Esperienza 13

Brugnara Fabio
Debiasi Maddalena
Musso Francesco
Gruppo A01

15 dicembre 2019

1 Analisi teorica

Si vuole studiare il comportamento di un circuito incognito rappresentato nella figura sottostante.

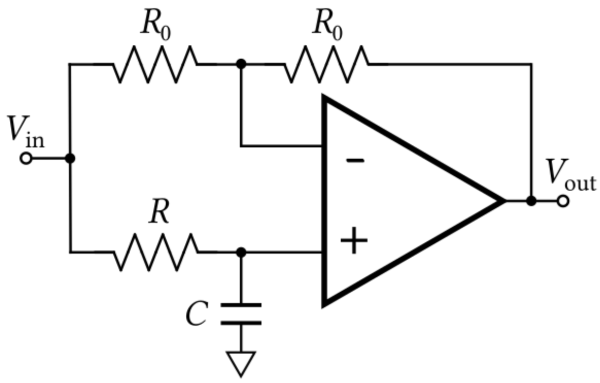

Figura 1

Studiando il circuito in trasformata di Laplace, si usano le impedenze generalizzate $Z_R = R$, $Z_{R_0} = R_0$ e $Z_C = \frac{1}{sC}$, il teorema di Millman e l'ipotesi che l'op-amp sia ideale ottenendo il sistema di equazioni:

$$\begin{cases} \tilde{V}_+ = \tilde{V}_- \\ \tilde{V}_+ = \frac{\frac{\tilde{V}_{in}}{R}}{\frac{1}{R}+sC} \\ \tilde{V}_- = \frac{\tilde{V}_{out}+\tilde{V}_{in}}{2} \end{cases}$$

Risolvendo il sistema si trova un'unica equazione di $\tilde{V}_{out}$ in funzione di $\tilde{V}_{in}$ così da ottenere direttamente la funzione del guadagno (con $s = -i\omega$ e $\tau = RC$):

$$\tilde{G}(\omega) = \frac{1 - sRC}{1 + sRC} = \frac{1 + i\omega\tau}{1 - i\omega\tau} = e^{2i\arctan(\omega RC)} \tag{1}$$

Calcolando l'antitrasformata, usando le tabelle presenti online, si ottiene la funzione di trasferimento nello spazio dei tempi:

$$G = \frac{2\theta(t)}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} - \delta(t) \tag{2}$$

Successivamente si grafica il diagramma di Bode ponendo $R = 20\,\mathrm{k\Omega}$ e $C = 10\,\mathrm{nF}$. Osservando l'equazione 1 si evince immediatamente che il modulo di $\tilde{G}$ è uguale ad 1, indipendentemente dalla frequenza, mentre la fase è:

$$\varphi = 2\arctan(\omega\tau) \tag{3}$$

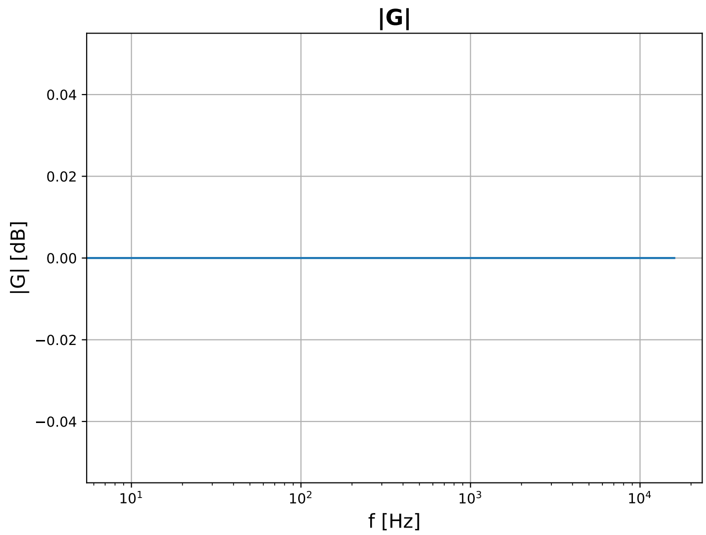

Figura 2: Modulo funzione trasferimento

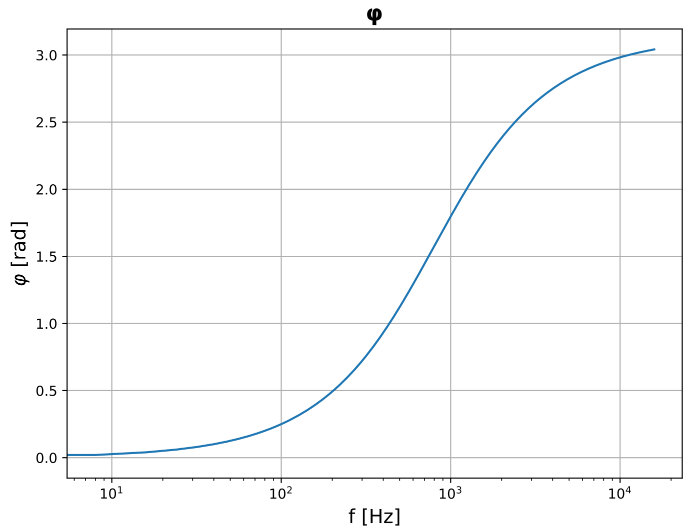

Figura 3: Fase funzione di trasferimento

Osservando i Bode plot si capisce il funzionamento di questo circuito ignoto, comprendendo come si tratti di un circuito sfasatore (il modulo rimane costante al variare della frequenza, mentre la fase, a causa del passa-basso, viene sfasata al variare della frequenza fino a uno sfasamento di π)

2 Realizzazione sperimentale

Ora si realizza sperimentalmente il circuito e facendo riferimento alla figura 2 si utilizza $R_0 = 10\,\mathrm{k\Omega}$, R un trimmer da $50\,\mathrm{k\Omega}$ e $C = 10\,\mathrm{nF}$.

Il modulo non cambia al variare di R, mentre si studia l'andamento della fase per verificare l'equazione 3.

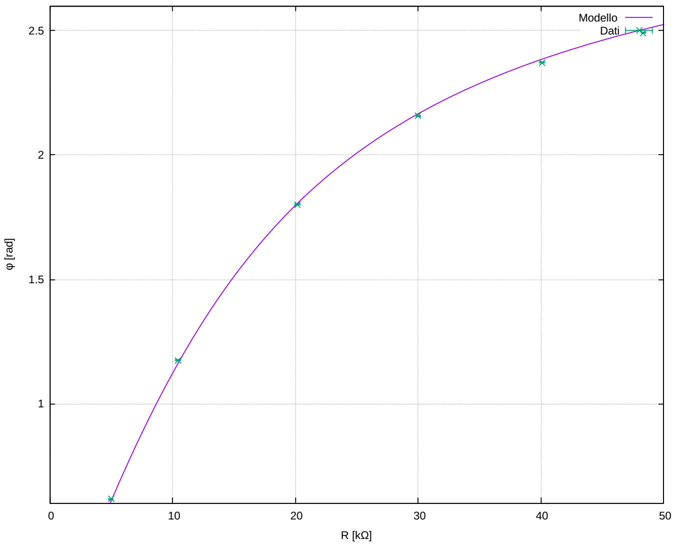

Figura 4: φ al variare di R

Si riportano i diagrammi di Bode sperimentali, realizzati per confermare la validità delle predizioni teoriche della sezione precedente.

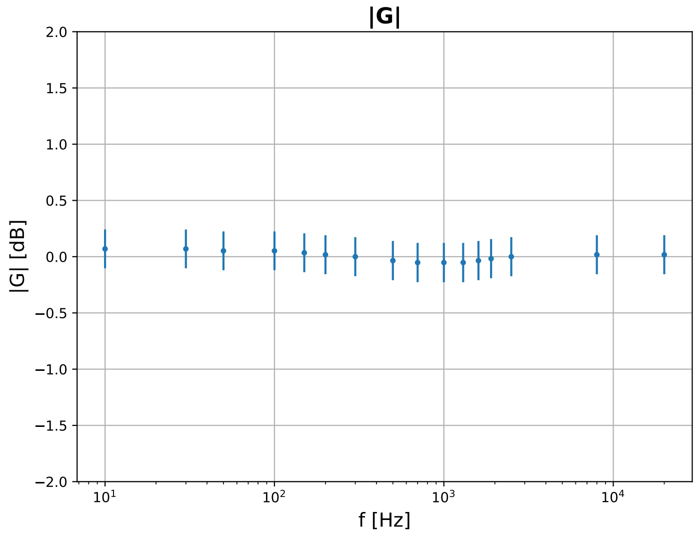

Figura 5: Modulo funzione di trasferimento sperimentale

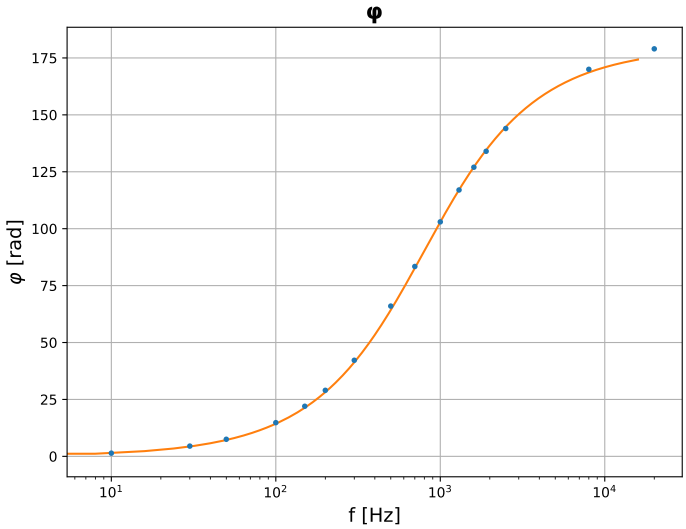

Figura 6: Fase funzione di trasferimento sperimentale

I moduli di G, in dB, risultano tutti compatibili con 0, come predetto dal modello e la fase teorica rispecchia fedelmente i valori sperimentali registrati.

3 Applicazione al circuito

Al circuito studiato nelle sezioni precedenti si aggiungono due comparatori LM311. Gli ingressi invertenti vengono messi a massa, mentre agli ingressi non-invertenti vengono collegati l'ingresso e l'uscita del circuito precedente.

Le uscite dei due comparatori vengono collegate agli ingressi di una porta XOR e viene osservato il comportamento dell'uscita al variare della resistenza R (in riferimento alle sezioni precedenti).

In uscita si osserva un segnale TTL a frequenza raddoppiata rispetto al segnale in ingresso dove all'aumentare di R risulta un duty maggiore.

Chiamando ℓ la durata dello stato 1 (corrispondente a 3.8 V) si trova la dipendenza lineare con la fase:

$$\ell = \frac{\varphi}{2\pi f} \tag{4}$$

Dove con f si indica la frequenza del segnale in ingresso. Successivamente si può ricavare la dipendenza di ℓ da R utilizzando la relazione trovata nella sezione precedente ($\varphi(R) = 2\arctan(\omega RC)$).

Essendo il circuito un duplicatore di frequenza e convertitore di un'onda sinusoidale in un segnale TTL si suppone che il nome del circuito costruito possa essere "*duplicatore-converitore AC-TTL*".

Di seguito si riporta un esempio di come lavora questo circuito:

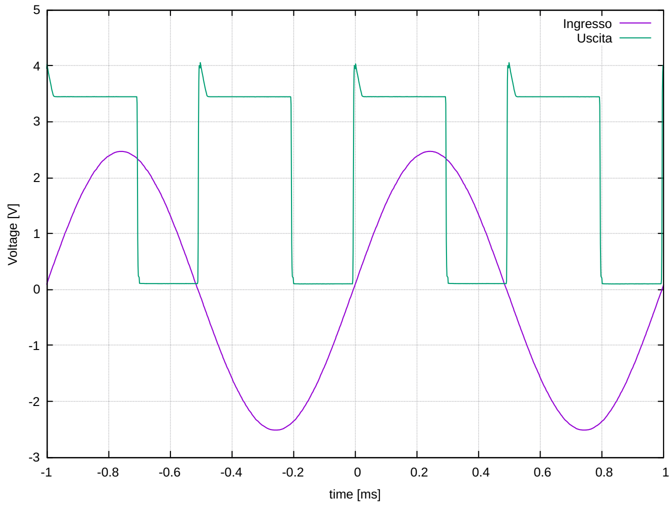

Figura 7

Dal grafico precedente si evince che il circuito lavora come monostabile, in corrispondenza del *rising edge* dell'onda sinusoidale infatti in uscita si trova un impulso di durata fissata dalla resistenza R e dalla capacità C.