

Esercitazione di Laboratorio – Corso di Elettronica 2 anno 2005/2006

Componenti passivi reali

Circuiti a costanti concentrate – circuiti a costanti distribuite

Esercitazione: filtro passa-basso LR

Osservazioni sui risultati dell'esercitazione

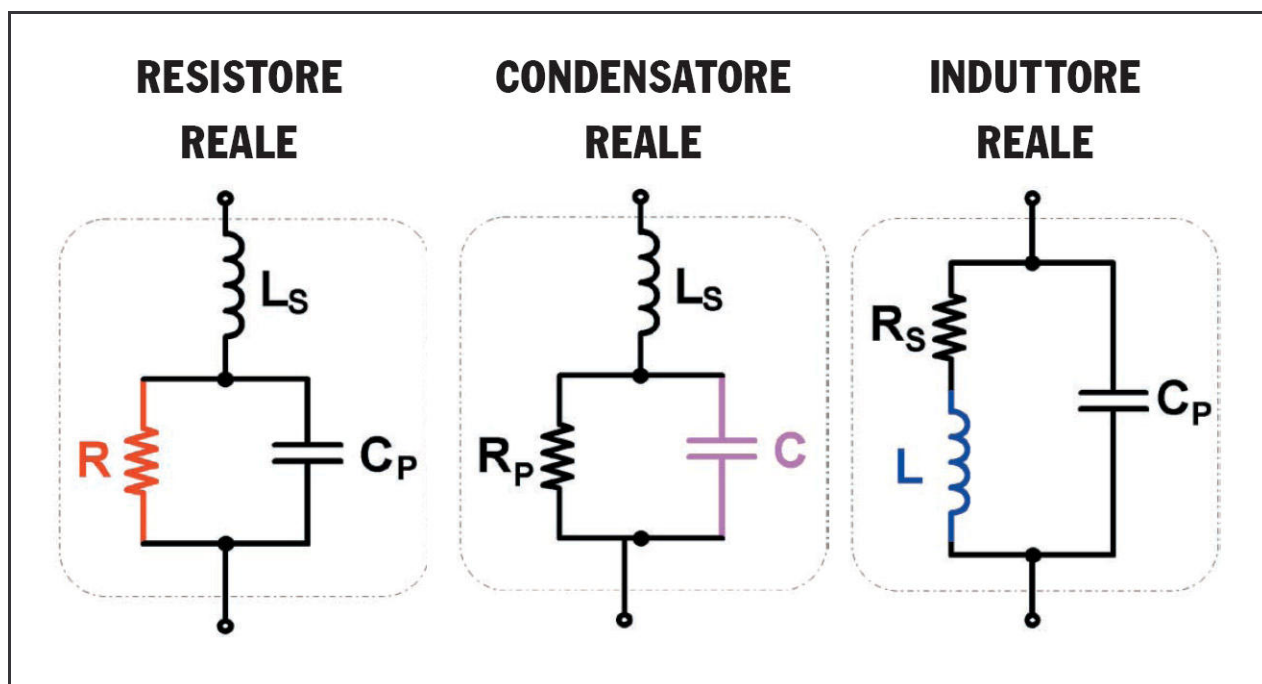
Esercitazione: misura differenziale di tensione

Componenti passivi reali

- In pratica NON ESISTE il componente resistore, condensatore, induttore IDEALE!
- Il componente REALE esibisce un comportamento prevalentemente RESISTIVO, CAPACITIVO, INDUTTIVO, in un certo intervallo di frequenze
- La NON IDEALITÀ dei componenti è dovuta ai seguenti fattori:
 - PRESENZA DI COMPONENTI PARASSITI
 - NON LINEARITÀ: R, C e L non sono costanti, ma dipendono da altri parametri
 - variazioni dipendenti dalla FREQUENZA

CIRCUITI EQUIVALENTI DEI COMPONENTI REALI PASSIVI

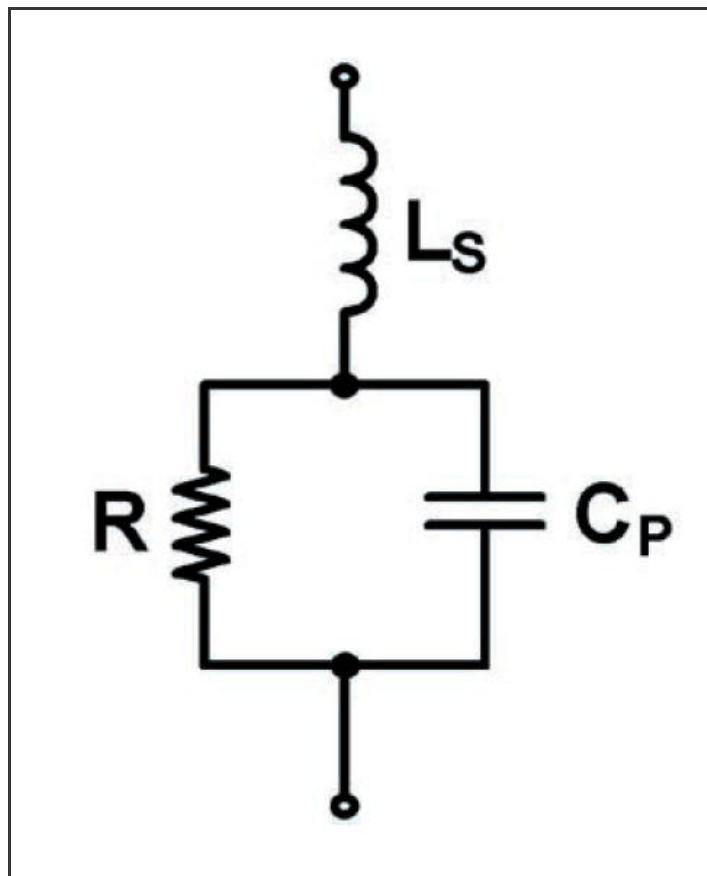
Il MODELLO più semplice per rappresentare il componente reale è quello LINEARE con elementi passivi.



La non idealità dei componenti influisce su:

- RISPOSTA IN FREQUENZA E NEL TEMPO DEL CIRCUITO
- RENDIMENTO DEL CIRCUITO
- DISTORSIONE IN FREQUENZA

RESISTORE REALE – comportamento in frequenza

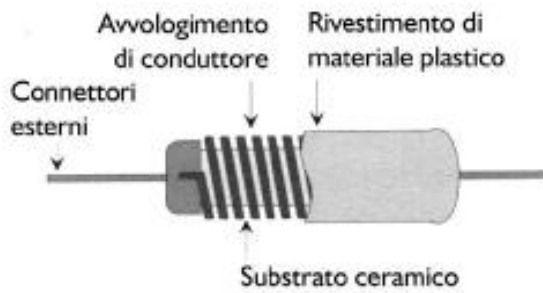


L_S e C_P dipendono in particolare dalla tecnologia impiegata per fabbricare il resistore e possono essere considerati costanti, per qualunque valore nominale di R , all'interno dello stesso processo costruttivo.

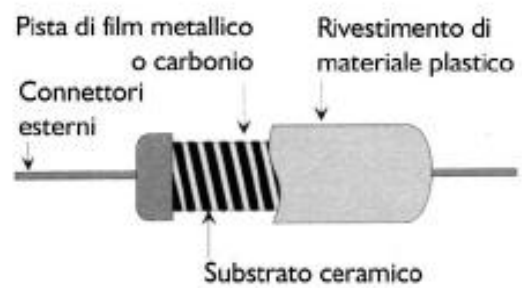
Valori tipici di L_S e C_P

Tecnologia costruttiva	L_S tipico	C_P tipico
Resistori a filo	$> 100 \text{ nH}$	$0.5 \div 1 \text{ pF}$
Resistori ad impasto	$2 \div 10 \text{ nH}$	$0.05 \div 0.3 \text{ pF}$
Resistori a film sottile	$5 \div 200 \text{ nH}$	$0.3 \div 1 \text{ pF}$
Resistori a film spesso (SMD)	$0.5 \div 2 \text{ nH}$	$0.05 \div 0.1 \text{ pF}$

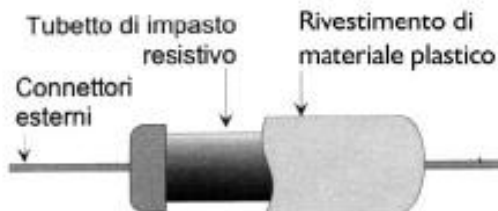
Tipi di resistori



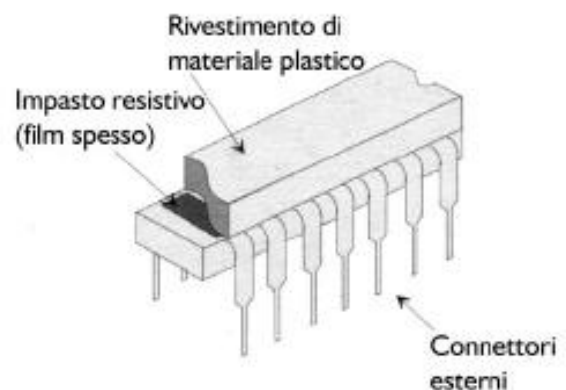
Resistore a filo



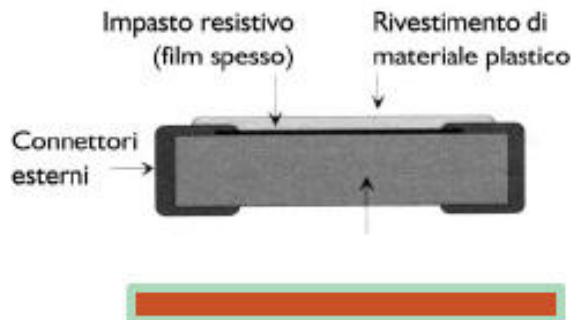
Resistore a film/strato



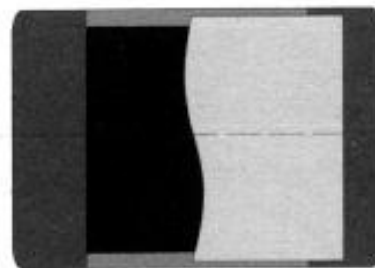
Resistore a impasto



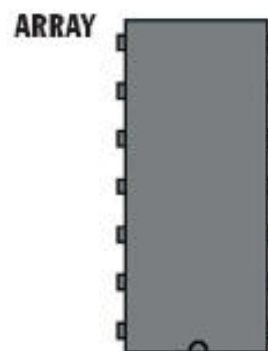
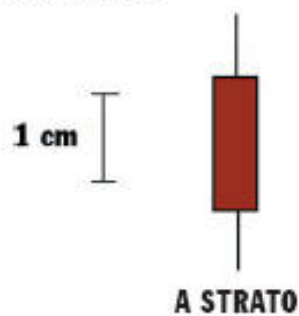
Resistore DIP



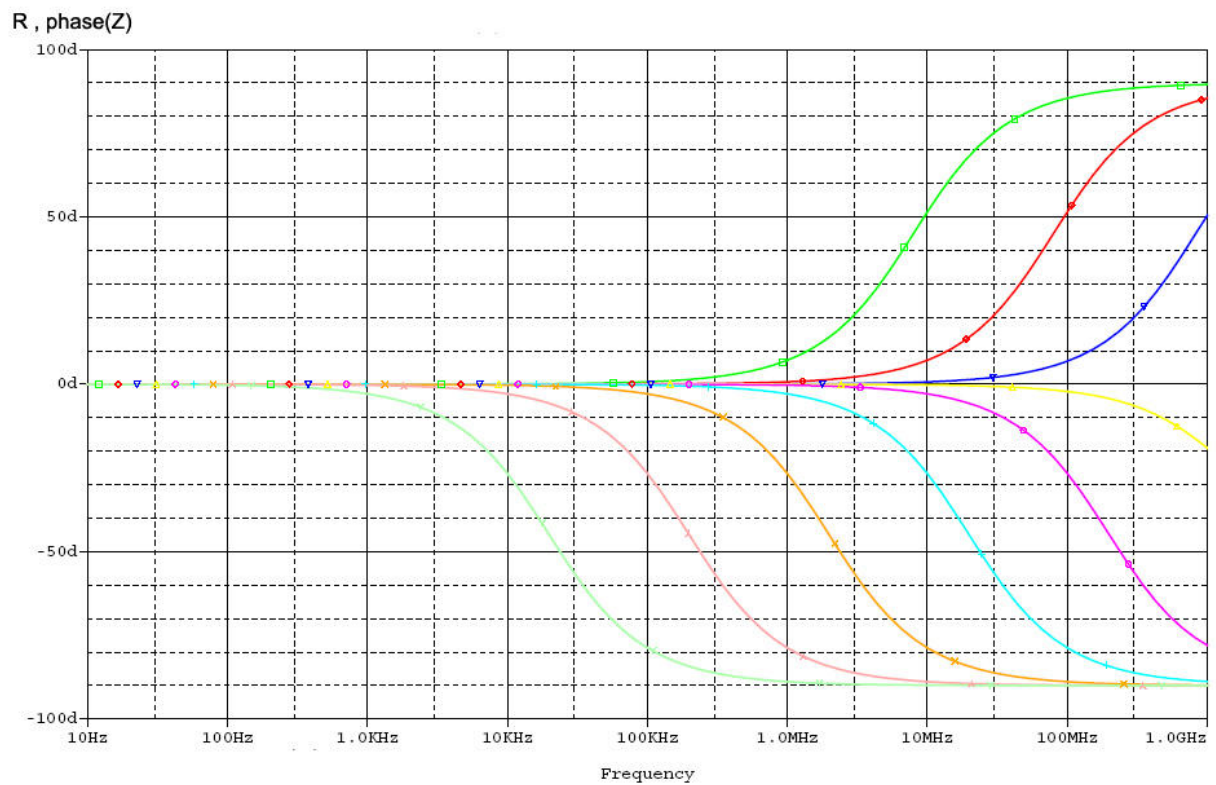
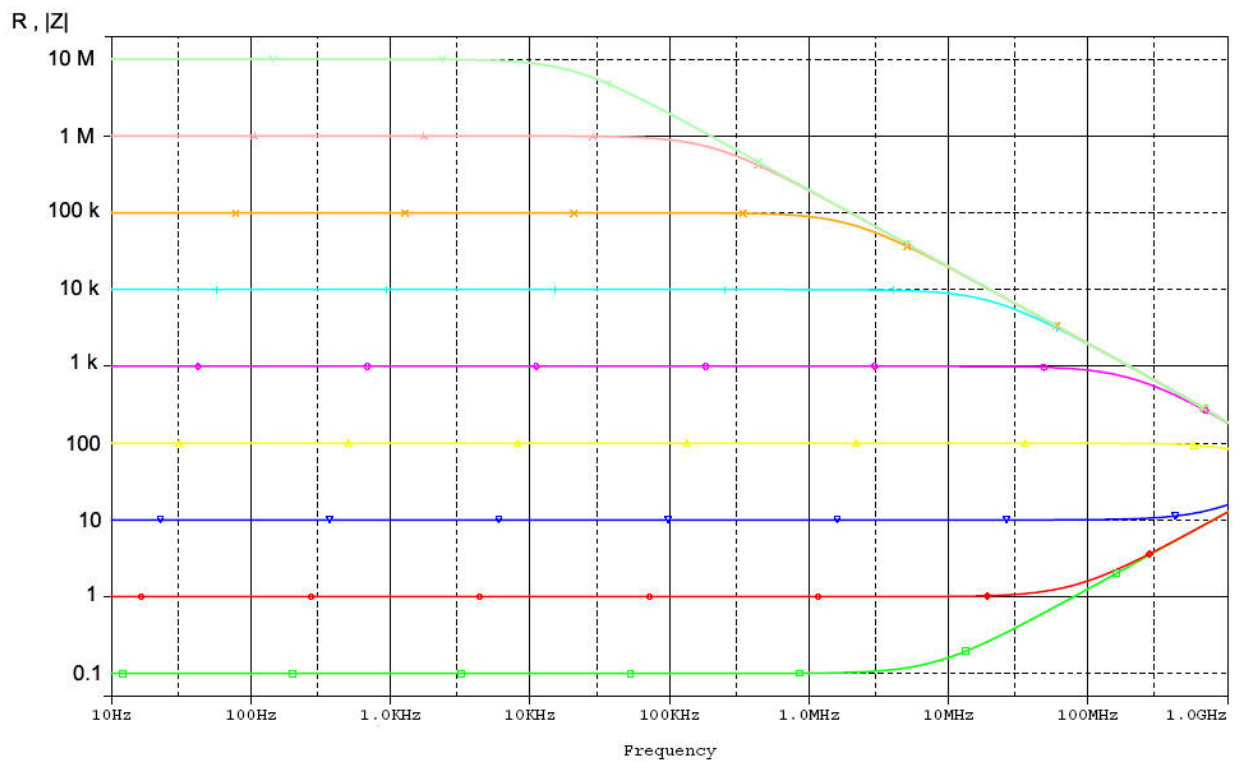
Resistore a film spesso



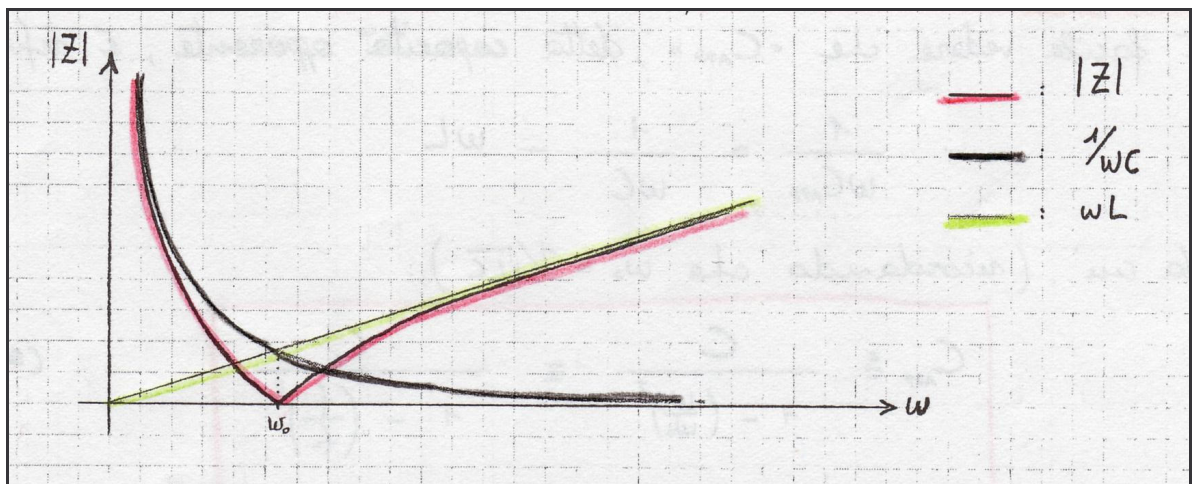
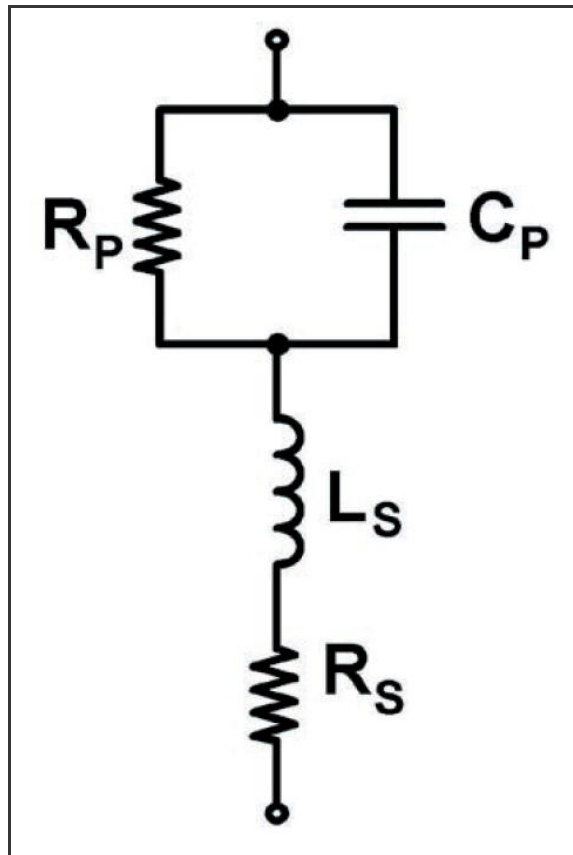
Dimensioni a confronto



Esempio di resistore reale con $L_S = 2 \text{ nH}$ e $C_P = 0.8 \text{ pF}$



CONDENSATORE REALE - comportamento in frequenza



Parametri più importanti del condensatore

ESR (Resistenza Serie Equivalente) :

è la resistenza equivalente in corrente alternata fornita ad una certa frequenza (tipicamente 50Hz) che tiene conto della R_s e della R_p .

$\text{tg}\delta$ (o fattore di dissipazione DF) :

Rappresenta il rapporto tra i moduli delle correnti resistiva e reattiva ad una certa frequenza (tipic. 1kHz).

Esso è definito come

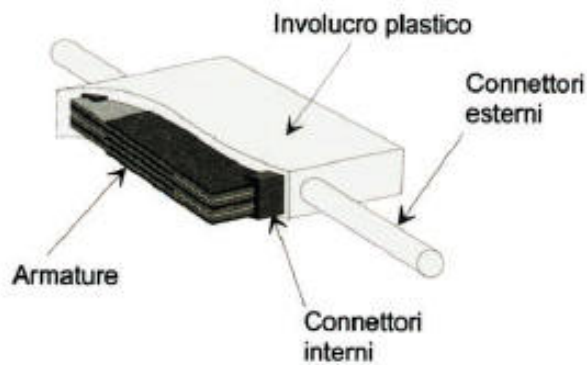
$$\text{DF} = \text{tg}\delta = \frac{I_R}{I_{X_C}} = \frac{1}{\omega \cdot C \cdot R_p}$$

SRF (Frequenza propria di risonanza) :

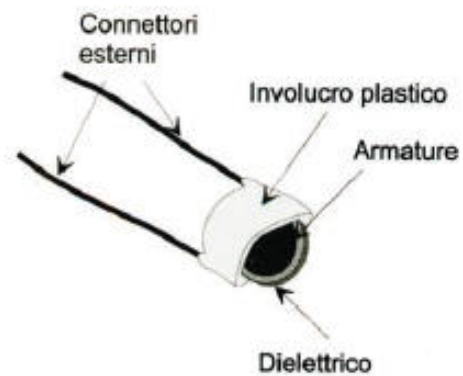
è la frequenza di risonanza del circuito equivalente ed è definito come

$$\text{SRF} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\text{ESL} \cdot C}} \quad \text{con} \quad \text{ESL} \cong L_s$$

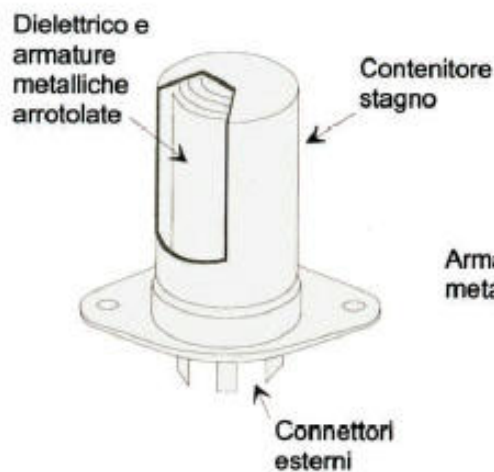
Tipi di condensatori



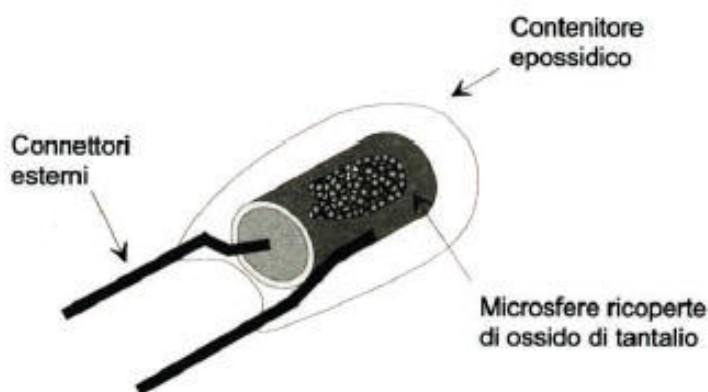
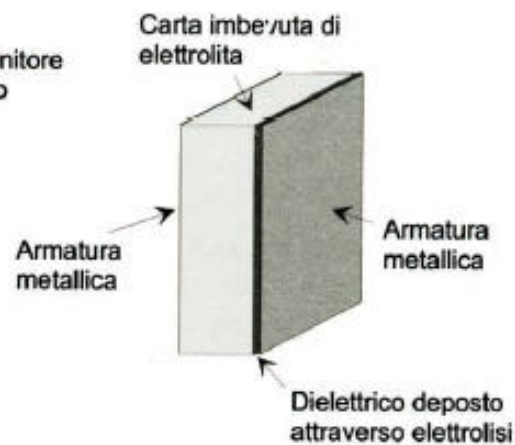
Condensatore ceramico multistrato



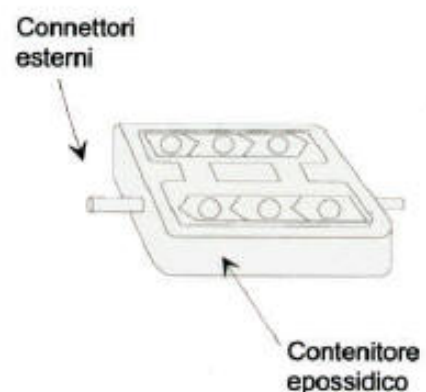
Condensatore ceramico a disco



Condensatore elettrolitico e sezione delle armature



Condensatore elettrolitico al tantalio



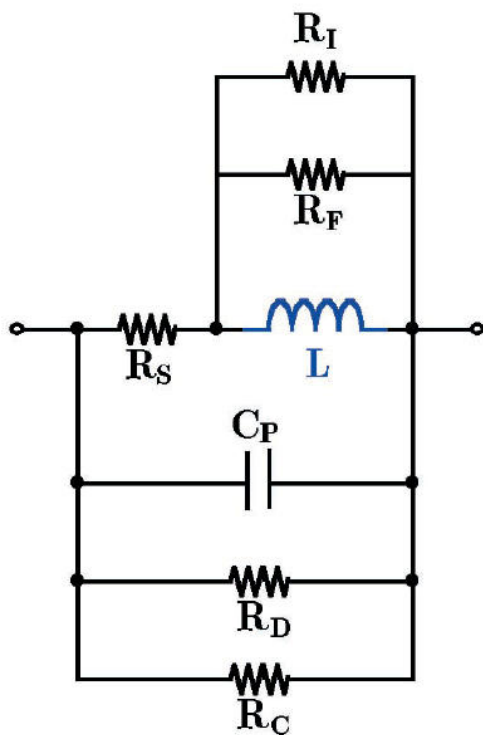
Condensatore a mica

Tabella comparativa dei vari tipi di condensatori

Tipo di dielettrico	Gamma di valori di capacità	Tensione massima in continua	Accuratezza C/C	Stabilità termica	Perdite (D.F.)	Osservazioni
Mica	1pF 10nF	100V 600V	Buona	--	Buono	Eccellenti; ottimi per i circuiti RF
Ceramici	10pF 10 F	50V 30000V	Scarsa	Bassa	Discreto	Piccole dimensioni, basso costo, uso generale
Poliestere (Mylar)	1nF 50 F	50V 600V	Buona	Bassa	Buono	Basso costo, buone prestazioni
Polistirene	10pF 2,7 F	100V 600V	Eccellente	Buona	Eccellente	Alta qualità, grandi dimensioni grandi; uso come filtri di segnale
Policarbonato	100pF 30 F	50V 800V	Eccellente	Eccellente	Buono	Elevata qualità, piccoli
Polypropilene	100pF 50 F	100V 800V	Eccellente	Buona	Eccellente	Elevata qualità, basso assorbimento dielettrico
Teflon	1000pF 2 F	50V 200V	Eccellente	Ottima	Ottimo	Elevata qualità, bassissimo assorbimento dielettrico
Vetro	10pF 1000pF	100V 600V	Buona	--	Eccellente	Buona stabilità a lungo termine
Porcellana	100pF 0,11 F	50V 400V	Buona	Bassa	Buono	Buona stabilità a lungo termine
Tantalio	0,1 F 500 F	6V 100V	Scarsa	Bassa	Moderato	Elevato valore di capacità polarizzati, piccoli
Elettrolitici	0,1 F 1,6F	3V 600V	Scadente	Pessima	Pessimo	Filtri di banco; polarizzati
Doppio strato	0,1F 10F	1,5V 6V	Scarsa	Bassa	Buono	Mantenimento di memorie; elevata resistenza serie
Olio	0,1 F 20 F	200V 10000V	--	--	Buono	Elevati voltaggi di lavoro; grandi
Aria	1pF 5nF	2000V 36000V	--	--	Eccellente	Generatori RF

INDUTTORE REALE - comportamento in frequenza

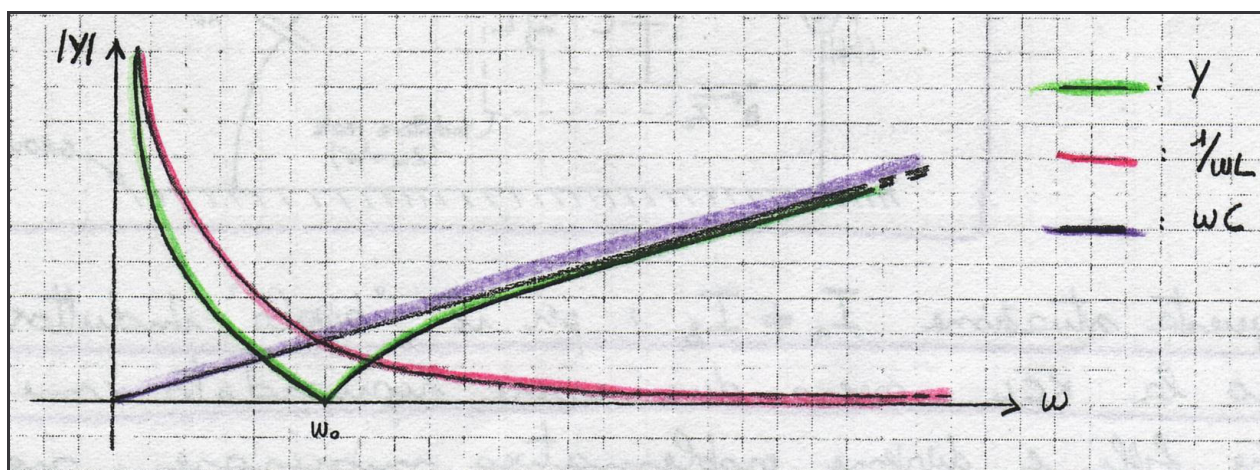
CIRCUITO EQUIVALENTE ed EQUAZIONI COSTITUTIVE :



- L Induttanza
- C_P Capacità distribuita dell'avvolgimento
- R_D dovuta all'isteresi del dielettrico (prop. a f^{-1})
- R_F perdite per correnti di Foucault (prop. a f^2)
- R_C resistenza del dielettrico (circa costante)
- R_I perdite per isteresi magnetica (prop. a f)
- R_S resistenza serie degli avvolgimenti (in AF dà luogo all'effetto pelle)

Fattore di qualità

$$Q = \frac{I_{\text{magnetica}}}{I_{\text{resistiva}}} = \frac{2\pi f L}{R_{EQS}}$$



Circuiti a costanti concentrate – circuiti a costanti distribuite

Circuiti a costanti concentrate

Un circuito può essere analizzato con modello a costanti concentrate quando le dimensioni dei componenti e la lunghezza delle piste è minore della lunghezza d'onda (λ) associata ai segnali che interessano il circuito.

La relazione che lega la lunghezza d'onda λ con la frequenza dei segnali in gioco (f) è:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

dove c è la velocità dell'onda elettromagnetica (al limite pari a quella della luce nel vuoto).

Non esiste una separazione netta fra il campo pertinente l'analisi a costanti concentrate e quello pertinente l'analisi a costanti distribuite.

Ai fini pratici, si può considerare corretto utilizzare il modello a costanti concentrate se le dimensioni del circuito (massima lunghezza dei collegamenti) è inferiore a $\lambda/10$. Un limite più stringente, spesso usato, è $\lambda/20$.

Circuiti a costanti distribuite

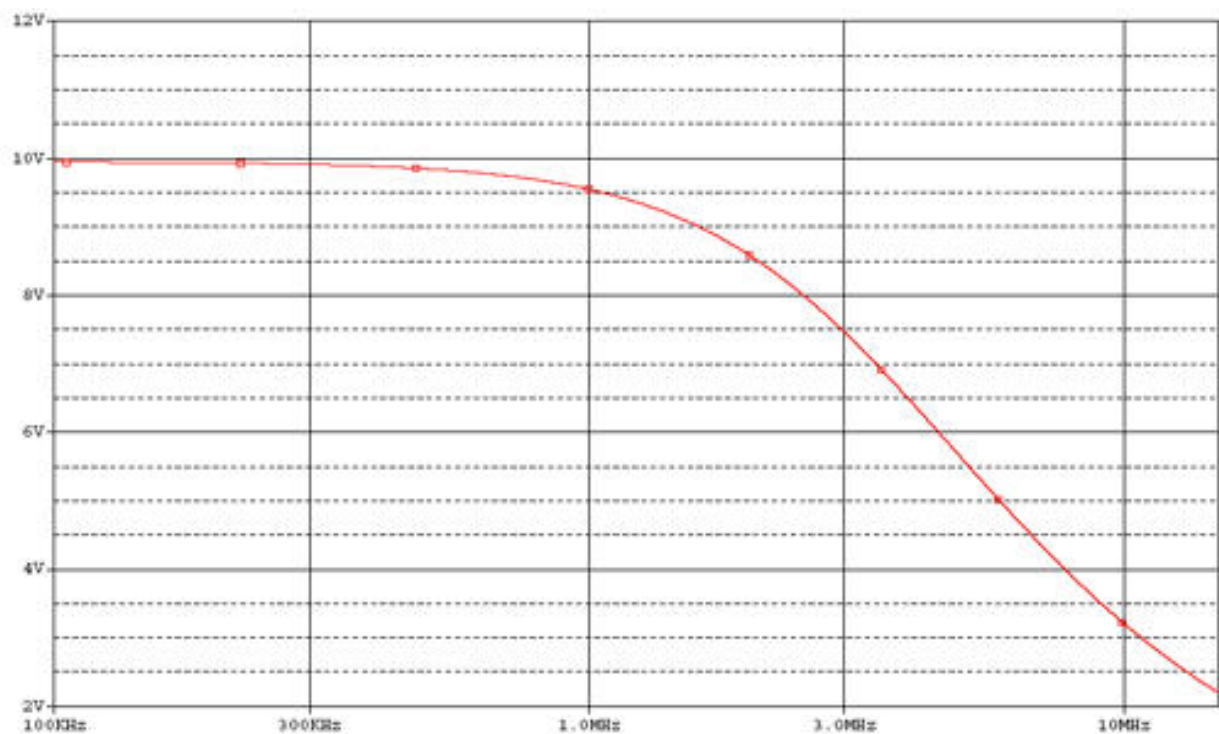
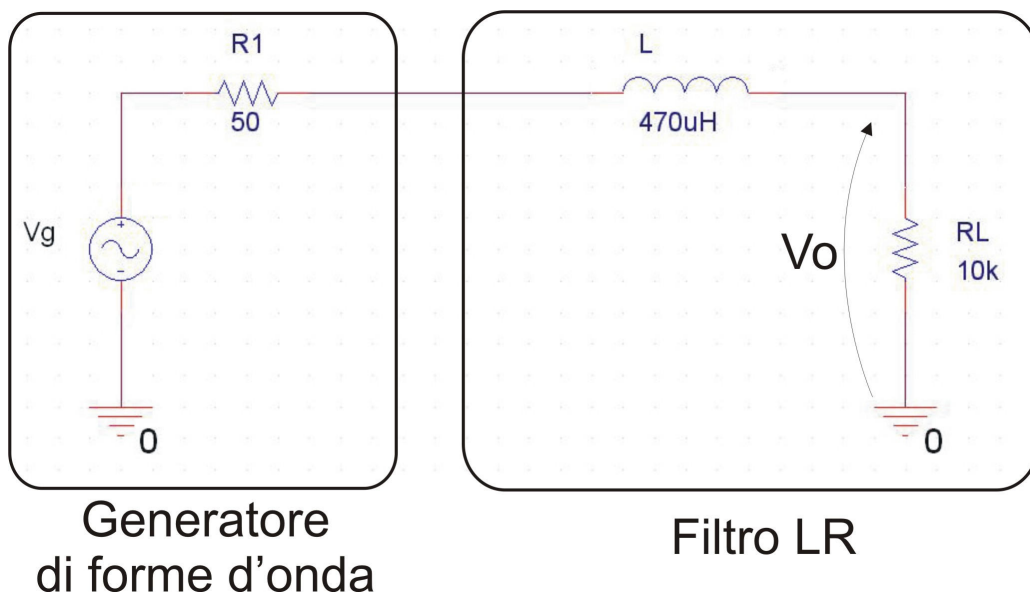
Qualora questa condizione non sia rispettata, bisogna procedere all'analisi del circuito tramite il modello a costanti distribuite. Questo è particolarmente importante per i collegamenti elettrici tra i vari componenti di un circuito (ad esempio le piste su un circuito stampato), che non possono essere più considerate dei corto circuiti (ovvero dei collegamenti con resistenza trascurabile), ma assumono valori di impedenza diversi al variare della frequenza: al limite, una pista su basetta (che si può considerare un corto circuito a basse frequenze) può diventare, a certi valori di frequenza, un circuito aperto.

In queste condizioni i collegamenti devono essere studiati come **linee di trasmissione**: tensioni e correnti su di una linea sono somma di due termini, detti *tensione (corrente) incidente* e *tensione (corrente) riflessa*.

Esercitazione: filtro passa-basso LR

Filtro passa basso LR:

- $L = 470 \mu\text{H}$
- $R_L = 10 \text{ k}\Omega$
- $f_t(-3 \text{ dB}) = R_L/2\pi L$

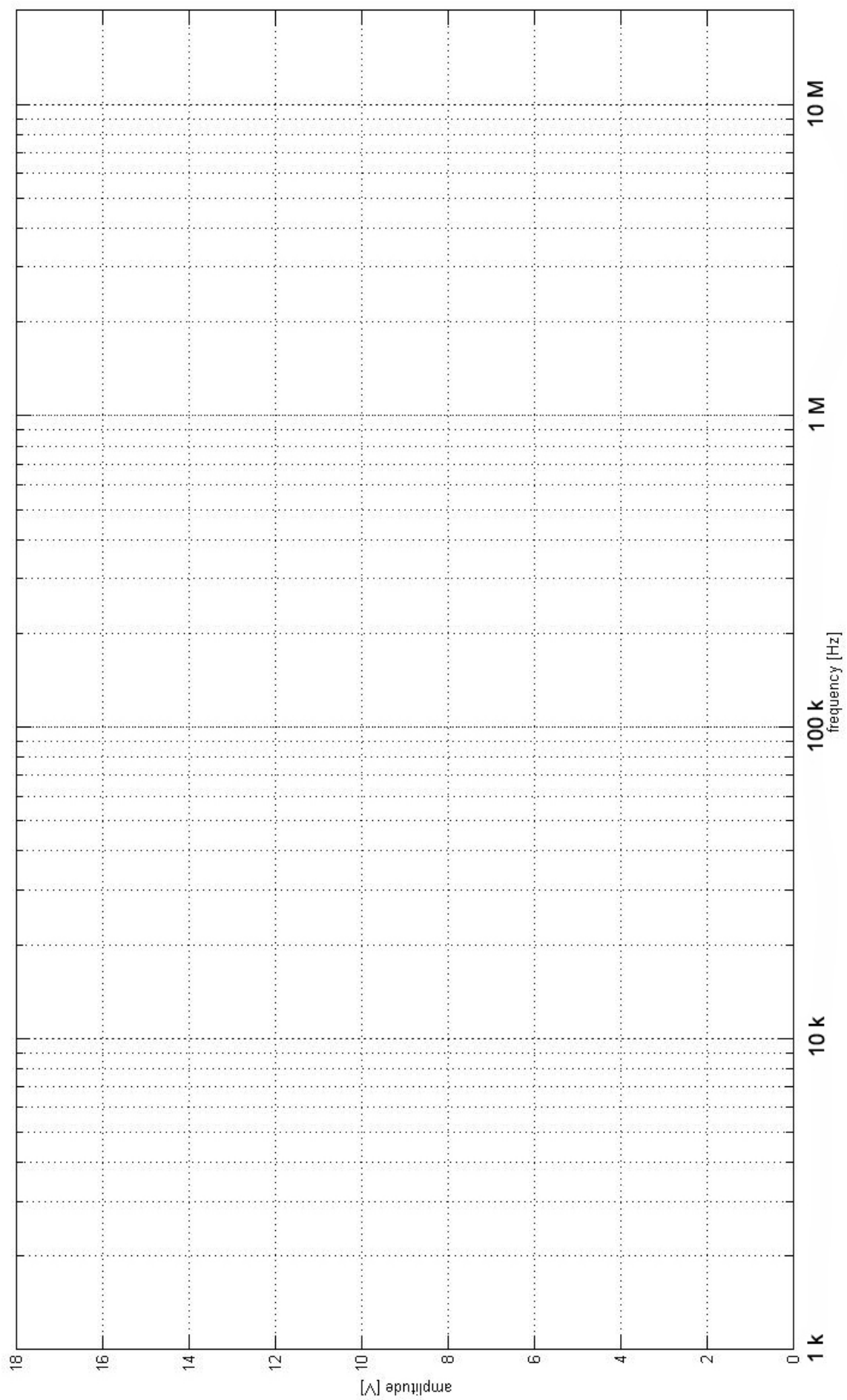


Misure da effettuare in laboratorio

Misura della funzione di trasferimento $H(f) = V_o(f)/V_g(f)$:

- ricavare dai valori dei componenti la frequenza di taglio
- impostare un'ampiezza di 5Vpp (equivalenti a 10Vpp su di un carico ad alta impedenza) sul generatore di forme d'onda (onda sinusoidale)
- ricavare l'andamento della risposta in ampiezza, per punti, variando la frequenza del segnale in ingresso al circuito e riportare i valori di V_o sull'apposito grafico, per tracciare l'andamento della risposta in ampiezza

FREQUENZA	V_g	V_o	V_o/V_g	V_o/V_g (dB)
1 kHz				
10 kHz				
100 kHz				
500 kHz				
1 MHz				
1.2 MHz				
1.4 MHz				
1.5 MHz				
1.6 MHz				
1.7 MHz				
1.8 MHz				
1.9 MHz				
2 MHz				
2.3 MHz				
2.6 MHz				
3 MHz				
4 MHz				
5 MHz				
6 MHz				
7 MHz				
8 MHz				
10 MHz				
12 MHz				
15 MHz				



DOMANDE

1. qual'è la frequenza di taglio a -3 dB effettiva?
2. il filtro si comporta come atteso dalla teoria (e dalla simulazione)?
[SI / NO – perché?]
3. l'attenuazione alla frequenza di 15 MHz è quella attesa?
[SI / NO – perché?]

Esercitazione: misura differenziale di tensione

Gli oscilloscopi più comuni, equipaggiati con semplici sonde compensate (come quelli sui banchi del laboratorio) possono effettuare SOLO MISURE DI MODO COMUNE: cioè misurare una tensione, in un punto qualsiasi del circuito, che sia riferita a massa (il morsetto, o coccodrillo, dovrà **sempre** essere connesso al potenziale di riferimento del circuito).

Per effettuare misure differenziali esistono strumenti quali:

- oscilloscopi appositi; oppure oscilloscopi normali, ma alimentati tramite batterie (Misure pericolose! Attenzione!)
- apposite sonde (sonde differenziali), da collegare al normale oscilloscopio (sono sonde particolari e costose)

Tuttavia è possibile effettuare misure differenziali anche con oscilloscopi normali, **impiegando due canali contemporaneamente**.

Supponiamo di voler misurare la tensione ai capi dell'induttore nel circuito dell'esperienza precedente: si vede che nessuno dei due morsetti è connesso a massa, ma sono entrambi flottanti. La misura è quindi di tipo differenziale!

Si prendono 2 sonde, connesse a 2 canali dell'oscilloscopio distinti; si connette entrambi i terminali di riferimento delle sonde a massa (cioè si connettono i coccodrilli a massa); si connette il puntale (terminale caldo) della prima sonda ad uno dei due reofori dell'induttore ed il puntale della seconda sonda all'altro reoforo.

A questo punto stiamo misurando, separatamente, le tensioni ai due capi dell'induttore (riferite a massa).

Per avere la misura differenziale, sfruttiamo uno dei punti di forza degli oscilloscopi digitali: entriamo nel **menù matematico** ed impostiamo la sottrazione dei due canali. Ora su schermo viene visualizzata la differenza tra le due tensioni (riferite allo stesso potenziale di massa) e quindi la tensione differenziale ai capi dell'induttore.

Appunti su ...

www.echommunity.com/uscnd

poi cliccare su “courses” a sinistra