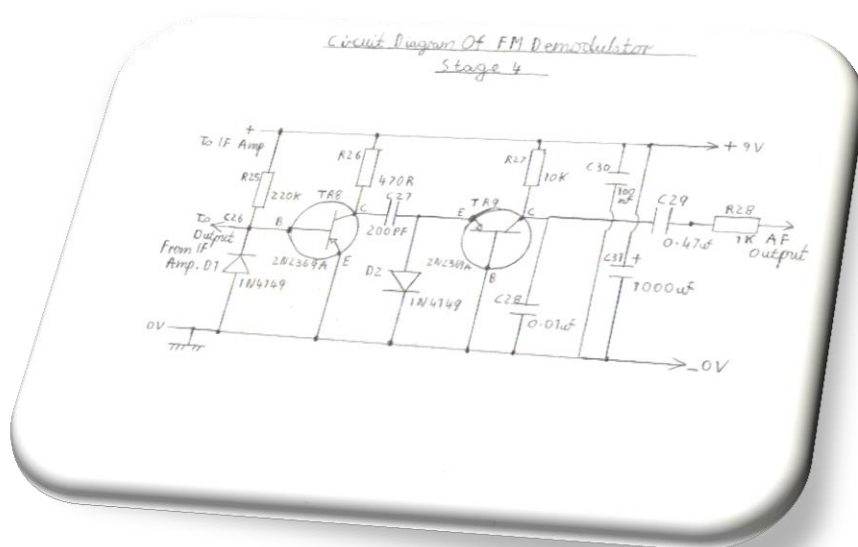


ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ Ι

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

Εργαστηριακή Άσκηση #8

Μελέτη FM αποδιαμόρφωσης με χρήση του Detuned Resonant αποδιαμορφωτή και του Quadrature Detector



Δρ. Μιχάλης Παρασκευάς
Επίκουρος Καθηγητής
Βασίλειος Τσακανίκας
Πανεπιστημιακός Υπότροφος

Σκοπός

Στην παρούσα εργαστηριακή άσκηση εξετάζεται η λειτουργικότητα των κυκλωμάτων *Detuned Resonator* και *Quadrature Detector* που παρέχονται ως διακριτά υποσυστήματα στο εκπαιδευτικό **board IT-4103**. Με χρήση των συγκεκριμένων βαθμίδων και του παλμογράφου, θα πραγματοποιηθεί η αποδιαμόρφωση FM σήματος.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε ολοκληρώσει την παρούσα εργαστηριακή άσκηση, θα μπορείτε να:

- Χρησιμοποιείτε τον μετασχηματισμό Fourier για την απεικόνιση των σημάτων στο πεδίο του χρόνου.
- Περιγράφετε την κυκλωματική λειτουργία του *detuned resonator*.
- Απεικονίζετε τα σήματα στο πεδίο της συχνότητας καθώς και στο πεδίο του χρόνου.
- Κατονομάζετε τα διακριτά λειτουργικά /υποσυστήματα (blocks) του IT-4103 board
- Χρησιμοποιείτε το IT-4103 board για την προσομοίωση των τεχνικών διαμόρφωσης και αποδιαμόρφωσης συχνότητας.
- Αξιοποιείτε τον παλμογράφο για την απεικόνιση των σημάτων εισόδου και εξόδου.
- Πραγματοποιείτε απλές συνδεσμολογίες μεταξύ των επιμέρους τμημάτων του IT-4103 board.

Τι θα χρειαστείτε

Για την επιτυχή εκτέλεση της άσκησης θα χρειαστείτε τα παρακάτω:

- Εκπαιδευτικό board IT-4103
- 2mm patch cords (καλώδια σύνδεσης)
- Παλμογράφο (Cathode Ray Oscilloscope, CRO)

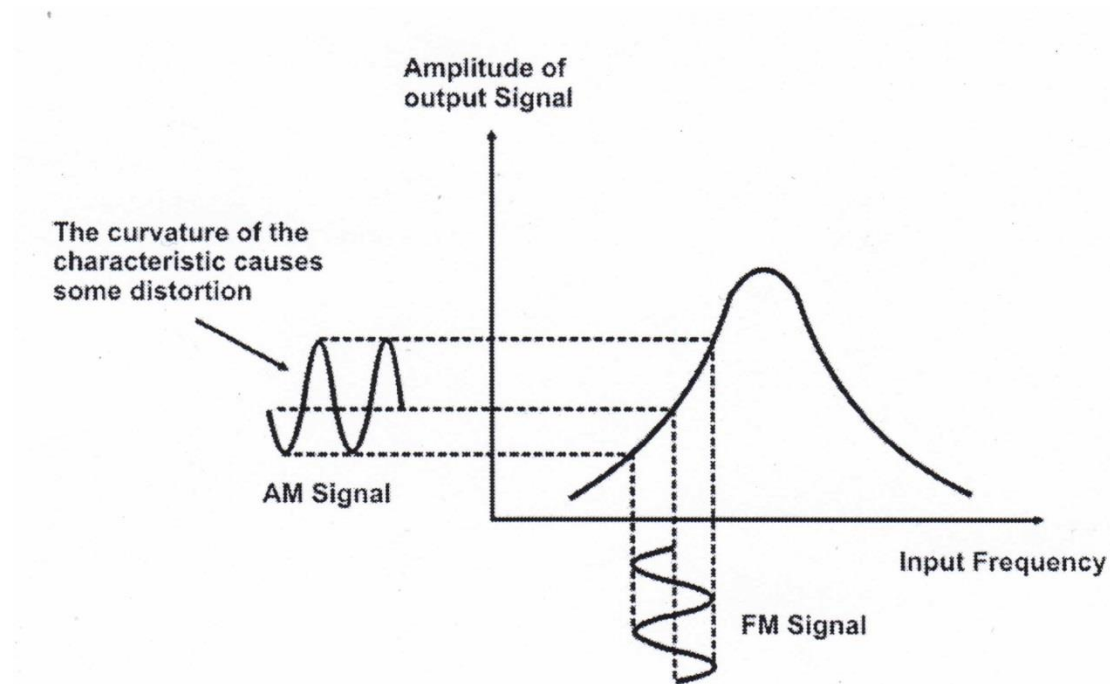
Έννοιες κλειδιά

- Σήμα
- Συχνότητα
- Κυματομορφή
- Διαμόρφωση κατά συχνότητα
- Παλμογράφος
- *Detuned resonant demodulator*
- *Quadrature Detector demodulator*

A. Detuned Resonant αποδιαμορφωτής

Εισαγωγικές παρατηρήσεις

Ο Detuned Resonant αποδιαμορφωτής στηρίζει την λειτουργία του σε ένα παράλληλο συντονισμένο κύκλωμα, το οποίο έχει αποσυντονιστεί (επίτηδες) έτσι ώστε το εισερχόμενο σε αυτόν φέρον να «συναντά» την συχνότητα στο μισό αριστερό μέρος της συχνотικής της κατανομής (βλ. Εικόνα 1)



Εικόνα 1: Αρχή λειτουργίας του *Detuned Resonant* αποδιαμορφωτή.

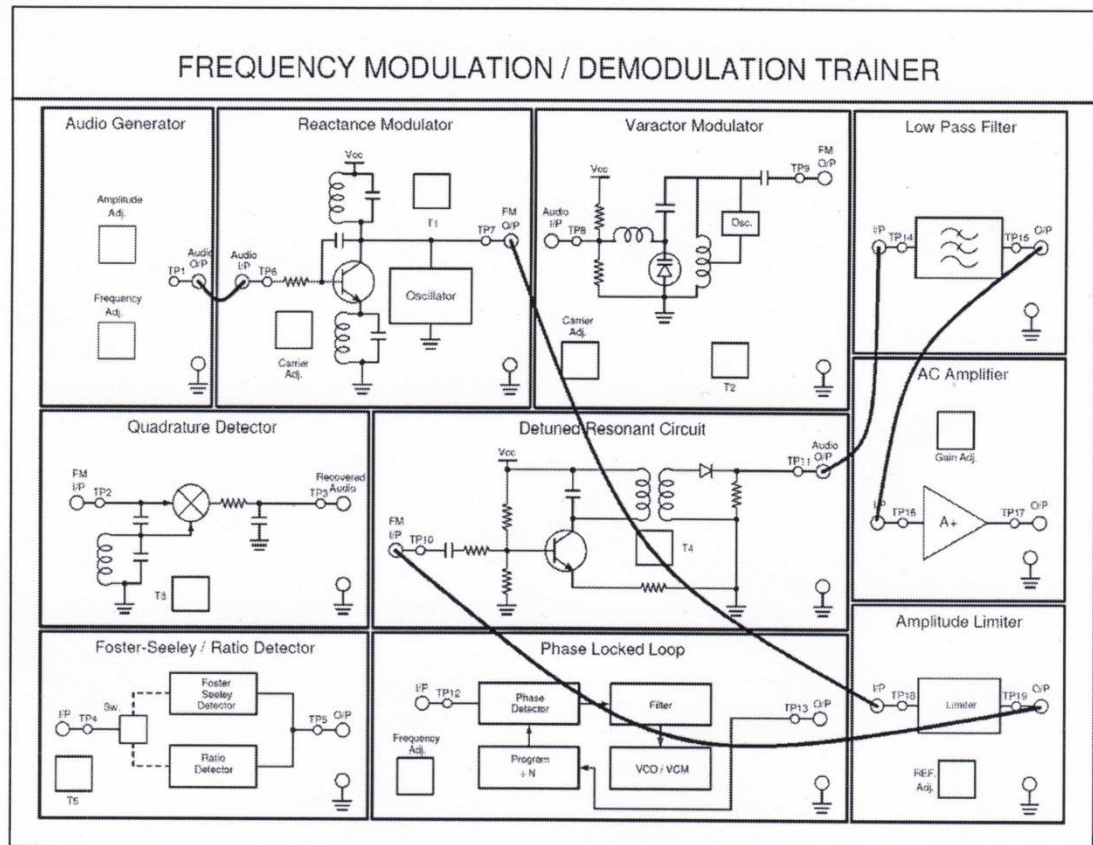
Διαδικασία

Για τη διεξαγωγή της παρούσας εργαστηριακής άσκησης θα χρησιμοποιήσουμε ως αναφορά το διάγραμμα της **Εικόνας 2**, όπου παρουσιάζονται τα διακριτά υποσυστήματα του εκπαιδευτικού board **IT-4103** και επισημάνθηκαν στην Εργαστηριακή Άσκηση #7 και #8, τα οποία επισημαίνονται ακολούθως:

- Γεννήτρια ακουστικού σήματος (audio generator)
- Reactance modulator
- Χαμηλοδιαβατό φίλτρο (low pass filter- LPF)
- Quadrature detector
- Detuned resonant circuit
- AC amplifier
- Foster-Seeley / Ratio detector
- Phase locked loop (PLL)

Εργαστηριακή Άσκηση #8: Μελέτη FM αποδιαμόρφωσης με χρήση του *Detuned Resonant* αποδιαμορφωτή και του *Quadrature Detector*

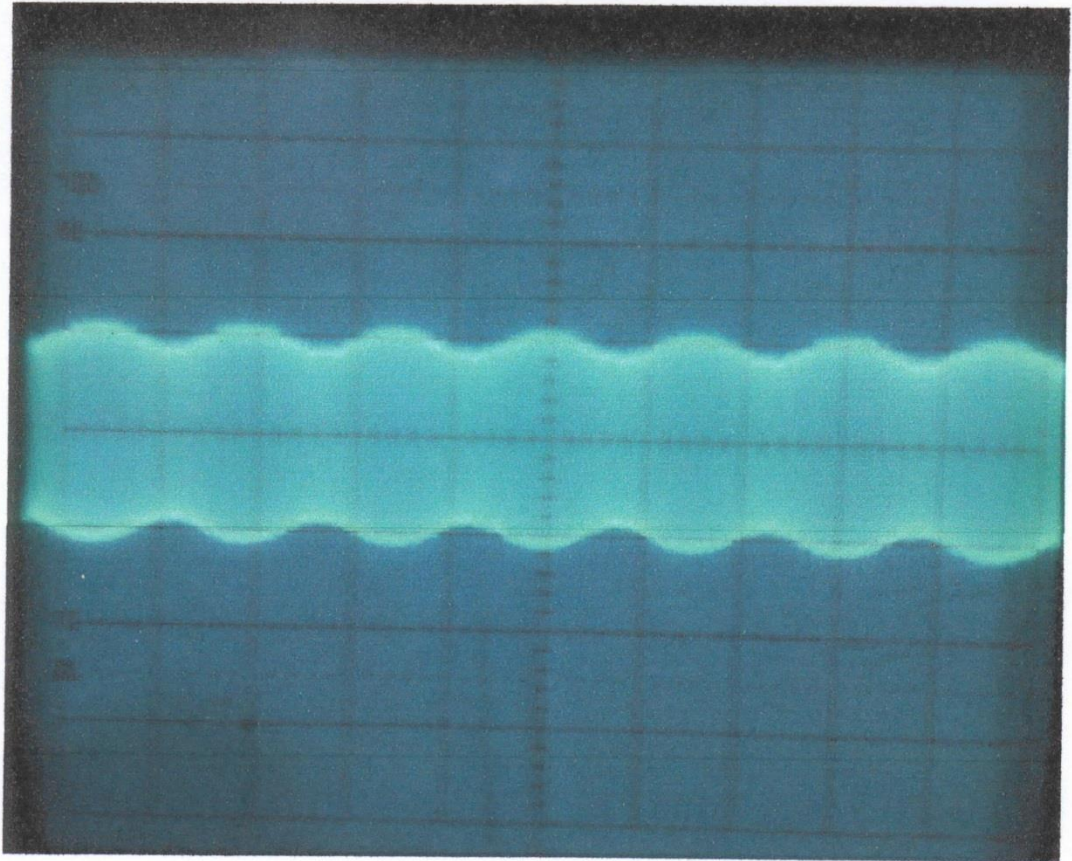
- Περιοριστής πλάτους (Amplitude Limiter)



Εικόνα 2: Συνδεσμολογία διαμόρφωσης – αποδιαμόρφωσης FM.

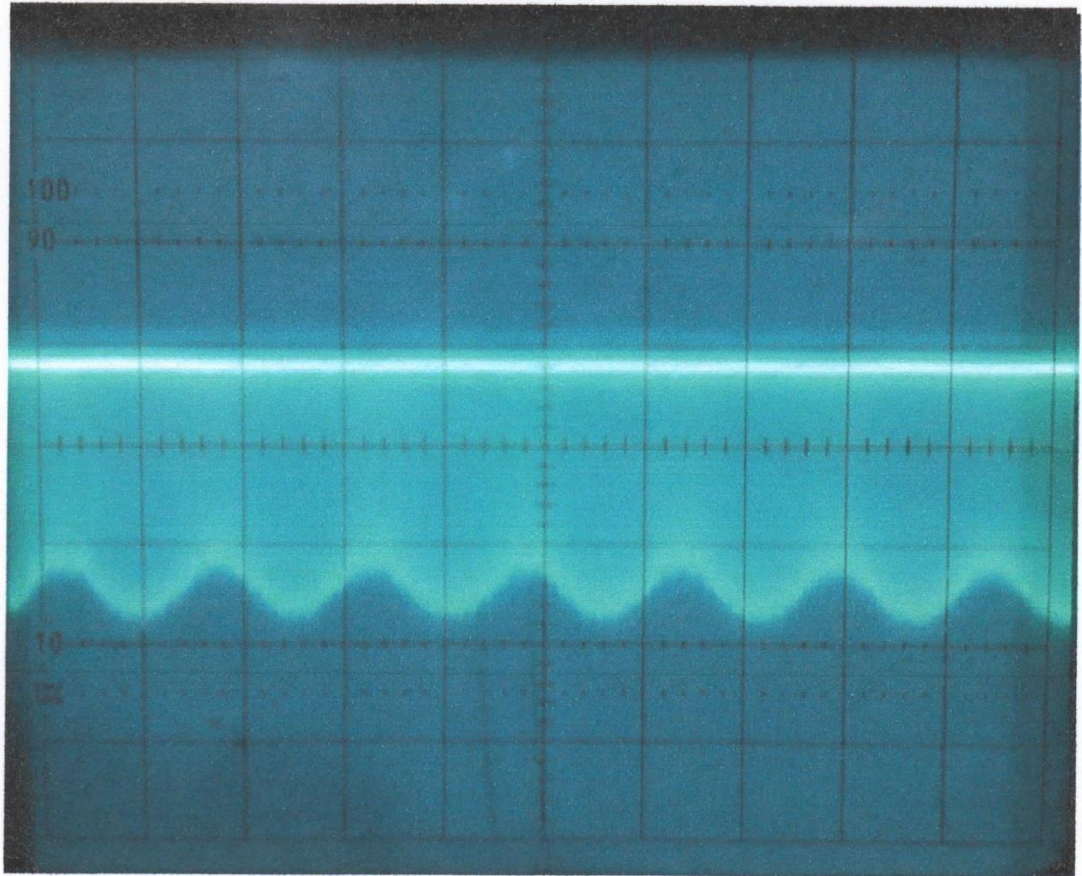
Για την εκτέλεση της άσκησης ακολουθείστε διαδοχικά τα παρακάτω βήματα:

- **Βήμα 1^ο:** Θέσατε σε λειτουργία το **IT-4103 board**.
- **Βήμα 2^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP1** της γεννήτριας ακουστικού σήματος στο κανάλι 1 του παλμογράφου. Ελέγξτε την έξοδο ρυθμίζοντας κατάλληλα τα κομβία του πλάτους (amplitude) και της συχνότητας (frequency).
- **Βήμα 3^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP7** από το Reactance Modulator στο κανάλι 2 του παλμογράφου. Παρατηρήστε το σήμα εξόδου και υπολογίστε τη συχνότητα του φορέα που δημιουργείται στο παρόν υπο-σύστημα. Για τη καλύτερη ρύθμιση της συχνότητας ρυθμίστε τη βίδα του περιτυλίγματος, ελέγχοντας παράλληλα την έξοδο του παλμογράφου.
- **Βήμα 4^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP1** της γεννήτριας ακουστικού σήματος στην είσοδο **TP6** (Audio I/P) του Reactance Modulator. Στην οθόνη του παλμογράφου θα πρέπει να εμφανίζεται η **Εικόνα 3**. Στη συνέχεια συνδέστε την έξοδο **TP7** (του Reactance Modulator) στην είσοδο **TP18** του περιοριστή πλάτους (Amplitude Limiter).



Εικόνα 3: Διαμορφωμένο σήμα από τον *Reactance* διαμορφωτή.

- **Βήμα 5^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP19** του περιοριστή πλάτους (Amplitude Limiter) στο κανάλι 2 του παλμογράφου. Η κυματομορφή της **Εικόνας 4** θα πρέπει να εμφανίζεται στην οθόνη του παλμογράφου μετά την έξοδο του περιοριστή πλάτους. Στη συνέχεια μεταβάλλετε το πλάτος (amplitude) και τη συχνότητα (frequency) του σήματος εισόδου και σχολιάστε την έξοδο που καταγράφεται στον παλμογράφο.



Εικόνα 4: Έξοδος του Amplitude Limiter

- **Βήμα 6^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP19** του περιοριστή πλάτους στην είσοδο **TP10** Detuned Resonant κυκλώματος.
- **Βήμα 7^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP11** του Detuned Resonant κυκλώματος στην είσοδο **TP14** του χαμηλοδιαβατού φίλτρου.
- **Βήμα 8^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP15** του χαμηλοδιαβατού φίλτρου στην είσοδο **TP16** του AC Amplifier.
- **Βήμα 9^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP17** του AC Amplifier στο κανάλι του 2 του παλμογράφου. Παρατηρήστε την αλλαγή στο πλάτος του αποδιαμορφωμένου σήματος. Για τη σωστή αναπαράσταση της κυματομορφής ρυθμίστε κατάλληλα τα περιτυλίγματα των IF (Intermediate Frequency) συχνοτήτων στις βαθμίδες Reactance Modulator και Detuned Circuit.
- **Βήμα 10^ο:** Τι θα συμβεί εάν αυξήσουμε τη συχνότητα του σήματος εξόδου (σήμα αποδιαμόρφωσης);
- **Βήμα 11^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP1** (Audio O/P) στο κανάλι 1 του παλμογράφου και συγκρίνετε την κυματομορφή με την αντίστοιχη στην έξοδο **TP17** του AC Amplifier.

Λίστα ελέγχου γνώσεων

Αφού ολοκληρώσατε την εκτέλεση της παρούσας εργαστηριακής άσκησης, επιστρέψτε στα αρχικά προσδοκώμενα αποτελέσματα και ελέγξτε κατά πόσο:

- Έχετε εξοικειωθεί με την έννοια της FM διαμόρφωσης.
- Μπορείτε να προσδιορίζετε τη συχνότητα του φορέα στο υπο-σύστημα του Reactance Modulator.
- Είστε σε θέση να ρυθμίζετε με σχετική ακρίβεια τη συχνότητα του φορέα στο υπο-σύστημα του Reactance Modulator.
- Έχετε κατανοήσει την κυκλωματική λειτουργία του Detuned Resonator.
- Έχετε κατανοήσει τη χρησιμότητα του αποδιαμορφωτή Detuned Resonator.
- Μπορείτε να διακρίνετε τις επιμέρους λειτουργικές μονάδες του IT-4103 board.
- Είστε σε θέση να υλοποιείτε συγκεκριμένες συνδεσμολογίες βάσει καθορισμένων προδιαγραφών και παραμέτρων στο IT-4103 board.

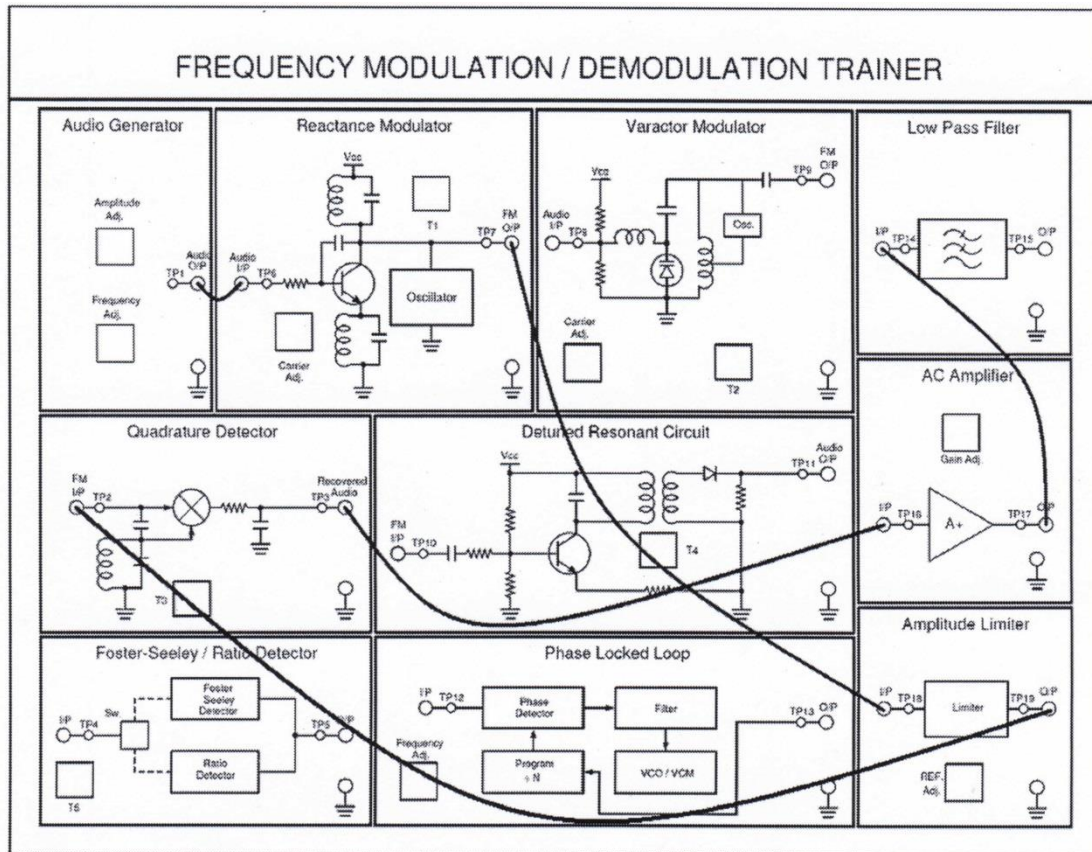
B. Quadrature Detector αποδιαμορφωτής

Σε αυτό το σημείο εξετάζεται η λειτουργία του αποδιαμορφωτή Quadrature Detector που παρέχεται ως διακριτό υποσύστημα στο εκπαιδευτικό **board IT-4103**. Με χρήση παλμογράφου καταγράφονται οι μεταβολές των διαφόρων κυματομορφών με βάση κατάλληλες τιμές του πλάτους του σήματος εισόδου που καθορίζονται σε συγκεκριμένη βαθμίδα του IT-4103 board.

Εισαγωγικές παρατηρήσεις

Ο *Quadrature Detector* πρόκειται για έναν ακόμη αποδιαμορφωτή FM, ο οποίος, αν και εξίσου απλός με τον αποδιαμορφωτή της προηγούμενης άσκησης, παρέχει μία βελτίωση. Προκαλεί μικρότερη παραμόρφωση και συμπεριφέρεται πολύ καλύτερα στην απομάκρυνση του θορύβου. Το εισερχόμενο σήμα τροφοδοτείται σε ένα κύκλωμα ολίσθησης φάσης. Ο βαθμός της ολίσθησης εξαρτάται από την συχνότητα του σήματος μία συγκεκριμένη στιγμή. Οι κανόνες ολίσθησης φάσης είναι:

1. Εάν το φέρον είναι αδιαμόρφωτο, τότε η ολίσθηση φάσης είναι 90° .
2. Εάν το φέρον έχει αύξουσα συχνότητα, τότε η ολίσθησης φάσης είναι μικρότερη των 90° .
3. Εάν το φέρον έχει φθίνουσα συχνότητα, τότε η ολίσθησης φάσης είναι μεγαλύτερη των 90° .



Εικόνα 5: Συνδεσμολογία εργαστηριακής άσκησης 10.

Διαδικασία

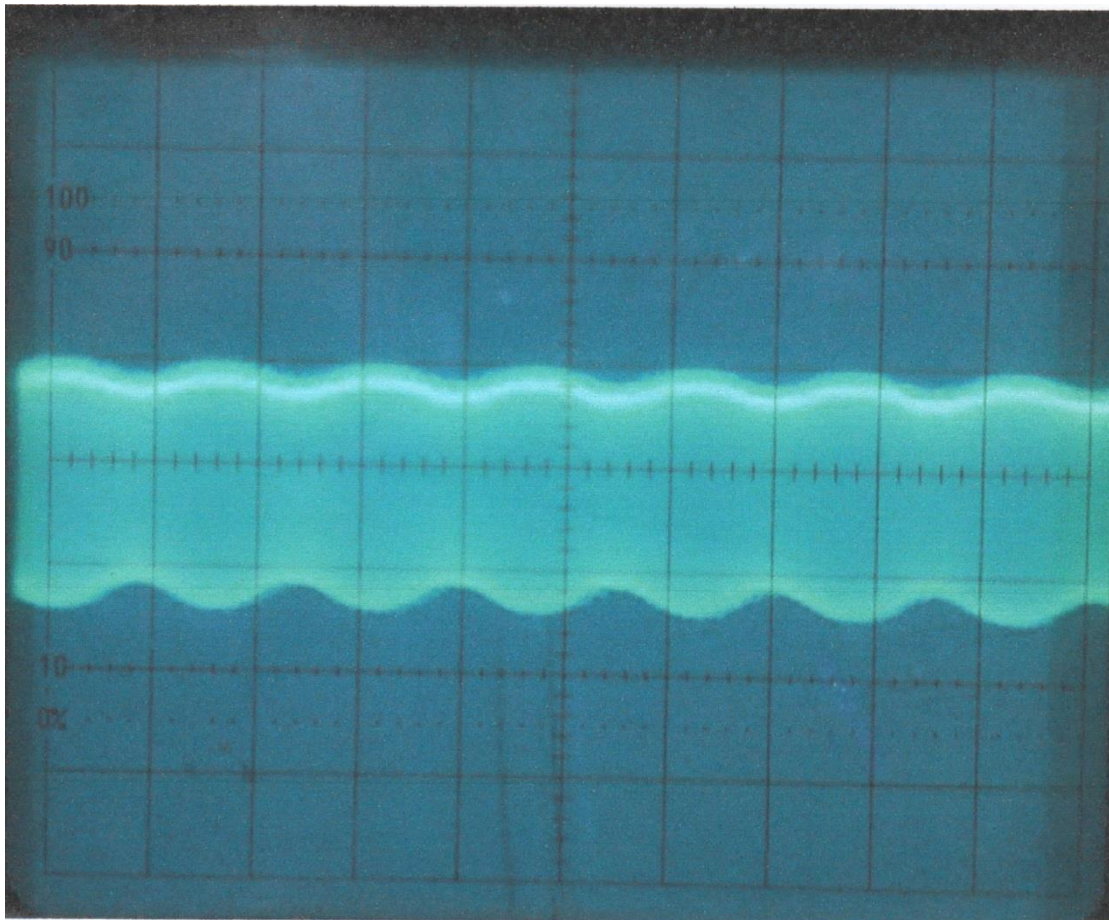
Για τη διεξαγωγή της παρούσας εργαστηριακής άσκησης θα χρησιμοποιήσουμε ως αναφορά το διάγραμμα της **Εικόνας 5**, όπου παρουσιάζονται τα διακριτά υποσυστήματα του εκπαιδευτικού board **IT-4103** και επισημάνθηκαν στην Εργαστηριακή Άσκηση 7. τα οποία επισημαίνονται ακολούθως:

- Γεννήτρια ακουστικού σήματος (audio generator)
- Reactance modulator
- Χαμηλοδιαβατό φίλτρο (low pass filter- LPF) με συχνότητα αποκοπής 3.4 kHz
- Quadrature detector
- Detuned resonant circuit
- AC amplifier
- Περιοριστής πλάτους (Amplitude Limiter)

Για την εκτέλεση της άσκησης ακολουθείτε διαδοχικά τα παρακάτω βήματα:

- **Βήμα 1^ο:** Θέσατε σε λειτουργία το **IT-4103 board**
- **Βήμα 2^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP1** της γεννήτριας ακουστικού σήματος στο κανάλι 1 του παλμογράφου. Ελέγξτε την έξοδο ρυθμίζοντας κατάλληλα τα κομβία του πλάτους (amplitude) και της συχνότητας (frequency). Να δημιουργήσετε σήμα πλάτους $V_{pp}=3V$ και $f=3.5KHz$.

- **Βήμα 3^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP7** από το Reactance Modulator στο κανάλι 2 του παλμογράφου. Παρατηρήστε το σήμα εξόδου και υπολογίστε τη συχνότητα του φορέα που δημιουργείται στο παρόν υπο-σύστημα.. Για τη καλύτερη ρύθμιση της συχνότητας ρυθμίστε τη βίδα του περιτυλίγματος (βλ. εικόνα 1), ελέγχοντας παράλληλα την έξοδο του παλμογράφου.
- **Βήμα 4^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP1** της γεννήτριας ακουστικού σήματος στην είσοδο **TP6** (Audio I/P) του Reactance Modulator και την έξοδο **TP7** (του Reactance Modulator) στην είσοδο **TP18** του περιοριστή πλάτους (Amplitude Limiter). Ελέγξτε την κυματομορφή στην είσοδο **TP6**.



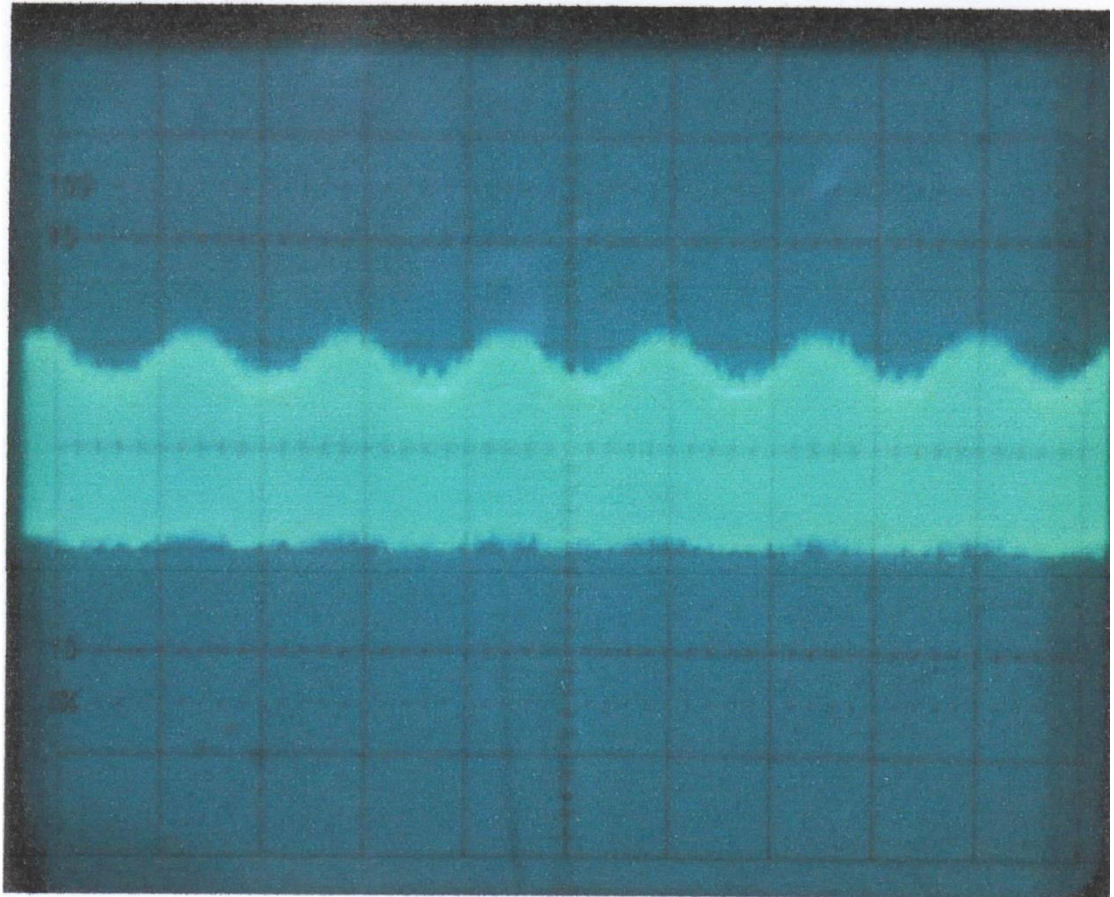
Εικόνα 6: Έξοδος του Amplitude limiter

- **Βήμα 5^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP19** του περιοριστή πλάτους στο **κανάλι 2** του παλμογράφου. Η κυματομορφή της **Εικόνας 6** θα πρέπει να εμφανίζεται στην έξοδο του περιοριστή πλάτους. Μεταβάλλετε το πλάτος του σήματος εισόδου και σχολιάστε την έξοδο που καταγράφεται στον παλμογράφο. **Παρατήρηση:** Για την ορθή απεικόνιση της κυματομορφής στην έξοδο **TP19** μεταβάλλετε κατάλληλα το ποτενσιομέτρο στον περιοριστή πλάτους.
- **Βήμα 6^ο:** Συνδέστε την έξοδο **TP19** του περιοριστή πλάτους στην είσοδο **TP2** του Quadrature Detector. Η κυματομορφή της **Εικόνας 6** θα πρέπει να

Εργαστηριακή Άσκηση #8: Μελέτη FM αποδιαμόρφωσης με χρήση του *Detuned Resonant* αποδιαμορφωτή και του *Quadrature Detector*

καταγράφεται στον παλμογράφο. Το υπο-σύστημα Quadrature Detector προσθέτει στο FM signal τη συνιστώσα του AM σήματος. Εάν δεν εμφανίζεται η κυματομορφή της **Εικόνας 6**, ρυθμίστε κατάλληλα τα περιτυλίγματα των IF (Intermediate Frequency) συχνοτήτων (στις βαθμίδες Reactance Modulator και Quadrature Detector) έτσι ώστε να προκύψει η κατάλληλη κυματομορφή.

- **Βήμα 7^ο:** Συνδέστε το αποδιαμορφωμένο σήμα στην είσοδο **TP16** του AC Amplifier. Μεταβάλλετε κατάλληλα το κέρδος του έτσι ώστε να προκύψει η κυματομορφή της **Εικόνας 7**.



Εικόνα 7: Έξοδος του AC amplifier

Λίστα ελέγχου γνώσεων

Αφού ολοκληρώσατε την εκτέλεση της παρούσας εργαστηριακής άσκησης, επιστρέψτε στα αρχικά προσδοκώμενα αποτελέσματα και ελέγξτε κατά πόσο:

- Έχετε εξοικειωθεί με την έννοια της FM διαμόρφωσης
- Μπορείτε να προσδιορίζετε τη συχνότητα του φορέα στο υπο-σύστημα του **Quadrature detector**.
- Είστε σε θέση να ρυθμίζετε με σχετική ακρίβεια τη συχνότητα του φορέα στο υπο-σύστημα του **Quadrature detector**.
- Έχετε κατανοήσει τη λειτουργικότητα του Quadrature Detector

- Μπορείτε να διακρίνετε τις επιμέρους λειτουργικές μονάδες του IT-4103 board
- Είστε σε θέση να υλοποιείτε συγκεκριμένες συνδεσμολογίες βάσει καθορισμένων προδιαγραφών και παραμέτρων στο IT-4103 board.

Γλωσσάρι

Σήμα (signal): Οποιαδήποτε ποσότητα (π.χ., φυσική, οικονομική κλπ) η οποία μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου, του χώρου ή οποιασδήποτε άλλης ανεξάρτητης μεταβλητής ή και ενός συνόλου ανεξάρτητων μεταβλητών.

Κυματομορφή (waveform): Απεικόνιση της μεταβολής του στιγμιαίου πλάτους ενός σήματος βάσει της χρονικής του εξέλιξης (πεδίο του χρόνου).

Φίλτρο (filter): Έννοια η οποία μπορεί να θεωρηθεί ταυτόσημη του συστήματος και πρακτικά περιγράφει τη διαδικασία διαμόρφωσης του συχνοτικού περιεχομένου των σημάτων εισόδου με βάση συγκεκριμένες προδιαγραφές και παραμέτρους. Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους διακρίνονται σε ολοδιαβατά (all-pass) και φίλτρα επιλογής συχνοτήτων (π.χ., χαμηλοδιαβατά, υψηλοδιαβατά κλπ).

Βιβλιογραφία-Οδηγός για περαιτέρω μελέτη

[1] Freznel L. E. (1999), *Ηλεκτρονικές Επικοινωνίες*, Εκδόσεις Τζιόλα

[2] Hsu H. P. (2002), *Αναλογικές και Ψηφιακές Επικοινωνίες*, Εκδόσεις Τζιόλα