

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ
ΕΝΕΡΓΩΝ ΦΙΛΤΡΩΝ

ΕΡΓΑΣΙΑ #4

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΘΕΟΧΑΡΗΣ Ι.

7^ο ΕΞΑΜΗΝΟ

Όνομα : Παρδάλη Χριστίνα

A.E.M. : 9039

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2020

Περιεχόμενα

| | |
|---|----|
| Σχεδίαση Ανωδιαβατού φίλτρου | 3 |
| Α. Αναλυτική Σχεδίαση του Φίλτρου | 3 |
| • Υπολογισμός της Συνάρτησης Μεταφοράς | 3 |
| • Υλοποίηση της Συνάρτησης Μεταφοράς..... | 5 |
| • Ρύθμιση Κέρδους..... | 5 |
| Β. Μελέτη της Συνάρτησης Μεταφοράς στο MATLAB..... | 7 |
| Γ. Υλοποίηση του Κυκλώματος του Φίλτρου στο MULTISIM..... | 11 |

ΣΥΝΘΕΣΗ ΕΝΕΡΓΩΝ ΚΑΙ ΠΑΘΗΤΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΜΑΤΩΝ

Εργασία #4 : Σχεδίαση Ανωδιαβατών φίλτρων

ΑΝΩΔΙΑΒΑΤΟ ΦΙΛΤΡΟ CHEBYSHEV

Να σχεδιασθεί ένα ανωδιαβατό φίλτρο Chebyshev το οποίο να πληροί τις παρακάτω προδιαγραφές συχνότητας και απόσβεσης :

$$f_p = 3\text{kHz} \quad f_s = 1.6667\text{kHz} ,$$

$$\mu=0$$

και

$$a_{\max} = 0.75 \text{ dB} , \quad a_{\min} = 26.33 \text{ dB} .$$

A. Αναλυτική Σχεδίαση του Φίλτρου

• Υπολογισμός της Συνάρτησης Μεταφοράς

Αρχικά, μετασχηματίζουμε τις συχνότητες f_p και f_s στις αντίστοιχες κυκλικές:

$$\omega_p = 2\pi f_p = 18850 \text{ rad/sec}$$

$$\omega_s = 2\pi f_s = 10472 \text{ rad/sec}$$

Μετασχηματίζουμε τις προδιαγραφές του ανωδιαβατού φίλτρου χρησιμοποιώντας τον αντίστροφο μετασχηματισμό $HP \rightarrow LP$ και έτσι καταλήγουμε στις προδιαγραφές του κατωδιαβατού πρωτότυπου φίλτρου. Υπολογίζουμε λοιπόν:

$$\Omega_p = 1 \quad \text{και} \quad \Omega_s = \frac{\omega_p}{\omega_s} = 1.8$$

Στο πλαίσιο της διαδικασίας σχεδίασης θα πρέπει να υπολογίσουμε την τάξη του φίλτρου που απαιτείται. Για να γίνει αυτό θα χρησιμοποιήσουμε τον παρακάτω τύπο :

$$n = \frac{\cosh^{-1} [(10^{amin/10}-1)-(10^{amax/10}-1)]^{1/2}}{\cosh^{-1}(\Omega_s)} = 3.8208$$

Επειδή το n που προέκυψε δεν είναι μια ακέραια τιμή αλλά μια δεκαδική θα πρέπει να στρογγυλοποιηθεί στην αμέσως μεγαλύτερη ακέραια. Δηλαδή ,

$$\underline{n = 4}$$

Θα υπολογίσουμε τώρα την συχνότητα ημίσειας ισχύος Ω_{hp} από τον τύπο:

$$\Omega_{hp} = \cosh\left\{\frac{1}{n} \cdot \cosh^{-1}\left(10^{\left(\frac{amax}{10}\right)} - 1\right)^{(-1/2)}\right\} = 1.0689$$

Υπολογίζουμε επίσης τις σταθερές ε και α ως εξής:

$$\varepsilon = (10^{\frac{amax}{10}} - 1)^{1/2} = 0.4342 \text{ και } \alpha = \frac{1}{n} \cdot \sinh^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) = 0.3929$$

Σύμφωνα με τις σημειώσεις του μαθήματος επειδή η τάξη του φίλτρου είναι n=4 οι γωνίες Butterworth είναι $\psi_k = \pm 22.5^\circ, \pm 67.5^\circ$.

Οι πόλοι του φίλτρου Chebyshev προκύπτουν από τους παρακάτω τύπους σύμφωνα με τις σημειώσεις του μαθήματος στο κεφάλαιο 9:

$$p_k = -\sinh(a) \cdot \cos(\psi_k) \pm j \cosh(a) \cdot \sin(\psi_k)$$

Με αντικατάσταση των τιμών προκύπτει ότι οι πόλοι του συστήματος είναι:

$$p_{1,2} = -0.3724 \pm 0.4126j$$

$$p_{3,4} = -0.1543 \pm 0.9961j$$

Από τους πόλους προκύπτει ότι :

$$\Omega_{o1,2} = \sqrt{(real(p_{1,2}))^{1/2} + (imag(p_{1,2}))^{1/2}} = 0.5558$$

$$\Omega_{o3,4} = \sqrt{(real(p_{3,4}))^{1/2} + (imag(p_{3,4}))^{1/2}} = 1.008$$

Υπολογίζουμε τώρα τα Q των πόλων:

$$Q_{1,2} = \frac{\Omega_{o1,2}}{2 \cdot |real(p_{1,2})|} = 0.7463$$

$$Q_{3,4} = \frac{\Omega_{o3,4}}{2 \cdot |real(p_{3,4})|} = 3.2673$$

| ψ_k | Q | p_k |
|------------------|--------|-----------------------|
| $\pm 22.5^\circ$ | 0.7463 | $-0.3724 \pm 0.4126j$ |
| $\pm 67.5^\circ$ | 3.2673 | $-0.1543 \pm 0.9961j$ |

Στη συνέχεια, πραγματοποιώ αντιστροφή των πόλων έτσι ώστε να αποκτήσουμε τα στοιχεία του ανωδιαβατού φίλτρου όπως ορίζει η θεωρία.

Η συχνότητα ημίσειας ισχύος του ανωδιαβατού φίλτρου είναι:

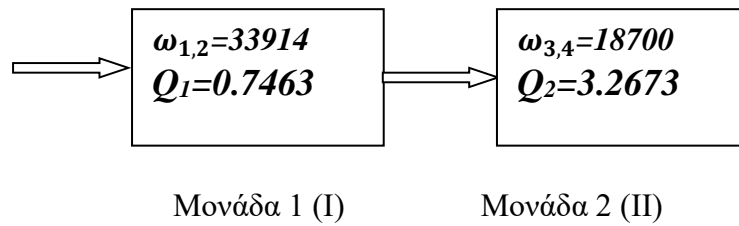
$$\omega_{hp} = \frac{\omega_p}{\Omega_{hp}} = 17634$$

Οι πόλοι του ανωδιαβατού φίλτρου είναι:

$$\omega_{1,2} = \frac{\omega_p}{\Omega_{o1,2}} = 33914$$

$$\omega_{3,4} = \frac{\omega_p}{\Omega_{o3,4}} = 18700$$

Επομένως, η συνάρτηση μεταφοράς που θα υλοποιηθεί θα αποτελείται από δύο μονάδες οι οποίες και φαίνονται παρακάτω σε διαγραμματική μορφή:



•Υλοποίηση της Συνάρτησης Μεταφοράς

Θα θεωρήσουμε προσωρινά $\omega_0=1\text{rad/s}$ και θα υλοποιήσουμε τις κανονικοποιημένες μονάδες. Στην συνέχεια θα κάνουμε κλιμακοποίηση έτσι ώστε στο τέλος να υπολογίσουμε τις τιμές των πραγματικών στοιχείων.

Για την υλοποίηση των μονάδων 1(I) και 2(II) χρησιμοποιούμε το ανωδιαβατό φίλτρο Sallen-Key σύμφωνα με την στρατηγική σχεδίασης (1).

ΜΟΝΑΔΑ 1 (I)

Η μονάδα αυτή θα υλοποιηθεί με ανωδιαβατό φίλτρο Sallen-Key. Σύμφωνα με την στρατηγική (1) ισχύουν οι εξής σχέσεις:

$$R_{11}=R_{12}=1$$

$$C_{11}=C_{12}=1$$

$$r_{11}=1$$

$$r_{12}=2-(1/Q_{1,2})=0.66$$

$$k_1=3-(1/Q_{1,2})=1.66$$

Κλιμακοποίηση μονάδας 1 (I)

Εφόσον $\omega_{1,2} = 33914 \text{ rad/s}$ επιλέγουμε $k_{f1} = \omega_{1,2} = 33914 \text{ rad/s}$. Επιπλέον, με βάση την εκφώνηση θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας πυκνωτής με χωρητικότητα $C_n = 0.01\mu\text{F}$.

Με βάση τους τύπους κλιμακοποίησης έχουμε:

$$C_{11new}=C_{12new}=0.01\mu\text{F}$$

$$k_{m1}=C_{11}/(C_{11new} \cdot k_{f1})=2948.6$$

$$R_{11new}=R_{11} \cdot k_{m1}=2948.6\Omega$$

$$R_{12new}=R_{12} \cdot k_{m1}=2948.6\Omega$$

$$r_{11new}=r_{11} \cdot k_{m1}=2948.6\Omega$$

$$r_{12new}=r_{12} \cdot k_{m1}=1946\Omega$$

ΜΟΝΑΔΑ 2 (II)

Η μονάδα αυτή θα υλοποιηθεί με ανωδιαβατό φίλτρο Sallen-Key. Σύμφωνα με την στρατηγική (1) ισχύουν οι εξής σχέσεις:

$$R_{21}=R_{22}=1$$

$$C_{21}=C_{22}=1$$

$$r_{21}=1$$

$$r_{22}=2-(1/Q_{3,4})=1.6939$$

$$k_2=3-(1/Q_{3,4})=2.6939$$

Κλιμακοποίηση μονάδας 2 (II)

Εφόσον $\omega_0 = 18700\text{rad/s}$ επιλέγουμε $k_{f1} = \omega_{1,2} = 18700\text{rad/s}$. Επιπλέον, με βάση την εκφώνηση θα πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον ένας πυκνωτής με χωρητικότητα $C_n = 0.01\mu\text{F}$.

Με βάση τους τύπους κλιμακοποίησης έχουμε:

$$C_{21new}=C_{22new}=0.01\mu\text{F}$$

$$k_{m2}=C_{21}/(C_{21new} \cdot k_{f2})=5347.5$$

$$R_{21new}=R_{21} \cdot k_{m2}=5347.5\Omega$$

$$R_{22new}=R_{22} \cdot k_{m2}=5347.5\Omega$$

$$r_{21new}=r_{21} \cdot k_{m2}=5347.5\Omega$$

$$r_{22new}=r_{22} \cdot k_{m2}=9058.4\Omega$$

• Ρύθμιση Κέρδους

Σκοπός μας είναι να ρυθμίσουμε το κέρδος ώστε το συνολικό κέρδος του φίλτρου να είναι 10dB. Οι δύο μονάδες που υλοποιήσαμε έχουν συνολικό κέρδος $k_{total}= k_1 \cdot k_2 = 4.4719$

Προκειμένου να φτάσουμε τα επιθυμητά 10dB πρέπει να αυξήσουμε το κέρδος του συνολικού φίλτρου. Επομένως, ισχύει :

$$20 \cdot \log(a_{keros} \cdot k_{total})=10 \Rightarrow a_{keros} = (10^{1/2}/k_{total})= 0.7071$$

Εφόσον το a_{keros} είναι μικρότερο του 1 θα πρέπει να πραγματοποιηθεί εξασθένιση του κέρδους παθητικά. Αυτό συμβαίνει γιατί η τάση εξόδου είναι μεγαλύτερη από αυτή που ζητάμε. Ως αποτέλεσμα, πρέπει να εξασθενήσουμε την τάση εισόδου και για αυτό κρίνεται σκόπιμο να χρησιμοποιήσουμε μια αναστρέφουσα συνδεσμολογία.

Ισχύει ότι $a_{keros} = -\frac{R_2}{R_1}$ άρα αν θεωρήσουμε ότι $R_2 = 7.07k\Omega$ τότε $R_1 = 10k\Omega$. Το αποτέλεσμα της ρύθμισης κέρδους φαίνεται στα διαγράμματα που ακολουθούν.

Επειδή η αναστρέφουσα συνδεσμολογία εισάγει αλλαγή φάσης, στο κύκλωμα του Multisim που θα δημιουργήσουμε παρακάτω ,βάζουμε μια επιπλέον αναστρέφουσα συνδεσμολογία με κέρδος 1 για να αναιρέσουμε την αλλαγή φάσης.

Συναρτήσεις Μεταφοράς Μονάδων

1. Για την πρώτη μονάδα που είναι ανωδιαβατό φίλτρο Sallen-Key η συνάρτηση μεταφοράς είναι :

$$T_1(s) = \frac{k_1 \cdot \omega_{01,2}^2}{s^2 + \frac{\omega_0}{Q_1} s + \omega_{01,2}^2} = \frac{33914^2}{s^2 + \frac{33914}{0.7463} s + 33964^2} = \frac{1.66 \cdot s^2}{s^2 + 45446 \cdot s + 1.1502 \cdot 10^9}$$

2. Για την δεύτερη μονάδα που είναι ανωδιαβατό φίλτρο Sallen-Key η συνάρτηση μεταφοράς είναι :

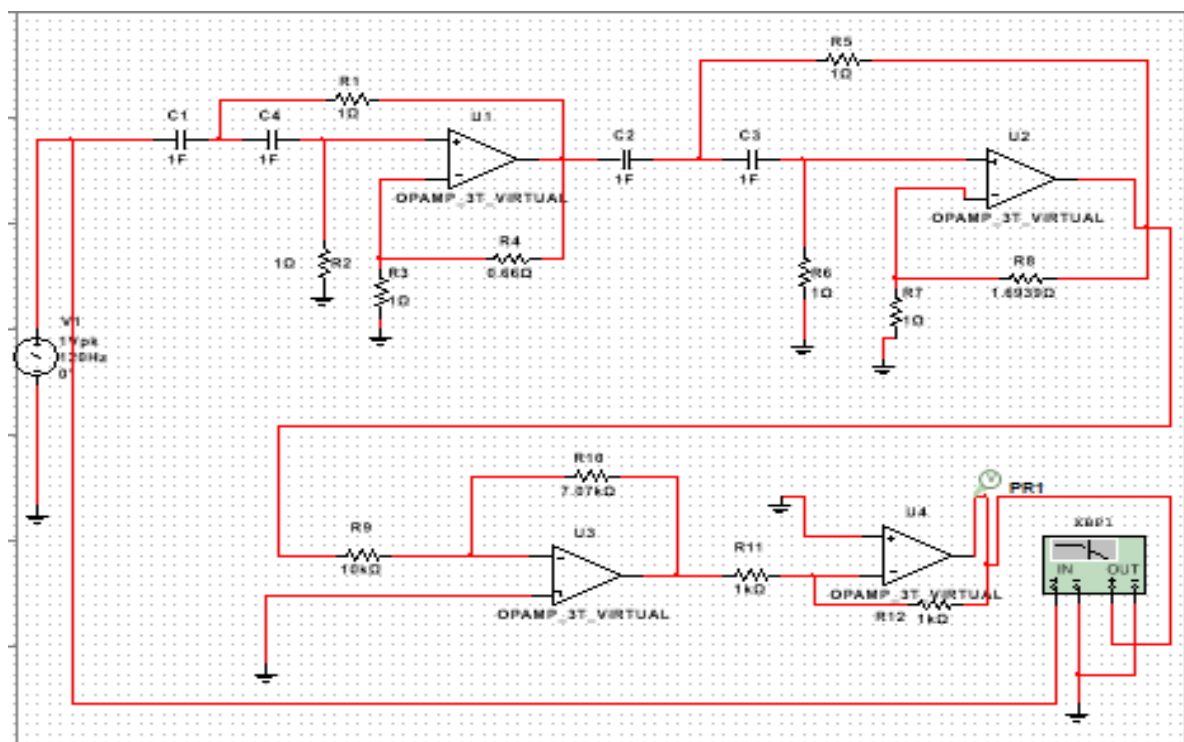
$$T_2(s) = \frac{k_2 \cdot \omega_{03,4}^2}{s^2 + \frac{\omega_{03,4}}{Q_2} \cdot s + \omega_{03,4}^2} = \frac{18700^2}{s^2 + \frac{18700}{3.2673} \cdot s + 18700^2} = \frac{2.6939 \cdot s^2}{s^2 + 5723.4 \cdot s + 3.497 \cdot 10^8}$$

Η συνολική συνάρτηση μεταφοράς του ανωδιαβατού φίλτρου είναι:

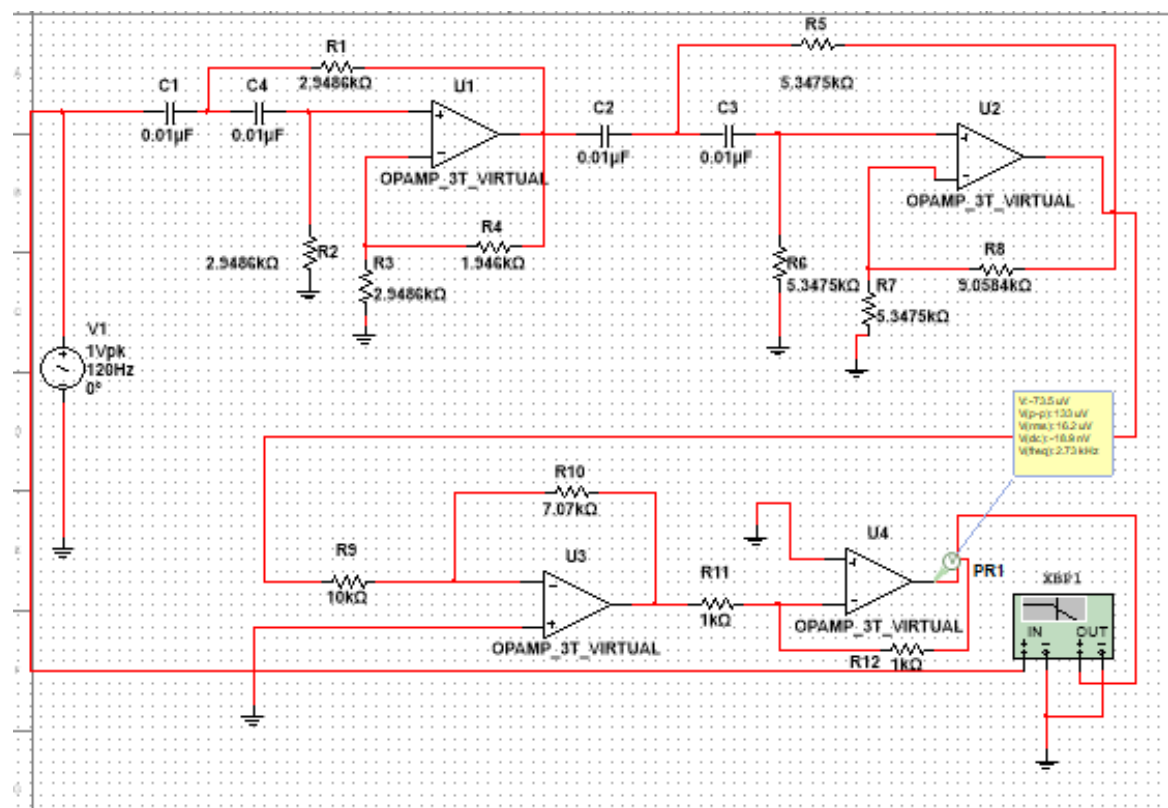
$$T_{HP}(s) = a_{kerdos} \cdot T_1(s) \cdot T_2(s) \cdot T_3(s)$$

$$T_{HP}(s) = \frac{3.1623 \cdot s^4}{s^4 + 51169 \cdot s^3 + 1.76 \cdot 10^9 \cdot s^2 + 2.2475 \cdot 10^{13} \cdot s + 4.0221 \cdot 10^{17}}$$

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται το κανονικοποιημένο κύκλωμα στο οποίο φαίνονται οι τρεις μονάδες καθώς και η πρώτη αναστρέφουσα συνδεσμολογία για την ρύθμιση του κέρδους. Η δεύτερη αναστρέφουσα συνδεσμολογία προστέθηκε στο κύκλωμα για να αναιρέσει την αλλαγή φάσης που εισάγει η πρώτη.



Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το τελικό κύκλωμα, το επιθυμητό δηλαδή ανωδιαβατό φίλτρο Chebyshev με ότι στοιχείο είναι απαραίτητο αλλά και με τις απαιτούμενες τιμές όλων των πραγματικών στοιχείων για την ικανοποίηση των ζητούμενων προδιαγραφών.



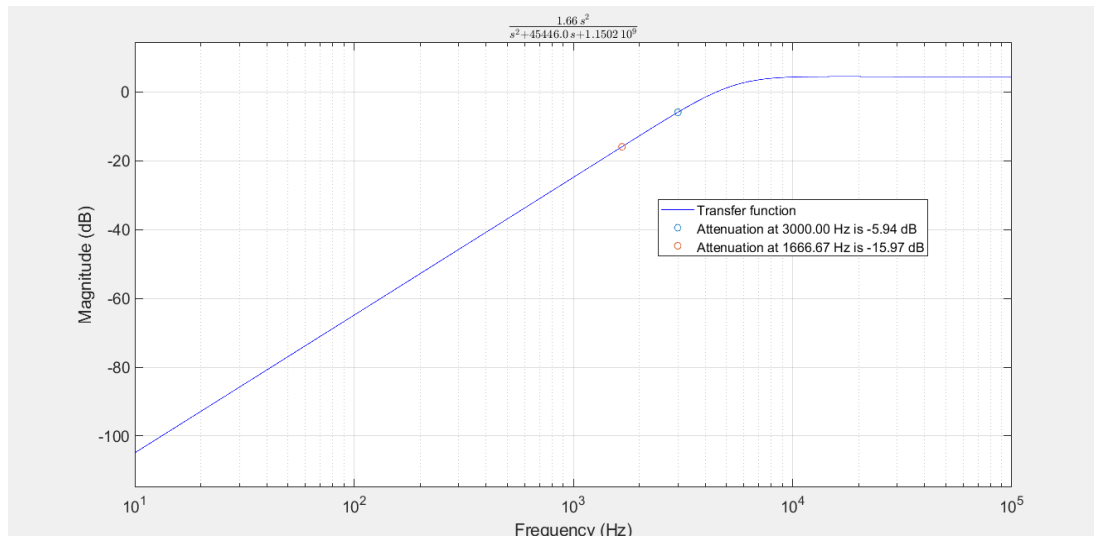
B. Μελέτη της Συνάρτησης Μεταφοράς στο MATLAB

Εισάγουμε στο πρόγραμμα MATLAB τις επί μέρους συναρτήσεις μεταφοράς των τριών μονάδων αλλά και την συνολική συνάρτησης μεταφοράς του φίλτρου και παίρνουμε τις αποκρίσεις πλάτους σε dB.

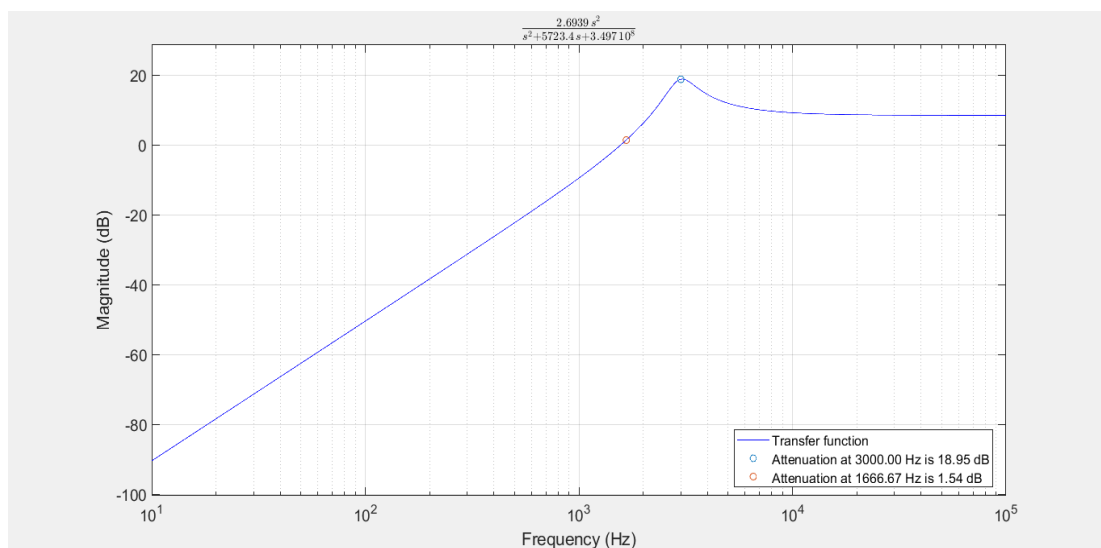
Η απόκριση πλάτους σε dB για την πρώτη, την δεύτερη και την τρίτη μονάδα φαίνονται στις επόμενες σελίδες.

Τα παρακάτω διαγράμματα προέκυψαν στο Matlab χρησιμοποιώντας την παρεχόμενη συνάρτηση `plot_transfer_function.m` με όρισμα κάθε φορά την συνάρτηση μεταφοράς των επί μέρους συστημάτων, καθώς και τις κρίσιμες συχνότητες αυτών.

1^η Μονάδα-Ανωδιαβατό φίλτρο Sallen-Key

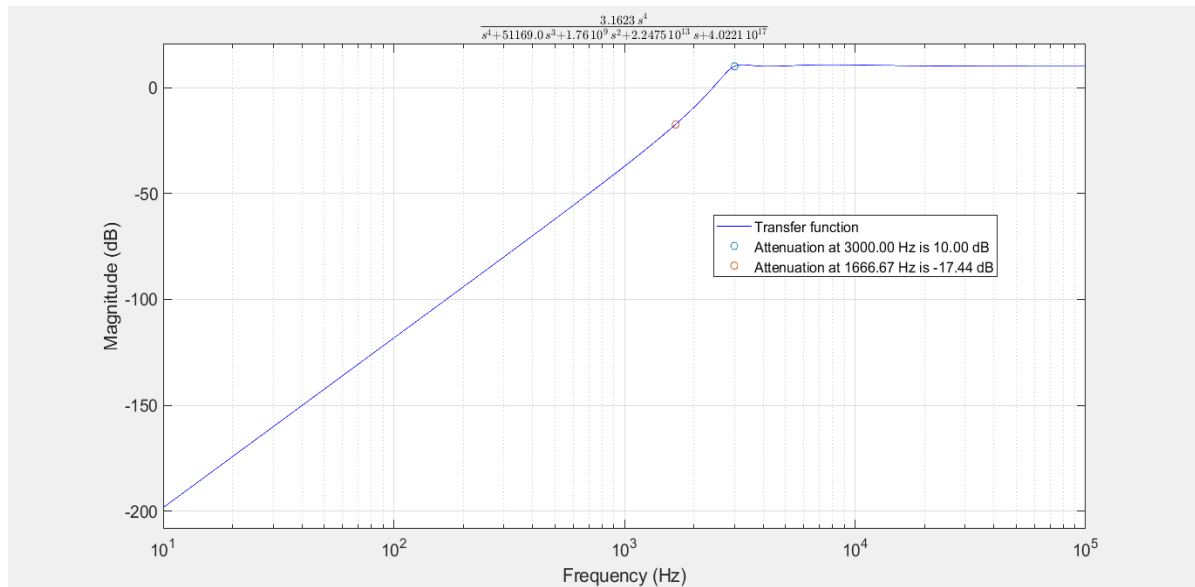


2^η Μονάδα-Ανωδιαβατό φίλτρο Sallen-Key

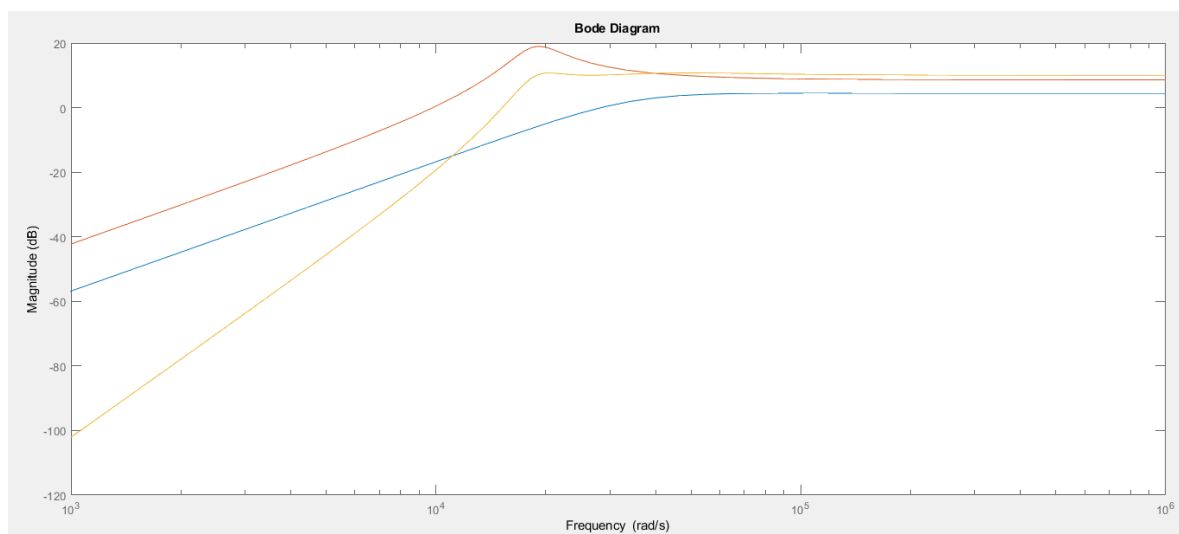


Και στις δύο παραπάνω μονάδες παρατηρεί κανείς την ανωδιαβατή λειτουργία.

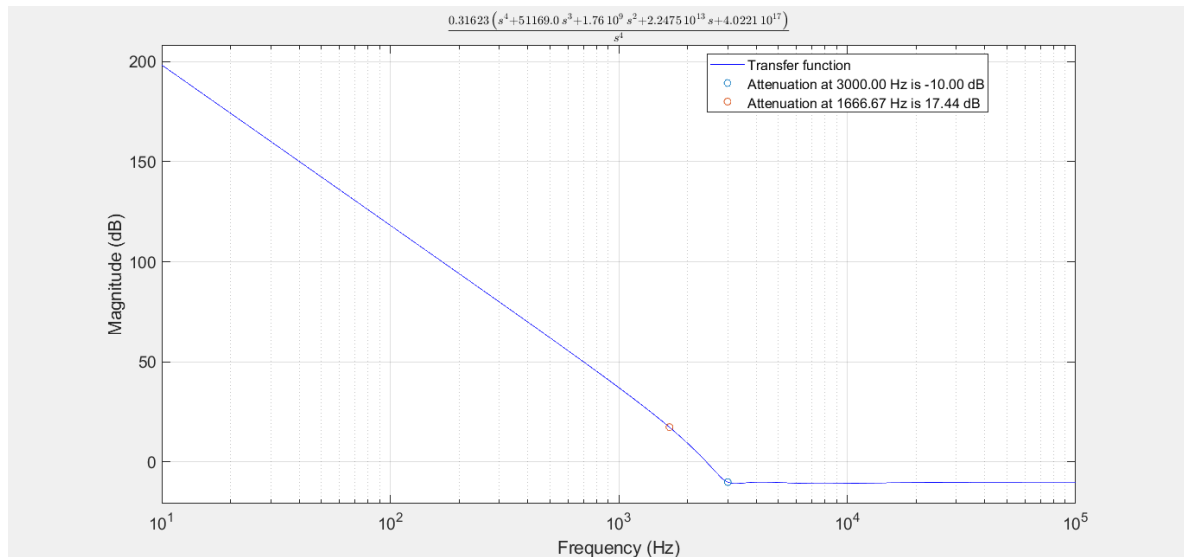
Παρακάτω βλέπουμε την απόκριση πλάτους της συνολικής συνάρτησης μεταφοράς του φίλτρου συναρτήσει της συχνότητας με χρήση της συνάρτησης `plot_transfer_function`.



Σε αυτό το σημείο παραθέτουμε όλες τις παραπάνω αποκρίσεις σε ένα κοινό διάγραμμα Bode. Η T_1 αντιστοιχεί στο γαλάζιο χρώμα, η T_2 στο κόκκινο και η συνολική T_{HP} του φίλτρου στο κίτρινο.



Παρακάτω φαίνεται η συνάρτηση απόσβεσης σε dB της συνολικής συνάρτησης μεταφοράς συναρτήσει της συχνότητας.



Μέσω του διαγράμματος αυτού θα ελέγξουμε αν τηρούνται οι προδιαγραφές του φίλτρου . Παρατηρούμε αρχικά ότι το κέρδος του φίλτρου είναι 10dB άρα ικανοποιείται αυτή η προδιαγραφή.

Στη συνάρτηση απόσβεσης σημειώνουμε τις κρίσιμες συχνότητες οι οποίες καθορίζουν την ζώνη διόδου και αποκοπής , δηλαδή την $f_p=3\text{kHz}$ και την $f_s=1.66\text{kHz}$, καθώς και τις αντίστοιχες αποσβέσεις.

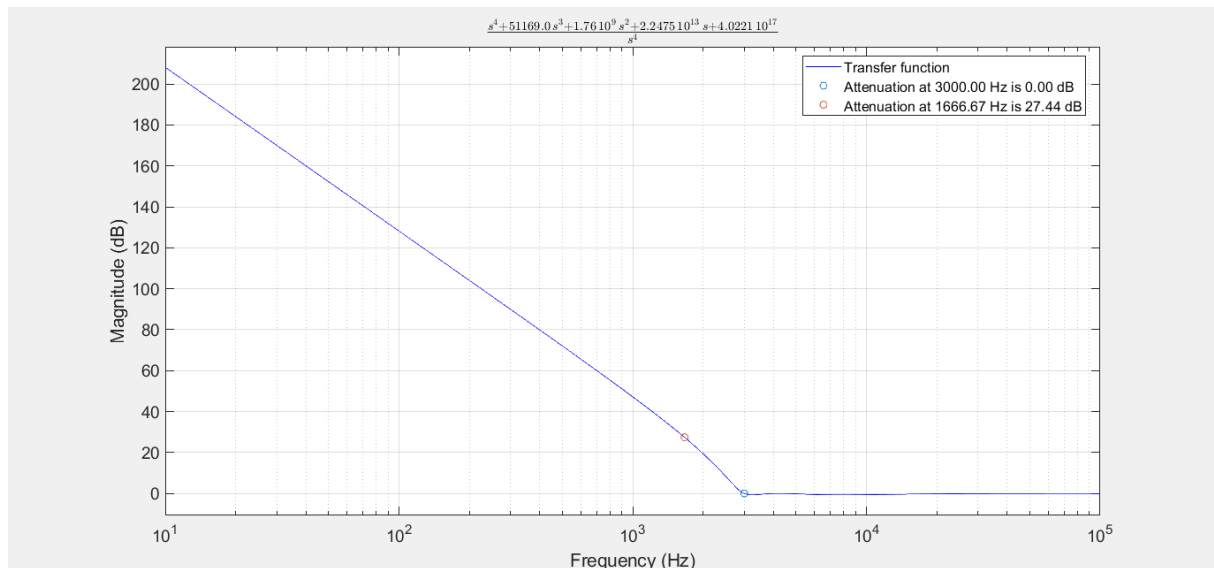
Παρατηρούμε ότι η απόκριση στη συχνότητα $f_p=3\text{kHz}$ είναι $-10-(-10)=0\text{dB}$.Άρα τηρείται η προδιαγραφή του φίλτρου που θέλει $a_{\max}=0.75\text{dB}$ αφού $0<0.75$.

Αντίστοιχα, στην συχνότητα $f_s=1.66\text{kHz}$ η απόκριση είναι $17.44-(-10)=27.44$.

Σύμφωνα με τις προδιαγραφές ,εμείς επιθυμούμε $a_{\min}=26.33\text{dB}$ άρα και πάλι καλύπτεται η προδιαγραφή αφού $27.44>26.33$.

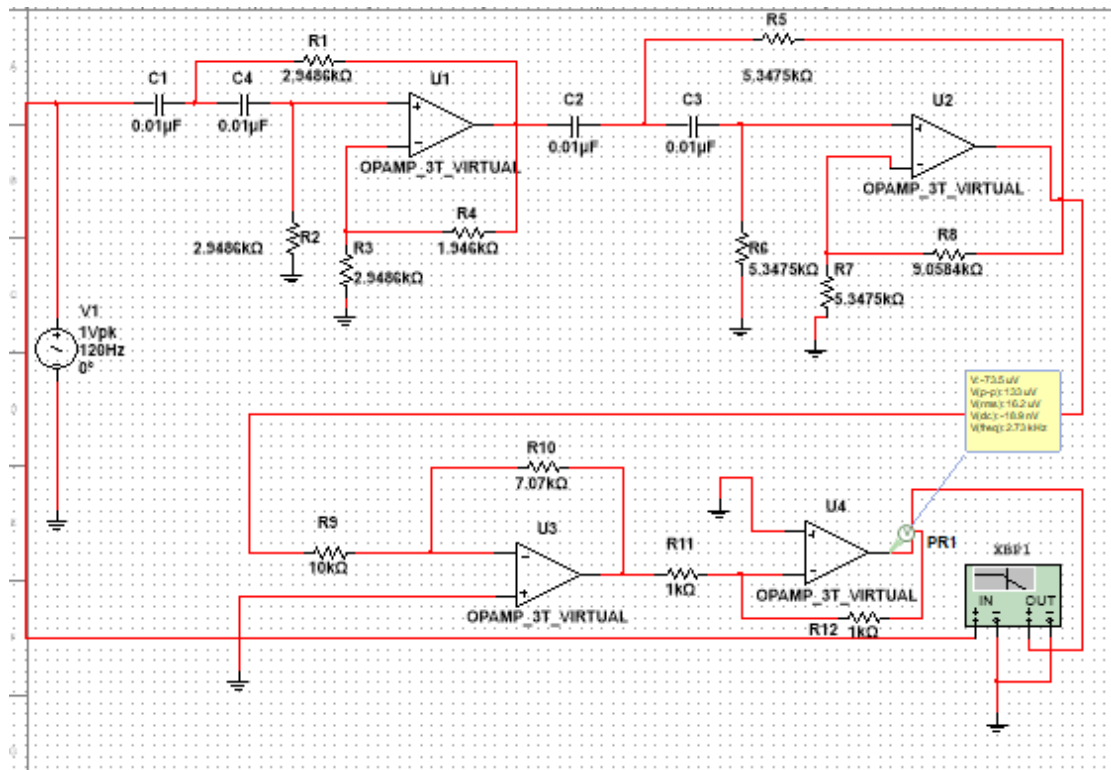
Επομένως, το φίλτρο ικανοποιεί όλες τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί.

Με ρύθμιση κέρδους στα 0dB η συνάρτηση απόσβεσης δίνεται από το παρακάτω διάγραμμα όπου φαίνεται πιο καθαρά ότι καλύπτονται οι προδιαγραφές που έχουν τεθεί.

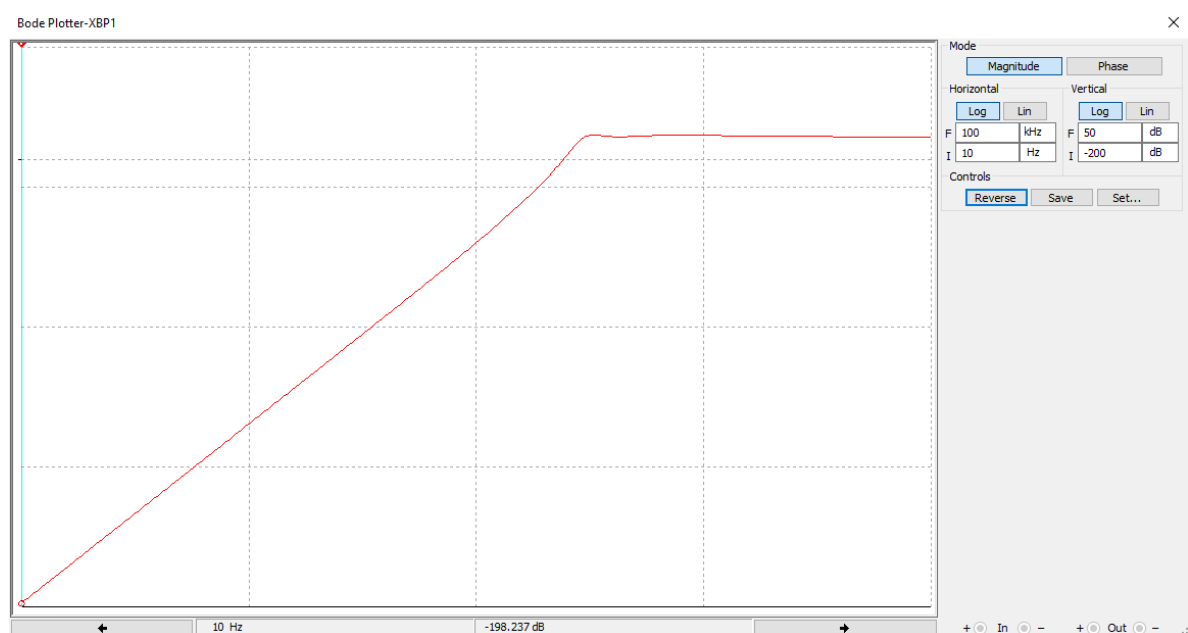


Γ. Υλοποίηση του Κυκλώματος του Φίλτρου στο MULTISIM

Σχεδιάζουμε το κύκλωμα μας στο ElectronicWorkBench (MULTISIM) προκειμένου να ελέγξουμε αν υλοποιεί την συνολική συνάρτηση μεταφοράς που αναλύθηκε στο προηγούμενο στάδιο της εργασίας αλλά και για να διερευνήσουμε την απόκριση του φίλτρου όταν αυτό διεγείρεται από ένα στοιχειώδες περιοδικό σήμα. Εισάγουμε λοιπόν τις τρεις μονάδες του φίλτρου που έχουν σχεδιασθεί στην προηγούμενη φάση της εργασίας στο περιβάλλον MULTISIM και παίρνουμε το παρακάτω κύκλωμα.

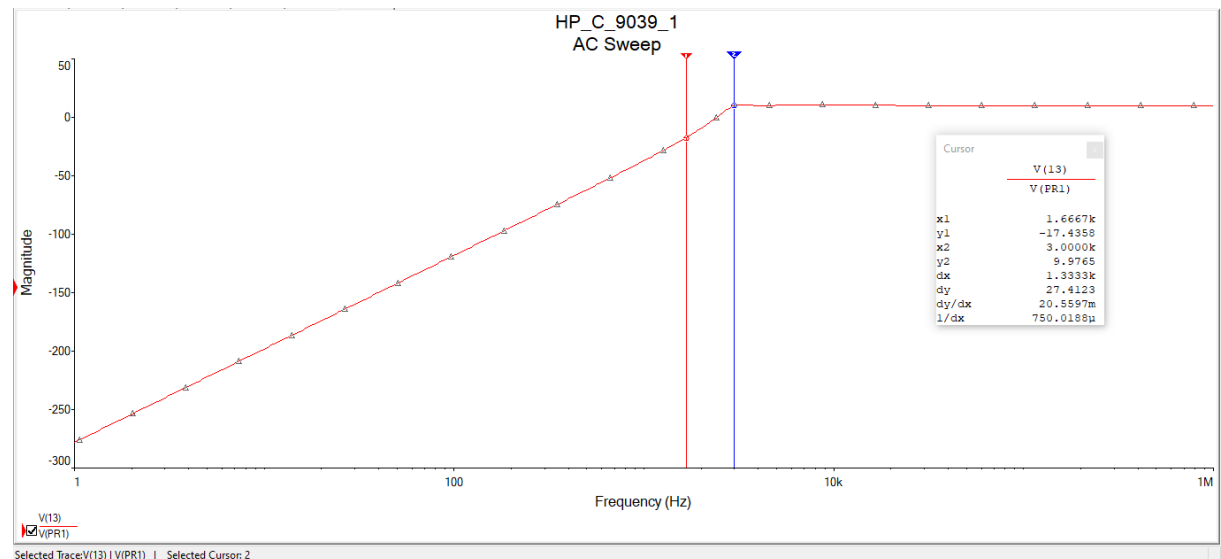


- Στο κύκλωμα που έχουμε σχεδιάσει χρησιμοποιούμε τον Bode-Plotter για να προκύψει η απόκριση συχνότητας του φίλτρου-κυκλώματος. Το διάγραμμα που παίρνουμε φαίνεται παρακάτω :



Από το διάγραμμα αυτό συμπεραίνουμε ότι πρόκειται όντως για ένα ανωδιαβατό φίλτρο Chebyshev.

Το παρακάτω διάγραμμα του Multisim απεικονίζει ό,τι ακριβώς και το προηγούμενο αλλά με δυνατότητα ανάγνωσης των τιμών.



Μέσω του διαγράμματος αυτού θα ελέγξουμε αν τηρούνται οι προδιαγραφές του φίλτρου όπως έγινε και στην ανάλυση Matlab.

Στη συνάρτηση απόσβεσης σημειώνουμε τις κρίσιμες συχνότητες οι οποίες καθορίζουν την ζώνη διόδου και αποκοπής, δηλαδή την $f_p=3\text{kHz}$ και την $f_s=1.66\text{kHz}$, καθώς και τις αντίστοιχες αποσβέσεις.

Παρατηρούμε ότι η απόκριση στη συχνότητα $f_p=3\text{kHz}$ είναι $-9.97-(-10)=0.03\text{dB}$. Άρα τηρείται η προδιαγραφή του φίλτρου που θέλει $a_{\max}=0.75\text{dB}$ αφού $0.03<0.75$.

Αντίστοιχα, στην συχνότητα $f_s=1.66\text{kHz}$ η απόκριση είναι $17.6-(-10)=27.6$. Σύμφωνα με τις προδιαγραφές, εμείς επιθυμούμε $a_{\min}=26.33\text{dB}$ άρα και πάλι καλύπτεται η προδιαγραφή αφού $27.6>26.33$.

Επίσης, το κέρδος του φίλτρου κυμαίνεται στις υψηλές συχνότητες περίπου στα 10 dB άρα ικανοποιείται η προδιαγραφή κέρδους 10dB.

Επομένως, το φίλτρο ικανοποιεί όλες τις προδιαγραφές που έχουν τεθεί. Οι αποκλίσεις που υπάρχουν από τα αποτελέσματα του Matlab είναι πάρα πολύ μικρές και για αυτό θεωρούνται αμελητέες.

Διέγερση με περιοδικό σήμα

Σε αυτό το σημείο της εργασίας, χρησιμοποιούμε ως είσοδο το σήμα

$$f(t) = \cos(0.4 \cdot \omega_s \cdot t) + 0.5 \cos(0.9 \cdot \omega_s \cdot t) + \cos(1.4 \omega_p \cdot t) + 0.7 \cdot \cos(2.4 \cdot \omega_p \cdot t) + 0.5 \cos(4.5 \cdot \omega_p \cdot t)$$

Οι συχνότητες που θα παρουσιάσει το σήμα αυτό είναι οι εξής:

$$f_{11} = 666.6667 \text{ Hz}$$

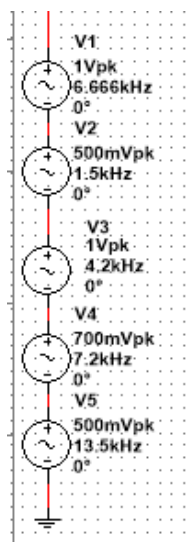
$$f_{12} = 1500 \text{ Hz}$$

$$f_{13} = 4200 \text{ Hz}$$

$$f_{14} = 7200 \text{ Hz}$$

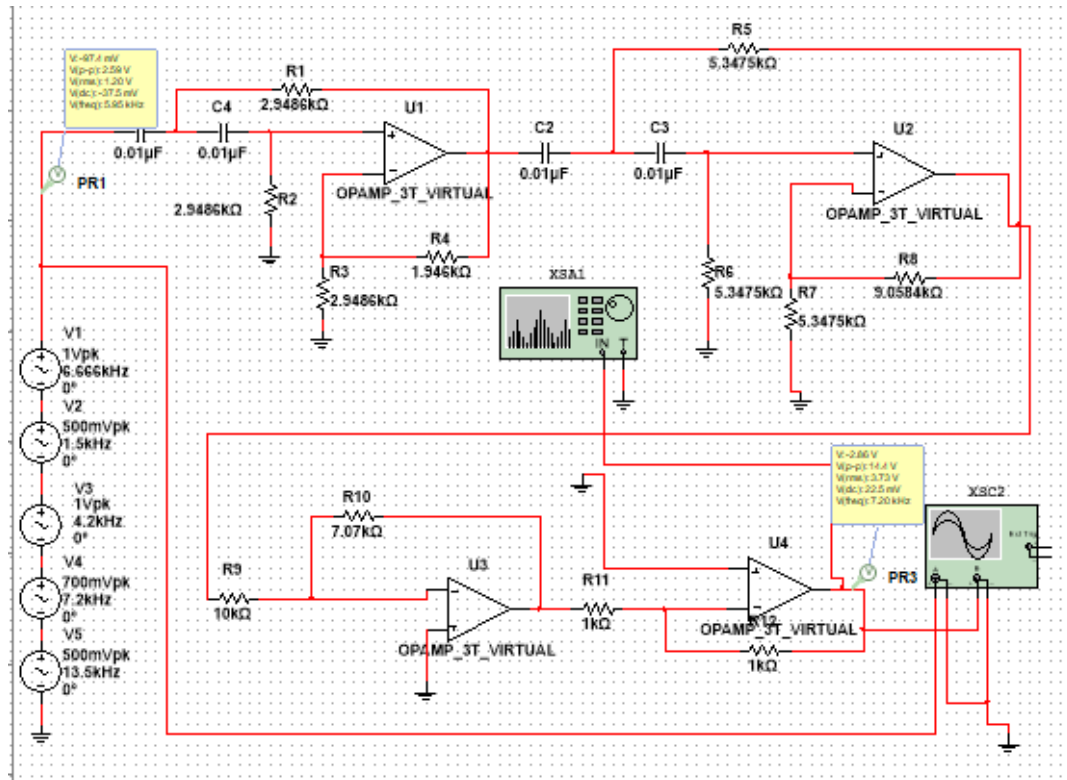
$$f_{15} = 13500 \text{ Hz}$$

Για την δημιουργία του σήματος στο Multisim χρησιμοποιούμε 5 AC Voltage πηγές στην σειρά, κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε μια συχνότητα, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



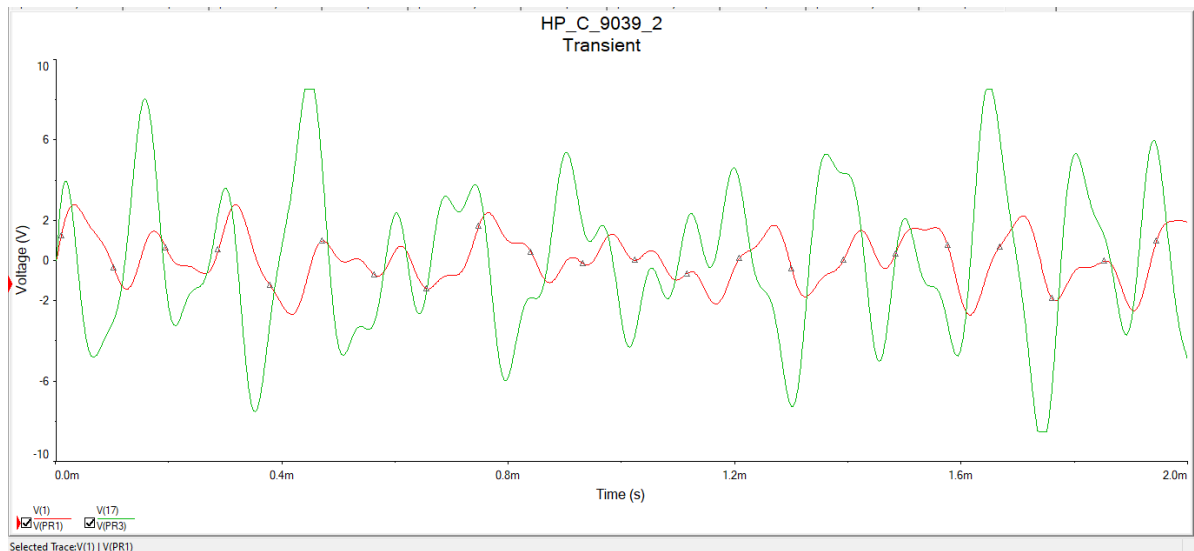
Στην συνέχεια χρησιμοποιούμε έναν παλμογράφο στην είσοδο και την έξοδο και δημιουργούμε τα αντίστοιχα figures για το παραπάνω πείραμα. Η συνδεσμολογία που

χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση των σημάτων εισόδου και εξόδου(καθώς και τα φάσματα τους στη συνέχεια) είναι η παρακάτω:



Τα σήματα που προκύπτουν είναι:

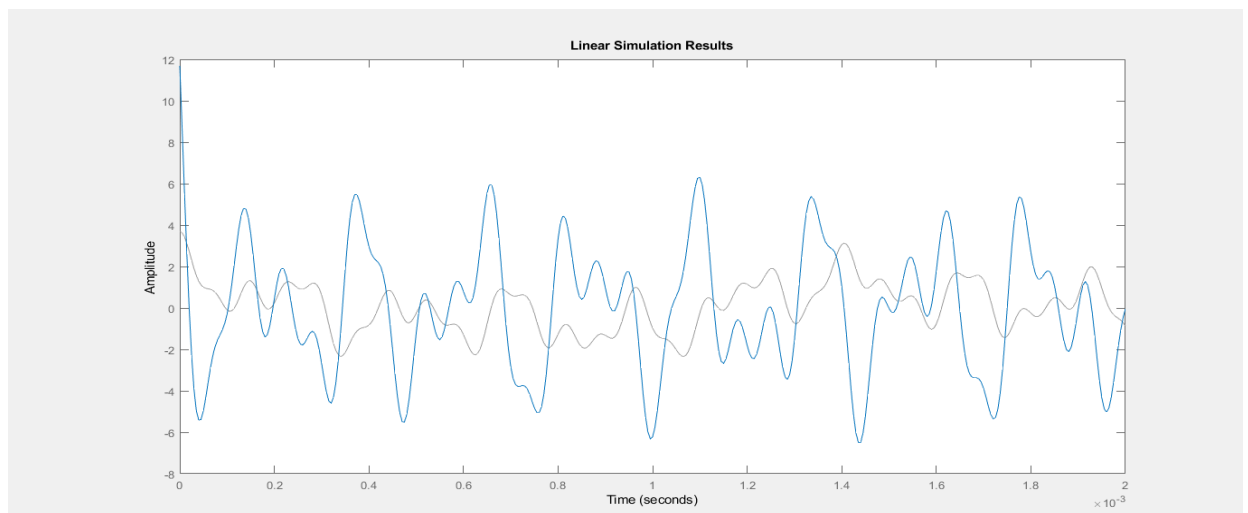
Σήμα εισόδου Multisim:



Στο παραπάνω σχήμα με πράσινο απεικονίζεται το σήμα εισόδου ενώ με κόκκινο το σήμα εξόδου.

Καταλαβαίνουμε και από εδώ ότι τηρείται η προδιαγραφή για το επιθυμητό κέρδος.

Απεικόνιση σημάτων εισόδου και εξόδου μαζί στο Matlab:



Στο παραπάνω σχήμα με γκρι απεικονίζεται το σήμα εισόδου ενώ με γαλάζιο το σήμα εξόδου.

Το αντίστοιχο σχήμα που έχει προκύψει από την ανάλυση στο Matlab εμφανίζει τις ίδιες μορφές των σημάτων εισόδου και εξόδου.

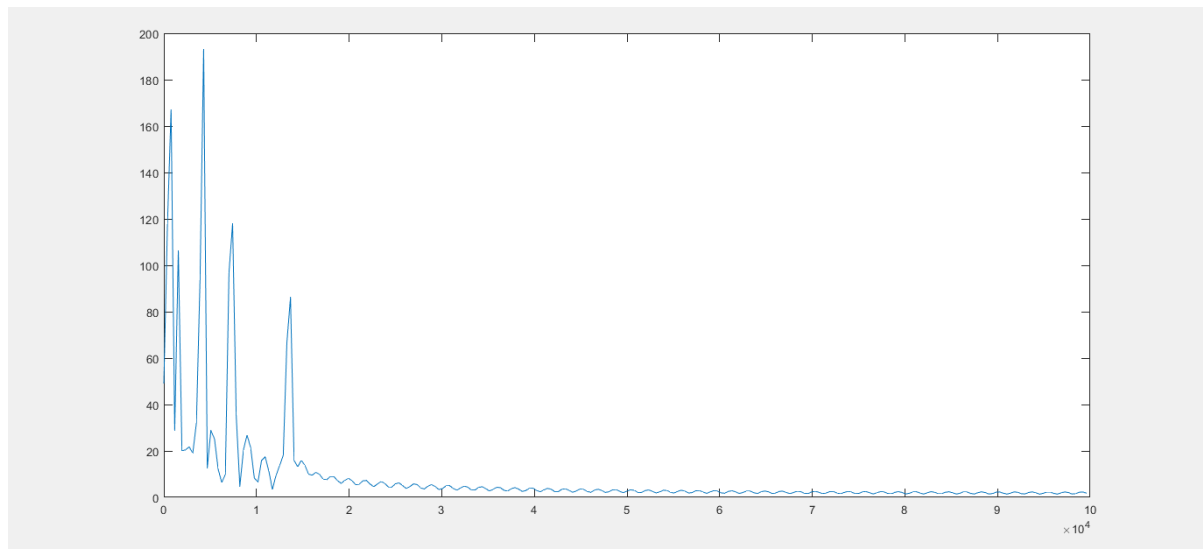
Με την παρακάτω φασματική ανάλυση ορισμένα στοιχεία διαφαίνονται καλύτερα.

Σχεδίαση φασμάτων-Ανάλυση Fourier

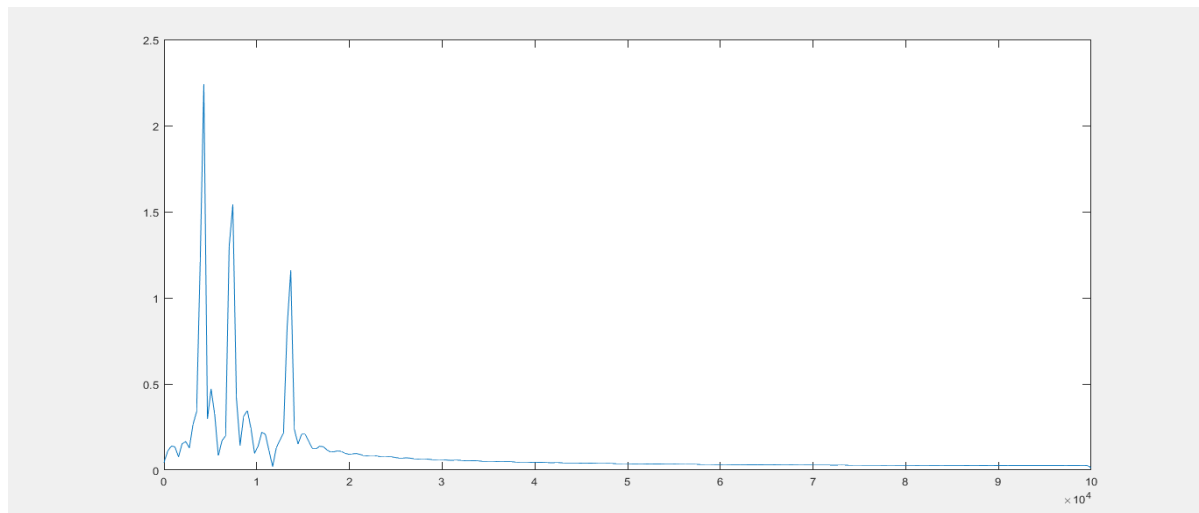
Σε αυτό το σημείο της άσκησης θέλουμε να δημιουργήσουμε τα φάσματα εισόδου και εξόδου του ανωδιαβατού φίλτρου Chebyshev . Για να γίνει κάτι τέτοιο θα εξετάσουμε τα φάσματα τόσο στο Multisim όσο και στο Matlab. Εφόσον μιλάμε για τα ίδια σήματα καθώς και για το ίδιο φίλτρο, αναμένουμε να έχουμε τα ίδια αποτελέσματα.

Στο Multisim για την δημιουργία των φασμάτων θα χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο Spectrum Analyzer.

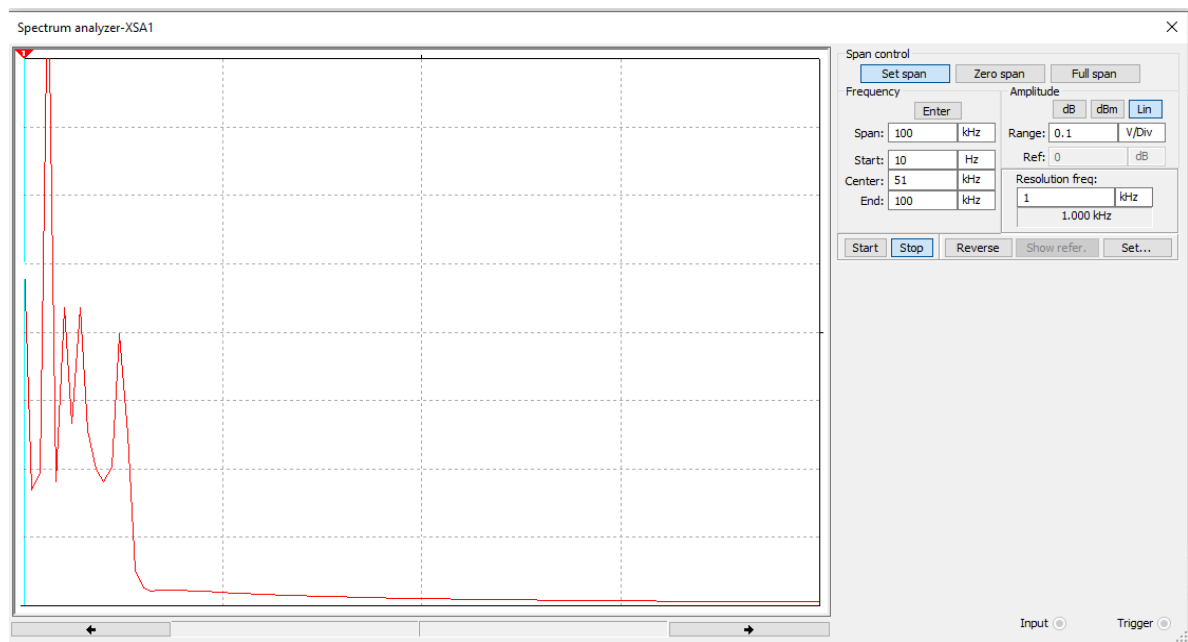
Φάσμα σήματος εισόδου Matlab:



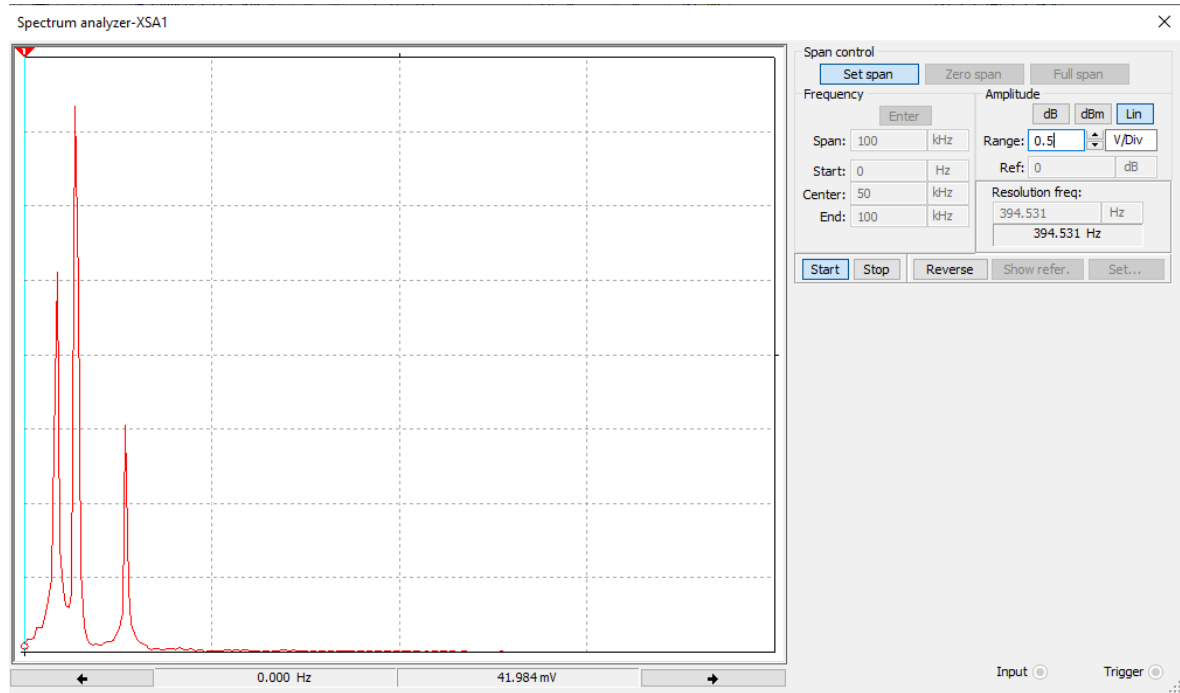
Φάσμα σήματος εξόδου Matlab:



Φάσμα σήματος εισόδου Multisim:



Φάσμα σήματος εξόδου Multisim:



Παρατηρούμε αρχικά ότι τα αποτελέσματα των παραπάνω αναλύσεων τόσο σε Matlab όσο και σε Multisim παράγουν τα ίδια αποτελέσματα.

Στο φάσμα εισόδου μπορεί να παρατηρήσει κανείς 5 ώσεις που αντιστοιχούν στις 5 συχνότητες του σήματος εισόδου όπως τις είχαμε ορίσει στην αρχή των αναλύσεων. Αντίστοιχα, στο φάσμα εξόδου παρατηρούμε ότι το ανωδιαβατό φίλτρο “κόβει” τις πρώτες δυο ώσεις και αφήνει να περάσουν μόνο τις τρεις επόμενες.

Έτσι, επιβεβαιώνεται η λειτουργία του φίλτρου ως ένα ανωδιαβατό φίλτρο καθώς και η τήρηση των ζητούμενων προδιαγραφών.