

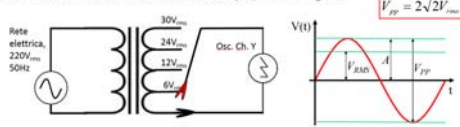
Esperienza 6 : semplici circuiti con diodi

Corso di Laboratorio di Elettromagnetismo e Circuiti, prof. S. Masi

1 MISURA DELLA CARATTERISTICA DEL DIODO CON L'OSCILLOSCOPIO E IL TRASFORMATORE

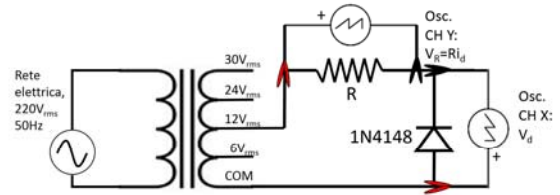
Sono disponibili: un diodo mod. 1N4148, diversi resistori, un trasformatore con diversi secondari (6,12,24,30V_{rms}), l'oscilloscopio. Il diodo verrà alimentato dalla tensione alternata prodotta dal trasformatore (sinusoidale, alla frequenza di rete, 50 Hz), tramite una resistenza R, montata in serie, che limita la corrente che vi scorre quando è polarizzato direttamente.

Per prima cosa, conviene controllare la corrispondenza tra le tensioni rms indicate sul trasformatore, e le tensioni picco-picco effettivamente erogate, collegando direttamente il secondario del trasformatore all'oscilloscopio, come in figura.



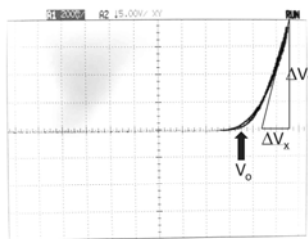
Si usa un trasformatore invece del generatore sinusoidale in modo da avere un generatore isolato dalla terra, e quindi isolato dalla massa (coccodrillo nero) dei due canali di ingresso dell'oscilloscopio.

Si passa poi a inserire nel circuito il diodo con la sua resistenza in serie, collegandolo ai due canali dell'oscilloscopio come in figura:



La resistenza R andrà dimensionata in modo da limitare la corrente a meno di 200 mA. Se si usa l'uscita a 12V, ad esempio, deve essere $R > 12 \cdot 1.41 / 0.2 \Omega$, quindi $R = 100\Omega$ è un valore adatto.

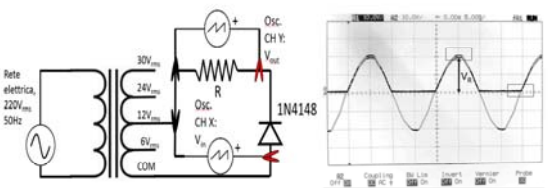
L'oscilloscopio andrà utilizzato in modalità XY, curando di invertire il segnale sul canale Y, in modo da ottenere la visualizzazione della curva caratteristica del diodo sul monitor. Si otterrà un segnale simile a quello visualizzato a destra nella figura. Da questo si determineranno approssimativamente la tensione di ginocchio V_o del diodo, e la sua resistenza per polarizzazione diretta R_d , come indicato in figura. Notare le scale: 200 mV/cm orizzontale (cioè ogni quadretto corrisponde ad una tensione di 0.2V ai capi del diodo) e di 5V/cm verticale (cioè ogni quadretto corrisponde ad una corrente di 5V/100Ω=50mA). Si copi la figura per punti su carta quadrettata o millimetrata, e si determinino la tensione di ginocchio e la resistenza diretta come indicato sotto:



In questo caso, ad esempio, $V_o = 0.7V$ (data la curvatura, questo valore è evidentemente affetto da un certo grado di arbitrarietà); $R_d = \Delta V_D / \Delta I_D = \Delta V_D / (\Delta V_D / R) = 0.24V / (20V / 100\Omega) = 1.2\Omega$. Non si dimentichi di propagare gli errori di lettura, e quindi associare un errore massimo alla stima di R_d .

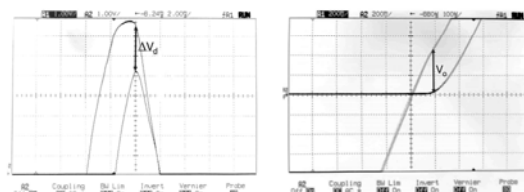
2 DIODO COME RADDRIZZATORE

Si utilizzi lo stesso circuito, ma si colleghino i due canali dell'oscilloscopio come in figura:



Utilizzando l'oscilloscopio in modo V(t), si visualizzerà sul canale X la tensione del trasformatore (V_{in}) e sul canale Y la tensione ai capi del carico ($V_{out} = V_D$). Si otterrà una schermata simile a quella della figura sopra a destra. Le forme d'onda non sono esattamente sinusoidali in quanto la tensione di rete lo è solo approssimativamente, e il trasformatore non è ideale.

Muovendo opportunamente le posizioni X, Y, e i due fattori di scala, si otterrà uno zoom della zona del picco (vedi figura ingrandita a sinistra) dalla quale si potrà stimare la caduta di tensione sul diodo in piena conduzione, e quindi la resistenza per conduzione diretta, sapendo la corrente. Ingrandendo invece la zona dell'attraversamento dello zero (vedi figura ingrandita a destra) si potrà stimare di nuovo la tensione di ginocchio del diodo.



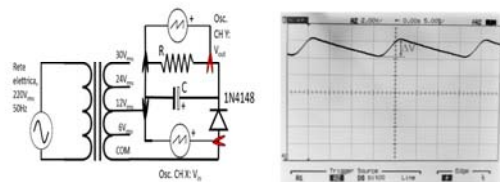
In questo caso (figura di sinistra) $V_D = 19V$, $R = 100 \Omega$, quindi $I_D = 190 \text{ mA}$; $\Delta V_D = 2.2V$, quindi $R_{dD} = (\Delta V_D - V_o) / I_D = 8\Omega$. Dalla figura di destra, invece, si ha la tensione di ginocchio $V_o = 0.5V$. Anche qui, non si dimentichi di propagare gli errori di lettura, e quindi associare un errore massimo alle due stime.

3 LIVELLAMENTO DELLA TENSIONE RADDRIZZATA

Inserendo una capacità in parallelo al carico, la tensione si livella, tendendo ad una tensione continua per capacità molto grandi. Durante il periodo in cui il diodo conduce, la capacità viene caricata alla tensione $V_{in}(t) - V_o$, durante il periodo in cui il diodo non conduce, il condensatore si scarica sul carico, con una costante di tempo del processo $\tau = RC$. Quindi il ripple residuo è pari a

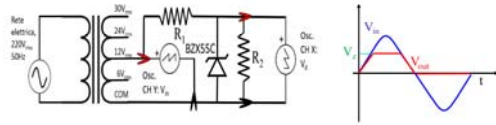
$$\Delta V' = V'_{max} (1 - e^{-T/\tau})$$

dove T è il periodo dell'onda, pari a 20 ms per le rete elettrica in Italia. Usando un condensatore da 1000µF (elettrolitico, va inserito rispettando la polarità indicata nello schema I) si verifichi che il ripple residuo è quello aspettato.



4 DIODO ZENER

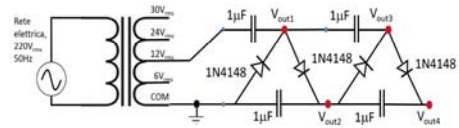
Si costruisce il circuito riportato sotto a sinistra, con uno Zener BZX55C, una resistenza $R_1=2.2k\Omega$ ed una resistenza $R_2=100k\Omega$ e si collegano i due canali dell'oscilloscopio come in figura.



Si ottiene la forma d'onda illustrata in figura a destra, dalla quale si misura la tensione di breakdown V_Z .

5 MOLTIPLICATORE DI TENSIONE

Si costruisce il circuito riportato in figura, e si osserva con l'oscilloscopio tra V_{out2} e massa e tra V_{out4} e massa, verificando che le tensioni siano rispettivamente $2(A \cdot V_d)$ e $4(A \cdot V_d)$. Si osservino anche V_{out1} e V_{out3} e si spieghi il loro andamento.



Esperienza 7: misure sulla linea di trasmissione

- In questa esperienza si invia un segnale impulsivo in una linea di trasmissione lunga 100m.
- Si studiano sia il segnale in uscita (e quindi la velocità di propagazione) che l'effetto del segnale riflesso che torna all'ingresso.

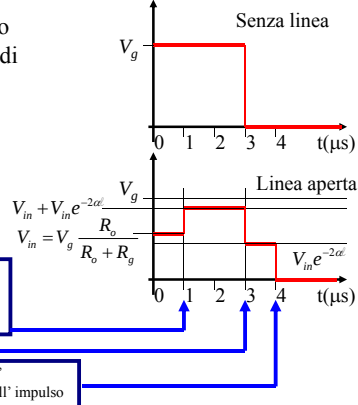


Riassunto della teoria

- Nella linea di trasmissione il segnale si propaga come un'onda a velocità $v = 1 / \sqrt{L_u C_u} \approx c / \sqrt{\epsilon_r}$
- A seconda di come è terminata la linea (cioè di quale carico è connesso alla sua estremità), una frazione del segnale può venire riflessa indietro verso il generatore, e quindi, sovrapponendosi al segnale inviato dal generatore, modificandone la forma. Si hanno diversi casi:
 - Linea adattata (carico uguale alla impedenza della linea)
 - Linea non adattata (carico diverso dall' impedenza della linea); casi particolari di questo sono
 - Linea aperta
 - Linea in corto
- Si studierà il segnale in ingresso variando il carico in uscita in modo da esplorare i diversi casi.

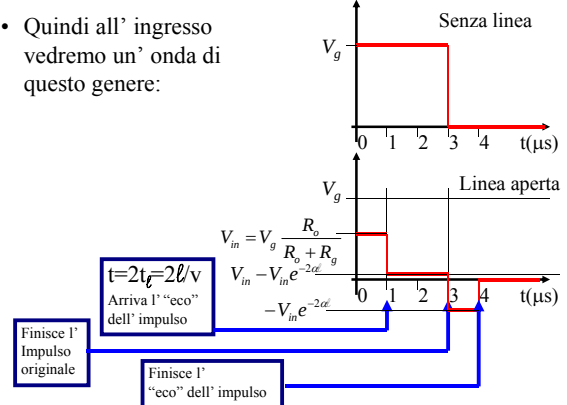
Linea Aperta

- Quindi all' ingresso vedremo un' onda di questo genere:



Linea in corto

- Quindi all' ingresso vedremo un' onda di questo genere:



In generale

- Per R_c qualsiasi ricaviamo il coefficiente di riflessione imponendo la legge di Ohm per R_c :

$$\frac{V(x=\ell, t=t_\ell)}{I(x=\ell, t=t_\ell)} = R_c$$

$$\frac{\frac{V_{in}e^{-\alpha\ell} + \Gamma V_{in}e^{-\alpha\ell}}{\frac{V_{in}e^{-\alpha\ell}}{R_o} - \frac{\Gamma V_{in}e^{-\alpha\ell}}{R_o}}}{R_o} = R_c \Rightarrow \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma} = \frac{R_c}{R_o}$$

- Si verifica facilmente che Γ vale 0 per $R_c=R_o$, vale 1 per R_c infinita e vale -1 per $R_c=0$.

- In ingresso $V(x=0, t=2t_\ell) = V_{in}(1 + \Gamma e^{-2\alpha\ell})$

- Collegare il generatore all' oscilloscopio (CH1).
- Collegare l' uscita SYNCHRO del generatore all' ingresso TRIGGER ESTERNO dell' oscilloscopio, e commutare su EXT il selettore del modo di Trigger.
- Utilizzare una frequenza $f=50\text{kHz}$ e scegliere l' onda quadra.
- Agire sui comandi di ampiezza, offset e duty cycle in modo da avere una V_g di 5V per $0 < t < 3\mu\text{s}$, 0V per $3\mu\text{s} < t < 20\mu\text{s}$.



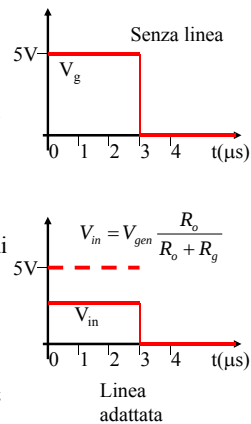
- Utilizzare una T per connettere il segnale dal CH1 dell' oscilloscopio all' ingresso della linea.

- Connettere l' altra estremita' della linea al CH2 dell' oscilloscopio, con una T in modo da chiudere la linea con una resistenza da 50Ω (tappo a 50Ω)

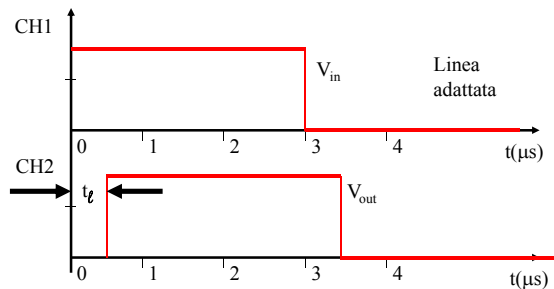
- Si dovrebbe essere in condizioni di linea adattata (assenza di riflessioni).

- Misurare l' ampiezza del segnale applicato alla linea V_{in} .

- Ricavare R_o supponendo che la R_g sia di 50Ω .

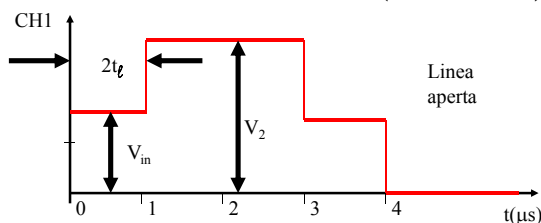


- Misurare il ritardo tra CH2 e CH1 e da questo ricavare la velocita' di propagazione nella linea, sapendo che la lunghezza e' di 100m.



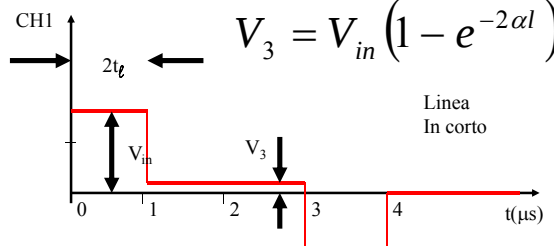
- Togliere il tappo a 50Ω e osservare l' onda riflessa in CH1.
- Misurare $2t_\ell$, V_{in} , V_2 ,
- Stimare l' attenuazione α da

$$V_2 = V_{in}(1 + e^{-2\alpha\ell})$$



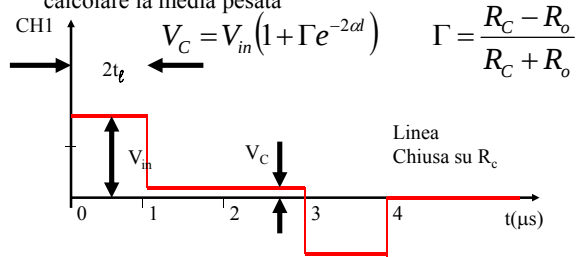
- Cortocircuitare la linea con un tappo a 0Ω e osservare l' onda riflessa in CH1.
- Misurare $2t_\ell$, V_{in} , V_3 ,
- Stimare l' attenuazione α da

$$V_3 = V_{in}(1 - e^{-2\alpha\ell})$$



- Connettere un BNC-coccodrillo all'uscita, e connettere una resistenza di carico $R_c = 10, 22, 33, 47, 100, 330 \Omega$. Misurare $2t_f$, V_{in} , V_C ,

- Stimare R_o per ogni R_c dalle due relazioni sotto, e poi calcolare la media pesata



$$\Gamma = \frac{R_C - R_o}{R_C + R_o}$$

Modalità d'esame

- L'esame consiste in una prova pratica in laboratorio e in una prova orale. A partire dal 17 Giugno appenderò un foglio a lato della stanza 148 edificio Marconi, con i giorni per gli orali (orali da calendario esami a partire dal 6 Luglio: prenotarsi su infostud e riempire opis!)
- Il superamento della prova pratica non è vincolante per presentarsi all'orale (ma la valutazione ottenuta è comunque considerata nella valutazione complessiva).
- L'orale verterà sia sul programma trattato a lezione, sia sulle relazioni relative alle misure eseguite in laboratorio.
- Il quaderno di gruppo va portato all'orale
- La prova orale può essere sostituita dal superamento di due esoneri sugli argomenti trattati a lezione e sulle misure eseguite.
- Il programma e le lezioni sono disponibili all'indirizzo <http://oberon.roma1.infn.it/laboratorioelettromagnetismo>