

## **BAB 8**

# **OSILATOR**

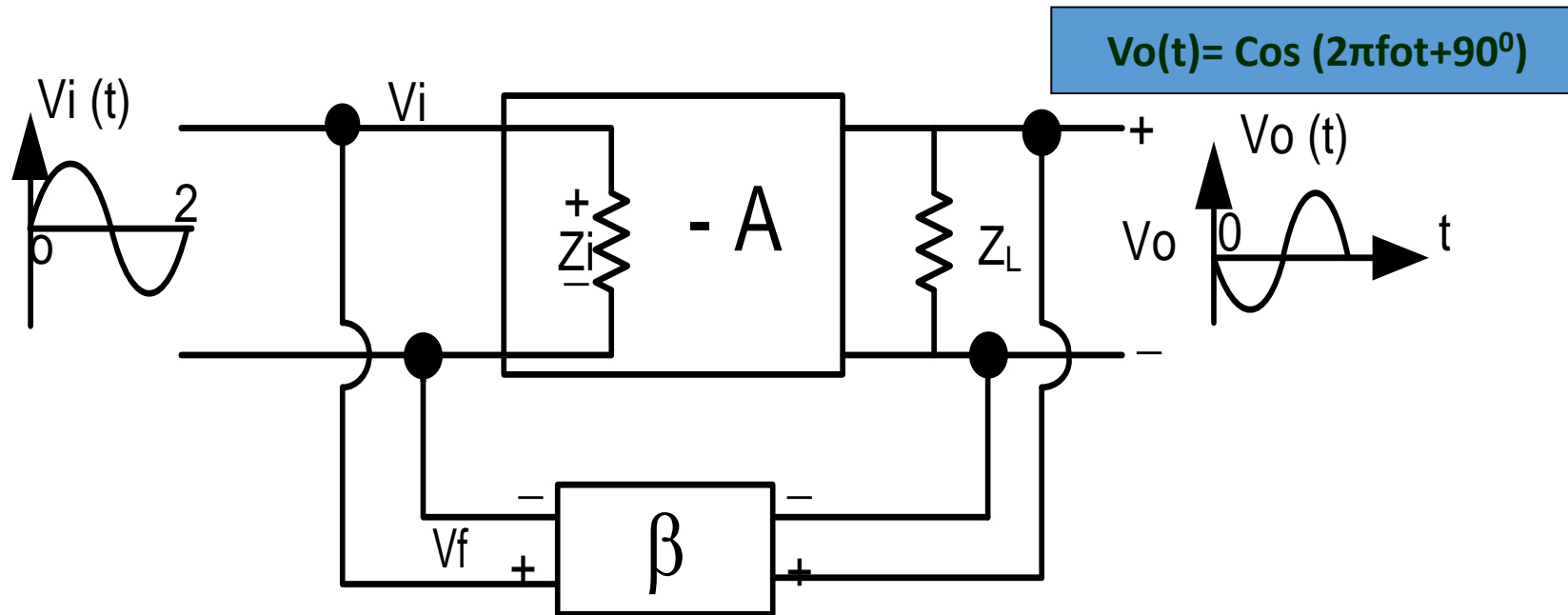
## **TTH313**

### **Elektronika Telekomunikasi**

## Definisi :

- Osilator merupakan rangkaian elektronik yang didesain sebagai penghasil sinyal
- Ada 2 metode pembangkitan:
  1. Menggunakan feed back, osilator menggunakan komponen feed back LC sebagai resonator penghasil gelombang sinusoidal.
  2. Menggunakan rangkaian resistansi negatif

## A. Prinsip Dasar Oscillator menggunakan metode feedback



- Rangkaian mempunyai penguatan arah maju yang negatif ( $-A$ ) dan penguatan arah balik (feed back)  $\beta$

# Prinsip Dasar Oscillator

- Tegangan feedBack :  $V_f = \beta \cdot V_o = V_i$

Tegangan Output :  $V_o = -A \cdot V_i$

Maka diperoleh :

$$V_f = -A \cdot \beta \cdot V_i = V_i \Rightarrow (1 + A \cdot \beta) \cdot V_i = 0$$

- Jika  $V_o$  merupakan tegangan tertentu (tdk = 0), maka  $V_i$  tidak sama dengan nol atau

$$1 + A\beta = 0$$

$$A\beta = -1 + j 0$$

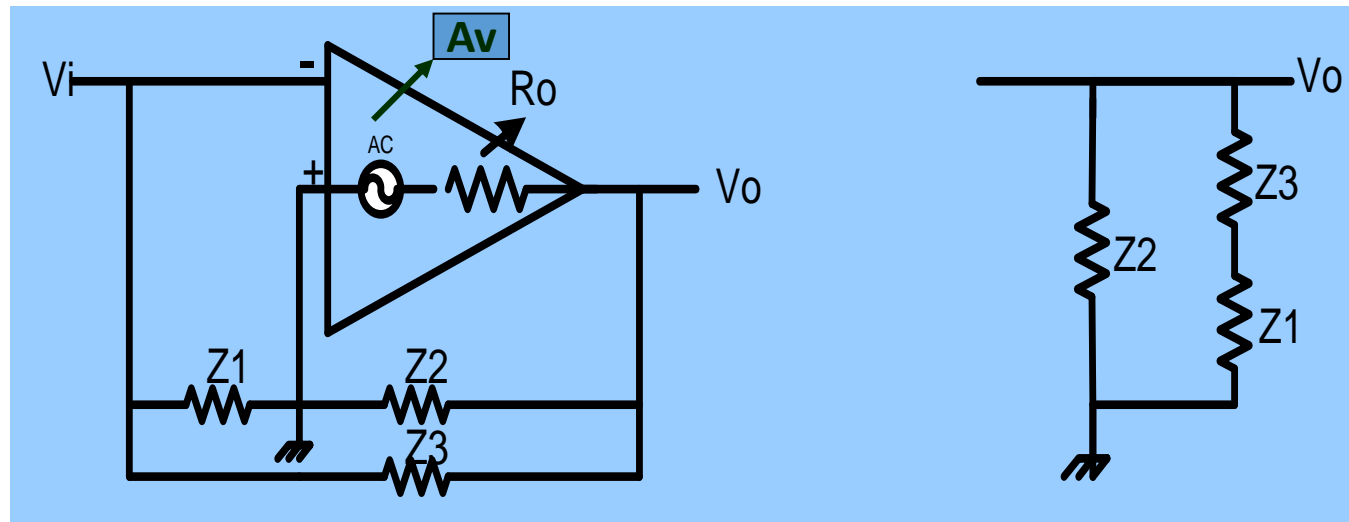
- Dari persamaan di atas, ada 2 indikasi yang diperlukan supaya osilasi terjadi:
  1. Magnitude  $|A \cdot \beta| = 1$ ,
  2. Besarnya pergeseran fasa yang mengelilingi loop harus kelipatan  $2\pi$ .(Kriteria Barkausen)

# Syarat Osilasi

- Jika  $|A.\beta| > 1$  : berosilasi tetapi tidak linier (sinyal mengalami cacat)
- Jika  $|A.\beta| < 1$  : tdk terjadi osilasi
- Supaya berosilasi dan stabil: mula<sup>2</sup> dipilih  $|A.\beta| > 1$  untuk memicu osilasi, kemudian dipilih  $|A.\beta| = 1$  supaya osilasi stabil.

# Rangkaian Osilasi dengan FeedBack “Reaktansi”

Gambar Rangkaian :



**Keterangan :**

- $A_v$  : penguatan op amp ;  $R_o$  : hambatan dalam Op.Amp

# Rangkaian Osilasi dengan FeedBack “Reaktansi”

- Beban mempunyai impedansi :

$$Z_p = Z_2 // (Z_1 + Z_3)$$

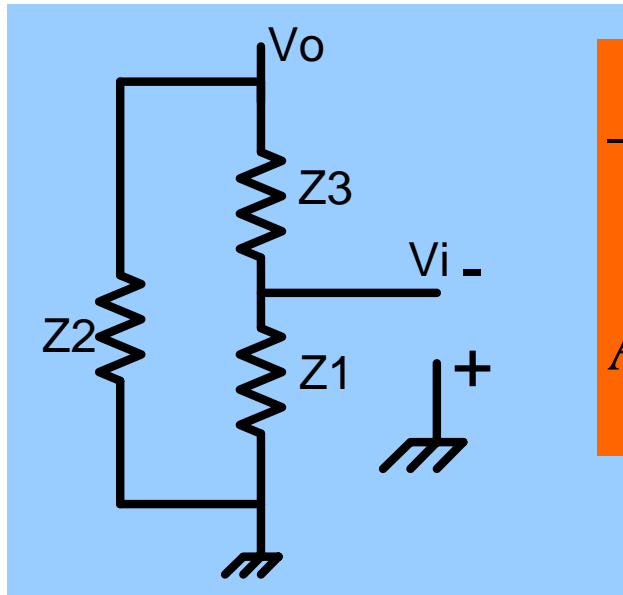
- Penguatan tegangan :  $A = V_o / V_i$

$$V_o = \frac{Z_p}{Z_p + R_o} \cdot -V_i \cdot A_v \longrightarrow \text{penguatan Inverting, sehingga}$$

$$\begin{aligned} A &= -\frac{A_v \cdot Z_p}{Z_p + R_o} = -\frac{A_v \cdot \frac{Z_2 (Z_1 + Z_3)}{Z_1 + Z_2 + Z_3}}{\frac{Z_2 (Z_1 + Z_3)}{Z_1 + Z_2 + Z_3} + R_o} \\ &= -\frac{A_v \cdot Z_2 (Z_1 + Z_3)}{Z_2 (Z_1 + Z_3) + (Z_2 + Z_1 + Z_3) R_o} \end{aligned}$$

# Penguatan Umpan Balik ( $\beta = V_i / V_o$ )

- Gambar Rangkaian  
( $V_i$  dan  $V_o$  thd ground):



$$-V_i = \frac{Z_1}{(Z_1 + Z_3)} \cdot V_o \Rightarrow \beta = -\frac{Z_1}{Z_1 + Z_3}$$

$$A \cdot \beta = \frac{A_v \cdot Z_2 \cdot Z_1}{(Z_1 + Z_2 + Z_3)R_o + Z_2(Z_1 + Z_3)} = -1$$



- Jika Impedansi yang digunakan adalah Reaktansi murni ( Kapasitif/ Induktif ) yaitu

$$Z_1 = jX_1; Z_2 = jX_2; Z_3 = jX_3 : j^2 = -1$$

- Maka:

$$A \cdot \beta = \frac{-A_v \cdot X_1 \cdot X_2}{jR_o(X_1 + X_2 + X_3) - X_2(X_1 + X_3)} = -1 \text{ (bil riil saja / bagian imajiner = 0)}$$

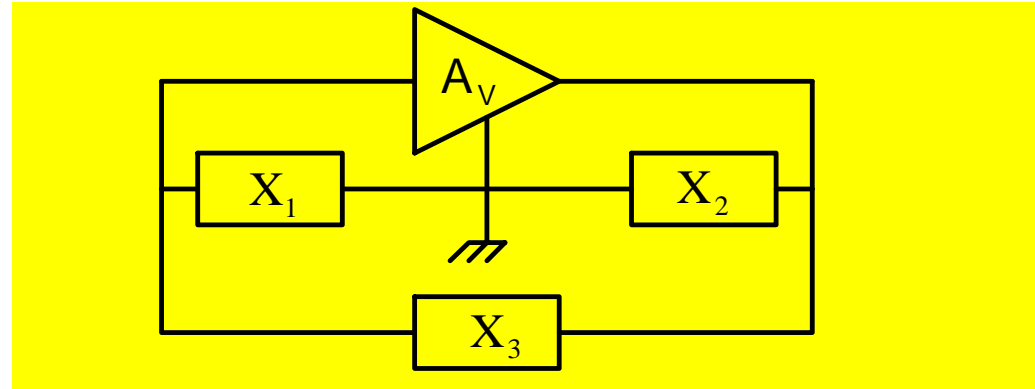
$$X_1 + X_2 + X_3 = 0 \Rightarrow X_2 = -(X_1 + X_3)$$

- Bila  $X_3$  induktif; maka 2 komponen lainnya kapasitif ( $X_1, X_2$ )
- Bila salah satu kapasitif  $X_3$ ; maka 2 komponen lainnya Induktif ( $X_1, X_2$ )

$$A \cdot \beta = \frac{A_v \cdot X_1}{(X_1 + X_3)} = -1$$

$$A_v = -\frac{X_1 + X_3}{X_1} = \frac{X_2}{X_1} \left( = \frac{C_1}{C_2} \text{ atau } = \frac{L_2}{L_1} \right)$$

## Jenis – Jenis Osilator:

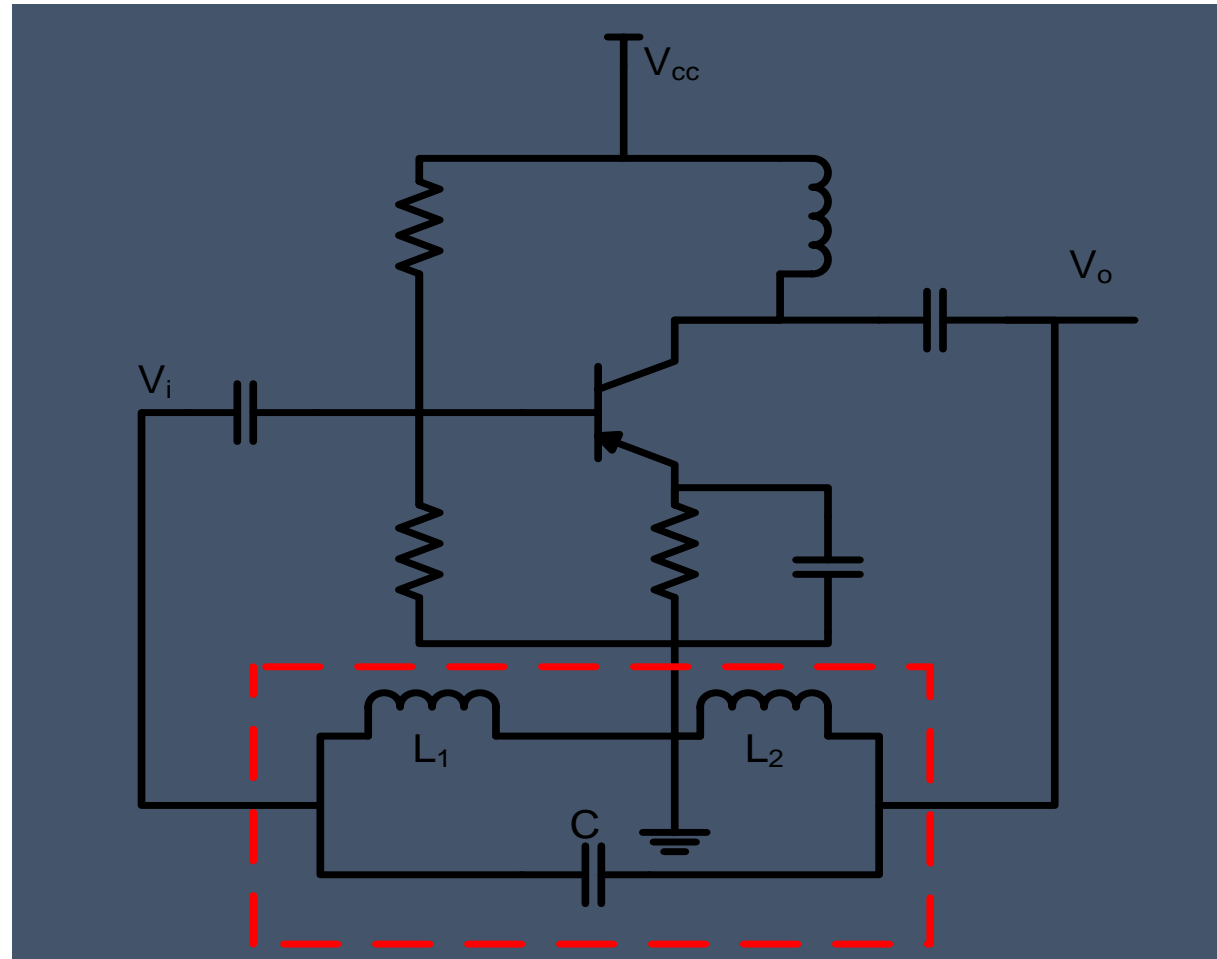


Frekuensi osilasi untuk semua jenis rangkaian adalah :

$$f_o = 1/(2\pi\sqrt{LC})$$

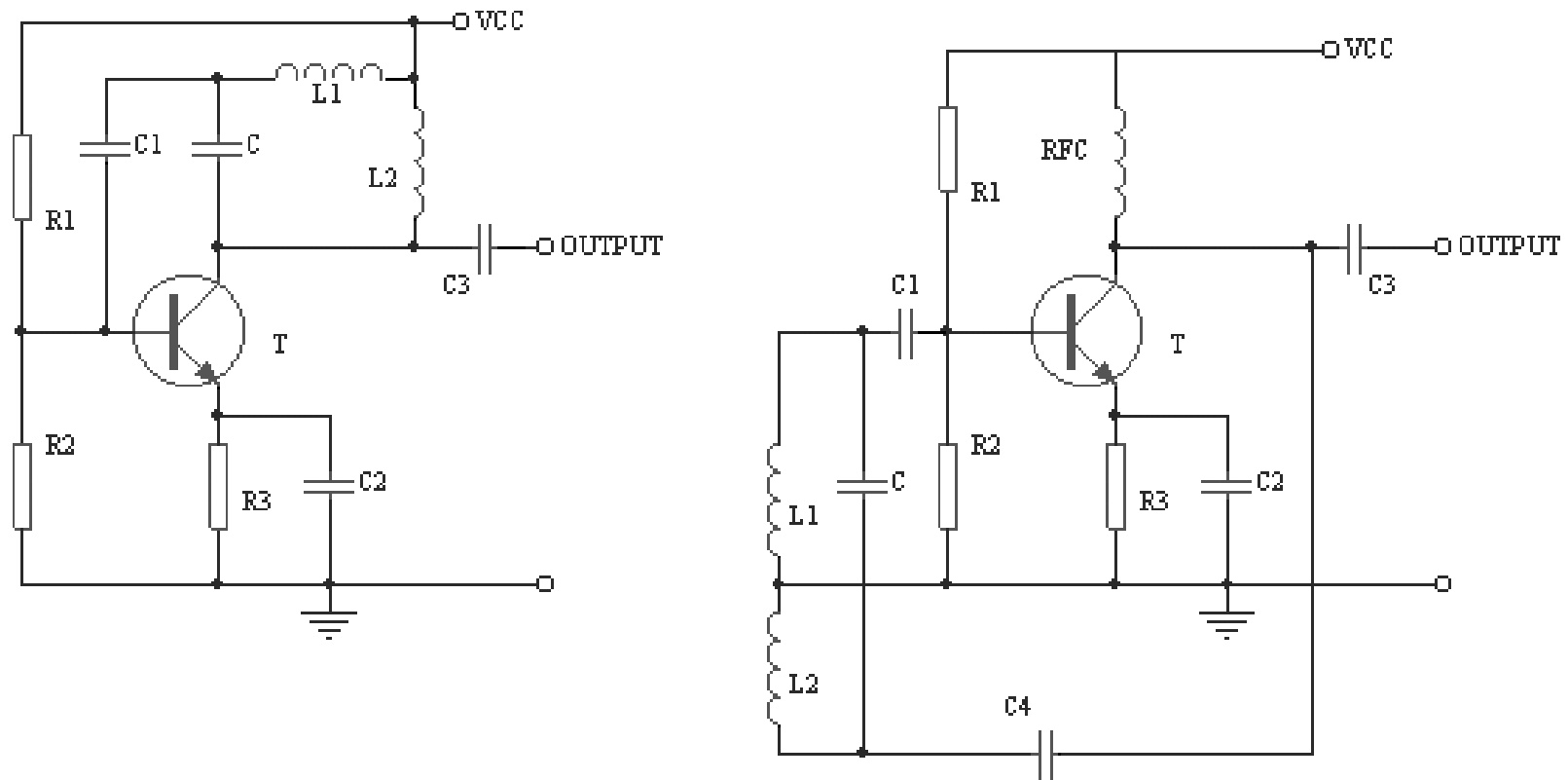
Jenis	$X_1$	$X_2$	$X_3$	Keterangan
Hartley	$L_1$	$L_2$	$C$	$L = L_1 + L_2$
Collpits	$C_1$	$C_2$	$L$	$C = C_1 C_2 / (C_1 + C_2)$
Clapp	$C_1$	$C_2$	seri $LC_3$	$C = C_3$

# 1. OSILATOR HARTLEY



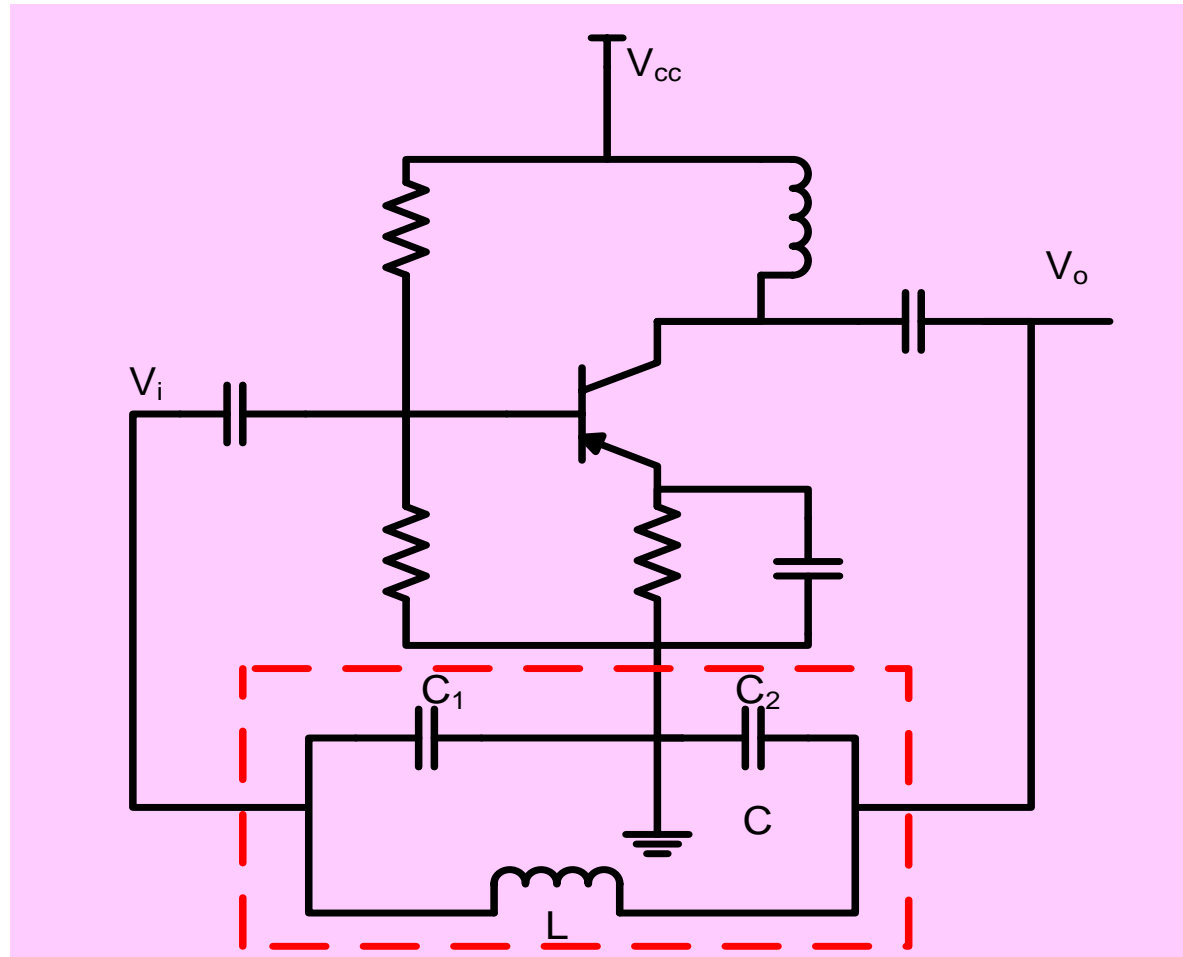
Keterangan :  $X_3$  = kapasitif,  $X_1$  &  $X_2$  = Induktif

## Contoh lain osilator Hartley



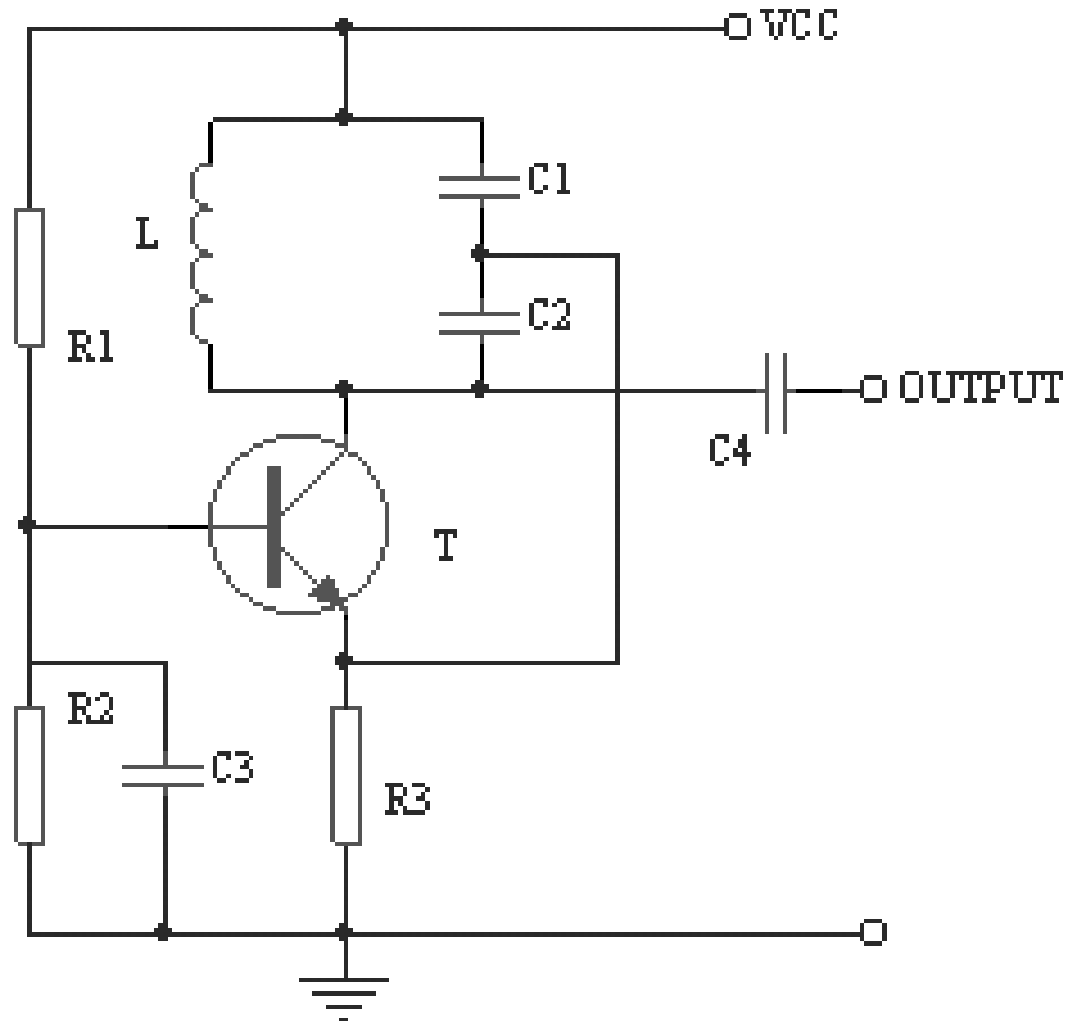
Keterangan :  $X_3$  = kapasitif,  $X_1$  &  $X_2$  = Induktif

## 2. OSILATOR COLLPITS



Keterangan :  $X_3$  = Induktif,  $X_1$  &  $X_2$  = Kapasitif

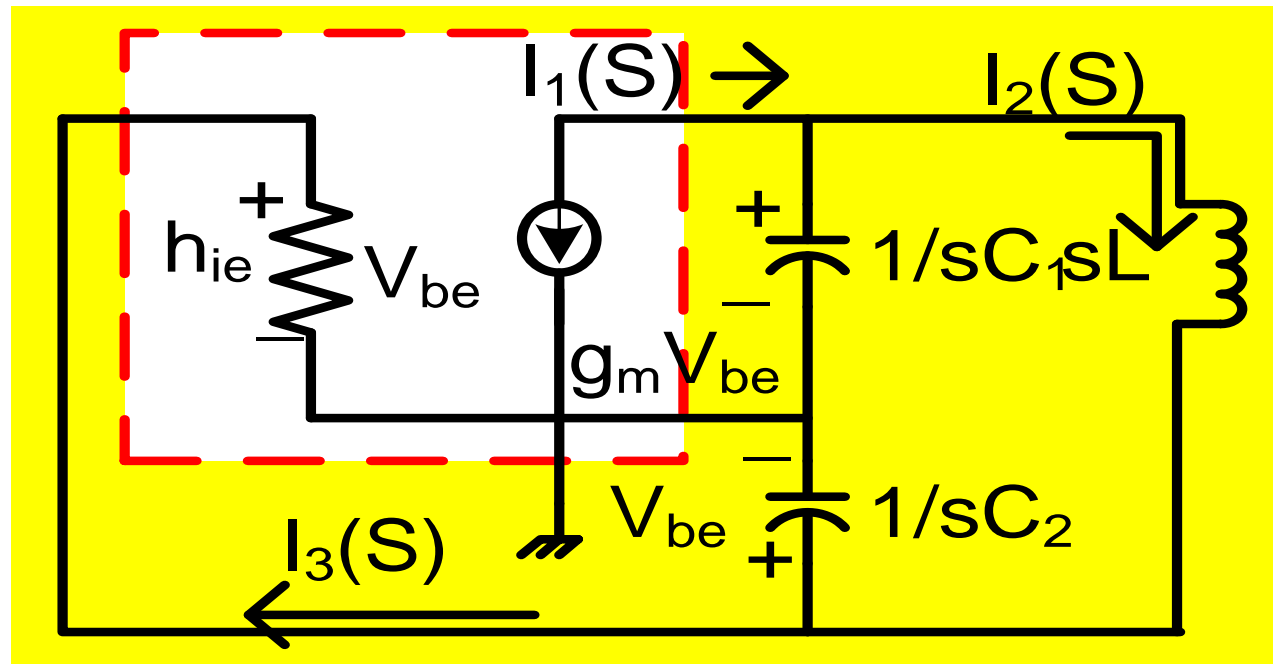
## Contoh lain osilator collpits



# Analisa rangkaian osilator Collpitts

Rangkaian pengganti frekuensi tinggi :

(dari gambar rangkaian collpitts yang pertama)





Keterangan :

$$\frac{1}{h_{oe}} \Rightarrow \text{diabaikan}$$

$$h_{oe} \approx 0 \text{ mho}$$

$$\frac{1}{h_{oe}} \approx \infty \Omega \text{ (Open circuit)}$$

$$s = j\omega = j2\pi f$$

**Dari Rangkaian Pengganti :**

$$V_o(s) = \text{Arus} \times \text{Impedansi} = [I_1(s) - I_2(s)] \cdot \frac{1}{sC_1}$$

$$V_o(s) = \frac{I_1(s)}{sC_1} \left( 1 - \frac{I_2(s)}{I_1(s)} \right); \quad I_1(s) = -gm \cdot V_{be}(s)$$

Penguatan Tegangan :

$$A(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} \quad \text{dimana} \quad V_i(s) = V_{be}(s)$$

$$A(s) = \frac{-gm}{sC_1} \left( 1 - \frac{I_2(s)}{I_1(s)} \right)$$

Penguatan Umpan Balik

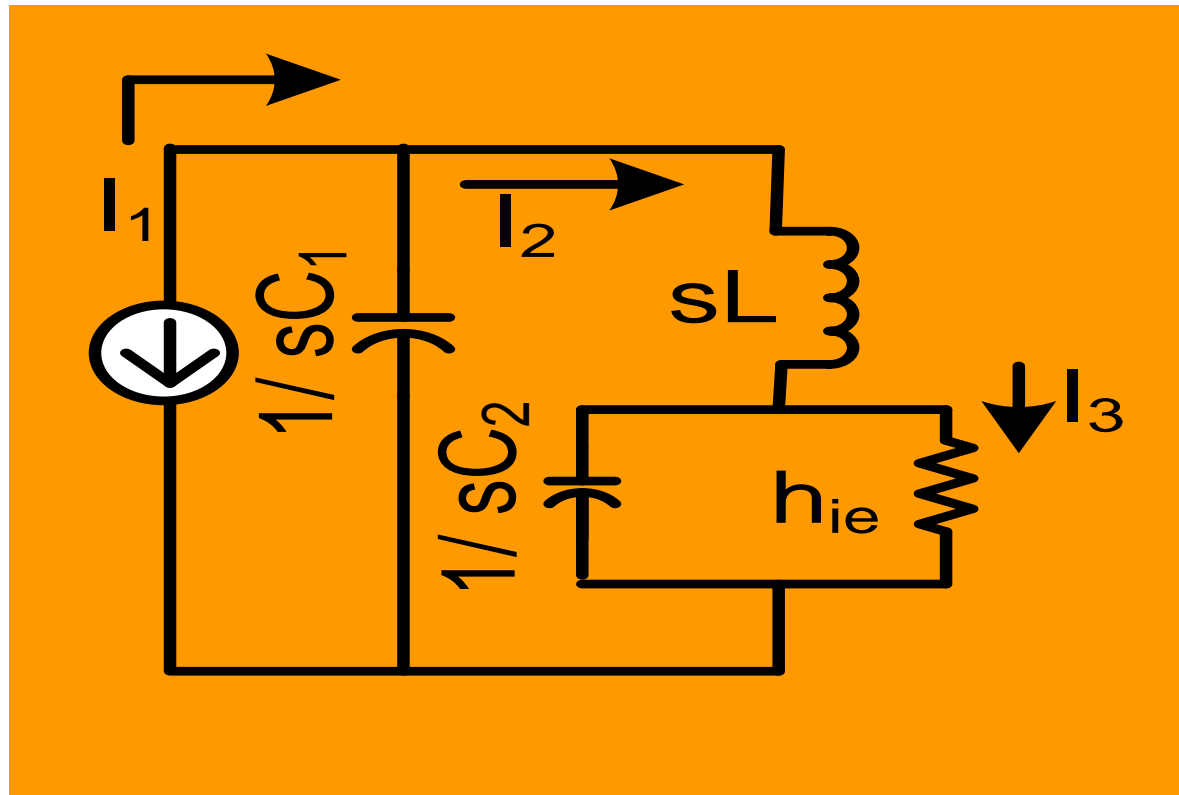
$$\beta = -\frac{V_{be}(s)}{V_o(s)}$$

$V_{be}(s) = I_3(s) \cdot h_{ie}$  ; Sehingga Diperoleh :

$$\beta = \frac{-h_{ie} \cdot I_3(s)}{\frac{I_1(s)}{sC_1} \cdot \left( 1 - \frac{I_2(s)}{I_1(s)} \right)}$$

$$A \cdot \beta = -1 = gm \cdot h_{ie} \cdot \frac{I_3(s)}{I_1(s)}$$

Perhatikan pembagian arus berikut:



Dilihat dari rangkaian Pengganti

$$I_3(s) = \frac{\frac{1}{sC_2}}{\frac{1}{sC_2} + h_{ie}} \cdot I_2(s)$$



$$\frac{I_3(s)}{I_2(s)} = \frac{1}{1 + sC_2 \cdot h_{ie}} \rightarrow$$

$$\begin{aligned} \frac{I_2(s)}{I_1(s)} &= \frac{\frac{1}{sC_1}}{\left(\frac{1}{sC_1}\right) + \left(sL + \frac{1}{sC_2} // h_{ie}\right)} \\ \frac{I_2(s)}{I_1(s)} &= \frac{1}{sC_1 \left[ \frac{1}{sC_1} + sL + \left( \frac{1}{sC_2} \cdot h_{ie} \frac{1}{sC_2} + h_{ie} \right) \right]} \times \frac{1}{sC_2} + h_{ie} \\ &= \frac{\frac{1}{sC_2} + h_{ie}}{sC_1 \left\{ \left( \frac{1}{sC_1} + sL \right) \cdot \left( \frac{1}{sC_2} + h_{ie} \right) + \left( \frac{1}{sC_2} \cdot h_{ie} \right) \right\}} \times \frac{sC_2}{sC_2} \\ &= \frac{1 + sC_2 \cdot h_{ie}}{(1 + s^2 C_1 L) \cdot (1 + h_{ie} \cdot sC_2) + h_{ie} \cdot sC_1} \end{aligned}$$

$$\frac{I_2(s)}{I_1(s)} = \frac{1 + sC_2h_{ie}}{s^3C_1 \cdot C_2 \cdot L \cdot h_{ie} + s^2 \cdot C_1 \cdot L + s(C_1 + C_2)h_{ie} + 1}$$

$$\frac{I_3(s)}{I_1(s)} = \frac{I_3(s)}{I_2(s)} \frac{I_2(s)}{I_1(s)} = \frac{1}{s^3C_1C_2L \cdot h_{ie} + s^2C_1L + s(C_1 + C_2)h_{ie} + 1}$$

Sehingga :

$$A \cdot \beta = \frac{gm \cdot h_{ie}}{s^3C_1C_2 \cdot h_{ie} \cdot L + s^2C_1L + s(C_1 + C_2)h_{ie} + 1} = -1$$

$$A \cdot \beta = \frac{gm \cdot h_{ie}}{(1 - C_1L\omega^2) + \underbrace{j\omega \cdot h_{ie} [(C_1 + C_2) - \omega^2 \cdot L \cdot C_1 \cdot C_2]}_{\text{Imajiner} = 0}} = -1$$

Imajiner = 0

$$\text{sehingga : } \frac{1 - C_1 \cdot L \cdot \omega^2}{gm \cdot h_{ie}} = -1$$

Frekuensi Osilasi diperoleh dengan syarat  $\text{Im} = 0$

$$C_1 + C_2 = \omega^2 \cdot L \cdot C_1 \cdot C_2$$

$$\omega^2 = \frac{C_1 + C_2}{L \cdot C_1 \cdot C_2} = (2\pi f)^2 = 4\pi^2 f^2$$

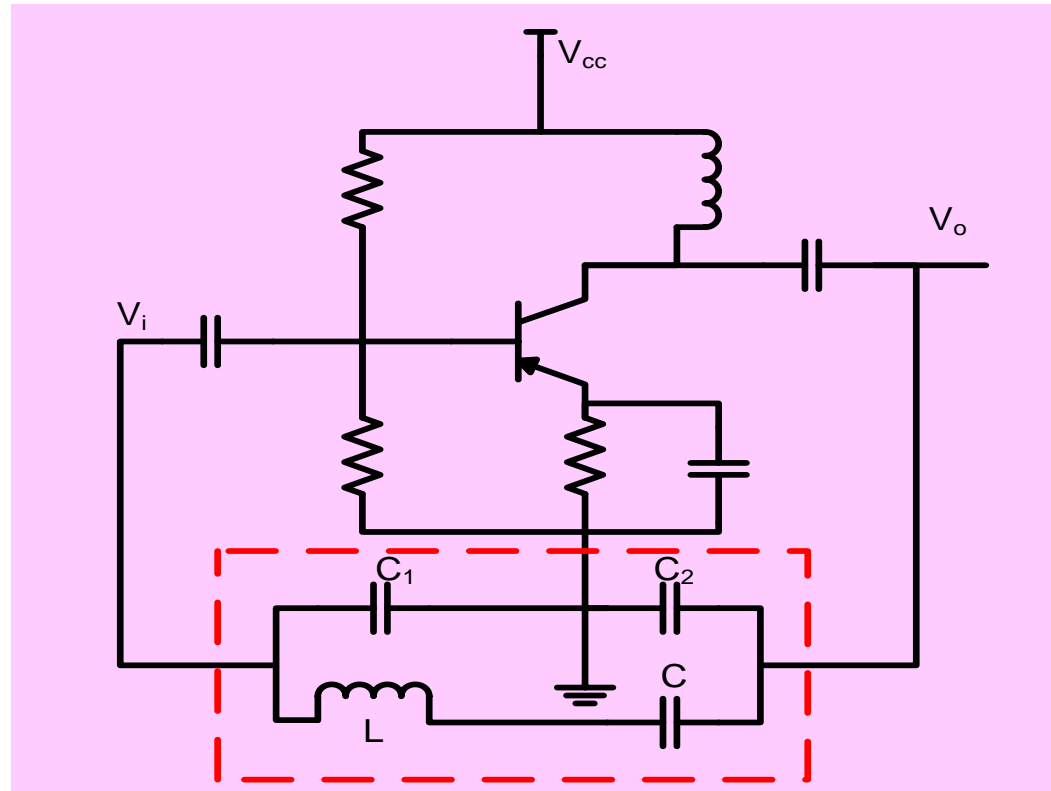
Jadi Frekuensi osilasi :

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{L \cdot C_1 \cdot C_2}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \left[ \frac{C_1 \cdot C_2}{(C_1 + C_2)} \right]}}$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L(C_1 \text{ seri } C_2)}}$$

### 3. OSILATOR KRISTAL

- Dasarnya adalah osilator Collpitts yang sudah diperbaiki menjadi “Osilator Pierce” dgn gbr sbb:



**Perhatikan Gambar Osilator Pierce**

$$\text{Syarat } \begin{cases} C \ll C_1 \\ C \ll C_2 \end{cases}$$

$$X_1 \Rightarrow C_1; X_2 \Rightarrow C_2; X_3 \Rightarrow C_3; X \Rightarrow L$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X = 0$$

$$\frac{1}{j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_2} + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = 0$$

Sehingga diperoleh  
Frekuensi Osilasinya menjadi

$$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L(C_1 \text{ seri } C_2 \text{ seri } C)}}$$

Karena:

$$C_1 \text{ \& } C_2 \gg C$$

maka:

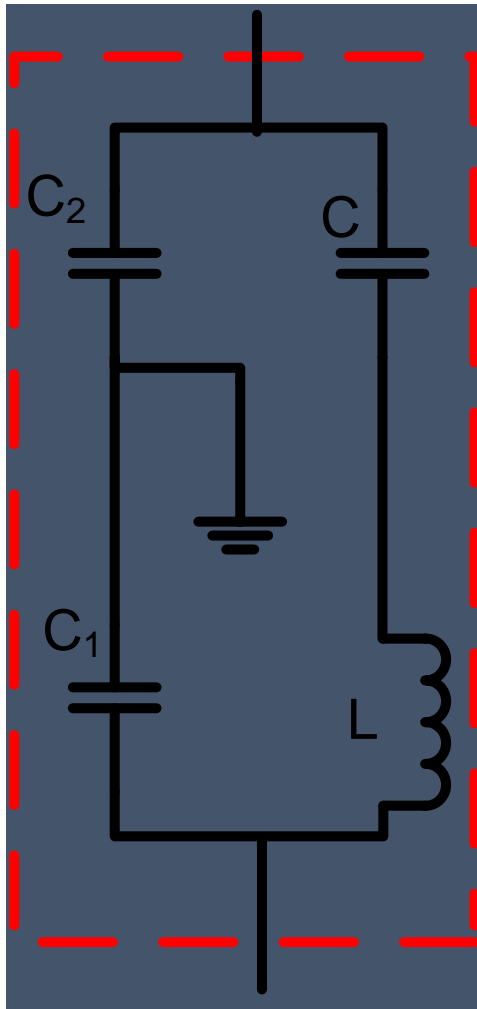
$$f_o \cong \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Dengan demikian osilator pierce diatur hanya oleh L & C saja, penguatan  $A_v$  tidak berubah, karena penguatan hanya diatur oleh besarnya  $C_1$  dan  $C_2$

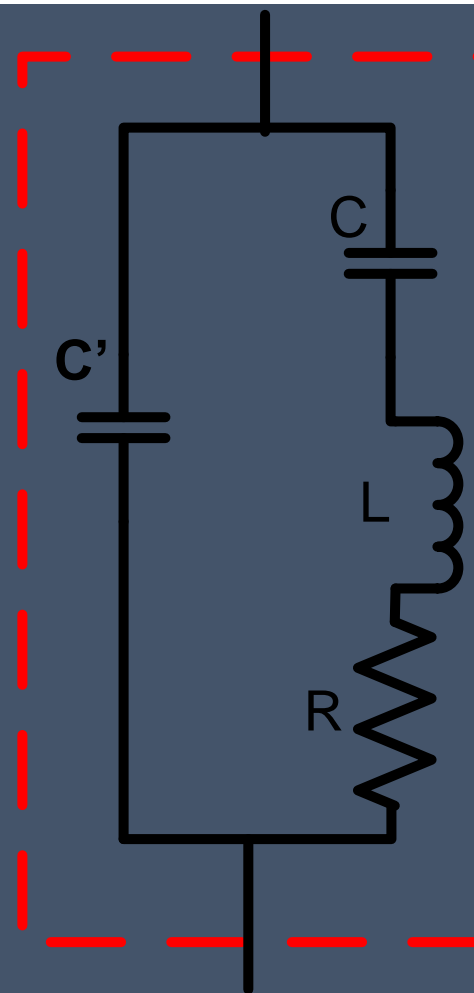
$$A_v = \frac{C_1}{C_2}$$



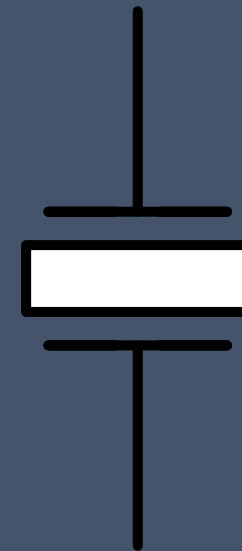
Model feedback  
osilator Pierce



Model feedback  
osilator X'Tal

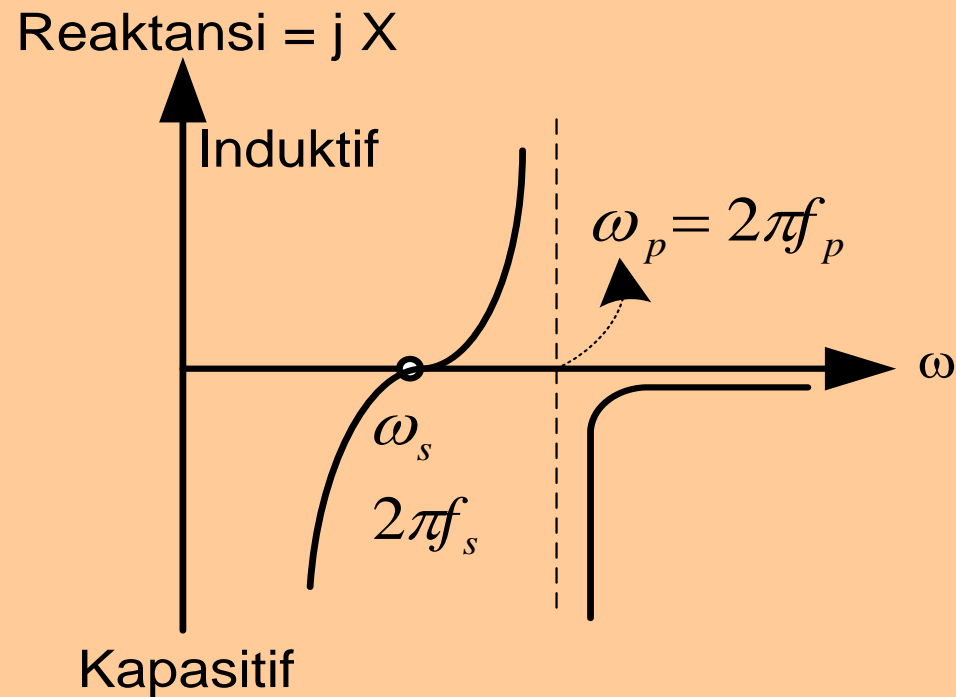


simbol X'Tal



## Karakteristik X'Tal (jika R=0)

$$jX = -\frac{j}{\omega C'} x \frac{\omega^2 - \omega_s^2}{\omega^2 - \omega_p^2}$$



$\omega_p$  = Resonansi paralel

$$\omega_p = 2\pi f_p$$

$$f_p = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L(C_{\text{seri}}C')}}}$$

Syarat  $C' \gg C$

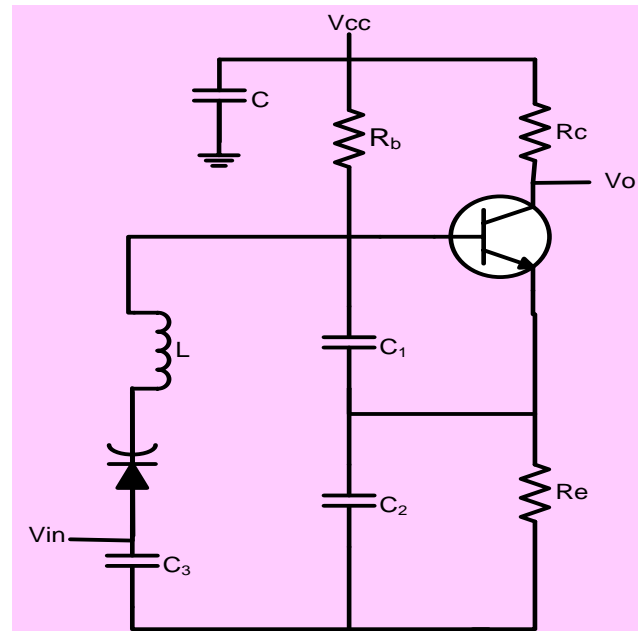
$\omega_s$  = Resonansi Seri

$$f_s = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{L \cdot C}}$$

$$f_s < f_{\text{osilasi}} < f_p$$

## Latihan soal:

1. Cari frekuensi Resonansi Seri dari osilator X'tal jika 5 MHZ sebagai frek resonansi paralel! Diketahui  $C'=6$  pF dan  $C=24$  pF
2. Perhatikan gambar osilator collpits berikut:

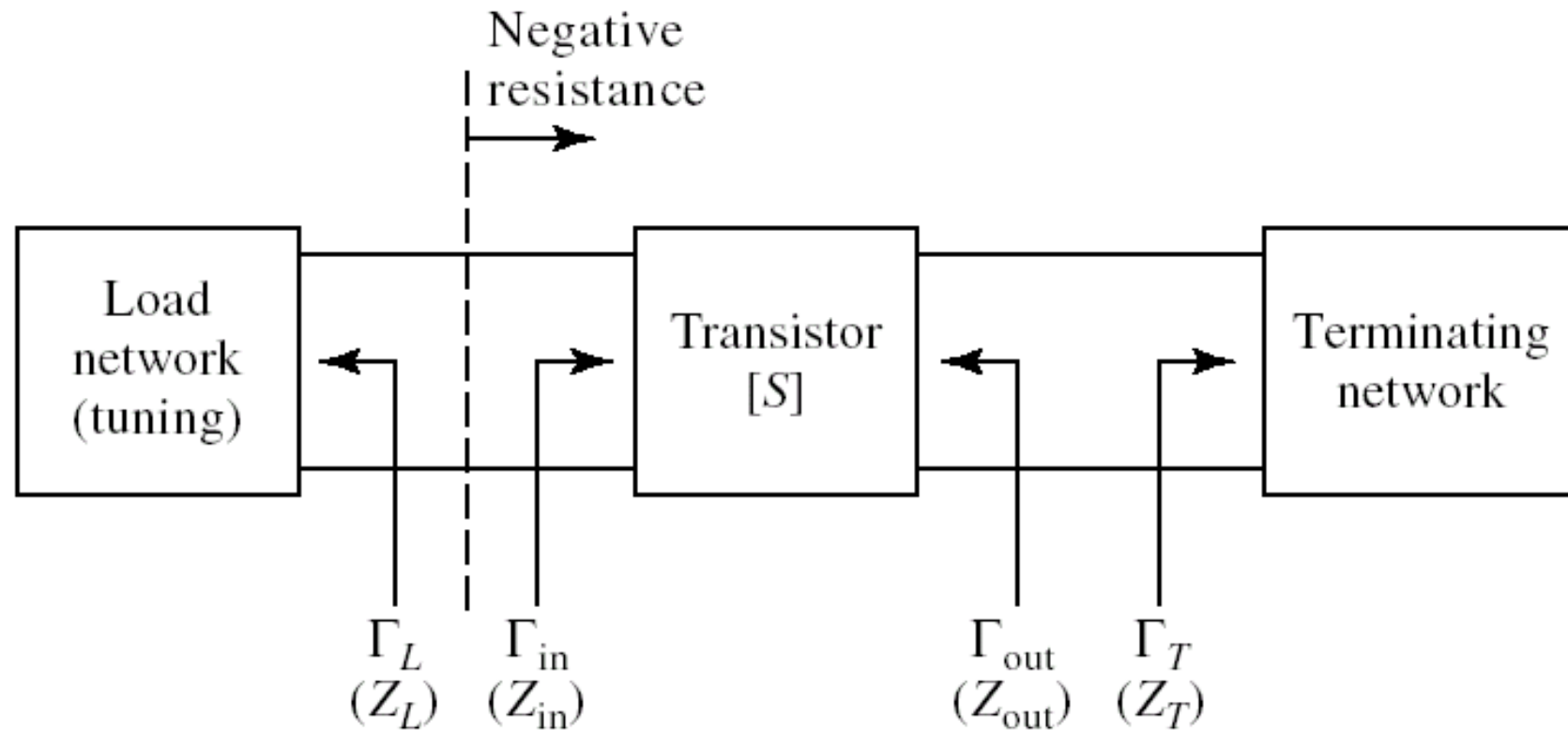


Gambarkan sinyal keluarannya  $V_o(t)$ , jika:  $V_{in}(t)=A.\cos(2\pi f_m t)$  dan  $f_o \gg f_m$

# Osilator Resistansi Negatif:

(untuk gel. Mikro)

⇒ dengan metode tahanan negatif 2 port



## Osilator gelombang mikro (frekuensi tinggi)

- Syarat terjadi osilasi :

- $K < 1$
- $\Gamma_{IN} \cdot \Gamma_L = 1$
- $\Gamma_{OUT} \cdot \Gamma_T = 1$

$$\Gamma_{IN} = S_{11} + \frac{S_{12}S_{21}\Gamma_T}{1 - S_{22}\Gamma_T} = \frac{S_{11} - \Delta\Gamma_T}{1 - S_{22}\Gamma_T} \quad \Gamma_{OUT} = \frac{S_{22} - \Delta\Gamma_L}{1 - S_{22}\Gamma_L}$$
$$\Rightarrow \Gamma_L = \frac{1 - S_{22}\Gamma_T}{S_{11} - \Delta\Gamma_T} \Rightarrow \Gamma_T = \frac{1 - S_{11}\Gamma_L}{S_{22} - \Delta\Gamma_L}$$

## Prosedur perancangan Osilator tahanan negative 2 port :

1. Pilih transistor yang mantap bersyarat ( $K < 1$ ) pada frekuensi osilasi  $\omega_0$
2. Mengambarkan lingkaran kemantapan terminasi

titik pusat:

$$C_T = \frac{(S_{22} - \Delta S_{11}^*)^*}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2}$$

jari-jari:

$$R_T = \left| \frac{S_{12} - S_{21}}{|S_{22}|^2 - |\Delta|^2} \right|$$

3. Rancang rangkaian terminasi untuk menghasilkan  $|\Gamma_{IN}| > 1$  (pilih  $\Gamma_T$  di daerah tidak mantap)
4. Rancang rangkaian beban untuk beresonansi dengan  $Z_{in}$  dan penuhi kondisi syarat mula osilasi, yaitu:

$$X_L(\omega_0) = -X_{in}(\omega_0) ; \quad R_L = \frac{|R_{in}|}{3}$$

## Contoh perancangan:

1. Rancanglah transistor yang akan digunakan sebagai osilator tahanan negatif yang bekerja pd  $f=8\text{GHz}$  dengan parameter's's' sbb:

$$S_{11}=0,98 < 163^\circ$$

$$S_{12}=0,39 < -54^\circ$$

$$S_{21}=0,675 < -161^\circ$$

$$S_{22}=0,465 < 120^\circ$$

**Ref: Microwave Transistor Amplifier Analysis & Design, Guillermo Gonzales, Example 5.3.1**

Solusi :

1.  $K = 0,529 < 1$  (mantap bersyarat)
2.  $C_T = 1,35 < -156^\circ$  **dan**  $R_T = 0,521$   
plotkan ke smith chart, arsir daerah tidak mantap
3. Pilih  $\Gamma_T$  di daerah yang tidak mantap(  $|\Gamma_{IN}| > 1$  )  
misal titik A  $\rightarrow \Gamma_T = 1 < -163^\circ$

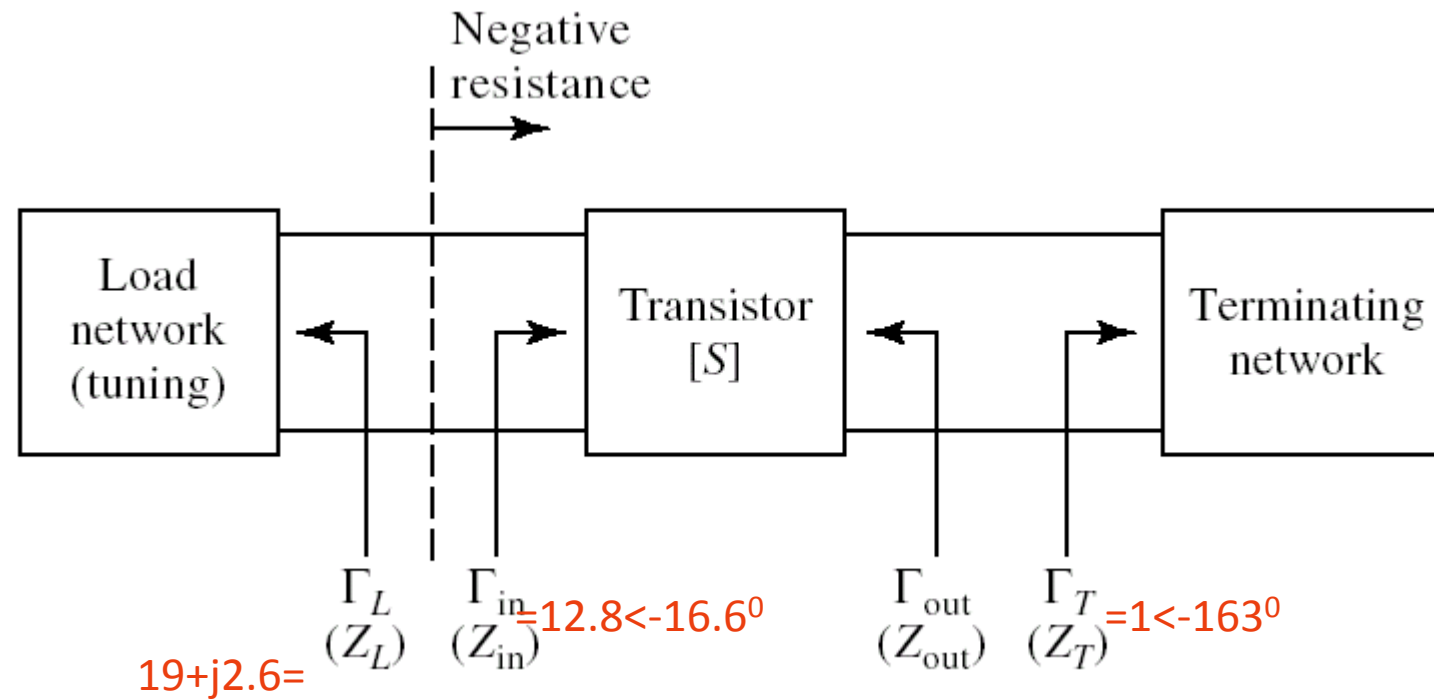
$$\Gamma_T = \frac{Z_T / Z_o - 1}{Z_T / Z_o + 1} = 1 \angle -163^\circ \Rightarrow Z_T = -j4.5\Omega$$

$$\Rightarrow \Gamma_{in} = 12.8 \angle -16.6^\circ \Rightarrow Z_{in} = -58 - j2.6$$

4. Rangkaian beban:  
 $Z_L = 19 + j2,6$



## Gambar rangkaian



## Example 11.9 ( “Mikrowave Engineering 2<sup>nd</sup> Edition” David M. Pozar)

2. Desainlah transistor osilator pada 4GHz menggunakan FET GaAs Common gate configuration, untuk meningkatkan “instability” gunakan induktor 5 nH dipasang seri pada kaki gate. Pilihlah rangkaian terminasi untuk menyepadankan beban 50  $\Omega$ .

(gunakan saltran/stub).

Diketahui parameter S transistor dengan konfigurasi common source sbb, :

$$S_{11} = 0,72 \angle -116^\circ$$

$$S_{12} = 0,03 \angle 57^\circ$$

$$S_{21} = 2,60 \angle 76^\circ$$

$$S_{22} = 0,73 \angle -54^\circ$$

pada  $Z_0 = 50 \Omega$

## Solusi:

- Konversi parameter  $S$  ke konfigurasi common gate:

$$S'_{11} = 2.18 \angle -35^\circ$$

$$S'_{21} = 2.75 \angle 96^\circ$$

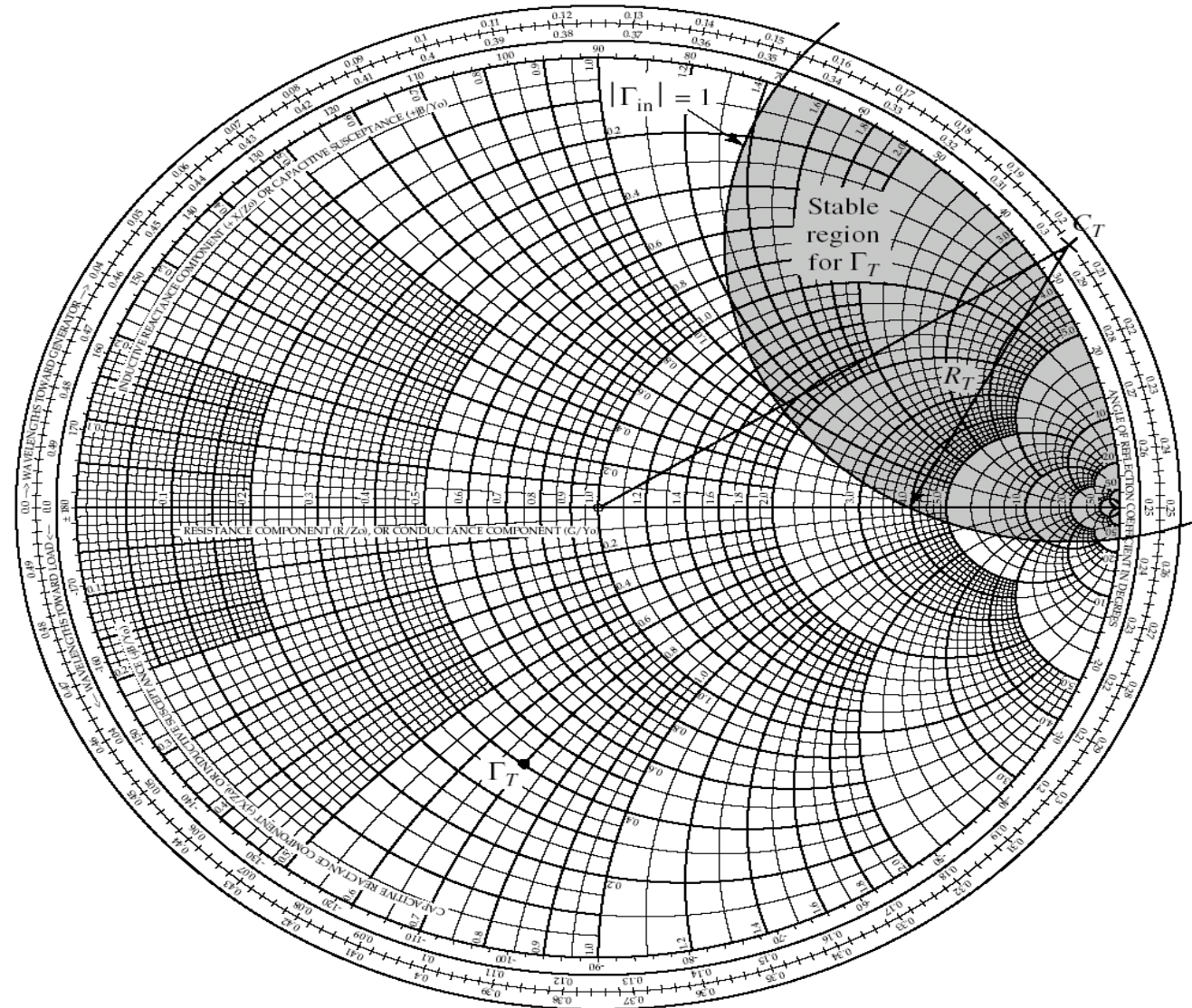
$$S'_{12} = 1.60 \angle -18^\circ$$

$$S'_{22} = 0.52 \angle 155^\circ$$

- $|S'_{11}| > |S_{11}| \Rightarrow$  konfigurasi common gate lebih tidak stabil (mudah berosilasi)
- $C_T = 1.08 \angle 33^\circ$  dan  $R_T = 0.665$
- Pilih  $\Gamma_T$  yang menghasilkan  $|\Gamma_{in}|$  besar, misalkan  $\Gamma_T = 0.59 \angle -104^\circ \Rightarrow Z_T = 20 - j35 \Omega$
- $\Rightarrow \Gamma_{in} = 3.96 \angle -2.4^\circ \Rightarrow Z_{in} = -84 - j1.9 \Omega$
- $\Rightarrow Z_L = 28 + j1.9 \Omega$

Terakhir Rancanglah IMC-in dan IMC-out

Plot pada  
Smith Chart:



(b)

## Rangkaian lengkap:

