



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
TECHNICAL UNIVERSITY OF CRETE

Αναφορά 3ης Εργαστηριακής Άσκησης

Authors

Θωμάς Λάγκαλης, 2021030079

Γιώργος Μπίτσης, 2021030043

Μάρκος Παπαδάκης, 2021030212

ΤΗΛ 301 Ψηφιακή Επεξεργασία Σήματος

Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, Πολυτεχνείο
Κρήτης

Νοέμβριος 2023

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	2
2	1η Άσκηση	2
3	2η Άσκηση	3
4	3η Άσκηση	3

1 Εισαγωγή

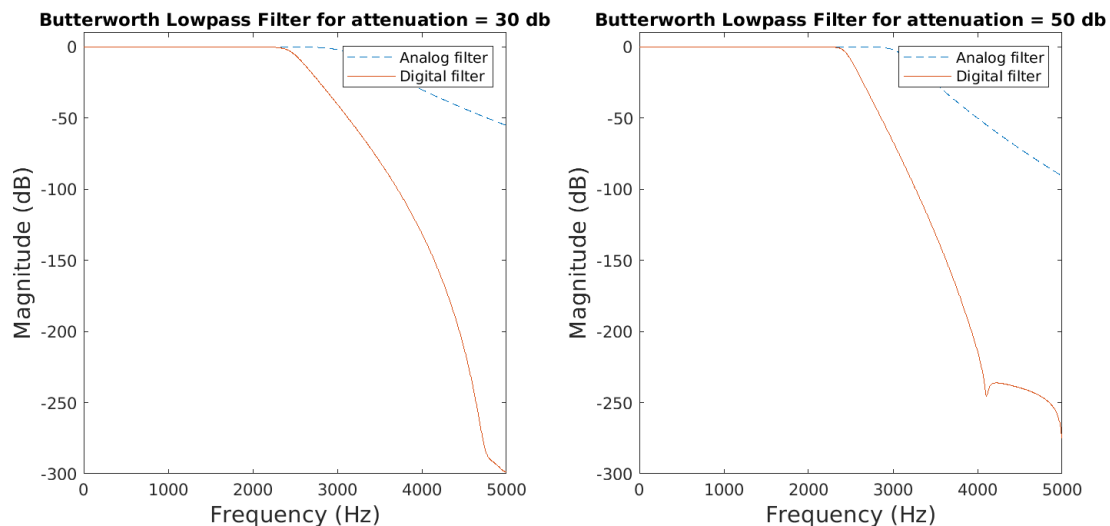
Η παρούσα εργαστηριακή άσκηση εκτελέστηκε στο πλαίσιο του μαθήματος, με σκοπό τη μελέτη των αναλογικών και ψηφιακών φίλτρων. Η διαδικασία αυτή αποτελεί κρίσιμο τμήμα του πεδίου της ψηφιακής επεξεργασίας, προσφέροντας κατανόηση των βασικών αρχών που διέπουν τη λειτουργία των φίλτρων.

2 1η Άσκηση

Για την σχεδίαση του αναλογικού και του ψηφιακού χαμηλοπερατού φίλτρου ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία. Αρχικά, ορίστηκαν οι απαιτήσεις του φίλτρου:

- Passband frequencies: 0-3kHz
- Stopband frequencies: >4kHz
- Ripple: 3dB
- Attenuation: 30dB και 50dB (δύο περιπτώσεις)

Επίσης, η συχνότητα δειγματοληψίας από το φίλτρο συνεχούς στο διακριτού χρόνου (ψηφιακό) ορίστηκε $f_s = 10kHz$. Τέλος, με τη χρήση των συναρτήσεων που αναφέρονται στην εκφώνηση σχεδιάστηκαν οι δύο περιπτώσεις του lowpass φίλτρου που παρουσιάζονται στο σχήμα 1.



Σχήμα 1: Χαμηλοπερατό αναλογικό και ψηφιακό φίλτρο με attenuation 30dB και 50dB

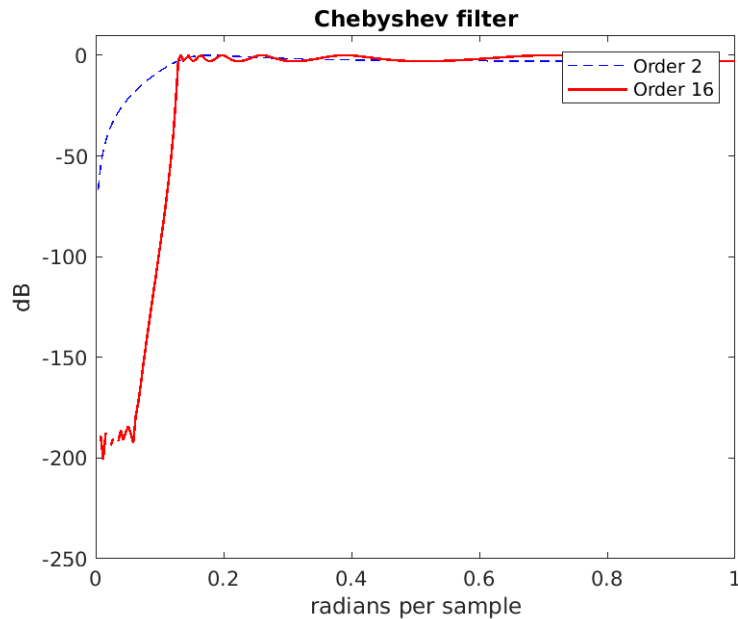
Όπως γίνεται αντιληπτό από το σχήμα των αποτελεσμάτων το αναλογικό φίλτρο σε σχέση με το ψηφιακό έχει πιο απότομο transition band και το stop band του έχει πολύ μικρότερο κέρδος από το ψηφιακό. Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά καθιστούν το αναλογικό φίλτρο πιο ακριβές ως προς το φιλτράρισμα καθώς κρατάνε με μεγαλύτερα ακρίβεια τις θεμιτές (χαμηλές στην προκυμένη περίπτωση) συχνότητες και απορρίπτει καλύτερα τις ψηλές.

Για την σύγκριση μεταξύ των δύο φίλτρων με διαφορετικές τιμές attenuation παρατηρείται μία διαφορά μόνο στην περιοχή stopband. Συγκεκριμένα, το φίλτρο με 50dB attenuation παρουσιάζει

ένα μία απότομη αύξηση στις μεγάλες συχνότητες (στο αναλογικό φίλτρο) με αντίθεση το φίλτρο με 20dB attenuation που δεν παρουσιάζει κάποια ανωμαλία στο σημείο αυτό.

3 2η Άσκηση

Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται τα δύο highpass φίλτρα Chebyshev. Το φίλτρο με την μπλε γραμμή είναι 2ης τάξης ενώ το κόκκινο είναι 16ης.



Σχήμα 2

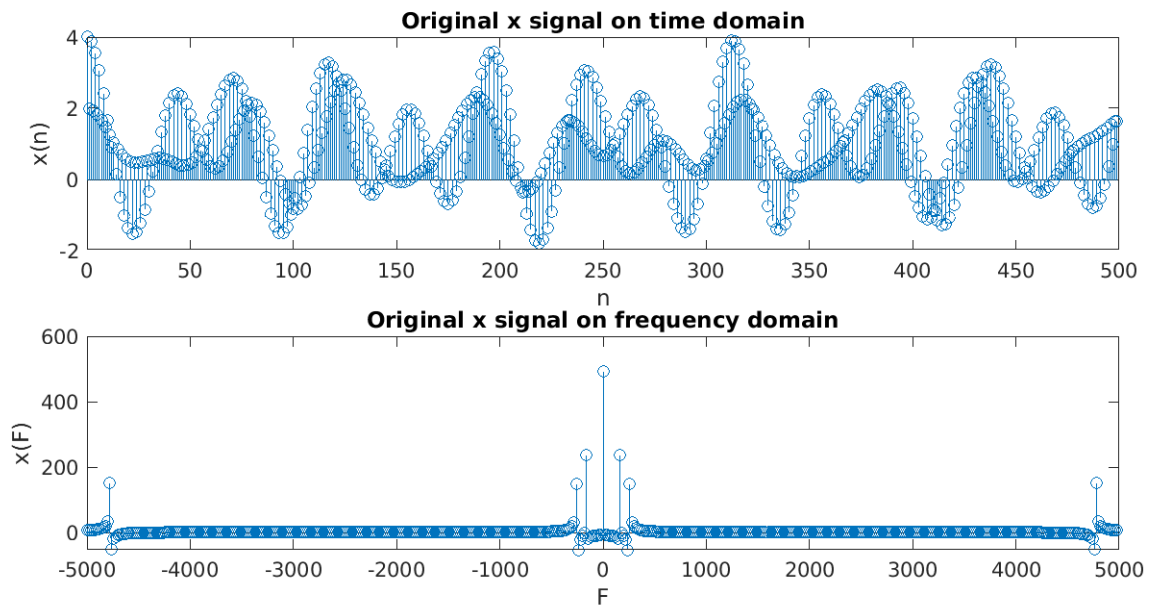
Αρχικά, ο άξονας των συχνοτήτων είναι κανονικοποιημένος (από 0 έως 1). Αυτό συμβαίνει διότι η συνάρτηση cheby1 επιστρέφει το φίλτρο με κανονικοποιημένη συχνότητα.

Όπως γίνεται αντιληπτό από το σχήμα 2 τα δύο φίλτρα έχουν ίδιο cutoff και stop frequency όμως διαφέρουν στο stop-band transition-band. Συγκεκριμένα, το φίλτρο τάξης 16 έχει πιο απότομο transition-band ενώ το φίλτρο τάξης 2 έχει stop-band με μεγαλύτερο κέρδος. Επίσης, το φίλτρο μεγαλύτερης τάξης έχει πιο απότομο κυματισμό (ripple) τόσο στο stop-band όσο και στο pass-band σε σχέση με το φίλτρο μικρότερης τάξης, αυτό ωστόσο δεν φαίνεται να επιράζει το attenuation (εξασθένηση) αφού φαίνεται να είναι παρόμοιες (ίσως ελάχιστα μεγαλύτερη στο 16ης ταξης φίλτρο).

Το φίλτρο με την μεγαλύτερη τάξη ($N = 16$) αφήνει να περάσει περισσότερη θεμιτή πληροφορία του σήματος ενώ κόβει περισσότερη ανεπιθύμητη. Επομένως, το φίλτρο τάξης $N = 16$ είναι ακριβέστερο ως προς τις προδιαγραφές που θεσπίστηκαν από την εκφώνηση.

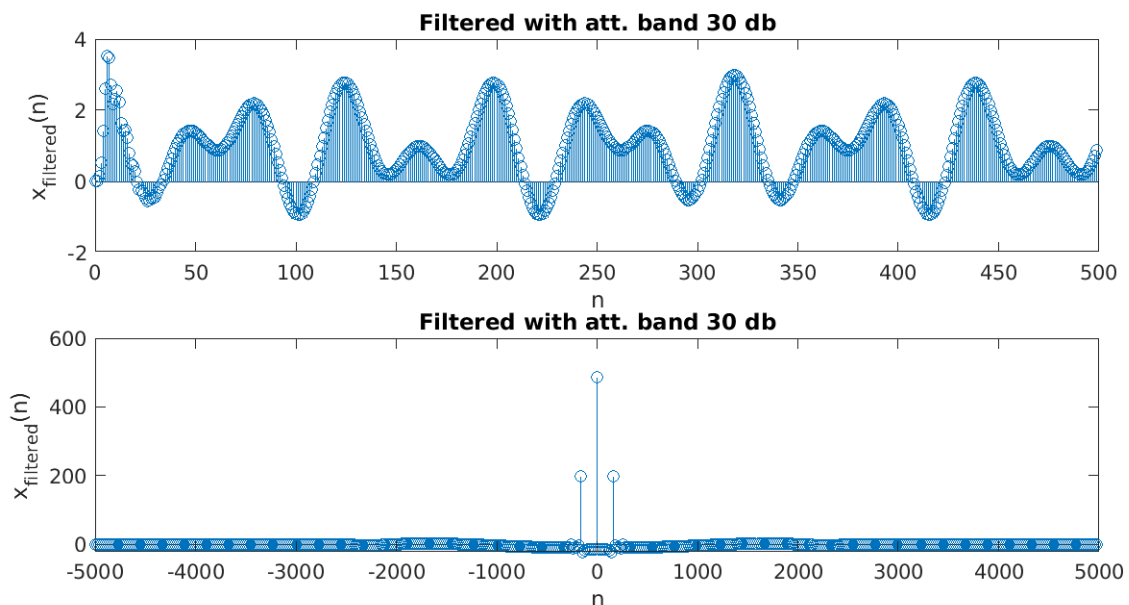
4 3η Άσκηση

Σε αυτή την άσκηση αρχικά έγινε δειγματοληψία στο σήμα $x(t) = 1 + \cos(1000t) + \cos(16000t) + \cos(30000t)$ όπως μας ζητείται Σχήμα 3. Το επόμενο βήμα που υλοποιήθηκε ήταν το φιλτράρισμα του σήματος με το φίλτρο της πρώτης άσκησης το οποίο έχει attenuation band 30dB, με χρήση της συνάρτησης filter. Το τελικό σήμα φαίνεται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3

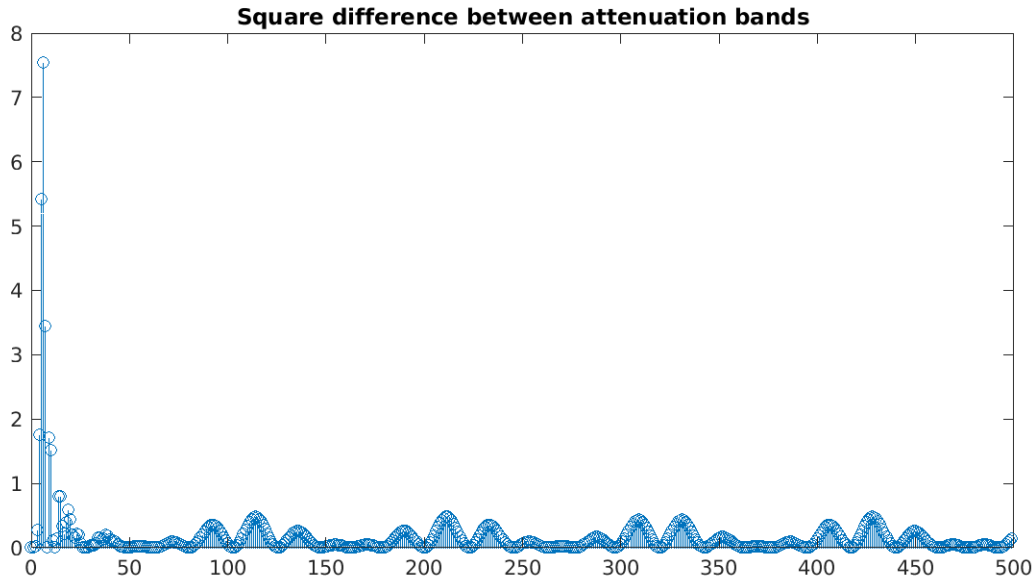
Επειδή το φίλτρο αυτό είναι χαμηλοπερατό παρατηρείται πως η συνιστώσα $\cos(30000t)$ αφαιρέθηκε από το αρχικό σήμα αφού αυτή η συχνότητα εμπίπτει στη stop band του φίλτρου. Πιο συγκεκριμένα στο Σχήμα 3 απεικονίζεται το αρχικό σήμα στη συχνότητα όπου και βλέπουμε να υπάρχει συχνότητα στο σήμα γύρω στα 4774 Hz. Στο Σχήμα 4 όπου έχουμε και το συχνοτικό περιεχόμενο του φιλτραρισμένου σήματος παρατηρείται πως η συχνότητα των 4774 Hz που προέρχεται από το υγίσυχο συνημίτονο να απουσιάζει.



Σχήμα 4

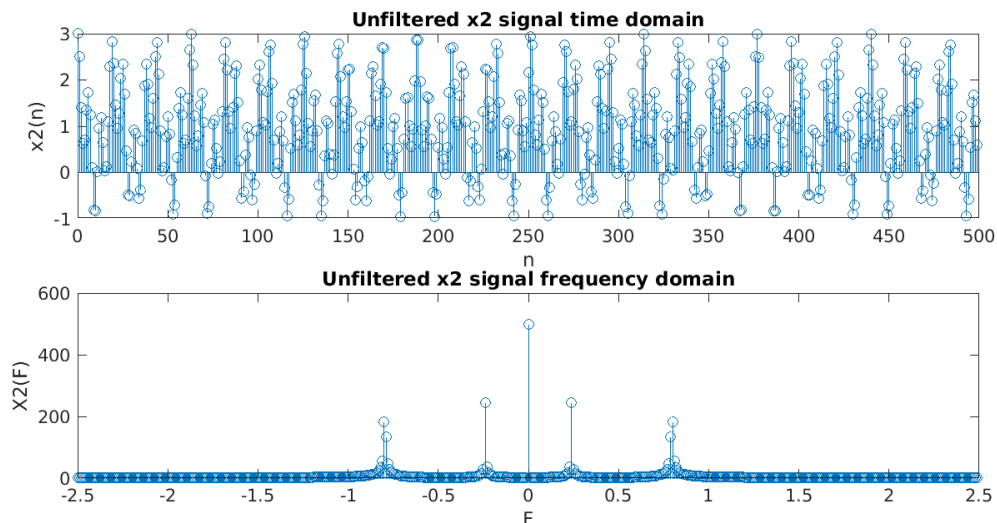
Παρόμοια αποτελέσματα έχουμε και για το φίλτρο με attenuation band επειδή στη γραφική του

παράσταση μοιάζει αρκετά ίδιο με το προηγούμενο φίλτρο παρακάτω παρατίθεται η γραφική παράσταση (Σχήμα 5) του τετραγώνου της διαφοράς τους $(x_1 - x_2)^2$. Aliasing στη συχνότητα f_s δεν παρατηρείται καθώς το κριτήριο Nyquist τηρείται κανονικά $f_s > 2f_{max} \Rightarrow 10.000 > 9548$.



Σχήμα 5

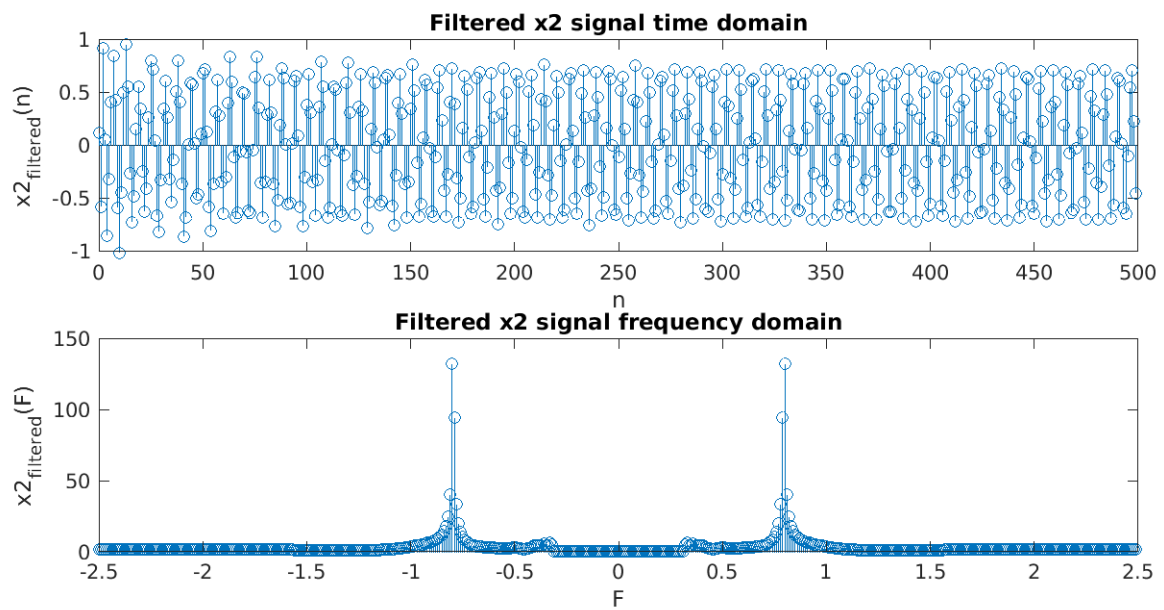
Όσον αφορά το δεύτερο υποερώτημα ακολουθήθηκαν ίδιες διαδικασίες απλά με άλλο σήμα και άλλο φίλτρο. Εδώ χρησιμοποιήθηκε το φίλτρο της δεύτερης άσκησης (δεύτερο φίλτρο), το οποίο είναι υπερερατό. Δηλαδή αφαιρέθηκαν οι χαμηλές συχνότητες του αρχικού σήματος. Στο Σχήμα 6 υπάρχει το αρχικό σήμα και το φάσμα του. Το φάσμα του έχει αναμενόμενες τιμές βάσει των συνημιτόνων που υπάρχουν στο σήμα.



Σχήμα 6

Στη συνέχεια στο Σχήμα 7 υπάρχει το τελικό φιλτραρισμένο σήμα μαζί με το φάσμα του. Επειδή

το φίλτρο είναι υψιπερατό παρατηρούμε πως κόβει την συνιστώσα 1 από το αρχικό σήμα η οποία έχει μηδενική συχνότητα αλλά εξασθενεί κατά πολύ και το $\cos(1.5t)$ που υπήρχε στο σήμα.



Σχήμα 7