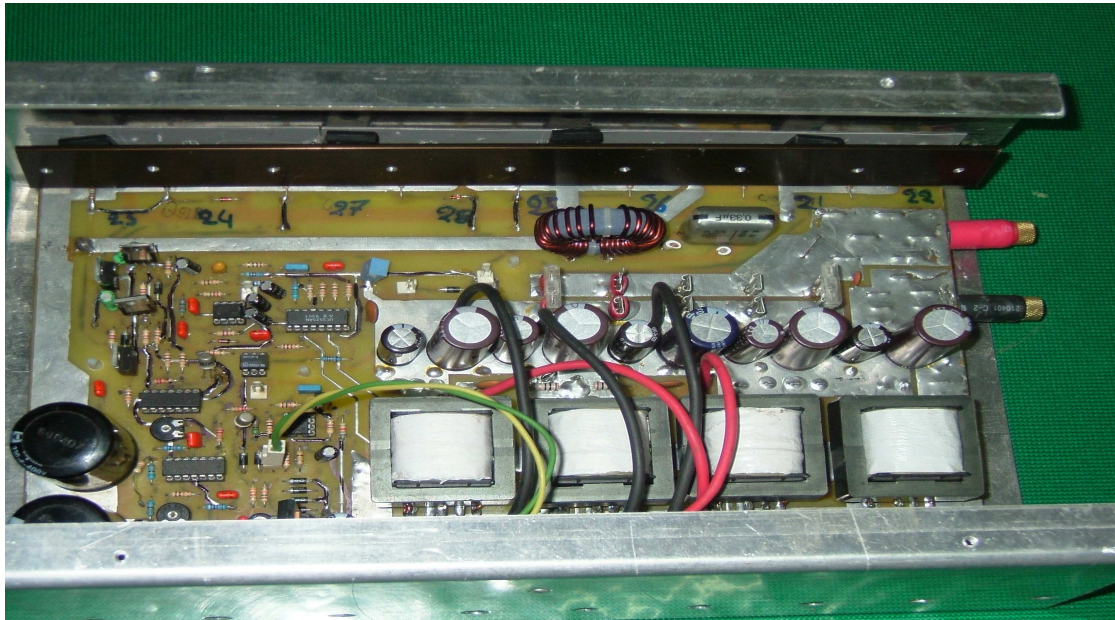


**T.E.I OF CRETE
ELECTRONIC DEPARTMENT OF CHANIA**

DIPLOMA PROJECT



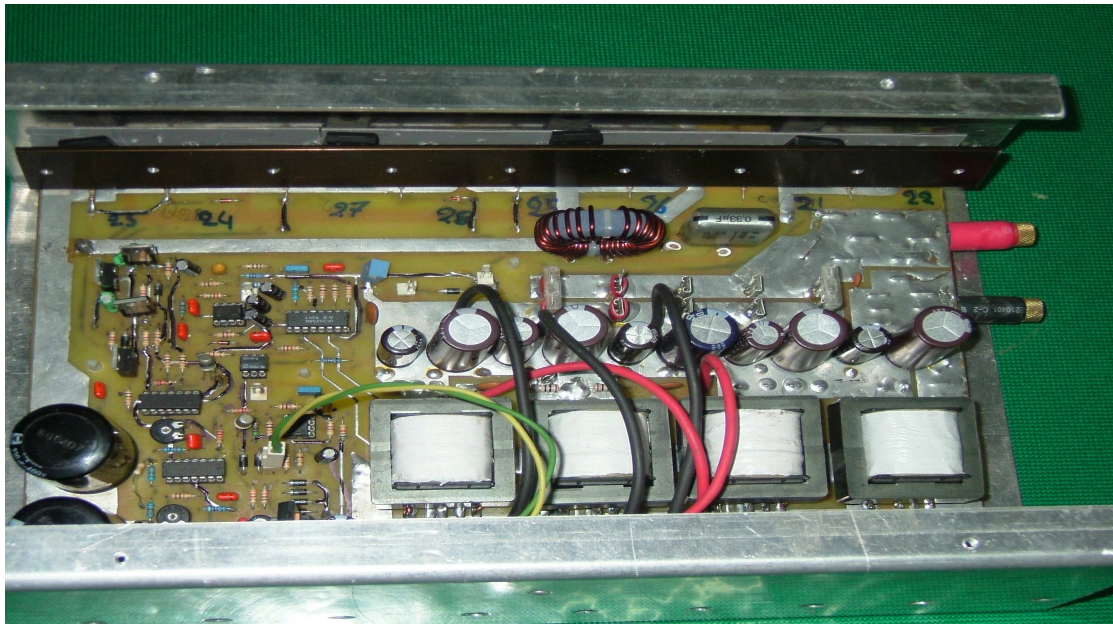
**DESIGNING METHOD OF INVERTER DC TO AC
OF 1000W POWER**

MICHALIS AGGELIDIS

**ADVISER: MPAKATSAKIS MICHALIS
PROFESSOR OF APPLICATIONS**

Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΧΑΝΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



***ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ
DC ΣΕ AC ΙΣΧΥΟΣ 1000W***

ΜΙΧΑΛΗΣ Ν. ΑΓΓΕΛΙΔΗΣ

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΜΠΑΚΑΤΣΑΚΗΣ ΜΙΧΑΛΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχίζοντας την αναλυτική παρουσίαση αυτής της διπλωματικής εργασίας, αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις ευχαριστίες μου προς τον άνθρωπο που με βοήθησε στην διεκπεραίωσή της, τον καθηγητή μου και εισηγητή αυτής της διπλωματικής κ. Μπακατσάκη Μιχάλη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ**
- 2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ**
- 3. ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΙΣΧΥΟΣ**
- 4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ
ΤΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ**
- 5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ**
- 6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ**
- 7. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**
- 8. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**
- 9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**
- 10. DATA SHEET ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ**

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός μετατροπέα DC/AC (αντιστροφέα-inverter) με τη χρήση μετασχηματιστή με πυρήνα φερρίτη(στην κατασκευή μου χρησιμοποιώ τέσσερις).

Ένας αντιστροφέας μετατρέπει μια τάση DC σε μια συμμετρική τάση AC επιθυμητού πλάτους και συχνότητας. Σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές απαιτείται ο έλεγχος της τάσης εξόδου του αντιστροφέα ώστε αυτή να παραμένει σταθερή ανεξάρτητα από τη μεταβολή της τάσης τροφοδοσίας και με φορτίο η τάση εξόδου μπορεί να ελέγχεται αυξομειώνοντας την τάση DC εισόδου και διατηρώντας σταθερό το κέρδος του αντιστροφέα(variable dc-link inverter) ή διατηρώντας σταθερή την τάση εισόδου και μεταβάλλοντας το κέρδος του αντιστροφέα. Ο αντιστροφέας που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε στην εργασία αυτή ανήκει στην δεύτερη κατηγορία. Το κέρδος ενός αντιστροφέα είναι ο λόγος της τάσης rms εξόδου προς την τάση DC εισόδου.

Σ' έναν αντιστροφέα, η τάση εξόδου πρέπει να είναι ημιτονοειδής. Στις περισσότερες εφαρμογές η παραμόρφωση της εξόδου απαιτείται να είναι χαμηλή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση ημιαγωγικών εξαρτημάτων ισχύος υψηλής ταχύτητας (mosfet) σε συνδυασμό με τεχνικές μεταγωγής(switching).

Ακόμη μπορεί να είναι τετραγωνικής μορφής, ή μιας ενδιάμεσης μορφής μεταξύ ημιτόνου και τετραγώνου, η οποία ονομάζεται τροποποιημένου ημίτονου. Η μορφή αυτή είναι η περισσότερο συνηθισμένη σε σχεδιάσεις χαμηλού κόστους αλλά ικανοποιητικής ποιότητας. Με τη μορφή αυτή μπορεί να λειτουργήσουν οι περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές. Η τετραγωνική μορφή χρησιμοποιείται ελάχιστα και μόνο σε απλές και φθηνές ηλεκτρονικές συσκευές.

Οι αντιστροφής χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε βιομηχανικές εφαρμογές όπως σε:

- Τροφοδοτικές διατάξεις αδιάλειπτης λειτουργίας(UPS)
- Συστήματα ελέγχου ταχύτητας ηλεκτρικών μηχανών
- Συστήματα ελέγχου θερμοκρασίας
- Αιολικά συστήματα
- Φωτοβολταικά συστήματα κ.α

Χαρακτηριστικό στοιχείο στη μεθοδολογία που χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό του αντιστροφέα που περιγράφεται σ' αυτή την εργασία είναι η χρήση μετασχηματιστών με πυρήνα φερρίτη που επιτρέπει τη λειτουργία του σε υψηλή συχνότητα. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης μετασχηματιστή με πυρήνα φερρίτη είναι τόσο το μικρότερο βάρος όσο και το μικρότερο κόστος του σε σχέση με έναν μετασχηματιστή με πυρήνα σιδηρού. Έτσι με τη μεταφορά σημάτων υψηλής συχνότητας, επιτυγχάνεται μεγάλη απόδοση στο μετασχηματιστή(της τάξης του 95%) ακόμα και σε υψηλή ισχύ λειτουργίας του.

Οι προδιαγραφές του συστήματος που σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε είναι :

- Τάση εξόδου 220 - 240v rms, 50Hz με μορφή τροποποιημένου ημιτόνου
- Μέγιστη ισχύς εξόδου 1000 Watts
- Τροφοδοσία από μπαταρία της οποίας η τάση είναι 12 V

Βασική παράμετρος κατά το σχεδιασμό ενός αντιστροφέα είναι πάντα ο βαθμός απόδοσής του. Για να επιτευχθεί αυτό στην προκειμένη περίπτωση ήταν απαραίτητο να

χρησιμοποιηθεί διαμόρφωση παλμών. Ο σχεδιασμός του συστήματος βασίστηκε στην διαμόρφωση εύρους παλμών (pulse width modulation, PWM). Όπως θα αναφερθεί στη συνέχεια η διαμόρφωση η οποία χρησιμοποιήθηκε έχει σαν στόχο την παραγωγή ενός φέροντος σήματος υψηλής συχνότητας. Ένα τέτοιο σήμα μπορεί να οδηγήσει το μετασχηματιστή φερρίτη με χαμηλές απώλειες ενώ μεταφέρεται μεγάλη ισχύς.

Η χρήση υψηλών συχνοτήτων για τη λειτουργία του μετασχηματιστή απαιτεί πολύ γρήγορα εξαρτήματα. Τα εξαρτήματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν είναι τα MOSFET. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ότι απαιτεί πολλά στάδια για την παραγωγή του σήματος εξόδου, αυξάνοντας έτσι το κόστος της κατασκευής. Η σημαντική, όμως, μείωση του βάρους του μετασχηματιστή και επομένως της κατασκευής καθώς και η δυνατότητα σημαντικής μείωσης των απωλειών αντισταθμίζουν το παραπάνω μειονέκτημα.

2.ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΩΝ

Οι αντιστροφείς που χρησιμοποιούνται σήμερα στη βιομηχανία διαιρούνται σε δύο κατηγορίες:

A) σ' αυτούς οι οποίοι τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς τάσης και

B) στους αντιστροφείς οι οποίοι τροφοδοτούνται από πηγή συνεχούς ρεύματος

Επίσης οι παραπάνω κατηγορίες μπορούν να διαιρεθούν στις εξής:

1. Στους μονοφασικούς αντιστροφείς σε συνδεσμολογία ημιγέφυρας
2. Στους μονοφασικούς αντιστροφείς σε συνδεσμολογίας πλήρους γέφυρας και
3. Στους τριφασικούς αντιστροφείς σε συνδεσμολογίας ημιγέφυρας

Στους μονοφασικούς αντιστροφείς χρησιμοποιούνται ημιαγωγικά στοιχεία σαν διακόπτες, σχηματίζοντας μια διάταξη γέφυρας ή ημιγέφυρας. Η έξοδος της διάταξης αυτής αφού ανυψωθεί με μετασχηματιστή και περάσει από φίλτρο συνδέεται στο φορτίο.

Οι τριφασικοί αντιστροφείς χρησιμοποιούνται συνήθως σε εφαρμογές μεγάλης ισχύος. Τρεις μονοφασικοί αντιστροφείς σε συνδεσμολογία γέφυρας ή ημιγέφυρας μπορούν να συνδεθούν παράλληλα, σχηματίζοντας έτσι τη διάταξη του τριφασικού αντιστροφέα.

Σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές συχνά απαιτείται ο έλεγχος της τάσης εξόδου του αντιστροφέα λόγω μεταβολής της τάσης εισόδου ή λόγω μεταβολής της τάσης εξόδου με το φορτίο. Η μεταβολή του κέρδους του αντιστροφέα και συνεπώς η ρύθμιση της τάσης εξόδου, γίνεται χρησιμοποιώντας έλεγχο διαμόρφωσης εύρους παλμών μέσα στον αντιστροφέα σε συνδυασμό με κυκλώματα ανάδρασης. Οι πιο διαδεδομένες τεχνικές είναι:

διαμόρφωση εύρους παλμών με έναν παλμό

A. πολλαπλή διαμόρφωση εύρους παλμών

B. ημιτονοειδής διαμόρφωση εύρους παλμών

C. τροποποιημένη ημιτονοειδής διαμόρφωση εύρους παλμών

D. έλεγχο μετατόπισης φάσης.

Από τις παραπάνω μεθόδους, η ημιτονοειδής διαμόρφωση εύρους παλμών είναι πιο αποδοτική στη μείωση των χαμηλής τάξης αρμονικών.

3.ΤΑ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ ΙΣΧΥΟΣ

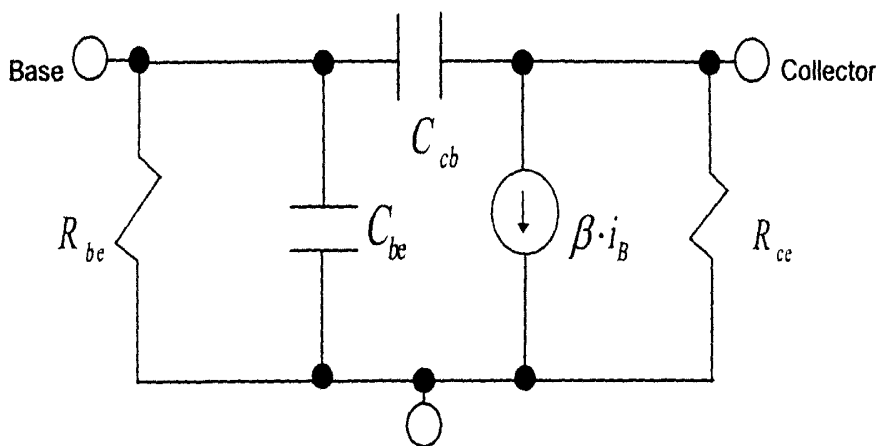
Σ' αυτό το εδάφιο γίνεται μια ανασκόπηση των χαρακτηριστικών των διπολικών τρανζίστορ και των MOSFET. Από την σύγκριση προκύπτει ποια είναι τα πλέον κατάλληλα για να χρησιμοποιηθούν σ' ένα αντιστροφέα.

Α. Διπολικά τρανζίστορ ισχύος

Σε πολλές ηλεκτρονικές διατάξεις ισχύος μπορεί το διπολικό τρανζίστορ να λειτουργεί σαν διακόπτης, δηλαδή μπορεί να βρίσκεται στην κατάσταση κορεσμού ή στην κατάσταση αποκοπής. Στην κατάσταση κορεσμού, οι επαφές εκπομπού-βάσης και συλλέκτη-βάσης είναι ορθά πολωμένες και οποιαδήποτε αύξηση στο ρεύμα βάσης δεν προκαλεί μεταβολή στο ρεύμα του συλλέκτη. Το τρανζίστορ τότε μπορεί να θεωρηθεί σαν κλειστός διακόπτης (ON).

Στην κατάσταση αποκοπής, και οι δύο επαφές (εκπομπού-βάσης και συλλέκτη-βάσης) είναι ανάστροφα πολωμένες και τα ρεύματα που δημιουργούνται στους ακροδέκτες του τρανζίστορ είναι πάρα πολύ μικρά οπότε το τρανζίστορ μπορεί να θεωρηθεί σαν ανοικτός διακόπτης (OFF).

Το ισοδύναμο κύκλωμα υβριδικού π ενός διπολικού τρανζίστορ φαίνεται στο σχ.18.



ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΥΒΡΙΔΙΚΟΥ Π ΕΝΟΣ ΔΙΠΟΛΙΚΟΥ ΤΡΑΝΖΙΣΤΟΡ

Κάθε ορθά πολωμένη επαφή pn παρουσιάζει μια χωρητικότητα η οποία οφείλεται στη περιοχή εκκένωσης (depletion layer) και μια χωρητικότητα διάχυσης (diffusion capacitance). Αντίθετα

μια ανάστροφα πολωμένη επαφή pn παρουσιάζει μόνο χωρητικότητα εκκένωσης. Όταν το τρανζίστορ λειτουργεί σαν διακόπτης αυτές οι χωρητικότητες επηρεάζουν τη λειτουργία μετάβασης του τρανζίστορ από κατάσταση ON σε κατάσταση OFF και αντιστρόφως. Κατά τη μετάβαση του τρανζίστορ από κατάσταση OFF σε κατάσταση ON, καθώς το ρεύμα αυξάνεται, το ρεύμα συλλέκτη δεν αυξάνεται ταυτόχρονα. Η καθυστέρηση που εμφανίζεται οφείλεται στο χρόνο που απαιτείται για την φόρτιση της χωρητικότητας του τρανζίστορ στην τάση ορθής πόλωσης της επαφής βάσης-εκπομπού (delay time). Επίσης απαιτείται και χρόνος ανόδου (rise time), ώστε το ρεύμα συλλέκτη να φτάσει στην τελική του τιμή, ο οποίος καθορίζεται από την σταθερά χρόνου της χωρητικότητας βάσης-εκπομπού.

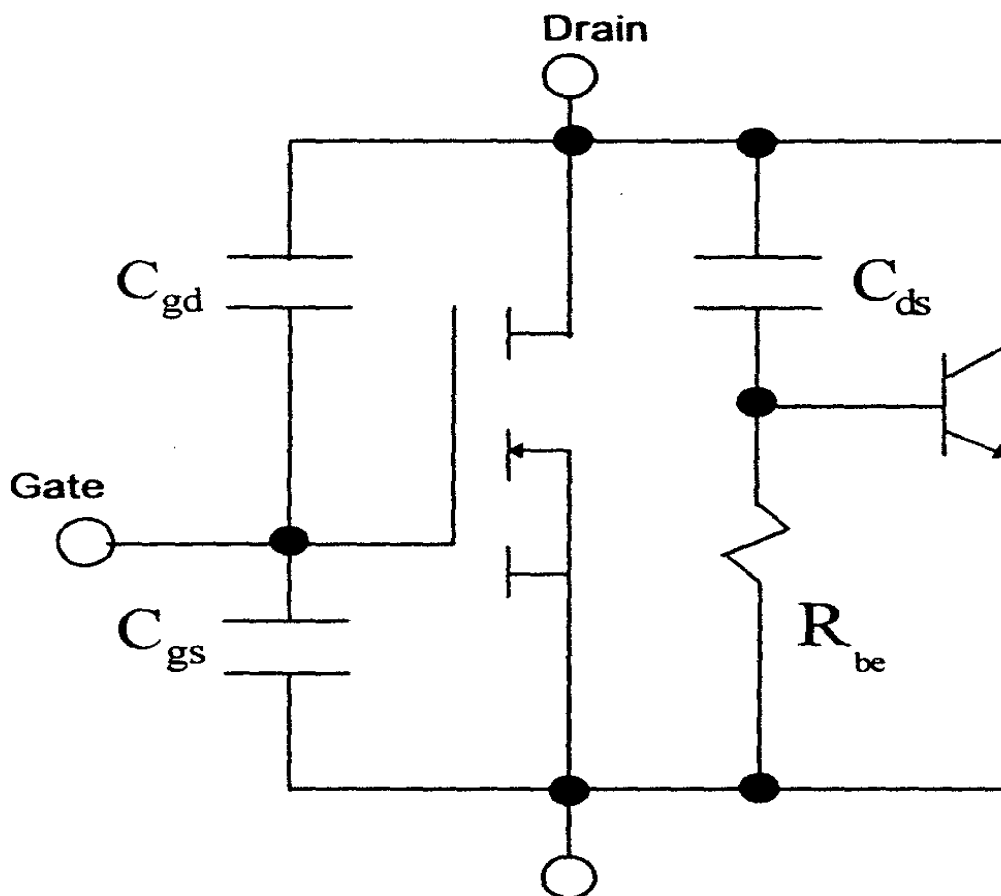
Όταν το τρανζίστορ βρίσκεται σε κατάσταση ON, το ρεύμα βάσης είναι μεγαλύτερο από αυτό που απαιτείται για να φέρει το τρανζίστορ σε αυτή τη κατάσταση λειτουργίας. Το επιπλέον φορτίο αποθηκεύεται στη περιοχή της βάσης και κατά το άνοιγμα του τρανζίστορ απαιτείται κάποιος χρόνος για την απομάκρυνση του (storage time). Ακόμη, κατά το άνοιγμα του τρανζίστορ η χωρητικότητα της ανάστροφα πολωμένης επαφής βάσης εκπομπού απαιτείται κάποιο χρόνο για να φορτιστεί στην ανάστροφη τάση εισόδου (fall time).

B. Χαρακτηριστικά λειτουργίας των MOSFET

Για το σχεδιασμό του αντιστροφέα χρησιμοποιήθηκαν MOSFET σαν διακόπτες. Τα MOSFET προτιμήθηκαν σε σχέση με τα διπολικά τρανζίστορ διότι τα διπολικά τρανζίστορ είναι εξαρτήματα ελεγχόμενα από ρεύμα και απαιτούν ρεύμα στη βάση όταν είναι σε κατάσταση ON. Επειδή το ρεύμα στο συλλέκτη εξαρτάται από το ρεύμα εισόδου, το κέρδος ρεύματος εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία. Αντίθετα τα MOSFET είναι εξαρτήματα ελεγχόμενα από τάση και απαιτούν ένα πολύ μικρό ρεύμα εισόδου. Η ταχύτητα μεταγωγής τους (switching speed) είναι πολύ υψηλή και οι χρόνοι μεταγωγής είναι της τάξης των nanoseconds, γι' αυτό και τα MOSFET χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε εφαρμογές υψηλών

συχνοτήτων. Ακόμη χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές όπου απαιτείται μεγάλος συντελεστής απόδοσης καθώς η αντίσταση την οποία παρουσιάζουν όταν είναι σε κατάσταση ON είναι πολύ μικρή.

Βασικό χαρακτηριστικό στοιχείο των MOSFET είναι οι παρασιτικές χωρητικότητες τις οποίες αυτά εμφανίζουν λόγω της κατασκευής τους. Το ισοδύναμο κύκλωμα ενός MOSFET φαίνεται στο σχ.19



ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΑΡΑΣΙΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ MOSFET

Έτσι σε κάθε MOSFET υπάρχει ένας πυκνωτής, C_{gs} , μεταξύ πύλης και πηγής και ένας πυκνωτής, C_{gd} , μεταξύ πύλης και υποδοχής. Οι παρασιτικές αυτές χωρητικότητες εμποδίζουν το MOSFET να συμπεριφέρεται σαν ένας ιδανικός διακόπτης κατά την διάρκεια των μεταγωγών και καθορίζουν την ταχύτητα

λειτουργίας του. Ακόμη όταν χρησιμοποιούνται MOSFET δεν απαιτείται η χρήση διόδων ελεύθερης ροής, σε εφαρμογές όπου τα διπολικά τρανζίστορ θα απαιτούσαν τη χρήση τέτοιων διόδων, καθώς τα MOSFET περιέχουν εσωτερικά μια δίοδο μεταξύ πηγής και υποδοχής.

Η οδήγηση των MOSFET γίνεται εύκολα με την εφαρμογή τάσης μεταξύ πύλης και πηγής. Για την επίτευξη μεγάλων ταχυτήτων λειτουργίας το κύκλωμα οδήγησης πρέπει να έχει χαμηλή αντίσταση εξόδου και να μπορεί να δώσει αρκετά μεγάλο ρεύμα. Τα MOSFET έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να συνδεθούν παράλληλα μεταξύ τους ώστε να μειωθεί η αντίσταση που παρουσιάζουν όταν είναι σε κατάσταση ON και ταυτόχρονα να μπορεί να περάσει μεγάλο ρεύμα μέσα από αυτά. Όταν τα MOSFET συνδέονται παράλληλα πρέπει να χρησιμοποιείται μια μικρή αντίσταση σε σειρά με την πύλη για να αποφεύγονται ταλαντώσεις υψηλών συχνοτήτων οι οποίες είναι δυνατόν να συμβούν.

4.ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗ

Η χρήση πυρήνα σιδήρου σε ένα μετασχηματιστή δεν επιτρέπει την χρήση υψηλών συχνοτήτων, γιατί με την αύξηση της συχνότητας αυξάνονται οι απώλειες του. Η ισχύς ενός μετασχηματιστή μπορεί να αυξηθεί μόνο με αύξηση του μεγέθους του μετασχηματιστή, οπότε αυξάνεται τόσο το βάρος όσο και το κόστος. Αντίθετα ένας μετασχηματιστής με πυρήνα φερρίτη επιτρέπει λειτουργία σε υψηλές συχνότητες, με σκοπό την αύξηση της ισχύος που μπορεί να περάσει μέσα από τον μετασχηματιστή, διατηρώντας έτσι σταθερό το μέγεθος και το βάρος του.

Γενικά, το μέγεθος ενός μετασχηματιστή σχετίζεται άμεσα με την ισχύ που μπορεί αυτός να παρουσιάσει στην έξοδο του. Οι απώλειες των τυλιγμάτων, οι απώλειες του πυρήνα, η μόνωση των τυλιγμάτων και η γεωμετρία του πυρήνα καθορίζουν την αύξηση της θερμοκρασίας και επομένως το μέγεθος του μετασχηματιστή. Η ανάγκη περιορισμού της αύξησης της

θερμοκρασίας σε αποδεκτά επίπεδα σε συνθήκες λειτουργίας καθορίζει την απαιτούμενη επιφάνεια και επομένως το μέγεθος του μετασχηματιστή. Αν οι απώλειες είναι μικρές και ταυτόχρονα παρέχεται ένας αποδοτικός τρόπος απομάκρυνσης της θερμότητας, ο μετασχηματιστής μπορεί να είναι μικρός και ταυτόχρονα να ικανοποιεί τις ηλεκτρικές απαιτήσεις. Οι μετασχηματιστές οι οποίοι λειτουργούν σε υψηλές συχνότητες απαιτούν μικρότερους πυρήνες.

Η επιλογή του μεγέθους του πυρήνα μπορεί να γίνει με βάση τα νομογράμματα τα οποία παρέχουν οι κατασκευαστές και τα οποία δίνουν την ισχύ εξόδου για πυρήνες διαφόρων τύπων.

Βασική παράμετρος που λαμβάνεται υπόψη στο σχεδιασμό ενός μετασχηματιστή είναι η όσο το δυνατό μεγαλύτερη απόδοση του μετασχηματιστή και, επομένως, η ελαχιστοποίηση των απωλειών ισχύος οι οποίες εμφανίζονται κατά τη λειτουργία του. Ο μετασχηματιστής έχει μέγιστη απόδοση, όταν ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες του πυρήνα και οι απώλειες των τυλιγμάτων. Σε γενικές γραμμές, οι απώλειες του πυρήνα αυξάνονται όσο αυξάνεται το μέγεθος του πυρήνα και η μεταβολή της μαγνητικής επαγωγής στον πυρήνα κατά τη λειτουργία του μετασχηματιστή. Επομένως για την επίτευξη μέγιστης απόδοσης θα πρέπει να διατηρηθεί μια ισορροπία ανάμεσα στα δύο είδη απωλειών. Συνήθως, θεωρείται ότι η μέγιστη απόδοση πραγματοποιείται όταν οι απώλειες στον πυρήνα και οι απώλειες στα τυλίγματα είναι ίσες. Στην πράξη, αυτό εξαρτάται τόσο από το υλικό του πυρήνα και τη γεωμετρία του όσο και από την συχνότητα λειτουργίας.

Όπως είναι φανερό, από τα παραπάνω, η επιλογή του βέλτιστου μεγέθους πυρήνα και της μεταβολής της μαγνητικής επαγωγής στον πυρήνα του μετασχηματιστή είναι αρκετά σύνθετη διαδικασία καθώς υπάρχουν πολλές αλληλοεξαρτώμενες μεταβλητές. Η επιλογή τους, όπως και στην περίπτωση του πυρήνα φερρίτη που χρησιμοποιήθηκε στον αντιστροφέα που κατασκευάστηκε, μπορεί να γίνει με τη βοήθεια νομογραμμάτων τα οποία δίνουν οι κατασκευαστές των πυρήνων είτε μπορούν να προσδιοριστούν με βάση τα χαρακτηριστικά του κάθε πυρήνα.

Χαρακτηριστική παράμετρος ενός πυρήνα είναι το γινόμενο εμβαδού (area product, ap), το οποίο είναι το γινόμενο του εμβαδού της διαθέσιμης για τα τυλίγματα περιοχής και του εμβαδού της διατομής του πυρήνα. Στην πράξη, μόνο ένα ποσοστό της διαθέσιμης για τα τυλίγματα περιοχής (της τάξης του 40%) χρησιμοποιείται πραγματικά. Αυτό οφείλεται στο ότι τα σύρματα τα οποία αποτελούν το τύλιγμα είναι μονωμένα με αποτέλεσμα μόνο ένα μέρος της έκτασης την οποία καλύπτουν να αποτελείται από χαλκό. Ακόμη, τα κενά ανάμεσα στις σπείρες των τυλιγμάτων και οι μονώσεις που τοποθετούνται ανάμεσα στα τυλίγματα περιορίζουν τη χρησιμοποιούμενη από χαλκό έκταση.

Ο ελάχιστος αριθμός των σπειρών στο πρωτεύον του μετασχηματιστή δίνεται από την σχέση (νόμος faraday):

$$N = Vt / \Delta B A_c$$

Όπου, N είναι ο αριθμός των σπειρών του πρωτεύοντος,

V είναι η τάση που εφαρμόζεται στο πρωτεύον του μετασχηματιστή

T είναι το μισό του χρόνου της περιόδου του σήματος εισόδου

ΔB είναι η μέγιστη μεταβολή της μαγνητικής επαγωγής κατά την λειτουργία του μετασχηματιστή

Και A_c το εμβαδόν διατομής του πυρήνα του μετασχηματιστή

Όπως φαίνεται από την πιο πάνω σχέση, ο αριθμός των σπειρών είναι ανάλογος της περιόδου του σήματος και, συνεπώς, αντιστρόφως ανάλογος της συχνότητας λειτουργίας. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι είναι πάντα εφικτή η αύξηση της συχνότητας λειτουργίας με σκοπό τη μείωση του αριθμού των σπειρών, γιατί όλοι οι πυρήνες παρουσιάζουν αύξηση των απωλειών καθώς αυξάνεται η συχνότητα. Έτσι καθώς αυξάνεται η συχνότητα, χρησιμοποιείται μια μικρότερη μεταβολή της μαγνητικής επαγωγής κατά τη λειτουργία του μετασχηματιστή. Η χρήση ειδικών φερριτικών υλικών στις υψηλές συχνότητες επιτρέπει τη μείωση του αριθμού των σπειρών.

Η επιλογή της μεταβολής της μαγνητικής επαγωγής για μέγιστη απόδοση πρέπει να γίνεται με βάση τη συχνότητα λειτουργίας, την ισχύ εξόδου και την επιτρεπόμενη αύξηση της θερμοκρασίας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται, κατά την επιλογή αυτή, ώστε να αποφευχθεί ο κορεσμός του μετασχηματιστή, κάτι που συμβαίνει όταν η μεταβολή της μαγνητικής επαγωγής είναι μεγάλη.

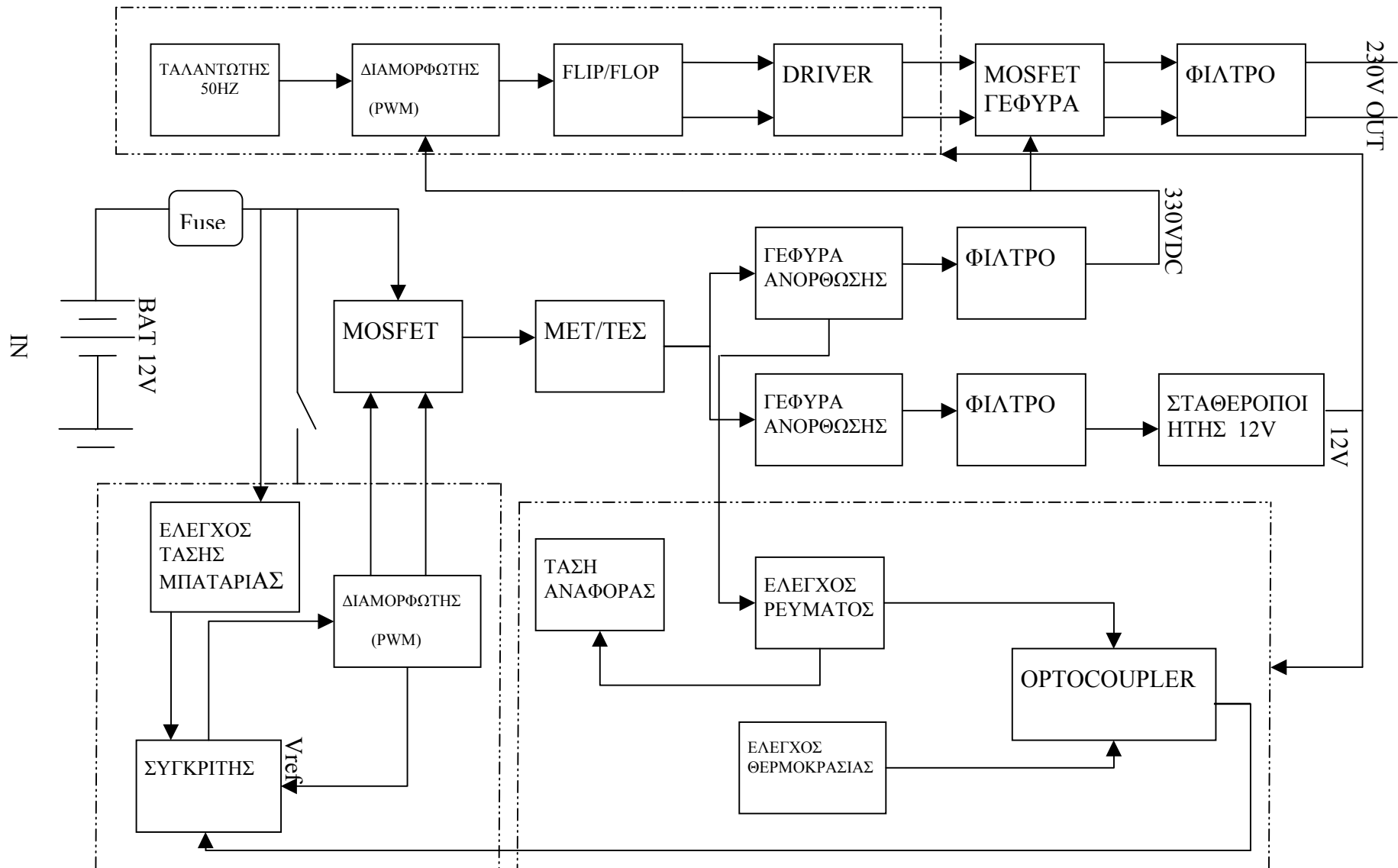
Η διατομή των συρμάτων τα οποία χρησιμοποιούνται στα τυλίγματα είναι πολύ σημαντικός παράγοντας για την επίτευξη μεγάλης απόδοσης στο μετασχηματιστή. Για την επίτευξη περίπου ίσων απωλειών στο πρωτεύον και στο δευτερεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή, το μισό της διαθέσιμης για τα τυλίγματα περιοχής δίνεται σε κάθε τύλιγμα. Η επιλογή της διατομής του τυλίγματος γίνεται με βάση τη διαθέσιμη περιοχή και την όσο το δυνατό καλύτερη χρησιμοποίηση της, τον αριθμό των σπειρών και το μέγιστο ρεύμα που περνάει από το τύλιγμα.

5.ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Το βασικό διάγραμμα του αντιστροφέα ο οποίος αναπτύχθηκε φαίνεται στο Σχ.1.

Την είσοδο του συστήματος αποτελεί μια μπαταρία 12V η οποία τροφοδοτεί μια ομάδα από MOSFET τα οποία λειτουργούν σαν διακόπτες με σκοπό να δημιουργήσουν μια τετραγωνική κυματομορφή. Με το που μπαίνει το σύστημα σε κατάσταση ON τροφοδοτείται ο διαμορφωτής που αποτελείται από το ολοκληρωμένο SG3525 και σε συνδυασμό με έναν συγκριτή αποτελούν τον ελεγκτή σωστής λειτουργίας των κυκλωμάτων του αντιστροφέα ώστε αυτός να λειτουργεί εντός των ορίων ασφαλείας. Ο διαμορφωτής οδηγεί τα MOSFET ώστε αυτά να παράγουν τον τετραγωνικό παλμό ο οποίος μέσα από τους μετασχηματιστές θα ανυψωθεί θα ανορθωθεί από τις διόδους και θα φιλτραρισθεί ώστε να πάρει την τιμή των 320-340Vdc και τελικά θα χρησιμοποιηθεί για να τροφοδοτήσει τα MOSFET που βρίσκονται σε διάταξη γέφυρας.

ΣΧ.1 ΓΕΝΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΑΝΤΙΣΤΡΟΦΕΑ



Η είσοδος του διαμορφωτή εύρους παλμών είναι ένα τετραγωνικό σήμα συχνότητας 100Hz, το οποίο προέρχεται από ένα ταλαντωτή (NE556). Η έξοδος του PWM καταλήγει σε δυο FLIP/FLOP από τον οποίο παίρνουμε τέσσερις τετραγωνικούς παλμούς. Κάθε τετραγωνικός παλμός διαμέσου των οδηγών ανοιγοκλείνουν τέσσερα ζευγάρια MOSFET τα οποία βρίσκονται σε διάταξη γέφυρας. Στο τέλος χρησιμοποιώ ένα φίλτρο εξόδου προτού πάρω τα 230 Vac.

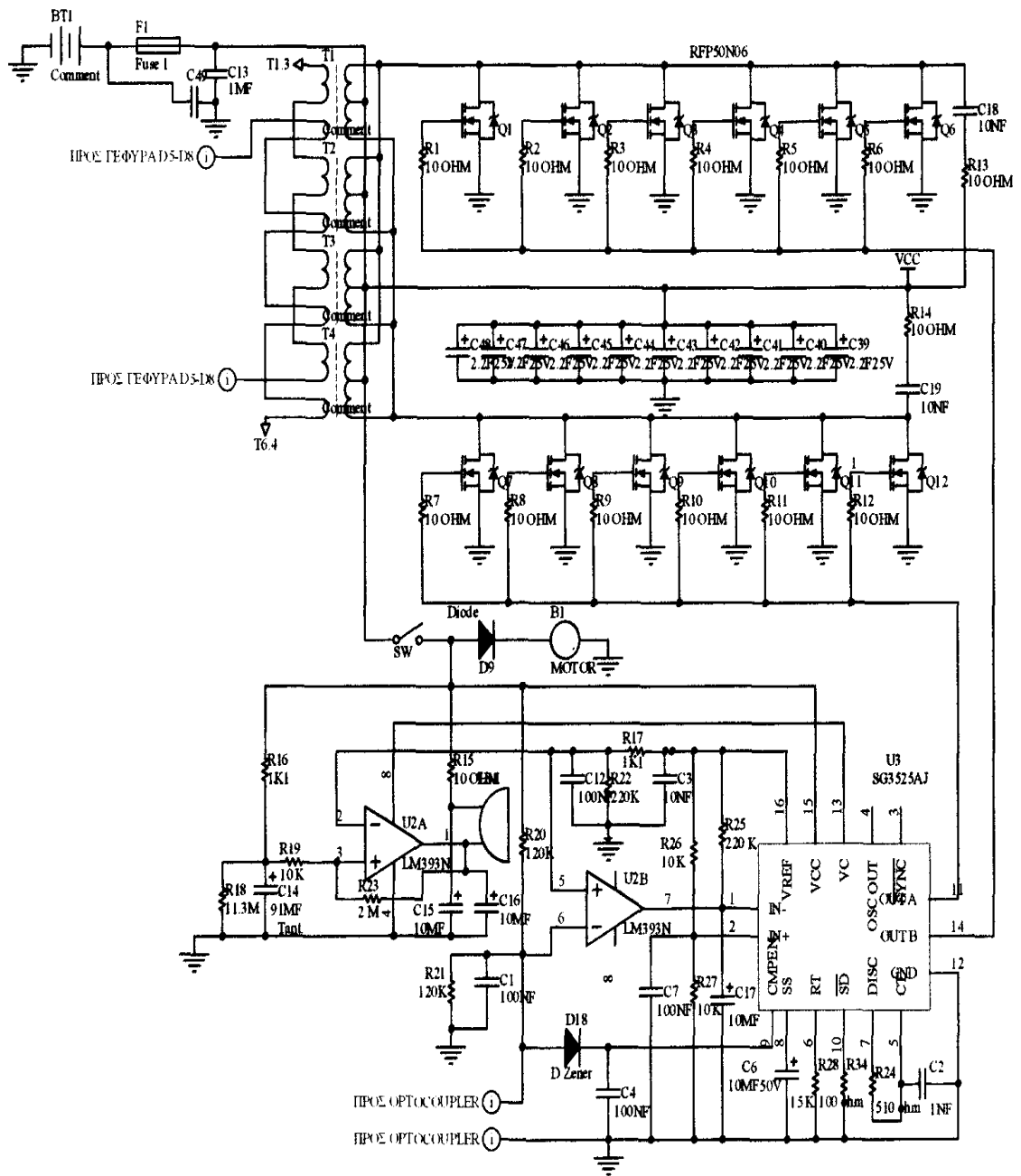
6. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

A. ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑΣ DC-DC

Η συνεχής τάση εισόδου 12V μετατρέπεται σε 340 Vdc χρησιμοποιώντας ένα μετατροπέα υψηλής συχνότητας DC-DC.

Το στάδιο μετατροπής του DC-DC αποτελείται από τέσσερις υψηλής συχνότητας μετασχηματιστές (με φερρίτη) των οποίων τα πρωτεύοντα πηνία είναι συνδεδεμένα παράλληλα ενώ τα δευτερεύοντα πηνία συνδεδεμένα σε σειρά. Με την χρησιμοποίηση τεσσάρων μετασχηματιστών επιτυγχάνω καλύτερη κατανομή ισχύος σε κάθε μετασχηματιστή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η θερμοκρασία που αναπτύσσεται σε κάθε έναν μετασχηματιστή να είναι χαμηλότερη λόγω των μικρότερων ρευμάτων. Ένα άλλο πλεονέκτημα είναι οι χαμηλότερες ενδοχωρητικότητες που παρουσιάζονται έτσι ώστε ο μετασχηματιστής να έχει καλύτερη απόδοση και να μην οδηγείται εύκολα στον κόρο.

Όπως φαίνεται και από το σχ. 2 Το ένα άκρο της εισόδου των μετασχηματιστών είναι συνδεδεμένα με την έξοδο (drain) έξι παράλληλων mosfet και το άλλο άκρο της εισόδου με άλλα έξι mosfet. Τα mosfet οδηγούνται από αντίθετης φοράς σήματα έτσι ώστε κάθε φορά να είναι αγώγιμα μόνο μια ομάδα. Αν οι χρόνοι που άγουν τα mosfet είναι ίσοι $\tau_1 = \tau_2$ τότε οι



Σχ. 2
ΚΥΚΛΩΜΑ ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΙΑ DC-DC

μετασχηματιστές οδηγούνται συμμετρικά. Έτσι στο πρωτεύον του μετασχηματιστή οι απώλειες είναι χαμηλές γιατί σε οποιαδήποτε στιγμή μόνο μια ομάδα mosfet είναι συνδεδεμένη σε σειρά με την πηγή εισόδου. Τα mosfet T+ και T- άγουν διαδοχικά με την βοήθεια ενός διαμορφωμένου παλμού. Έτσι δημιουργείται ένα υψηλής συχνότητας ρεύμα ac στην είσοδο του μετασχηματιστή. Αυτό μετασχηματίζεται σε 85 Vac περίπου στην έξοδο κάθε μετασχηματιστή και επειδή έχω τέσσερις σε 340 Vac τα οποία ανορθώνονται από τις διόδους ισχύος D1 έως D4 και φιλτράρονται από τους πυκνωτές C31 και C32 για να πάρω τα 340 Vdc τα οποία εφαρμόζονται στην γέφυρα των mosfet IRFP460 και στο NE556 για να γίνει ο έλεγχος της τάσης εξόδου.

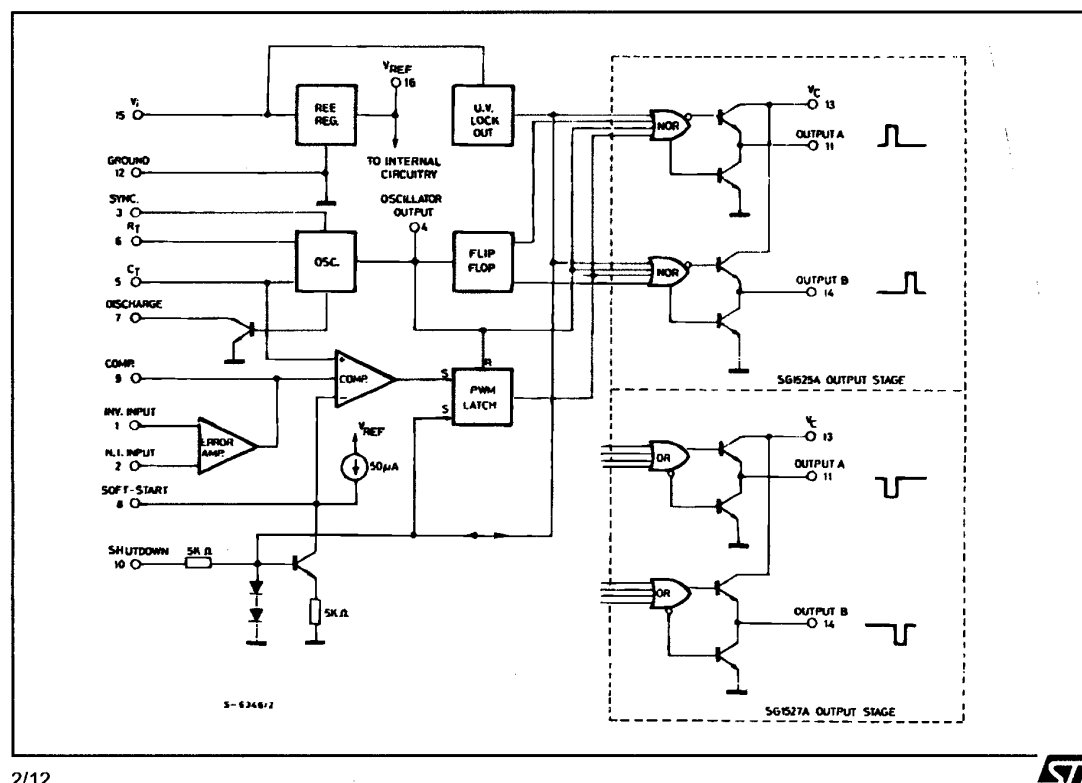
B. ΚΥΚΛΩΜΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΥΡΟΥΣ ΠΑΛΜΩΝ (PWM)

Το SG3525AN επιτρέπει να δεχτεί μια τάση κάτω από την τάση εισαγωγής (under voltage lockout) που αποκλείει το τσιπ σε περίπτωση χαμηλής τάσης. Ο διαμορφωτής έχει ικανότητα ομαλής έναρξης (soft-start) η οποία του επιτρέπει να προστατευτεί από τα απότομα ρεύματα εισροής.

Το SG3525AN είναι ιδιαίτερα ταιριασμένο σε εφαρμογές push-pull μετατροπέων επειδή αυτό έχει δύο εξόδους. Οι δυο αυτοί εξοδοί λειτουργούν τέλεια με τα mosfet που χρησιμοποιούνται σε αυτό το κύκλωμα μετατροπέα, γιατί παράγουν σήματα που έχουν αντίθετη φάση που επιτρέπουν να άγουν κάθε στιγμή μόνο μια ομάδα mosfet όπως αναλύσαμε παραπάνω.

Το ισοδύναμο κύκλωμα του ολοκληρωμένου SG3525AN φαίνεται παρακάτω:

BLOCK DIAGRAM



2/12



ΙΣΟΔΥΝΑΜΟ ΚΥΚΛΩΜΑ ΤΟΥ SG3525

Το κύκλωμα ελέγχου του διαμορφωτή κατά πλάτους SG3525A

προσφέρει βελτιωμένη απόδοση και τα λιγότερα εξωτερικά μέρη όταν εφαρμόζεται για τον έλεγχο όλων των τύπων παροχών ηλεκτρικού ρεύματος μετατροπής. Το ολοκληρωμένο έχει τάση αναφοράς V_{ref} 5,1 V με ανοχή $\pm 1\%$ εξαλείφοντας κατά συνέπεια την ανάγκη για τους εξωτερικούς διαιρέτες αντιστάτες.

Ένα ευρύ φάσμα του deadtime μπορεί να προγραμματιστεί από

έναν ενιαίο αντιστάτη που συνδέεται μεταξύ των ακροδεκτών CT και Discharge . Αυτή η συσκευή έχει σαν χαρακτηριστικό γνώρισμα το κύκλωμα soft-start , με απαίτηση μόνο ενός εξωτερικού πυκνωτή συγχρονισμού. Ένας ακροδέκτης shut-down ελέγχει και τα soft-start κυκλώματα και τα στάδια εξόδου. Η παροχή στιγμιαία κλείνει μέσω του PWM latch με το παλμό shut-down. Αυτή η λειτουργία ελέγχεται και από το κύκλωμα under voltage lockout η οποία κρατά τις εξόδους κλειστές και τον πυκνωτή του soft-start χωρίς φορτίο όταν είναι η τάση τροφοδοσίας Vcc κάτω από την ονομαστική τιμή της.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτών των κυκλωμάτων PWM

είναι ένας latch μετά από τον συγκριτή. Μόλις οι παλμοί PWM έχουν ολοκληρωθεί για οποιοδήποτε λόγο, οι έξοδοι θα παραμείνουν κλειστοί κατά την διάρκεια αυτή. Το κύκλωμα latch επαναρυθμίζεται με κάθε παλμό ρολογιού.

Η έξοδος του SG3525A αποτελείται από πύλη nor, η οποία δίνει μια χαμηλή έξοδο σε κατάσταση off.

Γ. Στοιχεία κυκλώματος προστασίας μετατροπέα

Γ1.ΓΕΝΙΚΑ

Ο dc-dc μετατροπέας παρέχει την δυνατότητα να ανιχνευθούν οποιαδήποτε υψηλά ρεύματα ή υψηλές θερμοκρασίες ή καταστάσεις μειωμένης τάσης τροφοδοσίας οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στον μετατροπέα.

Αυτό επιτυγχάνεται με διάφορους συγκριτές (LM393) και αισθητήρα θερμοκρασίας (NTC).

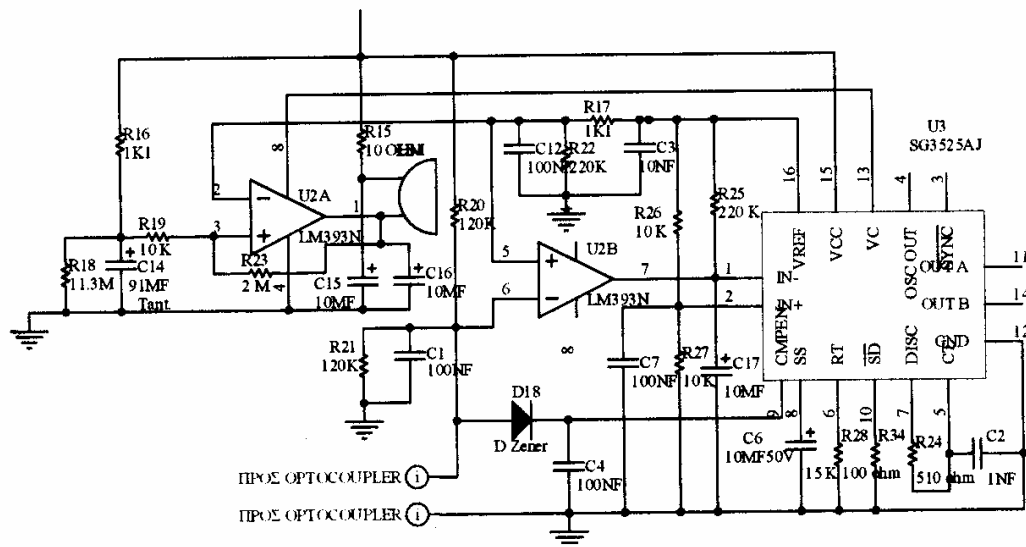
Το ολοκληρωμένο LM393 και οι αισθητήρες χρησιμοποιούνται για να ελέγξουν την λειτουργία του μετατροπέα και να παρέχουν ένα σήμα απενεργοποίησης του ελεγκτή.

Το κύκλωμα προστασίας χρησιμοποιεί μια τάση αναφοράς για κάθε σήμα ώστε να θέσει το μέγιστο όριο και ένα σήμα εισόδου το οποίο συγκρίνεται με την τάση αναφοράς. Όταν το σήμα εισόδου υπερβεί την τάση αναφοράς τότε στον ακροδέκτη IN-

του SG3525AN εφαρμόζεται μια υψηλή τάση η οποία είναι μεγαλύτερη από την IN+ μπλοκάρει τις εξόδους out1 & out2 προς τα mosfet και σταματά η λειτουργία του μετατροπέα.

Γ2. ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΑΣΗΣ

Το παρακάτω κύκλωμα είναι ο ελεγκτής σωστής τάσης εισόδου του μετατροπέα



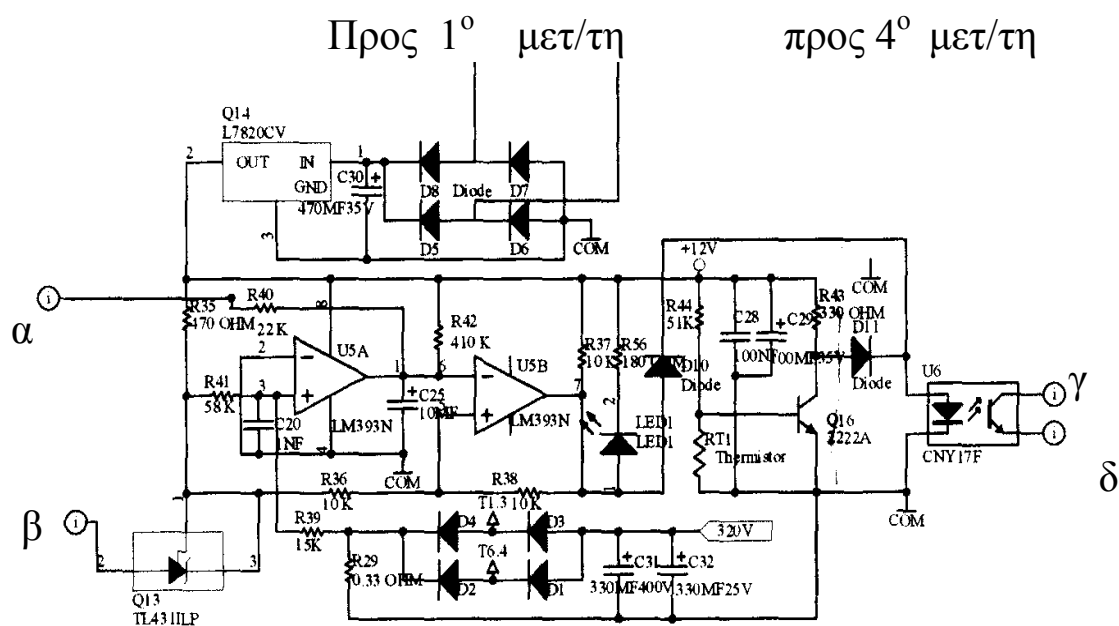
ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΑΣΕΩΣ ΕΙΣΟΔΟΥ

Το πρώτο LM393 χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση του buzzer σε περίπτωση που η τάση εισόδου (μπαταρίας) πέσει κάτω από τα 11V.

Το δεύτερο LM393 χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της τάσης εισόδου. Εδώ θα πρέπει να αναφέρουμε ότι η διακοπή του κυκλώματος δεν γίνεται μέσω του shut-down του SG3525 αλλά μέσω του IN+. Αναλυτικότερα αν η τάση εισόδου πέσει κοντά στα 10 V τότε η έξοδος του συγκριτή γίνεται χαμηλή με αποτέλεσμα το ποδαράκι IN – να πάρει χαμηλότερη τιμή από το IN+. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την διακοπή του κυκλώματος επειδή το SG3525 έχει εσωτερικά ένα κύκλωμα επιτήρησης τάσης που αν πάει κάτω από ένα όριο διακόπτεται η λειτουργία του. Ο διαιρέτης τάσης R26 και R27 φέρνει την τάση Vref κοντά στα 10 V. Οι R25 και C17 είναι ένα κύκλωμα

καθυστέρησης έτσι ώστε αν η τάση πέσει στιγμιαία κάτω των 10 V να μην υπάρχει διακοπή του συστήματος. Σε περίπτωση διακοπής του κυκλώματος ο πυκνωτής C17 σε συνδυασμό με την δίοδο ζένερ D18 κρατάει την κατάσταση του IN- σταθερή ακόμα και αν επανέρθει η τάση εισόδου. Αυτό εξασφαλίζει στον μετατροπέα μεγαλύτερη ασφάλεια γιατί δεν τον αφήνει να ξεκινήσει αν δεν γίνει διακοπή της τροφοδοσίας του. Οι C12 R22 R17 και C3 είναι ένα φίλτρο ώστε η τάση αναφοράς να είναι καθαρή από υψηλές συχνότητες..

Το παρακάτω κύκλωμα είναι ο ελεγκτής υψηλών ρευμάτων του μετατροπέα και ο ελεγκτής θερμοκρασίας



ΚΥΚΛΩΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

Μια αρνητικού θερμοκρασιακού συντελεστή αντίσταση (NTC) τοποθετείται στις ψήκτρες για θερμική προστασία του κυκλώματος. Σε περίπτωση που έχουμε φυσιολογική θερμοκρασία η αντίσταση RT1 είναι υψηλή οπότε το τρανζίστορ Q16 γίνεται αγώγιμο. Σε περίπτωση που η θερμοκρασία υπερβεί τους 60 βαθμούς Κελσίου τότε το θερμίστορ RT1 μειώνει την τιμή της αντίστασης του οπότε αυτόματα το Q16 πηγαίνει σε κατάσταση αποκοπής και τότε η φωτοδίοδος του optocoupler CNY17F εκπέμπει φως μια και τροφοδοτείται μέσω της αντίστασης R43 και της διόδου D11 με αποτέλεσμα το φωτοτρανζίστορ να γίνεται αγώγιμο.

Τον optocoupler τον χρησιμοποιώ για να μπορέσουν να συνεργαστούν δυο χωρισμένα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Και αυτό επειδή το κύκλωμα DC-DC του μετατροπέα τροφοδοτείται με τάση 12V από την μπαταρία τροφοδοσίας, ενώ το DC-AC κύκλωμα του μετατροπέα και το κύκλωμα προστασίας του από τα 12 V του σταθεροποιητή LM7812 . Τα δύο αυτά κυκλώματα δεν έχουν κοινό σημείο αναφοράς.

Ο optocoupler αποτελείται από μια δίοδο υπέρυθρης εκπομπής GaAs (αρσενιούχου γαλλίου) και από ένα φωτοτρανζίστορ τα οποία συνδέονται οπτικά μεταξύ τους.

Για τον έλεγχο του ρεύματος χρησιμοποιώ την αντίσταση R29=0,33Ω μέσω της οποίας διέρχεται όλο το ρεύμα του κυκλώματος DC-AC. Όταν αυξηθεί η τάση πάνω σε αυτήν την αντίσταση μέσω της R39 εφαρμόζεται πάνω στην είσοδο του συγκριτή (U5A). Ο συγκριτής συγκρίνει την τάση αυτή με την τάση αναφοράς που παράγεται απ' το ολοκληρωμένο TL431 και αλλάζει την κατάστασή του από low όταν βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας σε hi σε περίπτωση που έχουμε μεγάλα ρεύματα.

Η R42 και ο πυκνωτής C25 δημιουργούν ένα κύκλωμα καθυστέρησης έτσι ώστε αν στο φορτίο υπάρχουν μικρής διάρκειας αιχμές ρεύματος να μην ενεργοποιείται η προστασία

ρεύματος. Η τιμή αυτής της χρονοκαθυστερήσης είναι περίπου $RC=410k10mf=4.1sec$.

Δ. ΚΥΚΛΩΜΑ DC-AC ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΑ

Το κύκλωμα του μετατροπέα DC-AC σχ.3 αποτελείται από το ολοκληρωμένο NE556, από το flip-flop HC4013 και από τα τρανζίστορ MJE13007 τα οποία οδηγούν τις πύλες των MOSFET IRFZ44.

Όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα το ολοκληρωμένο NE556 αποτελείται από δύο ολοκληρωμένα 555.

Το ένα 555 είναι συνδεδεμένο σαν ασταθής πολυδονητής, σκανδαλίζεται μόνο του επειδή το TRIGGER και το THRESHOLD είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους. Με ένα ποτενσιόμετρο ρυθμίζεται η τάση του DISCHARGE δηλ. η συχνότητα παλμού εξόδου ο οποίος στέλνεται στο TRIG του μονοσταθούς πολυδονητή. Ο εξωτερικός πυκνωτής C22 φορτίζεται δια μέσου των R32, VR2 και R30, ενώ εκφορτίζεται μέσω της R30.

Ο χρόνος φόρτισης (output high) δίνεται απ' τον τύπο:

$$t1=0.693(R32+VR2+R30) C22$$

ενώ ο χρόνος εκφόρτισης(output low) δίνεται απ' τον τύπο:

$$t2=0.693R30C22$$

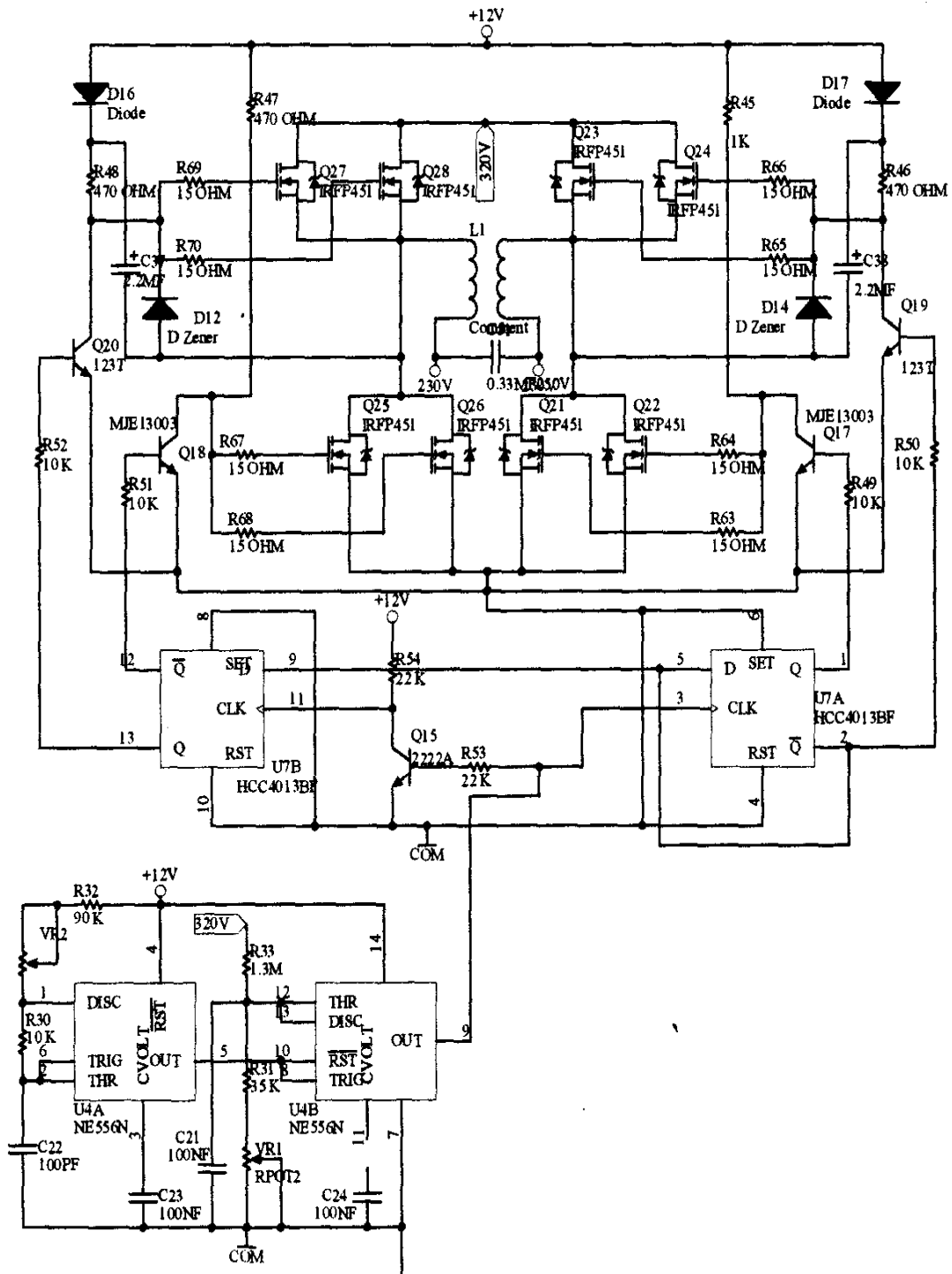
Η συχνότητα της ταλάντωσης είναι:

$$F=1/T=1/t1+t2=1.44/ (R32+VR2+2R30) C22$$

Αυτός είναι συνδεδεμένος σαν μονοσταθής πολυδονητής. Το THR και το DISCH είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους και με την βοήθεια ενός διαιρέτη τάσης (αντιστάσεις R33, R31, ποτενσιόμετρο VR1) ρυθμίζω το εύρος του παλμού εξόδου του 555 το οποίο στέλνεται στο CLOCK του flip-flop HCC4013. Αντίθετα από τους άλλους ταλαντωτές, ο μονοσταθής πολυδονητής όταν σκανδαλισθεί δίνει μόνο ένα παλμό στην

έξοδο. Στην συνέχεια ηρεμεί μέχρι να λάβει πάλι εντολή σκανδαλισμού. Ο παλμός του έχει σταθερό εύρος, που γενικά χρησιμοποιείται σαν μορφή χρονοκαθυστέρησης. Το εύρος παλμού του μονοσταθούς πολυδονητή δίνεται άπτον τύπο :

$$T\alpha=0.693(R33+R31+VR1)C21$$



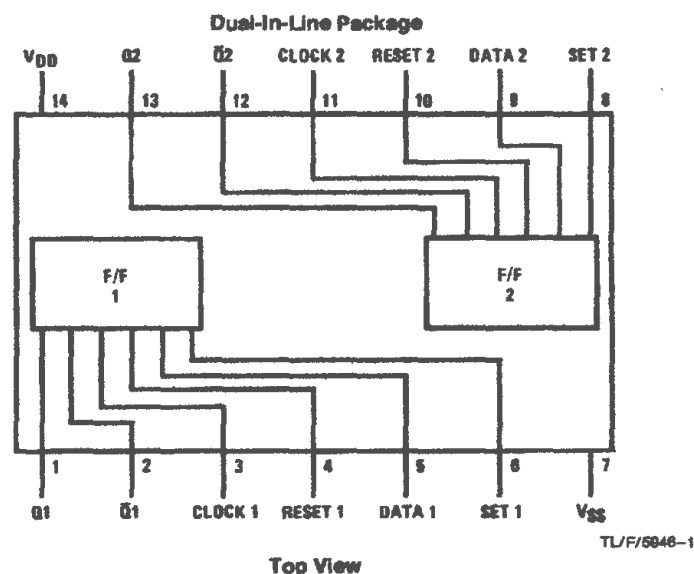
ΣΧ.3 ΚΥΚΛΩΜΑ DC-AC

Το HCC4013 είναι ένας διπλός D flip-flop. Χαρακτηριστικό του D flip-flop είναι ότι οι είσοδοι R και S είναι γειωμένοι έτσι ποτέ δεν μπορούν να είναι ταυτόχρονα 1 όπως φαίνεται και από τον πίνακα αληθείας έτσι εξαλείφουμε το φαινόμενο ανεπιθύμητης συμπεριφοράς στην απροσδιόριστη κατάσταση. Το D flip-flop έχει δύο εισόδους : την D και την CLK. Η είσοδος CLK του ενός flip-flop τροφοδοτείται κατευθείαν από την έξοδο του μονοσταθούς πολυδότητη ενώ δια μέσου του τρανζίστορ Q15 που λειτουργεί σαν αντιστροφεα φάσης τροφοδοτείται το CLK του άλλου flip-flop.

Όταν η έξοδος Q' έχει την τιμή 1 τότε και η είσοδος D έχει την τιμή 1 άρα η έξοδος Q έχει την τιμή 0 και όταν το Q' έχει την τιμή 0 τότε η είσοδος D έχει την τιμή 0 άρα το Q παίρνει την τιμή 1. ο πίνακας αληθείας του HCC4013 φαίνεται παρακάτω:

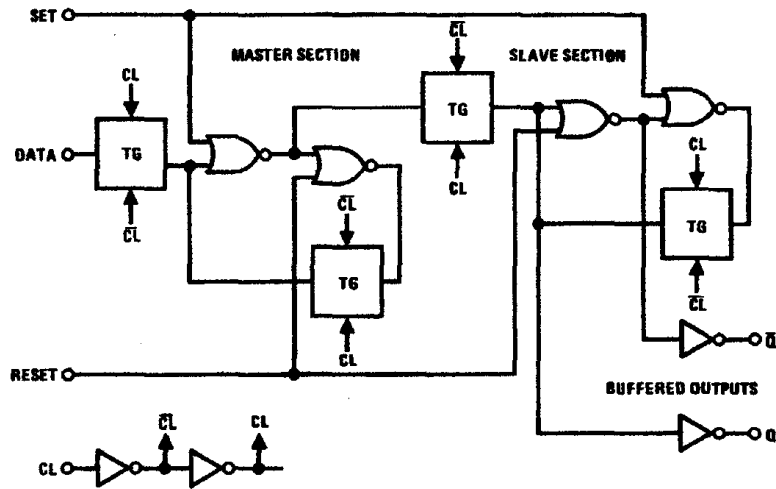
U7A				U7B			
CLOCK	D	Q	Q'	CLOCK	D	Q	Q'
1	0	1	0	0	1	0	1
0	1	0	1	1	0	1	0

Παρακάτω βλέπουμε το μπλοκ διάγραμμα, το λογικό διάγραμμα και την τις κυματομορφές εξόδων του HCC4013



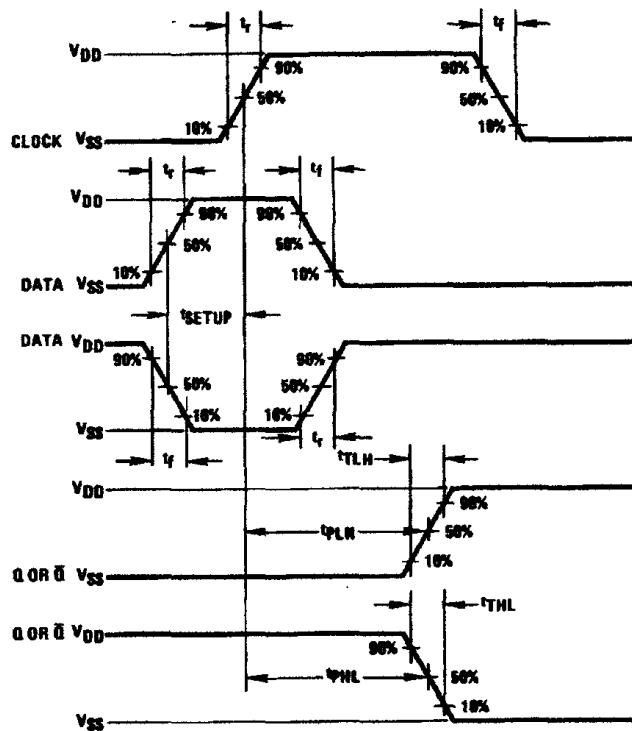
Μπλοκ διάγραμμα

Logic Diagram



TL/F/5948-5

Switching Time Waveforms



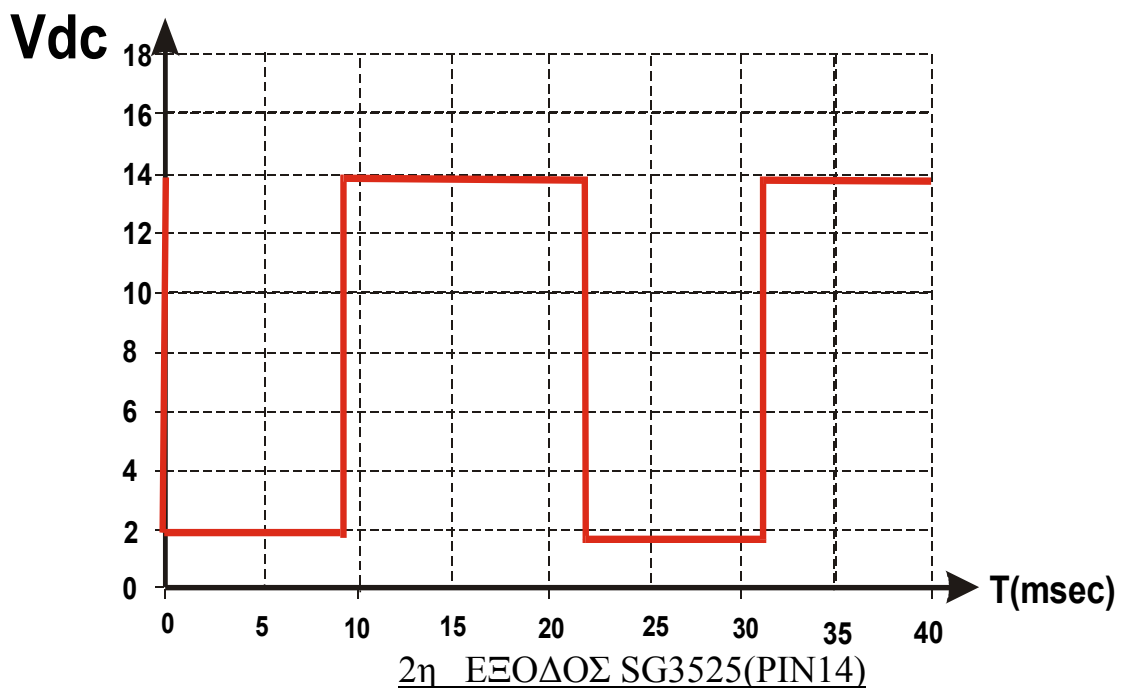
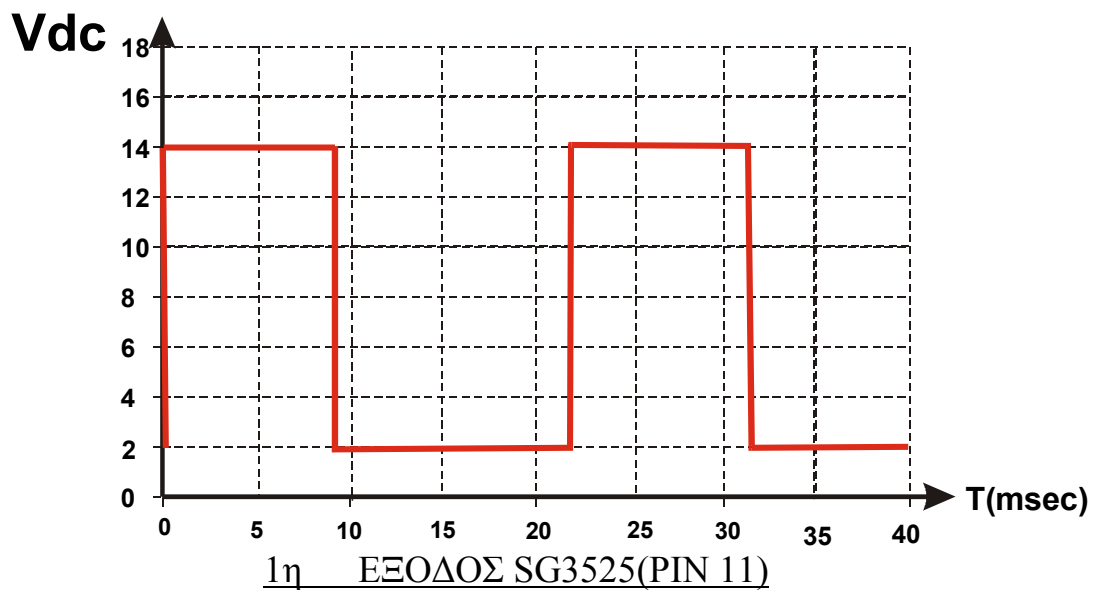
TL/F/5948-6

Οι τέσσερις έξοδοι του HCC4013 δια μέσων των τρανζίστορ MJE13007 οδηγούν τα mosfet IRFP460 τα οποία βρίσκονται σε διάταξη γέφυρας.

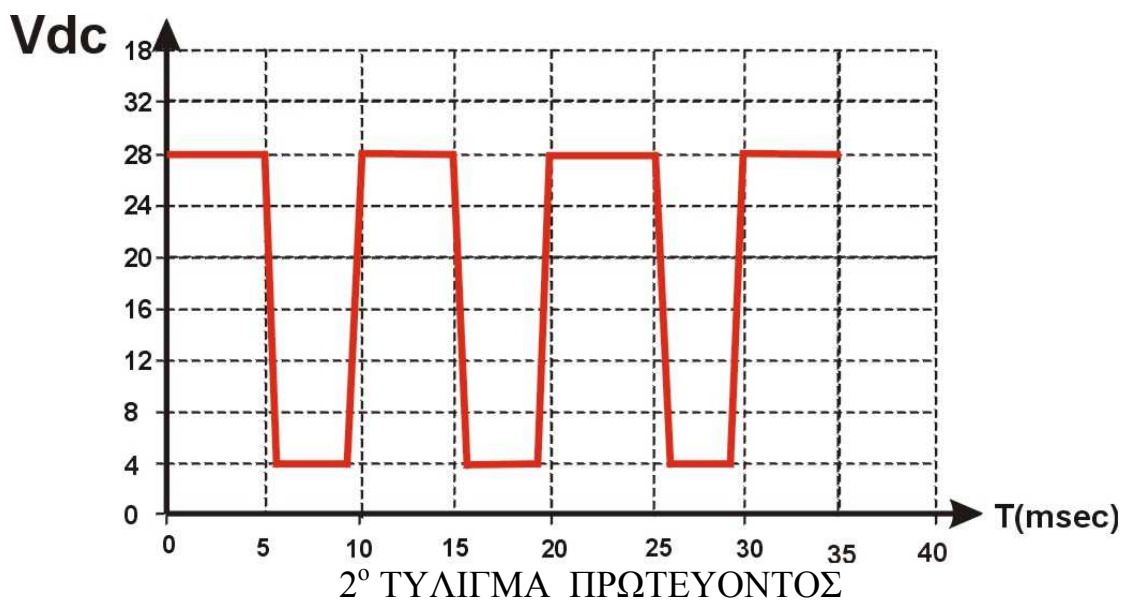
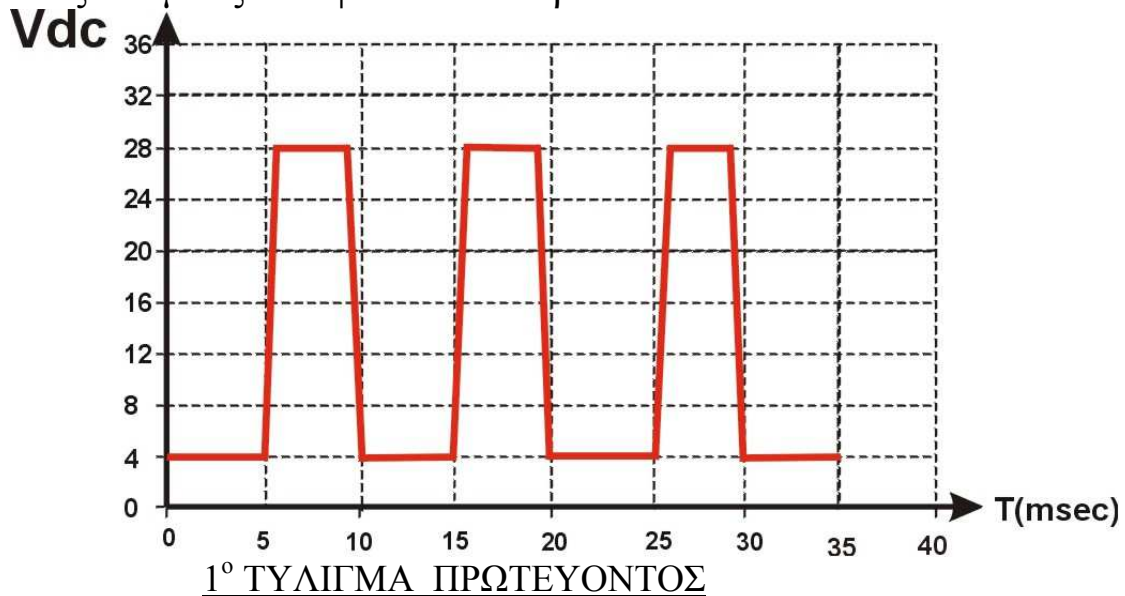
8.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Παρακάτω φαίνονται οι γραφικές παραστάσεις των πειραματικών μετρήσεων.

Το ολοκληρωμένο SG3525 το οποίο ελέγχει την λειτουργία του κυκλώματος έχει δυο εξόδους οι οποίοι είναι τετραγωνικοί παλμοί. Ο ένας παλμός έχει διαφορά φάσεις 180 μοιρών από τον άλλον έτσι ώστε όταν ο ένας παλμός είναι ON ο άλλος να είναι OFF.



Σε περίπτωση που έχουμε τους παλμούς αυτούς στην έξοδο του SG3525 τότε στο πρωτεύων του μετασχηματιστή έχουμε τους παλμούς που φαίνονται παρακάτω.



Η τάση στο πρωτεύων όπως φαίνεται είναι 25V.

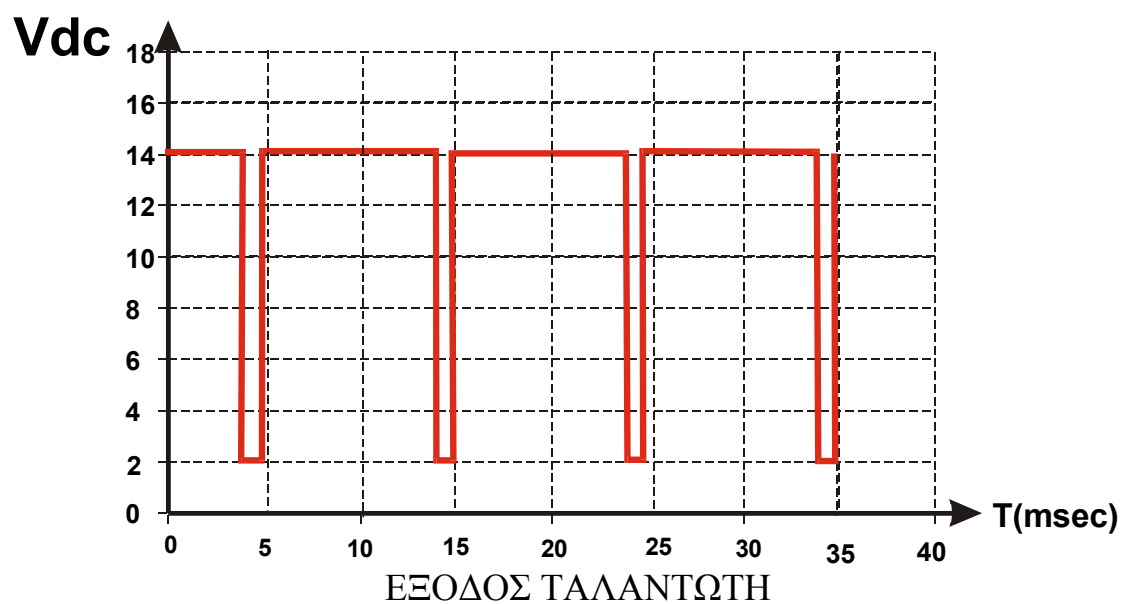
Στο δευτερεύον τώρα έχω δύο εξόδους. Η πρώτη έξοδος είναι περίπου 20V η οποία ανορθώνεται από μια γέφυρα και μετά σταθεροποιείται από το ολοκληρωμένο LM7812 σε μια τάση 12V DC και είναι η τάση τροφοδοσίας των κυκλωμάτων του μετατροπέα DC-AC .

Η δεύτερη έξοδος είναι 170V για κάθε μετασχηματιστή και επειδή έχω βάλει τέσσερις η συνολική τάση ανεβαίνει περίπου στα 680Vp-p. Αυτή η τάση ανορθώνεται από μια γέφυρα ισχύος και πάει στα 340VDC.

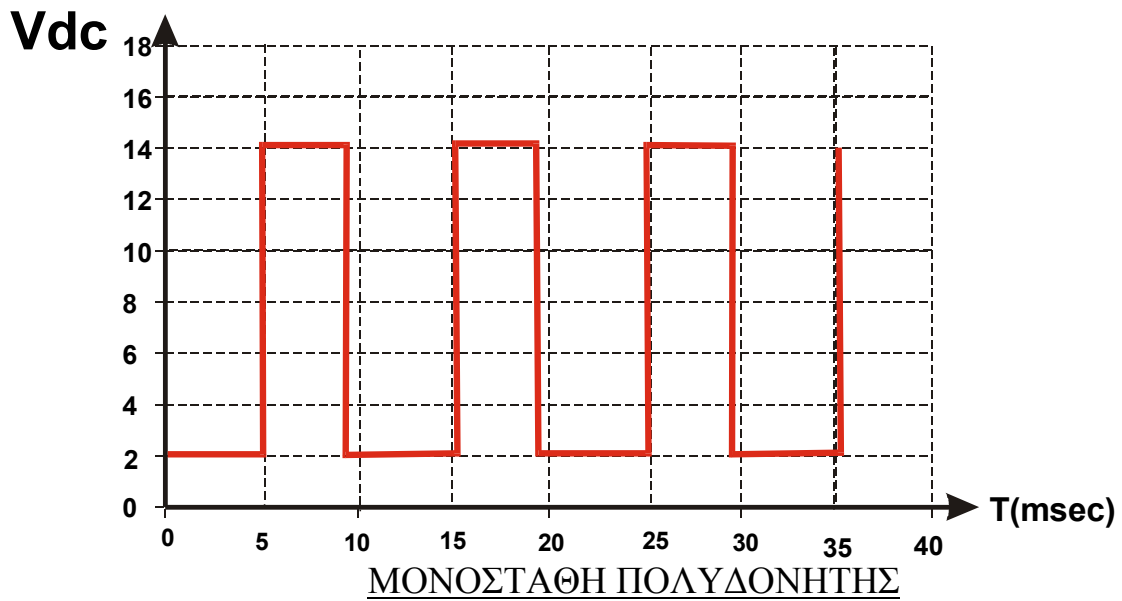
Στο πρωτεύων του κάθε μετασχηματιστή έχω έξι σπείρες ενώ στο δευτερεύων έχω τριάντα σπείρες .

Παρακάτω έχω τις μετρήσεις στην έξοδο του ταλαντωτή (pin 5 του NE556) και στην έξοδο του ασταθούς μονοδονητή (pin 9 του NE556)..

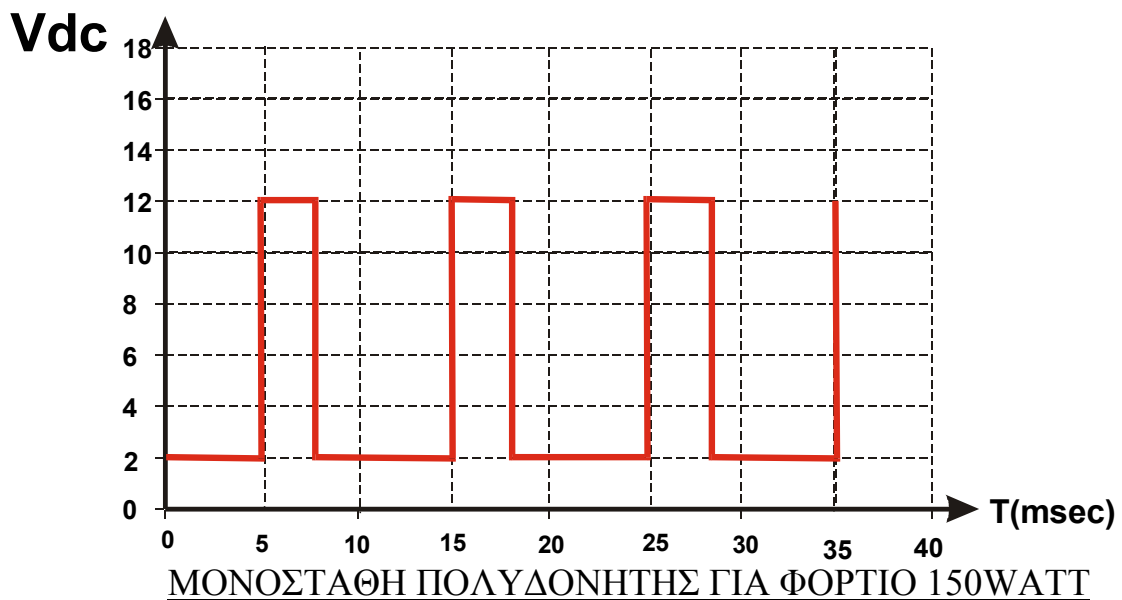
Όπως παρατηρούμε από τις γραφικές παραστάσεις η τάση στο ταλαντωτή είναι 12V για χρόνο 10msec άρα η συχνότητα ταλάντωσης είναι $1/T=100\text{Hz}$.



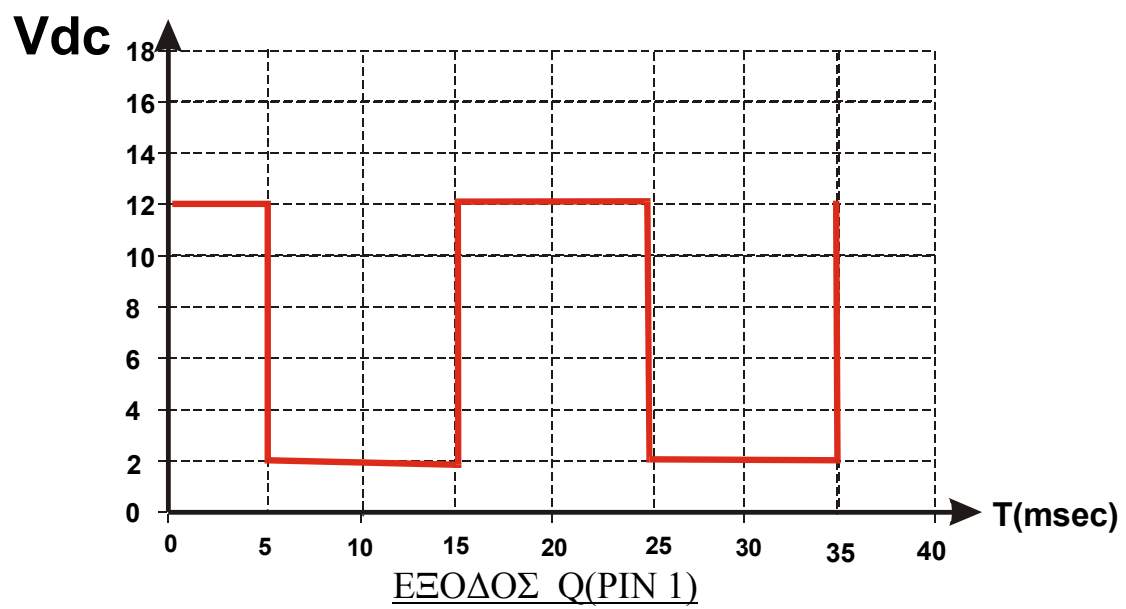
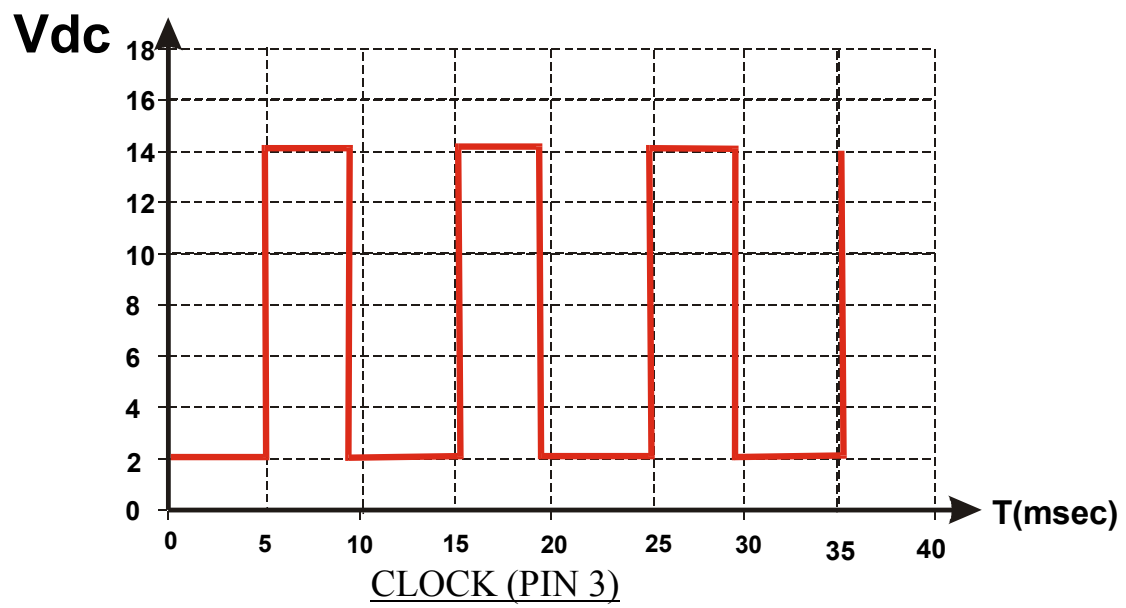
Στο μονοσταθί μονοδονητή σε κάθε σκανδαλισμό από τον ταλαντωτή παίρνω μόνο έναν παλμό συχνότητας 100Hz.

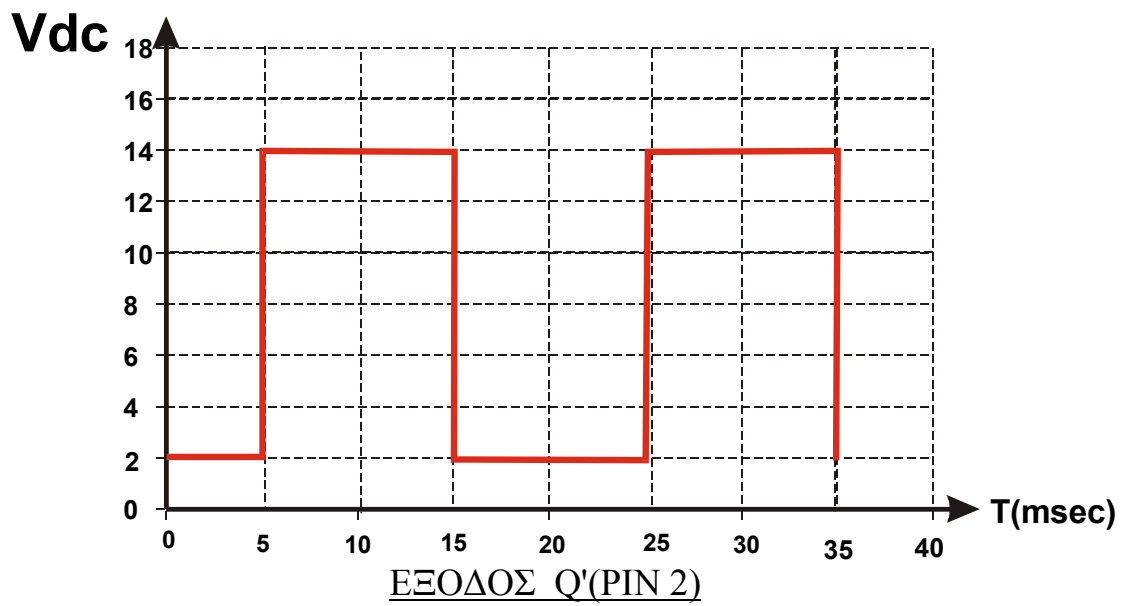


Σε περίπτωση που στην έξοδο του μετατροπέα βάλω φορτίο μεγαλύτερο πχ. 150watt τότε οι χρόνοι μεταβάλλονται όπως φαίνεται παρακάτω:

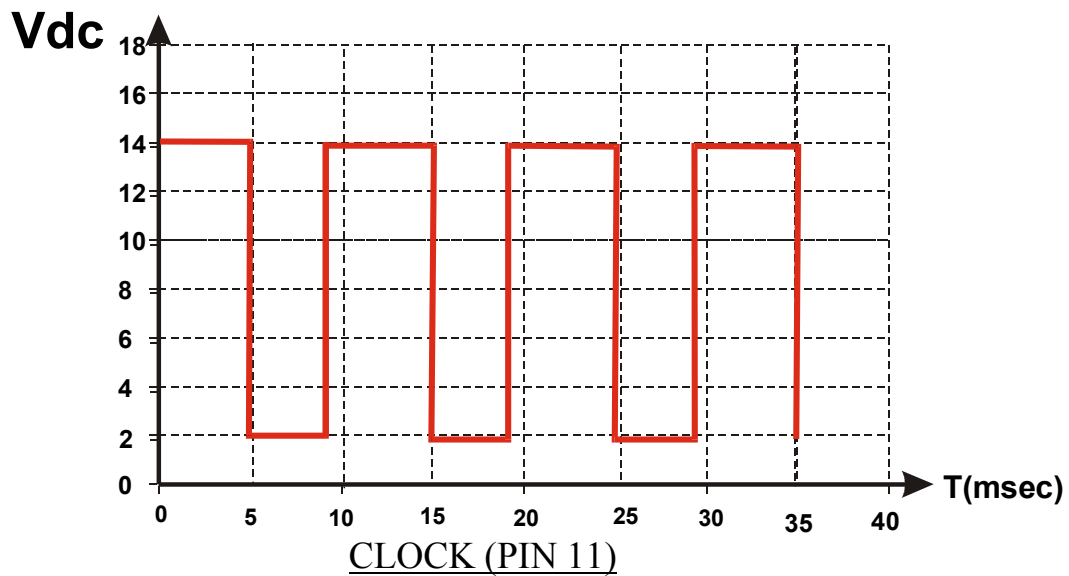


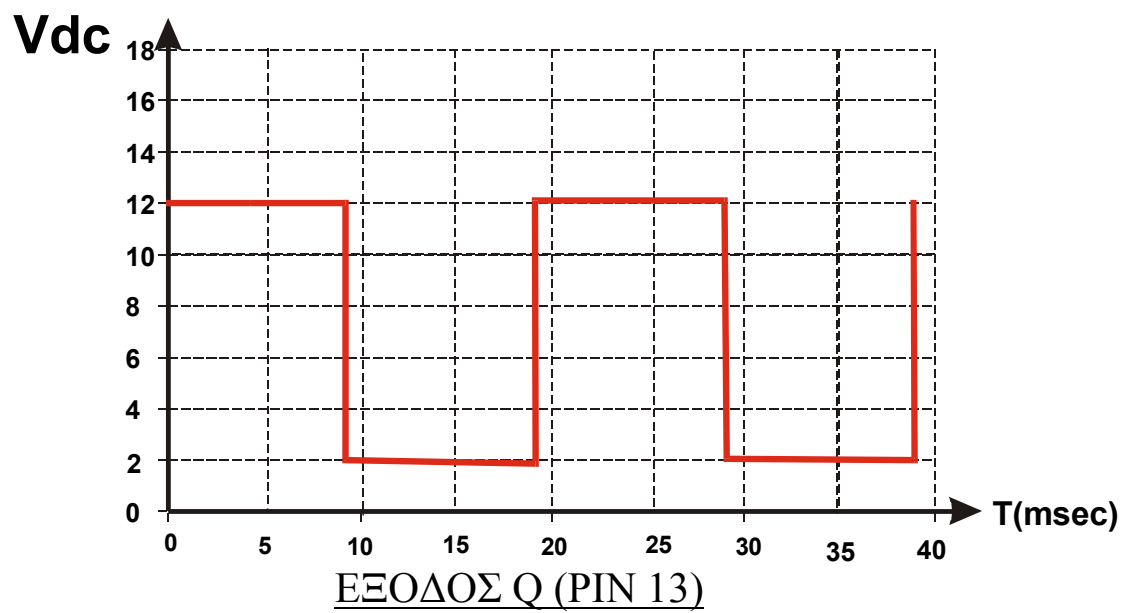
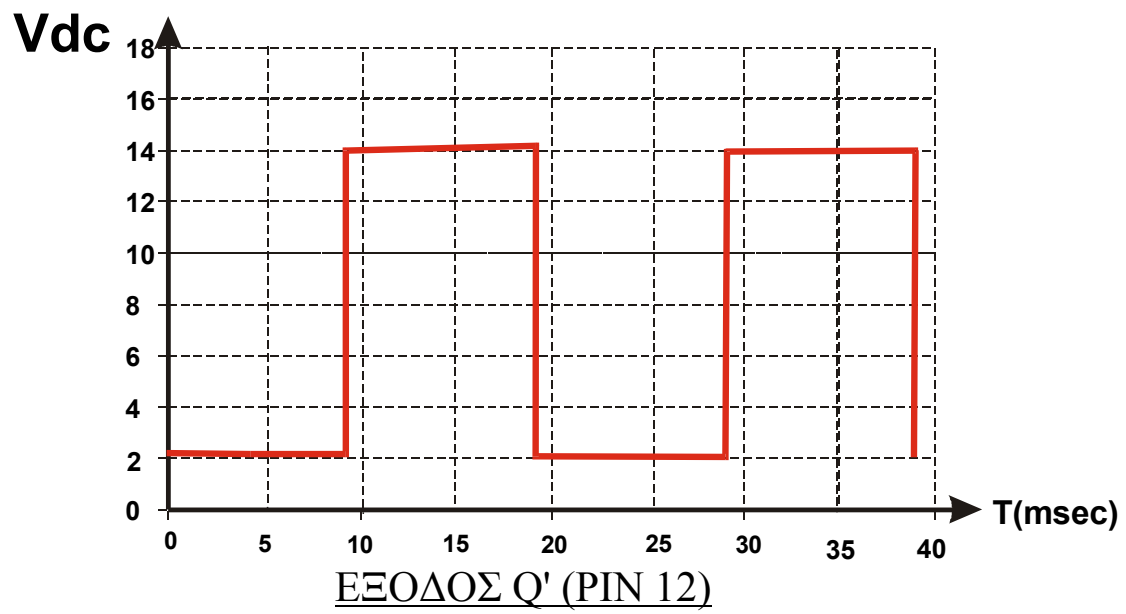
Η έξοδος του μονοσταθους πολυδονητη είναι στην ουσία ο παλμός clock του D-FLIP FLOP. Παρατηρούμαι ότι ο κύκλος παλμού εξόδου είναι ο μισός του κύκλου εισόδου.



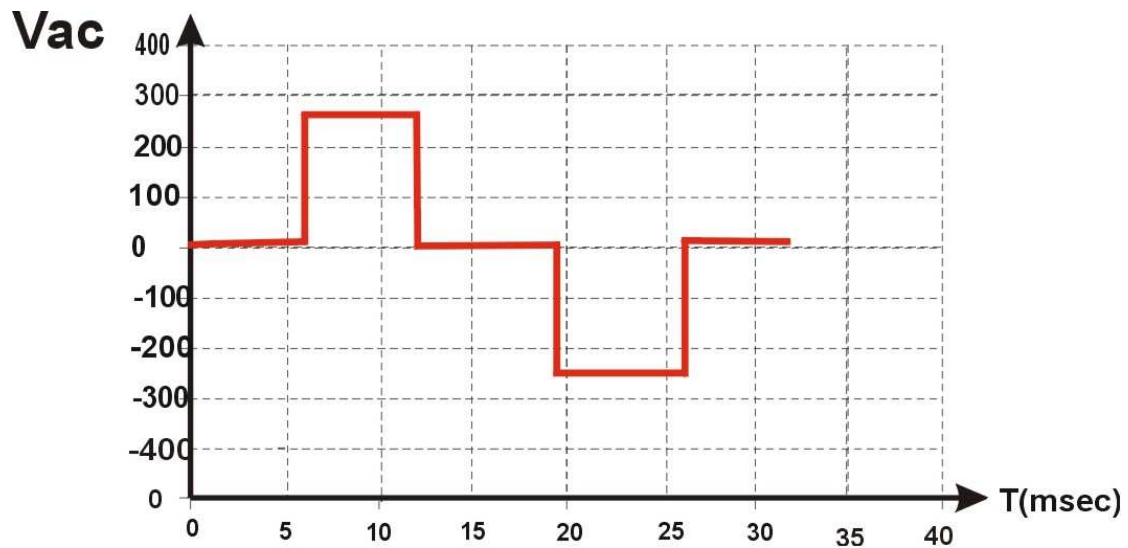


Η έξοδος του μονοσταθούς πολυδονητή αντιστρέφεται δια μέσου του τρανζίστορ Q15 και χρονίζει το δεύτερο FLIP FLOP του HCC4013

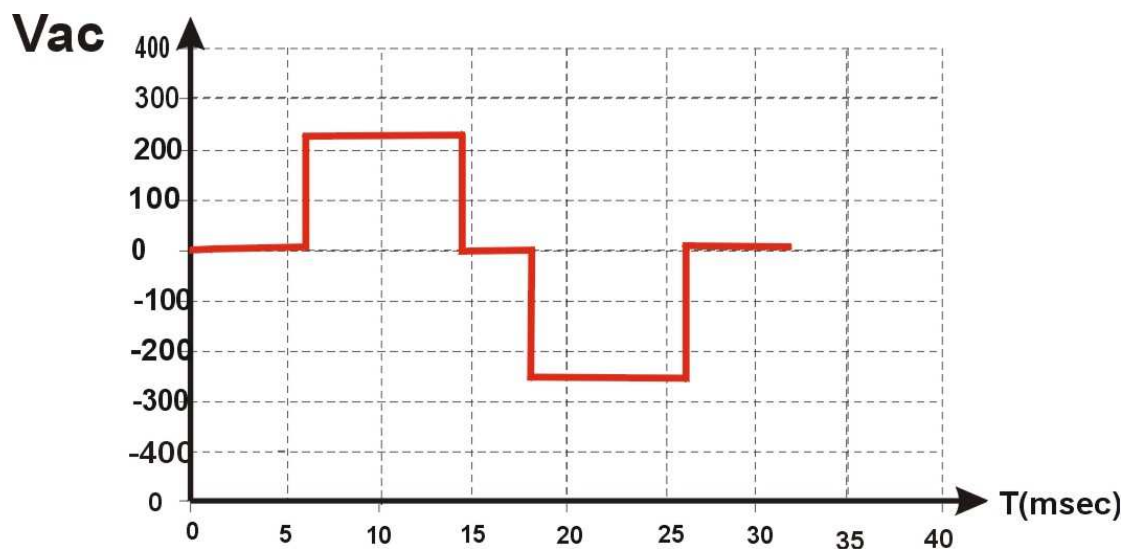




Η έξοδος του αντιστροφέα είναι η παρακάτω κυματομορφή
Όταν ο αντιστροφέας δεν έχει φορτίο στη εξοδό του



Με φορτίο στην έξοδο του αντιστροφέα έχουμε την παρακάτω κυματομορφή



8.ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΟΣΤΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

ΕΞΑΡΤΗΜΑ	ΤΙΜΗ
C1	100NF
C2	1NF
C3	10NF
C4	100NF
C6	10MF50V
C7	100NF
C12	100NF
C13	1MF
C14	91MF
C15	10MF
C16	10MF
C17	10MF
C18	10NF
C19	10NF
C20	1NF
C21	100NF
C22	100PF
C23	100NF
C24	100NF
C25	10MF
C28	100NF
C29	100MF35V
C30	470MF35V
C31	330MF400V
C32	330MF25V
C37	2.2MF
C38	2.2MF
C39	2.2F25V
C40	2.2F25V
C41	2.2F25V
C42	2.2F25V
C43	2.2F25V
C44	2.2F25V
C45	2.2F25V
C46	2.2F25V
C47	2.2F25V
C48	2.2F25V
C49	2.2F25V
C51	0.33MF250V
D1	DIODOS BYV29
D2	DIODOS BYV29
D3	DIODOS BYV29
D4	DIODOS BYV29

D5	DIODOS 1N4007
D6	DIODOS 1N4007
D7	DIODOS 1N4007
D8	DIODOS 1N4007
D9	DIODOS 1N4007
D10	DIODOS 1N4007
D11	DIODOS 1N4007
D12	D Zener
D14	D Zener
D16	DIODOS 1N4007
D17	DIODOS 1N4007
D18	D Zener
F1	Fuse 1
L1	Comment
LED1	ΠΗΝΙΟ ΕΞΟΔΟΥ
LS1	BAZZER
Q1	IRFZ44
Q2	IRFZ44
Q3	IRFZ44
Q4	IRFZ44
Q5	IRFZ44
Q6	IRFZ44
Q7	IRFZ44
Q8	IRFZ44
Q9	IRFZ44
Q10	IRFZ44
Q11	IRFZ44
Q12	IRFZ44
Q13	TL431ILP
Q14	L7812
Q15	2222A
Q16	2222A
Q17	E13007
Q18	E13007
Q19	E13007
Q20	E13007
Q21	IRFP460
Q22	IRFP460
Q23	IRFP460
Q24	IRFP460
Q25	IRFP460
Q26	IRFP460
Q27	IRFP460
Q28	IRFP460
R1	10 OHM
R2	10 OHM
R3	10 OHM

R4	10 OHM
R5	10 OHM
R6	10 OHM
R7	10 OHM
R8	10 OHM
R9	10 OHM
R10	10 OHM
R11	10 OHM
R12	10 OHM
R13	10 OHM
R14	10 OHM
R15	10 OHM
R16	4K7
R17	4K7
R18	11.3M
R19	10 K
R20	120K
R21	120K
R22	220K
R23	2 M
R24	510 OHM
R25	220 K
R26	10 K
R27	10 K
R28	15 K
R29	0.33 OHM
R30	10 K
R31	35 K
R32	90 K
R33	1.3M
R34	100 OHM
R35	470 OHM
R36	10 K
R37	10 K
R38	10 K
R39	15K
R40	22 K
R41	58 K
R42	410 K
R43	330 OHM
R44	51K
R45	470 OHM
R46	470 OHM
R47	470 OHM
R48	470 OHM
R49	10 K
R50	10 K

R51	10 K
R52	10 K
R53	22 K
R54	22 K
R56	180 ΩΜ
R63	15 ΩΜ
R64	15 ΩΜ
R65	15 ΩΜ
R66	15 ΩΜ
R67	15 ΩΜ
R68	15 ΩΜ
R69	15 ΩΜ
R70	15 ΩΜ
RT1(Thermistor	
SW	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ
T1	1 ^{ος} ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ
T2	2 ^{ος} ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ
T3	3 ^{ος} ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ
T4	4 ^{ος} ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΤΗΣ
U2	LM393N
U3	SG3525AJ
U4	NE556N
U5	LM393N
U6	CNY17F
U7	HCC4013BF
VR1	47K
VR2	47K

Το κόστος της κατασκευής έφτασε τα 110€

- 40€ κόστισαν τα mosfet ισχύος IRFP451
- 15€ κόστισαν τα mosfet ισχύος RFP50N06
- 15€ κόστισαν οι πυρήνες των μετασχηματιστών
- 10€ κόστισαν τα ολοκληρωμένα HCC4013BF
NE556N, SG3525, LM393
- 20€ κόστισαν οι αντιστάσεις, οι πυκνωτές, και οι δίοδοι
- 10€ πλήρωσα για το κουτί με τον ανεμιστήρα.

9.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Mohan. T. M. Undulant and W. P. Robins, “Power Electronics: Converters, Application and Design”, John Wiley and Sons, Inc. New York, 1989

[2] Muhammad H. Rashid, “Power Electronics: Circuit, Devises and Applications”, Prentice Hall International Editions, 1983

[3] B. K. Bose, “Modern Power Electronics evolution, Technology and Applications”, IEEE Press, 1991

[4] Abraham I. Pressman “Switching Power Supply Design” McGraw-Hill, Inc1989

[5] Billings, Keith H. “Switchmode Power Supply Handbook” McGraw-Hill, Inc 1989

[6] Marty Brown “Power Supply Cookbook” Butterworth-Heinemann1994

[7] Kaufman-Seidman “Εγχειρίδιο Ηλεκτρονικής “

[8] M. Morris Mano “Ψηφιακή Σχεδίαση”

[9] Jacob Milman-Arvin Grabel “Μικροηλεκτρονική”

[10] Χ. Παπακωνσταντίνου «Τεχνολογία Ηλεκτρονικών Εξαρτημάτων»