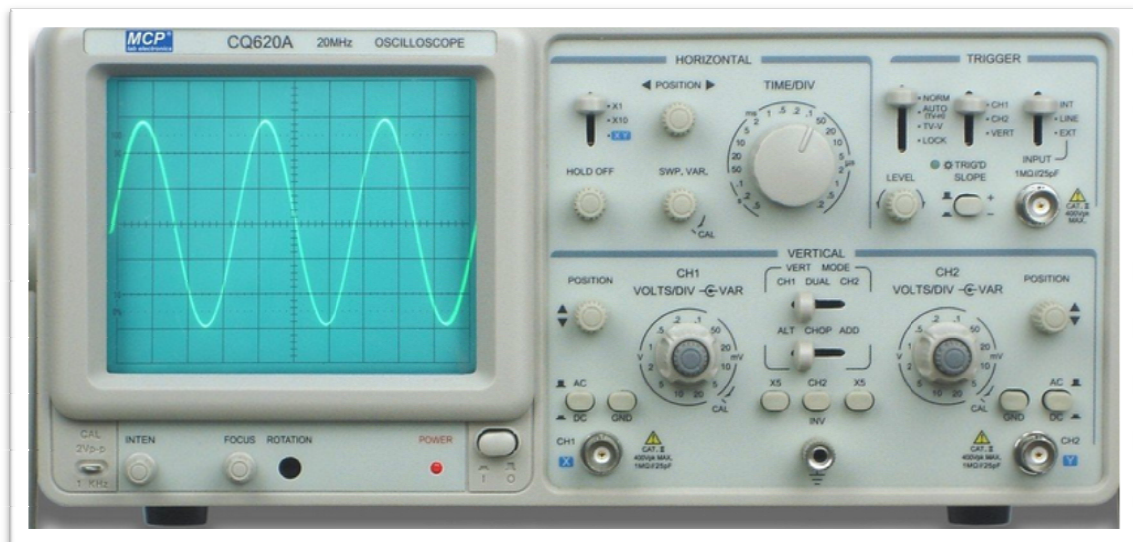


# ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ  
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ  
ΨΥΧΑΡΑΚΗ ΜΙΧΑΗΛ ΑΜ:4034

ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΠΟΥΛΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ



## ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΥ ΓΙΑ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2012

## Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή.....	4
2. Ιεραρχία και Δομή Προγράμματος (Hierarchy).....	6
3. Γεννήτρια Συχνοτήτων .....	7
3.1. Μπροστινό Πάνελ.....	7
3.2. Σχηματικό διάγραμμα.....	8
3.2.1.Ημιτονοειδή Κυματομορφή .....	9
3.2.2.Τετραγωνικό Παλμός .....	10
3.2.3.Επιλογείς εξόδου γεννήτριας συχνοτήτων .....	11
4. Κύκλωμα RC , CR.....	12
4.1. Μπροστινό Πάνελ.....	12
4.2. Σχηματικό διάγραμμα.....	13
4.2.1Είσοδος τιμών και επεξεργασία χρονικού σήματος .....	14
4.2.2.Ημιτονοειδή Κυματομορφή .....	15
4.2.3.Τετραγωνικό Παλμός .....	16
4.2.4.Επιλογέας κυκλώματος και επιλογείς καναλιών.....	17
5. Κύκλωμα Thyristor control RL.....	18
5.1. Μπροστινό Πάνελ.....	18
5.2. Σχηματικό διάγραμμα.....	19
5.2.1Είσοδος τιμών και παραγωγή σήματος.....	20
5.2.2 Επιλογείς καναλιών και έξοδος σημάτων.....	21
6. Σκανδαλισμός παλμογράφου (Trigger).....	22
6.1. Μπροστινό Πάνελ.....	22
6.2. Σχηματικό διάγραμμα.....	23
6.2.1.Είσοδοι και επιλογέας Source.....	24
6.2.2. Επιλογέας coupling.....	24
6.2.3. Επιλογέας Trigger Auto Mode .....	25
6.2.4. Επιλογέας Trigger Normal Mode.....	26
7. Προεργασία σήματος (Preprocessing).....	27
7.1. Μπροστινό Πάνελ.....	27
7.2. Σχηματικό διάγραμμα.....	27
8. Επεξεργασία σήματος (Signal Processing).....	29
8.1. Μπροστινό Πάνελ.....	29
8.2. Σχηματικό διάγραμμα.....	30
8.2.1. Εισερχόμενα σήματα και σύνθεσή τους σε πίνακα .....	31

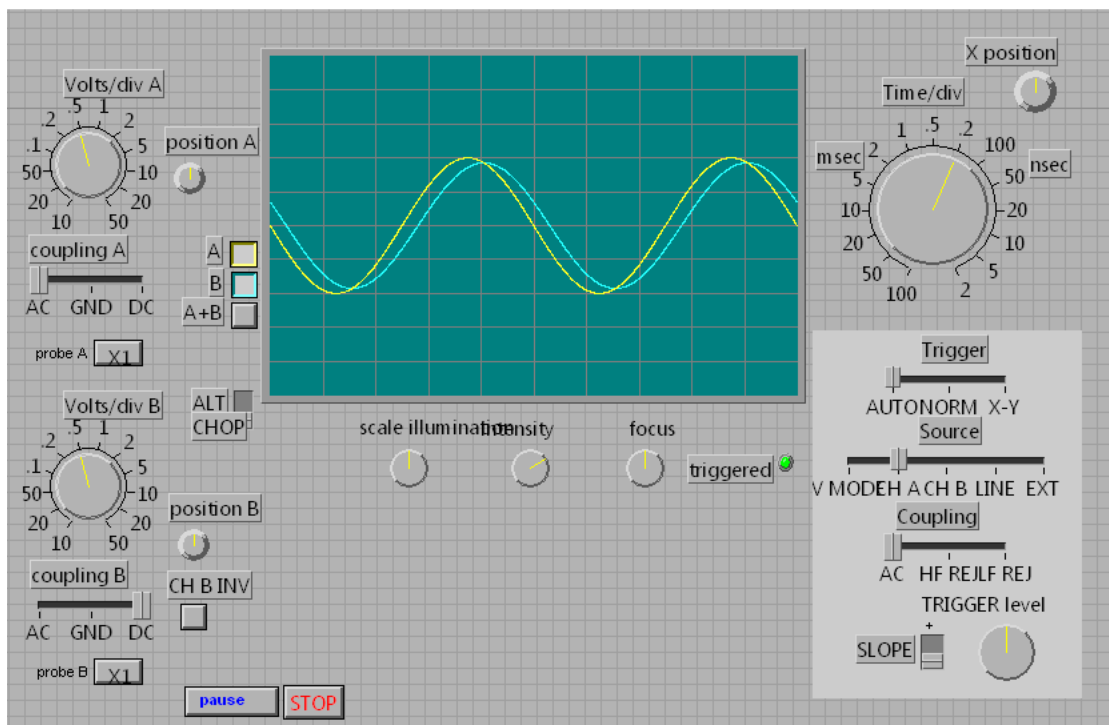
8.2.2. Αυτόματη βάση χρόνου .....	31
8.2.3. Σκανδαλισμός σήματος, ρύθμιση x position και έξοδος .....	32
9. Κεντρικό Πρόγραμμα Παλμογράφος (Oscilloscope).....	33
9.1. Μπροστινό Πάνελ.....	33
9.2. Σχηματικό διάγραμμα.....	35
9.2.1. Λειτουργία Pause .....	36
9.2.2. Επιλογέας κυκλώματος, λειτουργία Probe και προεργασία σημάτων .....	37
9.2.3. Λειτουργία Trigger και επιλογείς εμφάνισης καναλιών A,B.....	38
9.2.4. Επεξεργασία σημάτων και Αυτόματη βάση χρόνου .....	39
9.2.5. Απεικόνιση σημάτων (Display), λειτουργία X-Y Mode .....	40
9.2.6. Ρύθμιση Φωτεινότητας Οθόνης (Grid Colors, Background Color ) .....	40
9.2.7. Ρύθμιση Χρώματος Απεικόνισης Σημάτων (Intensity ).....	41
9.2.8. Ρύθμιση Εστίασης στην Απεικόνιση Σημάτων (Focus) .....	42
Άσκηση 1.....	43
Πρακτικό Μέρος .....	49
Άσκηση 2.....	51
Πρακτικό Μέρος .....	58
Βιβλιογραφία.....	62

## 1. Εισαγωγή

Το πρόγραμμα LabVIEW έχει αποδειχτεί ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο πάνω σε εργαστηριακά πειράματα και στη προσομοίωσή τους. Αναπτύχθηκε από την εταιρία NATIONAL INSTRUMENTS. Εμφανίστηκε στην αγορά το 1987 αλλά η μεγάλη διάδοσή του άρχισε με την έκδοση 2, δηλαδή μετά το 1991. Από τότε έχει κατακτήσει τη ξεχωριστή θέση στην αγορά. Ο λόγος είναι απλός : Χρησιμοποιεί ένα λογικό μοντέλο προγραμματισμού που επιτρέπει την κατανομή του προβλήματος σε υποπρογράμματα. Με τον τρόπο αυτό ενισχύει την λογική του προγραμματισμού και επιτρέπει στον προγραμματιστή να επικεντρώνεται σε ένα κομμάτι του προβλήματος. Προσθέστε σ' αυτό το όμορφο γραφικό περιβάλλον και ένα πλούσιο σύνολο βιβλιοθηκών και έχετε ένα πανίσχυρο περιβάλλον. Σ' αυτό υπάρχουν κι άλλες προσθήκες όπως δυνατότητα να ενσωματωθούν κώδικες από άλλα προγράμματα (C, Matlab) και να εξαχθεί ο κώδικας σε C ή σε .exe εφαρμογή.

Αυτά τα πλεονεκτήματα το καθιστούν ιδανικό για το σκοπό που θέλουμε να επιτύχουμε με την εκπόνηση αυτής της εργασίας, ιδιαίτερα το γραφικό περιβάλλον που θα δώσει μια ρεαλιστική εικόνα του παλμογράφου στους σπουδαστές. Ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι η κατανόηση του παλμογράφου και η εξοικείωση των σπουδαστών με αυτόν, ώστε να μπορέσουν να ανταπεξέλθουν καλύτερα στη χρήση ενός πραγματικού παλμογράφου όταν τους ζητηθεί να τον χρησιμοποιήσουν .

Στη κεντρική επιφάνεια του προγράμματος μπορούμε να βρούμε όλα τα βασικά κουμπιά ενός παλμογράφου, τον επιλογέα των κυκλωμάτων προς εξέταση και τα χειριστήρια μιας γεννήτριας συχνότητας .



**waveform Generator**

frequency:

frequency multiplier:

attenuation (db):

amplitude:

DC offset:

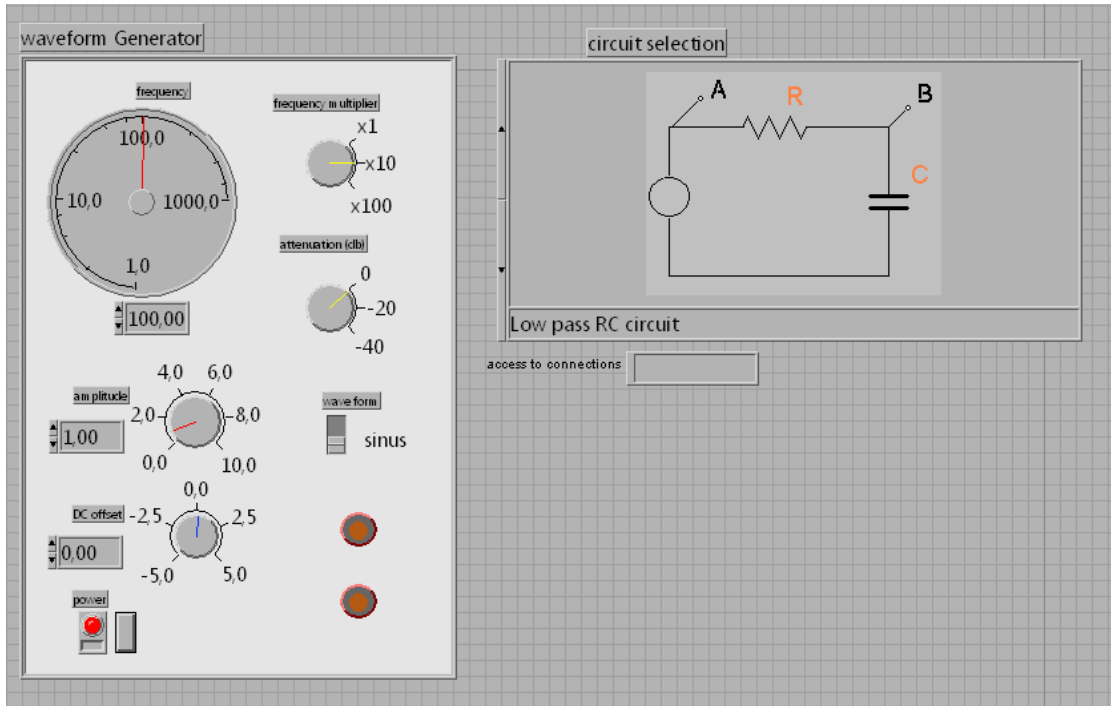
power:

wave form:

**circuit selection**

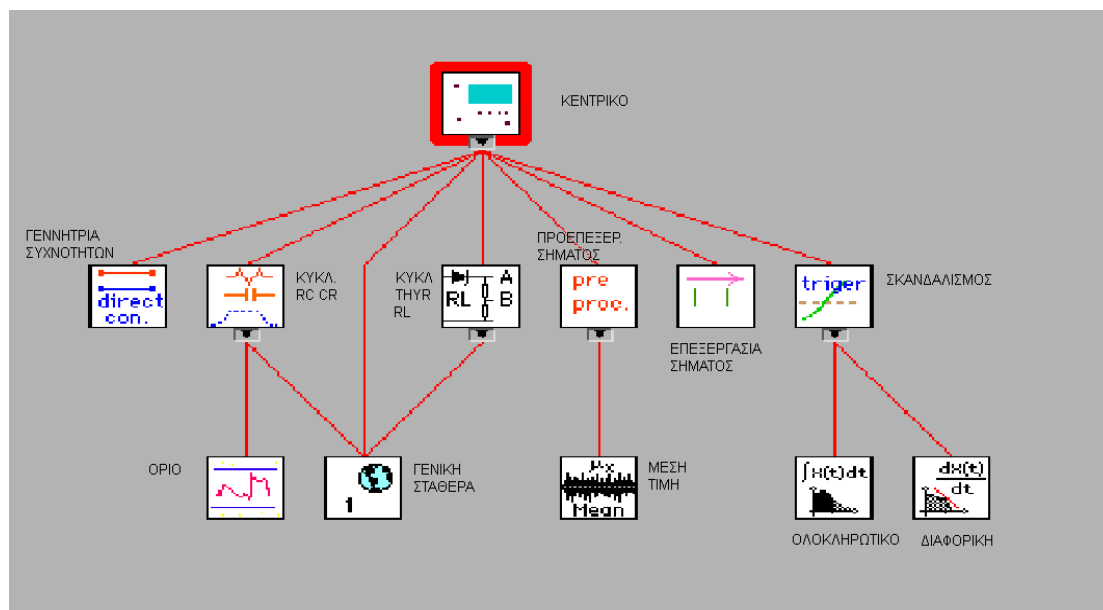
Low pass RC circuit

access to connections:



## 2. Ιεραρχία και Δομή Προγράμματος (Hierarchy)

Ένα από τα πλεονεκτήματα του LabVIEW είναι ότι επιτρέπει την κατανομή του προβλήματος σε υποπρογράμματα. Η ίδια λογική έχει χρησιμοποιηθεί και στην ανάπτυξη του συγκεκριμένου προγράμματος. Αυτό δημιουργεί μια αλυσίδα συνεργασίας μεταξύ του κεντρικού προγράμματος και των υποπρογραμμάτων που καλεί ώστε να λάβουμε το τελικό αποτέλεσμα. Κάθε υποπρόγραμμα εκτελεί μια συγκεκριμένη εργασία στην οποίες θα αναφερθούμε αναλυτικά παρακάτω. Η ιεραρχία ή δομή του προγράμματος που δημιουργείται είναι:



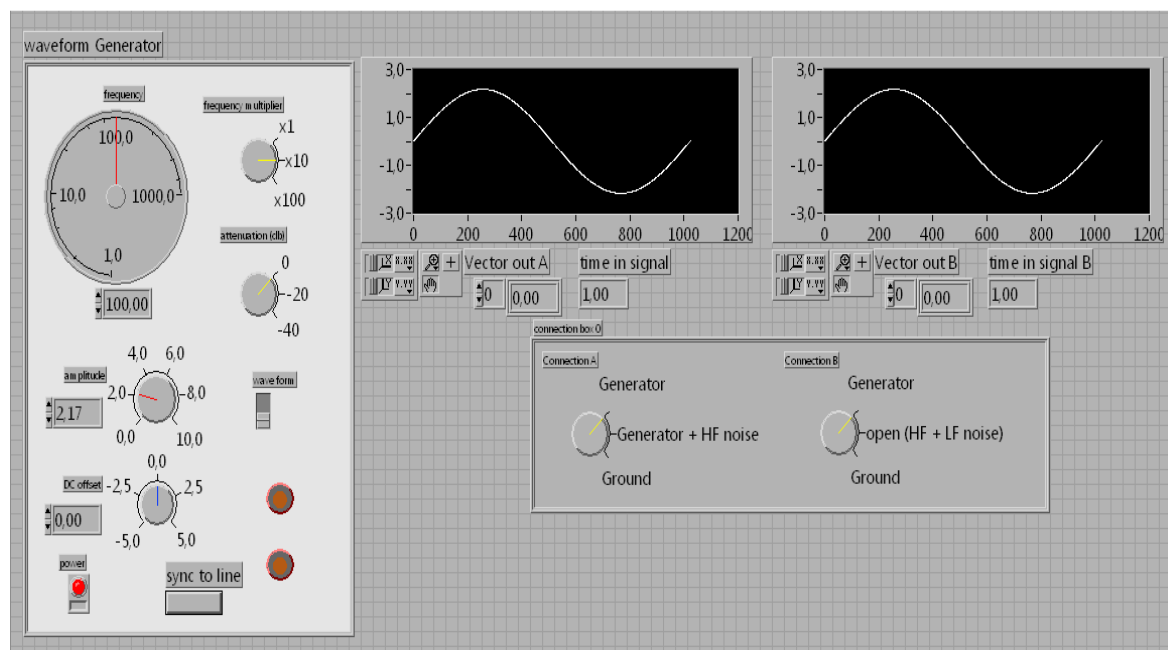
Κεντρικό:

- Γεννήτρια συχνοτήτων
- Κύκλωμα RC, CR
- Κύκλωμα thyristor control RL
- Προεργασία σήματος
- Επεξεργασία σήματος
- Σκανδαλισμός παλμογράφου
- Όριο σήματος
- Μέση τιμή σήματος
- Ολοκλήρωση σήματος
- Διαφόριση σήματος
- Γενική σταθερά

Τα υποπρογράμματα Μέση τιμή σήματος, Ολοκλήρωση σήματος, Διαφόριση σήματος, ανήκουν στη βιβλιοθήκη των έτοιμων υποπρογραμμάτων του LabVIEW. Η γενική σταθερά δεν αποτελεί ακριβώς υποπρόγραμμα παίζοντας περισσότερο ένα ρόλο αρχικής τιμής και μέσου συγχρονισμού στα άλλα υποπρογράμματα, δυνατότητα που μας παρέχει επίσης το LabVIEW.

### 3. Γεννήτρια Συχνοτήτων

#### 3.1. Μπροστινό Πάνελ

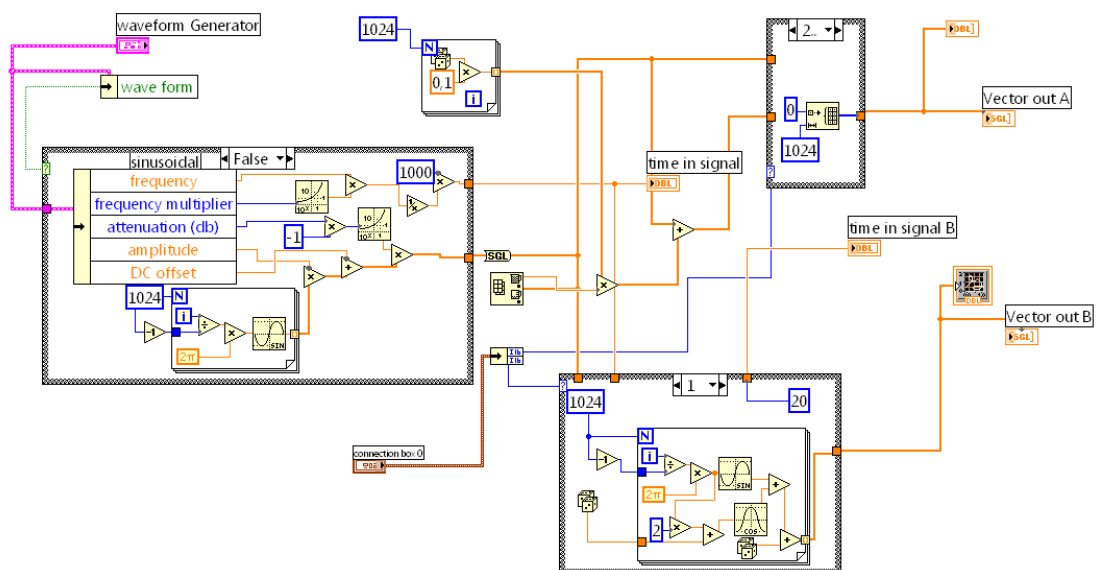


Το υποπρόγραμμα γεννήτρια συχνοτήτων είναι εκείνο που παράγει το ημιτονοειδές σήμα ή τον τετραγωνικό παλμό που θέλουμε να παράγουμε. Από το μπροστινό πάνελ μπορούμε να επιλέξουμε τη συχνότητα (από 1 έως 100kHz), το πλάτος του σήματος, το dc offset και στο τέλος μας παρουσιάζει τα αποτελέσματα των καναλιών A και B.

Επίσης δίνεται η επιλογή στα εξαγόμενα αποτελέσματα, μέσω του επιλογέα καναλιών (Connection A, Connection B) να εμφανίζουμε τα σήματα της γεννήτρια, τα σήματα της γεννήτρια με παράσιτα υψηλής συχνότητας, τη γραμμή ανοιχτή δηλαδή μόνο παράσιτα, και τη γραμμή γειωμένη.

Το υποπρόγραμμα αυτό στην ουσία θα χρησιμοποιείται κατά την επιλογή που θα έχουμε από το κεντρικό πρόγραμμα να μετρήσουμε με τον παλμογράφο απ' ευθείας τη γεννήτρια συχνοτήτων, αλλά η μορφή του χειριστηρίου παραγωγής παλμών δεν αλλάζει σε όποιο μέρος του προγράμματος εμφανιστεί.

### 3.2. Σχηματικό διάγραμμα



Το σχηματικό διάγραμμα μας φανερώνει τις συνδέσεις και τις διεργασίες που γίνονται σε αυτό το υποπρόγραμμα. Στο παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις εισόδους και τις εξόδους που έχουμε εδώ:

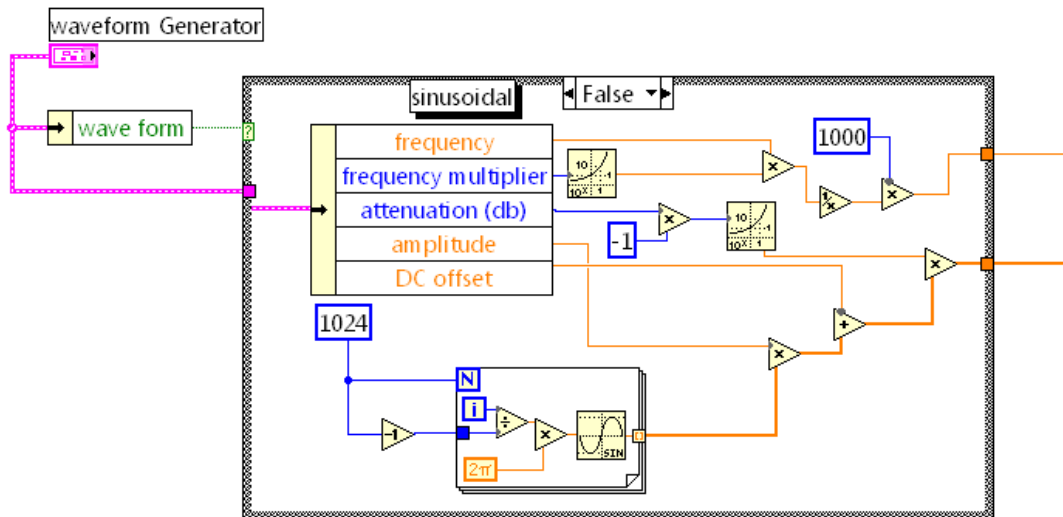
Είσοδος	Περιγραφή
Waveform	Επιλογέας τετραγωνικού ή ημιτονοειδούς σήματος
Frequency	Επιλογέας συχνότητας
Frequency multiplier	Επιλογέας πολ/στη συχνότητας
Attenuation (db)	Εξασθένηση σήματος σε db
Amplitude	Επιλογέας πλάτους σήματος
DC Offset	Επιλογέας Μετατόπισης Σ.Ρ.
Connection box A	Επιλογέας καναλιού A
Connection box B	Επιλογέας καναλιού B
Έξοδος	Περιγραφή
Vector out A	Διάνυσμα εξόδου καναλιού A
Vector out B	Διάνυσμα εξόδου καναλιού B
Time signal A	Χρονικό σήμα A
Time signal B	Χρονικό σήμα B



Ξεκινάμε στην αρχή με ένα Case Structure όπου:

- Στην περίπτωση που ο επιλογέας waveform είναι στη θέση false μας παράγει ημιτονοειδή κυματομορφή
- Στην περίπτωση που ο επιλογέας waveform είναι στη θέση true μας παράγει τετραγωνικό παλμό

### 3.2.1. Ημιτονοειδή Κυματομορφή

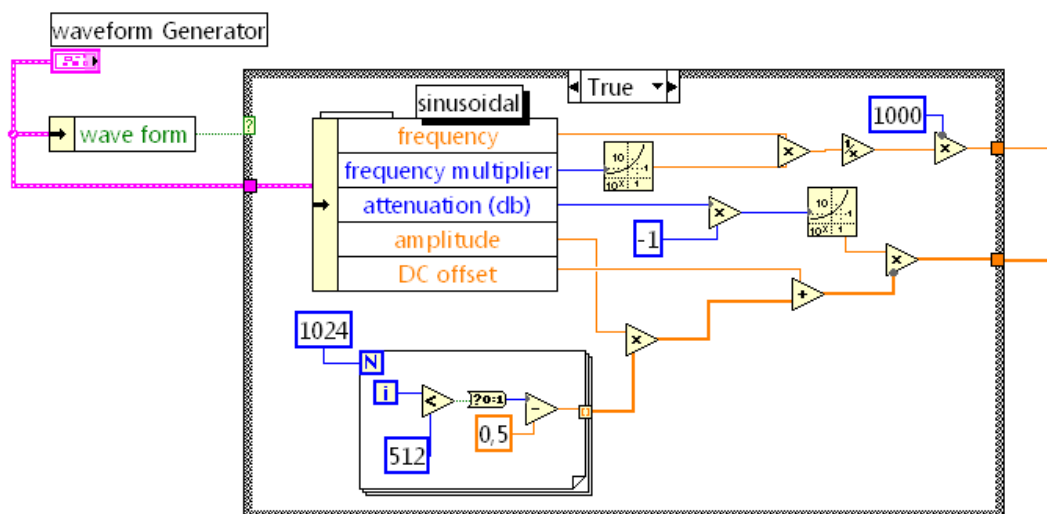


Με το For Loop παράγουμε την τιμή του ημιτόνου σε rad σε κάθε σημείο του κύκλου του. Αυτό το επιτυγχάνουμε διαιρώντας το  $i$  του For Loop με το  $N$ , ώστε να έχουμε το ποσοστό του κύκλου που έχει φτάσει το For Loop με κάθε του βήμα, επί  $2\pi$  για να το κάνουμε σε rad.

Για να δώσουμε το επιθυμητό πλάτος πολλαπλασιάζουμε επί το amplitude και προσθέτουμε τη σταθερά Σ.Ρ.. Έπειτα πολλαπλασιάζουμε επί την εξασθένηση και έχουμε το τελικό σήμα.

Για να ορίσουμε στην έξοδο μας την περίοδο του σήματος πολλαπλασιάζουμε τη συχνότητα επί τον πολλαπλασιαστή της, και στη συνέχεια το περνάμε από τη  $1/x$  για λάβουμε την περίοδο.

### 3.2.2. Τετραγωνικό Παλμός



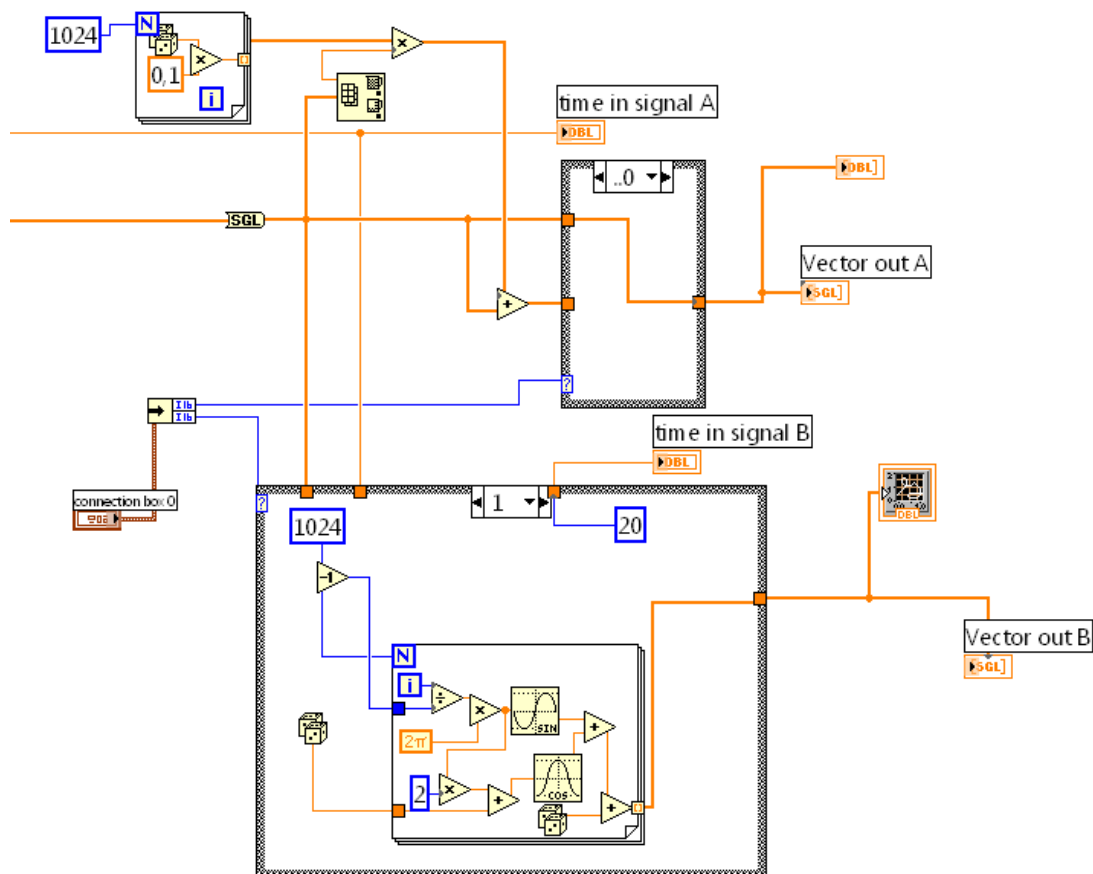
Με το For Loop παράγουμε τον τετραγωνικό παλμό. Χωρίζουμε τον κύκλο του στη μέση συγκρίνοντας το  $i$  με το βήμα 512 που αποτελεί τη μέση του κύκλου. Όταν το  $i$  είναι μικρότερο του 512 τότε έχω έξοδο 1. Με το πέρας της μέσης του κύκλου έχω έξοδο 0.

Για να δώσουμε το επιθυμητό πλάτος πολλαπλασιάζουμε επί το amplitude και προσθέτουμε τη σταθερά Σ.Ρ.. Έπειτα πολλαπλασιάζουμε επί την εξασθένηση και έχουμε το τελικό σήμα.

Για να ορίσουμε στην έξοδό μας την περίοδο του σήματος πολλαπλασιάζουμε τη συχνότητα επί τον πολλαπλασιαστή της, και στη συνέχεια το περνάμε από τη  $1/x$  για λάβουμε την περίοδο.

### 3.2.3. Επιλογείς εξόδου γεννήτριας συχνοτήτων

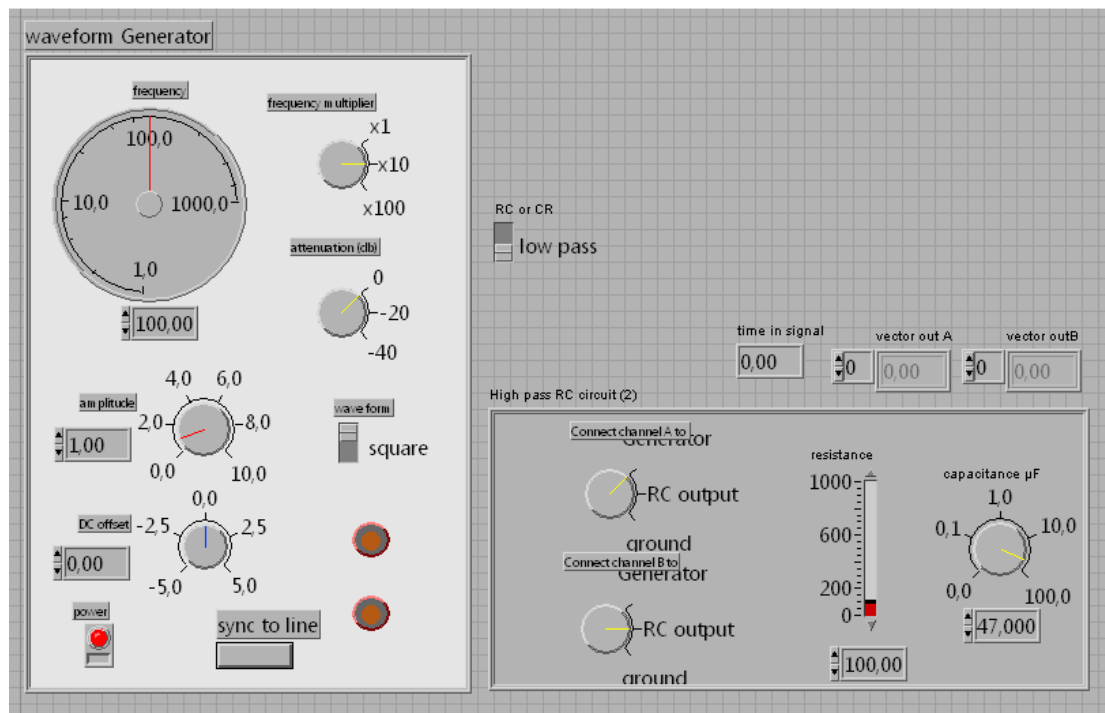
Στη συνέχεια τα σήματα οδηγούνται στους επιλογείς καναλιών (Connection A, Connection B) για να εμφανίσουμε τα σήματα της γεννήτρια, τα σήματα της γεννήτρια με παράσιτα υψηλής συχνότητας, τη γραμμή ανοιχτή δηλαδή μόνο παράσιτα, και τη γραμμή γειωμένη. Αυτό υλοποιείται με ένα case structure για κάθε κανάλι. Τα παράσιτα τα δημιουργούμε με ένα For Loop που προσθέτει στο σήμα ένα τυχαίο αριθμό. Στην περίπτωση της ανοιχτής γραμμής παράγουμε σε ένα For Loop ένα ημίτονο, ένα συνημίτονο και ένα τυχαίο αριθμό όπου τα προσθέτουμε και έτσι έχουμε ένα ακανόνιστο τυχαίο σήμα.



Τα χρονικά σήματα πάνε στις εξόδους time in signal A,B. Στην περίπτωση που έχουμε επιλέξει για το κανάλι B να μας δείχνει ανοιχτή γραμμή τότε στο time in signal B δίνεται η τιμή περιόδου των 20 msec

## 4. Κύκλωμα RC , CR

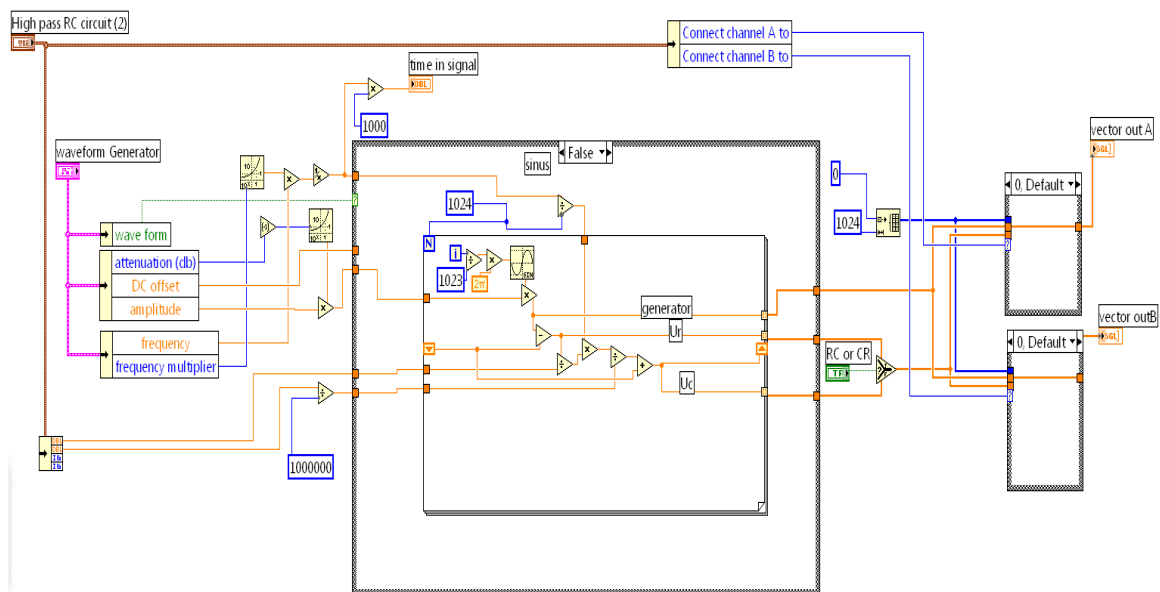
### 4.1. Μπροστινό Πάνελ



Το υποπρόγραμμα κύκλωμα RC, CR είναι αυτό που μας εξομοιώνει τα αποτελέσματα που θα είχαμε αν μετρούσαμε ένα low pass filter (μια αντίσταση και ένα πυκνωτή σε σειρά) αλλά και ένα high pass filter (ένα πυκνωτή και μια αντίσταση σε σειρά).

Στο μπροστινό πάνελ βλέπουμε μια γεννήτρια συχνοτήτων , τον επιλογή κυκλώματος, τα χειριστήρια έλεγχου των τιμών της αντίστασης και του πυκνωτή, αλλά και τους επιλογείς των καναλιών A, B όπου μπορούμε να επιλέξουμε να βγάξει το σήμα της γεννήτριας, το σήμα από το κύκλωμα RC, CR και να γειώσει το κανάλι.

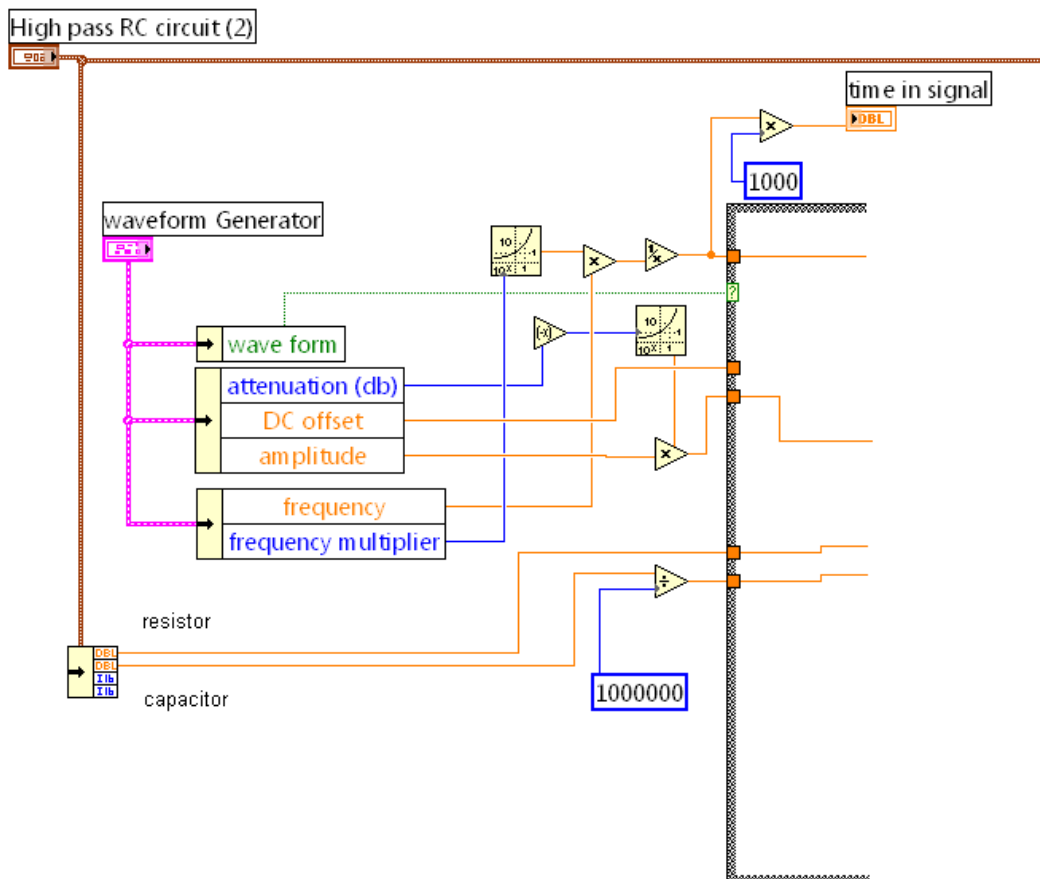
## 4.2. Σχηματικό διάγραμμα



Το σχηματικό διάγραμμα μας φανερώνει τις συνδέσεις και τις διεργασίες που γίνονται σε αυτό το υποπρόγραμμα. Στο παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις εισόδους και τις εξόδους που έχουμε εδώ:

Είσοδος	Περιγραφή
Waveform	Επιλογέας τετραγωνικού ή ημιτονοειδούς σήματος
Frequency	Επιλογέας συχνότητας
Frequency multiplier	Επιλογέας πολ/στη συχνότητας
Attenuation (db)	Εξασθένιση σήματος σε db
Amplitude	Επιλογέας πλάτους σήματος
DC Offset	Επιλογέας Μετατόπισης Σ.Ρ.
Connect channel A to	Επιλογέας καναλιού A
Connect channel B to	Επιλογέας καναλιού B
Resistor	Τιμή της αντίστασης
Capacitor	Τιμή του πυκνωτή
Έξοδος	Περιγραφή
Vector out A	Διάνυσμα εξόδου καναλιού A
Vector out B	Διάνυσμα εξόδου καναλιού B
Time in signal	Το χρονικό σήμα εξόδου

## 4.2.1 Είσοδος τιμών και επεξεργασία χρονικού σήματος

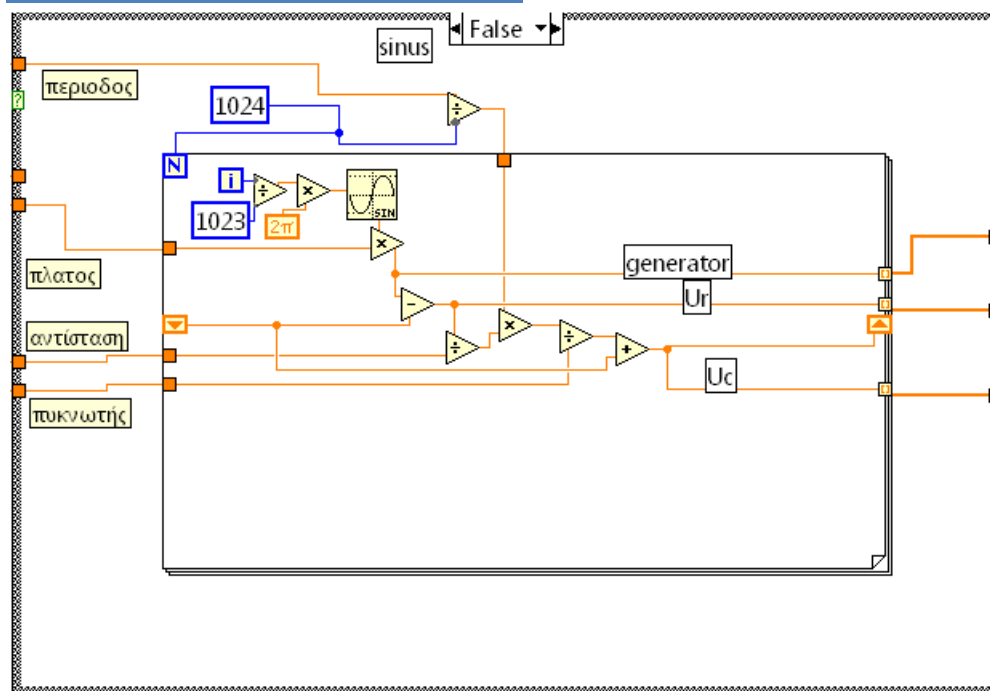


Εδώ βλέπουμε τις εισερχόμενες τιμές να καταλήγουν στο case structure που ελέγχεται από τον επιλογή κυματομορφής waveform.

Την τιμή του πυκνωτή τη διαιρούμε με 1000000 ώστε ο επιλογέας του μπροστινού πάνελ να μας δίνει τιμή σε  $\mu\text{F}$ .

Για να ορίσουμε στην έξοδό μας "time in signal" την περίοδο του σήματος πολλαπλασιάζουμε τη συχνότητα επί τον πολλαπλασιαστή της, και στη συνέχεια το περνάμε από τη  $1/\chi$  για λάβουμε την περίοδο, επί 1000 για να έχουμε το αποτέλεσμα σε msec.

## 4.2.2. Ημιτονοειδή Κυματομορφή



Όταν ο επιλογέας waveform δίνει false επιλέγουμε την παραγωγή ημιτονοειδούς κυματομορφής. Μέσα σε αυτό έχουμε ένα For Loop με κύκλο στα 1024 βήματα. Διαιρούμε την περίοδο με το 1024 και την εισάγουμε στο For Loop μαζί με το πλάτος την αντίσταση και τον πυκνωτή.

Μέσα στο For Loop παράγουμε την τιμή του ημιτόνου σε rad σε κάθε σημείο του κύκλου του. Αυτό το επιτυγχάνουμε διαιρώντας το  $i$  του For Loop με το  $N$ , ώστε να έχουμε το ποσοστό του κύκλου που έχει φτάσει το For Loop με κάθε του βήμα, επί  $2\pi$  για να το κάνουμε σε rad. Πολλαπλασιάζουμε επί το πλάτος και έτσι έχουμε το σήμα της γεννήτριας.

Η  $U_r$  θα είναι ίση με  $U_r = U_g - U_c$

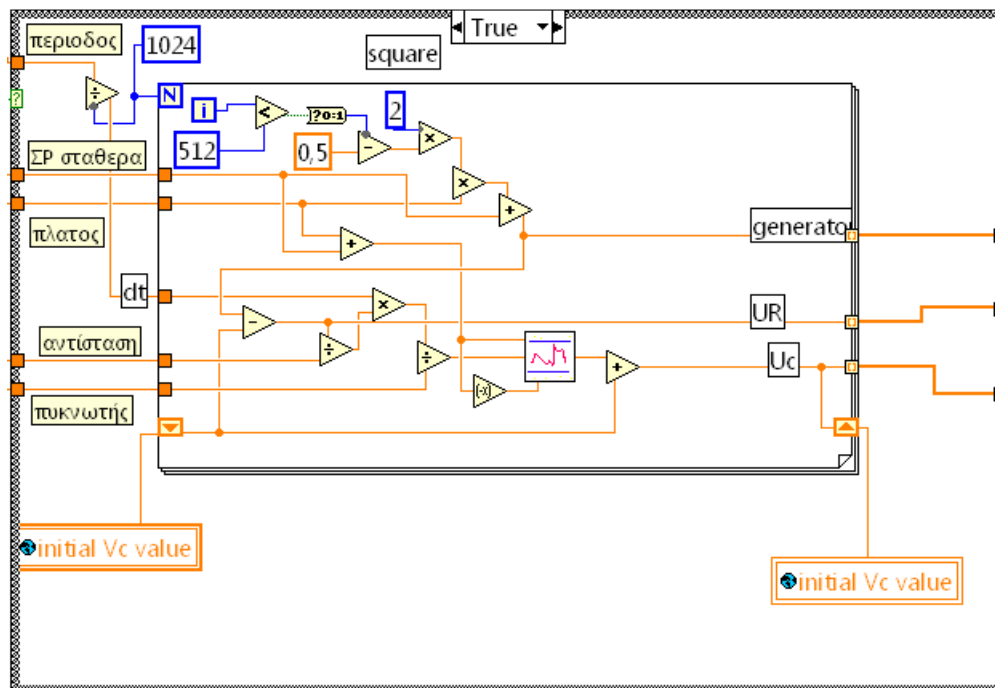
Η  $U_c$  όμως στο πρώτο βήμα του For Loop θα είναι 0.

Άρα  $U_r = U_g$  (μόνο στο πρώτο βήμα)

$$\text{Ξέρουμε ότι } X_c = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow X_c = \frac{T}{2\pi C}, \quad U_c = I * X_c \Rightarrow U_c = \frac{IT}{2\pi C}$$

Διαιρούμε λοιπόν το  $U_r$  με την τιμή της αντίστασης και μας προκύπτει ρεύμα. Το πολλαπλασιάζουμε με την περίοδο και το διαιρούμε με την τιμή του πυκνωτή ώστε να μας προκύψει η  $U_c$ . Τη  $U_c$  τη βάζουμε σε ένα Shift register ώστε η τιμή της να αποθηκευτεί και για το επόμενο βήμα του For Loop. Και έτσι στην έξοδο του For Loop έχουμε την τάση γεννήτριας, την τάση αντίστασης και την τάση πυκνωτή.

### 4.2.3. Τετραγωνικό Παλμός



Όταν ο επιλογέας waveform δίνει true επιλέγουμε την παραγωγή τετραγωνικού παλμού. Μέσα σε αυτό έχουμε ένα For Loop με κύκλο στα 1024 βήματα. Διαιρούμε την περίοδο με το 1024 και την εισάγουμε στο For Loop μαζί με το πλάτος την αντίσταση και τον πυκνωτή.

Με το For Loop παράγουμε τον τετραγωνικό παλμό. Χωρίζουμε τον κύκλο του στη μέση συγκρίνοντας το  $i$  με το βήμα 512 που αποτελεί τη μέση του κύκλου. Όταν το  $i$  είναι μικρότερο του 512 τότε έχω έξοδο 1. Με το πέρας της μέσης του κύκλου έχω έξοδο 0.

Πολλαπλασιάζουμε επί το πλάτος και προσθέτουμε τη σταθερά ΣΡ και έτσι έχουμε το σήμα της γεννήτριας.

Η  $U_r$  θα είναι ίση με  $U_r = U_g - U_c$

Η  $U_c$  όμως στο πρώτο βήμα του For Loop θα είναι 0.

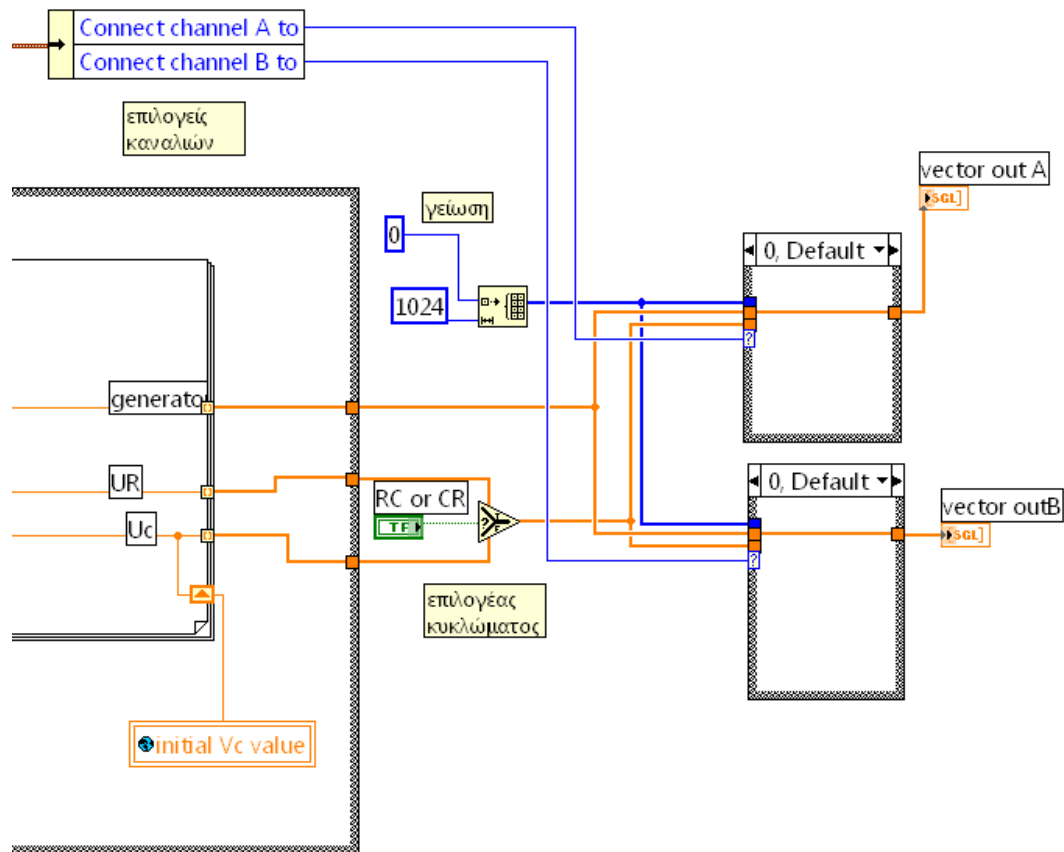
Άρα  $U_r = U_g$  (μόνο στο πρώτο βήμα)

$$\text{Ξέρουμε ότι } X_c = \frac{1}{2\pi f C} \Rightarrow X_c = \frac{T}{2\pi C}, \quad U_c = I * X_c \Rightarrow U_c = \frac{IT}{2\pi C}$$

Διαιρούμε λοιπόν το  $U_r$  με την τιμή της αντίστασης και μας προκύπτει ρεύμα. Το πολλαπλασιάζουμε με την περίοδο και το διαιρούμε με την τιμή του πυκνωτή ώστε να μας προκύψει η  $U_c$ , την οποία περνάμε από το υποπρόγραμμα "Όριο". Το υποπρόγραμμα δέχεται σαν θετικό όριο την τιμή του πλάτος + σταθερά ΣΡ, ενώ σαν αρνητικό όριο την αρνητική τιμή του πλάτος + σταθερά ΣΡ. Τη  $U_c$  τη βάζουμε σε ένα Shift register, με αρχική τιμή την global value που είναι 0, ώστε η τιμή της να αποθηκευτεί και για το επόμενο βήμα του For Loop. Και έτσι στην έξοδο του For Loop έχουμε την τάση γεννήτριας, την τάση αντίστασης και την τάση πυκνωτή.



#### 4.2.4. Επιλογέας κυκλώματος και επιλογείς καναλιών

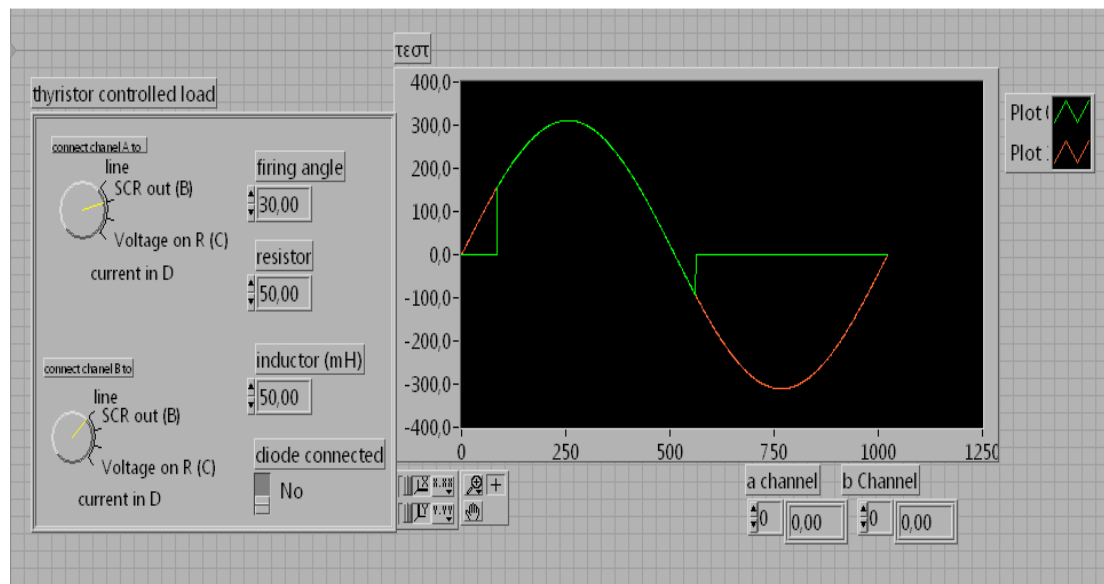


Με τον επιλογέα κυκλώματος ουσιαστικά αποφασίζουμε ποια τάση θα εμφανίσουμε σαν έξοδο του κυκλώματος. Όταν έχω επιλέξει το high pass κύκλωμα μου εμφανίζει τη  $U_H$ , και όταν έχω επιλέξει το low pass κύκλωμα μου εμφανίζει τη  $U_C$ .

Οι επιλογείς καναλιών μας επιτρέπουν να επιλέξουμε τι θα συνδεθεί με τις εξόδους vector out A και B. Μπορούμε να έχουμε τη γεννήτρια συχνοτήτων, την έξοδο από το κύκλωμα και το κανάλι γειωμένο.

## 5. Κύκλωμα Thyristor control RL

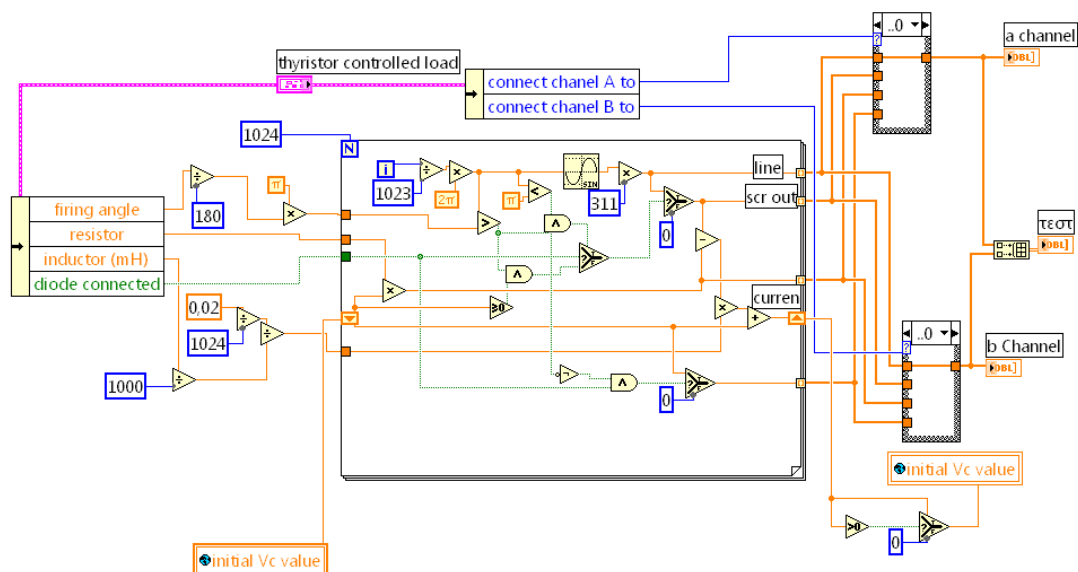
### 5.1. Μπροστινό Πάνελ



Το υποπρόγραμμα Κύκλωμα Thyristor control RL είναι αυτό που μας εξομοιώνει τα αποτελέσματα που θα είχαμε αν μετρούσαμε ένα κύκλωμα ενός ωμικού-επαγωγικού φορτίου που ελέγχεται από ένα thyristor, με αλλά και χωρίς, δίοδο ελεύθερης διέλευσης.

Στο μπροστινό πάνελ υπάρχουν τα χειριστήρια τιμών της αντίστασης, του πηνίου, της γωνίας έναυσης και ο διακόπτης σύνδεσης της διόδου ελεύθερης διέλευσης. Υπάρχουν επίσης και οι επιλογείς εξόδου των καναλιών A, B όπου μπορούμε να επιλέξουμε να μας εμφανίσει τη τάση εισόδου, την τάση από το thyristor, την τάση στην αντίσταση και το ρεύμα της διόδου.

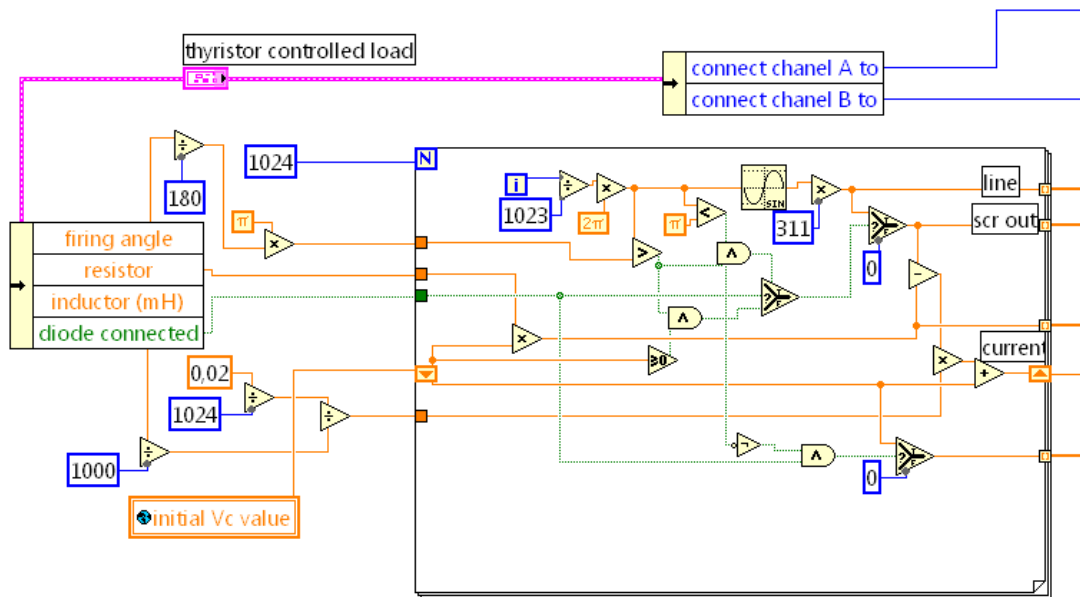
## 5.2. Σχηματικό διάγραμμα



Το σχηματικό διάγραμμα μας φανερώνει τις συνδέσεις και τις διεργασίες που γίνονται σε αυτό το υποπρόγραμμα. Στο παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις εισόδους και τις εξόδους που έχουμε εδώ:

Είσοδος	Περιγραφή
Firing angle	Ρυθμιστής γωνίας έναυσης
Resistor	Τιμή της αντίστασης
Inductor	Τιμή του πηνίου
Connect channel A to	Επιλογέας καναλιού A
Connect channel B to	Επιλογέας καναλιού B
Diode connected	Διακόπτης σύνδεσης διόδου ελεύθερης διέλευσης στο κύκλωμα
Έξοδος	Περιγραφή
Channel A	Διάνυσμα εξόδου καναλιού A
Channel B	Διάνυσμα εξόδου καναλιού B

## 5.2.1 Είσοδος τιμών και παραγωγή σήματος



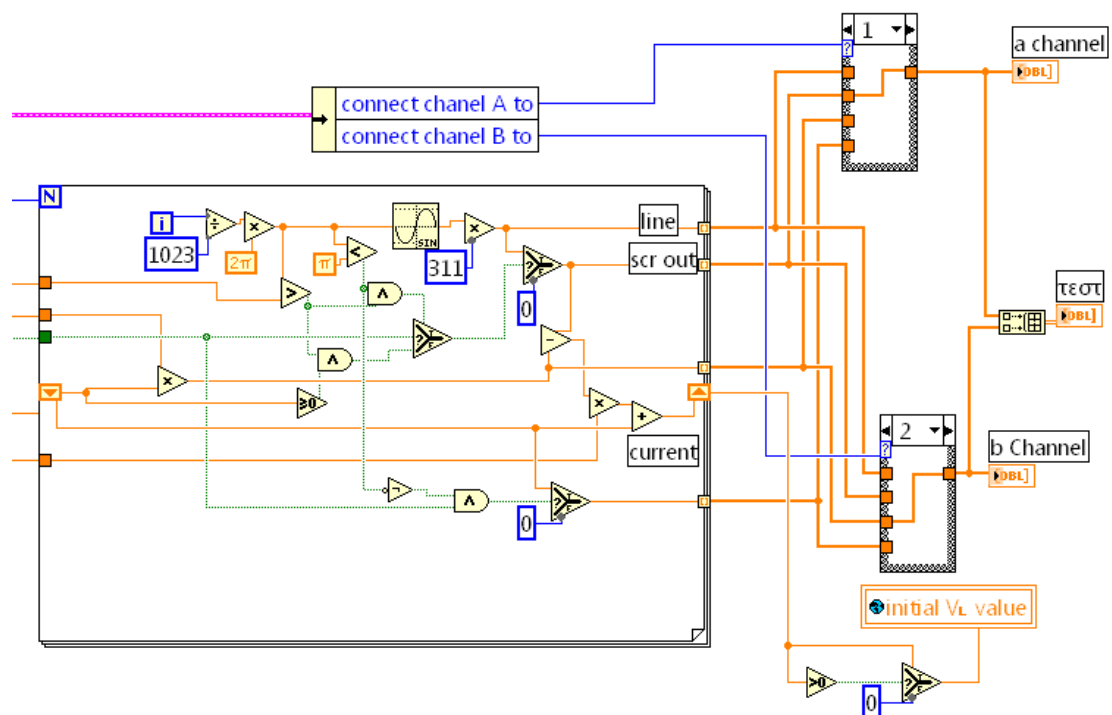
Στην αρχή του υποπρογράμματος έχουμε τις εισόδους να καταλήγουν στο For Loop που θα γίνει η παραγωγή του σήματος. Τη γωνία έναυσης τη μετατρέπουμε σε rad και την εισάγουμε στο For Loop, ενώ τη τιμή του πηνίου από mHenry τη μετατρέπουμε σε Henry και διαιρούμε με αυτή το  $\Delta t$  όπου είναι το αποτέλεσμα της διαίρεσης της περιόδου με το 1024 που είναι ο κύκλος του For Loop.

Μέσα στο For Loop, βρίσκω το σημείο του κύκλου που είναι το For Loop και το μετατρέπω σε rad. Παράγουμε το ημίτονο και το οδηγούμε στην έξοδο line. Έπειτα το συγκρίνω με τη γωνία έναυσης και με τη τιμή  $\pi$ . Αν είναι μεγαλύτερη από τη γωνία έναυσης και μικρότερη από τη τιμή  $\pi$ , τότε μου εμφανίζει στην έξοδο το ημίτονο. Αν δεν πληρεί τα κριτήρια αυτά στην έξοδο scr out μας δίνει 0.

Για να βρω τη  $V_r$  πολλαπλασιάζω το ρεύμα  $I$  με τη τιμή της αντίστασης  $R$ . Αφαιρούμε από τη scr out τη  $V_r$  και μας προκύπτει η  $V_L$ . Το ρεύμα  $I$  προκύπτει από  $I = \frac{V_L \Delta t}{L}$  και καταλήγει σε ένα shift register ώστε να αποθηκευτεί η τιμή του για το επόμενο βήμα του For Loop.

Το ρεύμα της διόδου θα πάρει τη τιμή του ρεύματος  $I$  όταν ο διακόπτης της διόδου είναι κλειστός και το βήμα του For Loop είναι μεγαλύτερο του  $\pi$ .

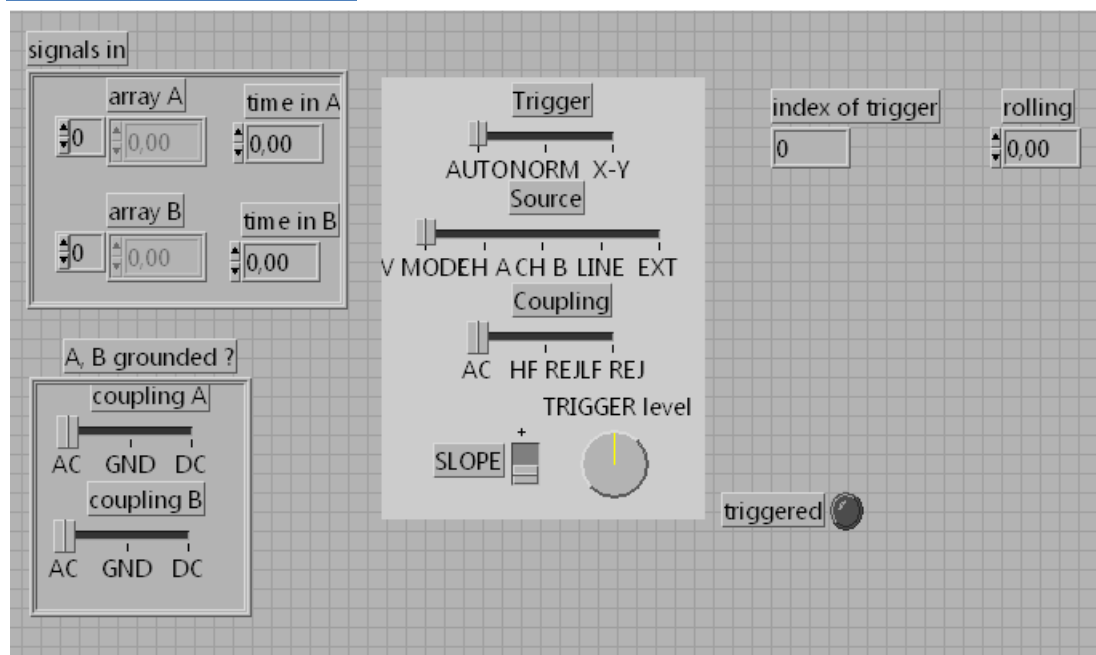
## 5.2.2 Επιλογείς καναλιών και έξοδος σημάτων



Οι επιλογείς καναλιών A και B μας επιτρέπουν να επιλέξουμε τι θα προβάλλουμε στις εξόδους του υποπρογράμματος. Τα χειριστήρια των καναλιών ελέγχουν τα case structures που θα συνδέσουν τα κανάλια A και B με τη γραμμή δικτύου, την έξοδο του thyristor, την τάση αντίστασης και το ρεύμα διόδου.

## 6. Σκανδαλισμός παλμογράφου (Trigger)

### 6.1. Μπροστινό Πάνελ



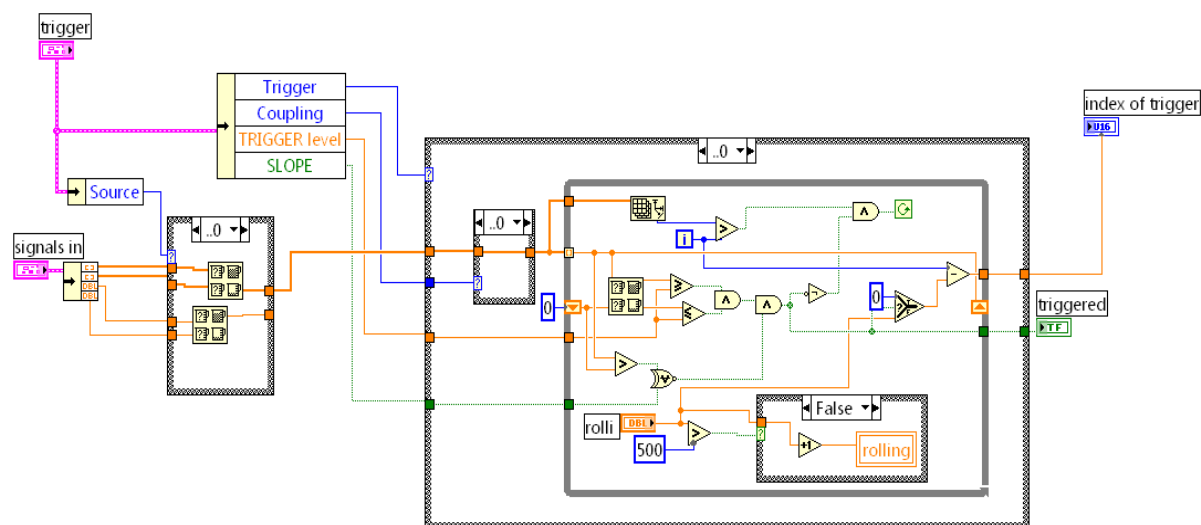
Το υποπρόγραμμα Trigger μας επιτρέπει να προσομοιώσουμε την λειτουργία ενός πραγματικού Trigger παλμογράφου, δηλαδή την προβολή των σημάτων που δέχεται ο παλμογράφος από ένα συγκεκριμένο σημείο του σήματος .

π.χ. Η προβολή ενός ημιτονικού σήματος να ξεκινάει από τη χρονική στιγμή που το ημίτονο είναι στο 0. Επιλογή επίσης αν η προβολή του ημιτόνου θα ξεκινά από τη θετική ημιπερίοδο ή την αρνητική.

Στο μπροστινό πάνελ βλέπουμε τα εισερχόμενα σήματα (χρονικά και πλάτους), τα χειριστήρια επιλογής Auto- Normal-XY, τα χειριστήρια επιλογής coupling, το χειριστήριο trigger level και το διακόπτη slope. Έξοδοι του υποπρογράμματος είναι το index of trigger και το ενδεικτικό λαμπάκι triggered.

Στο υποπρόγραμμα Trigger δεν περιλαμβάνονται κάποιες λειτουργίες, όπως η X-Y προβολή σημάτων η οποία βρίσκεται στο κεντρικό πρόγραμμα του παλμογράφου που θα αναλυθεί παρακάτω.

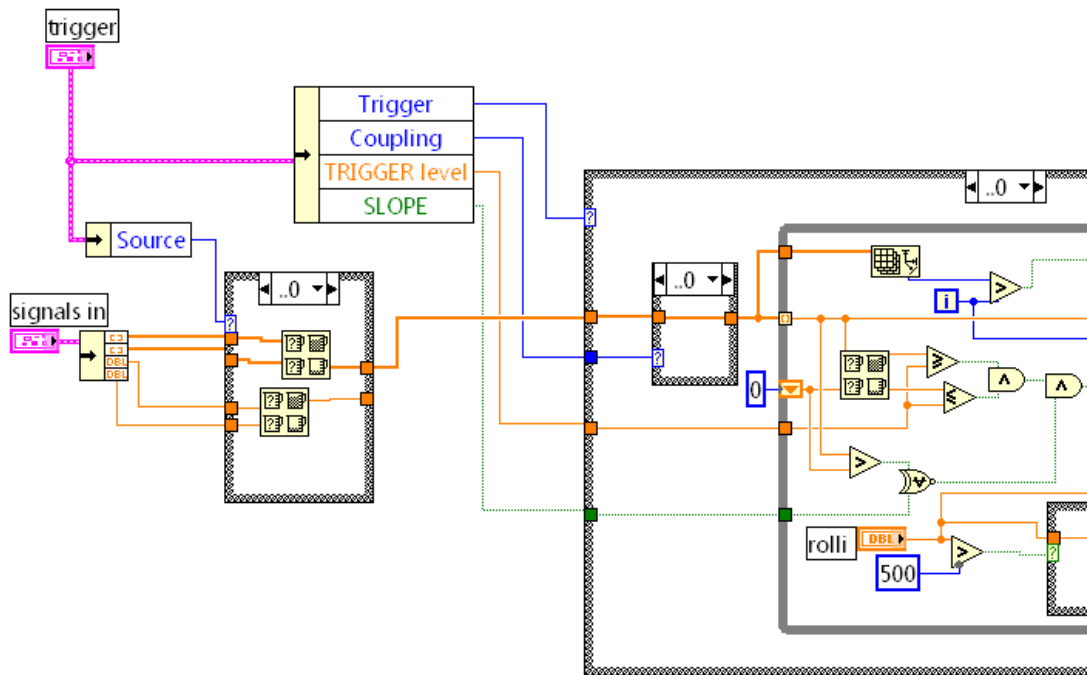
## 6.2. Σχηματικό διάγραμμα



Το σχηματικό διάγραμμα μας φανερώνει τις συνδέσεις και τις διεργασίες που γίνονται σε αυτό το υποπρόγραμμα. Στο παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις εισόδους και τις εξόδους που έχουμε εδώ:

Είσοδος		Περιγραφή
Trigger		Επιλογέας Auto- Normal
Source		Επιλογέας V Mode-Channel A-Channel B-Line
Coupling		Επιλογέας AC- HF Reject- LF Reject
Trigger level		Χειριστήριο θετικής-αρνητικής μετατόπισης σημείου έναρξης του trigger
Slope		Επιλογέας θετικής-αρνητικής έναρξης του trigger
Signals in	Array A	Σήμα πλάτους καναλιού A
	Array B	Σήμα πλάτους καναλιού B
	Time A	Σήμα χρόνου καναλιού A
	Time B	Σήμα χρόνου καναλιού B
Έξοδος		Περιγραφή
Index of trigger		Σημείο έναρξης απεικόνισης
Triggered		Ενδεικτικό λειτουργίας του trigger

### 6.2.1. Είσοδοι και επιλογές Source



Οι είσοδοι signals in οδηγούνται σε ένα case structure που ελέγχεται από τον επιλογέα source. Εδώ επιλέγουμε με ποια βάση το trigger θα συγκρίνει και θα επιλέξει το σημείο έναρξης προβολής των σημάτων.

- Στο V mode από τα δύο σήματα Array A, B επιλέγουμε να παίρνουμε πάντα τη μικρότερη τους τιμή. Ενώ από τα Time A,B επιλέγουμε να παίρνουμε πάντα τη μεγαλύτερη τους τιμή.
- Στο Channel A συνδέουμε το Array A και το Time A.
- Στο Channel B συνδέουμε το Array B και το Time B.
- Στο Line έχουμε τη σύγκριση με τη γραμμή του δικτύου.

Έπειτα τα σήματα μαζί με τα χειριστήρια των coupling, trigger level και slope, να καταλήγουν σε ένα case structure που ελέγχεται από τον επιλογέα trigger.

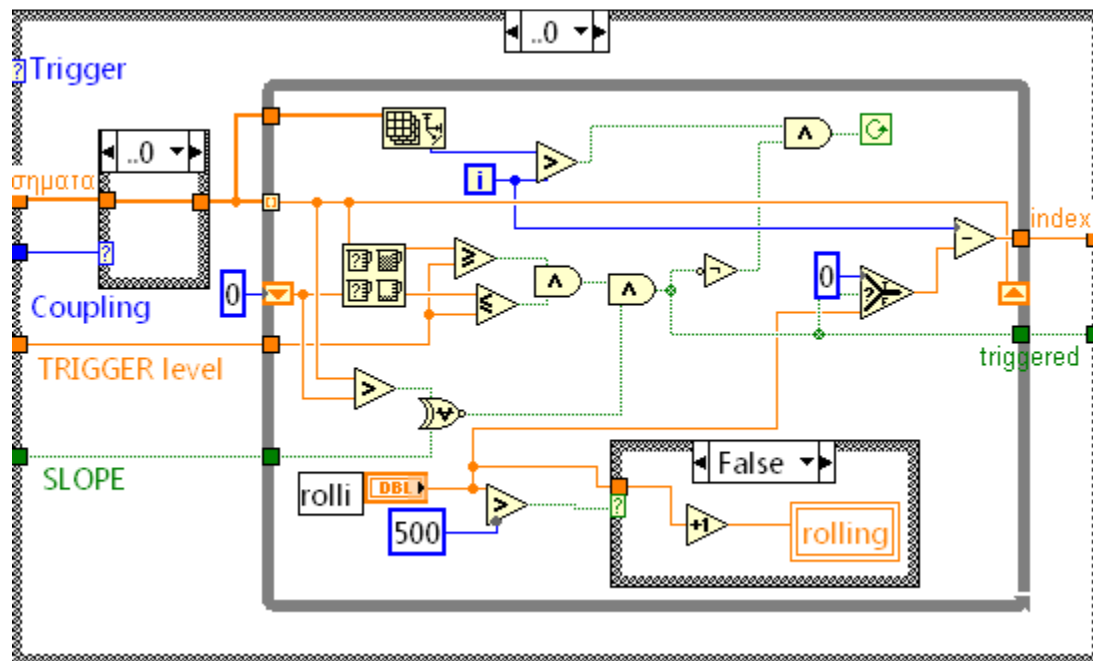
### 6.2.2. Επιλογέας coupling

Μέσα σε αυτό το case structure υπάρχει ένα μικρότερο, ελεγχόμενο από τον επιλογέα coupling. Αυτό μας δίνει τρεις περιπτώσεις :

- AC, όπου γίνεται απλά μια σύνδεση χωρίς το σήμα να υποστεί κάποια επεξεργασία.
- HF REJECT, όπου το σήμα ολοκληρώνεται με την εξίσωση από τη βιβλιοθήκη του LabVIEW Integral  $x(t)$ . Με αυτό αποκόπτουμε τις υψηλές συχνότητες στο σήμα.
- LF REJECT, όπου το σήμα παραγωγίζεται με την εξίσωση από τη βιβλιοθήκη του LabVIEW Derivative  $x(t)$ . Με αυτό αποκόπτουμε τις χαμηλές συχνότητες στο σήμα.



### 6.2.3. Επιλογές Trigger Auto Mode



Το εισερχόμενο σήμα οδηγείται σε ένα While Loop και έπειτα:

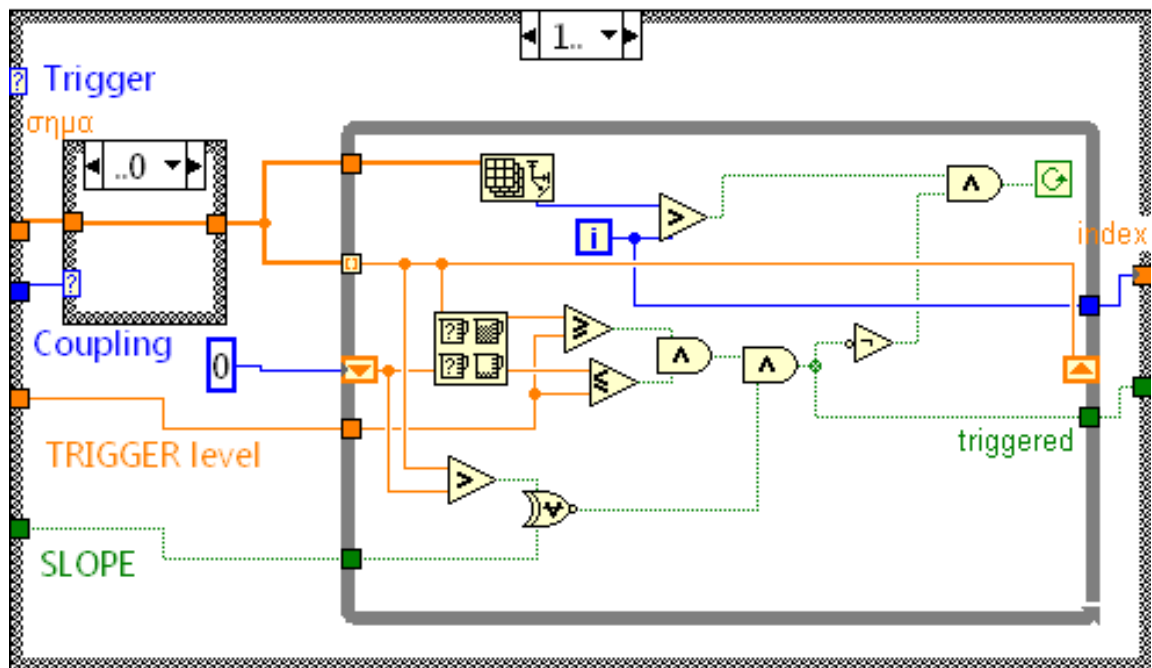
- Σε ένα shift register όπου αποθηκεύεται για το επόμενο βήμα του Loop. (αρχική τιμή 0)
- Σε ένα συγκριτή όπου συγκρίνεται με την τιμή που είχε στο προηγούμενο βήμα του While Loop.
- Σε ένα block εξαγωγής μέγιστου-ελάχιστου όπου εισέρχεται και η τιμή που είχε στο προηγούμενο βήμα του While Loop.
- Σε ένα block που μετράει πόσα στοιχεία έχει ο πίνακας (σήμα).

Για να έχουμε σε λειτουργία το trigger πρέπει να πληρούνται όλες οι παρακάτω συνθήκες:

- Το νεοεισερχόμενο σήμα να είναι μεγαλύτερο από το παλιό και το Slope θετικό **ή** το νεοεισερχόμενο σήμα να είναι μικρότερο από το παλιό και το Slope αρνητικό
- Το Trigger level να είναι ενδιάμεσα ή ίσο με τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές του νεοεισερχόμενου και του παλιού σήματος.

Το Index of trigger παραμένει 0 όσο δεν είναι σε λειτουργία το trigger. Αυτό γίνεται γιατί το Index of trigger αυξάνεται με το κάθε βήμα του While Loop αλλά όσο δεν είναι σε λειτουργία το trigger αφαιρείται από αυτό το rolling. Το rolling ξεκινάει από 0 και σε κάθε βήμα του While Loop προστίθεται και 1. Στα 500 βήματα μηδενίζει. Το While Loop σταματάει όταν γίνει ενεργή η λειτουργία trigger ή το i φτάσει τον αριθμό στοιχείων του πίνακα (σήμα). Έτσι όταν ενεργοποιηθεί λειτουργία το trigger, το Index of trigger παίρνει την τιμή του i και μας δίνει σε ποιο στοιχείο του σήματος πληρούνται οι προδιαγραφές για να αρχίσει από εκεί να προβάλλεται στην οθόνη του παλμογράφου.

## 6.2.4. Επιλογέας Trigger Normal Mode



Το εισερχόμενο σήμα οδηγείται σε ένα While Loop και έπειτα:

- Σε ένα shift register όπου αποθηκεύεται για το επόμενο βήμα του Loop. (αρχική τιμή 0)
- Σε ένα συγκριτή όπου συγκρίνεται με την τιμή που είχε στο προηγούμενο βήμα του While Loop.
- Σε ένα block εξαγωγής μέγιστου-ελάχιστου όπου εισέρχεται και η τιμή που είχε στο προηγούμενο βήμα του While Loop.
- Σε ένα block που μετράει πόσα στοιχεία έχει ο πίνακας (σήμα).

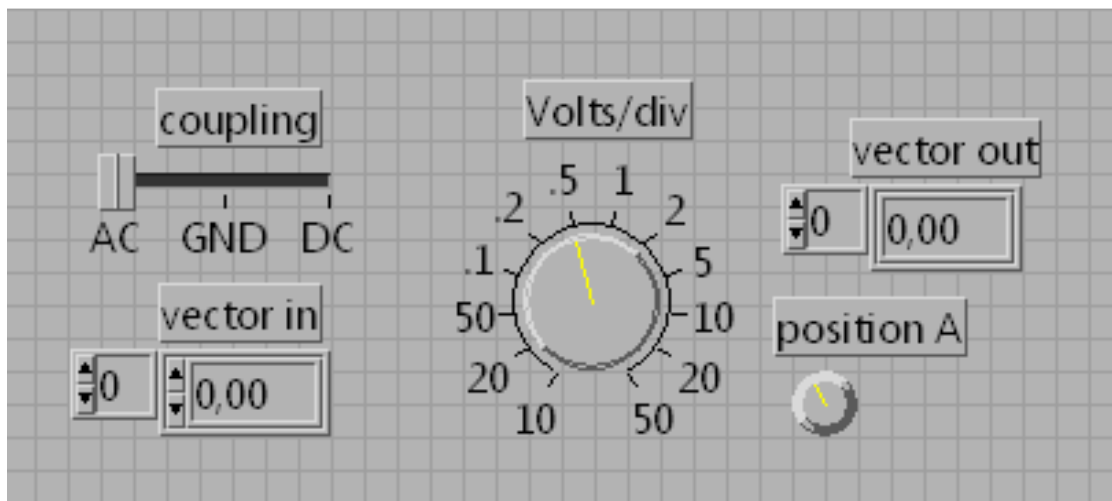
Για να έχουμε σε λειτουργία το trigger πρέπει να πληρούνται όλες οι παρακάτω συνθήκες:

- Το νεοεισερχόμενο σήμα να είναι μεγαλύτερο από το παλιό και το Slope θετικό **ή** το νεοεισερχόμενο σήμα να είναι μικρότερο από το παλιό και το Slope αρνητικό
- Το Trigger level να είναι ενδιάμεσα ή ίσο με τις μέγιστες και ελάχιστες τιμές του νεοεισερχόμενου και του παλιού σήματος.

Το Index of trigger αυξάνεται με το κάθε βήμα του While Loop όσο δεν είναι σε λειτουργία το trigger. Το While Loop σταματάει όταν γίνει ενεργή η λειτουργία trigger ή το i φτάσει τον αριθμό στοιχείων του πίνακα (σήμα). Έτσι όταν ενεργοποιηθεί λειτουργία το trigger, το Index of trigger παίρνει την τιμή του i και μας δίνει σε ποιο στοιχείο του σήματος πληρούνται οι προδιαγραφές για να αρχίσει από εκεί να προβάλλεται στην οθόνη του παλμογράφου.

## 7. Προεργασία σήματος (Preprocessing)

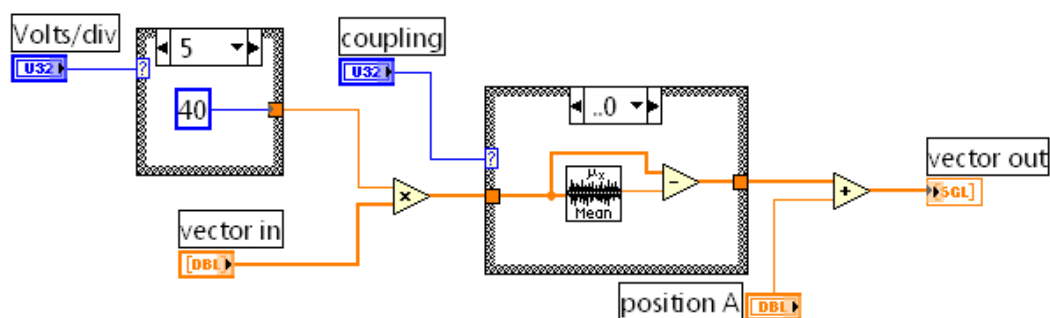
### 7.1. Μπροστινό Πάνελ



Στο υποπρόγραμμα preprocessing μας δίνει την δυνατότητα να επεξεργαστούμε το εισερχόμενο σήμα ως προς το πλάτος του σήματος απεικόνισης (Volts/div) αλλά και του ύψους που θα έχει το σήμα κατά την απεικόνισή του (position A).

Επίσης στο υποπρόγραμμα preprocessing προσομοιώνουμε τη λειτουργία του coupling όπου μπορούμε να επιλέξουμε ανάμεσα σε AC, DC, και με το κανάλι γειωμένο.

### 7.2. Σχηματικό διάγραμμα



Το σχηματικό διάγραμμα μας φανερώνει τις συνδέσεις και τις διεργασίες που γίνονται σε αυτό το υποπρόγραμμα. Στο παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις εισόδους και τις εξόδους που έχουμε εδώ:

Είσοδος	Περιγραφή
Volts/div	Επιλογέας της υποδιαίρεσης απεικόνισης πλάτους σήματος
Coupling	Επιλογέας σύζευξης AC - GND - DC
Position A	Χειριστήριο ύψους απεικόνισης σήματος
Vector in	Εισερχόμενο σήμα
Έξοδος	Περιγραφή
Vector out	Εξερχόμενο σήμα

Ο επιλογέας Volts/div, μέσω του case structure που ελέγχει, μας δίνει το κατάλληλο συντελεστή όπου με αυτόν να πολλαπλασιάσουμε το εισερχόμενο σήμα για να του δοθεί το επιθυμητό πλάτος.

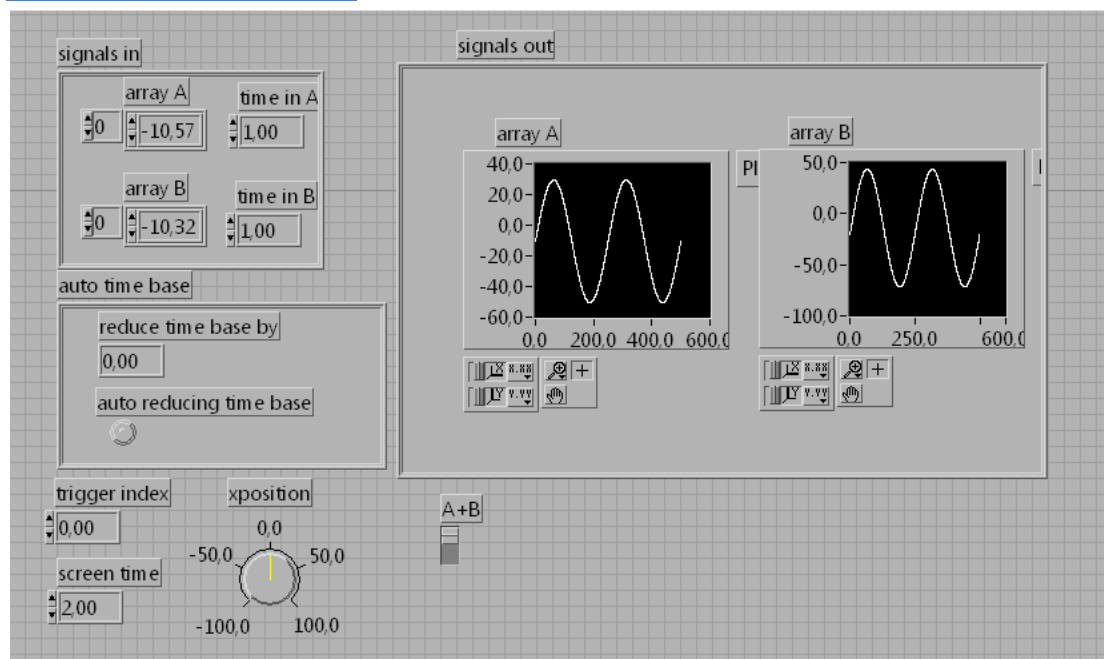
Ο επιλογέας Coupling, μέσω του case structure που ελέγχει, μας δίνει τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- AC , όπου σε αυτή τη περίπτωση για να προσομοιώσουμε αυτή τη λειτουργία AC αφαιρούμε από το εισερχόμενο σήμα τη μέση τιμή του.
- GND , όπου σε αυτή τη περίπτωση για να προσομοιώσουμε αυτή τη λειτουργία γείωσης του καναλιού δημιουργούμε ένα μηδενικό πίνακα ίδιων διαστάσεων.
- DC , όπου σε αυτή τη περίπτωση το σήμα συνδέεται απ' ευθείας στην έξοδο του case structure.

Μετά από τις παραπάνω διεργασίες προσθέτουμε στο σήμα το position A και έπειτα το σήμα οδηγείται στην έξοδο του υποπρογράμματος vector out.

## 8. Επεξεργασία σήματος (Signal Processing)

### 8.1. Μπροστινό Πάνελ

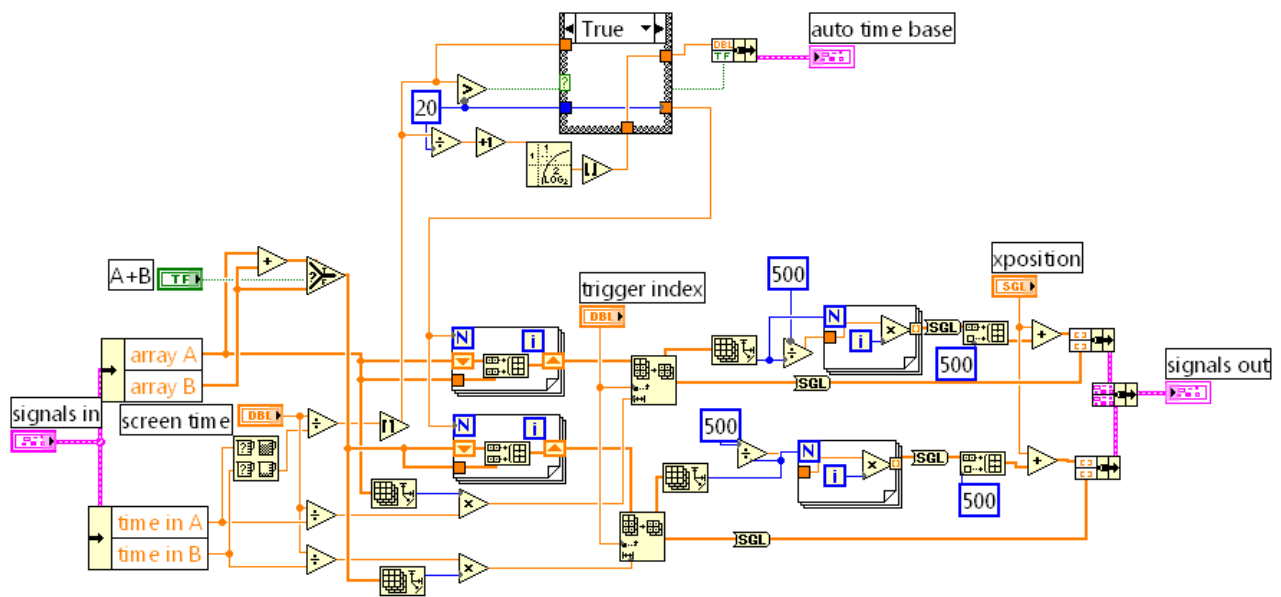


Το υποπρόγραμμα Signal Processing μας επιτρέπει να επεξεργαστούμε τα εισερχόμενα σήματα για να γίνει σωστά η απεικόνισή τους στην τελική οθόνη του παλμογράφου. Σε αυτό το υποπρόγραμμα γίνεται η επιλογή του σημείου που θα ξεκινήσει η προβολή του σήματος (λειτουργία trigger).

Στο Signal Processing γίνεται και ρύθμιση της θέσης του σήματος πάνω στον οριζόντιο άξονα της οθόνης του παλμογράφου, όπως και η ρύθμιση της υποδιαίρεση που θα έχει η οθόνη όταν θα προβάλλει ένα σήμα (Time/div).

Επίσης σε αυτό το υποπρόγραμμα γίνεται και η πρόσθεση των καναλιών του παλμογράφου A, B.

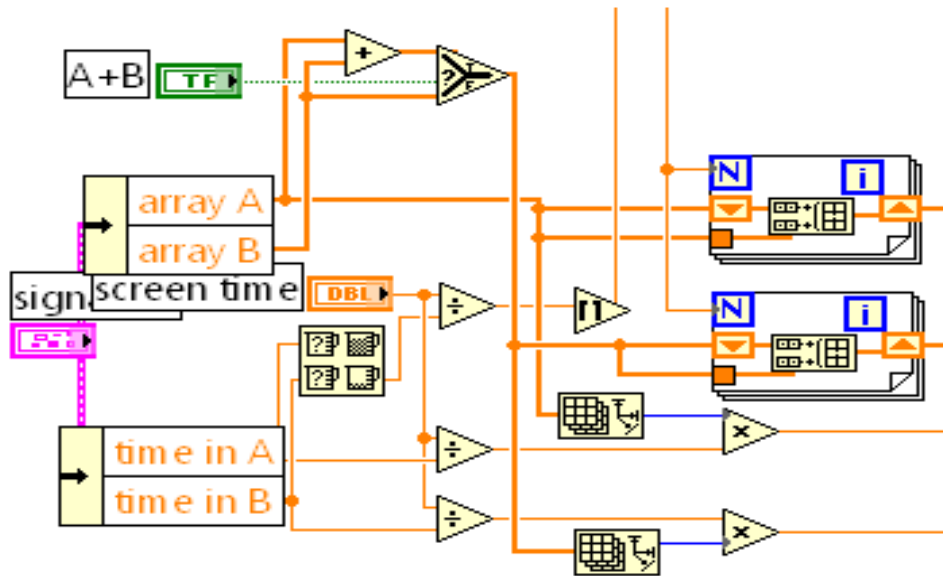
## 8.2. Σχηματικό διάγραμμα



Το σχηματικό διάγραμμα μας φανερώνει τις συνδέσεις και τις διεργασίες που γίνονται σε αυτό το υποπρόγραμμα. Στο παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις εισόδους και τις εξόδους που έχουμε εδώ:

Είσοδος	Περιγραφή
Array A	Πλάτος σήματος καναλιού A
Array B	Πλάτος σήματος καναλιού B
Time A	Χρόνος σήματος καναλιού A
Time B	Χρόνος σήματος καναλιού B
Trigger index	Σημείο σκανδαλισμού
Screen time	Τιμή επιλογέα χρονικής υποδιαίρεσης
A+B	Πρόσθεση καναλιών A+B
x-position	Ρυθμιστής θέση σήματος επί του οριζόντιου άξονα χ
Έξοδος	Περιγραφή
Signals out	Εξερχόμενο σήμα
Auto time base	Αυτόματη βάση χρόνου

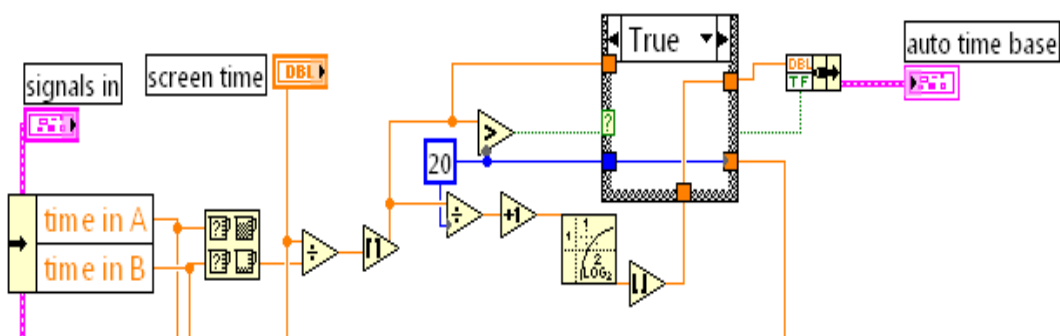
### 8.2.1. Εισερχόμενα σήματα και σύνθεσή τους σε πίνακα



Οι εισερχόμενες τιμές των σημάτων Array A, B οδηγούνται σε ένα For Loop, για το κάθε κανάλι ξεχωριστά, όπου συνθέτονται σε ένα πίνακα. Τα For Loop παίρνουν το N από τη διεργασία Auto time base. Το screen time διαιρείται με το minimum των Time A και B. Το αποτέλεσμα το πολλαπλασιάζω με τον αριθμό των στοιχείων που υπάρχουν στο Array A B και το συνδέουμε στο length του επιλογέα όπου θα γίνει η επιλογή του στοιχείου που θα ξεκινήσει η προβολή του σήματος με βάση το trigger index.

Όταν θέσουμε σε λειτουργία το A+B τότε χρησιμοποιείται μόνο ο κλάδος επεξεργασίας του καναλιού A, αφού προστεθούν τα δύο σήματα.

### 8.2.2. Αυτόματη βάση χρόνου

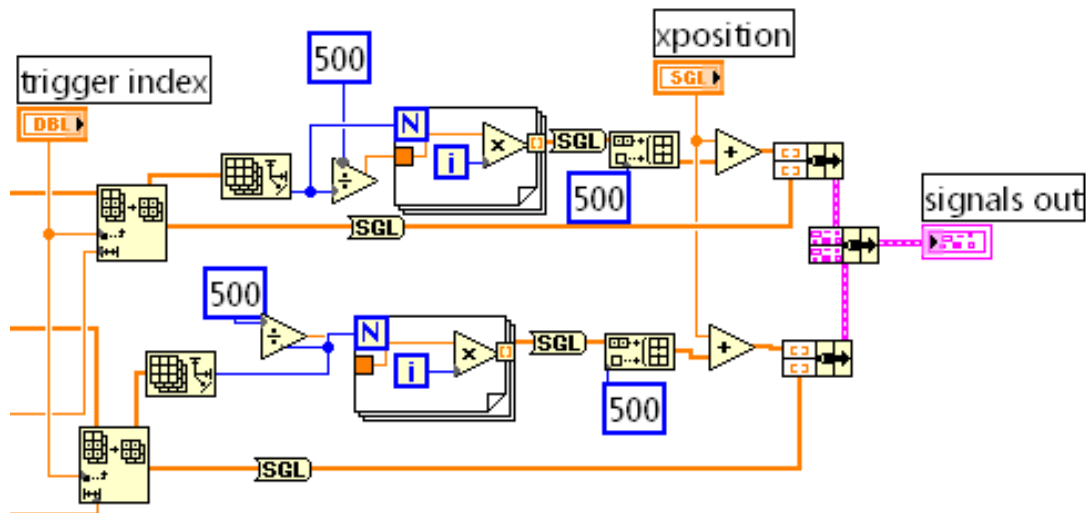


Για να ορίσουμε την αυτόματη βάση χρόνου βρίσκω από τα Time A,B το min και το διαιρώ το screen time (επιθυμητή υποδιαίρεση της οθόνης από τον επιλογέα time/div) διά το min. Στρογγυλοποιούμε το αποτέλεσμα στον πρώτο μεγαλύτερο ακέραιο.

- Εάν το αποτέλεσμα είναι μικρότερο του 20, τότε στο N των For Loops πάει το αποτέλεσμα και δίνει μηδέν στο Auto time base.

- Εάν το αποτέλεσμα είναι μεγαλύτερο του 20, τότε στο N των For Loops πάει το 20 και ενεργοποιείται το auto time base. Το auto παίρνει τη διαίρεση του εισερχομένου σήματος δια το 20 προσθέτουμε 1 και υπολογίζουμε το  $\log_2$  του αποτελέσματος, και το στρογγυλοποιούμε στον πρώτο μικρότερο ακέραιο και δίνουμε το αποτέλεσμα στο auto time base.

### 8.2.3. Σκανδαλισμός σήματος, ρύθμιση x position και έξοδος



Σε αυτό το κομμάτι του υποπρογράμματος βλέπουμε πώς επεμβαίνει ο σκανδαλισμός ώστε να έχουμε την επιθυμητή προβολή του σήματος. Μέσω της λειτουργίας Array Subset, που μας επιτρέπει να αναδιαμορφώσουμε ένα πίνακα στο μέγεθος, αλλά και από ποιο στοιχείο θα ξεκινήσει. Στο Array Subset συνδέουμε στη θέση του πίνακα το σήμα από το For Loop, το trigger index στη θέση index και στο length το αποτέλεσμα από τη επεξεργασία των χρονικών σημάτων.

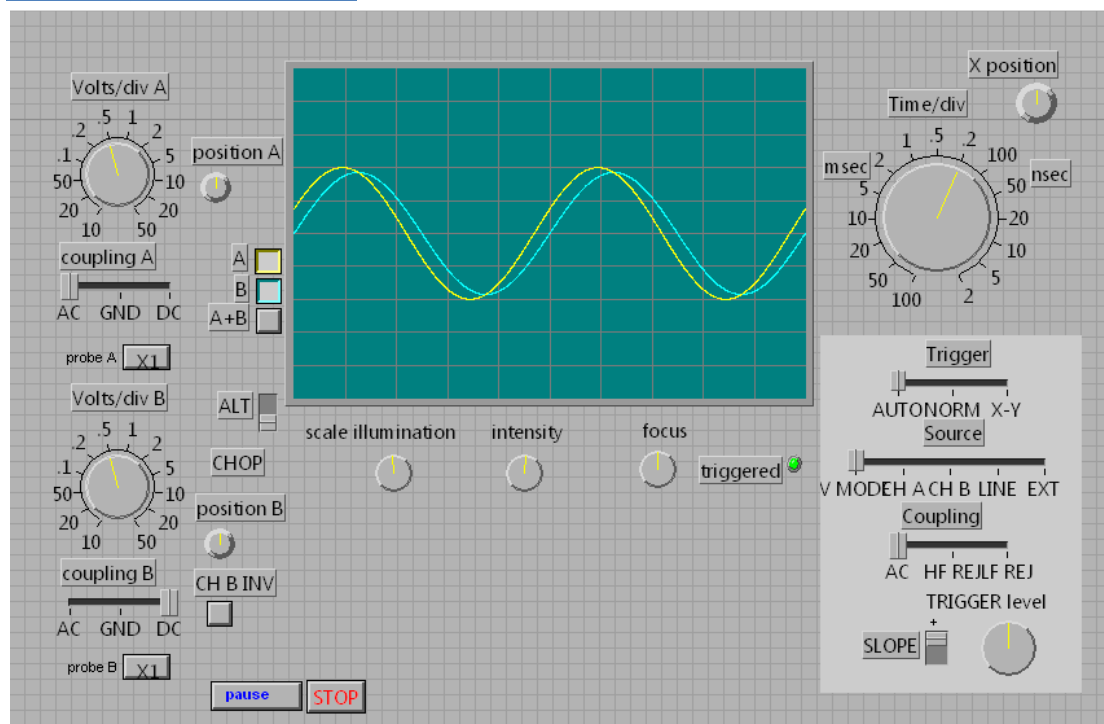
Τον διαμορφωμένο αυτό πίνακα με το πλάτος του σήματος τον οδηγούμε στην έξοδο του κάθε καναλιού.

Στη συνέχεια μετράμε το διαμορφωμένο πίνακα με το Array size για να βρούμε από πόσα στοιχεία αποτελείται. Διαιρούμε το 500 με τον αριθμό στοιχείων και εισάγουμε το αποτέλεσμα σε ένα For Loop με N τον αριθμό στοιχείων. Στο For Loop πολλαπλασιάζουμε το i με τον εισερχόμενο αριθμό και το οδηγούμε σε ένα Build Array, όπου δημιουργούμε ένα πίνακα 500 στοιχείων με την επιθυμητή χρονική αλληλουχία. Έτσι έχουμε τον πίνακα με το χρονικό σήμα. Προσθέτουμε και το position x και το οδηγούμε στην έξοδο του κάθε καναλιού. Τα κανάλια στη συνέχεια συνδέονται στην έξοδο signals out.



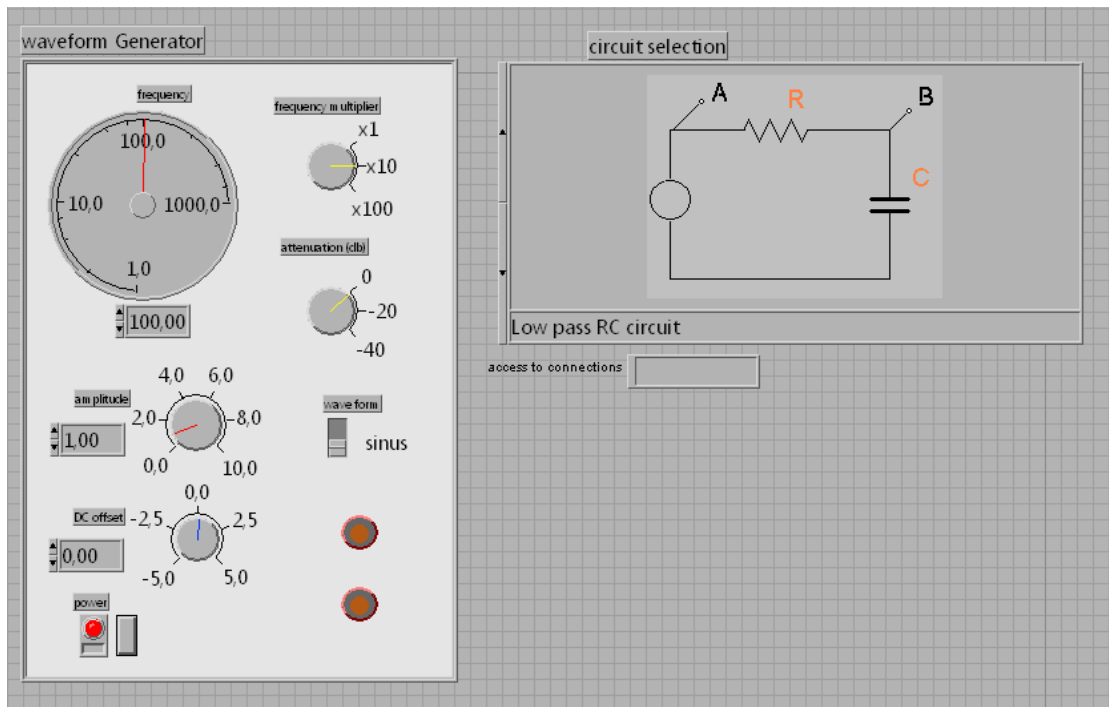
## 9. Κεντρικό Πρόγραμμα Παλμογράφος (Oscilloscope)

### 9.1. Μπροστινό Πάνελ



Στο μπροστινό πάνελ βλέπουμε την επιφάνεια του παλμογράφου με την οθόνη απεικόνισης σημάτων και τα χειριστήρια του. Τα χειριστήρια είναι τα εξής:

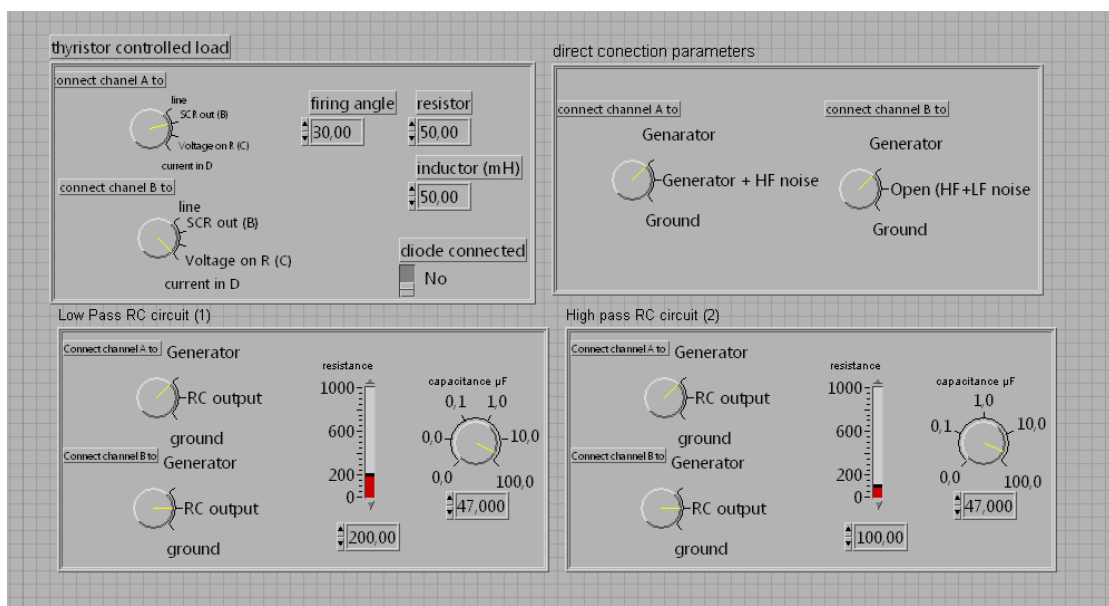
- Επιλογέας υποδιαίρεσης πλάτους σήματος καναλιού A Volt/div
- Επιλογέας υποδιαίρεσης πλάτους σήματος καναλιού B Volt/div
- Επιλογέας υποδιαίρεσης χρόνου σημάτων Time/div
- Ρυθμιστής ύψους σήματος καναλιού A Position A
- Ρυθμιστής ύψους σήματος καναλιού B Position B
- Ρυθμιστής θέσης σημάτων καναλιών X Position
- Επιλογέας εμφάνισης καναλιού A
- Επιλογέας εμφάνισης καναλιού B
- Επιλογέας πρόσθεσης καναλιού A+B
- Επιλογέας αντιστροφής καναλιού B
- Επιλογέας Trigger
- Επιλογέας Source
- Επιλογείς Coupling
- Επιλογέας Slope + -
- Ρυθμιστής Trigger level
- Ρυθμιστής Scale of Illumination
- Ρυθμιστής Intensity
- Ρυθμιστής Focus
- Διακόπτες Pause και Stop



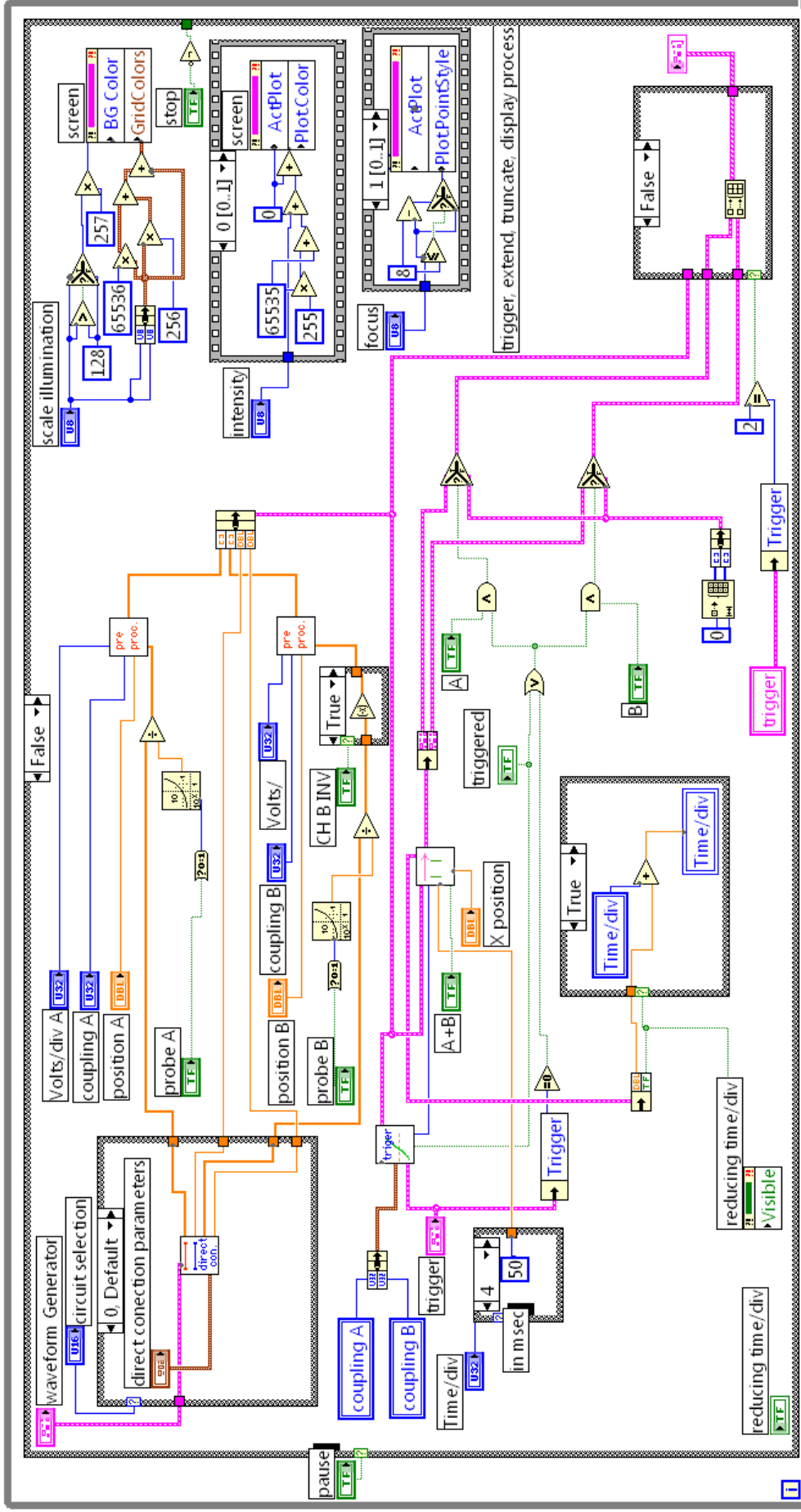
Εκτός από την κύρια εικόνα του παλμογράφου υπάρχει και στο πάνελ το χειριστήριο της γεννήτριας συχνοτήτων, αλλά και ο επιλογέας κυκλωμάτων. Με τον επιλογέας κυκλωμάτων μπορούμε να επιλέξουμε να εμφανίζουμε τα σήματα που προέκυπταν αν συνδέαμε στον παλμογράφο:

- Τη γεννήτριας συχνοτήτων.
- Ένα κύκλωμα low pass filter (μια αντίσταση και ένα πυκνωτή σε σειρά).
- Ένα κύκλωμα high pass filter (ένα πυκνωτή και μια αντίσταση σε σειρά).
- Ένα κύκλωμα επαγωγικού καταναλωτή (μια αντίσταση και ένα πηνίο σε σειρά, ελεγχόμενο απο thyristor).

Τα χειριστήρια των παραπάνω κυκλωμάτων υπάρχουν στο πάνελ αλλά σε μη ορατή μορφή.

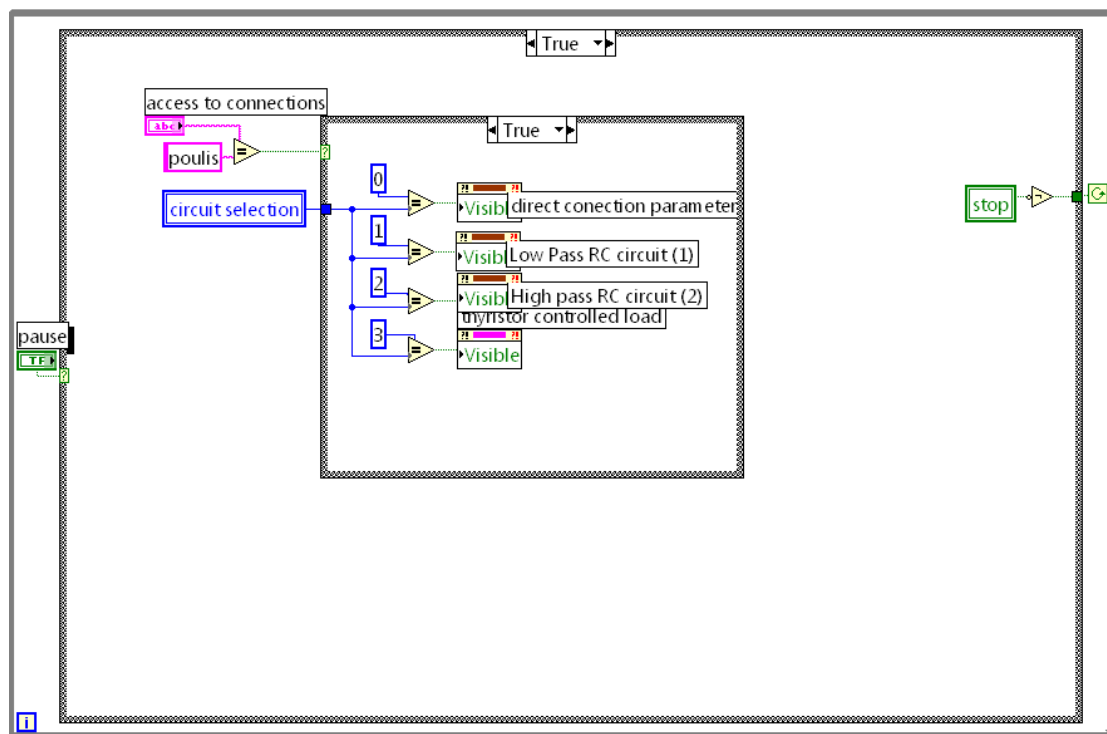


## 9.2. Σχηματικό διάγραμμα



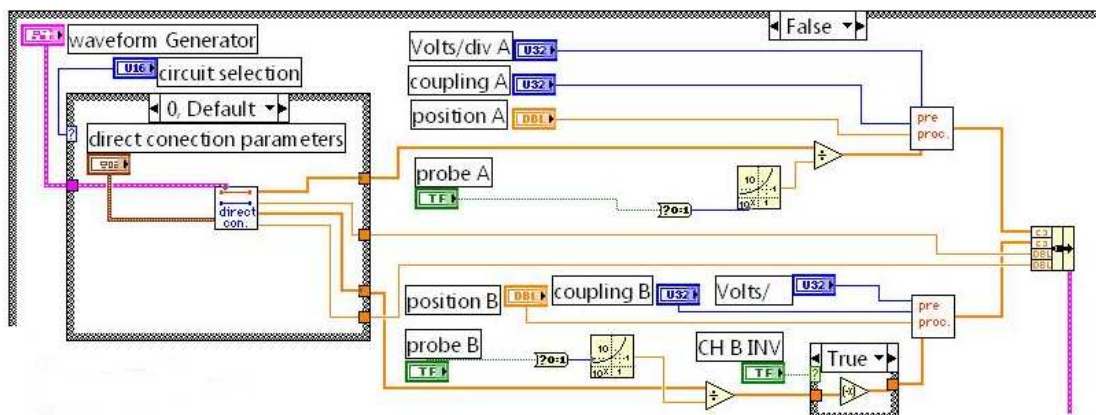
Στο σχηματικό διάγραμμα βλέπουμε ότι όλο το πρόγραμμα δουλεύει μέσα σε ένα case structure που ελέγχεται από το pause, και αυτό το case structure είναι μέσα σε ένα While Loop το οποίο σταματάει μόνο αν λάβει σήμα από το διακόπτη Stop.

### 9.2.1. Λειτουργία Pause



Όταν είναι ενεργός ο διακόπτης Pause τότε ο παλμογράφος σταματάει τις διεργασίες που κάνει και μας επιτρέπει την πρόσβαση στα "κρυφά" χειριστήρια του κυκλώματος που είναι συνδεδεμένο με την εισαγωγή του κωδικού.

## 9.2.2. Επιλογές κυκλώματος, λειτουργία Probe και προεργασία σημάτων



Σε αυτό το τμήμα του προγράμματος βλέπουμε το case structure επιλογής κυκλώματος. Ανάλογα με την θέση του επιλογέα circuit selection, καλούμε το ανάλογο υποπρόγραμμα ώστε να μας δώσει τα επιθυμητά σήματα. Τα εξερχόμενα σήματα από το case structure είναι τα:

- Σήμα πλάτους καναλιού A Array A
- Σήμα χρόνου καναλιού A Time A
- Σήμα πλάτους καναλιού B Array B
- Σήμα χρόνου καναλιού B Time B

Τα σήματα πλάτους A, B περνάνε από τη διεργασία Probe. Σε αυτή τη διεργασία προσομοιώνουμε τη λειτουργία ορισμένων παλμογράφων να υποδεκαπλασιάζουν το σήμα όταν συνδέουμε ένα ειδικό καλώδιο για τη μείωση του ηλεκτρικού θορύβου στο κανάλι. Όταν είναι ενεργό το Probe, το σήμα υποδεκαπλασιάζεται.

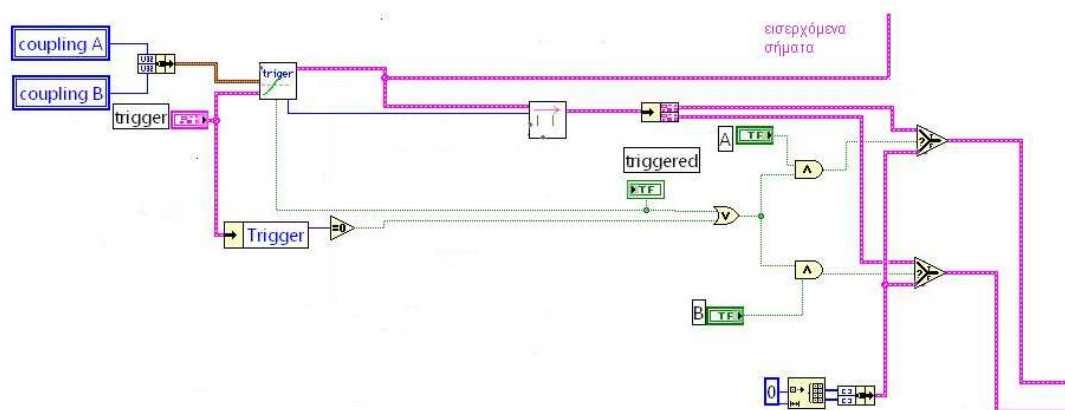
Στο κανάλι B έχω τη δυνατότητα να αντιστρέψω το σήμα με την διεργασία Channel invert.

Μετά τα σήματα μπαίνουν στο υποπρόγραμμα preprocessing μαζί με τις εισόδους :

- Volt/dir
- Coupling
- Position

Τα time signals δεν περνούν από επεξεργασία και καταλήγουν στο Bundle μαζί με τις εξόδους από τα υποπρόγραμμα preprocessing.

### 9.2.3. Λειτουργία Trigger και επιλογείς εμφάνιση καναλιών A,B



Σε αυτό το τμήμα του προγράμματος βλέπουμε το υποπρόγραμμα Trigger να δέχεται σαν εισόδους, εκτός των σημάτων, το πάνελ του trigger και τους επιλογείς του Coupling A, B.

Σαν έξοδο έχει το trigger index και το triggered. Το trigger index συνδέεται στο υποπρόγραμμα Signal Processing.

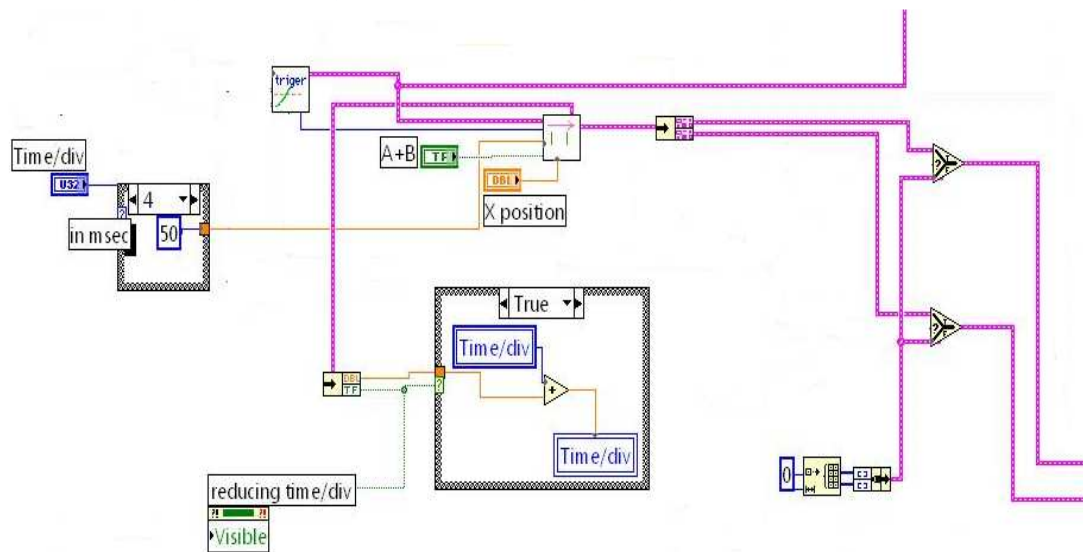
Το triggered συνδέεται με το ενδεικτικό λαμπάκι του για να έχουμε εικόνα πότε είναι ενεργή η λειτουργία trigger.

Οι επιλογικοί διακόπτες (select switches) των καναλιών A, B επιτρέπουν τη ροή των επεξεργασμένων σημάτων από το υποπρόγραμμα Signal Processing, προς την οθόνη εάν πληρούνται τα παρακάτω κριτήρια για το κάθε κανάλι:

- Να είναι ενεργός ο επιλογέας εμφάνισης του εκάστοτε καναλιού.
- Να είναι ενεργή η λειτουργία trigger ή ο επιλογέας στο πάνελ του trigger να βρίσκεται στο Auto Mode.

Στη περίπτωση που δεν πληρούνται τα παρακάτω κριτήρια στην οθόνη δίνεται μηδενικό σήμα.

### 9.2.4. Επεξεργασία σημάτων και Αυτόματη βάση χρόνου



Σε αυτό το τμήμα του προγράμματος βλέπουμε το υποπρόγραμμα signal processing να δέχεται σαν εισόδους:

- Τα εισερχόμενα σήματα
- Το X position
- Το διακόπτη πρόσθεσης καναλιών A + B
- Το trigger index
- Την επιθυμητή χρονική υποδιαίρεση Time division από το case structure που ελέγχει.

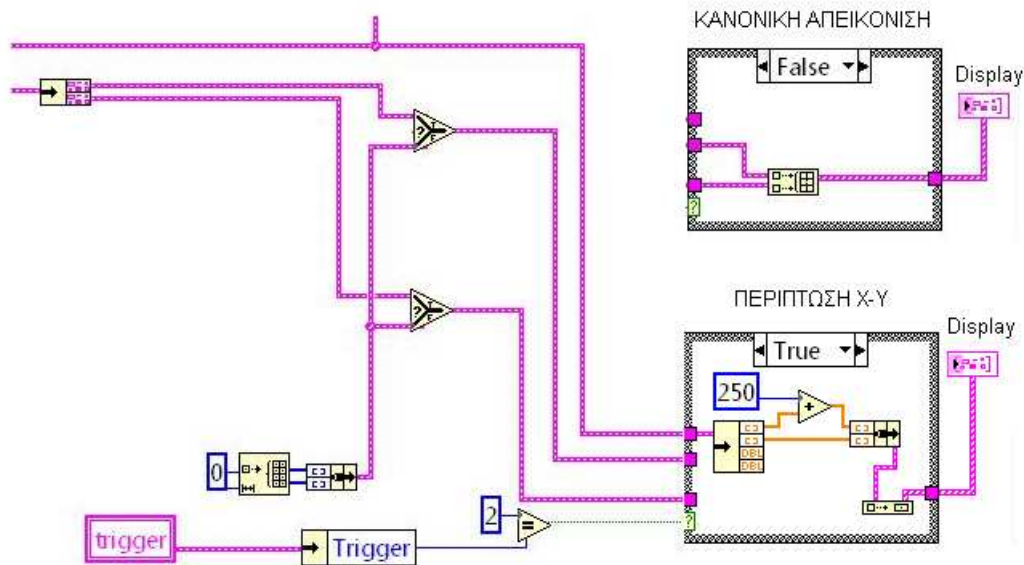
Σαν εξόδους έχει:

- Τα εξερχόμενα σήματα
- Το Auto time base.

Τα σήματα από εκεί μέσω ενός Unbundle διαχωρίζονται σε Κανάλι A και Κανάλι B όπου καταλήγουν σε ένα select switch το κάθε ένα. Τα select switches επιτρέπουν τη ροή των σημάτων προς την οθόνη, εάν ο επιλογέας στο πάνελ του trigger βρίσκεται στο Auto Mode ή έχει ένδειξη ότι το trigger είναι ενεργό και αν είναι ενεργοί οι επιλογείς εμφάνισης A, B για κάθε κανάλι. Σε κάθε άλλη περίπτωση τα select switches θα εμφανίζουν μηδέν.

Το Auto time base οδηγείται σε ένα Unbundle όπου διαχωρίζεται στο χρονικό και στο λογικό (True, False) σήμα που μεταφέρει. Εάν είναι ενεργό το Auto time base τότε το λογικό σήμα θα είναι True, οπότε το χρονικό σήμα θα προστεθεί στο Time/div για να έχουμε τη σωστή χρονική υποδιαίρεση στην οθόνη.

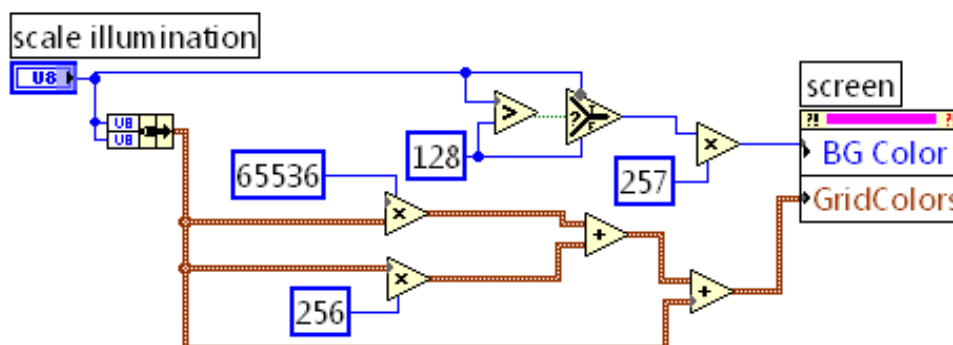
### 9.2.5. Απεικόνιση σημάτων (Display), λειτουργία X-Y Mode



Σε αυτό το τμήμα του προγράμματος βλέπουμε ότι πριν το display έχουμε το case structure της λειτουργίας X-Y. Όταν ο επιλογέας στο trigger panel δεν είναι στη θέση X-Y, τα σήματα των δύο καναλιών συνθέτονται σε ένα πίνακα και οδηγούνται στο display.

Όταν το trigger panel είναι στη θέση X-Y, δηλαδή έχω τον επιλογέα στη θέση 2, επιλέγεται το True Case. Εκεί με ένα Unbundle διαχωρίζω σήματα πλάτους A, B. Προσθέτω 250 στο σήμα A ώστε να εμφανιστούν στη μέση της οθόνης και τα οδηγούμε σε ένα Bundle. Έπειτα τα ανασυνθέτουμε σε ένα μονοδιάστατο πίνακα και τα οδηγούμε στο display.

### 9.2.6. Ρύθμιση Φωτεινότητας Οθόνης (Grid Colors, Background Color )





Σε αυτό το τμήμα του προγράμματος βλέπουμε τη ρύθμιση τη φωτεινότητας του πλέγματος και του φόντου της οθόνης. Οι παράμετροι αυτοί δέχονται σαν ρύθμιση ένα ακέραιο αριθμό 32 bit με εύρος τιμής από 0 έως  $2^{32}$ . Η ρύθμιση του φόντου απαιτεί ένα ακέραιο αριθμό των 32 bit, ενώ η ρύθμιση του πλέγματος απαιτεί δύο αριθμούς των 32 bit ένα για το X και ένα για το Y, τα οποία τα ενώνουμε με ένα cluster.

Η είσοδος (input) κυμαίνεται από 0 έως  $2^8$ . Για να λάβουμε τα επιθυμητά χρώματα οι ρυθμίσεις γίνονται με τους τύπους:

$$Grid Colors = (input * 2^{16}) + (input * 2^8) + input$$

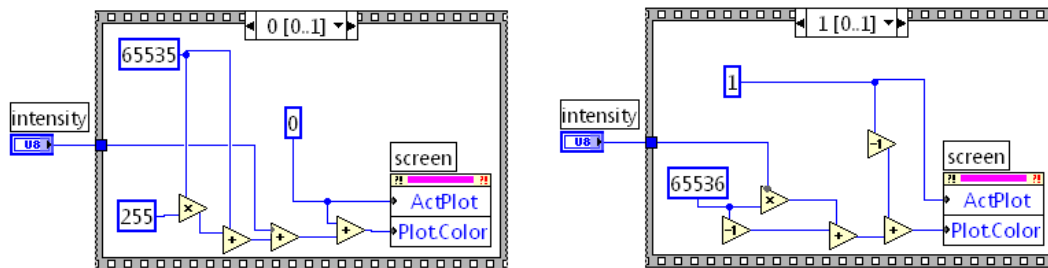
Για το Background Color εάν η είσοδος είναι από 0 έως  $2^7$  τότε:

$$Background Color = input * 257$$

εάν η είσοδος είναι μεγαλύτερη από  $2^7$  τότε:

$$Background Color = 2^7 * 257$$

### 9.2.7. Ρύθμιση Χρώματος Απεικόνισης Σημάτων (Intensity)



Σε αυτό το τμήμα του προγράμματος βλέπουμε τη ρύθμιση του χρώματος που θα έχουν οι κυματομορφές κατά την απεικόνισή τους στην οθόνη. Οι παράμετροι αυτοί δέχονται σαν ρύθμιση ένα ακέραιο αριθμό 32 bit με εύρος τιμής από 0 έως  $2^{32}$ .

Το τμήμα αυτό αποτελείται από ένα Sequence Structure. Σε κάθε καρτέ του Sequence Structure, τα οποία εκτελούνται διαδοχικά, ρυθμίζουμε κάθε φορά το χρώμα απεικόνισης διαφορετικού καναλιού.

Για να ρυθμίσουμε το κανάλι A δίνουμε στο Active Plot μηδέν, ενώ για να ρυθμίσουμε το κανάλι B δίνουμε στο Active Plot ένα. Η είσοδος (intensity) κυμαίνεται από 0 έως  $2^8$ .

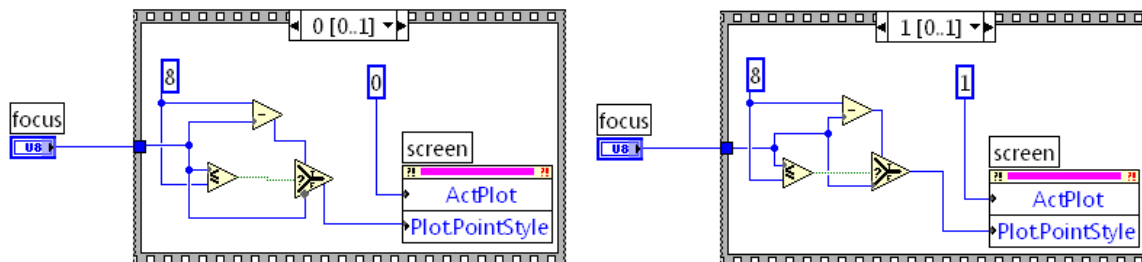
Για να επιτύχουμε το κίτρινο χρώμα του καναλιού A ρυθμίζουμε την παράμετρο ως εξής:

$$Plot Color = ((65535 * 255) * 65535) + intensity$$

Για να επιτύχουμε το μπλε χρώμα του καναλιού B ρυθμίζουμε την παράμετρο ως εξής:

$$Plot Color = (2^{16} * intensity) * 65535$$

### 9.2.8. Ρύθμιση Εστίασης στην Απεικόνιση Σημάτων (Focus)



Σε αυτό το τμήμα του προγράμματος βλέπουμε τη ρύθμιση εστίασης που θα έχουν οι κυματομορφές κατά την απεικόνισή τους στην οθόνη. Οι παράμετροι αυτοί δέχονται σαν ρύθμιση ένα ακέραιο αριθμό 8 bit με εύρος τιμής από 0 έως  $2^8$ .

Το τμήμα αυτό αποτελείται από ένα Sequence Structure. Σε κάθε καρτέ του Sequence Structure, τα οποία εκτελούνται διαδοχικά, ρυθμίζουμε κάθε φορά την εστίαση απεικόνισης και διαφορετικού καναλιού.

Για να ρυθμίσουμε το κανάλι A δίνουμε στο Active Plot μηδέν, ενώ για να ρυθμίσουμε το κανάλι B δίνουμε στο Active Plot ένα. Η είσοδος (focus) κυμαίνεται από 0 έως 16 .

Για να επιτύχουμε την εστίαση στο κανάλι A ρυθμίζουμε την παράμετρο ως εξής:

Εάν το  $focus \geq 8$  τότε:

$$Plot\ Point\ Style = 8 - focus$$

Εάν το  $focus < 8$  τότε:

$$Plot\ Point\ Style = focus$$

## Άσκηση 1

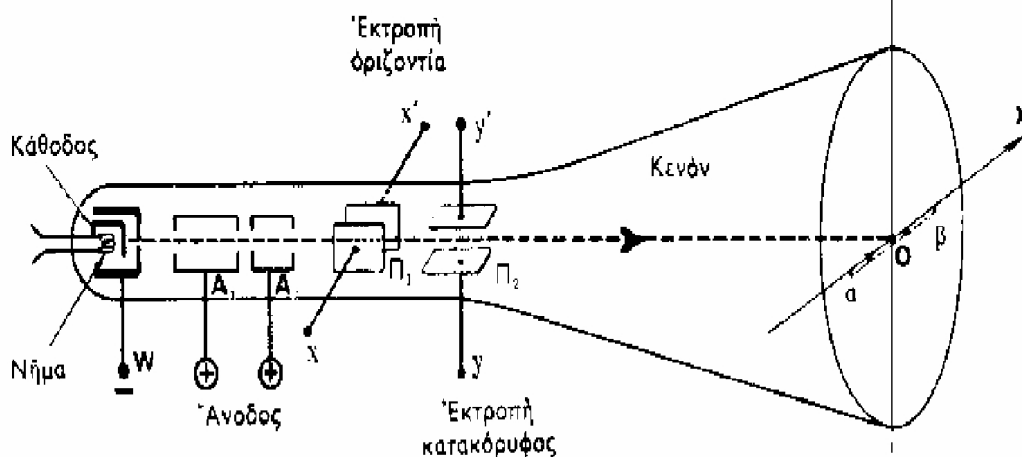
### ΕΞΟΙΚΕΙΩΣΗ ΜΕ ΤΟΝ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ

#### 1. ΓΕΝΙΚΑ

##### Α. ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΥ

Ο παλμογράφος αποτελείται βασικά από μία λυχνία καθοδικών ακτίνων (CRT, cathode ray tube) (βλ. παρακάτω σχήμα), μία γεννήτρια πριονωτής τάσης, καθώς και διάφορα άλλα ηλεκτρονικά κυκλώματα (ενισχυτές, τροφοδοτικό κλπ).

Η λυχνία καθοδικών ακτίνων είναι ένας αερόκενος γυάλινος σωλήνας, ο οποίος στο ένα άκρο του φέρει θερμαινόμενη κάθοδο όπου παράγονται τα ηλεκτρόνια της καθοδικής δέσμης

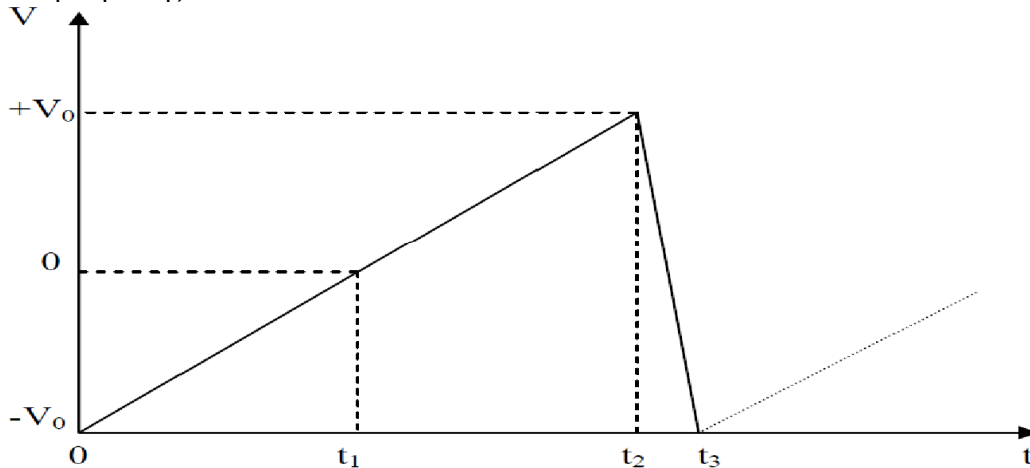


(θερμοηλεκτρικό φαινόμενο), ενώ το άλλο άκρο του καταλήγει σε μία φθορίζουσα οθόνη. Η κάθοδος περιβάλλεται από το οδηγό πλέγμα  $w$  το οποίο βρίσκεται σε αρνητικό δυναμικό ως προς την κάθοδο. Αυξομείωση του δυναμικού αυτού, έχει ως αποτέλεσμα αντίστοιχη μείωση ή αύξηση του αριθμού των ηλεκτρονίων που διέρχονται από την άνοδο και επομένως μεταβολή της φωτεινότητας της φθορίζουσας οθόνης (κουμπί INTEN (intensity) στο αριστερό τμήμα του παλμογράφου)

Η άνοδος αποτελείται από δύο ηλεκτρόδια κυλινδρικού σχήματος που φέρουν σπές στη βάση τους για να διέρχονται από αυτές τα ηλεκτρόνια της καθοδικής δέσμης και βρίσκονται σε θετικό δυναμικό ως προς την κάθοδο. Με μεταβολή του δυναμικού της ανόδου επιτυγχάνεται η εστίαση της δέσμης λόγω σχηματισμού ηλεκτροστατικού φακού μεταξύ των δύο αυτών ηλεκτροδίων (κουμπί FOCUS του παλμογράφου). Μετά την άνοδο υπάρχουν τα πλακίδια οριζόντιας και κατακόρυφης απόκλισης τα οποία λειτουργούν ως πυκνωτές και προκαλούν την εκτροπή της δέσμης σε οριζόντια ή κατακόρυφη διεύθυνση αντίστοιχα. Στα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης εφαρμόζεται η πριονωτή τάση, ενώ στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης εφαρμόζεται το υπό μελέτη σήμα. Οι παλμογράφοι του σχολικού εργαστηρίου είναι διπλής δέσμης, επομένως έχουν δύο εισόδους (κανάλια): CH1 και CH2. Επίσης διαθέτουν είσοδο για τη διαμόρφωση της έντασης της δέσμης κατά τον  $z$  άξονα.

## Β. ΣΑΡΩΣΗ

Αν ανοίξουμε τον παλμογράφο (πατώντας το κουμπί με την ένδειξη POWER πάνω δεξιά), την οθόνη θα εμφανιστεί μία οριζόντια γραμμή για κάθε κανάλι που είναι ενεργοποιημένο (Η ενεργοποίηση γίνεται με τα κουμπιά CH1 και CH2). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης του παλμογράφου εφαρμόζεται η τάση σάρωσης.



Η τάση αυτή έχει τη μορφή του πάνω σχήματος, ονομάζεται (λόγω της μορφής της) πριονωτή τάση και ο σκοπός της είναι να αναπτύξουμε χρονικά το σήμα που εφαρμόζουμε στην είσοδο με την ένδειξη CH1 ή CH2, ώστε να βγάλουμε συμπεράσματα για τη μορφή του και τα άλλα χαρακτηριστικά του. Όταν λοιπόν εισάγουμε το σήμα σε μία είσοδο του παλμογράφου, αυτό εφαρμόζεται στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης και έτσι το ίχνος της καθοδικής δέσμης πάνω στην οθόνη του παλμογράφου εκτελεί σύνθετη κίνηση. Το σήμα μετακινεί το ίχνος κατακόρυφα ενώ η τάση σάρωσης το μετακινεί οριζόντια και γραμμικά ως προς το χρόνο μέχρι το άκρο της οθόνης και από εκεί την επαναφέρει απότομα στην αρχική θέση. Το αποτέλεσμα είναι να λάβουμε στην οθόνη του παλμογράφου τη μορφή της τάσης που εφαρμόσαμε στην είσοδο, δηλαδή την κυματομορφή  $V=V(t)$ .

Η γεννήτρια παραγωγής πριονωτής τάσεως που είναι ενσωματωμένη στον παλμογράφο θα πρέπει να παρέχει τάση εξόδου τέτοια ώστε:

- α. Να αυξάνει γραμμικά προς τη μέγιστη τιμή για την οποία επιτυγχάνεται πλήρης οριζόντια απόκλιση της κηλίδας και
- β. Η σάρωση να γίνεται κατά μία φορά – συνήθως από αριστερά προς τα δεξιά – και όχι και αντίθετα διότι κατά την επιστροφή της κηλίδας θα είχαμε πάλι σύνθεση των δύο τάσεων και εκ νέου εμφάνιση κυματομορφής στην οθόνη του παλμογράφου. Έτσι θα πρέπει το χρονικό διάστημα  $t_3 - t_2$  του παραπάνω σχήματος να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο, ώστε η τάση σαρώσεως να μεταπίπτει από τη μέγιστη τιμή της στην αρχική σε αμελητέο χρόνο.

## Γ. ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ

Αν η μελετώμενη τάση  $V(t)$  και η τάση σαρώσεως ξεκινήσουν σε φάση, τότε η κηλίδα κατά την επιστροφή της θα συναντήσει την  $V(t)$  στην ίδια φάση με τη φάση εκκινήσεως μόνο εάν η περίοδος της τάσης σαρώσεως ισούται με την περίοδο της  $V(t)$  ή είναι ακέραιο πολλαπλάσιό της. Σε διαφορετική περίπτωση, η δεύτερη καμπύλη δεν θα συμπίπτει με την πρώτη, η τρίτη με τη δεύτερη κοκ, με αποτέλεσμα είτε η κυματομορφή να ολισθαίνει στην οθόνη του παλμογράφου,

είτε να εμφανίζονται συγχρόνως πολλές όμοιες κυματομορφές μετατοπισμένες η μία ως προς την άλλη. Για να αποφεύγουμε το παραπάνω πρόβλημα θα πρέπει να συγχρονίζουμε τη γεννήτρια πριονωτής τάσεως ή με εξωτερική συχνότητα (external triggering) είτε με την ίδια τη συχνότητα του υπό μελέτη σήματος (το κουμπί του παλμογράφου με την ένδειξη TRIG LEVEL πάνω δεξιά).

Για τη σταθεροποίηση σύνθετων κυματομορφών στην οθόνη του παλμογράφου (πχ διακροτήματα), χρησιμοποιούμε το κουμπί TRIG LEVEL σε συνδυασμό με το κουμπί HOLDOFF που βρίσκεται ακριβώς από κάτω. Με το κουμπί αυτό επιτυγχάνουμε καθυστέρηση έναρξης του επόμενου παλμού πέραν της διάρκειας σάρωσης: Στρέφοντας αριστερόστροφα αυξάνουμε την καθυστέρηση. Συνήθως επιτυγχάνουμε σταθεροποίηση στρέφοντας το κουμπί κοντά στο αριστερό όριο.

#### Δ. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΔΕΣΜΗΣ

Αν στο οδηγό πλέγμα του καθοδικού σωλήνα του παλμογράφου εφαρμόσουμε μία εναλλασσόμενη τάση (είσοδος Z AXIS στο πίσω μέρος του παλμογράφου), τότε θα φτάνουν περισσότερα ή λιγότερα ηλεκτρόνια στην φθορίζουσα οθόνη, η ένταση της δέσμης θα μεταβάλλεται αναλόγως και η κηλίδα πάνω στην οθόνη θα είναι φωτεινότερη κατά τη θετική ημιπερίοδο, ενώ κατά την αρνητική ημιπερίοδο θα είναι σκοτεινότερη ή και θα εξαλείφεται.

Στην περίπτωση αυτή, αν δημιουργήσουμε στην οθόνη μία κυματομορφή, τότε αυτή θα αποτελείται από διαδοχικά σκοτεινά και φωτεινά τμήματα που θα αντιστοιχούν στην αρνητική και θετική ημιπερίοδο της τάσης που εφαρμόσαμε στο οδηγό πλέγμα. Το φαινόμενο θα είναι εντονότερο αν χρησιμοποιήσουμε ως τάση διαμόρφωσης έναν τετραγωνικό παλμό. Η παραπάνω μέθοδος καλείται διαμόρφωση της εντάσεως ή διαμόρφωση κατά τον άξονα z και χρησιμοποιείται για τη σύγκριση συχνοτήτων.

#### Ε. ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΥ

Πριν από κάθε μέτρηση επιλέγουμε στην οθόνη του παλμογράφου μας τον συντελεστή ευαισθησίας για κάθε άξονα, χρησιμοποιώντας για μεν τον κατακόρυφο άξονα το κουμπί VOLTS/DIV (1mV έως 20V/υποδιαίρεση), για δε τον οριζόντιο άξονα το κουμπί TIME/DIV (0,2μs έως 100s/υποδιαίρεση). Αυτό γίνεται για κάθε κανάλι ξεχωριστά (CHANNEL 1, CHANNEL 2), εφόσον ο παλμογράφος είναι διπλής δέσμης. Εννοείται ότι κατά τη διάρκεια των μετρήσεων δεν πρέπει να επεμβαίνουμε στις επιλεγείσες ρυθμίσεις.

## 2. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

### Α. ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΤΑΣΕΩΣ

1. Ανοίγουμε τον παλμογράφο και επιλέγουμε μέτρηση συνεχούς τάσεως με το κουμπί AC/DC (κάτω αριστερά στην περιοχή κουμπιών VERTICAL του παλμογράφου), οπότε εμφανίζεται η ένδειξη = στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης.

2. Με το κουμπί POSITION του καναλιού I μετακινούμε τη φωτεινή γραμμή πάνω στον οριζόντιο άξονα της οθόνης.

3. Συνδέουμε στη μία είσοδο του παλμογράφου (π.χ. CH1) μία μπαταρία 1,5V ή 4,5V.

4. Επιλέγουμε τον κατάλληλο συντελεστή ευαισθησίας περιστρέφοντας το κουμπί VOLTS/DIV, σε τρόπο ώστε η φωτεινή γραμμή να εμφανίζεται στην οθόνη.

5. Η τάση στους πόλους της μπαταρίας βρίσκεται μετρώντας την απόκλιση της οριζόντιας γραμμής (προς τα πάνω ή προς τα κάτω) από την αρχική της θέση και πολλαπλασιάζοντας επί τον συντελεστή ευαισθησίας που αναγράφεται στο κάτω αριστερό τμήμα της οθόνης.

## B. ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΗΣ ΤΑΣΗΣ

1. Επιλέγουμε μέτρηση εναλλασσόμενης τάσης με το κουμπί AC/DC, οπότε εμφανίζεται η ένδειξη στο κάτω αριστερό μέρος της οθόνης.

2. Εισάγουμε στη μία είσοδο του παλμογράφου μια ημιτονοειδή εναλλασσόμενη τάση. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούμε μία γεννήτρια συχνοτήτων.

3. Ρυθμίζουμε την ευαισθησία στον οριζόντιο και στον κατακόρυφο άξονα με τη βοήθεια των κουμπιών TIME/DIV (στο τμήμα HORIZONTAL των κουμπιών του παλμογράφου) και VOLTS/DIV αντίστοιχα. Οι ρυθμίσεις γίνονται σε τρόπο ώστε μία τουλάχιστον περίοδος της κυματομορφής να σχηματίζεται εντός των ορίων της οθόνης. Οι αντίστοιχοι συντελεστές ευαισθησίας εμφανίζονται στο κάτω μέρος της οθόνης.

4. Για να σταθεροποιήσουμε την κυματομορφή στην οθόνη, χρησιμοποιούμε τα κουμπιά του τομέα TRIGGER. Συγκεκριμένα:

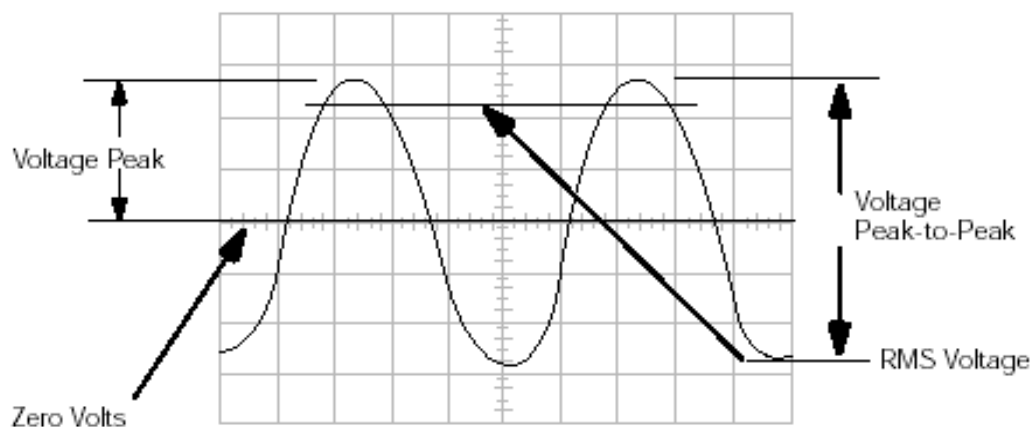
α) το κουμπί ATO/NML πρέπει να είναι στη θέση ATO εκτός αν πρόκειται για πολύ χαμηλές συχνότητες κάτω από 25 Hz.

β) το κουμπί SOURCE πρέπει να ρυθμιστεί στην ένδειξη VERT (αναγράφεται κάτω δεξιά στην οθόνη), οπότε για τη σάρωση χρησιμοποιείται ο εσωτερικός σκανδαλισμός.

γ) τα κουμπιά TRGLEVEL και HOLDOFF, αν χρειαστεί (η λειτουργία τους περιγράφεται ανωτέρω).

δ) το κουμπί COUPLING αν είναι απαραίτητο. Οι αντίστοιχες επιλογές εμφανίζονται κάτω δεξιά στην οθόνη (συνήθως χρησιμοποιούμε την επιλογή AC).

Μετρούμε στον κατακόρυφο άξονα τον αριθμό υποδιαίρέσεων από κορυφή σε κορυφή και πολλαπλασιάζουμε επί το συντελεστή ευαισθησίας του παλμογράφου (Volts/υποδ.).



Έτσι προκύπτει η τιμή της τάσης από κορυφή σε κορυφή  $V_{pp}$  (peak to peak). Ο πολλαπλασιασμός της τάσης αυτής επί 0,5 δίνει το πλάτος της τάσης

$$(V_o = \frac{V_{pp}}{2}),$$

ενώ επί 0,3535 την ενεργό τιμή της

$$(V_{rms} = \frac{V_o}{\sqrt{2}} = \frac{V_{pp}}{2\sqrt{2}}).$$

Με ανάλογη εργασία υπολογίζουμε την περίοδο και τη συχνότητα.

Παρατηρήσεις για τη μεγαλύτερη ακρίβεια των μετρήσεων

Οι παραπάνω μετρήσεις γίνονται με πολύ μεγάλη ακρίβεια με χρήση των οδηγών (cursors). Οι οδηγοί είναι δύο παράλληλες ευθείες – οριζόντιες ή κατακόρυφες – των οποίων μπορούμε να μεταβάλλουμε τη θέση ή την απόστασή τους.

Η απόσταση των οριζόντιων οδηγών μετριέται σε μονάδες τάσης και των κατακόρυφων σε μονάδες χρόνου ή συχνότητας. Οι ενδείξεις αυτές εμφανίζονται στο πάνω αριστερό μέρος της οθόνης.

Για να χειριζόμαστε τους οδηγούς χρησιμοποιούμε τα κουμπιά  $\Delta V-\Delta T$  1/ $\Delta T$ -OFF και C1-C2 TRK του τομέα CURSORS σε συνδυασμό με το κουμπί VARIABLE.

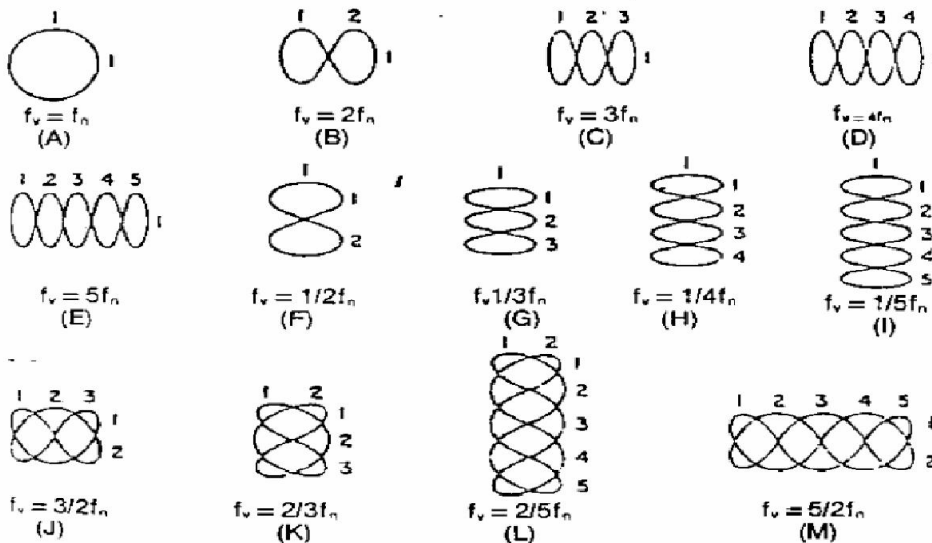
Πατώντας το κουμπί  $\Delta V-\Delta T$  1/ $\Delta T$ -OFF μπορούμε να εμφανίσουμε στην οθόνη διαδοχικά:

- α. τους οριζόντιους οδηγούς για μέτρηση του  $\Delta V$
- β. τους κατακόρυφους οδηγούς για μέτρηση  $\Delta T$
- γ. τους κατακόρυφους οδηγούς για μέτρηση 1/ $\Delta T$ .

Πατώντας το κουμπί C1-C2 TRK επιλέγουμε σε κάθε περίπτωση έναν από τους δύο οδηγούς (C1 ή C2) ή και τους δύο. Περιστρέφοντας το κουμπί VARIABLE μετακινούμε κάθε φορά τον οδηγό ή τους οδηγούς που έχουμε επιλέξει. Πατώντας το κουμπί αυτό επιτυγχάνουμε ώστε η μετακίνηση να γίνεται γρήγορα ή αργά.

## Γ. ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ LISSAJOUS

Εφαρμόζουμε τις δύο συχνότητες στα δύο κανάλια (CH1, CH2) του παλμογράφου χρησιμοποιώντας δύο γεννήτριες συχνοτήτων. Πατώντας το κουμπί x-y η μία συχνότητα εφαρμόζεται στα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης και η άλλη στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης. Έχουμε έτσι σύνθεση δύο ταλαντώσεων που εκτελούνται γύρω από το ίδιο σημείο ισορροπίας σε κάθετες διευθύνσεις.

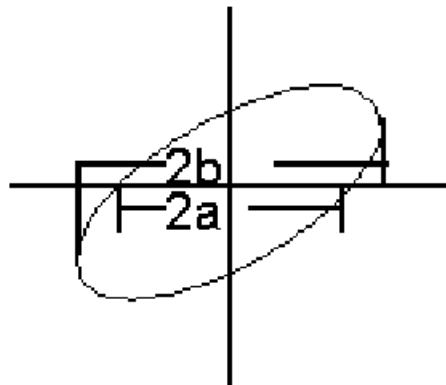


Μεταβάλλοντας τη μία συχνότητα, μπορούμε να επιτύχουμε ακέραια αναλογία των δύο συχνοτήτων. Στην περίπτωση αυτή, εμφανίζονται στην οθόνη οι χαρακτηριστικές εικόνες Lissajous. Από την παρατήρηση των εικόνων αυτών προσδιορίζουμε την ακέραια αναλογία, επομένως και την άγνωστη συχνότητα. Στο παραπάνω σχήμα, η συχνότητα  $f$  εφαρμόζεται στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης (άξονας  $y$ ) ενώ η συχνότητα  $fn$  εφαρμόζεται στα πλακίδια οριζόντιας απόκλισης (άξονας  $x$ ).

#### Δ. ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΙΑΦΟΡΑΣ ΦΑΣΗΣ ΔΥΟ ΣΗΜΑΤΩΝ

Μετακινούμε το διακόπτη Time/div στη θέση X-Y. Στη θέση αυτή τα δυο σήματα συνθέτονται κάθετα και εμφανίζεται μια έλλειψη στην οθόνη. Από την έλλειψη αυτή μπορούμε να υπολογίσουμε τη διαφορά φάσης των δυο σημάτων από τη σχέση:

$$\eta\mu(\varphi) = \frac{2a}{2b}$$





# Πρακτικό Μέρος

The screenshot displays the front panel of an oscilloscope software interface. At the top, the menu bar includes "File", "Edit", "Operate", "Tools", "Browse", "Window", and "Help". Below the menu is a toolbar with icons for file operations and a "20bit Application Font" dropdown.

The main interface is divided into several functional areas:

- waveform generator:** Located at the top left, it features a large frequency knob set to 100.0, with sub-knobs for "frequency multiplier" (x1, x10, x100) and "attenuation (db)" (0, -20, -40). It also includes a "wave form" selector set to "sinus", a "power" indicator, and a "DC offset" knob set to -2.5.
- circuit selection:** A central panel with a "direct connection" button and a "circuit selection" area showing a blue circle and a red line.
- display area:** A large green grid in the center shows a triggered yellow sine wave. To its right are controls for "scale illumination", "focus", and a "triggered" indicator.
- channel controls:** Two vertical columns of controls for "probe A" and "probe B". Each includes a "Volts/div" knob (set to 5), a "coupling" selector (AC, GND, DC), and a "position" knob. A "CH B INV" checkbox is also present.
- triggering and display options:** A panel at the bottom right includes a "Trigger" selector (AUTONORM, X-Y), a "Source" selector (V MODE, H A, C H, B, LINE, EXT), a "Coupling" selector (AC, HF REJ, REJ), a "TRIGGER level" knob, and a "SLOPE" selector. It also features "pause" and "STOP" buttons.

Ανοίξτε το αρχείο osc2.vi

Ρυθμίστε τη Waveform Generator με τις ακόλουθες τιμές:

- Frequency 50 Hz
- Amplitude 5
- Frequency multiplier 1
- Waveform sinus

Στο circuit selection επιλέξτε Direct Connection.Επιλέξτε να εμφανίζεται μόνο το κανάλι A

Γυρίστε τα χειριστήρια Volt/div ,Time/div στην ανώτερη θέση (50 Volt/div, 100 msec/div).

Από το πάνελ του trigger επιλέξτε:

- Auto
- V Mode
- AC
- Slope +

Πατήστε το κουμπί Run.

Ρυθμίστε τα χειριστήρια Volt/div ,Time/div στη καλύτερη κατά την άποψή σας κλίμακα, όπου μπορείτε να πάρετε τη καλύτερη μέτρηση.

Βρείτε τη συχνότητα

Συχνότητα f Αριθμός κουτιών	Υποδιαίρεση χρόνου Time/div	Περίοδος T	Συχνότητα Hz

και το Πλάτος Τάσης

Πλάτος Τάσης $V_{pp}$ Αριθμός κουτιών	Υποδιαίρεση χρόνου Volt/div	Πλάτος Τάσης $V_{pp}$ Volts	Τάσης $V_{RMS}$ Volts

Πάρτε τουλάχιστον πέντε (5) μετρήσεις συχνότητας και τάσης ανεβάζοντας κάθε φορά το amplitude κατά (+1) και τη συχνότητα στα 100Hz, 1KHz, 10KHz, 100KHz

## Άσκηση 2

### ΒΑΣΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ ΣΤΟ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

Όπως γνωρίζουμε στο συνεχές ρεύμα (νόμος του Ohm), η ένταση του ρεύματος σε ένα καταναλωτή εξαρτάται από την εφαρμοζόμενη τάση και από την αντίσταση του καταναλωτή. Όταν η εφαρμοζόμενη τάση είναι συνεχής, η αντίσταση του καταναλωτή είναι ίση με την ηλεκτρική αντίσταση  $R$ , η οποία ονομάζεται ωμική αντίσταση. Όταν η εφαρμοζόμενη τάση είναι εναλλασσόμενη, ο καταναλωτής μπορεί να εμφανίζει εκτός από την ωμική αντίσταση και μια άλλη “αντίσταση” η οποία οφείλεται στη μεταβολή του ρεύματος. Η συνολική αντίσταση των στοιχείων στο εναλλασσόμενο ονομάζεται σύνθετη αντίσταση του καταναλωτή.

Για παράδειγμα ένα πηνίο, όπως ξέρουμε, εμφανίζει μια ηλεκτρεγερτική δύναμη, ΗΕΔ(τάση), από αυτεπαγωγή ανάλογη με το ρυθμό μεταβολής του ρεύματος  $\Delta i/\Delta t$ . Στη περίπτωση αυτή λέμε ότι το πηνίο εμφανίζει **επαγωγική αντίδραση**.

Ας υποθέσουμε ότι μια εναλλασσόμενη τάση εφαρμόζεται στα άκρα ενός πυκνωτή. Όπως ξέρουμε το φορτίο που αποθηκεύεται στους οπλισμούς του πυκνωτή είναι ανάλογο της τάσης και της χωρητικότητας ( $Q= C \cdot u$ ). Επειδή όμως η τάση μεταβάλλεται, το ίδιο γίνεται και με το ηλεκτρικό φορτίο. Η μεταβολή όμως του φορτίου δημιουργεί ένα στιγμιαίο ρεύμα στους αγωγούς μεταξύ πηγής και πυκνωτή. Βλέπουμε λοιπόν ότι μία εναλλασσόμενη τάση δημιουργεί στον πυκνωτή ένα εναλλασσόμενο ρεύμα. Επομένως μπορούμε σε αναλογία με το πηνίο να ορίσουμε τη χωρητική αντίδραση που εμφανίζει ο πυκνωτής.

Στο εναλλασσόμενο ρεύμα έχουμε τριών ειδών αντιστάσεις:

- Ωμική αντίσταση (όπως στο συνεχές)
- Επαγωγική αντίδραση (στα πηνία)
- Χωρητική αντίδραση (στους πυκνωτές)

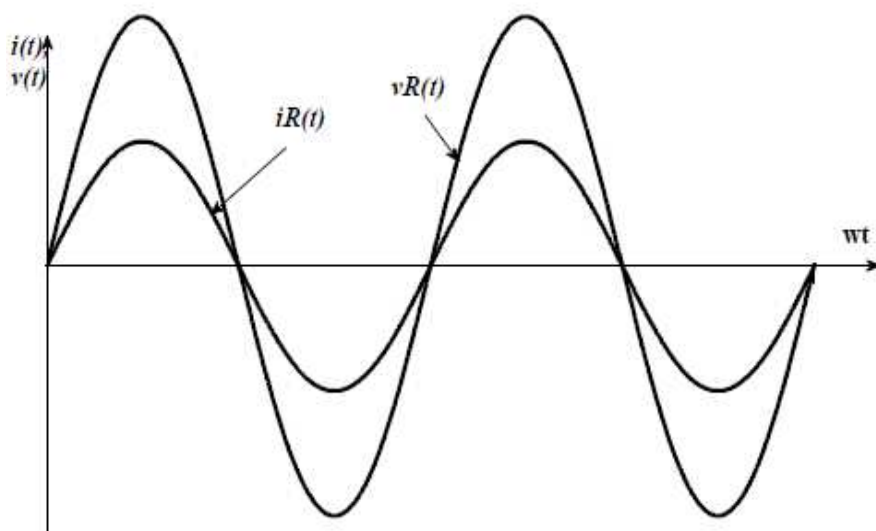
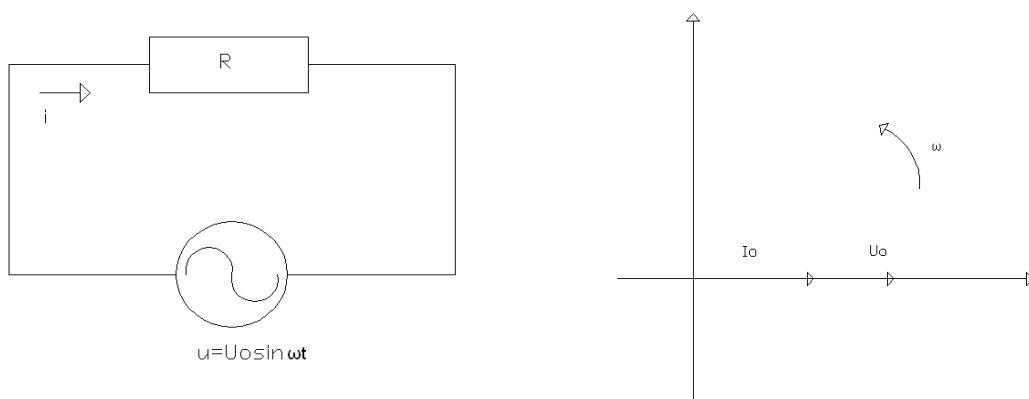
Ως συμπέρασμα προκύπτει ότι, ο προσδιορισμός του μεγέθους της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος προϋποθέτει τον υπολογισμό της σύνθετης αντίστασης του καταναλωτή.

## ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ ΣΤΟ Ε.Ρ.

Εάν στα άκρα μίας ωμικής αντίστασης  $R$  εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $u = U_0 \sin \omega t$ , παρατηρούμε τα εξής:

- Το ρεύμα που περνάει από την  $R$  είναι εναλλασσόμενο με συχνότητα ίση με τη συχνότητα της τάσης. Το πλάτος του εναλλασσόμενου ρεύματος είναι  $I_0 = U_0/R$ .
- Η τάση και η ένταση είναι μεγέθη συμφασικά (δηλαδή τις ίδιες χρονικές στιγμές μεγιστοποιούνται και τις ίδιες χρονικές στιγμές μηδενίζονται) επομένως η μορφή του ρεύματος είναι  $i = I_0 \sin \omega t$ .

Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε α) το κύκλωμα, β) τη διανυσματική παράσταση των μεγεθών γ) και τις κυματομορφές τους.



## ΠΗΝΙΟ ΣΤΟ Ε.Ρ

Η συμπεριφορά της επαγωγικής αντίδρασης είναι διαφορετική από την ωμική. Όλοι οι καταναλωτές εναλλασσομένου ρεύματος, που για τη λειτουργία τους χρειάζονται ένα μαγνητικό πεδίο, περιέχουν μια επαγωγική αντίδραση.

Εάν στα άκρα ενός πηνίου με αμελητέα ωμική αντίσταση, εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $u = U_0 \sin \omega t$  παρατηρούμε:

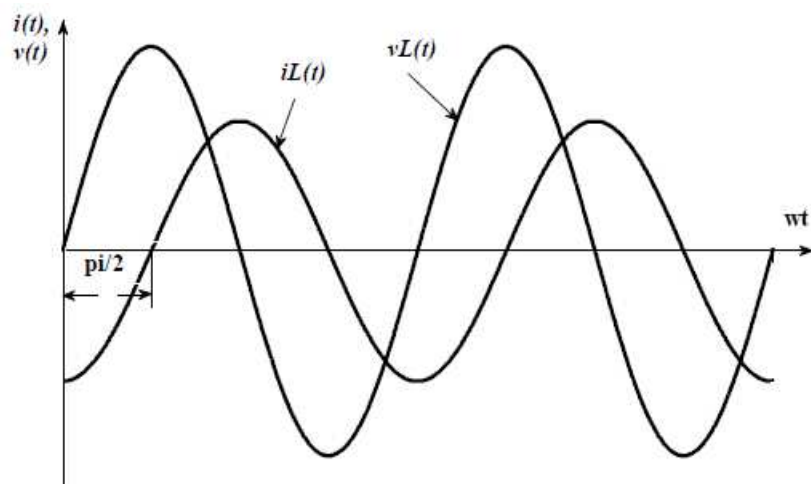
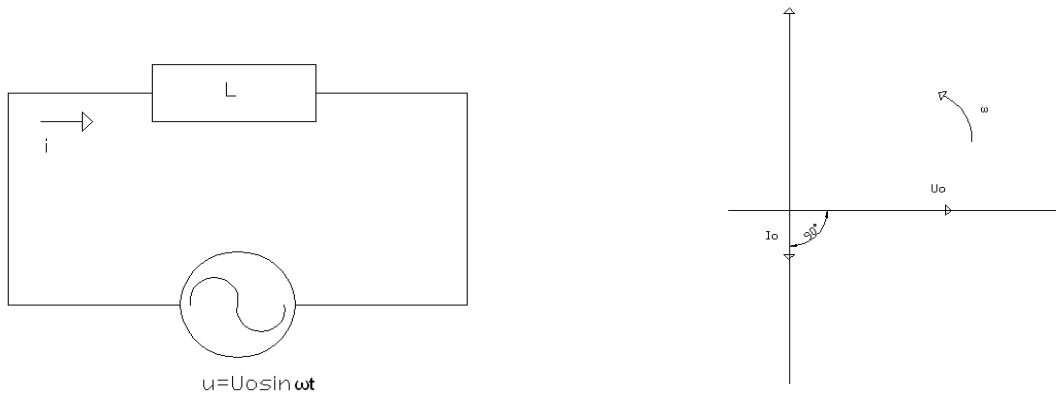
- Το ρεύμα που περνάει από το πηνίο είναι εναλλασσόμενο με συχνότητα ίση με τη συχνότητα της τάσης.
- Το πηνίο παρουσιάζει αντίσταση η οποία ονομάζεται επαγωγική αντίδραση  $X_L$  και δίνεται από τη σχέση:

$$X_L = \omega L$$

- Η τάση προπορεύεται της έντασης του ρεύματος κατά  $90^\circ$ . Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μηδενίζεται το ρεύμα όταν η τάση παίρνει τη μέγιστη τιμή και αντίστροφα. Επομένως η μορφή του ρεύματος είναι  $i = I_0 \sin(\omega t - 90^\circ)$  με  $I_0 = U_0 / \omega L$ .
- Ισχύει ο νόμος του Ohm για τη μέγιστη και ενεργή τιμή δηλαδή:

$$U_0 = \omega L I_0 \quad U_{\text{rms}} = \omega L I_{\text{rms}}$$

Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε α) το κύκλωμα, β) τη διανυσματική παράσταση των μεγεθών γ) και τις κυματομορφές τους



## ΠΥΚΝΩΤΗΣ ΣΤΟ Ε.Ρ.

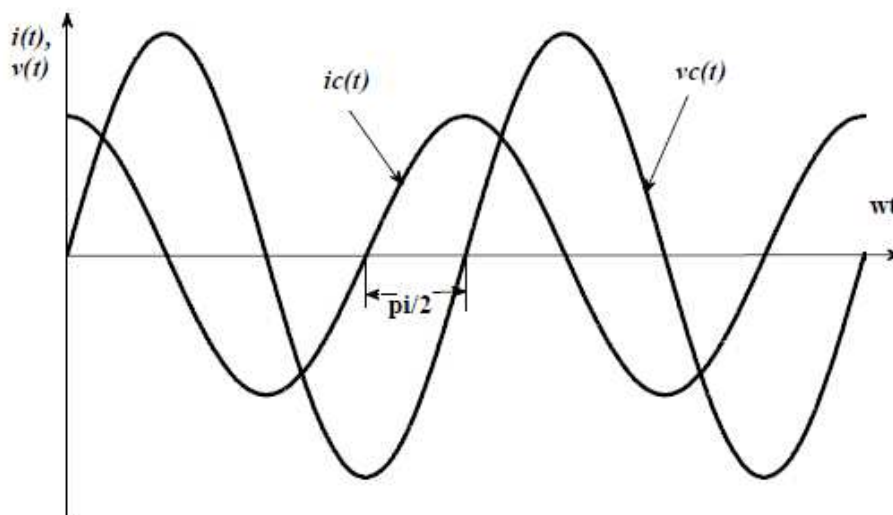
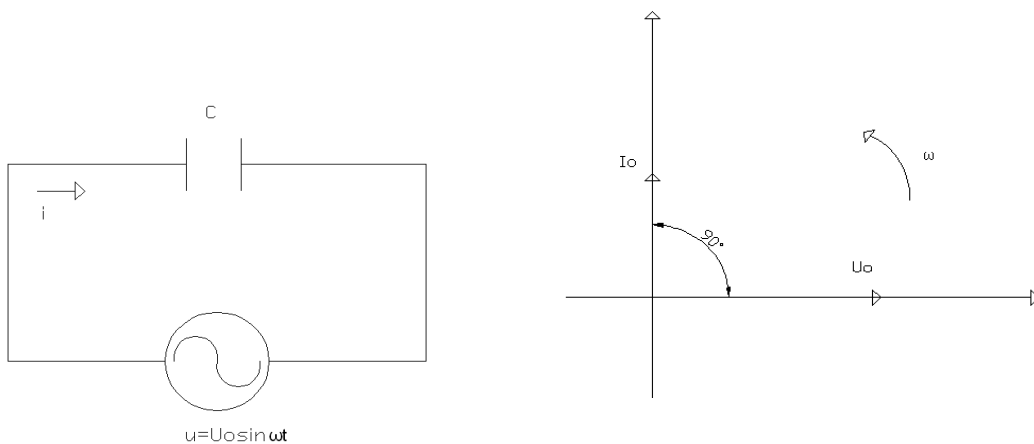
Εάν στα άκρα ενός πυκνωτή με αμελητέα ωμική αντίσταση, εφαρμοστεί εναλλασσόμενη τάση της μορφής  $u = U_0 \sin \omega t$  παρατηρούμε:

- Το ρεύμα που περνάει από το πυκνωτή C είναι εναλλασσόμενο με συχνότητα ίση με τη συχνότητα της τάσης.
- Ο πυκνωτής παρουσιάζει αντίσταση η οποία ονομάζεται χωρητική αντίδραση  $X_c$  και δίνεται από τη σχέση:

$$X_c = \frac{1}{\omega C}$$

- Το ρεύμα προπορεύεται της τάσης κατά  $90^\circ$ . Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μηδενίζεται η τάση όταν το ρεύμα παίρνει τη μέγιστη τιμή και αντίστροφα. Επομένως η μορφή του ρεύματος είναι  $i = I_0 \sin(\omega t + 90^\circ)$  με  $I_0 = U_0 \omega C$ .

Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε α) το κύκλωμα, β) τη διανυσματική παράσταση των μεγεθών γ) και τις κυματομορφές τους

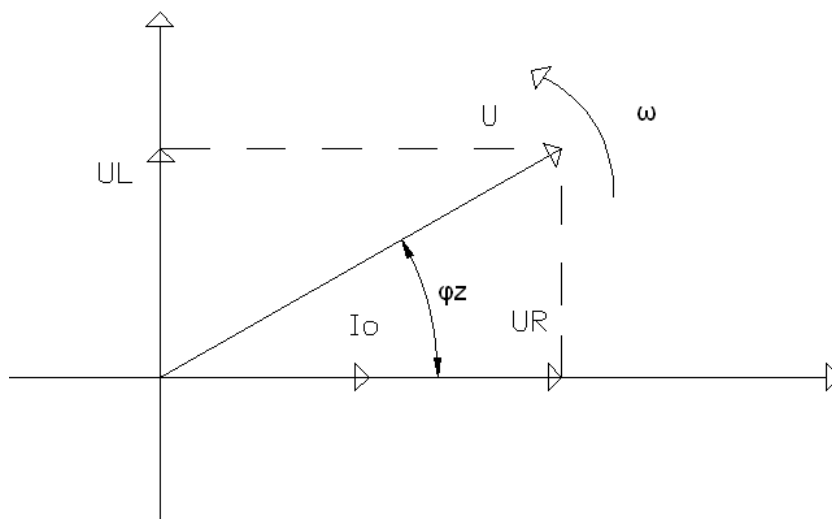
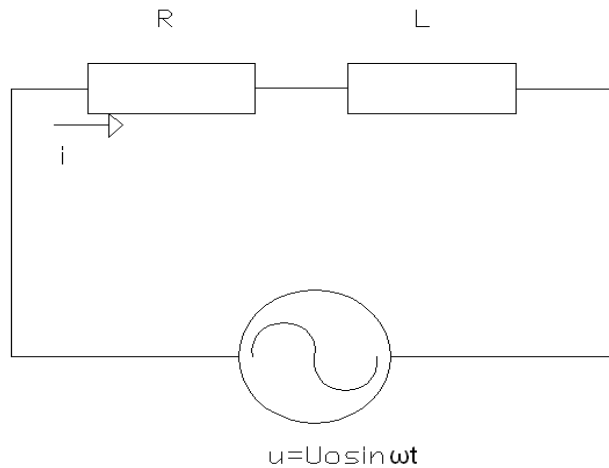


## ΣΥΝΘΕΤΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ

Στη πράξη τα κυκλώματα αποτελούνται από περισσότερα από ένα στοιχεία κατάλληλα συνδεδεμένα, η αντίσταση των οποίων ονομάζεται σύνθετη αντίσταση.

### ΚΥΚΛΩΜΑ RL ΣΕΙΡΑΣ

Έστω κύκλωμα RL σε σειρά που τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση. Η διάταξη αυτή στην πραγματικότητα παρουσιάζει ένα πραγματικό πηνίο επαγωγής L το οποίο παρουσιάζει ωμικές απώλειες.



Εάν  $U$  είναι η ενεργός τιμή της τάσης και  $I$  η ενεργός τιμή της έντασης, τότε η τάση  $U$  αντισταθμίζει:

- Την πτώση τάσης στην ωμική αντίσταση  $R$ , που είναι  $U_R = IR$  και η οποία είναι συμφασική με το ρεύμα.
- Την πτώση τάσης στην επαγωγική αντίδραση  $\omega L$ , που είναι  $U_L = I\omega L$  και η οποία προπορεύεται του ρεύματος κατά  $90^\circ$ .

Εάν παραστήσουμε διανυσματικά τα μεγέθη έχουμε:

$$U^2 = U_R^2 + U_L^2 = I^2 [R^2 + (\omega L)^2] \quad \rightarrow \quad U = I \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

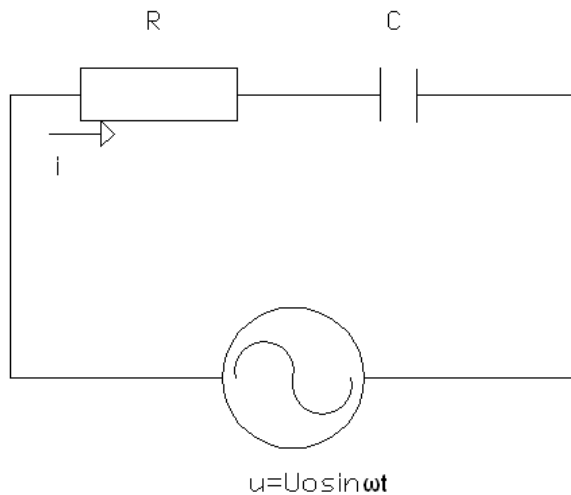
Επομένως από το νόμο του Ohm συμπεραίνουμε ότι ο όρος  $\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$  είναι η σύνθετη αντίσταση  $Z$  του κυκλώματος δηλαδή:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}$$

Η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος είναι  $\varphi_Z$  και εύκολα προκύπτει:

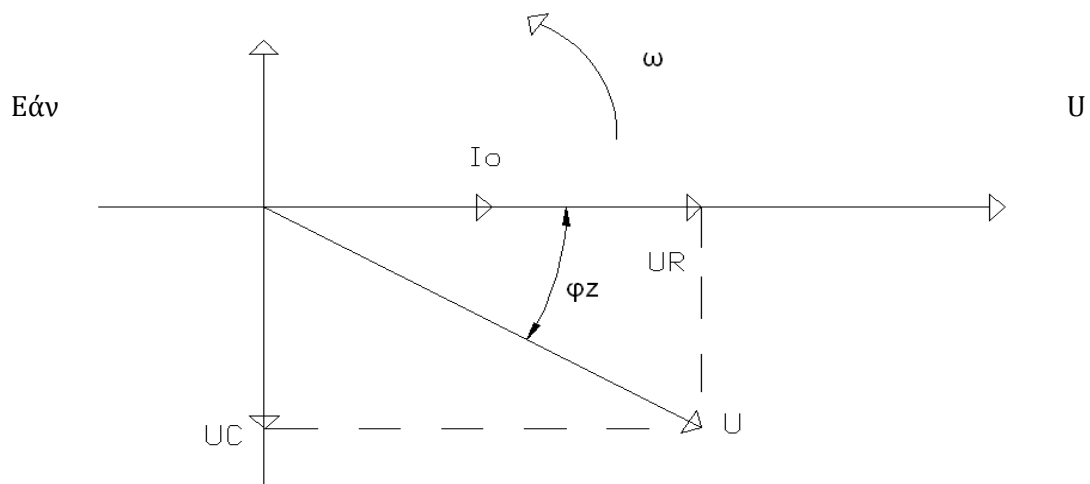
$$\varphi = \arctan \frac{U_L}{U_R} = \arctan \frac{\omega L}{R} \quad (\arctan \text{ ή } \tan^{-1})$$

Το γεγονός ότι  $0 \leq \varphi_Z \leq 90^\circ$ , φανερώνει ότι στο κύκλωμα RL η τάση προηγείται πάντα του ρεύματος. Στη περίπτωση αυτή λέμε ότι το κύκλωμα έχει επαγωγική συμπεριφορά.



#### ΚΥΚΛΩΜΑ RC ΣΕΙΡΑΣ

Έστω κύκλωμα RC σε σειρά που τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση. Η διάταξη αυτή στην πραγματικότητα παρουσιάζει ένα πραγματικό πυκνωτή χωρητικότητας  $C$  ο οποίος παρουσιάζει ωμικές απώλειες.





είναι η ενεργός τιμή της τάσης και  $I$  η ενεργός τιμή της έντασης, τότε η τάση  $U$  αντισταθμίζει:

- Την πτώση τάσης στην ωμική αντίσταση  $R$ , που είναι  $U_R = IR$  και η οποία είναι συμφασική με το ρεύμα.
- Την πτώση τάσης στην χωρητική αντίδραση  $1/\omega C$ , που είναι  $U_C = I/\omega C$  και η οποία έπεται του ρεύματος κατά  $90^\circ$ .

Εάν παραστήσουμε διανυσματικά τα μεγέθη έχουμε:

Εάν παραστήσουμε διανυσματικά τα μεγέθη έχουμε:

$$U^2 = U_R^2 + U_C^2 = I^2 [R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2] \quad \rightarrow \quad U = I \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}$$

Επομένως από το νόμο του Ohm συμπεραίνουμε ότι ο όρος  $\sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}$  είναι η σύνθετη αντίσταση  $Z$  του κυκλώματος δηλαδή:

$$Z = \sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega C})^2}$$

Η διαφορά φάσης μεταξύ τάσης και ρεύματος είναι  $\varphi_Z$  και εύκολα προκύπτει:

$$\varphi = \arctan \frac{U_C}{U_R} = \arctan \frac{\omega C}{R} \quad (\arctan \text{ ή } \tan^{-1})$$

Το γεγονός ότι  $-90^\circ \leq \varphi_Z \leq 0$ , φανερώνει ότι στο κύκλωμα RC η τάση έπεται πάντα του ρεύματος. Στη περίπτωση αυτή λέμε ότι το κύκλωμα έχει χωρητική συμπεριφορά.

# Πρακτικό Μέρος

The screenshot displays a software interface for an oscilloscope. At the top, a menu bar includes "File", "Edit", "Operate", "Tools", "Browse", "Window", and "Help". Below the menu is a toolbar with icons for file operations and a "20bit Application Font" dropdown.

The main interface is divided into several sections:

- waveform Generator:** Located at the top left, it features a large frequency dial (100.0 to 10000.0), amplitude controls (5.00, 2.0, 8.0, 10.0), DC offset (-2.5, 2.5), and a power indicator.
- circuit selection:** A central panel showing a schematic of a high-pass RC circuit with a capacitor (C), a resistor (R), and a switch (A). The circuit is labeled "high pass RC circuit (2)".
- Waveform Display:** A central green grid showing a yellow sine wave. To its right are controls for "scale", "illumination", "focus", and "triggered".
- Channel Controls:** Two vertical panels for "probe A" and "probe B". Each includes a "Volts/div" dial (2, 5, 10, 20, 50), a "coupling" selector (AC, GND, DC), and a "position" dial (1, 2, 5, 10, 20, 50, 100).
- Triggering and Timing:** A panel at the bottom right includes a "Trigger" selector (AUTONORM, X-Y, Source), a "V MODE" selector (H, LINE, EXT), a "Coupling" selector (AC, HF REIF REJ), and a "SLOPE" selector (up/down).

Ανοίξτε το αρχείο osc2.vi

Ρυθμίστε τη Waveform Generator με τις ακόλουθες τιμές:

- Frequency 50 Hz
- Amplitude 5
- Frequency multiplier 1
- Waveform sinus

Στο circuit selection επιλέξτε Low Pass Circuit.Επιλέξτε να εμφανίζονται τα κανάλια A, B  
Γυρίστε τα χειριστήρια Volt/div ,Time/div στην ανώτερη θέση (50 Volt/div, 100 msec/div).

Από το πάνελ του trigger επιλέξτε:

- Auto
- V Mode
- AC
- Slope +

Πατήστε το κουμπί Run.

Ρυθμίστε τα χειριστήρια Volt/div ,Time/div στη καλύτερη κατά την άποψή σας κλίμακα, όπου μπορείτε να πάρετε τη καλύτερη μέτρηση.

Βρείτε τα ακόλουθα:

- Συχνότητα σημάτων A,B
- Τάση καναλιού A
- Τάση καναλιού B
- Τη τιμή του πυκνωτή
- Διαφορά φάσης σημάτων
- Διαφορά φάσης σημάτων με τη λειτουργία X-Y

Βρείτε τη συχνότητα

Συχνότητα f Αριθμός κουτιών	Υποδιαίρεση χρόνου Time/div	Περίοδος T	Συχνότητα Hz

και το Πλάτος Τάσης

Πλάτος Τάσης $V_{pp}$ Αριθμός κουτιών	Υποδιαίρεση χρόνου Volt/div	Πλάτος Τάσης $V_{pp}$ Volts	Τάσης $V_{RMS}$ Volts

oscilloscopeV1 Front Panel \* File Edit Operate Tools Browse Window Help

20Hz Application Font

**waveform generator**

frequency: 1000.0 Hz

amplitude: 5.00 V

DC offset: 0.00 V

attenuation (dB): 0

frequency multiplier: x1

waveform: **sinus**

power:

**circuit selection**

Low pass RC circuit

probe A: X1

probe B: X1

Volts/div A

position A

coupling A

AC GND DC

Volts/div B

position B

coupling B

AC GND DC

ALT CHOP

CH B INV

scale illumination

focus

triggered

pause

STOP

Time/div

Time/Div: 100 nsec

Trigger

AUTONORM X-Y

Source

V MODE H A CH B LINE EXT

Coupling

AC HF REJ REJ

TRIGGER level

SLOPE

X position

Y position

Ανοίξτε το αρχείο osc2.vi

Ρυθμίστε τη Waveform Generator με τις ακόλουθες τιμές:

- Frequency 50 Hz
- Amplitude 5
- Frequency multiplier 1
- Waveform sinus

Στο circuit selection επιλέξτε Low Pass Circuit.Επιλέξτε να εμφανίζονται τα κανάλια A, B  
Γυρίστε τα χειριστήρια Volt/div ,Time/div στην ανώτερη θέση (50 Volt/div, 100 msec/div).

Από το πάνελ του trigger επιλέξτε:

- Auto
- V Mode
- AC
- Slope +

Πατήστε το κουμπί Run.

Ρυθμίστε τα χειριστήρια Volt/div ,Time/div στη καλύτερη κατά την άποψή σας κλίμακα, όπου μπορείτε να πάρετε τη καλύτερη μέτρηση.

Βρείτε τα ακόλουθα:

- Συχνότητα σημάτων A,B
- Τάση καναλιού A
- Τάση καναλιού B
- Διαφορά φάσης σημάτων
- Διαφορά φάσης σημάτων με τη λειτουργία X-Y

## Βιβλιογραφία

- Ηλεκτροτεχνία, Βουρνάς Δαφέρμος Πάγκαλος Χατζαράκης, Α' τάξη ΤΕΕ ΥΠΕΠΘ
- Οδηγός Εκμάθησης του LABVIEW, Πτυχιακή εργασία Σκούμπρος Παύλος, ΑΤΕΙ Κρήτης
- Εισαγωγή στον Αυτόματο Έλεγχο, Π.Ν. Παρασκευόπουλος, έκδοση του ιδίου
- Σημειώσεις Εργαστηρίου Ηλεκτρονικών Ισχύος, Κυριάκος Γ. Σιδεράκης, ΑΤΕΙ Κρήτης
- Εργαστηριακές ασκήσεις Φυσικής ΙΙ, ομάδα Φυσικών ΤΕΙ Πειραιά
- Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρικών Μηχανών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Εργαστηριακή Άσκηση Παλμογράφος, Καραλής Νικόλαος, ΕΜΠ
- Εισαγωγή στο Βασικό Εξοπλισμό Μετρήσεως Σημάτων, Πανεπιστήμιο Κύπρου
- Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτροτεχνίας και Ηλεκτρικών Μηχανών, ΝΙΚΟΣ ΑΣΠΡΑΓΚΑΘΟΣ, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
- Ηλεκτροτεχνία – Ηλεκτρικές Εγκαταστάσεις», Γ. Περαντζάκης, Τμήμα Μηχανολόγων Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- Μετρήσεις με Παλμογράφο, Δ. Ανεστόπουλος, ΕΚΦΕ Ν. Ιωνίας
- Εργαστηριακές Ασκήσεις Ηλεκτρικών Μετρήσεων, Μαραντάς Γ. Αλέξανδρος, ΠΟΛ/ΚΗ ΣΧΟΛΗ ΞΑΝΘΗΣ
- Tektronix Oscilloscope Triggering controls and their usage  
<http://www.youtube.com/watch?v=OFGm-Pel4Hg>
- Basic1X and 10X Oscilloscope Probe tutorial  
<http://www.youtube.com/watch?v=SX4HGNWBe5M>