



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE

**ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος

3^η Εργασία

Λογισμικό

Matlab

Θωμάς Χατζής 2018030134

Κωνσταντίνος Μυλωνάς 2018030151

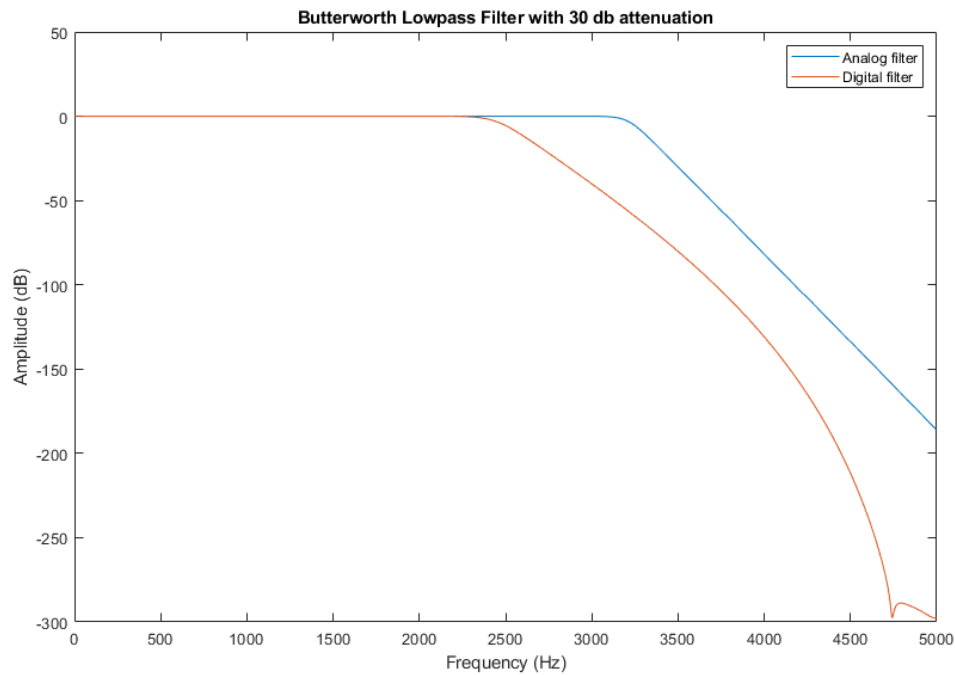
Μιχάλης Κρατημένος 2018030104

Άσκηση 1

Από τα δεδομένα της άσκησης έχουμε ότι:

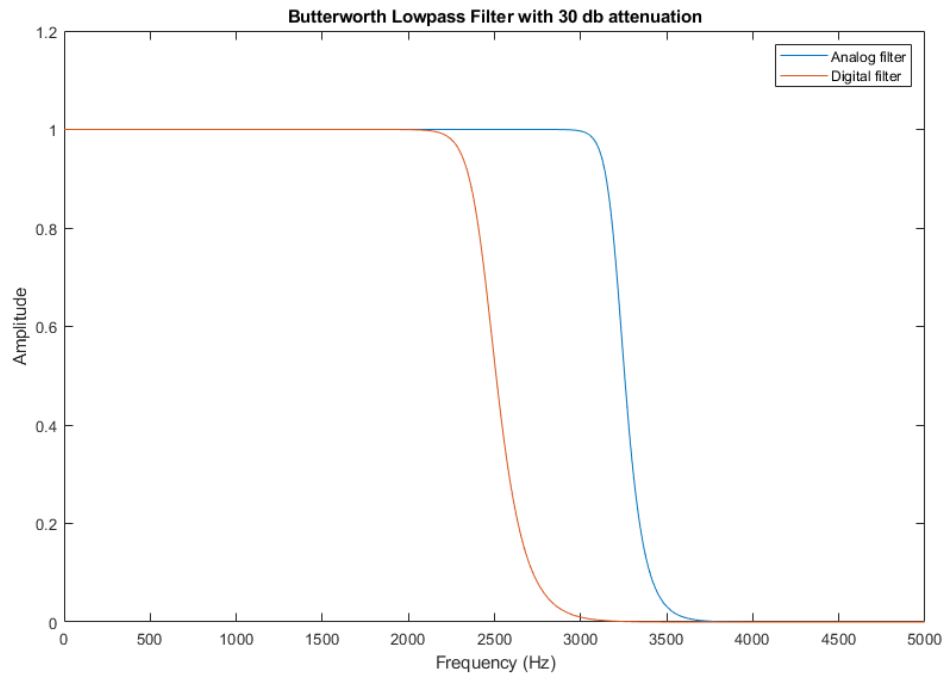
- Συχνότητα δειγματοληψίας: $F_s = 10 \text{ kHz}$
- Ζώνη Passband: $W_p = 0\text{-}3 \text{ kHz}$
- Ζώνη Stopband: $W_s = 4\text{-}5 \text{ kHz}$
- Ripple: $R_p = 3 \text{ dB}$
- Εξασθένιση: $R_s = 30\text{dB}$ και 50dB

Σχεδιάστηκε ένα χαμηλοπερατό Butterworth φίλτρο, έχοντας προηγηθεί η υλοποίηση ενός αναλογικού φίλτρου, όπου τελικά με τις κατάλληλες εντολές στην Matlab μετατράπηκε σε ψηφιακό. Παρακάτω απεικονίζεται τόσο το ψηφιακό όσο και το αναλογικό φίλτρο στο ίδιο γράφημα.



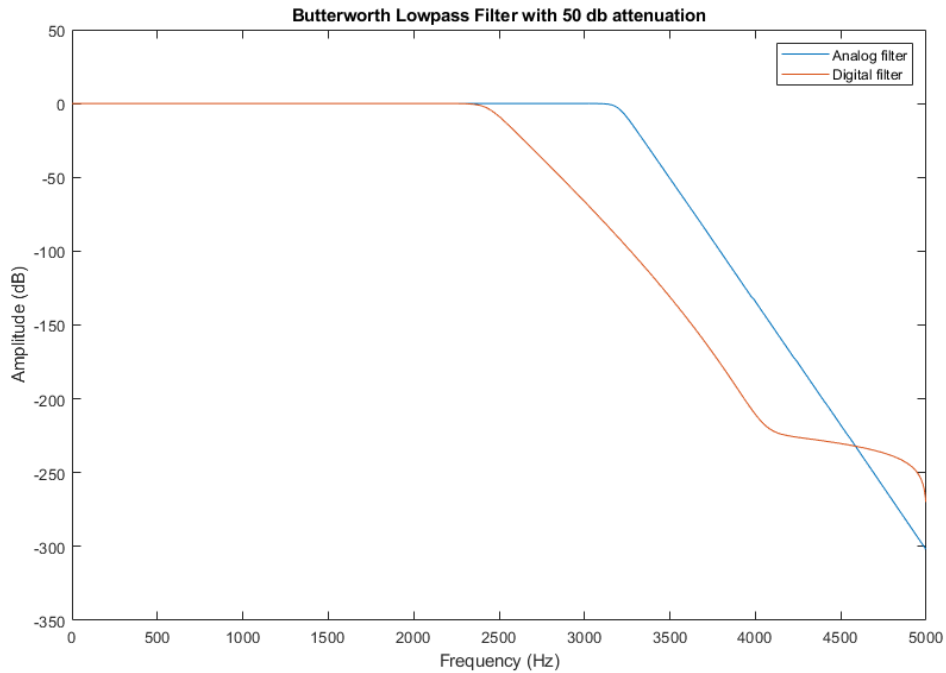
Παρατηρείται ότι το ψηφιακό φίλτρο ανταποκρίνεται αρκετά καλύτερα σε σύγκριση με το αναλογικό(προσεγγίζει καλύτερα το ιδανικό), μιας και το ψηφιακό φίλτρο έχει μικρότερη ζώνη διέλευσης και ζώνη μετάβασης σε σχέση με το αναλογικό φίλτρο.

Για τον υπολογισμό του παρακάτω πίνακα (οι τιμές συμπληρώθηκαν προσεγγιστικά) σχεδιάστηκε ένα γράφημα, όπου το πλάτος δεν εκφράζεται πλέον σε dB.



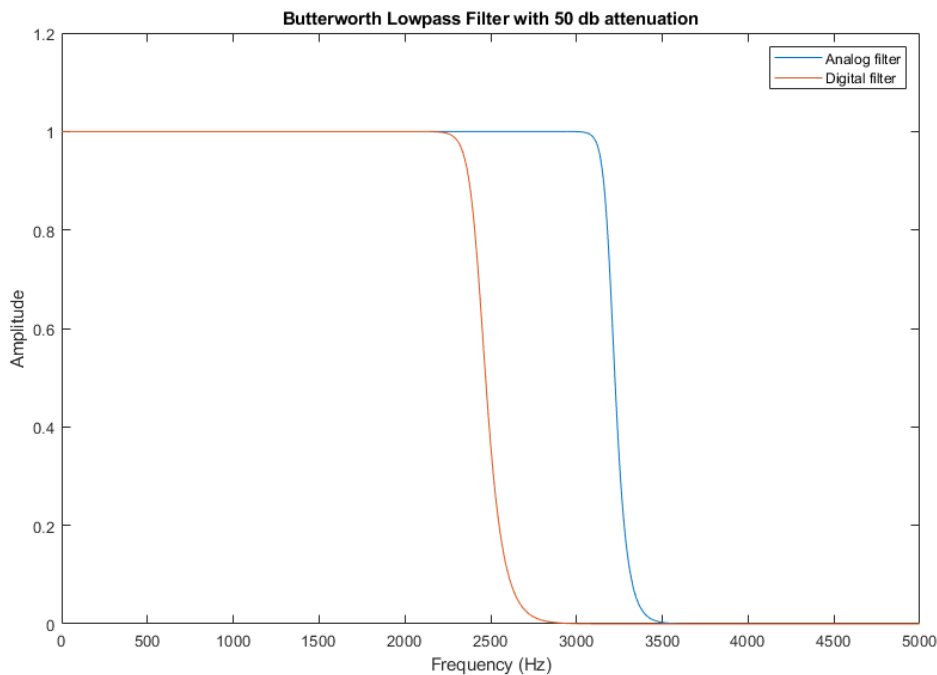
Butterworth Lowpass Filter with 30 db attenuation		
Είδος Φίλτρου	Ψηφιακό	Αναλογικό
Ζώνη Διέλευσης (kHz)	0-2.5	0-3.5
Ζώνη Μετάβασης (kHz)	2.5-3	3.5-4
Ζώνη Αποκοπής (kHz)	3-5	4-5

Στην συνέχεια έγινε ξανά η παραπάνω διαδικασία με την μόνη διαφορά ότι η εξασθένιση ορίστηκε στα 50 dB, ενώ στην προηγούμενη περίπτωση ήταν 30dB. Παρακάτω παρουσιάζονται οι διαφορές, όταν πλέον η εξασθένιση ορίζεται στα 50dB.



Παρατηρείται ότι με την αύξηση της εξασθένισης, η ζώνη μετάβασης του ψηφιακού φίλτρου μειώνεται και η ζώνη αποκοπής μετατοπίζεται σε μικρότερη συχνότητα, ενώ η κλίση αυξάνεται. Όσον αφορά στο αναλογικό φίλτρο διαπιστώνεται ότι η κλίση αυξάνεται, όμως η ζώνη μετάβασης μειώνεται και τέλος η ζώνη αποκοπής μετατοπίζεται σε μικρότερη συχνότητα.

Για τον υπολογισμό του παρακάτω πίνακα (οι τιμές συμπληρωθήκαν προσεγγιστικά) σχεδιάστηκε ένα γράφημα, όπου το πλάτος δεν εκφράζεται πλέον σε dB.



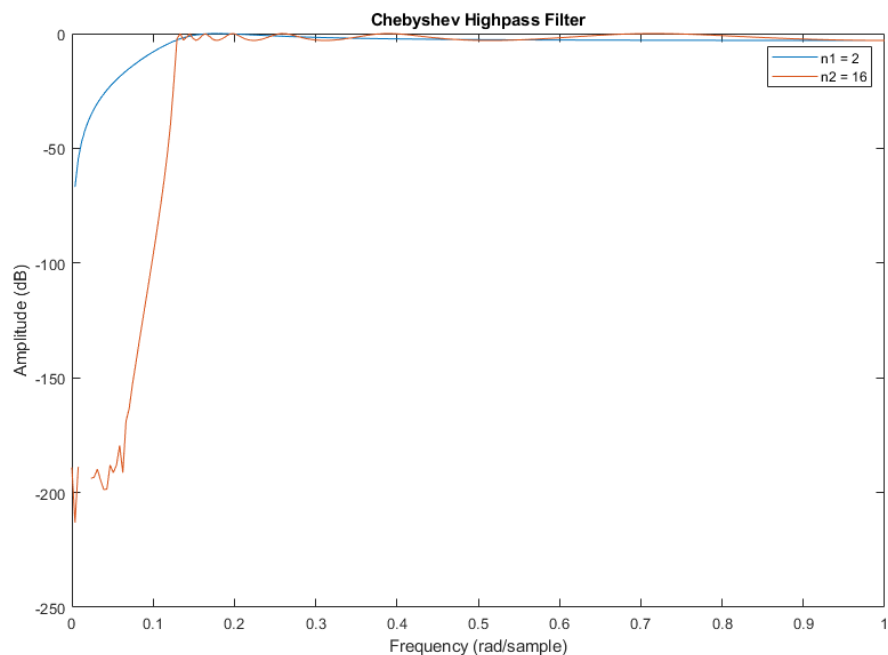
Butterworth Lowpass Filter with 50 db attenuation		
Είδος Φίλτρου	Ψηφιακό	Αναλογικό
Ζώνη Διέλευσης (kHz)	0-2.5	0-3
Ζώνη Μετάβασης (kHz)	2.5-3	3-3.5
Ζώνη Αποκοπής (kHz)	3-5	3.5-5

Άσκηση 2

Από τα δεδομένα της άσκησης έχουμε ότι:

- Τάξη φίλτρου: $n = [2, 16]$
- Cutoff συχνότητα: $\omega_c = 2 \text{ rad/sec}$
- Περίοδο δειγματοληψίας: $T_s = 0.2\text{s}$
- Ripple: $R_p = 3 \text{ dB}$
- Αριθμός δειγμάτων: $N = 256$

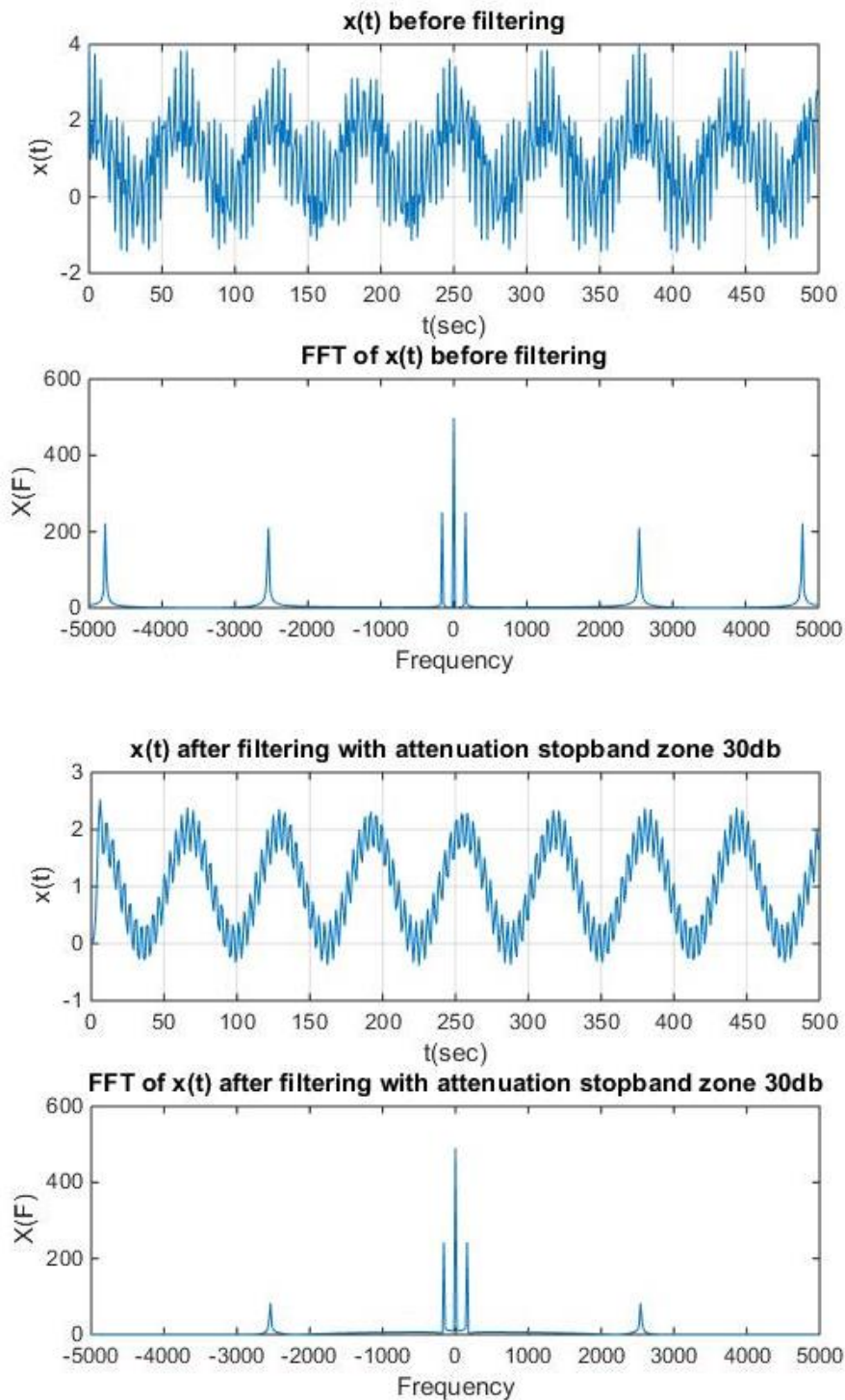
Σχεδιάστηκε ένα υπερπαρατό Chebyshev φίλτρο σε τάξεις 2 και 16 αντίστοιχα. Παρακάτω παρουσιάζεται το ίδιο υπερπαρατό φίλτρο σε διαφορετικές τάξεις.

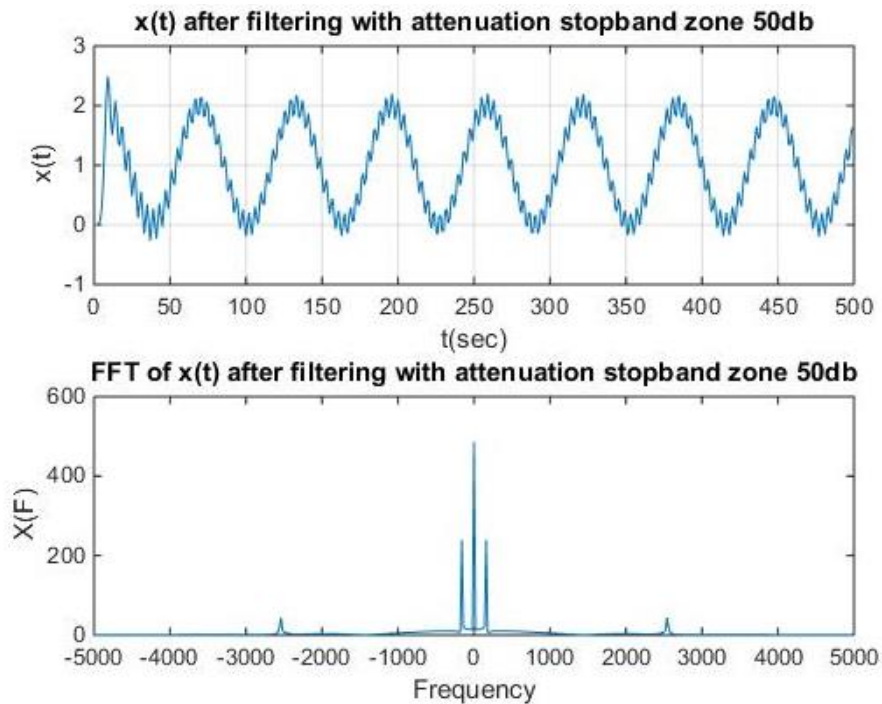


Αρχικά ο οριζόντιος άξονας του γραφήματος παρουσιάζει δείγματα της συχνότητας σε (rad/sample) στο εύρος $[0,1]$, καθώς στην συγκεκριμένη περιοχή παρουσιάζεται κανονικοποιημένη γωνιακή συχνότητα. Ακόμα, από το γράφημα γίνεται αντιληπτό ότι το φίλτρο με τάξη 2 έχει μεγαλύτερη ζώνη μετάβασης (μικρότερη κλίση) σε σύγκριση με το φίλτρο με τάξη 16 (μεγαλύτερη κλίση). Τέλος, στο φίλτρο με τάξη 16 παρατηρείται περισσότερη κυμάτωση, ενώ σε αυτό με τάξη 2 δεν παρατηρείται σχεδόν καθόλου.

Άσκηση 3

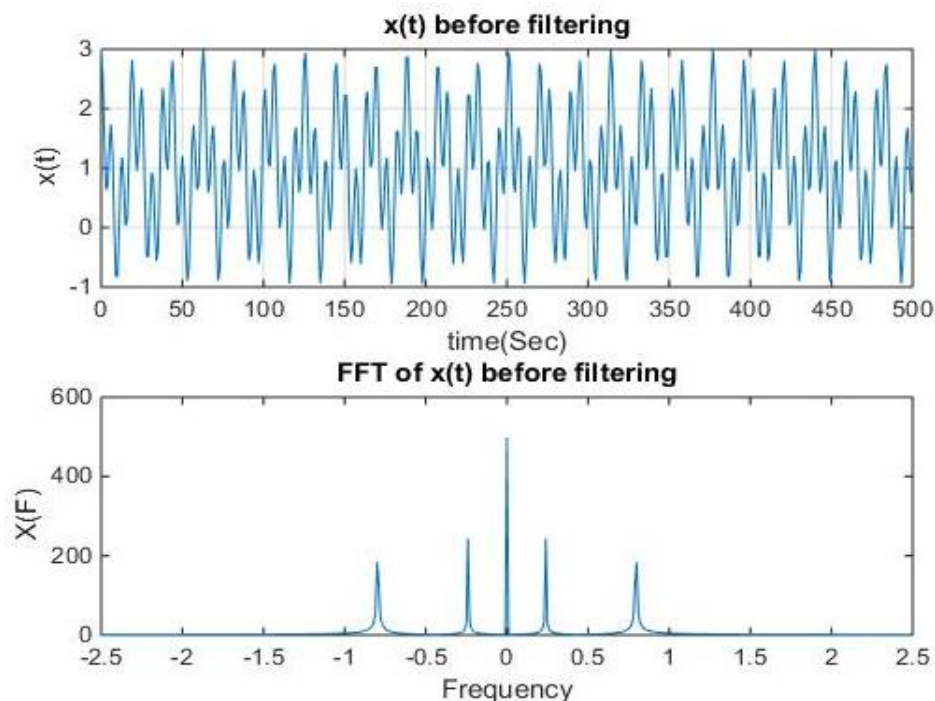
- A) Δίνεται το σήμα $x(t) = 1 + \cos(1000t) + \cos(16000t) + \cos(30000t)$. Έγινε δειγματοληψία 500 δειγμάτων με συχνότητα δειγματοληψίας $f_s = 10\text{kHz}$. Ύστερα, το σήμα πέρασε από τα ψηφιακά lowpass φίλτρα της πρώτης άσκησης.

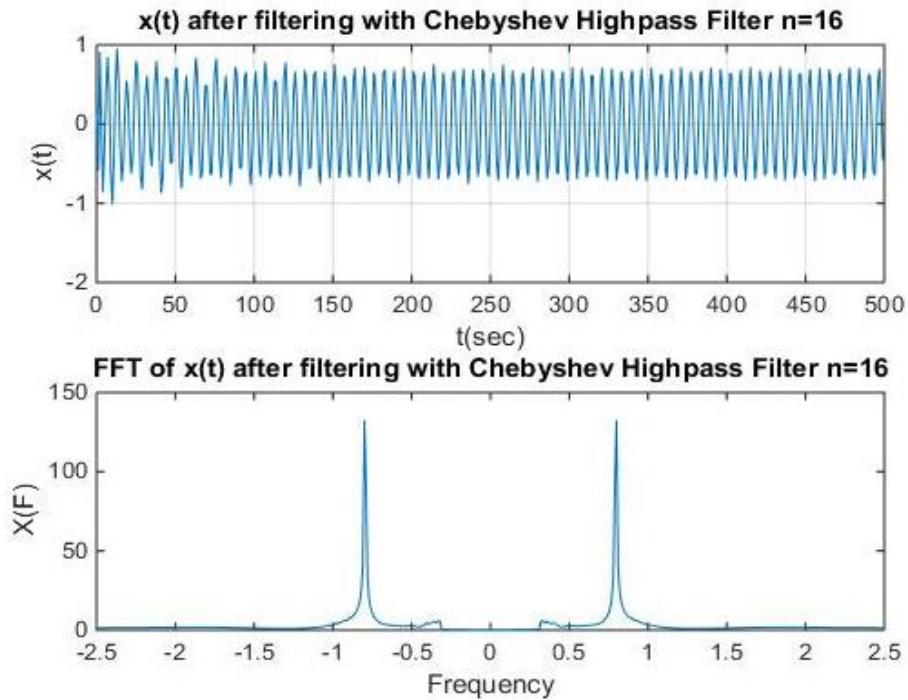




Παρατηρείται ότι $F_s = 10 \text{ kHz} > 2F_{\max} = 2 * \frac{30000}{2\pi} = 9549.3 \text{ Hz}$, άρα δεν παρουσιάζεται το φαινόμενο aliasing. Επίσης παρατηρείται ότι τα φίλτρα "κόβουν" το σήμα $\cos(30000t)$, διότι βρίσκεται στη ζώνη αποκοπής και όσο αυξάνεται η εξασθένιση (τα dB) τόσο μειώνεται και το σήμα $\cos(16000t)$, αφού βρίσκεται στη ζώνη μετάβασης. Τέλος η ζώνη διέλευσης παραμένει σταθερή και στις δύο περιπτώσεις, παρότι η εξασθένιση είναι μεγαλύτερη στην δεύτερη περίπτωση.

B) Δίνεται το σήμα $x(t) = 1 + \cos(1.5t) + \cos(5t)$. Έγινε δειγματοληψία 500 δειγμάτων με συχνότητα δειγματοληψίας $f_s = 5 \text{ Hz}$. Ύστερα, το σήμα πέρασε από το Chebyshev Highpass Filter με τάξη $n=16$.





Τέλος, γίνεται αντιληπτό ότι $F_s = 10 \text{ kHz} > 2F_{\max} = 2 * \frac{5}{2\pi} = 1.59 \text{ Hz}$, άρα δεν παρουσιάζεται το φαινόμενο aliasing. Τέλος παρατηρείται ότι το υψηλοπερατό φίλτρο "κόβει" το σήμα $1 + \cos(1.5t)$, αφού είναι στη ζώνη αποκοπής