

# Condensatori

I condensatori commerciali si dividono in 3 principali tipologie:

- 1) Plastici
- 2) Ceramici
- 3) Elettrolitici

Si differenziano per le caratteristiche costruttive e per la tipologia di utilizzo.

Codifica dei valori di capacità → purtroppo non univoca

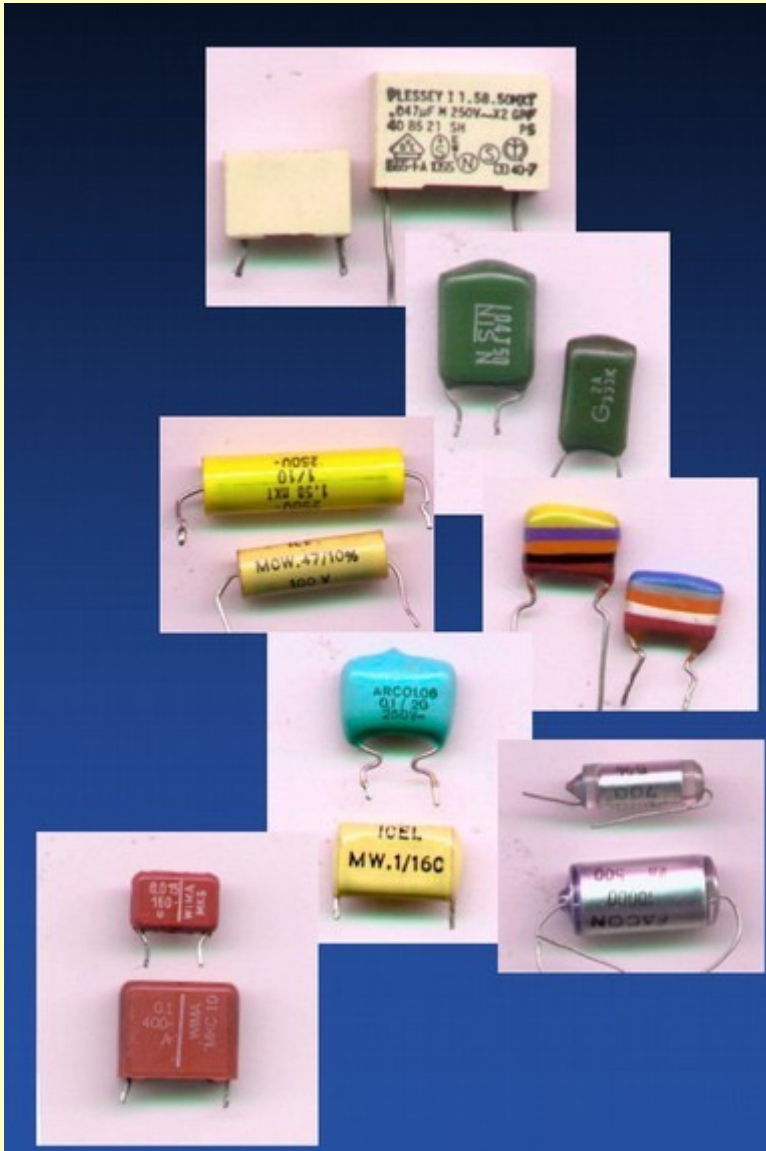
- 1) Sigla americana: valore in  $\mu\text{F}$  con virgola rappresentata da punto (.033)
- 2) Sigla europea: valore è scritto sostituendo alla virgola il simbolo del sottomultiplo di F (ex: 2p2 = 2.2 pF)
- 3) Sigla asiatica: valore in pF ma con codice di colori ( 1° e 2° colore = valore, 3° colore = numero zeri )

Sul corpo del condensatore sono inoltre riportate:

- a) tolleranza (J < 5%, K < 10%, M < 20%)
- b) tensione massima di funzionamento (in V)

# Condensatori plastici

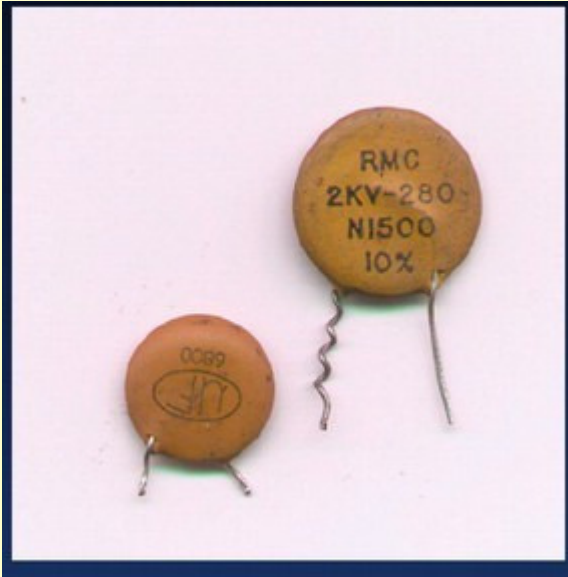
Strato isolante ricoperto sulle due facce da superfici di alluminio



- poliestere
- mylar
- policarbonato
- teflon
- polisulfone
- polipropilene
- polistirolo

- Capacità da 10 pF a 10  $\mu$ F
- Tensione max fino a 2 kV
- Resistenza di isolamento da  $10^4$  a  $10^8 \Omega$
- Perdite =  $10^{-3}$
- Presenza di componente induttiva

# Condensatori ceramici



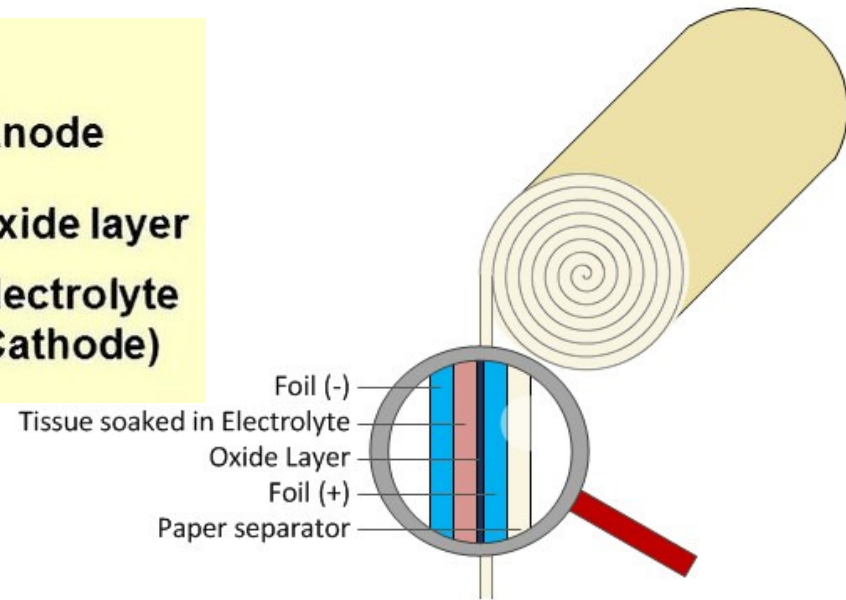
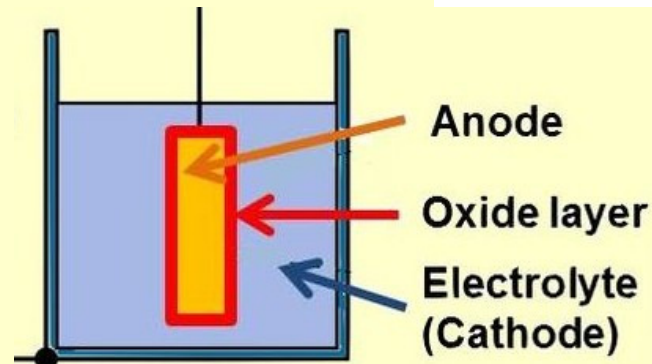
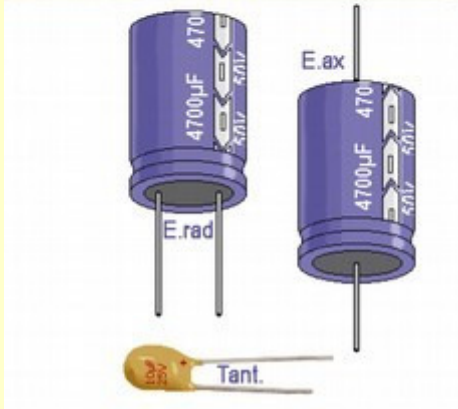
Il dielettrico è costituito da un disco di ceramica, metallizzato sulle due facce, la cui  $\epsilon_r$  può essere variata tra  $10^1$  e  $10^4$  variandone opportunamente la composizione

- Quelli a bassa  $\epsilon_r$  hanno alta stabilità e perdite molto basse

- Quelli ad alta  $\epsilon_r$  permettono di ottenere alte capacità in dimensioni ridotte



# Condensatori elettrolitici



Capacità elevata per grande superficie armature (anodo e elettrolita) e sottile strato del dielettrico (strato ossido)  
Anodo e ossido possono essere di Alluminio, Tantalio o Niobio  
Valori tipici:  $1 \mu F - 50 mF$

Condensatore polarizzato: funziona solo con polo positivo all'anodo e negativo al catodo (pena esplosione) – Da utilizzare solo in c.c. (anche in c.a. ma di ampiezza minore della continua sovrapposta)

# Induttori

Gli induttori sono costituiti da un avvolgimento di materiale conduttivo, generalmente filo di rame, ricoperto da una sottile pellicola isolante



Induttori avvolti su supporto plastico, ceramico o aria.

Ampio ambito di valori in funzione del numero di spire per avvolgimento e del numero di strati di avvolgimento

Vantaggi

- L indipendente dalla corrente che scorre
- esente da perdite (che si presentano in alta frequenza per quelli a nucleo ferromagnetico)

Svantaggi

- bassi valori se si vogliono contenere le dimensioni
- maggiori campi dispersi e pick-up di disturbi



# Induttori

## Induttori a nucleo ferromagnetico

### Vantaggi

L alcune migliaia rispetto a quelli air core (dimensioni ridotte a parità di L)

### Svantaggi

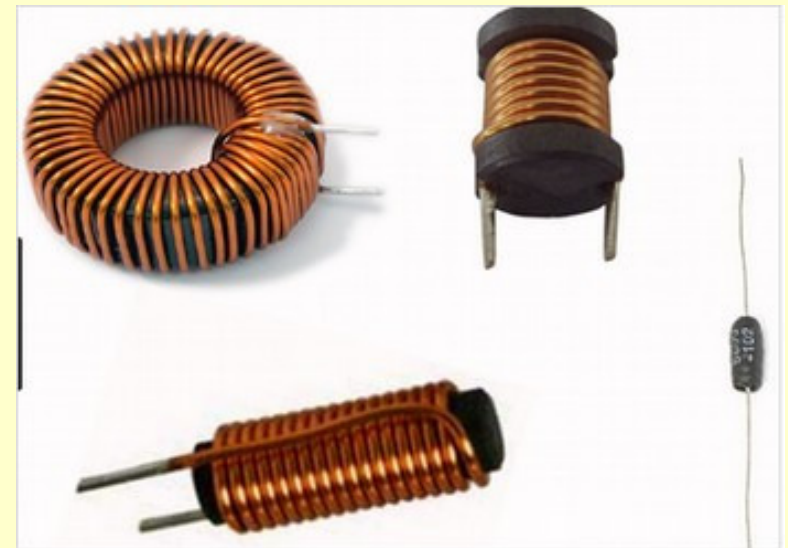
- perdite dovute a correnti indotte nei nuclei ferromagnetici particolarmente in alta frequenza (riducibili con laminazioni o nucleo ferrite  $x\text{Fe}_2\text{O}_4$  non conduttore)
- non linearità per alte correnti a causa della saturazione del nucleo

4 bande codice colori



induttore assiale

Colore	Valore 1° cifra	Valore 2° cifra	Moltiplicatore	Tolleranza
Argento	-	-	0.01 uH	10%
Oro	-	-	0.1 uH	5%
Nero	0	0	1 uH	20%
Marrone	1	1	10 uH	1%
Rosso	2	2	100 uH	2%
Arancio	3	3	1000 uH	3%
Giallo	4	4	10000 uH	4%
Verde	5	5	100000 uH	-
Celeste	6	6	-	-
Viola	7	7	-	-
Grigio	8	8	-	-
Bianco	9	9	-	-
-----	-	-	-	20%



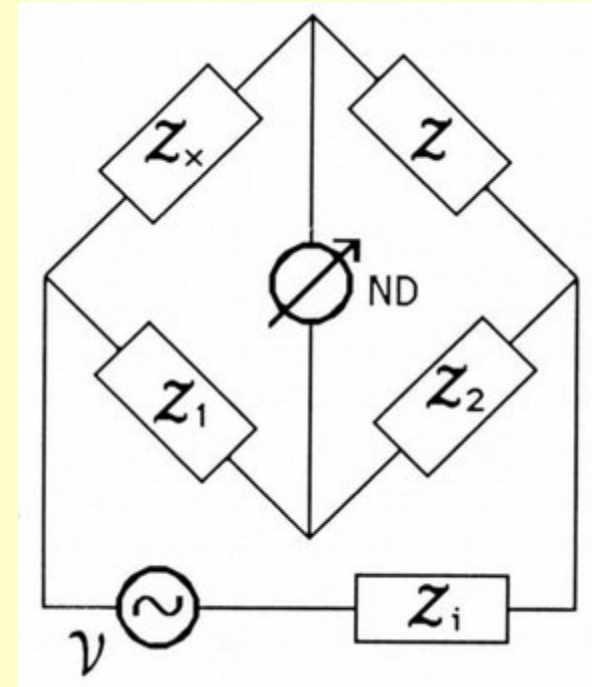
# Ponti in alternata

Nel ponte in figura ND è un voltmetro in alternata: quando indica una ddp nulla (entro la sua sensibilità), vale (analogia ponte di Wheatstone)

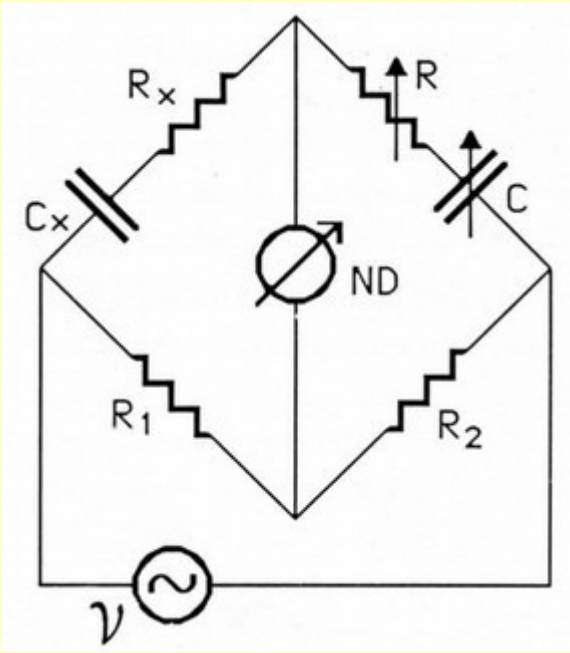
$$Z Z_1 = Z_2 Z_x \quad \text{ovvero} \quad Z_x = Z \frac{Z_1}{Z_2}$$

relazione complessa corrispondente ad un sistema di due equazioni reali.

Il sistema può anche non aver soluzione per il fatto che il coefficiente dell'immaginario può essere positivo o negativo (ad esempio se  $Z_x = C$ ,  $Z = L$ ,  $Z_1 = R_1$ ,  $Z_2 = R_2$ )



# Ponte De Sauty serie e parallelo



In condizioni di equilibrio

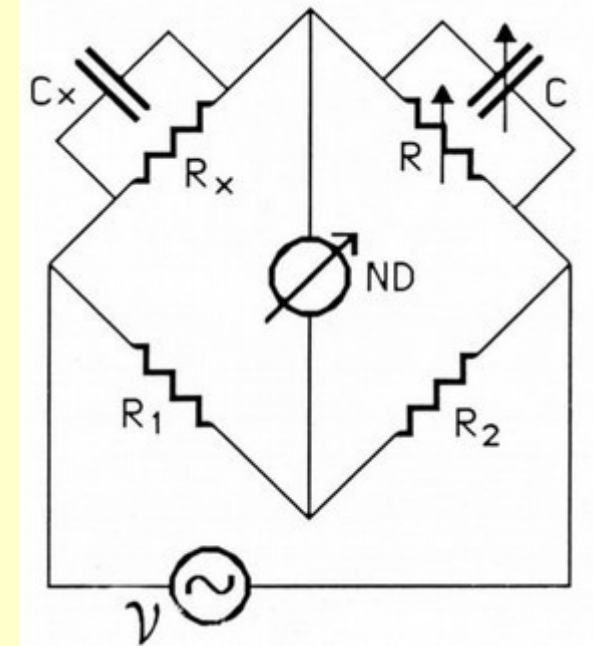
$$\begin{cases} R_x = \frac{R_1}{R_2} R \\ C_x = \frac{R_2}{R_1} C \end{cases}$$

e anche

$$R_x C_x = \tau_x$$

$$\tau_x = \tau$$

$$RC = \tau$$



Le equazioni non dipendono dalla frequenza (equilibrio per tutte le armoniche per generatore non sinusoidale) se i singoli componenti sono costanti (non realistico)

Incertezza relativa

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R}{R}$$

e analoga per  $\frac{\Delta C_x}{C_x}$



# Ponte di Wien

In condizioni di equilibrio

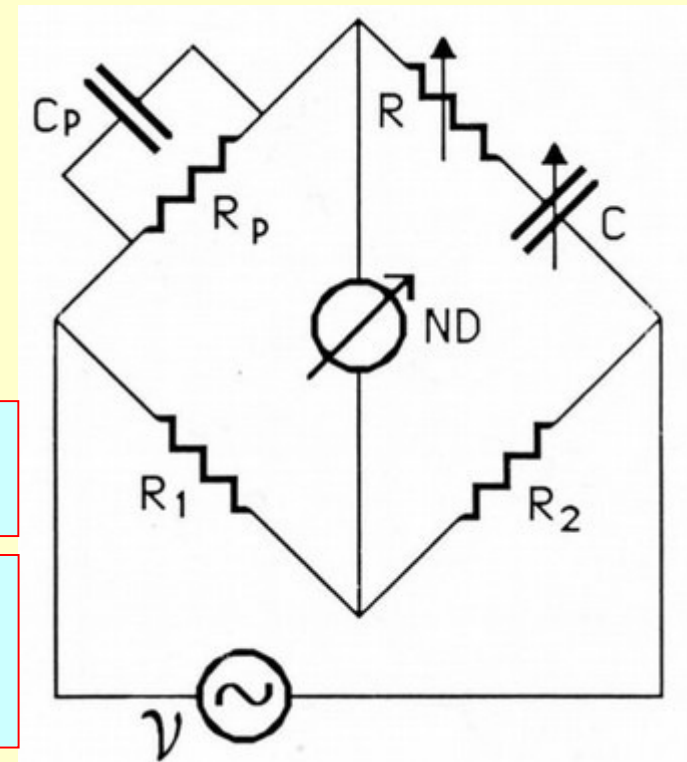
$$\left( \frac{1}{R_p} + j\omega C_p \right)^{-1} = \frac{R_1}{R_2} \left( R + \frac{1}{j\omega C} \right)$$

o anche

$$\begin{cases} \frac{R_2}{R_1} = \frac{R}{R_p} + \frac{C_p}{C} \\ \omega^2 = \frac{1}{R_p C_p R C} \end{cases}$$

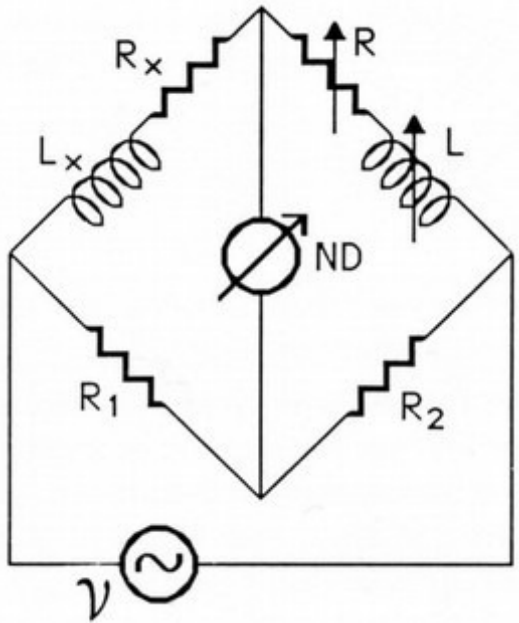
parte  
reale

parte  
immagi-  
naria



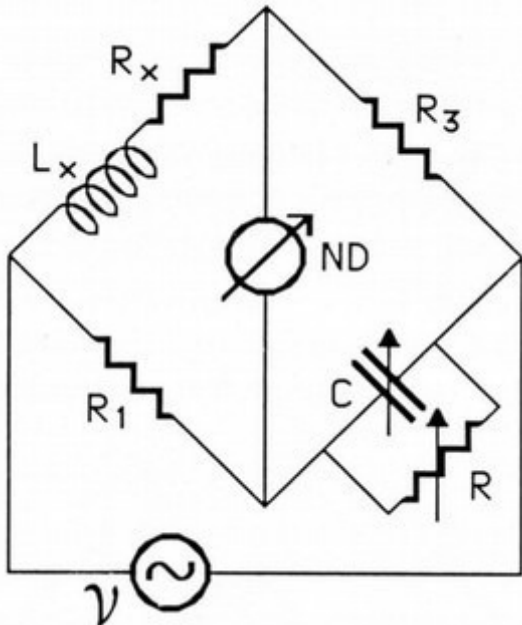
Le equazioni dipendono ora dalla frequenza e talvolta il ponte è utilizzato per misurare l' $\omega$  del generatore una volta determinati i valori dei componenti. Se il generatore è periodico ma non sinusoidale si otterranno vari minimi (e nessun zero) sul ND in corrispondenza delle varie armoniche.

# Ponti Maxwell LL, Maxwell LC e Hay



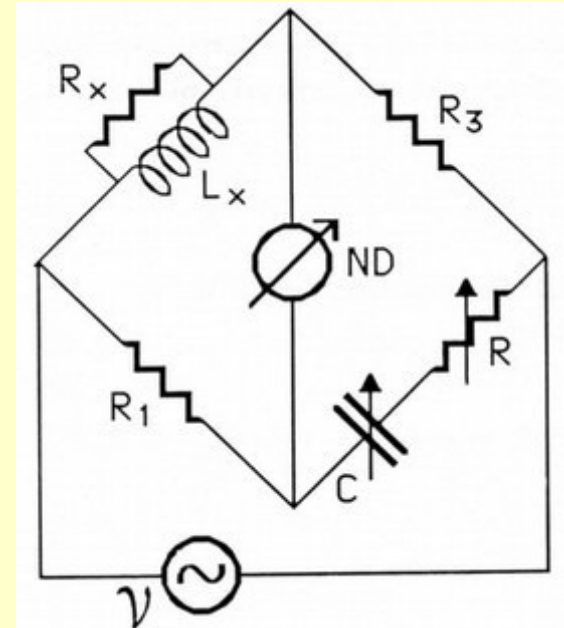
$$\begin{cases} L_x = L \frac{R_1}{R_2} \\ R_x = R \frac{R_1}{R_2} \end{cases}$$

Attenzione a ridurre l'accoppiamento induttivo tra  $L_x$  e  $L$ , allontanandole e ponendo ortogonali i loro assi



$$\begin{cases} R_x = R_3 \frac{R_1}{R} \\ L_x = R_1 R_3 C \end{cases}$$

Non hanno problemi di accoppiamento induttivo

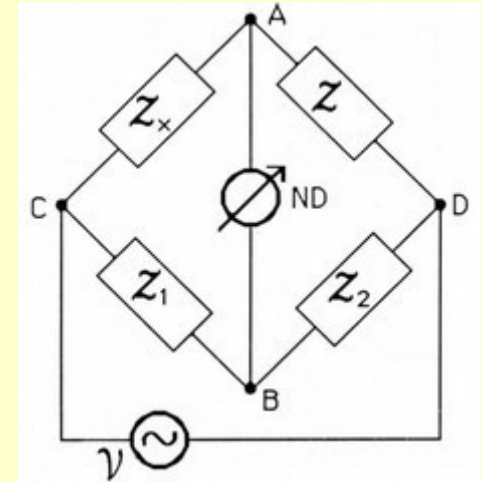


# Ponti in alternata

Scelta del ponte da usare sarà dettata dalla massimizzazione della sensibilità nella misura della grandezza in esame

Notiamo poi che le impedenze campione sono sempre montate tutte sullo stesso ramo. Con tale scelta la minimizzazione può essere molto più rapida.

Infatti, supponendo che l'impedenza d'ingresso del ND sia  $\gg$  di tutte le altre del ponte si ha



$$V_{AB} = V_{CD} \left( \frac{Z}{Z_x + Z} - \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \right) = V_{CD} \frac{Z Z_1 - Z_x Z_2}{(Z_x + Z)(Z_1 + Z_2)}$$

Detto  $Z^*$  il valore di  $Z$  all'equilibrio si ha

$$Z^* Z_1 - Z_x Z_2 = 0$$

$$\mathcal{F} = \frac{Z_x}{Z^*} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

In una condizione generica,  $Z = Z^* + z$   
con  $z = r + jx$  e avremo

$$V_{AB} = V_{CD} \frac{\mathcal{F} \cdot \frac{z}{Z^*}}{(1 + \mathcal{F}) \left[ 1 + \mathcal{F} + \frac{z}{Z^*} \right]}$$

# Scelta del ponte in alternata

Il ND dà un'indicazione proporzionale al modulo di  $v_{AB}$

$$|V_{AB}| = |V_{CD}| \frac{|\mathcal{F}| \left| \frac{z}{Z^*} \right|}{\left| 1 + \mathcal{F} \right| \left| 1 + \mathcal{F} + \frac{z}{Z^*} \right|}$$

In pratica è auspicabile che l'azzeramento del ponte avvenga operando su  $Z = R + jX$  e agendo in maniera indipendente su  $R$  e  $X$ . Perché ciò avvenga dovranno valere

$$\begin{cases} \frac{\partial |V_{AB}|}{\partial r} = 0 & \text{per } r = 0 \\ \frac{\partial |V_{AB}|}{\partial x} = 0 & \text{per } x = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Infatti nella espressione di  $|v_{AB}|$   $\mathcal{F}$  e  $Z^*$  sono indipendenti da  $r$  e  $x$  e, se l'impedenza del generatore è  $\ll$  di tutte le altre, allora anche  $|v_{CD}| (= |v|)$  lo è.

Quindi la minimizzazione di  $|v_{AB}|$  equivale a cercare il minimo di

$$\frac{\left| \frac{z}{Z^*} \right|}{\left| 1 + \mathcal{F} + \frac{z}{Z^*} \right|} \rightarrow \frac{r^2 + x^2}{(A + r)^2 + (B + x)^2} \quad \begin{cases} A = \text{Re} [(1 + \mathcal{F}) Z^*] \\ B = \text{Im} [(1 + \mathcal{F}) Z^*] \end{cases}$$

Nell'intorno delle condizioni di equilibrio  $r \ll A$  e  $x \ll B$  e quindi si possono trascurare  $r$  e  $x$  a denominatore; la condizione (1) è quindi soddisfatta e la ricerca dello zero procede senza interazioni tra  $R$  e  $X$

# Il rivelatore di zero

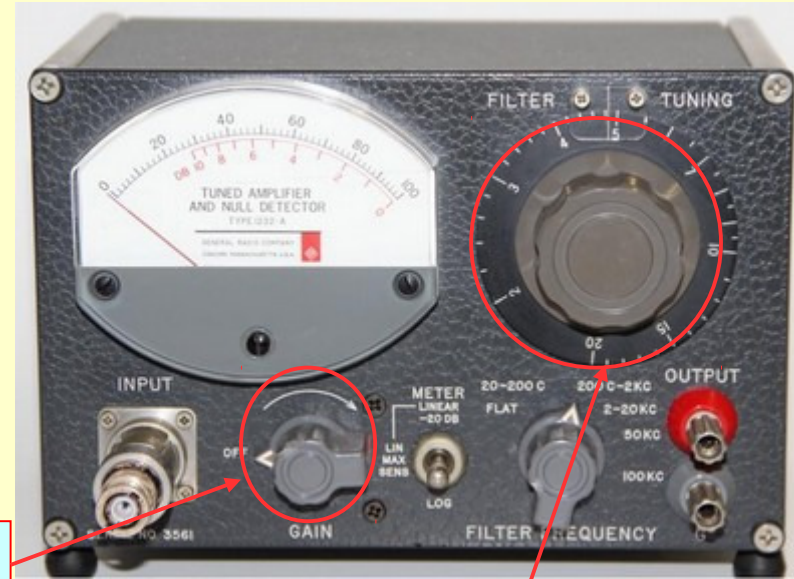
Microvoltmetro in alternata accordabile in frequenza (amplificatore molto sensibile, la cui uscita raddrizzata viene misurata da uno strumento in continua, galvanometro).

Sensibilità massima  $\rightarrow < 0.1 \mu\text{V}$

Guadagno amplificatore regolabile con continuità

Impedenza di ingresso: da  $50 \text{ k}\Omega$  a  $1 \text{ M}\Omega$  a seconda del guadagno

Strumento sintonizzabile tramite la massimizzazione della risposta dell'amplificatore in corrispondenza di una certa frequenza (ex.  $1 \text{ kHz}$ )



In condizioni di non equilibrio massimizzare l'indicazione dello strumento agendo sulla manopola "sintonia" (tuning)

Con tale sintonizzazione il guadagno alla seconda armonica è ridotto al 2%, alla terza al 1%