

ESERCIZIO: TRANSCARATTERISTICA 1

Descrizione del problema

Sia dato il circuito mostrato di Fig. 1 in cui la tensione d'ingresso V_{IN} risulta variabile in un ampio intervallo. Approssimando la caratteristica I_D - V_D del diodo con l'andamento lineare a tratti riportato in Fig. 2, determinare la transcaratteristica $v_o = f(v_{IN})$ indicando i punti di spezzamento e le pendenze dei vari tratti.

Dati: $V_R = 3\text{ V}$, $V_{on} = 0.7\text{ V}$, $R_D = 40\ \Omega$, $R_1 = 2\text{ k}\Omega$, $R_2 = 2\text{ k}\Omega$, $R_3 = 1\text{ k}\Omega$

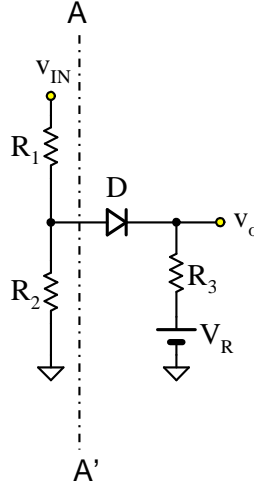


Fig. 1– Circuito da analizzare

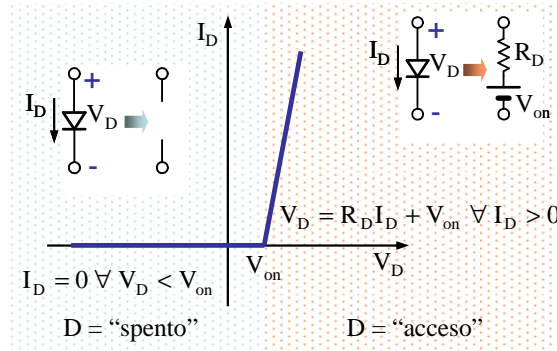


Fig. 2– Approssimazione lineare a tratti della caratteristica I_D - V_D del diodo

Soluzione:

Prima di analizzare lo stato del diodo, semplifichiamo la rete applicando Thevenin a sinistra della sezione AA' indicata in Fig. 1. Il circuito equivalente che si ottiene è mostrato in Fig. 3 dove:

$$(1) \quad R_S = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = 1\text{ k}\Omega$$

$$(2) \quad v_S = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) v_{IN} = \frac{v_{IN}}{2}$$

Ipotizziamo, inizialmente, che il diodo sia spento. In accordo con il modello di Fig. 2, il diodo viene sostituito da un circuito aperto, come evidenziato in Fig. 4. La condizione necessaria affinché l'ipotesi di diodo spento sia verificata è la seguente:

$$(3) \quad v_D = v_S - V_R \leq V_{on}$$

Che si traduce nel seguente vincolo per la tensione d'ingresso:

$$(4) \quad v_{IN} \leq 2(V_{on} + V_R) = V_{th} = 7.4\text{ V}$$

In questa situazione la tensione di uscita vale:

$$(5) \quad v_o = V_R = 3 \text{ V}$$

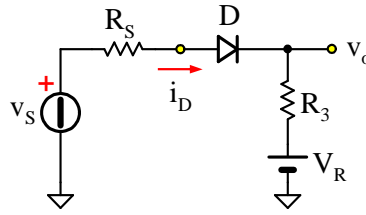


Fig. 3– Circuito equivalente a vuoto

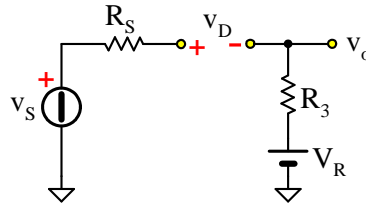


Fig. 4– Circuito equivalente corrispondente a diodo spento

Quando, all'aumentare di v_{IN} , la condizione (4) non è più verificata, il diodo si accende, dando luogo al circuito equivalente di Fig. 5. La corrente nel diodo vale:

$$(6) \quad i_D = \frac{v_S - V_{on} - V_R}{R_S + R_D + R_3}$$

e risulta positiva per $v_{IN} \geq 2(V_{on} + V_R)$ come ci si aspettava. La tensione di uscita vale:

$$(7) \quad v_o = R_3 i_D + V_R = m v_{IN} + q$$

con

$$(8) \quad m = \frac{R_3}{R_S + R_D + R_3} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 0.245$$

$$(9) \quad q = V_R - \frac{R_3}{R_S + R_D + R_3} (V_R + V_{on}) = 1.186 \text{ V}$$

La transcaratteristica complessiva è mostrata in Fig. 6.

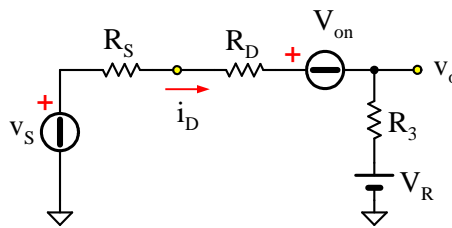


Fig. 5– Circuito equivalente corrispondente a diodo acceso

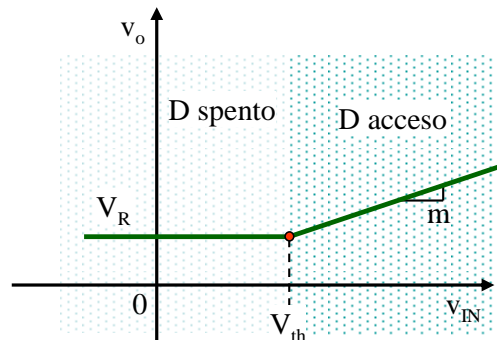


Fig. 6– Transcaratteristica $v_o = f(v_{IN})$