

Circuito tosatore a due livelli

Studenti: Francesco Pivi, Niccolò Marzi

Turno 3: 17/03/2022

1 Abstract

L'obiettivo della prova è quello di produrre un'approssimazione di un'onda quadra analogica, utilizzando prima due diodi al Silicio e poi due diodi al Germanio, a partire da un'onda sinusoidale, di frequenza 1 kHz, in ingresso. Sono stati poi ricavati:

- il valore della semiampiezza dell'onda tagliata: $S_{Si} = (2.55 \pm 0.10)V$ e $S_{Ge} = (2.40 \pm 0.10)V$
- il tempo di salita del segnale: $t_{Si} = (58.0 \pm 2.0)\mu s$ e $t_{Ge} = (49.0 \pm 1.8)\mu s$
- il valore della resistenza critica: $(27.74 \pm 0.26)k\Omega$

2 Introduzione

Quello realizzato per la prova di laboratorio è un circuito limitatore, utilizzato quando si vuole selezionare, di una certa forma d'onda, solo le parti che si trovano al di sopra o al di sotto di una determinata tensione di riferimento o che sono comprese tra due determinati valori di riferimento. Lo schema del circuito è in Figura 1. Se la tensione in ingresso v_i è minore di $V_r + V_\gamma$, con V_γ tensione di soglia del diodo e V_r tensione di polarizzazione del diodo, il diodo non conduce e quindi la tensione in uscita v_0 è uguale a quella in ingresso. Se la tensione in ingresso è maggiore di $V_r + V_\gamma$ allora il diodo conduce e la tensione in uscita è data da

$$v_0 = v_i \left(\frac{R_f}{R + R_f} \right) + (V_r + V_\gamma) \left(1 - \frac{R_f}{R + R_f} \right), \quad (1)$$

dove R_f è la resistenza del diodo e R è la resistenza di carico. Come sarà mostrato in seguito, la tensione V_r stabilisce l'altezza del taglio. Da questa espressione si può vedere che per $\frac{R_f}{R+R_f} = 1$ si ha $v_0 = v_i$ e quindi il diodo è spento, mentre per $\frac{R_f}{R+R_f} = 0$, ossia per $R_f = 0$, $v_0 = V_r + V_\gamma$. Se R_f fosse infinita l'uscita sarebbe costante e uguale a v_i ma il rapporto di partizione non sarà mai esattamente 1 perché R_f è molto grande ma non infinita. Se R_f

fosse nulla l'uscita sarebbe costante e uguale a $V_r + V_\gamma$. Poiché il rapporto di partizione non sarà mai esattamente zero, dal momento che la resistenza del diodo, se pur più piccola della resistenza di carico, non sarà mai nulla, il taglio non risulta piatto ma presenta una cupola. La prova ha previsto anche il calcolo del tempo di salita che operativamente rappresenta l'intervallo di tempo tra il 10% e il 90% del valore di picco del segnale. Se vogliamo ottenere l'approssimazione migliore di un'onda quadra analogica dobbiamo ridurre il più possibile il tempo di salita e quindi la semi-ampiezza del segnale in ingresso deve essere molto più grande del valore della tensione di polarizzazione del diodo.

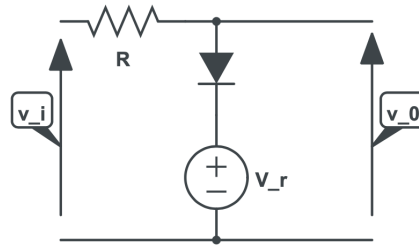


Figure 1: Schema di un circuito limitatore.

3 Apparato sperimentale e svolgimento

Gli strumenti necessari per lo svolgimento della prova sono stati:

1. Una breadboard dove si è montato il circuito schematizzato in Figura 2.
2. Generatore di tensione per portare sulla piastra +5V e -5V.
3. Un generatore di funzione, necessario per generare l'onda sinusoidale da $1kHz$.
4. Due diodi al Silicio e due al Germanio necessari per tosare l'onda sinusoidale in ingresso.
5. Due potenziometri da $1k\Omega$ adoperati per fissare le tensioni V_{R1} e V_{R2} a +2V e -2V rispettivamente.
6. Un potenziometro da $50k\Omega$ che, una volta fissato il suo valore a $40k\Omega$, funge da resistenza.
7. Un oscilloscopio per visualizzare sia la funzione d'onda in ingresso, sinusoidale, che quella tosata.
8. Un multimetro digitale (Fluke modello 175) per settare le tensioni V_{R1} e V_{R2} e il potenziometro da $50k\Omega$.

Nel nostro caso, è stato realizzato un circuito con due diodi al fine di tosare sia la parte superiore che quella inferiore dell'onda sinusoidale.

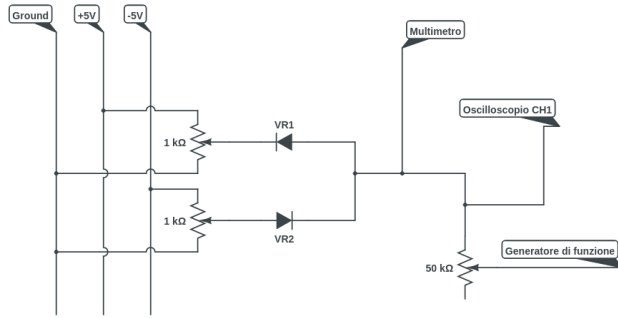


Figure 2: *Schema del circuito realizzato.*

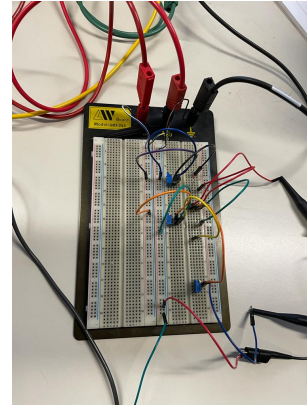


Figure 3: *Immagine del circuito realizzato per l'acquisizione dati.*

Una volta realizzato il circuito abbiamo fissato il valore della semiampiezza dell'onda sinusoidale a $(6.0 \pm 0.2)V$, leggendola dall'oscilloscopio, e con il multimetro $V_{R1} = (2.001 \pm 0.005)V$ e $V_{R2} = (-2.003 \pm 0.005)V$. Abbiamo successivamente usato l'oscilloscopio per osservare e misurare la tosatura della semi-ampiezza positiva dell'onda sinusoidale prodotta dal generatore di funzione, sia per il circuito con diodi al Silicio che con quelli al Germanio.

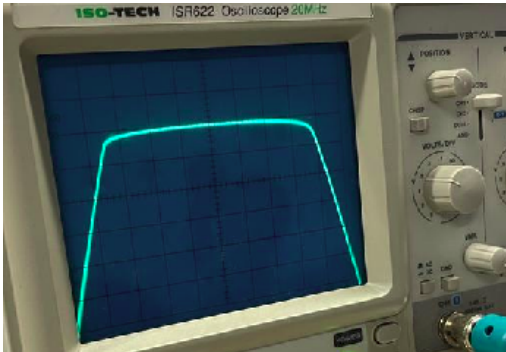


Figure 4: *Immagine relativa alla tosatura del segnale sinusoidale in ingresso per un circuito con diodi al Silicio.*

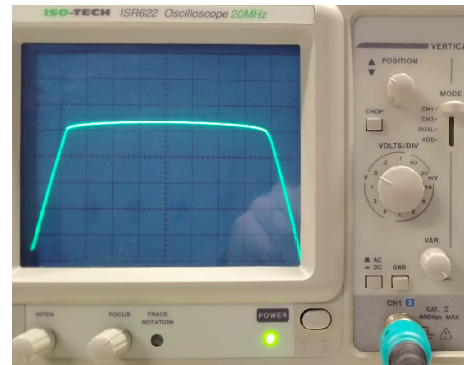


Figure 5: *Immagine relativa alla tosatura del segnale sinusoidale in ingresso per un circuito con diodi al Germanio.*

Successivamente si è misurato il tempo di salita del segnale per entrambi i circuiti.

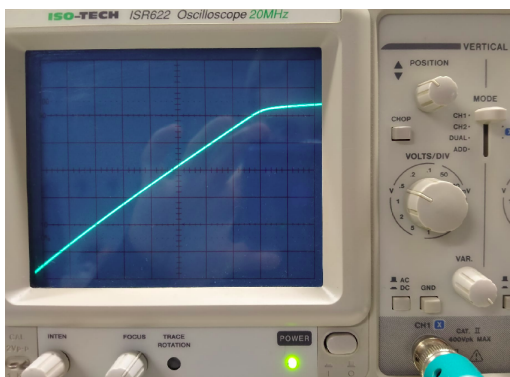


Figure 6: *Immagine relativa al tempo di salita del segnale con diodi al silicio.*

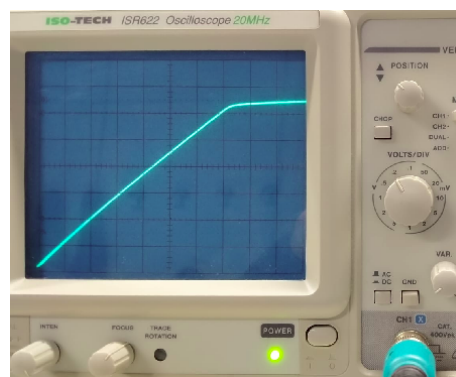


Figure 7: *Immagine relativa al tempo di salita del segnale con diodi al germanio.*

Si è poi voluto effettuare una tosatura asimmetrica del segnale sinusoidale in ingresso. Per fare ciò si è fatta variare la resistenza del potenziometro collegato a -5V finché la V_{R2} non è arrivata a -1V. Si riporta qui di seguito l'immagine tramite la quale è possibile osservare un taglio a circa 2V per la semi-ampiezza positiva e a -1.2V per la semi-ampiezza negativa.

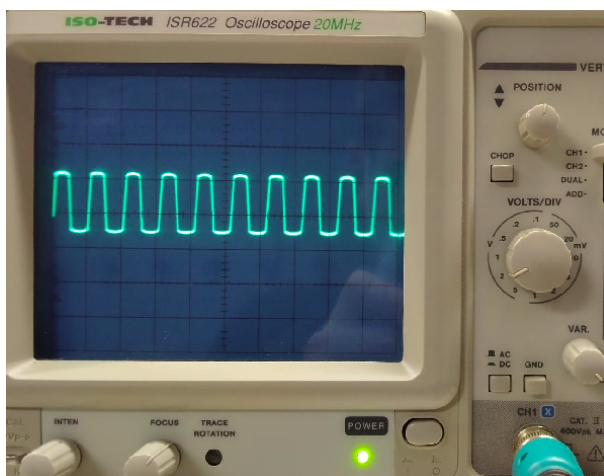


Figure 8: Immagine relativa al taglio della ampiezza positiva a 2V e dell'ampiezza negativa a -1V del segnale in ingresso.

Infine si è misurata la resistenza critica abbassando la resistenza del potenziometro settato a 40k Ω fino al punto in cui si comincia ad osservare una diminuzione dell'effetto di taglio sull'onda sinusoidale di mezza tacca. I valori di tutte le grandezze nominate in questa sezione sono riportati nella sezione di analisi.

4 Analisi

In questa sezione, riportiamo i valori letti, tramite l'oscilloscopio, della semiampiezza dell'onda tosata e il tempo di salita del segnale nei due casi distinti di diodi al Silicio e al Germanio; si riporta anche il valore della resistenza critica misurata con il multimetro. Per le misure di tensione il valore del fondo scala utilizzato è di $0.5V/div$, mentre per quelle di tempo il fondo scala usato è pari a $10\mu s/div$. L'errore associato ad una misura effettuata con l'oscilloscopio è dato da:

$$\sigma = \sqrt{\sigma_L^2 + \sigma_Z^2 + \sigma_C^2}, \quad (2)$$

dove σ_L è l'errore sulla lettura e σ_Z è l'errore sullo 0, date entrambe da

$$\sigma_{L,Z} = \frac{fondoscala}{5} \times risoluzione, \quad (3)$$

L'errore del costruttore σ_C è dato dal 3% della misura. L'errore sulle misure fatte con il multimetro è dato dallo 0.9% della misura + 1 digit corrispondente alla risoluzione di $0.01k\Omega$ sul fondo scala di $60.00k\Omega$. Le misure effettuate sono:

- Circuito con diodi al Silicio:
 - semiampiezza: $S_{Si} = (2.55 \pm 0.10)V$
 - tempo di salita: $t_{Si} = (58.0 \pm 2.0)\mu s$
- Circuito con diodi al Germanio:
 - semiampiezza: $S_{Ge} = (2.40 \pm 0.10)V$
 - tempo di salita: $t_{Ge} = (49.0 \pm 1.8)\mu s$

Si nota che la semiampiezza del Germanio è minore di quella del Silicio, così come il tempo di salita, questo fatto è dovuto al diverso V_γ dei due diodi. Poiché il rapporto tra le semiampiezze delle onde dei due circuiti è uguale al rapporto dei loro tempi di salita, si è calcolato questo valore: $\frac{S_{Ge}}{S_{Si}} = (0.941 \pm 0.078)$ e $\frac{t_{Ge}}{t_{Si}} = (0.845 \pm 0.060)$ e si vede che questi rapporti sono compatibili. Abbiamo infine misurato il valore della resistenza critica pari a $(27.74 \pm 0.26)k\Omega$.

5 Conclusione

L'andamento, in funzione del tempo, della tensione in uscita approssima bene un'onda quadra analogica, come si nota dalle foto dell'oscilloscopio, ed è anche apprezzabile il fatto che il taglio non sia netto ma presenti una cupola a causa del rapporto di partizione che non è zero. I valori delle semiapiezze, sia nel caso del Silicio che in quello del Germanio, sono in accordo con quelli che ci aspetteremmo, considerando che l'errore sulla misura non è piccolo.