

E 206

Eletrônica Analógica III

Prof. Egidio Raimundo Neto

Autor: Prof. Antonio Alves Ferreira Júnior

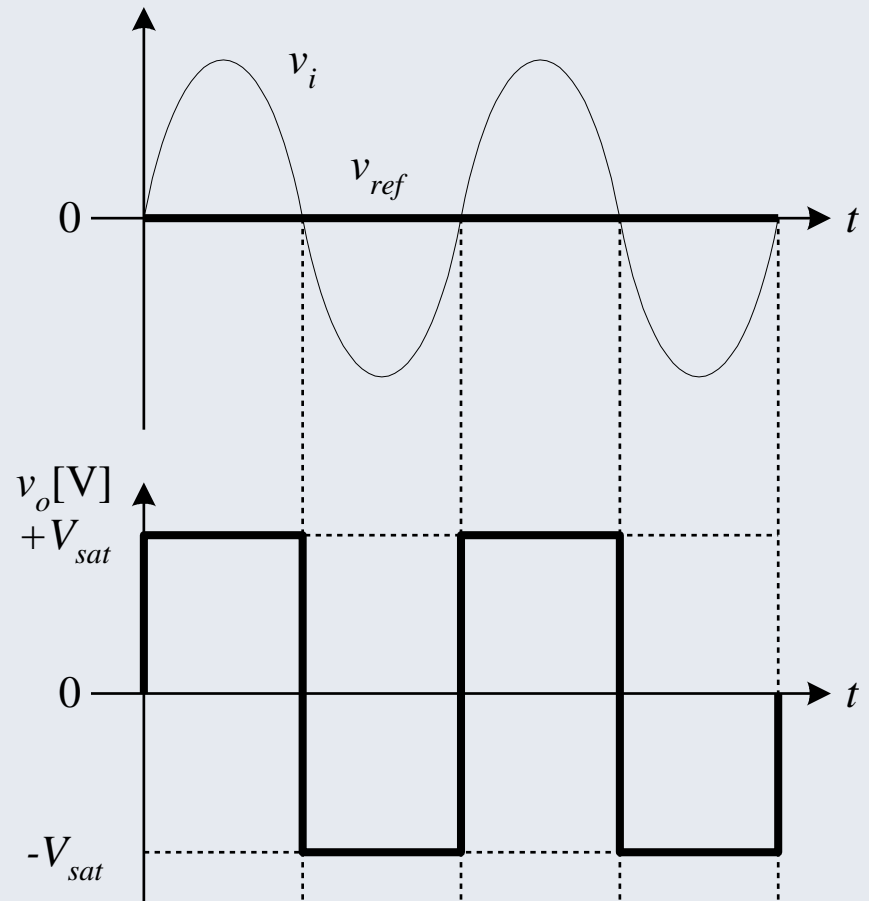
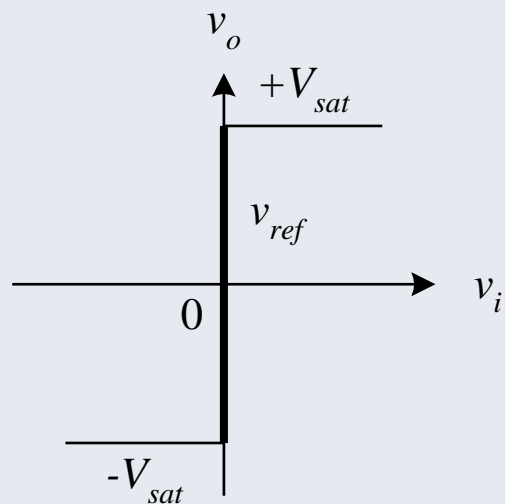
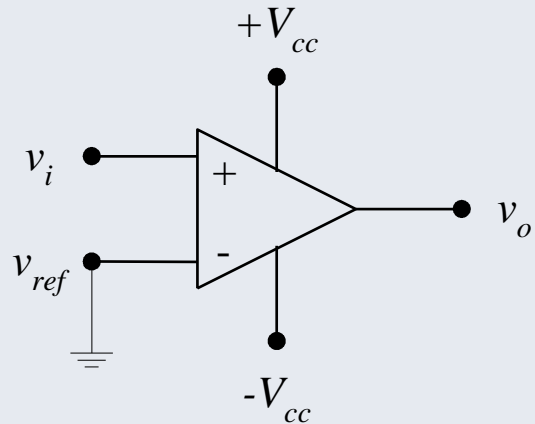
Aplicações não-lineares com os amplificadores operacionais

Circuitos comparadores de tensão

- Comparador de nível de zero sem inversão e sem histerese:

$$v_i^+ = v_i$$

$$v_i^- = v_{ref} = 0V$$

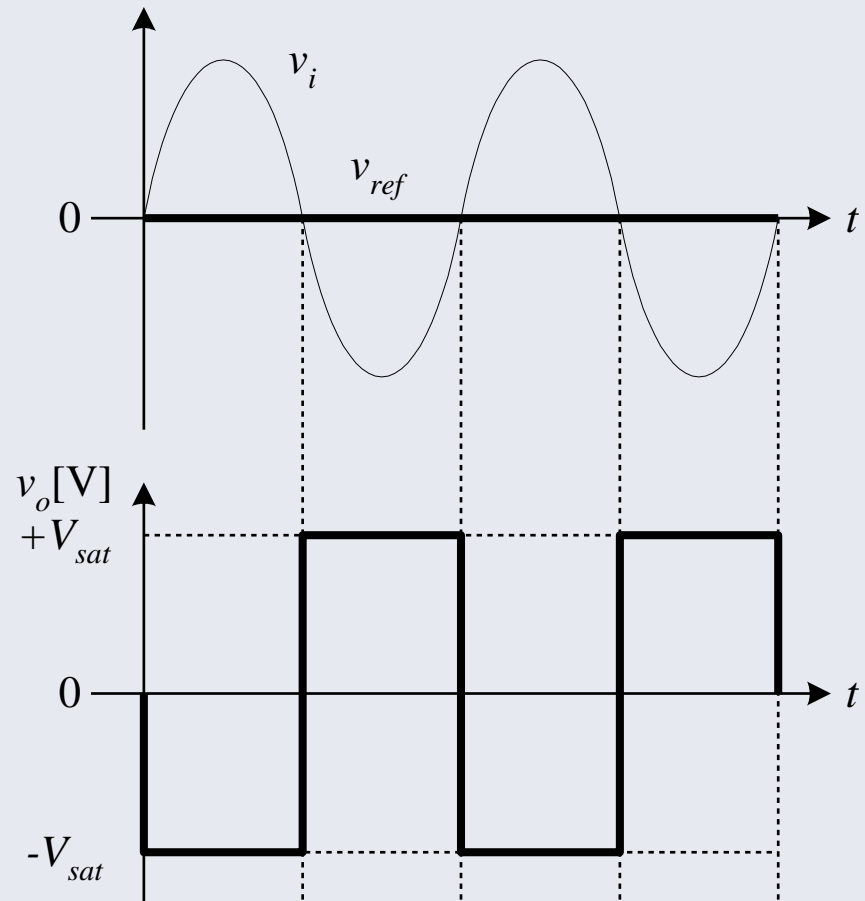
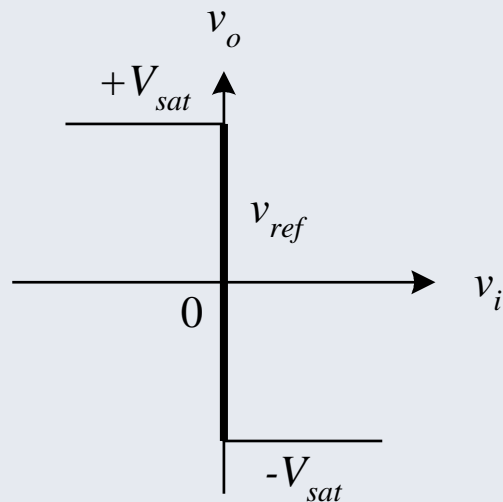
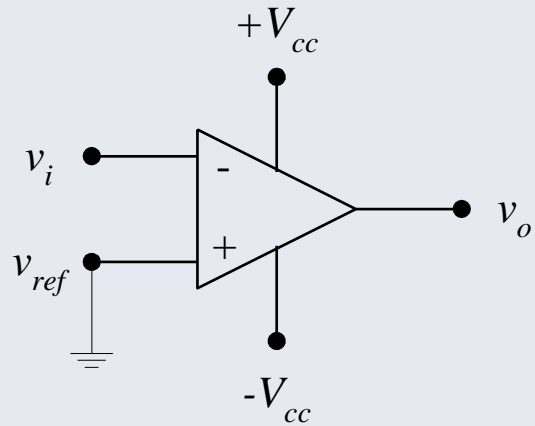


Circuitos comparadores de tensão

- Comparador de nível de zero com inversão e sem histerese:

$$v_i^- = v_i$$

$$v_i^+ = v_{ref} = 0V$$

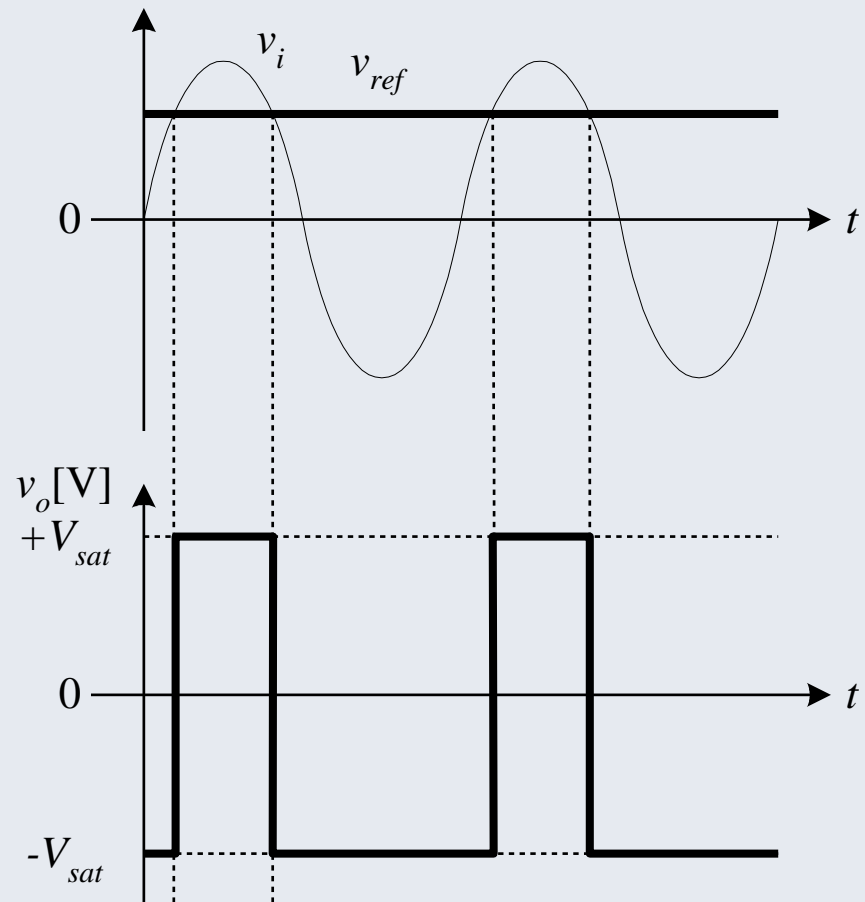
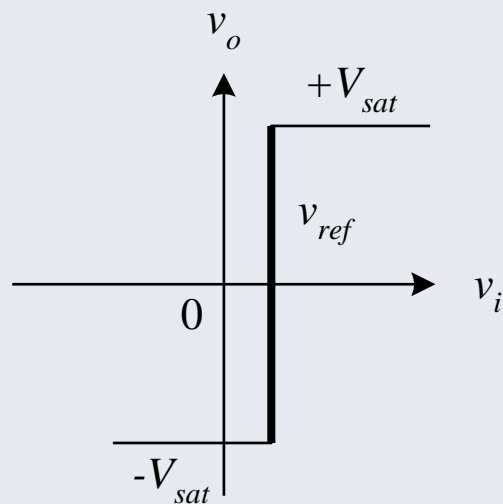
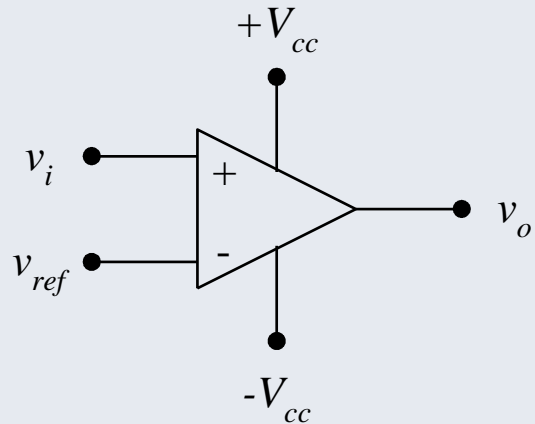


Circuitos comparadores de tensão

- Comparador de nível sem inversão e sem histerese:

$$v_i^+ = v_i$$

$$v_i^- = v_{ref}$$

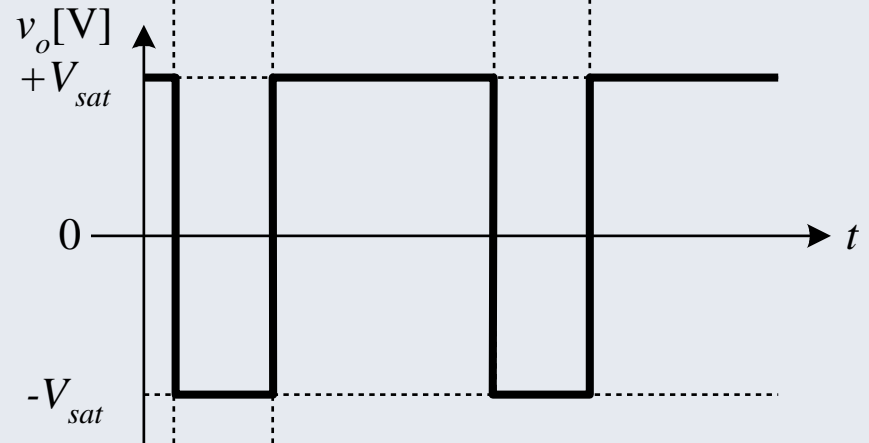
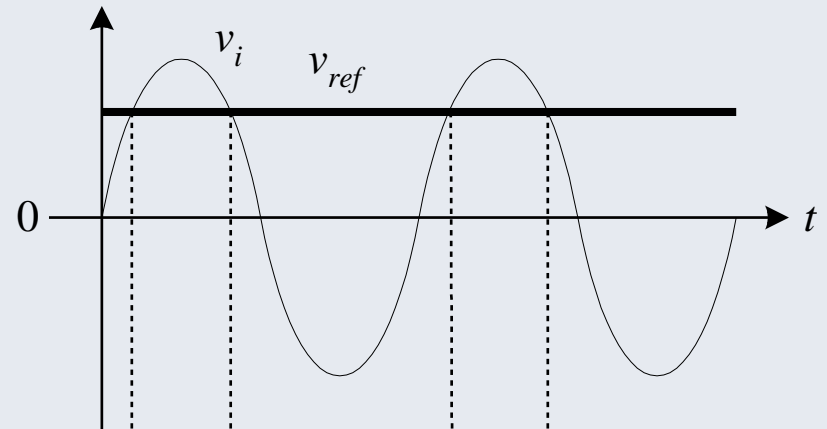
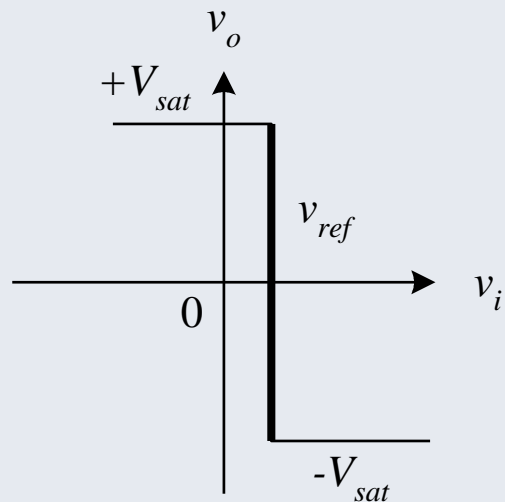
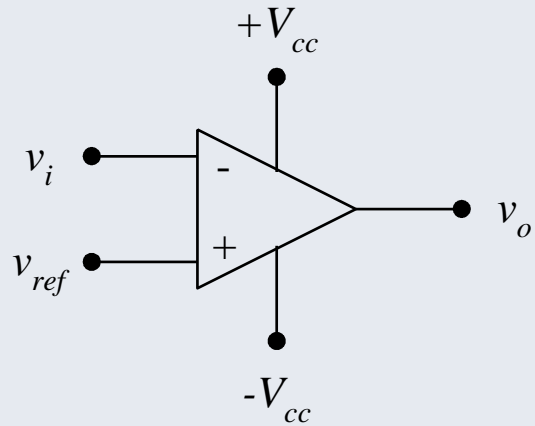


Circuitos comparadores de tensão

- Comparador de nível com inversão e sem histerese:

$$v_i^- = v_i$$

$$v_i^+ = v_{ref}$$



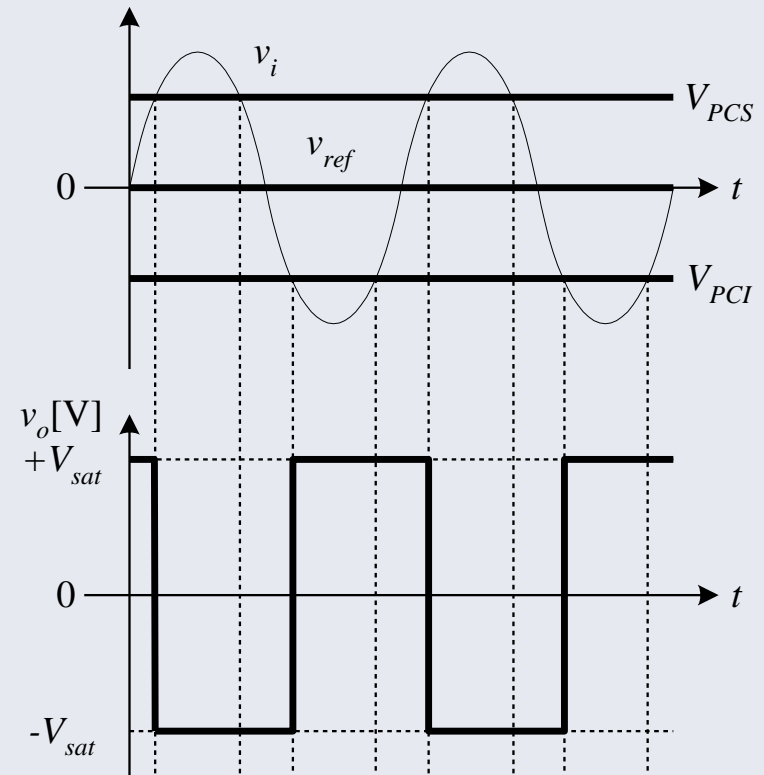
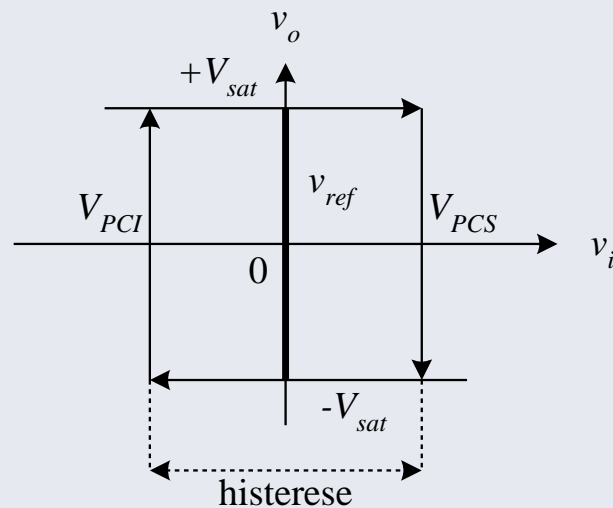
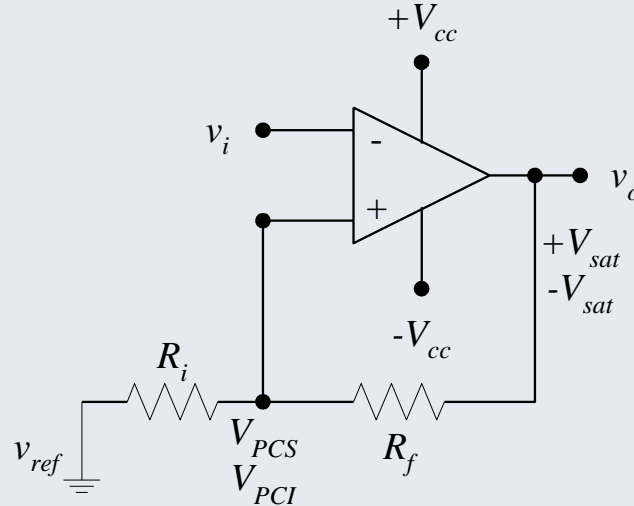
Circuitos comparadores de tensão

- Comparador de nível de zero com inversão e com histerese:

$$v_i^- = v_i$$

$$v_i^+ = V_{PCS} \text{ ou } V_{PCI}$$

$$V_{ref} = 0$$



Circuitos comparadores de tensão

onde:

V_{PCS} : tensão do ponto de chaveamento superior;

V_{PCI} : tensão do ponto de chaveamento inferior.

$$V_{PCS} = \frac{R_i}{R_i + R_f} (+V_{sat})$$

$$V_{PCI} = \frac{R_i}{R_i + R_f} (-V_{sat})$$

$$V_{his} = V_{PCS} - V_{PCI}$$

Para $|+V_{sat}| = |-V_{sat}| = V_{sat}$:

$$V_{his} = \frac{R_i}{R_i + R_f} (2V_{sat})$$

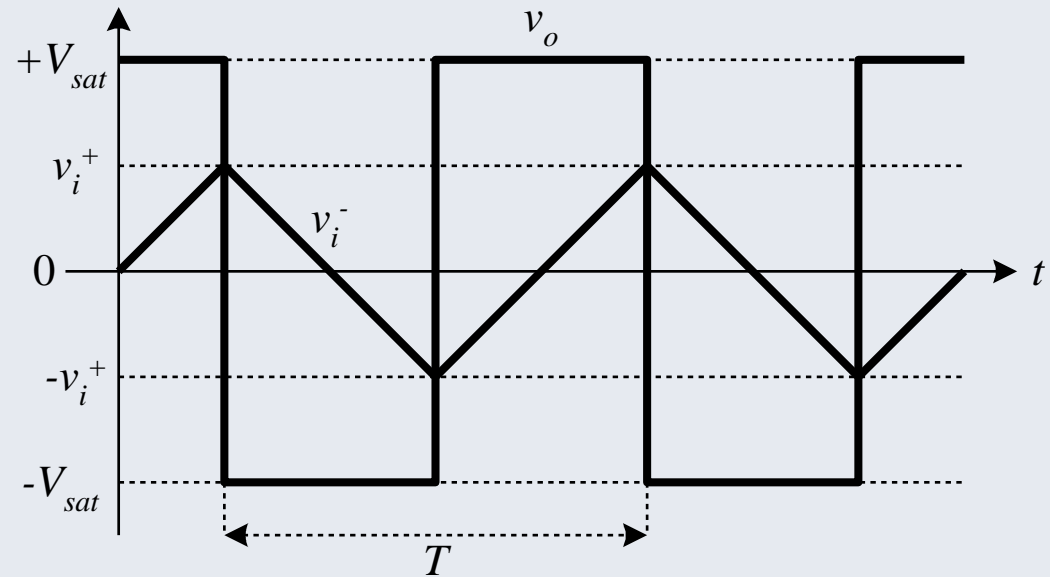
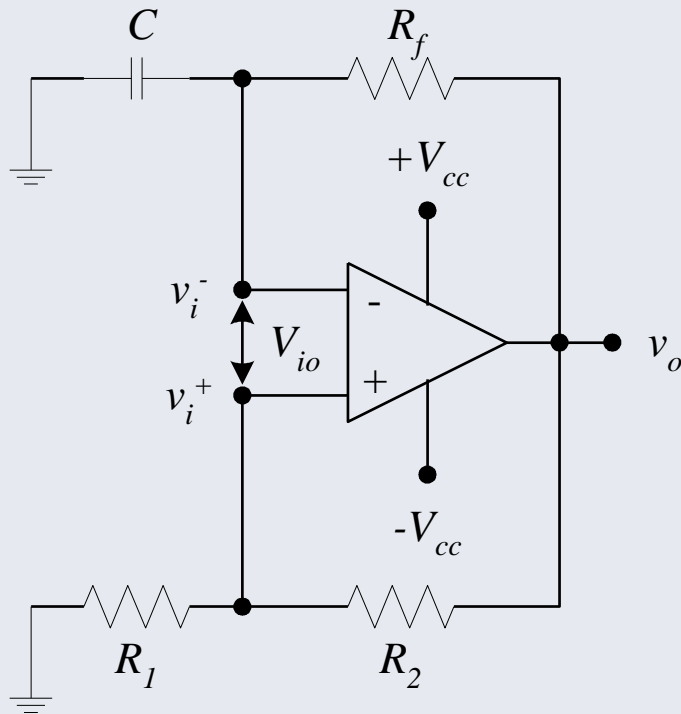
$V_{his} > V_r$ para não ocorrer intermitência.

V_r : tensão do sinal interferente.

Valores de pico a pico.

Geradores de sinais

- Gerador de onda quadrada (astável):



Em $t = 0s \rightarrow f = \infty \text{Hz} \rightarrow Z_C(\infty) = 0\Omega$ (curto-circuito) $\rightarrow v_i^- = 0V$.

$$A_v = 1 + \frac{R_f}{Z_C} = \infty \therefore v_o = A_v v_d = A_v V_{io} = \pm V_{sat}$$

$$|v_i^+| = \frac{R_1}{R_1 + R_2} |V_{sat}|$$

$$f = \frac{1}{T}$$

Geradores de sinais

- Gerador de onda quadrada (astável):

A frequência de oscilação de saída é dada por:

$$f = \frac{1}{2R_f C \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)}$$

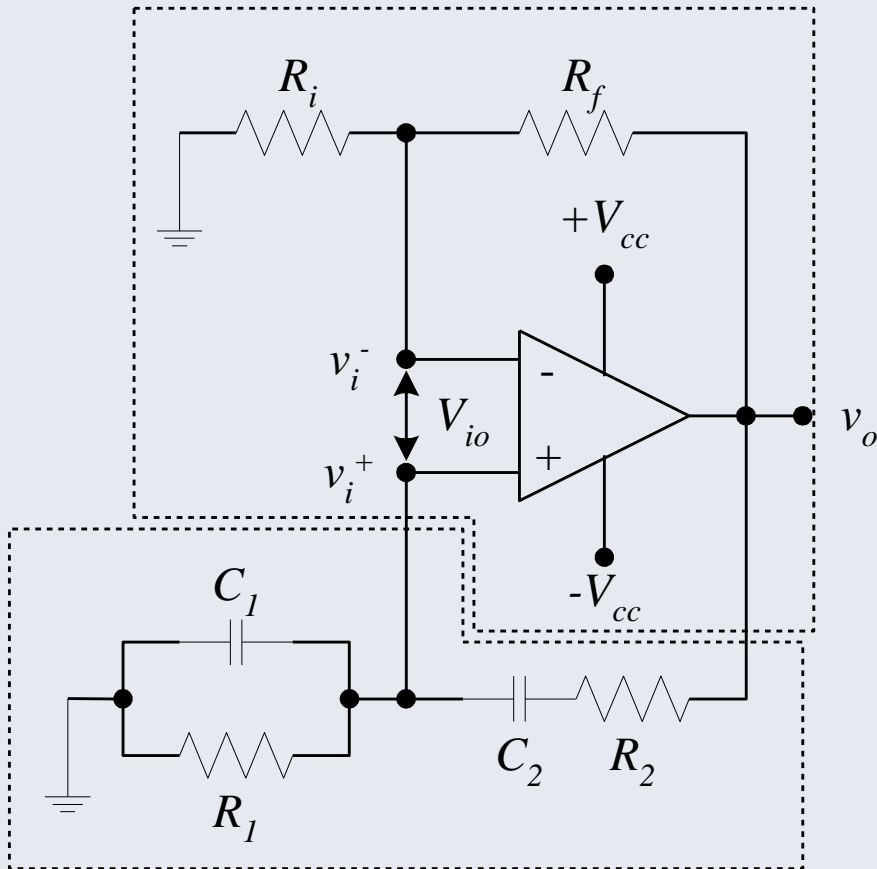
onde $R_f C$ é a constante de tempo. Quanto menor a constante de tempo maior será a frequência do sinal de saída e vice-versa.

Se $R_2 = 1,16R_1$ simplifica-se a expressão da frequência de saída para:

$$f = \frac{1}{2R_f C}$$

Geradores de sinais

- Gerador de onda senoidal – Ponte de Wien:



A frequência de oscilação de saída é dada por:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

Se $R_1 = R_2 = R$ e $C_1 = C_2 = C$:

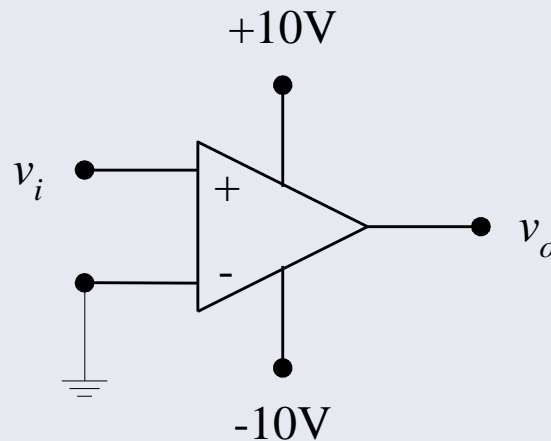
$$f = \frac{1}{2\pi RC}$$

Se $R_1 = R_2 = X_{C1} = X_{C2} = R$ tem-se que o ganho da malha passiva é igual a $1/3$. Para que haja a oscilação, o produto dos ganhos das malhas passiva e ativa deve ser igual a 1. Portanto, o ganho da malha ativa deve ser igual a 3, e dessa forma:

$$1 + \frac{R_f}{R_i} = 3 \rightarrow R_f = 2R_i$$

Exemplos

1) Determinar a forma de onda do sinal de saída para um sinal senoidal de entrada com 4V de pico. O amp. op. possui perda de saturação interna de 2V com relação às fontes de alimentação.

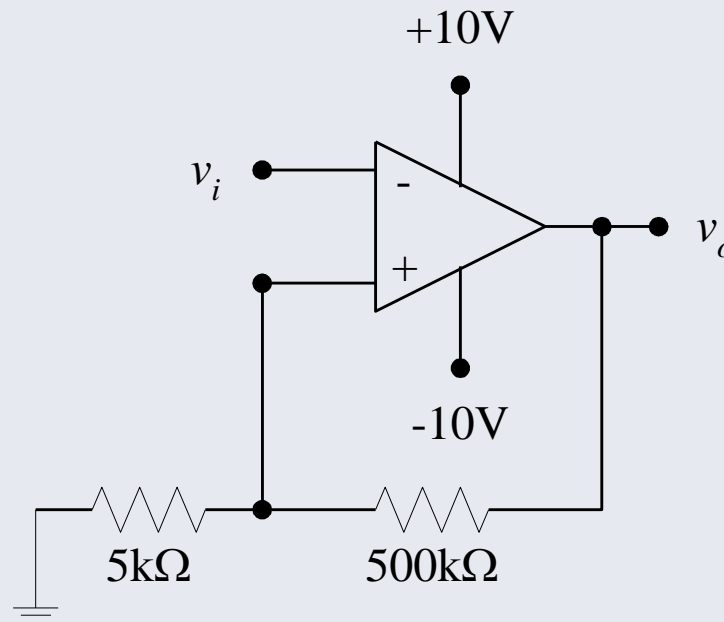


2) Esboçar a forma de onda de saída e a curva de transferência para um comparador de nível com inversão e sem histerese, com uma tensão de referência negativa.

3) Esboçar a forma de onda de saída e a curva de transferência para um comparador de nível sem inversão e sem histerese, com uma tensão de referência negativa.

Exemplos

4) Determinar os valores de V_{PCS} e V_{PCI} e esboçar o gráfico da histerese. O amp. op. não possui perda de saturação interna com relação às fontes de alimentação. Resp: $V_{PCS} = 99\text{mV}$; $V_{PCI} = -99\text{mV}$



Exemplos

- 5) Determinar os valores de R_2 e R_f para um gerador de onda quadrada na frequência de 1kHz. O amp. op. é alimentado com $\pm 15V$ e não possui perda de saturação interna com relação às fontes de alimentação. Considerar $R_i = 10k\Omega$, $C = 0,05\mu F$ e $R_2 = 1,16R_i$. Resp: $R_2 = 11,6k\Omega$; $R_f = 10k\Omega$
- 6) Determinar os valores de R_1 , R_2 e R_f para um gerador de onda senoidal com a Ponte de Wien na frequência de 965Hz. O amp. op. é alimentado com $\pm 15V$ e não possui perda de saturação interna com relação às fontes de alimentação. Considerar $R_i = 12k\Omega$, $C_1 = C_2 = 50nF$ e $R_1 = R_2$. Resp: $R_1 = R_2 = 3,3k\Omega$; $R_f = 24k\Omega$

Referências

. Básica:

- R. Boylestad, L. Nashelsky, “Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos,” 8. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- A. F. Gruiter, “Amplificadores Operacionais: fundamentos e aplicações,” São Paulo: McGraw-Hill, 1988.
- R. A. Gayakwad. "Op-Amps and linear integrated circuits". 7. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2000.

. Complementar:

- S. Franco, “Design with operational amplifiers and analog integrated circuits,” 2. ed. Boston: McGraw-Hill, 1998.
- A. Pertence Jr., “Eletrônica analógica: Amplificadores Operacionais e filtros ativos - teoria, projetos, aplicações e laboratório,” 6.ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.