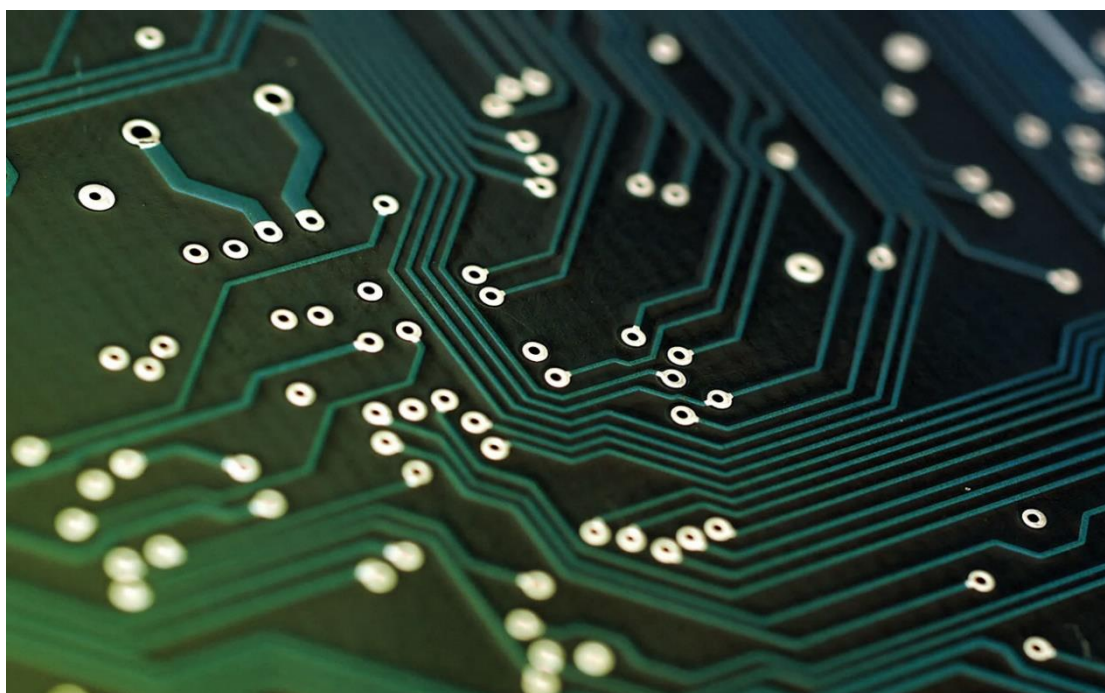


Ηλεκτρικές Μετρητικές Διατάξεις και Τεχνικές

Σχεδίαση Αισθητήρα Αερόσακου



Τσάμπρας Κωνσταντίνος

Up1083865

Επιβλέπων: Μπίρμπας Αλέξιος

Σκοπός της Εργασίας:

Η εργασία αφορά την κατασκευή ενός αισθητήρα για αερόσακο μέσα σε ένα αυτοκίνητο. Ο χωρητικός αισθητήρας πρέπει να εντοπίζει απότομες επιβραδύνσεις και επιταχύνσεις, να τις μετράει και να στέλνει ένα ψηφιακό σήμα ανάλογο του μέτρου της επιβράδυνσης/επιτάχυνσης.

Πιο συγκεκριμένα ο αισθητήρας θέλουμε να πληροί τις παρακάτω προδιαγραφές:

- Εύρος τιμών επιτάχυνσης: [-50g, 50g]
- Ακρίβεια μέτρησης: 0.1g

Σχεδιασμός:

Από τις προδιαγραφές γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι ο αισθητήρας θα αποτελείται από τέσσερα κύρια μέρη:

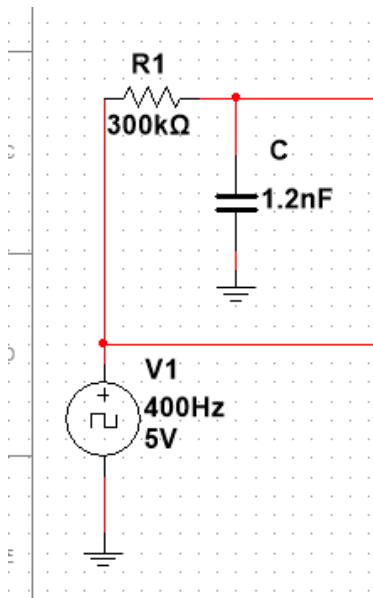
A. Το κύκλωμα φόρτισης και εκφόρτισης του πυκνωτή ο οποίος θα μεταβάλλεται ανάλογα με την επιτάχυνση του οχήματος.

B. Το κύκλωμα σύγκρισης όπου θα συγκρίνει την τιμή της τάσης στα άκρα του πυκνωτή με ένα threshold ου θα έχουμε ορίσει ανάλογα με τις προδιαγραφές.

Γ. Το κύκλωμα αρίθμησης το οποίο όσο ο πυκνωτής έχει τάση μεγαλύτερη του threshold θα αυξάνει έναν μετρητή. Έτσι όσο περισσότερη ώρα εκφορτίζεται ο πυκνωτής (άρα όσο μεγαλύτερη χωρητικότητα έχει), τόσο μεγαλύτερη θα είναι η τελική τιμή του μετρητή.

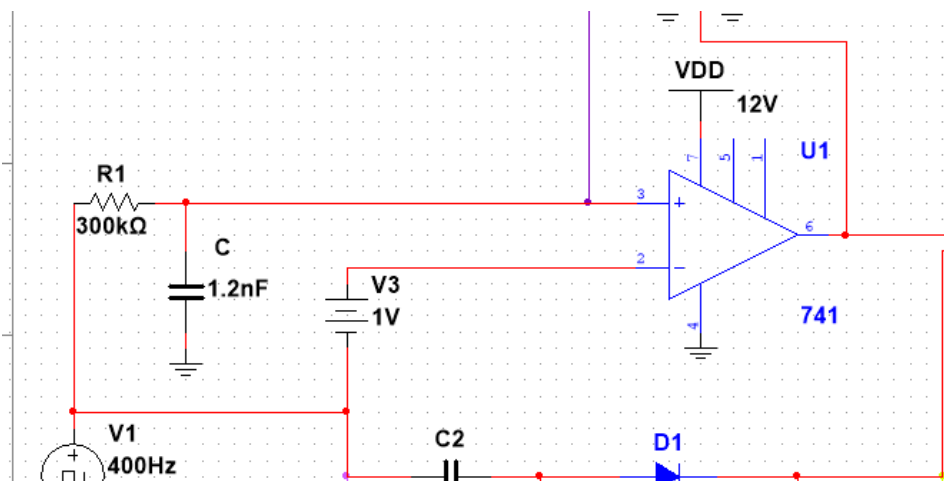
Δ. Το κύκλωμα επαναφοράς του μετρητή. Ο αισθητήρας δεν θέλουμε να λειτουργεί εφάπαξ, αλλά πολλές φορές το δευτερόλεπτο, άρα είναι αναγκαίο μετά από κάθε μέτρηση να επαναφέρουμε τον μετρητή στην τιμή 0, ώστε κάθε μέτρηση να μην επηρεάζεται από την τιμή της προηγούμενης.

➔ A. Κύκλωμα φόρτισης και εκφόρτισης του πυκνωτή



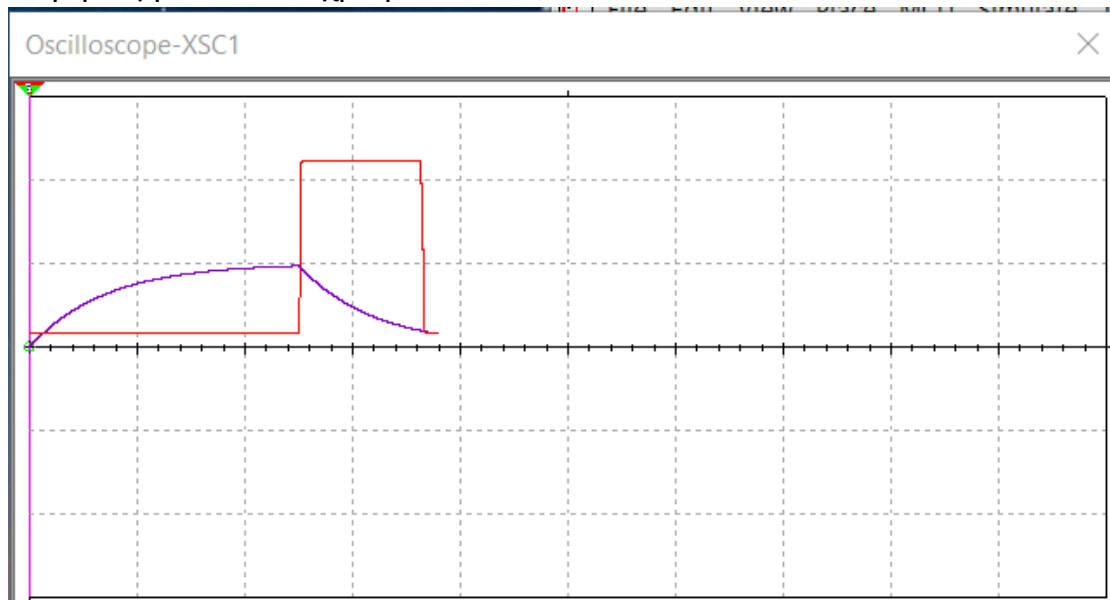
Το κύκλωμα αυτό αποτελείται από το κύριο ρολόι η συχνότητα του οποίου είναι η συχνότητα λήψης μετρήσεων, μία αντίσταση για την φόρτιση και την εκφόρτιση του πυκνωτή και τον μεταβλητό πυκνωτή που θέλουμε να μετρήσουμε. Το ρολόι παρέχει τετραγωνικούς παλμούς των 5V οι οποίοι σε κάθε περίοδο αρχικά φορτίζουν και έπειτα ξεφορτίζουν τον πυκνωτή μέσω της αντίστασης.

➔ B. Κύκλωμα σύγκρισης

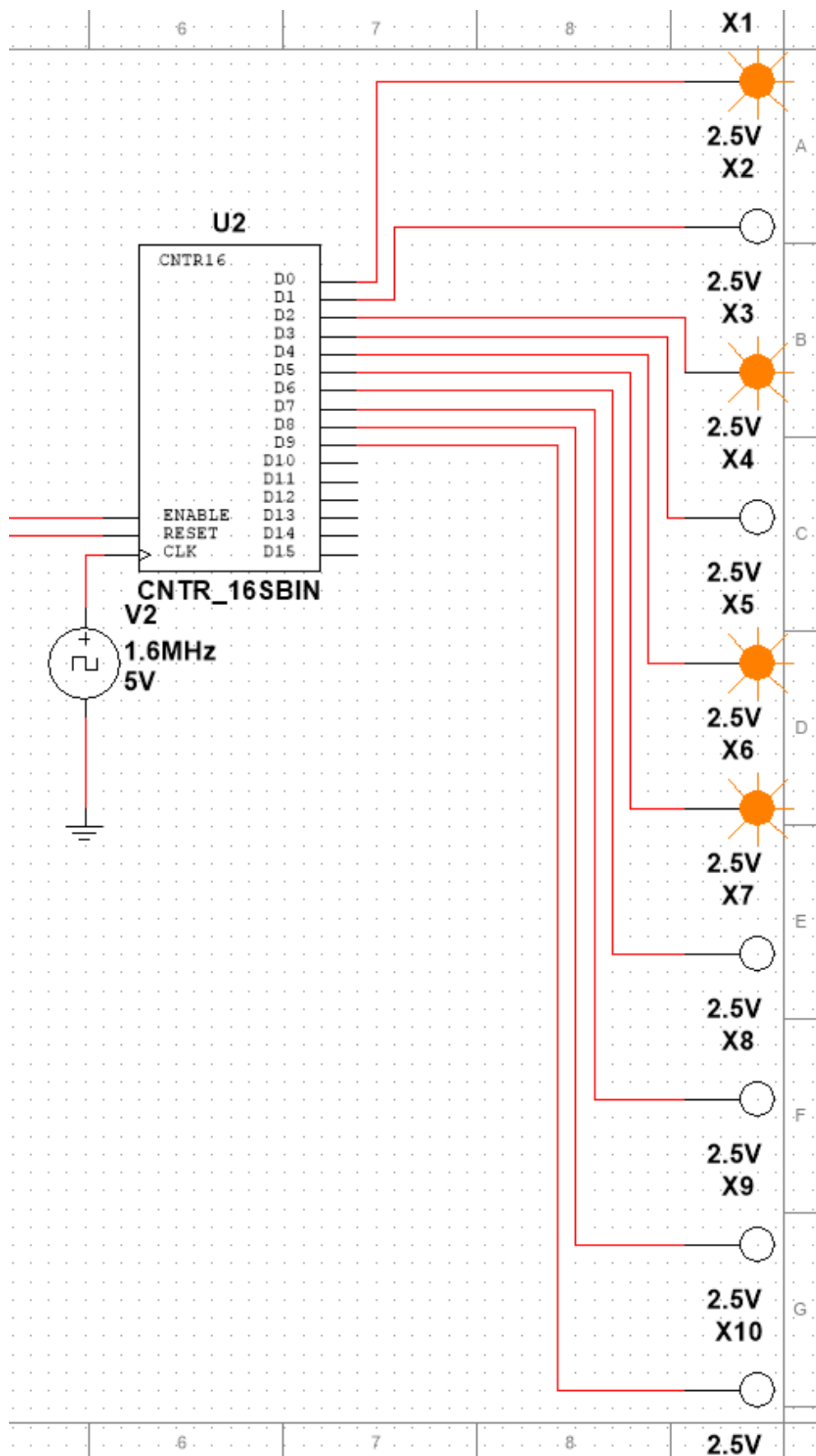


Σε αυτό το κύκλωμα συγκρίνουμε την τάση του πυκνωτή με την τάση του ρολογιού συν την τάση threshold. Αυτό γίνεται γιατί όσο το ρολόι βρίσκεται σε κορυφή (δηλαδή παρατηρείται φόρτιση του πυκνωτή) δεν θέλουμε να θεωρείται ότι η τάση του πυκνωτή περνάει το threshold. Με άλλα λόγια μας ενδιαφέρει μόνο ο χρόνος κατά τον οποίο ο πυκνωτής εκφορτίζεται και ταυτόχρονα η τάση του δεν έχει πέσει κάτω από την τάση threshold. Για την σύγκριση χρησιμοποιούμε έναν ενισχυτή 741 με τάση στα 12 Volt.

Εδώ βλέπουμε την τάση του πυκνωτή με μωβ και την έξοδο του συγκριτή με κόκκινο χρώμα

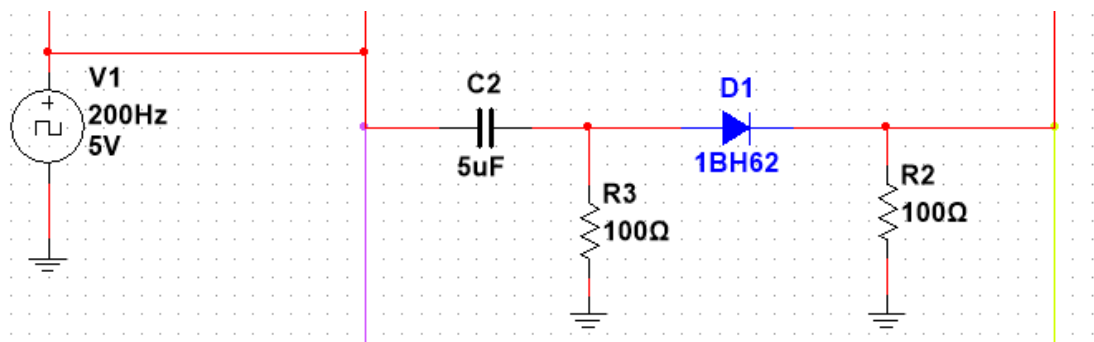


→ Γ. Κύκλωμα αρίθμησης



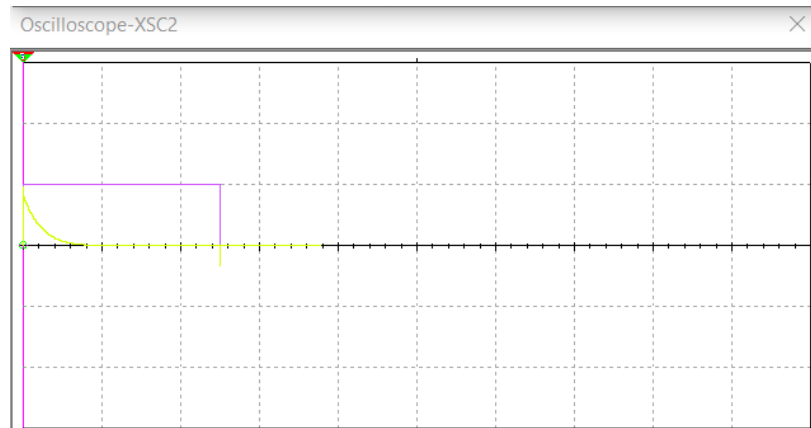
Σε αυτό το κύκλωμα χρησιμοποιούμε έναν counter των 16 bits όπου στο ENABLE συνδέουμε το σήμα της εξόδου του συγκριτή (οπότε όσο το αποτέλεσμα της σύγκρισης είναι «1», ο μετρητής αυξάνει την τιμή του), στο RESET συνδέουμε το κύκλωμα επαναφοράς που θα δούμε παρακάτω και στο CLK συνδέουμε ένα δεύτερο ρολόι πολύ μεγαλύτερης συχνότητας από το πρώτο. Έχουμε εύρος 100g και ακρίβεια 0.1g, οπότε θα πρέπει να αποθηκεύσουμε 1000 διαφορετικές τιμές, άρα θα χρειαστούμε μόνο 10/16 bit εξόδου του μετρητή οπότε τα συνδέουμε σε στοιχεία εξόδου για να παρακολουθούμε την τιμή του μετρητή: είτε 7 segment displays (που μειώνουν κατά πολύ την ταχύτητα της προσομοίωσης του κυκλώματος), είτε με LEDs που αναπαριστούν το αποτέλεσμα στο δυαδικό.

➔ Δ. Κύκλωμα επαναφοράς του μετρητή



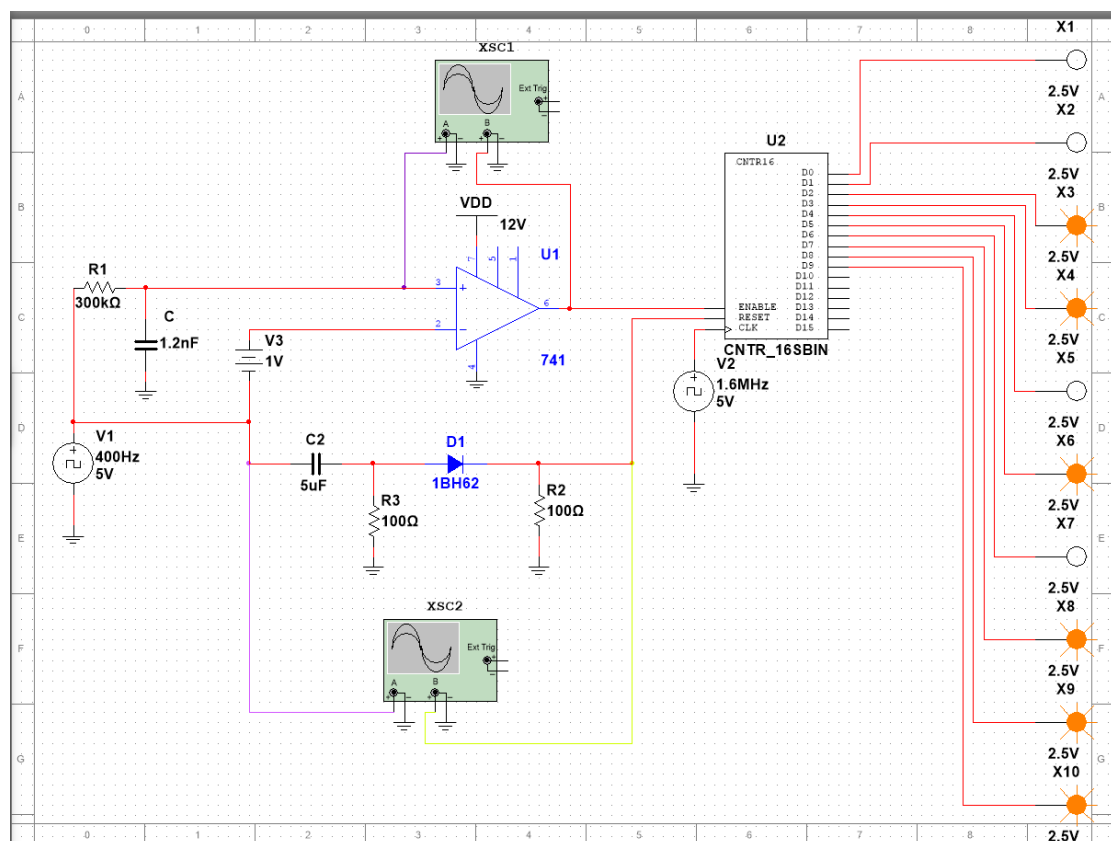
Το κύκλωμα αυτό είναι ουσιαστικά ένας negative edge detector για το βασικό ρολόι. Έτσι δημιουργούμε έναν παλμό RESET με μικρό μήκος για να μην επηρεάζει με κανέναν τρόπο την μέτρηση της χωρητικότητας του πυκνωτή η οποία συμβαίνει στις μηδενικές τιμές του ρολογιού.

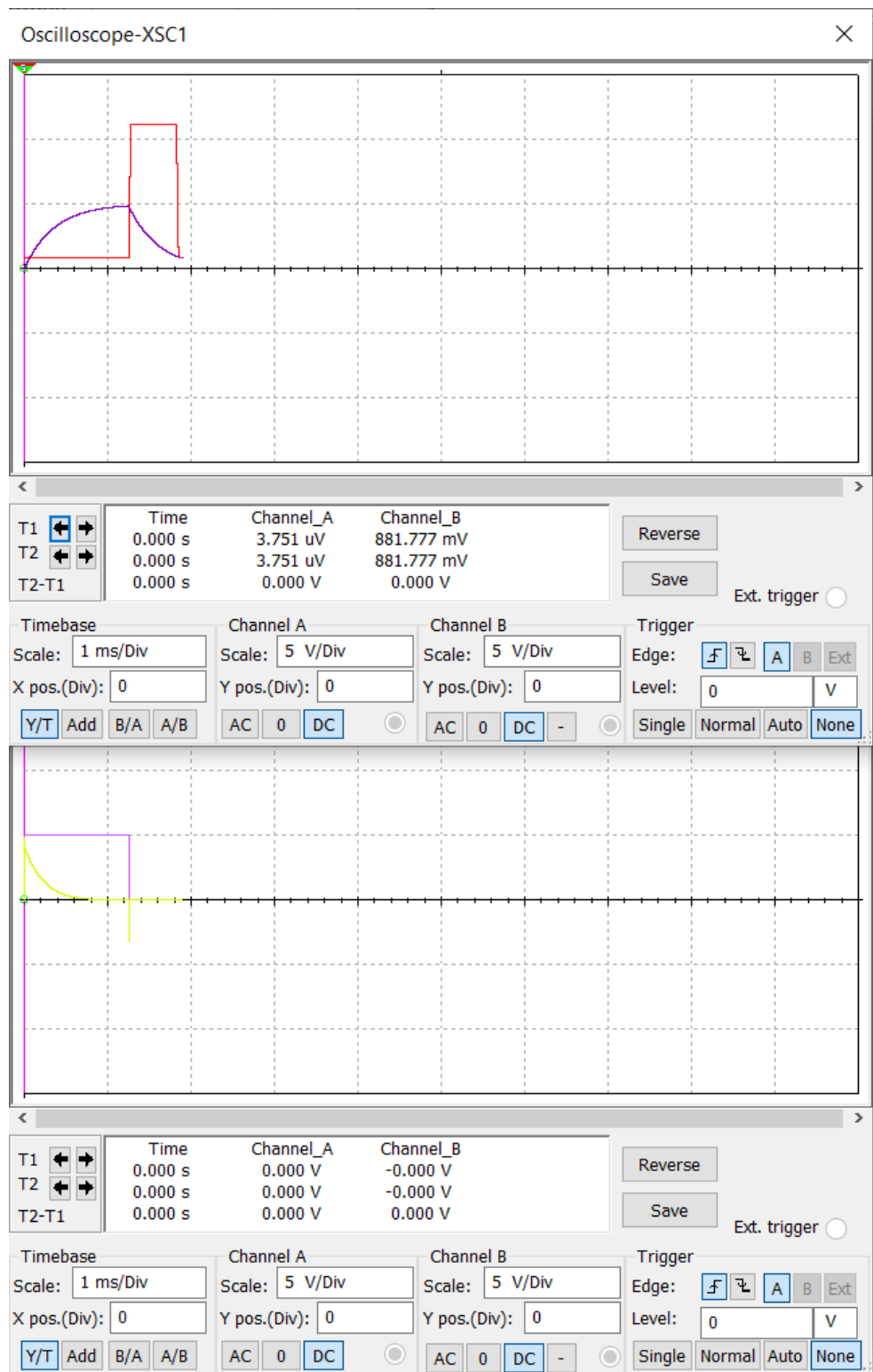
Εδώ βλέπουμε τον παλμό του ρολογιού με ροζ και την έξοδο του negative edge detection με λαχανί.



➔ Αποτελέσματα μετρήσεων διαφόρων χωρητικοτήτων:

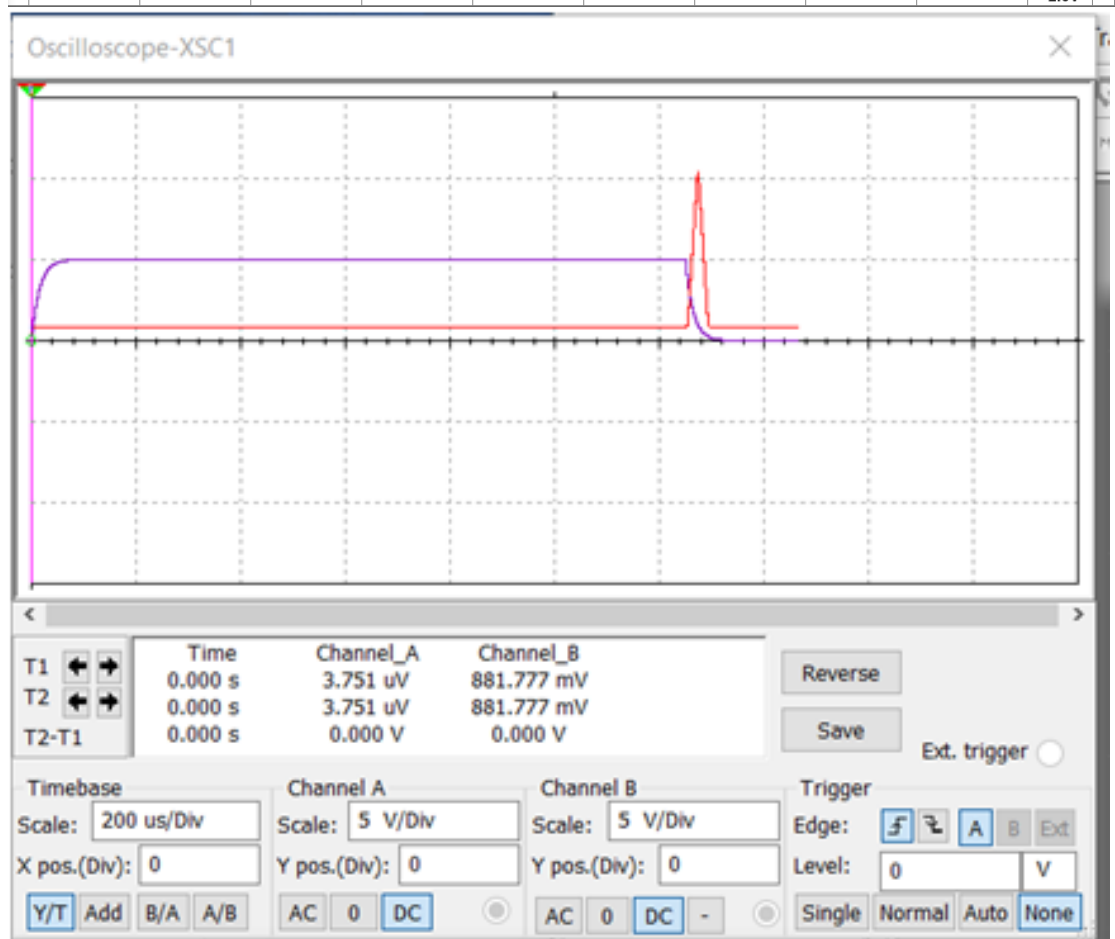
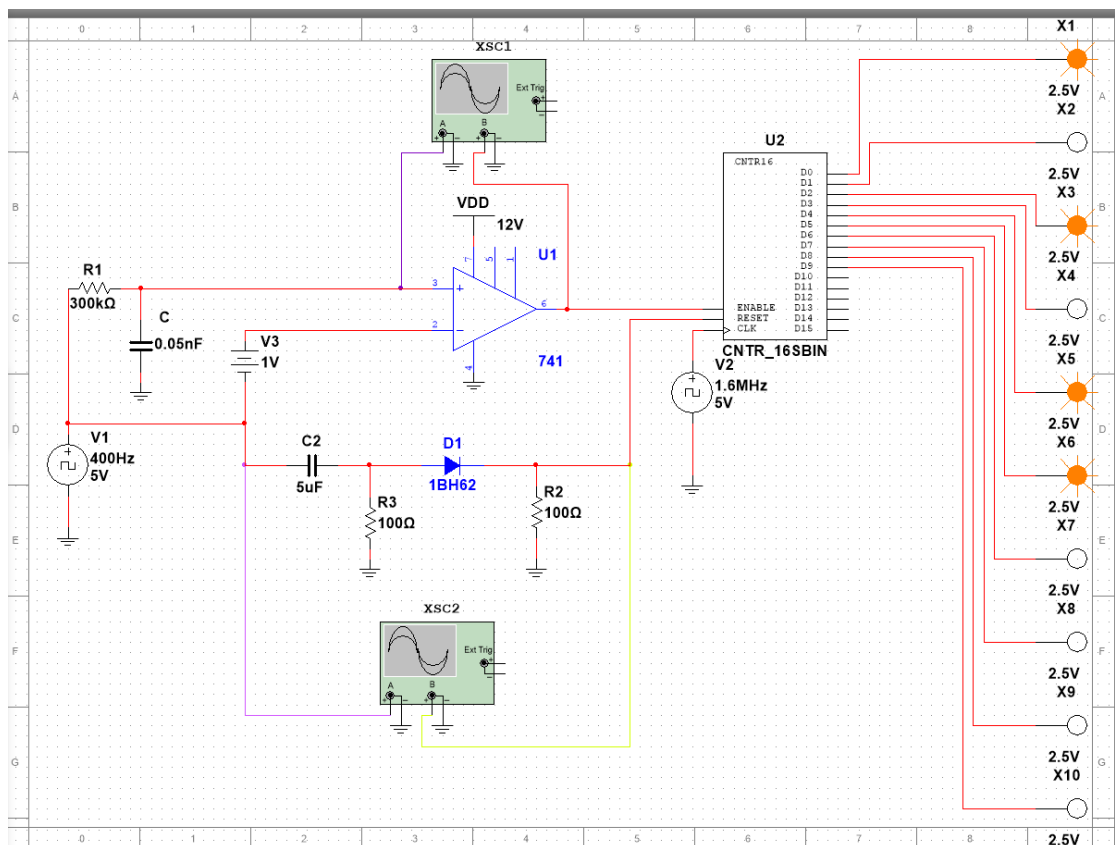
- 1.2nF:

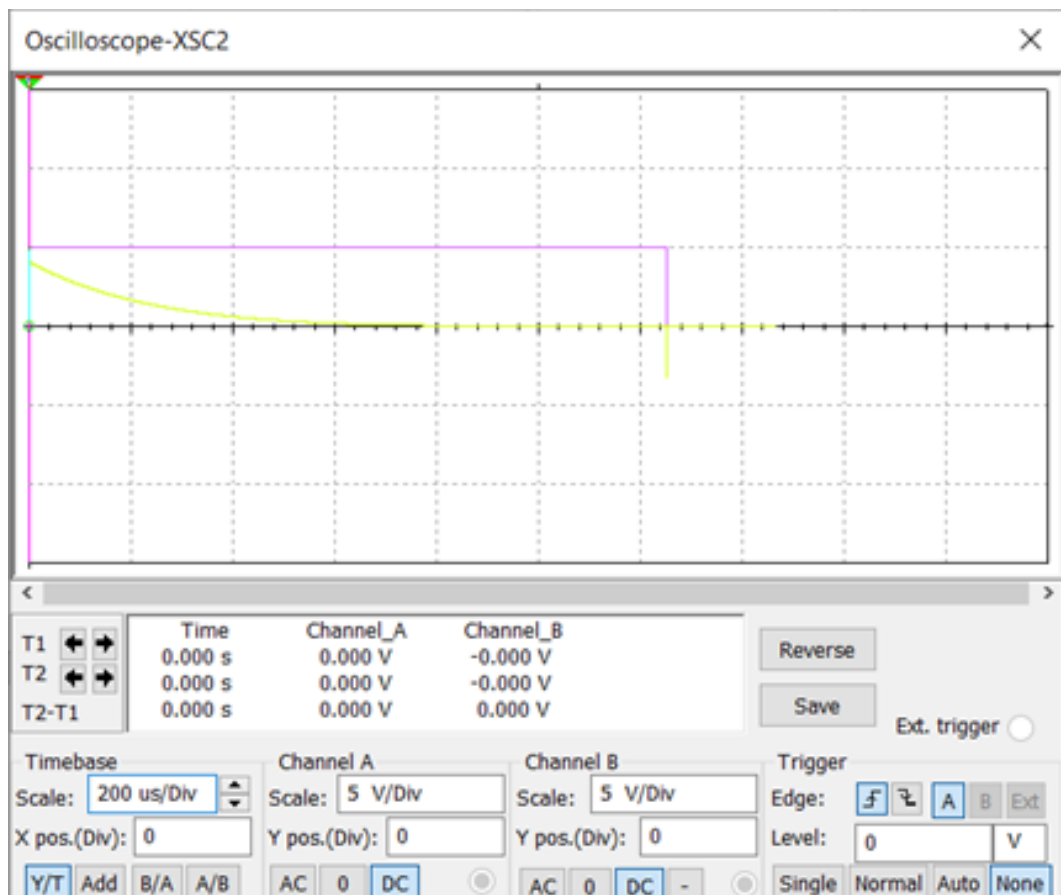




Σε αυτή την περίπτωση το κύκλωμα μέτρησης έφτασε έως την τιμή 940 (/1024) άρα αυτή η τιμή πυκνωτή είναι πολύ κοντά στην μέγιστη που μπορούμε να μετρήσουμε.

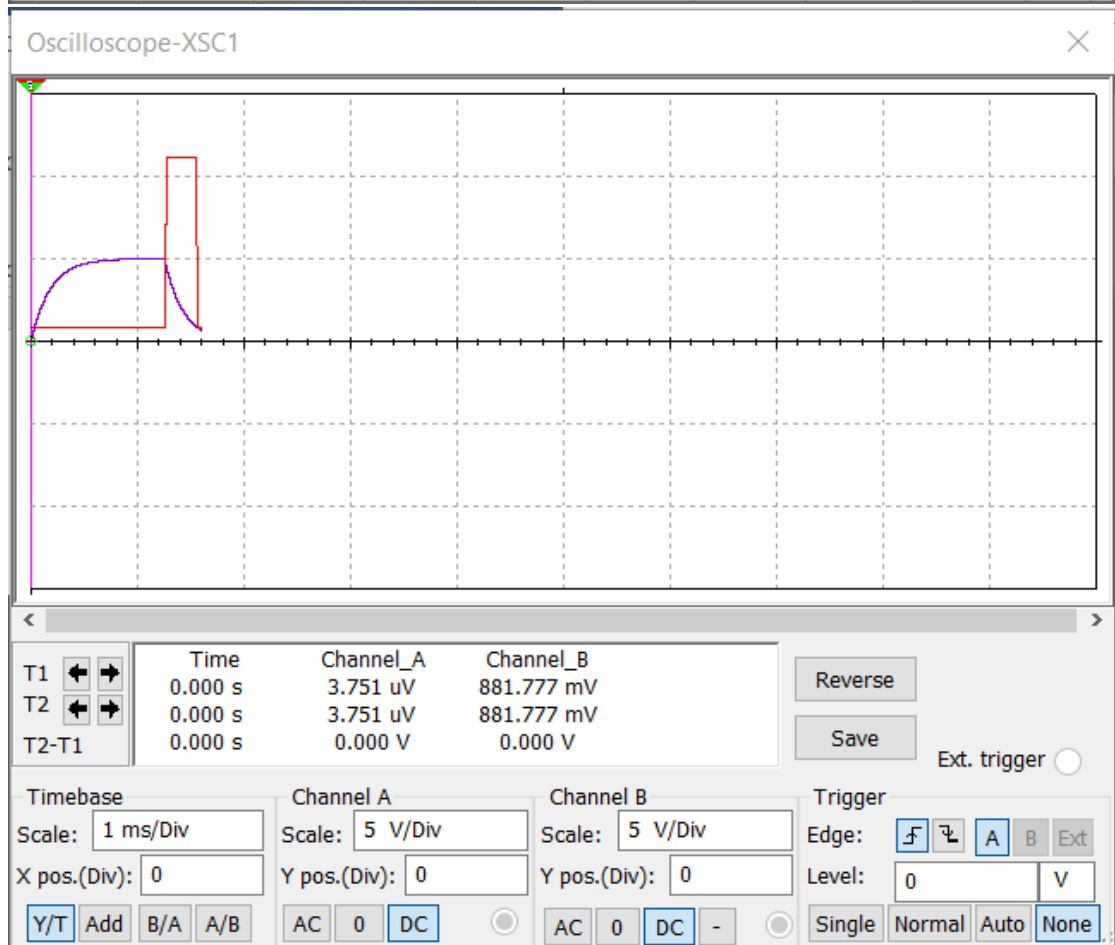
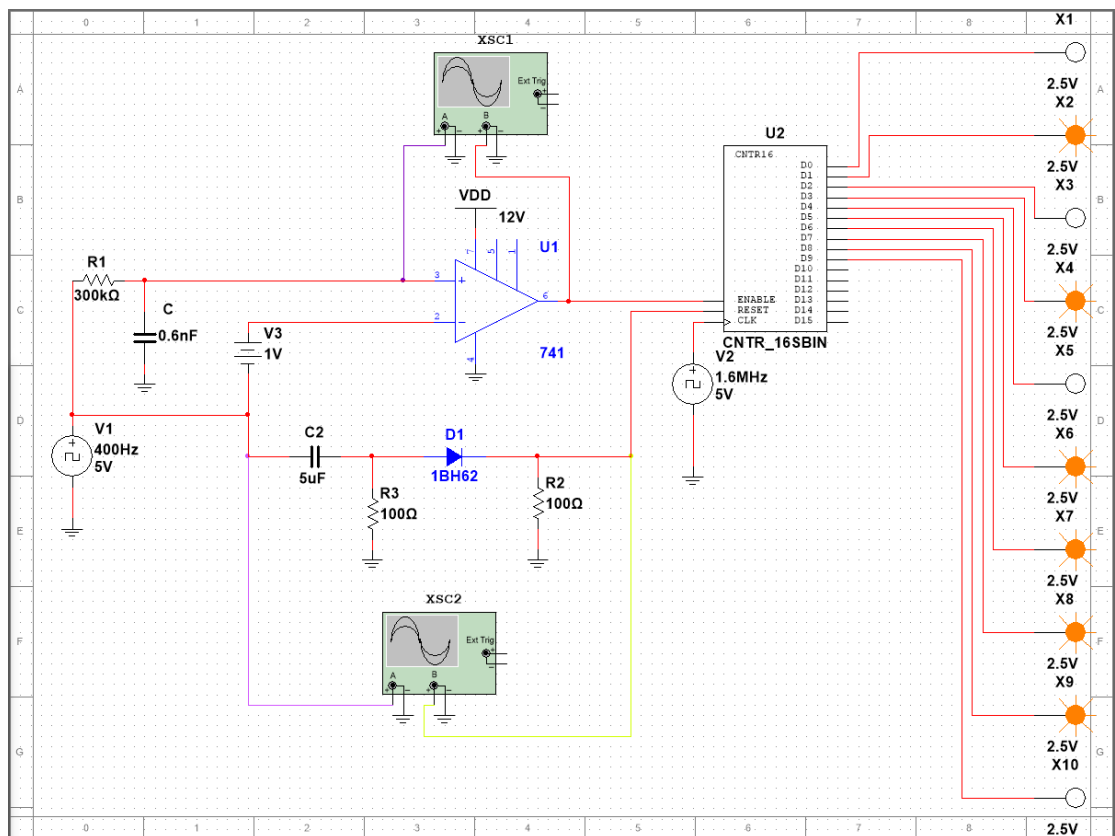
- 0.05 nF:

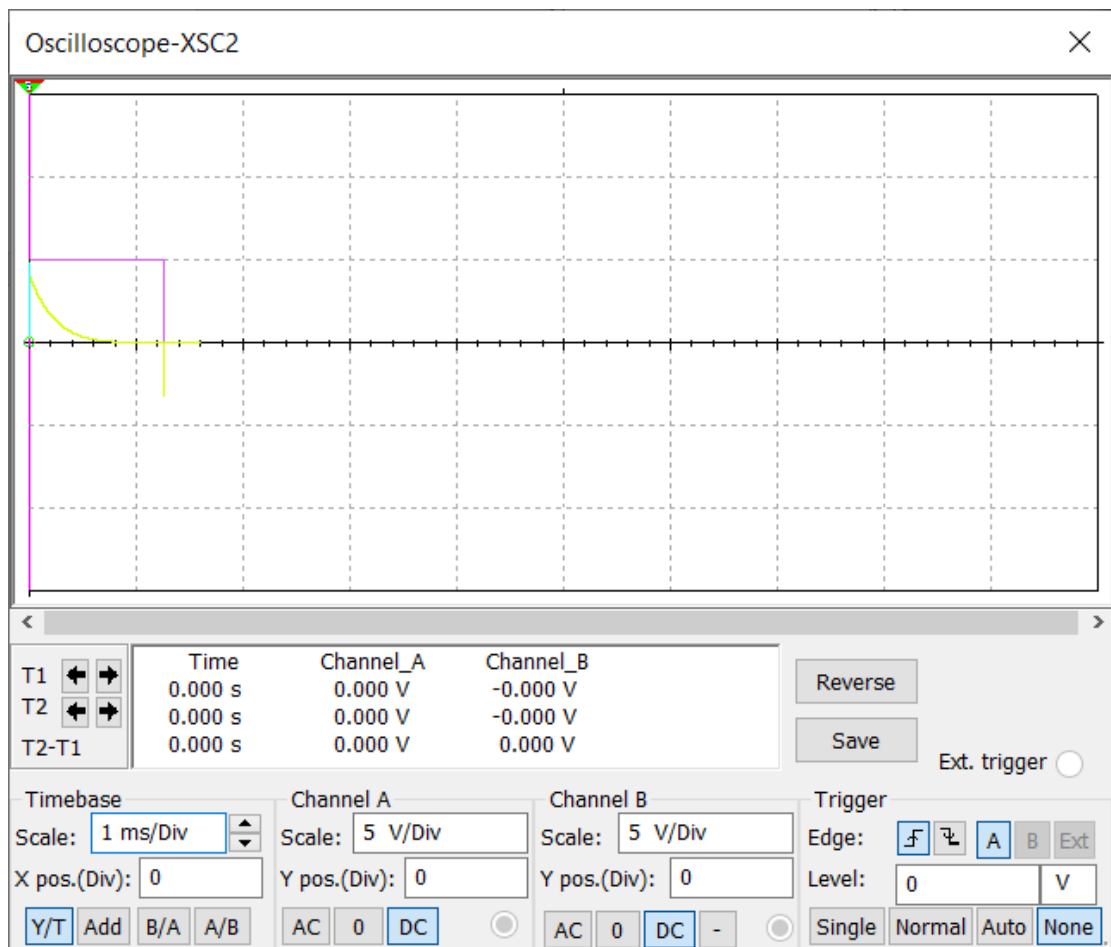




Όπως είναι αναμενόμενο η πολύ μικρή αυτή χωρητικότητα φορτίζεται και εκφορτίζεται ταχύτατα. Έτσι η έξοδος του αισθητήρα έδειξε 53 (/1024), μία από τις μικρότερες τιμές που μπορούμε να μετρήσουμε με αυτό το κύκλωμα.

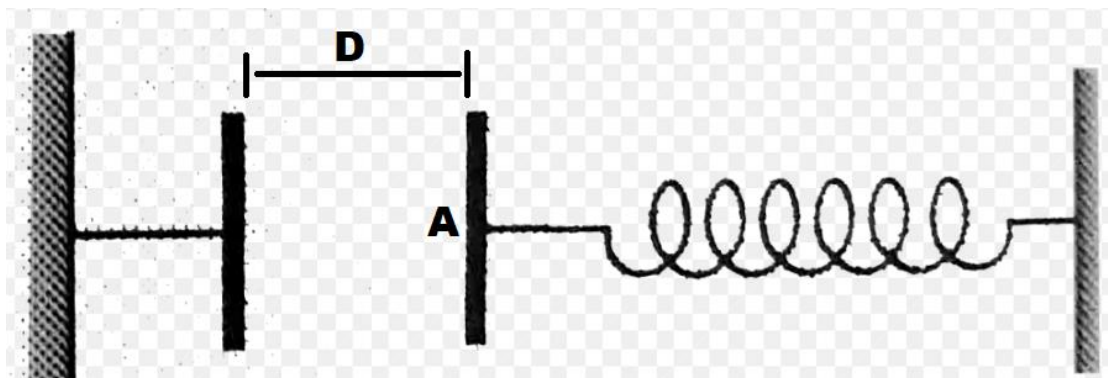
- 0.6 nF:





Εδώ βλέπουμε την μέτρηση χωρητικότητας 0.6 nF η οποία θα είναι η χωρητικότητα ηρεμίας του συστήματος (μέσος όρος της υψηλότερης και της χαμηλότερης χωρητικότητας) και όπως είναι αναμενόμενο έχουμε μια τιμή στην έξοδο του αισθητήρα 490 (/1024) που είναι πραγματικά σχεδόν στην μέση της κλίμακας.

➔ Αντιστοίχιση μετρήσεων με πραγματικές τιμές



Γνωρίζουμε ότι για έναν πυκνωτή με παράλληλες πλάκες ο τύπος της χωρητικότητας συναρτήσει της απόστασης μεταξύ των πλακών είναι:

$$C = \varepsilon * \frac{A}{D}$$

Όπου ε η διηλεκτρική σταθερά του μέσου (έστω εδώ αποσταγμένο νερό -βοηθάει και στην απόσβεση ταλαντώσεων-, οπότε $\varepsilon = 80 * 8.8 * 10^{-12}$), A η επιφάνεια των πλακών του πυκνωτή και D η απόσταση μεταξύ των πλακών.

Θεωρώντας μια επιφάνεια της τάξης των 100mm^2 έχουμε:

$$C = 80 * 8.8 * \frac{10^{-16}}{D}$$

Άρα με μια απόσταση $D = 0.1\text{mm}$ θα έχουμε μια χωρητικότητα σε ηρεμία ίση με 0.6nF , τον μέσο όρο της μέγιστης και ελάχιστης χωρητικότητας.

Θέλουμε εύρος 100g , δηλαδή για επιτάχυνση 50g να έχουμε μέγιστη χωρητικότητα πυκνωτή (και για επιβράδυνση -50g ελάχιστη χωρητικότητα πυκνωτή).

Θεωρούμε λοιπόν ότι η κινητή πλάκα του πυκνωτή έχει μάζα της τάξης του 1 γραμμαρίου. Άρα η επιτάχυνση 50g αντιστοιχεί σε δύναμη 0.5N .

Αυτό σημαίνει ότι στην μέγιστη παραμόρφωση το ελατήριο θα πρέπει να ασκεί δύναμη ίση με $F_{\max}=0.5\text{N}$.

Όμως η μέγιστη παραμόρφωση αντιστοιχεί στα 1.2nF , δηλαδή $\Delta x_{\text{ελατηρίου}}=0.05\text{mm}$. Έτσι υπολογίζουμε την σταθερά ελατηρίου:

$$K = \frac{F_{\max}}{\Delta x_{\text{ελατηρίου}}} = 10.000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$