

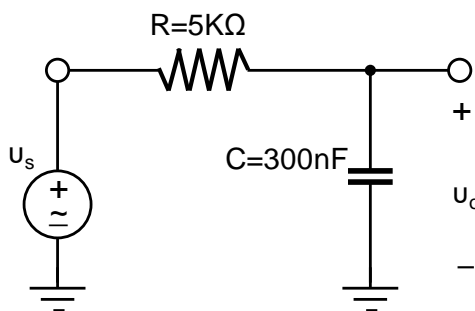
ΓΙΩΡΓΟΣ ΧΑΤΖΗΛΙΓΟΣ AM4835

4^η Άσκηση

4.1 ΧΑΜΗΛΟΠΕΡΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΟΝΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ

Στόχος: Η μελέτη ενός χαμηλοπερατού φίλτρου RC.

Υλοποίηση: Υλοποιήστε στο breadboard το κύκλωμα του Σχήματος 4.1. Χρησιμοποιήστε πυκνωτή $C=300\text{nF}$ και τη μεταβλητή αντίσταση (τρίμερ) των $10\text{K}\Omega$ για να υλοποιήσετε αντίσταση $R=5\text{K}\Omega$.



Σχήμα 4.1: Χαμηλοπερατό φίλτρο RC

Μετρήσεις:

Α) Δώστε στο κύκλωμα ημιτονικό σήμα u_s πλάτους $V_s=4\text{V}$ (DC-offset=0) από τη γεννήτρια σήματος. Μεταβάλλετε, σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί, τη συχνότητα f_s του σήματος από 10Hz έως 5KHz και μετρήστε (με τον παλμογράφο) το πλάτος V_o του σήματος εξόδου u_o και τη χρονική απόκλιση Δt των σημάτων u_s και u_o . Με βάση τις μετρήσεις, υπολογίστε την απολαβή πλάτους $20\log_{10}(V_o/V_s)$ (σε dB) και τη διαφορά φάσης ϕ_{deg} ανάμεσα στο σήμα εισόδου και το σήμα εξόδου. Όπου T_s και ω_s η περίοδος και η γωνιακή συχνότητα του σήματος εισόδου αντίστοιχα.

f_s (Hz)	10	20	50	100	200	500	1K	2K	5K
$\omega_s = 2\pi f_s$ (rad/sec)	62,8	125,7	314,2	628,3	1256,6	3141,5	6283,0	12566	31415
$T_s = 1/f_s$ (sec)	100m	50m	20m	10m	5m	2m	1m	0,5m	0,2m



Δt(s)	-1.487m	-1.485m	-1.401m	-1.2001m	-862.98u	-432.09u	-241.69u	-152.64u	-65.036
*φ_{deg}	-5.32	-10.6	-25.12	-43.17	-62.07	-77.5	-88.31	-109.38	-117.14
V_o (V)	4	3.9308	3.6197	2.9208	1.864	818m	449.7m	238.78 3m	143.808m
20log₁₀(V_o/V_s)(db)	0	-0.153db	-0.867db	-2.733db	-6.632db	-13.78db	-18.99db	-24.48db	-28.88db

*Ισχύει:

$$\phi_{\text{rad}} = 2\pi \times \frac{\Delta t}{T_s} \Rightarrow \phi_{\text{deg}} = 2\pi \times \frac{\Delta t}{T_s} \times 57,295$$

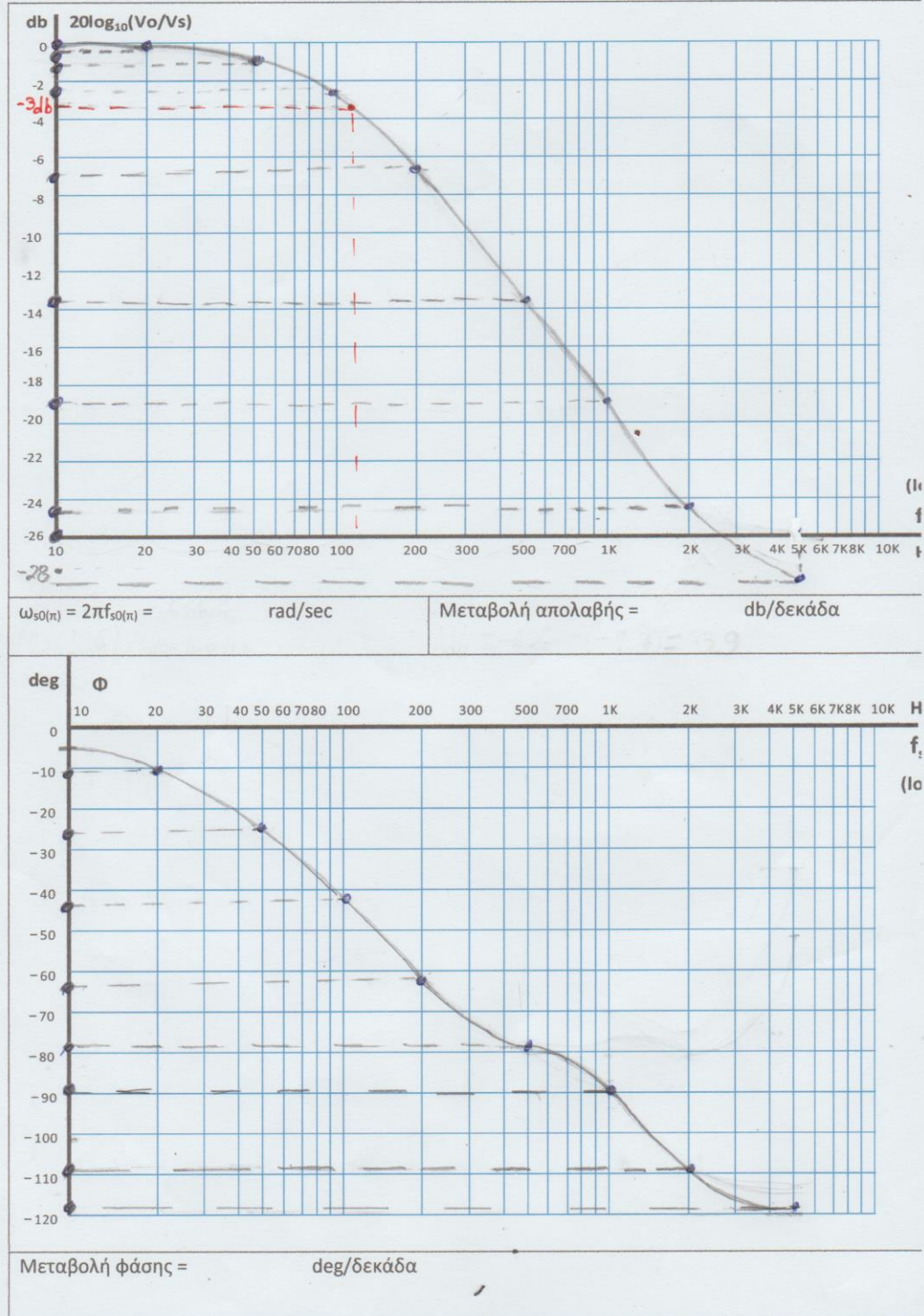
Β) Με βάση τις μετρήσεις σας, σχεδιάστε στους άξονες που ακολουθούν τα διαγράμματα της απολαβής πλάτους $20\log_{10}(V_o/V_s)$ (σε db) και της φάσης ϕ_{deg} , ως συνάρτηση της συχνότητας f_s . Ακολουθώντας: 1) Από το γράφημα της απολαβής πλάτους εκτιμήστε τη συχνότητα γονάτου $\omega_{s0} = 2\pi f_{s0}$ του δικτύωματος (στη συχνότητα γονάτου η απολαβή είναι -3db σε σχέση με την τιμή στο DC). 2) Από το ίδιο γράφημα εκτιμήστε το ρυθμό μεταβολής της απολαβής στη ζώνη αποκοπής (σε db/δεκάδα). 3) Από το γράφημα της φάσης εκτιμήστε το ρυθμό μεταβολής της φάσης στην περιοχή της συχνότητας γονάτου

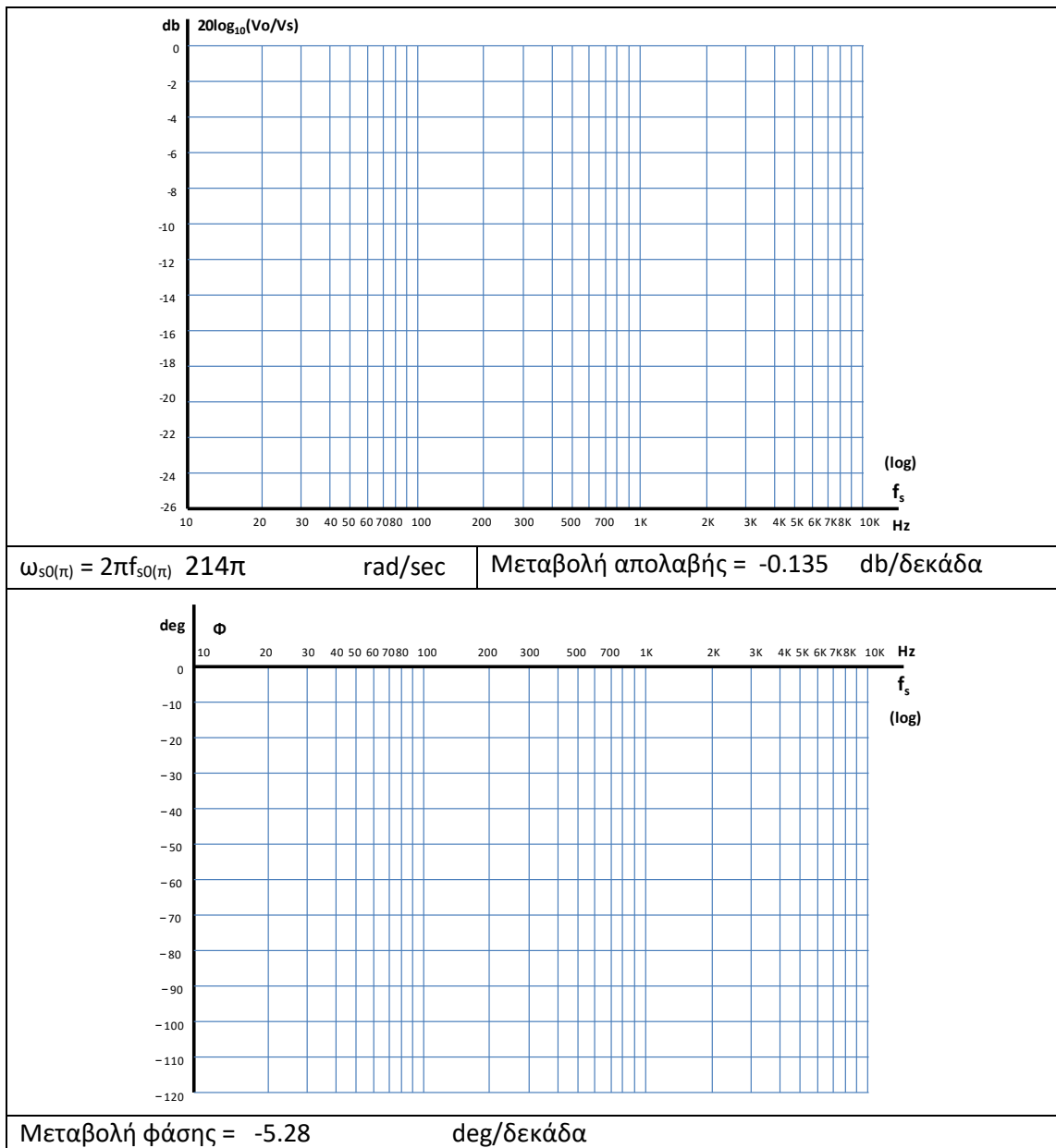


(σε

deg/δεκάδα).

1^ο Φίλτρο Χαμηλοπερατό





Γ) Υπολογίστε τη σταθερά χρόνου τ του δικτυώματος και ακολούθως τη γωνιακή συχνότητα γονάτου $\omega_{s0(u)}$ ($\omega_{s0(u)}=1/\tau$). Συγκρίνετε την τιμή της γωνιακής συχνότητας γονάτου που υπολογίσατε με την τιμή που μετρήσατε πειραματικά. Είναι σε συμφωνία οι δύο τιμές;

$\tau = R \times C = 1.5\text{ms}$	$\omega_{s0(u)} = 666.6\text{deg/sec}$	Σε συμφωνία $\omega_{s0(\pi)}$ και $\omega_{s0(u)}$; Ναι
------------------------------------	--	---



1η

(1η) $T = 100 \text{ ms}$ $f_s = 10 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{-1.481 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = 2.974 \cdot 57.295 \pi = -5.32$$

απολαβή: $V_s = 4\text{V}$ $20 \log\left(\frac{4}{4}\right) = 0 \text{ dB}$

(2η) $T = 50 \text{ ms}$ $f_s = 20 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = -0.059 \pi \cdot 57.295 = 3.393 \pi = -10.6$$

απολαβή $20 \log\left(\frac{3.393}{4}\right) = 20(-7.667) = -153.34 \text{ dB}$
 $= -0.153 \text{ dB}$

(3η) $T = 20 \text{ ms}$ $f_s = 80 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{-1.401 \cdot 10^{-3}}{20 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = 8.027 \pi = -25.12$$

Απολαβή
 $20 \log\left(\frac{3.6197}{4}\right) = -0.867 \text{ dB}$

(4η) $T_s = 10 \text{ ms}$ $f_s = 100 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{-1.2001 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = 13.75 \pi = -43.17$$

$20 \log\left(\frac{2.9208}{4}\right) = -2.733 \text{ dB}$



5^η $T_s = 5 \text{ ms}$ $f_s = 200 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{-862.98 \mu}{5 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = 19.777 \pi = -62.07^\circ$$

αποδοχή

$$20 \log \left(\frac{1.864}{4} \right) = -6.63228$$

6^η $T_s = 2 \text{ ms}$ $f_s = 500 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{-432.09 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = 24.75 \pi = -77.5^\circ$$

αποδοχή $20 \log \left(\frac{818 \cdot 10^{-3}}{4} \right) = -13.786 \text{ dB}$

7^η $T_s = 1 \text{ ms}$ $f_s = 1000 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{-241.69 \mu}{1 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = -87.6^\circ$$

αποδοχή: $20 \log \left(\frac{449.7 \cdot 10^{-3}}{4} \right) = -18.99 \text{ dB}$

8^η $T_s = 0.5 \text{ ms}$ $f_s = 2000 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{(-152.64 \cdot 10^{-3})}{0.5 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = -109.38^\circ$$

αποδοχή: $20 \log \left(\frac{238.783 \cdot 10^{-3}}{4} \right) = -24.48 \text{ dB}$

9^η $T_s = 0.2 \text{ ms}$ $f_s = 5 \text{ K}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{(-65.063 \cdot 10^{-3})}{0.2 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = -117.14^\circ$$

αποδοχή: $20 \log \left(\frac{43.808 \text{ m}}{4} \right) = -28.88 \text{ dB}$

• $H \omega_{\text{sq}}(s) = 2\pi \cdot 107 = 214\pi$. Διαι, η συχνότητα γωνίας σε -3db είναι $100 < f < 115$

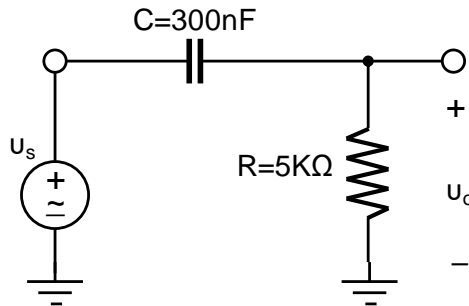
- μεταβολή αποδοχής είναι για $f_1 = 10 \text{ Hz}$, $f_2 = 20 \text{ Hz}$: $\Delta T(s) = -0.153 - 0 = -0.153 \text{ dB/ds}$
- μεταβολή φάσης είναι για $f_1 = 10 \text{ Hz}$, $f_2 = 20 \text{ Hz}$: $\Delta \phi(s) = -10.6 - (-5.32) = -5.28$

$\tau = R \cdot C = 300 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 1.5 \text{ msec}$ $\omega = 1/\tau = 666.6 \text{ deg/sec}$.Αρα το $\omega(\pi)$ σχεδόν ίσο με το $\omega(u)$ επομένως είναι σε συμφωνία

4.2 ΥΨΗΠΕΡΑΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΜΟΝΗΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ ΧΡΟΝΟΥ

Στόχος: Η μελέτη ενός υψηπερατού φίλτρου RC.

Υλοποίηση: Υλοποιήστε στο breadboard το κύκλωμα του Σχήματος 4.2. Χρησιμοποιήστε πυκνωτή $C=300\text{nF}$ και τη μεταβλητή αντίσταση (τρίμερ) των $10\text{K}\Omega$ για να υλοποιήσετε αντίσταση $R=5\text{K}\Omega$.



Σχήμα 4.2: Υψηπερατό φίλτρο RC

Μετρήσεις:

Α) Δώστε στο κύκλωμα ημιτονικό σήμα u_s πλάτους $V_s=4\text{V}$ (DC-offset=0) από τη γεννήτρια σήματος. Μεταβάλλετε, σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί, τη συχνότητα f_s του σήματος από 10Hz έως 5KHz και μετρήστε (με τον παλμογράφο) το πλάτος V_o του σήματος εξόδου u_o και τη χρονική απόκλιση Δt των σημάτων u_s και u_o . Με βάση τις μετρήσεις, υπολογίστε την απολαβή πλάτους $20\log_{10}(V_o/V_s)$ (σε db) και τη διαφορά φάσης ϕ_{deg} ανάμεσα στο σήμα εισόδου και το σήμα εξόδου. Όπου T_s και ω_s η περίοδος και η γωνιακή συχνότητα του σήματος εισόδου αντίστοιχα.

f_s (Hz)	10	20	50	100	200	500	1K	2K	5K
$\omega_s = 2\pi f_s$ (rad/sec)	62,8	125,7	314,2	628,3	1256,6	3141,5	6283,0	12566	31415
$T_s = 1/f_s$ (sec)	100m	50m	20m	10m	5m	2m	1m	0,5m	0,2m
$\Delta t(\text{sec})$	26.430m	11.02m	3.59m	1.29m	388.18μ	66.6μ	16.69μ	4.19μ	237.6μ
* ϕ_{deg}	95.07	80.08	64.36	46.6	28.2	11.96	5.99	3.02	0.408
V_o (V)	419.03m	740.91m	1.698	2.73	3.53	3.82	3.91	3.98	3.99
$20\log_{10}(V_o/V_s)(\text{db})$	-19.576	-14.65	-7.432	-3.31	-1.06	-0.44	0.069	0.025	0.0028

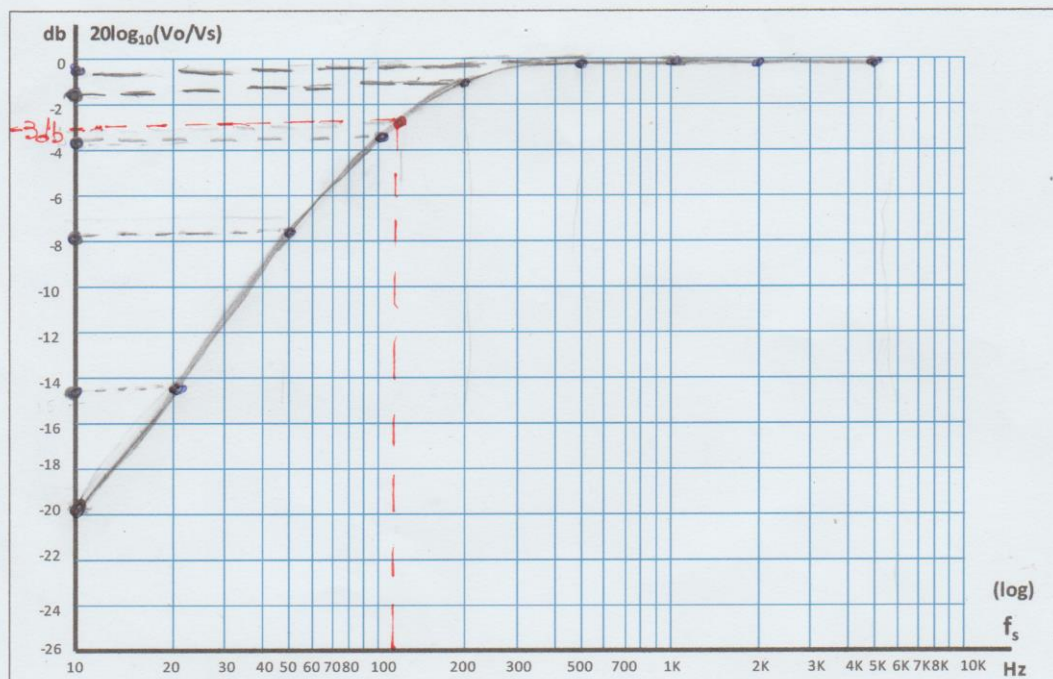
*Ισχύει:

$$\phi_{\text{rad}} = 2\pi \times \frac{\Delta t}{T_s} \Rightarrow \phi_{\text{deg}} = 2\pi \times \frac{\Delta t}{T_s} \times 57,295$$

Β) Με βάση τις μετρήσεις σας, σχεδιάστε στους άξονες που ακολουθούν τα διαγράμματα της απολαβής πλάτους $20\log_{10}(V_o/V_s)$ (σε db) και της φάσης ϕ_{deg} , ως συνάρτηση της συχνότητας f_s . Ακολούθως: 1) Από το γράφημα της απολαβής πλάτους εκτιμήστε τη συχνότητα γονάτου $\omega_{s0} = 2\pi f_{s0}$ του δικτυώματος (στη συχνότητα γονάτου η απολαβή είναι -3db σε σχέση με την τιμή στις υψηλές συχνότητες). 2) Από το ίδιο γράφημα εκτιμήστε το ρυθμό μεταβολής της απολαβής στη ζώνη αποκοπής (σε db/δεκάδα). 3) Από το γράφημα της φάσης εκτιμήστε το ρυθμό μεταβολής της φάσης στην περιοχή της συχνότητας γονάτου (σε deg/δεκάδα).

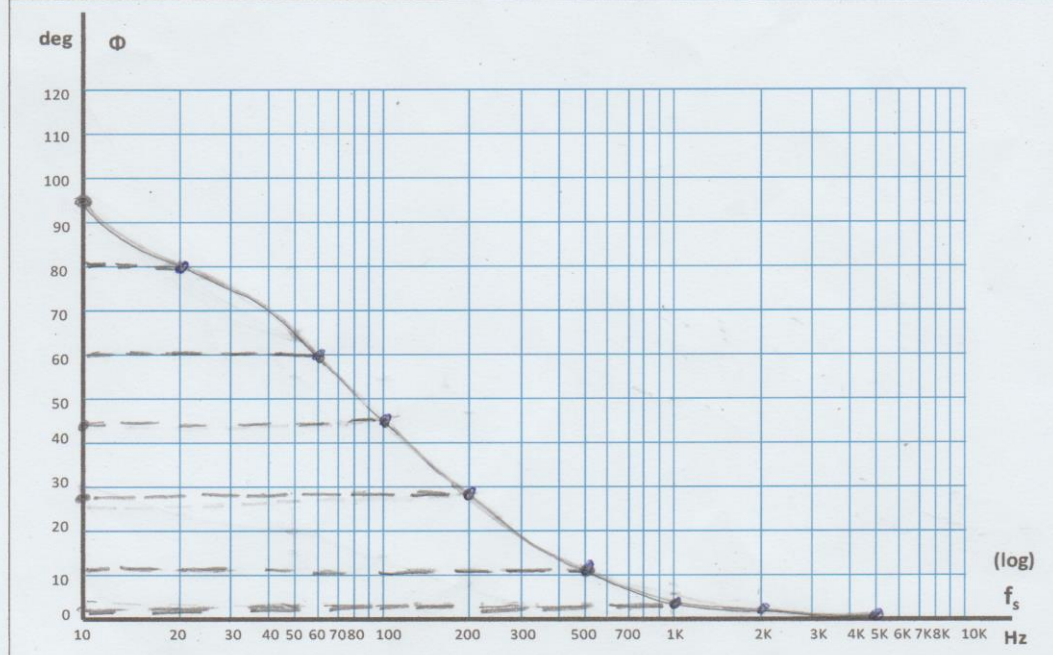


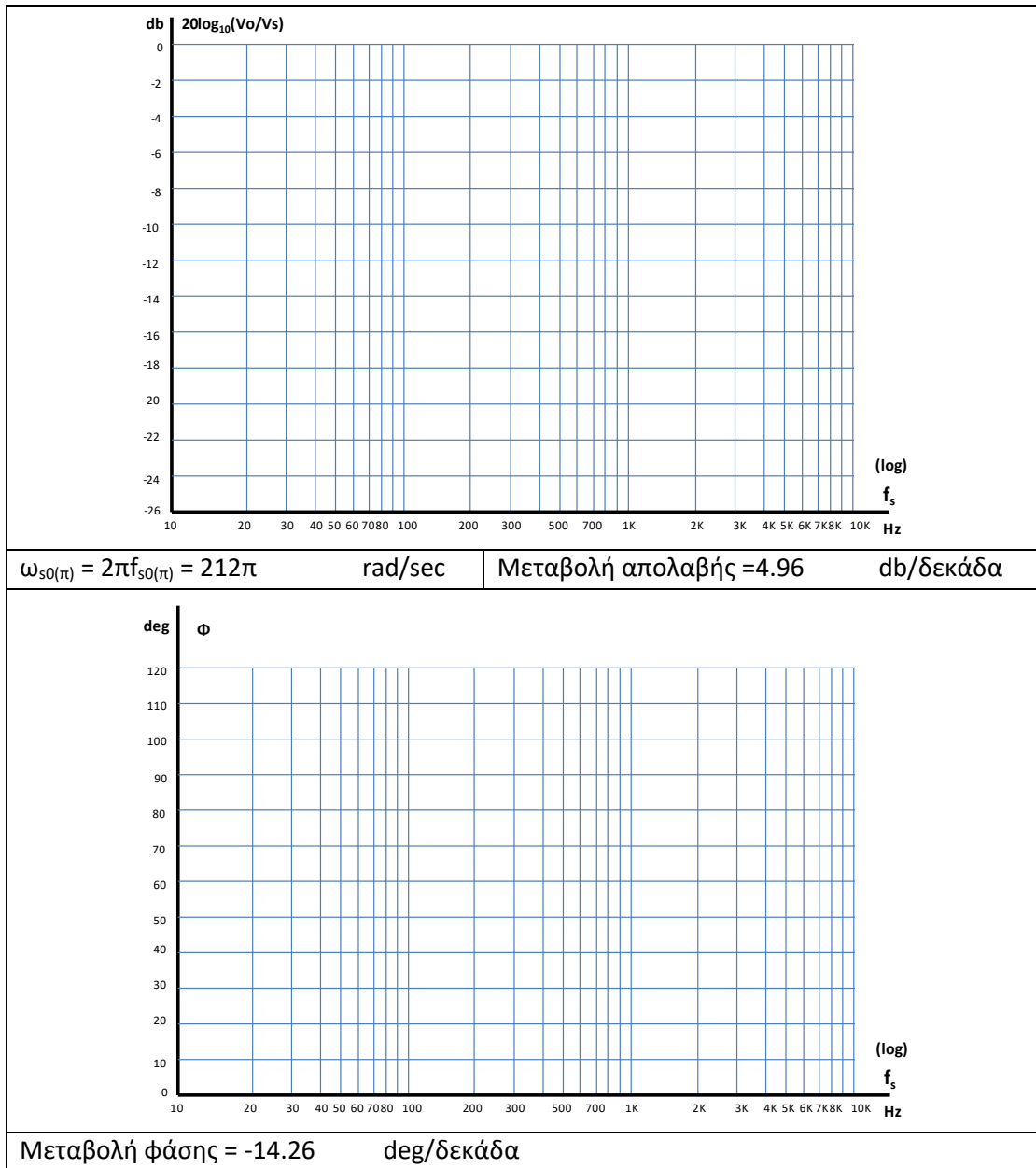
2ο Φίλτρο Υψηλε-pass



$\omega_{s0(n)} = 2\pi f_{s0(n)} =$ rad/sec

Μεταβολή απολαβής = db/δεκάδα





Γ) Υπολογίστε τη σταθερά χρόνου τ του δικτύωματος και ακολούθως τη γωνιακή συχνότητα γονάτου $\omega_{s0(u)}$ ($\omega_{s0(u)} = 1/\tau$). Συγκρίνετε την τιμή της γωνιακής συχνότητας γονάτου που υπολογίσατε με την τιμή που μετρήσατε πειραματικά. Είναι σε συμφωνία οι δύο τιμές;

$\tau = R \times C = 1.5\text{ms}$	$\omega_{s0(u)} = 666.6\text{deg/s}$	Σε συμφωνία $\omega_{s0(\pi)}$ και $\omega_{s0(u)}$; Ναι
------------------------------------	--------------------------------------	---



2^α

NO:
Date:

1^η $f = 10 \text{ kHz}$ $T_s = 100 \text{ ms}$
 $V_0 = 419.032 \text{ mV}$ αποδοχή: $20 \log \left(\frac{419.032 \cdot 10^{-3}}{4} \right) = -19.596$

$$\Delta t = -26.430 \text{ ms}$$

$$\phi_{\text{deg}} = \phi_{\text{rad}} \cdot 57.295 = \frac{2\pi \cdot 26.430 \text{ m}}{100 \text{ m}} \cdot 57.295 = 30.28 \pi = 95.07$$

2^η $f = 20 \text{ kHz}$ $T_s = 50 \text{ ms}$

$$\phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{11.029 \cdot 10^{-3}}{50 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = 25.76 \pi = 80.8$$

αποδοχή: $20 \log \left(\frac{740.910 \cdot 10^{-3}}{4} \right) = -14.65 \text{ dB}$

3^η $f = 50 \text{ kHz}$ $T = 20 \text{ ms}$

$$\phi_{\text{deg}} = \frac{2\pi \cdot (3.5961 \cdot 10^{-3})}{20 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = 20.56 \pi = 64.36$$

αποδοχή: $20 \log \left(\frac{1.6987}{4} \right) = -7.432 \text{ dB}$

4^η

$$T = 10 \text{ ms} \quad f_s = 100 \text{ kHz}$$

$$\phi_{\text{deg}} = 2\pi \left(\frac{3.298 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot 57.295 = 14.86 \pi = 46.66$$

αποδοχή: $20 \log \left(\frac{2.743}{4} \right) = -3.31 \text{ dB}$



Date:

5η $T_s = 5 \text{ ms}$ $f_s = 200 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{(388.187 \cdot 10^{-6})}{5 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = 28.39\pi$$

$$= 28.2$$

$$\text{απολαβή: } 20 \log \left(\frac{3.5323}{4} \right) = -1.0611 \text{ db}$$

6η $T_s = 2 \text{ ms}$ $f_s = 500 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{(-65.65 \cdot 10^{-6})}{2 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = -3.81\pi$$

$$= 11.96$$

$$\text{απολαβή: } 20 \log \left(\frac{3.39}{4} \right) = -0.445 \text{ db}$$

7η

$T_s = 1 \text{ ms}$ $f_s = 1000 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{(16.69 \cdot 10^{-6})}{10^{-3}} \cdot 57.295 = 1.91\pi$$

$$= 5.997$$

$$\text{απολαβή: } 20 \log \left(\frac{3.91}{4} \right) = -0.065 \text{ db}$$

8η $T_s = 0.5 \text{ ms}$ $f_s = 2000 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{(4.19 \cdot 10^{-6})}{0.5 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = 0.962\pi$$

$$= 3.02$$

$$\text{απολαβή: } 20 \log \left(\frac{3.9035}{4} \right) = -0.021 \text{ db}$$

9η $T_s = 0.2 \text{ ms}$ $f_s = 5000 \text{ Hz}$

$$\Phi_{\text{deg}} = 2\pi \frac{\Delta t}{T_s} \cdot 57.295 = 2\pi \frac{237.67 \cdot 10^{-9}}{0.2 \cdot 10^{-3}} \cdot 57.295 = 0.13\pi$$

$$= 0.408$$

$$\text{απολαβή: } 20 \log \left(\frac{3.998}{4} \right) = -0.0028 \text{ db}$$

- $\omega_{50} = 2\pi f = 106 \cdot 2\pi = 912\pi \text{ rad/sec}$ διότι η συχνότητα γράφεται είναι $100 \leq f \leq 110$
- Για $f = 10 \text{ Hz}$ και $f = 20 \text{ Hz}$ $\Delta T(f) = -14.65 - (-19.59) = 4.94 \text{ db/sec}$
- Για $f = 10 \text{ Hz}$ και $f = 20 \text{ Hz}$ $\Delta \phi = 80.3 - (95.06) = -14.26 \text{ deg/sec}$
- Για $\tau = 300 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^3 = 1.5 \text{ msec}$ $\omega_{50}(\omega) = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{1.5 \cdot 10^{-3}} = 666.6 \text{ deg/s}$

$\tau = R \cdot C = 300 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 1.5 \text{ msec}$ $\omega = 1/\tau = 666.6 \text{ deg/sec}$. Άρα το $\omega(\pi)$ σχεδόν ίσο με το $\omega(\omega)$ επομένως είναι σε συμφωνία

