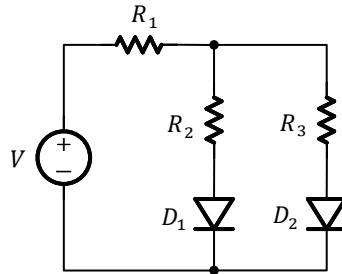


EL2005 Elektronika – PR#02

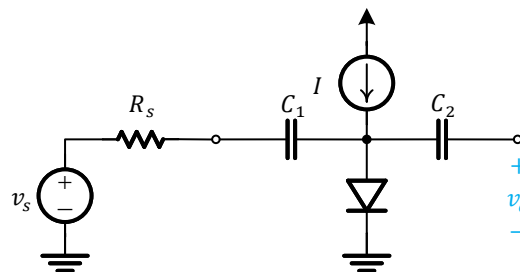
Batas Akhir Pengumpulan : Jum'at, 03 Februari 2017, jam 16:00

SOAL 1



Diketahui rangkaian diode seperti di atas dengan sumber tegangan DC, $V = 5 \text{ V}$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 220 \Omega$, dan $R_3 = 470 \Omega$. Kedua diode D_1 dan D_2 sama/identik, dengan nilai parameter arus saturasi $I_S = 0.1 \text{ pA}$, dan dioperasikan pada suhu ruang (300 K). Tugas Anda adalah menghitung titik operasi (arus dan tegangan) masing-masing diode: (V_{D_1}, I_{D_1}) dan (V_{D_2}, I_{D_2}) dengan model **persamaan karakteristik eksponensial** dan metode **iterasi**. Pada awal iterasi, misalnya Anda dapat mengasumsikan bahwa tegangan setiap diode adalah 0.7 V. Proses perhitungan iterasi cukup dilakukan **maksimum** sebanyak 5 kali. (Contoh soal/Example 4.4 buku **Sedra-Smith Ed. 6** dapat menjadi acuan belajar, dengan 2 perbedaan: (a) nilai arus saturasi I_S di soal PR ini sudah diketahui, tidak perlu dihitung lagi, (b) berbeda dari contoh di buku, di sini Anda memiliki 2 buah persamaan KVL dan 2 persamaan karakteristik diode.)

SOAL 2



Rangkaian di atas adalah peredam (atenuator) sinyal sederhana. Besarnya faktor peredaman (atenuasi) dikendalikan oleh nilai arus DC yang mengalir pada diode, yaitu I . Di rangkaian atenuator tersebut, v_s adalah sinyal AC frekuensi tinggi (RF) yang akan diredam. Kapasitor C_1 dan C_2 (dengan nilai mendekati tak hingga) berfungsi untuk meng-*couple* sinyal ke dan dari diode namun mencegah arus DC mengalir ke sumber sinyal atau ke beban (tidak ditunjukkan).

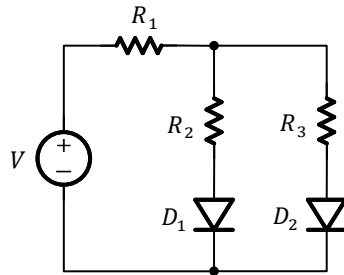
- a. Gunakan model sinyal kecil diode untuk menunjukkan bahwa komponen sinyal dari tegangan output adalah

$$v_o = v_s \frac{V_T}{V_T + IR_s}$$

- b. Jika $v_s = 10 \text{ mV}$ dan $R_s = 1 \text{ k}\Omega$, hitung v_o untuk $I = 1 \text{ mA}$, 0.1 mA , dan $1 \mu\text{A}$.
- c. Diberikan diode mengalami drop tegangan 0.7 V pada 1 mA. Untuk input sinyal kecil, berapa nilai I yang dibutuhkan agar:
- (i) $v_o/v_s = 0.5$? (ii) $v_o/v_s = 0.1$? (iii) $v_o/v_s = 0.01$? (iv) $v_o/v_s = 0.001$?
- d. Untuk tiap kasus di soal (c), berapa batas sinyal input yang dapat digunakan untuk menjamin bahwa komponen sinyal dari arus diode dibatasi pada $\pm 10\%$ dari arus DC-nya?

EL2005 Elektronika – PR#02 Solusi

SOAL 1



Diketahui rangkaian diode seperti di atas dengan sumber tegangan DC, $V = 5\text{ V}$, $R_1 = 1\text{ k}\Omega$, $R_2 = 220\ \Omega$, dan $R_3 = 470\ \Omega$. Kedua diode D_1 dan D_2 sama/identik, dengan nilai parameter arus saturasi $I_S = 0.1\ \mu\text{A}$, dan dioperasikan pada suhu ruang (300 K). Tugas Anda adalah menghitung titik operasi (arus dan tegangan) masing-masing diode: (V_{D_1}, I_{D_1}) dan (V_{D_2}, I_{D_2}) dengan model **persamaan karakteristik eksponensial** dan metode **iterasi**. Pada awal iterasi, misalnya Anda dapat mengasumsikan bahwa tegangan setiap diode adalah 0.7 V. Proses perhitungan iterasi cukup dilakukan **maksimum** sebanyak 5 kali. (Contoh soal/Example 4.4 buku **Sedra-Smith Ed. 6** dapat menjadi acuan belajar, dengan 2 perbedaan: (a) nilai arus saturasi I_S di soal PR ini sudah diketahui, tidak perlu dihitung lagi, (b) berbeda dari contoh di buku, di sini Anda memiliki 2 buah persamaan KVL dan 2 persamaan karakteristik diode.)

Jawab:

Hitung nilai V_T .

$$V_T = \frac{kT}{q} = \frac{(8.62 \times 10^{-5}\ \text{eV/K})(300\ \text{K})}{e} = 0.2586\ \text{V}$$

Aplikasikan Kirchhoff's Voltage Law (KVL) pada kedua loop.

KVL Pada Loop Sebelah Kiri	KVL Pada Loop Sebelah Kanan
$\Sigma V = 0$	$\Sigma V = 0$
$-V + R_1(I_{D_1} + I_{D_2}) + R_2 I_{D_1} + V_{D_1} = 0$	$-V_{D_1} - R_2 I_{D_1} + R_3 I_{D_2} + V_{D_2} = 0$
$(R_1 + R_2)I_{D_1} + R_1 I_{D_2} = V - V_{D_1}$	$-R_2 I_{D_1} + R_3 I_{D_2} = V_{D_1} - V_{D_2}$

Dengan melakukan kombinasi linear pada kedua persamaan KVL di atas, didapat

$$I_{D_1}^{(n)} = \frac{R_3(V - V_{D_1}^{(n-1)}) - R_1(V_{D_1}^{(n-1)} - V_{D_2}^{(n-1)})}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

$$I_{D_2}^{(n)} = \frac{R_2(V - V_{D_1}^{(n-1)}) + (R_1 + R_2)(V_{D_1}^{(n-1)} - V_{D_2}^{(n-1)})}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}$$

Dua persamaan iterasi lainnya didapat dari persamaan karakteristik diode, yaitu

$$V_{D_1}^{(n)} = V_{D_1}^{(n-1)} + V_T \ln \left(\frac{I_{D_1}^{(n)}}{I_{D_1}^{(n-1)}} \right)$$

$$V_{D_2}^{(n)} = V_{D_2}^{(n-1)} + V_T \ln \left(\frac{I_{D_2}^{(n)}}{I_{D_2}^{(n-1)}} \right)$$

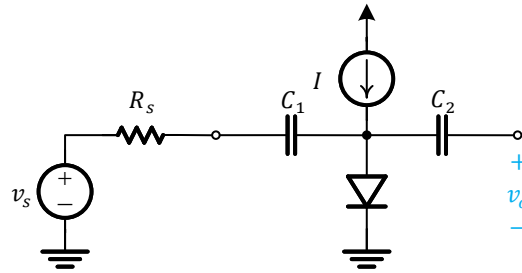
Dengan memasukkan nilai-nilai $V = 5 \text{ V}$, $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 220 \Omega$, dan $R_3 = 470 \Omega$, dan dengan asumsi bahwa $I_{D_1}^{(0)} = 1 \text{ mA}$, $I_{D_2}^{(0)} = 1 \text{ mA}$, $V_{D_1}^{(0)} = 0.7 \text{ V}$, dan $V_{D_2}^{(0)} = 0.7 \text{ V}$, didapat tabel iterasi berikut.

Iterasi	I_{D_1} (mA)	I_{D_2} (mA)	V_{D_1} (V)	V_{D_2} (V)
0	1	1	0.7	0.7
1	2.547264936	1.192336778	0.724179623	0.704549163
2	2.50819904	1.222003098	0.72377995	0.705184707
3	2.509740585	1.220195889	0.723795839	0.705146435
4	2.509662908	1.220291832	0.723795039	0.705148468
5	2.509666954	1.220286804	0.72379508	0.705148362

Dengan demikian, titik operasi kedua diode adalah

- $(V_{D_1}, I_{D_1}) \approx (0.724 \text{ V}, 2.510 \text{ mA})$
- $(V_{D_2}, I_{D_2}) \approx (0.705 \text{ V}, 1.220 \text{ mA})$

SOAL 2



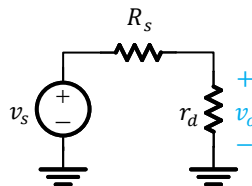
Rangkaian di atas adalah peredam (atenuator) sinyal sederhana. Besarnya faktor peredaman (atenuasi) dikendalikan oleh nilai arus DC yang mengalir pada diode, yaitu I . Di rangkaian atenuator tersebut, v_s adalah sinyal AC frekuensi tinggi (RF) yang akan diredam. Kapasitor C_1 dan C_2 (dengan nilai mendekati tak hingga) berfungsi untuk meng-*couple* sinyal ke dan dari diode namun mencegah arus DC mengalir ke sumber sinyal atau ke beban (tidak ditunjukkan).

- a. Gunakan model sinyal kecil diode untuk menunjukkan bahwa komponen sinyal dari tegangan output adalah

$$v_o = v_s \frac{V_T}{V_T + IR_s}$$

Jawab:

Model sinyal kecil rangkaian dibangun dengan mengabaikan sumber DC (men-*short*-kan sumber tegangan DC dan meng-*open*-kan sumber arus DC), men-*short*-kan kapasitor, meng-*open*-kan induktor, dan mengganti komponen nonlinear dengan model sinyal kecilnya. Hasilnya, model sinyal kecil rangkaian adalah sebagai berikut.



Dengan prinsip pembagi tegangan, didapat

$$v_o = v_s \frac{r_d}{r_d + R_s}$$

Padahal, $r_d = V_T/I$, sehingga

$$v_o = v_s \frac{V_T/I}{V_T/I + R_s} = v_s \frac{V_T}{V_T + IR_s}$$

- b. Jika $v_s = 10 \text{ mV}$ dan $R_s = 1 \text{ k}\Omega$, hitung v_o untuk $I = 1 \text{ mA}$, 0.1 mA , dan $1 \text{ }\mu\text{A}$.

Jawab:

Asumsikan rangkaian beroperasi pada suhu ruangan, sehingga $V_T = 0.0253 \text{ V}$. Dengan demikian

$$v_o|_{I=1 \text{ mA}} = (10 \text{ mV}) \frac{0.0253 \text{ V}}{0.0253 \text{ V} + (1 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega)} \approx 0.247 \text{ mV}$$

$$v_o|_{I=0.1 \text{ mA}} = (10 \text{ mV}) \frac{0.0253 \text{ V}}{0.0253 \text{ V} + (0.1 \text{ mA})(1 \text{ k}\Omega)} \approx 2.019 \text{ mV}$$

$$v_o|_{I=1 \text{ }\mu\text{A}} = (10 \text{ mV}) \frac{0.0253 \text{ V}}{0.0253 \text{ V} + (1 \text{ }\mu\text{A})(1 \text{ k}\Omega)} \approx 9.620 \text{ mV}$$

- c. Diberikan diode mengalami drop tegangan 0.7 V pada 1 mA. Untuk input sinyal kecil, berapa nilai I yang dibutuhkan agar:
 (i) $v_o/v_s = 0.5$? (ii) $v_o/v_s = 0.1$? (iii) $v_o/v_s = 0.01$? (iv) $v_o/v_s = 0.001$?

Jawab:

Berdasarkan soal (a), didapat

$$v_o = v_s \frac{V_T}{V_T + IR_s} \Leftrightarrow I = \frac{V_T}{R_s} \left(\frac{1}{v_o/v_s} - 1 \right)$$

Dengan demikian, arus I yang dibutuhkan untuk tiap kasus adalah

Kasus	v_o/v_s	I (mA)
i.	0.5	0.0253
ii.	0.1	0.2277
iii.	0.01	2.5047
iv.	0.001	25.2747

- d. Untuk tiap kasus di soal (c), berapa batas sinyal input yang dapat digunakan untuk menjamin bahwa komponen sinyal dari arus diode dibatasi pada $\pm 10\%$ dari arus DC-nya?

Jawab:

Misalkan diode di-*bias* pada titik operasi DC (V_{D_1}, I_{D_1}). Di sini, (V_{D_2}, I_{D_2}) menyatakan tegangan dan arus diode setelah arus diode diubah 10% dari arus DC-nya (yaitu I_{D_1}), dan $\Delta v_o = \Delta v_d = V_{D_2} - V_{D_1}$ menyatakan perubahan tegangan sinyal kecil diode (= perubahan tegangan sinyal kecil output) akibat perubahan arus. Dengan kata lain, akan dicari Δv_o di mana $I_{D_2} = 0.9I_{D_1}$ dan $I_{D_2} = 1.1I_{D_1}$.

Untuk $I_{D_2} = 0.9I_{D_1}$: $\Delta v_o = V_{D_2} - V_{D_1} = V_T \ln(I_{D_2}/I_{D_1}) = (25.3 \text{ mV}) \ln(0.9) \approx -2.666 \text{ mV}$

Untuk $I_{D_2} = 1.1I_{D_1}$: $\Delta v_o = V_{D_2} - V_{D_1} = V_T \ln(I_{D_2}/I_{D_1}) = (25.3 \text{ mV}) \ln(1.1) \approx 2.411 \text{ mV}$

Perubahan sinyal kecil input adalah

$$\Delta v_s = \frac{\Delta v_o}{v_o/v_s}$$

Dengan demikian, batas sinyal input yang dapat digunakan untuk tiap kasus adalah

Kasus	v_o/v_s	Batas Bawah Δv_s (mV) (Ketika $\Delta v_o \approx -2.666 \text{ mV}$)	Batas Atas Δv_s (mV) (Ketika $\Delta v_o \approx 2.411 \text{ mV}$)
i.	0.5	-5.331242	4.822695
ii.	0.1	-26.656210	24.113475
iii.	0.01	-266.562105	241.134755
iv.	0.001	-2665.621046	2411.347549