

(a) Teste Escrito

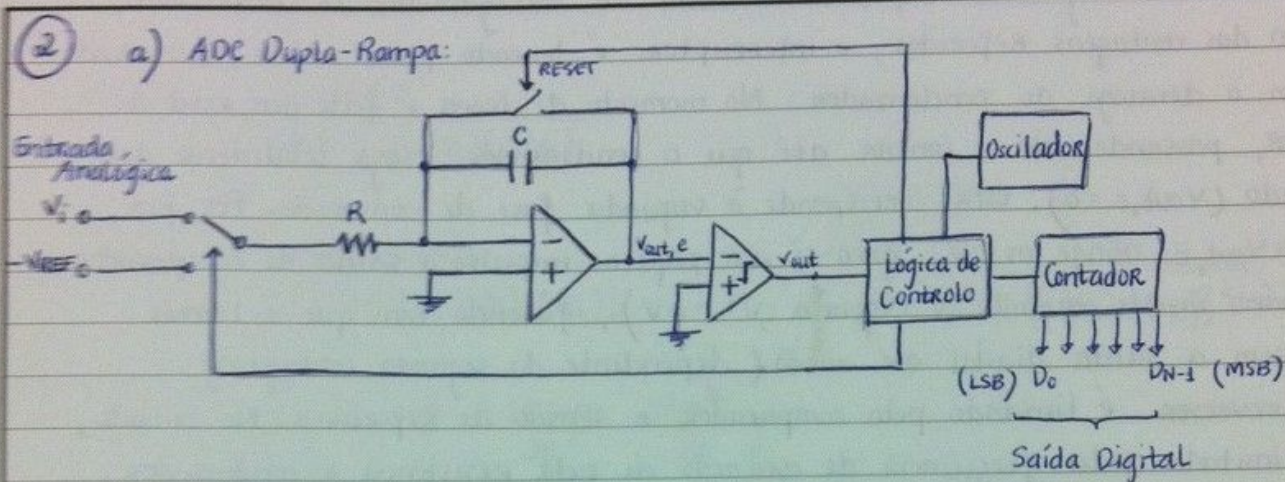
da disciplina de Instrumentação Médica

em 08.05.2012

ALUNO (b) \_\_\_\_\_

curso de Engenharia Biomédica

Docente que recebeu a prova



b) Os componentes limitadores são o comparador e a tensão de Referência.

c) Para a mesma resolução, o ADC Sigma-Delta apresenta um melhor tempo de conversão (mais rápido) do que o ADE de Dupla-Rampa. Isto porque o ADE de Dupla-Rampa apresenta uma conversão lenta, assente em duas fases. A primeira fase é de duração fixa (número fixo de contagens) e a segunda é de duração variável, já que o número de contagens depende do tempo de descarregamento do condensador (até  $V_{out,e}$  atingir 0V). Assim, quanto maior a tensão de entrada aplicada, maior será o carregamento do condensador e, portanto, maior será o tempo de descarga do condensador. Logo, a segunda fase torna-se mais longa, prolongando o tempo de conversão. Por outro lado, o ADE Sigma-Delta está dependente da frequência de clock aplicada.



### Funcionamento do ADC de Dupla-Rampa:

quanto???

A conversão analógico-digital divide-se em duas fases. A primeira fase é de amplitude fixa, já que durante um número fixo de contagens o interruptor na entrada está ligado a  $V_{in}$ , levando assim ao carregamento do condensador. No fim das contagens referidas, o interruptor é trocado para  $-V_{ref}$ , procedendo-se assim à descarga do condensador. No momento de troca é feito um reset do contador, passando este a contar até que o condensador esteja totalmente descarregado ( $V_{ad,c} = 0$ ). Esta corresponde à segunda fase de conversão. Por fim, quando  $V_{ad,c}$  atinge os 0V, gera-se um pequeno impulso à saída do comparador (o transistor inverte quando  $V^-$  iguala  $V^+ = 0V$ ), fazendo com que o latch mantenha a saída digital até então (dependente da segunda contagem).

O conversor é limitado pelo comparador e tensão de referência. No entanto, não é limitado pela frequência de oscilação ou pela resistência e condensador, uma vez que o circuito de descarga e o circuito de carregamento são o mesmo. O tempo de conversão é variável porque depende da segunda fase.

$$V_{in} = \left[ V_{ref} \cdot \frac{T_{ref}}{T_{in}} \right]$$

3)  $R = 1k\Omega = 1 \times 10^3 \Omega$

$R_A = 100k\Omega = 100 \times 10^3 \Omega$

$R_B = 150k\Omega = 150 \times 10^3 \Omega$

$C = 0,1 \mu F = 0,1 \times 10^{-6} F$

a)  $f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi \times 1 \times 10^3 \times 0,1 \times 10^{-6}} = \frac{1}{2\pi \times 0,1 \times 10^{-3}} = \frac{1}{2\pi \times 10^{-4}}$  ✓

Como o filtro é passa alto, esta corresponde a uma frequência inferior de corte ( $f_c$ ).

$Q = \frac{f_0}{\omega} = \frac{f_0}{f_0 - f_c}$

ou

$Q = \frac{1}{3-K}$  ✓

$K = 1 + \frac{R_B}{R_A} = 1 + \frac{150 \times 10^3}{100 \times 10^3} = 1 + 1,5 = 2,5 \Rightarrow Q = \frac{1}{3-2,5} = \frac{1}{0,5} = 2$  ✓



$$b) \quad v_o(t) = \phi + A_i \times |H(jf)| \times \sin(30.000t + \angle H(jf))$$

Como  $A_i = 1$  e  $\phi_i = 0$ ,

$$v_o(t) = |H(jf)| \times \sin(30.000t + \angle H(jf))$$

$$H(jf) = \frac{-K (f/f_0)^2}{1 - (f/f_0)^2 + (j/Q)(f/f_0)}$$

$$|H(jf)| = \frac{-K (f/f_0)^2}{|1 - (f/f_0)^2 + (j/Q)(f/f_0)|} = -K \frac{\sqrt{[(f/f_0)^2]^2}}{\sqrt{(1 - (f/f_0)^2)^2 + [(1/Q)(f/f_0)]^2}}$$

Tendo em conta que,

$$\omega = 2\pi f = 30.000 \Rightarrow f = \frac{30.000}{2\pi} = \frac{3 \times 10^4}{2\pi}$$

$$\text{Logo } f/f_0 = \frac{\frac{3 \times 10^4}{2\pi}}{\frac{1}{2\pi \times 10^{-4}}} = \frac{3 \times 10^4 \cdot 10^{-4}}{1} = 3 \times 10^0 = 3 \quad (1)$$

$$\text{Assim, } |H(jf)| = -2,5 \times \frac{3^2}{\sqrt{(1 - 3^2)^2 + [(1/9)(3)]^2}} = -2,5 \times \frac{1}{\sqrt{0 + (1/9)^2}} =$$

$$= -2,5 \times \frac{1}{\frac{1}{9}} = -2,5 \times 9 = -2,5 \times 3 = -5 \quad \text{módulo negativo!}$$

$$\angle H(jf) = \angle \frac{-K (f/f_0)^2}{1 - (f/f_0)^2 + (j/Q)(f/f_0)} =$$

$$= \arctg\left(\frac{0}{-K(f/f_0)^2}\right) - \arctg\left(\frac{(j/Q)(f/f_0)}{1 - (f/f_0)^2}\right)$$

Como  $f/f_0 = 1$ ,

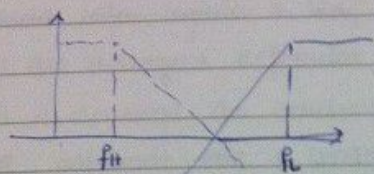
$$\angle H(jf) = \arctg\left(\frac{0}{-K}\right) - \arctg\left(\frac{j/Q}{0}\right) = \arctg(0) - \arctg(\infty) = 0 - 90^\circ = -90^\circ = -\frac{\pi}{2}$$



Portanto, A saída sai invertida relativamente à entrada porque o circuito implementa um amplificador inversor.

$$V_o(t) = -5 \sin\left(10.000t - \frac{\pi}{2}\right)$$

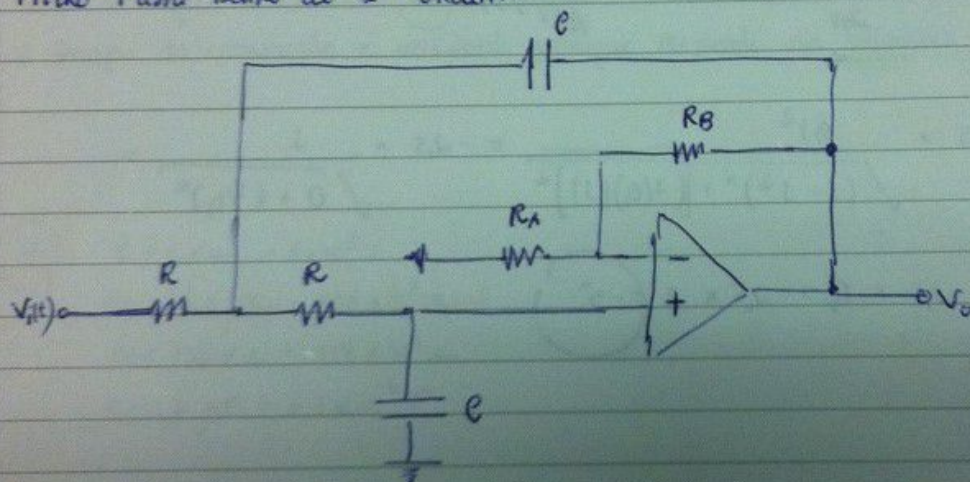
c)



$$f_L > f_H \Rightarrow f_L = \frac{5000}{\pi} \text{ Hz}$$

$$f_H = \frac{500}{\pi} \text{ Hz}$$

Filtro Passa-Baixo de 2ª ordem:



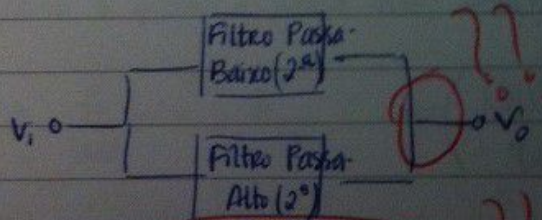
$$R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$R_A = 100 \text{ k}\Omega$$

$$R_B = 150 \text{ k}\Omega$$

$$C = ? \text{ F}$$

Montagem do Filtro Rejeita-Banda de 2ª Ordem:



Montagem do paralelo do filtro passa-alto do enunziado com o filtro passa-baixo desenhado anteriormente, tendo em conta o valor calculado de C.

$$f_H = \frac{1}{2\pi R C} \Rightarrow \frac{500}{\pi} = \frac{1}{2\pi \cdot 1 \times 10^3 \times C}$$

$$\Rightarrow 2\pi \times 500 \times 10^3 \times C = \pi$$

$$\Rightarrow 1000 \times 10^3 \times C = \frac{\pi}{\pi}$$

$$\Rightarrow 1000 \times 10^3 \times C = 1 \Rightarrow C = \frac{1}{10^6}$$

$$\Rightarrow C = 10^{-6} \text{ F} \Rightarrow C = 1 \mu\text{F}$$

1 μF