ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΣΚΗΣΗ 1: ΑΜ Διαμόρφωση Σελ 2
ΑΣΚΗΣΗ 2: ΑΜ Αποδιαμόρφωση Σελ 14
ΑΣΚΗΣΗ 3: FM Διαμόρφωση Σελ 21
ΑΣΚΗΣΗ 4: Ζωνοπερατά Φίλτρα & Ανιχνευτής (Αποδιαμορφωτής) FM Σελ 30
ΑΣΚΗΣΗ 5: Ταλαντωτής με Βρόχο Κλειδώματος Φάσης και FM Αποδιαμορφωτής Σελ 45
ΑΣΚΗΣΗ 6: Ενισχυτής με Ρυθμιζόμενο Κέρδος, Μίκτης & Μετατροπέας Συχνοτήτων Σελ 52
ΑΣΚΗΣΗ 7: Κρυσταλλικός Ρυθμιζόμενος Ενισχυτής & Ενισχυτής με Ελεγχόμενο Κέρδος Σελ 63
ΑΣΚΗΣΗ 8: Ευαισθησία, Επιλεκτικότητα & Συντονισμένος Δέκτης Σελ 69
ΑΣΚΗΣΗ 9: Κρυσταλλικός Ταλαντωτής Σελ 76
ΑΣΚΗΣΗ 10: RC Ταλαντωτής Σελ 78
ΑΣΚΗΣΗ 11: Μετατροπή Αναλογικού Σήματος σε Ψηφιακό Σελ 84
ΑΣΚΗΣΗ 12: Δειγματοληψία Σήματος και Ανακατασκευή του Σελ 92

Εργαστηριακή Άσκηση 1η

AM Διαμόρφωση

Αντικείμενα της Άσκησης:

- Δημιουργία ενός διαμορφωμένου AM σήματος.
- Σύγκριση του διαμορφωμένου AM σήματος με την περιβάλλουσα του αποδιαμορφωμένου σήματος.
- Μέτρηση της ισχύς και της συχνότητας του φέροντος.
- Μέτρηση της ισχύς και της συχνότητας του σήματος ανάλογα με το συντελεστή διαμόρφωσης.
- Δημιουργώντας αποδιαμορφωμένα σήματα για διάφορους συντελεστές διαμόρφωσης.
- Υπολογισμός της απόδοσης του διαμορφωμένου σήματος.

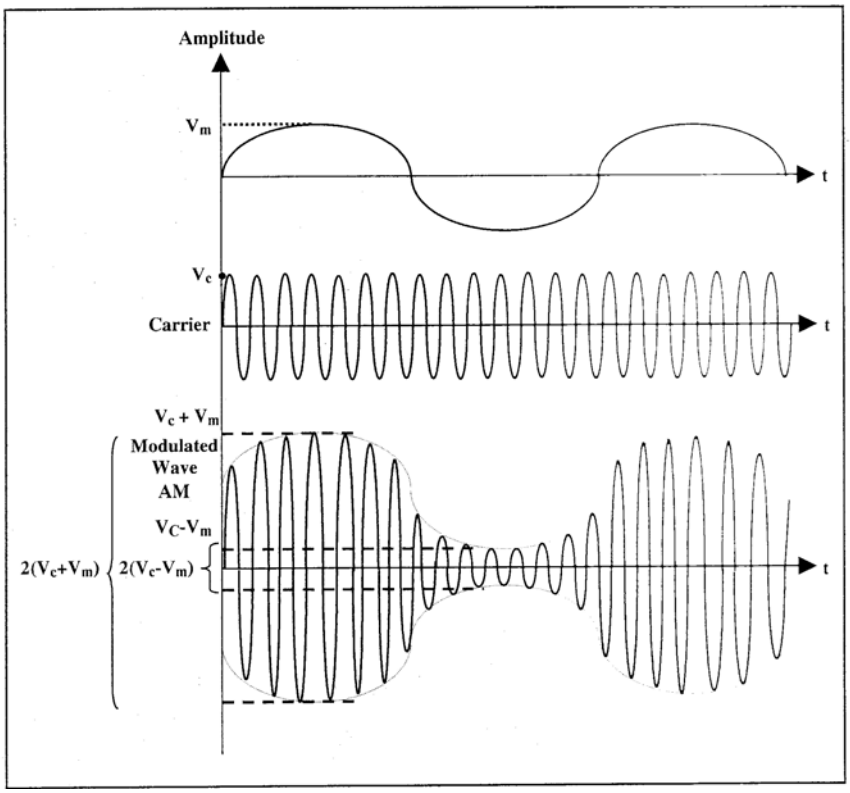
Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Πολύμετρο
- Μετρητής συχνοτήτων
- Παλμογράφος
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδια με 'Μπανάνα'

Εισαγωγικά- Θέματα προς συζήτηση:

Η πληροφορία η οποία θέλουμε να μεταδώσουμε στην περίπτωση του προφορικού λόγου είτε μουσικής έχει μέγιστη συχνότητα το πολύ 20KHz, η οποία απέχει πολύ από τη συχνότητα του 1MHz. Για να μεταφέρουμε αυτή τη πληροφορία, διαμορφώνουμε ένα σήμα συχνότητας τάξεως MHz, σύμφωνα με το σήμα πληροφορίας. Αυτό το σήμα το οποίο και μεταφέρει πληροφορία το ονομάζουμε φέρον.
Υπάρχουν τρεις παράμετροι που καθορίζουν την πληροφορία η οποία μεταφέρεται σε ένα κύμα, είναι το πλάτος, η φάση και η συχνότητα. Αν μεταβάλλουμε το πλάτος ενός υψίσυχνου σήματος (κύματος) ανάλογα με την μεταβολή του πλάτους ενός χαμηλόσυχνου σήματος, θα έχουμε επιτύχει να έχουμε ένα υψίσυχνο σήμα τάξεως MHz να μεταφέρει την πληροφορία; στο πλάτος του. Αυτή είναι και η τεχνική την οποία και αποκαλούμε AM διαμόρφωση.

Στο σχήμα 1-1 βλέπουμε το σήμα πληροφορίας (signal wave), ένα υψίσυχνο σήμα που είναι το σήμα του φέροντος (carrier wave) και τελικά το διαμορφωμένο AM σήμα (Aplitude modulated). Όπως φαίνεται από το σχήμα η το σήμα πληροφορίας επικάθεται στο φέρον και το διαμορφώνει, κατά πλάτος.



Σχήμα 1
Διαμορφώνον, Φέρον & ΑΜ σήμα

Με αυτό το τρόπο χαμηλόσυχνα σήματα μπορούν να μεταφερθούν με υψηλόσυχνα σήματα όπως απαιτείται και πρακτικά. Στη συνέχεια θα αναπτύξουμε τις μαθηματικές σχέσεις που διέπουν την θεωρητική βάση της ΑΜ διαμόρφωσης.

Ας υποθέσουμε πως το σήμα διαμόρφωσης είναι ένα ημιτονικό σήμα συχνότητας f_m

$$V_m(t) = V_m \cos \omega_m t$$

Και το φέρον ένα σήμα συχνότητας f_c

$$V_c(t) = V_c \cos \omega_c t$$

Η εξίσωση που περιγράφει το διαμορφωμένο κύμα είναι

$$V_{AM}(t) = (V_c + V_m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t = A(t) \cos \omega_c t \qquad (1.1)$$

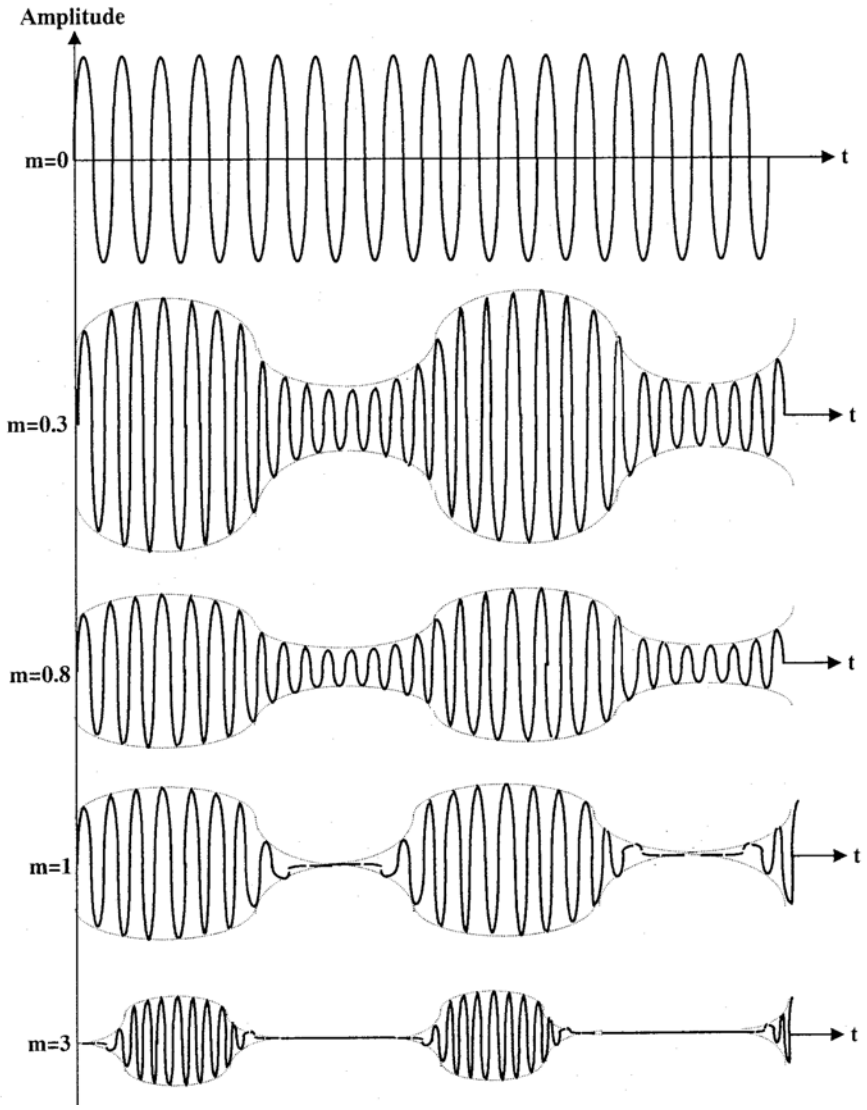
Όπου V_c : το πλάτος του φέροντος
V_m : το πλάτος του σήματος πληροφορίας
ω_c : η κυκλική συχνότητα του φέροντος = $2\pi f_c$
ω_m : η κυκλική συχνότητα του σήματος πληροφορίας = $2\pi f_m$

Η εξίσωση (1.1) περιγράφει ένα ημιτονικό σήμα συχνότητας f_c, που είναι το σήμα του φέροντος, του οποίου το πλάτος A(t) καθορίζεται από το ημιτονικό σήμα πληροφορίας.

Συνεχίζοντας την ανάλυση της σχέσης (1.1) εξάγουμε το V_c κοινό παράγοντα και έχουμε:

$$V_{AM}(t) = V_c(1 + \frac{V_m}{V_c} \cos \omega_m t) \cos \omega_m t = \mathrm{V_c}(1 + m \cos \omega_m t) \cos \omega_c t \qquad (1.2)$$

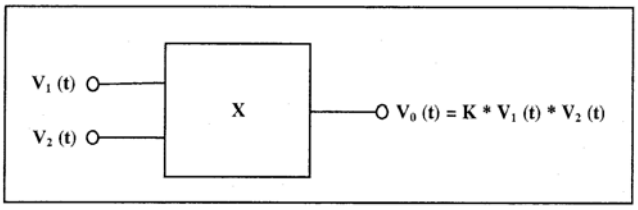
Όπου ο λόγος $m = \frac{V_m}{V_c} \Rightarrow mV_c = V_m, m \leq 1$ ονομάζεται δείκτης διαμόρφωσης του ΑΜ σήματος. Ο δείκτης διαμόρφωσης δείχνει την σχέση μεταξύ του σήματος πληροφορίας και του φέροντος. Στο σχήμα 2 φαίνονται οι ΑΜ κυματομορφές για ίδιο φέρον και διαφορετικό δείκτη διαμόρφωσης.



Σχήμα 2

Όπως μπορούμε να παρατηρήσουμε η πραγματοποιήσιμη ΑΜ διαμόρφωση είναι δυνατή για τιμές του Δείκτη Διαμόρφωσης (Δ.Δ.) m<1. Για τιμές του Δ.Δ. μεγαλύτερης της μονάδας m>1 η περιβάλλουσα της ΑΜ κυματομορφής δεν αναπαριστά την κυματομορφή του σήματος. Όταν το m δίνεται σε ποσοστό % ονομάζεται Δ.Δ. σε ποσοστό %, παράδειγμα m=0.3 είναι 30%.

Μια από τις μεθόδους διαμόρφωσης κατά πλάτος είναι ο πολλαπλασιασμός του φέροντος με το υπό διαμόρφωση σήμα με τα δύο σήματα να αποτελούν τις εισόδους ενός Αναλογικού Πολλαπλασιαστή όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 3.



Σχήμα 3

Η έξοδος του πολλαπλασιαστή είναι το επιθυμητό ΑΜ σήμα, το οποίο είναι ανάλογο με τα σήματα εισόδου. Για να επιτύχουμε μια ΑΜ διαμόρφωση είναι απαραίτητο να τροφοδοτήσουμε την είσοδο του πολλαπλασιαστή με ένα σήμα φέροντος και την άλλη είσοδο με το σήμα πληροφορίας στο οποίο προσθέτουμε και μια dc τάση.

Τα σήματα στην είσοδο του διαμορφωτή είναι :

$$V_1(t) = V_c(t) = V_1 \cos\omega_c t$$

$$V_2(t) = V + V_m(t) = V + V_2 \cos\omega_m t$$

και το σήμα στη έξοδο

$$V_o(t) = K * V_1(V + V_2 \cos\omega_m t)\cos\omega_c t = KV_1V(1 + \frac{V_2}{V}\cos\omega_m t)\cos\omega_c t$$

$$= V_c(1 + m\cos\omega_m t)\cos\omega_c t = V_{AM}(t)$$

Όπου

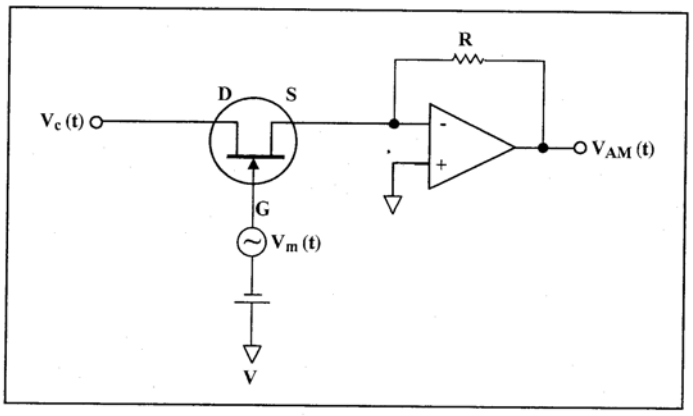
$$KV_1V = V_c$$

$$\frac{V_2}{V} = m$$

Τα κυκλώματα τα οποία μπορούμε να τα χρησιμοποιήσουμε σαν αναλογικούς πολυπλέκτες (πολλαπλασιαστές) είναι σε ολοκληρωμένη μορφή και το μεγάλο τους πλεονέκτημα είναι πως λειτουργούν σε πολύ μεγάλο εύρος συχνοτήτων.

Ένας πολύ πρακτικός αναλογικός διαμορφωτής φαίνεται στο σχήμα 4, όπου το FET χρησιμοποιείται σαν πολλαπλασιαστής, με το κέρδος του ενισχυτή να είναι $-\frac{R}{R_{ds}}$.

R_{ds} (είναι η αντίσταση του FET) και εξαρτάται από το $V_{GS.}$ Το κέρδος αλλάζει ανάλογα με τις τιμές των V και $V_m(t)$. Το V_c ενισχύεται αντίστοιχα. Η τάση V η οποία θα πρέπει να προστεθεί στο σήμα πληροφορίας $V_m(t)$, για την απαραίτητη πόλωση του τρανζίστορ, παρέχεται στο κύκλωμα μας από μία μπαταρία.

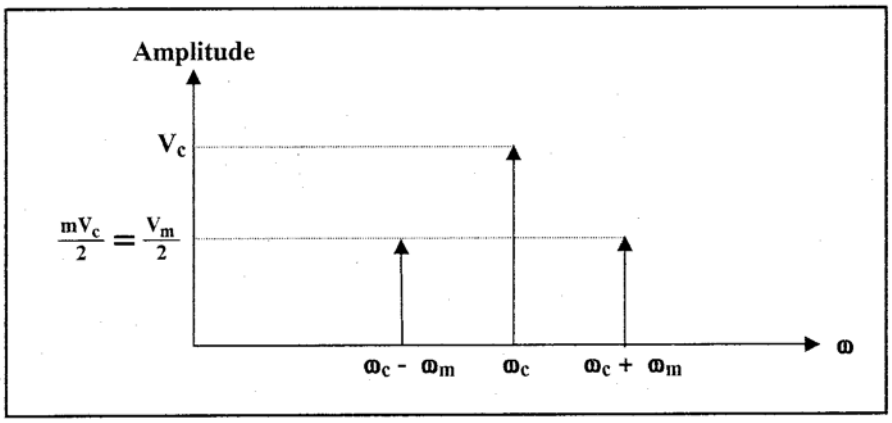


Σχήμα 4

Ενισχυτής με FET που λειτουργεί σαν Αναλογικός Διαμορφωτής

Στην συνέχεια θα αναδείξουμε το φασματικό περιεχόμενο ενός ΑΜ σήματος.

$$\begin{aligned} V_{AM}(t) &= V_c \cos\omega_c t + mV_c \cos\omega_c t \cos\omega_m t = \\ &= V_c \cos\omega_c t + mV_c[\frac{1}{2}\cos(\omega_c+\omega_m)t + \frac{1}{2}\cos(\omega_c-\omega_m)t] = \\ &= \frac{mV_c}{2}\cos(\omega_c-\omega_m)t + V_c\cos\omega_c t + \frac{mV_c}{2}\cos(\omega_c+\omega_m)t \end{aligned} \quad (1.3)$$



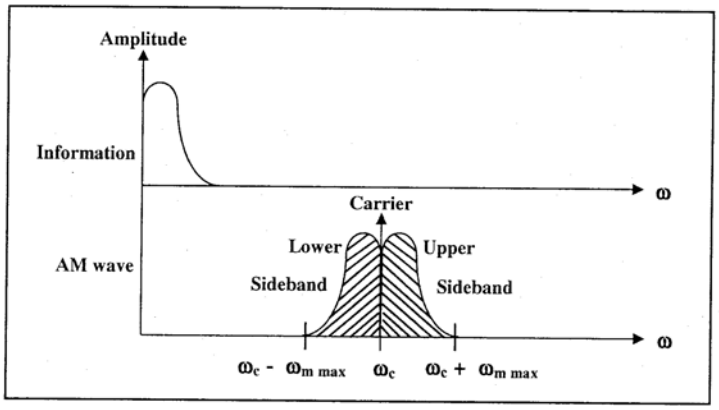
Σχήμα 5
Φασματικό περιεχόμενο ενός συνημιτονικού σήματος ΑΜ (μιας συχνότητας) .

Η εξίσωση 1.3 δείχνει πως το ΑΜ σήμα συντίθεται από τρείς όρους με συχνότητες ω_c-ω_m , ω_c, ω_c+ω_m. Αυτές τις συχνότητες τις αποκαλούμε κάτω αρμονική, φέρον, άνω αρμονική αντίστοιχα. Όπως φαίνεται και από το σχήμα το σήμα πληροφορίας συχνότητας ω_m, εμφανίζεται στο διαμορφωμένο σήμα ΑΜ στις συχνότητες ω_c-ω_m, ω_c+ω_m με πλάτος $\frac{mV_c}{2} = \frac{V_m}{2}$ όπως προκύπτει από τον ορισμό του δείκτη διαμόρφωσης m.

Με άλλα λόγια η ΑΜ διαμόρφωση είναι στην πραγματικότητα μια διαδικασία στην οποία έχουμε ολίσθηση του συχνοτικού περιεχομένου του σήματος πληροφορίας σε δύο διαφορετικές συχνότητες οι οποίες βρίσκονται συμμετρικά γύρω από τη συχνότητα του φέροντος. Χρησιμοποιώντας τον μετασχηματισμό Fourier , μπορούμε να δείξουμε πως η παραπάνω διαδικασία συμβαίνει για οποιαδήποτε σήμα πληροφορίας και όχι μόνο για ένα συνημιτονικό όρο. Τα παραπάνω φαίνονται αναλυτικά στο σχήμα 1.6, όπου μπορούμε να αναδείξουμε και δύο πολύ σημαντικές ιδιότητες του φάσματος (συχνοτικού περιεχομένου) του ΑΜ σήματος.

1) Είναι συμμετρικό γύρω από τη συχνότητα του φέροντος.
2) Το εύρος ζώνης που απαιτείται για την μετάδοση ενός σήματος πληροφορίας κατά ΑΜ, είναι ακριβώς το διπλάσιο του εύρους ζώνης του σήματος πληροφορίας.

Η δεύτερη ιδιότητα είναι πολύ σημαντική όταν συγκρίνουμε την ΑΜ με άλλες τεχνικές μετάδοσης καθώς το εύρος ζώνης είναι από τα ποιο χαρακτηριστικά σημεία σύγκρισης.



Σχήμα 6
Φάσμα πληροφορίας και ΑΜ σήματος

Ένας άλλος σημαντικό παράγοντας της ΑΜ διαμόρφωσης είναι η μέση μεταδιδόμενη ισχύς η οποία καθορίζεται από την σχέση

$$P = \frac{1}{T}\int_0^T [V_{AM}(t)]^2 dt \qquad (1.4)$$

Όπου Τ είναι μία ή περισσότερες περίοδοι σήματος. Η μέση μεταδιδόμενη ισχύς ενός συνημιτονικού σήματος είναι:

$$P = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \cos^2 \omega t dt = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} \frac{1}{2}(1+\cos^2 \omega t) dt = \frac{1}{2} \qquad (1.5)$$

Αντικαθιστώντας την (1.2) στην εξίσωση (1.4) έχουμε χρησιμοποιώντας και την (1.5).

$$P_{AM} = \frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} V_c^{\,2}(1+m\cos\omega_m t)^2 \cos^2 \omega_c t dt =$$

$$\frac{V_c^{\,2}}{2\pi}\int_0^{2\pi}(1+2m\cos\omega_m t + m^2\cos^2\omega_m t)\cos^2\omega_c t dt = \qquad (1.6)$$

$$\frac{V_c^{\,2}}{2\pi}\int_0^{2\pi}[\cos^2\omega_c t + 2m\cos\omega_m t\cos^2\omega_c t + m^2\cos^2\omega_m t\cos^2\omega_c t]dt$$

Με βάση τις τριγωνομετρικές σχέσεις και την (1.5) έχουμε

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\cos^2\omega_c t = \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\cos\omega_m t\cos^2\omega_c t dt = 0$$

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}\cos\omega_m{}^2 t\cos^2\omega_c t dt = \frac{1}{4}$$

$$P_{AM} = V_c^{\,2}[\frac{1}{2}+0+\frac{m^2}{4}] = \frac{V_c^{\,2}}{2}+0+\frac{m^2 V_c^{\,2}}{4}$$

Ο πρώτος όρος της παραπάνω σχέσης είναι η μέση ισχύς του φέροντος και ονομάζεται P_c. Ο άλλος όρος δίνει την μέση ισχύ των πλευρικών συχνοτήτων (σήματος πληροφορίας) και ονομάζεται P_m.

$P_c = \frac{V_c^2}{2}$ Μέση Ισχύς Φέροντος

$P_m = m^2 \frac{V_c^2}{4} = \frac{m^2 P_c}{2}$ Μέση Ισχύς Πλευρικών Συχνοτήτων

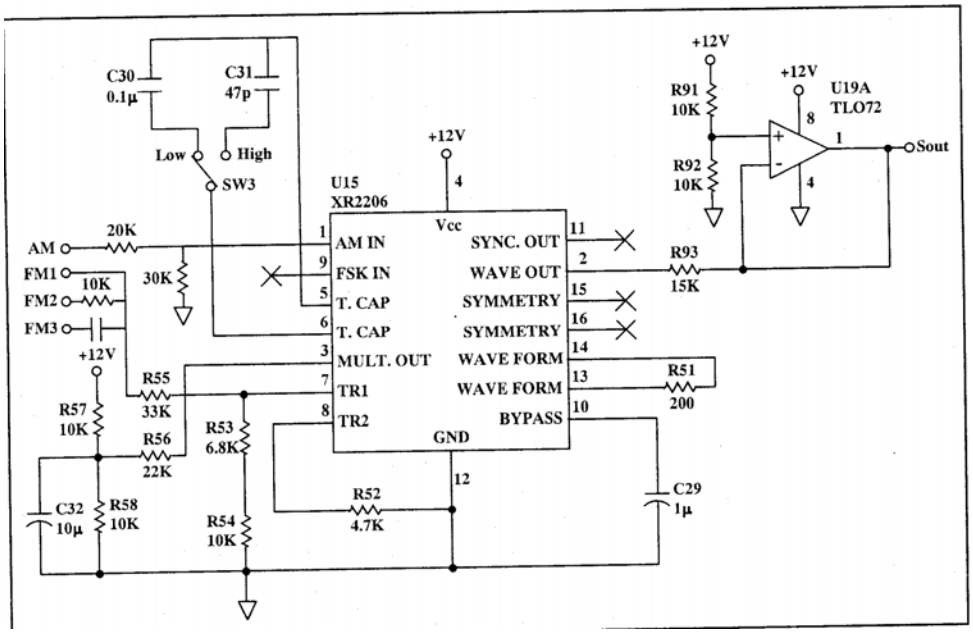
Ο λόγος $\frac{P_m}{P_c} = \frac{m^2}{2}$ (1.7)

Δίνει ένα άλλο χαρακτηριστικό δεδομένο της ΑΜ διαμόρφωσης που είναι το γεγονός πως η μέση ισχύς των πλευρικών αρμονικών είναι πολύ μικρότερη της μέσης ισχύς του σήματος του φέροντος. Για παράδειγμα αν m=30% τότε $\frac{P_m}{P_c} = \frac{0.3^2}{2} = \frac{0.09}{2} = 0.045 = 4.5\%$

Εάν η συνολική ισχύς είναι για παράδειγμα 1W τότε $P_c + P_m = 1$ και $P_c = \frac{P_m}{0.045}$ άρα από τις δύο αυτές σχέσεις $P_m = \frac{1}{1 + \frac{1}{0.045}} = 0.043W = 43mW$.

Με βάση το παραπάνω παράδειγμα παρατηρούμε πως ένα πολύ μεγάλο κομμάτι ισχύος καταναλίσκεται στο φέρον που δεν μεταφέρει πληροφορία. Αυτό αντισταθμίζεται από το γεγονός πως τα κυκλώματα της ΑΜ διαμόρφωσης είναι ποιο απλά.

Το κιτ μας TPS-3421, περιέχει έναν AM/FM διαμορφωτή βασιζόμενο στο ολοκληρωμένο XR-2206. Το παραπάνω ολοκληρωμένο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε σαν γεννήτρια ημιτονικού, τριγωνικού και τετραγωνικού σήματος. Το TPS-3421 μπορεί να μας παρέχει μόνο ημιτονικό σήμα.



Σχήμα 7

Η συχνότητα του σήματος που της γεννήτρια καθορίζεται από τον πυκνωτή C_{30} (καθορίζει τη συχνότητα στα 30KHz) ή τον πυκνωτή C_{31} (καθορίζει τη συχνότητα στα 800KHz). Η επιλογή μεταξύ των δύο συχνοτήτων γίνεται με τον διακόπτη Hight/Low.

Ο διαμορφωτής έχει τέσσερεις εισόδους για τα προς διαμόρφωση σήματα – ένα για την AM διαμόρφωση και τρία για την FM. Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση θα πραγματοποιήσουμε την AM διαμόρφωση. Προσθέτοντας ένα DC σήμα ή ένα εναλλασσόμενο σήμα στην AM είσοδο, αλλάζει η ενίσχυση σήματος εισόδου αντίστοιχα.

Πρώτα απ'όλα, συνδέουμε την είσοδο του διαμορφωτή σε μία εναλλασσόμενη DC πηγή. Θα εξετάσουμε την γραμμικότητα του διαμορφωτή και τη σχέση μεταξύ πλάτους εξόδου και πλάτους εισόδου.

$$K_a = \frac{V_c}{V_i}$$

Στη συνέχεια θα συνδέσουμε την είσοδο του διαμορφωτή στην γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων. Σε έξοδο του θα πάρουμε ένα AM σήμα. Το πλάτος του διαμορφωμένου σήματος επιδρά στον παράγοντα διαμόρφωσης. Από σχήμα της AM κυματομορφής εξόδου μπορούμε να μετρήσουμε τον παράγοντα διαμόρφωσης m.

➢ Θεωρητικές Ερωτήσεις

V_m και V_c είναι τα δύο σήματα εισόδου του AM διαμορφωτή.
V_m: είναι ένα ημιτονικό σήμα πλάτους $2V_{p-p}$ και συχνότητας 1000Hz.
V_c: είναι ένα ημιτονικό σήμα πλάτους $5V_{p-p}$ και συχνότητας 455KHz.

1.Γράψτε τους μαθηματικούς τύπους που περιγράφουν τα δύο σήματα.
2. Γράψτε το μαθηματικό τύπο που περιγράφει το διαμορφωμένο σήμα.
3.Ποιό το εύρος ζώνης διαμορφωμένου σήματος.
4.Ποιά η ισχύς εξόδου του αναμεταδότη για φορτίο εξόδου 50Ω;
5.Ποιός ο συντελεστής απόδοσης του αναμεταδότη;

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία.

Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη.

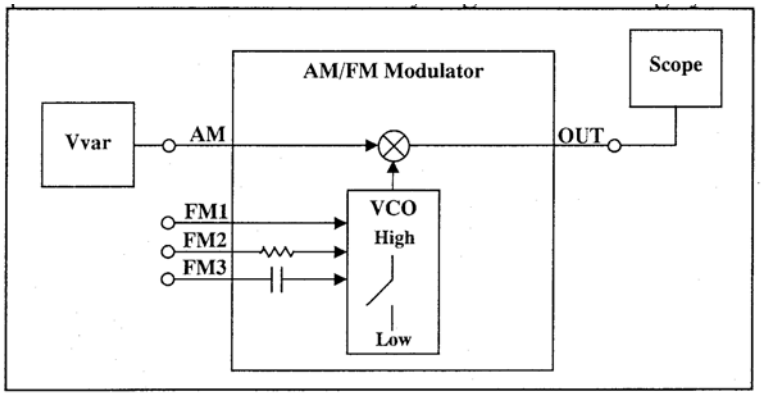
Βήμα 3ο: Συνδέστε το παλμογράφο στην έξοδο του διαμορφωτή.

Βήμα 4ο: Τοποθετείστε το διακόπτη του διαμορφωτή στη θέση Low.
Θα πρέπει να προσέξετε πως το ημιτονικό σήμα του διαμορφωτή στην έξοδο είναι ένα χαμηλόσυχνο σήμα 30KHz

Βήμα 5ο: Τοποθετείστε το διακόπτη του διαμορφωτή στη θέση High.

Θα πρέπει να προσέξετε πως το ημιτονικό σήμα του διαμορφωτή στην έξοδο είναι ένα χαμηλόσυχνο σήμα 800KHz.

Βήμα 6ο: Συνδέστε της έξοδο της εναλλασσόμενης πηγής τάσης Vvar στην είσοδο του AM διαμορφωτή. Θα πρέπει να έχετε υλοποιήσει το παρακάτω κύκλωμα.



Βήμα 7ο: Αλλάζοντας την τιμή της Vvar παρατηρούμαι ότι η ισχύς του σήματος αλλάζει αντίστοιχα.

Βήμα 8: Καταγράφουμε στον παρακάτω πίνακα για τιμές εισόδου από 0-9 V τα ζητούμενα μεγέθη.

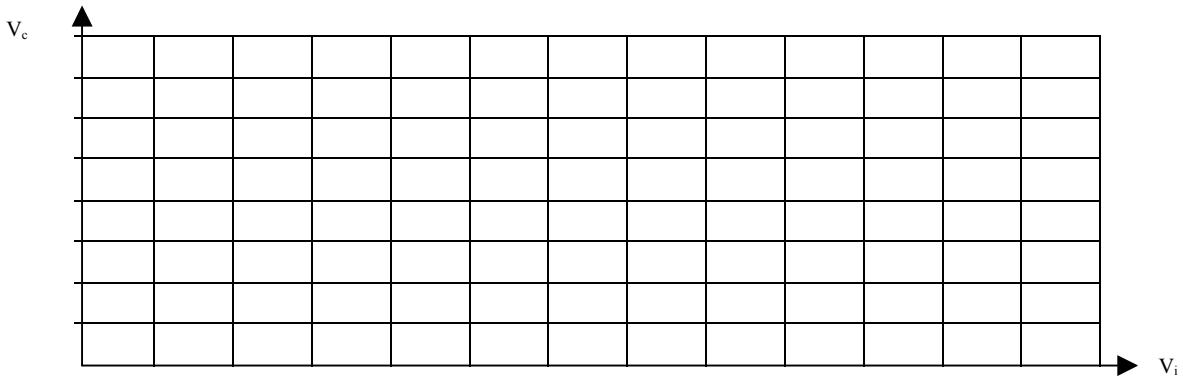
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V_c										
ΔV_c										
Ka										

Βήμα 9ο: Υπολογίζουμε τις διαφορές ΔV_c (διαφορά τάσης μεταξύ προηγούμενης και επόμενης τιμής του πλάτους του φέροντος).

Βήμα 10ο: Υπολογίζουμε το Ka για κάθε διαφορά ΔV_c.

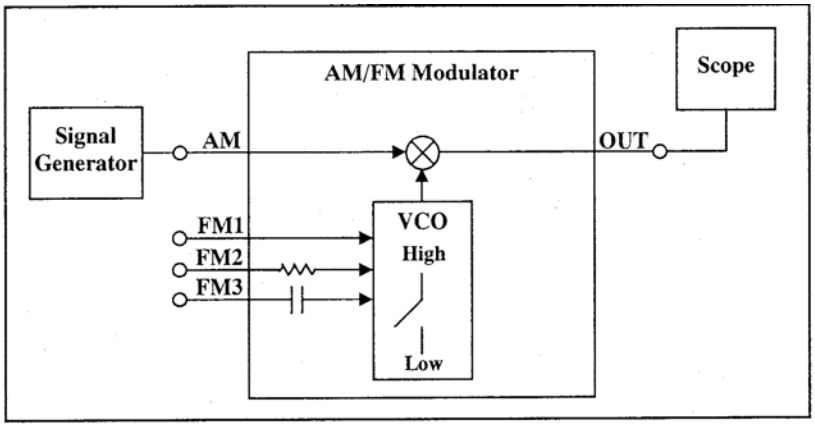
$$Ka = \frac{\Delta V_c}{\Delta V_i}$$

Βήμα 11ο: Κάντε τη γραφική παράσταση της μεταβολής του πλάτους του φέροντος V_c συναρτήσει του πλάτους του σήματος εισόδου V_i.



Βήμα 12ο: Αποσυνδέουμε την γεννήτρια Vvar από την AM είσοδο.

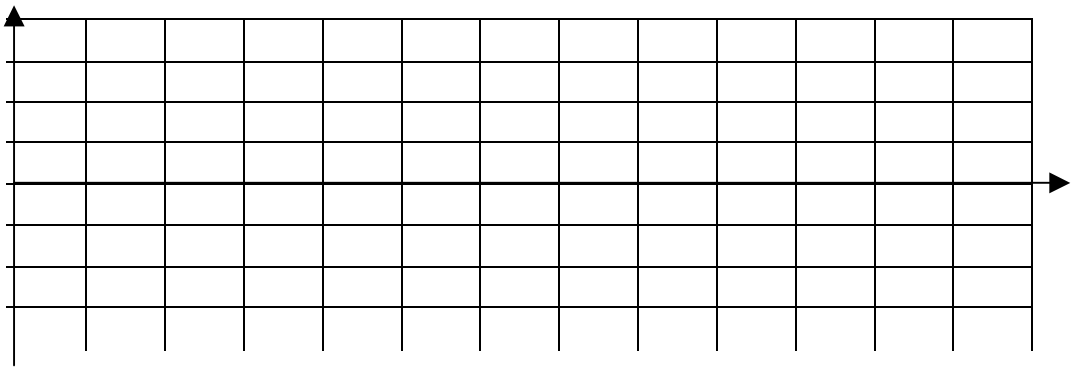
Βήμα 13ο: Συνδέουμε την γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων (σημάτων) στην είσοδο του ΑΜ διαμορφωτή. (Προσοχή!!! Να συνδεθεί η γείωση της γεννήτριας στην γείωση του TPS-3421).



Βήμα 14ο: Θέτουμε στη γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων ένα ημιτονικό σήμα συχνότητας 1000 Hz.

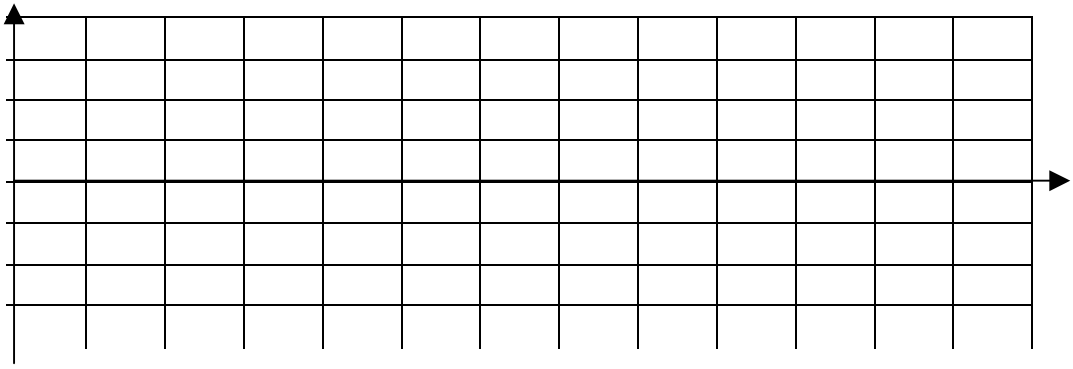
Βήμα 15ο: Ρυθμίστε τη σήμα της γεννήτρια στην είσοδο για 50% διαμόρφωση.

Βήμα 16ο: Σχεδιάστε τη κυματομορφή του σήματος εξόδου του διαμορφωτή.



Βήμα 17ο: Θέτουμε στη γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων ένα τριγωνικό σήμα συχνότητας 1000 Hz.

Βήμα 18ο: Σχεδιάστε τη κυματομορφή του σήματος εξόδου του διαμορφωτή.



Βήμα 19°: Θέτουμε στη γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων ένα ημιτονικό σήμα συχνότητας 1000 Hz ξανά.

Βήμα 20°: Αλλάξτε το πλάτος της γεννήτριας εισόδου του διαμορφωτή για να επιτύχετε συντελεστή διαμόρφωσης :
m=0.25, m=0.5, m=0.75, m=1, m>1

Βήμα 21°: Σχεδιάστε σε μιλλιμιτρέ χαρτί τις κυματομορφές εξόδου του διαμορφωτή για τους παραπάνω δείκτες διαμόρφωσης.

Βήμα 22°: Μετρήστε και καταγράψτε τα παρακάτω μεγέθη V_c-V_m , V_c+V_m. (Από τις παραπάνω κυματομορφές, **βλέπε σχήμα 1**).

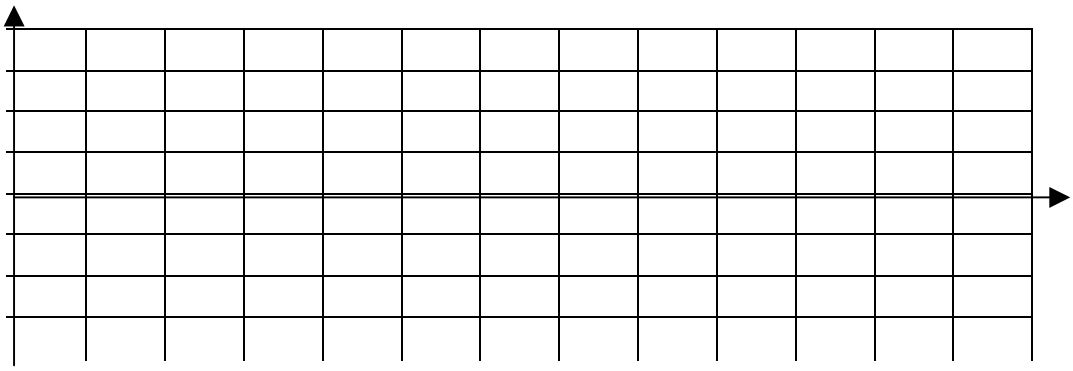
Βήμα 23°: Υπολογίστε τις τιμές V_c και V_m.

Βήμα 24°: Υπολογίστε τον συντελεστή απόδοσης για κάθε δείκτη διαμόρφωσης.

Βήμα 25°: Ρυθμίστε τη σήμα της γεννήτρια στην είσοδο για συχνότητα 4000 Hz και για 50% διαμόρφωση.

Βήμα 26°: Αλλάξτε την συχνότητα του φέροντος στην χαμηλή συχνότητα (στα 30KHz), αλλάζοντας τον διακόπτη High/Low από το High στο Low.

Βήμα 27°: Σχεδιάστε την κυματομορφή.



Βήμα 28°: Εξηγήστε την κυματομορφή του σήματος που λαμβάνετε.

Βήμα 29°: Αλλάξτε τον διακόπτη SESLAB από την ένδειξη Manual στο Auto.

Βήμα 30°: Συνδέστε το TPS-3421σε ένα PC και τρέξτε το SESCOPE πρόγραμμα.

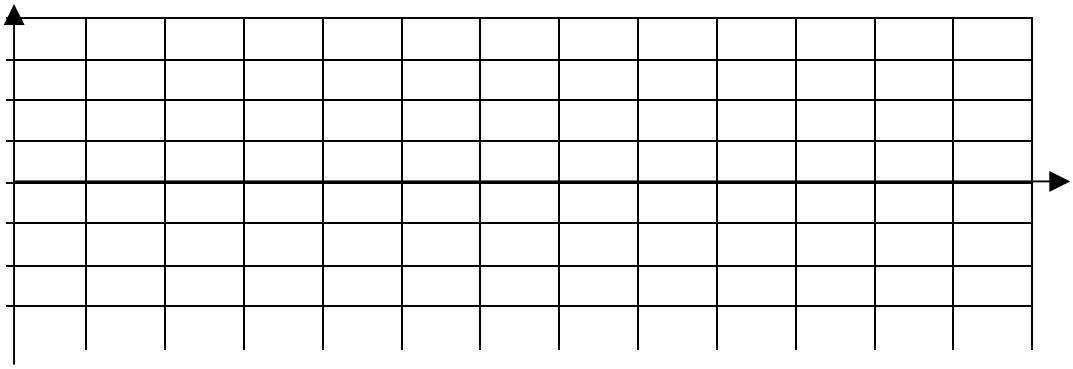
Βήμα 31°: Συνδέστε την έξοδο της γεννήτριας του σήματος διαμορφωτή στο κανάλι 1 του SESLAB.

Βήμα 32: Συνδέστε την έξοδο του AM διαμορφωτή στο κανάλι 2 του SESLAB.

Βήμα 33: Θέστε την υποδιαίρεση του χρόνου στα 30μs/sec.

Βήμα 34: Πάρτε ένα δείγμα του σήματος για μια περίοδο.

Βήμα 35: Σχεδιάστε τη κυματομορφή του σήματος εξόδου του διαμορφωτή



Βήμα 36: Εξηγήστε τη παραπάνω κυματομορφή.

➢ Ερωτήσεις

1. Σχεδιάστε το μπλοκ διάγραμμα (block diagram) της πειραματικής μας διάταξης.
2. Σχεδιάστε τις κυματομορφές των εμφανίζονται ων που στην εργασία.
3. Κάτω από κάθε κυματομορφή καταγράψτε τις παραμέτρους (πλάτος, συχνότητα) του σήματος διαμόρφωσης, φέροντος, διαμορφωμένου σήματος και τον δείκτη διαμόρφωσης.
4. Εξηγήστε τη σχέση μεταξύ των παραμέτρων του φέροντος (συχνότητα και ισχύ) σε σχέση με τις παραμέτρους του αποδιαμορφωμένου σήματος.

➢ Πειραματική αναφορά

1. Σε κάθε διάγραμμα ονομάστε τη πειραματική διαδικασία σχεδιάστε το το μπλοκ διάγραμμα της κάθε διάταξης.
2. Συγκρίνετε τις θεωρητικές με τις πειραματικές τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 2η

AM Αποδιαμόρφωση

Αντικείμενα της Άσκησης:

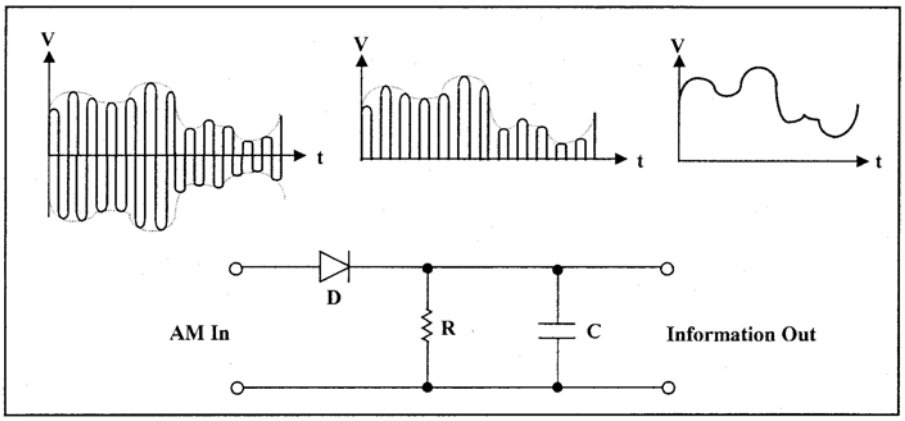
- Δημιουργία ενός διαμορφωμένου AM σήματος.
- Αποδιαμόρφωση του διαμορφωμένου σήματος με έναν ανιχνευτή περιβάλλουσας.
- Αναλύοντας την επίδραση της χρονικής σταθεράς του αποδιαμορφωτή στην ποιότητα του αποδιαμορφωμένου σήματος.
- Η επίδραση της συχνότητας του AM σήματος στην κυματομορφή εξόδου.

Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Πολύμετρο
- Μετρητής συχνοτήτων
- Παλμογράφος
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδια με 'Μπανάνα'

Εισαγωγικά- Θέματα προς συζήτηση:

Αποδιαμόρφωση σημαίνει εξαγωγή του σήματος πληροφορίας από το AM διαμορφωμένο σήμα.
Μία από τις απλές μεθόδους αποδιαμόρφωσης είναι ο ανιχνευτής περιβάλλλουσας. Η τεχνική του ανιχνευτή περιβάλλουσας στηρίζεται στο γεγονός, ότι η πληροφορία περιέχεται στην περιβάλλουσα του AM σήματος. Η βασική λειτουργία ενός ανιχνευτή περιβάλλουσας φαίνεται στο σχήμα 1.Το AM σήμα αρχικά ημιανορθώνεται και στην συνέχεια φιλτράρεται από ένα χαμηλοπερατό φίλτρο.



Σχήμα 9

Ανάλυση των στοιχείων του ανιχνευτή περιβάλλουσας:

D Είναι μία δίοδος, η οποία ημιανορθώνει το διαμορφωμένο ΑΜ σήμα και αφήνει να περάσει μόνο το θετικό κομμάτι. Η πληροφορία εμπεριέχεται ισοδύναμα και στο θετικό και στο αρνητικό κομμάτι της ΑΜ κυματομορφής. Έτσι πρακτικά δεν παίζει ουσιαστικό ρόλο η διεύθυνση της διόδου.
Η δίοδος επιδρά και στην εκφόρτιση του πυκνωτή όταν η τάση στην άνοδο της διόδου είναι μικρότερη από την τάση του πυκνωτή, όπου η εκφόρτιση γίνεται μόνο δια μέσου της αντίστασης R με ρυθμό εκφόρτισης RC.

RC Η δίοδος φορτίζει πολύ γρήγορα τον πυκνωτή στην μέγιστη τάση εισόδου, ενώ στην συνέχεια ο πυκνωτής εκφορτίζεται με ρυθμό RC πολύ μικρότερο από τον ρυθμό με τον οποίο το σήμα του φέροντος αλλάζει ($T_c = \frac{1}{f_c} << RC << T_m = \frac{1}{f_m}$) , αλλά πρέπει να είναι αρκετά γρήγορο το φίλτρο ώστε να ακολουθεί τις μεταβολές της περιβάλλουσας του σήματος εισόδου Η πληροφορία (ακουστικές συχνότητες) έχει εύρος ζώνης από μερικά Hz έως 20 KHz. Το φέρον έχει ένα εύρος ζώνης από μερικά εκατοντάδες Hz έως μερικές χιλιάδες KHz. Αυτή είναι και η ποιο βασική διαφορά μεταξύ σήματος πληροφορίας και φέροντος. Με βάση αυτή την διαφορά θα πρέπει να γίνει επιλογή των μεγεθών R και C, ώστε η έξοδος του φίλτρου να ακολουθεί την περιβάλλουσα του σήματος πληροφορίας και να μην επηρεάζεται από τις γρήγορες αλλαγές του σήματος του φέροντος.

Κάνουμε τους παρακάτω μαθηματικούς υπολογισμούς.

f_m - η συχνότητα του σήματος πληροφορίας

$T_m = \frac{1}{f_m}$ - Η περίοδος του σήματος πληροφορίας

f_c - η συχνότητα του φέροντος

$T_c = \frac{1}{f_c}$ - Η περίοδος του φέροντος

RC είναι η χρονική σταθερά του αποδιαμορφωτή. Με σκοπό να έχουμε επιτυχή αποδιαμόρφωση, επιλέγουμε τις τιμές των *R.C* ώστε:

$$T_c = \frac{1}{f_c} << RC << T_m = \frac{1}{f_m}.$$

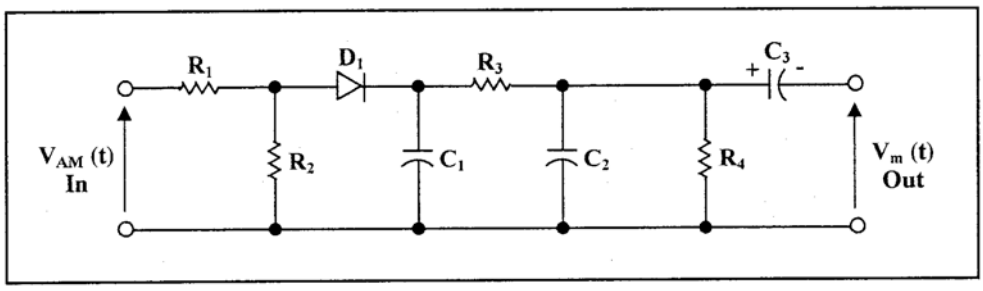
Για παράδειγμα εάν

$$f_m = 1000Hz \rightarrow T_m = 1m\sec$$

$$f_c = 1000KHz \rightarrow T_c = 1\mu\sec$$

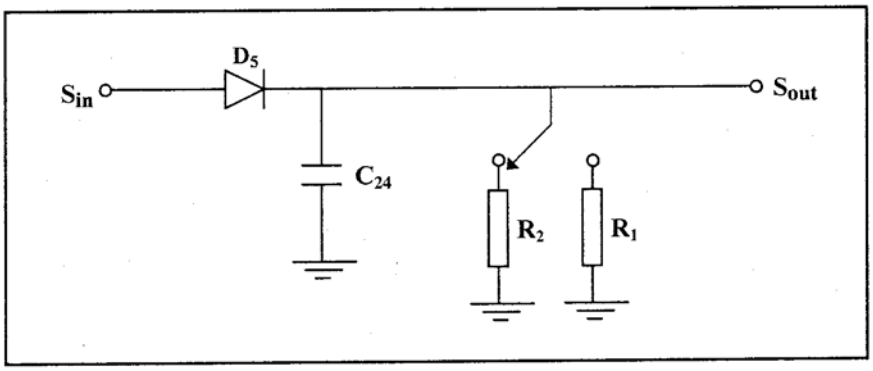
Μπορούμε να επιλέξουμε *R.C=100μsec*, έστω **C=0.1μF, R=100KΩ**.

Στο σχήμα 2, δίνουμε την πρακτική υλοποίηση ενός φίλτρου – ανιχνευτή περιβάλλουσας.



Σχήμα 10

Παρατηρούμαι πως υπάρχει το κύκλωμα που περιγράψαμε στο σχήμα 1. Ο πυκνωτής C_3 έχει ως αποτέλεσμα να αποκόπτει την DC τάση το σήματος εισόδου και να παρέχει AC απομόνωση για την επόμενη βαθμίδα η οποία είναι και ένας ενισχυτής φωνής.
Ο TPS-3421 AM αποδιαμορφωτής είναι ένας ανιχνευτής περιβάλλουσας, ο οποίος βασίζεται σε μία δίοδο για την ανόρθωση του σήματος και έναν παράλληλο συνδυασμό φίλτρου αντίστασης-πυκνωτή. Η σταθερά του φίλτρου (άρα οι τιμές R,C), είναι αυτές που καθορίζουν την ποιότητα της αποδιαμόρφωσης. Η δίοδος D_5 και ο πυκνωτής C_{24} περιλαμβάνονται στον αποδιαμορφωτή μας, όπου ανάλογα με την επιλογή των αντιστάσεων R_1 και R_2 έχουμε την δυνατότητα να αλλάξουμε την σταθερά χρόνου του κυκλώματος. Βλέπε το παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 11

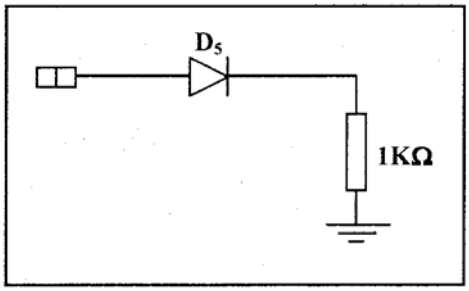
➢ Θεωρητικές Ερωτήσεις

Ένας αποδιαμορφωτής λαμβάνει ένα σήμα που περιγράφεται από την παρακάτω μαθηματική έκφραση:

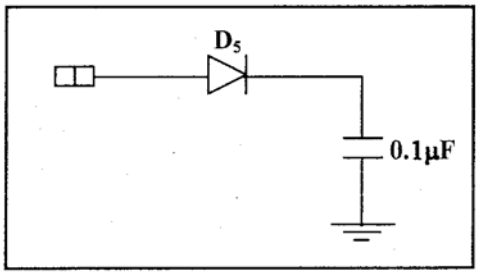
$$V(t) = 5(1 + 0.5\sin(2\pi 1000t)\sin(2\pi 455000t) \quad (1)$$

1. Εξηγήστε τι σημαίνουν οι παρακάτω παράμετροι.
   5, 0.5, 1000, 455.000
2. Κάντε την γραφική παράσταση της εξίσωσης που περιγράφει το σήμα εισόδου και εξηγείστε.
3. Ποιος είναι ο συντελεστής διαμόρφωσης m και ποια η σχέση των πλατών του διαμορφώνοντος σήματος (πληροφορίας) και του φέροντος.

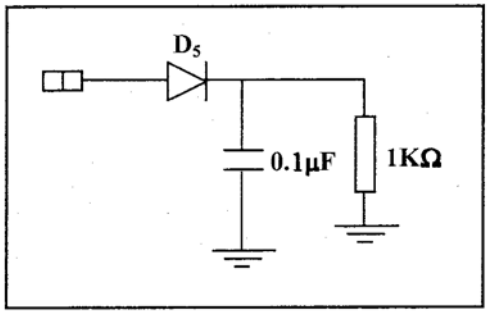
4. Ποια θα ήταν η κυματομορφή του σήματος εξόδου του παρακάτω φίλτρου ;



5. Ποια θα ήταν η κυματομορφή του σήματος εξόδου του παρακάτω φίλτρου ;



6. Ποια θα ήταν η κυματομορφή του σήματος εξόδου του παρακάτω φίλτρου ;



7. Ποια είναι η επιθυμητή σταθερά χρόνου για το σήμα της σχέσεως 1.

➢ Πειραματική διαδικασία

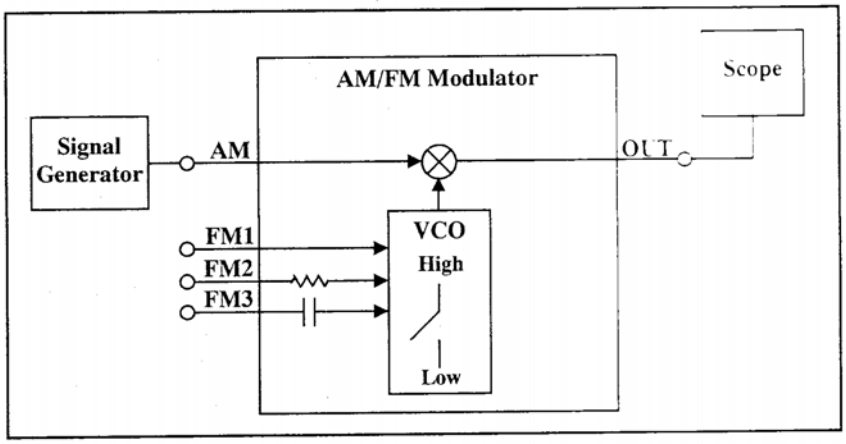
Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία.

Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη.

Βήμα 3ο: Συνδέστε το παλμογράφο στην έξοδο του διαμορφωτή.

Βήμα 4ο: Τοποθετείστε το διακόπτη του διαμορφωτή στη θέση High. Θα πρέπει να παρατηρήσετε στην έξοδο του διαμορφωτή ένα ημιτονικό σήμα συχνότητας περί τα 800 KHz.

Βήμα 5: Συνδέστε την έξοδο της γεννήτριας ακουστικών συχνοτήτων στην είσοδο του διαμορφωτή. Συνδέστε το CH1 του παλμογράφου στην έξοδο της γεννήτριας ακουστικών συχνοτήτων, ώστε να παρατηρείτε το σήμα πληροφορίας κάθε στιγμή. Παρακάτω περιγράφετε η παραπάνω διάταξη.

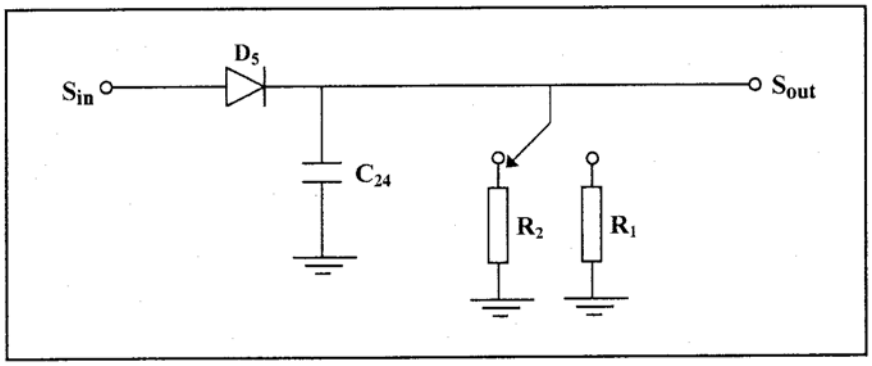


Βήμα 6: Τοποθετήστε στην γεννήτρια ένα ημιτονικό σήμα συχνότητας 1KHz.

Βήμα 7: Ρυθμίστε με το κουμπί DC offset και το κουμπί ρύθμισης πλάτους της γεννήτριας, ώστε να επιτύχετε 50% διαμόρφωση στην έξοδο του διαμορφωτή.

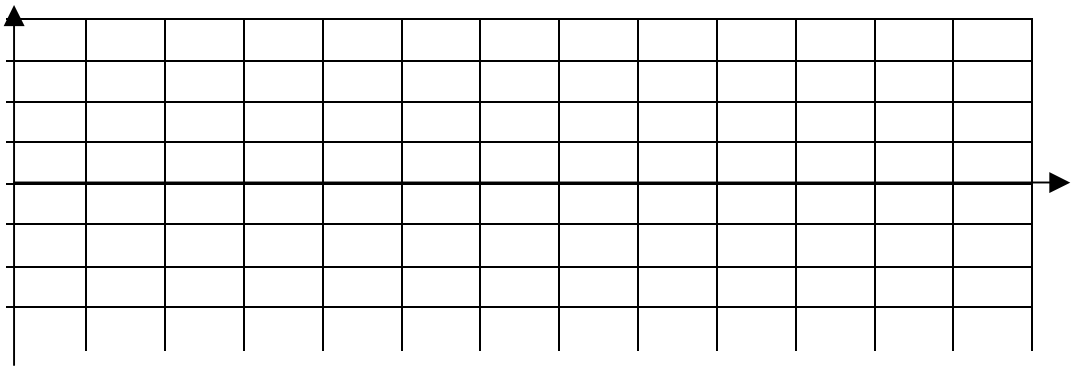
Βήμα 8: Συνδέστε με ένα καλώδιο την έξοδο του διαμορφωτή με τον ΑΜ αποδιαμορφωτή.

Βήμα 9: Τοποθετήστε τον αποδιαμορφωτή στην αντίσταση R_1.



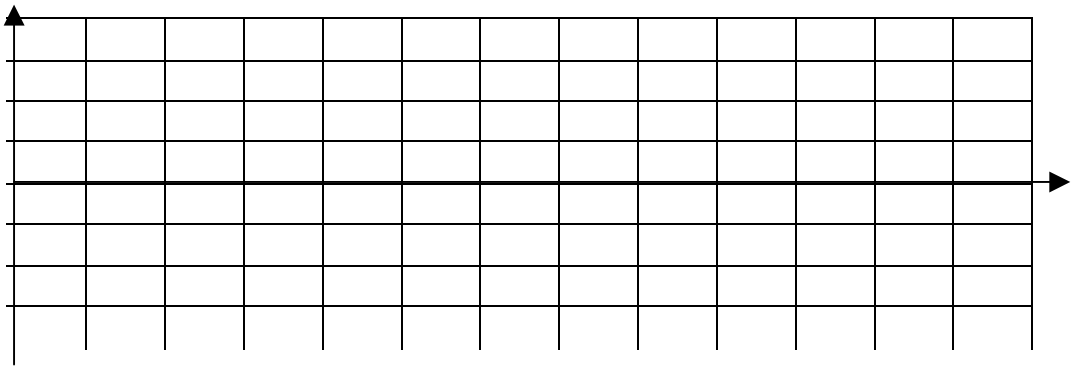
Βήμα 10: Συνδέστε το CH2 του παλμογράφου στην έξοδο στην έξοδο του αποδιαμορφωτή, ώστε να παρατηρείτε το σήμα πληροφορίας στην έξοδο κάθε στιγμή. Θα πρέπει να βλέπετε ένα ημιτονικό σήμα μικρότερου πλάτους , αλλά ίδιας συχνότητας με αυτό του σήματος εισόδου στον διαμορφωτή (σήμα πληροφορίας).

Βήμα 11: Σχεδιάστε τις κυματομορφές του σήματος πληροφορίας και του αποδιαμορφωμένου σήματος και κοινό διάγραμμα.



Βήμα 12: Αλλάξτε το σήμα της γεννήτρια σε μία τριγωνική κυματομορφή.

Βήμα 13: Σχεδιάστε τις κυματομορφές του σήματος πληροφορίας και του αποδιαμορφωμένου σήματος και κοινό διάγραμμα.



Βήμα 14: Τοποθετήστε τον αποδιαμορφωτή στην αντίσταση R_2. Θα παρατηρήσετε μία παραμόρφωση του λαμαβανομένου σήματος του αποδιαμορφωτή.

Βήμα 15: Που οφείλεται αυτή η παραμόρφωση;

Βήμα 16: Αλλάξτε τη συχνότητα ακουστικών συχνοτήτων σε 20KHz.

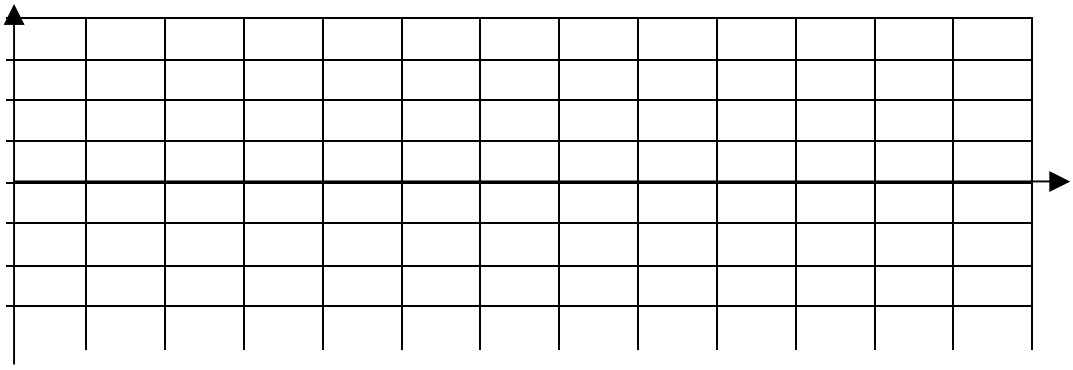
Βήμα 17: Επαναλάβετε τα βήματα 12-16. Εξηγήστε πού οφείλονται οι διαφορές του σήματος εισόδου και της εξόδου του αποδιαμορφωτή.

Βήμα 18: Αλλάξτε το σήμα της γεννήτρια σε μία τετραγωνική κυματομορφή και συχνότητα 1000Hz. Σε ποιες συχνότητες έχουμε παραμόρφωση του λαμβανομένου σήματος στην έξοδο του αποδιαμορφωτή για τιμή αντίστασης αποδιαμορφωτή R_1.

Βήμα 19: Τοποθετήστε στην γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων ένα σήμα συχνότητας 1KHz.

Βήμα 20: Τοποθετείστε το διακόπτη του διαμορφωτή στη θέση Low. Θα πρέπει να παρατηρήσετε στην έξοδο του διαμορφωτή ένα ημιτονικό σήμα συχνότητας περί τα 30 KHz.

Βήμα 21: Σχεδιάστε τις κυματομορφές του σήματος πληροφορίας και του αποδιαμορφωμένου σήματος και κοινό διάγραμμα.



Βήμα 22: Εξηγήστε το φαινόμενο.

Βήμα 23: Τοποθετήστε τον αποδιαμορφωτή στην αντίσταση R_1.Εξήγήστε πως και για ποιο λόγο η παραπάνω αλλαγή επιδρά στο σχήμα του λαμβανομένου σήματος.

Βήμα 24: Αλλάξτε την είσοδο με την γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων με ένα ημιτονικό σήμα εισόδου.

Βήμα 25: Ελέγξτε την κυματομορφή του αποδιαμορφωμένου σήματος μία φορά με την R_1 και μία με την R_2.

Βήμα 26: Επαναλάβετε τα βήματα από 20-25 χρησιμοποιώντας το SESLAB και το πρόγραμμα SESCOPE .

➢ Πειραματική αναφορά

1. Σε κάθε διάγραμμα ονομάστε τη πειραματική διαδικασία σχεδιάστε το το μπλοκ διάγραμμα της κάθε διάταξης.
2. Συγκρίνετε τις θεωρητικές με τις πειραματικές τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 3η

FM Διαμόρφωση

Αντικείμενα της Άσκησης:

- Δημιουργία ενός διαμορφωμένου FM κύματος.
- Επίδραση του σήματος εισόδου (διαμορφώνον) στη συχνότητα του σήματος στην έξοδο του διαμορφωτή (διαμορφωμένο FM κύματα).
- Μέτρηση και υπολογισμός της συχνοτικής απόκλισης.
- Υπολογισμός του συντελεστή διαμόρφωσης.
- Παρατήρηση και ανάλυση των FM διαμορφωμένων κύματα από ένα ημιτονικό σήμα διαμόρφωσης.
- Μέτρηση και υπολογισμός της μέγιστης συχνοτικής απόκλισης.

Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Πολύμετρο
- Μετρητής συχνοτήτων
- Παλμογράφος
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδια με 'Μπανάνα'

Εισαγωγικά- Θέματα προς συζήτηση:

➢ <u>Συχνοτική Διαμόρφωση Φάσης</u>

Το κύμα το οποίο είναι διαμορφωμένο κατά συχνότητα έχει πάντα σταθερό πλάτος (V_c) και η συχνότητα του είναι μια συνάρτηση του χρόνου. Μια μορφή γραφής είναι και η παρακάτω:

$$V(t) = V_c \bullet \cos(2\pi f(t)t)$$

Μια άλλη γραφή του κύματος το οποίο είναι διαμορφωμένο κατά συχνότητα είναι η παρακάτω:

$$V(t) = V_c \bullet \cos(2\pi(f_c + fd(t))t) \qquad \textbf{(1.8)}$$

όπου η $fd(t)$ δείχνει την απόκλιση συχνότητας από τη συχνότητα του φέροντος η οποία οφείλεται στο σήμα διαμόρφωσης .

$$f_d = K_f \bullet V_m \qquad \textbf{(1.9)}$$

όπου το K_f είναι μια **σταθερά ,** η οποία περιγράφει την σχέση μεταξύ της συχνοτικής απόκλισης και του πλάτους του διαμορφώνον σήματος.

Η V_m (το μέγιστο πλάτος του διαμορφώνον σήματος) θα προκαλέσει τη μέγιστη απόκλιση συχνότητας .Έτσι το f_d και (όχι το $fd(t)$) ονομάζεται μέγιστη απόκλιση συχνότητας.

Επειδή η σχέση (1.8) είναι δύσκολο να αναλυθεί, αναπροσαρμόζοντας τη παραπάνω σχέση δίνουμε τη συνήθη χρησιμοποιούμενη σχέση για το κύμα το οποίο είναι διαμορφωμένο κατά συχνότητα:

$$V(t) = V_c \bullet \cos(2\pi f_c t + \beta \cos(2\pi f_m t)) \qquad \textbf{(1.10)}$$

Όπου

V_c - Είναι το πλάτος του φέροντος σήματος

f_c - Είναι η συχνότητα του φέροντος σήματος

f_m - Είναι η συχνότητα του διαμορφώνοντος σήματος

β - Ο συντελεστής διαμόρφωσης

Ο συντελεστής διαμόρφωσης είναι μια σχέση μεταξύ της μέγιστης συχνοτικής απόκλισης και της συχνότητας του διαμορφώνοντος σήματος.

$$\beta = \frac{f_d}{f_m}$$

Δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ των συχνοτήτων f_d και f_m

Η f_m είναι η συχνότητα του διαμορφώνοντος σήματος η οποία καθορίζει το ρυθμό αλλαγής της συχνότητας και όχι τη μέγιστη συχνοτική απόκλιση.

Η f_d είναι η μέγιστη συχνοτική απόκλιση και καθορίζεται από το πλάτος του διαμορφώνοντος σήματος , όπως και φαίνεται από τη σχέση (1.9) και όχι από τη συχνότητα του.

Οι αλλαγές της συχνότητας για το διαμορφωμένο κατά συχνότητα σήμα, έχουν εύρος από $f_c \pm f_d$ και έτσι το συχνοτικό εύρος είναι $2\,f_d$.

Το β μας δίνει τη δυνατότητα να αναλύσουμε το κύμα και μαθηματικά και να δούμε το φάσμα του.

Παρατηρώντας την σχέση (1.10) βλέπουμε ότι μοιάζει ως εξής:

$$V(t) = V_c \bullet \cos(2\pi f_c t + \varnothing(t)) \qquad \textbf{(1.11)}$$

Η παραπάνω εξίσωση ωστόσο ταιριάζει και σε διαμόρφωση κατά φάση.

Η παραπάνω παρατήρηση είναι σωστή, επειδή και η διαμόρφωση κατά φάση και η διαμόρφωση κατά συχνότητα παρόλο που παράγονται με διαφορετικό τρόπο, δημιουργούν ένα κύμα το οποίο και συμπεριφέρεται παρόμοια. (μαθηματικά και πρακτικά).

➢ <u>Συχνοτική Επίδραση- Συμπεριφορά</u>

Ο Μετασχηματισμός Fourier και στο στην εξίσωση του συχνοτικά (φασικά) διαμορφωμένου κύματος, δείχνει ότι το κύμα αποτελείται απο:

Φέρον με συχνότητα f_c και πλάτος $V_c \bullet J_o(\beta)$

Κύματα με συχνότητα $f_c \pm n \bullet f_m$ και πλάτος $V_c \bullet J_n(\beta), n > 0$

$J_n(\beta)$ είναι οι συναρτήσεις Bessel πρώτου είδους με δείκτη n και όρισμα β **.**

Οι συναρτήσεις Bessel περιγράφονται από το παρακάτω πίνακα:

n \ β	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	β / n
0	1.00	0.99	0.94	0.77	0.22	0.18-	0.25-	0
1	0.05	0.10	0.24	0.44	0.58	0.33-	0.04	1
2	0	0	0.03	0.11	0.35	0.05	0.25	2
3	↓	↓	0	0.02	0.13	0.36	0.06	3
4	↓	↓	↓	0	0.03	0.39	0.22-	4
5	↓	↓	↓	↓	0	0.26	0.23-	5
6	↓	↓	↓	↓	↓	0.13	0.01-	6
7	↓	↓	↓	↓	↓	0.05	0.22	7
8	↓	↓	↓	↓	↓	0.02	0.32	8
9	↓	↓	↓	↓	↓	0	0.29	9
10	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.21	10
11	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.12	11
12	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.06	12
13	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.03	13
14	↓	↓	↓	↓	↓	↓	0.01	14

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Τιμές συναρτήσεων Bessel για διάφορες τιμές του n και για διάφορες τιμές του δείκτη διαμόρφωσης.
Είναι σημαντικό να παρατηρήσουμε πως οι συντελεστές Bessel δεν μειώνονται πάντα καθώς το n αυξάνει , αλλά γενικά καθώς το n αυξάνει από κάποιο σημείο και πέρα μειώνονται συνεχώς.
Το εύρος ζώνης της διαμόρφωσης κατά συχνότητα περιγράφεται από το κανόνα του Carson (είναι ένας προσεγγιστικός τύπος)

$$BW_{FM} = 2(f_d + f_m)$$

Αντικαθιστούμε το

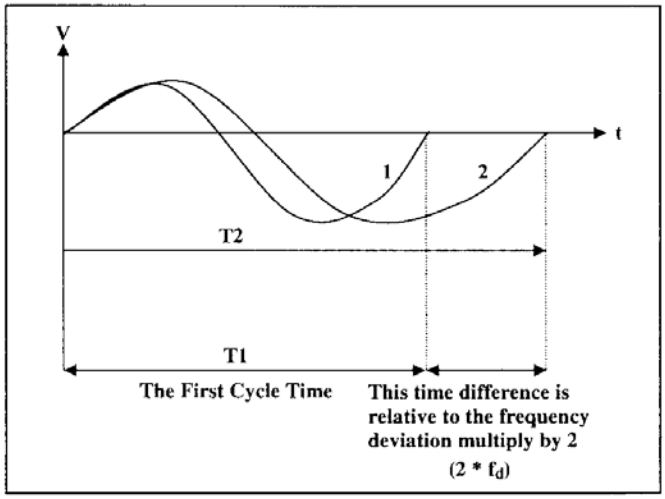
$$\beta = \frac{f_d}{f_m} \Rightarrow f_d = \beta \bullet f_m$$

σύμφωνα με τον ορισμό του δείκτη διαμόρφωσης , οπότε τελικά καταλήγουμε στη σχέση

$$BW_{FM} = 2(\beta \bullet f_m + f_m) \Rightarrow BW_{FM} = 2(\beta + 1) f_m$$

➢ Μέτρηση της συχνοτικής απόκλισης

Στο κατά συχνότητα διαμορφωμένο κύμα η συχνότητα του αλλάζει κάθε χρονική στιγμή. Σε ένα παλμογράφο αναπαριστούμε δύο κύματα στα οποία φαίνεται μόνο μια περίοδος όπως δείχνουμε παρακάτω.



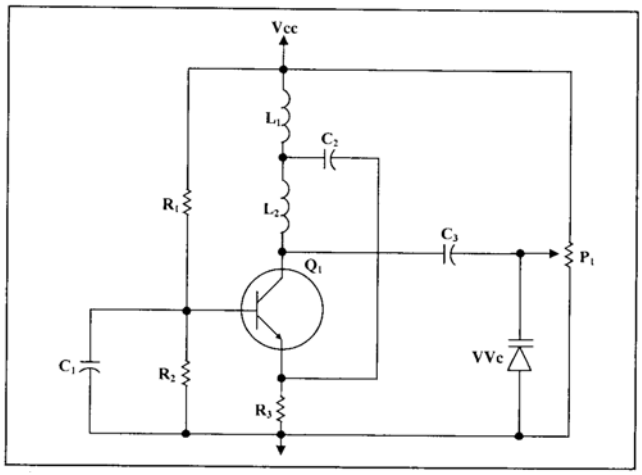
Σχήμα 12

Όλες οι κυματομορφές ξεκινούν από το ίδιο σημείο του παλμογράφου και καταλήγουν σε διαφορετικό σημείο. Η μέγιστη χρονική απόκλιση μεταξύ δύο κυματομορφών δίνει και την μέγιστη απόκλιση συχνότητας σύμφωνα με τη σχέση.

$$2f_d = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$$

➢ Δημιουργία ενός διαμορφωμένου κατά συχνότητα κύματος

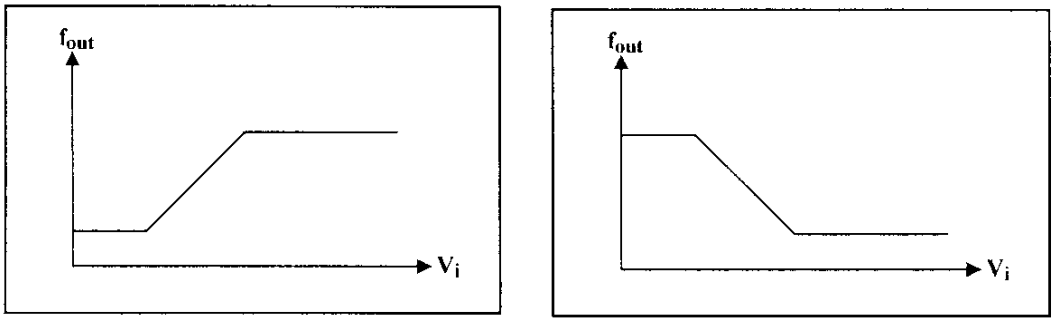
Υπάρχουν διάφορες τεχνικές με τις οποίες μπορούμε να επιτύχουμε διαμόρφωση κατά συχνότητα , αλλά εμείς θα αναφερθούμε στη μέθοδο χρησιμοποιώντας έναν Ταλαντωτή Ελεγχόμενο Από Τάση (VCO, Voltage Controller Oscillator).
VCO είναι ένας ταλαντωτής, του οποίου η συχνότητα ταλάντωσης καθορίζεται από μια τάση DC ή χαμηλής συχνότητας ac τάσεις ή ρεύματα. Ένας τρόπος για να επιτύχουμε τη τεχνική του VCO είναι να αντικαταστήσουμε έναν πυκνωτή ενός ταλαντωτή με μία ειδική δίοδο που ονομάζεται (VVC , Voltage Variable Capacitance diode), της οποίας η χωρητικότητα είναι συνάρτηση της τάσης η οποία εφαρμόζεται στα άκρα της .
Ένας VCO ο οποίος στηρίζεται στη λειτουργία του ταλαντωτή Hartley φαίνεται παρακάτω.



Σχήμα 13

Αντί να ελέγχουμε τη συχνότητα του παραπάνω VCO με τη DC τάση αρκεί να συνδέσουμε ένα μικρής συχνότητας σήμα στα άκρα Vc της διόδου και έτσι τελικά πετυχαίνουμε τη δημιουργία ενός FM σήματος.
Υπάρχουν διάφορα είδη VCO, άλλα παράγουν σήμα τετραγωνικών παλμών και άλλα ημιτονοειδές σήμα.
Σε ένα ιδανικό VCO η συχνότητα εξαρτάται γραμμικά από τη τάση. Τις περισσότερες φορές όμως περιοριζόμαστε σε μια μόνο περιοχή στην οποία η τάση εισόδου αλλάζει τη συχνότητα με γραμμικό τρόπο όπως φαίνεται στις παρακάτω χαρακτηριστικές. Άλλωστε δεν χρειαζόμαστε και πάρα πολύ μεγάλο εύρος της γραμμικής περιοχής γιατί τότε θα σήμαινε ότι το FM σήμα μας χρειάζεται και πολύ μεγάλο εύρος συχνοτικής περιοχής για να μεταδοθεί.

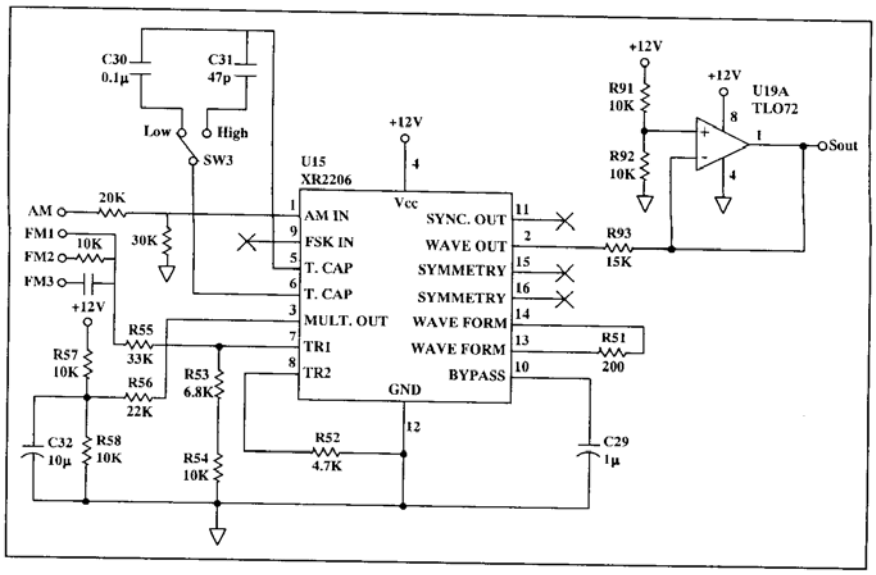
Τυπικές χαρακτηριστικές ενός VCO δίνονται παρακάτω:



Σχήμα 14

Το κύκλωμα για την FM διαμόρφωση για το TPS-3421 περιέχει μια FM είσοδο, η οποία και επιφέρει και αλλαγές στη συχνότητα ανάλογα με το σήμα στη είσοδο της .Με αυτό το τρόπο το κύκλωμα γίνεται ένα κύκλωμα VCO.

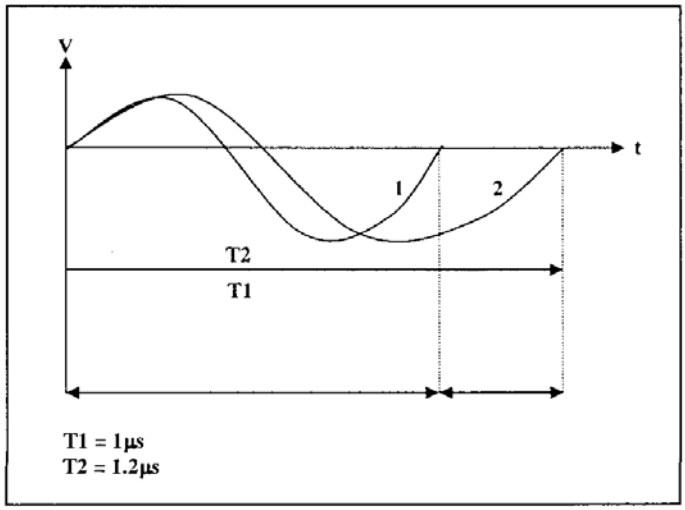
Το πλήρες κύκλωμα δίνεται παρακάτω όπου έχουμε τρεις εισόδους FM1, FM2, FM3.
FM1: το σήμα συνδέεται κατευθείαν στο VCO
FM2: το σήμα συνδέεται μέσο μιας αντίστασης 10KΩ στο VCO για καλύτερη FM διαμόρφωση
FM3: το σήμα συνδέεται μέσο ενός πυκνωτή στο VCO για να απορριφθούν τα DC σήματα από ένα ac σήμα.



Σχήμα 15

➢ Θεωρητικές Ερωτήσεις

1.Σε τι επιδρά ο δείκτης διαμόρφωσης β – στο πλάτος του διαμορφωμένου σήματος ή στη συχνότητα;
2.Ποίες οι συχνότητες και τα πλάτη των αρμονικών ενός κύματος με **β=0.5** και **β=2** και με φέρον της μορφής
$V_c(t) = 5 \bullet \cos(2\pi \bullet 450K \bullet t)$
3.Ποιο το εύρος ζώνης για κάθε β;
4.Να υπολογιστεί ο συντελεστής διαμόρφωσης β για το παρακάτω σχήμα όπου το διαμορφώνον σήμα έχει συχνότητα f_m=2KHz .



Σχήμα 16

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία

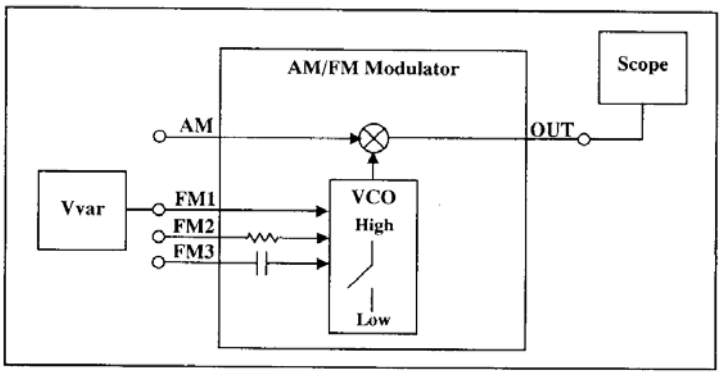
Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη

Βήμα 3ο: Συνδέστε το παλμογράφο στην έξοδο του FM διαμορφωτή

Βήμα 4ο: Τοποθετείστε το High/Low διακόπτη στη θέση High

Βήμα 5ο: Συνδέστε της έξοδο της τάσης Vvar στην είσοδο FM1 του FM διαμορφωτή

Βήμα 6ο: Ελέγξτε ότι έχετε συνδέσει το παρακάτω κύκλωμα (σύστημα)



Βήμα 7ο: Μεταβάλλετε τη τιμή του ποτενσιόμετρου στη γεννήτρια DC τάσης Vvar για να δείτε πως μεταβάλλετε η συχνότητα του σήματος στην έξοδο.

Βήμα 8ο: Για τιμές τάσης από 0V έως 10V συμπληρώστε το παρακάτω πίνακα μετρώντας για κάθε τιμή τάσης V_i τη συχνότητα f .

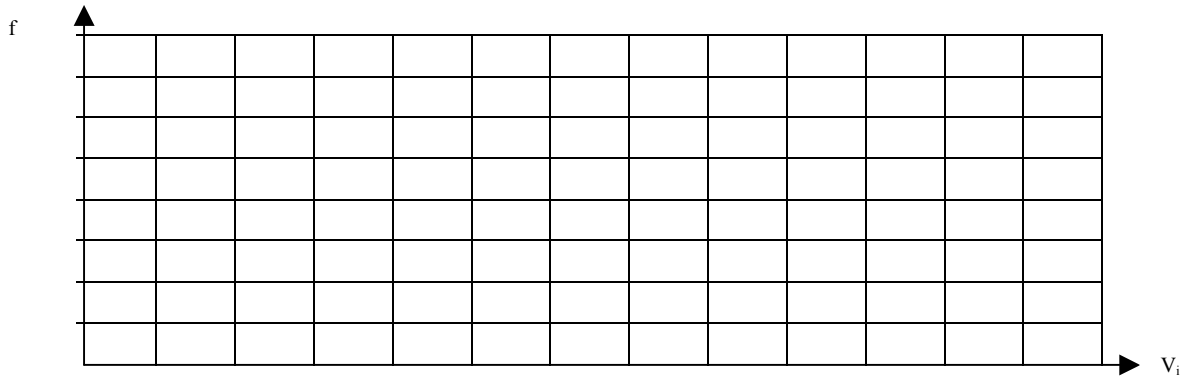
No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F										
ΔF										
Kf										

Βήμα 9ο: Για κάθε μέτρηση υπολογίστε την απόκλιση συχνότητας (διαφορά της επόμενης τιμής από τη προηγούμενη)

Βήμα 10ο: Υπολογίστε τη τιμή του Kf για κάθε ΔF από τη σχέση

$$Kf = \frac{\Delta F}{V}$$

Βήμα 11ο: Κάντε τη γραφική παράσταση της συχνότητας του σήματος στην έξοδο του διαμορφωτή σε συνάρτηση με τη τάση εισόδου.



Βήμα 12ο: Αποσυνδέστε τη τάση Vvar από την είσοδο FM1

Βήμα 13ο: Συνδέστε τη τάση Vvar στην είσοδο FM2

Βήμα 14ο: Μεταβάλλετε το ποτενσιόμετρο για μα δείτε πως η συχνότητα του σήματος μεταβάλλετε αντίστοιχα

Βήμα 15ο: Για τιμές τάσης από 0V έως 10V συμπληρώστε το παρακάτω πίνακα μετρώντας για κάθε τιμή τάσης V_i τη συχνότητα f .

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F										
ΔF										
Kf										

Βήμα 16°: Για κάθε μέτρηση υπολογίστε την απόκλιση συχνότητας (διαφορά της επόμενης τιμής από τη προηγούμενη)

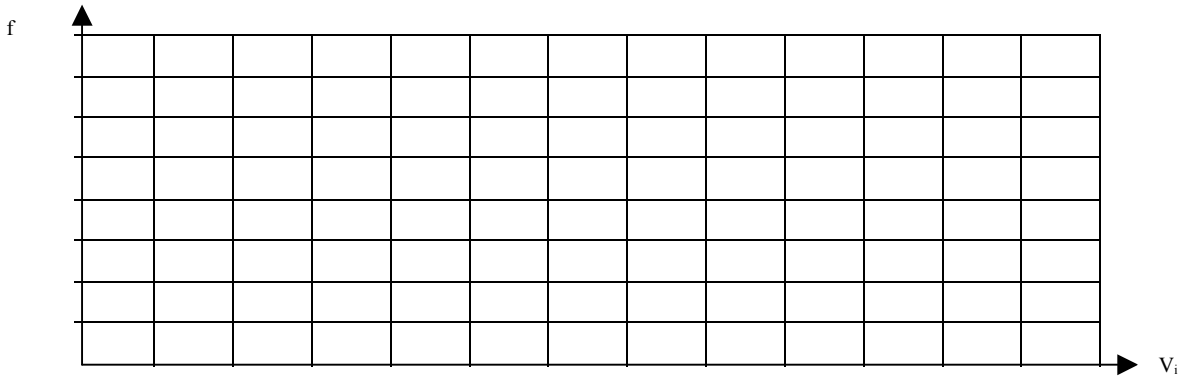
Βήμα 17°: Υπολογίστε τη τιμή του Kf για κάθε ΔF από τη σχέση

$$Kf = \frac{\Delta F}{V}$$

Βήμα 18°: Κάντε τη γραφική παράσταση της συχνότητας του σήματος στην έξοδο του διαμορφωτή σε συνάρτηση με τη τάση εισόδου.

Βήμα 19°: Αποσυνδέστε τη τάση Vvar από την είσοδο FM2

Βήμα 20°: Συνδέστε τη γεννήτρια στη είσοδο FM2 του διαμορφωτή και τροφοδοτήστε με σήμα συχνότητας 1KHZ και πλάτος π.χ. $1V_{p-p}$.



Η γεννήτρια σήματος περιέχει και μία DC συνιστώσα των 6V. Θα πρέπει να έχουμε στο μυαλό μας πως αυτή η συνιστώσα καθορίζει και τη συχνότητα του φέροντος (από την άσκηση 1 επιβεβαιώσαμε κάτι τέτοιο). Η αντίσταση στην είσοδο FM2 έχει ως σκοπό να μειώσει την επίδραση στη συχνότητα του DC δυναμικού.

Βήμα 21°: Σταδιακά αυξάνουμε το πλάτος του σήματος της γεννήτριας και παρατηρούμε τη συμβαίνει.

Βήμα 22°: Θέτουμε το πλάτος του διαμορφώνοντος στο $1V_{p-p}$.

Βήμα 23°: Αλλάζουμε τη χρονική κλίμακα στον παλμογράφο με σκοπό να δούμε στην οθόνη μας μόνο μια περίοδο του σήματος.

Βήμα 24°: Υπολογίστε ποια είναι η μέγιστη απόκλιση συχνότητας , ο συντελεστής διαμόρφωσης και το επιθυμητό εύρος ζώνης.

Βήμα 25°: Επαναλάβετε τα βήματα από 21-24 και συμπληρώστε το παρακάτω πίνακα

No	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
V_{p-p}	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
f_d												
β												
BW												

Βήμα 26°: Μεταβάλλετε το φέρον μετακινώντας το διακόπτη High/Low στη θέση Low.(30KHz)
Προσπαθήστε να συγχρονίσετε το διαμορφωμένο σήμα.

Βήμα 27°: Μεταβάλλετε το SESLAB διακόπτη από Manual σε Auto.

Βήμα 28°: Συνδέστε το TPS-3421 σε ένα PC και 'τρέξτε' το λογισμικό SESCOPE.

Βήμα 29°: Συνδέστε το σήμα της γεννήτριας (διαμορφώνον σήμα) στο CH1 του SESLAB

Βήμα 30°: Συνδέστε το σήμα του FM (έξοδος διαμορφωτή) στο CH2 του SESLAB

Βήμα 31°: Τοποθετήστε τη χρονική κλίμακα σε 30μsec/cm.

Βήμα 32°: Πάρτε δείγμα μιας περιόδου.

Βήμα 33°: Μετρήστε τη συχνότητα του διαμορφώνοντος σήματος μια τη περίπτωση που το σήμα εισόδου έχει την μεγαλύτερη τιμή και μια για την μικρότερη τιμή.

Βήμα 34°: Υπολογίστε ποια είναι η μέγιστη απόκλιση συχνότητας , ο συντελεστής διαμόρφωσης και το επιθυμητό εύρος ζώνης.

➢ Πειραματική αναφορά

1. Συγκεντρώστε όλα τα πειραματικά αποτελέσματα και όλες τις μετρήσεις. Σε κάθε πίνακα γράψτε το όνομα του πειράματος και ζωγραφίστε το κύκλωμα που υλοποιήσατε.
2. Συγκρίνετε τις μετρήσεις με τις θεωρητικά αναμενόμενες τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 4η

Ζωνοπερατά Φίλτρα & Ανιχνευτής (Αποδιαμορφωτής) FM

Αντικείμενα της Άσκησης:

- Διέλευση σημάτων με διαφορετικές συχνότητες μέσο ενός ζωνοπερατού φίλτρου.
- Μέτρηση και υπολογισμός της ζώνης διέλευσης ενός φίλτρου.
- Φασματική ανάλυση της συνάρτησης μεταφοράς του φίλτρου.
- Χρήση του ζωνοπερατού φίλτρου σαν FM ανιχνευτής (ανιχνευτής κλίσης).

Απαιτούμενος Εξοπλισμός

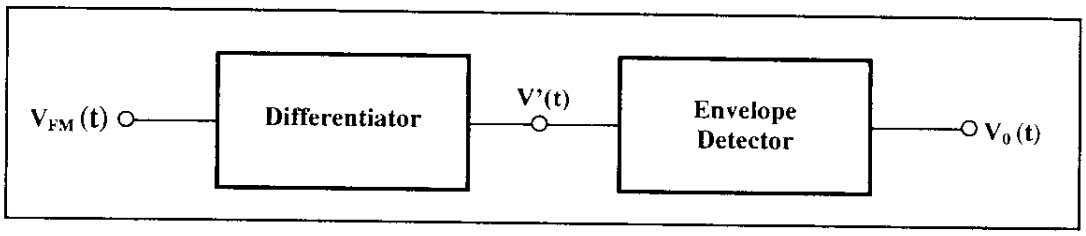
- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Πολύμετρο
- Μετρητής συχνοτήτων
- Παλμογράφος
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδια με 'Μπανάνα'

Εισαγωγικά- Θέματα προς συζήτηση:

➢ Αποδιαμορφωτής FM

Η FM αποδιαμόρφωση δεν είναι τόσο απλή όπως η AM. Από την άλλη πλευρά όμως , η μετάδοση του σήματος είναι καθαρή στην FM μετάδοση, ενώ ο περισσότερος θόρυβος εμφανίζεται στην περιβάλλουσα του AM σήματος και ένας αποδιαμορφωτής AM δεν μπορεί να ξεχωρίσει το πραγματικό σήμα από τον ανεπιθύμητο θόρυβο.
Σε έναν αποδιαμορφωτή FM δεν γίνεται αναφορά στο πλάτος του σήματος , αλλά στην απόκλιση συχνότητας του σήματος αυτού και έτσι η επίδραση του θορύβου περιορίζεται. Με σκοπό να αποδείξουμε την ανοσία της FM διαμόρφωσης , το σήμα ενισχύεται πολύ και στην συνέχεια περνά μέσα από περιοριστές για να κόψουν τις κορυφές.

Οι περισσότεροι FM αποδιαμορφωτές βασίζονται στη τεχνική που περιγράφει το παρακάτω μπλοκ διάγραμμα., όπου φαίνεται η χρήση ενός διαφοριστή και ενός ανιχνευτή περιβάλλουσας



Σχήμα 17

Το περιορισμένου πλάτους FM σήμα, διαφορίζεται και στη συνέχεια περνά μέσα από έναν ανιχνευτή περιβάλλουσας. Για να καταλάβουμε γιατί συμβαίνει αυτό θα κάνουμε τη παρακάτω μαθηματική περιγραφή διαφορίζοντας το αρχικό FM σήμα.

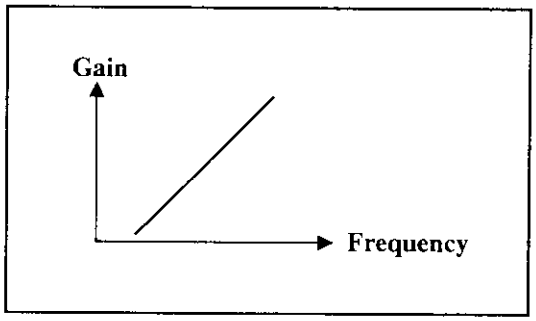
$$V_{FM}(t) = V_c \cos(\omega_c t + K_F V_m \cos \omega_m t)$$

$$\frac{d}{dt}\left[V_{FM}(t)\right] = -V_c(\omega_c + K_F V_m \cos \omega_m t) \bullet \sin\left[\omega_c t + K_F V_m \int_{-\infty}^{t} \cos \omega_m t dt\right]$$

Το πλάτος του σήματος που παίρνουμε μετά το διαφοριστή είναι γραμμική συνάρτηση του διαμορφώνοντος σήματος και άρα μπορούμε να ανακτήσουμε το διαμορφώνον σήμα περνώντας το διαφορισμένο FM σήμα από ένα ανιχνευτή περιβάλλουσας.

➢ Αποδιαμορφωτές συχνότητας – Γραμμικοί Ανιχνευτές

Στο πεδίο της συχνότητας ο διαφοριστής είναι ένα γραμμικό κύκλωμα του οποίου η συνάρτηση μεταφοράς έχει τη μορφή που προκύπτει από το μπλοκ διάγραμμα σχήμα 17.Μπορεί να αποδειχθεί πως οποιοδήποτε δικτύωμα με τη συνάρτηση μεταφοράς του σχήμα 17, λειτουργεί σαν διαφοριστής και έχει ένα εύρος λειτουργίας γύρω από το κέντρο μιας γραμμικής περιοχής. Η συνάρτηση μεταφοράς οποιοδήποτε δικτυώματος με συμπεριφορά σαν αυτή του σχήματος 17, δίνεται στο σχήμα 18.

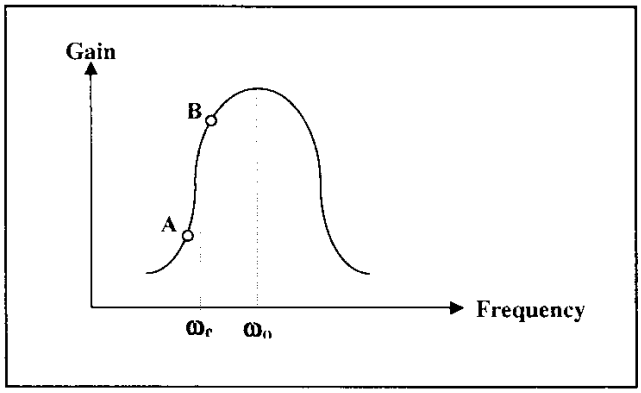


Σχήμα 18

Ρυθμίζουμε το διαφοριστή έτσι ώστε η συχνότητα του φέροντος να είναι στο μέσον της γραμμικής περιοχής. Με αυτό το τρόπο ισχύει ο κανόνας, όσο μεγαλύτερη η συχνότητα του σήματος FM τόσο και μεγαλύτερο το πλάτος του σήματος και μικρότερη η συχνότητα του σήματος FM τόσο και μικρότερο το πλάτος του σήματος.

Ένας εύκολος τρόπος για να πετύχουμε διαφόριση με πρακτικό τρόπο είναι να χρησιμοποιήσουμε ένα συντονισμένο κύκλωμα με χαρακτηριστική συνάρτηση μεταφοράς παρόμοια με αυτή του σχήματος 19

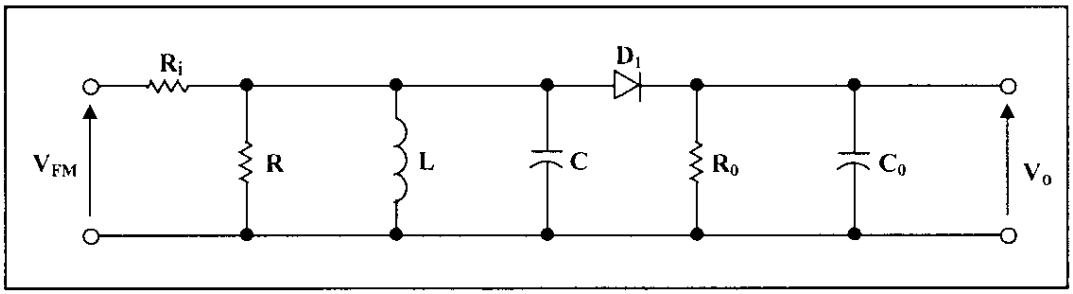
Συνάρτηση Μεταφοράς Συντονισμένου Κυκλώματος



Σχήμα 19

Στη περιοχή μεταξύ των σημείων Α και Β η συνάρτηση μεταφοράς είναι σχεδόν (προσεγγιστικά) ευθεία και για αυτό το λόγο το συντονισμένο κύκλωμα μπορεί να λειτουργήσει σαν διαφοριστής γύρω από τη συχνότητα ω_c . (η ευθεία με αρνητική κλίση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για αρνητική διαφόριση).
Ένας πρακτικά χρησιμοποιούμενος συχνοτικός αποδιαμορφωτής χρησιμοποιώντας την αρχή λειτουργίας που αναφέραμε δίνεται παρακάτω.

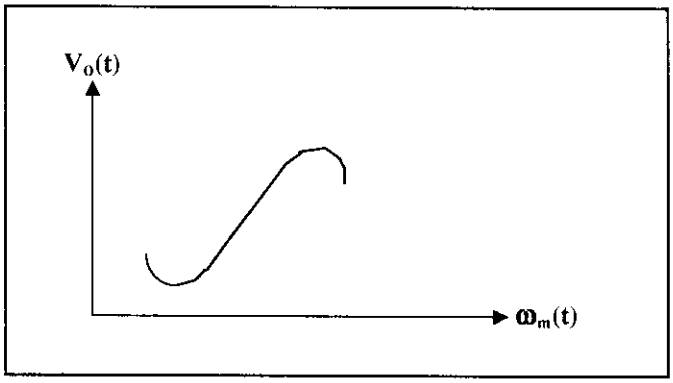
Συχνοτικός Αποδιαμορφωτής μιας Κλίσης



Σχήμα 20

Το συντονισμένο κύκλωμα το οποίο αποτελείτε από ένα πηνίο L και έναν πυκνωτή C, ακολουθείτε από ένα κύκλωμα (δικτύωμα) ανιχνευτή περιβάλλουσας αποτελούμενο από έναν αντιστάτη R_0 και έναν πυκνωτή C_0. Η σχέση μεταξύ του τελικού πλάτους του σήματος $V_0(t)$ και της συχνότητας ω_m δίνεται στη παρακάτω σχήμα 21 και ονομάζεται S κυματομορφή του αποδιαμορφωτή.

Μονής Κλίσης Συχνοτικός Αποδιαμορφωτής - S κυματομορφή

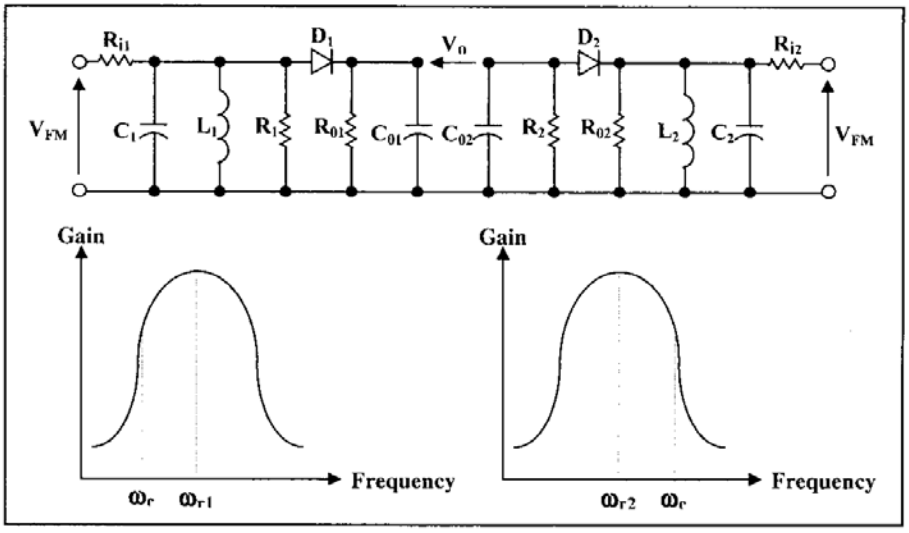


Σχήμα 21

Το μειονέκτημα αυτού του αποδιαμορφωτή είναι ότι μπορεί να ανιχνεύσει το ΑΜ σήμα εξίσου καλά με το FM, αλλά αν το FM σήμα δεν είναι τέλεια περιορισμένο (να έχει δηλ. σταθερό πλάτος) τότε οι μεταβολές στο πλάτος θα εμφανίζονται σαν θόρυβος στην έξοδο. Το επιπλέον του παραπάνω αποδιαμορφωτή είναι ότι η έξοδος δεν είναι μηδενική για μη διαμορφωμένο σήμα αλλά κάποιο DC σήμα κάποιον Volts.
Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι να ρυθμίσουμε το συντονισμένο κύκλωμα έτσι ώστε η συχνότητα του φέροντος να είναι στη γραμμική περιοχή και η συχνοτική απόκλιση να μην ξεπερνά τη κορυφή.

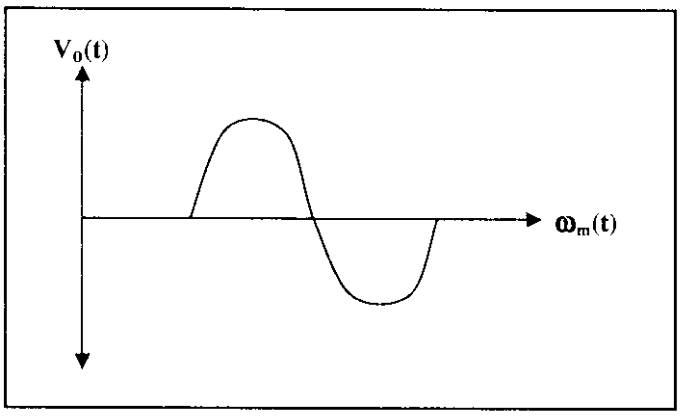
Ένας ανιχνευτής ο οποίος λύνει τα παραπάνω προβλήματα είναι ένας οριζόντιας κλίσης ανιχνευτής που περιγράφεται παρακάτω στο σχήμα 22:

Οριζόντιας Κλίσης Ανιχνευτής



Σχήμα 22

Κυματομορφή Εξόδου για τον Οριζόντιας Κλίσης Ανιχνευτής



Σχήμα 23

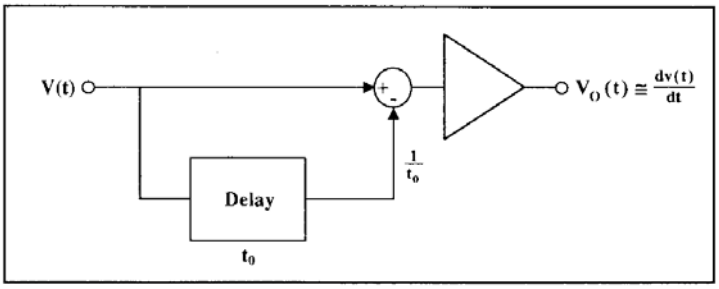
Το σήμα στην έξοδο του ανιχνευτή είναι η διαφορά μεταξύ δύο σημάτων των δυο ανιχνευτών. Μπορούμε να πάρουμε ένα AM σήμα ή αλλαγές στο πλάτος ενός FM σήματος και να τα εφαρμόσουμε στους δύο ανιχνευτές και κάνουμε τη γραφική παράσταση στο ίδιο διάγραμμα η διαφορά τους θα είναι 0. Από την άλλη πλευρά το FM σήμα θα δημιουργήσει για τον ανιχνευτή του σχήματος 22 στην έξοδο δύο σήματα τα οποία θα έχουν διαφορά φάσης και η διαφορά θα προκύπτει από το άθροισμα των απόλυτων τιμών. Επίσης στην έξοδο θα γίνεται αντιστάθμιση της μη γραμμικότητας της χαρακτηριστικής των δύο ανιχνευτών.

➢ Διαφοριστής με χρονική καθυστέρηση

Η λειτουργία του διαφοριστής χρονικής καθυστέρησης στηρίζεται στο βασικό ορισμό της παραγώγου

$$\frac{dV(t)}{dt} = \lim_{t_o \to o} \frac{V(t) - V(t_o)}{t_o}$$

Μπλοκ διάγραμμα Διαφοριστή με χρονική καθυστέρηση

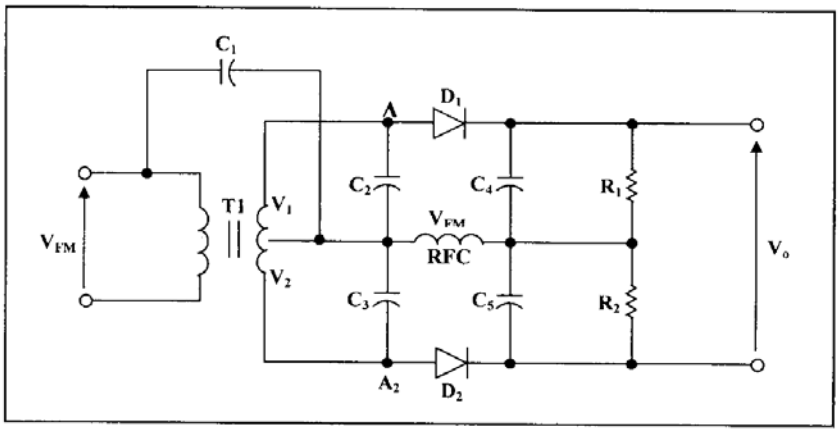


Σχήμα 24

Η χρονική καθυστέρηση t_o θα πρέπει να είναι πολύ μικρότερη από τις μεταβολές του σήματος V(t).
Εφόσον η χρονική καθυστέρηση μπορεί και να θεωρηθεί και σαν φασική μεταβολή (ολίσθηση) η παραπάνω λειτουργία μπορεί να γίνει με ένα κύκλωμα ολίσθησης φάσης που περιγράφεται παρακάτω.

Ο πρακτικά χρησιμοποιούμενος αποδιαμορφωτής με ολίσθησης φάσης είναι ο **Foster-Seely** και περιγράφεται παρακάτω.

Αποδιαμορφωτής Foster-Seely



Σχήμα 25

Η λειτουργία του Αποδιαμορφωτή Foster-Seely περιγράφεται παρακάτω:

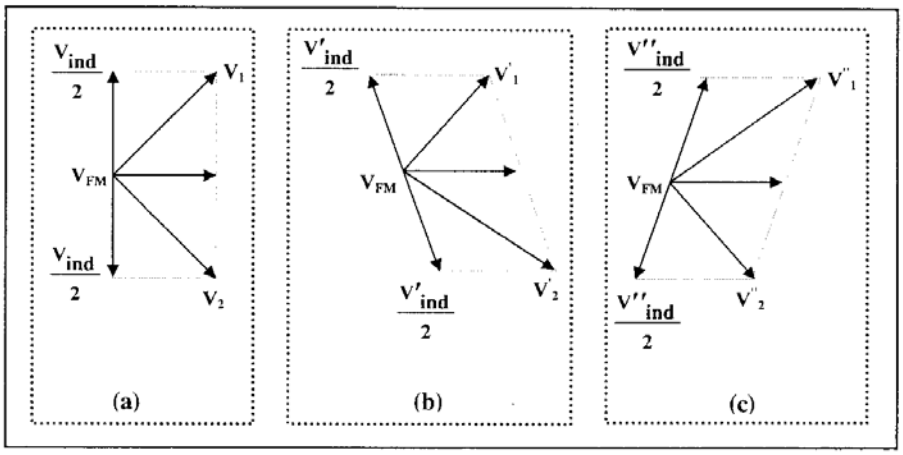
Το δευτερεύον πηνίο του μετασχηματιστή T1, σχηματίζει δύο συντονισμένα κυκλώματα, το ένα αποτελούμενο από το πάνω μισό του δευτερεύοντος πηνίου και τον πυκνωτή C_2 και το άλλο αποτελούμενο από το κάνω μισό του δευτερεύοντος πηνίου και τον πυκνωτή C_3 . Τα

δύο παραπάνω κυκλώματα ρυθμίζονται στη κεντρική συχνότητα (f_c) του FM σήματος και το οποίο και πρόκειται να αποδιαμορφώσουμε.
Οι δίοδοι D_1 και D_2 μαζί με τα χαμηλοπερατά φίλτρα (R_1 και C_4 , R_2 και C_5) σχηματίζουν έναν ανιχνευτή περιβάλλουσας. Όταν το σήμα εισόδου είναι ένα ημιτονικό σήμα του οποίο η συχνότητα είναι ίση με την f_c , αυτό συμπεριφέρεται στην άλλη πλευρά του αποδιαμορφωτή με δύο τρόπους. Ο ένας τρόπος είναι με τα δευτερεύοντα πηνία του μετατροπέα. Με αυτό το τρόπο επάγεται μία τάση των V Volts και στα δύο μέρη του δευτερεύοντος πηνίου με την μόνη διαφορά που οι τάσεις αυτές έχουν διαφορά φάσης 180°.Ο άλλος τρόπος είναι πως η τάση εισόδου (V_{FM}) εφαρμόζεται κατευθείαν μέσο του πυκνωτή C_1 πάνω στο RFC πηνίο (ο πυκνωτής δρα σαν βραχυκύκλωμα σε αυτή τη συχνότητα) και η τάση αυτή θα έχει διαφορά φάσης 90° με τις τάσεις στα δύο μισά μέρη του δευτερευόντος πηνίου. Ο ανιχνευτή περιέχει δύο ανιχνευτές περιβάλλουσας. Το δυναμικό (τάση) του πάνω ανιχνευτή είναι η τάση μεταξύ των σημείων A_1 και B. Παίρνουμε τη παραπάνω τάση από τη σύνδεση των δύο πηνίων με τάση V_{FM} και V_1. Ο κάτω ανιχνευτής περιβάλλουσας δίνει μία τάση μεταξύ των σημείων A_2 και B. Παίρνουμε τη παραπάνω τάση από τη σύνδεση των δύο πηνίων με τάση V_{FM} και V_2 .

Η σχέση μεταξύ των παραπάνω δυναμικών δεν είναι δεν είναι μια αλγεβρική σχέση αλλά μια φασική σχέση. Αυτή η σχέση σχετίζει τις φασικές διαφορές μεταξύ των σημάτων. Στο σήμα 26 περιγράφουμε τις τάσεις σαν διανύσματα και η σχέση μεταξύ τους είναι μια διανυσματική σχέση. Η περιγραφή των σημάτων όταν σαν σήμα έχουμε έναν αδιαμόρφωτο φορέα με κεντρική συχνότητα (f_c) φαίνεται στο σήμα 26(a).
Σε κάθε έξοδο του κάθε ανιχνευτή περιβάλλουσας , παίρνουμε μία DC τάση (η μια χαμηλής συχνότητας τάση, αν το σήμα στην είσοδο είναι διαμορφωμένο κατά συχνότητα και επομένως η συχνότητα του μεταβάλλεται, όπως θα εξηγήσουμε αργότερα).Το δυναμικό το οποίο παίρνουμε στην έξοδο του ανιχνευτή είναι η διαφορά μεταξύ των τάσεων V_1 και V_2 και το αποτέλεσμα όταν η συχνότητα είναι f_c , είναι 0 Volts.
Όταν η συχνότητα του σήματος εισόδου είναι μικρότερη από την f_c, τα συντονιζόμενα κυκλώματα παρουσιάζουν χωρητική συμπεριφορά και έχουμε το φασικό διάγραμμα του σχήματος 26(b). Σε αυτή τη περίπτωση έχουμε $|V_2'| \succ |V_1'|$ και η τάση εξόδου είναι θετική.

Όταν η συχνότητα του σήματος εισόδου είναι μεγαλύτερη από την f_c, τα συντονιζόμενα κυκλώματα παρουσιάζουν επαγωγική συμπεριφορά και έχουμε το φασικό διάγραμμα του σχήματος 26(c). Σε αυτή τη περίπτωση έχουμε $|V_2''| \prec |V_1''|$ και η τάση εξόδου είναι αρνητική.

Φασικό Διάγραμμα Αποδιαμορφωτή Foster-Seely



Σχήμα 26
(a) $f_{in} = f_c$ (b) $f_{in} < f_c$ (c) $f_{in} > f_c$

Όπως είναι φανερό από την ανάλυση που μόλις κάναμε το σήμα V_o στην έξοδο του αποδιαμορφωτή εξαρτάται από τη συχνότητα του σήματος εισόδου και για αυτό το λόγο και ο αποδιαμορφωτής Foster-Seely είναι ένας FM αποδιαμορφωτής.
Το κύριο μειονέκτημα του αποδιαμορφωτής Foster-Seely είναι η ευαισθησία του σε μεταβολές του πλάτους του σήματος εισόδου όπως και ο αποδιαμορφωτής μίας κλίσης που είδαμε. Έτσι όταν το πλάτος του σήματος αλλάζει αυτό επιδρά στις φασικές τάσεις και με άμεσο αποτέλεσμα να αλλάζει και η τάση εξόδου.

Για να ξεπεράσουμε το παραπάνω πρόβλημα, χρησιμοποιούμε τον Ανιχνευτή λόγου (σχήμα 27) . Σε αυτόν τον ανιχνευτή, οι δίοδοι στους ανιχνευτές περιβάλλουσας έχουν διαφορετική κατεύθυνση. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα ο πάνω αποδιαμορφωτής να δίνει σαν έξοδο μια θετική τάση και ο κάτω μια αρνητική. Η τάση πάνω στο πυκνωτή C_6 είναι η τάση εξόδου του κυκλώματος και είναι ίση με τη διαφορά των τάσεων εξόδου των δύο ανιχνευτών με τη διαφορά όμως πως η τάση εξόδου για συχνότητα ίση με αυτή του φέροντος θα είναι η διπλάσια της τάσης εξόδου των ανιχνευτών και όχι ίση με μηδέν όπως στο προηγούμενο κύκλωμα. Ο πυκνωτής C_6 έχει πάρα πολύ μεγάλη τιμή, με αποτέλεσμα να μην επιτρέπει μεγάλες (άρα και απότομες) αλλαγές της τάσης του (μεγάλη τιμή χωρητικότητας μεγάλος και ο χρόνος φόρτισης- εκφόρτισης που εξαρτάται από το ReqC). Οι τιμές της αντίστασης R_1+R_2 μπορούν να ρυθμιστούν έτσι ώστε η χρονική σταθερά να είναι σχετικά μεγαλύτερη από τη συχνότητα του φέροντος. Οι αλλαγές στο πλάτος του FM σήματος εισόδου δεν επιδρούν τώρα στο σήμα (τάση) εξόδου (καθώς αλληλοαναιρούνται από τους δύο ανιχνευτές οι αλλαγές) εκτός και αν το πλάτος δεν παραμένει ποτέ σταθερό. Εάν οι τάσεις εξόδου των ανιχνευτών είναι V_a και V_b μπορούμε να εξάγουμε σε σχέση με βάση τις παραπάνω τάσεις με την τάση του πυκνωτή C_6.

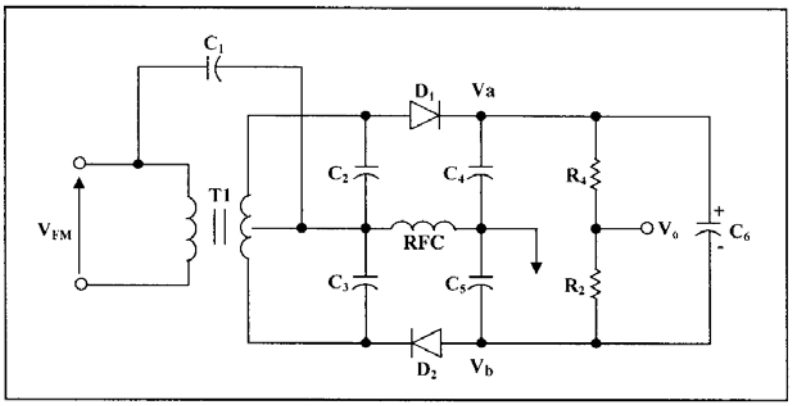
$$\frac{V_a + V_b}{2}$$

Η τάση V_o υπολογίζεται από τη σχέση

$$V_o = \frac{V_a + V_b}{2} - V_b = \frac{V_a - V_b}{2}$$

Το φασικό διάγραμμα του σχήματος 26 ισχύει και σε αυτό το κύκλωμα με τη διαφορά πως στον ανιχνευτή λόγου έχουμε απαλλαγεί από τις επιδράσεις της μη σταθερότητας του πλάτους του FM σήματος .

Ανιχνευτής Λόγου



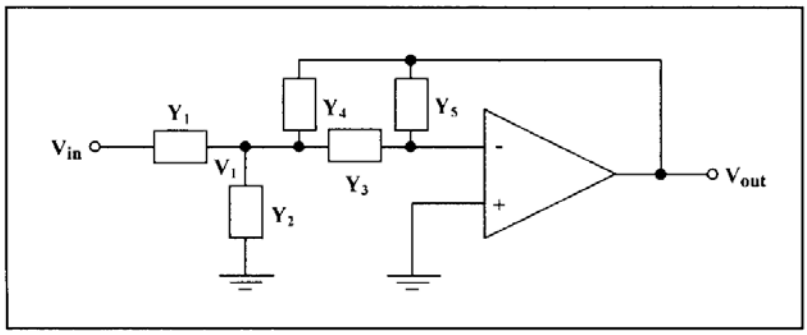
Σχήμα 27

Οι αποδιαμορφωτές Foster-Seely και Ανιχνευτής Λόγου χρησιμοποιούνταν πού στο παρελθόν, αλλά στη σημερινή εποχή με τα ολοκληρωμένα κυκλώματα και τη ελαχιστοποίηση των διαστάσεων των ηλεκτρονικών διατάξεων σπάνια χρησιμοποιούνται. Οι

παραπάνω αποδιαμορφωτές χρειάζονται για τη λειτουργία τους εξωτερικά μεγάλα πηνία τα οποία και χρειάζονται ρύθμιση.

Στη συνέχεια, στο επόμενο πείραμα θα δούμε δύο από τους ποιο γνωστούς αποδιαμορφωτές που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας και είναι ο ορθογώνιος αποδιαμορφωτής και ο αποδιαμορφωτής που χρησιμοποιεί το PLL. Σε αυτό το πείραμα θα πραγματοποιήσουμε την FM αποδιαμόρφωση με τη χρήση ενός στενού εύρους ζώνης φίλτρο του οποίου και η υλοποίηση βασίζεται στη λειτουργίας του Τ.Ε. (Τελεστικού Ενισχυτή).
Το ζωνοπερατό φίλτρο που θα υλοποιήσουμε επιτρέπει τη διέλευση μόνο των συχνοτήτων γύρο από τη συχνότητα του φέροντος που είναι και η περιοχή συχνοτήτων που μας ενδιαφέρει.

Ένα γενικό κύκλωμα με το οποίο και μπορούμε να υλοποιήσουμε διάφορα φίλτρα περιγράφεται στη γενικευμένη διάταξη του σχήματος 28 με πολλαπλές αναδράσεις.



Σχήμα 28

Με σωστή επιλογή των αγωγιμοτήτων Y_1-Y_5, μπορούμε να κατασκευάσουμε όλα τα είδη φίλτρων. Αναλύοντας το κύκλωμα θα χρησιμοποιήσουμε τις αγωγιμότητες και όχι τις αντιστάσεις , γιατί για την κατασκευή των φίλτρων χρησιμοποιούμε χωρητικότητες και όχι πηνία και είναι ποιο βολικό να χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε τη συμπεριφορά του κυκλώματος (για τους υπολογισμούς μας) την αγωγιμότητα του πυκνωτή (jωC) και όχι την αντίσταση του (1/jωC).
Αν υποθέσουμε ότι το σήμα εισόδου είναι ένα ημιτονικό σήμα με (κυκλική) συχνότητα ω και με βάση τους κανόνες του Kirchhcoff εξάγουμε τη συνάρτηση μεταφοράς.

α) Το ρεύμα στο σημείο V_1 είναι ίσο με μηδέν.

$$Y_1(V_{in} - V_1) + Y_4(V_{out} - V_1) - Y_2V_1 - Y_3V_1 = 0$$

β) Στην αρνητική είσοδο του Τ.Ε. το δυναμικό είναι εικονικά μηδέν (αφού $V_d = V_- - V_+ \approx 0$) και επομένως το ρεύμα περνά μέσο της Y_3 στη Y_5.

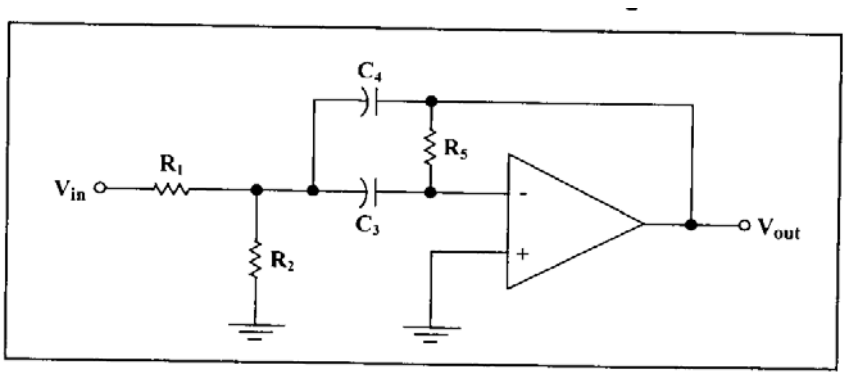
$$Y_3V_1 = Y_5V_{out}$$

από τις παραπάνω σχέσεις έχουμε:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{Y_1Y_3}{Y_3Y_4 + Y_5(Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4)}$$

Όταν τα Y_2 και Y_5 είναι χωρητικότητες και όλες οι άλλες είναι αντιστάσεις , παίρνουμε ένα χαμηλοπερατό φίλτρο. Όταν τα Y_2 και Y_5 είναι αντιστάσεις και όλες οι άλλες είναι χωρητικότητες, παίρνουμε ένα υψηπερατό φίλτρο. Όταν τα Y_3 και Y_4 είναι χωρητικότητες και όλες οι άλλες είναι αντιστάσεις , παίρνουμε ένα ζωνοπερατό φίλτρο όπως φαίνεται στο σχήμα 29.

Ζωνοπερατό φίλτρο



Σχήμα 29

Η συνάρτηση μεταφοράς του συστήματος μπορεί να γραφεί στις παρακάτω μορφές:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{j\omega C_3 / R_1}{-\omega^2 C_3 C_4 + j\omega \frac{(C_3 + C_4)}{R_5} + \frac{1}{R_5}(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{j\omega / R_1 C_4}{-\omega^2 + j\omega \frac{(C_3 + C_4)}{R_5 C_3 C_4} + (\frac{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}{R_5 C_3 C_4})}$$

Η γενική μορφή της παραπάνω σχέσης είναι η :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{j\omega H \omega_o a}{-\omega^2 + j\omega\omega_o a + \omega_o^{\ 2}}$$

Τη μέγιστη ενίσχυση την πετυχαίνουμε όταν το φανταστικό μέρος της εξίσωσης είναι μηδέν.

$$\omega_o^{\ 2} = \frac{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}{R_5 C_3 C_4} \Leftrightarrow \omega_o = \sqrt{\frac{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}{R_5 C_3 C_4}}$$

$$\alpha = \frac{1}{Q} = \sqrt{\frac{1}{R_5(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2})}}(\sqrt{\frac{C_3}{C_4}} + \sqrt{\frac{C_4}{C_3}})$$

$$Q = \frac{1}{\alpha} = \frac{R_5 R_1 R_2}{\sqrt{\frac{C_4}{C_3}} + \sqrt{\frac{C_3}{C_4}}}$$

$$Αν \quad C_3 = C_4$$

$$Q = \frac{1}{2}\frac{R_5 R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$H = \frac{1}{\frac{R_1}{R_5}(1 + \frac{C_4}{C_3})}$$

Αν λάβουμε υπόψη την υπόθεση μας για C_3=C_4

$$H = \frac{R_5}{2R_1}$$

Η ενίσχυση στη κεντρική συχνότητα (ω_o) είναι:

$$A_o = H$$

Τα δύο σημεία ημίσεως ισχύος από το συχνοτικό διάγραμμα καθορίζουν το εύρος ζώνης (BW=Δf) και υπολογίζεται από τις σχέσεις.

$$f_o = \frac{\omega_o}{2\pi}$$

$$Q = \frac{f_o}{\Delta f}$$

$$\Delta f = \frac{f_o}{Q}$$

Εάν το Q είναι 10 ή έχει μικρότερη τιμή, τότε το Q και f_o δεν παρουσιάζουν ευαισθησία στις αλλαγές της τιμής των χωρητικοτήτων ή των αντιστάσεων. Πάντα προτιμούμε να κατασκευάζουμε φίλτρα με όσο το δυνατόν λιγότερα στοιχεία και μάλιστα αυτά να είναι αντιστάσεις.

➢ Κατασκευή φίλτρου με πολλαπλή ανάδραση

Εάν γνωρίζουμε τα f_o ,Q ,A_o(H) , μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι η ενίσχυση στη κεντρική συχνότητα f_o θα είναι τουλάχιστον 1000 φορές μικρότερη από την ενίσχυση του Τ.Ε. όταν λειτουργεί χωρίς ανάδραση. Αυτό μας εγγυάται ότι ακόμα και αν η ενίσχυση στον Τ.Ε. σε λειτουργία χωρίς ανάδραση αλλάξει κατά 2 (γίνει η μισή ή διπλάσια) η ενίσχυση για το κύκλωμα με ανάδραση δεν θα αλλάξει παρά κατά 1%.

Θέτουμε $C_1=C_2=C$ όπου ο πυκνωτής έχει μια αυθαίρετη πλην όμως λογική τιμή και με βάση αυτή τη τιμή και τα ζητούμενα χαρακτηριστικά (προδιαγραφές) του φίλτρου που θέλουμε να έχει f_o ,Q ,A_o(H), υπολογίζουμε τις τιμές των αντιστάσεων ως εξής :

$$R_5 = \frac{2Q}{\omega_o C}$$

$$R_2 = \frac{Q}{(2Q^2 - H)\omega_o C} = \frac{R_5}{2(2Q^2 - H)}$$

$$R_1 = \frac{Q}{H\omega_o C} = \frac{R_5}{2H}$$

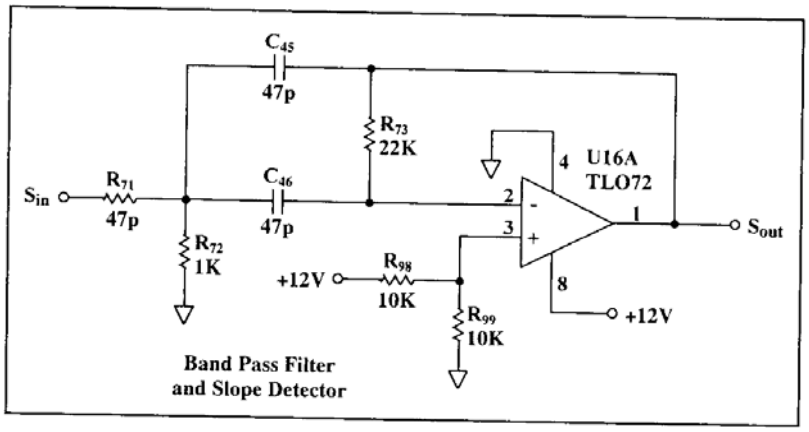
Η αντίσταση R_5 καθορίζει τη τάση απόκλισης (offset voltage) της εξόδου σαν αποτέλεσμα του ρεύματος πόλωσης της εισόδου και θα πρέπει να ικανοποιεί τη συνθήκη

$$R_5 < \frac{V_{OS(out)}}{I_B}$$

και αν η τιμή αυτής της αντίστασης είναι πάρα πολύ μεγάλη θα πρέπει να θέσουμε μια νέα τιμή για τον πυκνωτή και να επαναϋπολογίσουμε τις τιμές των αντιστάσεων.

➢ Ρυθμίζοντας ένα Φίλτρο με μεταβλητά στοιχεία

Μπορούμε να μεταβάλλουμε τα χαρακτηριστικά ενός φίλτρου όπως η συχνότητα f_o και ο παράγοντας ποιότητας Q αλλάζοντας τα στοιχεία Y_1-Y_5. Συνήθως είναι πολύ δύσκολο να αλλάξουμε τις τιμές των πυκνωτών, έτσι οι κατασκευαστές προσπαθούν να κατασκευάσουν φίλτρα των οποίων τα χαρακτηριστικά θα μπορούν να ρυθμίζονται από τις αντιστάσεις. Η ιδανική λύση είναι όταν μια αντίσταση ρυθμίζει τι f_o η άλλη το Q και η άλλη το A_o.
Στο φίλτρο το οποίο και περιγράφεται στο σχήμα 30, μπορούμε να αλλάξουμε τη κεντρική συχνότητα f_o, αλλάζοντας την R_5 , R_1 ή την R_2 γιατί συνήθως $R_1 >> R_2$. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την R_1 για ρύθμιση ακριβείας και την R_2 για μια ποιο χοντρική ρύθμιση. Αλλάζοντας κατά το ίδιο ποσοστό τις αντιστάσεις R_1 και R_2 πετυχαίνουμε να αλλάζουμε την συχνότητα συντονισμού χωρίς να αλλάζει ο παράγοντας ποιότητας Q.
Το φίλτρο το οποίο και χρησιμοποιούμε στο TPS-3421 είναι το παρακάτω κύκλωμα :



Σχήμα 30

➢ Θεωρητικές Ερωτήσεις

Στο πείραμα μας θα χρησιμοποιήσουμε το παραπάνω φίλτρο το οποίο και υλοποιείται με τα παρακάνω στοιχεία :

$$R_1 = 10K\Omega$$
$$R_1 = 1K\Omega$$
$$R_1 = 22K\Omega$$
$$C_3 = 47pF$$
$$C_3 = 47pF$$

Να υπολογιστούν από τις σχέσεις που προαναφέραμε η κεντρική συχνότητα f_o ο παράγοντας ποιότητας Q και το εύρος ζώνης BW=Δf του φίλτρου.
Σε αυτό το πείραμα θα εξετάσουμε το συχνοτικό διάγραμμα απόκρισης του φίλτρου, το παράγοντα ποιότητας Q, το εύρος ζώνης και θα τα συγκρίνουμε με τα πειραματικά υπολογιζόμενα.

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία

Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη

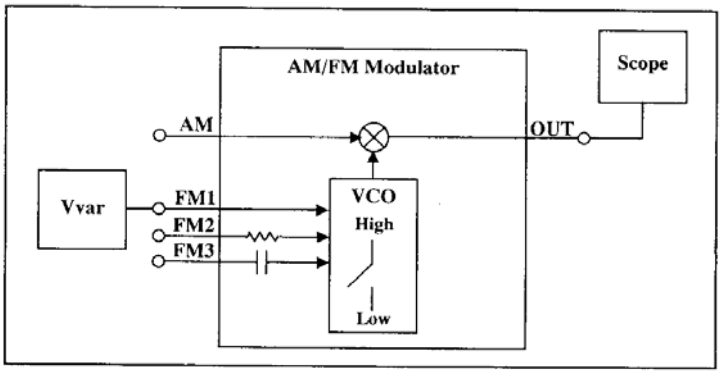
Βήμα 3ο: Συνδέστε το παλμογράφο στην έξοδο του διαμορφωτή

Βήμα 4ο: Τοποθετείστε το High/Low διακόπτη στη θέση High

Στην έξοδο του διαμορφωτή θα πρέπει να έχουμε ένα ημιτονικό σήμα με συχνότητα 800KHz.

Βήμα 5ο: Συνδέστε της έξοδο της τάσης Vvar στην είσοδο FM2 του FM διαμορφωτή (είναι η είσοδος που έχει στη είσοδο της μια αντίσταση των 10KΩ).

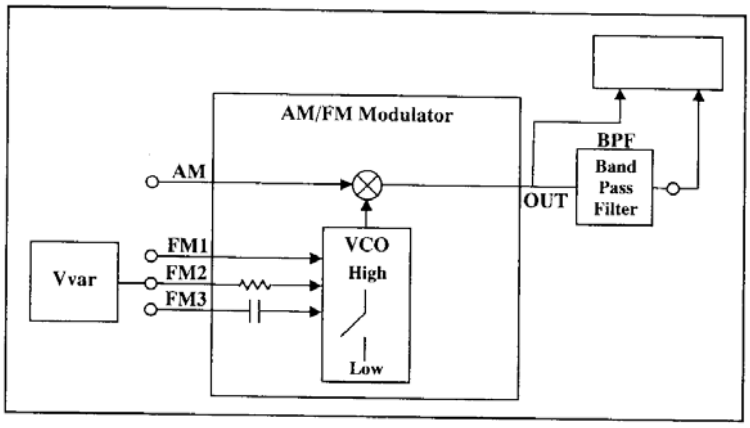
Βήμα 6ο: Ελέγξτε ότι έχετε συνδέσει το παρακάτω κύκλωμα (σύστημα)



Βήμα 7ο: Μεταβάλλετε τη τιμή του ποτενσιομέτρου στη γεννήτρια DC τάσης Vvar για να δείτε πως μεταβάλλετε η συχνότητα του σήματος στην έξοδο.

Βήμα 8ο: Συνδέστε την έξοδο του διαμορφωτή στην είσοδο του ζωνοπερατού φίλτρου.

Βήμα 9ο: Συνδέστε το κανάλι 2 του παλμογράφου στην έξοδο του φίλτρου.



Βήμα 10ο: Μεταβάλλετε τη τιμή του ποτενσιομέτρου μέχρι να πάρετε στην έξοδο του φίλτρου ένα ημιτονικό σήμα με το μέγιστο πλάτος. Καταγράψτε αυτή τη τιμή . Γιατί το κάνουμε αυτό;

Βήμα 11ο: Μετρήστε με το παλμογράφο ή με το μετρητή συχνοτήτων τη συχνότητα για την οποία έχουμε το μέγιστο πλάτος. Θα πρέπει να είναι γύρω στα 365KHz.

Βήμα 12ο: Μεταβάλλετε τη τιμή του ποτενσιομέτρου προς τα πάνω μέχρι να πάρουμε στην έξοδο του φίλτρου σήμα πλάτους $0.7V_{max}$,όπου V_{max} η μέγιστη τιμή του πλάτους που υπολογίσαμε στο ερώτημα 10. Καταγράψτε για ποία τιμή συχνότητας συμβαίνει αυτό.

Βήμα 13ο: Μεταβάλλετε τη τιμή του ποτενσιομέτρου προς τα κάνω μέχρι να πάρουμε στην έξοδο του φίλτρου σήμα πλάτους $0.7V_{max}$,όπου V_{max} η μέγιστη τιμή του πλάτους που υπολογίσαμε στο ερώτημα 10. Καταγράψτε για ποία τιμή συχνότητας συμβαίνει αυτό.

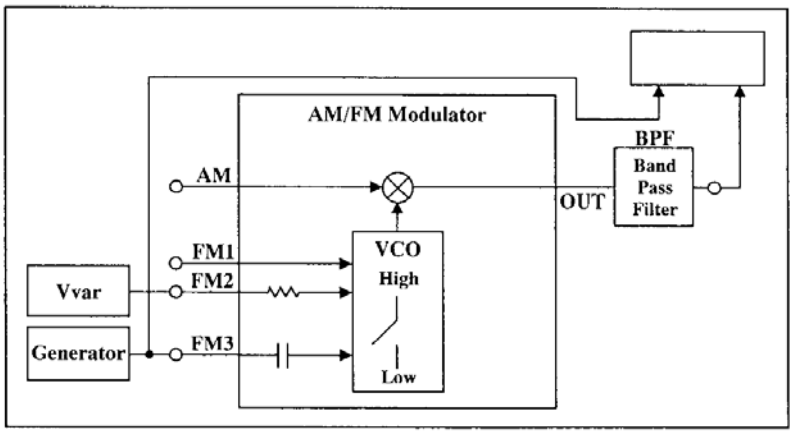
Βήμα 14ο: Υπολογίστε και καταγράψτε το εύρος ζώνης του φίλτρου.

Βήμα 15ο: Υπολογίστε το παράγοντα ποιότητας του φίλτρου από τη σχέση

$$Q = \frac{\Delta F}{F_o}$$

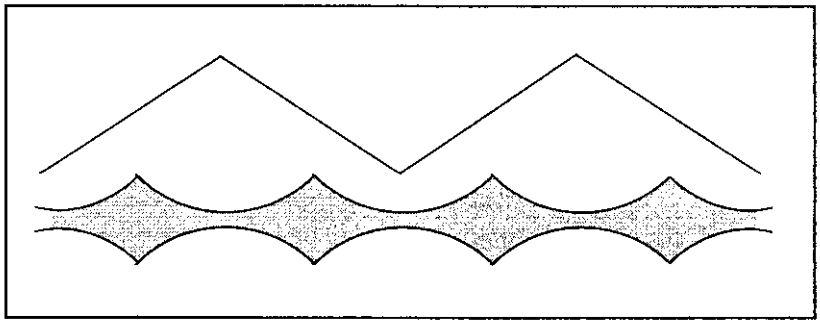
Βήμα 16ο: Συνδέστε την έξοδο της γεννήτριας στην έξοδο FM3 του διαμορφωτή (η είσοδος στην οποία υπάρχει ένας πυκνωτής) , έτσι με αυτό το τρόπο θα μπορούμε να ελέγχουμε και τη συχνότητα του φέροντος και το διαμορφώνον σήμα.

Βήμα 17ο: Συνδέστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στην έξοδο της γεννήτριας.



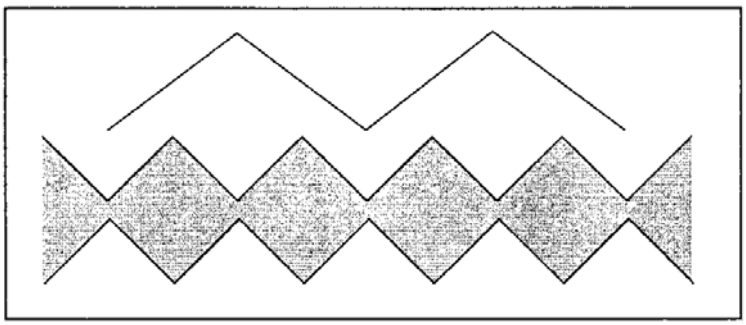
Βήμα 18°: Τοποθετήστε στη γεννήτρια ένα τριγωνικό σήμα με συχνότητα 1 KHz.

Βήμα 19°: Ρυθμίστε κατάλληλα τα πλάτη της τάσης στη γεννήτρια DC τάσης Vvar και στη γεννήτρια τριγωνικού σήματος , μέχρι να λάβετε στην οθόνη του παλμογράφου το παρακάνω σχήμα .



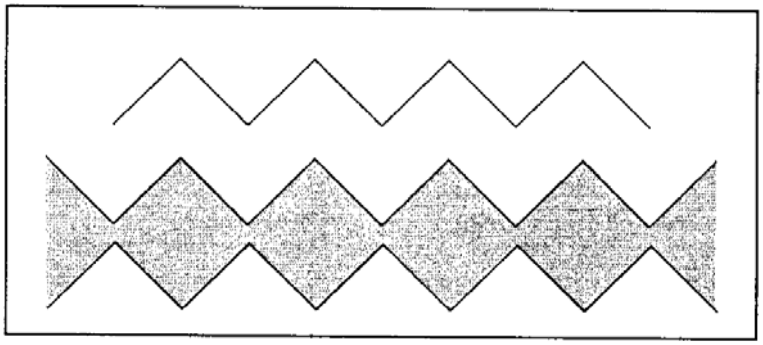
Βήμα 20°: Εξηγήστε το σήμα στην έξοδο του φίλτρου. Που πιστεύεται πως συμβαίνει αυτό;

Βήμα 21°: Ρυθμίστε κατάλληλα τα πλάτη της τάσης στη γεννήτρια DC τάσης Vvar και στη γεννήτρια τριγωνικού σήματος , μέχρι να λάβετε στην οθόνη του παλμογράφου το παρακάνω σχήμα .



Βήμα 22°: Εξηγήστε το σήμα στην έξοδο του φίλτρου. Που πιστεύεται πως συμβαίνει αυτό;

Βήμα 23°: Ρυθμίστε κατάλληλα τα πλάτη της τάσης στη γεννήτρια DC τάσης Vvar και στη γεννήτρια τριγωνικού σήματος , μέχρι να λάβετε στην οθόνη του παλμογράφου το παρακάνω σχήμα .



Σε αυτή τη περίπτωση η συχνότητα του ακουστικού σήματος εισόδου βρίσκεται στο κέντρο της γραμμικής περιοχής του φίλτρου. Με αυτό το τρόπο όταν το σήμα εισόδου (ακουστικό σήμα) αυξάνει και το σήμα εξόδου στην έξοδο του φίλτρου αυξάνει και το αντίστροφο.

Βήμα 24°: Συνδέστε την έξοδο του φίλτρου στην είσοδο του ανιχνευτή ΑΜ.

Βήμα 25°: Συνδέστε το κανάλι 2 του παλμογράφου στην έξοδο του ανιχνευτή και παρατηρείστε το τριγωνικό σήμα.

Βήμα 26°: Μεταβάλλετε τη συχνότητα της γεννήτριας ακουστικού σήματος και παρατηρείστε τις μεταβολές του σήματος στη έξοδο του ανιχνευτή.

Βήμα 27°: Μεταβάλλετε το σήμα της γεννήτριας ακουστικού σήματος από τριγωνικό σε ημιτονικό και παρατηρείστε τις μεταβολές του σήματος στη έξοδο του ανιχνευτή και στην έξοδο του φίλτρου.

➢ Πειραματική αναφορά

3. Συγκεντρώστε όλα τα πειραματικά αποτελέσματα και όλες τις μετρήσεις. Σε κάθε πίνακα γράψτε το όνομα του πειράματος και ζωγραφίστε το κύκλωμα που υλοποιήσατε.
4. Συγκρίνετε τις μετρήσεις με τις θεωρητικά αναμενόμενες τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 5η

PLL Ταλαντωτής με Βρόχο Κλειδώματος Φάσης & Αποδιαμορφωτής FM

Αντικείμενα της Άσκησης:

- Δημιουργία ενός διαμορφωμένου FM κύματος με το XR- 2206.
- Περιγραφή του PLL.
- Χρήση του PLL συγκριτή σαν τετραγωνικό (ορθογώνιο ανιχνευτή) για το FM σήμα.
- Η τασική εξάρτηση της συχνότητας στο VCO του PLL.
- Ιχνηλάτιση των συχνοτικών αλλαγών.
- Αποδιαμόρφωση του FM σήματος με τη χρήση του PLL.

Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Πολύμετρο
- Μετρητής συχνοτήτων
- Παλμογράφος
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδια με 'Μπανάνα'

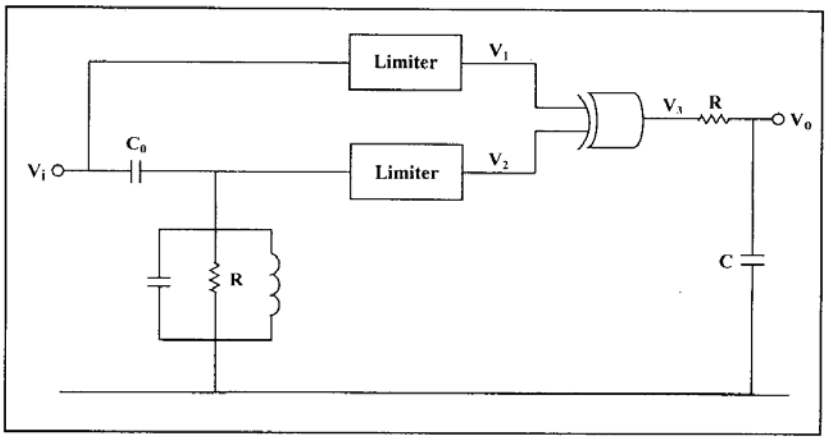
Εισαγωγικά- Θέματα προς συζήτηση:

Η FM αποδιαμόρφωση δεν είναι τόσο απλή όπως η AM. Από την άλλη πλευρά όμως , η μετάδοση του σήματος είναι καθαρή στην FM μετάδοση, καθώς ο περισσότερος θόρυβος εμφανίζεται στην περιβάλλουσα του AM σήματος και ένας αποδιαμορφωτής AM δεν μπορεί να ξεχωρίσει το πραγματικό σήμα από τον ανεπιθύμητο θόρυβο.
Σε έναν αποδιαμορφωτή FM, αυτό που είναι σημαντικό είναι η συχνοτική απόκλιση του σήματος, από τη συχνότητα του φέροντος και όχι η αλλαγή της τάσης του σήματος (FM). Αυτός και είναι ο λόγος που οι FM ανιχνευτές περιέχουν ενισχυτές, που ενισχύουν το σήμα μέχρι να πάρουμε ένα τετραγωνικό (ορθογώνιο) κύμα. Αυτοί οι ενισχυτές αποκόπτουν το σήμα και ονομάζονται περιοριστές.

Υπάρχουν διάφοροι FM ανιχνευτές : ανιχνευτής Travis, ανιχνευτής Foster-Seely, ανιχνευτής λόγου, γραμμικός ανιχνευτής, τετραγωνικός (ορθογώνιος ανιχνευτής). Όλοι οι ανιχνευτές βασίζονται σε ένα συντονιζόμενο κύκλωμα. Σε όλους τους παραπάνω ανιχνευτές, εκτός από τον ορθογώνιο ανιχνευτή, το πλάτος του σήματος στο συντονισμένο κύκλωμα αλλάζει ανάλογα με τη συχνοτική απόκλιση του σήματος από τη συχνότητα του φέροντος.
Η κυματομορφή που προέρχεται από ένα συντονισμένο κύκλωμα δεν είναι γραμμική, έτσι χρησιμοποιούμε τον ανιχνευτής Travis ή τον ανιχνευτής Foster-Seely ή τον ανιχνευτής λόγου έτσι ώστε λόγο της διανυσματικής σύνδεσης των σημάτων στη έξοδο οι μη γραμμικότητες να αλληλοαναιρούνται.

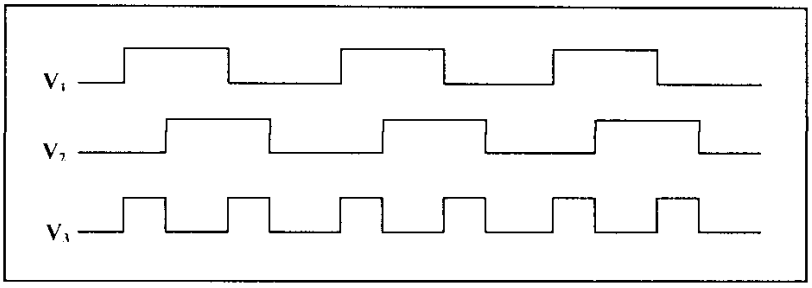
Στο γραμμικό ανιχνευτή, ρυθμίζουμε το συντονισμένο κύκλωμα στο κέντρο της ποιο γραμμικής του περιοχής (και όχι στη συχνότητα συντονισμού του συντονισμένου κυκλώματος). Από αυτή του την ιδιότητα παίρνει και την ονομασία του ο ανιχνευτής (και από την άλλη πλευρά είναι και ο ελάχιστα γραμμικός ανιχνευτής από όλους τους υπόλοιπους). Συναντήσαμε έναν τέτοιο ανιχνευτή στο προηγούμενο πείραμα.

Ο τετραγωνικός (ορθογώνιος ανιχνευτής) επίσης χρησιμοποιεί ένα παράλληλα συντονισμένο κύκλωμα, αλλά με διαφορετικό τρόπο. Ο τετραγωνικός (ορθογώνιος ανιχνευτής) είναι εγκατεστημένος σε όλους τους καινούργιους δέκτες γιατί είναι εύκολα υλοποιήσιμος με ολοκληρωμένα κυκλώματα και η ρύθμιση του είναι απλή και όχι ιδιαίτερης ακρίβειας. Σε αυτό το κύκλωμα, μετατρέπουμε τη συχνοτική διαμόρφωση σε μια φασική διαμόρφωση με τη χρήση ενός συντονισμένου κυκλώματος και η αποδιαμόρφωση γίνεται με έναν ανιχνευτή φάσης.
Η λειτουργία (διαδικασία) της αποδιαμόρφωσης είναι μια λειτουργία (διαδικασία) ψηφιακής σύγκρισης και η έξοδος της σύγκρισης τροφοδοτεί ένα χαμηλοπερατό φίλτρο με σκοπό να λάβουμε το αναλογικό σήμα πληροφορίας στην έξοδο. Το σύστημα το οποίο και χρησιμοποιούμε περιγράφεται παρακάτω:



Σχήμα 31

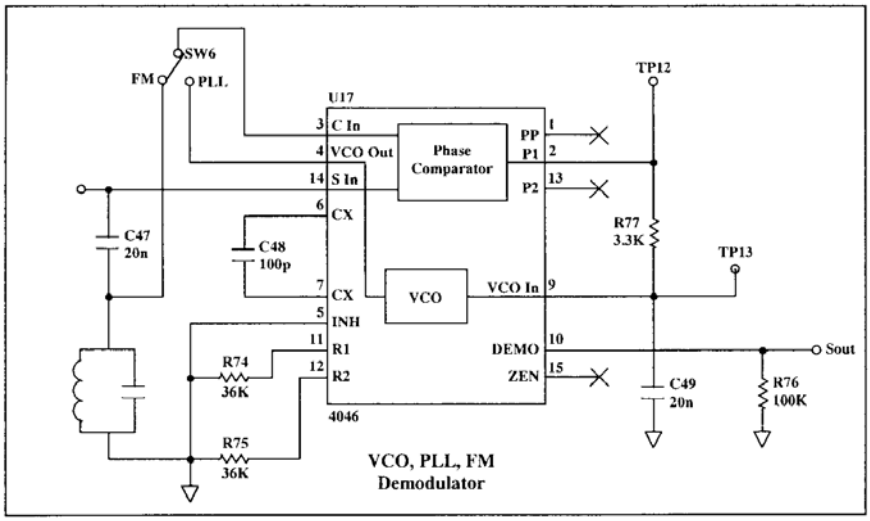
Η χωρητικότητα C_o και το συντονισμένο κύκλωμα δημιουργούν μια ολίσθηση φάσης κατά 90° στο κύμα εισόδου, του οποίου η συχνότητα είναι ίδια με τη συχνότητα με τη συχνότητα συντονισμού. Το συντονισμένο κύκλωμα ρυθμίζεται στη συχνότητα του φέροντος. Σε αυτή τη συχνότητα παίρνουμε το παρακάτω χρονικό διάγραμμα (στιγμιότυπο).



Σχήμα 32

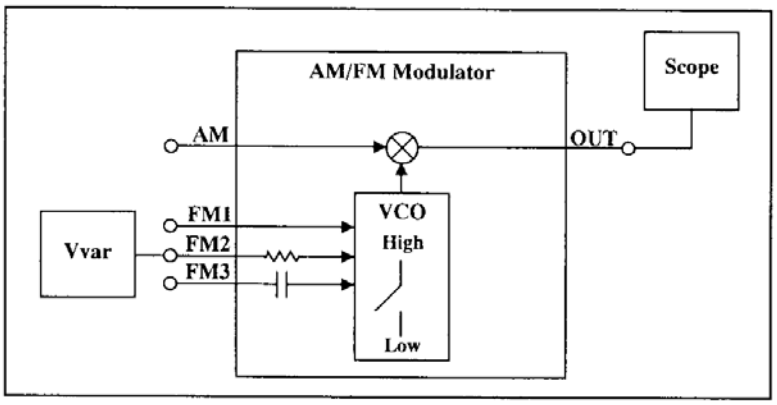
Με τη συχνοτική αλλαγή στο FM διαμορφωμένο σήμα εισόδου, η τάση (σήμα) V_2 κινείται δεξιά-αριστερά ανάλογα με τη συχνοτική μεταβολή γύρω από το κέντρο της γραμμικής περιοχής και το σήμα V_o γίνεται φαρδύτερο ή στενότερο αντίστοιχα. Οι ορθογώνιοι παλμοί του σήματος εισόδου τροφοδοτούν ένα χαμηλοπερατό φίλτρο, το οποίο και δημιουργεί το αναλογικό σήμα πληροφορίας (διαμορφώνον σήμα) και το πλάτος του αλλάζει ανάλογα με το εύρος (διάρκεια) των τετραγωνικών παλμών του σήματος εξόδου.

Το σύστημα μας περιέχει και ένα PLL κύκλωμα. Το PLL κύκλωμα βασίζεται σε έναν εσωτερικό συγκριτή φάσης, ο οποίος και υλοποιείται με μια πύλη XOR. Η έξοδος του συγκριτή συνδέεται σε ένα χαμηλοπερατό φίλτρο όπως απαιτείται.



Σχήμα 33

Επειδή ο συγκριτής φάσης είναι ψηφιακός, στη πραγματικότητα χρησιμοποιείται και σαν περιοριστής των σημάτων στην είσοδο του.
Το PLL κύκλωμα αποτελείται από ένα συγκριτής φάσης και έναν VCO (Voltage Controlled Oscillator).



Σχήμα 34

Ο VCO δημιουργεί ένα κύμα σε μια συγκεκριμένη συχνότητα ανάλογα με τη τιμή του πυκνωτή C_1, ο οποίο και συνδέεται σε αυτόν (μεταξύ των ακροδεκτών που σημειώνονται στο παραπάνω σχήμα με CX).
Μπορούμε να τροφοδοτήσουμε το PLL με ένα σήμα διαφορετική ή ίδιας συχνότητας με αυτή που ο VCO λειτουργεί. Εάν υπάρχει διαφορά στη συχνότητα ή διαφορά στη φάση μεταξύ των δύο σημάτων, του σήματος στην είσοδο και της εξόδου του σήματος του VCO, ένα τετραγωνικό κύμα (κυματομορφή) θα δημιουργηθεί στο σημείο P_2, σύμφωνα με τη συχνοτική ή φασική διαφορά.
Η διάρκεια του χρόνου ανόδου T_{on} αυτού του κύματος θα είναι συνάρτηση της συχνοτικής ή της φασικής διαφοράς.
Ο συγκριτής είναι στη πραγματικότητα μια XOR πύλη και στα σήματα εισόδου είναι τετραγωνικά κύματα. Το σύστημα 'τετραγωνίζει' το σήμα εισόδου στο S_{in}.
Αυτό το σήμα φιλτράρεται από ένα RC_2 φίλτρο και παίρνουμε κατευθείαν σήματα ρεύματος των οποίων το πλάτος είναι συνάρτηση της συχνοτικής ή της φασικής διαφοράς.

Αυτή η τάση στη έξοδο επηρεάζει τον VCO, του οποίου η τάση στην είσοδο αλλάζει το σήμα στην είσοδο μέχρι να γίνει ίδιο με το σήμα εισόδου.
Κάθε PLL κύκλωμα έχει ένα συχνοτικό εύρος λειτουργίας. Σε αυτό το εύρος ο VCO μπορεί να 'συλλάβει' το σήμα εισόδου. Πέρα από αυτό το εύρος η ικανότητα σύλληψης αναστέλλεται. Αυτό το εύρος ονομάζεται και 'εύρος σύλληψης'.
Στην FM θέση του διακόπτη, το σήμα εισόδου συνδέεται σε μία είσοδο του συγκριτή φάσης (S_{in}) και ένα ολισθαίνον σήμα (με διαφορά φάσης) εισόδου (το οποίο και προκύπτει από το πυκνωτή και το συντονιζόμενο δικτύωμα όπως περιγράφηκε στο σχήμα 33) συνδέεται στη δεύτερη είσοδο.
Οι συχνοτικές αλλαγές προκαλούν φασικές αλλαγές και αυτές με την σειρά τους επιδρούν και αλλάζουν το σήμα στη έξοδο (S_{out}). Στη πραγματικότητα θα τους επιδρούν και αλλάζουν το σήμα και στο κόμβο TP13, το οποίο το λαμβάνουμε από την έξοδο του συγκριτή φάσης και του RC_2 φίλτρου.
Όταν ο διακόπτης είναι στη θέση PLL, σταματάει η επίδραση του κυκλώματος ολίσθισης φάσης και το σήμα από την έξοδο του VCO, πηγαίνει στην είσοδο του συγκριτή φάσης στο σημείο C_{in} . Αυτό το κύκλωμα είναι ένα κύκλωμα το οποίο ακολουθεί τη συχνότητα του σήματος εισόδου και βασικά αυτή είναι και η λειτουργία του PLL κυκλώματος.
Ο VCO του PLL δημιουργεί μια καθορισμένη συχνότητα σαν συνάρτηση του πυκνωτή(C_{48}). Όταν τροφοδοτήσουμε με ένα σήμα την είσοδο του PLL, το οποίο εν γένη διαφέρει από το σήμα του VCO, ένα τετραγωνικό σήμα θα δημιουργηθεί στην έξοδο του συγκριτή φάσης. Αυτό το σήμα μετατρέπεται σε ένα σήμα ρεύματος , του οποίου η τιμή είναι συνάρτηση του χρόνου ανόδου T_{on} του τετραγωνικού παλμού όταν περνά μέσα από το RC_2 φίλτρο. Αυτή η τάση (το ρεύμα γίνεται τάση πάνω στην αντίσταση R76) τροφοδοτεί την είσοδο του VCO και αλλάζει τη συχνότητα του σήματος στην έξοδο του και έτσι μέσο αυτού του βρόχου ανάδραση προσαρμόζεται στη συχνότητα και στη φάση του σήματος εισόδου.
Οι αλλαγές συχνότητας στο σήμα εισόδου προκαλούν παράλληλα αλλαγή στη τάση εισόδου του VCO (στο κόμβο TP13) και αυτός στην έξοδο του και έτσι οι αλλαγές συχνότητας μετατρέπονται αντίστοιχα σε μια τάση η οποία είναι ουσιαστικά το διαμορφώνον σήμα πληροφορίας , δηλαδή πρακτικά έχουμε μια αποδιαμόρφωση FM.

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία

Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη

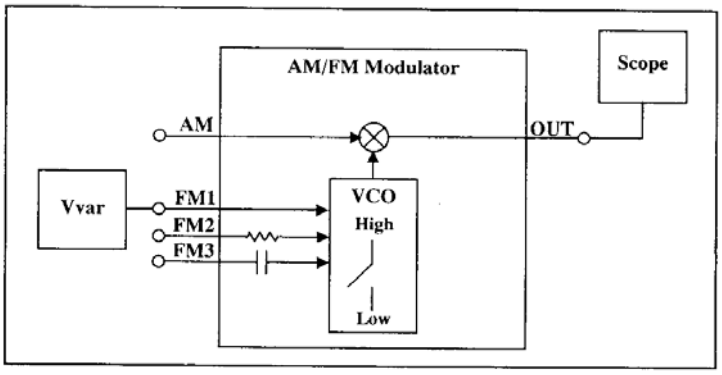
Βήμα 3ο: Συνδέστε το κανάλι 2 του παλμογράφου στην έξοδο του διαμορφωτή

Βήμα 4ο: Τοποθετείστε το High/Low διακόπτη στη θέση High

Στην έξοδο του διαμορφωτή θα πρέπει να έχουμε ένα ημιτονικό σήμα με συχνότητα 800KHz.

Βήμα 5ο: Συνδέστε της έξοδο της τάσης Vvar στην είσοδο FM2 του FM διαμορφωτή (είναι η είσοδος που έχει στη είσοδο της μια αντίσταση των 10KΩ).

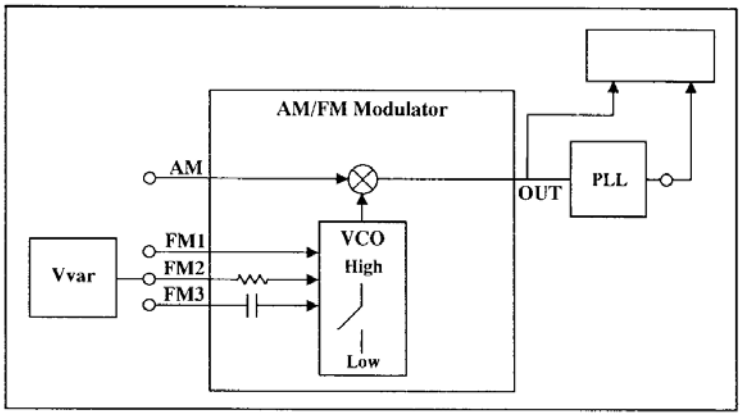
Βήμα 6ο: Ελέγξτε ότι έχετε συνδέσει το παρακάτω κύκλωμα (σύστημα)



Βήμα 7ο: Μεταβάλλετε τη τιμή του ποτενσιομέτρου στη γεννήτρια DC τάσης Vvar για να δείτε πως μεταβάλλετε η συχνότητα του σήματος στην έξοδο.

Βήμα 8ο: Συνδέστε την έξοδο του διαμορφωτή στην είσοδο του φίλτρου.

Βήμα 9ο: Συνδέστε το κανάλι 2 του παλμογράφου στην έξοδο του φίλτρου.



Βήμα 10ο: Μετακινείστε το διακόπτη του PLL θέση PLL.

Βήμα 11ο: Μεταβάλλετε τη τιμή του ποτενσιομέτρου στη γεννήτρια DC τάσης Vvar για να δείτε πως μεταβάλλετε η τάση του σήματος στο κόμβο TP13.

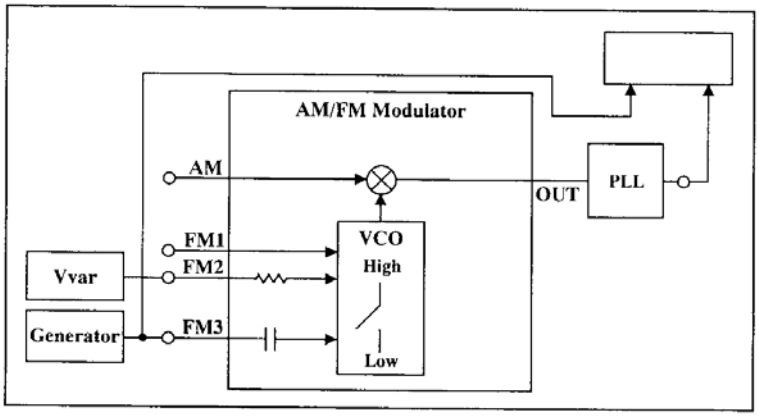
Η τάση στην έξοδο είναι μια άμεση συνάρτηση της συχνότητας και η τιμή της θα πρέπει να αλλάζει σαν συνάρτηση των αλλαγών συχνότητας στη έξοδο του διαμορφωτή, οι οποίες βέβαια αλλαγές προκαλούνται όταν αλλάζω τη τάση στην είσοδο του διαμορφωτή (δηλαδή όταν αλλάζω το σήμα πληροφορίας).

Βήμα 12ο: Συμπληρώστε το παρακάτω πίνακα :

No	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_i	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
F										
V_{TP13}										
V_{Sout}										

FM Ανιχνευτής με PLL

Βήμα 13ο: Συνδέστε τη γεννήτρια ακουστικών σημάτων στην είσοδο 3 του FM διαμορφωτή (είσοδος με πυκνωτή) και τη τάσης Vvar στην είσοδο FM2 του FM διαμορφωτή (είναι η είσοδος που έχει στη είσοδο της μια αντίσταση των 10KΩ). Επίσης συνδέστε στην είσοδο 3 του FM διαμορφωτή και το κανάλι 1 του παλμογράφου.



Βήμα 14ο: Συνδέστε στη γεννήτρια ακουστικών σημάτων ένα ημιτονικό σήμα συχνότητας 1KHz.
Θα πρέπει να πάρετε ένα επίσης ημιτονικό (είναι ένα μικρό σήμα το οποίο και θα πρέπει να ενισχυθεί στην έξοδο του PLL), παρόμοιο με αυτό του σήματος εισόδου.
Μεταβάλλετε τη τάση του σήματος εισόδου (γεννήτρια ακουστικών σημάτων) μέχρι το σημείο , λίγο πριν από όπου το σήμα στην έξοδο του ανιχνευτή γίνει παρόμοιο με το σήμα (ημιτονικό) εισόδου.

Βήμα 15ο: Μεταβάλλετε τη συχνότητα του σήματος εισόδου (γεννήτρια ακουστικών σημάτων) και παρατηρήστε το σήμα στην έξοδο του ανιχνευτή.

Βήμα 16ο: Αλλάξτε το σήμα εισόδου σε ένα τριγωνικό σήμα (γεννήτρια ακουστικών σημάτων) και παρατηρήστε το σήμα στην έξοδο του ανιχνευτή.

Ορθογώνιος Ανιχνευτής

Βήμα 17ο: Μετακινείστε το διακόπτη του PLL θέση FM.

Βήμα 18ο: Συνδέστε το κανάλι 2 του παλμογράφου στην έξοδο του PLL θέση S_{out}.

Βήμα 19ο: Συνδέστε στη γεννήτρια ακουστικών σημάτων ένα ημιτονικό σήμα συχνότητας 1KHz.
Θα πρέπει να πάρετε ένα επίσης ημιτονικό (είναι ένα μικρό σήμα το οποίο και θα πρέπει να ενισχυθεί στην έξοδο του PLL), παρόμοιο με αυτό του σήματος εισόδου.
Μεταβάλλετε τη τάση του σήματος εισόδου (γεννήτρια ακουστικών σημάτων) μέχρι το σημείο , λίγο πριν από όπου το σήμα στην έξοδο του ανιχνευτή γίνει παρόμοιο με το σήμα (ημιτονικό) εισόδου.

Βήμα 20ο: Μεταβάλλετε τη συχνότητα του σήματος εισόδου (γεννήτρια ακουστικών σημάτων) και παρατηρήστε το σήμα στην έξοδο του ανιχνευτή.

Βήμα 16ο: Αλλάξτε το σήμα εισόδου σε ένα τριγωνικό σήμα (γεννήτρια ακουστικών σημάτων) και παρατηρήστε το σήμα στην έξοδο του ανιχνευτή.

➢ Πειραματική αναφορά

5. Συγκεντρώστε όλα τα πειραματικά αποτελέσματα και όλες τις μετρήσεις. Σε κάθε πίνακα γράψτε το όνομα του πειράματος και ζωγραφίστε το κύκλωμα που υλοποιήσατε.
6. Συγκρίνετε τις μετρήσεις με τις θεωρητικά αναμενόμενες τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 6η

Ενισχυτής με Ρυθμιζόμενο Κέρδος, Μίκτης & Μετατροπέας Συχνοτήτων

Αντικείμενα της Άσκησης:

- Η επίδραση του RF ενισχυτή.
- Μετρήσεις και υπολογισμοί με τη χρήση του IF ρυθμιζόμενου ενισχυτή.
- Η επίδραση του τοπικού ταλαντωτή
- Μετατροπέας Συχνοτήτων

Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Πολύμετρο
- Μετρητής συχνοτήτων
- Παλμογράφος
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδια με 'Μπανάνα'

Εισαγωγικά- Θέματα προς συζήτηση:

Σε αυτό το πείραμα θα πειραματιστούμε στα βασικά στοιχειά που συνθέτουν ένα υπερετερόδυνο δέκτη.

- RF ενισχυτής.
- IF ενισχυτής.
- Τοπικού ταλαντωτή
- Μετατροπέας Συχνοτήτων

Ένας ραδιοφωνικός δέκτης θα πρέπει να λαμβάνει και να 'εμπλουτίζει' τις συχνότητες όλων των λαμβανομένων ραδιοφωνικών σταθμών. Κάθε σταθμός εκπέμπει σε διαφορετικές συχνότητες. Το πρόβλημα είναι το πως θα κάνουμε ένα στενού εύρους ζώνης με πολύ καλή ενίσχυση ενισχυτή ο οποίος θα έχει και υψηλή ενίσχυση για τις διάφορες συχνότητες.

Στον υπερετερόδυνο ενισχυτή, αλλάζουμε τη προσέγγιση του θέματος, Αντί να αλλάζουμε τη συχνότητα συντονισμού του συντονιζόμενου κυκλώματος του ενισχυτή, αλλάζουμε του σήματος του σταθμού εκπομπής.

Η βασική ιδέα είναι να έχουμε ένα πάρα πολύ καλό ένα στενού εύρους ζώνης ενισχυτή ο οποίος και ονομάζεται ενισχυτής **Ενδιάμεσης Συχνότητας (IF)** και μετατρέπει το ραδιοφωνικό σήμα σε αυτή τη συχνότητα. Πολλαπλασιάζοντας το ραδιοφωνικό σήμα (RF) με ένα ημιτονικό σήμα το οποίο και παράγεται από έναν ταλαντωτή στο δέκτη και ο οποίος ονομάζεται **Τοπικός Ταλαντωτής (LO).** Το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού δύο

ημιτονικών σημάτων είναι η παραγωγή δύο όρων με συχνοτικό περιεχόμενο το άθροισμα και τη διαφορά των δυο αρχικών συχνοτήτων.

Εφόσον ο ενισχυτής IF ρυθμίζεται σε μια συγκεκριμένη συχνότητα, καθορίζουμε τη συχνότητα LO έτσι ώστε η διαφορά μεταξύ της συχνότητας LO και της συχνότητας του ραδιοφωνικού σήματος να είναι ακριβώς στη κεντρική συχνότητα συντονισμού του ενισχυτής IF .

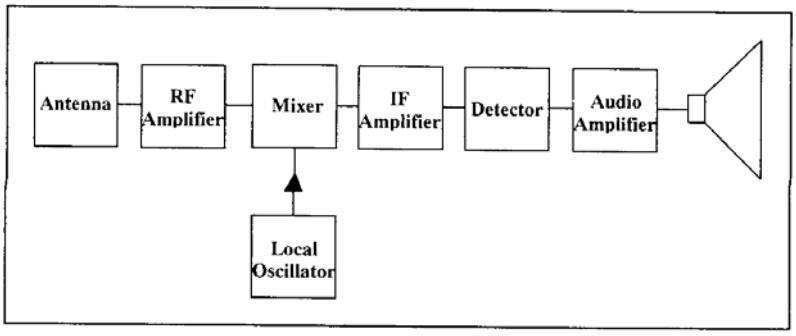
Δηλαδή θα έχουμε τις παρακάτω σχέσεις

$$f_{IF} = f_{LO} - f_{RF}$$
$$f_{LO} = f_{IF} + f_{RF}$$

Η συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή θα πρέπει να είναι μεταβαλλόμενη έτσι ώστε να μπορούμε να λαμβάνουμε διάφορους ραδιοφωνικούς σταθμούς, αλλά είναι πολύ ποιο εύκολο να υλοποιήσουμε έναν μεταβαλλόμενο τοπικό ταλαντωτή παρά ένα μεταβαλλόμενο ενισχυτή συχνοτήτων. Εφόσον ο ενισχυτής IF είναι ένας στενού εύρους ζώνης ενισχυτή το άθροισμα των συχνοτήτων δεν θα περάσει από αυτόν.

Ένα τυπικό μπλοκ διάγραμμα ενός υπερετερόδυνου δέκτη φαίνεται παρακάτω στο σχήμα 35:

Μπλοκ διάγραμμα ενός υπερετερόδυνου δέκτη



Σχήμα 35

Η κεραία του δέκτη είναι πάντα η ίδια είτε έχουμε έναν υπερετερόδυνο δέκτη, είτε οποιοδήποτε άλλο δέκτη, εφόσον οι αλλαγές στο είδος της επεξεργασίας του RF σήματος από το δέκτη λαμβάνουν χώρα μετά τη λήψη του σήματος από τη κεραία. Για παράδειγμα υπάρχουν δέκτες δίχως μετατροπείς συχνότητας (και ονομάζονται άμεση δέκτες).

Ο ενισχυτής Ενδιάμεσης Συχνότητας (IF) φιλτράρει κάθε σταθμό του οποίου η συχνότητα f_{RF} προστιθέμενη με τη συχνότητα f_{IF} δεν είναι ίση με τη με τη συχνότητα f_{LO} .

$$f_{LO} - f_{RF} \neq f_{IF}$$

Αντίθετα δεν μπορεί να φιλτράρει ένα σταθμό του οποίου η συχνότητα είναι ίση με τη συχνότητα της σχέσης

$$f_{RF} = f_{LO} + f_{IF}$$

Αυτός ο σταθμός επίσης δημιουργεί ένα κύμα με συχνότητα f_{IF} (πάντα θα πρέπει να έχουμε στο μυαλό μας πως στην έξοδο του μίκτη θα έχω το άθροισμα και τη διαφορά των συχνοτήτων των δύο σημάτων που θέτω στην είσοδο αυτού). Αυτή η συχνότητα ονομάζεται

'συχνότητα ειδώλου'. Η IF συχνότητας και η συχνότητα εκπομπής των εμπορικών σταθμών καθορίζονται έτσι ώστε να έχουμε μερικούς σταθμούς με συχνότητα αυτή, της συχνότητας ειδώλου και να παρεμβάλουν άλλους σταθμούς.

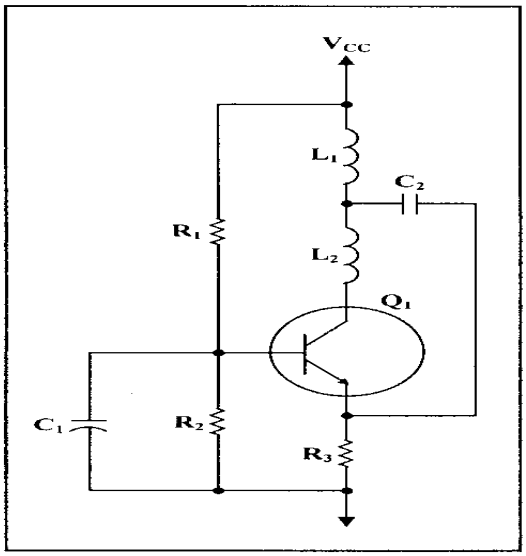
Οι RF ενισχυτές δεν είναι απαραίτητοι αλλά συχνά χρησιμοποιούνται σαν μέρος του μίκτη. Συχνά χρησιμοποιούν ένα συντονιζόμενο κύκλωμα για το αρχικό φιλτράρισμα του σήματος. Αυτό το κύκλωμα ονομάζεται Tuner και η βασική του δουλειά είναι να απορρίπτει τις συχνότητες ειδώλου.

Ο μίκτης είναι ένα κύκλωμα το οποίο και παράγει το IF σήμα πολλαπλασιάζοντας το LO σήμα με το RF σήμα.(Το αποτέλεσμα του πολλαπλασιασμού δύο ημιτονικών σημάτων είναι η παραγωγή δύο όρων με συχνοτικό περιεχόμενο το άθροισμα (f_1+f_2) και τη διαφορά των δυο αρχικών συχνοτήτων (f_1-f_2). Οι περισσότεροι μίκτες παράγουν τη διαφορά μόνο των συχνοτήτων ενώ εξασθενούν το σήμα με συχνοτικό περιεχόμενο το άθροισμα των συχνοτήτων.

Ο Τοπικός Ταλαντωτής είναι ένα ημιτονικό σήμα με μεταβαλλόμενη συχνότητα.

Οι ποιο χρησιμοποιούμενος ταλαντωτής στους RF δέκτες είναι ο ταλαντωτής του Hartley. Σε αυτό το κύκλωμα έχουμε ένα θετικό βρόχο ανάδρασης μεταξύ του εκπομπού και του συλλέκτη. Ένας πυκνωτής συνδέεται παράλληλα σε μίας από τις αντιστάσεις που καθορίζει το σημείο πόλωσης έτσι ώστε να ρυθμίσουμε το δυναμικό της βάσης του τρανζίστορ. Αυτή η ρύθμιση προκαλεί μια αλλαγή στο δυναμικό του εκπομπού (αφού αν αλλάζει τη τάση στη βάση και επειδή ισχύει πάντα η σχέση $V_B-V_E=0.7V$) με αποτέλεσμα να αλλάζει και το δυναμικό στο σημείο του εκπομπού και μέσω το βρόχου ανάδρασης να αλλάζει το δυναμικό του συλλέκτη και αυτό με τη σειρά του να αλλάζει το δυναμικό του εκπομπού (καταλαβαίνουμε πως έχουμε μια περιοδική διαδικασία)

Ταλαντωτής Hartley

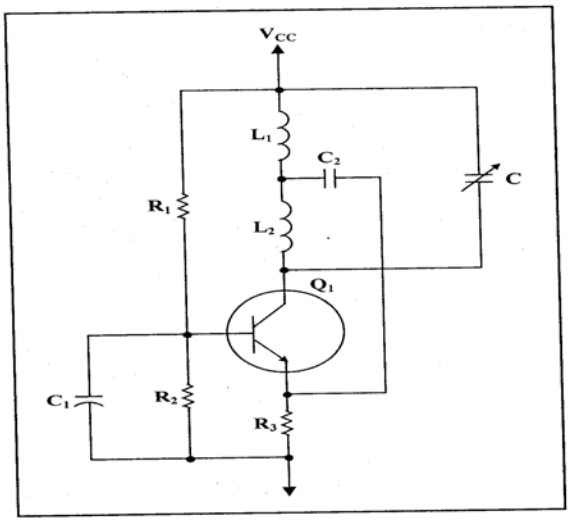


Σχήμα 36

Το δυναμικό ανάδρασης τροφοδοτεί δύο πηνία που 'παίζουν' το ρόλο του διαιρέτη τάσης. Οι αλλαγές ρεύματος σε αυτά προκαλούν αλλαγές στη τάση η οποία και μεταφέρεται στον εκπομπό.

Με σκοπό να καθορίσουμε την επιθυμητή συχνότητα ταλάντωσης, ένας πυκνωτής ή μεταβλητός πυκνωτής χρησιμοποιείται για να έχουμε σταθερή ή μεταβλητή συχνότητα ταλάντωσης.

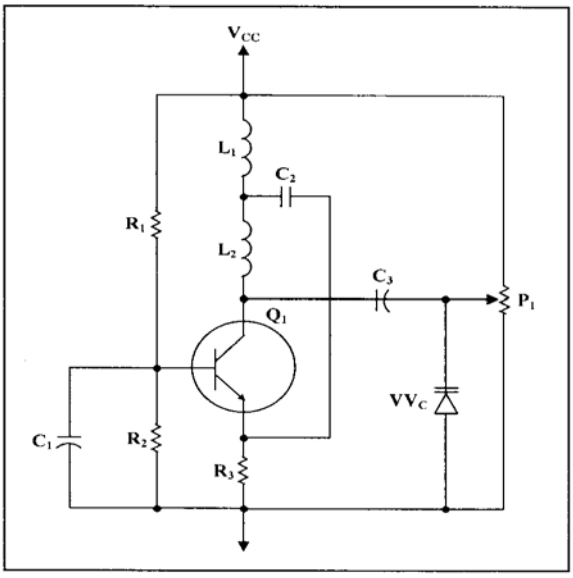
Μεταβλητός Ταλαντωτής Hartley



Σχήμα 37

Μια άλλη πιθανότητα είναι να χρησιμοποιήσουμε μία VCC (Voltage Variable Capacitor) δίοδος έτσι ώστε η συχνότητα ταλάντωσης να αλλάζει ανάλογα με τη τάση που εφαρμόζεται στη δίοδο.

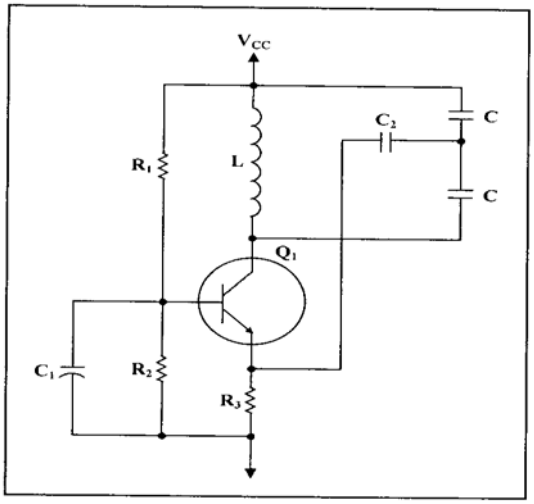
Ταλαντωτής Hartley με VCC Δίοδο



Σχήμα 38

Ένας παρόμοιος ταλαντωτής είναι ο ταλαντωτής Colpietz. Η λειτουργία αυτού του ταλαντωτή βασίζεται στη στο συνδυασμό δύο πυκνωτών που 'παίζουν' το ρόλο του διαιρέτη τάσης και ενός πηνίου παράλληλου σε αυτούς.

Ταλαντωτής Colpietz

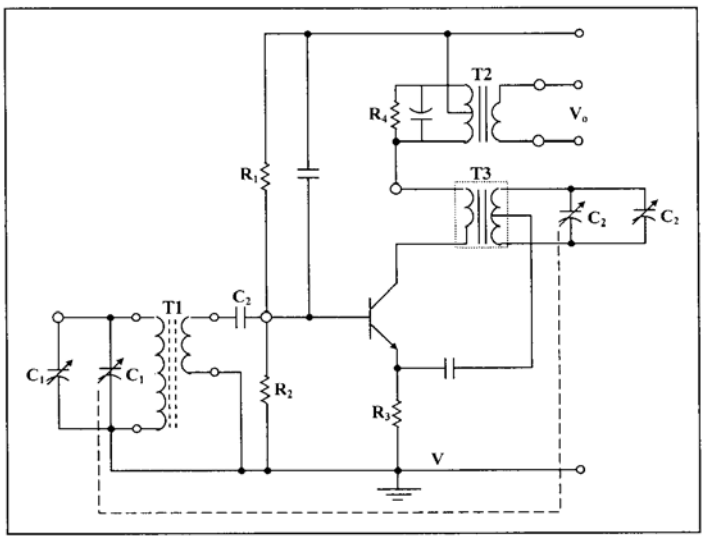


Σχήμα 39

Ο βασικότερος λόγος που δεν χρησιμοποιούμε το παραπάνω ταλαντωτή είναι διότι είναι πολύ δύσκολο να κατασκευάσουμε ένα μεταβλητό πηνίο.

Ένα πολύ χρησιμοποιούμενο κύκλωμα εισόδου ενός υπερετερόδυνου δέκτη είναι αυτό το οποίο και χρησιμοποιεί τα πηνία στη κεραία (T1),τους μεταβλητά ρυθμιζόμενους πυκνωτές (C_1 και C_2), το μίκτη (T3) και το πρώτο από τους IF ενισχυτές σε μια βαθμίδα με ένα τρανζίστορ (Q1).

Συντονιζόμενος Δέκτης και Μετατροπέας Συχνοτήτων



Σχήμα 40

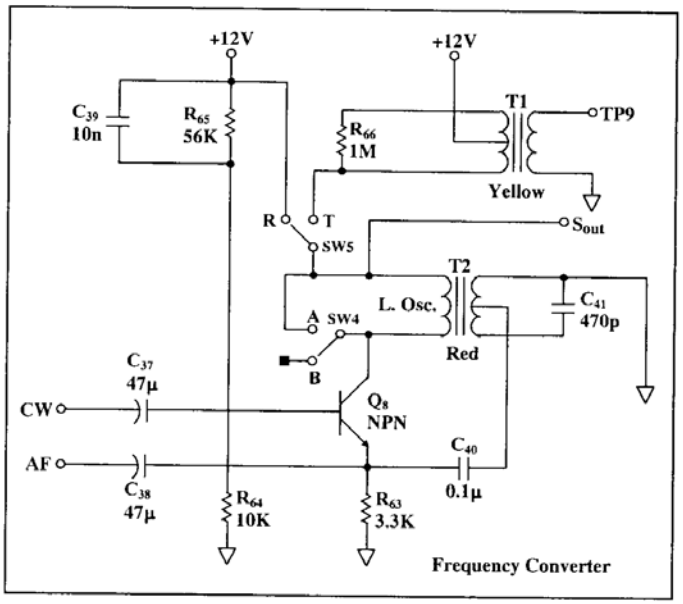
Υπάρχουν δύο δυνατές περιπτώσεις για τη συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή:

1. Η f_{LO} να είναι μεγαλύτερη από την f_{RF} ($f_{LO} > f_{RF}$).
2. Η f_{LO} να είναι μικρότερη από την f_{RF} ($f_{LO} < f_{RF}$).

Η ενδιάμεση συχνότητα για τους εμπορικούς ΑΜ σταθμούς είναι συνήθως 455KHz. Το εύρος ζώνης για τους εμπορικούς ΑΜ σταθμούς είναι μεταξύ των 535KHz και 1620KHz.
Εφόσον η ενδιάμεση συχνότητα f_{IF} είναι μεταξύ των συχνοτήτων f_{LO} και f_{RF}, όταν $f_{LO} < f_{RF}$ το συχνοτικό εύρος LO του τοπικού ταλαντωτή θα είναι από 535KHz - 455KHz = 80KHz μέχρι 1620KHz - 455KHz = 1165KHz. Το σχετικό συχνοτικό εύρος στο τοπικό ταλαντωτή θα είναι 80KHz / 1165KHz = 1/15.
Εάν $f_{LO} > f_{RF}$, το συχνοτικό εύρος του τοπικού ταλαντωτή LO θα είναι από 535KHz +455KHz = 990KHz μέχρι 1620KHz + 455KHz = 2075KHz. Το σχετικό συχνοτικό εύρος στο τοπικό ταλαντωτή θα είναι 990KHz / 2075KHz = 1/2.
Επειδή είναι πολύ ποιο εύκολο να κατασκευάσουμε ένα έναν τοπικό ταλαντωτή με λόγο συχνοτικού εύρους 1/2 παρά με λόγο συχνοτικού εύρους 1/15, η συχνότητα LO του τοπικού ταλαντωτή είναι πάντα μεγαλύτερη από την συχνότητα RF του σήματος προς μετάδοση.

Το εσωτερικό συχνοτικό κύκλωμα (IF) είναι ένας στενού εύρους ζώνης ενισχυτής, ο οποίος μετατρέπει μόνο ένα ορισμένο εύρος ζώνης συχνότητες. Στο πείραμα μας θα χρησιμοποιήσουμε το παρακάτω ενισχυτή.

Μετατροπέας Συχνότητας



Σχήμα 41

Αυτό το κύκλωμα έχει τέσσερις συναρτήσεις , οι οποίες θέτονται από δύο ολισθαίνοντες μεταγωγούς (διακόπτες) τους SW4 και SW5.

- Έναν RF ενισχυτή με τρανζίστορ
- Έναν ρυθμιζόμενου κέρδους ενισχυτή (ζωνοπερατό φίλτρο).
- Έναν ταλαντωτή με τρανζίστορ
- Έναν μετατροπέα συχνότητας.

Αυτές οι τέσσερις συναρτήσεις τις συναντάμε πολύ συχνά στις ραδιοεπικοινωνίες.

Ενισχυτής Κοινού Εκπομπού

SW4=A SW5=R

Σε αυτή τη θέση, ο διακόπτης SW4 βραχυκυκλώνει από το κύκλωμα το πηνίο T1 και ο SW5 συνδέει την αντίσταση R_{64} στο συλλέκτη του ενισχυτή.
Ο παραπάνω είναι ένας κλασσικός ενισχυτής κοινού εκπομπού με αντίσταση στον εκπομπό RE (CE+RE) . Το κέρδος αυτού του ενισχυτή είναι :

$$A_V = \frac{R_C}{R_E} = \frac{R_{64}}{R_{63}} = \frac{10K}{3.3K} \square 3$$

Στην πραγματικότητα, το μετρούμενο κέρδος είναι μικρότερο γιατί οι διάφορες χωρητικότητες επιδρούν στο σύστημα (ειδικότερα ο πυκνωτής C_{39} του οποίου η επίδραση θα αναλυθεί αργότερα) και στο τρανζίστορ. Οι επιδράσεις αυτών των χωρητικοτήτων είναι εμφανής στις υψηλές συχνότητες.

Ενισχυτής Ρυθμιζόμενου Κέρδους

SW4=A SW5=T

Σε αυτή τη θέση, ο διακόπτης SW4 βραχυκυκλώνει από το κύκλωμα το πηνίο T1 και ο SW5 συνδέει το συντονιζόμενο κύκλωμα στο συλλέκτη του ενισχυτή.
Ο παραπάνω είναι ένας κλασσικός ενισχυτής κοινού εκπομπού με αντίσταση στον εκπομπό RE (CE+RE) . Το κέρδος αυτού του ενισχυτή είναι συνάρτηση της συχνότητας του σήματος εισόδου. Στο κέντρο συντονισμού του κυκλώματος συντονισμού, παίρνουμε τη μέγιστη αντίσταση του δικτυώματος RC και το μέγιστη τιμή ενίσχυσης (κέρδος). Το κέρδος αυτού του ενισχυτή είναι :

$$A_V = \frac{|Z_C|}{R_E} = \frac{\frac{1}{|j\omega C|}}{R_{63}}$$

Η τιμή του κέρδους αλλάζει δραματικά (μικραίνει) όταν η τιμή της συχνότητας του σήματος είναι λίγο διαφορετική από αυτή του κυκλώματος συντονισμού.
Η συχνότητα συντονισμού του συντονιζόμενου κυκλώματος είναι η καθορισμένη AM (IF) ενδιάμεση συχνότητα στα 455KHz.

Ενισχυτής σαν Ταλαντωτής

SW4=B SW5=R

Σε αυτή τη θέση, ο SW5 συνδέει την αντίσταση R_{64} στο συλλέκτη του ενισχυτή.
Ο μετασχηματιστής T2 αναδρά ένα θετικό σήμα από το συλλέκτη προς το εκπομπό μέσω του πυκνωτή C_{40}. Αυτή είναι μια θετική ανάδραση και έχει σαν αποτέλεσμα να κάνει τον ενισχυτή να ταλαντώνεται. Εξαιτίας του πυκνωτή C_{41} , το πηνίο (δευτερεύον) του μετασχηματιστή T2 δρα σαν συντονιζόμενο κύκλωμα και στο κέντρο της συχνοτικής απόκρισης βρίσκεται η συχνότητα συντονισμού (ταλάντωσης).
Παρατηρείστε πως η σύνδεση μεταξύ του συλλέκτη και του εκπομπού γίνεται με τη χρήση ενός μετασχηματιστή. Μόνο ένα μέρος του σήματος που επάγεται στο δευτερεύον του μετασχηματιστή (λόγο του μετασχηματιστή μεσαίας λήψης , διαίρεση σε δύο πηνία του δευτερεύον) μεταφέρεται, από το συλλέκτη στον εκπομπό.

Μετατροπέας Συχνότητας

SW4=B SW5=T

Σε αυτή τη θέση, ο SW5 συνδέει το κύκλωμα συντονισμού στο συλλέκτη του ενισχυτή.
Ο μετασχηματιστής T2 αναδρά ένα θετικό σήμα από το συλλέκτη προς το εκπομπό μέσω του πυκνωτή C_{40}. Αυτό το κύκλωμα δεν ταλαντώνεται διότι η συχνότητα ταλάντωσης είναι διαφορετική τώρα από ότι στη περίπτωση με το ταλαντευόμενο RC κύκλωμα.
Όταν ένα σήμα εισόδου με συχνότητα, η οποία είναι η διαφορά μεταξύ της IF συχνότητας και της συχνότητας ταλάντωσης, θα πάρουμε στην έξοδο του ενισχυτή (δευτερεύον του κυκλώματος συντονισμού) ένα σήμα ενδιάμεσης συχνότητας (455KHz).
Εάν το σήμα εισόδου μεταφέρει κάποια πληροφορία, αυτή επίσης θα εμφανιστεί στο σήμα ενδιάμεσης συχνότητας.

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία

Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη

Βήμα 3ο: Συνδέστε το SESLAB στην θέση High,Sine,Const.

Βήμα 4ο: Τοποθετείστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στην έξοδο του SESLAB .

Βήμα 5ο: Συνδέστε την έξοδο της γεννήτριας σήματος V_{var} στη είσοδο του μετατροπέα συχνότητας

Βήμα 6ο: Αλλάξτε το πλάτος και τη συχνότητα του σήματος εισόδου και παρατηρείστε πως αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν το σήμα στη έξοδο.

RF Ενισχυτής

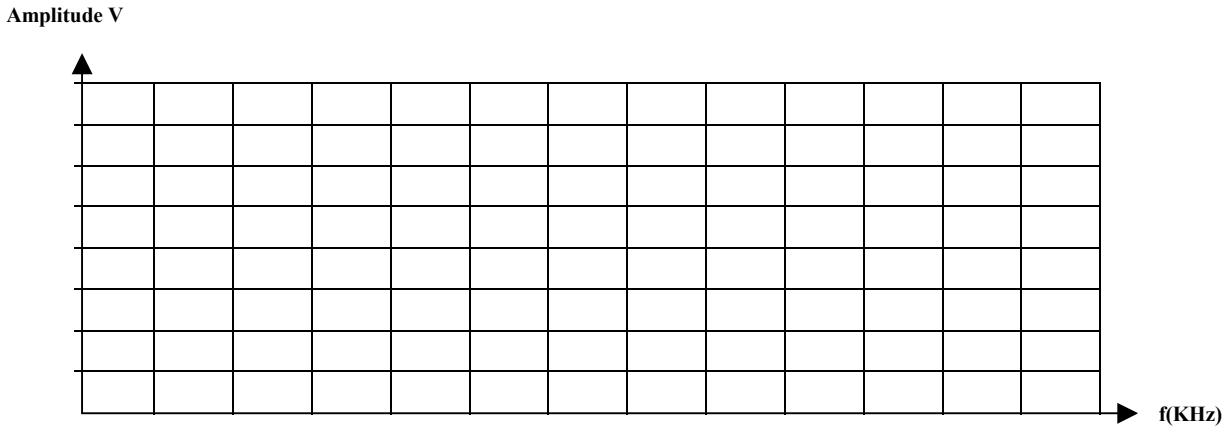
Βήμα 7ο: Τοποθετείστε το διακόπτη SW4 στη θέση A και το διακόπτη SW5 στη θέση R.

Βήμα 8ο: Τοποθετείστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στην έξοδο του ενισχυτή S_{out}.

Βήμα 9ο: Μεταβάλλεται τη συχνότητα της γεννήτριας σήματος V_{var} μέχρι να πάρει τη χαμηλότερη τιμή συχνότητας.

Βήμα 10ο: Μεταβάλλεται το πλάτος της γεννήτριας σήματος V_{var} μέχρι να πάρει το σήμα τη τιμή $5V_{p-p}$ στην έξοδο του ενισχυτή.
Μετρήστε το σήμα στη είσοδο της γεννήτριας.

Βήμα 11ο: Αυξήστε τη τιμή της συχνότητας του σήματος εισόδου της γεννήτριας σήματος V_{var} (ενώ κρατάμε σταθερό το πλάτος του σήματος) και κάντε τη παρακάτω γραφική παράσταση συχνοτικής απόκρισης του ενισχυτή.

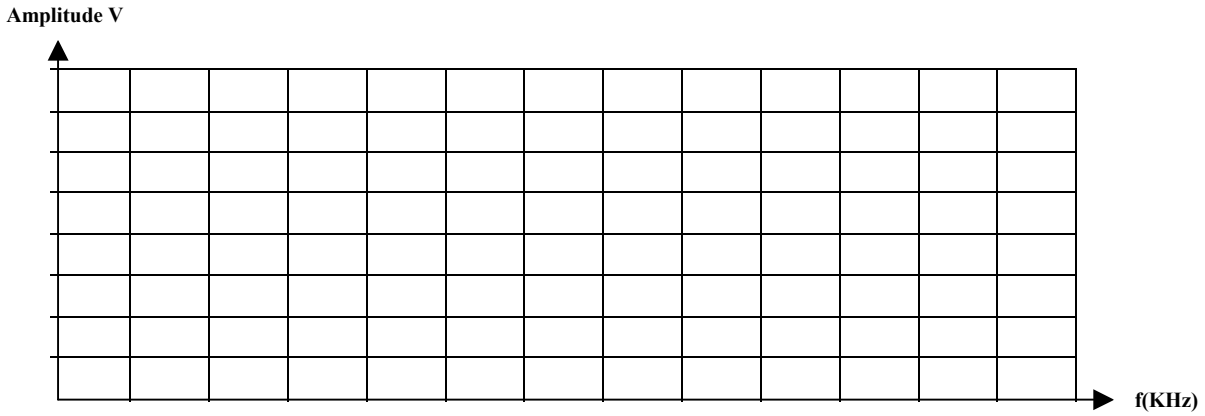


Ενισχυτής Ρυθμιζόμενου Κέρδους

Βήμα 12°: Τοποθετείστε το διακόπτη SW4 στη θέση Α και το διακόπτη SW5 στη θέση Τ.

Βήμα 13°: Μεταβάλλεται τη συχνότητα της γεννήτριας σήματος V_{var} μέχρι να πάρει τη χαμηλότερη τιμή συχνότητας.

Βήμα 14°: Αυξήστε τη τιμή της συχνότητας του σήματος εισόδου της γεννήτριας σήματος V_{var} (ενώ κρατάμε σταθερό το πλάτος του σήματος) και κάντε τη παρακάτω γραφική παράσταση συχνοτικής απόκρισης του ενισχυτή.



Βήμα 14°: Αυξήστε τη τιμή της συχνότητας του σήματος εισόδου της γεννήτριας σήματος V_{var} (ενώ κρατάμε σταθερό το πλάτος του σήματος) και κάντε τη παρακάτω γραφική παράσταση συχνοτικής απόκρισης του ενισχυτή.

Βήμα 15°: Αυξήστε τη τιμή της συχνότητας του σήματος εισόδου της γεννήτριας σήματος V_{var} (ενώ κρατάμε σταθερό το πλάτος του σήματος), μέχρι να λάβετε το μέγιστο (πλάτους) ημιτονικό σήμα στην έξοδο του ενισχυτή.
Μετρήστε το σήμα στη είσοδο της γεννήτριας.

Βήμα 16ο: Μετρήστε και καταγράψτε τη συχνότητα του σήματος , θα πρέπει να είναι γύρω στα 455KHz.

Βήμα 17ο: Αυξήστε τη τιμή της συχνότητας του σήματος εισόδου της γεννήτριας σήματος V_{var} (ενώ κρατάμε σταθερό το πλάτος του σήματος), μέχρι να λάβετε το $0.7V_{max}$ του μέγιστου πλάτους σήμα στην έξοδο του ενισχυτή.
Μετρήστε και καταγράψτε τη συχνότητα για το σήμα στη είσοδο της γεννήτριας.

Βήμα 18ο: Ελαττώστε τη τιμή της συχνότητας του σήματος εισόδου της γεννήτριας σήματος V_{var} (ενώ κρατάμε σταθερό το πλάτος του σήματος), μέχρι να λάβετε το $0.7V_{max}$ του μέγιστου πλάτους, σήμα στην έξοδο του ενισχυτή. Το σήμα στην έξοδο θα αυξηθεί και θα ελαττωθεί στη συνέχεια πάλι στο $0.7V_{max}$ του μέγιστου πλάτους.
Μετρήστε και καταγράψτε τη συχνότητα για το σήμα στη είσοδο της γεννήτριας για την οποία το πλάτος στη έξοδο γίνεται $0.7V_{max}$ του μέγιστου πλάτους για δεύτερη φορά (αυτή θα είναι μικρότερη της πρώτης, γιατί ;).

Βήμα 19ο: Υπολογίστε το εύρος ζώνης BW=ΔF του φίλτρου.

Βήμα 20ο: Υπολογίστε το παράγοντα ποιότητας Q του φίλτρου.

Ενισχυτής σαν Ταλαντωτής

Βήμα 21ο: Αποσυνδέστε τη γεννήτρια σήματος από την είσοδο του μετατροπέα συχνότητας.

Βήμα 22ο: Τοποθετείστε το κανάλι 2 του παλμογράφου στην έξοδο TP03 του ενισχυτή.

Βήμα 23ο: Τοποθετείστε το διακόπτη SW4 στη θέση B και το διακόπτη SW5 στη θέση R.

Βήμα 24ο: Παρατηρείστε το σήμα στην έξοδο.
Αν και δεν υπάρχει σήμα στην είσοδο του ενισχυτή, θα παρατηρήσετε ένα ημιτονικό σήμα στην έξοδο.

Βήμα 25ο: Μετρήστε τη συχνότητα του ταλαντωτή (θα πρέπει να είναι γύρω στα 800KHz).

Βήμα 26ο: Τοποθετείστε ένα κανάλι του παλμογράφου στην έξοδο TP02 στον εκπομπό του ενισχυτή (του τρανζίστορ). Θα παρατηρήσετε ένα ημιτονικό σήμα στη ίδια συχνότητα με τη παραπάνω. Ποιο σήμα είναι αυτό και ποιος ο ρόλος του ;

Μετατροπέας Συχνότητας

Βήμα 27ο: Τοποθετείστε το διακόπτη SW4 στη θέση B και το διακόπτη SW5 στη θέση T.

Βήμα 28ο: Τοποθετείστε το κανάλι 2 του παλμογράφου στην έξοδο του ενισχυτή.

Βήμα 29ο: Συνδέστε τη γεννήτρια σήματος στην είσοδο του μετατροπέα.

Βήμα 30ο: Μεταβάλετε τη συχνότητα του σήματος εισόδου και λάβετε σήμα με την ελάχιστη συχνότητα.

Βήμα 31ο: Αυξάνεται σταδιακά τη συχνότητα του σήματος εισόδου και παρατηρήστε στο κανάλι 2 του παλμογράφου το σήμα στην έξοδο του μετατροπέα.
Σταματήστε όταν λάβετε το μέγιστο σήμα στην έξοδο.

Βήμα 32ο: Μετρήστε και καταγράψτε την συχνότητα του σήματος εξόδου του μετατροπέα. Επαληθεύστε αν ισχύει :

$$f_{RF} = f_{OSC} - f_{IF}$$

Βήμα 33ο: Εξακολουθήστε να αυξάνεται το σήμα εισόδου. Στην έξοδο του μετατροπέα θα λάβετε αύξηση και πτώση του σήματος. Σε κάθε περίπτωση, το σήμα εξόδου θα πρέπει να είναι στην ενδιάμεση συχνότητα (455 KHz) , αν και η συχνότητα του σήματος εισόδου αλλάζει. Οι συχνότητες οι οποίες είναι αξιοσημείωτες και θα πρέπει να ελεγχθούν είναι οι παρακάτω:

$$f_{RF} = f_{OSC} - f_{IF}$$
$$f_{IF}$$
$$f_{RF} = f_{OSC} + f_{IF}$$

➢ Πειραματική αναφορά

1. Συγκεντρώστε όλα τα πειραματικά αποτελέσματα και όλες τις μετρήσεις. Σε κάθε πίνακα γράψτε το όνομα του πειράματος και ζωγραφίστε το κύκλωμα που υλοποιήσατε.
2. Συγκρίνετε τις μετρήσεις με τις θεωρητικά αναμενόμενες τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 7η

Κρυσταλλικός Ρυθμιζόμενος Ενισχυτής, & Ενισχυτής με Ελεγχόμενο Κέρδος (AGC)

Αντικείμενα της Άσκησης:

- Η επίδραση της συχνότητας σε ένα κρυσταλλικά ρυθμιζόμενο ενισχυτή
- Το AGC κύκλωμα

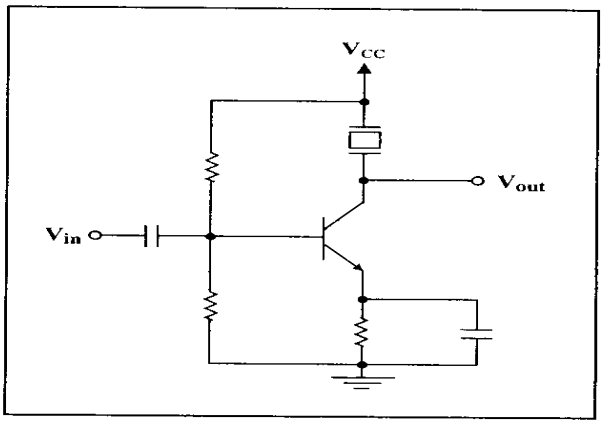
Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Πολύμετρο
- Μετρητής συχνοτήτων
- Παλμογράφος
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδια με 'Μπανάνα'

Εισαγωγικά – Θέματα προς συζήτηση:

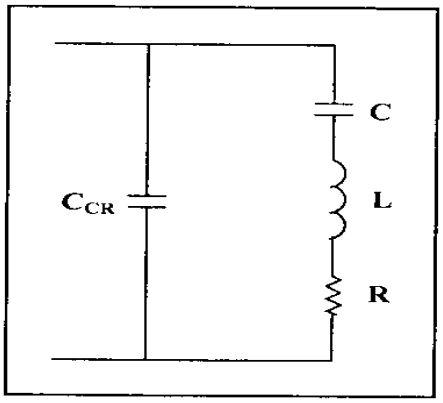
Όπως συζητήσαμε στο προηγούμενο παράδειγμα, σε έναν ενισχυτή κοινού εκπομπού με ένα παράλληλο συντονιζόμενο κύκλωμα στο συλλέκτη του αυτό επιδρά στο να συμπεριφέρεται ο ενισχυτής σαν έναν ενισχυτή του οποίου το κέρδος εξαρτάται από τη συχνότητα του σήματος εισόδου.

Το κέρδος είναι μέγιστο όταν η συχνότητα είναι ίση με αυτή του συντονιζόμενου κυκλώματος. Εάν η συχνότητα είναι λίγο διαφορετική από τη συχνότητα συντονισμού , το κέρδος πέφτει απότομα (ανάλογα με το παράγοντα ποιότητας Q του κυκλώματος). Αντικαθιστώντας το συντονιζόμενο κύκλωμα, με έναν κρυσταλλικό ταλαντωτή ο οποίος δημιουργεί μια χαρακτηριστική με στενότερα χαρακτηριστικά (π.χ. μεγαλύτερο Q) και λιγότερες επιδράσεις στην χαρακτηριστική του.



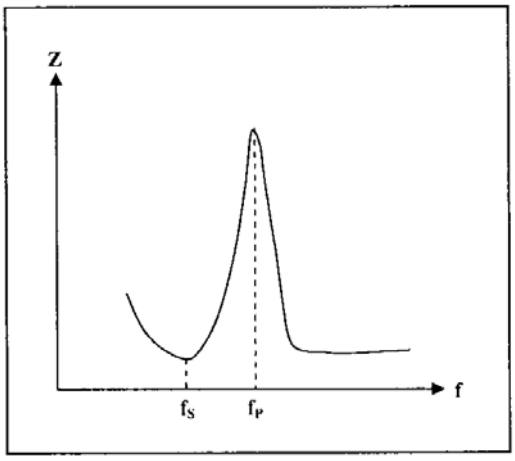
Σχήμα 42

Ο κρύσταλλος είναι ένα κεραμικό υλικό, το οποίο και κόβεται με έναν προκαθορισμένο τρόπο και τοποθετείται μεταξύ οπλισμών (ελασμάτων).
Αυτός ο κρύσταλλος χαρακτηρίζεται από το πιεζοηλεκτρικό φαινόμενο. Το ηλεκτρικό πεδίο μεταβάλλεται μεταξύ των οπλισμών δημιουργώντας ένα μηχανισμό ταλαντώσεων στο κρύσταλλο.
Ο κρύσταλλος έχει μια συχνότητα συντονισμού. Οι μηχανικές ταλαντώσεις και οι ηλεκτρικές επιδράσεις εξαρτώνται από αυτή τη συχνότητα συντονισμού.
Το ισοδύναμο κύκλωμα του κρυστάλλου είναι το παρακάτω:



Σχήμα 43

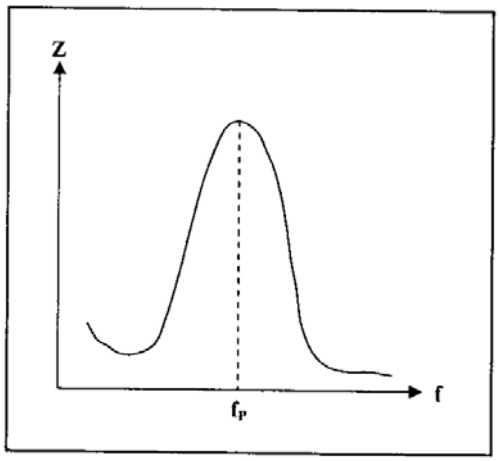
Τα C, L,R είναι οι κρυσταλλικές παράμετροι οι οποίες και εξαρτώνται από τη κατασκευή του.
Το C_{CR} είναι η χωρητικότητα του κρυστάλλου. Ο κρύσταλλος είναι ένα μονωμένο υλικό μεταξύ δύο μεταλλικών οπλισμών. Αυτή η χωρητικότητα είναι μέρος του ισοδύναμου ηλεκτρικού κυκλώματος αν και δεν αποτελεί μέρος του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου.
Η επίδραση στη συχνοτική συμπεριφορά του κρυστάλλου καθορίζεται από δύο βασικές συχνότητες. Η μία αντιστοιχεί στο σε σειρά συντονιζόμενο κύκλωμα $f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ και η άλλη στο παράλληλο συντονιζόμενο κύκλωμα $f_p = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{CR}}}$.
Συνήθως αυτές οι συχνότητες είναι κοντά η μία στην άλλη.
Η χαρακτηριστική συχνοτική καμπύλη του κρυστάλλου έχει τη παρακάτω μορφή:



Σχήμα 44

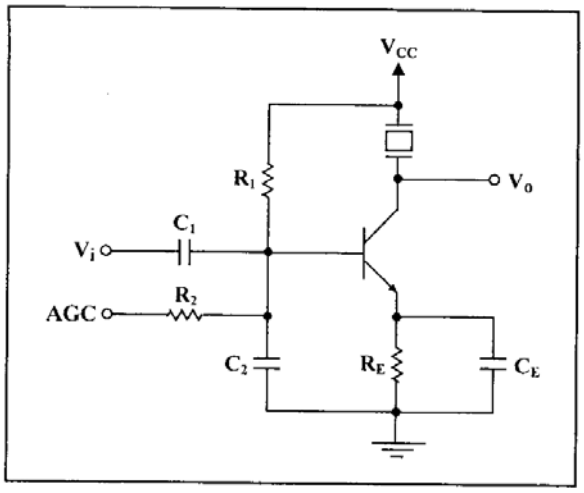
Υπάρχουν δύο είδη κρυστάλλων. Το ένα κατασκευάζεται με σκοπό να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές ταλαντώσεων και στο οποίο η συχνότητα f_S είναι η ποιο σημαντική συχνότητα στη χαρακτηριστική.
Ο άλλο κατασκευάζεται με σκοπό να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές φίλτρων και στο οποίο η συχνότητα f_p είναι η ποιο σημαντική συχνότητα στη χαρακτηριστική. Με σκοπό να ξεχωρίζουμε τα δύο είδη κρυστάλλων, αυτούς που χρησιμοποιούμε για εφαρμογές φιλτραρίσματος τους ονομάζουμε συντονιζόμενους.

Οι συντονιζόμενοι έχουν ένα ευρύτερο εύρος ζώνης εξαιτίας του παράλληλου κυκλώματος, όπως φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 45

Είναι σύνηθες να χρησιμοποιούμε κρυστάλλους, ταλαντωτές και συντονιζόμενους κρυστάλλους για τη κατασκευή φίλτρων. Στο TPS-3421, υπάρχει ένας κρυσταλλικός και ένας ενισχυτής ρυθμιζόμενου κέρδους με συντονιζόμενο κρύσταλλο.
Ο κρυσταλλικός ενισχυτής ρυθμιζόμενου κέρδους με συντονιζόμενο κρύσταλλο στο TPS-3421 είναι ένας ενισχυτής ο οποίος περιέχει έναν 455KHz συντονιζόμενο κρύσταλλο στο συλλέκτη του και επίσης συντελεί έναν ενισχυτής ρυθμιζόμενου κέρδους όπως φαίνεται παρακάτω:



Σχήμα 46

Δίχως να συνδέσουμε κάποιο σήμα στην AGC είσοδο, οι αντιστάσεις R_1 και R_E καθορίζουν το σημείο λειτουργίας του ενισχυτή. Η συχνοτική απόκριση του ενισχυτή καθορίζεται από τη συμπεριφορά του συντονιζόμενου κυκλώματος. Στο συντονιζόμενο κύκλωμα ένα μέγιστο κέρδος πετυχαίνεται (μέγιστη τιμή για το RC).
Τροφοδοτώντας με ένα DC δυναμικό την είσοδο AGC του ενισχυτή, επιδρούμε στο σημείο λειτουργίας του ενισχυτή και επομένως στο κέρδος του.
Ο πυκνωτής C_2 δεν επιτρέπει την απότομη μεταβολή του κέρδους του ενισχυτή εξαιτίας των απότομων αλλαγών των σημάτων εισόδου.
Η AGC είσοδος, συνήθως υπάρχει στη πρώτη βαθμίδα ενός ενισχυτή ενδιάμεσης συχνότητας στα ραδιόφωνα. Αυτή η είσοδος τροφοδοτείται από την έξοδο του ανιχνευτή , ο οποίος και βρίσκεται μετά το τελευταίο ενισχυτή ενδιάμεσης συχνότητας (βλέπε Σχήμα 35, δηλαδή υπάρχει μια θετική ανάδραση της εξόδου του ανιχνευτή στην AGC είσοδο του ενισχυτή ενδιάμεσης συχνότητας).
Το σήμα στη έξοδο του ενισχυτή αποτελείται από δύο σήματα. Ένα εναλλασσόμενο σήμα το οποίο και είναι το ηχητικό σήμα (αυτό είναι που μεταφέρεται στα ηχεία, στον ενισχυτή σήματος φωνής) και μία DC συνιστώσα , η οποία και δείχνει το πλάτος του φέροντος σήματος το οποίο λαμβάνει ο δέκτης,
Τα δύο σήματα αλλάζουν σαν συνάρτηση του λαμβανομένου σήματος στο δέκτη. Επίσης Τα δύο σήματα αλλάζουν σαν συνάρτηση των ατμοσφαιρικών αλλαγών ή σαν αποτέλεσμα της κατεύθυνσης της κεραίας (σε έναν κινούμενο ραδιοφωνικό δέκτη για παράδειγμα).
Επειδή θέλουμε να ακούμε το λαμβανόμενο σήμα με ομοιόμορφη ένταση (σύμφωνα με τη κατεύθυνση του πλάτους του σήματος στον ενισχυτή ήχου, μεγάφωνα), συνδέουμε την έξοδο του ανιχνευτή στην AGC είσοδο του ενισχυτή ενδιάμεσης συχνότητας . Το φίλτρο R_2C_2 απορρίπτει την DC συνιστώσα του σήματος του ανιχνευτή και αλλάζει ανάλογα το κέρδος του ενισχυτή με τελικό αποτέλεσμα πάντα το ομοιόμορφο άκουσμα του ήχου.
Με αυτό το τρόπο λαμβάνουμε ένα ομοιόμορφο ακουστικό σήμα, παρόλο τις αλλαγές στο πλάτος (τάση) του λαμβανομένου σήματος.

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία

Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη

Βήμα 3ο: Συνδέστε το SESLAB στην θέση High,Sine,Const

Βήμα 4ο: Συνδέστε την έξοδο της γεννήτριας σήματος V_{var} στη είσοδο του μετατροπέα συχνότητας (CW)..

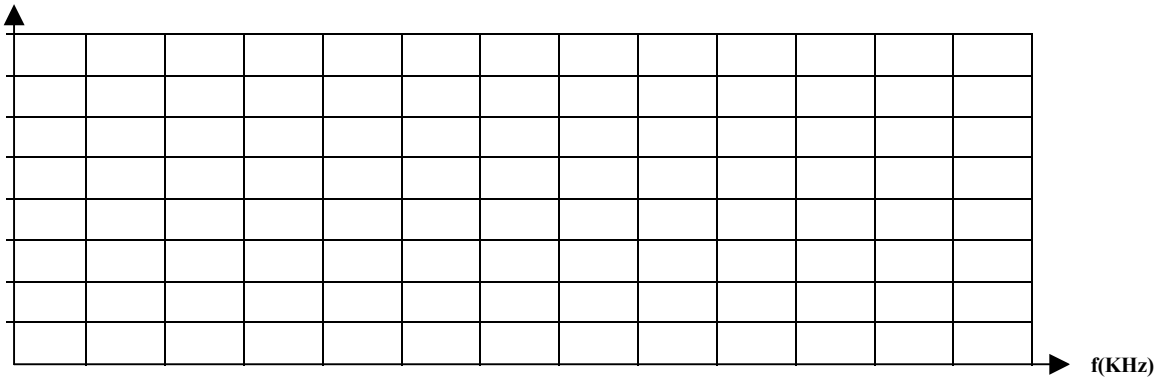
Βήμα 5ο: Τοποθετείστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στην έξοδο της γεννήτριας.

Βήμα 6ο: Αλλάξτε το πλάτος και τη συχνότητα του σήματος εισόδου και παρατηρείστε πως αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν το σήμα στη έξοδο της γεννήτριας.

Βήμα 7ο: Μεταβάλλεται τη συχνότητας της γεννήτριας με σκοπό να λάβουμε τη μικρότερη συχνότητα.

Βήμα 8ο: Αυξήστε τη συχνότητα (ενώ κρατάτε το πλάτος του σήματος της γεννήτριας σταθερό) και κατασκευάστε τη γραφική παράσταση της συχνοτικής απόκρισης .

Amplitude V



Βήμα 9ο: Μεταβάλλεται τη συχνότητας της γεννήτριας (ενώ κρατάτε το πλάτος του σήματος της γεννήτριας σταθερό) με σκοπό να λάβουμε το μέγιστο πλάτος ημιτονικού σήματος στην έξοδο του ενισχυτή.

Βήμα 10ο: Μετρήστε και καταγράψτε το πλάτος του σήματος.

Βήμα 11ο: Μετρήστε και καταγράψτε τη συχνότητα του σήματος, θα πρέπει να είναι γύρω στα 455KHz.

Βήμα 12ο: Αυξήστε τη τιμή της συχνότητας του σήματος εισόδου της γεννήτριας σήματος V_{var} (ενώ κρατάμε σταθερό το πλάτος του σήματος), μέχρι να λάβετε το $0.7V_{max}$ του μέγιστου πλάτους σήμα στην έξοδο του ενισχυτή.
Μετρήστε και καταγράψτε τη συχνότητα για το σήμα στη είσοδο της γεννήτριας.

Βήμα 13ο: Ελαττώστε τη τιμή της συχνότητας του σήματος εισόδου της γεννήτριας σήματος V_{var} (ενώ κρατάμε σταθερό το πλάτος του σήματος), μέχρι να λάβετε το $0.7V_{max}$ του μέγιστου πλάτους, σήμα στην έξοδο του ενισχυτή. Το σήμα στην έξοδο θα αυξηθεί και θα ελαττωθεί στη συνέχεια πάλι στο $0.7V_{max}$ του μέγιστου πλάτους.
Μετρήστε και καταγράψτε τη συχνότητα για το σήμα στη είσοδο της γεννήτριας για την οποία το πλάτος στη έξοδο γίνεται $0.7V_{max}$ του μέγιστου πλάτους για δεύτερη φορά (αυτή θα είναι μικρότερη της πρώτης, γιατί ;).
Μετρήστε και καταγράψτε τις δύο αυτές τιμές συχνότητας για το σήμα στη είσοδο της γεννήτριας.

Βήμα 14ο: Υπολογίστε το εύρος ζώνης BW=ΔF του φίλτρου

Βήμα 15ο: Υπολογίστε το παράγοντα ποιότητας Q του φίλτρου

$$Q = \frac{\Delta F}{F_o}$$

Βήμα 16ο: Ρυθμίστε τη συχνότητα της γεννήτριας ώστε να λάβετε το μέγιστο πλάτος σήματος στην έξοδο του ενισχυτή.

Βήμα 17ο: Συνδέστε την είσοδο AGC στην έξοδο της V_{var}.

Βήμα 18ο: Μεταβάλετε το πλάτος της γεννήτριας V_{var}, έτσι ώστε να λάβετε το μέγιστο πλάτος στην έξοδο της,

Βήμα 19ο: Μετρήστε και καταγράψτε το πλάτος για το σήμα της γεννήτριας V_{var} , καθώς και στην έξοδο του ενισχυτή.

Βήμα 20ο: Μεταβάλλετε τη τιμή της τάσης στην είσοδο AGC (V_{var}) σύμφωνα με το παρακάτω πίνακα και καταγράψτε τις τιμές της τάσης στην έξοδο του ενισχυτή.

V_{AGC}												
$V_{at\ p\text{-}p}$												

Βήμα 21ο: Κάντε τη γραφική παράσταση του σήματος εξόδου του ενισχυτή V_{at} (κέρδος) συναρτήσει της τάσης V_{AGC} .

➢ Πειραματική αναφορά

1. Συγκεντρώστε όλα τα πειραματικά αποτελέσματα και όλες τις μετρήσεις. Σε κάθε πίνακα γράψτε το όνομα του πειράματος και ζωγραφίστε το κύκλωμα που υλοποιήσατε.
2. Συγκρίνετε τις μετρήσεις με τις θεωρητικά αναμενόμενες τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 8η

Ευαισθησία, Επιλεκτικότητα & Συντονιζόμενος Δέκτης

Αντικείμενα της Άσκησης:

- Εξοικείωση με τα κυκλώματα δεκτών
- Εκπομπή και Λήψη
- Μέτρηση της ευαισθησίας του δέκτη
- Μέτρηση της επιλετκικότητας του δέκτη

Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Πολύμετρο
- Μετρητής συχνοτήτων
- Παλμογράφος
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδια με 'Μπανάνα'

Εισαγωγικά – Θέματα προς συζήτηση:

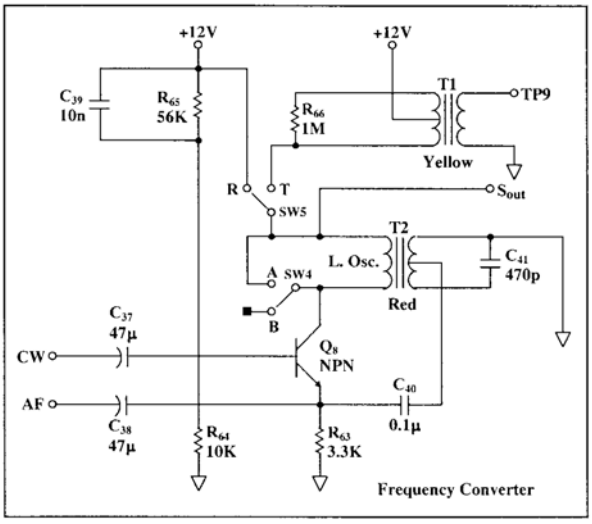
Το κύκλωμα εισόδου σε ένα ραδιοφωνικό δέκτη περιέχει ένα φίλτρο με μεταβαλλόμενη συχνότητα συντονισμού. Αποτελείται από ένα πηνίο και ένα μεταβαλλόμενο πυκνωτή. Αλλάζοντας τη χωρητικότητα του πυκνωτή αλλάζουμε τη συχνότητα συντονισμού της διάταξης.

Η κύρια επιλεκτικότητα σε έναν ραδιοφωνικό δέκτη πραγματοποιείται από ένα μετατροπέα συχνότητα και τους ενισχυτές ενδιάμεσης συχνότητας ακριβώς όπως περιγράφηκαν στην εργαστηριακή άσκηση 6.

Η λειτουργία του κυκλώματος εισόδου είναι να φιλτράρει κυρίως τα σήματα της ανακλούμενης συχνότητας του επιθυμητού ραδιοφωνικού σταθμού και τα σήματα της ενδιάμεσης συχνότητας. Αυτά τα σήματα αν περάσουν από το κύκλωμα εισόδου, θα ενισχυθούν από τους ενισχυτές ενδιάμεσης συχνότητας του ραδιοφωνικού δέκτη και δε θα υπάρχει δυνατότητα πλέον να φιλτραριστούν.

Σε έναν ΑΜ ραδιοφωνικό δέκτη, η κεραία είναι ένα πηνίο τυλιγμένη γύρω από ένα κομμάτι πυρήνα, Αυτό το πηνίο είναι κομμάτι από το κύκλωμα εισόδου του ραδιοφωνικού δέκτη.

Σε απλούς ραδιοφωνικούς δέκτες, το κύκλωμα εισόδου είναι ένα μέρος από έναν μετατροπέα συχνότητας όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα :



Σχήμα 47

Η λειτουργία του παραπάνω κυκλώματος εξηγήθηκε στην εργαστηριακή άσκηση 6.

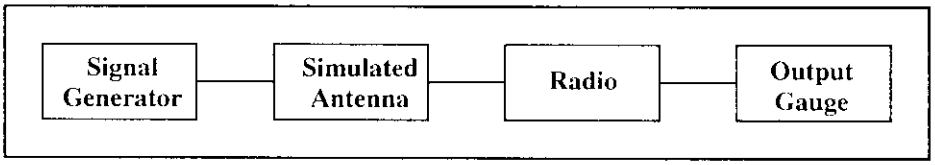
Στους σύγχρονους ραδιοφωνικούς δέκτες, η επιλογή του ραδιοφωνικού σταθμού γίνεται με τη χρήση εναλλακτικά της χωρητικότητας μιας διόδου. Η τάση στα άκρα της διόδου καθορίζει τη χωρητικότητα της διόδου και κατά επέκταση τη συχνότητα του τοπικού ταλαντωτή. Σε αυτήν τη περίπτωση, χρησιμοποιούμε ένα ευρέως ζώνης φίλτρο στην είσοδο του δέκτη.

<u>Ευαισθησία του Ραδιοφωνικού Δέκτη</u>

Ένα από τα συγκριτικά χαρακτηριστικά μεταξύ των ραδιοφωνικών δεκτών είναι η ευαισθησία. Η ευαισθησία καθορίζεται από τον βαθμό ενίσχυσης του δέκτη. Ο θόρυβος στο κύκλωμα εισόδου περιορίζει τη δυνατότητα λήψης ασθενούς σήματος. Οι περιορισμοί της ευαισθησίας αυξάνοντας την ενίσχυση καθορίζονται από τη μείωση του επιπέδου θορύβου στην είσοδο του ραδιοφωνικού δέκτη. Η ευαισθησία του ραδιοφωνικού δέκτη , καθορίζεται από την ενεργή τιμή του φέροντος κύματος του σήματος εισόδου στο ραδιοφωνικού δέκτη, η οποία αναπτύσσει μια καθορισμένη ισχύ εξόδου στο 'φορτίο' του δέκτη. Το σήμα συνδέεται στη είσοδο του δέκτη με μια κεραία εξομοίωσης και χαρακτηρίζεται από ένα δείκτη διαμόρφωσης 30% στο διαμορφώνων σήμα του οποίου η ενίσχυση είναι 1000Hz.
Η καθορισμένη ισχύ είναι 50mV, όταν το φορτίο είναι μία αντίσταση χωρίς επαγωγή και είναι μία αντίσταση που ισοδυναμεί με το μέτρο της σύνθετης αντίστασης των ηχείων στη συχνότητα των 1000Hz.
Για ένα δέκτη με μια μεγάλη ισχύ εξόδου, συστήνεται να πάρουμε τα 50mV ως καθορισμένη τιμή ισχύς εξόδου. Με βάση τα Αμερικάνικα στάνταρ, η ονομαστική τιμή εξόδου είναι περισσότερη από 1V.
Σε ραδιοφωνικούς δέκτες με χαμηλή ισχύ εξόδου, η καθορισμένη ισχύ εξόδου είναι 1mV.
Η τάση εισόδου μετριέται σε Micro Volts (μV) ή σε Decibels (db). Εάν η ευαισθησία μετριέται σε Decibels, μπορούμε να θεωρήσουμε με βάση το Βρετανικό στάνταρ ότι 0db=1 μV ή με βάση το Αμερικανικό στάνταρ 0db=1V. Θα πρέπει να γνωρίζεται, πως σε μετρήσεις ευαισθησίας, πως το σήμα εισόδου των 50μV θεωρείται πως είναι ένα σήμα ενός μακρινού σταθμού. Σήματα με τιμές 5mV και 2V θεωρούνται σήματα ενός μεσαίου, τοπικού και άρα με μεγάλη ισχύ σταθμού.
Η δημιουργία ενός σήματος θα πρέπει να γίνεται από μια ακριβείας γεννήτρια σήματος, η οποία παρέχει διαμορφωμένες τάσεις με δείκτη διαμόρφωσης πάνω από 90%. Η γεννήτρια σήματος θα πρέπει να είναι εφοδιασμένη με ένα μετρητικό εργαλείο, το οποίο θα επιτρέπει τις μετρήσεις της τάσης του σήματος του φέροντος και του δείκτη διαμόρφωσης..

Η συχνότητα της γεννήτριας θα πρέπει να είναι ακριβής και σταθερή. Το κύκλωμα της γεννήτριας θα πρέπει να επιτρέπει την ακριβή ρύθμιση της συχνότητας. Για να διασφαλίσουμε την ακριβή μέτρηση, σε όργανα υψηλής ποιότητας, θα πρέπει να συγκρίνουμε τη συχνότητα του εναλλακτικού ταλαντωτή με τη συχνότητα του κρυσταλλικού ταλαντωτή, ο οποίος και περιέχεται μέσα στο όργανο και να ρυθμίσουμε τον ταλαντωτή. Ένα κύκλωμα μέτρησης της ευαισθησίας περιγράφεται στο σχήμα 48. Μεταξύ της γεννήτριας του σήματος και της ραδιοφωνικής εισόδου υπάρχει μια κεραία εξομοίωσης . Η εμπέδηση αυτής της κεραίας αλλάζει εξαρτώμενη από τη συχνότητα με τον ίδιο τρόπο που αλλάζει σε μία τυπική κεραία ραδιοφωνικού δέκτη. Το σχήμα 49 περιγράφει το κυκλωματικό ισοδύναμο της κεραίας εξομοίωσης. Σε περίπτωση ενός δέκτη με μια σχεδιαζόμενη κεραία ή στοιχείο, συνδέουμε ένα πηνίο με ειδική κατασκευή , το οποίο και προσαρμόζεται στο σημείο ανάγκης μέτρησης , στην έξοδο της γεννήτριας σήματος. Η ραδιοφωνική κεραία και το πηνίο, το οποίο και συνδέεται στη γεννήτρια σήματος, τοποθετούνται σε μια καθορισμένη απόσταση μεταξύ τους, ενώ του ενός (π.χ. κεραία) ο άξονας είναι η συνέχεια στον ίδιο άξονα του δεύτερου (π.χ. πηνίο). Η ισχύς του πεδίου δίπλα στη σχεδιαζόμενη κεραία μπορεί να μετρηθεί αν γνωρίζουμε τις μετρήσεις εκπομπής του πηνίου, τη τάση και τη συχνότητα της εξόδου της γεννήτριας σήματος και την απόσταση μεταξύ των πηνίων.

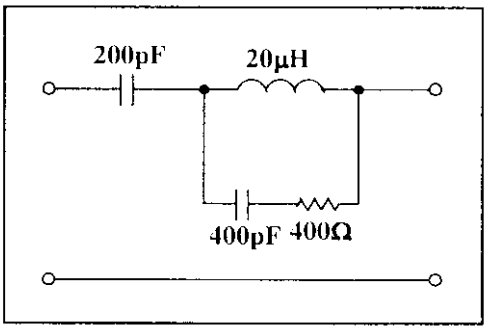
Μπλοκ Διάγραμμα κυκλώματος μέτρησης της ευαισθησίας



Σχήμα 48

Τα αποτελέσματα της μέτρησης περιγράφονται σε μια γραφική παράσταση, η οποία περιγράφει τις αλλαγές ευαισθησίας σε μV ή σε Decibels (db) (σε περίπτωση σχεδιαζόμενου στοιχείου κεραίας – σε μV ανά μέτρο μV/m), εξαρτώμενη από τη συχνότητα του σήματος εισόδου. Αντί για τις γραφικές παραστάσεις μπορούμε να περιγράψουμε τα αποτελέσματα με ακρότατα και μέγιστα σημεία για κάθε μεταβολή.

Η κατασκευή μιας εξομοιωμένης κεραίας



Σχήμα 49

Μερικές φορές η μέτρηση της ευαισθησίας συνοδεύεται με τη μέτρηση θορύβου στην έξοδο του δέκτη και θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τις μετρήσεις ευαισθησίας μόνον αν ο λόγος 'σήματος προ θόρυβο' είναι τουλάχιστον 15dB (αυτή η τιμή είναι αρκετή για λήψη φωνής αλλά όχι για λήψη μουσικής). Εάν ο λόγος 'σήματος προ θόρυβο' είναι μικρότερος από15dB, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη, για τον υπολογισμό της ευαισθησίας, τη τιμή της τάσης εξόδου για την οποία λόγος ' σήματος προ θόρυβο' λαμβάνεται για την τιμή που μας ζητείτε.

Ενώ ελέγχουμε την ευαισθησία, η φωνή και ο ήχος ρυθμίζονται στα κυκλώματα, έτσι ώστε να έχουμε μέγιστη ισχύ σε συχνότητα φωνής 1000 Hz, η οποία είναι η διαμορφούμενη συχνότητα του σήματος στην είσοδο.

Επιλεκτικότητα του Ραδιοφωνικού Δέκτη

Ένα άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό του ραδιοφωνικού δέκτη είναι η δυνατότητα του για επιλεκτικότητα. Η ραδιοφωνική επιλεκτικότητα καθορίζεται μετρώντας την ενίσχυση που έχουν οι συντονισμένοι ραδιοφωνικοί δέκτες, έξω από το εύρος συχνοτήτων του λαμβανόμενου σταθμού.

Σε μία από τις μεθόδους μέτρησης της ραδιοφωνικής επιλεκτικότητας, χρησιμοποιούμε ένα διαμορφωμένο σήμα εισόδου με 30% δείκτη διαμόρφωσης, με ένα διαμορφωμένο πλάτος σε συχνότητα 1000Hz.Η μέτρηση γίνεται στην κεντρική συχνότητα και στις δύο πλευρικές συχνότητες. Ρυθμίζουμε τον δέκτη στην επιθυμητή συχνότητα στην οποία θέλουμε να μετρήσουμε την επιλεκτικότητα. Τοποθετούμε ένα σήμα εισόδου με συχνότητα ίδια με αυτή στην οποία ο ραδιοφωνικός δέκτης έχει ρυθμιστεί και μετράμε το πλάτος του φέροντος το οποίο απαιτείται για να έχουμε στάνταρ ισχύ εξόδου 50mV. Μεταβάλλουμε την συχνότητα του σήματος εισόδου σε όλο το εύρος συχνοτήτων, χωρίς να αλλάξουμε την συχνότητα στην οποία έχουμε ρυθμίσει τον ραδιοφωνικό δέκτη. Καταγράψτε την απαιτούμενη τάση εισόδου για να έχουμε την στάνταρ ισχύ εξόδου των 50mV, για διάφορες τιμές συχνότητας του σήματος εισόδου.

Τα μετρούμενα αποτελέσματα περιγράφονται από μια γραφική παράσταση, στην οποία στον οριζόντιο άξονα έχουμε την συχνότητα και στον κατακόρυφο τη σχέση (λόγο) μεταξύ του πλάτους του σήματος σε κάθε συχνότητα και του πλάτους του σήματος στη συχνότητα στην οποία είναι συντονισμένος ο ραδιοφωνικός δέκτης. Η σχέση μεταξύ των δύο τάσεων εκφράζεται σε decibels dB. Είναι σύνηθες να συνεχίζουμε να καταγράφουμε μετρήσεις έως ο λόγος να γίνει 60-80dB.

Η παραπάνω μέθοδος μέτρησης που περιγράψαμε δεν λαμβάνει υπόψη τις πιθανές διαταραχές ενώ τα δύο σήματα εμφανίζονται ηθελημένα η μη την ίδια χρονική στιγμή, όπως είναι η μεικτή διαμόρφωση και η οπουδήποτε είδος ανεπιθύμητων συχνοτήτων. Λαμβάνοντας τα παραπάνω υπόψη, συνδέουμε στη είσοδο του ραδιοφωνικού δέκτη το άθροισμα δύο σημάτων, το ένα δίχως διαμόρφωση και το άλλο με 30% διαμόρφωση και συχνότητα 1000Hz.Η ισχύς εξόδου στην παραπάνω περίπτωση δίνει μια ιδέα για την μέτρηση των διαταραχών.

Συχνοτική Απόκριση

Η ηλεκτρική συχνοτική απόκριση απόκριση ενός ραδιοφωνικού δέκτη ελέγχεται για συχνότητα φέροντος 1000KHz, πλάτος 5mV και δείκτη διαμόρφωσης 30%. Όταν η συχνότητα του διαμορφωμένου σήματος είναι 1000Hz, ρυθμίζουμε την την τιμή του ποτενσιόμετρου ώστε η ισχύς εξόδου να είναι ίση με το ένα τέταρτο της μέγιστης ισχύος ή ίση με 500mV.
Η συχνότητα του διαμορφώνοντος σήματος αλλάζει από 30-10.000Hz ενώ κρατάμε σταθερό τον δείκτη διαμόρφωσης στο 30%. Η αλλαγή της ισχύς εξόδου σε σχέση με την αλλαγή της συχνότητας του διαμορφωμένου σήματος, μας δίνει τη επιθυμητή ηλεκτρική συχνοτική απόκριση. Σε περίπτωση με έναν δέκτη με ηχητικούς ρυθμιστές, επαναλαμβάνουμε την διαδικασία ελέγχου για τα διάφορα στάδια των ρυθμιστών. Αυτή η μέτρηση δεν λαμβάνει υπόψη την συχνοτική απόκριση του μικροφώνου που πιθανόν να επιδρά στην τελική συχνοτική απόκριση.

Εξομοιώνοντας μια Κεραία και την Μαγνητική Μετάδοση

Ως γνωστόν το μήκος της κεραίας εκπομπής εξαρτάται από το μήκος κύματος του μεταδιδόμενου σήματος. Μία τυπική διάσταση κεραίας είναι το ένα τέταρτο του μήκους κύματος του μεταδιδόμενου κύματος και μία ιδανική τιμή είναι το μισό του μήκους κύματος. Το μήκος κύματος στα μικροκύματα (1MHz) είναι σύμφωνα με την εξίσωση

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300M}{1M} = 300m$$

Το απαιτούμενο μήκος κεραίας είναι 75m.
Σε ένα ραδιοφωνικό δέκτη, η κεραία μας αποτελείται από ένα πηνίο τυλιγμένο μέσα σε σιδηροπυρίτη.
Με σκοπό να μεταδώσουμε σε κοντινές αποστάσεις και να μην χρησιμοποιήσουμε κεραία μεγάλου μήκους, αλλά και να έχουμε μεγάλης ισχύος μετάδοση, χρησιμοποιούμαι ένα πηνίο σε ένα συντονιζόμενο κύκλωμα. Λαμβάνοντας ένα σήμα στην είσοδο του συντονιζόμενου κυκλώματος, το συντονιζόμενο κύκλωμα παράγει ταλαντώσεις υψίσυχνες και με μεγάλο πλάτος που φτάνει μέχρι και 10Volts. Αυτές οι ταλαντώσεις προκαλούν ροή μαγνητικού πεδίου στο πηνίο και στον περίγυρο της κεραίας. Το εκπεμπόμενο σήμα μπορεί να φτάσει κάποια μέτρα. Τοποθετώντας ένα αγώγιμο σήμα από την έξοδο της κεραίας προς το έδαφος μπορούμε να έχουμε αύξηση της εμβέλειας εκπομπής. Το λαμβανόμενο εύρος μπορεί να είναι και 10m.

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία.

Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη.

Βήμα 3ο: Τοποθετήστε την είσοδο από το SESLAB στις θέσεις High,Sine&Const.

Βήμα 4ο: Η κεραία στο κύκλωμα μας (κιτ) είναι ένα αγώγιμο καλώδιο, το οποίο και περιστρέφεται κατά μήκος του κυκλώματος. Το παραπάνω καλώδιο δεν είναι πολύ μεγάλο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν κεραία. Με σκοπό να φτιάξουμε συνθήκες μετάδοσης, τοποθετούμε μεταξύ της εξόδου του ενισχυτή και της κεραίας ένα πηνίο. Όλα μαζί, μαζί και με την χωρητικότητα της κεραίας, κατασκευάζουμε ένα συντονισμένο κύκλωμα.
Τροφοδοτώντας την κεραία με ένα σήμα στην συχνότητα συντονισμού, παράγονται ισχυρές ταλαντώσεις. Η υψηλή τιμή των ταλαντώσεων, μπορεί να ληφθεί με μία λογική ποιότητα στον δέκτη του κιτ.
Το εκπαιδευτικό μας κιτ, περιλαμβάνει ένα πηνίο 47μH το οποίο τοποθετείται σε δύο ακροδέκτες. Στην πάνω δεξιά πλευρά του κιτ (μετά τον διαμορφωτή), υπάρχει ένας ενισχυτής. Μετά τον ενισχυτή είναι η έξοδος της κεραίας.
Τοποθετήστε το πηνίο μεταξύ του ενισχυτή και της υποδοχής της κεραίας.

Βήμα 5ο: Συνδέστε της έξοδο του διαμορφωτή στην είσοδο του ενισχυτή.

Βήμα 6ο: Συνδέστε την είσοδο του διαμορφωτή FM1 στην έξοδο του Vvar.

Βήμα 7ο: Συνδέστε την έξοδο της κεραίας στο κανάλι CH1 του παλμογράφου.
Ελέγξτε πως έχετε υλοποιήσει τη παρακάτω διάταξη.

Βήμα 8°: Περιστρέψτε το διακόπτη Vvar πολύ αργά. Αυτή η αλλαγή, αλλάζει τη συχνότητα του διαμορφωμένου σήματος εξόδου.
Σταθεροποιήστε στην συχνότητα που έχουμε τις μέγιστες ταλαντώσεις.
Παρατηρήστε πως οι λαμβανόμενες ταλαντώσεις έχουν την τιμή των 10Volts.

Βήμα 9°: Συνδέστε την έξοδο του ενισχυτή RF στο κανάλι CH2 του παλμογράφου. Αυτός ο ενισχυτής επίσης χρησιμοποιείται σαν δέκτης. Μετακινήστε το διακόπτη SW του κυκλώματος μίξης στην θέση A. Αυτή θέση ακυρώνει τον τοπικό ταλαντωτή. Ο τοπικός ταλαντωτής ενεργοποιείται, όταν εμφανιστεί ένα στραγγαλισμένο (εξασθενημένο) σήμα στο δέκτη.

Βήμα 10°: Γυρίστε το κυκλικό συλλέκτη του δέκτη έως να λάβετε ένα σήμα στην έξοδο με το μέγιστο πλάτος.
Ο δέκτης τώρα είναι ρυθμισμένος στην συχνότητα του ενισχυτή.

Βήμα 11°: Μετρήστε και υπολογίστε τη σχέση ανάμεσα στις δύο τάσεις:

$$A_o = \frac{V_{CH2}}{V_{CH1}}$$

➢ Έλεγχος της επιλεκτικότητας του συστήματος:

Βήμα 12°: Αλλάξτε τη τιμή της Vvar ελάχιστα. Η αλλαγή αλλάζει τη συχνότητα του διαμορφωμένου σήματος, αλλά επίσης και το πλάτος του σήματος της κεραία (επειδή βασίζεται σε ένα συντονισμένο κύκλωμα). Το σήμα στην έξοδο του δέκτη θα αλλάζει ποιο απότομα.

Βήμα 13°: Βρείτε τις δύο συχνότητες όπου:

$$A_o = \frac{V_{CH2}}{V_{CH1}} = 0.7A_0$$

Η διαφορά των δύο συχνοτήτων δίνει το εύρος ζώνης του ραδιοφωνικού δέκτη.

Υποσημείωση:

Το κύκλωμα το οποίο ελέγχουμε είναι μόνο το κύκλωμα του δέκτη. Η κύρια επιλεκτικότητα σε έναν υπερετερόδυνο δέκτη είναι στους IF ενισχυτές. Το κύκλωμα εισόδου δεν μπορεί να είναι ένα κύκλωμα στενής ζώνης.

Έλεγχος της ευαισθησίας του δέκτη:

Βήμα 14°: Επανατοποθετήστε τη τιμή του Vary στην αρχική του τιμή ώστε να έχουμε την μέγιστη τάση του σήματος στην κεραία (δες την τάση στο κανάλι 1,CH1) .

Βήμα 15°: Ρυθμίστε το δέκτη στην μέγιστη τάση στην έξοδο του δέκτη.

Βήμα 16°: Συνδέστε την έξοδο της γεννήτριας σήματος στην είσοδο του διαμορφωτή AM.

Βήμα 17ο: Ρυθμίστε το σήμα του ΑΜ διαμορφωτή (μέσο της γεννήτριας σήματος) ώστε να έχουμε ένα σήμα συχνότητας 1000Hz και δείκτη διαμόρφωσης 30%.

Βήμα 18ο: Παρατηρήστε το σήμα στην έξοδο του δέκτη.
Στην έξοδο του δέκτη θα πάρουμε ένα διαμορφωμένο ΑΜ σήμα παρόμοιο αλλά με θόρυβο.

Βήμα 19ο: Εφόσον δεν κάνουμε έλεγχο σε έναν πλήρη ραδιοφωνικό δέκτη, μετρούμε την τάση θορύβου V_{np} , της τάσης στην έξοδο του δέκτη. Πολλαπλασιάστε με δύο για να λάβετε τη τάση σε τιμές Vp-p.

Βήμα 20ο: Συνδέστε την έξοδο του δέκτη στον ΑΜ ανιχνευτή.

Βήμα 21ο: Συνδέστε την έξοδο του ΑΜ ανιχνευτή, στην είσοδο του ακουστικού ενισχυτή

Βήμα 22ο: Συνδέστε το διακόπτη του ενισχυτή ακουστικών συχνοτήτων στα μεγάφωνα.

Βήμα 23ο: Γυρίστε το διακόπτη έντασης του ενισχυτή ακουστικών συχνοτήτων στην μέγιστη τιμή.

Βήμα 24ο: Ακούστε τα μεγάφωνα. Θα ακούσετε έναν εξασθενημένο ήχο του διαμορφωμένου σήματος.

Βήμα 25ο: Αλλάξτε τις τιμές των διακοπτών συχνότητας και πλάτους και ακούστε την επίδραση τους στον ήχο του μεγαφώνου.

➢ Πειραματική αναφορά

1. Συγκεντρώστε όλα τα πειραματικά αποτελέσματα και όλες τις μετρήσεις. Σε κάθε πίνακα γράψτε το όνομα του πειράματος και ζωγραφίστε το κύκλωμα που υλοποιήσατε.
2. Συγκρίνετε τις μετρήσεις με τις θεωρητικά αναμενόμενες τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 9η

Κρυσταλλικός Ταλαντωτής

Αντικείμενα της Άσκησης:

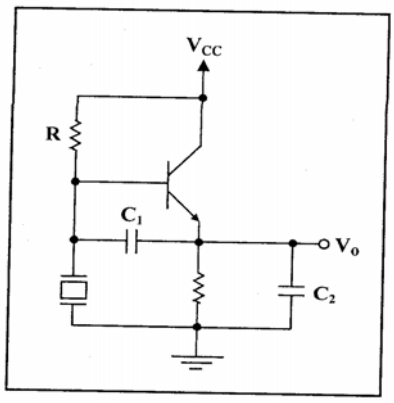
- Δημιουργία ενός διαμορφωμένου ΑΜ σήματος.
- Αποδιαμόρφωση του διαμορφωμένου σήματος με έναν ανιχνευτή περιβάλλουσας.

Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Πολύμετρο
- Μετρητής συχνοτήτων
- Παλμογράφος
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδια με 'Μπανάνα'

Εισαγωγικά- Θέματα προς συζήτηση :

Ένας κρυσταλλικό ταλαντωτής με τρανζίστορ βασίζεται σε ένα κύκλωμα με τρανζίστορ και θετική ανάδραση, η οποία επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός πυκνωτή μεταξύ της βάσης και του εκπομπού του τρανζίστορ. Η θετική ανάδραση έχει σαν αποτέλεσμα να ταλαντώνεται το κύκλωμα του τρανζίστορ σε μία συχνότητα η οποία καθορίζεται από τις εσωτερικές χωρητικότητες του τρανζίστορ, Η συχνότητα αυτή είναι πάρα πολύ υψηλή. Το κύκλωμα του κρυσταλλικού ταλαντωτή φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Για να αναγκάσουμε το κύκλωμα να ταλαντώνεται σε μία καθορισμένη συχνότητα θα πρέπει στη βάση του τρανζίστορ να τοποθετήσουμε τον κρύσταλλο, ο οποίος και αναγκάζει το τρανζίστορ να ταλαντώνεται σε κρυσταλλικές συχνότητες.



Σχήμα 50

Ο πυκνωτής C_1 είναι ένας πυκνωτής ανάδρασης. Ο πυκνωτής C_2 δεν είναι ένας πυκνωτής διαφυγής (τότε δεν θα είχαμε καθόλου σήμα στην έξοδο !!!), αλλά προκαλεί μία ολίσθηση συχνότητας για να έχουμε θετική ανάδραση. Η τιμή του πυκνωτή είναι C=200pF.

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία.

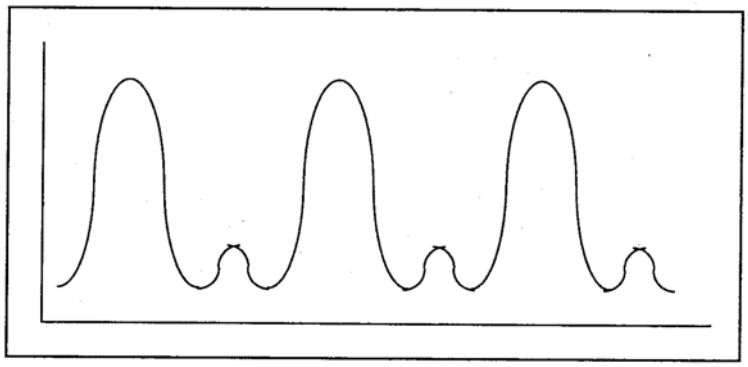
Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη.

Βήμα 3ο: Τοποθετήστε την είσοδο από το SESLAB στις θέσεις High,Sine&Const.

Βήμα 4ο: Τοποθετήστε τον διακόπτη του κρυσταλλικού ταλαντωτή στη θέση ON.

Βήμα 5ο: Τοποθετήστε το κανάλι 1 του παλμογράφου στη έξοδο του ταλαντωτή.

Βήμα 6ο: Παρατηρήστε το σήμα το οποίο λαμβάνεται, πρέπει να μοιάζει με το παρακάτω!!!



Βήμα 7ο: Αγνοήστε τις μικρές ταλαντώσεις (προκαλούνται από τις μεταπτώσεις της τροφοδοσίας) και υπολογίστε την συχνότητα.

Βήμα 8ο: Συγκρίνεται αυτή τη συχνότητα με την συχνότητα του κρυσταλλικού ταλαντωτή.

➢ Πειραματική αναφορά

1. Συγκρίνετε τις θεωρητικές με τις πειραματικές τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 10η

RC Ταλαντωτής

Αντικείμενα της Άσκησης:

- Εξοικείωση με τον RC ταλαντωτή, ο οποίος βασίζεται στον Τ.Ε. (Τελεστικό ενισχυτή).
- Μέτρηση και υπολογισμός των αναμενόμενων σημάτων στην έξοδο του ταλαντωτή σε σχέση με την τιμή των μεγεθών RC .

Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Παλμογράφος
- Γεννήτρια ακουστικών συχνοτήτων
- Καλώδια με 'Μπανάνα'

Εισαγωγικά- Θέματα προς συζήτηση :

Ο RC ταλαντωτής της άσκησης στηρίζεται στην χρήση ενός Τ.Ε. Ο Τ.Ε. είναι ένας ενισχυτής που συγκεντρώνει όλα τα χαρακτηριστικά ενός ιδανικού ενισχυτή και χρησιμοποιείται στις περισσότερες εφαρμογές.
Ο ιδανικός ενισχυτής έχει τις παρακάτω προδιαγραφές.

R_i=∞ - Θέλουμε η αντίσταση εισόδου του ενισχυτή να είναι άπειρη, ώστε η επίδραση της εισόδου του ενισχυτή στην πηγή εισόδου να είναι αμελητέα.
R_o=0 - Η αντίσταση εξόδου να τείνει στο μηδέν, ώστε το φορτίο στην έξοδο να μην επηρεάζει την τάση εξόδου.
A_v=∞ - Άπειρο κέρδος για ανοικτό βρόχο και αρνητική ανάδραση.
BW=∞ - Άπειρο εύρος ζώνης για να μπορεί να δουλέψει και σε υψηλές συχνότητες.

Στην πραγματικότητα δεν υπάρχει ιδανικός ενισχυτή. Όταν σχεδιάζουμε ένα κύκλωμα, διαλέγουμε έναν ενισχυτή ο οποίος καλύπτει τις ποιο σημαντικές προδιαγραφές της εφαρμογής μας. Σε μία εφαρμογή το ποιο σημαντικό μπορεί να είναι το εύρος ζώνης και στην άλλη η αντίσταση εισόδου. Όσο ποιο υψηλές οι απαιτήσεις μας από έναν ενισχυτή τόσο ποιο ακριβός είναι. Για πολλές εφαρμογές απλά ένας Τ.Ε. ενισχυτής είναι αρκετός, με προδιαγραφές:

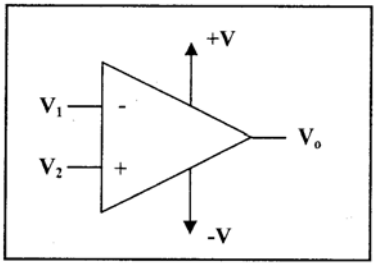
$$R_i \approx 10M\Omega$$

$$R_0 = 25\Omega$$

$$A_V = 50.000 - 100.000$$

$$B_W = 20KHz - 100KHz$$

Οι ποιο πολλές εφαρμογές του Τ.Ε. βασίζονται στους ενισχυτές με ανάδραση. Το σήμα λαμβάνεται από την έξοδο του ενισχυτή και τροφοδοτεί την είσοδο του.
Ο βασικός (τυπικός) Τ.Ε. είναι ένα ηλεκτρονικό εξάρτημα, το οποίο έχει δύο εισόδους (αναστρέφουσα και μη αναστρέφουσα) και μία έξοδο. Έχει μια διαφορική είσοδο στην οποία είναι πολύ εύκολο να εφαρμόσουμε μία θετική η αρνητική ανάδραση. Ο ιδανικός Τ.Ε. είναι αυτός με άπειρο κέρδος και άπειρη αντίσταση εισόδου. Το σύμβολο του Τ.Ε. περιγράφεται παρακάτω.

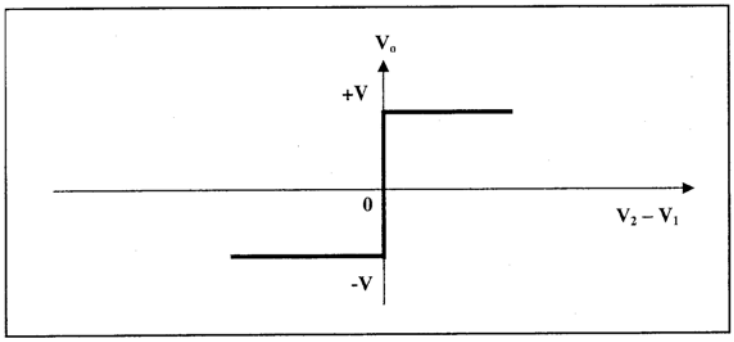


Σχήμα 51

Στην αρνητική ανάδραση, το σήμα εισόδου συνδέεται στην θετική(+) είσοδο και το σήμα ανάδρασης συνδέεται στην αρνητική(-) είσοδο.
Στην θετική ανάδραση, το σήμα εισόδου συνδέεται στην αρνητική(-) είσοδο και το σήμα ανάδρασης συνδέεται στην θετική(+) είσοδο.
Σε λειτουργία χωρίς ανάδραση η ενίσχυση (κέρδος) του Τ.Ε. είναι

$$A_V = \frac{V_{out}}{V_+ - V_-} = \infty$$

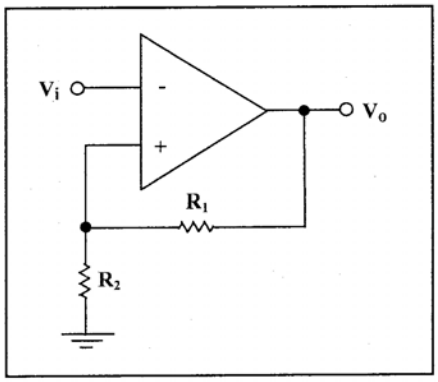
Επειδή ο ενισχυτής έχει πολύ μεγάλη αντίσταση εισόδου, το ρεύμα πόλωσης στην είσοδο είναι πάρα πολύ μικρό και μπορεί να θεωρηθεί σχεδόν μηδενικό.
$I_+ = I_- = 0$
Η τάση στην έξοδο, είναι ίση με τη διαφορά των δύο σημάτων στην είσοδο πολλαπλασιασμένη με το άπειρο κέρδος του ενισχυτή. Το πραγματικό κέρδος βέβαια δεν είναι άπειρο και δίνεται στα στοιχεία λειτουργίας κάθε Τ.Ε. Τα ρεύματα εισόδου είναι πολύ μικρά και μπορούν να αγνοηθούν.



Σχήμα 52

Εάν $V_1 < V_2$ τότε $V_0 = +V$.
Εάν $V_1 < V_2$ τότε $V_0 = -V$.

Όταν συνδέσουμε την θετική ανάδραση στον Τ.Ε. γίνεται ένας ταλαντωτής ή η έξοδος του ισορροπεί σε μία από τις τιμές +V ή –V (ή μηδέν εάν η είσοδος τροφοδοτείται από μια πηγή στην είσοδο). Για παράδειγμα έχουμε το παρακάτω κύκλωμα.

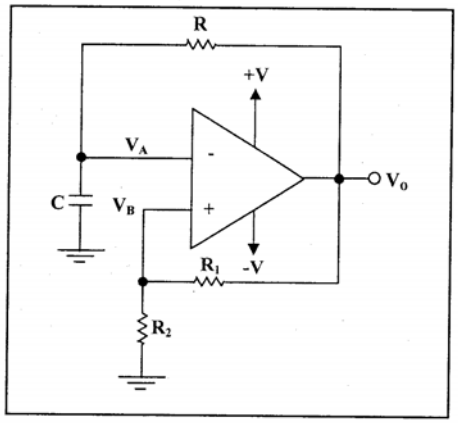


Σχήμα 53

Εάν το σήμα εισόδου V_ι+ είναι μεγαλύτερο (ακόμα και ελάχιστα) από το σήμα εισόδου V_ι-, τότε το σήμα εξόδου θα αυξηθεί και μαζί με αυτό και το σήμα εισόδου, οπότε τελικά το σήμα στην έξοδο θα πάρει την μέγιστη τιμή +V.

Εάν το σήμα εισόδου V_ι+ είναι μικρότερο (ακόμα και ελάχιστα) από το σήμα εισόδου V_ι-, τότε το σήμα εξόδου θα μειωθεί και μαζί με αυτό και το σήμα εισόδου, οπότε τελικά το σήμα στην έξοδο θα πάρει την ελάχιστη τιμή -V.

Ο RC ταλαντωτής στηρίζεται στο παρακάτω κύκλωμα.



Σχήμα 54

Λόγω της θετικής ανάδρασης η τάση εξόδου θα είναι σε μία από τις ακραίες θέσεις +V ή –V. (Το συγκεκριμένο κύκλωμα δεν μπορεί να λειτουργήσει με μία μόνο τροφοδοσία) Όταν $V_A < V_B$ η έξοδος του κυκλώματος θα είναι V_o=+V και $V_B = +V\dfrac{R_2}{R_1 + R_2}$. Επειδή το η τάση στην έξοδο είναι +V, ο πυκνωτής θα φορτιστεί δια μέσου της αντίστασης R του κυκλώματος RC στο δυναμικό +V και φυσικά την ίδια τάση θα έχει και το δυναμικό V_A, αφού είναι η τάση του πυκνωτή.

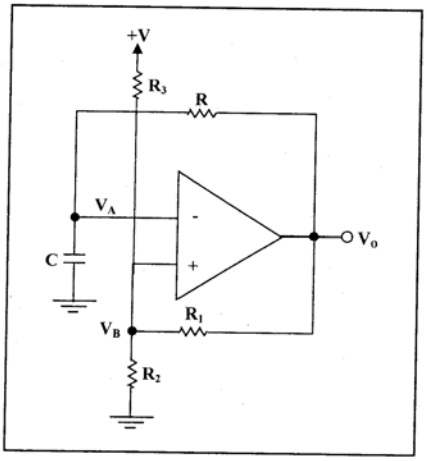
Όταν το δυναμικό στο V_A περάσει για λίγο το δυναμικό $V_B = +V\dfrac{R_2}{R_1 + R_2}$, τότε έξοδος θα γίνει –V και θα έχουμε: V_o=-V και $V_B = -V\dfrac{R_2}{R_1 + R_2}$.

Τώρα ο πυκνωτής θα αρχίσει να εκφορτίζεται δια μέσο της αντίστασης R και δυναμικό V_A θα ελαττώνεται μέχρι να πάρει την τιμή –V. Όταν το δυναμικό στο V_A περάσει για λίγο το δυναμικό $V_B = -V\dfrac{R_2}{R_1 + R_2}$, τότε έξοδος θα γίνει +V και θα έχουμε: V_o=+V και $V_B = +V\dfrac{R_2}{R_1 + R_2}$, και θα επαναληφθεί η ίδια διαδικασία φόρτισης και εκφόρτισης πάλι.

Το σήμα εξόδου είναι μια τετραγωνική κυματομορφή μεταξύ των τιμών +V και –V και η συχνότητα του σήματος εξόδου εξαρτάται από την χρονική σταθερά RC.

Όταν δουλεύουμε με μία μόνο τροφοδοσία (τάση πόλωσης), η έξοδος θα ταλαντώνεται μεταξύ των τιμών 0V και +V. Χρειαζόμαστε την τάση V_B να ταλαντώνεται μεταξύ δύο θετικών τιμών αλλιώς το κύκλωμα δεν θα ταλαντώνεται.

Αυτό συμβαίνει με το παρακάτω κύκλωμα



Σχήμα 55

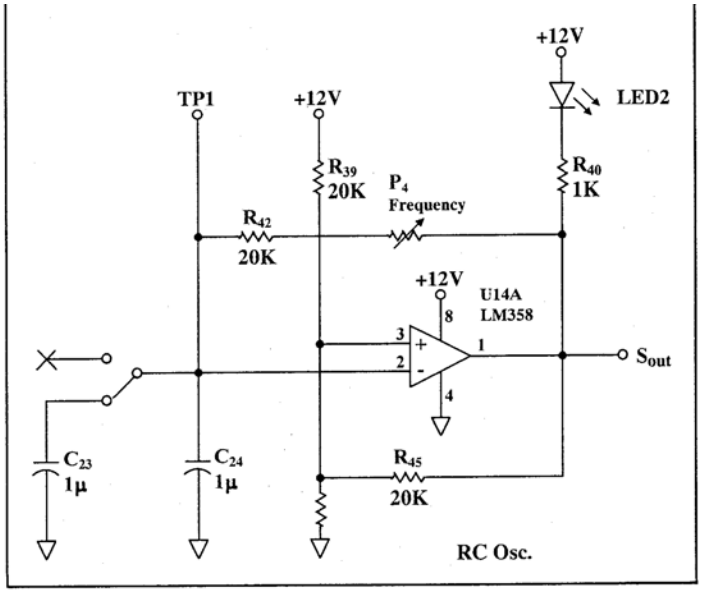
Είναι σύνηθες να λαμβάνουμε ίσες τιμές αντιστάσεων $R_1 = R_2 = R_3 = R$

Όταν το δυναμικό στην έξοδο είναι ίσο με +V τότε οι αντιστάσεις R_1 και R_2 είναι παράλληλες και η ισοδύναμη τους αντίσταση είναι R_{equal}= ½*R_2. Το δυναμικό $V_B = +V\dfrac{R_2}{R_{equal} + R_2} = \dfrac{2}{3}V$.

Όταν το δυναμικό στην έξοδο είναι ίσο με 0V τότε οι αντιστάσεις R_1 και R_2 είναι παράλληλες και η ισοδύναμη τους αντίσταση είναι R_{equal}= ½*R_3. Το δυναμικό $V_B = +V\dfrac{R_3}{R_{equal} + R_3} = \dfrac{1}{3}V$.

Έτσι το δυναμικό V_A ταλαντώνεται μεταξύ των τιμών 1/3V και 2/3V και η έξοδος μεταξύ των τιμών 0V και +V.

Το πλήρες κύκλωμα του TPS-3421,το οποίο χρησιμοποιούμε στη πειραματική μας διάταξη είναι το παρακάτω.



Σχήμα 56

Το κύκλωμα περιέχει ένα διακόπτη, ο οποίος επιτρέπει έναν άλλο πυκνωτή τον C_{23}, να συνδεθεί παράλληλα με τον ήδη υπάρχον συνδεδεμένο πυκνωτή C_{24}. Η σύνδεση αυξάνει τη συνολική χωρητικότητα και τη σταθερά χρόνου RC και τελικά μειώνεται η συνολική συχνότητα, όπως μπορούμε να δούμε από το αναβόσβημα του LED. Μπορούμε να αλλάξουμε την τιμή του ποτενσιόμετρου, άρα την τιμή της αντίστασης R και άρα και την τιμή της χρονικής σταθερά , άρα και την τιμή της συχνότητας του σήματος στην έξοδο.

➢ Θεωρητικές Ερωτήσεις

1. Εάν η τάση πόλωσης του τρανζίστορ είναι ±12V, ποια θα είναι η αλλαγή στο δυναμικό V_B σε έναν ταλαντωτή με διπλή (συμμετρική) τροφοδοσία;
2. Εάν R=20KΩ και C=0.01μF, ποια θα είναι η συχνότητα της ταλάντωσης σε έναν ταλαντωτή με διπλή (συμμετρική) τροφοδοσία;
3. Σε έναν ταλαντωτή με μονή τροφοδοσία **V=12V** $R_1 = R_2 = R_3 = 20K\Omega$, ποια αλλαγή στην τιμή V_B.
4. Εάν R=20KΩ και C=0.01μF, ποια θα είναι η συχνότητα της ταλάντωσης σε έναν ταλαντωτή με μονή τροφοδοσία;

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία

Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη.

Βήμα 3ο: Γυρίστε στο ON τον κεντρικό διακόπτη του κιτ.

Βήμα 4ο: Αναγνωρίστε το RC κύκλωμα ταλάντωσης στην πειραματική διάταξη.

Βήμα 5ο: Μετακινήστε τον διακόπτη CL/CH (Capacitor Low/Capacitor High) στην θέση CL.

Βήμα 6°: Μεταβάλλεται την τιμή του ποτενσιόμετρου του ταλαντωτή και παρατηρήστε την συχνότητα που αναβοσβήνει το LED.

Βήμα 7°: Συνδέστε το κανάλι 1 CH1 του παλμογράφου στην έξοδο S_{out} του ταλαντωτή. Ρυθμίστε τον ταλαντωτή στην DC λειτουργία και ρυθμίστε την χρονική υποδιαίρεση (time/div) ώστε να βλέπεται την αλλαγή του σήματος.

Βήμα 8°: Μεταβάλλεται την τιμή του ποτενσιόμετρου και παρατηρήστε την συχνότητα που αναβοσβήνει το LED.

Βήμα 9°: Συνδέστε το κανάλι 2 CH2 του παλμογράφου στο TP1.Αυτό το σημείο δείχνει το δυναμικό (τάση)του πυκνωτή.

Βήμα 10: Μετακινήστε τον διακόπτη CL/CH (Capacitor Low/Capacitor High) στην θέση CH.

Βήμα 11: Ρυθμίστε την χρονική υποδιαίρεση (time/div) του ποτενσιόμετρου ώστε να βλέπεται και τα δύο σήματα ταυτόχρονα στην οθόνη του, το S_{out} και το TP1.

Βήμα 12: Κάντε την γραφική παράσταση των σημάτων που βλέπετε στην οθόνη του παλμογράφου.

Βήμα 13: Μετρήστε τις μέγιστες τιμές του S_{out} και του TP1.

Βήμα 14: Η τάση τροφοδοσίας είναι 12V. Συμβαδίζουν οι τιμές που μετρήσατε προηγουμένως με την θεωρία;

Βήμα 15: Μεταβάλλεται το ποτενσιόμετρο ώστε να βρείτε την τιμή στην οποία η συχνότητα ταλάντωσης είναι μέγιστη. Σε αυτή την κατάσταση η τιμή του ποτενσιόμετρου είναι η ελάχιστη 0Ω, η τιμή της αντίστασης R=20KΩ και του πυκνωτή C=0.001μF.
Συγκρίνατε την θεωρητική τιμή του ποτενσιόμετρου με την πρακτική υπολογιζόμενη.

➢ Πειραματική αναφορά

1. Συγκεντρώστε όλα τα πειραματικά αποτελέσματα και όλες τις μετρήσεις. Σε κάθε πίνακα γράψτε το όνομα του πειράματος και ζωγραφίστε το κύκλωμα που υλοποιήσατε.
2. Συγκρίνετε τις μετρήσεις με τις θεωρητικά αναμενόμενες τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 11η

Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό

Αντικείμενα της Άσκησης:

- Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε αναλογικό
- Συζήτηση πάνω στη γραμμικότητα του συστήματος
- Συζήτηση πάνω στην ακρίβεια της μετατροπής.

Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Πολύμετρο
- Καλώδια με 'Μπανάνα'
- Επίπεδα καλώδια

Εισαγωγικά- Θέματα προς συζήτηση:

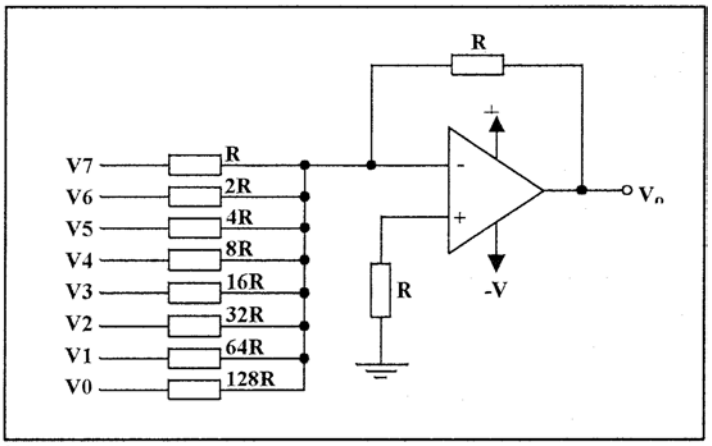
➢ Κατασκευή ενός DAC με την χρήση Τελεστικού Ενισχυτή και συστήματος αντιστάσεων.

Ένας μετατροπέας ψηφιακού σε αναλογικό σήμα (DAC), είναι ένα κύκλωμα το οποίο λαμβάνει στην είσοδο του δυαδικούς αριθμούς και το μετατρέπει σε ένα ηλεκτρικό αναλογικό σήμα στην έξοδο του. Οι δυαδικοί αριθμοί φτιάχνονται από δυαδικά ψηφία (bits), όπου μπορούμε να θεωρήσουμε τις τιμές τους σε λογικό '0' ή λογικό '1' όπου το '0' αντιστοιχεί σε τιμή τάσης 0V και το '1' σε τιμή τάσης V_R (τάση αναφοράς).

Η τάση στην έξοδο του κυκλώματος είναι ισοδύναμη σε μία δεκαδική τιμή ενός δυαδικού αριθμού, πολλαπλασιασμένο με μία σταθερά V_R και πολλαπλασιασμένο με ένα παράγοντα (ο παράγοντας είναι συνάρτηση του κυκλώματος). Ας υποθέσουμε για παράδειγμα πως ο δυαδικός αριθμός είναι ο 01001110, ο οποίος αντιστοιχεί στον δεκαδικό 78_{10}, η τάση αναφοράς είναι 5V και ο παράγοντας του κυκλώματος καθορίζεται στα 0.01. Η τάση στην έξοδο του κυκλώματος είναι

$$V_o = 0.01*5*78 = 0.05*78 = 3.9V$$

Ένας μετατροπέας ψηφιακού σε αναλογικό σήμα (DAC), είναι ένα κύκλωμα το οποίο, αποτελείται από έναν τελεστικό ενισχυτή και ένα δίκτυο με αντιστάσεις.



Σχήμα 57

Υπολογίζουμε την τάση εξόδου V_O συναρτήσει με τα δυναμικά V_0- V_7:

$$V_o = -(\frac{R}{R}V_7 + \frac{R}{2R}V_6 + \frac{R}{4R}V_5 + \frac{R}{8R}V_4 + \frac{R}{16R}V_3 + \frac{R}{32R}V_2 + \frac{R}{64R}V_1 + \frac{R}{128R}V_0)$$

Κάνοντας τις πράξεις έχουμε::

$$V_o = -(V_7 + \frac{1}{2}V_6 + \frac{1}{4}V_5 + \frac{1}{8}V_4 + \frac{1}{16}V_3 + \frac{1}{32}V_2 + \frac{1}{64}V_1 + \frac{1}{128}V_0)$$

Διαιρώντας και πολλαπλασιάζοντας με 128 έχουμε :

$$V_o = -\frac{1}{128}(128V_7 + 64V_6 + 32V_5 + 16V_4 + 8V_3 + 4V_2 + 2V_1 + 1V_0)$$

Εάν κάθε τάση ισούται με το δυναμικό αναφοράς πολλαπλασιασμένο τόσες φορές με την αντίστοιχη τιμή bit (0 ή 1).

V_I=V_R*D_I

Έτσι τελικά έχουμε

$$V_o = -\frac{1}{128}(128V_R * D_7 + 64V_R * D_6 + 32V_R * D_5 + 16V_R * D_4 + 8V_R * D_3 + 4V_R * D_2 + 2V_R * D_1 + 1V_R * D_0)$$

και τελικά

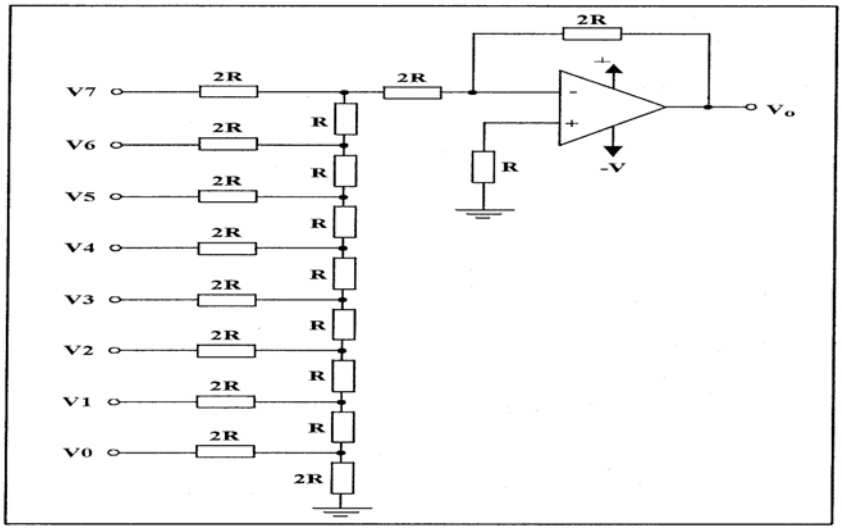
$$V_o = -\frac{1}{128}V_R(128D_7 + 64D_6 + 32D_5 + 16D_4 + 8D_3 + 4D_2 + 2D_1 + 1D_0)$$

Με αυτόν το τρόπο λαμβάνουμε την τάση εξόδου, της οποίας η τάση είναι συνάρτηση του δυαδικού αριθμού, ο οποίος τροφοδοτεί την είσοδο του κυκλώματος. Ο παράγοντας πολλαπλασιασμού του κυκλώματος είναι (1/128)* V_R.

Η τάση εξόδου του κυκλώματος έχει αρνητική τιμή. Αν θέλουμε να έχουμε μια θετική τιμή τάσης θα πρέπει στην έξοδο του κυκλώματος να συνδέσουμε έναν αναστροφικό ενισχυτή. Είναι δυνατόν επίσης να χρησιμοποιήσουμε έναν αναστροφικό ενισχυτή με οποιοδήποτε κέρδος, με σκοπό να αλλάξουμε το συνολικό τελικό κέρδος.

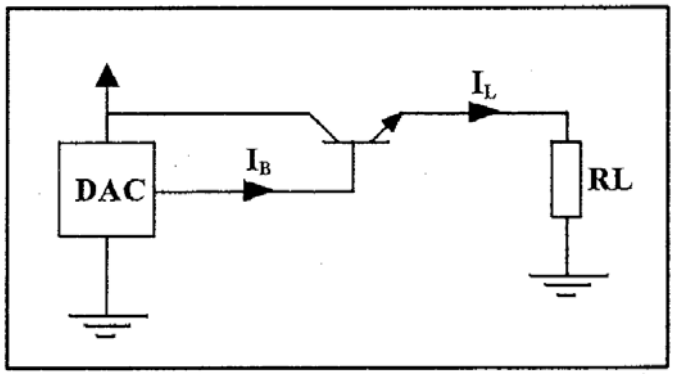
Η ακρίβεια της τιμής των αντιστάσεων είναι ένα πολύ σημαντικό θέμα για την ακρίβεια του DAC. Το πρόβλημα σε τέτοια κυκλώματα ότι θα πρέπει να χρησιμοποιούμε αντιστάσεις των οποίων ο λόγος θα πρέπει να έχει όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια!!! Έτσι για να φτιάξουμε ένα κύκλωμα με μεγάλη ακρίβεια είναι μια πολύ δύσκολη διαδικασία και πολύ ακριβή.

Μία λύση στο παραπάνω πρόβλημα είναι η χρήση του παρακάτω κυκλώματος. Αυτό το κύκλωμα κάνει χρήση ιδανικών αντιστάσεων δυο διαφορετικών ειδών.



Σχήμα 58

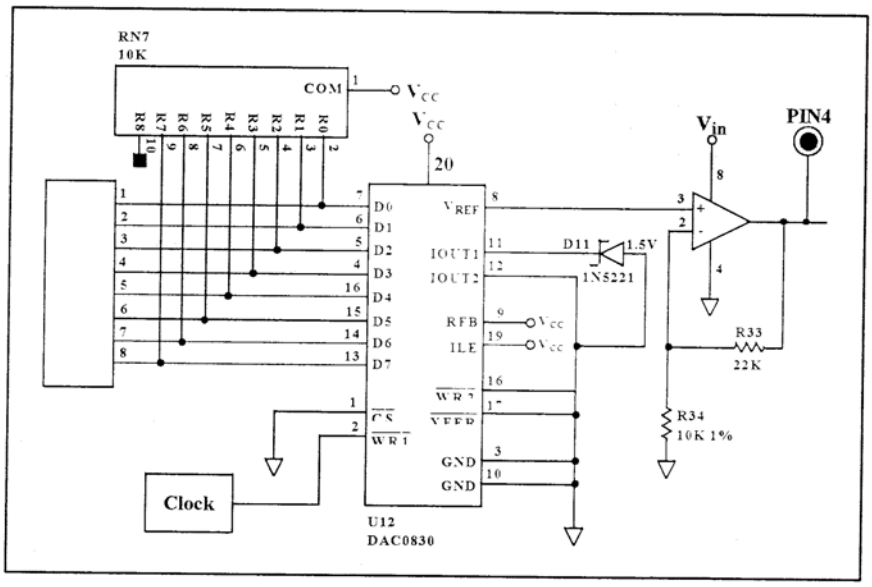
Προσπαθήστε να βρείτε την σχέση μεταξύ της εξόδου και των τιμών εισόδου!!!
Όταν απαιτείται να θέσουμε σε λειτουργία μια συσκευή, της οποίας το ρεύμα που απαιτείται είναι μεγαλύτερο από αυτό που ο Τ.Ε. μπορεί να δώσει, τότε μπορούμε να κάνουμε χρήση του παρακάτω κυκλώματος.



Σχήμα 59

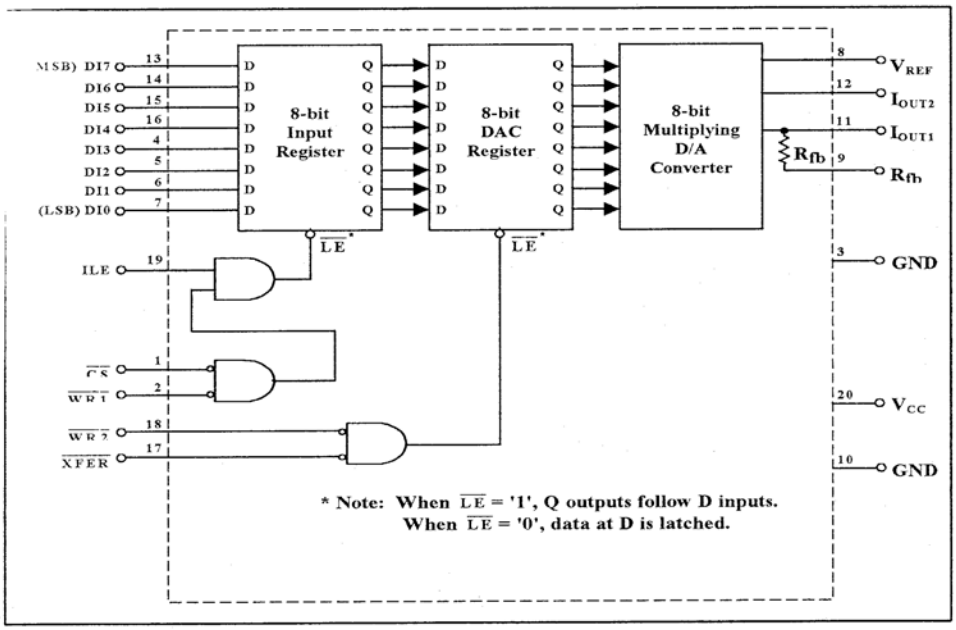
➢ Ανάλυση του DAC0832

Το DAC κύκλωμα το οποίο χρησιμοποιούμαι στο TPS-3491



Σχήμα 59

Το DAC κύκλωμα το οποίο χρησιμοποιούμαι στο TPS-3491 είναι το DAC0832. Το παραπάνω ολοκληρωμένο περιέχει 8 ψηφιακές εισόδους. Ένα σταθερό σήμα ρολογιού παρέχεται στην είσοδο ρολογιού του ολοκληρωμένου. Με αυτό τον τρόπο, η κατάσταση των εισόδων είναι ένα δυαδικό σήμα. Η έξοδο του DAC είναι μία τάση η οποία είναι συνάρτηση των δυαδικών αριθμών στην είσοδο. Ο DAC0832 περιέχει μία υποδοχή εξόδου και ενεργοποιεί την ορθή σύνδεση του μικροϋπολογιστή. Αυτή η υποδοχή εξόδου, έχει ένα ρολόι εξόδου και έναν εσωτερικό καταχωρητή. Σε κάθε παλμό ρολογιού, τα δυαδικά δεδομένα και οι είσοδοι του DAC σώζονται και καταχωρούνται στον καταχωρητή. Η γενική κατασκευή του DAC είναι η παρακάτω.



Σχήμα 60

Κάθε κύκλωμα DAC έχει ένα λόγω τάσης και έναν βαθμό ακρίβειας. Ο βαθμός ακρίβειας, συνδέεται με τον αριθμό των bits. Έτσι η έξοδος του DAC είναι μία τάση που καθορίζεται από τον αριθμό των bits και από τον λόγω τάσης.

Η μέγιστη δεκαδική τιμή για έναν 8-bits δυαδικό αριθμό είναι 255.
Η μέγιστη δεκαδική τιμή για έναν 10-bits δυαδικό αριθμό είναι 1023.
Η τάση εξόδου για έναν Χ δυαδικό αριθμό με ακρίβεια 8-bits είναι

➢ Ερωτήσεις

1) Ο λόγος τάσης σε έναν DAC είναι 5V και η ακρίβεια του είναι 8-bits.
Συμπληρώστε τις τάσεις εξόδου του DAC στο παρακάτω πίνακα:

Binary No.	Decimal No.	Output Voltage
00000000		
10000000		
11000000		
11100000		
11110000		
11111000		
11111100		
11111110		
11111111		

3) Υπολογίστε τον αντίστοιχο δυαδικό αριθμό, με σκοπό να έχουμε τις παρακάτω τάσεις:
4)

Output Voltage	Decimal Value	Binary Value
0.0V		
0.5V		
1.0V		
1.5V		
2.0V		
2.5V		
3.0V		
3.5V		
4.0V		
4.5V		
5.0V		

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1ο: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία.

Βήμα 2ο: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη.

Βήμα 3ο: Συνδέστε την ψηφιακή έξοδο των DATA SWITCHES, στην είσοδο του DAC.

Βήμα 4ο: Συνδέστε το πολύμετρο σαν βολτόμετρο στην αναλογική έξοδο του DAC.

Βήμα 5ο: Τοποθετήστε τους διακόπτες της πλακέτας όπως παρακάτω.

S1-1CH
S2-LNR (Linear)
S3-AMR (not important)
S4-0
S5-0
S6-0

Βήμα 6ο: Ο DAC του συστήματος μας ελέγχεται από έναν εσωτερικό ελεγκτή. Ο ελεγκτής διαβάζει τα δεδομένα στον ακροδέκτη (connector) και τα μεταφέρει στον DAC, σύμφωνα με την συχνότητα ρολογιού του συστήματος.
Για κάθε μετατροπή το ρολόι πρέπει να είναι ενεργοποιημένο.
Μετακινώντας τον διακόπτη S12 (βρίσκεται στη πάνω δεξιά γωνία) στα δεξιά, ενεργοποιεί το ρολόι και τα LED δίπλα στην μνήμα RAM να τρέχουν.
Η συχνότητα ρολογιού καθορίζεται από δύο διακόπτες S15 και S16.
Εάν συχνότητα ρολογιού καθορίζεται από τον διακόπτη S14 (χειροκίνητος διακόπτης), θα πρέπει να πιέζεται κάθε φορά που θέλουμε ο ADC να μετατρέψει το δείγμα του σήματος στην είσοδο του σε αναλογικό σήμα.
Τοποθετήστε τον διακόπτη S12 στην δεξιά πλευρά ώστε να ενεργοποιήσετε το ρολόι.

Βήμα 7ο: Αλλάξτε την θέση των διακοπτών και μετρήστε την τάση εξόδου. Συμπληρώστε το παρακάτω πίνακα.

Binary No.	Hex.Number	Decimal Value	Output Voltage
00000000	00H	0	
00000001	01H	1	
00000010	02H	2	
00000100	04H	4	
00001000	08H	8	
00010000	10H	16	
00100000	20H	32	
01000000	40H	64	
10000000	80H	128	
11111111	FFH	255	

Βήμα 8ο: Ποια η μέγιστη και ελάχιστη τιμή τάσης που παράγεται από το DAC.

Βήμα 9ο: Είναι η μετατροπή γραμμική;

Βήμα 10ο: Ας υποθέσουμε πως είναι γραμμική. Ποια θα ήταν η τάση εξόδου σε μία είσοδο στο DAC 55H(85_{10}). Θα είναι 01010101;

Βήμα 11ο: Τοποθετήστε τους διακόπτες για είσοδο στο DAC 01010101 και ελέγξτε εάν η αναλογική έξοδος του είναι ίδια με αυτή των θεωρητικών υπολογισμών.

Βήμα 12ο: Ποια είναι η αλλαγή στην τάση εξόδου, όταν αλλάζουμε το λιγότερο σημαντικό ψηφίο (LSB); Ποια είναι η σπουδαιότητα αυτής της τιμής;

Βήμα 13ο: Υπολογίστε τους δυαδικούς και δεκαδικούς αριθμούς με σκοπό να πάρουμε τις παρακάτω τιμές τάσεως.

Analoge Voltage	Switches Binary Number	Hex.Number	Decimal Value	Binary Value
0.0V				
0.5V				
1.0V				
1.5V				
2.0V				
2.5V				
3.0V				
3.5V				
4.0V				
4.5V				
5.0V				

Βήμα 14^{ο}: Συγκρίνατε τις τιμές αυτές, με τις τιμές που πήρατε στο προηγούμενο πείραμα.

Βήμα 15^{ο}: Μετακινήστε το διακόπτη S2 στη θέση CMP και το διακόπτη S3 στην θέση AMR.

Βήμα 16^{ο}: Υπολογίστε τους δυαδικούς και δεκαδικούς αριθμούς με σκοπό να πάρουμε τις παρακάτω τιμές τάσεως.

Analoge Voltage	Switches Binary Number	Hex.Number	Decimal Value	Binary Value
0.0V				
0.5V				
1.0V				
1.5V				
2.0V				
2.5V				
3.0V				
3.5V				
4.0V				
4.5V				
5.0V				

Βήμα 17^{ο}: Συγκρίνατε τις τιμές αυτές, με τις τιμές που πήρατε στο προηγούμενο πείραμα.

Βήμα 18^{ο}: Μετακινήστε το διακόπτη S3στην Ε θέση.

Βήμα 19^{ο}: Υπολογίστε τους δυαδικούς και δεκαδικούς αριθμούς με σκοπό να πάρουμε τις παρακάτω τιμές τάσεως.

Analoge Voltage	Switches Binary Number	Hex.Number	Decimal Value	Binary Value
0.0V				
0.5V				
1.0V				
1.5V				
2.0V				
2.5V				
3.0V				
3.5V				
4.0V				
4.5V				
5.0V				

Βήμα 20^{ο}: Συγκρίνατε τις τιμές αυτές, με τις τιμές που πήρατε στο προηγούμενο πείραμα.

➢ Πειραματική αναφορά

3. Σε κάθε διάγραμμα ονομάστε τη πειραματική διαδικασία σχεδιάστε το το μπλοκ διάγραμμα της κάθε διάταξης.
4. Συγκρίνετε τις θεωρητικές με τις πειραματικές τιμές.

Εργαστηριακή Άσκηση 12η

Δειγματοληψία σήματος και ανακατασκευή του

Αντικείμενα της Άσκησης:

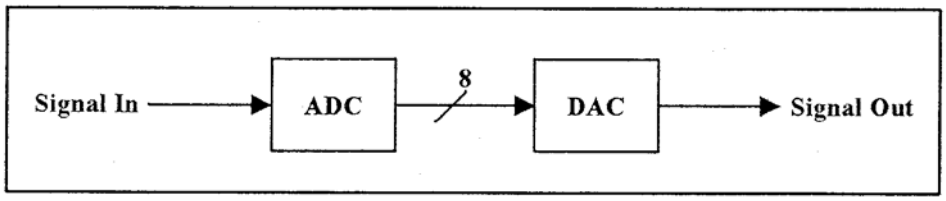
- Δειγματοληψία και συγκράτηση ως μέθοδος δειγματοληψίας
- PAM (Pulse amplitude Modulation), Παλμική διαμόρφωση Πλάτους σαν μέθοδος δειγματοληψίας.
- PCM-Pulse code Modulation, Παλμοκωδική Διαμόρφωση.
- Η επίδραση της συχνότητας δειγματοληψίας στην ανακατασκευή(ανάκτηση) του αρχικού σήματος.

Απαιτούμενος Εξοπλισμός

- TPS-3421
- Τροφοδοσία
- Καλώδια με 'Μπανάνα'
- Επίπεδα καλώδια

Εισαγωγικά- Θέματα προς συζήτηση:

Σε αυτό το πείραμα, θα τροφοδοτήσουμε την είσοδο του ADC με ένα σήμα, θα το μετατρέψουμε σε έναν δυαδικό αριθμό και στην συνέχεια θα ανακατασκευάσουμε το αρχικό σήμα με έναν DAC.

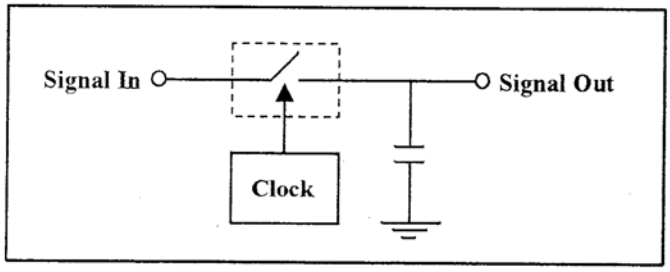


Σχήμα 61

Θα κάνουμε τη μετατροπή με έναν διαφορετικό αριθμό μεθόδων δειγματοληψίας.
Η εκπαιδευτική μας πλακέτα TPS-3421 περιέχει τρείς διακόπτες οι οποίοι καθορίζουν την μέθοδο δειγματοληψίας και ανάκτησης του σήματος, σύμφωνα με το δυαδικό αριθμό τον οποίο δείχνουν.
Ο ADC μετατροπέας του κιτ εκτελεί την μετατροπή σύμφωνα με το ρολόι του συστήματος. Η συχνότητα του ρολογιού, μπορεί να αλλάξει διακριτά και όχι συνεχόμενα. Το ρολόι έχει 4 διαφορετικού ρυθμούς (συχνότητες λειτουργίας).
Συνήθως, υλοποιούμαι κάθε φορά ένα ειδικό σύστημα για κάθε διαφορετική μέθοδο δειγματοληψίας και συγκράτησης. Το TPS-3421 έχει τη δυνατότητα να μας αναπαραστήσει όλες τις διαφορετικές μεθόδους και για αυτό το λόγο είναι ειδικά κατασκευασμένο. Ο ADC ελέγχεται οπό τον δικό του μικροελεγκτή και ο DAC.από τον δικό του μικροελεγκτή. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να υλοποιήσουμε πολλούς διαφορετικούς τρόπους δειγματοληψίας και ανάκτησης απλά με την αλλαγή ενός διακόπτη.

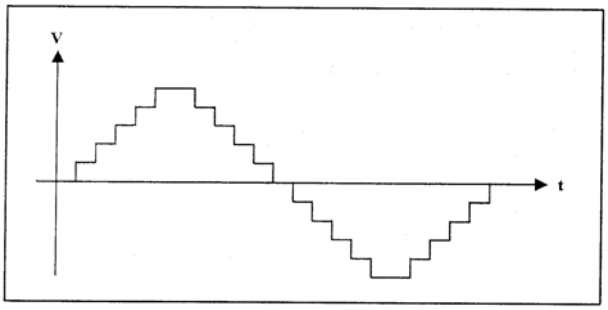
➢ Δειγματοληψία και Συγκράτηση (S/H)

Σε αυτή τη μέθοδο, σε κάθε δειγματοληψία, το σήμα στην είσοδο του ADC συγκρατείται στην τιμή της δειγματοληψίας μέχρι την επόμενη δειγματοληψία. Η δειγματοληψία και συγκράτηση του σήματος γίνεται συνήθως στην είσοδο του ADC με τον ακόλουθο τρόπο.



Σχήμα 62

Αν για παράδειγμα το σήμα εισόδου είναι ένα ημιτονικό σήμα η έξοδος θα είναι σαν τη παρακάτω:

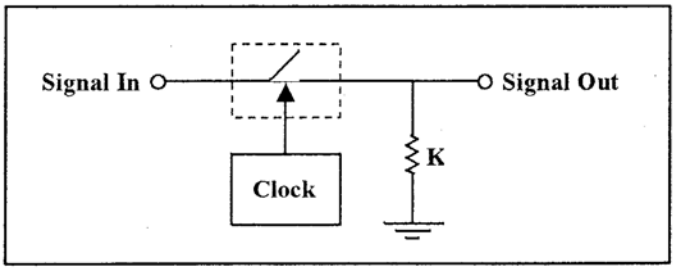


Σχήμα 63

Ο περιγραφόμενος διακόπτης είναι ένα ηλεκτρονικό κύκλωμα (Αναλογικό Κύκλωμα). Σε κάθε παλμό του ρολογιού, ο διακόπτης κλείνε και ο πυκνωτής φορτίζεται με την τάση του σήματος εισόδου. Στην συνέχεια ο διακόπτης ανοίγει και η τάση παραμένει σταθερή στον πυκνωτή, μέχρι τον επόμενο παλμό του ρολογιού.
Η μεθοδολογία της δειγματοληψίας και συγκράτησης χρησιμοποιείται σαν είσοδος σε έναν ADC, ώστε να παραμένει σταθερή η τάση στην είσοδο του κατά την διάρκεια της μετατροπής. Εάν η τάση στην είσοδο του μετατροπέα άλλαζε κατά την διάρκεια της μετατροπής αυτό θα μπορούσε να προκαλέσει σημαντικό σφάλμα ακόμα και αν η αλλαγή ήταν μικρή. Το πόσο σημαντικό είναι το σφάλμα εξαρτάται από τη μέθοδο μετατροπής και από την τιμή του σήματος εισόδου. Για παράδειγμα, εάν το αποτέλεσμα της μετατροπής είναι 1000,0000 , μια μικρή αλλαγή του σήματος εισόδου κατά την διάρκεια της μετατροπής, μπορεί να δώσει δεδομένα εξόδου 0111,111 και να πάρουμε τελικό αποτέλεσμα 1111,1111 αντί για 1000,0000 .
Ο ADC του κιτ μας, έχει ένα S/H κύκλωμα στην είσοδο του. Για να δείξουμε την λειτουργία του S/H, συνδέουμε την έξοδο του ADC σε έναν DAC μετατροπέα. Από τον επιλογέα θέσεως του διακόπτη, επιλέγουμε τον συνδυασμό 000. Σε αυτή την θέση η έξοδος του DAC θα είναι σαν την έξοδο ενός S/H.

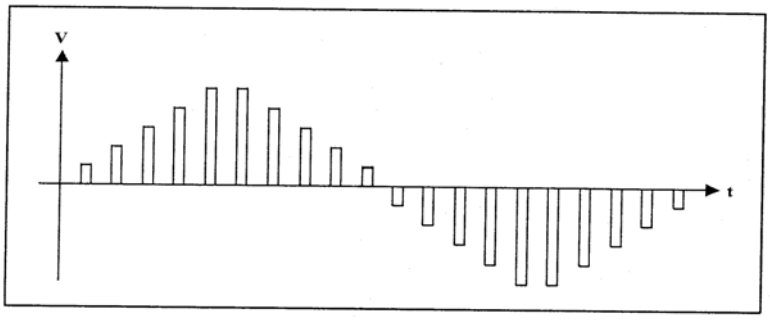
➢ Παλμική κατά πλάτος διαμόρφωση (PAM)

Με αυτή την μεθοδολογία, μετατρέπουμε ένα συνεχές σήμα, σε μια σειρά τετραγωνικών παλμών, των οποίων το πλάτος είναι ίσο με το πλάτος του σήματος εισόδου, κατά τις στιγμές δειγματοληψίας. Μεταξύ των δειγμάτων το σήμα εξόδου είναι ίσο με μηδέν 0V.
Το σύστημα δειγματοληψίας μοιάζει σαν το παρακάτω:



Σχήμα 64

Εάν το σήμα εισόδου είναι ένα ημίτονο, το σήμα εξόδου θα είναι σαν το παρακάτω:



Σχήμα 65

Το χρονικό διάστημα μεταξύ των δειγμάτων θα πρέπει να είναι πολύ μεγαλύτερο από την διάρκεια των παλμών. Αυτή τη μέθοδο τη χρησιμοποιούμαι όταν θέλουμε να μεταδώσουμε έναν αριθμό διαφορετικών αναλογικών σημάτων μέσα από το ίδιο κανάλι. (Πολύπλεξη στο χρόνο, TDM Time Division Myltiplex). Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, μεταδίδεται το σήμα από το οποίο λαμβάνουμε δείγμα και ενδιάμεσα των χρονικών στιγμών δειγματοληψίας μεταδίδονται δείγματα άλλων σημάτων.
Το λαμβανόμενο σύστημα, λαμβάνει τα δείγματα, τα διαχωρίζει και ανακατασκευάζει το αρχικό σήμα.
Για να δείξουμε την μέθοδο PAM , συνδέουμε στην πειραματική μας διαδικασία την έξοδο ενός ADC στη είσοδο ενός DAC. Από τους διακόπτες επιλέγουμε τον συνδυασμό 001. Σε αυτή την περίπτωση η έξοδος του DAC, θα συμπεριφέρεται σαν ένα PAM σύστημα.

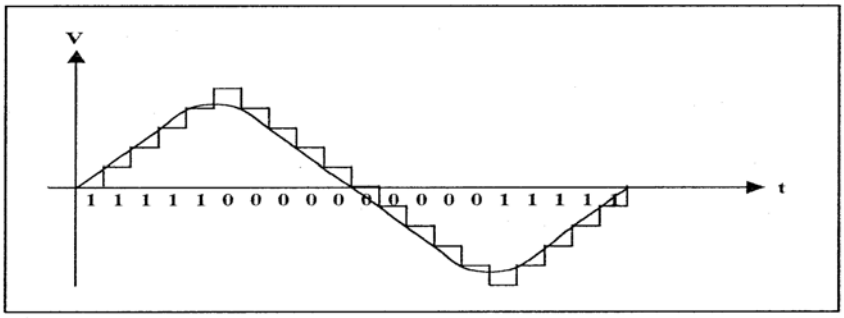
➢ Παλμοκωδική διαμόρφωση (PCM)

Παλμοκωδική διαμόρφωση είναι η διαδικασία δειγματοληψίας ενός αναλογικού σήματος από έναν ADC και η μετατροπή σε δυαδικούς αριθμούς. Με αυτό τον τρόπο, ένα αναλογικό σήμα μετατρέπεται σε ένα σύνολο δυαδικών αριθμών. Το σύνολο των δυαδικών αριθμών μπορεί να

μεταδοθεί ψηφιακά (παράλληλα η σειριακά), με τον ίδιο ρυθμό δειγματοληψίας ή διαφορετικό, να αποθηκεύονται σε μνήμη κ.τ.λ.
Τα bit που αντιστοιχούν στα δείγματα του σήματος είναι συνάρτηση της ακρίβειας μετατροπής. Για σήμα ομιλίας συνηθίζεται να χρησιμοποιούμαι ακρίβεια 8- bit. Για μουσική η οποία αποθηκεύεται π.χ. σε CD χρειάζεται μεγαλύτερη ακρίβεια άρα περισσότερα bit για να καθοριστεί η τιμή ενός δείγματος.
Η ανακατασκευή του σήματος από τα κωδικοποιημένα bit γίνεται από έναν DAC. Φυσιολογικά το σήμα που λαμβάνουμε είναι ένα σκαλωτό σήμα, σύμφωνα πάντα με την ακρίβεια μετατροπής της τιμής του δείγματος. Με σκοπό να εξομαλύνουμε την σκαλωτή κυματομορφή περνάμε το σήμα από ένα χαμηλοπερατό φίλτρο.
Η διαμόρφωση PCM είναι μία μη οικονομική μέθοδος όσον αναφορά τα bit που χρειάζονται. Για παράδειγμα ας πούμε πως ένα σήμα δειγματοληπτείται με ρυθμό 800δείγματα/sec. Αυτό σημαίνει πως για κάθε δευτερόλεπτο μουσικής χρειαζόμαστε 8*8000 bits.
Αυτό αυξάνει τον ρυθμό μετάδοσης των δεδομένων. Μια τυπική τιμή ψηφιακής μετάδοσης είναι 64Kbits/sec.

➢ Διαμόρφωση Δέλτα (ΔΜ)

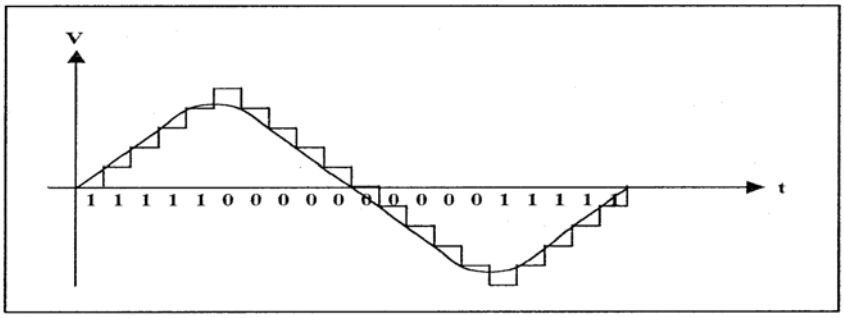
Με την διαμόρφωση δέλτα έχουμε εξοικονομήσει των bit που χρειάζονται για την κωδικοποίηση των δειγμάτων του σήματος. Με αυτή τη μέθοδο κάθε δείγμα αναπαριστάται με μία τιμή 0 ή 1. Σε κάθε δείγμα, το σύστημα κατασκευάζει ένα αναλογικό σήμα ανεβαίνοντας ή κατεβαίνοντας από την προηγούμενη τιμή του δείγματος κατά ένα σταθερό βήμα. Το σύστημα κάνει μία σύγκριση της τιμής του δείγματος με την τιμή της τάσης του συστήματος και αποφασίζει για το επόμενο βήμα. Σε κάθε σύγκριση προκύπτει ένα 0 ή 1 αντίστοιχα.
Ένα ημιτονικό σήμα για παράδειγμα μπορεί να μεταφραστεί σαν ένα ψηφιακό σήμα στην διαμόρφωση δέλτα όπως παρακάτω.



Σχήμα 6

Το σύστημα δειγματοληψίας δημιουργεί ένα σκαλωτό σήμα και το συγκρίνει με τη τιμή του σήματος δειγματοληψίας. Παρατηρήστε πως επειδή σε κάθε στιγμή δειγματοληψίας το σήμα της διαμόρφωσης δέλτα μεταβάλλεται βηματικά με κάποια τιμή, δεν μπορεί να ακολουθήσει τις αλλαγές του σήματος όταν αυτό μεταβάλλεται πολύ γρήγορα.

Για παράδειγμα :



Σχήμα 7

Αν η συχνότητα δειγματοληψίας είναι μεγαλύτερη, τα βήματα είναι μικρότερα (ποιο πυκνά χρονικά) και η ομοιότητα του ανακατασκευασμένου σήματος και του αρχικού είναι μεγαλύτερη.
Μια DC τάση είναι μια ευθεία γραμμή και περιγράφεται από τα ψηφία 010101010101. Γιατί;
Η Διαμόρφωση Δέλτα είναι ποιο οικονομική (8 bit) από την PCM.

➢ Η επίδραση της Συχνότητας Δειγματοληψίας στην ποιότητα του ανακατασκευασμένου (ανακτημένου)σήματος.

Όσο η συχνότητα δειγματοληψίας είναι μεγαλύτερη, τα βήματα είναι μικρότερα (ποιο πυκνά χρονικά) και η ομοιότητα του ανακατασκευασμένου σήματος και του αρχικού είναι μεγαλύτερη.
Με βάση τα μαθηματικά μπορούμε να ανακατασκευάσουμε το δειγματοληπτιμένο αναλογικό σήμα με χαμηλή συχνότητα δειγματοληψίας με την χρήση φίλτρων.
Ο βασικός κανόνας είναι, για να ανακατασκευαστεί ένα σήμα, θα πρέπει η συχνότητα δειγματοληψίας να είναι να είναι τουλάχιστον δύο φορές μεγαλύτερη, από την μέγιστη συχνότητα του σήματος.
Αυτό φαντάζει παράξενο γιατί, εάν για παράδειγμα έχουμε ένα ημιτονικό σήμα και εμείς το δειγματοληπτούμε δύο φορές σε μία περίοδο, παίρνουμε ένα τετραγωνικό σήμα το οποίο δεν μοιάζει και ιδιαίτερα με το ημιτονικό σήμα. Αν όμως φιλτράρουμε το δειγματοληπτιμένο τετραγωνικό σήμα με ένα χαμηλοπερατό φίλτρο το οποίο και φιλτράρει όλες τις υψηλές αρμονικές, λαμβάνουμε εκ νέου το ημιτονικό σήμα από το τετραγωνικό σήμα.

➢ Πειραματική διαδικασία

Βήμα 1^{ο}: Συνδέστε το TPS-3421 στη τροφοδοσία

Βήμα 2^{ο}: Συνδέστε τη τροφοδοσία στο MAIN και ανοίξτε το διακόπτη

Βήμα 3^{ο}: Τοποθετήστε τους διακόπτες του κιτ όπως φαίνεται παρακάτω:

S1-1CH
S2-LNR (Linear)
S3-AMR (not important)
S4-0

S5-0
S6-0
S12-Clock
S15-F2
S16-High

ADC-DAC:

Βήμα 4ο: Συνδέστε την είσοδο του ADC στην έξοδο του DAC.

Βήμα 5ο: Συνδέστε την έξοδο του ADC στα LED παραδίπλα.

Βήμα 6ο: Συνδέστε την έξοδο των διακοπτών στην είσοδο του DAC.

Βήμα 7ο: Συνδέστε το πολύμετρο στην έξοδο του DAC.

Βήμα 8ο: Μεταβάλλεται τους διακόπτες του DAC και παρατηρήστε τις αλλαγές στα LED του ADC. Μετρήστε τη τάση στην έξοδο του DAC.

Βήμα 9ο: Συμπληρώστε το παρακάτω πίνακα:

Switches Status	Hex.Number	Decimal Value	Output Voltage	LEDs Status
00000000	00H	0		
00000001	01H	1		
00000010	02H	2		
00000100	04H	4		
00001000	08H	8		
00010000	10H	16		
00100000	20H	32		
01000000	40H	64		
10000000	80H	128		
11111111	FFH	255		

Βήμα 10ο: Καταγράψτε τα συμπεράσματα σας για την αλλαγή της ακρίβειας

Βήμα 11ο: Αποσυνδέστε έξοδο των διακοπτών από την είσοδο του DAC.

Βήμα 12ο: Αποσυνδέστε την είσοδο του ADC στην έξοδο του DAC.

Βήμα 13ο: Συνδέστε την έξοδο των LED στην είσοδο του DAC.

Βήμα 14ο: Συνδέστε την είσοδο του ADC στην έξοδο της γεννήτριας Vvar.

Βήμα 15ο: Μεταβάλλεται την τάση της γεννήτριας και καταγράψτε τις παρακάτω τιμές στο πίνακα:

Analog Input	LEDs Binary No.	Hex. No.	Analog Output
0.0V			
0.5V			
1.0V			
1.5V			
2.0V			
2.5V			
3.0V			
3.5V			
4.0V			
4.5V			

Δειγματοληψία και συγκράτηση (S/H)

Βήμα 16°: Αποσυνδέστε την είσοδο του ADC στην έξοδο της γεννήτριας Vvar.

Βήμα 17°: Συνδέστε την είσοδο του ADC στην έξοδο Out, της γεννήτριας σήματος.

Βήμα 18°: Τοποθετήστε το SESLAB στην κατάσταση Auto και ενεργοποιήστε το πρόγραμμα SESCOPE.

Βήμα 19°: Τοποθετήστε την είσοδο του CH1, στην έξοδο της γεννήτριας σήματος.

Βήμα 20°: Ρυθμίστε το σήμα της γεννήτριας ώστε να είναι ένα ημτοτονικό σήμα που έχει πλάτος 2V (4Vp-p) και συχνότητα 500Hz.

Βήμα 21°: Τοποθετήστε την είσοδο του CH2, στην έξοδο του DAC.

Βήμα 22°: Ζωγραφίστε (κάντε την γραφική παράσταση) του λαμβανόμενου σήματος.

Βήμα 23°: Θέστε τη συχνότητα δειγματοληψίας στο F1.

Βήμα 24°: Ζωγραφίστε (κάντε την γραφική παράσταση) του λαμβανόμενου σήματος.

Βήμα 25°: Θέστε τη συχνότητα δειγματοληψίας στο F2.

Βήμα 26°: Σταδιακά αυξήστε την συχνότητα της γεννήτριας και παρατηρήστε το σήμα εξόδου.

Βήμα 27°: Ζωγραφίστε (κάντε την γραφική παράσταση) του λαμβανόμενου σήματος, για συχνότητες 1000H και 1500Hz.

Παρατήρηση :

Περνώντας το σήμα μέσα από ένα ζωνοπερατό φίλτρο ή από ένα χαμηλοπερατό φίλτρο, θα το εξομαλύνουμε και θα πάρουμε ένα σήμα, παρόμοιο με το σήμα εισόδου.

Βήμα 28°: Ρυθμίστε το σήμα της γεννήτριας ώστε να είναι ένα τριγωνικό σήμα που έχει πλάτος 2V (4Vp-p) και συχνότητα 500Hz

Βήμα 29°: Τοποθετήστε την είσοδο του CH2, στην έξοδο του DAC.

Βήμα 30°: Ζωγραφίστε (κάντε την γραφική παράσταση) του λαμβανόμενου σήματος.

Βήμα 31ο: Θέστε τη συχνότητα δειγματοληψίας στο F1.

Βήμα 32ο: Ζωγραφίστε (κάντε την γραφική παράσταση) του λαμβανόμενου σήματος.

Βήμα 33ο: Θέστε τη συχνότητα δειγματοληψίας ξανά στο F2.

Βήμα 34ο: Σταδιακά αυξήστε την συχνότητα της γεννήτριας και παρατηρήστε το σήμα εξόδου.

Βήμα 35ο: Ζωγραφίστε (κάντε την γραφική παράσταση) του λαμβανόμενου σήματος, για συχνότητες 1000H και 1500Hz.

PAM:

Βήμα 36ο: Τοποθετήστε τον συνδυασμό 001 στους διακόπτες S4-S6. Αυτός συνδυασμός θέτει το σύστημα στην κατάσταση PAM.

Βήμα 37ο: Ρυθμίστε το σήμα της γεννήτριας ώστε να είναι ένα ημτοτονικό σήμα που έχει πλάτος 2V (4Vp-p) και συχνότητα 500Hz.

Βήμα 38ο: Ζωγραφίστε (κάντε την γραφική παράσταση) του σήματος εξόδου για τριγωνικό και ημιτονικό σήμα.

Δειγματοληψία φωνής και ανακατασκευή της:

Βήμα 39ο: Αποσυνδέστε την είσοδο του ADC στην έξοδο της γεννήτριας.

Βήμα 40ο: Συνδέστε την είσοδο του ADC στη έξοδο του προενισχυτή.

Βήμα 41ο: Συνδέστε το μικρόφωνο στην είσοδο του προενισχυτή.

Βήμα 42ο: Συνδέστε την έξοδο του DAC, στην είσοδο του ακουστικού ενισχυτή.

Βήμα 43ο: Θέστε τη συχνότητα του ρολογιού στο F2.

Βήμα 44ο: Μιλήστε στο μικρόφωνο και ακούστε τη φωνή σας στο μεγάφωνο.

Βήμα 45ο: Μεταβάλλεται το κέρδος (ενίσχυση), του ακουστικού ενισχυτή , μέχρι να λάβετε ένα σήμα φωνής αρκετά καλής ποιότητας.

Βήμα 46ο: Θέστε τη συχνότητα του ρολογιού στο F1.

Ελέγξτε πως η μεταβολή της συχνότητας του ρολογιού επιδρά στο ανακατασκευασμένο σήμα .

➢ Πειραματική αναφορά

1. Συγκεντρώστε όλα τα πειραματικά αποτελέσματα και όλες τις μετρήσεις. Σε κάθε πίνακα γράψτε το όνομα του πειράματος και ζωγραφίστε το κύκλωμα που υλοποιήσατε.
2. Συγκρίνετε τις μετρήσεις με τις θεωρητικά αναμενόμενες τιμές.