Appunti per le esercitazioni di Laboratorio di Elettromagnetismo e Circuiti

RCL etc: 14 e 21 maggio 2003

Note per chi deve terminare la prima esperienza con l'oscilloscopio (RC)

Per procedere rapidamente, si raccomanda:

- di usare i seguenti valori dei componenti: $R \approx 15\,\mathrm{k}\Omega$, $C = 10\,\mathrm{nF}$.
- di montare il condensatore 'dal lato massa', in modo da poterne misurare dirattemamante la tensione ai sui capi;
- di selezionare gli ingressi in DC (in modo da non avere l'effetto di perturbazione dovuto al filtro di ingresso);
- di accertarsi che siano OFF l'*offset* e la selezione del *duty cycle* del generatore.
- di osservare la tensione ai capi di R indirettamente come differenza fra la tensione ai capi del generatore ($\rightarrow CH1$) e la tensione ai capi di C ($\rightarrow CH2$), usando la funzione ADD che somma i due canali e la funzione di inversione di $CH2$.

Qual'è il minimo di lavoro richiesto?

- Onda quadra:
  - Visualizzare (e riportare sul logbook, in scala) la tensione del generatore e le tensioni ai capi di C e di R.
  - Misurare la costante di tempo del circuito dall'andamento di carica o scarica ai capi del condensatore.
- Onda sinusoidale:
  - Valutare la frequenza di taglio secondo la nota formula che la definisce.
  - Misurare attenuazione e sfasamento[1] di V_C in funzione della frequenza e graficare i dati sperimentali.

[1] Misurare lo sfasamento mediante in metodo del ritardo temporale fra le onde.

Note generali sulle esercitazioni con l'RCL serie

A questo circuito sono dedicate due esperienze. Lo scopo delle esperienze è, oltre ad acquisire padronanza dell'uso dell'oscilloscopio, di effettuare osservazioni sperimentali sui diversi aspetti legati al fenomeno della risonanza.

Al termine delle due esercitazioni gli studenti dovrebbero aver

- osservato i diversi casi di oscillazione smorzata della tensione ai capi di C (con onde quadre di periodo molto superiore allo pseudoperiodo delle oscillazioni);
- misurato il fattore di merito Q del circuito in tre modi diversi
  - oscillazioni smorzate;
  - larghezza di banda;
  - estratensione ai capi di C.
- misurato la frequenza di risonanza in due modi diversi:
  - massimo di V_R;
  - sfasamento nullo fra V_R e V_0.
- misurato le curve di trasferimento e di sfasamento ai capi di R e di C.

Scaletta raccomandata

Osservazione dei diversi modi di oscillazione smorzata (onda quadra)

Usando $L \approx 10$ mH, $C = 4.7\,\mathrm{nF}$ (misurarne i valori mediante il 'ponte') e R variabile (potenziometro) e selezionando un'onda quadra di periodo sufficientemente lungo, si osservino le diverse forme di onda ai capi di C. Descrivere qualitativamente (qualche nota quantitativa può tornare utile...) le osservazioni.

Misura di costante di smorzamento, pseudoperiodo e fattore di merito del circuito (onda quadra)

Sostituire il potenziometro con una resistenza di $\approx 10\,\Omega$ (misurarne il valore) in modo da avere una valore stabile della resistenza. Il valore della resistenza è scelto basso in modo da osservare 'molte oscillazioni'.

- Misurare pseudoperiodo T_1 e costante di tempo dello smorzamento τ (quest'ultimo mediante carta semilog).
- Determinare γ e Q da T_1 e τ.

Studio del circuito in regime sinusoidale

A questo punto, invertire C e R nel circuito per poter prendere la tensione ai capi di R ($\rightarrow CH2$), mantenendo la tensione ai capi del generatore sul $CH1$.

Misura delle frequenza di risonanza dal massimo di V_R

Variando la frequenza del generatore, trovare la condizione di massimo. Cercare di associare a questo valore una *incertezza* che tenga conto del fatto che, sperimentalmente, c'è un intervallo di valori di ν per i quali V_R non varia dal massimo.

Misura delle frequenza di risonanza dalla degenerazione dell'ellisse

Impostare l'oscilloscopio nella configurazione $X \leftrightarrow Y$ ($X = CH1 = V_0$, $Y = CH2 = V_R$). Determinare la frequenza di risonanza dalla condizione che l'ellisse degeneri in un tratto di retta. Anche in questo caso, cercare di associare una *incertezza* alla determinazione di ν_0 considerando l'intervallo di valori per i quali l'ellisse se confonde con un tratto di retta.

Studio sistematico della funzione di trasferimento ai capi di R

Per questa misura è importante monitorare V_0, intesa come tensione del generatore in assenza di circuito (vedi nota 2). Determinare, in funzione della frequenza, le seguenti grandezze:

- tensione ai capi di R (V_R): calcolare V_R/V_0;
- tensione ai capi del generatore (V_G), la quale può differire da V_0 a causa degli effetti di partizione: calcolare V_G/V_0 e V_R/V_G;
- differenza di fase, mediante metodo dell'ellisse, fra la tensione ai capi di R e la tensione ai capi del generatore (V_G);
- differenza di fase, mediante il metodo del ritardo, fra la tensione ai capi di R e la tensione ai capi del generatore (V_G);
- differenza di fase, mediante il metodo del ritardo, fra la tensione ai capi di R e la tensione ai capi del generatore *quando in circuito è disconnesso* (V_0).[2]

Si raccomanda di prendere almeno 10-15 valori di frequenza, avendo cura di intensificare le misure in prosimità del picco di risonanza. Graficare i rapporti V_R/V_0, V_R/V_G, V_G/V_0 e gli sfasamenti in funzione della frequenza. Valutare il Q del circuito dalla dalla *larghezza di banda*.

Studio sistematico della funzione di trasferimento ai capi di C

Invertire C ed R per ripetere un analogo studio ai capi di C, usando gli stessi valori di frequenza usati nel caso precedente. Inoltre, valutare accuratamente la frequenza per la quale si ha il massimo di V_C (ν_{0_C}) e confrontare il risultato ottenuto con ν_0. Effettuare gli analoghi grafici. Valutare Q da $V_C(\nu = \nu_0)$.

[2]Questa misura è fattibile grazie all'uso del **trigger esterno**: si disconnetta il circuito, mantenendo l'uscita del generatore su $CH1$ e si registri il tempo per il quale la sinusoide ha un massimo o un minimo; successivamente si riconnetta il circuito e si misuri il tempo per il quale si verifica la stessa condizione su V_R. Durante questa misura è opportuno controllare che V_0 in assenza di circuito si mantenga costante (suggerimento: per ogni eventalità è opportuno riportarla sul logbook ad ogni frequenza).

Riepilogo di formule RCL

Vengono riportate di seguito alcune formule di interesse (R rappresenta la resistenza totale del circuito, composta da: resistenza del generatore, resistenza interna all'induttore e resistenza del resistore):

$$\gamma = \frac{R}{L} \tag{1}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{L\,C}} \tag{2}$$

$$\omega_1^2 = \omega_0^2 - \left(\frac{\gamma}{2}\right)^2 \tag{3}$$

$$\tau = \frac{2}{\gamma} \tag{4}$$

$$Q_{osc} = \frac{\omega_0}{\gamma} \tag{5}$$

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \tag{6}$$

$$\Delta\phi = 2\,\pi\,\frac{\Delta T}{T} \tag{7}$$

$$\sin\Delta\phi = \frac{y(o)}{Y} = \frac{2\,a}{2\,b} \tag{8}$$

$$Q_{ris} = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} \tag{9}$$

$$\Delta\omega = \omega_2\big|_{V_R=\frac{V_{R_{max}}}{\sqrt{2}}} - \omega_1\big|_{V_R=\frac{V_{R_{max}}}{\sqrt{2}}} \tag{10}$$

$$\Delta\omega = \frac{R}{L} \tag{11}$$

$$Q_{V_c} = \left.\frac{V_c}{V_0}\right|_{\nu=\nu_0} \tag{12}$$