

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΑΘΗΝΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Όνομα: Στάθης Κατσίρης
Α.Μ.: 06825

Τίτλος

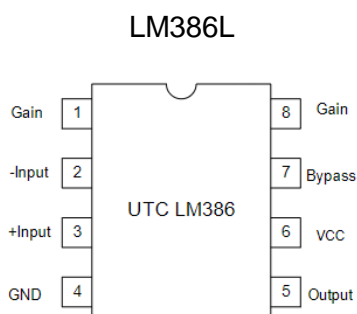
Μονοκάναλος ενισχυτής ήχου

Εισαγωγή

Το ολοκληρωμένο κύκλωμα (Integrated Circuit – IC) LM386L είναι ένας ενισχυτής ήχου. Ο συγκεκριμένος ενισχυτής όπως και όλοι οι ενισχυτές ήχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ένας τελεστικός ενισχυτής (Operational Amplifier – Op Amp) και συνεπώς μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε εφαρμογές που δεν σχετίζονται με τον ήχο. Η διαφορά μεταξύ ενός τελεστικού ενισχυτή και ενός ενισχυτή ήχου είναι πως στην έξοδο ενός ενισχυτή ήχου συνδέεται συνήθως κάποιο ηχείο δηλαδή κάποιο φορτίο με μικρή αντίσταση από το οποίο όμως διαρρέεται ένα μεγάλο ρεύμα ενώ στην έξοδο ενός τελεστικού ενισχυτή συνδέεται συνήθως κάποιο φορτίο η λειτουργία του οποίου δεν απαιτεί μεγάλο ρεύμα αλλά ένα ρεύμα κάποιων δεκάδων mA.

Ο ενισχυτής LM386L έχει προεπιλεγμένο κέρδος 20 πράγμα που σημαίνει πως το σήμα στην έξοδο του ενισχυτή στην περίπτωση που οι ακροδέκτες 1 και 8 δεν είναι συνδεδεμένοι με εξωτερικά εξαρτήματα είναι 20 φορές μεγαλύτερο από το σήμα στην είσοδο του ενισχυτή. Παρόλα αυτά το κέρδος του συγκεκριμένου ενισχυτή μπορεί να ρυθμιστεί και σε μεγαλύτερες τιμές φτάνοντας ακόμα και την τιμή 200. Έκτος όμως από το προεπιλεγμένο κέρδος που προσφέρει ο ενισχυτής LM386L με το οποίο και επιτυγχάνεται μια ικανοποιητική ενίσχυση του σήματος που εφαρμόζεται στην είσοδο του ενισχυτή χωρίς την χρήση πολλών εξωτερικών εξαρτημάτων, ο συγκεκριμένος ενισχυτής διαθέτει και πολλά άλλα πλεονεκτήματα. Κάποια από αυτά τα πλεονεκτήματα είναι το γεγονός πως ο συγκεκριμένος ενισχυτής είναι ένας αρκετά αποδοτικός ενισχυτής με αποτέλεσμα να μπορεί να λειτουργήσει και με μια απλή μπαταρία χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση ψήκτρας αλλά και το γεγονός πως ο συγκεκριμένος ενισχυτής είναι ένας φθηνός ενισχυτής με αποτέλεσμα οι περισσότεροι να έχουν πρόσβαση σε αυτόν. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα LM386L διαθέτει οκτώ ακροδέκτες και διατίθεται σε Dual In-Line package (DIP ή DIL).

Οι ακροδέκτες 1 και 8 του ενισχυτή LM386L χρησιμοποιούνται για την προσαρμογή της τιμής του κέρδους από την προεπιλεγμένη τιμή σε κάποια άλλη τιμή. Έτσι συνδέοντας σε αυτούς τους ακροδέκτες εξωτερικά εξαρτήματα και συγκεκριμένα πυκνωτές και αντιστάσεις το κέρδος του ενισχυτή μπορεί να γίνει μεγαλύτερο του 20. Οι ακροδέκτες 2 και 3 αποτελούν την αναστρέφουσα και την μη αναστρέφουσα είσοδο του ενισχυτή αντίστοιχα. Συνήθως σε ένα απλό κύκλωμα με τον ενισχυτή LM386L η αρνητική είσοδος (ο ακροδέκτης 2) συνδέεται στην γείωση και στην θετική είσοδο (στον ακροδέκτη 3) εφαρμόζεται το σήμα που πρέπει να ενισχυθεί. Ο ακροδέκτης 4 είναι η γείωση και ο ακροδέκτης 5 είναι η έξοδος του εν λόγω ενισχυτή. Όσον αφορά τον ακροδέκτη 6 ο συγκεκριμένος ακροδέκτης χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του ενισχυτή LM386L ενώ ο ακροδέκτης 7 παρέχει άμεση πρόσβαση στο σήμα που εφαρμόζεται στην είσοδο του ενισχυτή προκειμένου η ενίσχυση να εφαρμοστεί μόνο σε αυτό το σήμα και όχι και στον θόρυβο. Οι ακροδέκτες του ενισχυτή LM386L φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εργασία

Εξαρτήματα

Ολοκληρωμένο κύκλωμα: LM386L + βάση

Κεραμικός πυκνωτής: 470pF

Ηλεκτρολυτικοί πυκνωτές: 2 x 10μF, 16V
1000μF, 25V
100μF, 16V

Πυκνωτές πολυεστέρα: 3 x 0.1μF

Αντιστάσεις: 10kΩ
10Ω

Ποτενσιόμετρο: γραμμικό ποτενσιόμετρο 10kΩ

Κλέμμα: κλέμμα πλακέτας δυο ακροδεκτών

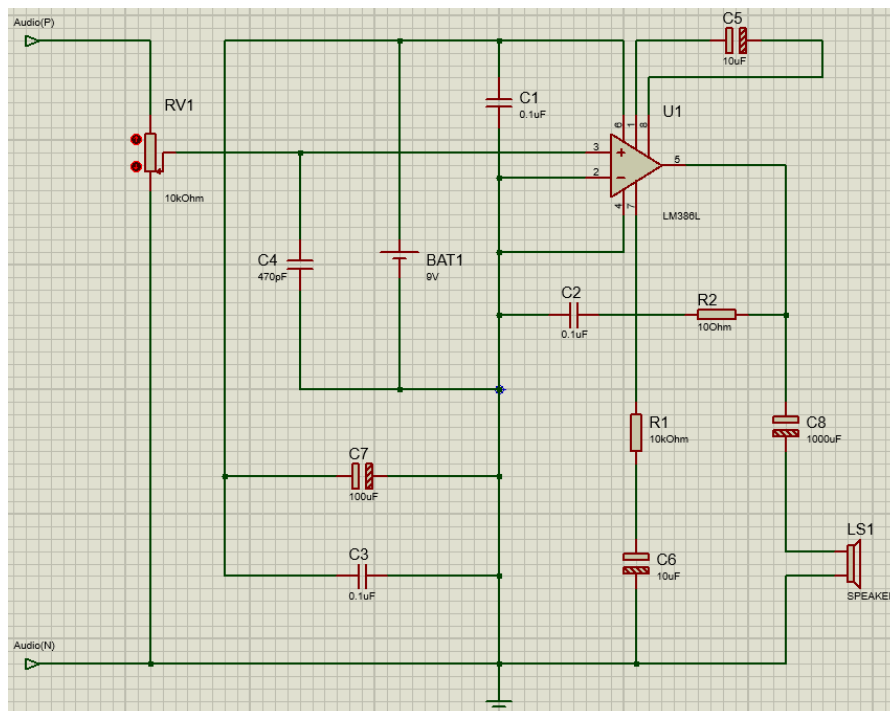
Ηχείο: 8Ω 1W ηχείο

Μπαταρία: 9V μπαταρία + θήκη

Πλακέτα: διάτρητη πλακέτα 71mm x 94mm

Βύσμα: βύσμα ήχου 3,5mm για διάτρητη πλακέτα

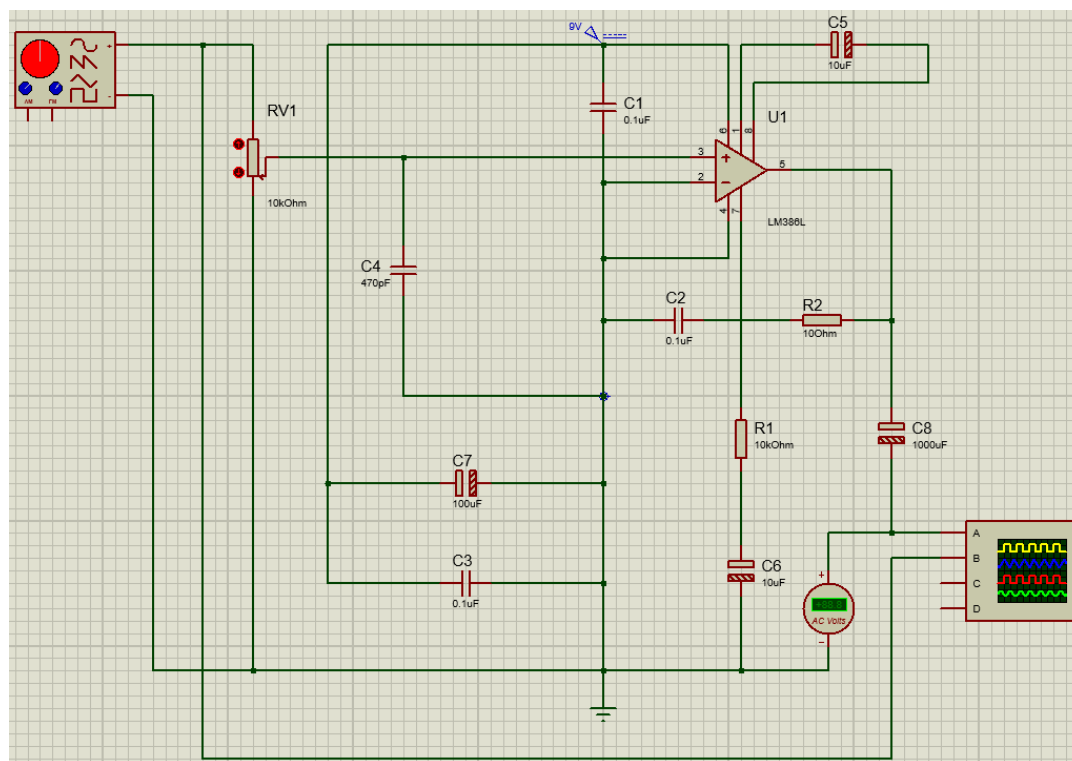
Κύκλωμα



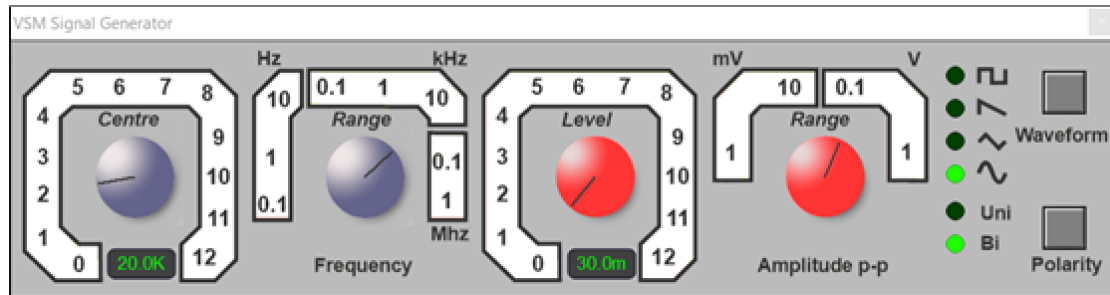
Το κύκλωμα που φαίνεται στην παραπάνω εικόνα σχεδιάστηκε στο πρόγραμμα Proteus.

Προσομοίωση

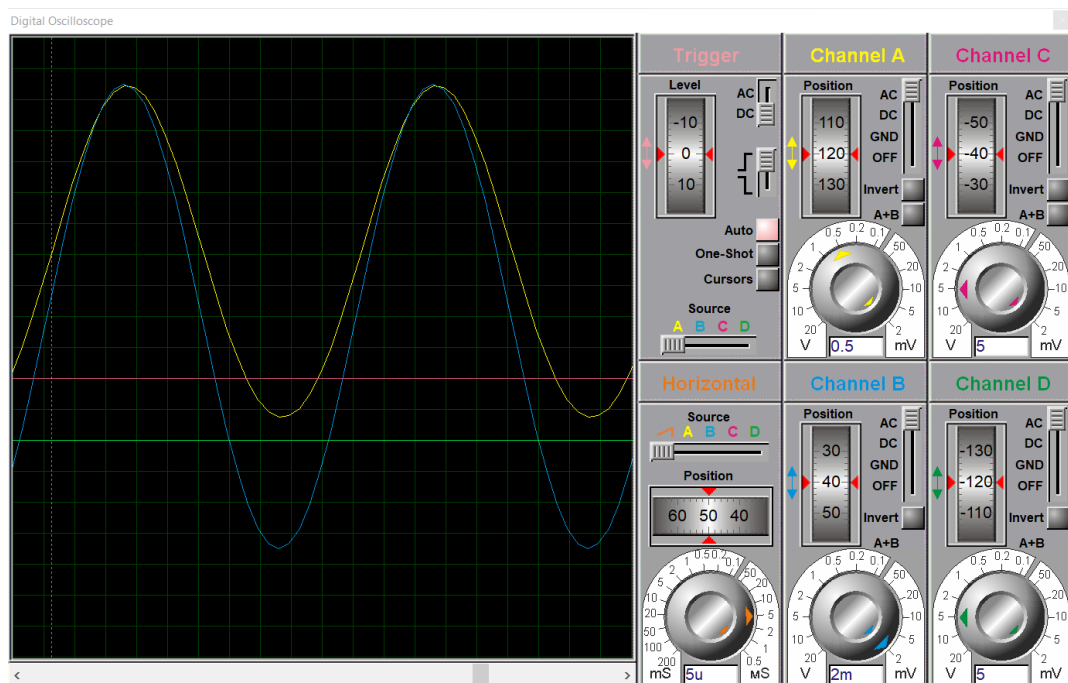
Για την προσομοίωση του παραπάνω κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε μια γεννήτρια και ένας παλμογράφος. Η γεννήτρια χρησιμοποιήθηκε προκειμένου στην είσοδο του παραπάνω κυκλώματος να εφαρμοστεί ένα ημιτονικό σήμα ενώ ο παλμογράφος χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση αυτού του σήματος καθώς και για την απεικόνιση του σήματος στην έξοδο του κυκλώματος. Εκτός από τα παραπάνω όργανα για την προσομοίωση του παραπάνω κυκλώματος χρησιμοποιήθηκε και ένα βολτόμετρο για τη μέτρηση της τάσης V_{rms} που αντιστοιχεί στο σήμα που “οδηγείται” στο ηχείο δηλαδή στο σήμα που εμφανίζεται στην έξοδο του κυκλώματος. Έτσι στο πρόγραμμα Proteus υλοποιήθηκε η παρακάτω συνδεσμολογία.



Μόλις δημιουργήθηκε η παραπάνω συνδεσμολογία επιλέχθηκε εκείνη η τιμή της αντίστασης του ποτενσιομέτρου με την οποία επιτυγχάνεται η μέγιστη ενίσχυση του σήματος της γεννήτριας. Με άλλα λόγια επιλέχθηκε εκείνη η τιμή της αντίστασης του ποτενσιομέτρου για την οποία η τιμή του κέρδους (Gain) γίνεται μέγιστη. Στην συνέχεια ρυθμίστηκε η συχνότητα αλλά και η διακύμανση του σήματος της γεννήτριας στην τιμή των 20kHz και στην τιμή των 30mV_{p-p} αντίστοιχα. Η τιμές αυτές φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Η τιμή των 30mV_{p-p} επιτρέπει την αξιοποίηση όλου του εύρους των τιμών αντίστασης του ποτενσιομέτρου χωρίς να αλλοιωθεί το ημιτονικό σήμα στην έξοδο του κυκλώματος. Αν η τιμή αυτή αυξηθεί το σήμα στην έξοδο του κυκλώματος θα αλλοιωθεί μετατρέποντάς το από ένα ημιτονικό σήμα σε ένα σήμα που μοιάζει περισσότερο με τετραγωνικό. Το σήμα στην είσοδο του κυκλώματος δηλαδή το σήμα της γεννήτριας αλλά και το σήμα στην έξοδο του κυκλώματος φαίνονται παρακάτω.



Από την παραπάνω εικόνα παρατηρούμε πως το σήμα (κίτρινη κυματομορφή) στην έξοδο του κυκλώματος είναι ίδιο με το σήμα (μπλε κυματομορφή) στην είσοδο του κυκλώματος δηλαδή με το σήμα της γεννήτριας με την μόνη διαφορά στο πλάτος των δυο αυτών σημάτων. Συγκεκριμένα παρατηρούμε πως λόγω της ενίσχυσης το σήμα στην έξοδο του κυκλώματος έχει μεγαλύτερο πλάτος σε σχέση με το σήμα στην είσοδο του κυκλώματος. Λόγω του ότι η διακύμανση του σήματος στην έξοδο του κυκλώματος δεν μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια μέσω του παλμογράφου, για τη μέτρηση της διακύμανσης χρησιμοποιήθηκε η ένδειξη του βολτομέτρου ($1,9\text{V}$) καθώς και ο τύπος με τον οποίο υπολογίζεται η ενεργός τιμή της τάσης μιας ημιτονοειδούς κυματομορφής. Ο τύπος αυτός φαίνεται παρακάτω.

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{max}}}{\sqrt{2}}$$

Έτσι μέσω της τιμής $1,9\text{V}$ που αντιστοιχεί στην ενεργό ή αλλιώς στην ενδεικνύμενη τιμή της τάσης του σήματος στην έξοδο του κυκλώματος αλλά και μέσω του παραπάνω

τύπου υπολογίστηκε η τάση V_{\max} . Η τάση αυτή είναι η μέγιστη τιμή του σήματος στην έξοδο του κυκλώματος δηλαδή η μέγιστη τιμή του σήματος που “οδηγείται” στο ηχείο και αυτή η τιμή υπολογίστηκε στα 2,687V. Πολλαπλασιάζοντας αυτήν την τιμή με το δυο προκύπτει η διακύμανση του σήματος που αντιστοιχεί στην κίτρινη κυματομορφή δηλαδή η τιμή $5,374V_{p-p}$. Διαιρώντας στην συνέχεια την τιμή $0,03V_{p-p}$ από την τιμή $5,374V_{p-p}$ προκύπτει η τιμή του κέρδους του ενισχυτή στην περίπτωση που η τιμή της αντίστασης RV1 είναι αυτή που αναφέρθηκε προηγουμένως (αυτή που επιτυγχάνει την μέγιστη ενίσχυση). Η τιμή του κέρδους του ενισχυτή όταν το ποτενσιόμετρο έχει τοποθετηθεί στην θέση της μέγιστης έντασης του ήχου (max volume) είναι 179.

Ρυθμίζοντας την συχνότητα του σήματος της γεννήτριας στις τιμές 20Hz, 100Hz, 1kHz και 10kHz και την τιμή της διακύμανσης της τάσης που αντιστοιχεί σε κάθε ένα από αυτά τα ημιτονικά σήματα διαφορετικής συχνότητας στην τιμή $30mV_{p-p}$ και αυξάνοντας στην συνέχεια την τιμή αυτήν μέχρι το σήμα στην έξοδο του κυκλώματος να παραμορφωθεί δημιουργήθηκε ο παρακάτω πίνακας.

Συχνότητα (Hz)	Διακύμανση της τάσης (mV)
20	170
100	50
1000	30
10000	30

Η πρώτη στήλη του παραπάνω πίνακα αφορά την συχνότητα του σήματος της γεννήτριας ενώ η δεύτερη στήλη του ίδιου πίνακα αφορά την διακύμανση της τάσης που αντιστοιχεί σε κάθε ένα από αυτά τα σήματα. Οι τιμές της δεύτερης στήλης του παραπάνω πίνακα μετρήθηκαν έχοντας επιλέξει εκείνη την αντίσταση του ποτενσιόμετρου που επιτυγχάνει την μέγιστη ενίσχυση και η κάθε μια από αυτές τις τιμές αποτελεί στην ουσία την μέγιστη τιμή της διακύμανσης της τάσης που μπορεί να εφαρμοστεί χωρίς το σήμα στην έξοδο του κυκλώματος να παραμορφωθεί.

Για κάθε ένα από τα παραπάνω σήματα δηλαδή για κάθε ένα σήμα με συχνότητα f_i και με διακύμανση V_i όπου f_i και V_i οι τιμές της πρώτης και της δεύτερης στήλης του παραπάνω πίνακα αντίστοιχα μετρήθηκε η ενεργός τιμή του σήματος στην έξοδο του κυκλώματος. Αυτές οι τιμές στην συνέχεια πολλαπλασιάστηκαν με την ποσότητα $2 \cdot \sqrt{2}$ προκειμένου για κάθε ένα από τα παραπάνω σήματα να υπολογιστεί η τιμή της διακύμανσης της τάσης που εμφανίζεται στην έξοδο του κυκλώματος. Αυτές οι τιμές φαίνονται στην τρίτη στήλη του παρακάτω πίνακα ενώ στην τέταρτη στήλη αυτού του πίνακα φαίνονται οι τιμές του κέρδους που προκύπτουν από τιμές της δεύτερης και της τρίτης στήλης του παρακάτω πίνακα.

Συχνότητα (f_i)	Διακύμανση της τάσης (V_i)	Διακύμανση της τάσης (V_o)	Κέρδος ($\frac{V_o}{V_i}$)
20Hz	0,17V	6,788V	40
100Hz	0,05V	6,222V	124
1kHz	0,03V	5,374V	179
10kHz	0,03V	5,374V	179

Κατασκευή

