

ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ RC Ή ΤΑΛΑΝΤΩΤΗΣ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ ΦΑΣΗΣ

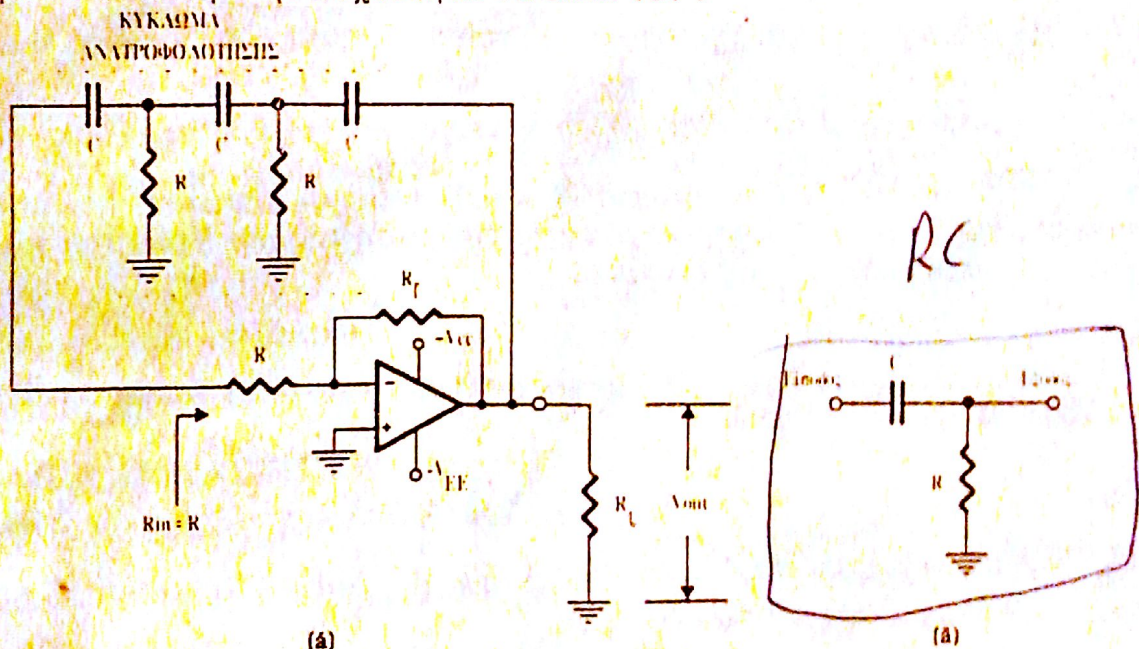
Θεωρία

Στο Σχ.1(α) φαίνεται το κύκλωμα ενός ταλαντωτή ολισθήσης φάσης. Το κύκλωμα αποτελείται από έναν αναστροφικό ενισχυτή με χρήση τελεστικού ενισχυτή. Το κύκλωμα ανατροφοδότησης αποτελείται μόνο από αντιστάσεις και πυκνωτές (RC). Στο χαρακτηριστικό του αυτό οφείλει ο ταλαντωτής το όνομά του.

Το κύκλωμα ανατροφοδότησης αποτελείται από τρία όμοια κυκλώματα RC, όπως αυτό που φαίνεται στο Σχ.1(β). Το τελευταίο κύκλωμα, πριν από την είσοδο του ενισχυτή, σχηματίζεται από τον πυκνωτή C και την αντίσταση εισόδου του ενισχυτή, που είναι περίπου ίση με R.

Όπως είναι γνωστό, ο αναστροφικός ενισχυτής εισάγει μία διαφορά φάσης 180° μοίρων ανάμεσα στην τάση εισόδου και την τάση εξόδου. Εφόσον ο ενισχυτής εισάγει μία διαφορά φάσης 180° , πρέπει και το κύκλωμα ανατροφοδότησης να εισάγει και αυτό μία διαφορά φάσης 180° , ώστε το σήμα ανατροφοδότησης να επιστρέφει σε φάση με το σήμα εισόδου. Αυτό, όπως είναι γνωστό, είναι μία από τις δύο απαραίτητες συνθήκες για την δημιουργία ταλαντώσεων.

Η μαθηματική ανάλυση της συμπεριφοράς του κυκλώματος αυτού δείχνει ότι εισάγει, ανάλογα με την συχνότητα του σήματος, μία διαφορά φάσης από 0° έως 90° ανάμεσα στην τάση εισόδου και την τάση εξόδου του. Επομένως σε κάποια συχνότητα το καθένα από τα κυκλώματα ανατροφοδότησης RC εισάγει διαφορά φάσης 60° . Έτσι η συνολική διαφορά φάσης που θα εισάγουν τα τρία κυκλώματα σ' αυτήν την συχνότητα θα είναι 180° .



Σχ.1

Αποδεικνύεται επίσης ότι στην παραπάνω συχνότητα ο συντελεστής ανατροφοδότησης γίνεται ίσος με $B = 1/29$. Επομένως ο ενισχυτής πρέπει να έχει ενίσχυση τάσης $A_v = 29$, ώστε να ικανοποιείται η σχέση $A \cdot B = 1$. Αυτή, όπως είναι γνωστό, είναι η δεύτερη από τις δύο απαραίτητες συνθήκες για την δημιουργία και συντήρηση αρμονικών ταλαντώσεων.

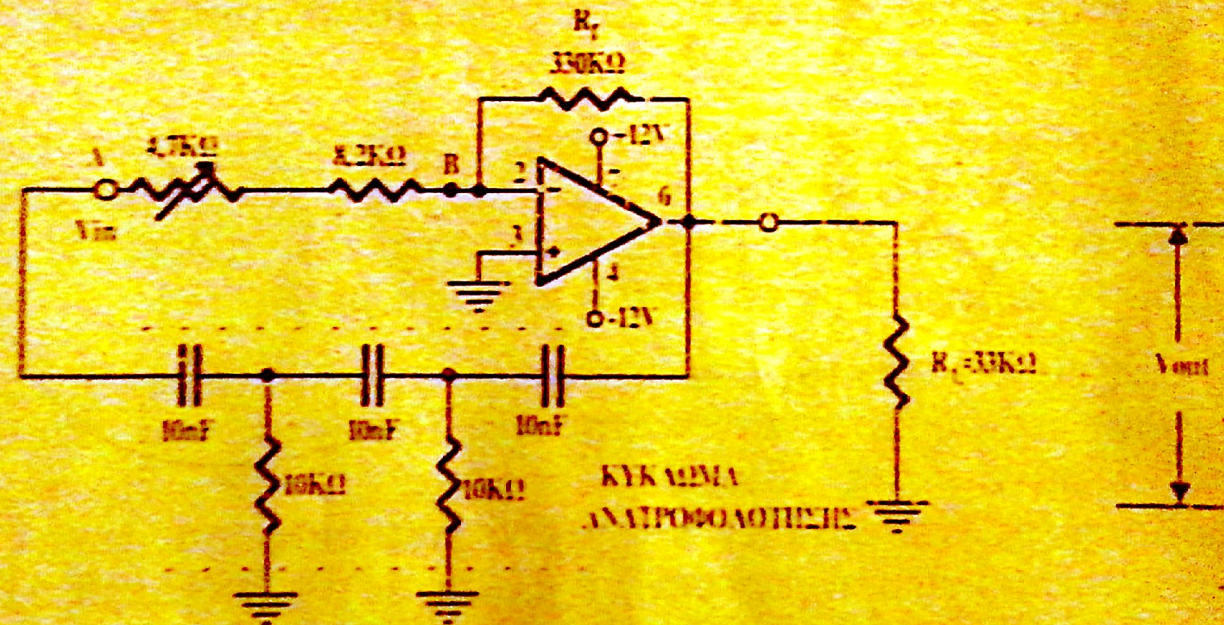
Η συχνότητα ταλάντωσης δίνεται από τη σχέση:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κατασκευάστε το κύκλωμα του ταλαντωτή ολισθητής φάσης του Σχ.2.

1) Συνδέστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στο σημείο A και το κανάλι 2 στην έξοδο. Ρυθμίστε προσεκτικά την μεταβλητή αντίσταση των $4,7\text{K}\Omega$, ώστε να πάρετε στην έξοδο του ταλαντωτή όσο το δυνατό απαραμόρφωτο ημιτονικό σήμα.



Σχ.2

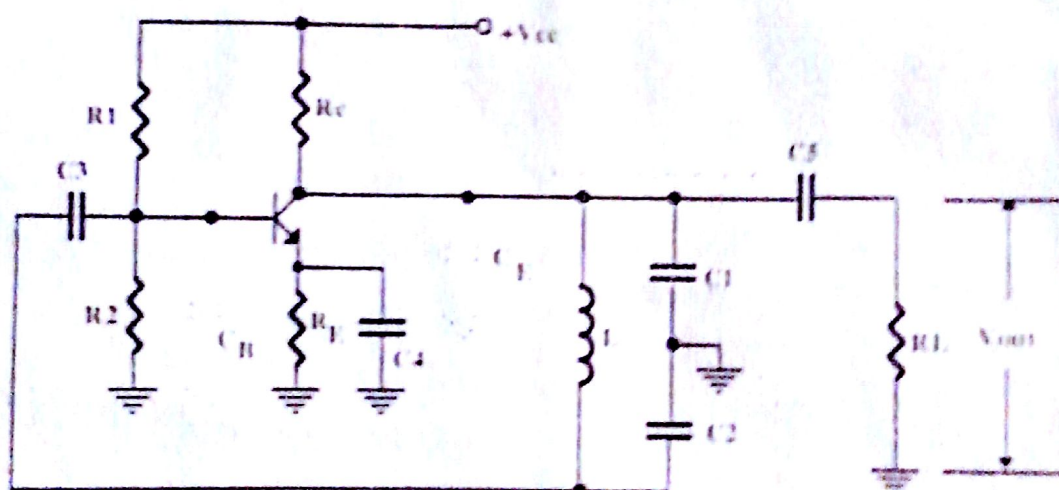
Στη συνέχεια, χωρίς να πειράξετε τον κινητό ακροδέκτη της μεταβλητής αντίστασης, αποσυνδέστε το άκρο της A από το κύκλωμα ανατροφοδότησης. Επίσης αποσυνδέστε το σημείο B από την είσοδο του Τ.Ε. Μετρήστε με το πολυμετρο την ολική αντίσταση σειράς της μεταβλητής αντίστασης και της σταθερής αντίστασης των $8,2\text{K}\Omega$:

$$R_{ολ} =$$

Θεωρία

Ο ταλαντωτής Colpitts είναι ένας LC ταλαντωτής. Οι ταλαντωτές αυτοί χρησιμοποιούνται συνήθως σε συχνότητες από 1 έως 500 MHz. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές του κυκλώματος. Στο Σχ. 1 φαίνεται μία από αυτές. Με την παραλλαγή αυτή του ταλαντωτή θα ασχοληθούμε στο πειραματικό μέρος της άσκησης. Ένας τρόπος αναγνώρισης του ταλαντωτή Colpitts είναι ο χωρητικός διαιρέτης τάσης, που σχηματίζουν οι πυκνωτές C_1 και C_2 .

Όπως βλέπουμε, ο ταλαντωτής αποτελείται από έναν ενισχυτή κοινού εκπομπού και το κύκλωμα ανατροφοδότησης. Επειδή ο ενισχυτής κοινού εκπομπού, εισάγει μια διαφορά φάσης 180° μεταξύ της τάσεως εξόδου και της τάσεως εισόδου, πρέπει και το κύκλωμα ανατροφοδότησης να εισάγει μια διαφορά φάσης 180° , ώστε το σήμα ανατροφοδότησης να επιστρέφει σε φάση με το σήμα εισόδου. Αυτή είναι μία από τις δύο αναγκαίες συνθήκες για την δημιουργία ταλαντώσεων.



Κύκλωμα
Ανατροφοδότησης

Σχ. 1

Η συχνότητα ταλάντωσης του κυκλώματος δίνεται από τη σχέση:

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \sqrt{\frac{Q^2}{Q^2 + 1}}$$

Στην παραπάνω σχέση C είναι η ισοδύναμη χωρητικότητα σειράς των πυκνωτών C_1 και C_2 . Δηλαδή:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

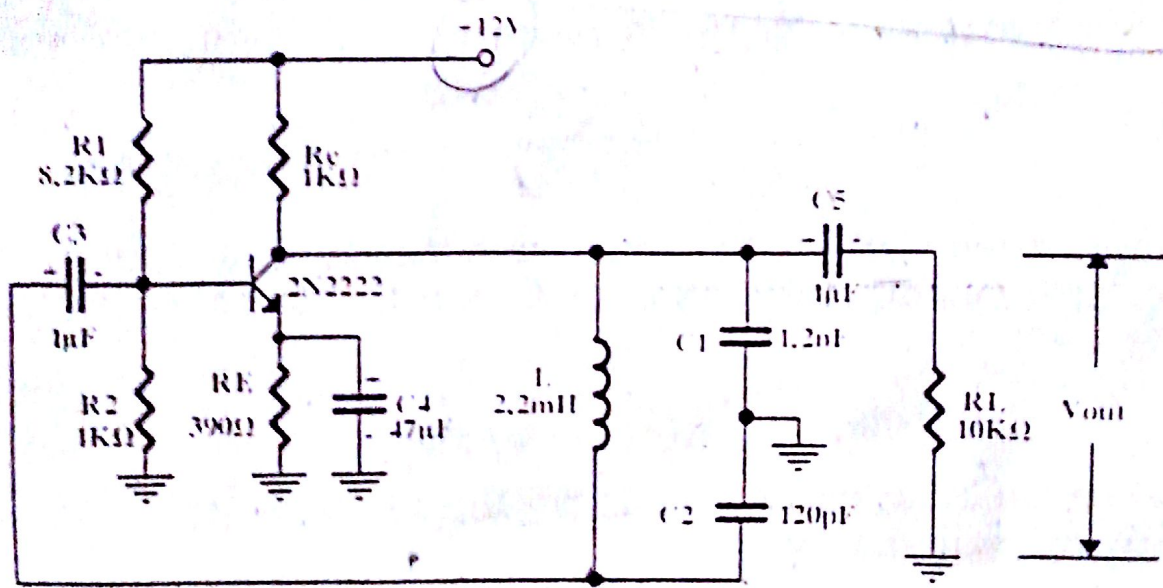
Το Q είναι ο παράγοντας ποιότητας του πηνίου. Εάν το Q είναι μεγάλο (π.χ το $Q > 10$), τότε με πολύ ικανοποιητική προσέγγιση η συχνότητα ταλάντωσης δίνεται από τη σχέση:

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κατασκευάστε το κύκλωμα του ταλαντωτή Colpitts του Σχ. 2.

1) Συνδέστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στην έξοδο του κυκλώματος (από την αντίσταση φορτίου). Τι παρατηρείτε;

Αποσυνδέστε στη συνέχεια τον κλάδο της ανατροφοδότησης. Για αυτό αποσυνδέστε τον πυκνωτή C_3 από την βάση του τρανζίστορ. Παρατηρήστε πάλι στην οθόνη του παλμογράφου την έξοδο του ταλαντωτή. Τι παρατηρείτε;



Σχ. 2

2) Με αποσυνδεδεμένο τον κλάδο της ανατροφοδότησης, μετρήστε και σημειώστε τις DC τάσεις της βάσεως, του συλλέκτη και του εκπομπού του τρανζίστορ:

$$V_B = \dots\dots\dots, \quad V_C = \dots\dots\dots, \quad V_E = \dots\dots\dots$$

Από τις παραπάνω τιμές να υπολογίσετε τις τάσεις V_{BE} και V_{CE} .

Θεωρία

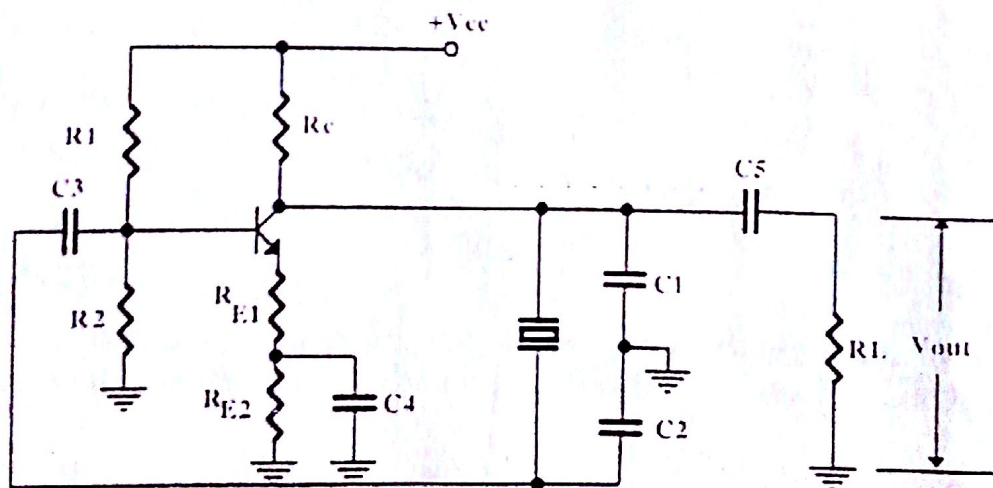
Όπως είδαμε στις προηγούμενες ασκήσεις, οι ταλαντωτές LC παρουσιάζουν το πρόβλημα της μεταβολής, για διάφορους λόγους, της συχνότητας ταλάντωσης. Για να αντιμετωπίσουμε το πρόβλημα αυτό καταφεύγουμε στην χρήση των κρυστάλλων.

Ο κρύσταλλος ο οποίος χρησιμοποιείται περισσότερο, επειδή υπάρχει άφθονος στη φύση και είναι φθηνός, είναι ο κρύσταλλος χαλαζία. Ο κρύσταλλος αυτός κόβεται σε φέτες και τοποθετείται ανάμεσα σε δύο οπλισμούς. Στη συνέχεια συσκευάζεται αεροστεγώς μέσα σε ένα περίβλημα, από το οποίο αφαιρείται ο αέρας, για μείωση των απωλειών. Από το περίβλημα βγαίνουν δύο ακροδέκτες.

Η συχνότητα ταλάντωσης του κρυστάλλου είναι αντιστρόφως ανάλογη του πάχους του. Έτσι στις υψηλές συχνότητες το πάχος του κρυστάλλου γίνεται πολύ μικρό και ο κρύσταλλος γίνεται εύθραυστος. Για το λόγο αυτό στις υψηλές συχνότητες καταφεύγουμε στην χρήση ενός άλλου κρυστάλλινου υλικού, του τουρμαλίνη, ή χρησιμοποιούμε ταλαντωτές αρμονικών.

Στους ταλαντωτές αρμονικών ο κρύσταλλος δονείται μεν στην θεμελιώδη συχνότητα του, αλλά με ένα φίλτρο επιλέγουμε μία ανώτερη αρμονική της θεμελιώδους. Οι αρμονικές είναι περίπου ακέραια πολλαπλάσια της θεμελιώδους συχνότητας.

Στους κρυσταλικούς ταλαντωτές η συχνότητα ταλάντωσης καθορίζεται σχεδόν αποκλειστικά από τον κρύσταλλο και είναι ίση ή περίπου ίση με την συχνότητα ταλάντωσης του, η οποία αναγράφεται συνήθως στο περίβλημά του.



Κύκλωμα
Ανατροφοδότησης

Σχ. 1

Στο Σχ. 1 φαίνεται το κύκλωμα ενός κρυσταλικού ταλαντωτή. Είναι ένας κρυσταλλικός ταλαντωτής Colpitts. Μ' αυτό το κύκλωμα θα ασχοληθούμε στο πειραματικό μέρος της άσκησης. Όπως βλέπουμε, αποτελείται από έναν ενισχυτή κοινού εκπομπού και το κύκλωμα ανατροφοδότησης.

Ο ενισχυτής κοινού εκπομπού έχει και μία αντίσταση εξουδετέρωσης R_E στον εκπομπού. Αυτή η αντίσταση αυξάνει μεν την αντίσταση εισόδου του, αλλά υποβιβάζει την ενίσχυσή του, η οποία δίνεται από την σχέση:

$$A_v = \frac{R_L}{r_e + R_E}$$

όπου R_L είναι η AC αντίσταση που βλέπει ο συλλέκτης του τρανζίστορ και $r_e = 26/I_E$ η δυναμική αντίσταση του εκπομπού.

Ο ενισχυτής εισάγει μια διαφορά φάσης 180° μεταξύ της τάσεως εξόδου και της τάσεως εισόδου. Επομένως το κύκλωμα ανατροφοδότησης πρέπει να εισάγει και αυτό μια διαφορά φάσης 180° , ώστε το σήμα ανατροφοδότησης να επιστρέφει σε φάση με το σήμα εισόδου. Αυτή είναι μία από τις δύο απαραίτητες συνθήκες για την δημιουργία των ταλαντώσεων.

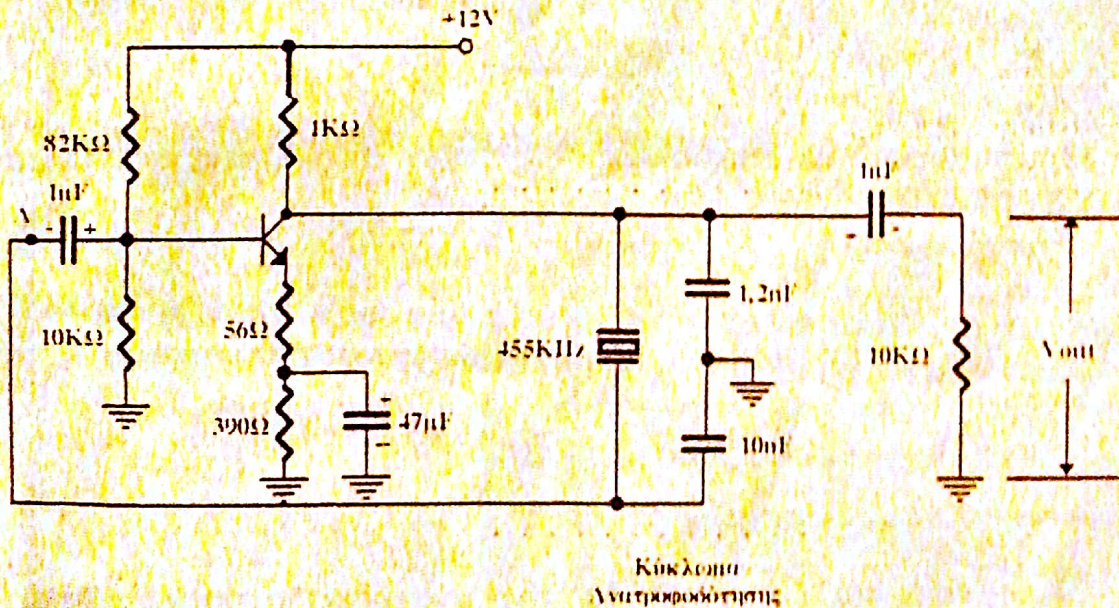
Το κλάσμα ανατροφοδότησης καθορίζεται από τον χωρητικό διαιρέτη τάσης των πυκνωτών C_1 και C_2 και δίνεται από τη σχέση $B = C_1 \setminus C_2$. Η σχέση αυτή αγνοεί την φόρτιση του κυκλώματος συντονισμού από την αντίσταση εισόδου του ενισχυτή και το φορτίο. Ισχύει με ικανοποιητική ακρίβεια, όταν η φόρτιση αυτή είναι αμεληταία. Σε μία ακριβέστερη ανάλυση όμως θα πρέπει να την λάβουμε υπ' όψη, καθώς επίσης και τις παρασιτικές χωρητικότητες των τρανζίστορ.

Η συχνότητα ταλάντωσης του ταλαντωτή είναι περίπου ίση με τη συχνότητα ταλάντωσης του κρυστάλλου.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κατασκευάστε το κύκλωμα του κρυσταλλικού ταλαντωτή Colpitts του

Σχ.2.



Σχ. 2

82kΩ
1kΩ
10kΩ
56Ω
390Ω
47μF
1.2nF
10nF
10kΩ
Vout

1,2 nF
10 nF
1 nF
47 μF

1) Συνδέστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στην έξοδο του κυκλώματος (πάνω στην αντίσταση φορτίου). Τι παρατηρείτε;

ΔΙΣΤΑΘΗΣ ΠΟΛΥΔΟΝΗΤΗΣ (BISTABLE MULTIVIBRATOR)

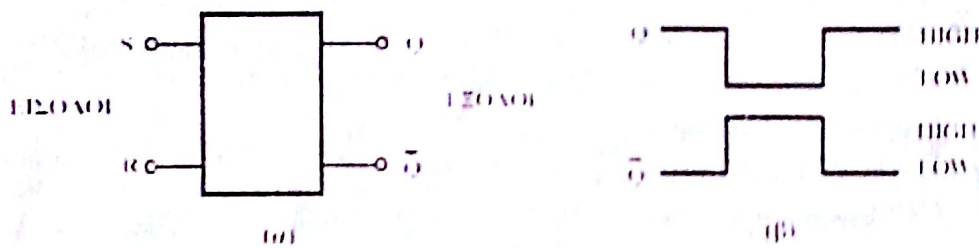
Θεωρία

Στο Σχ. 1(α) φαίνεται το μπλόκ διάγραμμα της πιο συνηθισμένης μορφής του δισταθής πολυδονητή. Έχει δύο εισόδους σκανδαλισμού την S και την R και δύο εξόδους την Q και \bar{Q} . Η μία έξοδος λέγεται κανονική, έξοδος και συμβολίζεται με Q, ενώ η άλλη συμπληρωματική και συμβολίζεται με \bar{Q} .

Κάθε μία από τις εξόδους του πολυδονητή μπορεί να βρεθεί σε μία από δύο καταστάσεις δυναμικού: Μία υψηλή (High) και μία χαμηλή (Low). Η υψηλή τάση είναι συνήθως περίπου ίση με την τάση τροφοδοσίας του κυκλώματος, ενώ η χαμηλή είναι περίπου ίση με 0V. Στο εξής την υψηλή τάση εξόδου θα την συμβολίζουμε με H και την χαμηλή με L.

Οι εξοδοί Q και \bar{Q} κατά την <<επιτρεπτή>> λειτουργία του κυκλώματος είναι συμπληρωματικές. Αυτό σημαίνει ότι όταν η μία είναι σε κατάσταση H, η άλλη είναι σε κατάσταση L. Τα παραπάνω απεικονίζονται εποπτικά στο Σχ. 1(β).

Μπορεί βέβαια κάτω από ορισμένες συνθήκες να βρεθούν και οι δύο εξοδοί στην ίδια κατάσταση. Αυτή όμως η κατάσταση χαρακτηρίζεται, όπως θα δούμε αργότερα στα ψηφιακά κυκλώματα, σαν απογορευμένη και αποφεύγεται κατά την λειτουργία του κυκλώματος.



Σχ. 1

Επειδή η έξοδος του πολυδονητή μπορεί να βρεθεί μόνο σε δύο καταστάσεις, ο πολυδονητής είναι ουσιαστικά ένα ψηφιακό κύκλωμα. Στα ψηφιακά κυκλώματα, η υψηλή κατάσταση δυναμικού συμβολίζεται με τον δυαδικό αριθμό 1, ενώ η χαμηλή με τον δυαδικό αριθμό 0, εφόσον βέβαια χρησιμοποιούμε θετική λογική.

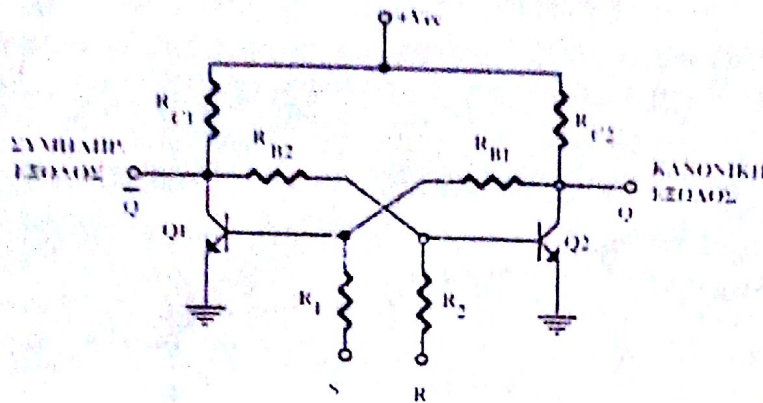
Παρακάτω θα αναφερόμαστε αποκλειστικά στην κανονική έξοδο Q. Τα ανάλογα θα ισχύουν και για την συμπληρωματική έξοδο \bar{Q} .

Με την εφαρμογή της τροφοδοσίας στο κύκλωμα, η έξοδος Q πηγαίνει τυχαία σε μία από τις δύο δυνατές καταστάσεις (H ή L). Και οι δύο καταστάσεις της εξόδου είναι σταθερές. Έτσι η έξοδος θα παραμείνει στην κατάσταση που θα βρεθεί επ' αόριστον, εκτός εάν αναγκάσουμε εξωτερικά τον πολυδονητή να αλλάξει κατάσταση. Αυτό το πετυχαίνουμε με την εφαρμογή των κατάλληλων παλμών σκανδαλισμού, στην κατάλληλη είσοδο.

Το γεγονός ότι έχει δύο σταθερές καταστάσεις, δικαιολογεί το όνομα του πολυδονητή σαν δισταθής πολυδονητή ή πολυδονητή διπλής σταθερής κατάστασης.

Ο παραπάνω πολυδονητής ονομάζεται και R-S Flip-Flop. Η εφαρμογή του κατάλληλου παλμού σκανδαλισμού στην είσοδο S κάνει την έξοδο $Q=1$, ενώ η εφαρμογή του κατάλληλου παλμού στη είσοδο R την κάνει 0.

Το βασικό κύκλωμα του διαταθι πολυδονητή, με το οποίο και θα ασχοληθούμε στην άσκησή μας, φαίνεται στο Σχ. 2. Όπως βλέπουμε για την κατασκευή του χρησιμοποιούνται δύο τρανζίστορ.



Σχ. 2

Το κύκλωμα χρησιμοποιεί θετική ανατροφοδότηση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δουλεύει μη γραμμικά και τα τρανζίστορ να βρίσκονται ή στον κόρο ή στην αποκοπή. Όταν το ένα τρανζίστορ βρίσκεται στον κόρο, το άλλο βρίσκεται στην αποκοπή.

Οι εξόδοι του κυκλώματος λαμβάνονται από τους συλλέκτες των τρανζίστορ. Επιλεγούμε αυθαίρετα την μία έξοδο σαν την κανονική Q, οπότε η άλλη θα είναι η συμπληρωματική \bar{Q} . Στο Σχ. 2 παίρνουμε την κανονικό έξοδο από τον συλλέκτη του Q_2 . Αφού επιλέξουμε τις δύο εξόδους, καθορίζονται και οι δύο εισόδοι S και R με τον τρόπο που φαίνεται στο σχημα.

Μόλις εφαρμοστεί η τροφοδοσία, λόγω των ανοχών των αντιστάσεων και των κατασκευαστικών διαφορών των δύο τρανζίστορ το ένα από τα δύο, εστω το Q_1 , πηγαίνει γρηγορότερα από το άλλο στον κόρο. Επομένως η V_{CE} γίνεται περίπου ίση με $0,2V$. Η τάση αυτή εφαρμόζεται μέσω της R_{B2} στην βάση του τρανζίστορ Q_2 . Επειδή είναι μικρότερη από $0,7V$, το Q_2 οδηγείται στην αποκοπή (δεν αγει). Επομένως η τάση του συλλέκτη του δηλ. η τάση εξόδου Q γίνεται περίπου ίση με την τάση τροφοδοσίας (High):

$$V_Q \approx V_{CC}$$

Έτσι στο ένα άκρο της αντιστάσης R_{B1} , μέσω της οποίας πολώνεται η βάση του Q_1 , εφαρμόζεται η αρκετά μεγάλη τάση τροφοδοσίας και το τρανζίστορ Q_1 σταθεροποιείται στην κατάσταση κόρου. Η παραπάνω κατάσταση είναι σταθερή και το κύκλωμα μπορεί να παραμείνει σ' αυτήν επ' αόριστον, εκτός εάν το αναγκάσουμε εμείς εξωτερικά να αλλάξει κατάσταση.

Εάν τώρα εφαρμόσουμε ένα κατάλληλο θετικό παλμό στην είσοδο R του κυκλώματος (στη βάση του Q_2), τότε το Q_2 πηγαίνει στον κόρο και επομένως η τάση στην έξοδο Q γίνεται περίπου $0,2V$ (LOW). Η χαμηλή αυτή τάση εφαρμόζεται μέσω της αντιστάσης R_{B1} στην βάση του Q_1 , οδηγώντας το στην αποκοπή. Για το λόγο αυτό η είσοδος R επειδή φέρνει την έξοδο σε δυναμικό περίπου $0V$ (LOW), λέγεται είσοδος μηδενισμού (RESET).

Αν στη συνέχεια εφαρμόσουμε έναν θετικό παλμό στην είσοδο S, τότε η έξοδος Q γίνεται $Q=1$, δηλ. πηγαίνει σε υψηλό δυναμικό (Γιατί;). Για το λόγο αυτό η είσοδος S λέγεται είσοδος τοποθέτησης (SET).

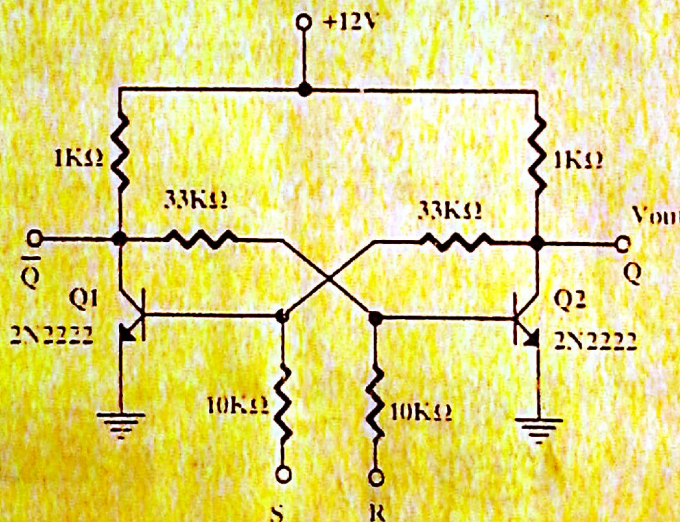
Στα πρακτικά κυκλώματα η εφαρμογή των παλμών διεγέρσης γίνεται μέσω κατάλληλων κυκλωμάτων που ονομάζονται κυκλώματα διεγέρσεως ή

σκανδάλης (Trigger circuits). Τα κυκλώματα διέγερσης προστίθενται κυρίως για να περιοριστεί η επίδραση ανάμεσα στην πηγή διέγερσης και το κύκλωμα του πολυδονητή.

Επιδιώκουμε η μορφή των κυκλωμάτων διέγερσης να είναι όσο είναι δυνατόν πιο απλή. Η μορφή όμως και το σημείο σύνδεσης των κυκλωμάτων σκανδάλης, εξαρτώνται από το είδος του πολυδονητή που θέλουμε να κατασκευάσουμε, το πλάτος του σήματος διέγερσης κ.λ.π.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κατασκευάστε το κύκλωμα του Σχ. 3. Αρχικά φέρτε στιγμιαία σε επαφή με έναν αγωγό την είσοδο R με την τροφοδοσία. Αυτό το κάνουμε για να εξασφαλιστεί ότι η έξοδος Q είναι σε κατάσταση Low, ώστε να φανεί παρακάτω η λειτουργία της εισόδου S.



Σχ. 3

1) Συνδέστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στην κανονική έξοδο Q του πολυδονητή και το κανάλι 2 στην συμπληρωματική. Επειδή προηγουμένως είχαμε φροντίσει να κάνουμε Reset τον πολυδονητή, η κανονική έξοδος πρέπει να είναι Low και η συμπληρωματική High.

Σκανδαλίστε την είσοδο S του πολυδονητή. Για τον σκοπό αυτό φέρτε στιγμιαία σε επαφή με έναν αγωγό την είσοδο S με την τροφοδοσία. Σε ποιά κατάσταση (H ή L) μεταβαίνει η κανονική έξοδος και σε ποιά η συμπληρωματική;

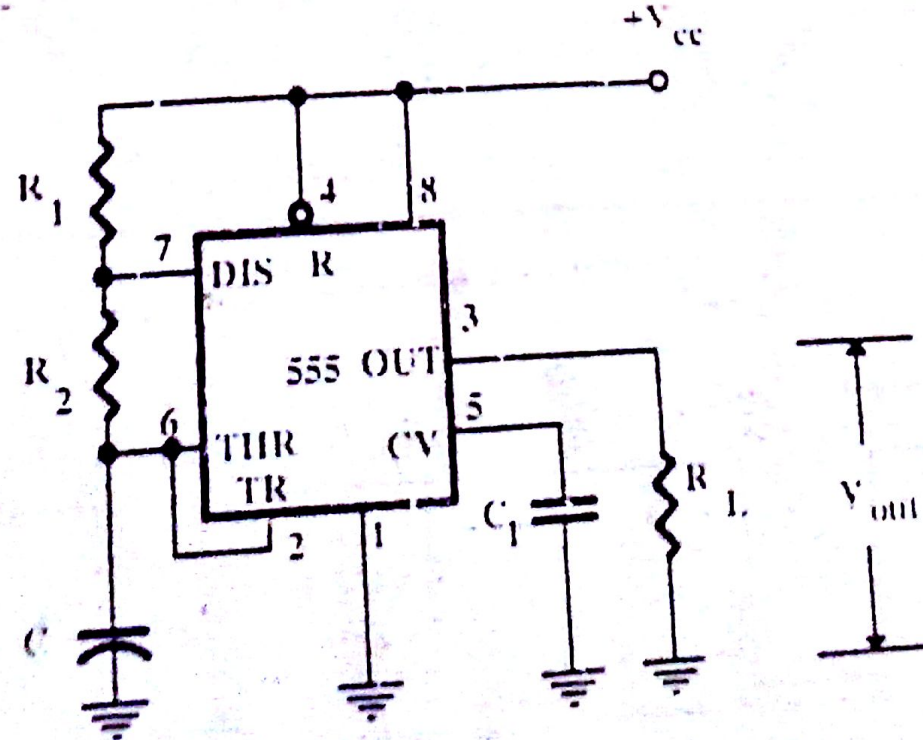
Ασταθής πολυδονητής (Clock) με το 555

Θεωρία

Συνδέουμε το 555 I.C, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Για την κατανόηση της λειτουργίας του κυκλώματος θα πρέπει να ανατρέχετε στο

57

διάγραμμα βαθμίδων του IC, του Σχ.1. Η λειτουργία του κυκλώματος έχει ως εξής:



Αρχικά ο πυκνωτής C είναι αφόρτιστος. Μόλις όμως συνδεθεί το κύκλωμα στην τροφοδοσία, ο πυκνωτής αρχίζει να φορτίζεται από την τροφοδοσία μέσω των αντιστάσεων R_1 και R_2 . Προφανώς το πόσο γρήγορα θα φορτίζεται ο πυκνωτής, εξαρτάται από την χωρητικότητά του C και από την τιμή του αθροίσματος $R_1 + R_2$. Δηλ. η σταθερά χρόνου φόρτισης του πυκνωτή είναι η $T_{\phi} = (R_1 + R_2) \cdot C$.

Στο κύκλωμα οι εισοδοί των δύο συγκριτών (ακροδεκτές 2 και 6) συνδέονται μεταξύ τους καθώς επίσης και με τον πυκνωτή C . Έτσι η τάση στις εισόδους των δύο συγκριτών είναι όση και η τάση V_c πάνω στον πυκνωτή.

Όσο η τάση του πυκνωτή είναι μικρότερη από την V_{ref1} , επομένως και από την V_{ref2} (τμήμα AB της καμπύλης φόρτισης του πυκνωτή, Σχ.5), η έξοδος του συγκριτή 1 είναι HIGH, ενώ του συγκριτή 2 είναι LOW. Δηλ. οι εισοδοί του Flip-Flop θα είναι στην κατάσταση:

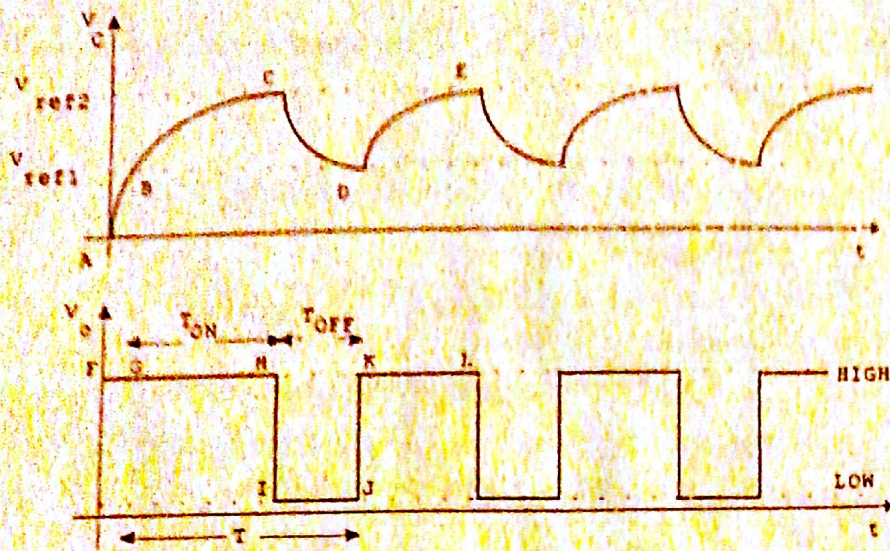
$$S = 1, \quad R = 0$$

Επομένως, όπως προκύπτει από την τρίτη γραμμή του πίνακα αληθείας του Flip-Flop, θα είναι $\bar{Q} = 0$. Δηλ. ο διακόπτης τρανζίστορ θα είναι ανοικτός και ο πυκνωτής θα συνεχίζει να φορτίζεται. Τα παραπάνω αφορούν το τμήμα AB της καμπύλης φόρτισης του πυκνωτή του Σχ.5. Η έξοδος του κυκλώματος, που είναι το συμπλήρωμα του $\bar{Q} = 0$ (λόγω της παρεμβολής του αναστροφέα), θα είναι προφανώς HIGH (τμήμα FG της τάσης εξόδου V_{out}).

Μόλις η τάση του πυκνωτή ξεπεράσει την V_{ref1} και όσο είναι μικρότερη από την V_{ref2} (τμήμα BC της καμπύλης φόρτισης του πυκνωτή), η έξοδος του συγκριτή 1 αλλάζει και γίνεται LOW, ενώ του συγκριτή 2 συνεχίζει να είναι LOW. Έτσι οι εισοδοί του Flip-Flop γίνονται:

$$S = 0, \quad R = 0$$

Το Flip-Flop μεταπίπτει τότε στην κατάσταση συγκράτησης, όπως προκύπτει από την πρώτη γραμμή του πίνακα αληθείας του. Έτσι δεν συμβαίνει καμιά αλλαγή στην έξοδό του, ο διακόπτης τρανζίστορ συνεχίζει να είναι όπως και προηγουμένως ανοικτός, ο πυκνωτής να φορτίζεται και η έξοδος παραμένει στην κατάσταση HIGH (τμήμα GH της τάσης εξόδου V_{out}). Τα παραπάνω φαίνονται εποπτικά στο Σχ.5.



Σχ.5

Μόλις όμως η τάση του πυκνωτή ξεπεράσει την V_{ref2} (σημείο C), οι εισοδοί του Flip-Flop γίνονται:

$$S=0, \quad R=1$$

Επομένως, όπως μπορούμε να συμπεράνουμε από την δεύτερη γραμμή του πίνακα αληθείας, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να κλείσει ο διακόπτης τρανζίστορ και να γειωθεί ο ακροδέκτης 7 του 555. Ο πυκνωτής αρχίζει τότε να εκφορτίζεται μέσω της R_2 (τμήμα CD της καμπύλης φόρτισης-εκφόρτισης του πυκνωτή). Μόλις η τάση του πέσει κάτω από την τιμή V_{ref2} , το Flip-Flop μεταπίπτει σε κατάσταση συγκράτησης και παραμένει στην ίδια κατάσταση όπως και προηγουμένως.

Επομένως ο διακόπτης τρανζίστορ παραμένει κλειστός και ο πυκνωτής συνεχίζει να εκφορτίζεται. Στο διάστημα αυτό η έξοδος, που είναι το συμπλήρωμα (λόγω αναστροφής) της $\bar{Q}=1$, είναι LOW (περίπου ίση με 0V, τμήμα IJ της V_{out}).

Μόλις όμως η τάση του πυκνωτή, καθώς εκφορτίζεται, πέσει κάτω από την V_{ref1} (σημείο D), γίνεται $S=1, R=0$ και επομένως $\bar{Q}=0$ ο διακόπτης τρανζίστορ ανοίγει, με αποτέλεσμα ο πυκνωτής να αρχίζει να φορτίζεται εκ νέου (τμήμα DE της καμπύλης). Η έξοδος σαν συμπλήρωμα της \bar{Q} γίνεται τώρα HIGH (τμήμα KL της V_{out}).

Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς με αποτέλεσμα να παίρνουμε στην έξοδο του κυκλώματος τετραγωνικούς παλμούς.

Παρατηρούμε στο Σχ.5 (τμήμα FH) ότι αρχικά η διάρκεια του παλμού είναι μεγαλύτερη. Αυτό συμβαίνει μόνο στην αρχή κατά το ξεκίνημα των ταλαντώσεων. Είναι, όπως λέμε, ένα μεταβατικό φαινόμενο. Στην συνέχεια οι παλμοί έχουν όλοι την ίδια διάρκεια T.

Μπορεί να δείχτει ότι οι χρόνοι T_{ON} , T_{OFF} και T δίνονται από τις σχέσεις:

$$T_{ON} = 0,693 \cdot (R_1 + R_2) \cdot C$$

$$T_{OFF} = 0,693 \cdot R_2 \cdot C$$

Συνεπώς:

$$T = T_{ON} + T_{OFF} = 0,693 \cdot (R_1 + 2R_2) \cdot C$$

Η συχνότητα των ταλαντώσεων δίνεται επομένως από την σχέση:

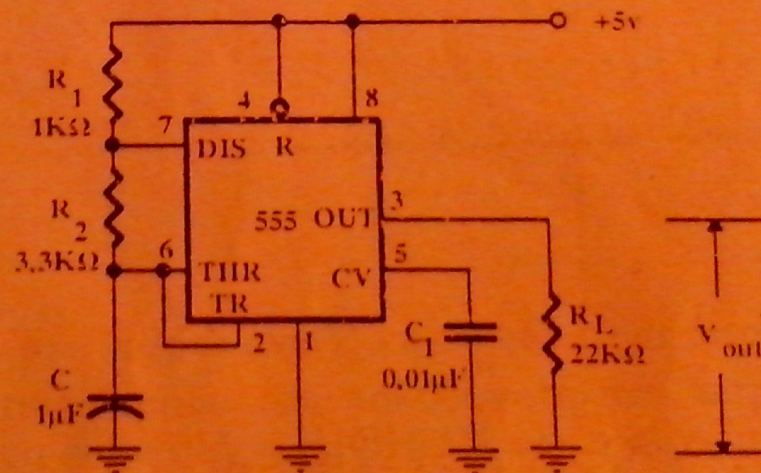
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1,44}{(R_1 + 2R_2) \cdot C}$$

Ο κύκλος εργασίας D.C (Duty Cycle) του παλμού δίνεται από την σχέση:

$$D.C = \frac{T_{ON}}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2R_2}$$

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κατασκευάστε το κύκλωμα του Σχ. 6.



Σχ.6

1) Παρατηρήστε στην οθόνη του παλμογράφου, στο μεν κανάλι 1 την τάση V_C πάνω στον πυκνωτή, στο δε κανάλι 2 την τάση εξόδου V_{out} . Σχεδιάστε υπό κλίμακα τις παραπάνω τάσεις στο εκατοστομετρικό χαρτί που δίνεται παρακάτω. Ο σχεδιασμός να γίνει έτσι, ώστε να φαίνεται ο χρονικός συσχετισμός τους.