

DISPENSE per ESERCITAZIONE N.5
LABORATORIO di ELETTRONICA APPLICATA
A.A 2015/2016

Diodo ideale, o superdiodo

Un amplificatore operazionale ed un diodo possono essere combinati, come in Figura 1, per realizzare un raddrizzatore ad una semionda di precisione. L'uscita V_o rappresenta una replica parziale rettificata del segnale di ingresso V_s con caduta di tensione trascurabile, rispetto a quella che si avrebbe con l'utilizzo di un singolo diodo (pari a circa 0.6 V). Grazie all'elevato guadagno ad anello aperto dell'operazionale, A_v (~ 200000 in DC), la tensione di innesco del diodo, V_γ è ridotta a V_γ/A_v , quando il diodo è inserito nell'anello di retroazione ed è in conduzione. In tal caso l'elevato guadagno A_v forza la tensione ai terminali di ingresso dell'operazionale ad essere quasi zero.

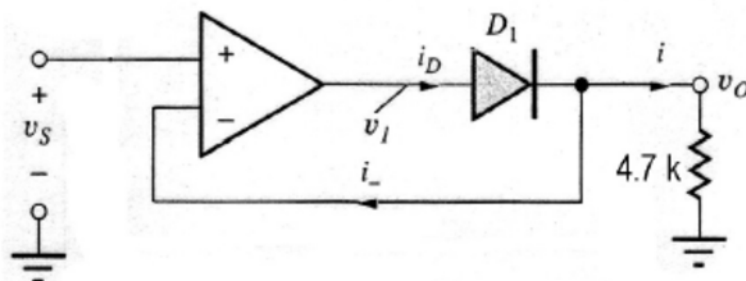


Figura 1 Raddrizzatore con superdiodo

Per $v_s > 0$, v_o eguaglia v_s , e $i > 0$. In tal caso l'uscita dell'operazionale è positiva ed il diodo D_1 si trova in conduzione. Poiché la corrente nel piedino invertente, i_- , è idealmente zero, la corrente i_D è pari ad i , il diodo è in conduzione e l'anello di retroazione è chiuso proprio attraverso il diodo.

Per $v_s < 0$, l'uscita dell'operazionale è negativa ed il diodo non si trova in conduzione, quindi $i_D = 0$ e l'anello di retroazione è aperto: $v_o = 0$, poiché $i = 0$. La transcaratteristica del circuito di Figura 1 è quindi quella riportata in Figura 2.

Sorgenti di errore principali:

- Guadagno finito dell'operazionale
- Guadagno dell'operazionale che diminuisce all'aumentare della frequenza
- Tensione di offset dell'operazionale

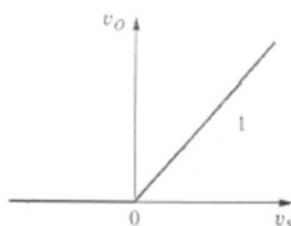


Figura 2 Transcaratteristica del circuito di figura 1

Problema di carattere pratico:

sebbene per tensioni di ingresso negative l'uscita del circuito sia correttamente pari a zero, ai terminali di ingresso dell'operazionale ho una tensione negativa e l'uscita dell'operazionale, V_1 , è quindi saturata verso la tensione negativa di alimentazione: l'anello di retroazione è aperto e non vale quindi il principio della massa virtuale!

Domanda: quale limite di prestazioni mi determina la saturazione?

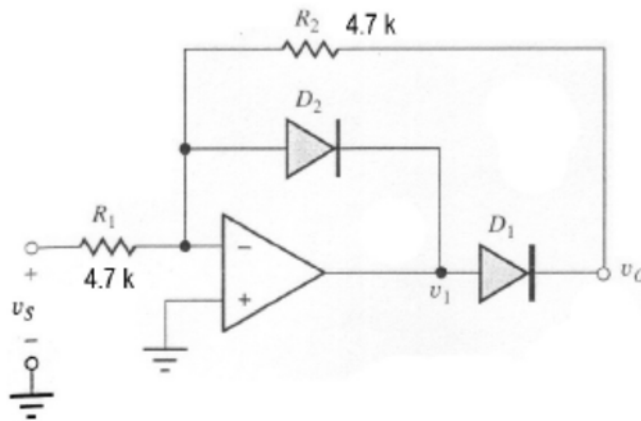


Figura 3 Configurazione senza saturazione

Configurazione rettificante senza saturazione

Il problema della saturazione può essere aggirato tramite la configurazione circuitale di Figura 3, che realizza sempre un raddrizzatore di precisione a singola semionda. L'operazionale è ora in configurazione invertente e viene raddrizzata la semionda negativa del segnale di ingresso:

$$\text{per } v_S \geq 0 \quad v_0 = 0 \qquad \text{per } v_S \leq 0 \quad v_0 = -\frac{R_2}{R_1} v_S$$

La transcaratteristica del circuito è quella di figura 4.

Domanda: perché l'operazionale non entra in saturazione in questa configurazione circuitale?

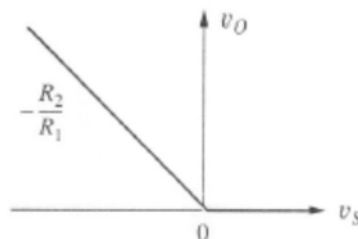


Figura 4 Transcaratteristica del circuito di figura 3

Amplificatore logaritmico

Un'altra particolare configurazione dell'amplificatore operazionale è quella dell'amplificatore logaritmico. Nell'esercitazione è proposta la versione più semplice (Figura 5), anche se è quella meno utilizzata perché afflitta da diversi inconvenienti.

Quando il segnale di ingresso è positivo, il diodo nella catena di retroazione è in conduzione e il piedino di ingresso invertente si trova a massa virtuale.

La corrente che scorre nel diodo è:

$$I_D = I_S \left(e^{qV_D/kT} + 1 \right) = I_S \left(e^{V_D/V_T} + 1 \right); I_S \left(e^{V_D/V_T} \right)$$

con I_D corrente del diodo, I_S corrente inversa del diodo, V_D tensione diretta ai capi del diodo, k costante di Boltzmann ($1.38 \cdot 10^{-23} \text{J/K}$), T temperatura assoluta e q carica dell'elettrone.

Si ricorda poi che è:

$$\frac{kT}{q} = V_T$$

Trascurando la corrente nel piedino invertente e per il principio di massa virtuale si ha che:

$$V_O \cong -V_D$$

$$I_D \cong -V_S/R$$

da cui:

$$V_O \cong -V_T \ln \left(\frac{V_S}{RI_S} \right)$$

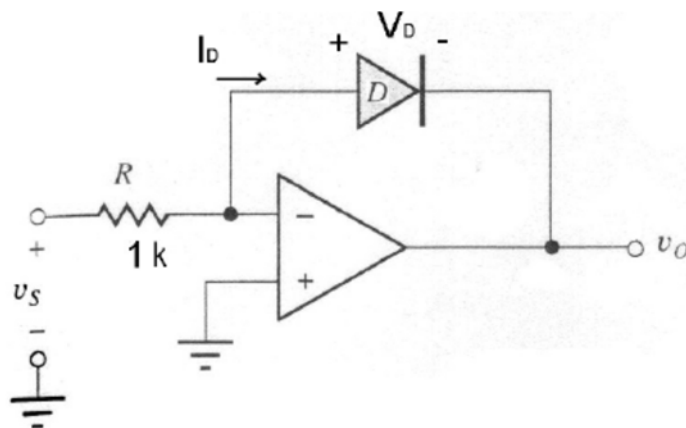


Figura 5 Amplificatore logaritmico a diodo