



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

## ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ ΣΕ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ :

ΓΕΩΡΓΟΥΛΙΑ ΒΑΣΙΛΗ

ΜΠΑΤΖΑΚΗ ΕΚΤΟΡΑ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΣΙΝΙΟΡΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ

**ΑΙΓΑΛΕΩ 2018**

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η επιπόνηση αυτής της πτυχιακής εργασίας μας ήρθε κατά της διάρκειας φοίτησης μας στο τμήμα των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ. Με την εμπέδυνση μας στο αντικείμενο μέσα από τα εργαστήρια ανακαλύπτουμε ότι ένα σημαντικό κομμάτι είναι η λήψη, η κατανόηση και η επεξεργασία διάφορων μετρήσεων που λαμβάνουμε από το εκάστοτε εργαστηριακό μέρος. Για την λήψη αυτών των μετρήσεων χρησιμοποιούμε διάφορα όργανα όπως το βολτόμετρο, το αμπερόμετρο, ο παλμογράφος κ.α. Όποτε το κάθε όργανο μέτρησης είναι απαραίτητο εργαλείο για τον σπουδαστή ηλεκτρολόγο.

Το ρεύμα το οποίο καλούμαστε να μετρήσουμε μπορεί να είναι είτε εναλλασσόμενο ή συνεχές. Γενικότερα με το πολύμετρο μπορούμε να μετρήσουμε μεγέθη όπως ρεύμα, τάση, αντίσταση, ισχύς κ.α. Τα μεγέθη τα οποία απεικονίζονται με το συγκεκριμένο όργανο είναι ενεργής μορφής. Όπως γνωρίζουμε όμως στην ηλεκτρολογία δεν υπάρχει μόνο αυτό το μέγεθος.

Ένα βασικό και χρήσιμο όργανο για τον ηλεκτρολόγο είναι ο παλμογράφος. Το συγκεκριμένο όργανο έχει την δυνατότητα να απεικονίζει ψηφιακά σήματα τα οποία μεταβάλλονται με το πέρασμα του χρόνου. Ένα τέτοιο μέγεθος είναι και η εναλλασσόμενη τάση. Με το συγκεκριμένο όργανο μπορούμε να μετρήσουμε την συχνότητα, την μέση τιμή, την περίοδο και άλλα μεγέθη της τάσης.

Όμως κάθε όργανο πέρα από τα πλεονεκτήματα έχει και τα μειονεκτήματά του. Για τον παλμογράφο ένα από αυτά είναι το υψηλό κόστος που κάνουν αδύνατη την αγορά σε κάποιον σήμερα. Έτσι λοιπόν σε αυτήν την πτυχιακή εργασία παρουσιάζουμε ένα τρόπο να λαμβάνουμε μετρήσεις παλμογράφου μέσω του υπολογιστή μας.

Ο παλμογράφος γενικά αυτό που κάνει είναι να μετατρέπει ένα αναλογικό σήμα σε ψηφιακό για να μπορούμε να το μετρήσουμε. Την ίδια ακριβώς διαδικασία κάνει και η αναλογική είσοδος(μικροφώνου) του υπολογιστή μας. Βέβαια η είσοδος του υπολογιστή μας δεν μπορεί να δεχτεί τάση μεγαλύτερη των 5βολτ γιατί τότε υπάρχει ο κίνδυνος να προκληθεί βλάβη στην πολύτιμη μητρική κάρτα του υπολογιστή μας. Στην πτυχιακή μας εργασία παρουσιάζεται αναλυτικά μια διάταξη η οποία μετασχηματίζει την τάση σε κατάλληλο μέγεθος για τον υπολογιστή μας που μας επιτρέπει να το μετρήσουμε στην οθόνη του υπολογιστή μας. Για την μέτρηση χρησιμοποιούμε και ένα πρόγραμμα το οποίο παρουσιάζεται και αυτό.

Ελπίζουμε αυτή η εργασία να αποδώσει καρπούς στον σκοπό της που είναι να χρησιμοποιηθεί από τους σπουδαστές του τμήματος για μετρήσεις αλλά και να χρησιμοποιηθεί από το τμήμα για λήψεις μετρήσεων στα εργαστήρια.

# INTRODUCTION

We conceived the idea of this dissertation while we were studying at the department of Electrical Engineering of the Technological Education Institute of Piraeus. While we were delving into our field of science, through exercising in the laboratories, we discovered that receiving, understanding and processing of the details we receive from each laboratory experiment are of a substantial meaning. Various measuring devices are used such as voltmeter, amperometer, and oscilloscope in order for us to receive those details. Thus, each measuring device is elementary for anyone studying in this field.

The measuring current could be either Alternate (AC) or Direct (DC). Generally, we can easily gauge various quantities like current, voltage, resistance and power by using a multimeter. The quantities are depicted on the latter on their active form. As we already know though, in electrology there is not only that form.

Oscilloscope is a principal tool for every electrical engineer. Digital signals that are changing overtime can be displayed on the oscilloscope's screen. Such a size is alternating voltage as well. Measures we can take, using this tool, on the frequency, average voltage, the period and other voltage's parameters.

On the other hand, oscilloscope has its own flaws, like every measuring device has. High cost make oscilloscope's purchasing almost impossible nowadays. Thus, in the course of this dissertation we introduce the way to receive measurements through our personal computer.

Generally, what an oscilloscope does, is converting an analog signal into digital, so we can measure it. Computer's analog input (microphone input) follows suit. That input though, cannot accept a voltage of more than 5Volt because there is a risk of damage to the valuable motherboard of our computer.

On our dissertation we are presenting extensively the pattern that transforming Voltage into an appropriate form, in order to measure it on our personal's computer screen. We are presenting the software we are going to use as well.

We hope that this project will eventually come to fruition in order to be used by the students of the department for measurements but also be used by the department laboratories as well.

# ΑΦΙΕΡΩΣΕΙΣ

Σε όλους εκείνους τους σπουδαστές και φοιτητές  
που παλεύουν για γνώση και μόρφωση ως  
εφόδιο, δύναμη και όπλο για μια καλύτερη κοινωνία.

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε από καρδιάς τον πρώην σπουδαστή του τμήματος Ηλεκτρολόγων-Μηχανικών του Α.Ε.Ι Πειραιά Τ.Τ και νυν σπουδαστή του τμήματος Ηλεκτρονικών του Πανεπιστημίου Πειραιώς Βαλάντη Λιόγλου για την ιδέα του θέματος της πτυχιακής αλλά και την καθοριστική βοήθεια του. Ακόμα οφείλουμε να ευχαριστήσουμε την απόφοιτη του τμήματος Καταχανά Μαρίνα για την πολύτιμη συνεισφορά της στο τέλος αυτής της εργασίας.

Θέρμες και ιδιαίτερες ευχαριστίες επίσης οφείλουμε στον επιβλέποντα καθηγητή κ. Παναγιώτη Σινιώρο αλλά και στον κ. Νικόλαο Μανουσάκη για όλες τις συμβουλές, την επίβλεψη και την πολύτιμή βοήθεια του καθ' όλη την διάρκεια της πτυχιακής.

Τέλος θα θέλουμε να ευχαριστούμε όλους εκείνους τους υποτρόφους και εργαστηριακούς συνεργάτες του τμήματος ηλεκτρολογίας που με τις γνώσεις τους αλλά και με τον εξοπλισμό των εργαστηρίων μας βοήθησαν στο πρακτικό κομμάτι αυτής της εργασίας.

## **ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ**

Πρόλογος .....	I
Αφιερώσεις-Ευχαριστίες .....	II
Περιεχόμενα .....	III
Περιεχόμενα σχημάτων και πινάκων .....	IV
Εισαγωγή .....	V

### Κεφάλαιο 1

---

#### ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ:

1.1 Εισαγωγή στις ηλεκτρικές μονάδες .....	1
1.2 Συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα... ..	2
1.2.1 Συνεχές Ρεύμα.....	2
1.2.2 Εναλλασσόμενο ρεύμα.....	3
1.3 Κυματομορφές Ε.Ρ. με ωμικόεπαγωγικό και χωρητικό φορτίο... ..	7
1.4 Αναφορά στις ηλεκτρικές μετρήσεις .....	10
1.5 Όργανα ηλεκτρικών μετρήσεων .....	12

### Κεφάλαιο 2

---

#### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ:

2.1 Εισαγωγή στον παλμογράφο... ..	16
------------------------------------	----

2.2 Αρχή λειτουργίας παλμογράφου.....	18
2.3 Βασικές ρυθμίσεις και χειρισμοί του παλμογράφου .....	20

## Κεφάλαιο 3

---

### ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ ΜΕΣΩ Η/Υ:

3.1 Αναλογικά και ψηφιακά σήματα .....	21
3.2 Μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά.....	24
3.3 Συστήματα μετρήσεων βασισμένα σε υπολογιστή.....	26
3.4 Μετρήσεις με παλμογράφο μέσω Η/Υ.....	28

## Κεφάλαιο 4

---

### Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΤΟΥ Probe\_jack:

4.1 Εισαγωγή.....	29
4.2 Διάταξη Πλακέτας.....	29
4.3 Διαδικασία της Κατασκευής.....	32
4.3.1 Υλικά που χρησιμοποιήθηκαν.....	32
4.3.2 Κατά την διάρκεια της κατασκευής .....	34

## Κεφάλαιο 5

---

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ-ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

5.1 Εισαγωγή.....	38
5.2 Επιλογή δοκιμή λογισμού.....	38
5.2,1 SoundcardScope.....	38
5.2,2 VisualAnalyser.....	39
5.2,3 Συμπεράσματα-Επιλογή λογισμικού.....	40
5.3 Μέτρηση δικτύου ΔΕΗ.....	40
5.4 Μέτρηση πηγής συχνότητας.....	41
ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	44



# ΠΕΡΙΟΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

## Κεφάλαιο 1

---

**Σχήμα 1.2.1.1:**Κυματομορφή τάσης χρόνου συνεχούς ρεύματος

**Σχήμα 1.2.2.1:**Κυματομορφή τάσης χρόνου εναλλασσόμενου ρεύματος

**Σχήμα 1.2.2.2:**Κυματομορφή τάσης, έντασης-χρόνου εναλλασσόμενου ρεύματος με διαφορά φάσης

**Σχήμα 1.3.1:**Κυματομορφη τάσης και ρεύματος σε ωμικο κυκλωμα

**Σχήμα 1.3.2:**Κυματομορφη τάσης και ρεύματος σε επαγωγικό κύκλωμα

**Σχήμα 1.3.3:**Κυματομορφη τάσης και ρεύματος σε χωρητικό κύκλωμα

## Κεφάλαιο 2

---

**Σχήμα 2.1.1:**Παλμογράφος διπλής δέσμης

**Σχήμα 2.1.2:**Μετατροπή ήχου σε ηλεκτρικό σήμα. Και γραφική απεικόνιση μέσω του παλμογράφου.

**Σχήμα 2.2:**Σωλήνας Braun

## Κεφάλαιο 3

---

**Σχήμα 3.1:**Αναλογικό σήμα τάσης

**Σχήμα 3.2:**Διακριτό Σήμα

**Σχήμα 3.3:**Ψηφιακό Σήμα

**Σχήμα 3.4:**Δειγματοληψία και στάθμες κβάντισης ψηφιακού σήματος

**Σχήμα 3.5:**Τυπική διάταξη συλλογής δεδομένων μετρήσεων βασισμένη σε υπολογιστή

## Κεφάλαιο 4

---

**Σχήμα4.2.1:** Διάταξη Probe\_Jack

**Φωτογραφία 4.3.2.1:** Υλικά κατασκευής

**Φωτογραφία 4.3.2.2:** Διαιρέτης Τάσης

**Φωτογραφία 4.3.2.3:** Ολοκληρωμένη Διάταξη

## Κεφάλαιο 5

---

**Εικόνα5.2.1:** Soundcard Scope

**Εικόνα 5.2.2:** Visual Analyser

**Εικόνα 5.3.1:** Απεικόνιση μέτρησης τάσης δικτύου ΔΕΗ

**Εικόνα 5.3.2:** Απεικόνιση μέτρησης συχνογεννήτριας(1)

**Εικόνα 5.3.3:** Απεικόνιση μέτρησης συχνογεννήτριας(2)

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

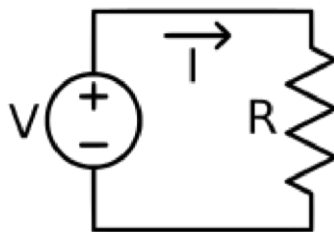
## ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ-ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:

### 1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

---

Σήμερα στην ηλεκτρολογία χρησιμοποιείται το Διεθνές σύστημα μονάδων. Σε αυτό το σύστημα οι πιο βασικές μονάδες της μηχανικής είναι το μέτρο(m) για το μήκος, το δευτερόλεπτο(s) για τον χρόνο κτλ. Για την ηλεκτρολογία η βασική μονάδα είναι το αμπέρ(A) και ορίζεται με βάση τη δύναμη έλξης που αναπτύσσεται από δυο παράλληλους αγωγούς ρεύματος. Είναι δηλαδή η τιμή του ρεύματός που περνώντας από τους δυο παράλληλους αγωγούς δημιουργείται μια δύναμη.

ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΝ ΝΟΜΟ ΤΟΥ ΩΜ:



Ο νόμος του ωμ είναι από τους πιο βασικούς στην ηλεκτρολογία καθώς συνδέει τρεις μονάδες: Ένταση, Τάση και Αντίσταση.

$$I = \frac{V}{R}$$

Όπου:

$V$ : Τάση (v)

ΟΡΙΣΜΟΣ: τάση είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ δυο σημείων και μετριέται από το έργο που απαιτείται για να μεταφερθεί η μονάδα φόρτου από το ένα σημείο στο άλλο. Το volt είναι η διαφορά δυναμικού μεταξύ δυο σημείων όταν απαιτείται έργο 1 joule.

$R$ : Αντίσταση ( $\Omega$ )

ΟΡΙΣΜΟΣ: Η τάση στα άκρα μιας αντίστασης είναι ανάλογη με το ρεύμα το οποίο την διαρρέει. Η σταθερή μονάδα  $R$  ονομάζεται αντίσταση και εκφράζεται σε  $\Omega$ . Άλλα μεγέθη ή ποσότητες και μονάδες μέτρησης που απασχολούν την ηλεκτρολογία είναι:

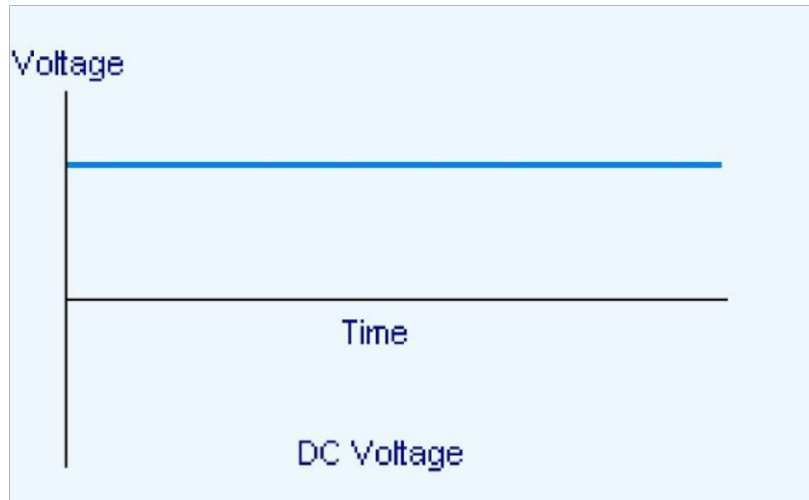
ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
Χρόνος	t	Sec
Θερμοκρασία	T	C
Φορτίο	Q	Cb
Ισχύς	P	W
Χωρητικότητα	C	F
Αυτεπαγωγή	L	H
Ενέργεια	W	j

## 1.2. ΣΥΝΕΧΕΣ ΚΑΙ ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ

---

### 1.2.1 ΣΥΝΕΧΕΣ ΡΕΥΜΑ

Συνεχές ονομάζεται το ρεύμα του οποίου το μέγεθος και η κατεύθυνση δεν παρουσιάζει καμία μεταβολή με τον χρόνο. Δημιουργείται από μια συνεχή τάση και μπορεί να υπάρχει μόνο σε κλειστό κύκλωμα. Το μέγεθος του είναι το ίδιο σε όλες τις διατομές ενός μη διακλαδισμένου ηλεκτρικού κυκλώματος. Για παράδειγμα, Συνεχές Ρεύμα είναι αυτό που παράγεται από μια μπαταρία. Συνεχές για παράδειγμα είναι το ρεύμα που παράγεται από μια μπαταρία: ρέει συνέχεια από τον έναν πόλο προς τον άλλον (όταν είναι συνδεδεμένη με κάποιο κύκλωμα). Αυτό το ρεύμα ήταν το πρώτο που ανακαλύφθηκε και αρχικά δινόταν σε σπίτια και επιχειρήσεις.

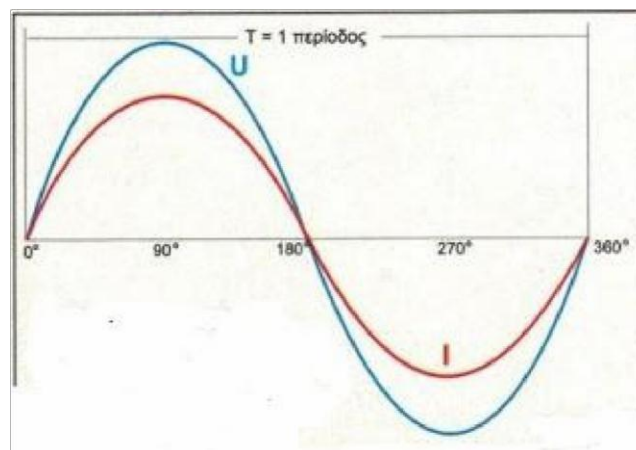


*Σχήμα 1.2.1.1:Κυματομορφή τάσης χρόνου συνεχούς ρεύματος*

Λόγω όμως μεγάλων απωλειών επινοήθηκε το εναλλασσόμενο ρεύμα που μεταφέρεται ευκολότερα και οικονομικότερα.

### 1.2.2 ΕΝΑΛΛΑΣΣΟΜΕΝΟ ΡΕΥΜΑ:

Είναι το ρεύμα το οποίο μεταβάλλεται συναρτήσει του χρόνου, δηλαδή το περιοδικό ρεύμα στο οποίο η μέση τιμή της έντασης και της τάσης του, σε μια περίοδο είναι ίση με το μηδέν. Περίοδος  $T$  του εναλλασσόμενου ρεύματος ονομάζεται ο μικρότερος χρόνος σε (s) στον οποίο επαναλαμβάνεται η μεταβολή της έντασης και της τάσης. Σπουδαία χαρακτηριστική του εναλλασσόμενου ρεύματός είναι η συχνότητα του  $f$ , δηλαδή ο αριθμός των περιόδων σε 1sec.



*Σχήμα 1.2.2.1:Κυματομορφή τάσης χρόνου εναλλασσόμενου ρεύματος*

Στην Ελλάδα αλλά και σε αρκετές ακόμα στον κόσμο χώρες έχει καθιερωθεί ως πρότυπη συχνότητα τα  $f = 50 \text{ HZ}$ . Για ειδικούς σκοπούς στη βιομηχανία ,στην ιατρική και σε άλλους κλάδους της επιστήμης και της τεχνικής χρησιμοποιούνται εναλλασσόμενα ρεύματα διάφορων συχνοτήτων, καθώς και παλμικά ρεύματα.

Ως βάση για το χαρακτηρισμό της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματός έχει ληφθεί η σύγκριση της θερμικής δράσης του Εναλλασσόμενου Ρεύματος με την θερμική δράση του συνεχούς ρεύματός αντίστοιχης έντασης. Η τιμή της έντασης του εναλλασσόμενου ρεύματος που βρίσκεται με αυτόν τρόπο ονομάζεται ενεργός τιμή, που μαθηματικά είναι η μέση τετραγωνική τιμή της έντασης του ρεύματός σε μια περίοδο. Με ανάλογο τρόπο προσδιορίζεται και η ενεργός τιμή της τάσης AC. Τα αμπερόμετρα και τα βολτόμετρα είναι εκείνα τα όργανα που μετρούν την ενεργό τιμή της έντασης και της τάσης.

Στην πιο απλή και ταυτόχρονα πιο σπουδαία, στην πράξη περίπτωση, η στιγμιαία τιμή της έντασης  $i$  του AC μεταβάλλεται συναρτησί του χρόνου  $t$  βάσει ημιτονοειδούς κανόνα:

$$i = I_m \sin(\omega t + \alpha)$$

Όπου είναι:

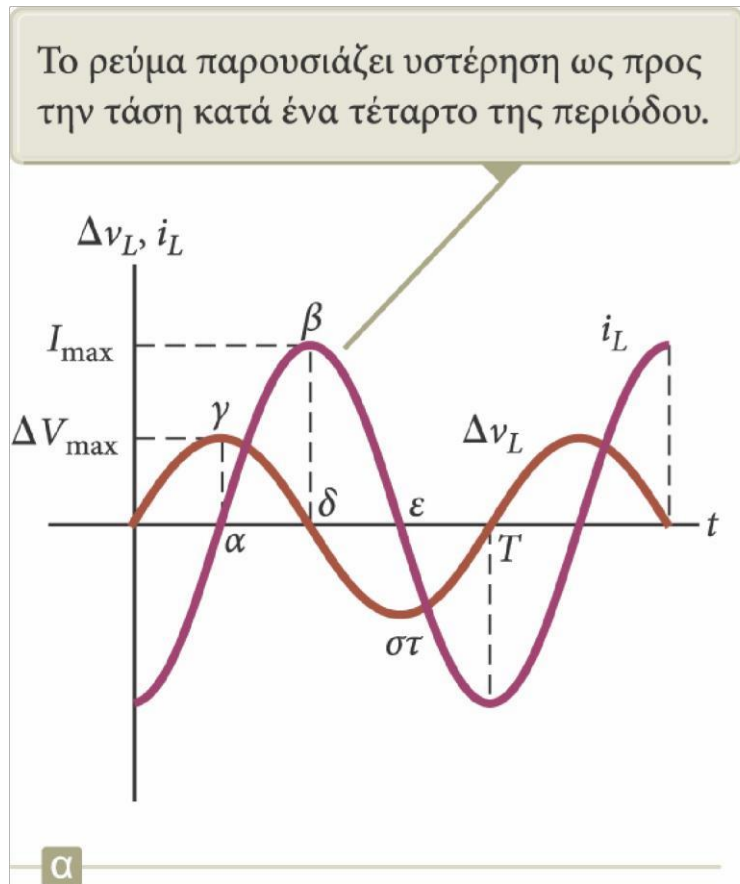
$I_m$ : το πλάτος του ρεύματός

$\omega$  : η κυκλική συχνότητα με  $\omega = 2\pi f$

$\alpha$ : η αρχική του φάση

Το ημιτονοειδές(αρμονικό) ρεύμα δημιουργείται από την ημιτονοειδή τάση της ίδιας συχνότητας, όπου  $U_m$  είναι το πλάτος της τάσης και  $\beta$  η διαφορά φάσης. Οι ενεργές τιμές ενός τέτοιου AC είναι ίσες:

$$J = \frac{I_m}{1.41} = \frac{V_m}{1.41}$$



*Σχήμα 1.2.2.2: Κυματομορφή τάσης, έντασης-χρόνου εναλλασσόμενου ρεύματος με διαφορά φάσης*

Για ημιτονοειδή ρεύματα που ικανοποιούν την συνθήκη ψευδοστατικότητας ισχύει ο νόμος του Ωμ. Εξαιτίας της ύπαρξης στο κύκλωμα επαγωγικής ή (και) χωρητικής αντίστασης, μεταξύ του ρεύματος  $i$  και της τάσης  $u$  στη γενικότερη περίπτωση προκαλείται μετατόπιση των φάσεων  $\varphi = \beta - \alpha$  που εξαρτάται από τις παραμέτρους του κυκλώματος και την γωνιακή συχνότητα  $\omega$ .

Η ένταση του ρεύματος σε έναν καταναλωτή εξαρτάται από την τάση που εφαρμόζεται καθώς και από την αντίσταση του καταναλωτή. Για συνεχής εφαρμοζόμενη τάση η τιμή της αντίστασης του καταναλωτή ισούται με αυτή της ωμικής αντίστασης. Όταν όμως η εφαρμοζόμενη τάση είναι εναλλασσόμενη, η αντίσταση του καταναλωτή είναι η αντίσταση εναλλασσόμενου ρεύματος. Η αντίσταση εναλλασσόμενου ρεύματος μπορεί να είναι της μορφής μίας από των παρακάτω αντιστάσεων ή να είναι συνδυασμός αυτών.

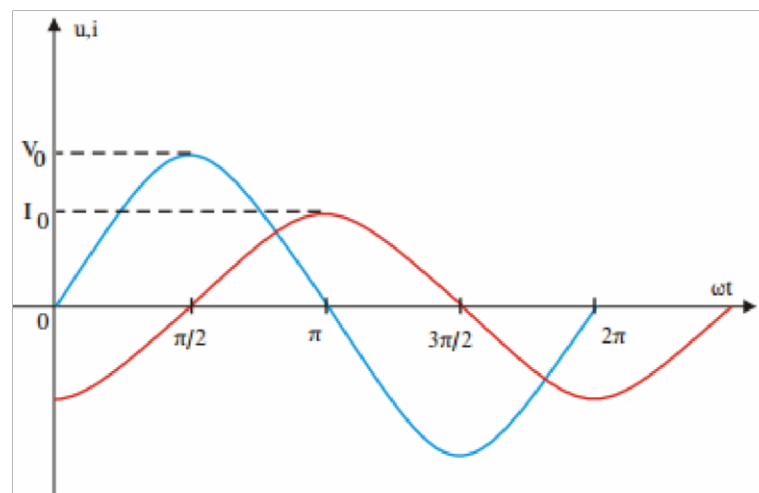
- ΩΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ: Παράγεται θερμότητα στην αντίσταση λόγω του εναλλασσόμενου ρεύματος. (π.χ ηλεκτρική σόμπα).
- ΕΠΑΓΩΓΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ: Δημιουργείται μαγνητικό πεδίο στην αντίσταση λόγω του εναλλασσόμενου ρεύματος (π.χ πηνίο).
- ΧΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ: Δημιουργείται ηλεκτρικό πεδίο στην αντίσταση λόγω του εναλλασσόμενου ρεύματος. (π.χ πυκνωτής).



### 1.3. ΚΥΜΜΑΤΟΜΟΡΦΕΣ Ε.Ρ. ΜΕ ΩΜΙΚΟ, ΕΠΑΓΩΓΙΚΟ ΚΑΙ ΧΩΡΗΤΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

---

Σε ένα κύκλωμα το οποίο δεν έχει ούτε επαγωγική ούτε χωρητική αντίσταση, το ρεύμα συμπίπτει ως προς την φάση και την τάση. Ο νομός του  $\Omega\mu$  για ενεργές τιμές στο κύκλωμα αυτό θα έχει την ίδια μορφή, που έχει και για το κύκλωμα συνεχούς ρεύματος.  $I = \frac{V}{R}$ . Στον τύπο αυτό, το  $R$  είναι η ωμική αντίσταση του κυκλώματος, η οποία καθορίζεται από την ενεργό ισχύ  $P$ , που χάνεται στο κύκλωμα.

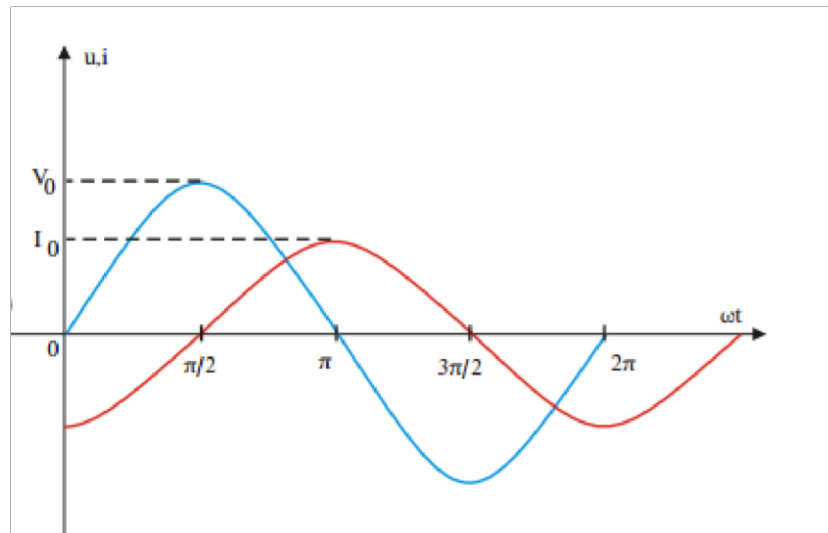


**Σχήμα 1.3.1:**Κυματομορφή τάσης και ρεύματος σε ωμικό κύκλωμα

Όταν στο κύκλωμα υπάρχει επαγωγική αντίσταση  $L$ , το εναλλασσόμενο ρεύμα επάγει σε αυτήν ηλεκτρεγερτική δύναμη αυτεπαγωγής

$$e_i = \omega \lim \sin \left( \omega t + \alpha - \frac{\pi}{2} \right)$$

Η ηλεκτρεγερτική δύναμη αυτεπαγωγής αντιδρά στην μεταβολή της έντασης του ρεύματος, ενώ στο κύκλωμα που περιέχει μόνο επαγωγική αντίσταση το ρεύμα υπολείπεται από την τάση ως προς την φάση κατά  $1/4$  της περιόδου, δηλαδή  $\varphi = \pi/2$



**Σχήμα 1.3.2:**Κυματομορφή τάσης και ρεύματος σε επαγωγικό κύκλωμα. Οι ενεργές τιμές σε ένα τέτοιο κύκλωμα συνδέονται με την σχέση:

$$I = \frac{V}{X_L}$$

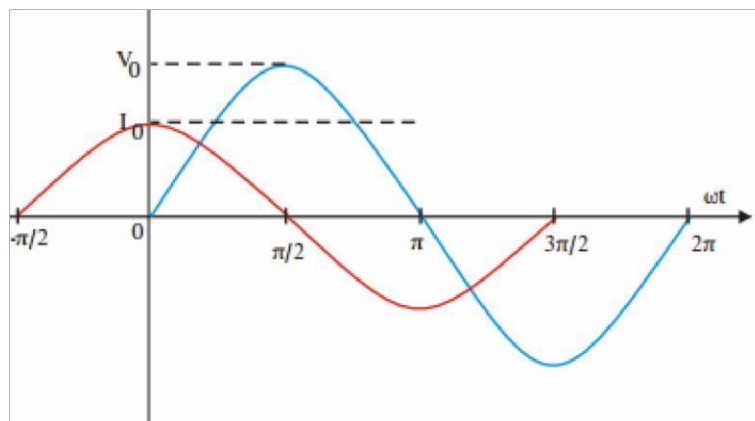
Όπου:

$$X_L = \omega L$$

Όταν η χωρητική αντίσταση  $C$  βρίσκεται υπό τάση  $u$ , το φορτίο της είναι ίσο με  $q = Cu$ . Οι περιοδικές μεταβολές της τάσης προκαλούν την περιοδική μεταβολή του φορτίου και έτσι εμφανίζεται χωρητικό ρεύμα:

$$i = \omega C V_m \sin\left(\omega t + \beta + \frac{\pi}{2}\right)$$

Με αυτόν τον τρόπο το ημιτονοειδές εναλλασσόμενο ρεύμα που περνά από τη χωρητική αντίσταση, προπορεύεται της τάσης ως προς την φάση κατά  $1/4$  της περιόδου στους ακροδέκτες, δηλαδή  $\varphi = -\frac{\pi}{2}$ .



**Σχήμα 1.3.3:**Κυματομορφή τάσης και ρεύματος σε χωρητικό κύκλωμα

Οι ενεργές τιμές σε ένα τέτοιο κύκλωμα συνδέονται με την σχέση:

$$I = \frac{V}{X_C}$$

Όπου:

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

#### 1.4. ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΙΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

---

Με τον όρο ηλεκτρικές μετρήσεις εννοούμε κάθε μέτρηση που αφορά τα ηλεκτρικά μεγέθη όπως είναι :

- **ηλεκτρική τάση( $\mathcal{V}$ ),**
- **ηλεκτρική αντίσταση( $\mathcal{R}$ ),**
- **ένταση ρεύματος( $\mathcal{I}$ ),**
- **συχνότητα( $\mathcal{F}$ ) και φάση εναλλασσόμενου ρεύματος,**
- **ισχύς ρεύματος( $\mathcal{P}$ ), ηλεκτρικής ενέργειαςκ.α.**

Οι ηλεκτρικές μετρήσεις είναι μια πολύ διαδεδομένη μορφή μετρήσεων. Χάρη στην δημιουργία ηλεκτροτεχνικών οργάνων που μετασχηματίζουν τα διάφορα μη ηλεκτρικά μεγέθη σε ηλεκτρικά, οι μέθοδοι και τα μέσα των ηλεκτρικών μετρήσεων χρησιμοποιούνται κατά τίτβο, μέτρηση πρακτικά όλων των ηλεκτρικών μεγεθών.

Η μεγάλη ποικιλία των ηλεκτρικών μεγεθών, οι πλατιές διαπασών τιμών τους, οι απαιτήσεις υψηλής ακριβείας μέτρησης, η πολυμορφία των συνθηκών και περιοχών χρησιμοποίησης των ηλεκτρικών μετρήσεων οδήγησαν σε μεγάλη ποικιλία μεθόδων και μέσων ηλεκτρικών μετρήσεων. Η μέτρηση των <ενεργών> ηλεκτρικών μεγεθών(ένταση, τάση κ.α.) που χαρακτηρίζουν την ενεργειακή κατάσταση του αντικειμένου μέτρησης, βασίζεται στην άμεση επενέργεια των μεγεθών αυτών πάνω στο μέσο της ηλεκτρικής μέτρησης και , κατά κανόνα, συνοδεύεται από κατανάλωση ορισμένης ποσότητας ηλεκτρικής ενέργειας από το όργανο μέτρησης(βολτόμετρο, αμπερόμετρο, βαττόμετρο). Η μέτρηση των <παθητικών> ηλεκτρικών μεγεθών(αντίσταση, μιγαδική συνιστώσα, εφαπτομένης γωνίας, συντελεστής αυτεπαγωγής κ.α.) που χαρακτηρίζουν τις ηλεκτρικές ιδιότητες του αντικειμένου μέτρησης, απαιτεί την διέγερση του αντικειμένου μέτρησης από εξωτερική πηγή ηλεκτρικής ενέργειας και τη μέτρηση της ανταποδιδόμενης αντίδρασης.

Οι μέθοδοι και τα μέσα των ηλεκτρικών μετρήσεων στα κυκλώματα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος διαφέρουν σημαντικά. Τα κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος εξαρτώνται από τις συχνότητες και τον χαρακτήρα της αλλαγής των μεγεθών, καθώς και από ποιες χαρακτηριστικές των εναλλασσόμενων μεγεθών (στιγμιαίες, μέγιστες, μέσες) μετρούνται. Για μετρήσεις σε κυκλώματα συνεχούς ρεύματος χρησιμοποιούνται κυρίως μαγνητοηλεκτρικές συσκευές και ψηφιακές συσκευές μέτρησης. Ενώ για μετρήσεις σε κυκλώματα εναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμοποιούνται ηλεκτρομαγνητικές συσκευές, ηλεκτροδυναμικές συσκευές, επαγωγικές συσκευές, ανορθωτικές ηλεκτρικές συσκευές μέτρησης, παλμογράφοι κ.α.

Οι τιμές των ηλεκτρικών μεγεθών μέτρησης εγκλείονται στα εξής περίπου διαστήματα:

**Ένταση ρεύματος( $\mathcal{I}$ ):** από  $10^{-16}$  έως  $10^5$  A

**Τάση( $\mathcal{V}$ ):** από  $10^{-9}$  έως  $10^7$  V

**Αντίσταση( $\mathcal{R}$ ):** από  $10^{-3}$  έως  $10^{16}\Omega$

**Συχνότητα( $\mathcal{R}$ ):** από  $10^{-3}$  έως  $10^{12}\text{HZ}$

Οι περιοχές μέτρησης τιμών ηλεκτρικών μεγεθών συνεχώς τείνουν προς διεύρυνση. Μετρήσεις σε υψηλές και υπερυψηλές συχνότητες, μετρήσεις μικρών ρευμάτων και μεγάλων αντιστάσεων, υψηλών τάσεων χαρακτηριστικών ηλεκτρικών μεγεθών σε ενεργειακές εγκαταστάσεις μεγάλης ισχύος, έχουν ξεχωρίσει σε ιδιαίτερους τομείς, με ειδικές μεθόδους και μέσα ηλεκτρικών μετρήσεων (ραδιομετρήσεις, παλμική τεχνική κ.α.). Η διεύρυνση των περιοχών μέτρησης ηλεκτρικών μεγεθών συνδέεται με την ανάπτυξη της τεχνικής των ηλεκτρικών μετασχηματιστών μέτρησης και μεταξύ αυτών, με την ανάπτυξη της τεχνικής της ενίσχυσης και εξασθένισης ηλεκτρικών ρευμάτων και τάσεων (Διαιρέτης τάσης, διακλάδωση Shunt). Τα ιδιαίτερα προβλήματα μετρήσεων υπερ-μικρών και υπερ-μεγάλων τιμών ηλεκτρικών μεγεθών είναι η καταπολέμηση των παραμορφώσεων, που συνοδεύουν την ενίσχυση και την εξασθένιση ηλεκτρικών σημάτων και η επεξεργασία μεθόδων διαχωρισμού του χρήσιμου σήματος μέσα στο φόντο των παρασίτων.

## 1.5. ΟΡΓΑΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

---

### 1.5.1 ΟΡΙΣΜΟΙ

Μπορούμε να δώσουμε τον ορισμό του ηλεκτρικού οργάνου ως εξής:

**Σύστημα το οποίο αντιστοιχίζει κατά τρόπο συγκεκριμένο μια κατάσταση ενός φαινομένου η οποία δεν μπορεί να γίνει αντιληπτή μέσω των αισθήσεων, σε μία εν τέλει αντιληπτή κατάσταση.**

Τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να γνωρίζουμε για τα ηλεκτρικά όργανα μέτρησης είναι:

- i) **Πιστότητα:** Η ιδιότητα που έχει το όργανο να παρέχει ενδείξεις που δεν αποκλίνουν κατά τις διάφορες μετρήσεις της ίδιας τιμής ενός μεγέθους.
- ii) **Ακρίβεια:** Η ιδιότητα ενός οργάνου να παρέχει ενδείξεις που αντιστοιχούν στην πραγματική τιμή ενός μεγέθους. Μπορούμε εύκολα να συμπεράνουμε πως ένα ακριβές όργανο είναι σίγουρα και πιστό όργανο. Το αντίστροφο όμως δεν είναι απαραίτητο.
- iii) **Ευαισθησία:** Η ευαισθησία ενός οργάνου ορίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$S = \frac{dF}{dx} = \left( \frac{\Delta F}{\Delta x} \right)$$

Όπου F είναι το μέγεθος εξόδου του οργάνου (π.χ γωνία) και x το μέγεθος εισόδου (π.χ τάση).

- iv) **Κατανάλωση:** Η ισχύς που απαιτείται για την λειτουργία ενός οργάνου. Η ισχύς αυτή είναι συνήθως μικρή.

Εκτός από τα όργανα μέτρησης, κατά την διεξαγωγή μετρήσεων χρησιμοποιούνται επίσης:

- Βοηθητικές διατάξεις που συμπληρώνουν τα όργανα (ανορθωτές).
- Ρυθμιζόμενες αντιστάσεις, αυτεπαγωγές, πυκνωτές, μετασχηματιστές μετρήσεως κλπ.
- Διατάξεις χειρισμού και προστασίας των ηλεκτρικών κυκλωμάτων.

## 1.5.2 ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

### **A) Με βάση την αρχή λειτουργίας.**

- i) Μαγνητοηλεκτρικά όργανα ή όργανα στρεπτού πηνίου:** Η λειτουργία τους στηρίζεται στη ροπή  $T$  που αναπτύσσεται σε στρεπτό πηνίο το οποίο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο μόνιμου μαγνήτη.
- ii) Ηλεκτρομαγνητικά όργανα ή όργανα κινητού σιδήρου:** Η λειτουργία τους στηρίζεται επί της δυνάμεως  $F$  που ασκείται επί σιδηρομαγνητικού υλικού, το οποίο βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, που δημιουργείται από σταθερό πηνίο, το οποίο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα.
- iii) Ηλεκτροδυναμικά όργανα:** Η λειτουργία τους στηρίζεται στη ροπή  $T$  που αναπτύσσεται σε στρεπτό περί άξονα πηνίο, το οποίο διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα και βρίσκεται μέσα σε μαγνητικό πεδίο, το οποίο δημιουργείται από σταθερό πηνίο.
- iv) Ηλεκτροστατικά όργανα:** Η λειτουργία τους στηρίζεται σε μηχανικές δυνάμεις οι οποίες ασκούνται μεταξύ σωμάτων τα οποία βρίσκονται υπό τάση.
- v) Θερμικά Όργανα:** Η λειτουργία τους στηρίζεται στην θερμότητα που εκλύεται κατά την διόδο του ηλεκτρικού ρεύματος δι' ενός αγωγού.
- vi) Επαγωγικά όργανα:** Η αρχή λειτουργίας τους είναι όμοια με την αρχή λειτουργίας των σύγχρονων κινητήρων.

### **B) Τα όργανα διακρίνονται επίσης με βάση το μέγεθος που μετρούν.**

- i) Αμπερόμετρα:** Την Ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.
- ii) Βολτόμετρα:** Τη Διαφορά Δυναμικού (Ηλεκτρική Τάση) μεταξύ δύο σημείων.
- iii) Βαττόμετρα:** Την απορροφούμενη ισχύς από μια κατανάλωση.
- iv) Συχνόμετρα:** Τη συχνότητα εναλλασσόμενου ρεύματος.
- v) Θερμόμετρα:** Τη θερμοκρασία.
- vi) Υγρόμετρα:** Την υγρασία.

### **Γ) Ανάλογα με το είδος του ρεύματος για το οποίο είναι κατασκευασμένα.**

- i) Όργανα συνεχούς ρεύματος.**
- ii) Όργανα εναλλασσόμενου ρεύματος.**
- iii) Όργανα συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος.**

**Δ) Ανάλογα με τον τρόπο που μας παρέχουν την τιμή του μετρούμενου μεγέθους.**

- i) Ενδεικτικά όργανα:** Παρέχουν μέσω δείκτη ή φωτεινού σήματος την τιμή του μετρούμενου μεγέθους.
- ii) Καταγραφικά όργανα:** Παρέχουν την δυνατότητα αυτόματης καταγραφής μεταβαλλόμενων μεγεθών.
- iii) Αθροιστικά όργανα:** Παρέχεται αθροιστικά η τιμή ενός μεγέθους από κάποια χρονική στιγμή και μετά.

**Ε) Επιπλέον τα ηλεκτρικά όργανα μπορούν να διακριθούν σε:**

- i) Όργανα πίνακα.**
- ii) Όργανα φορητά βιομηχανικά.**
- iii) Όργανα εργαστηρίου.**
- iv) Πρότυπα όργανα.**

### 1.5.3 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΣ ΟΡΓΑΝΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΟ ΜΕΡΟΣ

#### **A) Δείκτες οργάνων**

Οι δείκτες στερεώνονται μηχανικά επί του κινητού συστήματος του οργάνου και κινούνται εμπρός από βαθμονομημένη κλίμακα. Για να επιτευχθεί η εκάστοτε επιζητούμενη ακρίβεια, οι δείκτες των οργάνων θα πρέπει:

- Να είναι όσο το δυνατόν ελαφρύτεροι ώστε να μην αυξάνουν υπερβολικά την ροπή αδράνειας του κινητού συστήματος.
- Να διαθέτουν μεγάλη μηχανική αντοχή ώστε να ανθίστανται σε ισχυρές μηχανικές καταπονήσεις τις οποίες υφίστανται κατά την περιστροφή του κινητού συστήματος κατά γωνία μεγαλύτερη της επιτρεπόμενης ή σε περίπτωση φοράς περιστροφής οπότε προσκρούουν στον αναστολέα της κλίμακας.
- Να είναι όσο το δυνατόν λεπτότεροι ώστε η ανάγνωση της ενδείξεως να πραγματοποιείται με ακρίβεια.
- Να είναι σημαντικού μεγέθους ώστε να διακρίνονται από μεγάλη σχετικά απόσταση.



Μερικά είδη δεικτών είναι:

- Οι μαχαιρωτοί δείκτες οι οποίοι χρησιμοποιούνται στα όργανα ακριβείας. Κατασκευάζονται από κράμα αλουμινίου και είναι πολύ ευπαθείς.
- Οι βελονοειδείς οι οποίοι κατασκευάζονται από γυαλί και χρησιμοποιούνται σε όργανα μικρής σχετικά ακρίβειας.
- Οι λογχοειδείς και οι πεπλατυσμένοι χρησιμοποιούνται σε όργανα πινάκων.

Για να επιτευχθεί ομαλά περιστροφική κίνηση θα πρέπει το κινητό σύστημα του οργάνου να είναι ζυγοσταθμισμένο, δηλαδή το κέντρο βάρους του να διέρχεται από τον άξονα περιστροφής. Προς ικανοποίηση αυτής της απαιτήσεως και επειδή οι δείκτες αποτελούν μάζα ασύμμετρα κατανομημένη περί τον άξονα περιστροφής, προβλέπονται διάφορες διατάξεις με τις οποίες επιτυγχάνεται ζυγοσταθμισμένη κίνηση του κινητού συστήματος.

## **B) Κλίμακες**

Κλίμακα είναι το τμήμα εκείνο του οργάνου επί του οποίου έχουν χαραχθεί υποδιαίρεσεις και αριθμοί. Το εύρος τιμών που είναι που είναι σημειωμένο επί της κλίμακας ονομάζεται **περιοχή μετρήσεως** του οργάνου.

Το μηδέν της κλίμακας βρίσκεται συνήθως σε θέση που αντιστοιχεί στην κατάσταση ηρεμίας του συστήματος. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις κατά τις οποίες το μηδέν βρίσκεται σε θέση που αντιστοιχεί στην κατάσταση μέγιστης απόκλισης του κινητού συστήματος του οργάνου.

Στην όψη του οργάνου συνήθως βρίσκεται ένας κοχλίας μέσω του οποίου ο δείκτης φέρεται στο μηδέν της κλίμακας. Πριν από κάθε μέτρηση πρέπει απαραίτητα να προηγηθεί η <<ρύθμιση του μηδενός>>. Σε όργανα μεγάλης ακρίβειας ο δείκτης καταργείται και η ένδειξη λαμβάνεται μέσω διόπτρας ή μέσω φωτεινής κηλίδας πάνω σε κλίμακα. Η κλίμακα συχνότερα βρίσκεται μέσα στο όργανο και σπανιότερα έξω από αυτό σε απόσταση 1-1,5mm από τον άξονα περιστροφής.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ

### 2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΝ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ

---

Ο παλμογράφος είναι ένα όργανο με στου οποίου την οθόνη απεικονίζεται η μεταβολή ως προς τον χρόνο σε κάποιο φυσικό μέγεθος(πχ. εναλλασσόμενη τάση)και απεικονίζει στην οθόνη του ένα διάγραμμά του μεγέθους αυτού σε σχέση με τον χρόνο(πχ. για την εναλλασσόμενη τάση  $V=f(t)$  όπου η τάση είναι στον κάθετο άξονα και ο χρόνος στον οριζόντιο άξονα). Σε αυτό το διάγραμμά διακρίνουμε κάποια χαρακτηριστικά όπως την τάση μεταξύ δυο σημείων, την συχνότητα, το πλάτος, την διαφορά φάσεων μεταξύ δυο θέσεων κτλ.

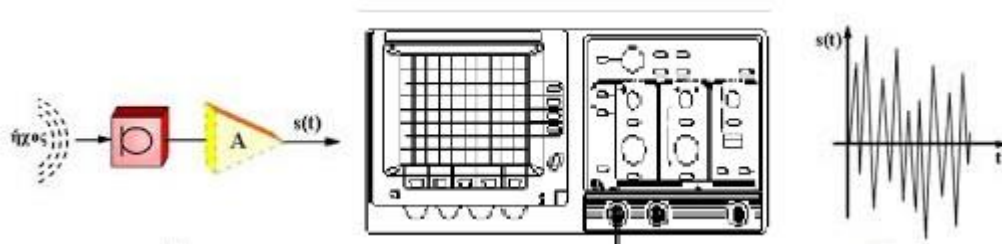


*Σχήμα 2.1.1: Παλμογράφος διπλής δέσμης*

Η χρήση του παλμογράφου δεν περιορίζεται μόνο στον τομέα της ηλεκτρολογίας. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους τεχνικούς της τηλεόρασης μέχρι τους φυσικούς. Χαρακτηρίζεται από τα πιο χρήσιμα όργανα για την επισκευή, συντήρηση και μελέτη ενός ηλεκτρονικού ή ηλεκτρολογικού κυκλώματος. Ο τρόπος με τον οποίο μπορούμε να ελέγξουμε ένα ηλεκτρονικό σύστημα είναι να μετρηθούν τα σήματα στην είσοδο και στην έξοδο κάτι το οποίο είναι μια από τις δυνατότητες του παλμογράφου.

Σε σχέση με αλλά όργανα, που η λειτουργία τους στηρίζεται σε μηχανικά μέσα που παρουσιάζουν μεγάλη αδράνεια, στον παλμογράφο το κινητό μέρος είναι μια δέσμη ηλεκτρονίων, που η αδράνεια τους είναι μηδενική και έτσι μπορούμε να μελετήσουμε μεγέθη που μεταβάλλονται πολύ γρηγορά σε σχέση με τον χρόνο.

Όπως είπαμε η χρήση του παλμογράφου δεν περιορίζεται μόνο στον τομέα της ηλεκτρολογίας και της ηλεκτρονικής. Χρησιμοποιώντας έναν μετατροπέα οι δυνατότητες του παλμογράφου είναι ατέλειωτες, μετρώντας πολλά και διαφορά φυσικά μεγέθη. Ο μετατροπέας είναι μια συσκευή η οποία μετατρέπει σε ηλεκτρικό ένα φυσικό μέγεθος όπως το φως, ο ήχος, η πίεση και η θερμότητα. Το μικρόφωνο ή το φωτοκύτταρο είναι μετατροπείς.



**Σχήμα 2.1.2:** Μετατροπή ήχου σε ηλεκτρικό σήμα. Και γραφική απεικόνιση μέσω του παλμογράφου.

Όπως και οι περισσότερες ηλεκτρονικές συσκευές έτσι και ο παλμογράφος διακρίνεται σε ψηφιακό και αναλογικό τύπο. Ο αναλογικός τύπος λειτουργεί με τις συνεχώς μεταβλητές τάσεις, ενώ ο ψηφιακός τύπος λειτουργεί με τους ψηφιακούς αριθμούς που αντιπροσωπεύουν τα δείγματα της τάσης.

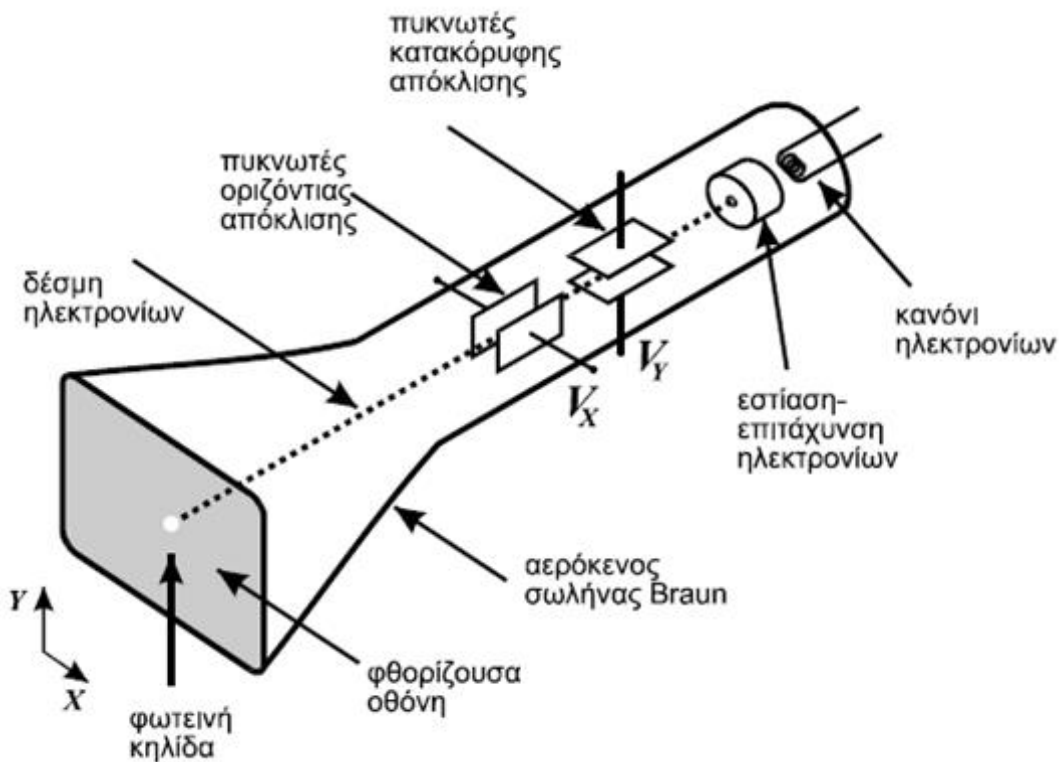
Σε πολλές εφαρμογές μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε είτε αναλογικούς είτε ψηφιακούς τύπους παλμογράφου. Κάθε τύπος όμως έχει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που τον καθιστούν πιο ή λιγότερο κατάλληλο για τον εκάστοτε σκοπό. Πολλές φορές χρησιμοποιείται ο αναλογικός παλμογράφος λόγω του χαμηλού κόστους του, αλλά ο ψηφιακός διαθέτει κάποια χαρακτηριστικά που δεν έχει ο αναλογικός:

- Μπορεί να συμβάλει γεγονότα που συμβαίνουν μόνο μια φορά
- Μπορούν να επεξεργαστούν τα στοιχεία μια κυματομορφής ή να τα στείλει σε υπολογιστή για επεξεργασία
- Ακόμα μπορούν να αποθηκεύσουν τα στοιχεία μιας κυματομορφής χωρίς να είναι

συνδεδεμένος με υπολογιστή.

## 2.2 ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΥ

Για να είμαστε σε θέση να χειριστούμε πλήρως έναν παλμογράφο θα πρέπει να έχουμε κατανοήσει το πώς δημιουργείται η κυματομορφή στην οθόνη του. Προφανώς οι αναλογικοί παλμογράφοι λειτουργούν κάπως διαφορετικά από ότι οι ψηφιακοί, αλλά παρόλα αυτά έχουν αρκετά κοινά ως προς το εσωτερικό τους σύστημα. Εδώ θα περιγράψουμε την λειτουργία του αναλογικού παλμογράφου. Η απεικόνιση της κυματομορφής επιτυγχάνεται χάρη στην σωλήνα Braun, η οποία στην ουσία είναι μια αεροκενή λυχνία.



Σχήμα 2.2: Σωλήνας Braun

Στο πίσω μέρος του σωλήνα Braun παράγεται μια δέσμη ηλεκτρονίων από το κανόνι ηλεκτρονίων. Η δέσμη αυτή, αφού εστιαστεί και επιταχυνθεί, στην συνέχεια περνά από τους πυκνωτές κατακόρυφης και οριζόντιας απόκλισης, στους οποίους εφαρμόζονται αντίστοιχες τάσεις  $V_x$  και  $V_y$  και στην συνέχεια πέφτει στην φθορίζουσα οθόνη, σχηματίζοντας μια φωτεινή κηλίδα. Ανάλογα με τις τάσεις που εφαρμόζονται στους πυκνωτές, τα ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται αναγκάζουν την δέσμη να αποκλίνει κατακόρυφα ή και οριζόντια. Έτσι η μετατόπιση της κηλίδας σε κάθε άξονα είναι ανάλογη ως προς την εφαρμοζόμενη τάση. Όταν στους πυκνωτές οριζόντιας απόκλισης εφαρμοστεί μια τάση  $V_x$  ανάλογη του χρόνου, και στους πυκνωτές κατακόρυφης απόκλισης το σήμα υπό μέτρηση, αυτό που θα διαγράψει η οθόνη του παλμογράφου είναι η συνάρτηση  $V_y = V(t)$  σαν να ήταν σχεδιασμένη σε χαρτί μιλιμετρέ με οριζόντιο άξονα τον χρόνο και κατακόρυφο την τάση.

Επειδή ο παλμογράφος σε κάθε χρονική στιγμή παράγει μια φωτεινή κηλίδα, δηλαδή ένα σημείο της γραφικής παράστασης και όχι μια συνεχή καμπύλη, με μια κατάλληλη περιοδική τάση  $V_x$  αναγκάζουμε την κηλίδα να διαγραφεί την οθόνη από άκρο σε άκρο συνεχώς και με μεγάλη συχνότητα, οπότε λόγω του φαινομένου του μετεϊκάσματος το μάτι βλέπει την κηλίδα σαν να διαγράφει μια συνεχή γραμμή.

Σύμφωνα με την αρχή λειτουργίας του παλμογράφου, τα βασικά του μέρη είναι ο σωλήνας Braun, η φθορίζουσα οθόνη, οι ακροδέκτες εισόδου, και τα ρυθμιστικά για την ενίσχυση των σημάτων και την απεικόνιση της δέσμης. Οι παλμογράφοι διακρίνονται σε μονής και διπλής δέσμης που αυτό εξαρτάται από το πόσες δέσμες ηλεκτρονίων παράγονται στον σωλήνα Braun. Οι παλμογράφοι διπλής δέσμης έχουν και ένα δεύτερο κανόνι ηλεκτρονίων και ανεξάρτητους πυκνωτές για τον έλεγχο της δεύτερης δέσμης.

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι παλιές τηλεοράσεις (όχι LCD) είχαν την ίδια αρχή λειτουργίας, μόνο που διέθεταν τρεις δέσμες και τρία φωσφορίζουσα υλικά, για να παραχθούν τα τρία βασικά χρώματα. Οι δέσμες διέγραφαν όλο το επίπεδο της οθόνης με μεγάλη συχνότητα, δίνοντας μας την ψευδαίσθηση της συνεχούς κίνησης.

## 2.3 ΒΑΣΙΚΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟΥ

---

Σαν βασικές ρυθμίσεις και χειρισμούς του παλμογράφου εννοούμε αυτούς που επιτρέπουν την απεικόνιση και μέτρηση ενός μεταβαλλόμενου σήματος. Εδώ θα περιγράψουμε τους χειρισμούς αυτούς οι οποίοι μεταξύ άλλων είναι: Η ρύθμιση της φωτεινότητας, με εστίαση της δέσμης, η ρύθμιση της οριζόντιας και κατακόρυφης θέσης της δέσμης, η επιλογή κατάλληλης ενίσχυσης κ.α.

Για να κατανοήσουμε πλήρως τον χειρισμό του παλμογράφου θα περιγράψουμε πιο αναλυτικά την αρχή λειτουργίας ως προς την απεικόνιση του σήματος.

Όταν το νήμα θέρμανσης συνδεθεί με μια πηγή θερμαίνεται η κάθοδος η οποία αρχίζει και εκπέμπει ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια αυτά βρίσκονται σε μια κατάσταση ισορροπίας. Για να κινηθούν προς την οθόνη πρέπει να ασκηθούν πάνω τους δυνάμεις. Η δύναμη αυτή είναι ηλεκτρικό πεδίο που δημιουργείται μεταξύ ανόδου και καθόδου. Το ηλεκτρικό πεδίο δημιουργείται με τη σύνδεση της ανόδου με τον θετικό πόλο μιας υψηλής τάσης και την σύνδεση της καθόδου με τον αρνητικό πόλο. Τα ηλεκτρόνια που διαφεύγουν από την έλξη και φεύγουν από την θερμαινόμενη κάθοδο κινούνται ευθύγραμμά και ομαλά προς την οθόνη και δημιουργούν μια φωτεινή κηλίδα.

Αν θέλουμε να ρυθμίσουμε αυτή την ένταση της ακτινοβολίας αυτής της φωτεινής κηλίδας πρέπει να ρυθμίσουμε τον αριθμό των ηλεκτρονίων. Αυτό γίνεται με το ρυθμιστικό ηλεκτρόδιο που περιβάλλει την κάθοδο. Το ηλεκτρόδιο αυτό έχει πιο αρνητικό δυναμικό από την κάθοδο και έχει μια οπή στην κλειστή βάση του για να διαφεύγουν τα ηλεκτρόνια. Αυτό το ηλεκτρόδιο είναι συνδεδεμένο με ένα ποτενσιόμετρο έτσι ώστε να μεταβάλουμε το δυναμικό του(κουμπί INTENSIT). Η εστίαση της φωτεινής κηλίδας γίνεται με ένα ποτενσιόμετρο οπού είναι συνδεδεμένη η δεύτερη. Σαν βασικές ρυθμίσεις και χειρισμούς του παλμογράφου εννοούμε αυτούς που επιτρέπουν την απεικόνιση και μέτρηση ενός μεταβαλλόμενου σήματος. Εδώ θα περιγράψουμε τους χειρισμούς αυτούς οι οποίοι μεταξύ άλλων είναι: Η ρύθμιση της φωτεινότητας, η εστίαση της δέσμης, η ρύθμιση της οριζόντιας και κατακόρυφης θέση της δέσμης, η επιλογή κατάλληλης ενίσχυσης κ.α.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ ΜΕΣΩ Η/Υ

### 3.1 ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΗΜΑΤΑ

---

#### Κατηγορίες Σημάτων

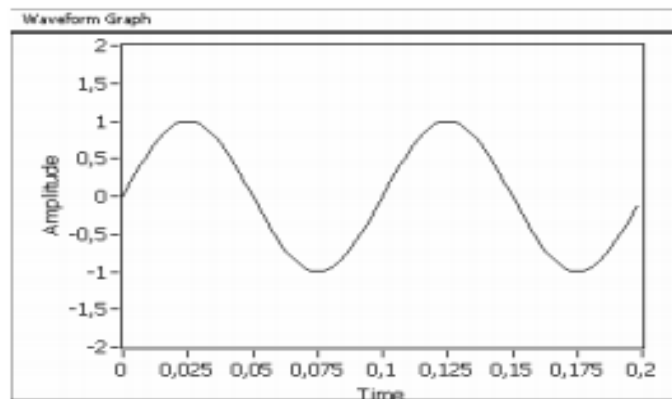
Σε ένα σύστημα μετρήσεων, το σήμα εξόδου αποτελεί μορφή μεταβαλλόμενης τάσης, δηλαδή η τιμή της μεταβάλλεται με την πάροδο του χρόνου και εξαρτάται από τους παράγοντες του συστήματος.

Τα σήματα χωρίζονται στις εξής **τρεις κατηγορίες**:

#### 1)ΑΝΑΛΟΓΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ

Τα **αναλογικά σήματα** είναι συνεχή ως προς το χρόνο και το πλάτος τους. Στην περίπτωση μας αξίζει να αναφέρουμε πως το μεταβαλλόμενο σήμα της τάσης που ένα μικρόφωνο παράγει στην έξοδό του, είναι αναλογικό. Τα αναλογικά κυκλώματα στην έξοδό τους παράγουν μια τάση, ανάλογη της διέγερσης στην είσοδο, έχουν δηλαδή γραμμική λειτουργία. Αναλογικός είναι και ο τρόπος που μεταβάλλονται όλες οι φυσικές ποσότητες (θερμοκρασία, πίεση, ένταση ήχου κ.λ.π).Στο σχήμα 3.1 βλέπουμε ένα παράδειγμα αναλογικού σήματος. Ένα κλασικό αναλογικό κύκλωμα είναι ο τελεστικός ενισχυτής(OpAmp). Τα αναλογικά κυκλώματα επεξεργάζονται τις τιμές που λαμβάνουν στην είσοδό τους, οι οποίες αυτές τιμές κυμαίνονται μεταξύ κάποιων ορίων. Τα όρια αυτά ορίζονται από το μέγεθος του θορύβου και της παραμόρφωσης που υπάρχει. Μια πολύ μικρή τιμή αναλογικού σήματος στην είσοδο, πιθανόν να μην μπορεί να γίνει διακριτή, λόγω θορύβου. Μια πολύ μεγαλύτερη τιμή από την άλλη, μεγαλύτερη των ορίων, μπορεί να επιφέρει παραμόρφωση στην επεξεργασία του σήματος από το κύκλωμα και την αποτύπωση αυτού. Ένα αναλογικό σήμα ενδέχεται να περιλαμβάνει περισσότερες από μία εισόδους. Σε αυτήν την περίπτωση το σήμα εξόδου προκύπτει ως αποτέλεσμα μαθηματικών πράξεων πάνω στα σήματα εισόδου.

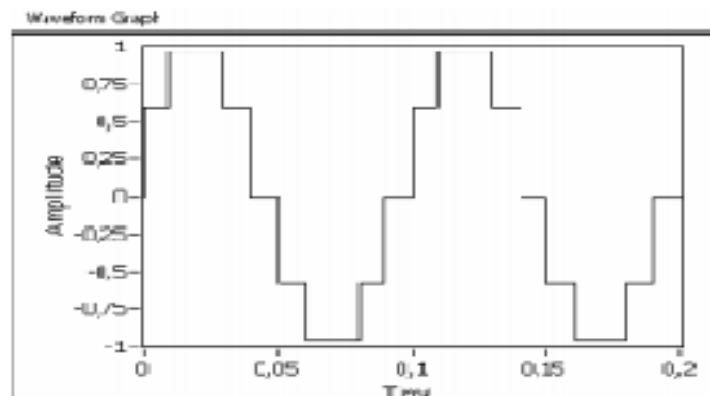
Ένα τέτοιο παράδειγμα, είναι ένας αθροιστής φτιαγμένος με τελεστικούς ενισχυτές, που διαθέτει δύο εισόδους και μια έξοδο.



*Σχήμα 3.1: Αναλογικό σήμα τάσης*

## 2) ΔΙΑΚΡΙΤΑ ΣΗΜΑΤΑ

Αυτής της κατηγορίας τα σήματα είναι διακριτά στο χρόνο και στο πλάτος τους. Προκύπτουν παίρνοντας δειγματοληπτικές μετρήσεις του αναλογικού σήματος. Ένα τέτοιο παράδειγμα σήματος, που έχει υποβληθεί σε δειγματοληψία σε συγκεκριμένες χρονικές στιγμές, φαίνεται στο σχήμα 3.2.



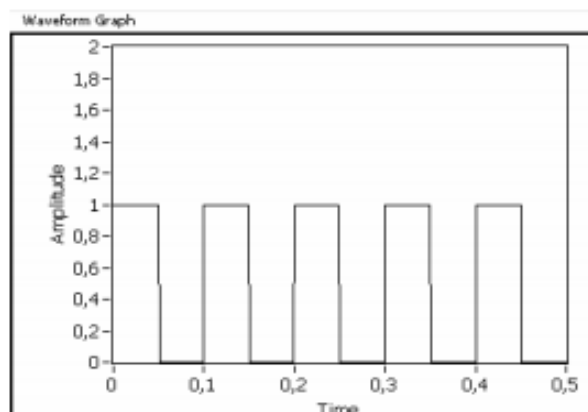
*Σχήμα 3.2: Διακριτό Σήμα*



### 3) ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΗΜΑΤΑ

Ένα σήμα, το οποίο σύμφωνα με την δειγματοληψία που έχει υποβληθεί, είναι **α)**διακριτό στον χρόνο και **β)**παίρνει τιμές σύμφωνα με διακριτές κβαντικές στάθμες κωδικοποιημένες στο δυαδικό σύστημα μέτρησης με την βοήθεια των λογικών καταστάσεων '0 και 1',ονομάζεται **ψηφιακό σήμα**. Η χρησιμοποίηση ψηφιοποιημένων μορφών σημάτων, βοηθάει πολύ στην επεξεργασία, διότι η επεξεργασία των αναλογικών σημάτων είναι μια πιο αβέβαιη διαδικασία. Γι'αυτόν τον λόγο, επειδή η πλειονότητα των αισθητηρίων παράγουν αναλογικό σήμα στην έξοδο, υπάρχουν οι ψηφιακοί μετατροπείς οι οποίοι το μετατρέπουν σε ψηφιακό. Έτσι λοιπόν το αναλογικό σήμα εισόδου μετατρέπεται σε ψηφιακό κατά την έξοδο. Με αυτή την μέθοδο παρατηρούμε μια συνεχή αναλογική τάση με μια ομάδα διακριτών ψηφιακών αριθμών.

Γενικά, το σύστημα το οποίο μπορεί να παράγει και να κωδικοποιήσει έναν συγκεκριμένο αριθμό από διακριτές στάθμες, μεταξύ δύο ορίων, ονομάζεται ψηφιακό σύστημα. . Για παράδειγμα, σε ένα σύστημα πέντε ψηφίων (5 bits) αναπαριστούμε  $2^5 = 32$  στάθμες, ανάμεσα στο 00000 και στο 11111 (=31) και τις κωδικοποιούμε με τη βοήθεια του δυαδικού συστήματος. Η λειτουργία των ψηφιακών συστημάτων είναι μη γραμμική. Τα ψηφιακά συστήματα επιτρέπουν την επεξεργασία μεγάλων σημάτων. Στηρίζονται στη λογική των διακοπών και η έξοδός τους παρομοιάζεται με μια σειρά από καταστάσεις ON-OFF.Στο κεφάλαιο 3.2 θα αναφερθούμε στη διαδικασία ψηφιοποίησης ενός αναλογικού σήματος αναλυτικότερα, ώστε να καλυφθούν τυχόν κενά κατανόησης.



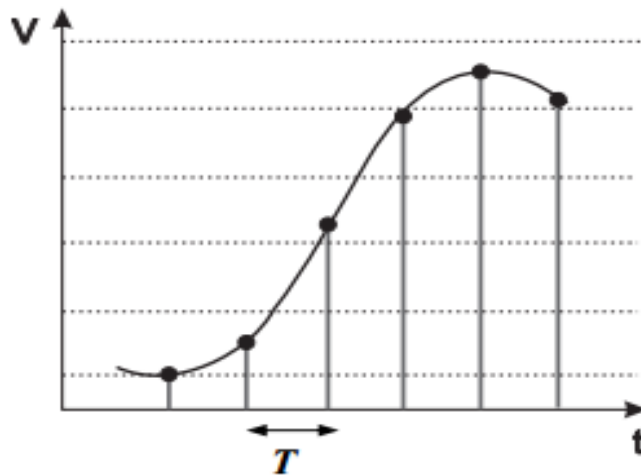
*Σχήμα 3.3: Ψηφιακό Σήμα*

## 3.2 ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΑ

---

Ένα αναλογικό σήμα, μπορεί να παραχθεί από ένα ψηφιακό, εάν το πρώτο υποβληθεί σε επεξεργασία. Σε πρώτη φάση υποβάλλουμε το σήμα σε Δειγματοληψία (sampling). Με την επεξεργασία αυτή, προκύπτει η μετατροπή του αναλογικού σήματος, σε ένα σύνολο διακριτών τιμών, ανάμεσα σε κάποια δεδομένα όρια. Ένα παράδειγμα τέτοιας δειγματοληψίας απεικονίζεται στο Σχήμα 3.4.

Η περίοδος δειγματοληψίας συμβολίζεται με το γράμμα  $T$  και είναι το χρονικό διάστημα ανα το οποίο πραγματοποιείται μια λήψη μέτρησης, σημειώνεται η εκάστοτε τιμή του σήματος, η οποία αντιπροσωπεύεται με τις μαύρες τελείες στο γράφημα.



*Σχήμα 3.4: Δειγματοληψία και στάθμες κβάντισης ψηφιακού σήματος*

Για την κατανόηση αυτής της μετατροπής αναλογικού σε ψηφιακό σήμα, θα χρειαστεί να μελετήσουμε κάπως αναλυτικότερα, δύο κεντρικές έννοιες:

### **α) Στάθμες κβάντισης**

Ένα ψηφιακό σύστημα μπορεί να διακρίνει, ανάμεσα στα δεδομένα όρια, ένα μέγιστο πλήθος από στάθμες. Ανάλογα με το πόσο πολύπλοκο είναι ένα σύστημα, το μέγιστο αυτό πλήθος που ισούνται με τον αριθμό 2, υψωμένο σε κάποια δύναμη.

Παίρνουμε ως παράδειγμα μια τάση που έχει την δυνατότητα να μεταβάλλεται ανάμεσα στα 0 και τα 20 Volts. Για τον προσδιορισμό του ποσού των διακριτών καταστάσεων που θα χρησιμοποιήσουμε για την περιγραφή αυτής της τάσης, θα υψώσουμε τον αριθμό 2 σε κάποια δύναμη. Ας πούμε ότι η δύναμη αυτή είναι το 5. Θα προκύψουν, επομένως, 32 δυνατές καταστάσεις ανάμεσα στα όρια. Οπότε οι επιτρεπτές τιμές τις οποίες θα μπορεί να πάρει το σήμα, από 0 έως και 20Volt, θα πρέπει να απέχουν μεταξύ τους  $20:32=0.625$  και οποιαδήποτε άλλη τιμή εκτός από αυτές είναι μη επιτρεπτή. Οι διακριτές αυτές καταστάσεις, ονομάζονται στάθμες κβάντισης.

Οι τιμές της αναλογικής τάσης που προκύπτουν απ'την αρχική δειγματοληψία του αναλογικού σήματος, αντιστοιχίζονται στην πλησιέστερη σε αυτές τιμή από τις στάθμες κβάντισης. Ένα παράδειγμα απεικονίζεται στο σχήμα 3.4. Οι οριζόντιες γραμμές παριστάνουν τις στάθμες κβάντισης ενός ψηφιακού σήματος.

### **β) Δύο δυνατές καταστάσεις τάσης – Δυαδική κωδικοποίηση**

Οι κβαντισμένες τιμές της αναλογικής τάσης που έχουν προκύψει από την δειγματοληψία του αρχικού σήματος, απ' τις οποίες η καθεμία αντιστοιχεί σε μία στάθμη κβάντισης, κωδικοποιούνται στο δυαδικό σύστημα και μετατρέπονται σε μια ακολουθία τάσεων παίρνοντας τιμές 0 ή 1.

Το τελευταίο στάδιο στην διαδικασία μετατροπής ενός αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, είναι η κωδικοποίηση της στάθμης κβάντισης στο δυαδικό σύστημα και η μετατροπή αυτής στις ανάλογες καταστάσεις τάσης.

Μόνο σε ένα τέλειο ψηφιακό σύστημα μπορούμε να μιλήσουμε για τάσεις που ισούνται με μηδέν(0) και (5) Volts, καθώς στην πραγματικότητα οι τιμές της τάσης απλά κυμαίνονται μεταξύ αυτών των τιμών, ανάμεσα σε κάποια αποδεκτά όρια. Αυτές οι τιμές εξαρτώνται από την ικανότητα του εκάστοτε κυκλώματος να παρέχει ή να απάγει το ρεύμα.

## **ΛΟΓΟΙ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ**

Τα ψηφιακά συστήματα χρησιμοποιούνται σήμερα κυρίως για τον λόγο ότι είναι αρκετά αξιόπιστα όσον αφορά:

- i) την μετάδοση και την αναπαραγωγή,**
- ii) την δυνατότητα επεξεργασίας και αποθήκευσης των σημάτων**

και γενικότερα, λόγω των παραπάνω, καθιστούν αρκετά πιο εύκολη την ανάγνωση και ανάλυση των σημάτων.

Η πληροφορία αναπαρίσταται με την βοήθεια δύο τιμών τάσεων, 0 και 5 V ή -10 και 10 V και η μεταδιδόμενη πληροφορία δεν αλλάζει ακόμα και σε περίπτωση εξασθενημένου ή αλλοιωμένου σήματος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως τα ψηφιακά συστήματα είναι κατασκευασμένα έτσι ώστε να διακρίνουν δύο εντελώς διαφορετικές τιμές τάσης, οι οποίες αντιστοιχίζονται εκ νέου στις λογικές τιμές 0 και 1. Συμπερασματικά στα ψηφιακά συστήματα υπάρχει σαφώς μεγαλύτερο περιθώριο θορύβου, συγκριτικά με τα αναλογικά.

Έχοντας μετατρέψει το σήμα σε δυαδική μορφή, έχουμε την δυνατότητα να το επεξεργαστούμε και να το αναλύσουμε πιο άμεσα, σε πραγματικό χρόνο. Μπορούμε με αυτόν τον τρόπο να δημιουργήσουμε ειδικά εφέ ή και να βελτιώσουμε την ποιότητα του σήματος. Μας δίνεται επίσης η δυνατότητα αποθήκευσης του σήματος σε ψηφιακή μορφή, μέσω κάποιας συσκευής μνήμης, έτσι ώστε να επανέλθουμε σε μεταγενέστερο χρόνο για ανάλυση και αναμετάδοση.

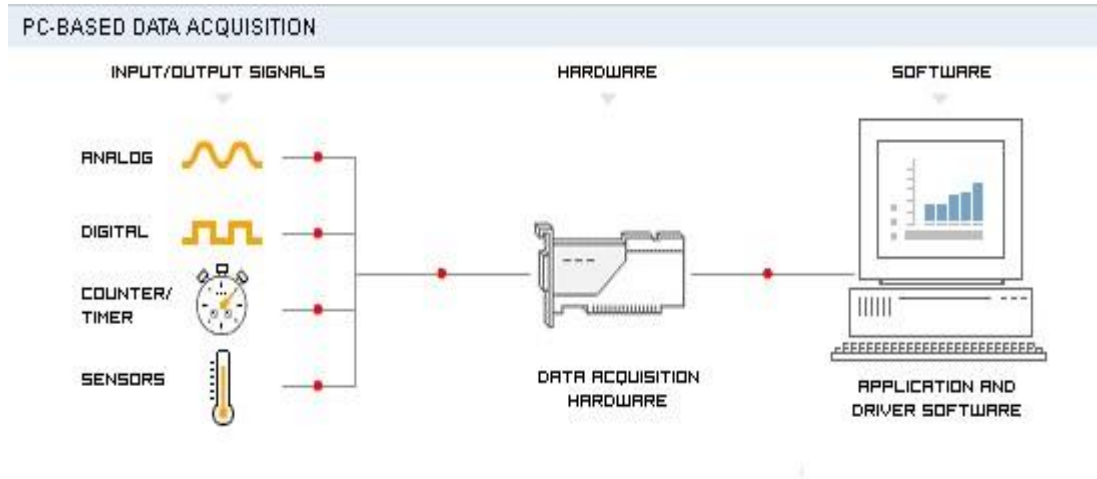
Αυτοί κυρίως είναι οι λόγοι που τα ψηφιακά συστήματα σήμερα είναι τα επικρατέστερα σε όλες τις μορφές μετάδοσης της πληροφορίας, δηλαδή η ποιότητά τους, το χαμηλό τους κόστος και η ευκολία στο χειρισμό τους.

### 3.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΒΑΣΙΣΜΕΝΑ ΣΕ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ

---

Σήμερα, όταν αναφερόμαστε σε ψηφιακά συστήματα μετρήσεων, εννοούμε κυρίως την παρουσία ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή (PC). Μέσω αυτού γίνεται η επεξεργασία, η απεικόνιση και η αποθήκευση των δεδομένων. Η ταχύτατη εξέλιξη των ψηφιακών συστημάτων και η δημιουργία νέων προτύπων στον χώρο των μετρήσεων, οφείλεται και στην βοήθεια των υπολογιστών.

Στο σχ. 3.5 βλέπουμε μια τυπική διάταξη συλλογής δεδομένων μετρήσεων, που στηρίζεται σε μικροϋπολογιστή.



*Σχήμα 3.5: Τυπική διάταξη συλλογής δεδομένων μετρήσεων βασισμένη σε υπολογιστή*

Το υλικό που εμφανίζεται στο κέντρο στην παραπάνω διάταξη, παίζει βασικό ρόλο. Είναι μία κάρτα που ονομάζεται DAQ(DataAcquisition)και συνδέεται στον υπολογιστή, συνήθως στην υποδοχή PCI,και η δουλειά της είναι η μετατροπή και η ρύθμιση του σήματος που προέρχεται από τον αισθητήρα. Μετατρέπει δηλαδή, μέσω αναλογικών εισόδων, τα αναλογικά σε ψηφιακά σήματα. Η αντίστροφη διαδικασία,στην πλειονότητα των περιπτώσεων, είναι επίσης εφικτή. Τέλος, παρέχει εισόδους ή εξόδους παλμών χρονισμού καθώς και εισόδους και εξόδους ψηφιακών σημάτων.

Τις περισσότερες φορές ωστόσο, της κάρτας DAQπροηγείται ένα υλικό που συνδέεται με τα αισθητήρια,το οποίο αναλαμβάνει την ρύθμιση του σήματος, δηλαδή ένα σύστημα ρύθμισης(ConditioningSystem).Οι λειτουργίες που αναλαμβάνει είναι η ενίσχυση, η εξασθένιση ,το φιλτράρισμα και η προσαρμογή των σημάτων.

### 3.4. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΜΕ ΠΑΛΜΟΓΡΑΦΟ ΜΕΣΩ Η/Υ

---



Για να μπορέσουμε να πάρουμε μετρήσεις παλμογράφου στον υπολογιστή χρειάζεται και το ανάλογο λογισμικό. Στην αγορά υπάρχουν αρκετά λογισμικά όπου σου επιτρέπουν, συνδέοντας τον παλμογράφο στον υπολογιστή, να αποτυπώσεις στην οθόνη μετρήσεις του παλμογράφου.

Το αναλογικό σήμα που λαμβάνει η είσοδος του υπολογιστή (θύρα μικροφώνου), μετατρέπεται, σύμφωνα με την διαδικασία που αναλύθηκε παραπάνω, σε ψηφιακό και έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να το καταγράψουμε, να το επεξεργαστούμε, να το αναλύσουμε, να το διαμορφώσουμε μέσω του Η/Υ.

Από εκεί και πέρα, σημαντικό ρόλο παίζει το πρόγραμμα το οποίο θα χρησιμοποιήσουμε, ως προς τις δυνατότητες που μας δίνει, πόσο κατανοητό και εύχρηστο είναι.

Κάποια προγράμματα που θα ασχοληθούμε παρακάτω είναι :

Visual analyser: Μετατρέπει πλήρως τον υπολογιστή μας σε παλμογράφο με όλες τις απαραίτητες λεπτομέρειες ακόμα και με την δυνατότητα μέτρησης της:

- i) **Διαφοράς Δυναμικού εναλλασσόμενου ρεύματος,**
- ii) **Τάση ( $V_{rms}$ ,  $V_{peak}$ ,  $V_{p-p}$ ),**

αλλά κ άλλων μεγεθών όπως:

- iii) **Συχνότητα (F),**
- iv) **Ισχύ (P),**
- v) **Πλάτος του κύματος (A).**

Γενικά ο Visual Analyser είναι ένα “εργαλείο” που μπορεί να προσομοιώσει έναν ψηφιακό παλμογράφο στην οθόνη του υπολογιστή μας και μας δίνει την δυνατότητα σε ρυθμίσεις που κάνουν την ανάλυση και την διεξαγωγή μετρήσεων πιο αξιόπιστη. Ο ψηφιακός παλμογράφος είναι το πρόγραμμα που πρακτικά επικαλείται τις κατάλληλες “διευθύνσεις” από το σύστημα του υπολογιστή και αναπαράγει την κυματομορφή εισόδου στο μικρόφωνο της κάρτας ήχου, στο πλαίσιο της φόρμας του προγράμματος με πολύ καλά αποτελέσματα. Επίσης οι βασικότερες ρυθμίσεις έχουν επιλεγεί για την ομαλή λειτουργία του προγράμματος.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

## Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΕΙΑ ΤΟΥ Probejack

### 4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Στα προηγούμενα κεφάλαια κάναμε μια εισαγωγή στις μονάδες μέτρησης του ηλεκτρικού ρεύματος και αναφερθήκαμε στην διαδικασία και στα όργανα μέτρησης. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφερθήκαμε στην λειτουργία του παλμογράφου και τις δυνατότητές του, ενώ στο τρίτο κεφάλαιο καλύψαμε σε θεωρητικό επίπεδο την απεικόνιση και επεξεργασία σημάτων μέσω Η/Υ. Ήρθε η ώρα λοιπόν σε αυτό το κεφάλαιο να αναλύσουμε την κατασκευή και λειτουργία του probe\_jack, να δούμε πως θα πάρουμε μετρήσεις παλμογράφου μέσω της αναλογικής θύρας ενός οποιουδήποτε ηλεκτρονικού υπολογιστή. Αυτό που κάναμε ήταν να κατασκευάσουμε μια πλακέτα η οποία θα μας επιτρέψει να πάρουμε μετρήσεις παλμογράφου στον υπολογιστή μας.

### 4.2. ΔΙΑΤΑΞΗ ΠΛΑΚΕΤΑΣ

---

Η διάταξη που θα αντικαταστήσει τον παλμογράφο και θα μας επιτρέψει να πάρουμε μετρήσεις στον υπολογιστή μας απεικονίζεται στο σχήμα 4.2.1

Όπως βλέπουμε η διάταξη αποτελείται από τα εξής στοιχεία:

Μετασχηματιστής: Είναι τοποθετημένος ακριβώς μετά την πηγή που θέλουμε να μετρήσουμε και αυτό διότι η αναλογική είσοδος του υπολογιστή μας δεν μπορεί να δεχτεί τάση μεγαλύτερη των 12 βολτ. Επομένως η δουλειά του M/T είναι να μειώσει την τάση σε επιτρεπτά επίπεδα για τον υπολογιστή. Επομένως ο λόγος του M/T υποβιβασμού είναι  $230\text{ V} / 12\text{ V}$  και  $50\text{ Hz}$   $10\text{ W}$ .

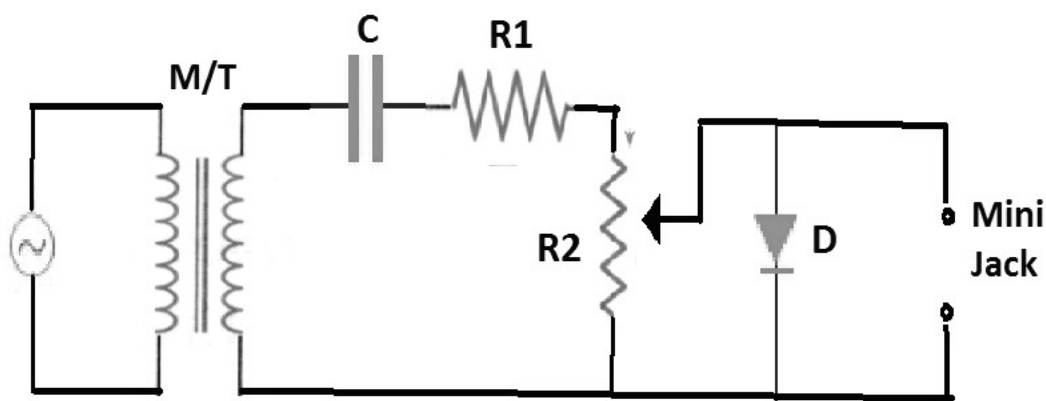
Πυκνωτής(C): Χρησιμοποιούμε πυκνωτή στο κύκλωμα για να εξομαλύνουμε την τάση και να αποφύγουμε πιθανούς θορύβους του δικτύου ,όσον είναι δυνατό, ώστε να πάρουμε όσο πιο ακριβή απεικόνιση της κυματομορφής γίνεται. Η τιμή της χωρητικότητας του πυκνωτή θα είναι 100 nf.

Αντιστάσεις(R): Χρησιμοποιούν στο να ελέγξουμε την ροή του ρεύματος στο κύκλωμα. Στο κύκλωμα έχουμε βάλει μια σταθερή(R1) και μια μεταβλητή αντίσταση(R2) των 10KΩ.

Δίοδος(D): Για το καλύτερο αποτέλεσμα επιλέχτηκε πριν τον υπολογιστή μια δίοδος η οποία επιτρέπει την διέλευση του ρεύματος μόνο προς την μια κατεύθυνση και κόβει από την αντίθετη.

Τέλος καταλήγουμε στο βύσμα mini\_jack που διαθέτουν οι αναλογικές εισοδοί όλων των υπολογιστών.

Να τονίσουμε εδώ ότι στο παρακάτω κύκλωμα η πηγή τάσης που φαίνεται δεν είναι σταθερή αλλά είναι η πηγή που θέλουμε να μετρήσουμε κάθε φορά.



Σχήμα 4.2.1: Διάταξηprobe\_jack

Έχοντας κατασκευάσει αυτή την πλακέτα σχετικά μικρού κόστους, και με το ανάλογο πρόγραμμα, μπορούμε να διευκολύνουμε σημαντικά την καταγραφή μετρήσεων οποιουδήποτε παλμού μέσω του προσωπικού μας υπολογιστή. Το αναλογικό σήμα που λαμβάνει η είσοδος του υπολογιστή(θύρα μικροφώνου)μετατρέπεται, σύμφωνα με την διαδικασία που αναλύθηκε παραπάνω, σε ψηφιακό και έτσι μας δίνεται η δυνατότητα να το καταγράψουμε, να το επεξεργαστούμε, να το αναλύσουμε, να το διαμορφώσουμε μέσω του H/Y.

Αρχικά πρέπει να τοποθετήσουμε το mini\_jack του Probe στο μικρόφωνο(MIC) της κάρτας ήχου για ένα κανάλι(μονοφωνικό) ή στο MIDI για δύο κανάλια(στερεοφωνικό-είναι απαραίτητη η χρήση στερεοφωνικού Probe-jack).Έπειτα πατώντας το κουμπί 'On' μπαίνει σε λειτουργία ο παλμογράφος. Αφού συνδέσουμε το Probe-jack εφαρμόζουμε την πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος και πατάμε 'startmissuresignal'.Έπειτα Ρυθμίζουμε το ποτενσιόμετρο ώστε να πάρουμε την επιθυμητή ένδειξη.



## **Τεχνικά χαρακτηριστικά κάρτας ήχου**

Οι κάρτες ήχου του Η/Υ μας μπορεί εύκολα να μετατραπεί σε ένα όργανο αναπαράστασης κυματομορφής και σε συνδυασμό με το απαραίτητο πρόγραμμα να έχουμε έναν ολοκληρωμένο παλμογράφο.

Η ταχύτητα μέτρησης της κάρτας ήχου είναι max 44.000Hz 32bit και μπορεί να αναπαραστήσει συχνότητες ακουστικές 20Hz-20KHz. Ο περιορισμός αυτός είναι και συνθήκη του Probe-jack

όπου αποτελείται από ηλεκτρονικά φίλτρα εισαγωγής συχνοτήτων που ικανοποιούν αυτήν την συνθήκη.

## **Τάση συνεχούς ρεύματος**

Είναι σχεδόν αδύνατο να μετρηθεί η τάση συνεχούς ρεύματος (γίνεται με ένα συνηθισμένο πολύμετρο). Αυτό γιατί η κάρτα ήχου αποτελείται από ενσωματωμένους πυκνωτές που επιτρέπουν μόνο το εναλλασσόμενο ρεύμα να περάσει

και να αναπαρασταθεί στην οθόνη του Η/Υ μας. Από παρόμοιους πυκνωτές αποτελείται και το Probe-jack ως διάταξη ανωδιαβατών φίλτρων με αποτέλεσμα να επιτρέπει μόνο το εναλλασσόμενο ρεύμα να φτάσει στην κάρτα ήχου αποκλείοντας έτσι τους θορύβους συνεχούς ρεύματος.

## **Παλμογράφος ως Αμπερόμετρο**

Με την κατάλληλη διάταξη μπορούμε να μετρήσουμε και την ένταση ρεύματος οποιουδήποτε κυκλώματος (Αμπέρ) αρκεί η διαφορά δυναμικού στα άκρα του διπόλου της διάταξης (πχ αντίσταση) να μην ξεπερνάει τα επιτρεπτά όρια τάσης (24voltmax).

Στο στερεοφωνικό Probe\_jack (2 καναλιών) μπορούμε να υπολογίσουμε μέχρι και την διαφορά φάσης μεταξύ τάσης έντασης.

Το κύκλωμα του Probe\_jack είναι κατασκευασμένο όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για τάσεις μέχρι 24volt ενεργούς τιμής ( $V_{rms}$ ) όπως μετريέται με ένα πολύμετρο στην κλίμακα εναλλασσόμενου.

Σε περίπτωση που επιχειρήσετε να εφαρμόσετε μεγαλύτερη τάση των 24volt υπάρχει μεγάλη πιθανότητα βλάβης του συστήματος και καμία ευθύνη δεν φέρει ο κατασκευαστής σε τέτοια περίπτωση.

Προτεινόμενη εναλλακτική λύση η χρήση μετασχηματιστή για την μέτρηση μεγαλύτερων τάσεων, για παράδειγμα με την επιλογή ενός Μ/Τ με λόγο 20:1 με την εισαγωγή 220volt θα έχουμε στο δευτερεύον πηνίο ~12volt που μπορεί άφοβα να χρησιμοποιηθεί για τον σκοπό μας.

Για μεγαλύτερες τάσεις των 24volt είναι απαραίτητη η χρήση buffer έντασης όπου μας επιτρέπει εισαγωγή μεγάλης έντασης ρεύματος στην είσοδο και μικρής έντασης στην έξοδο αλλά θα ήταν απαραίτητη η χρήση συνεχούς πηγής τάσης ίσως και αρνητικού δυναμικού κάτι που δεν είναι εύχρηστο στον καθένα. ΤοProbe-jack δεν χρειάζεται ρεύμα για να λειτουργήσει.....

### 4.3. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

---

#### 4.3.1. ΥΛΙΚΑ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ

Τα υλικά τα οποία χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή αυτής της πλακέτας είναι αναλυτικά τα εξής:

- **Δίοδος 1N4148 (1x)** :Μία από τις πιο συνηθισμένες διόδους. Χρησιμοποιήστε την για σήματα με τιμές ρεύματος ως και 200mA..

Τεχνικά χαρακτηριστικά :

- i) Μέγιστη εκτός λειτουργίας τάση 75V.
- ii) Τάση ορθής φοράς 1V.
- iii) Φορτίο ρεύματος 450mA.
- iv) Μέγιστο φορτίο ρεύματος που μπορεί να εφαρμοστεί 200mA.
- v) Μέγιστη τιμή τάσης 75V.
- vi) Χρόνος αντεπιστροφής 4ns.
- vii) Μεταγωγική διάδος τύπου ημιαγωγού.
- viii) ΣτήριγμαTHT(Through-hole technology).
- ix) CaseDO35.
- x) Χώρα προέλευσης: Κίνα
- xi) Κόστος : 0.2€ για την αγορά 5 διόδων.

- **Αντιστάσεις 0.6Wμε 1% ανοχή στα 10 kΩ (2x)**

Κόστος: 0.1€ για την αγορά 5 αντιστάσεων.

- **Μεταβλητή Αντίσταση(trimmer)10kΩ οριζόντια (1x)**

Κόστος: 0.3€ για την αγορά μιας αντίστασης.

- **Κεραμικός Πυκνωτή**

Τεχνικά Χαρακτηριστικά :

- i) Τύπος Κεραμικός
- ii) Χωρητικότητα 100nF
- iii) Τάση λειτουργίας 50 V
- iv) Ανοχή  $\pm 10\%$
- v) -25ως 85°C
- vi) Κατασκευαστής SR PASSIVES
- vii) Στήριγμα THT
- viii) Χώρα προέλευσης Κίνα
- ix) Κόστος: 0.1€ για την αγορά ενός πυκνωτή.

- **Μετασχηματιστής (1x)**

Τεχνικά Χαρακτηριστικά :

- i) Ρεύμα τροφοδοσίας 220-240 V.
- ii) Ισχύς 60 W.
- iii) Συχνότητα 50 Hz.
- iv) Κόστος: 6€ για την αγορά του μετασχηματιστή.

- **Πλακέτα διάτρητη :** Διάτρητη πλακέτα μονής όψης, κυκλώματος 9x15cmDIYPCBFR4.

Τεχνικά Χαρακτηριστικά :

- i) Για συγκόλληση σημείο προς σημείο.
- ii) Υλικού ενιαίου PCB χαλκού.
- iii) Διάμετρος τρυπών περίπου 1 mm.
- iv) Βήμα ανοιγμάτων 2.54 mm.
- v) Διαστάσεων 9x15 cm.
- vi) Κόστος: 1.5€ για την αγορά της πλακέτας.

- **ΒύσμαMini Jack6,3 mmυποδοχή καρφί - 3,5 mmstereo καρφί (1x)**

Κόστος: 1.5€ για την αγορά του mini\_jack.

- **Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν :**

- i) Κολλητήρι 220/240 V στα 60 W.
- ii) Θερμική κόλλα και καλάι.
- iii) Λαμπάκι LED με φωτεινή ένδειξη που ανάβει όταν λειτουργεί η πλακέτα.

Τα συγκεκριμένα είχαμε από πριν οπότε δεν θεωρούνται επιπρόσθετο κόστος.

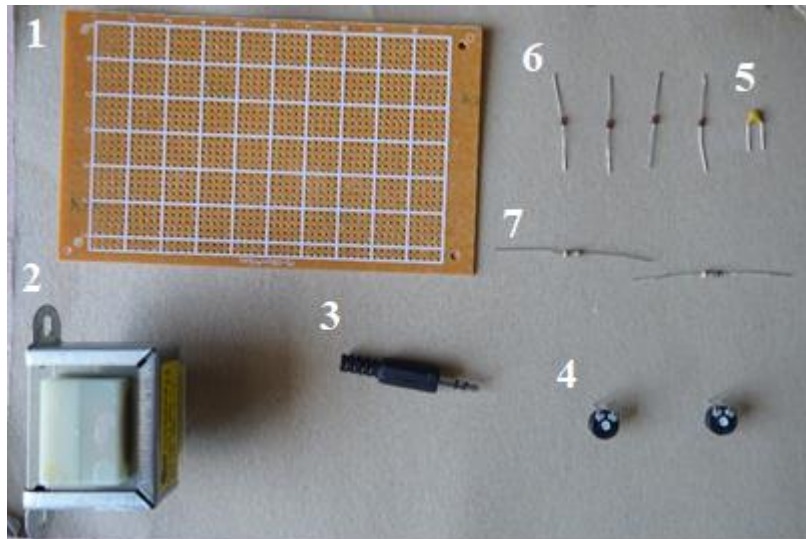
**Υπολογιζόμενο κόστος: 9.7€**

#### **4.3.2. ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

Έχοντας προμηθευτεί όλα τα απαραίτητα υλικά και έχοντας καταλήξει στο τι θέλουμε να κατασκευάσουμε, για ποιον σκοπό και στον τρόπο που θα το πετύχουμε βρεθήκαμε στον χώρο εργασίας και πιάσαμε δουλειά. Σηκώσαμε τα μανίκια, βάλαμε το κολλητήρι στην πρίζα, πιάσαμε το καλάι και ξεκινήσαμε.....

Στην Φωτογραφία 1 βλέπουμε όλα τα υλικά από τα οποία τα περισσότερα χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή της πλακέτας. Αναλυτικά έχουμε:

- i) Διάτρητη πλακέτα
- ii) Μετασχηματιστής
- iii) Mini\_jack
- iv) Μεταβλητή αντίσταση
- v) Κεραμικός πυκνωτής
- vi) Δίοδοι
- vii) Αντιστάσεις



Φωτογραφία 4.3.2.1: Υλικά κατασκευής

Η όλη διαδικασία της συγκόλλησης καθοδηγήθηκε από το σχήμα της Διάταξης Probe\_Jack(βλέπε σχήμα 4.2.1).

Μια επιμέρους διάταξη που χρειάστηκε να κατασκευάσουμε πάνω στην πλακέτα προκειμένου να πετύχουμε τον σκοπό μας είναι ο Διαιρέτης Τάσης(Voltage Divider) όπως φαίνεται και στην Φωτογραφία 2. Στην εικόνα βλέπουμε:

- i) Το LED λαμπάκι ένδειξης.
- ii) Τις δύο αντιστάσεις.
- iii) Την μεταβλητή αντίσταση
- iv) Τον κεραμικό πυκνωτή.

Ο διαιρέτης τάσης είναι μια απλή κυκλωματική διάταξη η οποία αποτελείται από δύο αντιστάτες συνδεδεμένους εν σειρά, στα άκρα των οποίων εφαρμόζεται η τάση εισόδου. Ως τάση εξόδου λαμβάνεται η διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους ακροδέκτες της μίας εκ των δύο αντιστάσεων. Οι τιμές που μπορεί να πάρει η τάση εξόδου κυμαίνονται από το 0 έως την τάση εισόδου. Η ανάλυση ενός τέτοιου κυκλώματος είναι αρκετά απλή. Σύμφωνα με την θεωρία, η ένταση του ρεύματος που διαρρέει το κύκλωμα των δύο εν σειρά αντιστάσεων ( $I$ ) προκύπτει από την διαίρεση της τάσης που εφαρμόζεται στα άκρα του κυκλώματος προς το άθροισμα των τιμών των εν σειρά αντιστάσεων. Η τάση εξόδου ( $V_{out}$ ) είναι η τάση που αναπτύσσεται στα άκρα της δεύτερης αντίστασης. Η τάση αυτή μπορεί να βρεθεί αν πολλαπλασιάσουμε το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση επί την τιμή της. Μαθηματικά δίνονται οι παρακάτω τύποι :

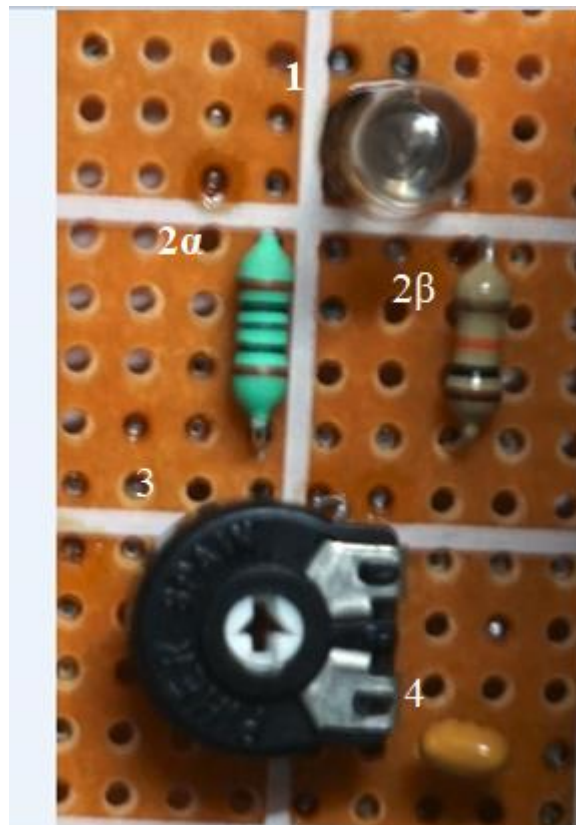
Ρεύμα κυκλώματος :

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}$$

Τάση εξόδου :

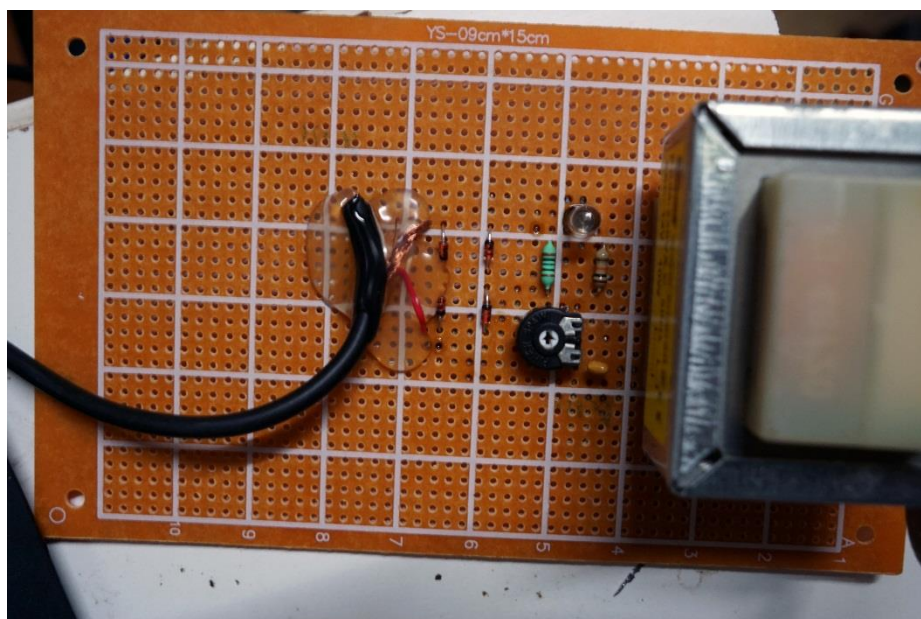
$$V_{out} = I \cdot R_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot V_{in}$$

Από την ανάλυση των παραπάνω τύπων προκύπτει πως, με την επιλογή των κατάλληλων ηλεκτρικών αντιστάσεων, μπορούμε να πάρουμε στην έξοδο οποιαδήποτε τιμή τάσης ανάμεσα στο 0 και την τάση εισόδου.



Φωτογραφία 4.3.2.2: Διαρέτης Τάσης(VoltageDivider)

Τέλος η διάταξη ολοκληρωμένη και έτοιμη για χρήση και αμέτρητες μετρήσεις και πειραματισμούς φαίνεται στην Φωτογραφία 3.



Φωτογραφία 4.3.2.3: Ολοκληρωμένη Διάταξη

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

### 5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

---

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναλύθηκε η διαδικασία κατασκευής της διάταξης της πλακέτας που θα αντικαταστήσει τον παλμογράφο και έγινε αναφορά στην λειτουργία του υπολογιστή και ειδικά της αναλογικής θύρας. Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε τις μετρήσεις που πήραμε μέσω της πλακέτας από τον υπολογιστή, τόσο από το δίκτυο της ΔΕΗ όσο και με την βοήθεια συχνογεννήτριας. Επίσης γίνεται αναφορά στην επιλογή καταλλήλου λογισμικού και τέλος αναφέρονται τα συμπεράσματα καθ' όλη την διαδικασία της πτυχιακής.

### 5.2. ΕΠΙΛΟΓΗ-ΔΟΚΙΜΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

---

Τα λογισμικά τα οποία δοκιμάστηκαν ήταν δυο: i)το SoundcardScope καιii)το VisualAnalyser.

#### 5.2.1:SoundcardScope

Το συγκεκριμένο λογισμικό λαμβάνει τα δεδομένα από την κάρτα ήχου 44,1 kHz και 16 bit. Η περιοχή συχνοτήτων εξαρτάται από την κάρτα ήχου.

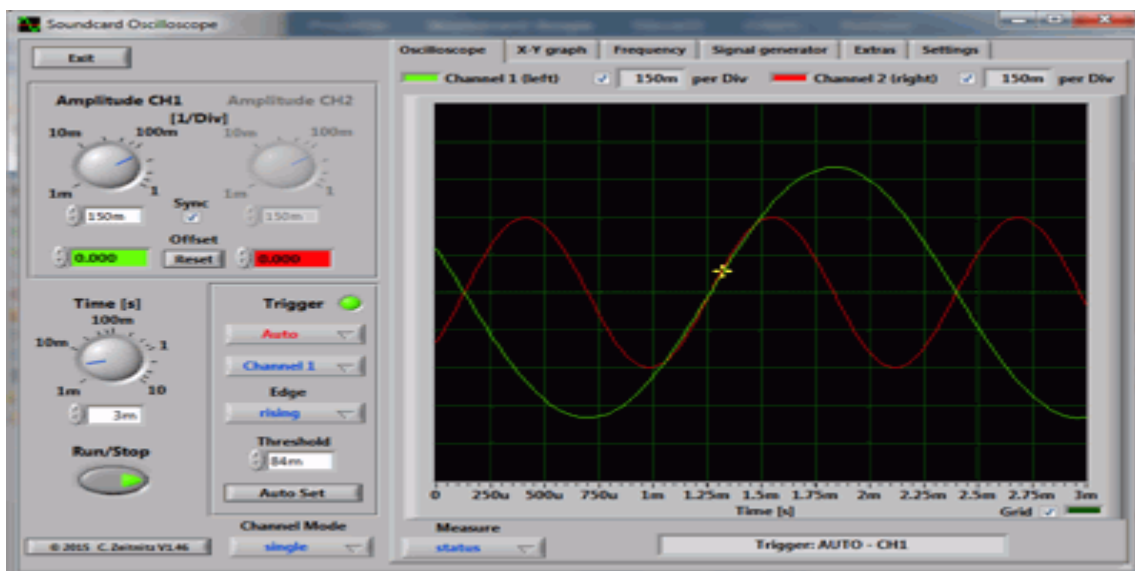
#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ :

- Ευκολία στην χρήση
- Λίγες ρυθμίσεις
- Λειτουργεία δυο καναλιών

#### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Λάθος μετρήσεις με την πλακέτα
- Μη σωστή απεικόνιση εναλλασσόμενης μορφής





Εικόνα5.2.1:SoundcardScope

### 5.2.2:VisualAnalyser

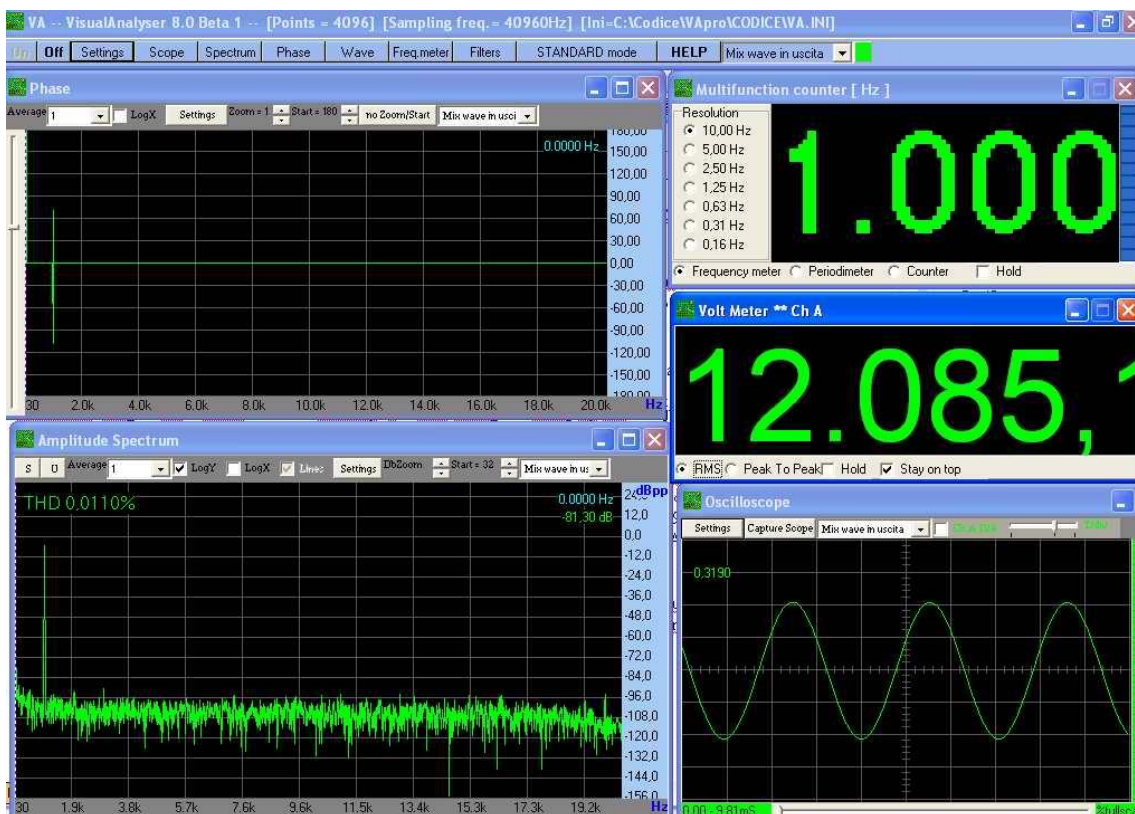
Το visualanalyser είναι ένα πρόγραμμα που περιλαμβάνει ένα πλήρες σύνολο από όργανα για ανάλυση και συντονισμό ηλεκτρονικών κυκλωμάτων ήχου με έναν υπολογιστή. Έχει την δυνατότητα καταγραφής της πλήρους συχνότητας και ανάλυσης του σήματος με μετατροπή FULLD/A.

#### ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Ακρίβεια στην μέτρηση συχνότητας
- Σωστή απεικόνιση εναλλασσόμενης μορφής

#### ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ:

- Πολύπλοκες ρυθμίσεις
- Ύπαρξη θορύβων στην καμπύλη



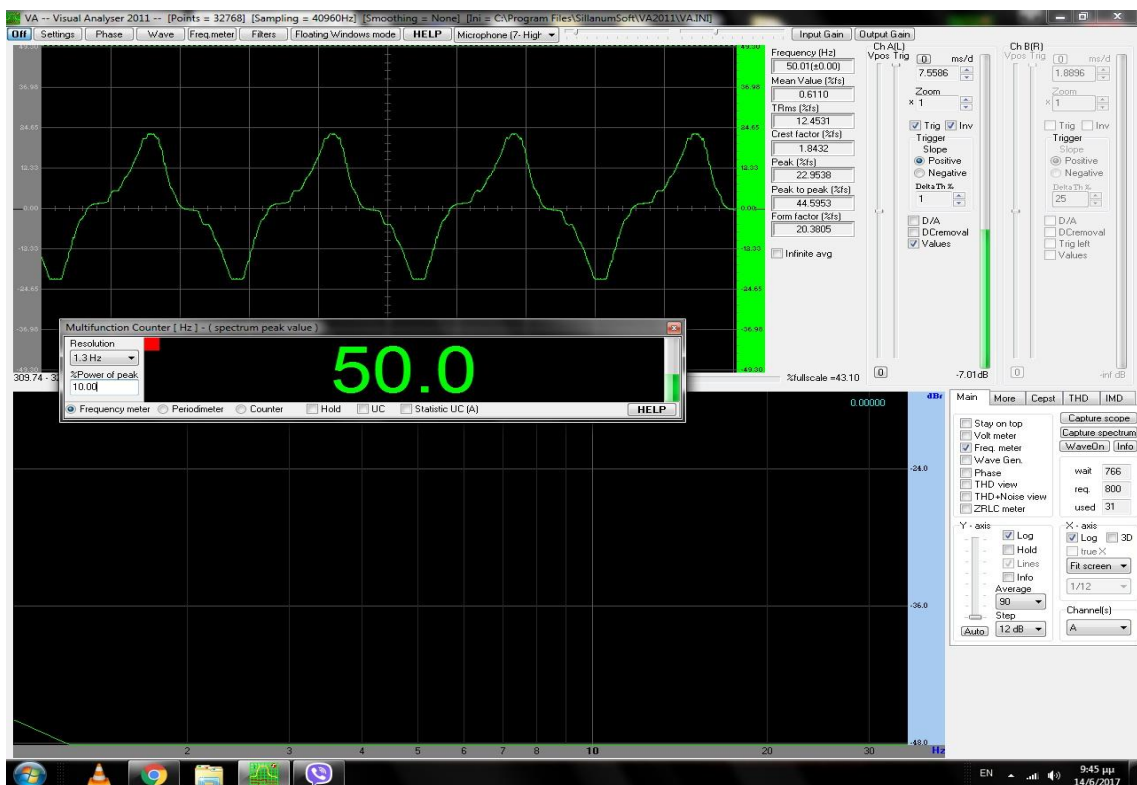
Εικόνα5.2,2:VisualAnalyser

### 5.2,3: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΠΙΛΟΓΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ

Το λογισμικό το οποίο επιλέχτηκε είναι ο visualanalyser καθώς μέσα από την διαδικασία μετρήσεων η απεικόνιση την εναλλασσόμενης μορφής ήταν κοντά σε αυτό που περιμέναμε. Βέβαια υπήρχαν κάποιοι θόρυβοι(αρμονικές) στην καμπύλη εναλλασσόμενου ρεύματος αλλά αυτό οφείλεται σε ανωμαλία στο δυτικό της ΔΕΗ. Αυτό διότι η παρατήρηση που έχουμε να καούμε είναι ότι οι θόρυβοι μεταβάλλονται από περιοχή σε περιοχή, ενώ από την συχνογεννήτρια του εργαστηρίου είναι μηδενικοί. Στα επόμενα κεφάλαια παραθέτουμε στιγμιότυπα από τις μετρήσεις που έχουμε λάβει με την πλακέτα.

### 5.3 ΜΕΤΡΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ ΔΕΗ

Οι πρώτες δοκιμές που έγιναν είναι στο δίκτυο χαμηλής τάσης της ΔΕΗ μέσω ρευματοδότη. Ως γνωστών η τάση η οποία μας παρέχει η ΔΕΗ είναι εναλλασσόμενης μορφής 230Vκαι συχνότητας 50 Hz. Έγιναν μετρήσεις με παλμογράφο αλλά και με την διάταξη μας για να μπορέσουμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα:

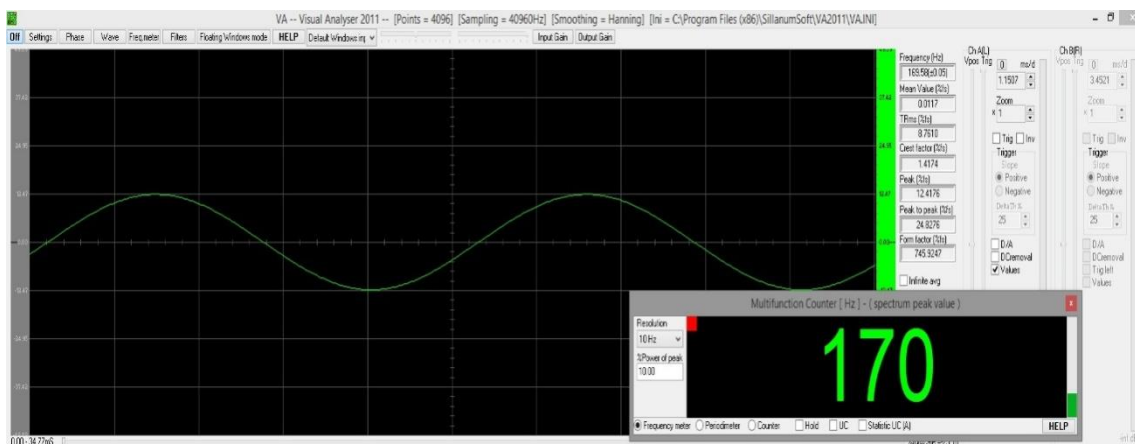


Εικόνα 5.3.1: Απεικόνιση μέτρησης τάσης δικτύου ΔΕΗ

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:** Όσον αναφορά το δίκτυο της ΔΕΗ η απεικόνιση που παίρνουμε από την διάταξη στην οθόνη του υπολογιστή μας, όπως φαίνεται στην εικόνα 5.3,1, είναι σχετικά καλή. Οι μικρές αρμονικές που παρουσιάζονται μπορεί να οφείλονται είτε στα υλικά της πλακέτας ,αλλά κυρίως στο δίκτυο της ΔΕΗ που λόγω της μεταφοράς στο σπίτι μας η τάση φτάνει με αρμονικές. Η μέτρησης της συχνότητας είναι ακριβής δηλαδή 50 Hz.

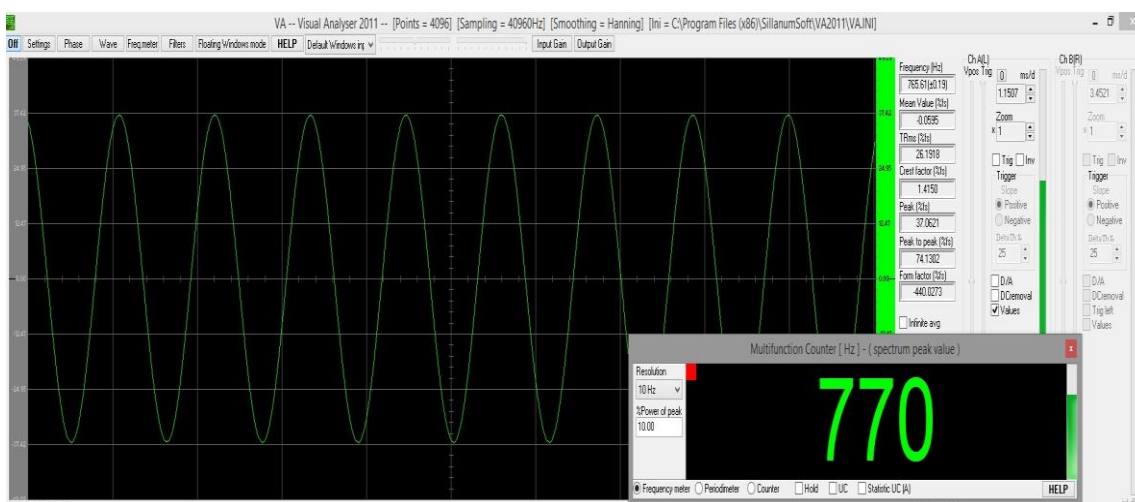
#### 5.4 ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΗΓΗΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ:

Οι επόμενες δοκιμές που έγιναν ήταν με την βοήθεια μιας συχνογεννητριας,μιας συσκευής που αποτελείται από έναν εσωτερικό μετασχηματιστή και δυο ακροδέκτες στους οποίους δημιουργείται μια διαφορά δυναμικού. Μέσω τον επιλογών που έχει η συσκευή αυτή μπορούμε να πάρουμε μια εναλλασσόμενη τάση ημιτονοειδούς η τετραγωνικής μορφής όπου έχουμε την δυνατότητα να ορίσουμε το πλάτος και την συχνότητα της.



Εικόνα 5.3.2: Απεικόνιση μέτρησης συχνογεννήτριας(1)

Η απεικόνιση στις εικόνας 5.3.2 αφορά εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 180 Hz.



Εικόνα 5.3.3: Απεικόνιση μέτρησης συχνογεννητριας(2)

Η απεικόνιση στις εικόνας 5.3.3 αφορά εναλλασσόμενη τάση συχνότητας 800 Hz.

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ:** Με τις δυο μετρήσεις που έγιναν με την γεννήτρια συχνοτήτων παρατηρούμε ότι όσο αυξάνετε η συχνότητα της Τάσης, τόσο μεγαλώνει η απόκλιση της μετρούμενης συχνότητας που απεικονίζετε στον υπολογιστή. Αυτό πιθανών οφείλεται στην κάρτα ήχου του υπολογιστή. Τέλος η απεικόνιση της ημιτονοειδούς καμπύλης είναι ακριβής σε αντίθεση με την προηγούμενη παράγραφο.

## ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την ολοκλήρωση των μετρήσεων παλμογράφου με την χρήση της πλακέτας και μέσω της αναλογικής εισόδου του υπολογιστή. Αυτό που μπορούμε να πούμε είναι ότι αυτή η διάταξη δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πολύ υψηλές συχνότητες (π.χ. ηλεκτρονικά ισχύος) διότι παρατηρήσαμε ότι στις μεγαλύτερες συχνότητες υπάρχει μια απόκλιση. Σημαντικό ρολό σε αυτό παίζει η κάρτα ήχου του υπολογιστή αλλά και τα υλικά της διάταξης που είναι ενός συγκεκριμένου κόστους (budget). Δίνοντάς μεγαλύτερη σημασία σε αυτές τις παραμέτρους αυξάνουμε σημαντικά το εύρος της συχνότητας που μπορούμε να μετρήσουμε.

Όσον αναφορά την απεικόνιση της κυματομορφής αυτή εμφανίζεται σωστά στον υπολογιστή όσο αναφορά την μορφή της. Εκεί που εντοπίζετε πρόβλημα είναι στην μέτρηση της τάσης στον υπολογιστή, και αυτό διότι για να φτάσει κατάλληλη τάση στον υπολογιστή μέσω της αναλογικής εισόδου την έχουμε μετασχηματίσει. Επομένως αυτό που βλέπει ο υπολογιστής είναι η υποβιβασμένη και όχι η μετρούμενη τάση. Αυτό μπορεί να λυθεί είτε υπολογίζοντας την τάση στο πρωτεύον σύμφωνα με τον λόγο του  $M/\Sigma$  είτε βάζοντας ένα βολτόμετρο στον πρωτεύον του  $M/\Sigma$ .

# ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

“Ηλεκτρικά Κυκλώματα” Σύγγραμμα, Joseph A. Edminister, 1980, ΕΣΠΙ ΕΚΔΟΤΙΚΗ Ε.Π.Ε., ISBN:978-960-7610-09-6

“Ηλεκτρονικά Ισχύος” Σύγγραμμα, Μανιάς Στ., 2014, Συμεών, ISBN: 978-960-9400-40-4

Εργαστηριακές Σημειώσεις Ηλεκτρικών Μετρήσεων: Στέλιος Μανωλάς ΣΤΕΦ ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τμήμα Ηλεκτρολογίας

“Μεγάλη Σοβιετική εγκυκλοπαίδεια” 1979 ΑΚΑΔΗΜΟΣΑ.Ε.

<https://el.wikipedia.org>

"Ηλεκτρικές Μετρήσεις" Σύγγραμμα, Πακίτης Σπύρος , Νίνος Δημήτρης, 2000, Ίων, ISBN:960-411-063-2

<http://meleththrio.teicm.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/26/Kef1.pdf;jsessionid=DF5FED8F2A1725E5E7B452CD1C76EA83?sequence=1>

[http://edume.myds.me/00\\_0070\\_e\\_library/10030/01\\_Electrical\\_Circuits\\_Books/02/09.PDF](http://edume.myds.me/00_0070_e_library/10030/01_Electrical_Circuits_Books/02/09.PDF)

<http://digilib.teiimt.gr/jspui/bitstream/123456789/5120/1/STEF1032013.pdf>

