

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

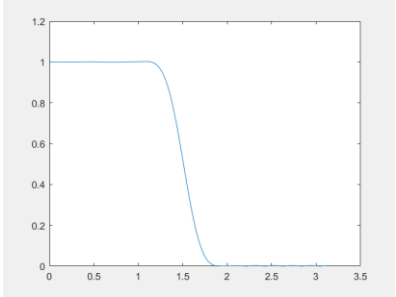
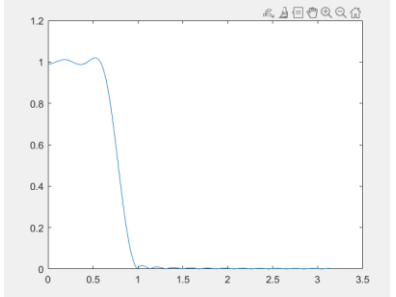
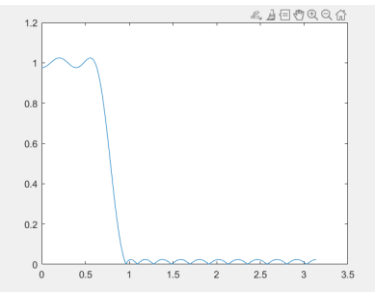
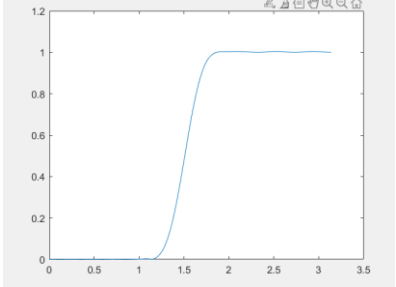
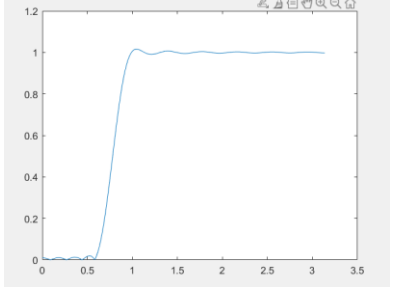
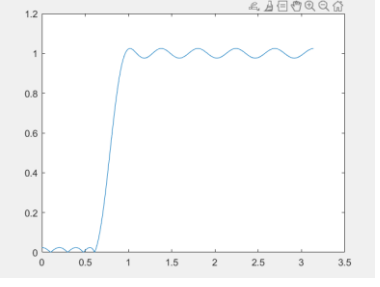
## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Δούρου Βασιλική Ευαγγελία	ΑΜ:	1072633	Έτος:	3ο
--------	---------------------------------	-----	---------	-------	----

### Άσκηση 1

**Ερώτηση 1 (Ερωτήματα 1,2,3)** Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με τα μέτρα απόκρισης συχνότητας των φίλτρων που σχεδιάσατε. Τι παρατηρείτε;

**Απάντηση:**

	Fourier Series	Don't care	Min-Max
Χαμηλό περ ατό			
Υψηλό περ ατό			

Παρατηρούμε ότι διαφέρουν τα μέτρα απόκρισης της συχνότητας των φίλτρων ανάλογα με τη συνάρτηση που χρησιμοποιείται. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρούμε πως με τη χρήση της συνάρτησης `fir1()`, το φίλτρο που προκύπτει είναι πιο ομαλό, ενώ με τη χρήση της `firls()` και της `firpm()` εμφανίζονται κάποιοι κυματισμοί στις ζώνες διάβασης και αποκοπής. Επιπλέον, οι κυματισμοί που εμφανίζονται με την τεχνική min-max είναι πιο έντονοι και ίσου πλάτους, ενώ αυτοί που εμφανίζονται με τη τεχνική των ελαχίστων τετραγώνων είναι μικρότεροι και σχετικά πιο έντονοι στις άκρες των ζωνών διάβασης και αποκοπής. Τέλος, παρατηρείται πως τα μεταβατικά φαινόμενα διαρκούν λιγότερο με τη χρήση των τεχνικών min-max και ελαχίστων τετραγώνων συγκριτικά με την τεχνική των σειρών Fourier.

**Ερώτηση 2 (Ερωτήματα 1,2,3)** Χρησιμοποιήστε διαφορετικές τιμές στο όρισμα  $f_s$  (π.χ. 4.5KHz, 16KHz) της συνάρτησης `sound()`. Τι παρατηρείτε; Με ποιά ιδιότητα του MF θα μπορούσατε να δικαιολογήσετε αυτό που ακούτε;

**Απάντηση:**

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

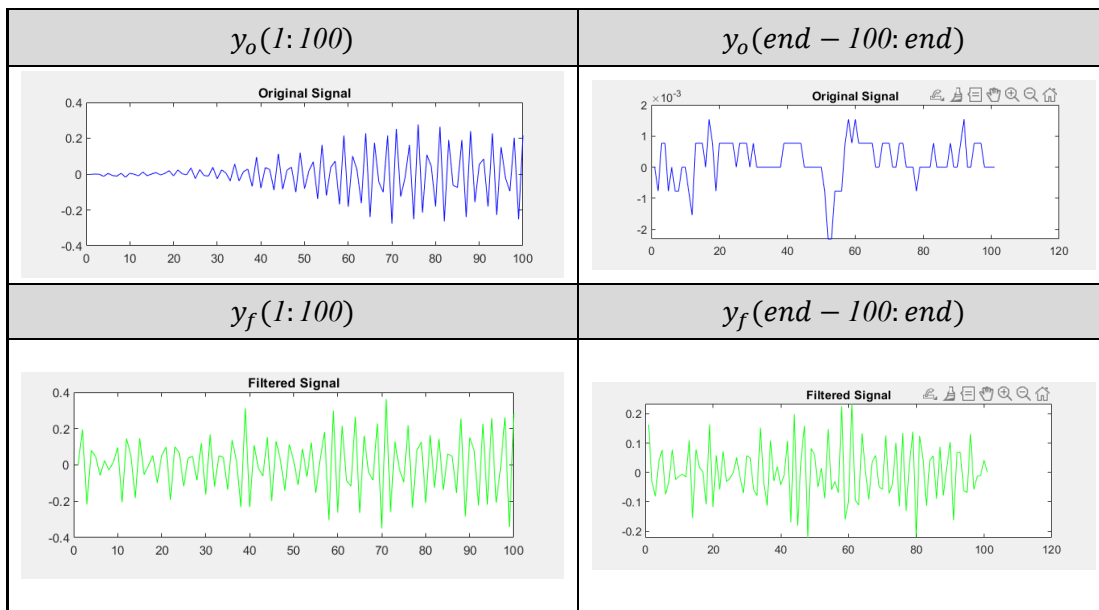
Ον/μο:	Δούρου Βασιλική Ευαγγελία	ΑΜ:	1072633	Έτος:	3ο
--------	---------------------------------	-----	---------	-------	----

Παρατηρούμε πως ο ήχος που παράγεται από τη συνάρτηση `sound()` παρουσιάζει διαφορές ανάλογα με τη συχνότητα που τίθεται ως όρισμα. Όσο μεγαλύτερες είναι οι συχνότητες τόσο μειώνεται η διάρκεια του ήχου που παράγεται. Επίσης, παρατηρούμε ότι το φάσμα του σήματος "πλαταίνει" στις χαμηλότερες συχνότητες και "στενεύει" στις υψηλότερες, το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να ακούγεται πιο βαθύς ο ήχος στις χαμηλές συχνότητες και πιο λεπτός στις υψηλές. Τα παραπάνω οφείλονται στην ιδιότητα του μετασχηματισμού Fourier για την αλλαγή κλίμακας της συχνότητας.

### Άσκηση 2

**Ερώτηση 1** Σχεδιάστε τα πρώτα και τελευταία 100 δείγματα ενός εκ των τριών αποθορυβοποιημένων σημάτων που προέκυψαν από την εφαρμογή της `filtfilt(.)` στο σήμα  $y_w(n)$  και τα αντίστοιχα του ιδανικού σήματος  $y_o(n)$  και σχολιάστε την διάρκεια των μεταβατικών φαινομένων (αν υπάρχουν).

**Απάντηση:**



Παρατηρούμε πως η διάρκεια των μεταβατικών φαινομένων ελαττώνεται με την εφαρμογή φίλτρων σε σχέση με το αρχικό σήμα.

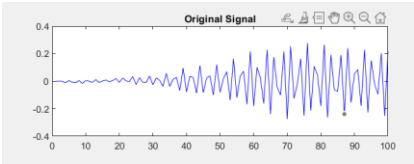
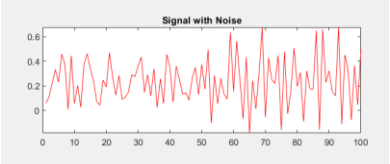
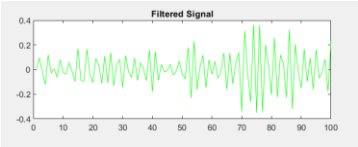
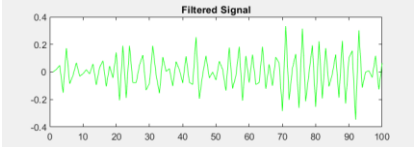
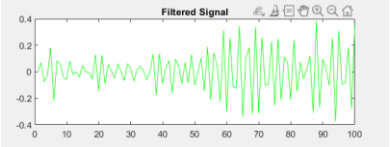
**Ερώτηση 2 (Ερωτήματα 1,2,3)** Συμπληρώστε την πρώτη γραμμή του παρακάτω πίνακα με τα σήματα  $y_o(n)$ ,  $y_w(n)$  και την δεύτερη γραμμή με το αποθορυβοποιημένο σήμα  $y_f(n)$  που προέκυψε από την εφαρμογή καθενός από τα φίλτρα που σχεδιάσατε. (Για κάθε γράφημα σχεδιάστε μόνο τα πρώτα 100 δείγματα από το κάθε ένα ώστε να φαίνονται ευκρινώς οι καμπύλες)

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Δούρου Βασιλική Ευαγγελία	ΑΜ:	1072633	Έτος:	3ο
--------	---------------------------------	-----	---------	-------	----

### Απάντηση:

	$y_o(n)$	$y_w(n)$
		
Fourier Series	Don't care	Min-Max
		

**Ερώτηση 3** Υπολογίστε το μέσο τετραγωνικό σφάλμα (MSE) για κάθε ένα από τα αποθορυβοποιημένα σήματα. Αξιολογήστε την απόδοση κάθε φίλτρου. Είναι αυτή η απόδοση σε πλήρη συμφωνία με αυτό που ακούτε; Πού αποδίδετε την ασυμφωνία (αν υπάρχει);

### Απάντηση:

Το μέσο τετραγωνικό σφάλμα υπολογίστηκε καλώντας τη συνάρτηση `mean` με όρισμα `r1.^2`, όπου `r1=output-y` με το `output` να είναι το φιλτραρισμένο σήμα και `y` το αρχικό.

Με τη χρήση της συνάρτησης `fir1()` το μέσο τετραγωνικό σφάλμα που προέκυψε ήταν ίσο με 0.0098. Με τη χρήση της συνάρτησης `firls()` το μέσο τετραγωνικό σφάλμα ήταν ίσο με 0.0104, ενώ με τη χρήση της `firpm()` ήταν ίσο με 0.0113. Από τα παραπάνω παρατηρούμε πως το μικρότερο μέσο τετραγωνικό σφάλμα υπολογίζεται όταν χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση `fir1()`, ενώ το μεγαλύτερο προκύπτει με τη συνάρτηση `firpm()`. Συνεπώς, καλύτερη απόδοση έχει το φίλτρο που δημιουργήθηκε με τη συνάρτηση `fir1()`. Ωστόσο, δεν μπορεί ακουστικά να παρατηρηθεί κάποια έντονη διαφορά ανάμεσα στα φιλτραρισμένα σήματα.

### Άσκηση 3

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Δούρου Βασιλική Ευαγγελία	ΑΜ:	1072633	Έτος:	3ο
--------	---------------------------------	-----	---------	-------	----

**Ερώτηση 1** Καταγράψτε τα πιθανά είδη θορύβου που έχουν κατά τη γνώμη σας μολύνει το σήμα εισόδου.

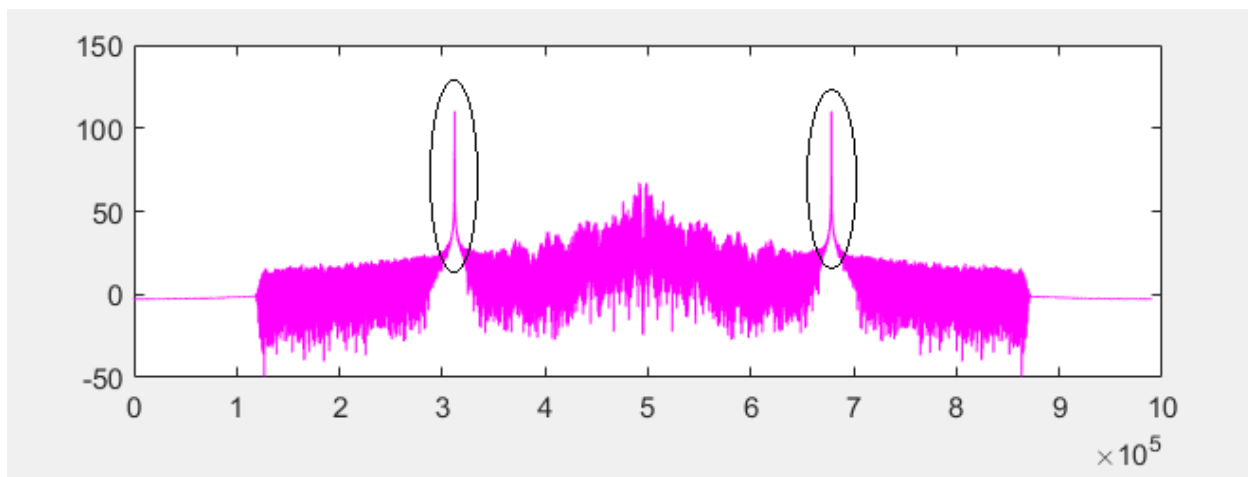
**Απάντηση:**

Χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση `sound()` με όρισμα το δοσμένο σήμα ακούγεται ένας έντονος συνεχόμενος θόρυβος. Είναι πιθανό ο θόρυβος που μολύνει το σήμα εισόδου να είναι ένα είδος λευκού θορύβου, που χαρακτηρίζεται από περιοδικότητα και ίδια σταθερή ένταση σε διαφορετικές συχνότητες. Αποτελείται από έναν ταυτόχρονο συνδυασμό χαμηλών και υψηλών συχνοτήτων.

**Ερώτηση 2** Αιτιολογήστε την επιλογή της κατηγορίας του φίλτρου που επιλέξατε να χρησιμοποιήσετε.

**Απάντηση:**

Υπολογίζοντας τον μετασχηματισμό Fourier του δοσμένου σήματος και εκτελώντας τη συνάρτηση `plot()` προέκυψε το ακόλουθο figure:

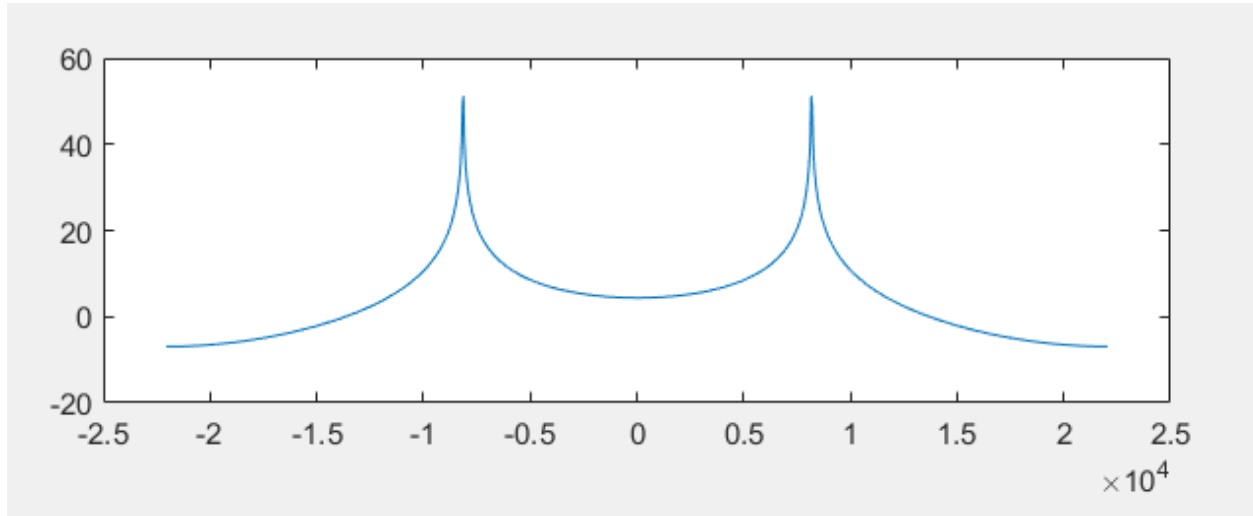


Μεταβάλλοντας το `linspace` για να φαίνεται πιο ευδιάκριτα το αποτέλεσμα, προέκυψε το εξής figure:

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Δούρου Βασιλική Ευαγγελία	ΑΜ:	1072633	Έτος:	3ο
--------	---------------------------------	-----	---------	-------	----



Από το παραπάνω, παρατηρούμε ότι ο θόρυβος βρίσκεται στα δύο peaks που έχουν κυκλωθεί παραπάνω. Οπότε για να τον απομακρύνουμε επιλέγουμε να χρησιμοποιήσουμε ένα single notch φίλτρο, το οποίο πρακτικά είναι ένα band-stop φίλτρο με στενό stopband. Χρησιμοποιούμε τη συγκεκριμένη κατηγορία φίλτρων, αφού από το δοσμένο σήμα θέλουμε να αφαιρέσουμε μόνο δύο λεπτές κορυφές και θέλουμε να αφήσουμε τις υπόλοιπες συχνότητες αναλλοίωτες.

**Ερώτηση 3** Υπολογίστε την ενέργεια του σήματος θορύβου. Καθώς και την κατανομή της στο πεδίο της συχνότητας. Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

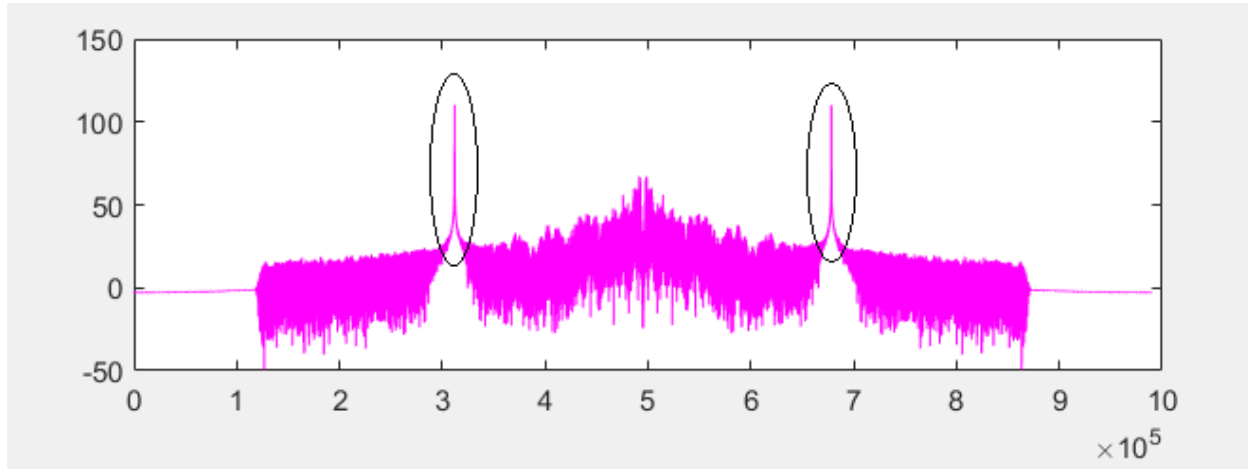
### Απάντηση:

Η ενέργεια του σήματος θορύβου μπορεί να υπολογιστεί από το θεώρημα Parseval, σύμφωνα με το οποίο αυτή είναι ίση με  $\frac{1}{2\pi}$  επί το εμβαδόν που περικλείει η καμπύλη του τετραγώνου του μέτρου του μετασχηματισμού Fourier του σήματος. Δηλαδή η ενέργεια υπολογίζεται από το ολοκλήρωμα  $\frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} |X(\Omega)|^2 d\Omega$ . Η κατανομή της ενέργειας του θορύβου στο πεδίο της συχνότητας προκύπτει από τον μετασχηματισμό Fourier του σήματος και για τον θόρυβο είναι αυτή που έχει κυκλωθεί όπως ακολούθως:

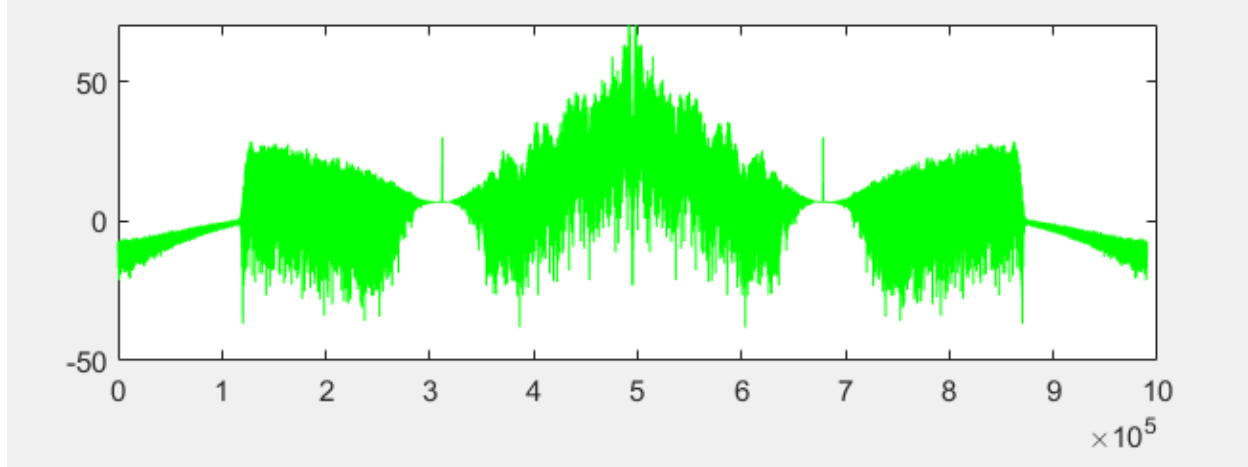
# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

Ον/μο:	Δούρου Βασιλική Ευαγγελία	ΑΜ:	1072633	Έτος:	3ο
--------	---------------------------------	-----	---------	-------	----



Αυτό φαίνεται αφού η κατανομή ενέργειας του αποθορυβοποιημένου σήματος είναι η εξής:



**Ερώτηση 4** Σχεδιάστε, με την βοήθεια της συνάρτησης **plot()**, την κυματομορφή (ένα τμήμα διάρκειας 250 δειγμάτων μετά τα μεταβατικά φαινόμενα) του θορύβου που είχε μολύνει το σήμα και καταγράψτε τις απαραίτητες τιμές των παραμέτρων του.

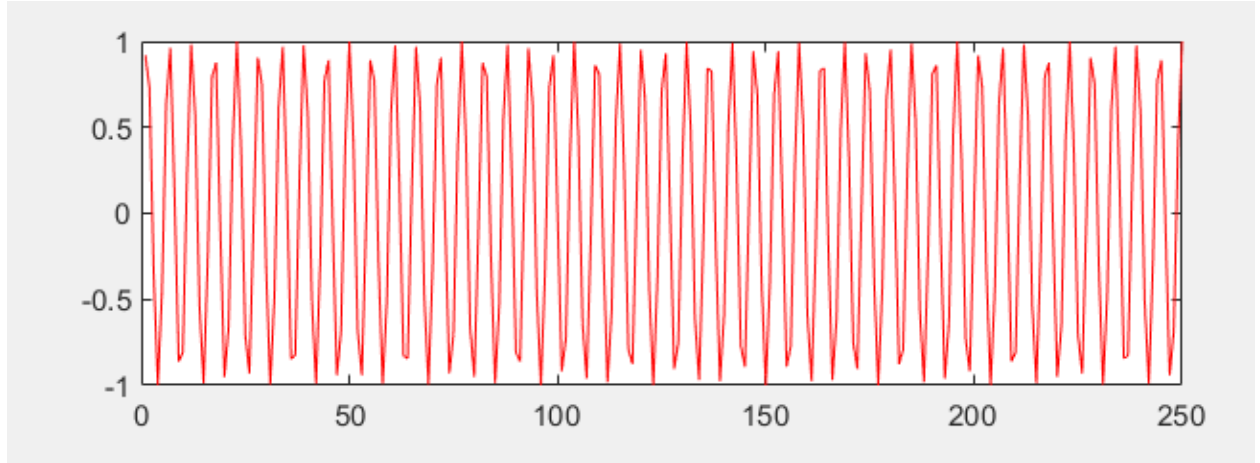
**Απάντηση:**

Ένα τμήμα διάρκειας 250 δειγμάτων της κυματομορφής του σήματος με θόρυβο είναι το ακόλουθο:

# ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΗΜΑΤΩΝ

## Απαντήσεις στο δεύτερο σετ εργαστηριακών ασκήσεων

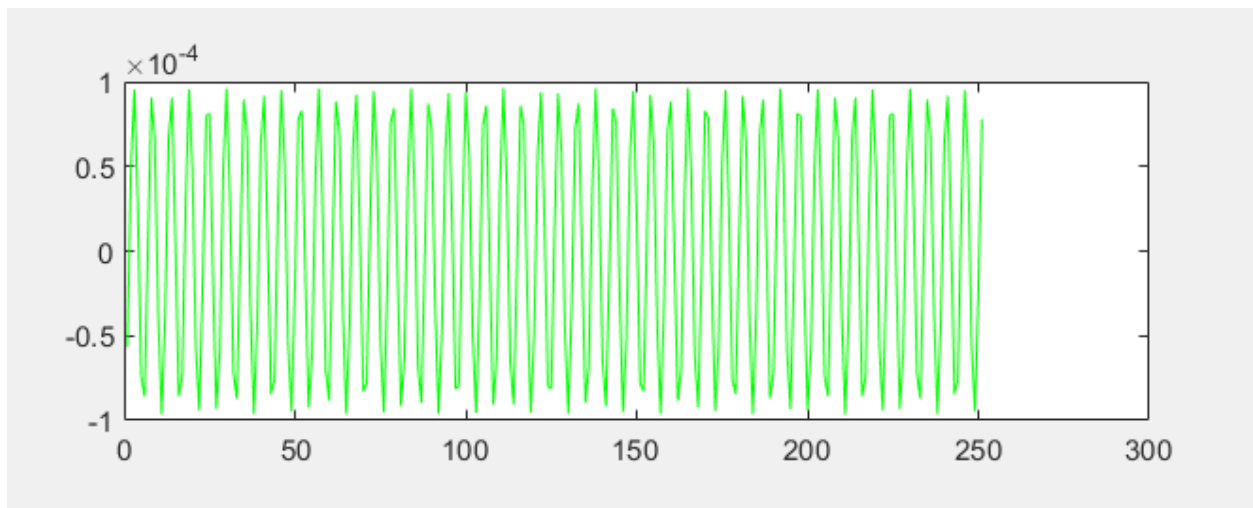
Ον/μο:	Δούρου Βασιλική Ευαγγελία	ΑΜ:	1072633	Έτος:	3ο
--------	---------------------------------	-----	---------	-------	----



**Ερώτηση 5** Σχεδιάστε, με την βοήθεια της συνάρτησης `plot()`, την κυματομορφή (ένα τμήμα διάρκειας των τελευταίων 250 δειγμάτων της μόνιμης κατάστασης) του αποθρουβοποιημένου σήματος.

**Απάντηση:**

Τα τελευταία 250 δείγματα της μόνιμης κατάστασης της κυματομορφής του αποθρουβοποιημένου σήματος είναι η ακόλουθη:



Παρατηρείται μία απότομη πτώση στα δύο τελευταία δείγματα της κυματομορφής και για αυτό δεν έχουν συμπεριληφθεί.