

# Σήματα και Συστήματα Άσκηση MATLAB

Παράδοση της εργασίας MATLAB από το σπουδαστή Κωνσταντίνο Κωστόπουλο της σχολής ΗΜΜΥ με ΑΜ 03117043.

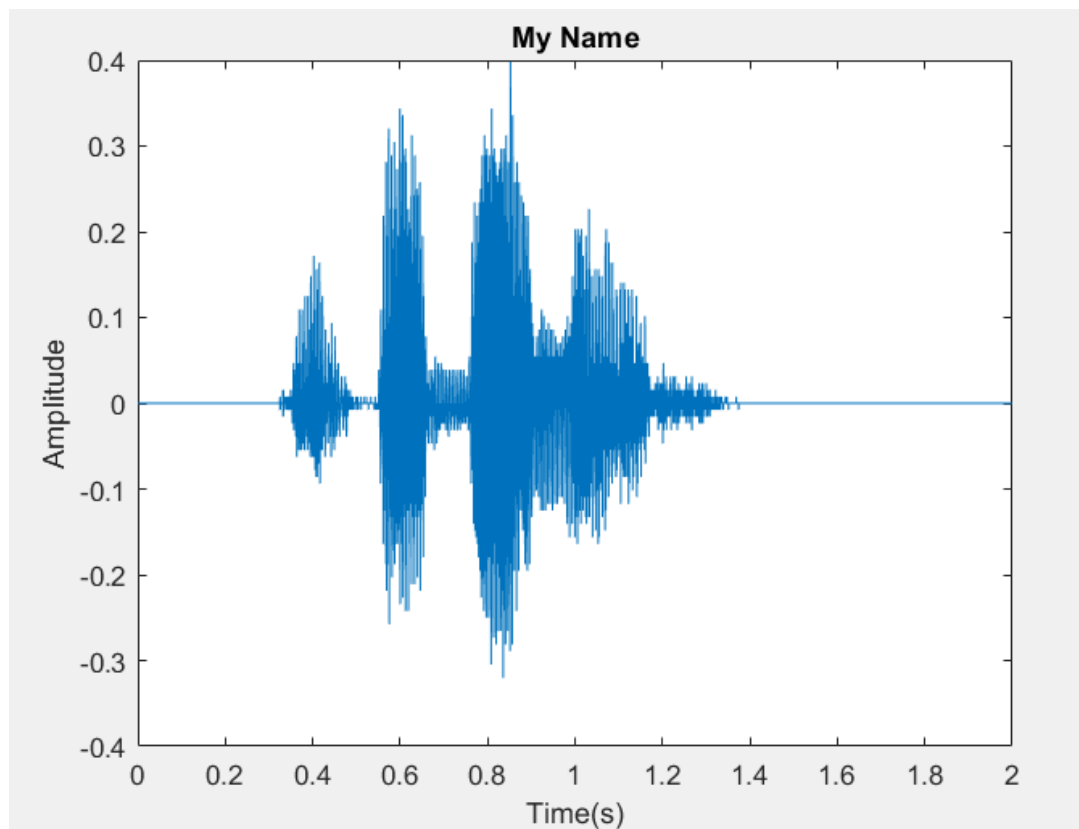
## ΜΕΡΟΣ Α

### A1

Για το πρώτο ερώτημα ηχογράφησα το όνομά μου, Κωνσταντίνος, χρησιμοποιώντας τις εντολές από το προγραμματιστικό περιβάλλον της MATLAB. Η ηχογράφηση αυτή διήρκεσε περίπου δύο δευτερόλεπτα και είχε ρυθμό δειγματοληψίας 8000Hz.

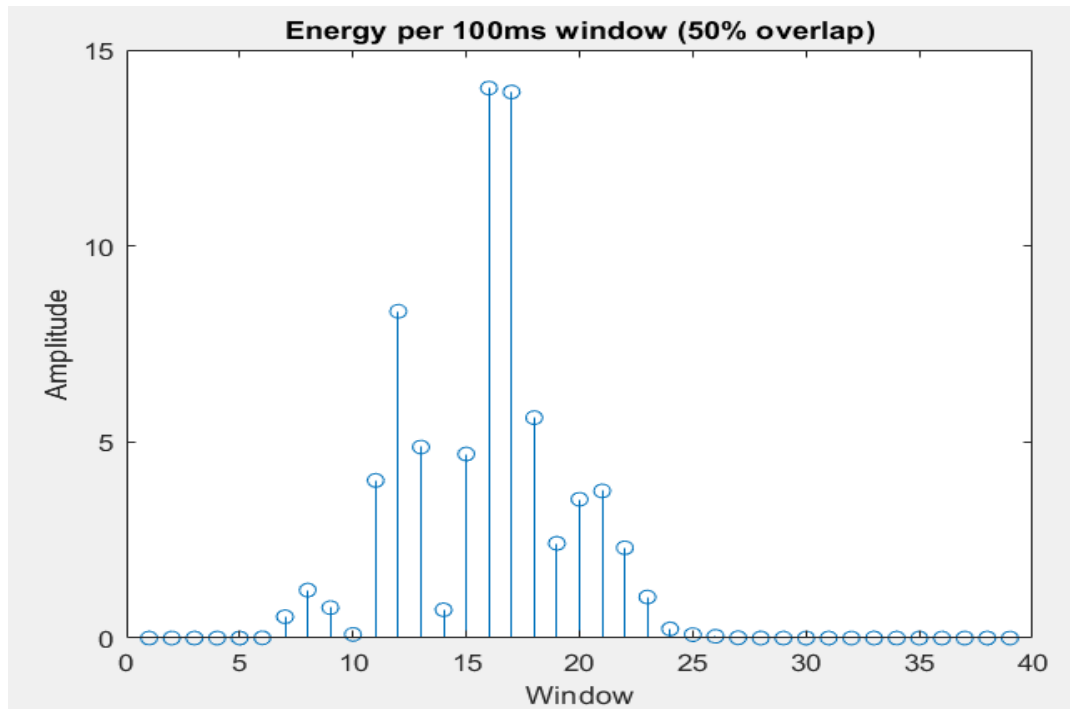
### A2

Στο ερώτημα αυτό ζητήθηκε η γραφική απεικόνιση του ηχογραφημένου σήματος του ερωτήματος **A1**. Για το σκοπό αυτό, έγινε χρήση των εντολών `linspace` για την διαβάθμιση των αξόνων και `plot` για την αναπαράσταση τελικά του σήματος.



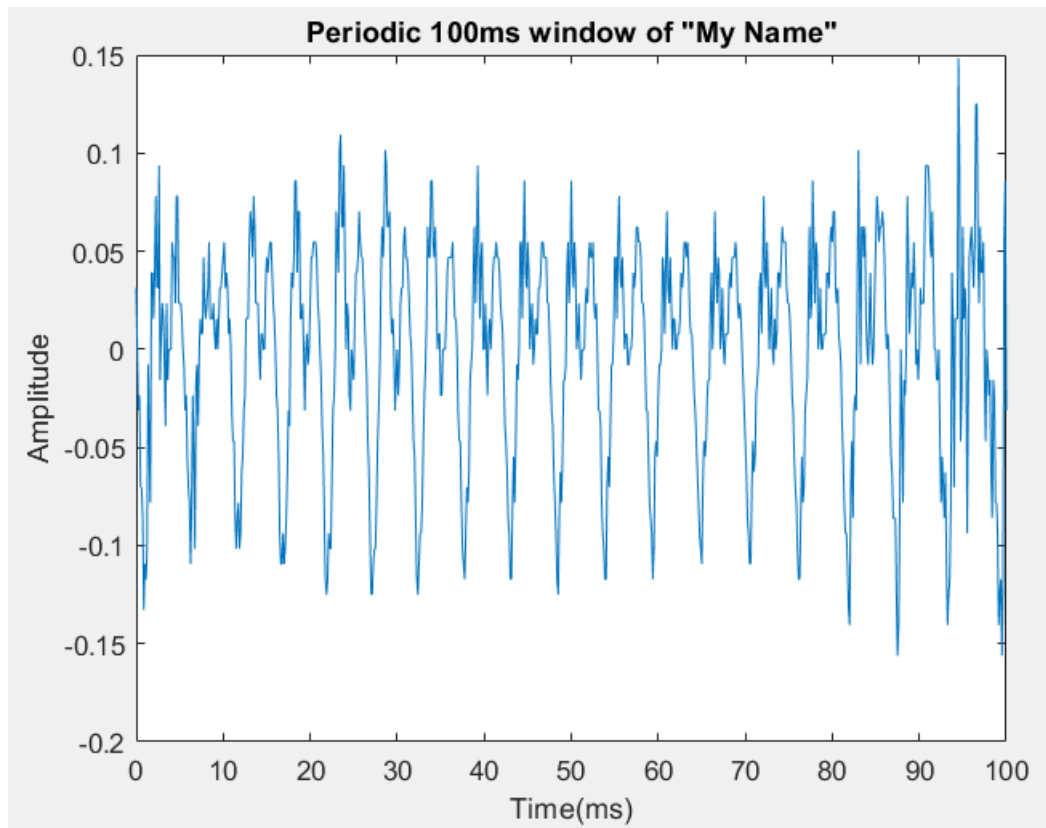
### A3

Το διάγραμμα που παρατίθεται παρακάτω απεικονίζει τη γραφική παράσταση της ενέργειας του σήματος που ηχογραφήθηκε με παράθυρο 100ms (άρα 800 δειγμάτων) και 50% επικάλυψη. Για την επίτευξη του προηγούμενου χρησιμοποιούμε την επανάληψη for όπου σε κάθε επανάληψη άθροιζε τις τιμές του σήματος από  $y(\text{first})$  έως και  $y(\text{last})$  και τις αποθήκευε σε άλλο vector, όπου first και last δύο μεταβλητές που αρχικοποιούνταν σε 1 και 800 αντίστοιχα και σε κάθε βήμα αυξάνονταν κατά 400 ώστε να έχουμε 50% επικάλυψη.



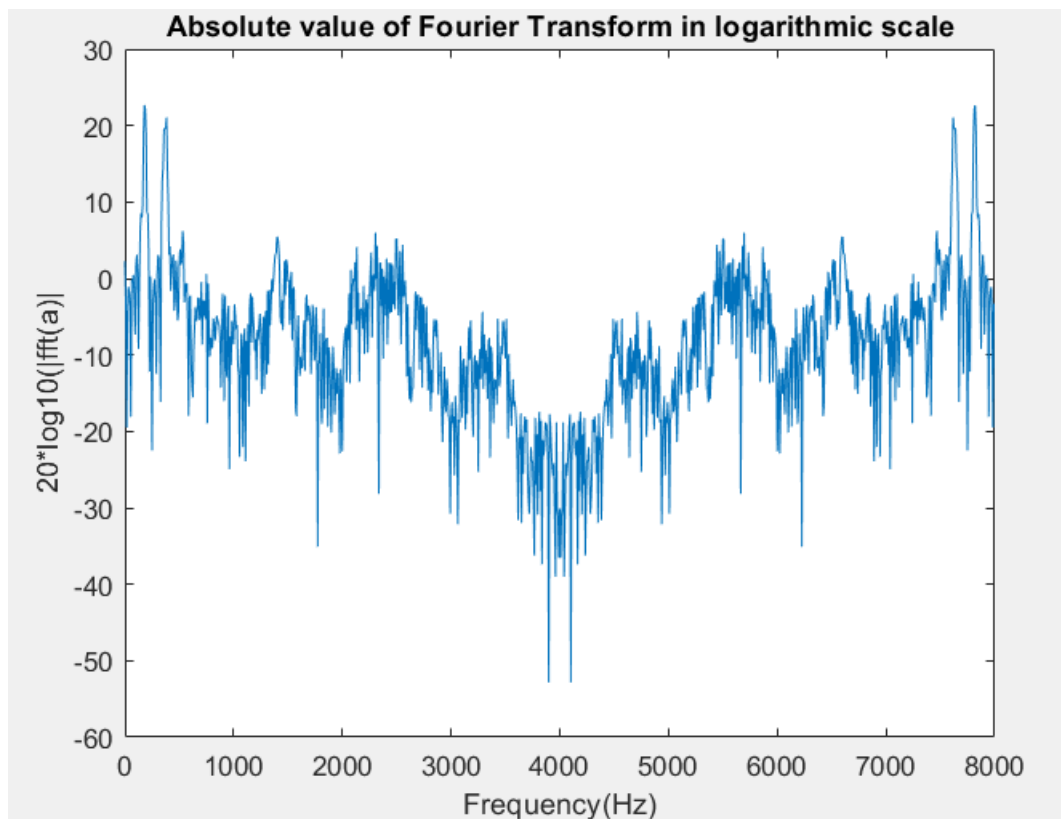
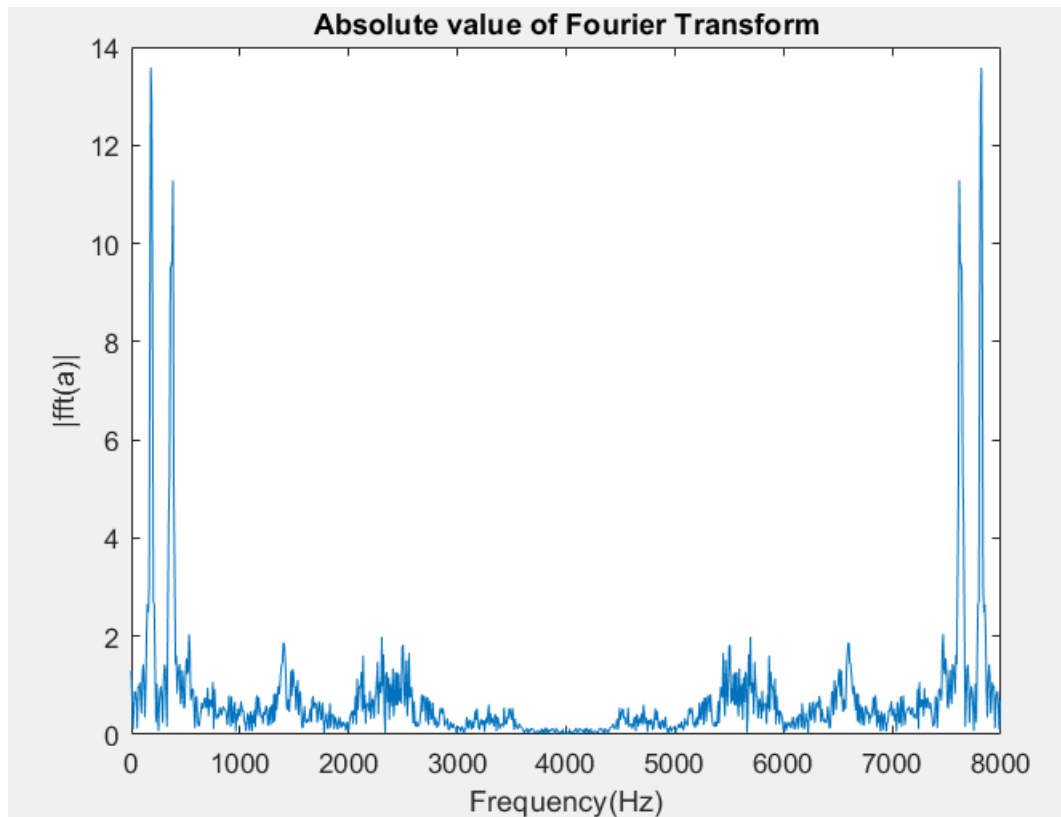
### A4

Το τμήμα διάρκειας 100ms που επιλέχθηκε (δείγματα 7200 μέχρι και 8000) και ονομάστηκε rec.wav παρουσίαζε περιοδικότητα ως προς την χρονική διάρκεια από μέγιστο σε μέγιστο. Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η γραφική παράστασή του σε συνάρτηση με το χρόνο. Το φώνημα που ακούγεται είναι το “ί” του ονόματός μου.



## A5

Σε αυτό το βήμα εφαρμόσα DTFT υπολογισμένο σε 1024 δείγματα στο τμήμα που επιλέχθηκε στο προηγούμενο ερώτημα. Η συνάρτηση που χρησιμοποιήθηκε ήταν η `fft()`. Προκειμένου να αποτυπωθεί ορθά το πεδίο των συχνοτήτων ορίστηκε μεταβλητή DF ως ο λόγος της συχνότητας δειγματοληψίας προς το μήκος του νέου σήματος που προέκυψε μετά το μετασχηματισμό. Έπειτα επιλέχθηκε ως άξονας συχνοτήτων ένα διάνυσμα από 0 έως 8000 μείον το DF με βήμα DF. Τα παρακάτω σχήματα απεικονίζουν το μέτρο του μετασχηματισμού ως προς τη συχνότητα σε κανονική και λογαριθμική κλίμακα αντίστοιχα.



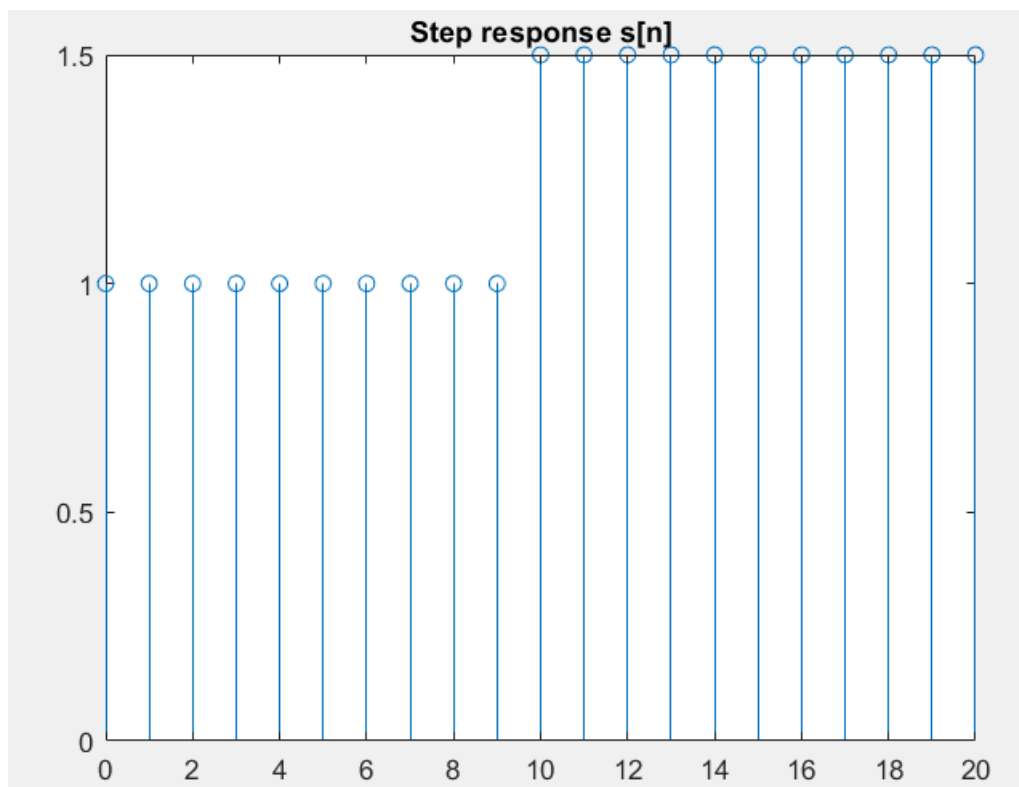
## A6

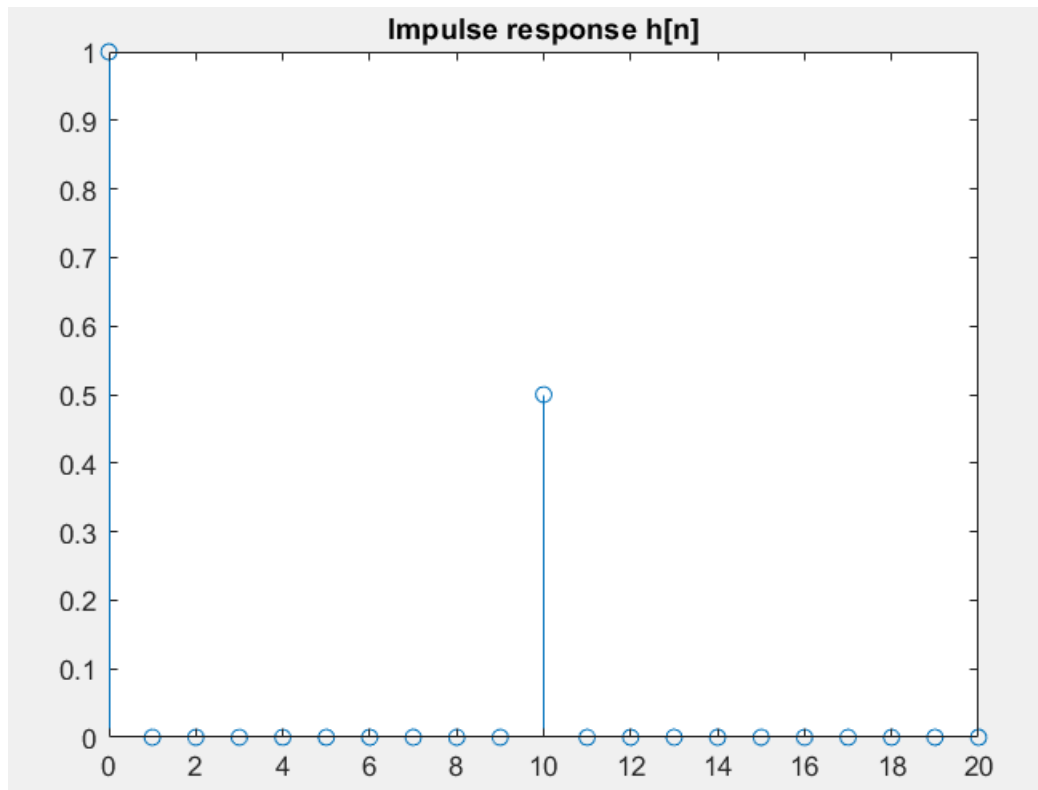
Εξετάζοντας το γράφημα του A5 προκύπτει η θεμελιώδης συχνότητα, η οποία ισούται με 179.7Hz και, συνεπώς, η θεμελιώδης περίοδος ισούται με 0.006sec, από όπου προκύπτουν 48 δείγματα. Επομένως, ανά 48 δείγματα το περιοδικό σήμα αυτό θα επαναλαμβάνεται, αποτέλεσμα παραπλήσιο του πραγματικού που προέκυψε από το διάγραμμα του ερωτήματος A4. Η απόκλιση σχετίζεται με την επιλογή δειγμάτων και τη δεκαδική ακρίβεια των πράξεων.

## ΜΕΡΟΣ Β

### B1

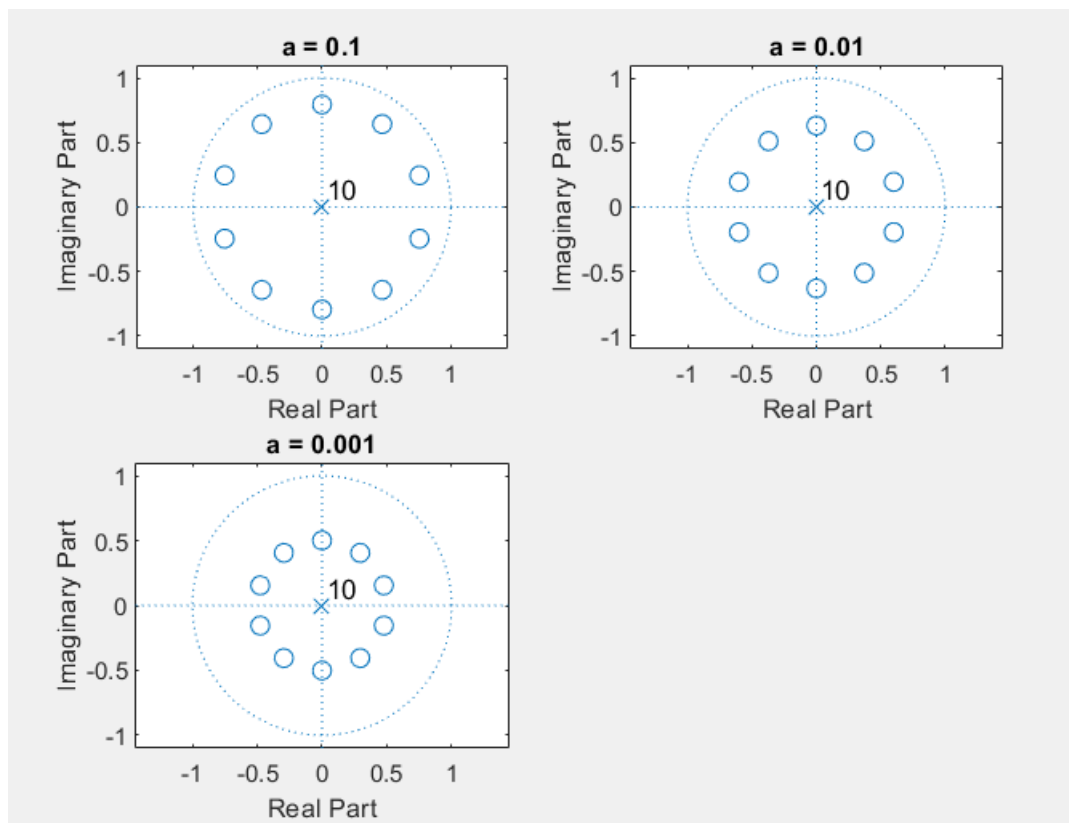
Για το σχεδιασμό της βηματικής συνάρτησης  $s[n]$  και της κρουστικής απόκρισης  $h[n]$  για τις τιμές  $\alpha=0.5$  &  $n_0=10$  προσδιορίζουμε πρώτα τη συνάρτηση μεταφοράς μέσω της γνωστής διαδικασίας του μετασχηματισμού Z. Άρα, με  $x[n] \rightarrow X[z]$ ,  $y[n] \rightarrow Y[z]$  έχουμε τελικά  $H(z)=1+0.5z^{-10}$ . Επομένως, καταλήγουμε στο ότι τα διανύσματα αριθμητή, παρονομαστή έχουν την αντίστοιχη μορφή: [10000000000.5], [10000000000]. Επομένως, τα ζητούμενα διαγράμματα παρουσιάζονται παρακάτω.





## B2

Τα διαγράμματα πόλων-μηδενικών για τις τιμές του  $a$  σχεδιάστηκαν με τη βοήθεια της εντολής `zplane()` και απεικονίζονται παρακάτω.

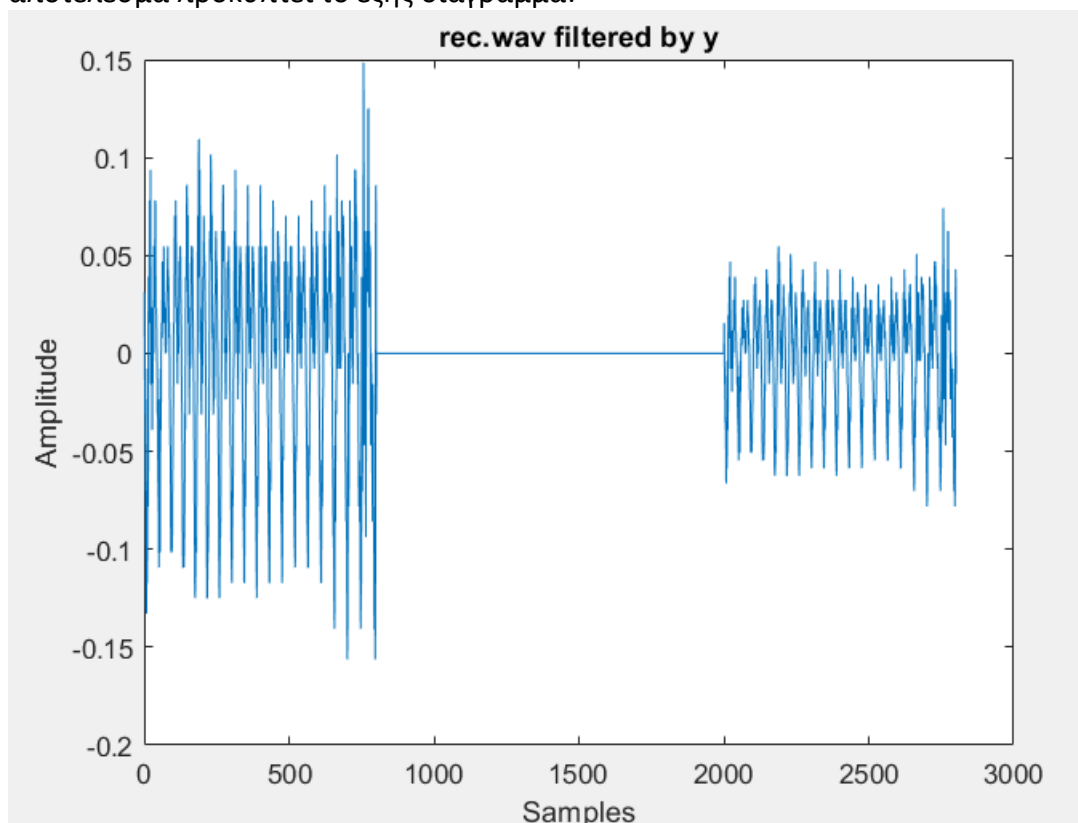


Για  $\alpha=0.1$ , χρησιμοποιώντας την εντολή `roots()` στον αριθμητή και παρονομαστή της συνάρτησης μεταφοράς παίρνουμε τις ρίζες που φαίνονται στον πίνακα, οι οποίες ταυτίζονται με αυτές του `zplane()`.

Ρίζες Αριθμητή	Ρίζες Παρονομαστή
$-0.7555 + 0.2455i$	0
$-0.7555 - 0.2455i$	0
$-0.4669 + 0.6426i$	0
$-0.4669 - 0.6426i$	0
$0.0000 + 0.7493i$	0
$0.0000 - 0.7493i$	0
$0.4669 + 0.6426i$	0
$0.4669 - 0.6426i$	0
$0.7555 + 0.2455i$	0
$0.7555 - 0.2455i$	0

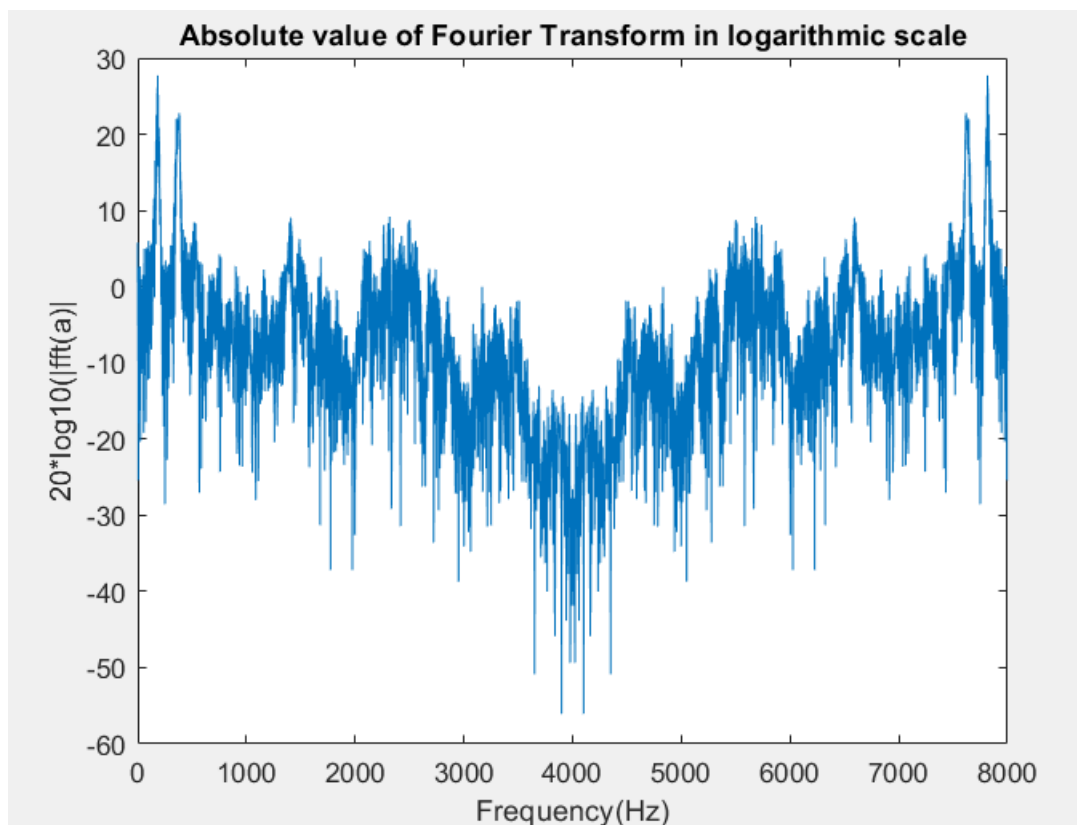
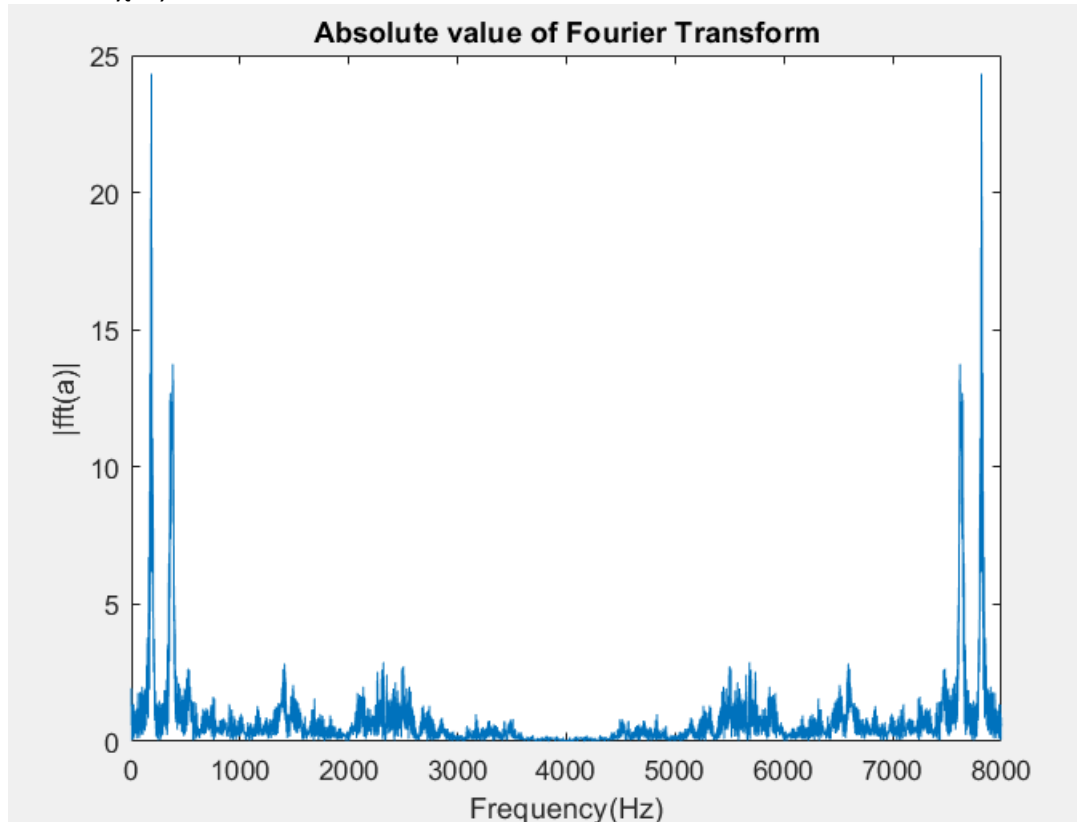
### B3

Για  $a = 0.5$  και  $n_0 = 2000$  και εφαρμόζοντας την εντολή `filter()` στο `rec.wav`, στο οποίο έχουν προστεθεί 2000 μηδενικά στο τέλος ώστε να φαίνεται ολόκληρο το αποτέλεσμα προκύπτει το εξής διάγραμμα:



## B4

Το ηχητικό σήμα εξόδου μας δίνει το φωνήεν «ι» δυο φορές. Σχεδιάζουμε το σήμα εξόδου σε διακριτό μετασχηματισμό Fourier σε κανονική και λογαριθμική κλίμακα αντιστοίχως.





## ΜΕΡΟΣ Γ

### Γ1

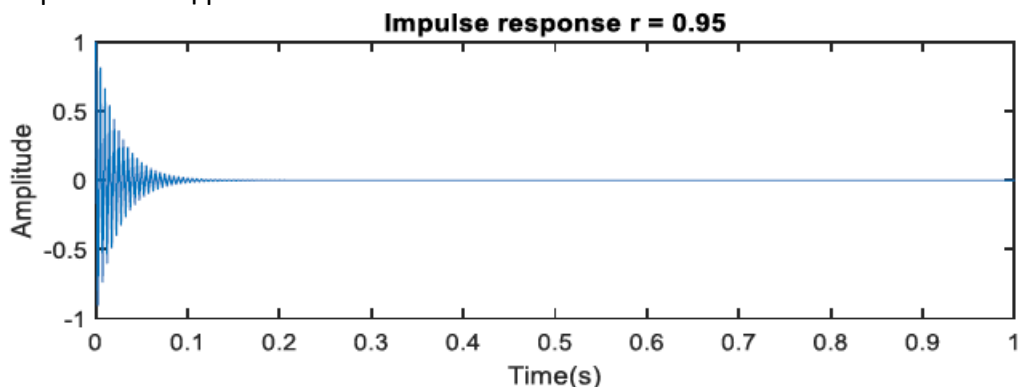
Χρησιμοποιούμε τον τύπο της συνάρτησης μεταφοράς του γραμμικού ταλαντωτή που μας δίνεται από το πανεπιστημιακό μας σύγγραμμα. Άρα, έχουμε  $H(z)=b_0z^2/(z^2+a_1z+a_2)$  με πραγματικούς συντελεστές. Οι πόλοι της συγκεκριμένης συνάρτησης είναι  $z_1=re^{j\Omega}$  και  $z_2=re^{-j\Omega}$ . Συνεπώς διαμορφώνουμε τις εντολές  $\text{denom}(z)=z^2+a_1z+a_2$  και επειδή  $\text{denom}(z)=z^2-2r\cos(\Omega)z+r^2$ . Επομένως, έχουμε ότι  $a_1=-2r\cos(\Omega)$ ,  $a_2=r^2$  ενώ για την  $\Omega$  ισχύει  $\Omega=2\pi Fr/F_s$  όπου στον αριθμητή έχουμε ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης και στον παρονομαστή συχνότητα δειγματοληψίας. Τέλος η συνάρτηση `resonator` που θα χρησιμοποιήσουμε για να λάβουμε την έξοδο του συστήματος θα δέχεται ως παράμετρο το σήμα εισόδου  $x$ , την ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης, την  $r$  και την συχνότητα δειγματοληψίας. Η συνάρτηση `resonator` είναι η εξής:

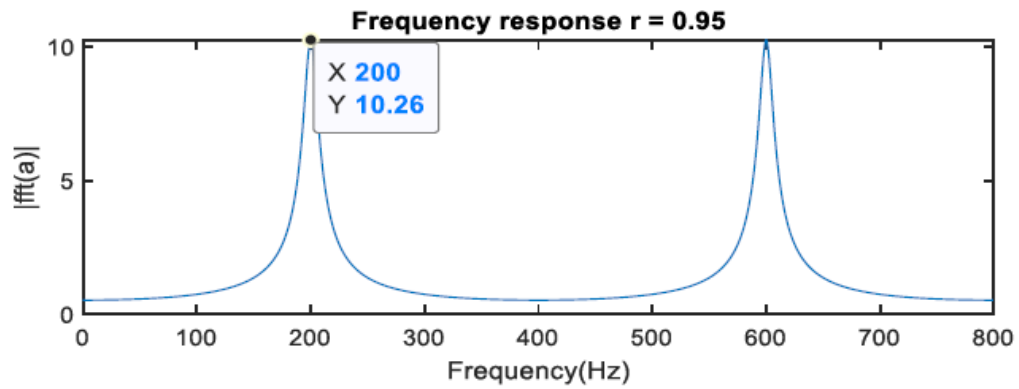
```
function y = resonator(x, resonator_frequency, r, sampling_frequency)
    nom = [1];
    denom = [1 -2*r*cos(2*pi*resonator_frequency/sampling_frequency) r^2];
    y = filter(nom, denom, x);
```

`end`

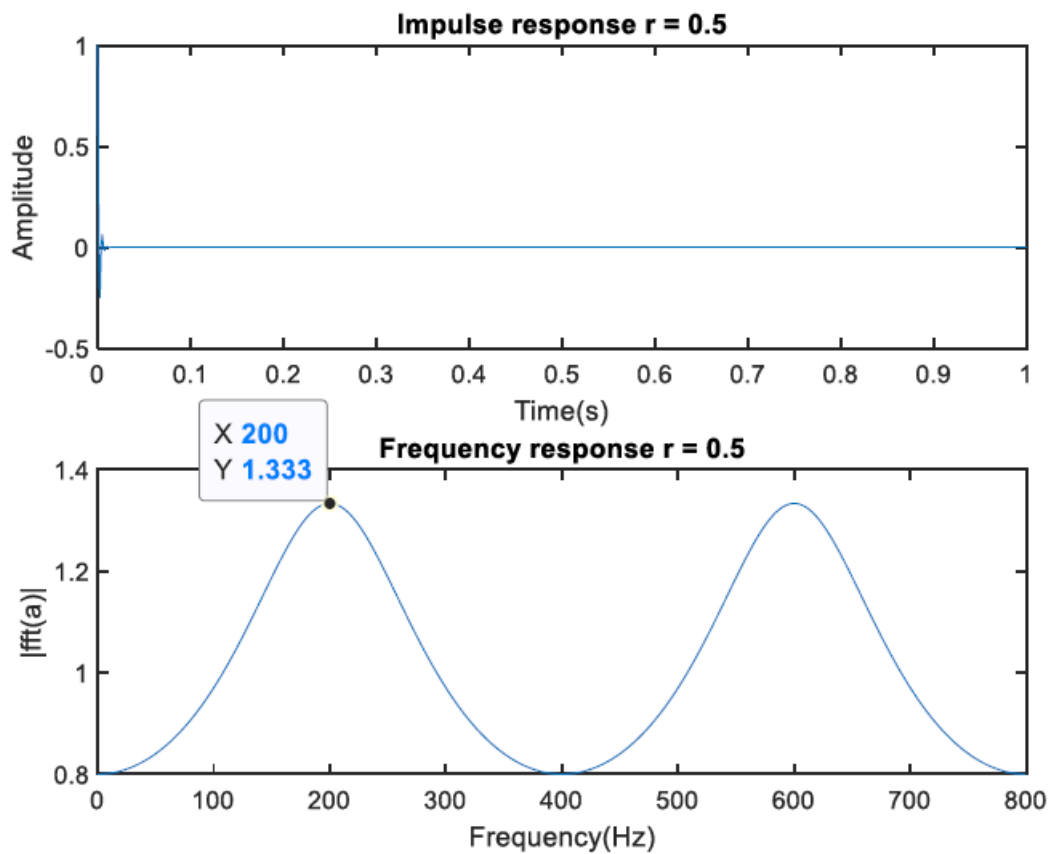
### Γ2

Υποθέτοντας 1 δευτερόλεπτο διάρκεια κατά το σχεδιασμό της κρουστικής απόκρισης του παραπάνω συστήματος, προέκυψαν τα εξής διαγράμματα της κρουστικής και συχνотικής απόκρισης αντίστοιχα. Οι παράμετροι που δόθηκαν στη συνάρτηση `resonator` ήταν  $r = 0.95$ ,  $Fr = 200$ ,  $F_s = 800$  ώστε  $\Omega = \pi/2$ . Όπως φαίνεται η συχνότητα στην οποία μεγιστοποιείται το πλάτος της συχνотικής απόκρισης είναι όπως αναμενόταν ίση με  $Fr = 200$  Hz.

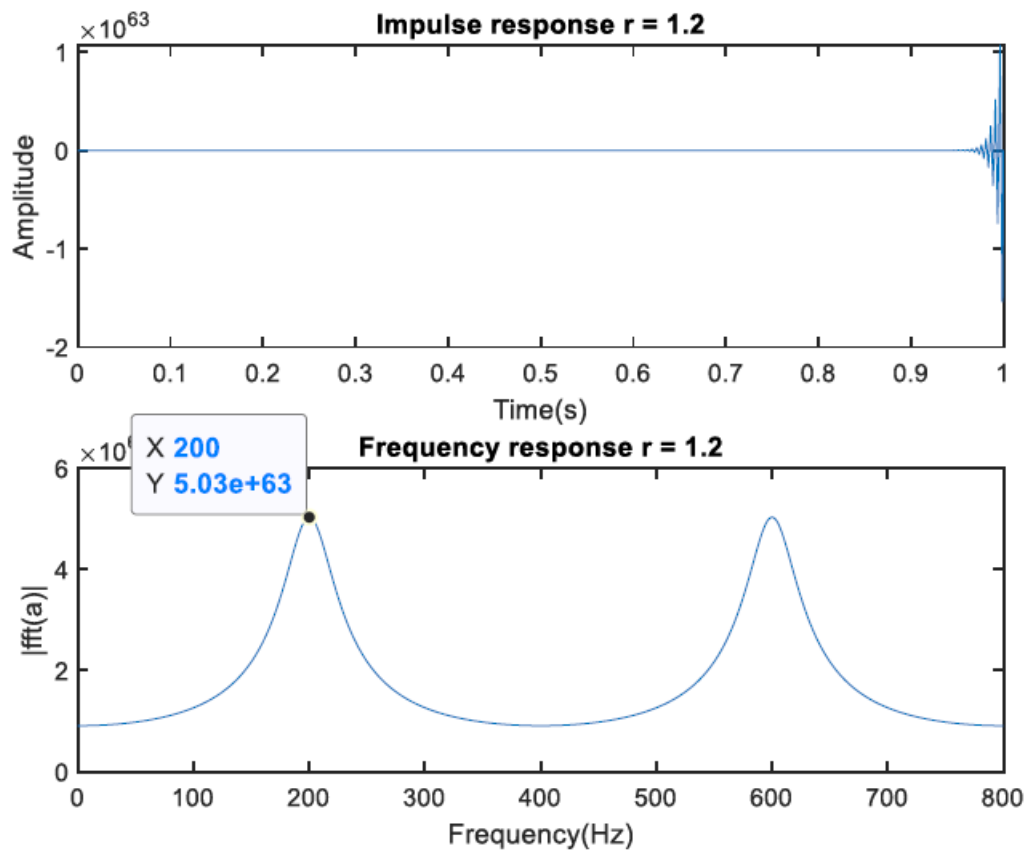




Τα επόμενα σχήματα αναφέρονται ανά δύο σε  $r=0.5$  και  $r=1.2$  αντίστοιχα.

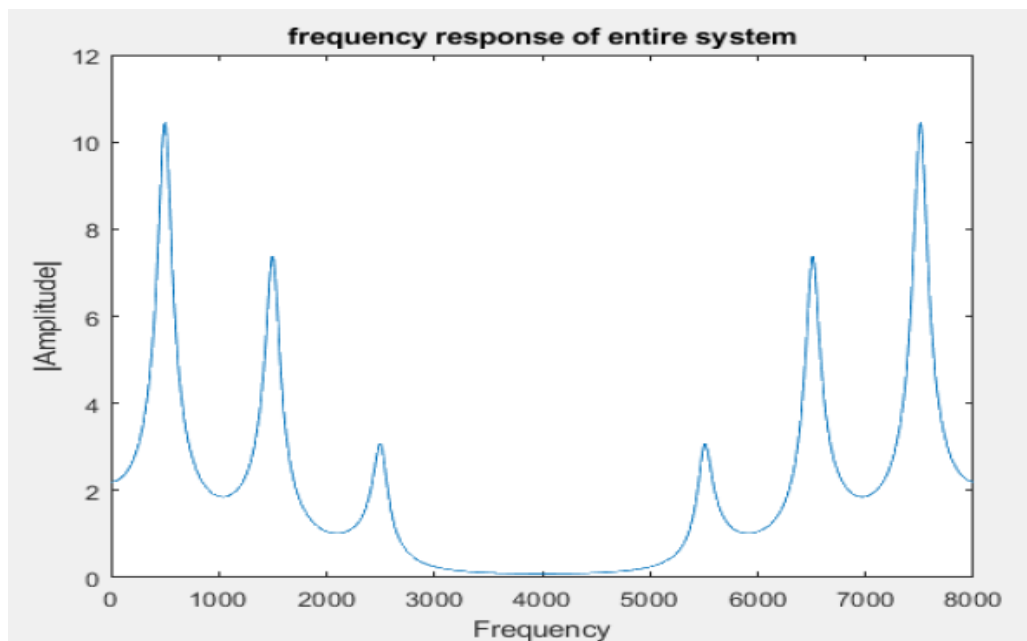


Έχουμε μέγιστο για συχνότητα 200Hz. Η μέγιστη τιμή στα 600Hz αγνοείται γιατί έχουμε παραβιάσει τον επιτρεπτό ρυθμό Nyquist.



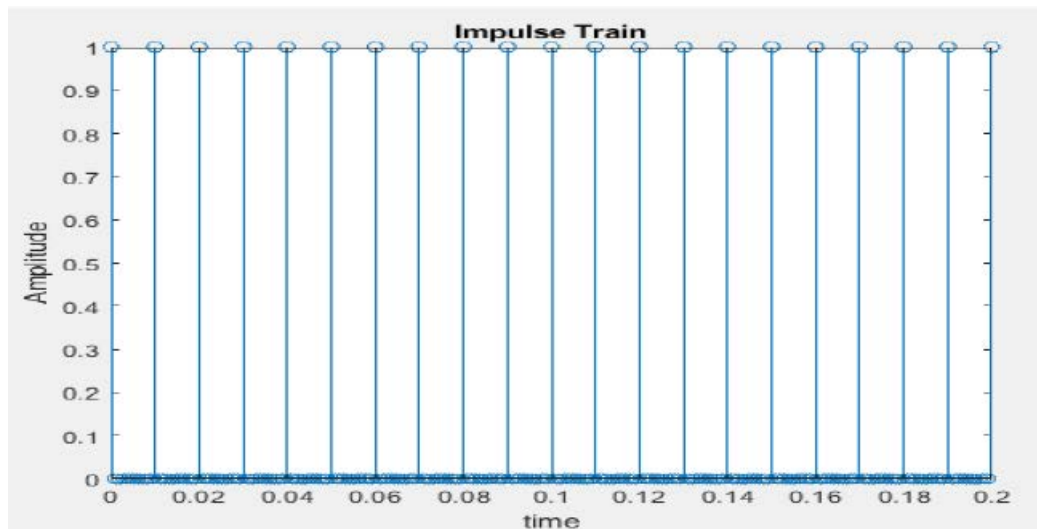
### Γ3

Σε αυτό το βήμα τοποθετήθηκαν σε σειρά 3 ταλαντωτές 500, 1500 και 2500 Hz αντίστοιχα, δηλαδή η έξοδος του ενός γίνεται είσοδος του επόμενου, με αρχική είσοδο την διακριτή συνάρτηση Dirac. Επίσης επιλέχθηκε  $F_s = 8000$  και  $r = 0.95$ . Έπειτα υπολογίστηκε ο μετασχηματισμός Fourier της συνολικής εξόδου ο οποίος σχηματικά φαίνεται παρακάτω.



#### Γ4

Για το τελευταίο ερώτημα υπολογίζουμε τον διακριτό μετασχηματισμό Fourier της εξόδου του συστήματος για είσοδο μια παλμοσειρά από κρουστικές περιόδου 100Hz και διάρκειας 200msec. Η γραφική παράσταση της παλμοσειράς παρατίθεται παρακάτω :



Στην έξοδο του συστήματος εφαρμόζεται DFT και απεικονίζεται στη συνέχεια. Το ηχητικό σήμα της εξόδου δεν αποδίδει κάποιο φωνήεν. Για τον υπολογισμό της συνάρτησης μεταφοράς του συστήματος  $y[n]=x[n]-x[n-1]$  προκύπτει η εξής συνάρτηση μεταφοράς  $H[z]=(z-1)/z$ . Τέλος , χρησιμοποιώντας την εντολή filter με είσοδο  $x[n]$  και έπειτα εφαρμόζοντας την εντολή sound, ο ήχος που ακούγεται είναι το γράμμα “ε”.

