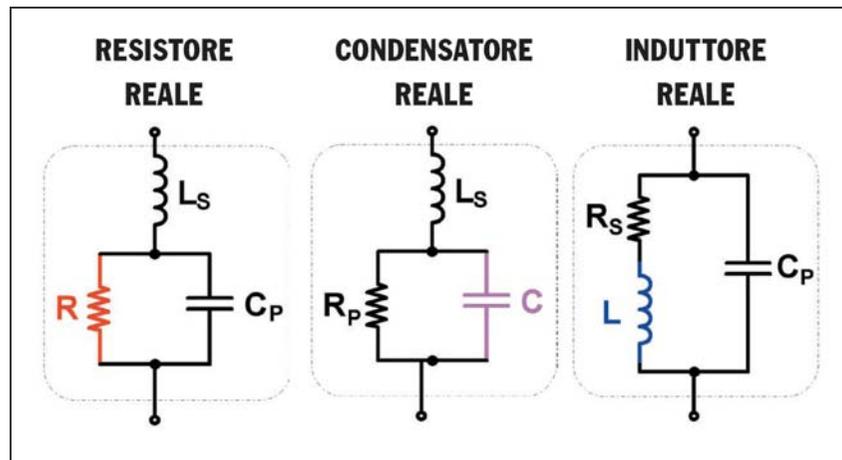


## CIRCUITI EQUIVALENTI DEI COMPONENTI REALI PASSIVI

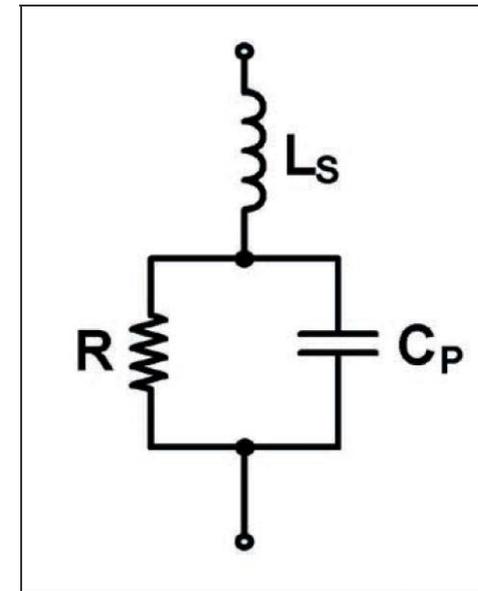
Il MODELLO più semplice per rappresentare il componente reale è quello LINEARE con elementi passivi.



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

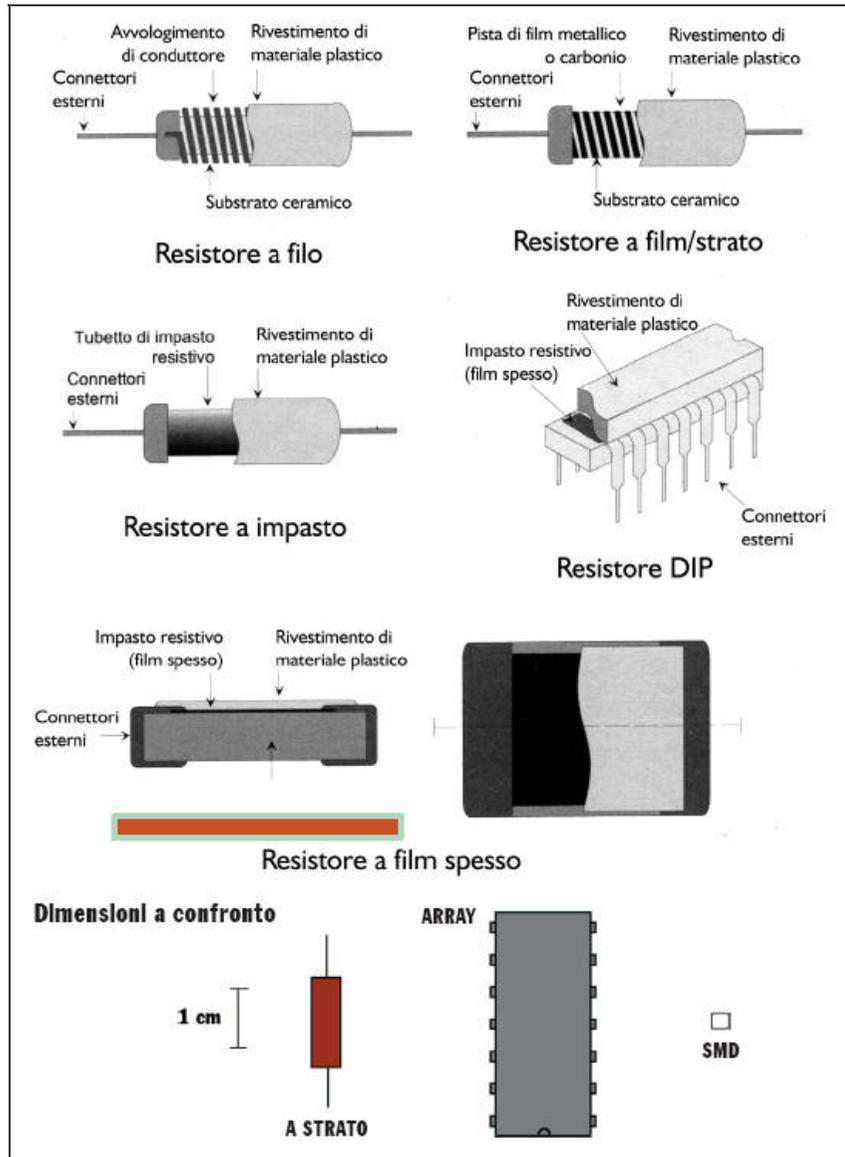


$L_s$  e  $C_p$  dipendono in particolare dalla tecnologia impiegata per fabbricare il resistore e possono essere considerati costanti, per qualunque valore nominale di  $R$ , all'interno dello stesso processo costruttivo.

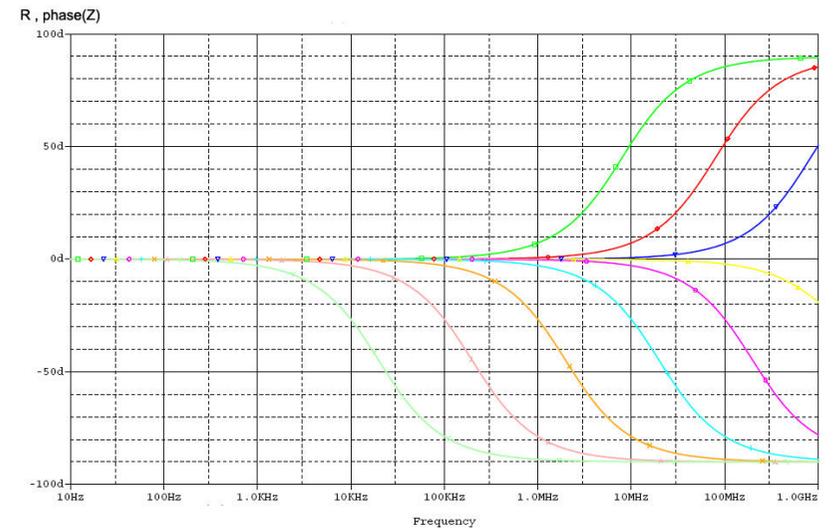
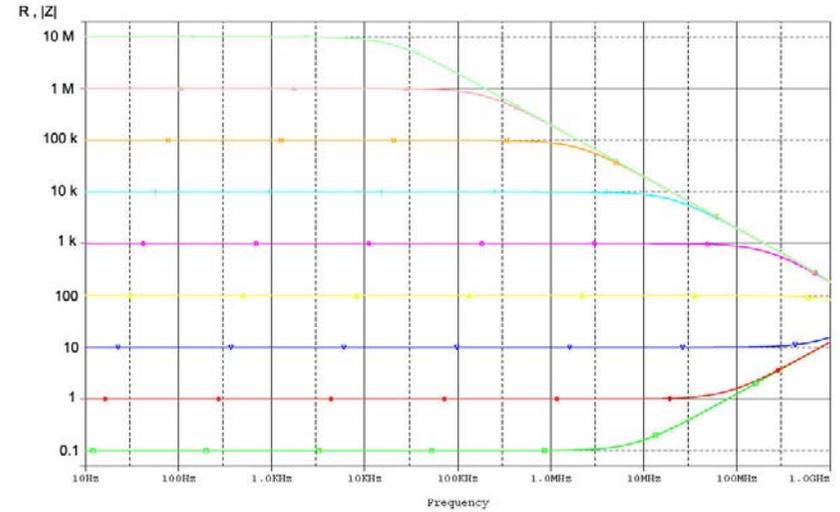
### Valori tipici di $L_s$ e $C_p$

Tecnologia costruttiva	$L_s$ tipico	$C_p$ tipico
Resistori a filo	> 100 nH	0.5 ÷ 1 pF
Resistori ad impasto	2 ÷ 10 nH	0.05 ÷ 0.3 pF
Resistori a film sottile	5 ÷ 200 nH	0.3 ÷ 1 pF
Resistori a film spesso (SMD)	0.5 ÷ 2 nH	0.05 ÷ 0.1 pF

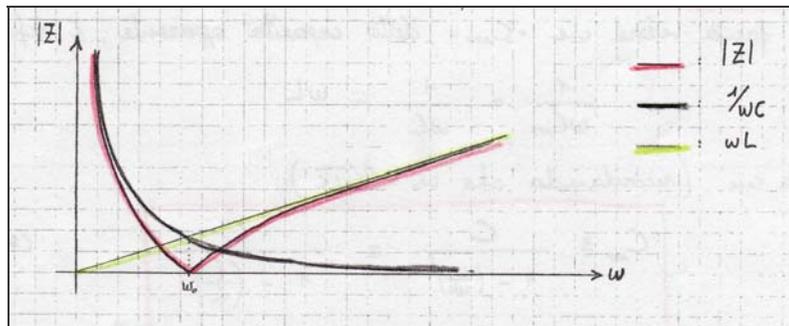
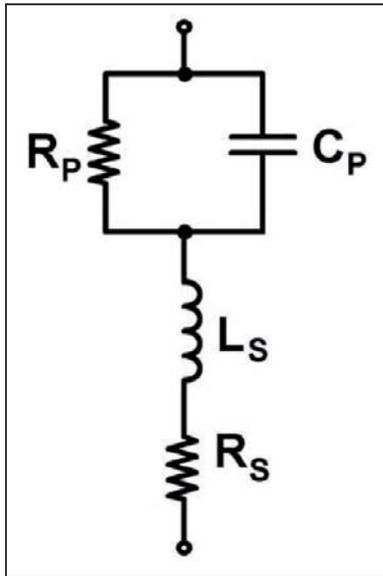
## Tipi di resistori



## 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  $R_P$ .

**tgδ (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

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

**SRF (Frequenza propria di risonanza) :**

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

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

## Tipi di condensatori

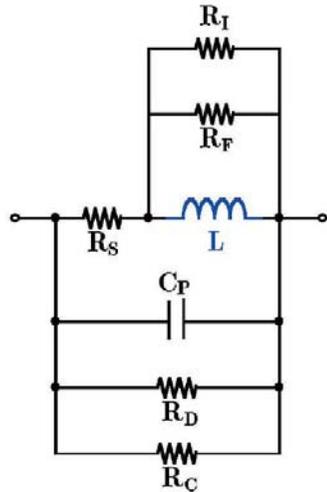


## Tabella comparativa dei vari tipi di condensatori

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 1000p F	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 memoria; 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

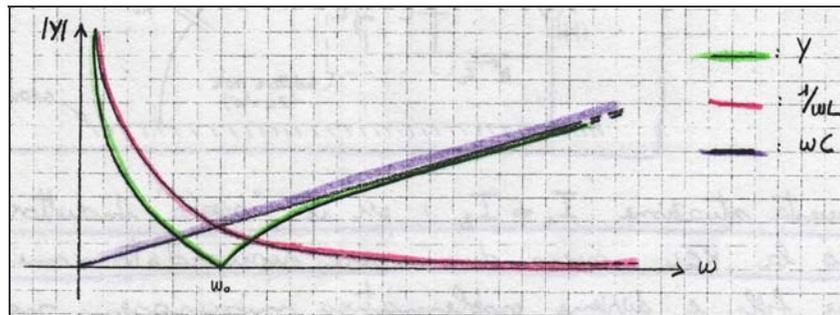
### CIRCUITO EQUIVALENTE ed EQUAZIONI COSTITUTIVE :



- $L$  Induttanza
- $C_P$  Capacità distribuita dell'avvolgimento
- $R_D$  dovuta all'isteresi del dielettrico (prop. a  $f^4$ )
- $R_F$  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 ( $\lambda$ ) associata ai segnali che interessano il circuito.

La relazione che lega la lunghezza d'onda  $\lambda$  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*.