Esercitazioni di Laboratorio II
Oscilloscopio Parte B

Salvatore di Maggio
Chiara Santoro

7 maggio 2005

Indice

1 Considerazioni preliminari

Nella trattazione che segue, prima di ogni sessione di misura è stato effettuato un azzeramento degli strumenti, effettuato con i metodi già descritti nella relazione riguardante la parte A delle esercitazioni sull'oscilloscopio.

2 Svolgimento della prova

2.1 Resistenza del circuito

Si è realizzato un circuito come da figura 1 i cui elementi hanno le seguenti caratteristiche:

- il resistore ha un valore nominale di $R = 82\,\Omega \pm 10\%$; le misure effettuate col tester ci hanno dato dei valori di $R = (88.8 \pm 0.6)\,\Omega$. Calcolando la media pesata fra i due, risulta $R = (88.8 \pm 0.6)\,\Omega$;
- l'induttanza ha un valore nominale di $L = (47 \pm 10\%)\,\text{mH}$;
- il condensatore ha un valore nominale di $C = (720 \pm 10\%)\,\text{pF}$.

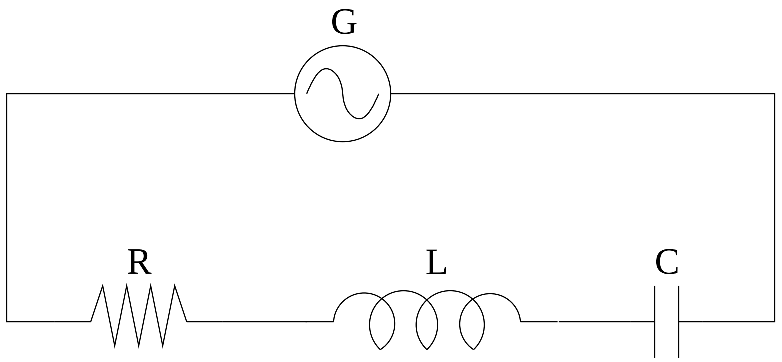

Figura 1: Schema del circuito considerando gli elementi come ideali.

Il generatore di onde ha una sua resistenza interna, dichiarata dal costruttore, di $r = 600\,\Omega \pm 10\%$ ed una precisione sulla frequenza di $\pm 3\% \pm 1\,\text{Hz}$. Il circuito ideale risulta pertanto modificato secondo la figura 2, dove viene indicato anche l'oscilloscopio, la cui resistenza interna è di $1\,\text{M}\Omega$: esso serve per misurare delle tensioni, quindi viene collegato in parallelo al circuito. In questa configurazione la sua resistenza interna ha un effetto trascurabile sul circuito.

Per la valutazione della resistenza totale del circuito bisogna sommare i contributi dei vari elementi; in particolare avremo

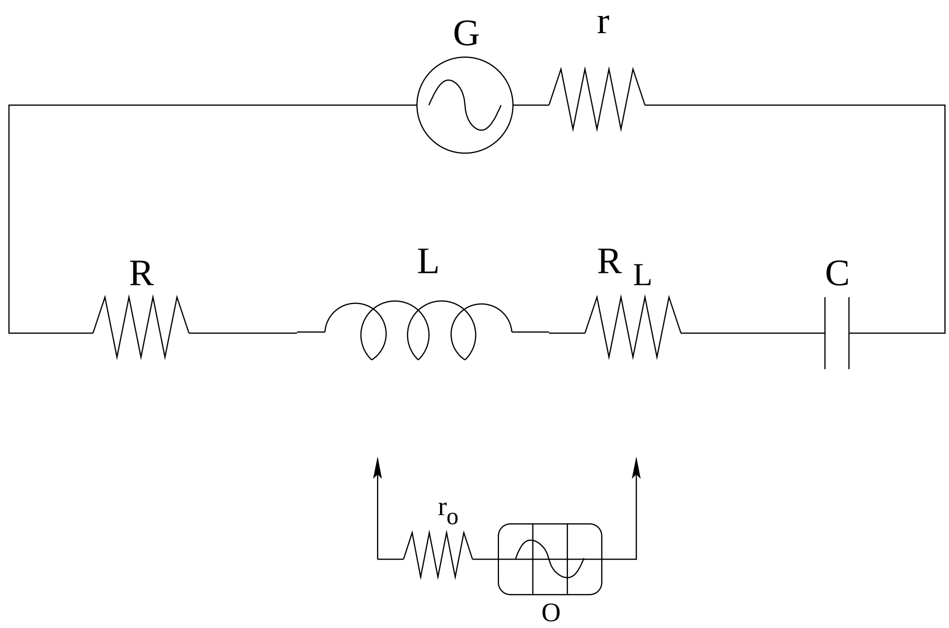

Figura 2: Schema del circuito considerando gli elementi come reali.

- La resistenza interna dell'oscilloscopio $r = 600\,\Omega \pm 10\%$;
- la resistenza del resistore di $R = (88.8 \pm 0.6)\,\Omega$;
- la resistenza dell'impedenza misurata $R_{\mathrm{L}} = (449 \pm 2)\,\Omega$.

Dato che le resistenze del circuito sono tutte in serie, la resistenza totale sarà la loro somma:

$$\begin{aligned} R_{\mathrm{TOT}} &= r + R_L + R = \left[(6.0 \pm 0.6) \cdot 10^2 + (449 \pm 2) + (88.8 \pm 0.6)\right]\,\Omega = \\ &= (1.14 \pm 0.06) \cdot 10^3\,\Omega\,. \end{aligned}$$

Le incertezze sono state valutate attraverso la loro somma in quadratura:

$$\varepsilon = \sqrt{(0.6 \cdot 10^2)^2 + 2^2 + 0.6^2}$$

2.2 Smorzamento critico

Si imposta l'uscita del generatore in modo che fornisca un'onda quadra (vd. figura 3).

Si parte dalla condizione di sottosmorzamento secondo lo schema di figura 4, perché in seguito, mediante un potenziometro in serie, si aumenta la

Figura 3: Onda quadra in uscita dal generatore.

resistenza del ciruito in modo da porsi in condizioni di smorzamento critico. Prima di tutto si devono calcolare le due quantità

$$\begin{aligned} \left(\frac{R_{\mathrm{TOT}}}{2L}\right)^2 &= (1.5 \pm 0.3) \cdot 10^8 \,\mathrm{s}^{-2} \\ \frac{1}{LC} &= (3.0 \pm 0.4) \cdot 10^{10} \,\mathrm{s}^{-2}\,. \end{aligned}$$

Si vede che essendo $(R_{\mathrm{TOT}}/2L)^2 < (1/LC)$, ovvero $R_{\mathrm{TOT}}^2 < (4L/C)$, siamo in condizioni di sottosmorzamento. La frequenza caratteristica viene calcolata come

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} = (1.7 \pm 0.1) \cdot 10^5 \,\frac{\mathrm{rad}}{\mathrm{s}} \Rightarrow \nu_0 = (27 \pm 2) \,\mathrm{kHz}\,.$$

Ora si va a valutare ω_0 all'oscilloscopio; la figura 4 mostra lo schema per la rilevazione della tensione ai capi del condensatore C visualizzata sull'oscilloscopio come da figura 5: viene impostata la scala dei tempi a $20\,\mu\mathrm{s}/\mathrm{div}$ valutando 3 periodi. Si legge un valore di $112 \pm 4\,\mu\mathrm{s}$. Alla fine risulta

$$T_0 = (37 \pm 1)\,\mu\mathrm{s} \Rightarrow \nu_0 = (26.8 \pm 0.7)\,\mathrm{kHz},$$

che, come si vede, è compatibile col valore previsto per via teorica.

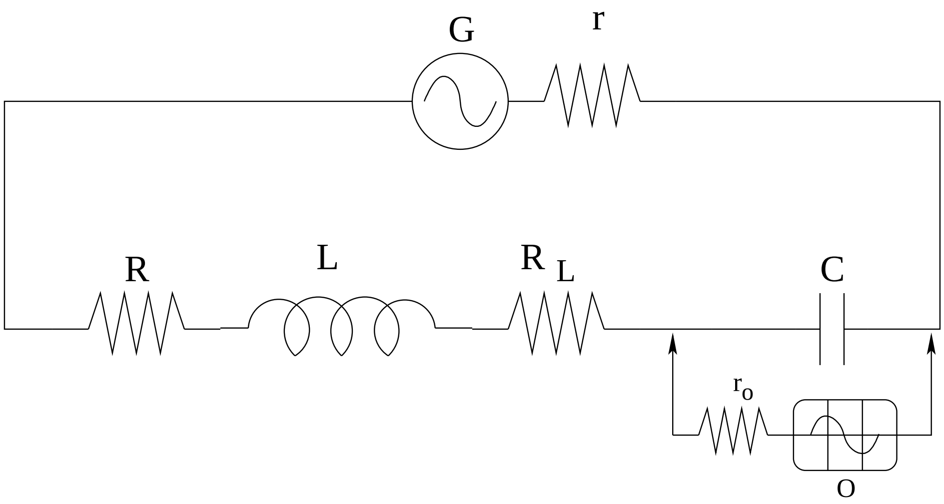

Figura 4: Schema del circuito in condizioni di sottosmorzamento e indicazione delle connessioni dell'oscilloscopio.

Figura 5: Tensione risultante ai capi del condensatore in condizioni di sottosmorzamento.

2.3 Smorzamento logaritmico

Si passa ora al calcolo dello smorzamento logaritmico. Esso è definito come il logaritmo del rapporto fra le ampiezze di due qualsiasi periodi successivi.

Questa misura deve dare gli stessi risultati sia nel caso in cui venga effettuata su due periodi contigui, sia nel caso venga effettuata su più periodi; in questo ultimo caso si avrebbe:

$$S_n = \ln \frac{A_0}{A_n} = \ln \frac{A_0}{A_1}\frac{A_1}{A_2} \cdots \frac{A_{n-1}}{A_n} = n\, S_1\,,$$

da cui

$$S_1 = \frac{S_n}{n} = \frac{\ln \dfrac{A_0}{A_n}}{n}\,.$$

Impostando la scala temporale a $50\,\mathrm{mV/div}$, si sono effettuate le misure su più massimi secondo la tabella 1

N. Max	mtacche	valore
1	8	$(8 \pm 1) \cdot 10$ mV
2	5	$(5 \pm 1) \cdot 10$ mV
3	3	$(3 \pm 1) \cdot 10$ mV

Tabella 1: Valori dei massimi misurati su 4 periodi successivi.

Si trova

$$\begin{aligned}
S_1 &= \log \frac{8 \pm 1}{5 \pm 1} = 0.5 \pm 0.2\,, \\
S_2 &= \log \frac{5 \pm 1}{3 \pm 1} = 0.5 \pm 0.4\,, \\
\frac{S_n}{2} &= \frac{\log \dfrac{8 \pm 0.2}{3 \pm 0.2}}{2} = 0.5 \pm 0.2
\end{aligned}$$

I risultati dello smorzamento logaritmico dànno valori consistenti sia nel caso di valutazioni su un solo periodo, sia su più periodi.

Per realizzare le condizioni di smorzamento critico, secondo i calcoli si dovrebbe avere una $R_{\mathrm{TOT}} = (16 \pm 1)\,\mathrm{k\Omega}$. Dato che noi partiamo da una $R_{\mathrm{TOT}} = (1.14 \pm 0.06)\,\mathrm{k\Omega}$, mediante un potenziometro da $100\,\mathrm{k\Omega}$ f.s. impostato, secondo misura da tester, a $(14,98 \pm 0.09)\,\mathrm{k\Omega}$, inserito in serie come indicato in figura 6, si ottiene la situazione cercata. Le tre figure 7, 8 e 9 mostrano le diverse onde con il potenziometro rispettivamente ai valori nominali di $14.98\,\mathrm{k\Omega}$, a $100\,\mathrm{k\Omega}$ e a $0\,\mathrm{k\Omega}$.

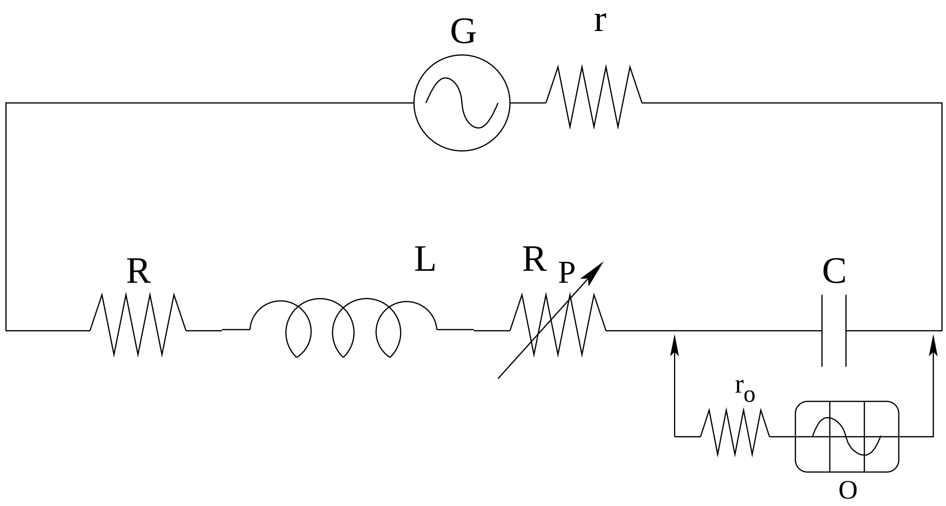

Figura 6: Schema del circuito per realizzare le condizioni di smorzamento critico.

Figura 7: Tensione risultante ai capi del condensatore in condizioni di sottosmorzamento.

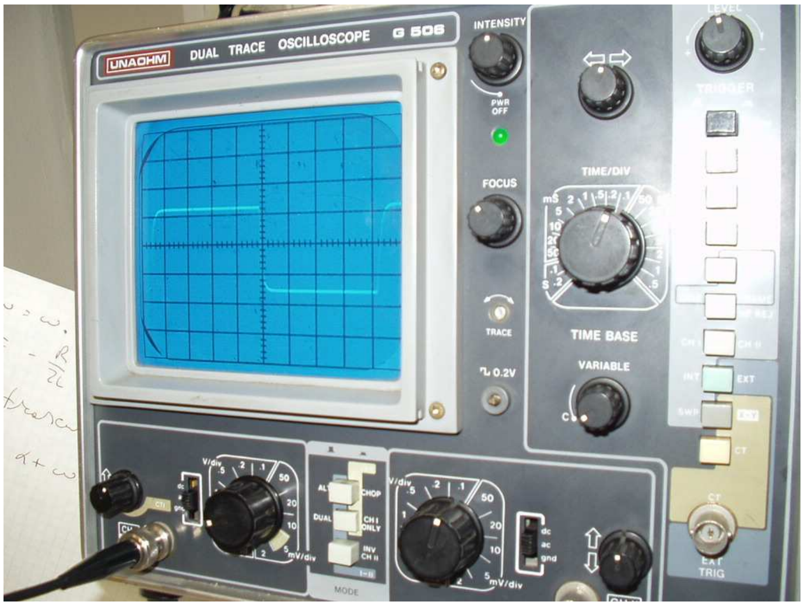

Figura 8: Tensione risultante ai capi del condensatore in condizioni di smorzamento critico.

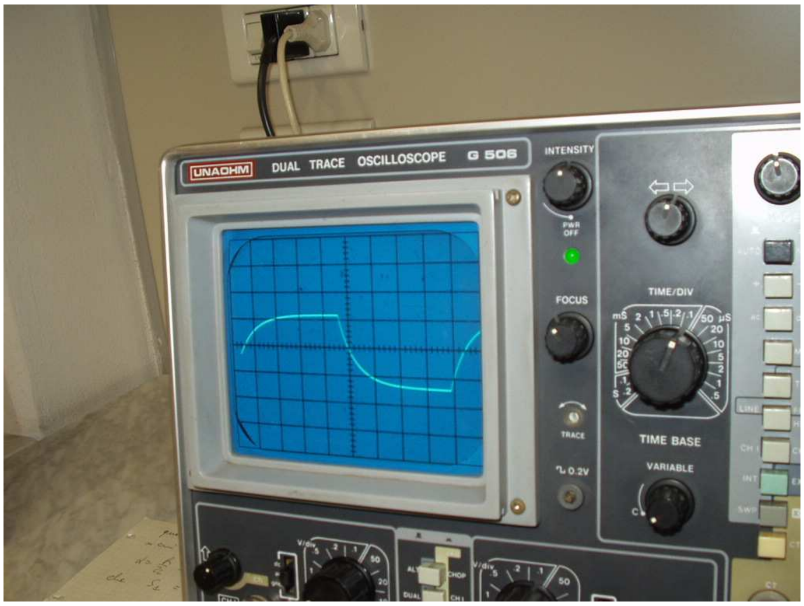

Figura 9: Tensione risultante ai capi del condensatore in condizioni di sovrasmorzamento.

2.4 Modifica del circuito

Si prova ora a vedere come varia la frequenza caratteristica in seguito a una modifica apportata al circuito.

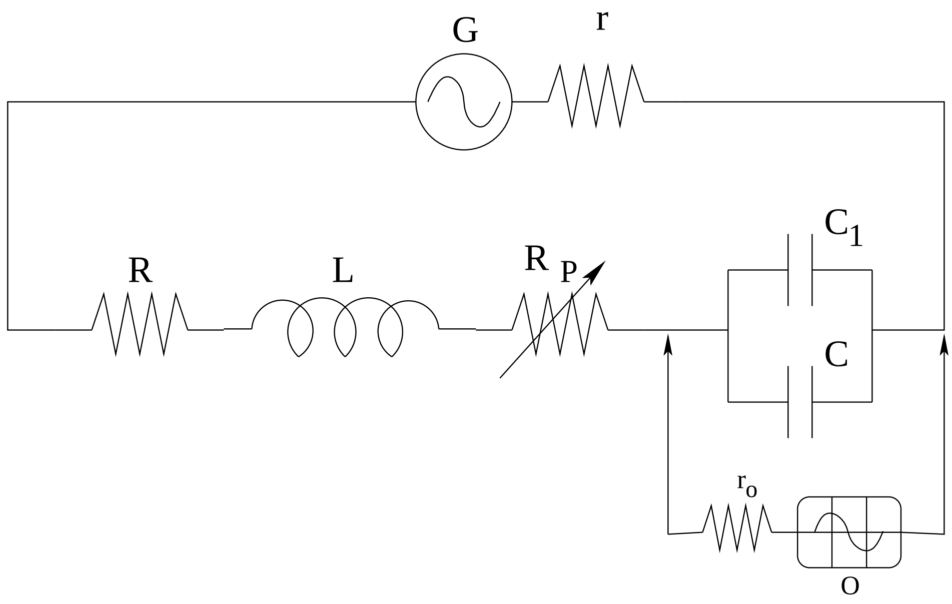

Figura 10: Schema del circuito modificato per variare le condizioni di smorzamento critico.

La figura 10 mostra che la modifica al circuito interessa il condensatore C al quale viene messo in parallelo un secondo condensatore C_1. Quest'ultimo ha una capacità nominale di 1000 pF, ma viene misurata una capacità reale di 1100 pF, portando così la capacità complessiva a

$$C_{\text{TOT}} = C + C_1 = (720 + 1100)\,\text{pF} \pm 10\% = (1.8 \pm 0.1)\,\text{nF}\,.$$

In questo caso teoricamente risulta

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC_{\text{TOT}}}} = (1.08 \pm 0.07) \cdot 10^5 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \Rightarrow \nu_0 = (17 \pm 1)\,\text{kHz}\,.$$

Impostando l'oscilloscopio a $50\,\mu$s/div si trovano 4 periodi che si estendono per 4 divisioni e 2 piccole tacche, per cui il periodo è

$$T_0 = \frac{200 + 20 \pm 10}{4}\,\mu\text{s} = (55 \pm 3)\,\mu\text{s} \Rightarrow \nu_0 = (18.2 \pm 0.9)\,\text{kHz}\,.$$

Si vede che il valore della frequenza ricavata dalle misure sull'oscilloscopio e quella calcolata in via teorica sono compatibili fra loro.