

**ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ Τ.Ε.**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



**ΜΕΛΕΤΗ, ΣΧΕΔΙΑΣΗ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΣΧΕΤΙΚΩΝ ΜΕ ΤΗΝ
ΘΕΩΡΙΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ**

**ΛΙΒΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ Α.Μ 32903
ΠΕΤΡΙΔΗΣ ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Α.Μ 35800**



ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2016

ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Επιβλέπων καθηγητής: Δροσινόπουλος Παναγιώτης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ολοκληρώθηκε μετά από επίμονες προσπάθειες, τόσο δικές μας όσο και του επιβλέποντα καθηγητή κ. Δροσινόπουλο Παναγιώτη, τον οποίο και ευχαριστούμε θερμά για τις ώρες που μας αφιέρωσε αλλά και τις πολύτιμες συμβουλές του.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας, που μας στήριξαν ηθικά όλον αυτόν τον καιρό ,παρότι πέρασαν αρκετά χρόνια έως ότου καταφέρουμε τον στόχο μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολήθηκε με την εκπόνηση εργασιών για το εργαστήριο της Θεωρίας Κυκλωμάτων. Πιο συγκεκριμένα ασχοληθήκαμε με την αναζήτηση των κατάλληλων θεμάτων τα οποία θα έπρεπε να αναπτυχθούν έτσι ώστε να καλυφθεί το απαραίτητο γνωστικό πεδίο του εργαστηρίου. Επιπρόσθετα αναζητήσαμε την απαιτούμενη δομή με την οποία θα έπρεπε να παρουσιάζεται. Τελειώνοντας ασχοληθήκαμε με την υλοποίηση των ασκήσεων τόσο σε φυσικό επίπεδο χρησιμοποιώντας τον εξοπλισμό του εργαστηρίου , όσο και σε επίπεδο εξομοίωσης χρησιμοποιώντας προγράμματα Η/Υ.

ABSTRACT

The objective of this present thesis, has to do with the Circuit Theory lab. Specifically, we worked on searching the right exercises on which have to be developed in the way that the knowledge required for this lab is obtained. Additionally, we researched about the right structure on which these exercises should be presented. Finally, we dealt with the implementation of these exercises, both in a physical level, using the lab equipment provided to us, as well as in a simulating environment, using Computer Software.

Περιεχόμενα.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
1.Τελεστικοί ενισχυτές: Βαθυπερατό Φίλτρο.....	5
1.1:Σκοπός	5
1.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο	5
1.4 Ασκήσεις	7
1.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης	9
1.6 Εργαστηριακές μετρήσεις	10
1.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης	13
2.Τελεστικοί ενισχυτές: Υψιπερατό Φίλτρο.....	17
2.1:Σκοπός	17
2.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο	17
2.4 Ασκήσεις	19
2.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης	20
2.6 Εργαστηριακές μετρήσεις	22
2.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης	24
3.Τελεστικοί ενισχυτές: Ζωνοπερατό Φίλτρο.	27
3.1:Σκοπός	27
3.4Ασκήσεις	29
3.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης	30
3.6 Εργαστηριακές μετρήσεις	32
3.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης	36
4.Τελεστικοί ενισχυτές: SchmittTrigger.....	39
4.1:Σκοπός	39
4.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο	39
4.4 Ασκήσεις	42
4.5Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης	44
4.6 Εργαστηριακές μετρήσεις	45
4.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης	50
5.Τελεστικοί ενισχυτές: Γεννήτρια συχνοτήτων.	51
5.1:Σκοπός	51

5.4 Ασκήσεις	54
5.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης	55
5.6 Εργαστηριακές μετρήσεις	56
5.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης	62
6. Τελεστικοί ενισχυτές: Ημιτονοειδής ταλαντωτής	63
6.1: Σκοπός	63
6.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	63
6.4 Ασκήσεις.....	65
6.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης	66
6.6 Εργαστηριακές μετρήσεις.....	67
6.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης.....	68
7. Τελεστικοί ενισχυτές: Μετασχηματιστής Τάσης-Συχνότητας.	69
7.1: Σκοπός	69
7.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο.....	69
7.4 Ασκήσεις	71
7.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης	72
7.6 Εργαστηριακές μετρήσεις.....	73
7.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης.....	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	79

1. Τελεστικοί ενισχυτές: Βαθυπερατό Φίλτρο.

1.1: Σκοπός

A: Να καθορίσετε τα χαρακτηριστικά της σχέσης εισόδου-εξόδου του βαθυπερατού φίλτρου, και να υπολογίσετε την συχνότητα αποκοπής.

1.2: Απαραίτητος εξοπλισμός

- Τροφοδοτικό DC ($\pm 12V$)
- Ψηφιακό πολύμετρο
- Παλμογράφος διπλής απεικόνισης
- Γεννήτρια συχνοτήτων

1.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το ενεργό βαθυπερατό φίλτρο περιέχει έναν τελεστικό ενισχυτή (ενεργό στοιχείο) , και επίσης αντιστάτες και πυκνωτές (παθητικά στοιχεία).

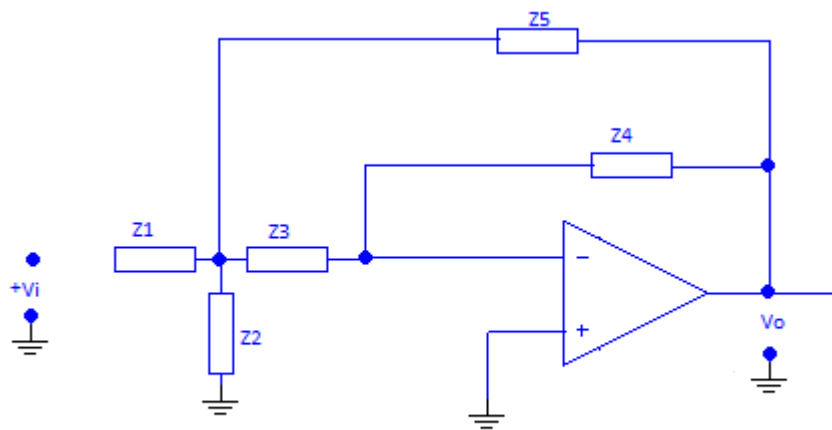
Το σχήμα 1.1 δείχνει το διάγραμμα ενός κοινού φίλτρου όπου ο τύπος των αντιστάσεων δεν είναι καθορισμένος.

Τα χαρακτηριστικά του φίλτρου εξαρτώνται από τον τύπο των αντιστάσεων και των τιμών τους.

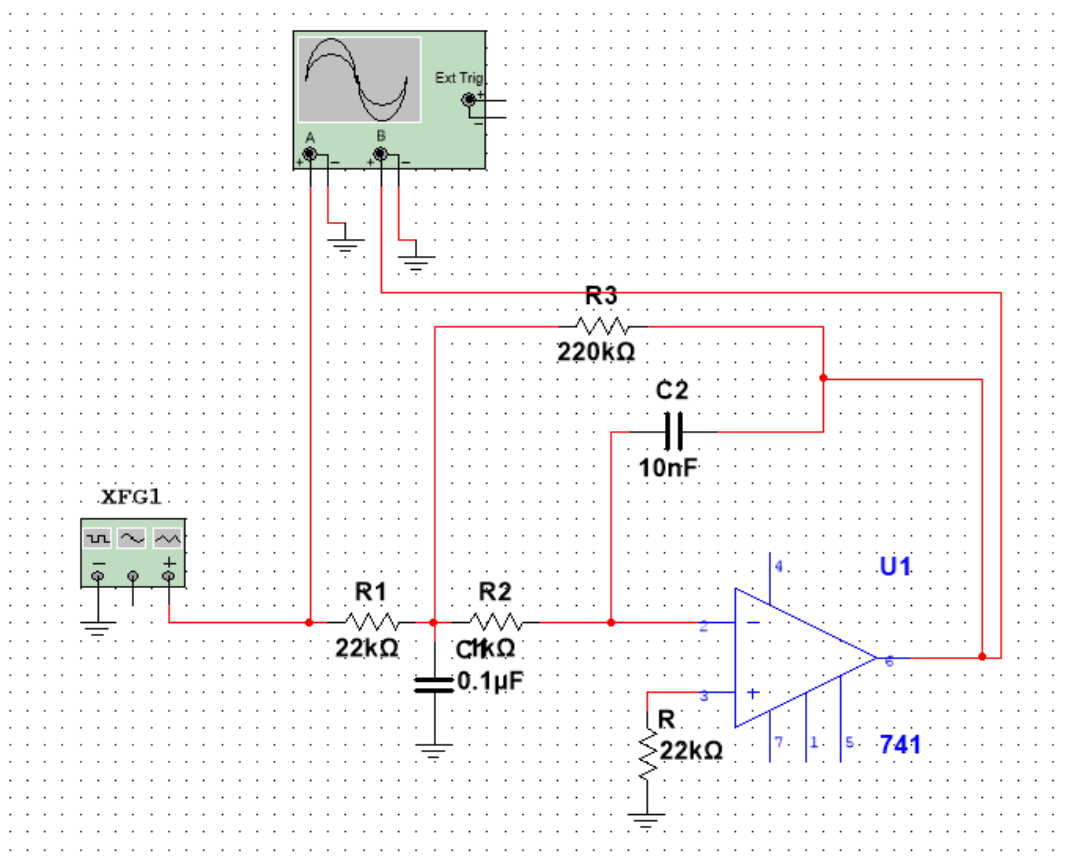
Στο κύκλωμα το οποίο εμφανίζεται στο σχήμα 1.1 η σχέση μεταξύ εισόδου και εξόδου μπορεί να μετρηθεί ως :

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_2 * Z_4 * Z_5}{(Z_1 * Z_3 * Z_5) + (Z_1 * Z_2 * Z_5) + (Z_1 * Z_2 * Z_3) + (Z_2 * Z_3 * Z_5) - (Z_2 * Z_1 * Z_4)}$$

Όπου V_o και V_i είναι αντίστοιχα οι τάσεις εξόδου και εισόδου. Αυτή η μαθηματική σχέση μπορεί να λυθεί με την προϋπόθεση ότι η αντίσταση στην είσοδο του τελεστικού ενισχυτή είναι άπειρη, δηλαδή ότι το ρεύμα δεν διαπερνά την είσοδο του τελεστικού ενισχυτή, λόγω άπειρης αντίστασης, και έτσι η ενίσχυση είναι άπειρη.



Σχήμα 1



Σχήμα 1.2

Αυτή η δεύτερη κατάσταση απαιτεί μια μηδενική διαφορική τάση: έτσι η ανάστροφη είσοδος του τελεστικού ενισχυτή λειτουργεί έως εικονική γη.

Ξεκινώντας από αυτές τις υποθέσεις και εφαρμόζοντας την αρχή της υπέρθεσης των αποτελεσμάτων, είναι δυνατόν να λάβουμε την μαθηματική σχέση η οποία έχει γραφεί παραπάνω, έπειτα από μερικές απλές πράξεις.

Το κύκλωμα του βαθυπερατού φίλτρου, το οποίο απεικονίζεται στο σχήμα 1.2 , μπορεί να κατασκευαστεί, και βελτιώνει το διάγραμμα του σχήματος 1.1 . Αλλάζοντας την γενική αντίσταση Z_1 από την κύρια σχέση, με τις χαρακτηριστικές αντιστάσεις των υλικών των οποίων απεικονίζονται, η σχέση γίνεται ως εξής:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{-R_3/(w^2 * C1 * C2)}{(R1 * R1 * R3) + \frac{R1 * R3 + R1 * R2 + R2 * R3}{jwC1} + \frac{R1}{w^2 * C1 * C2}}$$

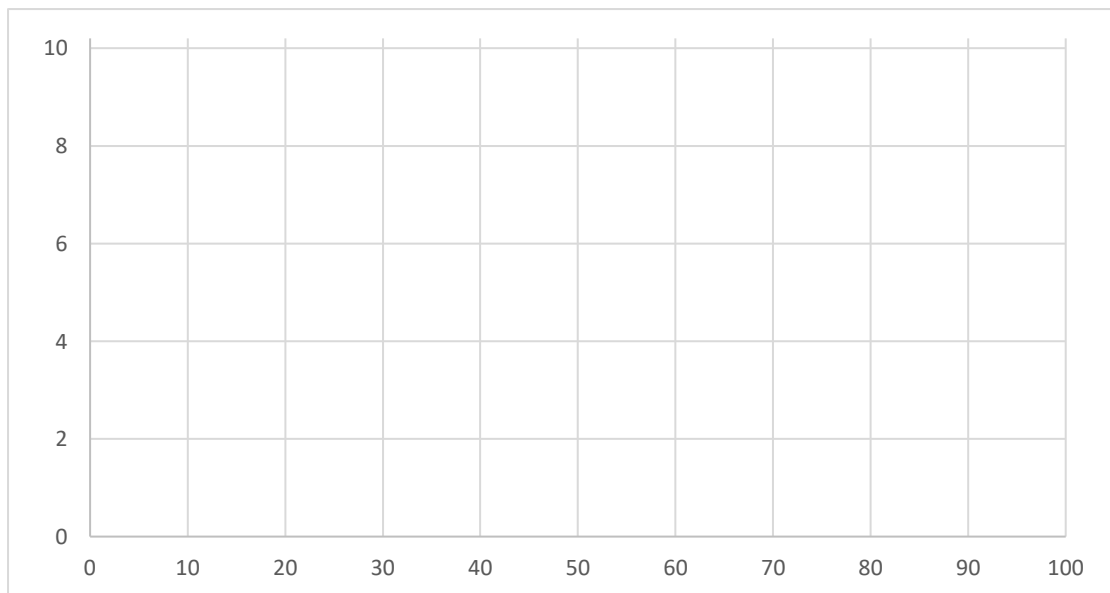
Όπου το “w” αντιπροσωπεύει την γωνιακή συχνότητα του σήματος εισόδου. Η συχνότητα αποκοπής εξαρτάται από τις τιμές των στοιχείων του κυκλώματος. Όσον αφορά το σχήμα 1.2, η συχνότητα αυτή είναι περίπου 70Hz

1.4 Ασκήσεις

1.4.1 Καθορίστε τα χαρακτηριστικά της εισόδου και εξόδου στο βαθυπερατό φίλτρο, και υπολογίστε την συχνότητα αποκοπής.

1. Κατασκευάστε το κύκλωμα που φαίνεται στο Σχήμα 1.2 με τις τιμές οι οποίες εμφανίζονται στο διάγραμμα.
2. Εφαρμόστε μία ημιτονική τάση (πλάτος = 1 V_{pp} , συχνότητα = 10 Hz) στην είσοδο του κυκλώματος.
3. Συνδέσετε τον ακροδέκτη του παλμογράφου στην έξοδο του φίλτρου, και μετρήστε το πλάτος του σήματος.
4. Γράψτε αυτήν την τιμή στον πίνακα 1.3
5. Επαναλάβετε την μέτρηση του σήματος εξόδου (και γράψτε τα αποτελέσματα στα κατάλληλα μέρη) για όλες τις συχνότητες στον πίνακα 1.3
6. Μεταφέρετε τις τιμές τις οποίες λάβατε από τον πίνακα 1.3 και σχεδιάστε την σχέση μεταφοράς εισόδου – εξόδου και τα χαρακτηριστικά του φίλτρου ενώνοντας τα διάφορα σημεία στο σχήμα 1.4
7. Ξεκινώντας από αυτήν την γραφική παράσταση, υπολογίστε την συχνότητα αποκοπής του φίλτρου. (Η συχνότητα στην οποία η ενίσχυση είναι 0.707 φορές όσο η μέγιστη τιμή).

f	Vo
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	
100	



Σχήμα 1.4

1.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης

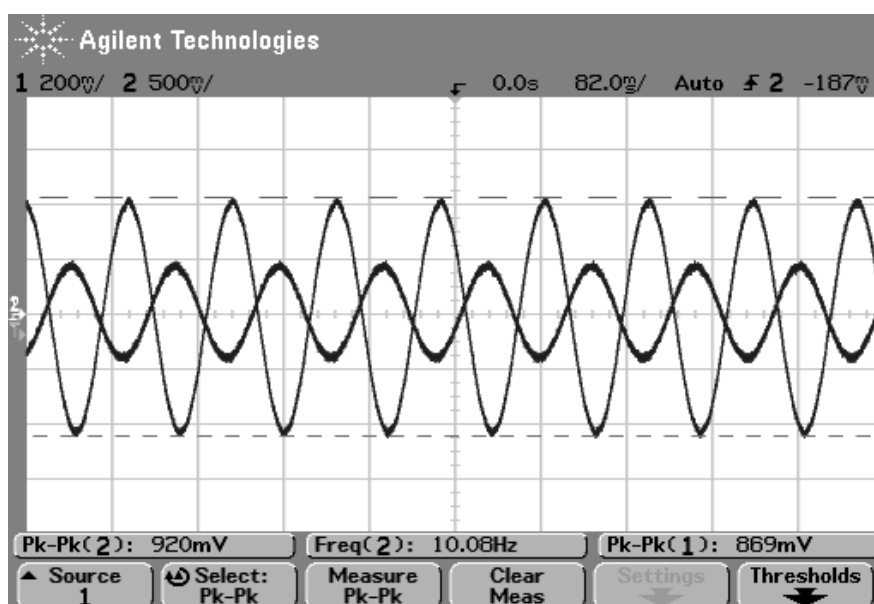
1. Ένα ιδανικό βαθυπερατό φίλτρο φτάνει την μέγιστη ενίσχυση του όταν:
 - a: Είναι μεταξύ ενός φάσματος συχνοτήτων εκτός του 0?
 - b: Σε ένα φάσμα χαμηλότερο μιας συγκεκριμένης συχνότητας?
 - c: Σε ένα φάσμα υψηλότερο μιας συγκεκριμένης συχνότητας?
 - d: Σε όλο το φάσμα χαμηλότερο μιας συχνότητας f' και σε όλο το φάσμα υψηλότερο μιας συχνότητας $f'' > f'$?
2. Σε ένα βαθυπερατό φίλτρο, η μέγιστη τάση εξόδου είναι ίση με 15 Vpp. Ποια είναι η τιμή της τάσης εξόδου αυτού του φίλτρου στην συχνότητα αποκοπής?
 - a: περίπου 4Vpp.
 - b: περίπου 6Vpp.
 - c: περίπου 8Vpp.
 - d: περίπου 10Vpp.
3. Αναφορικά με το προηγούμενο παράδειγμα: Το φίλτρο φτάνει την μέγιστη ενίσχυση του στην συχνότητα:
 - a: χαμηλότερη από τη συχνότητα αποκοπής.
 - b: συμπίπτει με την συχνότητα αποκοπής.
 - c: μεταξύ της συχνότητας αποκοπής και το διπλάσιο αυτής.
 - d: παραπάνω από το διπλάσιο της συχνότητας αποκοπής.
4. Η μετατόπιση φάσης μεταξύ εισόδου και εξόδου του φίλτρου είναι:
 - a: σταθερή και ίση με 0 ?
 - b: σταθερή και διάφορη του 0 ?
 - c: μεταβλητή αναλόγως της συχνότητας?
 - d: Καμία από τα παραπάνω.

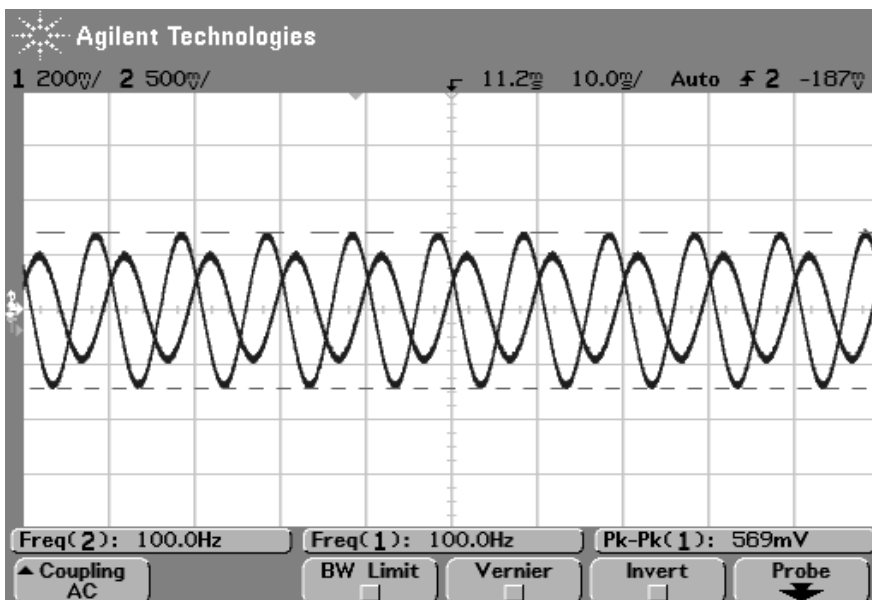
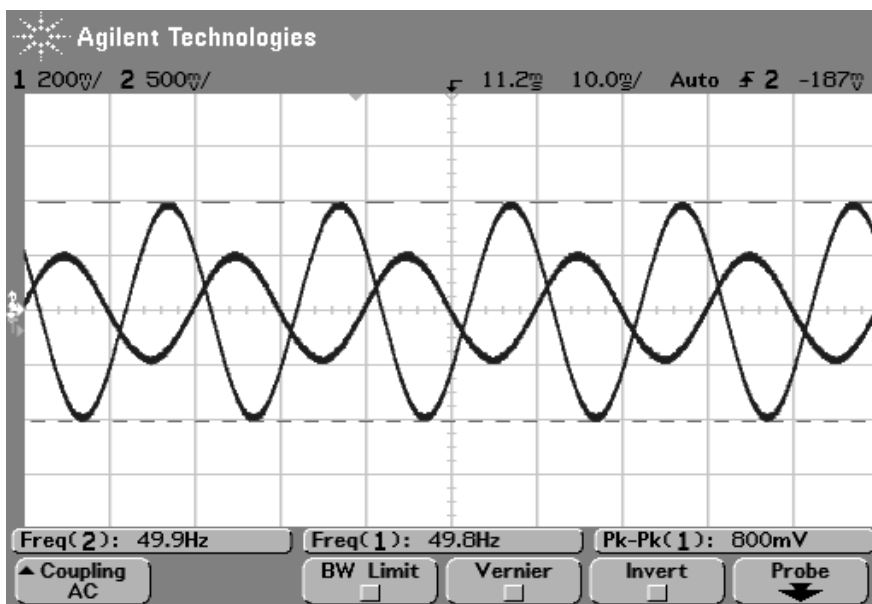
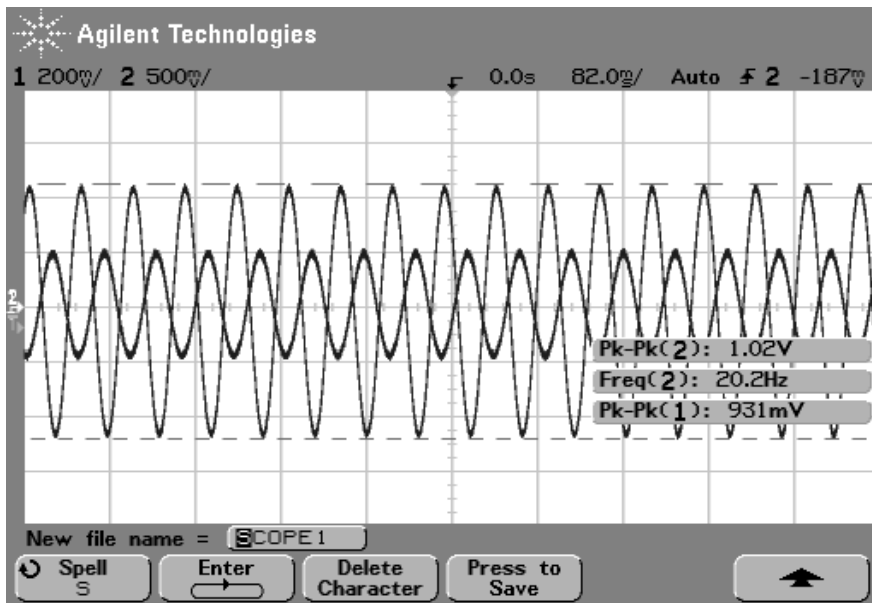
1.6 Εργαστηριακές μετρήσεις

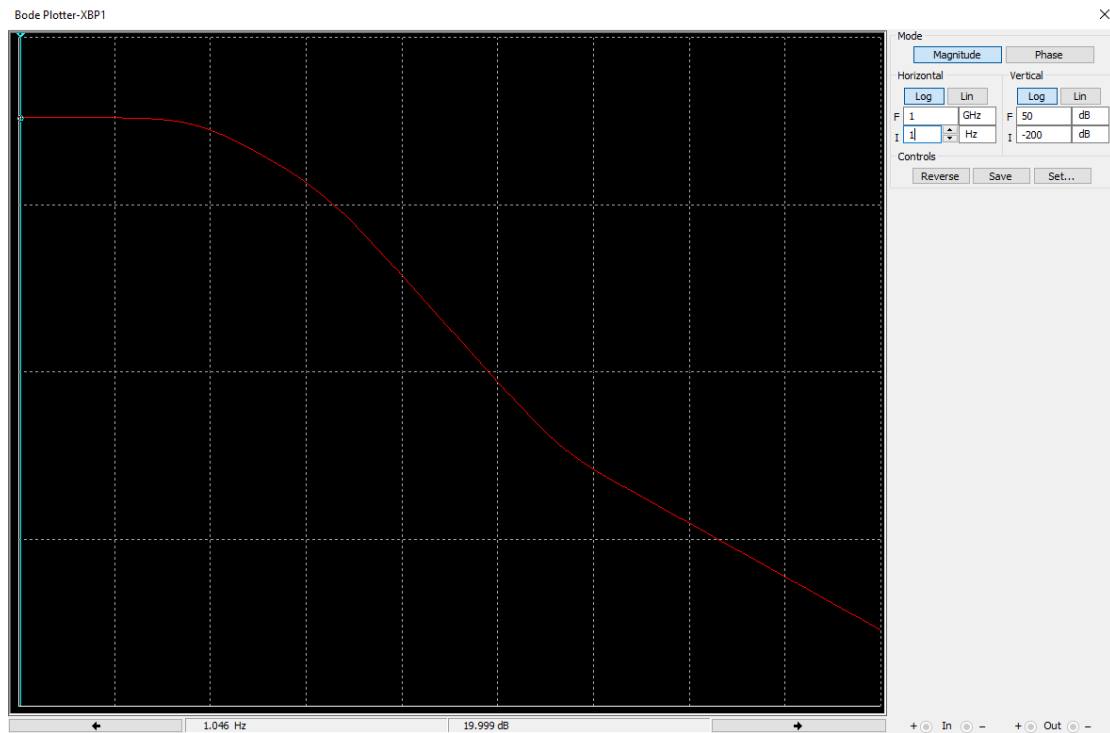
Όσον αφορά το εργαστηριακό τμήμα 1.4 και την άσκηση που αυτό περιλαμβάνει, παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα.

Τα βήματα 1 έως 5 πραγματοποιήθηκαν στον εργαστηριακό εξοπλισμό. Ο πίνακας που προκύπτει από το βήμα 6 και η γραφική παράσταση που απαιτείται είναι τα κάτωθι:

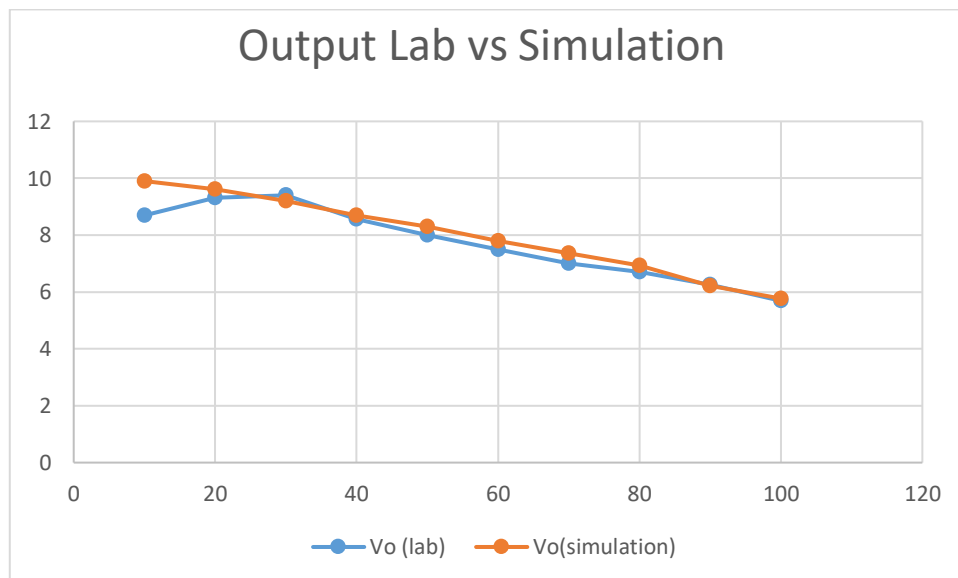
f	Vo (lab)	Vo(simulation)
10	8,69	9,90
20	9,31	9,61
30	9,4	9,20
40	8,56	8,70
50	8,00	8,30
60	7,5	7,80
70	7,00	7,36
80	6,7	6,94
90	6,25	6,21
100	5,69	5,77







Σχήμα 1.5: Απόκριση συχνότητας βαθυπερατού φίλτρου



Ερωτημα 7:

- Με μέγιστη τιμή ενίσχυσης τα 9,4V στις εργαστηριακές μετρήσεις, εύκολα μπορούμε να υπολογίσουμε ότι η συχνότητα αποκοπής είναι περίπου στα 80 Hz. ($9.4 * 0.707 = 6.64$)
- Με μέγιστη τιμή ενίσχυσης τα 9,9V στις μετρήσεις της προσωμοίωσης, εύκολα μπορούμε να υπολογίσουμε ότι η συχνότητα αποκοπής είναι περίπου στα 80 Hz. ($9.9 * 0.707 = 6.99$)

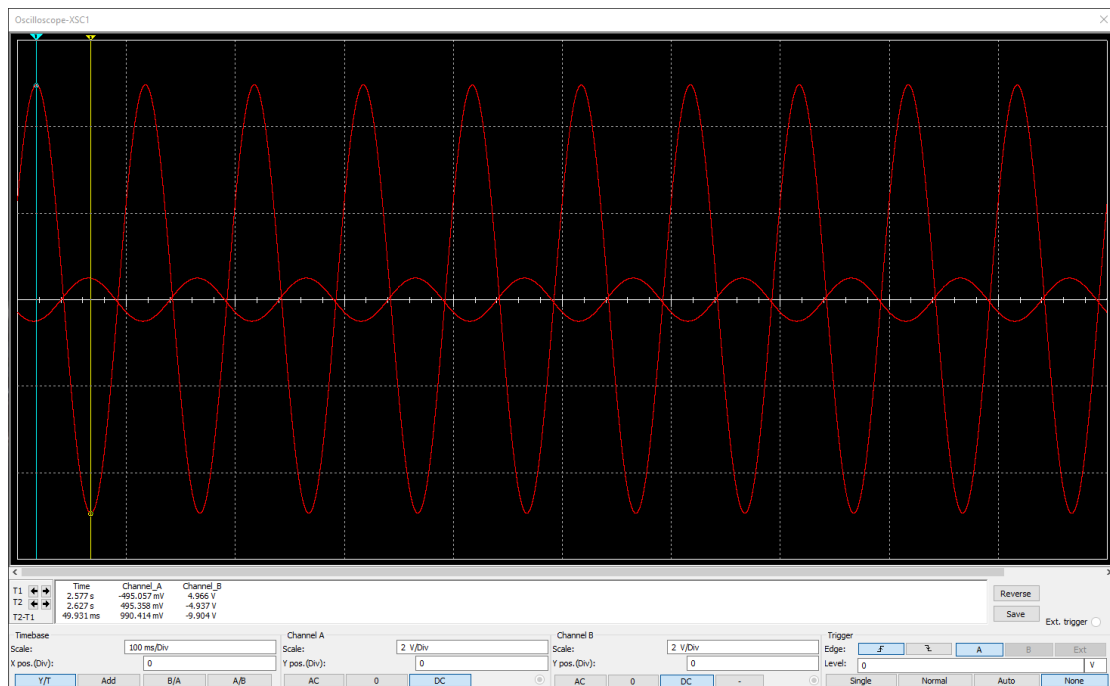
Συμπέρασμα: Στα βαθυπερατά φίλτρα λόγω χαμηλών συχνοτήτων, υπάρχει καλύτερη απόκριση με το πραγματικά μετρήσιμο κύκλωμα να είναι σχεδόν ίδιο με το κύκλωμα προσομοίωσης με απειροελάχιστες αποκλίσεις.

1.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης

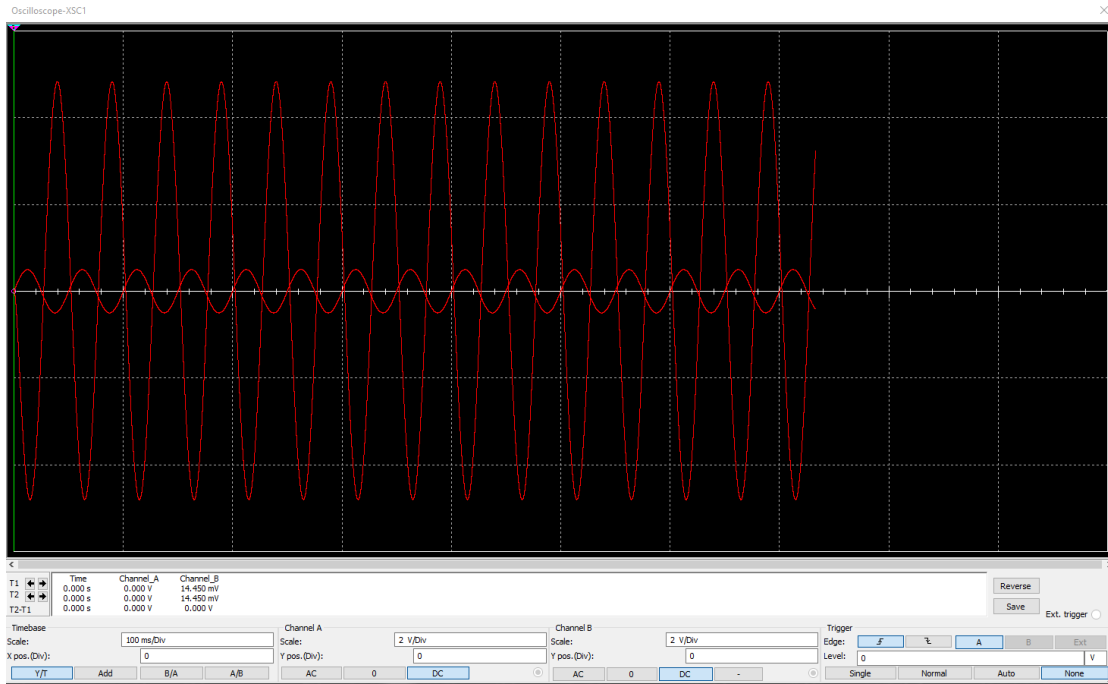
1. Σωστό είναι το : b
2. Σωστό είναι το : d.
3. Σωστό είναι το : a
4. Σωστό είναι το : c

Simulation

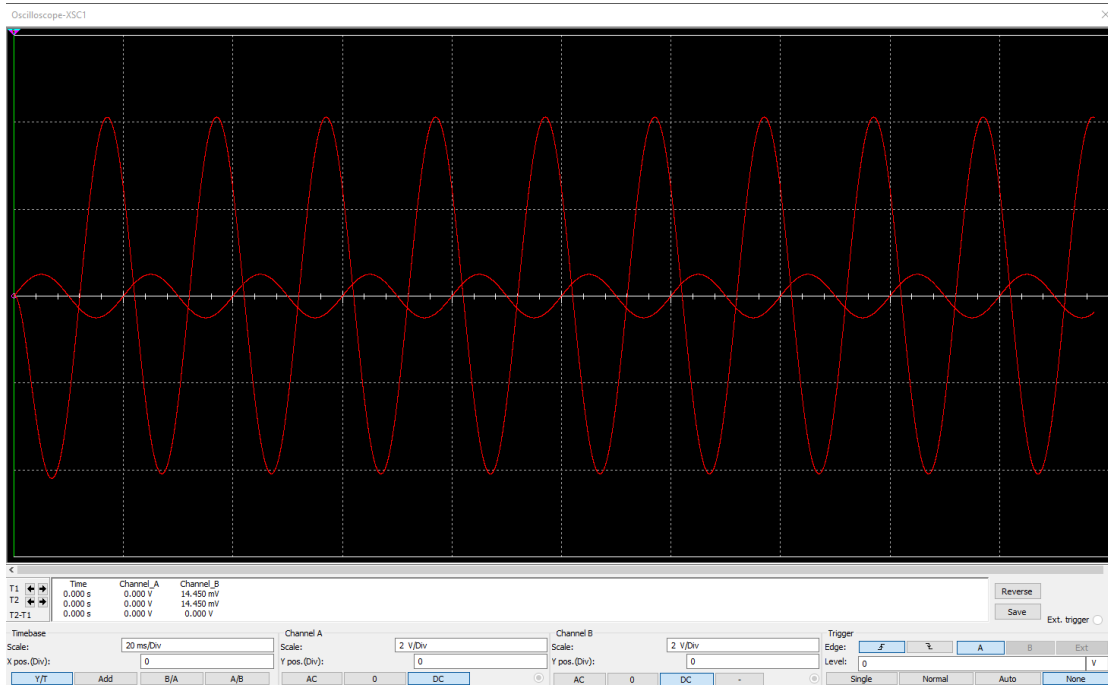
10Hz



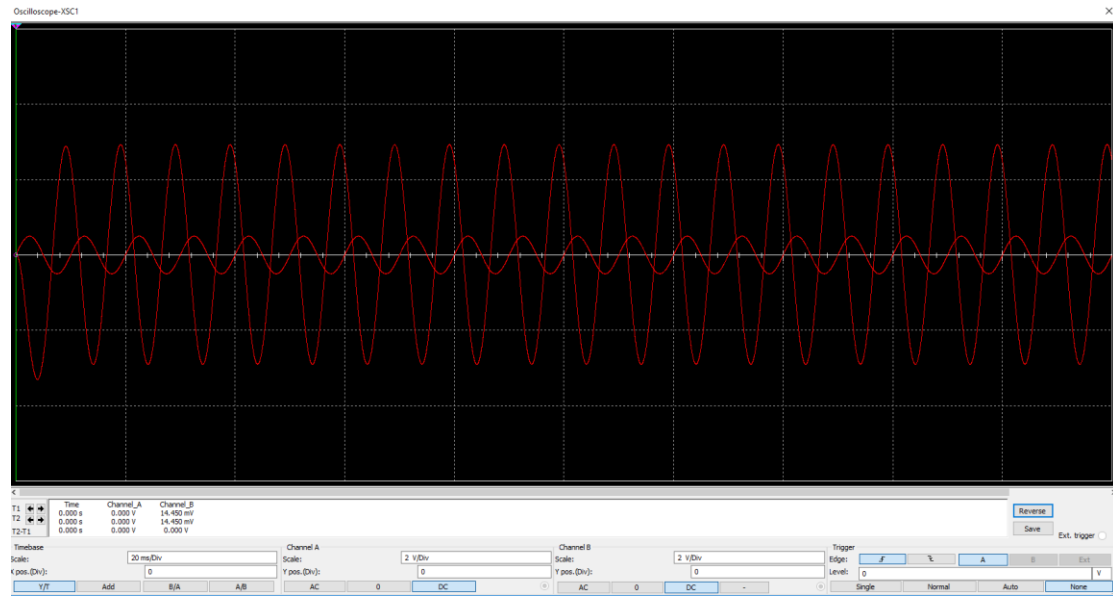
20Hz



50Hz



100Hz



2. Τελεστικοί ενισχυτές: Υψιπερατό Φίλτρο.

2.1: Σκοπός

A: Να καθορίσετε τα χαρακτηριστικά της σχέσης εισόδου-εξόδου του υψιπερατού φίλτρου, και να υπολογίσετε την συχνότητα αποκοπής.

2.2: Απαραίτητος εξοπλισμός

- Τροφοδοτικό DC ($\pm 12V$)
- Ψηφιακό πολύμετρο
- Παλμογράφος διπλής απεικόνισης
- Γεννήτρια συχνοτήτων

2.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το ιδανικό υψιπερατό φίλτρο είναι ένα κύκλωμα το οποίο παρέχει μηδενική ενίσχυση για όλα τα σήματα τα οποία έχουν συχνότητα χαμηλότερη από μια συγκεκριμένη συχνότητα f' , ενώ μπορεί να παρέχει συνεχή ενίσχυση πάνω από το μηδέν για όλα τα σήματα με συχνότητες μεγαλύτερες του f' .

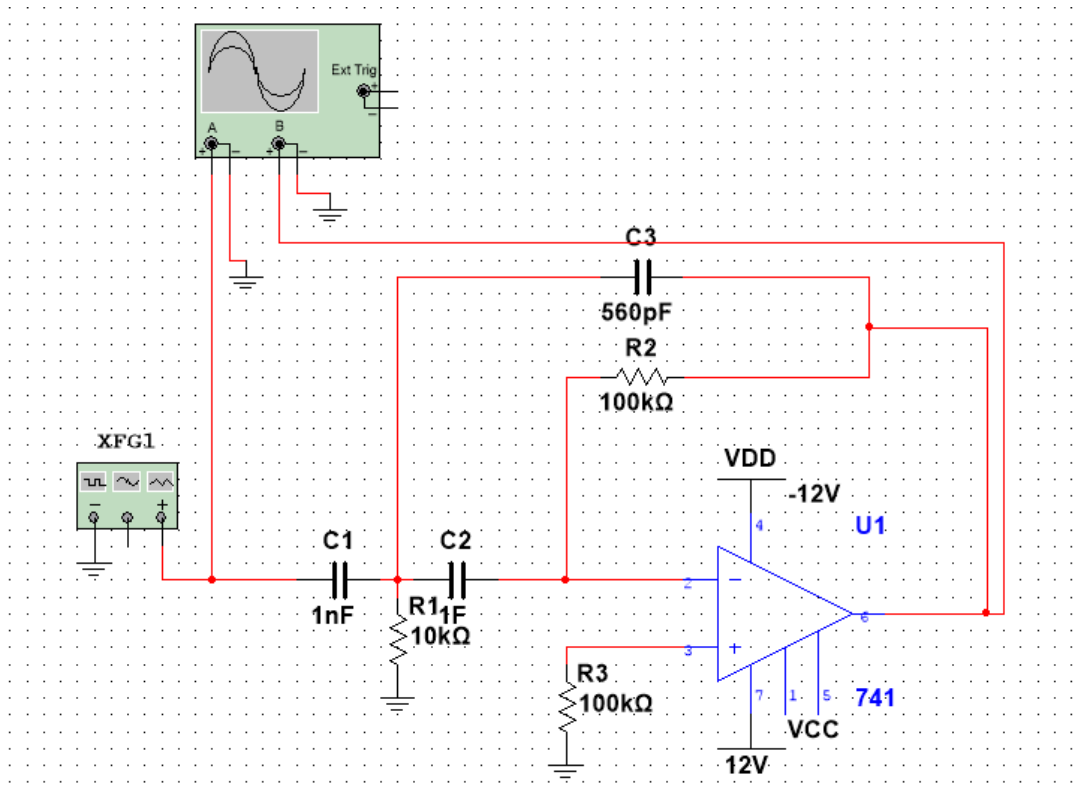
Όπως και στην περίπτωση του βαθυπερατού φίλτρου, και αυτό το κύκλωμα εμπεριέχει έναν τελεστικό ενισχυτή αντιστάτες, και πυκνωτές.

Εννοείται πως το αληθινό κύκλωμα ενός υψιπερατού φίλτρου, δεν μπορεί να έχει τα ιδανικά χαρακτηριστικά, αλλά είναι επαρκές, να έχουν όμοιες χαρακτηριστικές μεταφοράς με το ιδανικό κύκλωμα του υψιπερατού φίλτρου.

Επίσης σε αυτήν την περίπτωση, είναι καλύτερα να ξεκινάμε από την σχέση μεταξύ εισόδου και εξόδου. Θυμηθείτε την σχέση ενός γενικού φίλτρου στην προηγούμενη άσκηση:

Το ιδανικό υψιπερατό φίλτρο είναι ένα κύκλωμα το οποίο παρέχει μηδενική ενίσχυση για όλες αυτές τις συχνότητες οι οποίες είναι χαμηλότερες από μια συγκεκριμένη f' ,
συχνότητα f' ,

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_2 * Z_4 * Z_5}{(Z_1 * Z_3 * Z_5) + (Z_1 * Z_2 * Z_5) + (Z_1 * Z_2 * Z_3) + (Z_2 * Z_3 * Z_5) - (Z_2 * Z_1 * Z_4)}$$



Σχήμα 2.1

Αλλά, είναι απαραίτητο το Z1, Z3 και Z5 να είναι πυκνωτές, και το Z2 και Z4 αντιστάτες, για να αποκτήσουμε ένα υπερπαρατό φίλτρο.

Αλλάζοντας την κύρια σχέση γραμμένη παραπάνω, το αποτέλεσμα είναι το εξής:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R1 * R2 / (j\omega C3)}{\frac{1}{j\omega C1 * j\omega C2 * j\omega C3} + \frac{R1}{j\omega C1 * j\omega C3} + \frac{R1}{j\omega C1 * j\omega C2} + \frac{R1}{j\omega C2 * j\omega C3} - \frac{R1 * R2}{j\omega C1}}$$

Τώρα, τα χαρακτηριστικά του φίλτρου, και αυτά είναι η συχνότητα αποκοπής, και η χαρακτηριστική μεταφοράς, εξαρτώνται από την τιμή των παθητικών στοιχείων τα οποία χρησιμοποιούνται.

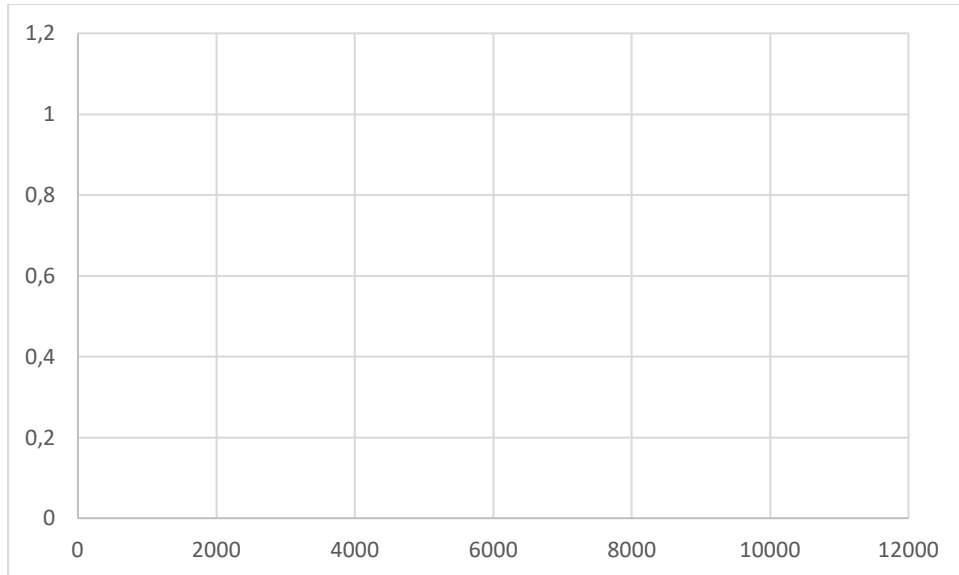
2.4 Ασκήσεις

2.4.1 Καθορίστε τα χαρακτηριστικά της εισόδου και εξόδου στο υψιπερατό φίλτρο, και υπολογίστε την συχνότητα αποκοπής.

8. Κατασκευάστε το κύκλωμα που φαίνεται στο Σχήμα 2.1 με τις τιμές οι οποίες εμφανίζονται στο διάγραμμα.
9. Εφαρμόστε μία ημιτονική τάση (πλάτος = 1 V_{pp} , συχνότητα = 1 KHz) στην είσοδο του κυκλώματος.
10. Συνδέσετε τον ακροδέκτη του παλμογράφου στην έξοδο του φίλτρου, και μετρήστε το πλάτος του σήματος.
11. Γράψετε αυτήν την τιμή στον πίνακα 2.2
12. Επαναλάβετε την μέτρηση του σήματος εξόδου (και γράψετε τα αποτελέσματα στα κατάλληλα μέρη) για όλες τις συχνότητες στον πίνακα 2.2
13. Μεταφέρετε τις τιμές τις οποίες λάβατε από τον πίνακα 2.3 και σχεδιάστε την σχέση μεταφοράς εισόδου – εξόδου και τα χαρακτηριστικά του φίλτρου ενώνοντας τα διάφορα σημεία στο σχήμα 2.4
14. Ξεκινώντας από αυτήν την γραφική παράσταση, υπολογίστε την συχνότητα αποκοπής του φίλτρου. (Η συχνότητα στην οποία η ενίσχυση είναι 0.707 φορές όσο η μέγιστη τιμή.

f	V_o
1000	
2000	
3000	
4000	
5000	
6000	
7000	
8000	
9000	
10000	

Σχήμα 2.2



Σχήμα 2.3

2.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης

5. Ένα ιδανικό υπηπερατό φίλτρο φτάνει την μέγιστη ενίσχυση του όταν:
 - a: Είναι μεταξύ ενός φάσματος συχνοτήτων εκτός του 0?
 - b: Σε ένα φάσμα χαμηλότερο μιας συγκεκριμένης συχνότητας?
 - c: Σε ένα φάσμα υψηλότερο μιας συγκεκριμένης συχνότητας?
 - d: Σε όλο το φάσμα χαμηλότερο μιας συχνότητας f' και σε όλο το φάσμα υψηλότερο μιας συχνότητας $f'' > f'$?

6. Στο υπηπερατό φίλτρο το οποίο φαίνεται στο σχήμα 2.1 ποιες συχνότητες είναι εξασθενημένες?
 - a: Οι χαμηλές συχνότητες είναι εξασθενημένες από το φίλτρο και οι υψηλές συχνότητες είναι εξασθενημένες από τον τελεστικό ενισχυτή ο οποίος έχει συγκεκριμένο φάσμα.
 - b: Μόνο οι χαμηλές συχνότητες.
 - c: Μόνο οι υψηλές συχνότητες.
 - d: Καμία από τις παραπάνω συχνότητες.

7. Αναφορικά με το σχήμα 2.1. Τι μπορεί να γίνει για να αλλαχτεί η συχνότητα αποκοπής του υπηπερατού φίλτρου?
 - a: Να αλλαχτεί η τιμή του αντιστάτη $R1$ και $R2$.
 - b: Να αλλαχτεί η τιμή των πυκνωτών $C1$, $C2$ και $C3$.
 - c: Να αλλαχτεί η τιμή τουλάχιστον ενός από των παθητικών στοιχείων.
 - d: Οποιοδήποτε από τα παραπάνω είναι σωστά.

8. Στο υπεραποκλειστικό φίλτρο, η μετατόπιση φάσης μεταξύ εισόδου και εξόδου συμβαίνει λόγω:

a: Των στοιχείων του κυκλώματος τα οποία βρίσκονται εξωτερικά, σε σχέση με τον Τελεστικό ενισχυτή?

b: Στην αντίδραση των εξωτερικών στοιχείων σε σχέση με τον ενισχυτή?

c: Στην πολύ μεγάλη αντίσταση εισόδου του ενισχυτή?

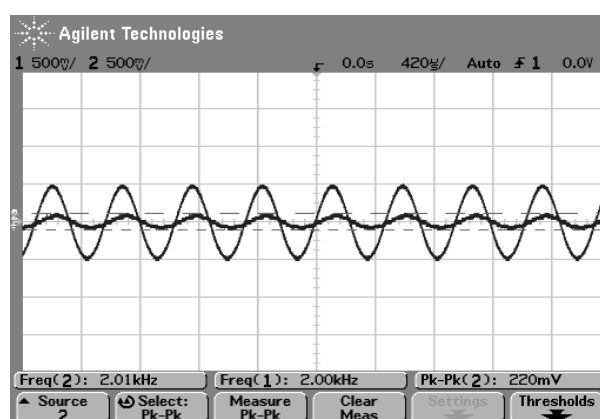
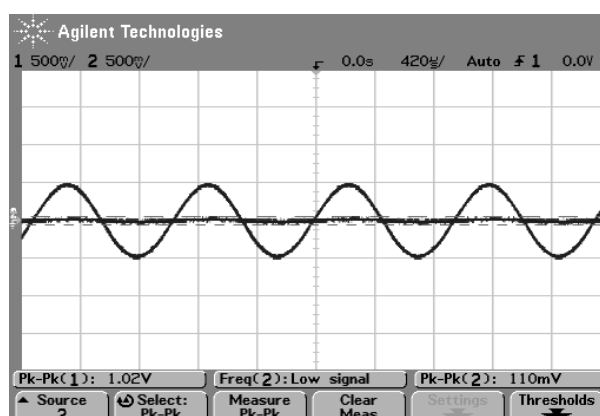
d:Καμία από τα παραπάνω.

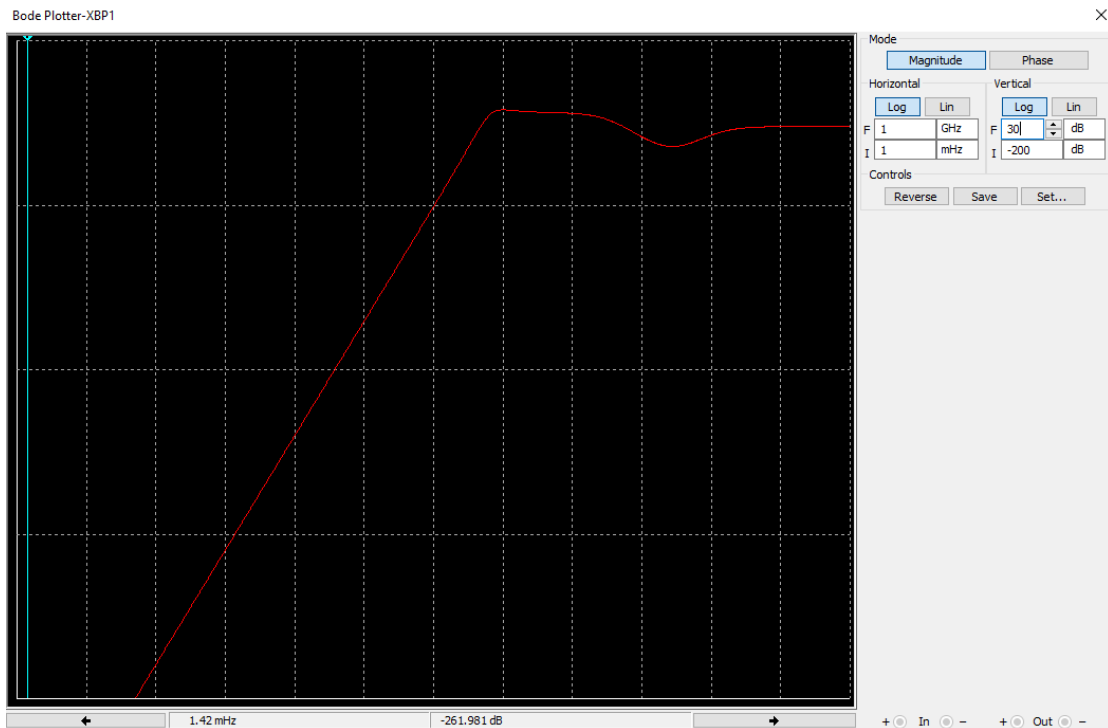
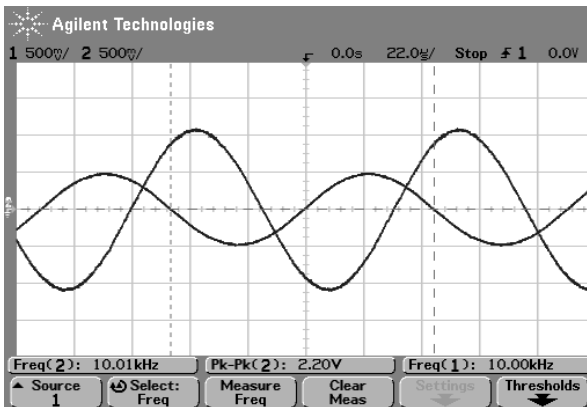
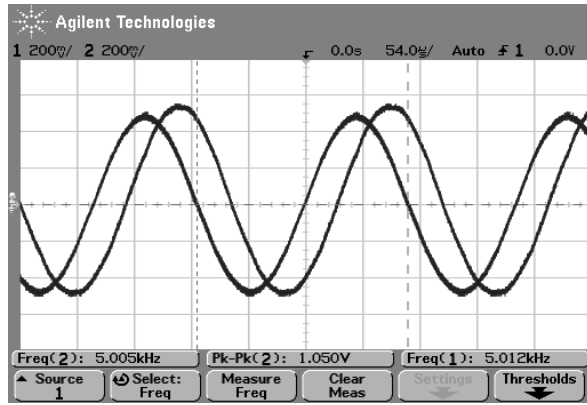
2.6 Εργαστηριακές μετρήσεις

Όσον αφορά το εργαστηριακό τμήμα 2.4 και την άσκηση που αυτό περιλαμβάνει, παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα.

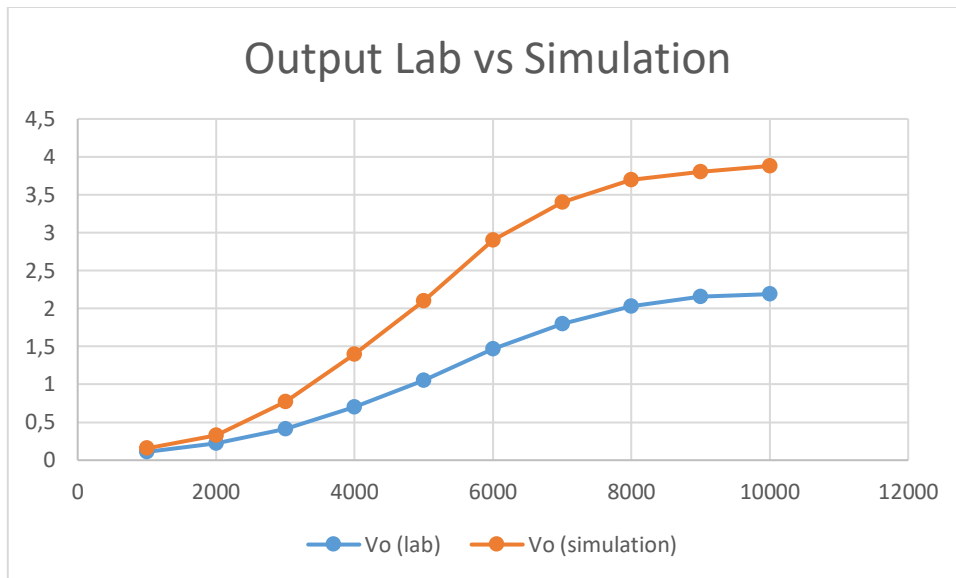
Τα βήματα 1 έως 5 πραγματοποιήθηκαν στον εργαστηριακό εξοπλισμό. Ο πίνακας που προκύπτει από το βήμα 6 και η γραφική παράσταση που απαιτείται είναι τα κάτωθι:

f	Vo (lab)	Vo (simulation)
1000	0,11	0,156
2000	0,22	0,328
3000	0,41	0,768
4000	0,7	1,4
5000	1,05	2,1
6000	1,47	2,9
7000	1,8	3,4
8000	2,03	3,7
9000	2,16	3,8
10000	2,19	3,88





Σχήμα 2.4: Απόκριση συχνότητας υπερηρατού φίλτρου.



Ερώτημα 7:

- Με μέγιστη τιμή ενίσχυσης τα 2,19V, εύκολα μπορούμε να υπολογίσουμε ότι η συχνότητα αποκοπής είναι περίπου στα 6000 Hz. ($2.19 * 0.707 = 1.54$)
- Με μέγιστη τιμή ενίσχυσης τα 3.88V, εύκολα μπορούμε να υπολογίσουμε ότι η συχνότητα αποκοπής είναι περίπου στα 6000 Hz. ($3.88 * 0.707 = 2.743$). Συμπίπτει με την εργαστηριακή μέτρηση.

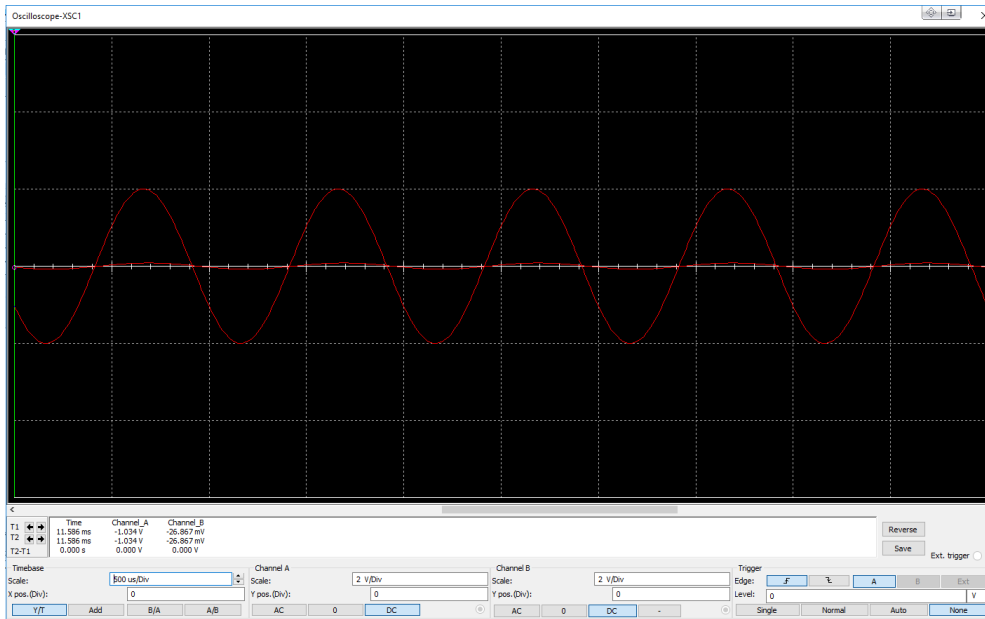
Συμπέρασμα: Παρατηρούμε πως στην εξομοίωση, το V_{out} είναι αρκετά μεγαλύτερο της εργαστηριακής μέτρησης. Πιστεύουμε πως αυτό οφείλεται στο σφάλμα της μέτρησης, και επίσης στις θερμικές απώλειες και γενικές απώλειες κατασκευής των στοιχείων του κυκλώματος, καθώς οι μετρήσεις οι οποίες λαμβάνονται από την εξομοίωση στον υπολογιστή γίνονται με ιδανικά στοιχεία και τελεστικό ενισχυτή.

2.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης

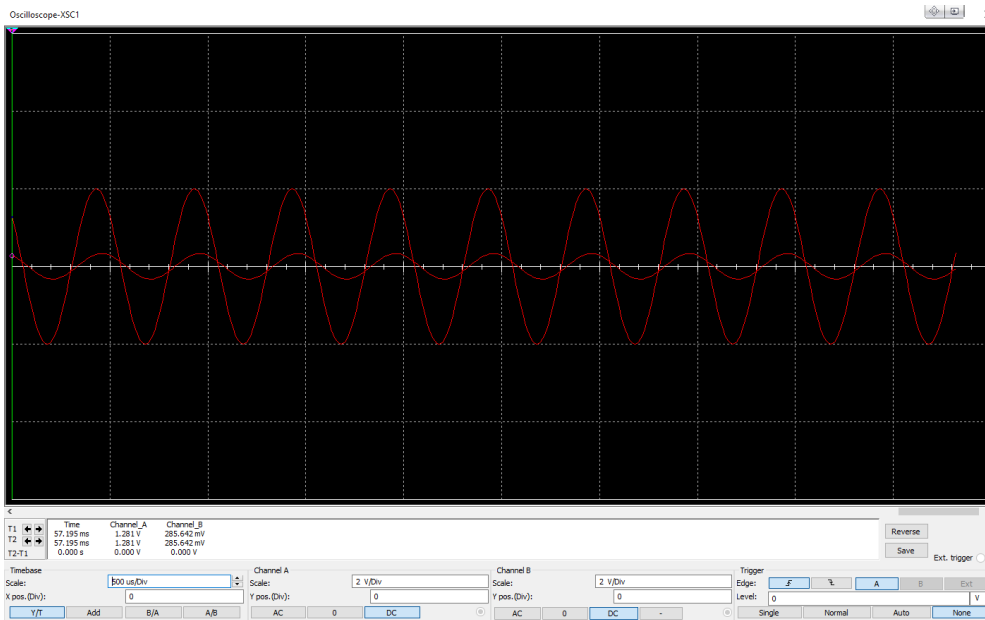
5. Σωστό είναι το : c
6. Σωστό είναι το : b.
 $2.19 * 0,707 = 1.54$
7. Σωστό είναι το : c
8. Σωστό είναι το : c

Simulation:

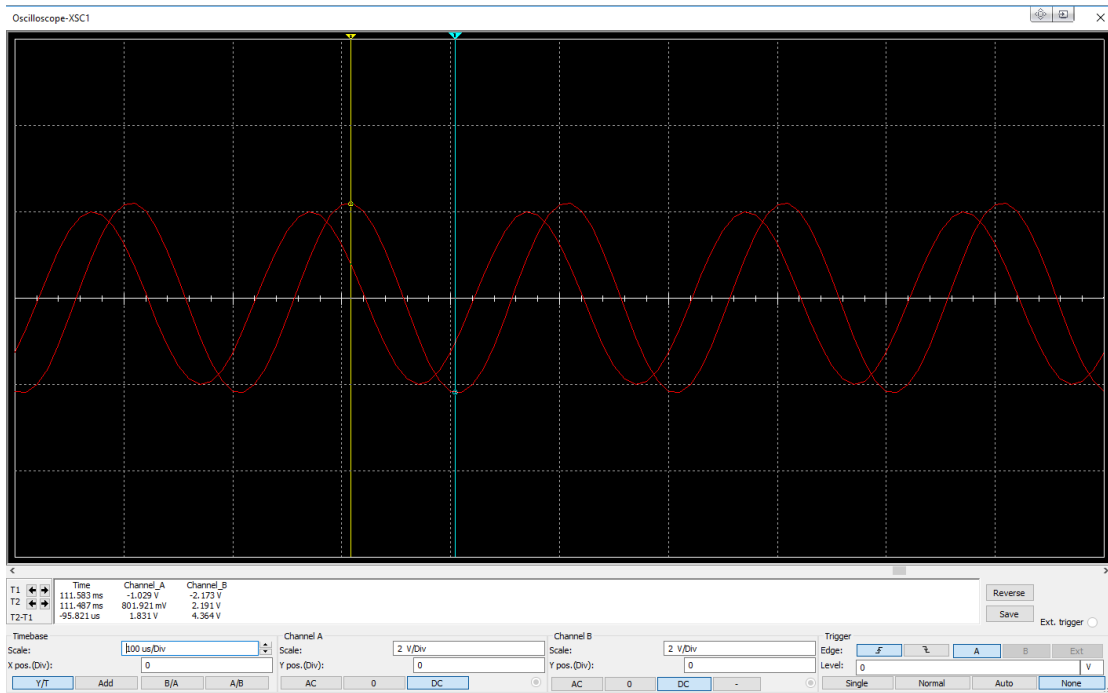
1kHz



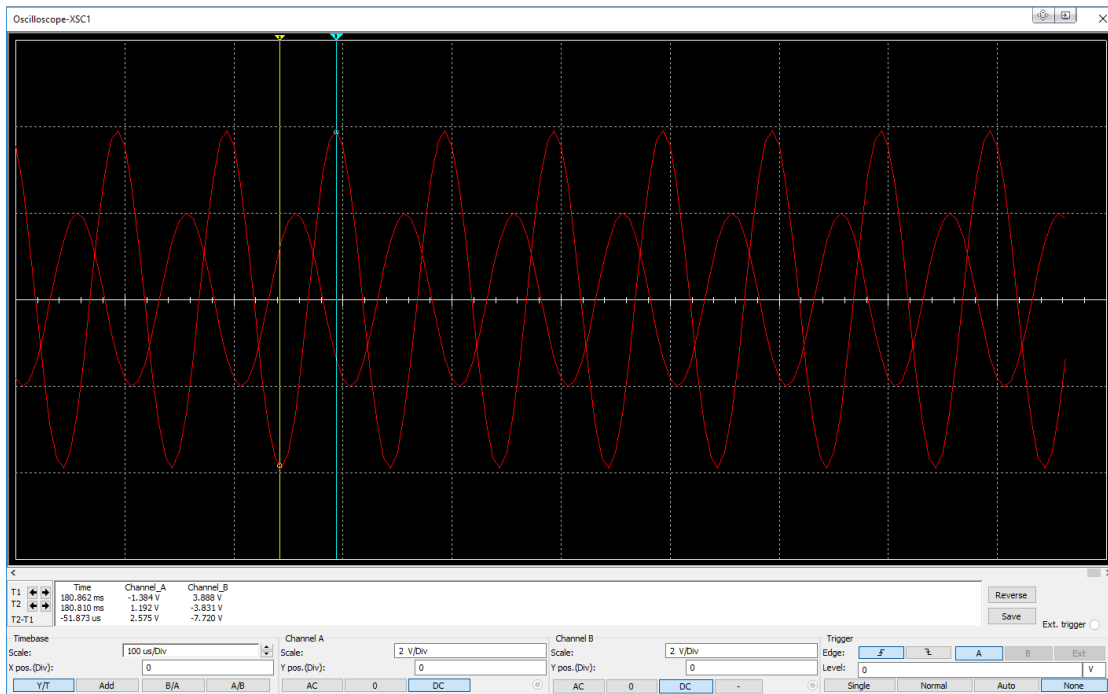
2kHz



5kHz



10kHz



3. Τελεστικοί ενισχυτές: Ζωνοπερατό Φίλτρο.

3.1: Σκοπός

A: Να καθορίσετε τα χαρακτηριστικά της σχέσης εισόδου-εξόδου του ζωνοπερατού φίλτρου, και να υπολογίσετε την ζώνη λειτουργίας του σήματος εξόδου.

3.2: Απαραίτητος εξοπλισμός

- Τροφοδοτικό DC ($\pm 12V$)
- Ψηφιακό πολύμετρο
- Παλμογράφος διπλής απεικόνισης
- Γεννήτρια συχνοτήτων

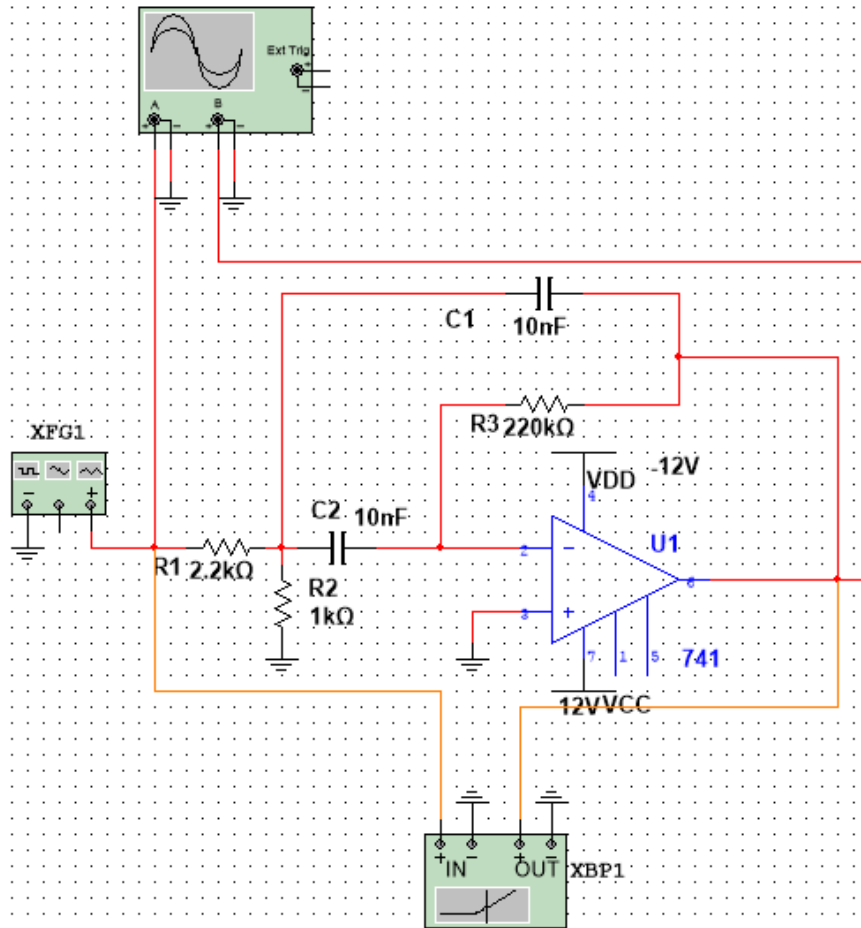
3.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το ιδανικό ζωνοπερατό φίλτρο, παρέχει μια μηδενική ενίσχυση σε όλα τα σήματα με συχνότητα μικρότερη από μια συγκεκριμένη συχνότητα f' και για όλα τα σήματα με μια συχνότητα η οποία περνάει μια άλλη συχνότητα f'' . Σε αντίθεση με τις προαναφερθείσες συχνότητες, για τις συχνότητες ζώνης (συχνότητες μεταξύ f' και f''), η ενίσχυση είναι σταθερή. Όπως εξηγήθηκε στις προηγούμενες ασκήσεις, και το κύκλωμα αυτής της άσκησης περιέχει τελεστικό ενισχυτή, αντιστάτες, και πυκνωτές προηγούμενες

Βεβαίως, το κύκλωμα του αληθινού ζωνοπερατού φίλτρου, δεν μπορεί να έχει τα ιδανικά χαρακτηριστικά, αλλά είναι αρκετό όταν η χαρακτηριστική μεταφοράς, να προσεγγίζει την ιδανική.

Όπως και στις άλλες περιπτώσεις, ξεκινάμε με την σχέση μεταξύ εισόδου – εξόδου. Θυμόμαστε ότι η σχέση αυτή για τα φίλτρα περιγράφεται ως εξής:

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{Z_2 * Z_4 * Z_5}{(Z_1 * Z_3 * Z_5) + (Z_1 * Z_2 * Z_5) + (Z_1 * Z_2 * Z_3) + (Z_2 * Z_3 * Z_5) - (Z_2 * Z_1 * Z_4)}$$



Σχήμα 3.1

Αλλά, στην περίπτωση του ζωνοπερατού φίλτρου, το Z1,Z2 και Z4 πρέπει να είναι αντιστάσεις, ενώ το Z3 και Z4 πρέπει να είναι πυκνωτές.

Αλλάζοντας αυτές τις τιμές στην κύρια σχέση που είναι γραμμένη παραπάνω, παίρνουμε την παρακάτω σχέση.

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R2 * R3 / (j\omega C1)}{\frac{-R1 - R2}{\omega^2 * C1 * C2} - R1 * R2 * R3 + \frac{R1 * R2}{j\omega C1} + \frac{R1 * R2}{j\omega C2}}$$

Τώρα, τα χαρακτηριστικά του φίλτρου, και αυτό είναι η ζώνη του σήματος η οποία δεν εξασθενεί και η χαρακτηριστική μεταφοράς, εξαρτώνται από την τιμή, και τα χρησιμοποιημένα στοιχεία στο κύκλωμα.

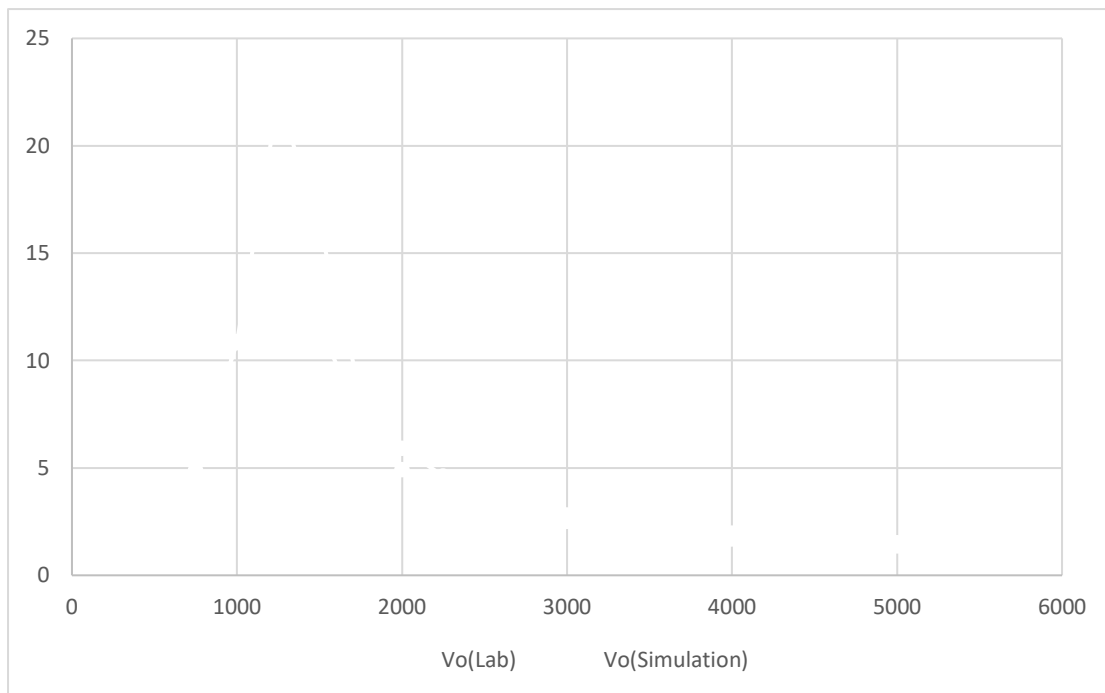
3.4 Ασκήσεις

3.4.1 Καθορίστε τα χαρακτηριστικά της εισόδου και εξόδου στο ζωνοπερατό φίλτρο, και υπολογίστε την ζώνη λειτουργίας.

1. Κατασκευάστε το κύκλωμα που φαίνεται στο Σχήμα 3.1 με τις τιμές οι οποίες εμφανίζονται στο διάγραμμα.
2. Εφαρμόστε μία ημιτονική τάση (πλάτος = 1 V_{pp} , συχνότητα = 100Hz) στην είσοδο του κυκλώματος.
3. Συνδέσετε τον ακροδέκτη του παλμογράφου στην έξοδο του φίλτρου, και μετρήστε το πλάτος του σήματος.
4. Γράψετε αυτήν την τιμή στον πίνακα 3.2
5. Επαναλάβετε την μέτρηση του σήματος εξόδου (και γράψετε τα αποτελέσματα στα κατάλληλα μέρη) για όλες τις συχνότητες στον πίνακα 3.2
6. Μεταφέρετε τις τιμές τις οποίες λάβατε από τον πίνακα 3.2 και σχεδιάστε την σχέση μεταφοράς εισόδου – εξόδου και τα χαρακτηριστικά του φίλτρου ενώνοντας τα διάφορα σημεία στο σχήμα 3.3
7. Ξεκινώντας από αυτήν την γραφική παράσταση, υπολογίστε την συχνότητα αποκοπής του φίλτρου. (Η συχνότητα στην οποία η ενίσχυση είναι 0.707 (-3db) φορές όσο η μέγιστη τιμή.

f	Vo(Lab)
100	
500	
750	
1000	
1250	
1500	
1750	
2000	
2250	
2500	
2750	
3000	
4000	
5000	

Σχήμα 3.2



Σχήμα 3.4

3.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης

1. Ένα ιδανικό ζωνοπερατό φίλτρο φτάνει την μέγιστη ενίσχυση του όταν:
 - a: Είναι μεταξύ ενός φάσματος συχνοτήτων εκτός του 0?
 - b: Σε ένα φάσμα χαμηλότερο μιας συγκεκριμένης συχνότητας?
 - c: Σε ένα φάσμα υψηλότερο μιας συγκεκριμένης συχνότητας?
 - d: Σε όλο το φάσμα χαμηλότερο μιας συχνότητας f' και σε όλο το φάσμα υψηλότερο μιας συχνότητας $f'' > f'$?

2. Στο ζωνοπερατό φίλτρο στο σχήμα 3.1 ποιες συχνότητες είναι εξασθενημένες?
 - a: Οι χαμηλές συχνότητες είναι εξασθενημένες από το φίλτρο και οι υψηλές συχνότητες είναι εξασθενημένες από τον τελεστικό ενισχυτή ο οποίος έχει μια συγκεκριμένη ζώνη.
 - b: Μόνο οι χαμηλές συχνότητες.
 - c: Μόνο οι υψηλές συχνότητες.
 - d: Οι συχνότητες χαμηλότερες από την συχνότητα f' και υψηλότερες από την συχνότητα f'' με τις f' και f'' προκαθορισμένες.

3. Αναφορικά με το σχήμα 3.1. Τι μπορεί να γίνει για να αλλαχτεί η ζώνη λειτουργίας του ζωνοπερατού φίλτρου?

a: Να αλλαχτούν οι πυκνωτές C1 και C2.

b: Να αλλαχτούν οι τιμές των αντιστάσεων R1, R2 και R3.

c: Να αλλαχτεί η τιμή τουλάχιστον μιας εκ'των αντιστάσεων.

d: Οποιοδήποτε από τα παραπάνω.

4. Η μετατόπιση φάσης μεταξύ εισόδου και εξόδου του ζωνοπερατού φίλτρου οφείλεται:

a: Στα αντιστατικά στοιχεία του εξωτερικού κυκλώματος, σε σχέση με τον ενισχυτή?

b: Στην αντίδραση των στοιχείων του εξωτερικού κυκλώματος, σε σχέση με τον ενισχυτή?

c: Στην πολύ μεγάλη αντίσταση εισόδου του τελεστικού ενισχυτή?

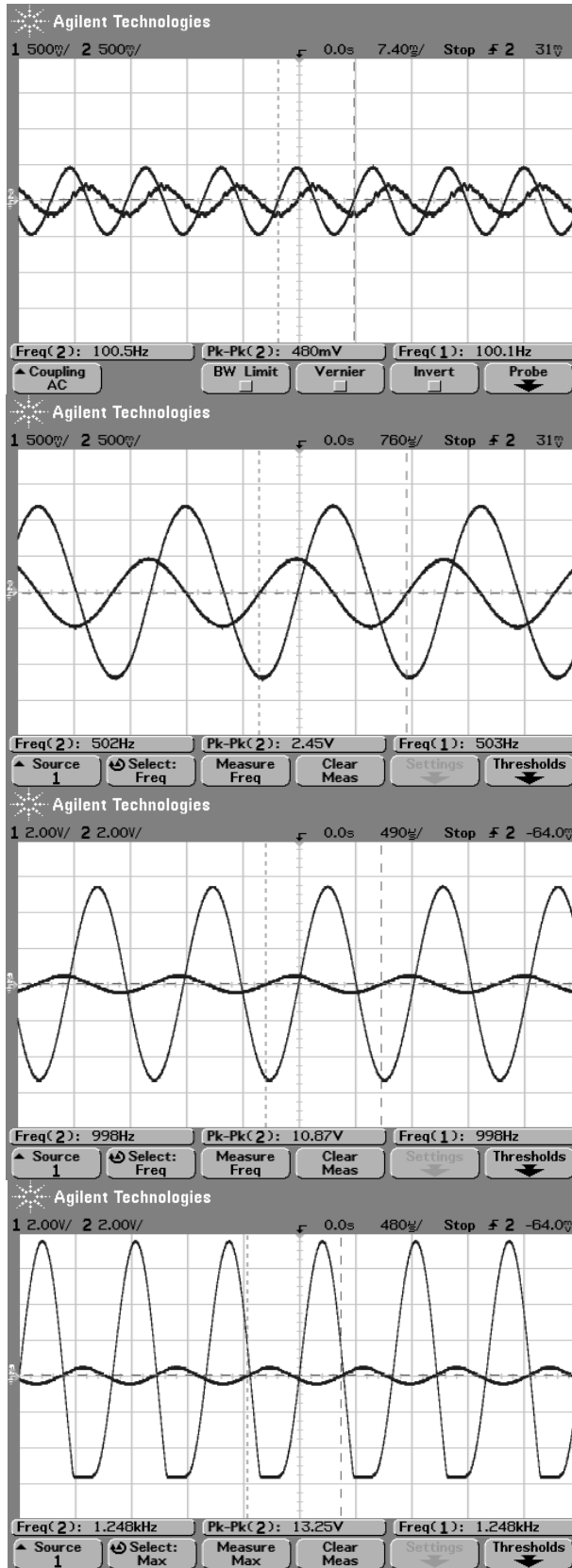
d: Καμία από τα παραπάνω.

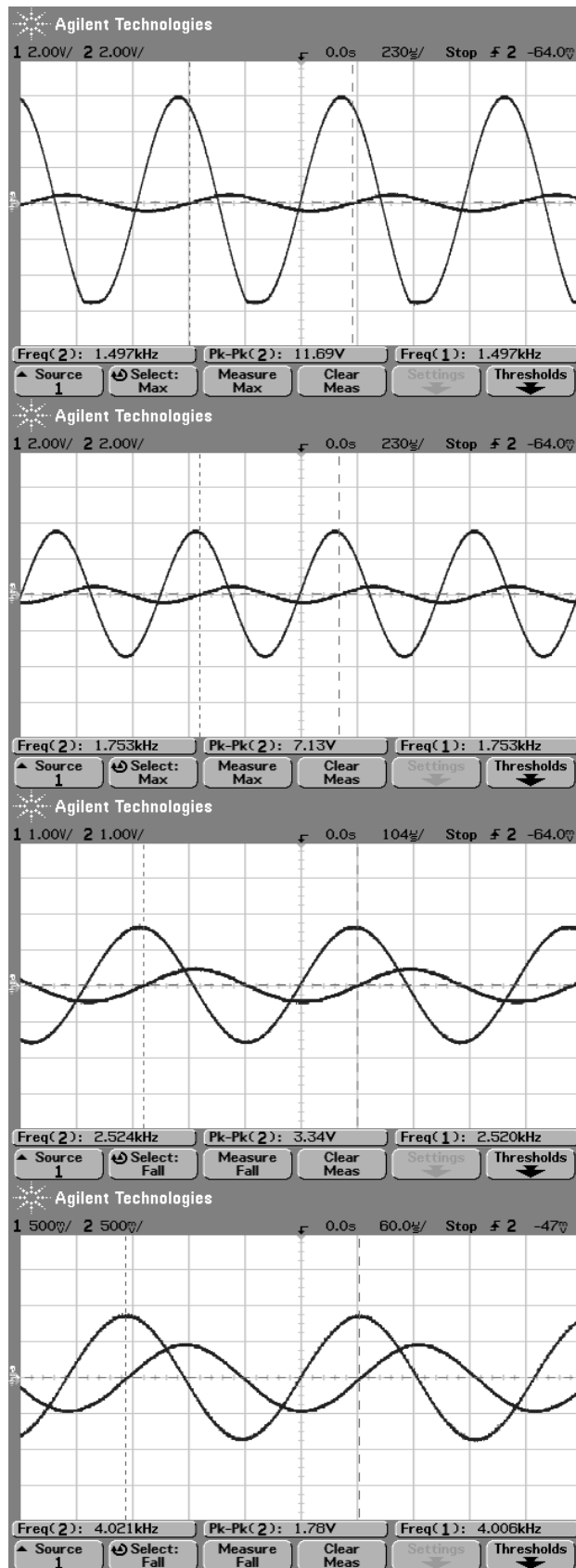
3.6 Εργαστηριακές μετρήσεις

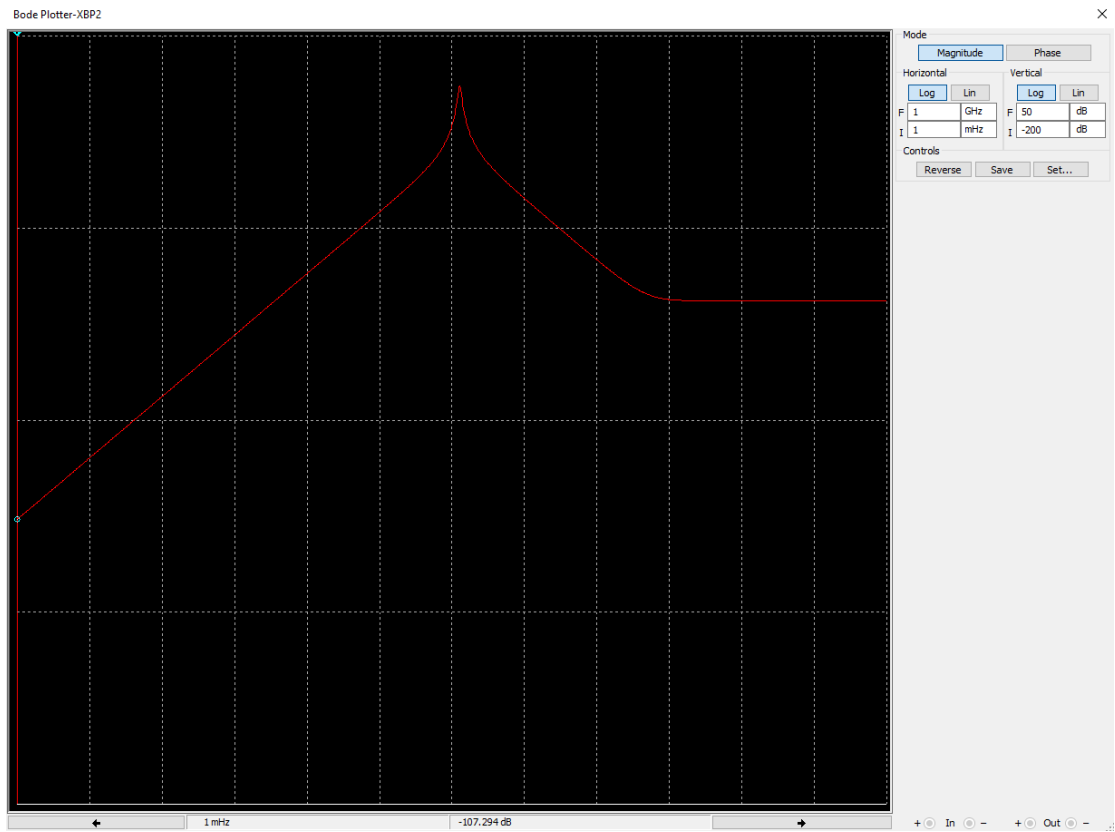
Όσον αφορά το εργαστηριακό τμήμα 3.4 και την άσκηση που αυτό περιλαμβάνει, παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα.

Τα βήματα 1 έως 5 πραγματοποιήθηκαν στον εργαστηριακό εξοπλισμό. Ο πίνακας που προκύπτει από το βήμα 6 και η γραφική παρασταση που απαιτείται είναι τα κάτωθι:

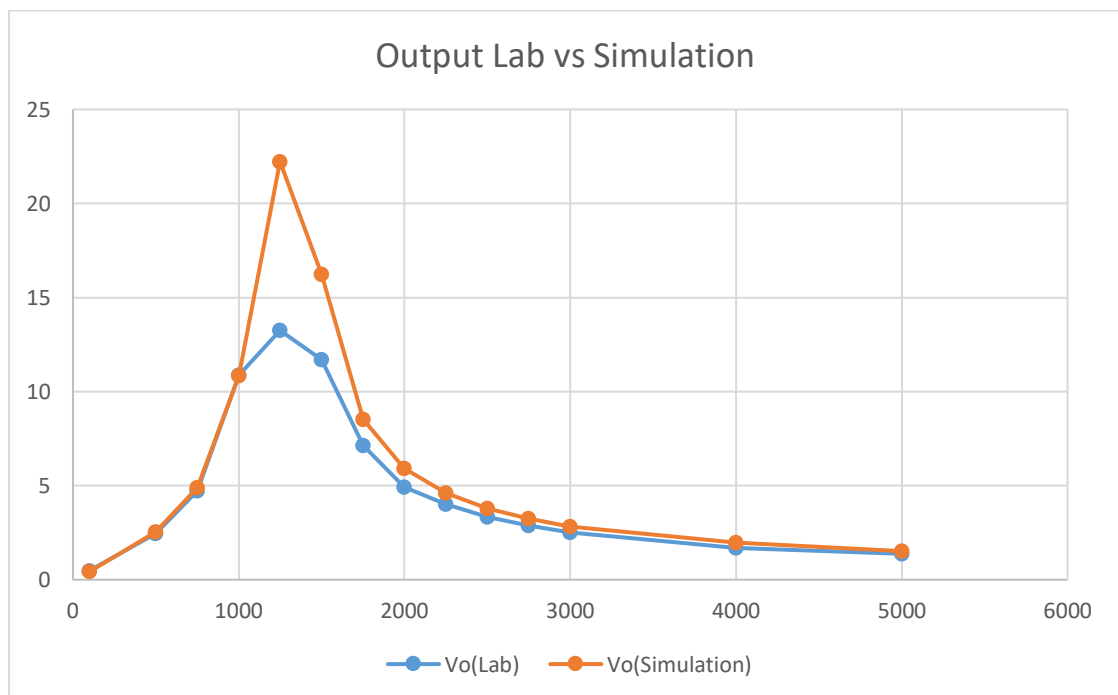
f	Vo(Lab)	Vo(Simulation)
100	0,48	0,43
500	2,45	2,54
750	4,72	4,90
1000	10,87	10,84
1250	13,25	22,23
1500	11,69	16,23
1750	7,13	8,53
2000	4,91	5,91
2250	4,00	4,61
2500	3,34	3,80
2750	2,88	3,26
3000	2,50	2,81
4000	1,70	1,96
5000	1,38	1,51







Σχήμα 3.5: Απόκριση συχνότητας ζωνοπερατού φίλτρου.



Ερώτημα 7:

- Με βάση τις εργαστηριακές μετρήσεις η συχνότητα αποκοπής είναι λίγο κάτω από τα 1000Hz διότι ($13,25 * 0,707 = 9,36$).
- Με βάση τις μετρήσεις της προσομοίωσης η συχνότητα αποκοπής είναι λίγο πάνω από τα 1000Hz ($22,23 * 0,707 = 15,71$).

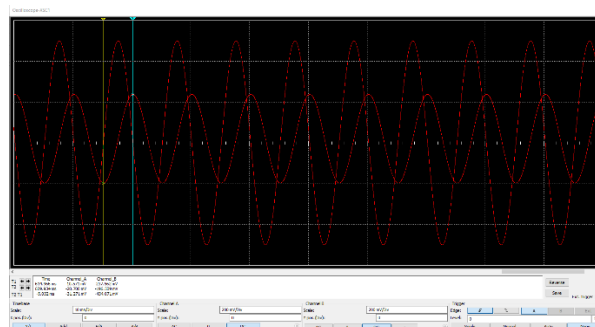
Συμπέρασμα: Η διαφορά αυτή προκύπτει γιατί στις εργαστηριακές μετρήσεις θέσαμε συμμετρική τροφοδοσία $\pm 7V$, σε αντίθεση με την προσομοίωση που θέσαμε συμμετρική τροφοδοσία $\pm 12V$, το οποίο περιορίζει την τελική ενίσχυση με ανώτατο όριο το μέγιστο εύρος της τροφοδοσίας.

3.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης

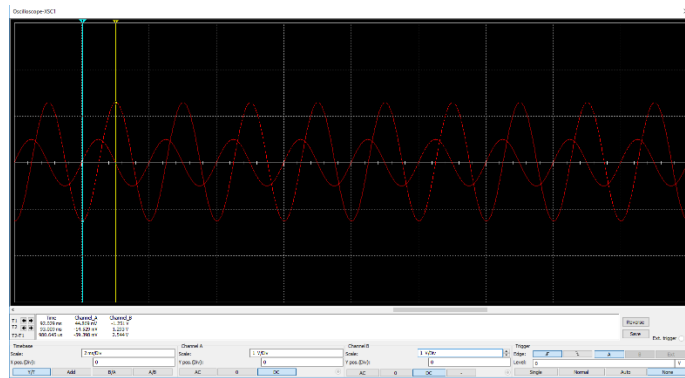
9. Σωστό είναι το : d.
10. Σωστό είναι το : d.
11. Σωστό είναι το : d.
12. Σωστό είναι το : b.

Simulation:

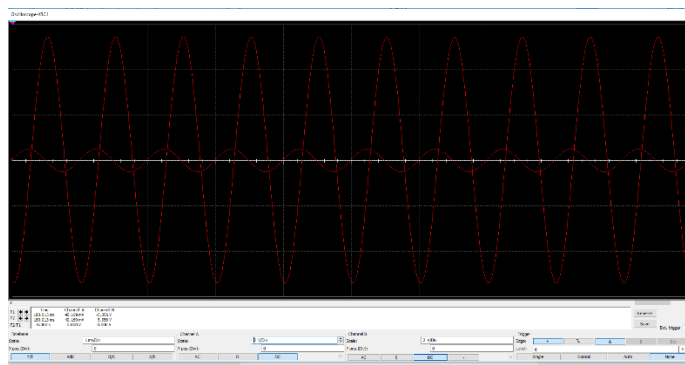
100Hz



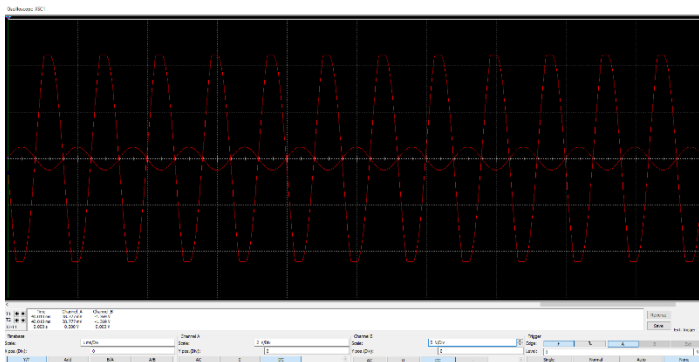
500Hz



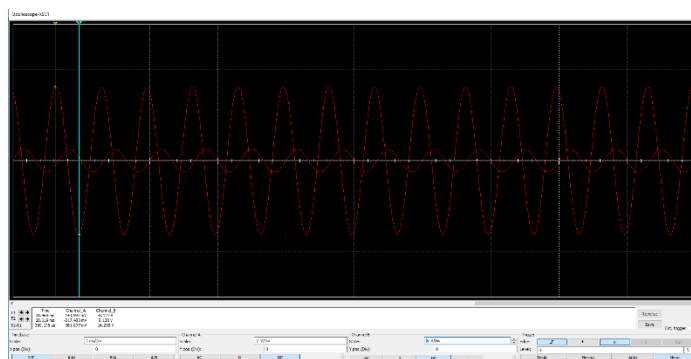
1000Hz



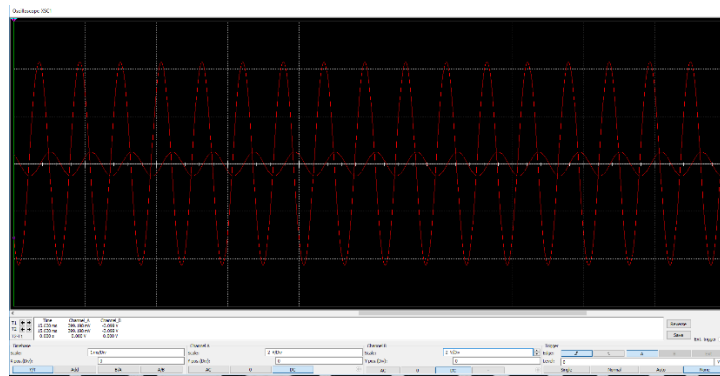
1250Hz



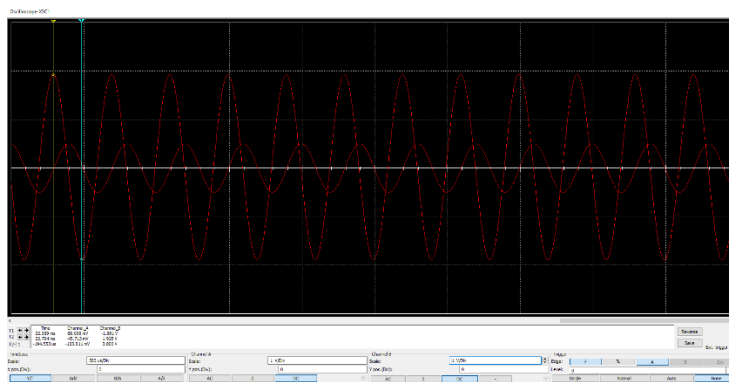
1500Hz



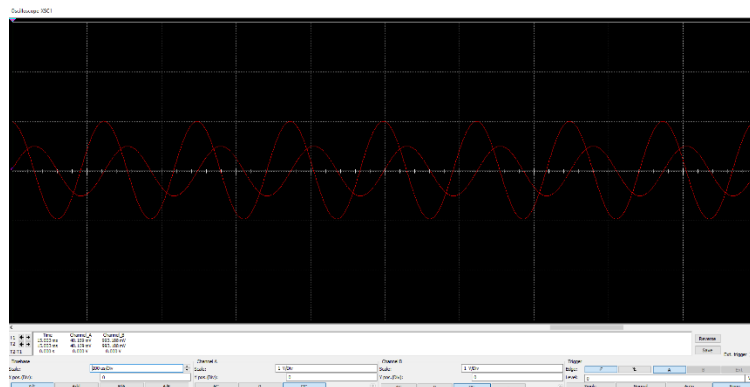
1750Hz



2500Hz



4000Hz



4. Τελεστικοί ενισχυτές: Schmitt Trigger.

4.1: Σκοπός

A: Να καθορίσετε τα χαρακτηριστικά του Schmitt Trigger τα οποία έχουν υστέρηση στην τάση εξόδου

B: Να καθορίσετε πως η υστέρηση ποικίλλει όπως τα εξωτερικά εξαρτήματα ενός Schmitt Trigger ποικίλλουν.

4.2: Απαραίτητος εξοπλισμός

- Τροφοδοτικό DC ($\pm 12V$)
- Ψηφιακό πολύμετρο
- Παλμογράφος διπλής απεικόνισης
- Γεννήτρια συχνοτήτων

4.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Το Schmitt trigger είναι ένας συγκριτής θετικής ανατροφοδότησης, επομένως ο σχετικός ενισχυτής λειτουργεί σε μια μη γραμμική περιοχή.

Το σχήμα 1 δείχνει ένα τυπικό διάγραμμα αυτού του κυκλώματος.

Αυτή η παράγραφος εξηγεί την λειτουργία του κυκλώματος, από μια θεωρητική άποψη, και υποθέτει πως ο τελεστικός ενισχυτής είναι ιδανικός.

Η θετική ανατροφοδότηση, εγγυάται ότι η έξοδος του κυκλώματος είναι μια από τις δύο καταστάσεις κορεσμού του ενισχυτή (ίσης μονάδας, στην περίπτωση αυτή). Για την απλότητα, η μέγιστη τάση ονομάζεται $+V_o$ και η ελάχιστη τάση $-V_o$.

Εφαρμόζοντας την αρχή της επαλληλίας και θυμόμαστε πως η αντίσταση εισόδου του ιδανικού τελεστικού ενισχυτή είναι άπειρη, η τάση του V_1 στην είσοδο του μη αναστρέψιμου ενισχυτή, καθορίζεται από την τάση αναφοράς V_r και από την κατάσταση της εξόδου η οποία θεωρείται στο επίπεδο του $+V_o$ (ξεκινώντας από $-V_o$, είναι πιθανόν να λάβουμε τα ίδια αποτελέσματα). Όσον αφορά το σχήμα 4.1, μπορούμε να γράψουμε:

$$V_{1'} = \frac{V_r * R_1}{R_1 + R_2} + \frac{V_o * R_2}{R_1 + R_2}$$

Η έξοδος κρατιέται σε αυτήν την κατάσταση έως ότου η είσοδος V_i είναι χαμηλότερη της $V_{1'}$

Όταν το V_i φτάσει στα επίπεδα του V_1' , η έξοδος αλλάζει στην επόμενη της κατάσταση και λαμβάνει την τιμή $-V_o$. Αυτό προκαλεί μια παραλλαγή στην τάση V_1 η οποία παίρνει την ακόλουθη τιμή:

$$V_1'' = \frac{V_r * R_1}{R_1 + R_2} - \frac{V_o * R_2}{R_1 + R_2}$$

Η έξοδος κρατείται σε κατάσταση $-V_o$ για όλη τη χρονική διάρκεια που το V_i υπερβαίνει την νέα τιμή του V_1 .

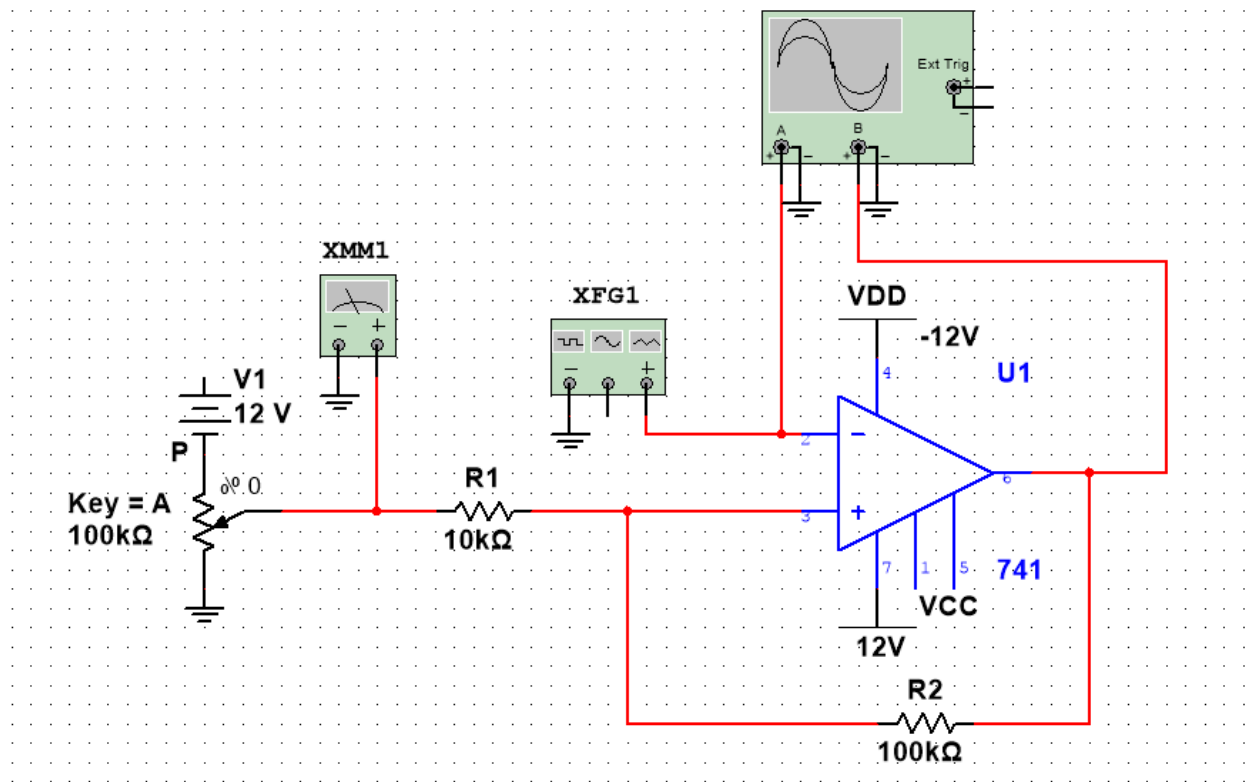
Όταν το V_i γίνει μικρότερο του V_1' , η έξοδος αλλάζει ξανά στην τιμή $+V_o$ και ο κύκλος επανακινείται.

Ένα ιδιόμορφο χαρακτηριστικό αυτού του κυκλώματος είναι ότι οι υψηλές-χαμηλές και χαμηλές-υψηλές μεταβάσεις δεν συμβαίνουν με τις ίδιες τιμές της τάσης εισόδου: αυτό γίνεται χάρη στην υστέρηση εξόδου. (σχ. 4.2)

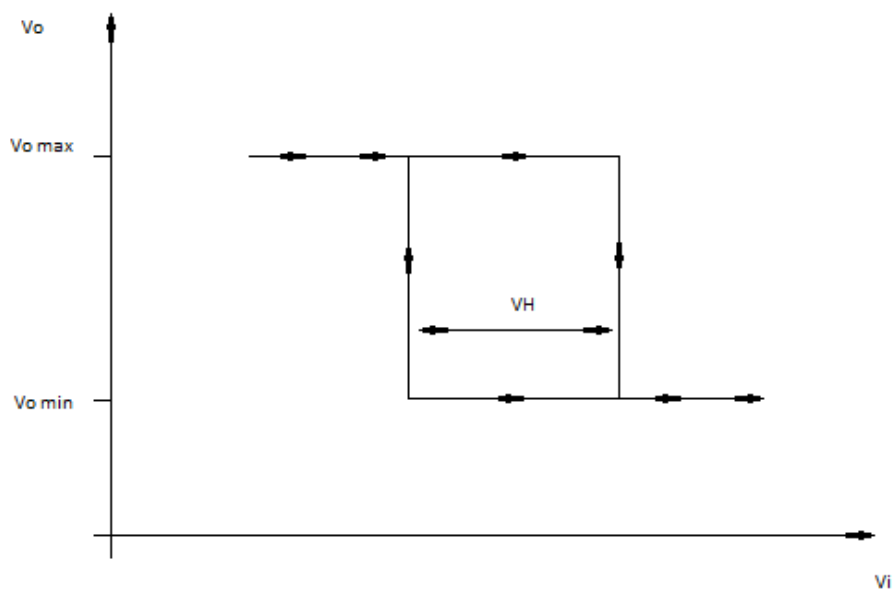
Το πλάτος αυτής της υστέρησης καθορίζεται από την διαφορά στα επίπεδα τάσης τα οποία η έξοδος εναλλάσσεται. Σε αυτήν την περίπτωση, είναι πιθανό να γράψουμε:

$$V_H = V_1' - V_1'' = \frac{2 * V_o * R_2}{R_1 + R_2}$$

Η τάση υστέρησης μπορεί να προσδιοριστεί ως ένα κατώφλι προστασίας θορύβου: στην πραγματικότητα, όταν η τάση εισόδου φτάσει την τιμή στην οποία η έξοδος αλλάζει στην τιμή $+V_o$, εφαρμόζει έναν θόρυβο, με πλάτος μικρότερο του V_H , στην είσοδο, αλλά δεν προκαλεί κάποιο αποτέλεσμα στην τάση εξόδου. Επομένως, αυτό το κύκλωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά με σήματα τα οποία έχουν αξιοσημείωτους θορύβους.



Σχήμα 4.1



Σχήμα 4.2

Το Schmitt Trigger επίσης χρησιμοποιείται για να αποκόψει αργά σήματα τα οποία πρέπει να εφαρμοστούν σε συγκεκριμένα κυκλώματα (όπως ψηφιακά) τα οποία απαιτούνε γρήγορες μεταβάσεις.

4.4 Ασκήσεις

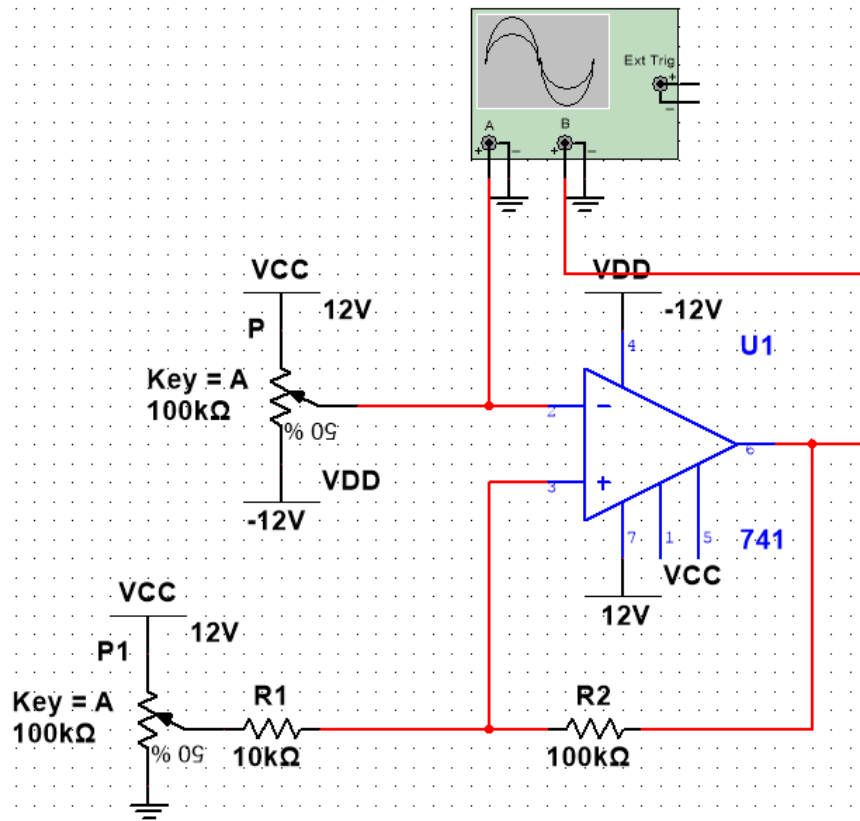
4.4.1 Καθορίστε τα χαρακτηριστικά του Schmitt Trigger τα οποία έχουν υστέρηση στην τάση εξόδου.

1. Κατασκευάστε το κύκλωμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.1 (τιμές : $R1=100K$ και $R2=10K$).
2. Αλλάξτε τις τιμές του ποτενσιόμετρου εφαρμόζοντας μία d.c τάση V_I 1 Volt έως το σημείο των 12Volt.
3. Εφαρμόστε ένα τριγωνικό σήμα παλμού V_i στην αναστρέφων είσοδο. Το V_i να έχει συχνότητα 1kHz και πλάτος κυμαινόμενο από -3V έως +3V.
4. Μετρήστε τις τιμές V_{max} και V_{min} στην τάση εξόδου του παλμογράφου.
5. Υπολογίστε τις θεωρητικές τιμές του $V1'$, $V1''$ και V_H .
6. Υπολογίστε τις εργαστηριακές τιμές του $V1'$, $V1''$ και V_H .
7. Συγκρίνετε τις θεωρητικές τιμές με τις εργαστηριακές τιμές και ελέγξτε για την συμφωνία τους.
8. Συνδέστε και τον δεύτερο probe του παλμογράφου στο σήμα εισόδου.
9. Σημειώστε στην οθόνη, σε ποιο επίπεδο του σήματος εισόδου γίνεται η εναλλαγή με το σήμα εξόδου.

4.4.2 Καθορίστε πως η υστέρηση ποικίλει έτσι όπως τα εξωτερικά εξαρτήματα του Schmitt Trigger ποικίλλουν.

1. Κατασκευάστε το κύκλωμα το οποίο εμφανίζεται στην εικόνα 4.3 με $R1=100K$, $R2=10K$
2. Εφαρμόστε τάση 2V στο σημείο 12, αλλάζοντας το ποτενσιόμετρο P1.
3. Εφαρμόστε τάση -12V στην είσοδο του μη αναστρέφοντος ενισχυτή, μέσω του ποτενσιόμετρου P.
4. Συνδέστε τον καθετήρα του παλμογράφου στην έξοδο του κυκλώματος: σε αυτήν την περίπτωση, η έξοδος είναι σε υψηλά επίπεδα.
5. Ανεβάστε την τάση εισόδου στον τελεστικό ενισχυτή, μέσω του ποτενσιόμετρου, έως ότου η έξοδος να αλλάξει κατάσταση σε χαμηλά επίπεδα.
6. Μετρήστε την τάση της εισόδου στον αναστρέφων ενισχυτή, με ένα ψηφιακό πολύμετρο. Η μετρήσιμη τιμή θα ανταποκρίνεται στο επίπεδο εναλλαγής υψηλά-χαμηλά?
7. Κατεβάστε την τάση της εισόδου στον αναστρέφων ενισχυτή, μέσω του ποτενσιόμετρου, έως ότου η έξοδος να εναλλάξει στο υψηλό επίπεδο.

8. Μετρήστε την τάση εισόδου στον αναστρέφων τελεστικό ενισχυτή με το ψηφιακό πολύμετρο. Η μετρήσιμη τιμή θα ανταποκρίνεται στο επίπεδο εναλλαγής χαμηλά-υψηλά?
9. Αντικαταστήστε την R1 με μια αντίσταση τιμής 10K, αποσυνδέστε το σημείο 14 από το σημείο 35 και συνδέστε το στο σημείο 34.
10. Φέρετε την τάση του τελεστικού ενισχυτή εισόδου πάλι στην τιμή -12V. Τότε αυξήστε την έως ότου η έξοδος εναλλαχτεί.
11. Μετρήστε την τάση V_i : είναι η τάση αυτή στην οποία η έξοδος εναλλάσσεται από υψηλά-χαμηλά?
12. Μειώστε την τάση στην είσοδο του μη τελεστικού έως ότου η είσοδος να εναλλαχτεί ξανά.
13. Μετρήστε την τάση V_i : είναι η τάση αυτή στην οποία η έξοδος εναλλάσσεται από χαμηλά-υψηλά?
14. Συγκρίνετε τις δυο τιμές στις οποίες οι μεταβάσεις της τάσης εξόδου συμβαίνουν, και εξετάστε αυτές τις δυο περιπτώσεις για αυτήν την άσκηση.



Σχήμα 4.3

4.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης

1. Η τάση εξόδου έχει μια υστέρηση: αυτό σημαίνει ότι
 - a: οι τάσεις εξόδου V_{min} και V_{max} είναι διαφορετικές?
 - b: Οι τάσεις εισόδου οι οποίες προκαλούν τις εναλλαγές κατάστασης είναι διαφορετικές ανάλογα με τον τύπο(υψηλά-χαμηλά, χαμηλά-υψηλά) της εναλλαγής εξόδου?
 - c: Το τετραγωνικό σχήμα εξόδου δεν είναι συμμετρικό?
 - d: Η έξοδος δεν εναλλάσσεται στην μέση τάση του σήματος εισόδου
2. Όταν το σήμα εξόδου V_{min} και V_{max} είναι ίσα με 10V , $R_1=5K$, και $R_2=10k$, ποιο πλάτος έχει την υστέρηση?
 - a: περίπου 10V.
 - b: περίπου 13V.
 - c: περίπου 16V.
 - d: περίπου 22V.
3. Αναφορικά με το προηγούμενο παράδειγμα εάν η $V_{max}= 5V$ και $V_{min}=10V$, ποια τιμή πρέπει να έχει το R_1 έτσι ώστε να έχουμε υστέρηση 3V?
 - a: περίπου 2K.
 - b: περίπου 25K.
 - c: περίπου 70K.
 - d: περίπου 40K.
4. Τα δύο κατώφλια εναλλαγής του Schmitt Trigger είναι καθορισμένα σε -1V και +2V. Αυξάνοντας την τάση εισόδου από 3V και μετά μειώνοντας την από 4V, η έξοδος εναλλάσσεται διπλά. Ποια τιμή θα μπορούσε η είσοδος να έχει πριν τις εναλλαγές της τάσης εισόδου;
 - a: -1.5
 - b: -0.5
 - c: +0.5
 - d: +1.5

4.6 Εργαστηριακές μετρήσεις

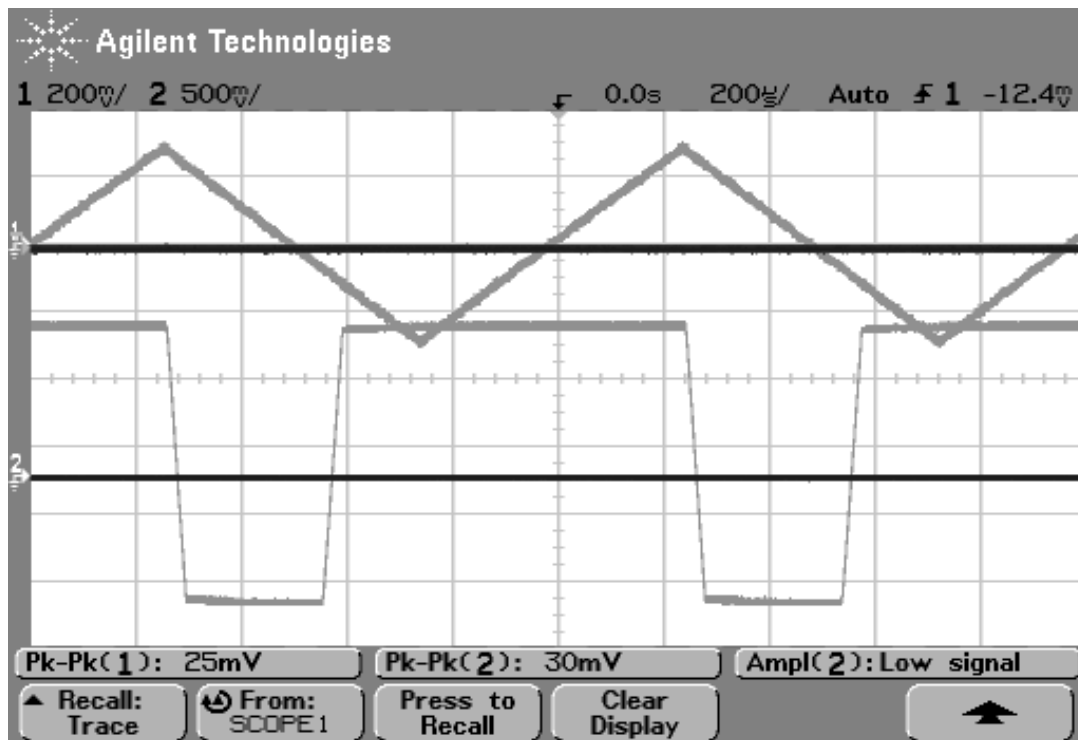
Όσον αφορά το εργαστηριακό τμήμα 4.4.1 και την άσκηση που αυτό περιλαμβάνει, παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα.

Τα βήματα 1 έως 3 πραγματοποιήθηκαν στον εργαστηριακό εξοπλισμό.

Ερώτημα 4:

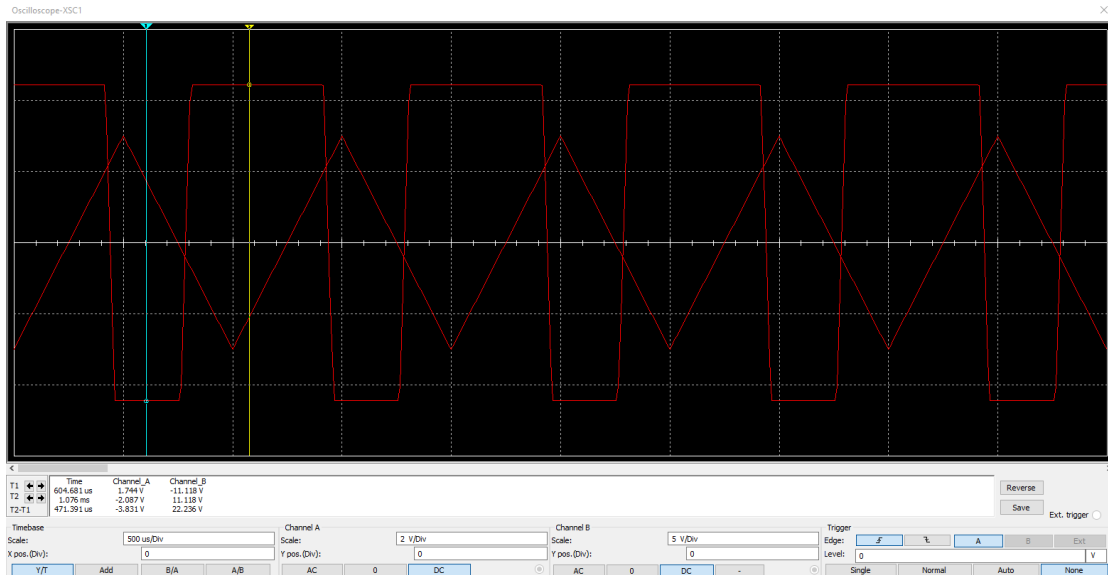
Εργαστηριακή μέτρηση:

Οι σωστές μετρήσεις είναι $\times 10$ λόγω των probes του παλμογράφου
Δηλαδή η έξοδος μας είναι $V_o = \pm 10V$.



Μετρήσεις Προσομοίωσης:

* Η έξοδος ισούτε με $V_o = \pm 11,118V$



Ερώτημα 5:

$$V_{1'} = \frac{V_T \cdot R_1}{R_1 + R_2} + \frac{V_O \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1 \cdot 100000}{10000 + 100000} + \frac{11,118 \cdot 10000}{10000 + 100000} = \frac{21180}{110000} = 1,919V$$

$$V_{1''} = \frac{V_T \cdot R_1}{R_1 + R_2} - \frac{V_O \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1 \cdot 100000}{10000 + 100000} - \frac{11,118 \cdot 10000}{10000 + 100000} = -\frac{11180}{110000} = -0.101V$$

$$V_H = V_{1'} - V_{1''} = 1,919 - (-0,101) = 2,02V$$

Ερώτημα 6:

$$V_H = \frac{2 \cdot V_O \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \cdot 10 \cdot 10000}{110000} = \frac{200000}{110000} = 1,818V$$

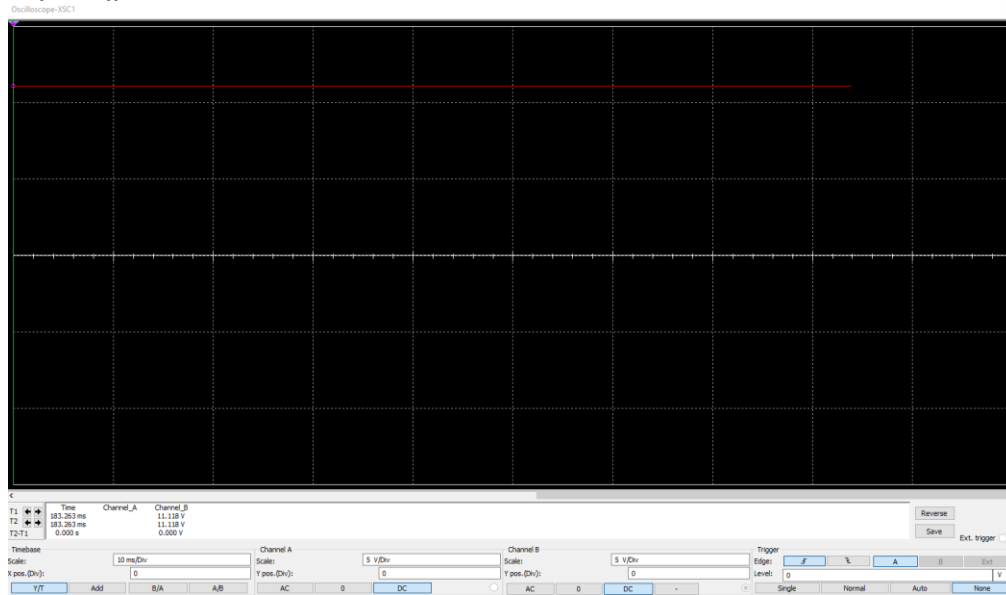
Ερώτημα 7: Για τις απαιτούμενες τιμές μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι είναι σχετικά παρόμοιες με μικρές διαφορές που μπορούν να εξηγηθούν λόγω απωλειών και θορύβων που πραγματικού κυκλώματος με αυτό της προσομοίωσης.

Ερωτήμα 8-9 : Απεικονίζονται στην εικόνα της προσομοίωσης που εμφανίζεται παραπάνω.

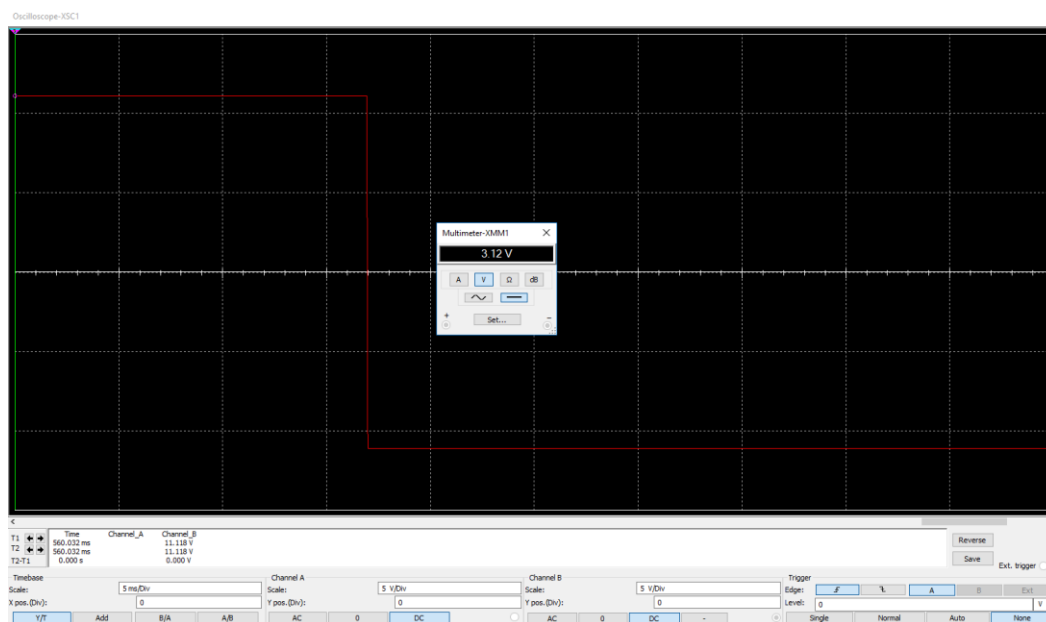
Όσον αφορά το εργαστηριακό τμήμα 4.4.2 και την άσκηση που αυτό περιλαμβάνει, παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα.

Τα βήματα 1 έως 3 πραγματοποιήθηκαν στον εργαστηριακό εξοπλισμό.

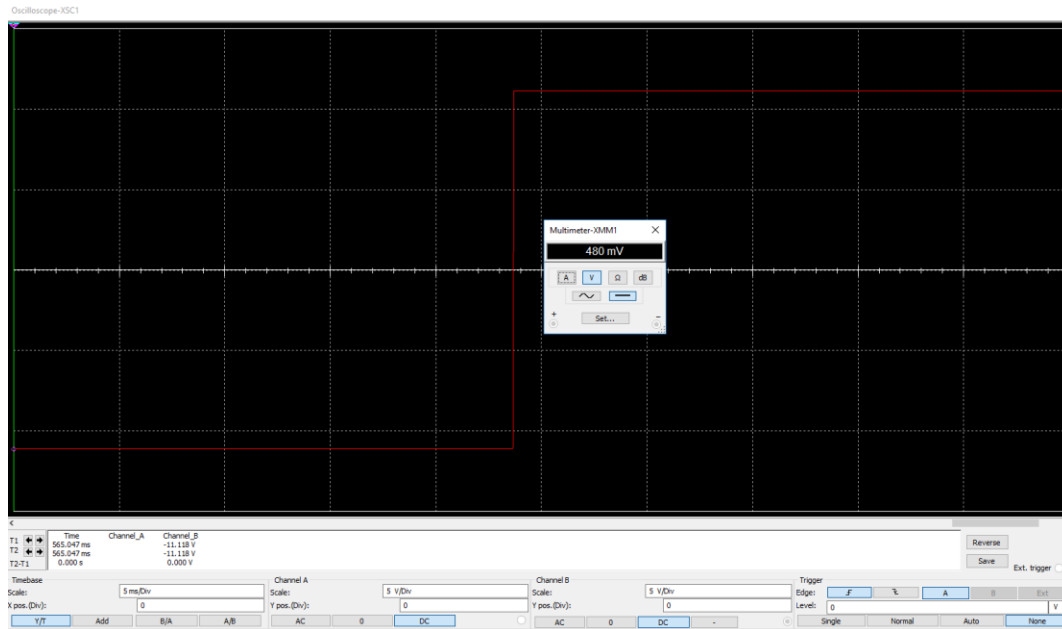
Ερώτημα 4:



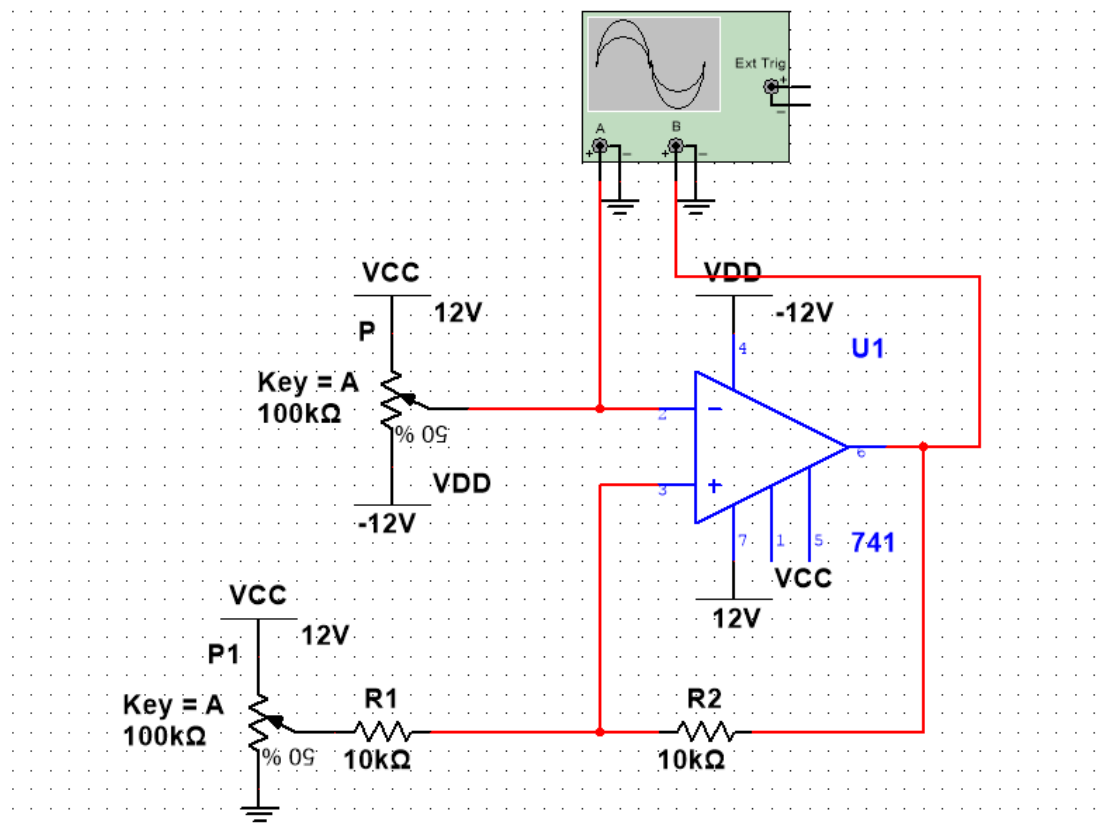
Ερώτημα 5-6:



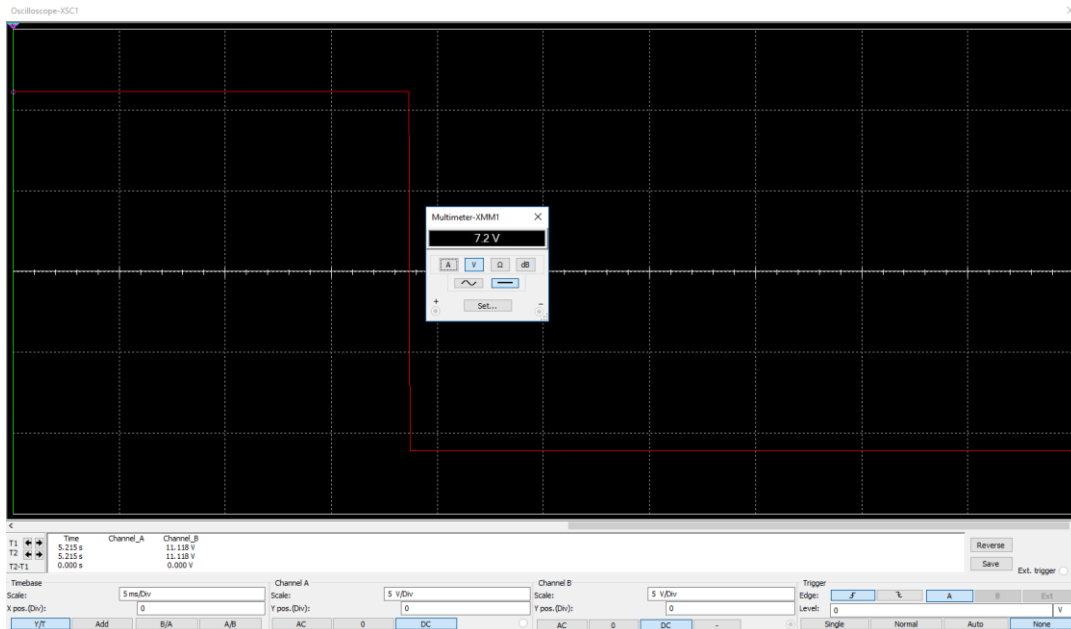
Ερώτημα 7-8:



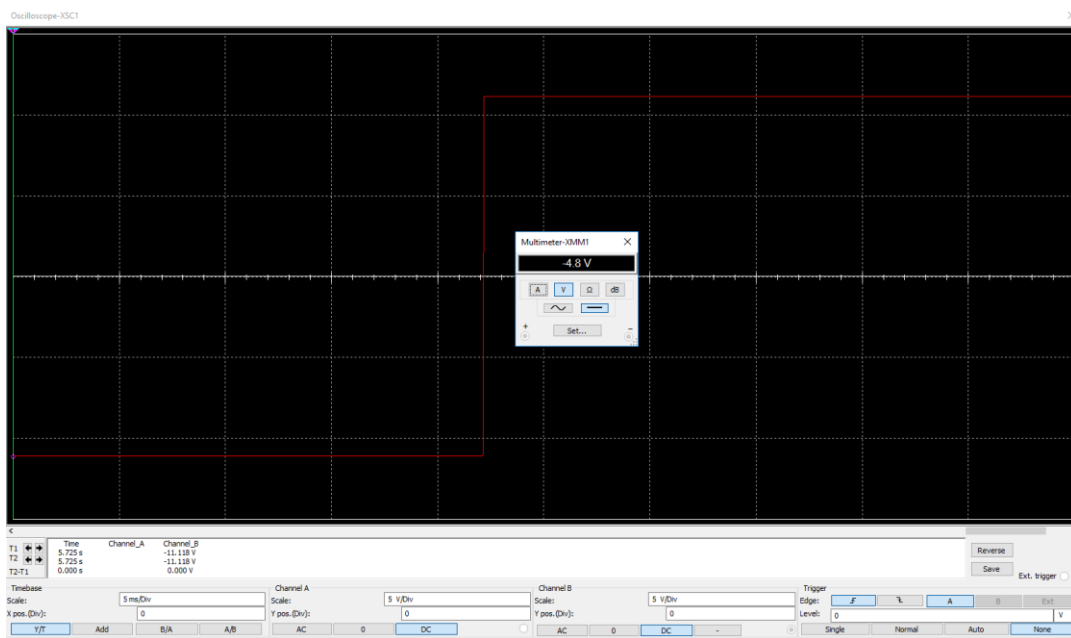
Ερώτημα 9:



Ερώτημα 10-11:



Ερώτημα 12-13:



Ερώτημα 14:

- Στην πρώτη περίπτωση με αντίσταση $R1 = 100K\Omega$ έχουμε υστέρηση τάσεως low-high $3,2 - 0,48 = 2,8V$.
- Στην δεύτερη περίπτωση με αντίσταση $R1 = 10K\Omega$ έχουμε υστέρηση τάσεως low-high $7,2 - (-4,8) = 12V$.

Συμπερασματικά παρατηρούμε ότι υποδεκαπλασιάζοντας την αντίσταση τετραπλασιάζουμε την υστέρηση τάσεως.

4.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης

- 13. Σωστό είναι το : b.
- 14. Σωστό είναι το : b.
- 15. Σωστό είναι το : d.
- 16. Σωστό είναι το : c.

5. Τελεστικοί ενισχυτές: Γεννήτρια συχνοτήτων.

5.1: Σκοπός

a: Καθορίστε τη συχνότητα εξόδου και του πλάτους μιας γεννήτριας των τριγωνικών κυμάτων.

b: Καθορίστε τη συχνότητα εξόδου και του πλάτους μιας γεννήτριας ράμπας.

5.2: Απαραίτητος εξοπλισμός

- Τροφοδοτικό DC ($\pm 12V$)
- Ψηφιακό πολύμετρο
- Παλμογράφος διπλής απεικόνισης
- Γεννήτρια συχνοτήτων

5.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Οι συχνότερες κυματομορφές που μπορούν να δημιουργηθούν από ένα τελεστικό ενισχυτή είναι το τριγωνικό σήμα, η ράμπτα και το τετραγωνικό σήμα. Στο σχήμα 5.1 φαίνεται το σχήμα για την γεννήτρια τριγωνικών σημάτων, το οποίο περιλαμβάνει 2 τελεστικούς ενισχυτές που είναι συγκριτής και ολοκληρωτής. Νοείται η τάση εξόδου του ολοκληρωτή και V_r η τάση εξόδου του συγκριτή. Αλλά η έξοδος του συγκριτή μπορεί να πάρει μόνο τις δύο τιμές κορεσμού (V_{min} και V_{max}) του ενισχυτή. Ω εκ τούτου είναι καλύτερο να αναφέρουμε αυτές τις τιμές $+V_r$ και $-V_r$. Υποθέτουμε ότι η έξοδος του συγκριτή είναι σε κατάσταση $+V_r$. Η τάση V_o αντιπροσωπεύεται από μια αρνητική ράμπτα η οποία και μειώνεται έως ότου η τάση της μη αναστρέφουσας εισόδου του συγκριτή να είναι μεγαλύτερη από το μηδέν (0). Εφαρμόζοντας την αρχή της επαλληλίας των επιπτώσεων, η ελάχιστη τιμή της τάσης εξόδου V_o , μπορεί να καθοριστεί από τις ακόλουθες σχέσεις:

$$0 = \frac{V_r * R_3}{R_1 + R_3} + \frac{V_o' * R_1}{R_1 + R_3}$$

Εκ των οποίων,

$$V_o' = -V_r * \frac{R_3}{R_1}$$

Οι εκτιμήσεις αυτές μπορούν επίσης να εφαρμοστούν με τη μέγιστη τάση εξόδου, αλλά να θυμάστε ότι, στην περίπτωση αυτή, η ράμπτα είναι θετική και η τάση V_r είναι αρνητική: στον καθορισμό της τάσης V_o , σημειώστε ότι:

$$V_{o''} = V_r * \frac{R_3}{R_1}$$

Ο χρόνος που απαιτείται για την μετάβαση από $V_{o'}$ σε $V_{o''}$, μπορεί να υπολογιστεί, αρκεί να θυμηθούμε ότι ο πυκνωτής C φορτίζεται με ένα σταθερό ρεύμα που καθορίζεται από:

$$I = \frac{V_r}{R + R_2}$$

Αρχίζοντας από τη σχέση:

$$I = -C * \frac{dV_o}{dt} \rightarrow \frac{V_r}{R+R_2} = - \frac{C*(V_{o'}-V_{o''})}{T} \text{ από όπου}$$

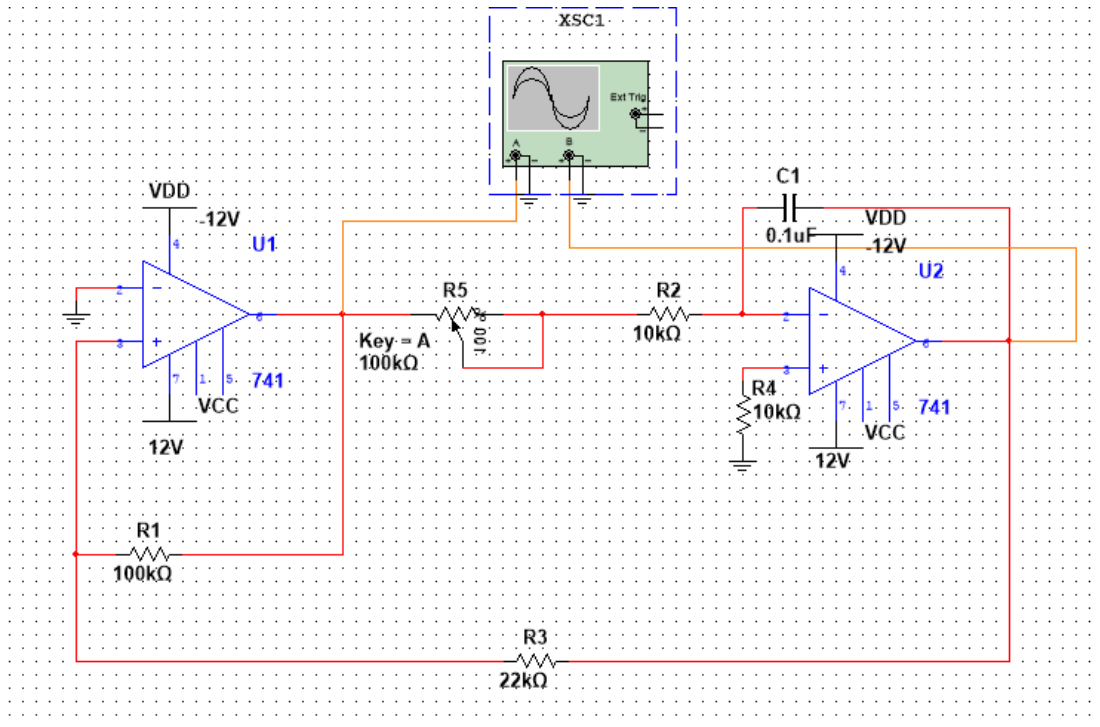
$$V_{o'} - V_{o''} = - \frac{V_r * T}{C * (r + R_2)}$$

Γνωρίζοντας ότι $V_{o'} - V_{o''} = -2 * V_r * \frac{R_3}{R_1}$ είναι εύκολο να καθορίσουμε ότι

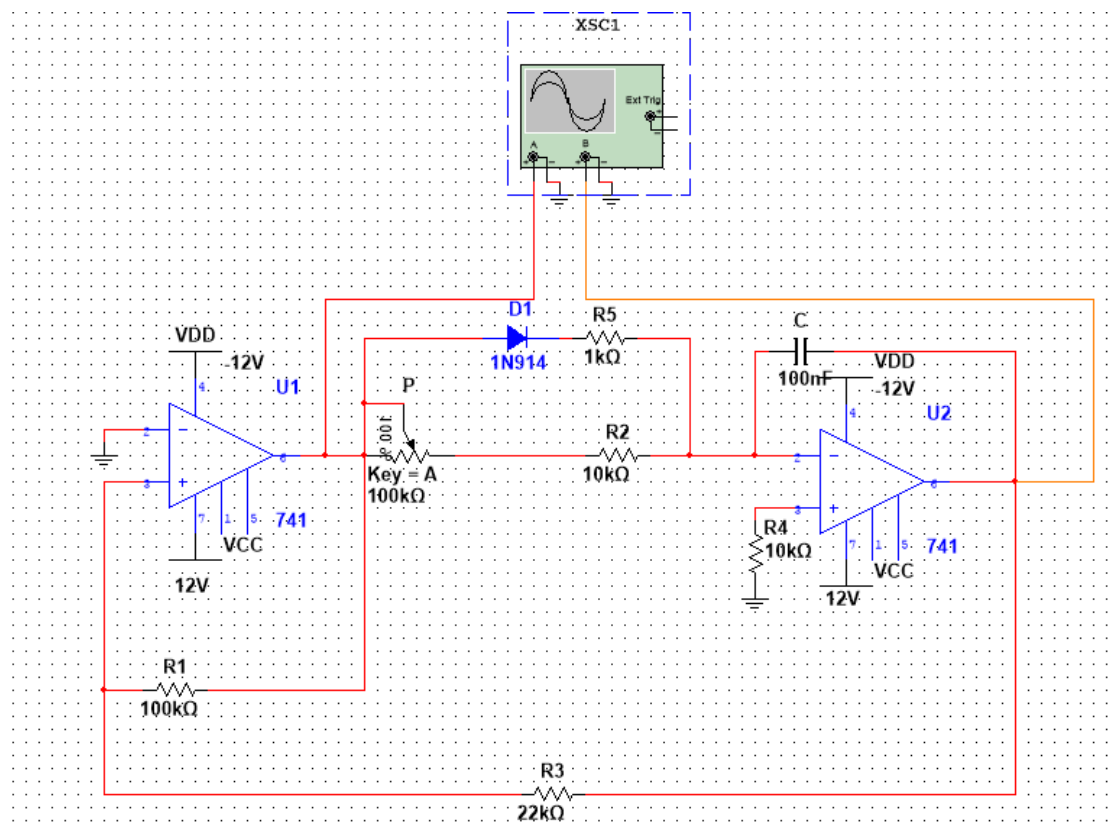
$$T = 2 * R_3 * (R + R_2) * \frac{C}{R_1}$$

Ο χρόνος T είναι ίσος με το μισό του κύκλου περιόδου, έτσι ώστε η συχνότητα εξόδου να είναι δύο φορές υψηλότερη όσο το αντίστροφο του χρόνου T.

$$f = \frac{R_1}{4 * R_3 * (R_2 + P) * C}$$



Σχήμα 5.1



Σχήμα 5.2

Η γεννήτρια ράμπας μπορεί να ληφθεί από τη γεννήτρια τριγωνικών κυμάτων απλώς συνδέοντας μια δίοδο με αντίσταση παράλληλα με το ποτενσιόμετρο P και με την αντίσταση R2. Το παραπάνω σχήμα 5.2 απεικονίζει το

διάγραμμα του κυκλώματος. Όλα όσα εξηγήθηκαν παραπάνω εξακολουθούν να ισχύουν χωρίς καμία μεταβολή κατά την εξέταση της αιχμής της τάσης εξόδου, ενώ στο πίσω άκρο ο πυκνωτής εκφορτίζεται σε μια μικρότερη αντίσταση. Ως εκ τούτου, ο χρόνος εκφόρτισης είναι μικρότερος. Κατά συνέπεια, ο χρόνος T1 που δαπανάται περνώντας από το $-V_r \cdot R_3 / R_1$ στο $V_r \cdot R_3 / R_1$ είναι ίση με αυτόν που χρειάζεται η γεννήτρια τριγωνικών σημάτων, ενώ ο χρόνος T2 που χρειάζεται για να επανέλθει πίσω στο $-V_r \cdot R_3 / R_1$ καθορίζεται από τη σχέση:

$$T_2 = \frac{2 * R_3 * B * C}{R_1}$$

Όπου το B καθορίζεται από το παράλληλο μεταξύ R και R2, αφενός, και μεταξύ των R και R5, από την άλλη πλευρά. Δεδομένου ότι υπάρχει μια μεγάλη διαφορά μεταξύ R5 και τις τιμές του R και R2, το B μπορεί να θεωρηθεί ίσο με R5. Επομένως:

$$T_2 = \frac{2 * R_3 * R_5 * C}{R_1}$$

Εφαρμόζοντας τις τιμές που φαίνονται στο σχήμα 5.2 και εισάγοντας όλο το ποτενσιόμετρο αυτός ο χρόνος είναι ίσος με $T_2 = 4,4 \mu s$. Αυτή η τιμή μπορεί να παραληφθεί όταν συγκρίνεται με το χρόνο T1 που μπορεί να φτάσει περίπου το 1 ms. Συνεπώς η συχνότητα της γεννήτριας ράμπας μπορεί να καθοριστεί από:

$$f = \frac{R_1}{4 * R_3 * (R_2 + R) * C}$$

5.4 Ασκήσεις

5.4.1 Καθορίστε τη συχνότητα και το πλάτος μιας γεννήτριας τριγωνικών σημάτων.

1. Κατασκευάστε το κύκλωμα που φαίνεται στο Σχήμα 5.1 (οι τιμές των στοιχείων είναι αυτές που αναγράφονται).
2. Μετρήστε τις δύο τιμές της τάσεως εξόδου του συγκριτή με τον παλμογράφο.
3. Υπολογίστε το εύρος της τάσεως εξόδου χρησιμοποιώντας τις σχέσεις της παραγράφου 5.3.
4. Μετρήστε το εύρος της τάσεως εξόδου.
5. Μετρήστε τη συχνότητα εξόδου.
6. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της συχνότητας ταλάντωσης χρησιμοποιώντας τις σχέσεις από την παράγραφο 5.3.

5.4.1 Καθορίστε τη συχνότητα και το πλάτος μιας γεννήτριας ράμπας.

1. Κατασκευάστε το κύκλωμα που φαίνεται στο Σχήμα 5.1 (οι τιμές των στοιχείων είναι αυτές που αναγράφονται).
2. Μετρήστε τις δύο τιμές της τάσεως εξόδου του συγκριτή με τον παλμογράφο.
3. Υπολογίστε το εύρος της τάσεως εξόδου χρησιμοποιώντας τις σχέσεις της παραγράφου 5.3.
4. Μετρήστε το εύρος της τάσεως εξόδου.
5. Μετρήστε τη συχνότητα εξόδου.
6. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της συχνότητας ταλάντωσης χρησιμοποιώντας τις σχέσεις από την παράγραφο 5.3.

5.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης

1. Μπορεί μια γεννήτρια τριγωνικών σημάτων να κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας
 - a: ένα συγκριτή με διακλάδωση;
 - b: έναν μη αναστρέφων ενισχυτή με έναν ολοκληρωτή;
 - c: έναν συγκριτή με έναν ολοκληρωτή;
 - d: έναν αθροιστή με έναν ολοκληρωτή;
2. Αναφορικά με το σχήμα 5.1, εάν η συνολική αντίσταση φόρτισης είναι ίση με $10K$ και $C = 100nF$, τότε ποια είναι η τιμή της συχνότητας εξόδου;
 - a: 530Hz
 - b: 875Hz
 - c: 1136Hz
 - d: 1480Hz
3. Αναφορικά με το σχήμα 5.2 εάν η V_{in} κυμαίνεται από -15 έως $+15$ και τα στοιχεία έχουν τις τιμές που αναγράφονται στο σχήμα, τότε ποιά είναι η τάση εξόδου υπό αυτές τις συνθήκες;
 - a: 6.6V
 - b: 9.3V
 - c: 12.5V
 - d: 15.8V

4. Αναφορικά με το προηγούμενο παράδειγμα, ποια είναι η τιμή της συχνότητας εξόδου όταν η αντίσταση του ποτενσιόμετρου P έχει πλήρως υπολογιστεί;

a: περίπου 150HZ.

B: περίπου 200HZ.

c: περίπου 250HZ.

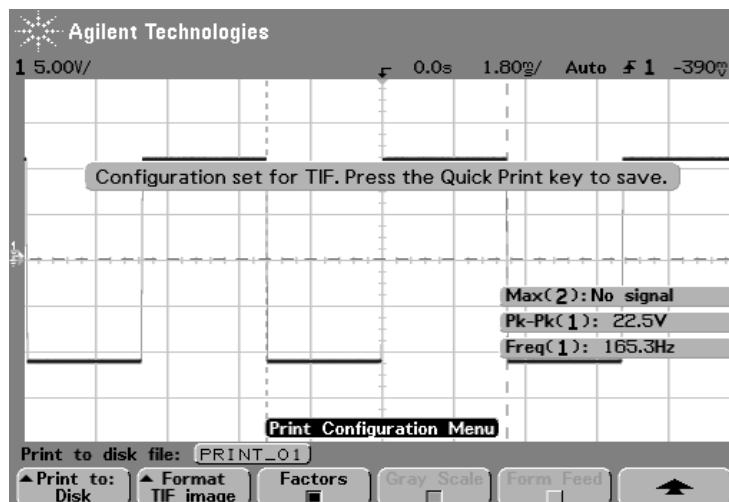
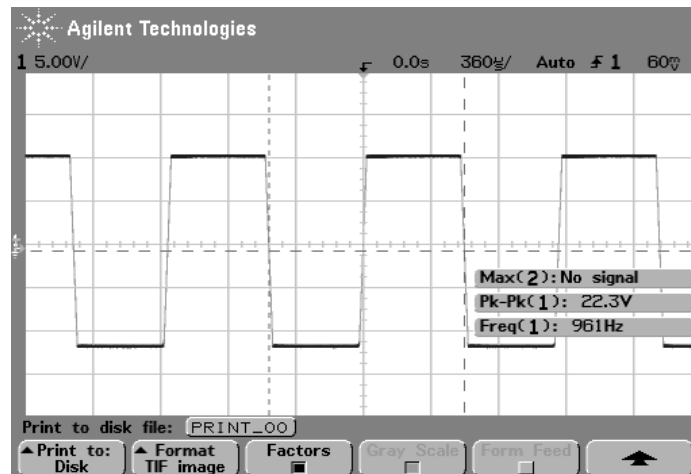
d: περίπου 300HZ.

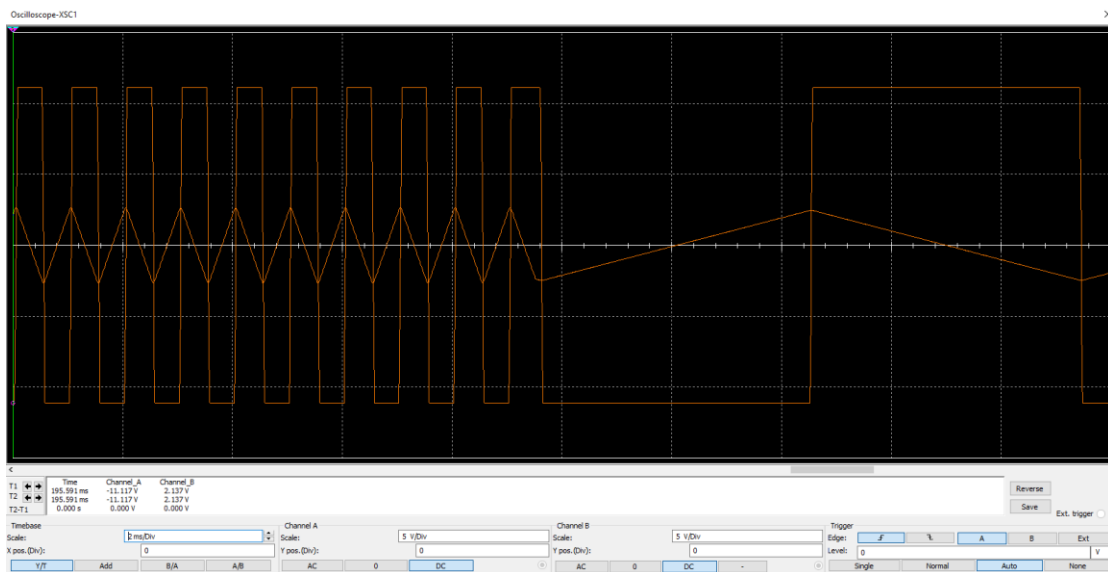
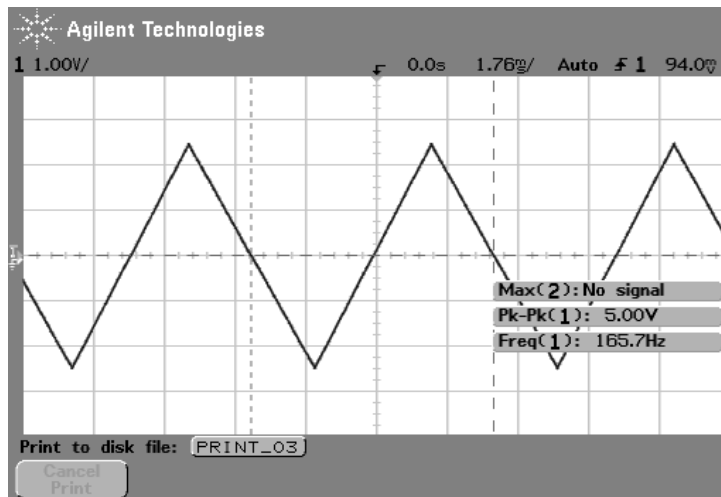
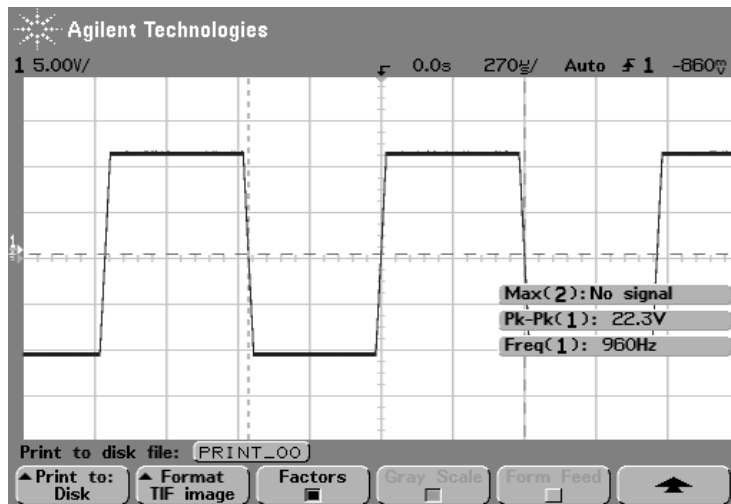
5.6 Εργαστηριακές μετρήσεις

Όσον αφορά το εργαστηριακό τμήμα 5.4.1 και την άσκηση που αυτό περιλαμβάνει, παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα.

Ερώτημα 1: Πραγματοποιήθηκε με τον εργαστηριακό εξοπλισμό.

Ερώτημα 2-3-4:





Και στις δύο περιπτώσεις με το ποτενσιόμετρο στο 0% και στο 100% η τάση του συγκριτή ισούται με $V_r = \pm 11,17V$.

$V_o = \pm 2,637V$

Ερώτημα 5:

$$f = \frac{R1}{4 * R3 * (R2 + P) * C}$$

Όπου $R1 = 100k\Omega$, $R2 = 10K\Omega$, $R3 = 22K\Omega$, $P = 100K\Omega$ και $C = 0.1\mu F$

$$\begin{aligned} f &= \frac{R1}{4 * R3 * (R2 + R) * C} = \frac{100000}{4 * 22000 * (10000 + 100000) * 0,0000001} \\ &= \frac{100000}{968} \\ &= \mathbf{103,305Hz} \end{aligned}$$

$$f = \frac{R1}{4 * R3 * (R2 + P) * C}$$

Όπου $R1 = 100k\Omega$, $R2 = 10K\Omega$, $R3 = 22K\Omega$, $P = 0K\Omega$ και $C = 0.1\mu F$

$$\begin{aligned} f &= \frac{R1}{4 * R3 * (R2 + P) * C} = \frac{100000}{4 * 22000 * (10000) * 0,0000001} = \frac{100000}{88} \\ &= \mathbf{1136,36Hz} \end{aligned}$$

Ερώτημα 6:

Με βάση την γραφική που απεικονίζεται στο ερωτημα 2 εάν κάνουμε τις πράξεις βρίσκουμε ότι :

- Για $P = 100K\Omega$:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{9.811ms} = \frac{1}{0,009811} = \mathbf{101,92Hz}$$

- Για $P = 0K\Omega$:

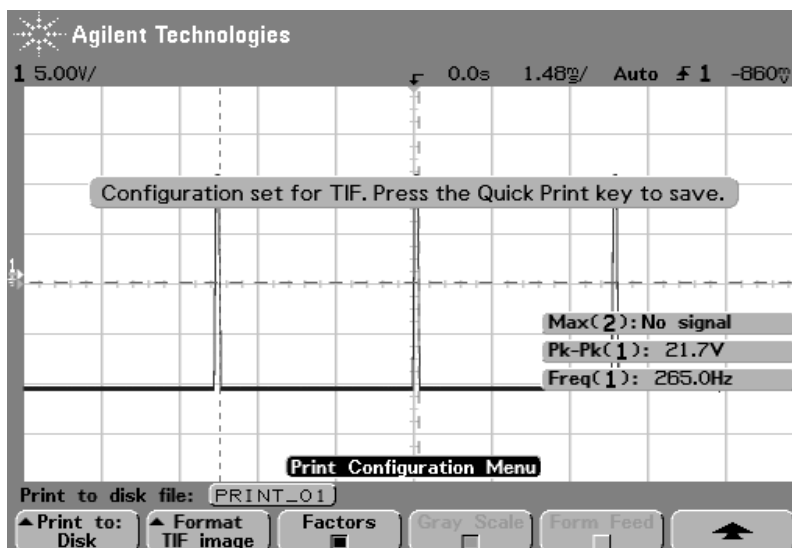
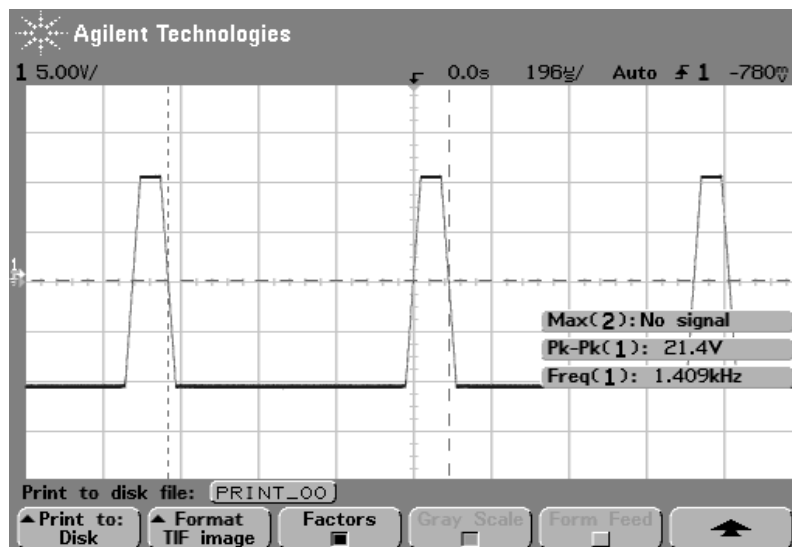
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1.002ms} = \frac{1}{0,001002} = \mathbf{998,003Hz}$$

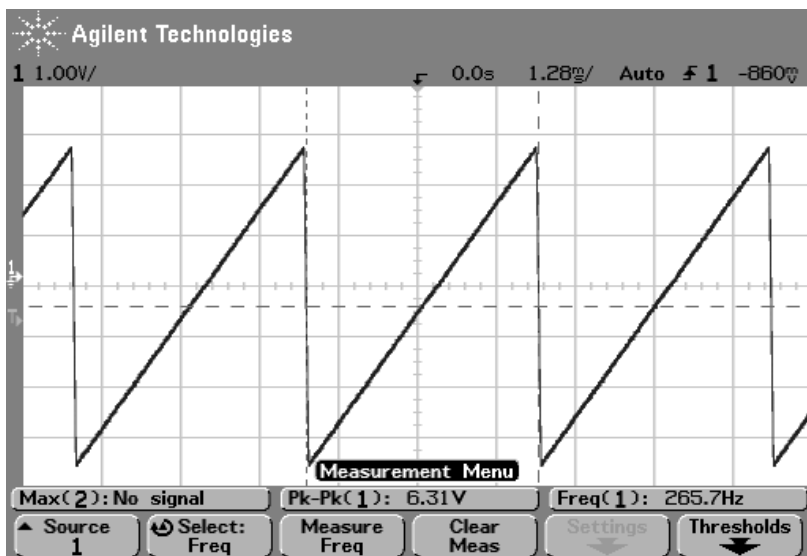
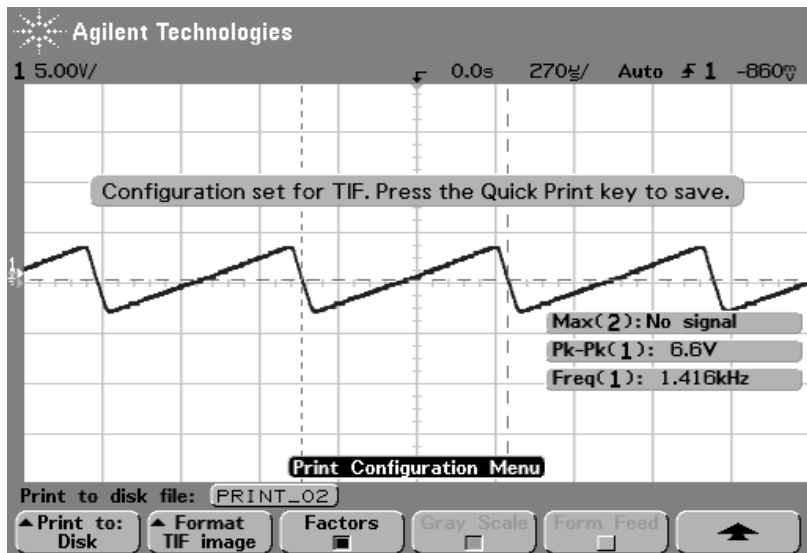
Συμπέρασμα:

Παρατηρούμε ότι οι θεωρητικές τιμές και οι τιμές από την προσομοίωση είναι ελαφρώς διαφορετικές, αλλά όχι τόσο που να μην δικαιολογείται από τις ανοχές των στοιχείων και των σφαλμάτων λόγω θορύβου και ωμικών αντιστάσεων των κυκλωμάτων.

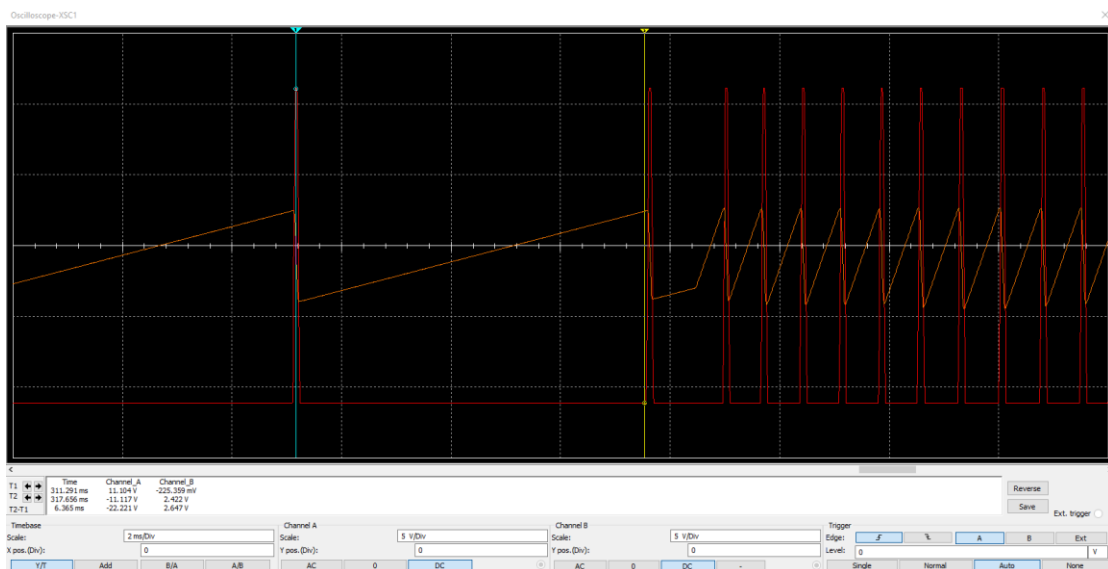
Όσον αφορά το εργαστηριακό τμήμα 5.4.2 και την άσκηση που αυτό περιλαμβάνει, παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα.

Ερώτημα 1: Πραγματοποιήθηκε με τον εργαστηριακό εξοπλισμό.





Ερώτημα 2-3-4:



Και στις δύο περιπτώσεις με το ποτενσιόμετρο στο 0% και στο 100% η τάση του συγκριτή ισούται με $V_r = \pm 11,10V$.

$V_o' = \pm 2,442V$

Ερώτημα 5:

$$f = \frac{R1}{2 * R3 * (R2 + P) * C}$$

Όπου $R1 = 100k\Omega$, $R2 = 10K\Omega$, $R3 = 22K\Omega$, $P = 100K\Omega$ και $C = 100nF$

$$f = \frac{R1}{2 * R3 * (R2 + P) * C} = \frac{100000}{2 * 22000 * (10000 + 100000) * 0,0000001}$$

$$= \frac{100000}{484}$$

$$= 206,611Hz$$

$$f = \frac{R1}{2 * R3 * (R2 + P) * C}$$

Όπου $R1 = 100k\Omega$, $R2 = 10K\Omega$, $R3 = 22K\Omega$, $P = 0K\Omega$ και $C = 0.1\mu F$

$$f = \frac{R1}{2 * R3 * (R2 + P) * C} = \frac{100000}{2 * 22000 * (10000) * 0,0000001} = \frac{100000}{44}$$

$$= 2272,72Hz$$

Ερώτημα 6:

Με βάση την γραφική που απεικονίζεται στο ερωτημα 2 εάν κάνουμε τις πράξεις βρίσκουμε ότι :

- Για $P = 100K\Omega$:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{6,463ms} = \frac{1}{0,006463} = 154,72Hz$$

- Για $P = 0K\Omega$:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0.696ms} = \frac{1}{0,000696} = 1436,78Hz$$

Συμπέρασμα:

Παρατηρούμε ότι οι θεωρητικές τιμές και οι τιμές από την προσομοίωση είναι ελαφρώς διαφορετικές, αλλά όχι τόσο που να μην δικαιολογείται από τις ανοχές των στοιχείων και των σφαλμάτων λόγω θορύβου και ωμικών αντιστάσεων των κυκλωμάτων.

5.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης

17. Σωστό είναι το : c.
18. Σωστό είναι το : c.
19. Σωστό είναι το : a.
20. Σωστό είναι το : a.

6. Τελεστικοί ενισχυτές: Ημιτονοειδείς ταλαντωτές.

6.1: Σκοπός

Καθορίστε τη συχνότητα εξόδου και κυματομορφή ενός ημιτονοειδούς ταλαντωτή

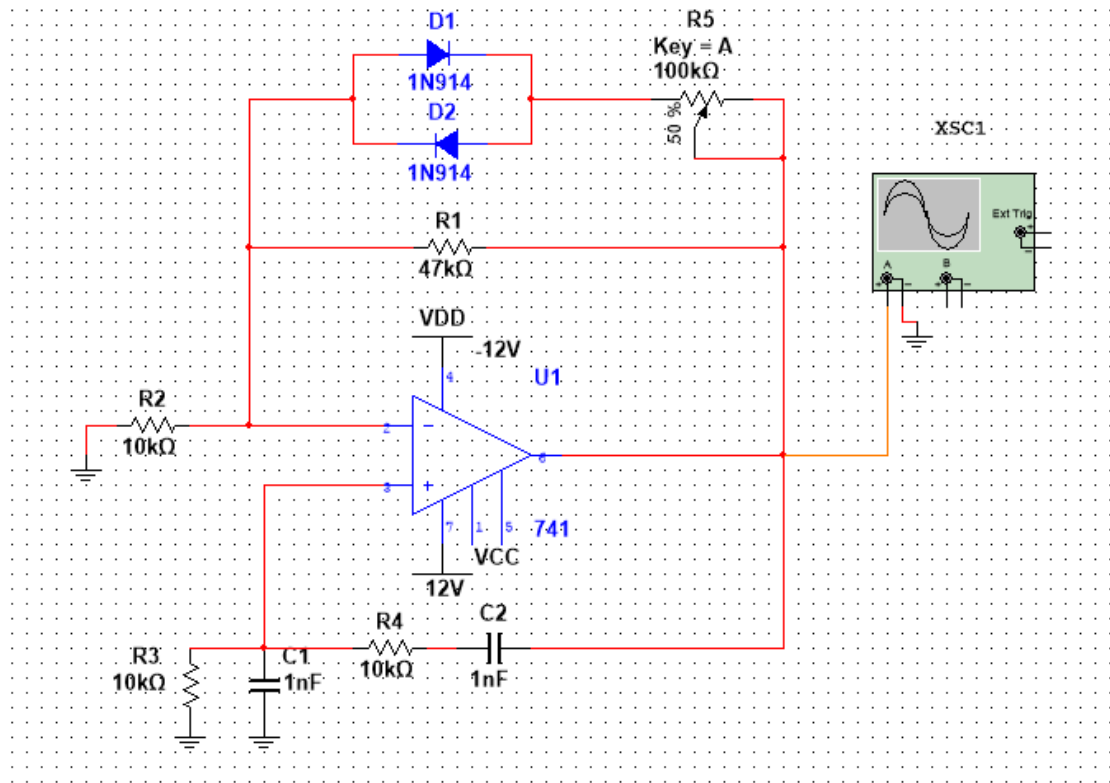
6.2: Απαραίτητος εξοπλισμός

- Τροφοδοτικό DC ($\pm 12V$)
- Ψηφιακό πολύμετρο
- Παλμογράφος διπλής απεικόνισης
- Γεννήτρια συχνοτήτων

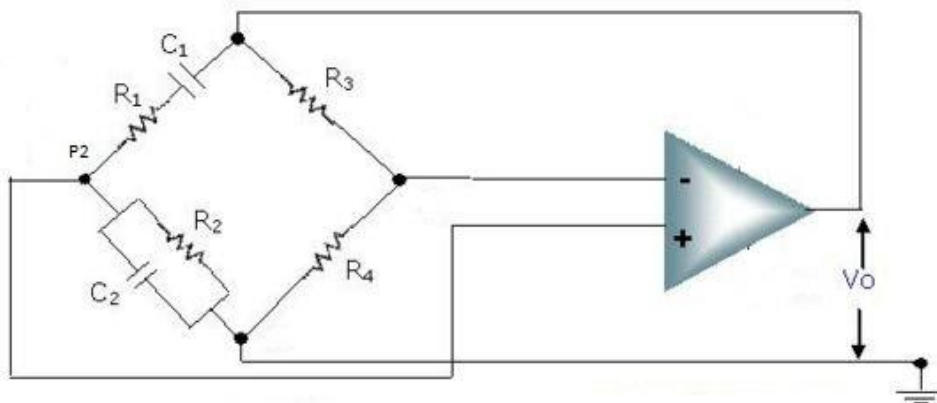
6.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ο ημιτονοειδής ταλαντωτής αποτελείται από ένα τελεστικό ενισχυτή και ένα κύκλωμα ανατροφοδότησης. Η έξοδος μπορεί να δημιουργήσει ένα ημιτονοειδές κύμα χωρίς σήμα εισόδου, μόνο όταν τα σήματα εισόδου και εξόδου έχουν ίδιο πλάτος, ίδια φάση και συχνότητα. Επιπρόσθετα το κύκλωμα ανατροφοδότησης θα πρέπει να περιέχει στοιχεία ανάδρασης. Σε αυτή την περίπτωση η συχνότητα ταλάντωσης, του ημιτονοειδή ταλαντωτή, είναι η συχνότητα στην οποία η ακολουθία των φάσεων που παράγονται από το κύκλωμα ανατροφοδότησης είναι μηδενικές. Το σχήμα 6.1 δείχνει το διάγραμμα του ταλαντωτή με γέφυρα Wien. Το σχήμα 6.2 δείχνει τα χαρακτηριστικά του διαγράμματος του σχήματος 6.1. Σε αυτή την περίπτωση, η τάση εισόδου καθορίζεται από την διαφορά τάσης που αναπτύσσεται ανάμεσα στα σημεία P1 και P2. Οι προαναφερθείσες συνθήκες θα πρέπει να ικανοποιούνται, όταν η τάση του μη αναστρέφων τερματικού, είναι σε φάση με την έξοδο:

- Να υπολογιστεί η τάση που αναπτύσσεται στο σημείο P2.



Σχήμα 6. 1



Σχήμα 6.2

$$VP2 = \frac{Vo \cdot Z2}{Z2 \cdot Z1}, \text{ όπου}$$

$$Z1 = R + \frac{1}{j\omega C} \quad \text{και} \quad Z2 = \frac{1}{R + j\omega C}$$

Μετά από αυτό είναι εύκολο κανείς να ελέγξει ότι το Z1 και Z2 έχουν την ίδια φάση και ότι κατα συνέπεια η Vi έχει την ίδια φάση με τη Vo στη ακόλουθη συχνότητα:

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

Και για αυτό, για αυτή την τιμή της συχνότητας :

$$Z1 = (1 - j) * R \quad Z2 = (1 - j) * \frac{R}{2}$$

Από τις παραπάνω σχέσεις είναι εύκολο να καταλήξουμε ότι: $VP2 = Vo/3$.

Η VP1 είναι ίση με την VP2 όταν ισχύει η ακόλουθη σχέση:

$$VP1 = \frac{Vo * R2}{R1 + R2} = \frac{Vo}{3}$$

Από το οποίο προκύπτει ότι $R1 = 2 * R2$.

Το ποτενσιόμετρο είναι συνδεδεμένο παράλληλα στην R1 και χρησιμεύει προκειμένου να διορθώσει τις ασυμμετρίες του κυκλώματος και τις ανοχές των στοιχείων.

6.4 Ασκήσεις

6.4.1 Καθορίστε η συχνότητα και την κυματομορφή εξόδου ενός ημιτονοειδούς ταλαντωτή.

1. Κατασκευάστε το κύκλωμα που φαίνεται στο Σχήμα 6.1 (οι τιμές των στοιχείων είναι αυτές που αναγράφονται).
2. Αλλάξτε τις τιμές του ποτενσιόμετρου έως ότου στην έξοδο παραχθεί ένα ημιτονοειδές σήμα.
3. Συνδέστε τη μια είσοδο του παλμογράφου στην έξοδο του κυκλώματος.
4. Συνδέστε την άλλη είσοδο του παλμογράφου στο σημείο P2 της γέφυρας Wien.
5. Συγχρονίστε τον παλμογράφο στο σήμα εξόδου του ταλαντωτή και ελέγξτε αν τα δύο σήματα βρίσκονται σε φάση.
6. Μετρήστε την συχνότητα ταλάντωσης μέσα από τον παλμογράφο.
7. Υπολογίστε την θεωρητική τιμή της συχνότητας ταλάντωσης χρησιμοποιώντας τις σχέσεις από την παράγραφο 6.3.
8. Λαμβάνοντας υπόψη τα σφάλματα μέτρησης και τις ανοχές των εξαρτημάτων, ελέγξτε αν τα θεωρητικά αποτελέσματα και οι μετρούμενες τιμές είναι σύμφωνες.

6.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης

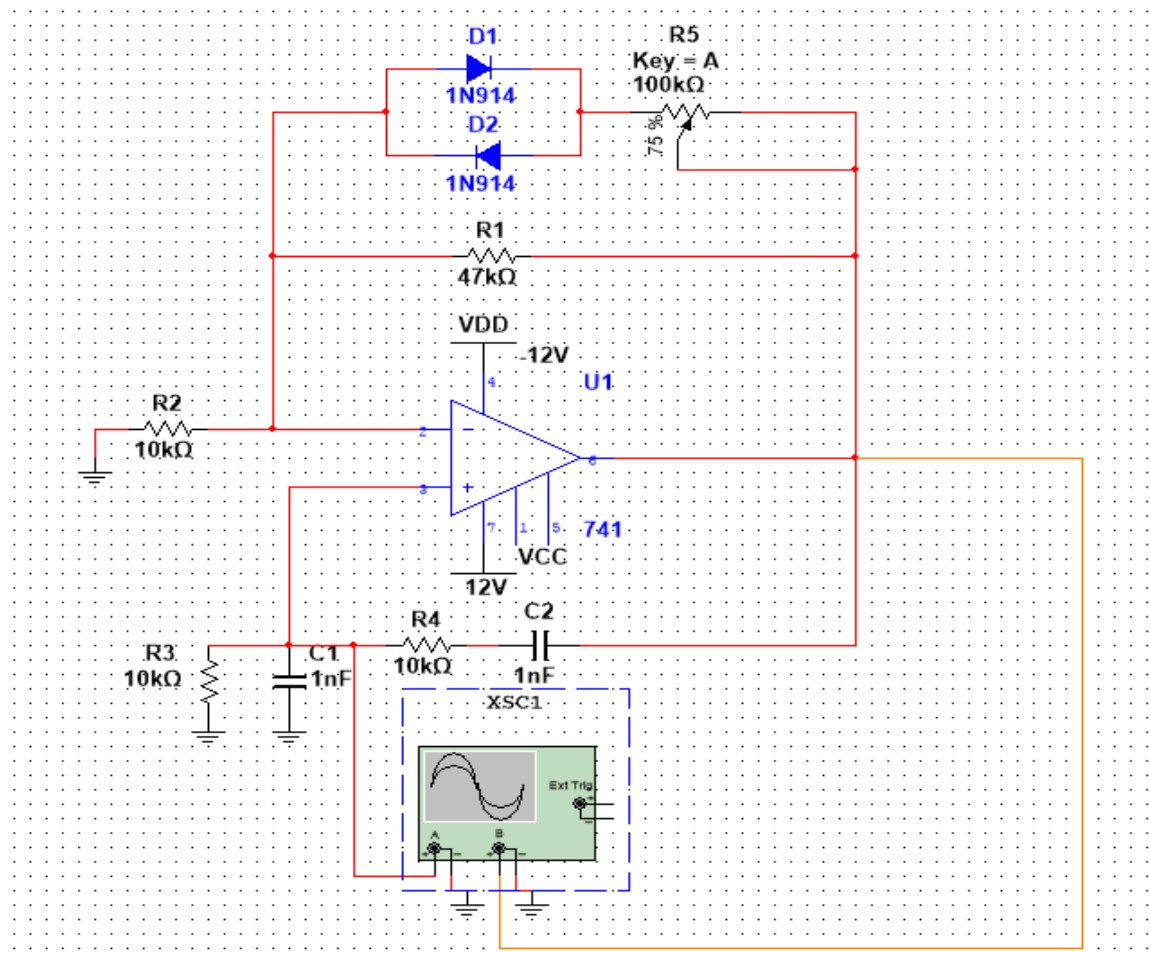
1. Ποια από τις ακόλουθες συνθήκες που αφορούν τα σήματα εξόδου και εισόδου πρέπει να γίνει έτσι ώστε η έξοδος του ταλαντωτή παράγει ένα ημιτονοειδές σήμα;
 - a: η είσοδος πρέπει να έχει τις ίδιες συνιστώσες με την έξοδο.
 - b: Η είσοδος πρέπει να έχει την ίδια φάση με την έξοδο.
 - c: Η είσοδος και η έξοδος πρέπει να έχουν την ίδια συχνότητα.
 - d: Όλα τα παραπάνω.
2. Αναφορικά με το σχήμα 6.2, πια θα είναι η συχνότητα ταλάντωσης εάν $R=10K$ και $C=100nF$;
 - a: περίπου 130Hz.
 - b: περίπου 160Hz.
 - c: περίπου 200Hz.
 - d: περίπου 150Hz.
3. Αναφορικά με το προηγούμενο παράδειγμα εάν η $R1$ είναι ίση με 10K, τότε πόση είναι η $R2$;
 - a: 1K.
 - b: 5K.
 - c: 10K.
 - d: 15K.
4. Εάν $R = 10K$, ποιιά πρέπει να είναι η τιμή C προκειμένου η συχνότητα ταλάντωσης να είναι 1000Hz;
 - a: 10nF.
 - B: 13nF.
 - c: 16nF.
 - d: 20nF.

6.6 Εργαστηριακές μετρήσεις

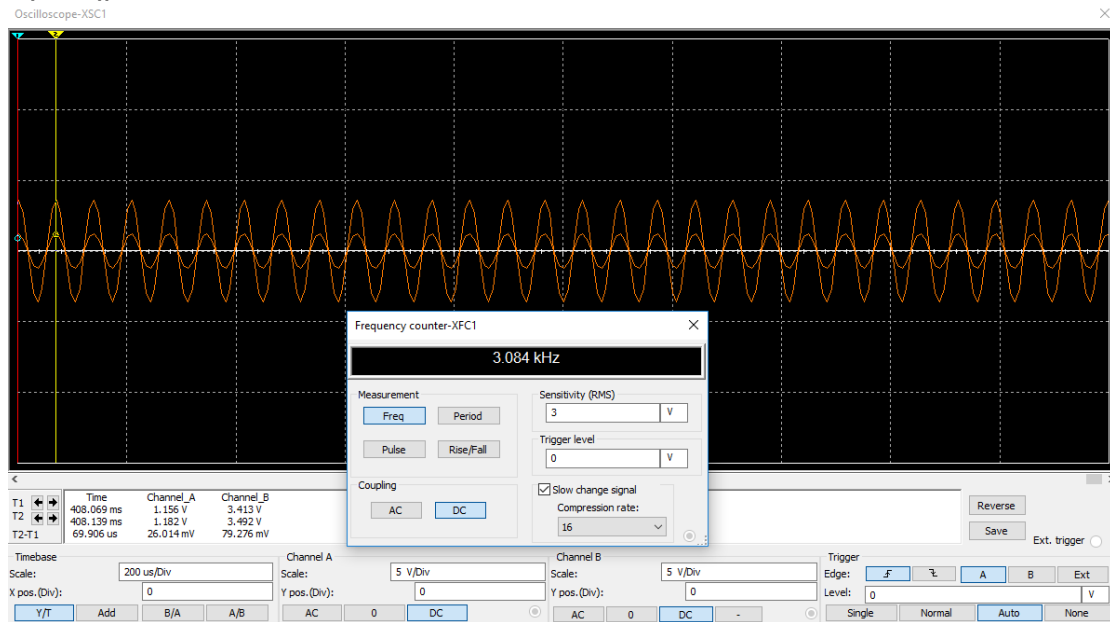
Όσον αφορά το εργαστηριακό τμήμα 6.4.1 και την άσκηση που αυτό περιλαμβάνει, παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα.

Ερώτημα 1: Πραγματοποιήθηκε με τον εργαστηριακό εξοπλισμό.

Ερώτημα 2-3-4:



Ερώτημα 5-6:



Ερώτημα 7:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

Με αντικατάσταση των στοιχείων προκύπτει ότι:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2 * \pi * 10 * 10^3 * 1 * 10^{-9}} = 15,915 \text{ KHz} .$$

Ερώτημα 8:

Ανάμεσα στις θεωρητικές αλλά και τις τιμές της προσομοίωσης παρατηρούμε εύκολα ότι υπάρχει μια αρκετά μεγάλη διαφορά. Το πρόβλημα στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ότι δεν μπορούμε με ευκολία να καταλήξουμε στο ποιά μέτρηση είναι ορθή, ελλείψη εργαστηριακών μετρήσεων. Και αυτό διότι το ποτενσιόμετρο είχε μια πολύ μεγάλη κλιμάκωση στις αλλαγές που πραγματοποιούσε με αποτέλεσμα να μην καταφέρνουμε να επιτύχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

6.6.1 Ερωτήσεις Ανακαιφαλαίωσης

21. Σωστό είναι το : d.
22. Σωστό είναι το : b.
23. Σωστό είναι το : b.
24. Σωστό είναι το : c.

7. Τελεστικοί ενισχυτές: Μετασχηματιστής Τάσης-Συχνότητας.

7.1: Σκοπός

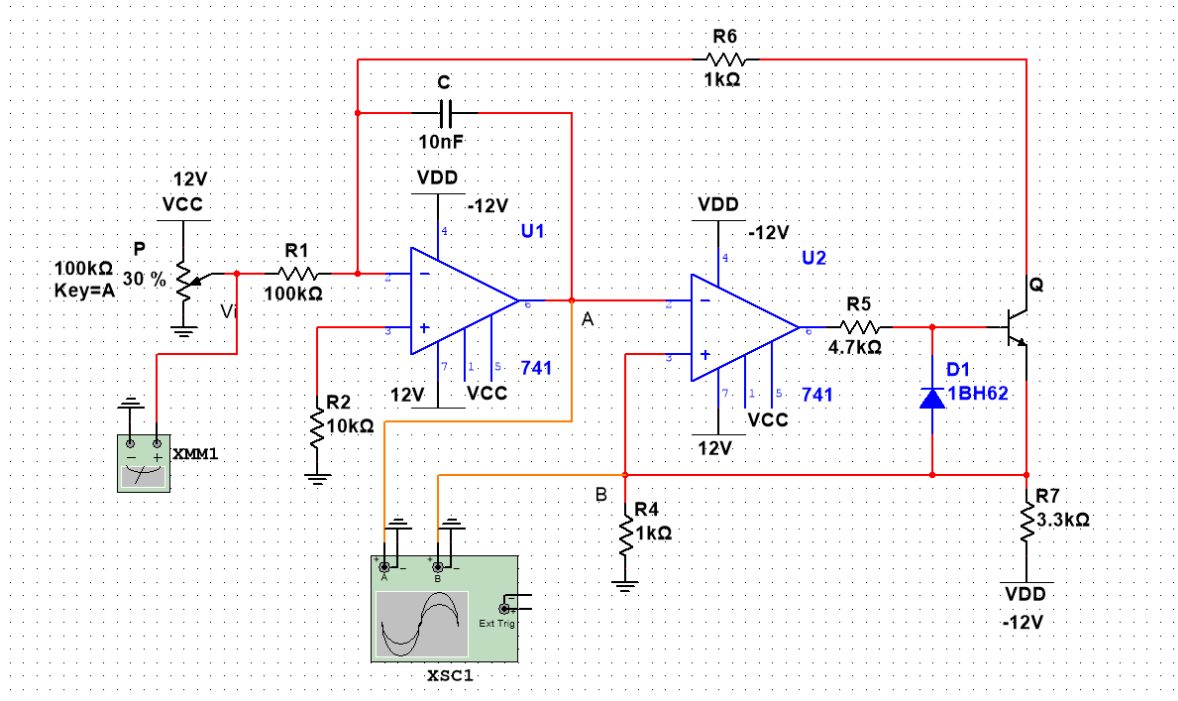
Χαρακτηριστικά ενός μετατροπέα τάσης / συχνότητα και της δημιουργίας μιας τάσης εξόδου με ανάλογη συχνότητα στην τάση εισόδου

7.2: Απαραίτητος εξοπλισμός

- Τροφοδοτικό DC ($\pm 12V$)
- Ψηφιακό πολύμετρο
- Παλμογράφος διπλής απεικόνισης
- Γεννήτρια συχνοτήτων

7.3 Θεωρητικό Υπόβαθρο

Ο μετατροπέας τάσης / συχνότητας είναι μια συσκευή που μπορεί να παράγει μια συχνότητα εξόδου έχοντας μια ανάλογη τάση στην εισόδο του. Το σχήμα 7.1 δείχνει το ηλεκτρικό διάγραμμα του κυκλώματος: περιλαμβάνει δύο τελεστικούς ενισχυτές, ένα τρανζίστορ εξόδου και μερικά παθητικά στοιχεία. Ένας τελεστικός ενισχυτής ολοκληρώνει το σήμα εισόδου, ενώ ο άλλος ενισχυτής συγκρίνει την έξοδο του πρώτου ενισχυτή με μια τάση αναφοράς. Αυτή η παράγραφος εξηγεί τη λειτουργία του μετασχηματιστή ξεκινά με την υπόθεση ότι οι λειτουργίες του ενισχυτή σε συνδεσμολογίες ολοκληρωτή και συγκριτή έχουν πλήρως κατανοηθεί. Η τάση εισόδου V_i φορτίζει τον πυκνωτή C μέσω της αντίστασης R_1 έτσι ώστε η τάση στο σημείο A να είναι μια αρνητική ράμπα η οποία αυξάνεται γραμμικά στο χρόνο. Η τάση του σημείου A συγκρίνεται με την τάση του σημείου B στο δεύτερο τελεστικό ενισχυτή.



Σχήμα 7.1

Όταν ξεκινά ο κύκλος του κυκλώματος, η τάση του σημείου A είναι ίση με μηδέν (0). Σε αντίθεση, καθώς απενεργοποιείται το τρανζίστορ η τάση του σημείου B παρέχεται από τον διαιρέτη τάσης R7-R4 και καθορίζεται από την εξής σχέση:

$$VB' = -12 * \frac{\frac{R5 * R4}{R5 + R4}}{\frac{R5 * R4}{R5 + R4} + R7} - 12 * \frac{\frac{R7 * R4}{R7 + R4}}{\frac{R7 * R4}{R7 + R4} + R5}$$

Εάν οι αντιστάσεις έχουν τις τιμές του σχήματος 1.1 τότε η τάση είναι περίπου ίση με -4V. Η ράμπτα στο σημείο A έχει πτωτική τάση μέχρι να αποκτήσει την τιμή VB: σε αυτό το σημείο η έξοδος του συγκριτή αλλάζει σε υψηλό επίπεδο και ενεργοποιείται το τρανζίστορ. Αυτό αυξάνει την τάση στο σημείο B κατά περίπου -0,5V (VB''=-0.5V) το τρανζίστορ είναι ισοδύναμο ενός μικρού κυκλώματος (η ανάστροφη είσοδος είναι εικονική γείωση).

Ο πυκνωτής C αποφορτίζεται από το τρανζίστορ έως ότου η τάση στο σημείο A να ξεπεράσει την τάση VB'' : τώρα, η έξοδος του συγκριτή εναλλάσσεται στο χαμηλό επίπεδο και επομένως, το τρανζίστορ δεν λειτουργεί, και η τάση στο σημείο B μειώνεται στην τάση VB. Τώρα ο κύκλος τελείωσε και μπορεί να επανακινηθεί.

T1 είναι ο χρόνος που πέρασε για τον πυκνωτή C να αλλάξει την τάση του από VB'' σε VB' . Αυτός ο χρόνος πρέπει να είναι ίσος με :

$$T1 = - \frac{(VB' - VB'') * R * C}{V_i}$$

Τώρα υπολογίστε την τιμή T2 η οποία χρειάστηκε για να αποφορτιστεί ο πυκνωτής από την τιμή VB' σε VB''.

Όταν το τρανζίστορ είναι ON, ο συλλέκτης περνιέται από ένα ρεύμα της τάξης περίπου 0.3mA . Αυτό το ρεύμα δημιουργείται από την τάση εισόδου Vi (με την ποσότητα του να δίνεται από το Vi/R1) το οποίο μπορεί να παραλειφθεί σε μια πρώτη προσέγγιση , και από την εκφόρτιση του πυκνωτή η οποία διαρκεί

$$T2 = - \frac{C * (VB' + VB'')}{I}$$

Χρησιμοποιώντας υλικά με τις τιμές οι οποίες φαίνονται στο σχήμα 7.1 , η τιμή του T2 μπορεί να παραλειφθεί , επομένως η περίοδος της τάσης εξόδου είναι σχεδόν ίση με το T1. Έτσι, παραλείποντας ακόμη και την τιμή του VB'' η σχέση του T1 μπορεί να γραφτεί με τον ακόλουθο τρόπο:

$$T1 * V1 = VB' * R1 * C$$

Από το οποίο προκύπτει:

$$\frac{(1/T1)}{V1} = \frac{1}{(VB' * R1 * C)}$$

Αυτό μπορεί να οριστεί ως η σχέση η οποία συνδέει την τάση εισόδου με την συχνότητα εξόδου.

7.4 Ασκήσεις

7.4.1 Καθορίστε η συχνότητα και την κυματομορφή εξόδου ενός ημιτονοειδούς ταλαντωτή.

9. Κατασκευάστε το κύκλωμα που φαίνεται στο Σχήμα 7.1 (οι τιμές των στοιχείων είναι αυτές που αναγράφονται).
10. Μετρήστε την τάση εισόδου με το ποτενσιόμετρο και αυξήστε την στα 3V.
11. Συνδέστε τη μια είσοδο του παλμογράφου στο σημείο A.
12. Συνδέστε την άλλη είσοδο του παλμογράφου στο σημείο B και συγχρονίστε τον παλμογράφο ως προς αυτό το κανάλι.
13. Απεικονίστε την κυματομορφή εξόδου και μετρήστε την συχνότητα.
14. Αυξήστε την τάση εισόδου στα 6V.

15. Μετρήστε την συχνότητα της τάσης εξόδου.
16. Αυξήστε την τάση εισόδου στα 9V.
17. Μετρήστε την συχνότητα της τάσης εξόδου.
18. Συγκρίνετε τα αποτελέσματα που πήρατε από αυτές τις 3 μετρήσεις.

7.5 Ερωτήσεις ανακεφαλαίωσης

1. Στο μετατροπέα τάσης / συχνότητας, είναι η συχνότητα της τάσης εξόδου που συνδέεται με την τάση εισόδου
 - a: από ένα γραμμικό κανόνα.
 - b: από ένα τετραγωνικό κανόνα.
 - c: από ένα εκθετικό κανόνα.
 - d: από ένα λογαριθμικό κανόνα

2. Αναφορικά με το σχήμα 7.1: με το τρανζίστορ κλειστό, το σημείο B έχει τάση 4V, ποια τιμή θα έχει η συχνότητα εξόδου εάν $R1=10K$, $C=100nF$ και η τάση εισόδου είναι ίση με 5V;
 - a: 1000Hz.
 - b: 1250Hz.
 - c: 1500Hz.
 - d: 1750Hz.

3. Αναφορικά με το προηγούμενο παράδειγμα: εάν διπλασιάσουμε την $R1$ τότε πόση θα είναι η συχνότητα εξόδου
 - a: μισή;
 - B: ένα τέταρτο;
 - c: διπλάσια;
 - d: 4 φορές υψηλότερη;

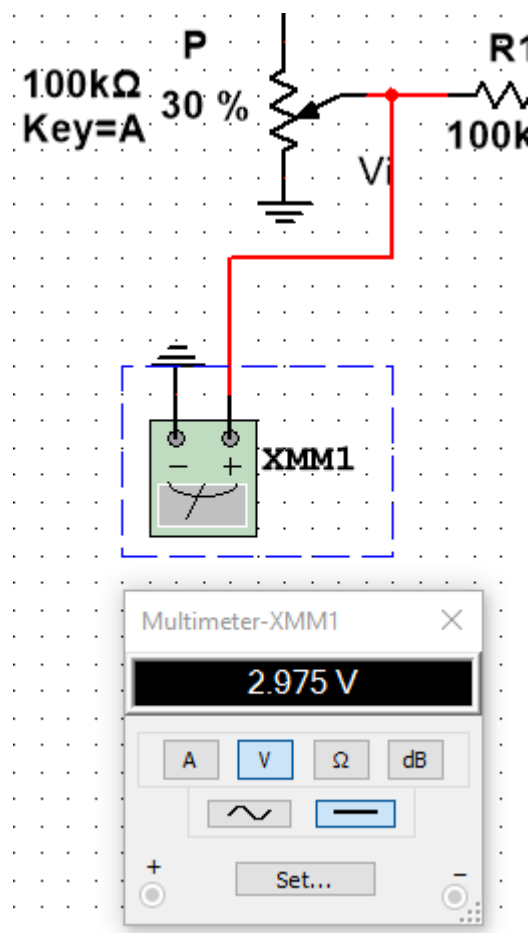
4. Αναφορικά με το ερωτημα 2: Εάν η αντίσταση $R1$ διπλασιαστεί και ο πυκνωτής C είναι μισής χωρητικότητας η συχνότητα εξόδου
 - a: παραμένει ίση;
 - B: μισή;
 - c: διπλάσια;
 - d: λιγότερο από μισή;

7.6 Εργαστηριακές μετρήσεις

Όσον αφορά το εργαστηριακό τμήμα 7.4.1 και την άσκηση που αυτό περιλαμβάνει, παρακάτω παρατίθενται τα αποτελέσματα.

Το ερώτημα 1 πραγματοποιήθηκε με τον εργαστηριακό εξοπλισμό.

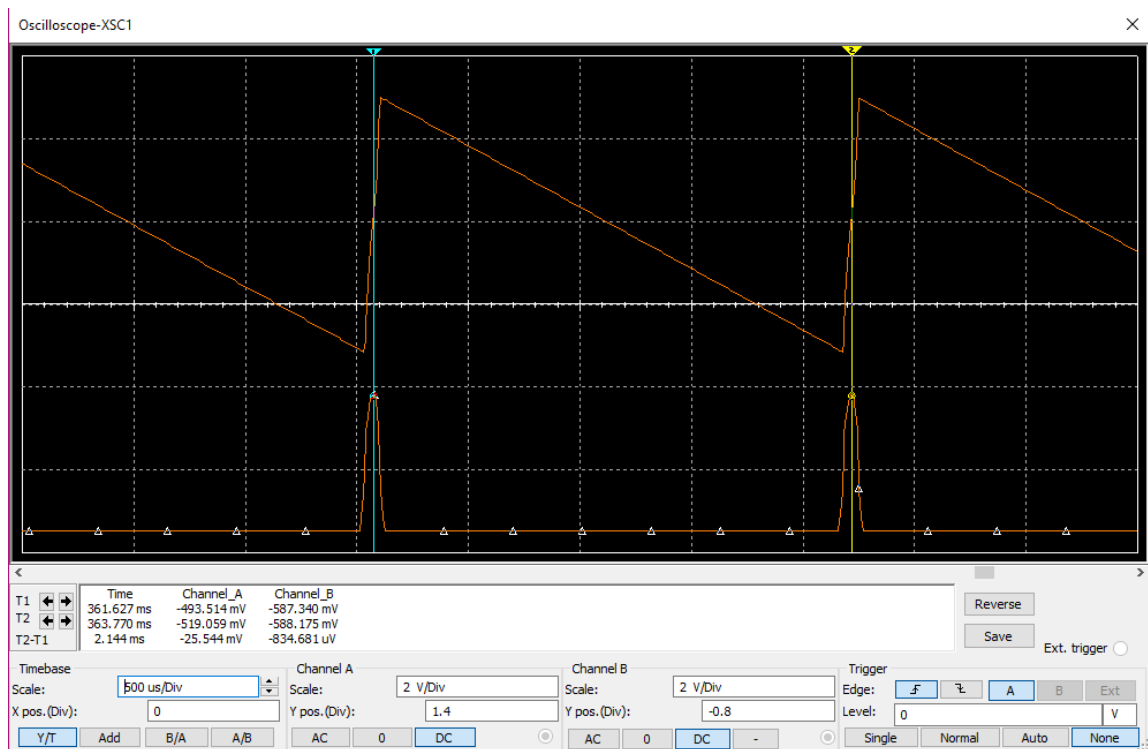
Ερώτημα 2-3:



Ερώτημα 4-5-6:

Παρακάτω παρατίθεται η έξοδος του παλμογράφου όταν θέσουμε το κύκλωμα μας εν ενεργεία.

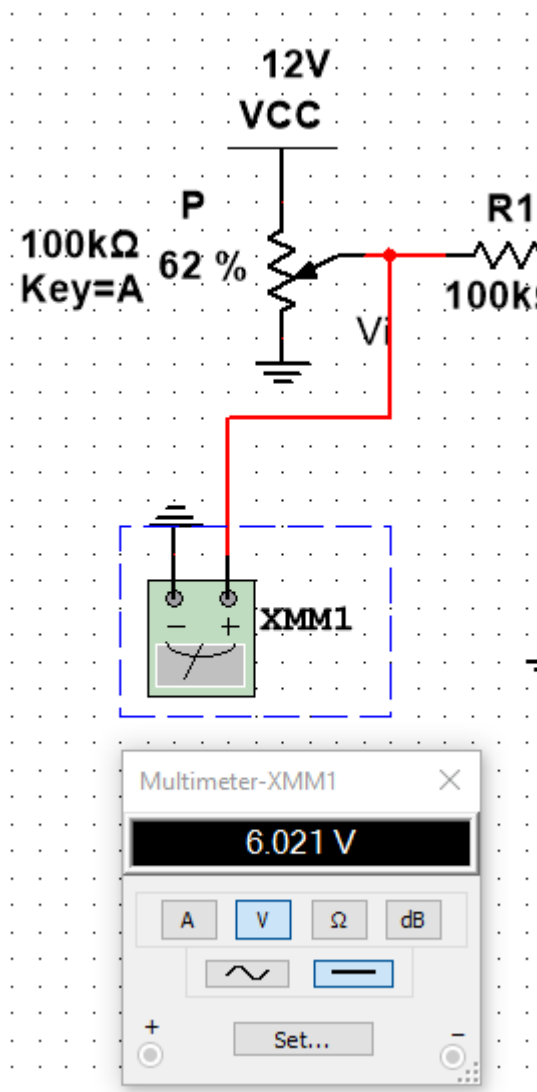
Μετατοπισμένες, παρατηρούμε την είσοδο A στο πάνω μέρος της εξόδου του παλμογράφου, και την έξοδο B στο κάτω μέρος.



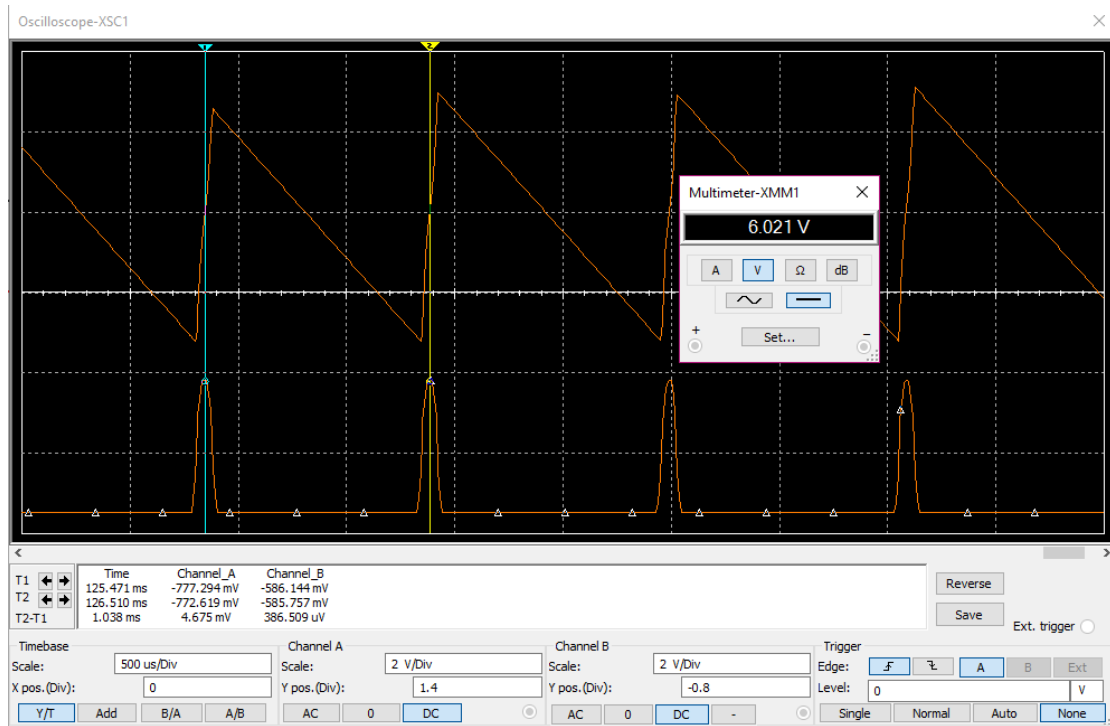
Η περίοδος στην έξοδο είναι 2.144ms.

Αυτό μας δίνει συχνότητα $f = 1/T$ δηλαδή $f=466.5\text{Hz}$

Ερώτημα 7:



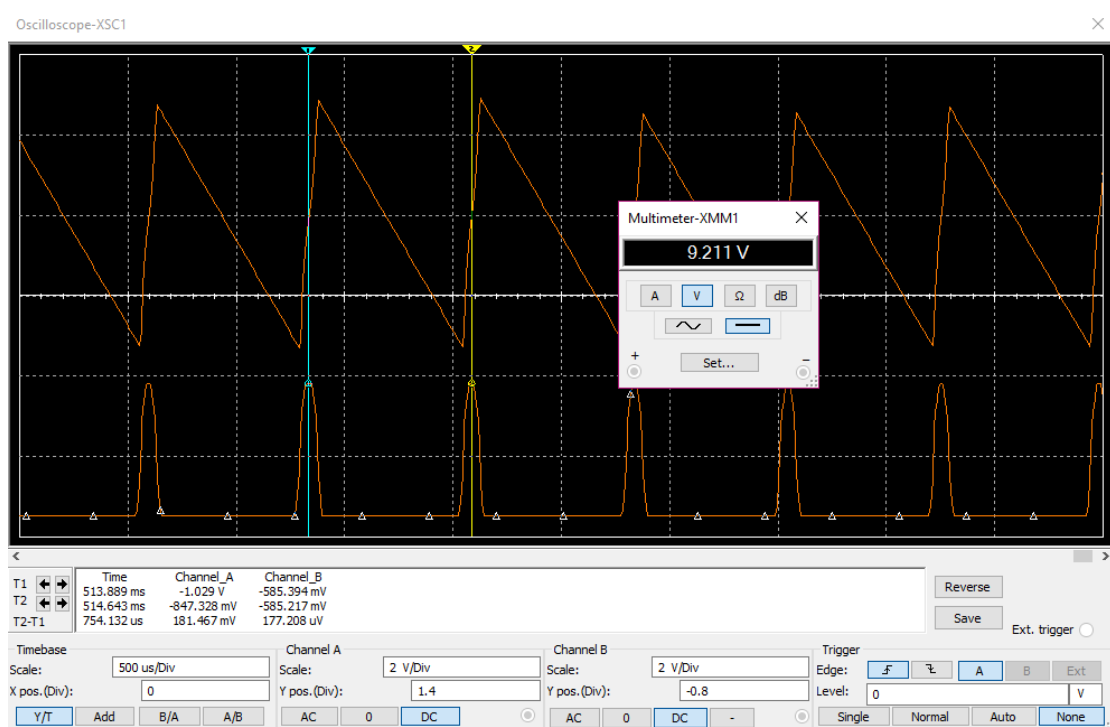
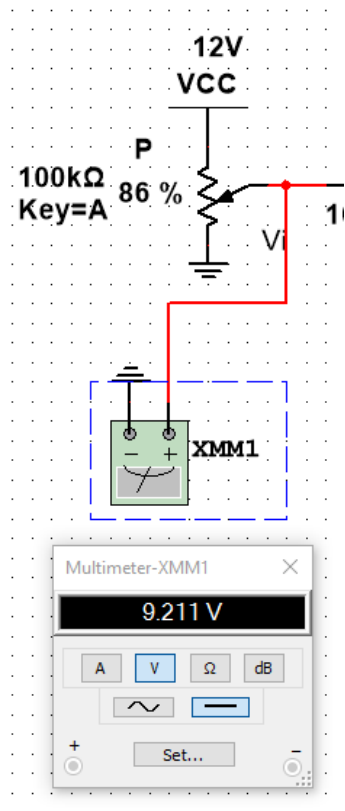
Ερώτημα 8:



Η περίοδος στην έξοδο είναι 1.038ms.

Αυτό μας δίνει συχνότητα $f = 1/T$ δηλαδή $f=963.4\text{Hz}$

Ερώτημα 9-10:



Η περίοδος στην έξοδο είναι 754ns.

Αυτό μας δίνει συχνότητα $f = 1/T$ δηλαδή $f = 1326\text{Hz}$ ή 1.32kHz

Ερώτημα 11:

Παραθέτουμε τα τρία αποτελέσματα τα οποία λάβαμε στις 3 προηγούμενες μετρήσεις.

- Για $V_{in} = 2.975V$, $f = 466.5Hz$
- Για $V_{in} = 6.021V$, $f = 963.4Hz$
- Για $V_{in} = 9.021V$, $f = 1326Hz$

Παρατηρούμε πως η σχέση τάσης, συχνότητας μεταξύ των μετρήσεων οι οποίες λάβαμε είναι ανάλογες. Δηλαδή ακολουθάνε την αναλογία $V = a * f$, όπου a είναι ο συντελεστής του κυκλώματος, και καθορίζεται από τα στοιχεία του κυκλώματος.

7.6.1 Ερωτήσεις Ανακεφαλαίωσης

25. Σωστό είναι το : a.
26. Σωστό είναι το : b.
27. Σωστό είναι το : c.
28. Σωστό είναι το : b.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- “ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ”
Συλλογικό έργο: Κανελόπουλος-Λιβιεράτος-Βαζούρας
- “Τελεστικοί ενισχυτές και γραμμικά ολοκληρωμένα κυκλώματα”
Σπύρος Α. Πακίτης
- “ Εισαγωγή στα ηλεκτρονικά ισχύος ”
Συλλογικό έργο: Ned Mohan, Tore A. Undeland, William P. Robbins
- “ Έλεγχος κυκλωμάτων και μετρήσεων με Η/Υ”
Ιωάννης Καλόμοιρος, Στυλιανός Μπουλταδάκης, Ιωάννης Πεταλάς
- “Τυπολόγιο φίλτρων”
Σπύρος Α. Πακίτης
- http://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_2.html
- https://en.wikipedia.org/wiki/Low-pass_filter
- https://en.wikipedia.org/wiki/High-pass_filter
- http://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_3.html
- https://en.wikipedia.org/wiki/Band-pass_filter
- http://www.electronics-tutorials.ws/filter/filter_4.html
- https://en.wikipedia.org/wiki/Schmitt_trigger
- <http://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/schmitt-trigger/>
- <http://www.analog.com/en/products/analog-to-digital-converters/integrated-special-purpose-converters/voltage-to-frequency-converters.html>
- <http://www.electroschematics.com/4791/voltage-to-frequency-converter-circuit/>
- http://wikieducator.org/Sinusoidal_Oscillator
- <http://www.slideshare.net/touqeerjuman/sinusoidal-oscillators>
- <http://electronicsarea.com/principles-sinusoidal-oscillators/>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Signal_generator
- <http://www.instructables.com/id/THE-SIMPLEST-FUNCTION-GENERATOR-BUILT-ON-A-BREADBO/>
- <http://www.electroschematics.com/2741/high-frequency-generator/>