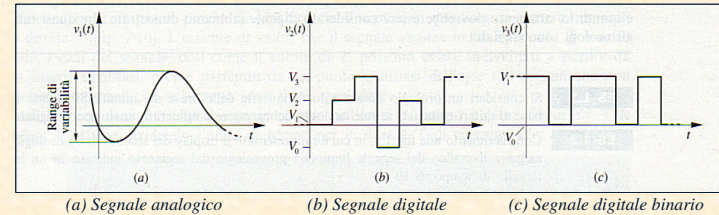


Appunti sulla modulazione

A.s. 2011-2012

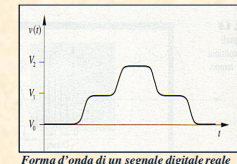
Segnali analogici e digitali



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**.

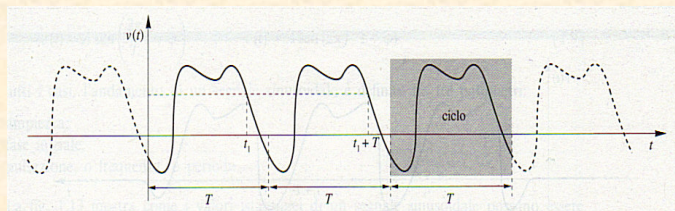
I segnali digitali sono discontinui nella forma d'onda, in quanto sono presenti passaggi istantanei da un livello all'altro, ma nella realtà nessun sistema fisico è capace di passare da uno stato ad un altro in un tempo nullo. Tuttavia possono essere considerati tempi trascurabili.



Appunti sulla modulazione

2

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**.

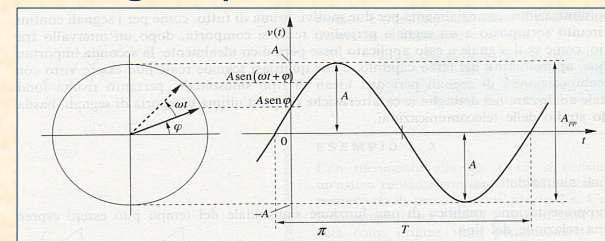
La **frequenza** è data dal numero di cicli che il segnale compie nell'unità di tempo e si misura in Hz (1 Hz = 1 ciclo/s):

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

Appunti sulla modulazione

3

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 $f = \frac{\omega}{2\pi}$

Appunti sulla modulazione

4

La modulazione

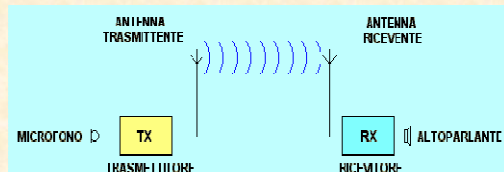
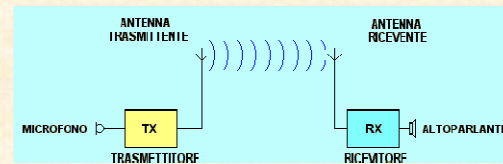
Le **modulazioni** sono delle tecniche, che si applicano al **segnale** da trasmettere a distanza

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

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

la **voce umana** trasformata da un microfono in corrente elettrica,
venga irradiata via etere da un'antenna, sotto forma
di onde elettromagnetiche,
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 λ corrispondente è di 60 Km
e quindi le antenne dovrebbero essere lunghe (da $\lambda/4$ a $\lambda/2$) **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 **umentare 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.

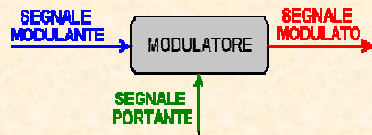
Si tratta di: **adattare il segnale da trasmettere** in modo che possa transitare bene attraverso il canale e, nel contempo, consentire la **multiplicazione**, cioè la **trasmissione contemporanea di molti segnali sullo stesso canale senza interferenza**.

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.

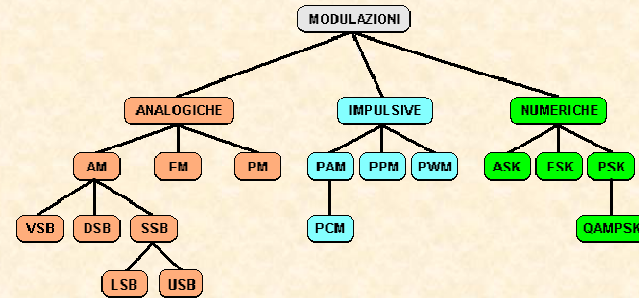
L'operazione inversa, che consente l'estrazione del segnale di partenza dal segnale modulato, è detta **demodulazione**.



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

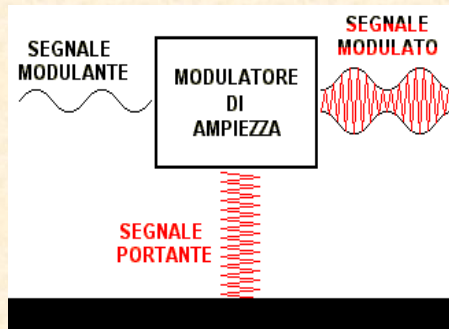
AM - (Amplitude Modulation = Modulazione di ampiezza)

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**.



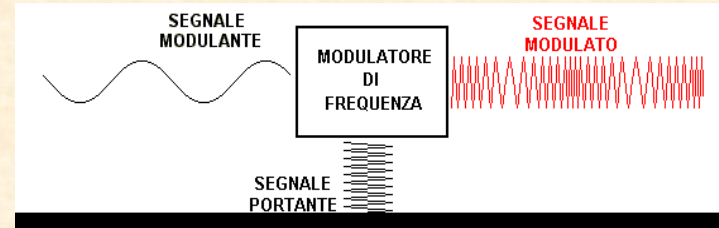
MODULAZIONI ANALOGICHE

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:

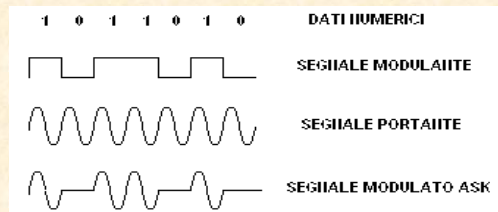
- **ASK (Amplitude Shift Keying** = modulazione a spostamento di ampiezza).
- **FSK (Frequency Shift Keying** = modulazione a spostamento di frequenza).
- **PSK (Phase Shift Keying** = modulazione a spostamento di fase).

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



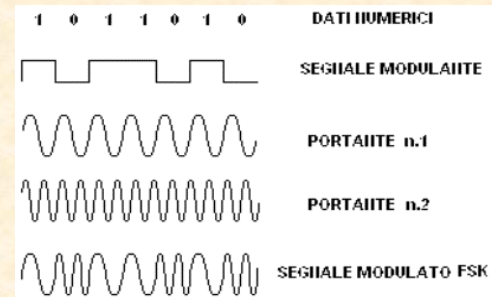
Questo tipo di modulazione, di **facile realizzazione** sia nei modulatori che nei demodulatori, è stata usata sempre nelle telescriventi e in qualche tipo di ponte radio a breve distanza.

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.

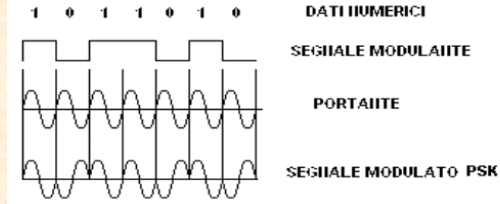


Questo tipo di modulazione è stata usata **nei primi modem**, V21 e V23 molto lenti rispetto a quelli odierni, ed è tuttora usata nei ponti radio e nelle trasmissioni fra cellulari del tipo GSM.

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).

Biblio-sitografia

<http://www.ilmondodelletelecomunicazioni.it/>

Marino F., 2006 Telecomunicazioni 1 e 2 - Marietti Scuola / Liviana