

Esercitazione di Laboratorio:

Circuiti con diodi

Coa Giulio

Licastro Dario

Montano Alessandra

29 novembre 2019

## 1 Scopo dell'esperienza

.

## 2 Strumentazione utilizzata

La strumentazione usata durante l'esercitazione è:

Strumento	Marca e Modello	Caratteristiche
Multimetro Oscilloscopio	Agilent 34401A Rigol DS1054Z	4 canali, $B = 50 \text{ MHz}$ , $f_c = 1 \text{ G} \frac{\text{Sa}}{\text{s}}$ , $R_i = 1 \text{ M}\Omega$ , $C_i = 13 \text{ pF}$ , 12 Mbps di profondità di memoria
Generatore di segnali	Rigol DG1022	2 canali, $f_{\text{uscita}} = 20 \text{ MHz}$ , $Z_{\text{uscita}} = 50 \Omega$
Alimentatore in DC	Rigol DP832	2 canali, $f_{\text{uscita}} = 20 \text{ MHz}$ , $Z_{\text{uscita}} = 50 \Omega$
Sonda	Rigol PVP215	$B = 35 \text{ MHz}$ , $V_{\text{nominale}} = 300 \text{ V}$ , $L_{\text{cavo}} = 1.2 \text{ m}$ , $R_s = 1 \text{ M}\Omega$ , Intervallo di compensazione: $10 \div 25 \text{ pF}$ Capacità dell'ordine dei $80 \div 100 \text{ p} \frac{\text{F}}{\text{m}}$
Cavi coassiali Connettori Breadboard Resistenza Diodo Zener Diodo Condensatori	N5228 N4148	$R = 9.9 \text{ k}\Omega$  $C_1 = 10 \text{ nF}$ , $C_2 = 100 \text{ nF}$ , $C_3 = 1 \mu\text{F}$

## 3 Premesse teoriche

### 3.1 Incertezza sulla misura dell'oscilloscopio

La misura del valore di un segnale tramite l'oscilloscopio (sia esso l'ampiezza, la frequenza, il periodo, etc.) presenta un'incertezza che dipende, principalmente, da due fattori:

- l'incertezza strumentale introdotta dall'oscilloscopio (ricavabile dal manuale).
- l'incertezza di lettura dovuta all'errore del posizionamento dei cursori.

Quest'ultima incertezza deriva dal fatto che il segnale visualizzato non ha uno spessore nullo sullo schermo.

### 3.2 Sonda

La sonda è un particolare cavo coassiale che presenta un'estremità capace di effettuare delle misurazioni.

Quando si usano dei classici cavi coassiali BNC-BNC al fine di collegare il circuito, su cui effettuare le misure, all'oscilloscopio, si sta inserendo in parallelo al circuito un condensatore di capacità ( $C_c$ ) pari a quella del cavo.

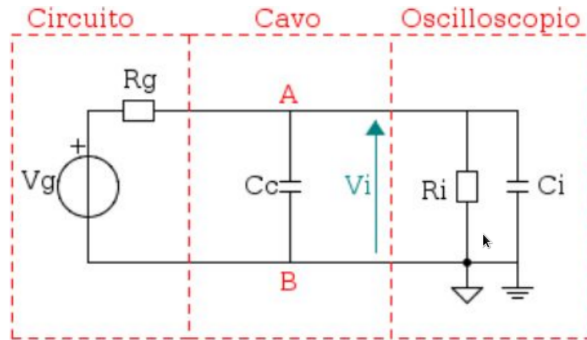


Figura 1: Circuito analizzato collegato all'oscilloscopio tramite un cavo coassiale BNC-BNC.

In questo caso, l'oscilloscopio si comporta, in ingresso, come un filtro passa-basso con una frequenza di taglio ( $f = \frac{1}{2\pi R_i(C_s+C_i)}$ ). L'uso di una sonda per misurare delle grandezze in un circuito, si può vedere come l'inserimento di un condensatore in serie al circuito.

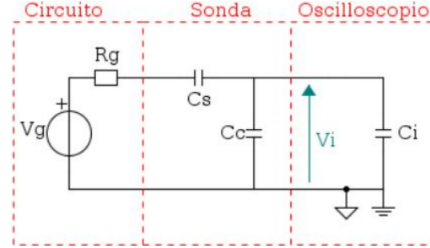


Figura 2: Circuito analizzato collegato all'oscilloscopio tramite una sonda.

L'introduzione di questo condensatore comporta un calo della capacità equivalenti vista all'ingresso del circuito ( $\frac{C_s(C_c+C_i)}{C_s+C_c+C_i} \ll C_c + C_i$ ), ovvero una riduzione della frequenza del polo ( $f_{\text{polo}} = \frac{1}{2\pi R_i(C_s+C_i)}$ ); ciò porta ad una perdita d'informazioni in bassa frequenza. Al fine di evitare tale perdita d'informazioni, si pone, in parallelo al condensatore, una resistenza.

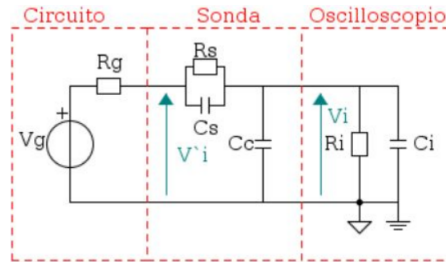


Figura 3: Circuito analizzato collegato all'oscilloscopio tramite una sonda.

Tale resistenza comporta la presenza di uno zero, oltre al polo precedentemente detto.

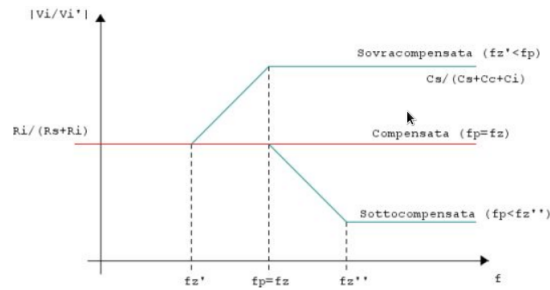


Figura 4: Diagramma di Bode della funzione di trasferimento del circuito.

A seconda dell'elevata o della bassa compensazione della sonda, il segnale sarà distorto verso l'alto o verso il basso.

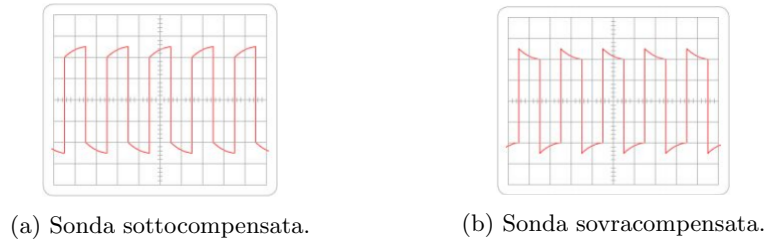


Figura 5: Visualizzazione del segnale al variare della compensazione della sonda.

La sonda risulta compensata quando la frequenza del polo coincide con la frequenza dello zero; ciò avviene quando  $R_s C_s = R_i (C_c + C_i)$ . La sonda presenta un opportuno trimmer che influenza il valore di  $R_s$  e permette la compensazione. Al fine di verificare se la sonda è compensata si esegue un confronto con un segnale noto.

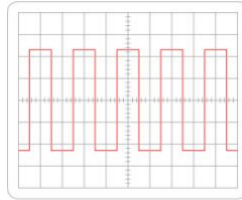


Figura 6: Sonda compensata.

### 3.3 Diodo

Il diodo è un elemento circuitale non lineare il cui comportamento è descritto da:

Si può notare come, al crescere di  $V(D)$  la corrente che attraversa il diodo aumenti (polarizzazione), in particolare dopo il raggiungimento della tensione di soglia  $V(\gamma)$ , quando  $V(D)$  è troppo bassa il diodo non conduce, ma particolari tipi di diodi, detti diodi di zener, raggiunta la tensione di breakdown, un determinato valore negativo della tensione, sono in grado di condurre corrente nel verso opposto (polarizzazione inversa).

### 3.4 Other

.

## 4 Esperienza in laboratorio

### 4.1 Caratteristiche statiche

Abbiamo montato sulla basetta la resistenza, il diodo D=1N4148 e l'elemento di collegamento. Per mezzo del multimetro abbiamo misurato la resistenza e abbiamo verificato la correttezza del valore misurato confrontandolo con il valore della resistenza riportato dal produttore, tenendo conto della sua incertezza. Abbiamo connesso la basetta all'alimentatore tramite due cavi a

banana, quello rosso a connettere i poli positivi, quello nero usato per la messa a terra, dopodichè abbiamo variato la tensione in ingresso secondo i valori fornitici, ed abbiamo misurato, con il multimetro, i valori di tensione ai capi della resistenza.

In seguito abbiamo connesso, al posto dell'alimentatore, il generatore di segnali alla basetta con un cavo BNC-banana, impostato ampiezza di picco  $V_p = 5\text{ V}$  e  $f = 1\text{ kHz}$ , dando come input il segnale sinusoidale caratterizzato da queste due grandezze. Abbiamo connesso la sonda ... e osservato i cambiamenti che il diodo ha apportato al segnale.

Abbiamo ripetuto la procedura con il diodo di zener.

## 4.2 Raddrizzatore a semplice semionda

Abbiamo costruito il circuito richiesto, aggiungendo il condensatore e sostituendo il diodo zener con il precedente. Abbiamo misurato prima le tensioni picco-picco al variare del condensatore, abbiamo potuto apprezzare come la capacità di quest'ultimo influenzi il segnale in uscita rendendolo più o meno (approssimato?). In seguito abbiamo ripetuto l'esperienza.

## 4.3 Rivelatore di picco

.

## 4.4 Circuito per la protezione da scariche elettrostatiche

.

# 5 Risultati

## 5.1 Caratteristiche statiche

### 5.1.1 Diodo

I risultati ottenuti al variare della tensione in ingresso, fornita con l'alimentatore, sono stati riportati nella seguente tabella.

Tensione in input [V]	Tensione in output
-4	-0.046 mV
-3.5	-0.043 mV
-3	-0.038 mV
-2	-0.032 mV
-1	-0.027 mV
0	0.001 mV
0.2	2.067 mV
0.4	45.306 mV
0.6	0.177 V
0.8	0.344 V
1	0.526 V
1.5	0.997 V
2	1.477 V

Si può notare che il diodo utilizzato non è adatto alla polarizzazione inversa, infatti per tensioni negative otteniamo valori molto bassi che, però, si mantengono intorno allo 0. Inoltre abbiamo toccato e superato la tensione di soglia (deve essere minore di 0 ?).

Dopo aver connesso generatore di segnali, sonda e oscilloscopio (GIULIO NON HO SPEIFICATO COME ABBIAMO CONNESSO LE ROBE PERCHE' E' NELLA PARTE DELLE PREMESSE) abbiamo ottenuto le seguenti immagini, dove il segnale di input è rappresentato dalla linea blu e l'output da quella gialla. Si può notare come l'input sia un segnale sinusoidale standard, mentre l'output è distorto per effetto del circuito, in particolare la parte negativa del segnale è stata portata a 0 (poichè le tensioni negative ricevute in input dal diodo diventano 0 in output), ed anche la curva sinusoidale risulta un po' schiacciata (perchè?).

In seguito, per misurare l'ampiezza di picco del segnale di output abbiamo posizionato i cursori come in figura ottenendo  $V_u(t) = 4.440V$

### 5.1.2 Diodo zener

Abbiamo seguito la stessa procedura con il diodo zener, vanno sottolineati i valori ottenuti con tensioni negative in input, che sono coerenti con la definizione di diodo zener.

(Ricordiamo che stiamo di nuovo utilizzando l'alimentatore e che le misurazioni sono state effettuate con il multimetro)

La tensione di soglia è: La tensione di breakdown è:

Connettendo il generatore di segnali come al punto precedente, con la linea blu per l'input e quella gialla per l'output abbiamo ottenuto la seguente immagine

Qui, a differenza del diodo usato in precedenza, le tensioni negative vengono rappresentate.

Anche in questo caso abbiamo misurato l'ampiezza di picco del segnale in output con i cursori, ottenendo  $V_p = 4.320$

## 5.2 Raddrizzatore a semplice semionda

### 5.2.1 Diodo

Abbiamo inserito i vari condensatori ed ogni volta abbiamo misurato la tensione picco-picco con i cursori. per il condensatore da 10nF abbiamo una  $V_{pp} = 4.48V$  : per il condensatore da 100nF abbiamo una  $V_{pp} = 2.56V$  : per il condensatore da 10microF abbiamo una  $V_{pp} = 480 mV$  :

Possiamo notare come, al decrescere della capacità del condensatore, il segnale in output abbia una  $V_{pp}$  sempre minore, cioè il segnale in input viene attenuato (?) sempre di più.

### 5.2.2 Diodo di Zener

Abbiamo inserito i vari condensatori ed ogni volta abbiamo misurato la tensione picco-picco con i cursori. per il condensatore da 10nF abbiamo una  $V_{pp} = 7.2V$ : per il condensatore da 100nF abbiamo una  $V_{pp} = 6.88V$  : per il condensatore da 10microF abbiamo una  $V_{pp} = 5.52V$  : Lasciando il condensatore da 1 microF e connettendo il circuito con il generatore di segnali abbiamo impostato  $V_p = 5V$  e, al variare della frequenza, abbiamo ottenuto diversi valori per la tensione picco-picco, di seguito abbiamo riportato le immagini ottenute dall'oscilloscopio (in blu il segnale in input ed in giallo l'output). per  $f = 1 kHz$  per  $f = 500 Hz$  per  $f = 100 Hz$

Al decrescere della frequenza...

## 5.3 Rivelatore di picco

.

## 5.4 Circuito per la protezione da scariche elettrostatiche

.

## **6 Conclusioni**

### **6.1 Caratteristiche statiche**

.

### **6.2 Raddrizzatore a semplice semionda**

.

### **6.3 Rivelatore di picco**

.

### **6.4 Circuito per la protezione da scariche elettrostatiche**

.