

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



ΣΗΜΑΤΑ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

(2020-2021)

Εργασία MATLAB

Ονοματεπώνυμο:

- Χρήστος Τσούφης

Αριθμός Μητρώου:

- 03117176

Στοιχεία Επικοινωνίας:

- el17176@mail.ntua.gr

1. Σχεδίαση Φίλτρων

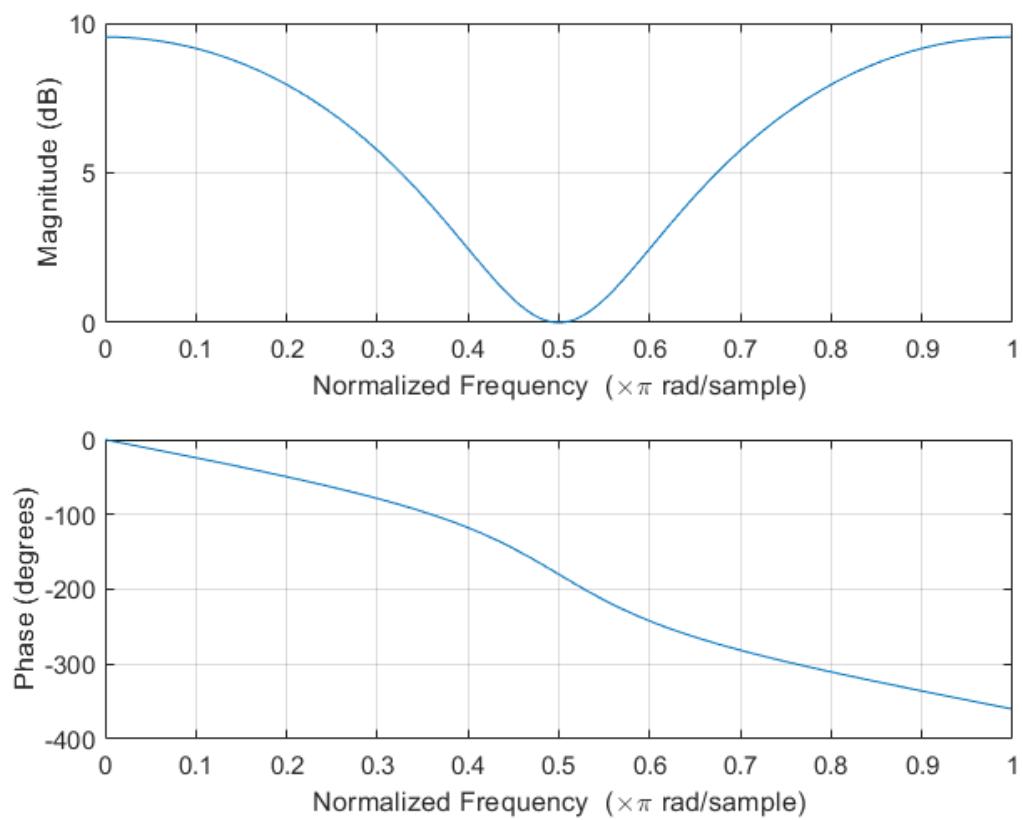
1.1 Σχεδίαση φίλτρων ηχούς και αντήχησης (Echo, Reverb)

Ο σχετικός κώδικας της άσκησης επισυνάπτεται στο zip αρχείο.

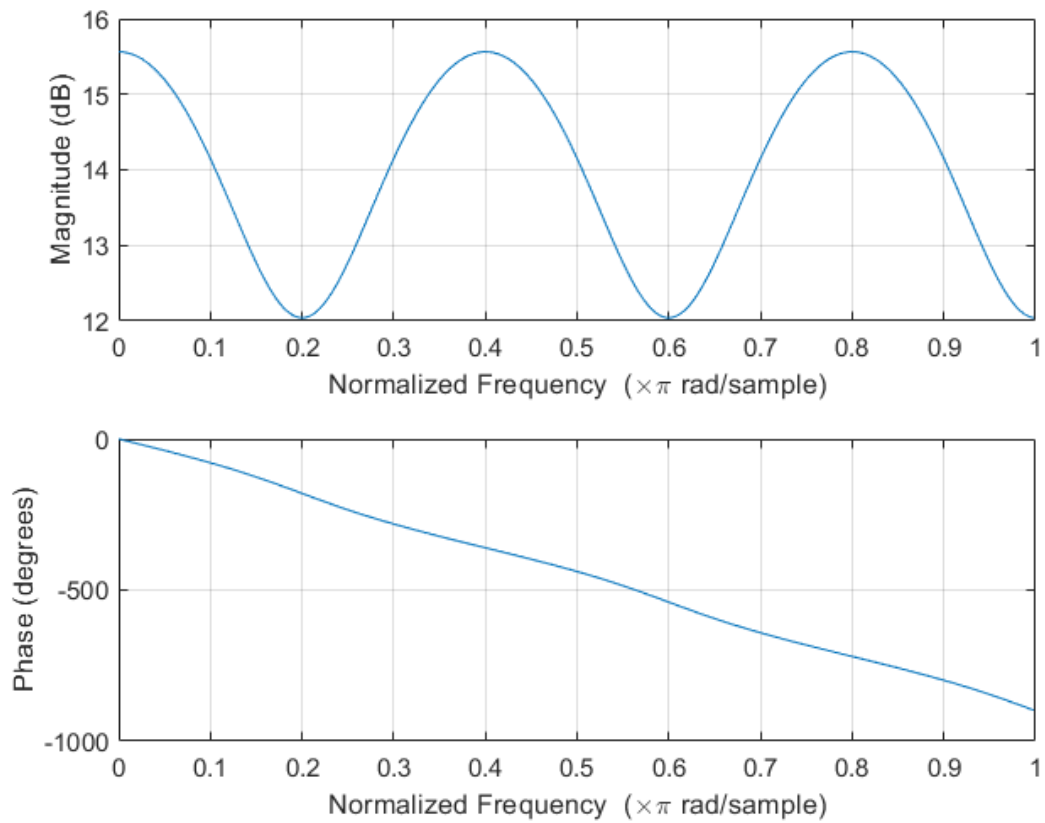
α) Η απάντηση φαίνεται στο σχετικό απόσπασμα κώδικα.

β) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:

Για $P = 2$:



Για $P = 5$:



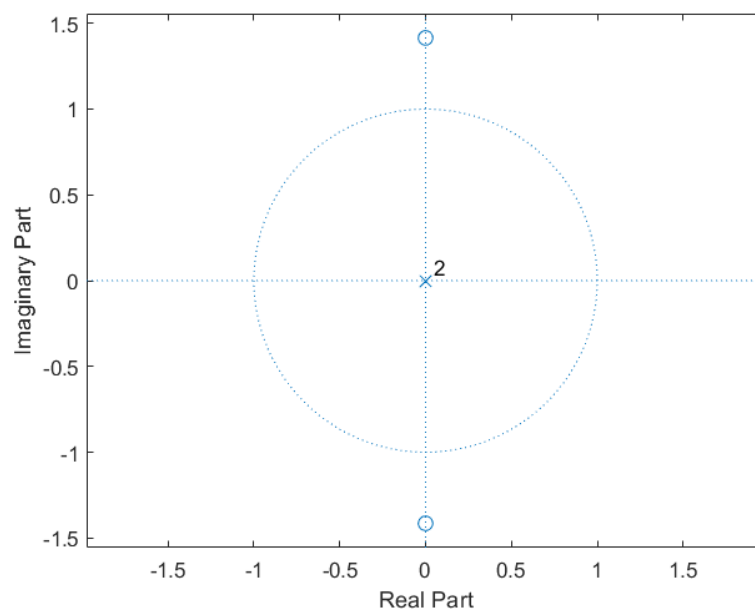
Παρατήρηση:

Η συνάρτηση `freqz` με είσοδο τα διανύσματα `b`, `a` της Ε.Δ. δίνει την απόκριση πλάτους και φάσης τους στο πεδίο συχνότητας.

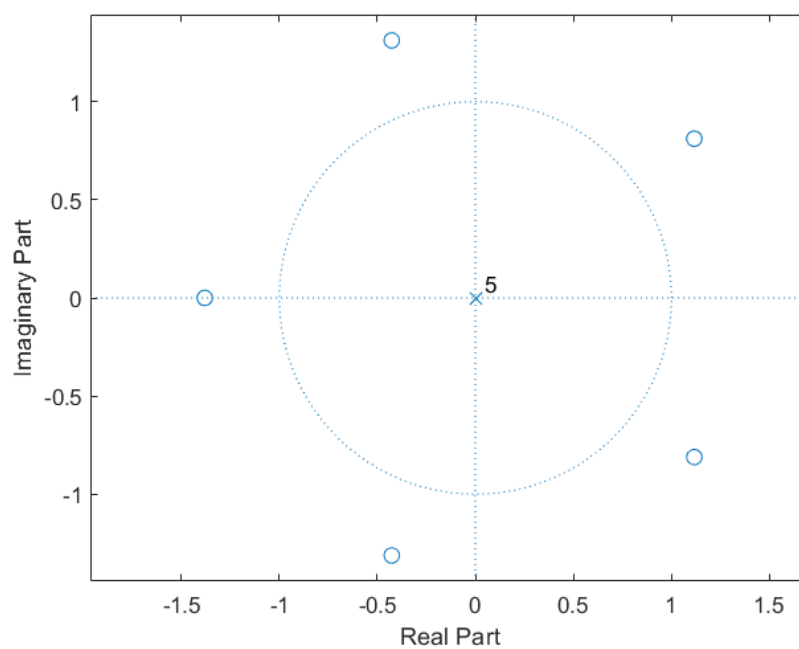
Παρατηρείται ότι το σήμα επαναλαμβάνεται σε ίσα χρονικά διαστήματα γεγονός που δικαιολογεί το γραμμικό φίλτρο ηχούς.

γ) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:

Για $P = 2$:



Για $P = 5$:



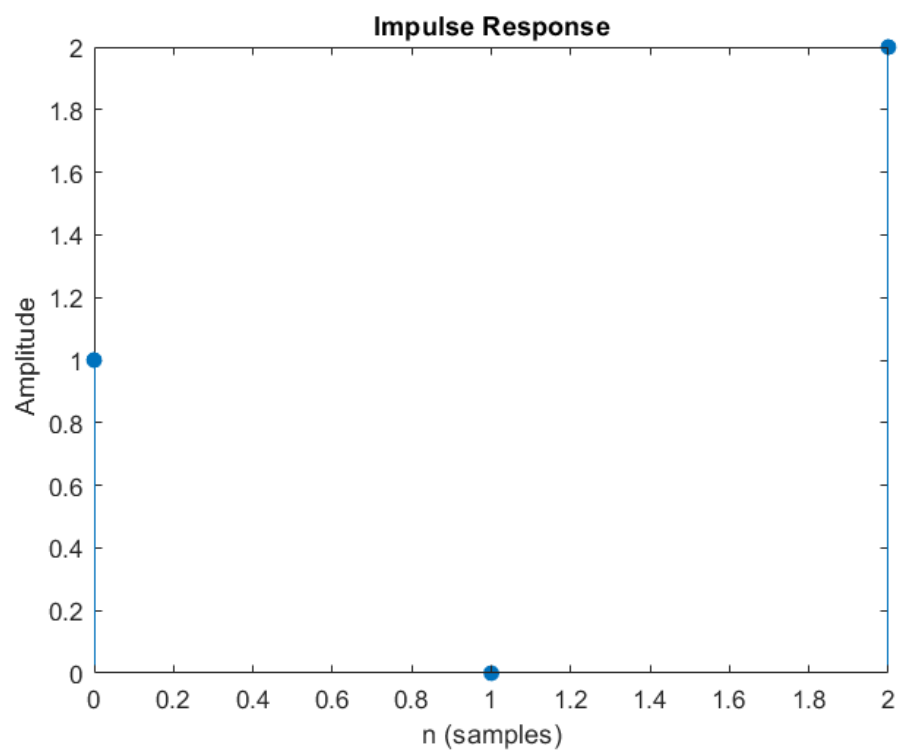
Παρατήρηση:

Τα διαγράμματα προκύπτουν όπως αναμένεται από τον υπολογισμό της συνάρτησης μεταφοράς:

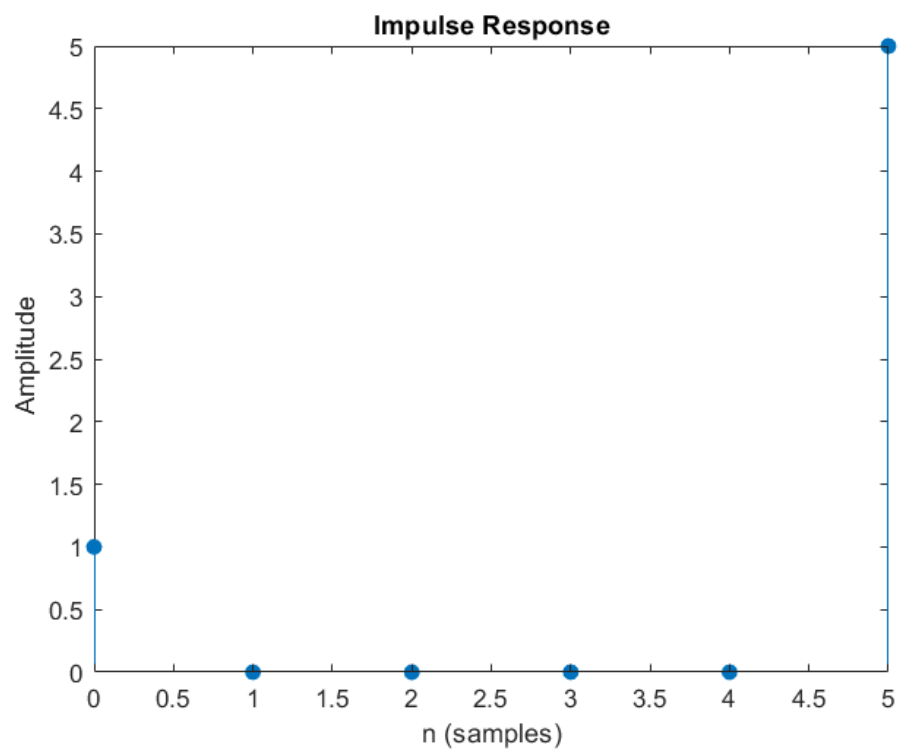
$$H(z) = \frac{\sum_{k=0}^q b_k z^{-k}}{\sum_{a=0}^p a_k z^{-k}}$$

δ) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:

Για $P = 2$:



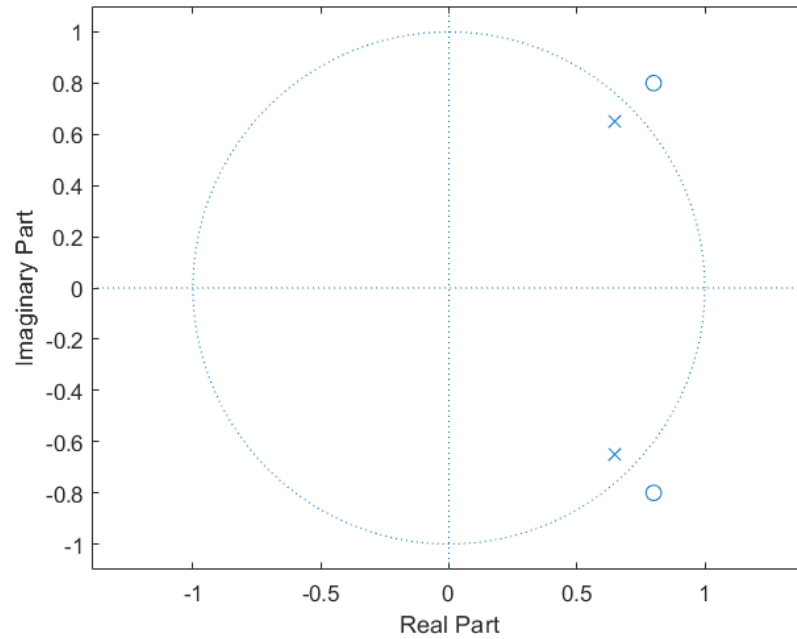
Για $P = 5$:



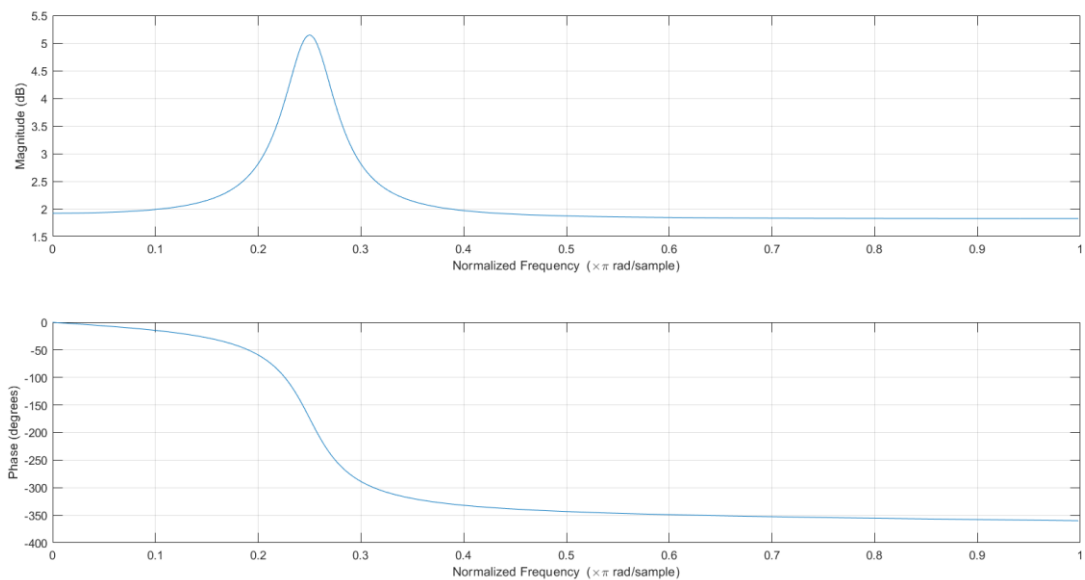
1.2 Σχεδίαση Ζωνοπερατών Φίλτρων

Ο σχετικός κώδικας της άσκησης επισυνάπτεται στο zip αρχείο.

α) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:



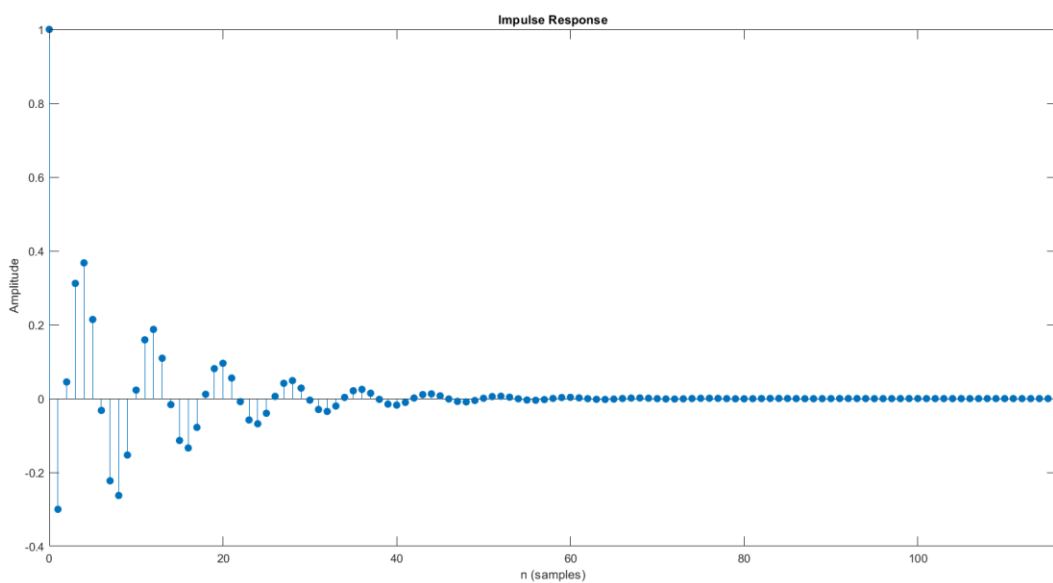
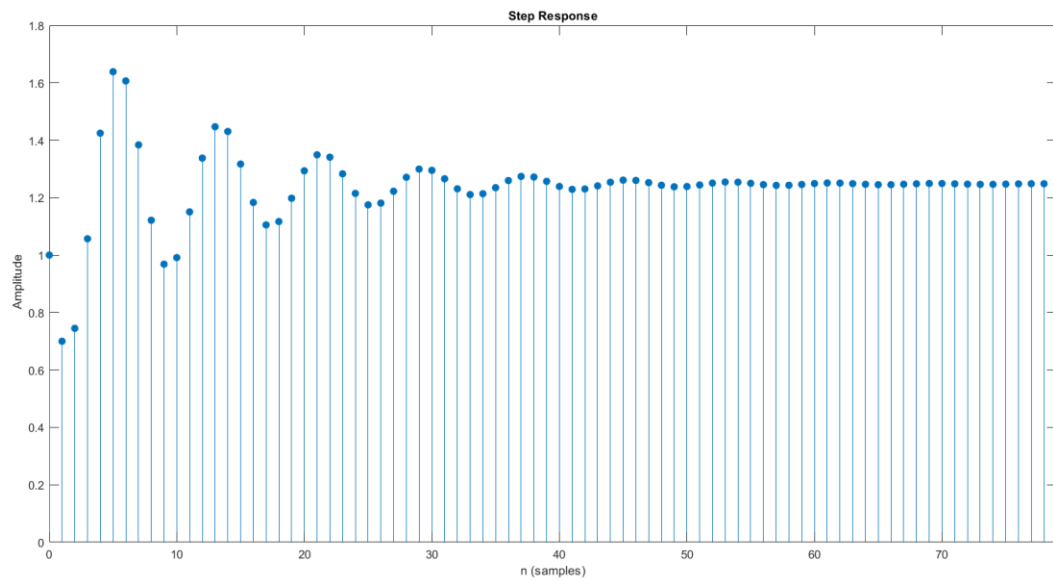
β) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:



Παρατήρηση:

Το σήμα ενισχύεται σε κανονικοποιημένες συχνότητες κοντά στην γωνία των πόλων από τον άξονα x .

γ) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:

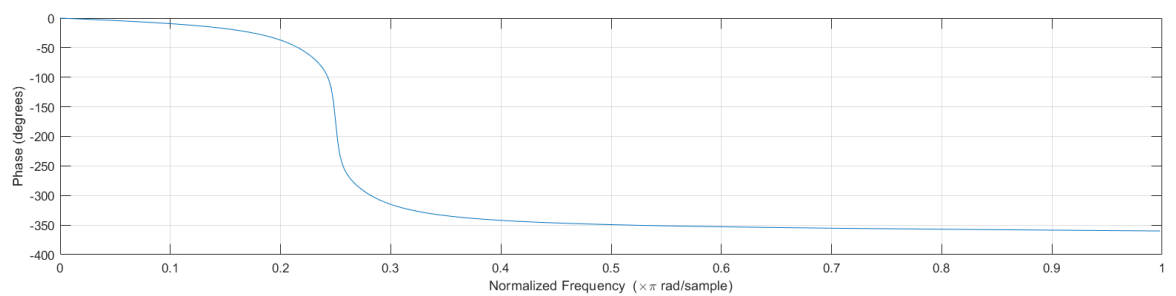
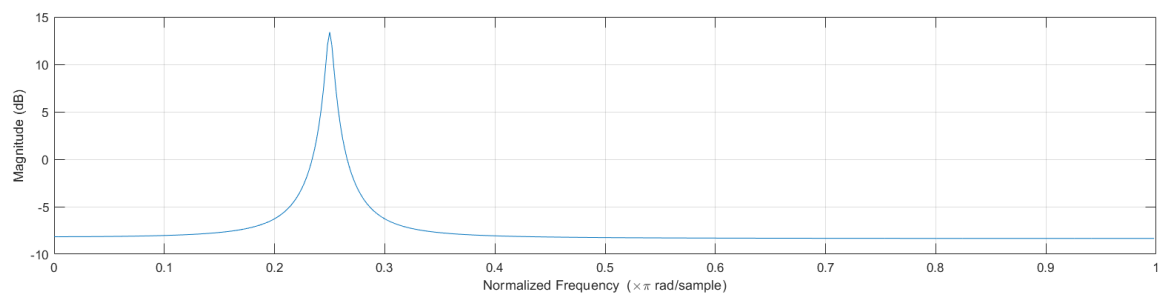
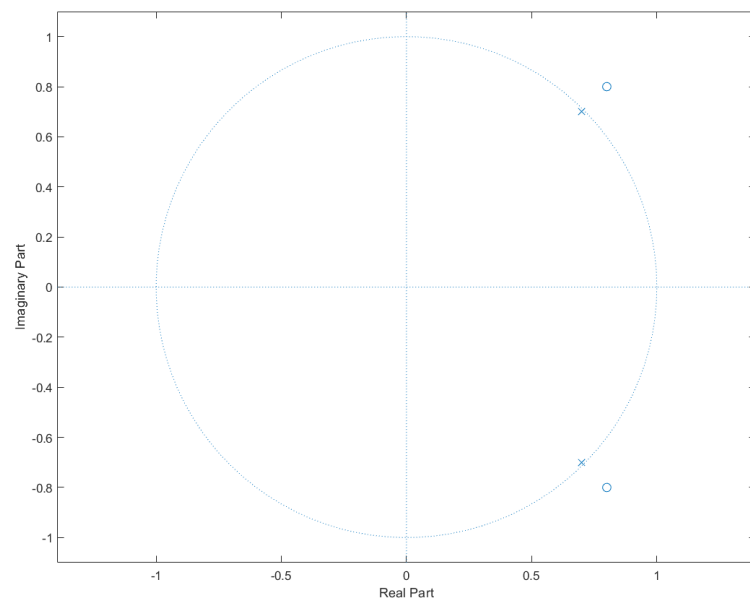


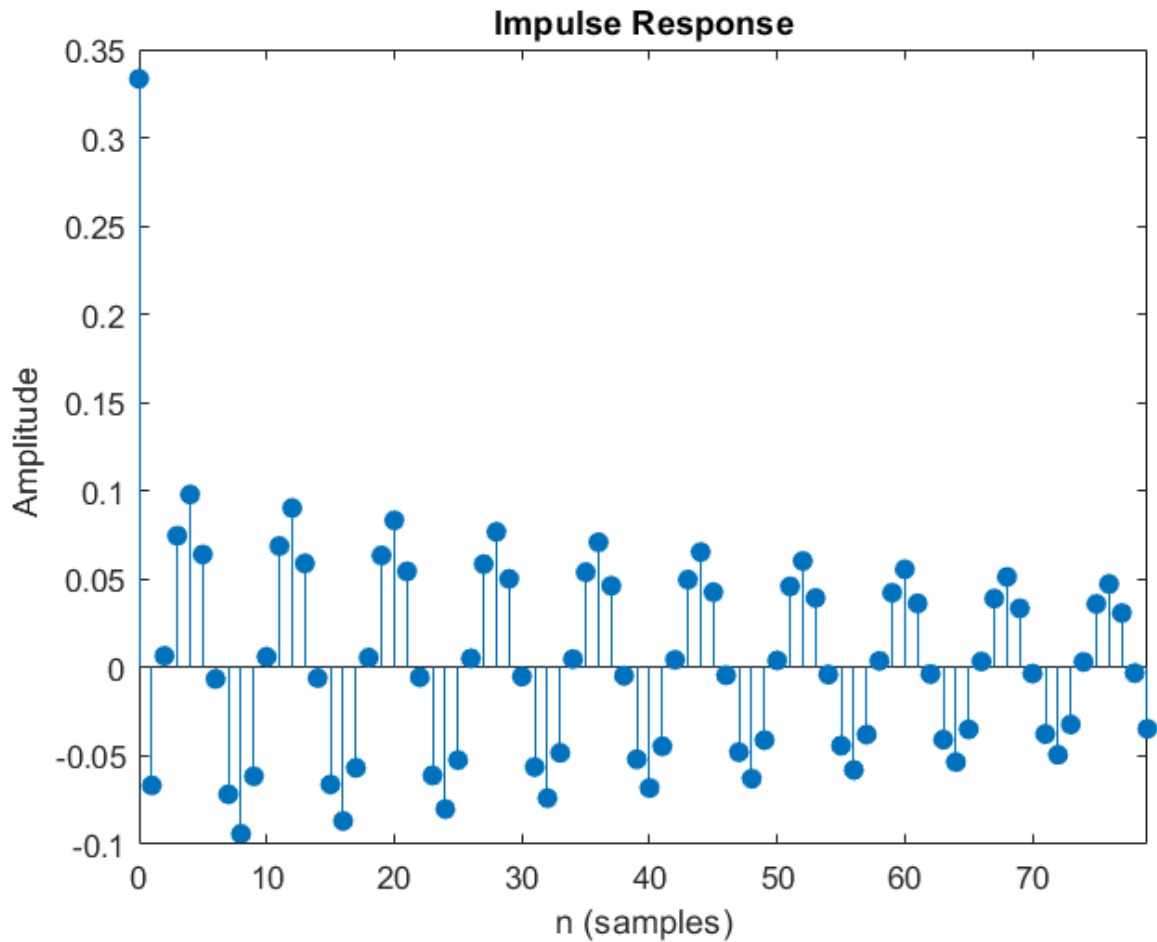
Παρατήρηση:

Μετά από λίγες περιόδους μετάβασης, τα σήματα σταθεροποιούνται, και αυτό δικαιολογείται διότι οι πόλοι βρίσκονται εντός του μοναδιαίου κύκλου, άρα το σύστημα είναι ευσταθές.

δ) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:

1^η Θέση:



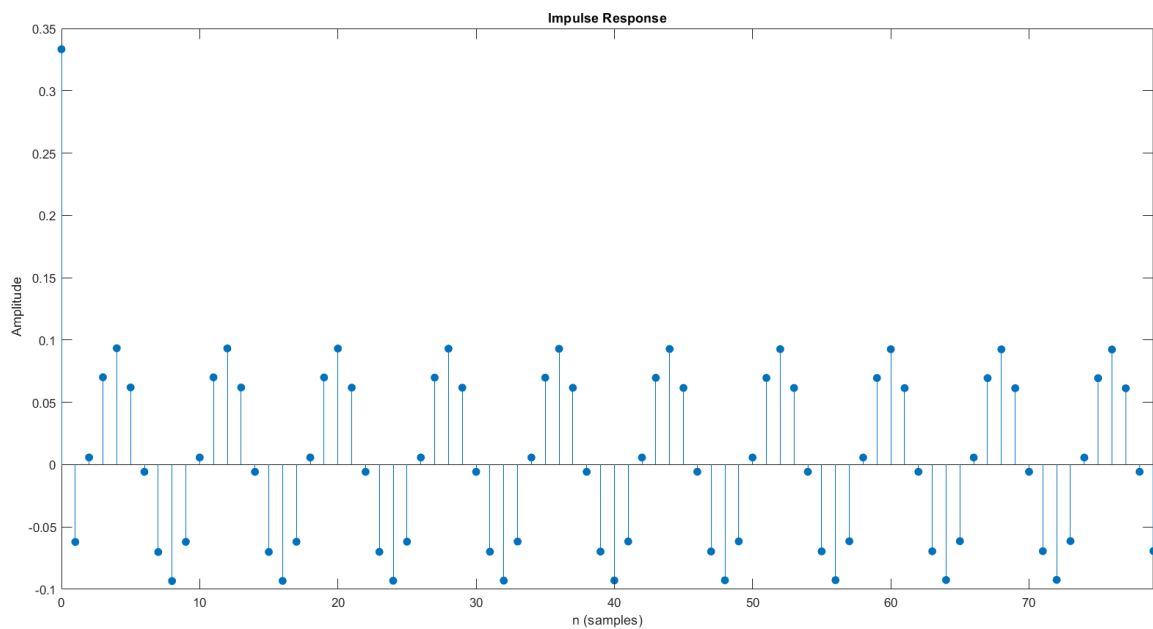
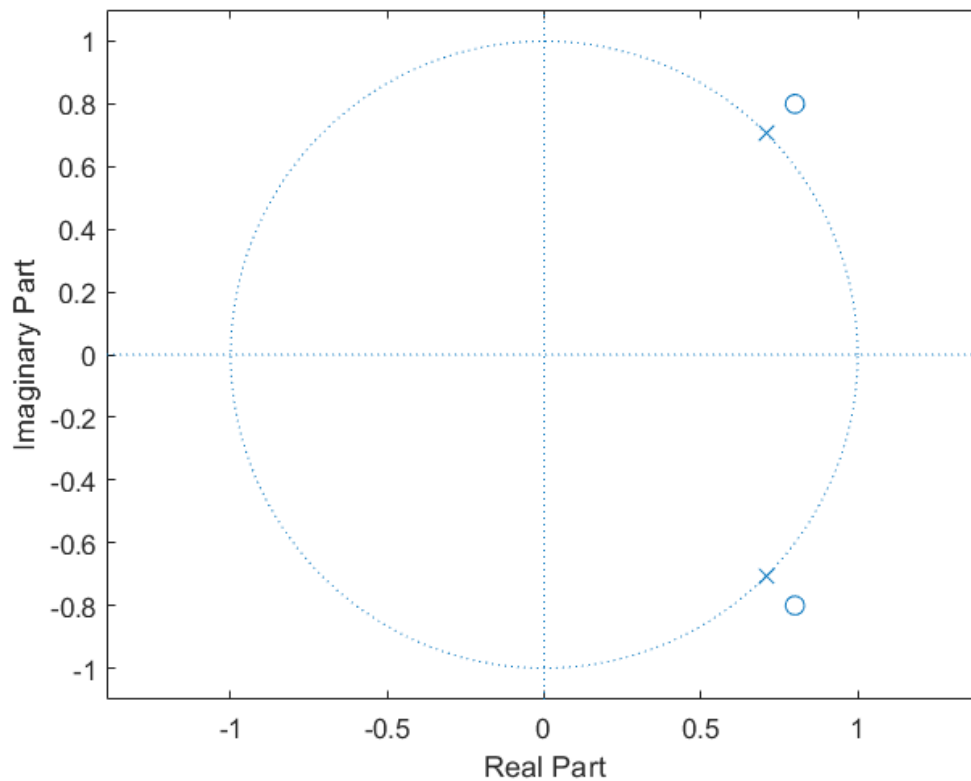


Παρατήρηση:

Αφού οι πόλοι βρίσκονται εντός του μοναδιαίου κύκλου, το σύστημα είναι ευσταθές οπότε η βηματική απόκριση σταθεροποιείται. Η περίοδος μετάβασης είναι όμως μεγαλύτερη.

Το μέτρο των πόλων είναι μεγαλύτερο από το προηγούμενο φίλτρο, το οποίο προκαλεί μεγαλύτερη ενίσχυση όπως φαίνεται στην απόκριση πλάτους αλλά ταυτόχρονα μικρότερο εύρος ζώνης. Το φίλτρο αυτό δηλαδή είναι πιο ισχυρό και πιο επιλεκτικό. Η γωνία των πόλων έμεινε ίδια οπότε η μέγιστη ενίσχυση γίνεται στην ίδια συχνότητα

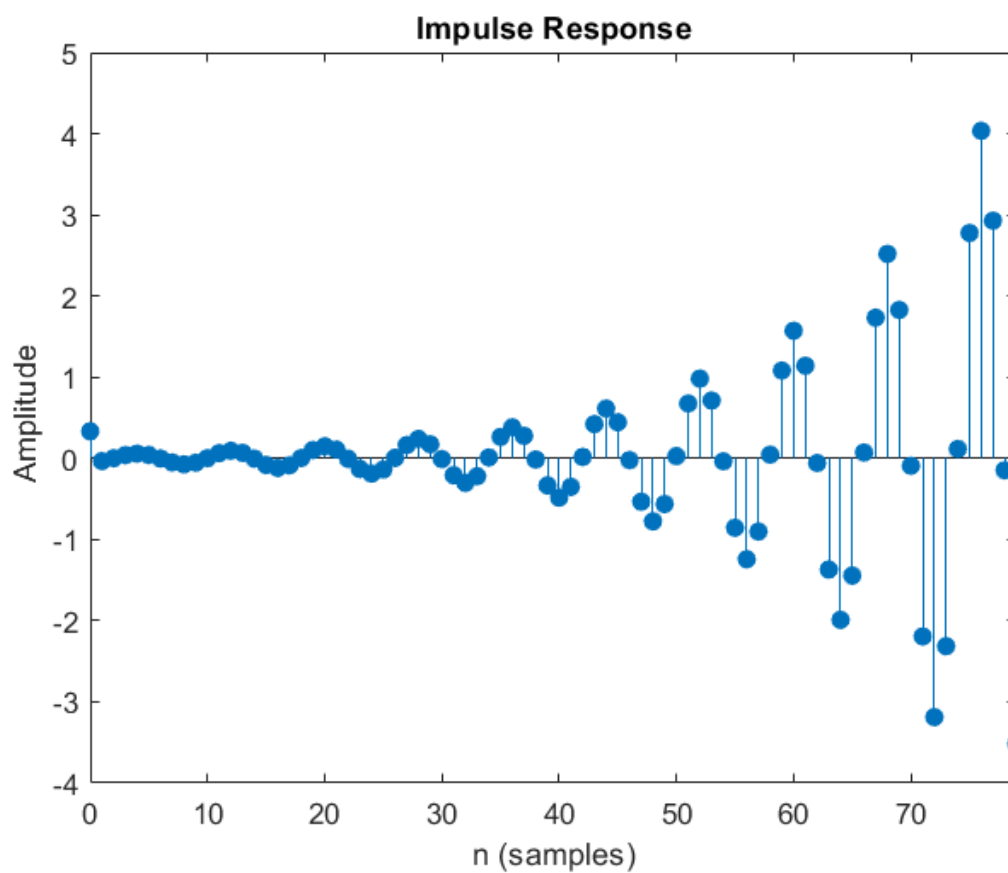
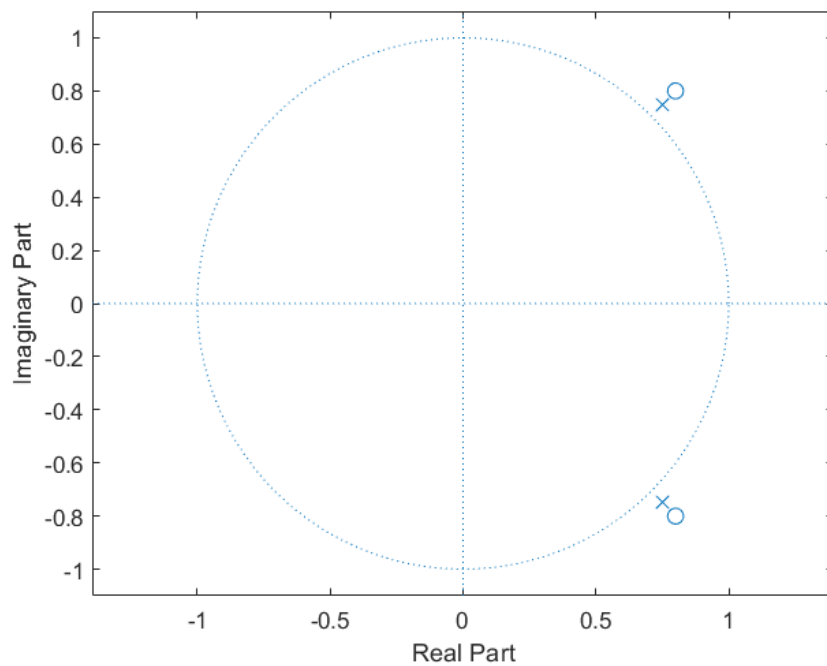
2^η Θέση:



Παρατήρηση:

Εδώ οι πόλοι βρίσκονται πάνω στο μοναδιαίο κύκλο και έχουν πολλαπλότητα 1. Η βηματική απόκριση, παρόλο που δε σταθεροποιείται, φαίνεται να παίρνει πεπερασμένες τιμές και δείχνει περιοδική ημιτονοειδής. Το σύστημα είναι οριακά ευσταθές.

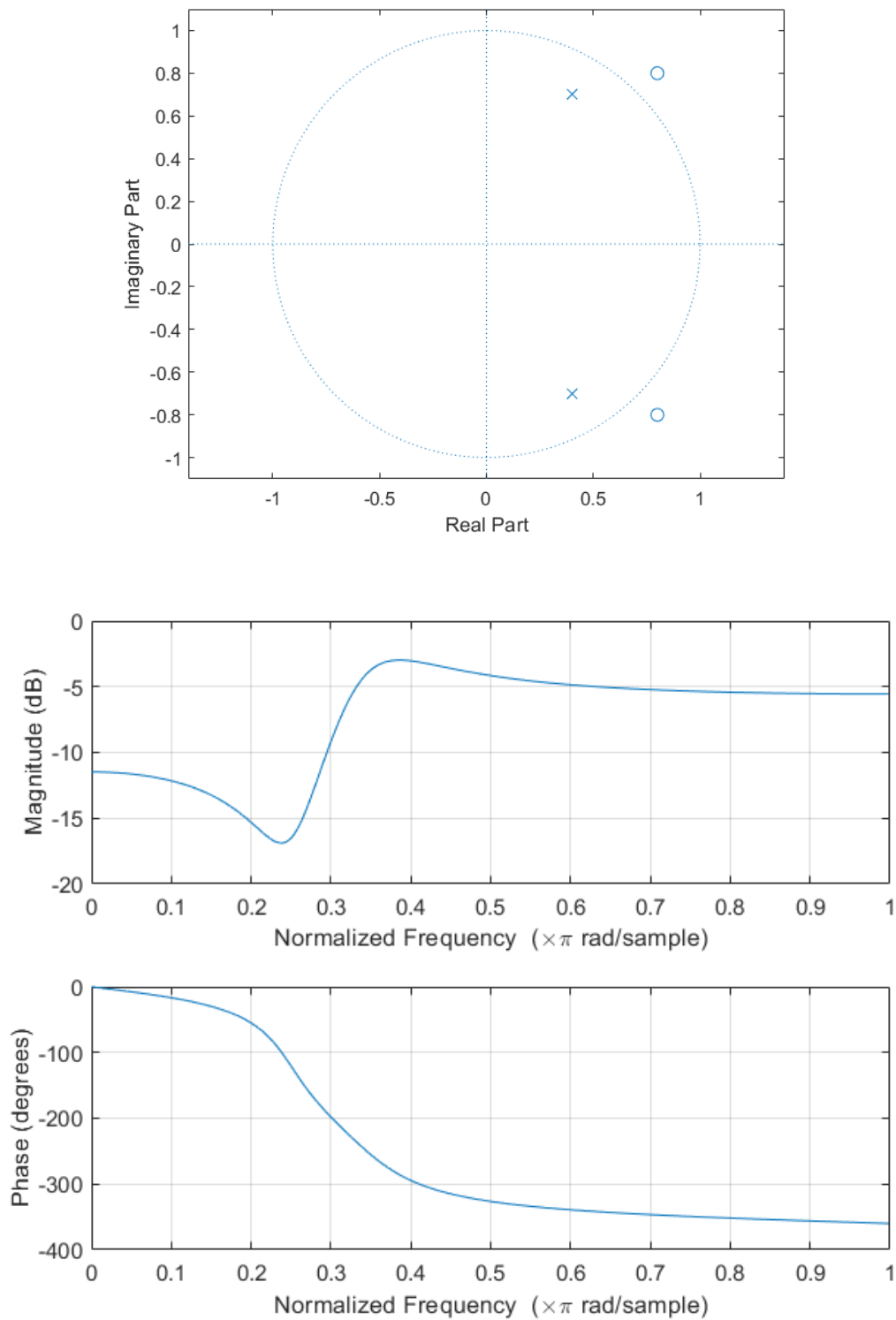
3^η Θέση:



Παρατήρηση:

Εδώ οι πόλοι έχουν μέτρο μεγαλύτερο του 1 οπότε το σύστημα είναι ασταθές, πράγμα το οποίο φαίνεται στη βηματική απόκριση η οποία απειρίζεται

ε) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:

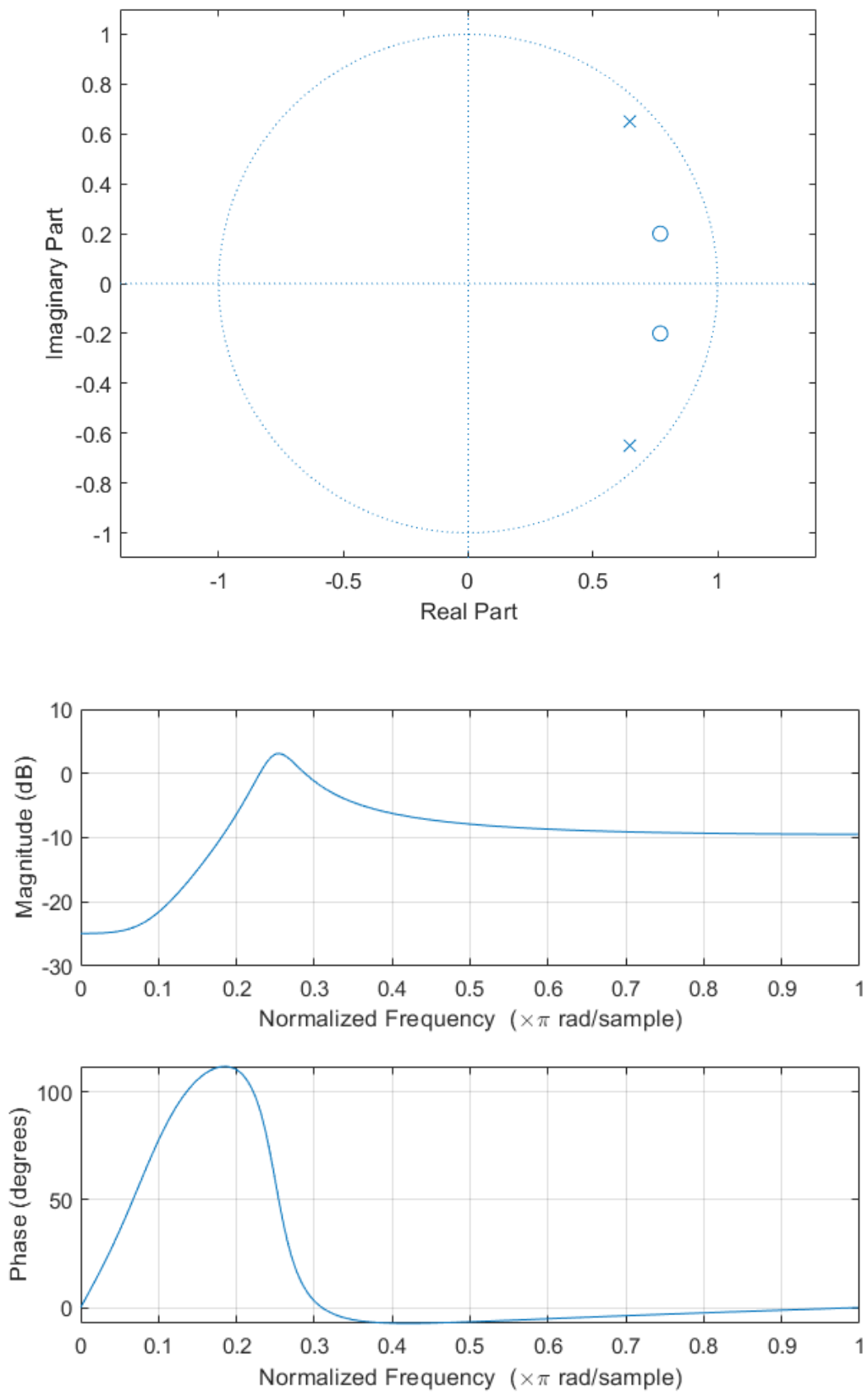


Παρατήρηση:

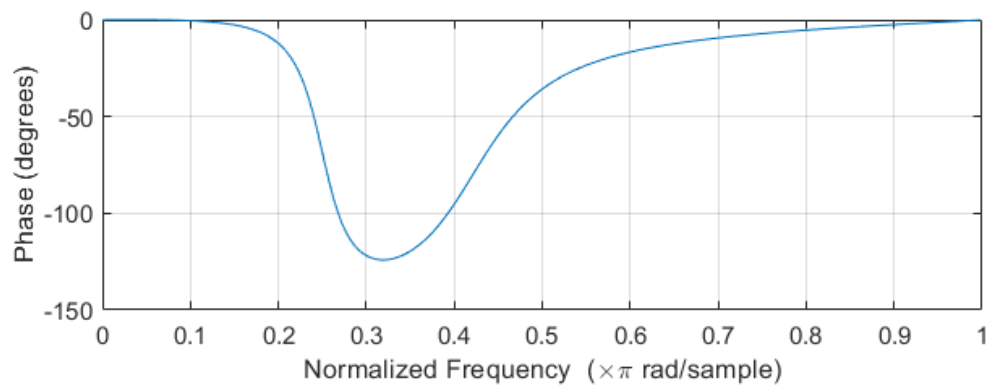
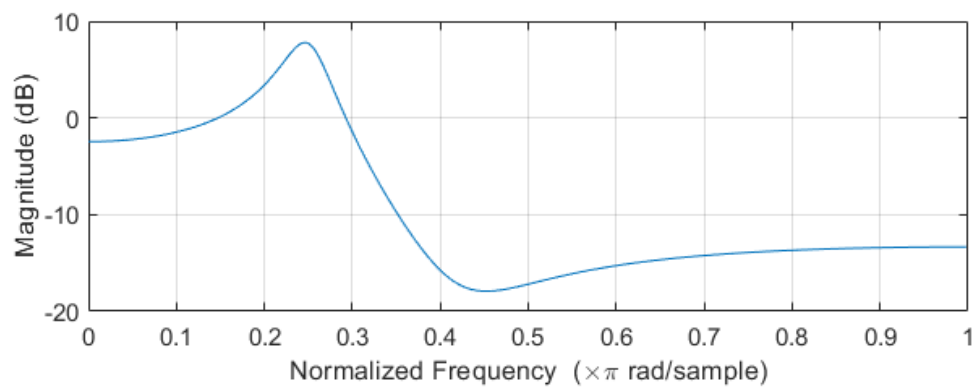
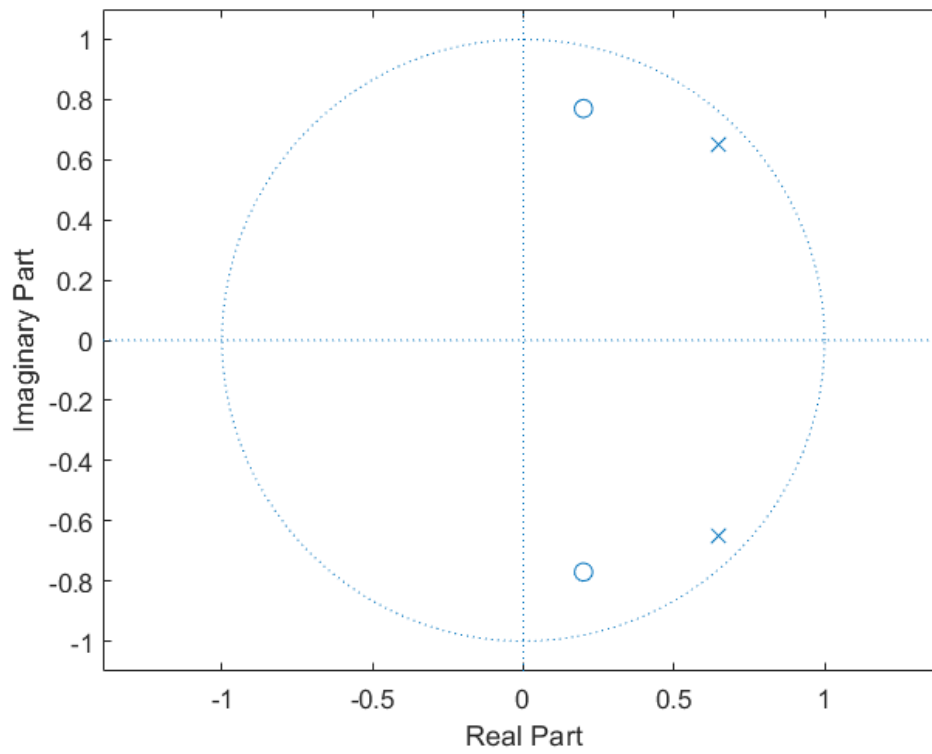
Μετακινώντας τους πόλους σε μεγαλύτερη φάση παρατηρείται ότι η ζώνη διέλευσης μετατοπίστηκε. Συγκεκριμένα, η μέγιστη ενίσχυση επιτυγχάνεται πλέον σε συχνότητα, ίση με τη γωνία των πόλων από τον άξονα x .

στ) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:

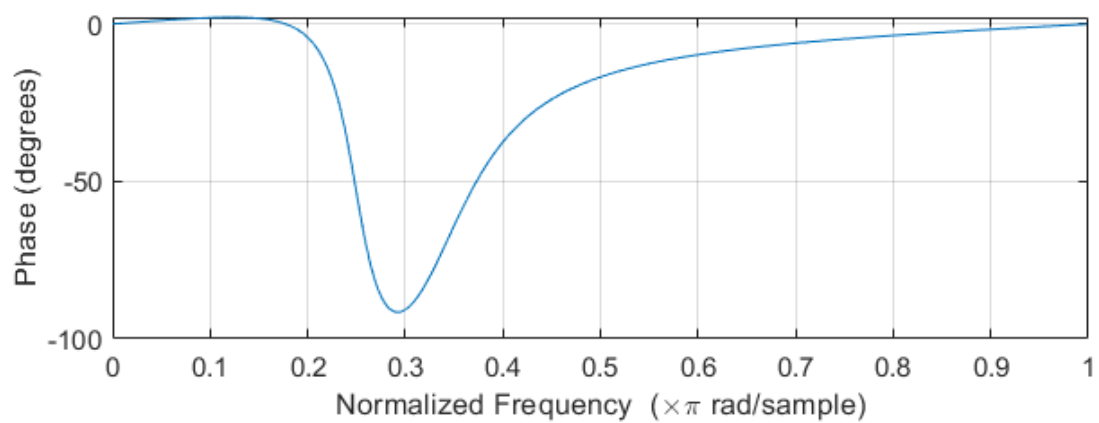
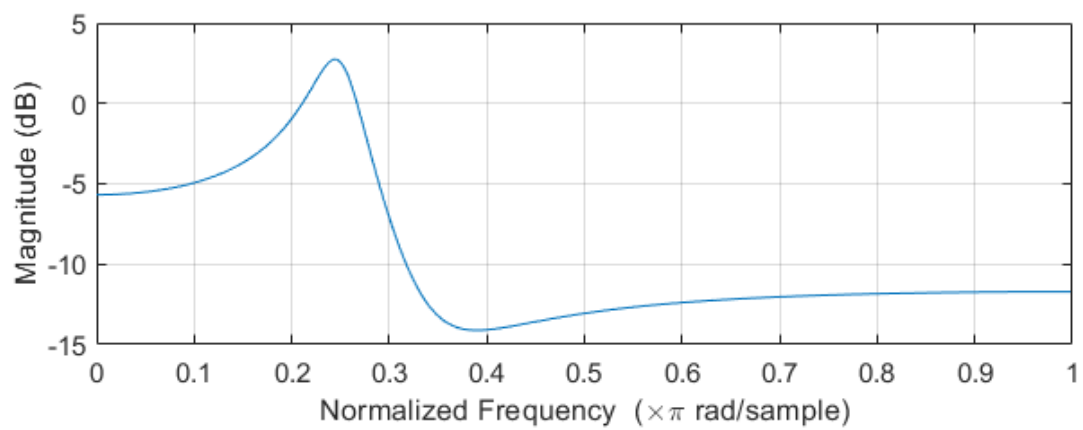
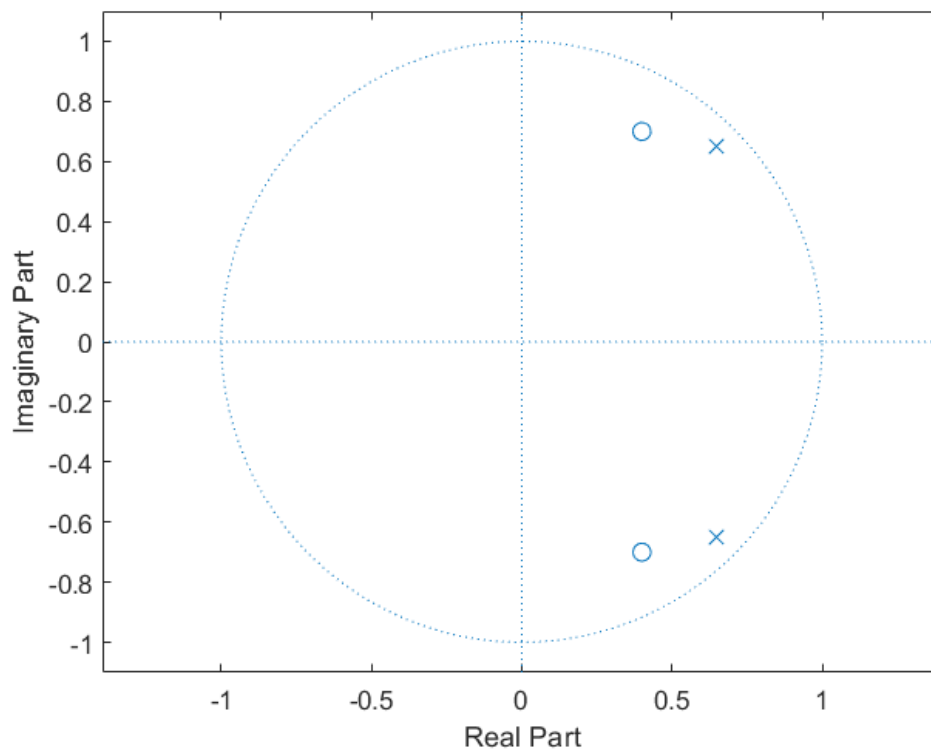
1^η Θέση:



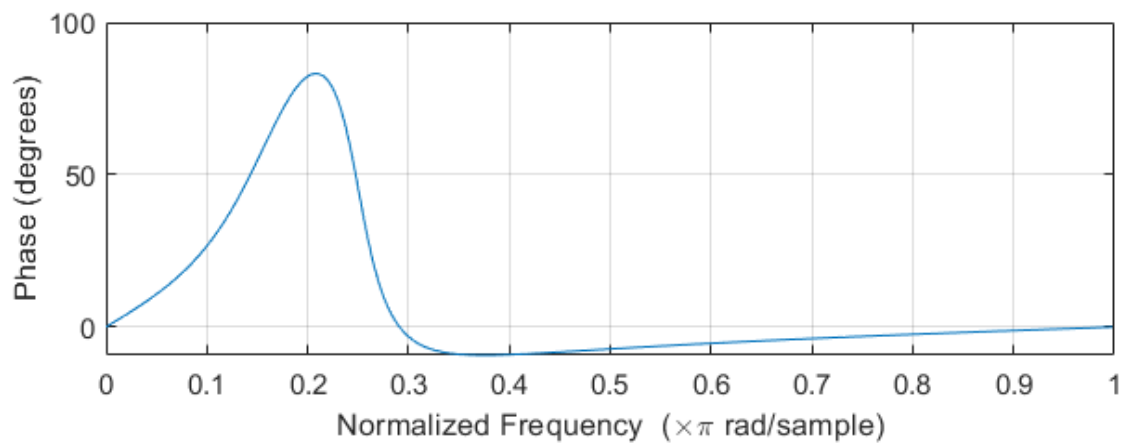
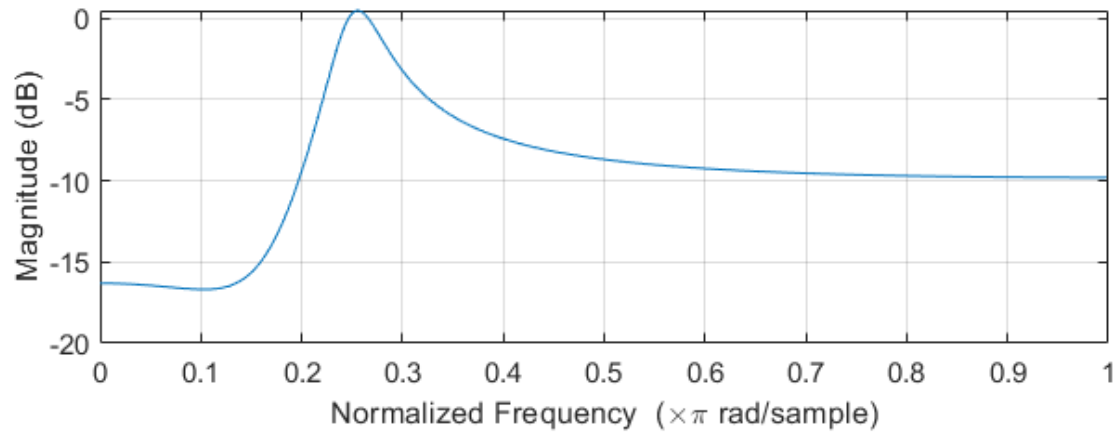
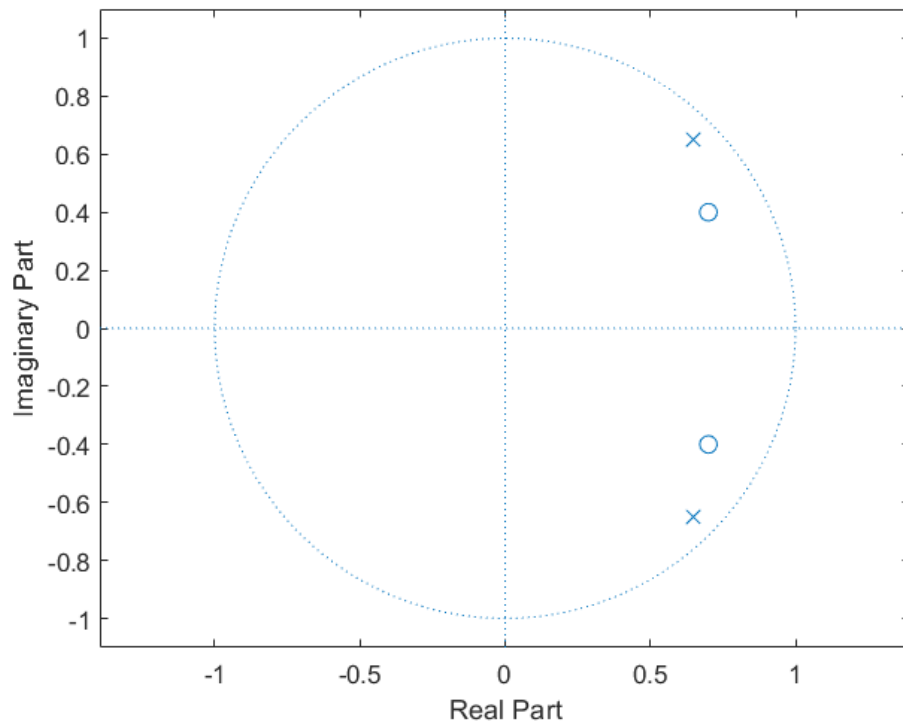
2η Θέση:



3^η Θέση:



4^η Θέση:

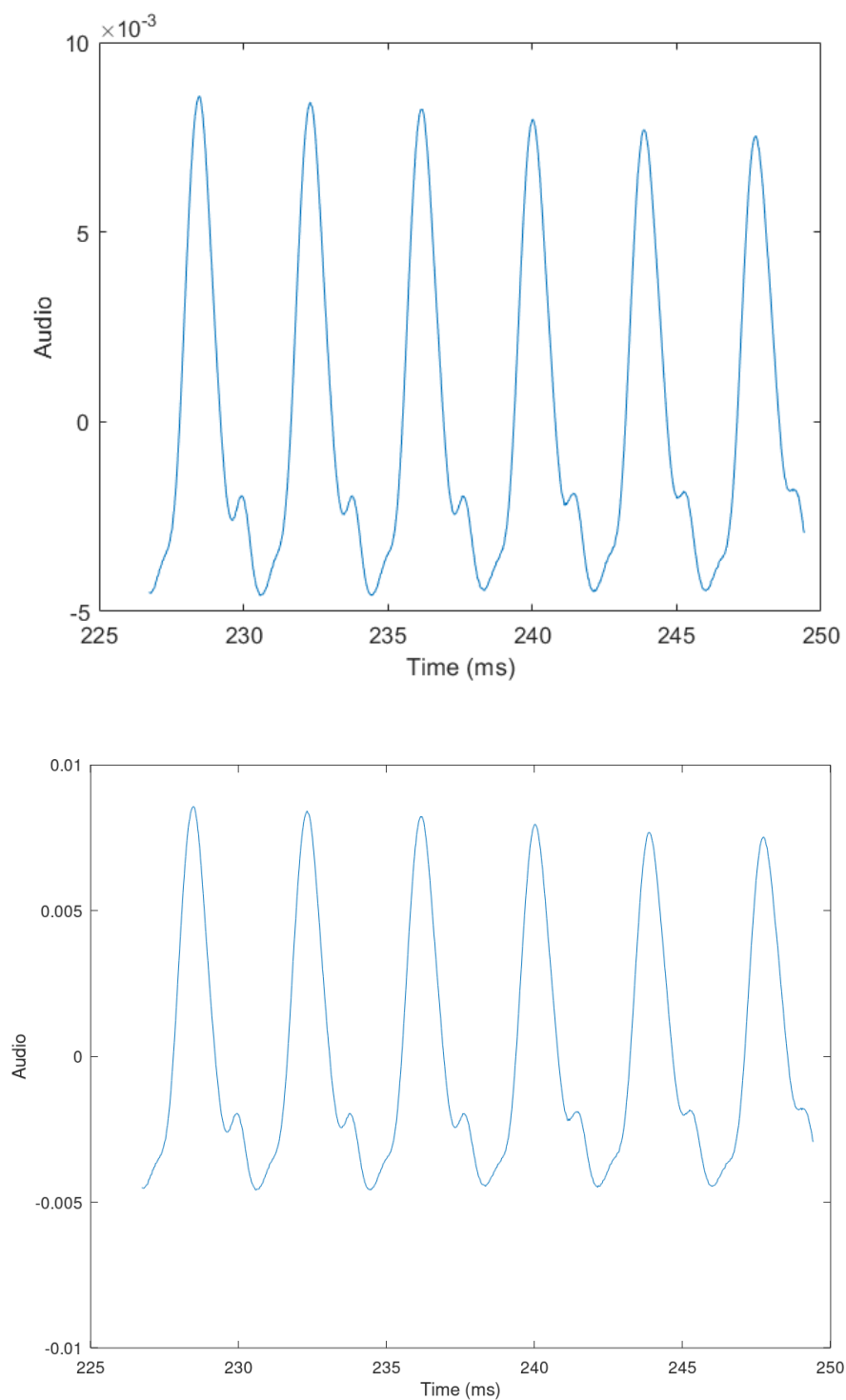


2. Ανάλυση Μουσικών Σημάτων και Εφαρμογή Φίλτρων

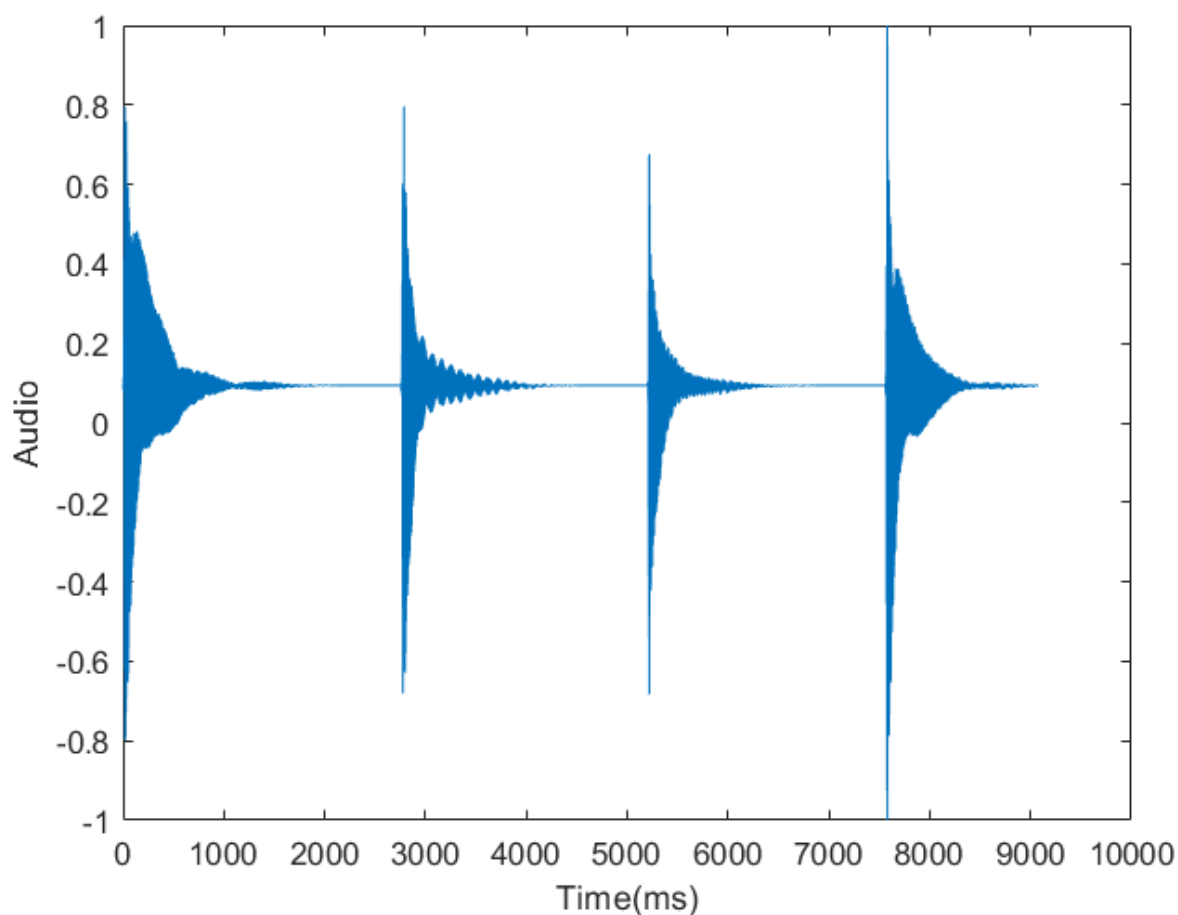
2.1 Ανάλυση Μουσικών Σημάτων

Ο σχετικός κώδικας της άσκησης επισυνάπτεται στο zip αρχείο.

α) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:



β) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:



Παρατήρηση:

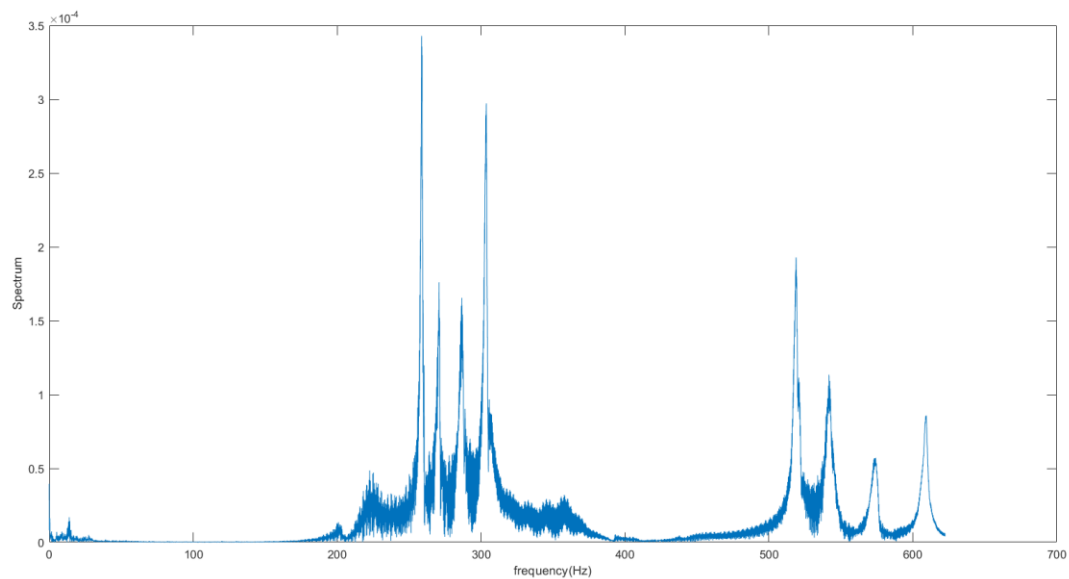
Κανονικοποιούμε τα σήματα στο διάστημα $[-1,1]$ με τη συνάρτηση `normalize` της βιβλιοθήκης `lftfat` ('Large Time Frequency Analysis Toolbox'). Η συνάρτηση αυτή δέχεται ως είσοδο το σήμα προς κανονικοποίηση και μια παράμετρο που δηλώνει τον τρόπο κανονικοποίησης. Η παράμετρος 'peak' εκτελεί τη ζητούμενη κανονικοποίηση.

Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση `buffer` με είσοδο το κανονικοποιημένο σήμα και ως δεύτερη παράμετρο 1000, για να χωρίσουμε το σήμα σε παράθυρα των 1000 δειγμάτων.

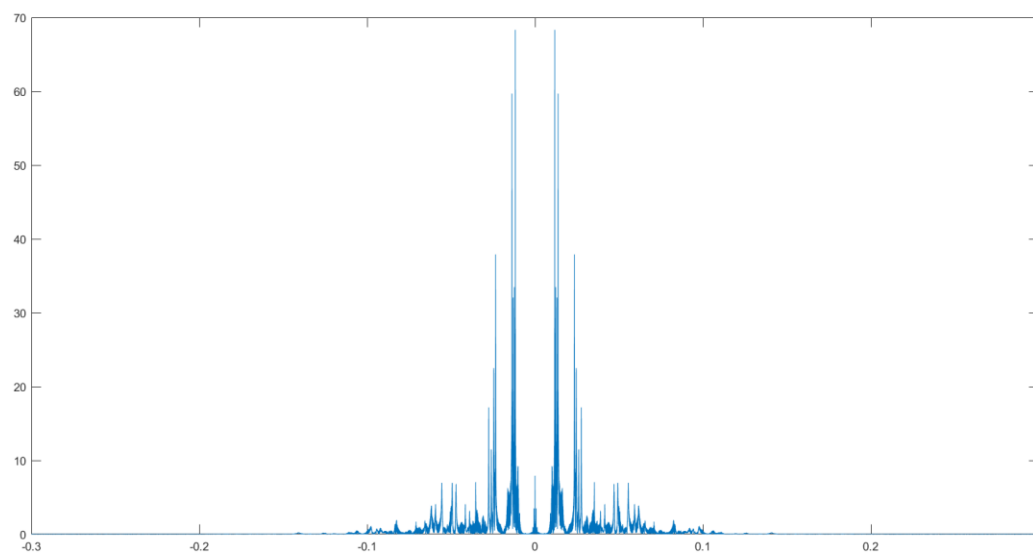
Έπειτα ορίζεται πίνακας με 89 στοιχεία που αντιστοιχούν στην ενέργεια του καθενός από τα 89 παράθυρα. Η ενέργεια υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο $E[n] = \sum x^2[m]w^2[n-m]$, με $M=1000$ και $w[n]$.

Παρατηρείται ότι η ενέργεια 'ακολουθεί' το σήμα. Η μικρή διαφορά φάσης στο τέλος οφείλεται στα μηδενικά που χρησιμοποιήθηκαν για να γεμίσει η τελευταία στήλη του `buffer`.

γ) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:



ε) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:

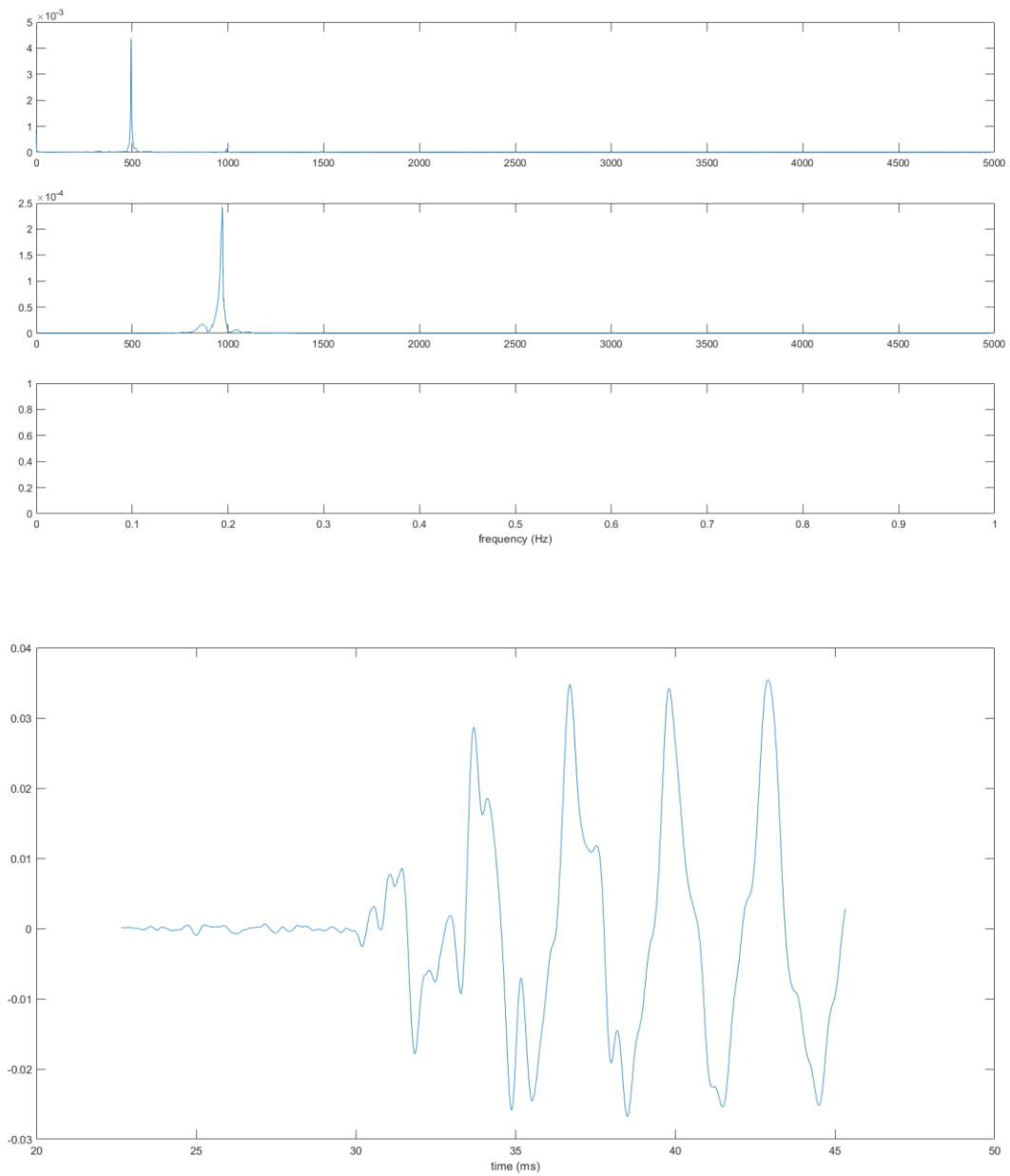


Παρατήρηση:

Με την εντολή `fft()` υπολογίζουμε τα σήματα στο πεδίο της συχνότητας και σχεδιάζουμε κατ' απόλυτη τιμή.

Επομένως, προσεγγιστικά επιβεβαιώνεται η σχέση μεταξύ θεμελιώδους συχνότητας και περιόδου.

στ) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:



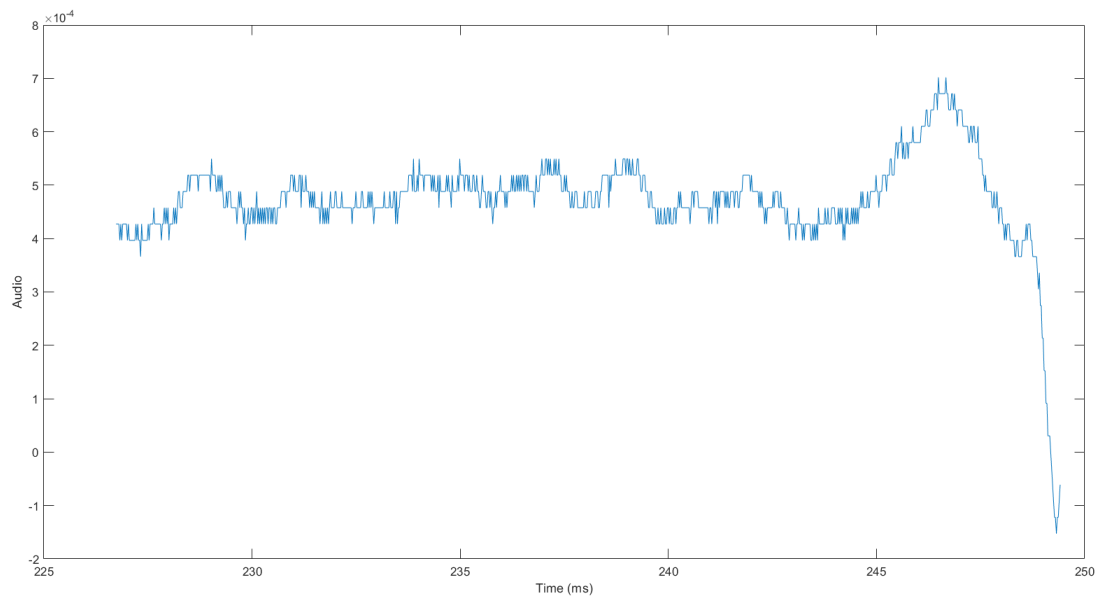
Παρατήρηση:

Παρατηρούμε ότι το `viola_note` αποτελείται από υπέρθεση ημιτονοειδών σημάτων με διαφορετικά πλάτη και συχνότητες.

2.2 Εφαρμογή Φίλτρων για τη Δημιουργία Ηχούς και Αντήχησης εφέ σε Μουσικά Σήματα

Ο σχετικός κώδικας της άσκησης επισυνάπτεται στο zip αρχείο.

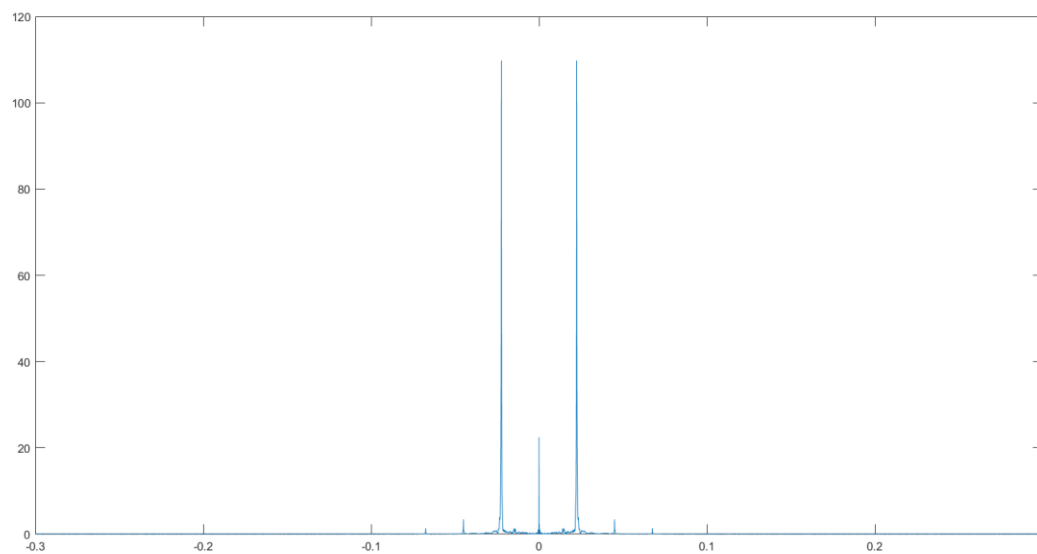
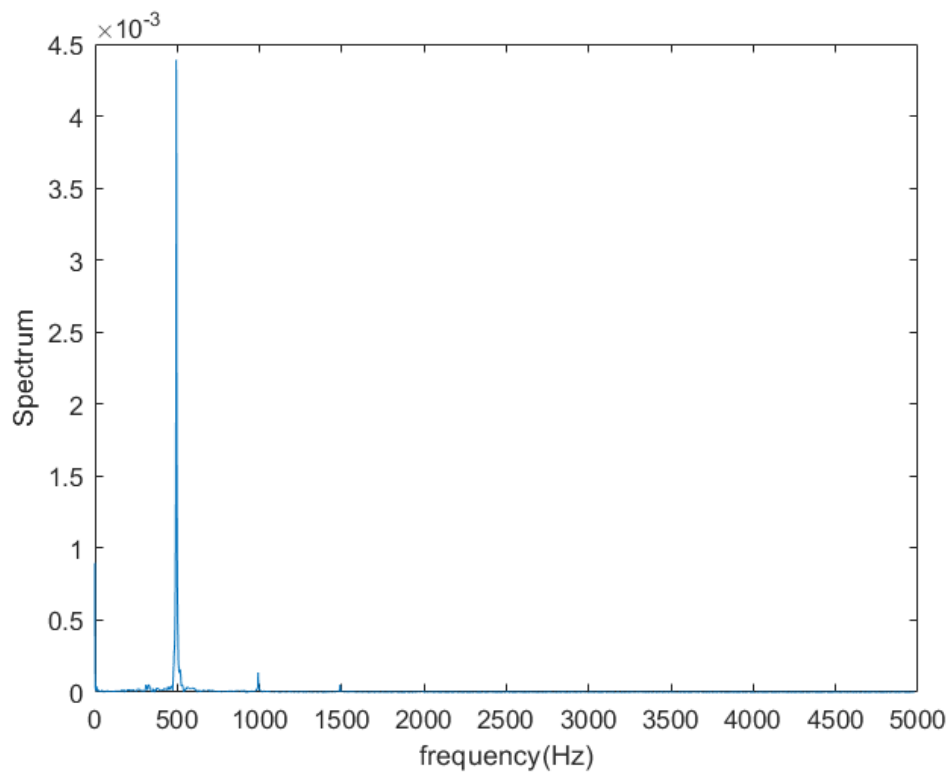
α) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:



Παρατήρηση:

Φορτώθηκε στο Matlab το αρχείο piano_note.wav από το συμπληρωματικό υλικό της άσκησης με χρήση της εντολής `audioread()`. Η συχνότητα δειγματοληψίας τους είναι $= 44.1 \text{ kHz}$. Ακούστηκαν τα σήματα με χρήση της εντολής `sound()`.

γ) Οι γραφικές παραστάσεις είναι:



Παρατήρηση:

Σχεδιάστηκε το φάσμα κάθε σήματος με χρήση της εντολής `fft()`.