

DIODI

Barletta Valentina – valentina.barletta@edu.unito.it - Caccherano Beatrice -
beatrice.caccherano@edu.unito.it – Collé Federico – federico.colle@edu.unito.it – AII 03

Abstract

In questa esperienza si studia la risposta di un diodo a giunzione pn a segnali in tensione continua e alternata. Nella prima parte si verifica che la caratteristica corrente-tensione $I(V)$ di un diodo al silicio segue l'equazione di Shockley; invece per un diodo LED è possibile ricavare solamente la tensione ai suoi capi in funzione della corrente $V_d(I_d)$, a causa della sua componente resistiva. Nella seconda parte si osserva come, applicando una tensione sinusoidale ai capi del diodo al silicio, si ha in uscita la sola semionda positiva. Aggiungendo un apposito filtro RC al circuito è possibile rendere la tensione costante nel tempo, raddrizzando, quindi, la semionda (passando cioè a una tensione in DC).

1. Obiettivi della misura

L'oggetto della prima parte dell'esperienza è la verifica della caratteristica $I(V)$ di un diodo al silicio (equazione di Shockley) e $V_d(I_d)$ di un diodo LED.

Lo scopo della seconda parte è realizzare il raddrizzamento della tensione pulsata, ottenuta da un diodo in regime AC, utilizzando un filtro RC.

2. Apparato sperimentale

Le componenti utilizzate per la costruzione del circuito di fig.1 per lo studio di $I(V)$ del diodo al silicio sono: un generatore di tensione continua, un diodo al silicio e una resistenza $R = (1,05 \pm 0,01) \text{ k}\Omega$. Per la misura della caratteristica $V-I$ del LED il circuito non cambia e si sostituisce semplicemente il diodo al silicio con il LED.

Le componenti del circuito di fig.2 utilizzate per il raddrizzamento della semionda sono: un generatore di funzioni, una resistenza da $(47,4 \pm 0,2) \text{ k}\Omega$ e dei condensatori di varie capacità dell'ordine dei nF.

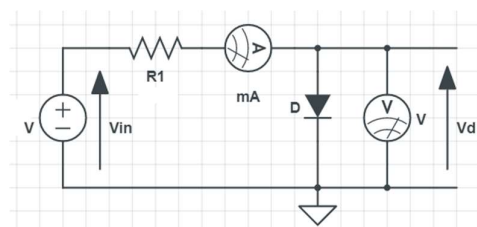


Fig.1: Circuito impiegato per lo studio di $I(V)$ nel caso del diodo al silicio

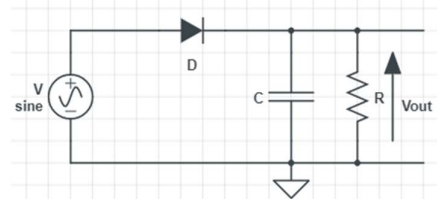


Fig.2: Circuito impiegato per raddrizzare la semionda

Per l'acquisizione delle misure sono stati utilizzati un tester digitale (modello: AMPROBE 37XR-A) e un oscilloscopio.

3. Presa dati

Variando la tensione in ingresso V_{in} , partendo da 0,5 V, sono stati acquisiti i valori della tensione ai capi del diodo al silicio e della corrente. Si è eseguita la stessa procedura ivi adottata anche per il LED, partendo tuttavia da una V_{in} iniziale pari a 1,7 V, a causa della sua maggiore tensione di built-in.

Successivamente, fornendo una funzione d'onda sinusoidale in ingresso, tramite un oscilloscopio si osserva che la tensione in uscita V_{out} contiene solo la semionda positiva. Aggiungendo una resistenza e un condensatore (con capacità variabile) al circuito si è costruito un filtro RC che ha permesso di raddrizzare il segnale, trasformandolo in DC.

4. Analisi dati

La fig.3 illustra l'andamento dei dati sperimentali e il fit ottenuto dall'equazione di Shockley:

$$I_d = I_s(e^{\frac{V_d}{\eta V_t}} - 1) \quad (1)$$

dove I_s è la corrente di saturazione, V_d è la tensione ai capi del diodo, η è il fattore di idealità e V_t è la tensione termica.

La regressione dei dati acquisiti effettuata è:

$$I_d = p_0(e^{\frac{V_d}{\eta p_1}} - 1)$$

Tale funzione descrive ragionevolmente i dati e i parametri di fit ricavati sono:

$$p_0 = (1,63 \pm 0,03) \cdot 10^{-5} mA \quad p_1 = (0,0475 \pm 0,0001) V$$

Dal valore del parametro p_1 è stato possibile ricavare il fattore di idealità del diodo al silicio η ed il suo errore: $\eta = 1,827 \pm 0,004$.

Per il diodo LED si è invertita la (1) e si è aggiunto il termine resistivo:

$$V_d = \eta V_T \ln\left(\frac{I_d}{I_s} + 1\right) + R_d I_d \quad (2)$$

dove η è il fattore di idealità del led, V_t la tensione termica ai capi del diodo, I_d la corrente che attraversa il diodo, I_s la corrente di saturazione e R_d la resistenza interna del diodo LED.

A tal proposito è stato effettuato un fit dei dati acquisiti dal circuito con il diodo LED, riportato in fig.4:

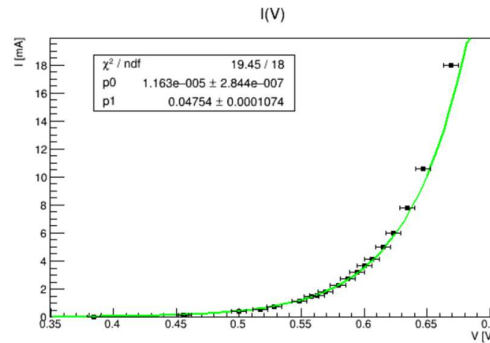


Fig.3: Grafico che illustra l'andamento $I(V)$ del diodo al silicio secondo la (1)

$$V_d = p_0 \ln\left(\frac{I_d}{p_1} + 1\right) + p_2 I_d$$

La curva ottenuta restituisce una buona performance dei dati e i parametri di fit ricavati sono:

$$p_0 = (0,04590 \pm 0,00008) V$$

$$p_1 = (5 \pm 3) \cdot 10^{-18} mA$$

$$p_2 = (0,0088 \pm 0,0004) k\Omega$$

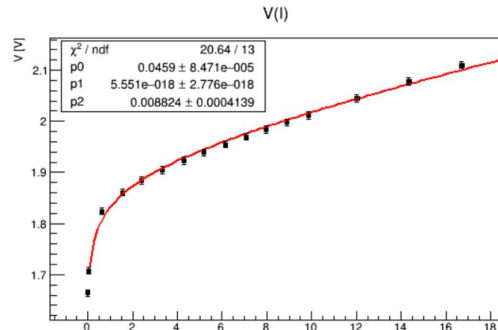


Fig.4: Grafico di $V_d(I_d)$ per il diodo LED

In fig.5 è riportata l'immagine scattata in laboratorio che raffigura la semionda positiva ottenuta ai capi del diodo.

Le figure che, invece, illustrano il raddrizzamento della semionda mediante il filtro RC sono riportate in Appendice A.2.

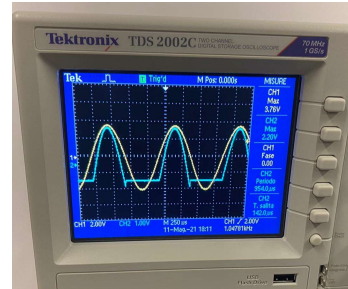


Fig.5: Foto che illustra l'onda pulsata

5. Risultati e osservazioni conclusive

Durante questa esperienza si è verificato che la curva teorica definita dall'equazione di Shockley descrive efficacemente la caratteristica del diodo al silicio. Mentre invertendo la (1) è stata ricavata l'espressione della tensione in funzione della corrente per il diodo LED tenendo conto della componente resistiva non più trascurabile. La regressione $V_d(I_d)$ descrive opportunamente l'andamento dei dati sperimentali.

Nella seconda parte si è qualitativamente osservato come la presenza di un diodo possa modificare la funzione d'onda in caso di corrente alternata, restituendo in uscita una semionda positiva. Usando un filtro RC, come mostra il circuito di fig.2, all'aumentare della capacità del condensatore aumenta la sua efficienza. Infatti, il segnale viene raddrizzato ottenendo un regime in DC.

6. Appendici

A.1- Tabelle dati sperimentali

Vin [V]	err Vin [V]	Vd [V]	err Vd [V]	I = Id [mA]	err I [mA]
0,5	0,1	0,384	0,005	0,02	0,01
0,6	0,1	0,455	0,005	0,12	0,01
0,7	0,1	0,457	0,005	0,13	0,01
1,0	0,1	0,500	0,006	0,39	0,01
1,2	0,1	0,517	0,006	0,57	0,01
1,4	0,1	0,528	0,006	0,73	0,01
1,8	0,1	0,548	0,006	1,15	0,01
2,1	0,1	0,558	0,006	1,44	0,01
2,3	0,1	0,562	0,006	1,56	0,01
2,5	0,1	0,569	0,006	1,80	0,01
3,0	0,1	0,579	0,006	2,27	0,02
3,5	0,1	0,587	0,006	2,72	0,02
4,0	0,1	0,594	0,006	3,17	0,02
4,5	0,1	0,600	0,006	3,65	0,02
5,0	0,1	0,606	0,006	4,13	0,03
6,0	0,1	0,615	0,006	5,01	0,03
7,0	0,1	0,623	0,006	6,01	0,04
9,0	0,1	0,634	0,006	7,79	0,04
12,0	0,1	0,647	0,006	10,6	0,1
20,0	0,1	0,669	0,006	18,0	0,1

Vin [V]	err Vin [V]	Vd [V]	err Vd [V]	I = Id [mA]	err I [mA]
1,7	0,1	1,664	0,007	0,01	0,01
1,8	0,1	1,708	0,007	0,03	0,01
2,5	0,1	1,824	0,007	0,63	0,01
3,5	0,1	1,861	0,007	1,55	0,01
4,5	0,1	1,884	0,007	2,39	0,02
5,5	0,1	1,904	0,007	3,32	0,02
6,5	0,1	1,923	0,007	4,30	0,03
7,5	0,1	1,939	0,007	5,18	0,03
8,5	0,1	1,955	0,007	6,15	0,04
9,5	0,1	1,970	0,007	7,06	0,04
10,5	0,1	1,984	0,007	7,95	0,04
11,5	0,1	1,998	0,007	8,90	0,05
12,5	0,1	2,012	0,007	9,87	0,05
15,0	0,1	2,045	0,007	12,0	0,1
17,5	0,1	2,078	0,007	14,3	0,1
20,0	0,1	2,110	0,007	16,7	0,1

A.2 - Immagini raddrizzamento semionda 10nF-50nF-0,5μF

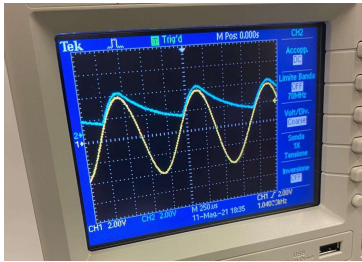


Fig.6: Raddrizzamento con condensatore da 10nF

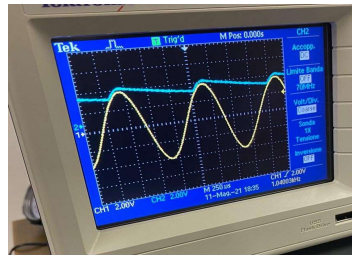


Fig.7: Raddrizzamento con condensatore da 50nF

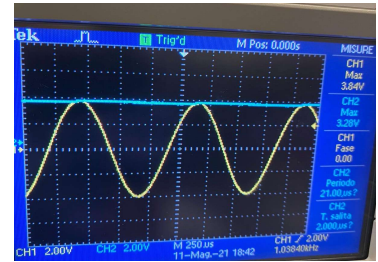


Fig.8: Raddrizzamento con condensatore da 0,5μF