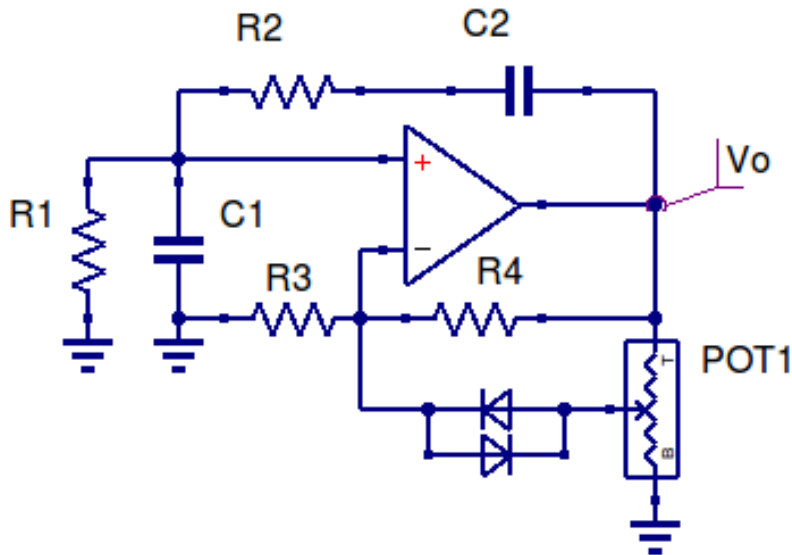


# Osciladores Senoidais

## □ Ponte de Wein:

- Frequência definida por resistores e capacitores
- Estabilização de amplitude com diodos e potenciômetro
- AMPOP:  $BW \geq 10 f_{osc}$



$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$R = R1 = R2 \geq 1 \text{ k}\Omega$$

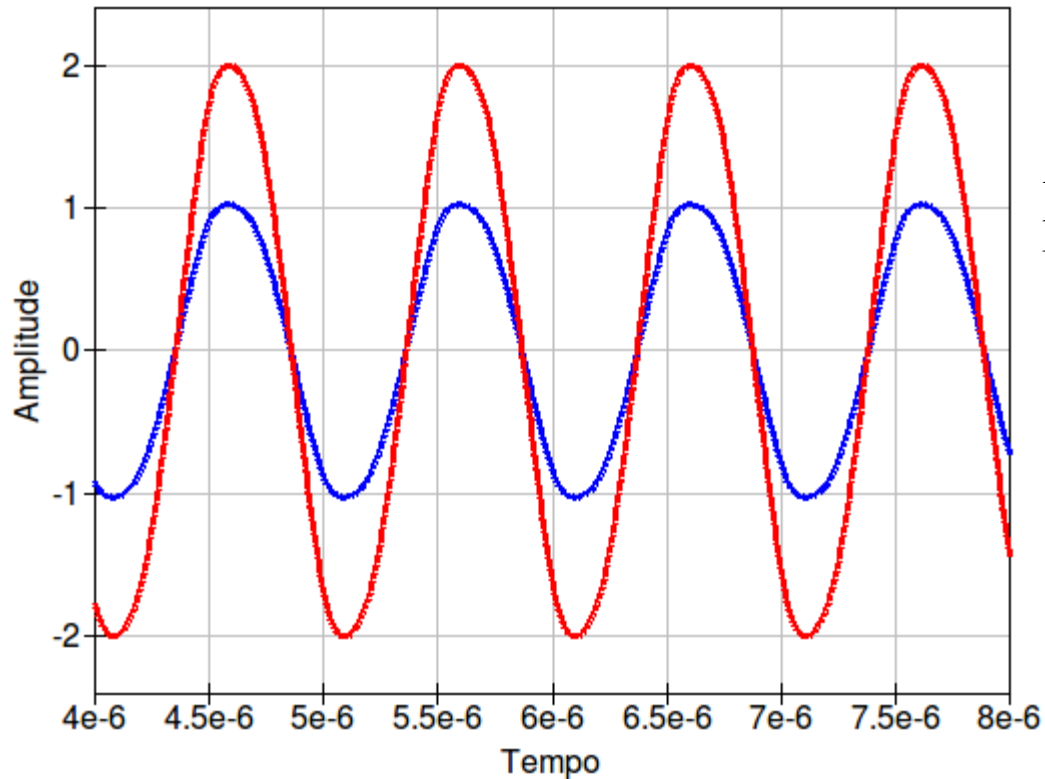
$$C = C1 = C2 \geq 100 \text{ pF}$$

$$R4 = 2,2 R3$$

$$POT1 = 10 \text{ k}\Omega$$

# Osciladores Senoidais

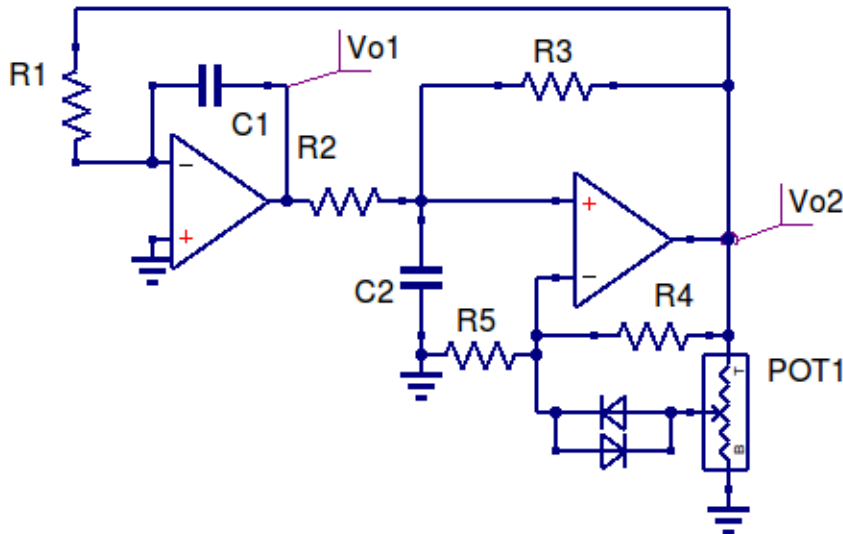
- Ponte de Wein:
- Análise temporal:



Amplitude variável  
pelo potenciômetro

# Osciladores Senoidais

- Oscilador em quadratura:
  - Duas saídas defasadas de  $90^\circ$  (seno e cosseno)
  - Frequência definida por resistores e capacitores
  - Estabilização de amplitude com diodos e potenciômetro
  - AMPOP:  $BW \geq 5 f_{osc}$



$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$R = R1 = \frac{R2}{2} = \frac{R3}{2} \geq 1 k\Omega$$

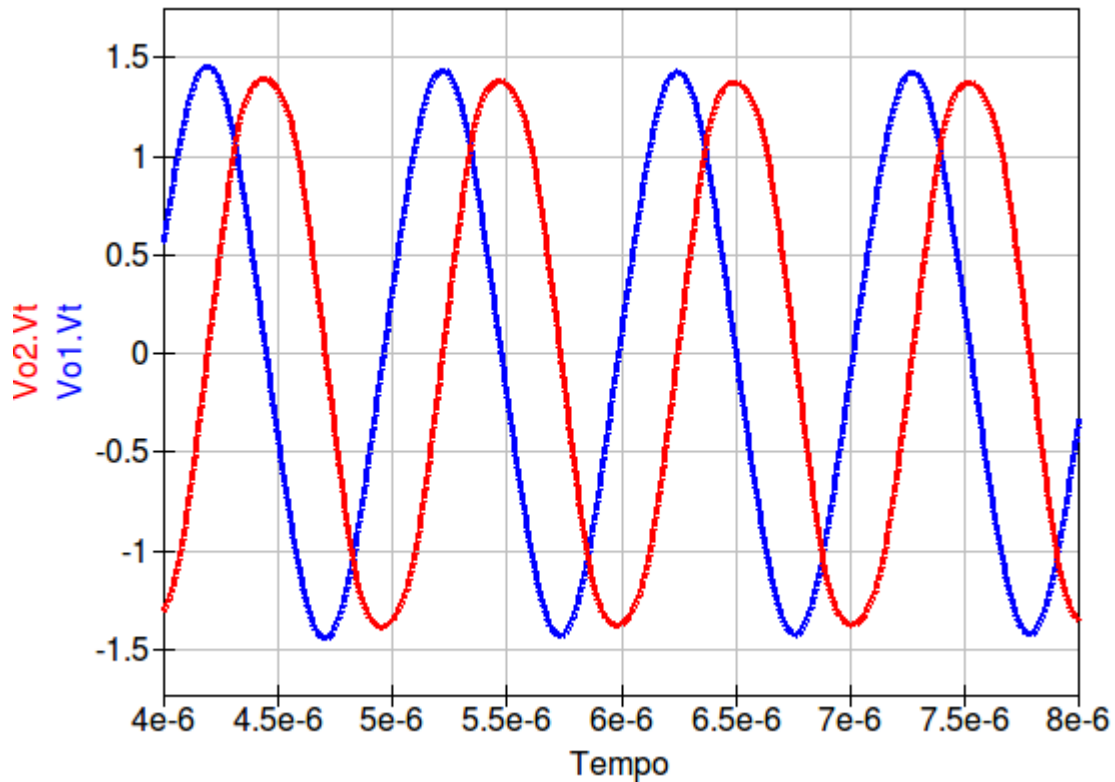
$$C = C1 = C2 \geq 100 pF$$

$$R4 = 1,1 R5$$

$$POT1 = 10 k\Omega$$

# Osciladores Senoidais

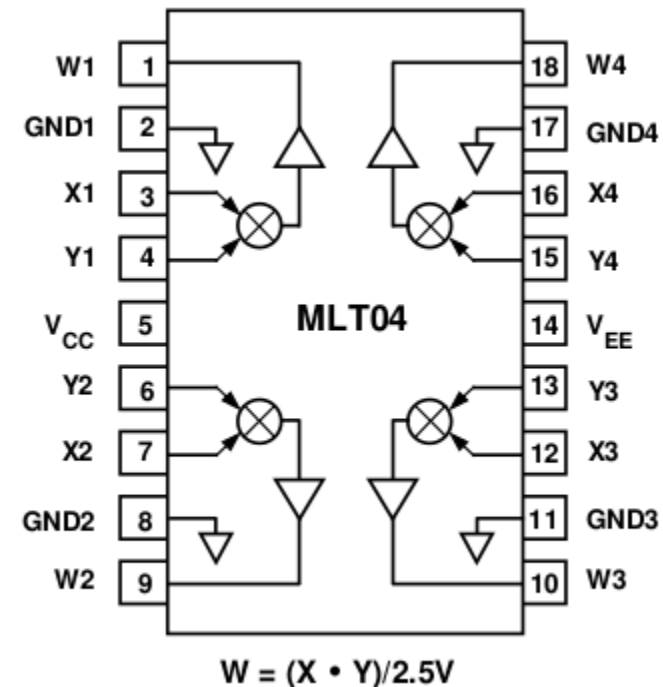
- Oscilador em quadratura:
  - Análise temporal:



Duas saídas defasadas de 90°

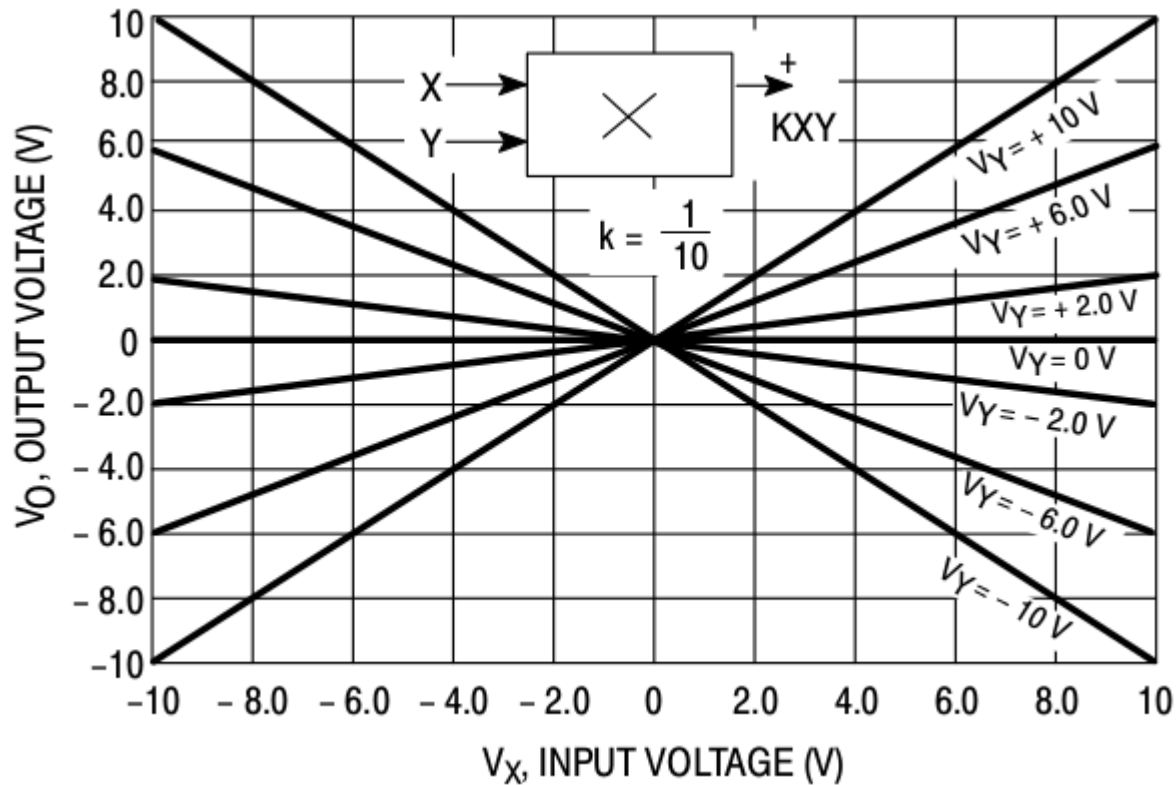
# Multiplicador de sinais

- ❑ Multiplicador de tensões:
  - ❑ Circuitos baseados em amplificadores logarítmicos e exponenciais
  - ❑ Possuem duas ou mais entradas
  - ❑ Podem ser de 1, 2 ou 4 quadrantes
  - ❑ Circuitos comerciais:
    - ❑ MLT04, AD633, AD734, AD539, AD835
    - ❑ MC1494, MC1495
    - ❑ MPY634



# Multiplicador de sinais

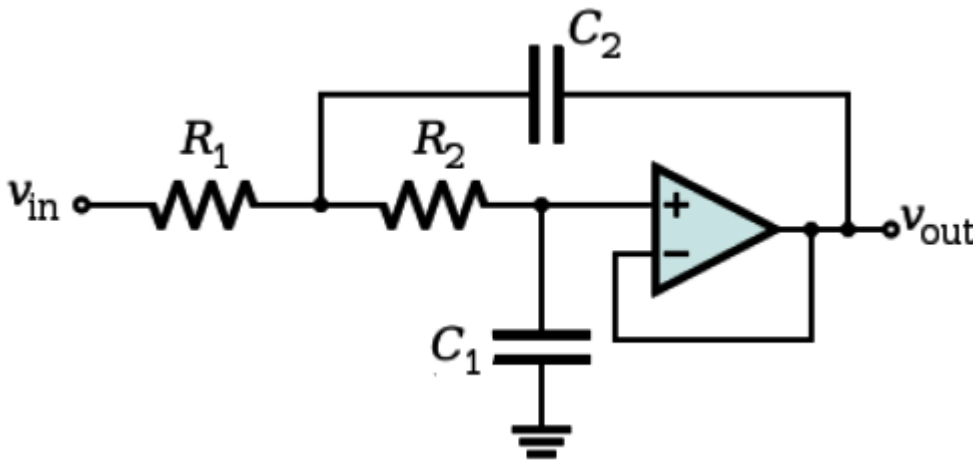
- Multiplicador de tensões:
  - Curvas de transferência



# Filtros

## □ Filtro passa-baixas:

- AMPOP, capacitores e resistores
- Topologia Salen-Key: 2 ordens /AMPOP
- Podem ser cascateados para aumentar a ordem



Frequência de corte:

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

Fator de qualidade:

$$Q = \frac{1}{2\pi f_c C_1 (R_1 + R_2)}$$

# Filtros

## □ Filtro passa-baixas:

□ Fator de qualidade Q determina o formato da resposta do filtro:

□ Bessel:  $Q=0,5$

□ Butterworth:  $Q=0,707$

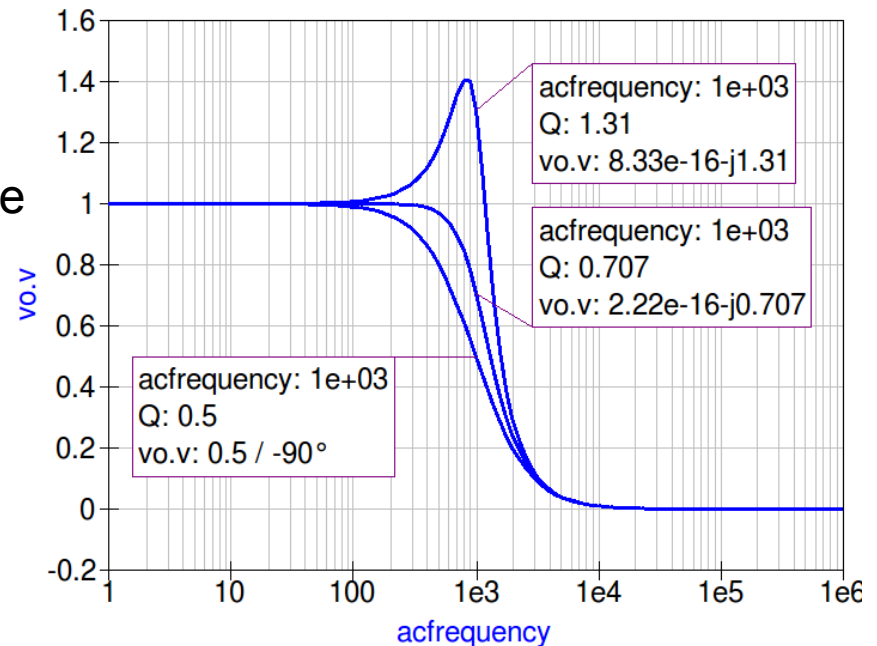
□ Chebyshev:  $Q>0,707$

□ Projeto:

□ Definir a frequência de corte e o fator de qualidade

□ Fazer  $R1=R2$

□ Calcular C1 e C2

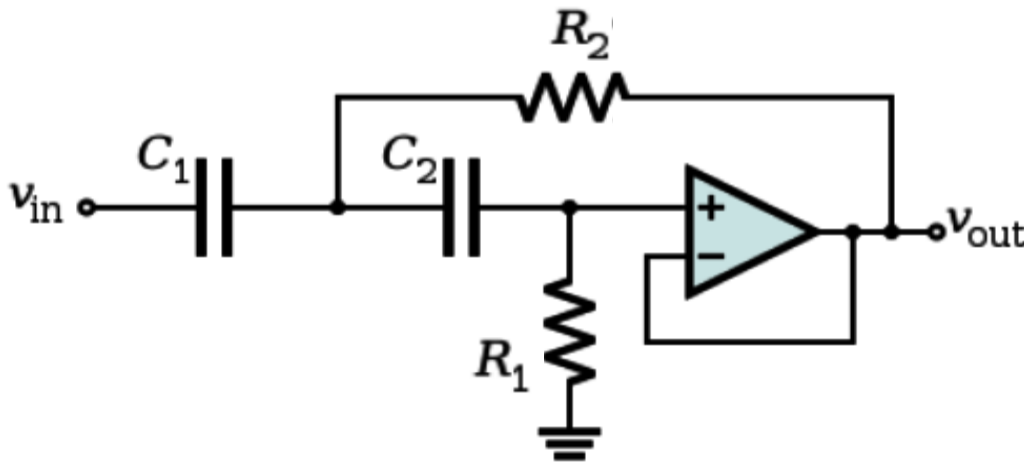




# Filtros

## ▣ Filtro passa-altas:

- ▣ AMPOP, capacitores e resistores
- ▣ Topologia Salen-Key: 2 ordens /AMPOP
- ▣ Podem ser cascateados para aumentar a ordem ou realizar passa-faixa



Frequência de corte:

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

Fator de qualidade:

$$Q = \frac{1}{2\pi f_c R_2 (C_1 + C_2)}$$

# Filtros

## ❏ Filtro passa-baixas:

❏ Fator de qualidade  $Q$  determina o formato da resposta do filtro:

❏ Bessel:  $Q=0,5$

❏ Butterworth:  $Q=0,707$

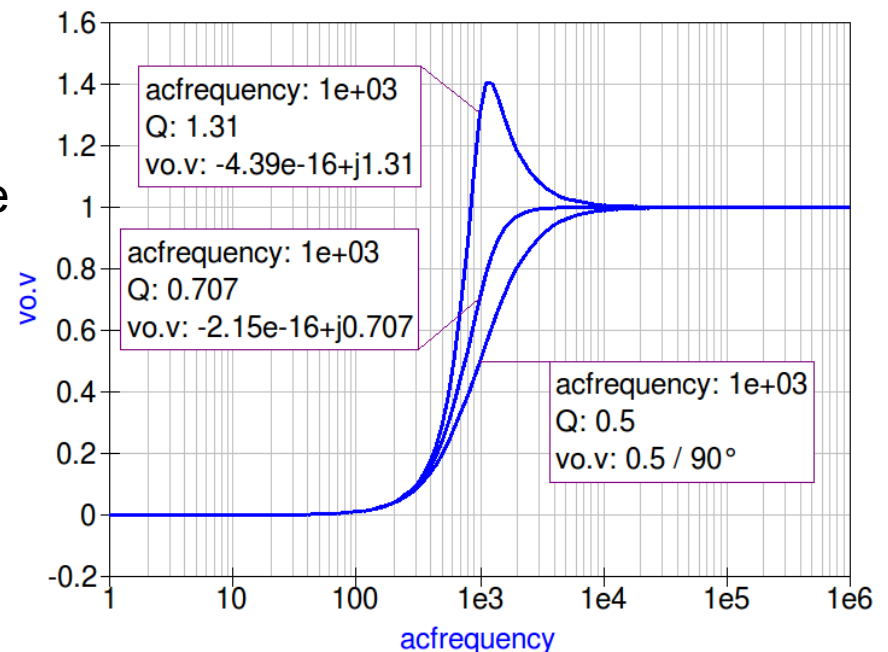
❏ Chebyshev:  $Q>0,707$

❏ Projeto:

❏ Definir a frequência de corte e o fator de qualidade

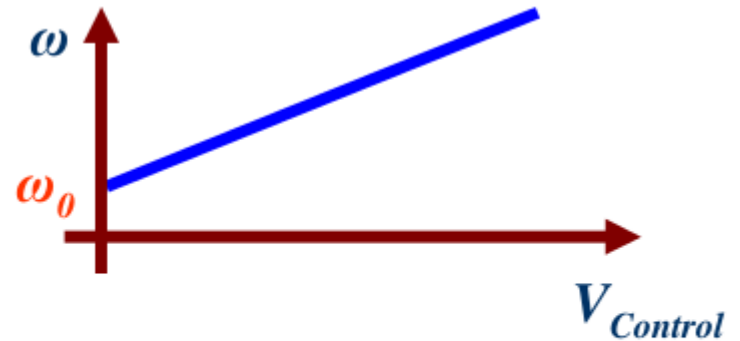
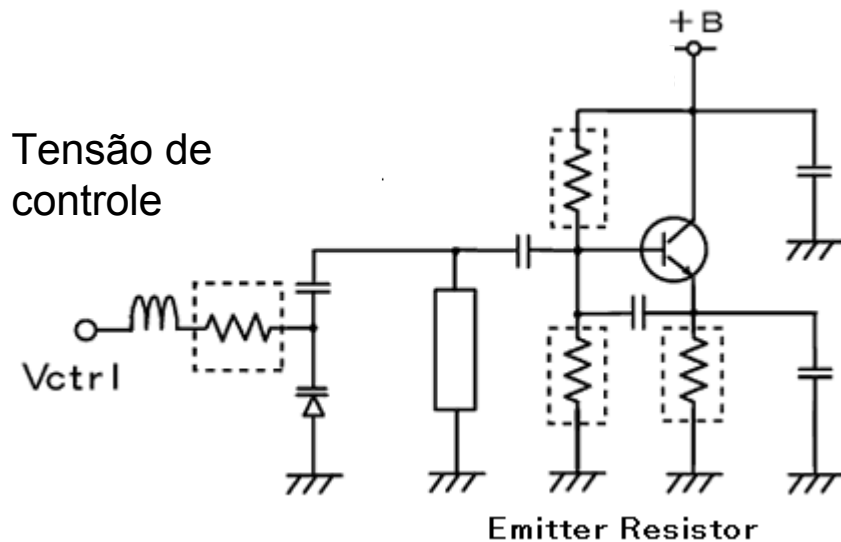
❏ Fazer  $C1=C2$

❏ Calcular  $R1$  e  $R2$



# VCO (Oscilador controlado por tensão)

- ❑ Oscilador controlado por tensão
  - ❑ Tensão DC controla a frequência de oscilação
  - ❑ Baseado em capacitores ou resistores variáveis com tensão
  - ❑ São a base dos circuitos PLLs



$$\omega = \omega_0 + K_{VCO} V_{Control}$$

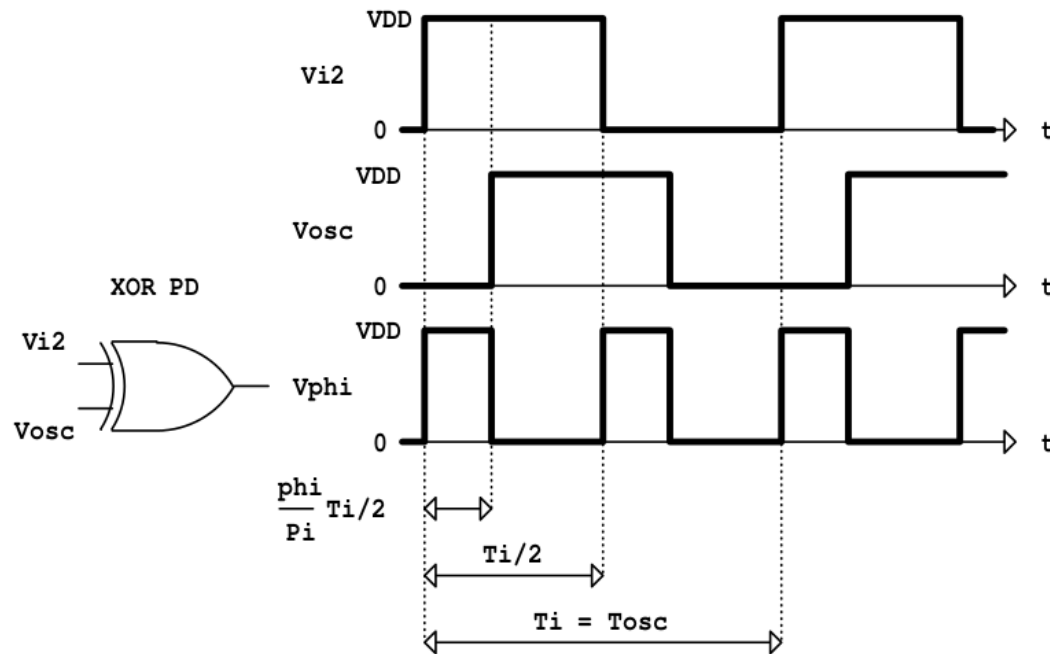
# Detetor de fase

- Detetor de fase
  - Compara dois sinais alternados e fornece uma saída proporcional à diferença de fase/frequência
  - Sinal de saída é filtrado (passa-baixas) e pode ser usado para realimentação
  - Tipos:
    - Multiplicador de tensões
    - Porta lógica XOR
    - Circuitos digitais sequenciais

# Detetor de fase

## Detetor de fase com XOR

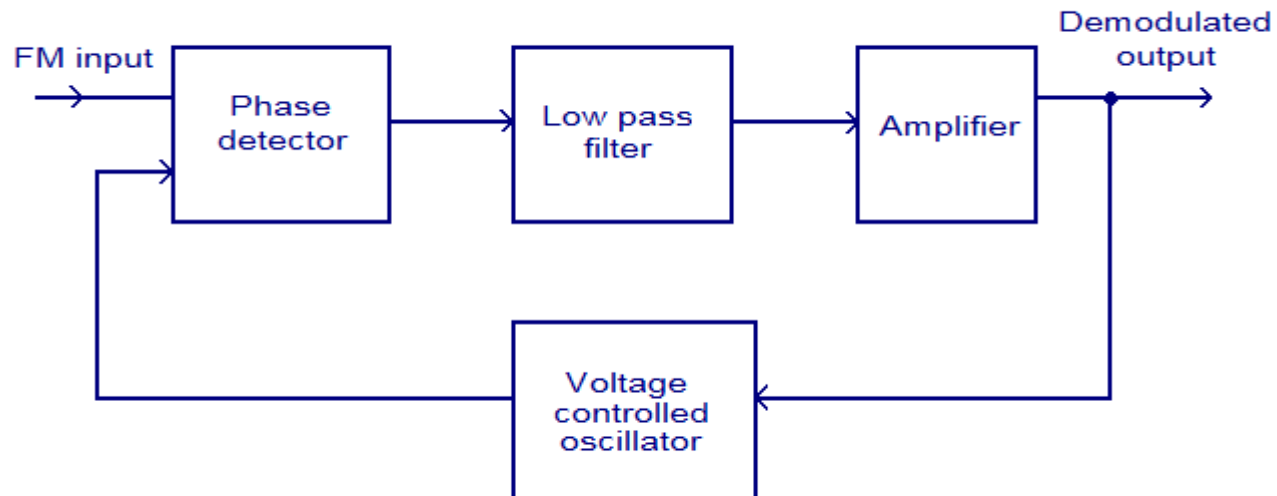
- Frequência resultante é o dobro
- Filtro passa baixas remove a componente alternada
- A fase entre  $V_i$  e  $V_{osc}$  fica em torno de  $90^\circ$



# PLL (Phase Locked Loop)

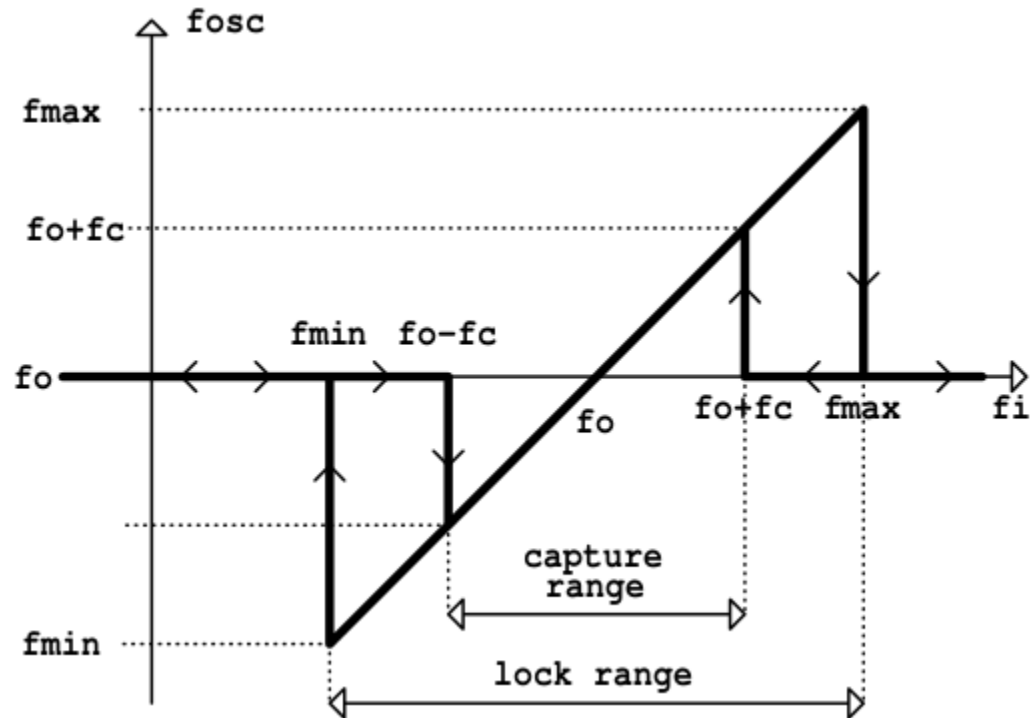
## □ PLL

- Circuito que mantém um VCO sincronizado em frequência e fase com um sinal de referência
- Detector de fase compara fase e frequência de entrada com o VCO interno
- Tensão do detector de fase é usada na realimentação do VCO



# PLL (Phase Locked Loop)

- $f_{\min}$  e  $f_{\max}$ : frequências mínima e máxima do oscilador controlado por tensão
- Faixa de captura: faixa de frequência em que o VCO é capaz de sincronizar com um sinal de entrada
- Faixa de bloqueio (lock range): faixa de frequência em que o VCO é capaz de se manter uma vez sincronizado



# PLL (Phase Locked Loop)

- Circuitos PLL comerciais:
  - CD4046/74HC4046
  - CD74HC297
  - 74HCT9046