

## ΦΥΣ 115

### Τελική Εξέταση: 11-Δεκεμβρίου-2024

Πριν αρχίσετε συμπληρώστε τα στοιχεία σας (ονοματεπώνυμο και αριθμό ταυτότητας).

Ονοματεπώνυμο	Αριθμός Ταυτότητας
---------------	--------------------

**Απενεργοποιήστε τα κινητά σας.**

Θα πρέπει να εκτελέσετε μια πειραματική άσκηση, να αναλύσετε τα αποτελέσματά σας και να απαντήσετε σε μερικές ερωτήσεις. Η μέγιστη βαθμολογία της εξέτασης είναι 150 μονάδες.

Θα πρέπει να είστε ιδιαίτερα προσεκτικοί/ες με τις μετρήσεις σας ώστε να μην χαλάσει κάποια διάταξη και καθυστερήσετε στην πραγματοποίηση των μετρήσεών σας.

Θα δουλέψετε με ένα συνάδελφό σας για την λήψη των μετρήσεων αλλά μετά η ανάλυση θα γίνει ξεχωριστά από τον καθένα.

Αναφέρετε τον/την συνάδελφό σας στην ομάδα των σημερινών μετρήσεων

**Η διάρκεια της εξέτασης είναι 3-ώρες. Καλή Επιτυχία !**

**Καλές Γιορτές**

## Τυπολόγιο

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}$$

Μέθοδος ευθείας ελαχίστων τετραγώνων με ίσες αβεβαιότητες:

$$\begin{aligned} \kappaλίση &= \frac{N \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N y_i}{\Delta} & \sigma_{\kappaλίση}^2 &= \sigma_y^2 \frac{N}{\Delta} & \Delta &= N \sum_{i=1}^N x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N x_i \right)^2 \\ \tauεταγμένη &= \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2 \sum_{i=1}^N y_i - \sum_{i=1}^N x_i \sum_{i=1}^N x_i y_i}{\Delta} & \sigma_{\tauεταγμένη}^2 &= \sigma_y^2 \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{\Delta} \end{aligned}$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{N-2} \sum_{i=1}^N (y_i - A - Bx_i)^2} \quad r^2 = \frac{(\sum_{i=1}^N x_i y_i - N \bar{x} \bar{y})^2}{(\sum_{i=1}^N x_i^2 - N(\sum_{i=1}^N x_i)^2)(\sum_{i=1}^N y_i^2 - N(\sum_{i=1}^N y_i)^2)}$$

Μέθοδος ευθείας ελαχίστων τετραγώνων με άνισες αβεβαιότητες:

$$\begin{aligned} \kappaλίση &= \frac{\sum_{i=1}^N w_i \sum_{i=1}^N w_i x_i y_i - \sum_{i=1}^N w_i x_i \sum_{i=1}^N w_i y_i}{\Delta} & \sigma_{\kappaλίση}^2 &= \sigma_y^2 \frac{\sum_{i=1}^N w_i}{\Delta} & \Delta &= \sum_{i=1}^N w_i \sum_{i=1}^N w_i x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^N w_i x_i \right)^2 \\ \tauεταγμένη &= \frac{\sum_{i=1}^N w_i x_i^2 \sum_{i=1}^N w_i y_i - \sum_{i=1}^N w_i x_i \sum_{i=1}^N w_i x_i y_i}{\Delta} & \sigma_{\tauεταγμένη}^2 &= \sigma_y^2 \frac{\sum_{i=1}^N w_i x_i^2}{\Delta} & w_i &= \frac{1}{\sigma_i^2} \end{aligned}$$

$$\text{Σταθμισμένη μέση τιμή} = X = \frac{\sum_{i=1}^N x_i w_i}{\sum_{i=1}^N w_i}$$

## Πειραματικό μέρος – Σύνολο 50μ – Διάρκεια 90 λεπτά

Στην πειραματική άσκηση που θα εκτελέσετε θα χρειαστεί να προσδιορίσετε τις τιμές άγνωστης αντίστασης και άγνωστης χωρητικότητας συνδεσμολογίας αντιστάσεων και πυκνωτών.

Θα χρειαστείτε τα ακόλουθα στοιχεία:

1. Δύο αντιστάτες άγνωστης αντίστασης
2. Μία αντίσταση  $100\Omega$
3. Δύο κεραμικούς πυκνωτές άγνωστης χωρητικότητας
4. Τροφοδοτικό χαμηλής τάσης
5. Δύο πολύμετρα
6. Παλμογράφο
7. Γεννήτρια συχνοτήτων
8. Έναν «T» BNC connector
9. BNC καλώδιο από τον γεννήτρια συχνοτήτων στον παλμογράφο.
10. Probe καλώδιο για τον παλμογράφο.

### Πειραματική διαδικασία:

**A.** Μετρήσεις για τον προσδιορισμό της αντίστασης της συνδεσμολογίας των άγνωστων αντιστατών. **Προσοχή:** δεν πρέπει να μετρήσετε τις αντιστάσεις με το πολύμετρο. [20μ]

(1) Εξετάστε ότι το τροφοδοτικό λειτουργεί σωστά και δίνει όλο το εύρος τιμών από 1.25V-17.00V.

(2) Τοποθετήστε τους δύο αντιστάτες στην πλακέτα του τροφοδοτικού έτσι ώστε να είναι παράλληλα συνδεδεμένοι μεταξύ τους.

(3) Τοποθετήστε την αντίσταση των  $100\Omega$  σε σειρά με την συνδεσμολογία των δύο άγνωστων αντιστάσεων.

(4) Χρησιμοποιήστε ένα πολύμετρο για να μετράτε το ρεύμα που διαρρέει την αντίσταση των  $100\Omega$  και ένα δεύτερο πολύμετρο για να μετρήσετε την διαφορά δυναμικού στα άκρα της συνδεσμολογίας των δύο άγνωστων αντιστάσεων.

(5) Μεταβάλλεται τον ποτενσιόμετρο του τροφοδοτικού και πάρτε μετρήσεις της έντασης του ρεύματος και της διαφοράς δυναμικού στα άκρα της συνδεσμολογίας των δύο άγνωστων αντιστατών. Εξετάστε αρχικά αν λαμβάνετε τη μέγιστη τιμή των 16V. Αν δεν επιτυγχάνετε την τιμή αυτή αφαιρέστε την αντίσταση των  $100\Omega$  από την διάταξη.

Καταγράψτε τις μετρήσεις τάσης και ρεύματος στον Πίνακα 1 για τιμές τάσης που αναγράφονται.

(6) Συνδέστε τις δύο άγνωστες αντιστάσεις σε σειρά και επαναλάβετε τις μετρήσεις του προηγούμενου βήματος και καταγράψτε 6 μετρήσεις διαφοράς δυναμικού και έντασης ρεύματος σύμφωνα με τις τιμές τάσης του Πίνακα 1.

(7) Με το πέρας των μετρήσεών σας αποσυνδέστε το τροφοδοτικό.

## B. Μετρήσεις για τον προσδιορισμό της άγνωστης χωρητικότητας [30μ]

- (1) Χρησιμοποιήστε την ίδια πλακέτα του τροφοδοτικού αλλά θα πρέπει να εργαστείτε σε τμήμα της πλακέτας ανεξάρτητο του κυκλώματος του τροφοδοτικού.
- (2) Ανοίξτε τον παλμογράφο και ελέγξτε ότι έχει τις σωστές ρυθμίσεις.
- (3) Συνδέστε τις δύο άγνωστες αντιστάσεις σε σειρά.
- (4) Τοποθετήστε τους πυκνωτές με την άγνωστη χωρητικότητα παράλληλα μεταξύ τους και σε σειρά με την συνδεσμολογία των δύο αντιστατών.
- (5) Συνδέστε τον T-BNC connector στην έξοδο της γεννήτριας συχνοτήτων και φέρτε ένα BNC καλώδιο από την γεννήτρια συχνοτήτων στο CH1 του παλμογράφου. Φέρτε ένα δεύτερο καλώδιο με κροκοδειλάκια ως ακροδέκτες στο κύκλωμα  $RC$  που κατασκευάσατε. Συνδέστε τον θετικό ακροδέκτη στο ένα άκρο της συνδεσμολογία των αντιστατών και τον αρνητικό ακροδέκτη στο άκρο του πυκνωτή πιο μακριά από τους αντιστάτες.
- (6) Ελέγχοντας το σήμα της γεννήτριας συχνοτήτων με τον παλμογράφο ρυθμίστε ώστε να δίνει **τετραγωνικό** σήμα **πλάτους 10V peak-to-peak** και συχνότητας **1kHz**.
- (7) Συνδέστε το probe καλώδιο του παλμογράφου στο CH2 και το θετικό ακροδέκτη στον ακροδέκτη του πυκνωτή που συνδέεται με τους αντιστάτες και τον ακροδέκτη “Ground” του παλμογράφου εκεί που είναι συνδεδεμένος ο ακροδέκτης “Ground” της γεννήτριας συχνοτήτων.
- (8) Ελέγξτε ότι στον παλμογράφο εμφανίζεται το σήμα φόρτισης και εκφόρτισης του συστήματος των πυκνωτών. Σημειώστε ότι η ρύθμιση του trigger coupling είναι σε “*DC coupling*”. Ρυθμίστε την οριζόντια κλίμακα ώστε να εμφανίζεται το σήμα ευδιάκριτα το σήμα φόρτισης των πυκνωτών.
- (9) Πιέστε το πλήκτρο «Cursors» και ρυθμίστε ώστε ο ένας οριζόντιος cursor (“Amplitude”) να είναι τοποθετημένος στα 2.0V της καμπύλης φόρτισης και ο δεύτερος cursor στην θέση 7.06V. Η τιμή 2.0V και 7.06V αναφέρονται ως προς την τιμή  $-V_0$  του πλάτους του σήματος. Στον παλμογράφο θα έχετε:  $V_1 - V_0 = 2.0 \Rightarrow V_1 = 2.0 - V_0 = 2.0 + (-5.0) = -3.0V$  και αντίστοιχα  $V_2 - V_0 = 7.06 \Rightarrow V_2 = 7.06 - V_0 = 7.06 + (-5.0) = +2.06V$   
Τοποθετήστε τον πρώτο κατακόρυφο cursor (“Time”) ώστε να διέρχεται από το σημείο που ο 1<sup>ος</sup> κατακόρυφος cursor τέμνει το σήμα φόρτισης του πυκνωτή. Παρόμοια φέρτε τον 2<sup>ο</sup> κατακόρυφο cursor ώστε να διέρχεται από το σημείο που ο 2<sup>ος</sup> κατακόρυφος cursor τέμνει το σήμα φόρτισης του πυκνωτή. Καταγράψτε τη χρονική απόσταση των 2 κατακόρυφων cursors. Συμπληρώστε τον Πίνακα 2.
- (10) Πάρτε 3 ακόμα μετρήσεις της χρονικής απόστασης των 2 κατακόρυφων cursors τοποθετώντας τους οριζόντιους cursors στις θέσεις (3V, 7.42V), (4V, 7.79V) και (6V, 8.53V). Οι τιμές των τάσεων αναφέρονται στην ίδια σύμβαση με το βήμα 9. Καταγράψτε τις αντίστοιχες τιμές της χρονικής διαφοράς των θέσεων των 2 κατακόρυφων cursors. Συμπληρώστε τον Πίνακα 2
- (11) Αλλάξτε την συνδεσμολογία των πυκνωτών ώστε να είναι συνδεδεμένοι μεταξύ τους σε σειρά και σε σειρά με την συνδεσμολογία των αντιστάσεων. Το σήμα της γεννήτριας να έχει συχνότητα **1kHz** και το πλάτος να είναι **10V peak-to-peak**. Επαναλάβετε τις μετρήσεις των

βημάτων 9 και 10 για τα ίδια ζεύγη τιμών τάσης για τους οριζόντιους cursors. Συμπληρώστε τον Πίνακα 2.

(12) Με τους πυκνωτές συνδεδεμένους παράλληλα αλλάξτε την συνδεσμολογία των αντιστάσεων ώστε να είναι παράλληλα συνδεδεμένες μεταξύ τους και σε σειρά με την συνδεσμολογία των πυκνωτών. Πάρτε και πάλι μετρήσεις όπως στα βήματα 9 και 10 και καταγράψτε τις μετρήσεις στον Πίνακα 2. Διατηρήστε την συχνότητα και πλάτος του σήματος στα **1kHz** και **10V peak-to-peak**.

(13) Κλείστε τον παλμογράφο και την γεννήτρια συχνοτήτων. Αποσυνδέστε τα καλώδια και επιστρέψτε την πλακέτα και όλα τα στοιχεία που χρησιμοποιήσατε.

(14) Ανταλλάξτε τις μετρήσεις με τον/την συνάδελφό σας.

Τέλος της πειραματικής διαδικασίας

**Πίνακας 1**

	<u>Αντιστάτες σε Σειρά</u>	<u>Αντιστάτες Παράλληλα</u>
$\Delta V$ (V)	$I$ (mA)	$I$ (mA)
8		
9		
10		
12		
14		
16		

**Πίνακας 2**

	<u>Πυκνωτές σε Σειρά</u>	<u>Πυκνωτές Παράλληλα</u>	<u>Πυκνωτές και ανιστάσεις παράλληλα</u>
Μέτρηση	$\Delta t$ ( $\mu s$ )	$\Delta t$ ( $\mu s$ )	$\Delta t$ ( $\mu s$ )
(2V, 7.06V)			
(3V, 7.42V)			
(4V, 7.79V)			
(6V, 8.53V)			

## Επεξεργασία Μετρήσεων – Σύνολο 100μ – Διάρκεια 90 λεπτά

- (1) Χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις του Πίνακα 1 κάντε το γράφημα της μετρούμενης τάσης συναρτήσει της έντασης του ρεύματος στο μετρικό χαρτί που σας δίνεται. [10μ]
- (2) Εφαρμόστε την μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων για να προσδιορίσετε την καλύτερη ευθεία που περνά από τα σημεία και σχεδιάστε την ευθεία αυτή με τις μετρήσεις σας. [20μ]
- (3) Προσδιορίστε την αντίσταση της συνδεσμολογίας και το σφάλμα της. [10μ]
- (4) Από τις τιμές της αντίστασης για τα δύο είδη συνδεσμολογίας που χρησιμοποιήσατε προσδιορίστε την τιμή της αντίστασης του κάθε αντιστάτη. [10μ]
- (5) Οι μετρήσεις του χρονικού διαστήματος για κάθε είδος συνδεσμολογίας που χρησιμοποιήσατε θα πρέπει να είναι σταθερές γιατί αντιστοιχούν στην χρονική σταθερά του κυκλώματος. Οι τιμές των ζευγών με βάση τις οποίες πήρατε τις μετρήσεις προκύπτουν από την εξίσωση:  $V = (V_0 - V_i)0.632 + V_i$  όπου  $V_i$  το δυναμικό στη θέση του 1<sup>ου</sup> οριζόντιο cursor και  $V_0$  το πλάτος του σήματος. Με βάση το κύκλωμα που έχετε, πώς προκύπτει η εξίσωση αυτή; [10μ]
- (6) Προσδιορίστε τη μέση τιμή των τεσσάρων χρονικών διαστημάτων. Το χρονικό διάστημα αυτό ισούται με την χρονική σταθερά του κυκλώματος  $\tau = RC$ . Από αυτή τη τιμή και την τιμή της αντίστασης που προσδιορίσατε στα βήματα 2 και 3 υπολογίστε την χωρητικότητα της συνδεσμολογίας για τις τρεις περιπτώσεις. Από τις μετρήσεις αυτές προσδιορίστε την χωρητικότητα του κάθε άγνωστου πυκνωτή. [10μ]
- (7) Πως συγκρίνονται οι μετρήσεις της χωρητικότητας με βάση τις στήλες 2 και 3. Συνάδει η μέτρηση της χρονικής σταθεράς με την αναμενόμενη αν χρησιμοποιήσετε τις τιμές των χωρητικοτήτων που βρήκατε στο προηγούμενο στάδιο; Η ασυμφωνία θα μπορούσε να οφείλεται σε κάποιο συστηματικό σφάλμα; Ποιο θα μπορούσε να είναι αυτό; [10μ]
- (8) Με βάση την διαδικασία των μετρήσεων που πήρατε, θα μπορούσατε να χρησιμοποιήσετε ένα τετραγωνικό σήμα συχνότητας 10kHz για να μετρήσετε τη χρονική σταθερά του κυκλώματος για την περίπτωση της πρώτης συνδεσμολογίας των πυκνωτών; Εξηγήστε γιατί ναι ή γιατί όχι. [5μ]
- (9) Θα μπορούσατε να μετρήσετε χρονική σταθερά 200μs αν συχνότητα του τετραγωνικού σήματος ήταν 100kHz; Σχεδιάστε ποιοτικά τη μορφή της τάσης στα άκρα της συνδεσμολογίας των πυκνωτών. [5μ]
- (10) Ποια θα είναι η μορφή της τάσης στα άκρα της συνδεσμολογίας των αντιστατών. Σχεδιάστε ποιοτικά την μορφή της μαζί με την τάση στα άκρα του πυκνωτή. [5μ]
- (11) Πως θα συμπεριφέρεται εν γένει το κύκλωμα σε πολύ μεγάλες συχνότητες και πως σε πολύ μικρές; Αναμένετε ότι η συμπεριφορά του θα είναι ίδια αν ανταλλάξετε τις θέσεις της συνδεσμολογίας των πυκνωτών και των αντιστατών και μετρούσατε την τάση στα άκρα της αντίστασης; [5μ]

