

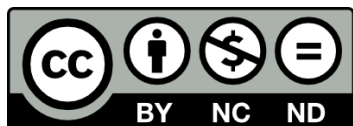


ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΙΙΙ

Ενότητα 2: Κυκλώματα ανόρθωσης - δίοδοι zener

Χατζόπουλος Αλκιβιάδης

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχ. Υπολογιστών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



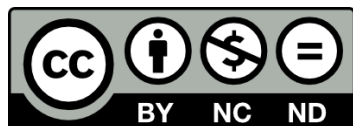
Σχεδιασμός ενοτήτων:

- 1. Σχεδίαση τελεστικών ενισχυτών
- **2. Κυκλώματα ανόρθωσης - δίοδοι zener**
- 3. Κυκλώματα αναφοράς
- 4. Ενισχυτές ισχύος
- 5. Ηλεκτρονικά ελέγχου ισχύος
- 6. 1η εργαστηριακή άσκηση και προσομοίωση με το SPICE
- 7. 2η εργαστηριακή άσκηση και προσομοίωση με το SPICE





ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΑΝΟΡΘΩΣΗΣ - ΔΙΟΔΟΙ ΖΕΝΕΡ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



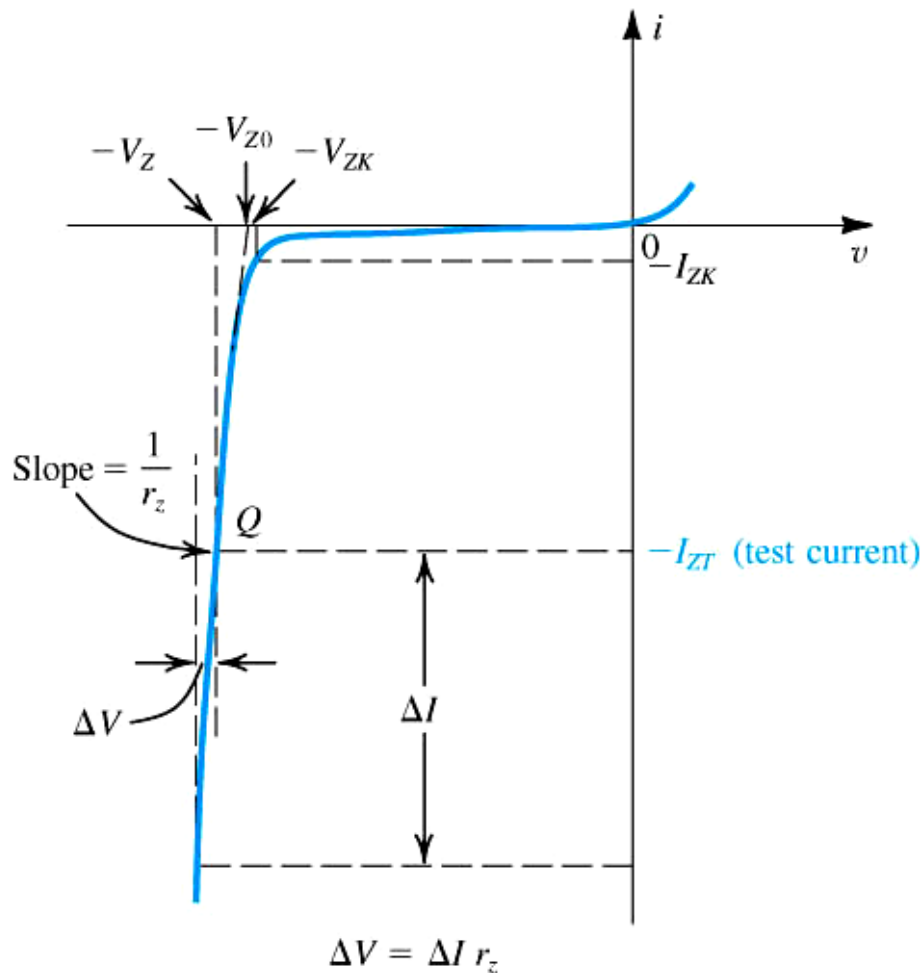
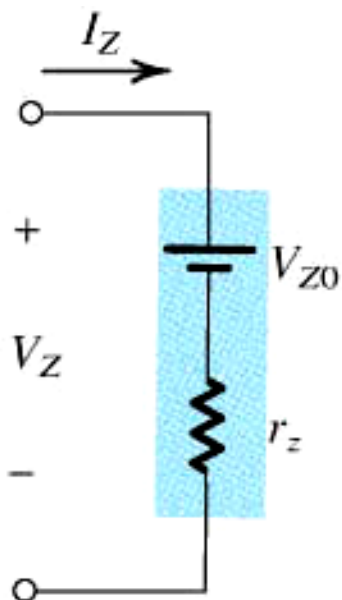
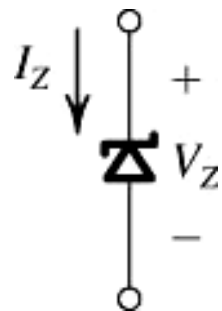
ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Χαρακτηριστικά διόδου zener – παράδειγμα (διαφ. 7- 10)
2. Ανορθωτές τάσης (διαφ. 11- 14)
3. Χρήση φίλτρου με πυκνωτή (διαφ. 15 - 20)
4. Ειδικά κυκλώματα ανόρθωσης (διαφ. 21 – 27)



Δίοδος zener

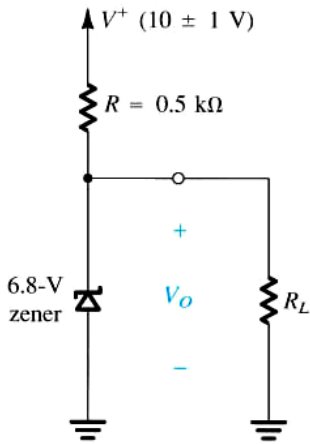


Δυναμική
αντίσταση r_z

$$V_Z = V_{Z0} + r_z I_Z$$



Παράδειγμα ανάλυσης σταθεροποιητή με zener (1/2)



Είναι : $V_Z = 6.8 \text{ V}$ σε $I_Z = 5 \text{ mA}$, $r_z = 20 \Omega$, $I_{ZK} = 0.2 \text{ mA}$, $V^+ = 10 \text{ V}$ (με διακύμανση $\pm 1 \text{ V}$). Ζητούνται : α) η έξοδος V_O χωρίς φορτίο και για $V^+ = 10 \text{ V}$ β) η **σταθεροποίηση γραμμής** ($\Delta V_O / \Delta V^+$) γ) η **σταθεροποίηση φορτίου** ($\Delta V_O / \Delta I_L$) για φορτίο με $I_L = 1 \text{ mA}$ δ) η μεταβολή της V_O για $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ ε) η μεταβολή της V_O για $R_L = 0.5 \text{ k}\Omega$ στ) η μικρότερη τιμή φορτίου ώστε η zener να εξακολουθεί να σταθεροποιεί την τάση.

Υπολογίζεται αρχικά η V_{Z0} : $V_{Z0} = V_Z - I_Z r_z = 6.7 \text{ V}$.

$$\alpha) I_Z = I = \frac{V^+ - V_{Z0}}{R + r_z} = \frac{10 - 6.7}{0.5 + 0.02} = 6.35 \text{ mA}$$

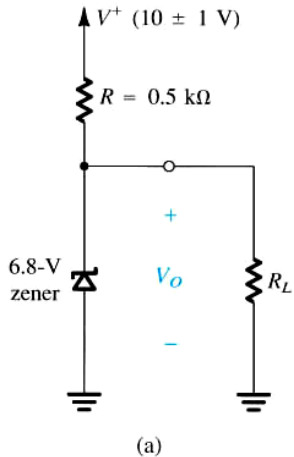
$$V_O = V_{Z0} + I_Z r_z = 6.7 + 6.35 \times 0.02 = 6.83 \text{ V}$$

$$\beta) \Delta V_O = \Delta V^+ \frac{r_z}{R + r_z} = \pm 1 \times \frac{20}{500 + 20} = \pm 38.5 \text{ mV}$$

Άρα, σταθεροποίηση γραμμής: 38.5 mV/V .



Παράδειγμα ανάλυσης σταθεροποιητή με zener (2/2)



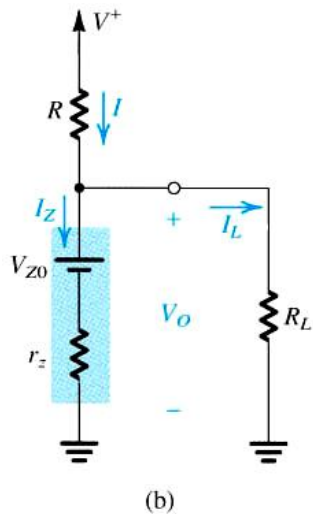
$$\gamma) \quad \Delta V_O = r_z \Delta I_Z = 20 \times -1 = -20 \text{ mV}$$

Άρα, σταθεροποίηση φορτίου: -20 mV/mA.

δ) Για $R_L = 2 \text{ k}\Omega$ είναι κατά προσέγγιση $I_L = 6.8/2 = 3.4 \text{ mA}$
 Άρα η μεταβολή στο ρεύμα zener είναι - 3.4 mA οπότε:

$$\Delta V_O = r_z \Delta I_Z = 20 \times -3.4 = -68 \text{ mV}$$

Ακριβέστερη ανάλυση δίνει $\Delta V_O = -70 \text{ mV}$.



ε) Για $R_L = 0.5 \text{ k}\Omega$ θα ήταν $I_L = 6.8/0.5 = 13.6 \text{ mA}$. Αδύνατον, αφού το ρεύμα της R μπορεί να είναι $(10-6.8)/0.5 = 6.4 \text{ mA}$ όταν η zener λειτουργεί. Άρα η διάδος είναι σε αποκοπή οπότε η τάση καθορίζεται από τον διαιρέτη τάσης των $R-R_L$ και είναι $V_O = 5 \text{ V}$.

στ) Ελάχιστο ρεύμα διόδου $I_{ZK} = 0.2 \text{ mA}$ για $V_Z \approx V_{ZK} = 6.7 \text{ V}$, οπότε $I_R = (9-6.7)/0.5 = 4.6 \text{ mA}$ και ρεύμα φορτίου $4.6-0.2=4.4 \text{ mA}$. Άρα ελάχιστη τιμή φορτίου $R_L = 6.7/4.4 = 1.52 \text{ k}\Omega$.



Επίδραση θερμοκρασίας στην τάση zener

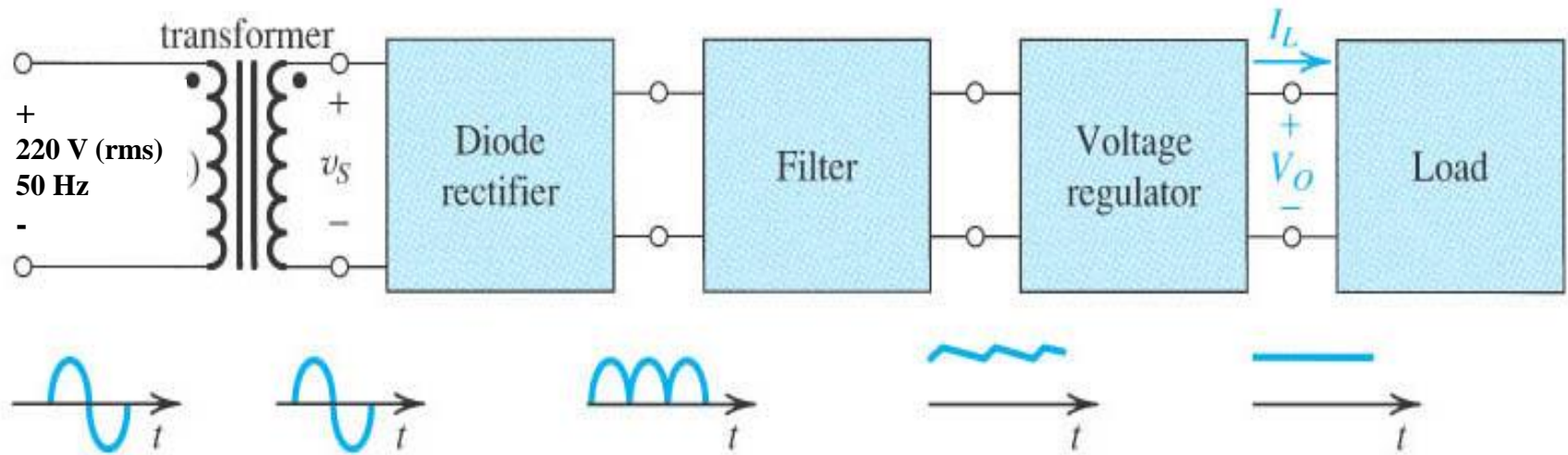
Θερμοκρασιακός συντελεστής TC (temco) mV/°C.

Για $V_Z < 5\text{ V}$ είναι TC < 0, ενώ για $V_Z > 5\text{ V}$ είναι TC > 0.

Σε σειρά σύνδεση zener με TC = 2 mV/°C με απλή δίοδο (που έχει TC = -2 mV/°C) μπορεί να δώσει τάση αναφοράς ($V_Z + 0.7$) V με TC ≈ 0 .



Κυκλώματα ανορθωτών

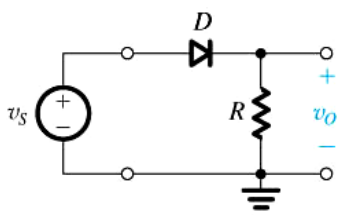


Σημαντικές παράμετροι διόδου:

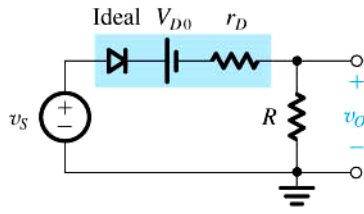
1. Μέγιστο ρεύμα.
2. Μέγιστη ανάστροφη τάση (PIV).



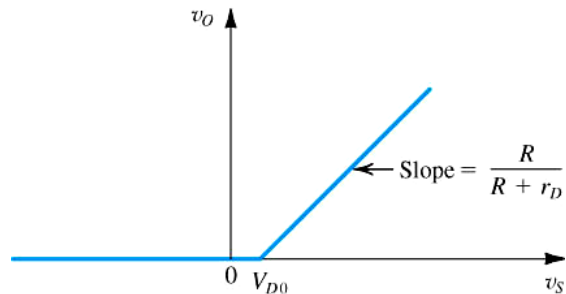
Ημιανορθωτής



(a)



(b)



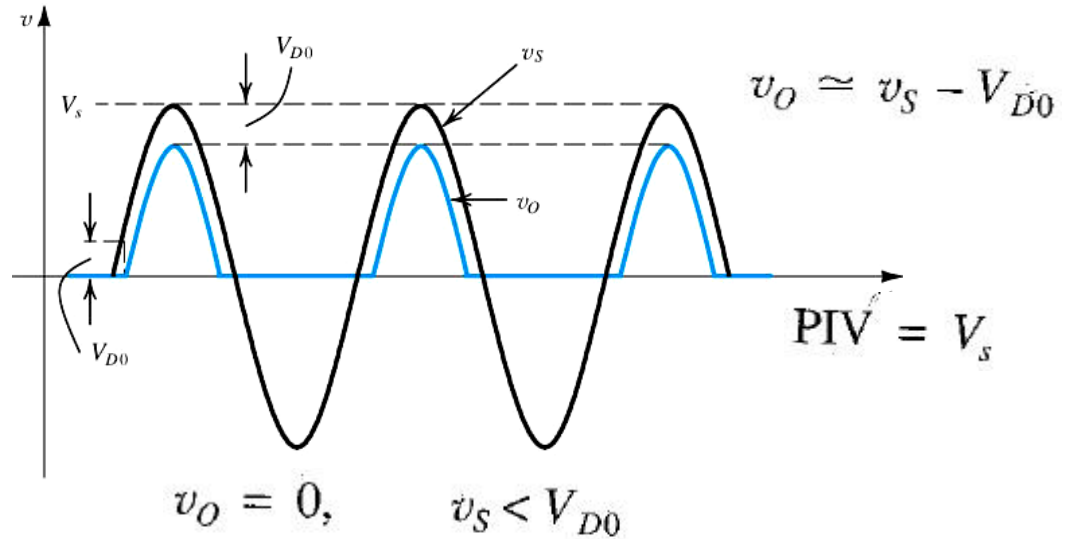
(c)

$$P_{DC} = I_{DC}^2 R = \frac{I_m^2}{\pi^2} R$$

Συντελεστής απόδοσης n : $n = \frac{P_{DC}}{P_{AC}} 100\% = 40.6\%$

$$P_{AC} = I_{rms}^2 R = \frac{I_m^2}{4} R$$

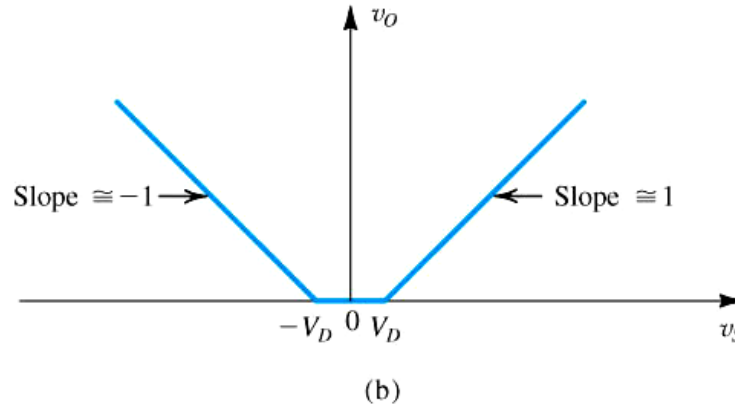
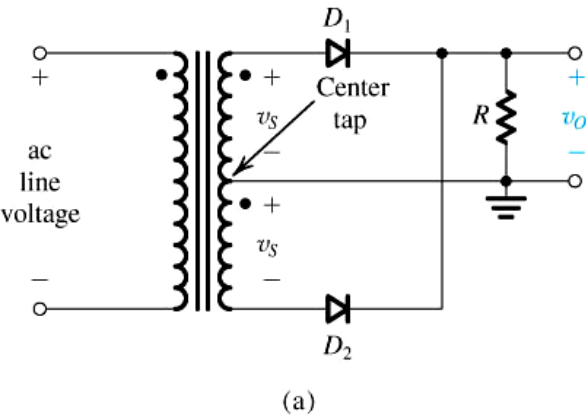
Συντελεστής κυμάτωσης r : $r = \frac{\sqrt{I_{rms}^2 - I_{DC}^2}}{I_{DC}} 100\% = 121\%$



$$v_o = \frac{R}{R + r_D} v_s - V_{D0} \frac{R}{R + r_D}, \quad v_s \geq V_{D0}$$



Πλήρης ανορθωτής



$$P_{DC} = I_{DC}^2 R = \frac{4I_m^2}{\pi^2} R$$

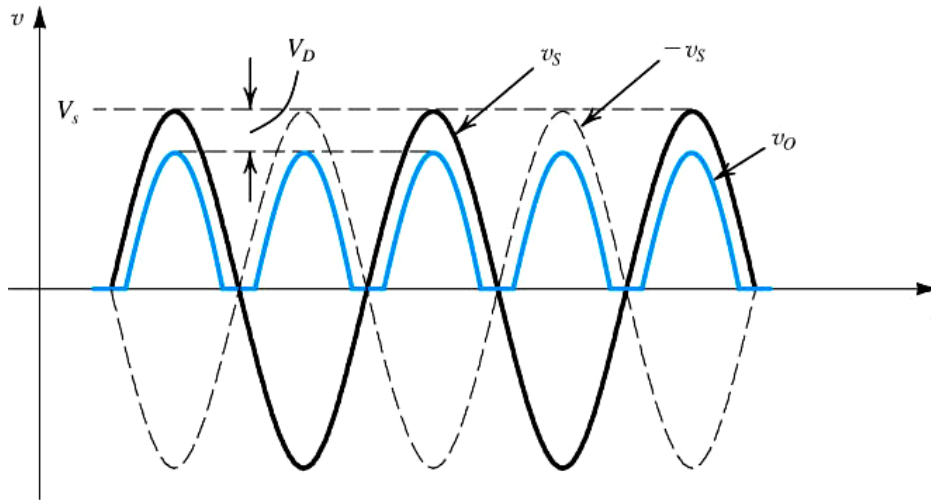
$$P_{AC} = I_{rms}^2 R = \frac{I_m^2}{2} R$$

Συντελεστής απόδοσης n :

$$n = \frac{P_{DC}}{P_{AC}} 100\% = 81.2\%$$

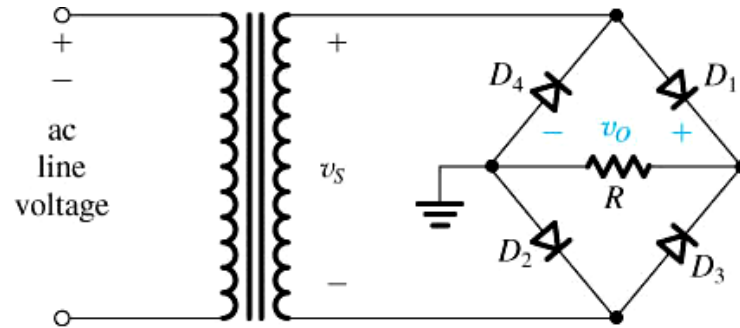
Συντελεστής κυμάτωσης r :

$$r = \frac{\sqrt{I_{rms}^2 - I_{DC}^2}}{I_{DC}} 100\% = 48\%$$

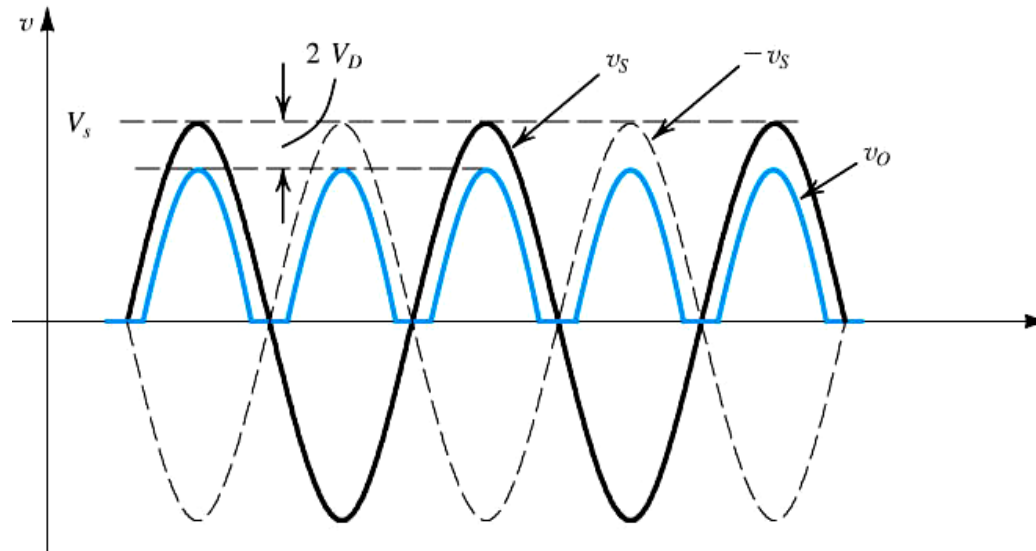


$$PIV = 2V_s - V_D$$

Πλήρης ανορθωτής με γέφυρα



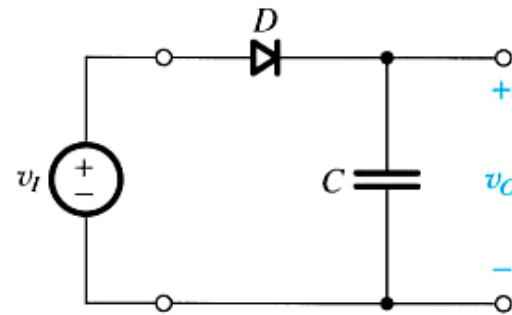
(a)



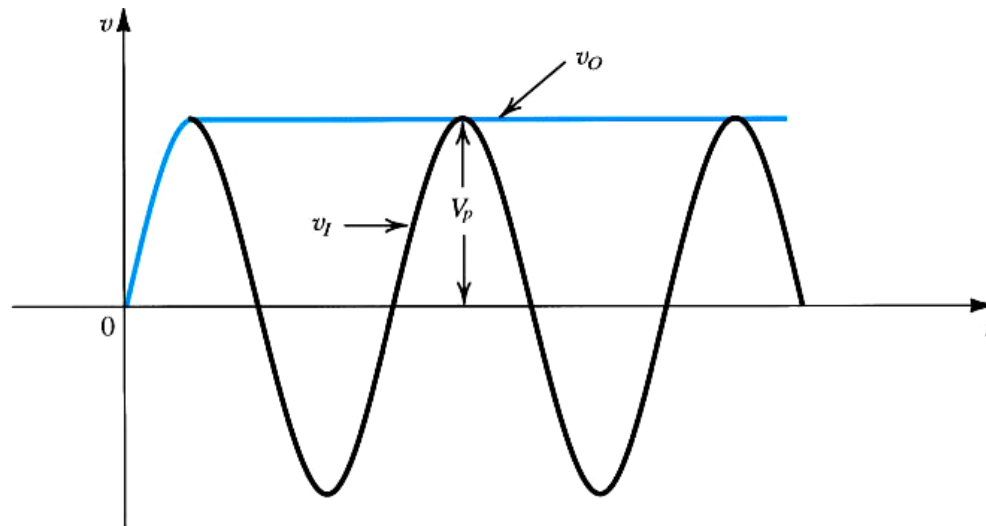
$$\text{PIV} = V_s - 2V_D + V_D = V_s - V_D$$



Χρήση απλού φίλτρου πυκνωτή σε ημιανορθωτή (1/4)



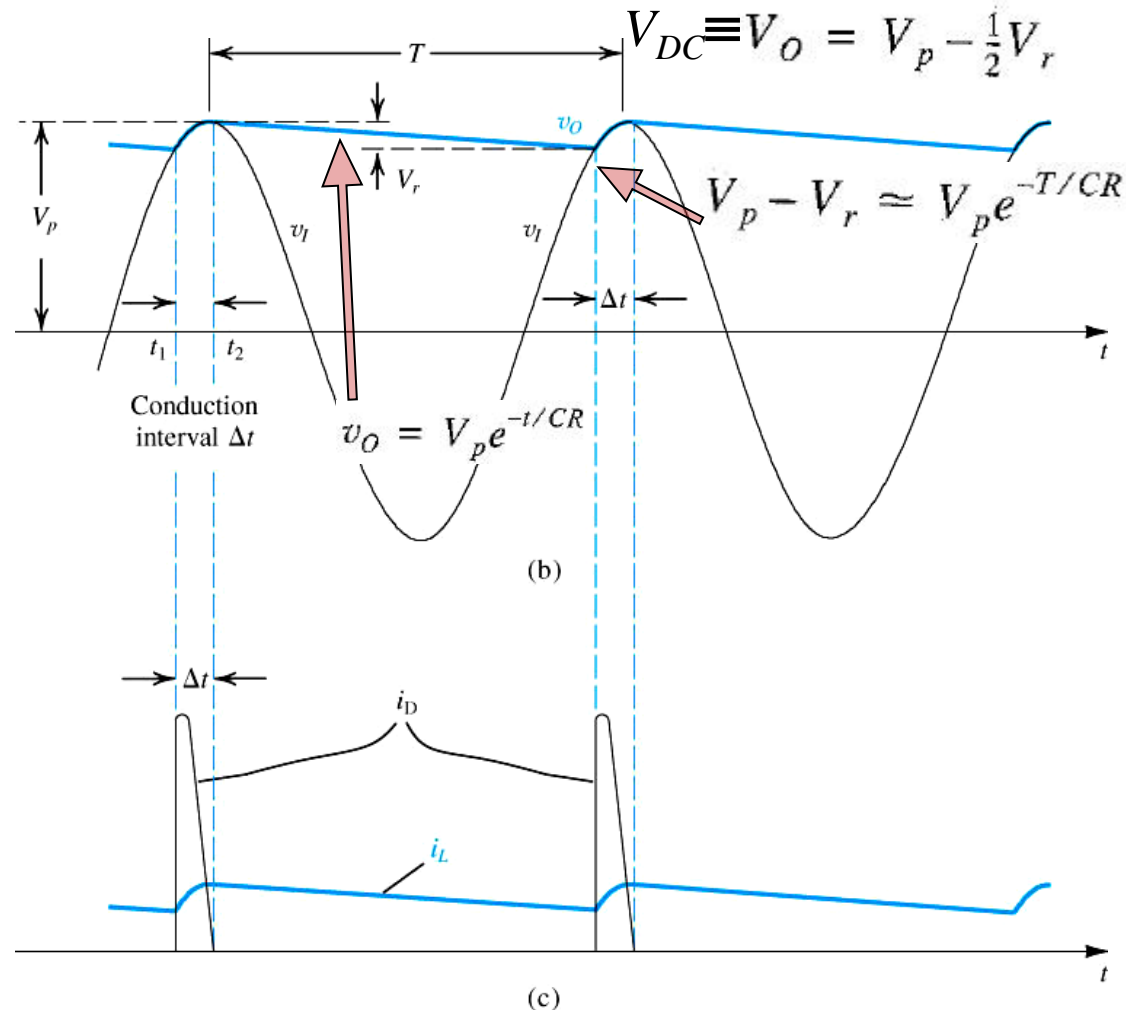
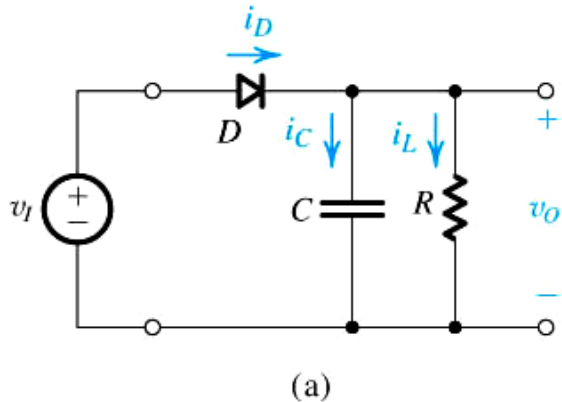
Ιδανική λειτουργία



(b)



Χρήση απλού φίλτρου πυκνωτή σε ημιανορθωτή (2/4)



Πρέπει $T \ll RC$

$$i_D = i_C + i_L = C \frac{dv_I}{dt} + i_L$$

$$I_L = \frac{V_p}{R}$$

$$e^{-T/CR} \approx 1 - T/CR$$

$$V_r = \frac{V_p}{fCR} = \frac{I_L}{fC}$$



Χρήση απλού φίλτρου πυκνωτή σε ημιανορθωτή (3/4)

$$V_p \cos(\omega \Delta t) = V_p - V_r$$

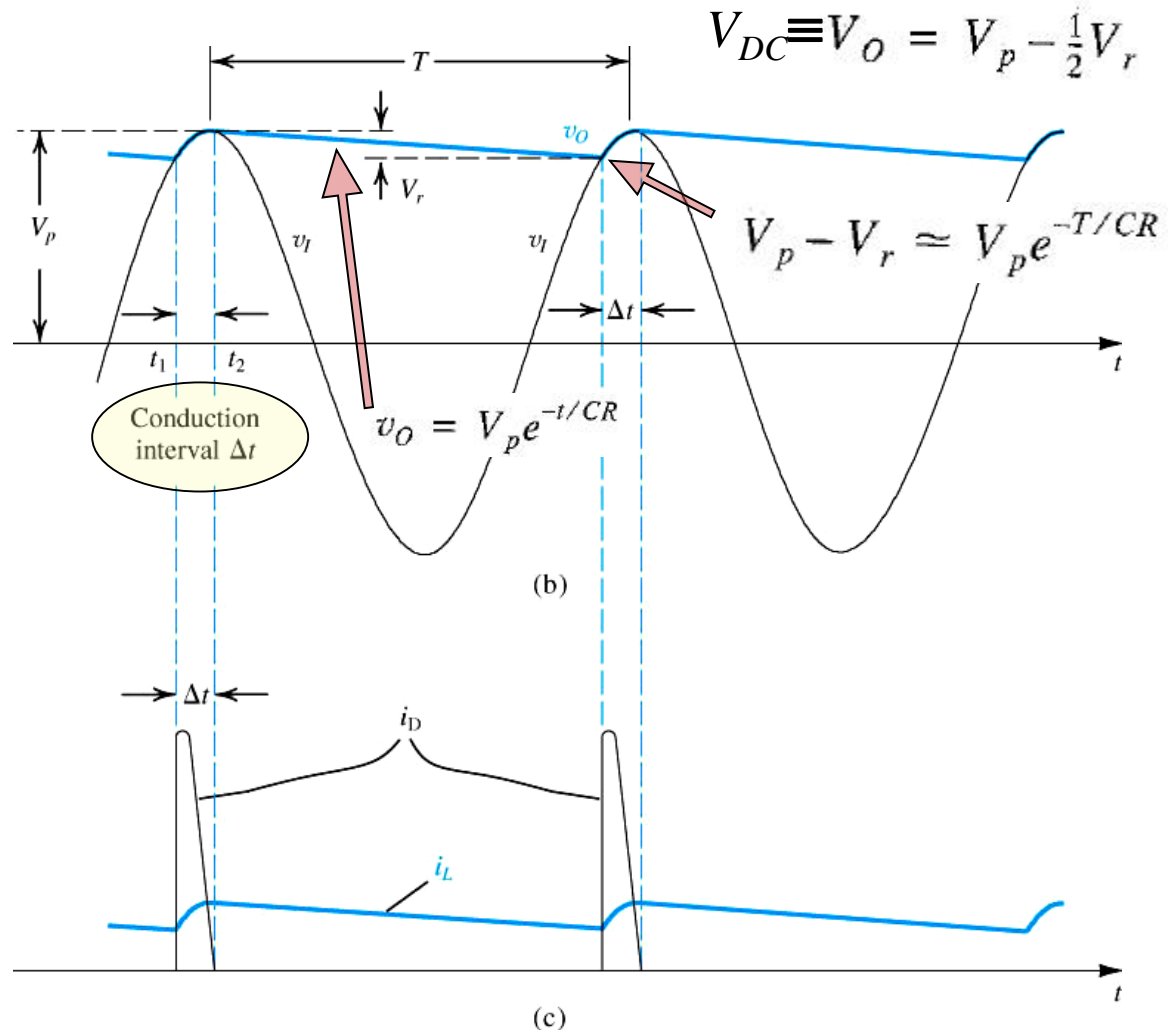
$$\cos(\omega \Delta t) \approx 1 - \frac{1}{2}(\omega \Delta t)^2$$

$$\omega \Delta t \approx \sqrt{2V_r/V_p}$$

Από την εξίσωση των φορτίων που παρέχει η δίοδος και που χάνει ο πυκνωτής προκύπτει:

$$i_{D\text{av}} = I_L(1 + \pi\sqrt{2V_p/V_r})$$

$$i_{D\text{max}} = I_L(1 + 2\pi\sqrt{2V_p/V_r})$$



Χρήση απλού φίλτρου πυκνωτή σε ημιανορθωτή (4/4)

$$V_{DC} \equiv V_O = V_p - \frac{1}{2}V_r$$

$$V_r = \frac{V_p}{fCR} = \frac{I_L}{fC} \quad V_r \ll V_p$$

Συντελεστής κυμάτωσης r :

$$r = \frac{V_{AC(rms)}}{V_{DC}} = \frac{V_r}{2\sqrt{3}V_{DC}} \approx \frac{1}{2\sqrt{3}fCR}$$



Παράδειγμα ημιανορθωτή με φίλτρο πυκνωτή

Κύκλωμα ημιανορθωτή με φίλτρο πυκνωτή τροφοδοτείται με $V_p = 100$ V (60 Hz) και έχει φορτίο $R = 10$ k Ω . Ζητούνται: α) η χωρητικότητα C ώστε να είναι $V_r = 2$ V_{p-p} β) το ποσοστό της περιόδου που άγει η δίοδος γ) η μέση και η μέγιστη τιμή του ρεύματος διόδου δ) ο συντελεστής κυμάτωσης r .

$$\alpha) C = \frac{V_p}{V_r f R} = \frac{100}{2 \times 60 \times 10 \times 10^3} = 83.3 \mu\text{F}$$

$$\beta) \omega \Delta t = \sqrt{2 \times 2 / 100} = 0.2 \text{ rad} \Rightarrow (0.2 / 2\pi) \times 100 = 3.18\%$$

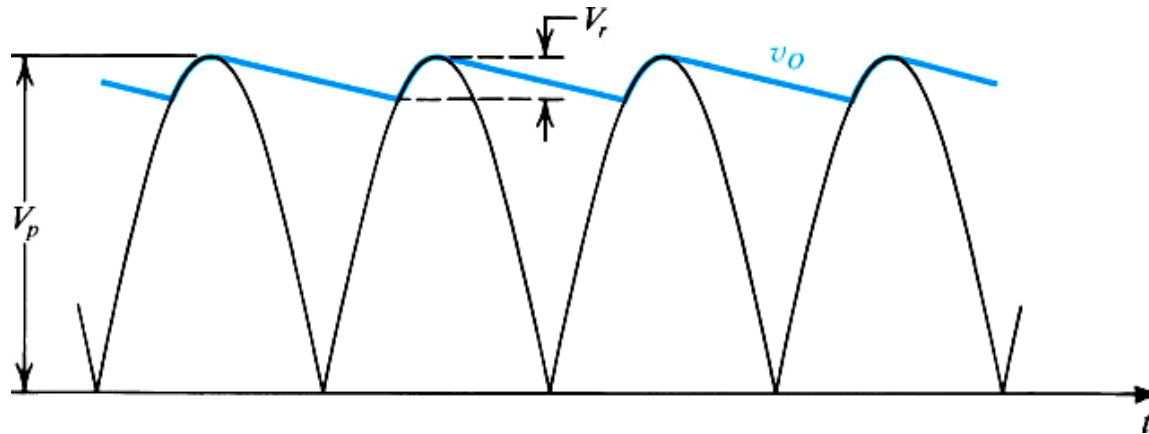
$$\gamma) I_L = 100 / 10 = 10 \text{ mA} \quad i_{D\text{av}} = 10(1 + \pi\sqrt{2 \times 100 / 2}) = 324 \text{ mA}$$
$$i_{D\text{max}} = 10(1 + 2\pi\sqrt{2 \times 100 / 2}) = 638 \text{ mA}$$

$$\delta) r = \frac{V_r}{2\sqrt{3}V_{DC}} = \frac{2}{2\sqrt{3} \cdot (100 - 1)} = 0.00583 \text{ (0.583\%)}$$

$$\eta) r = \frac{1}{2\sqrt{3}fCR} = \frac{1}{2\sqrt{3} \cdot 60 \cdot 83.3 \cdot 10^{-6} \cdot 10 \cdot 10^3} = 0.00578 \text{ (0.578\%)}$$



Χρήση απλού φίλτρου πυκνωτή σε πλήρη ανορθωτή



$$V_r = \frac{V_p}{2fCR}$$

$$i_{D_{av}} = I_L(1 + \pi\sqrt{V_p/2V_r})$$

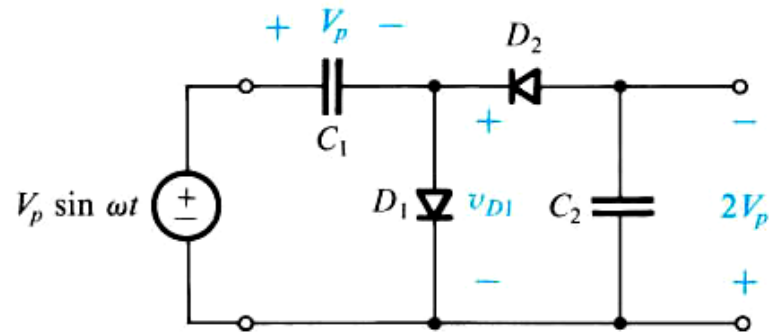
$$i_{D_{max}} = I_L(1 + 2\pi\sqrt{V_p/2V_r})$$

Συντελεστής κυμάτωσης r :

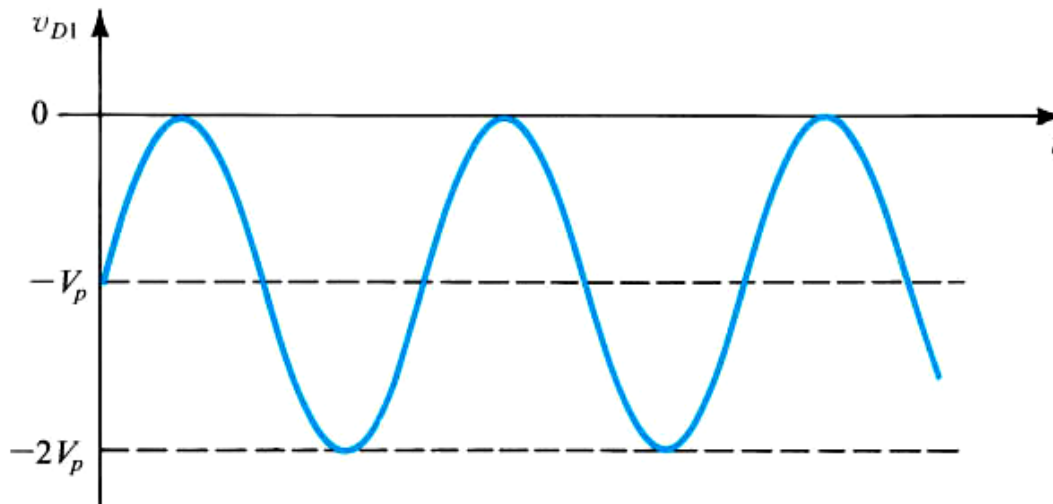
$$r = \frac{V_{AC(rms)}}{V_{DC}} = \frac{V_r}{2\sqrt{3}V_{DC}} \approx \frac{1}{4\sqrt{3}fCR}$$



Διπλασιαστής τάσης



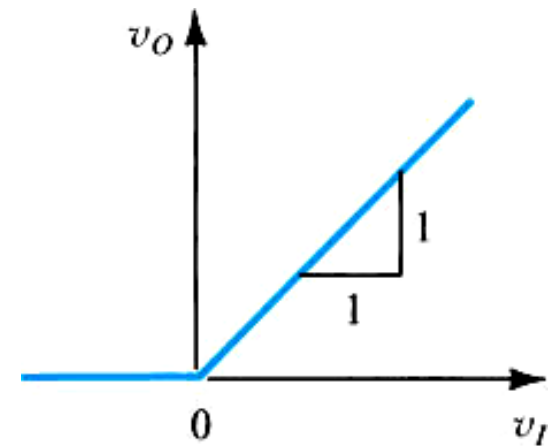
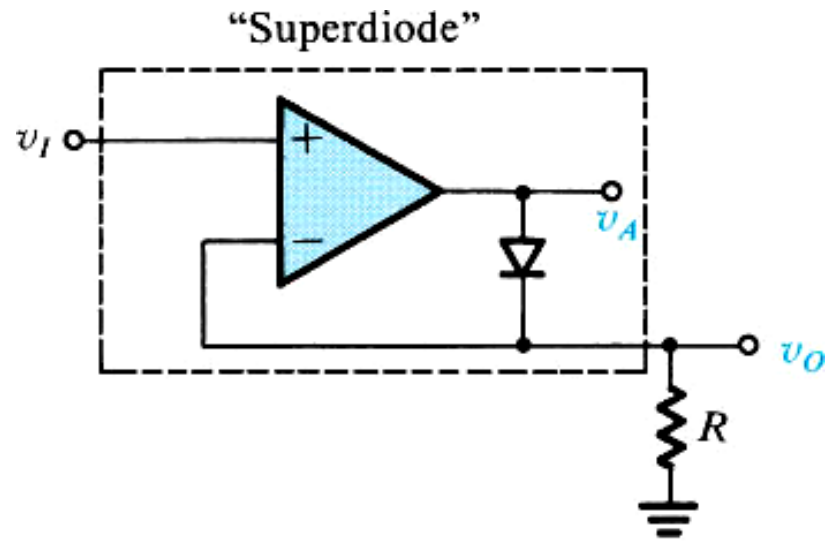
(a)



(b)

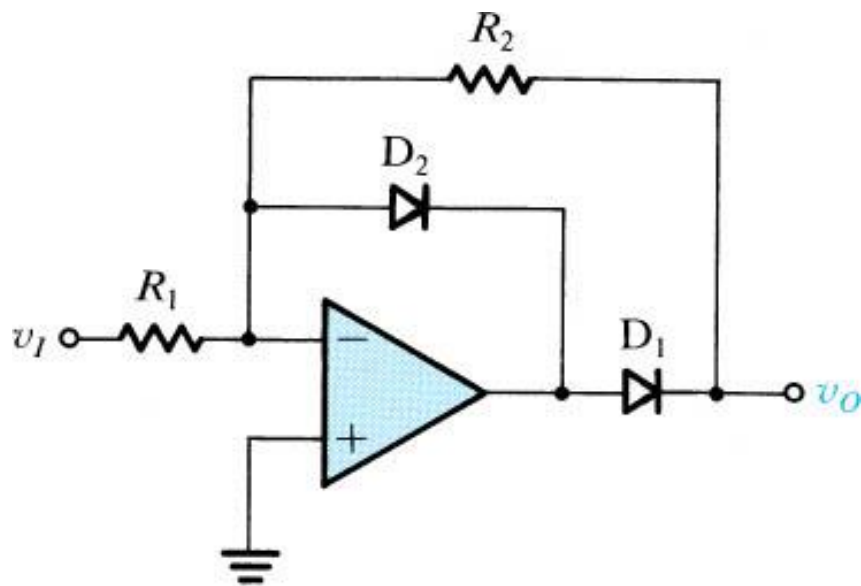


Ημιανορθωτής ακριβείας (1/2) («υπερδίοδος»)

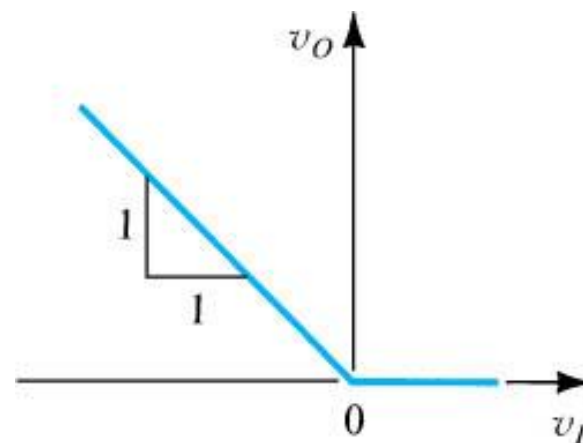


Ημιανορθωτής ακριβείας (2/2)

Εναλλακτικό κύκλωμα

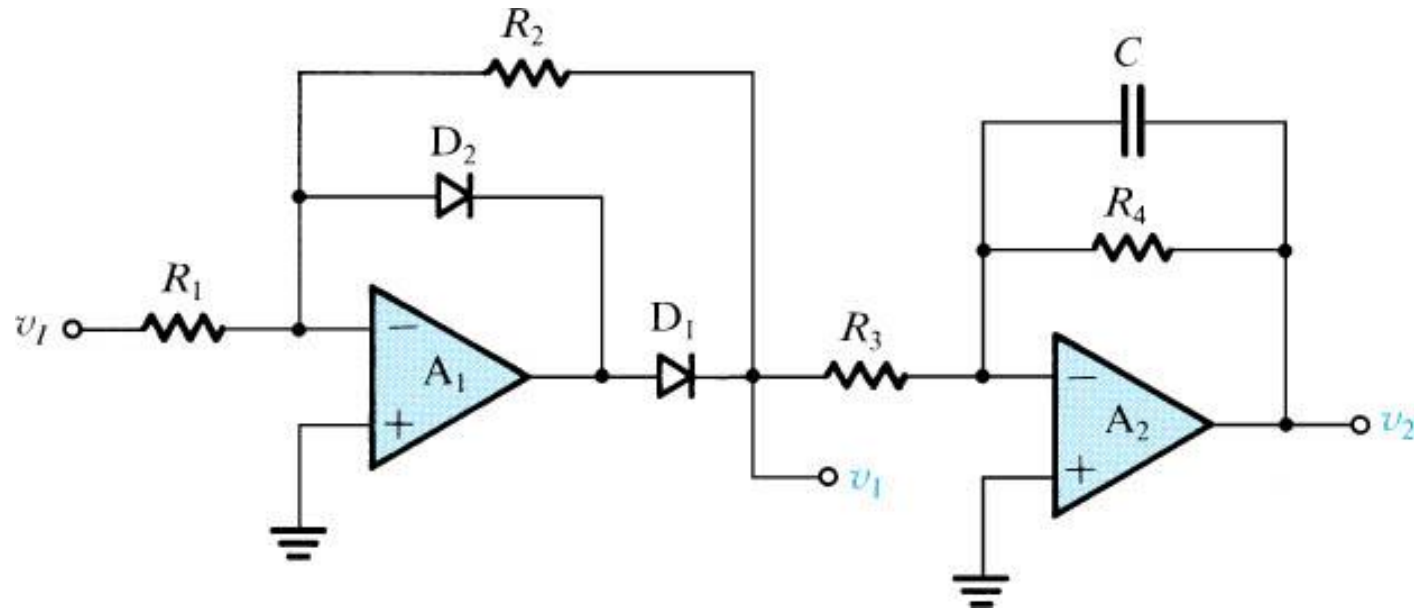


(a)



(b)

Εφαρμογή ημιανορθωτή ακριβείας: Μέτρηση εναλλασσόμενης τάσης

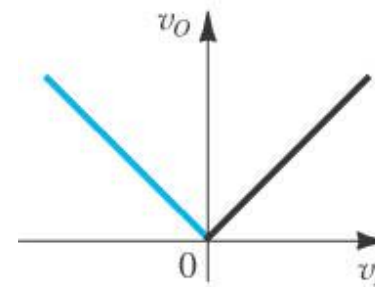
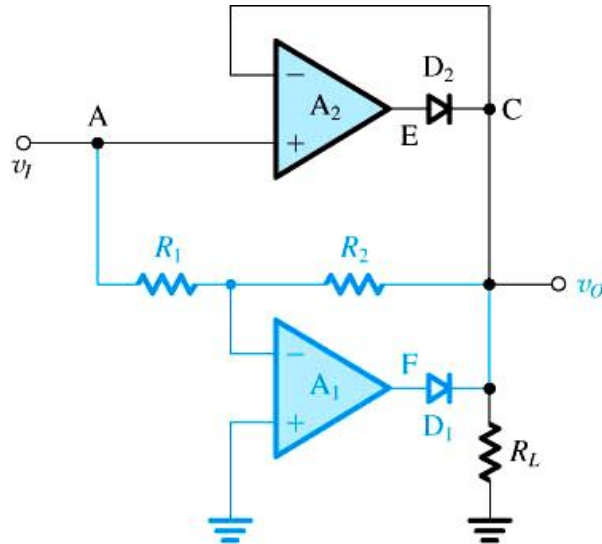
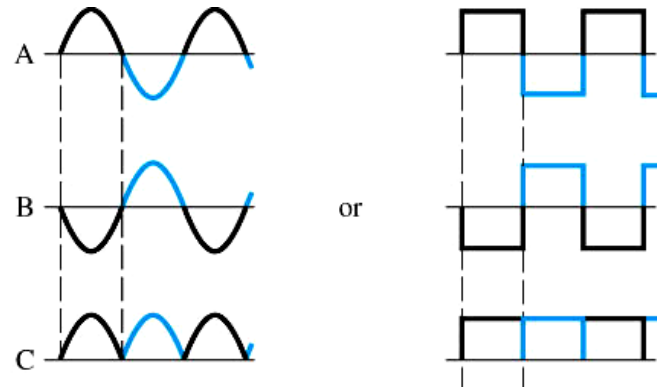
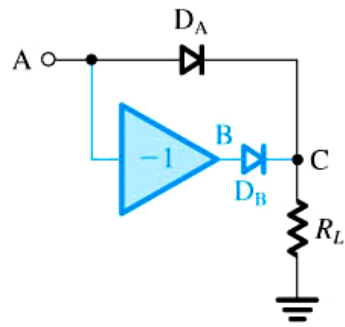


Θα πρέπει : $\frac{1}{CR_4} \ll \omega_{\min}$

$$V_2 = -\frac{V_p R_2 R_4}{\pi R_1 R_3}$$



Πλήρης ανορθωτής ακριβείας



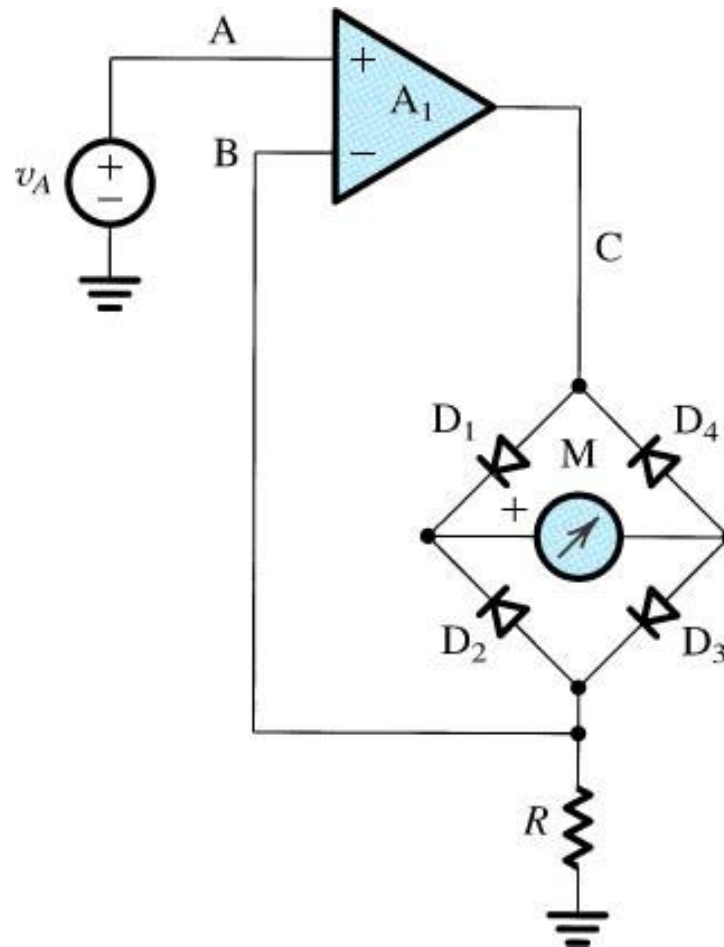
(b)

Κυκλώματα απόλυτης τιμής

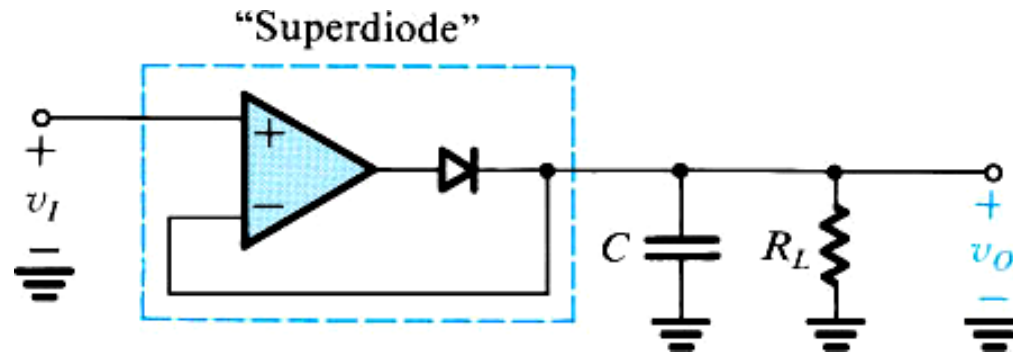
(a)



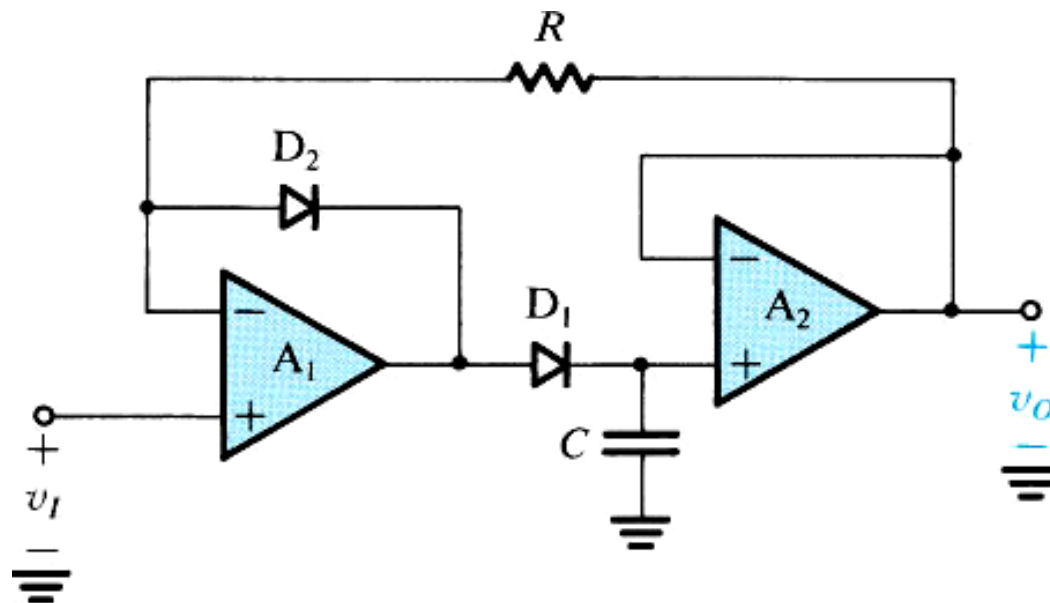
Ανορθωτής ακριβείας με γέφυρα διόδων



Ανορθωτές κορυφής ακριβείας



με «υπερδίοδο»



με απομονωτή



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Χατζόπουλος Αλκιβιάδης. «ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΙΙΙ, Κυκλώματα ανόρθωσης - δίοδοι zener». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: http://opencourses.auth.gr/eclass_courses.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Σβάρνα Κωνσταντίνα
Θεσσαλονίκη, Εαρινό εξάμηνο 2013-2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

