

SISTEM AM

Amplitude Modulation

SISTEM KOMUNIKASI
Semester Ganjil 2016/2017
Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Universitas Telkom

MODULASI ?

Apa itu Modulasi ?

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

Mengapa Perlu Modulasi ?

- ⦿ Meminimalisasi interferensi sinyal pada pengiriman informasi yang menggunakan *frequency* sama atau berdekatan
- ⦿ Dimensi antena 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)

◉ Modulasi Digital:

- Pulse Code Modulation (PCM)
- Delta Modulation (DM)
- Amplitude Shift Keying (ASK)
- Frequency Shift Keying (FSK)
- Phase Shift Keying (PSK)
- Quadrature Amplitude Modulation (QAM)
- Quaternary PSK (QPSK)
- Continous Phase FSK (CPFSK)
- dll

ANALISA PADA BAB INI :

- ⊙ Menggambarkan sinyal termodulasi kawasan waktu dan frekuensi (spektrum) dengan informasi $m(t)$:
 - Sinyal sinusoidal
 - Sinyal sembarang pada selang $[f_a f_b]$
- ⊙ Menghitung bandwidth
- ⊙ Menghitung daya sinyal
- ⊙ Menerangkan deteksi/demodulasi sinyal
- ⊙ Menghitung Kinerja AM

PERSAMAAN SINYAL CARRIER:

Persamaan Sinyal Pembawa/ *Carrier*:

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

Amplitude modulation (AM)



Modulasi Sudut (Angle Modulation)

$(\omega_c t + \theta)$

*Frequency Modulation
(FM)*

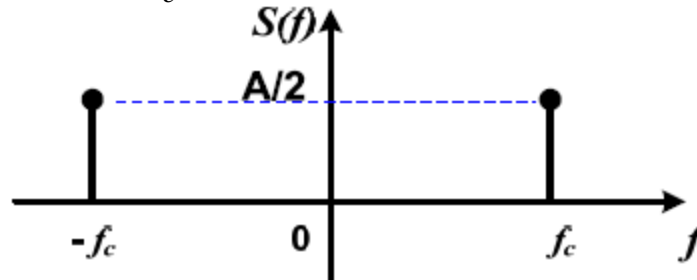
*Phase Modulation
(PM)*

REVIEW

kawasan waktu \leftrightarrow frekuensi dari sinyal cosinus

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

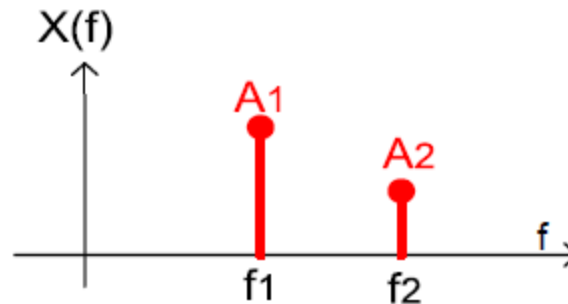
$$S(f) = A/2 \delta(f-f_c) + A/2 \delta(f+f_c)$$



Gambar spektrum sinyal diturunkan dari persamaan sinyal kawasan frekuensi

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

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



spektrum amplitudo Pada
FREKUENSI POSITIF /
PITA SATU SISI

AMPLITUDE MODULATION (AM)

- ◉ Pada modulasi AM, amplitudo sinyal *carrier* dibuat berubah-ubah secara proporsional sesuai perubahan amplitudo yang terjadi pada sinyal pemodulasi (sinyal informasi)

- ◉ Persamaan Sinyal *Carrier*:

$$V(t) = V \cos(\omega_c t + \varphi)$$

- ◉ Secara umum, persamaan sinyal carrier termodulasi adalah:

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

dimana: $\omega_c = 2\pi f \rightarrow$ frekuensi carrier

$V(t) =$ Amplitudo sesaat carrier

$\varphi(t) =$ Fasa sesaat carrier

AMPLITUDE MODULATION (AM)

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

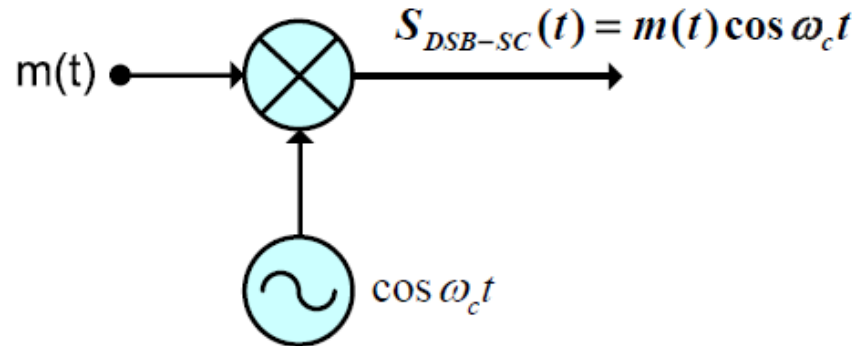
$$S_{AM}(t) = m(t) \cos \omega_c t$$

$m(t)$ = sinyal informasi / pemodulasi

JENIS MODULASI AM

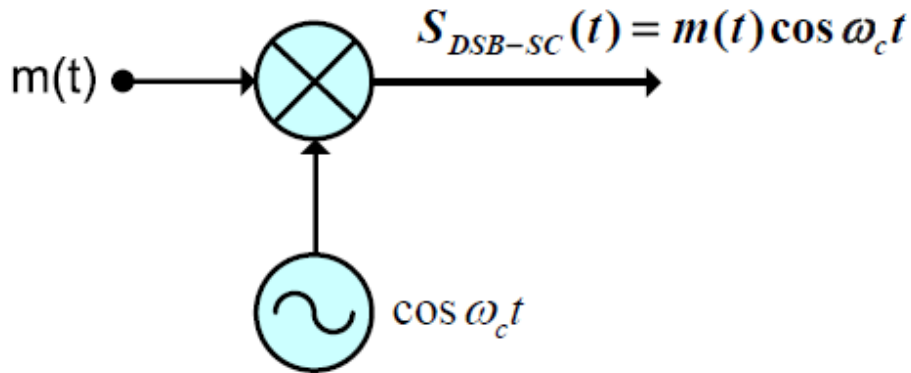
1. *Double Side Band Suppressed Carrier (DSB-SC)*
2. *Single Side Band (SSB)*
3. *Double Side Band Full Carrier (DSB-FC)*

1. AM-DSB-SC



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

1. AM-DSB-SC



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

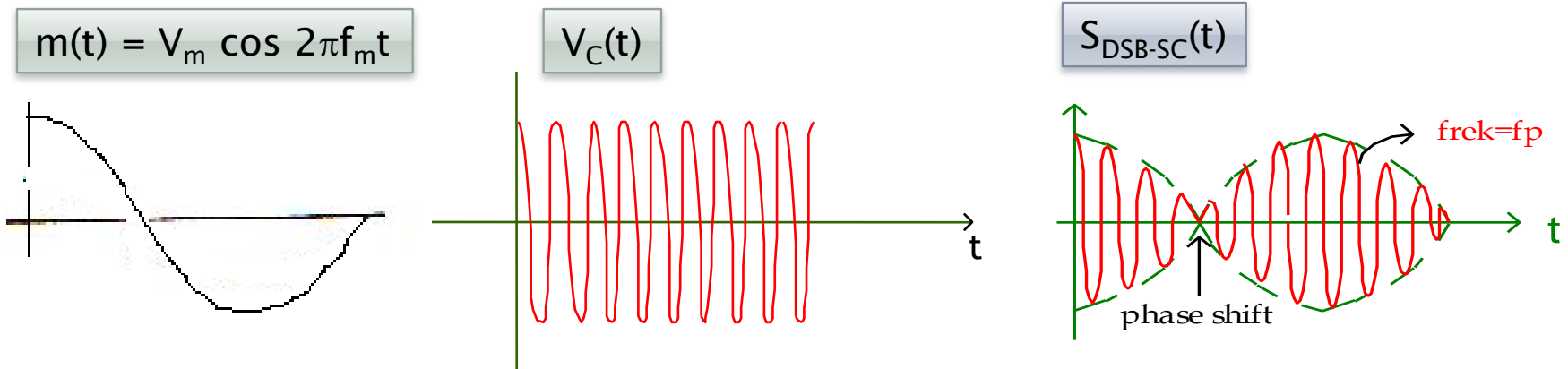
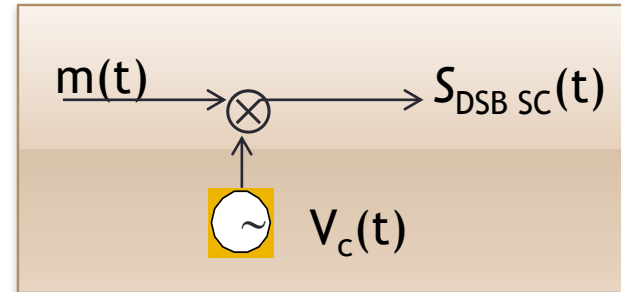
1. AM-DSB-SC

Kawasan Waktu, Informasi Sinusoidal Tunggal

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

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

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



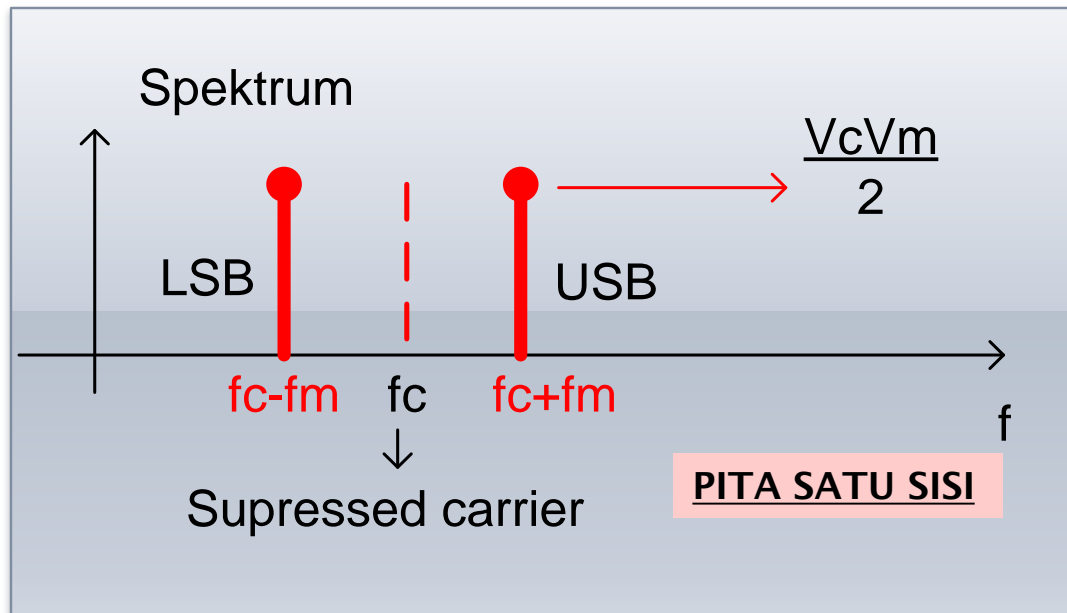
Note: $f_p = f_c =$ frekuensi sinyal pembawa

1. AM-DSB-SC

Kawasan Frekuensi/Spektrum, Informasi Sinusoidal Tunggal

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

$$S_{DSB-SC}(f) = \frac{V_c V_m}{2} (\delta(f_c + f_m) + \delta(f_c - f_m))$$



Daya Rata-Rata Sinyal AM-DSB-SC

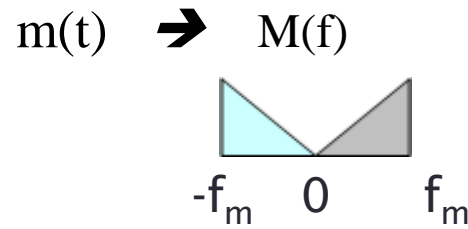
$$P_{DSB-SC} = \frac{\left(\frac{V_c \cdot V_m}{2} \right)^2}{2} + \frac{\left(\frac{V_c \cdot V_m}{2} \right)^2}{2}$$

Note: Beban, $R = 1 \Omega$

1. AM-DSB-SC

Kawasan Frekuensi/Spektrum,
Informasi Sinyal Sembarang, $m(t) \leftrightarrow M(f)$

❖ Spektrum

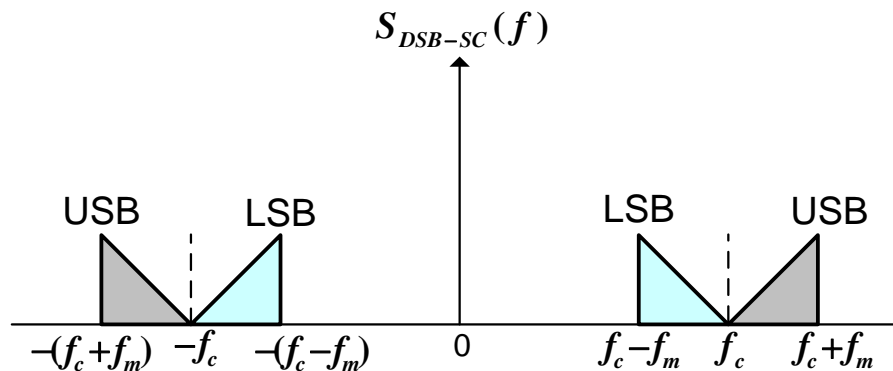


PITA DUA SISI

❖ Persamaan Matematis

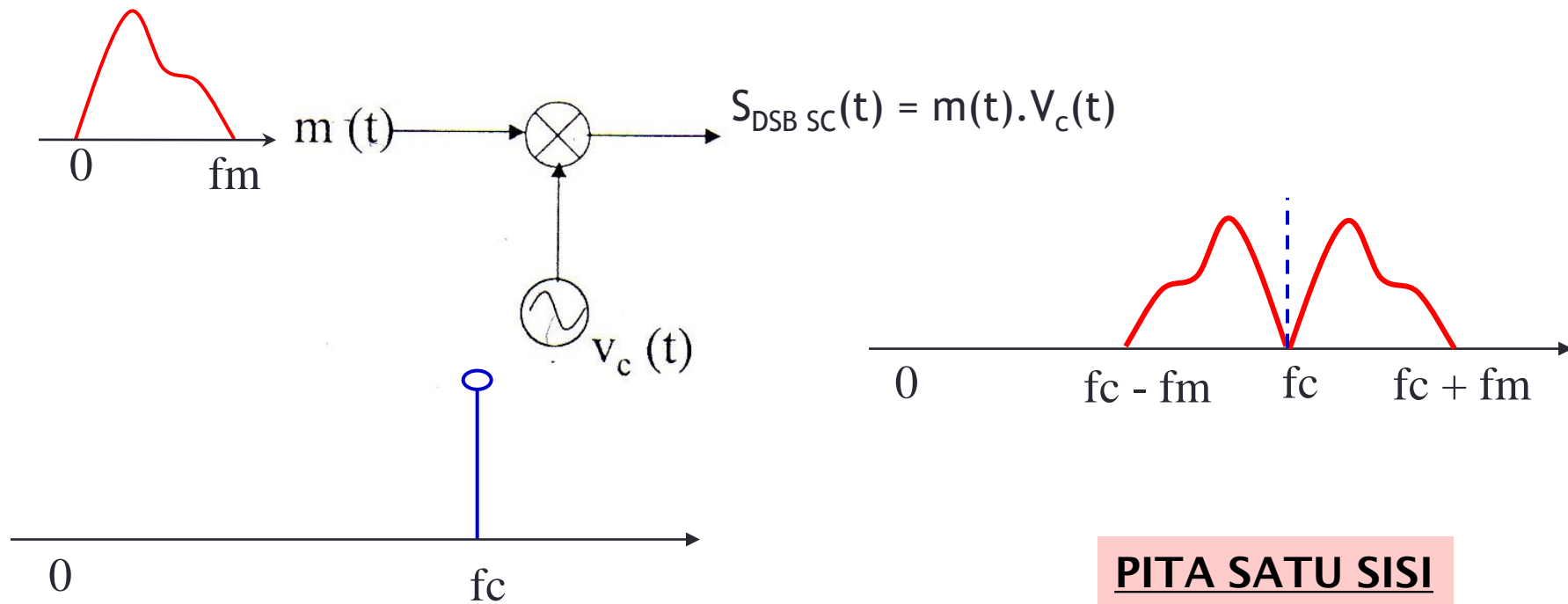
$$S_{DSB-SC}(f) = \frac{1}{2}M(f - f_c) + \frac{1}{2}M(f + f_c)$$

❖ Gambar Spektrum Sinyal DSB-SC



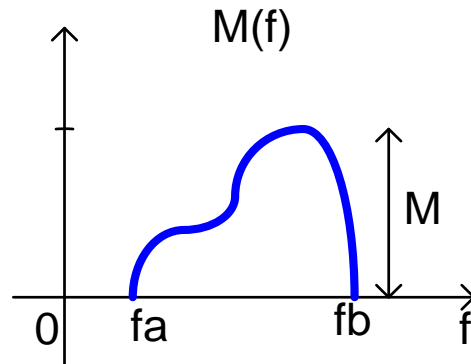
1. AM-DSB-SC

Kawasan Frekuensi/Spektrum,
Informasi Sinyal Sembarang, $m(t) \leftrightarrow M(f)$

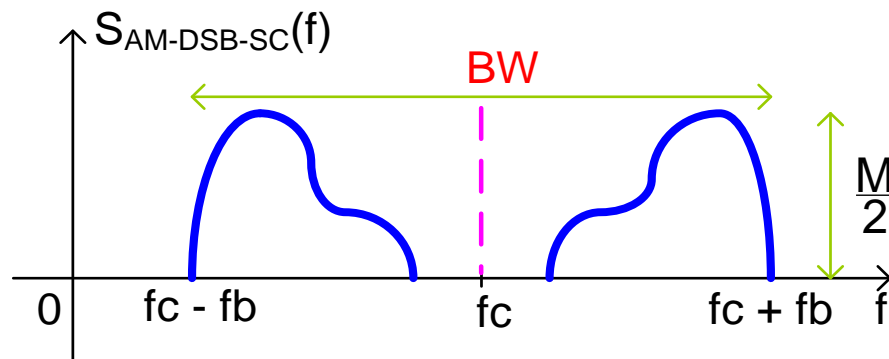


1. AM-DSB-SC

Kawasan Frekuensi/Spektrum,
Informasi Sinyal Sembarang, $m(t) \leftrightarrow M(f)$

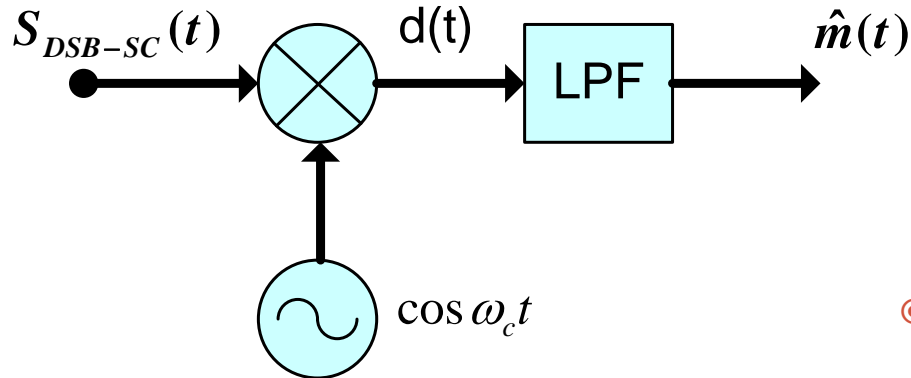


Hasil modulasi : $S_{\text{DSB SC}}(t)$ akan memiliki spektrum amplitudo



1. AM-DSB-SC

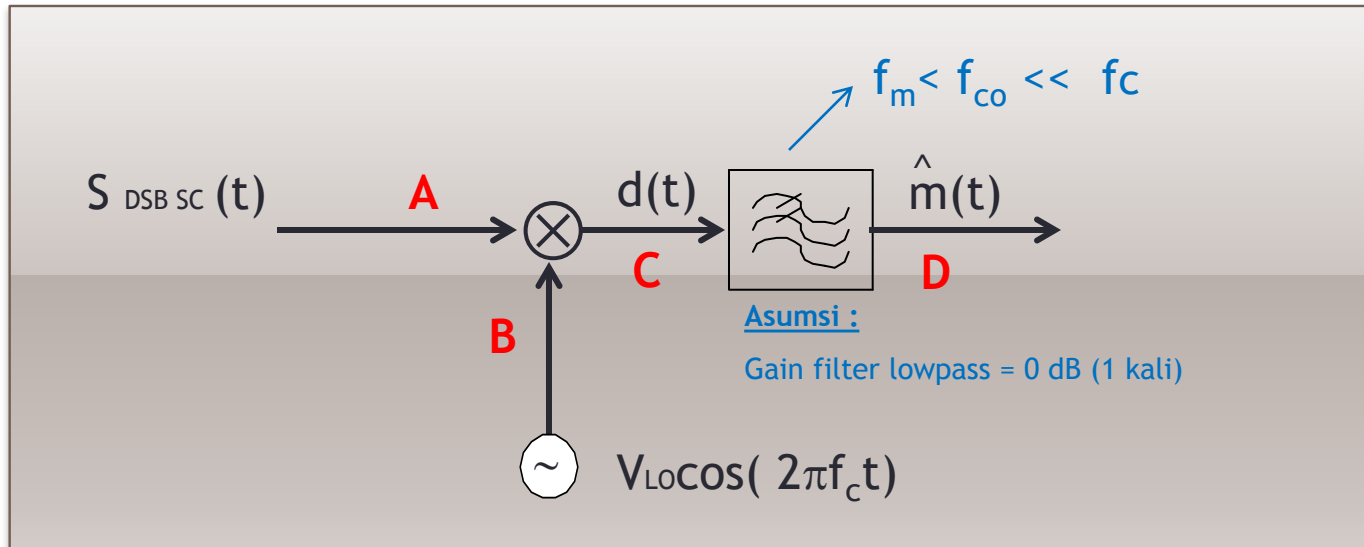
PROSES DEMODULASI



- 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)

1. AM-DSB-SC

Proses Demodulasi, Kondisi Ideal



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

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

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

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

LATIHAN:

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

a) Untuk informasi sinusoidal tunggal

$$m(t) = 3 \cos(2000\pi t)$$

b) Untuk informasi sembarang



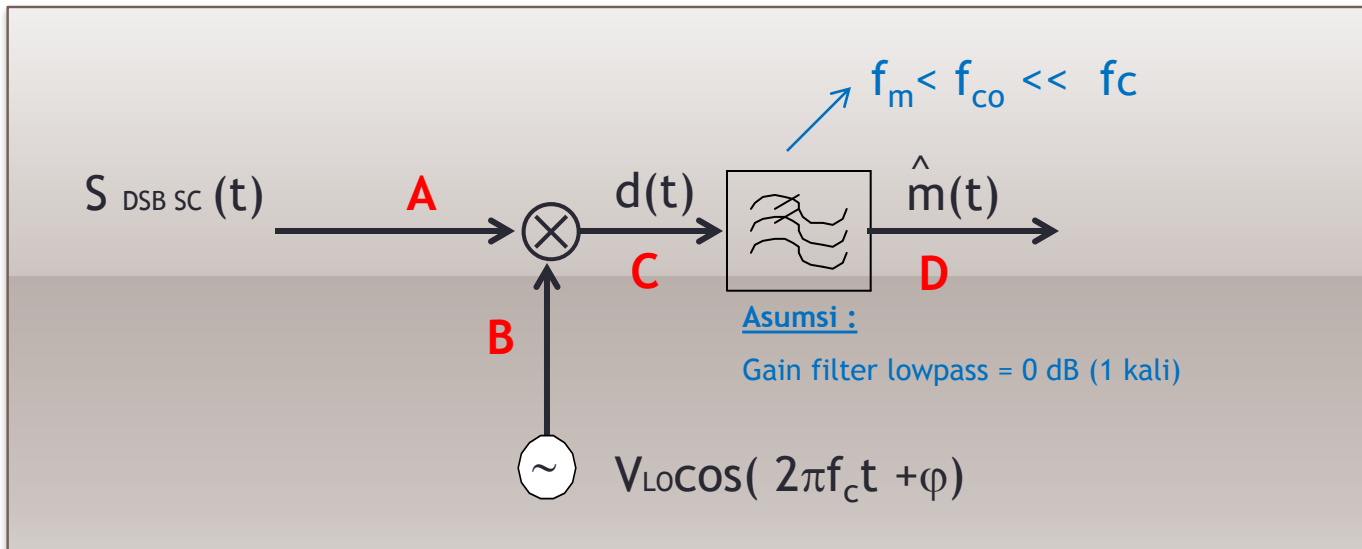
Diketahui: sinyal carrier, $V_c(t) = 12 \cos(2 \cdot 10^6 \pi t)$

sinyal yang dibangkitkan oleh Osilator di penerima: $V_{LO}(t) = 20 \cos(2 \cdot 10^6 \pi t)$

1. AM-DSB-SC

Proses Demodulasi, Kondisi Tidak Ideal

kondisi tidak ideal: ada perbedaan fasa antara frekuensi carrier pada pengirim & penerima



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

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

1. AM-DSB-SC

Proses Demodulasi, Kondisi Tidak Ideal

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

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

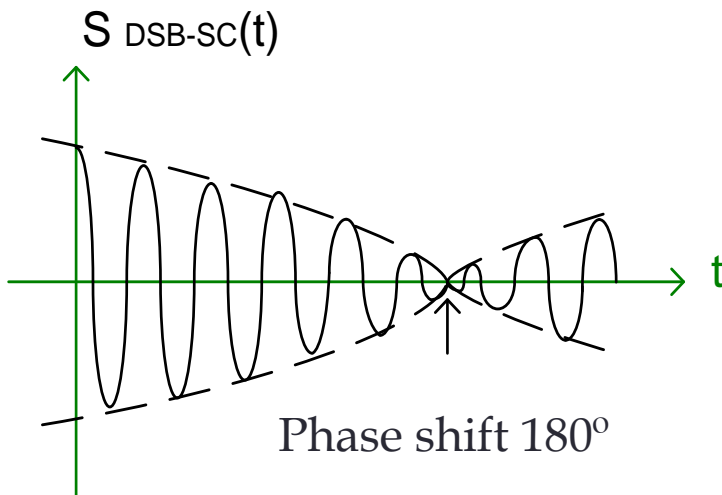
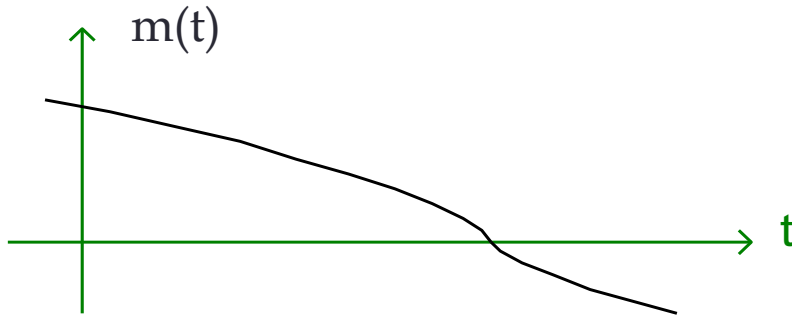
φ akan menentukan amplitudo dari hasil deteksi \rightarrow maks. $\varphi = 0^\circ$

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

1. AM-DSB-SC

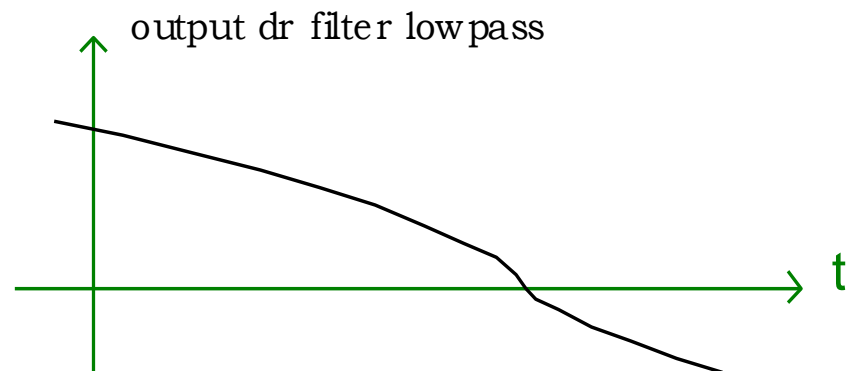
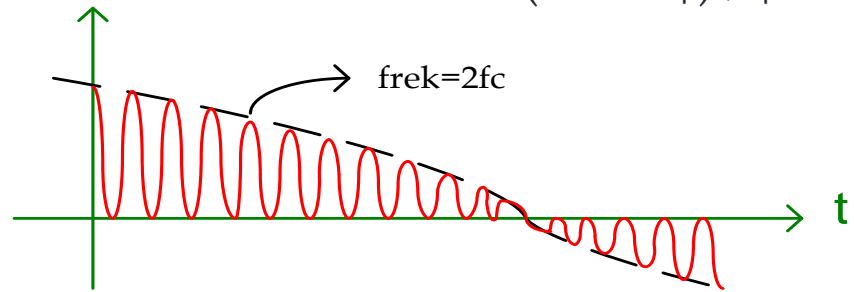
Kawasan Waktu, Informasi Sinyal Sembarang

Gambar sinyal :



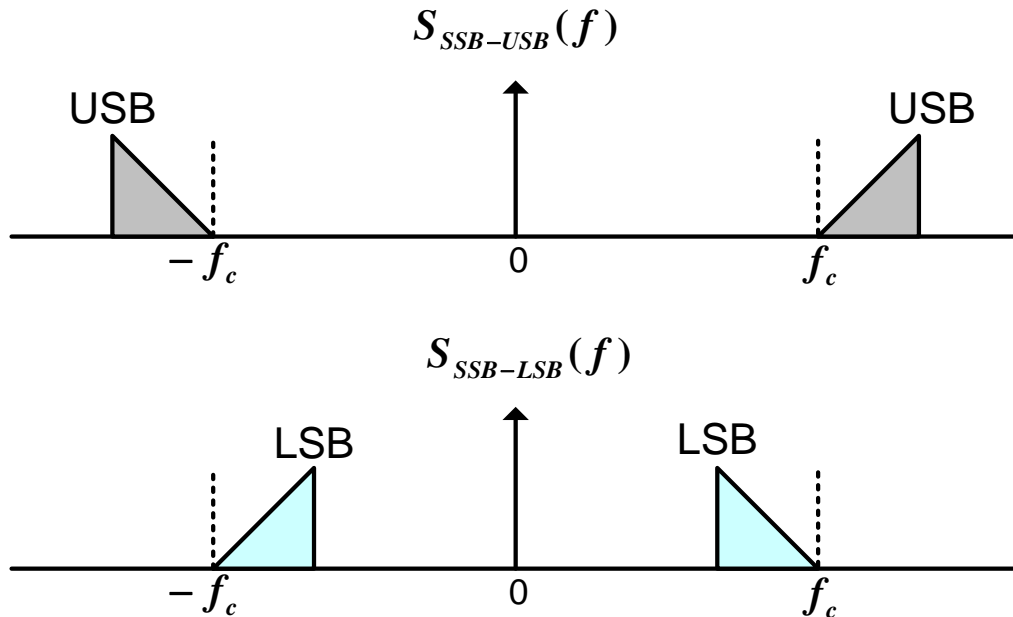
Proses deteksi :

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



2. AM-SSB

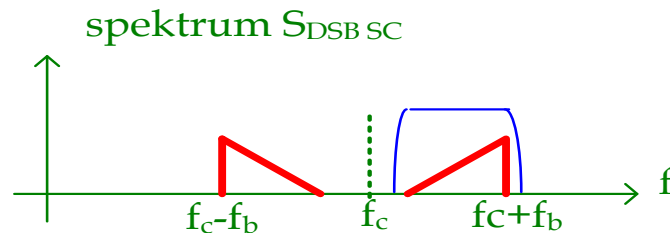
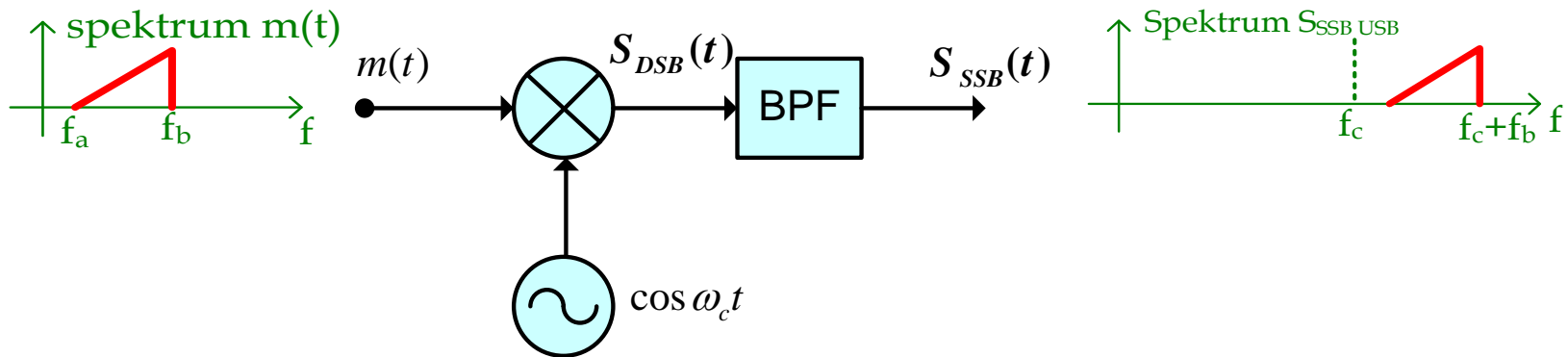
Spektrum AM-SSB



- 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

2. AM-SSB

Pembangkitan Sinyal AM-SSB



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

2. AM-SSB

Kawasan Waktu, Informasi Sinusoidal Tunggal

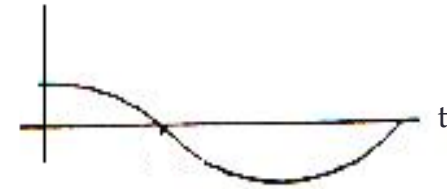
Persamaan sinyal SSB

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

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

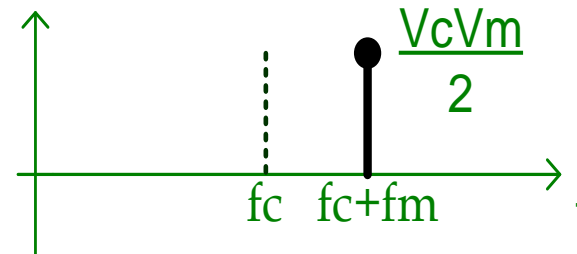
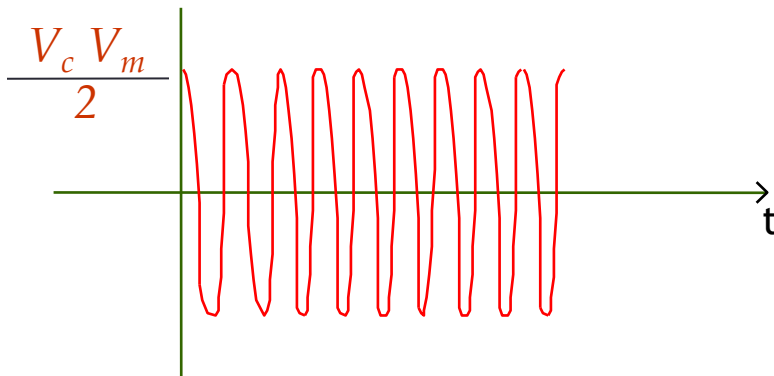
$$S_{\text{DSB-SC}}(t) = \underbrace{V_m V_c / 2 \cos 2\pi(f_c + f_m)t}_{\text{USB}} + \underbrace{V_m V_c / 2 \cos 2\pi(f_c - f_m)t}_{\text{LSB}}$$

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



Kasus USB :

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

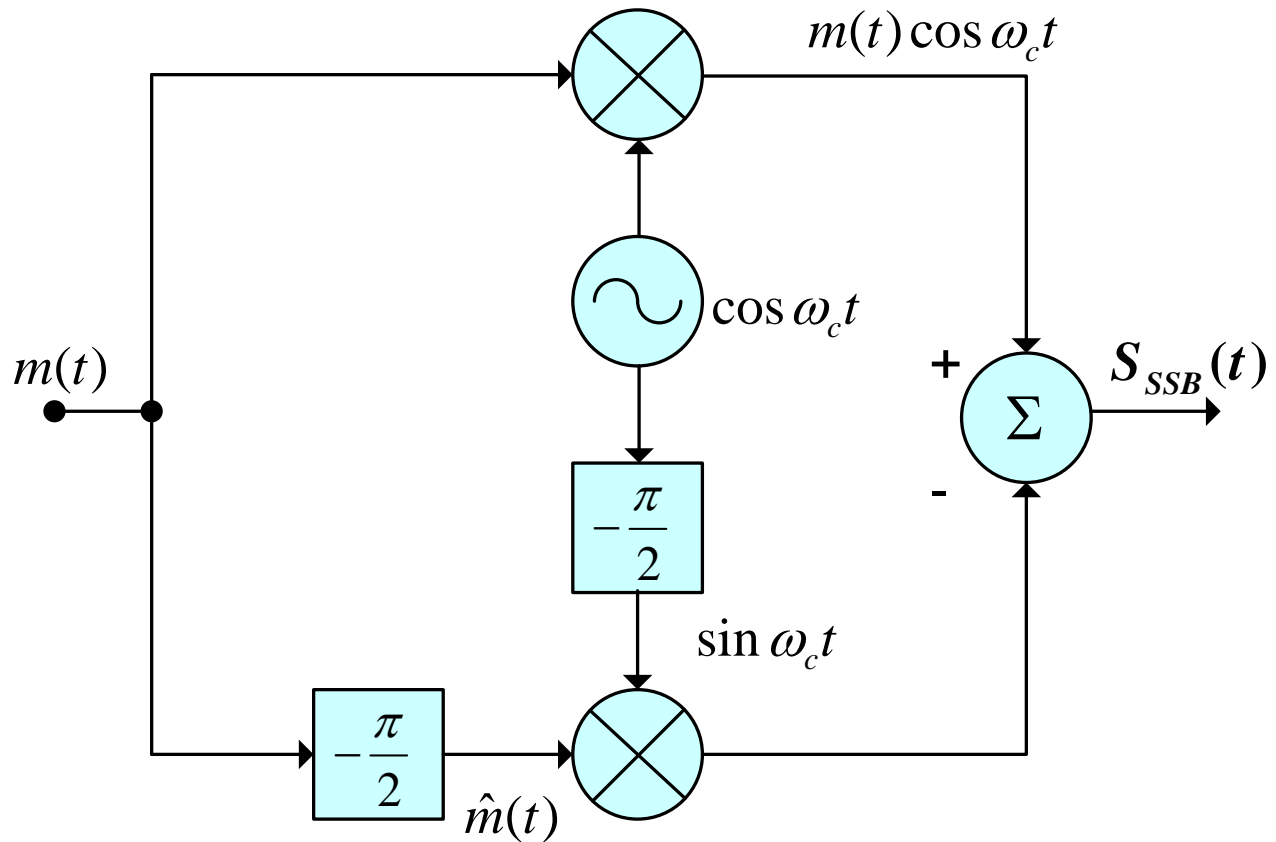


“(spektrum sinyal SSB-USB dengan Carrier = f_c)”

2. AM-SSB

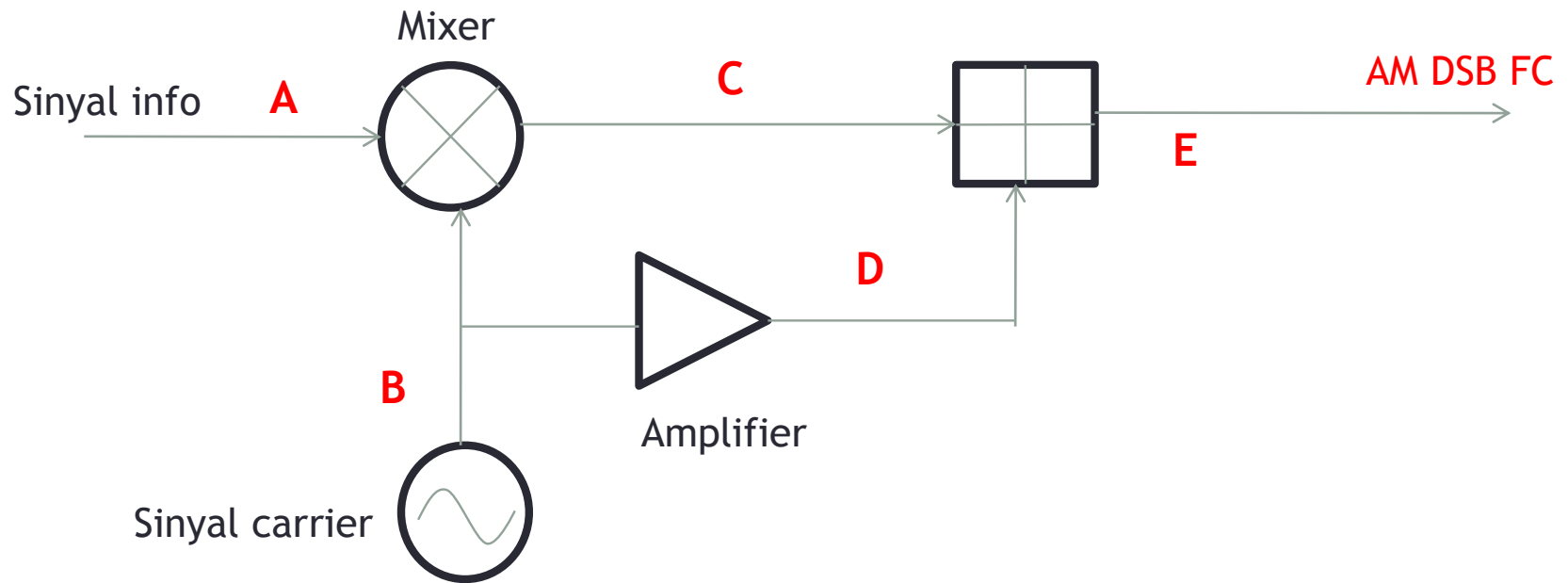
Pembangkitan Sinyal AM-SSB

❖ Phase Shift Method



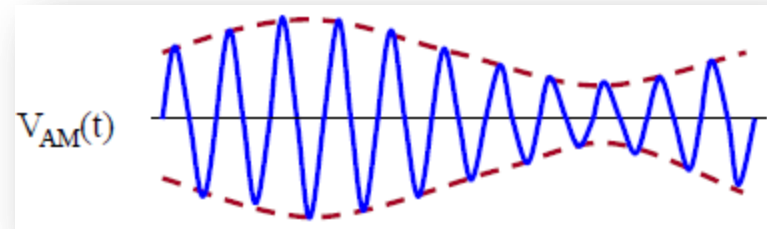
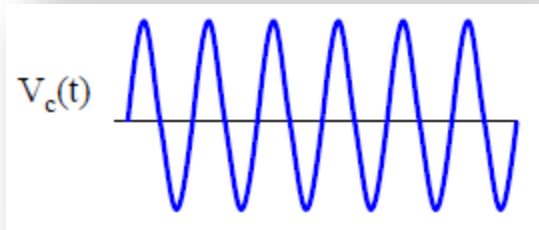
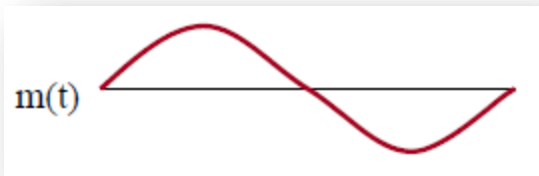
3. AM-DSB-FC

“Diagram Blok Modulasi AM-DSB-FC”



3. AM-DSB-FC

- Pembawa : $V_c(t) = V_c \cos(\omega_c t)$
- Pemodulasi : $m(t)$



$$V_{AM}(t) = V_c [1 + k_a m(t)] \cos(2\pi f_c t)$$

k_a = sensitivitas atau konstanta modulator AM [per volt]

$| 1 + k_a m(t) | \leq 1 \rightarrow$ tidak terjadi 'over modulasi'

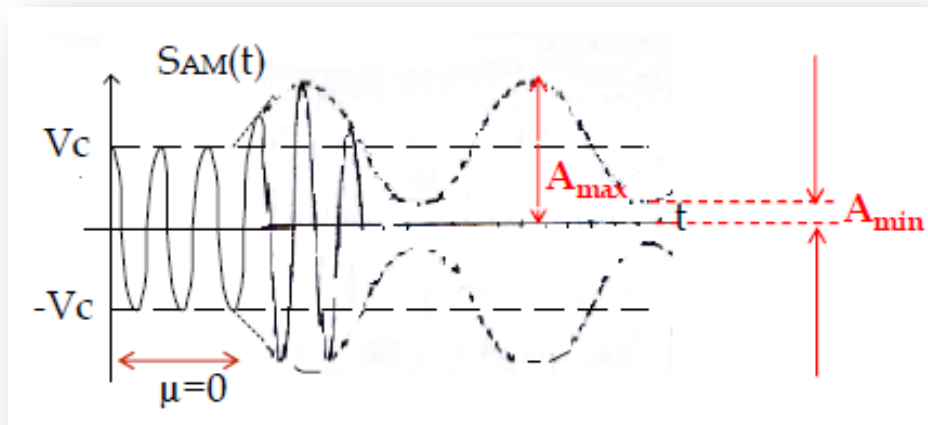
3. AM-DSB-FC

Kawasan Waktu,
Informasi Sinusoidal Tunggal

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

$$\begin{aligned} V_{AM}(t) &= V_c [1 + k_a V_m \cos 2\pi f_m t] \cos 2\pi f_c t \\ &= V_c [1 + \mu \cos (2\pi f_m t)] \cos (2\pi f_c t) \end{aligned}$$

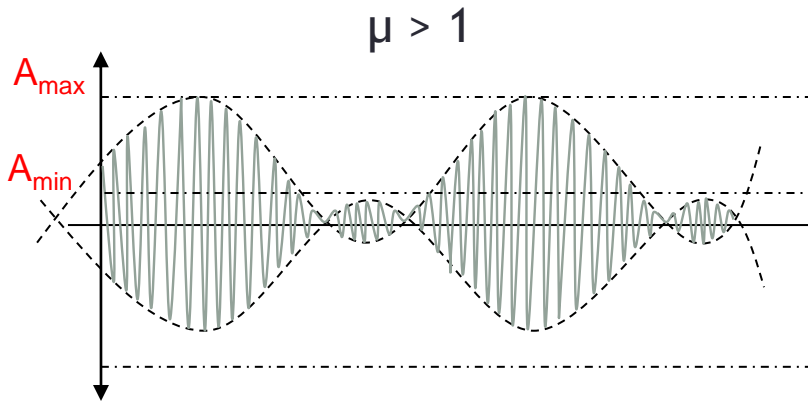
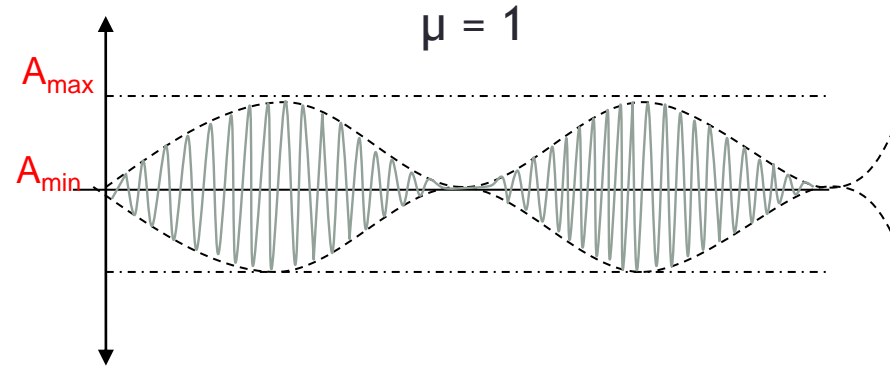
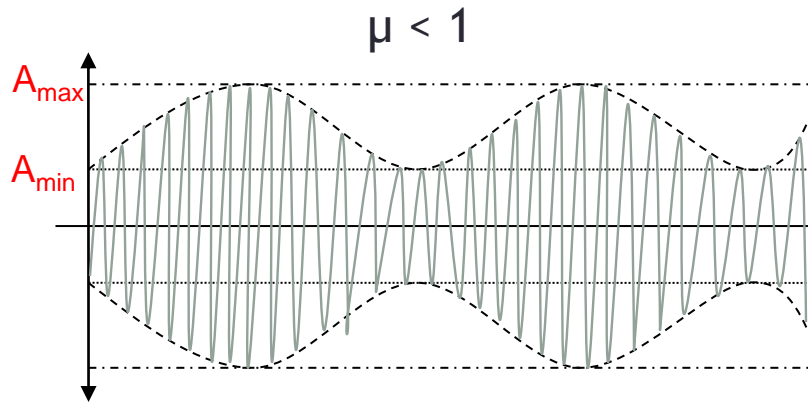
, μ = indeks modulasi



$$\mu = \frac{A_{max} - A_{min}}{A_{max} + A_{min}}$$

3. AM-DSB-FC

Kawasan Waktu,
Informasi Sinusoidal Tunggal



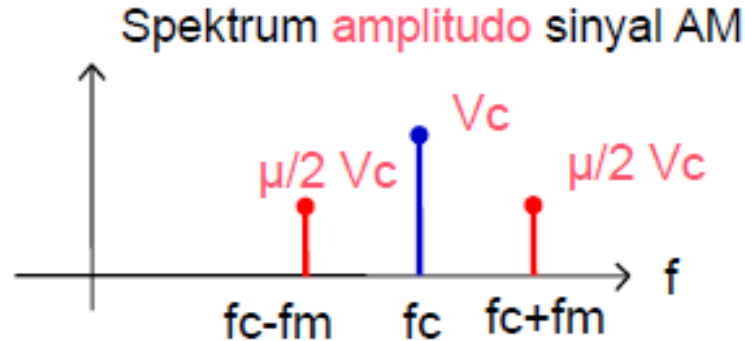
$$\mu = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{A_{\max} + A_{\min}}$$

3. AM-DSB-FC

Kawasan Frekuensi, Informasi Sinusoidal Tunggal

$$S_{AM}(t) = V_c \cos(2\pi f_c t) + \mu/2 V_c \cos 2\pi(f_c + f_m)t + \mu/2 V_c \cos 2\pi(f_c - f_m)t$$

$$S_{AM}(t) = V_c [1 + \mu \cos 2\pi f_m t] \cos 2\pi f_c t \quad , \mu = \text{indeks modulasi}$$



Perbandingan daya komponen carrier (P_c) , komponen upper sideband (P_{USB}) dan komponen lower sideband (P_{LSB})

$\frac{P_{LSB}}{8}$:	$\frac{P_c}{2}$:	$\frac{P_{USB}}{8}$
$\frac{\mu^2}{4}$:	1	:	$\frac{\mu^2}{4}$

CONTOH SOAL:

Tanpa pemodulasi, satu pemancar AM siaran menghasilkan 10 kwatt. Hitung nilai indeks modulasi apabila sinyal pemodulasinya sinusoidal dan daya yang terukur di keluarannya menjadi 14 kWatt.

$$P_{\text{LSB}} = P_{\text{USB}} = (14 - 10)/2 \text{ kW} = (4/2) \text{ kW} = 2 \text{ kW}$$

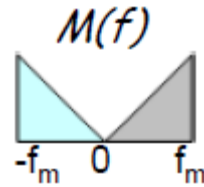
$$\mu^2/4 = 2/10$$

$$\mu^2 = 0,8$$

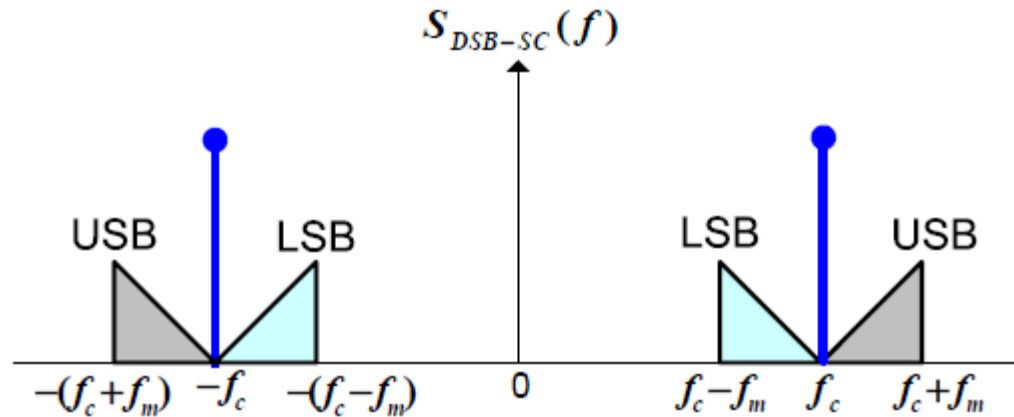
3. AM-DSB-FC

Kawasan Frekuensi, Informasi Sinyal Sembarang

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



Gambar Spektrum Sinyal DSB-FC



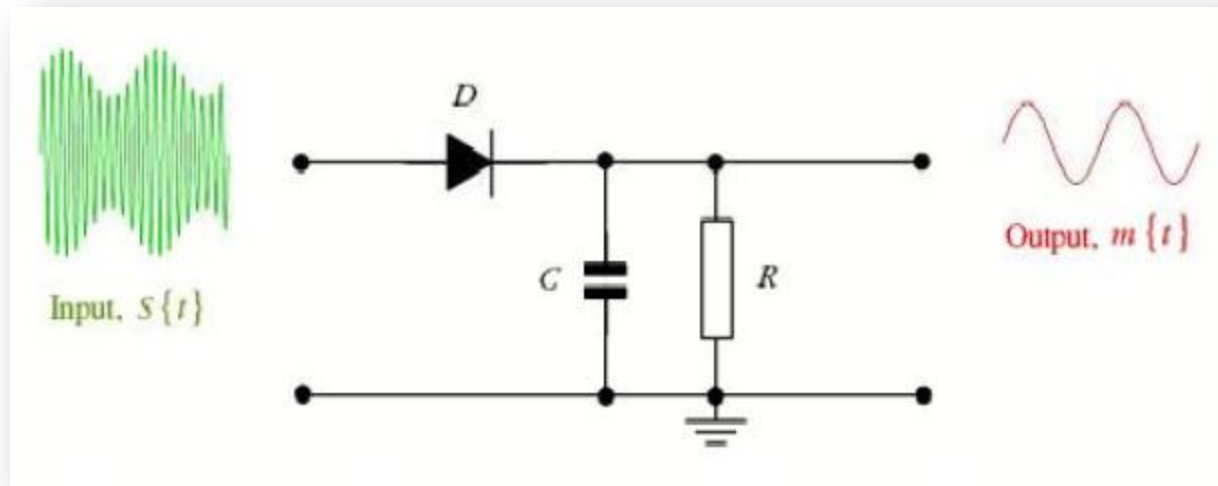
PITA DUA SISI

3. AM-DSB-FC

Demodulasi Sinyal AM-DSB-FC

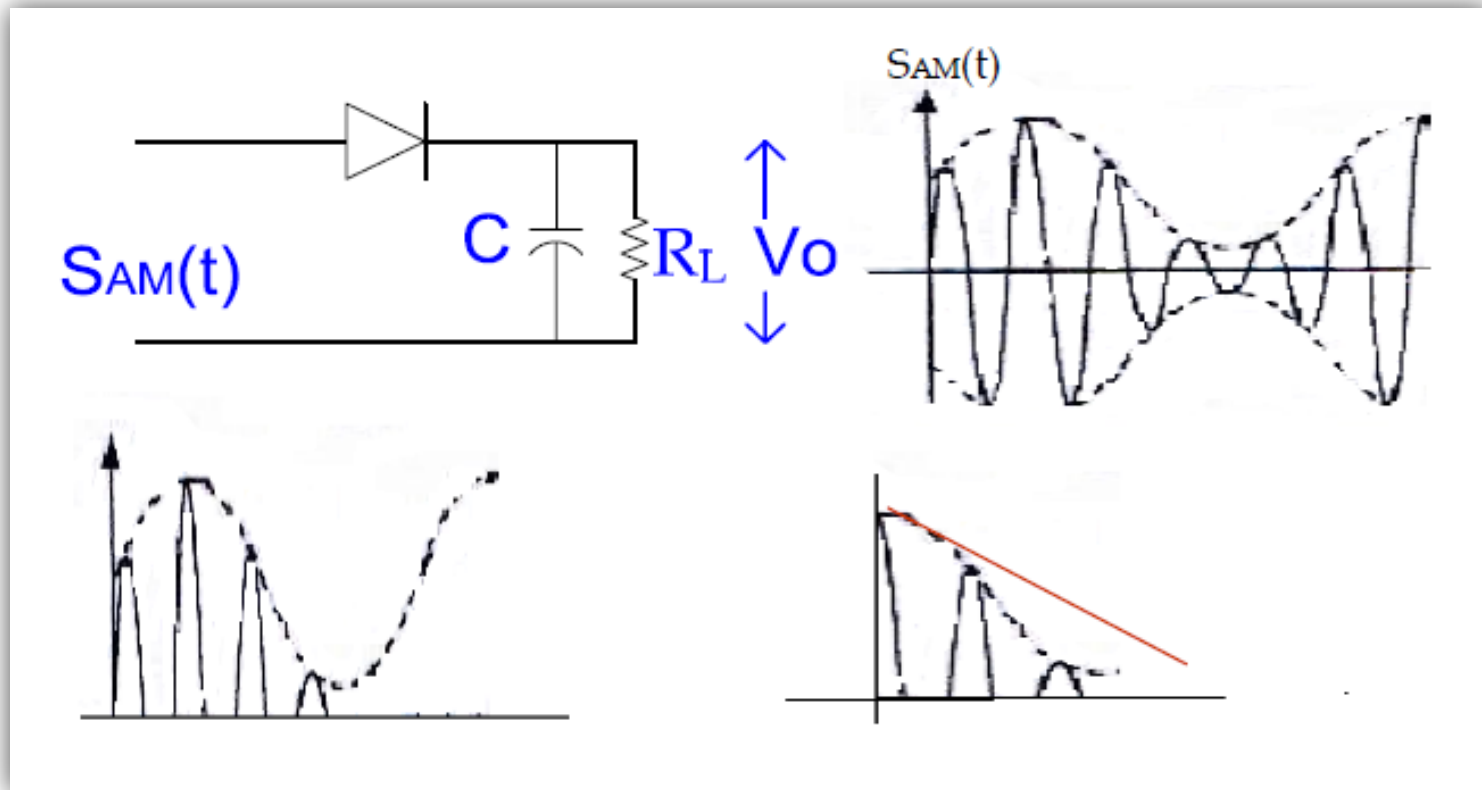
Dilakukan dengan mendeteksi selubung (envelope) sinyal termodulasinya.

Alat yang digunakan disebut Detektor Selubung (Envelope Detector)



3. AM-DSB-FC

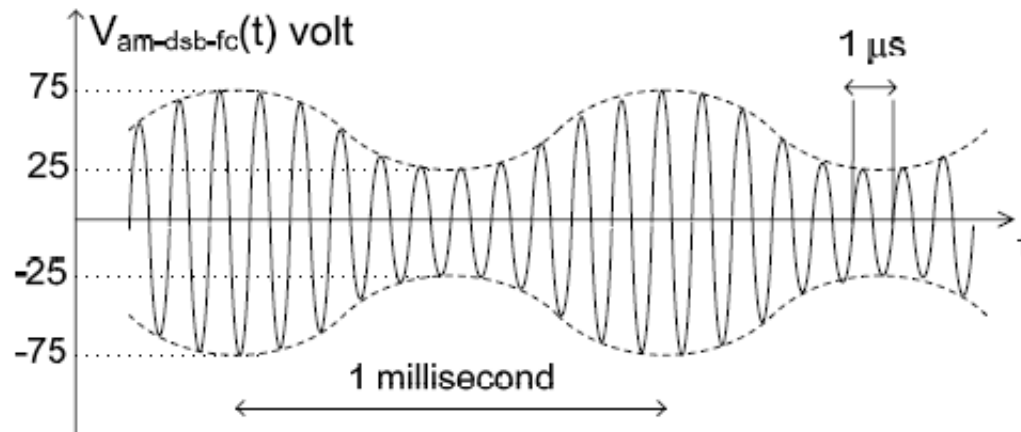
Demodulasi Sinyal AM-DSB-FC (Detektor Selubung)



Syarat : $1/f_c \ll RLC \ll 1/W$, $W = \text{Bandwidth dari } m(t) = f_m$

LATIHAN SOAL

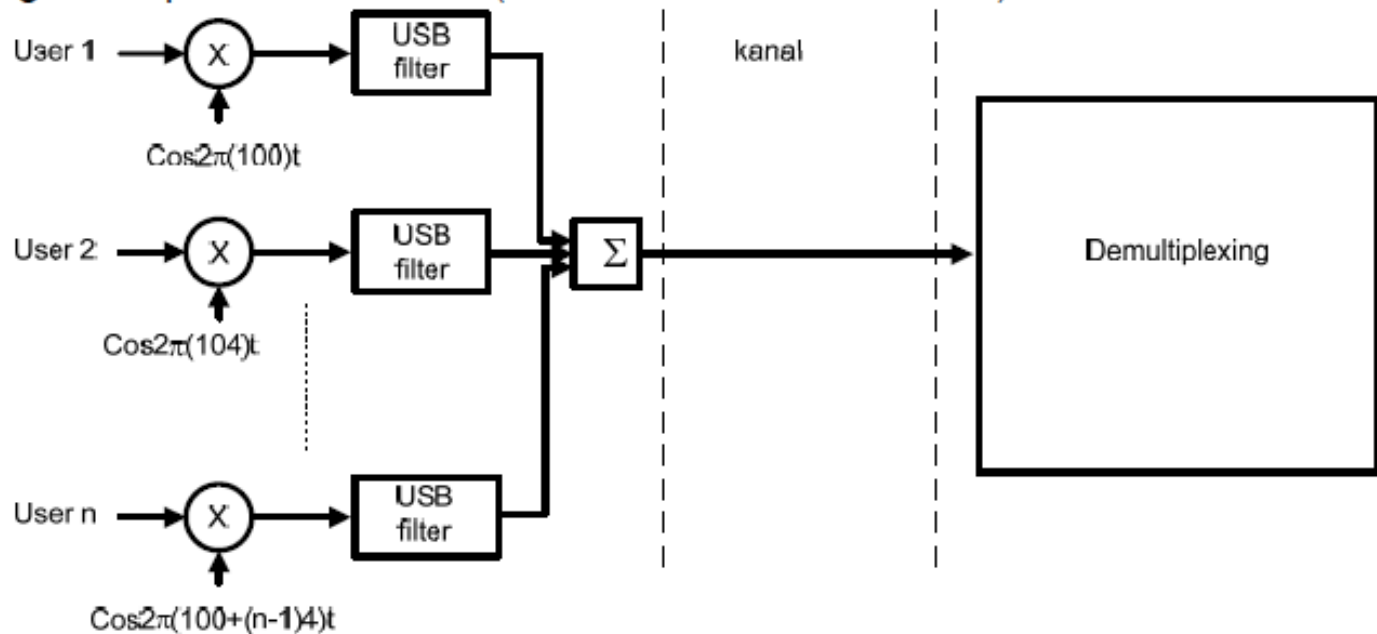
1. Sinyal di berikut merupakan sinyal keluaran penguat (penguatan tegangan 10) modulator AM-DSB-FC



- Hitung indeks modulasi (**m**) dan amplituda sinyal pembawa (**V_p**) !
- Hitung frekuensi sinyal pemodulasi (**f_m**) dan sinyal pembawa (**f_p**) sinyal AM tersebut !
- Hitung **daya rata-rata sinyal AM** tersebut dan perbandingan $P_C : P_{USB} : P_{LSB}$!
- Gambarkan **spektrum daya satu sisi** (spektrum frekuensi dilengkapi levelnya)
- Tentukan persamaan gelombang sinyal AM tersebut $[V_{AM-DSB-FC}(t)]$ pada masukan penguat (keluaran modulator) !

LATIHAN SOAL

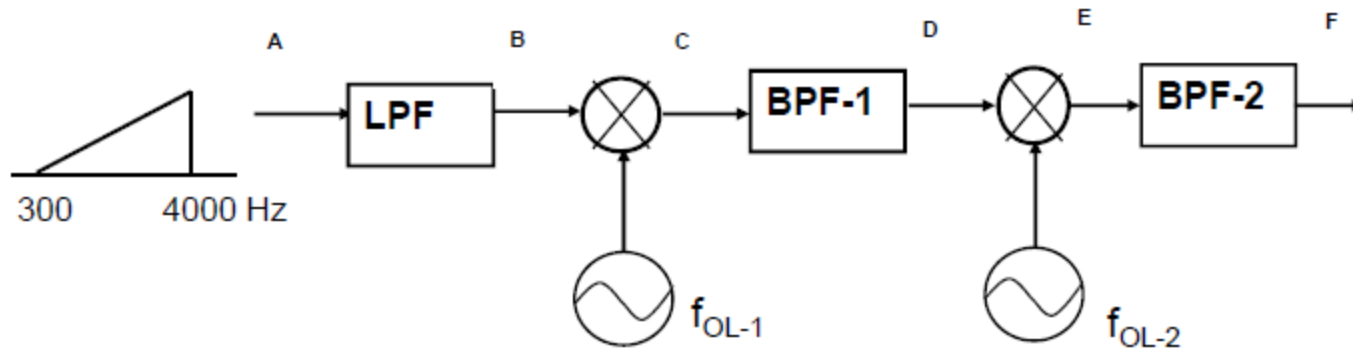
2. Sebanyak n buah user dengan masing-masing mempunyai **Bandwidth 4 kHz** dimasukkan ke suatu FDM (Frequency Division Multiplexing) dengan blok diagram seperti di bawah ini: (→ satuan frekuensi dlm kHz)



- Tentukan spektral di kanal !
- Gambarkan blok diagram **Demultiplexing** dan jelaskan cara kerjanya!
- Jika $n = 10$, tentukan **Bandwidth** transmisinya!

LATIHAN SOAL

3. Di bawah ini adalah diagram blok suatu proses translasi spektrum frekuensi



Spesifikasi :

- Frekuensi cut off LPF = 5 kHz
 - Frekuensi lokal oscilator (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 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 !

LATIHAN SOAL

4. Suatu sinyal AM DSB-FC dengan sinyal carrier $V_c(t) = 20 \cos 2 \times 10^6 \pi t$ dan pemodulasi sinyal sinusoidal tunggal 4 kHz, indeks modulasi 25%.
- Gambarkan sinyal tersebut (kawasan waktu, harus lengkap dengan sumbu waktu dan tegangan, skala proporsional) dan jelaskan arti indeks modulasi 25%!
 - Hitung daya sinyal keluaran modulator AM dan hitung efisiensi dayanya!
 - Apabila deteksi dilakukan dengan detector sinkron tetapi sinyal dari osilator local berbeda fasa sebesar 60° dengan sinyal carrier yang diterima (dari pengirim), jelaskan apa yang terjadi dengan hasil demodulasi! (Jelaskan dengan menurunkan persamaannya)

LATIHAN SOAL

5. Suatu sinyal AM-DSB-FC dengan frekuensi carrier 700 KHz dan pemodulasi sinyal sinusoidal tunggal 6 KHz, index modulasi 65%. Sinyal AM tersebut didemodulasi (deteksi) dengan detector sinkron yang memiliki frekuensi cut off 6,5 KHz. Dengan bantuan gambar spectrum frekuensi jelaskanlah:
- Cara kerja proses deteksi bila carrier recovery (CR) dalam detector bekerja sempurna.
 - Cara kerja proses deteksi bila CR dalam detector bekerja tidak sempurna hingga menghasilkan sinyal dengan frekuensi 701 KHz
 - Cara kerja proses deteksi bila CR dalam detector bekerja tidak sempurna hingga menghasilkan sinyal dengan frekuensi 699 KHz

4. KINERJA SISTEM AM



Kinerja AM-SSB

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{SSB} = \frac{S_i}{\eta_A \cdot f_m}$$

Kinerja AM-DSB-SC

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{SSB} = \frac{S_i}{\eta_A \cdot f_m}$$

Kinerja AM-DSB-FC

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{DSB-FC} = \frac{m^2}{2 + m^2} \cdot \frac{S_i}{\eta_A \cdot f_m}$$

Keterangan:

η_A = rapat daya noise

f_m = frekuensi informasi maksimum

m = indeks modulasi

SELESAI