

Tecniche di trasmissione di segnali ANALOGICI

(Analog Modulation Systems)

* modulazione di una PORTANTE !!!
(Modulation of a "carrier" (sinuoidal) signal)

→ modulazione di AMPIEZZA

→ variazione della ampiezza del segnale

→ lineare

Amplitude Modulation:
(1) shift of the signal spectrum;
(2) LINEAR modulation

→ mod. di freq. (freq)

→ variazione dell' "argomento" dell'onda portante

→ non lineare

Frequency Modulation:
(1) modification of the phase of the carrier;
(2) NON LINEAR mod.

* Principali applicazioni !!!

→ radio AM, FM

→ TV

→ telefono tradizionale

→ - - - - -

Major applications:

(a) radio AM, FM;

(b) Analog TV;

(c) Plain Old Telephone System,

(d)...

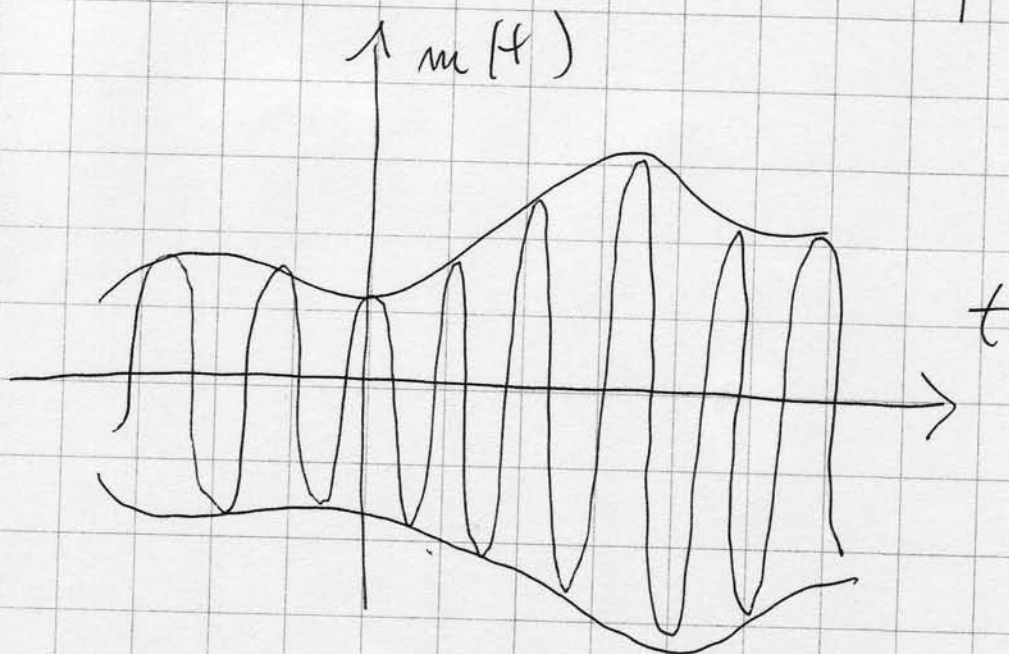
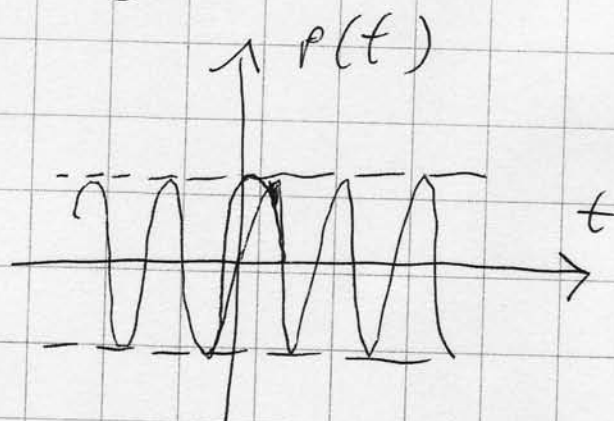
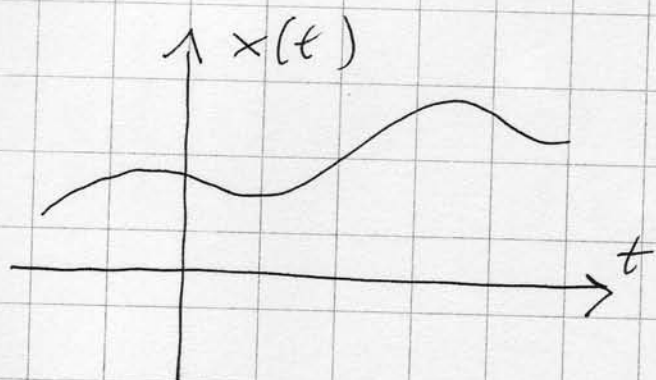
... AMPLITUDE MODULATION (AM) ...

→ $x(t)$: modulating signal

→ $p(t)$: carrier signal $= A_0 \cos(2\pi f_0 t)$

$m(t)$: modulated signal

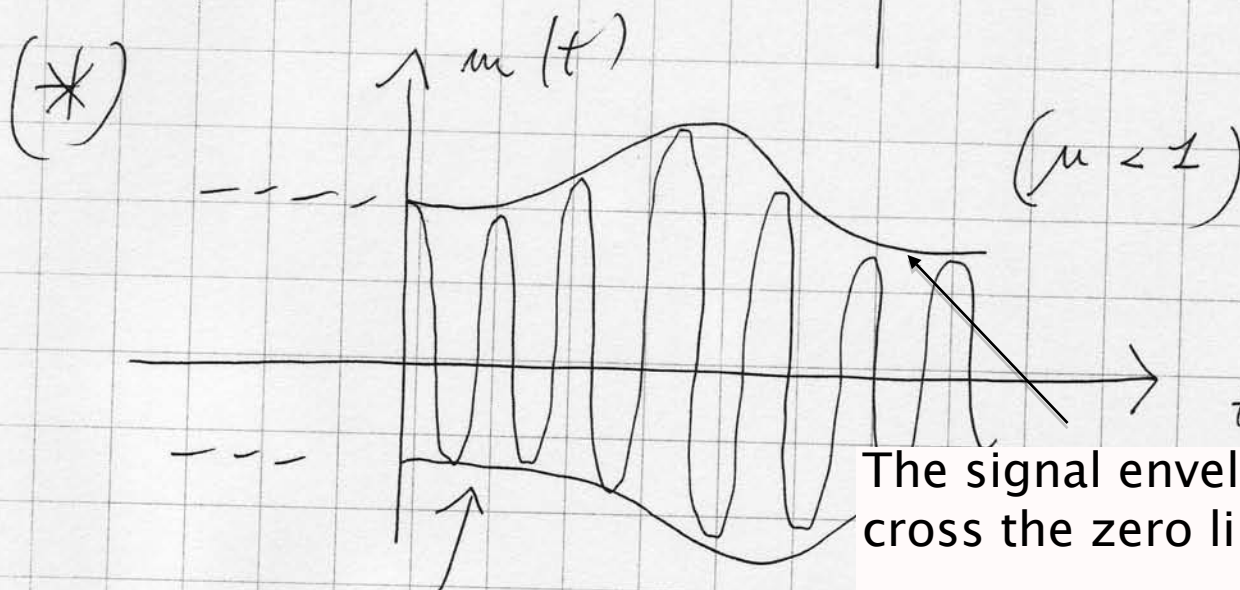
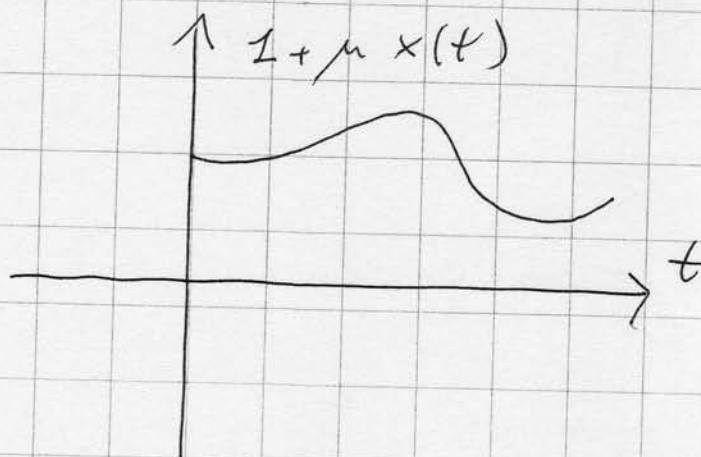
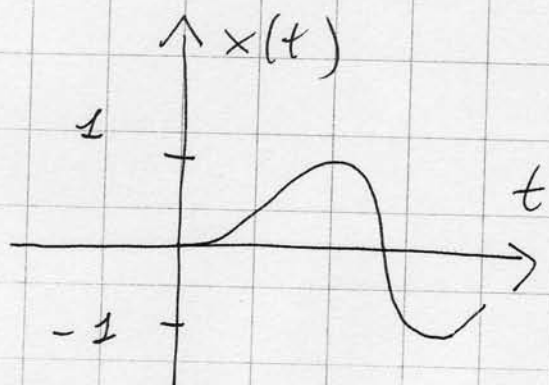
$$* \quad m(t) = x(t) A_0 \cos(2\pi f_0 t)$$



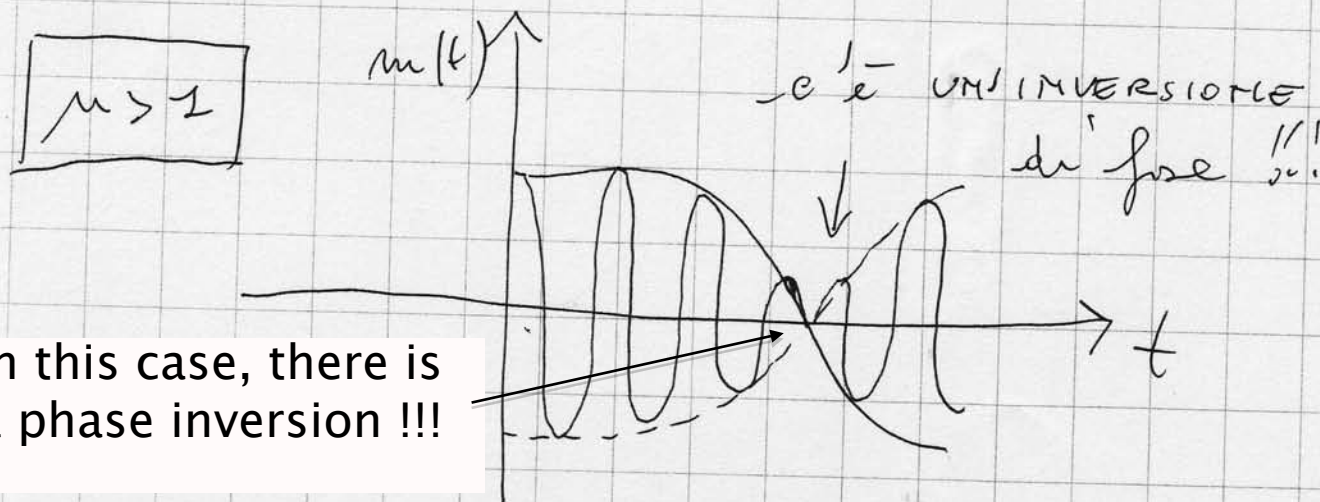
AM with Transmitted Carrier (traditional AM)

* PORTANTE TRASMESSA (AM)

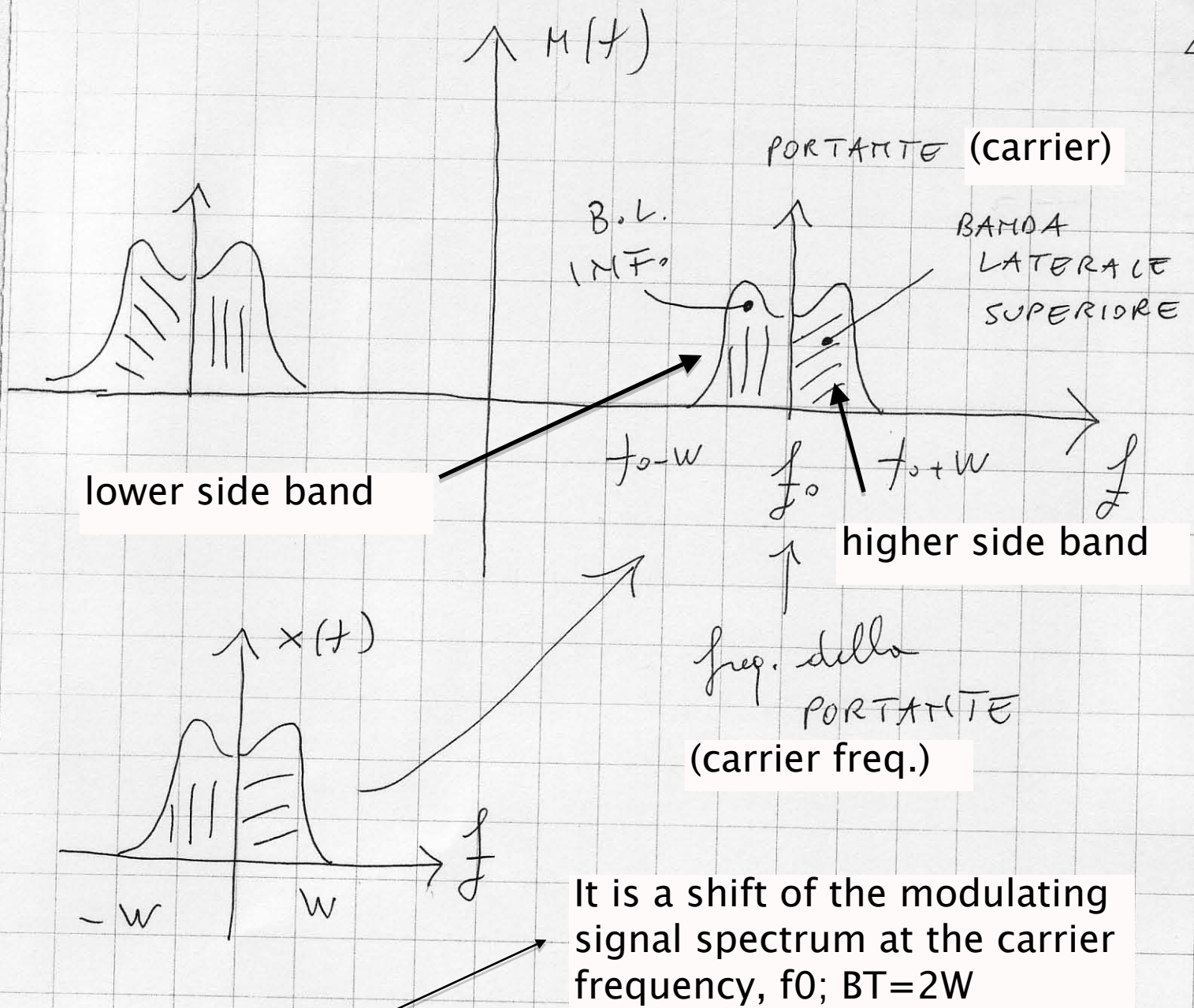
$$m(t) = (1 + \mu x(t)) A_c \cos(2\pi f_c t)$$



l'inviluppo non passa mai per lo zero !!!



In this case, there is a phase inversion !!!



→ È una semplice TRASLAZIONE dello spettro del segnale, nell'intorno della freq. della PORTANTE !!!

→ $B_T = 2W$

→ È una mod. LINEARE

→ viene distorta dai

sistemi NON LINEARI !!!

It is a LINEAR modulation, and therefore any nonlinear operation will cause a DISTORTION

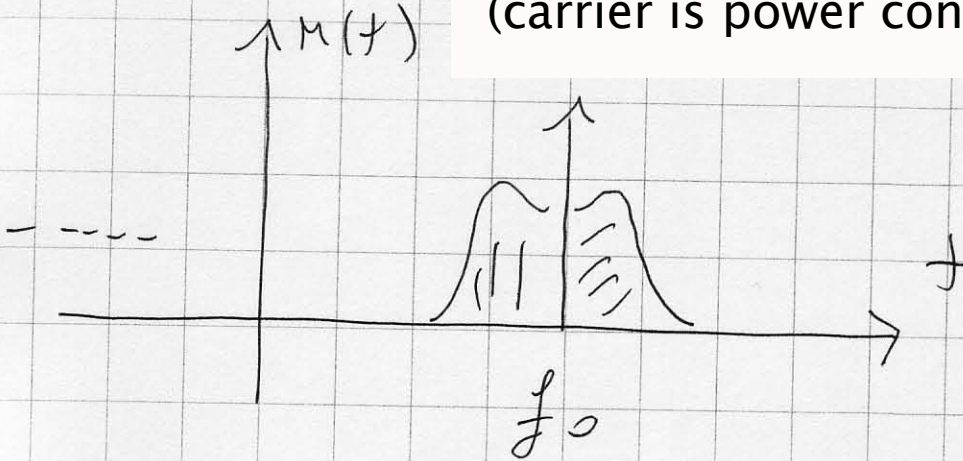
AM with suppressed carrier

5

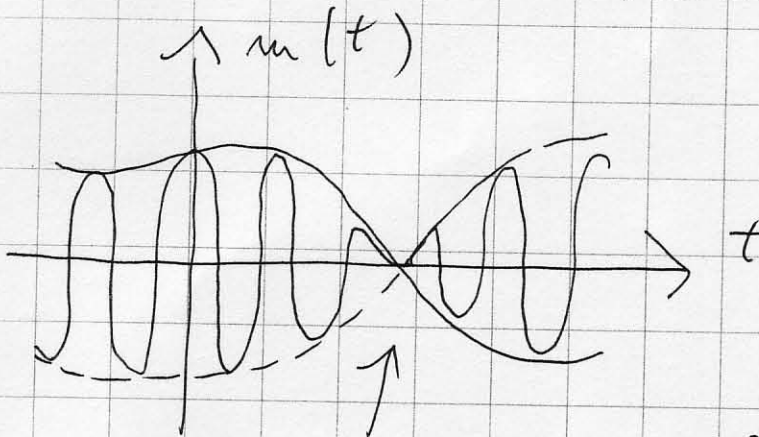
AM con portante soppressa !!!

→ la portante consuma POTENZA !!!

(carrier is power consuming)



→ È difficile ricevere con PORTANTE soppressa !!!



There are systems with "suppressed carrier"; in this case it is possible to have a phase inversion

INVERSIONE di fase !!!

→ È più difficile ricevere / demodulare il segnale originale !!!!

The demodulation is more difficult

→ usa meno potenza del sistema con portante TRASMESSA !!!

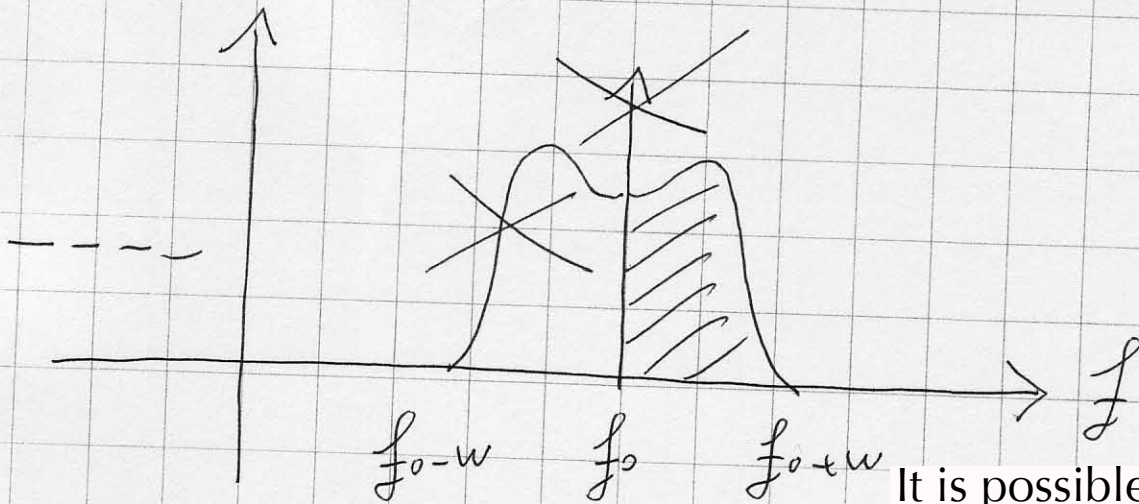
→ $B_T = 2W$

It requires less power than the system with transmitted carrier

Single Side Band (SSB)

6

BANDA LATERALE UNICA



It is possible to remove one of the two sub-bands: SSB
BT=W !!!

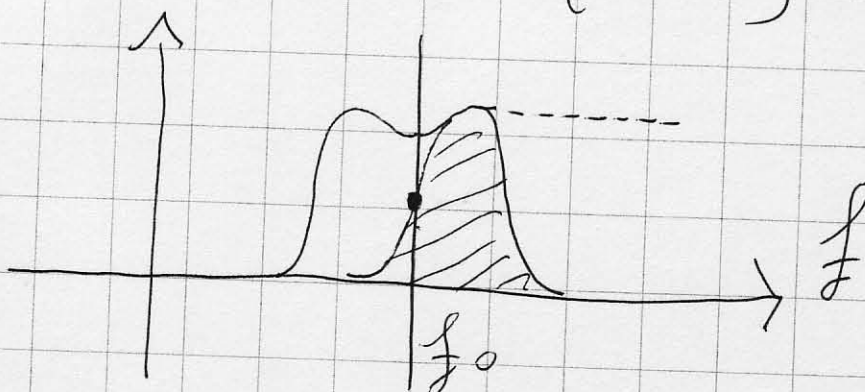
- * Si può eliminare ^(anche) una delle due bande laterali → occupa meno banda !!!
→ AM con banda laterale unica !!!

* $B_T = W$

It is difficult to be carried out in hw

- * Può essere difficile eliminare completamente la B.L. che non serve...

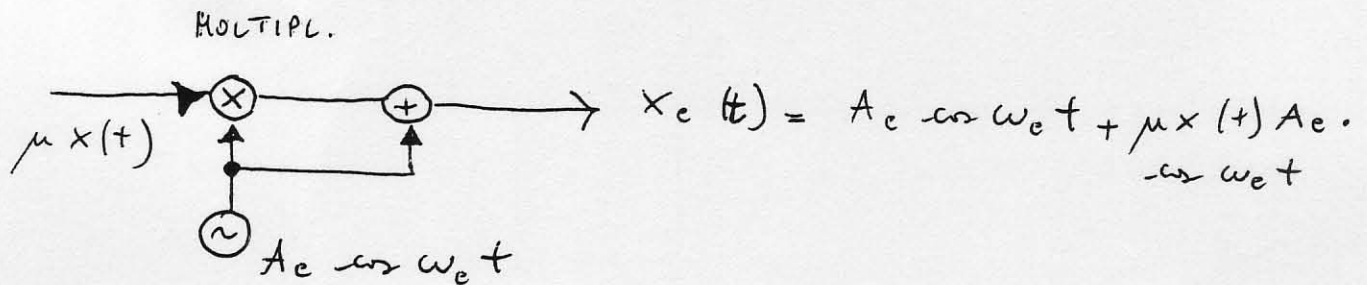
↳ Banda laterale parzialmente soppressa (VSB)



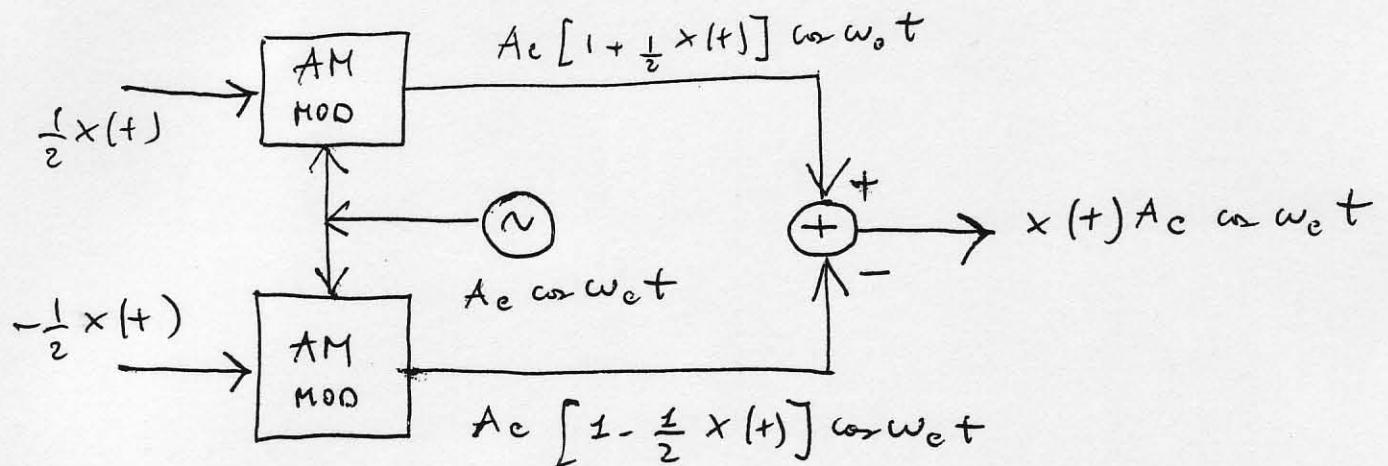
Solution: Vestigial Side Band (VSB)

MODULATORI (Modulators)

MODULATORE CON "PRODOTTO" (Product modulator)



MODULATORE BILANCIATO (Balanced modulator)



• TIPI DI MODULATORI

- TRASCONDUITTANZA VARIABILE
- MODUL. QUADRATICI (SQUARE LAW)
- SWITCHING MODULATORS

DEMODULAZIONE SINCRONA

* Demodulazione: è l'operazione che permette di estrarre $x(t)$ a partire da $m(t)$

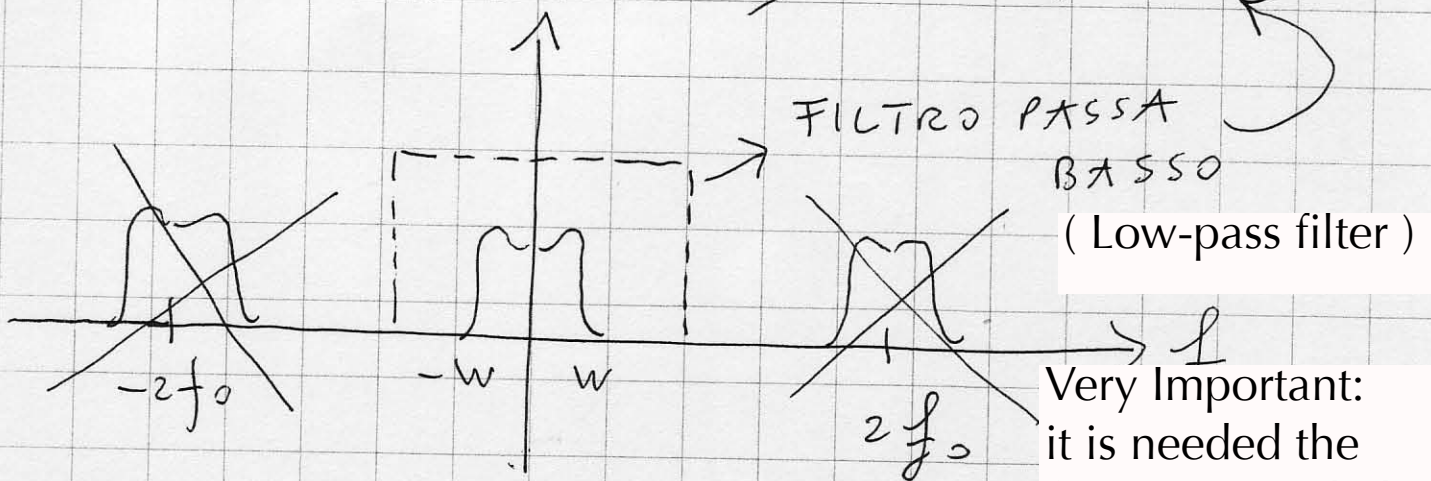
Demodulation: is the inversion of the Modulation process

$$* m(t) = A_0 x(t) \cos(2\pi f_0 t)$$

$$d(t) = m(t) \cdot \cos(2\pi f_0 t) = A_0 x(t) \cos^2(\cdot)$$

$$\cos^2(\alpha) = \frac{1 + \cos 2\alpha}{2} \quad !!$$

$$d(t) = \frac{A_0}{2} x(t) (1 + \cos(2\pi \cdot 2f_0 t))$$



→ DEVO conoscere la frequenza in RICEZIONE !!!

Very Important:
it is needed the
frequency and phase
of the carrier signal
(at the receiver
side !!!)

Envelope Detection (envelope demodulation)

Demodulazione ad "inviluppo"

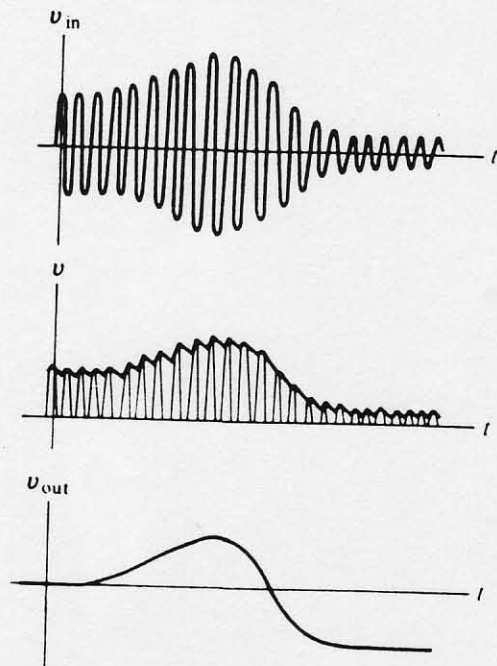
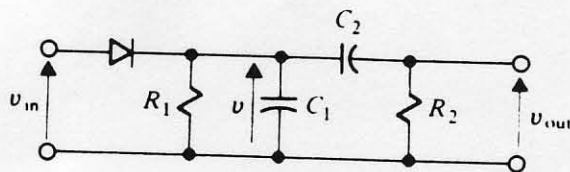
Nel caso di modulazione di ampiezza con portante trasmessa, si può riottenere il segnale modulante con un modulatore molto semplice, chiamato "*demodulatore ad inviluppo*".

Tale demodulatore è composto da un rilevatore di picco che rileva l'inviluppo del segnale modulato.

Nel caso di indice di modulazione piccolo, le prestazioni del sistema sono buone.

Nel caso di demodulazione ad inviluppo, non si possono trasmettere due portanti in quadratura.

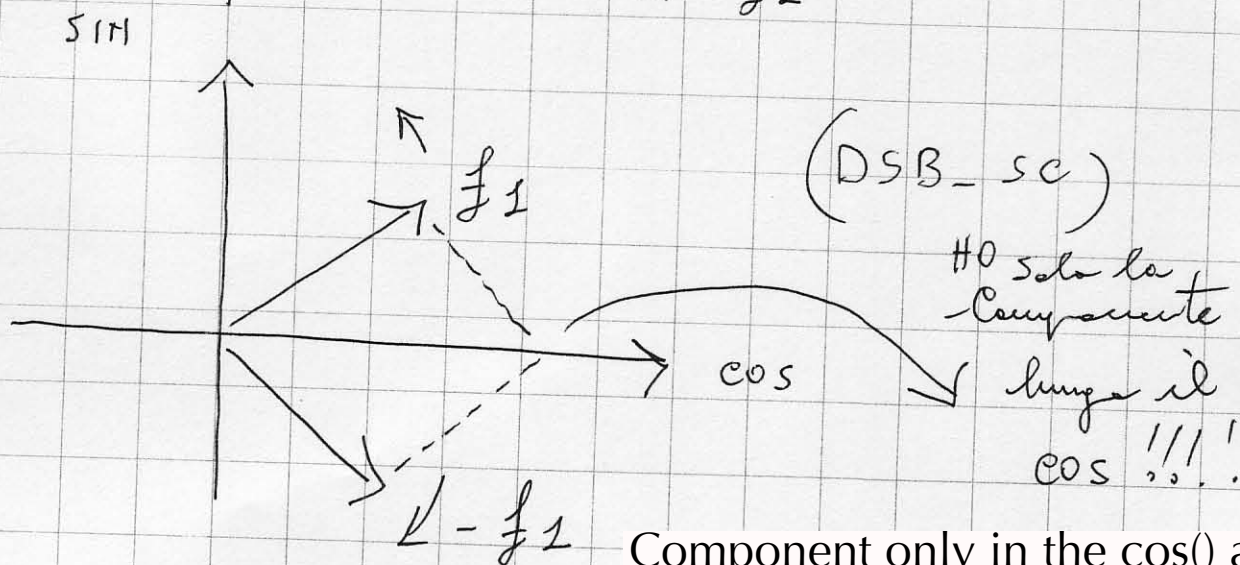
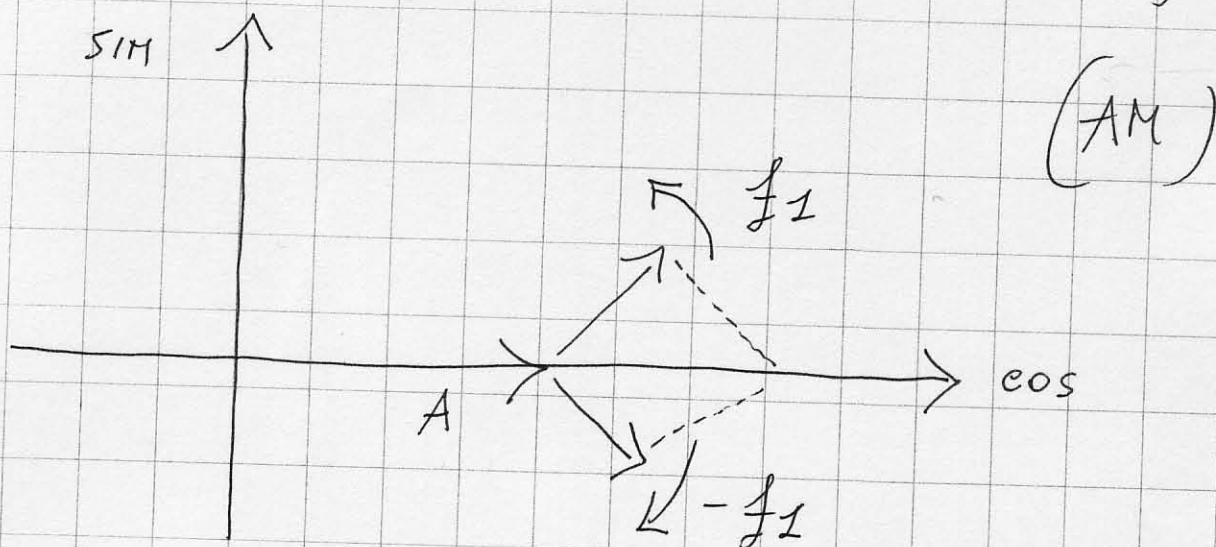
In case of transmitted carrier (no phase inversion !!!) it is possible demodulate following the envelope; in this case it is not possible to use the Quadrature AM



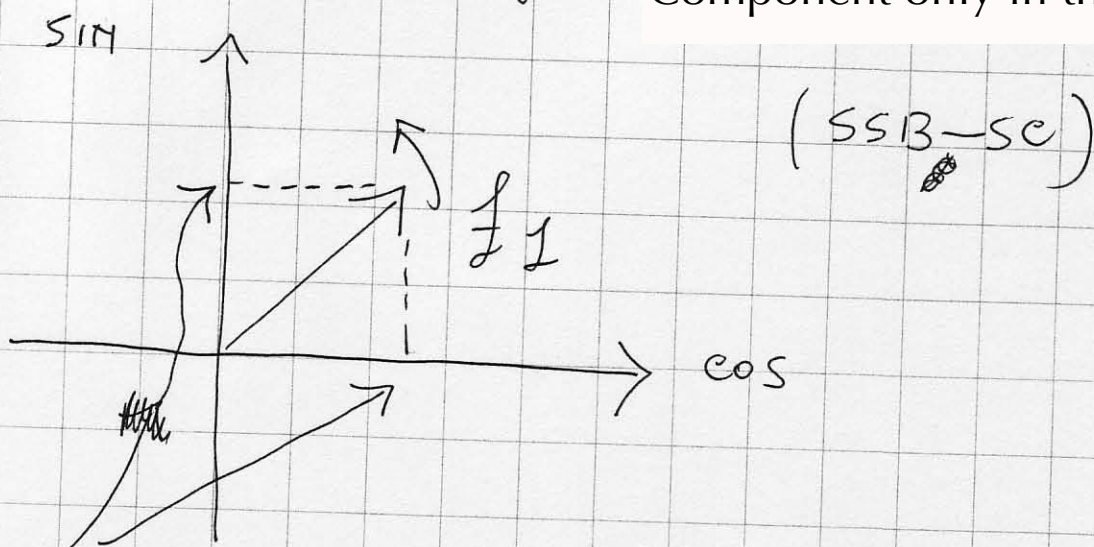
Fasors

FASOR

$$(x(t) = \cos(2\pi f_1 t))$$



Component only in the cos() axes

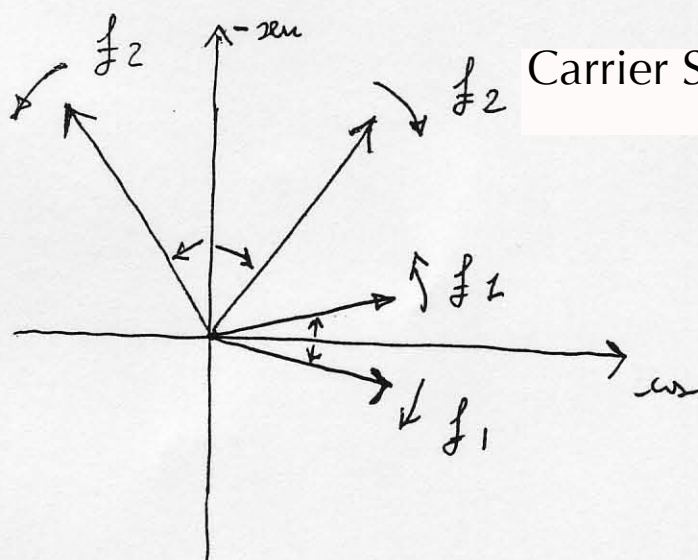
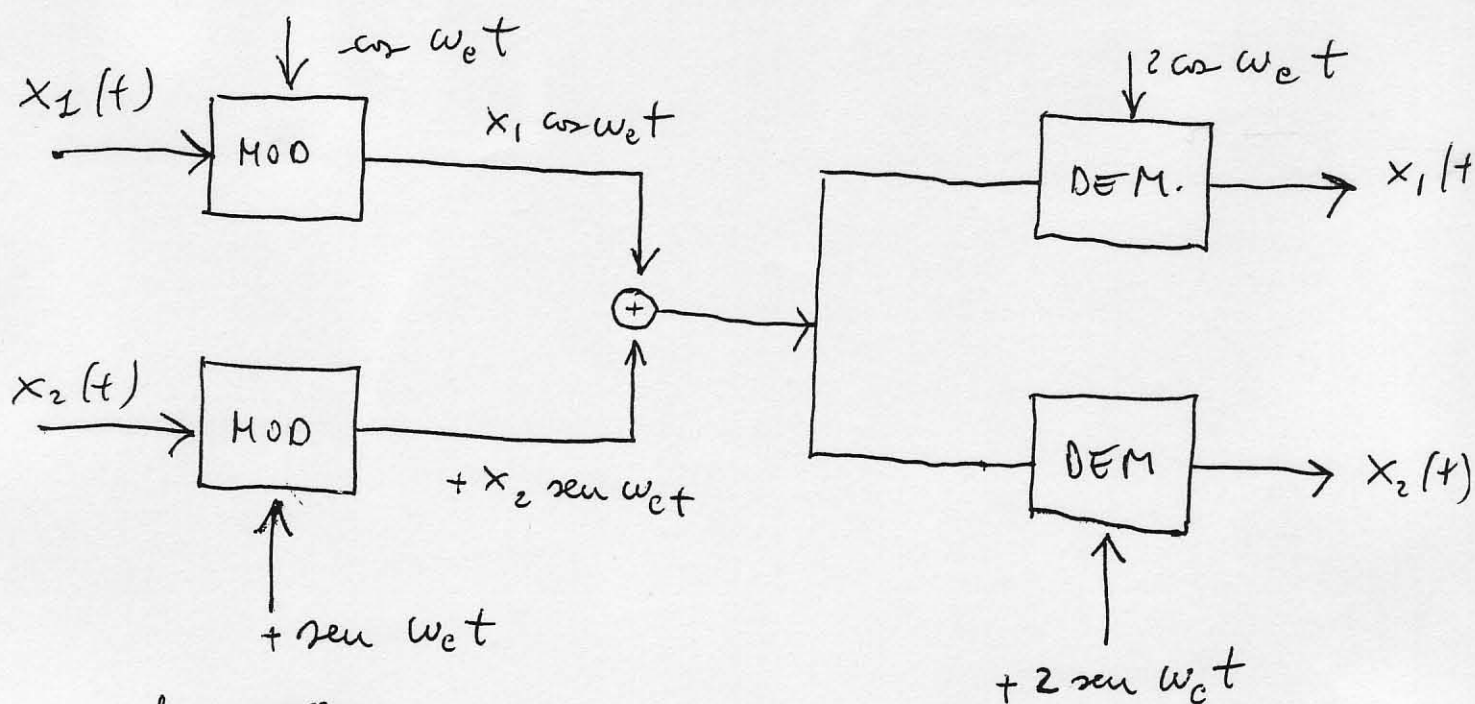


Componente lungo il cos e lungo il sin (.)

Components in both the cos() and sin() axes

Quadrature Amplitude Modulation

(QAM)



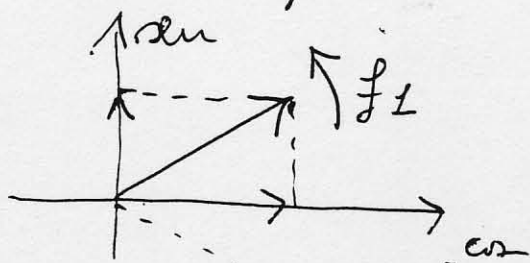
Carrier Synchronization is very important

- È molto importante il SINCRONISMO altrimenti non MISCHIAMO i segnali x_1 e x_2 .

• Con questo sistema si ha $B_T = W$ - come nel caso di SSB.

QAM: $B_T = W$, as in SSB

• Nel caso SSB NON si possono trasmettere due segnali in QUADRATURA in quanto il segnale SSB occupa già entrambe le portanti ortogonali.



In SSB it is NOT possible the use of QAM !!!

MODULAZIONE ANGOLARE

$$* m(t) = A_0 \cos(2\pi f_0 t + \varphi(t))$$

IMF.

da TR.!!!

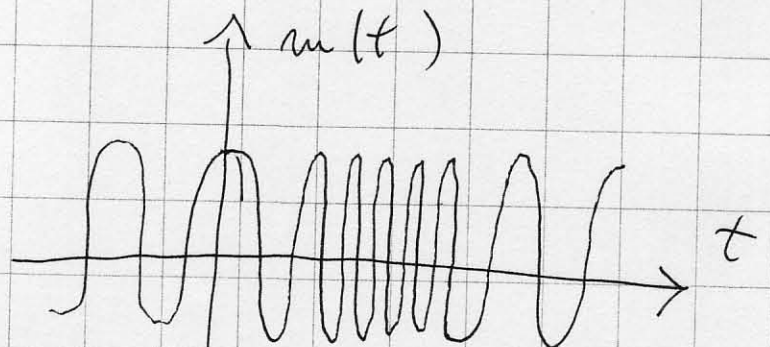
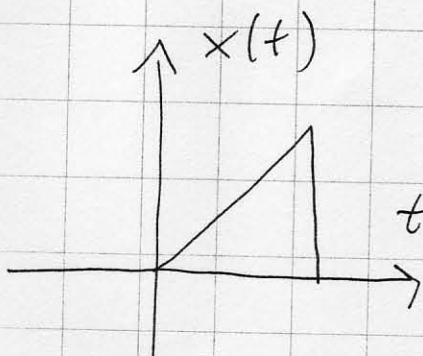
$$(\varphi(t) = K \int_{-\infty}^t x(t) dt \rightarrow \text{mod. di fase})$$

$$\varphi(t) = K \int_{-\infty}^t x(t) dt \rightarrow \text{mod. di freq.}$$

It is the freq. of the carrier that depends on the modulating signal !!!

$$FM: f_c(t) = f_0 + K x(t) \leftarrow \text{freq. istantanea della portante modulata !!!}$$

E' la freq. della portante che dipende da $x(t)$!!!



$m(t)$ show a CONSTANT ENVELOPE:
it is therefore robust to the nonlinearities

$\rightarrow m(t)$ ha
AMPIEZZA
COSTANTE

aumento la
freq. del segnale
modulato !!!

\rightarrow ROBUSTA alle non linearita' !!!

Bandwidth

Banda occupata

In generale la banda occupata dal segnale modulato angularmente è maggiore che non nel caso di modulazione di ampiezza.

Una formula approssimata per il calcolo di questa banda è la seguente (formula di Carson):

$$B \cong \Delta f_{pp} + 2f_{\max} = \Delta f_{pp} + 2W$$

Dove Δf_{pp} rappresenta la deviazione di frequenza picco-picco e f_{\max} la massima frequenza del segnale modulante.



La modulazione angolare richiede più banda della modulazione di ampiezza ma si comporta meglio nei confronti del rumore e delle non linearità dei mezzi trasmissivi.

The transmission bandwidth is larger than $2W$;

An approximate evaluation is given by the Carson equation:

$BT = \Delta f_{pp} + 2W$; Δf_{pp} = frequency deviation;

The angle modulation reduces the effects of noise. Moreover it is robust against the nonlinearities (due the constant envelope).

* DISCRIMINATOR

1. FM-AM CONVERSION

2. Phase shift discrimination

(d/dt)

3. Zero crossing detection

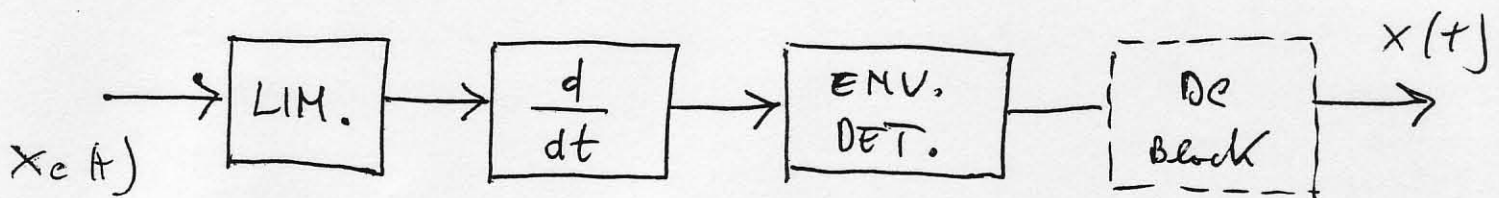
$$x_c(t) = A_c \cos \theta_c(t) \quad \dot{\theta}_c = 2\pi [f_c + f_\Delta x(t)]$$

$$\dot{x}_c(t) = -A_c \dot{\theta}_c \sin \theta_c =$$

$$= 2\pi A_c [f_c + f_\Delta x(t)] \sin [\theta_c(t) \pm 180^\circ]$$

Envelope detection of the differential signal

$$f(t) = f_c + f_\Delta x(t)$$



removes spurious amplitude oscillations

LIM: *rimuore le oscill. di ampiezza dovute al canale non perfetto*

DC: *filtra la componente dovuta alla f_c*

block the DC component (due to f_c)

* PLL: *anello ad aggancio di fase*

Phase locked Loop (PLL): other possible dem. (more expensive, but gives better performance)

Comparison between the different analog mod. systems

Mod. di Ampiezza : AM

Envelop dedection (simple dem.)

* AM : →

(PORT.
TRASM.)

$$B_T = 2W$$

Power inefficient

Sensitive to nonlinearities

Used in radio AM

* DSB-SC

PORT. SOPP.

DOPPIA

BANDA

LATERALE

Synchronous demodulation
(needed the carrier recovery)

$$B_T = 2W, \text{ QAM possible}$$

Affected by the nonlinearities

* SSB

(BANDA
LATERALE
UNICA)

$$B_T = W;$$

QAM not possible;

Filtering of the removed sub-
band is quite critical

Robustness to nonlinearities and to noise;
Simple hw implementation;
Very useful in case of limited available power;

* FM

(modulazione
in freq.)

→ VANTAGGI
(Advantages)

- * ROBUSTA alle NONLINEARITÀ
- * ed al RUMORE !!!
- * NON TROPPO complessa
- * Va bene se ho poca POTENZA !!!
(Amplif. in SATURAZIONE)

→ SVANTAGGI



- Bandwidth elevato
- $B_T = \Delta f_{PP} + 2W$!!!

(Disadvantages) : Uses more bandwidth than Amplitude mod.;

Major application of analog modulation systems

17

AM : radio Broadcasting

Analog TV, POTS

SSB : disturbance TV, ~~radio~~ telephony on ~~cos~~ ~~cosine~~ (FDM)

QAM: Digital Communications

FM

- * radio STEREO
- * TR. DA SATELLITE e PONTE RADIO
- * CONTRIBUZIONE del segnale TV
- * registrazione magnetica e ottica
- * Audio per TV

Radio stereo; Satellite comm.;
Terrestrial radio comm.;
magnetic recording (VHS, ...);
Audio in analog TV; Spatial
comm.; Mobile tel.

- * TR. SPAZIALI
- * TR. RADIOMOBILI

PM

Digital Communications

References:

Simon Haykin, Communication Systems, 4ed., John Wiley & Sons, Sec.2: par. 2.1 to 2.9;
Any other book of Electrical communication;