

Esercitazione 04

Laboratorio di Fisica III

19,20,21 Ottobre 2021

L'obiettivo dell'esercitazione è quello di realizzare e studiare un circuito che implementi un oscillatore armonico a partire dall'equazione differenziale del medesimo. Il circuito, oggetto della lezione n. 8 (*Oscillatori*), è basato su due integratori in cascata e sulla chiusura di un loop collegando l'output del secondo integratore, previa inversione, all'input del primo.

Attenzione!

- Includere nella relazione relativa alla presente esercitazione anche una foto del circuito realizzato 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 necessari [*]

- 3 op-amp OP07;

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

Gli Op-Amp devono essere alimentati fornendo ai rispettivi pin di alimentazione +12 V e -12 V, limitando la corrente in ciascun ramo dell'alimentatore a 20 mA.

1 Oscillatore armonico smorzato mediante due integratori ed un invertitore (amplificatore a guadagno -1)

Il circuito in Fig. 1 rappresenta l'implementazione di un oscillatore armonico smorzato. Lo si realizzi mediante

- tre op-amp opportunamente alimentati e
- scegliendo $R = 100 \text{ k}\Omega$, $C = 10 \text{ nF}$, $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$ e $R_2 = 100 \Omega$.

1. Si misuri l'output del circuito, cioè V_1 all'uscita del primo integratore e V_2 all'uscita del secondo integratore. A tal fine il circuito può essere eccitato, per esempio, connettendo brevemente mediante un filo il pin invertente dell'op-amp che realizza l'invertitore ad un'alimentazione. Si verifichi la stabilità del circuito.
2. Dopo aver verificato che le oscillazioni del circuito vengono smorzate esponenzialmente, si misuri il tempo caratteristico di tale esponenziale per 5 valori del rapporto $\epsilon = R_2/R_1$: $\epsilon = 10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}, 10^{-2}, 10^{-1}$ (dove 10^{-4} è il valore di default). A tal fine, si vari opportunamente R_2 lasciando R_1 invariato. Il valore $\epsilon = 10^{-5}$ va invece realizzato fissando temporaneamente $R_1 = 10 \text{ M}\Omega$. Il tempo di smorzamento deve essere dedotto tramite un fit opportuno.

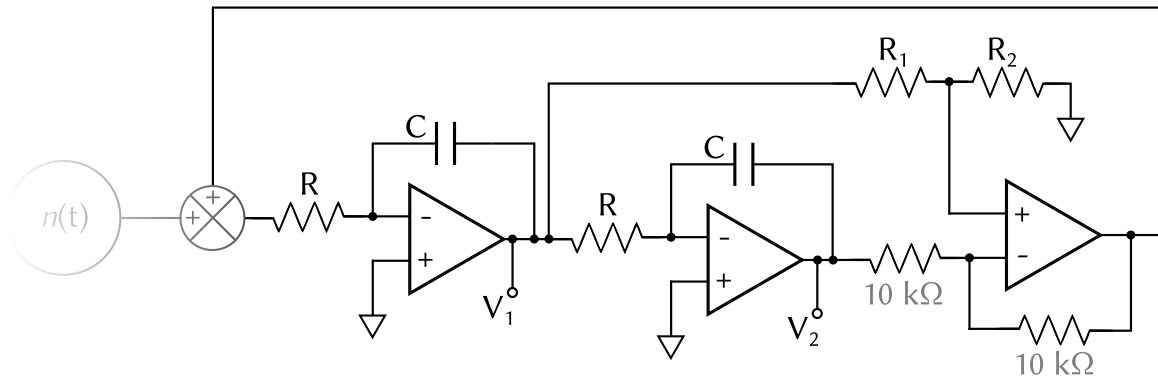


Fig. 1: Oscillatore armonico realizzato mediante due integratori ed un invertitore.

3. Si grafichino i valori dell'inverso del tempo di smorzamento in funzione di $r = \epsilon/(1 + \epsilon)$. Si deduca il valore per $r = \epsilon = 0$ (tale valore può anche essere misurato indipendentemente).
4. Si spieghi quanto osservato, anche in relazione a quanto calcolato teoricamente a lezione.

Al termine si ripristini la condizione di default, e cioè con $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$, $R_2 = 100 \Omega$.

2 Oscillatore armonico di ampiezza costante mediante compensazione dello smorzamento

Per compensare lo smorzamento si introduce un ulteriore ramo come in Fig. 2. Si vedrà come, anche senza eccitazione e comunque dopo un transiente iniziale, il circuito mantiene (**MERAVIGLIOSAMENTE!**) un'oscillazione armonica stazionaria.

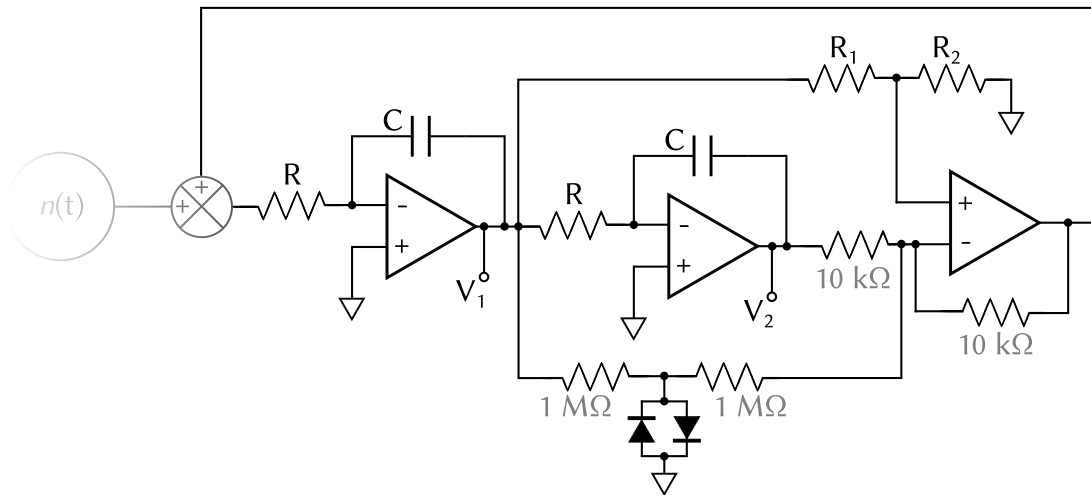


Fig. 2: Oscillatore armonico realizzato mediante due integratori ed un invertitore, con un ulteriore ramo per compensare lo smorzamento.

Si realizzi il circuito di Fig. 2 aggiungendo sul ramo invertente del sommatore la rete basata sulle due resistenze da $1 \text{ M}\Omega$ e i due diodi.

5. Si caratterizzino i segnali V_1 e V_2 prodotti dal circuito, verificando che la loro frequenza sia $(2\pi RC)^{-1}$ e che risultino essere in quadratura ($\Delta\varphi = \pi/2$).
6. Si caratterizzino i segnali V_1 e V_2 nel caso in cui una delle capacità C o delle resistenze R venga cambiata (ad esempio moltiplicandone il valore per 10).

7. **Si verifichi come cambia il comportamento del circuito se si altera invece il guadagno dell'amplificatore invertente, ad esempio raddoppiandolo.**
8. **Si spieghi il comportamento del circuito per quanto riguarda gli ultimi tre punti, anche in relazione a quanto calcolato teoricamente a lezione.**

3 FACOLTATIVO - Sostituzione degli integratori con dei derivatori

E infine, ...

9. **...si provi a realizzare l'oscillatore sostituendo gli integratori con dei derivatori (!).**