

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΑΘΗΝΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Όνομα: Στάθης Κατσίρης
Α.Μ.: 06825
Μάθημα: Ηλεκτρονικά Ισχύος
Καθηγητής: Γ. Χλούπης
Ημερομηνία παράδοσης: 24/2/2018
Project: 1^ο

Τίτλος

DC to DC buck converter

Εισαγωγή

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα (Integrated Circuit – IC) LM2576 είναι ένας μετατροπέας υποβιβασμού της τάσης (buck ή step down switching regulator). Ένα τέτοιο ολοκληρωμένο κύκλωμα χρησιμοποιείται για τη μετατροπή της συνεχούς τάσης με την οποία τροφοδοτείται μια συσκευή σε μια επίσης συνεχή τάση μικρότερης όμως τιμής για την τροφοδοσία ενός υποσυστήματος αυτής της συσκευής.

Σε αντίθεση με την τάση εξόδου η οποία είναι μικρότερη από την τάση εισόδου, το ρεύμα εξόδου δηλαδή το ρεύμα που διαρρέει το φορτίο που είναι συνδεδεμένο στην έξοδο ενός μετατροπέα υποβιβασμού της τάσης είναι μεγαλύτερο από αυτό της εισόδου. Το ρεύμα αυτό στην περίπτωση του μετατροπέα LM2576 μπορεί να φτάσει έως και τα 3A ενώ με την κατάλληλη συνδεσμολογία η τάση στην έξοδο του εν λόγω μετατροπέα μπορεί να είναι είτε ίση με μια από τις τάσεις 3,3V, 5V, 12V και 15V είτε ίση με μια οποιαδήποτε τάση μεταξύ της τάσης 1,23V και της τάσης 37V με το εύρος αυτό να αυξάνεται (από 1,23V μέχρι 57V) στην περίπτωση που η έκδοση του μετατροπέα LM2576 είναι η HV. Στην περίπτωση όπου η τάση εξόδου του μετατροπέα LM2576 δεν είναι μια τυπική τάση δηλαδή μια τάση σαν και αυτές που χρησιμοποιούνται στα περισσότερα ηλεκτρικά κυκλώματα αλλά μια άλλη τάση και μεγαλύτερη της τάσης 1,23V και μικρότερη της τάσης 37V η ρύθμιση της τάσης εξόδου του μετατροπέα σε αυτήν την τάση επιτυγχάνεται συνήθως μέσω μιας μεταβλητής αντίστασης. Εκτός από την ευελιξία που προσφέρει ο μετατροπέας LM2576 στην επιλογή της τάσης εξόδου ο συγκεκριμένος μετατροπέας απαιτεί λίγα εξωτερικά εξαρτήματα προκειμένου να μπορέσει να λειτουργήσει ως μετατροπέας υποβιβασμού της τάσης ενώ ταυτόχρονα είναι αρκετά αποδοτικός.

Η υψηλή απόδοση η οποία και ξεπερνάει το 90% είναι κοινό χαρακτηριστικό όλων των μετατροπέων υποβιβασμού της τάσης και αυτός είναι και ο κύριος λόγος για τον οποίο αυτοί οι μετατροπείς προτιμώνται έναντι των γραμμικών σταθεροποιητών τάσης (linear voltage regulators). Το χαρακτηριστικό αυτό οφείλεται στο γεγονός πως στους μετατροπείς υποβιβασμού της τάσης τα τρανζίστορ που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία της τάσης στην έξοδο των μετατροπέων λειτουργούν στην περιοχή του κόρου και της αποκοπής σε αντίθεση με το τρανζίστορ που χρησιμοποιεί κάθε γραμμικός σταθεροποιητής τάσης το οποίο λειτουργεί στην γραμμική περιοχή. Συγκεκριμένα κάθε μετατροπέας υποβιβασμού της τάσης αξιοποιεί τουλάχιστον δυο τρανζίστορ από τα οποία το ένα χρησιμοποιείται για την αποθήκευση ενέργειας σε μορφή μαγνητικού πεδίου και το άλλο για την απελευθέρωση αυτής της ενέργειας στο φορτίο που είναι συνδεδεμένο στην έξοδο του μετατροπέα υποβιβασμού της τάσης. Με αυτόν τον τρόπο ο μετατροπέας υποβιβασμού της τάσης επιτυγχάνει την μετατροπή της τάσης εισόδου σε μια τάση στην έξοδο μικρότερης τιμής αλλά ίδιας πολικότητας με αυτήν της τάσης εισόδου χωρίς σε αυτόν να αναπτύσσεται υψηλή θερμοκρασία. Αντίθετα η συνεχής λειτουργία του PNP τρανζίστορ που είναι ενσωματωμένο σε έναν γραμμικό σταθεροποιητή τάσης με στόχο τον έλεγχο του ρεύματος που διαρρέει το φορτίο και συνεπώς τον έλεγχο της τάσης που αναπτύσσεται στα άκρα του έχει ως αποτέλεσμα οι απώλειες ενός γραμμικού σταθεροποιητή τάσης να είναι μεγαλύτερες από τις απώλειες ενός μετατροπέα υποβιβασμού της τάσης και συνεπώς η θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την διάρκεια της λειτουργίας του πρώτου να είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την διάρκεια της λειτουργίας του δεύτερου. Έτσι εκτός από την διαφορά στην απόδοση ένας μετατροπέας υποβιβασμού της τάσης διαφέρει από έναν γραμμικό σταθεροποιητή τάσης και ως προς την θερμοκρασία που αναπτύσσεται πάνω στο ολοκληρωμένο που χρησιμοποιείται στο αντίστοιχο κύκλωμα.

Οι μετατροπείς υποβιβασμού της τάσης ανήκουν στην κατηγορία των μετατροπέων συνεχούς τάσης σε συνεχή τάση χωρίς γαλβανική απομόνωση. Σε αυτήν την κατηγορία των μετατροπέων ανήκουν επίσης και οι μετατροπείς ανύψωσης της τάσης (DC to DC boost ή step up converters), οι μετατροπείς υποβιβασμού-ανύψωσης της τάσης (DC to DC buck-boost converters) και οι μετατροπείς ανύψωσης-υποβιβασμού της τάσης ή αλλιώς οι μετατροπείς cuk (cuk ή DC to DC boost-buck converters). Η άλλη μεγάλη κατηγορία μετατροπέων συνεχούς τάσης σε συνεχή τάση είναι οι μετατροπείς συνεχούς τάσης σε συνεχή τάση με γαλβανική απομόνωση. Σε αυτήν την κατηγορία των μετατροπέων ανήκουν οι μετατροπείς υποβιβασμού-ανύψωσης της τάσης εξόδου σε σχέση με την ανηγμένη τάση εισόδου (flyback converters), οι συμμετρικοί μετατροπείς (push-pull DC to DC converters), οι μετατροπείς ημιγέφυρας (half bridge DC to DC converters), οι μετατροπείς πλήρους γέφυρας (full bridge DC to DC converters) και οι μετατροπείς υποβιβασμού της τάσης εξόδου σε σχέση με την ανηγμένη τάση εισόδου (forward DC to DC converters). Από την άλλη οι σταθεροποιητές τάσης ταξινομούνται στους τυπικούς σταθεροποιητές τάσης (standard voltage regulators) και στους σταθεροποιητές τάσης μικρής διαρροής (low dropout ή LDO voltage regulators). Μια παραλλαγή των σταθεροποιητών τάσης μικρής διαρροής είναι οι σταθεροποιητές τάσης μικρής διαρροής τύπου quasi (quasi low dropout voltage regulators).

Οι σταθεροποιητές τάσης που αναφέρθηκαν προηγουμένως δηλαδή οι σταθεροποιητές τάσης στους οποίους το στοιχείο περάσματος (pass device) αποτελείται από ένα PNP τρανζίστορ ανήκουν στην κατηγορία των γραμμικών σταθεροποιητών τάσης μικρής διαρροής. Το στοιχείο περάσματος σε έναν γραμμικό σταθεροποιητή τάσης είναι εκείνο το στοιχείο που επιτρέπει την αγωγή του απαιτούμενου ρεύματος από την είσοδο στην αρρυθμιστή έξοδο προκειμένου η τάση που εμφανίζεται στην τελευταία να γίνει ίση με την επιθυμητή. Σχετικά με τον μετατροπέα υποβιβασμού της τάσης που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας αυτός είναι ένας ασύγχρονος μετατροπέας υποβιβασμού της τάσης (non-synchronous DC to DC buck converter). Η διαφορά μεταξύ ενός σύγχρονου και ενός ασύγχρονου μετατροπέα υποβιβασμού της τάσης φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

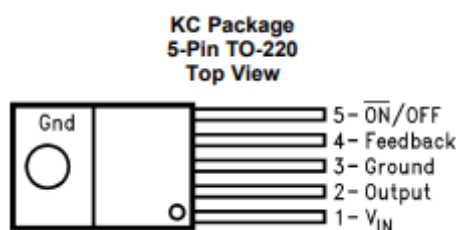


Non-Synchronous Buck Converter

Synchronous Buck Converter

Όπως φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα οι ασύγχρονοι μετατροπείς υποβιβασμού της τάσης χρησιμοποιούν ένα τρανζίστορ και μια δίοδο ενώ οι σύγχρονοι μετατροπείς υποβιβασμού της τάσης (synchronous DC to DC buck converters) χρησιμοποιούν δυο τρανζίστορ. Έτσι χρησιμοποιώντας το ολοκληρωμένο κύκλωμα LM2576HVT-ADJ οι ακροδέκτες του οποίου φαίνονται στην παρακάτω εικόνα

LM2576



υλοποιήθηκε ένα κύκλωμα για τη μετατροπή μιας συνεχούς τάσης με τιμή 9V σε μια συνεχή τάση με τιμή μεταξύ του 1V και των 7V.

Εργασία

Εξαρτήματα

Ολοκληρωμένο κύκλωμα: LM2576HVT-ADJ

Ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές: 220μF, 16V
100μF, 16V

Πηνίο: 220μH

Δίοδος: MBR360

Αντίσταση: 2,2kΩ

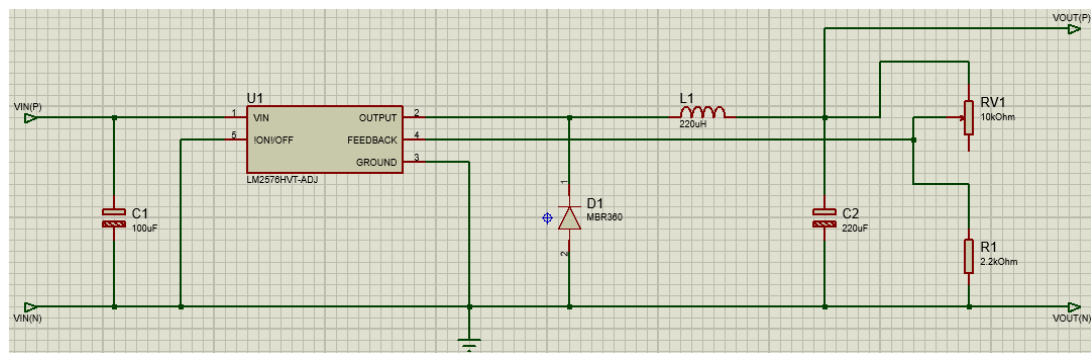
Μεταβλητή αντίσταση: τρίμμερ πολύστροφο 10kΩ

Κλέμμες: 2 × κλέμμα πλακέτας δυο ακροδεκτών

Μπαταρία: 9V μπαταρία

Πλακέτα: διάτρητη πλακέτα 71mm x 94mm

Κύκλωμα

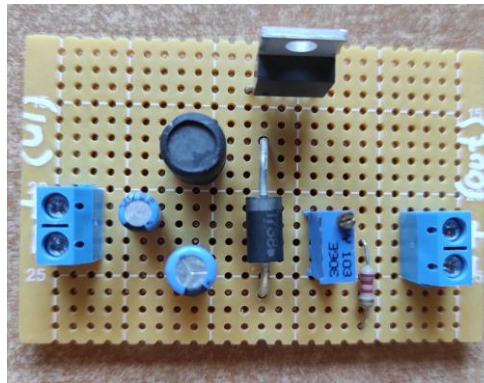


Το κύκλωμα που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα σχεδιάστηκε στο πρόγραμμα Proteus. Η τάση στην έξοδο του παραπάνω κυκλώματος υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο

$$V_{out} = 1,23 \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

όπου η αντίσταση R_2 είναι η αντίσταση RV1 που φαίνεται στο παραπάνω κύκλωμα.

Κατασκευή



Μετρήσεις

Τάση εισόδου 9V.

1) Χωρίς φορτίο στην έξοδο.

$$V_{\text{out}} = 7V \quad \text{και} \quad I_{\text{in}} = 0,23A$$

2) Για διαφορετικά ωμικά φορτία στην έξοδο και για τάση εξόδου ίση με 7V (η τάση που εμφανίζεται στην έξοδο του κυκλώματος όταν σε αυτήν δεν έχει συνδεθεί κάποιο φορτίο).

| $V_{\text{out}} \text{ (V)}$ | $I_{\text{in}} \text{ (A)}$ |
|------------------------------|-----------------------------|
| 6,42 | 0,3 |
| 6,26 | 0,5 |
| 6,09 | 0,6 |
| 5,42 | 0,8 |
| 4,98 | 1 |