

# Laboratorio di Fisica 3 Base

Proff. D. Nicolò, C. Roda

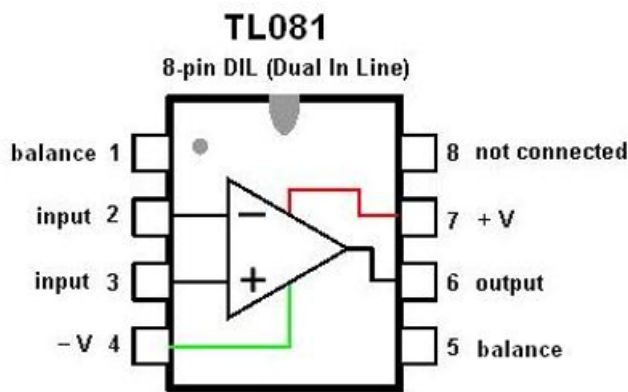
## ***Esercitazione N. 5*** ***Usi non lineari degli amplificatori operazionali***

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 ed un circuito astabile.

### **Preparazione dei componenti**

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

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

Nella presente sezione si propone 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). 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 1.

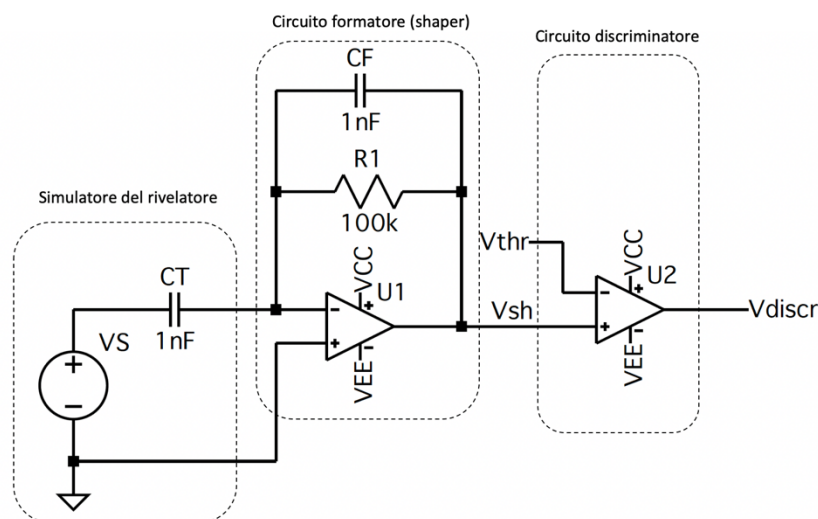


Figura 1 - Circuito TOT

Il circuito 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 montarlo fate un progetto, ad esempio disegnandolo sullo schema della basetta in figura 2. Decidete come disporre i componenti, le alimentazioni, il generatore di segnale. Tenete conto che il montaggio procederà in due fasi, prima monterete il circuito “iniezione di carica e formatore”, poi il discriminatore ed infine collegherete le due parti.

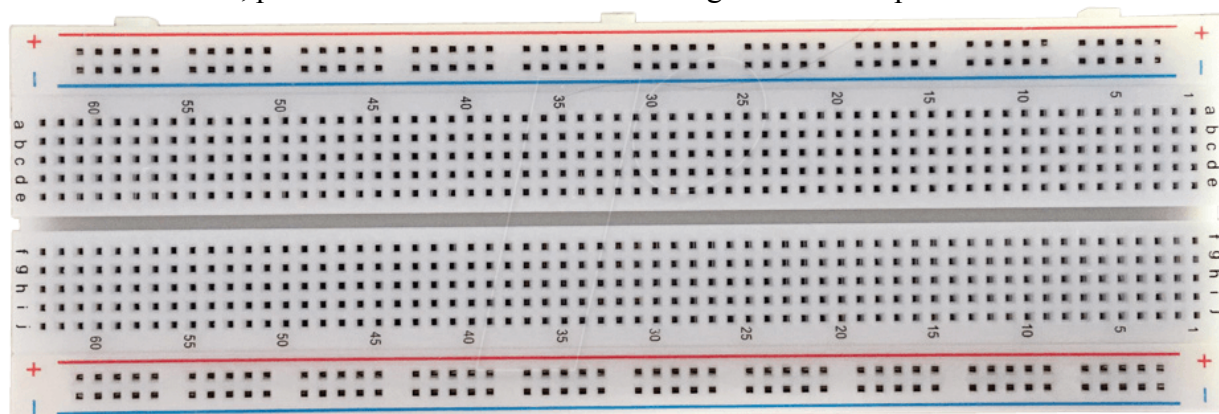


Figura 2- Basetta

- b. Le capacità da 1nF sono di difficile misura perché l'uso dei puntali ne influenzerebbe il valore di capacità. Invece di misurarle potete assumere il valore nominale con l'errore del 5% che è indicato dalla lettera J sul condensatore stesso.
- c. Ogni membro del gruppo monti individualmente la parte di circuito per l'iniezione di carica ed il circuito formatore. Inviare 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;
- d. 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 ( $V_{thr}$ ).

- Collegate i due circuiti e descrivete il funzionamento del circuito calcolando il segnale atteso nei punti  $V_{sh}$  e  $V_{discr}$ . 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.
- Per un singolo valore della carica iniettata  $Q_{in}$  misurate individualmente la durata dell'impulso di uscita e riportate i valori ottenuti.
- 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.
- Qual è l'ampiezza minima di carica in ingresso per cui si osserva un segnale all'uscita  $V_{discr}$ ? Si consideri il segnale all'uscita  $V_{discr}$  visibile se si raggiunge la saturazione dell'operazionale.
- Confrontate la dipendenza di  $T$  da  $Q_{in}$  con quanto vi aspettate dall'analisi del circuito estraendo con un fit ai dati i parametri  $V_{thr}$  e  $\tau$ . Per il fit utilizzare la seguente formula:

$$T = \tau * \ln ( Q_{in} / ( C_T * V_{thr} ) )$$

## 2. Multivibratore astabile

- Analizzate il funzionamento del circuito astabile in figura 3, determinando il periodo di oscillazione in funzione del valore dei componenti.
- Osservate i segnali  $V_{OUT}$ ,  $V_-$ ,  $V_+$ , e mostratene l'andamento in funzione del tempo, confrontandoli con l'andamento atteso dall'analisi del circuito. Misurare i livelli di  $V_+$  e i valori massimi e minimi di  $V_-$  confrontandoli con i valori attesi delle soglie del trigger di Schmitt.
- Misurate il periodo ed il duty cycle dell'onda quadra in uscita e confrontatelo con quanto atteso. Per i valori attesi tenete conto che i livelli di saturazione dell'OpAmp non sono simmetrici. Come possibilità opzionale dopo aver misurato il periodo ed il duty cycle con i livelli di saturazione asimmetrici, procedete a ridurre la tensione  $V_{cc}$  di alimentazione dell'OpAmp fino a rendere i livelli simmetrici e misurate nuovamente il periodo ed il duty cycle.
- Discutete qualitativamente la massima frequenza che può produrre questo generatore di onde quadre e l'origine di questa limitazione. Sostituite  $R_3$  con una resistenza da 1 k $\Omega$  e riducete il valore di  $C_1$  fino a verificare che il periodo non scala linearmente con il prodotto  $C_1 * R_3$ . Quale parametro dell'operazionale entra in gioco?

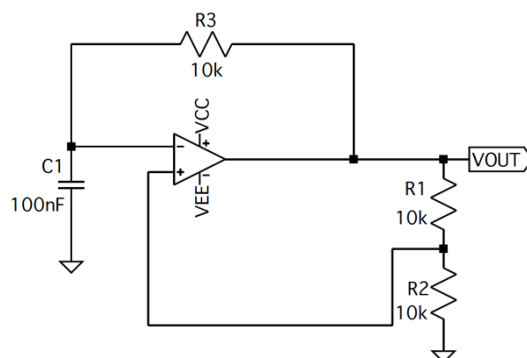


Figura 3 - Circuito multivibratore astabile