

## Esercitazione

# Oscilloscopio

### 1 - Oggetto

---

- Uso dell'oscilloscopio.
- Rilievo della caratteristica tensione-corrente di un diodo.
- Misure di capacità mediante misure di sfasamento.

### 2 - Strumentazione impiegata

---

- Generatore di segnali Agilent 33120A.
- Oscilloscopio Agilent 54621A.

### 3 - Calibrazione e uso delle sonde

---

Si impiegano due sonde con possibilità di rapporto 1:1 e 10:1.

Nel primo caso, come noto, si ha una maggiore sensibilità. Nel secondo caso si riduce la sensibilità di un fattore 10, ma si ha la possibilità di effettuare la compensazione, regolando la capacità variabile della sonda in modo da ottenere una buona risposta ai segnali con frequenza elevata (evitando fenomeni di attenuazione o esaltazione degli stessi).

Si procede ad effettuare la compensazione ottima delle due sonde utilizzando il segnale di calibrazione, reso disponibile dallo stesso oscilloscopio, avente un'ampiezza di  $5 V_{pp}$  e una frequenza di 1.2 kHz.

### 4 - Visualizzazione di forme d'onda in funzione del tempo

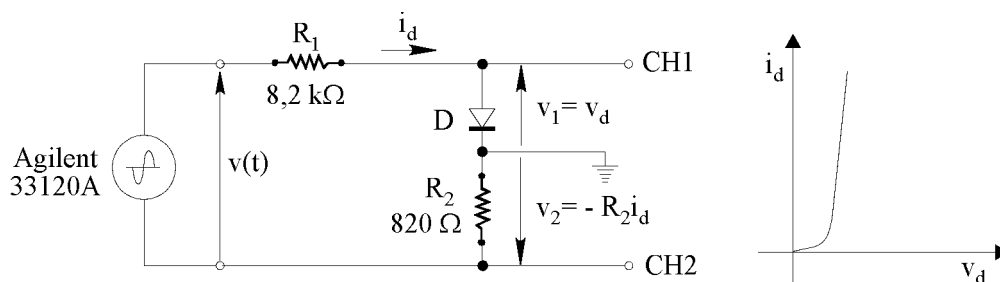
---

Si inviano, tramite il generatore di funzioni, segnali con forme d'onda sinusoidali, triangolari e rettangolari. Si illustrano tutte le principali funzionalità dell'oscilloscopio:

- intensità e messa a fuoco delle tracce,
- canali verticali: sensibilità, accoppiamento DC o AC, traslazione dell'asse,
- canale orizzontale: posizione, regolazione della durata dello *sweep*,
- sincronizzazione del segnale: scelta della sorgente, livello e pendenza di trigger, Hold-off.

## 5 - Rilievo della caratteristica V-I di un diodo

Si impiega lo schema di misura di Fig.5.1, con il generatore di alimentazione a 100 Hz. Poiché il generatore di segnale è flottante (cioè nessun punto è a massa), il common dell'oscilloscopio (che invece è a massa) è stato posto al centro, fra la resistenza  $R_2$  e il diodo  $D$ : in tal modo i canali CH1 e CH2 acquisiscono i segnali  $v_1 = v_d$  e  $v_2 = -R_2 i_d$ .

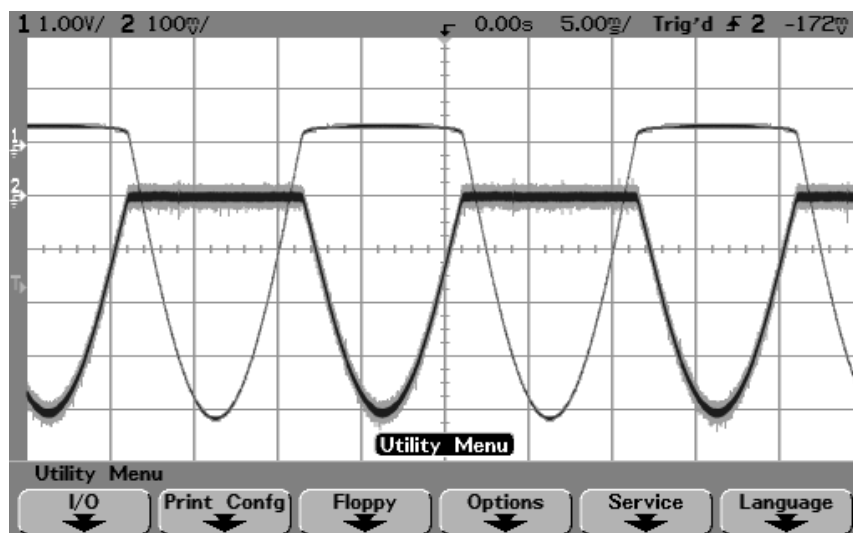


**Fig.5.1** - Schema di misura per la visualizzazione della caratteristica del diodo.

Poiché in fase di conduzione il diodo  $D$  non è un corto circuito perfetto, durante la semionda di polarizzazione diretta si avrà:  $v_1 = v_d \cong 0,5V$ .

In Fig.5.2 è rappresentata l'immagine dello schermo dell'oscilloscopio, contenente gli andamenti temporali della tensione  $v_d(t)$  sul canale CH1 e della corrente  $i_d(t)$  sul CH2, alla frequenza di 50 Hz. Nella schermata si notano, sul bordo sinistro, i numeri 1 e 2 che indicano, per le forme d'onda dei due canali, la rispettiva linea di zero. Nella schermata in alto, si osserva la predisposizione delle scale verticali, di CH1 a 1 V/div e di CH2 a 100 mV/div.

La base dei tempi è impostata a 5 ms/div. Un periodo delle forme d'onda occupa quattro divisioni che corrispondono appunto a 20 ms (50 Hz).

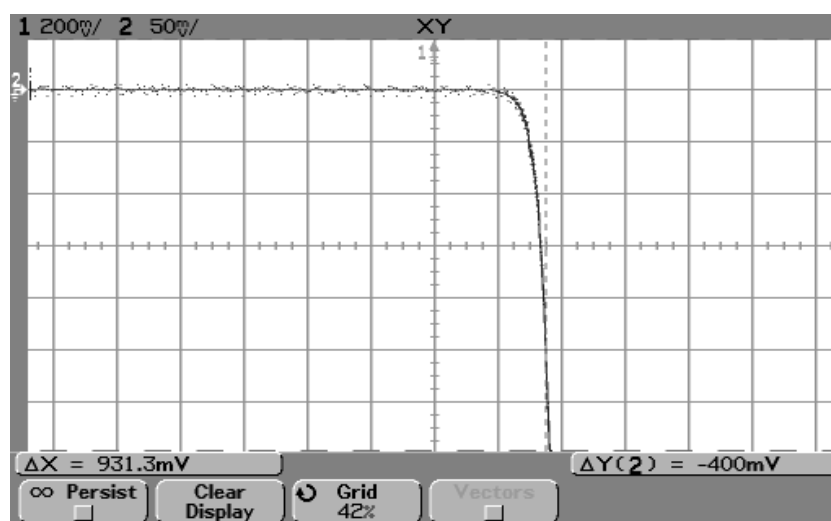


**Fig.5.2** - Andamento della corrente  $i_d$  e della tensione  $v_d$  a 50 Hz.

Ponendo l'oscilloscopio in modalità X-Y visualizziamo le grandezze  $v_1$  (asse X) e  $v_2$  (asse Y). Otteniamo così la rappresentazione della caratteristica tensione-corrente del diodo, in quanto

la  $v_1$  è uguale alla  $v_d$  mentre  $v_2$  è proporzionale alla  $-i_d$ .

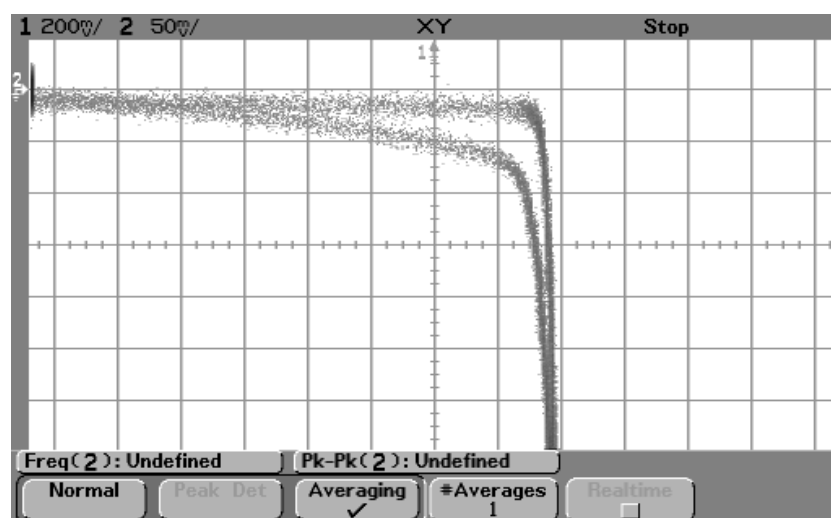
Nella successiva Fig.5.3 è riportato l'andamento del diagramma X-Y relativo alle forme d'onda rappresentate nella Fig.5.2.



**Fig.5.3** - Escursione X-Y corrispondente alle forme d'onda di tensione e corrente, a 50 Hz.

Sono state anche condotte prove con frequenze di alimentazione diverse. In particolare, per il tipo di diodo utilizzato, la curva X-Y risente in modo evidente, alle alte frequenze, di fenomeni di isteresi e della presenza delle capacità.

Questo fatto è documentato nella successiva Fig.5.4.

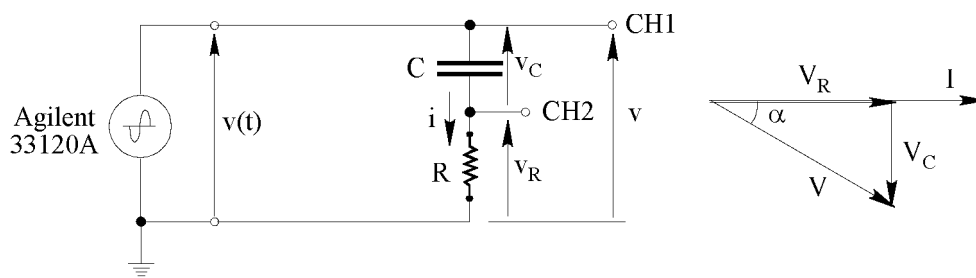


**Fig.5.4** - Escursione X-Y alla frequenza di 10 kHz.

## 6 - Misure di capacità mediante misure di sfasamento

Per tale prova è stato impiegato lo schema di misura di Fig.6.1, dove il generatore di alimentazione è stato predisposto per un funzionamento sinusoidale e pertanto vale il

diagramma vettoriale riportato nella stessa figura.



**Fig.6.1** - Schema per la misura della capacità  $C$  e relativo diagramma vettoriale.

Per il circuito in esame risulta valida la seguente relazione vettoriale:

$$\mathbf{V} = \left(R + \frac{1}{j\omega C}\right)\mathbf{I} = \mathbf{V}_R + \mathbf{V}_C \quad (6.1)$$

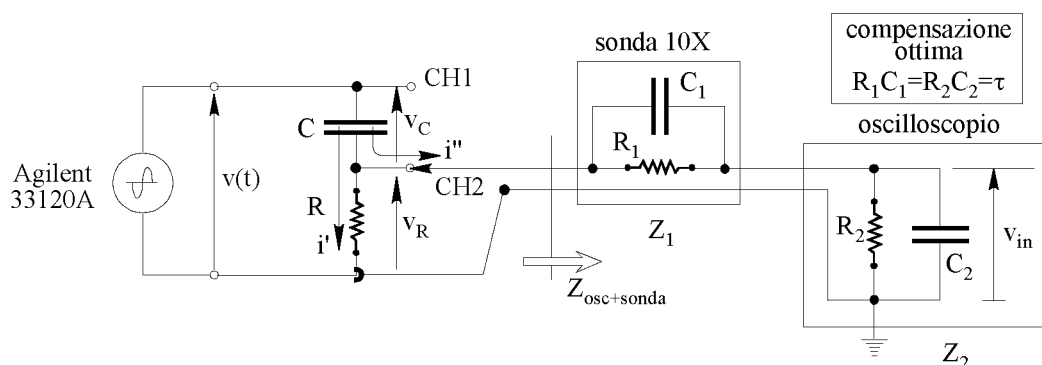
Poiché si ha:  $V_R = RI = V\cos\alpha$  e  $V_C = I/\omega C = V\sin\alpha$ ,

si ricava:  $\tan\alpha = \sin\alpha/\cos\alpha = 1/\omega RC$  e quindi:  $C = 1/\omega R \tan\alpha$ .

Per determinare l'angolo  $\alpha$  visualizziamo sullo schermo dell'oscilloscopio le tensioni  $v(t)$  e  $v_R(t)$ . Quest'ultima sarà in anticipo rispetto alla prima di un tempo  $\Delta T$ . Se  $T$  è il periodo si ha:  $\Delta T/T = \alpha/2\pi$  e quindi:  $\alpha = 2\pi\Delta T/T$ . Sulla base di queste considerazioni si è proceduto a verificare le capacità  $C$  di tre condensatori commerciali, facendo uso di resistenze  $R$  note e scegliendo la frequenza di alimentazione in modo tale da ottenere uno sfasamento  $\alpha$  ben definito e le tensioni  $v(t)$  e  $v_R(t)$  di ampiezza confrontabile. Tutte le misure effettuate rientrano nella fascia di tolleranza ammessa per i condensatori in esame.

### Limiti del metodo

Col metodo proposto si è cercato di misurare anche una capacità  $C$  di valore molto piccolo. In questo caso diviene importante l'effetto di carico introdotto dall'oscilloscopio (Fig.6.2).



**Fig.6.2** - Schema comprendente l'oscilloscopio e la sonda.

Infatti, se l'impedenza della capacità incognita  $C$  è elevata e si vuole percepire bene l'angolo  $\alpha$ , anche la resistenza  $R$  deve essere di valore elevato e diventa non più trascurabile rispetto all'impedenza di ingresso dell'oscilloscopio e della sonda  $Z_{osc+sonda} = (R_1 + R_2)/(1 + j\omega\tau)$ , sul canale CH2. Allora la tensione  $v_R$  non è più direttamente imputabile alla sola resistenza nota  $R$

e quindi tendono a diventare meno valide le relazioni basate sul diagramma vettoriale (Fig.6.1).

Il fenomeno, inoltre, si esalta alle alte frequenze, che potremmo pensare di utilizzare nel tentativo di ridurre l'impedenza di  $C$  per avere una migliore ripartizione delle tensioni  $v_C$  e  $v_R$ . Al crescere della frequenza, l'impedenza dell'oscilloscopio e della sonda  $Z_{osc+sonda}$  tende a ridursi. In tal modo risultano sensibilmente diverse la corrente  $i'$  che attraversa la resistenza nota  $R$  e la corrente ( $i'+i''$ ) che attraversa la capacità incognita  $C$ .

Così perdono progressivamente significato le relazioni scritte più sopra, valide per una corrente comune in  $C$  e  $R$ . La determinazione di  $C$  fatta in tal modo risulta scarsamente significativa. Si noti infine che solo il canale CH2 è sostanzialmente responsabile della inadeguatezza del metodo in alta frequenza. Infatti, il canale CH1 carica il generatore di alimentazione ma il suo effetto non si manifesta modificando le correnti in  $C$  e  $R$  nella trasduzione della tensione totale  $v = v_C + v_R$ .