

ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΑΣΚΗΣΗΣ 7

ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΚΛΩΜΑΤΟΣ RC

ΠΡΟΣΟΧΗ Ότι γράψετε θα το πληκτρολογήσετε

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ: χαμηλοπερατό-υψηλοπερατό φίλτρο (low-high pass filter)

B. ΠΡΟΕΡΓΑΣΙΑ ΣΤΟ ΣΠΙΤΙ ΠΡΙΝ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Θα πρέπει να μελετήσετε και να γνωρίζετε τη συνοπτική θεωρία που περιγράφηκε στο αρχείο ΑΣΚΗΣΗ 7 (για μελέτη και να έχετε δει τα VideoΑΣΚΗΣΗ7a , VideoΑΣΚΗΣΗ7b και VideoΑΣΚΗΣΗ7c).

ΑΠΑΝΤΗΣΤΕ ΣΤΙΣ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗΣ:

1. Τι είναι χωρητικότητα και να εξάγετε (αποδείξετε) τη χωρητικότητα του επίπεδου πυκνωτή.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ Χωρητικότητα είναι $C = \frac{Q}{V} = 4\pi\epsilon_0 R$ και εκφράζει πόσο φορτιό σε Cb αποθηκεύονται ανα 1 V. Το E δίνεται από την βαθμίδα δυναμικού και ισχύει $|E| = \left| \frac{\Delta V}{\Delta x} \right| = \frac{V_C}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q/A}{\epsilon_0}$ και έτσι έχουμε $\frac{V_C}{d} = \frac{Q/A}{\epsilon_0}$. Επομένως $C = \frac{Q}{V_C} = \epsilon_0 \frac{A}{d}$

2. Πώς μπορούμε να προσδιορίσουμε τη χαρακτηριστική σταθερά του κυκλώματος RC;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ Μέσω των διαγραμμάτων $V_C(t)$ και $i(t)$ και θέτοντας όπου $t=RC$ βρίσκουμε στις γραφικές παραστάσεις 2 σημεία τα οποία τα χρησιμοποιούμε για να εξάγουμε τη χαρακτηριστική σταθερά του κυκλώματος.

3. Πόσος είναι πρακτικά ο χρόνος φόρτισης-εκφόρτισης του πυκνωτή και πως μπορούμε να τον αυξήσουμε ή να τον ελαττώσουμε.

Πρακτικά ο χρόνος $t = t_0 = 5RC$ προσδιορίζει το χρόνο φόρτισης γιατί τότε η V_C φθάνει μερικά (7) χιλιοστά πιο κάτω από τη μέγιστη τιμή φόρτισης ϵ γιατί:

ΑΠΑΝΤΗΣΗ όταν $t = t_{0.99} = 5RC$ τότε : $V_C(t) = \epsilon (1 - e^{-t/RC}) = \epsilon (1 - e^{-5RC/RC}) = \epsilon (1 - e^{-5}) = \epsilon (1 - 0.007) = \epsilon 0.993 \cong \epsilon$

4. Πως μπορούμε να προσδιορίσουμε πειραματικά το ηλεκτρικό πεδίο ενός επίπεδου πυκνωτή;

Το E δίνεται από τη
βαθμίδα δυναμικού

$$|E| = \left| \frac{\Delta V}{\Delta x} \right| = \frac{V_C}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q/A}{\epsilon_0}$$

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

5. Οι εκφράσεις τις $V_C(t) = \epsilon(1 - e^{-t/RC})$ και $i(t) = i_\phi e^{-t/RC}$ που εξαγάγαμε παραπάνω αφορούν φόρτιση του πυκνωτή από $\epsilon = 0$ V σε $\epsilon > 0$. Αντίθετα στο πείραμα θα χρησιμοποιήσουμε τετραγωνικούς παλμούς τάσης οι οποίοι όμως κυμαίνονται μεταξύ μιας μέγιστης αρνητικής τιμής π.χ. -0.7 V και μιας μέγιστης θετικής τιμής $+0.7$ V και έτσι ο πυκνωτής τροφοδοτείται εναλλακτικά μεταξύ $V_C = -0.7$ V και $V_C = +0.7$ V και φορτίζεται-εκφορτίζεται-φορτίζεται... με αντίθετο φορτίο ($+Q$, $-Q$, $+Q$, ...). Σε αυτήν τη περίπτωση οι αντίστοιχες εκφράσεις είναι: $V_C(t) = \epsilon(1 - 2e^{-t/RC})$ και $i(t) = i_\phi 2e^{-t/RC}$. Πως προκύπτουν αυτές;

Υπόδειξη: δοκιμάστε να αλλάξετε το κάτω όριο (από 0 σε $-Q$ ή εναλλάκτικά $-Q_0$) στη διαδικασία επίλυσης της διαφορικής εξίσωσης που παρουσιάστηκε παραπάνω για την εύρεση του $Q(t)$.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

6. Στα ηλεκτρικά κυκλώματα του χαμηλοπερατού και υψηλοπερατού φίλτρου που είναι η είσοδος και που είναι η έξοδος της τάσης.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ Και στις δυο περιπτώσεις η είσοδος βρίσκεται μεταξύ των A και B όπου εφαρμόζονται εναλασσόμενες τάσεις με διαφορετικές συγχρότητες v_1, v_2 με $v_1 < v_2$. Στην περίπτωση του χαμηλοπερατού φίλτρου στην τάση εξόδου μεταξύ Γ και Δ των ακρών του πυκνωτή διέρχονται τα εναλασσόμενα σήματα με συγχρότητες μικρότερες μιας κρίσιμης συγχρότητας v_c όπου $v_1 < v_c$. Στην περίπτωση του υψηλοπερατού φίλτρου στην τάση εξόδου μεταξύ Γ και Δ των ακρών του πυκνωτή διέρχονται τα εναλασσόμενα σήματα με συγχρότητες μικρότερης μιας κρίσιμης συγχρότητας v_c όπου $v_2 > v_c$

7. Εξηγήστε με λίγα λόγια γιατί το χαμηλοπερατό φίλτρο αφήνει να περάσουν τα σήματα χαμηλών συχνοτήτων και αποκόπτει τα σήματα υψηλών συχνοτήτων, ενώ αντίστροφα δουλεύει το υψηλοπερατό φίλτρο.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ Στην περίπτωση του χαμηλοπερατού φίλτρου όταν η συγχρότητα του σήματος εισόδου είναι πολύ υψηλότερη από την κρίσιμη και έτσι ο πυκνωτής δεν προλαβαίνει να φορτιστεί και μένει αφόριστος και γι αυτό $V_C = 0$ και το σήμα αποκόπτεται στην έξοδο του φίλτρου. Στην περίπτωση του υψηλοπερατού φίλτρου ισχύει το αντίθετο, δηλαδή στις

χαμηλότερες συγχρόνιτες εισόδου ο πυκνωτής μένει αφόρτιστος και για αυτό το σήμα αποκόπτεται στην έξοδο του φίλτρου.

8. Γιατί εφαρμόζουμε τετραγωνικό παλμούς για να μελετήσουμε τη φόρτιση και την εκφόρτιση του πυκνωτή;

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Γ. ΣΥΜΠΛΗΡΩΣΗ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Γ1 (Εργασία πριν από το εργαστήριο στο σπίτι)

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ (Γράφετε τι θα μετρήσετε και για ποιο σκοπό)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Περιγράψτε τα όργανα που χρησιμοποιούμε σε αυτή την άσκηση.

Γ2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΤΟ ΕΓΑΣΤΗΡΙΟ

I. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ ΠΥΚΝΩΤΗ

1. Κάνουμε τη Συνδεσμολογία Α που απεικονίζεται στο Σχήμα 1 στο αρχείο της ΑΣΚΗΣΗΣ 7 (για μελέτη) της πειραματικής διάταξης. Συνδέουμε την αντίσταση και τον πυκνωτή στη σειρά με το καλώδιο τροφοδοσίας από τη γεννήτρια συχνοτήτων, για την οποία έχουμε επιλέξει τους τετραγωνικούς παλμούς στο πράθυρο ελέγχου στην οθόνη του PC. Επίσης συνδύουμε στα άκρα το πυκνωτή C στην αντίστοιχη είσοδο για το παλμογράφο. Προσοχή η γείωση του παλμογράφου πρέπει να συνδεθεί με τη γείωση της τάσης τροφοδοσίας της γεννήτριας συχνοτήτων.

2. Έχετε ανοίξει και παρακολουθείτε το **Video7PI** και έχετε μπροστά σας τον ΠΙΝΑΚΑ I για να πληκτρολογήσετε τις μετρήσεις που θα παρατηρήσετε στο παραπάνω Video. Γράψτε στον Πίνακα I την μέγιστη τιμή της τάσης V_{Cmax} από το αντίστοιχο εικονίδιο που εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή. Μέσα από το **Video7PI** θα πραγματοποιήσετε τα παρακάτω βήματα 3-6

3. Παρατηρήστε ότι η μορφή της $V_C(t)$ είναι αυτή που περιμένουμε. Βάζοντας το «κέρσορα» στην οθόνη του υπολογιστή-παλμογράφου για 15 περίπου διαφορετικούς χρόνους, καταγράψτε στο Πίνακα I τις τιμές του χρόνου (t) και της $V_C(t)$ που αναγράφεται στο στην οθόνη του υπολογιστή. Καταγράφετε περίπου τις **10 πρώτες τιμές** μέχρι περίπου το μέσον της χρονικής διάρκειας της $V_C(t)$ μέσα στο οποίο γίνεται η μεγαλύτερη μεταβολή της V_C και τις υπόλοιπες 5 περίπου μετρήσεις μέχρι να καταγράψετε και την τελευταία τιμή. Σαν πρώτες τιμές $t=t_0$ και $V_C(t_0)$ καταγράφετε ακριβώς την τελευταία κατώτατη τιμή όπου μετά από αυτή η τάση V_C αυξάνεται. Σα τελευταία τιμή της $V_C(t)$ καταγράφετε την τελευταία ανώτατη τιμή μετά την οποία η $V_C(t)$ ελαττώνεται και πάλι.

4. Κάνουμε τη Συνδεσμολογία Β που απεικονίζεται στο Σχήμα 2 της πειραματικής διάταξης στο αρχείο της ΑΣΚΗΣΗΣ 7 (για μελέτη) και συνδέουμε τα άκρα της αντίστασης R στην αντίστοιχη είσοδο του παλμογράφου. Προσοχή η γείωση του παλμογράφου πρέπει να συνδεθεί με τη γείωση της τάσης τροφοδοσίας.

5. Στο ίδιο πάντα **Video7PI** παρατηρούμε την $V_R(t)$ αν είναι αυτή που περιμένουμε. Βάζουμε τον «κέρσορα» στην οθόνη του υπολογιστή-παλμογράφου σε διαφορετικούς χρόνους, καταγράψτε στο ΠΙΝΑΚΑ I τις τιμές του χρόνου (t) και την αντίστοιχη τιμή του $V_R(t)$ που αναγράφονται στην οθόνη του υπολογιστή στο παραπάνω video. Καταγράφετε περίπου τις **10 πρώτες τιμές** μέχρι περίπου το μέσον της χρονικής διάρκειας της $V_R(t)$ μέσα στο οποίο γίνεται η μεγαλύτερη μεταβολή και τις υπόλοιπες 5 περίπου μετρήσεις μέχρι να καταγράψετε και την τελευταία τιμή. Σαν πρώτες τιμές $t=t_0$ και $V_R(t_0)$ καταγράφετε ακριβώς την τελευταία ανώτατη τιμή όπου μετά από αυτή η τάση V_R ελαττώνεται. Σαν τελευταία τιμή της $V_R(t)$ καταγράφετε την τελευταία περίπου μηδενική τιμή που εμφανίζεται στην οθόνη. Τέλος καταγράψτε στο επάνω μέρος του ΠΙΝΑΚΑ I την μέγιστη τιμή της V_R τάσης από το V_{max} που εμφανίζεται στην οθόνη του PC.

6. Στο τέλος μετράμε την αντίσταση R του κυκλώματος RC με τη βοήθεια του πολυμέτρου μέσω του **VideoR** και την καταγράφετε στο επάνω μέρος του ΠΙΝΑΚΑ I.

II. ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΟ-ΥΨΗΛΟΠΕΡΑΤΟ ΦΙΛΤΡΟ

7. Στα **Video7PIa** και **Video7PIb** κάνουμε πάλι τη συνδεσμολογία Α (βλέπε Σχήμα 1) του χαμηλοπερατού φίλτρου. Επιλέγουμε στην οθόνη του PC την επιλογή για ημιτονοειδή κυματομορφή στη γεννήτρια συχνοτήτων. Εισάγουμε την πρώτη τιμή της περιόδου T που αναγράφεται στον ΠΙΝΑΚΑ II στο αντίστοιχο εικονίδιο στην οθόνη του PC και καταγράψτε στον ΠΙΝΑΚΑ II τη μέγιστη τιμή V_{max} της V_C ή την V_{min} που εμφανίζεται στην οθόνη του PC όποια

θέλετε όμως μόνο πάντα μία από τις δύο θα γράψετε από τα **Video7PIIa** και **Video7PIIb**. Επαναλάβετε το ίδιο για όλες τις τιμές της T του ΠΙΝΑΚΑ II.

8. Στο Video7PIIc κάνουμε πάλι τη συνδεσμολογία B (βλέπε Σχήμα 1) του υπερπαρατονίου φίλτρου. Εισάγουμε τη πρώτη τιμή της περιόδου T που αναγράφονται στον ΠΙΝΑΚΑ II στο αντίστοιχο εικονίδιο στην οθόνη του PC και καταγράψετε στο ΠΙΝΑΚΑ II τη μέγιστη τιμή V_{max} ή την V_{min} της V_R που παρατηρείτε στην οθόνη του PC στο **Video7PIIc**. Επαναλάβετε το ίδιο για όλες τις τιμές της περιόδου T του ΠΙΝΑΚΑ II.

Γ3. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

I. ΦΟΡΤΙΣΗ-ΕΚΦΟΡΤΙΣΗ ΠΥΚΝΩΤΗ

1. Ακολουθείτε τις αναλυτικές οδηγίες που δίδονται στο **Video7AnalysisA** για την ανάλυση των δεδομένων με τη βοήθεια του προγράμματος Origin που έχετε ήδη εγκαταστήσει στο PC σας σύμφωνα με τις οδηγίες που σας δόθηκαν στην Άσκηση 6. Κάνετε τη γραφική παράσταση των πειραματικών τιμών V_C έναντι του χρόνου t από τον ΠΙΝΑΚΑ I.

2. Με τη βοήθεια του προγράμματος Origin και σύμφωνα με τις οδηγίες που θα βρείτε στο **Video7AnalysisA** να υπολογίσετε τη θεωρητική τιμή $V_C(t) = V_{Cmax}(1 - 2e^{-t/RC})$ δοκιμάζοντας διάφορες τιμές για τη σταθερά RC σε ms. Η βέλτιστη τιμή της RC είναι αυτή για την οποία οι θεωρητικές τιμές του V_C συμφωνούν καλύτερα με τις αντίστοιχες πειραματικές τιμές. Για το σκοπό αυτό θα κάνετε στο ίδιο διάγραμμα του Origin τη γραφική παράσταση των θεωρητικών και των πειραματικών τιμών $V_C(t)$ για σύγκριση. Την τιμή αυτή του RC την καταγράφετε στον ΠΙΝΑΚΑ I και τα αποτελέσματα των βέλτιστων θεωρητικών τιμών του $V_C(t)$ τα καταγράφετε στην αντίστοιχη στήλη του ΠΙΝΑΚΑ I.

3. Με βάση το χαρακτηριστικό χρόνο $t=RC$, που προσδιορίσαμε παραπάνω και την αντίσταση R που έχετε ήδη μετρήσει με τα πολύμετρο από το **Video7R**, υπολογίστε τη χωρητικότητα C του πυκνωτή σε μονάδες μF από τη σχέση: $C=(RC)/R$ σε μF . Κρατήστε τόσα σημαντικά ψηφία όσα και ο αριθμός με τα λιγότερα σημαντικά ψηφία. Αυτή είναι μια μέθοδος προσδιορισμού της χωρητικότητας C πυκνωτή.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

4. Σημειώστε επάνω στο Διάγραμμα 1 το χρόνο φόρτισης $t_{φορτ}=5RC$ από τη τιμή της RC που προσδιορίσατε παραπάνω. Παρατηρείστε ότι μέσα στο παραπάνω χρόνο $t_{φορτ}$ η V_C έχει πρακτικά φθάσει στην οριακή μέγιστη τιμή, ενώ η V_R έχει προσεγγίσει το 0.

5. Με τη βοήθεια του **VideoAnalysisC** να κάνετε τη γραφική παράσταση της τάσης $V_R(t)$ στο ίδιο διάγραμμα με τη $V_C(t)$ στο Origin. Να υπολογίσετε το ρεύμα από το $I=V_R/R$ σε μονάδες mA που διαρρέει το RC κύκλωμα και τις αυτές τιμές να τις γράψετε στον ΠΙΝΑΚΑ I.

6. Το διάγραμμα που περιέχει τις πειραματικές και τις θεωρητικές τιμές της $V_C(t)$ καθώς τις τιμές της $V_R(t)$ που κάνατε με το Origin να το κάνετε επικόλληση στην αναφορά σας παρακάτω αντικαθιστώντας το ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ1 (μιλιμετρέ χαρτί).

7. Παρατηρήστε στο ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ1 πως όταν η $V_C(t)$ έχει την κατώτατη (αρνητική) τιμή, η τάση $V_R(t)$ και επομένως και το ρεύμα $I=V_R(t)$ παίρνουν την μέγιστη (θετική) τιμή των. Εξηγήστε γιατί συμβαίνει αυτό.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

II. ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΟ-ΥΨΗΠΕΡΑΤΟ ΦΙΛΤΡΟ

8. Με τη βοήθεια του Origin και σύμφωνα με τις οδηγίες των **VideoAnalysisD, E και F** να υπολογίσετε τις σχετικές τιμές των τάσεων εξόδου του χαμηλοπερατού V_C/V_{C0} και του υψηλερατού φίλτρου V_R/V_{R0} και να τις καταγράψετε στον ΠΙΝΑΚΑ II. Αυτές τις σχετικές τιμές των τάσεων να τις κάνετε γραφική παράσταση στο Origin σε συνάρτηση της γωνιακής συχνότητας ω σε ημιλογαριθμικά διαγράμματα 2 και 3 αντίστοιχα. Η χρήση ημιλογαριθμικής κλίμακας επιβάλλεται όπως εξηγείται και στο σχετικό video για καλύτερη απεικόνιση των δεδομένων γιατί η συχνότητα μεταβάλλεται σε σχετικά μεγάλο εύρος τιμών μέσα σε δύο τάξεις μεγέθους από μικρές μέχρι αρκετά μεγαλύτερες τιμές.

Αυτά τα Διαγράμματα να τα κάνετε επικόλληση στην αναφορά σας παρακάτω αντικαθιστώντας τα Διαγράμματα 2 και 3.

9. Σημειώσατε στα Διαγράμματα 2 και 3 με κατακόρυφη γραμμή τη τιμή της RC που βρήκατε παραπάνω, ενώ η οριζόντια γραμμή που περιμένουμε να έχουν φθάσει οι τιμές των τάσεων εξόδου των 2 φίλτρων για $\omega_c=1/RC$ είναι στην τιμή 0.707. Αυτά θα είναι κοντά τα πειραματικά σημεία και η κατακόρυφη γραμμή στη συχνότητα $\omega=1/RC$ φανερώνει τη συχνότητα κατωφλίου.

10. Με βάση τη συχνότητα κατωφλίου να καταγράψτε τα τις περιοχές συχνοτήτων ω που αφήνουν να περάσουν ($V_{\text{output}}=\text{max}$) και τις συχνοτήτες που αποκόπτουν (εμποδίζουν) ($V_{\text{output}}\cong 0$) τα παραπάνω δύο φίλτρα.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

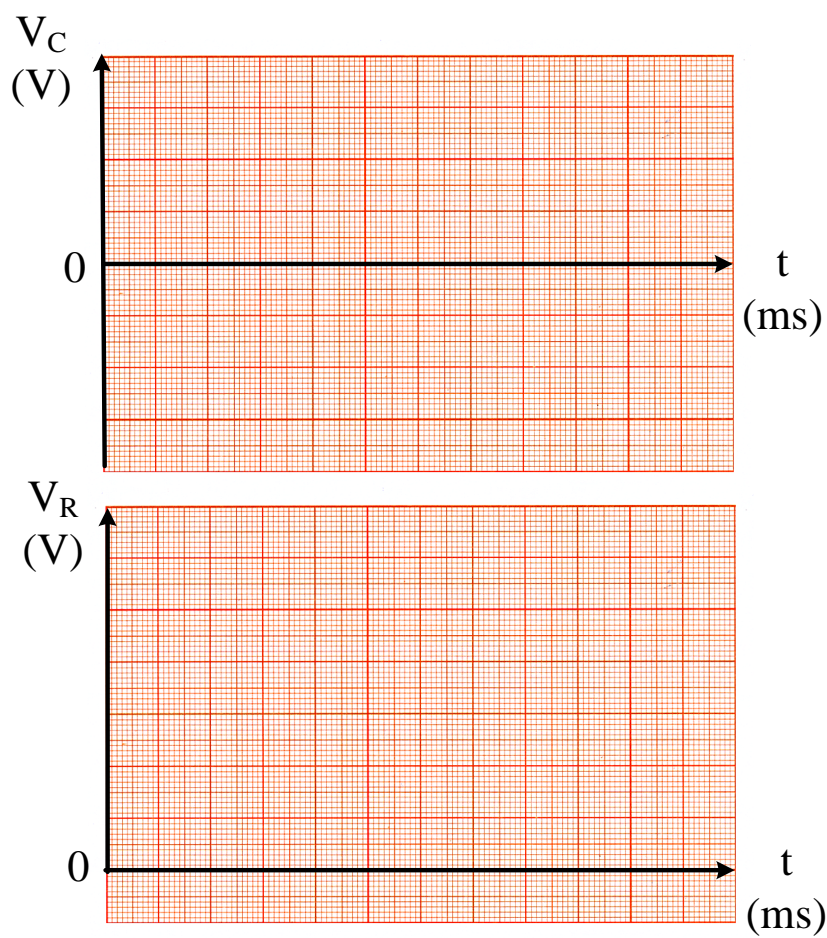
ΠΙΝΑΚΑΣ I $R= 103.6 \quad \Omega$ $t_{RC}=RC=\dots\dots\dots \text{ms}$

$t_0=\dots\dots\dots \text{ms}$ $V_{C\text{max}}=\dots\dots\dots \text{V}$ $t_0=\dots\dots\dots \text{ms}$ $V_{R\text{max}}=\dots\dots\dots \text{V}$

t (ms)	t=t-t ₀ (ms)	V _C (V)	V _C (t) = V _{min} (1-2e ^{-t/RC}) (V)	t (ms)	t=t-t ₀ (ms)	V _R (V)	I=V _R /R (mA)
9.89	-	-0.409		9.89	-	-0.017	
10.05	0.16	-0.348		10.05	0.16	0.325	

10.14	0.09	-0.270		10.18	0.13	0.294	
10.25	0.11	-0.181		10.29	0.11	0.269	
10.39	0.14	-0.084		10.32	0.03	0.264	
10.45	0.06	-0.040		10.34	0.02	0.259	
10.54	0.09	0.015		10.41	0.07	0.245	
10.63	0.09	0.065		10.45	0.04	0.236	
10.68	0.05	0.089		10.54	0.09	0.218	
10.86	0.18	0.175		10.59	0.05	0.210	
10.91	0.05	0.194		10.61	0.02	0.206	
10.93	0.02	0.203		10.66	0.05	0.198	
11.00	0.07	0.230		10.70	0.04	0.190	
11.11	0.11	0.271		10.73	0.03	0.186	
11.72	0.61	0.415		10.77	0.04	0.178	
11.88	0.16	0.436		10.84	0.07	0.168	

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ 1



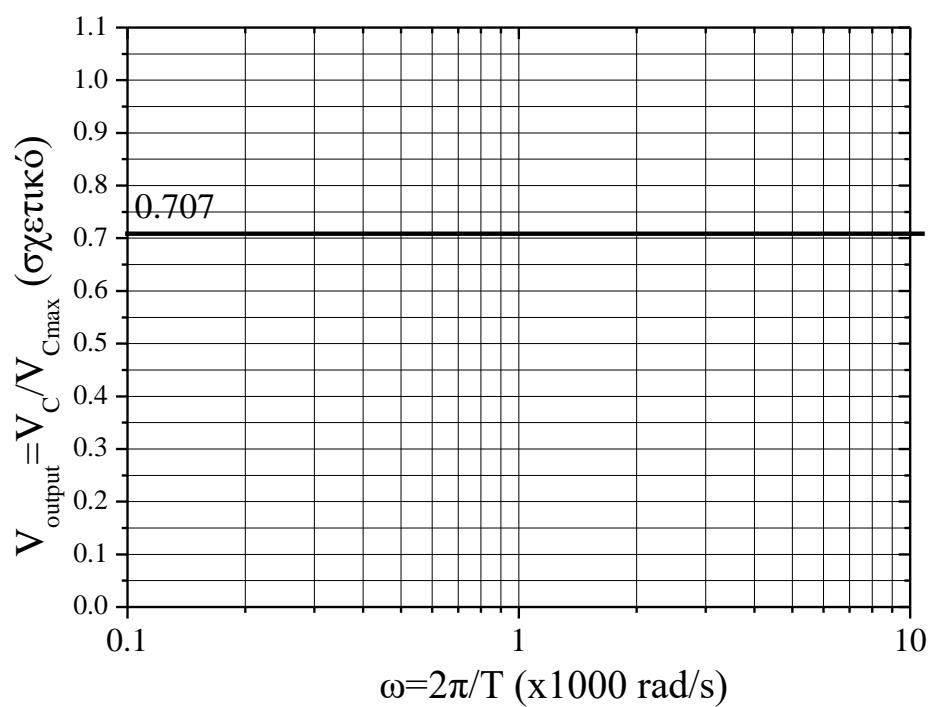
ΠΙΝΑΚΑΣ ΙΙ

T (ms)	$\nu=1/T$	$\omega=2\pi\nu$ $\times 1000(s^{-1})$	V_C (V) χαμηλοπερατό	V_C/V_{C0} χαμηλοπερατό	V_R (V) υψιπερατό	V_R/V_{R0} υψιπερατό
-------------------------	-----------------------------	---	--	---	---	--

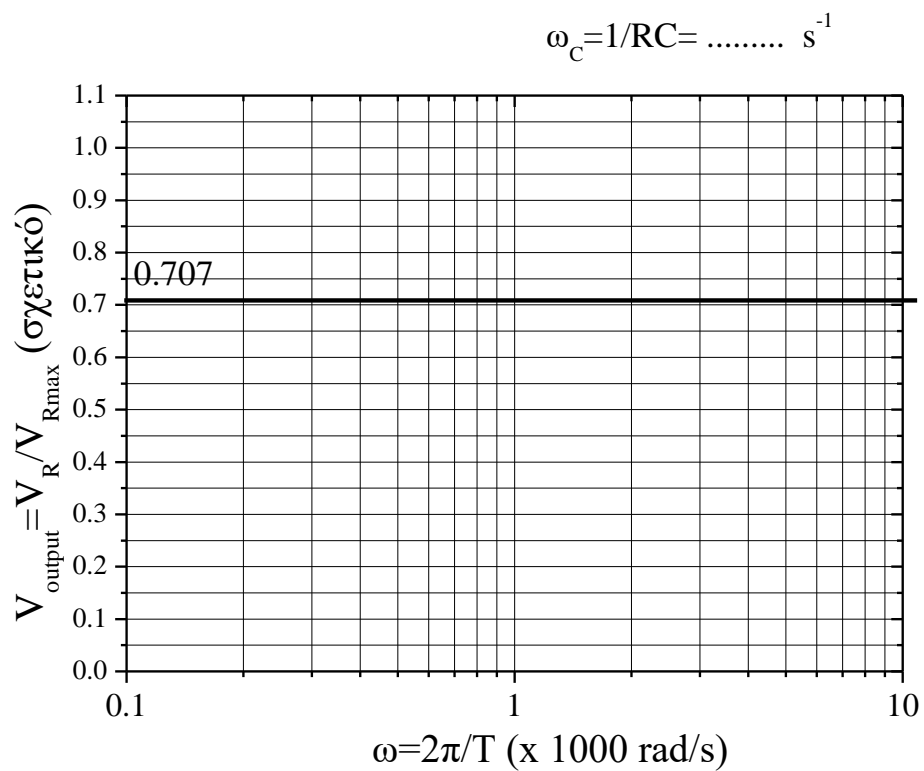
			φίλτρο	φίλτρο	φίλτρο	φίλτρο
30	33.3	0.209	0.516		-0.046	
23	43.48	0.273	0.511		0.059	
20	50.00	0.314	0.508		0.068	
15	66.67	0.419	0.499		0.088	
10	100.00	0.628	0.455		0.123	
8	125.00	0.785	0.442		0.147	
6	166.67	1.047	0.419		0.177	
4	250.00	1.571	0.342		0.214	
3	333.33	2.094	0.279		0.233	
2	500.00	3.1416	0.199		0.241	
1	1000.00	6.2832	0.102		0.243	

Διάγραμμα 2

$$\omega_c = 1/RC = \dots\dots\dots \text{ s}^{-1}$$



Διάγραμμα 3



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ (Αναφέρατε περιληπτικά τα σημαντικότερα συμπεράσματα που βγάλατε μετά την εκτέλεση της άσκησης σε σχέση με τους σκοπούς που τέθηκαν αρχικά).