

BAB 9

MIXER (PENCAMPUR)

TTH313

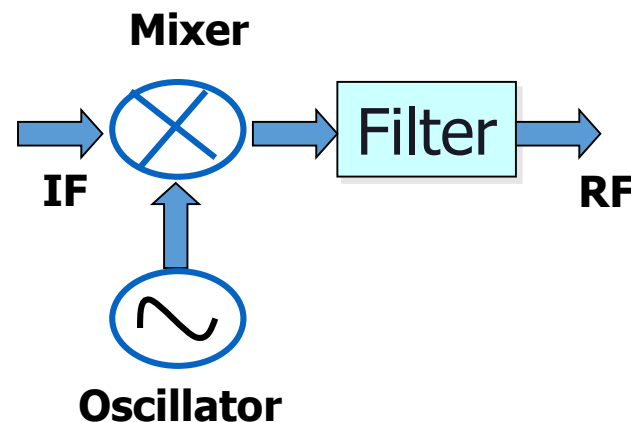
Elektronika Telekomunikasi

KONSEP MIXER

BAB 9 **MIXER**

PENDAHULUAN

- Mixer merupakan devais 3 port yang menggunakan elemen non linier untuk menghasilkan pergeseran/ perubahan frekuensi.
- Suatu komponen non linier akan membangkitkan frekuensi-frekuensi harmonic yang banyak dan lebar, sehingga untuk mendapatkan frekuensi yang diinginkan diperlukan filtering.
- Komponen non linier yang digunakan biasanya adalah diode atau transistor.

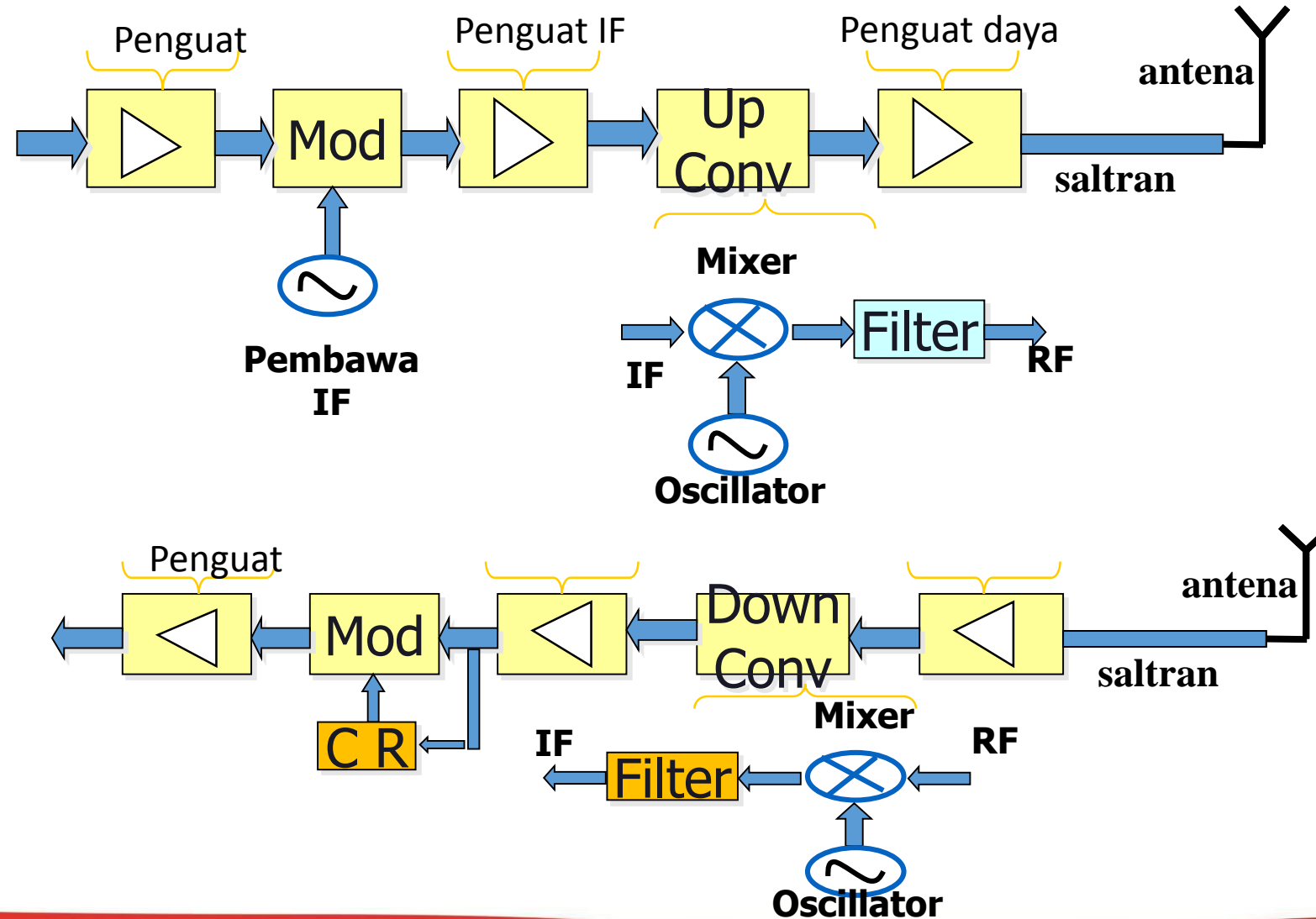


FUNGSI MIXER

Mixer berfungsi sebagai

1. Penggeser pita frekuensi ini dapat digunakan sebagai Down Converter & Up Converter
2. Pengali dalam modulator AM
3. Detektor fasa pada PLL, dsb
4. Scrambler (pengacak) sinyal analog

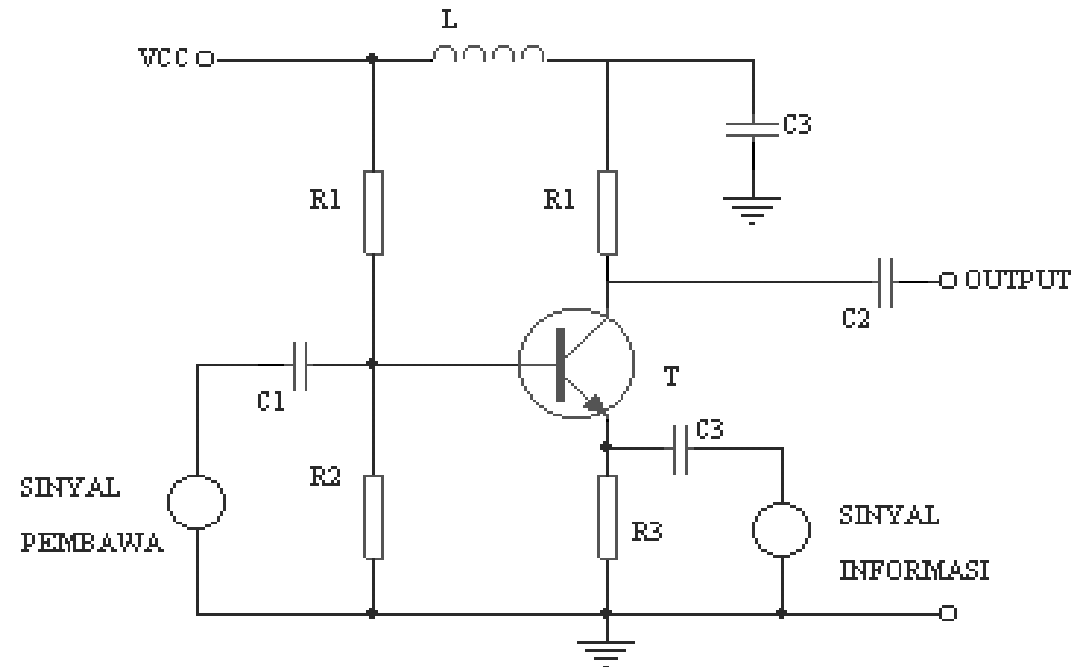
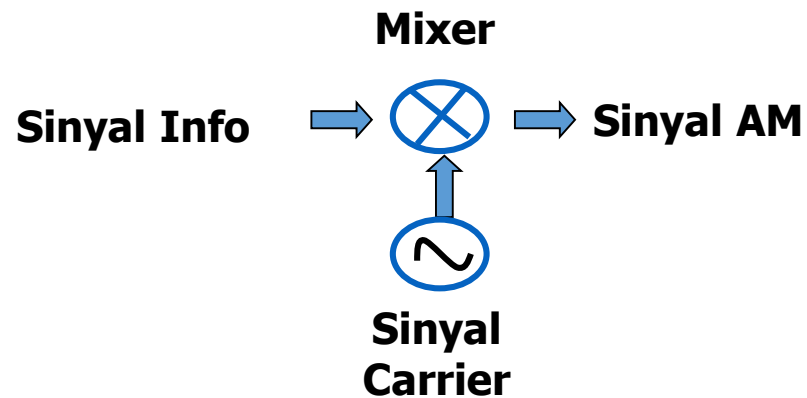
MIXER SEBAGAI UP/ DOWN CONVERTER



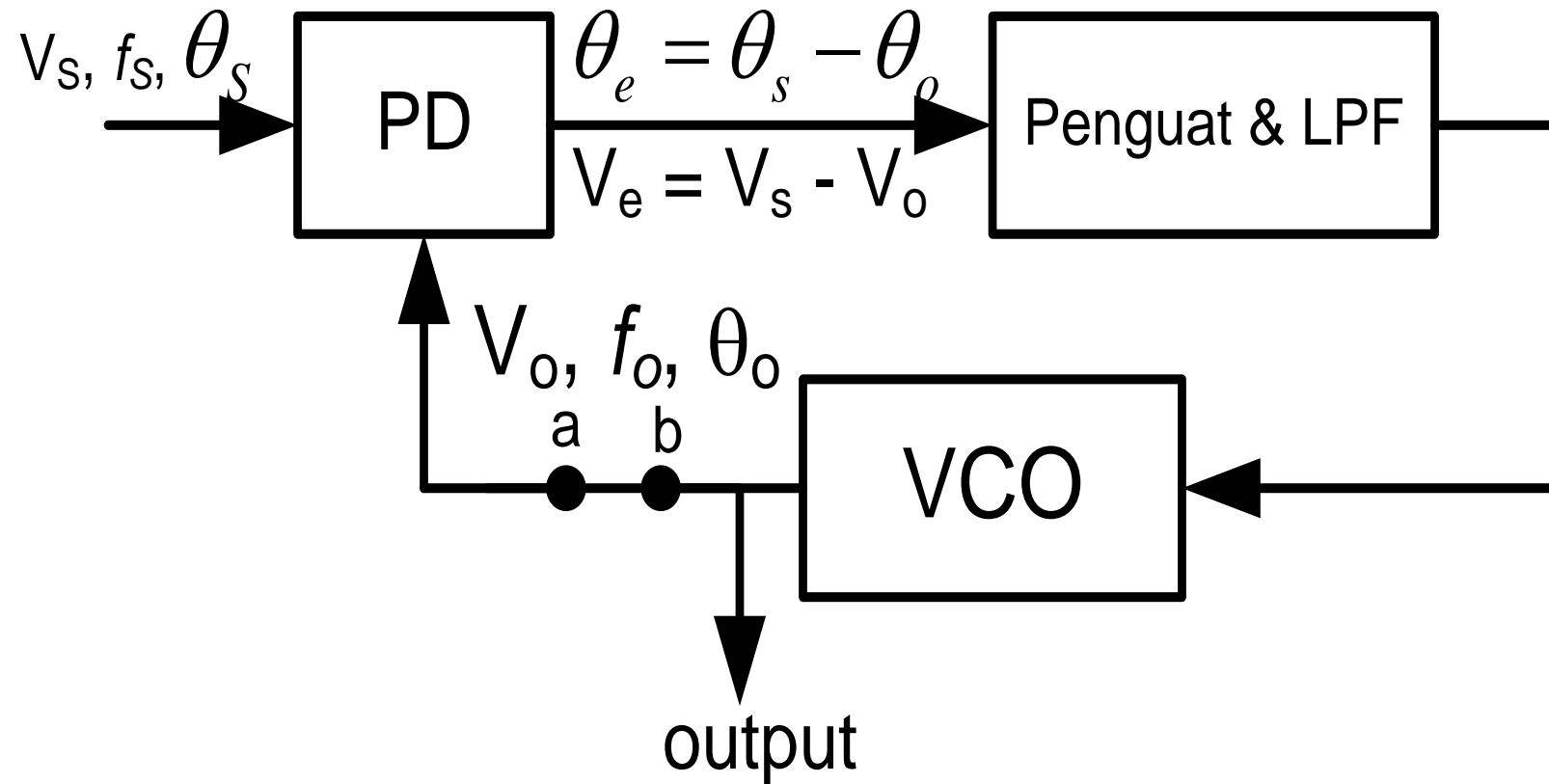
- Sistem microwave saat ini biasanya beberapa mixer dan filter untuk melakukan fungsi frequency up-conversion and down-conversion antara frekuensi sinyal baseband dan frekuensi RF carrier

MIXER SEBAGAI MODULATOR AM

- Sistem AM (Amplitude Modulation) bisa didapatkan hanya dengan mengalikan sinyal informasi dan sinyal pembawa dengan menggunakan mixer
- Biasanya digunakan transistor sebagai mixer



MIXER SEBAGAI DETEKTOR FASA PADA PLL

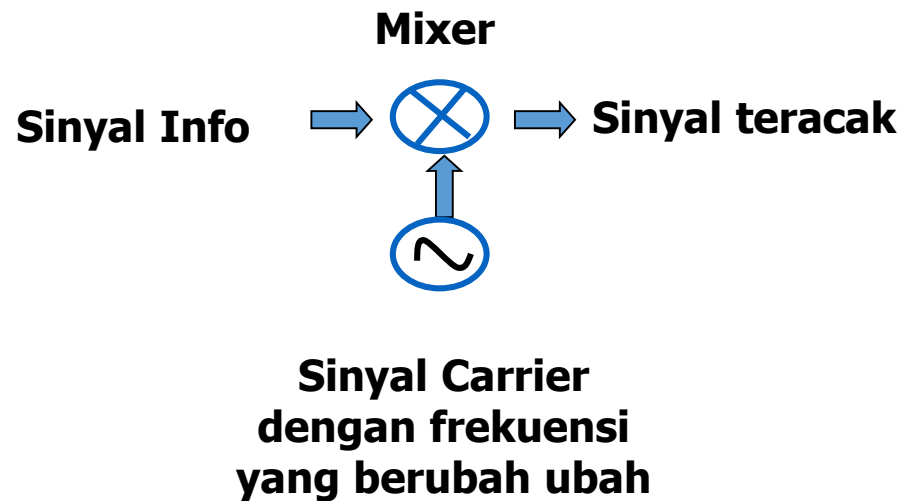


PD = Phase Detector

VCO = Voltage Controlled Oscillator

MIXER SEBAGAI SCRAMBLER

- Sistem scrambling sinyal bisa didapatkan hanya dengan mengalikan sinyal informasi dan sinyal pembawa/ carrier dengan frekuensi yang berubah-ubah

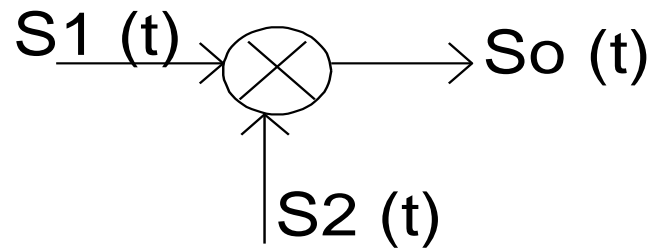


PRINSIP KERJA

BAB 9 **MIXER**

PRINSIP KERJA MIXER

Mixer merupakan rangkaian yang berfungsi untuk mengalikan sinyal. Prinsip dasarnya adalah dua buah sinyal masuk ke suatu rangkaian non linier yang menghasilkan frekuensi-frekuensi lain selain frekuensi dua buah sinyal masukan tersebut dengan amplituda tertentu.



$$S_0(t) = S_1(t) \cdot S_2(t)$$

$$S_0(f) = S_1(f) * S_2(f) \Rightarrow \int_{-\infty}^{\infty} S_1(\lambda) \cdot S_2(f - \lambda) \cdot d\lambda$$

Analisis Domain Waktu

$$S_1(t) = 1 \cos(2\pi f_1 t + \theta_1)$$

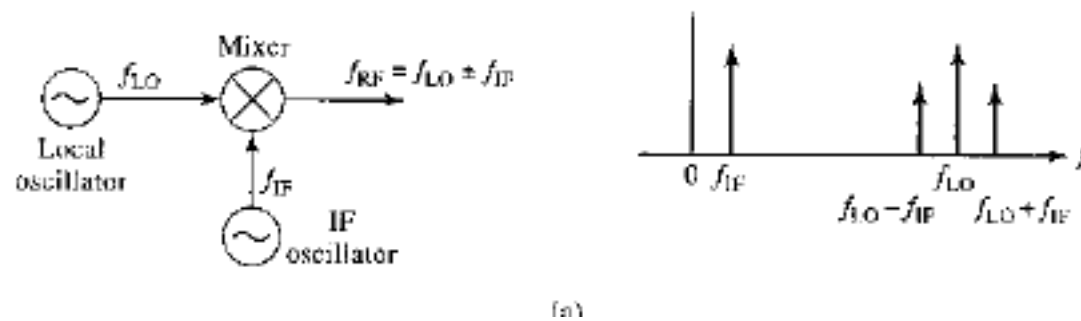
$$S_2(t) = 1 \cos(2\pi f_2 t + \theta_2)$$

Berdasarkan sifat persamaan trigonometri : $\cos A \cdot \cos B = \frac{1}{2} \cos[A + B] + \frac{1}{2} \cos[A - B]$

Maka
$$S_o(t) = S_1(t) \cdot S_2(t) = \frac{1}{2} \{ \cos[2\pi(f_1 + f_2)t + (\theta_1 + \theta_2)] + \cos[(2\pi(f_2 - f_1)t) + (\theta_2 - \theta_1)] \}$$

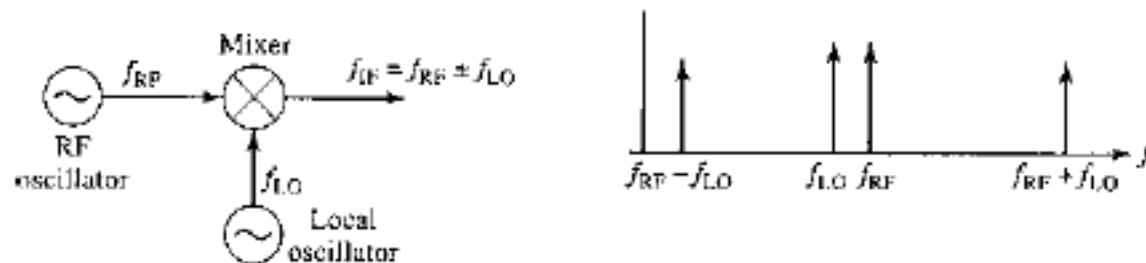
PRINSIP KERJA MIXER

Up Conversion.



$$f_{RF} = f_{LO} \pm f_{IF}.$$

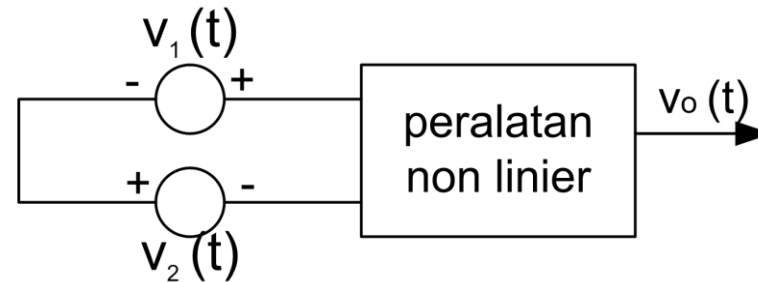
Down Conversion.



$$f_{IF} = f_{RF} - f_{LO}.$$

Device non linier

Realistic mixer akan menghasilkan berbagai frekuensi akaibat sifat ketidaklinieran komponen diode atau transistor. Frekuensi-frekuensi lain yang tidak diinginkan akan dihilangkan dengan filtering.



$$V_i(t) = V_1(t) + V_2(t); V_o(t) = a \cdot V_i(t) + b \cdot V_o(t)^2$$

Jika $V_1(t) = \cos(\omega_1 t)$ dan $V_2(t) = \cos(\omega_2 t)$; maka :

$$\begin{aligned} V_o(t) &= a \cdot \cos(\omega_1 t) + a \cdot \cos(\omega_2 t) + V_1^2 \cdot \cos^2(\omega_1 t) + b \cdot \cos^2(\omega_2 t) + \\ &\quad b \cdot \cos(\omega_1 t) \cdot \cos(\omega_2 t) \\ &= a \cdot \cos(\omega_1 t) + a \cdot \cos(\omega_2 t) + 0,5 \cdot b + 0,5 \cdot b \cdot \cos(2\omega_1 t) + 0,5 \cdot b + \\ &\quad 0,5 \cdot b \cdot \cos(\omega_2 t) + b \cdot \cos(\omega_2 t - \omega_1 t) + b \cdot \cos(\omega_1 t + \omega_2 t) \end{aligned}$$

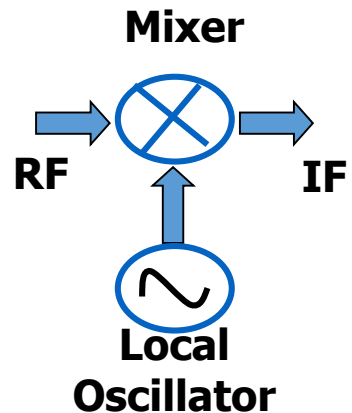
Agar maka rangkaian Device Non Linier di atas bisa menjadi MIXER, maka diperlukan filter BPF dengan nilai tengah frekuensi yang diinginkan.

FREKUENSI LO DAN FREKUENSI BAYANGAN DALAM MIXER

BAB 9

MIXER

FREKUENSI LOCAL OSCILATOR



Untuk suatu nilai frekuensi RF dan frekuensi IF tertentu, terdapat dua frekuensi LO yang dapat digunakan:

$$f_{LO} = f_{RF} \pm f_{IF},$$

- Contoh : Radio FM mempunyai frekuensi IF = 10,7 MHz. Apabila diterima frekuensi RF 100 MHz, maka frekuensi LO yang mungkin adalah :

$$f_{LO1} = 100 \text{ MHz} + 10,7 \text{ MHz} = 110,7 \text{ MHz}$$

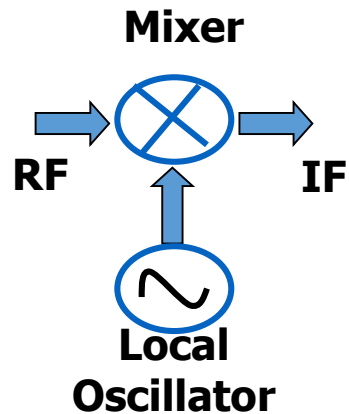
$$f_{LO2} = 100 \text{ MHz} - 10,7 \text{ MHz} = 89,3 \text{ MHz}$$

Tinggal dipilih salah satu frekuensi LO yang digunakan

FREKUENSI BAYANGAN

- Untuk suatu penerima sinyal RF dengan frekuensi LO tertentu (f_{LO}) dan frekuensi IF tertentu (f_{IF}), terdapat 2 frekuensi input RF yang mungkin yang akan menghasilkan frekuensi IF yang diinginkan. Frekuensi RF yang tidak diinginkan disebut frekuensi bayangan (image frequency)

$$f_{RF} = f_{LO} + f_{IF}$$



- Seperti contoh sebelumnya, Radio FM menerima frekuensi RF 100 Mhz. Agar menghasilkan output frekuensi IF = 10,7 MHz, diambil frekuensi LO : 110,7 MHz
- Maka frekuensi bayangan (frekuensi RF lain yang juga menghasilkan frekuensi IF 10,7 MHz) adalah :

$$f_{RF2} = f_{LO} + f_{IF} = 110,7 \text{ MHz} + 10,7 \text{ MHz} = 121,4 \text{ MHz}$$

$$\text{Karena : } 121,4 \text{ MHz} - 110,7 \text{ MHz} = 10,7 \text{ MHz}$$

CONTOH FREKUENSI BAYANGAN

- Sistem telephone seluler digital IS-54 menggunakan frekuensi terima pada **band 869–894 MHz**, dengan frekuensi IF yang pertama = 87 MHz dan bandwidth kanal 30 kHz.
 - a. Hitung dua range frekuensi LO yang mungkin.
 - b. Jika yang digunakan adalah upper LO frequency range, tentukan image frequency range
 - c. Apakah image frequency berada di dalam passband sinyal terima?

SOLUSI

Dua frekuensi LO yang mungkin adalah :

$$f_{LO} = f_{RF} \pm f_{IF} = (869 - 894) \pm 87 = 956 - 981 \text{ MHz} \\ 782 - 807 \text{ MHz.}$$

Dengan menggunakan frekuensi LO 956–981 MHz, maka frekuensi IF adalah :

$$f_{IF} = f_{RF} - f_{LO} = (869 - 894) - (956 - 981) = -87 \text{ MHz,}$$

RF image frequency range adalah

$$f_{IM} = f_{LO} - f_{IF} = (956 - 981) + 87 = 1043 - 1068 \text{ MHz,} \rightarrow \text{di luar passband penerima}$$

PARAMETER KINERJA MIXER

BAB 9 **MIXER**

PARAMETER MIXER

Beberapa parameter yang dipakai dalam menyatakan performansi mixer :

1. *Harmonic Intermodulation Distortion (distorsi intermodulasi harmonik)* : Distorsi yang disebabkan oleh karena frekuensi harmonik yang dihasilkan mixer akibat sinyal masukan tertentu
2. *Conversion Loss* : Besarnya redaman dalam dB sinyal masukan mixer pada sinyal keluaran mixer
3. *Noise Figure (gambaran derau)* : Menyatakan besarnya rapat spektral daya noise relatif yang dibangkitkan oleh perangkat mixer.
4. *Dynamic Range* : Daerah amplituda dimana mixer tidak berkurang performansinya (karakteristik mixer yang 'linier')

Harmonic Intermodulation Distortion

$S(t)$ =akibat penyambungan dioda

$S(t)$ =dalam deret fourier

$$S(t) = \frac{1}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n \frac{\pi}{2}}{n \cdot \frac{\pi}{2}} \cdot \cos(n \cdot 2\pi f_c t) \quad (\text{KRAUS})$$

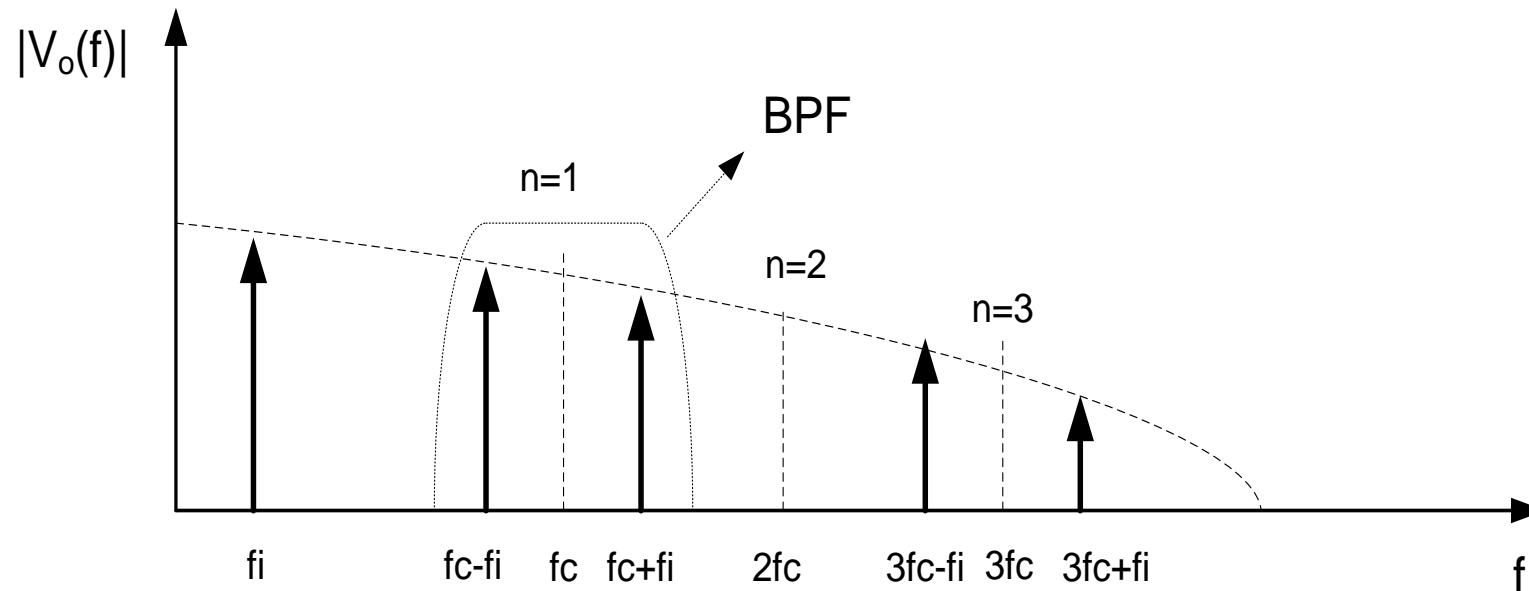
$$V_o(t) = V_{RF}(t) \cdot S(t)$$

Harmonic Intermodulation Distortion

Komponen $\frac{\sin(n \cdot \frac{\pi}{2})}{n \cdot \frac{\pi}{2}}$

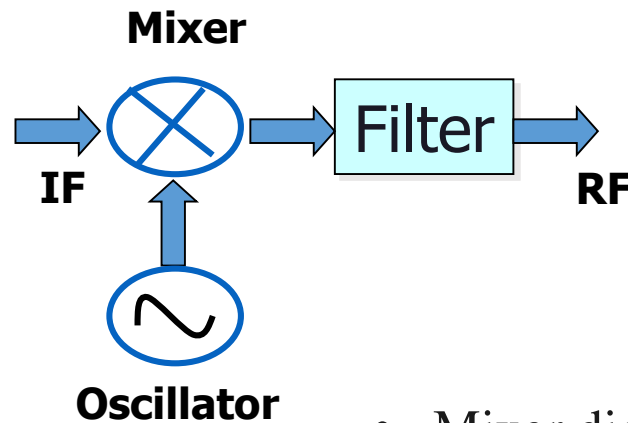
→ n genap → harmonik=0

→ n ganjil → ada harmonik



Conversion Loss

- Loss yang terjadi dalam proses konversi frekuensi yang disebabkan oleh timbulnya frekuensi harmonic dan frekuensi lain yang tidak diinginkan
- Conversion loss juga memasukkan komponen loss resistif dalam mixer.
- Conversion loss lebih kritis di system penerima dan harus diminimalkan dalam rangka meningkatkan SNR



$$L_c = 10 \log \frac{\text{available RF input power}}{\text{available IF output power}} \geq 0 \text{ dB.}$$

- Mixer diode mempunyai nilai conversion loss tipikal 4 and 7 dB pada range frekuensi 1–10 GHz.
- Mixer Transistor mixers mempunyai conversion loss yang lebih rendah, bahkan malah mempunyai *conversion gain* beberapa dB.

Conversion Loss

- Mixer memerlukan impedance matching pada ketiga portnya, hal ini merupakan masalah kompleks karena adanya beberapa frekuensi dan adanya harmonic yang timbul.
- Secara ideal setiap port mixer harus match pada frekuensi kerja tertentu (RF, LO, or IF), dan frekuensi-frekuensi yang tidak diinginkan harus diabsorbsi dengan beban resistif atau diblok dengan terminasi reaktif.
- Beban resistif akan meningkatkan loss mixer, beban reaktif nilainya akan terpengaruh/sensitive terhadap frekuensi.

Noise Figure

- Dalam mixer noise dibangkitkan oleh elemen diode atau transistor dan oleh noise thermal yang disebabkan loss resistif.
- Noise figures practical mixers nilainya antara 1 - 5 dB
- Mixer diode pada umumnya mempunyai noise figure yang lebih rendah daripada mixer transistor.
- Noise figure mixer tergantung apakah inputnya sinyal SSB (single-sideband) atau sinyal DSB (doublesideband). Hal ini disebabkan karena mixer akan down-convert noise pada kedua frekuensi sideband, tapi daya sinyal SSB setengah dari sinyal DSB

Noise Figure untuk Sinyal Input DSB

untuk Sinyal Input DSB $v_{\text{DSB}}(t) = A[\cos(\omega_{\text{LO}} - \omega_{\text{IF}})t + \cos(\omega_{\text{LO}} + \omega_{\text{IF}})t]$.

Hasil mixing dengan sinyal dari LO $\cos \omega_{\text{LO}}t$ and low-pass filtering :

$$v_{\text{IF}}(t) = \frac{AK}{2} \cos(\omega_{\text{IF}}t) + \frac{AK}{2} \cos(-\omega_{\text{IF}}t) = AK \cos \omega_{\text{IF}}t,$$

K adalah suatu konstanta

Daya rata-rata sinyal input DSB :

$$S_i = \frac{A^2}{2} + \frac{A^2}{2} = A^2,$$

Daya rata-rata sinyal output IF

$$S_o = \frac{A^2 K^2}{2}.$$

Daya noise input ($T_0 = 290$ K dan B adalah bandwidth IF)

$$N_i = kT_0 B,$$

Daya noise output = (daya noise input + tambahan noise dari mixer) dibagi loss konversi

$$N_o = \frac{(KT_0 B + N_{\text{added}})}{L_c}.$$

NOISE FIGURE MIXER UNTUK DSB

$$F_{\text{DSB}} = \frac{S_i N_o}{S_o N_i} = \frac{2}{K^2 L_c} \left(1 + \frac{N_{\text{added}}}{kT_0 B} \right).$$

Noise Figure untuk Sinyal Input SSB

untuk Sinyal Input sSB $v_{\text{DSB}}(t) = A \cos(\omega_{\text{LO}} - \omega_{\text{IF}})t$

Hasil mixing dengan sinyal dari LO $\cos \omega_{\text{LO}}t$ and low-pass filtering :

$$v_{\text{IF}}(t) = \frac{AK}{2} \cos(\omega_{\text{IF}}t).$$

K adalah suatu konstanta

Daya rata-rata sinyal input DSB :

$$S_i = \frac{A^2}{2},$$

Daya rata-rata sinyal output IF

$$S_o = \frac{A^2 K^2}{8}.$$

Daya noise input ($T_0 = 290$ K dan B adalah bandwidth IF)

$$N_i = kT_0 B,$$

Daya noise output = (daya noise input + tambahan noise dari mixer) dibagi loss konversi

$$N_o = \frac{(KT_0 B + N_{\text{added}})}{L_c}.$$

NOISE FIGURE MIXER UNTUK SSB

$$F_{\text{SSB}} = \frac{S_i N_o}{S_o N_i} = \frac{4}{K^2 L_c} \left(1 + \frac{N_{\text{added}}}{kT_0 B} \right).$$

$$F_{\text{SSB}} = 2F_{\text{DSB}}.$$

IMPLEMENTASI MIXER DENGAN DIODA

BAB 9 **MIXER**

IMPLEMENTASI MIXER

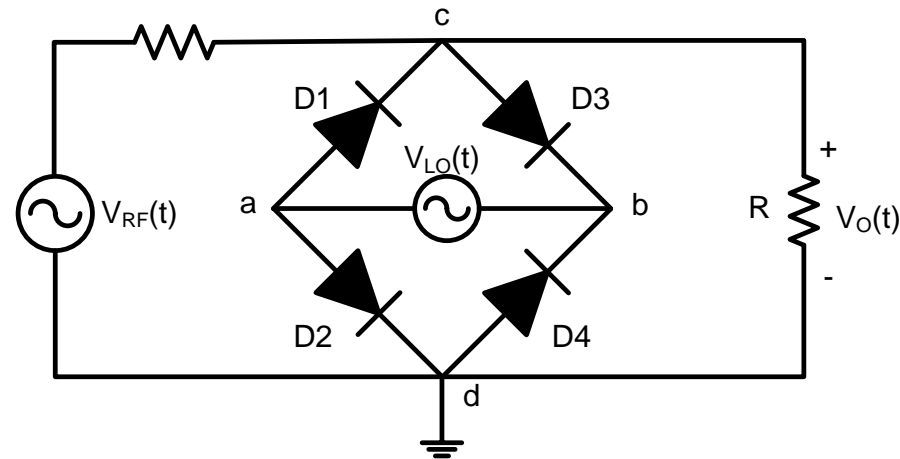
Mixer dapat diimplementasikan dengan beberapa bentuk rangkaian, antara lain :

1. Mixer dengan menggunakan Dioda
2. Mixer dengan menggunakan Transistor
3. Mixer dengan menggunakan rangkaian terintegrasi (IC)

1. Mixer dengan menggunakan Dioda

A. Mixer dengan dioda berimbang

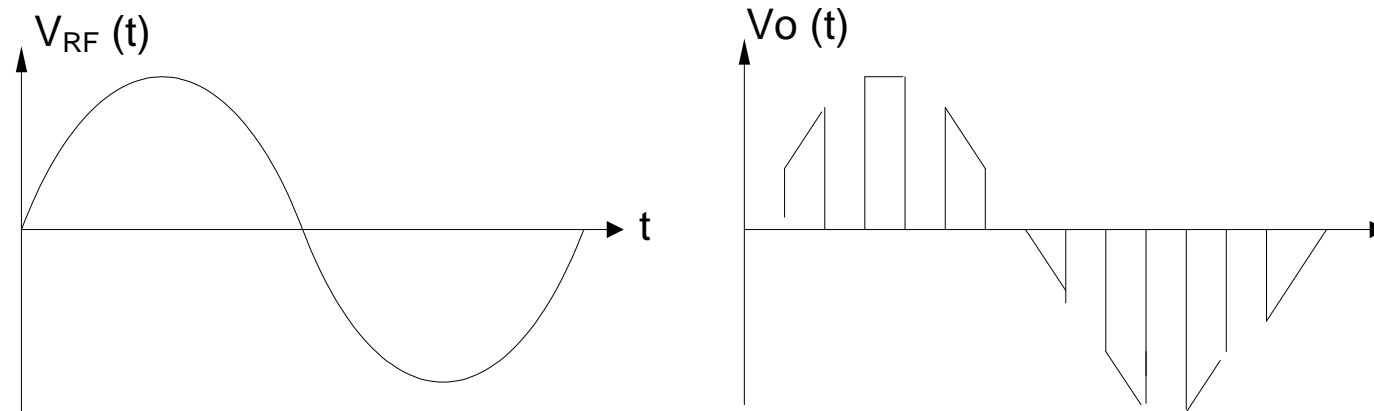
Kelebihan : frekuensi RF masih muncul pada *port* keluaran IF



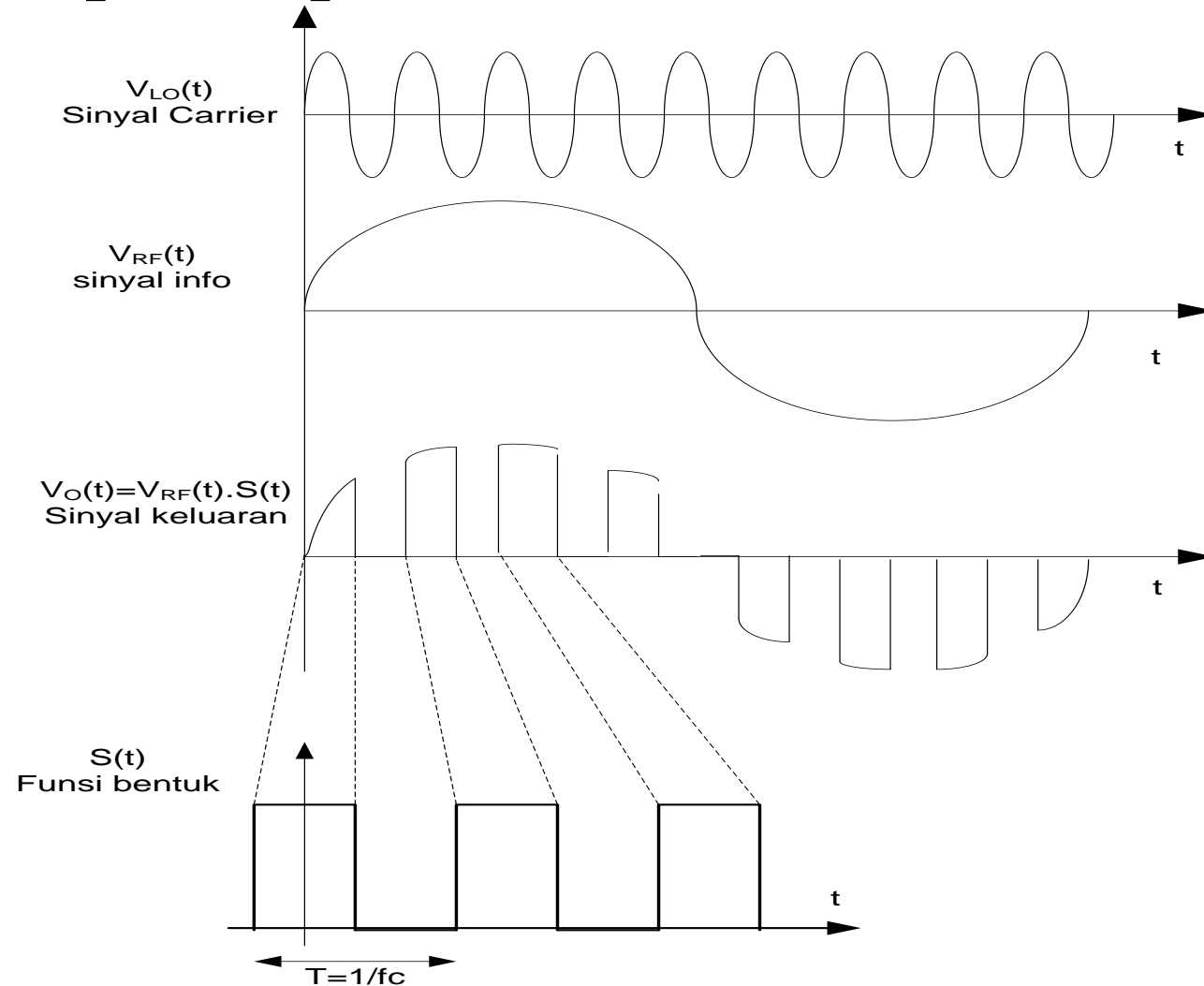
Cara kerja rangkaian :

Frekuensi-frekuensi masukannya adalah f_{RF} dan f_{LO} dan frekuensi keluarannya adalah f_{IF} , tegangan osilator local berada dititik a dan b. Tegangan V_{LO} dimisalkan cukup besar untuk menghidupkan dioda-dioda selama $\frac{1}{2}$ siklus, kalau a lebih positif dari b dan sama sekali mati selama $\frac{1}{2}$ siklus yang lain V_{RF} berada antara titik c dan d. Dimisalkan juga bahwa V_{LO} jauh lebih besar dari V_{RF} sehingga V_{LO} dapat mengendalikan keadaan dioda setiap saat. Dengan begitu dioda bekerja sebagai penyambung (switch) yang akan menghubungkan dan memutuskan c dan d secara

bergantian dan periodik. Sehingga kalau V_{ab} positif dan lebih besar dari tegangan antara kedua kutub dioda pada saat dioda ON, maka titik c dan d akan terhubung, sehingga V_o akan sama dengan nol. Sedangkan kalau V_{ab} negatif maka keempat dioda akan OFF sehingga titik c dan d akan terpisah sehingga V_o akan sama dengan V_{RF} jika R_s pada sumber V_{RF} diabaikan. Untuk pencampur pada penerima maka beban akan ditala pada frekuensi f_{IF} , sehingga akan menapis komponen frekuensi yang tidak diinginkan

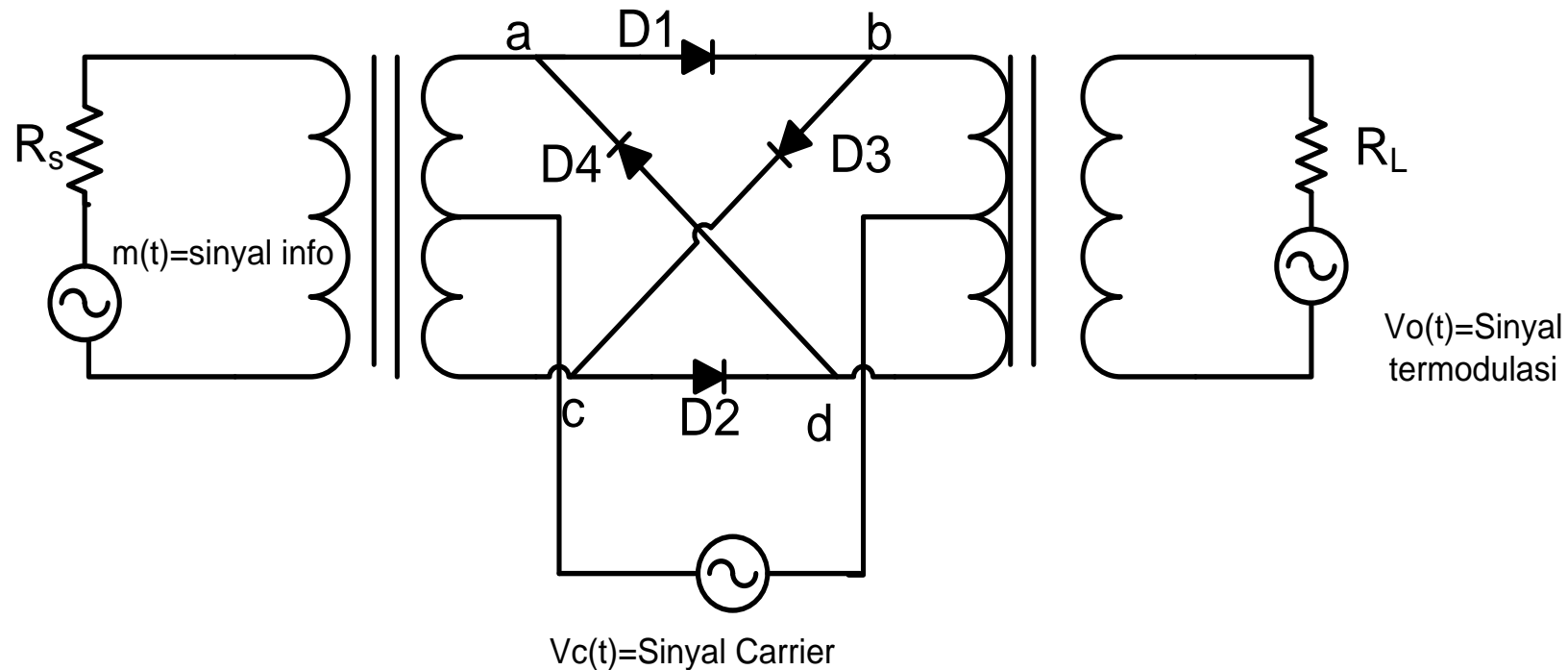


Gambar sinyal input output



B. Mixer dengan dioda berimbang ganda

Kelebihan : frekuensi RF tidak muncul dalam keluaran IF



Keterangan :

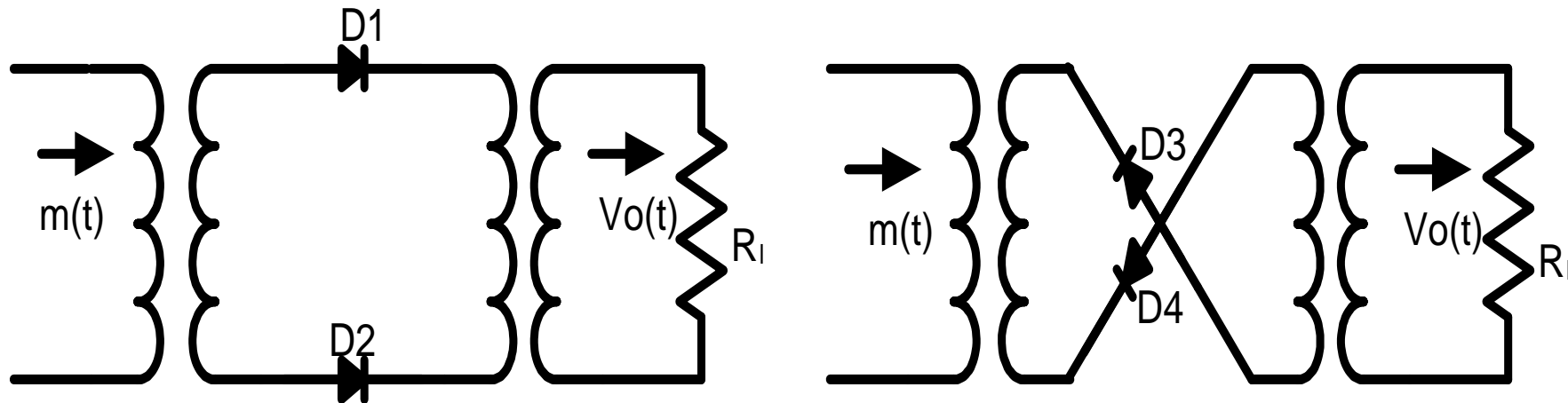
Dioda luar : D1 & D2

Dioda dalam : D3 & D4

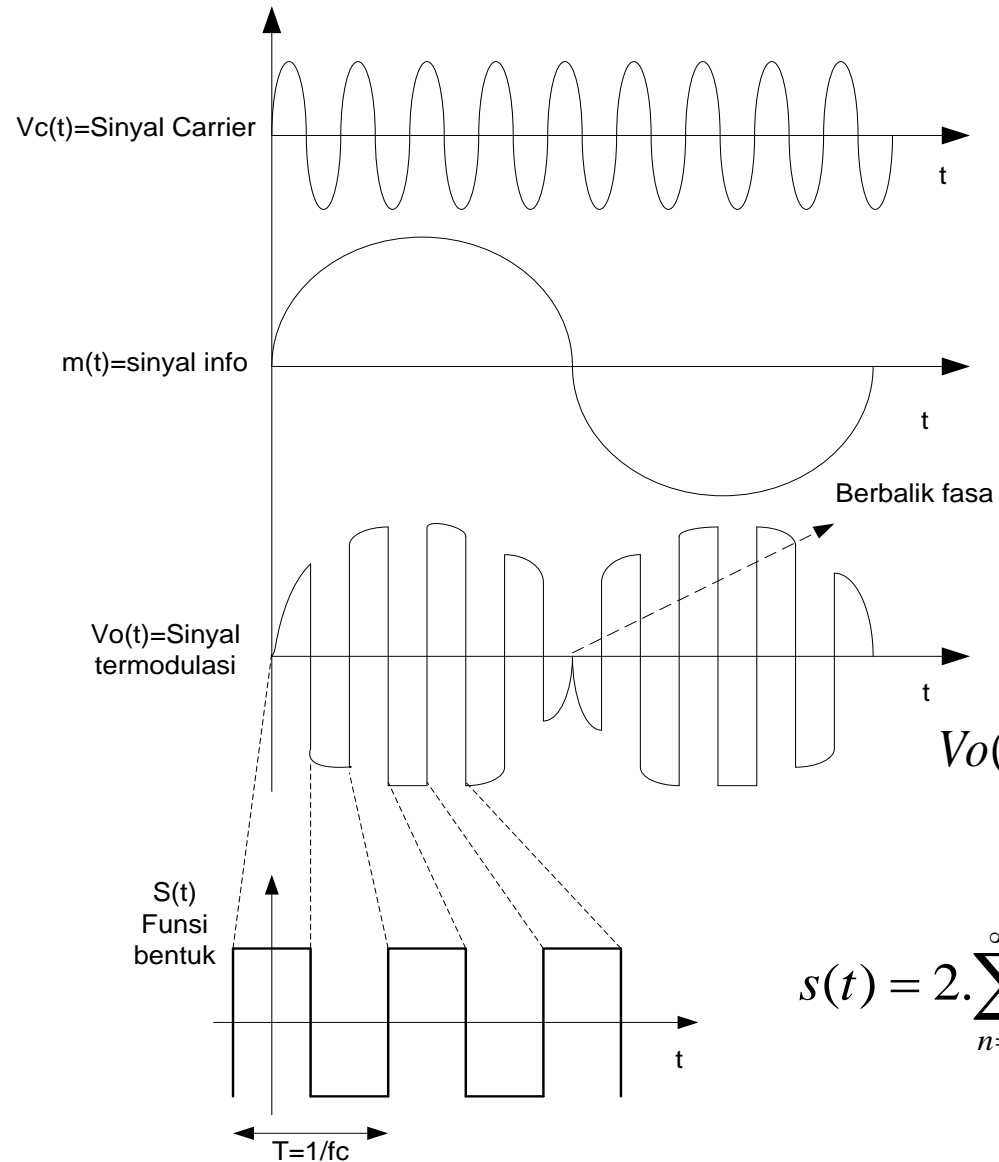
Dioda ini bekerja saling bergantian:

Jika **sinyal carier positif** \Rightarrow dioda D1 & D2 ON \Rightarrow dioda D3 & D4 OFF

Jika **sinyal carier negatif** \Rightarrow dioda D3 & D4 ON \Rightarrow dioda D1 & D2 OFF



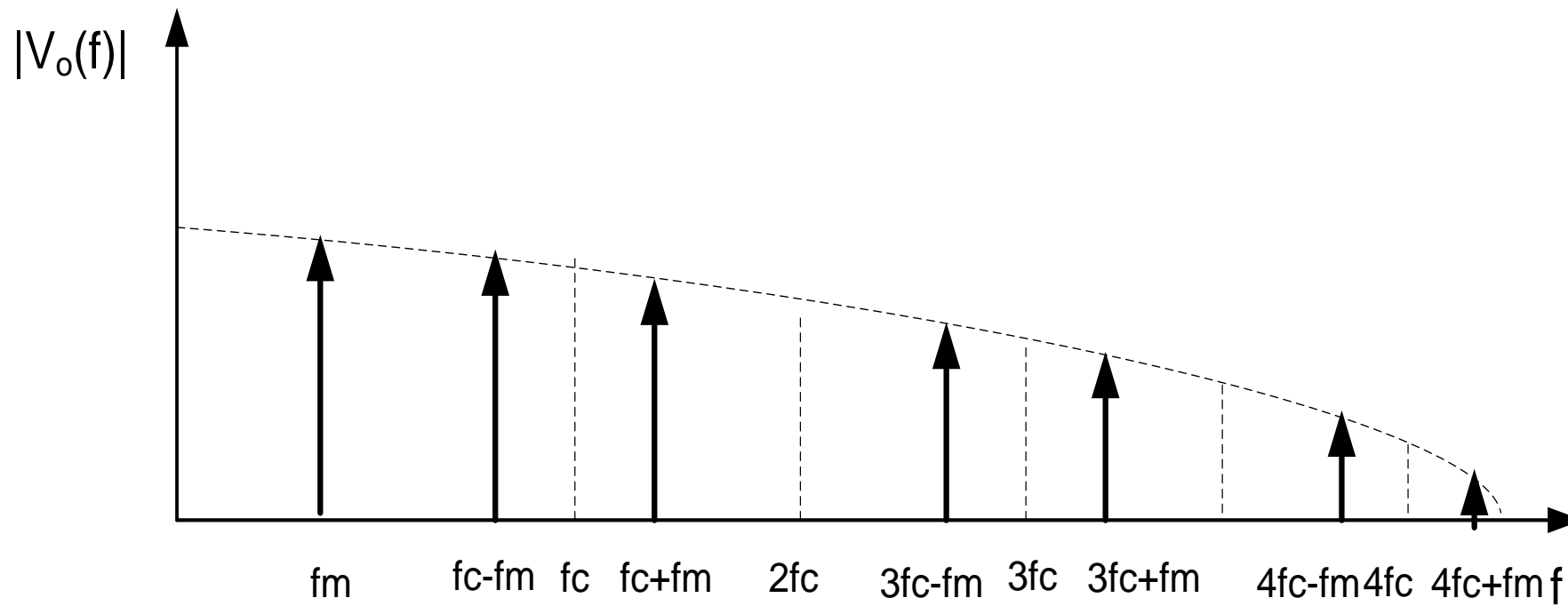
Cara kerja:



$$V_o(t) = 2V_m \cdot \cos(2\pi f_m t) \cdot \left(\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n \cdot \frac{\pi}{2})}{n \cdot \frac{\pi}{2}} \cdot \cos(n 2\pi f_c t) \right)$$

$$s(t) = 2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(n \cdot \frac{\pi}{2})}{n \cdot \frac{\pi}{2}} \cdot \cos(n 2\pi f_c t)$$

Domain frekuensi:



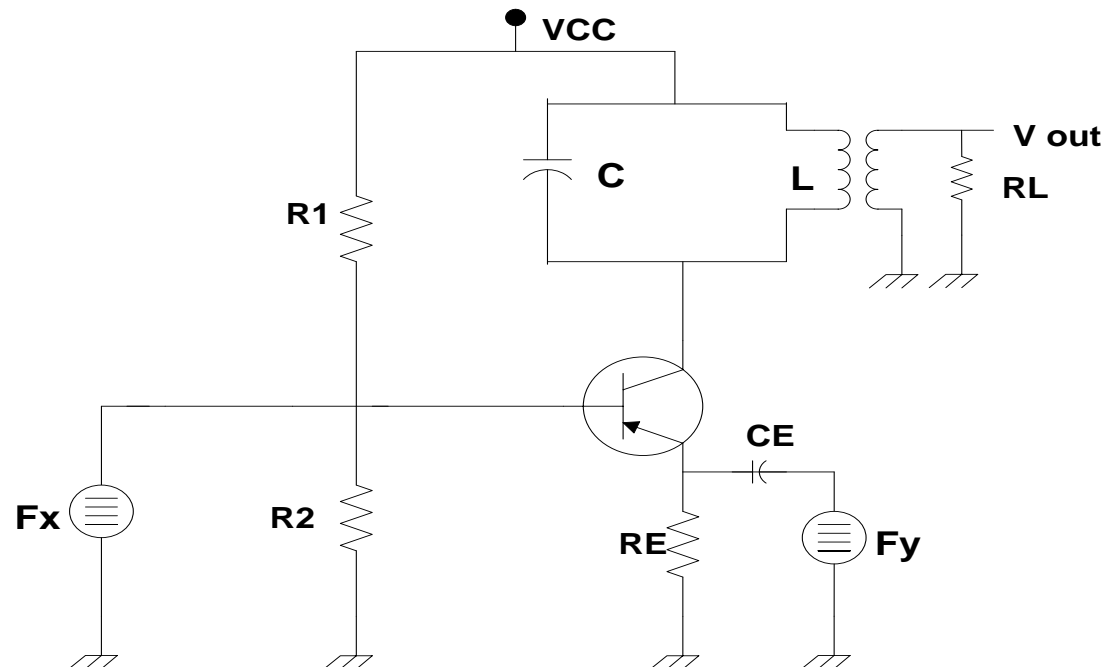
Spektrum Keluaran

IMPLEMENTASI MIXER DENGAN TRANSISTOR DAN IC

BAB 9 **MIXER**

2. Mixer dengan menggunakan Transistor

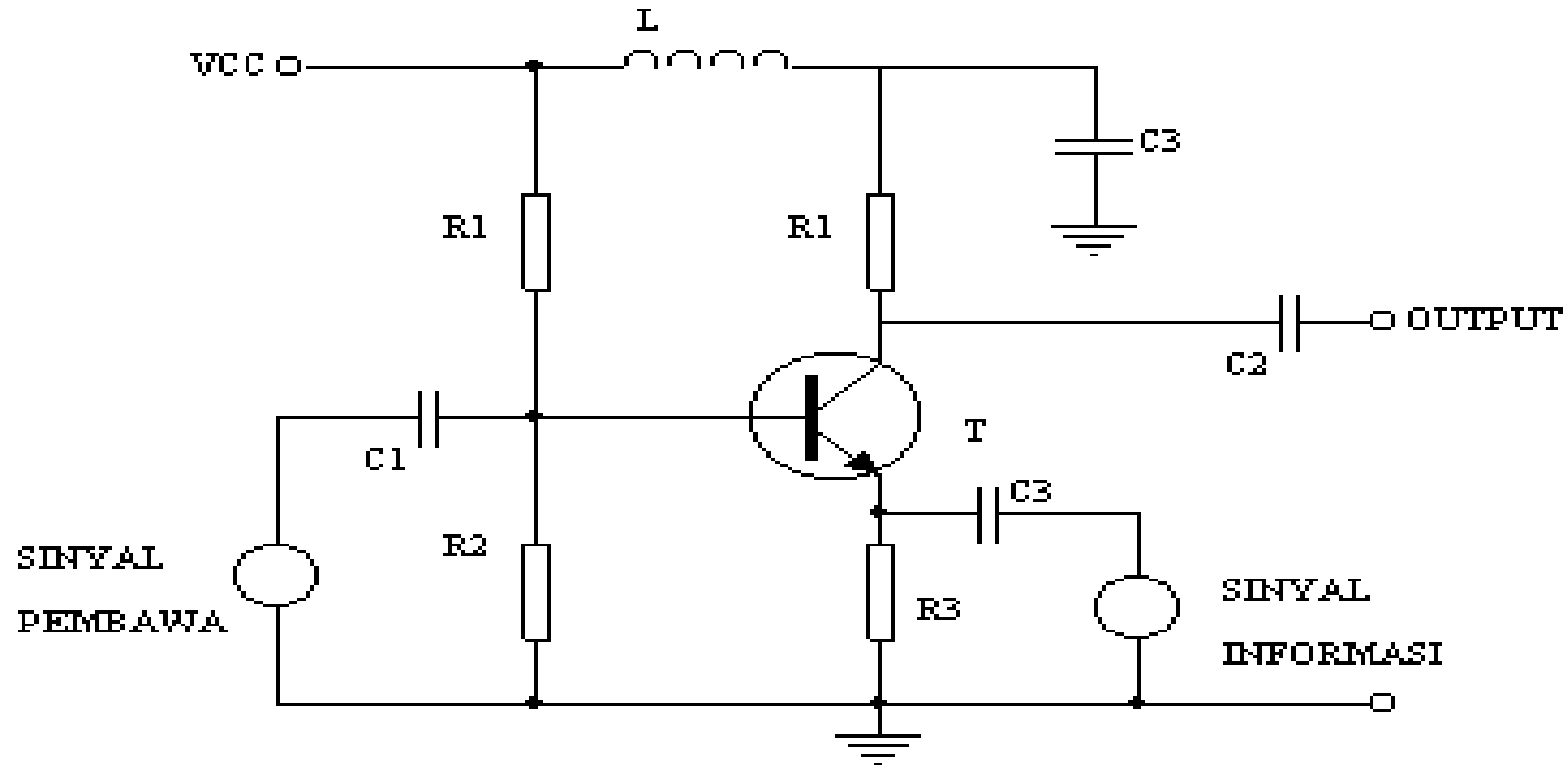
Pencampur dapat dibuat dengan konfigurasi dasar transistor. Sinyal masukannya terdiri dari dua, yaitu satu sinyal kemudi berada disisi basis (biasanya sinyal RF) dan satu kemudi lain berada di emitor (biasanya sinyal dari osilator). Sinyal keluarannya berada pada collector. Contoh rangkaian Mixer dengan menggunakan BJT (Bipolar Junction Transistor) adalah sebagai berikut:



Syarat dari pencampur tersebut adalah bahwa salah satu sinyalnya mempunyai level yang cukup besar. Ini diperlukan untuk mengantisipasi operasi non linier dari rangkaian tersebut. Sinyal masukan yang lainnya selalu berlevel lebih kecil. Salah satu alasan mengapa sinyal ini kecil adalah karena biasanya sinyal ini datang dari antenna yang mempunyai level sinyal yang lemah.

Pada rangkaian tersebut, kolektornya dihubungkan dengan rangkaian tank circuit, yang ditala pada salah satu frekuensinya, misalnya ditala pada $f_y - f_x$. Tujuannya agar sinyal keluaran V_{out} hanya terdiri dari frekuensi selisih saja, jadi komponen-komponen frekuensi yang lain akan ditapis atau ditekan. Jadi L dan C harus beresonansi pada frekuensi $f_o = f_y - f_x$.

Contoh lain rangkaian mixer adalah sbb :



3. Mixer dengan menggunakan rangkaian terintegrasi (IC)

