

# Esercitazione 05

Laboratorio di Fisica III

26,27,28 Ottobre 2021

---

L'obiettivo dell'esercitazione è quello di realizzare e studiare due tipologie di circuiti che implementano oscillatori: l'oscillatore a ponte di Wien e l'oscillatore a rilassamento. Per meglio comprendere il funzionamento del primo dei due oscillatori, nella prima parte dell'esercitazione viene implementata una sorgente di corrente al fine di misurare la caratteristica I-V di una lampadina. Questo – apparentemente semplice – elemento circuitale svolge un ruolo fondamentale nell'oscillatore a ponte di Wien. Oltre ad aspetti sperimentali, la presente esercitazione richiede la soluzione in forma scritta di problemi teorici.

## Attenzione!

- Includere nella relazione relativa alla presente esercitazione una documentazione fotografica essenziale dei vari circuiti realizzati su breadboard.
- Una valutazione positiva della relazione costituirà un punto di merito ai fini della valutazione finale. A tal fine, la relazione va consegnata entro 12 giorni dalla data di esecuzione.

## Componenti necessarie [\*]

- 1 op-amp OP07;
- 1 op-amp uA741;
- 1 lampadina (funzionante!).

[\*] la lista non tiene conto di resistenze, capacità, breadboard, ecc.

**Gli elementi circuitali devono essere alimentati fornendo come alimentazione +12 V e -12 V, limitando (in prima battuta) la corrente in ciascun ramo dell'alimentatore a 60 mA.**

## 1 Misura della caratteristica I-V di una lampadina mediante una sorgente di corrente di Howland

Il circuito in Fig. 1 realizza una sorgente di corrente costante sul carico  $Z_L$ . Assumendo che l'op-amp sia

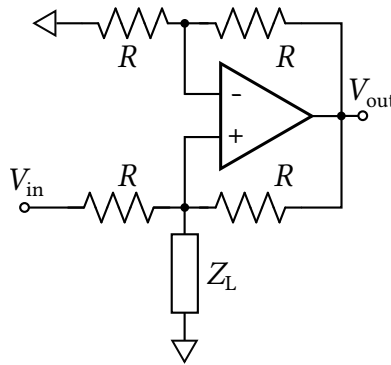


Fig. 1: Sorgente di corrente di Howland.

ideale, si può dimostrare che la corrente che scorre nel carico verso massa è pari a  $V_{in}/R$ , mentre la tensione sul carico è  $V_{out}/2$ . Si realizzi il circuito di Fig. 1 mediante

- un op-amp OP07 opportunamente alimentato,
- 4 resistenze  $R = 100 \, \Omega$ ,
- la lampadina come carico  $Z_L$ .

Si fornisca quindi in entrata al circuito un'onda triangolare  $V_{in}$  di ampiezza picco-picco  $\sim 1.5 \, \text{V}$  e di frequenza  $\sim 0.01 \, \text{Hz}$ .

1. **Si misurino la tensione  $V_{in}$  e, contemporaneamente, la tensione  $V_{out}$  per almeno un periodo dell'onda triangolare. Poiché  $V_{in}$  è proporzionale alla corrente  $I_L$  che scorre nel carico  $Z_L$  mentre  $V_{out}/2$  è la tensione ai capi di  $Z_L$ , si costruisca la curva caratteristica I-V della lampadina. A tal fine le forme d'onda possono essere scaricate mediante chiavetta USB (\*).**
2. **Dopo aver verificato che tale caratteristica è non-lineare, si utilizzi la seguente funzione per "fittare" la curva:**

$$I = \frac{10^3 V}{R_L(1 + \alpha V^2)},$$

dove  $V$ ,  $I$ ,  $R_L$ ,  $\alpha$  sono rispettivamente espressi in V, mA,  $\Omega$ ,  $\text{V}^{-2}$ .

3. **Si provi a giustificare l'espressione precedente.**
4. **Si ricavi l'espressione della corrente che il circuito fornisce al carico  $Z_L$ :  $V_{in}/R$ .**
5. **Si ricavi l'espressione della tensione sul carico  $Z_L$ :  $V_{out}/2$ .**
6. **[FACOLTATIVO] Si stimi il valore massimo della tensione di controllo  $V_{in}$  in funzione di  $R$  affinché l'operazionale non saturi.**
7. **[FACOLTATIVO] Si discuta la stabilità della sorgente di corrente di Howland nel caso di carichi resistivi.**

(\*) L'operazione è eccezionalmente consentita al solo fine della soluzione di questo punto.

## 2 Oscillatore a ponte di Wien

Il circuito in Fig. 2 è un oscillatore a ponte di Wien. Il circuito produce autonomamente in output un'onda sinusoidale la cui frequenza è data da  $f = \omega/2\pi = 1/2\pi\tau = 1/2\pi RC$ .

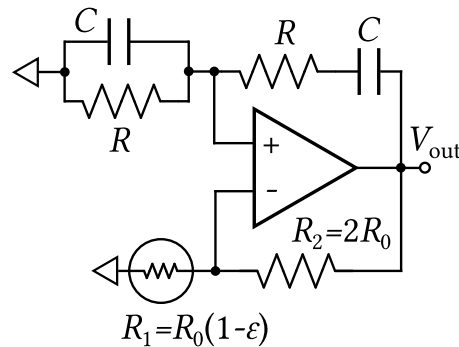


Fig. 2: Oscillatore a ponte di Wien.

Si realizzi il circuito di Fig. 2 mediante

- un op-amp OP07 opportunamente alimentato,
  - due resistenze  $R = 100 \text{ k}\Omega$ , due capacità  $C = 10 \text{ nF}$  ed una resistenza  $R_2 = 100 \Omega$ ,
  - la lampadina come resistenza  $R_1$ .
8. Si caratterizzi l'output del circuito  $V_{\text{out}}$ , misurandone frequenza e ampiezza.
  9. Si provi a spiegare perché il circuito oscilla.
  10. Si provi a spiegare l'ampiezza osservata sulla base dei risultati ottenuti nella prima parte dell'esperienza.
  11. [FACOLTATIVO] Una volta scaricata la forma d'onda mediante chiavetta USB (\*\*), si valuti, mediante un fit, l'entità dell'eventuale componente del segnale a frequenza  $3\omega$ , così come da soluzione approssimata dell'Equazione di van der Pol (vedi dispensa 6, sezione 2).

(\*\*) Vedi punto analogo sopra.

### 3 Oscillatore a rilassamento

Il circuito in Fig. 3 è un oscillatore a rilassamento. L'output del circuito è un'onda quadra la cui frequenza è determinata dal tempo di carica e scarica del condensatore nel ramo di feedback.

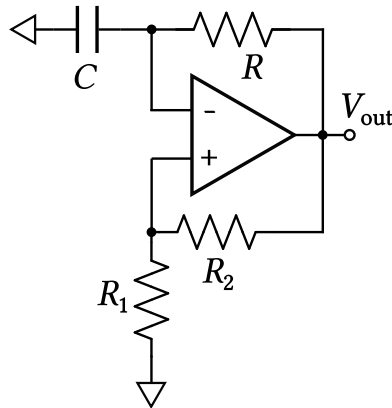


Fig. 3: Oscillatore a rilassamento.

Si realizzi il circuito di Fig. 3 mediante

- un op-amp uA741 opportunamente alimentato,
  - fissando  $R = 100 \text{ k}\Omega$  e  $C = 100 \text{ nF}$ , e,
  - almeno inizialmente,  $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ .
12. Si caratterizzi l'output del circuito  $V_{out}$ , misurandone la frequenza, per tre valori del rapporto  $R_1/R_2$  (ad esempio 0.1, 1 e 10 realizzati mediante resistenze da  $1 \text{ k}\Omega$  e  $10 \text{ k}\Omega$ ).
13. Assumendo che l'op-amp sia ideale, si spieghi il funzionamento del circuito e se ne stimi la frequenza di oscillazione.

#### 4 FACOLTATIVO - Oscillatore a ponte di Wien a diodi

I circuiti riportati in Fig. 4 sono oscillatori a ponte di Wien analoghi al precedente, dove la coppia di diodi sostituisce la lampadina come elemento non-lineare. Entrambi i circuiti producono autonomamente in uscita un'onda sinusoidale la cui frequenza è data da  $f = \omega/2\pi = 1/2\pi\tau = 1/2\pi RC$ .

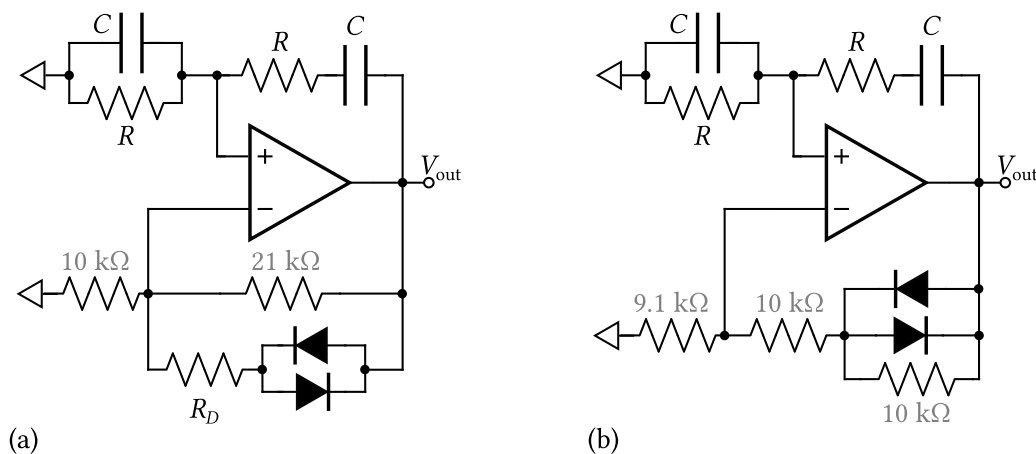


Fig. 4: Oscillatore a ponte di Wien.

Si realizzino i circuiti fissando, per quanto riguarda il ramo non-invertente, le due resistenze  $R$  a 100 kΩ e le due capacità  $C$  a 10 nF; per quanto riguarda invece la resistenza  $R_D$ , si scelgano come valori 50 kΩ, 100 kΩ, 200 kΩ, 300 kΩ.

14. Si caratterizzi l'output del circuito  $V_{out}$ , misurandone frequenza e ampiezza in funzione di  $R_D$ .
15. Si provi a spiegare perché il circuito oscilla.
16. Si provi a spiegare la ragione del diverso comportamento in funzione di  $R_D$ .
17. [FACOLTATIVO] Una volta scaricata la forma d'onda mediante chiavetta USB (\*\*), si valuti, mediante un fit, l'entità dell'eventuale componente del segnale a frequenza  $3\omega$ , così come da soluzione approssimata dell'Equazione di van der Pol (vedi dispensa 6, sezione 2).

(\*\*) Vedi punto analogo sopra.