

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ  
ΚΑΙ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ των ΠΑΤΡΩΝ

## **ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ “ΒΑΣΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ”**

ΣΥΝΤΑΞΗ  
Γ. - Π. Κ. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ

ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2019







## Κανονισμός Εργαστηρίου “Βασικά Ηλεκτρονικά”

1. Κατά την εξάσκησή σας στο Εργαστήριο, θα εξετάζετε σε κάθε Άσκηση. Συνεπώς, θα πρέπει να έχετε ήδη μελετήσει τη θεωρία της Άσκησης (βιβλίο, παραδόσεις Θεωρίας), την εκφώνησή της (όπου θα βρείτε “βήματα” προετοιμασίας) και ό,τι αφορά στη χρήση των οργάνων / στοιχείων τα οποία σας παρέχονται (διατίθενται σημειώσεις). Οι απαντήσεις σας θα στοιχειοθετήσουν τον βαθμό σας καθώς, λόγω του αριθμού σας, τελική εξέταση στο τέλος του Εξαμήνου συνήθως δεν διεξάγεται. Προβιβαστέος βαθμός για το Εργαστήριο νοείται ίσος ή άνω των πέντε (5,0) μονάδων με άριστα τις δέκα (10,0).

2. Στις Ασκήσεις θα εξασκήσετε σε ομάδες των δύο (2) φοιτητριών/τητών, δικής σας επιλογής, και η κάθε ομάδα θα σημειώνει / απεικονίζει δεδομένα σε τετράδιο, αναφορικά στην κάθε Άσκηση. Δεν θα διεξάγεται η (προφορική) εξέτασή σας αν δεν παρουσιάζετε τις σημειούμενες μετρήσεις, γραφικές παραστάσεις ή κυματομορφές σημάτων (αντιγραμμένες στο τετράδιο ή από την οθόνη των οργάνων).

3. Είναι δυνατό, εκτός από μετρήσεις, να λαμβάνετε φωτογραφίες (λ.χ. με τη συσκευή σας κινητής τηλεφωνίας) από τα πειράματά σας. Κι αυτές θα πρέπει να τις παρουσιάζετε κατά την εξέταση.

4. Η βαθμολογία σας στο Εργαστήριο για το Εξάμηνο, θα υπολογίζεται ως εξής:

$$\frac{\sum_{i=1}^n (0,40 * E\rho_i + 0,60 * E\xi_i)}{n}, i = 1, \dots, n$$

όπου <Eρ> ο βαθμός του ολοκληρωμένου (από τις Σημειώσεις) Ερωτήματος και <Eξ> της προφορικής εξέτασής του, για κάθε μία από τις πέντε (5) Ασκήσεις. Σε κάθε Άσκηση θα εξετάζετε για το κάθε Ερώτημά της και με ευθύνη δική σας (δλδ. εσείς θα καλείτε μία / έναν από τις / τους υπεύθυνες/νους του Εργαστηρίου για να σας αξιολογήσει). Αν δεν ολοκληρωθούν όλα τα Ερωτήματα ή μια Άσκηση, ή η εξέτασή τους, θα μηδενίζετε αντίστοιχα. Ο πλήρης βαθμός ενός Ερωτήματος (<Eρ>) θα δίνεται αν οι μετρήσεις σας είναι αποδεκτές. Αν ζητήσετε βοήθεια σε ένα Ερώτημα, θα λαμβάνεται υπ' όψη σε βάρος του βαθμού σας. Οι βαθμοί σας θα ανακοινώνονται την ίδια εβδομάδα της διεξαγωγής της Άσκησης.

5. Θα πρέπει να εξασκηθείτε σε όλες τις Ασκήσεις. Οι τυχόν απουσίες σας μπορούν να καλύπτονται καθ' όλο το Εξάμηνο και για όποια Άσκηση, σε κενά οποιωνδήποτε Ομάδων Εξάσκησης και μόνο! Θα συνεννοείστε με ηλεκτρονικό μήνυμά σας με τον διδάσκοντα για την αναπλήρωσή σας έγκαιρα, στις υπάρχουσες ημέρες Εξάσκησης. Είναι δική σας ευθύνη να συμπληρώνετε τον αριθμό των Ασκήσεων! Εάν δεν ολοκληρώνετε το Εργαστήριο, θα επαναλαμβάνετε όλες τις Ασκήσεις, από την αρχή, κατά το επόμενο κατάλληλο Εξάμηνο. Συνεπώς, όποια/ος συμπληρώνει δύο (2) απουσίες θα μηδενίζεται άμεσα.

6. Στο τέλος κάθε Άσκησης θα πρέπει να επιστρέφονται όλα τα υλικά της (αντιστάτες, δίοδοι, πυκνωτές, τρανζιστορ, ολοκληρωμένα κυκλώματα), όπως τα παραλάβατε.

7. Στο Εργαστήριο απαγορεύονται το κάπνισμα, ο καφές, τα αναψυκτικά, το νερό, το φαγητό κ.λπ. Επιτρέπονται τα βιβλία και οι Σημειώσεις της Θεωρίας. Επίσης, εκπαιδευτικό υλικό. Με την απομάκρυνσή σας, να τακτοποιείτε τον πάγκο σας και να τον αφήνετε όπως τον βρήκατε!

8. Οι ανακοινώσεις του Εργαστηρίου θα αναρτώνται στην ιστοσελίδα του eClass (Ανακοινώσεις):

<https://eclass.upatras.gr/courses/CEID1119/>

(λ.χ. το πρόγραμμά του) και, ενδεχομένως, στην ιστο-σελίδα του Τμήματος (Ανακοινώσεις):

<https://www.ceid.upatras.gr/>

Εκ του Εργαστηρίου



# Περιεχόμενα

## Εργαστηριακή Άσκηση 1

Μετρήσεις σε ηλεκτρονικά κυκλώματα, νόμοι του Kirchhoff, ισοδύναμα Thevenin / Norton	σελ. 01
1.1 Απαραίτητες Γνώσεις	σελ. 01
1.2 Εκτέλεση της Άσκησης	σελ. 01
1.2.1, ..., 1.2.5	σελ. 01
1.2.5 (συνέχεια), ..., 1.2.6	σελ. 02
1.2.6 (συνέχεια)	σελ. 03
1.3 Προετοιμασία πριν την Εξάσκηση (στο σπίτι)	σελ. 03
1.3.1	σελ. 03
1.3.2, 1.3.3	σελ. 04
1.4 Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων (στο Εργαστήριο)	σελ. 04
1.4.1α, ..., 1.4.3	σελ. 04
Συμβουλές για τη Βαθμολόγηση	σελ. 05

## Εργαστηριακή Άσκηση 2

Μετρήσεις στον παλμογράφο και κυκλώματα RC πρώτης τάξης	σελ. 07
2.1 Απαραίτητες Γνώσεις	σελ. 07
2.2 Εκτέλεση της Άσκησης	σελ. 07
2.2.1, 2.2.2	σελ. 07
2.2.2 (συνέχεια), 2.2.3	σελ. 08
2.2.3 (συνέχεια), 2.2.4	σελ. 09
2.2.5α, ..., 2.2.6	σελ. 10
2.2.7, 2.2.8	σελ. 11
2.3 Προετοιμασία πριν την Εξάσκηση (στο σπίτι)	σελ. 11
2.3.1α	σελ. 11
2.3.1β, 2.3.2	σελ. 12
2.4 Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων (στο Εργαστήριο)	σελ. 12
2.4.1, 2.4.2α	σελ. 12
2.4.2β, 2.4.3	σελ. 13
Συμβουλές για τη Βαθμολόγηση	σελ. 14

## Εργαστηριακή Άσκηση 3

Δίοδοι επαφής “p - n”	σελ. 15
3.1 Απαραίτητες Γνώσεις	σελ. 15
3.2 Εκτέλεση της Άσκησης	σελ. 15
3.2.1, 3.2.2	σελ. 15
3.2.3, 3.2.4	σελ. 16
3.2.5, ..., 3.2.6β	σελ. 17
3.2.7α	σελ. 18
3.2.7α (συνέχεια)	σελ. 19
3.2.7β	σελ. 20
3.3 Προετοιμασία πριν την Εξάσκηση (στο σπίτι)	σελ. 20
3.3.1	σελ. 20
3.4 Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων (στο Εργαστήριο)	σελ. 20
3.4.1	σελ. 20
3.4.2, ..., 3.4.5	σελ. 21
Συμβουλές για τη Βαθμολόγηση	σελ. 22

## Εργαστηριακή Άσκηση 4

### Κυκλώματα με διπολικά τρανζιστορ τύπου NPN I

4.1 Απαραίτητες Γνώσεις	σελ. 23
4.2 Εκτέλεση της Άσκησης	σελ. 23
4.2.1, 4.2.2	σελ. 23
4.2.3α, ..., 4.2.6β	σελ. 24
4.3 Προετοιμασία πριν την Εξάσκηση (στο σπίτι)	σελ. 25
4.3.1, ..., 4.3.3	σελ. 25
4.3.4, 4.3.5α, 4.3.5β	σελ. 26
4.4 Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων (στο Εργαστήριο)	σελ. 26
4.4.1, ..., 4.4.3	σελ. 26
Συμβουλές για τη Βαθμολόγηση	σελ. 27

## Εργαστηριακή Άσκηση 5

### Κυκλώματα με διπολικά τρανζιστορ τύπου NPN II

5.1	σελ. 29
5.2 Εκτέλεση της Άσκησης	σελ. 29
5.2.1α, ..., 5.2.2	σελ. 29
5.2.3α, ..., 5.2.3γ	σελ. 30
5.3 Προετοιμασία πριν την Εξάσκηση (στο σπίτι)	σελ. 30
5.3.1α, 5.3.1β	σελ. 30
5.4 Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων (στο Εργαστήριο)	σελ. 30
5.4.1, ..., 5.4.3α	σελ. 30
5.4.3β, 5.4.3γ	σελ. 31
Συμβουλές για τη Βαθμολόγηση	σελ. 32



## Συμβουλές για την υλοποίηση κυκλωμάτων

Οι λίγες γραμμές οι οποίες ακολουθούν καλό είναι να μελετηθούν αφού, πρώτα, “κατεβάσετε” και διαβάσετε το αρχείο “b2\_crcts\_brdbrd0.pdf” από τον ιστό-τοπο του eClass:

ΒΑΣΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ-ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ (23165NY) >>> Έγγραφα >>> Χρήσιμα Αρχεία

καθώς περιλαμβάνει οδηγίες και πληροφορίες για τη χρήση της Βάσης Κατασκευής Κυκλωμάτων (BKK - breadboard) και της κατασκευής κυκλωμάτων. Επί πρόσθετα, για τα “Βασικά Ηλεκτρονικά”:

- πριν χειριστείτε τα στοιχεία (λ.χ. τρανζιστορ), τα χέρια σας πρέπει να είναι στεγνά
- τα στοιχεία πρέπει να τοποθετούνται σε διαφορετικές εξάδες οπών το κάθε άκρο τους (αλλιώς είναι ανά δύο στον ίδιο κόμβο και έχουν βραχυκυκλωθεί). Τα άκρα για τους ρεοστάτες και τα τρανζιστορ, ειδικότερα, απαιτούν από μία (1) οπή για κάθε άκρο τους σε τρεις (3) διαφορετικές εξάδες
- κατά την τοποθέτηση των στοιχείων να προσεχθούν τα άκρα τους: δεν πρέπει να λυγίζουν ή να στραβώνουν και πρέπει να εισέρχονται στις λογής οπές. Επίσης, να προσέχετε να μην καταστρέφονται! Αν ένα άκρο δεν εισέρχεται εύκολα σε μια οπή ή “κολυμπάει”, διαλέξτε άλλη οπή
- θα πρέπει να μένει κενό τουλάχιστον μίας (1) οπής μεταξύ εκείνης την οποία “κατέλαβε” ένα άκρο στοιχείου και του (μικρού) καλωδίου το οποίο θα την συνδέσει (βραχυκυκλώσει) με άλλο κόμβο. Με αυτή την (καλή) συνήθεια, θα είναι πιο εύκολο ν’ αντικαθίσταται ένα στοιχείο με ένα άλλο
- εξαίρεση στο παραπάνω σημείο συμβαίνει όταν πολλά (μικρά) καλώδια συνδέονται σε μια οπή. Συνεπώς, θα πρέπει να έχετε “υπολογίσει” από πριν πόσες οπές θα χρειασθείτε για κάθε στοιχείο
- για την τροφοδοσία να αξιοποιείται μια κόκκινη δωδεκάδα οπών’ μία (1) από αυτές να συνδέεται στην κατάλληλη Πηγή (συνεχούς ή εναλλασσόμενης τάσης) και στις υπόλοιπες (μικρά) καλώδια όπως δει
- για τη γείωση να αξιοποιείται μια μαύρη εικοσιτετράδα οπών’ μία (1) από αυτές να συνδέεται στη γείωση της συσκευής IDL-800 και στις υπόλοιπες (μικρά) καλώδια όπως δει
- κάθε άκρο στοιχείου το οποίο συνδέεται στην τροφοδοσία ή στη γείωση θα πρέπει να καταλήγει χωριστά από τα άλλα, με (μικρό) καλώδιο στην (κοινή) κόκκινη δωδεκάδα ή μαύρη εικοσιτετράδα οπών. Αν, αντίθετα, συνδέσετε κάθε τέτοιο κοινό κόμβο με άλλους, σε μια (κοινή) εξάδα της BKK, και από εκεί συνδέσετε μια οπή στη γείωση ή στην τροφοδοσία της ψηφίδας, το κύκλωμα δεν θα δουλέψει. Μπορεί να είναι, μεν, σχεδιαστικά σωστή μια τέτοια σύνδεση, πλην, όμως, δεν θα αποδώσει
- προσοχή να δίνετε στην τάση τροφοδοσίας ενός κυκλώματος και στην Πηγή εισόδου του. Δεν είναι όλες οι παραπάνω Πηγές ίδιες, ούτε έχουν την ίδια χρήση (θα εξετασθείτε, σχετικά)
- η σειρά κλεισίματος του διακόπτη (ενεργοποίησης) των λογής Πηγών, είναι πρώτα η τροφοδοσία της συσκευής IDL-800 και μετά η Πηγή εισόδου (γενικά, από μια γεννήτρια)
- η σειρά ανοίγματος του διακόπτη (από-ενεργοποίησης) των λογής Πηγών, είναι πρώτα η Πηγή εισόδου (γενικά, από μια γεννήτρια) και έπειτα η τροφοδοσία της συσκευής IDL-800



## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 1

**ΘΕΜΑ:** Μετρήσεις σε ηλεκτρονικά κυκλώματα, νόμοι του Kirchhoff, ισοδύναμα Thevenin / Norton

### 1.1 Απαραίτητες Γνώσεις

Σφάλματα μετρήσεων, χρήση οργάνων ηλεκτρικών μετρήσεων, μέθοδοι μέτρησης τιμών αντιστατών, υπολογισμός συνολικών τιμών σε συνδεσμολογίες αντιστατών, KCL / KVL, ισοδύναμα Thevenin / Norton

### 1.2 Εκτέλεση της Άσκησης

1.2.1 Πειραματικές τιμές:

$R_x$	150.00Ω	33.00KΩ
$I$	11.65mA	57.50μA
$V$	1.76V	2.00V

Πίνακας 1.2.1

1.2.2 Πειραματικές τιμές:

$R_y$	2.20KΩ	1.00MΩ
$I$	2.31mA	5.00μA
$V$	5.17V	5.18V

Πίνακας 1.2.2

1.2.3 Πειραματική τιμή μετρημένη από ωμομετρο:

$$<R_3 \approx 1.46K\Omega>$$

1.2.4 Πειραματικές τιμές (οι αντίστοιχες τιμές στο Εργαστήριο θα πρέπει να είναι παρεμφερείς):

$V_1$	$V_2$	$V_3$	$V_4$	$I_1$	$I_2$	$I_3$
2.14V	2.86V	0.37V	2.51V	0.97mA	0.61mA	0.37mA

Πίνακας 1.2.4

#### Επαλήθευση

KCL (κόμβος "B"):  $I_1 = I_2 + I_3$  ή  $(0.97 = 0.61 + 0.37)\text{mA}$  ή  $(0.97 \approx 0.98)\text{mA}$  Ο.Ε.Δ.

KCL (κόμβος "Δ"):  $I_2 + I_3 = I_1$  ή  $(0.61 + 0.37 = 0.98)\text{mA}$  ή  $(0.98 = 0.98)\text{mA}$  Ο.Ε.Δ.

KVL (βρόχος "ΑΒΔΑ"):  $R_1 * I_1 + R_2 * I_2 = 5.00$  ή  $2.20K\Omega * 0.97\text{mA} + 4.70K\Omega * 0.61\text{mA} = 5.00\text{V}$  ή  $<(5.00 = 5.00)\text{V}>$  Ο.Ε.Δ.

KVL (βρόχος "ΒΓΔΒ"):  $(R_3 + R_4) * I_3 = R_2 * I_2$  ή  $(1.00 + 6.80)K\Omega * 0.37\text{mA} = 4.70K\Omega * 0.61\text{mA}$  ή  $<(2.89 = 2.89)\text{V}>$  Ο.Ε.Δ.

KVL (βρόχος "ΑΓΔΑ"):  $R_1 * I_1 + (R_3 + R_4) * I_3 = 5.00$  ή  $2.20K\Omega * 0.97\text{mA} + (1.00 + 6.80)K\Omega * 0.37\text{mA}$  ή  $<(2.89 = 2.89)\text{V}>$  Ο.Ε.Δ.

Εθελοντική Άσκηση (οι φοιτήτριες/τητές Εξασκούνται στο τέλος σε αυτή, αν προλάβουν)

1.2.5 Πειραματικές τιμές (οι αντίστοιχες τιμές στο Εργαστήριο θα πρέπει να είναι παρεμφερείς):

$I$	$V$	$R_{AB}$
3.90mA	5.03V	1.26KΩ

Πίνακας 1.2.5

### Επαλήθευση

$$R_{ολ} = (R_1 \text{ σσ } R_2) // R_3 // (R_4 \text{ σσ } R_5) // R_6 \text{ * } R_3 \text{ * } R_3 \text{ ή}$$

$$\text{ή } [(2.20 + 1.00) // 2.20 // (6.80 + 33.00) // 33.00] \text{K}\Omega \text{ ή}$$

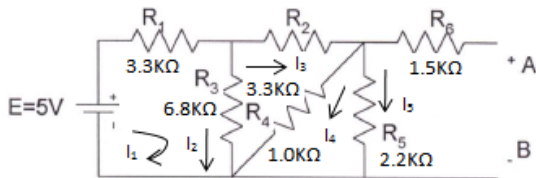
$$\text{ή } (3.20 // 2.20 // 39.80 // 33.00) \text{K}\Omega \text{ ή } (1.30 // 18.04) \text{K}\Omega \text{ ή } 1.21 \text{K}\Omega \text{ ή}$$

$$\text{ή } (1.21 \approx 1.26) \text{K}\Omega. \text{ Οι διαφορές οφείλονται στα σφάλματα των τιμών των αντιστατών}$$

O.E.Δ.

1.2.6 Πειραματική τιμή (η αντίστοιχη τιμή στο Εργαστήριο θα πρέπει να είναι παρεμφερής):

(α)  $\langle V_{AB} \approx 0.38V \rangle$



### Επαλήθευση

KCL (κόμβος "R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>"):  $I_1 = I_2 + I_3$

KCL (κόμβος "R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>"):  $I_3 = I_4 + I_5$

KVL (βρόχος "E, R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub>, E"):  $5.00 = R_1 * I_1 + R_3 * I_2 \text{ ή } 5.00 = 3.30 * I_1 + 6.80 * I_2$

KVL (βρόχος "R<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>3</sub>"):  $R_3 * I_2 = R_2 * I_3 + R_4 * I_4 \text{ ή } 6.80 * I_2 = 3.30 * I_3 + 1.00 * I_4$

KVL (βρόχος "R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>4</sub>"):  $R_4 * I_4 = R_5 * I_5 \text{ ή } 1.00 * I_4 = 2.20 * I_5$

Αν λυθεί το παραπάνω σύστημα, προκύπτουν τα αποτελέσματα:

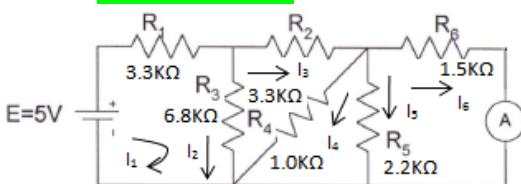
$$I_1 \approx 0.87 \text{mA} // I_2 \approx 0.32 \text{mA} // I_3 \approx 0.55 \text{mA} // I_4 \approx 0.38 \text{mA} \text{ και } I_5 \approx 0.17 \text{mA}. \text{ Συνεπώς,}$$

$$V_{AB} = R_5 * I_5 = 2.20 \text{K}\Omega * 0.17 \text{mA} \text{ ή } \langle V_{AB} = 0.37V \rangle \text{ ή } \langle (0.37 \approx 0.38)V \rangle$$

O.E.Δ.

(β) Πειραματική τιμή (η αντίστοιχη τιμή στο Εργαστήριο θα πρέπει να είναι παρεμφερής):

$\langle I_{AB} \approx 0.17 \text{mA} \rangle$



### Επαλήθευση

KCL (κόμβος "R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>"):  $I_1 = I_2 + I_3$

KCL (κόμβος "R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>"):  $I_3 = I_4 + I_5 + I_6$

KVL (βρόχος "E, R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub>, E"):  $5.00 = R_1 * I_1 + R_3 * I_2 \text{ ή } 5.00 = 3.30 * I_1 + 6.80 * I_2$

KVL (βρόχος "R<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>3</sub>"):  $R_3 * I_2 = R_2 * I_3 + R_4 * I_4 \text{ ή } 6.80 * I_2 = 3.30 * I_3 + 1.00 * I_4$

KVL (βρόχος "R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>4</sub>"):  $R_4 * I_4 = R_5 * I_5 \text{ ή } 1.00 * I_4 = 2.20 * I_5$

KVL (βρόχος "R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>, R<sub>5</sub>"):  $R_5 * I_5 = R_6 * I_6 \text{ ή } 2.20 * I_5 = 1.50 * I_6$

Αν λυθεί το παραπάνω σύστημα, προκύπτουν τα αποτελέσματα:

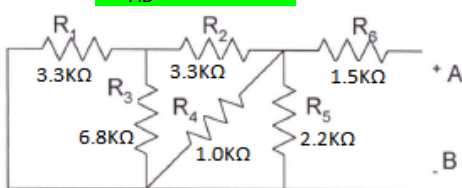
$$I_1 \approx 0.89 \text{mA} // I_2 \approx 0.32 \text{mA} // I_3 \approx 0.57 \text{mA} // I_4 \approx 0.27 \text{mA} // I_5 \approx 0.12 \text{mA} \text{ και } I_6 \approx 0.18 \text{mA} \text{ ή}$$

$$\text{ή } \langle (0.18 \approx 0.17) \text{mA} \rangle \text{ [προσέξτε τις διαφορές τιμών από το (§1.2.6α)]}$$

O.E.Δ.

(γ) Πειραματική τιμή από ωμομετρο:

$\langle R_{AB} \approx 2.13 \text{K}\Omega \rangle$



\* "σσ": σε σειρά και "//": παράλληλα

### Επαλήθευση

“Κοιτώντας” από τα άκρα “ΑΒ”, οι αντιστάτες συνδέονται ως:

$$R_{AB} = R_6 \text{ σε } R_5 // \{R_4 // [R_2 \text{ σε } (R_3 // R_1)]\}$$

$$\text{ή } 1.50\text{K}\Omega + \{2.20\text{K}\Omega // [1.00\text{K}\Omega // (3.30\text{K}\Omega + 6.80\text{K}\Omega // 3.30\text{K}\Omega)]\}$$

$$\text{ή } R_{AB} = 1.50\text{K}\Omega + [2.20\text{K}\Omega // 1.00\text{K}\Omega // (3.30\text{K}\Omega + 2.22\text{K}\Omega)]$$

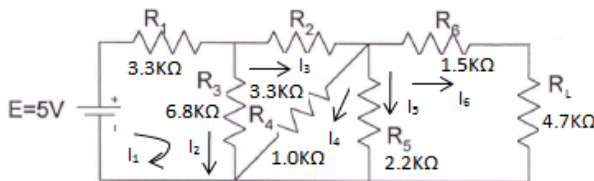
$$\text{ή } R_{AB} = 1.50\text{K}\Omega + (2.20\text{K}\Omega // 1.00\text{K}\Omega // 5.52\text{K}\Omega)$$

$$\text{ή } R_{AB} = 1.50\text{K}\Omega + (2.20\text{K}\Omega // 0.85\text{K}\Omega)$$

$$\text{ή } R_{AB} = 1.50\text{K}\Omega + 0.61\text{K}\Omega \text{ ή } \langle R_{AB} = 2.11\text{K}\Omega \rangle \text{ ή } \langle (2.11 \approx 2.13)\text{K}\Omega \rangle \text{ [(\$1.2.5) για τη διαφορά]} \quad \underline{\text{Ο.Ε.Δ.}}$$

(δ) Πειραματική τιμή από αμπερομετρο:

$$\langle I_L \approx 0.055\text{mA} \rangle$$



### Επαλήθευση

$$\text{KCL (κόμβος "R}_1, R_2, R_3\text{")}: I_1 = I_2 + I_3$$

$$\text{KCL (κόμβος "R}_2, R_4, R_5, R_6\text{")}: I_3 = I_4 + I_5 + I_6$$

$$\text{KVL (βρόχος "E, R}_1, R_3, E\text{")}: 5.00 = R_1 * I_1 + R_3 * I_2 \text{ ή } 5.00 = 3.30 * I_1 + 6.80 * I_2$$

$$\text{KVL (βρόχος "R}_3, R_2, R_4, R_3\text{")}: R_3 * I_2 = R_2 * I_3 + R_4 * I_4 \text{ ή } 6.80 * I_2 = 3.30 * I_3 + 1.00 * I_4$$

$$\text{KVL (βρόχος "R}_4, R_5, R_4\text{")}: R_4 * I_4 = R_5 * I_5 \text{ ή } 1.00 * I_4 = 2.20 * I_5$$

$$\text{KVL (βρόχος "R}_5, R_6, R_5\text{")}: R_5 * I_5 = (R_6 + R_L) * I_6 \text{ ή } 2.20 * I_5 = 6.20 * I_6$$

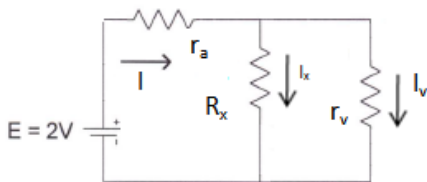
Αν λυθεί το παραπάνω σύστημα, προκύπτουν τα αποτελέσματα:

$$I_1 \approx 0.86\text{mA} // I_2 \approx 0.32\text{mA} // I_3 \approx 0.54\text{mA} // I_4 \approx 0.34\text{mA} // I_5 \approx 0.15\text{mA} \text{ και } I_6 \approx 0.055\text{mA} \text{ ή}$$

$$\text{ή } \langle (0.055 = 0.055)\text{mA} \rangle \text{ [προσέξτε τις διαφορές τιμών από τα Ερωτήματα (α) και (β)]} \quad \underline{\text{Ο.Ε.Δ.}}$$

## 1.3. Προετοιμασία πριν την Εξάσκηση (στο σπίτι)

### 1.3.1



### Επαλήθευση

$$\text{KCL (κόμβος "A/m, R}_x, V/m\text{")}: I = I_x + I_v \quad (\text{i})$$

$$\text{Νόμος του Ohm ("V/m")}: I_v = V / r_v \quad (\text{ii}\alpha)$$

$$\text{Νόμος του Ohm ("R}_x\text{")}: R_x = V / I_x \quad (\text{ii}\beta)$$

$$(\text{i}), (\text{ii}\alpha): I_x = I - I_v = I - (V / r_v) \quad (\text{iii})$$

$$(\text{ii}\beta), (\text{v}): R_x = V / [I - (V / r_v)] \quad (\text{iv})$$

$$\text{Σχετικό σφάλμα: } |R_x - R_{\text{εργ/ριο}}| / R_{\text{εργ/ριο}} \quad (\text{v})$$

$$(\text{v}), (\text{ii}\beta), (\text{iii}): |(V / I_x) - R_{\text{εργ/ριο}}| / R_{\text{εργ/ριο}} = |[V / [I - (V / r_v)]] - R_{\text{εργ/ριο}}| / R_{\text{εργ/ριο}} \quad (\text{vi})$$

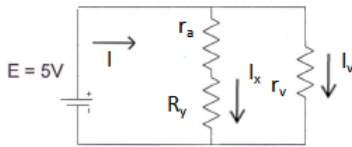
Από (vi), Πίνακα 1.2.1 (αν  $\langle I = 11.65\text{mA} \rangle$ ,  $\langle V = 1.76\text{V} \rangle$ ,  $\langle r_v = 10.00\text{M}\Omega \rangle$  και  $\langle R_{\text{εργ/ριο}} = 150.00\Omega \rangle$ , τότε:

$$\langle R_x \approx 151.08\Omega \rangle \text{ και } \langle \text{Σχετικό σφάλμα: } 0.72\% \rangle$$

Από (vi), Πίνακα 1.2.1 (αν  $\langle I = 57.50\mu\text{A} \rangle$ ,  $\langle V = 2.00\text{V} \rangle$ ,  $\langle r_v = 10.00\text{M}\Omega \rangle$  και  $\langle R_{\text{εργ/ριο}} = 33.00\text{K}\Omega \rangle$ , τότε:

$$\langle R_x \approx 34.90\text{K}\Omega \rangle \text{ και } \langle \text{Σχετικό σφάλμα: } 5.76\% \rangle$$

### 1.3.2



#### Επαλήθευση

- KCL (κόμβος "Ε, A/m, V/m"):  $I = I_x + I_v$  (i)  
 KVL (βρόχος "Ε, A/m, R<sub>y</sub>, E"):  $E = (r_a + R_y) * I_x$  ή  $R_y = (E / I_x) - r_a$  (ii)  
 Σχετικό σφάλμα:  $|R_y - R_{εργ/ριο}| / R_{εργ/ριο}$  (iii)  
 (iii), (ii):  $|[(E / I_x) - r_a] - R_{εργ/ριο}| / R_{εργ/ριο}$  (iv)

Από (iv), Πίνακα 1.2.2 (αν  $\langle I_x = 2.31\text{mA} \rangle$ ,  $\langle E = 5.17\text{V} \rangle$ ),  $\langle r_v = 10.00\Omega \rangle$  και  $\langle R_{εργ/ριο} = 2.20\text{K}\Omega \rangle$ , τότε:  
 $\langle R_y \approx 2.23\text{K}\Omega \rangle$  και  $\langle \text{Σχετικό σφάλμα: } [(R_y - R_{εργ/ριο}) / R_{εργ/ριο}] = [(2.23 - 2.20) / 2.20] \approx 1.36\% \rangle$

Από (iv), Πίνακα 1.2.2 (αν  $\langle I_x = 5.00\mu\text{A} \rangle$ ,  $\langle E = 5.18\text{V} \rangle$ ),  $\langle r_v = 10.00\Omega \rangle$  και  $\langle R_{εργ/ριο} = 1.00\text{M}\Omega \rangle$ , τότε:  
 $\langle R_y \approx 1.04\text{M}\Omega \rangle$  και  $\langle \text{Σχετικό σφάλμα: } [(R_y - R_{εργ/ριο}) / R_{εργ/ριο}] = [(1.04 - 1.00) / 1.20] = 4.00\% \rangle$

### 1.3.3

- KVL (βρόχος "R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub>") :  $R_1 * I_{R_1} = R_3 * I_{R_3}$ , καθώς  $I_A = 0.00\text{A}$  (i)  
 KVL (βρόχος "R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>") :  $(R_1 + R_2) * I_{R_1} = (R_3 + R_4) * I_{R_3}$ , καθώς  $I_A = 0.00\text{A}$  (ii)  
 (i), (ii):  $(R_1 + R_2) * (R_3 / R_1) * I_{R_3} = (R_3 + R_4) * I_{R_3}$  ή  $R_1 / R_3 = (R_1 + R_2) / (R_3 + R_4)$  ή  
 $R_1 / R_3 = R_2 / R_4$  (ιδιότητα αναλογιών) ή  $R_1 / R_2 = R_3 / R_4$  ή  
 $R_3 = [(R_1 * R_4) / R_2] = [(1.00\text{K}\Omega * 2.20\text{K}\Omega) / 1.50\text{K}\Omega] \Omega$  ή  $\langle R_3 \approx 1.47\text{K}\Omega \rangle$   
 ή  $\langle (1.46 \approx 1.47)\text{K}\Omega \rangle$  [(§1.2.5) για τη διαφορά] Ο.Ε.Δ.

## 1.4. Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων (στο Εργαστήριο)

### 1.4.1α

Για την επαλήθευση δείτε την επίλυση του Ερωτήματος (§1.2.4)

### 1.4.1β

- $V_2 / E = \{[R_2' / (R_1 + R_2')] * E\} / E$  (i)  
 $R_2' = R_2 // (R_3 \text{ σσ } R_4)$  ή  $R_2' = 4.70\text{K}\Omega // (1.00\text{K}\Omega + 6.80\text{K}\Omega)$  ή  $R_2' = 4.70\text{K}\Omega // 7.80\text{K}\Omega$  ή  $R_2' \approx 2.93\text{K}\Omega$  (ii)  
 (i), (ii):  $V_2 / E \approx [2.93\text{K}\Omega / (2.20\text{K}\Omega + 2.93\text{K}\Omega)]$  ή  $\langle V_2 / E \approx 0.5712 \rangle$  ή  $\langle 57.12\% \rangle$   
 Άρα  $V_2 = 57.12\% * E$  ή  $\langle V_2 \approx 2.86\text{V} \rangle$  ή  $\langle (2.86 = 2.86)\text{V} \rangle$  [(§1.2.4), χωρίς διαφορά] Ο.Ε.Δ.

### Εθελοντική Άσκηση (οι φοιτήτριες/τητές Εξασκούνται στο τέλος σε αυτή, αν προλάβουν)

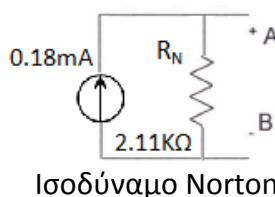
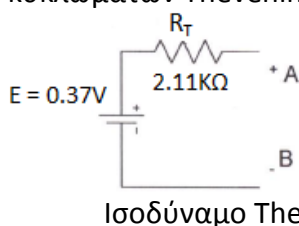
#### 1.4.2

Για την επαλήθευση δείτε την επίλυση του Ερωτήματος (§1.2.5)

Από Πίνακα 1.2.5,  $V / I \approx 5.03\text{V} / 3.90\text{mA} \approx 1.29\text{K}\Omega$  ή  $(1.29 \approx 1.26)\text{K}\Omega$  Ο.Ε.Δ.

### 1.4.3

Όλο το Ερώτημα (§1.2.6) είχε σκοπό τον υπολογισμό των τιμών για την σχεδίαση των ισοδύναμων κυκλωμάτων Thevenin και Norton κι αυτές προτιμήθηκαν από τις μετρηθείσες:



## Συμβουλές για τη Βαθμολόγηση

Η Άσκηση (1) είναι η πρώτη για το Εργαστήριο, μετά τις πολυήμερες διακοπές και τις Επαναληπτικές Εξετάσεις, και θα έπρεπε να μην υπάρχει καν! Αυτό γιατί, στην ουσία, ανακεφαλαιώνει τα Εργαστήρια του Α' Έτους, τόσο αναφορικά στη χρήση των συσκευών του Εργαστηρίου, όσο και στην ύλη (λ.χ. οι νόμοι του Kirchhoff). Παρ' όλ' αυτά τη διατηρώ γιατί η πείρα μου από τις φοιτήτριες/τητές στα προηγούμενα χρόνια δεν ενθαρρύνει την διαγραφή της. Εκείνο στο οποίο στοχεύω, λοιπόν, είναι:

- οι φοιτήτριες/τητές να συμμετέχουν όλες και όλοι και να αρχίζουν την εξάσκησή τους άμεσα
- να μπορούν να "χτίζουν" ένα κύκλωμα κόμβο - κόμβο (και όχι βρόχο - βρόχο όπως προσπαθούν ή θέτοντας γύρω από ένα στοιχείο καλώδια και άλλα στοιχεία) χωρίς να εφαρμόζουν τάση στο κύκλωμα
- να χρησιμοποιούν σωστά το πολύμετρο χωρίς να καίνε την ασφάλειά του (αυτό συμβαίνει, κυρίως, στη χρήση του σαν αμπερομετρο) και τοποθετώντας το σωστά σε σειρά σε κλάδο ενός κυκλώματος και όχι παράλληλα, δηλαδή στα άκρα ενός στοιχείου (όπως το βολτομετρο)
- να μπορούν να αναλύσουν ένα κύκλωμα (να υπολογίζουν εντάσεις και τάσεις ρεύματος)
- να έχουν αίσθηση του χρόνου και να προσέρχονται, κατά το δυνατόν, "διαβασμένες/νοι"

### 1.2.1

Βαθμολογία: 0.50/10.0

Προσοχή: να μην καεί η ασφάλεια του πολυμέτρου

### 1.2.2

Βαθμολογία: 0.50/10.0

Προσοχή: να μην καεί η ασφάλεια του πολυμέτρου

### 1.2.3

Βαθμολογία: 0.50/10.0

Προσοχή: να μην καταστραφεί το ποτενσιομετρο

### 1.2.4

Βαθμολογία: 02.50/10.0

Προσοχή: στη χρήση του αμπερομετρου και στο χρόνο εκτέλεσης

### 1.2.5

Βαθμολογία: 02.5/10.0

Προσοχή: Στο χειρισμό της Πηγής "Ε" για τη μέτρηση της ολικής αντίστασης στα άκρα "Α" και "Β"

### 1.2.6

Βαθμολογία: 03.0/10.0

Προσοχή: στις μετρήσεις κάθε είδους

### 1.3

Βαθμολογία: 01.50/10.0

Προσοχή: στην επίλυση των τύπων. Να είστε αυστηρές/ροί!

### 1.4

Βαθμολογία: 01.50/10.0

Προσοχή: στην ανακεφαλαίωση της ύλης και στα ισοδύναμα κυκλώματα Thevenin και Norton





## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 2

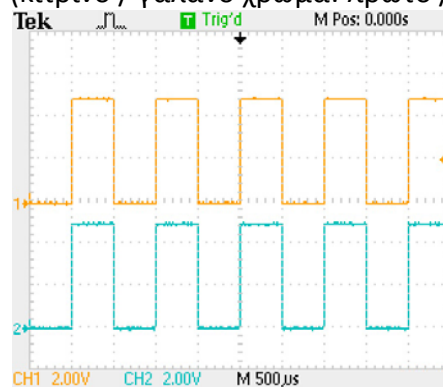
**ΘΕΜΑ:** Μετρήσεις στον παλμογράφο και κυκλώματα RC πρώτης τάξης

### 2.1 Απαραίτητες Γνώσεις

Μέτρηση συχνότητας και διαφοράς φάσης με εικόνες Lissajous, τιμών τάσεων εναλλασσόμενου ηλεκτρικού ρεύματος (σημάτων), μελέτη κυκλωμάτων RC πρώτης τάξης, διαφοριστές / ολοκληρωτές

### 2.2 Εκτέλεση της Άσκησης

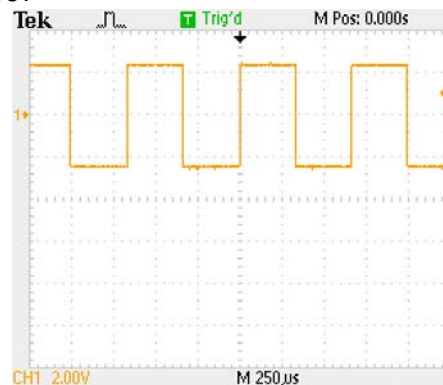
2.2.1 Η εικόνα του παλμογράφου (κίτρινο / γαλανό χρώμα: πρώτο / δεύτερο κανάλι):



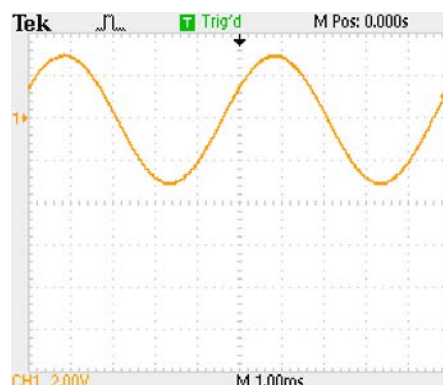
Σχήμα 2.2.1

Οι πιο πάνω κυματομορφές εμφανίζονται γιατί αφορούν στο κύκλωμα σκανδαλισμού του παλμογράφου

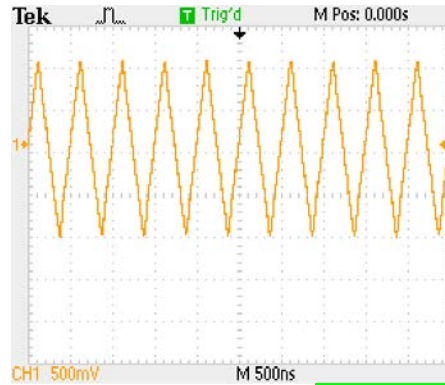
2.2.2 Οι εικόνες του παλμογράφου:



Σχήμα 2.2.2(α): Παλμοσειρά, <5.00V<sub>pp</sub>, 1.50KHz>

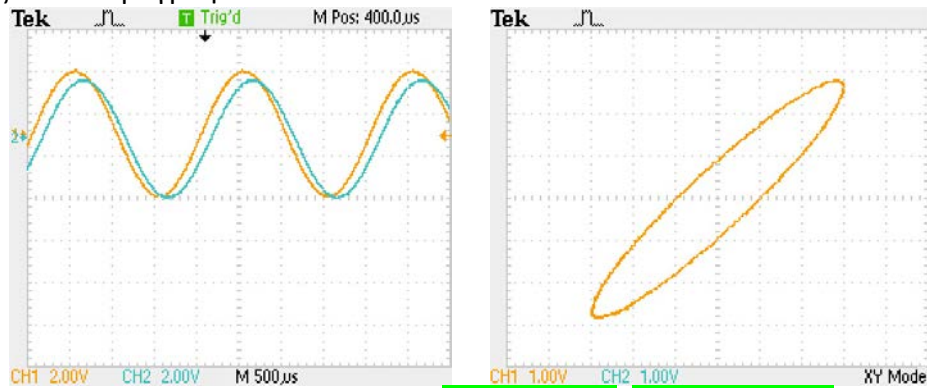


Σχήμα 2.2.2(β): Ημιτονοειδής κυματομορφή, <6.00V<sub>pp</sub>, 200.00Hz>



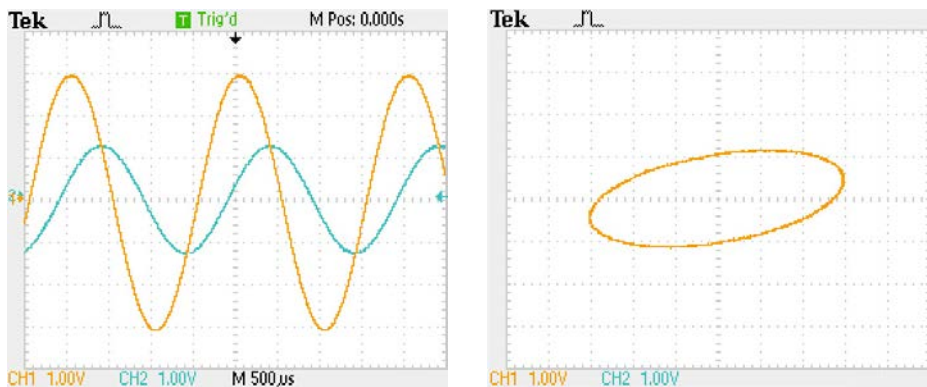
Σχήμα 2.2.2(γ): Τριγωνικό σήμα,  $\langle 2.00V_{pp}, 2.00MHz \rangle$

### 2.2.3 Οι εικόνες του παλμογράφου:



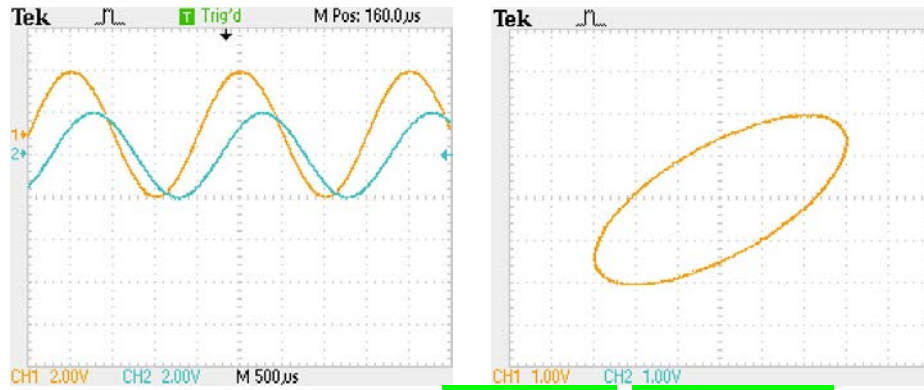
Σχήμα 2.2.3(α): Lissajous,  $\langle R = 2.20K\Omega \rangle$ ,  $\langle C = 0.047\mu Fd \rangle$

Μία (1) Περίοδος σήματος είναι  $360^\circ$  ή  $T \approx 20.00DIV$ , Σχ. 2.2.3(α) και  $\Delta\phi \approx 1.20DIV$ , Σχ. 2.2.3(α) ή, σε μοίρες,  $(1.20DIV / 20.00DIV) * 360^\circ \approx \langle 21.60^\circ \rangle$  (για τη θεωρία της μετατροπής, δείτε το αρχείο "<http://eeshop.unl.edu/pdf/OscilloscopeTutorial--PhaseMeasurement.pdf>"). Επίσης,  $\Delta\phi = \sin^{-1}(c / a)$ , όπου c: το ελάχιστο διάστημα στον οριζόντιο άξονα όπου η προβολή του σχήματος Lissajous το τέμνει και a: το μέγιστο διάστημα. Συνεπώς,  $\Delta\phi \approx \sin^{-1}(10 / 30) \approx \langle 19.47^\circ \rangle$



Σχήμα 2.2.3(β): Lissajous,  $\langle R = 15.00K\Omega \rangle$ ,  $\langle C = 0.047\mu Fd \rangle$

Μία (1) Περίοδος σήματος είναι  $360^\circ$  ή  $T \approx 20.00DIV$ , Σχ. 2.2.3(α) και  $\Delta\phi \approx 3.50DIV$ , Σχ. 2.2.3(α) ή, σε μοίρες,  $(3.50DIV / 20.00DIV) * 360^\circ \approx \langle 63.00^\circ \rangle$ . Επίσης,  $\Delta\phi = \sin^{-1}(c / a) \approx \sin^{-1}(27 / 30) \approx \langle 64.16^\circ \rangle$



Σχήμα 2.2.3(γ): Lissajous,  $\langle R = 6.80\text{K}\Omega \rangle$ ,  $\langle C = 0.047\mu\text{Fd} \rangle$

Μία (1) Περίοδος σήματος είναι  $360^\circ$  ή  $T \approx 20.00\text{DIV}$ , Σχ. 2.2.3(α) και  $\Delta\phi \approx 3.20\text{DIV}$ , Σχ. 2.2.3(α) ή ή, σε μοίρες,  $(2.90\text{DIV} / 20.00\text{DIV}) * 360^\circ \approx \langle 52.20^\circ \rangle$ . Επίσης,  $\Delta\phi = \sin^{-1}(c / a) \approx \sin^{-1}(24 / 30) \approx \langle 53.13^\circ \rangle$

Συνολικές τιμές:

	R(KΩ)	C(μFd)	$\Delta\phi(^{\circ})$ -άξονας xy	$\Delta\phi(^{\circ})$ -Lissajous
(α)	2.20	0.047	21.60	19.47
(β)	15.00	0.047	63.00	64.16
(γ)	6.80	0.047	52.20	53.13

Πίνακας 2.2.3

#### 2.2.4 Οι εικόνες του παλμογράφου:



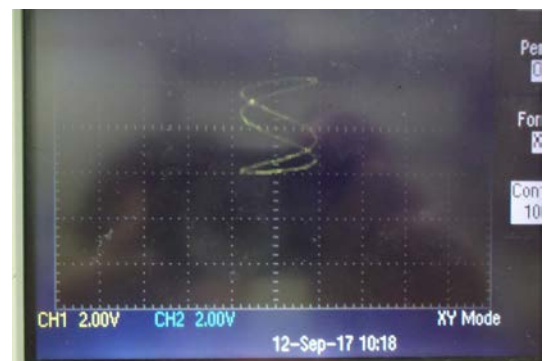
Σχήμα 2.2.4(α):  $\langle f_1 = f_2 = 40.00\text{Hz} \rangle$



Σχήμα 2.2.4(β):  $\langle f_1 = 80.00\text{Hz} \rangle$  και  $\langle f_2 = 40.00\text{Hz} \rangle$



Σχήμα 2.2.4(γ):  $\langle f_1 = 40.00\text{Hz} \rangle$  και  $\langle f_2 = 80.00\text{Hz} \rangle$



Σχήμα 2.2.4(δ):  $\langle f_1 = 120.00\text{Hz} \rangle$  και  $\langle f_2 = 40.00\text{Hz} \rangle$

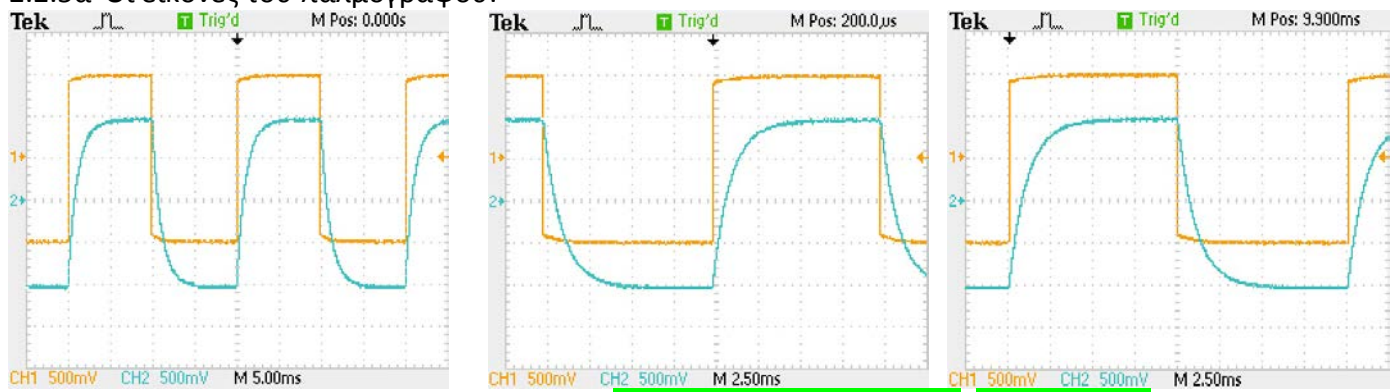
Συνολικές Πειραματικές τιμές:

	$f_1(\text{Hz})$	$f_2(\text{Hz})$	$\lambda (f_1 / f_2)$
(α)	40.00	40.00	1.00
(β)	80.00	40.00	0.50
(γ)	40.00	80.00	2.00
(δ)	120.00	40.00	3.00

Πίνακας 2.2.4

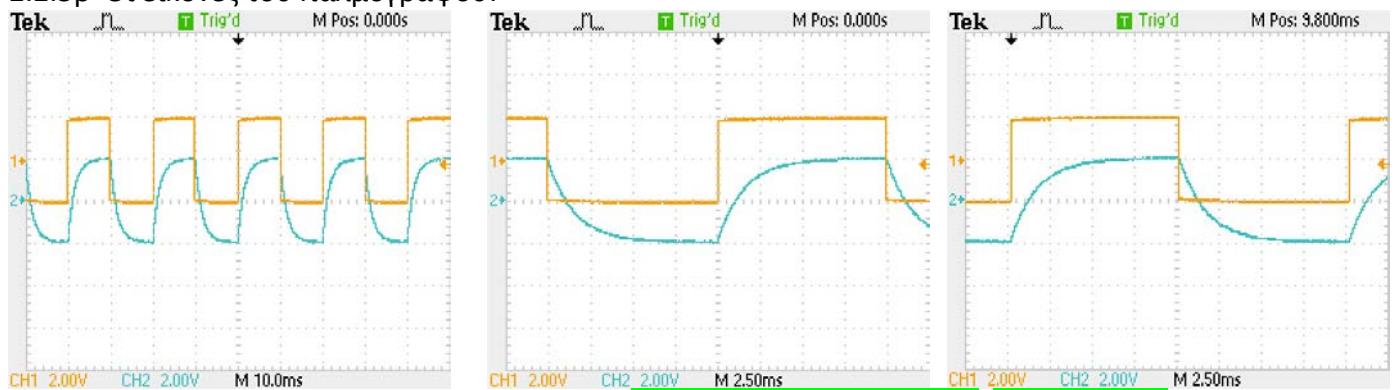


### 2.2.5α Οι εικόνες του παλμογράφου:

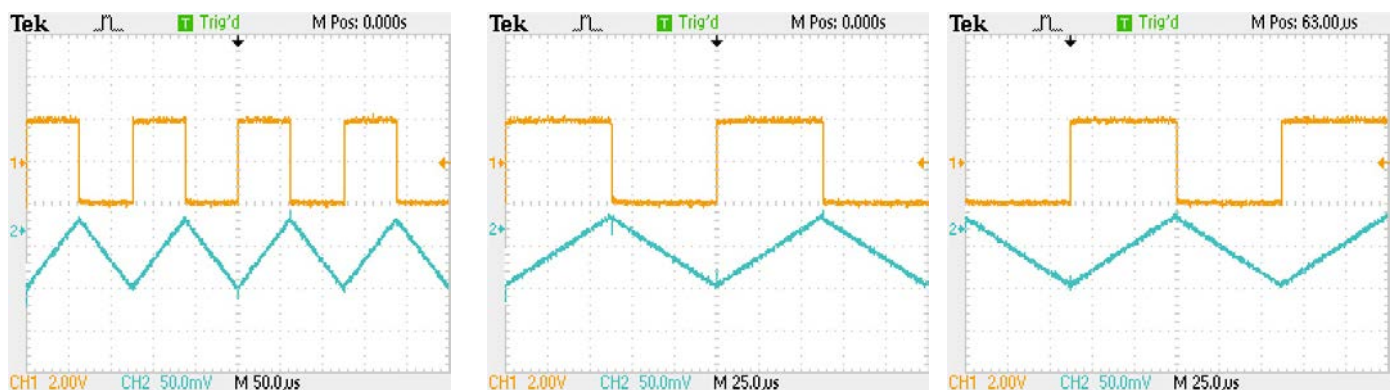


Σχήμα 2.2.5α: Παλμοσειρά,  $<2.00\text{V (πλάτος)}, 50.00\text{Hz}>$ ,  $<R = 1.00\text{K}\Omega>$

### 2.2.5β Οι εικόνες του παλμογράφου:

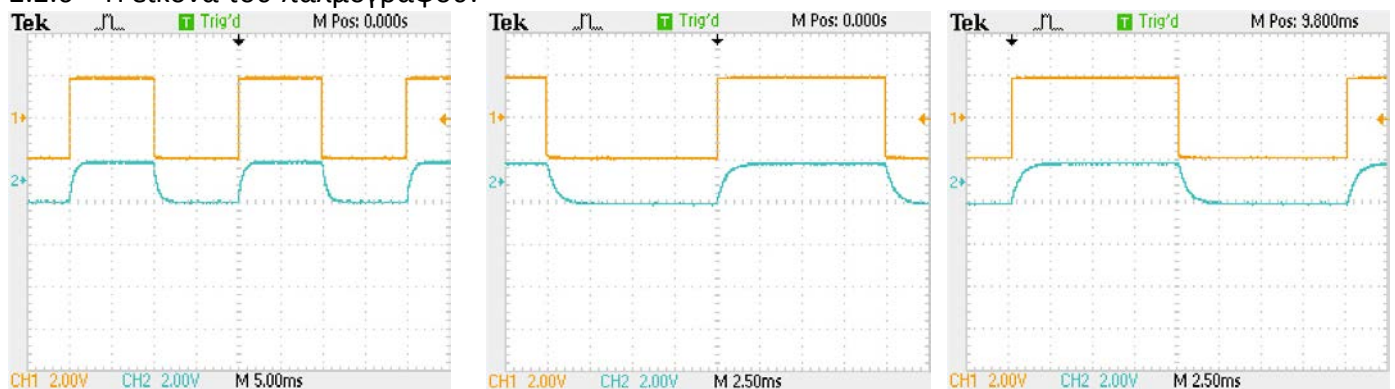


Σχήμα 2.2.5β(1): Παλμοσειρά,  $<2.00\text{V (πλάτος)}, 50.00\text{Hz}>$ ,  $<R = 1.50\text{K}\Omega>$



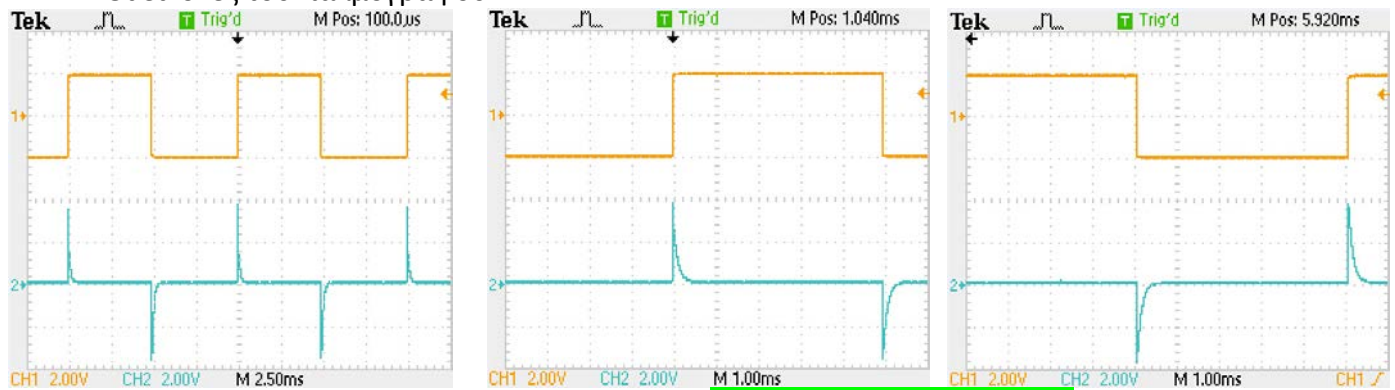
Σχήμα 2.2.5β(2): Παλμοσειρά,  $<2.00\text{V (πλάτος)}, 8.00\text{kHz}>$ ,  $<R = 1.50\text{K}\Omega>$

### 2.2.6 Η εικόνα του παλμογράφου:

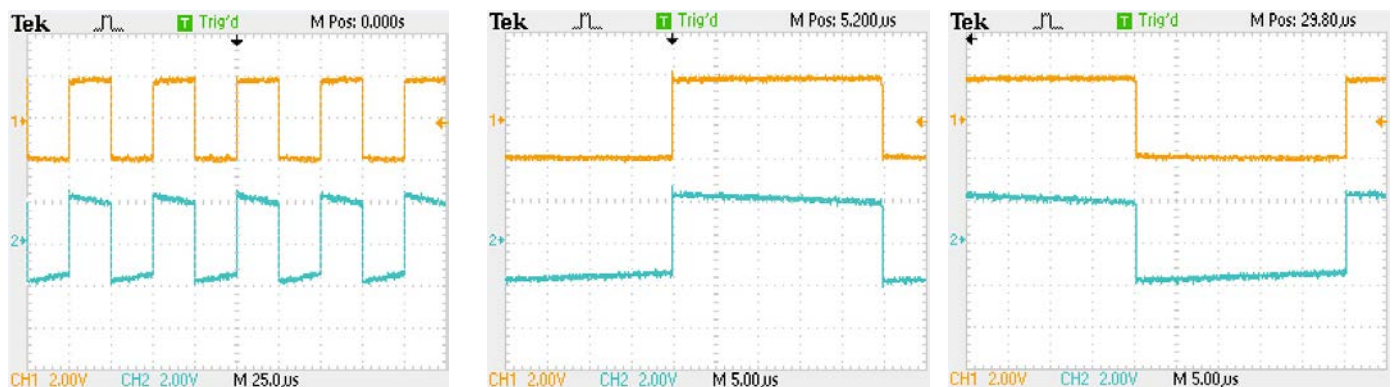


Σχήμα 2.2.6: Παλμοσειρά,  $<2.00\text{V (πλάτος)}, 50.00\text{Hz}>$

### 2.2.7 Οι εικόνες του παλμογράφου:



Σχήμα 2.2.7(α): Παλμοσειρά, <2.00V (πλάτος), 100.00Hz>



Σχήμα 2.2.7(β): Παλμοσειρά, <2.00V (πλάτος), 20.00KHz>

### 2.2.8 Πειραματικές τιμές:

f(Hz)	$V_i(V_{pp})$	$V_o(V_{pp})$
600.00	4.96	1.72
800.00	4.96	2.16
1'000.00	4.96	2.56
1'200.00	4.96	2.88
1'400.00	4.96	3.20
1'600.00	4.96	3.44
1'800.00	4.96	3.60
2'000.00	4.96	3.76
2'200.00	4.96	3.88
2'400.00	4.96	4.00
2'600.00	4.96	4.08

Πίνακας 2.2.8

### 2.3. Προετοιμασία πριν την Εξάσκηση (στο σπίτι)

#### 2.3.1α

Από τα Σχ. 2.2.5α, φαίνεται πως για  $t \approx 5.00\text{msec}$ ,  $V_c(t \approx 5.00\text{msec}) \approx 1.00\text{V}$ , το οποίο αποτελεί και το πλάτος της τάσης τροφοδοσίας [ $V_i(t)$ ]. Συνεπώς,  $5 * \tau \approx 5.00\text{msec}$ , άρα  $\tau \approx 1.00\text{msec}$  το οποίο συμφωνεί και με τα στοιχεία του κυκλώματος καθώς:  $\tau = R * C$  ή  $\tau = 1.00\text{K}\Omega * 1.00\mu\text{Fd} = \tau \approx 1.00\text{msec}$

### 2.3.1β

Από τα Σχ. 2.2.5β(1), φαίνεται πως για  $t \approx 7.50\text{msec}$ ,  $V_C(t \approx 7.50\text{msec}) \approx 1.00\text{V}$ , το οποίο αποτελεί και το πλάτος της τάσης τροφοδοσίας  $[V_i(t)]$ . Συνεπώς,  $5 * \tau \approx 7.50\text{msec}$ , άρα  $\tau \approx 1.50\text{msec}$  το οποίο συμφωνεί και με τα στοιχεία του κυκλώματος καθώς:  $\tau = R * C$  ή  $\tau = 1.50\text{K}\Omega * 1.00\mu\text{Fd} = \tau \approx 1.50\text{msec}$

Τέλος, από τα Σχ. 2.2.5β(2), φαίνεται πως ο πυκνωτής δεν προλαβαίνει να φορτιστεί (δείτε το πλάτος της κυματομορφής), άρα δεν είναι δυνατόν, γραφικά, να υπολογιστεί η σταθερά χρόνου του κυκλώματος

### 2.3.2

Από τη θεωρία είναι γνωστό πως ο πυκνωτής φορτίζεται περίπου στο 63% της τιμής του πλάτους της πηγής του κυκλώματος, μείον την πτώση τάσης σε τυχόν αντιστάτες, σε χρόνο ίσο με τη σταθερά χρόνου του κυκλώματος,  $\tau = R * C$ , και πως σε χρόνο περίπου ίσο με  $5 * \tau$  η φόρτιση ολοκληρώνεται. Από το Σχ. 2.2.6, φαίνεται πως στο 63% των 2.00V (πλάτος) της πηγής, δηλ.  $\sim 0.32\text{V}$  (πλάτος) για τον πυκνωτή (λόγω της πτώσης τάσης στους αντιστάτες φθάνει στο  $\sim 0.50\text{V}$  μέγιστο πλάτος), φορτίζεται για ένα (1) κύκλο στα περίπου  $\tau = (0.10 / 1.00)\text{DIV} * 5.00\text{msec}$  ή  $0.50\text{msec}$  και ολοκληρώνει τη φόρτισή του σε  $\sim 0.45\text{DIV}$  ή  $\tau \approx 2.25\text{msec}$ . Με δεδομένο πως η σταθερά χρόνου είναι  $\tau = 0.50\text{K}\Omega * 1.00\mu\text{Fd} = 0.50\text{msec}$ , τότε ισχύει πως  $5 * \tau = 2.50\text{msec}$ . Άρα, παρατηρείται (μικρό) σφάλμα. Τέλος, από τη θεωρία είναι γνωστό πως ισχύουν οι τύποι  $|Z_C| = 2 * \pi * C * f$  και  $\tan(\Delta\phi) = |Z_C| / R$ , άρα  $C = R * \tan(\Delta\phi) / (2 * \pi * f)$

## 2.4. Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων (στο Εργαστήριο)

### 2.4.1

Ο λόγος των συχνοτήτων και ο αριθμός των λοβών συμφωνεί. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά τη δημιουργία εικόνων Lissajous το κύκλωμα σκανδαλισμού του παλμογράφου τροφοδοτείται από εξωτερικό σήμα

### 2.4.2α

**Ολοκληρωτής:** το κύκλωμα το οποίο τροφοδοτήθηκε με παλμοσειρά,  $\langle 2.00\text{V}_{pp}, 8.00\text{KHz} \rangle$ . Όπως φαίνεται στα Σχ. 2.2.5β(2), η  $\langle V_o \rangle$  έχει σχήμα γραμμικής ανόδου και καθόδου στην αντίστοιχη στιγμιαία άνοδο και κάθοδο τιμών της  $\langle V_i \rangle$ , άρα παρουσιάζει το ολοκλήρωμά της. Δείτε και την ιστο-σελίδα [http://www.learnabout-electronics.org/ac\\_theory/filters85.php](http://www.learnabout-electronics.org/ac_theory/filters85.php):

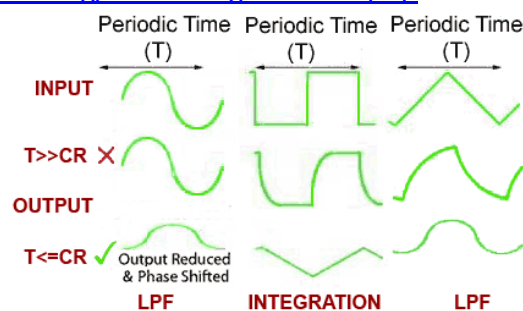
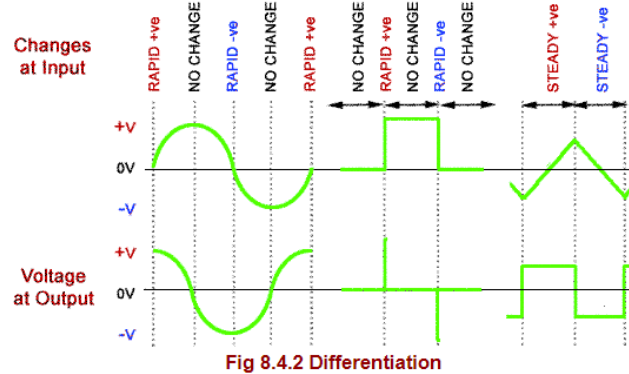


Fig. 8.5.2 Integrator Action

Σχήμα 2.4.2(α): Ολοκλήρωση γνωστών σημάτων

#### 2.4.2β

**Διαφοριστής:** το κύκλωμα το ποίο τροφοδοτήθηκε με παλμοσειρά,  $<2.00V_{pp}, 100.00Hz>$ . Όπως φαίνεται στα Σχ. 2.2.7β, η  $<V_o>$  τείνει σε μηδενική τιμή είτε από θετικές τιμές είτε από αρνητικές τιμές, καθώς η  $<V_i>$  έχει σταθερή τιμή. Την πτώση προς μηδενικές τιμές σταματά η αλλαγή στο πρόσημό της. Δείτε και την ιστο-σελίδα [http://www.learnabout-electronics.org/ac\\_theory/filters84.php](http://www.learnabout-electronics.org/ac_theory/filters84.php)



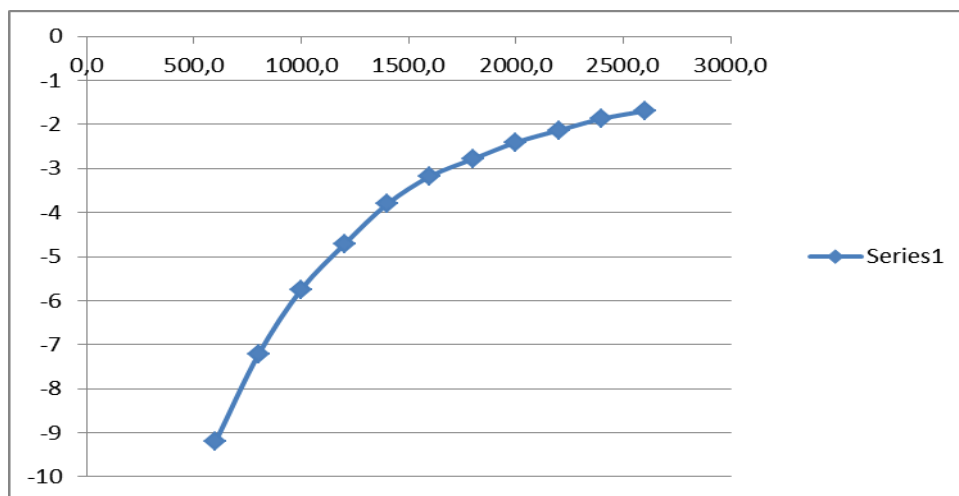
Σχήμα 2.4.2(β): Διαφόριση γνωστών σημάτων

#### 2.4.3

Χρησιμοποιώντας τις τιμές του Πίνακα 2.2.8:

f(Hz)	$V_i(V)$	$V_o(V)$	$V_o / V_i$	$20 * \log_{10} *  V_o / V_i $
600.00	4.96	1.72	0.35	-9.20
800.00	4.96	2.16	0.44	-7.22
1'000.00	4.96	2.56	0.52	-5.74
1'200.00	4.96	2.88	0.58	-4.72
1'400.00	4.96	3.20	0.65	-3.80
1'600.00	4.96	3.44	0.69	-3.18
1'800.00	4.96	3.60	0.73	-2.78
2'000.00	4.96	3.76	0.76	-2.41
2'200.00	4.96	3.88	0.78	-2.13
2'400.00	4.96	4.00	0.81	-1.87
2'600.00	4.96	4.08	0.82	-1.70

Επαυξημένος Πίνακας 2.2.8



Σχήμα 2.4.3 Η παράσταση " $20 * \log_{10} * (V_o / V_i)$ " στο χρόνο

Το κύκλωμα συμπεριφέρεται σαν ανω-διαβατός διηθητής (filter) καθώς όσο αυξάνει η συχνότητα της παλμοσειράς εισόδου τόσο αυξάνει και το πλάτος του σήματος εξόδου (το κέρδος του διηθητή)

## Συμβουλές για τη Βαθμολόγηση

Για την Άσκηση (2) οι φοιτήτριες/τητές εισάγονται στη χρήση του παλμογράφου, την κύρια συσκευή ανάλυσης κυκλωμάτων εναλλασσόμενης τάσης. Ουσιαστικά θα τον αξιοποιούν σε όλο το Ακαδημαϊκό Έτος, πια, ακόμα και σε άλλο Εργαστήριο (Δ' Εξάμηνο). Συνεπώς, θα δώσουμε προσοχή ώστε να μάθουν να τον χειρίζονται και να μπορούν να σταματούν τη δέσμη του αν “τρέχει” στην οθόνη. Ακόμη, η έννοια της “γείωσης” δεν θα υπάρχει όσο του κοινού κόμβου, πια. Η Άσκηση περιλαμβάνει τόσο χρόνο για χαλάρωση (τα σχήματα Lissajous) όσο και για πιο σοβαρή δουλειά, οπότε η μελέτη της Θεωρίας είναι πολύ σημαντική, θα πρέπει να είμαστε αυστηρές/ροί με όσες / όσους δεν την κατέχουν.

### 2.2.1

Βαθμολογία: 0.50/10.0

Προσοχή: στο χρόνο εκτέλεσης

### 2.2.2

Βαθμολογία: 0.50/10.0

Προσοχή: στην ρύθμιση τη γεννήτριας συχνοτήτων

### 2.2.3

Βαθμολογία: 1.00/10.0

Προσοχή: στην ρύθμιση της δέσμης του παλμογράφου και στην μέτρηση της  $\Delta\phi$

### 2.2.4

Βαθμολογία: 0.50/10.0

Προσοχή: στον υπολογισμό του λόγου  $\langle\lambda\rangle$

### 2.2.5

Βαθμολογία: 01.50/10.0

Προσοχή: στο χρόνο εκτέλεσης

### 2.2.6

Βαθμολογία: 01.00/10.0

Προσοχή: στην υλοποίηση του κυκλώματος, θα το έχουν ξεχάσει...

### 2.2.7

Βαθμολογία: 01.00/10.0

Προσοχή: στις λογής ρυθμίσεις και στο χρόνο εκτέλεσης

### 2.2.8

Βαθμολογία: 01.00/10.0

Προσοχή: στις μετρήσεις

### 2.3

Βαθμολογία: 01.50/10.0

Προσοχή: στην ανακεφαλαίωση της ύλης και στον υπολογισμό απόδειξη των τύπων

### 2.4

Βαθμολογία: 01.50/10.0

Προσοχή: στη δικαιολόγηση των απαντήσεων. Να είστε αυστηρές/ροί!



### ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 3

**ΘΕΜΑ:** Δίοδοι επαφής “p - n”

#### **3.1 Απαραίτητες Γνώσεις**

Κυκλώματα με διόδους επαφής

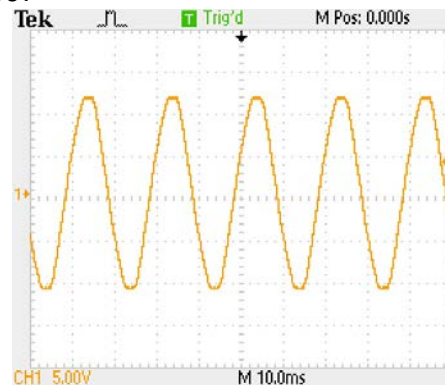
#### **3.2 Εκτέλεση της Άσκησης**

3.2.1 Πειραματικές τιμές:

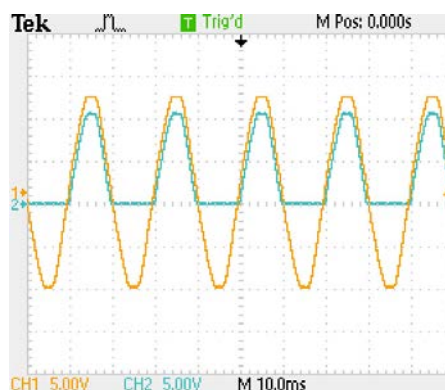
V(V)	I(μA)
0.45	43.40
0.46	52.70
0.47	88.40
0.49	101.60
0.56	378.00
0.66	2'800.00

Πίνακας 3.2.1

3.2.2 Οι εικόνες του παλμογράφου:

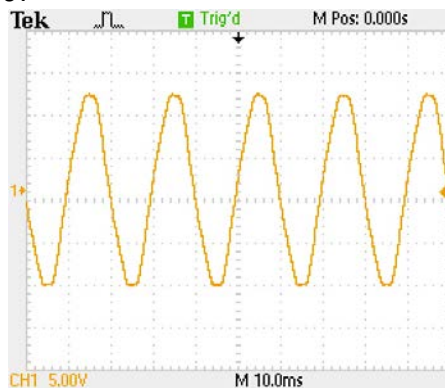


Σχήμα 3.2.2(α): Μόνο  $\langle V_o \rangle$  (έξοδος από το τροφοδοτικό)

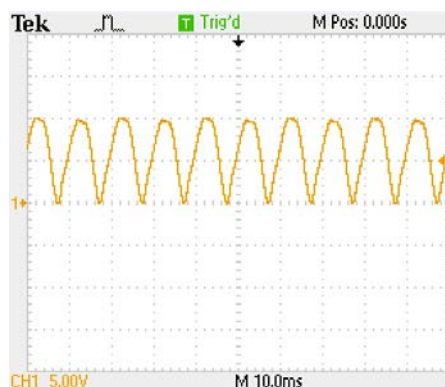


Σχήμα 3.2.2(β):  $\langle V_o \rangle$  και  $\langle V_R \rangle$  σε κύκλωμα ημιανόρθωσης

### 3.2.3 Οι εικόνες του παλμογράφου:



Σχήμα 3.2.3(α): Μόνο  $\langle V_o \rangle$  (έξοδος από το τροφοδοτικό), με τιμή  $\langle 22.60V_{pp} \rangle$



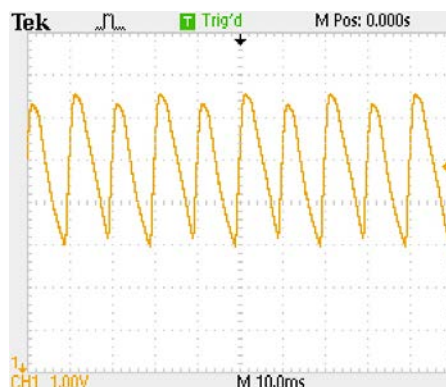
Σχήμα 3.2.3(β): Μόνο  $\langle V_R \rangle$  σε κύκλωμα πλήρους ανόρθωσης, με μέγιστη τιμή  $\langle 10.00V \rangle$

### 3.2.4 Οι εικόνες του παλμογράφου:



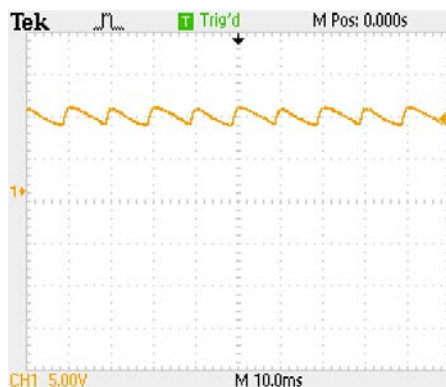
Σχήμα 3.2.4(α): Κυμάτωση, μόνο  $\langle V_C \rangle$  για  $\langle C = 10.00\mu Fd \rangle$ , με μέγιστη τιμή  $\langle 3.80V \rangle$

Από το Σχ. 3.2.4(α) προκύπτει πως  $\langle \Delta V \approx 3.80V \rangle$  (το Σχήμα ουσιαστικά παρουσιάζει την κυμάτωση!)



Σχήμα 3.2.4(β): Κυμάτωση, μόνο  $\langle V_C \rangle$  για  $\langle C = 22.00\mu Fd \rangle$ , με μέγιστη τιμή  $\langle 2.40V \rangle$

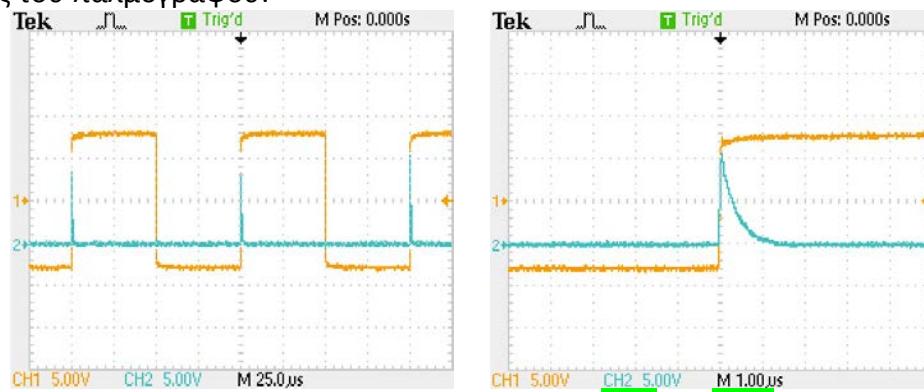
Από το Σχ. 3.2.4(β) προκύπτει πως  $\langle \Delta V \approx 2.40V \rangle$  (το Σχήμα ουσιαστικά παρουσιάζει την κυμάτωση!)



Σχήμα 3.2.4(β): Κυμάτωση, μόνο  $\langle V_C \rangle$  για  $\langle C = 22.00\mu Fd \rangle$ , με μέγιστη τιμή  $\langle 2.40V \rangle$

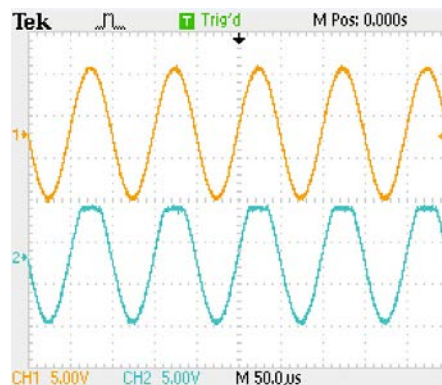
Από το Σχ. 3.2.4(β) προκύπτει πως  $\langle \Delta V \approx 2.40V \rangle$  (το Σχήμα ουσιαστικά παρουσιάζει την κυμάτωση!)

### 3.2.5 Οι εικόνες του παλμογράφου:



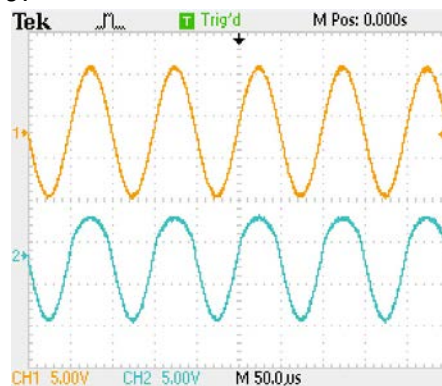
Σχήμα 3.2.5: Δίοδος και σήματα,  $\langle V_i \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$

### 3.2.6α Η εικόνα του παλμογράφου:

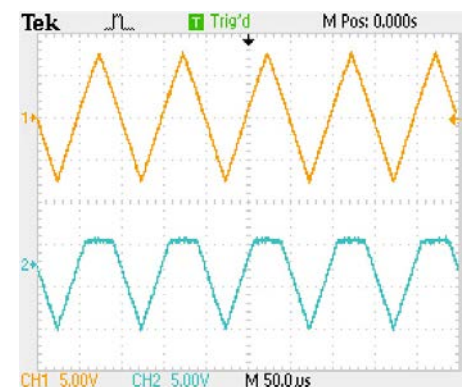
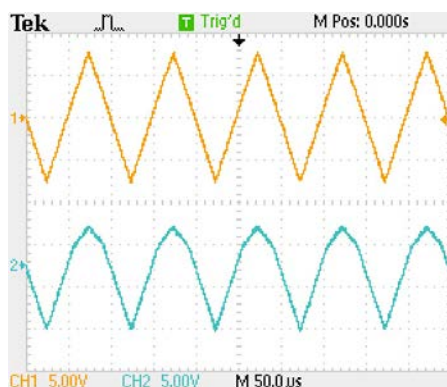


Σχήμα 3.2.6α: Ψαλιδισμός,  $\langle V_i \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$

### 3.2.6β Οι εικόνες του παλμογράφου:



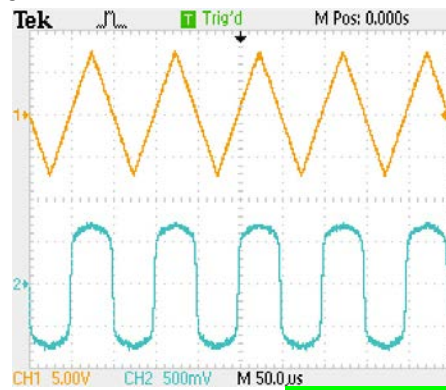
Σχήμα 3.2.6β(1): Ψαλιδισμός,  $\langle V_i \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$



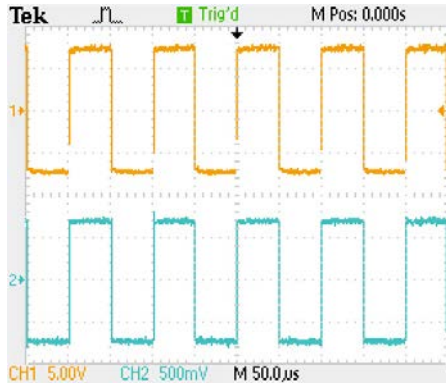
Σχήμα 3.2.6β(2) / 3.2.6β(3): Ψαλιδισμός,  $\langle V_i \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$ , χωρίς C / με  $\langle C = 10.00 \mu F \rangle$

Η πρόβλεψη αφορά στο ότι θα υπήρχε και πάλι ψαλιδισμός και με τη νέα κυματομορφή εισόδου

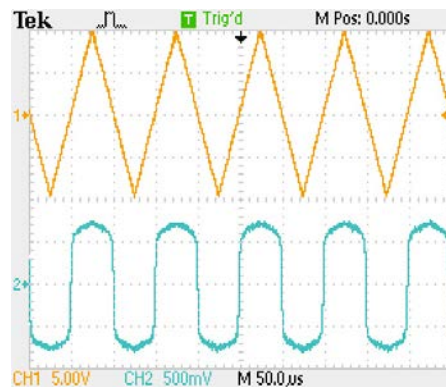
### 3.2.7α Οι εικόνες του παλμογράφου:



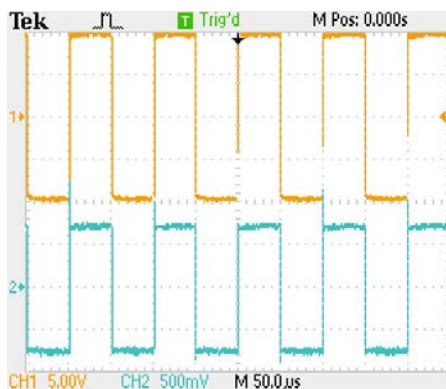
Σχήμα 3.2.7α(1): Περιοριστής,  $\langle V_i = 15.00V \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$



Σχήμα 3.2.7α(2i) / 3.2.7α(2ii): Περιοριστής,  $\langle V_i = 15.00V \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$

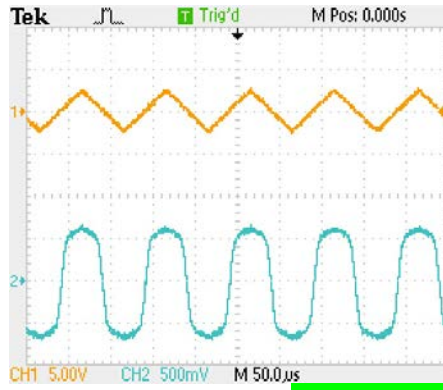


Σχήμα 3.2.7α(3): Περιοριστής,  $\langle V_i = 20.00V \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$

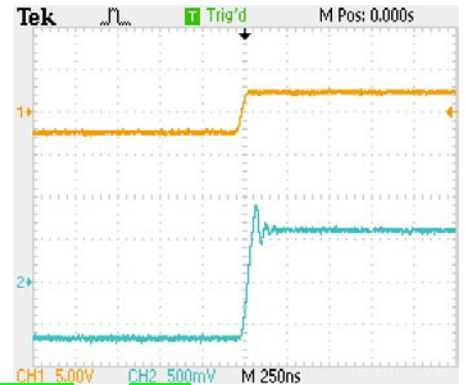
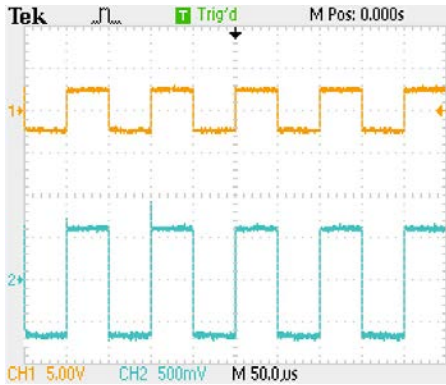


Σχήμα 3.2.7α(4i) / 3.2.7α(4ii): Περιοριστής,  $\langle V_i = 20.00V \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$



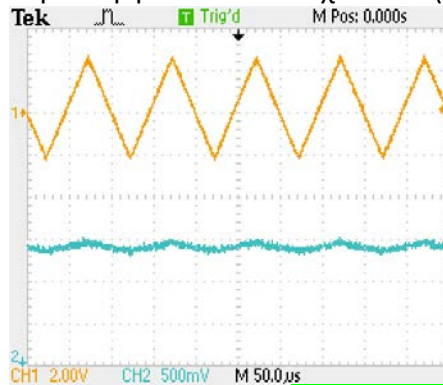


Σχήμα 3.2.7α(5): Περιοριστής,  $\langle V_i = 5.00V \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$

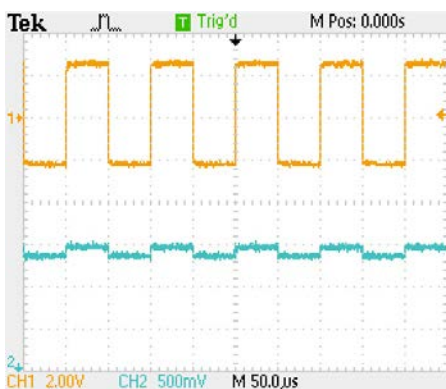


Σχήμα 3.2.7α(6i) / 3.2.7α(6ii): Περιοριστής,  $\langle V_i = 5.00V \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$

Το κύκλωμα πριν εφαρμοστεί η λύση φαίνεται στα Σχ. 3.2.7α(1), 3.2.7α(2i) και 3.2.7α(2ii). Έπειτα:

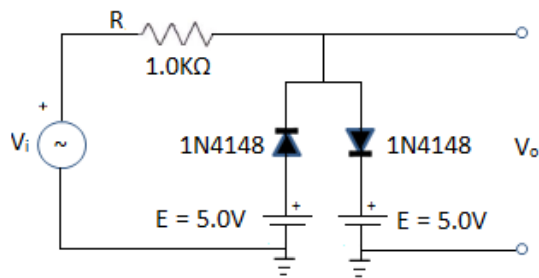


Σχήμα 3.2.7α(7): Περιοριστής,  $\langle V_i \approx 5.60V \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$



Σχήμα 3.2.7α(8i) / 3.2.7α(8ii): Περιοριστής,  $\langle V_i \approx 5.60V \rangle$  και  $\langle V_o \rangle$

### 3.2.7β



### 3.3. Προετοιμασία πριν την Εξάσκηση (στο σπίτι)

#### 3.3.1

Από το Σχ. 3.2.4(α) προκύπτει πως η μέγιστη τιμή της τάσης  $\langle V_o \rangle$  είναι  $\sim 10.00V$ , άρα η μέγιστη τιμή του ρεύματος  $\langle I_\phi \rangle$  θα είναι  $10.00V / 2.20K\Omega$  ή  $\langle I_\phi, \text{μέγιστη} \rangle \approx 4.55mA$ . Συνεπώς, χρησιμοποιώντας τον τύπο από το Παράρτημα,  $\langle \Delta V = (I_\phi, \text{μέγιστη} / C_1) * \Delta t \rangle$  ή

$$\text{ή } \langle \Delta V = (I_\phi, \text{μέγιστη} / C_1) * [1 / (2 * f)] \rangle \text{ ή } (4.55mA / 10.00\mu Fd) * [1 / (2 * 50.00Hz)] \text{ ή } \langle \Delta V \approx 4.55V \rangle$$

Από το 3.2.4(β) προκύπτει πως η μέγιστη τιμή της τάσης  $\langle V_o \rangle$  είναι  $\sim 10.00V$ , άρα η μέγιστη τιμή του ρεύματος  $\langle I_\phi \rangle$  θα είναι  $10.00V / 2.20K\Omega$  ή  $\langle I_\phi, \text{μέγιστη} \rangle \approx 4.55mA$ . Συνεπώς, χρησιμοποιώντας τον τύπο από το Παράρτημα,  $\langle \Delta V = (I_\phi, \text{μέγιστη} / C_2) * \Delta t \rangle$  ή

$$\text{ή } \langle \Delta V = (I_\phi, \text{μέγιστη} / C_2) * [1 / (2 * f)] \rangle \text{ ή } (4.55mA / 22.00\mu Fd) * [1 / (2 * 50.00Hz)] \text{ ή } \langle \Delta V \approx 2.07V \rangle$$

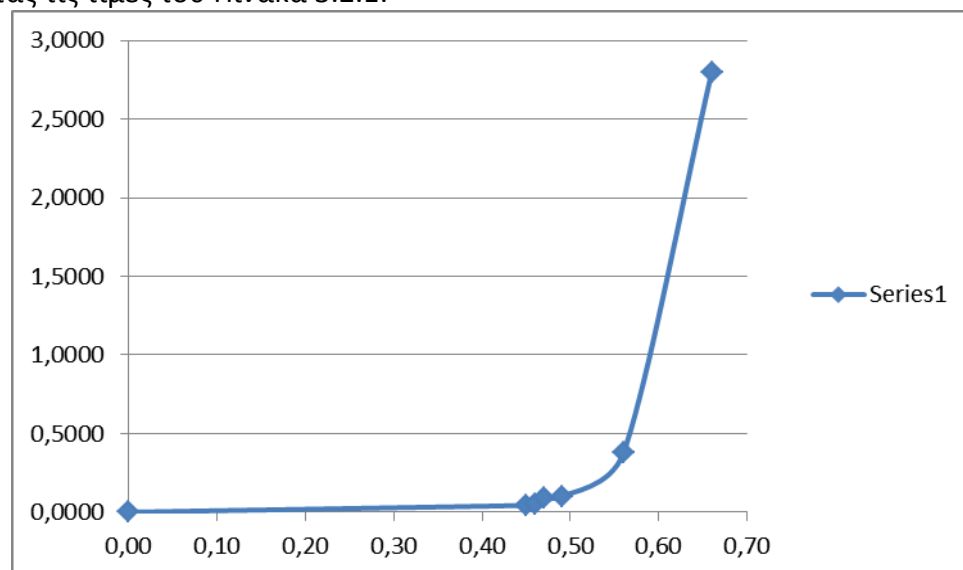
Η διαφορά στις υπολογισθείσες και στις παρατηρηθείσες τιμές ( $\langle \Delta V \approx 4.55V \rangle$  αντί για  $\langle \Delta V \approx 3.80V \rangle$  με  $\langle C_1 = 10.00\mu Fd \rangle$  και  $\langle \Delta V \approx 2.07V \rangle$  αντί για  $\langle \Delta V \approx 2.40V \rangle$  με  $\langle C_2 = 22.00\mu Fd \rangle$ ), οφείλονται σε σφάλματα υπολογισμού (λ.χ. ο τύπος από το Παράρτημα των Σημειώσεων) και στην ακρίβεια του παλμογράφου

Δείτε και την ιστο-σελίδα [https://www.electronics-tutorials.ws/diode/diode\\_6.html](https://www.electronics-tutorials.ws/diode/diode_6.html)

### 3.4. Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων (στο Εργαστήριο)

#### 3.4.1

Χρησιμοποιώντας τις τιμές του Πίνακα 3.2.1:



Σχήμα 3.4.1 Η παράσταση  $\langle V \rangle / \langle I \rangle$

Η Παράσταση συμφωνεί με τη θεωρητική καμπύλη μεταφοράς της διόδου

#### 3.4.2

Οι ληφθείσες κυματομορφές είναι απόλυτα συμβατές με τις θεωρητικές, δείτε τα Σχ. 3.2.4(α) και 3.2.4(β), καθώς η έξοδος του κυκλώματος πλήρους ανόρθωσης με τη χρήση χωρητικότητων διαφόρων τιμών παρουσιάζουν το αναμενόμενο φαινόμενο της κυμάτωσης. Οι θεωρητικές τιμές δεν συμφωνούν με τις μετρηθείσες ( $\Delta V \approx 4.55V$ ) αντί για  $\Delta V \approx 3.80V$  και  $\Delta V \approx 2.07V$  αντί για  $\Delta V \approx 2.40V$ , αντίστοιχα) καθώς υπολογίσθηκαν χωρίς να μετρηθούν τα πραγματικά μεγέθη της τάσης εξόδου του τροφοδοτικού, του αντιστάτη  $R = 2.20K\Omega$  και των χωρητικότητων. Δείτε και το Ερώτημα (§3.3.1)

#### 3.4.3

Το κύκλωμα του Σχ. 3.4 παρουσιάζει στην έξοδό του συμπεριφορά αντίστοιχου ημιανόρθωσης (άρα αποκόπτονται οι αρνητικές συνιστώσες της εξόδου του κυκλώματος πριν τη δίοδο) και διαφοριστή (§2.4.2β). Συνεπώς η έξοδος  $V_o$  εμφανίζεται σαν κρουστικό σήμα

#### 3.4.4α

Όσο η δίοδος άγει, παρακολουθεί την είσοδο και την κυματομορφή  $V_i$ . Όταν παύει να συμβαίνει αυτό, πολώνεται αντίθετα και το δυναμικό στα άκρα της είναι σταθερό και ίσο με την τάση κατωφλίου της, άρα η έξοδος  $V_o$  παρουσιάζεται αποκομμένη και επίπεδη στην κορυφή της

#### 3.4.4β

Στο ισοδύναμο κατά Thevenin κύκλωμα, οι αντιστάτες  $R_2$  και  $R_3$ , παραλληλίζονται, άρα η πτώση τάσης στο “αρνητικό άκρο” της διόδου είναι μικρότερη από το “θετικό άκρο”. Άρα, όσο η δίοδος άγει ο αντιστάτης  $R_1$  “αποσπά” περισσότερη ενέργεια από την σύνθεση των άλλων δύο (2). Συνεπώς, η μετάβαση από την άνοδο στην κάθοδο διαρκεί μικρότερο χρονικό διάστημα από ό,τι στη αντίθετη περίπτωση και γι’ αυτό η καμπύλη στο άνω μέρος της είναι πιο στρογγυλεμένη

#### 3.4.5

Είναι σαφές πως η αντίθετη πόλωση των δύο (2) διόδων συγκρατεί την τάση εξόδου στα επιθυμητά όρια

## Συμβουλές για τη Βαθμολόγηση

Με την Άσκηση (3) οι φοιτήτριες/τητές ολοκληρώνουν έναν κύκλο εξάσκησης ο οποίος, λίγο - πολύ, αποτελεί επανάληψη, ωρίμανση και εμβάθυνση σε Εργαστήρια του προηγούμενου Έτους. Είναι δύσκολη, καθώς η υλοποίηση των κυκλωμάτων απαιτούν προσοχή και η χρήση του παλμογράφου το ίδιο. Μέχρι 150(!) δίοδοι καταστρέφονται(!) μέχρι τη λήξη της Άσκησης (μέγιστη τιμή...) παρ' όλες τις προσπάθειες όλων των βοηθών και εμένα στο Εργαστήριο... Δεν γεννάται πρόβλημα καθώς το εφοδιάζω έγκαιρα, αλλά ένα τέτοιο μέγεθος δείχνει την αφέλεια με την οποία οι φοιτήτριες/τητές αντιμετωπίζουν την Άσκηση! Συνεπώς, χρειάζεται επιμέλεια στη βαθμολόγησή τους και (αυτό-)πειθαρχία από εκείνες/νους αλλά και από εμάς ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα και δυσαρέσκεια.

### 3.2.1

Βαθμολογία: 0.50/10.0

Προσοχή: στην υλοποίηση του κυκλώματος (θα έχουν ξεχάσει τη χρήση του πολυμέτρου)

### 3.2.2

Βαθμολογία: 0.50/10.0

Προσοχή: στη μέτρηση της διόδου και στην εύρεση της πολικότητάς της

### 3.2.3

Βαθμολογία: 1.00/10.0

Προσοχή: στην παρατήρηση \***ΜΟΝΟ**\* της **εξόδου** του κυκλώματος **<V<sub>o</sub>>** στον παλμογράφο

### 3.2.4

Βαθμολογία: 1.50/10.0

Προσοχή: στη χρήση των ηλεκτρολυτικών πυκνωτών (έχουν πολικότητα)

### 3.2.5

Βαθμολογία: 01.00/10.0

Προσοχή: στο χρόνο εκτέλεσης

### 3.2.6

Βαθμολογία: 02.00/10.0

Προσοχή: στην υλοποίηση των κυκλωμάτων και στην ρύθμιση της γεννήτριας συχνοτήτων

### 3.2.7

Βαθμολογία: 01.00/10.0

Προσοχή: στις λογής ρυθμίσεις και στο χρόνο εκτέλεσης

### 3.3

Βαθμολογία: 00.50/10.0

Προσοχή: στην ανακεφαλαίωση της ύλης και στον υπολογισμό για την απόδειξη των τύπων

### 3.4

Βαθμολογία: 02.50/10.0

Προσοχή: στη δικαιολόγηση των απαντήσεων. Να είστε αυστηρές/ροί!



## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 4

**ΘΕΜΑ:** Κυκλώματα με διπολικά τρανζιστορ τύπου NPN I

### 4.1 Απαραίτητες Γνώσεις

Διπολικά τρανζιστορ

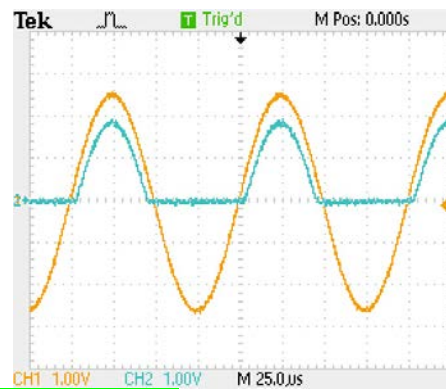
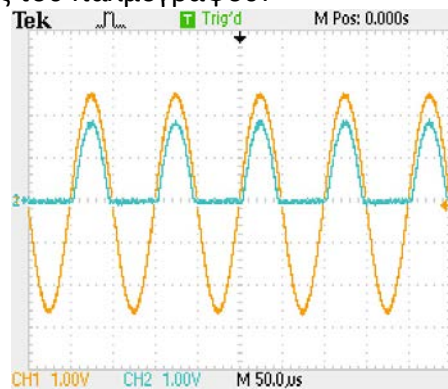
### 4.2 Εκτέλεση της Άσκησης

#### 4.2.1

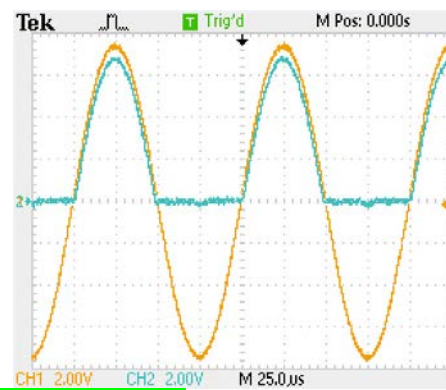
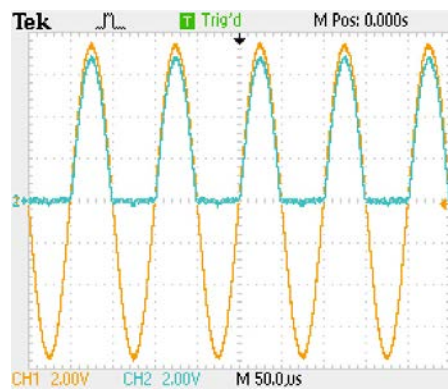
Ρυθμίζεται το πολύμετρο σε λειτουργία ελέγχου διόδου και, έπειτα:

“B” ---> θετικό άκρο πολυμέτρου, “E” / “C” ---> αρνητικό (εναλλάξ). Οι ενδείξεις πρέπει να είναι διόδου

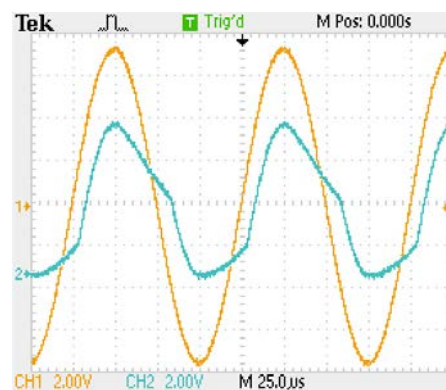
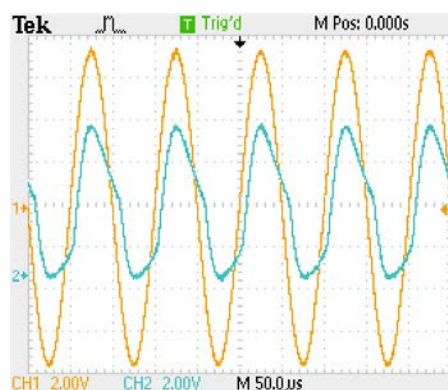
#### 4.2.2 Οι εικόνες του παλμογράφου:



Σχήμα 4.2.2α:  $\langle V_i = 5.00V_{pp} \rangle$

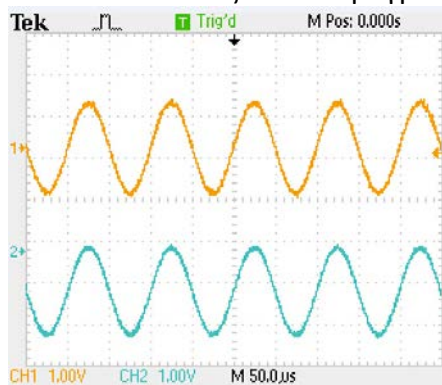


Σχήμα 4.2.2β:  $\langle V_i = 15.00V_{pp} \rangle$

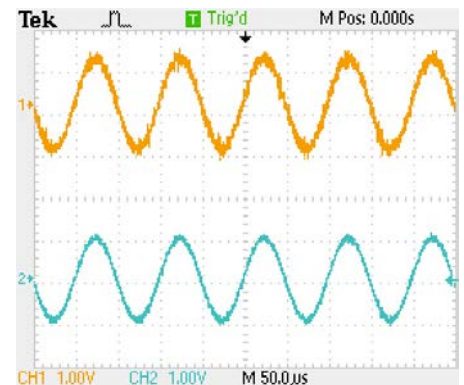


Σχήμα 4.2.2γ:  $\langle V_i = 15.00V_{pp} \rangle$  και τοποθέτηση  $\langle V_{R2} = -15.00V \rangle$

#### 4.2.3α Οι εικόνες του παλμογράφου:



Σχήμα 4.2.3α(1):  $\langle V_i \rangle / \langle V_o \rangle$  (με ή χωρίς  $\langle C = 4.70\mu Fd \rangle$ )



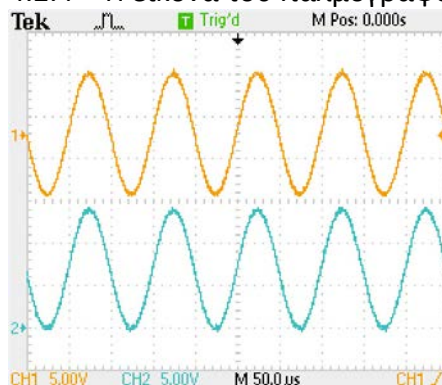
Σχήμα 4.2.3α(2):  $\langle V_i \rangle / \langle V'_o \rangle$  (με  $\langle C = 4.70\mu Fd \rangle$ )

Πειραματικές τιμές από βολτομετρο:  $\langle V_o \approx 0.442V \text{ (ενεργός τιμή)} \rangle$  και  $\langle V'_o \approx 0.433V \text{ (ενεργός τιμή)} \rangle$

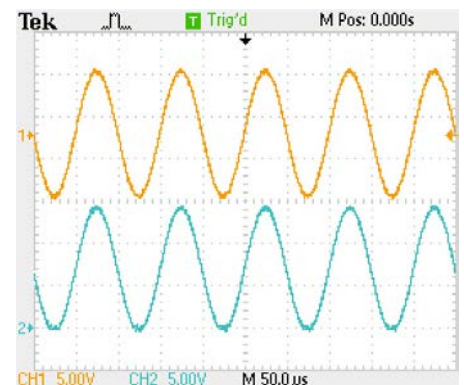
#### 4.2.3β Πειραματικές τιμές από βολτομετρο:

$\langle V_{R_1} \text{ (πριν τον } \langle R_1 \rangle) \approx 0.47V \text{ (ενεργός τιμή)} \rangle$  και  $\langle V_{R_1} \text{ (μετά τον } \langle R_1 \rangle) \approx 0.44V \text{ (ενεργός τιμή)} \rangle$

#### 4.2.4 Η εικόνα του παλμογράφου:



Σχήμα 4.2.4α:  $\langle V_o \rangle$  χωρίς ψαλιδισμό



Σχήμα 4.2.4β:  $\langle V_o \rangle$  με ψαλιδισμό

Πειραματική τιμή από τον παλμογράφο:  $\langle V_o \approx 7.70V \text{ (πλάτος)} \rangle$  όταν εκκινά ο ψαλιδισμός

#### 4.2.5 Πειραματικές τιμές:

$R_1(K\Omega)$	$I_C(mA)$
4'700.00	0.195
1'000.00	0.964
470.00	2.050
100.00	9.200
47.00	14.530
-	14.770

Πίνακας 4.2.5

#### 4.2.6α

$\langle R = 1.00K\Omega \rangle$  / ανοικτός διακόπτης, L.E.D.: δεν ανάβει /  $\langle I_C = 0.00A \rangle$

$\langle R = 1.00K\Omega \rangle$  / κλειστός διακόπτης, L.E.D.: ανάβει /  $\langle V_{CE} = 0.10V \rangle$ ,  $\langle I_C \approx 41.50mA \rangle$

#### 4.2.6β

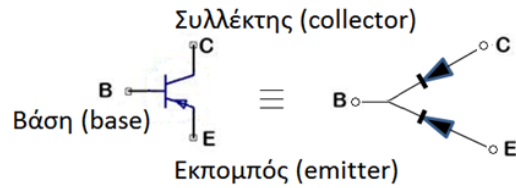
$\langle R = 470.00\Omega \rangle$  / ανοικτός διακόπτης, L.E.D.: δεν ανάβει /  $\langle I_C = 0.00A \rangle$

$\langle R = 470.00\Omega \rangle$  / κλειστός διακόπτης, L.E.D.: ανάβει /  $\langle V_{CE} = 0.08V \rangle$ ,  $\langle I_C \approx 42.00mA \rangle$

#### 4.3. Προετοιμασία πριν την Εξάσκηση (στο σπίτι)

##### 4.3.1

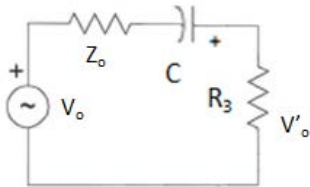
Παρόμοια, αλλά παρατηρήστε την αντιστροφή της φοράς των “διόδων” (παρακάτω σχήμα):



“B” ---> αρνητικό άκρο πολυμέτρου, “E” / “C” ---> θετικό (εναλλάξ). Οι ενδείξεις πρέπει να είναι διόδου

##### 4.3.2

Σύμφωνα με την υπόδειξη, το κύκλωμα μπορεί να παρουσιαστεί ως:



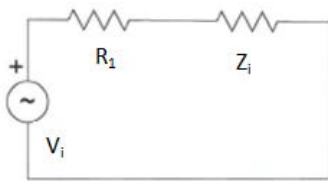
$$V'_o = \frac{R_3}{(Z_o + Z_C + R_3)} * V_o \text{ (διαιρέτης τάσης)} \text{ ή } V'_o \approx \frac{R_3}{(Z_o + R_3)} * V_o \text{ (επειδή } R_3 \gg Z_C) \quad (i)$$

$$\text{Επίσης ισχύει πως } Z_C = \frac{1}{2 * \pi * f * C} = \frac{1}{2 * \pi * 10.00\text{KHz} * 4.70\mu\text{Fd}} \approx 3.39\Omega \text{ (} R_3 = 1.00\text{K}\Omega \gg Z_C \text{)} \quad (ii)$$

$$(i) \text{ και } (ii): Z_o = \frac{V_o}{V'_o} * R_3 - R_3 \text{ ή } Z_o = \frac{V_o - V'_o}{V'_o} * R_3 \quad \underline{\text{Ο.Ε.Δ.}}$$

Ο πυκνωτής <C> αποκόπτει τις συνεχείς συνιστώσες από τον εκπομπό (στη σταθερή κατάσταση)

##### 4.3.3



$$\text{Ισχύει πως } V_{Z_i} = V'_i \text{ (εκφώνηση), οπότε } V'_i = \frac{V_i}{(R_1 + Z_i)} * Z_i \text{ (τύπος διαιρέτη τάσης) ή}$$

$$V'_i * (R_1 + Z_i) = V_i * Z_i \text{ ή } V'_i * R_1 + V'_i * Z_i = V_i * Z_i \text{ ή } Z_i = \frac{V'_i}{(V_i - V'_i)} * R_1 \quad \underline{\text{Ο.Ε.Δ.}}$$

$$\text{Από τη θεωρία είναι γνωστό πως } I_E = I_B + I_C \text{ και } I_C = \beta * I_B, \text{ άρα } I_E = I_B + \beta * I_B \text{ ή } I_E = (\beta + 1) * I_B \quad (i)$$

$$\text{KVL (βρόχος “BE”): } I_B * R_1 \approx I_E * R_2 \text{ (η } V_{BE} \text{ είναι συνεχής συνιστώσα)} \quad (ii)$$

$$(i) \text{ και } (ii), I_B * R_1 \approx (\beta + 1) * I_B * R_2 \text{ ή } <R_1 \approx (\beta + 1) * R_2> \text{ ή, περίπου, } <R_1 \approx \beta * R_2> \quad \underline{\text{Ο.Ε.Δ.}}$$

$$\text{Για την σχέση } Z_o = \frac{Z_{\text{source}}}{(\beta + 1)}, \text{ ισχύουν τα προηγούμενα αν θεωρηθεί πως } Z_o = R_2 \text{ και } Z_{\text{source}} = R_1 \quad \underline{\text{Ο.Ε.Δ.}}$$

Για τον υπολογισμό του “β” χρησιμοποιούνται οι παραπάνω τύποι, οπότε (αν ισχύουν οι υποθέσεις):

$$Z_{\text{source}} \approx 10.00\text{K}\Omega, R_1 = 10.00\text{K}\Omega \text{ και } R_3 = 3.30\text{K}\Omega \quad (iii)$$

$$Z_o = \frac{V_o - V'_o}{V'_o} * R_3 \text{ ή (από 4.2.3.α) } Z_o = \frac{0.442 - 0.433}{0.433} * 1.00\text{K}\Omega \text{ ή } Z_o \approx 20.79\Omega \quad (iv)$$

$$\text{Συνολικά: } \beta \approx \frac{R_1}{R_2} \text{ ή } \beta \approx \frac{10.00\text{K}\Omega}{3.30\text{K}\Omega} \text{ ή } <\beta \approx 3.03>. \text{ Επίσης, } \beta + 1 = \frac{Z_{\text{source}}}{Z_o} \text{ ή } \beta \approx \frac{10.00\text{K}\Omega}{23.26\Omega} - 1 \text{ ή } <\beta \approx 429>$$

#### 4.3.4

Συμβαίνει το φαινόμενο του ψαλιδισμού καθώς το τρανζιστορ δεν βρίσκεται στην ενεργό περιοχή του

#### 4.3.5

$$\text{KVL (βρόχος "V}_{L\text{RB}}\text{")}: \quad 2.50 = 1.00\text{K}\Omega * I_B + V_{BE} \text{ ή } I_B \approx \frac{(2.50 - 0.60)\text{V}}{1.00\text{K}\Omega} \text{ ή } I_B \approx 1.90\text{mA} \quad (\text{v})$$

$$\text{KVL (βρόχος "V}_{L\text{AV}_{LED}\text{CE}}\text{")}: \quad 2.50 = \frac{6.00\text{V}}{0.15\text{A}} * I_C - 0.35 \text{ (LED: γραμμικό στοιχείο) ή } I_C \approx 71.25\text{mA} \quad (\text{vi})$$

$$(\text{vi}) \text{ και } (\text{v}): \beta = \frac{I_C}{I_B} \text{ ή } \beta \approx \frac{71.25\text{mA}}{1.90\text{mA}} \text{ ή } \beta \approx 37.52$$

### 4.4. Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων (στο Εργαστήριο)

#### 4.4.1

Το κύκλωμα λειτουργεί σαν ακολουθητής όσο η πτώση τάσης  $\langle V_{BE} \rangle$  δεν πλησιάζει το όριο  $\langle V_{BE(\text{breakdown})} \rangle$ . Στη συνέχεια, όταν ξεπεραστεί το όριο, ανάστροφο ρεύμα πολώνει την επαφή βάσης - εκπομπού η οποία και συμπεριφέρεται σαν δίοδος πολωμένη ανάστροφα, οπότε αλλάζει η κυματομορφή εξόδου

#### 4.4.2

Στον υπολογισμό των σχέσεων έγιναν πολλές παραδοχές (λ.χ.  $Z_{\text{source}} = R_1$ ). Ακόμη, οι πραγματικές τιμές των στοιχείων του Εργαστηρίου είναι πιθανό να διαφέρουν από τις θεωρητικές. Τέλος, δεν είναι σίγουρο πως το τρανζιστορ βρίσκεται στην ενεργό περιοχή του στα πειράματα (πρέπει να γίνεται έλεγχος)

#### 4.4.3

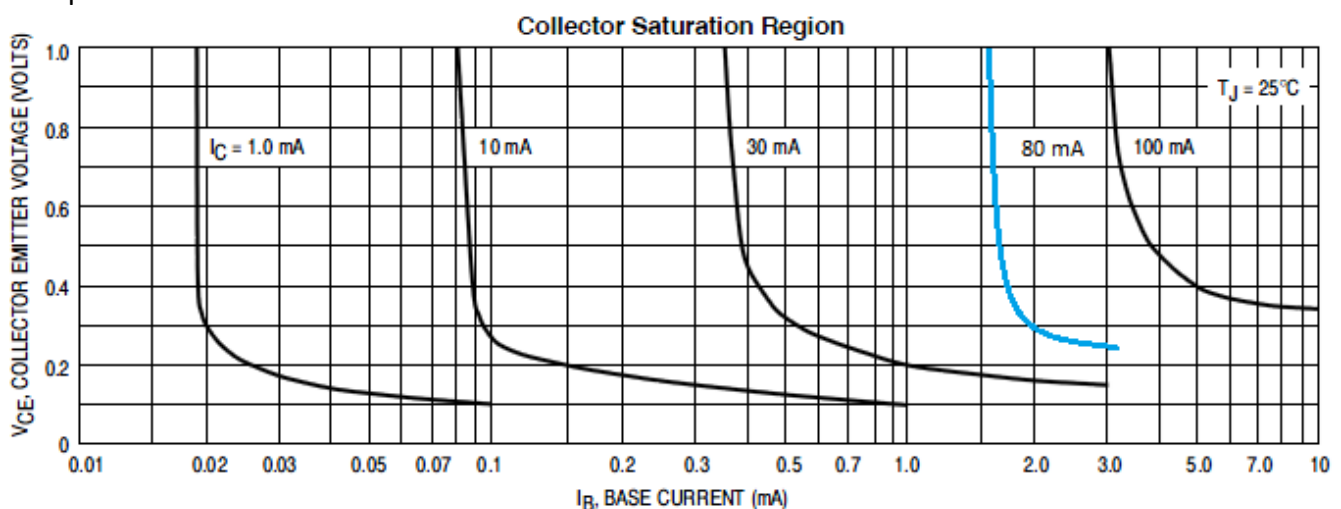
$$\text{KVL (βρόχος "V}_{R_1 R_1 R_2 \text{BE}}\text{")}: \quad V_{R_1} = I_B * (R_1 + R_2) + V_{BE} \text{ ή } I_B \approx \frac{V_{R_1} - V_{BE}}{R_1 + R_2} = \frac{4.40}{R_1 + 4'700} \mu\text{A} \quad (\text{i})$$

$$I_C = \beta * I_B \quad (\text{ii})$$

$R_1(\text{K}\Omega)$	$I_C(\text{mA})$	$I_B(\text{mA})$ από (i)	$\beta$ από (ii)	$R_1(\text{K}\Omega)$	$I_C(\text{mA})$	$I_B(\text{mA})$ από (i)	$\beta$ από (ii)
4'700.00	0.195	0.935	0.209	100.00	9.200	42.025	0.219
1'000.00	0.964	4.379	0.220	47.00	14.530	85.106	0.171
470.00	2.050	9.269	0.221	-	14.770	936.170	0.016

Επαυξημένος Πίνακας 4.2.5

#### 4.4.3β



Από την πρόσθετη καμπύλη ( $I_C = 80.00\text{mA}$ ),  $\langle V_{CE} \approx 0.35\text{V} \rangle$ . Οι διαφορές οφείλονται σε προσεγγίσεις

## Συμβουλές για τη Βαθμολόγηση

Η πρώτη αληθινά καινούργια Άσκηση για φέτος, είναι η (4). Εξάσκηση με κυκλώματα τρανζιστορ οι φοιτήτριες/τητές δεν έχουν δει, ακόμα, στα πλαίσια των σπουδών τους, οπότε η εξάσκησή τους οφείλει να καλύψει τόσο πειραματικά όσο και θεωρητικά δεδομένα. Η εξέτασή τους, συνεπώς, θα πρέπει να καλύψει τα κυκλώματα, την ορθή λειτουργία τους και τα χαρακτηριστικά λειτουργία τους, αλλά και το αν είναι σε θέση να αποδείξουν ορισμένους τύπους οι οποίοι προκύπτουν από μεθοδολογία της θεωρίας εφαρμοσμένης σε συγκεκριμένα ερωτήματα. Η κούρασή τους θα είναι, πλέον εμφανής, καταστρέφουν πολλά στοιχεία και σε αυτή την Άσκηση, οπότε θα πρέπει να λαμβάνουμε και αυτό υπ' όψη μας. Τέλος, σε επίπεδο σχεδίασης κυκλωμάτων, δείτε πώς εμφανίζονται, πια, οι πηγές συνεχούς τάσης (δεν φαίνεται η γείωση, αλλά σαφώς και χρησιμοποιείται λόγω της χρήσης της συσκευής IDL-800).

### 4.2.1

Βαθμολογία: 0.50/10.0

Προσοχή: στο χειρισμό των άκρων του τρανζιστορ, σπάνε εύκολα

### 4.2.2

Βαθμολογία: 1.00/10.0

Προσοχή: στην σύνδεση τόσων στοιχείων

### 4.2.3

Βαθμολογία: 2.00/10.0

Προσοχή: στις μετρήσεις με παλμογράφο και βολτομετρο

### 4.2.4

Βαθμολογία: 1.00/10.0

Προσοχή: στην υλοποίηση του κυκλώματος

### 4.2.5

Βαθμολογία: 0.50/10.0

Προσοχή: στη χρήση του αμπερομετρου

### 4.2.6

Βαθμολογία: 01.00/10.0

Προσοχή: στην υλοποίηση των κυκλωμάτων και στην ρύθμιση της γεννήτριας συχνοτήτων

### 4.3

Βαθμολογία: 02.00/10.0

Προσοχή: στον υπολογισμό και στην απόδειξη των τύπων

### 4.4

Βαθμολογία: 02.00/10.0

Προσοχή: στις απαντήσεις τις οποίες δέχεσθε. Δεν θα ήθελα να επιδείξετε χαλαρότητα...



## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 5

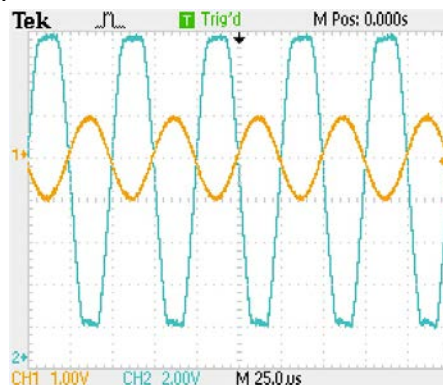
**ΘΕΜΑ:** Κυκλώματα με διπολικά τρανζιστορ τύπου NPN II

### 5.1 Απαραίτητες Γνώσεις

Διπολικά τρανζιστορ

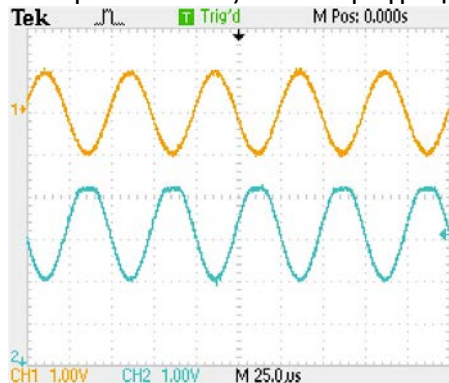
### 5.2 Εκτέλεση της Άσκησης

5.2.1α Η εικόνα του παλμογράφου:

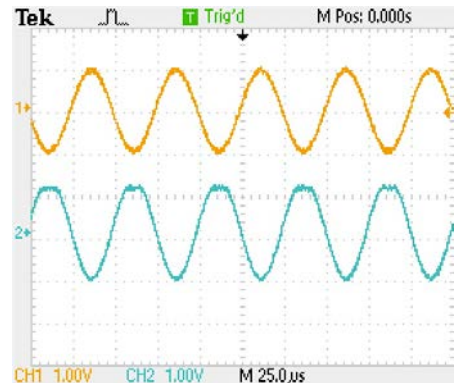


Σχήμα 5.2.1α: Ενισχυτής κοινού εκπομπού χωρίς  $C_C$  και  $R_5$  στην έξοδο

5.2.1β Οι εικόνες του παλμογράφου:



Σχήμα 5.2.1β(1):  $V_o$  (με  $C = 4.70\mu F$ )



Σχήμα 5.2.1β(2):  $V'_o$  (με  $C = 4.70\mu F$ )

Πειραματικές τιμές από βολτομετρο:  $V_o \approx 0.555V$  (ενεργός τιμή) και  $V'_o \approx 0.544V$  (ενεργός τιμή)

5.2.2 Πειραματικές τιμές (η τελευταία μετρήθηκε με τη χρήση δύο αντιστατών σε σύνδεση σε σειρά):

R(KΩ)	$V_C(V)$	$I_C(mA)$	R(KΩ)	$V_C(V)$	$I_C(mA)$
0.00	14.97	5.27	2.04	4.44	5.19
0.15	14.01	5.26	2.13	4.33	5.03
0.56	12.08	5.26	2.30	4.20	4.70
0.69	11.40	5.25	3.19	3.81	3.51
0.96	10.00	5.25	4.55	3.49	2.51
1.52	7.04	5.24	11.11	2.99	1.07
1.78	5.72	5.23	14.41	2.95	0.77

Πίνακας 5.2.2 (οι τιμές των αντιστατών δεν ζητούνται)



5.2.3α Πειραματικές τιμές από βολτομετρο:

$\langle V_{CC} \approx 3.17V \rangle$ ,  $\langle V_{B_1} \approx 1.27V \rangle$  και  $\langle V_{B_2} \approx 0.72V \rangle$

5.2.3β Πειραματικές τιμές από βολτομετρο / αμπερομετρο:

$\langle I_{CC} \approx 11.800mA \rangle$ ,  $\langle I_{C_1} \approx 0.081mA \rangle$  και  $\langle I_{C_2} \approx 11.710mA \rangle$

5.2.3γ Πειραματικές τιμές από βολτομετρο / αμπερομετρο:

Για  $\langle V_{CC} \approx 0.87V \rangle$ ,  $\langle V_{B_1} \approx 1.31V \rangle$  και  $\langle V_{B_2} \approx 0.73V \rangle$  /  $\langle I_{CC} \approx 13.940mA \rangle$

### 5.3. Προετοιμασία πριν την Εξάσκηση (στο σπίτι)

5.3.1

$Z_o = \frac{V_o - V'_o}{V'_o} * R_s$  ή  $Z_o \approx \frac{0.555 - 0.544}{0.544} * 1'000\Omega$  ή  $\langle Z_o \approx 20.22\Omega \rangle$ . Από 4.3.3(iv):  $\langle Z_o \approx 20.79\Omega \rangle$ . Οι παρόμοιες τιμές οφείλονται στην ίδια πτώση τάσης στο ταυτόσημο δικτύωμα "RC" στα δύο (2) κυκλώματα

### 5.4. Επεξεργασία Πειραματικών Δεδομένων (στο Εργαστήριο)

5.4.1α

Σχ. 5.2.1α:  $\langle V_i \approx 0.95V \text{ (πλάτος)} \rangle$  και  $\langle V_o \approx 7.00V \text{ (πλάτος)} \rangle$ . Άρα, ενίσχυση:  $\frac{7.00V}{0.95V}$  ή  $\langle \text{ενίσχυση: } \sim 7.37 \rangle$

5.4.1β

Για το κύκλωμα ενισχυτή κοινού εκπομπού, η ενίσχυση προκύπτει από την σχέση (θεωρία):

$$-\frac{V_o}{V_i} = -\frac{R_C}{R_E} = -\frac{6'800\Omega}{680\Omega} = -10 \text{ (το "-" δηλώνει τη } \Delta\phi -180^\circ \text{ μεταξύ εισόδου / εξόδου)}$$

Το σημείο ηρεμίας του συλλέκτη καθορίζεται από την λειτουργία του τρανζιστορ σε περιοχή τιμών τάσεων πόλωσης και εισόδου όπου δεν υπάρχει περίπτωση γραμμικής παραμόρφωσης της εξόδου του όταν αυτή έχει καθοριστεί μεταξύ του συλλέκτη και της γείωσης. Αυτό δεν συμβαίνει, άρα είναι σωστό

5.4.2

Η τιμή του  $\langle R_3 \rangle$  ( $<11.11K\Omega>$ ) γίνεται μέγιστη όταν  $\langle V_C \approx 2.99V \rangle$  και  $\langle I_C \approx 1.07mA \rangle$  (προ-τελευταία εγγραφή στον Πίνακα 5.2.2). Αυτές οι τιμές είναι οι μικρότερες για το κάθε φυσικό μέγεθος και επαληθεύουν τον νόμο του Ohm. Η περιοχή τιμών του δυναμικού του συλλέκτη για την οποία το ρεύμα είναι σχεδόν σταθερό είναι η [5.72, 14.97] V, όπου  $\langle I_C \approx 5.25mA \rangle$  (μέσος όρος επτά -7- μετρήσεων). Το ρεύμα είναι σχεδόν σταθερό στην ενεργό περιοχή του τρανζιστορ κι εξαρτάται και από το φορτίο

5.4.3α

Τρανζιστορ Q<sub>1</sub>:  $\langle V_{B_1} \approx 1.27V \rangle$  μικρότερο από  $\langle V_{C_1} \approx 3.17V \rangle$  ( $V_{C_1} = V_{C_2} = V_{CC}$ ) και  $\langle V_{B_1} \approx 1.27V \rangle$  μεγαλύτερο από  $\langle V_{E_1} \approx 0.72V \rangle$  ( $V_{E_1} = V_{B_2}$ )

Άρα η επαφή B<sub>1</sub>C<sub>1</sub> είναι ανάστροφα και η B<sub>1</sub>E<sub>1</sub> ορθά πολωμένη: το Q<sub>1</sub> βρίσκεται στην ενεργό περιοχή.

Παρόμοια για το τρανζιστορ Q<sub>2</sub>:  $\langle V_{B_2} \approx 0.72V \rangle$  μικρότερο από  $\langle V_{C_2} \approx 3.17V \rangle$  και  $\langle V_{B_2} \approx 0.72V \rangle$  μεγαλύτερο από  $\langle V_{E_2} = 0.00V \rangle$

Άρα η επαφή B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> είναι ανάστροφα και η B<sub>2</sub>E<sub>2</sub> ορθά πολωμένη: και το Q<sub>2</sub> βρίσκεται στην ενεργό περιοχή



#### 5.4.3β

KVL (βρόχος “ $V_{R_1} R_1 R_2 B_1 E_1 B_2 E_2$ ”):

$$V_{R_1} = I_{B_1} * (R_1 + R_2) + V_{B_1} \text{ ή } I_{B_1} \approx \frac{V_{R_1} - V_{B_1}}{R_1 + R_2} = \frac{5.00 - 1.27}{10'000'000 + 4'700} \text{ ή } <I_{B_1} \approx 0.37\mu A> \quad (i)$$

$$I_C = \beta * I_B \text{ (} Q_1, Q_2: \text{ ενεργός περιοχή)}, \beta = \frac{I_C}{I_B} \text{ ή } \beta_1 \approx \frac{I_{C_1}}{I_{B_1}} \text{ ή } \beta_1 \approx 0.081\text{mA} / 0.370\mu A \text{ ή } <\beta_1 \approx 218.92> \quad (ii)$$

$$I_{B_2} = I_{E_1} \text{ (ζεύγος Darlington) ή } I_{B_2} = I_{B_1} + I_{C_1} \text{ ή } I_{B_2} \approx 0.370\mu A + 0.081\text{mA} \text{ ή } <I_{B_2} \approx 0.081\text{mA}> \quad (iii)$$

$$\text{Ακόμα, } \beta_2 \approx \frac{I_{C_2}}{I_{B_2}} \text{ ή } \beta_2 \approx 11.710\text{mA} / 0.081\text{mA} \text{ ή } <\beta_2 \approx 144.57> \quad (iv)$$

$$\text{Παρόμοια, } \beta \approx \frac{I_C}{I_B} \text{ ή } \beta = \frac{I_{C_1} + I_{C_2}}{I_{B_1}} \text{ ή } \beta \approx (0.081 + 11.710)\text{mA} / 0.370\mu A \text{ ή } <\beta \approx 31'867.57> \quad (v)$$

$$\text{Όμως, (ii) και (iv), } \beta_1 * \beta_2 \approx 218.92 * 144.57 \text{ ή } \beta_1 * \beta_2 \approx 31'649.26. \text{ Συνεπώς, από (v), } <\beta \approx \beta_1 * \beta_2> \quad (vi)$$

#### 5.4.3γ

Τρανζιστορ  $Q_1$ :  $<V_{B_1} \approx 1.31V>$  μεγαλύτερο από  $<V_{C_1} \approx 0.87V>$  ( $V_{C_1} = V_{C_2} = V_{CC}$ ) και  $<V_{B_1} \approx 1.31V>$  μεγαλύτερο από  $<V_{E_1} \approx 0.73V>$  ( $V_{E_1} = V_{B_2}$ )

Άρα, η επαφή  $B_1C_1$  και η  $B_1E_1$  είναι ορθά πολωμένες: το  $Q_1$  βρίσκεται στον κόρο.

Παρόμοια για το τρανζιστορ  $Q_2$ :  $<V_{B_2} \approx 0.73V>$  μικρότερο από  $<V_{C_2} \approx 0.87V>$  και  $<V_{B_2} \approx 0.73V>$  μεγαλύτερο από  $<V_{E_2} = 0.00V>$

Άρα, η επαφή  $B_2C_2$  είναι ανάστροφα και η  $B_2E_2$  ορθά πολωμένη: το  $Q_2$  βρίσκεται στην ενεργό περιοχή.

Το τρανζιστορ  $Q_2$  δεν είναι δυνατόν να βρεθεί στον κόρο. Για ν' αποδειχθεί, διακρίνονται οι περιπτώσεις:

- Έστω πως το τρανζιστορ  $Q_1$  βρίσκεται στην ενεργό περιοχή και το  $Q_2$  στον κόρο. Τότε:  
 $V_{C_1B_1} > 0.00V$  ή  $V_{C_1} - V_{B_1} > 0.00V$  ή  $V_{C_1} - V_{E_2} + V_{E_2} - V_{B_1} > 0.00V$   
 ή  $(V_{C_2} - V_{E_2}) - (V_{B_1} - V_{E_2}) > 0.00V$  ή  $V_{C_2E_2} - (V_{B_1} - 0.00V) > 0.00V$  ή (λόγω του κόρου)  
 $0.30V - V_{B_1} > 0.00V$  ή  $V_{B_1}$  μικρότερο από  $<0.30V>$ : άτοπο, καθώς το  $Q_1$  βρίσκεται στην ενεργό περιοχή

- Έστω πως και το τρανζιστορ  $Q_1$  και το  $Q_2$  βρίσκονται στον κόρο. Τότε:  
 $V_{C_1E_1} \approx 0.30V$  (λόγω του κόρου), άρα  $V_{C_1} - V_{E_1} \approx 0.30V$  ή  $V_{C_1} - V_{E_2} + V_{E_2} - V_{E_1} \approx 0.30V$   
 ή  $(V_{C_2} - V_{E_2}) + (V_{E_2} - V_{E_1}) \approx 0.30V$  ή  $V_{C_2E_2} + V_{E_2E_1} \approx 0.30V$  ή  $V_{C_2E_2} + V_{E_2B_2} \approx 0.30V$   
 ή  $V_{C_2E_2} - V_{B_2E_2} \approx 0.30V$  ή  $V_{C_2E_2} - 0.70V \approx 0.30V$  (λόγω του κόρου) ή  
 $<V_{C_2E_2} \approx 1.00V>$ : άτοπο, καθώς  $<V_{C_2E_2} = V_{C_1E_1} \approx 0.30V>$  (λόγω του κόρου)

- Έστω πως το τρανζιστορ  $Q_1$  βρίσκεται στην αποκοπή και το  $Q_2$  στον κόρο. Τότε:  
 $V_{B_1} < V_{C_1}$  και  $V_{B_1} < V_{E_1}$  (οι επαφές  $B_1C_1$  και  $B_1E_1$  πρέπει να είναι ανάστροφα πολωμένες) και  
 $V_{B_2} > V_{C_2} \approx 3.17V$  και  $V_{B_2} > V_{E_2}$ .

Επειδή  $V_{C_1} = V_{C_2} = V_{CC}$ , οι σχέσεις:

$$\begin{aligned} V_{B_1} & \text{ μικρότερο από } V_{C_1}, \\ V_{B_2} & \text{ μεγαλύτερο από } V_{C_2} \text{ και} \\ V_{B_1} & \text{ μεγαλύτερο από } V_{B_2}, \end{aligned}$$

δεν μπορούν να ισχύουν ταυτόχρονα

## Συμβουλές για τη Βαθμολόγηση

Με την Άσκηση (5) ολοκληρώνεται το Εργαστήριο και οι φοιτήτριες/τητές θα εξασκηθούν σε κυκλώματα με τρανζιστορ και πάλι. Η εξάσκησή τους θα βασισθεί σε λίγα κυκλώματα εκ των οποίων ένα χρησιμοποιεί AC / DC πηγές, τα υπόλοιπα δύο (2) όχι. Συνεπώς, κατά κάποιο τρόπο, οι φοιτήτριες/τητές “επιστρέφουν” στην Άσκηση 1. Αυτό σημαίνει, βέβαια, χρήση πολυμέτρου με ό,τι αυτό συνεπάγεται! Από την άλλη μεριά, τα κυκλώματα είναι εύκολα, οπότε οι βαθμοί θα κριθούν από την ορθή λειτουργία τους, την ακρίβεια στις απαντήσεις οι οποίες θα σας δοθούν αλλά και στην ποικιλία τους (αν είναι ορθές). Κοντολογίς, θα ήθελα να είσθε προσεκτικοί στο τι θα επιβραβεύετε. Τέλος, πολλές/λοί από τις / τους φοιτήτριες/τητές θα έχουν φθάσει σε κατάλληλο βαθμό ώστε να ξεπεράσουν το Εργαστήριο και είναι πιθανό, παραμονή εορτών, να μην δίνουν προσοχή. Αντιμετωπίστε το με κατανόηση...

### 5.2.1

Βαθμολογία: 02.0/10.0

Προσοχή: στην υλοποίηση των κυκλωμάτων

### 5.2.2

Βαθμολογία: 02.0/10.0

Προσοχή: στις μετρήσεις και στη χρήση του αμπερομετρου

### 5.2.3

Βαθμολογία: 02.0/10.0

Προσοχή: στο χειρισμό του πολυμέτρου στις διαδοχικές μορφές του

### 5.3

Βαθμολογία: 01.0/10.0

Προσοχή: επιβεβαιώστε την καλή προετοιμασία τους και το τι θυμούνται από την Άσκηση 4

### 5.4

Βαθμολογία: 03.0/10.0

Προσοχή: θα πρέπει να κατέχουν καλά τους τύπους του τρανζιστορ







