

# **Sistem Komunikasi 1**

---

## **Bab 3**

# **Amplitude Modulation (AM)**

# Apa itu Modulasi ?

- Modulasi adalah pengaturan parameter dari sinyal pembawa (carrier) yang berfrequency tinggi sesuai sinyal informasi (pemodulasi) yang frequencynya lebih rendah, sehingga informasi tadi dapat disampaikan.

# Mengapa Perlu Modulasi ?

- Meminimalisasi interferensi sinyal pada pengiriman informasi yang menggunakan frequency sama atau berdekatan
- Dimensi antenna menjadi lebih mudah diwujudkan
- Sinyal termodulasi dapat dimultiplexing dan ditransmisikan via sebuah saluran transmisi

# Jenis Modulasi

- Modulasi Analog
  - Modulasi Sinyal Continue (continues wave) :
    - Amplitude Modulation (AM)
    - Modulasi Sudut (Angle Modulation) :
      - Phase Modulation (PM)
      - Frequency Modulation (FM)
  - Modulasi Pulsa
    - Pulse Amplitude Modulation (PAM)
    - Pulse Wide Modulation (PWM)

# Jenis Modulasi (lanjutan)

Persamaan sinyal pembawa / carrier :

$$V_c(t) = V_c \sin (\omega_c t + \theta )$$

**Modulasi amplitude**  
**(amplitude modulation, AM)**

Modulasi frekuensi  
(frequency modulation, FM)

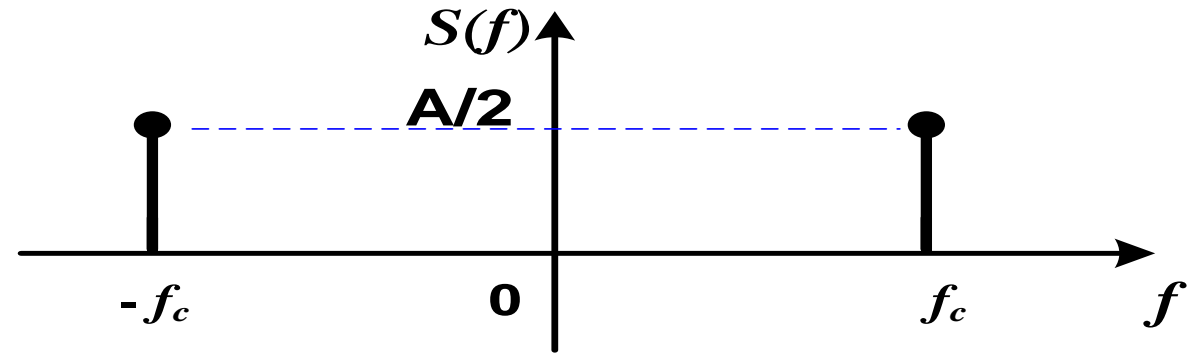
Modulasi sudut  
(angle modulation)

$$(\omega_c t + \theta )$$

Modulasi fase  
(phase modulation, PhM)

# Review kawasan waktu ↔ frekuensi

$$s(t) = A \cos 2\pi f_c t$$

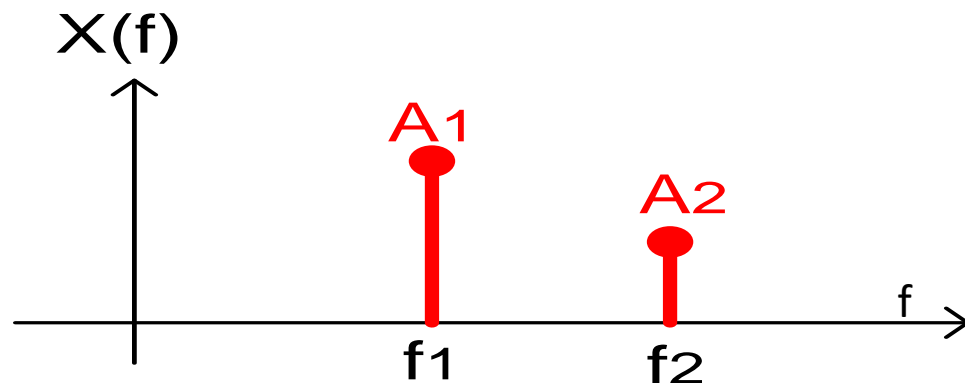


Gambar spektrum sinyal diturunkan dari persamaan Sinyal kawasan frekuensi

→ **spektrum amplitudo** PADA FREKUENSI POSITIF / PITA SATU SISI

$$x(t) = A_1 \cos(2\pi f_1 t) + A_2 \cos(2\pi f_2 t)$$

$$X(f) = A_1 \delta(f-f_1) + A_2 \delta(f-f_2)$$



# MODULASI AMPLITUDO (AM)

- Amplitudo sinyal carrier dibuat berubah-ubah secara proporsional sesuai perubahan yang terjadi pada sinyal pemodulasi (sinyal informasi)

- Persamaan Sinyal Carrier :

$$V_c(t) = V_c \cos(\omega_c t + \phi)$$

- Secara umum, persamaan sinyal carrier termodulasi adalah :

$$S_{\text{mod}}(t) = V(t) \cos[\omega_c t + \phi(t)]$$

- dimana :
  - $\omega_c = 2\pi f_c \Rightarrow$  frequency Carrier
  - $V(t) =$  Amplitudo sesaat carrier
  - $\phi(t) =$  Phasa sesaat carrier

- Pada AM, amplitudo dibuat berubah sesuai sinyal informasi, sedang phasanya dibuat nol, sehingga persamaan sinyal termodulasi secara umum adalah :

$$S_{AM}(t) = m(t) \cos \omega_c t$$

- $m(t)$  = sinyal informasi / pemodulasi
-



# Varian dari Modulasi Amplitudo

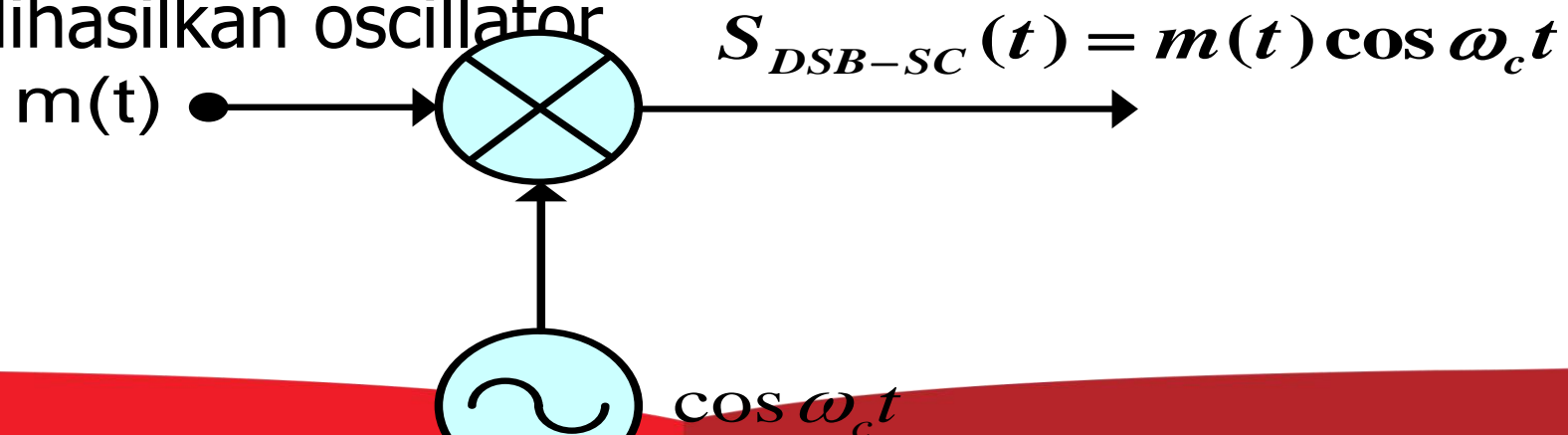
- Double Side Band Suppressed Carrier (DSB-SC)
- Double Side Band Full Carrier (DSB-FC)
- Single Side Band (SSB)
- Vestigial Side Band (VSB)

# Double Side Band Suppressed Carrier (DSB-SC)

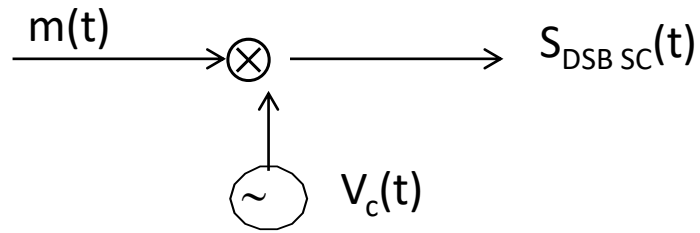
- Dibuat dengan mengatur agar amplitudo sinyal carrier berubah secara proporsional sesuai perubahan amplitudo pada sinyal pemodulasi (sinyal informasi)
- Persamaan Matematis DSB-SC

$$S_{DSB-SC}(t) = m(t) \cos \omega_c t$$

- Dibangkitkan dengan mengalikan sinyal informasi  $m(t)$  dengan sinyal carrier yang dihasilkan oscillator



# AM DSB SC kawasan waktu, informasi sinusoidal tunggal

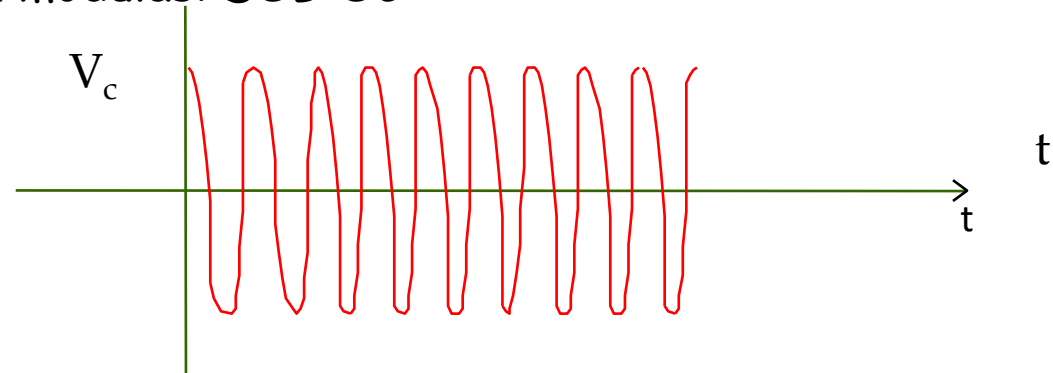
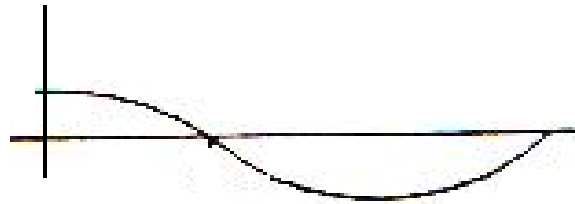


$m(t)$  = sinyal pemodulasi (*modulating signal*)

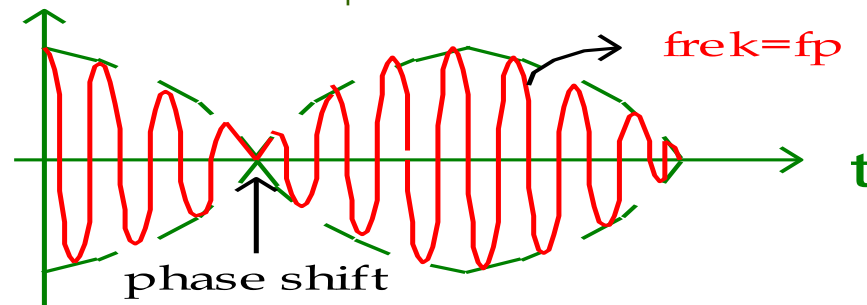
$V_c(t)$  = sinyal pembawa =  $V_c \cos(2\pi f_c t)$

$S_{DSB-SC}(t)$  = sinyal hasil modulasi atau sinyal termodulasi DSB-SC

$$m(t) = V_m \cos 2\pi f_m t$$



$S_{DSB-SC}(t)$



# AM DSB SC kawasan frekuensi

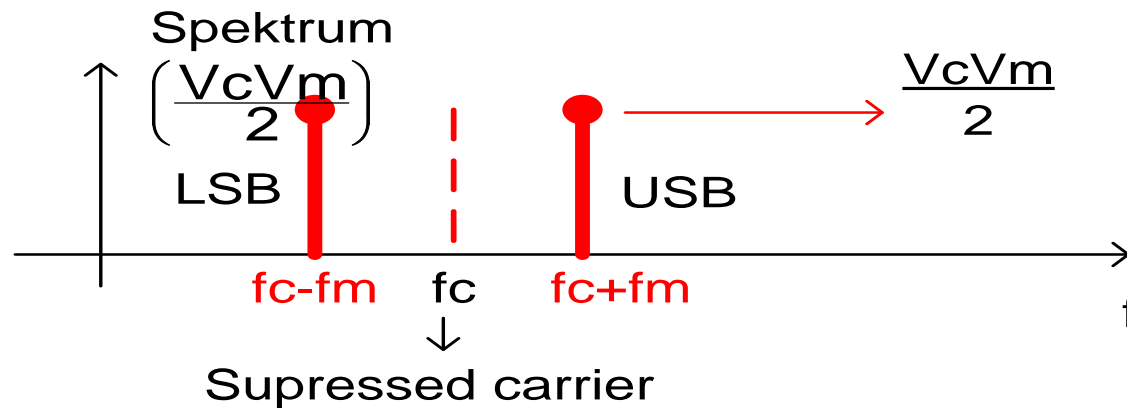
(Spektrum AM DSB SC), dengan informasi sinusoidal tunggal

- Pemodulasi  $m(t)$  sinusoidal / cosinus

$$m(t) = V_m \cos(2\pi f_m t)$$

$$S_{\text{DSB-SC}}(t) = V_c V_m \cos(2\pi f_c t) \cos(2\pi f_m t)$$

$$= \{ \cos 2\pi[f_c+f_m]t + \cos 2\pi[f_c-f_m]t \}$$



**PITA SATU SISI**

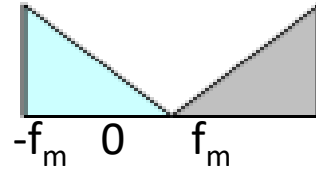
Distribusi daya sinyal :

$$P_{\text{total DSB SC}} = \frac{\left(\frac{V_c \cdot V_m}{2}\right)^2}{2} + \frac{\left(\frac{V_c \cdot V_m}{2}\right)^2}{2}$$

→ Daya rata-rata (pada beban 1Ω)

# Spektrum AM DSB SC dengan informasi sinyal sembarang $m(t) \leftrightarrow M(f)$

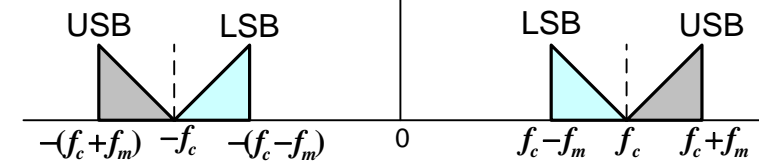
- Spektrum  $m(t) \rightarrow M(f)$



**PITA DUA SISI**

$$S_{DSB-SC}(f) = \frac{1}{2} M(f - f_c) + \frac{1}{2} M(f_{SB-SC} + f_c)$$

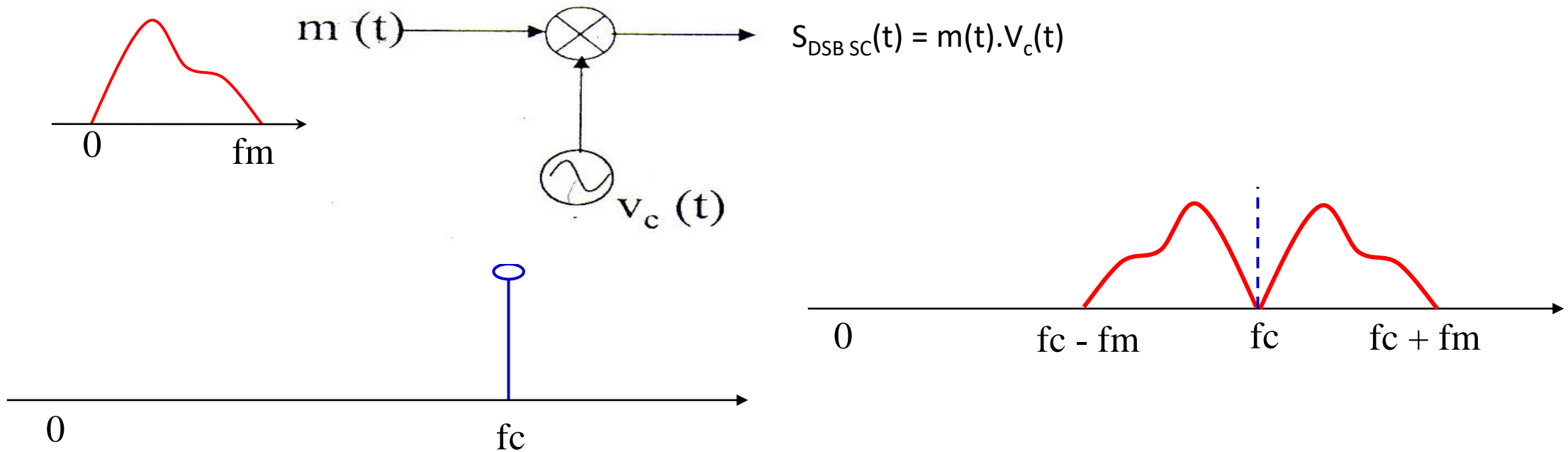
- Persamaan Matematis



- Gambar Spektrum Sinyal DSB-SC

# Contoh lain penggambaran spektrum AM DSB SC dengan informasi sinyal sembarang, $m(t) \leftrightarrow M(f)$

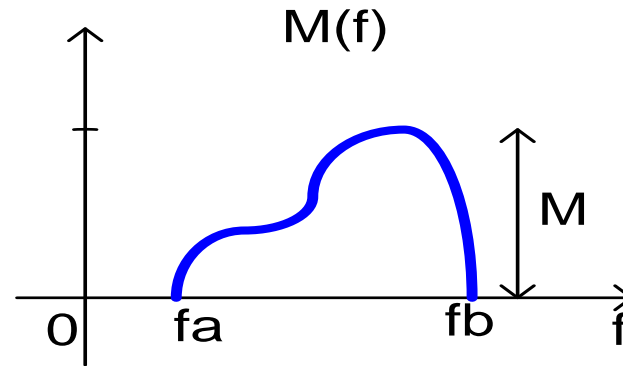
→ suppressed carrier / menghilangkan komponen pembawa  $v_c(t)$



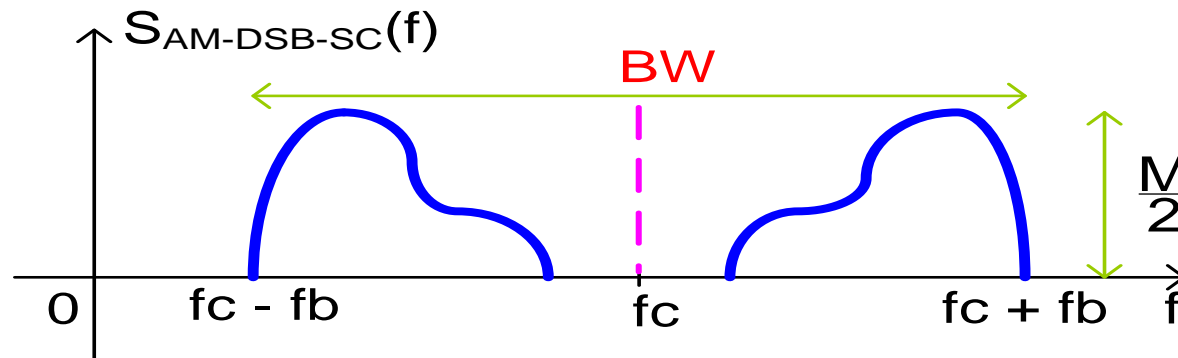
**PITA SATU SISI**

# Contoh lain modulasi AM-DSB-SC (informasi/pemodulasi sembarang $m(t)$ )

- Modulasi dgn  $m(t)$  sembarang → hanya **diwakili oleh spektrum amplitudo**

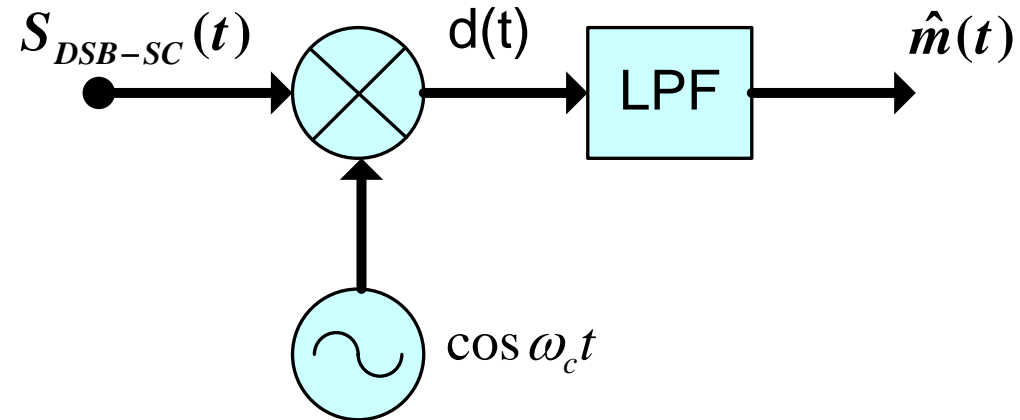


Hasil modulasi :  $S_{DSB-SC}(t)$  akan memiliki spektrum amplitudo



# Demodulasi/Deteksi Sinyal DSB-SC

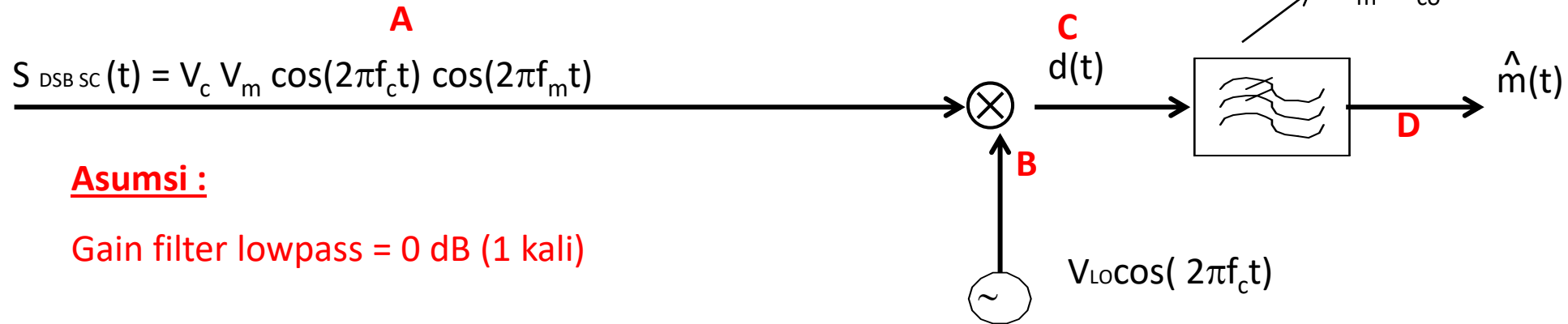
- Proses demodulasi dilakukan dengan mengalikan sinyal carrier termodulasi dengan sinyal local oscillator (pada penerima) yang sama persis dengan sinyal oscillator pada pemancar, kemudian memasukan hasilnya ke sebuah low pass filter (LPF)



- Syarat penting :Local Oscillator harus menghasilkan sinyal  $\cos \omega_c t$  yang frequency dan phasa nya sama dengan yang dihasilkan oleh oscillator pada pemancar
- (→ Synchronous Demodulation/Detection)
- (→ Coherent detection)



## Deteksi Sinyal DSB-SC (kondisi ideal)



$$S_{\text{DSB-SC}}(t) = \left( \frac{V_c V_m}{2} \right) \cos 2\pi(f_c + f_m)t + \left( \frac{V_c V_m}{2} \right) \cos 2\pi(f_c - f_m)t$$

Dari hasil perkalian :  $d(t) = S_{\text{DSB-SC}}(t) \times V_{\text{LO}} \cos(2\pi f_c t)$

Hanya ada dua komponen frekuensi yang lolos keluar dari filter lowpass, yaitu :

$$\begin{aligned} \hat{m}(t) &= \left( \frac{V_c V_m V_{\text{LO}}}{4} \right) \cos \{2\pi(f_m t)\} + \left( \frac{V_c V_m V_{\text{LO}}}{4} \right) \cos \{2\pi(f_m t)\} \\ &= \left( \frac{V_c V_m V_{\text{LO}}}{2} \right) \cos \{2\pi f_m t\} \end{aligned}$$

## Latihan:

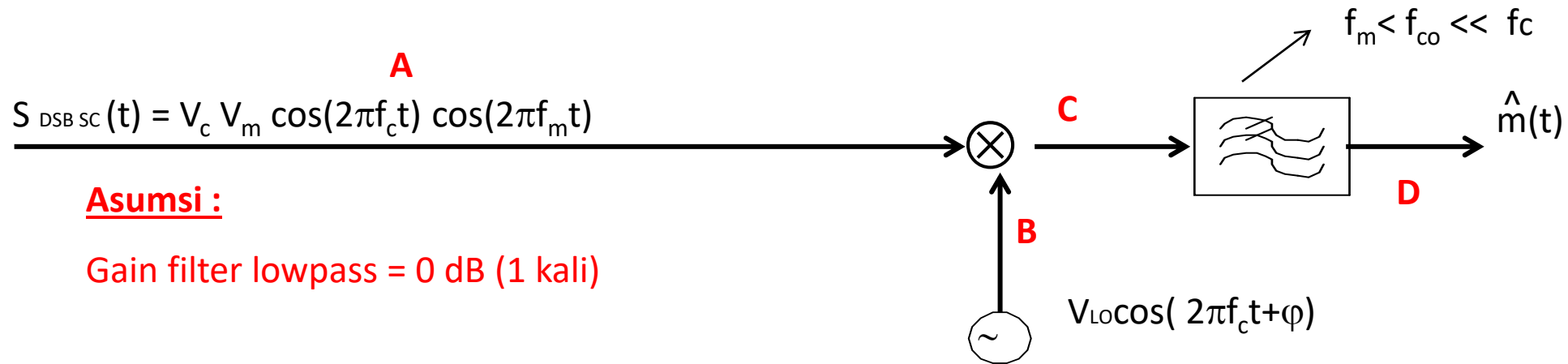
**Gambarkan proses deteksi sinyal AM-DSB-SC pada kawasan frekuensi (titik A, B, C, D):**

- a. Untuk informasi sinusoidal tunggal
- b. Untuk informasi sembarang  $m(t)$

**→ Gambarkan dalam pita 2 sisi dan pita 1 sisi.**

# Deteksi Sinyal DSB-SC

(ada perbedaan fasa antara lokal osilator pengirim & penerima)



Asumsi :

Gain filter lowpass = 0 dB (1 kali)

$$S_{DSB-SC}(t) = \left( \frac{V_c V_m}{2} \right) \cos 2\pi(f_c + f_m)t + \left( \frac{V_p V_m}{2} \right) \cos 2\pi(f_c - f_m)t$$

Dari hasil perkalian :  $S_{DSB-SC}(t) \times V_{LO} \cos(2\pi f_c t + \varphi)$

# Deteksi Sinyal DSB-SC

(ada perbedaan fasa antara lokal osilator pengirim & penerima)

Hanya ada dua komponen frekuensi yang lolos keluar dari filter lowpass, yaitu :

$$\begin{aligned} \hat{m}(t) &= \left( \frac{V_c V_m V_{LO}}{4} \right) \cos \{2\pi(f_m t) - \varphi\} + \left( \frac{V_c V_m V_{LO}}{4} \right) \cos \{2\pi(f_m t) + \varphi\} \\ &= \left( \frac{V_c V_m V_{LO}}{2} \right) \cos \{2\pi f_m t\} \times \cos \varphi \end{aligned}$$

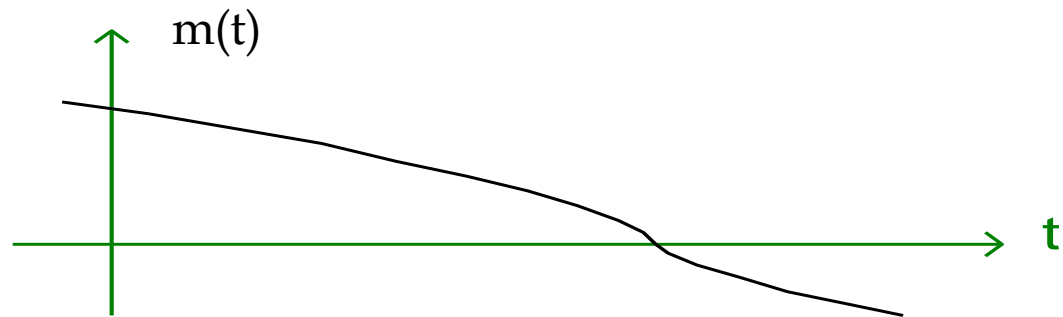
$\varphi$  akan menentukan amplitudo dari hasil deteksi  $\rightarrow$  maks.  $\varphi = 0^\circ$

$\rightarrow$  nol  $\varphi = 90^\circ$

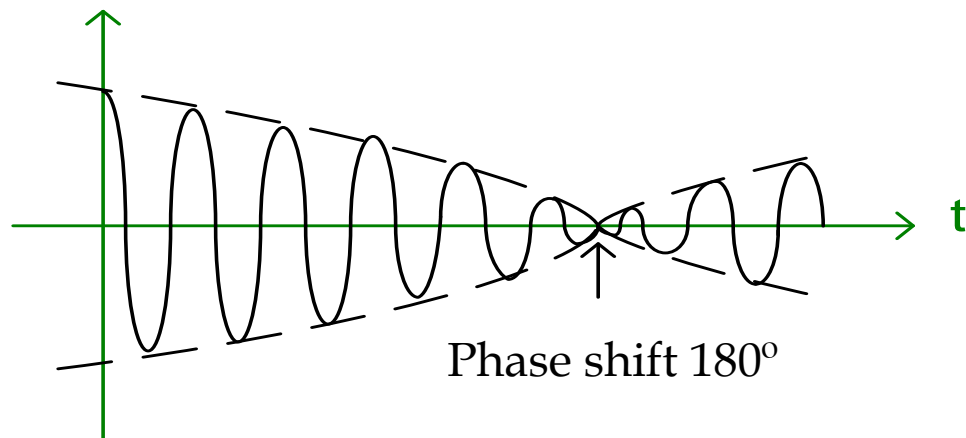
# Modulasi AM-DSB-SC (informasi/pemodulasi sembarang $m(t)$ )

## Analisa kawasan waktu

Gambar sinyal :

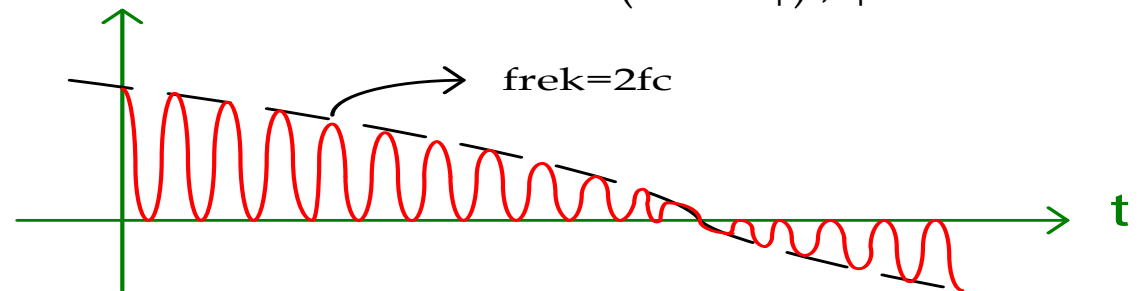


$S_{DSB-SC}(t)$

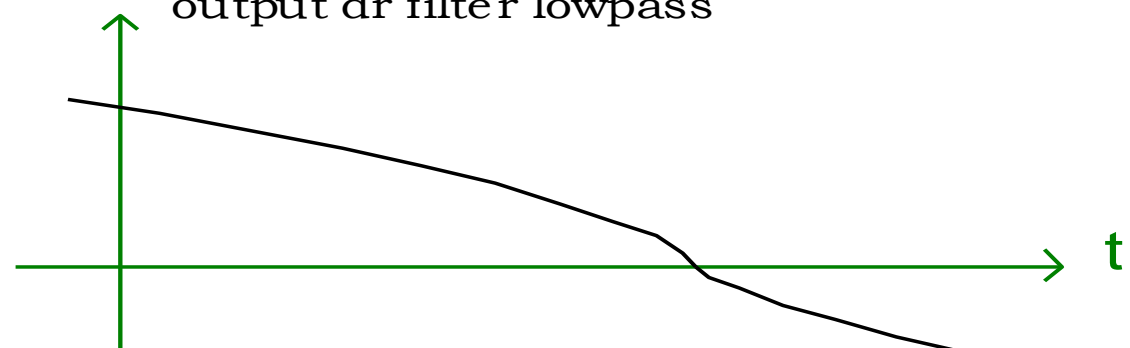


Proses deteksi :

$$S_{DSB-SC}(t) \times VLO \cos(2\pi f_c t + \varphi), \varphi = 0^\circ$$

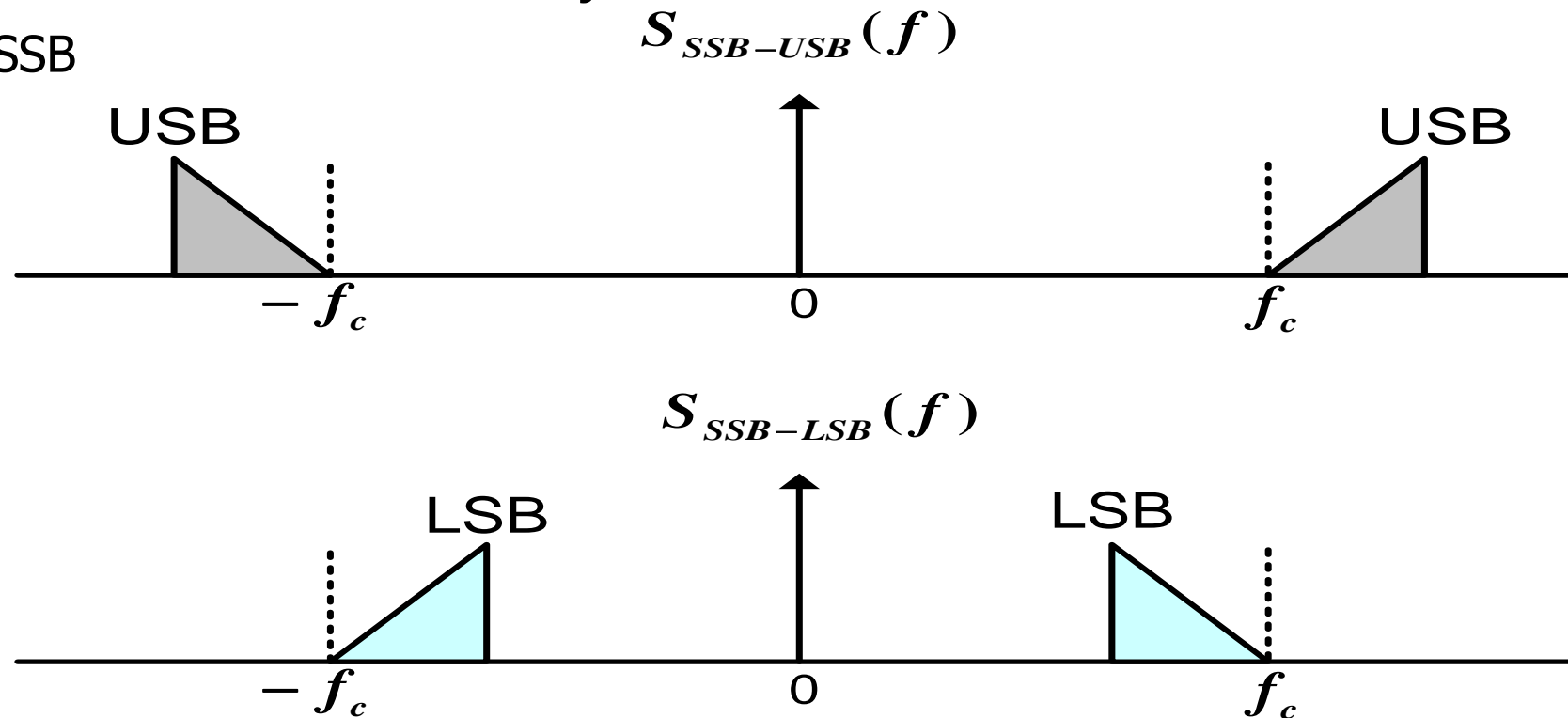


output dr filter lowpass



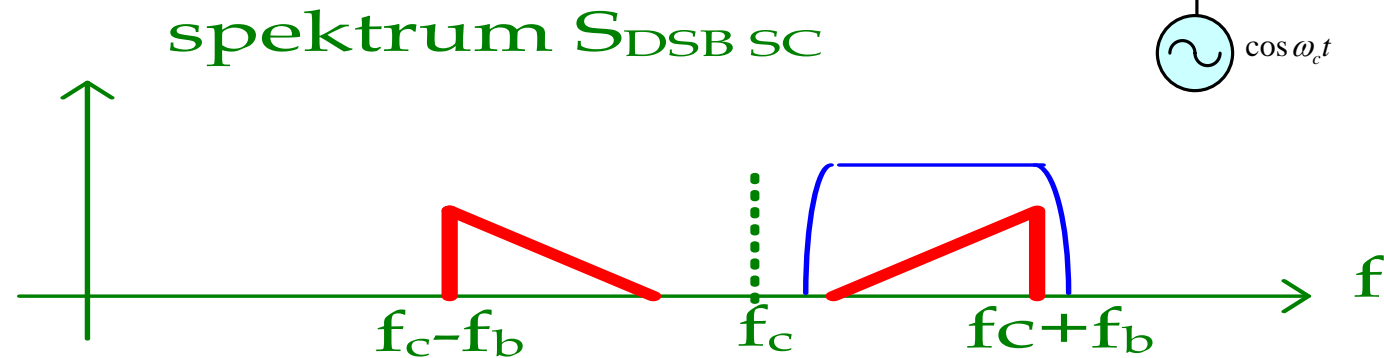
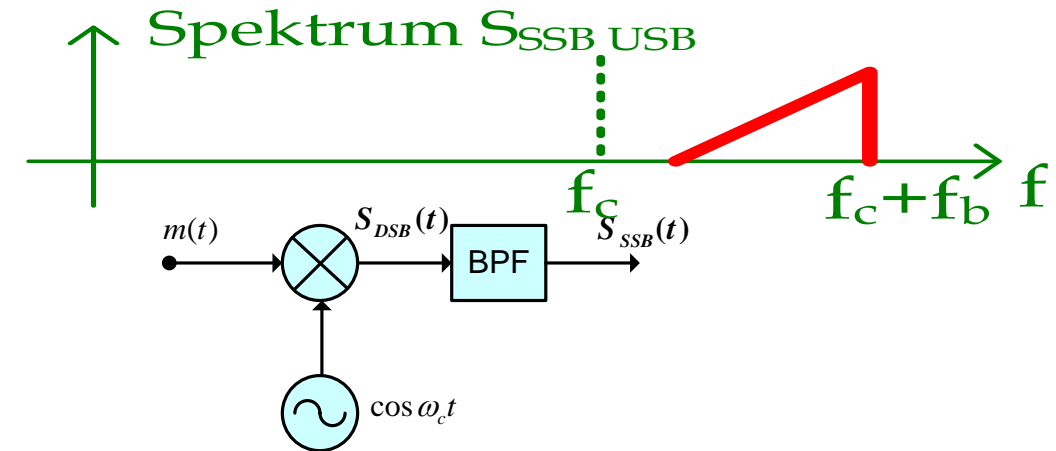
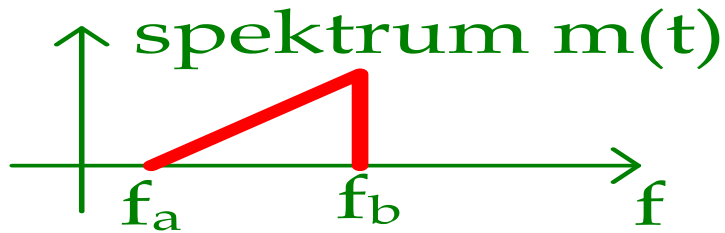
# Single Side Band (SSB)

- Dikembangkan karena DSB-SC membutuhkan Bandwith yang besar (2 kali bandwith sinyal informasi)
- Ternyata USB atau LSB mengandung informasi yang lengkap, sehingga dirasa cukup mentransmisikan salah satu side band saja
- Spektrum AM-SSB



# Pembangkitan Sinyal SSB

- Frequency Discrimination Method



Untuk  $m(t)$  adalah sinyal voice [ $f_a, f_b$ ] = [300 Hz, 3400Hz]

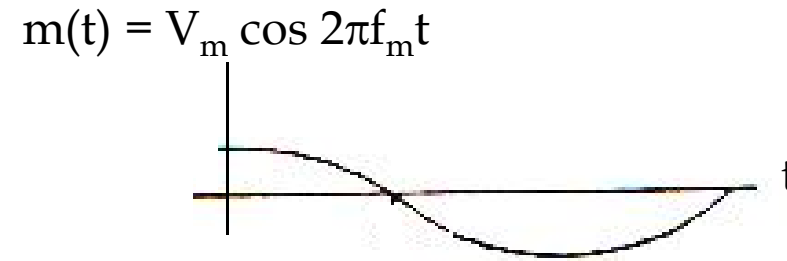
# AM SSB kawasan waktu, informasi sinusoidal tunggal

Persamaan sinyal SSB

Misal :  $m(t) = V_m \cos (2\pi f_m t)$

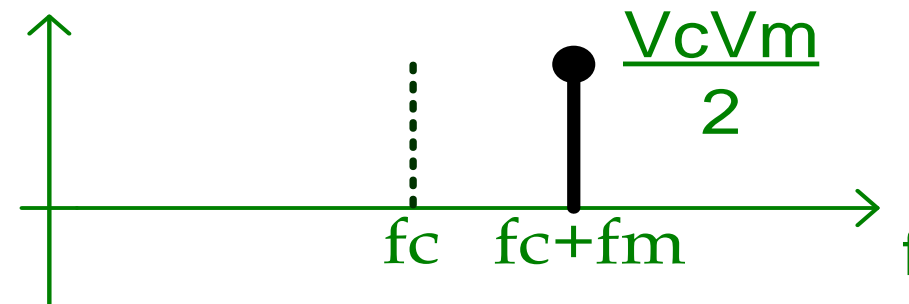
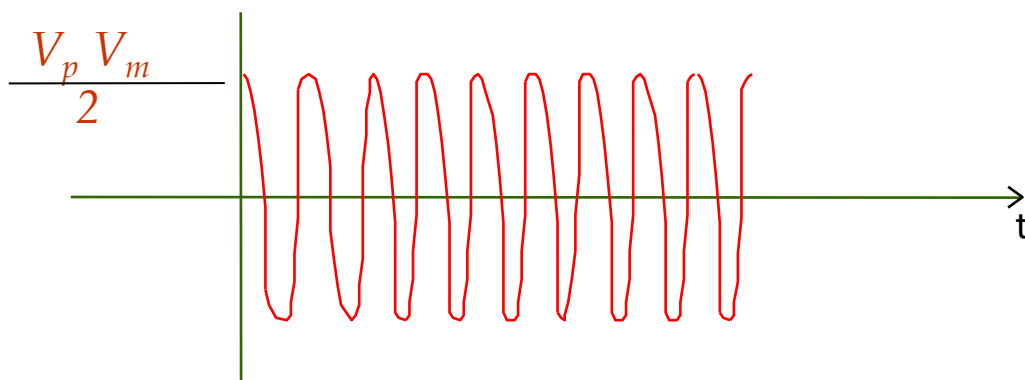
Carrier :  $V_c(t) = V_c \cos 2\pi f_c t$

$$S_{\text{DSB-SC}}(t) = \underbrace{V_m V_c / 2 \cos 2\pi(f_c + f_m)t}_{\text{USB}} + \underbrace{V_m V_c / 2 \cos 2\pi(f_c - f_m)t}_{\text{LSB}}$$



Kasus USB :

$$S_{\text{SSB-USB}}(t) = V_m V_c / 2 \cos[2\pi (f_c + f_m)t]$$

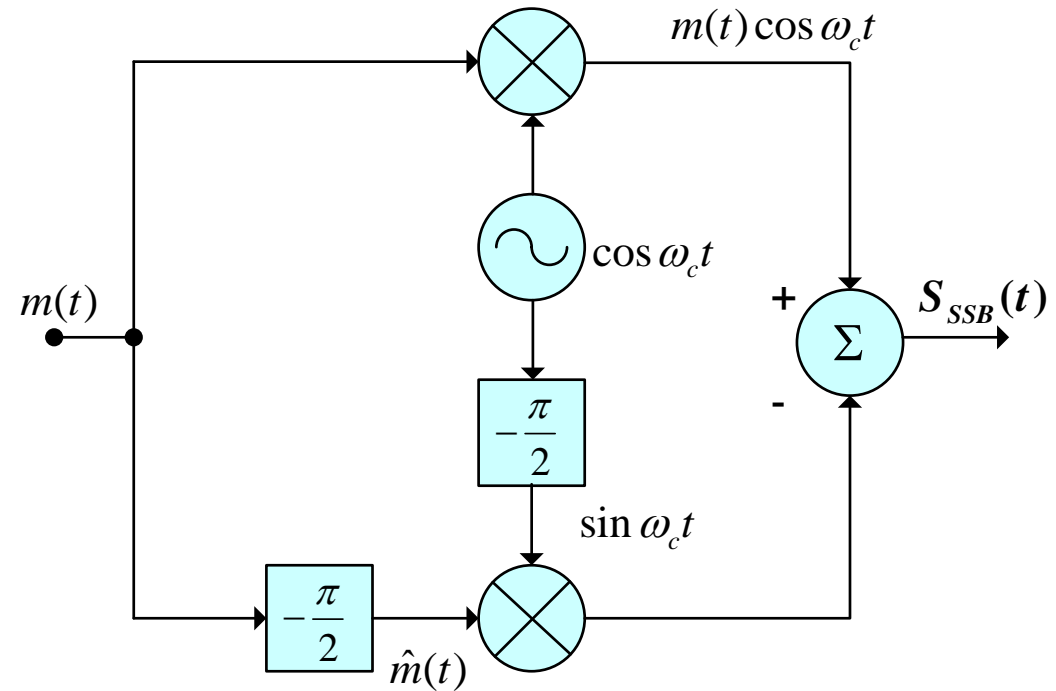


“( spektrum sinyal SSB-USB dengan Carrier =  $f_c$ )”



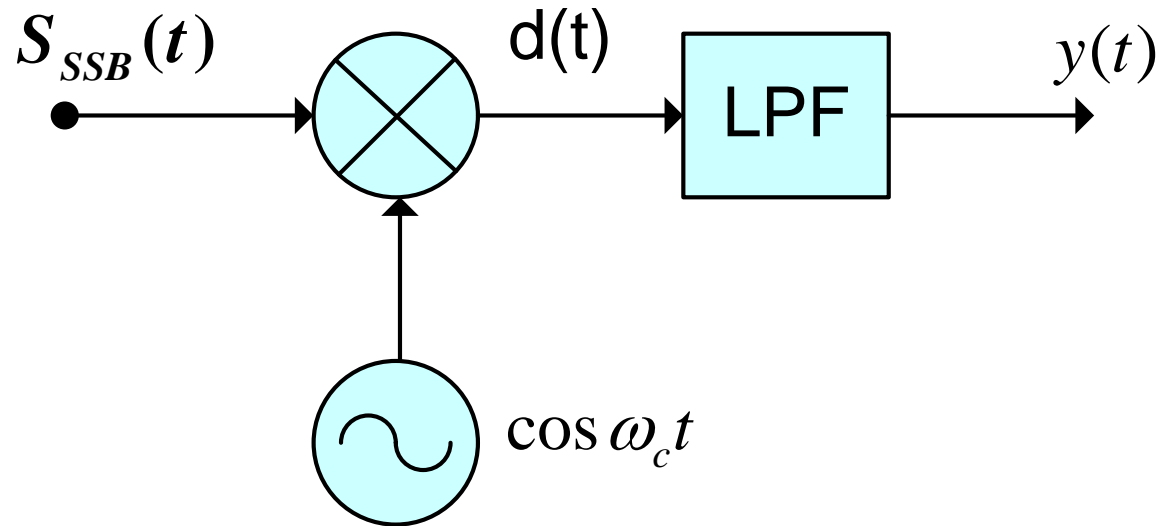
# Pembangkitan Sinyal SSB lainnya

- Phase Shift Method



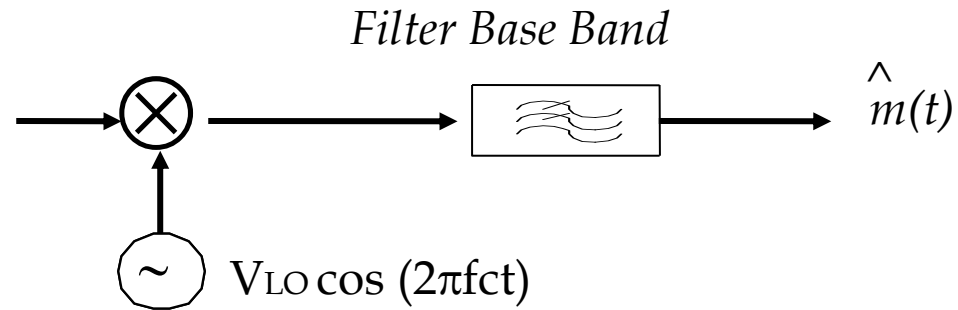
# Demodulasi Sinyal SSB

- Sinyal SSB di-demodulasi dengan cara yang sama dengan demodulasi sinyal DSB-SC (Synchronous Detection)



# Deteksi Sinyal SSB-LSB (kondisi ideal)

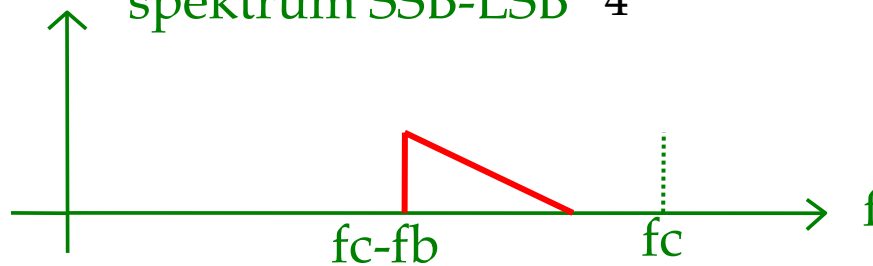
$$\frac{V_c V_m \cos 2\pi(fc+fm)t}{2}$$



Keluaran filter hanya ada 1 komponen frekuensi :  $\frac{V_c V_m V_{LO}}{4} \cos(2\pi f_m t) =$

$$\hat{m}(t)$$

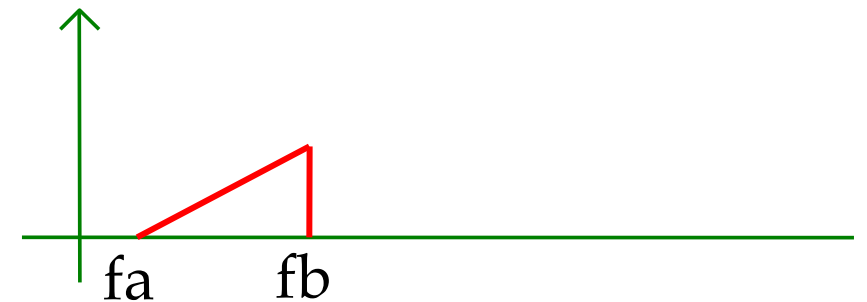
spektrum SSB-LSB 4



spektrum (SSBxLO)

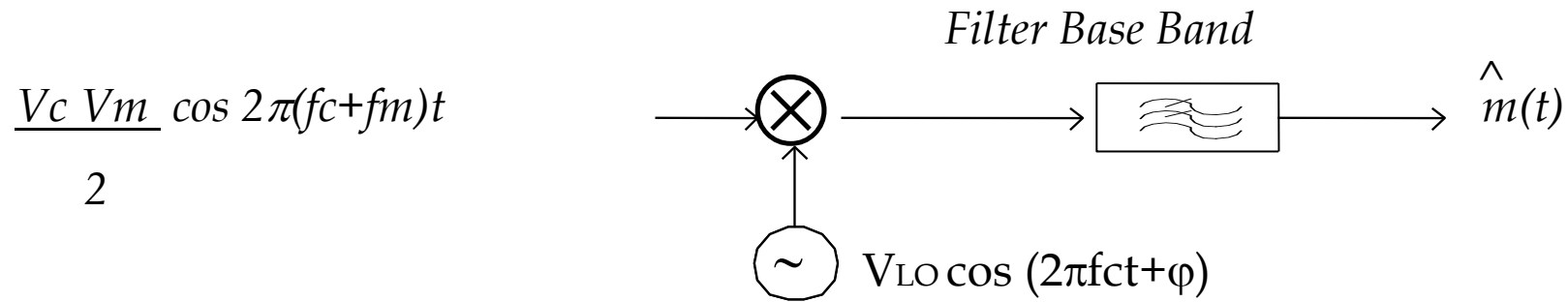


spektrum output LPF



# Deteksi Sinyal SSB-SC

(ada perbedaan fasa antara lokal osilator pengirim & penerima)

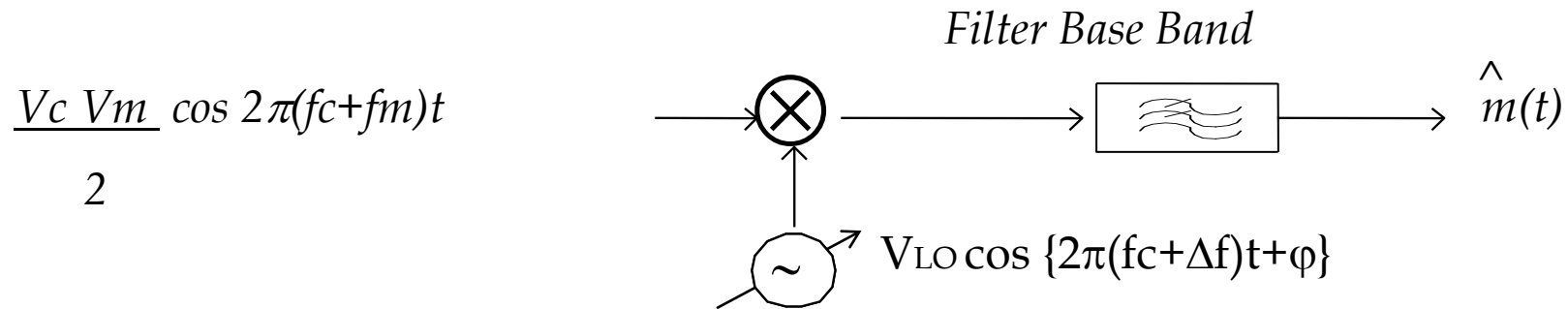


Keluaran filter hanya ada 1 komponen frekuensi :

$$\frac{V_c V_m V_{LO}}{4} \cos(2\pi f_m t - \phi), \quad \phi \text{ tidak mempengaruhi amplitudo hasil deteksinya. Dengan kata lain ada } \underline{\text{offset}} \text{ frek. di LO}$$

# Deteksi Sinyal SSB-SC

(ada perbedaan frekuensi dan fasa antara lokal osilator pengirim & penerima)

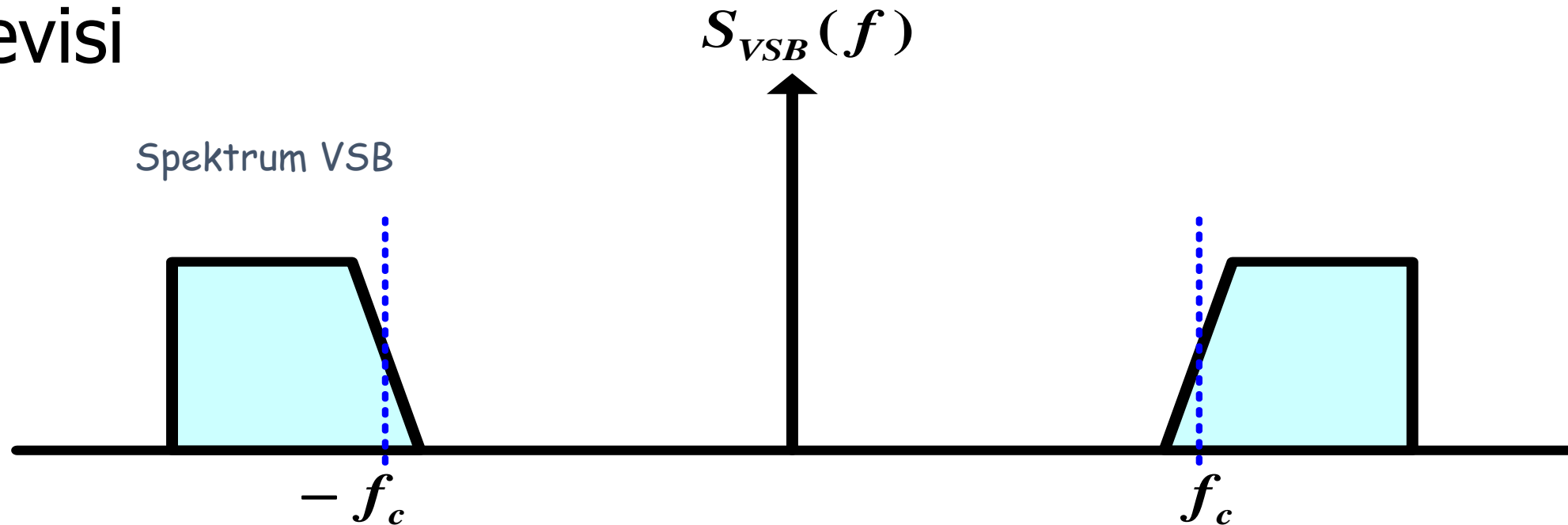


Keluaran filter

$$\frac{V_c V_m V_{LO}}{4} \cos (2\pi fm+\Delta f)t-\phi), \Delta f = \text{ada pergeseran spektrum hasil deteksi}$$

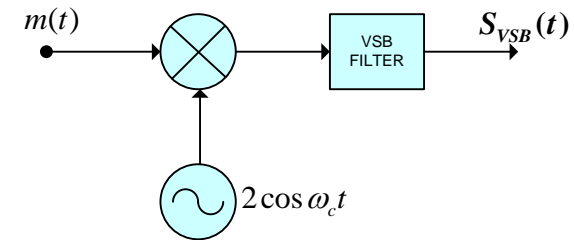
# Vestigial Side Band (VSB)

- Merupakan kompromi (jalan tengah) antara SSB dan DSB
- Biasanya digunakan dalam transmisi sinyal video pada televisi

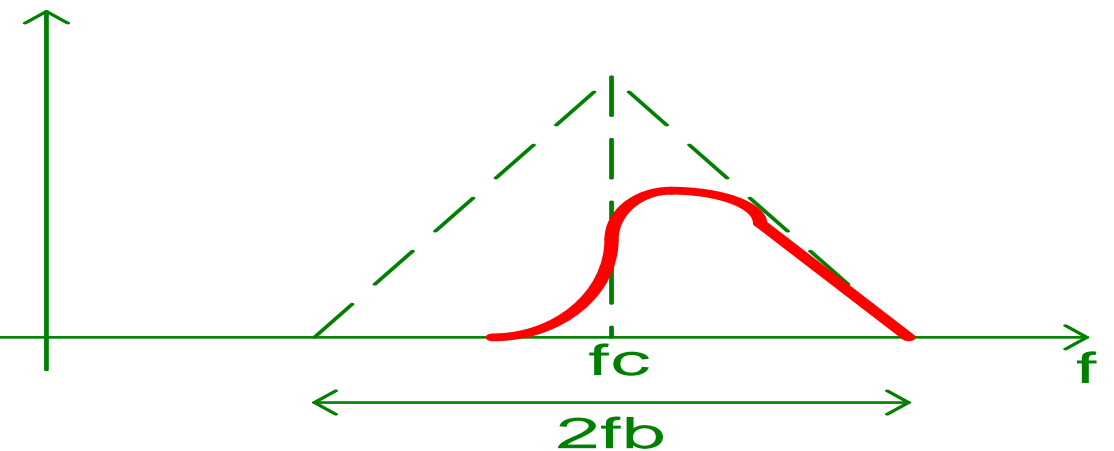
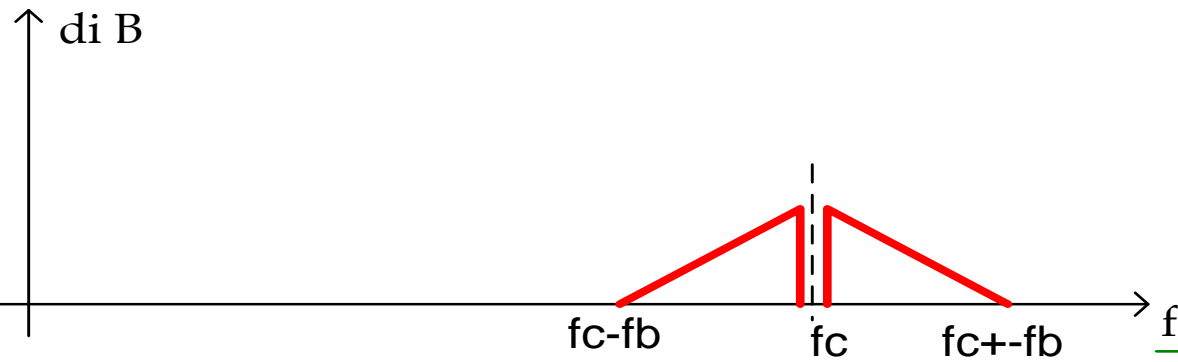
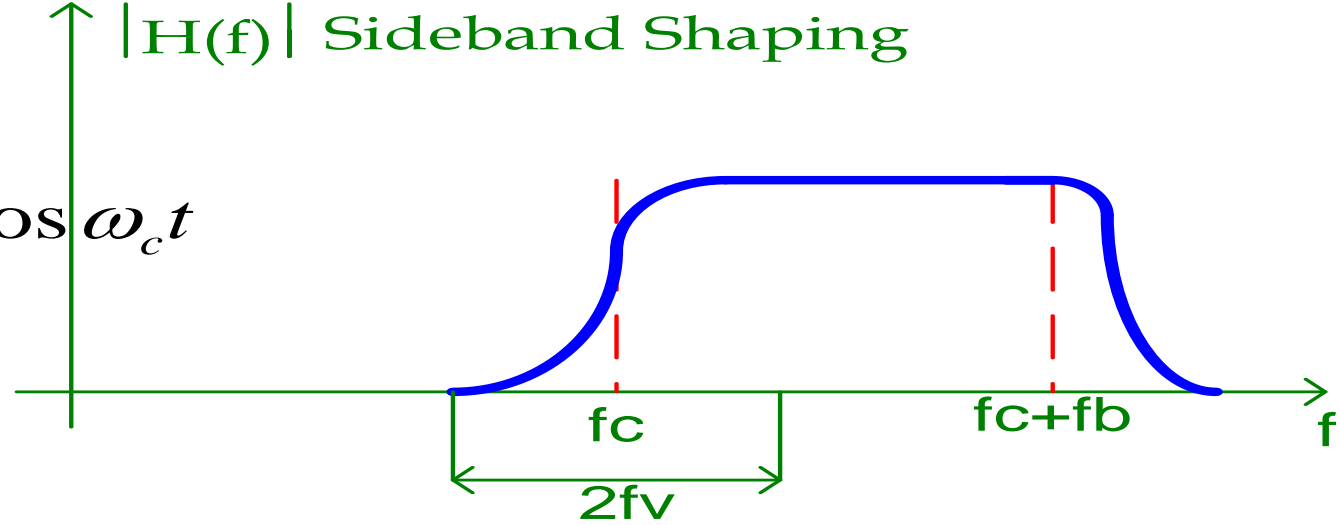
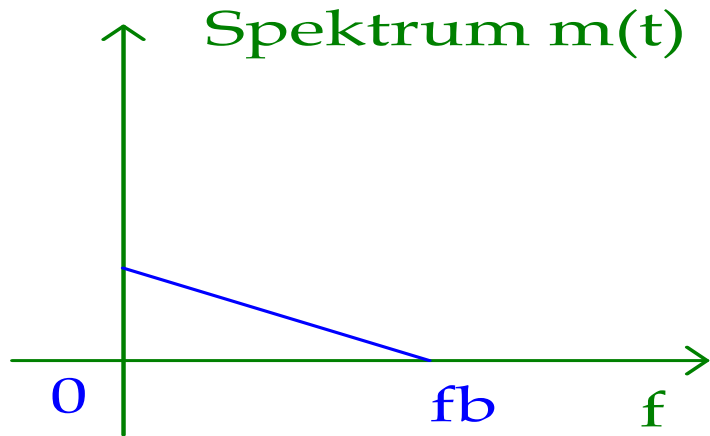
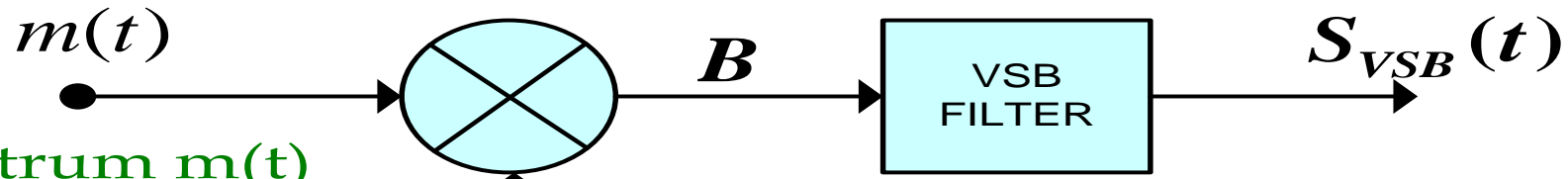


# Pembangkitan Sinyal VSB

- Sinyal VSB dapat dibangkitkan dengan proses seperti terlihat pada diagram blok berikut



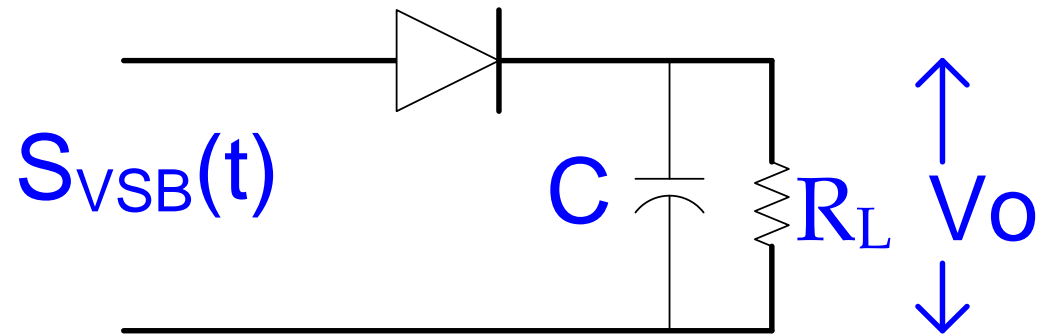
# Vestigial sideband modulation (VSB-AM)



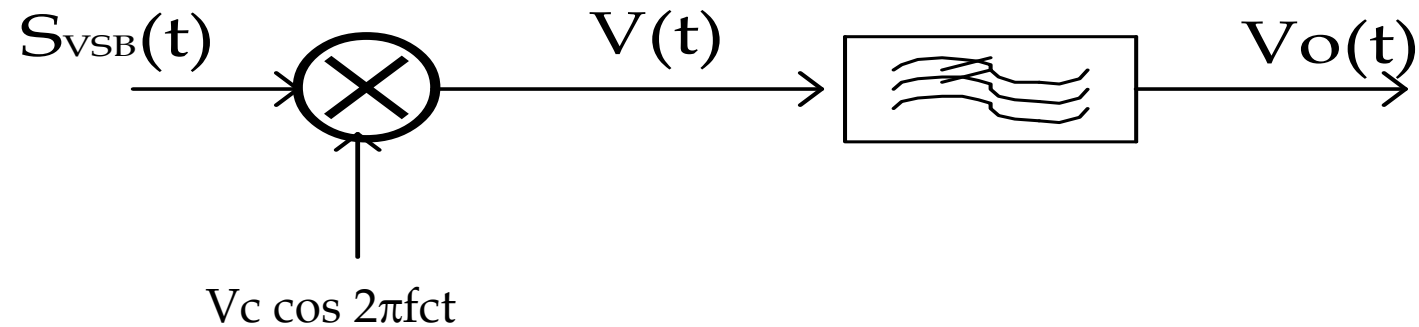


# Demodulator VSB:

- Detektor Envelope / selubung

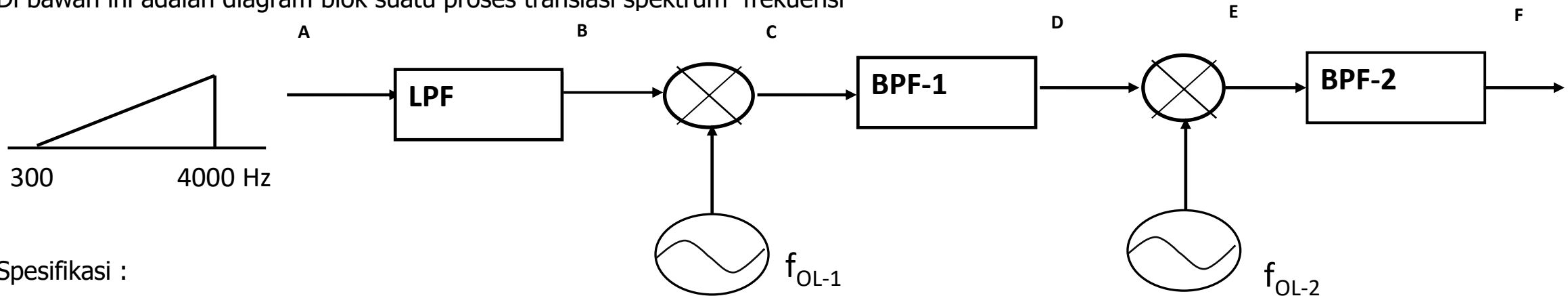


- dengan detektor sinkron



# Latihan soal:

- Di bawah ini adalah diagram blok suatu proses translasi spektrum frekuensi



- Spesifikasi :
- Frekuensi cut off LPF = 5 kHz
- Frekuensi lokal oscilator<sub>1</sub> ( $f_{OL-1}$ ) = 50 kHz ; Pass band BPF-1 = [50 – 55] kHz
- Sinyal di titik A = sinyal analog dengan spektrum = [300 -- 4000] Hz
- a). Gambarkan spektrum frekuensi di titik B , C dan D !
- b). Tentukan harga frekuensi oscilator<sub>2</sub> dan pass-band BPF-2 agar di titik F diperoleh sinyal SSB-USB dengan frekuensi pembawa 1400 kHz.
- Perhitungan harus dilengkapi gambar spektrum di titik E dan F !
- c). Ulangi point b) agar di F diperoleh sinyal SSB-LSB dengan frekuensi pembawa 1400 kHz !