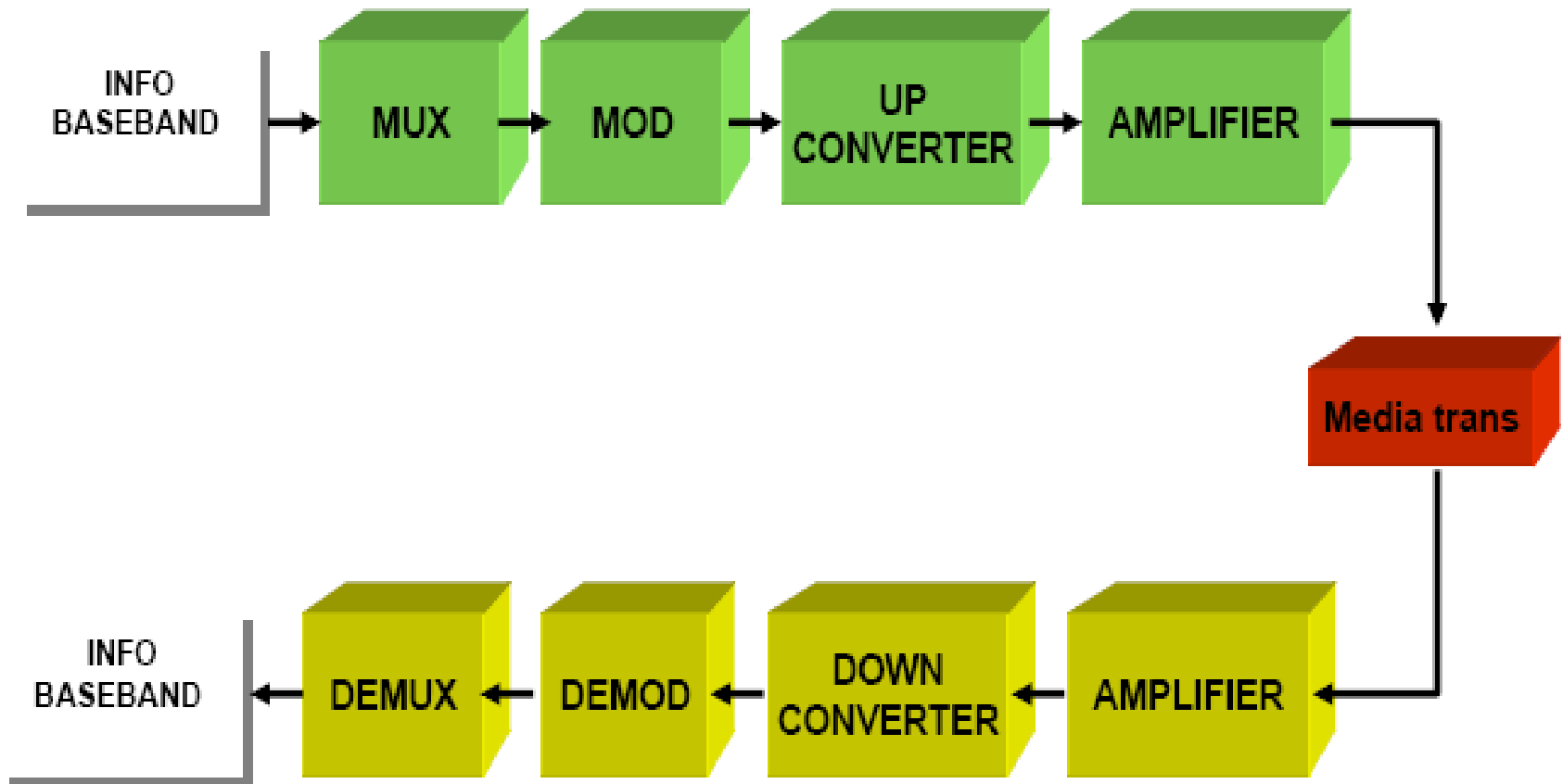


PENGENALAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI

Modul : 08
Teknik Modulasi

Faculty of Electrical Engineering
BANDUNG, 2015

Transmisi



Apa itu Modulasi ?

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

Definisi Modulasi

- ❑ Modulasi digunakan dalam sistem komunikasi untuk memungkinkan **sinyal dilewatkan** dalam suatu medium yang *Tujuan*-nya berjarak cukup jauh dari *Sumber*.
- ❑ Prinsip modulasi digunakan dalam komunikasi radio, televisi dan yang lainnya.
- ❑ Modulasi pada dasarnya adalah proses **pentranslasian** spektrum frekuensi dari suatu fungsi.
- ❑ Modulasi gelombang merupakan proses yang mengubah karakteristik tertentu dari suatu gelombang menurut pola osilasi gelombang yang lain.
- ❑ Sinyal pita dasar (*baseband*) pada umumnya dikirimkan ke *Tujuan* yang berjarak jauh dgn memodulasikannya dengan gelombang pembawa berfrekuensi dan berdaya relatif tinggi.

Mengapa Perlu Modulasi ?

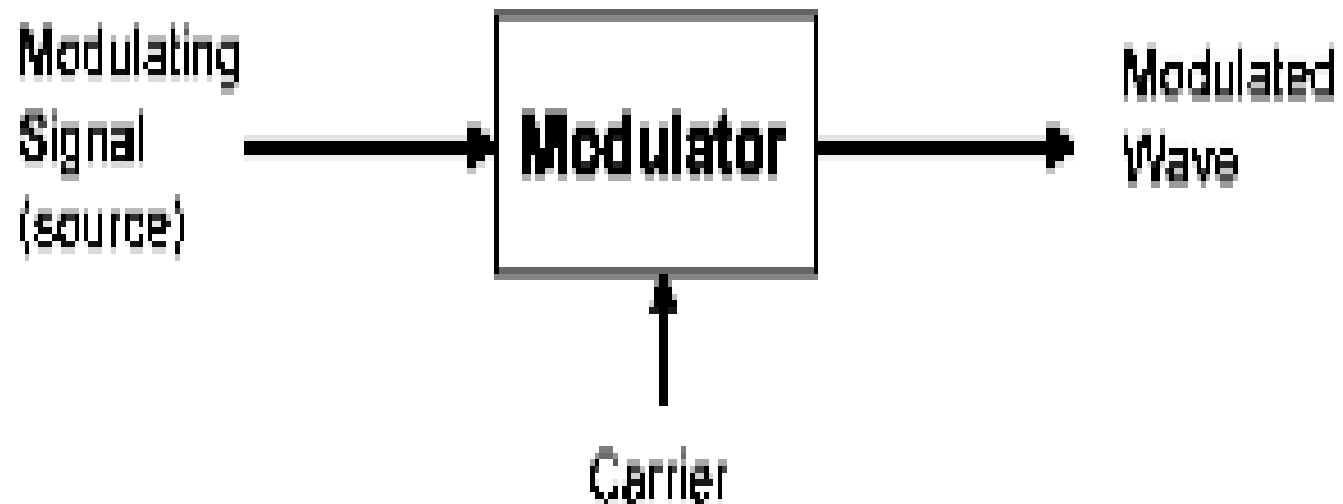
- ❑ Meminimalisasi interferensi sinyal pada pengiriman informasi yang menggunakan frequency sama atau berdekatan
- ❑ Dimensi antenna menjadi lebih mudah diwujudkan
- ❑ Sinyal termodulasi dapat dimultiplexing dan ditransmisikan via sebuah saluran transmisi

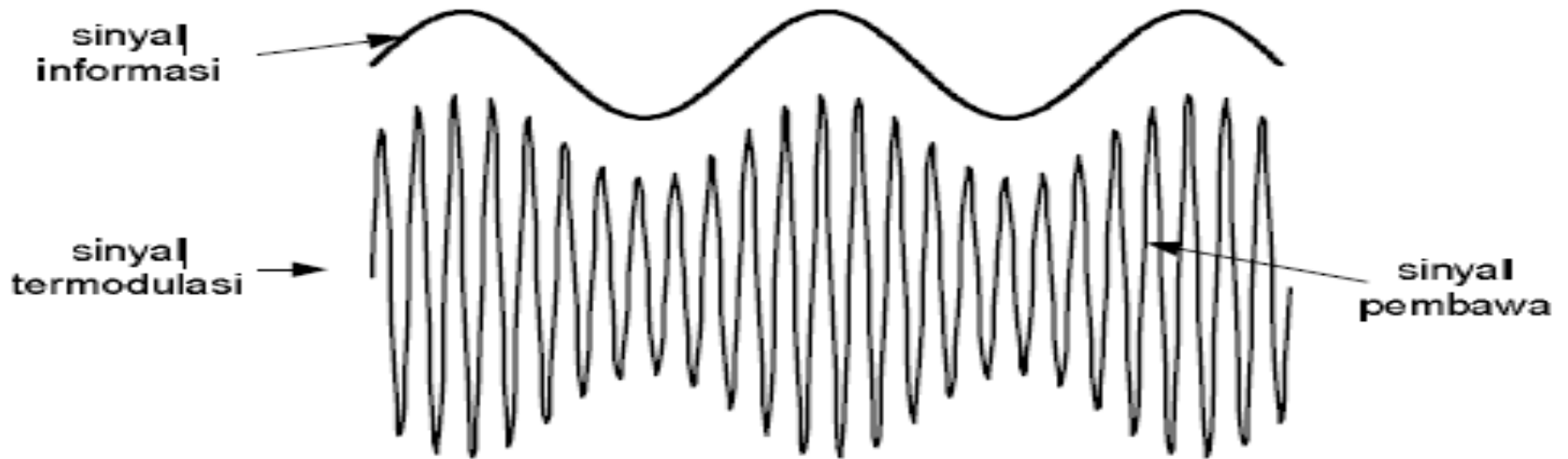
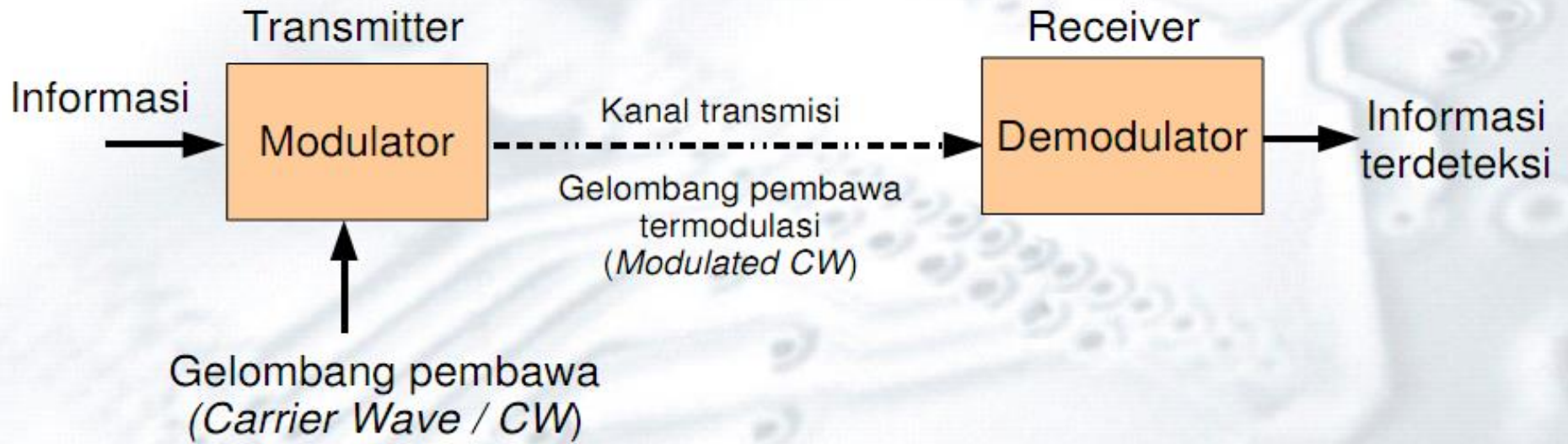
Modulasi

Apa definisinya ?



- Modulasi adalah proses untuk mengubah sinyal baseband menjadi sinyal bandpass
- Sinyal carrier frekuensi tinggi dimodulasi oleh sinyal informasi untuk menghasilkan sinyal termodulasi





Gambar 3. Sinyal Yang Termodulasi



Pengertian Modulasi

- Merupakan suatu proses penumpangan atau penggabungan sinyal informasi kepada gelombang pembawa, sehingga memungkinkan sinyal tsb ditransmisikan melalui *communication channel*.
- Parameter penggabungan dilakukan dengan mengubah-ubah besaran tertentu dari gelombang pembawa sesuai dengan bentuk sinyal, yaitu:
 - Frekuensi,
 - Amplitudo,
 - Fasa.

Diperlukan ***Modulasi*** karena :

- ❑ Mempermudah meradiasikan sinyal.
- ❑ Pengiriman sinyal akan memiliki performance yang baik.
- ❑ Mengurangi pengaruh noise dan interferensi.

Keuntungan Teknik Modulasi

Keuntungan utama yang diperoleh dalam teknik modulasi, pada sistem komunikasi adalah :

- ❑ Memungkinkan pengiriman sinyal lemah dengan membonceng gelombang pembawa yang berdaya tinggi (dapat diatur).
- ❑ Reduksi ukuran antena karena pengiriman sinyal dilakukan melalui gelombang pembawa yang memiliki frekuensi tinggi.
- ❑ Memungkinkan pengaturan dan alokasi daerah frekuensi terpisah bagi penyaluran sejumlah sinyal secara serempak melalui sebuah medium yang sama.
- ❑ Memungkinkan pergeseran frekuensi sinyal kepada daerah frekuensi yang lebih mudah diolah oleh peralatan tersedia.

Benefit modulasi

1. Modulasi untuk efisiensi transmisi

Efisiensi → tergantung pada frekuensi sinyal efisien line-of-sight propagasi radio membutuhkan antena dengan dimensi fisik 1/10 dari panjang gelombang sinyal (signal wavelength).

contoh :

transmisi sinyal audio 100 Hz yang tdk dimodulasi panjang antenna 300 km, dan apabila sinyal dimodulasi pada f_c 100 MHz panjang antenna sekitar 1 m.

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

λ → panjang gelombang (m)

f → frekuensi (Hz)

v → cepat rambat gelombang (m/s)

2. Modulasi untuk penunjukkan/alokasi frekuensi

masing-masing stasiun radio/TV mempunyai alokasi frekuensi yang telah ditentukan oleh suatu badan/regulator yang mengatur alokasi frekuensi. Alokasi frekuensi juga menggunakan filtering. Frekuensi Radio dialokasikan sesuai dengan perjanjian dunia (WRC / world radio conference dibawah ITU / international telecommunication Union, utk Indonesia → dept. postel)

Benefit modulasi

3. Multipleksing

Penggabungan beberapa sinyal yang dilewatkan dalam satu kanal jika frek. Pembawa (carrier) berlainan (frequency division multiplexing/FDM).

4. Modulasi juga bisa mengatasi keterbatasan hardware

Perancangan suatu sistem komunikasi memungkinkan dibatasi oleh biaya dan ketersediaan hardware, kinerja perangkat sering tergantung pada frekwensi yang terlibat. Modulasi memungkinkan perancangan sistem komunikasi menempatkan sinyal tertentu pada suatu range frekuensi untuk menghindari keterbatasan hardware.

Modulasi

Modulasi → 2 bentuk gelombang :

- ⊕ Sinyal yang dimodulasi (**modulating signal**) yang merepresentasikan pesan (message)
- ⊕ sinyal pembawa (**carrier**).

Contoh :

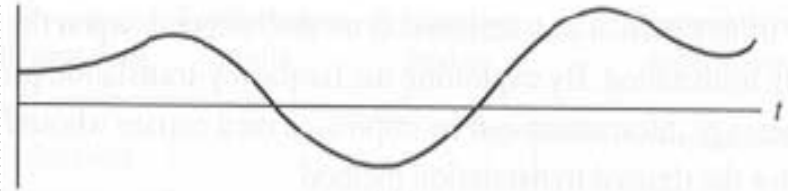
modulasi amplitudo (amplitude modulation) menggunakan sinusoidal dan pulse train sebagai gelombang pembawa (carrier). Pesan (message) terlihat pada selubung (**envelope**) dari sinyal yang termodulasi (modulated signal). Pada receiver, pesan/message dapat diperoleh kembali dengan mendemodulasi (**demodulation**) sinyal.

Modulasi

Pada umumnya frekuensi sinyal pembawa (carrier) lebih tinggi dari frekuensi tertinggi sinyal yang dimodulasi (modulating Signal).

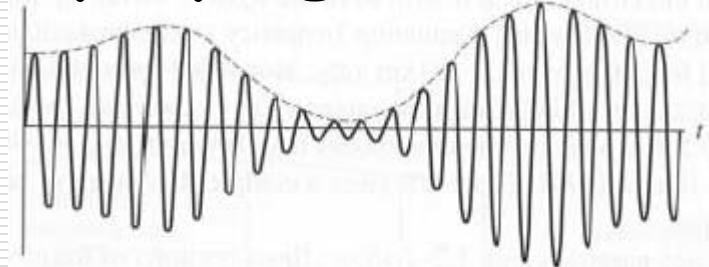
contoh : spektrum dari sinyal yang dimodulasi (modulated signal) terdiri dari komponen frekuensi yang berkelompok disekitar gelo. pembawa (carrier frequency).

Modulasi → **frequency translation.**



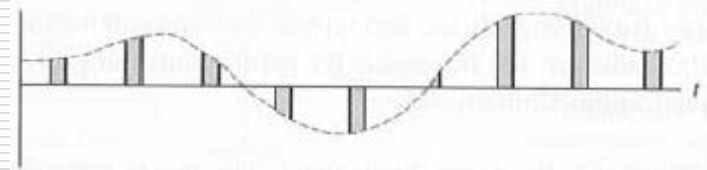
(a)

sinyal yang dimodulasi



(b)

sinusoidal carrier AM



(c)

Pulse-train carrier AM

Jenis Modulasi

- Suatu gelombang sinusoid dapat diungkapkan dalam persamaan sebagai berikut:

$$y = A \sin (\omega t + \phi)$$

- Dari persamaan di atas, dapat dilihat bahwa ada tiga variabel yang menjadi dasar dari suatu gelombang, yaitu: **amplitudo (A)**, **frekuensi (ω)** dan **fasa (ϕ)**. Ketiga besaran ini yang akan menjadi dasar dari pemanfaatan modulasi gelombang yang dengan modulasi amplitudo, modulasi frekuensi dan modulasi fasa.

Jenis Modulasi

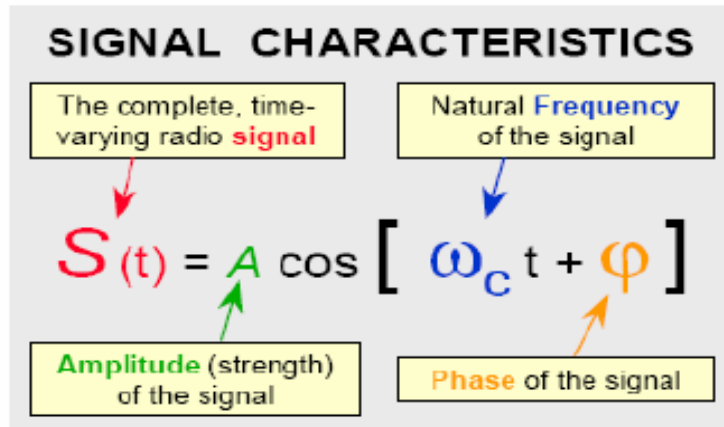
Modulasi Analog

- Modulasi Analog dengan carrier berbentuk gelombang sinus
 - Modulasi Amplitudo** (Amplitudo Modulation/AM)
 - Modulasi Frekwensi** (Frequency Modulation / FM)
 - Modulasi Phasa** (Phase Modulation / PM)
- Modulasi Analog dengan carrier berbentuk pulsa
 - Modulasi Amplitudo Pulsa** (Pulse Amplitudo Modulation/PAM)
 - Modulasi Lebar Pulsa** (Pulse Width Modulation / PWM)
 - Modulasi Posisi Pulsa** (Pulse Position Modulation / PPM)

Modulasi Digital

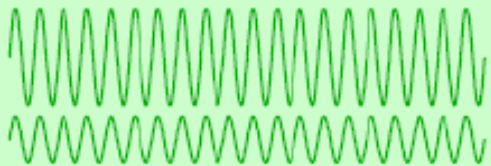
- Amplitudo Shift Keying** (ASK)
- Frequency Shift Keying** (FSK)
- Phase Shift Keying** (PSK)
- Quadrature Amplitudo Modulation** (QAM)

KARAKTERISTIK SINYAL RADIO

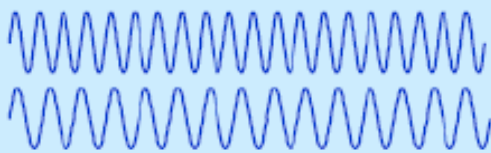


Compare these Signals:

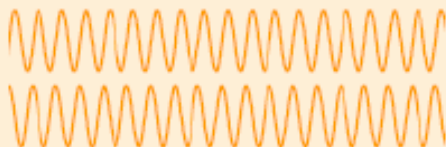
Different Amplitudes



Different Frequencies



Different Phases



Pengirim dan penerima harus saling memiliki pemahaman sama ttg arti variasi parameter

Karakteristik sinyal RF dpt divariasikan sesuai informasi yg ditransmisikan menurut :

- Amplitudo

- Frekuensi

- Phasa

MODULASI

SINYAL CARRIER / PEMBAWA

$$\square Y = A \sin (\omega t + \psi) \rightarrow \omega = 2 \pi f t$$

MODULASI AM

$$\square Y = A(1 + ka_s) \sin (\omega t + \psi)$$

MODULASI FM

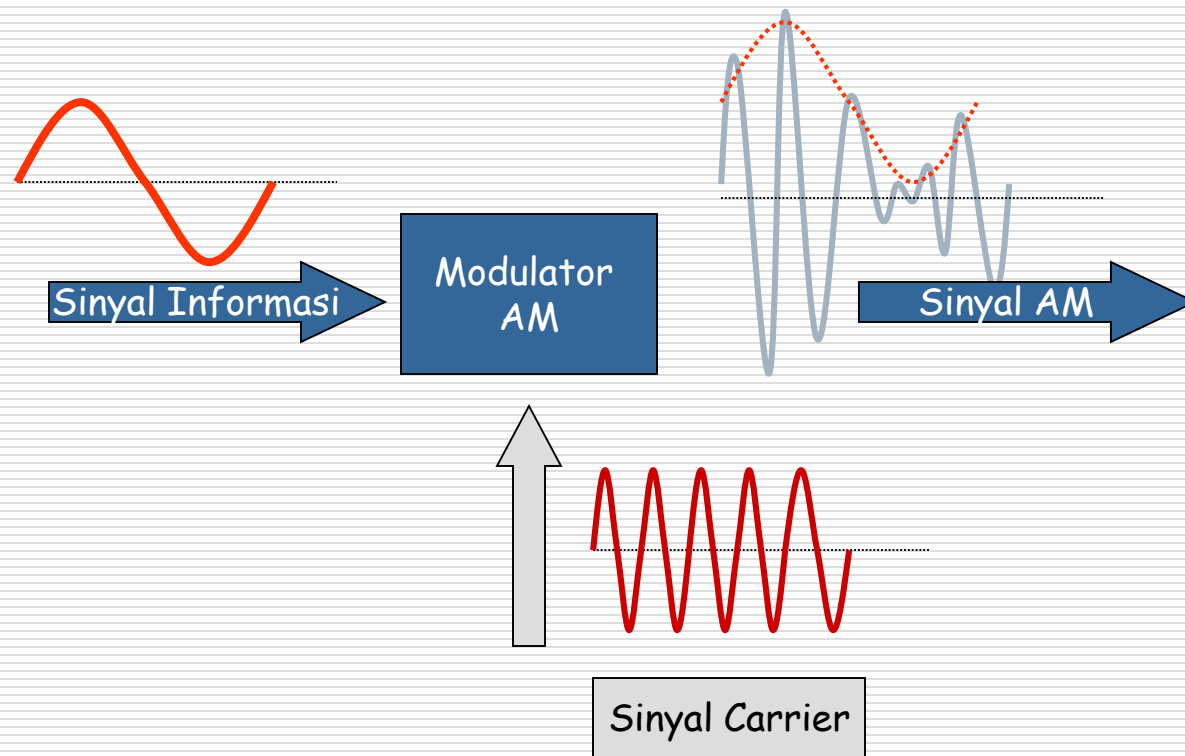
$$\square Y = A \sin [\omega (1 + ka_s)t + \psi]$$

MODULASI PHASA

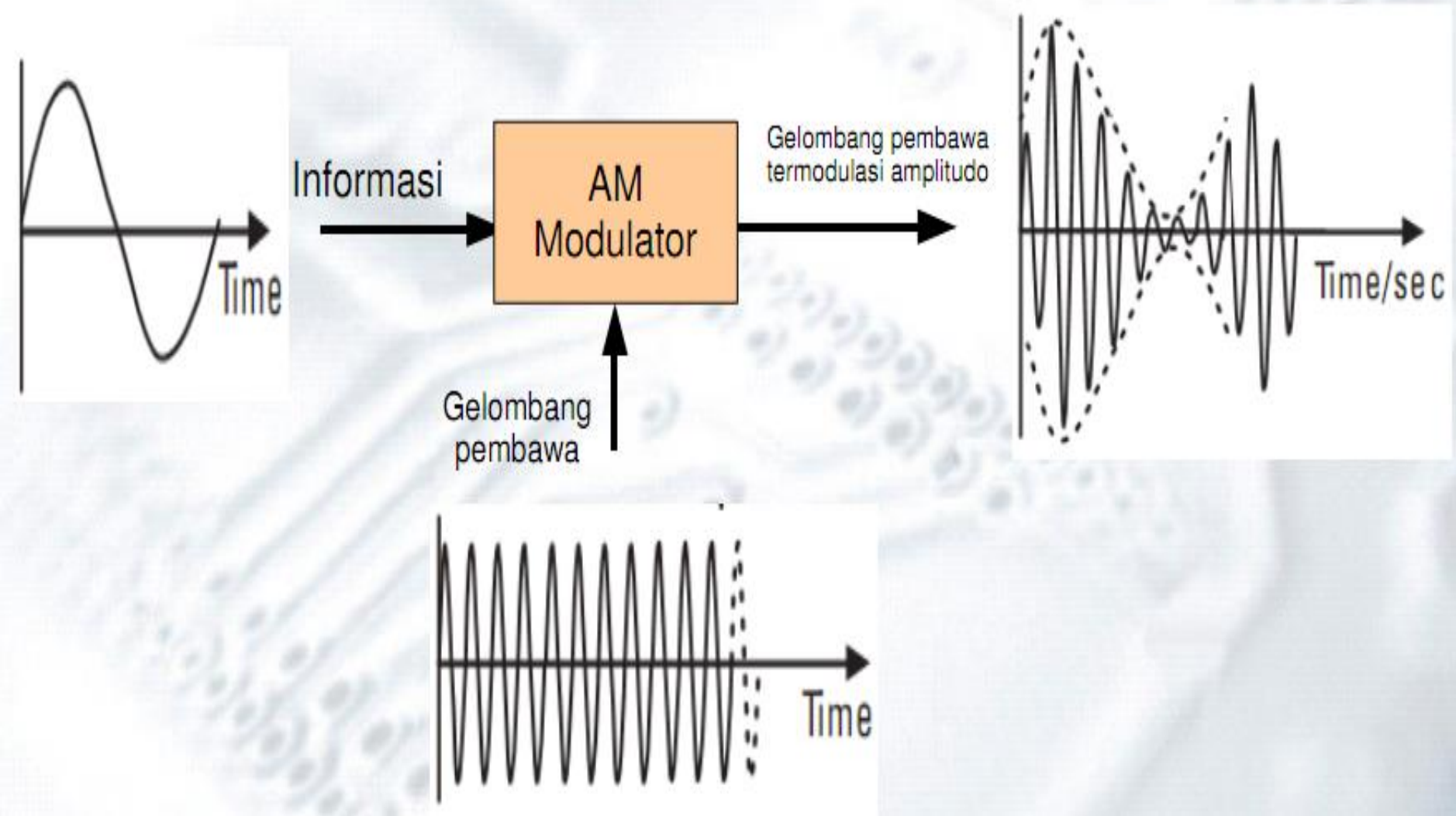
$$\square Y = A \sin [\omega t + \psi(1 + ka_s)]$$

Modulasi Amplitudo

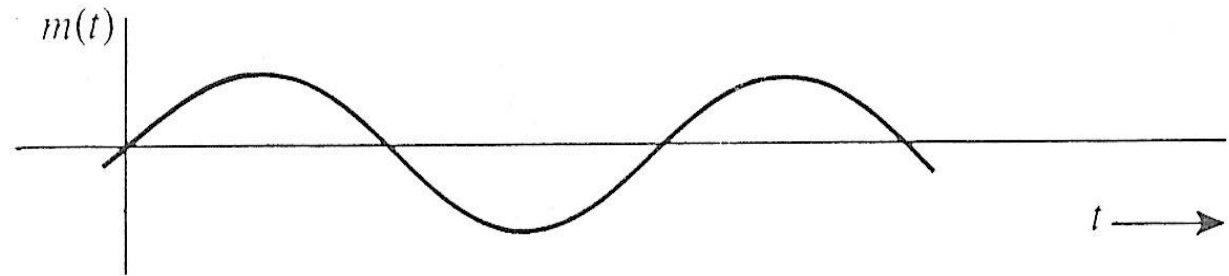
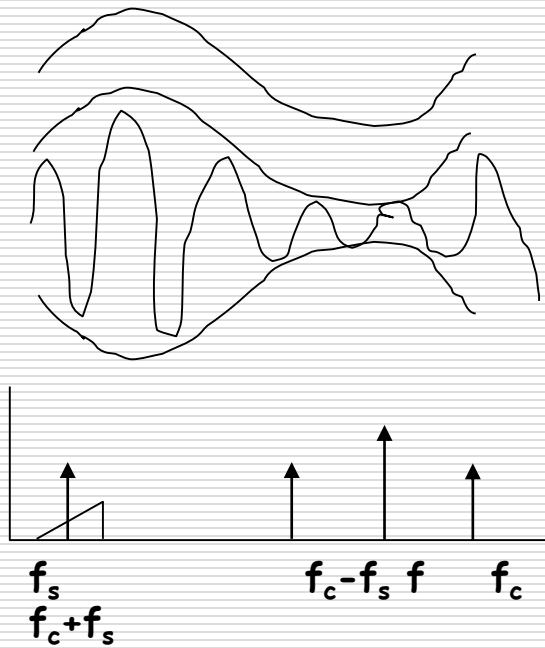
- Amplitudo dari frekwensi Carrier diubah-ubah sesuai dengan amplitudo sinyal informasi



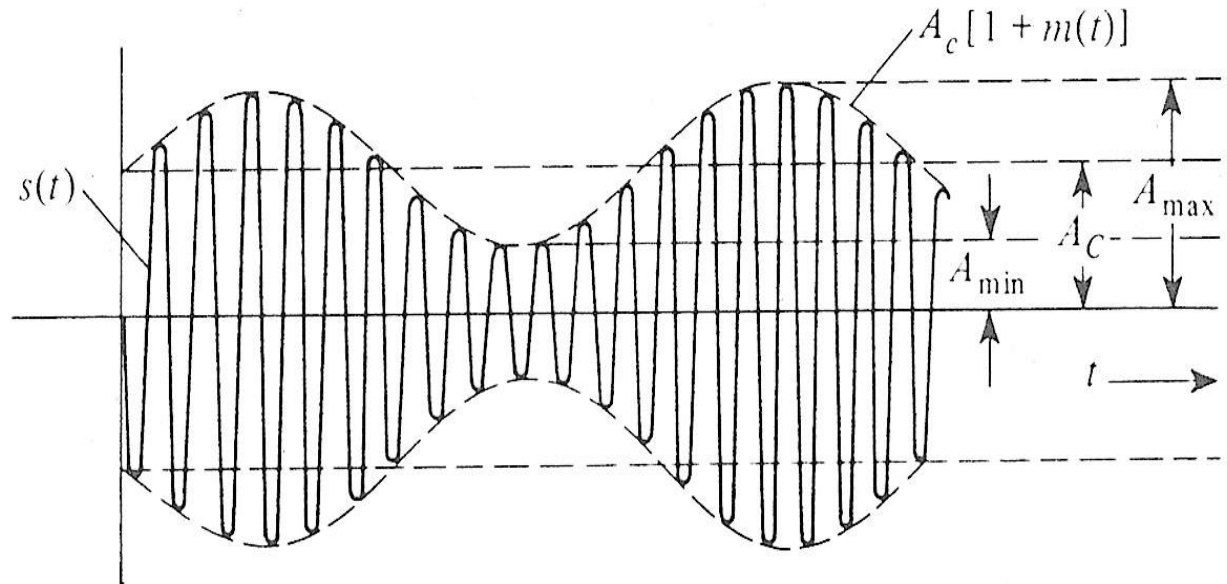
Metoda Amplitudo Modulasi



Sinyal Amplitude Modulated Carrier

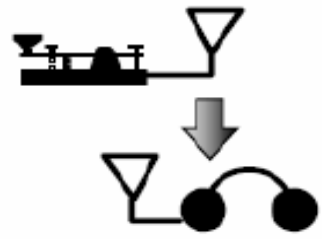


(a) Sinusoidal Modulating Wave



(b) Resulting AM Signal

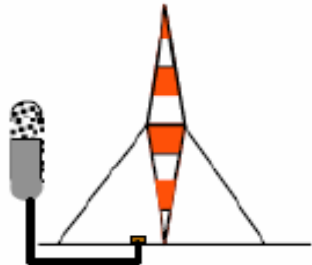
SEJARAH SINGKAT AM



-Pd awalnya digunakan transmisi biner – kode Morse--
bentuk titik dan garis.

-Pd pertengahan 1890 an keberhasilan pertama
dilakukan di Italy, Inggris, Kentucky dll

-AM metode pertama digunakan utk trans suara melalui
radio.



-1920 an : siaran radio AM pertama

-Penggunaan sampai sek :

-- Siaran radio frek 540 – 1600 KHz

-- Penerbangan sipil 108 – 132 MHz

-- Bagian gambar dr siaran TV

-- Citizens Band (CB) – 11 m

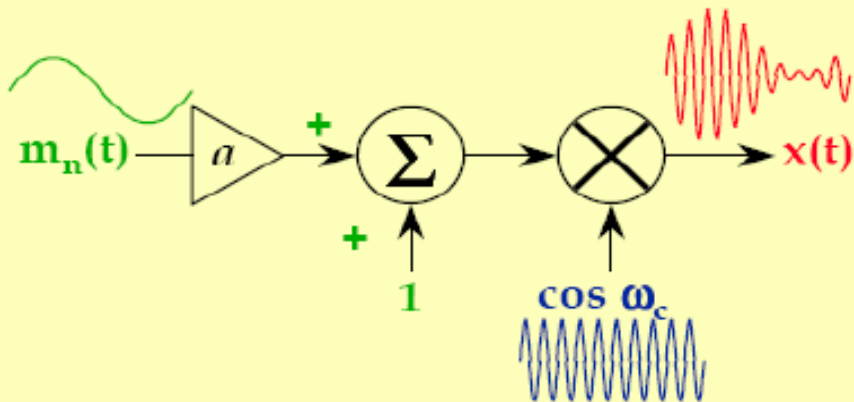
-- SSB atau independent sideband utk komunikasi laut,
komersial, militer dan amatir



SSB
LSB **USB**

Modulasi Amplitudo (AM)

TIME-DOMAIN VIEW of AM MODULATOR



$$x(t) = [1 + a m_n(t)] \cos \omega_c t$$

where:

a = modulation index ($0 < a \leq 1$)

$m_n(t)$ = modulating waveform

$\omega_c = 2\pi f_c$, the radian carrier freq.

= Modulasi linier –spektrum sinyal baseband langsung ditranslasikan ke sideband pd kedua sisi frek pembawa

= Hanya bag energi sinyal AM (sideband) yg membawa info

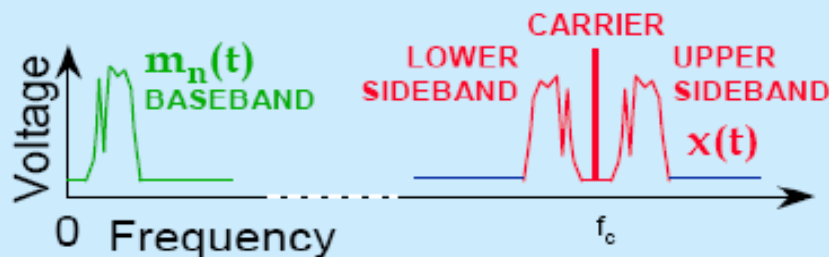
= Kedua sideband identik

= Sinyal AM hanya dpt diperkuat dgn penguat linier.

= AM sangat dipengaruhi oleh noise eksternal selama transmisi

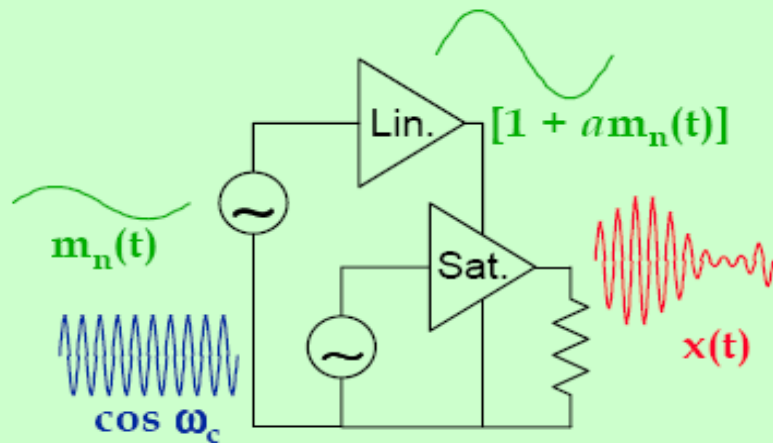
= Perlu C/I tinggi (30 s/d 40 dB)

FREQUENCY-DOMAIN VIEW

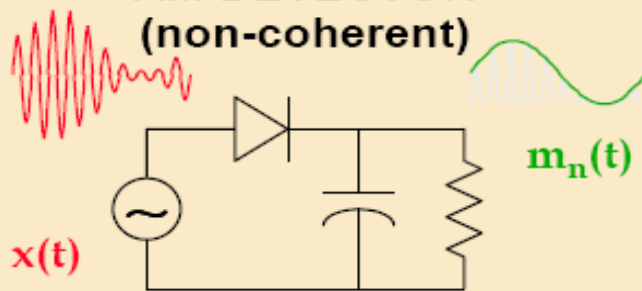


An AM Modulator and Detector

TIME-DOMAIN VIEW: AM MODULATOR



TIME-DOMAIN VIEW: AM DETECTOR (non-coherent)



- AM modulation can be simply accomplished in a saturated amplifier
 - superimpose the modulating waveform on the supply voltage of the saturated amplifier
- AM de-modulation (detection) can be easily performed using a simple envelope detector
 - example: half-wave rectifier
 - this “non-coherent” detection works well if $S/N > 10$ dB.
- AM demodulation can also be performed by coherent detectors
 - incoming signal is mixed (multiplied) with a locally generated carrier
 - enhances performance when S/N ratio is poor (< 10 dB.)

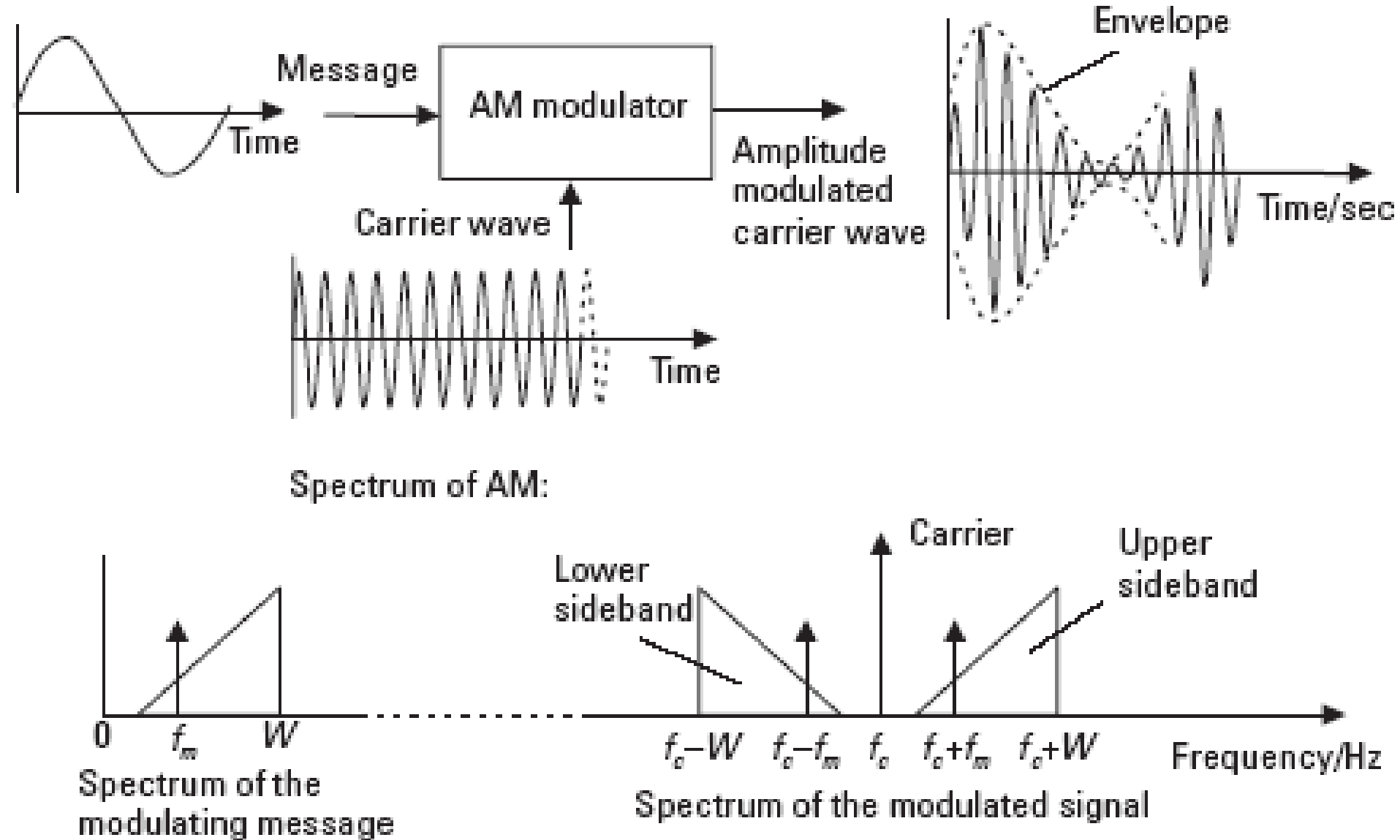
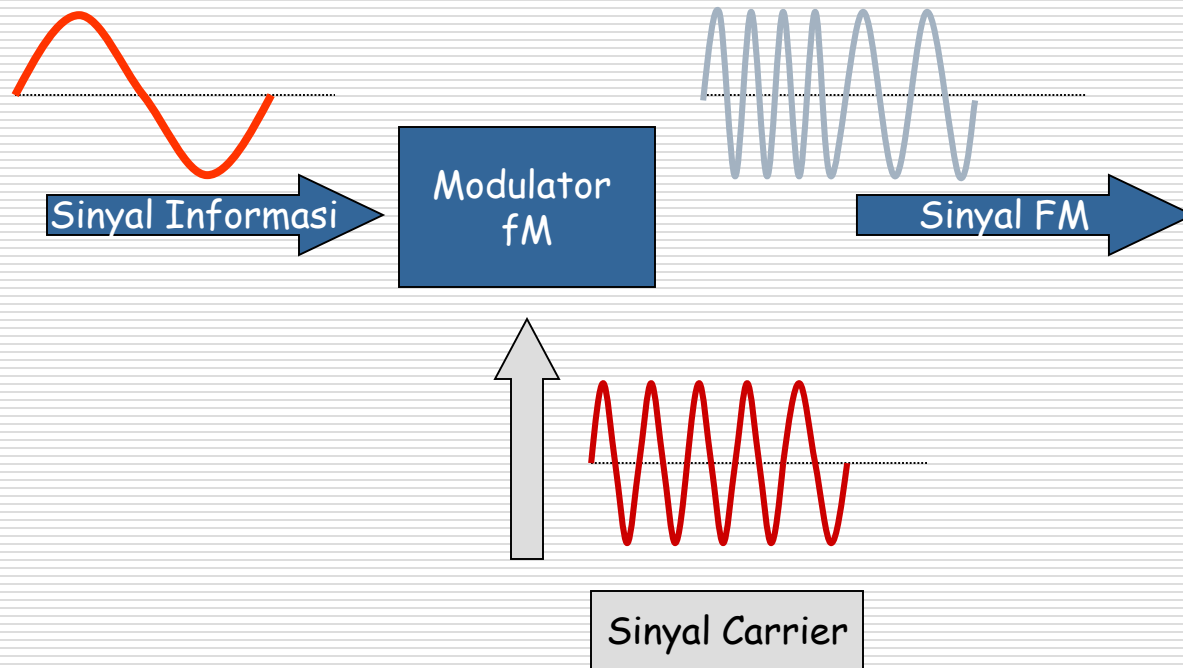


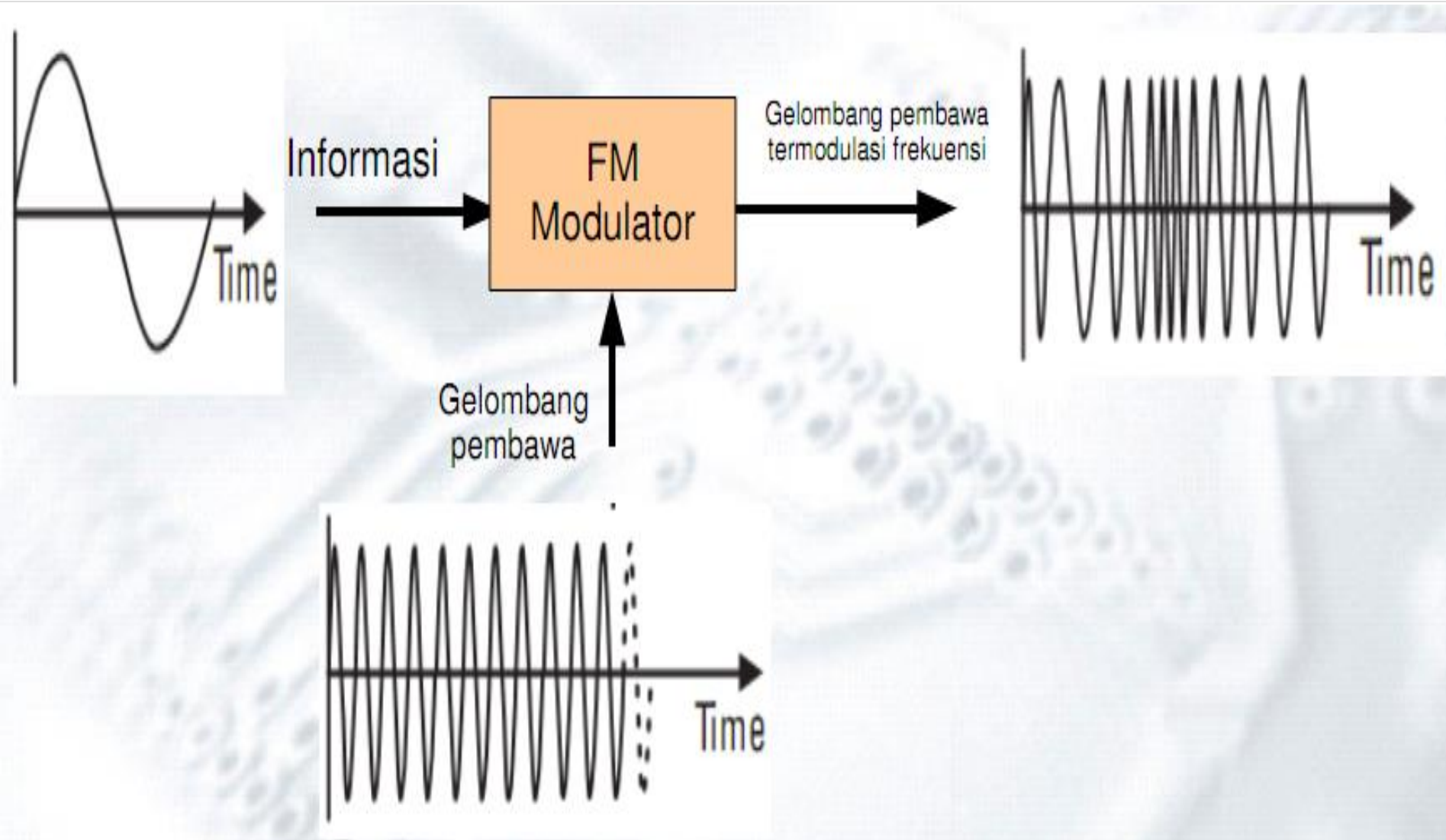
Figure 4.4 Amplitude modulation and its spectrum.

Modulasi Frekwensi

📖 Frekwensi Carrier diubah-ubah sesuai dengan frekwensi sinyal informasi



Metoda Frekuensi Modulasi

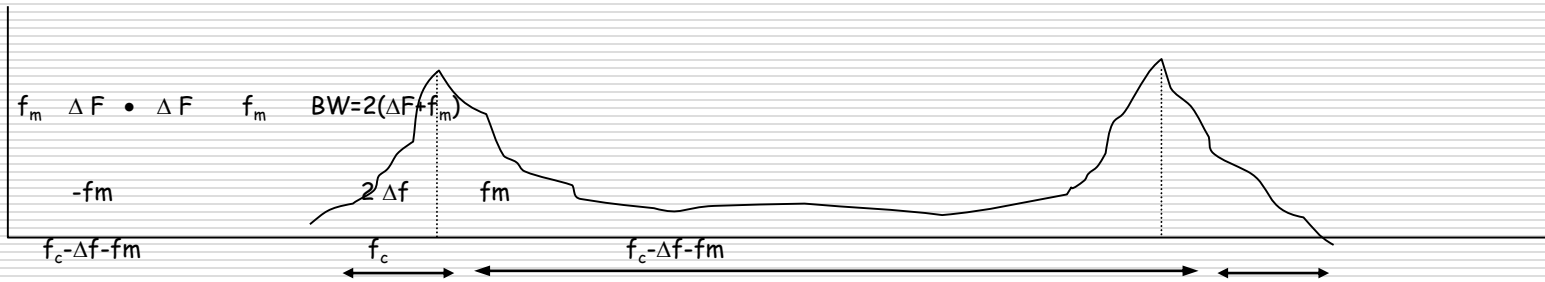
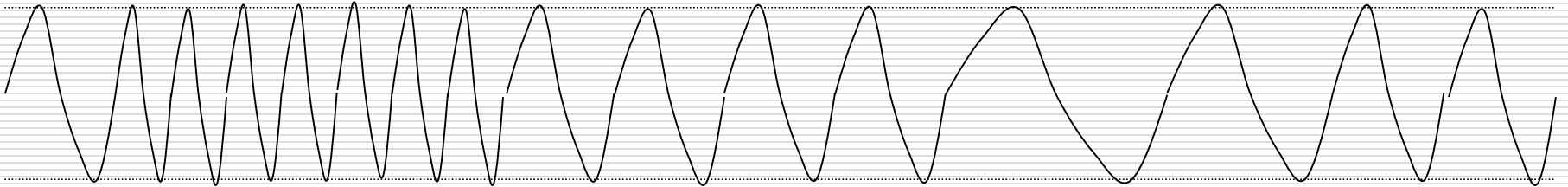


Frequency Modulation

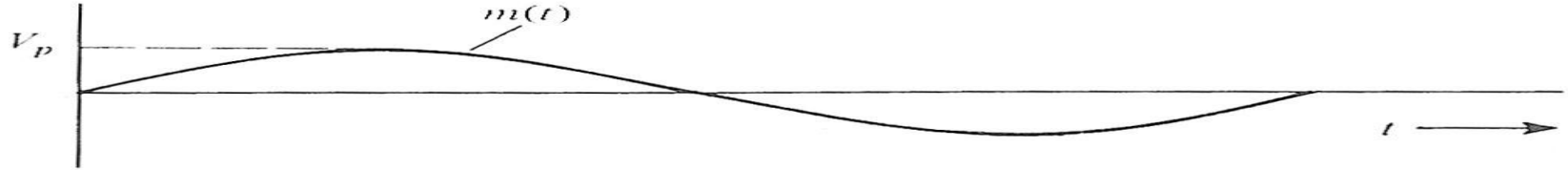
Sinyal pemodulasi pembawa



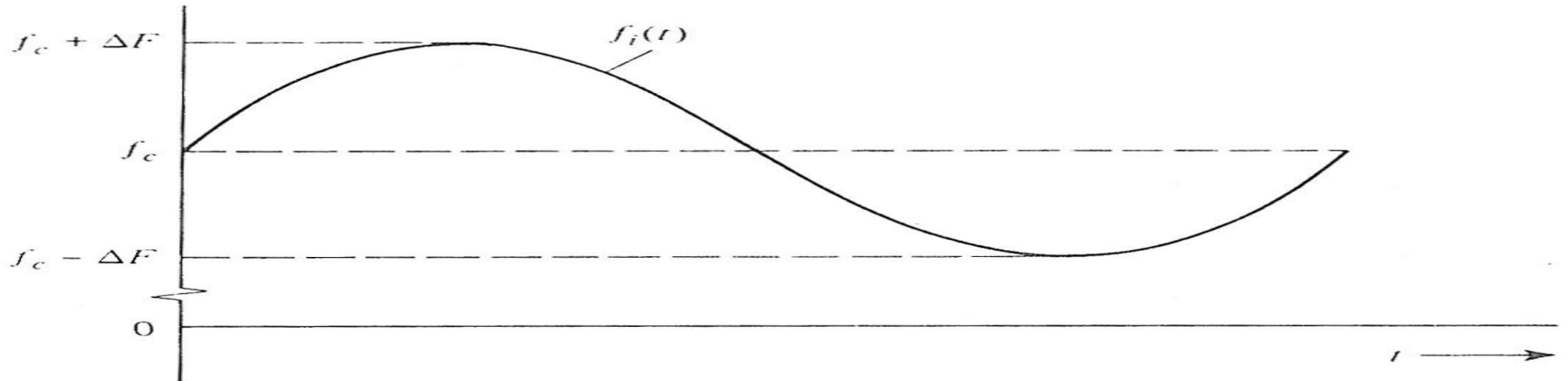
Gelombang pembawa yang telah dimodulasi, semakin tinggi amplitudo sinyal semakin kecil perioda pembawa.



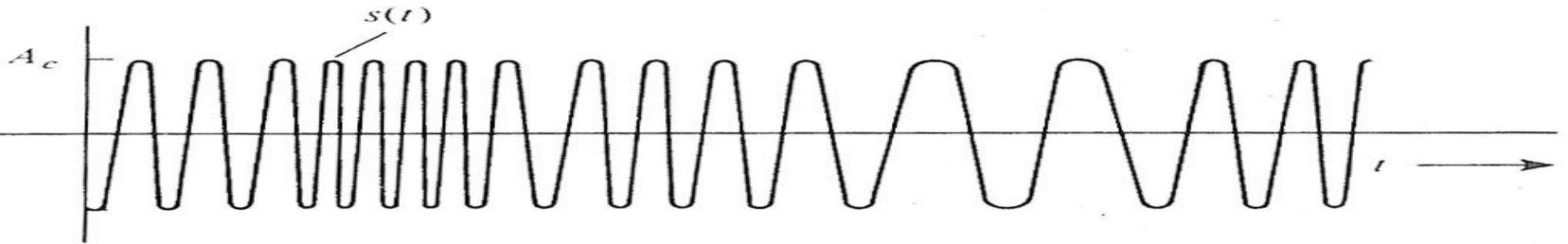
Sinyal Frequency Modulated Carrier



(a) Sinusoidal Modulating Signal

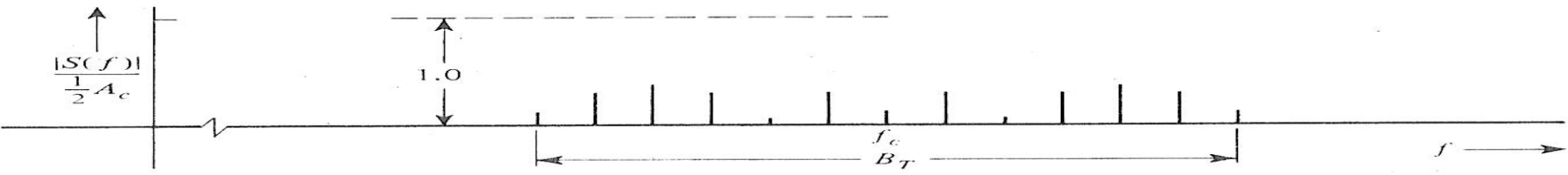
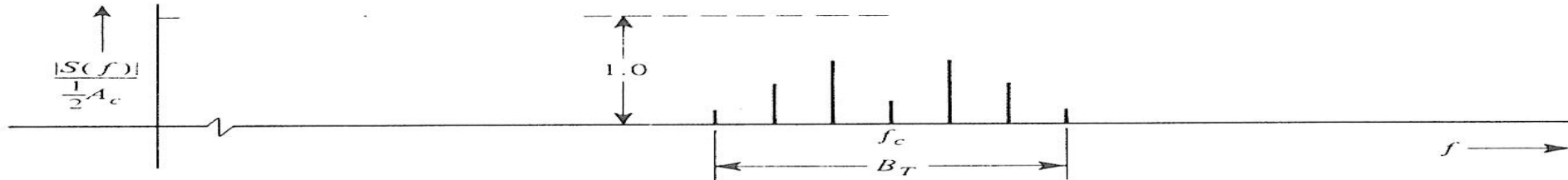
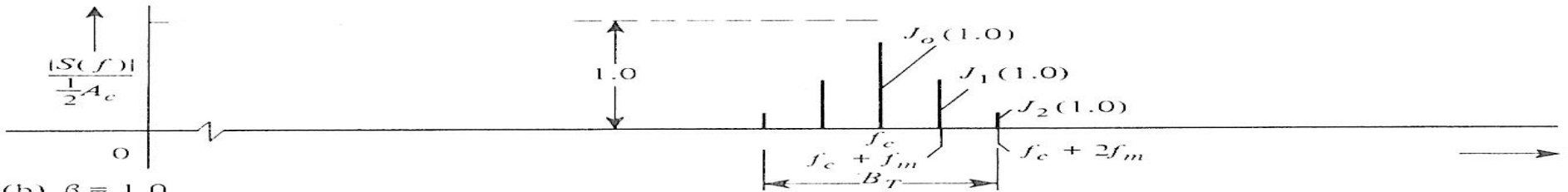
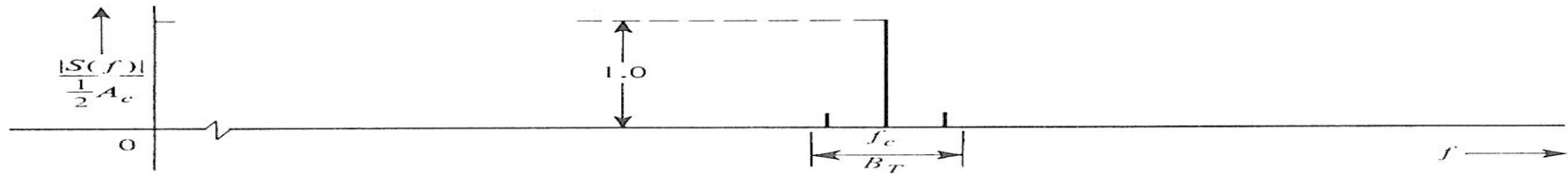


(b) Instantaneous Frequency of the Corresponding FM Signal



(c) Corresponding FM Signal

Spektrum Frekuensi FM



Sejarah FM

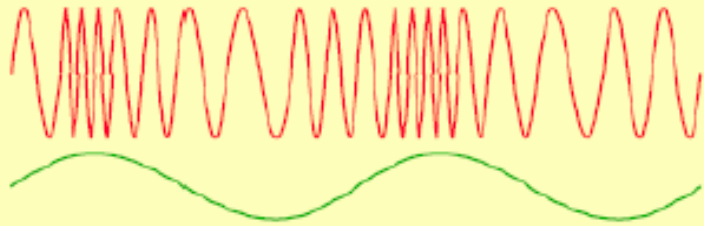


**Edwin Howard
Armstrong**
1890 - 1954

- = 1918 : Major Edwin H. armstrong menemukan sirkit heterodyne dan mengimplementasikan pd prinsip pencampuran pd konversi frek heterodyne.
- = 1933 : ybs menemukan modulasi frek termotivasi oleh peningkatan kualitas siaran radio AM yg terganggu noise.
- = RCA mengembangkan siaran TV
- = US FCC menetapkan perubahan alokasi frek siaran radio FM dan diproduksi > 500.000 penerima FM
- = Modulasi ini digunakan dalam bagian suara dr siaran TV, komunikasi bergerak darat dan sistem seluler generasi I

Frekuensi Modulasi (FM)

TIME-DOMAIN VIEW



$$s_{FM}(t) = A \cos \left[\omega_c t + \int_{t_0}^t m_\omega m(x) dx + \phi_0 \right]$$

where:

A = signal amplitude (constant)

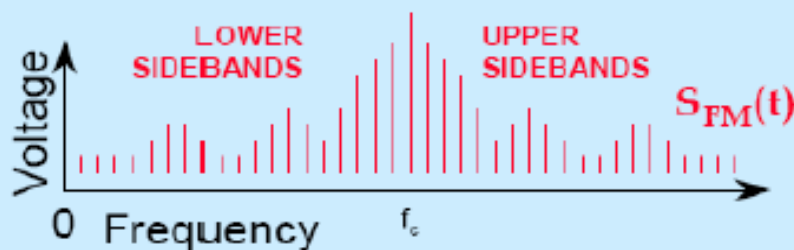
ω_c = radian carrier frequency

m_ω = frequency deviation index

$m(x)$ = modulating signal

ϕ_0 = initial phase

FREQUENCY-DOMAIN VIEW



= FM berjenis modulasi sudut

= Frek sesaat gel pembawa divariasikan oleh sinyal informasi

= Keuntungan FM :

- Dpt digunakan penguat bekerja didaerah tidak linier

- Relatif tahan thd noise eksternal

- Perlu C/I sekitar 17 s/d 18 dB

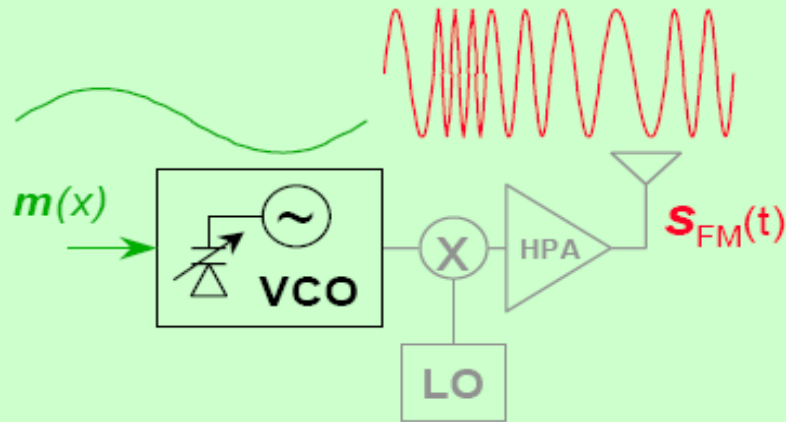
= Kelemahan FM :

-Diperlukan detektor relatif rumit

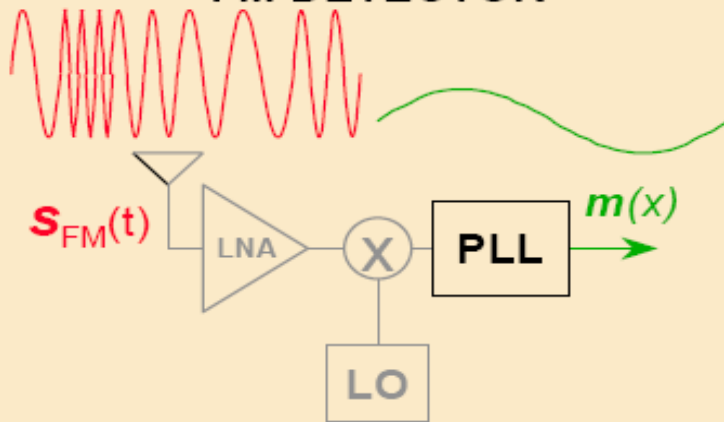
- Perlu lebar pita lebih lebar drpd AM

An FM Modulator and Detector

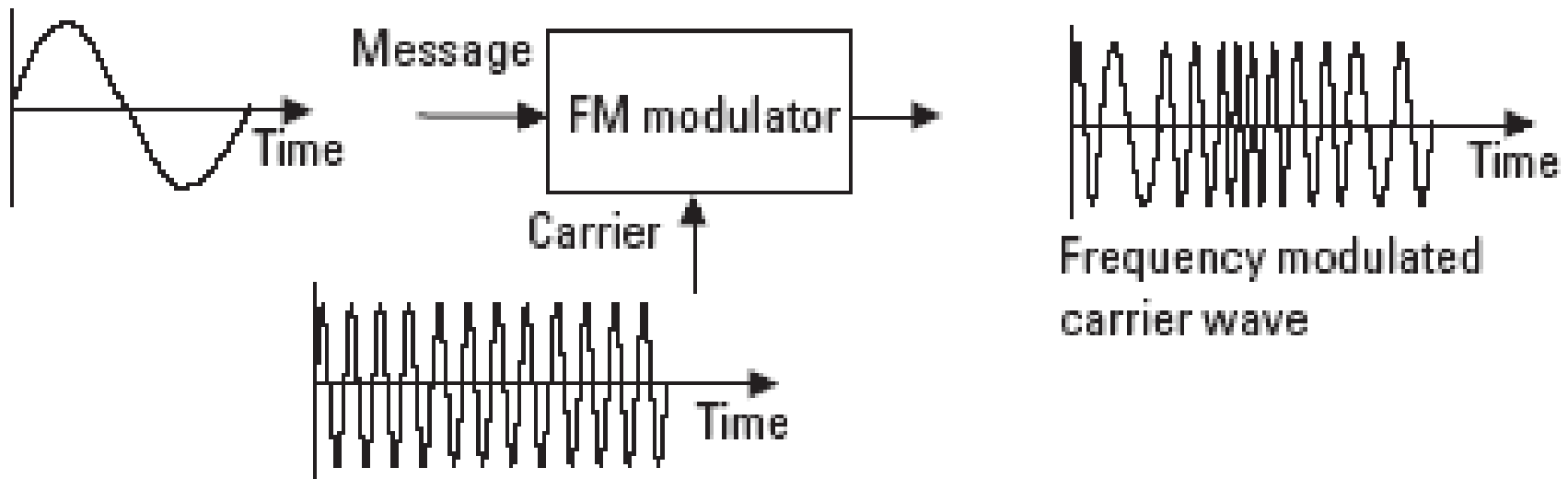
TIME-DOMAIN VIEW: FM MODULATOR



TIME-DOMAIN VIEW: FM DETECTOR



- FM modulation can be accomplished in tuned or voltage-controlled oscillator
 - the modulating signal varies a reactance (varactor, etc.) or otherwise changes the frequency of the oscillator
 - the modulation may be performed at a low intermediate frequency, then heterodyned to a desired communications frequency
- FM de-modulation (detection) can be performed by any of several types of detectors
 - Phase-locked loop (PLL)
 - Pulse shaper and integrator
 - Ratio Detector



Spectrum of FM:

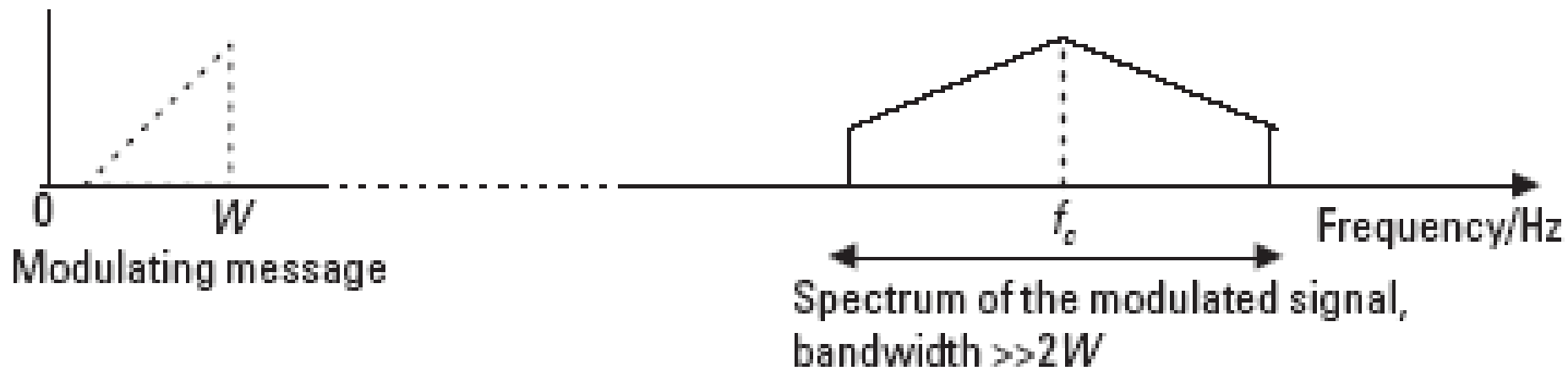
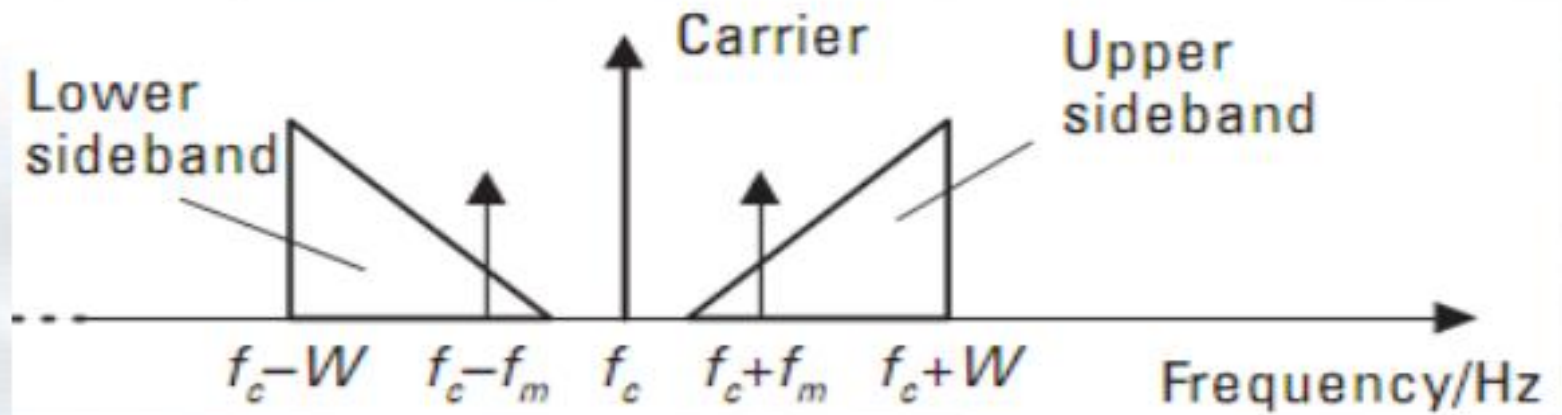


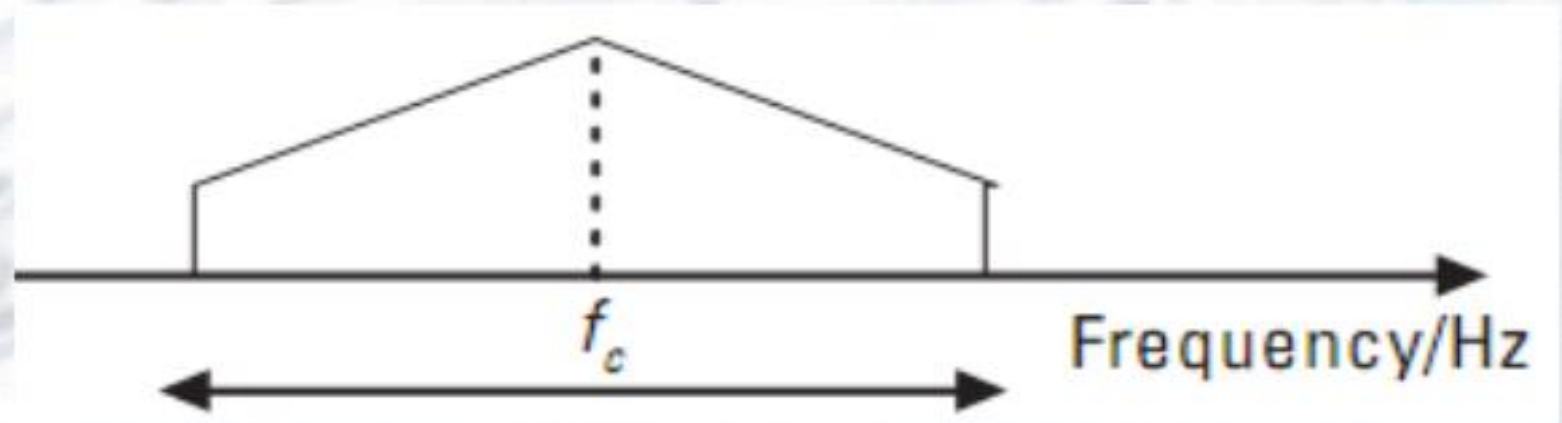
Figure 4.6 FM.

Spektrum Modulasi AM & FM

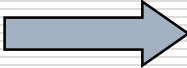
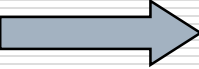
➔ Amplitude Modulation (AM)



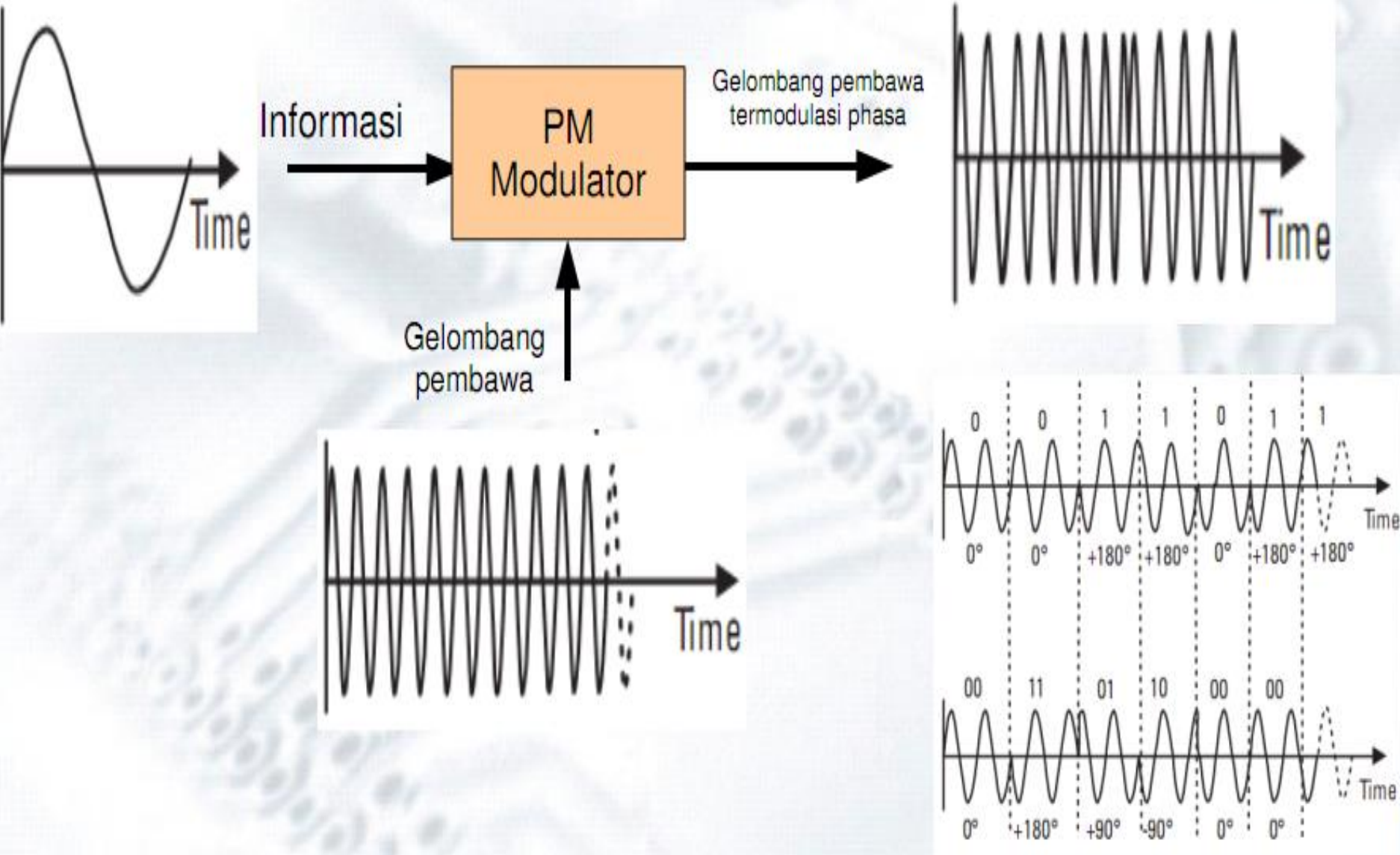
➔ Frequency Modulation (FM)



Modulasi Phasa dan Modulasi Frekuensi

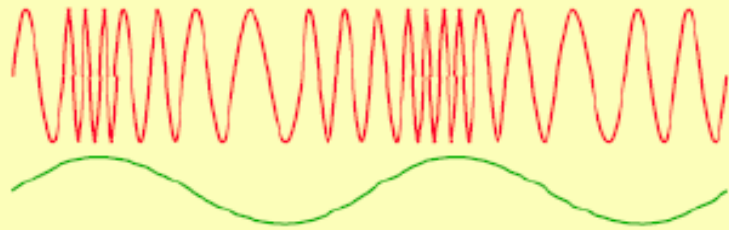
- Proses penumpangan sinyal informasi pada sinyal carrier :
 - Menumpangkan Info ke komponen ***phasa*** dari sinyal carrier  Phase Modulation (PM)
 - Menumpangkan Info ke komponen ***frekuensi*** dari sinyal carrier  Frequency Modulation(FM)

Metoda Phase Modulasi



Modulasi Phasa (PM)

TIME-DOMAIN VIEW



$$s_{PM}(t) = A \cos [\omega_c t + m_\omega m(x) + \phi_0]$$

where:

A = signal amplitude (constant)

ω_c = radian carrier frequency

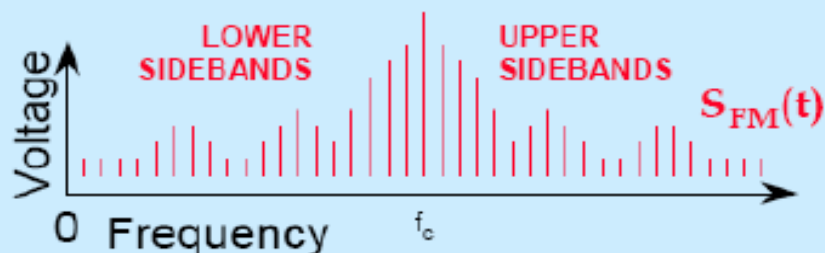
m_ω = phase deviation index

$m(x)$ = modulating signal

ϕ_0 = initial phase

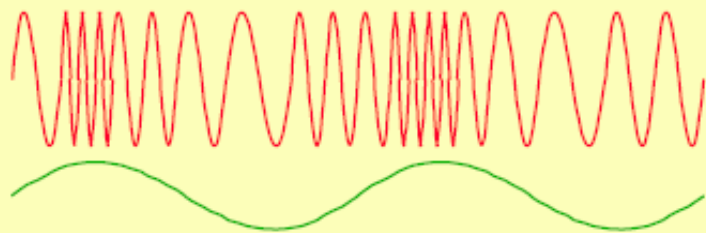
- = Berjenis modulasi sudut spt FM
- = Fasa sesaat gel pembawa divariasikan sesuai sinyal informasi
- = Keuntungan PM sama dng FM
- = Kelemahan PM sama dng FM

FREQUENCY-DOMAIN VIEW



Phase Modulation (“PM”)

TIME-DOMAIN VIEW



$$s_{PM}(t) = A \cos [\omega_c t + m_\omega m(x) + \phi_0]$$

where:

A = signal amplitude (constant)

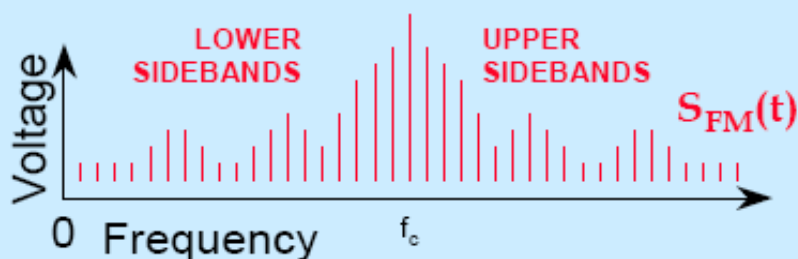
ω_c = radian carrier frequency

m_ω = phase deviation index

$m(x)$ = modulating signal

ϕ_0 = initial phase

FREQUENCY-DOMAIN VIEW



- Phase Modulation (PM) is a type of *angle* modulation, a “sister” of FM
 - the instantaneous *phase* of the signal is varied according to the modulating waveform
- Advantages of PM: similar to FM
 - the amplitude is constant
 - simple saturated amplifiers can be used
 - the signal is relatively immune to external noise
 - the signal is relatively robust; required C/I values are typically 17-18 dB. in wireless applications
- Disadvantages of PM
 - relatively complex detectors are required
 - a large number of sidebands are produced, requiring even larger bandwidth than AM

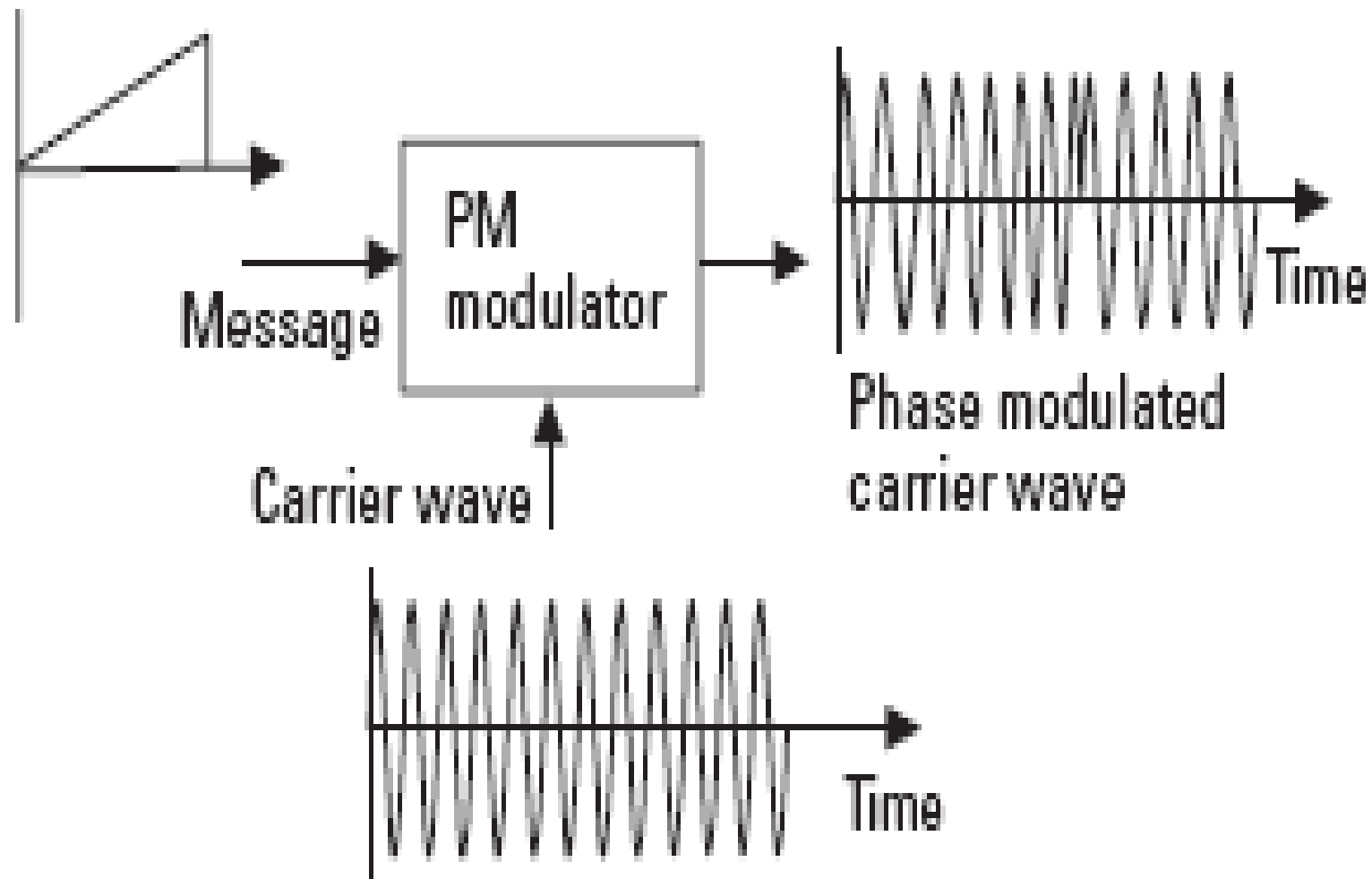
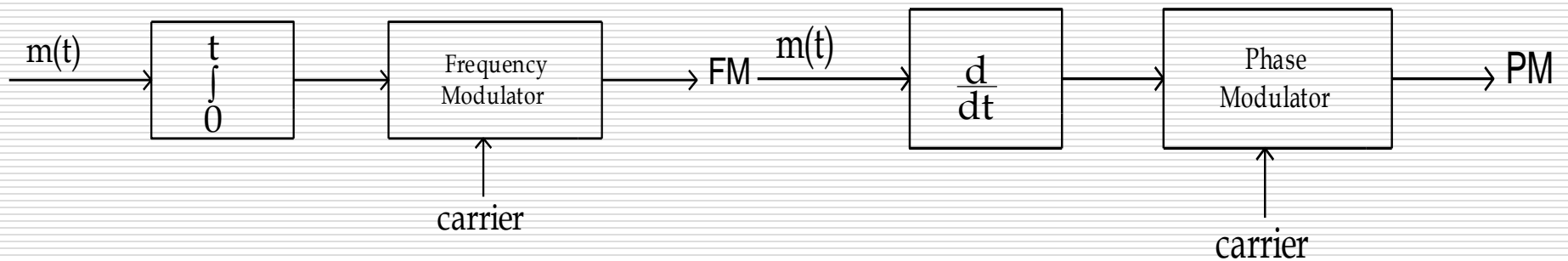
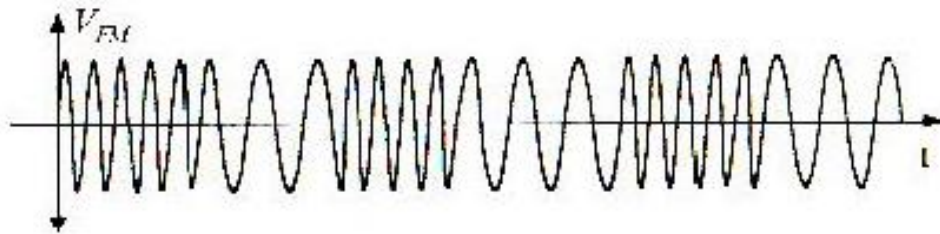
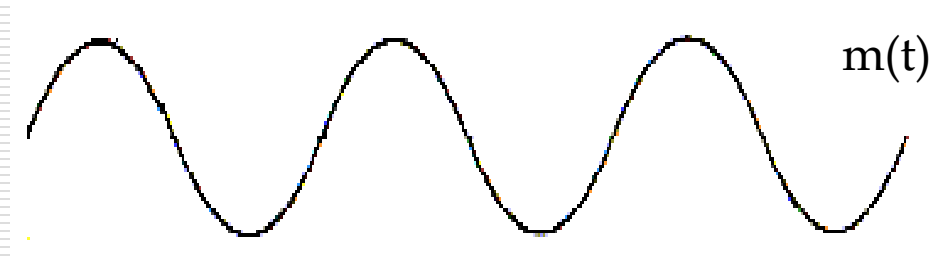


Figure 4.7 Principle of PM.

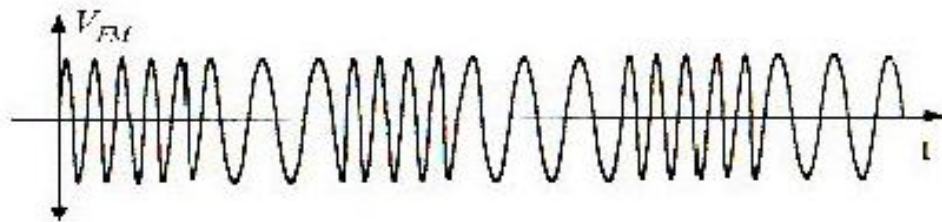
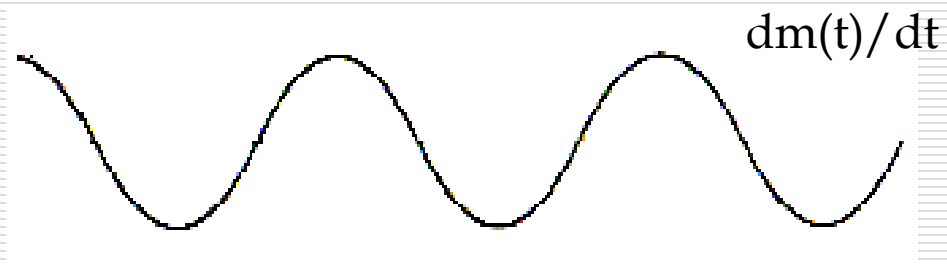
MODULASI FASA

RELASI FM & PM



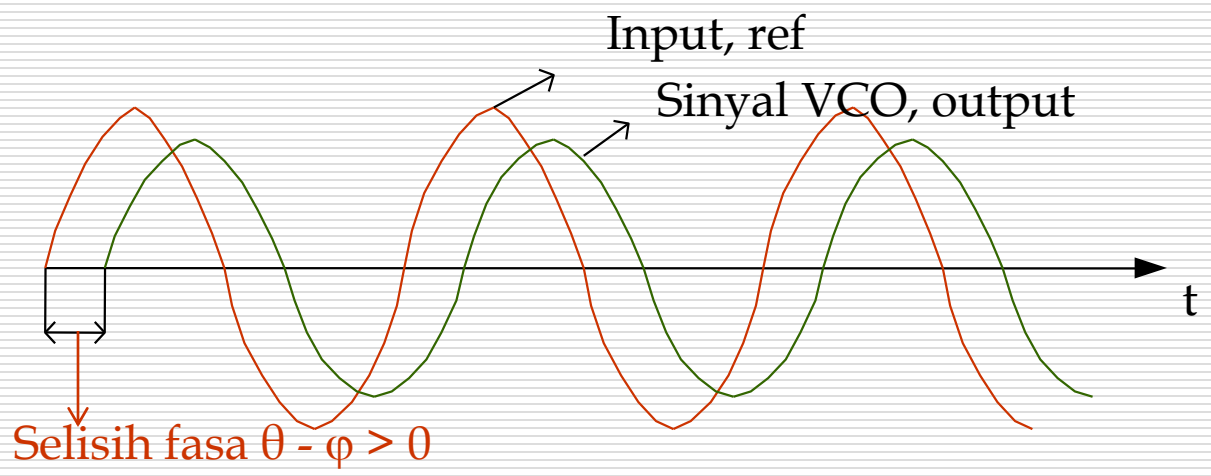
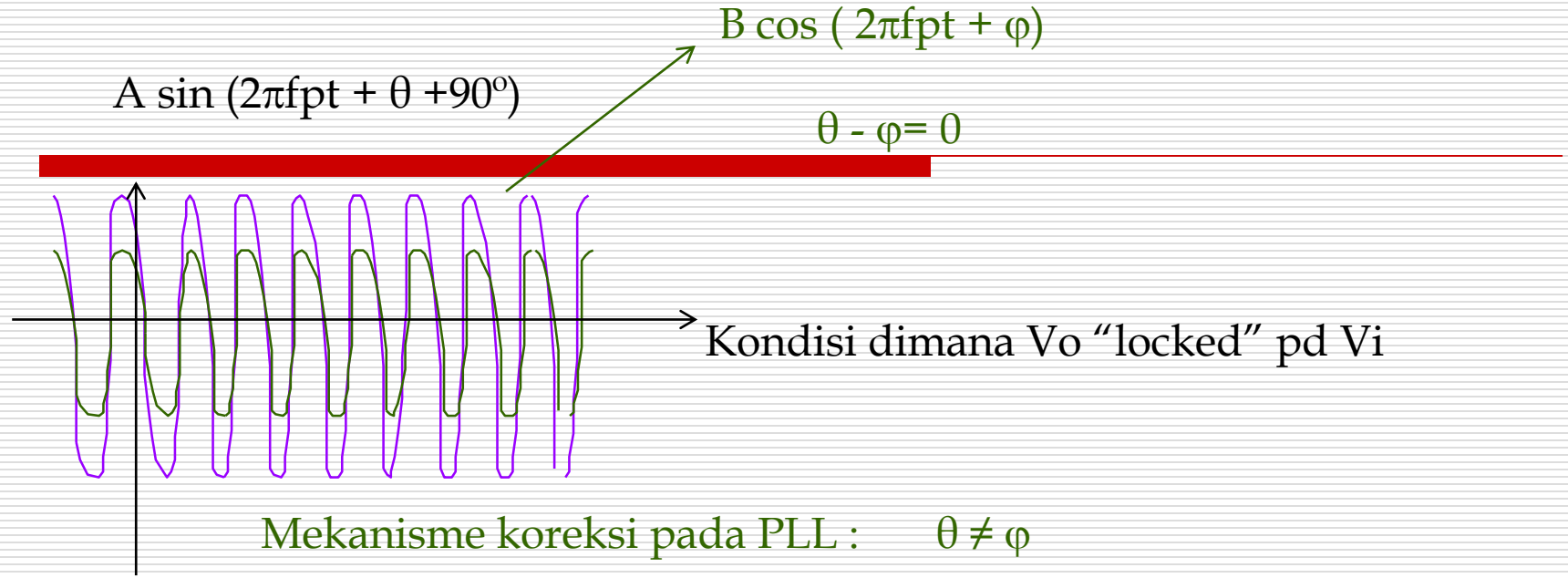


FM



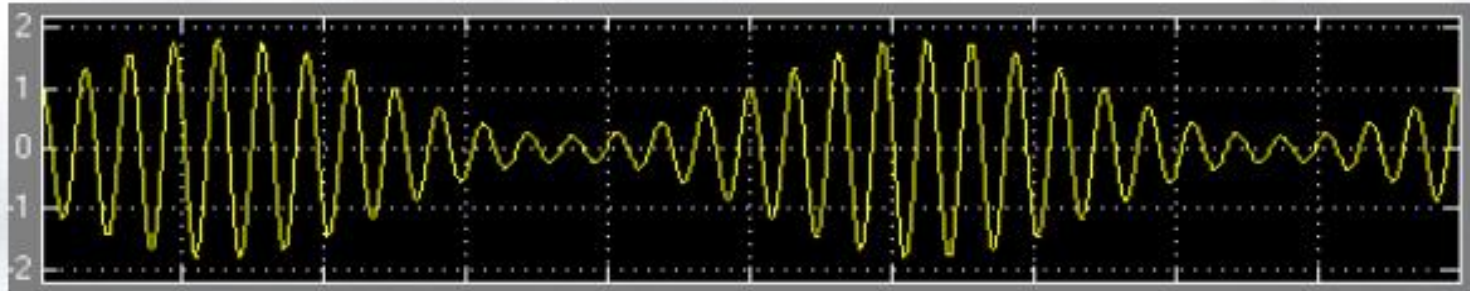
PM

Contoh Phase Modulation

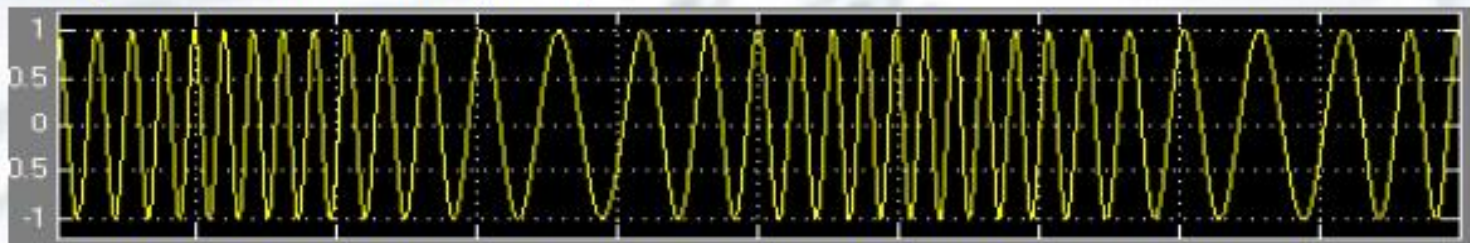


Modulasi analog

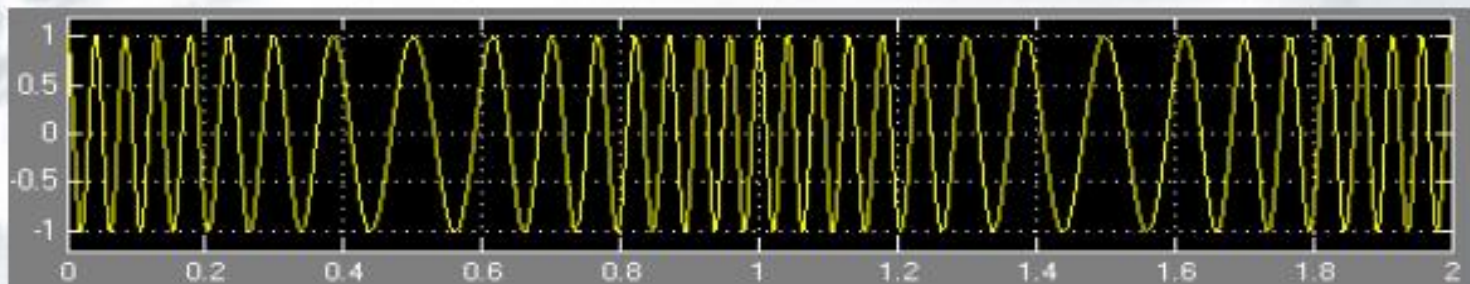
➔ Amplitude Modulation (AM)



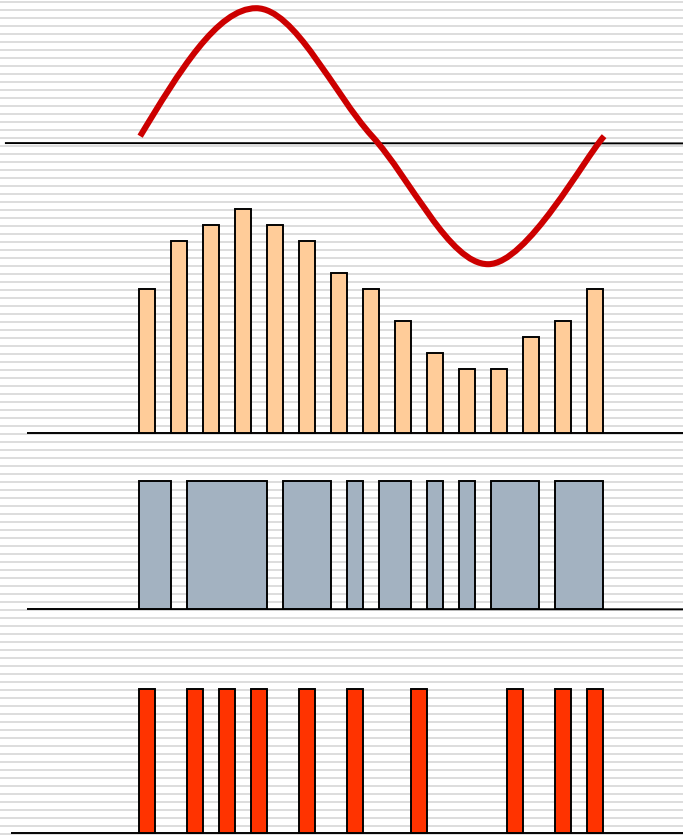
➔ Frequency Modulation (FM)



➔ Phase Modulation (PM)



Modulasi Analog Carrier Pulsa



Sinyal Informasi

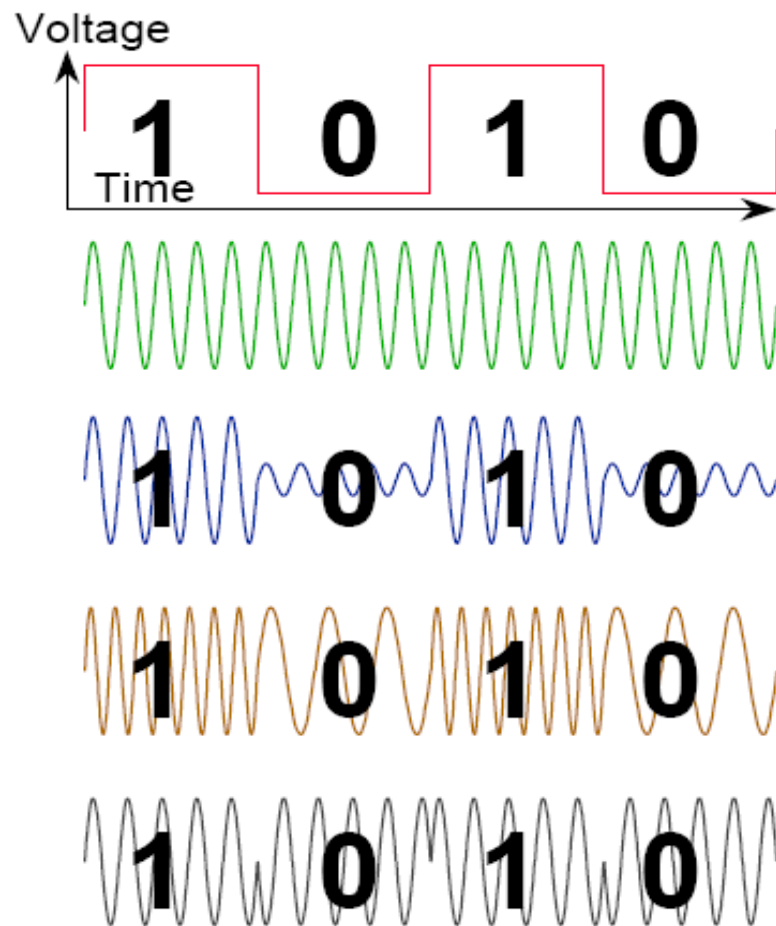
Sinyal PAM

Sinyal PWM

Sinyal PPM

Modulation by Digital Inputs

Our previous modulation examples showed continuously-variable analog inputs. If we quantize the inputs, restricting them to digital values, the following simple visualizations result.

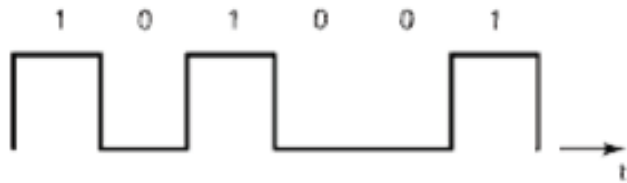


- For example, let this **digital** waveform modulate a signal. No more continuous analog variations, now we're "shifting" between discrete levels. We call this "shift keying".
- Steady **Carrier** without modulation
- **Amplitude Shift Keying**
ASK example: digital microwave
- **Frequency Shift Keying**
FSK example: control messages in AMPS cellular; TDMA cellular
- **Phase Shift Keying**
PSK examples: TDMA cellular, GSM & PCS-1900

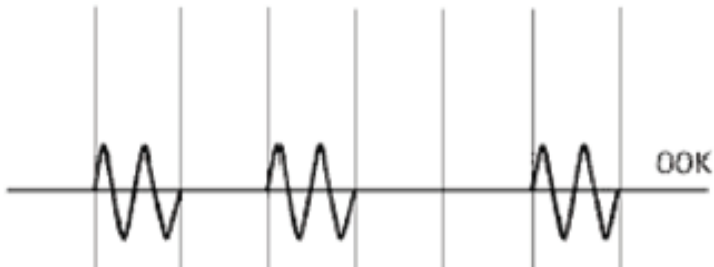
❑ Modulasi Digital :

- ✓ 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)
- ✓ Continuous Phase FSK (CPFSK)
- ✓ dll

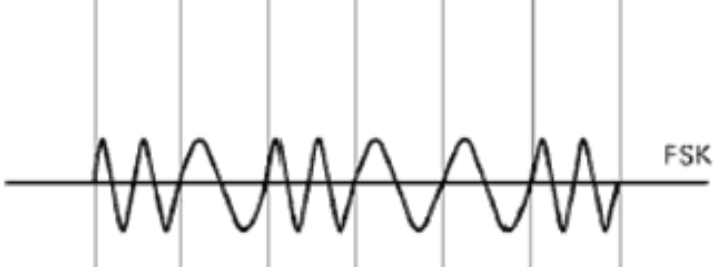
MODULASI DIGITAL



➔ Format data



➔ ASK (Amplitude Shift Keying) –
OOK (On Off Keying)

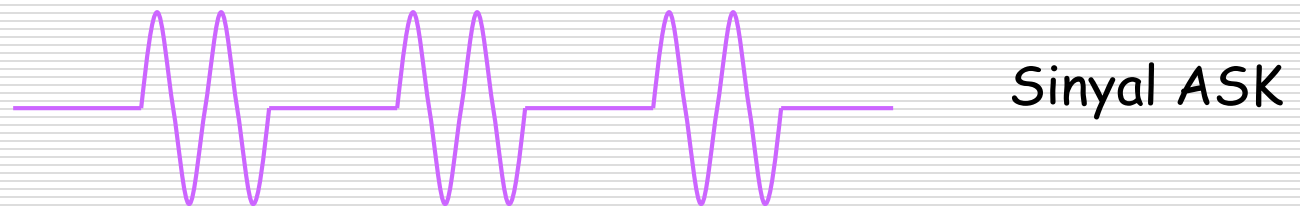
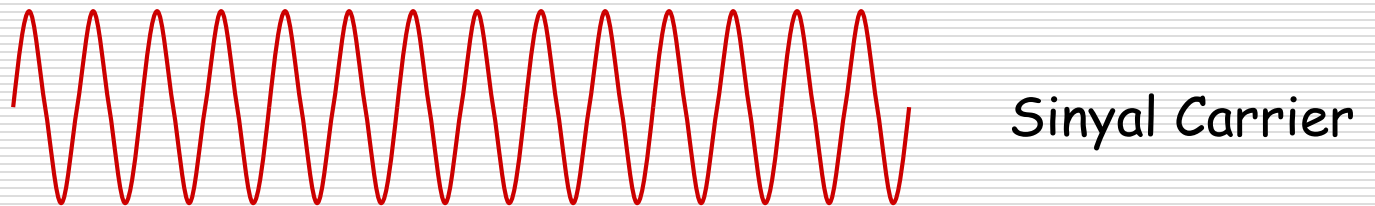
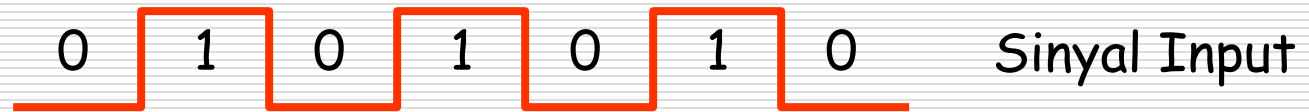


➔ FSK (Frequency Shift Keying)



➔ BPSK (Binary Phase Shift Keying)

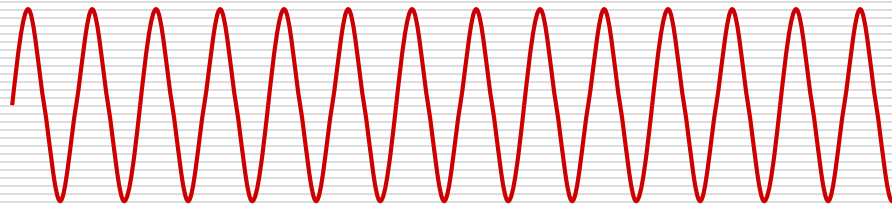
Modulasi ASK



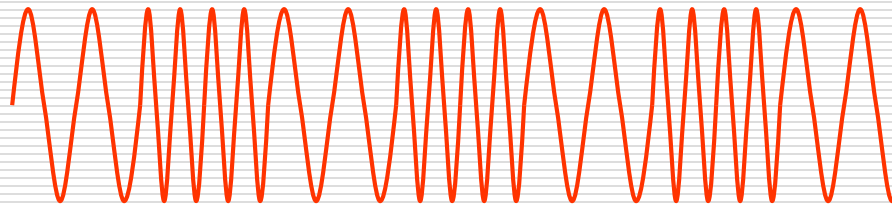
Modulasi FSK



Sinyal Input



Sinyal Carrier

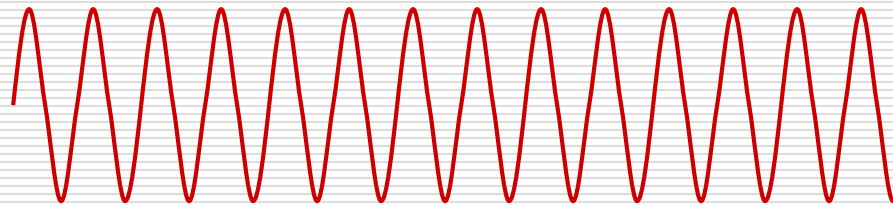


Sinyal FSK

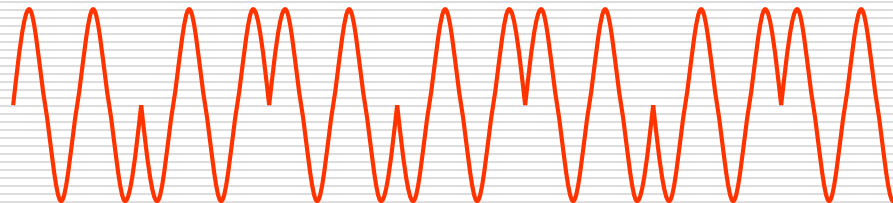
Modulasi PSK



Sinyal Input



Sinyal Carrier

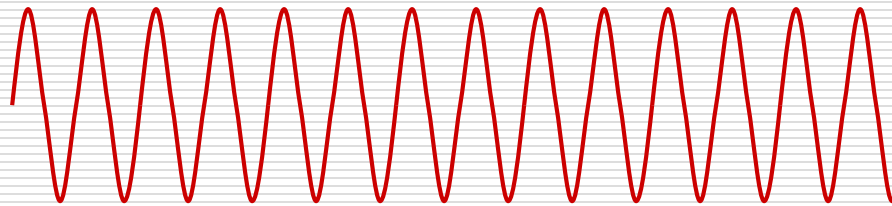


Sinyal PSK

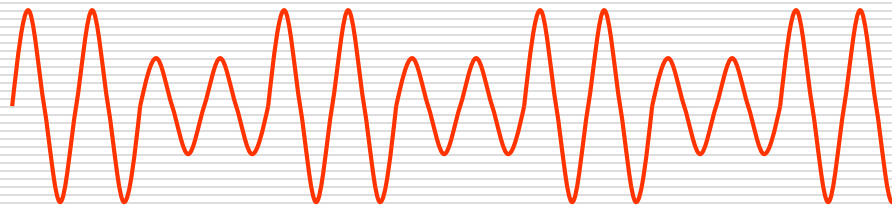
Modulasi QAM



Sinyal Input



Sinyal Carrier



Sinyal QAM

Amplitudo dan fasa carrier
berubah-ubah sesuai sinyal data

Modulasi

- Modify carrier's amplitude and/or phase (and frequency)
- Constellation: Vector notation/polar coordinates

Quadrature component (carrier shifted 90°)

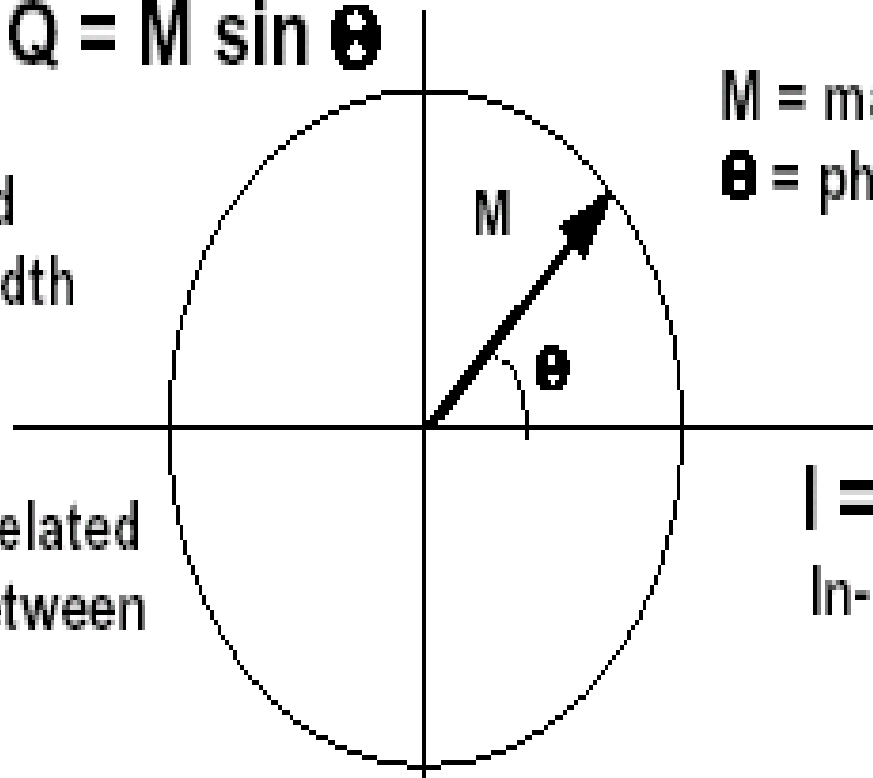
$$Q = M \sin \theta$$

M = magnitude

θ = phase

Densely packed
implies bandwidth
efficient

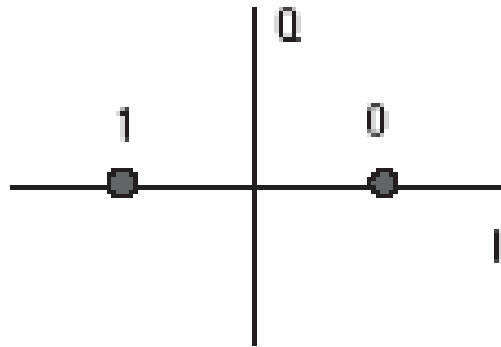
Bit error prob related
to distances between
closest points



$$I = M \cos \theta$$

In-phase component

Constellation diagram of BPSK



Constellation diagram of QPSK

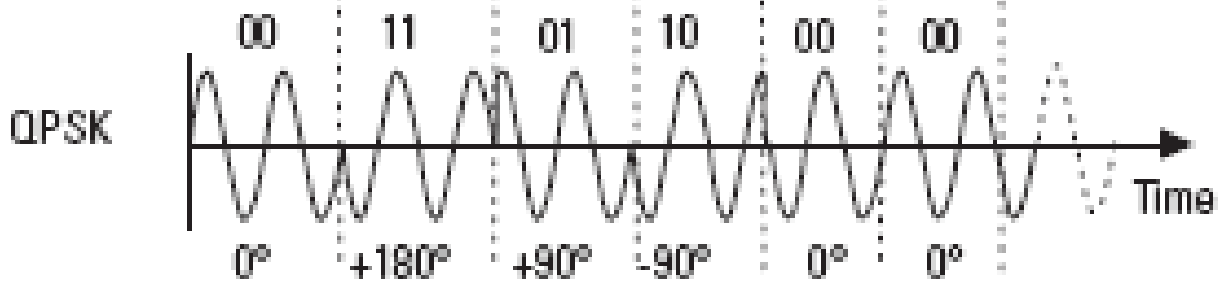
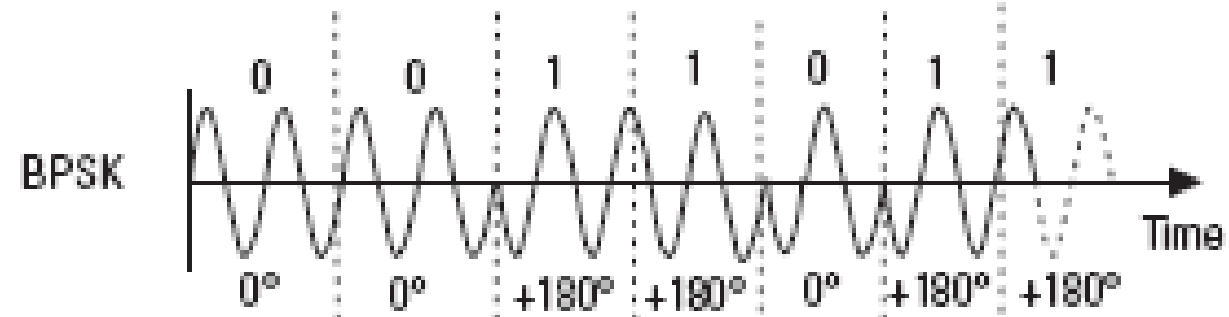
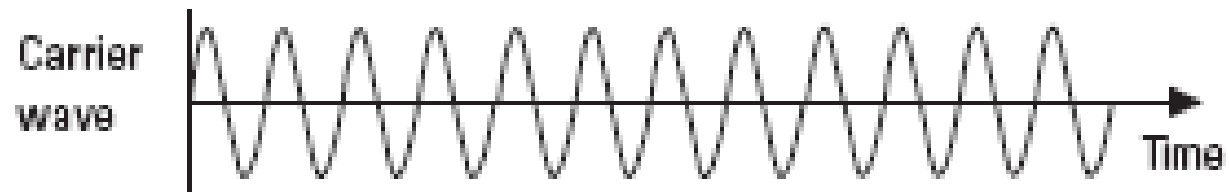
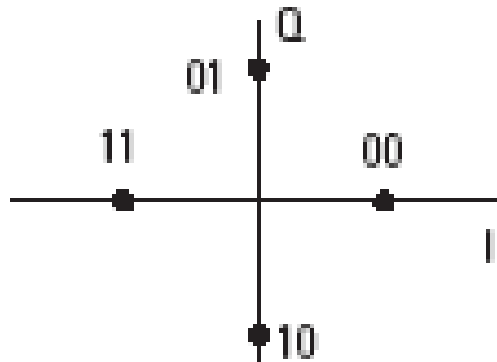
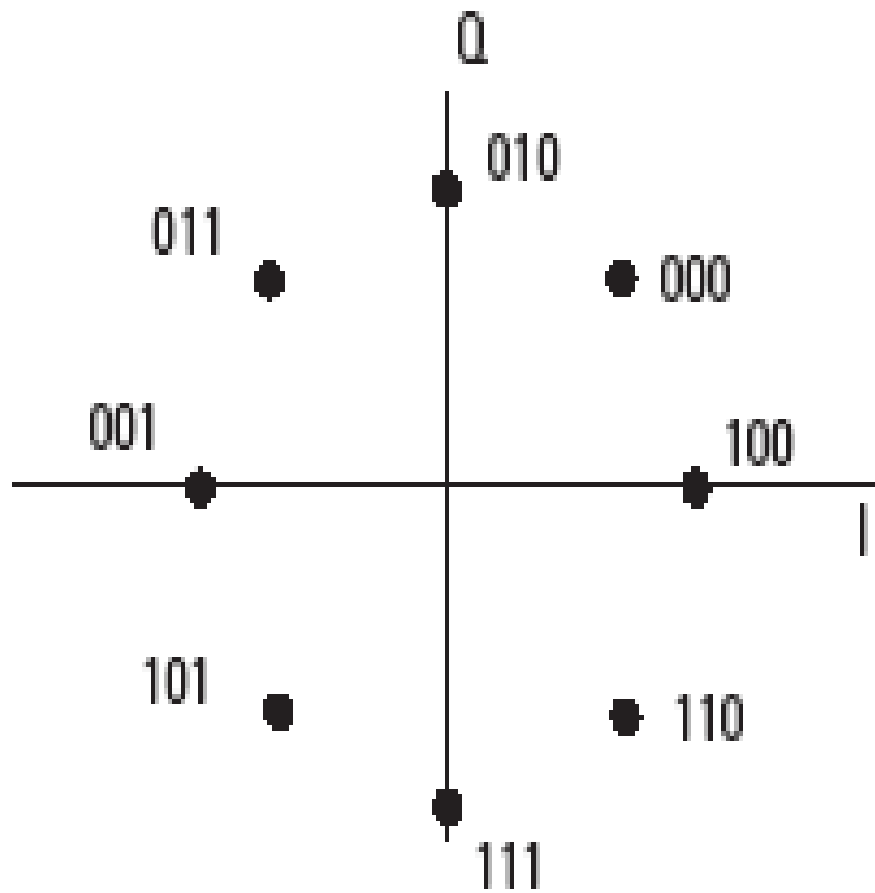


Figure 4.8 Digital PM.

Constellation diagram
of 8-PSK



Constellation diagram
of 16-QAM

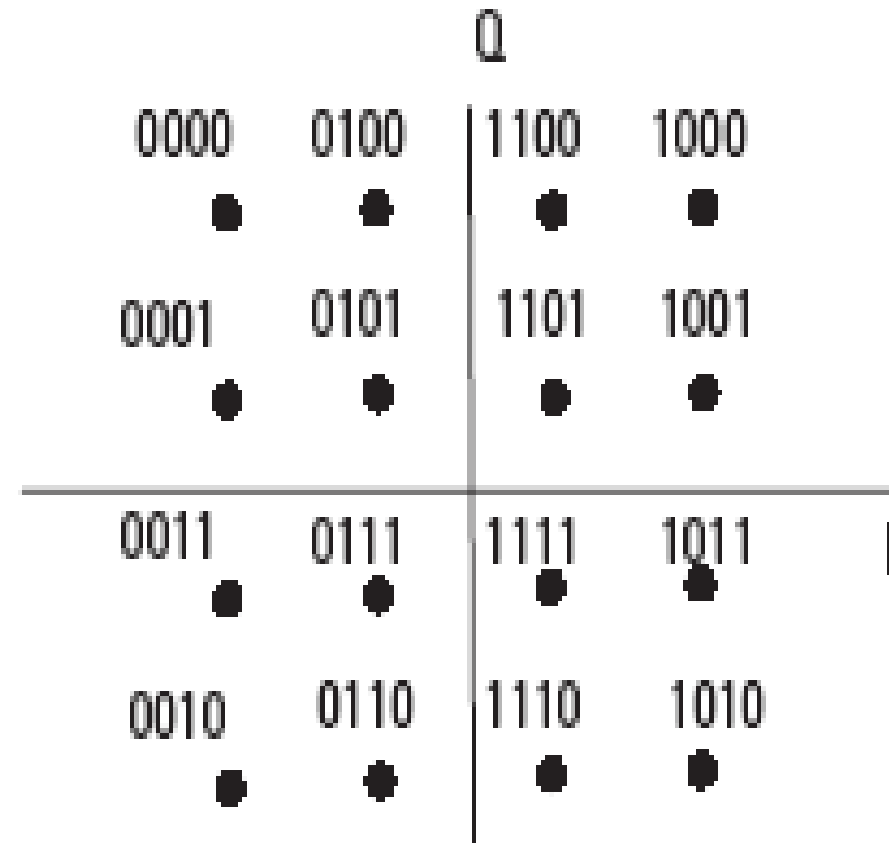


Figure 4.9 8-PSK and 16-QAM.

Information Bit

1

0

1

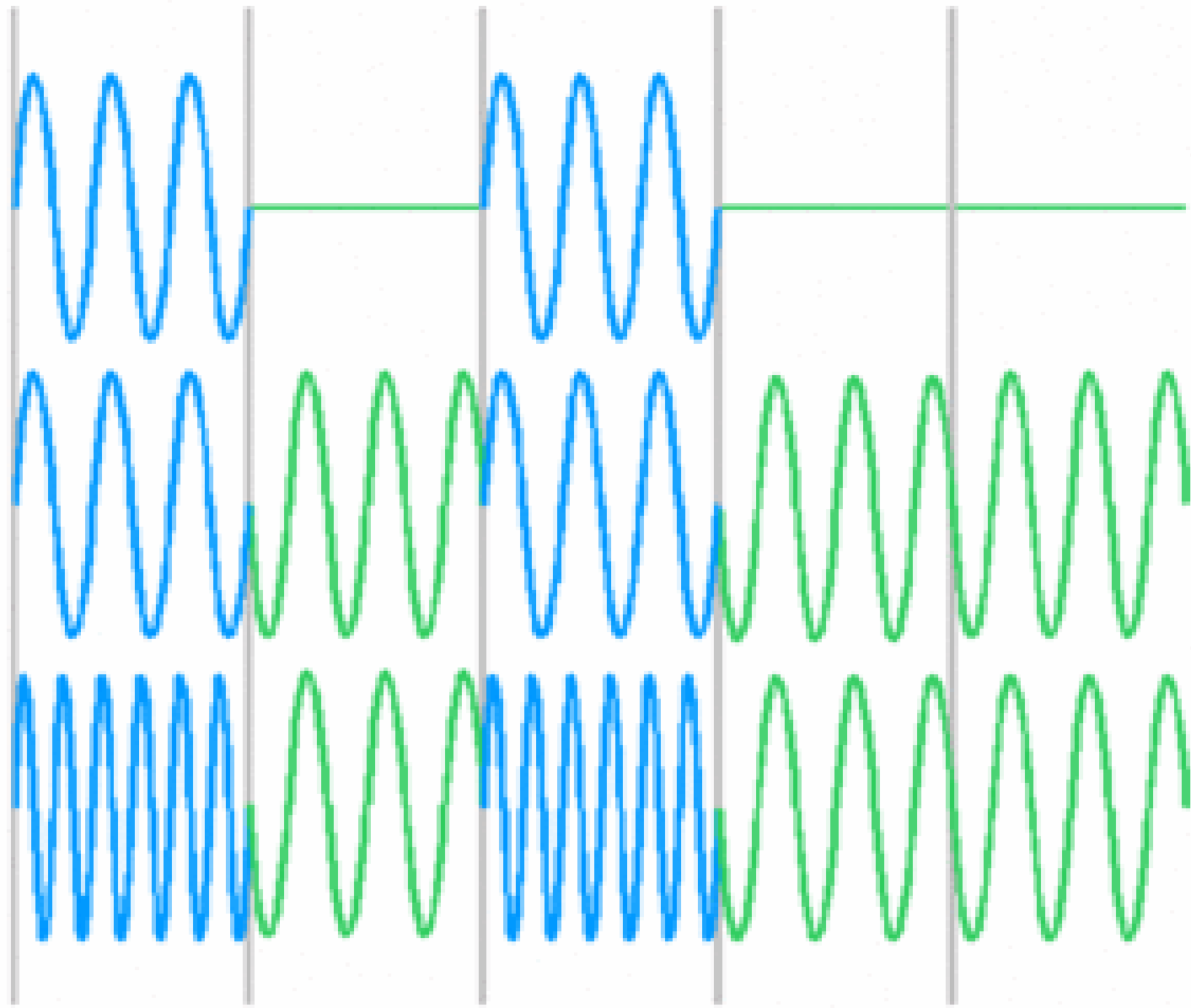
0

0

ASK Modulation

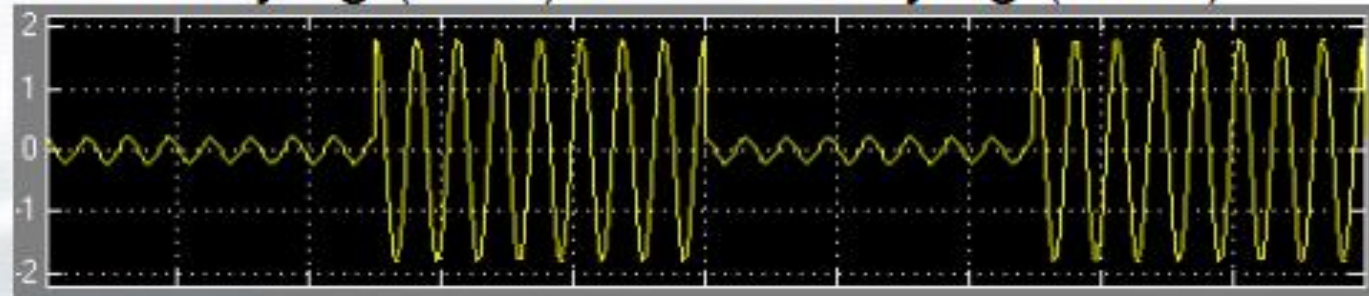
PSK Modulation

FSK Modulation

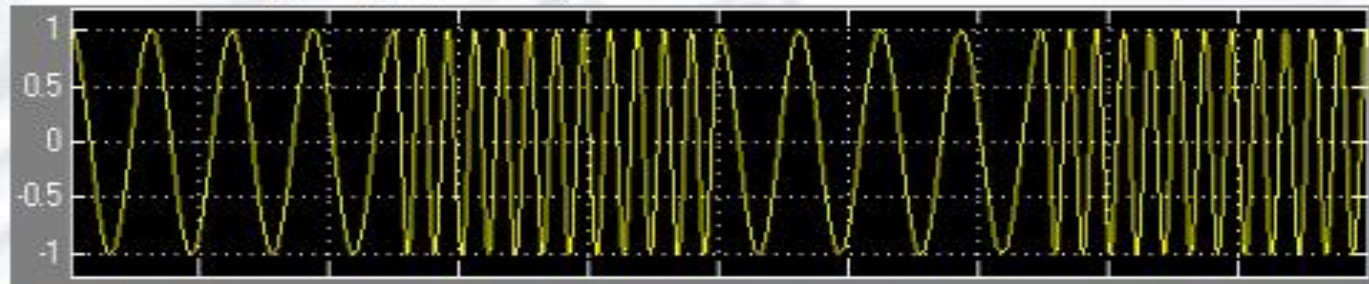


Modulasi digital

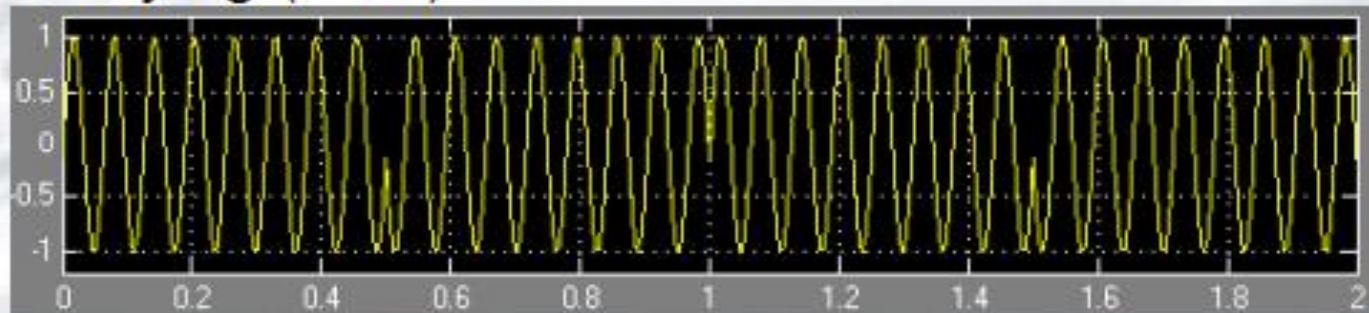
➔ Amplitude Shift Keying (ASK) / On Off Keying (OOK)



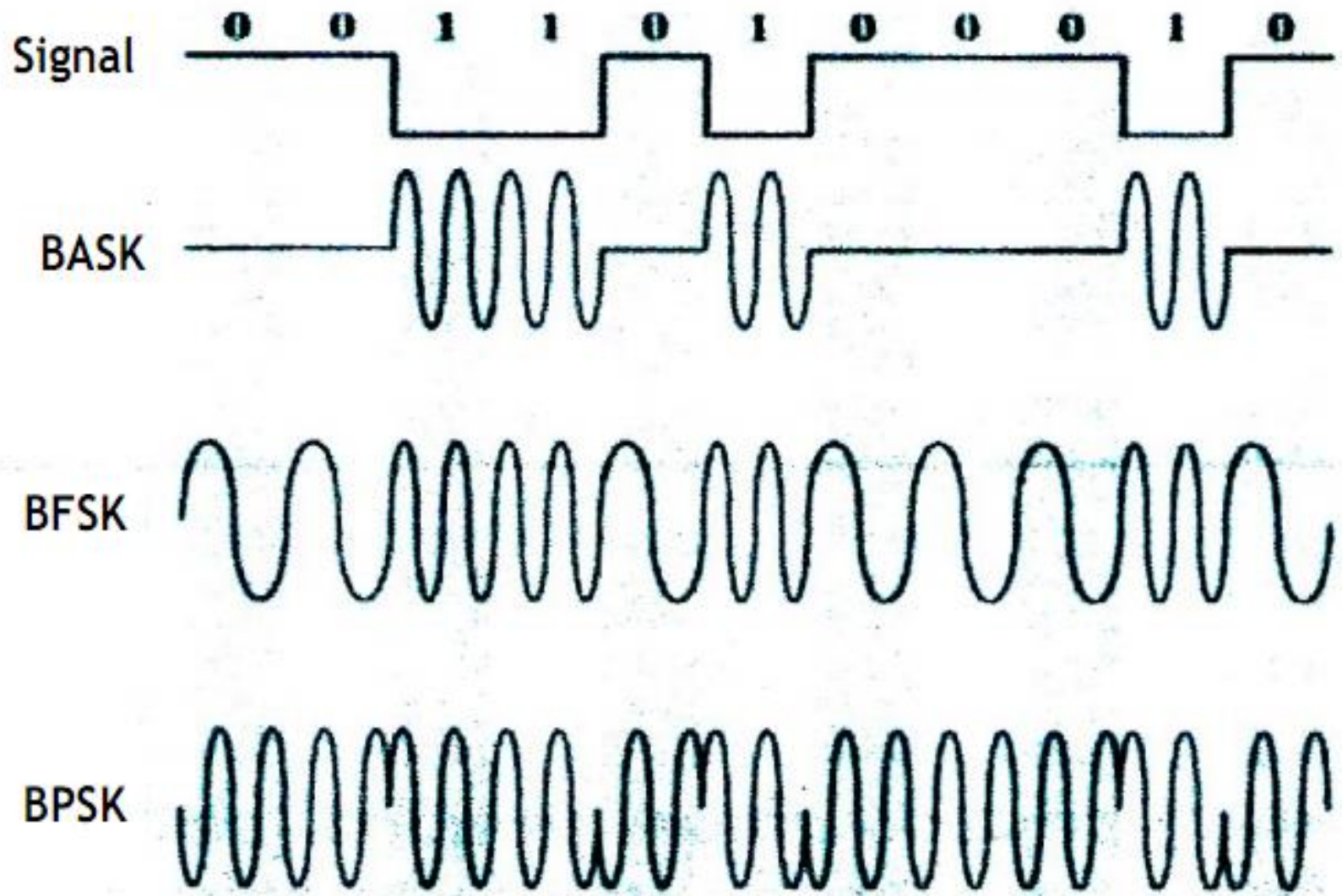
➔ Frequency Shift Keying (FSK)



➔ Phase Shift keying (PSK)



■ BASK, BFSK & BPSK.



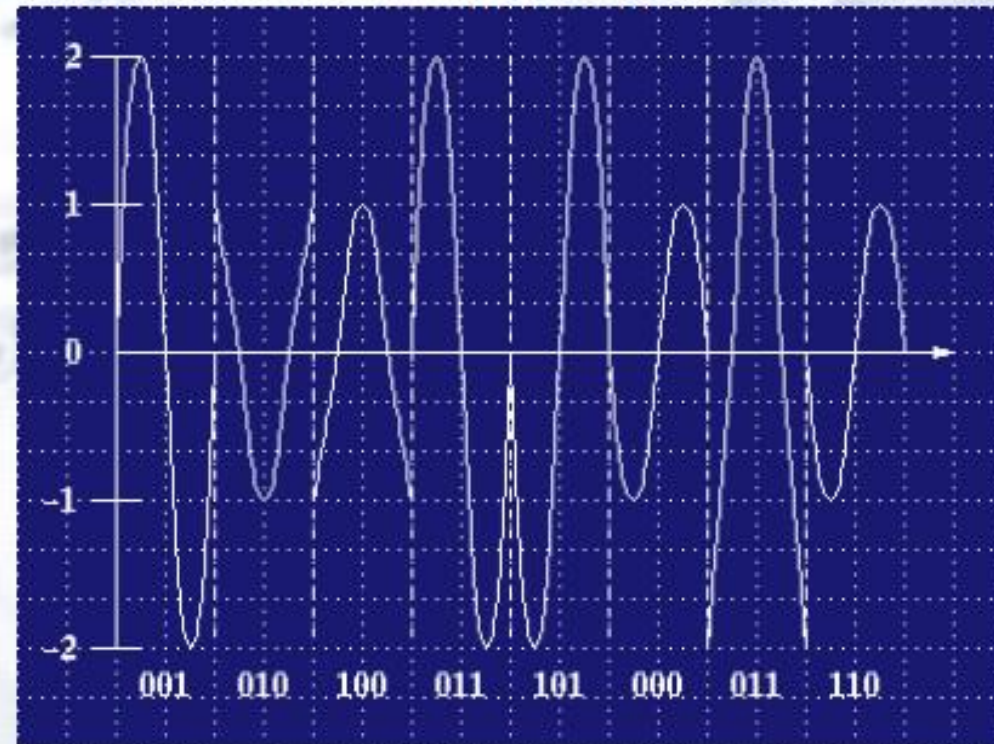
Modulasi digital dalam varian lainnya

- ➔ Pulse Amplitude Modulation (4-PAM)
- ➔ Quadrature Phase Shift Keying (QPSK)
- ➔ Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Perubahan amplitudo & fasa

Bit value	Amplitude	Phase shift
001	2	0°
010	1	90°
100	1	180°
011	2	90°
101	2	180°
000	1	0°
011	2	90°
110	1	270°

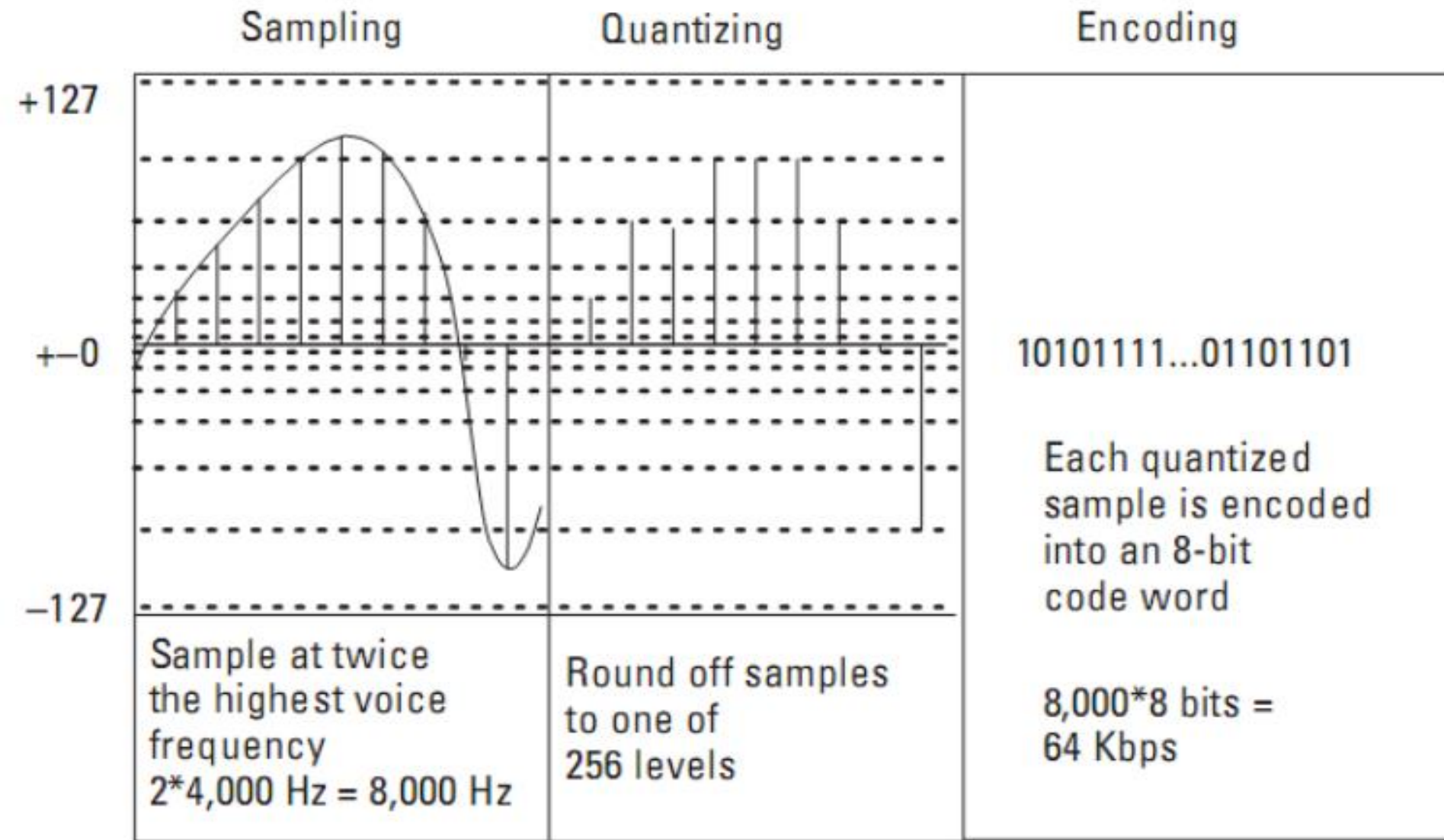
Bentuk gelombang modulasi



Pulse Code Modulation

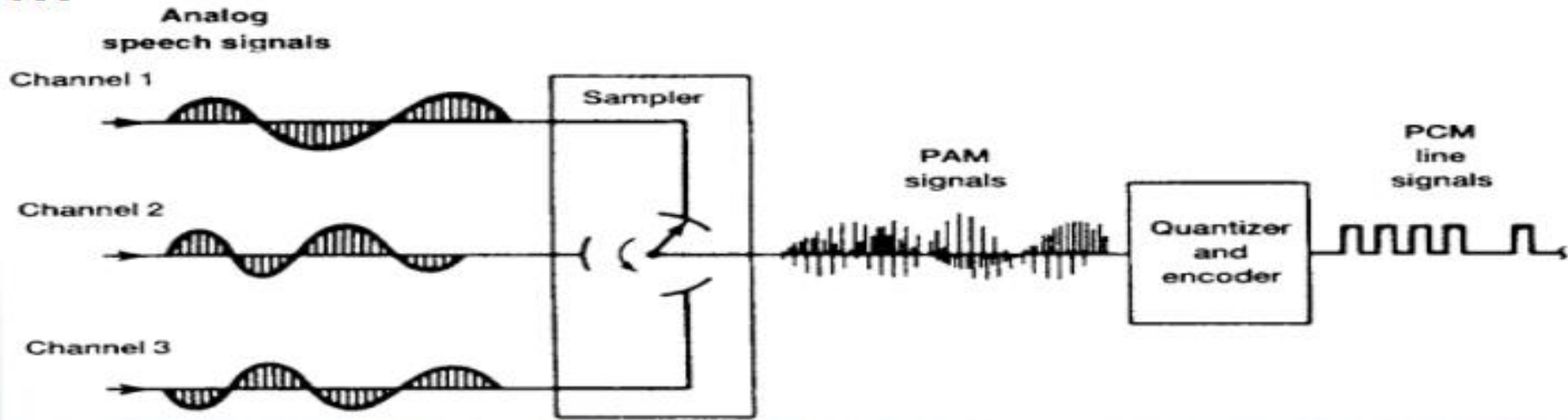
- Suatu metode standarisasi yang digunakan pada jaringan telepon untuk mengubah sinyal analog ke sinyal digital yang disalurkan melalui suatu jaringan telekomunikasi digital.
- CODEC (Coder-decoder) → mengubah data analog menjadi bentuk digital untuk ditransmisikan dan mengembalikan data aslinya dari data digital.
- Metoda:
 - ➔ Sampling
 - ➔ Quantizing
 - ➔ Coding

Konsep PCM

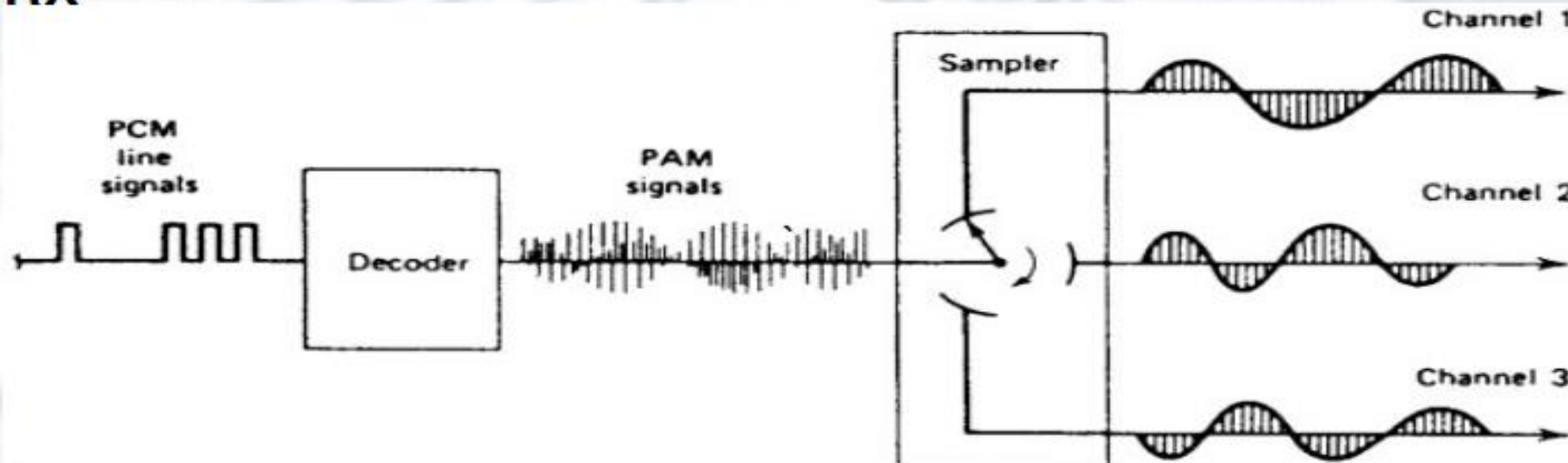


Prinsip PCM

a. TX



b. RX



Aplikasi modulasi di sekitar kita

Application	Type of modulation
AM broadcast radio	AM
FM broadcast radio	FM
FM stereo multiplex sound	DSB (AM) and FM
TV sound	FM
TV picture (video)	AM, VSB
TV color signals	Quadrature DSB (AM)
Cellular telephone	FM, FSK, PSK
Cordless telephone	FM, PSK
Fax machine	FM, QAM (AM plus PSK)
Aircraft radio	AM
Marine radio	FM and SSB (AM)
Mobile and handheld radio	FM
Citizens' band radio	AM and SSB (AM)
Amateur radio	FM and SSB (AM)
Computer modems	FSK, PSK, QAM (AM plus PSK)
Garage door opener	OOK
TV remote control	OOK
VCR	FM
Family Radio service	FM

Alokasi Frekuensi Pembawa

Type of Transmission	Center Frequency of Transmission
Telephone Modems	1600–1800 Hz
AM radio	530–1600 kHz
CB radio	27 MHz
FM radio	88–108 MHz
VHF TV	178–216 MHz
Cellular radio	850 MHz, 1.8 GHz
Indoor Wireless Networks	2.4 GHz
Commercial Satellite Downlink	3.7–4.2 GHz
Commercial Satellite Uplink	5.9–6.4 GHz
Fiber Optics	2×10^{14} Hz

Carrier frequency assignments for different methods of information transmission