



Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών ΕΜΠ

Τομέας Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων Πληροφορικής
Εργαστήριο Ηλεκτρονικής

Ηλεκτρονική Ι (4^{ου} Εξαμήνου) 2^η Σειρά Ασκήσεων

Ονοματεπώνυμο : Δημήτριος Ζάρρας

Α.Μ. : 031 15 092

Εξάμηνο : 4^ο

Ακαδημαϊκή Περίοδος : 2016 – 2017

Διδάσκων : Αν. Καθηγητής Παύλος-Πέτρος Σωτηριάδης

Μελέτη : Δίοδοι – Παρ. 3.1, 3.2, 3.3 (έως και 3.3.7) από το βιβλίο «Μικροηλεκτρονικά Κυκλώματα», 5^η Έκδοση, Εκδόσεις Παπασωτηρίου.

Δημήτριος Ζάρρας

Zάρρας Δημήτριος

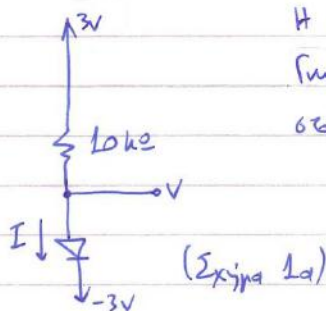
A.M. : 031 15 092

Εγώγραφο: 4ε

Σχολή: ΗΜΜΥ ΕΜΠ

Άσκηση 1 - Πρόβλημα 3.2

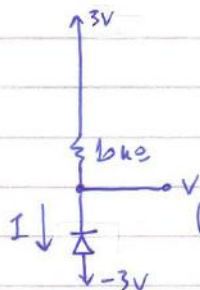
(α)



Η διαδοσ έχει, κρέσσον είναι φάσι πολυμένη.

Γνωρίζουμε ότι είναι ιδανική. Επομένως, θα έχει διαφορά δυναμικού $V_d = 0$ στα άκρα της. Άρα, $V = -3V$ και $I = \frac{3 - (-3)}{10k\Omega} = \frac{6V}{10000\Omega} \Rightarrow I = 0,6 \mu A$.

(β)



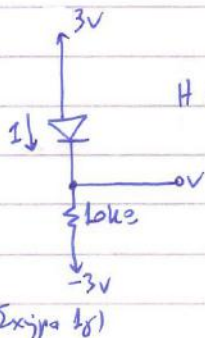
Η διαδοσ δεν έχει, κρέσσον είναι αντίστροφα πολυμένη.

Επομένως $I = 0$, αφού ισοδυναμεί με ανοικτοκύκλωμα.

Η αντίσταση των $10k\Omega$ είναι γειωμένη αδιάφορα, αφού δε διαρρέεται από γειωμένο ρεύμα. Από το νόμο του Ohm είναι:

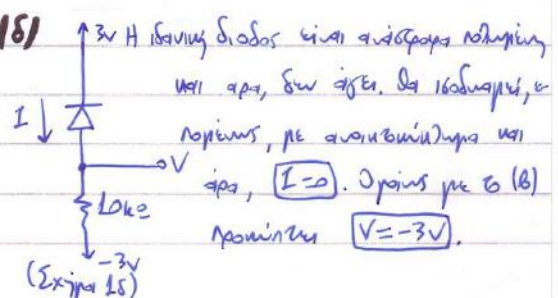
$I = \frac{\Delta V}{R} \Rightarrow R = \frac{\Delta V}{I}$. Όπως, με $I = 0$ για να είναι πεπερασμένη η τιμή της αντίστασης $R = 10k\Omega < \infty$ θα πρέπει: $\Delta V = 0 \Rightarrow 3 - V = 0V \Rightarrow V = 3V$.

(γ)



Η ιδανική διαδοσ είναι φάσι πολυμένη, άρα έχει και ισοδυναμεί με ένα βραχυκύκλωμα, με $V_d = 0$. Άρα, $V = 3V$ και $I = \frac{3 - (-3)}{10k\Omega} \Rightarrow I = 0,6 \mu A$.

(δ)

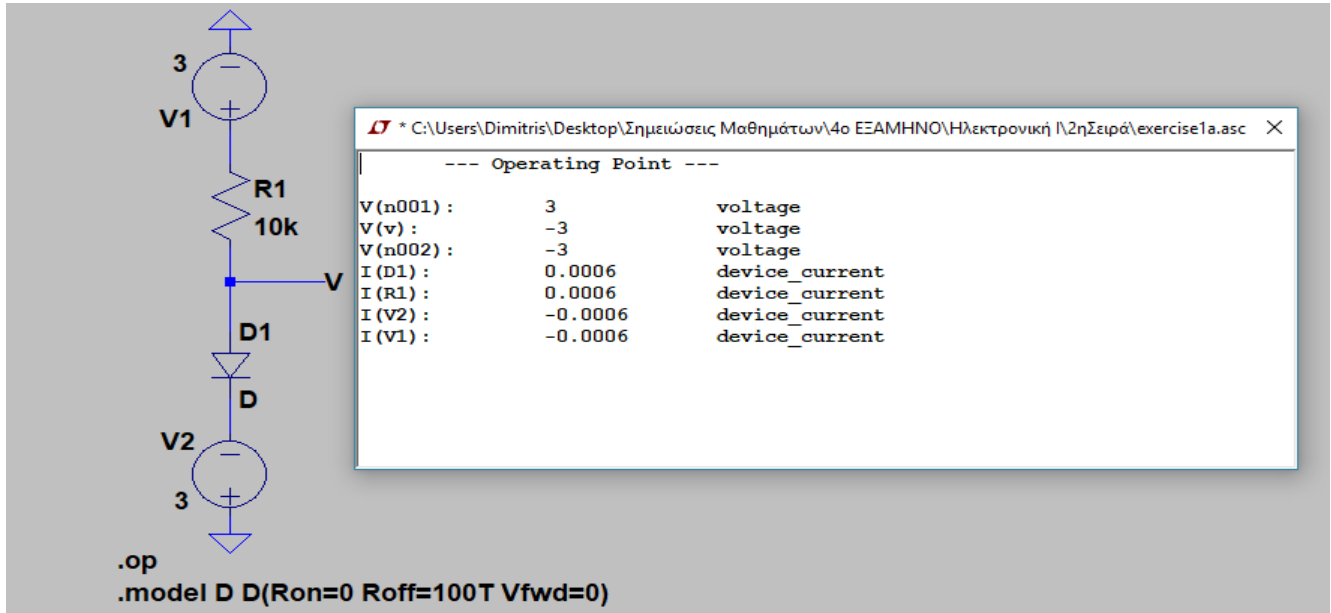


Η ιδανική διαδοσ είναι αντίστροφα πολυμένη και άρα, δεν έχει, δε ισοδυναμεί, επομένως, με ανοικτοκύκλωμα και άρα, $I = 0$. Όπως με το (β) προκύπτει $V = -3V$.

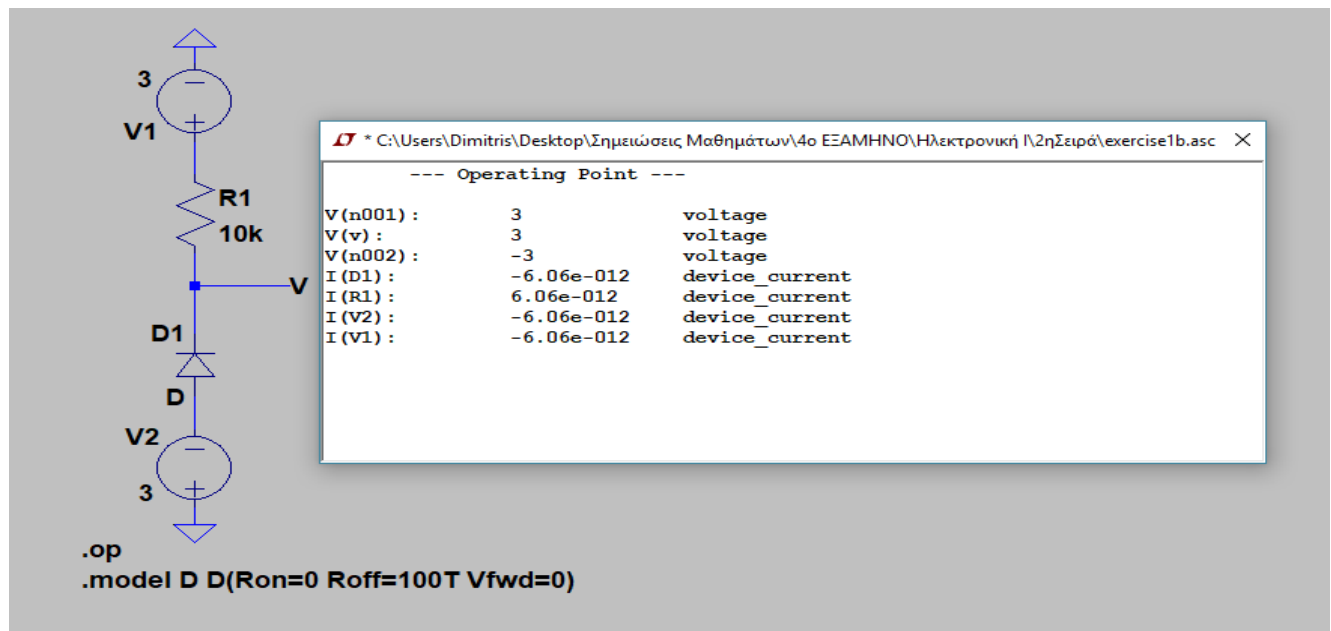
(Συνέχεια Άσκησης 1 - Προβλήματος 3.2, για επαλήθευση των I και V)

Για μετατροπή της διόδου σε ιδανική, τοποθετούμε μία δίοδο που παρέχει το LTSpice, στη συνέχεια πατάμε “S” στο σχηματικό και στο παράθυρο που ανοίγει κάνουμε paste αυτό: `.model D D(Ron=0 Roff=100T Vfwd=0)`

(α)



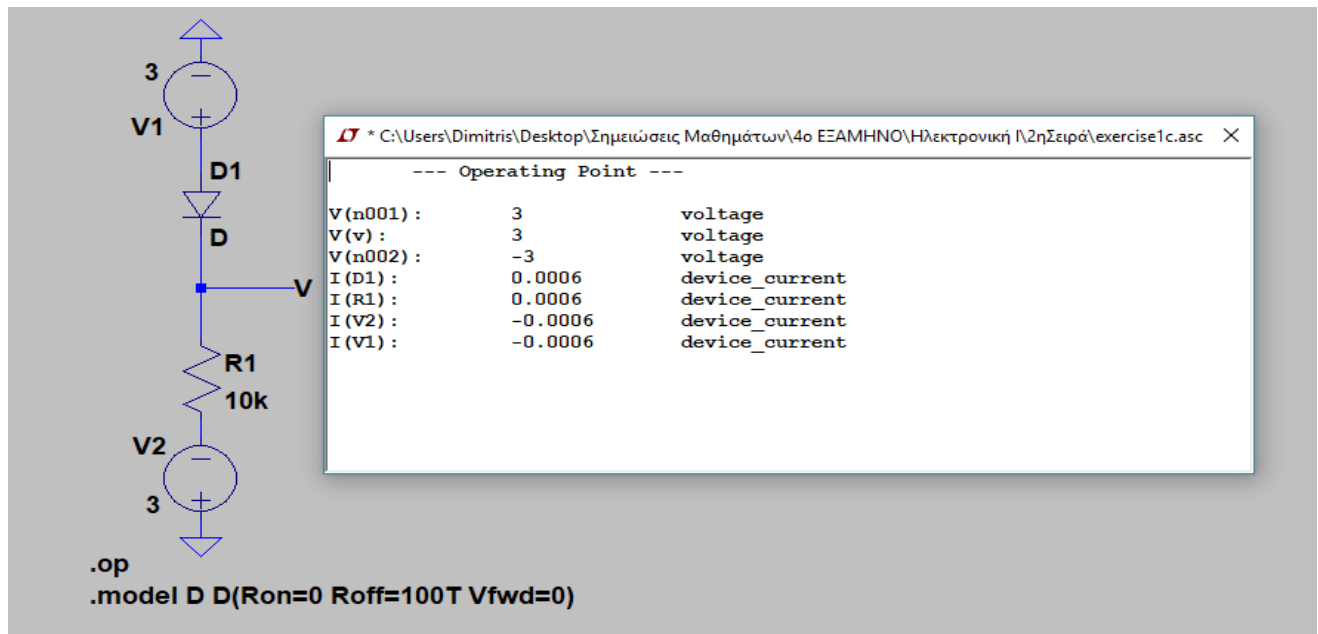
(β)



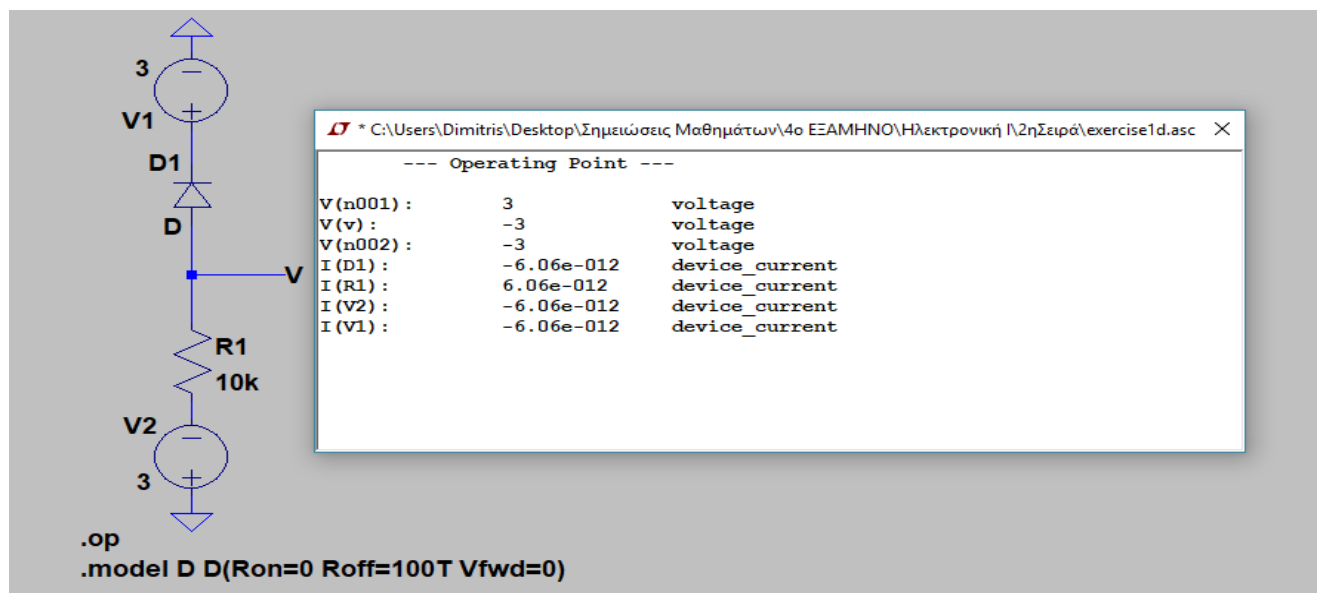
Στο ερώτημα (β) βλέπουμε ότι το ρεύμα που διαρρέει τη δίοδο είναι πάρα πολύ μικρό και μπορεί να θεωρηθεί μηδενικό, οπότε συμπίπτει με αυτό που υπολογίστηκε. (Το γεγονός ότι δεν προκύπτει απευθείας 0 οφείλεται στο ότι δεν μπορούμε να ρυθμίσουμε άπειρη την R_{off} , που είναι η αντίσταση της διόδου στην περίπτωση που δεν άγει).

Δημήτριος Ζάρρας

(γ)



(δ)



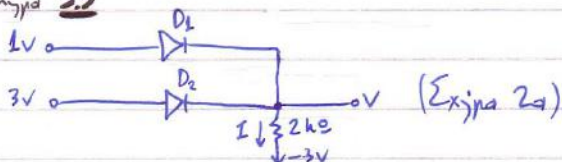
Ομοίως με το ερώτημα (β), στο ερώτημα (δ) προκύπτει $I \approx 0$.

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι σε όλες τις προσομοιώσεις (με διαμορφωμένη τη δίοδο ως ιδανική για τις ανάγκες της άσκησης) τα αποτελέσματα των DC προσομοιώσεων συμφωνούν με τα υπολογισθέντα.

Δημήτριος Ζάρρας

Άσκηση 2 - Πρόβλημα 33

(a)



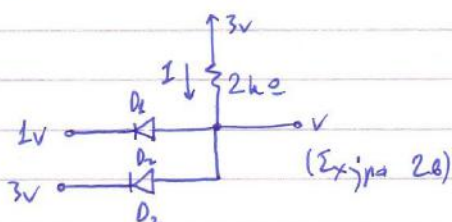
Έστω ότι η V είναι μικρότερη του 3V. Τότε η D_2 θα είναι απόλυτα ανοικτή, άρα θα έχει ως ιδανική διόδος θα έχει διαφορά δυναμικού $V_{D2} = 0$ στα άκρα της. Δηλαδή, θα πρέπει $V = 3V$. Αλλά, άρα υποθέτουμε ότι $V < 3V$.

Επίσης, η V δε μπορεί να είναι μεγαλύτερη από τις τάσεις που παρέχουν οι διατάξεις (αγνείας της) τα συνδέσμους.

Επομένως, θα είναι $V = 3V$ (Ισχύει πρόταση γ' γιατί $V = \max(1V, 3V, -3V)$).

Άρα, $I = \frac{(3 - (-3))V}{2k\Omega} = \frac{6V}{2000\Omega} \Rightarrow I = 3mA$.

(b)



Έστω ότι η V είναι μικρότερη του 1V. Τότε η D_1 θα είναι απόλυτα ανοικτή, άρα θα έχει ως ιδανική διόδος θα έχει διαφορά δυναμικού $V_{D1} = 0$ στα άκρα της. Δηλαδή, θα πρέπει $V = 1V$. Αλλά, άρα υποθέτουμε ότι $V > 1V$.

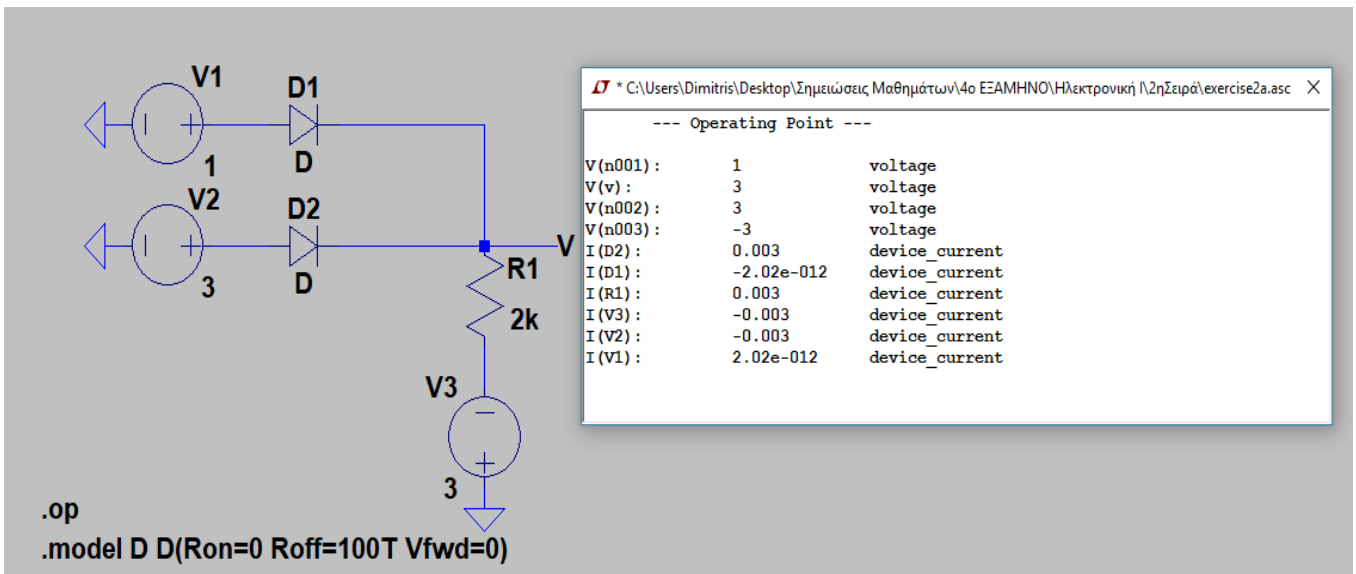
Επίσης, η V δε μπορεί να είναι μικρότερη από 1V, άρα τότε το ρεύμα I θα έπρεπε με τη σειρά του να είναι αρνητικό, προς την αριστερά των D_1, D_2 ενώ αυτές θα ήταν απόλυτα ανοικτές.

Επομένως, θα είναι $V = 1V$ (Ισχύει πρόταση γ' γιατί $V = \min(1V, 3V, 3V) = \min(1V, 3V)$).

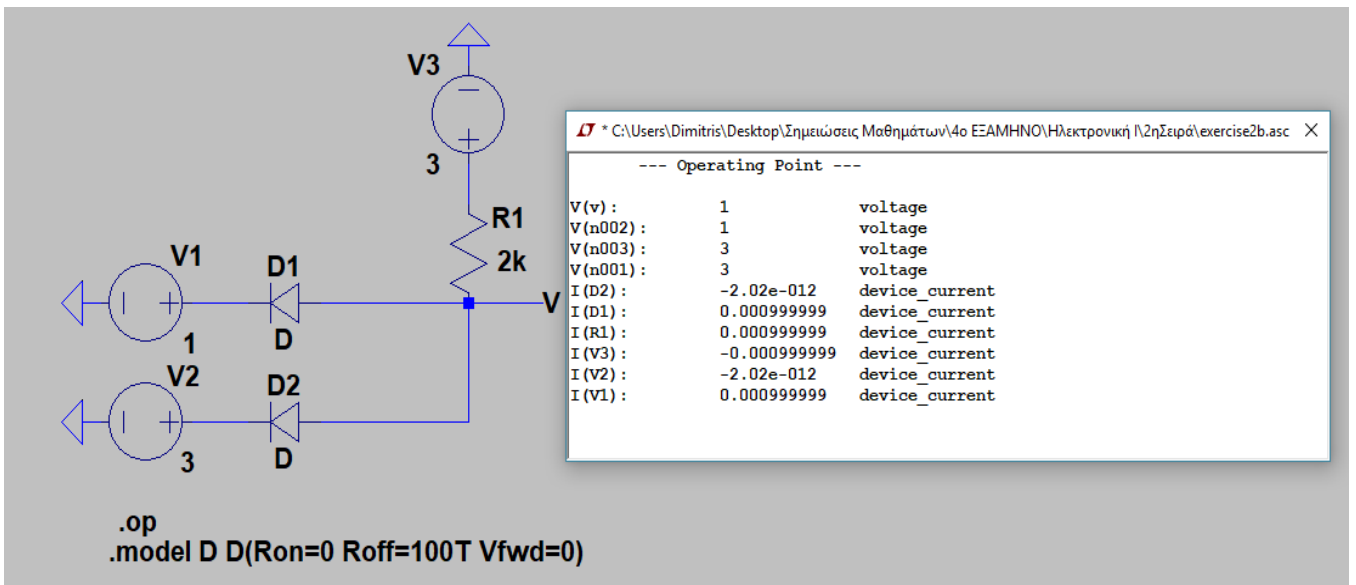
Άρα, $I = \frac{(3 - 1)V}{2k\Omega} = \frac{2V}{2000\Omega} \Rightarrow I = 1mA$.

(Συνέχεια Άσκησης 2 - Προβλήματος 3.3, για επαλήθευση των I και V)

(α)



(β)

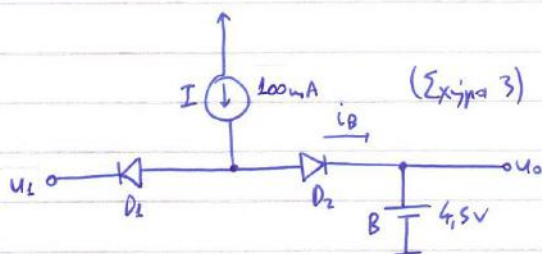


Στο ερώτημα (β) βλέπουμε ότι το ρεύμα της αντίστασης των $2k\Omega$ είναι $0,009999999A$ που πρακτικά ισούται με το $1mA$ που υπολογίστηκε.

Παρατηρούμε, λοιπόν, ότι και στις δύο προσομοιώσεις τα αποτελέσματα των DC προσομοιώσεων συμφωνούν με τα υπολογισθέντα.

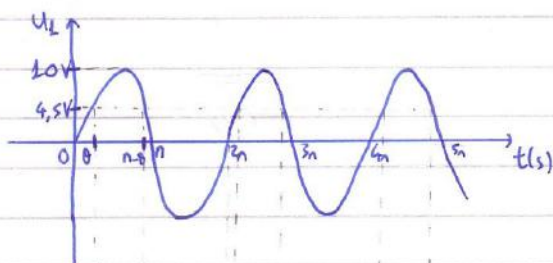
Δημήτριος Ζάρρας

Άσκηση 3 - Πρόβλημα 3.5

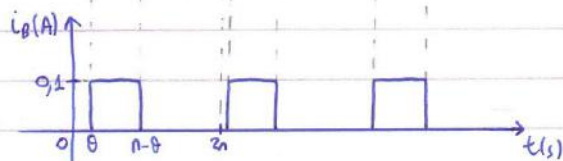


• Όταν $u_1 < 4,5V$, η D_1 είναι φερέα ολίσθησης και ενεργεί ως διακόπτης, οπότε η D_2 είναι αντιστροφή ολίσθησης και ενεργεί ως διακόπτης. Άρα, για $u_1 < 4,5V$ η D_2 ισοδυναμεί με ανοικτή κύκλωμα, οπότε $i_B = 0$.

• Αντίστροφα, όταν $u_1 > 4,5V$ η D_1 ισοδυναμεί με ανοικτή κύκλωμα και η D_2 είναι φερέα ολίσθησης, οπότε $i_B = I = 100mA$.



$$\text{Είναι } u_1 = 4,5V \Leftrightarrow 10 \cdot \sin \theta = 4,5 \Leftrightarrow \sin \theta = 0,45 \Leftrightarrow \theta = \arcsin(0,45) \Leftrightarrow \theta = 26,74 \text{ rad}$$



Η μέση τιμή της i_B είναι $i_{B,avg} = 0,1A$.

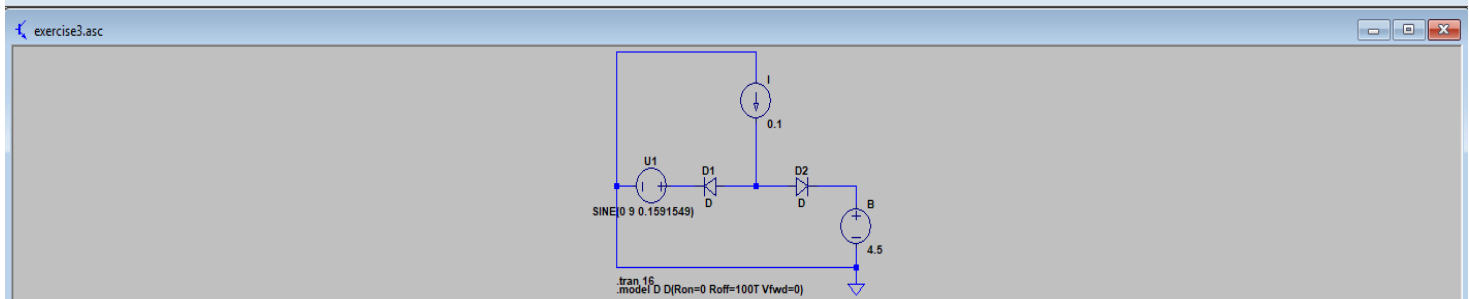
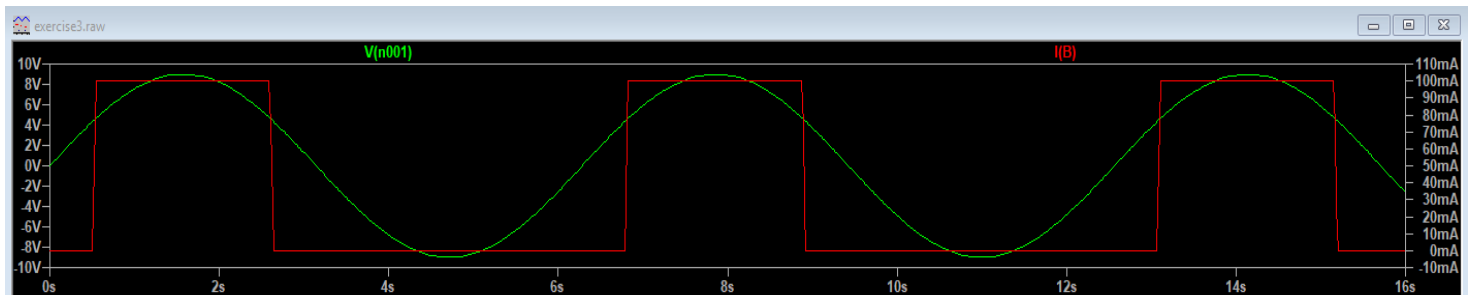
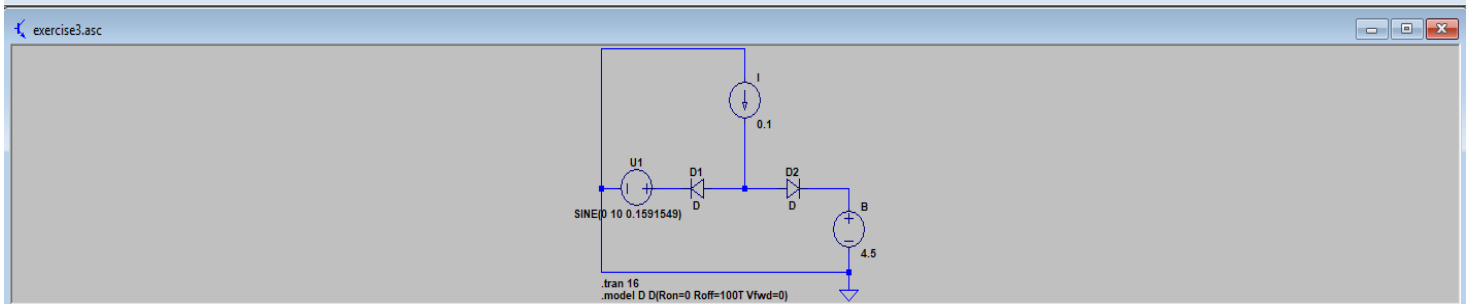
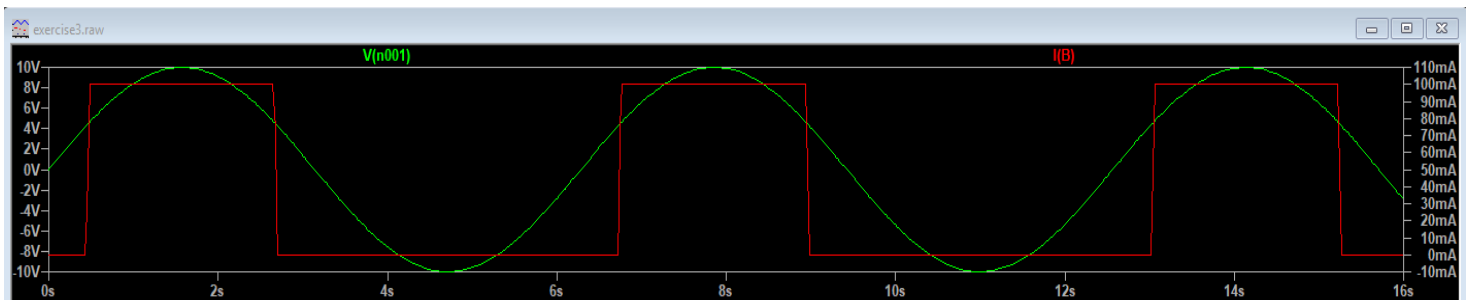
$$\text{Για τη μέση τιμή της } i_B \text{ έχουμε: } \langle i_B \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T i_B(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_B(t) dt = 0,1 \cdot \frac{2\pi - 2\theta}{2\pi} \text{ να αντιστοιχεί σε αριθμητικά: } 0,1 \cdot \frac{280 - 53,48}{360} A \Rightarrow \langle i_B \rangle = 0,035A.$$

Εάν, τώρα, η μέση τιμή της u_1 μειωθεί κατά 10% θα είναι $u_1 = 3 \cdot \sin t$. Οπότε, η μέση τιμή της i_B είναι $i_{B,avg} = 0,1A$, αφού η μέση τιμή της i_B είναι $i_{B,avg} = 0,1A$ να ισοδυναμεί με $100mA = 0,1A$ το κείμενο από τις ίδιες συνθήκες.

$$\text{Αντίστοιχα με πριν, θα έχουμε τώρα για τη γωνία } \theta' \text{ όταν } u_1 = 4,5V \Leftrightarrow 3 \sin \theta' = 4,5 \Leftrightarrow \sin \theta' = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \theta' = 30 \text{ rad. Άρα, } \langle i_B \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T i_B(t) dt = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} i_B(t) dt = 0,1 \cdot \frac{2\pi - 2\theta'}{2\pi} \text{ να αντιστοιχεί σε αριθμητικά: } 0,1 \cdot \frac{280 - 60}{360} A \Rightarrow \langle i_B \rangle = 0,0333A.$$

(Συνέχεια Άσκησης 3 – Προβλήματος 3.5)

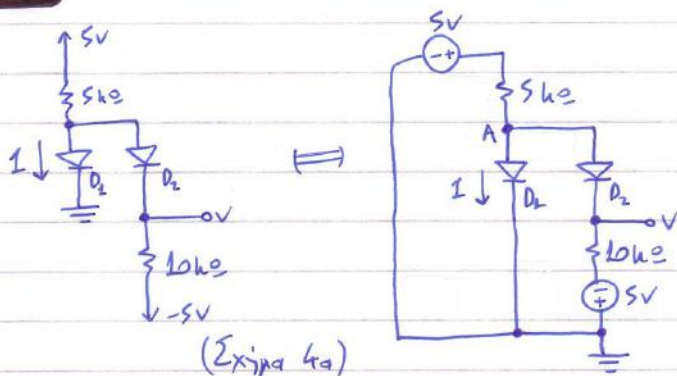
Εκτελέστηκε transient προσομοίωση στο κύκλωμα του προβλήματος 3.5 στο χρονικό διάστημα $t \in [0s, 16s]$. Η προσομοίωση εκτελέστηκε, τόσο για πλάτος ίσο με 10V, όσο και για πλάτος 9V της κυματομορφής της U_1 . Απεικονίζεται το ρεύμα που διαρρέει την πηγή τάσης B, $i_B(t)$, καθώς και η ημιτονοειδής τάση $U_1(t)$.



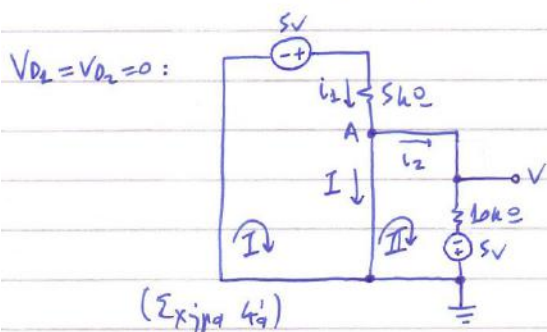
Δημήτριος Ζάρρας

Άσκηση 4 - Πρόβλημα 3.9

(a)



Υποθέτουμε ότι και οι δύο διαίοι είναι ανοικτός, υπάρχει είναι ιδανικός ως θεωρείται ως βραχυκύκλωση. (βλ. Σχ. 4α')



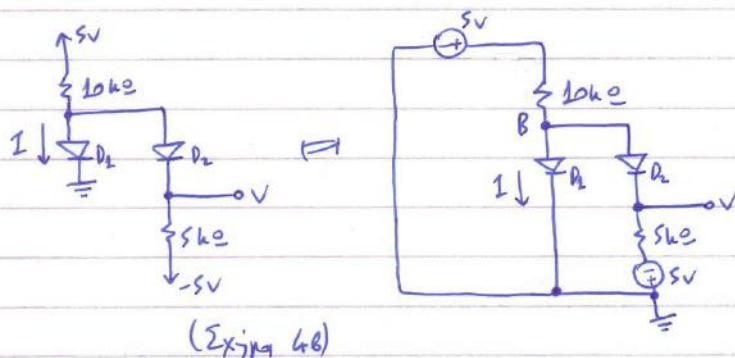
$$\text{N.T.U. } 6\text{V } I : -5 + 5000i_1 = 0 \Rightarrow i_1 = 0,001\text{A} = 1\text{mA}$$

$$\text{N.T.U. } 6\text{V } II : i_2 \cdot 10000 - 5 = 0 \Rightarrow i_2 = 0,0005\text{A} = 0,5\text{mA}$$

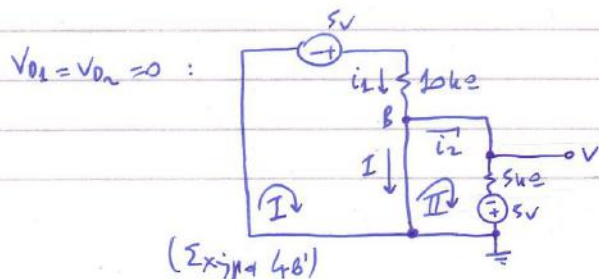
$$\text{Επίσης, από N.P.U. } 6\text{V } A : I = i_1 - i_2 = 1\text{mA} - 0,5\text{mA} \Rightarrow I = 0,5\text{mA}$$

Επομένως, προκύπτει $i(D_1) = I > 0$ και $i(D_2) = i_2 > 0$, άρα η αρχική υπόθεση είναι ορθή και οι D_1, D_2 είναι ανοικτός. Επομένως, $I = 0,5\text{mA}$. Επίσης, η D_2 έχει και ιδανικός με βραχυκύκλωση, άρα είναι $V_A = 0$ και άρα, $V = 0$.

(b)



Υποθέτουμε ότι και οι δύο διαίοι είναι ανοικτός. Επομένως, υπάρχει είναι ιδανικός ως θεωρείται ως βραχυκύκλωση. (βλ. Σχ. 4β')

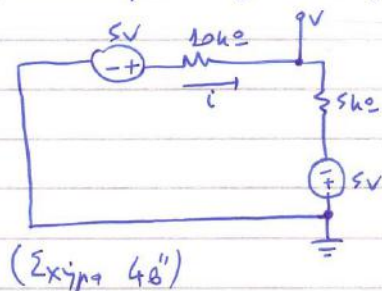


$$\text{N.T.U. } 6\text{V } I : -5 + 10000i_1 = 0 \Rightarrow i_1 = 0,5\text{mA}$$

$$\text{N.T.U. } 6\text{V } II : i_2 \cdot 5000 - 5 = 0 \Rightarrow i_2 = 1\text{mA}$$

Επίσης, από Ν.Τ.Κ. στο Β: $I = i_1 - i_2 = -0,5 \text{ mA} < 0$. Επομένως, η αρχική υπόθεση δεν είναι ορθή.

Υποθέτουμε ότι η D2 είναι ανοιχτή και η D1 έχει λειτουργήσει το Σχήμα 4β".



Από τη θεωρία ότι δεν είναι (ως ιδανική διαίοδος) η αντεπίστροφή, άρα ότι $I = 0$.

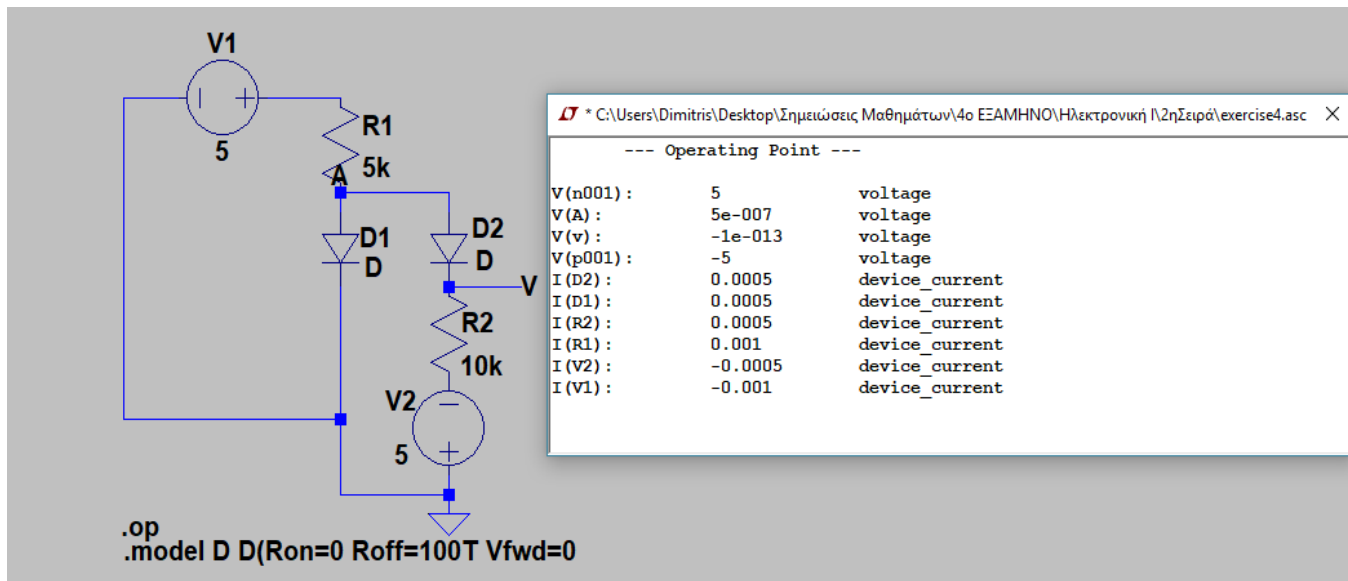
Από Ν.Τ.Κ.: $-5 + 10000i + 5000i - 5 = 0 \Leftrightarrow 15000i = 10 \Leftrightarrow i = \frac{1}{1500} \text{ A} > 0$, άρα ορθή υπόθεση.

Στο κάτω μέρος της, η αντίσταση των $5k\Omega$ έχει διαφορά $-5V$. Άρα, για την τάση της V έχουμε $\frac{V - (-5)}{5000} = i \Leftrightarrow V - (-5) = \frac{1}{1500} \cdot 5000 \cdot V \Rightarrow V = (3,333 - 5)V \Rightarrow V = -1,667V$.

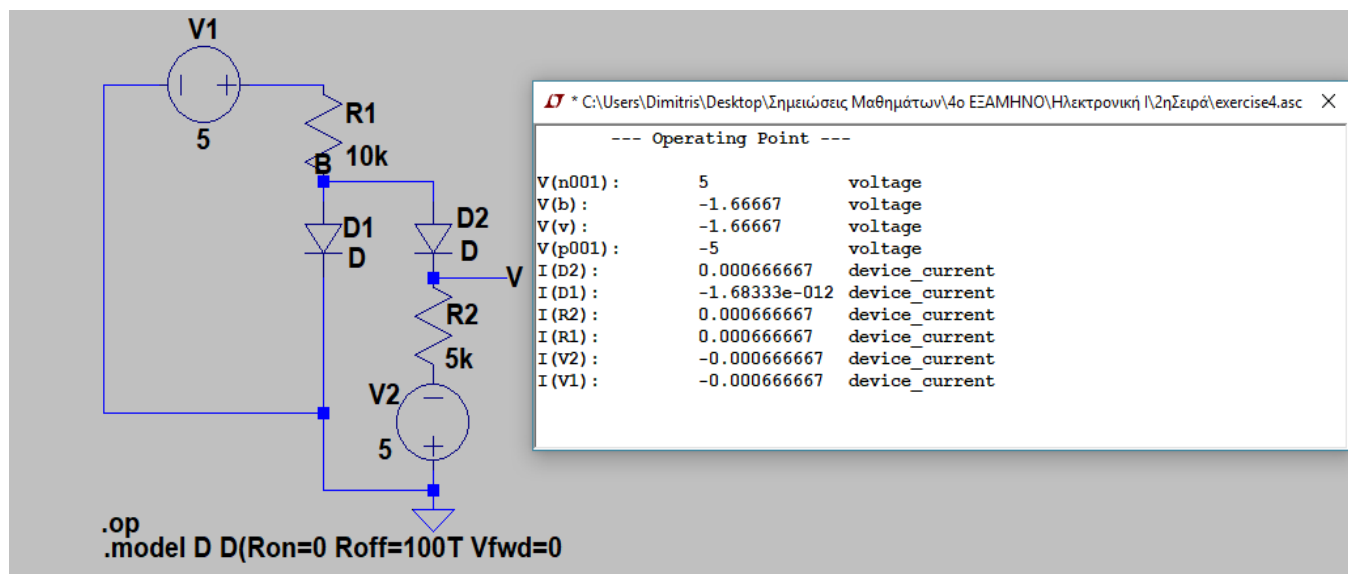
Άρα, είναι $I = 0$ και $V = -1,667V$.

(Συνέχεια Άσκησης 4 - Προβλήματος 3.9, για επαλήθευση των I και V)

(α)



(β)

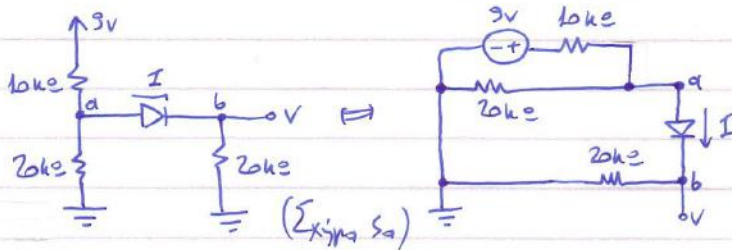


Επαληθεύονται οι τιμές των μεγεθών που υπολογίστηκαν. Μάλιστα, στο (α) ερώτημα, η τιμή της τάσης V προκύπτει μέσω της προσομοίωσης πολύ μικρή, άρα θεωρείται ίση με 0, όπως και υπολογίστηκε. Ομοίως, για το ρεύμα που διαρρέει τη δίοδο D_1 στο ερώτημα (β).

Δημήτριος Ζάρρας

Άσκηση 5 - Πρόβλημα 3.10

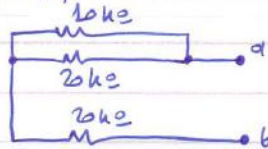
(α)



Θα βρούμε το ισοδύναμο Thevenin το μηδενίζοντας οριζοντίως των υποδοκιών α, β του κύκλου της διαόδου.

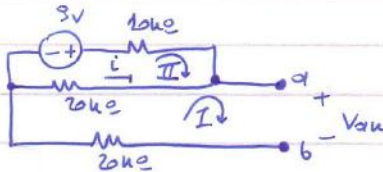
Έχουμε μόνο αντίσταση ηχοί. Άρα,

• Για την R_{TH} :



$$R_{TH} = (10\text{ k}\Omega // 20\text{ k}\Omega) + 20\text{ k}\Omega = \frac{10 \cdot 20}{30} + 20 = \frac{20}{3} + 20 = \frac{80}{3} \text{ k}\Omega$$

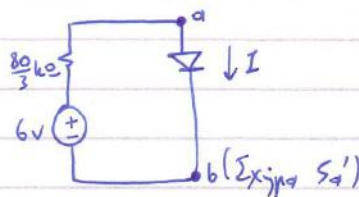
• Για την V_{TH} :



N.T.U. 66V $\text{I} \downarrow$: $20000i + V_{TH} = 0$ (από γ νόμο τάσης του $20\text{ k}\Omega$ είναι γήινος στίβος) $\Rightarrow i = -\frac{V_{TH}}{20000}$ ①

N.T.U. 66V $\text{II} \downarrow$: $20000i + 10000i + 3 = 0 \Rightarrow 30 \text{ φάφφ } \frac{V_{TH}}{20000} = -3 \Rightarrow V_{TH} = 6\text{V}$

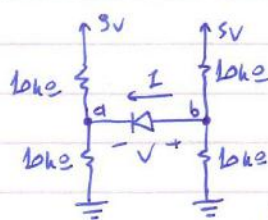
Άρα, έχουμε ισοδύναμο:



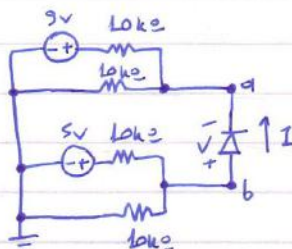
Άρα, η διαόδου είναι ορθή οριζοντίως και αρα, με $I = \frac{6}{\frac{80}{3} \cdot 1000} \text{ A} \Rightarrow I = 0,225 \text{ mA}$

Από το Σχίσμα S_A , είναι $V = V_b = I \cdot 20\text{ k}\Omega = 0,000225 \cdot 20 \cdot 1000 \text{ V} \Rightarrow V = 4,5\text{V}$.

(6)



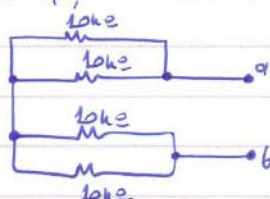
(Σχήμα 56)



Αν θάβουμε το Load στο There-
για το συνδυασμό αντιστάσεων
των αντιστάσεων 9,6 των
άνω της διαόδου.

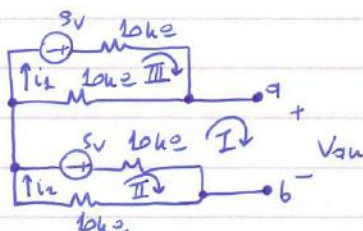
Έχουμε μία ανεξάρτητη πηγή. Αρα

• Για την R_{TH} :



$$R_{TH} = (10k\Omega // 10k\Omega) + (10k\Omega // 10k\Omega) = 5k\Omega + 5k\Omega \Rightarrow \underline{R_{TH} = 10k\Omega}$$

• Για την V_{TH} :



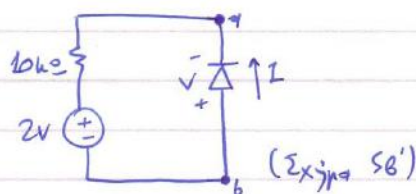
N.T.U. 66V \textcircled{I} : $V_{TH} - i_2 \cdot 10000 + 5 - 10000 \cdot i_2 = 0$ ②

N.T.U. 66V \textcircled{II} : $10000 i_2 - 5 + 10000 i_2 = 0 \Rightarrow 20000 i_2 = 5 \text{ A} \Rightarrow i_2 = \frac{5}{20000} \text{ A}$

N.T.U. 66V \textcircled{III} : $10000 i_2 - 5 + 10000 i_2 = 0 \Rightarrow 20000 i_2 = 5 \text{ A} \Rightarrow i_2 = \frac{5}{20000} \text{ A}$

$$\textcircled{2} \Rightarrow V_{TH} = \left(10000 \cdot \frac{5}{20000} - 5 + \frac{5}{20000} \cdot 10000 \right) \text{ V} = (2.5 - 5 + 2.5) \text{ V} \Rightarrow \underline{V_{TH} = 0 \text{ V}}$$

Αρα, έχουμε loadings:



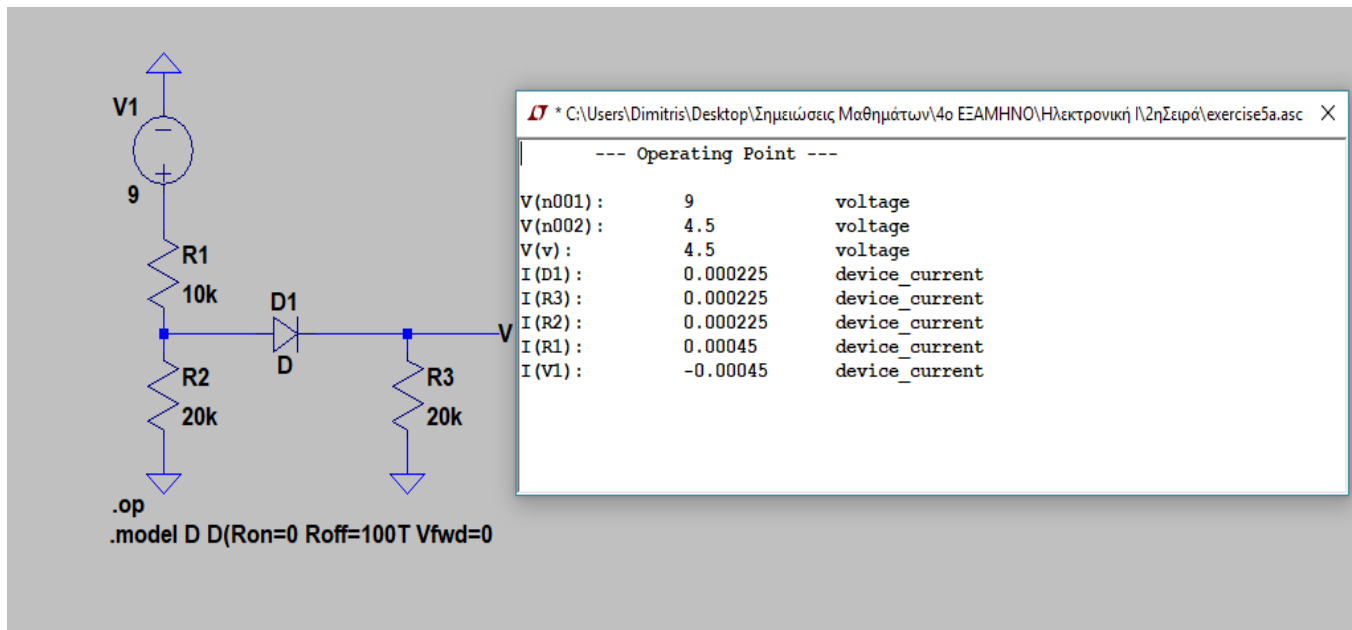
(Σχήμα 56')

Αρα, η διαόδου είναι αντιστάση α-
λυσίας, οπότε $\boxed{I=0}$.

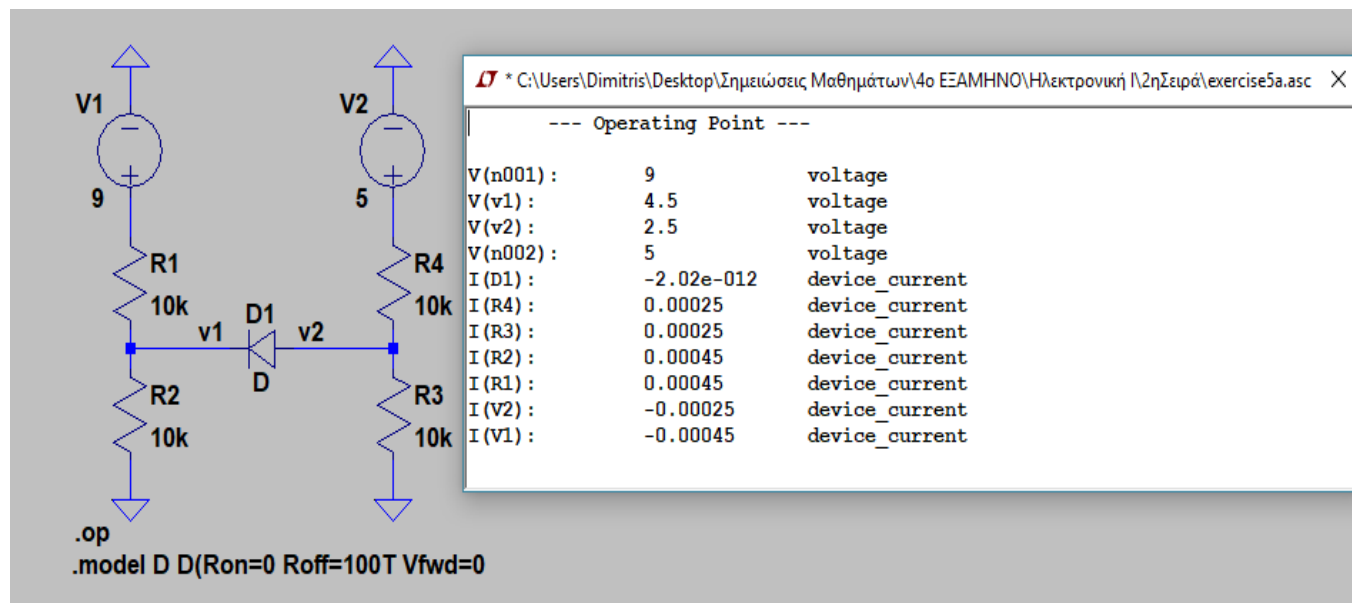
Επειδή είναι $I=0$ και άρα, η $R_{TH}=10k\Omega$ είναι γλυκύτητα αντιστάση, θα είναι $\boxed{V=-2V}$.
(αντίθετη πολικότητα αυτής της πηγής της τάσης των 2V).

(Συνέχεια Άσκησης 5 - Προβλήματος 3.10, για επαλήθευση των I και V)

(α)



(β)



Παρατηρούμε ότι και στις δύο προσομοιώσεις τα αποτελέσματα των DC προσομοιώσεων συμφωνούν με τα υπολογισθέντα. Στο (β) ερώτημα προκύπτει, επίσης, σωστά $V = v_1 - v_2 = 4,5V - 2,5V = -2V$ και η τιμή του ρεύματος που διαρρέει τη δίοδο θεωρείται μηδενική, όπως και υπολογίστηκε.

Δημήτριος Ζάρρας

Άσκηση 6 - Πρόβλημα 3.19

Στα 1mA η διόδος κατά την οποία λειτουργεί, έχει πτώση τάσης $0,7\text{V}$.
 Άρα: $I_1 = I_s \cdot e^{\frac{V_1}{V_T}} \Rightarrow 0,001 = I_s \cdot e^{\frac{0,7}{V_T}}$ ①

Για λειτουργία στα $V_2 = 0,5\text{V}$ θα αντιστοιχεί πρώτα: $I_2 = I_s \cdot e^{\frac{V_2}{V_T}} = I_s \cdot e^{\frac{0,5}{V_T}}$ ②

$$\frac{①}{②} \Rightarrow \frac{0,001}{I_2} = e^{\frac{1}{V_T}(0,7-0,5)} \quad ③$$

Θεωρούμε $V_T \approx 25\text{mV}$ για θερμοκρασία δωματίου, θα είναι

$$③ \Rightarrow I_2 = \frac{0,001}{e^{\frac{0,2}{0,025}}} \text{A} = 0,001 \cdot e^{-8} \text{A} \Rightarrow \boxed{I_2 = 0,335 \mu\text{A}}$$

Άσκηση 7 - Πρόβλημα 3.22 (α)

Έχουμε: $I = 10\text{mA}$, $V = 700\text{mV} = 0,7\text{V}$, $V_{10} = 600\text{mV} = 0,6\text{V} = V'$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Ισχύει, λοιπόν,} \\ \text{και} \end{array} \right\} \begin{array}{l} I = I_s \cdot e^{\frac{V}{V_T}} \\ I' = I_s \cdot e^{\frac{V'}{V_T}} \end{array} \Rightarrow \frac{I}{I'} = e^{\frac{V-V'}{V_T}} \Rightarrow \frac{V-V'}{V_T} = \ln\left(\frac{I}{I'}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow n = \frac{V-V'}{V_T \cdot \ln(I/I')} = \frac{0,7-0,6}{0,025 \cdot \ln\left(\frac{0,01}{0,001}\right)} = \frac{0,1}{0,025 \cdot 2,3026} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{n = 1,737}, \text{ άρα θεωρούμε } V_T \approx 25\text{mV} \text{ για θερμοκρασία δωματίου.}$$

$$\text{Άρα } I = I_s \cdot e^{\frac{V}{V_T}} \Rightarrow I_s = I \cdot e^{-\frac{V}{V_T}} = 0,01 \cdot e^{-\frac{0,7}{1,737 \cdot 0,025}} \text{A} \approx 0,01 \cdot 10^{-8} \text{A} \Rightarrow \boxed{I_s = 10^{-9} \text{A}}.$$

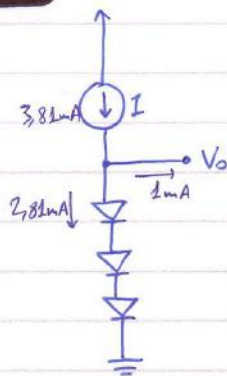
Για την τάση της διόδου στα 10I θα έχουμε: $V_{10I} = n \cdot V_T \cdot \ln \frac{10 \cdot I}{I_s} =$

$$= 1,737 \cdot 0,025 \cdot \ln \frac{0,1}{10^{-9}} \text{V} = 0,043425 \cdot 18,42 \text{V} \Rightarrow \boxed{V_{10I} = 0,8 \text{V}}.$$

Άσκηση 8

Πρόβλημα 3.23

Οι διόδοι είναι αναπορεύσιμες και άρα, για να έχουμε τάση εξόδου $V_0 = 2V$ θα έχουμε τάση $\frac{V_0}{3} = \frac{2}{3}V$ σε κάθε μία από τις τρεις διόδους (η V_0 καταμερίζεται ομοιόμορφα στις τρεις διόδους).



Επομένως, σε κάθε μία από αυτές θα είναι:

$$I = I_s \cdot e^{\frac{V_0/3}{nV_T}} = 10^{-14} \cdot e^{2/3 \cdot 0.025} A = 10^{-14} \cdot 3.81 \cdot 10^{11} A \Rightarrow \boxed{I = 3.81 \mu A}$$

Εάν το ρεύμα των $1 \mu A$ απορροφηθεί από τον αραιωμένο εξόδου με τη χρήση ενός ρεοστάτη, τότε οι διόδους θα διαρρέονται από ρεύμα $(3.81 - 1) \mu A = 2.81 \mu A$.

Άρα, για τάση εξόδου, τώρα, ίση με V_0' θα είναι για μία από τις διόδους:

$$\frac{V_0'}{3} = nV_T \cdot \ln \frac{I'}{I_s} \quad \frac{I' = 2.81 \mu A}{I_s} \quad 0.025 \cdot \ln \frac{2.81 \cdot 10^{-6}}{10^{-14}} V =$$

$$\Rightarrow V_0' = 0.075 \cdot \ln(2.81 \cdot 10^8) V = 0.075 \cdot 26.36162051 V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_0' \approx 1.977 V$$

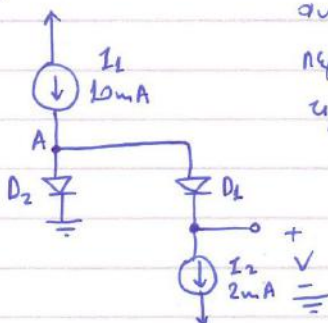
Άρα, η μεταβολή της τάσης εξόδου θα είναι: $\Delta V_0 = V_0' - V_0 = 1.977 V - 2V \Rightarrow$

$$\Rightarrow \Delta V_0 = -0.023 V \Rightarrow \boxed{\Delta V_0 = -23 mV}$$

Άσκηση 9

Πρόβλημα 3.25

Γνωρίζουμε ότι το ρεύμα που ρέει μιας διόδου είναι εθέως ανάλογο του εμβαδού της διατομής της. Συνεπώς, για ίση τάση πόλωσης, σε ίση θερμοκρασία, θα έχουμε και ίση τάση για το I_s . Άρα, εδώ: $I_{s1} = 10 \cdot I_{s2}$ (1)



$$\text{Ν.Ρ.Κ. στο Α: } i(D_2) + i(D_1) = I_1 \quad \frac{i(D_1) = I_2}{\Rightarrow}$$

$$\Rightarrow i(D_2) = I_1 - I_2 = 10 \text{ mA} - 2 \text{ mA} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow i(D_2) = 8 \text{ mA}$$

Γνωρίζουμε το πρώτο να διαρρέει την D_2 , από την οποία την έχουμε στα ίδια της τις:

$$V(D_2) = V_A - 0 = nV_T \ln \frac{i(D_2)}{I_{S_2}} \Rightarrow V_A = nV_T \ln \frac{i(D_2)}{I_{S_2}} \quad (2)$$

Για την D_2 , ομοίως, $V(D_2) = V_A - V = nV_T \ln \frac{i(D_2)}{I_{S_2}} \xrightarrow{(2)} V_A - V = nV_T \ln \frac{i(D_2)}{10 \cdot I_{S_2}} \quad (3)$

$$(2) \Rightarrow I_{S_2} = i(D_2) e^{-V_A/nV_T} \quad (4)$$

$$(3) \xrightarrow{(4)} V_A - V = nV_T \ln \frac{i(D_2)}{10 \cdot i(D_2) e^{-V_A/nV_T}} = nV_T \left\{ \ln[i(D_2)] - \ln[10 \cdot i(D_2) e^{-V_A/nV_T}] \right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_A - V = nV_T \ln \frac{i(D_2)}{10 \cdot i(D_2)} - nV_T \left(-\frac{V_A}{nV_T} \right) \Rightarrow V_A - V = nV_T \ln \frac{i(D_2)}{10 \cdot i(D_2)} + V_A \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = -nV_T \ln \frac{i(D_2)}{10 \cdot i(D_2)} = -1 \cdot 0,025 \cdot \ln \frac{0,002}{10 \cdot 0,008} \text{ V} = -0,025 \cdot (-3,6889) \text{ V}$$

$$\Rightarrow V \approx 0,0922 \text{ V} \Rightarrow \boxed{V = 32,2 \text{ mV}}.$$

Είναι $V = -nV_T \ln \frac{i(D_2)}{10 \cdot i(D_2)} \xrightarrow{\substack{i(D_2) = I_2 \\ i(D_2) = I_1 - I_2}} V = -nV_T \ln \frac{I_2}{10 \cdot (I_1 - I_2)} \quad (5).$

Αρα, για να είναι $V = 50 \text{ mV}$ θα πρέπει:

$$(5) \Rightarrow 0,05 = -0,025 \cdot \ln \frac{I_2}{10(0,01 - I_2)} \Rightarrow -2 = \ln \frac{I_2}{10(0,01 - I_2)} \Rightarrow$$

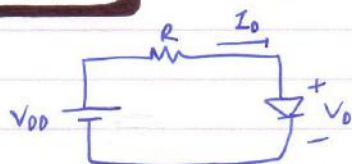
$$\Rightarrow \frac{I_2}{0,1 - 10I_2} = e^{-2} \Rightarrow I_2 = e^{-2}(0,1 - 10I_2) \text{ (S.I.)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow I_2(1 + 10e^{-2}) = 0,1 \cdot e^{-2} \text{ (S.I.)} \Rightarrow I_2 = \frac{0,1 \cdot e^{-2}}{1 + 10e^{-2}} \text{ A} =$$

$$= \frac{0,013534}{2,3534} \text{ A} \Rightarrow I_2 = 0,00575 \text{ A} \Rightarrow \boxed{I_2 = 5,75 \text{ mA}}, \text{ ώστε να έχουμε } V = 50 \text{ mV}.$$

Άσκηση 10 - Πρόβλημα 3.33

$$V_{DD} = 1V, R = 1k\Omega, I_S = 10^{-15}A, n = 1$$



$$\text{Από Ν.Τ.Κ.: } -V_{DD} + I_D \cdot R + V_D = 0 \Rightarrow I_D = \frac{V_{DD} - V_D}{R} \quad (1)$$

Ξεκινάμε την επαναληπτική διαδικασία υποθέτοντας $V_D = 0,7V$ και

$$(1) \Rightarrow I_D = \frac{1 - 0,7}{1000} A \Rightarrow I_D = 0,0003 A = 0,3 \mu A$$

Χρησιμοποιούμε την εξίσωση της διαόδου, για να υπολογίσουμε μια καλύτερη προσέγγιση του V_D , βάζοντας το I_D που μόλις υπολογίσαμε:

$$V_D = n \cdot V_T \ln \frac{I_D}{I_S} = 0,025 \cdot \ln \frac{0,0003}{10^{-15}} V = 0,025 \cdot 26,427 V \Rightarrow V_D = 0,6607 V$$

Αρα, η πρώτη επανάληψη δίνει $I_D = 0,3 \mu A$ και $V_D = 0,6607 V$.

Ναί, με παρόμοιο τρόπο, για $V_D = 0,6607 V$ η (1) δίνει:

$$(1) \Rightarrow I_D = \frac{1 - 0,6607}{1000} A \Rightarrow I_D = 0,3393 \mu A$$

Η εξίσωση της διαόδου δίνει για το πρώτο αμέ.

$$V_D = n V_T \ln \frac{I_D}{I_S} = 0,025 \cdot \ln \frac{0,0003393}{10^{-15}} V = 0,025 \cdot 26,55 V \Rightarrow V_D = 0,6638 V$$

Αρα, η δεύτερη επανάληψη δίνει $I_D = 0,3393 \mu A$ και $V_D = 0,6638 V$. Βλέπουμε ότι η τιμή της V_D δε διαφέρει σημαντικά από εκείνη που πήραμε στην πρώτη επανάληψη. Θεωρούμε ότι για τη V_D δεν απαιτείται επιπλέον επανάληψη και δεχόμαστε ως τελική λύση, για την τιμή V_D την: $V_D = 0,6638 V$, για την οποία έχουμε για το πρώτο I_D :

$$(1) \Rightarrow I_D = \frac{1 - 0,6638}{1000} A \Rightarrow I_D = 0,3362 \mu A, \text{ η οποία τιμή είναι πολύ κοντά σε αυτήν που βρέθηκε προηγουμένως.}$$