

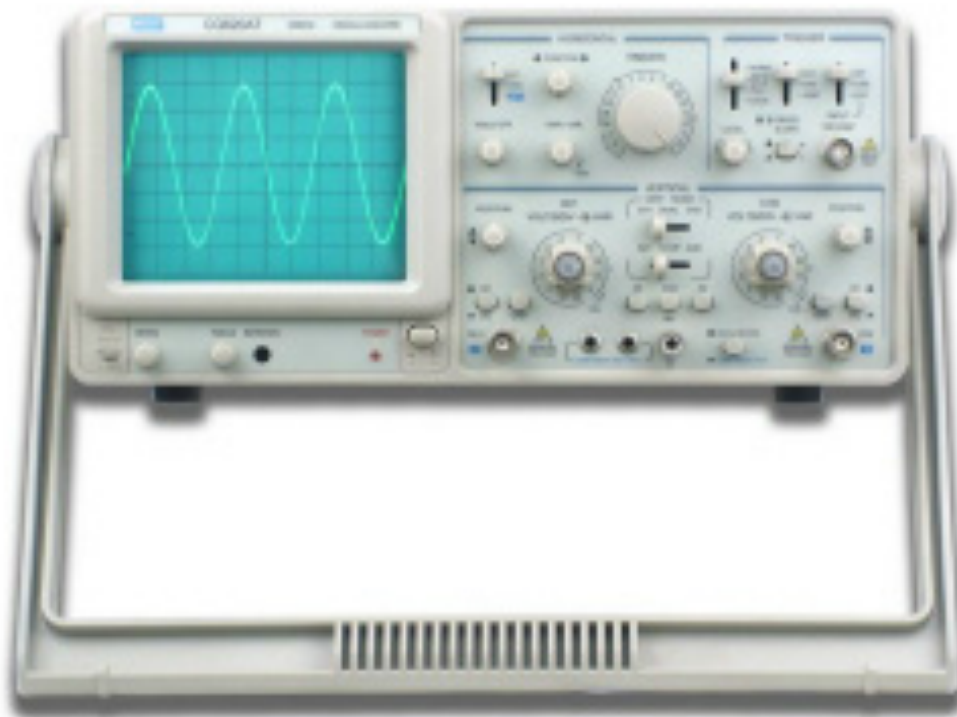
## ΑΣΚΗΣΗ 15 – ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΣ

### ΘΕΩΡΙΑ

#### 16.1 Θεωρητική εισαγωγή

Ο αναλογικός παλμογράφος αποτελείται από έναν καθοδικό σωλήνα (*CRT*), ο οποίος παράγει μια δέσμη ηλεκτρονίων. Η δέσμη αυτή αφήνει ένα ίχνος σε μία φθορίζουσα οθόνη, όπως ακριβώς συνέβαιναν στις τηλεοράσεις παλαιάς τεχνολογίας. Στον παλμογράφο η δέσμη αυτή διέρχεται μέσα από δύο ηλεκτρικά πεδία που είναι κάθετα μεταξύ τους, υφίσταται την επίδρασή τους και κατόπιν προσπίπτει στην οθόνη. Με τον τρόπο αυτό απεικονίζεται ο συνδυασμός των τάσεων που δημιουργήθηκαν από τα δύο ηλεκτρικά πεδία. Στο σχήμα 16.1 απεικονίζεται ένας συνηθισμένος αναλογικός παλμογράφος. Έστω ότι στην είσοδο του παλμογράφου εφαρμόζεται εναλλασσόμενη τάση  $v = V \sin(\omega t)$ . Η τάση αυτή θα ενισχυθεί και θα εφαρμοστεί στα πλακίδια κατακόρυφης απόκλισης (κατακόρυφο ηλεκτρικό πεδίο). Στο οριζόντιο ηλεκτρικό πεδίο εφαρμόζεται από τον παλμογράφο πριονωτή τάση ίδιας συχνότητας με την εναλλασσόμενη. Το αποτέλεσμα της επίδρασης των δύο πεδίων είναι η αποτύπωση της ημιτονοειδούς τάσης της εισόδου στην οθόνη. Ο συ-

νηθισμένος παλμογράφος μετράει άμεσα την τάση (πλάτος κορυφής  $V_p$  αλλά και πλάτος από κορυφή σε κορυφή ( $V_{p-p}$ ), την περίοδο  $T$  και τη συχνότητα  $f = 1/T$  μιας κυματομορφής, αλλά και διαφορά φάσης δύο κυματομορφών αν έχει δύο κανάλια εισόδου. Με τον παλμογράφο χρησιμοποιείται παράλληλα κυρίως ως σήμα εισόδου και μια γεννήτρια συχνοτήτων η οποία δίνει τάσεις μεταβλητού πλάτους και συχνότητας. Στο σχήμα 16.2 φαίνονται βασικές μετρήσεις σε ημιτονοειδή τάση.



Φωτογραφία Παλμογράφου

## 16.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Η πειραματική διάταξη περιλαμβάνει :

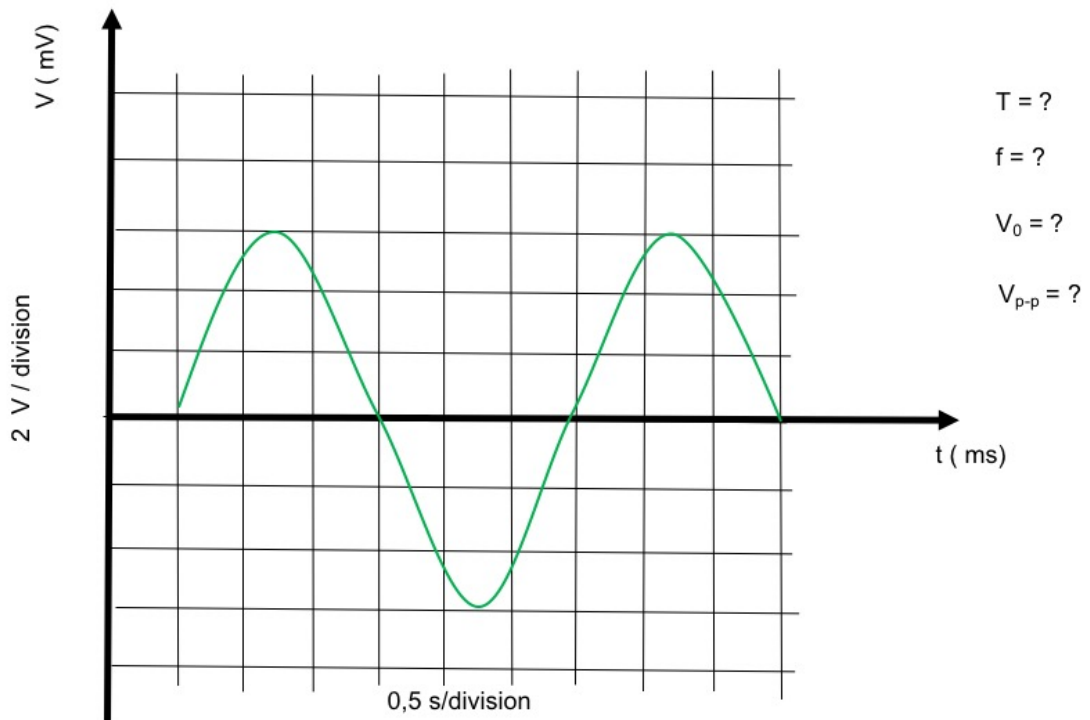
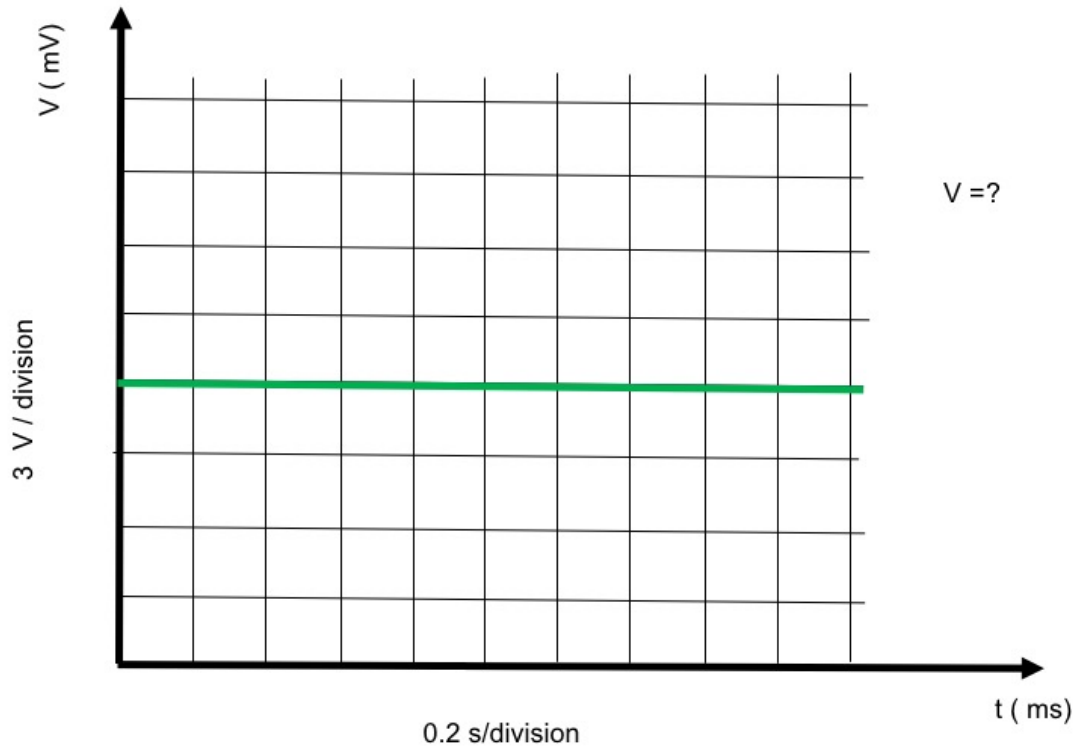
- Αναλογικό παλμογράφο
- Δύο γεννήτριες συχνοτήτων
- Τυποποιημένο κύκλωμα RLC
- Μπαταρίες
- Καλώδια σύνδεσης

## 16.3 ΕΚΤΕΛΕΣΗ

- i.** Βάλτε σε λειτουργία τον παλμογράφο σρέφοντας το μεταγωγό με την ένδειξη *intensity* δεξιά (περιμένετε περίπου ένα λεπτό για να ζεσταθεί).
- ii.** Προσπαθήστε να δείτε την κηλίδα της δέσμης για το κανάλι 1, περιστρέφοντας τα κουμπιά *y position* και *x position* , που μετατοπίζουν τη θέση της κηλίδας πάνω-κάτω και δεξιά-αριστερά αντίστοιχα.
- iii.** Εστιάστε τη δέσμη με το μεταγωγό *focus* και μεταβάλετε την ένταση με το μεταγωγό *intensity*, ώστε τελικά η κηλίδα να μην έχει έντονη φωτεινότητα. ΠΡΟΣΟΧΗ! Ποτέ μην αφήνετε μια έντονα φωτεινή κηλίδα ακίνητη πάνω στην οθόνη, γιατί θα την καταστρέψει.

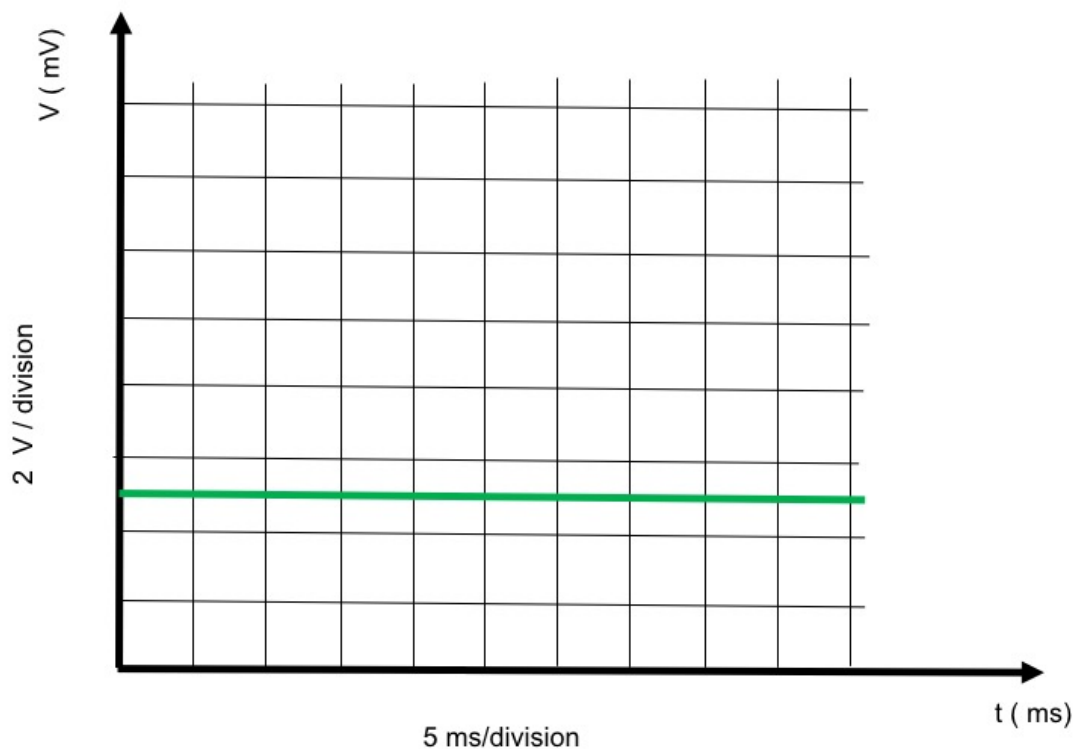


# ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ



## 16.3.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΤΑΣΗΣ

- i. Φέρτε πρώτα τον μεταγωγό *AC/GND/DC* στη θέση *GND* και ορίστε μια στάθμη μηδενικής τάσης, την οποία δεν πρέπει πια να μεταβάλετε. Επαναφέρετε το μεταγωγό στη θέση *DC* και πατήστε το κουμπί *CH1*.
- ii. Συνδέστε την έξοδο της μπαταρίας στο κανάλι 1 του παλμογράφου και μετρήστε στον κατακόρυφο άξονα την απόκλιση της κηλίδας. Υπολογίστε την τάση λαμβάνοντας υπόψιν την ένδειξη του μεταγωγού *VOLTS/DIV* που καθορίζει πόσα *Volts* αντιστοιχούν σε κάθε υποδιαίρεση κατακόρυφης απόκλισης στην οθόνη. Εκτιμήστε και σημειώστε το σφάλμα ανάγνωσης.

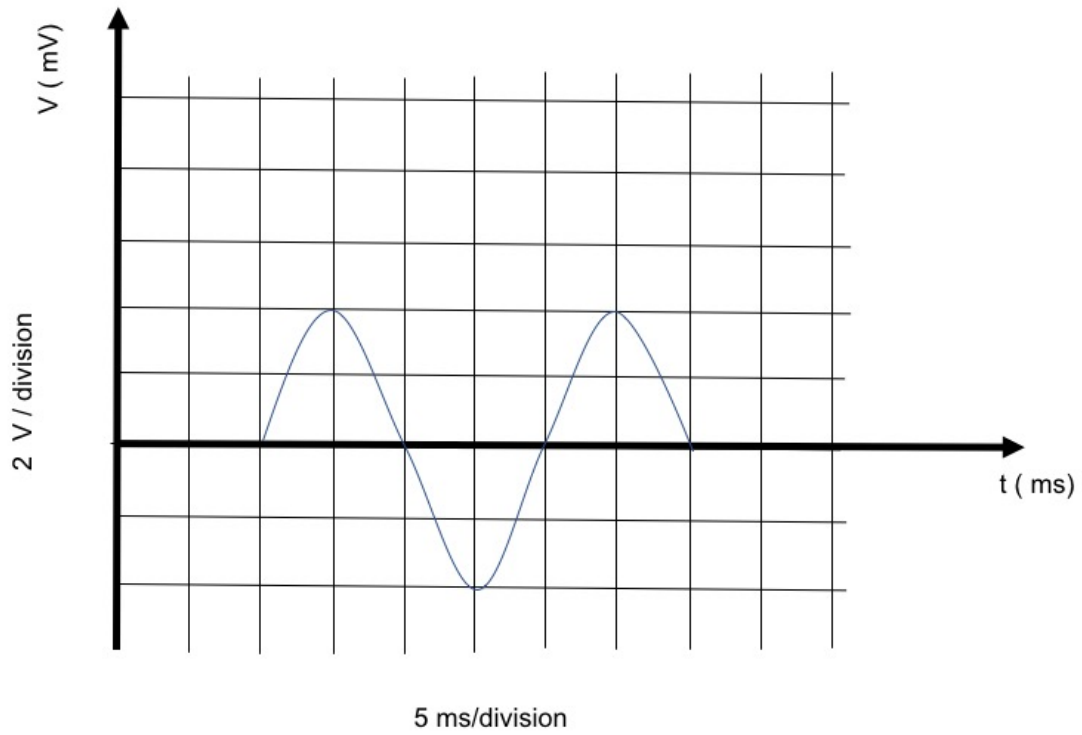


**ΕΡΩΤΗΜΑ 1 :** Να βρεθούν η τιμή της παραπάνω εικονιζόμενης συνεχούς τάσης

$$V = ?$$

## 16.3.2 ΜΕΤΡΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΗΣ ΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΔΟΥ

- i.** Συνδέστε την έξοδο της γεννήτριας στο κανάλι 1 του παλμογράφου. Φέρτε το μεταγωγό *AC/GND/DC* στη θέση *AC*. Βάλτε σε λειτουργία τη σάρωση στρέφοντας το μεταγωγό συχνότητας (*TIME/DIV*), ώστε να δείτε πάνω στην οθόνη σταθεροποιημένη την κυματομορφή για μία ή δύο περιόδους.
- ii.** Προσδιορίστε το πλάτος  $V_o$  αυτής της τάσης και εκτιμήστε το σφάλμα  $\delta V_o$ .
- iii.** Προσδιορίστε την περίοδο  $T$  της ημιτονικής κυματομορφής μετρώντας την οριζόντια απόσταση ανάμεσα σε δύο μέγιστα (ή ελάχιστα) και λαμβάνοντας υπόψη την ένδειξη του μεταγωγού *TIME/DIV* που καθορίζει πόσα *ms* ή *μs* αντιστοιχούν σε κάθε υποδιαίρεση οριζόντιας απόκλισης στην οθόνη. Εκτιμήστε το σφάλμα ανάγνωσης  $\delta T$ .



**ΕΡΩΤΗΜΑ2:** Να βρεθούν η περίοδος ( $T$ ), η συχνότητα ( $f$ ) και το πλάτος της παραπάνω εικονιζόμενης εναλλασσόμενης τάσης

$$V_{p-p} = ?$$

$$T = ?$$

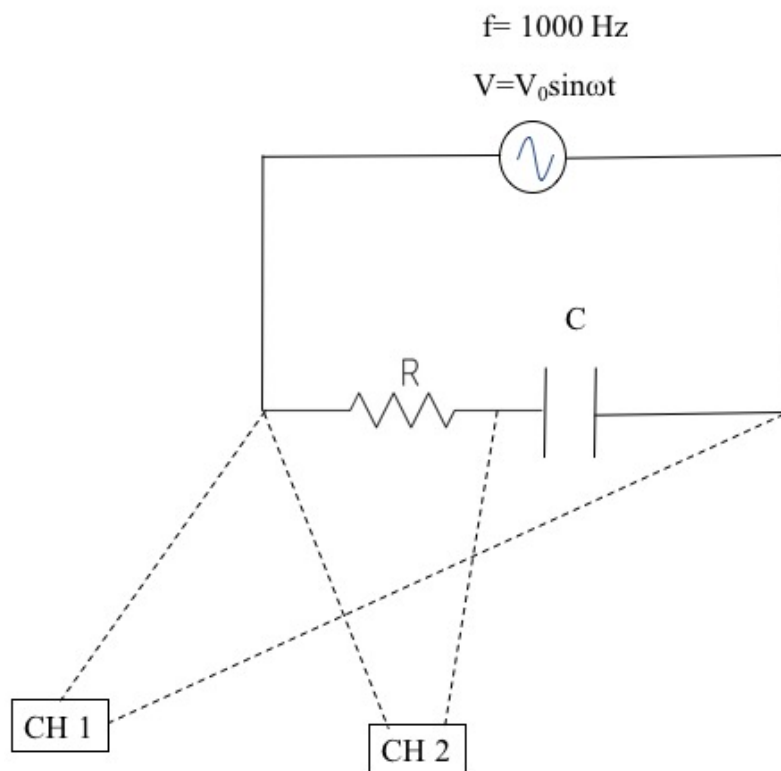
$$f = ?$$

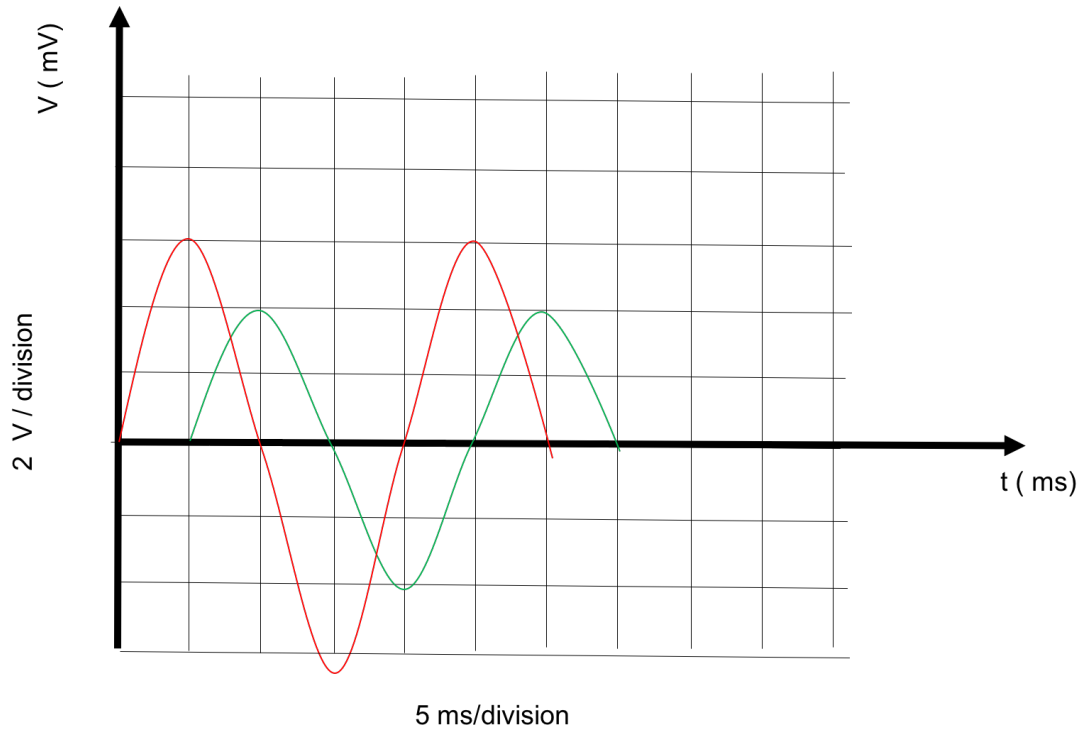


### 16.3.3 Μέτρηση διαφοράς φάσης

**i.** Τροφοδοτήστε τα άκρα του κυκλώματος  $RC$  με μία ημιτονική τάση από την έξοδο της γεννήτριας. Συνδέστε το κανάλι 1 του παλμογράφου με τα άκρα του κυκλώματος και το κανάλι 2 με τα άκρα της αντίστασης. Σημειώστε τις τιμές των  $R$  και  $C$ .

**ii.** Επιλέξτε από τη γεννήτρια μια συχνότητα της τάξης των  $1000\text{Hz}$ . Στρίψτε τον μεταγωγό σάρωσης ( $TIME/DIV$ ) ώστε να σταθεροποιηθούν στην οθόνη οι δύο κυματομορφές που πρέπει να είναι μετατοπισμένες χρονικά. Μετρήστε την περίοδο  $T$  της κάθε κυματομορφής και τη σχετική χρονική μετατόπιση  $\Delta t$  δύο αντίστοιχων σημείων των δύο κυματομορφών (π.χ. των μεγίστων). Εκτιμήστε τα σφάλματα ανάγνωσης των παραπάνω μεγεθών.



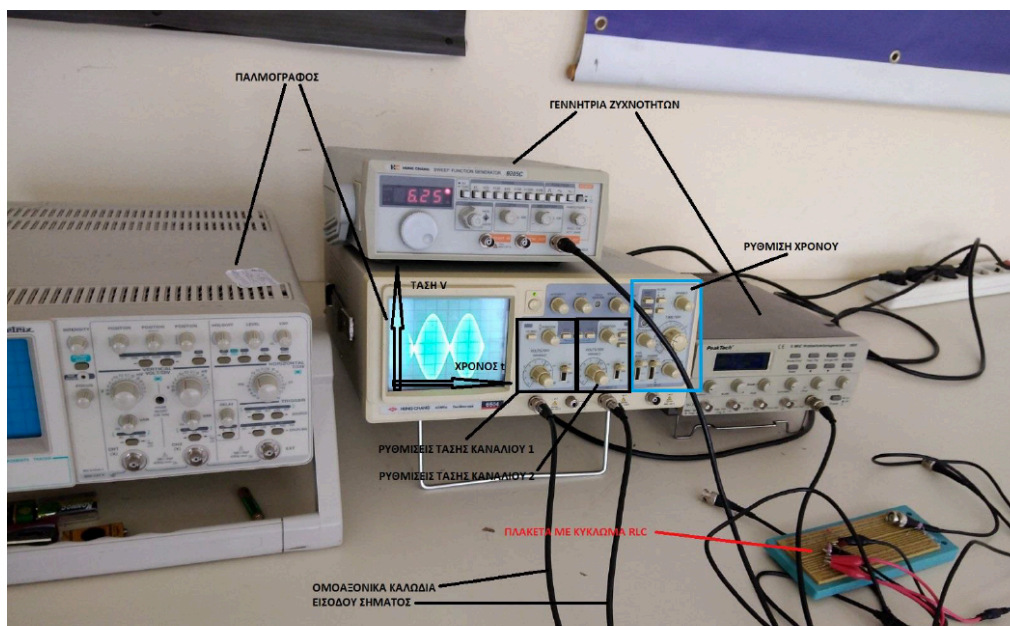


**ΕΡΩΤΗΜΑ3:** Θεωρώντας ότι  $R= 1\text{k}\Omega$  ,  $C=1 \text{ }\mu\text{F}$  και  $f=1 \text{ kHz}$  να υπολογίσετε την διαφορά φάσης των δύο παραπάνω εικονιζόμενων εναλλασσόμενων τάσεων θεωρητικά από τον τύπο  $\tan \varphi = 1/RC\omega$  και πειραματικά από τύπο  $\varphi= 2\pi \Delta t / T$  Συγκρίνετε την πειραματική με την θεωρητική τιμή και υπολογίστε το σχετικό σφάλμα.

## 16.3.4 ΜΕΛΕΤΗ ΔΙΑΚΡΟΤΗΜΑΤΩΝ

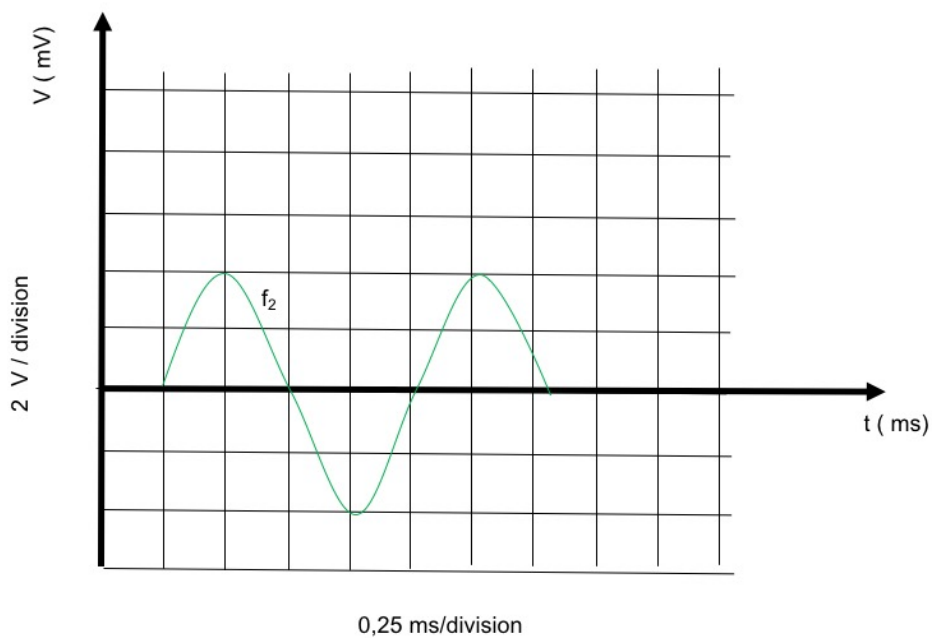
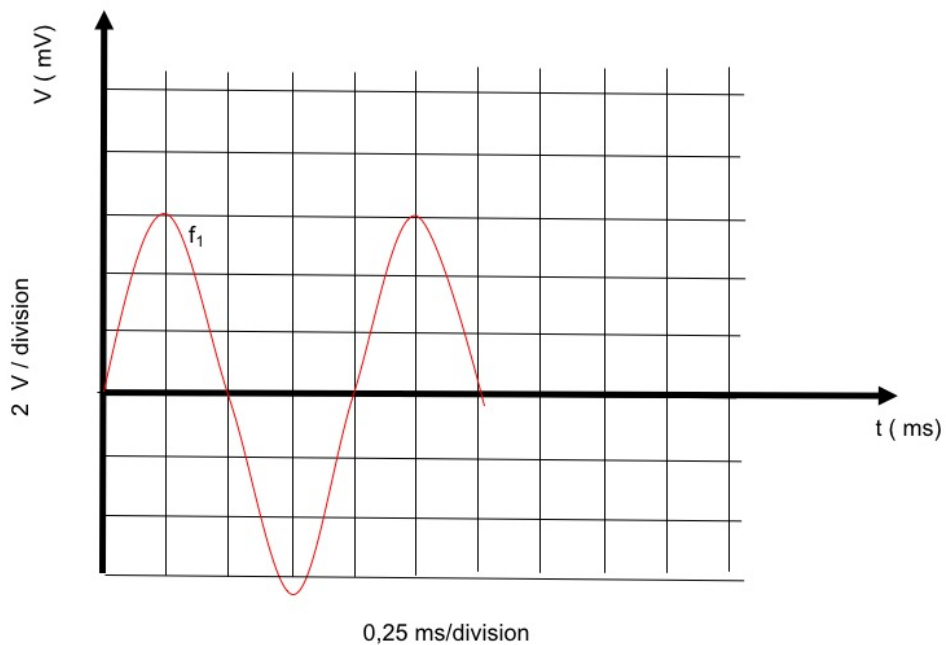
Η σύνθεση δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων  $y_1 = A \sin \omega_1 t$  και  $y_2 = A \sin (\omega_2 t - \phi)$  που έχουν ίσα πλάτη  $A$  και συχνότητες που διαφέρουν λίγο ( $\omega_1 \approx \omega_2$ ) δίνει διακρότημα με πλάτος που κυμαίνεται από 0 έως  $2A$  και περίοδο ίση με  $T_\delta = \frac{1}{|f_1 - f_2|}$ , όπου  $f_1$  και  $f_2$  οι συχνότητες των δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων

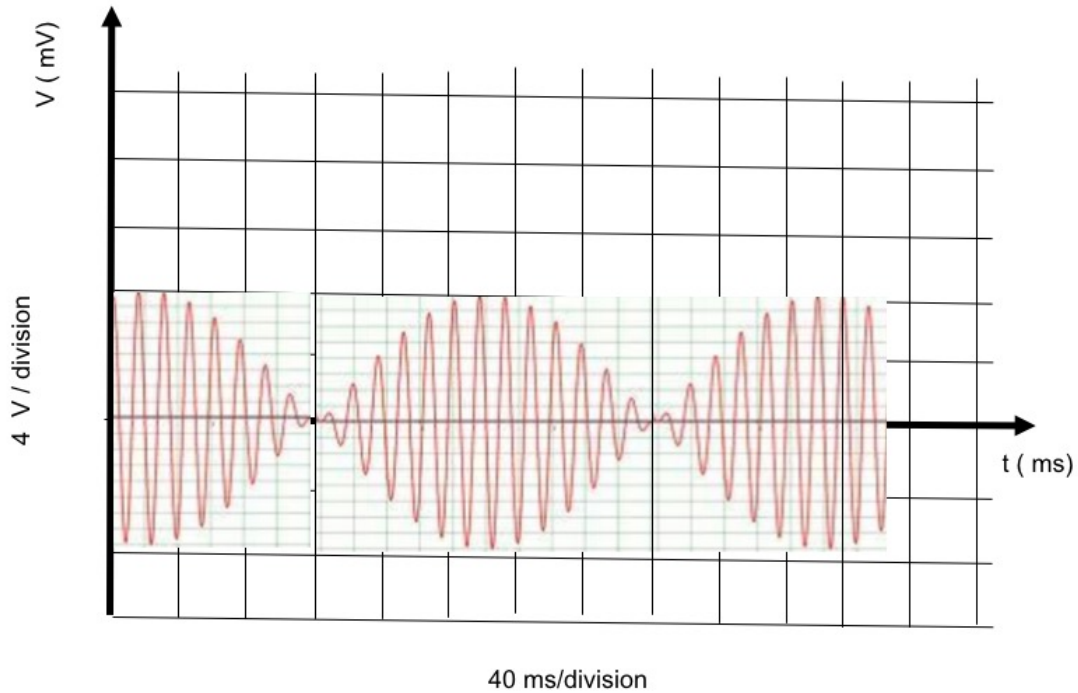
- i.** Χρησιμοποιώντας τον παλμογράφο ρυθμίστε τις δύο γεννήτριες, ώστε οι εξοδοί τους να δίνουν ημιτονικές τάσεις με ίδιο πλάτος και περίπου την ίδια συχνότητα.
- ii.** Συνδέστε τις εξόδους από τις δύο γεννήτριες με τα δύο κανάλια του παλμογράφου και πιέστε τα κουμπιά  $CH1$ ,  $CH2$ , και  $ADD$ . Μεταβάλλοντας τώρα σιγά-σιγά τη συχνότητα της μιας γεννήτριας προσπαθήστε να δείτε τα διακροτήματα. Μετρήστε την περίοδο  $T_\delta$  των διακροτημάτων από την απόσταση δύο μηδενισμών και εκτιμήστε το σφάλμα ανάγνωσης.
- iii.** Χωρίς να αλλάξετε τη συχνότητα των δύο γεννητριών, αποσυνδέστε το προηγούμενο κύκλωμα και μετρήστε χωριστά τις περιόδους των δύο σημάτων  $T_1$ , και  $T_2$ , καθώς και τα σφάλματα ανάγνωσης  $\delta T_1$ , και  $\delta T_2$  με τη βοήθεια



#### ΕΡΩΤΗΜΑ 4:

Έστω ότι οι παρακάτω εικόνες στον παλμογράφο αποτυπώνουν τις κυματομορφές δύο απλών αρμονικών ταλαντώσεων  $y_1$  και  $y_2$  καθώς και του διακροτήματος που προκύπτει από την σύνθεσή τους.





Στα παραπάνω γραφήματα των δύο αρμονικών τάσεων θεωρήστε ότι:  
 $T_1 = 4 \text{ DIV}$  και  $T_2 = 4,02 \text{ DIV}$  και  $T_\delta = 5,2 \text{ DIV}$

- i. Να γράψετε αναλυτικά τις εκφράσεις των δύο αρμονικών κυματομορφών  $y_1(t)$  και  $y_2(t)$  φού πρώτα υπολογίσετε το πλάτος και τις τιμές των συχνοτήτων  $f_1$  και  $f_2$  των δύο κυματομορφών
- ii. Υπολογίστε πειραματικά (από το γράφημα) την περίοδο του διακροτήματος που προκύπτει
- iii. Υπολογίστε θεωρητικά την περίοδο του διακροτήματος που προκύπτει χρησιμοποιώντας τον τύπο  $T_\delta = \frac{1}{|f_1 - f_2|}$
- iv. Να συγκρίνετε την πειραματική με την θεωρητική τιμή και να υπολογίστε το σχετικό σφάλμα.

### 16.3.5 Σχήματα Λισσαζού

**i.** Φέρτε τον μεταγωγό της σάρωσης (*TIME/DIV*) στη θέση *X-Y*. Με αυτόν τον τρόπο το σήμα εξόδου της δεύτερης γεννήτριας (*CH2*) εφαρμόζεται στα πλακίδια *Y*. Προσπαθήστε να δείτε τις εικόνες του σχήματος 16.3, ανάλογα με κυκλικές τις συχνότητες των δύο γεννητριών και

**ii.** Παρατηρήστε ότι, επειδή οι συχνότητες των δύο γεννητριών δεν είναι απολύτως σταθερές, οι εικόνες μεταβάλλονται (μοιάζουν σαν να περιστρέφονται στο χώρο), γράφοντας συνεχώς διάφορα σχέδια του σχήματος, για  $\omega_1, / \omega_2$

$\nu$	$\varphi = 0$	$\varphi = \pi/4$	$\varphi = \pi/2$
1:1			
1:2			
1:3			
2:3			
3:4			

Σχήμα 16.3: Σχήματα Λισσαζού, ανάλογα με το λόγο κυκλικών συχνοτήτων των δύο σημάτων που εφαρμόζονται στις εισόδους του παλμογράφου.

**xi.** Δείξτε ότι, αν ένα σύστημα με δύο βαθμούς ελευθερίας  $x$  και  $y$  ταλαντώνεται έτσι ώστε

$$x = A \cos \omega t \quad (16.4)$$

και

$$y = A \cos(\omega t + \varphi) \quad (16.5)$$

τότε η σύνθεση των δύο δίνει ευθεία, αν  $\varphi = 0$  και κύκλο, αν  $\varphi = \pi/2$ .

### **ΕΡΩΤΗΜΑ 5:**

Δείξτε ότι αν ένα σύστημα με 2 βαθμούς ελευθερίας  $x$  και  $y$  ταλαντώνεται έτσι ώστε

$$x = A \cos \omega t$$

και

$$y = A \cos(\omega t + \varphi)$$

τότε η σύνθεση των δύο ταλαντώσεων:

- (i) δίνει ευθεία αν  $\varphi = 0$  και
- (ii) δίνει κύκλο αν  $\varphi = \pi/2$