

**ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ  
Σ.Τ.ΕΦ. ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ: ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΣΟΝΑΡ ΣΕ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑ**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ  
ΠΑΠΑΚΑΡΜΕΖΗΣ ΠΕΤΡΟΣ**

**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ  
ΘΥΜΑΚΗΣ ΑΝΤΩΝΗΣ**

ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2002

## **I. Πρόλογος εισηγητή.**

Η σκέψη του Γαλιλαίου ( δεν μπορείς να μάθεις σε κανένα τίποτε, το μόνο που μπορείς να του μάθεις είναι να το βρίσκει μόνος του ) λειτουργεί σαν σιδηροτροχιά τουλάχιστον στη τεχνολογική εκπαίδευση.

Επιπρόσθετα η αντίληψη του Αϊνστάιν ότι η φαντασία είναι προτιμότερη της γνώσης, συμπληρώνει τη βάση κριτηρίων για μια πτυχιακή εργασία στο χώρο των εφαρμογών και της έρευνας.

Ο νέος άνθρωπος έχει τη τάση να βελτιώνει ότι βρίσκει και στις προσπάθειες του για βελτιώσεις κάνει λάθη που ποτέ δεν θα έκανε ένας γνώστης και έμπειρος.

Όμως αυτά τα λάθη, αμέτρητες φορές διέγειραν τη << καναλιασμένη >> φαντασία των ειδικών και συνέβαλλαν στην αλματώδη ανάπτυξη των θετικών επιστημών και εφαρμογών.

Με δεδομένο ότι τα ωστικά κύματα δεν έχουν σχέση με ιονίζουσες ακτινοβολίες, άρα είναι ακίνδυνα, και επιπρόσθετα διαμορφώνονται με πάρα πολλούς τρόπους ώστε ανακλώμενα ή και μόνο διερχόμενα από διάφορα υλικά μπορούν άμεσα ή με τη βοήθεια κατάλληλων προγραμμάτων και Η/Υ να δώσουν απαντήσεις σε ερωτηματικά που ευχόμαστε να δημιουργήσει αυτό το εκπαιδευτικό ανάπτυγμα. Το παραδίδουμε σαν αρχικό βήμα στον απέραντο χώρο της δημιουργικής σκέψης σπουδαστών και εκπαιδευτικών.

Χανιά 25/11/2002  
Θυμάκης Αντώνης .

## **II. Πρόλογος σπουδαστή.**

Σκοπός της πτυχιακής αυτής εργασίας, όπως μαρτυρά και ο τίτλος της, ήταν η μετατροπή μίας εμπορικής συσκευής σόναρ ( APELCO 560 FishFinder/Plotter ) σε εκπαιδευτικό ανάπτυγμα. Εμπεριέχει μεταξύ άλλων την ανάλυση της λειτουργίας του κυκλώματος της συσκευής, την τοποθέτηση σημείων ελέγχου ( test points ), τη λήψη μετρήσεων και εξαγωγή λειτουργικών συμπερασμάτων.

Σαν εκπαιδευτικό βοήθημα η πτυχιακή αυτή δεν στοχεύει απλά και μόνο στην κατανόηση της λειτουργίας της συσκευής. Επιδιώξή μας είναι επίσης και η εξοικείωση των εκπαιδευομένων με τον ήχο και τις ιδιότητές του. Θεωρούμε ακόμη ότι η ενασχόληση τους με μία υλοποιημένη εμπορική εφαρμογή θα τους αποφέρει κάποιες αξιόλογες εμπειρίες. Τέλος ευελπιστούμε ότι η πτυχιακή αυτή θα αποτελέσει ερέθισμα για το σχεδιασμό και την υλοποίηση και άλλων ανάλογων εγχειρημάτων.

# 1) Γενικά περί ηχοβολιστικών συστημάτων SO.N.A.R. .

## 1.1) Ιστορική αναδρομή.

Η πρώτη απόπειρα να χρησιμοποιηθούν ηχοβολιστικά συστήματα στη ναυσιπλοΐα έγινε μετά το ναυάγιο του Τιτανικού το 1912, που βυθίστηκε λόγω πρόσκρουσης σε παγόβουνο, όταν ο Άγγλος φυσικός Λιούις Ρίτσαρντσον πρότεινε να εφοδιαστούν τα πλοία με υδραυλικές σειρήνες υπερήχων ώστε να εντοπίζονται τα παγόβουνα μέσω της ηχώ που θα επιστρέφει. Το πείραμα όμως απέτυχε γιατί η ηχητική ενέργεια ήταν πολύ μικρή ακόμη και όταν προστέθηκαν παραβολικά κάτοπτρα για να τη συγκεντρώνουν.

Μετά την πρώτη αυτή αποτυχημένη προσπάθεια οι έρευνες συνεχίστηκαν κατά τον πρώτο παγκόσμιο πόλεμο από το βρετανικό Ναυαρχείο και την συμμαχική επιτροπή έρευνας για τον εντοπισμό υποβρυχίων (Allied-Submarine-Detection-Investigation-Committee ASDIC). Σημαντικό βήμα στην εξέλιξη των ηχοβολιστικών συστημάτων υπήρξε η ανακάλυψη, από τους Ζακ και Πιέρ Κιουρί, του πιεζοηλεκτρικού φαινομένου που έδωσε λύση στο πρόβλημα της ικανοποιητικής παραγωγής και ανίχνευσης υπερήχων. Τα πρώτα επιτυχή πειράματα πραγματοποιήθηκαν τα πρώτα χρόνια τις δεκαετίας 1920 – 1930.

Η ονομασία σόναρ ( SO.N.A.R. ) υιοθετήθηκε κατά τον δεύτερο παγκόσμιο πόλεμο με την εξέλιξη του συστήματος στην Αμερική, αποτελεί δε ακρωνύμιο των λέξεων SOund Navigation And Ranging.

## 1.2) Τύποι & χρήσεις ηχοβολιστικών συστημάτων.

Οι δύο κύριες κατηγορίες ηχοβολιστικών συστημάτων είναι τα παθητικά και τα ενεργητικά. Τα παθητικά που είναι και τα απλούστερα χρησιμοποιούν μία συσκευή ανίχνευσης ηχητικών δονήσεων, που στην περίπτωση της ναυσιπλοΐας είναι ένα υδρόφωνο, για να εντοπίζουν τις υποβρύχιες εκπομπές. Τα συστήματα αυτά αν και απλά στην υλοποίηση έχουν δύο βασικά μειονεκτήματα. Αφενός δεν έχουν τη δυνατότητα να εντοπίσουν στόχους που είναι "αθόρυβοι" στο φάσμα λήψης τους. Αφετέρου με δεδομένο ότι η ένταση του προσλαμβανόμενου σήματος εξαρτάται τόσο από την απόσταση της πηγής, λόγω της εξασθένησης, όσο και από την φύση της πηγής δεν παρέχουν σαφή στοιχεία παρά μόνο ως προς τη διεύθυνση προέλευσης.

Τα ενεργά συστήματα ηχοβολισμού χρησιμοποιούν πιεζοηλεκτρικούς ή και άλλους μετατροπείς για να εκπέμπουν βραχείς υπερηχητικούς ή και ηχητικούς παλμούς που διαδίδονται έως ότου προσκρούσουν σε κάποιο εμπόδιο ( μηχανικές κατασκευές, ψαριά, βυθός κ.α.). Οι ανακλάσεις των παλμών που επιστρέφουν στον μετατροπέα γίνονται εκ νέου ηλεκτρικά σήματα ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τον περιβάλλοντα χώρο. Στα συμπεράσματα αυτά συμπεριλαμβάνεται εκτός από την διεύθυνση, που εξαρτάται από την κατευθυντικότητα του μετατροπέα, η απόσταση του στόχου και πλήθος παραμέτρων που αφορούν στη μάζα το μέγεθος και τη κινητική κατάσταση των υλικών που ανακλούν τις υπερηχητικές ή και ηχητικές εκπομπές.

Επιπρόσθετα ανιχνεύονται υποθαλάσσια ρεύματα εξ αιτίας των θερμοκρασιακών διαφορών.

Ηχοβολιστικά συστήματα δεν χρησιμοποιούνται όμως μόνο στην ναυσιπλοΐα. Το πεδίο εφαρμογών είναι ευρύτατο και μεταξύ άλλων περιλαμβάνει ιατρικές συσκευές ( υπερηχογράφοι, λιθοθραυστικές συσκευές ), τεχνικό έλεγχο κατασκευών (για κοιλότητες, ρήγματα ), γεωλογικές μελέτες κ.α. .

## 2) Παρουσίαση 560 FishFinder/Plotter APELCO

### 2.1) Γενικά.

Το μοντέλο 560 της σειράς FishFinder της APELCO είναι μία εμπορική συσκευή σόναρ που χρησιμοποιήθηκε σαν βάση της πτυχιακής αυτής εργασίας. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συσκευής είναι :

Διαστάσεις	
Ύψος	160 mm
Πλάτος	154 mm
Βάθος	56.3 mm
Βάρος	0.5 kgr
Ανάλυση	160 X 128
Τροφοδοσία	10.2 – 16.2 V
Μέση κατανάλωση	5.0 W
Ισχύς εξόδου	300 W
Συχνότητα STD	120 KHz
Συχνότητα FWD	170 KHz
Μέγιστο βάθος	~350 m

Η συσκευή χρησιμοποιεί τις βασικές αρχές λειτουργίας των σόναρ για να αναπαραστήσει το βυθό και να εντοπίσει ψάρια ή άλλα υποπλέοντα αντικείμενα. Αποτελείται από ένα ζευγάρι μετατροπέων και την κύρια μονάδα που περιλαμβάνει την μονάδα απεικόνισης. Ο ένας μετατροπέας λειτουργεί στη συχνότητα των 120.000 κύκλων ενώ ο άλλος στους 170.000 κύκλους. Η λειτουργία έχει ως εξής. Ο πρώτος μετατροπέας είναι κάθετος στην επιφάνεια της θάλασσας και εκπέμπει παλμούς υπερήχων στο νερό των οποίων τις ανακλάσεις, στο βυθό και ότι άλλο υπάρχει κάτω από το σκάφος, λαμβάνει και τις μεταδίδει στην κεντρική μονάδα όπου δημιουργούν τη γραφική απεικόνιση στην οθόνη. Ο δεύτερος μετατροπέας λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο αλλά μόνο όταν η συσκευή είναι σε κατάσταση προεπισκόπησης ( FWD LOOKING ) ενώ σχηματίζει γωνία με το επίπεδο της θάλασσας (  $33^{\circ} - 45^{\circ}$  ) ώστε να λαμβάνει ανακλάσεις από ότι είναι στην πορεία του σκάφους.

Ο βυθός, κοπάδια ψαριών, φύκια, φυσαλίδες κ.λ.π. ανακλούν σε διαφορετικό βαθμό τους παλμούς της συσκευής. Γενικά η ισχυρότερη ανάκλαση είναι αυτή του βυθού ενώ οι υπόλοιπες είναι σχετικά ασθενέστερες. Η διάκριση των ψαριών από τα υπόλοιπα σώματα επιτυγχάνεται καθώς η ηχητική κύστη ( σάκος αέρα ) στο σώμα τους είναι το αντικείμενο με τη μικρότερη πυκνότητα.

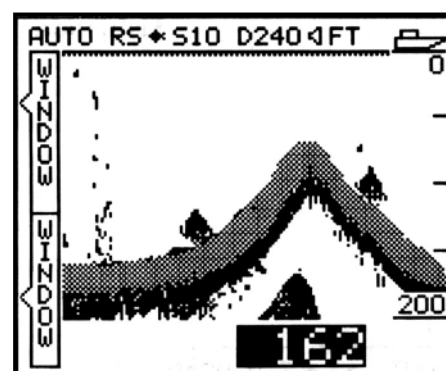
## 2.2) Τρόποι λειτουργίας.

Από το μενού επιλογών της συσκευής μπορούμε να διαλέξουμε μεταξύ τριών διαφορετικών τρόπων λειτουργίας :

- 1) FishFinder
- 2) Bottom Coverage
- 3) FWD Looking

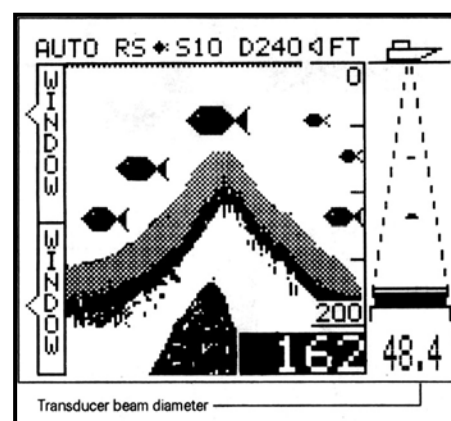
### 2.2.1) FishFinder

Πρόκειται για το βασικό τρόπο λειτουργίας όπου στην οθόνη εμφανίζεται το περίγραμμα του βυθού, τυχόν ψάρια ή άλλα βυθισμένα σώματα και μία ψηφιακή ένδειξη του παρόντος βάθους υπό το σκάφος. Η εικόνα εμφανίζεται τμηματικά από το δεξιό άκρο της οθόνης κινούμενη προς τα αριστερά. Δηλαδή ότι είναι ακριβός κάτω από το σκάφος εμφανίζεται στο δεξιό άκρο της οθόνης ενώ όσο κινούμαστε αριστερά στην οθόνη οι ενδείξεις αναφέρονται σε προηγούμενες θέσεις του σκάφους. Είναι σημαντικό ότι μόνο ο πιεζομετατροπέας των 120 KHz εκπέμπει σε αυτό τον τρόπο λειτουργίας.



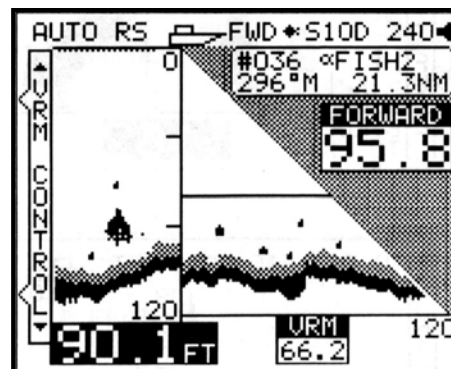
### 2.2.2) Bottom Coverage

Εάν επιλεγεί αυτός ο τρόπος λειτουργίας πέραν των ενδείξεων της λειτουργίας FishFinder εμφανίζεται στο δεξιό μέρος της οθόνης ένα παράθυρο που αναπαριστά την περιοχή που καλύπτει η δέσμη των υπερήχων στο νερό αλλά και μία ψηφιακή ένδειξη της διαμέτρου της δέσμης στο παρόν βάθος. Και πάλι μόνο ο πιεζομετατροπέας των 120 KHz εκπέμπει και σε αυτό τον τρόπο λειτουργίας.



### 2.2.3) FWD Looking

Σε αντίθεση με τους δύο πρώτους τρόπους λειτουργίας στην περίπτωση προεπισκόπησης ( FWD Looking ) ενεργοποιείται και ο πιεζομετατροπέας των 170 KHz. Στη λειτουργία αυτή η οθόνη χωρίζεται σε δύο τμήματα στο αριστερό απεικονίζεται τι βρίσκεται κάτω και χρονικά πίσω από το σκάφος ενώ στο δεξιό τμήμα ότι είναι μπροστά από το σκάφος αλλά και κάτω από τη γωνία του μετατροπέα των 170 KHz ( τυπικά 39 ° ).



## 2.3) Ρυθμίσεις.

Το μενού επιλόγων δίνει τη δυνατότητα να ρυθμίσουμε ένα πλήθος μεταβλητών ώστε να επιτύχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα. Στη συνέχεια αναφέρονται οι βασικότερες από αυτές καθώς υπάρχουν και κάποιες που έχουν να κάνουν με τη ναυσιπλοΐα και δεν αφορούν το αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας.

### 2.3.1) Εμβέλεια ( Range ).

Η εμβέλεια από την οποία η συσκευή αναμένει και δέχεται ανακλάσεις μπορεί να ρυθμιστεί χειροκίνητα αλλά και αυτόματα. Χειροκίνητα μπορούμε να ορίσουμε τιμές από 5 έως 1995 μέτρα με βήμα 5 μέτρων. Ωστόσο η πρακτική εμβέλεια του σόναρ δεν υπερβαίνει τα 350 μέτρα.

### 2.3.2) Ευαισθησία ( Sensitivity ).

Η ευαισθησία της συσκευής σε ασθενείς ανακλάσεις ρυθμίζεται επίσης αυτόματα, ανάλογα με το βάθος και το είδος του βυθού, ή χειροκίνητα σε δέκα επίπεδα.

### 2.3.3) Άσπρη γραμμή ( White Line ).

Επιλέγοντας μεταξύ των τριών τιμών της επιλογής αυτής μπορούμε να διακρίνουμε αντικείμενα πολύ κοντά στο βυθό.

#### **2.3.4) Αντίθεση ( Contrast ).**

Η αντίθεση της οθόνης ρυθμίζεται σε 16 επίπεδα.

#### **2.3.5) Μονάδες.**

Δίνεται η δυνατότητα επιλογής για το βάθος σε μέτρα, πόδια ή οργιές. Για τη θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου ή Φαρενάιτ και για την ταχύτητα σε χιλιόμετρα ανά ώρα, μίλια ανά ώρα ή κόμβους.

#### **2.3.6) Γλώσσα.**

Γλώσσες που υποστηρίζονται είναι αγγλικά, γερμανικά, γαλλικά, ισπανικά, νορβηγικά και ιταλικά.

#### **2.3.7) Ταχύτητα ροής διαγράμματος ( Chart Speed ).**

Αφορά στην ταχύτητα με την οποία μετακινούνται οι απεικονίσεις στην οθόνη από δεξιά προς τα αριστερά. Παίρνει τιμές από 0 ( ακίνητη εικόνα ) έως 9 μέγιστη ταχύτητα.

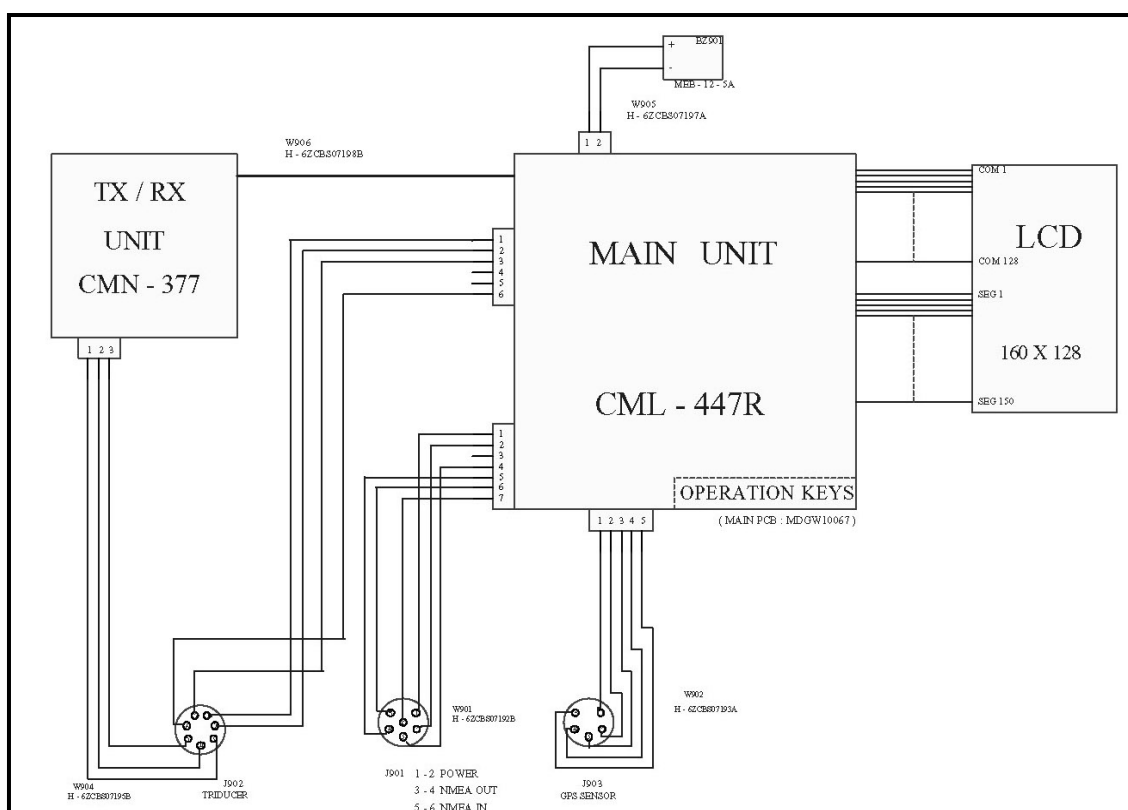


## 2.4) Διάγραμμα εσωτερικής καλωδίωσης.

Η κεντρική μονάδα της συσκευής απαρτίζεται από τα παρακάτω δομικά στοιχεία :

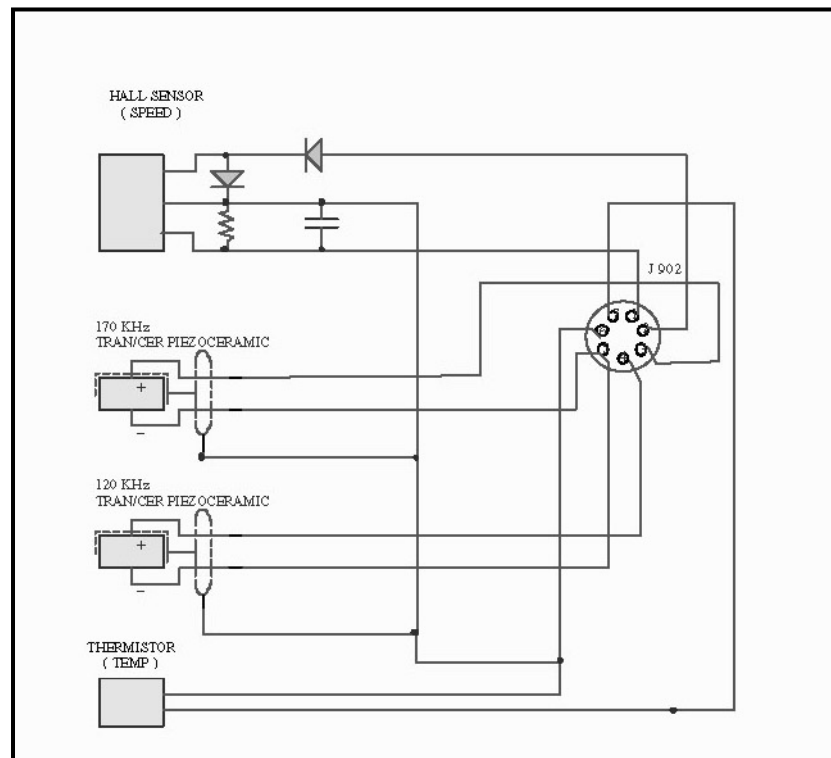
1. Κεντρική πλακέτα ( CML-447R )
2. Πλακέτα λήψης εκπομπής ( CMN-377 )
3. Οθόνη υγρών κρυστάλλων ( LCD )
4. Βομβητής ( BZ901 )
5. Κονέκτορας τροφοδοσίας / δεδομένων ( J901 )
6. Κονέκτορας μετατροπέων / αισθητηρίων ( J902 )
7. Κονέκτορας αισθητήρα GPS ( J903 )

Η συνδεσμολογία των παραπάνω στοιχείων παρουσιάζεται στην εικόνα 2.1 .



Εικόνα 2.1  
Εσωτερική συνδεσμολογία.

Ο κονέκτορας J902 ειδικότερα συνδέει την κεντρική μονάδα με τους δύο κεραμικούς πιεζοηλεκτρικούς μετατροπείς αλλά και με δύο αισθητήρια, ένα θερμίστορ για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού και ένα αισθητήριο Hall για τη μέτρηση της ταχύτητας του σκάφους. Η σύνδεση των ακροδεκτών του κονέκτορα παρουσιάζεται στην εικόνα 2.2 .



Εικόνα 2.2  
Κονέκτορας J902.

### 3) Ανάλυση λειτουργίας

#### 560 FishFinder/Plotter APELCO.

##### 3.1) Γενικές αρχές λειτουργίας.

Η αρχή λειτουργίας του FishFinder 560 είναι η ίδια με κάθε άλλο ενεργό σόναρ. Δημιουργεί βραχείς παλμούς υψηλής συχνότητας τους οποίους μετατρέπει σε μηχανικές δονήσεις ( υπερήχους ) που διαδίδονται στο νερό. Οι δονήσεις αυτές διαδίδονται έως ότου προσκρούσουν σε κάποιο υλικό μέσο και ανακλαστούν. Μέρος των ανακλάσεων επιστρέφει στο σόναρ όπου μετατρέπεται εκ νέου σε ηλεκτρικό σήμα.

Η ιδιαιτερότητα της συγκεκριμένης συσκευής είναι ότι χρησιμοποιεί δύο δέσμες υπερήχων σε διαφορετικές συχνότητες. Μία στη συχνότητα των 120 KHz και μία στη συχνότητα των 170 KHz. Η επιλογή των συχνοτήτων είναι σημαντική γιατί η διακριτική ικανότητα του σόναρ είναι αντιστρόφως ανάλογη του μήκους κύματος που προκύπτει από τον τύπο  $[\lambda = c/f]$  όπου (  $\lambda$  ) το μήκος κύματος, (  $c$  ) η ταχύτητα του ήχου στο νερό και (  $f$  ) η συχνότητα. Όσο μεγαλώνει δηλαδή η συχνότητα μικραίνει το μήκος κύματος οπότε αυξάνει η διακριτική ικανότητα. Η αύξηση της συχνότητας ωστόσο προκαλεί αύξηση της εξασθένησης στο νερό κάτι που είναι ανεπιθύμητο.

Ο υπολογισμός της απόστασης από τις συσκευές σόναρ βασίζεται στη γνώση της ταχύτητας του ήχου στο νερό. Η ταχύτητα αυτή εξαρτάται από την σκληρότητα (περιεκτικότητα σε άλατα), την πίεση (βάθος) αλλά και τη θερμοκρασία του νερού. Παρόλα αυτά η επιρροή των παραγόντων αυτών δεν είναι σημαντική και τις περισσότερες φορές δεχόμαστε την ταχύτητα του ήχου σταθερή και ίση με 1500 m/s. Έχοντας αυτό ως δεδομένο η απόσταση (  $L$  ) υπολογίζεται ως η ημιδιαφορά των χρόνων λήψης (  $t_{rc}$  ) και εκπομπής (  $t_{tr}$  ) προς την ταχύτητα του ήχου στο νερό (  $c$  ).

$$L = \frac{t_{rc} - t_{tr}}{c}$$

##### 3.2) Δομή.

Το σόναρ 560 FishFinder περιέχει δύο επιμέρους πλακέτες, την κεντρική πλακέτα ( CML-447R ) που κατά κύριο λόγο ασχολείται με την ψηφιακή επεξεργασία και απεικόνιση των δεδομένων ή εντολών χειρισμού. Και την πλακέτα εκπομπής λήψης ( CMN-377 ).

Δυστυχώς στάθηκε αδύνατο να αποσπάσουμε από την κατασκευάστρια εταιρία τόσο ένα ευδιάκριτο σχηματικό διάγραμμα της κεντρικής πλακέτας\* όσο βέβαια και τον κώδικα των προγραμματιζόμενων ολοκληρωμένων που περιλαμβάνει. Για τα λόγο αυτό η ανάλυση λειτουργίας της συσκευής περιορίζεται στο αναλογικό κομμάτι.

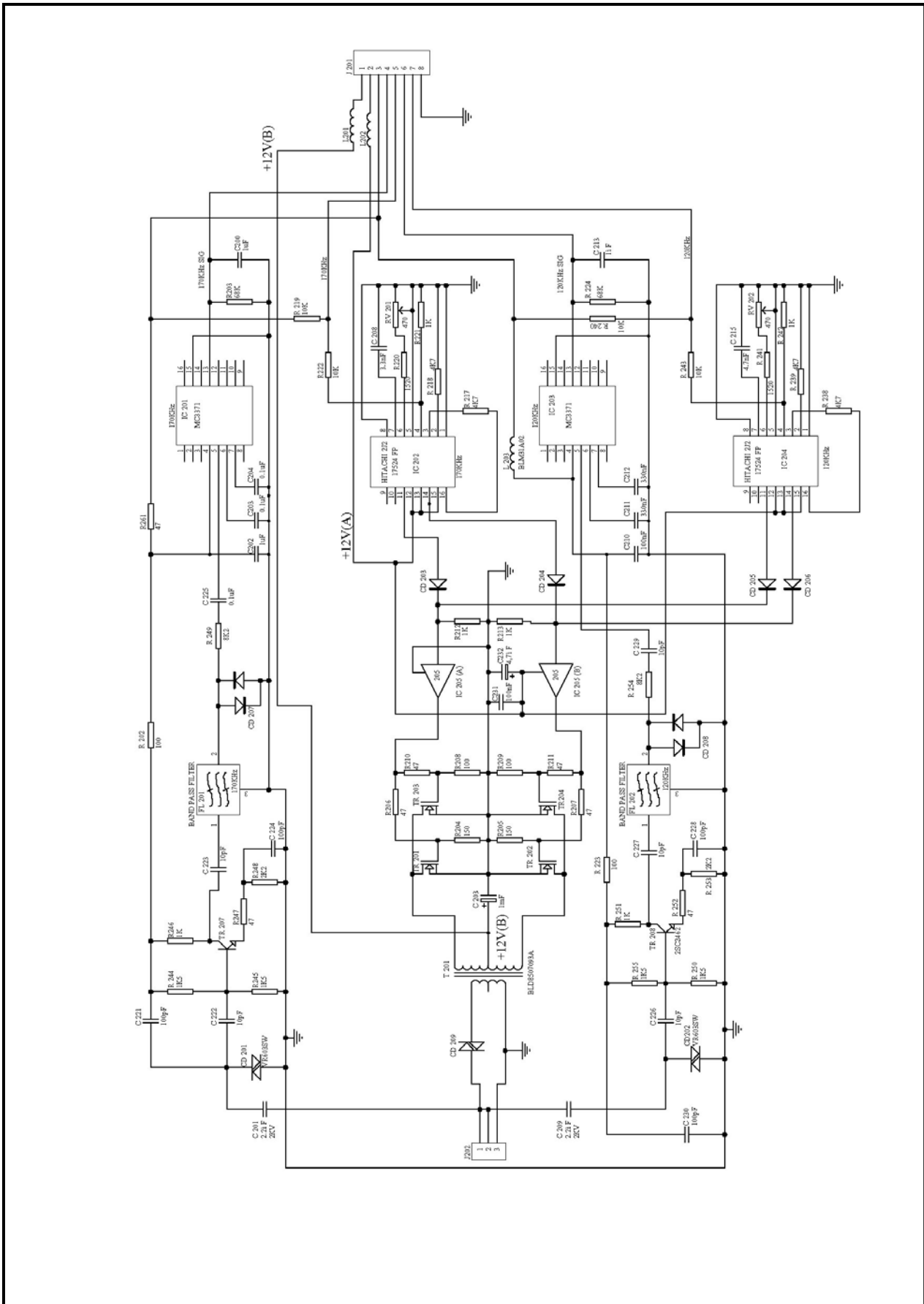
\* Στο παράρτημα Γ υπάρχει το μόνο σχηματικό της πλακέτας CML-447R που παραχώρησε η κατασκευάστρια εταιρία APELCO το οποίο όμως είναι χονδρικό και κακοεκτυπωμένο.

### 3.3) Ανάλυση σχηματικού διαγράμματος πλακέτας εκπομπής λήψης ( CMN-377 ).

Στην εικόνα 3.1 φαίνεται το σχηματικό διάγραμμα της πλακέτας λήψης εκπομπής. Λόγω των δύο συχνοτήτων που χρησιμοποιεί η συσκευή ( 120KHz – 170KHz ), με την πρώτη ματιά παρατηρείται μία συμμετρία στο σχέδιο. Πράγματι όπως θα φανεί και στην επιμέρους ανάλυση, με εξαίρεση το κύκλωμα ενίσχυσης Push-Pull, οι υπόλοιπες βαθμίδες αποτελούν ζεύγη, μία για κάθε συχνότητα. Με άλλα λόγια υπάρχουν δύο κανάλια, κανάλι 1 ( CH 1 ) για τη συχνότητα των 170 KHz και κανάλι 2 ( CH 2 ) για τη συχνότητα των 120 KHz

Στη συνέχεια για την καλύτερη ανάλυση του κυκλώματος θα χωρίσουμε την πλακέτα σε τέσσερα τμήματα, δύο για την εκπομπή και δύο για τη λήψη. Αναλυτικότερα έχουμε :

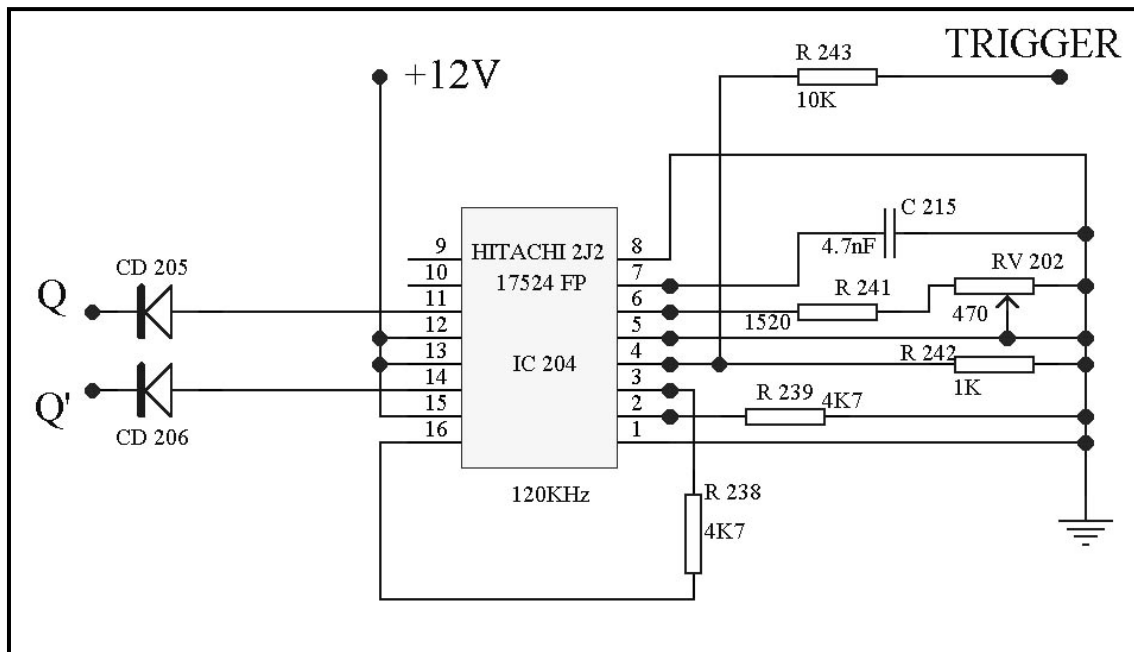
Εκπομπή.	α) Βαθμίδα ταλαντωτή. ( Μία για κάθε συχνότητα )
	β) Βαθμίδα ενισχυτή Push-Pull. ( Κοινή για τις δύο συχνότητες )
Λήψη.	γ) Βαθμίδα προστασίας προενίσχυσης. ( Μία για κάθε συχνότητα )
	δ) Βαθμίδα ενίσχυσης φώρασης. ( Μία για κάθε συχνότητα )



Εικόνα 3.1  
 Σχηματικό διάγραμμα πλακέτας εκπομπής λήψης ( CMN-377 ).

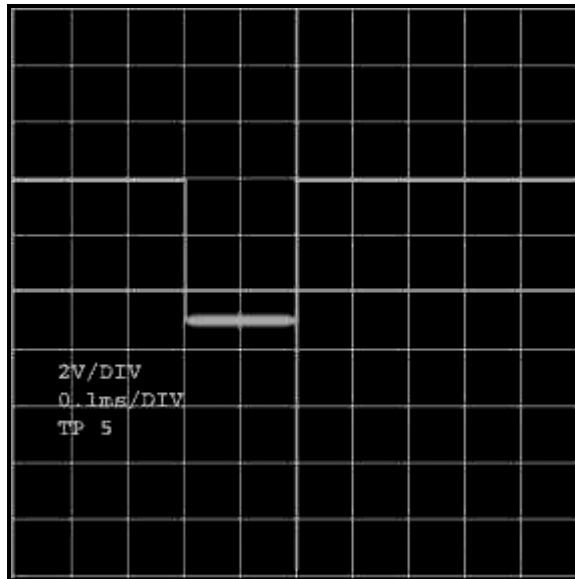
### 3.3.1) Βαθμίδα ταλαντωτή.

Στην εικόνα 3.2 βλέπουμε τη βαθμίδα ταλαντωτή της συχνότητας των 120KHz. Το ακριβώς αντίστοιχο, με μόνη διαφορά την τιμή του πυκνωτή υπάρχει και για τη συχνότητα των 170KHz. Το βασικό εξάρτημα της βαθμίδας είναι το ολοκληρωμένο IC 204 ( HITACHI 2J2 17524FP ) που λειτουργεί ως ταλαντωτής ρυθμιζόμενης συχνότητας. Η συχνότητα ταλάντωσης καθορίζεται από το RC δικτύωμα που σχηματίζουν οι αντιστάσεις R241, RV202 και πυκνωτής C215 στα ποδαράκια 5,6 του ολοκληρωμένου.



Εικόνα 3.2  
Βαθμίδα ταλαντωτή 120 KHz.

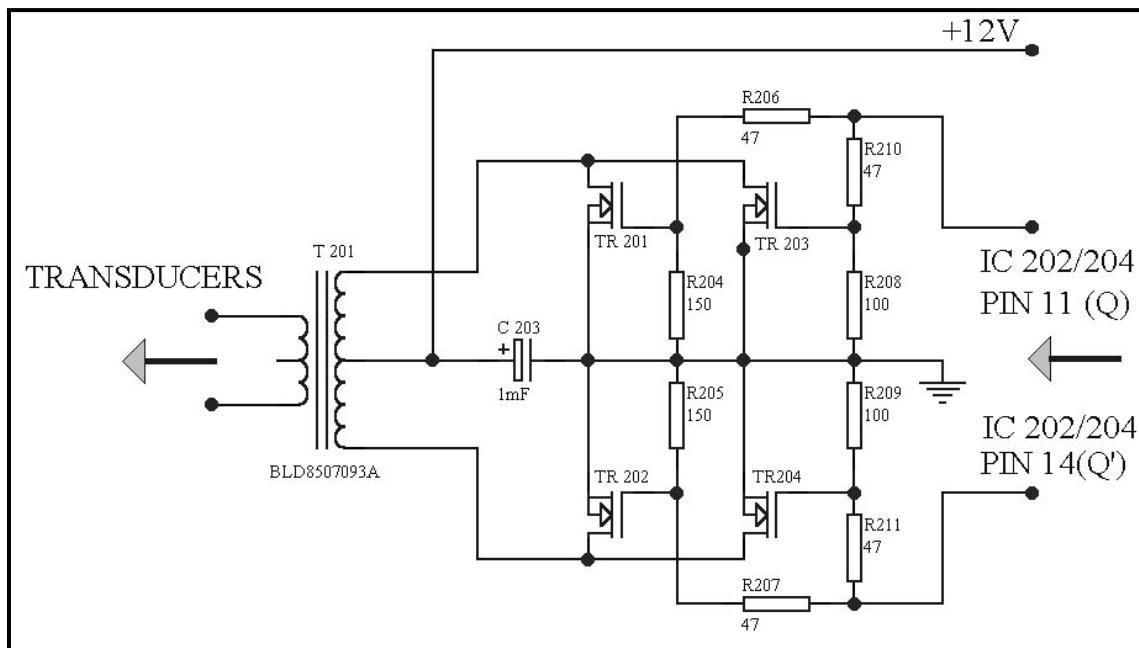
Ο σκανδαλισμός ( TRIGGER ) του ολοκληρωμένου επιτυγχάνετε με αρνητικούς παλμούς που εφαρμόζονται στον ακροδέκτη ( 4 ). Ένας τυπικός παλμός σκανδαλισμού φαίνεται στην εικόνα 3.3 . Η έξοδος του ολοκληρωμένου είναι ο ακροδέκτης ( 11 ) ενώ στον ακροδέκτη ( 14 ) εμφανίζεται η έξοδος ανεστραμμένη. Τόσο η ορθή όσο και η ανεστραμμένη έξοδος ημιανορθώνονται στις διόδους (CD205,CD206) και εισέρχονται στην επόμενη βαθμίδα που είναι ο ενισχυτής PUSH-PULL. Για τα διαστήματα που δεν υφίσταται παλμός σκανδαλισμού η έξοδος είναι μηδενική.



Εικόνα 3.3  
Παλμός σκανδαλισμού ταλαντωτή 120 ΚHz.

### 3.3.2) Βαθμίδα ενισχυτή Push-Pull.

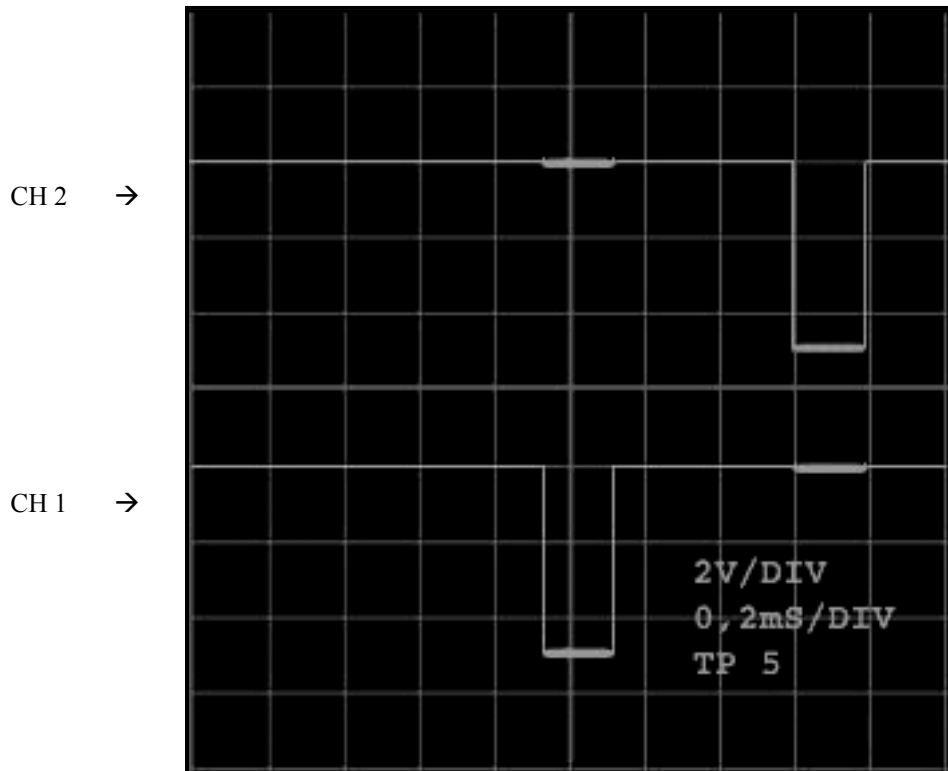
Όπως φαίνεται και στο πλήρες σχέδιο της πλακέτας ( εικόνα 3.1 ) οι έξοδοι (Q,Q') των δύο βαθμίδων ταλαντώσεως εισέρχονται από κοινού σε ένα κύκλωμα ενίσχυσης ( εικόνα 3.4 ). Αυτή η διάταξη βέβαια απαιτεί οι δύο ταλαντωτές να λειτουργούν σε διακριτές χρονικές περιόδους προϋπόθεση που επιβεβαιώνεται από την εικόνα 3.5 όπου φαίνεται ο χρονικός συσχετισμός των παλμών σκανδαλισμού των δύο ταλαντωτών.



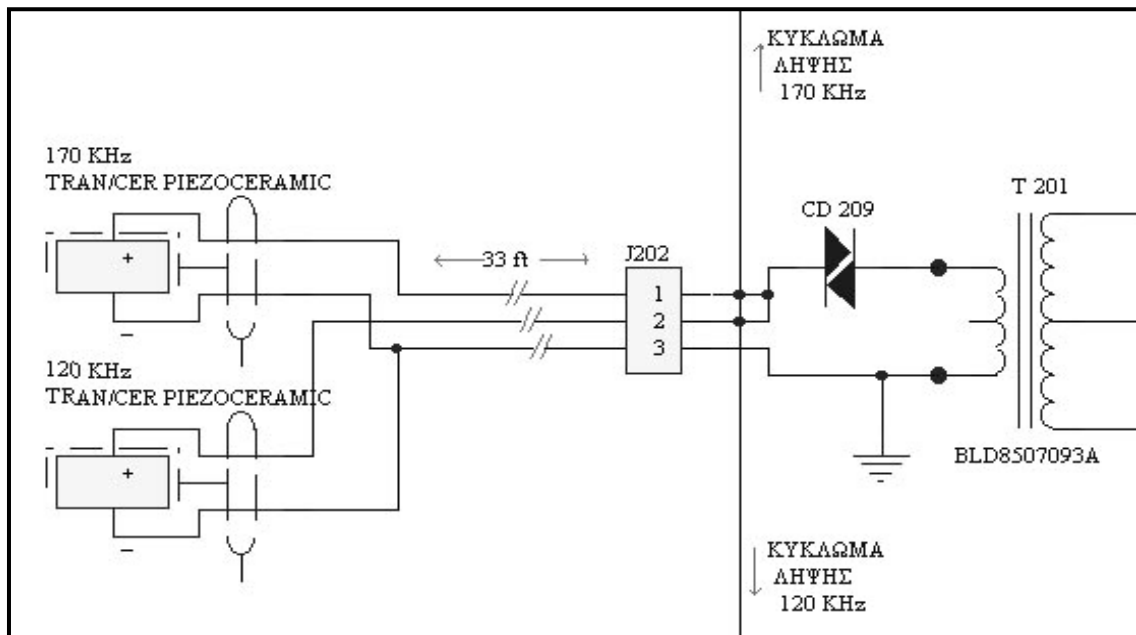
Εικόνα 3.4  
Ενισχυτική βαθμίδα Push-Pull

Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό πρόκειται για ενισχυτή διάταξης Push-Pull. Στην είσοδο του μετασχηματιστή οι κυματομορφές έχουν πλάτος μερικών βολτ ενώ στην έξοδο του είναι της τάξεως του ενός κιλοβόλτ. Στην έξοδο του ενισχυτή αυτού συνδέονται οι δύο πιεζομετατροπείς ( εικόνα 3.6 ). Το Diac ( CD209 ) που παρεμβάλλεται δεν επηρεάζει κατά την εκπομπή καθώς η τάση του διάσπασης είναι ελάχιστη συγκριτικά με την έξοδο του ενισχυτή. Η χρήση του αποσκοπεί στην αποκοπή των ασθενών σημάτων, που παράγουν οι πιεζομετατροπείς κατά τη λήψη, από το δευτερεύον του μετασχηματιστή ώστε να μην εξασθενούν σε αυτό άσκοπα.





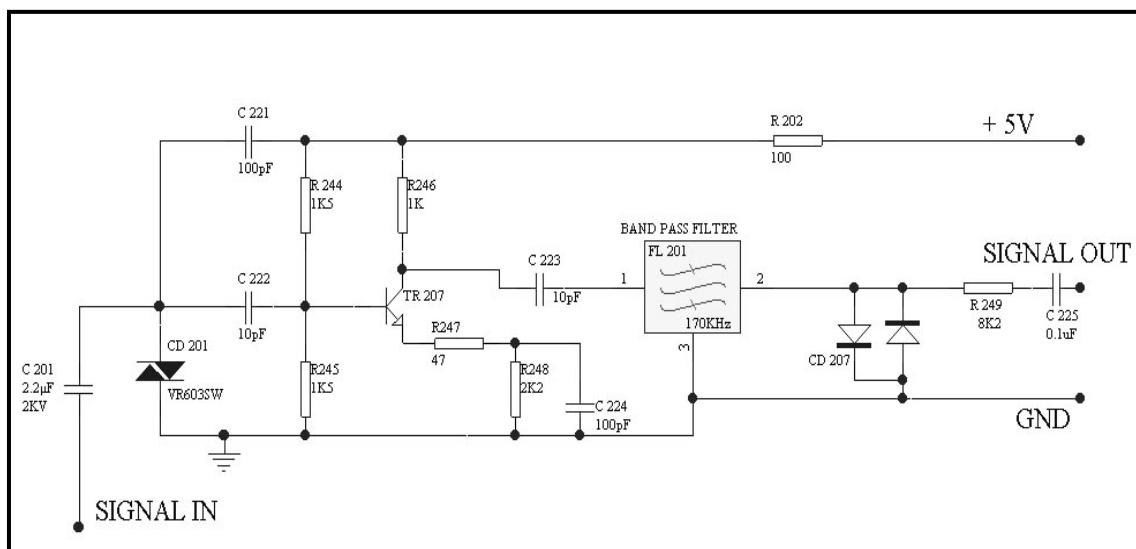
Εικόνα 3.5  
Χρονική σχέση παλμών σκανδαλισμού.



Εικόνα 3.6  
Συνδεσμολογία πιεζομετατροπέων στην έξοδο του ενισχυτή.

### 3.3.3) Βαθμίδα προστασίας προενίσχυσης.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.6 κατά την εκπομπή η έξοδος του ενισχυτή εφαρμόζεται τόσο στους πιεζομετατροπείς όσο και στην γραμμή που οδεύει στα κυκλώματα λήψης. Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι οι ίδιοι πιεζομετατροπείς χρησιμοποιούνται και για την εκπομπή και για τη λήψη. Ευνόητο είναι ότι χρειάζεται μία βαθμίδα που θα προστατεύει τα υπόλοιπα κυκλώματα από τις μεγάλες τάσεις εκπομπής αλλά και που θα διαχωρίζει εισερχόμενα σήματα των 120 KHz από αυτά των 170 KHz. Στην εικόνα 3.7 βλέπουμε τη βαθμίδα αυτή που οδηγεί στον ενισχυτή των 170 χιλιοκύκλων, όπως έχει όμως ήδη αναφερθεί υπάρχει και μία αντίστοιχη για τη συχνότητα των 120 χιλιοκύκλων.



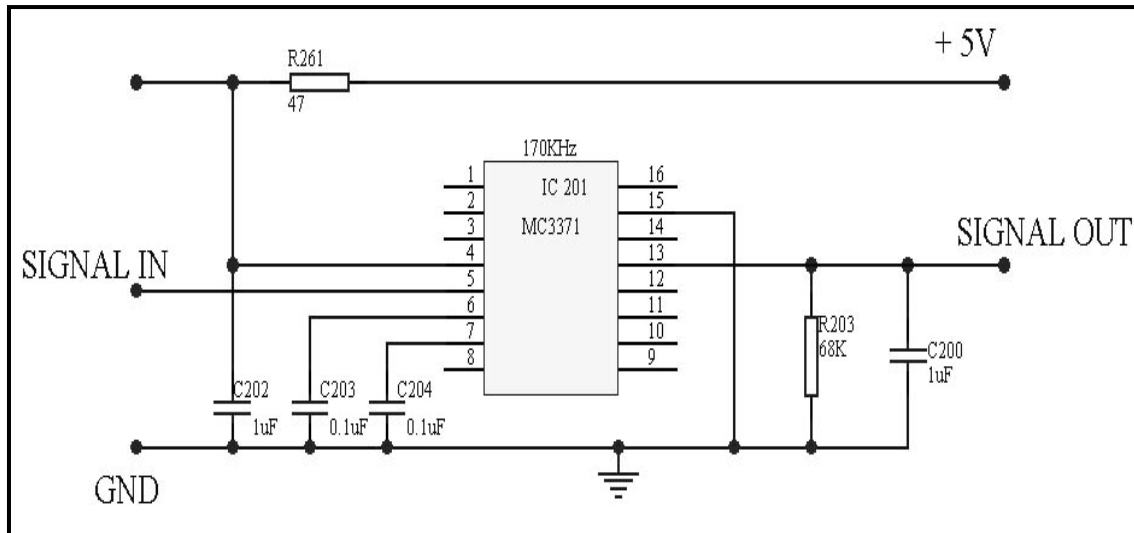
Εικόνα 3.7  
Βαθμίδα προστασίας προενίσχυσης (170KHz).

Το Diac CD201 έχει μία τάση διάσπασης της τάξεως των μερικών βολτ ώστε να υποβαθμίζει τις υψηλές τάσεις που εμφανίζονται κατά την εκπομπή, προστατεύοντας έτσι το υπόλοιπο κύκλωμα. Τα σήματα που προέρχονται από τις ανακλάσεις των παλμών υπερήχων δεν επηρεάζονται από το Diac αφού η τάση τους δεν υπερβαίνει την τάση διάσπασης του. Στη συνέχεια αφού ενισχυθούν στον ενισχυτή κοινού εκπομπού τα σήματα οδεύουν στο φίλτρο διέλευσης ζώνης. Το φίλτρο αυτό είναι συντονισμένο στους 170 χιλιοκύκλους και αποσκοπεί στην αποκοπή των σημάτων που προέρχονται από τον μετατροπέα των 120 χιλιοκύκλων καθώς και όποιων άλλων παρασιτικών συχνοτήτων συνοδεύουν το σήμα. Η διάταξη των δύο αντιπαράλληλων διόδων στην έξοδο του φίλτρου σκοπό έχει τον περιορισμό της τάσης σε μία τιμή περί τα 1,3 βολτ εφόσον την υπερβαίνει.

Όσα αναφέρθηκαν για τη βαθμίδα αυτή ισχύουν και για τη βαθμίδα των 120 χιλιοκύκλων με μόνη διαφορά ότι το αντίστοιχο φίλτρο διέλευσης ζώνης είναι συντονισμένο στη συχνότητα των 120 χιλιοκύκλων.

### 3.3.4) Βαθμίδα ενίσχυσης - φώρασης.

Στην εικόνα 3.8 φαίνεται η βαθμίδα ενίσχυσης και φώρασης των 170 χιλιοκύκλων. Αυτή είναι η τέταρτη και τελευταία βαθμίδα που θα εξετάσουμε.



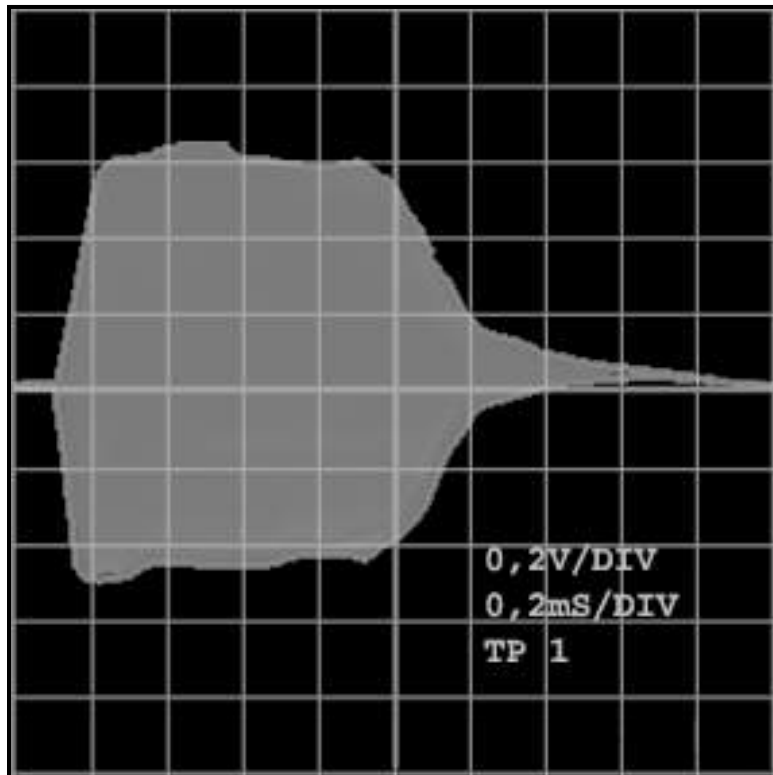
Εικόνα 3.8

Βαθμίδα ενίσχυσης και φώρασης των 170 χιλιοκύκλων.

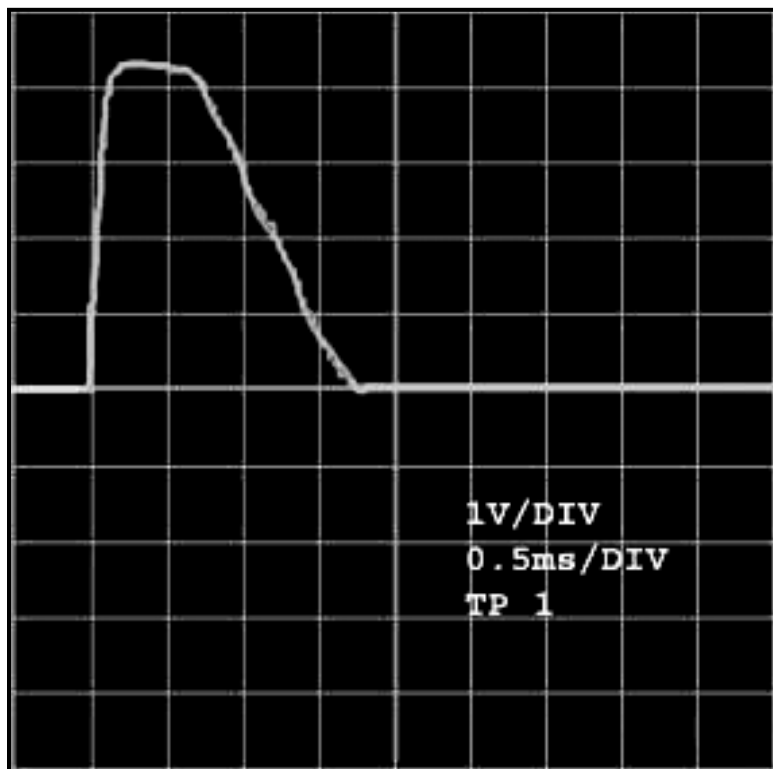
Το κύριο στοιχείο της βαθμίδας αυτής είναι το ολοκληρωμένο IC 201 (MC3371) της εταιρείας MOTOROLA\*. Το ολοκληρωμένο αυτό τυπικά προορίζεται σύμφωνα με την εταιρεία παραγωγής του για χρήση σε ραδιοφωνικούς δέκτες διαμόρφωσης συχνότητας. Ο σχεδιαστής ωστόσο του κυκλώματος το χρησιμοποιεί για την ενίσχυση του σήματος αλλά και την εξαγωγή της περιβάλλουσας της κυματομορφής του. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας ως έξοδο τον ακροδέκτη (13) που στην τυπική λειτουργία του κυκλώματος παρέχει μία ένδειξη της έντασης του εισερχόμενου σήματος.

Το αντίστοιχο κύκλωμα για τη συχνότητα των 120 χιλιοκύκλων διαφέρει μόνο στις τιμές των πυκνωτών. Οι έξοδοι των δύο ολοκληρωμένων ( IC 201, IC204 ) οδηγούνται στον κονέκτορα J201 ( εικόνα 3.1 ) που συνδέει την πλακέτα με την κεντρική όπου γίνεται η ψηφιακή επεξεργασία των σημάτων. Οι τυπικές κυματομορφές εισόδου – εξόδου του ολοκληρωμένου IC 201 φαίνονται στις εικόνες 3.9 & 3.10 .

\* Το πλήρες φύλλο δεδομένων του MC3371 παρατίθεται στο παράρτημα Α.



Εικόνα 3.9  
Κυματομορφή εισόδου IC 201.

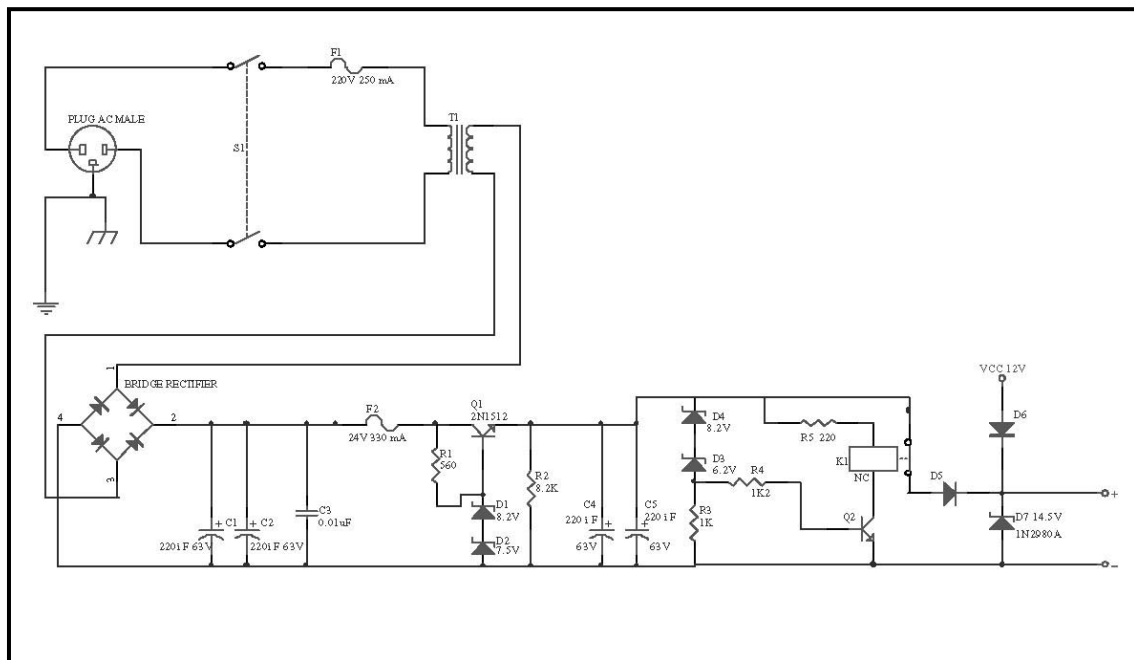


Εικόνα 3.10  
Κυματομορφή εξόδου IC 201.

## 4) Μετατροπή του 560 FishFinder της APELCO σε εκπαιδευτικό ανάπτυγμα.

### 4.1) Τροφοδοτικό αναπτύγματος.

Το σόναρ FishFinder 560 προορίζεται για χρήση σε μικρά σκάφη όπου συνήθως η ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται από μπαταρίες 12V. Γι' αυτό το λόγο απαιτεί τροφοδοσία μεταξύ των 10.2 και 16.2 βολτ DC. Για την αυτονόμηση από πλευράς τροφοδοσίας αλλά και την προστασία του εκπαιδευτικού αναπτύγματος από υπερτάσεις κατασκευάστηκε ένα DC τροφοδοτικό ( εικόνα 4.1 ).



Εικόνα 4.1  
Το τροφοδοτικό του αναπτύγματος.

Η τάση δικτύου αφού υποβιβασθεί στο μετασχηματιστή T1 ανορθώνεται στη γέφυρα διόδων και σταθεροποιείται από τους πυκνωτές C1,C2,C3,C4 & C5 . Ιδιαίτερη βαρύτητα έχει δοθεί στην προστασία από υπερτάσεις, για το λόγο αυτό έχουν τοποθετηθεί τρεις ανεξάρτητες δικλίδες ασφαλείας. Καταρχάς στην έξοδο του τροφοδοτικού έχει τοποθετηθεί μία διάδος zener ( D7 ) που σταθεροποιεί την τάση στην τιμή 14,5 V εφόσον αυτή υπερβεί την τιμή αυτή. Επιπρόσθετα εάν η τάση εξόδου προσεγγίσει τα 15 V διαρρέονται από ρεύμα οι D3, D4 με αποτέλεσμα το κλείσιμο του

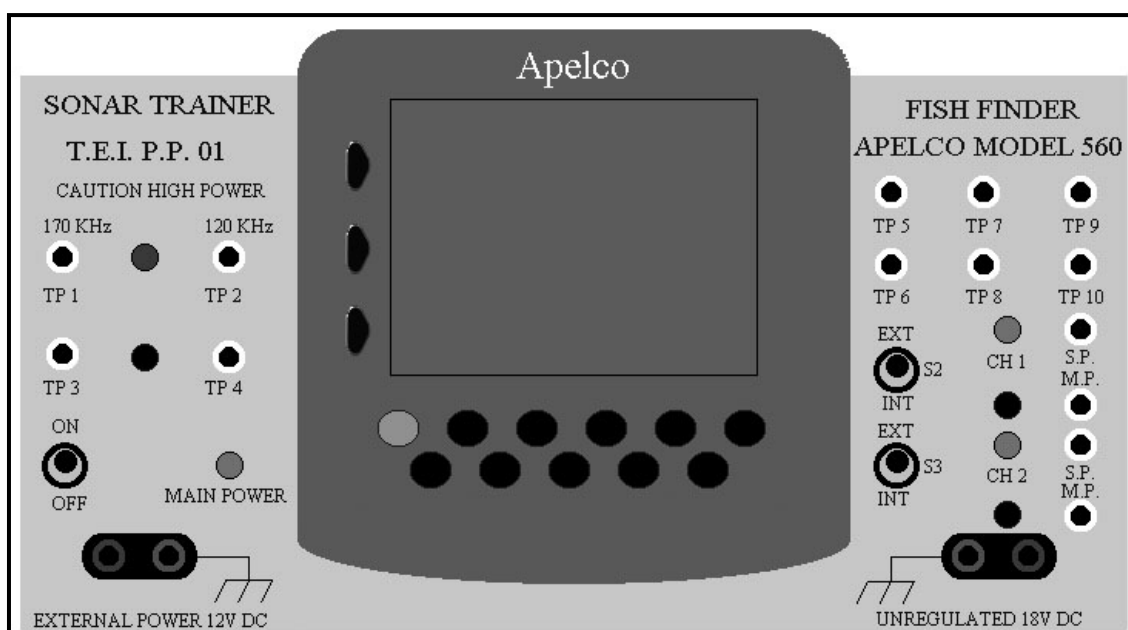
τρανζίστορ Q2 και την ενεργοποίηση του ρελέ K1 που αποκόπτει την έξοδο. Τέλος αν η τάση υπερβεί τα 15,7 V “σπάνε” οι D1, D2 οπότε ανοίγει το τρανζίστορ Q1 αποκόπτοντας το υπόλοιπο κύκλωμα. Πέρα αυτών δύο θερμικές ασφάλειες, η F1 πριν τον μετασχηματιστή και η F2 μετά τη γέφυρα, ολοκληρώνουν τις προστασίες του κυκλώματος. Οι θερμικές ασφάλειες πρέπει απαραίτητα να είναι βραδείας τήξεως καθώς η συσκευή στιγμιαία κατά την εκπομπή απορροφά αρκετά αμπέρ. Στην άνοδο της D6 μπορεί να συνδεθεί εξωτερικά σταθεροποιημένη τάση ώστε να λειτουργήσει η συσκευή αν δεν υπάρχει διαθέσιμη τάση δικτύου.

### **Παρατήρηση.**

Τα υλικά που έχουν χρησιμοποιηθεί για το τροφοδοτικό και κατ’ απαίτηση του εισηγητή είναι εκ περισυλλογής. Η εξήγηση στην απαίτηση του είναι η επιπρόσθετη εξάσκηση στην αξιοποίηση ανομοιογενούς υλικού.

## **4.2) Προσθήκες και μετατροπές στα κυκλώματα της συσκευής.**

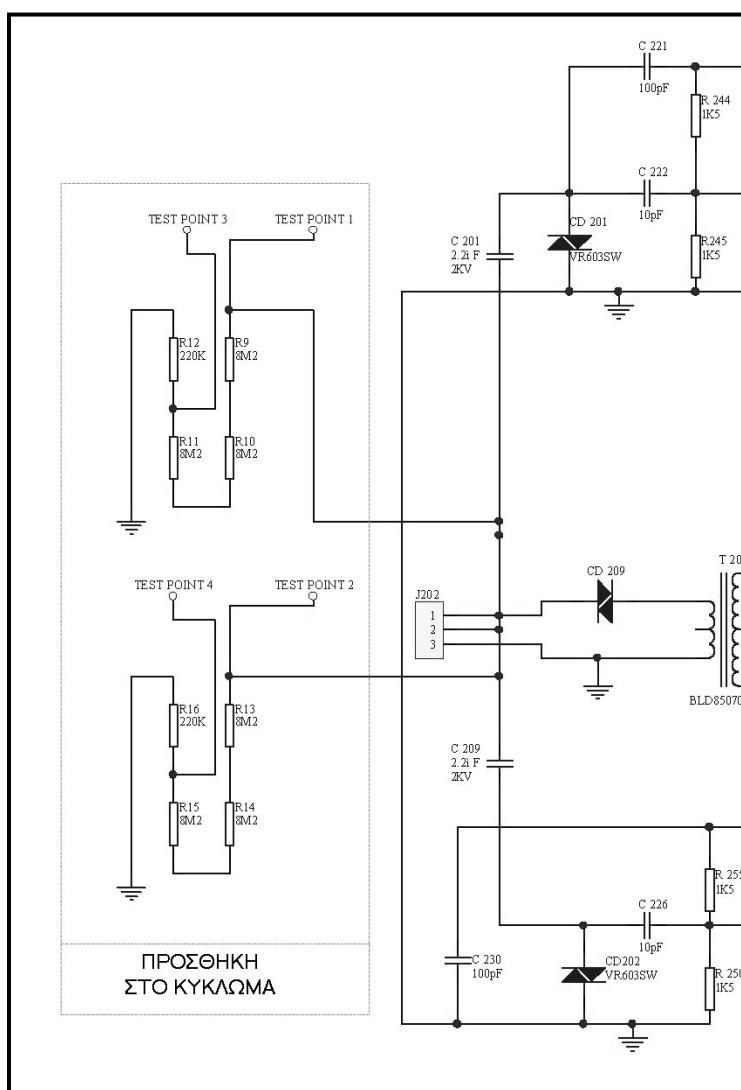
Για τη μετατροπή σε εκπαιδευτικό ανάπτυγμα χρησιμοποιήθηκε ένα κουτί κατασκευών στην πρόσοψη του οποίου προσαρμόσθηκε η κεντρική μονάδα του σόναρ, ο διακόπτης του τροφοδοτικού, τα σημεία ελέγχου ( Test Points ), δύο διακόπτες μεταγωγής, ενδεικτικές λυχνίες ( led ) και δύο ζευγάρια μπόρνες για την εξωτερική τροφοδότηση με συνεχή τάση. Στην εικόνα 4.2 φαίνεται η πρόσοψη του εκπαιδευτικού αναπτύγματος.



Εικόνα 4.2  
Η πρόσοψη του εκπαιδευτικού αναπτύγματος.

#### 4.2.1) Σημεία ελέγχου στην έξοδο.

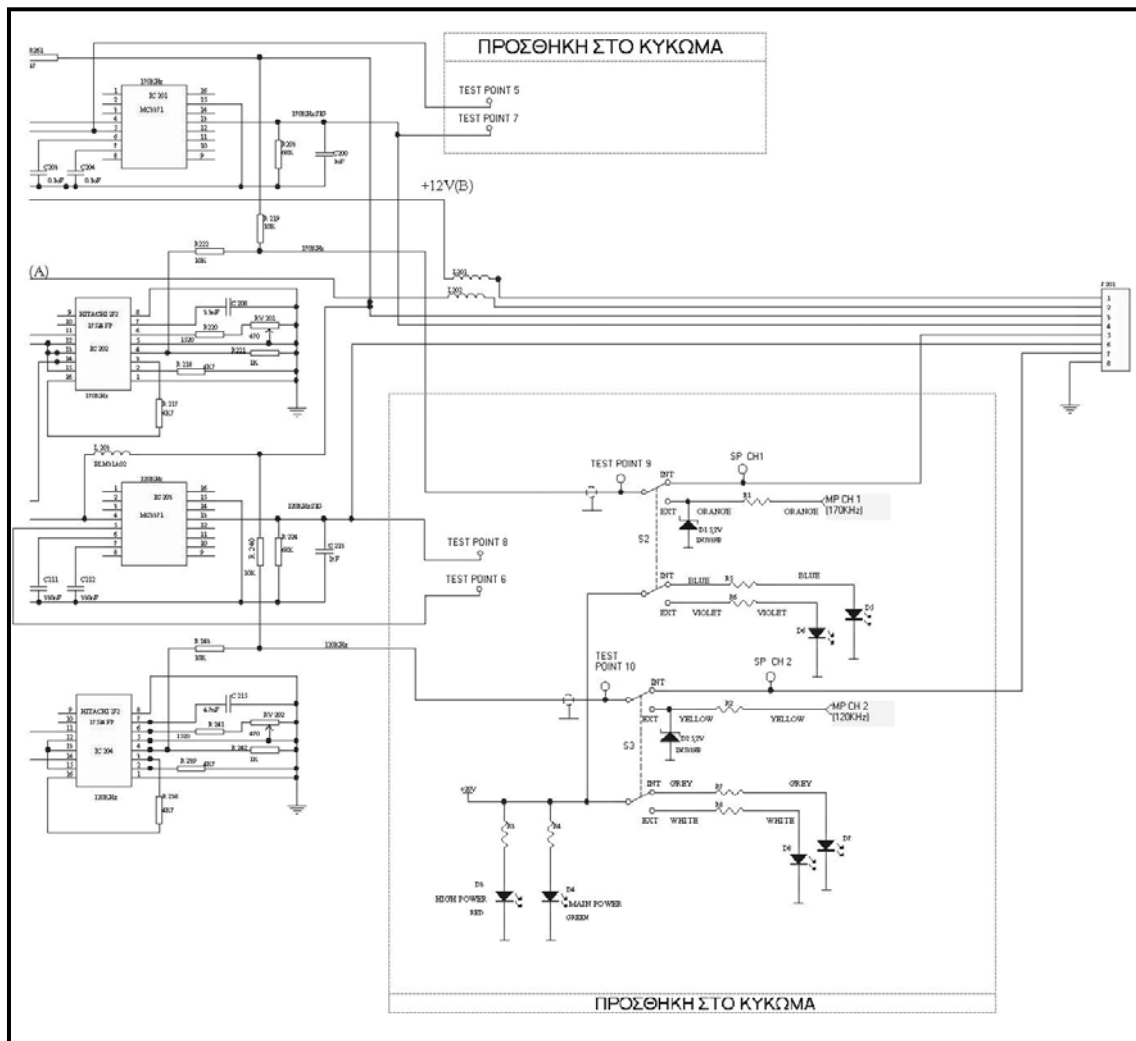
Στο αριστερό μέρος της εικόνας 4.2 διακρίνεται ο διακόπτης του τροφοδοτικού, η εξωτερική τροφοδότηση με 12V και τέσσερα σημεία ελέγχου τα : TP 1, TP 2, TP 3 & TP 4. Τα δύο πρώτα είναι συνδεδεμένα απευθείας στους πιεζομετατροπείς όπου μπορούμε να δούμε τους παλμούς υπερήχων στην τελική τους μορφή. Η τάση των παλμών είναι της τάξης του ενός κιλοβόλτ και για το λόγο αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη λήψη μετρήσεων. Τα TP 3,TP 4 αντιστοιχούν στα ίδια σημεία με τη διαφορά ότι μεταξύ αυτών και των πιεζομετατροπέων έχουν παρεμβληθεί αντιστάσεις συνολικής τιμής 24,6 μεγαώμ που προκαλούν εξασθένηση 20,5 dB. Με τον τρόπο αυτό μπορούμε να δούμε τις κυματομορφές χωρίς τη χρήση εξωτερικών εξασθενητών. Η σύνδεση των ανωτέρω φαίνεται στην εικόνα 4.3 .



Εικόνα 4.3  
Η σύνδεση των σημείων ελέγχου στην έξοδο.

## 4.2.2 Άλλα σημεία ελέγχου.

Στο δεξιό επάνω μέρος της πρόσοψης ( εικόνα 4.2 ) είναι τα σημεία ελέγχου : TP 5, TP 6, TP 7, TP 8, TP 9 & TP 10. Τα σημεία ελέγχου ( 5 ) & ( 6 ) είναι συνδεδεμένα στις εισόδους των ολοκληρωμένων ( IC 201 ) & ( IC 203 ) αντίστοιχα. Μας δίνουν δηλαδή τις κυματομορφές εισόδου για τα δύο κανάλια όπως αυτές είναι μετά τα φίλτρα διέλευσης ζώνης συχνοτήτων. Ομοίως τα σημεία ελέγχου ( 7 ) & ( 8 ) συνδέονται στις εξόδους των ανωτέρω ολοκληρωμένων. Τέλος τα σημεία ( 9 ) & ( 10 ) έχουν τοποθετηθεί στις γραμμές σκανδαλισμού των δύο ταλαντωτών. Η θέση των σημείων ελέγχου στο κύκλωμα φαίνεται στην εικόνα 4.4 .



Εικόνα 4.4  
Προσθήκες στο κύκλωμα του σόναρ.



### 4.2.3) Οι μεταγωγικοί διακόπτες S2, S3.

Εκτός από τα σημεία ελέγχου έχουν προστεθεί στο κύκλωμα και οι διακόπτες S2, S3. Οι διακόπτες έχουν δύο θέσεις ( INT – EXT ) και μας δίνουν τη δυνατότητα, στη θέση ( EXT ) να αποκόπτουμε τους παλμούς σκανδαλισμού των ταλαντωτών για κάθε κανάλι. Ο S2 αποκόπτει τους παλμούς του καναλιού των 170 KHz ( CH 1), ενώ ο S3 αποκόπτει τους παλμούς του καναλιού των 120 KHz ( CH 2). Επιπρόσθετα έχουν τοποθετηθεί τα σημεία SP & MP για κάθε κανάλι. Σε κάθε σημείο SP λαμβάνουμε τους παλμούς σκανδαλισμού για το αντίστοιχο κανάλι ανεξάρτητα από τη θέση των S2, S3. Τα σημεία MP μας δίνουν τη δυνατότητα να διεγείρουμε εξωτερικά κάθε κανάλι. Για να το πετύχουμε θα πρέπει να θέσουμε στη θέση ( EXT ) τον αντίστοιχο διακόπτη και να εφαρμόσουμε στο σημείο MP παλμούς κατάλληλης χρονικής διάρκειας και ύψους. Ο τρόπος διέγερσης κάθε καναλιού, εσωτερικός ή εξωτερικός, υποδεικνύεται και από ένα ζεύγος φωτοδιόδων που έχουν τοποθετηθεί για αυτό το σκοπό.

Ασφαλώς η εξωτερική διέγερση των καναλιών απαιτεί διερευνητική ικανότητα και φαντασία γιατί δεν εμποδίζει τη χρήση διαμορφωμένων σημάτων και διευκολύνει τους σπουδαστές σε επιπρόσθετες διερευνήσεις.

## 5) Μετρήσεις.

### 5.1) Συνθήκες κατά τη λήψη γραφικών.

Κατά τη λήψη των κυματομορφών από το εκπαιδευτικό ανάπτυγμα θεωρήθηκε σκόπιμο οι μεταβλητές της συσκευής που ενδεχομένως να επηρεάζουν τις γραφικές, όπως η εμβέλεια ( Range ) και η ευαισθησία ( Sensitivity ), να ορισθούν σε μία ορισμένη τιμή ώστε να είναι δυνατή η σύγκριση των γραφικών και η ασφαλής εξαγωγή συμπερασμάτων. Η ευαισθησία ορίσθηκε στην τιμή 7 ενώ η εμβέλεια στα 20 μέτρα με κάποιες εξαιρέσεις στις οποίες όμως επισημαίνεται η τιμή που χρησιμοποιήθηκε.

### 5.2) Ρυθμίσεις παλμογράφου ( KIKSUI 5501 U )

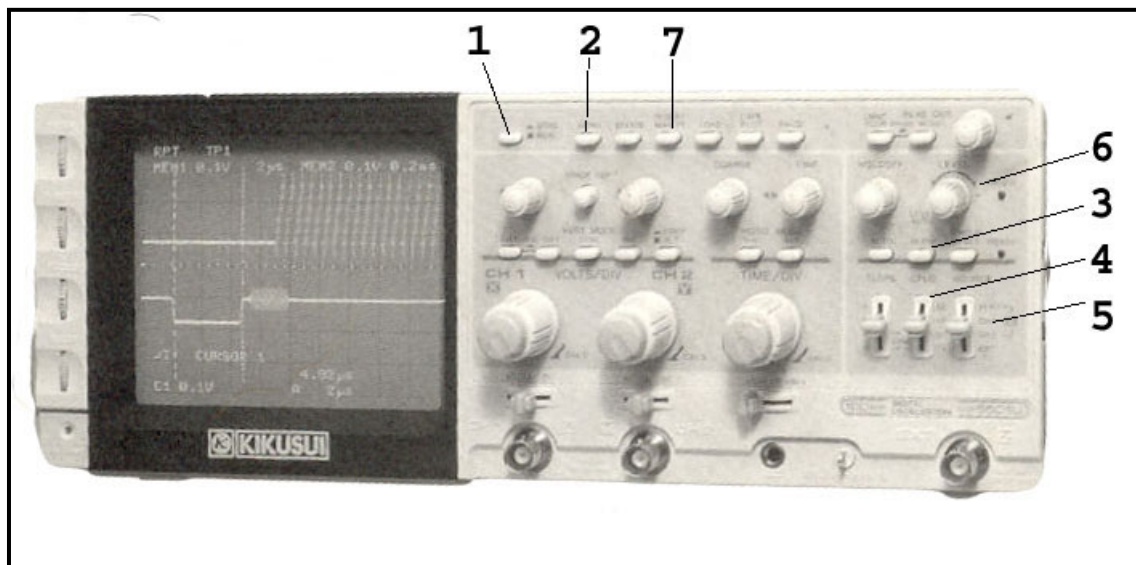
Στην παράγραφο αυτή παρατίθενται οι ρυθμίσεις που έγιναν στον παλμογράφο για τη μελλοντική διευκόλυνση εκπαιδευτών και εκπαιδευομένων στη λήψη γραφικών από το εκπαιδευτικό ανάπτυγμα.

Λόγο της ιδιομορφίας των κυματομορφών, υψηλές συχνότητες σε συνδυασμό με πολύ αργούς χρόνους επανάληψης, που θέλουμε να αναπαραστήσουμε με τη βοήθεια του παλμογράφου είναι απαραίτητη η χρήση ενός ψηφιακού παλμογράφου. Ο παλμογράφος που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο KIKUSUI 5501 U (εικόνα 5.1). Οι ρυθμίσεις που καθορίστηκαν στον παλμογράφο για τη λήψη των γραφικών αναφέρονται εδώ συνοπτικά.

Πρώτη ενέργεια μας όπως και σε κάθε άλλη μέτρηση που επιτελείται με τον παλμογράφο είναι η βαθμονόμηση των ακροδεκτών (probes) η οποία γίνεται κατά τα γνωστά. Κατόπιν επιλέγουμε την ψηφιακή λειτουργία θέτοντας στη θέση ON το πλήκτρο STRG <sup>(1)</sup> που βρίσκεται στην επάνω δεξιά γωνία μας οθόνης. Με το παρακείμενο πλήκτρο MENU <sup>(2)</sup> ενεργοποιούμε το μενού επιλογών στο οποίο θέτουμε τις τιμές του παρακάτω πίνακα:

ROLL	OFF
RPT.	ON
INTRPL.	CRV
V.T.	OFF
PLOT	OFF

Ο σκανδαλισμός του παλμογράφου ( TRIGERING ) πρέπει να είναι στη θέση NORMAL<sup>(3)</sup> και όχι AUTO. Η σύζευξη ( CPLG ) στη θέση AC<sup>(4)</sup> και η πηγή ( SOURCE ) στη θέση CH 1<sup>(5)</sup>. Αφού ρυθμίσουμε μας κλίμακες χρόνου και τάσης σύμφωνα με τα μεγέθη μας αναμενόμενης κυματομορφής περιστρέφουμε, εφόσον απαραίτητο, το ποτενσιόμετρο LEVEL<sup>(6)</sup> ώστε να εμφανισθεί η κυματομορφή. Τέλος είναι δυνατό να μεταβάλουμε τη θέση του σημείου σκανδαλισμού στην οθόνη, να μετατοπίσουμε δηλαδή την κυματομορφή μας, με το πλήκτρο TRIG PT<sup>(7)</sup> με συνηθέστερες τιμές : TP 1 & TP 5.

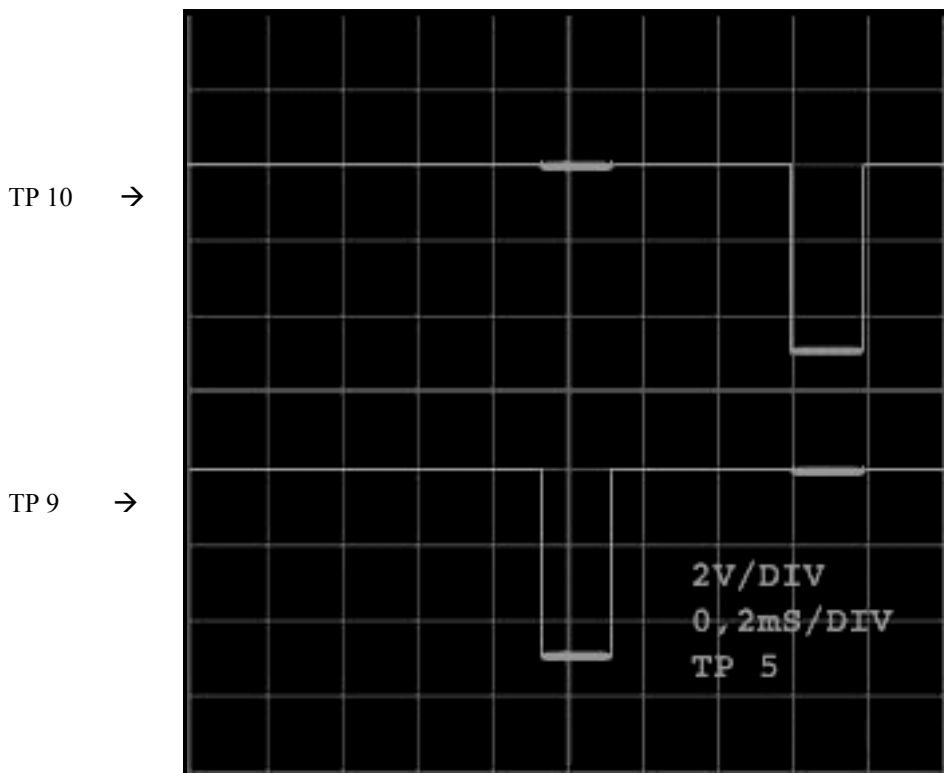


Εικόνα 5.1  
Ο παλμογράφος KIKUSUI 5501U.

### 5.3) Μετρήσεις και συμπεράσματα.

#### 5.3.1) Παλμοί σκανδαλισμού. ( TP 10, TP 9 )

Στην εικόνα 5.2 φαίνονται οι παλμοί σκανδαλισμού των ταλαντωτών των 120KHz ( TP 10 ) και των 170KHz ( TP 9 ) με την εμβέλεια του σόναρ ορισμένη στα 20 μέτρα. Πρόκειται για αρνητικούς παλμούς διάρκειας 0.2ms και "ύψους" 4.5V. Η χρονική απόσταση των παλμών είναι 45ms.



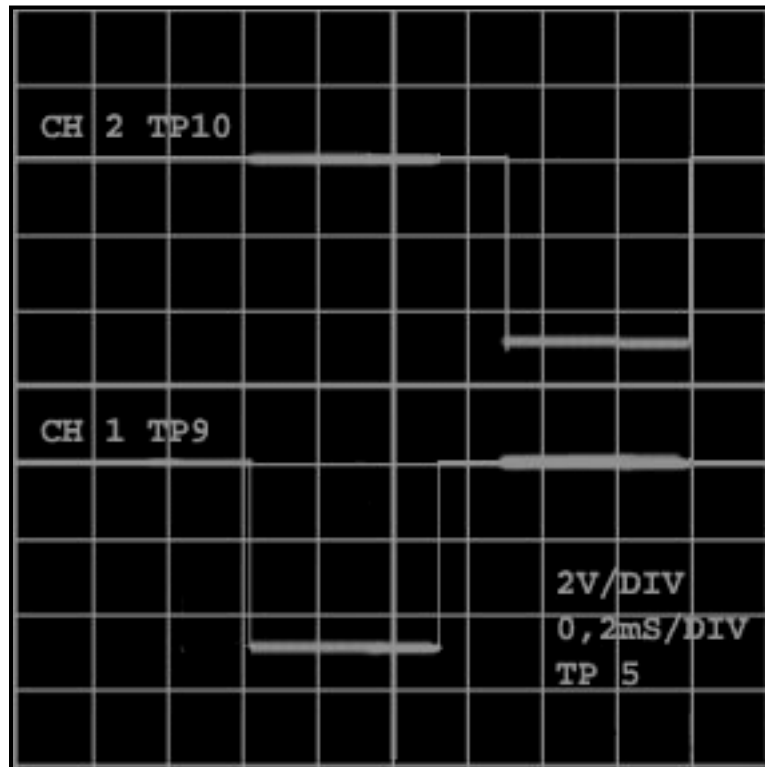
Εικόνα 5.2  
Παλμοί σκανδαλισμού με range 20 μέτρα.

Παρουσιάζει ενδιαφέρον ότι αν αυξήσουμε την εμβέλεια, για την περιοχή μεταξύ 20 και 50 μέτρα, αυξάνει και η διάρκεια των παλμών. Συγκεκριμένα κάθε 5 μέτρα επιπλέον εμβέλειας προκαλούν αύξηση της διάρκειας των παλμών κατά 0,05ms. Αυτό γίνεται ώστε σε μεγαλύτερα βάθη, που συνεπάγονται και μεγαλύτερη εξασθένηση, οι παλμοί να έχουν ικανό εύρος ( ενέργεια ) που θα επιτρέψει στις ανακλάσεις τους να επιστρέψουν στους πιεζομετατροπείς.

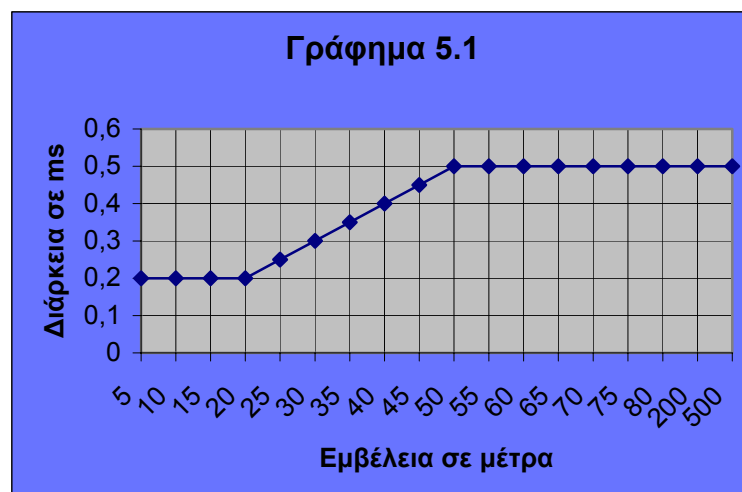
Η αύξηση όμως του εύρους των παλμών μειώνει την ελάχιστη εμβέλεια του σόναρ. Αν υποθέσουμε ότι κάποιο αντικείμενο βρίσκεται κοντά στους πιεζομετατροπείς τότε ενδέχεται η ανάκλαση των υπερήχων στο αντικείμενο να επιστρέψει προτού σταματήσει η διαδικασία εκπομπής. Σε αυτή την περίπτωση το αντικείμενο είναι μη ανιχνεύσιμο. Για να μη συμβεί αυτό θα πρέπει οι παλμοί υπερήχων να έχουν διάρκεια μικρότερη από το διπλάσιο του χρόνου που απαιτείται για

να διανύσουν την απόσταση από τους πιεζομετατροπείς στο αντικείμενο. Η μαθηματική σχέση της ελάχιστης εμβέλειας του σόναρ (  $R_{\min}$  ) με τη διάρκεια των παλμών υπερήχων (  $T_{on}$  ) είναι:  $[R_{\min} = \frac{(T_{on} * c)}{2}]$  όπου (  $c \cong 1500m/s$  ) η ταχύτητα του ήχου στο νερό.

Παρατηρήθηκε επίσης ότι για εμβέλεια μικρότερη ίση των 20 μέτρων η διάρκεια των παλμών είναι σταθερή και ίση με 0,2ms ενώ μετά τα 50 μέτρα σταθεροποιείται και πάλι στα 0,5ms ( εικόνα 5.3 ). Η σχέση της διάρκειας των παλμών με την εμβέλεια φαίνεται και στο γράφημα 5.1 .

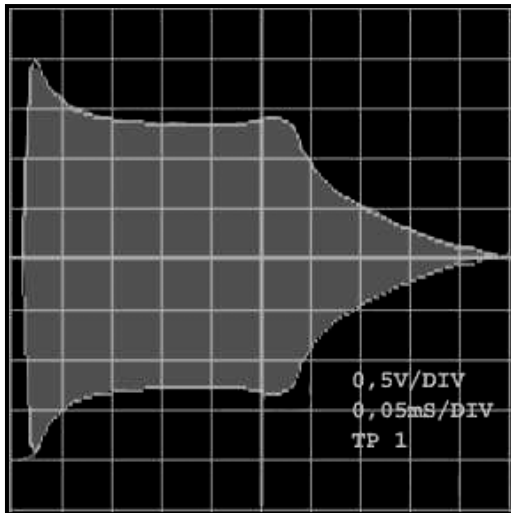


Εικόνα 5.3  
Παλμοί σκανδαλισμού με range 50 μέτρα.

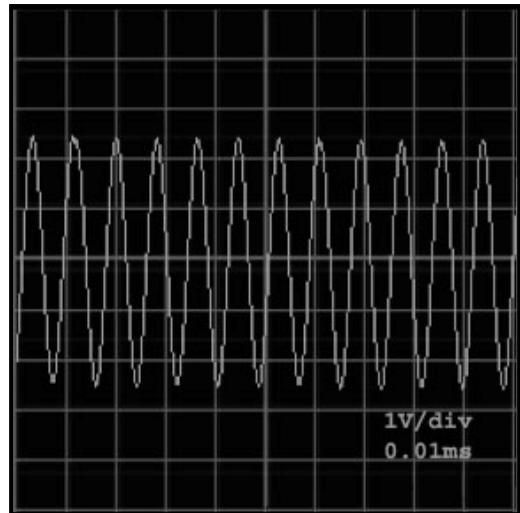


### 5.3.2) Κυματομορφές στην έξοδο. ( TP 3, TP 4 )

Στις εικόνες 5.4 & 5.5 απεικονίζεται η κυματομορφή της εξόδου του σόναρ κατά την εκπομπή ενός παλμού συχνότητας 120KHz στο σημείο ελέγχου TP 4.



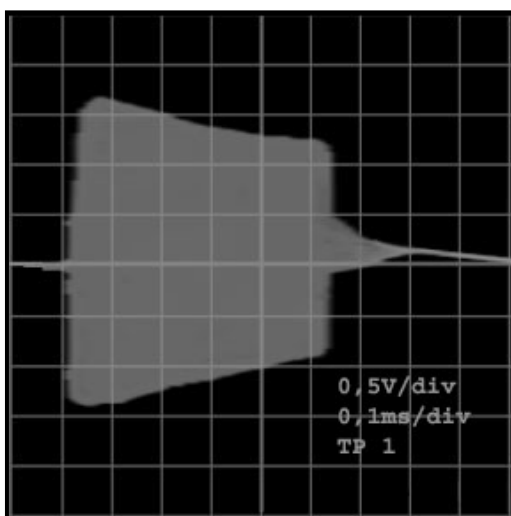
Εικόνα 5.4  
Κυματομορφή στο TP 4.



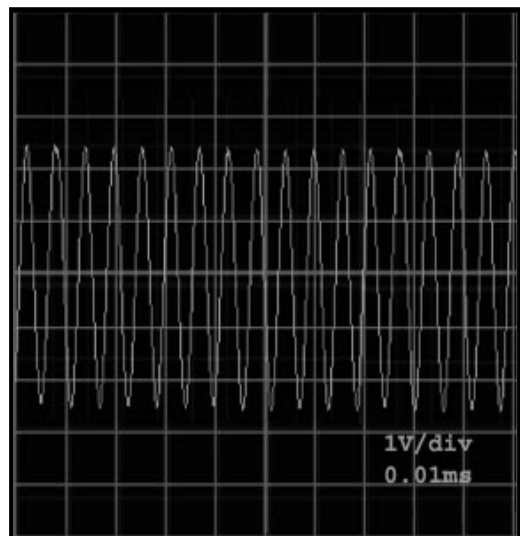
Εικόνα 5.5  
Κυματομορφή στο TP 4.

Στην εικόνα 5.5 η κλίμακα χρόνου είναι 5 φορές μικρότερη ώστε να διακρίνεται η συχνότητα των 120 χιλιοκύκλων. Στις δύο αυτές γραφικές παρατηρούμαι ότι το πλάτος των παλμών δεν υπερβαίνει τα  $4V_{p-p}$  έχουμε όμως ήδη αναφέρει ότι τα σημεία TP 3 & TP 4 εμπεριέχουν εξασθένηση 20,5 dB. Με άλλα λόγια το πλάτος των κυματομορφών είναι 113 φορές μικρότερο του πραγματικού. Εύκολα υπολογίζεται ότι το πραγματικό πλάτος πλησιάζει τα 450V.

Ομοίως για τη συχνότητα των 170 χιλιοκύκλων οι αντίστοιχες κυματομορφές στο TP 3 απεικονίζονται στις εικόνες 5.6 & 5.7 .



Εικόνα 5.6  
Κυματομορφή στο TP 3.

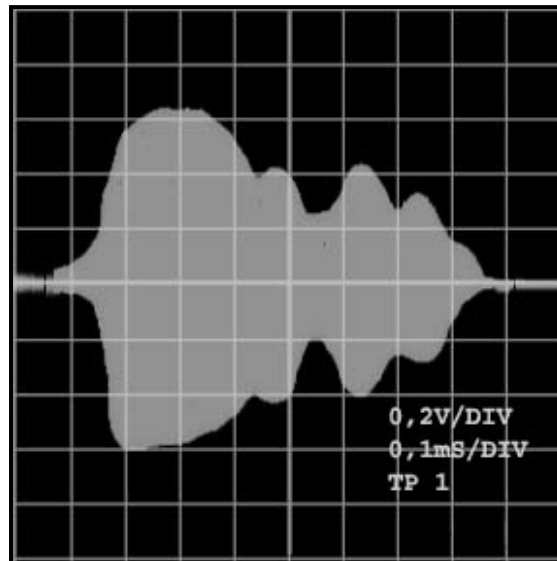


Εικόνα 5.7  
Κυματομορφή στο TP 3.

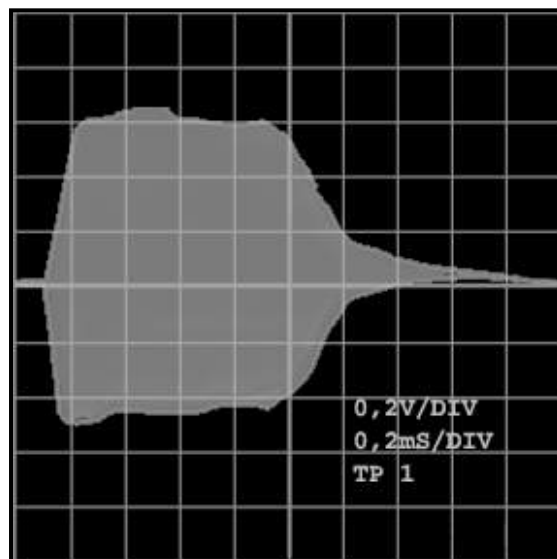
### 5.3.3) Κυματομορφές στα σημεία ελέγχου TP 5, TP 6.

Τα σημεία ελέγχου TP 5, TP 6 βρίσκονται αμέσως μετά τα φίλτρα διέλευσης ζώνης συχνοτήτων 170 & 120 χιλιοκύκλων αντίστοιχα. Στα σημεία αυτά μπορούμε να δούμε της κυματομορφές των υπερήχων που μετατρέπονται από τους πιεζομετατροπείς σε ηλεκτρικά σήματα. Στην εικόνα 5.8 βλέπουμε την κυματομορφή στο TP 6 που αντιστοιχεί στο κανάλι των 120 χιλιοκύκλων και στην εικόνα 5.9 την κυματομορφή στο TP 5 που αντιστοιχεί στο κανάλι των 170 χιλιοκύκλων.

Εικόνα 5.8



Κυματομορφή στο TP 6.

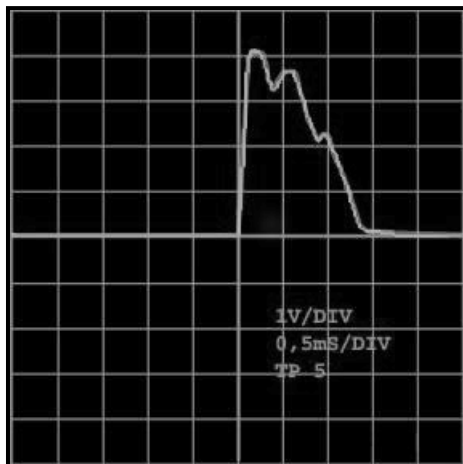


Εικόνα 5.9

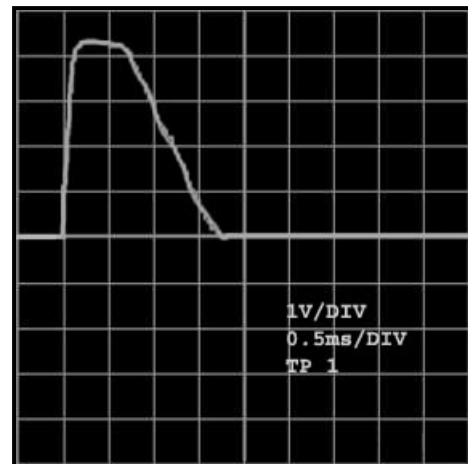
Κυματομορφή στο TP 5.

### 5.3.4) Κυματομορφές στα σημεία ελέγχου TP 7, TP 8.

Τα σημεία ελέγχου TP7, TP8 αντιστοιχούν στις εξόδους των ολοκληρωμένων J201, J203. πρόκειται για τα τελευταία σημεία αναλογικής λειτουργίας καθώς στη συνέχεια τα σήματα οδεύουν στην κεντρική πλακέτα για την ψηφιοποίηση και την περαιτέρω ανάλυσή τους. Σε αυτό το στάδιο της λειτουργίας του σόναρ, τα σήματα δεν περιλαμβάνουν τις υψίσυχνες συνιστώσες τους καθώς έχει ήδη εξαχθεί η περιβάλλουσά τους. Στην εικόνα 5.10 έχουμε την κυματομορφή του TP 8 (κανάλι 120KHz) και στην εικόνα 5.11 την κυματομορφή του TP 7 ( κανάλι 170KHz).

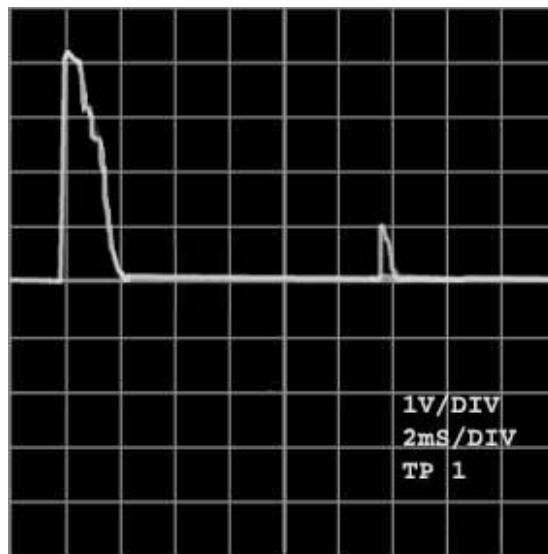


Εικόνα 5.10  
Κυματομορφή στο TP 8



Εικόνα 5.11  
Κυματομορφή στο TP 7

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εικόνα 5.12 στην οποία φαίνεται η κυματομορφή στο σημείο ελέγχου TP 8 και διακρίνεται και η ανάκλαση από την οροφή στο δεξιό άκρο.



Εικόνα 5.12



Ο παλμός εκπομπής απέχει χρονικά από τον παλμό της ανάκλασης σχεδόν 12ms. Συνυπολογίζοντας ότι η ταχύτητα του ήχου στον αέρα είναι 340 m/s προκύπτει ότι ο παλμός υπερήχων διένυσε συνολικά περίπου 4 μέτρα το οποίο είναι και το αναμενόμενο αφού κατά τη λήψη των γραφικών οι μετατροπείς ήταν τοποθετημένοι ανάποδα και απείχαν από την οροφή περίπου 2 μέτρα. Η συσκευή θεωρώντας ότι η ανάκλαση προέρχεται από το βυθό εμφάνιζε στην οθόνη βάθος ίσο με 9 μέτρα.

Η διαφορά μεταξύ πραγματικής και φαινόμενης απόστασης οφείλεται στη διαφορετική ταχύτητα διάδοσης του ήχου στον αέρα και το νερό. Στο νερό ο ήχος διαδίδεται σχεδόν τεσσεράμισι φορές γρηγορότερα ή αλλιώς για το ίδιο χρονικό διάστημα στο νερό καλύπτει τεσσεράμισι φορές την απόσταση που καλύπτει στον αέρα. Αφού λοιπόν η συσκευή υπολογίζει τις αποστάσεις πολλαπλασιάζοντας το χρονικό διάστημα, από την εκπομπή του παλμού υπερήχων μέχρι τη λήψη της ανάκλασης, με την ταχύτητα του ήχου στο νερό φυσικό είναι να εμφανίζεται αυτό το σφάλμα.

## 6) Προοπτικές.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η πτυχιακή αυτή εργασία αποσκοπεί στην εκπαίδευση των σπουδαστών μέσω της ενασχόλησης με ένα σόναρ του οποίου η λειτουργία έχει ήδη αναλυθεί και στο οποίο έχουν τοποθετηθεί, σε κατάλληλα σημεία, σημεία ελέγχου ώστε να γίνεται και εποπτικά αντιληπτή με τη βοήθεια ενός ψηφιακού παλμογράφου.

Υπάρχει ωστόσο η προοπτική η πτυχιακή αυτή να αποκτήσει και άλλες δυνατότητες στον εκπαιδευτικό πάντα τομέα. Μπορούμε να αναφέρουμε δύο περιπτώσεις. Καταρχάς το σόναρ που χρησιμοποιήθηκε είναι εξοπλισμένο με δύο πιεζομετατροπείς προσαρμοσμένους για λειτουργία στο νερό με αποτέλεσμα η συσκευή να λειτουργεί πλημμελώς. Στην κατεύθυνση αυτή είναι δυνατόν οι πιεζομετατροπείς να αντικατασταθούν από άλλους του εμπορίου\* με προσαρμογή για λειτουργία στον αέρα οπότε θα είναι δυνατή πιο άμεσα η επίδειξη της λειτουργίας της συσκευής.

Μία δεύτερη προοπτική είναι η διέγερση της εκπομπής υπερήχων από τη συσκευή με παλμούς που θα δίνονται εξωγενώς από τους εκπαιδευόμενους ή τους εκπαιδευτές. Προς την κατεύθυνση αυτή έχει ήδη γίνει, στα πλαίσια της πτυχιακής, σημαντική προεργασία αφού έχουν τοποθετηθεί οι διακόπτες που αποκόπτουν τους εγγενείς παλμούς σκανδαλισμού και οι μπόρνες στις οποίες θα εφαρμόζονται οι εξωτερικοί παλμοί σκανδαλισμού.

\* Στο παράρτημα Δ υπάρχουν χαρακτηριστικά παραδείγματα πιεζομετατροπέων που βρέθηκαν στο διαδίκτυο και μπορούν να χρησιμοποιηθούν, έστω και με κάποιες μικρές προσαρμογές, στη θέση των υφιστάμενων.

# **Παράρτημα.**

**Παράρτημα Α.**

**Το φύλλο δεδομένων του MC 3371 της MOTROLA.**

















































## **Παράρτημα Β.**

**Το εγχειρίδιο λειτουργίας του σόναρ FishFinder/Plotter 560 της  
Apelco.**































































































































































































## **Παράρτημα Γ.**

**Τα σχηματικά διαγράμματα της συσκευής.**

**A) CMN-377**

**B) CML-447R**

## **Παράρτημα Δ.**

**Πιεζομετατροπείς προσαρμοσμένοι στον αέρα.**



## AIR ULTRASONIC SENSORS

**FUS - 120A**

**FUS - 200A**

**FUS - 300A**

**FUS - 400A**



### **Introduction:**

The Air Ultrasonic Transducer can detect objects or measure distance, making use of transmitting ultrasonic acoustic waves in the air and receiving the reflected wave. Ultrasonic waves can reflect from transparent objects also, making it possible to sense an object invisible to optical sensors. With this phenomena, the technology can be used in such fields as measuring liquid surfaces or gaseous currents. **Fuji & Co.** is active in developing the most effective and highly sensitive sensors.

We can entertain special customer requests on shapes, frequency based on customer specifications.

### **Applications:**

**There are three basic systems which can be employed in ultrasonic sensors.**

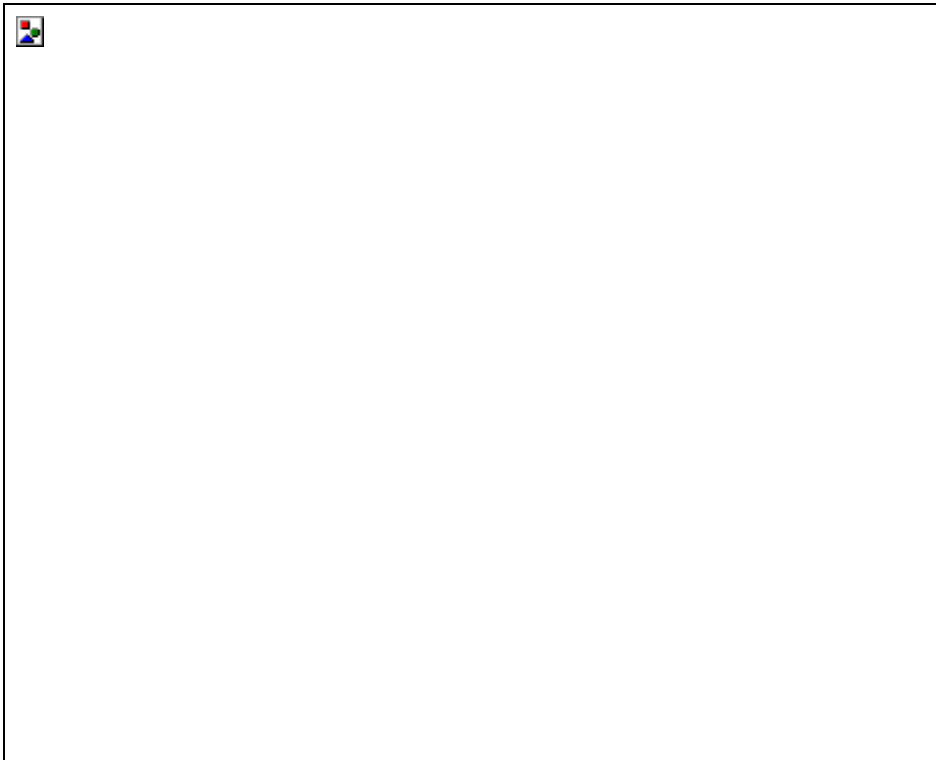
- Single element reflection system.
- Two element reflection system.
- Two elements and facing system

The FUS series can apply to any of these.



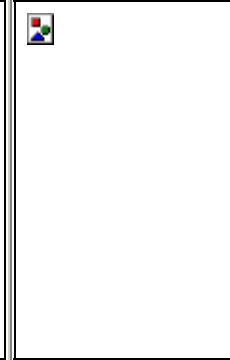
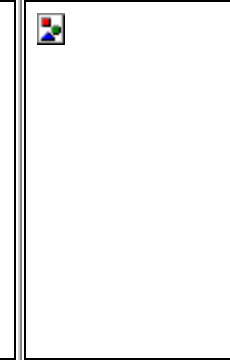
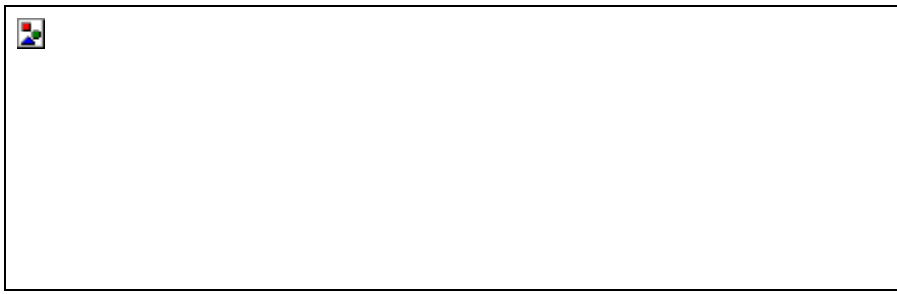
**There are two kinds of signal wave forms.**

- Continuous wave systems: Useful for object detection.
- Pulsed wave systems: Useful for distance measurement and gaseous current meters using analysis of arrival time of reflected wave. also in remote control system where pulse recurrence rate is modulated.

Fuji & Co. recommends two element reflection system for short distance measurement because single element cannot receive reflected signal if it is still transmitting when reflected signal returns.



### Construction - Dimensions:

Model	FUS - 120A	FUS - 200A	FUS - 300A	FUS = 400A
Nominal Frequency	120 kHz.	200 kHz.	300 kHz.	400 kHz.
Dimensions				
Construction				

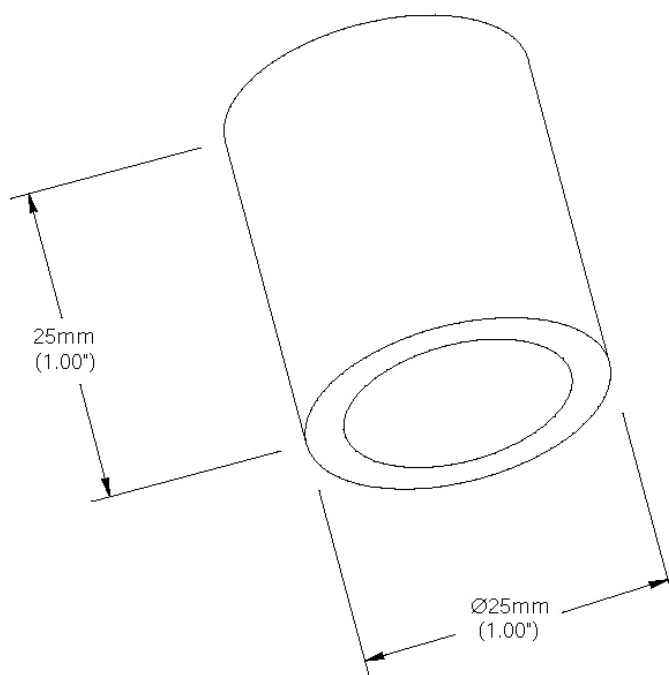
### Rating:

Model	FUS - 120A	FUS - 200A	FUS - 300A	FUS - 400A
Nominal Frequency	120 kHz.	200 kHz.	300 kHz.	400 kHz.
Sensitivity	>-55dB @ 0.35cm	>-55dB @ 0.2cm	>-65dB @ 0.15cm	>-70dB @ 0.1cm
Electrostatic Capacity	600 pF	380 pF	260 pF	200 pF
Directivity	5 degrees	6 degrees	7 degrees	7 degrees
Max. Input Voltage	80 Vp-p	60 Vp-p	40 Vp-p	40 Vp-p
Distance of Detection	0.35 ~ 2.5m	0.2 ~ 1.2m	0.1 ~ 0.6m	0.08 ~ 0.3m
Resolution	3mm	2mm	1.2mm	1mm
Operating Temp Range	-20 ~ 60 degrees C			
Storage Temp Range	-35 ~ 70 degrees C			

# AT120 125kHz

**Features:**

- Rugged sealed construction
- Cylindrical design allows for installation in various applications



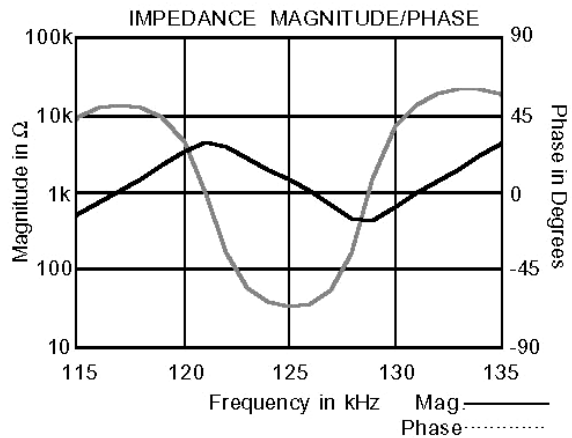
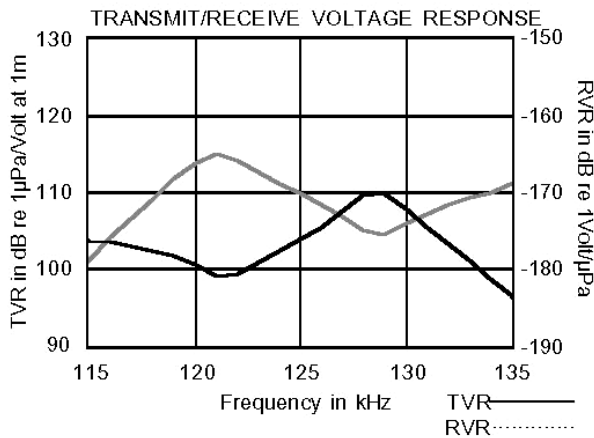
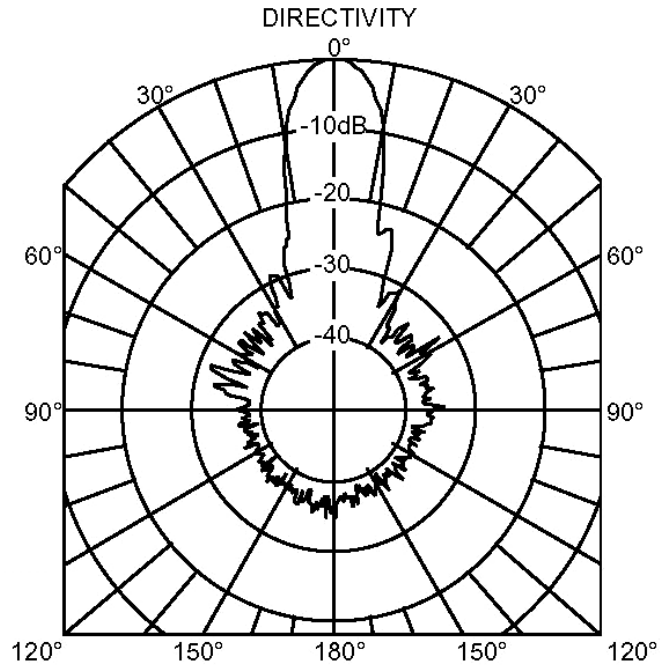
**Applications:**

- Level measurement
- Automation control
- Proximity
- Obstacle avoidance
- Robotics

**Specifications**

Best Operating Frequency: 125kHz +/- 4%  
 Min. Transmit Sensitivity: 107dB re 1µPa/V at 1m at best transmit frequency  
 Min. Receive Sensitivity: -169dB re 1V/µPa at best receive frequency  
 Min. Parallel Resistance: 420Ω +/- 30%  
 Minimum sensor range: 15cm\*  
 Maximum sensor range: 7m\*  
 Free (1kHz) Capacitance: 1000pF +/- 200pF  
 Beamwidth (-3dB full angle): 12° +/- 2°  
 Maximum Driving Voltage: 800V<sub>pp</sub> (2% duty cycle tone burst)  
 Operating Temperature: -40°C to 90°C  
 Weight: 20g  
 Materials:  
 Housing: Glass filled polyester  
 Acoustic Window: Glass reinforced epoxy  
 All specifications typical at 22°C and subject to change without notice.

\* Pulse-Echo Mode  
 Actual range may vary, depending on drive circuitry and signal processing



35 Meadowbrook Drive, Milford, New Hampshire 03055-4613 USA  
 Tel (603) 673-9570 • Fax (603) 673-4624 • e-mail: sales@airmar.com

**AIRMAR**  
 TECHNOLOGY CORPORATION  
 2001 #17-204 rev. 05

## Parsonics Corp. ULTRASONIC AIR TRANSDUCERS SPECIFICATIONS

**Parsonics Corp.** Air Transducers cover the frequency range of 20 to 500kHz for use in Liquid Level Monitoring, Proximity, Machine Control, Vehicle Guidance, Counting, Gauging and a host of other applications encountered in the Process Control Industries. The transducers are completely sealed, watertight and designed for years of trouble-free operation. Most of the transducers are narrow beam angle without side lobes for good target acquisition in the cluttered environment.

Thermal Sensors can be installed in the transducers to provide temperature measurements. Instruments can use this feature to provide accurate distance measurements when the sound velocity changes with temperature. Matching driver transformers can be supplied for the transducers to make instrument design easier. ANSI flange mounts and 3-A Sanitary Transducers are available for certain models.

---

### Ultrasonic Transducer Models

#### [20006](#)

#### [20006 ABS](#)

Model Number	<b>20006</b>
Frequency kHz	180
Capacitance pf	300
Insertion Loss db at range listed	-78 15"
Maximum Drive Volts p-p	250
Rise Time Microseconds	100
Temperature Range Degrees F	0 - 135
Beam Angle Total -6db Pulse Echo Mode Degrees	7
Bandwidth -6 db in kHz	30
Power Input at rated Voltage Watts RMS	2.5
Typical Range*	4" - 4'
Housing Material	PVC or Teflon
Transmission Window	Neoprene or Teflon

Model Number	<b>20006 ABS</b>
Frequency kHz	180
Capacitance pf	300
Insertion Loss db at range listed	-78 15"
Maximum Drive Volts p-p	250
Rise Time Microseconds	300
Temperature Range Degrees F	0 - 135
Beam Angle Total -6db Pulse Echo Mode Degrees	7
Bandwidth -6 db in kHz	12
Power Input at rated Voltage Watts RMS	2
Typical Range*	6" - 5'
Housing Material	ABS
Transmission Window	ABS

---

Model Number	<b>2007T</b>
Frequency kHz	180
Capacitance pf	300
Insertion Loss db at range listed	-78 15"
Maximum Drive Volts p-p	250
Rise Time Microseconds	100
Temperature Range Degrees F	0 - 135
Beam Angle Total -6db Pulse Echo Mode Degrees	7
Bandwidth -6 db in kHz	18
Power Input at rated Voltage Watts RMS	2
Typical Range*	4" - 4'
Housing Material	Teflon
Transmission Window	Teflon

---

\*Range is dependent upon many factors. Best results are obtained with a flat target perpendicular to the sound field. Total loss in transmission is sum of spreading loss, sound absorption and target strength. Instrumentation must provide drive voltage and receiver gain necessary to overcome losses and provide adequate strength to trigger your logic.

Notes:

1. Designed primarily to use in pairs. Not recommended for pulse-echo use.
2. 2308F has a foam window primarily for use in solids.
3. See line drawings.

**Parsonics Corp.**  
**935 Dieckman Street**  
**Woodstock, IL 60098**  
**PHONE 815-338-6509**  
**FAX 815-337-0153**  
**E-Mail [info@parsonicscorp.com](mailto:info@parsonicscorp.com)**





## Βιβλιογραφία.

1. Apelco FishFinder/Plotter 560 Instruction Manual, Apelco Publishing, Document Number 6ZPBS02141B.
2. Apelco FishFinder/Plotter 560 Schematic Diagram, Raytheon Marine Company Publishing, 1999.
3. Sonar Signal Processing, Nielsen Richard O., Artech Hoyse Acoustics, 1991.
4. Sonar Engineering Handbook, Harrison T. Loeser, Peninsula Publishing, Los Altos, 1992.
5. Sonar For Practicing Engineers, Ashley David Waite, Thomson Marconi Sonar Limited, 1998.
6. Supersonics, set 1, Whitaker, U.K.
7. Supersonics, set 2, Whitaker, U.K.
8. Supersonics, set 3, Whitaker, U.K.
9. Supersonics, set 4, Whitaker, U.K.
10. Operation and Maintenance Instructions for Flaw/Thickness Tester Sonoray® MK II Models 301, 301A, 301B with Model 301M Supplement, Branson Instruments Company Publishing, 1972.
11. Panametrics Model 26DL Plus Ultrasonic Thickness Gage Instruction Manual, 1996.
12. Cygnus 2 Instruction Manual.
13. MIL-STD-271F (SH) 1986.
14. Μη Καταστροφικός Έλεγχος Με Υπερήχους Μέρος 1 (Γενικές Αρχές), Δ.Ι. Βλάχος, Εκδόσεις ΝΙΤΡΑΜΜΩΝ, 1987.
15. Ηχοτεχνία Κ.Κουλούρη/ Α. Πετρίδη, Τόμος 1, Εκδόσεις ΙΩΝ, 1993.
16. Μηχανική – Ακουστική, Α. Θεοδοσίου, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 1989.
17. Ήχος, Μουσική και Τεχνολογία, Τόμος Α΄ Ακουστική, Ψυχοακουστική, Ηλεκτροακουστική, Α. Χαδέλλης, Εκδόσεις Σύγχρονη Μουσική, 1992.
18. Πτήση & Διάστημα, Τεύχος #153, 1998.
19. Cockpit, Τεύχος #3, 1998.

## Περιεχόμενα.

<b>I. Πρόλογος εισηγητή.</b>	<b>2</b>
<b>II. Πρόλογος σπουδαστή.</b>	<b>2</b>
<b>1) Γενικά περί ηχοβολιστικών συστημάτων SO.N.A.R. .</b>	<b>3</b>
<b>1.1) Ιστορική αναδρομή.</b>	<b>3</b>
<b>1.2) Τύποι &amp; χρήσεις ηχοβολιστικών συστημάτων.</b>	<b>3</b>
<b>2) Παρουσίαση 560 FishFinder/Plotter APELCO</b>	<b>5</b>
<b>2.1) Γενικά.</b>	<b>5</b>
<b>2.2) Τρόποι λειτουργίας.</b>	<b>6</b>
2.2.1) FishFinder	6
2.2.2) Bottom Coverage	6
2.2.3) FWD Looking	7
<b>2.3) Ρυθμίσεις.</b>	<b>7</b>
2.3.1) Εμβέλεια ( Range ).	7
2.3.2) Ευαισθησία ( Sensitivity ).	7
2.3.3) Άσπρη γραμμή ( White Line ).	7
2.3.4) Αντίθεση ( Contrast ).	8
2.3.5) Μονάδες.	8
2.3.6) Γλώσσα.	8
2.3.7) Ταχύτητα ροής διαγράμματος ( Chart Speed ).	8
<b>2.4) Διάγραμμα εσωτερικής καλωδίωσης.</b>	<b>9</b>
<b>3) Ανάλυση λειτουργίας</b>	<b>11</b>
<b>560 FishFinder/Plotter APELCO.</b>	<b>11</b>
<b>3.1) Γενικές αρχές λειτουργίας.</b>	<b>11</b>
<b>3.2) Δομή.</b>	<b>11</b>
<b>3.3) Ανάλυση σχηματικού διαγράμματος πλακέτας εκπομπής λήψης ( CMN-377 ).</b>	<b>12</b>
3.3.1) Βαθμίδα ταλαντωτή.	14
3.3.2) Βαθμίδα ενισχυτή Push-Pull.	16
3.3.3) Βαθμίδα προστασίας προενίσχυσης.	18
3.3.4) Βαθμίδα ενίσχυσης - φώρασης.	19
<b>4) Μετατροπή του 560 FishFinder της APELCO σε εκπαιδευτικό ανάπτυγμα.</b>	<b>21</b>
<b>4.1) Τροφοδοτικό αναπτύγματος.</b>	<b>21</b>
<b>4.2) Προσθήκες και μετατροπές στα κυκλώματα της συσκευής.</b>	<b>22</b>
4.2.1) Σημεία ελέγχου στην έξοδο.	23
4.2.2) Άλλα σημεία ελέγχου.	24
4.2.3) Οι μεταγωγικοί διακόπτες S2, S3.	25

<b>5) Μετρήσεις.</b>	<b>26</b>
<b>5.1) Συνθήκες κατά τη λήψη γραφικών.</b>	<b>26</b>
<b>5.2) Ρυθμίσεις παλμογράφου ( KIKSUI 5501 U )</b>	<b>26</b>
<b>5.3) Μετρήσεις και συμπεράσματα.</b>	<b>28</b>
5.3.1) Παλμοί σκανδαλισμού. ( TP 10, TP 9 )	28
5.3.2) Κυματομορφές στην έξοδο. ( TP 3, TP 4 )	30
5.3.3) Κυματομορφές στα σημεία ελέγχου TP 5, TP 6.	31
5.3.4) Κυματομορφές στα σημεία ελέγχου TP 7, TP 8.	32
<b>6) Προοπτικές.</b>	<b>34</b>
<b>Παράρτημα.</b>	<b>35</b>
<b>Παράρτημα Α.</b>	
<b>Το φύλλο δεδομένων του MC 3371 της MOTROLA.</b>	<b>35</b>
<b>Παράρτημα Β.</b>	
<b>Το εγχειρίδιο λειτουργίας του σόναρ FishFinder/Plotter 560 της Apelco.</b>	<b>57</b>
<b>Παράρτημα Γ.</b>	
<b>Τα σχηματικά διαγράμματα της συσκευής.</b>	<b>143</b>
<b>Παράρτημα Δ.</b>	
<b>Πιεζομετατροπείς προσαρμοσμένοι στον αέρα.</b>	<b>144</b>
<b>Βιβλιογραφία.</b>	<b>153</b>
<b>Περιεχόμενα.</b>	<b>154</b>