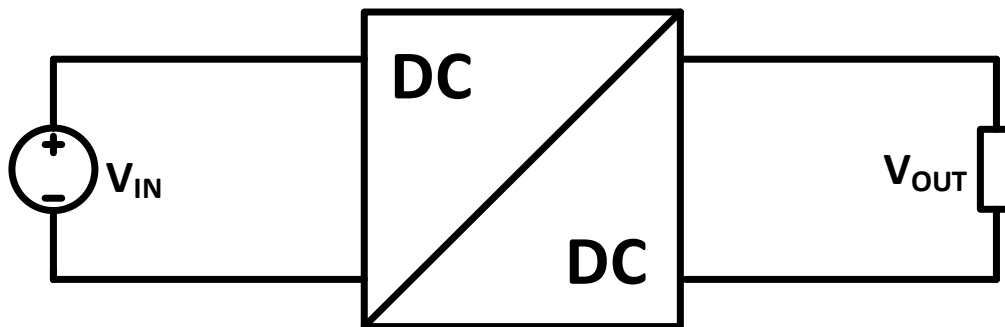




Ηλεκτρονική Ισχύος 1

Εργαστηριακή Άσκηση 1

Μετατροπείς Συνεχούς Τάσης σε Συνεχή (DC/DC Converters)



Σκοπός της άσκησης

Η άσκηση αυτή έχει σκοπό την κατανόηση της λειτουργίας των ηλεκτρονικών διατάξεων στη μετατροπή συνεχών σημάτων σε συνεχή.

Απαραίτητες γνώσεις

Βιβλίο: «Ηλεκτρονικά Ισχύος», Σ. Ν. Μανιάς, Εκδ. Συμεών, 2^η έκδοση.
Κεφάλαιο 7.

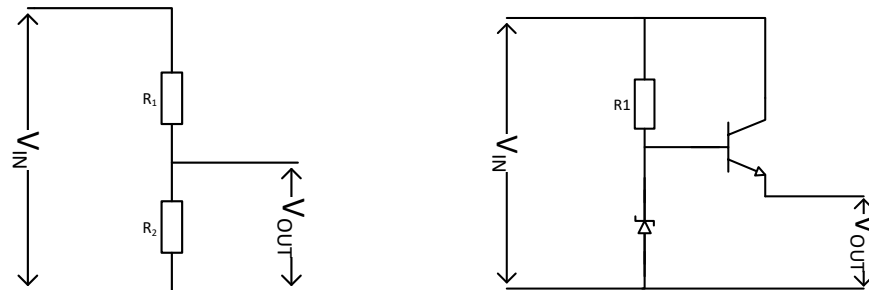


1. Εισαγωγή

Οι μετατροπείς συνεχούς σε συνεχή τάση (DC/DC Converters), χρησιμοποιούνται για την εναλλαγή του επιπέδου τάσης εξόδου ως προς την τάση εισόδου, με σκοπό η διαθέσιμη τροφοδοσία να συμβαδίζει με τις ανάγκες τροφοδοσίας των εκάστοτε φορτίων. Επιπροσθέτως οι μετατροπείς αυτοί χρειάζονται όταν υπάρχει ανάγκη για μεταβαλλόμενη τάση εξόδου, ή χρειάζεται να σταθεροποιηθεί μεταβαλλόμενη τάση εισόδου (ή να συμβαίνουν και τα δύο). Οι δύο βασικές κατηγορίες μετατροπέων συνεχούς σε συνεχή τάση είναι:

1. Γραμμικοί μετατροπείς (linear voltage regulators)
2. Παλμικοί μετατροπείς (switch mode converters)

2. Γραμμικοί μετατροπείς



Εικόνα 1: Γραμμικοί Μετατροπείς

Οι γραμμικοί μετατροπείς χρησιμοποιούνται αποκλειστικά για τον υποβιβασμό της τάσης εισόδου. Ο πιο απλός γραμμικός μετατροπέας είναι ο διαιρέτης τάσης (Εικόνα 1α). Ο διαιρέτης τάσης μπορεί μόνο να υποβιβάσει την τάση εισόδου και όχι να την σταθεροποιήσει. Όταν απαιτείται σταθεροποίηση μιας μεταβαλλόμενης τάσης εισόδου, απαιτείται κάποιο ελεγχόμενο ημιαγωγικό στοιχείο. Συνήθως στους γραμμικούς μετατροπείς το στοιχείο αυτό είναι κάποιο διπολικό τρανζίστορ (BJT). Το διπολικό αυτό τρανζίστορ ελέγχεται από την βάση του ώστε να λειτουργεί στην γραμμική περιοχή και να διατηρεί την τάση εξόδου σταθερή (Εικόνα 1β). Η πτώση τάσης στα στοιχεία των γραμμικών μετατροπέων, οδηγεί σε μεγάλες απώλειες ισχύος το οποίο οδηγεί σε χαμηλό βαθμό απόδοσης. Πιο συγκεκριμένα ο βαθμός απόδοσης των μετατροπέων αυτών είναι:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{V_{out} * I_{out}}{V_{in} * I_{in}}$$

Όμως το ρεύμα εισόδου είναι ίδιο με το ρεύμα εξόδου, οπότε η σχέση γίνεται:

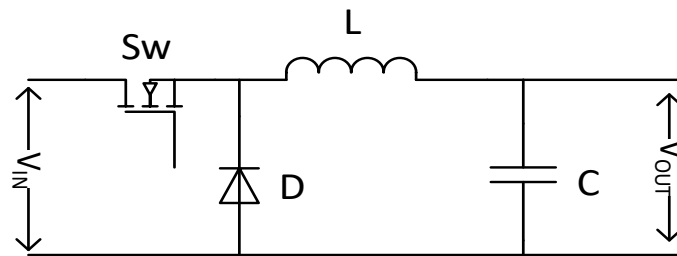
$$\eta = \frac{V_{out}}{V_{in}}$$



3. Παλμικοί μετατροπείς

Οι παλμικοί μετατροπείς ή παλμοτροφοδοτικά μπορούν να μετατρέψουν οποιαδήποτε συνεχή τάση εισόδου σε οποιαδήποτε συνεχή τάση εξόδου χωρίς μεγάλες απώλειες ισχύος. Στην πράξη υπάρχουν και πάλι απώλειες στα διακοπτικά στοιχεία αλλά και στα υπόλοιπα παθητικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται σε αυτούς, αλλά σε γενικές γραμμές οι αποδόσεις τους είναι εξαιρετικά υψηλές.

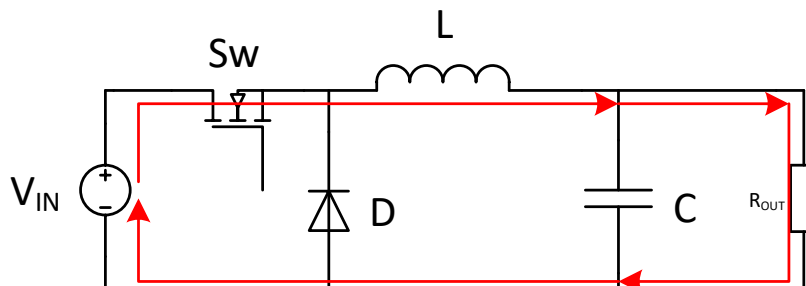
A. Μετατροπέας Υποβιβασμού Τάσης (Buck Converter)



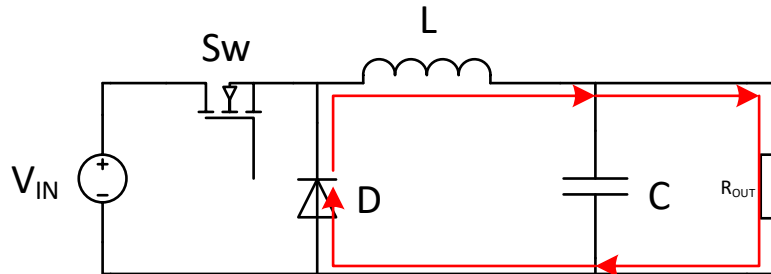
Εικόνα 2: Μετατροπέας Υποβιβασμού Τάσης

Ο μετατροπέας υποβιβασμού τάσης έχει 2 καταστάσεις κατά την λειτουργία του:

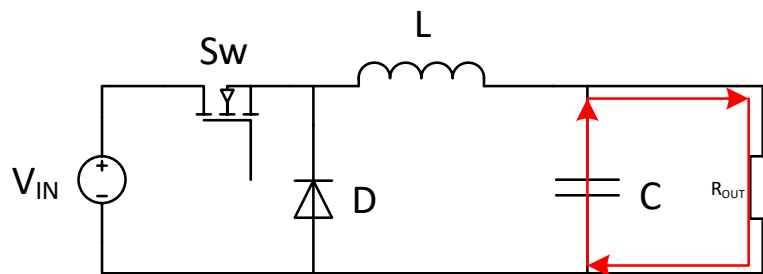
- Ο διακόπτης είναι κλειστός και ρέει ρεύμα από την είσοδο προς την έξοδο. Ταυτόχρονα το πηνίο και ο πυκνωτής στην έξοδο αποθηκεύουν ενέργεια.
- Ο διακόπτης είναι ανοιχτός και η έξοδος:
 - ο τροφοδοτείται από την αποθηκευμένη ενέργεια του πηνίου μέχρι να κλείσει ξανά ο διακόπτης (Συνεχής Αγωγή - CCM).
 - τροφοδοτείται από την αποθηκευμένη ενέργεια του πηνίου και όταν αυτή τελειώσει τροφοδοτείται από την αποθηκευμένη ενέργεια του πυκνωτή μέχρι να κλείσει ξανά ο διακόπτης (Ασυνεχής Αγωγή - DCM).



Εικόνα 3: Κλειστός Διακόπτης

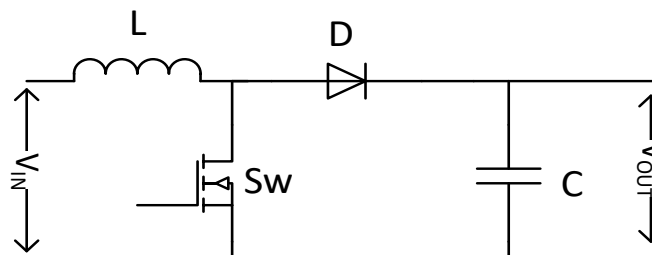


Εικόνα 4: Ανοιχτός Διακόπτης (Συνεχής Αγωγή)



Εικόνα 5: Ανοιχτός Διακόπτης (Ασυνεχής Αγωγή)

B. Μετατροπέας Ανύψωσης Τάσης (Boost Converter)



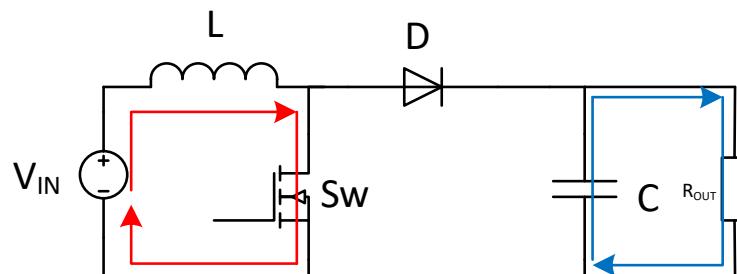
Εικόνα 6: Μετατροπέας Ανύψωσης Τάσης

Ο μετατροπέας ανύψωσης τάσης έχει 2 καταστάσεις κατά την λειτουργία του:

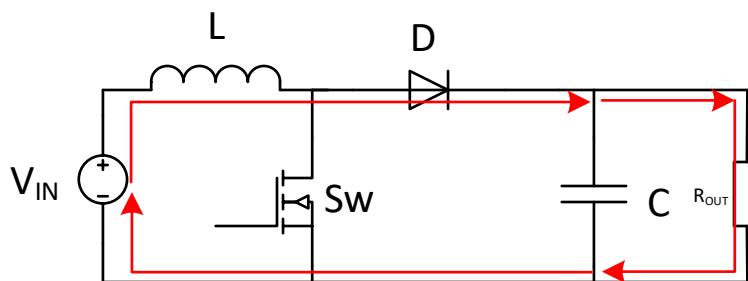
- **Ο διακόπτης είναι κλειστός** και ρέει ρεύμα στο πηνίο το οποίο αποθηκεύει ενέργεια. Η έξοδος τροφοδοτείται από την αποθηκευμένη ενέργεια του πυκνωτή εξόδου.
- **Ο διακόπτης είναι ανοιχτός** και:



- ο η έξοδος τροφοδοτείται από την είσοδο και την αποθηκευμένη ενέργεια στο πηνίο έως ότου ο διακόπτης κλείσει ξανά (Συνεχής Αγωγή - CCM).
- ο η έξοδος τροφοδοτείται από την είσοδο και την αποθηκευμένη ενέργεια στο πηνίο έως ότου το ρεύμα του πηνίου να μηδενιστεί. Στην συνέχεια η δίοδος είναι σε αποκοπή και η έξοδος τροφοδοτείται από την αποθηκευμένη ενέργεια του πυκνωτή (Ασυνεχής Αγωγή - DCM).



Εικόνα 7: Κλειστός Διακόπτης



Εικόνα 8: Ανοικτός Διακόπτης

4. Ερωτήσεις/Ασκήσεις

A. Γενικές ερωτήσεις

1. Να αναφερθούν 2 θετικά και 2 αρνητικά στοιχεία των γραμμικών μετατροπέων.
2. Θεωρήστε τάση εισόδου μεταβαλλόμενη από 12.1V έως 12.3V και επιθυμητή τάση στην έξοδο σταθεροποιημένη στα 12V, για ρεύμα εξόδου 10mA. Τι τύπο μετατροπέα θα διαλέγατε και γιατί;
3. Σε έναν γραμμικό μετατροπέα με τάση εισόδου 10V, τάση εξόδου 5V (όπως το LM7805 βλ. Datasheet <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm340.pdf>), και ρεύμα εξόδου 300mA, ποιος ο υπολογιζόμενος βαθμός απόδοσης και ποιες οι απώλειες του συστήματος? Που καταναλώνονται οι απώλειες αυτές?



4. Ποια η σχέση ρεύματος και τάσης σε ένα ιδανικό πηνίο? Αν θεωρήσουμε πως το ρεύμα του πηνίου στην αρχή είναι μηδενικό και εφαρμοστεί σε αυτό ένας τετραγωνικός παλμός τάσης, να σχεδιαστεί το ρεύμα του πηνίου σε συνάρτηση με την τάση. Επιλέξτε μόνοι σας το πλάτος και τη διάρκεια του παλμού τάσης που θα εφαρμόσετε.

B. Μετατροπέας Υποβιβασμού Τάσης

- I. Θεωρήστε έναν μετατροπέα υποβιβασμού τάσης με τάση εισόδου $V_{IN} = 60 \text{ V}$, τάση εξόδου $V_{OUT} = 24 \text{ V}$ που τροφοδοτεί ένα ωμικό φορτίο αντίστασης 6Ω . Η διακοπτική συχνότητα λειτουργίας είναι 100 kHz και ο μετατροπέας λειτουργεί στην περιοχή συνεχούς αγωγής (CCM). Να υπολογισθούν:
 1. Ο λόγος κατάτμησης d .
 2. Η ελάχιστη τιμή του πηνίου ώστε ο μετατροπέας να λειτουργεί στην περιοχή συνεχούς αγωγής.
 3. Η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο, αν η τιμή της επαγωγής αυτού ισούται με $240 \mu\text{H}$.
 4. Η ισχύς που απορροφάται από την πηγή και η ισχύς που καταναλώνεται στο ωμικό φορτίο
- II. Θεωρήστε έναν μετατροπέα υποβιβασμού τάσης με τάση εισόδου $V_{IN} = 48\text{V}$, τάση εξόδου $V_{OUT} = 6\text{V}$ και ισχύ εξόδου $P_{OUT} = 3\text{-}30\text{W}$. Η διακοπτική συχνότητα λειτουργίας είναι 30 kHz . Να υπολογισθεί η ελάχιστη τιμή του πηνίου ώστε ο μετατροπέας να λειτουργεί στην περιοχή συνεχούς αγωγής, σε οποιοσδήποτε συνθήκες λειτουργίας.

C. Μετατροπέας Ανύψωσης Τάσης

Ένας μετατροπέας ανύψωσης τάσης τροφοδοτεί με τάση εξόδου $V_{OUT} = 48 \text{ V}$ ένα φορτίο του οποίου η ισχύς είναι σταθερή και ίση με $P_{OUT} = 120 \text{ W}$. Η τάση εισόδου του μετατροπέα μεταβάλλεται μεταξύ $V_{IN} = 12 \text{ V} - 24 \text{ V}$ και η διακοπτική συχνότητα λειτουργίας είναι 50 kHz :

1. Να υπολογισθεί η οριακή τιμή του πηνίου ώστε ο μετατροπέας να λειτουργεί συνεχώς στην περιοχή ασυνεχούς αγωγής για οποιοσδήποτε συνθήκες λειτουργίας.
2. Να υπολογισθεί η οριακή τιμή του πηνίου ώστε ο μετατροπέας να λειτουργεί συνεχώς στην περιοχή συνεχούς αγωγής για οποιοσδήποτε συνθήκες λειτουργίας.
3. Αν το πηνίο είναι $50\mu\text{H}$, σε ποια περιοχή λειτουργεί ο μετατροπέας? Για τις παραπάνω συνθήκες λειτουργίας, ποια η ελάχιστη τιμή του πυκνωτή εξόδου, ώστε η κυμάτωση της τάσης εξόδου να είναι μικρότερη από $\Delta V_{OUT} \leq 0.5 \text{ V}$
4. Μπορεί ο μετατροπέας αυτός να λειτουργήσει χωρίς φορτίο? Αιτιολογήστε την απάντησή σας.



D. Τα αριθμητικά αποτελέσματα των ασκήσεων B και C να επιβεβαιωθούν με προσομοίωση στο πρόγραμμα PLECS. Στην αναφορά να παρουσιάσετε και τις ανάλογες κυματομορφές που απαιτούνται για κάθε ένα από τα παραπάνω ερωτήματα.

- Η εργασία είναι ατομική.
- Απαντήστε συνοπτικά και επί της ουσίας στα ερωτήματα της άσκησης. Οι απαντήσεις σας πρέπει να είσαι σαφείς και οι διατυπώσεις σας ξεκάθαρες. Ορισμένα ερωτήματα απαιτούν αυτενέργεια και σύνθεση γνώσεων του αντικειμένου. Θα εκτιμηθεί, πέραν των σωστών απαντήσεων, και η όλη ανάλυση που παρουσιάζεται.
- Για την παράδοση της εργασίας, υποβάλλετε την έκθεση αναφοράς σε μορφή .pdf, ή .docx στο λογισμικό Turnitin, για έλεγχο αυθεντικότητας. Ενθαρρύνουμε τη συνεργασία μεταξύ των φοιτητών, όχι όμως την από κοινού σύνταξη εργασιών, οι οποίες είναι αυστηρά ατομικές. ΠΡΟΣΟΧΗ: Μην συμπεριλάβετε στην έκθεσή σας τις εκφωνήσεις των ερωτημάτων, καθώς αν αυτές εμφανίζονται αυτούσιες σε πολλές εργασίες αξιολογούνται από το λογισμικό ως λογοκλοπή.
- Ο μέγιστος αποδεκτός βαθμός ομοιότητας με πηγές είναι 20%. Βαθμοί ομοιότητας μεγαλύτεροι του 20% θα συνεκτιμηθούν στη βαθμολόγηση των εργασιών.
- Η προθεσμία υποβολής της έκθεσης αναφοράς είναι αυστηρά δύο (2) εβδομάδες μετά την ανακοίνωση της άσκησης, δηλαδή ως τις 13/4/2021. Εκπρόθεσμες εργασίες δεν θα γίνουν δεκτές.