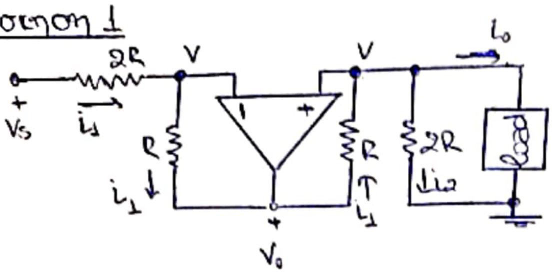
ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ: ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ

ΑΜ: 03120164



## 2η Σειρά Ασκήσεων - Ηλεκτρονική Ι

### Άσκηση 1




$i_0 = -\frac{u_s}{2R}$

Από ιδιότητες τελεστικού ενισχυτή: $V^+ = V^- = V$

$i_1 = \frac{u_s - V}{2R} = \frac{V - V_0}{R} \Leftrightarrow u_s - V = 2V - 2V_0 \Leftrightarrow 3V = u_s + 2V_0 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow u_s = 3V - 2V_0$ (1)

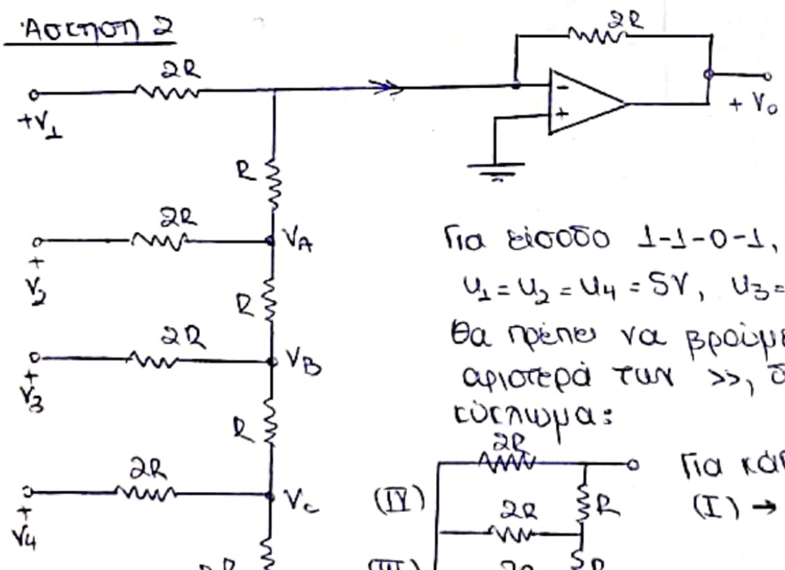
Επίσης $i_1 = \frac{V_0 - V}{R}$ και $i_2 = \frac{V}{2R}$

Από Νόμο Ρευμάτων Kirchhoff: $i_1 = i_2 + i_0$

$\frac{V_0 - V}{R} = i_0 + \frac{V}{2R}$, σχέση που επαληθεύει το αποτέλεσμα $i_0 = -\frac{u_s}{2R}$, αφού

$i_0 = \frac{2V_0 - 2V - V}{2R} = \frac{2V_0 - 3V}{2R} \overset{(1)}{\Longrightarrow} i_0 = -\frac{u_s}{2R}$

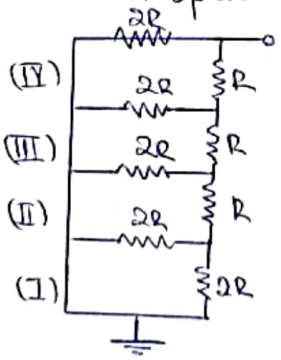
### Άσκηση 2




Για είσοδο 1-1-0-1, έχουμε τα εξής:

$u_1 = u_2 = u_4 = 5V$, $u_3 = 0V$

Θα πρέπει να βρούμε το ισοδύναμο κύκλωμα Thévenin αριστερά των », δηλαδή το ισοδύναμο για το παρακάτω κύκλωμα:




Για κάθε κλάδο:

$(I) \rightarrow \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = \frac{4R^2}{4R} = R$

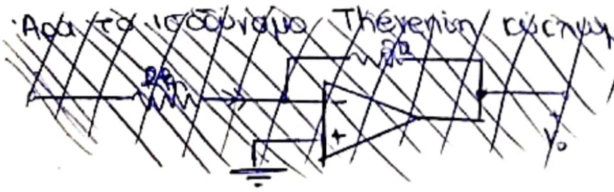
$(II) \rightarrow \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = R$

$(III) \rightarrow \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = R$

$(IV) \rightarrow \frac{2R \cdot 2R}{2R + 2R} = R = R_{ολ}$

$R_{Th} = R$

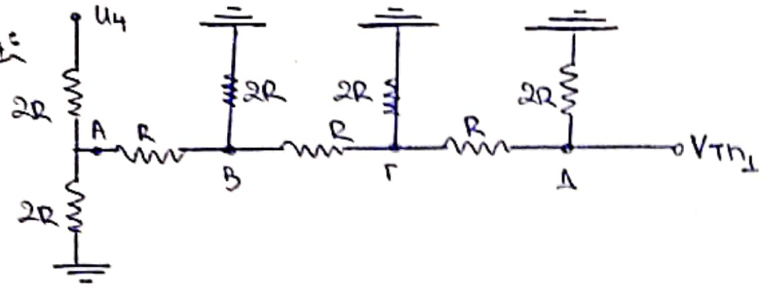
~~Άρα το ισοδύναμο Thévenin κύκλωμα είναι το εξής:~~



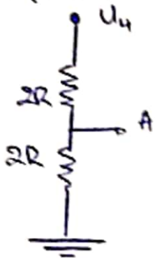
Scanné avec CamScanner

Για τη $V_{Th}$ διατηρούμε κάθε φορά μια πηγή τάσης:

ο $U_4$:



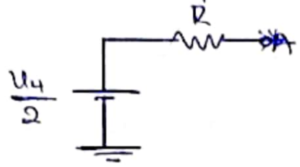

Αριστερά του σημείου A



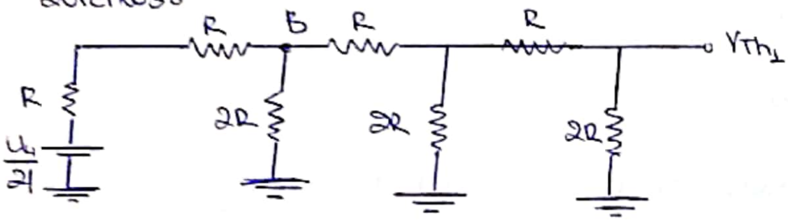

$V_A = U_4 \cdot \frac{2R}{2R+2R} = \frac{U_4}{2}$

$R_{Th_A} = (2R \| 2R) = R$

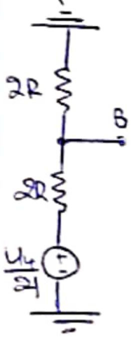
Το ισοδύναμο Thévenin είναι:




Συνεπώς:



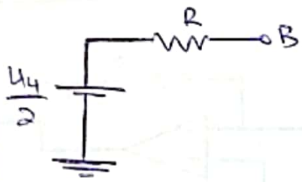

Αριστερά του σημείου B:



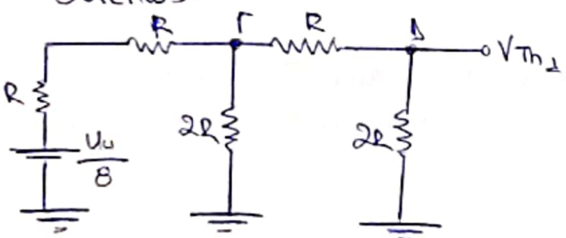

$V_B = \frac{U_4}{2} \cdot \frac{2R}{2R+2R} = \frac{U_4}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{U_4}{4}$

$R_{Th_B} = (2R \| 2R) = R$

Το ισοδύναμο Thévenin αριστερά του B:




Συνεπώς:

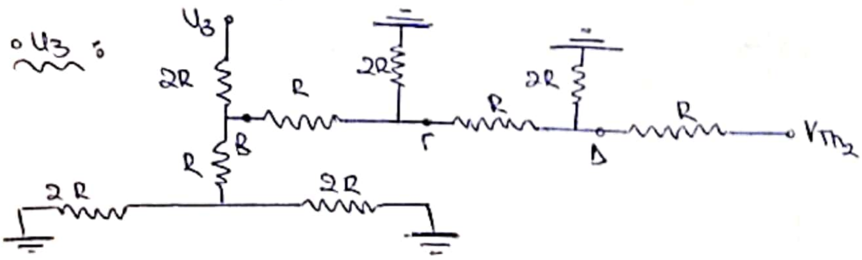



Όμοια, αριστερά του Γ: $R_{Th_\Gamma} = R$, $V_\Gamma = \frac{U_4}{8}$ και

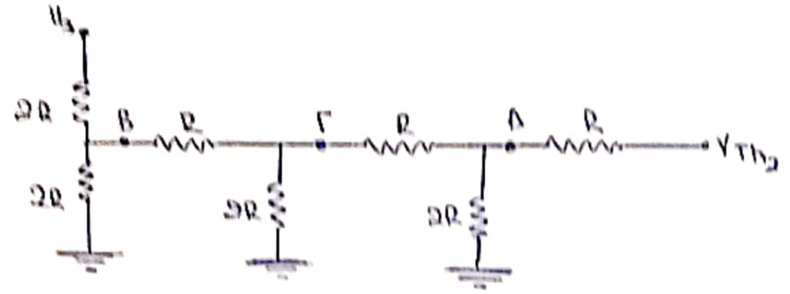
αριστερά του Δ: $R_{Th_\Delta} = R$, $V_\Delta = \frac{U_4}{16}$

Άρα $V_{Th_1} = \frac{U_4}{16}$

ο $U_3$:



$(2R \| 2R) + R = R + R = 2R$, όμια.




Όμοια με παραπάνω, αριστερά του B: $R_{Th_B} = R$, $V_B = \frac{u_3}{2}$,

αριστερά του Γ: $R_{Th_Γ} = R$, $V_Γ = \frac{u_3}{4}$,

αριστερά του Δ: $R_{Th_Δ} = R$, $V_Δ = \frac{u_3}{8}$

Άρα $V_{Th_2} = \frac{u_3}{8}$

• $u_2$: $V_{Th_3} = \frac{u_2}{4}$

• $u_1$: $V_{Th_4} = \frac{u_1}{2}$

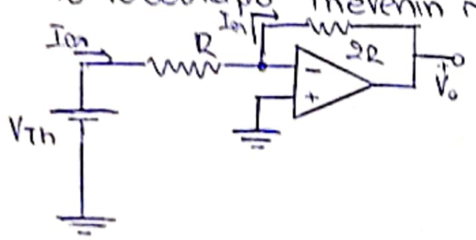
Άρα, από το θεώρημα επαλληλίας:

$$V_{Th} = V_{Th_1} + V_{Th_2} + V_{Th_3} + V_{Th_4} = \frac{5}{16} + \frac{5}{8} + \frac{5}{4} + \frac{5}{2} = \frac{5}{2} \cdot \left[\frac{1}{8} + \frac{0}{4} + \frac{1}{2} + 1\right]$$

$$V_{Th} = \frac{5}{2} \cdot \frac{13}{8} = \frac{65}{16} \Rightarrow V_{Th} \simeq 4{,}0625V$$

και προφανώς $R_{Th} = R$.

Το ισοδύναμο Thévenin που προκύπτει είναι:

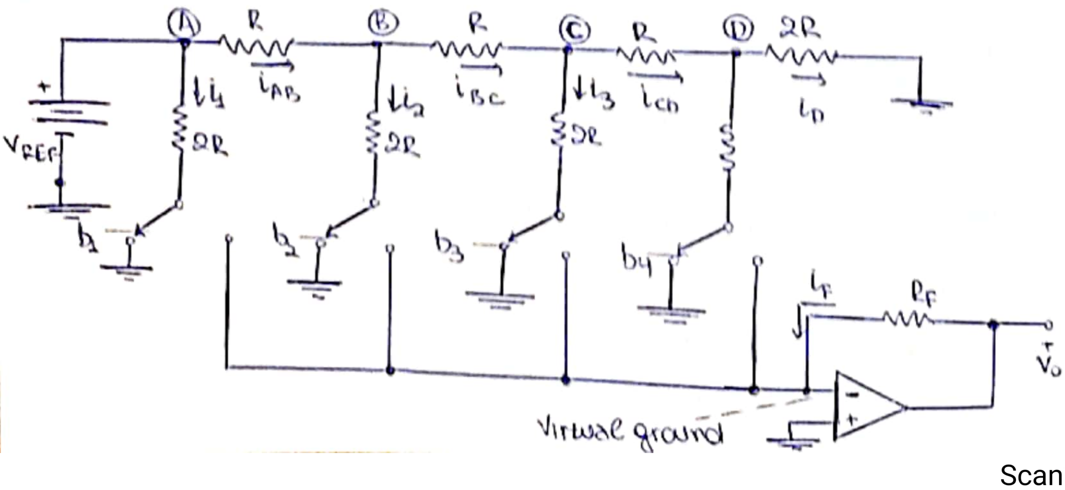



Από ιδιότητες τελεστικού ενισχυτή: $V^- = V^+ = 0$.

$$\left.\begin{aligned} I_{ολ} &= \frac{V_{Th}}{R} \\ I_{ολ} &= -\frac{V_o}{2R} \end{aligned}\right\} V_{Th} = -\frac{V_o}{2} \Rightarrow V_o = -2V_{Th} = -2 \cdot 4{,}0625$$

$$V_o = 8{,}125V$$

Άσκηση 3



1) Ισχύει πως $V_A = V_{REF}$ και πως

το $i_1 = \frac{V_A - 0}{2R} = \frac{V_{REF}}{2R}$ είναι ανεξάρτητο από τη θέση του διακόπτη $b_1$

$i_{AB} = \frac{V_A - V_B}{R} \Leftrightarrow V_B = V_A - i_{AB}\cdot R$

$i_{BC} = \frac{V_B - V_C}{R} \Leftrightarrow V_C = V_B - i_{BC}\cdot R = V_A - (i_{AB} + i_{BC})\cdot R$

$i_{CD} = \frac{V_C - V_D}{R} \Leftrightarrow V_D = V_C - i_{CD}\cdot R = V_A - (i_{AB} + i_{BC} + i_{CD})\cdot R$

$i_D = \frac{V_D}{2R} \Leftrightarrow V_D = i_D \cdot 2R$, όπου $i_D = i_4$ άρα $V_D = i_4 \cdot 2R$

Από Νόμο Ρευμάτων Kirchhoff στον κόμβο D: $i_{CD} = i_D + i_4 = 2i_4 = 2\cdot\frac{V_D}{2R} = \frac{V_D}{R}$

Από Νόμο Ρευμάτων Kirchhoff στον κόμβο C: $i_{BC} = i_{CD} + i_3 = \frac{V_D}{R} + \frac{V_C}{2R}$

όμως

$V_D = \cancel{\frac{i_{CD}}{R}}\ i_{CD}\cdot R = V_C - i_{CD}\cdot R \Leftrightarrow V_C = 2 i_{CD}\cdot R \Rightarrow \frac{V_C}{2R} = i_{CD}$ δηλ. $V_C = 2V_D$

$i_{BC} = \frac{2V_D}{R} = \frac{V_C}{R}$

Από Νόμο Ρευμάτων Kirchhoff στον κόμβο B: $i_{AB} = i_{BC} + i_2 = \frac{V_C}{R} + \frac{V_B}{R}$

όμως

$i_{BC} = \frac{V_C}{R} = \frac{V_B - V_C}{R} \Leftrightarrow V_C = \frac{V_B}{2}$

άρα $i_{AB} = 2\cdot\frac{V_B}{2R} \Leftrightarrow i_{AB} = \frac{V_B}{R}$

Από Νόμο Ρευμάτων Kirchhoff στον κόμβο A: $i_{ολ} = i_{AB} + i_1$

όμως $i_{AB} = \frac{V_B}{R} = \frac{V_A - V_B}{R} \Leftrightarrow 2V_B = V_A \Rightarrow V_{REF} = 2V_B \Leftrightarrow V_B = \frac{V_{REF}}{2}$,

$V_C = \frac{V_B}{2} = \frac{V_{REF}}{4}$ και $V_D = \frac{V_C}{2} = \frac{V_{REF}}{8}$

Συνεπώς

- $i_1 = \frac{V_{REF}}{2R}$
- $i_2 = \frac{V_{REF}}{4R}$
- $i_3 = \frac{V_{REF}}{8R}$
- $i_4 = \frac{V_{REF}}{16R}$

$$i_x = \frac{V_{REF}}{(2^x)\cdot R}, \text{ όπου } x = \{1,2,3,4\}$$

2) Στον αναστρέφοντα ακροδέκτη φτάνουν τα ρεύματα

$\sum_{x=1}^{4} b_x i_x = b_1 i_1 + b_2 i_2 + b_3 i_3 + b_4 i_4 = i$

Όταν $b_x = 0$, οι διακόπτες βρίσκονται στη γείωση και το ρεύμα $i_x$ δεν φτάνει στον αναστρέφοντα ακροδέκτη. Αντίθετα, όταν $b_x = 1$, οι διακόπτες βρίσκονται σε επαφή με τον αναστρέφων ακροδέκτη και συνεπώς το $i$ φτάνει σε αυτόν. Συνεπώς,

$$\sum_{j=1}^{4} b_j i_j = -i_{REF}.$$

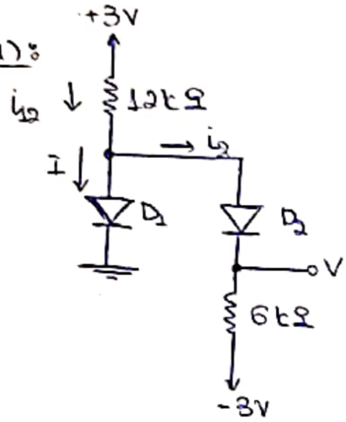
3) Από νόμο του Ohm για αντίσταση αντίδρασης:

$$u_o = i_f R_f = -\left(\sum_{j=1}^{4} b_j i_j\right)\cdot R_f = -R_f \sum_{j=1}^{4} b_j \cdot \frac{V_{REF}}{2^j \cdot R}$$

$$u_o = -\frac{R_f V_{REF}}{2R} \cdot \sum_{j=1}^{4} \frac{b_j}{2^{j-1}}$$

Άσκηση 4

Σχήμα (α):




Θα εξετάσουμε τις 2 διαφορετικές περιπτώσεις για τις διόδους.

Περίπτωση #1: Οι δίοδοι είναι ιδανικές. Έστω ότι οι $D_1$ και $D_2$ άγουν. Τότε $V=0V$ και το ρεύμα που διαρρέει την $D_2$ ισούται με $i_2 = \frac{0-(-3)}{6\cdot 10^3} = \frac{1}{2}\cdot 10^{-3} = 0{,}5mA$.

Η αντίσταση 12kΩ διαρρέεται από ρεύμα $i_{12} = \frac{3-0}{12\cdot 10^3}$

$i_{12} = \frac{1}{4}\cdot 10^{-3} = 0{,}25mA$.

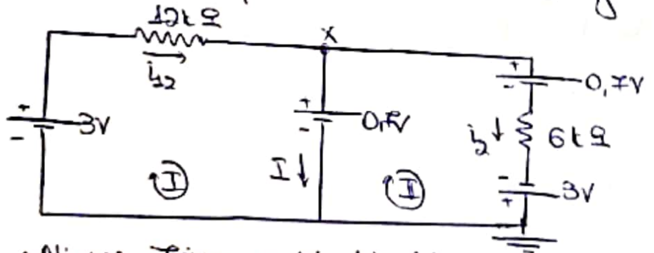
Από Νόμο Ρευμάτων Kirchhoff: $i_{12} = I + i_2 \Leftrightarrow I = i_{12} - i_2$

$I = (0{,}25 - 0{,}5)\cdot 10^{-3} = -0{,}25mA < 0$

Άρα η $D_1$ δεν άγει, δηλ. $D_1$: OFF

$D_2$: ON.

Περίπτωση #2: Οι δίοδοι δεν είναι ιδανικές και παρουσιάζουν πτώση τάσης 0,7V. Και πάλι, υποθέτουμε ότι οι $D_1$ και $D_2$ άγουν. Το ισοδύναμο κύκλωμα θα είναι το εξής:




- Νόμος Τάσεων Kirchhoff στον βρόχο (I):

$3 - 12\cdot 10^3 \cdot i_{12} - 0{,}7 = 0 \Leftrightarrow 12\cdot 10^3 i_{12} = 2{,}3$

$i_{12} = \frac{2{,}3}{12}\cdot 10^{-3} \Rightarrow i_{12} \simeq 0{,}1917mA$

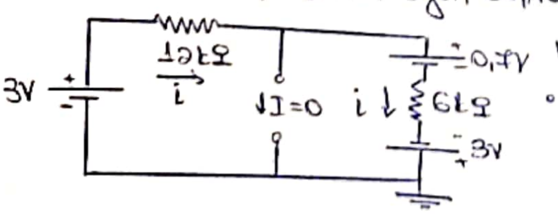
- Νόμος Τάσεων Kirchhoff στον βρόχο (II):

$0{,}7 - \cancel{0{,}7} - 6\cdot 10^3 \cdot i_2 + 3 = 0 \Leftrightarrow 6\cdot 10^3 i_2 = 3 \Leftrightarrow i_2 = \frac{1}{2}\cdot 10^{-3} \Rightarrow i_2 = 0{,}5mA$

- Νόμος Ρευμάτων Kirchhoff στον κόμβο (x):

$i_{12} = I + i_2 \Leftrightarrow I = i_{12} - i_2 = 0{,}1917 - 0{,}5 = -0{,}3083mA$

Συνεπώς η $D_1$ δεν άγει, δηλαδή $D_1$: OFF. Το ισοδύναμο κύκλωμα είναι το εξής:




Η δίοδος $D_1$ λειτουργεί ως ανοιχτοκύκλωμα, άρα $I=0$.

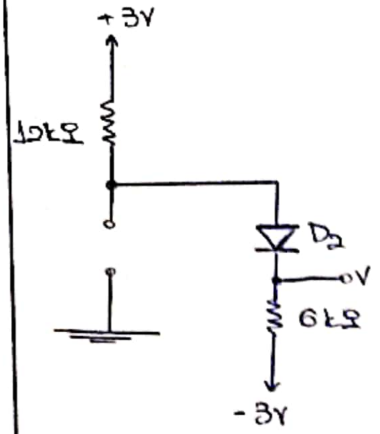
- Νόμος Τάσεων Kirchhoff:

$3 - 12\cdot 10^3 \cdot i + 3 - 0{,}7 - 6\cdot 10^3 \cdot i = 0 \Leftrightarrow 18\cdot 10^3 i = 5{,}3$

$i = 0{,}294mA$.

Άρα $i = \frac{V-(-3)}{6\cdot 10^3} \Leftrightarrow V = 6\cdot \cancel{10^3}\cdot \frac{5{,}3}{18}\cdot \cancel{10^{-3}} - 3 = 1{,}77 - 3 \Rightarrow V \simeq -1{,}23V$

(*) Το ισοδύναμο κύκλωμα που προκύπτει είναι το εξής:



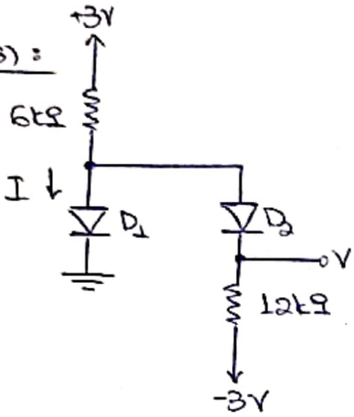

Η $D_1$: OFF λειτουργεί ως ανοιχτοκύκλωμα, ενώ η $D_2$: ON λειτουργεί ως βραχυκύκλωμα. Συνεπώς:

$$\frac{3-V}{12\cdot10^3} = \frac{V-(-3)}{6\cdot10^3} \Leftrightarrow \frac{3-V}{2} = \frac{V+3}{1} \Leftrightarrow 3-V = 2V+6 \Leftrightarrow$$

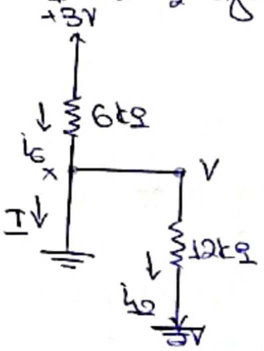
$$\Leftrightarrow 3V = -3 \Rightarrow \underline{V=-1\,V}$$

και $\underline{I = 0\,A}$

Σχήμα (β):




Περίπτωση #1: Οι δίοδοι είναι ιδανικές. Έστω ότι οι $D_1$ και $D_2$ άγουν:




Είναι $\underline{V = 0\,V}$, άρα

$$i_6 = \frac{3-0}{6\cdot10^3} = 0{,}5\,mA$$

$$i_{12} = \frac{0-(-3)}{12\cdot10^3} = 0{,}25\,mA$$

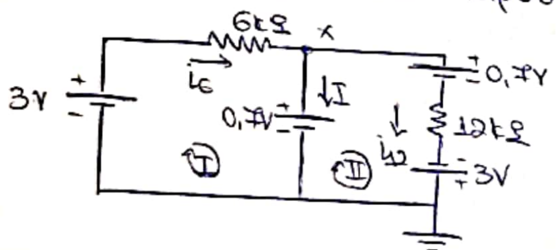
• Νόμος Ρευμάτων Kirchhoff στον κόμβο x:

$i_6 = I + i_{12} \Leftrightarrow I = i_6 - i_{12} = (0{,}5 - 0{,}25)\cdot10^{-3}$

$\underline{I = 0{,}25\,mA > 0}$

Συνεπώς, η αρχική υπόθεση είναι σωστή, δηλαδή $D_1, D_2$: ON.

Περίπτωση #2: Οι δίοδοι παρουσιάζουν πτώση τάσης 0,7V. Έστω ότι οι $D_1$ και $D_2$ άγουν:




• Νόμος Τάσεων Kirchhoff στον ~~κόμβο~~ βρόχο (I):

$3 - 6\cdot10^3\cdot i_6 - 0{,}7 = 0 \Leftrightarrow 6\cdot10^3 i_6 = 2{,}3 \Leftrightarrow i_6 = \frac{2{,}3}{6}\cdot10^{-3}$

$i_6 = 0{,}383\,mA$

• Νόμος Τάσεων Kirchhoff στον ~~κόμβο~~ βρόχο (II):

$0{,}7 - 0{,}7 - 12\cdot10^3\cdot i_{12} + 3 = 0 \Leftrightarrow i_{12} = \frac{3}{12}\cdot10^{-3}$

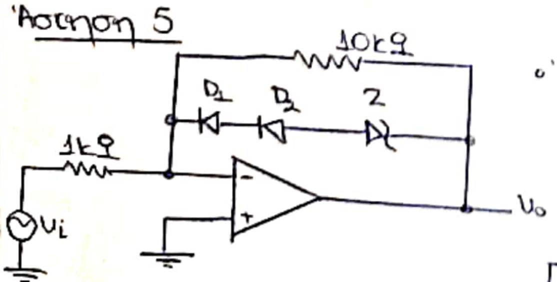
$i_{12} = 0{,}25\,mA$

• Νόμος Ρευμάτων Kirchhoff στον κόμβο (x):

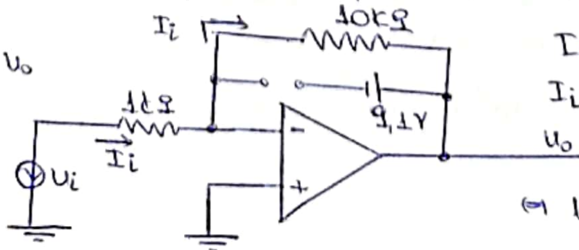
$i_6 = I + i_{12} \Leftrightarrow I = i_6 - i_{12} = 0{,}383 - 0{,}25 \Rightarrow \underline{I = 0{,}133\,mA} > 0.$

Άρα πράγματι οι $D_1$ και $D_2$ άγουν, δηλαδή $D_1, D_2$: ON, και λειτουργούν ως βραχυκυκλώματα. Άρα: $3 + V = 3 \Leftrightarrow \underline{V = 0\,V}$

Άσκηση 5




• Όταν το $u_i > 0$, οι δίοδοι $D_1$ και $D_2$ δεν άγουν, άρα το ισοδύναμο κύκλωμα είναι το εξής:



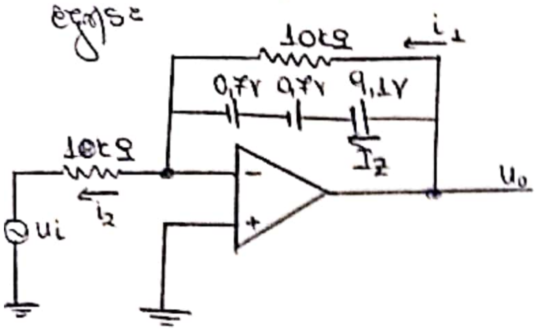

Ισχύει $V^- = V^+ = 0\,V$.

$$I_i = \frac{u_i - 0}{10^3} = \frac{0-u_o}{10^4} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 10^4\cdot u_i = -10^3 u_o$$

$$\underline{u_o = -10u_i}$$

• Όταν το $u_i>0$, οι δίοδοι $D_1$ και $D_2$ άγουν, άρα το ισοδύναμο κύκλωμα είναι το εξής:




Ισχύει $V^- = V^+ = 0$ V.

$u_o = 0,7+0,7+9,1 \Rightarrow u_o = 10,5V$

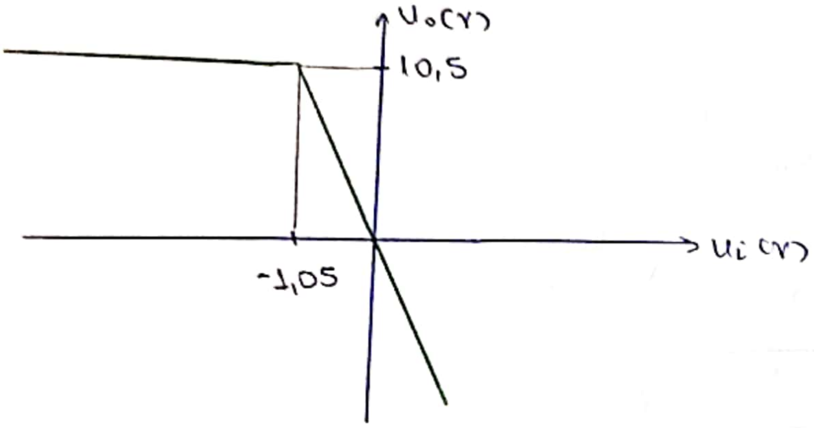
Για να άγουν και οι δύο δίοδοι, θα πρέπει:

$i_2 = i_1 + I_Z \Leftrightarrow I_Z = i_2 - i_1 = \frac{0-u_i}{10^3} - \frac{u_o-0}{10^4}$

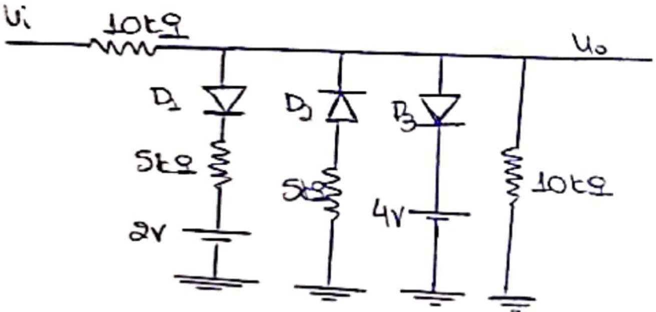
$I_Z = -\frac{10u_i + u_o}{10^4} \geq 0 \Leftrightarrow 10u_i + u_o < 0 \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow 10u_i + 10,5 \leq 0 \Leftrightarrow u_i \leq -1,05V$

Συνεπώς: $u_o = \begin{cases} -10u_i, & u_i \geq -1,05V \\ 10,5, & u_i \leq -1,05V \end{cases}$




## Άσκηση 6




Ισχύει πως:

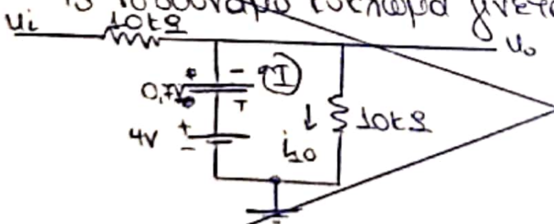
$D_1$:ON για $u_i \geq 2,7V$

$D_2$:ON για $u_i \leq -0,7V$

$D_3$:ON για $u_i > 4,7V$

• Για $-15V \leq u_i \leq 0,7V$ : $D_2$:ON, $D_1, D_3$:OFF

Το ισοδύναμο κύκλωμα γίνεται ως εξής




Από Νόμο Τάσεων Kirchhoff στον βρόχο (Ι):

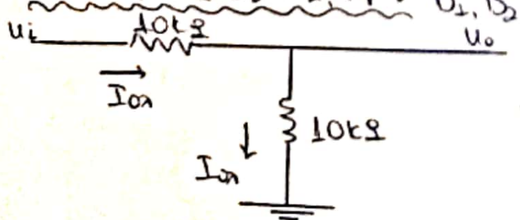
$4+0,7 - 10^4 \cdot i_{10} = 0 \Leftrightarrow i_{10} = 4,7 \cdot 10^{-4}$

$i_{10} = 0,47$ mA, όμως

$i_{10} = \frac{u_o - 0}{10^4} \Leftrightarrow u_o = i_{10} \cdot 10^4 \Rightarrow$ ~~$u_o = 0,47V$~~

$u_o = 4,7V$

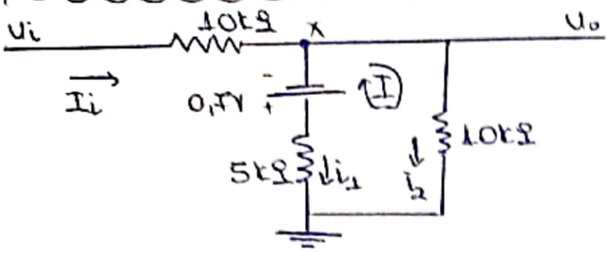
• Για $-0,7V \leq u_i < 2,7V$ : $D_1, D_2, D_3$: OFF.




$I_{o\lambda} = \frac{u_i - u_o}{10^4} = \frac{u_o - 0}{10^4} \Leftrightarrow u_i - u_o = u_o \Leftrightarrow u_i = 2u_o$

$u_o = \frac{u_i}{2}$

• Για $-15 \le u_i \le -0{,}7V$: $D_2$: ON , $D_1, D_3$: OFF




Από νόμο τάσεων Kirchhoff στον βρόχο (I):

$5\cdot10^3 i_1 - 0{,}7 - 10^4 i_2 = 0 \Leftrightarrow 5\cdot10^3(i_1 - 2i_2) = 0{,}7$ ①

Από νόμο ρευμάτων Kirchhoff στον κόμβο (x):

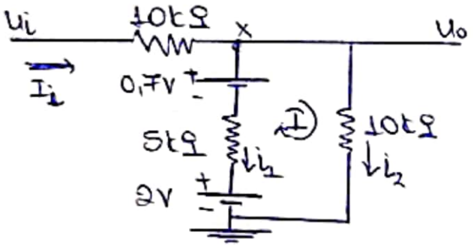
$I_i = i_1 + i_2 \Leftrightarrow i_1 = I_i - i_2$, όπου

$$\left.\begin{aligned} I_i &= \frac{u_i - u_o}{10^4} \quad \text{και} \\ i_2 &= \frac{u_o}{10^4} \end{aligned}\right\} i_1 = \frac{u_i - u_o - u_o}{10^4} = \frac{u_i - 2u_o}{10^4}$$

$$① \Rightarrow 5\cdot10^3\cdot\left(\frac{u_i}{10^4} - \frac{4u_o}{10^4}\right) = 0{,}7 \Leftrightarrow \frac{5}{10}(u_i - 4u_o) = 0{,}7 \Leftrightarrow u_i - 4u_o = \frac{7}{5}$$

$$u_o = \frac{u_i}{4} - 0{,}4$$

• Για $2{,}7 \le u_i < 4{,}7V$: $D_1$: ON, $D_2, D_3$: OFF




Από νόμο ρευμάτων Kirchhoff στον κόμβο (x):

$I_i = i_1 + i_2 \Leftrightarrow i_1 = I_i - i_2$, όπου

$$\left.\begin{aligned} I_i &= \frac{u_i - u_o}{10^4} \quad \text{και} \\ i_2 &= \frac{u_o}{10^4} \end{aligned}\right\} i_1 = \frac{u_i - 2u_o}{10^4}$$

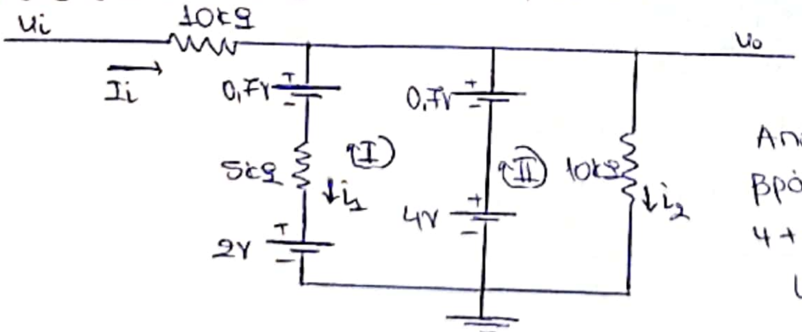
Από νόμο τάσεων Kirchhoff στον ~~κόμβ~~ βρόχο (I):

$$2 + 5\cdot10^3 i_1 + 0{,}7 - 10^4 i_2 = 0 \Leftrightarrow 5\cdot10^3(i_1 - 2i_2) = -2{,}7 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 5\cdot10^3\cdot\left(\frac{u_i - 2u_o}{10^4} - 2\cdot\frac{u_o}{10^4}\right) = -2{,}7 \Leftrightarrow \frac{5}{10}(u_i - 4u_o) = -2{,}7 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow u_i - 4u_o = -\frac{27}{5} \Leftrightarrow u_o = \frac{u_i}{4} + \frac{2{,}7}{2}$$

• Για $4{,}7 \le u_i \le 15\ V$: $D_1, D_3$: ON , $D_2$: OFF



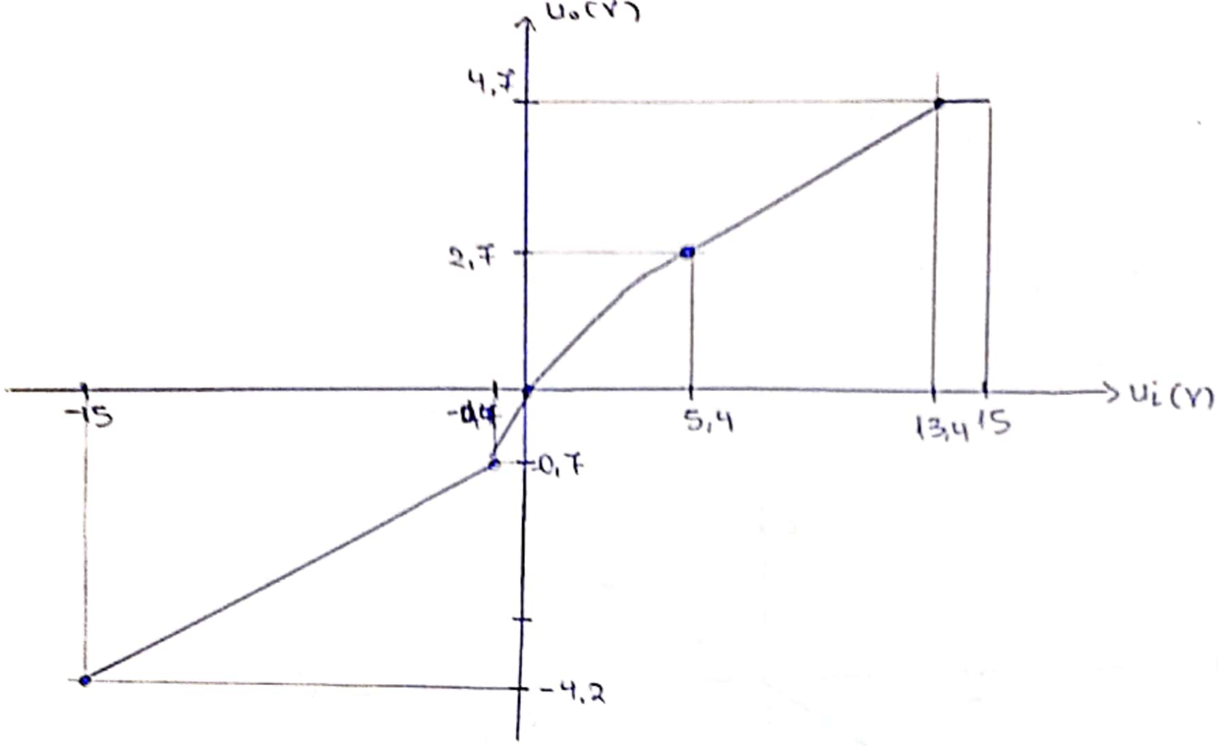

Όμοια, $i_1 = \dfrac{u_i - 2u_o}{10^4}$

Από νόμο τάσεων Kirchhoff στον βρόχο (II):

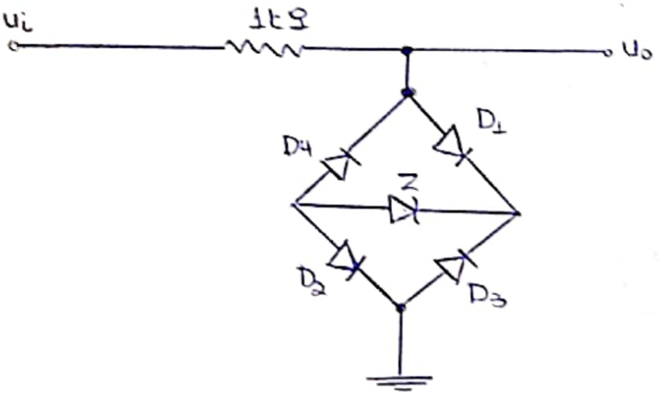
$4 + 0{,}7 = i_2\cdot10^4 = \dfrac{u_o}{10^4}\cdot10^4 = u_o$

$u_o = 4{,}7V$

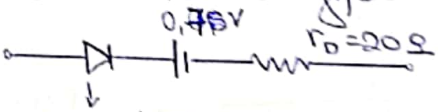
Άρα η χαρακτηριστική μεταφοράς είναι η εξής:



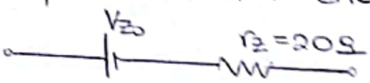

## Άσκηση 7




Για τις διόδους $D_1, D_2, D_3, D_4$ το γραμμικό μοντέλο είναι το εξής:




Για τη δίοδο zener είναι το εξής:

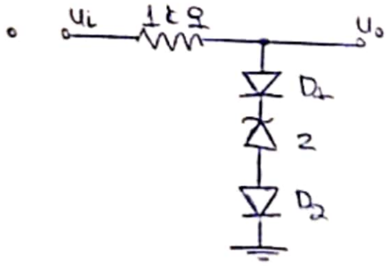



Ισχύει: $V_Z = V_{Z0} + r_Z \cdot I_Z \Leftrightarrow V_{Z0} = 6{,}8 - 0{,}01 \cdot 20 = 6{,}8 - 0{,}2 = 6{,}6V$

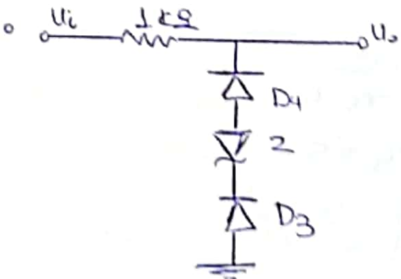
Οι πιθανές περιπτώσεις για τη λειτουργία των διόδων είναι δύο:

- $D_1, D_2$: ON και $D_3, D_4$: OFF
- $D_3, D_4$: ON και $D_1, D_2$: OFF

Αντίστοιχα, τα πιθανά σχήματα είναι τα παρακάτω:




Περίπτωση #1




Περίπτωση 2

- Περίπτωση #1: $u_i = V_{D0} + V_{Z0} + V_{D0} = 2V_{D0} + V_{Z0} = 2 \cdot 0{,}7 + 6{,}6 = 1{,}4 + 6{,}6 = 8V$

  δηλ. οι $D_1$ και $D_2$ άγουν όταν $u_i = 8V$.

- Περίπτωση #2: $u_i = -V_{D0} - V_{Z0} - V_{D0} = -2V_{D0} - V_{Z0} = -2 \cdot 0{,}7 - 6{,}6 = -8V$

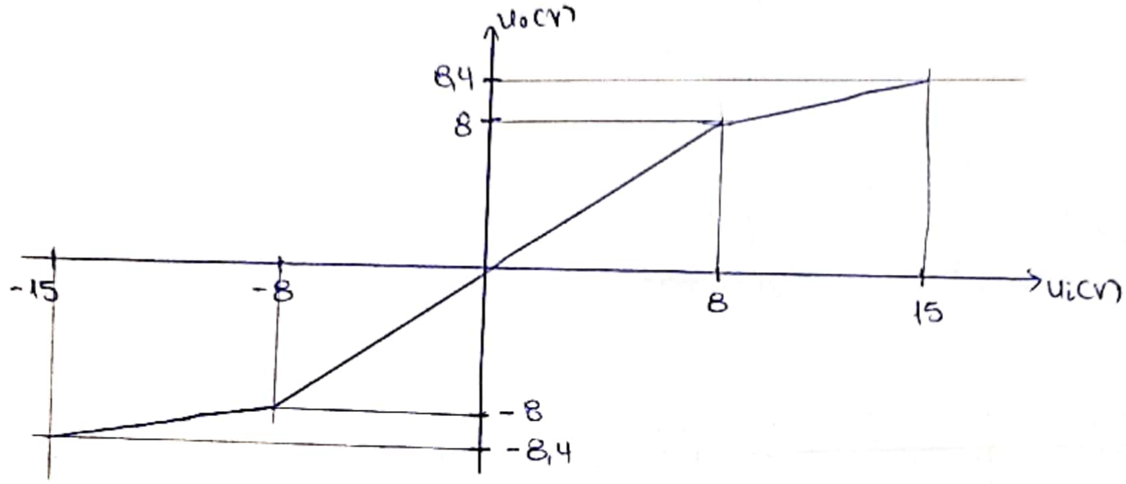
  δηλ. οι $D_3$ και $D_4$ άγουν όταν $u_i = -8V$

Συνεπώς, στην περιοχή $-8<u_i<8V$ καμία δίοδος δεν άγει
Στην περιοχή $u_i \geq 8V$ και $u_i \leq -8V$, προκύπτει πως

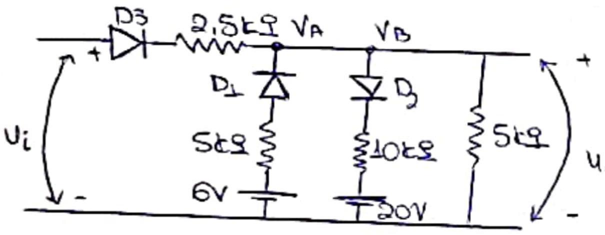
$$u_o = u_i \frac{r_D+r_Z+r_D}{10^3+r_D+r_Z+r_D} = u_i \cdot \frac{2r_D+r_Z}{2r_D+r_Z+10^3} = u_i \cdot \frac{2\cdot30+30}{2\cdot30+30+10^3}$$

$$\frac{u_o}{u_i} = \frac{60}{1060} = 0.057$$

Άρα η χαρακτηριστική μεταφοράς είναι η εξής:

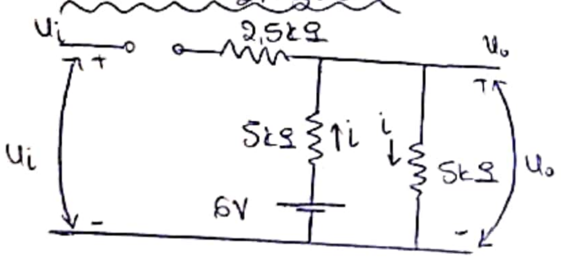



Άσκηση 8




• Για να άγει η δίοδος $D_3$ πρέπει ~~$V_A \geq 0$ δηλ.~~ $u_i \geq u_o$
Για να άγει η δίοδος $D_1$ πρέπει $u_o \leq +6V$
Για να άγει η δίοδος $D_2$ πρέπει $u_o \geq 20V$.

• $D_1$: ON, $D_2, D_3$: OFF

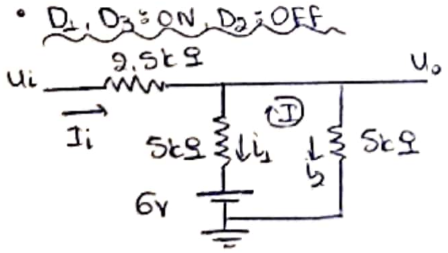



$$i = \frac{6-u_o}{5\cdot10^3} = \frac{u_o}{5\cdot10^3} \Leftrightarrow 6-u_o = u_o \Leftrightarrow 2u_o = 6$$

$$u_o = 3V$$

$\Rightarrow$ Για $u_i<3V$, η $D_3$ δεν άγει. Όταν $u_i \geq 3V$, η $D_3$: ON.

• $D_1, D_3$: ON, $D_2$: OFF




Από νόμο τάσεων Kirchhoff στον βρόχο (Ι):

$$6+5\cdot10^3 i_1 = 5\cdot10^3 i_2 \Leftrightarrow 5\cdot10^3(i_2-i_1)=6 \Leftrightarrow$$

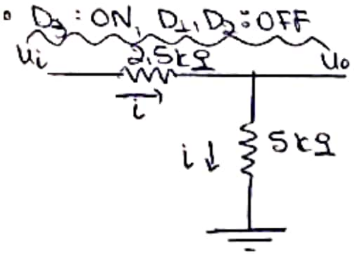
$$\Leftrightarrow 5\cdot10^3\left(\frac{u_o}{5\cdot10^3} - \frac{u_o-6}{5\cdot10^3}\right) = 6$$

Από νόμο ρευμάτων Kirchhoff: $I_i = i_1+i_2 \Leftrightarrow \frac{u_i-u_o}{2,5\cdot10^3} = \frac{u_o-6}{5\cdot10^3} + \frac{u_o}{5\cdot10^3} \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow 2u_i - 2u_o = u_o - 6 + u_o \Leftrightarrow 2u_i = 4u_o - 6 \Leftrightarrow u_o = \frac{1}{2}u_i + \frac{3}{2}$$

Ισχύει έως ότου $u_o<6 \Leftrightarrow \frac{1}{2}(u_i+3)<6 \Leftrightarrow u_i+3<12 \Leftrightarrow u_i<9$, δηλαδή για $3\leq u_i<9V$

• $D_3$ : ON, $D_1, D_2$ : OFF



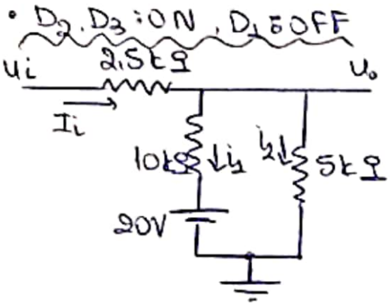

$$i = \frac{u_i - u_o}{2{,}5\cdot 10^3} = \frac{u_o}{5\cdot 10^3} \Leftrightarrow 2u_i - 2u_o = u_o \Leftrightarrow 3u_o = 2u_i \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow u_o = \frac{2}{3}u_i,$$

μέχρι να ισχύει $u_o < 20 \Leftrightarrow \frac{2}{3}u_i < 20 \Leftrightarrow u_i < 30V$

άρα για την περιοχή $9 \le u_i < 30V$.

• $D_2, D_3$ : ON, $D_1$ : OFF



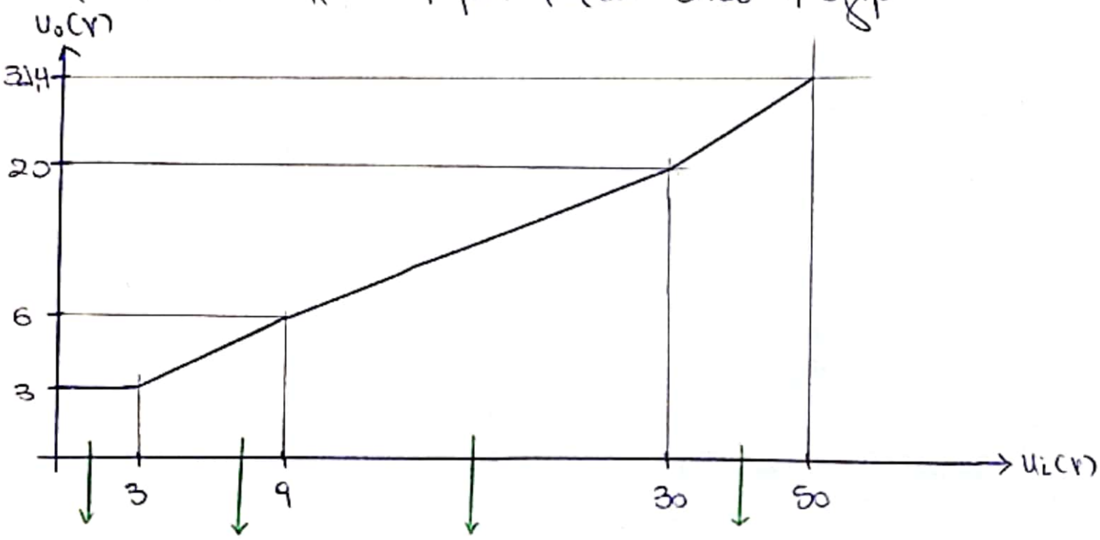

Από νόμο ρευμάτων του Kirchhoff: $I_i = i_1 + i_2 \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow \frac{u_i - u_o}{2{,}5\cdot 10^3} = \frac{u_o - 20}{10\cdot 10^3} + \frac{u_o}{5\cdot 10^3} \Leftrightarrow 4(u_i - u_o) = u_o - 20 + 2u_o \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 4u_i - 4u_o = 3u_o - 20 \Leftrightarrow 7u_o = 4u_i + 20 \Leftrightarrow$$

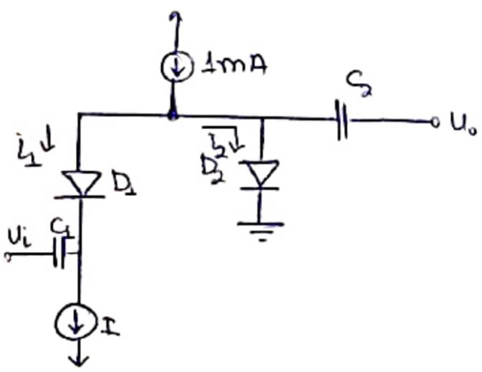
$$\Leftrightarrow u_o = \frac{4}{7}u_i + \frac{20}{7}, \text{ για } u_i \ge 30V.$$

Άρα η χαρακτηριστική μεταφοράς είναι η εξής:

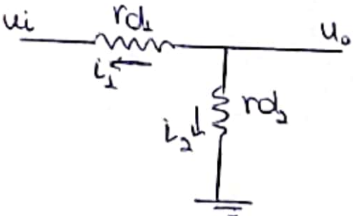



$D_1$ : ON, $D_2, D_3$ : OFF | $D_1, D_3$ : ON, $D_2$ : OFF | $D_3$ : ON, $D_1, D_2$ : OFF | $D_2, D_3$ : ON, $D_1$ : OFF

## Άσκηση 9




Όταν οι δίοδοι $D_1, D_2$ άγουν, το ~~ισοδύναμο~~ μοντέλο μικρού σήματος διόδου είναι:




(αντικαθιστούμε τους $C_1, C_2$ με βραχυκυκλώματα).

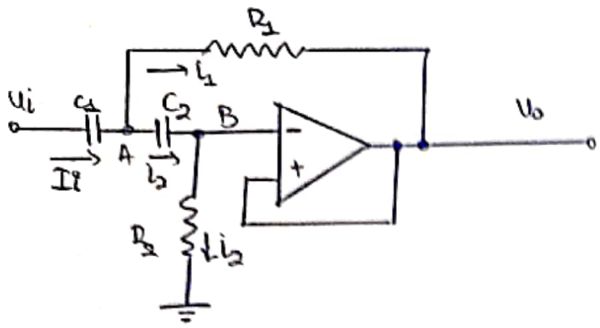
$i_1 = I$

$i_2 = 1 - i_1 = 1 - I$

$$I = \frac{u_o}{u_i} = \frac{r_{d_2}}{r_{d_1} + r_{d_2}} = \frac{\frac{V}{i_2}}{\frac{V}{i_1} + \frac{V}{i_2}} = \frac{i_1}{i_1 + i_2} = \frac{I}{I + 1 - I} = I, \text{ ισχύει}$$

Άρα $\underline{I = \frac{u_o}{u_i}}$

## Άσκηση 10




Αφού ο ενισχυτής είναι ιδανικός, ισχύει:

$V^- = V^+ = U_o$

Από νόμο ρευμάτων Kirchhoff: $I_i = I_1 + i_2$

Επίσης: $I_i = (U_i - V_A)\cdot sC_1$,

$i_1 = \dfrac{V_A - U_o}{R_1}$,

$i_2 = \dfrac{V^+}{R_2} = \dfrac{U_o}{R_2}$

$$V^+ = \frac{R_2}{R_2 + \frac{1}{sC_2}} V_A \Leftrightarrow U_o = \frac{R_2}{R_2 + \frac{1}{sC_2}} V_A \Leftrightarrow V_A = \frac{R_2 + \frac{1}{sC_2}}{R_2} U_o = \left(1 + \frac{1}{sC_2R_2}\right) U_o$$

Συνδυάζοντας τις παραπάνω 3 σχέσεις:

$$\left[U_i - \left(1 + \frac{1}{sC_2R_2}\right)U_o\right] sC_1 = \frac{\left(\cancel{1} + \frac{1}{sC_2R_2} - \cancel{1}\right)U_o}{R_1} + \frac{U_o}{R_2}$$

$$\left[U_i - \left(1 + \frac{1}{sC_2R_2}\right)U_o\right] sC_1 = \frac{U_o}{sC_2R_1R_2} + \frac{U_o}{R_2}$$

$$\left[U_i - \left(1 + \frac{1}{sC_2R_2}\right)U_o\right] sC_1 = \frac{(1 + sC_2R_1)\,U_o}{sR_2R_1C_2}$$

$$U_i \cdot sC_1 = \left(sC_1 + \frac{C_1}{C_2R_2}\right)U_o + \frac{1 + sC_2R_1}{sR_2R_1C_2}U_o$$

$$U_i \cdot sC_1 = \frac{s^2C_1C_2R_1R_2 + sC_1R_1 + 1 + sC_2R_1}{sR_2R_1C_2}\,U_o$$

$$U_i \cdot sC_1 = \frac{s^2C_1C_2R_1R_2 + s\left[C_2R_1 + C_1R_1\right] + 1}{sC_2R_1R_2} \cdot U_o$$

$$\frac{U_o}{U_i} = \frac{s^2C_1C_2R_1R_2}{s^2C_1C_2R_1R_2 + s\left[C_2R_1 + C_1R_1\right] + 1} = H(s)$$

$$H(s) = \frac{s^2}{s^2 + s\left[\frac{1}{C_1R_2} + \frac{1}{C_2R_2}\right] + \frac{1}{C_1C_2R_1R_2}}$$