

Misure Elettroniche

Misura di Potenza ed Energia

Prof. Mario Luiso

Dipartimento di Ingegneria

Via Roma, 29 – 81031 Aversa (CE)

mario.luiso@unicampania.it

www.ingegneria.unicampania.it

Potenza - Energia

- o La potenza può essere definita come l'energia trasferita nel tempo *Def. generale*
- o rappresenta il prodotto tra la corrente presente nel circuito e la tensione, ai morsetti d'ingresso

$$[W] = \left[\frac{\text{joule}}{s} \right] = \left[\frac{\text{joule}}{\text{coulomb}} \right] * \left[\frac{\text{coulomb}}{s} \right] = [V] * [A]$$

- o Integrando la potenza nel tempo si ottiene l'energia

$$E = \int_0^{\Delta T} P \cdot dt = \bar{P} \cdot \Delta T$$

Potenza media

- o In ambito elettrico, in deroga al SI, l'unità di misura dell'energia usato è il kWh = *energia: kW · Tempo*

$$[kW \cdot h] = [1000W \cdot 3600s] = 3.6 \cdot 10^6 [W \cdot s] = 3.6 \cdot 10^6 J$$

Potenza: definizioni generali

DC

$$P = \bar{V} \bar{I}$$

Potenza in continua

Circuito che lavora in continuo: microcontrollore, sistema lavorante con batteria

$$\bar{x} = \frac{1}{kT} \int_{\alpha}^{\alpha+kT} x(t) dt$$

Non DC

Sistemi a 50Hz, per esempio

$$p(t) = v(t) i(t)$$

Potenza istantanea

$$P = \frac{1}{kT} \int_{\alpha}^{\alpha+kT} p(t) dt$$

Numero intero di periodi
 Periodo, dove $v(t)$ e $i(t)$ sono isofrequenziali

Potenza attiva (Se è 0 se
 Nel dominio del tempo
 $v(t)$ e $i(t)$ non hanno lo stesso periodo)

$$S = V_{rms} I_{rms}$$

Potenza apparente

In generale le forme d'onda non sono sinusoidali. Se lo sono, allora è $\cos \varphi$

$$FP = \frac{P}{S}$$

Fattore di Potenza

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{kT} \int_{\alpha}^{\alpha+kT} x^2(t) dt}$$

Potenza: definizioni

Valore efficace

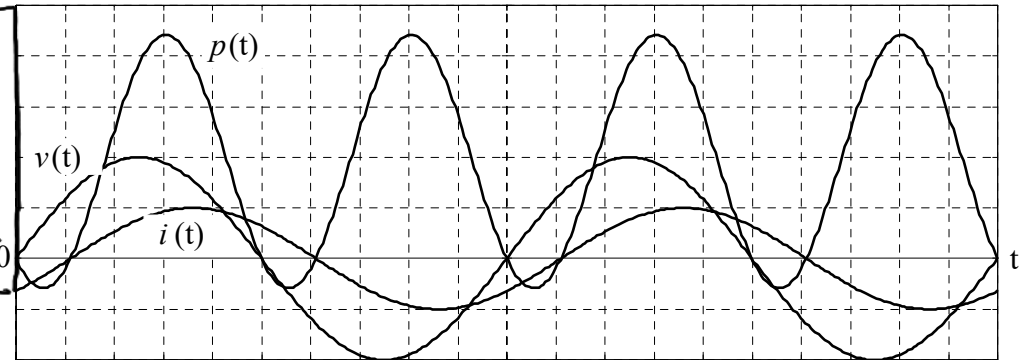
Circuiti monofase sinusoidali

$$v(t) = \sqrt{2}V \cdot \sin(\omega t)$$

$$i(t) = \sqrt{2}I \cdot \sin(\omega t - \varphi)$$

$$p(t) = v(t) \cdot i(t)$$

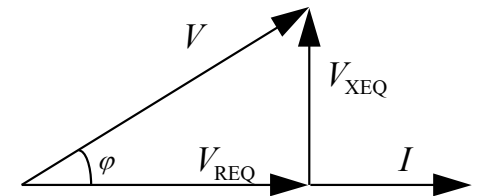
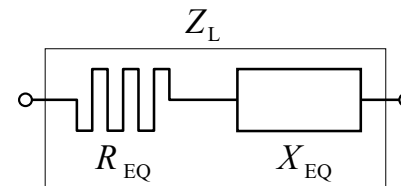
A lei posso associare
fusore. Posso farlo
solo con f.
sinusoidali usofreq.



$$P = V_{REQ} I = VI \cos(\varphi) \text{ POTENZA ATTIVA}$$

$$S = VI \text{ POTENZA APPARENTE}$$

$$Q = V_{XEQ} I = VI \sin(\varphi) \text{ POTENZA REATTIVA}$$



$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

$V, I = \text{valori efficaci}$

TRIANGOLO DELLE POTENZE

$$P_f = \frac{P}{S}$$

FATTORE DI POTENZA

Potenza: definizioni

Circuiti monofase non sinusoidali

Qualsiasi alimentatore di dispositivi elettronici che converte 230V/50Hz è circuito monofase non sinusoidale. Sono non lineari

$$v(t) = V_0 + \sum_h \sqrt{2} V_h \sin(h \cdot \omega t) = V_0 + \sqrt{2} V_1 \sin(\omega t) + \sqrt{2} V_2 \sin(2\omega t) + \sqrt{2} V_3 \sin(3\omega t) + \dots$$

$$i(t) = I_0 + \sum_h \sqrt{2} I_h \sin(h \cdot \omega t - \varphi_h) = I_0 + \sqrt{2} I_1 \sin(\omega t - \varphi_1) + \sqrt{2} I_2 \sin(2\omega t - \varphi_2) + \sqrt{2} I_3 \sin(3\omega t - \varphi_3) + \dots$$

LE SCRIVO COME SERIE DI FOURIER

$$P = \frac{1}{kT} \int_{\alpha}^{\alpha+kT} p(t) dt = V_0 I_0 + V_1 I_1 \cos(\varphi_1) + V_2 I_2 \cos(\varphi_2) + V_3 I_3 \cos(\varphi_3) + \dots$$

Gli altri componenti sono ortogonali

Potenza istantanea

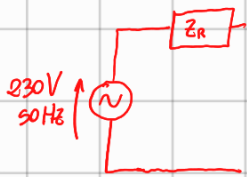
$$S = V_{rms} I_{rms}$$

Potenza apparente

$$V_{rms}^2 = \sum_h V_h^2$$

$$I_{rms}^2 = \sum_h I_h^2$$

RETE elettrica con eq. di Thevenin:



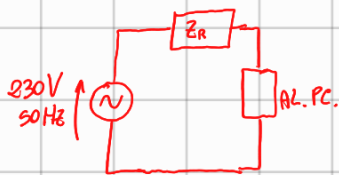
Nota: in Z_R possono esserci in serie o parallelo componenti dispersivi.

Con oscilloscopio vedo la sinusoide, perché impedenze in ingresso

è $\frac{1}{s}$, $R \approx 1M\Omega$, $C \approx 10pF$. Circuito lineare (dinamico).

Quindi anche su Z_R vedo la caduta come sinusoide. (caduta comunque che è quasi zero).

Ma se collego alimentatore PC?



$$es. \quad i(t) = a\sqrt{t} + b\sqrt{t}$$

Se V è sinusoidale, la i avrà componente alla stessa frequenza, ma anche alla doppia.

La caduta su $Z_R = Z_R i \Rightarrow$ quindi avrà forma d'onda non sinusoidale.

Frequenza fondamentale è sempre di 50Hz e multipli intera della f fondamentale.

Potenza: definizioni

Circuiti monofase non sinusoidali

Per quanto riguarda la definizione della potenza non attiva non esiste nessun approccio universalmente accettato o valido in tutte le situazioni

Budeanu

$$Q = \sum_h V_h I_h \sin(\varphi_h)$$

$$S^2 \neq P^2 + Q^2$$

$$D = \sqrt{S^2 - (P^2 + Q^2)}$$

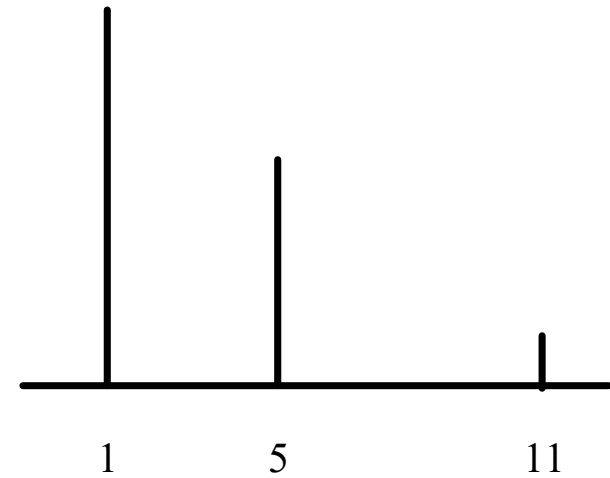
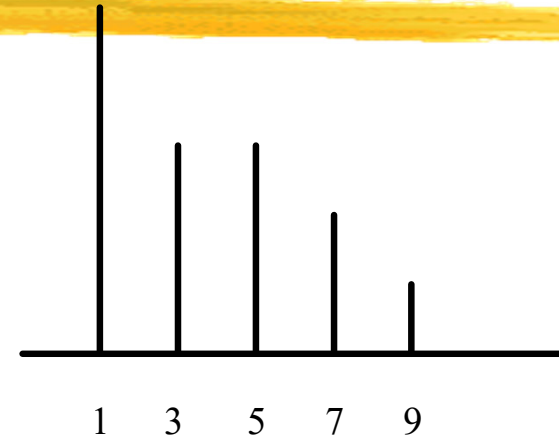
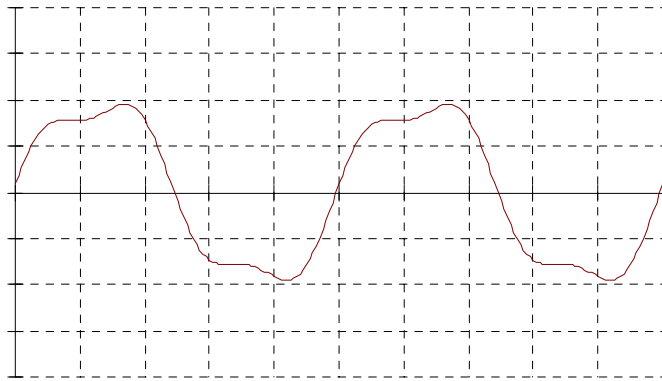
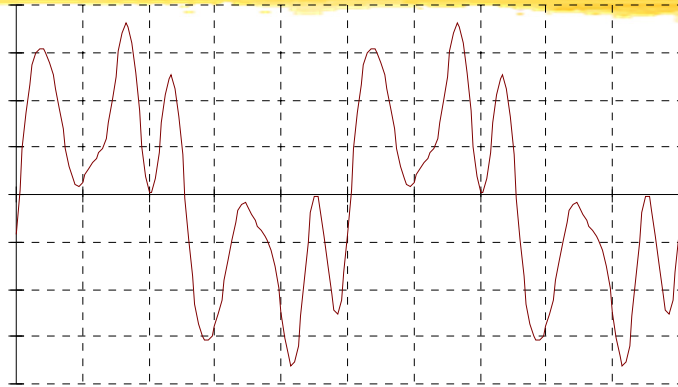
Potenza distortante, quella che manca a $P^2 + Q^2$ per raggiungere S^2

Fryze

$$N = \sqrt{S^2 - P^2}$$

Potenza non attiva

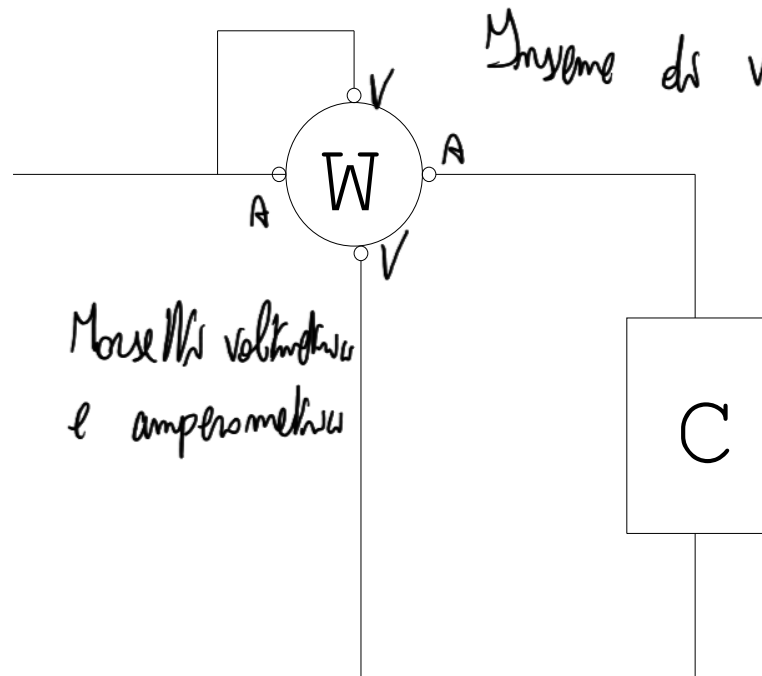
Potenza: esempio



$$P = V_1 I_1 \cos \phi_1 + V_5 I_5 \cos \phi_5$$

Contemplo solo componenti alla stessa frequenza

Errore d'inserzione Wattmetri



Inserezione di voltmetro e
amperometro

Messa di voltmetro
e amperometro

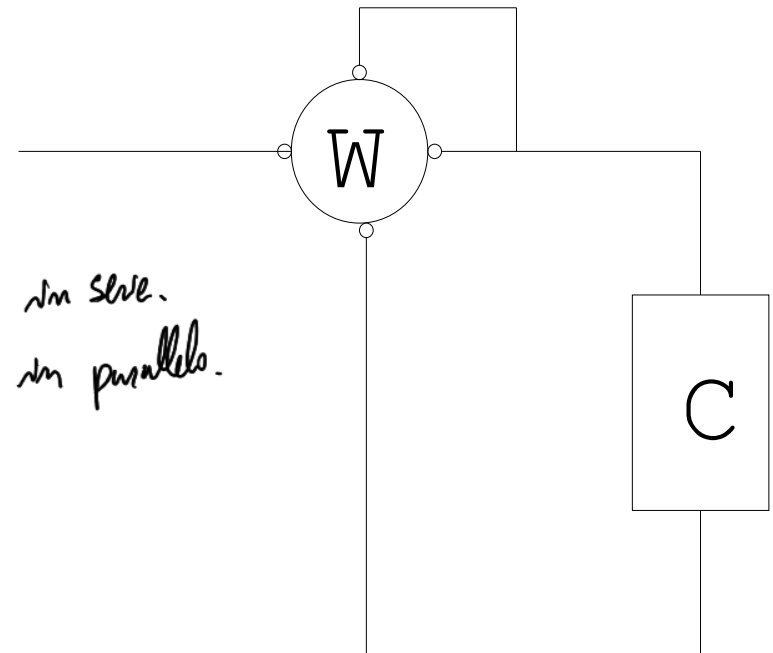
2 A vanno messi in serie.
2 V vanno messi in parallelo.

Inserzione a monte \Rightarrow 2 V sono prima della R dell'amperometro

$$P = P_C + R_W \cdot I^2$$

Misura della R è simile a quella della I.

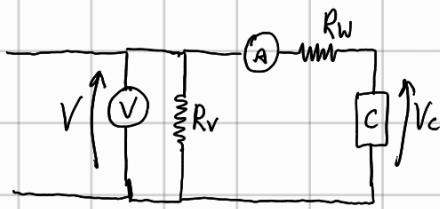
Stessa cosa per le misure voltmetro amperometriche



Inserzione a valle

$$P = P_C + V^2 / R_W$$

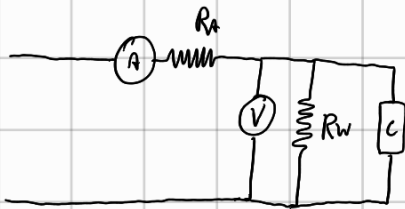
La P che legge non è quella assorbita dal carico. Sto misurando la potenza assorbita anche dall'ampmetro.



$$VI = R_w I^2 + P_c$$

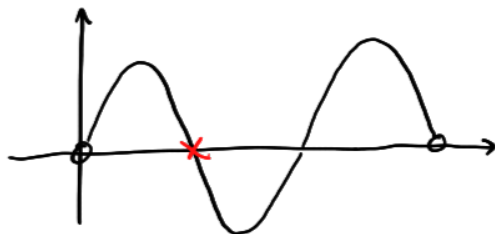
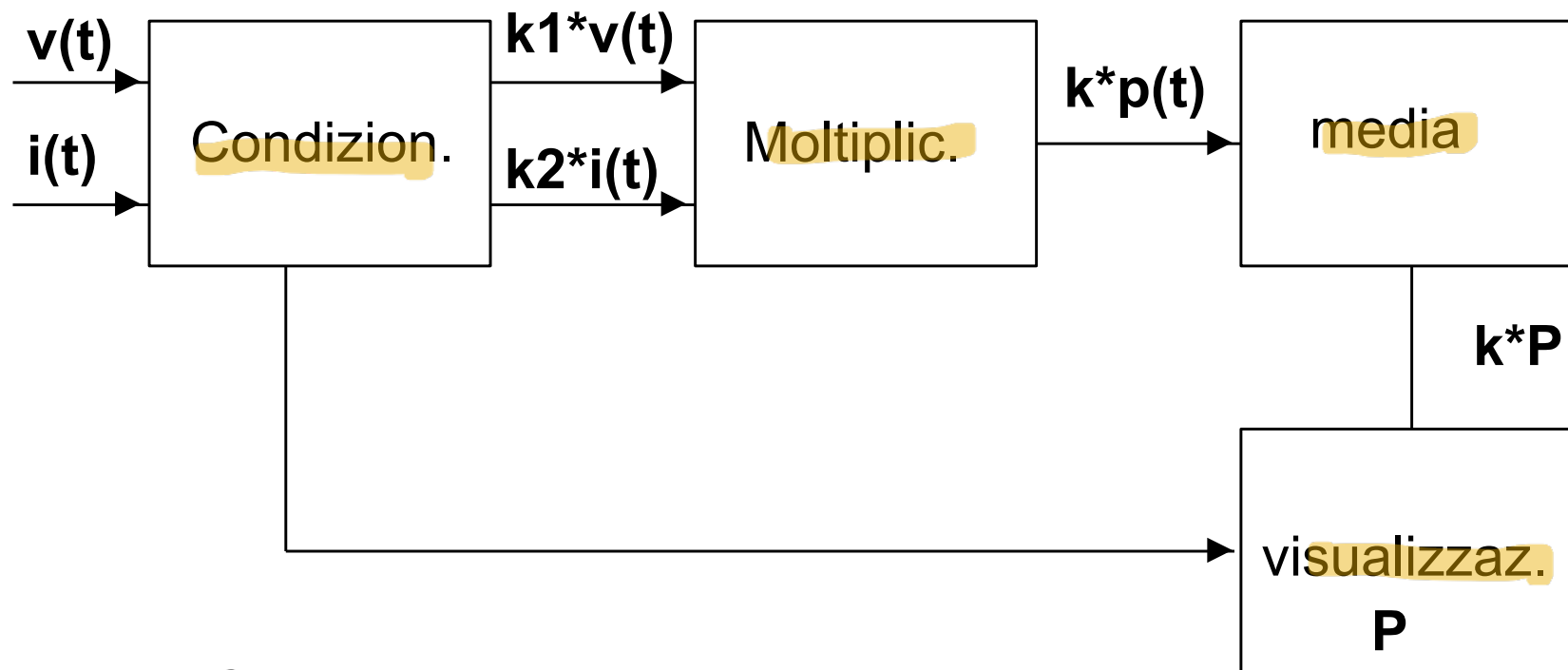
$$P_c = V_c I_c$$

Caso duale: $P = VI = P_c + \frac{V^2}{R_w}$

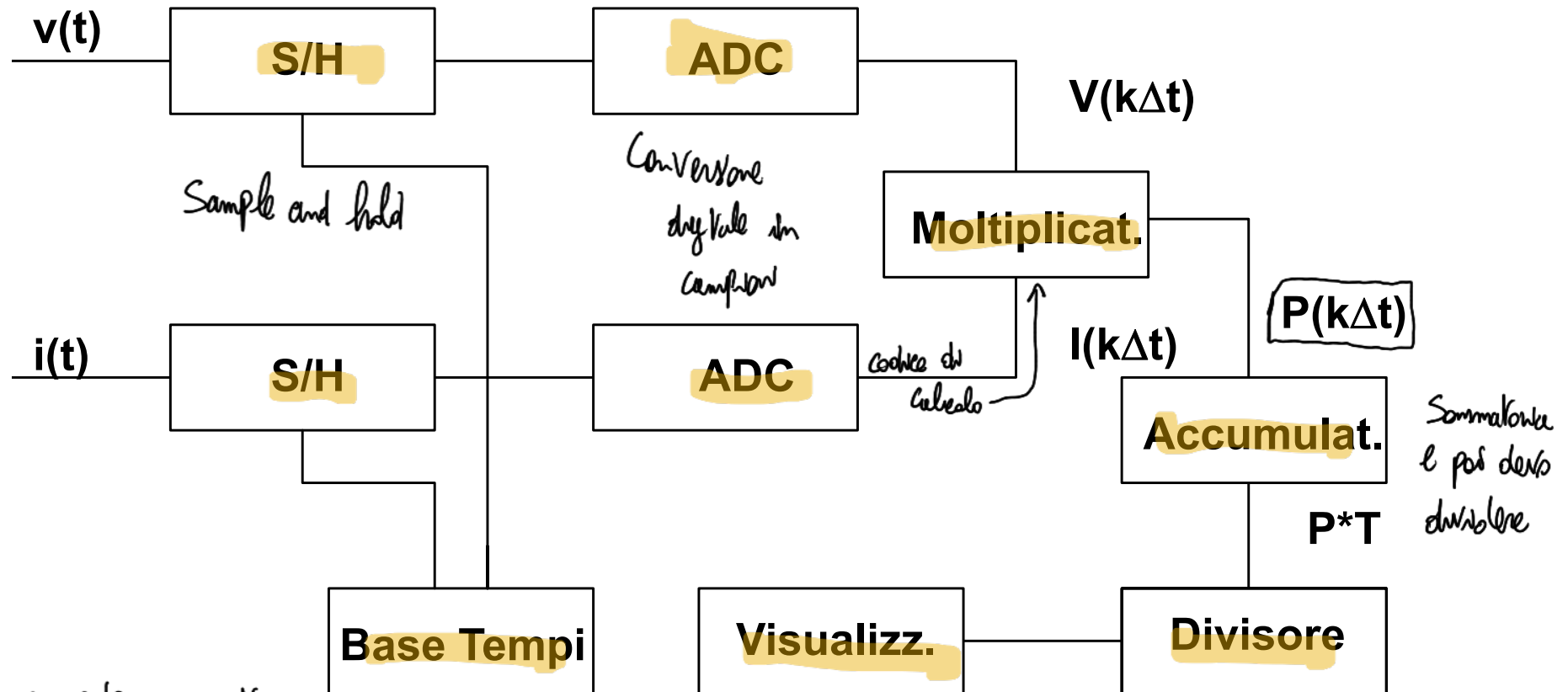


Architettura Wattmetro elettronico

I Wattmetri oggi sono di tipo elettronico o digitale (quasi tutti)



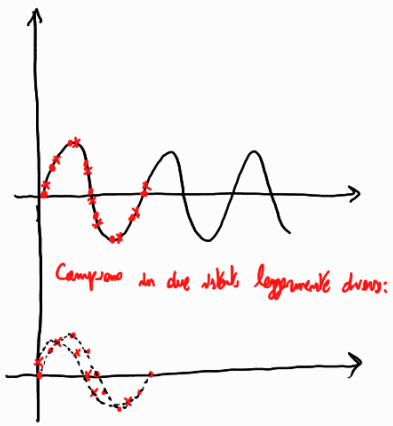
Wattmetro elettronico moltiplicatore numerico



Importante campionare potenza
nello stesso istante,
S non cambia invece, perché
valori efficaci non cambiano.

$$P = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N v(k\Delta t) \cdot i(k\Delta t)$$

Sequenze campionate in istanti diversi



$$\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N V(k\Delta t) \lambda(k\Delta t)$$