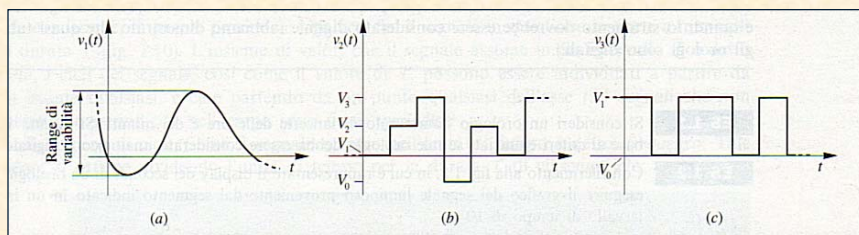


Appunti sulla modulazione

A.s. 2010-2011

Segnali analogici e digitali



(a) Segnale analogico

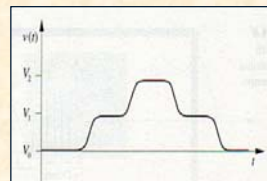
(b) Segnale digitale

(c) Segnale digitale binario

Un segnale si definisce **analogico** se può assumere tutti gli infiniti valori nel range di variabilità del segnale stesso.

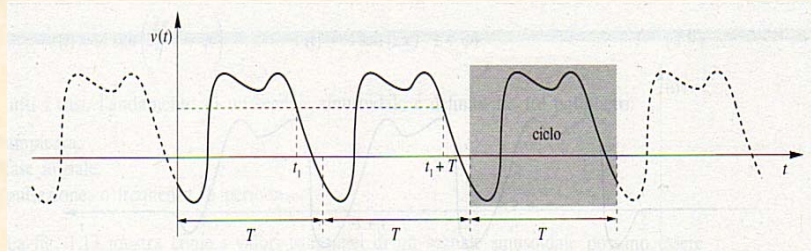
Si definisce **digitale** (digit = cifra) o **numerico**, un segnale che può assumere solo un numero limitato di valori. Nel caso in cui i valori possibili siano solo due si parla di **segnale digitale binario**.

I segnali digitali sono discontinui nella forma d'onda, in quanto sono presenti passaggi istantanei da un livello all'altro, ma nella realtà nessun sistema fisico è capace di passare da uno stato ad un altro in un tempo nullo. Tuttavia possono essere considerati tempi trascurabili.



Forma d'onda di un segnale digitale reale

Segnali periodici



Segnale periodico

Un segnale $v(t)$ è **periodico** se per ogni istante t risulta:

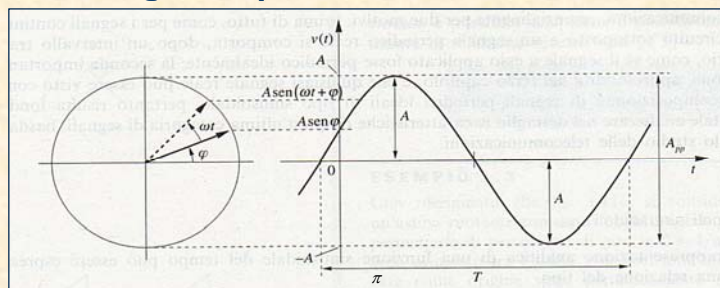
$$v(t) = v(t+T)$$

Il segnale si ripete a intervalli di durata T . La costante T è detta **periodo**. L'insieme dei valori che il segnale assume in un intervallo T è detto **ciclo**.

La **frequenza** è data dal numero di cicli che il segnale compie nell'unità di tempo e si misura in Hz (1 Hz = 1 ciclo/s):

$$f = \frac{1}{T} \text{ cicli/sec (Hz)}$$

Segnali periodici sinusoidali



Segnale periodico sinusoidale

La funzione sinusoidale: $v(t) = A \text{ sen}(\omega t + \varphi)$

è periodica e in essa si individuano:

φ = La **fase iniziale**, $\omega t + \varphi$ = La **fase istantanea** e A = **ampiezza**

ω è definito **pulsazione** del segnale ed è misurato in rad/s.

$v(t)$ assume valori identici per valori della fase istantanea che differiscono di 2π da cui si ricava $\omega T = 2\pi \rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega}$ e $f = \frac{\omega}{2\pi}$

La modulazione

Le **modulazioni** sono delle tecniche, che si applicano al segnale da trasmettere a distanza

allo scopo di adattarlo alle caratteristiche del canale di comunicazione, mantenendo però invariato il suo contenuto informativo.

Immaginiamo una **trasmissione radio,**
senza alcuna modulazione,
in cui,

la voce umana, trasformata da un microfono in corrente elettrica, venga irradiata via etere da un'antenna e catturata tramite un'altra antenna ricevente, da un secondo utente.

La banda utile della voce umana non supera i 5KHz, per cui, senza un'opportuna modulazione, anche la frequenza delle onde elettromagnetiche irradiata via etere sarebbe la stessa

conseguenze:

le **dimensioni delle antenne proibitive** visto che, alla frequenza di 5KHz, la lunghezza d'onda corrispondente è di 60 Km

e quindi le antenne dovrebbero essere lunghe **15 ÷ 30 Km.**

La **potenza** necessaria ad alimentare un'antenna di queste dimensioni sarebbe **enorme.**

Il **trasmettitore** risulterebbe **pesante e voluminoso.**

Le frequenze sarebbero le stesse per tutti gli utenti, cioè il canale sarebbe unico, per cui **tutti ascolterebbero tutti**, rendendo assolutamente impossibile qualunque trasmissione.

L'operazione della **modulazione** prima della trasmissione di un segnale:

- permette di **augmentare la frequenza** ed ottenere una trasmissione più efficiente
- permette di **dividere il canale in sottocanali indipendenti**

- Essendo la frequenza della trasmissione molto elevata, la **lunghezza delle antenne** diventa umanamente e praticamente possibile, per esempio in FM a 100 MHz, risulta: 75 cm
- Conseguentemente la **potenza impiegata** diventa molto **minore**.
- Le **dimensioni del trasmettitore diventano minime**, basti guardare quelle contenute all'interno di un moderno cellulare e cioè qualche centimetro.
- Le **frequenze sono diverse** per ogni trasmissione, quindi sono **possibili moltissime trasmissioni contemporanee** senza interferenza reciproca e rispettando la privacy.

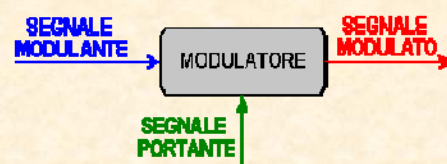
Si tratta di: **adattare il segnale da trasmettere** in modo che possa transitare bene attraverso il canale e, nel contempo, consentire la **multiplazione**, cioè la **trasmissione contemporanea di molti segnali sullo stesso canale senza interferenza**.

Dunque deve essere sempre presente il segnale informativo, cioè **l'informazione da trasmettere** sotto forma di corrente elettrica o di tensione elettrica. Questa prende il nome di **modulante**.

Deve essere però sempre presente anche un **altro segnale**, detto **portante**, che consentirà, ad esempio, la traslazione in frequenza del segnale modulante, per consentirne tutti i vantaggi della modulazione.

L'operazione di modulazione ha dunque bisogno di un **modulatore**, dispositivo elettronico in grado di variare istante per istante una o più delle caratteristiche del **segnale portante** in relazione al valore assunto dal **segnale modulante** mantenendo invariata l'informazione da trasmettere.

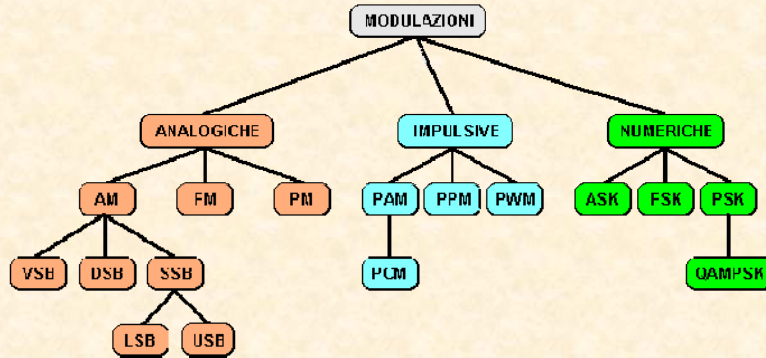
L'operazione inversa, che consente l'estrazione del segnale di partenza dal segnale modulato, è detta **demodulazione**.



Si possono realizzare diversi **tipi di modulazione** a seconda che:

- il **segnale** sia **analogico** o **numerico**,
- il **canale** sia un **doppino telefonico**, una **fibra ottica** o l'**etere**,
che hanno caratteristiche fisiche alquanto differenti

Classificazione delle modulazioni



MODULAZIONI ANALOGICHE

MODULAZIONE DI AMPIEZZA

AM - (Amplitude Modulation = Modulazione di ampiezza)

E' stata la prima modulazione impiegata nelle trasmissioni via etere da Guglielmo Marconi agli inizi del secolo, in quanto la più **facile da concepire** e **da realizzare**, sia nella fase di trasmissione che di ricezione, specialmente in quei tempi, quando l'elettronica ancora non disponeva di apparecchiature specifiche.

E' molto **sensibile al rumore**.

Modulare in ampiezza

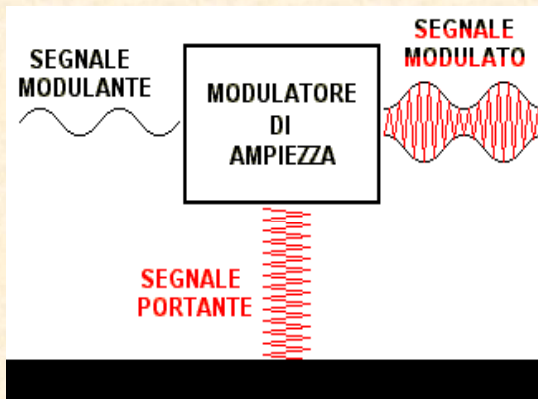
vuol dire

far variare

l'**ampiezza di una portante**

secondo

il **valore del segnale modulante**.



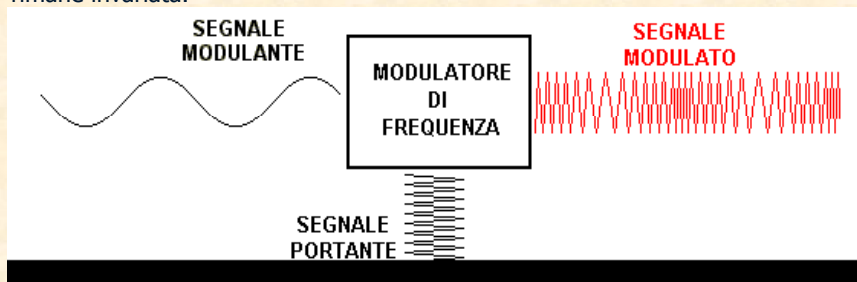
MODULAZIONI ANALOGICHE

MODULAZIONE DI FREQUENZA

FM - (Frequency Modulation = Modulazione di frequenza)

Regolamentata solo nel **1961** in Europa all'interno delle radiodiffusioni stereofoniche, costituisce un considerevole **miglioramento** rispetto alla **AM** sia per **maggiore immunità ai disturbi** cui è invece molto soggetta la **AM**, che per **numero di canali** effettivamente disponibili, che per l'**alta fedeltà** delle trasmissioni.

Modulare in frequenza vuol dire far variare la **frequenza della portante** secondo il **valore del segnale della modulante**, mentre l'ampiezza della portante rimane invariata.



MODULAZIONI ANALOGICHE

MODULAZIONE DI FASE

PM - (Phase Modulation = Modulazione di fase)

La **modulazione di fase** è molto simile alla modulazione di frequenza e per questo motivo sono entrambe definite *modulazioni angolari*.

In questo caso la modulante modifica la **fase della portante** in funzione del valore del segnale modulante lasciandone invariata l'ampiezza.

Anche in questo caso la **banda è molto larga** ed i circuiti per realizzarla sono anche più complessi e sensibili di quella di frequenza. E' usata però, in coppia con la modulazione di ampiezza, nel segnale cromatico della televisione.

MODULAZIONI NUMERICHE

Si chiamano **modulazioni numeriche** quel tipo di modulazioni in cui il **segnale modulante è di tipo numerico** (onda quadra) e vengono impiegate nella trasmissione dati fra **modem**, nei **ponti radio**, nei **cellulari**, nei collegamenti via **satellite**

Il modo più semplice per **modulare** un **segnale numerico binario** consiste nell'associare due stati diversi della portante alle cifre 0 e 1, dove la diversità può riguardare l'**ampiezza**, la **frequenza** o la **fase** della portante.

Essenzialmente sono le tre seguenti:

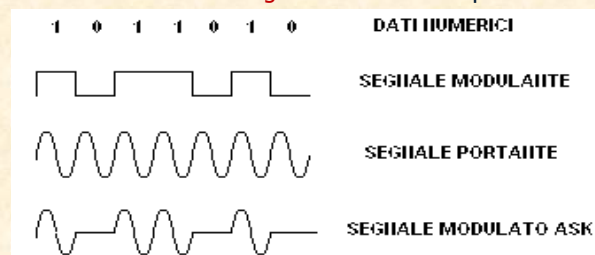
- **ASK** (Amplitude Shift Keying = modulazione a spostamento di ampiezza).
- **FSK** (Frequency Shift Keying = modulazione a spostamento di frequenza).
- **PSK** (Phase Shift Keying = modulazione a spostamento di fase).

MODULAZIONI NUMERICHE

ASK (Amplitude Shift Keying)

Nella **ASK** il segnale digitale, che costituisce l'informazione da trasmettere, va a modulare una portante sinusoidale **facendone variare l'ampiezza** in modo tale da far corrispondere:

all'**uno logico** la portante stessa
allo **zero logico** l'assenza della portante



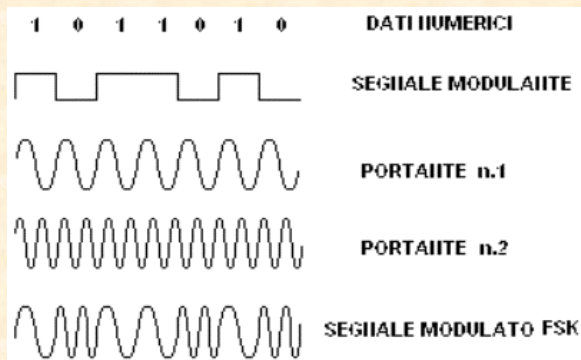
Questo tipo di modulazione, di **facile realizzazione** sia nei modulatori che nei demodulatori, è stata usata sempre nelle telescriventi e in qualche tipo di ponte radio a breve distanza.

Purtroppo è **molto sensibile al rumore**, per cui oggi è quasi caduta in disuso nonostante sia stata usata per prima.

MODULAZIONI NUMERICHE

FSK (Frequency Shift Keying)

Nella FSK si hanno **due possibili portanti** a frequenze diverse che vengono abbinate ai due valori logici binari **uno** e **zero** come in figura.

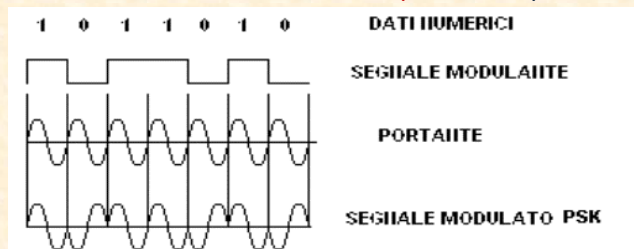


Questo tipo di modulazione è stata usata **nei primi modem**, V21 e V23 molto lenti rispetto a quelli odierni, ed è tuttora usata nei ponti radio e nelle trasmissioni fra cellulari del tipo GSM.

MODULAZIONI NUMERICHE

PSK (Phase Shift Keying)

La modulazione numerica più moderna è certamente la **PSK**, nella quale si ha **una sola portante** e quindi i due valori numerici uno e zero vengono fatti corrispondere a **due fasi diverse della stessa frequenza**: rispettivamente 0° e 180° .



Per aumentare la velocità di trasmissione dell'informazione, mantenendo costante la velocità di modulazione, invece di trasmettere solo due valori angolari, 0° e 180° , oggi si è pensato di trasmettere un maggior numero di angoli diversi fra loro, e per consentire una più facile demodulazione in ricezione, visto che il demodulatore potrebbe commettere errore di interpretazione, **si è pensato di far variare anche l'ampiezza** del segnale modulato dando luogo così alla modulazione **QAMPSK** (Quadrature Amplitude Modulation Phase Shift Keying).

Le più **moderne modulazioni numeriche**, quelle quindi che determinano grandi velocità di trasmissione sono quindi **modulazioni di fase e di ampiezza** (utilizzata spesso nella modulazione dei canali ADSL).