

ΨΣ014 – Ηλεκτρονική

3: Δίοδοι, μοντέλα διόδων

Γιάννης Λιαπέρδος

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου
Σχολή Οικονομίας και Τεχνολογίας
Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων



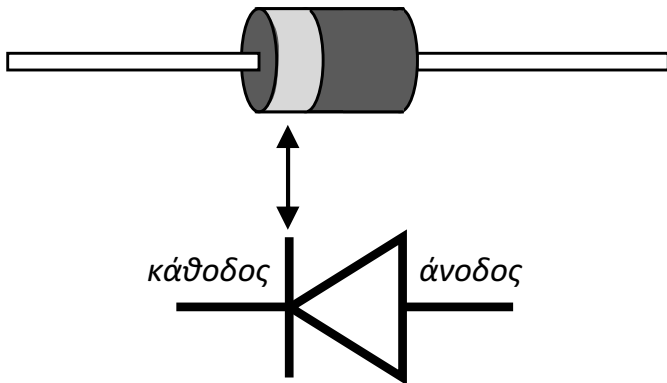
Περιεχόμενα

- 1 Δίοδος
- 2 Μοντέλα λειτουργίας
- 3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας
- 4 Ασκήσεις



Γενικά

- Τυπική διακριτή διάδοος και κυκλωματικό σύμβολο



Γενικά

- Τάση κατωφλίου

Το όριο (κατώφλι) της εξωτερικής τάσης πάνω από το οποίο μια ορθά πολωμένη diode επιτρέπει τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος είναι ίσο με την τιμή του φραγμού δυναμικού. Το όριο αυτό ονομάζεται τάση κατωφλίου (threshold voltage) και συμβολίζεται συνήθως με V_T .

Μια τυπική τιμή για την τάση κατωφλίου μιας diode πυριτίου (Si) είναι 0.6–0.7Volts. Για diodes γερμανίου (Ge) η τιμή αυτή είναι μικρότερη (0.3Volts).

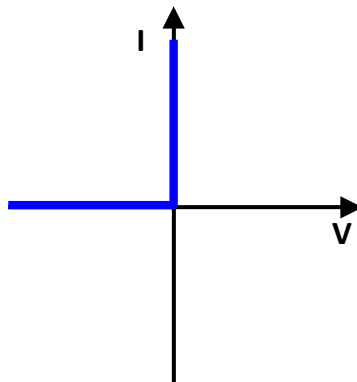


Περιεχόμενα

- 1 Δίοδος
- 2 Μοντέλα λειτουργίας**
- 3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας
- 4 Ασκήσεις

Ιδανική δίοδος

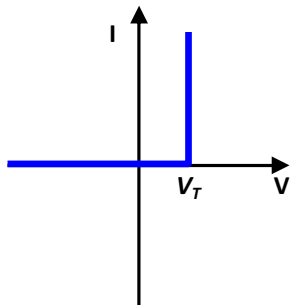
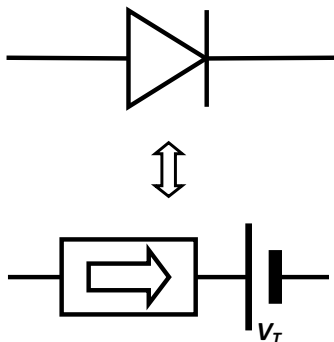
- Σύμβολο και χαρακτηριστική I-V ιδανικής διόδου



Τυπική δίοδος

- Ισοδύναμο κύκλωμα και χαρακτηριστική I-V τυπικής διόδου

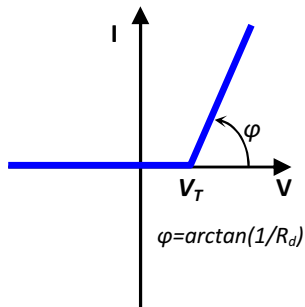
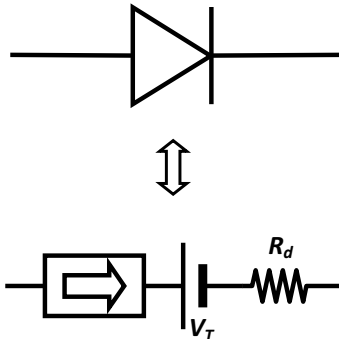
τυπική δίοδος



Τυπική δίοδος με αντίσταση

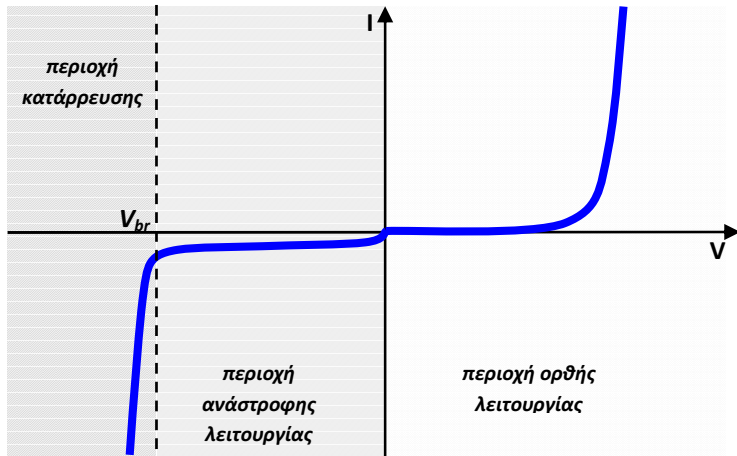
- Ισοδύναμο κύκλωμα και χαρακτηριστική I-V τυπικής διόδου με αντίσταση

τυπική δίοδος με αντίσταση



Θεωρητικό μοντέλο διόδου

- Χαρακτηριστική I-V πραγματικής διόδου



Θεωρητικό μοντέλο διόδου

- Νόμος της επαφής pn

$$I_D = I_S \left(e^{\frac{V_D}{nV_\theta}} - 1 \right)$$

- V_D η τάση στα άκρα της διόδου
- I_D το ρεύμα που διαρρέει τη δίοδο
- I_S το ανάστροφο ρεύμα κόρου (το μέγιστο δηλαδή ρεύμα στην περιοχή ανάστροφης λειτουργίας)
- V_θ η θερμική τάση που υπολογίζεται από τη σχέση $V_\theta = \frac{kT}{q}$ (k η σταθερά του Boltzmann, q το στοιχειώδες φορτίο και T η απόλυτη θερμοκρασία) και ισούται περίπου με 26mV στους 25°C
- n ο συντελεστής ιδανικότητας της διόδου που εξαρτάται από το υλικό της και τυπικά παίρνει τιμές μεταξύ 1 και 2



Θεωρητικό μοντέλο διόδου

- Νόμος της επαφής pn
 - Εάν $V_D \gg nV_\theta$ τότε ο νόμος της επαφής pn μπορεί να απλοποιηθεί ως εξής:

$$I_D \simeq I_S e^{\frac{V_D}{nV_\theta}}$$

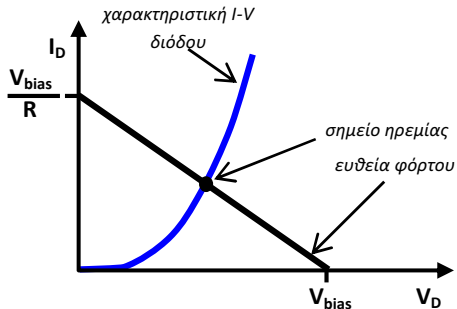
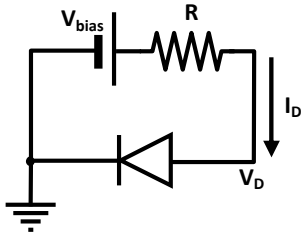


Περιεχόμενα

- 1 Δίοδος
- 2 Μοντέλα λειτουργίας
- 3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας
- 4 Ασκήσεις

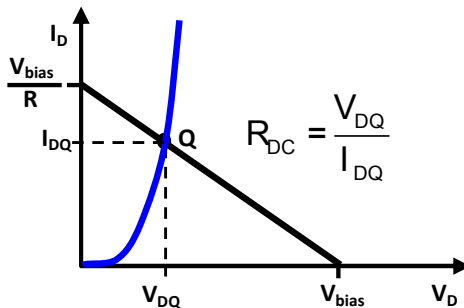
Ευθεία φόρτου

- Απλό κύκλωμα με δίοδο – ευθεία φόρτου



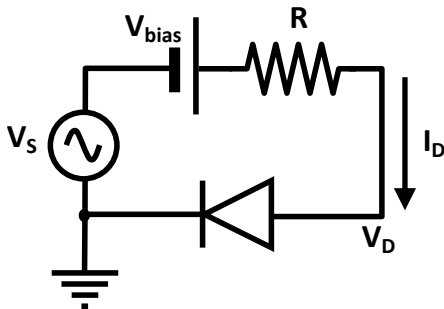
Στατική (DC) αντίσταση διόδου

- Στατική (DC) αντίσταση διόδου



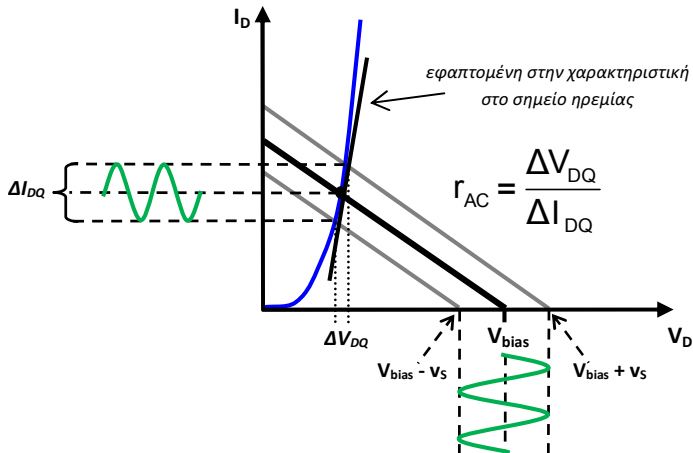
Δυναμική (AC) αντίσταση διόδου

- Απλό κύκλωμα με δίοδο και AC πηγή σήματος



Δυναμική (AC) αντίσταση διόδου

- Δυναμική (AC) αντίσταση διόδου



Δυναμική (AC) αντίσταση διόδου

- Παραγωγίζοντας την απλοποιημένη (για μεγάλα ρεύματα) εξίσωση της διόδου ($I_D \simeq I_S e^{\frac{V_D}{nV_\theta}}$), μπορούμε να καταλήξουμε στην ακόλουθη προσεγγιστική σχέση για την δυναμική αντίσταση μιας διόδου:

$$r_{AC} = \frac{nV_\theta}{I_{DQ}}$$



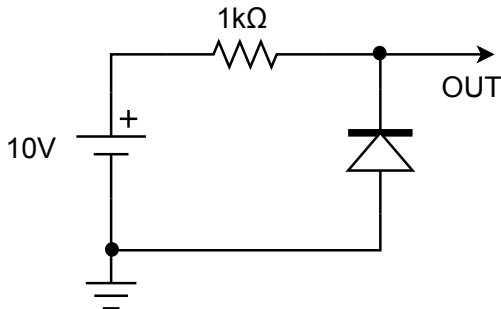
Περιεχόμενα

- 1 Δίοδος
- 2 Μοντέλα λειτουργίας
- 3 Χαρακτηριστικά λειτουργίας
- 4 Ασκήσεις**



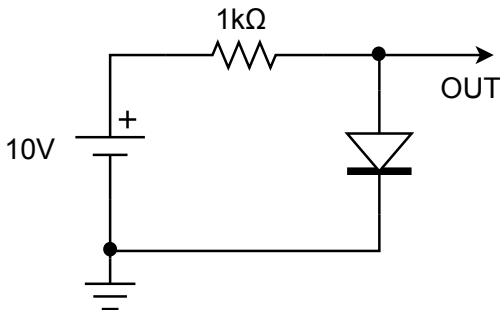
Άσκηση 1

- Να υπολογιστεί η τάση στην έξοδο (OUT) του κυκλώματος του σχήματος. Η δίοδος να θεωρηθεί ιδανική.



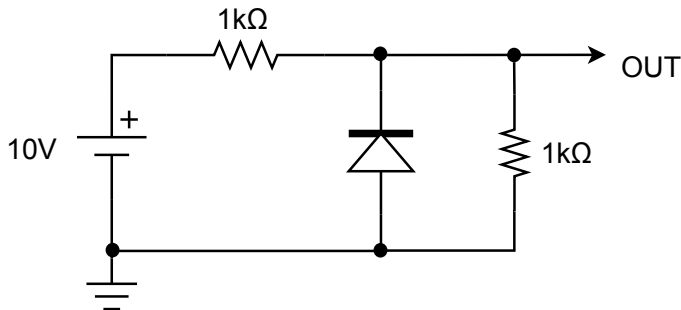
Άσκηση 2

- Να υπολογιστεί η τάση στην έξοδο (OUT) του κυκλώματος του σχήματος, καθώς και η τιμή του ρεύματος I_D το οποίο διαρρέει τη δίοδο. Η δίοδος να θεωρηθεί ιδανική.



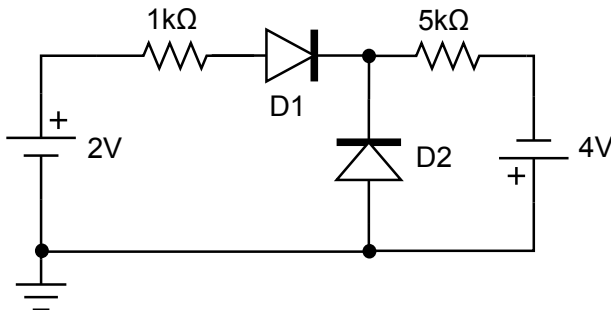
Άσκηση 3

- Να υπολογιστεί η τάση στην έξοδο (OUT) του κυκλώματος του σχήματος, καθώς και η τιμή του ρεύματος I_D το οποίο διαρρέει τη δίοδο. Η δίοδος να θεωρηθεί ιδανική.



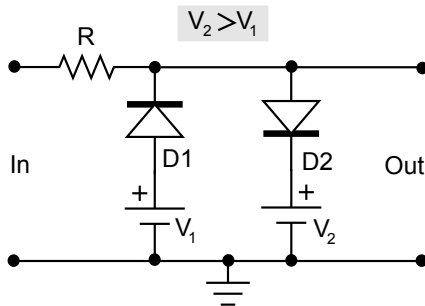
Άσκηση 4

- Για το κύκλωμα του σχήματος να υπολογίσετε τις τιμές των ρευμάτων που διαρρέουν τη δίοδο D_1 (I_1), τη δίοδο D_2 (I_2) και την αντίσταση των $5k\Omega$ (I). Χρησιμοποιήστε το μοντέλο της τυπικής διόδου με τάση κατωφλίου $0.6V$ και για τις δύο διόδους.



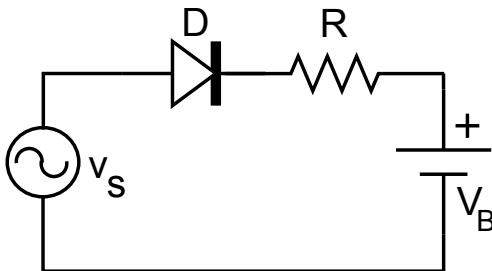
Άσκηση 5

- Να βρείτε τη συνάρτηση μεταφοράς τάσης (H) για το κύκλωμα του σχήματος και να παραστήσετε γραφικά τη σχέση της τάσης εξόδου (V_{out}) με την τάση εισόδου (V_{in}). Υποθέστε πως οι δύο δίοδοι είναι ιδανικές και πως το κύκλωμα λειτουργεί “εν κενώ” (δηλαδή, χωρίς φόρτο στην έξοδό του).



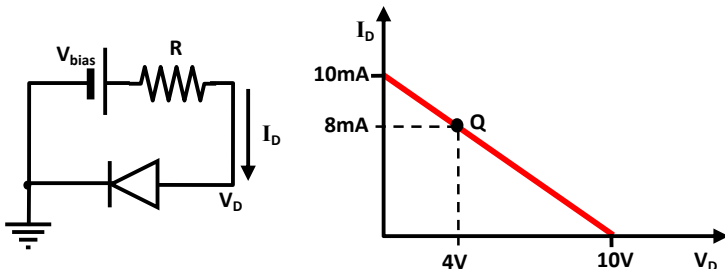
Άσκηση 6

- Για το κύκλωμα του σχήματος να βρείτε το ρεύμα κορυφής (μέγιστο ρεύμα I_0) καθώς και το ποσοστό d της περιόδου του ημιτονικού σήματος v_s για το οποίο η δίοδος άγει. Δίνεται το πλάτος του ημιτονικού σήματος $V_0 = 20V$, $R = 10\Omega$ και $V_B = 14V$. Η δίοδος να υποτεθεί ιδανική. ($\arcsin \frac{14}{20} = 45^\circ$ ή 135°)



Άσκηση 7

- Δίνεται το κύκλωμα του σχήματος, η ευθεία φόρτου του και το σημείο λειτουργίας Q της διόδου, για την οποία υποθέτουμε πως συμπεριφέρεται σαν τυπική δίοδος με αντίσταση. Αν η τάση κατωφλίου της διόδου είναι $0.6V$, να βρεθεί η τιμή της τάσης πόλωσης (V_{bias}), η τιμή της αντίστασης R και η αντίσταση της διόδου.



Άσκηση 8

- Δίνεται το κύκλωμα του σχήματος, η ευθεία φόρτου του και το σημείο λειτουργίας Q της διόδου, για την οποία υποθέτουμε πως συμπεριφέρεται σαν τυπική δίοδος με αντίσταση. Αν η αντίσταση της διόδου είναι ίση με 300Ω , να βρεθεί η τάση κατωφλίου της.

