

# **TTH3I3 Elektronika Telekomunikasi**

**Kuliah 16 April 2020**

**Jam 09.30**

**Dosen: Suhartono Tjondronegoro**

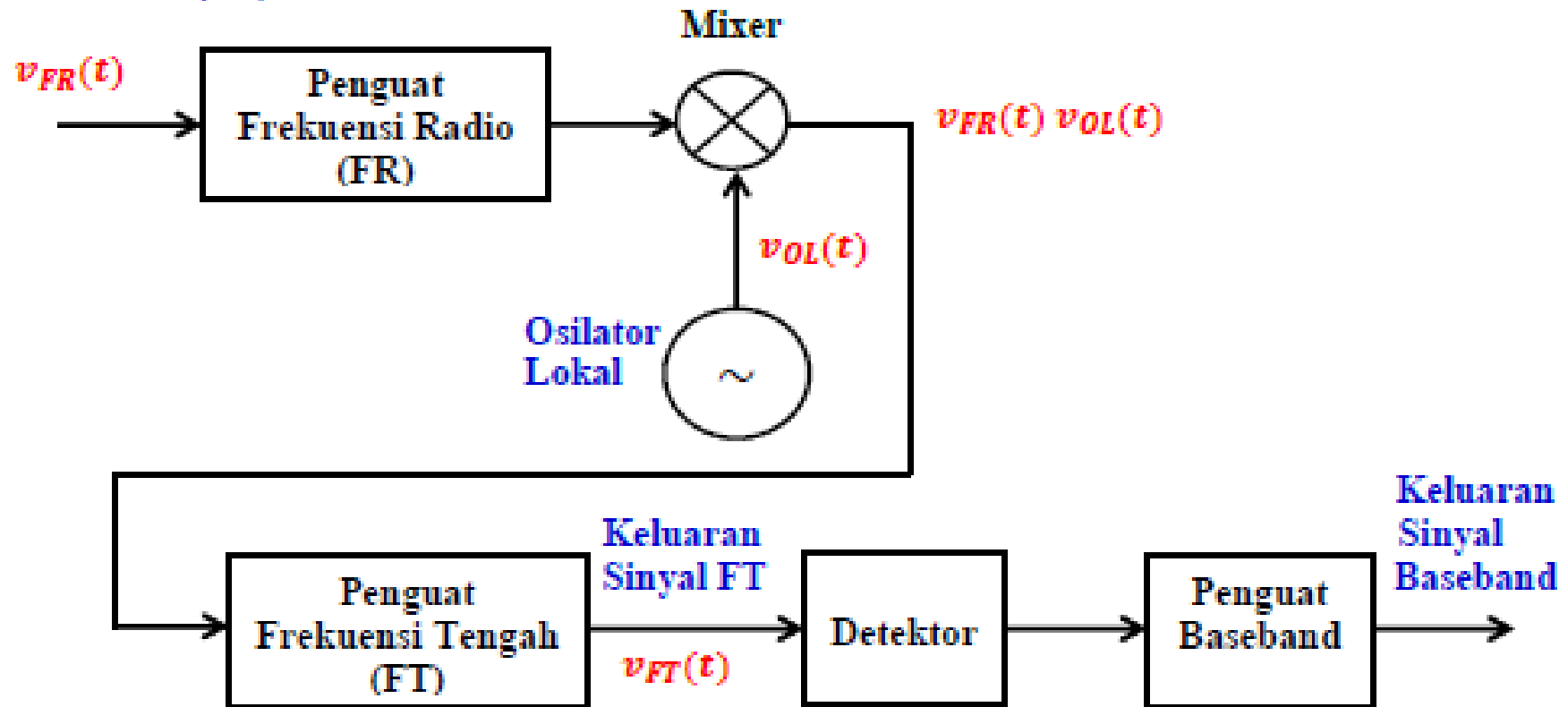
**2020**

# TTH3I3 Elektronika Telekomunikasi

## Bab 9. Rangkaian Mixer

Masukan sinyal  
Frekuensi radio (FR)

Penerima Superheterodyne



Dosen: Dr. Suhartono Tjondronegoro

2020

# Isi Kuliah sesuai Rencana Pembelajaran Semester

1. Pendahuluan, 3 jam.
2. Rangkaian Resonator, 3 jam.
3. Rangkaian Penyesuai Impedansi (IMC), 6 jam.
4. Rangkaian Filter Pasif, 6 jam.
5. Microstrip, 3 jam.

**Total 21 jam**

6. Rangkaian Filter Aktif, 3 jam.
7. Rangkaian Penguat Sinyal Kecil, 9 jam.
8. Rangkaian Osilator, 6 jam.

**9. Rangkaian Mixer, 3 jam.**

**Total 21 jam**

Tugas Mandiri

# Bab 9. Rangkaian Mixer

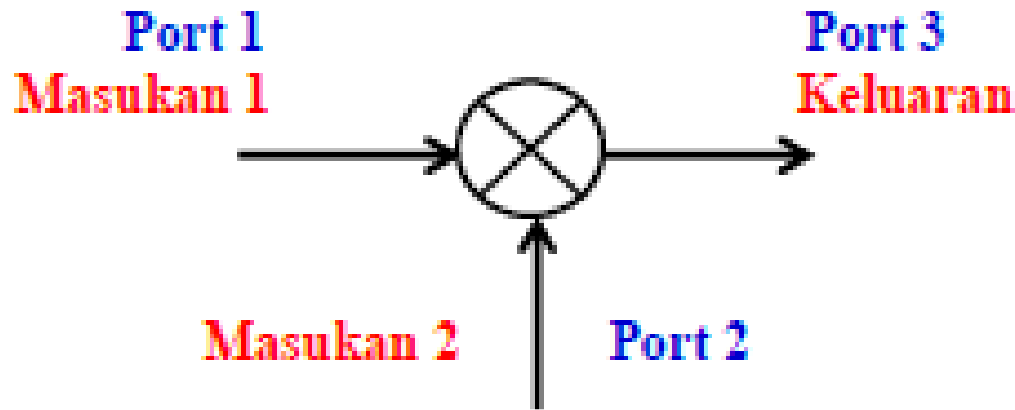
No	Materi Pembelajaran	Indikator Penilaian (Asesmen)
1	Karakteristik Mixer (image frequency, conversion loss, noise figure, dan intermodulation distortion/ non linieritas)	1. Mahasiswa mampu menjelaskan struktur rangkaian beberapa jenis mixer dan cara kerjanya
2	Mixer dengan diode	
3	Mixer dengan diode berimbang	
4	Mixer dengan Transistor	
5	Contoh IC Mixer	

# Bab 9. Rangkaian mixer

1. Pendahuluan.
2. Analisis mixer.
3. Operasi perkalian di mixer
4. Dual gate MOSFET.
5. Devais tidak linier dipakai sebagai mixer.
6. Devais “linear time varying” dipakai sebagai mixer.
7. Karakteristik devais nonlinear.
10. Klasifikasi mixer
11. Single ended mixer.
12. Single balanced mixer.
13. Double balanced mixer
8. Karakteristik mixer
  1. Conversion loss.
  2. Noise figure.
  3. Isolation.
  4. Image rejection
  5. Conversion compression
  6. 1 dB compression
  7. Drive power.
  8. Dynamic range.
  9. Two-tone third-order intermodulation point.

# 1. Pendahuluan (1)

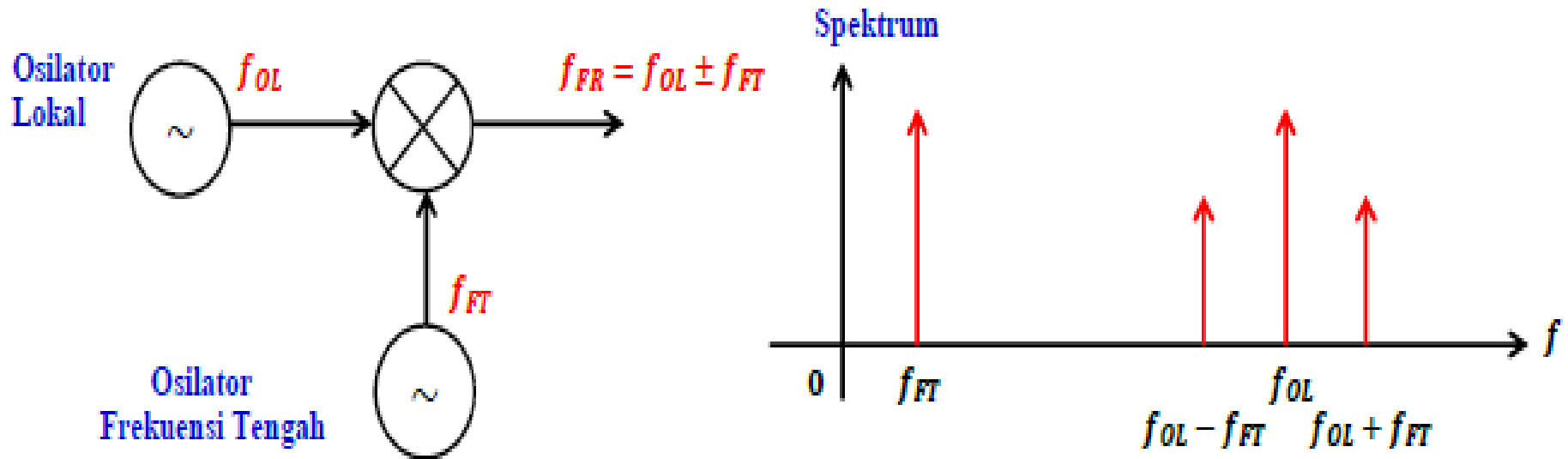
- Sebuah mixer adalah sebuah devais 3-port, yang memakai sebuah elemen nonlinear atau elemen yang berubah terhadap waktu untuk melakukan proses konversi frekuensi.



- Sebuah mixer ideal akan menghasilkan sebuah keluaran terdiri dari penjumlahan dan selisih frekuensi-frekuensi kedua sinyal masukan.

# 1. Pendahuluan (2)

- Konversi frekuensi “Up-conversion”:



- Masukan port 1 dan port 2:

$$v_{OL}(t) = \cos(2\pi f_{OL}t) \text{ dan } v_{FT}(t) = \cos(2\pi f_{FT}t)$$

- Keluaran mixer ideal:

$$v_{FR}(t) = K v_{OL}(t) v_{FT}(t) = K \cos(2\pi f_{OL}t) \cos(2\pi f_{FT}t)$$
$$v_{FR}(t) = \frac{K}{2} [\cos\{2\pi(f_{OL} - f_{FT})t\} + \cos\{2\pi(f_{OL} + f_{FT})t\}]$$
$$f_{FR} = f_{OL} \pm f_{FT}$$

# 1. Pendahuluan (3)

- Konversi frekuensi “Up-conversion”:

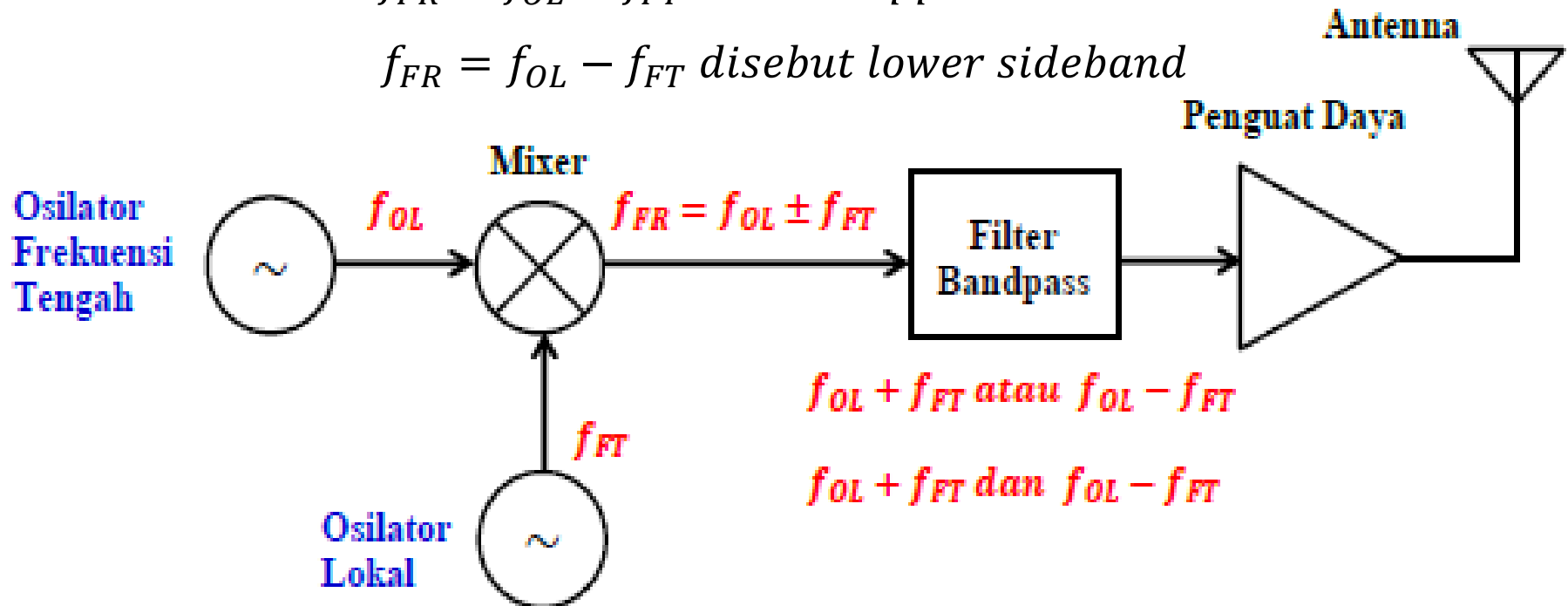
- Keluaran mixer ideal:

$$v_{FR}(t) = \frac{K}{2} [\cos\{2\pi(f_{OL} - f_{FT})t\} + \cos\{2\pi(f_{OL} + f_{FT})t\}]$$

$f_{FR} = f_{OL} \pm f_{FT}$  disebut sideband  $f_{OL}$

$f_{FR} = f_{OL} + f_{FT}$  disebut upper sideband

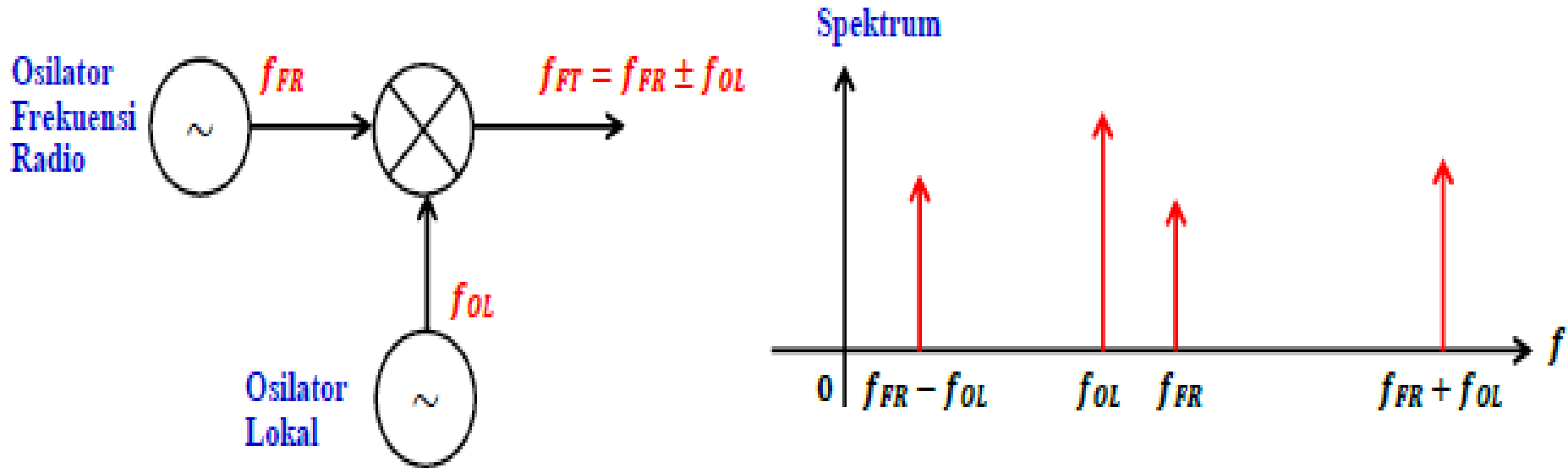
$f_{FR} = f_{OL} - f_{FT}$  disebut lower sideband





# 1. Pendahuluan (4)

- Konversi frekuensi “Down-conversion”:



- Masukan port 1 dan port 2:

$$v_{FR}(t) = \cos(2\pi f_{FR}t) \text{ dan } v_{OL}(t) = \cos(2\pi f_{OL}t)$$

- Keluaran mixer ideal:

$$v_{FT}(t) = K v_{FR}(t) v_{OL}(t) = K \cos(2\pi f_{FR}t) \cos(2\pi f_{OL}t)$$

$$v_{FT}(t) = \frac{K}{2} [\cos\{2\pi(f_{FR} - f_{OL})t\} + \cos\{2\pi(f_{FR} + f_{OL})t\}]$$

$f_{FT} = f_{FR} - f_{OL}$  dapat dipilih dengan memakai filter lowpass

# 1. Pendahuluan (5)

- **Konversi frekuensi “Down-conversion”:**

- Bila masukan port 1:

$$v_{FB}(t) = \cos(2\pi f_{FB}t), \text{ dimana } f_{FB} = f_{OL} - f_{FT}$$

- Keluaran mixer ideal:

$$v_{FT}(t) = K v_{FB}(t) v_{OL}(t) = K \cos(2\pi f_{FB}t) \cos(2\pi f_{OL}t)$$

$$v_{FT}(t) = \frac{K}{2} [\cos\{2\pi(f_{FB} - f_{OL})t\} + \cos\{2\pi(f_{FB} + f_{OL})t\}]$$

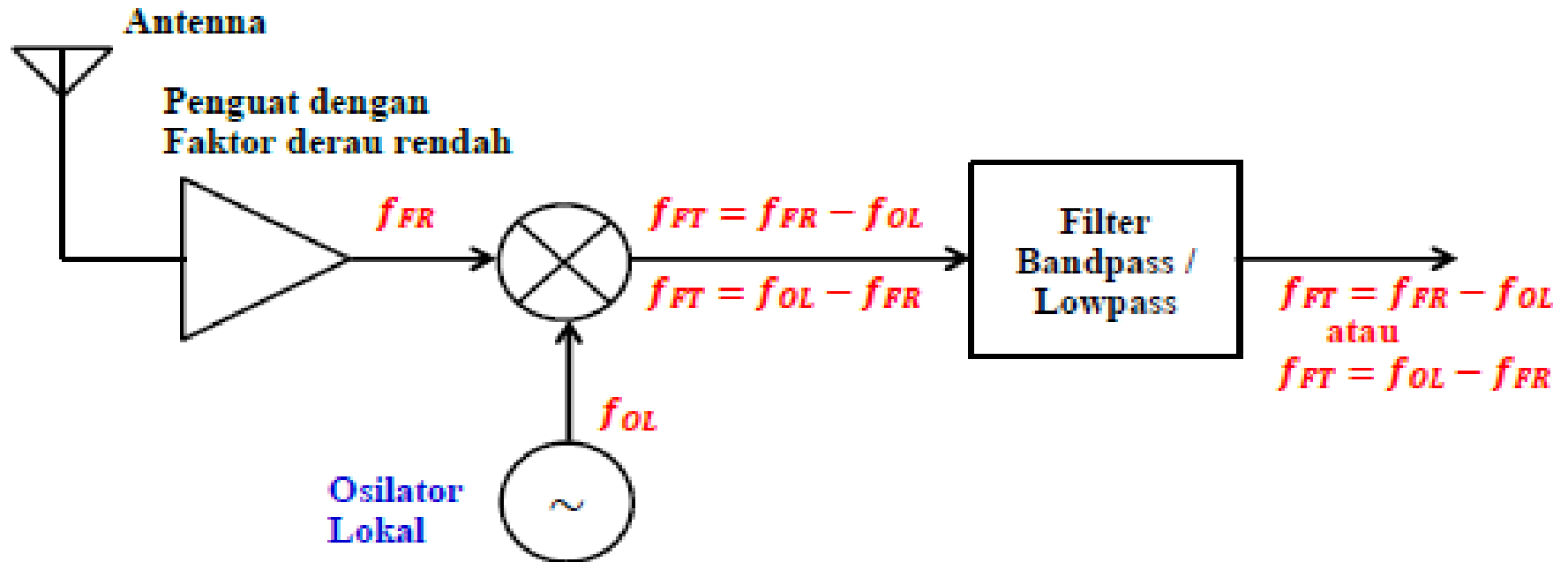
$$v_{FT}(t) = \frac{K}{2} [\cos\{2\pi(-f_{FT})t\} + \cos\{2\pi(2f_{OL} - f_{FT})t\}]$$

$$v_{FT}(t) = \frac{K}{2} [\cos\{2\pi(f_{FT})t\} + \cos\{2\pi(2f_{OL} - f_{FT})t\}]$$

- Ternyata:
- Masukan  $f_{FR} \rightarrow$  keluaran  $f_{FT} = f_{FR} - f_{OL}$
- Masukan  $f_{FB} \rightarrow$  keluaran  $f_{FT}$
- $f_{FB}$  disebut frekuensi bayangan atau image frequency.

# 1. Pendahuluan (6)

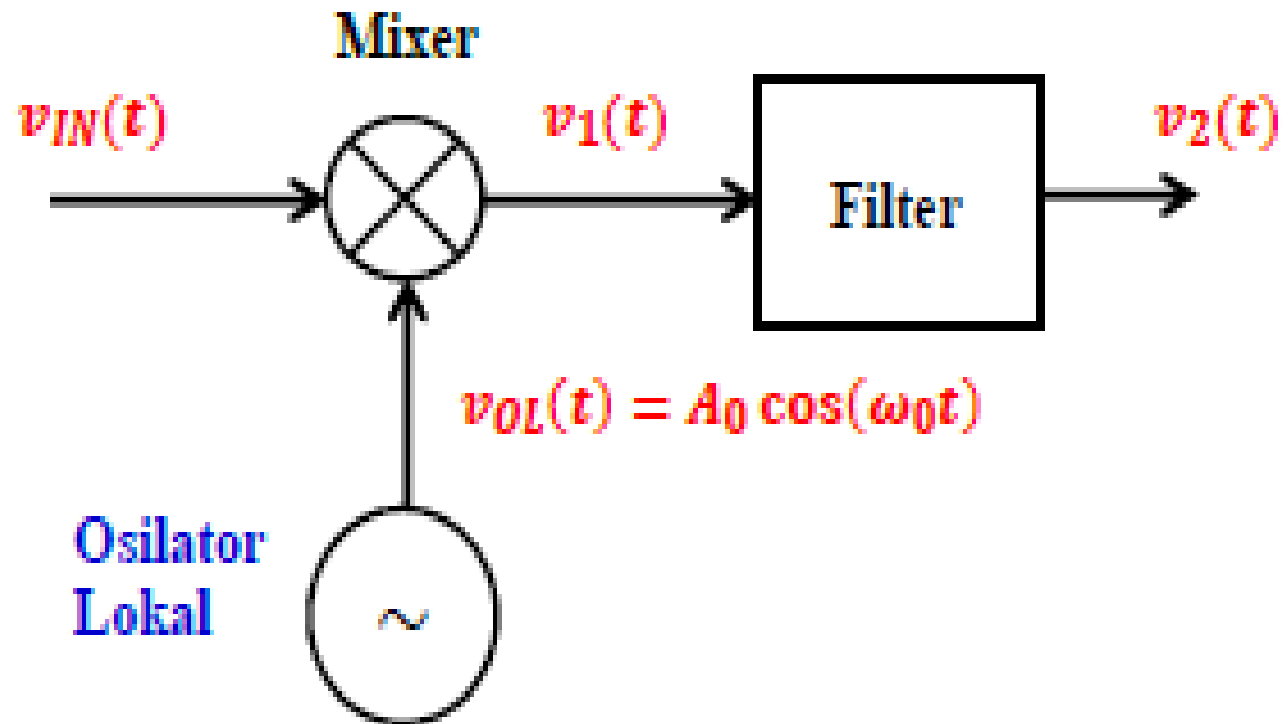
- Konversi frekuensi “Down-conversion”:



- $f_{FR}$  frekuensi radio
- Masukan  $f_{FR} \rightarrow$  keluaran  $f_{FT} = f_{FR} - f_{OL}$
- Masukan  $f_{FB} \rightarrow$  keluaran  $f_{FT}$
- $f_{FB}$  disebut frekuensi bayangan atau image frequency.

## 2. Analisis mixer (1)

- Sebuah mixer ideal adalah sebuah rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai sebuah pengali dua buah sinyal masukan, salah satu sinyal adalah sebuah bentuk gelombang sinusoidal yang dihasilkan oleh osilator lokal.



Ref 1, hal 266

## 2. Analisis mixer (2)

- Asumsi bahwa sinyal masukan adalah sinyal band-pass:

$$v_{IN}(t) = \text{Re}\{g_{IN}(t)e^{j\omega_c t}\}$$

- Dimana  $g_{IN}(t)$  adalah selubung kompleks sinyal masukan.
- Osilator lokal dengan persamaan:  $v_{OL}(t) = A \cos \omega_0 t$ .
- Asumsi  $f_c > f_0$
- Sinyal keluaran mixer ideal:

$$v_1(t) = v_{IN}(t) \cdot v_{OL}(t) = \text{Re}\{g_{IN}(t)e^{j\omega_c t}\} \cdot A_0 \cos \omega_0 t$$

$$v_1(t) = \text{Re}\{g_{IN}(t)e^{j\omega_c t}\} \cdot \left\{ \frac{A_0}{2} (e^{j\omega_0 t} + e^{-j\omega_0 t}) \right\}$$

$$v_1(t) = \frac{A_0}{2} \text{Re}\{g_{IN}(t)e^{j(\omega_c + \omega_0)t}\} + \frac{A_0}{2} \text{Re}\{g_{IN}(t)e^{j(\omega_c - \omega_0)t}\}$$

- Persamaan diatas memperlihatkan bahwa sinyal masukan band-pass dengan spektrum disekitar  $f = f_c$  telah digeser menuju 2 sinyal bandpass, satu pada daerah frekuensi keatas (up-conversion)  $f_u = f_c + f_0$ , dan yang lain pada daerah frekuensi kebawah (down-conversion)  $f_d = f_c - f_0$ .

## 2. Analisis mixer (3)

- Sebuah filter harus dipakai untuk memilih salah satu keluaran sinyal band-pass, yaitu memilih sinyal band-pass dengan frekuensi  $f_u = f_c + f_0$  atau sinyal band-pass dengan frekuensi  $f_d = f_c - f_0$ .
- Gabungan sebuah mixer dengan sebuah filter untuk menghilangkan salah satu komponen keluaran mixer disebut “single side-band mixer”.
- Sebuah filter bandpass dipakai untuk memilih komponen “up conversion”.
- Komponen “down conversion” dipilih dengan memakai “filter lowpass” bila  $f_d = f_c - f_0 = 0$ , spektrumnya adalah spektrum baseband.
- Bila  $f_d = f_c - f_0 > 0$ , dimana  $f_d > BW\ g_{IN}(t)$ , maka akan memakai “filter bandpass”, keluaran filter adalah:

$$v_2(t) = \text{Re}\{g_2(t)e^{j(\omega_c - \omega_0)t}\} = \frac{A_0}{2} \text{Re}\{g_1(t)e^{j(\omega_c - \omega_0)t}\}$$

- Dalam hal  $f_c > f_0$ , maka modulasi yang ada disinyal  $v_{IN}(t)$  tetap dipertahankan disinyal keluaran “up converter” atau “down converter”

## 2. Analisis mixer (4)

- Bila  $f_c < f_0$

$$v_1(t) = \frac{A_0}{2} \text{Reil}\{g_{IN}(t)e^{j(\omega_c+\omega_0)t}\} + \frac{A_0}{2} \text{Reil}\{g_{IN}^*(t)e^{j(\omega_0-\omega_c)t}\}$$

- Selubung kompleks sinyal “down converted” adalah conjugated selubung kompleks sinyal masukan.
- Sideband berubah, USB sinyal masukan menjadi LSB sinyal keluaran “down converted”
- Selubung kompleks sinyal keluaran “up converter”

$$g_2(t) = \frac{A_0}{2} g_{IN}(t)$$

- Selubung kompleks sinyal keluaran “up converter”

$$f_c > f_0 \rightarrow g_2(t) = \frac{A_0}{2} g_{IN}(t)$$

$$f_0 > f_c \rightarrow g_2(t) = \frac{A_0}{2} g_{IN}^*(t)$$

## 2. Analisis mixer (4)

- Frekuensi keluaran (Frekuensi tengah / IF):

Frekuensi tengah (IF)	Pemakaian
262,5 <i>kHz</i>	Radio broadcasting AM (dimobil).
455 <i>kHz</i>	Radio broadcasting AM.
10,7 <i>MHz</i>	Radio broadcasting FM.
21,4 <i>MHz</i>	Radio 2 arah FM.
30 <i>MHz</i>	Penerima RADAR.
43,75 <i>MHz</i>	TV
60 <i>MHz</i>	Penerima RADAR.
70 <i>MHz</i>	Penerima sinyal dari satellite.

- Ref 1, hal 295.

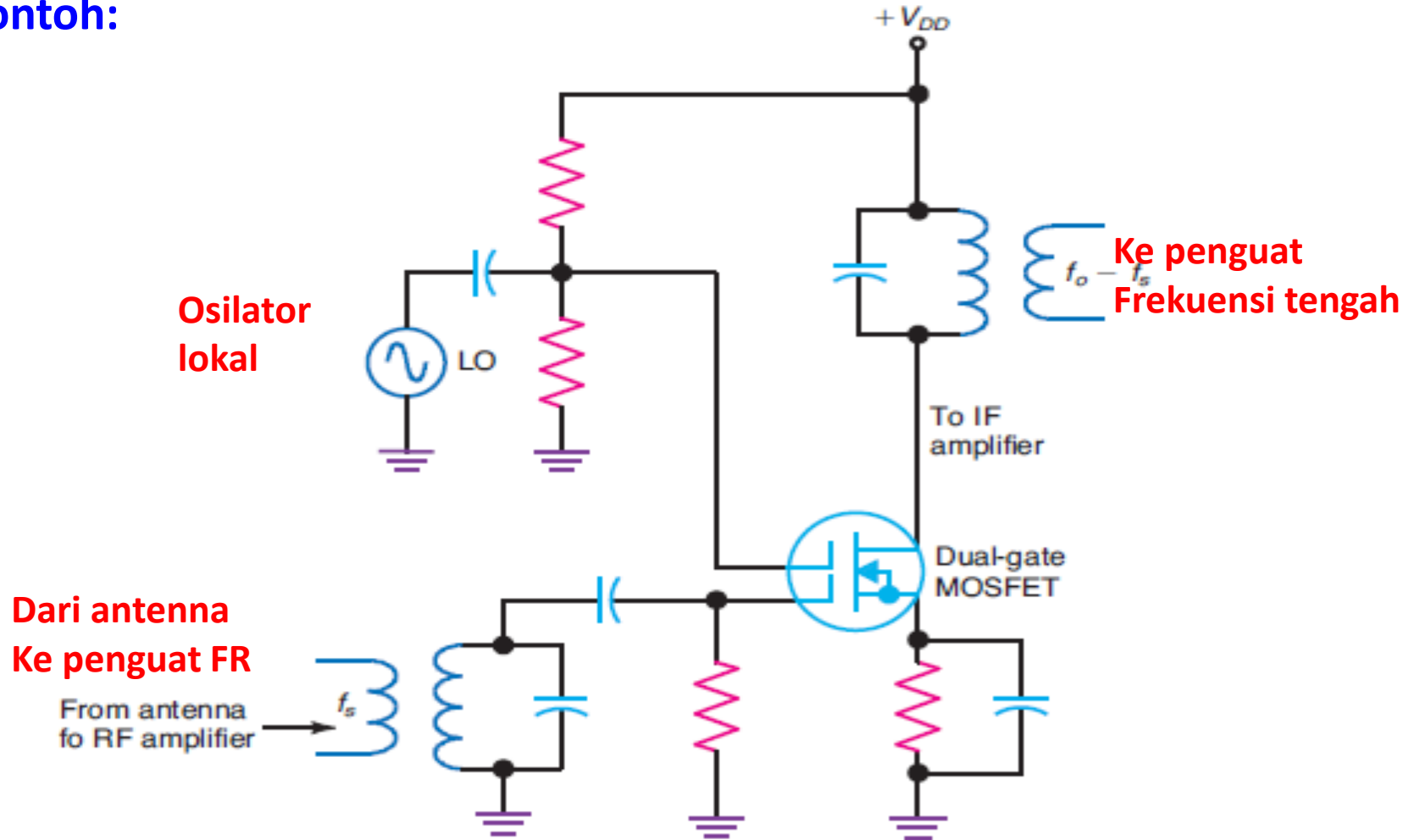


### 3. Operasi perkalian di mixer

- Implementasi operasi perkalian di mixer dapat direalisasikan dengan memakai salah satu cara sebagai berikut:
  1. Dengan memakai devais dengan transkonduktansi berubah secara kontinyu, contohnya adalah sebuah “dual gate MOSFET”.
  2. Devais tidak linier.
  3. Devais linier dengan gain diskrit berubah terhadap waktu.
- Sifat nonlinier dapat dimanfaatkan untuk:
  - Deteksi sinyal.
  - Demodulasi.
  - Switching.
  - Pengali frekuensi.
  - Osilasi.

## 4. Dual gate MOSFET

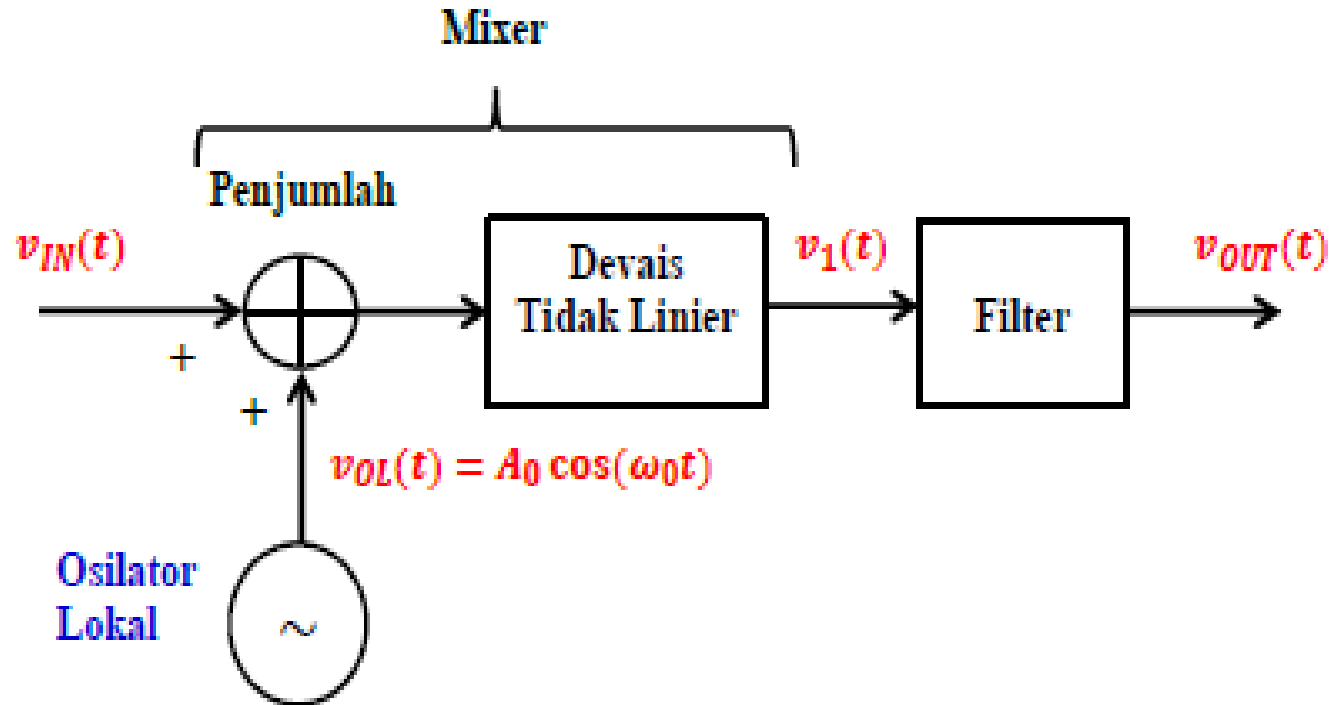
- Contoh:



## 5. Devais tidak linier dipakai sebagai mixer

- Diagram blok:

- $v_{IN}(t)$  adalah sinyal bandpass



$$v_1(t) = K(v_{IN}(t) + v_{OL}(t))^2 + \text{besaran lain}$$

$$v_1(t) = K(v_{IN}^2(t) + 2v_{IN}(t)v_{OL}(t) + v_{OL}^2(t)) + \text{besaran lain}$$

- Besaran yang diinginkan:

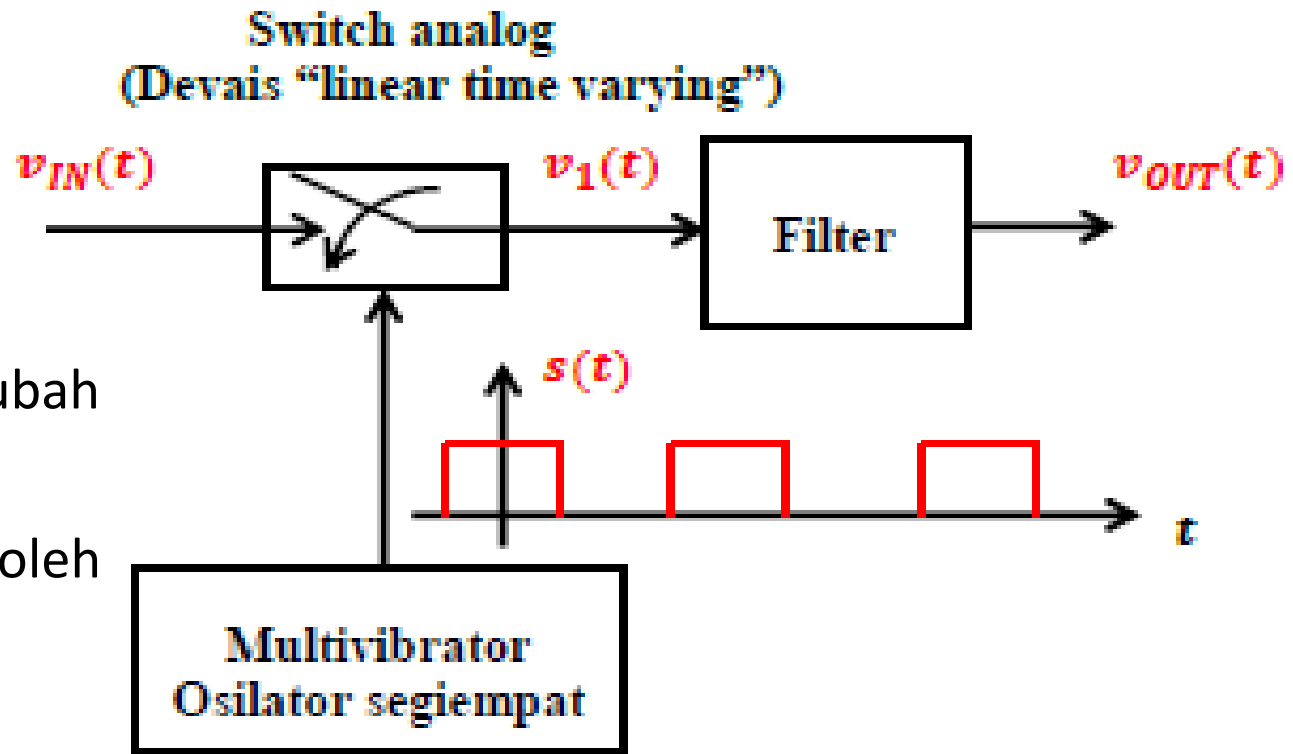
$$2Kv_{IN}(t)v_{OL}(t)$$

Ref 1, hal 269

## 6. Devais “Linear time-varying” dipakai sebagai mixer (1)

- **Diagram blok:**

- Switch analog (IC CMOS 4016) sebagai devais berubah terhadap waktu.
- Switch dihidupkan oleh multivibrator, gain switch 1 atau 0
- Keluaran switch analog:



$$v_1(t) = v_{IN}(t)s(t)$$

$$v_1(t) = v_{IN}(t) \left[ \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 \sin(n\pi/2)}{n\pi} \cos(n\omega_0 t) \right]$$

- **Ref 1, hal 269**

## 6. Devais “Linear time-varying” dipakai sebagai mixer (2)

- Keluaran switch analog:

$$v_1(t) = v_{IN}(t)s(t)$$

$$v_1(t) = v_{IN}(t) \left[ \frac{1}{2} + \frac{2}{\pi} \cos(\omega_0 t) - \frac{2}{3\pi} \cos(3\omega_0 t) + \frac{2}{5\pi} \cos(5\omega_0 t) - \dots \right]$$

$$v_1(t) = \frac{1}{2} v_{IN}(t) + \underbrace{\frac{2}{\pi} v_{IN}(t) \cos(\omega_0 t) - \frac{2}{3\pi} v_{IN}(t) \cos(3\omega_0 t) + \dots}_{\text{operasi perkalian yang diperlukan}}$$

- Ada keluaran lain yang tidak diperlukan, perlu difilter, memberikan rugi-rugi.

# 7. Karakteristik devais nonlinear

- Dioda “Schottky barrier”:
- Sebuah “semiconductor–metal junction” mempunyai kapasitansi junction rendah, sehingga bisa beroperasi pada frekuensi tinggi.
- Pemakaian dioda Schottky untuk konversi frekuensi.
- Model dioda junction sebagai tahanan tidak linier, dengan persamaan:

$$I(V) = I_s(e^{\alpha V} - 1)$$

$$\text{dimana } \alpha = \frac{q}{nkT},$$

$q$  adalah muatan elektron

$k$  = konstanta Boltzman,

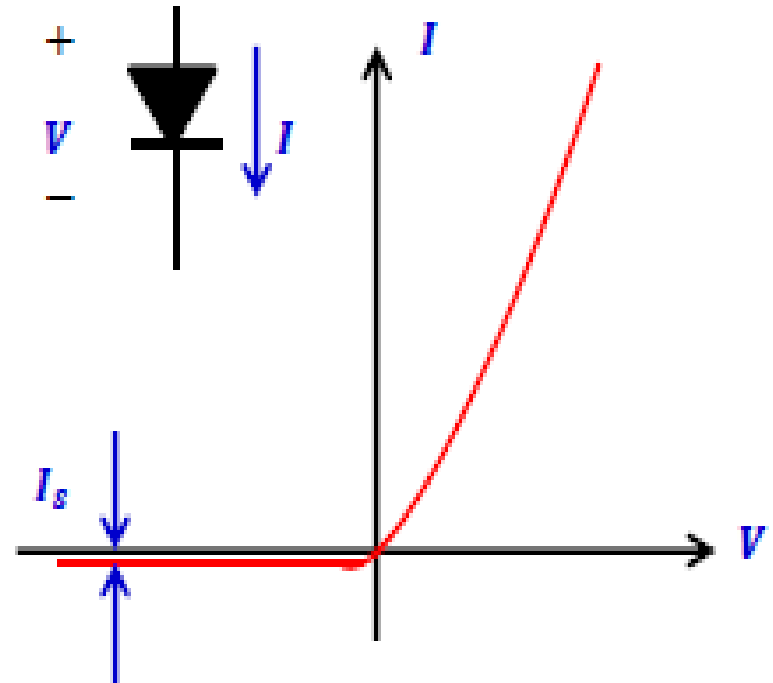
$T$  = temperatur,

$n$  = faktor ideal, dan  $I_s$  = arus saturasi

$I_s$ :  $10^{-6}$ – $10^{-15}$  Amp,

$$q = \frac{q}{nkT} \sim \frac{1}{25 \text{ mV}} \text{ di } T = 290^0 K,$$

$n$ : 1,5–2

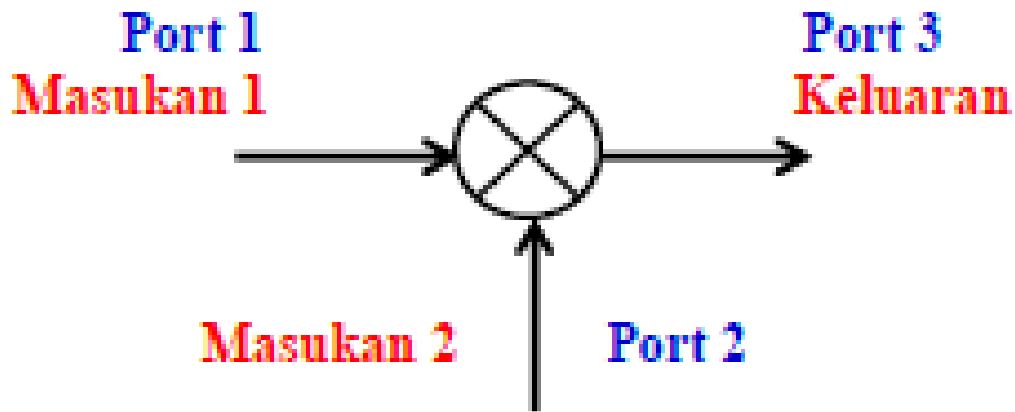


## 8. Karakteristik mixer

1. Conversion loss.
2. Noise figure.
3. Isolation.
4. Image rejection
5. Conversion compression
6. 1 dB compression
7. Drive power.
8. Dynamic range.
9. Two-tone third-order intermodulation point.

## 8.1. Conversion loss (1)

- **Mixer adalah rangkaian 3 port**, tiap port harus sesuai (matched) dengan frekuensi tertentu (FR, OL, FT), frekuensi yang tidak diinginkan akan diserap oleh elemen resistif, atau dihambat oleh elemen reaktif.



- Beban resistif akan memperbesar rugi-rugi mixer.
- Ada rugi-rugi didalam proses konversi frekuensi karena adanya frekuensi harmonik dan hasil frekuensi lain.
- Rugi-rugi tersebut berlaku untuk “up conversion”, juga untuk “down conversion”.



## 8.1. Conversion loss (2)

- **Conversion loss “down conversion”** adalah rasio antara daya FR tersedia dimasukan terhadap keluaran FT:

$$L_c = \frac{\text{Daya masukan frekuensi radio yang tersedia}}{\text{Daya keluaran yang diberikan kepada beban}} \geq 0 \text{ dB}$$

- Penguat FR di penerima bekerja pada level daya yang lebih kecil daripada level daya di pemancar, oleh karena itu conversion loss minimum di penerima sangat penting.
- Pada daerah frekuensi 1 -:- 10 GHz, mixer dioda umumnya mempunyai conversion loss antara 4 -:- 7 dB.
- Mixer transistor mempunyai conversion loss lebih kecil, mungkin mempunyai conversion gain beberapa dB.
- Faktor yang mempengaruhi conversion loss adalah level daya osilator lokal, conversion loss minimum terjadi pada level daya osilator antara 0 -:- 10 dBm, untuk memberikan kinerja mixer pada kondisi nonlinear.

## 8.2. Noise figure (faktor derau)

- Derau dibangkitkan di mixer oleh elemen dioda atau transistor, dan oleh sumber thermal rugi-rugi resistif.
- Noise figure (faktor derau) mixer umumnya antara 1 :- 5 dB, umumnya noise figure mixer dioda lebih rendah daripada mixer transistor.
- Noise figure mixer tergantung apakah sinyal masukan adalah sinyal “single-sideband” atau sinyal “double-sideband”.
- Mixer akan mengkonversikan derau di kedua frekuensi sideband, tetapi daya sinyal SSB separo dari daya sinyal DSB (untuk amplituda yang sama).

$$F_{DSB} = \frac{S_i N_o}{S_o N_i} = \frac{2}{K^2 L_c} \left( 1 + \frac{N_{tambah}}{k T_0 B} \right)$$

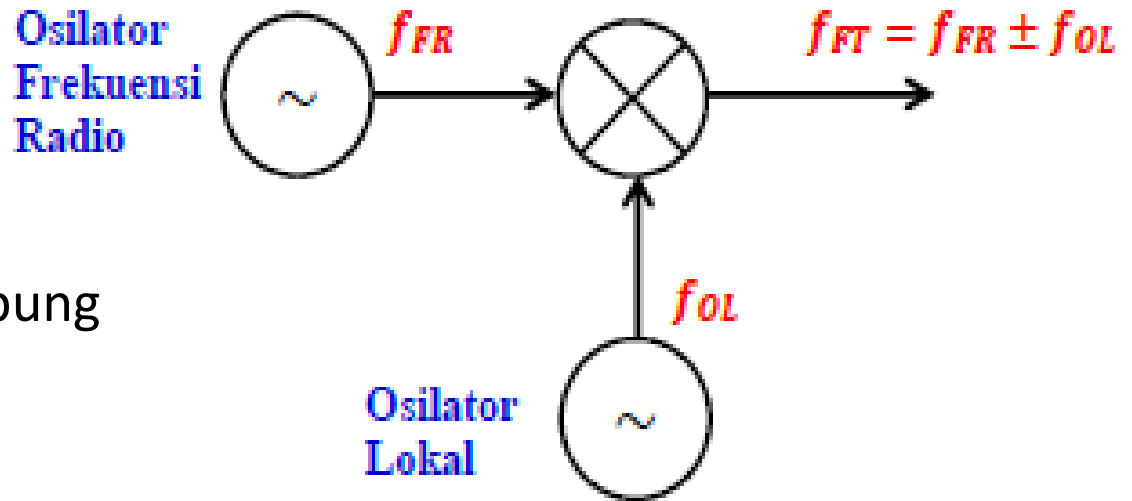
$$F_{SSB} = \frac{S_i N_o}{S_o N_i} = \frac{4}{K^2 L_c} \left( 1 + \frac{N_{tambah}}{k T_0 B} \right)$$

$$F_{SSB} = 2F_{DSB}$$

## 8.3. Isolation

- **Mixer:**

- Isolasi antara port FR dengan port OL.
- Ideal port OL tidak terhubung dengan port FR.



- Isolation adalah besarnya daya osilator lokal yang bocor di port FR atau di port FT.
- Untuk daerah frekuensi microwave, tergantung jenis coupler yang dipakai di diplexer, isolation nilainya antara 20 -:-40 dB.
- Untuk double balanced mixer nilainya antara 15 -:- 20 dB

## 8.4. Image rejection

- **Contoh:**

- $f_{FR} = 869\text{--}: -894\text{ MHz}$ .
- $f_{FT} = 87\text{ MHz}$ .
- Tentukan  $f_{OL}$
- Bila dipilih  $f_{OL} > f_{FR}$ , hitung  $f_{FB}$
- Solusi:

$$f_{OL} = f_{FR} \pm f_{FT} = (869\text{--}: -894) \pm 87 = \begin{cases} 956\text{--}: -981\text{ MHz} \\ 782\text{--}: -807\text{ MHz} \end{cases}$$

- Memakai  $f_{OL} = 956\text{--}: -981\text{ MHz}$ , maka:

$$f_{FT} = f_{OL} - f_{FR} = (956\text{--}: -981) - (869\text{--}: -894) = 87\text{ MHz}$$

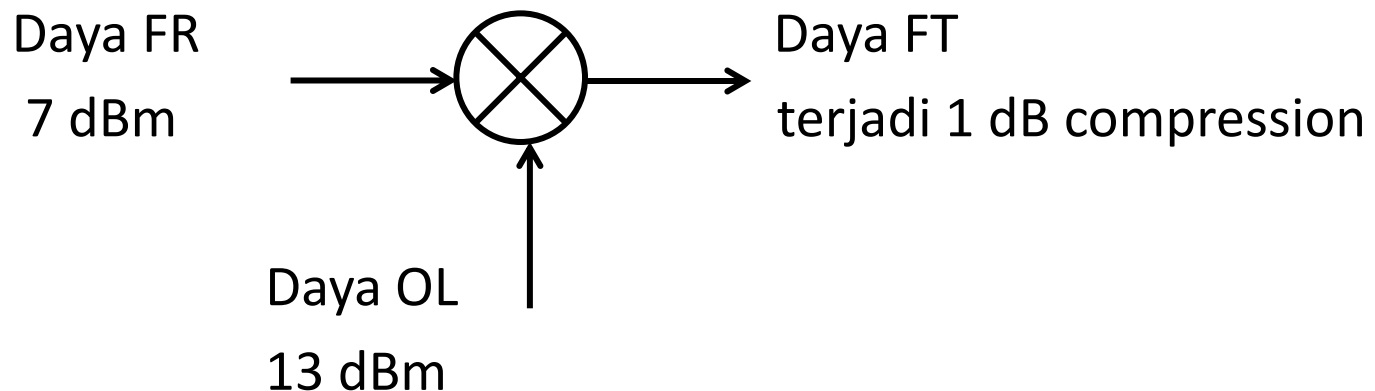
- Daerah frekuensi bayangan:

$$f_{FB} = f_{OL} + f_{FT} = (956\text{--}: -981) + 87 = 1043\text{--}: -1068\text{ MHz}$$

- Daerah  $f_{FB}$  dengan daerah  $f_{FR}$  berbeda 174 MHz.
- Cukup jauh, dapat dibuat filter untuk menghilangkan frekuensi bayangan.

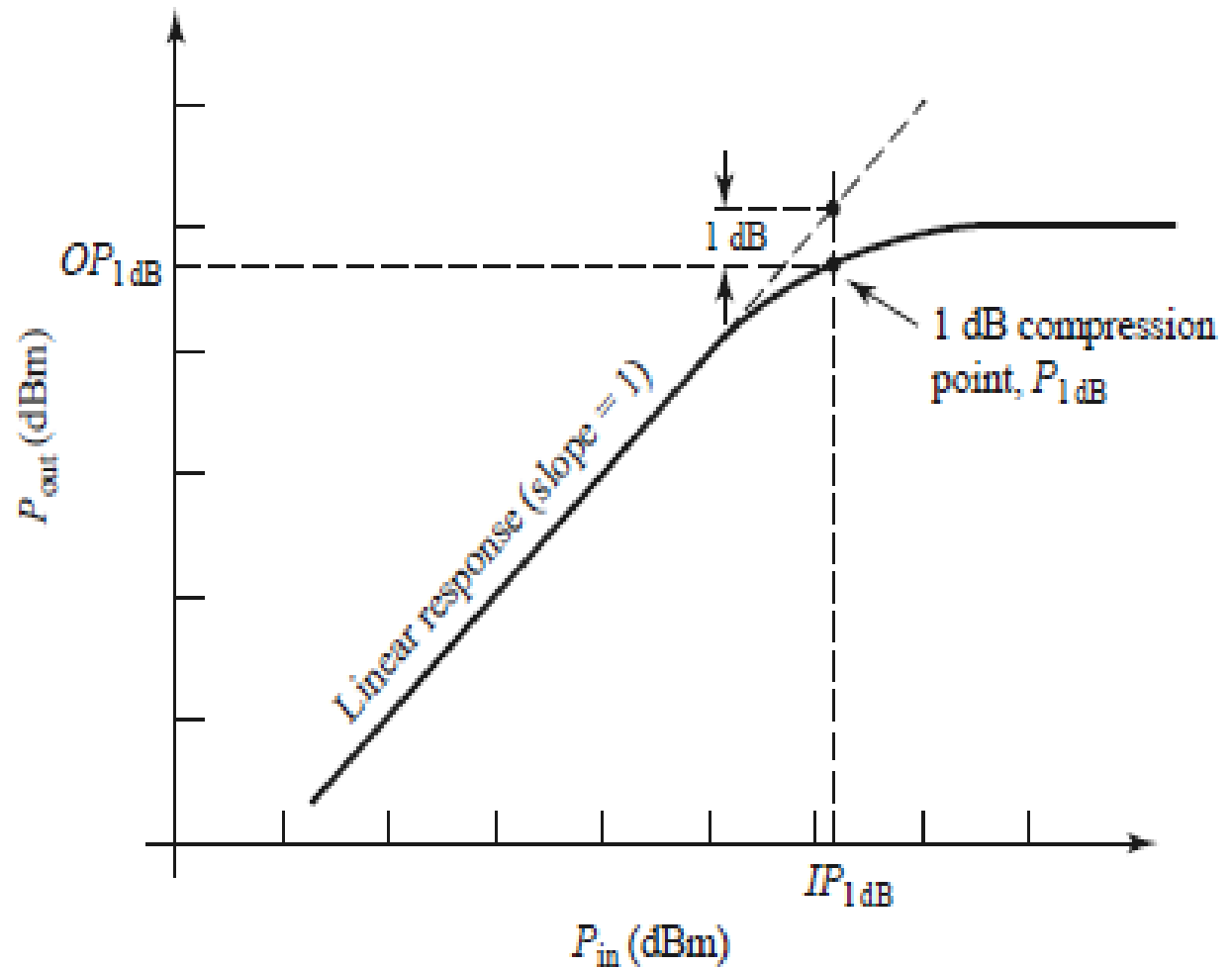
## 8.5. Conversion compression

- Adalah nilai daya masukan frekuensi radio  $P_{INcc}$ .
- Bila daya masukan  $> P_{INcc}$  menyebabkan daya keluaran frekuensi tengah berubah tidak linier terhadap daya masukan.
- Contoh:
- 1 dB “compression point” terjadi bila conversion loss naik sebesar 1 dB diatas nilai conversion loss didaerah daya rendah linier.
- Contoh:



## 8.6. 1 dB compression




- $I$  = input
- $O$  = output
- Pada saat
- $P_{in} = IP_{1dB}$
- $P_{out} = OP_{1dB}$
- Daya output turun 1 dB dari grafik linier.




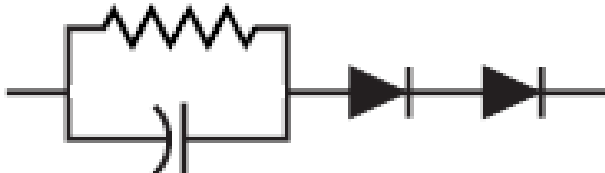
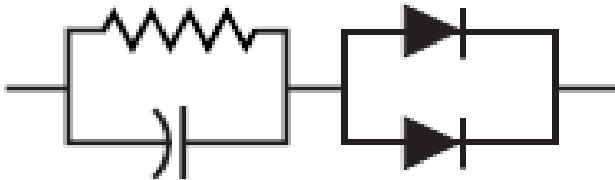
- Ref 4, hal 513

## 8.7. Drive power (1)

- Adalah daya osilator lokal yang dibutuhkan agar mixer beroperasi optimal.

Rangkaian mixer	Daya osilator lokal (dBm)
	$+7 \text{ sd} + 13$
	$+13 \text{ sd} + 24$
	$+13 \text{ sd} + 24$

## 8.7. Drive power (2)

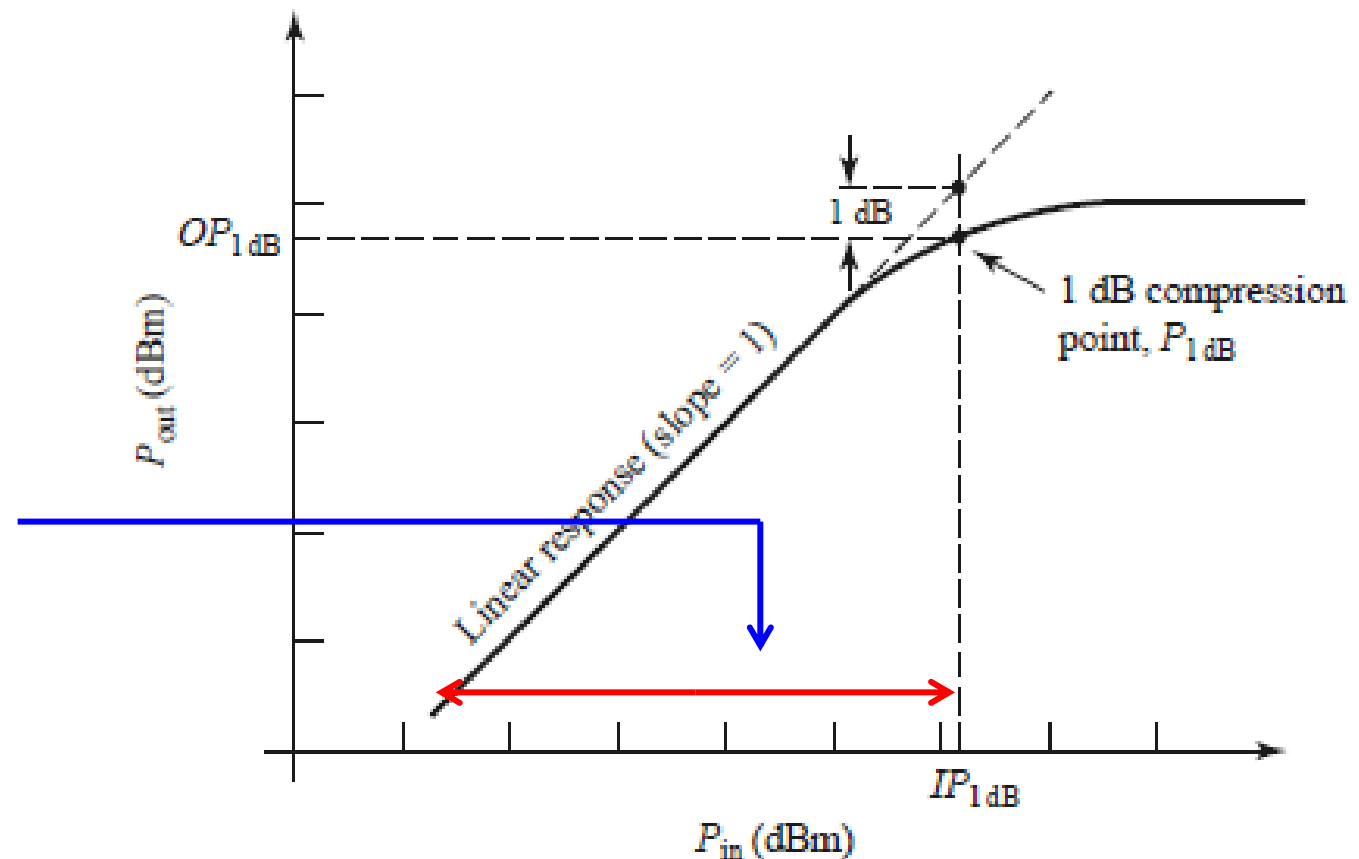
Rangkaian mixer	Daya osilator lokal (dBm)
	$+20\ sd + 30$
	$+20\ sd + 30$
	$+20\ sd + 30$



## 8.8. Dynamic range

- Adalah rentang daya masukan frekuensi radio maksimum sebuah mixer.
- Amplituda maksimum dibatasi oleh “conversion compression”, sedangkan amplituda minimum dibatasi oleh noise figure (faktor derau).

- Dynamic range

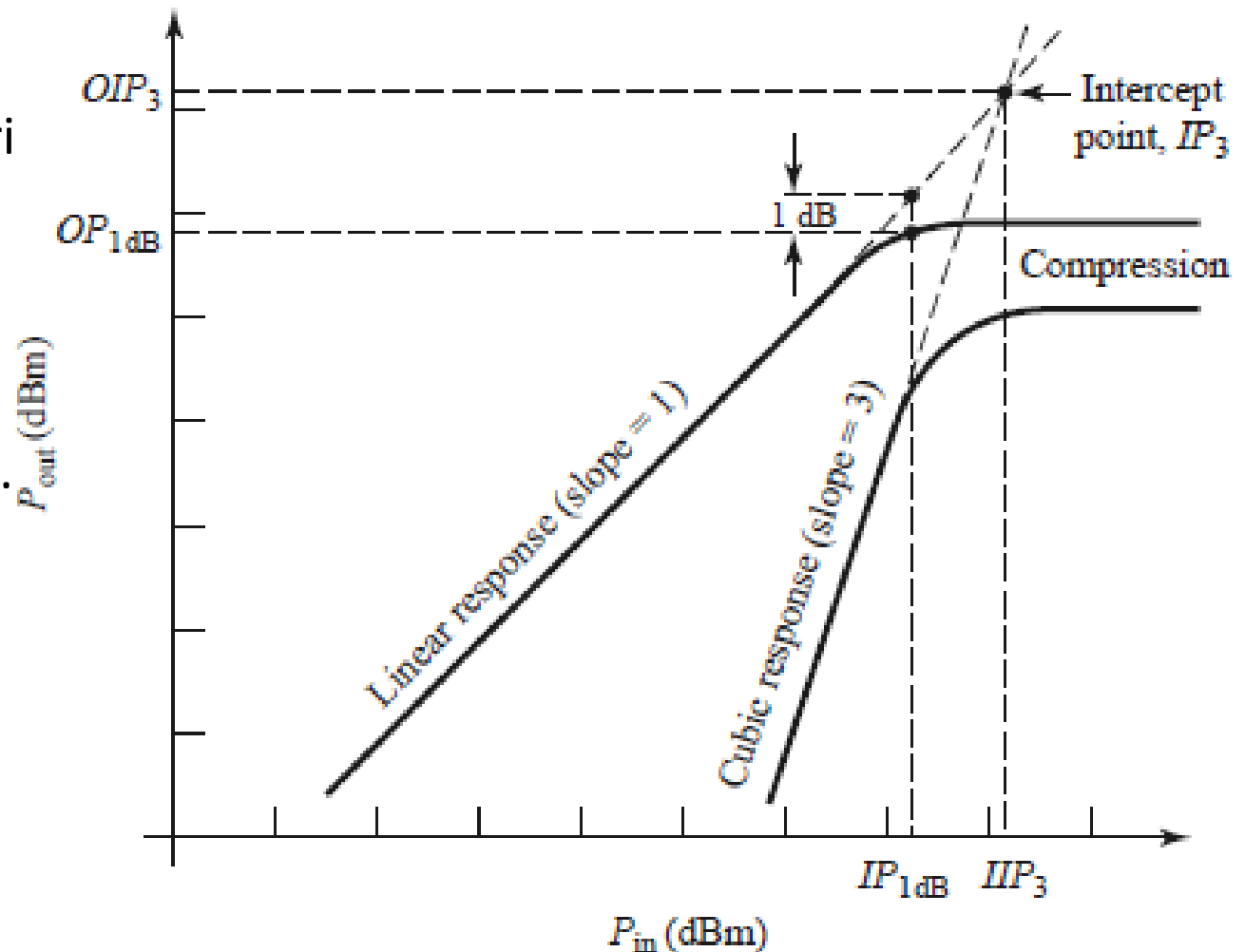


## 8.9. Two-tone third-order intermodulation point

- Adalah ukuran bagaimana mixer bereaksi bila diberi masukan 2 sinyal frekuensi radio dengan amplituda yang sama dan frekuensi berbeda.

- $IP_3$  = 3rd order intercept point

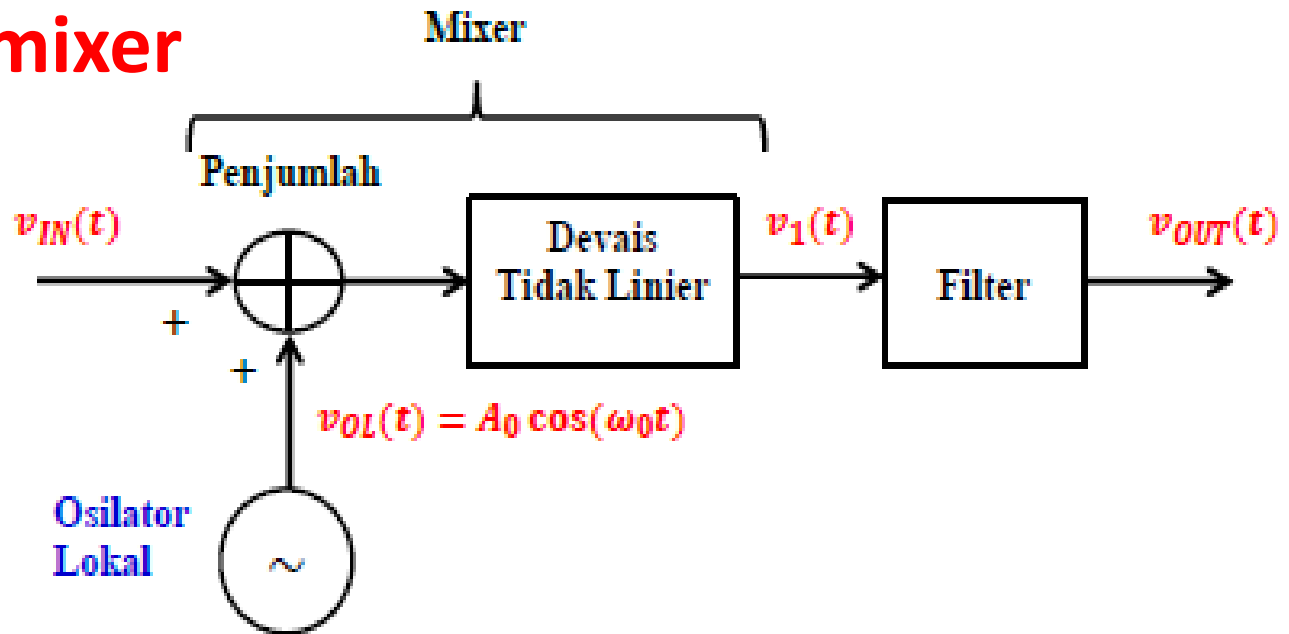
- Ref 4, hal 515



## 9. Klasifikasi mixer

- **Klasifikasi:**

1. Unbalanced.
2. Single balanced.
3. Double balanced.



- Secara umum keluaran mixer:

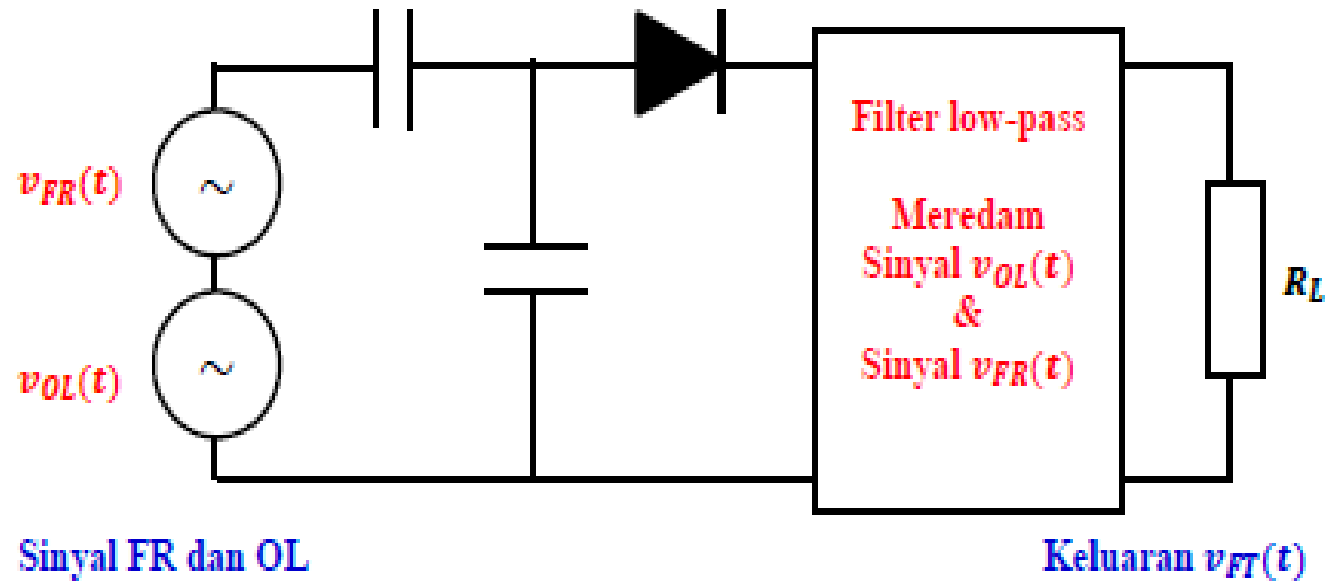
$$v_1(t) = C_1 v_{IN}(t) + C_2 v_{OL}(t) + C_3 v_{IN}(t)v_{OL}(t) + \text{besaran lain}$$

- Bila  $C_1 \neq 0$  dan  $C_2 \neq 0$ , mixer disebut unbalanced (single ended).
- Bila salah satu  $C_1$  atau  $C_2$  sama dengan 0, mixer disebut single balanced mixer.
- Bila kedua  $C_1 = C_2 = 0$ , mixer disebut double balanced mixer.

# 10. Single ended mixer (1)

Dioda tidak linier

- Rangkaian:



- Masukan port 1 dan port 2:

$$v_{FR}(t) = \cos(2\pi f_{FR}t) \text{ dan } v_{OL}(t) = \cos(2\pi f_{OL}t)$$

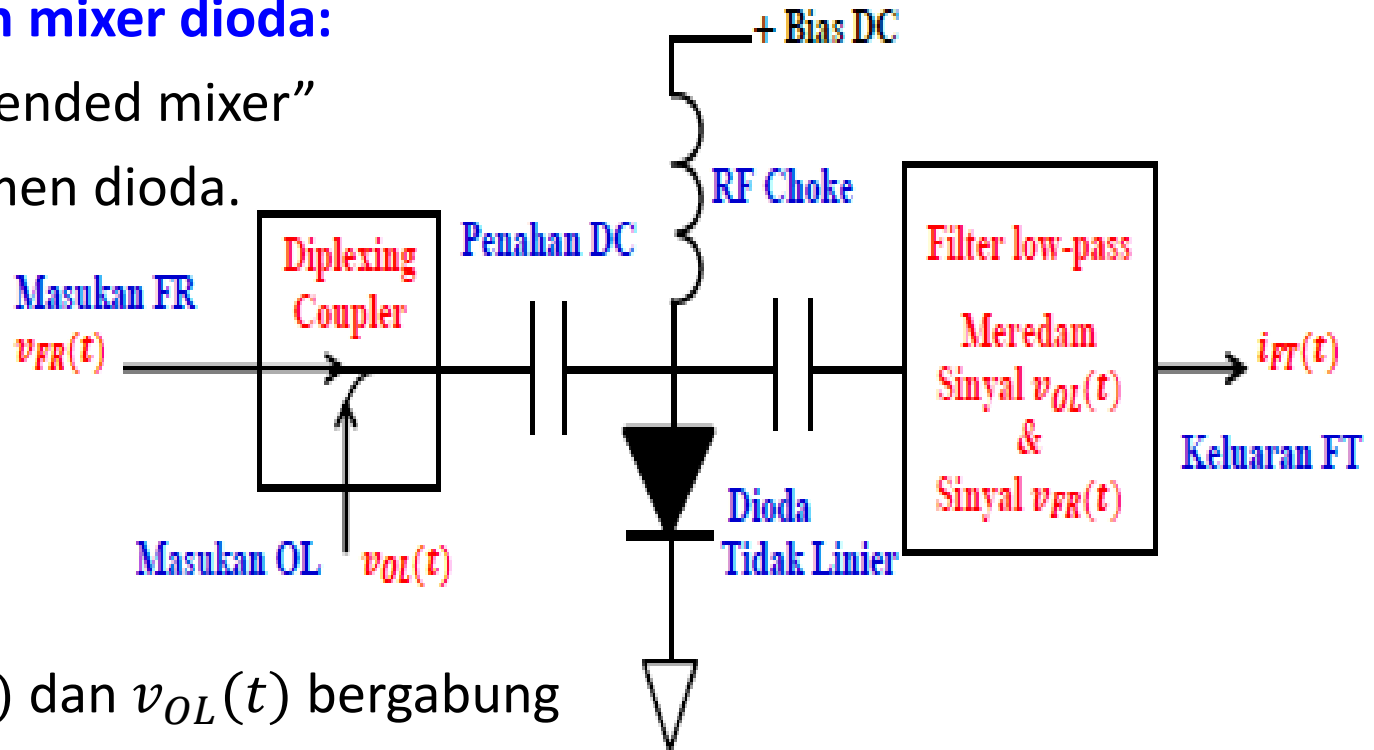
- Keluaran mixer ideal:

$$v_{FT}(t) = K v_{FR}(t) v_{OL}(t) = K \cos(2\pi f_{FR}t) \cos(2\pi f_{OL}t)$$
$$v_{FT}(t) = \frac{K}{2} [\cos\{2\pi(f_{FR} - f_{OL})t\} + \cos\{2\pi(f_{FR} + f_{OL})t\}]$$
$$f_{FT} = f_{FR} \pm f_{OL}$$

- Ref 2, hal 228

## 10. Single ended mixer (2)

- **Dasar rangkaian mixer dioda:**
- Disebut “single ended mixer”
- Memakai 1 elemen dioda.



- Masukan  $v_{FR}(t)$  dan  $v_{OL}(t)$  bergabung disebuah diplexer, kemudian bersama-sama memberi tegangan kepada dioda. Fungsi diplexing selain menggabung, juga memberikan isolasi antara dua masukan.

$$v_{FR}(t) = V_{FR} \cos(\omega_{FR}t) \text{ dan } v_{OL}(t) = V_{OL} \cos(\omega_{OL}t)$$

## 10. Single ended mixer (3)

- Arus dioda total:

$$i(t) = I_0 + G_d[v_{FR}(t) + v_{OL}(t)] + \frac{G_d'}{2}[v_{FR}(t) + v_{OL}(t)]^2 + \dots$$

*$I_0$  akan diblock oleh capacitor,  $G_d[v_{FR}(t) + v_{OL}(t)]$  dihilangkan oleh filter*

- Bagian yang diproses:

$$i(t) = \frac{G_d'}{2}[V_{FR} \cos(\omega_{FR}t) + V_{OL} \cos(\omega_{OL}t)]^2$$

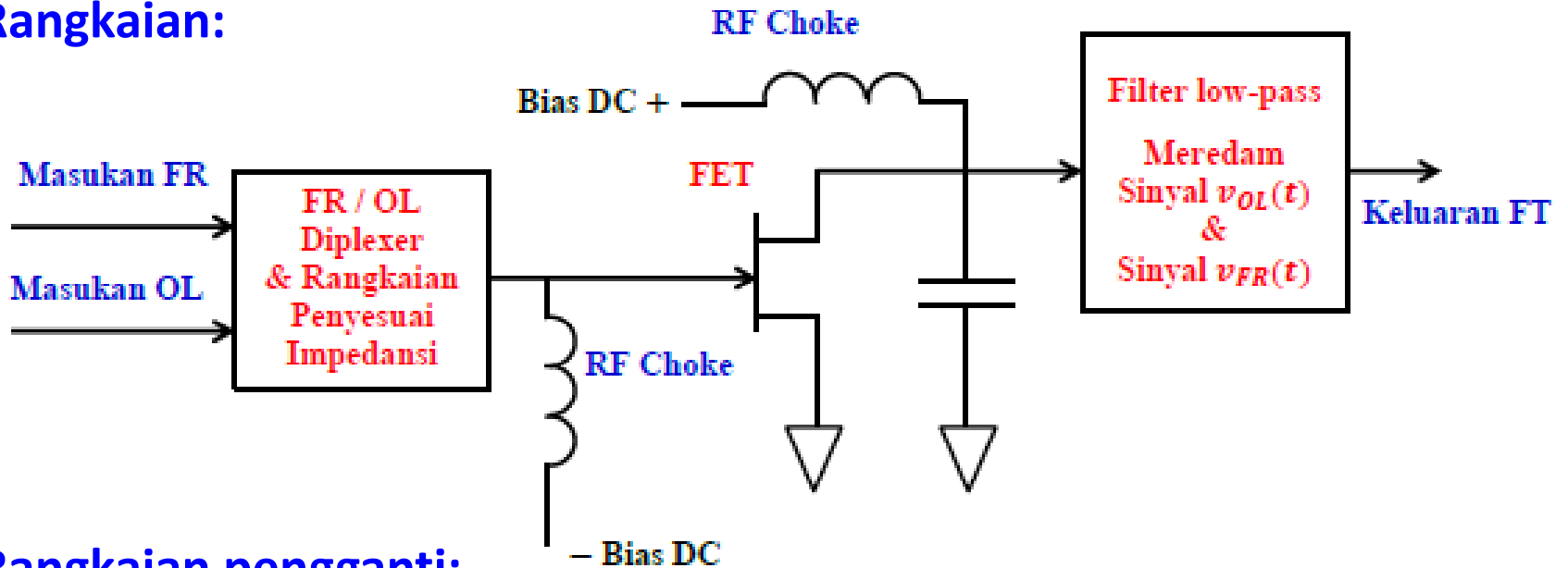
- Keluaran yang diperlukan adalah:

$$i_{FT}(t) = \frac{G_d'}{2}V_{FR}V_{OL} \cos(\omega_{FT}t)$$

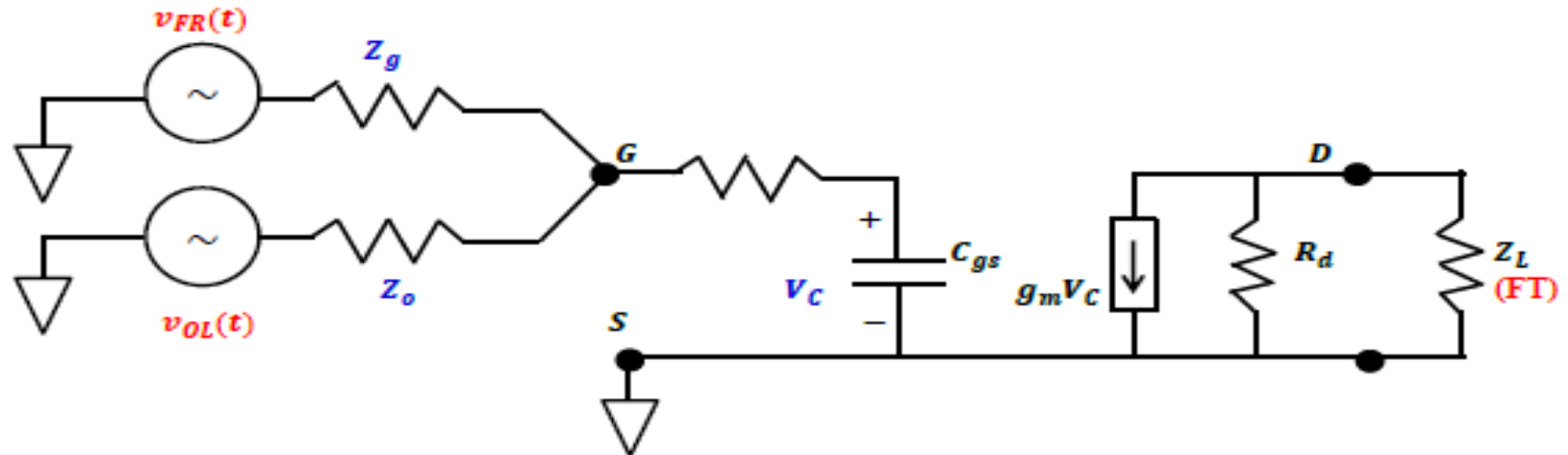
- Dimana  $\omega_{FT} = \omega_{FR} - \omega_{OL}$

# 10. Single ended mixer (4)

- Rangkaian:

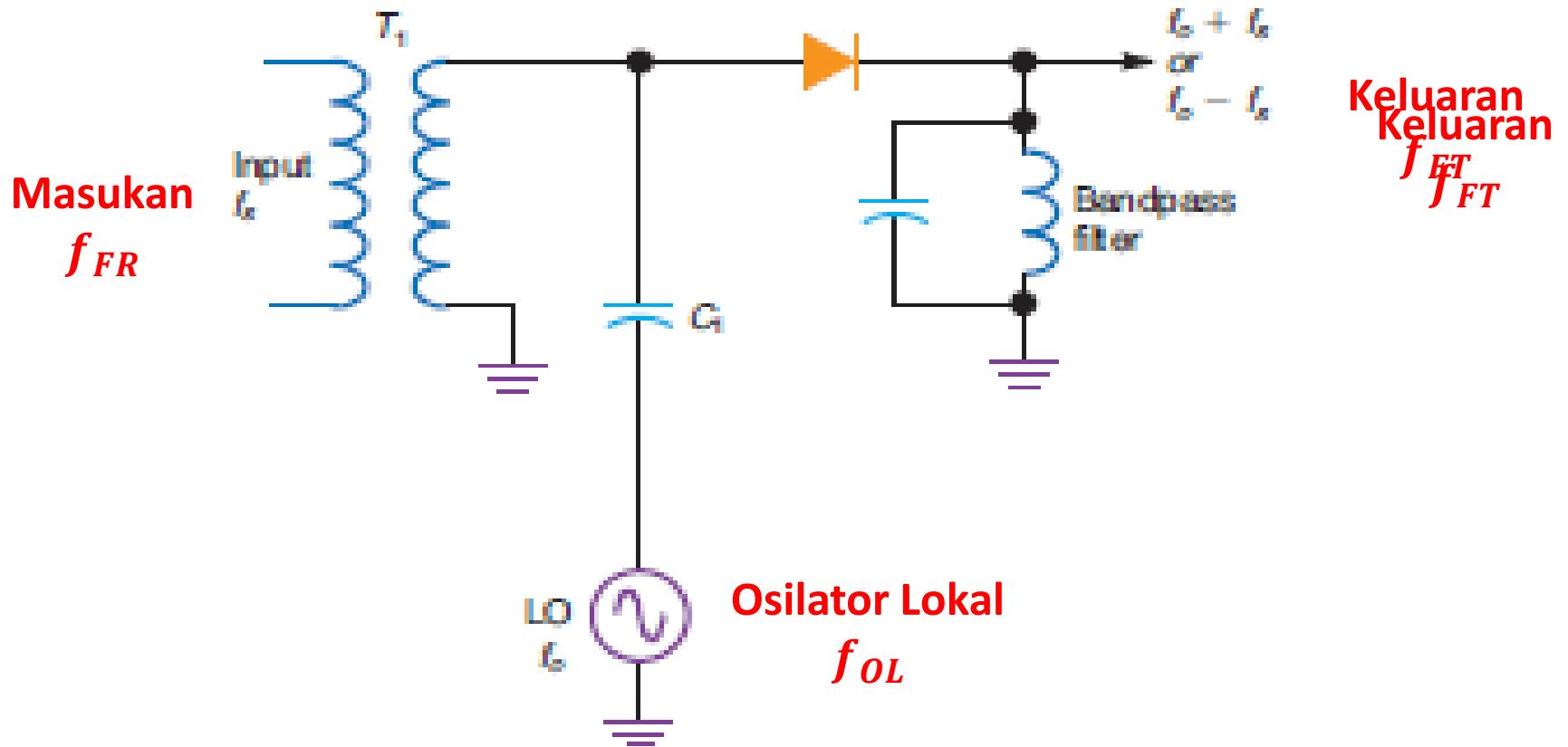


- Rangkaian pengganti:



# 10. Single ended mixer (5)

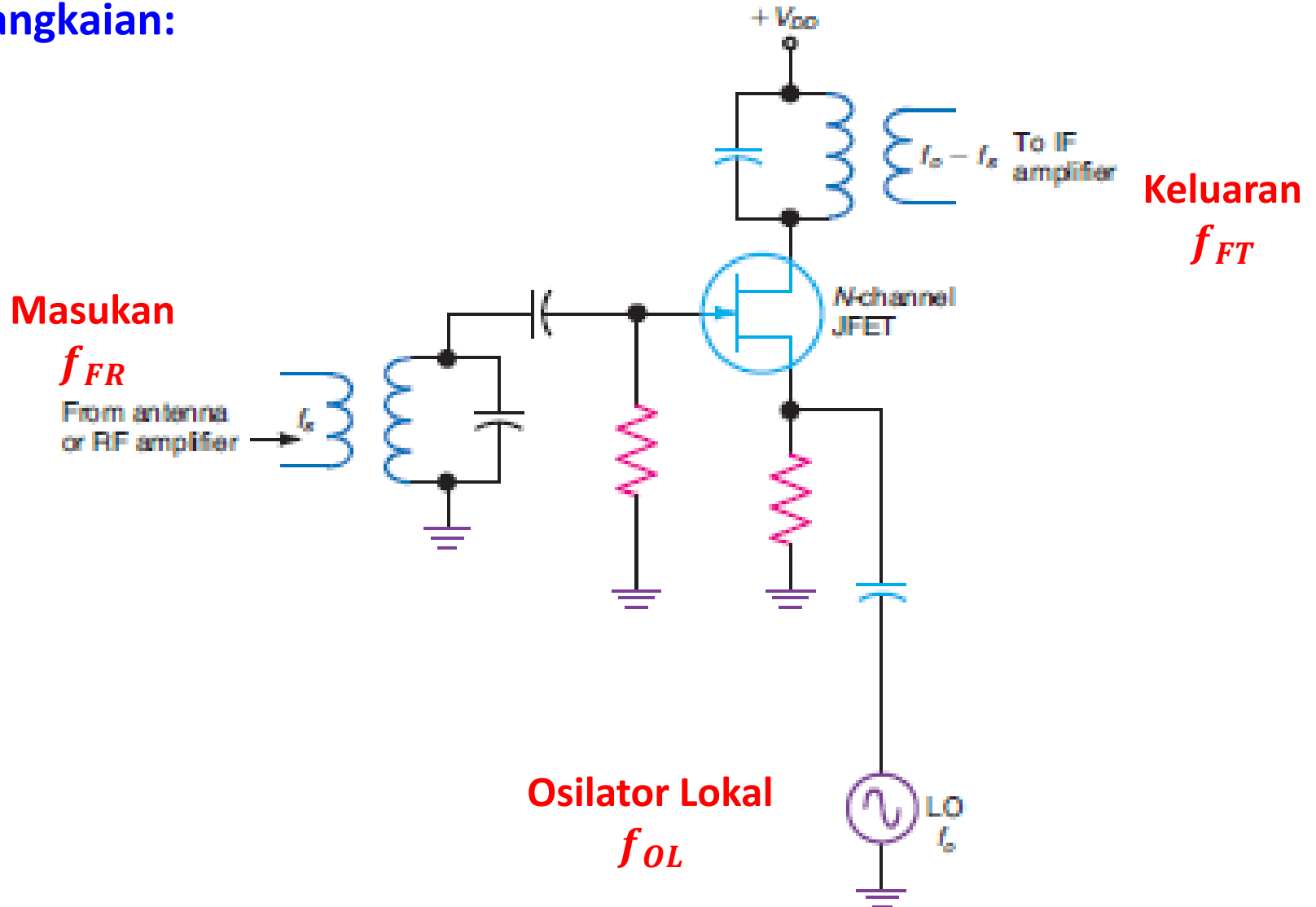
- Rangkaian:





# 10. Single ended mixer (6)

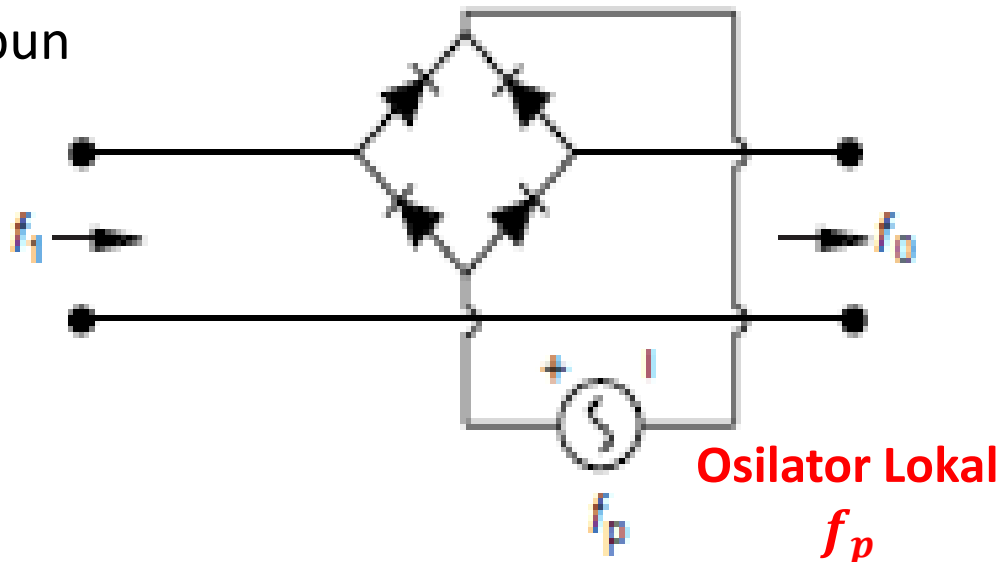
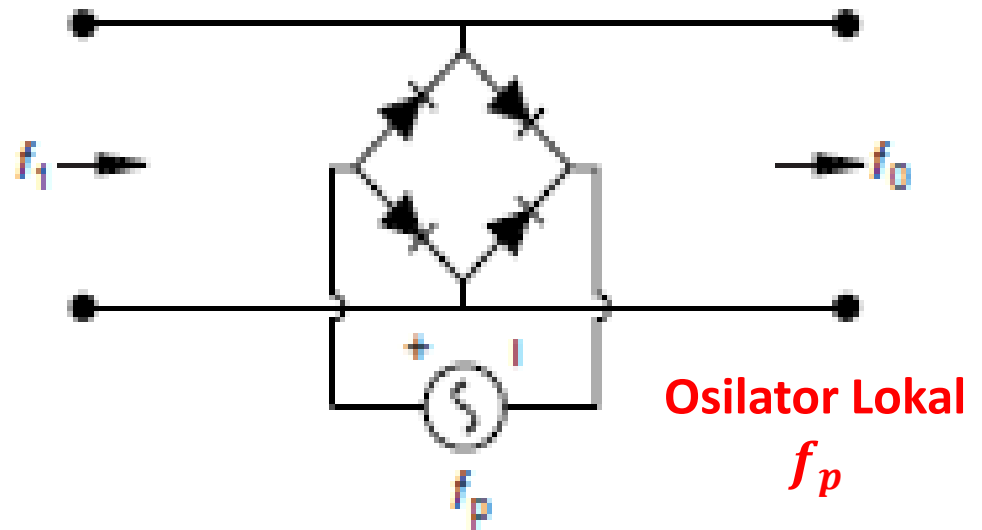
- Rangkaian:



# 11. Single-balanced mixer (1)

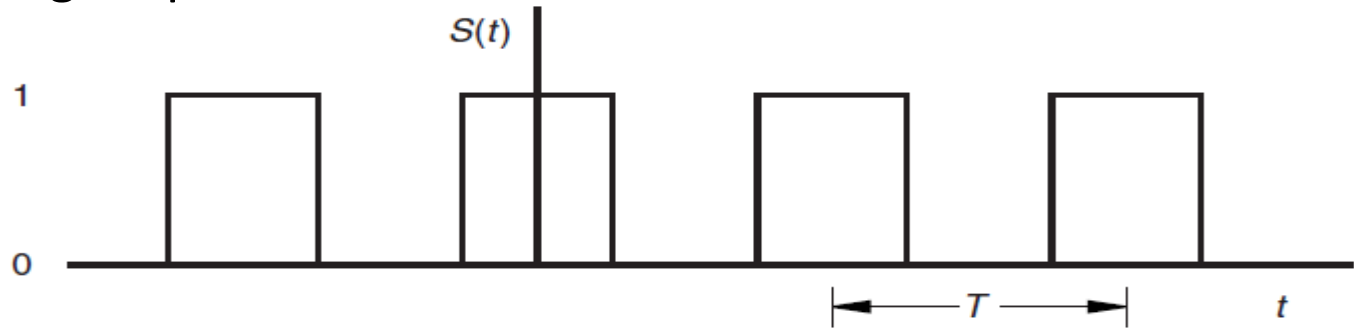
- **Rangkaian:**

- Memakai 4 dioda
- Bila tegangan osilator besar positif, semua dioda short.
- Bila tegangan osilator besar negatif, semua dioda open
- Daya osilator lokal tidak dapat menuju beban keluaran  $f_0$  maupun ke rangkaian masukan  $f_1$ .
- $V_p \gg V_1$
- $V_p \sim \text{gelombang segiempat}$  perioda  $T = 1/f_p$



# 11. Single-balanced mixer (2)

- Gelombang segiempat:



$$S(t) = \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n\pi/2)}{n\pi/2} \cos(n\omega_p t)$$

- Masukan sinyal FR:  $v_{FR}(t) = V_1 \cos(\omega_1 t)$
- Tegangan keluaran:

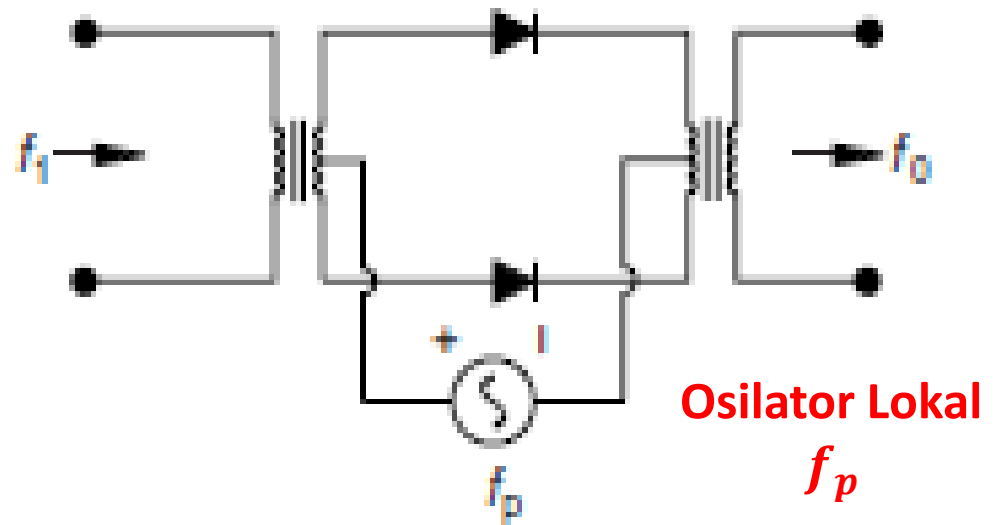
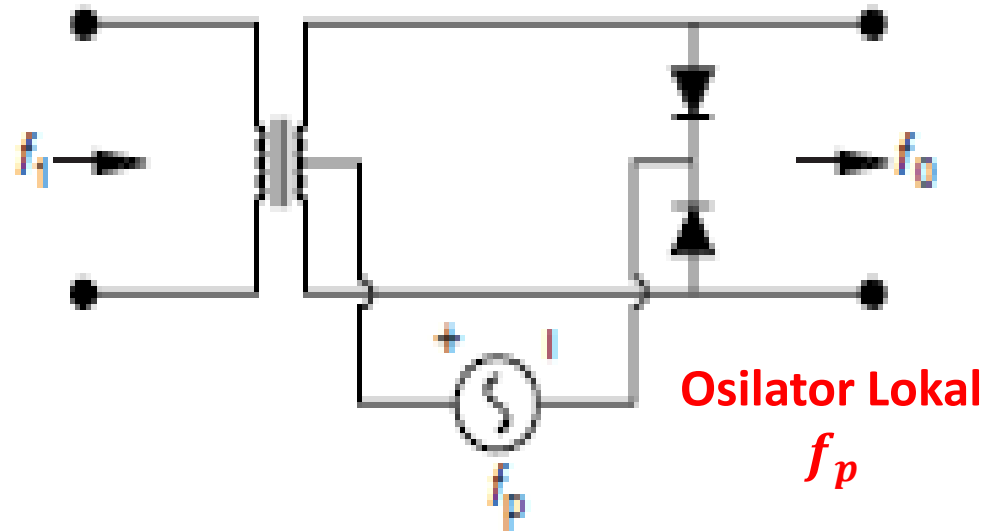
$$v_{FT}(t) = v_0(t) = V_1 \cos(\omega_1 t) S(t)$$

$$v_{FT}(t) = v_0(t) = V_1 \cos(\omega_1 t) \left[ \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n\pi/2)}{n\pi/2} \cos(n\omega_p t) \right]$$

- **Ref 2, hal 230**

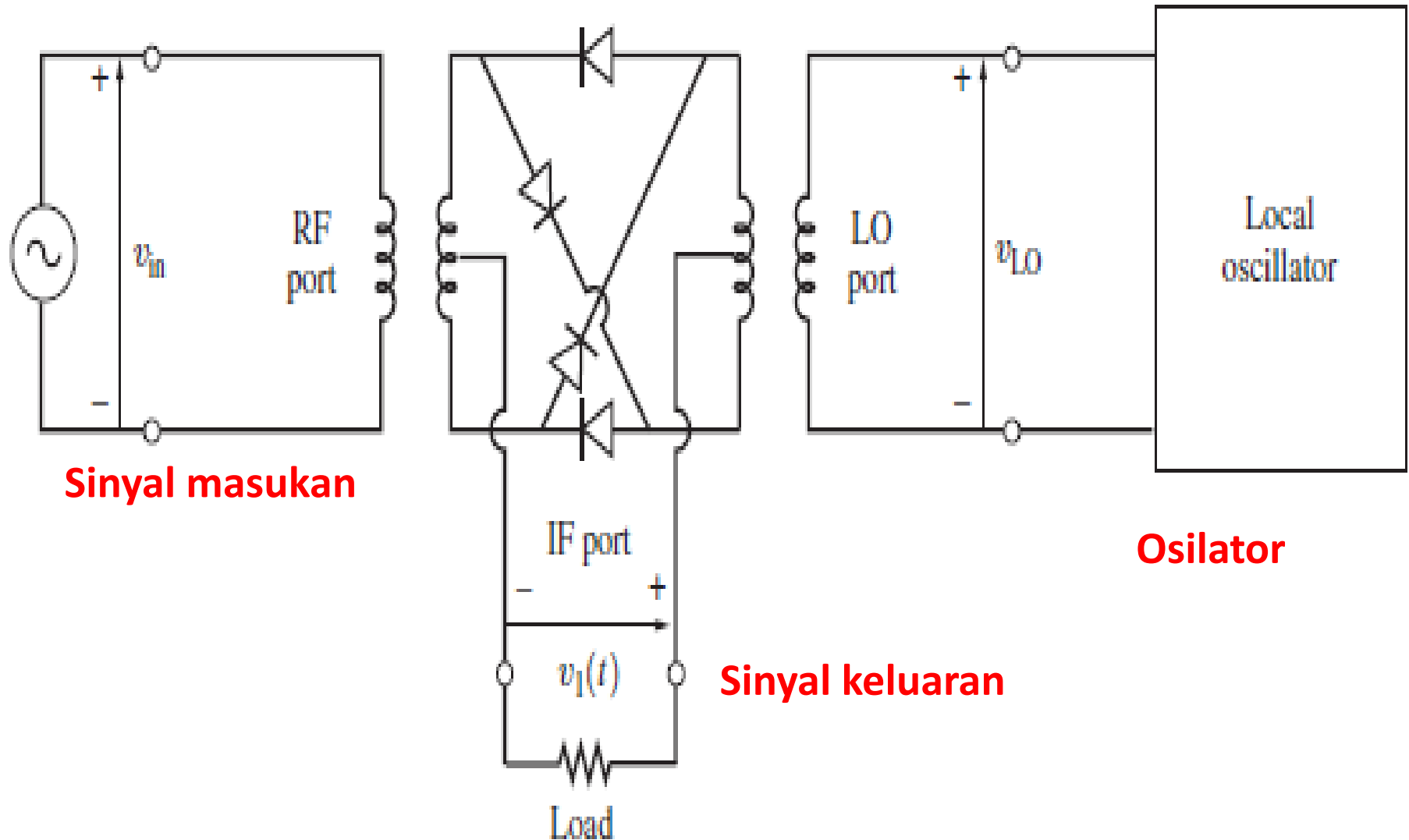
# 11. Single-balanced mixer (3)

- **Rangkaian:**
- Memakai 2 dioda
- Bila tegangan osilator besar positif, semua dioda short.
- Bila tegangan osilator besar negatif, semua dioda open
- Daya osilator lokal tidak dapat menuju beban keluaran  $f_0$  maupun ke rangkaian masukan  $f_1$ .
- $V_p \gg V_1$
- $V_p \sim \text{gelombang segiempat}$  perioda  $T = 1/f_p$



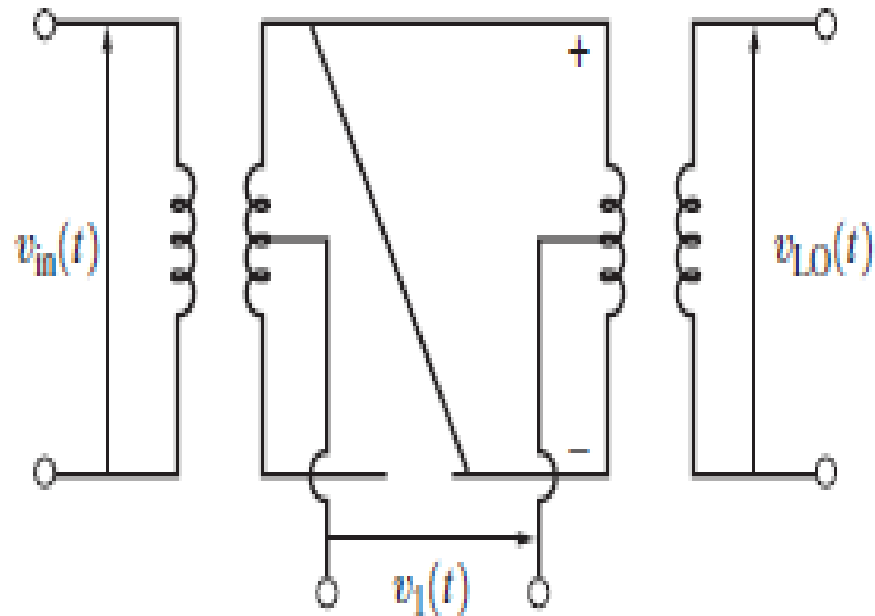
## 12. Double-balanced mixer (1)

- Rangkaian:



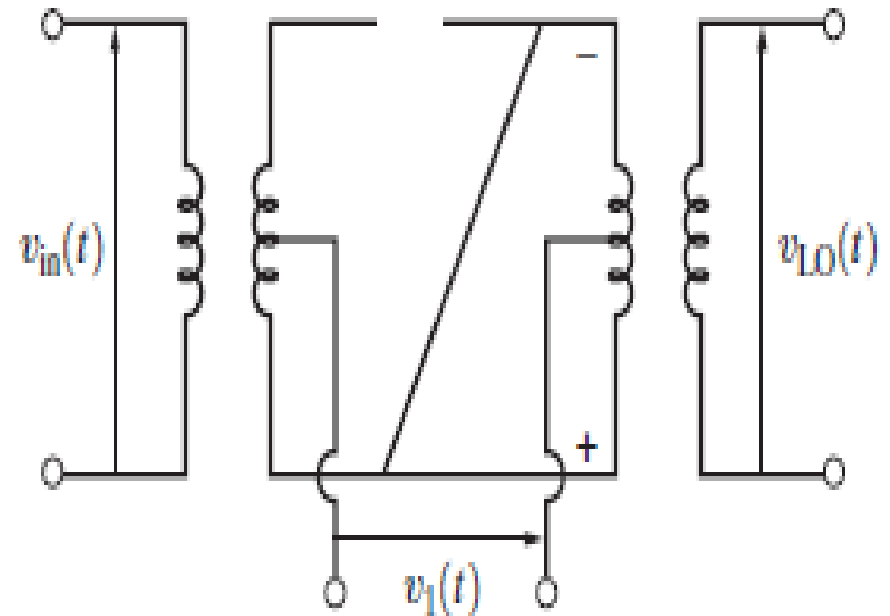
## 12. Double-balanced mixer (2)

- Rangkaian ekuivalen:
- Bila  $v_{LO}(t)$  positif



- Dioda atas short
- Dioda bawah open

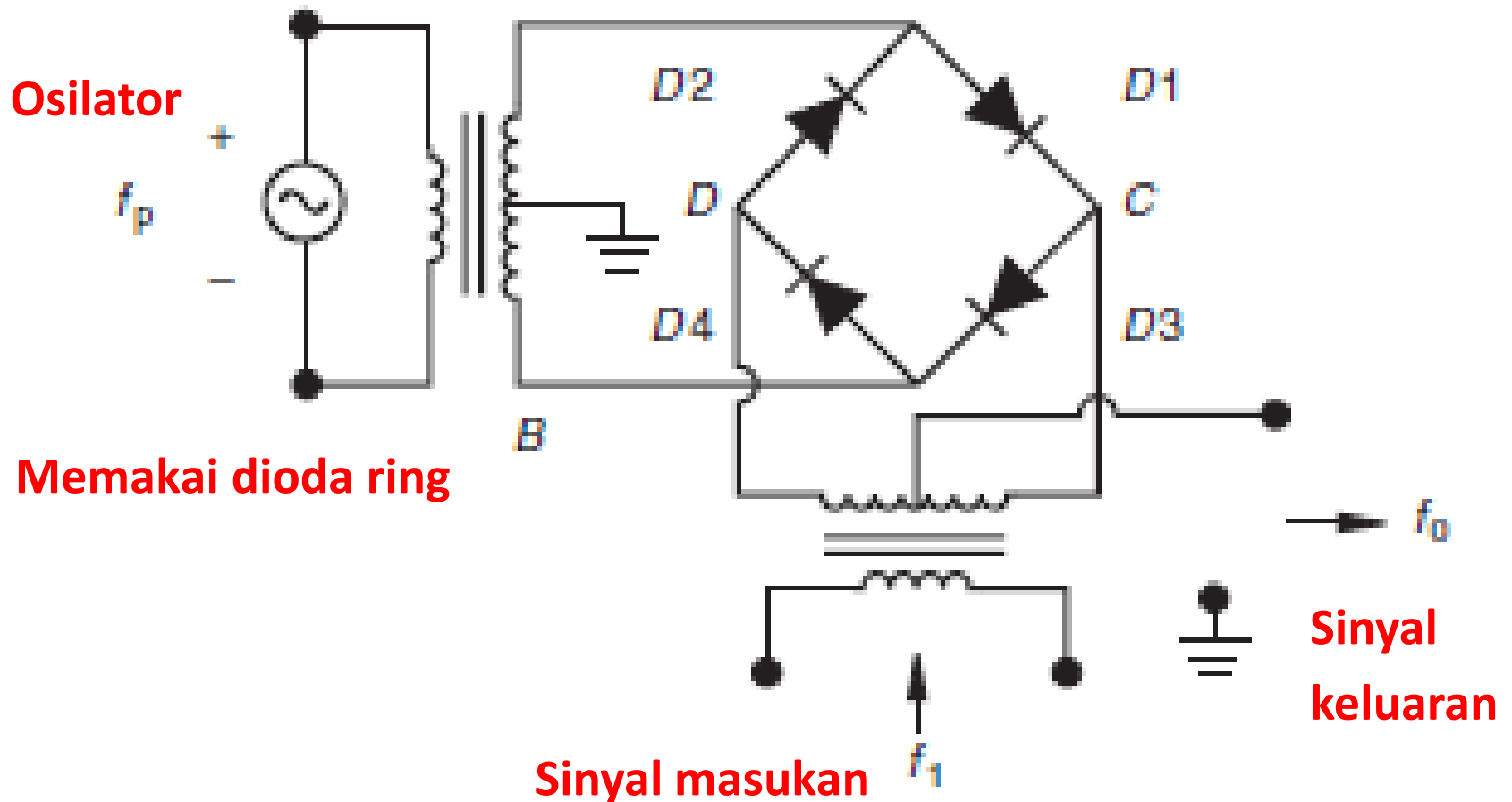
Bila  $v_{LO}(t)$  negatif



Dioda atas open  
Dioda bawah short

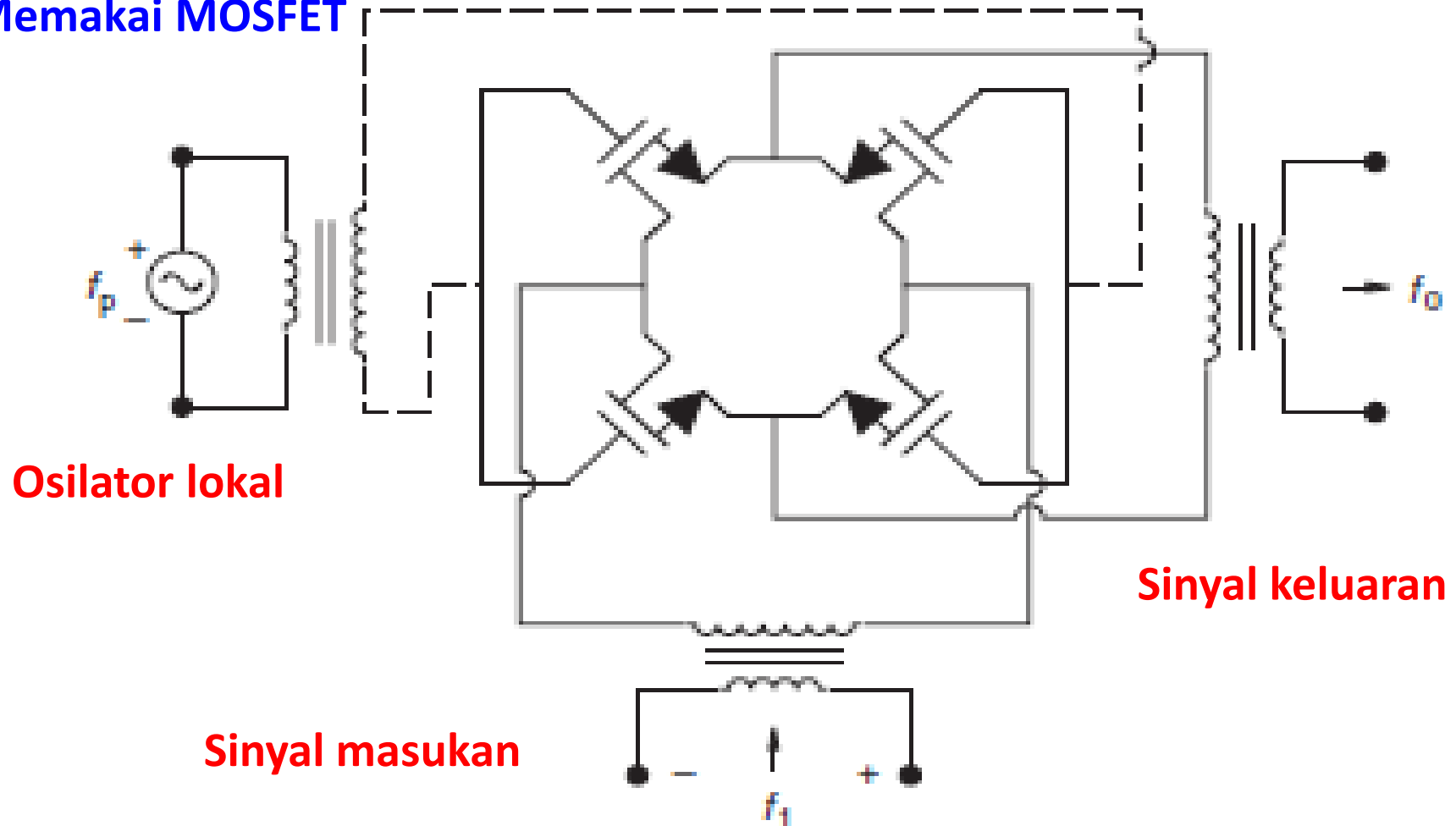
## 12. Double-balanced mixer (3)

- Rangkaian:
- Double-balanced mixer



## 12. Double-balanced transistor mixer

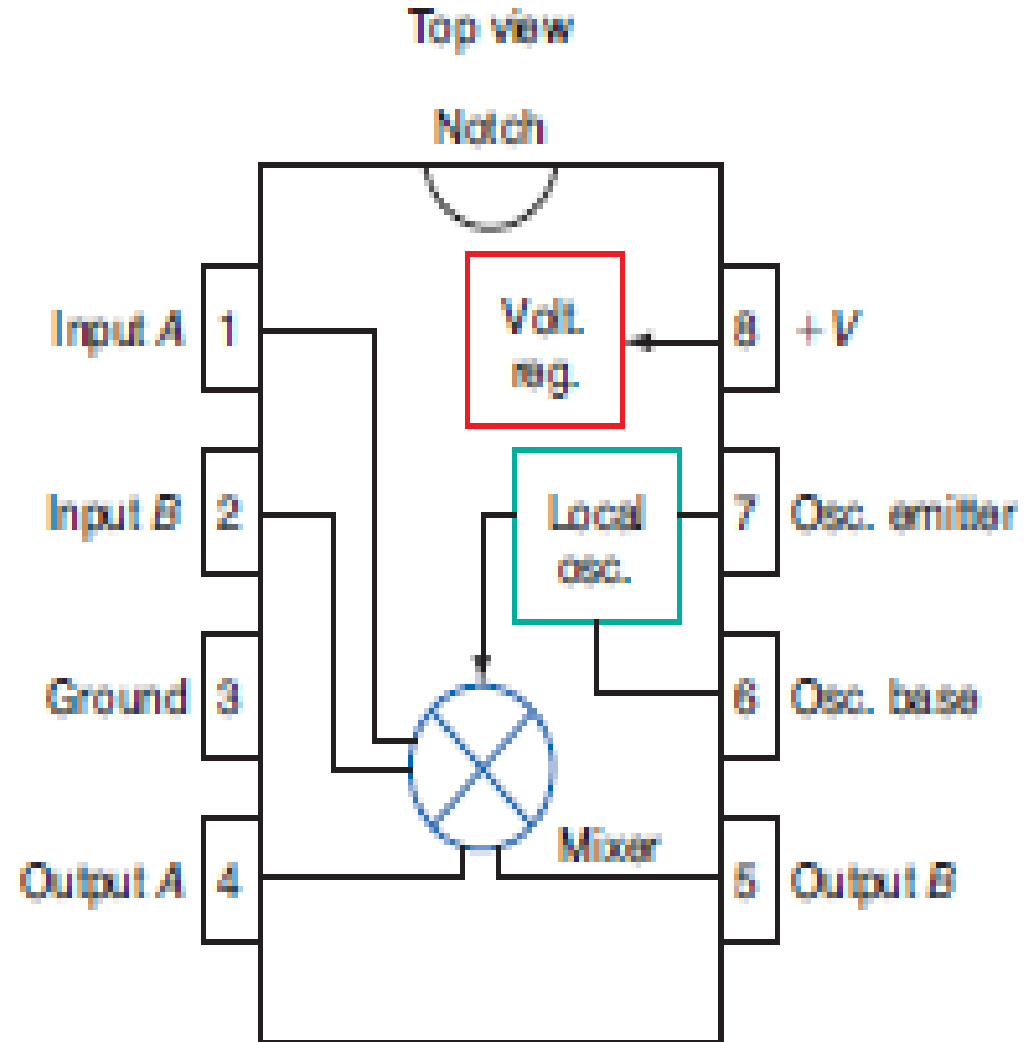
- Rangkaian:
- Memakai MOSFET





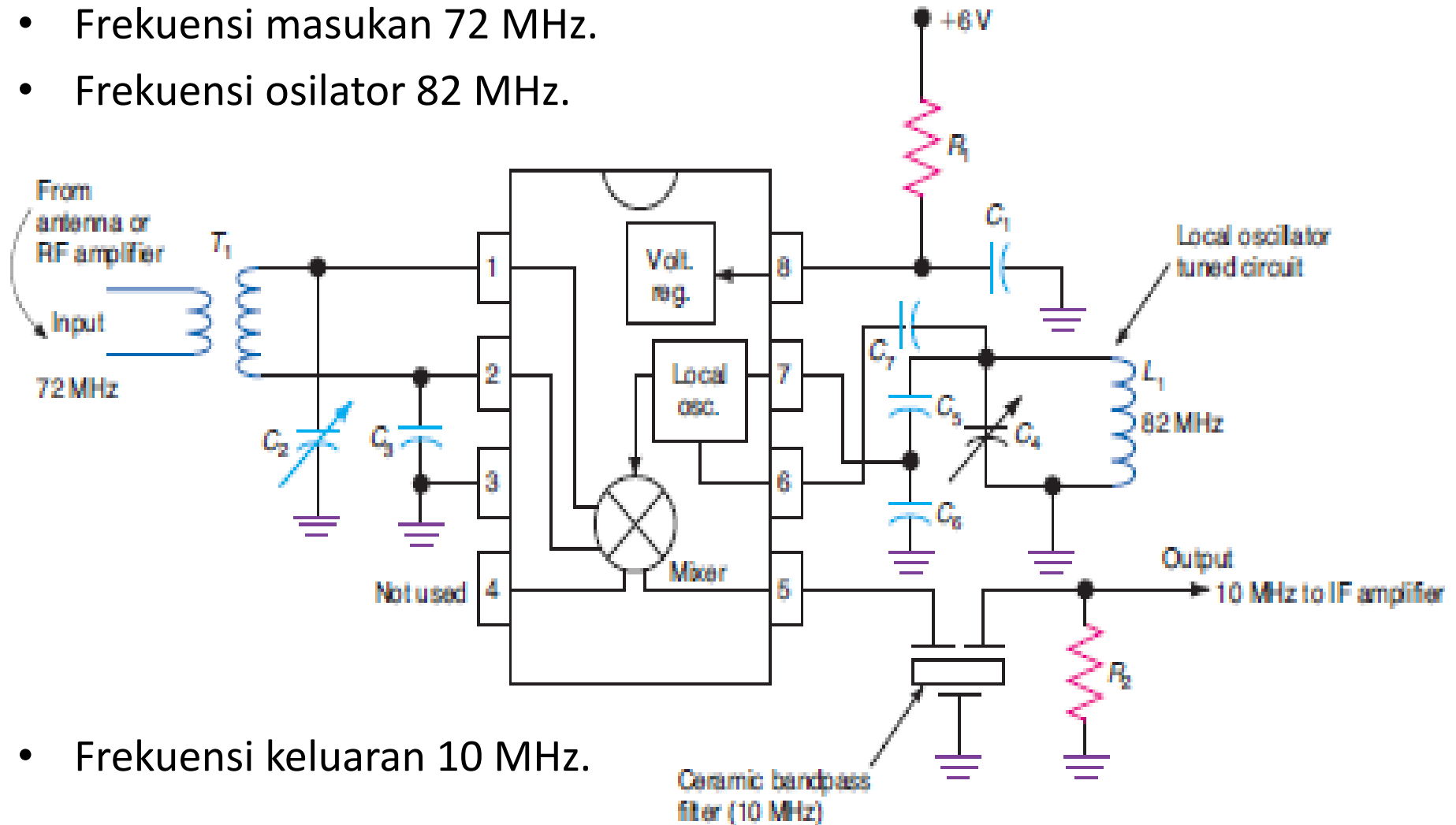
# 13. IC mixers (1)

- **Diagram blok NE602/SA612:**
- 1. Masukan frekuensi tinggi.
- 2. Masukan frekuensi tinggi.
- 3. Ground.
- 4. Keluaran.
- 5. Keluaran.
- 6. Masukan osilator lokal.
- 7. Masukan osilator lokal.
- 8. Tegangan catu daya.



## 13. IC mixers (2)

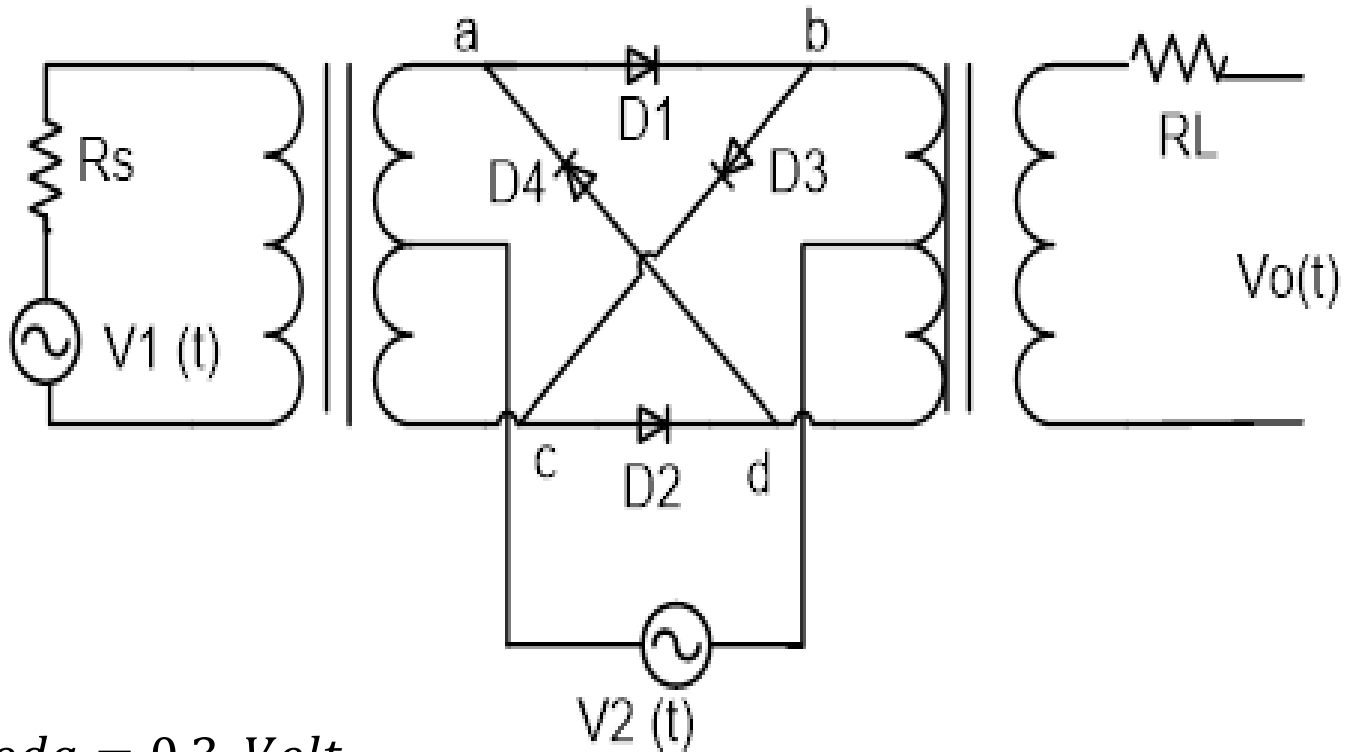
- **Pemakaian NE602/SA612:**
- Frekuensi masukan 72 MHz.
- Frekuensi osilator 82 MHz.



- Frekuensi keluaran 10 MHz.

## Soal no 1. (1)

- Suatu rangkaian mixer, pada gambar di bawah ini :



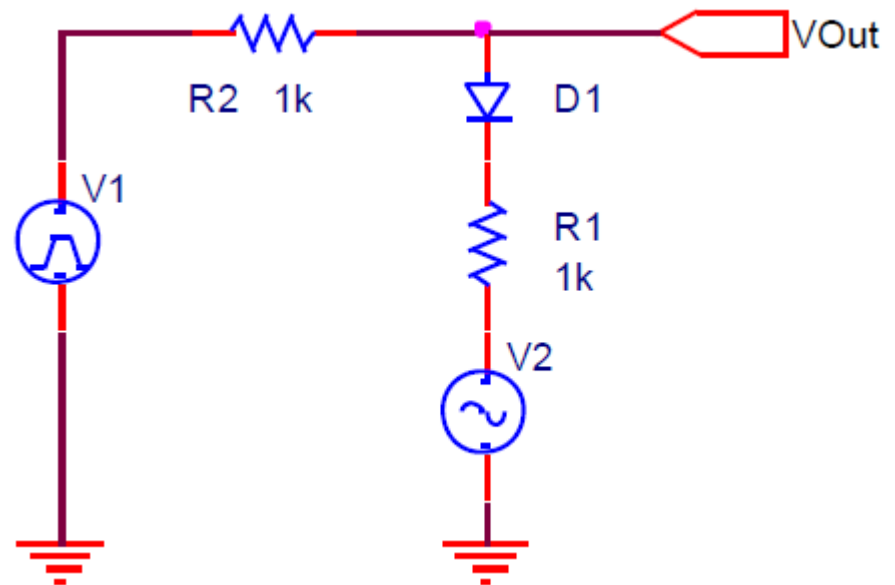
- $V_{ON} \text{ Dioda} = 0,3 \text{ Volt}$
- $V_1(t) = 2 \sin(2\pi \times 10000 t) \text{ Volt};$
- $V_2(t) = 8 \sin(2\pi \times 40000 t) \text{ Volt}$

## Soal no 1. (2)

- Pertanyaan:
  - Dioda D1 dan D2 akan ON pada saat  $V_1(t)$  dan  $V_2(t)$  bernilai berapa ?
  - Dioda D3 dan D4 akan ON pada saat  $V_1(t)$  dan  $V_2(t)$  bernilai berapa ?
  - Gambarkan tegangan di output :  $V_0(t)$
  - Gambarkan kembali tegangan  $V_0(t)$  bila :
    - $V_1(t) = 2 \sin (2\pi \times 40000 t)$  Volt;
    - $V_2(t) = 8 \sin (2\pi \times 10000 t)$  Volt

## Soal no 2.

- Dua buah sinyal:  $V_1$  dan  $V_2$  menjadi masukan mixer seperti pada gambar.
  - $V_1$  adalah gelombang segiempat dengan frekuensi dasar  $20\text{ kHz}$ , duty cycle 50%, dengan tegangan minimum  $-2\text{ Volt}$  dan tegangan maksimum  $2\text{ Volt}$ , sedangkan  $V_2 = \cos(2\pi 10^5 t)$
- a. Bila dioda  $D_1$  dianggap ideal, jelaskan prinsip kerja mixer ini.
- b. Gambarkan dengan skala benar:  $V_1(t)$ ,  $V_2(t)$  dan  $V_{OUT}(t)$ .



# Alphabet Greek

A	$\alpha$	Alpha		I	$\iota$	Iota		P	$\rho$	Rho
B	$\beta$	Beta		K	$\kappa$	Kappa		$\Sigma$	$\sigma$	Sigma
$\Gamma$	$\gamma$	Gamma		$\Lambda$	$\lambda$	Lambda		T	$\tau$	Tau
$\Delta$	$\delta$	Delta		M	$\mu$	Mu		Y	$\upsilon$	Upsilon
E	$\varepsilon$	Epsilon		N	$\nu$	Nu		$\Phi$	$\phi$	Phi
Z	$\zeta$	Zeta		$\Xi$	$\xi$	Xi		X	$\chi$	Chi
H	$\eta$	Eta		O	$\omicron$	Omicron		$\Psi$	$\psi$	Psi
H	$\theta$	Theta		$\Pi$	$\pi$	Pi		$\Omega$	$\omega$	omega

# Referensi:

1. Leon W. Couch, II; Digital and Analog Communication Systems, 8th Edition; Pearson, 2013.
2. W. Alan Davis and Krishna Agarwal; Radio Frequency Circuit Design; John Wiley, 2001.
3. Devendra K. Misra, Radio-Frequency and Microwave Communication Circuits Analysis and Design, 2nd Edition, John Wiley, 2004.
4. David M. Pozar, Microwave Engineering, 4th Edition, John Wiley, 2012.
5. Louis E. Frenzel Jr; Principles of Electronic Communication Systems, 4th Edition; McGraw-Hill, 2016.

- **Bab 9. Rangkaian Mixer**
- **Selesai**