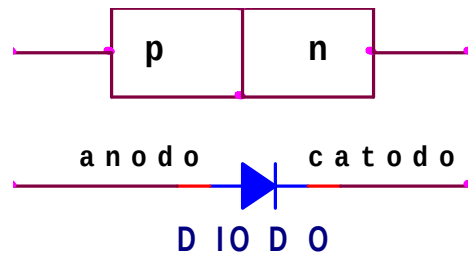


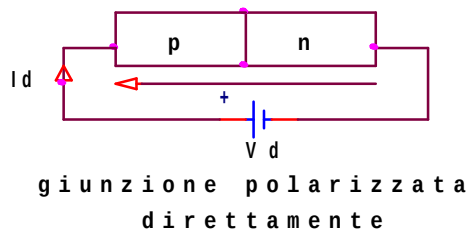
## Esperienza n. 5: Caratteristica I-V dei diodi

### Esperienza n. 5: Caratteristica I-V dei diodi

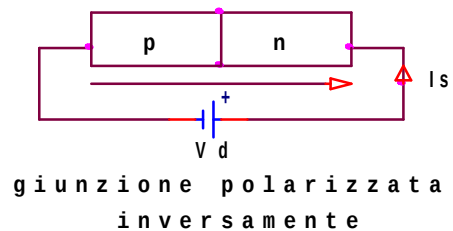
Il diodo è il bipolo non lineare costituito da una giunzione di due cristalli semiconduttori. La **fig.1** rappresenta una giunzione e lo schema elettrico relativo.



**Fig. 1 Rappresentazione del Diodo**



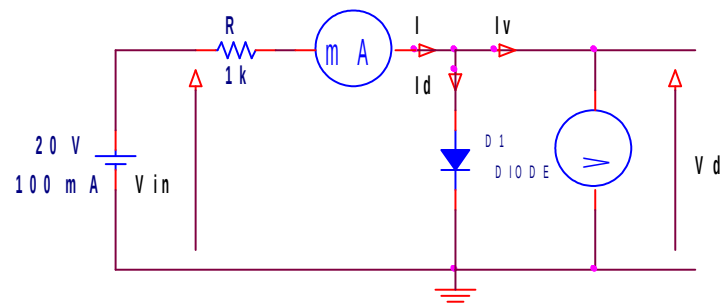
**Fig. 2a**



**Fig. 2b**

### Parte I: Caratteristica I-V del diodo

Per ricavare la caratteristica di un diodo  $I_d = f(V_d)$  si può usare lo schema di **fig. 3** dove la resistenza  $R$  limita la corrente che può passare nel diodo, che nel caso di diodi usati in elettronica (non di potenza, ma di segnale) è di alcune decine di mA; per cui, disponendo di un generatore di tensione continua di 20 V, la resistenza può essere compresa fra 0.5 e 5 k $\Omega$ .



**Fig. 3 Circuito usato per ricavare le caratteristiche del diodo**

Per ricavare la caratteristica del diodo variare la tensione  $V_{in}$  e costruire il grafico  $I_d = f(V_d)$ . Per la misura di  $V_d$  è consigliabile usare un voltmetro digitale la cui resistenza interna è circa 10 M $\Omega$  al fine di non commettere un errore sistematico grande, infatti la corrente letta dal milliamperometro passa, oltre che nel diodo anche nel voltmetro e solo se  $R_v$  è grande,  $I \approx I_d$ .

## Esperienza n. 5: Caratteristica I-V dei diodi

Ricavare sperimentalmente la caratteristica **del diodo al silicio** e quella di un **diodo LED** ed effettuare una regressione dei dati con la curva teorica (equazione di Shockley):

$$I_d = I_s \left( e^{\frac{V_d}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$\text{dove: } V_T = \frac{kT}{e} = 26 \text{ mV} \quad (\text{per } T = 300 \text{ Kelvin})$$

$e$  = carica dell'elettrone,  
 $k$  = costante di Boltzmann,  
 $T$  = temperatura assoluta.

Dai dati sperimentali si può ricavare  $\eta$  (detto *fattore di idealità*) che per diodi al silicio vale circa 2, per poi diminuire ad alte correnti di conduzione del diodo.

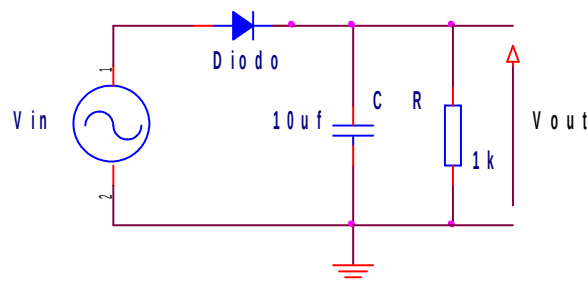
Il diodo LED ha invece una componente resistiva non trascurabile, che fa sì che l'equazione del diodo ideale non descriva bene l'andamento della  $I_d$  ad alti valori. Ai capi del diodo quindi è presente anche una caduta di potenziale  $V_{Rd} = R_d I_d$ . Non è più quindi possibile ricavare l'espressione analitica di  $I_d(V_d)$ , ma è possibile ricavare quella di  $V_d(I_d)$ , invertendo la relazione di Shockley ed aggiungendo il termine resistivo:

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

Si noti che la funzione è ora trascendente e non è più possibile ricavare  $I_d$  in funzione di  $V_d$ , quindi nell'analisi dati del diodo LED effettuare anche il fit di  $V_d(I_d)$ .

## Parte II: Raddrizzamento di una semionda

Applicando all'ingresso del circuito di fig. 5 (in appendice qui sotto) una tensione sinusoidale fornita da un generatore di funzioni, si può osservare con l'oscilloscopio che la tensione di uscita contiene solo la semionda positiva. Questa tensione è detta "**pulsata**" e non sarebbe adatta ad alimentare un circuito elettronico. Per renderla costante nel tempo è necessario mettere un **filtro RC** come presentato in **fig. 4** dove la resistenza è da considerare come elemento utilizzatore o carico.



**Fig.4 Raddrizzamento di una tensione alternata con filtro RC**

Verificare il funzionamento del circuito rappresentato in fig. 4 per diversi valori di  $\tau = RC$ .

## Esperienza n. 5: Caratteristica I-V dei diodi

### Appendice

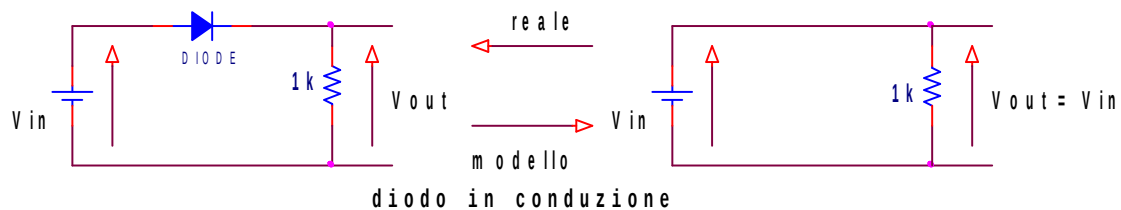
Dalla caratteristica del diodo si può osservare che esso comincia a condurre per tensioni  $V_d$  maggiori di 0.5 V (per diodi al silicio) ed essendo un andamento esponenziale la corrente sale molto velocemente con la tensione applicata, raggiungendo circa 0.8 V per la massima corrente di conduzione ammessa per quel tipo di diodo.

Con questa osservazione per semplificare i calcoli del circuito elettrico in cui il diodo è inserito, si può sostituirlo con dei modelli in modo da poter applicare la legge di Ohm.

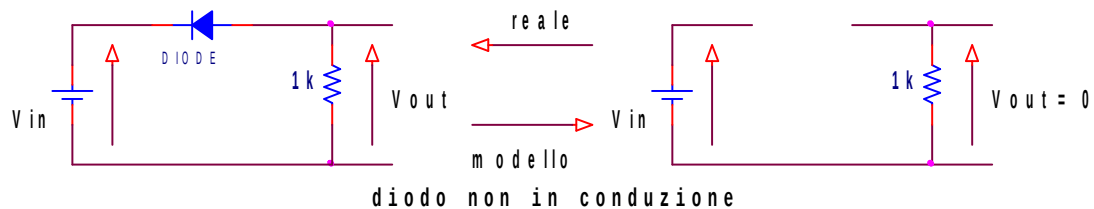
#### Diodo ideale:

- Se il diodo conduce, sostituire il diodo con un cortocircuito.
- Se il diodo non conduce sostituirlo con un circuito aperto.

Le fig. 5a e 5b rappresentano questa sostituzione.



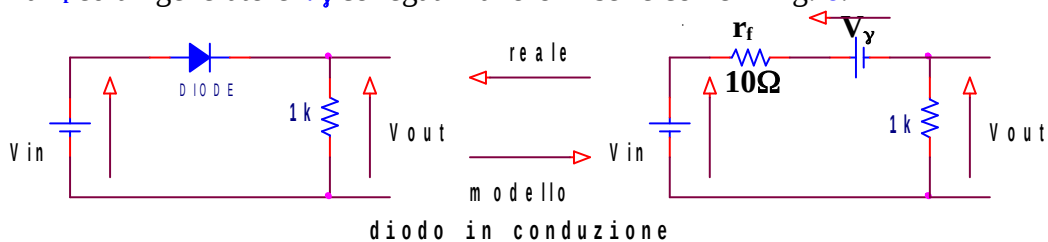
**Fig. 5a Sostituzione del diodo in conduzione con modello ideale**



**Fig. 5 b Sostituzione del diodo non in conduzione con modello ideale**

Dalla figura 5a si evidenzia che la tensione di uscita  $V_{out}$  è uguale a  $V_{in}$  se il diodo conduce, mentre la tensione  $V_{out}$  è uguale a zero se il diodo non conduce (fig. 5b).

**Un altro modello molto usato** è quello di sostituire il diodo in conduzione con una resistenza  $r_f$  ed un generatore  $V_y$  collegati fra loro in serie come in fig. 6.



**Fig. 6 Sostituzione del diodo reale in conduzione con il suo modello circuitale.**

### Esperienza n. 5: Caratteristica I-V dei diodi

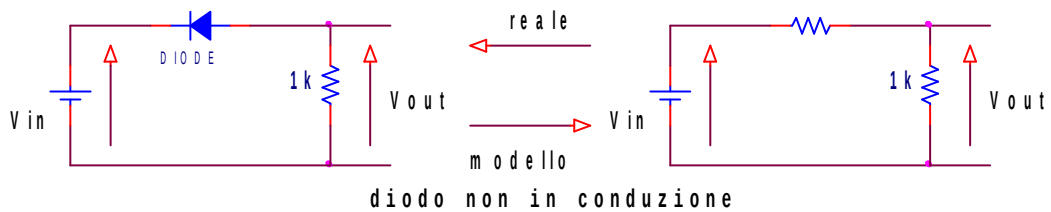
Il valore di  $r_f$  è generalmente compreso fra pochi ohm ad alcune decine, mentre il valore di  $V_y$  per diodi al silicio è **0,5 V**. La tensione di uscita diventa:

$$V_{out} = V_{in} - V_y - I r_r$$

In molti casi si usa considerare, per semplificare, la  $r_f$  nulla, e sostituire  $V_y$  con  $V_\sigma = \mathbf{0,7\ V}$ , quindi

$$V_{out} = V_{in} - \mathbf{0,7\ V}.$$

Se il diodo è polarizzato inversamente esso può essere sostituito semplicemente da una resistenza  $r_r$  di valore molto elevato e dell'ordine di decine di **M $\Omega$** , come in fig.7.



**Fig. 7 Sostituzione del diodo reale in interdizione con il suo modello circuitale.**