

4 - 5

Es06B. Usi non lineari dell'op-amp

Gruppo 1G.BS

Riccardo Riolo

Francesco Zazzu

21 novembre 2019

Scopo e strumentazione

Lo scopo dell'esercitazione è quello di misurare le caratteristiche non lineari dell'op-amp TL081 alimentato tra $V_E = -15$ V e $V_C = +15$ V in configurazione di amplificatore di carica e multivibratore astabile.

Amplificatore di carica

Si è montato l'amplificatore di carica che risulta formato da:

un circuito di iniezione di carica costituito a sua volta dal generatore di funzioni, che invia in ingresso un segnale V_s , ed un condensatore $C_T = (0.94 \pm 0.04)$ μF ;

un circuito formatore che converte la carica in un segnale di forma fissata realizzato con un op-amp, alla cui uscita è posta in serie una resistenza $R_2 = (99.6 \pm 0.8)$ Ω , ed un ramo di feedback costituito da un condensatore $C_F = (0.93 \pm 0.04)$ μF ed una resistenza $R_1 = (99.1 \pm 0.8)$ $\text{k}\Omega$;

un discriminatore che confronta la tensione V_{sh} con una soglia $V_{th} = (0.239 \pm 0.002)$ V fissata regolando un potenziometro di resistenza nominale $R_3 = 100$ $\text{k}\Omega$ che agisce da partitore di tensione, con un condensatore $C_1 = (23 \pm 1)$ nF in parallelo.

Si è inviata un'onda quadra di frequenza $f = (100.91 \pm 0.01)$ Hz ed ampiezza picco-picco $V_s = (6.0 \pm 0.2)$ V in ingresso al circuito. La risposta al gradino V_s è $V_{sh} = -V_s \exp(-t/\tau)$, con $\tau = R_1 C_T = (93 \pm 4)$ μs . L'uscita V_{discr} si porta al valore di saturazione positivo quando $V_s > V_{th}$ e negativo altrimenti, generando un treno d'impulsi di larghezza

$$\Delta t = \tau \ln \frac{V_s}{V_{th}}. \quad (1)$$

All'oscilloscopio si è osservato, nel limite della precisione strumentale, il comportamento atteso per V_{sh} e V_{discr} ; si è stimato $V_{th} = (0.21 \pm 0.03)$ V compatibile con il valore atteso. Si riporta uno screenshot del segnale in figura 1. Si è misurata la durata del segnale V_{discr} al variare dell'ampiezza in ingresso. Si riportano i dati in tabella 1. Si è eseguito un fit con modello in equazione (1) e risultano: $\tau = (89.6 \pm 0.6)$ μs , $V_{th} = (0.214 \pm 0.003)$ V, compatibili con quanto misurato. Si riporta il grafico in figura 2.

Quando V_s è minore di circa 240 mV non si osserva più il treno d'impulsi, in accordo col fatto che se $V_s < V_{th}$ si ha $V_{discr} \equiv V_E$, essendo l'amplificatore in saturazione. Si chiama f la frazione di R_3 che seleziona il potenziometro tra V_E e V_C ; la tensione di soglia risulta quindi $V_{th} = fV_C + (1-f)V_E$.

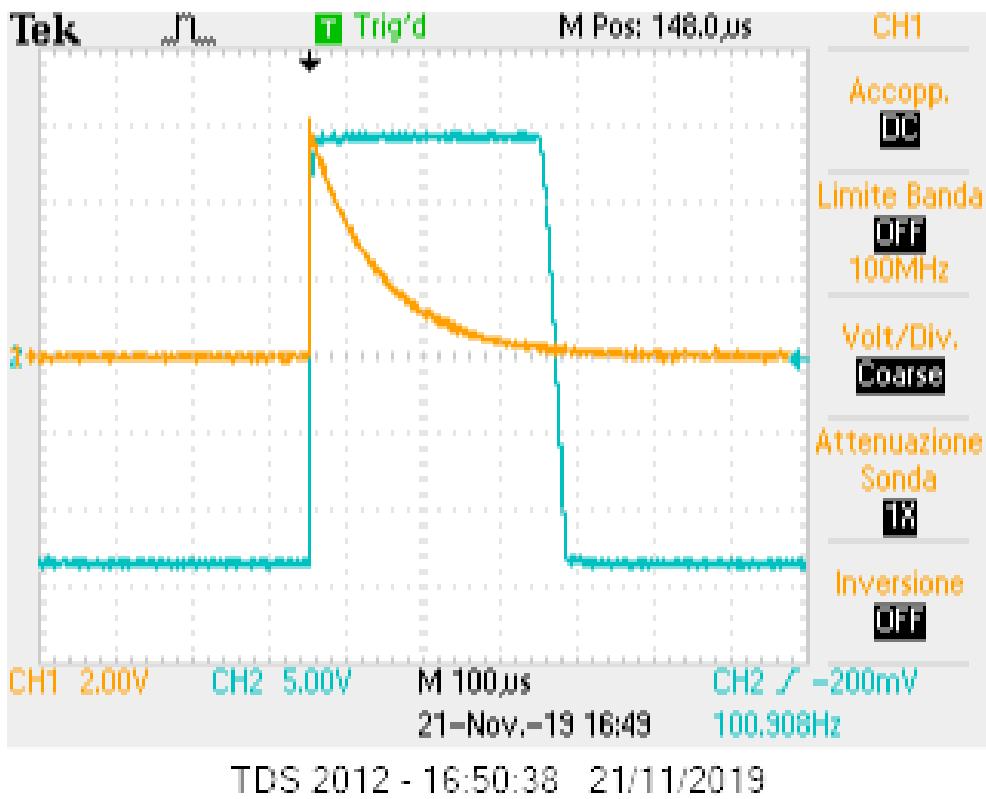


Figura 1: Segnali V_{sh} e V_{discr} .

Multivibratore astabile

Si è montato il circuito con i componenti

$$\begin{aligned} R_1 &= (9.84 \pm 0.08) \text{ k}\Omega, & R_2 &= (9.85 \pm 0.08) \text{ k}\Omega, \\ R_3 &= (974 \pm 8) \Omega, & R &= (4.64 \pm 4) \text{ k}\Omega, \\ C &= (0.25 \pm 0.01) \mu\text{F}, & \tau = RC &= (1.16 \pm 0.05) \text{ ms}, \end{aligned}$$

in modo che il periodo del multivibratore sia $T = 2\tau \ln(1 + 2R_2/R_1) = (2.6 \pm 0.1)$ ms.

Si sono osservati all'oscilloscopio i segnali picco-picco

$$V_{out} = (13.6 \pm 0.4) \text{ V}, \quad V_- = (6.8 \pm 0.2) \text{ V}, \quad V_+ = (6.8 \pm 0.2) \text{ V},$$

in accordo con fatto che il rapporto di partizione è 1/2. Si riportano gli *screenshot* in figura 3 e 4.

La presenza dei due diodi Zener permette di attestare l'ampiezza del segnale di uscita a un valore costante pari a $2(V_Z + V_\gamma)$, che usando i valori forniti dal costruttore è proprio 13.6 V. Infatti superata questa tensione il ramo diventa un corto e per risolvere i problemi di dissipazione si rende necessaria la presenza di R_3 .

Se si diminuisce la tensione di alimentazione, uno dei diodi non è più in conduzione, si osserva infatti la caduta di potenziale ai capi della resistenza R_3 causata dal processo di carica e/o scarica del condensatore.

La limitazione principale nella frequenza di questo generatore di onde quadre è la capacità parassita dell'*op-amp*, caratterizzata dallo *slew rate* $SR \approx 13 \text{ V}/\mu\text{s}$, massima pendenza del gradino. Avendo ampiezze di circa 13 V, il periodo dell'onda deve essere

V_{in} (V)	Δt (μ s)
0.78 ± 0.02	116 ± 3
1.96 ± 0.06	198 ± 6
3.2 ± 0.1	240 ± 8
4.2 ± 0.1	266 ± 8
5.0 ± 0.2	284 ± 8
6.0 ± 0.2	300 ± 9

Tabella 1: Misure della larghezza dell'impulso al variare della tensione della sorgente.

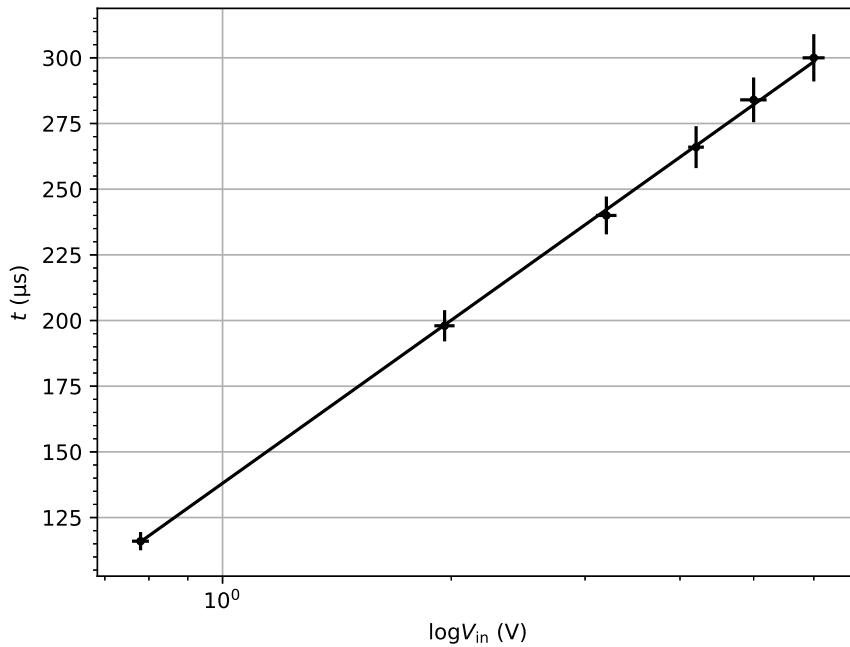


Figura 2: Grafico del fit.

$\tau \gg 1 \mu$ s, cioè frequenze $f \ll 1$ MHz. Si nota infatti che con la scelta di $C \sim 1$ nF, corrispondente a $f \sim 100$ kHz, il segnale V_{out} risulta notevolmente distorto.

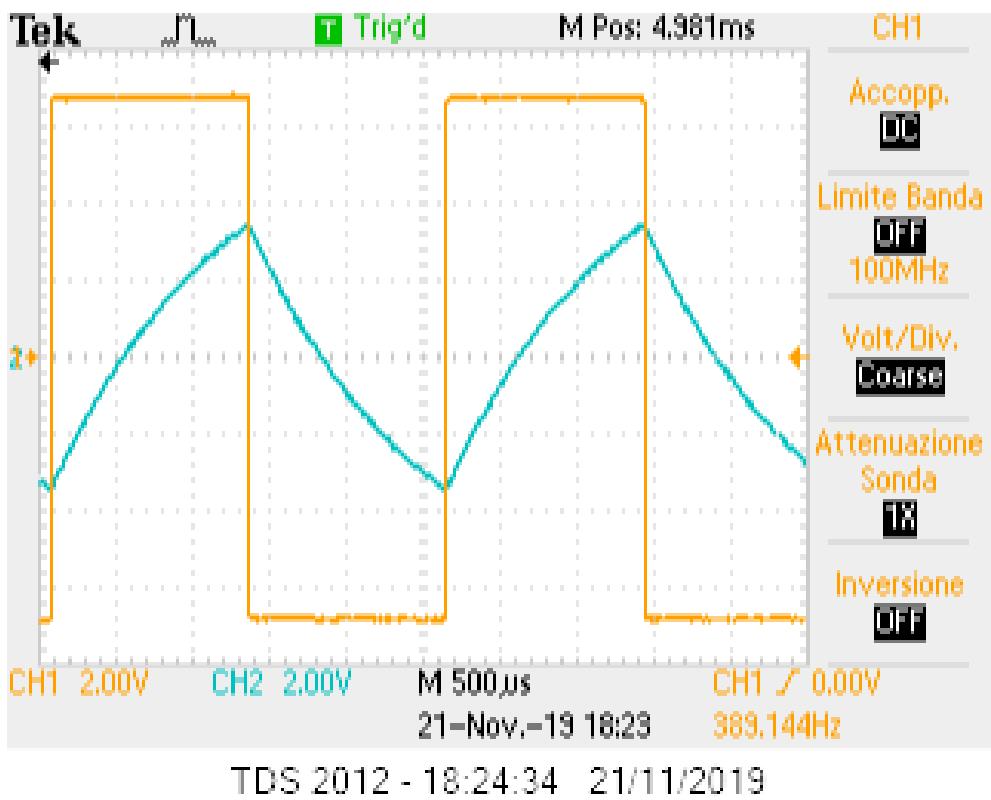


Figura 3: Segnali V_{out} e V_- .

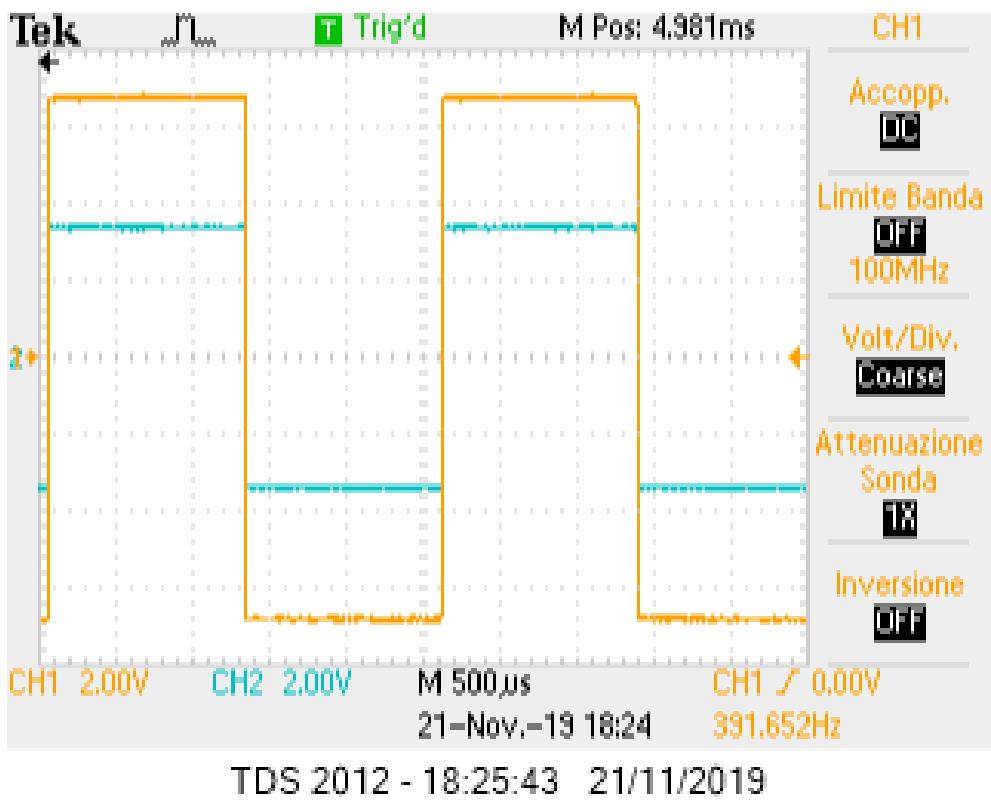


Figura 4: Segnali V_{out} e V_+ .

Indice dei commenti

- 1.1 attenzione questa non e` la formula completa manca il rapporto delle capacita': $T = \tau * \ln((CT^*VS)(CF^*Vthr))$
- 1.2 cioe` che misure avete fatto ?
- 1.3 semmai compatibile con quanto atteso

- 2.1 il periodo dell'onda quadra l'avete misurato ? Perche` non l'avete riportato ?
- 2.2 la capacita` interna