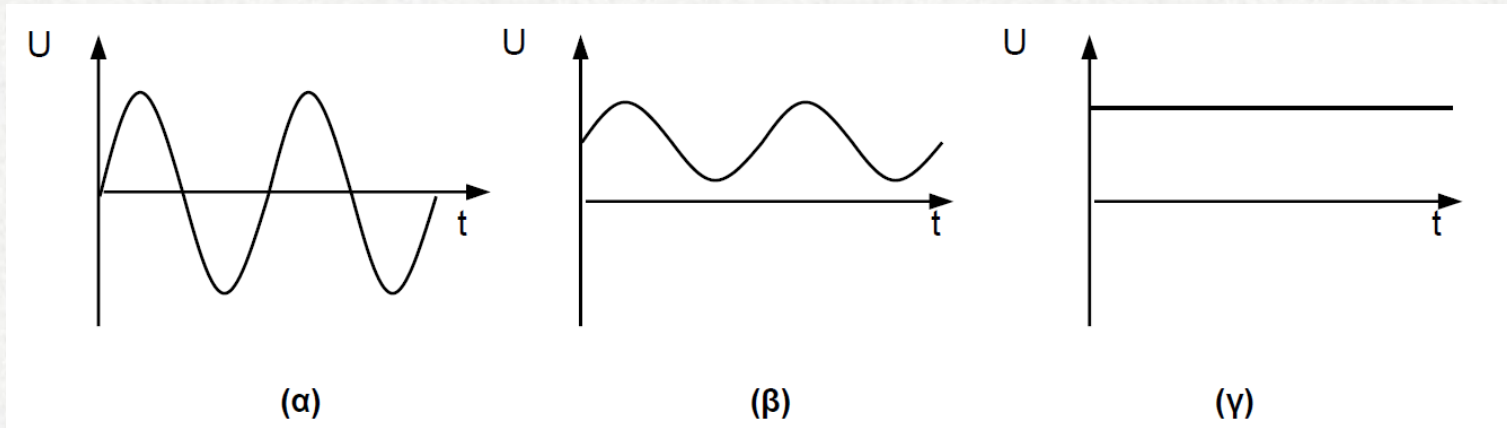


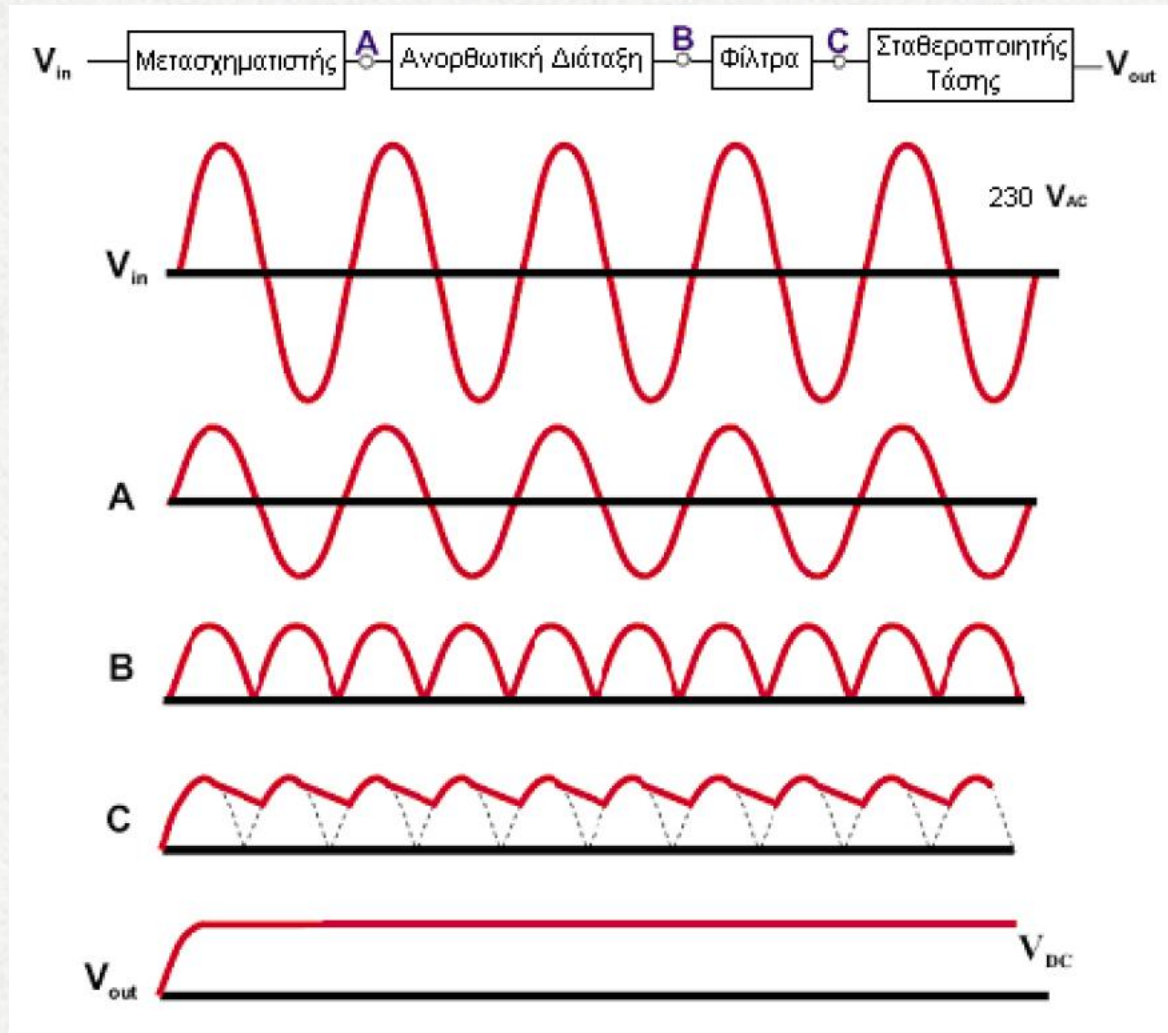
Μετασχηματιστές
Ανορθωτικές Διατάξεις
Τροφοδοτικά
Βαθμίδες τροφοδοτικών

Κυματομορφές AC - DC

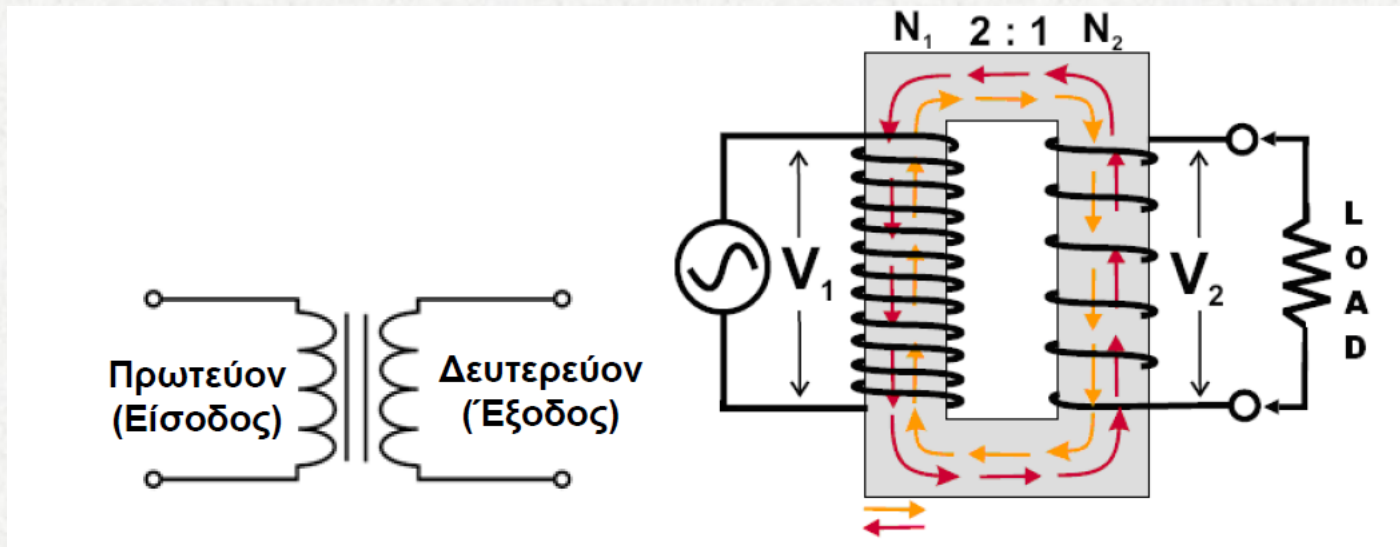


(α) Εναλλασσόμενο σήμα AC (β) Συνεχές σήμα DC με μεγάλη κυμάτωση και (γ) Συνεχές σταθερό σήμα DC.

Δομικό διάγραμμα τροφοδοτικού

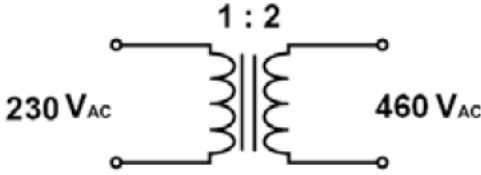
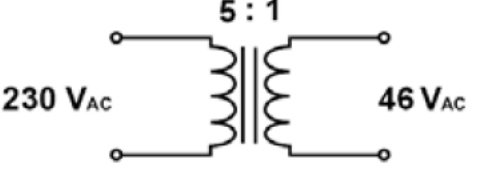
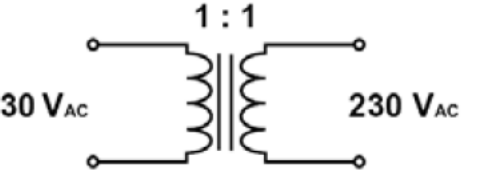


Μετασχηματιστής Τάσης



$$V_2 = \frac{N_2}{N_1} V_1$$

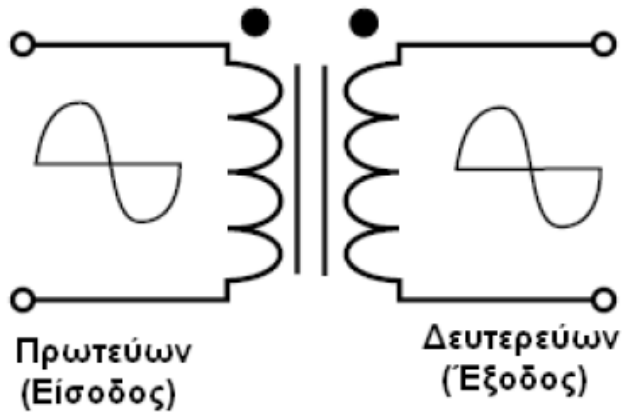
Τύποι Μετασχηματιστών

 <p>230 V_{AC} 460 V_{AC}</p>	<p>M/T Ανύψωσης τάσης Δημιουργούν τάση στο δευτερεύον μεγαλύτερη αυτής του πρωτεύοντος.</p>
 <p>230 V_{AC} 46 V_{AC}</p>	<p>M/T Υποβιβασμού τάσης Δημιουργούν τάση στο δευτερεύον μικρότερη αυτής του πρωτεύοντος.</p>
 <p>230 V_{AC} 230 V_{AC}</p>	<p>M/T απομόνωσης Δημιουργούν τάση στο δευτερεύον ίση με αυτήν του πρωτεύοντος. Αυτός ο τύπος M/T χρησιμοποιείται για να απομονώνει το τροφοδοτικό από την γραμμή παροχής ac ισχύος.</p>

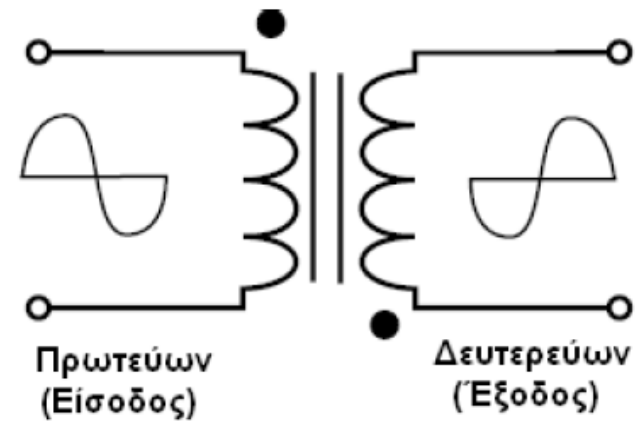
Για έναν μετασχηματιστή υποβιβασμού τάσης $I_2 > I_1$

Για έναν μετασχηματιστή ανύψωσης τάσης $I_2 < I_1$

Τύποι Μετασχηματιστών

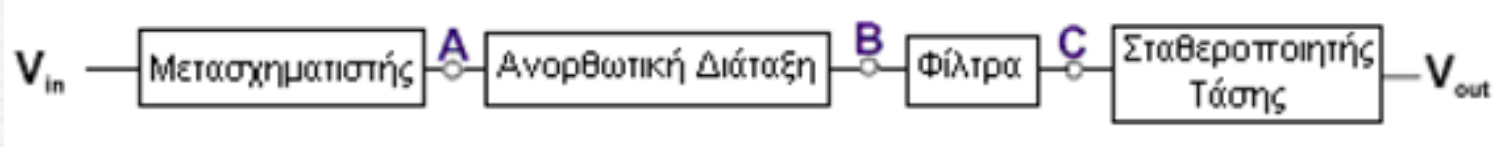


**Πρωτεύον και Δευτερεύον
σε φάση**



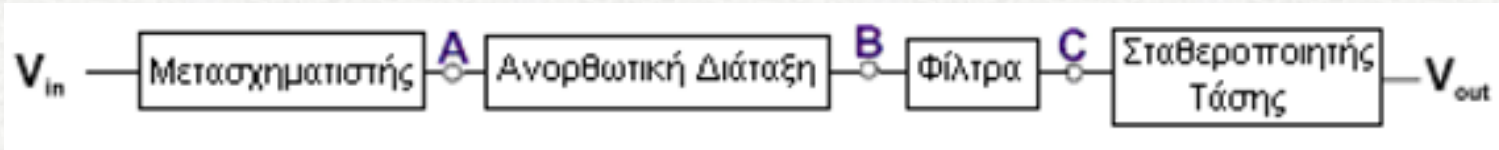
**Πρωτεύον και Δευτερεύον
180° εκτός φάσης**

Τύποι Ανορθωτών



- 1) Ανορθωτής Απλής Ανόρθωσης.
- 2) Ανορθωτής Διπλής Ανόρθωσης.
- 3) Ανορθωτής Γέφυρας.

Κύκλωμα εξομάλυνσης (Φίλτρο)

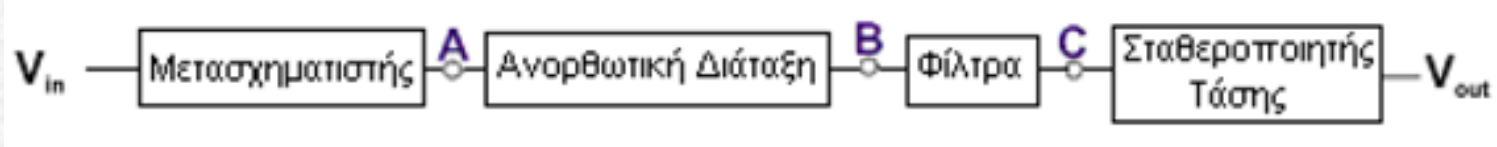


Η ύπαρξη των εναλλασσόμενων συνιστωσών (αρμονικών) που αναφέραμε, επιβάλλει τη χρήση ειδικών κυκλωμάτων τα οποία είναι γνωστά σαν **κυκλώματα εξομάλυνσης ή φίλτρα**.

Τα φίλτρα μειώνουν την επίδραση αυτών των αρμονικών και μετατρέπουν το κυματόρευμα σε συνεχές με μικρό μόνο ποσοστό κυμάτωσης, όπως λέγεται η μικρή περιοδική διακύμανση που απομένει στο συνεχές μετά την εξομάλυνση.

Τα πιο συνηθισμένα φίλτρα κατασκευάζονται με συνδυασμούς **πυκνωτών, αντιστάσεων και πηνίων**.

Κύκλωμα σταθεροποίησης



Είναι κύκλωμα το οποίο διατηρεί σταθερή την έξοδο και μειώνει ακόμα περισσότερο την κυμάτωση στην dc τάση εξόδου του τροφοδοτικού.

Στο μάθημα αυτό θα χρησιμοποιηθούν μόνο δίοδοι Zener για τη σταθεροποίηση της τάσης.

Στις μέρες μας χρησιμοποιούνται πολύ πιο εξελιγμένα κυκλώματα, με τη Zener να αποτελεί πάντα το κεντρικό στοιχείο, σε μορφή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

Χαρακτηριστικά τροφοδοτικού

Η τάση εξόδου: Συνήθως η σταθερή τάση εξόδου μεταβάλλεται από 0 έως μια μέγιστη τιμή τάσης, το οποίο αποτελεί κατασκευαστικό στοιχείο του τροφοδοτικού. Π.χ. 0 έως 30 Volt.

Το ρεύμα εξόδου: Με τον όρο αυτό εννοούμε το μέγιστο ρεύμα που μπορεί να δώσει στην έξοδό του το τροφοδοτικό.

Σε περίπτωση όμως εξωτερικού βραχυκυκλώματος, το ρεύμα μπορεί να ξεπεράσει την προδιαγεγραμμένη αυτή τιμή.

Γι' αυτό, σε πολλά τροφοδοτικά υπάρχει σύστημα προστασίας στην έξοδο του τροφοδοτικού ώστε το ρεύμα να μην ξεπεράσει ποτέ την τιμή αυτή. Η προστασία αυτή μπορεί να δοθεί, πολύ απλά με μία ασφάλεια.

Χαρακτηριστικά τροφοδοτικού

Η αντίσταση εξόδου: Η αντίσταση εξόδου ενός τροφοδοτικού πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη.

Αν η αντίσταση εξόδου είναι μεγάλη, τότε η τάση εξόδου του τροφοδοτικού αυξομειώνεται με την αυξομείωση του φορτίου (load), το οποίο συνδέεται παράλληλα με την αντίσταση εξόδου του τροφοδοτικού και μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σε πολλά ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Όταν συνδέουμε νέα συσκευή στο τροφοδοτικό, τότε γίνεται αυξομείωση φορτίου. Επίσης μπορεί να γίνει όταν συνδέουμε ψηφιακά ηλεκτρονικά κυκλώματα των οποίων τα υποκυκλώματα δεν λειτουργούν όλα ταυτόχρονα.

Χαρακτηριστικά τροφοδοτικού

Η κυμάτωση: Η κυμάτωση πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερη. Σημειώνουμε ότι το κόστος του τροφοδοτικού ανεβαίνει όταν απαιτούμε πολύ μικρή κυμάτωση. Γι' αυτό η επιλογή του τροφοδοτικού εξαρτάται από την εφαρμογή. Η κυμάτωση είναι συνήθως της τάξης των **μερικών mV από κορυφή σε κορυφή.**

Η σταθερότητα: Με τον όρο σταθερότητα εννοούμε την ικανότητα του τροφοδοτικού να διατηρεί την τάση εξόδου σταθερή, όσο γίνεται σε αυξομειώσεις της εναλλασσόμενης τάσης εισόδου.

Και πάλι το κόστος είναι ανάλογο με τη σταθερότητα του τροφοδοτικού, γι' αυτό και πρέπει να περιορίζουμε τις απαιτήσεις μας ανάλογα με την εφαρμογή. Συνήθως η σταθερότητα εκφράζεται σε μεταβολή της τάσης εξόδου σε mV για 10% μεταβολή της εναλλασσόμενης τάσης εισόδου.

Πολλές φορές η σταθερότητα αναφέρεται στη θερμική σταθερότητα. Δηλαδή απαιτείται σταθερότητα στα χαρακτηριστικά του τροφοδοτικού με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Χαρακτηριστικά τροφοδοτικού

Η τάση παροχής: Είναι η τιμή της εναλλασσόμενης τάσης που εφαρμόζεται στην είσοδο του τροφοδοτικού, η οποία συνήθως είναι ίδια με την τάση παροχής του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας.

Γενικά, μπορούμε να κατατάξουμε τα τροφοδοτικά σε **δύο μεγάλες κατηγορίες:**

A) Τροφοδοτικά που παρέχουν σταθερή σε τιμή τάση, ανεξάρτητα από τη μεταβολή της τάσης εισόδου του τροφοδοτικού (τάση δικτύου) και από τη μεταβολή του ρεύματος (ρεύμα φορτίου) που καταναλώνει η τροφοδοτούμενη συσκευή.

B) Τροφοδοτικά που η τάση εξόδου τους μεταβάλλεται ανάλογα με την τάση εισόδου τους, ή ανάλογα της μεταβολής του ρεύματος που καταναλώνει η συσκευή που τροφοδοτείται.

Χαρακτηριστικά διόδων

Μέγιστο Συνεχές Ρεύμα:

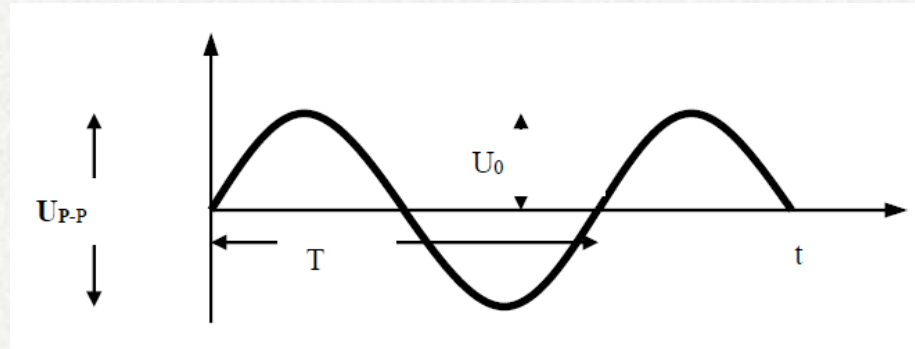
Είναι ένα από τα χαρακτηριστικά που προδιαγράφουν μια δίοδο και αναφέρεται από τους κατασκευαστές σαν μέγιστη επιτρεπόμενη μέση τιμή ρεύματος.

Μέγιστη Ανάστροφη Τάση:

Ως μέγιστη ανάστροφη τάση (PIV=Peak Inverse Voltage) ορίζεται η μέγιστη τάση που εφαρμόζεται στα άκρα της διόδου όταν αυτή δεν άγει.

Η μέγιστη ανάστροφη τάση που μπορεί να εφαρμοστεί σε μία δίοδο χωρίς να υπάρχει κίνδυνος καταστροφής της είναι ένα από τα κύρια λειτουργικά χαρακτηριστικά της διόδου και δίνεται από τον κατασκευαστή. Πρέπει επίσης να δίνεται και η μέγιστη τιμή του συνεχούς ρεύματος $I_{DC,max}$ το οποίο επιτρέπεται να περάσει από τη δίοδο.

Περιγραφή εναλλασσόμενης τάσης



Ενεργός τιμή:

$$U_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T U^2(t) dt}$$

Τιμή από κορυφή σε κορυφή (peak-to-peak): $U_{P-P} = |U_{\text{MAX}}(t) - U_{\text{MIN}}(t)|$

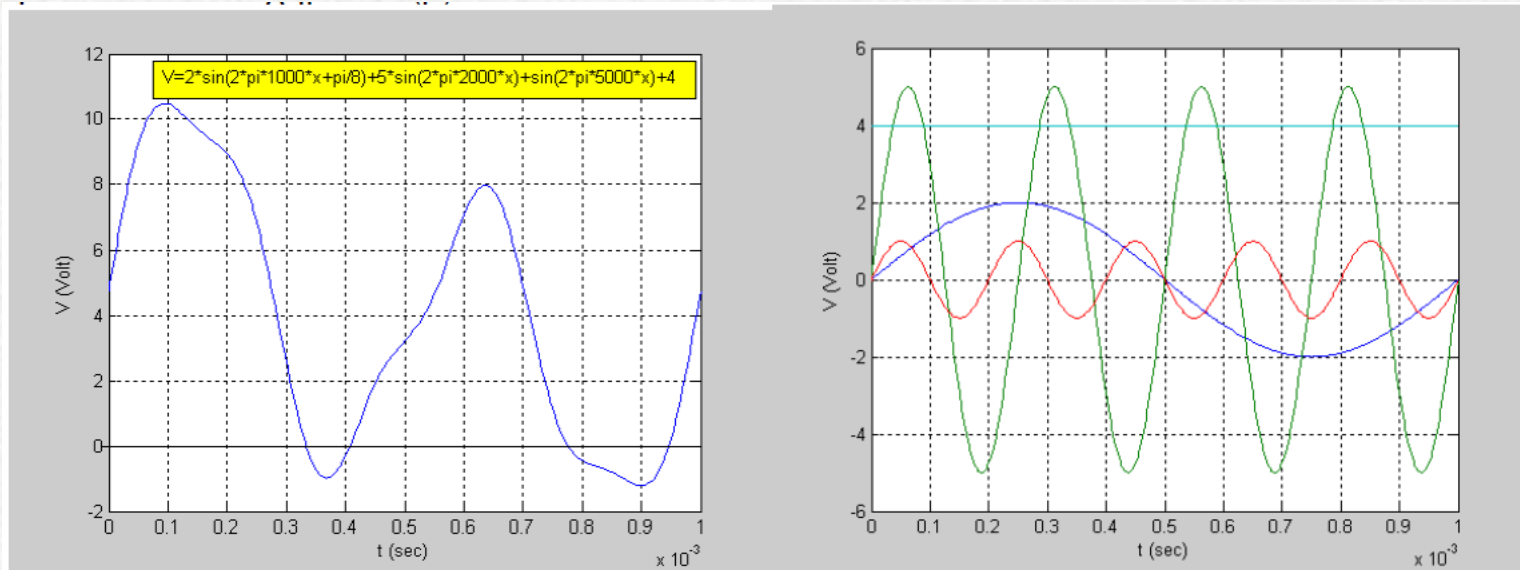
Μέση ανορθωμένη τιμή ή Μέση τιμή: $U_{\text{DC}} = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T |U(t)| dt$

Για ημιτονοειδή κυματομορφή: $U_{\text{rms}} = \frac{U_0}{\sqrt{2}}$

Για πριονωτή κυματομορφή: $U_{\text{rms}} = \frac{U_{\text{PP}}}{2 \times \sqrt{3}}$

Μετασχηματισμός Fourier

Οποιοδήποτε σήμα, περιοδικό ή μη, όπως αυτό του σχήματος, μπορεί να αναπαρασταθεί τέλεια από ένα άθροισμα πεπερασμένων ημιτονικών σημάτων. Δεχόμαστε λοιπόν ότι ένα σήμα αποτελείται από ένα ή περισσότερα ημίτονα συγκεκριμένου πλάτους και συχνότητας, τα οποία (επιμέρους ημίτονα) ας τα καλούμε **συνιστώσες** όπως φαίνονται στο σχήμα.



(α) Ένα τυχαίο σήμα. (β) Τέσσερα διαφορετικά σήματα συναρτήσεως του χρόνου, (απόκριση χρόνου) στο ίδιο διάγραμμα. Η σύνθεση αυτών των σημάτων δημιουργεί το σήμα του σχήματος.

Μετασχηματισμός Fourier

Ανάλυση σε σειρά Fourier ημιανορθωμένου σήματος:

$$V = V_0 \left(\frac{1}{\pi} + \frac{1}{2} \eta \mu \omega t - \frac{2}{3\pi} \sigma \upsilon \nu 2\omega t - \frac{2}{15\pi} \sigma \upsilon \nu 4\omega t - \frac{2}{35\pi} \sigma \upsilon \nu 6\omega t - \dots \right)$$

$$V_{DC} = \frac{V_0}{\pi}$$

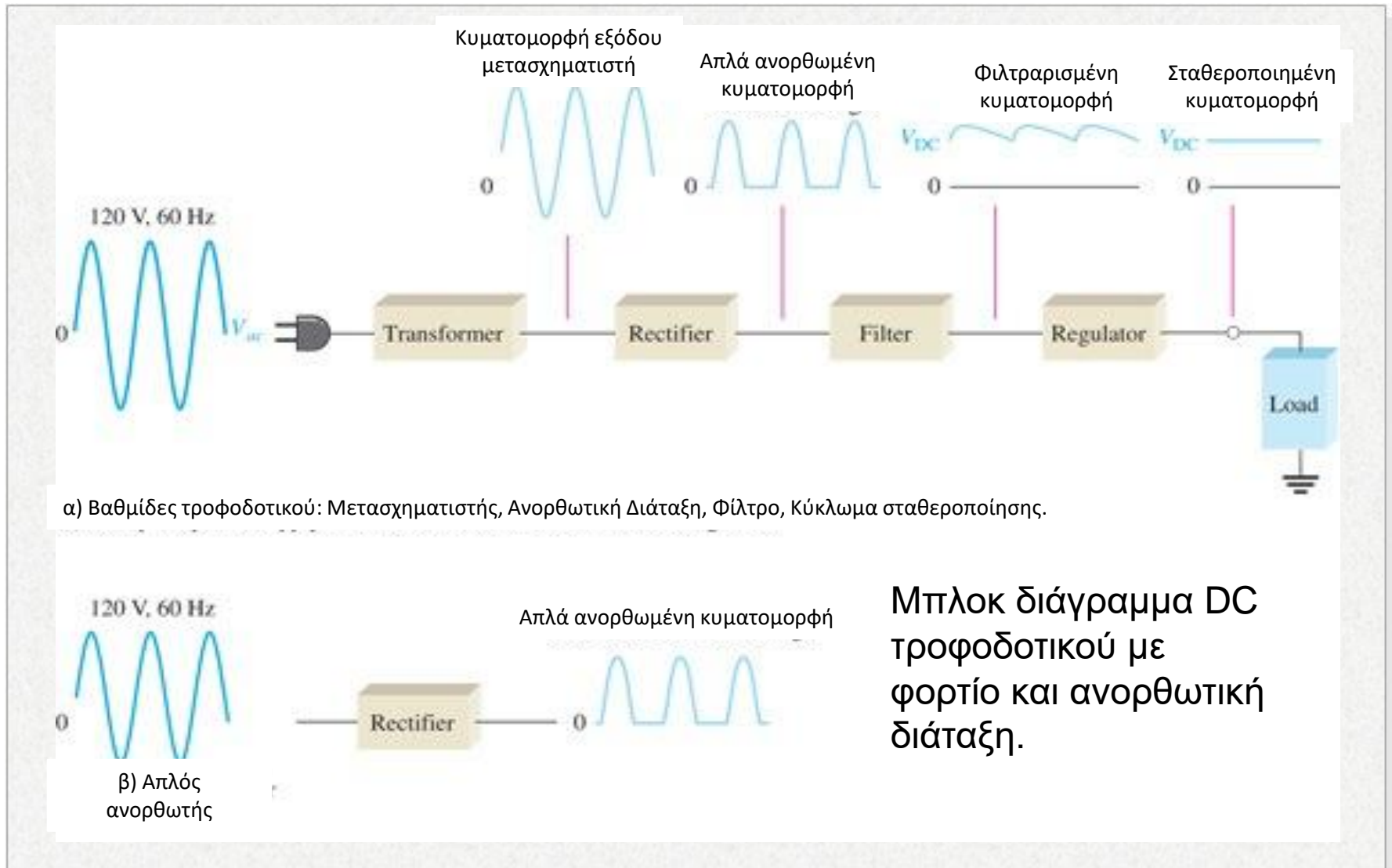
$$V_{AC} = V_0 \left(\frac{1}{2} \eta \mu \omega t - \frac{2}{3\pi} \sigma \upsilon \nu 2\omega t - \frac{2}{15\pi} \sigma \upsilon \nu 4\omega t - \frac{2}{35\pi} \sigma \upsilon \nu 6\omega t - \dots \right) \dots$$

Ανάλυση σε σειρά Fourier πλήρως ανορθωμένου σήματος:

$$V = V_0 \left(\frac{2}{\pi} - \frac{4}{3\pi} \sigma \upsilon \nu 2\omega t - \frac{4}{15\pi} \sigma \upsilon \nu 4\omega t - \frac{4}{35\pi} \sigma \upsilon \nu 6\omega t - \dots \right)$$

$$V_{DC} = \frac{2 \times V_0}{\pi} \text{ και } V_{AC-\text{επικρατέστερο}} = \frac{4}{3\pi} \sigma \upsilon \nu 2\omega t$$

Απλός Ανορθωτής



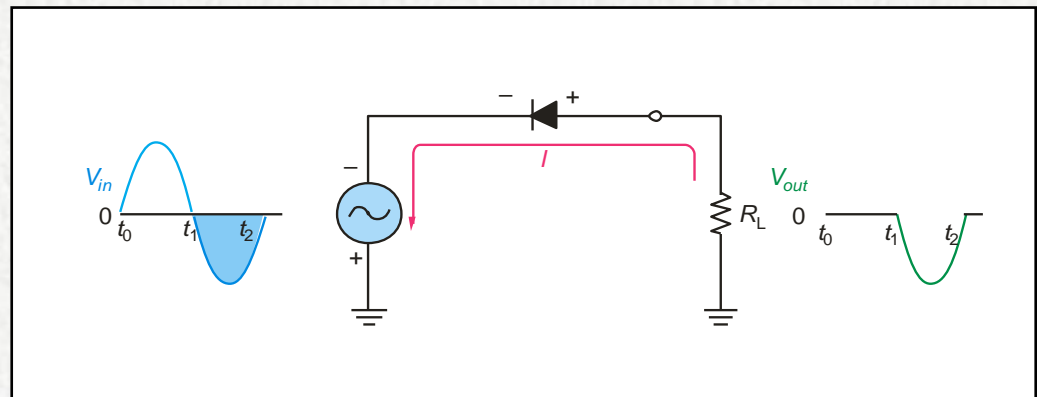
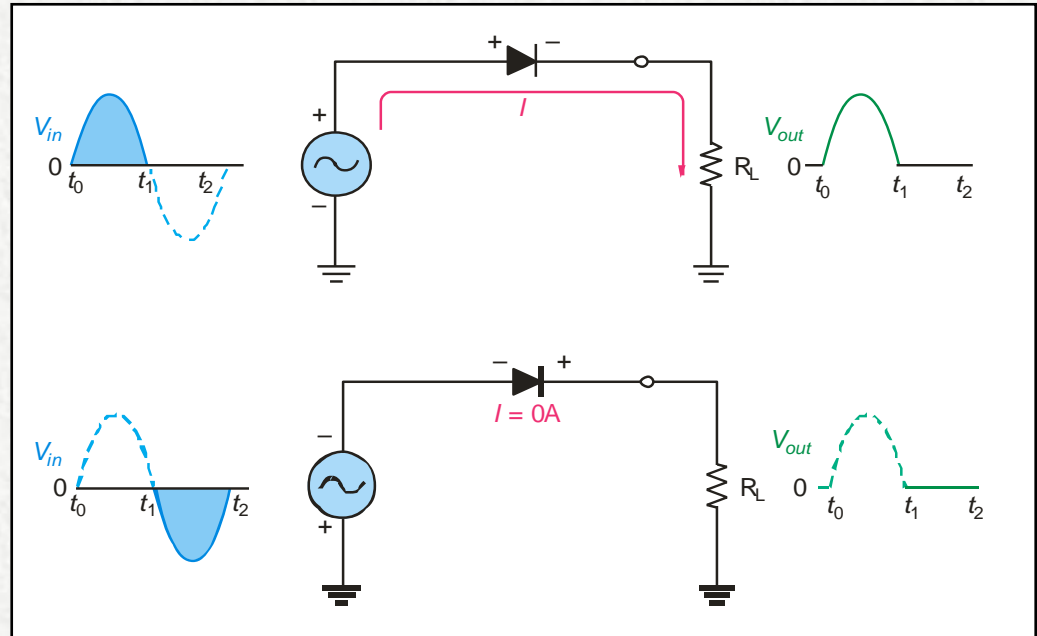
Απλός Ανορθωτής

Η διόδος άγει κατά τη θετική ημιπερίοδο (ορθή πόλωση).

Δεν άγει κατά την αρνητική ημιπερίοδο (ανάστροφη πόλωση).

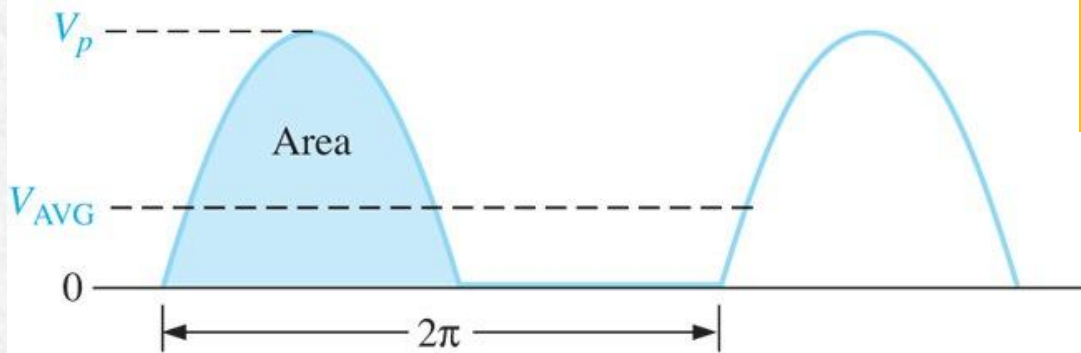
Ερώτηση:

Ποια είναι η έξοδος εάν αντιστραφεί η φορά της διόδου?



Απλός Ανορθωτής

Μέση Τιμή



$$V_{AVG} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} V_P \sin \theta \, d\theta$$

$$V_{AVG} = \frac{V_P}{\pi} \cong 0.318 V_P$$

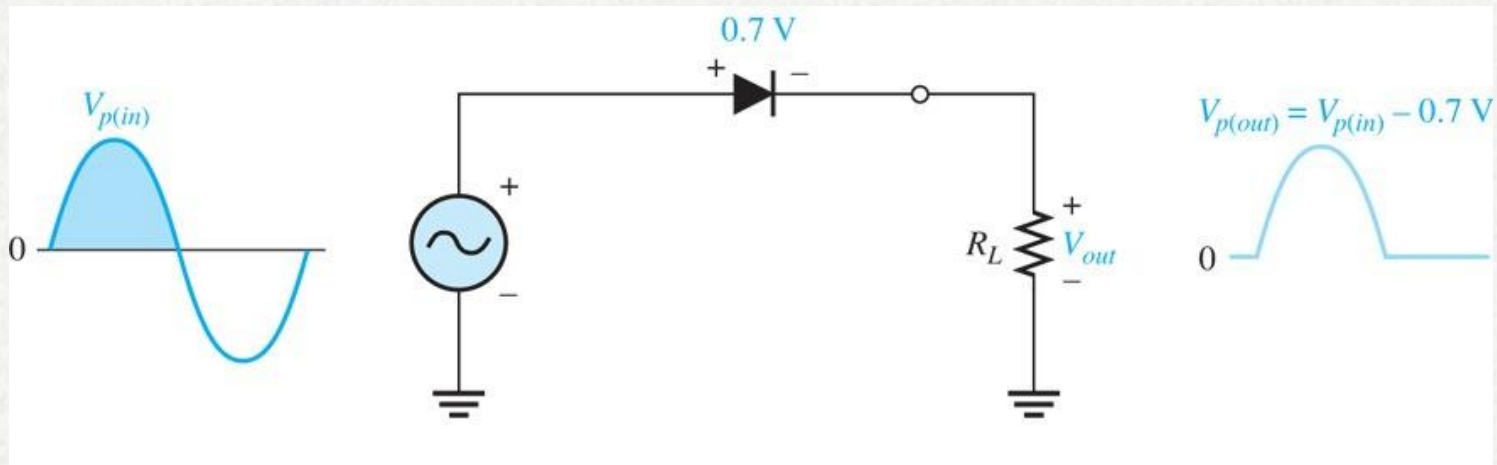
Παράδειγμα



$$V_{AVG} = \frac{V_P}{\pi} = \frac{50 \text{ V}}{\pi} = 15.9 \text{ V}$$

Απλός Ανορθωτής

Επίδραση Δυναμικού Επαφής

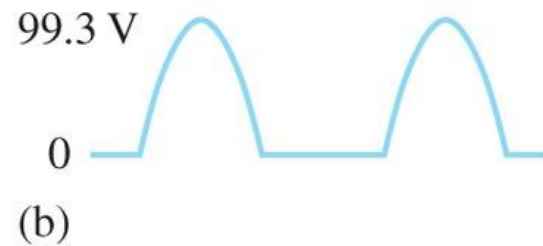
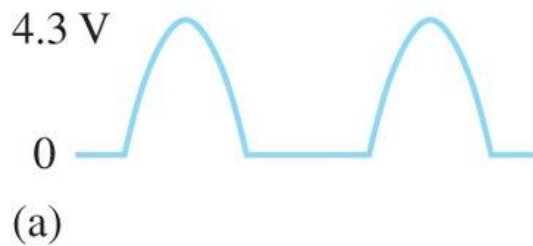
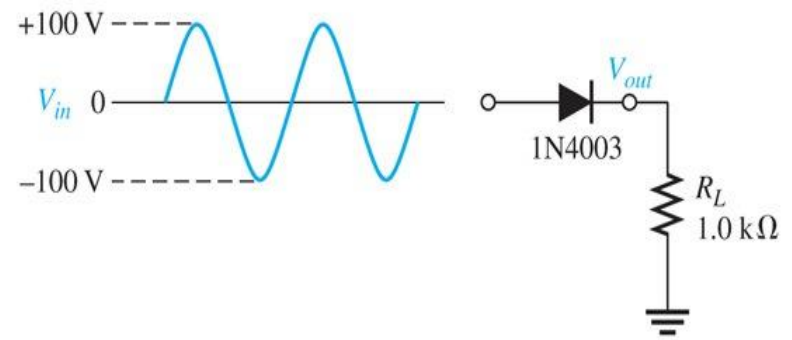
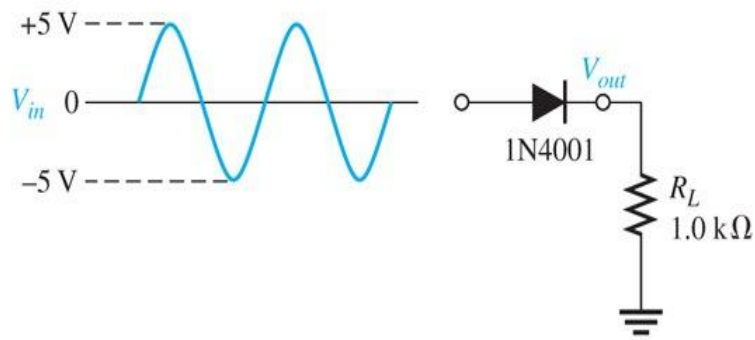


Η επίδραση του δυναμικού επαφής διόδου στην ημιανορθωμένη τάση εξόδου είναι να μειώσει τη μέγιστη τιμή της κατά 0.7 V .

$$V_{P(out)} = V_{P(in)} - 0.7\text{ V}$$

Απλός Ανορθωτής

Παράδειγμα

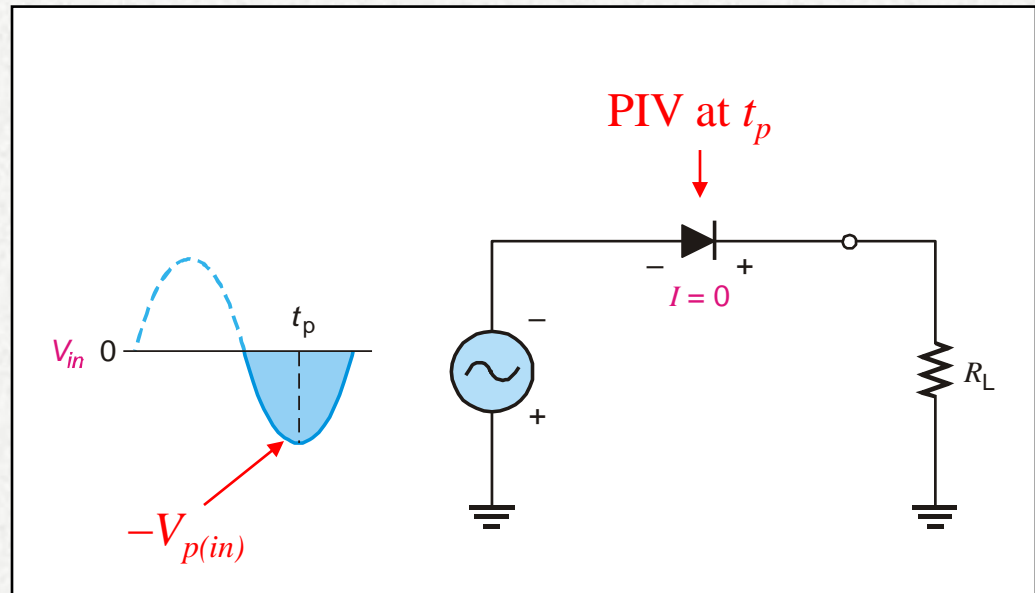


Απλός Ανορθωτής

Μέγιστη Ανάστροφη Τάση - Peak Inverse Voltage (PIV)

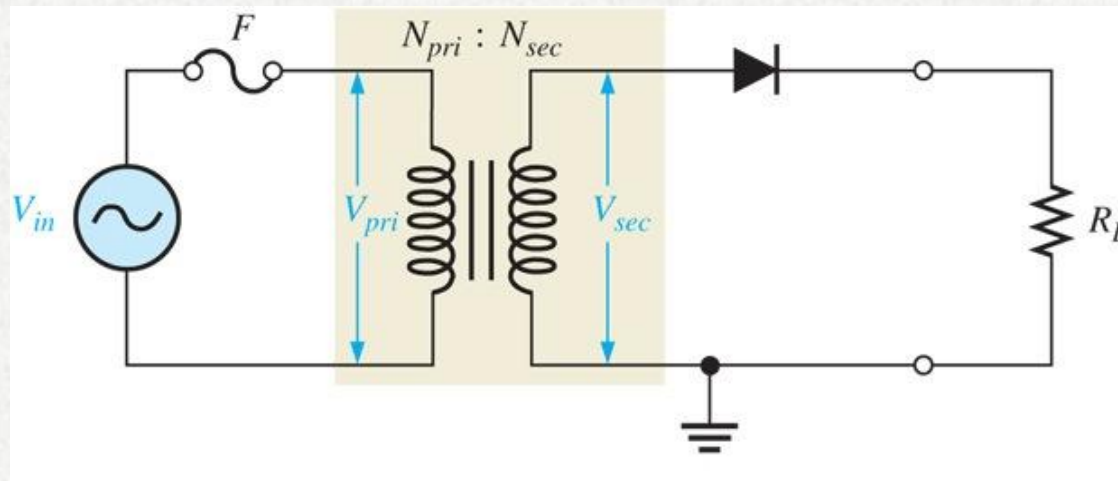
Η PIV είναι ίση με τη μέγιστη τιμή της τάσης εισόδου και είναι η μέγιστη τάση που εφαρμόζεται πάνω στη δίοδο όταν αυτή δεν άγει.

Υπολογίζεται εύκολα από το νόμο τάσεων του Kirchhoff. Η τάση στο φορτίο είναι 0 V, άρα όλη η τάση εισόδου εφαρμόζεται πάνω στη δίοδο τη χρονική στιγμή t_p .



Απλός Ανορθωτής

Μετασχηματιστής Τάσης



$$n = \frac{N_{sec}}{N_{pri}}$$

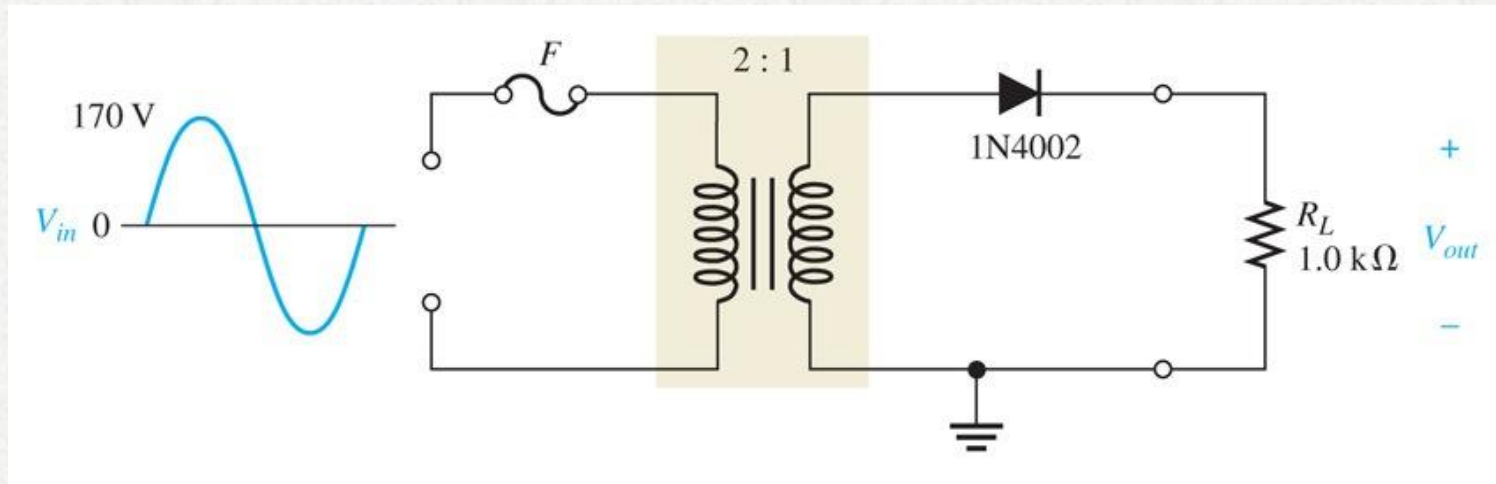
$$V_{P(sec)} = nV_{P(pri)}$$

$$V_{P(out)} = V_{P(sec)} - 0.7 \text{ V}$$

$$PIV = V_{P(sec)}$$

Απλός Ανορθωτής

Παράδειγμα



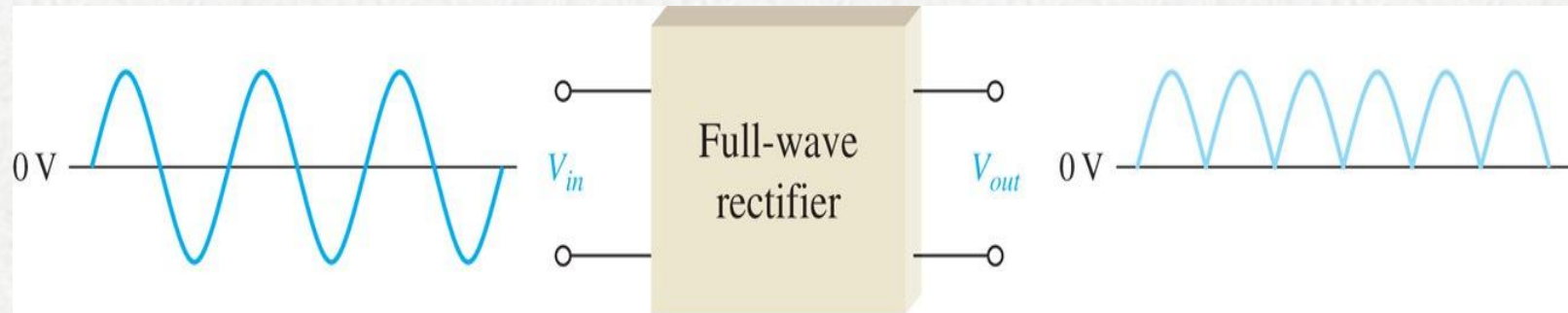
$$n = \frac{N_{sec}}{N_{pri}} = 0.5$$

$$V_{P(sec)} = nV_{P(pri)} = 85 \text{ V}$$

$$V_{P(out)} = 85 - 0.7 = 84.3 \text{ V}$$

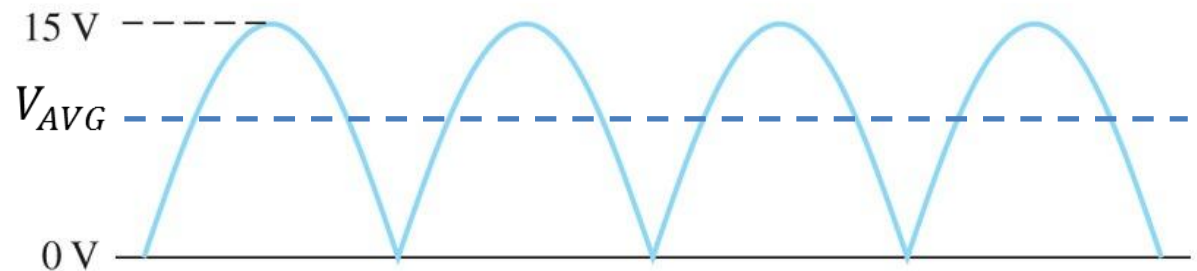
$$\text{PIV} = 85 \text{ V}$$

Πλήρης (Διπλός) Ανορθωτής



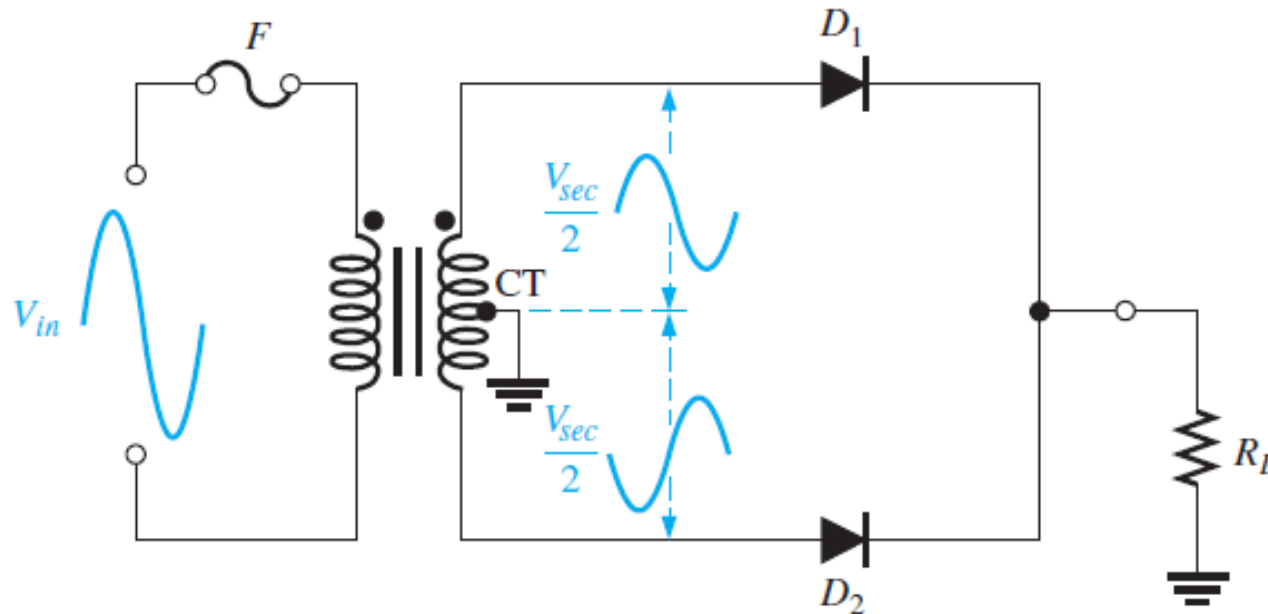
$$V_{AVG} = \frac{1}{2\pi} \left[\int_0^{\pi} \sin \theta \, d\theta + \int_{\pi}^{2\pi} -\sin \theta \, d\theta \right] = \frac{2V_P}{\pi} \cong 0.636 V_P$$

Παράδειγμα



$$V_{AVG} = \frac{2V_P}{\pi} = \frac{30 \text{ V}}{\pi} = 9.55 \text{ V}$$

Ανορθωτής Μεσαίας Λήψης

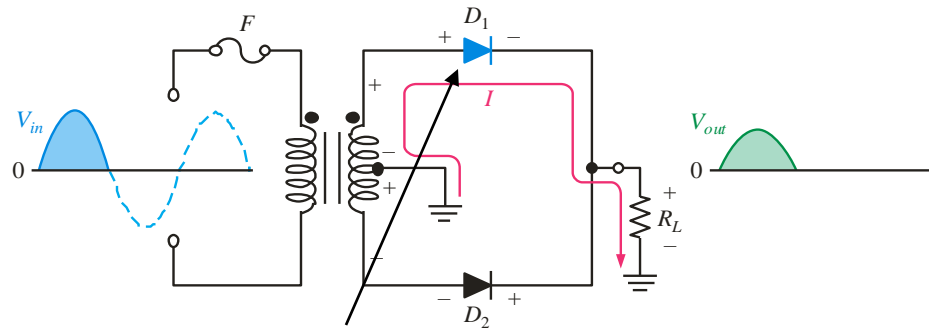


Ο ανορθωτής μεσαίας λήψης είναι ένας τύπος πλήρους ανορθωτή που χρησιμοποιεί δύο διόδους συνδεδεμένες στο δευτερεύον ενός μετασχηματιστή μεσαίας λήψης. Η τάση εισόδου μεταφέρεται στο δευτερεύον όπου η μισή από την τάση αυτή του δευτερεύοντος εμφανίζεται μεταξύ της μεσαίας λήψης και κάθε άκρου του τυλίγματος του δευτερεύοντος.

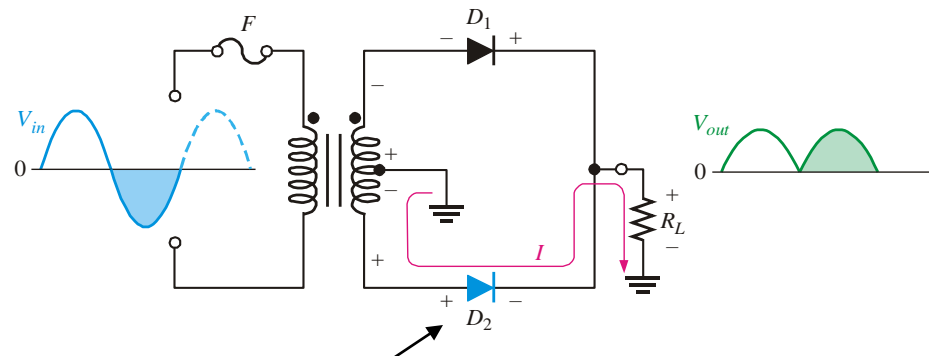
Πλήρης (Διπλός) Ανορθωτής

Μεσαίας Λήψης

Χρησιμοποιεί μετασχηματιστή μεσαίας λήψης με δύο διόδους που άγουν σε εναλλασσόμενες ημιπεριόδους.



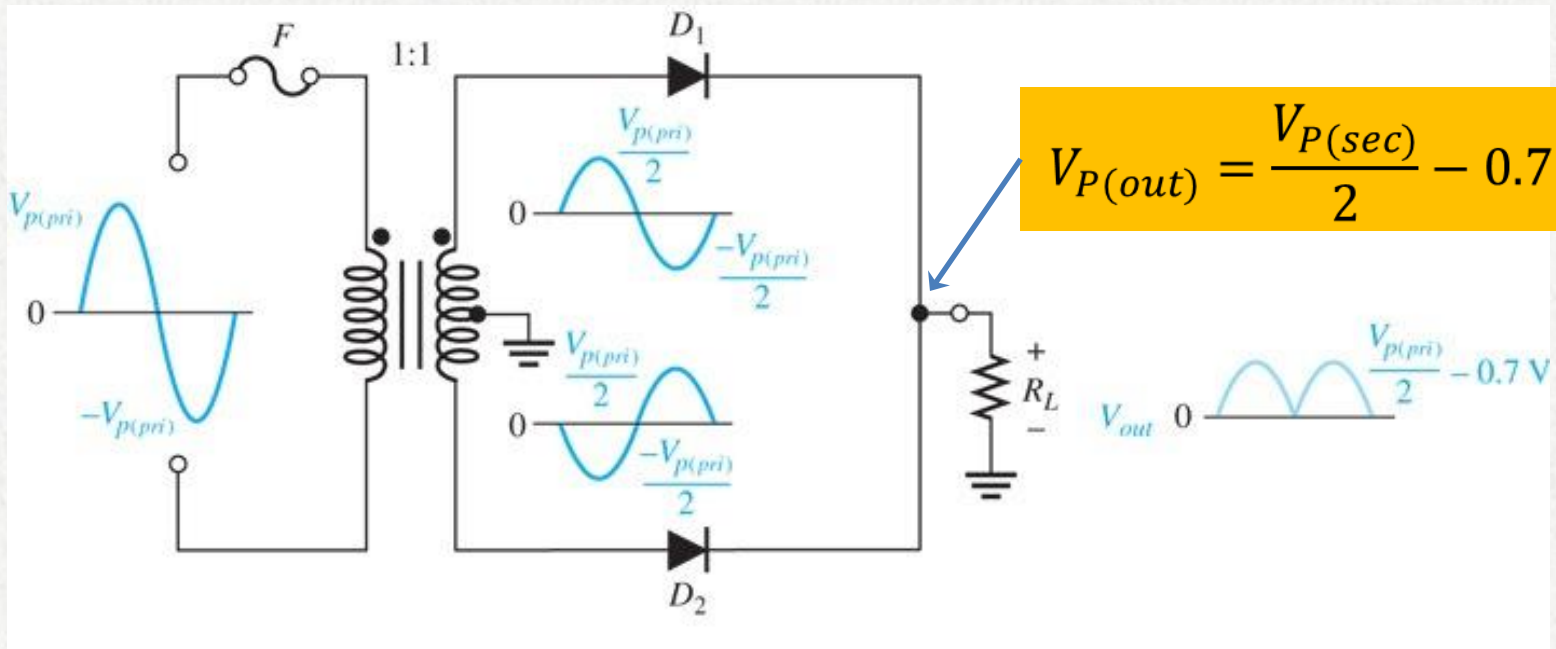
Κατά τη θετική ημιπερίοδο, η πάνω διάδος είναι ορθά πολωμένη και η κάτω διάδος ανάστροφα.



Κατά την αρνητική ημιπερίοδο, η κάτω διάδος είναι ορθά πολωμένη και η πάνω διάδος ανάστροφα.

Πλήρης (Διπλός) Ανορθωτής

Μεσαίας Λήψης



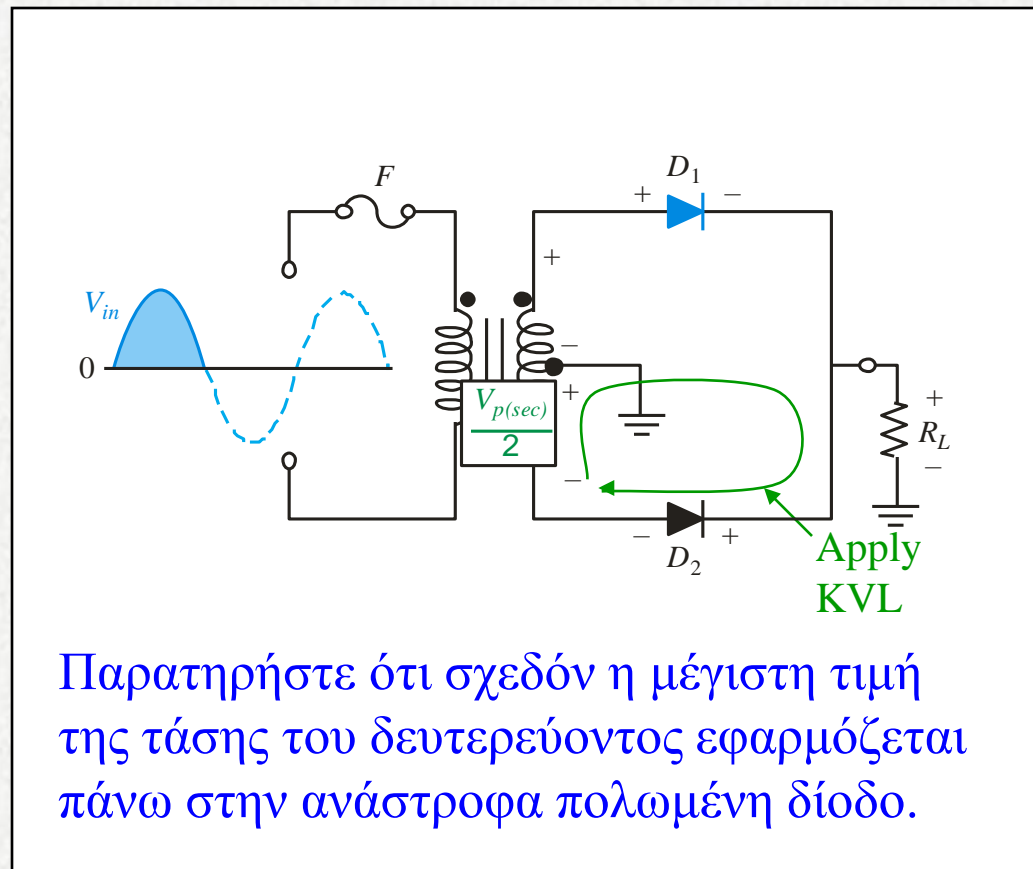
Πλήρης ανορθωτής μεσαίας λήψης με μετασχηματιστή με λόγο μετασχηματισμού 1. $V_{p(pri)}$ είναι η μέγιστη τιμή της τάσης εισόδου.

Πλήρης (Διπλός) Ανορθωτής

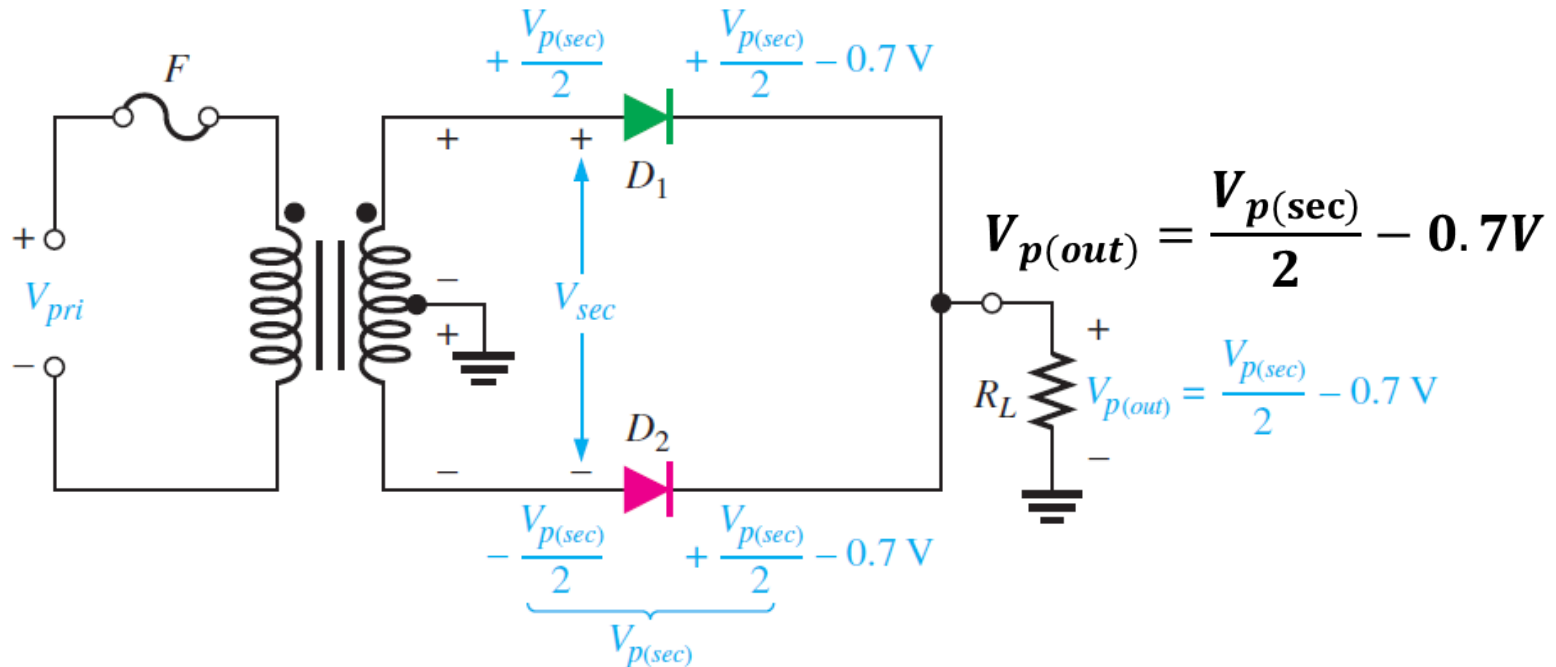
Μεσαίας Λήψης

Η τάση PIV μπορεί να βρεθεί με εφαρμογή του νόμου τάσεων KVL κατά μήκος του βρόχου με την πράσινη γραμμή για την ανάστροφα πολωμένη δίοδο.

$$\begin{aligned} \text{PIV} &= V_{P(sec)} - 0.7 \\ &= 2V_{P(out)} + 0.7 \end{aligned}$$



Ανάλυση PIV Πλήρους (Διπλού) Ανορθωτή



The peak inverse voltage across D_2 is

$$\begin{aligned} \text{PIV} &= \left(\frac{V_{p(sec)}}{2} - 0.7V \right) - \left(-\frac{V_{p(sec)}}{2} \right) = \frac{V_{p(sec)}}{2} + \frac{V_{p(sec)}}{2} - 0.7V \\ &= V_{p(sec)} - 0.7V \end{aligned}$$

Since $V_{p(out)} = V_{p(sec)}/2 - 0.7V$, then by multiplying each term by 2 and transposing,

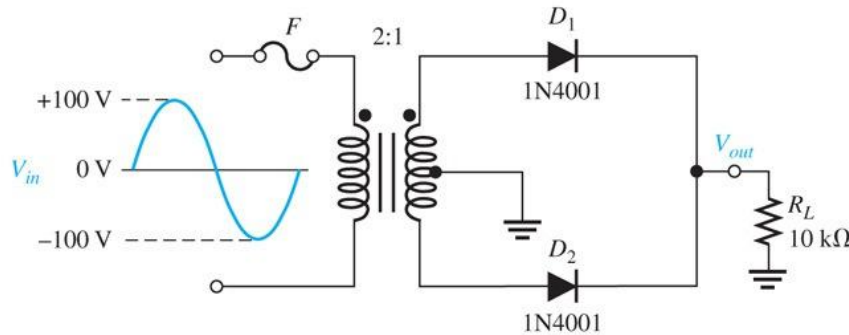
$$V_{p(sec)} = 2V_{p(out)} + 1.4V$$

Therefore, by substitution, the peak inverse voltage across either diode in a full-wave center-tapped rectifier is

$$\text{PIV} = 2V_{p(out)} + 0.7V$$

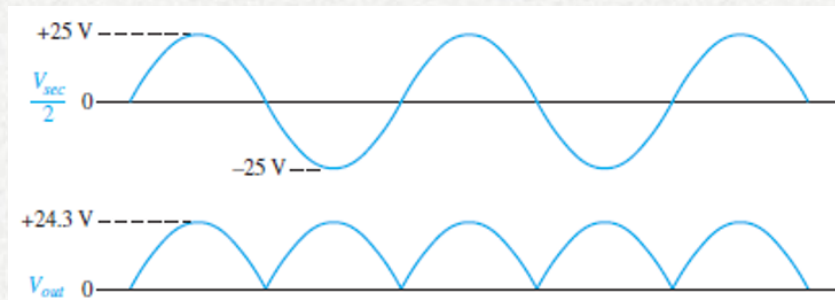
Πλήρης (Διπλός) Ανορθωτής

Παράδειγμα



$$PIV = V_{P(sec)} - 0.7 = 0.5 V_{P(pri)} - 0.7 = 49.3\text{ V}$$

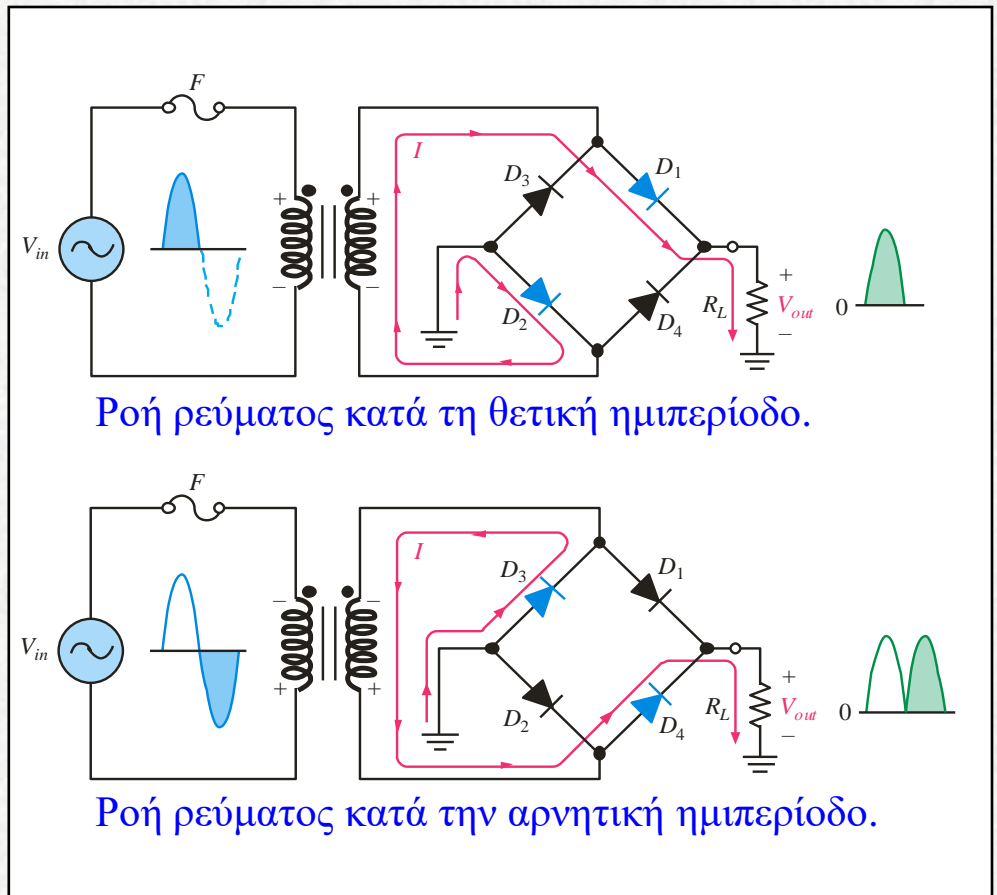
$$V_{P(out)} = \frac{V_{P(sec)}}{2} - 0.7 = 24.3\text{ V}$$



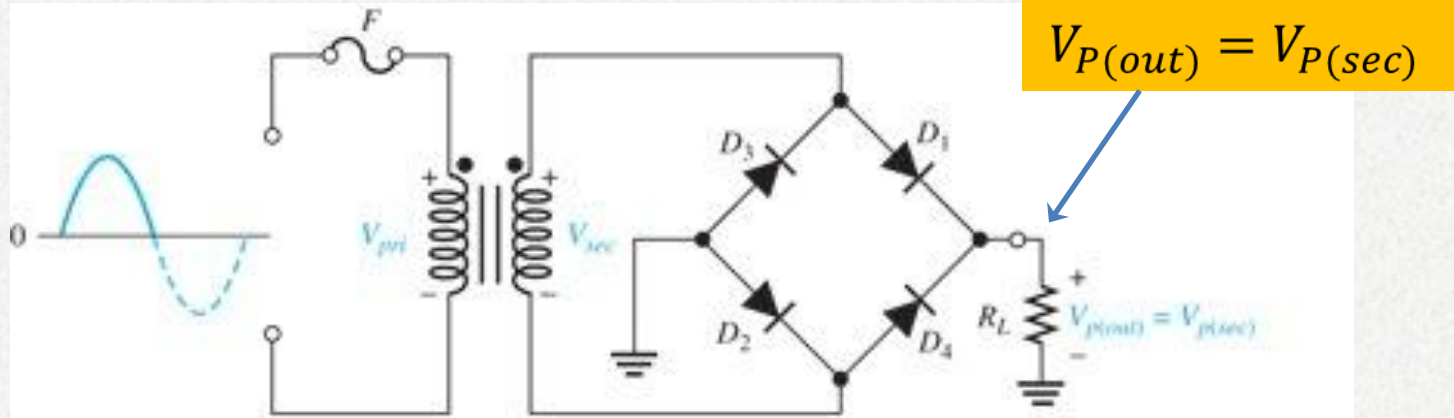
Πλήρης (Διπλός) Ανορθωτής

Ανορθωτής Γέφυρας

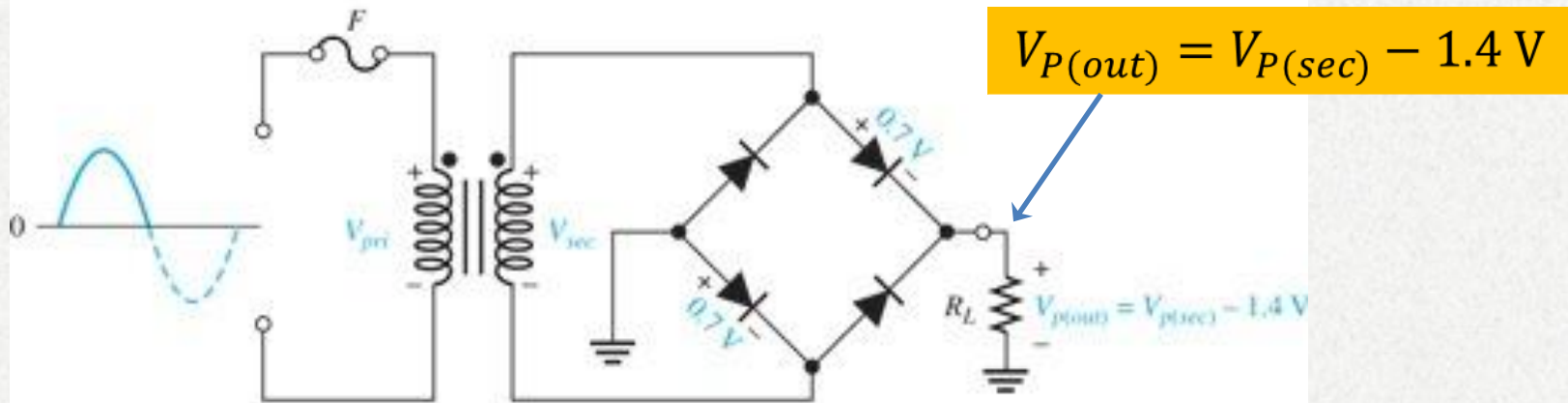
Ο ανορθωτής γέφυρας χρησιμοποιεί τέσσερις διόδους συνδεδεμένες όπως στο σχήμα.



Πλήρης (Διπλός) Ανορθωτής



(α) Ιδανικές διόδους



(β) Πραγματικές διόδους (με πτώση τάσης κατά μήκος τους).

Πλήρης (Διπλός) Ανορθωτής

Ανορθωτής Γέφυρας

Παράδειγμα:

Υπολογίστε τη μέγιστη τιμή της τάσης και του ρεύματος εξόδου πάνω στο φορτίο των $3.3 \text{ k}\Omega$ εάν $V_{sec} = 24 \text{ V}_{rms}$. Θεωρήστε πραγματικές διόδους.

Λύση:

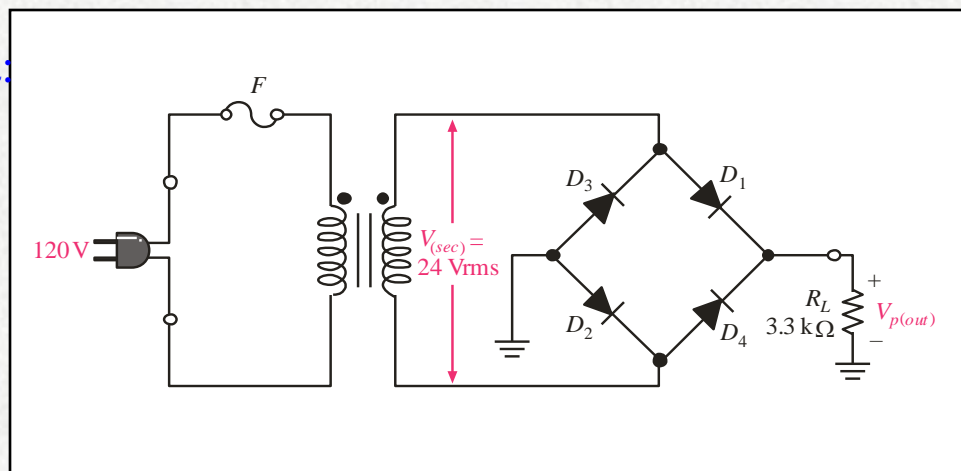
Η μέγιστη τιμή της τάσης εξόδου είναι

$$V_{p(sec)} = 1.41V_{rms} = 33.9 \text{ V}$$

$$V_{p(out)} = V_{p(sec)} - 1.4 \text{ V} \\ = 32.5 \text{ V}$$

Εφαρμόζοντας το νόμο του Ohm,

$$I_{p(out)} = 9.8 \text{ mA}$$

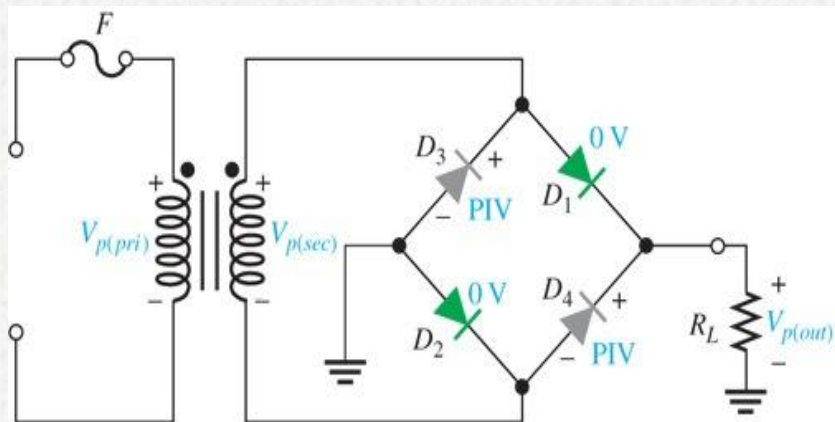


Πλήρης (Διπλός) Ανορθωτής

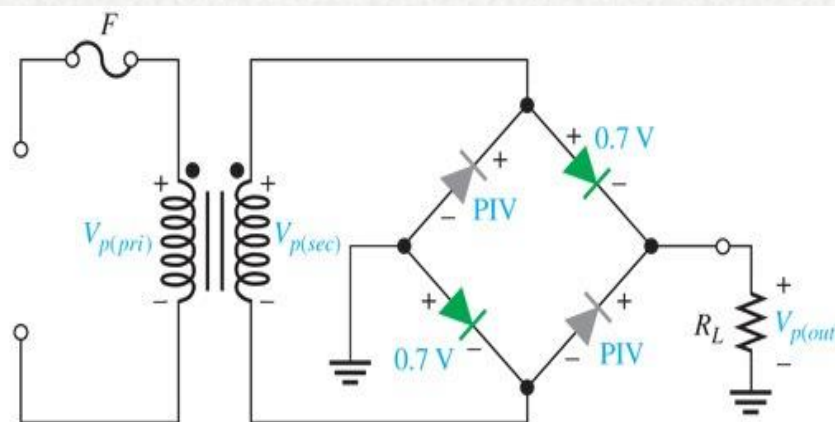
Ανορθωτής Γέφυρας

Ερώτηση:

Με τι ισούται η PIV?



(α) Με ιδανικές διόδους (οι D_1 και D_2 είναι ορθά πολωμένες και φαίνονται με πράσινο):



(β) Με πραγματικές διόδους (οι D_1 και D_2 είναι ορθά πολωμένες και φαίνονται με πράσινο):

$$PIV = V_{P(out)} = V_{P(sec)}$$

$$PIV = V_{P(out)} + 0.7 = V_{P(sec)} - 0.7$$

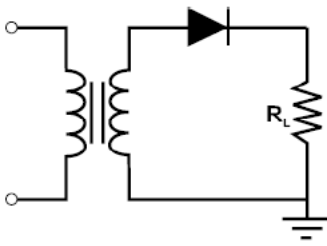
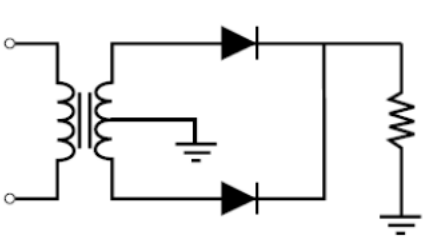
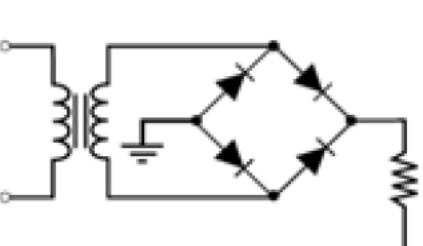



Πλήρης (Διπλός) Ανορθωτής

Ανορθωτής Γέφυρας

Γιατί οι ανορθωτές γέφυρας προτιμώνται από τους ανορθωτές μεσαίας λήψης?

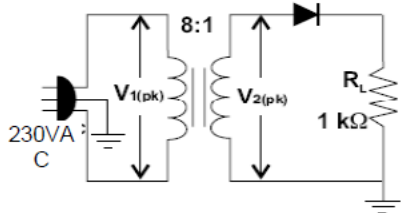
- Οι ανορθωτές γέφυρας δεν απαιτούν τη χρήση μετασχηματιστή μεσαίας λήψης.
- Οι ανορθωτές γέφυρας έχουν λιγότερα τυλίγματα στο δευτερεύον, άρα ο μετασχηματιστής είναι μικρότερος, ελαφρότερος και φθηνότερος.
- Οι ανορθωτές γέφυρας έχουν μικρότερες απαιτήσεις σε PIV.

Ανακεφαλαίωση Ανορθωτών

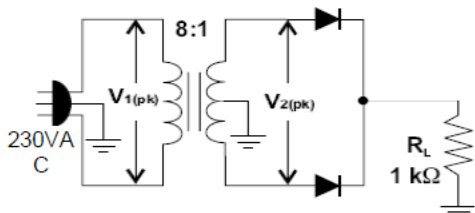
	Ημιανορθωτής	Πλήρης Ανορθωτής	Ανορθωτής Γέφυρας
Κυκλωματικό Διάγραμμα			
Κυματομορφή Εξόδου			
Μέγιστη Τάση Φορτίου $V_{L(pk)}$	$V_{2(pk)} - 0.7V$	$[(V_{2(pk)})/2] - 0.7V$	$V_{2(pk)} - 1.4V$
DC Τάση Φορτίου, V_{ave}	$V_{L(pk)}/\pi$ ή $0.318 V_{L(pk)}$	$2V_{L(pk)}/\pi$ ή $0.636 V_{L(pk)}$	$2V_{L(pk)}/\pi$ ή $0.636 V_{L(pk)}$
DC Ρεύμα Φορτίου, I_{ave}	V_{ave}/R_L	V_{ave}/R_L	V_{ave}/R_L
PIV	$V_{2(pk)}$	$V_{2(pk)} - 0.7V$	$V_{2(pk)} - 0.7V$
Συχνότητα	$f_{out} = f_{in} = 50 \text{ Hz}$	$f_{out} = 2f_{in} = 100 \text{ Hz}$	$f_{out} = 2f_{in} = 100 \text{ Hz}$

Παράδειγμα υπολογισμού ανορθωτών

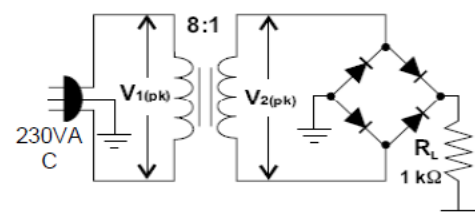
Ημιανορθωτής



Πλήρης Ανορθωτής



Ανορθωτής Γέφυρας



Για όλα τα κυκλώματα

$$V_{1(pk)} = 230V / 0.707 = 325,32 \text{ V}_P$$

$$V_{2(pk)} = (N_2 / N_1) V_{1(pk)} = 325,32 / 8 = 40,66 \text{ V}_{pk}$$

$V_{L(pk)} : V_{2(pk)} - 0.7V \approx 40V_{pk}$	$V_{L(pk)} : (V_{2(pk)}) / 2 - 0.7V \approx 19,62 \text{ V}_{pk}$	$V_{L(pk)} : V_{2(pk)} - 1.4V \approx 39,26 \text{ V}_{pk}$
$V_{ave} \text{ ή } V_{DC} : V_{L(pk)} \cdot (0.318) = 12,72V$	$V_{ave} \text{ ή } V_{DC} : V_{L(pk)} \cdot (0.636) = 12,48V$	$V_{ave} \text{ ή } V_{DC} : V_{L(pk)} \cdot (0.636) \approx 25V$
$I_{ave} \text{ ή } I_{DC} : V_{ave} / R_L = 12,72mA$	$I_{ave} \text{ ή } I_{DC} : V_{ave} / R_L = 12,48mA$	$I_{ave} \text{ ή } I_{DC} : V_{ave} / R_L = 25mA$
$PIV = V_{2(pk)} = 40,66 \text{ V}$	$PIV = V_{2(pk)} - 0.7V = 39,96 \approx 40 \text{ V}$	$PIV = V_{2(pk)} - 0.7V = 39,96 \approx 40 \text{ V}$
$f_{out} = f_{in} = 50 \text{ Hz}$	$f_{out} = 2f_{in} = 100 \text{ Hz}$	$f_{out} = 2f_{in} = 100 \text{ Hz}$

Συντελεστής απόδοσης

Στην ημιανόρθωση, η ισχύς του συνεχούς σήματος P_{DC} στο φορτίο, είναι:

$$P_{DC} = \frac{U_{DC}^2}{R_L} = \frac{U_0^2}{\pi^2 \cdot R_L}$$

Η ισχύς του εναλλασσόμενου σήματος P_{AC} που παρέχεται από το δευτερεύον του μετασχηματιστή στο κύκλωμα του σχήματος της ημιανόρθωσης είναι

$$P_{AC} = \frac{U_{rms}^2}{R_L} = \frac{U_0^2}{8 \cdot R_L}$$

Ως βαθμός ανόρθωσης n στην ανόρθωση ορίζεται το πηλίκο της ισχύος συνεχούς σήματος P_{DC} στο φορτίο, προς την ισχύ του εναλλασσόμενου P_{AC} που παρέχεται στο κύκλωμα. Για την περίπτωση της ημιανόρθωσης ο βαθμός απόδοσης n , σύμφωνα με τις προηγούμενες σχέσεις, θα είναι:

$$n = \frac{P_{DC}}{P_{AC}} = \frac{\frac{U_0^2}{\pi^2 \cdot R_L}}{\frac{U_0^2}{8 \cdot R_L}} = \frac{8}{\pi^2}$$

δηλαδή $n=0.8=80\%$.