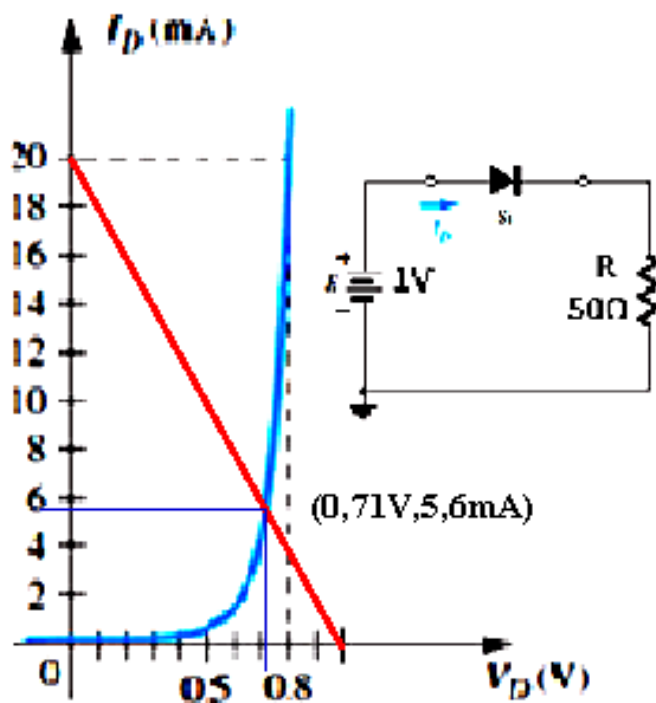


Προβλήματα 2β Δίοδοι

Ομάδα Α

Πρόβλημα 2β.1

Για το κύκλωμα που ακολουθεί: α) σχεδιάστε την ευθεία φόρτου και υπολογίστε την τάση στα άκρα της αντίστασης και το ρεύμα λειτουργίας της διόδου. β) Υπολογίστε και πάλι το ρεύμα και την τάση λειτουργίας της διόδου χρησιμοποιώντας το προσεγγιστικό μοντέλο της σταθερής τάσης στα άκρα της διόδου. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα.



α) Νόμος Kirchhoff: $V_S - V_D = I_D \cdot R$

$$\text{Όταν } V_D = 0 \text{ τότε } I_D = \frac{V_S}{R} = \frac{1}{50} = 20mA$$

Όταν $I_D = 0$ τότε $V_D = V_S = 1V$

Η ευθεία φόρτου περνάει από τα σημεία: 1V στον οριζόντιο άξονα και 20mA στον κατακόρυφο άξονα (η κόκκινη ευθεία) $V_Q = 0,71V$ και $I_Q = 5,6mA$.

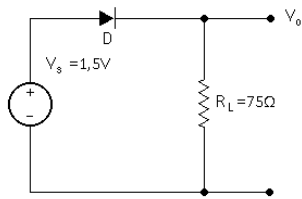
Η τάση στα άκρα της αντίστασης είναι $1 - 0,71 = 0,29V$ και το ρεύμα 5,6mA

β) από την προσέγγιση της σταθερής τάσης:

$V_D = 0,7V$, η τάση στα άκρα της αντίστασης είναι $1 - 0,70 = 0,30V$ και το ρεύμα

$$I_D = \frac{V_S - V_D}{R} = \frac{0,3}{50} = 6mA$$

Πρόβλημα 2β.2



Μία μπαταρία 1,5V χρησιμοποιείται για να πολώσει ορθά μία δίοδο. α) χρησιμοποιήστε την χαρακτηριστική της δίοδου για να προσδιορίσετε το σημείο λειτουργίας. β) ποιο θα είναι το ρεύμα εάν μία δεύτερη όμοια δίοδος συνδεθεί σε σειρά με την πρώτη;

α) Νόμος Kirchhoff:

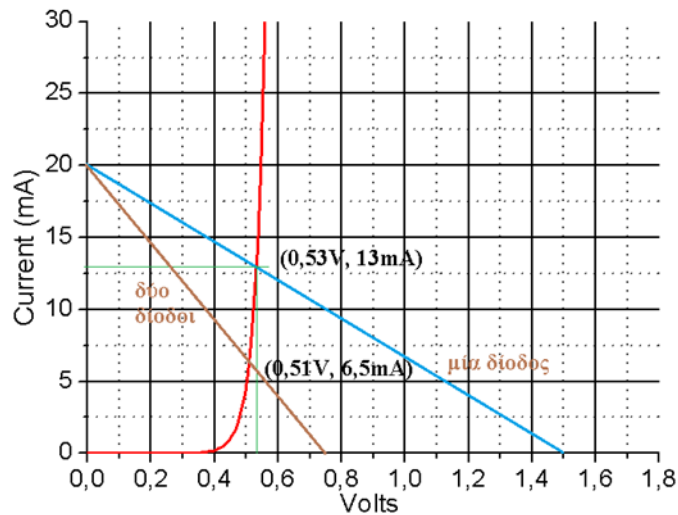
$$V_S - V_D = I_D \cdot R$$

Όταν $V_D = 0$ τότε

$$I_D = \frac{V_S}{R} = 20\text{mA}$$

Όταν $I_D = 0$ τότε

$V_D = V_S = 1,5\text{V}$. Η ευθεία φόρτου περνάει από τα σημεία: 1V στον οριζόντιο άξονα και 20mA στον κατακόρυφο άξονα (η γαλάζια ευθεία) $V_Q = 0,53\text{V}$ και $I_Q = 13\text{mA}$.



Όταν έχει συνδεθεί δεύτερη δίοδος ο κανόνας του Kirchhoff δίνει:

$$V = 2V_D + IR$$

για $I=0 \rightarrow V = 2V_D \Rightarrow V_D = 0,75\text{V}$

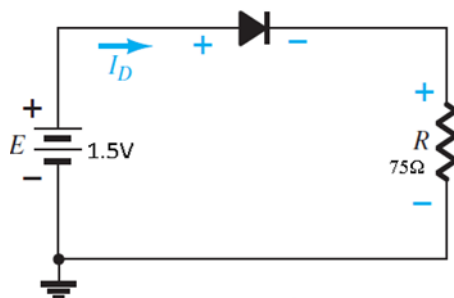
για $V_D=0 \rightarrow I = \frac{V}{R} = 20\text{mA}$

Έτσι προσδιορίζεται η νέα ευθεία φόρτου

Το σημείο λειτουργίας είναι:

(0,51V, 6,5mA)

Πρόβλημα 2β.3



Υπολογίστε το ρεύμα που διαρρέει την δίοδο και την τάση στα άκρα της αντίστασης με δύο τρόπους: α) με την ευθεία φόρτου (Χρησιμοποιήστε την χαρακτηριστική του ερωτήματος 5 του Logbook), β) με την προσέγγιση της σταθερής τάσης στα άκρα της δίοδου. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα.

α) Νόμος Kirchhoff:

$$E - V_D = I_D \cdot R$$

Όταν $V_D = 0$ τότε

$$I_D = \frac{E}{R} = 20\text{mA}$$

Όταν $I_D = 0$ τότε

$$V_D = E = 1,5\text{V}$$

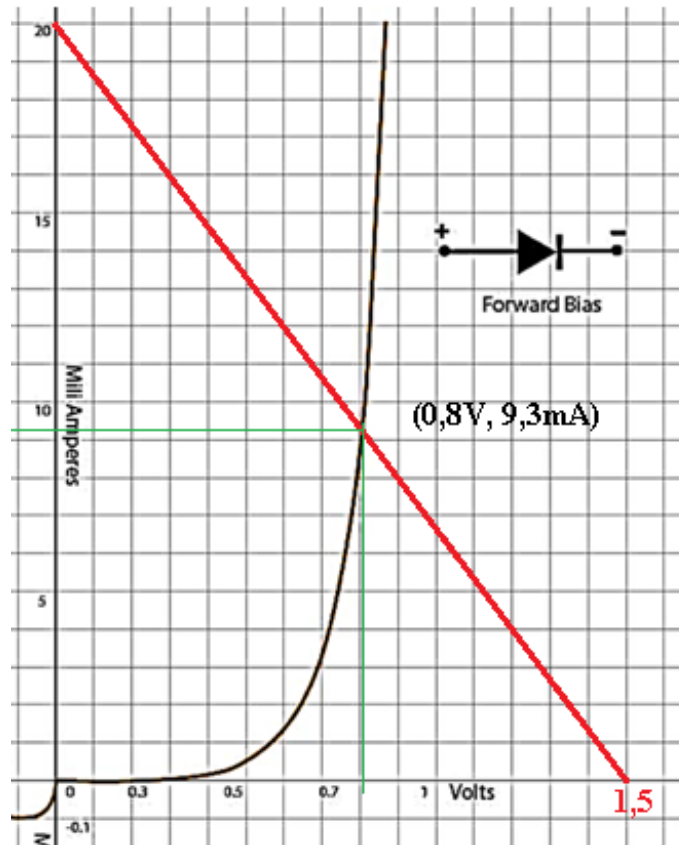
Η ευθεία φόρτου περνάει από τα σημεία: 1,5V στον οριζόντιο άξονα και 20mA στον κατακόρυφο άξονα (η κόκκινη ευθεία) $V_Q = 0,8\text{V}$ και $I_Q = 9,3\text{mA}$.

Το ρεύμα είναι 9,3mA και η τάση στα άκρα της αντίστασης 0,70V.

β) Με την προσέγγιση της σταθερής τάσης.

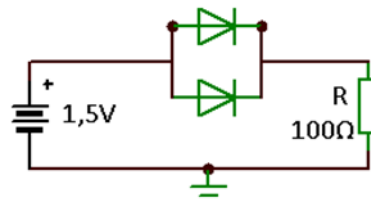
$$E - 0,7 = I_D \cdot R$$

$I = 10,7\text{mA}$ και η τάση στα άκρα της αντίστασης 0,80V



Πρόβλημα 2β.4

Για το διπλανό κύκλωμα, οι διόδοι είναι όμοιες και η χαρακτηριστική ρεύματος-τάσης κάθε διόδου δίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί. α) Σχεδιάστε την ευθεία φόρτου και υπολογίστε την τάση στα άκρα της αντίστασης. β) Υπολογίστε και πάλι την τάση της αντίστασης χρησιμοποιώντας το προσεγγιστικό μοντέλο της σταθερής τάσης στα άκρα της διόδου.



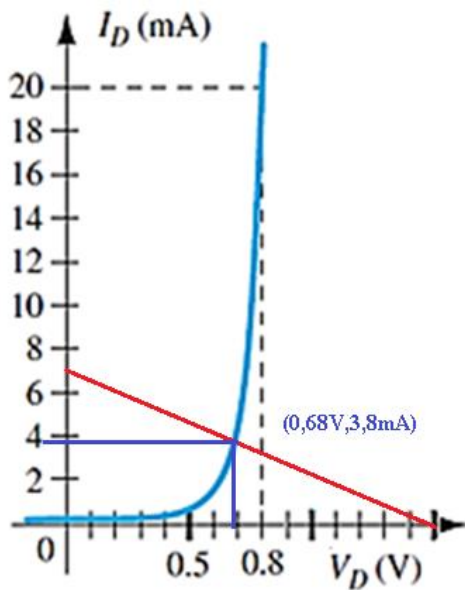
α) Νόμος Kirchhoff: $V_S - V_D = I \cdot R$ επειδή οι διόδοι είναι όμοιες και παράλληλα:

$$V_S - V_D = 2I_D \cdot R$$

Όταν $V_D = 0$ τότε $I_D = \frac{V_S}{2R} = 7,5\text{mA}$

Όταν $I_D = 0$ τότε $V_D = V_S = 1,5\text{V}$

Η ευθεία φόρτου περνάει από τα σημεία: 1,5V στον οριζόντιο άξονα και 7,5mA στον κατακόρυφο άξονα (η κόκκινη ευθεία) $V_Q=0,68V$ και $I_Q=3,8mA$.

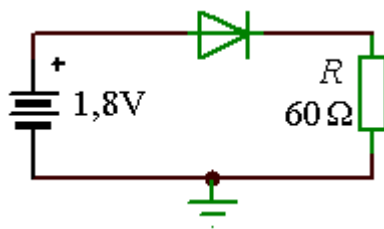


Η τάση στα άκρα της αντίστασης θα είναι $3 - 0,68 = 0,82V$

β) Με την προσέγγιση της σταθερής τάσης: $V_S - V_D = 2I_D \cdot R$ ή $V_S - 0,7 = 2I_D \cdot 100$

$I_D = 4mA$ και η τάση στα άκρα της αντίστασης 0,80V.

Πρόβλημα 2β.5



Μία μπαταρία 1,8V χρησιμοποιείται για να πολώσει ορθά μία δίοδο. α) χρησιμοποιήστε την χαρακτηριστική της δίοδου για να προσδιορίσετε το σημείο λειτουργίας. β) ποιο θα είναι το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση, εάν μία δεύτερη όμοια δίοδος συνδεθεί σε σειρά με την πρώτη; γ) ποιο είναι το όφελος από την σύνδεση δύο δίοδων στη σειρά;

α) Νόμος Kirchhoff: $V_S - V_D = I_D \cdot R$

Όταν $V_D = 0$ τότε $I_D = \frac{V_S}{R} = 30mA$

Όταν $I_D = 0$ τότε $V_D = V_S = 1,8V$. Η ευθεία φόρτου περνάει από τα σημεία: 1,8V στον οριζόντιο άξονα και 30mA στον κατακόρυφο άξονα (η γαλάζια ευθεία) $V_Q=0,57V$ και $I_Q=21mA$.

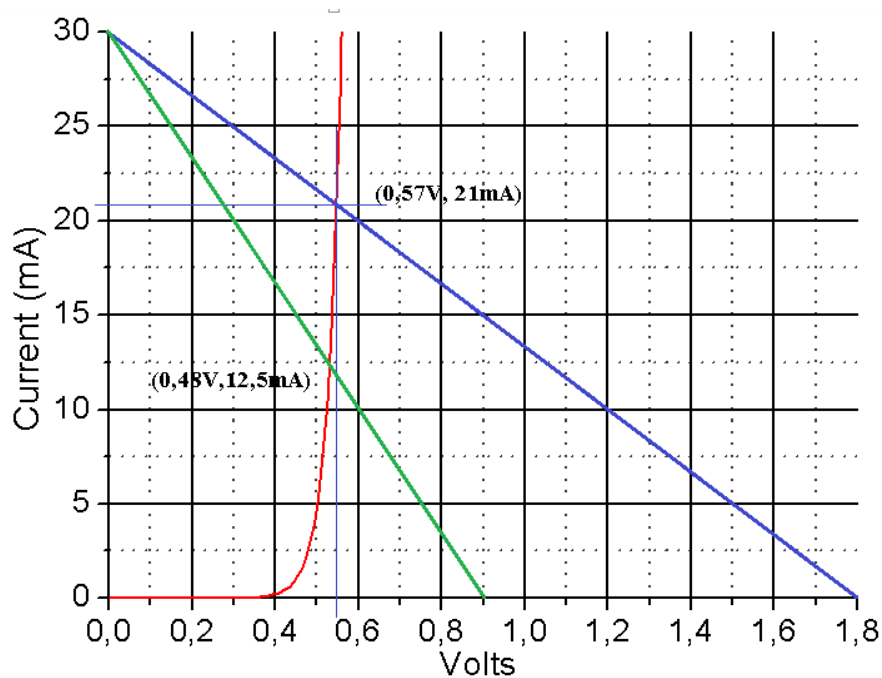
β) Όταν συνδεθεί δεύτερη δίοδος στη σειρά:

Νόμος Kirchhoff: $V_S - 2V_D = I_D \cdot R$

Όταν $V_D = 0$ τότε $I_D = \frac{V_S}{R} = 30mA$

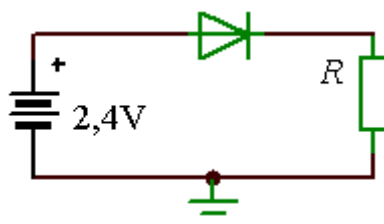
Όταν $I_D = 0$ τότε $V_D = \frac{V_S}{2} = 0,9V$.

Η ευθεία φόρτου (πράσινη) περνάει από τα σημεία: 0,9V στον οριζόντιο άξονα και 30mA στον κατακόρυφο άξονα $V_Q=0,48V$ και $I_Q=12,5mA$.

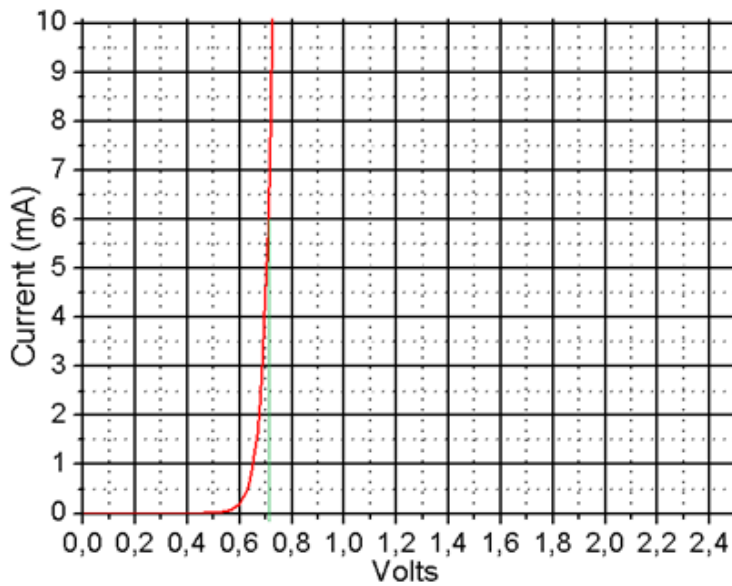


γ) Δύο όμοιες διόδους έχουν τις ίδιες χαρακτηριστικές ρεύματος-τάσης. Όταν συνδέονται στη σειρά σε ένα κύκλωμα διαρρέονται από το ίδιο ρεύμα. Η σύνδεση δύο διόδων στη σειρά δεν έχει να κάνει με την λειτουργία των διόδων όταν βρίσκονται σε ορθή πόλωση αλλά σε ανάστροφη! Εάν σε ένα κύκλωμα η ανάστροφη τάση που εφαρμόζεται από την πηγή, ξεπερνάει το PIV της μίας διόδου, μπορούμε να αντικαταστήσουμε την μία diode με δύο όμοιες διόδους συνδεδεμένες στη σειρά. Σε αυτή την περίπτωση το PIV της συστοιχίας των δύο διόδων ισούται με το άθροισμα των PIV των δύο διόδων. Παράδειγμα: Έστω ότι το PIV μιας διόδου είναι 20V και η εξωτερική τάση ανάστροφης πόλωσης είναι 30V στην περίπτωση αυτή η diode θα μπει στην περιοχή κατάρρευσης (breakdown voltage) πράγμα που δεν είναι επιθυμητό. Αν όμως συνδέσουμε μία δεύτερη diode στη σειρά το PIV των δύο διόδων θα γίνει $20+20=40V$ και το κύκλωμα θα λειτουργεί με τον τρόπο που θέλουμε, δηλαδή δεν μπει στην περιοχή κατάρρευσης. Αυτή είναι μια πιο φτηνή λύση, απ' ότι να χρησιμοποιούσαμε μία diode που θα είχε PIV 40V.

Πρόβλημα 2β.6



Μία μπαταρία 2,4V χρησιμοποιείται για να πολώσει ορθά μία diode Si. Με την βοήθεια της χαρακτηριστικής ρεύματος-τάσης, να υπολογίσετε την τιμή της αντίστασης έτσι ώστε το ρεύμα του κυκλώματος να είναι 6mA.

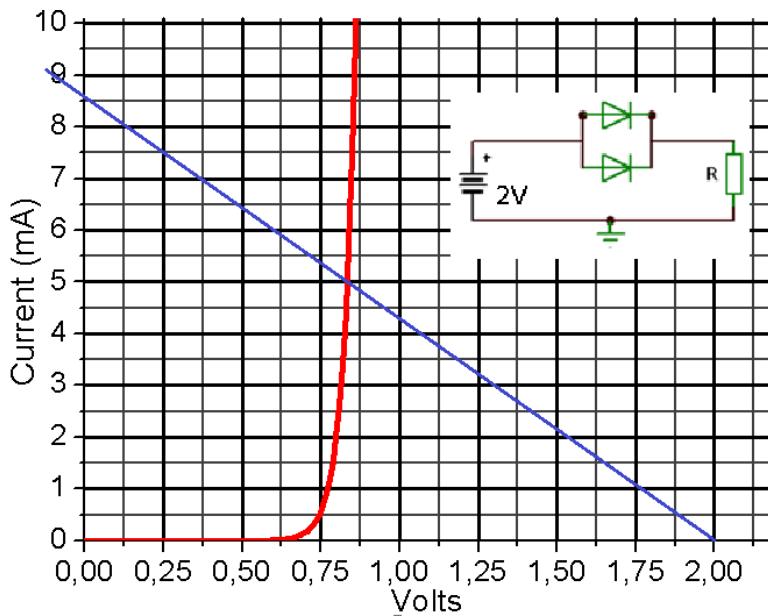


Όταν το ρεύμα στη δίοδο είναι 6mA η τάση στα άκρα της είναι 0,72Volt. Η υπόλοιπη τάση πέφτει επάνω στην αντίσταση δηλ.

$$V_s - 0,72 = 6 \cdot R \quad \text{ή}$$

$$R = \frac{2,4 - 0,72}{6} = 280\Omega$$

Πρόβλημα 2β.7



Δίνεται η χαρακτηριστική μιας δίοδου. Η δίοδος συνδέεται παράλληλα με μία όμοια δίοδο στη σειρά με αντίσταση R και μία πηγή τάσης 2Volt, όπως φαίνεται στο κύκλωμα. Χρησιμοποιώντας την ευθεία φόρτου βρείτε την τιμή της αντίστασης έτσι ώστε το ρεύμα που την διαρρέει να είναι 5mA.

Νόμος Kirchhoff: $V_s - V_D = I \cdot R$ επειδή οι δίοδοι είναι όμοιες και παράλληλα:

$$V_s - V_D = 2I_D \cdot R$$

Όταν $I_D = 0$ τότε $V_D = V_s = 2V$. Η ευθεία φόρτου περνάει από το σημείο 2 του οριζώντιου άξονα. Επιπλέον περνάει από το σημείο της χαρακτηριστικής που έχει τεταγμένη 5mA. Η προέκταση της ευθείας φόρτου τέμνει το κατακόρυφο άξονα στο σημείο $I = 8,6mA$

$$\text{Όταν } V_D = 0 \text{ τότε } I_D = \frac{V_s}{2R} = \frac{2}{2R} = \frac{1}{R}. \text{ Οπότε } 8,6 = \frac{1}{R} \Rightarrow R = 116,3\Omega$$

Πρόβλημα 2β.8

Χρησιμοποιώντας την χαρακτηριστική της σελίδας 8 υπολογίστε το ρεύμα που διαρρέει τις διόδους. Οι διόδοι είναι όμοιες.

Και στα δύο κυκλώματα έχουν συνδεθεί δύο διόδοι στη σειρά:

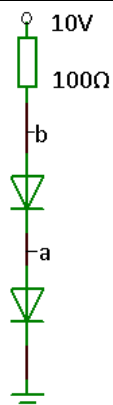
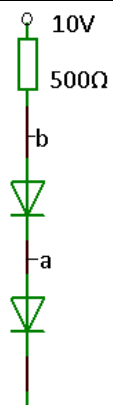
$$\text{Νόμος Kirchhoff: } V_S - 2V_D = I_D \cdot R$$

$$\text{Όταν } V_D = 0 \text{ τότε } I_D = \frac{V_S}{R}$$

$$\text{Όταν } I_D = 0 \text{ τότε } V_D = \frac{V_S}{2}$$

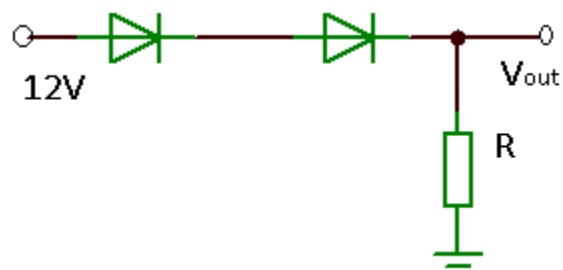
Για το κύκλωμα (i) το ρεύμα είναι 83mA και $V_D = 0,86V$

και για το (ii) 16mA και $V_D = 0,84V$

(i)	(ii)
	
$V_a=0,86V$ $V_b=1,72V$ $V_R=8,28V$	$V_a=0,84V$ $V_b=1,68V$ $I=16mA$

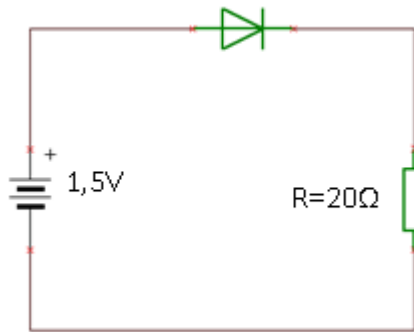
Πρόβλημα 2β.9

Χρησιμοποιώντας την χαρακτηριστική της σελίδας 8, υπολογίστε την αντίσταση R έτσι ώστε το ρεύμα που διαρρέει τις διόδους να είναι 50mA. Οι διόδοι είναι όμοιες. Υπολογίστε την τάξη εξόδου V_{out} .



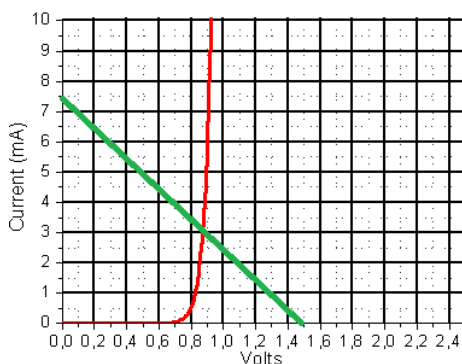
Από την χαρακτηριστική προκύπτει πως όταν το ρεύμα είναι 50mA η αντίστοιχη τάση είναι 0,85V. $V_S - 2V_D = V_{out}$, δηλαδή 10,3V.

Πρόβλημα 2β.10



Μία μπαταρία 1,5 volt πολώνει ορθά μία διάδο που έχει συνδεθεί στη σειρά με μία αντίσταση 20Ω. α) χρησιμοποιήστε την χαρακτηριστική της διάδου για να προσδιορίσετε το σημείο λειτουργίας. β) Συγκρίνετε τις τιμές με τα αποτελέσματα που θα βρείτε εφαρμόζοντας το μοντέλο της τέλειας διάδου και της σταθερής τάσης στην διάδο.

Λύση:



Από τον κανόνα Kirchhoff:

$$V = V_D + I_D R \quad (E)$$

Ευθεία φόρτου:

Όταν $V_D = 0$ η (E) γίνεται $V = I_D R$

$$\Rightarrow I_D = \frac{1,5}{20} = 7,5mA$$

Όταν $I_D = 0$ η (E) γίνεται $V = V_D \Rightarrow V_D = 1,5V$

Η ευθεία φόρτου κόβει τη χαρακτηριστική της διάδου στο σημείο (0,87V, 3mA) που είναι η τάση και το ρεύμα λειτουργίας της διάδου.

Μοντέλο της τέλειας διάδου: Όταν στην διάδο εφαρμόζεται θετική τάση τότε άγει χωρίς αντίσταση οπότε η διάδος θα αντικατασταθεί με βραχυκύκλωμα. Στην περίπτωση αυτή $I_D = \frac{1,5}{20} = 7,5mA$

Μοντέλο της σταθερής τάσης στα άκρα της διάδου: Από την χαρακτηριστική φαίνεται ότι παρουσιάζει γόνατο στα 0,8Volt. Η διάδος θα αντικατασταθεί με μία πηγή τάσης 0,8Volt αλλά με πολικότητα αντίθετη με αυτή της πηγής (ο θετικός πόλος προς την πλευρά της μπαταρίας και ο αρνητικός προς την αντίσταση).

$$\text{Από τον κανόνα Kirchhoff } 1,5 = 0,8 + I_D \times 20 \Rightarrow I_D = \frac{1,5 - 0,8}{20} = 3,5mA$$

Πρόβλημα 2β.11

Για ποια τιμή της ανάστροφης τάσης που εφαρμόζεται σε μια διάδο Si το ανάστροφο ρεύμα θα γίνει ίσο με το 95% της τιμής του ρεύματος κορεσμού σε θερμοκρασία δωματίου; Θεωρήστε το συντελεστή ιδανικότητας να έχει την τιμή $n=2$ και την απόλυτη θερμοκρασία 293°kelvin. β) ποιος είναι ο λόγος του ρεύματος ορθής και αναστροφής πόλωσης όταν η τάση είναι 0,2V;

α)

$$I = I_s \left(e^{\frac{V}{nV_{Th}}} - 1 \right) \Rightarrow \frac{I}{I_s} = e^{\frac{V}{nV_{Th}}} - 1 \Rightarrow -\frac{95}{100} + 1 = e^{\frac{V}{nV_{Th}}} \Rightarrow \frac{V}{nV_{Th}} = \ln\left(\frac{5}{100}\right) \Rightarrow V = -150mV$$

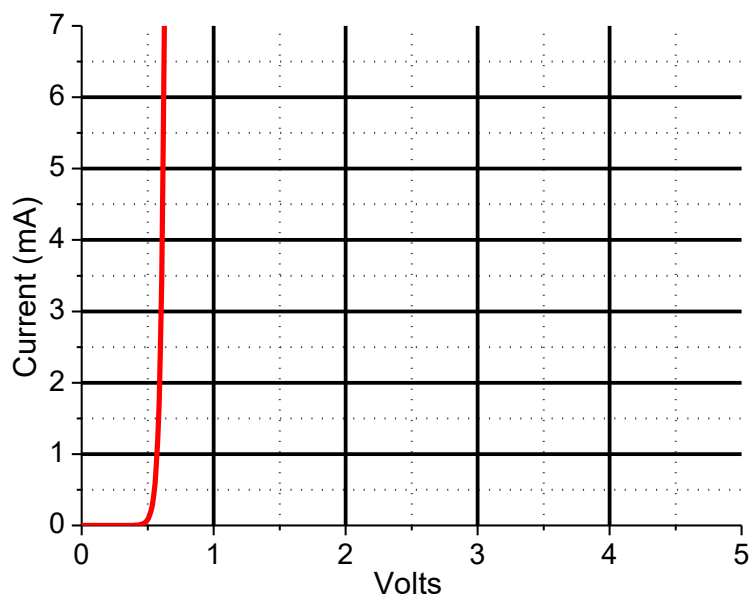
β) $I_f = I_s \left(e^{\frac{V}{nV_{Th}}} - 1 \right)$ και $I_r = I_s \left(e^{\frac{V}{nV_{Th}}} - 1 \right)$ για $V=0,2\text{Volt}$ στην ορθή πόλωση και $V=-0,2\text{Volt}$ στην ανάστροφη και συντελεστή $n=2$ προκύπτει ότι:

$$I_f = I_s \left(e^{\frac{0,2}{2 \cdot 0,025}} - 1 \right) \text{ και } I_r = I_s \left(e^{\frac{-0,2}{2 \cdot 0,025}} - 1 \right)$$

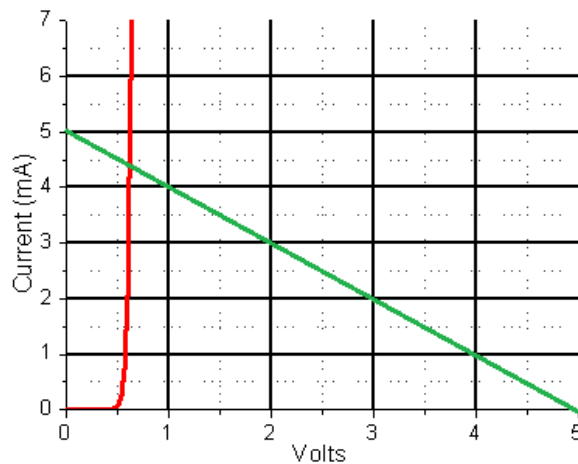
$$\frac{I_f}{I_r} = \frac{e^{\frac{0,2}{2 \cdot 0,025}} - 1}{e^{\frac{-0,2}{2 \cdot 0,025}} - 1} \approx \frac{e^4}{-1} = -54,6$$

Πρόβλημα 2β.12

Μία διόδος συνδέεται με μια αντίσταση στη σειρά και τροφοδοτούνται από μία πηγή τάσης. Η τάση της πηγής είναι 5Volt και η αντίσταση 1kΩ. Με την βοήθεια της χαρακτηριστικής της διόδου προσδιορίστε τα ακόλουθα: α) το ρεύμα στο κύκλωμα και την τάση στα άκρα της αντίστασης. β) την ισχύ που ξοδεύεται επάνω στη διόδο. γ) ποιο θα είναι το ρεύμα της διόδου εάν η αντίσταση αλλάξει στα 2 και στα 5kΩ;



Για αντίσταση $R=2k\Omega$: Από την ευθεία φόρτου προκύπτει ότι



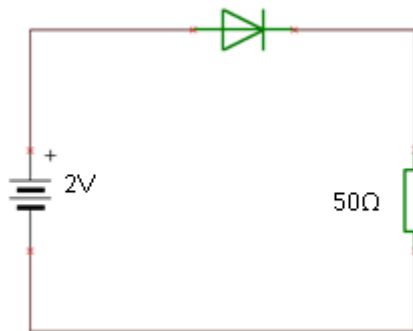
$$I_D = 4,3 \text{ mA}$$

$$V_D = 0,7 \text{ Volt οπότε } I_R = 4,3 \text{ mA και}$$

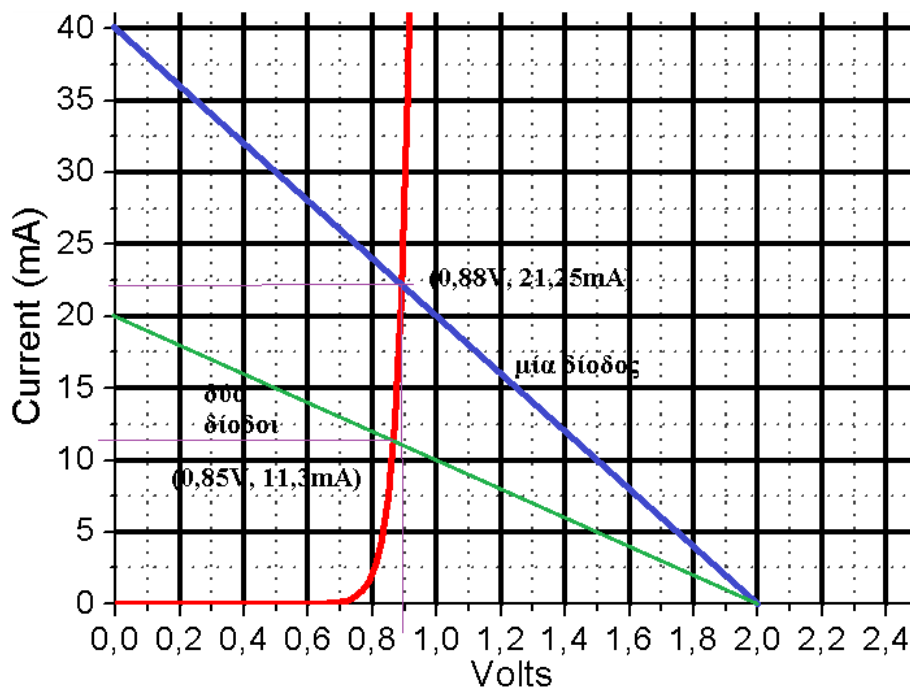
$$V_R = 5 - 0,7 = 4,3 \text{ Volt}$$

$$P = I_D V_D = 3 \text{ mW}$$

Πρόβλημα 2β.13



i) Προσδιορίστε το σημείο λειτουργίας και την ισχύ που ξοδεύεται επάνω στη δίοδο του σχήματος. ii) Εάν μία δεύτερη δίοδος συνδεθεί παράλληλα με την πρώτη δίοδο προσδιορίστε α) το ρεύμα που διαρρέει κάθε δίοδο β) το συνολικό ρεύμα. γ) την ισχύ που ξοδεύεται σε κάθε δίοδο. iii) Περιγράψτε το όφελος που προκύπτει όταν συνδέουμε τις διόδους παράλληλα σε ένα κύκλωμα ανόρθωσης.



i) Μία δίοδος: Νόμος Kirchhoff: $E - V_D = I_D \cdot R$

Όταν $V_D = 0$ τότε $I_D = \frac{E}{R} = 40mA$

Όταν $I_D = 0$ τότε $V_D = E = 2V$

Η ευθεία φόρτου περνάει από τα σημεία: 2V στον οριζόντιο άξονα και 40mA στον κατακόρυφο άξονα (η μπλε ευθεία) $V_Q=0,88V$ και $I_Q=21,25mA$. $P=18,7mW$

ii) Δύο δίοδοι συνδεδεμένες παράλληλα: Νόμος Kirchhoff: $E - V_D = I \cdot R$ και επειδή το ρεύμα μοιράζεται εξίσου στις δύο δίοδους η εξίσωση γίνεται: $E - V_D = 2I_D \cdot R$

Όταν $V_D = 0$ τότε $I_D = \frac{E}{2R} = 20mA$

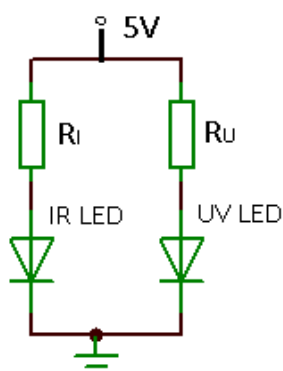
Όταν $I_D = 0$ τότε $V_D = E = 2V$

Η ευθεία φόρτου περνάει από τα σημεία: 2V στον οριζόντιο άξονα και 20mA στον κατακόρυφο άξονα (η πράσινη ευθεία) $V_Q=0,85V$ και $I_Q=11,3mA$. $P=9,61mW$

iii) Δύο όμοιες δίοδοι έχουν τις ίδιες χαρακτηριστικές ρεύματος-τάσης. Όταν συνδέονται παράλληλα σε ένα κύκλωμα έχουν την ίδια τάση στα άκρα τους και διαρρέονται από ίσα ρεύματα. Το συνολικό ρεύμα του κυκλώματος, δηλαδή αυτό που περνάει από την πηγή τάσης και την αντίσταση, μοιράζεται εξ ίσου στις δύο δίοδους. Εάν σε ένα κύκλωμα το ρεύμα ξεπερνάει τα αποδεκτά όρια ρεύματος ορθής πόλωσης τη δίοδο, μπορούμε να αντικαταστήσουμε την μία δίοδο με δύο όμοιες δίοδους συνδεδεμένες παράλληλα. Αυτή είναι μια πιο φτηνή λύση, απ' ότι να χρησιμοποιούσαμε μία δίοδο που θα άντεχε το ολικό ρεύμα του κυκλώματος.

Πρόβλημα 2β.14

Βρείτε τις αντιστάσεις έτσι ώστε το UV LED να διαρρέεται από ρεύμα 30mA και το IR LED από ρεύμα 20mA. Χρησιμοποιήστε την μέθοδο της ευθείας φόρτου. Οι χαρακτηριστικές ρεύματος-τάσης των φωτοδίοδων δίνονται στη συνέχεια.

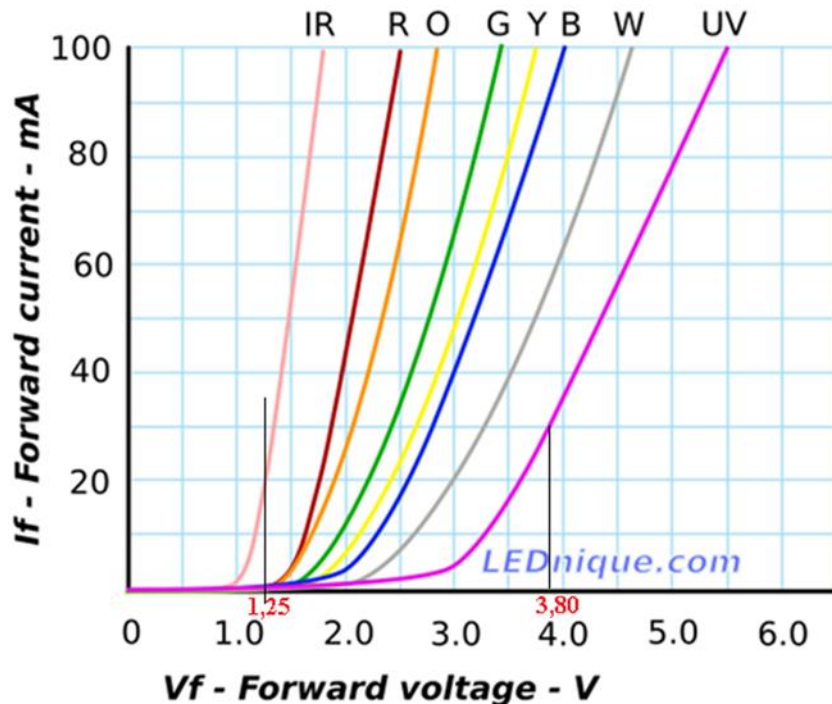


Για το IR LED: για ρεύμα 20mA η τάση στα άκρα του είναι 1,25Volt

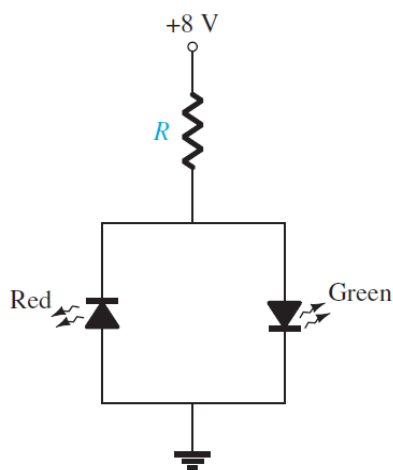
$$V_R = 5 - 1,25 = 3,75\text{Volt} \text{ και } R = \frac{3,75}{20} = 188\Omega$$

Για το UV LED: για ρεύμα 30mA η τάση είναι 3,80Volt

$$V_R = 5 - 1,80 = 3,20\text{Volt} \text{ και } R = \frac{3,20}{30} = 107\Omega$$

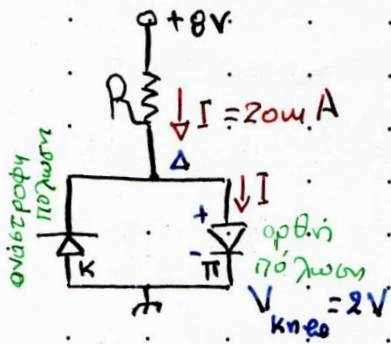


Πρόβλημα 2β.15



Το διπλανό κύκλωμα χρησιμοποιείται προκειμένου να προσδιορίζει τη πολικότητα μιας πηγής. Όταν η τάση είναι θετική (όπως φαίνεται στο σχήμα) ανάβει το πράσινο LED όταν είναι αρνητική ανάβει το κόκκινο. Τα δύο LED έχουν τάση ορθής πόλωσης ίση με 2Volt και μπορούν να δεχθούν μέγιστη ανάστροφη τάση (PIV) ίση με 3Volt. Υπολογίστε την αντίσταση R έτσι ώστε, όποτε μία από τις δύο διόδους είναι ορθά πολωμένη να διαρρέεται από ρεύμα 20mA.

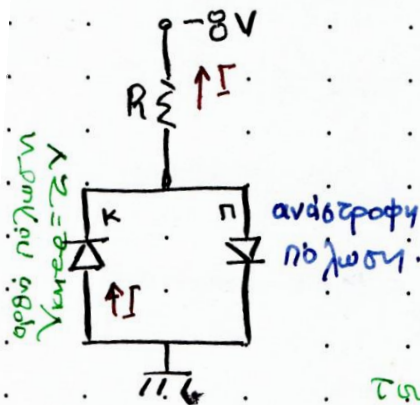
Όταν η τάση τροφοδοσίας είναι θετική.



Το πράσινο LED είναι ορθά πολωμένο, οπότε η τάση στα άκρα του θα είναι 2V.
 $8 - 2 = I \cdot R \Rightarrow R = \frac{8 - 2}{20} = 300 \Omega$

Το κόκκινο LED είναι ανάστροφα πολωμένο και θα πρέπει η ανάστροφη τάση στα άκρα του να μην ξεπερνά το PIV δηλ. στα 3 Volt, που ισχύει γιατί
 $V_D = V_{knee} = 2 \text{ Volt}$

Όταν η τάση τροφοδοσίας είναι αρνητική.



Το κόκκινο LED είναι ορθά πολωμένο, οπότε η τάση στα άκρα του θα είναι 2V.

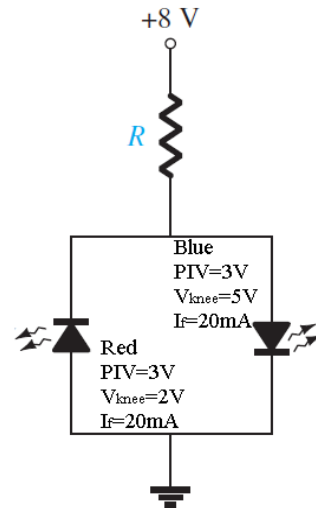
$$8 - 2 = I \cdot R \Rightarrow R = 300 \Omega$$

Η ανάστροφη τάση στα άκρα του πράσινου LED είναι 2V < PIV

Το κύκλωμα λειτουργεί σωστά ανάβοντας το πράσινο LED όταν εφαρμόζεται θετική τάση και το κόκκινο όταν η τάση γίνεται αρνητική.

Πρόβλημα 2β.16

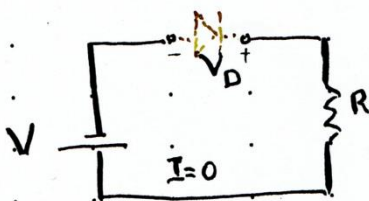
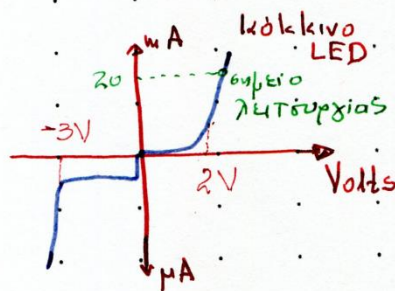
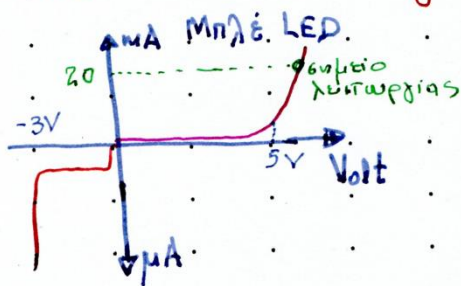
Στο κύκλωμα του προηγούμενου προβλήματος έχει αντικατασταθεί το πράσινο LED με ένα μπλε που έχει τάση ορθής πόλωσης (V_{knee}) ίση με 5Volt. Η μέγιστη ανάστροφη τάση (PIV) και για τα δύο LED είναι ίση με 3Volt. α) Υπολογίστε την αντίσταση R έτσι ώστε, όποτε μία από τις δύο διόδους είναι ορθά πολωμένη να διαρρέεται από ρεύμα 20mA. β) Προτείνεται μια λύση για όποια προβλήματα υπάρχουν στη λειτουργία του κυκλώματος.



Στο προηγούμενο πρόβλημα τα χαρακτηριστικά λειτουργίας των δύο LED ήταν όμοια, $V_{knee} = 2V$ και $PIV = 3V$.

Στο πρόβλημα αυτό τα δύο LED έχουν διαφορετικές τάσεις λειτουργίας $V_{knee} = 2V$ για το κόκκινο και 5V για το μπλε.

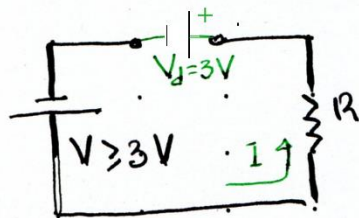
Το PIV συνεχίζει να είναι το ίδιο 3V και το ρεύμα λειτουργίας επίσης, 20mA. Με βάση τα παραπάνω στοιχεία περιμένουμε ότι οι χαρακτηριστικές ρεύματος-τάσης των δύο LED θα είναι οι εξής:



Στην ανάστροφη πόλωση τα δύο LED είναι των ίδια ($PIV=3V$) συμπεριφορά. Στο διπλανό σχήμα η εξωτερική τάση V που λιώνει το LED ανάστροφα

Όταν $V < 3V$ (με την πολικότητα που έχει σημειωθεί στο σχήμα) η διόδος συμπεριφέρεται σαν ανοικτό κύκλωμα και το ρεύμα $I = 0$. Όλη η εξωτερική τάση εμφανίζεται στα άκρα της διόδου.

Μόλις η τάση $V = 3V$ η φωτοδίοδος μπαίνει στη περιοχή καθάρσεως (breakdown voltage) οπότε συμπεριφέρεται σαν πηγή τάσης και η τάση στα άκρα της κλειδώνει στα $3V$.

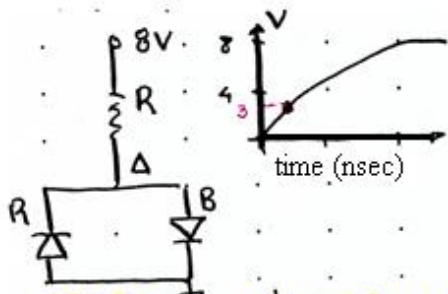


π.χ. για ανάστροφη τάση $4V$ η διόδος θα διατηρεί στα άκρα της $3V$ και η τάση στα άκρα της R θα είναι $1V$.

Πως μπορούμε να προσαρμόσουμε το κύκλωμα από την καθάρση ανάστροφης πόλωσης της φωτοδίοδου;

Συνδέοντας σε σειρά με την φωτοδίοδο μία συνθηγιαμένη διόδο, που έχει PIV μερικές φορές βολτ.

Η προσθήκη μιας διόδου στη σειρά αλλάζει την συμπεριφορά του κυκλώματος, αλλά για τον σκοπό που το χρησιμοποιούμε δεν δημιουργεί πρόβλημα.



Η τροφοδοσία δεν εφαρμόζεται ακαριαία. Μπορούμε να πούμε ότι η τάση αυξάνεται με τον χρόνο όπως δείχνει το διάγραμμα.

Μόλις η τάση φτάσει τα 3V η κόκκινη φωτοδίοδος μπαίνει στην περιοχή καθόδωσης και η τάση στα όκρα της κλειδώνει στα 3 Volt.

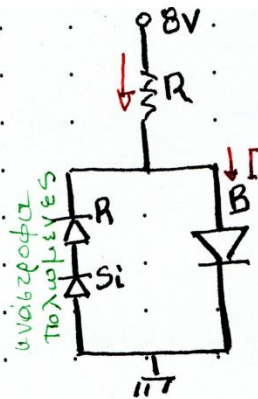
Η τάση της πηγής θα συνεχίσει να αυξάνεται μέχρι τα 8V, αλλά η επιπλέον τάση θα πέσει εξ ολοκλήρου πάνω στην αντίσταση R. Το $V_D = 3V$ και το μπλε LED δεν θα ανάψει.

Όταν η τροφοδοσία είναι αρνητική η κόκκινη φωτοδίοδος είναι ορθά πολωμένη και η μπλε ανάστροφα. Η τάση στα όκρα του κόκκινου LED κλειδώνει στα 2V (knee Voltage) και το μπλε LED βρίσκεται με ασφάλεια σε ανάστροφη πόλωση ($V_D = 2V < PIV$)

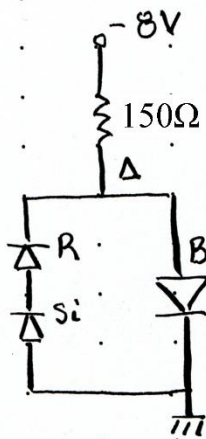
$$\left. \begin{aligned} 8 - 2 &= I \cdot R \\ I &= 20 \text{ mA} \end{aligned} \right\} \Rightarrow R = 300 \Omega$$
 όμως το κύκλωμα δεν λειτουργεί σωστά.

Λύση 1:

Μια λύση θα ήταν να συνδέσουμε στα όκρα με το κόκκινο LED μια δίοδο Si ($PIV \approx 20V$).



Η μπλε διοδος θα πολωθεί στα 5V (ON), ενώ οι διοδοι στα αριστερά θα είναι ανάστροφα πολωμένες χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα αφού $V_{PIV}(Si) = 20V$
 $8 - 5 = I \cdot R \Rightarrow R = 150 \Omega$
 $I = 20mA$



Οι διοδοι RED και Si είναι ορθά πολωμένες. Η φωτοδιοδος B είναι ανάστροφα πολωμένη.

$V_{\Delta} = 2,7 \text{ Volt}$ οπότε το LED B δεν έχει μπει στην περιοχή κατάρρευσης.

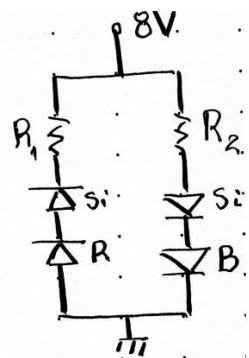
$$8 - 2 - 0,7 = I \cdot 150 \Rightarrow I = \frac{5,3}{150} = 35mA$$

Συμπέρασμα: Το κύκλωμα θα λειτουργήσει σαν ανιχνευτής πολικότητας, αλλά το μπλε LED θα ανάψει με 20mA και το κόκκινο με 35mA.

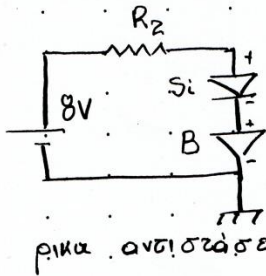
Μια εκέψη θα ήταν να συνδεθεί σε σειρά με τις διοδους Si και R μια ακόμα αντίσταση, η οποία θα προβάρμωσε το ρεύμα ορθής πόλωσης στα 20mA όπως είναι επιθυμητό. Όμως τότε η τάση V_{Δ} θα γινόταν 5V τιμή που θα ξεπερνούσε το PIV του μπλε LED και θα δημιουργούσε νέα προβλήματα.

Λύση 2: Η σωστότερη λύση θα ήταν να συνδεθούν οι δύο φωτοδίοδοι σε δύο παράλληλους κλάδους μαζί με τις αντεστράσεις προστασίας.

Προφανώς, σε κάθε κλάδο θα πρέπει να συνδεθεί και μία δίοδος Si προκειμένου να προφυλάσσει τις φωτοδίοδους όταν βρίσκεται σε ανάστροφη πόλωση.



Για τον δεξιό κλάδο και ρεύμα $I = 20 \text{ mA}$

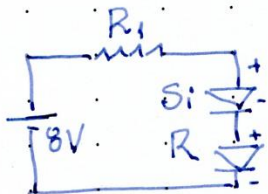


$$8 - 0,7 - 5 = R_2 \cdot 20 \Rightarrow$$

$$R_2 = \frac{2,3}{20} = 115 \Omega \text{ και με}$$

$$\text{βάσει της διαθεσιμής εμπιο-} \\ R_2 = 120 \Omega$$

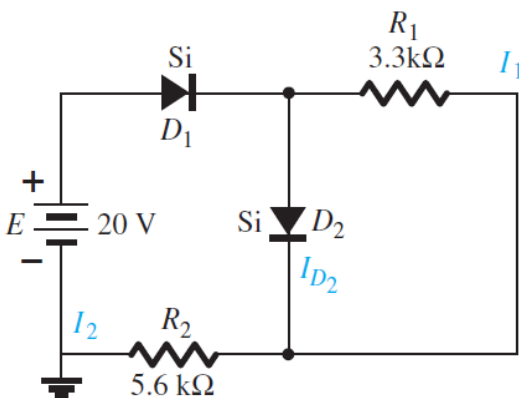
Για τον αριστερό κλάδο:



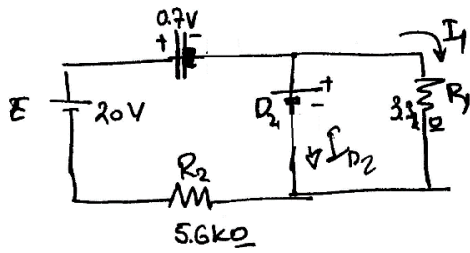
$$8 - 0,7 - 2 = R_1 \cdot 20 \Rightarrow$$

$$R_1 = 265 \Omega \text{ εμπορική} \\ \text{σημή } R_1 = 2700 \Omega$$

Πρόβλημα 2β.17



Υπολογίστε τα ρεύματα I_1 , I_2 και I_{D2} .



$$I_1 = \frac{V_R}{R} = \frac{V_{D_2}}{R} = \frac{0.7V}{33k\Omega} = 0.212\mu A$$

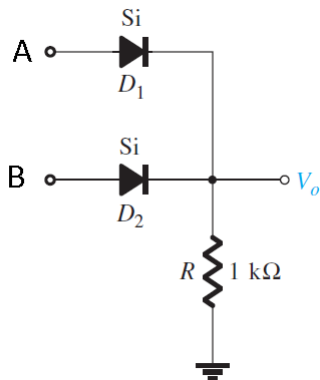
KVL around the left loop.

$$E - V_{D_1} - V_{R_2} = I_2 \cdot R_2 \Rightarrow I_2 = \frac{20 - 0.7 - 0.7V}{56k\Omega} = 3.32\mu A$$

Since $I_2 = I_{D_2} + I_1 \Rightarrow I_{D_2} = I_2 - I_1 \Rightarrow$

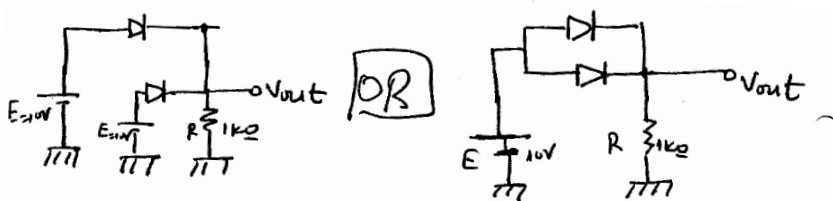
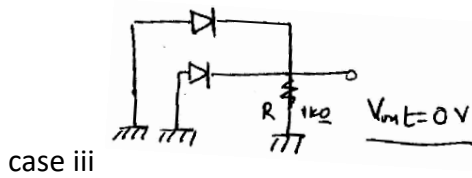
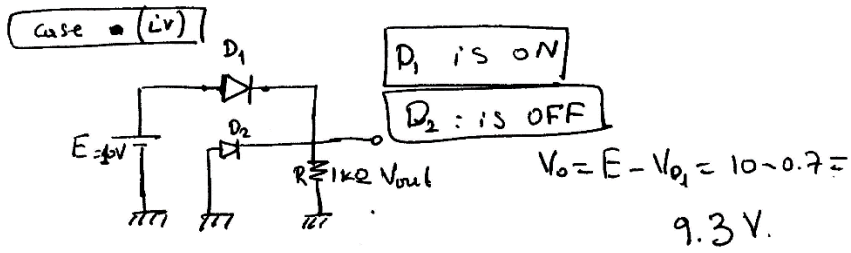
$$I_{D_2} = 3.32 - 0.212 = 3.108\mu A$$

Πρόβλημα 2β.18



Αποδείξτε ότι το διπλανό κύκλωμα λειτουργεί σαν πύλη OR.

- i) $V_A = 10V$, $V_B = 10V \Rightarrow V_o \approx 10V$
- ii) $V_A = 0V$, $V_B = 10V \Rightarrow V_o \approx 10V$
- iii) $V_A = 0V$, $V_B = 0V \Rightarrow V_o \approx 0V$
- iv) $V_A = 10V$, $V_B = 0V \Rightarrow V_o \approx 10V$

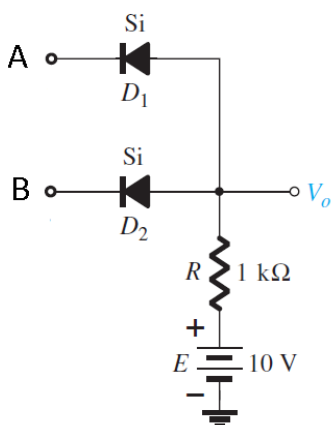


Both the diodes are ON

$$E - V_D = V_{out} = V_{out} = 9.3 \text{ V}$$

(The two diodes are in parallel hence they have the same voltage $V_D = 0.7 \text{ V}$)

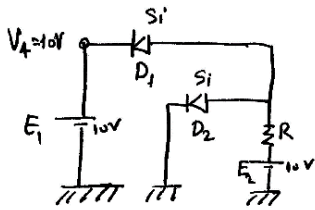
Πρόβλημα 2β.19



Αποδείξτε ότι: εάν η τάση που εφαρμόζεται στα A και B είναι 10Volt, το διπλανό κύκλωμα λειτουργεί σαν πύλη AND.

- i) $V_A = 10V$ $V_B = 10V \rightarrow V_O = 10V$
- ii) $V_A = 10V$ $V_B = 0V \rightarrow V_O = 0V$
- iii) $V_A = 0V$ $V_B = 10V \rightarrow V_O = 0V$
- iv) $V_A = 0V$ $V_B = 0V \rightarrow V_O = 0V$

(case ii)



For D_1

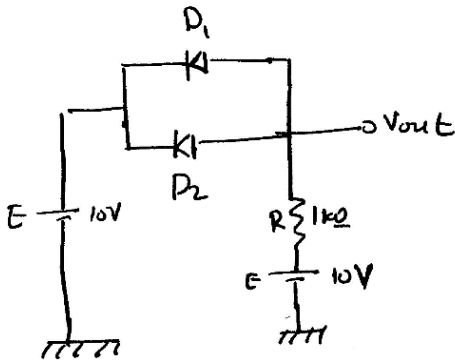
Notice that there are two opposing voltages. E_1 is biasing the diode in the reverse manner, while E_2 in forward manner.

Since the two voltage pressures are equal, there is no net pressure to turn the (1) diode.

Hence D_1 is an open circuit.

D_2 is obviously ON.

CASE i



D_1 and D_2 are off

