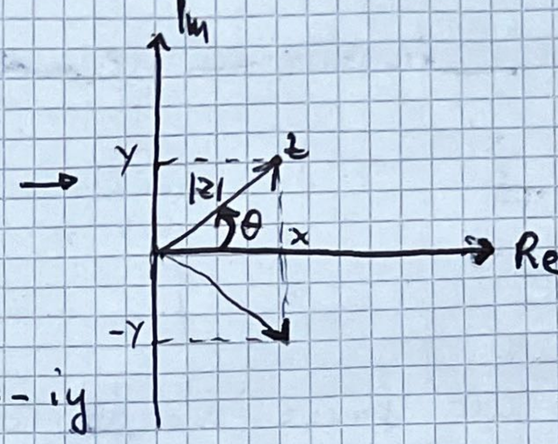
• TLC

- N° complessi (ℂ)

$z = x + iy$ con $i^2 = -1$

$x \in \mathbb{R}$, $y \in \operatorname{Im} z$ →



$\bar{z}$ (complesso coniugato) $= x - iy$

$|z| = z \cdot \bar{z} = \sqrt{x^2 + y^2}$

$|z + w| \leq |z| + |w|$

↓ modulo di somma di due complessi.

→ coord. polari: $|z| = \rho$

$x = \rho \cos\theta \quad y = \rho \sin\theta$

$\operatorname{Arg} z \in [-\pi, \pi]$ → angolo formato da x, y
↳ angolo form. dalle asse positivo x (reale) e la linea che interseca l'origine e z.

→ Eulero: $e^{i\theta} = \cos\theta + i \sin\theta$ ↳ FORMULA DI EULERO

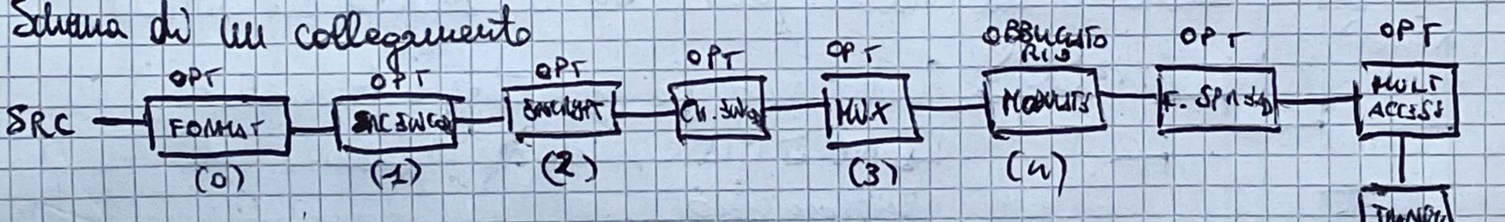
⇒ $z = |z| \cdot e^{i\theta}$

→ Formule di Eulero:

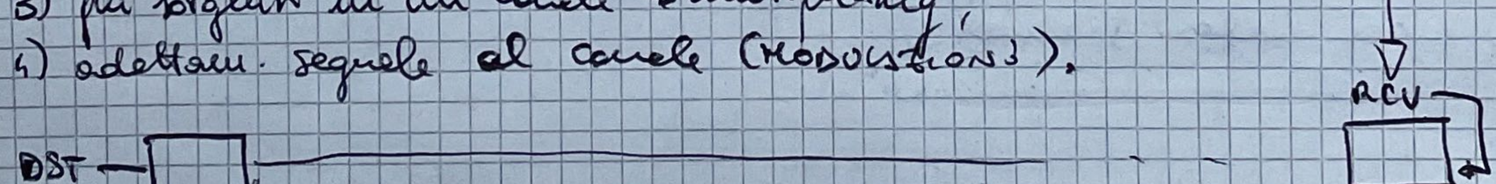
$$\cos\theta = \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2}$$

$$\sin\theta = \frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i}$$

Schema di un collegamento



0) riordino dell'input;
1) codifica dell'informazione da parte del trasmettitore;
2) crittografia (eventuale);
3) più sorgenti in un canale → multiplexing;
4) adattam. segnale al canale (MODULAZIONE).



↳ Sequenza inversa

MOD/DEMOD sono OBBLIGATORI

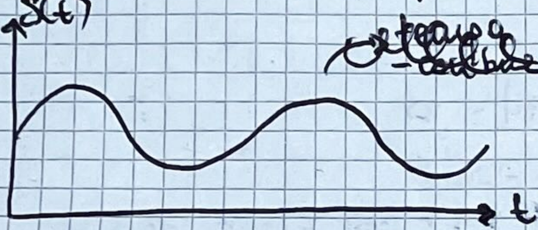
Più semplicemente:

SRC — TRASDUZIONE — TRANSMIT — MP — RECV — TRASD — UT

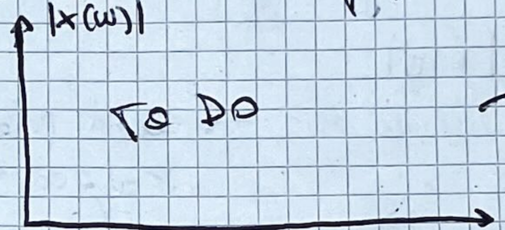
MP ↓ mezzo di prop.

• Segnali analog.

→ Un s.a. è una forma d'onda continua nei valori e nel tempo. (Valori infiniti in un interv. di tempo).



⇒



→ piano delle pulsazioni / frequenze.

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

• Per trasmettere un segnale è necessario NON DISTORCERLO, ovvero deve differire ~~almeno~~ al più di un ritardo e di un'ampiezza rispetto a quello ricevuto.

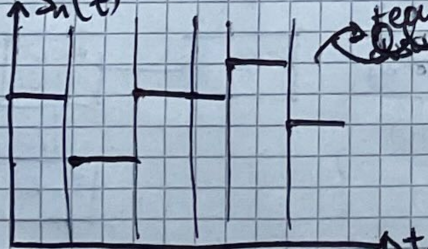
SRC — $S(t)$ — RCV — $A\,S(t+t_0)$.

↑ amp. ↳ ritardo

↳ Trasmissione: soggette a rumori che vanno previsti e corretti.

• Segnali numerici

→ Un SN è composto da valori finiti ed è basato su SIMBOLI.



segnale discreto → Sincronismo fra ricevitore e trasmettitore

↳ NO JITTER, non c'è differenza di sincronismo.

Il clock di ricezione deve campionare in modo sincrono al clock di trasmissione.

I rumori ~~sono~~ che si sovrapp. ai segn. ~~...~~ num. modificando i singoli valori trasmessi.

• FUNZIONI DETERMINISTICHE

Le f. di cui ~~sono~~ è noto l'andamento nel tempo.

• FUNZIONI STOCASTICHE: f. che vengono analizzate STATISTICAMENTE, perché non se ne conosce l'andamento reale (STIME).

• FUNZIONI TEMPO-DISCRETE: serie di valori in funzione del tempo (sia discreta che continua). Campionamento di valori di funzione (sia continue che discrete) in determinati istanti di tempo.

F. DET:

a) funzioni periodiche
b) funzioni aperiodiche

a) F. PERIODICHE

Una f. è periodica se gli stessi valori sono assunti dalla f dopo un det. lasso di tempo chiamato periodo (T).

La PULSAZIONE di una f.p. è $\omega_0 = \frac{2\pi}{T}$.

$x(t+T) = x(t)$ → def. di funzione periodica.

→ le f.p. sono rappresentabili tramite gli sviluppi in serie di FOURIER.

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} c_n \cdot e^{jn\omega_0 t} \quad , \quad \omega_0 = \frac{2\pi}{T} \quad , \quad c_n: \text{coeff. di Fourier.}$$

↳ S. DI FOURIER.

$$c_n = \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} x(t)\, e^{-jn\omega_0 t}\, dt$$

↳ SV. IN SDF EXP.

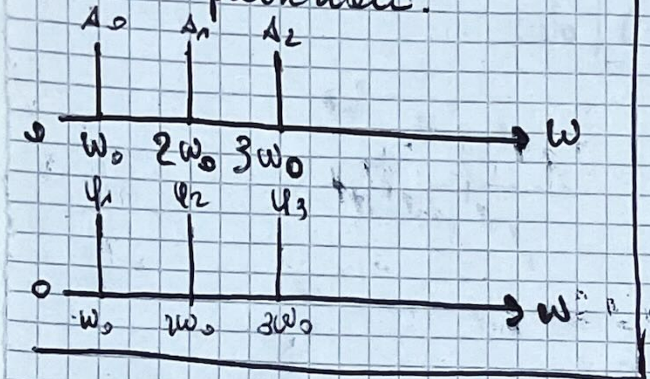
• Ipot. che $x(t) \in \mathbb{R} \Rightarrow c_{-n} = \overline{c_n}$ → c_{-n} sono uguali ai complessi coniugati di c_n, avendo si deve annullare la parte immaginaria, perché la f. è reale. QUINDI:

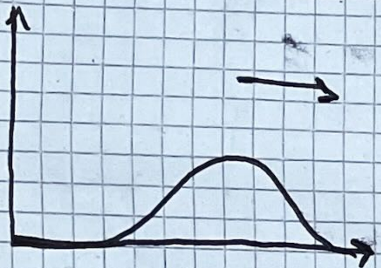
$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{-1} c_n e^{jn\omega_0 t} + c_0 + \sum_{n=1}^{+\infty} c_n \cdot e^{jn\omega_0 t} \Rightarrow \text{se } n = -n \ (f \in \mathbb{R}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow c_0 + \sum_{n=1}^{+\infty} c_{-n} e^{-jn\omega_0 t} + \sum_{n=1}^{+\infty} c_n e^{jn\omega_0 t}$$

$c_{-n} = \overline{c_n}$, perché $x(t) \in \mathbb{R}$.

• Pertanto è possibile rappresentare un qualsiasi segnale mediante lo <u>SPETTRO A RIGHE</u>. Ci sono corrispondenze fra le ampiezze e le pulsazioni.





→ è possibile APERIODICIZZARE una qualsiasi funzione NON periodica (a patto che ω_p) <u>nel tempo limitata</u>

N.B: j è l'unità immaginaria.

b) F. APERIODICHE

Una f. aperiodica <u>non è esprimibile in serie</u>.

È modellizzabile tramite la <u>TRASFORMATA DI FOURIER</u>.

Supp. $x(t) \in \mathbb{R}$ <u>APERIODICA</u>

↳ $X(\omega)$ indica la TDF di $x(t)$.

$$X(\omega) = F[x(t)] = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)\, e^{-j\omega t}\, dt$$

↳ Alla trasf. posso associare la ANTITRASFORMATA (corrisp. biunivoca).

Nota $X(\omega)$ si può ricavare $x(t)$ mediante la antitrasf.

$$x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} X(\omega)\, e^{j\omega t}\, d\omega$$

→ Se $x(t) \in \mathbb{R} \Rightarrow X(-\omega) = \overline{X(\omega)}$

→ Dire che $X(-\omega) = \overline{X(\omega)}$ ~ a dire che $\begin{cases} |X(-\omega)| = |X(\omega)| \\ \operatorname{Arg} X(-\omega) = -\operatorname{Arg} X(\omega) \end{cases}$

↳ Pertanto $x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |X(\omega)|\, \underbrace{e^{j\arg X(\omega)}\, e^{j\omega t}}_{\text{perché è reale si può scomporre}}\, d\omega =$

$$= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |X(\omega)| \cos[\omega t + \cancel{j} \operatorname{Arg} X(\omega)]\, d\omega =$$

= perché $|\cdot|$ e cos sono PARI, il loro integrale fra $-\infty, +\infty$
è uguale a:

$$= \int_0^{+\infty} \frac{|X(\omega)|}{\pi} \cdot \cos\left[\omega t + \operatorname{Arg} X(\omega)\right] d\omega$$

$\hookrightarrow \cancel{2} \cdot \frac{1}{2\pi} \int \ldots$ → perché sono pari.

- Spettro di ampiezza e di fase di una f. periodica.
- Definiamo $V(\omega) = \frac{|X(\omega)|}{\pi}$, $\omega \geq 0$

"

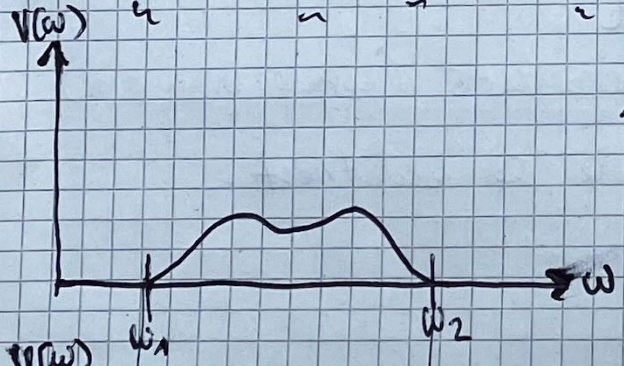
$$\varphi(\omega) = -\operatorname{Arg} X(\omega), \quad \omega \geq 0$$

$$\rightarrow x(t) = \int_0^{+\infty} V(\omega) \cdot \cos\left[\omega t - \varphi(\omega)\right] d\omega$$

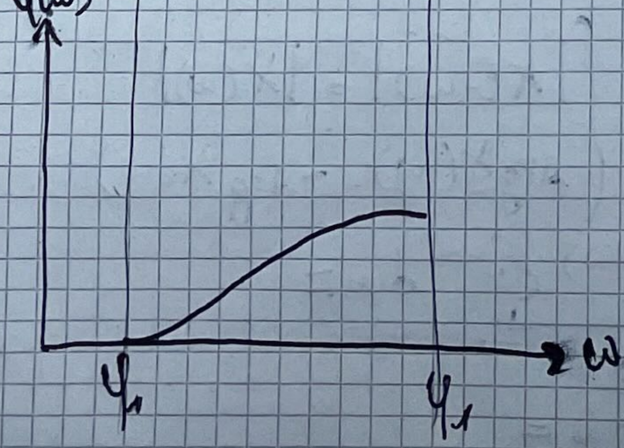
↳ Integrale di Fourier di una funzione APERIODICA

↳ Una qualunque f. ap. è esprimibile tramite l'int. di Fourier

- Definiamo la DENSITÀ SPETTR. DI AMPIEZZA → $V(\omega)$
  " " " DI FASE → $\varphi(\omega)$

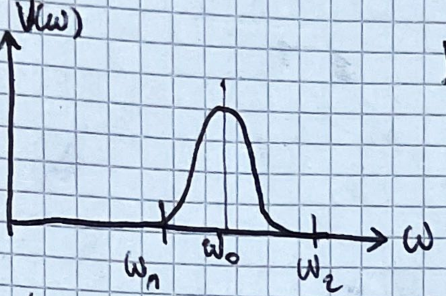


→ lo spettro di ampiezza è contenuto fra una puls. minima ω_1 e una max ω_2

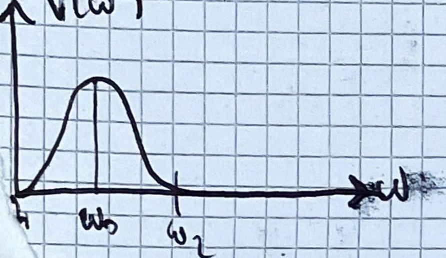


→ Allo stesso modo lo spettro di fase

Banda di pulsaz. (frequenze): intervallo di freq. ~~nelle~~ nel quale la $X(f) \neq 0$.



Se la largh. di banda fosse centrata in un valore ω_0 con $X(\omega_0)$ molto grande e $[\omega_1, \omega_2]$ rel. piccola AVREMO UN SEGNALE PASSA BANDA (~~centrata a~~ centrato in una puls. alta).



→ Allo stesso modo con ω_0 basso, avremo un PASSA BASSO.