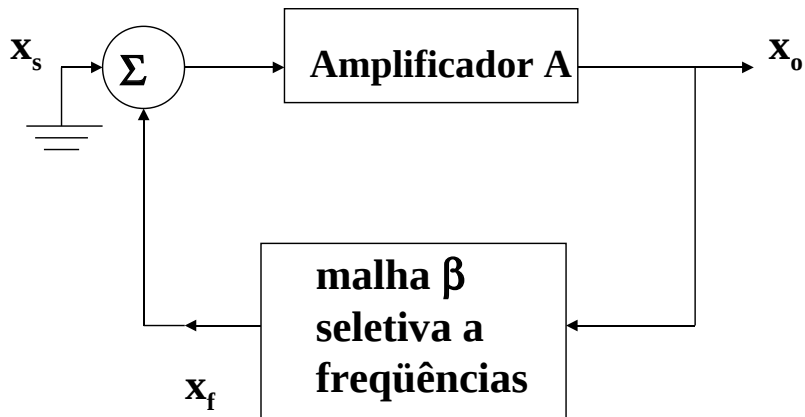


# CAP. 4

## OSCILADORES SENOIDAIS

TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES

### 4.1 PRINCÍPIOS BÁSICOS



$$A_f(s) = \frac{A(s)}{1 - A(s)\beta(s)} \quad (\text{realimentação positiva})$$

$$L(s) = A(s)\beta(s): \text{ganho de malha}$$

TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES

## O critério de oscilação:

$$L(j\omega_o) = A(j\omega_o)\beta(j\omega_o) = 1$$

Para osciladores senoidais,  $L(j\omega_o) = 1$  em uma frequência particular  $\omega_o$ .

$L(j\omega_o) = 1$  pode ser escrito como: (critério de Barkhausen)

$$1. \angle L(j\omega_o) = 0^\circ \quad 2. |L(j\omega_o)| = 1$$

Seja  $\omega_o$  a frequência na qual  $\angle L(j\omega_o) = 0^\circ$

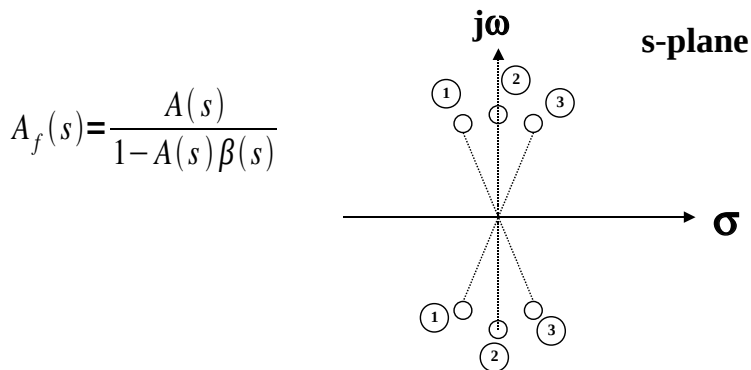
- Se  $|L(j\omega_o)| < 1 \rightarrow$  circuito não oscila
- Se  $|L(j\omega_o)| = 1 \rightarrow$  oscilação senoidal
- Se  $|L(j\omega_o)| > 1 \rightarrow$  oscilação distorcida

**Conclusão:** a frequência de oscilação  $\omega_o$  é determinada pela fase

Característica da malha de realimentação  $\rightarrow \frac{d\omega_o}{d\phi}$  pequeno

$\rightarrow \frac{d\phi}{d\omega}$  grande

TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES



- Pólos de  $A_f(s)$ :**
1. oscilações cessam
  2. oscilador
  3. oscilações crescem em amplitude

O circuito é projetado de modo que os pólos estejam no SPLD (perto do eixo  $j\omega$ ). Quando a amplitude das oscilações alcançam o nível desejado, uma rede não linear entra em ação e faz o ganho de malha ser reduzido a unidade.

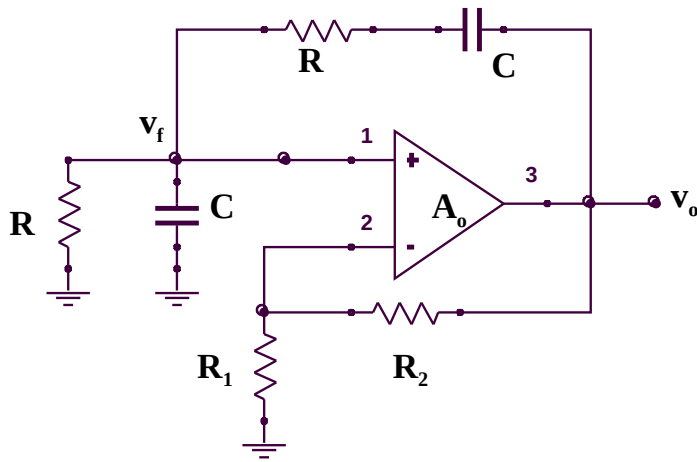
A ação da rede não linear causa distorção.

Entretanto, esta distorção é reduzida pela ação da rede seletora de Frequências na malha de realimentação.

TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES

## 4.2 OSCILADORES RC COM AMP OP

### Oscilador com ponte de Wien:

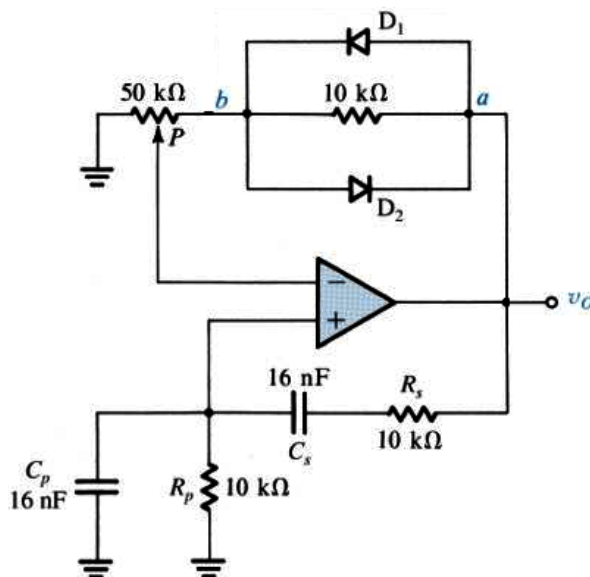


$$\omega_o = \frac{1}{RC}$$

$$R_2 = 2R_1$$

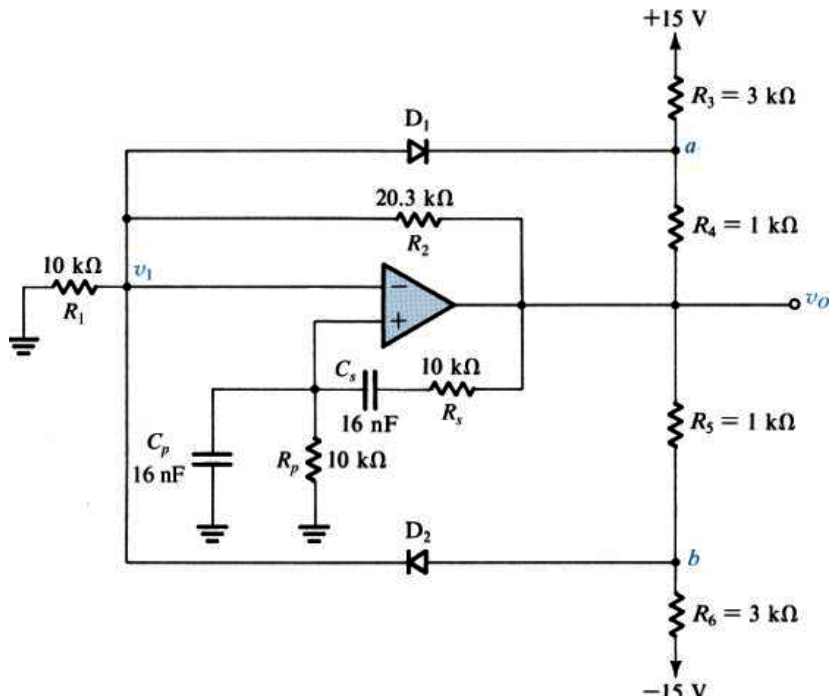
TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES

### Oscilador com ponte de Wien com diodos para controle de amplitude



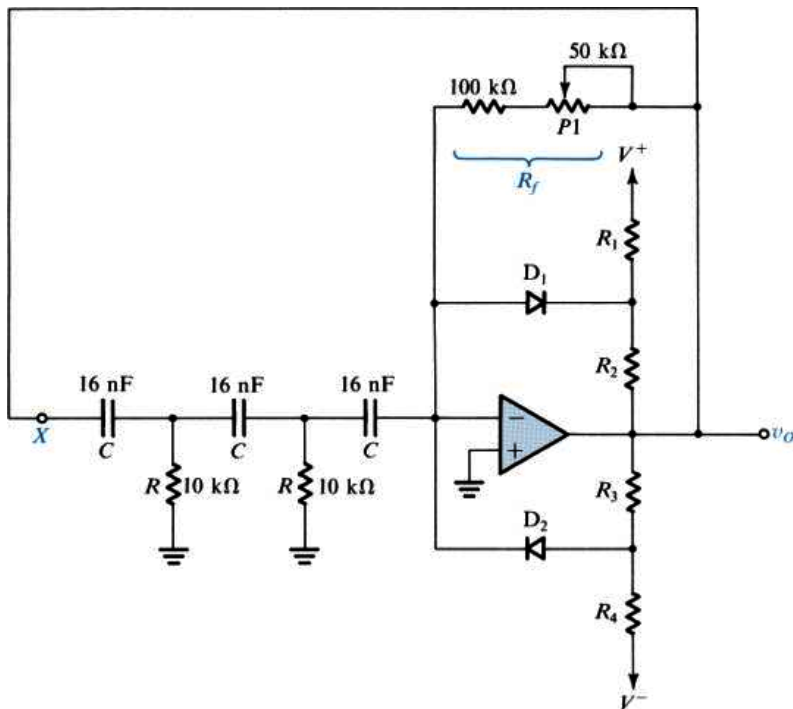
TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES

## Método alternativo para controle de amplitude



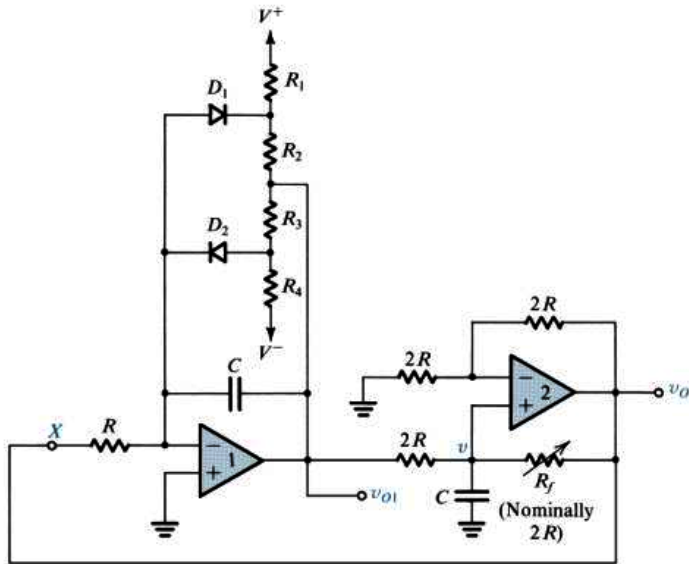
TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES

## Oscilador por deslocamento de fase



TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES

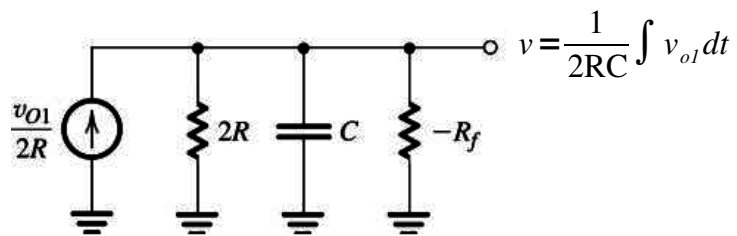
## Oscilador em quadratura



$$v_{o1} = \frac{-1}{RC} \int v_o dt$$

$$v_o = \frac{1}{RC} \int v_{o1} dt$$

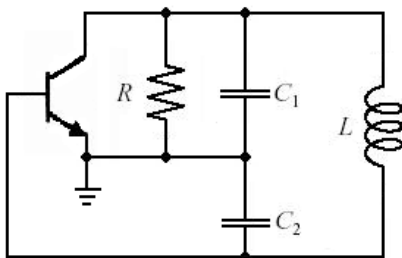
$$\omega_o = \frac{1}{RC}$$



## 4.3 OSCILADORES LC E COM CRISTAL

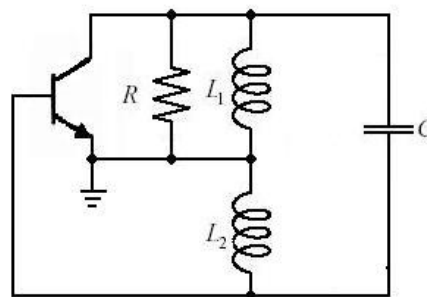
### Osciladores LC sintonizados

#### Colpitts



$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \left( \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \right)}}$$

#### Hartley

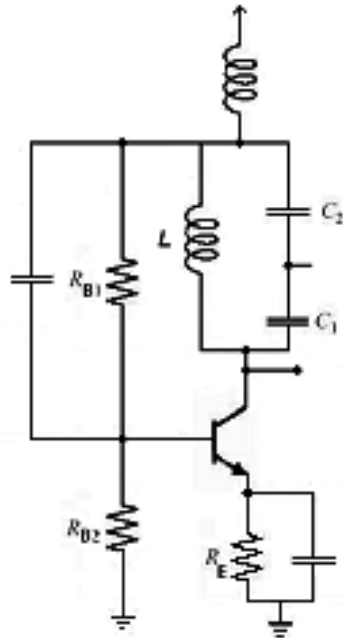


$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{C(L_1 + L_2)}}$$

Fator de realimentação:  $\beta = \frac{C_1}{C_2}$

$$\beta = \frac{L_2}{L_1}$$

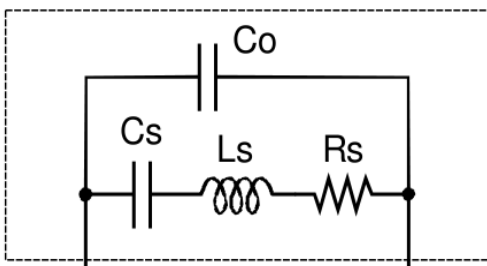
## Oscilador Colpitts com polarização



TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES

## Osciladores com cristal

### Circuito equivalente



Ressonância série:

$$\omega_s = \frac{1}{\sqrt{L_s C_s}}$$

Ressonância paralelo:

$$\omega_p = \sqrt{\frac{C_s + C_0}{L_s C_s C_0}} = \omega_s \sqrt{1 + \frac{C_s}{C_0}}$$

Impedância:

$$Z(s) = \frac{s^2 + s R_s / L_s + \omega_s^2}{s C_0 (s^2 + s R_s / L_s + \omega_p^2)}$$

Fator de qualidade:

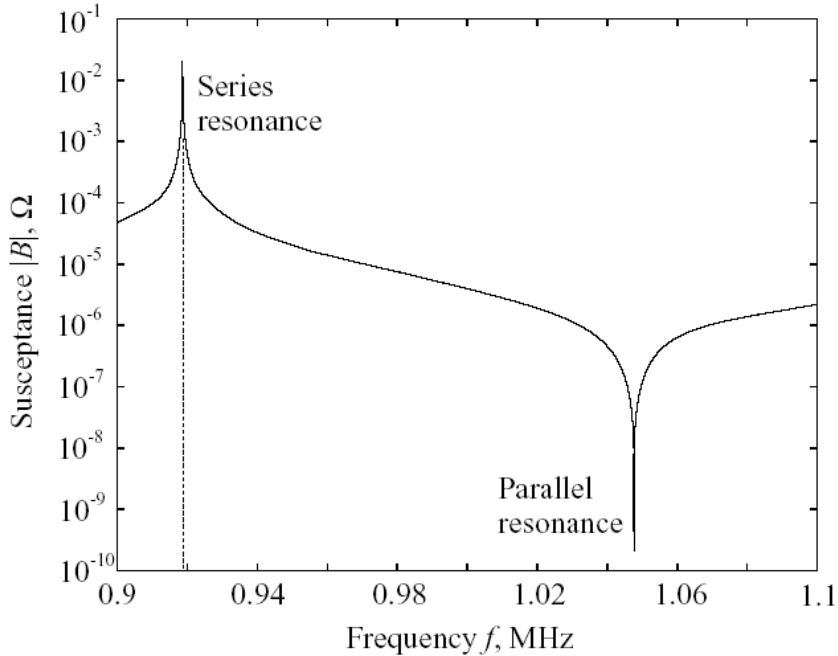
$$Q = \omega_0 \frac{L_s}{R_s}$$

TABLE 1. Typical Crystal Parameters

Parameter	32 kHz fundamental	200 kHz fundamental	2 MHz fundamental	30 MHz overtone
R <sub>1</sub>	200 kΩ	2 kΩ	100 Ω	20 Ω
L <sub>1</sub>	7000H	27H	529 mH	11 mH
C <sub>1</sub>	0.003 pF	0.024 pF	0.012 pF	0.0026 pF
C <sub>0</sub>	1.7 pF	9 pF	4 pF	6 pF
Q	100k	18k	54k	100k

TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES

## Osciladores com cristal

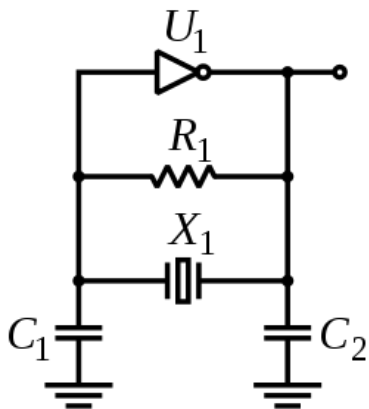


Ressonância série:  
comportamento capacitivo

Ressonância paralelo:  
comportamento indutivo

TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES

## Osciladore Pierce



Ressonância paralelo:  
comportamento indutivo

Capacitância de carga para o cristal:

$$C_L = \frac{(C_{in} + C_1) \cdot (C_2 + C_{out})}{(C_{in} + C_1 + C_2 + C_{out})}$$

Frequência de oscilação:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_s + C_0 + C_L}{L_s C_s (C_0 + C_L)}}$$

$$f_0 = \frac{\omega_s}{2\pi} \sqrt{1 + \frac{C_s}{(C_0 + C_L)}}$$

- U1: amplificador inversor (CMOS)
- R1: polarização DC (>1 MΩ)
- C1 e C2: capacitores externos
- C<sub>in</sub> e C<sub>out</sub>: capacitâncias intrínsecas do inversor

TE 054 CIRCUITOS ELETRÔNICOS LINEARES