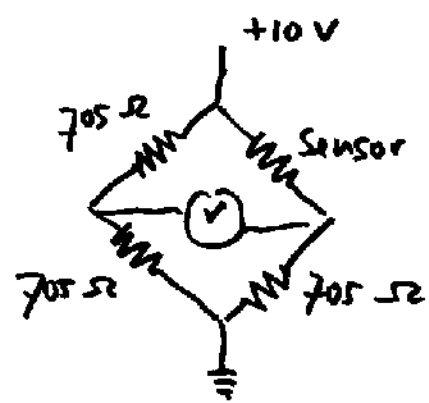
$$\alpha = \frac{\Delta R}{\Delta m} = \frac{\Delta R/R}{\Delta m/R} = \frac{\frac{dR/R}{dL/L} \cdot \frac{\Delta L}{L}}{\Delta m/R} = \frac{(1+2\alpha) \cdot \frac{\Delta L}{L}}{\Delta m/R}$$

$$= (1+2\alpha) \frac{\Delta L}{\Delta m} \cdot \frac{R}{L}$$

$$= (1+2 \times 0,35) \cdot \frac{3,55 \text{ m}}{\text{kg}} \cdot \frac{705 \text{ } \Omega}{5 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

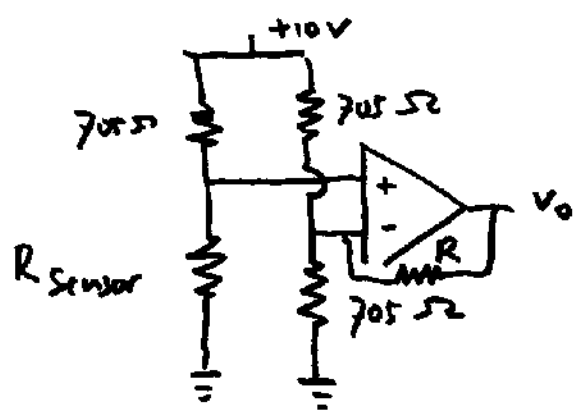
$$= 85093 \text{ } \Omega/\text{kg}$$

f)



ponte wheatstone
 sem massa ligada:
 $\Delta V = 0$

ou (alternativo)



amplificador diferencial
 sem massa ligada:
 $V_o = \Delta V \times A$

$$A = -\frac{R}{705 \Omega}, \quad V_p = \frac{R_{Sensor} \times 10V}{R_{Sensor} + 705 \Omega}$$

g)

assumindo ganho $A=1$:
 multímetro resolução :

$$\Delta V_m = 0.1 \mu V \quad (2.0001)$$

$$= 10^{-13} V$$

$$\Delta m = \frac{\Delta V_m / \frac{dV_o}{dR}}{dR/dm}$$

$$= \frac{10^{-13} V / 3.55 \frac{mV}{\Omega}}{85093 \Omega/kg} = 3.3 \times 10^{-16} kg$$

$$\frac{dV}{dR} = \frac{dV_p}{dR} \cdot A = \frac{dV_p}{dR} = 3.55 mV/\Omega$$