

# Laboratorio di Fisica 3 AVANZATO

Proff. D. Nicolò, C. Roda

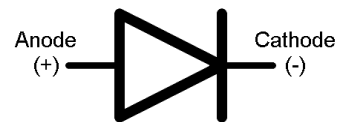
## ***Esercitazione N. 5*** ***Usi non lineari degli amplificatori operazionali***

Scopo dell'esperienza di oggi è lo studio di alcuni circuiti esplicativi in cui gli amplificatori operazionali vengono utilizzati sia in modalità lineare, vista anche nella scorsa esperienza, che non lineare. I circuiti che saranno studiati sono l'amplificatore di carica, il trigger di Schmitt e due circuiti multivibratori.

### **Preparazione dei componenti**

La prima operazione da fare è preparare i vari componenti (resistenze, condensatori e diodi) che dovrete utilizzare verificando i valori delle resistenze e misurando quelle delle capacità con il relativo errore.

I diodi si trovano nella scatolina che vedete nella foto che si trova nel kit Elegoo-avanzato. Il diodo è mostrato nella foto e la barra d'argento indica il catodo.



Gli amplificatori operazionali che utilizzerete sono i TL081 alimentati a +5V e -5V. Tenete come al solito a portata di mano il data-sheet per controllare la disposizione dei piedini.

NB: Nella scheda l'ampiezza del segnale si intende picco-picco. Nella relazione chiarite sempre che cosa intendete.

### 1. AMPLIFICATORE DI CARICA

Nel primo circuito che vedrete oggi si propone un esempio di un circuito che si utilizza per registrare la quantità di carica prodotta dal segnale di un rivelatore, questa carica è normalmente rilasciata in un impulso breve e di forma variabile. Un metodo che viene spesso utilizzato per misurare questo tipo di segnale è quello detto di "time-over-threshold" (TOT) (vedi figura 2). Con questo metodo si trasforma il segnale in carica prodotto dal rivelatore in un segnale in tensione di forma fissa e, per misurare l'ampiezza, si misura il lasso di tempo in cui il segnale rimane al di sopra di una soglia prefissata. Un circuito che realizza il TOT è indicato in figura, ed è costituito da tre elementi base:

- un circuito di iniezione di carica ( $V_S + C_T$ ) che simula il segnale generato da un rivelatore;
  - un circuito formatore (shaper) che converte la carica in un segnale in tensione di forma fissata;
  - un discriminatore che confronta il segnale con una soglia prefissata e produce un impulso proporzionale al tempo in cui il segnale è sopra la soglia.
- a. Il circuito che monterete oggi è piuttosto complicato quindi prima di montare il circuito fate un progetto di montaggio ad esempio disegnandolo sullo schema della basetta in

figura. Decidete come disporre i componenti, le alimentazioni, il generatore di segnale sulla basetta. Tenete conto che il montaggio procederà in due fasi, prima monterete il circuito iniezione di carica + formatore, poi il discriminatore ed infine collegherete le due parti.

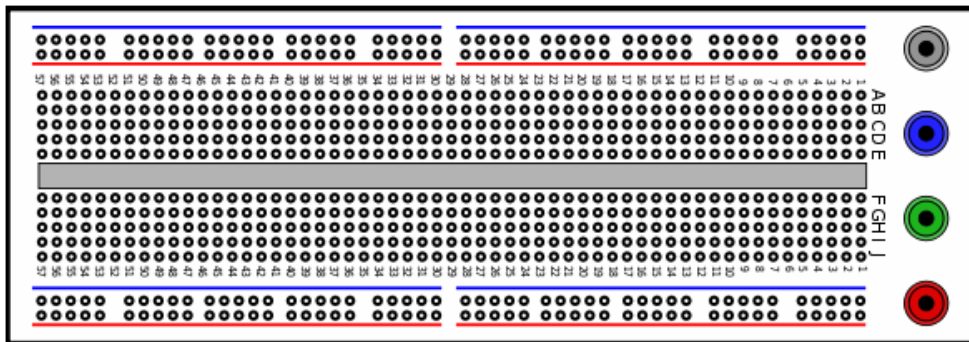


Figura 1- Baset

- b. Ogni membro del gruppo monti indipendentemente la parte di circuito per l'iniezione di carica ed il circuito formatore. Inviate in ingresso un'onda quadra di frequenza circa 100 Hz e ampiezza circa 2Vpp, che simula una iniezione di carica  $Q_{in} = C_T \cdot V_S$ , e verificate che la tensione in uscita dall'amplificatore operazionale abbia la forma attesa;
- c. Ognuno monti il circuito discriminatore ed utilizzando il secondo generatore di tensione di Wavegen invii un segnale continuo all'ingresso invertente dell'amplificatore operazionale di 60 mV. La tensione che inviate all'ingresso invertente fungerà da tensione di soglia ( $V_{thr}$ ).

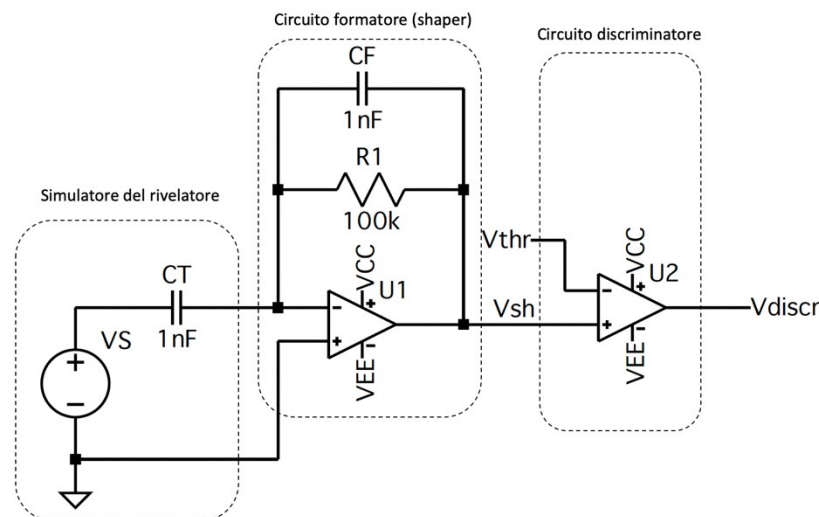


Figura 2 - Circuito TOT

- d. Collegate i due circuiti e descrivete il funzionamento del circuito calcolando il segnale atteso nei punti Vsh e Vdiscr. Per l'analisi del circuito assumete che sia il gradino in ingresso sia l'amplificatore operazionale siano ideali e che quindi l'iniezione di carica sui condensatori  $C_T$  e  $C_F$  sia istantanea.
- e. Per un singolo valore della carica iniettata  $Q_{in}$  misurate indipendentemente la durata dell'impulso di uscita e riportate i valori ottenuti.
- f. Su un singolo circuito variate l'ampiezza del segnale in ingresso e misurate la relazione tra durata dell'impulso (T) in uscita e la carica iniettata nel circuito ( $Q_{in}$ ). Come noterete il fronte di discesa non è a scalino come in un'onda quadra ideale, spiegate

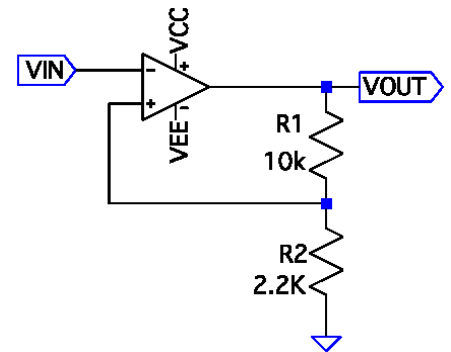
questo comportamento e illustrate precisamente come avete misurato la durata del segnale.

- g. Fino a che ampiezza di carica in ingresso si osserva un segnale all'uscita  $V_{discr}$ ?
- h. Confrontate la dipendenza di  $T$  da  $Q_{in}$  con quanto vi aspettate dall'analisi del circuito estraendo con un fit ai dati  $V_{thr}$  e  $\tau$ .

## 2. TRIGGER DI SCHMITT (NON SMONTATE IL CIRCUITO UNA VOLTA COMPLETATA QUESTA PARTE)

Il Trigger di Schmitt è un circuito discriminatore con isteresi realizzato con un amplificatore operazionale con reazione positiva, in laboratorio vedete la reazione positiva per la prima volta.

- a. Montate il circuito in figura e riportate su un grafico la risposta ad un segnale sinusoidale sia visualizzando i due segnali in funzione del tempo sia utilizzando la visualizzazione xy dell'oscilloscopio.
- b. Misurate i segnali prodotti dall'amplificatore operazionale in condizioni di saturazione positiva e negativa.
- c. Descrivete brevemente il funzionamento del circuito e valutate i valori delle due soglie.
- d. Discutete cosa succede cambiando la frequenza e l'ampiezza del segnale e valutate i limiti di operazione del circuito, considerando in particolare l'effetto dello slew rate dell'amplificatore operazionale.

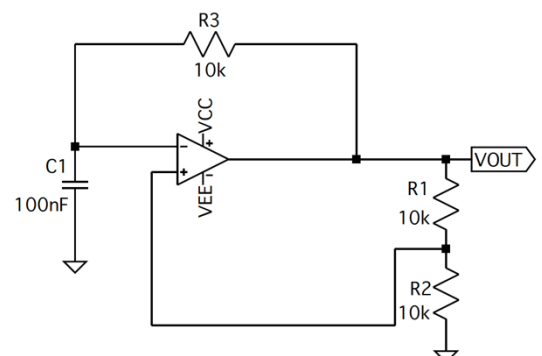


## MULTIVIBRATORE ASTABILE E MONOSTABILE

Ogni membro del gruppo monti i due circuiti in figura e riporti le misure richieste nella relazione. Per i grafici potete riportare il risultato di un solo circuito a meno che non osserviate differenze che meritino una discussione specifica.

### 3. Multivibratore astabile

- a. Analizzate il funzionamento del circuito astabile in figura, determinando il periodo di oscillazione in funzione del valore dei componenti.
- b. Modificate il circuito del trigger di Schmitt per montare il circuito di figura (ricordatevi di sostituire anche la resistenza R2). Ovviamente non inviate segnali in ingresso.
- c. Osservate i segnali VOUT,  $V_-$ ,  $V_+$ , e mostratene l'andamento in funzione del tempo, confrontandoli con i valori attesi dall'analisi del circuito.
- d. Misurate il periodo ed il duty cycle dell'onda quadra in uscita e confrontatelo con quanto atteso.
- e. Discutete qualitativamente la massima frequenza che può produrre questo generatore di onde quadre e l'origine di questa limitazione. Scegliete valori ridotti di R3 e C1 in modo da mettere in evidenza questa limitazione.



### 4. Multivibratore monostabile

- a. Ripristinate i valori di R3 e C1 del circuito originale e modificate il circuito come segue:

- Inserite il diodo D1-1N4007 in parallelo al condensatore C1 come mostrato in figura, consultate il data-sheet per verificare la posizione del catodo;
- Inviare all'ingresso non invertente dell'amplificatore operazionale l'uscita di un filtro passa-alto attraverso il diodo D2-1N4007 come mostrato in figura. In ingresso al filtro (VTRIG) inviate un'onda quadra di frequenza di circa 100 Hz, ed ampiezza 4Vpp.

- Osservate i segnali nei punti OUT, V-, V+, e riportatene l'andamento in funzione del tempo.
  - Misurate la durata dell'impulso generato e confrontatela con il valore atteso.
  - Esaminare il funzionamento del circuito, in particolare discutendo:
    - quali fronti del segnale di VTRIG provocano la transizione di VOUT;
    - se la durata dell'impulso VOUT cambia con la frequenza, ampiezza o duty cycle di VTRIG;
    - la massima frequenza a cui è possibile pilotare il multivibratore;
    - la minima ampiezza del segnale VTRIG per cui il circuito funziona.
- Fate attenzione a misurare i valori corretti di Vgamma, delle tensioni di soglia e delle tensioni  $V_{OL}$  e  $V_{OH}$ .

