Il modulatore in dettaglio

Recap lezione precedente

Il modulatore può trasmettere $M = 2^k$ forme d'onda aventi T come durata; ad ogni forma d'onda corrisponde una sequenza binaria:

$K = 2 \Rightarrow M = 2^2 = 4 \Rightarrow 4$ Forme D'onda;

$00 \rightarrow S_1(t) \in (mT, (m+1)T)$ con $m = 0, 1, \dots, m$

$00 \rightarrow S_2(t) \dots$

$\vdots \qquad \vdots$

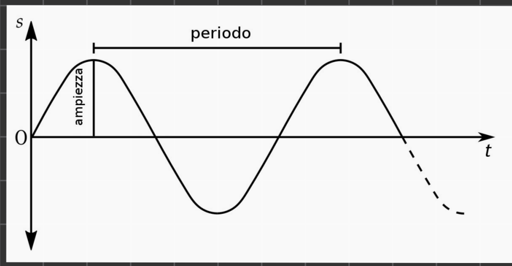
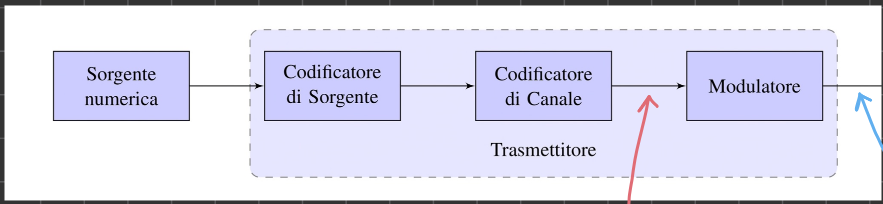


Immagine esplicativa di Ampiezza e periodo

La nostra DURATA T

Importante !



cifre binarie

Forma d'onda $\Rightarrow$ ANALOGICA

ESEMPIO Realistico di un modulaTore

Prendiamo in esame un tipo di modulazione chiamata Modulazione Numerica di fase o PSK (Phase shift keying)

Le forme d'onda $S_i(t)$ viste prima sono del tipo:

- Ampiezza costante A
- Un coseno (sinusoide) con una frequenza f_0
- Una fase ϕ_i che dipende dalla frequenza

(1)

$$S_i(t) = A \cdot \cos(2\pi f_0 t + \phi_i)$$

Dove $\phi = \dfrac{2\pi(i-1)}{M}$ $\rightarrow M = 2^k$

e $t \in (0, T)$

Ripescando l'esempio di prima dove $m = 4$, vediamo come sono composte le forme d'onda:

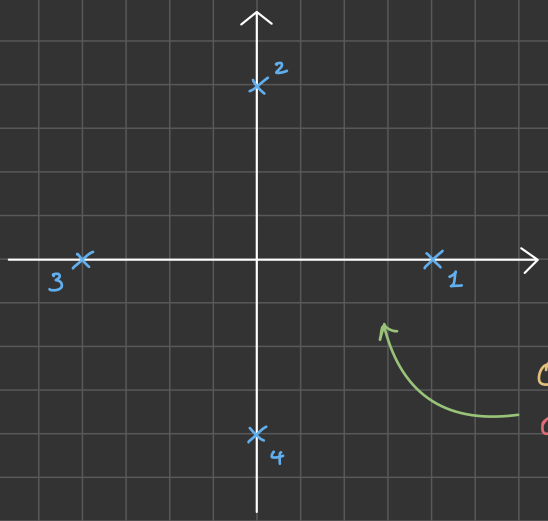
$i = (1, M)$

Calcoliamo le fasi ϕ

$$\phi_1 = \frac{2\pi(1-1)}{M} = 0 \qquad \phi_3 = \frac{2\pi \cdot 2}{4} = \pi$$

$$\phi_2 = \frac{2\pi}{M} = \frac{2}{4}\pi = \frac{1}{2}\pi \qquad \phi_4 = \frac{2\pi \cdot 3}{4} = \frac{3}{2}\pi$$

Visualizziamole



Questa modulazione è detta 4PSK

E con sequenze di 3 bit ?
Ci basta calcolare $M = 2^3 = 8$ e ripetere i calcoli delle Fasi, che in questo caso saranno 8.

Questa visualizzazione si chiama Costellazione di Segnali

Riscriviamo la formula (1) con le formule di Addizione

$$S_i(t) = A\cos(2\pi f_0 t)\cos(\phi_i) - A\sin(2\pi f_0 t)\sin(\phi_i)$$

Così facendo "separiamo" la forma d'onda contenente la Portante ovvero la sinusoide a frequenza f_0 $[A\cos(2\pi f_0 t)]$ e la quantità $\cos(\phi_i)$ che è responsabile dell'informazione ~~Portante~~ del segnale (ovvero l'informaz. che voglio trasmettere).

Possiamo riscrivere ulteriormente la formula (1) come:

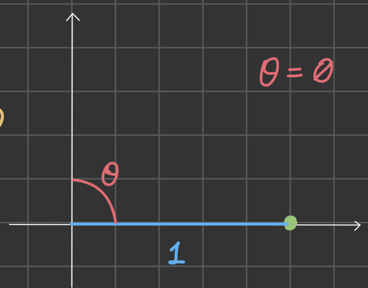
$$I_i \cdot \cos(2\pi f_0 t) + Q_i \cdot \sin(2\pi f_0 t) \quad \text{dove} \quad \begin{aligned} I_i &= A\cos(\phi_i) \\ Q_i &= -A\sin(\phi_i) \end{aligned}$$

Perché nel piano complesso (a) i punti sono su di una circonferenza ?

→ Spiegone : su un piano complesso un punto è identificato da 2 valori :

- Modulo / distanza da 0
- Angolo

Quindi un punto avente modulo 1 ed angolo 0 è rappresentato nel seguente modo :



⇒ Quindi

Notiamo che $Q_i^2 + I_i^2 = A^2\cos^2(\phi) + A^2\sin^2(\phi) = A^2\underbrace{[\cos^2(\phi) + \sin^2(\phi)]}_{1} = A^2$

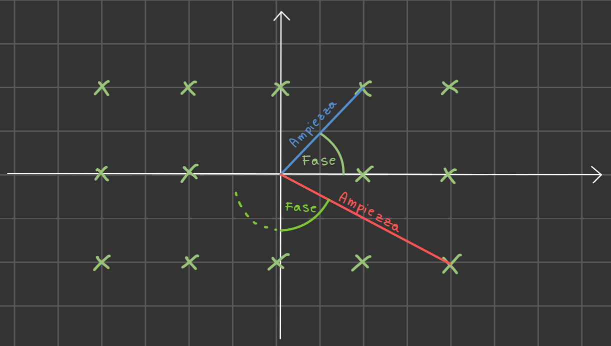
Il "raggio" o distanza da 0 è COSTANTE

Ed il rumore ?

E' evidente che se prendiamo come esempio valori alti come 64 PSK, il nostro archio sarà molto "Affollato", e quindi sarà più probabile che il rumore vada ad invalidare il nostro messaggio.

Una possibile soluzione sarebbe quella di Allargare la circonferenza; come abbiamo visto questo è fattibile aumentando A. Per aumentare l'ampiezza dobbiamo aumentare l'energia trasmessa.

Possibile soluzione: Disporre la costellazione di punti su un "quadrato".



Ci accorgiamo velocemente che in questa soluzione l'ampiezza non è più costante.

Possiamo creare modulazioni in cui le diverse forme d'onda, pur rimanendo di tipo sinusoidale hanno Ampiezza e fasi diverse, secondo uno SCHEMA.

Nomenclatura dello schema

00:36

Lo schema si chiama ASK - PSK

Amplitude Shift Keying
(L'informazione è sull'ampiezza)

Phase Shift Keying
(L'informazione è sulla fase)

L'informazione è sia sulla fase che ampiezza

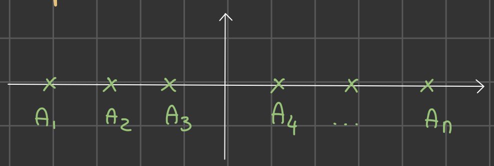
Un esempio diverso

Poniamo il caso di scegliere delle forme d'onda dipendenti solo dalla ampiezza:

$$S_i(t) = \underset{\uparrow \text{ varia}}{A_i} \cos\underbrace{(2\pi f_0 t)}_{\text{costante}}$$

Se volessimo rappresentare la costellazione dei segnali come abbiamo fatto con la PSK, come potremmo fare?

Invece di usare due assi come prima, dato che avevamo due componenti (sin e cos), ne usiamo solo uno, visto che c'è solo la componente cosin.



Questa modulazione è chiamata ASK, dove l'informazione è associata all'ampiezza del segnale.