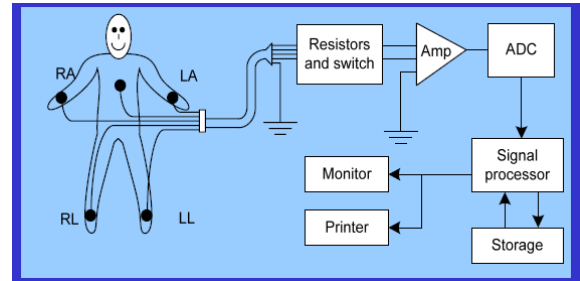


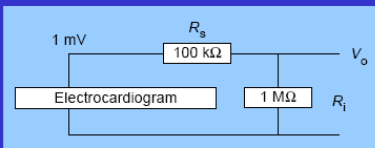
Amplificadores Operacionais

Prof. Adilton Carneiro

O instrumento Biomédico



O sinal do electrocardiografia com amplitude de 1 mV é atenuado pelas resistências da pele (1 KΩ) em paralelo com a impedância de entrada do osciloscópio (~1 MΩ).



$$i = \frac{V}{R} = \frac{1 \text{ mV}}{100 \text{ k}\Omega + 1 \text{ M}\Omega} = 0.91 \text{ nA}$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R_i}{R_s + R_i}$$

$$V_o = iR_i = (0.91 \text{ nA})(1 \text{ M}\Omega) = 0.91 \text{ mV}$$

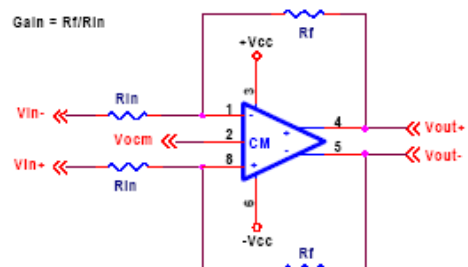
Quais são os requerimentos para detectar os sinais biomédicos

- Aumentar a amplitude do sinal e reduzir a impedância da fonte;
- Impedância de fonte alta e desconhecida, o que fazer?
 - usar um detector com impedância de entrada alta.
- Usar circuito de proteção entre o instrumento e o indivíduo;
- Usar amplificadores diferenciais com alto modo de rejeição comum;
- etc

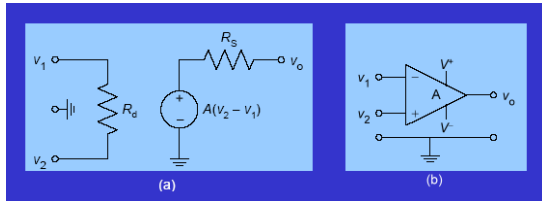
Amplificador ideal

- Ganho infinito;
- Impedância de saída zero;
- Impedância de entrada infinita;
- Faixa de resposta em frequência infinita;
- Nível de ruído zero;
- As duas entradas idênticas;

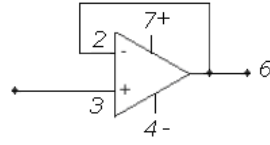
Circuitos Básicos com Amplificadores Operacionais



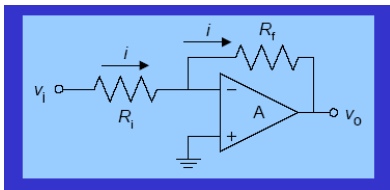
Circuitos Básicos com Amplificadores Operacionais



Seguidor de tensão



Amplificador Inversor

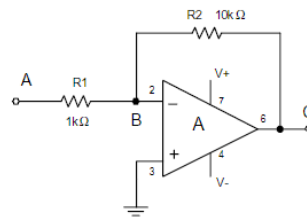


A lei de Ohm

$$\frac{v_1 - 0}{R_1} = \frac{0 - v_o}{R_f} \Rightarrow v_o = -\frac{R_f}{R_1} v_1 \Rightarrow \frac{v_o}{v_1} = -\frac{R_f}{R_1}$$

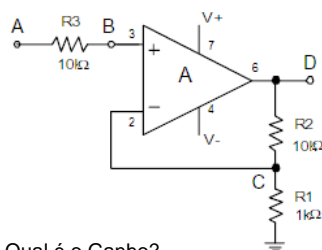
Ganho do circuito acima = $-R_f/R_1$

Amplificador Inversor



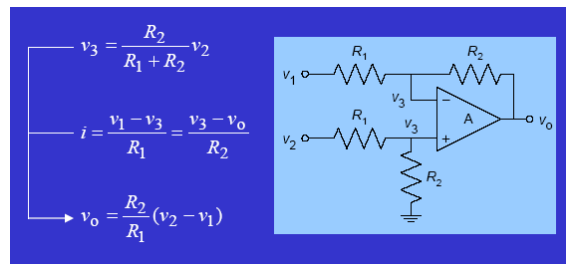
Qual é o Ganho?

Amplificador Não-Inversor

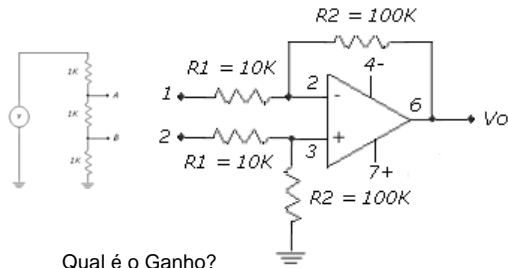


Qual é o Ganho?

Circuito Diferencial

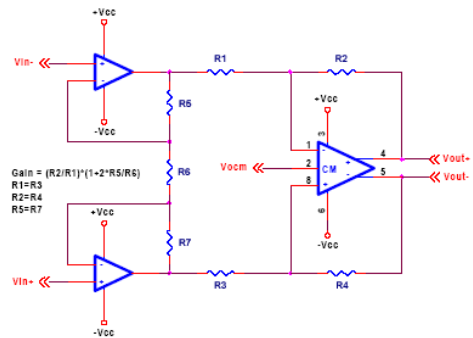


Circuito Diferencial

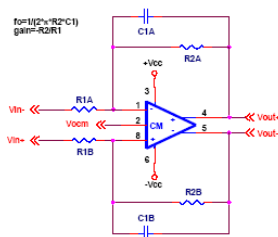


Qual é o Ganho?

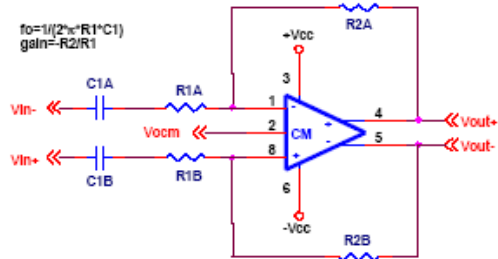
Amplificador Instrumental



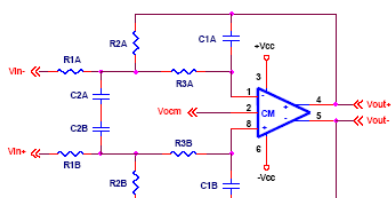
Filtro passa baixa diferencial de um polo



Filtro passa alta diferencial de um polo

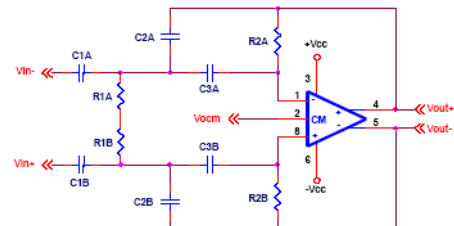


Filtro diferencial passa baixa, "feedback" com multipla configuração



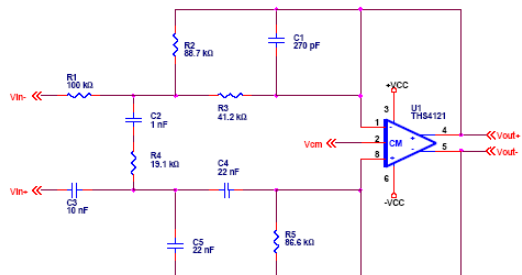
Bessel $F_o = 1/(2\pi RC)$ $R1 = R2 = 0.625R$ $R3 = 0.36R$ $C1 = C$ $C2 = 2.67C$	Butterworth $F_o = 1/(2\pi RC)$ $R1 = R2 = 0.65R$ $R3 = 0.375R$ $C1 = C$ $C2 = 4C$	Chebyshev 3 dB $F_o = 1/(2\pi RC)$ $R1 = 0.644R$ $R2 = 0.456R$ $R3 = 0.267R$ $C1 = 12C$ $C2 = C$
--	--	---

Filtro diferencial passa alta, "feedback" com multipla configuração



Bessel $F_o = 1/(2\pi RC)$ $R1 = 0.73R$ $R2 = 2.19R$ $C1 = C2 = C3 = C$	Butterworth $F_o = 1/(2\pi RC)$ $R1 = 0.467R$ $R2 = 2.11R$ $C1 = C2 = C3 = C$	Chebyshev $F_o = 1/(2\pi RC)$ $R1 = 3.3R$ $R2 = 0.215R$ $C1 = C2 = C3 = C$
--	--	---

Filtro típico para detetor de audio (300 – 3 KHz)



Interferência na Medida do eletrocardiograma

Ruído da rede

