

# Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα Ι

Ομάδα 9

Μιχαηλίδης Στέργιος     Α.Μ: 2020030080

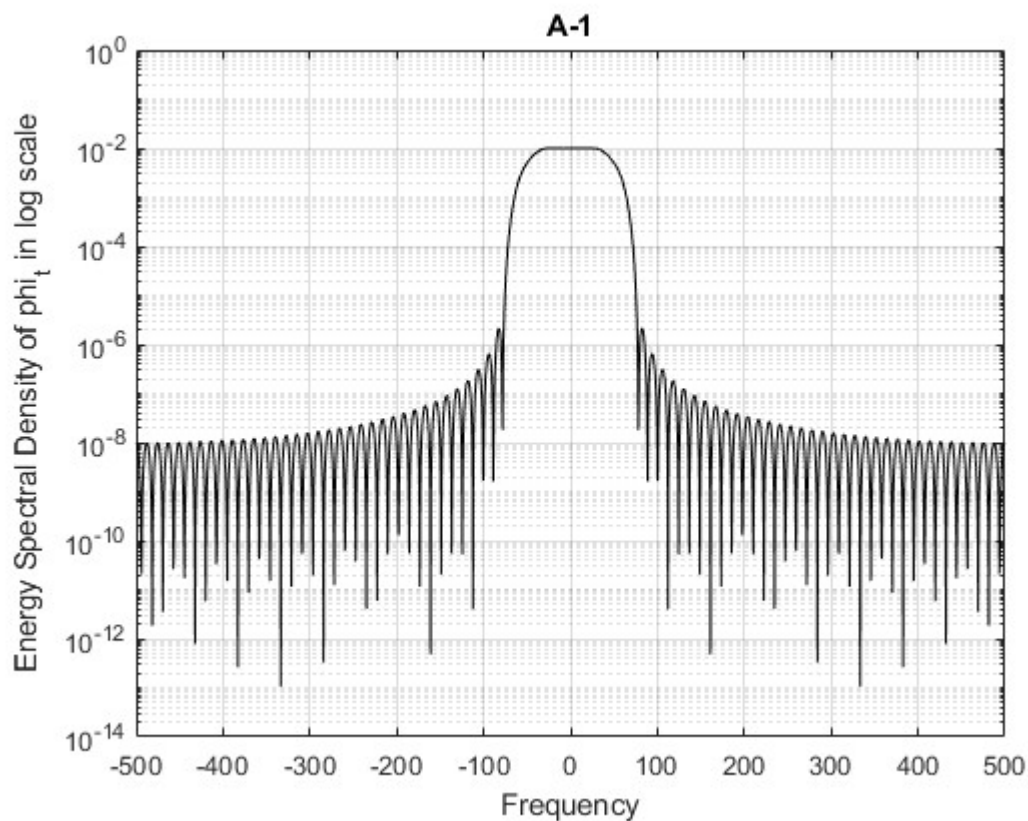
(1 άτομο)

ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΩΡΕΣ ΕΝΑΣΧΟΛΗΣΗΣ: 12

Ερώτημα Α:

**A1)**

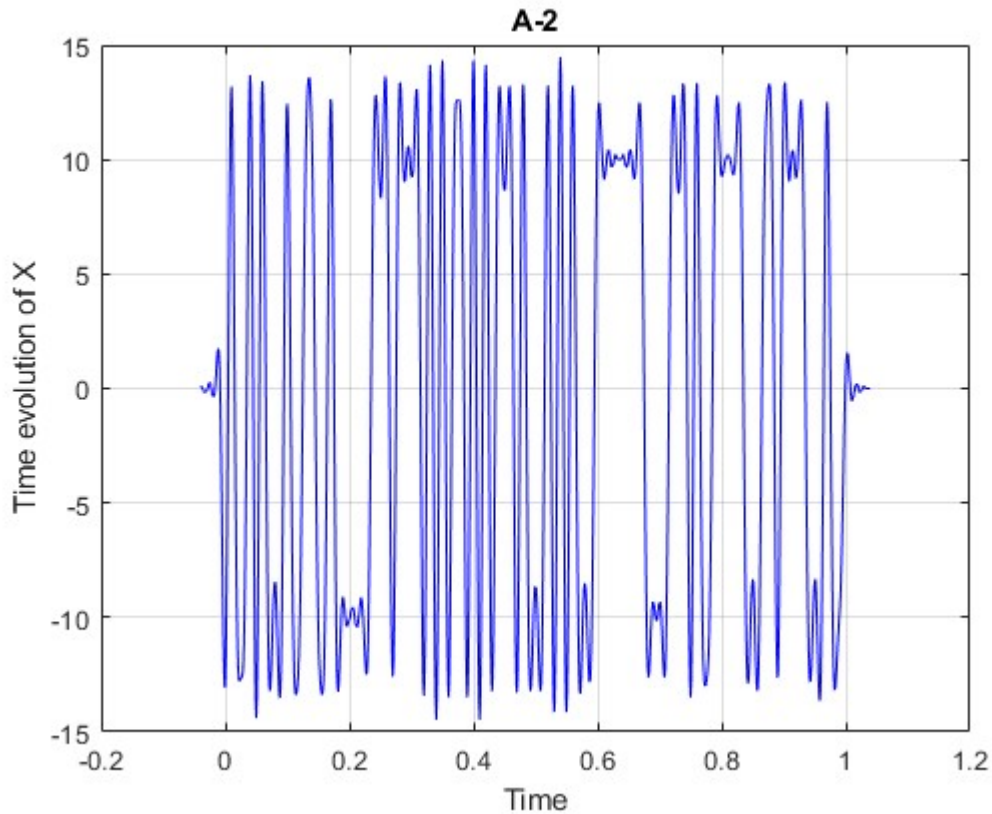
Δημιουργώ παλμό square root raised cosine με τις δεδομένες παραμέτρους. Μέσω των συναρτήσεων `fft` & `fftshift` κάνω plot την φασματική πυκνότητα ενέργειας του παλμού:



**A2)**

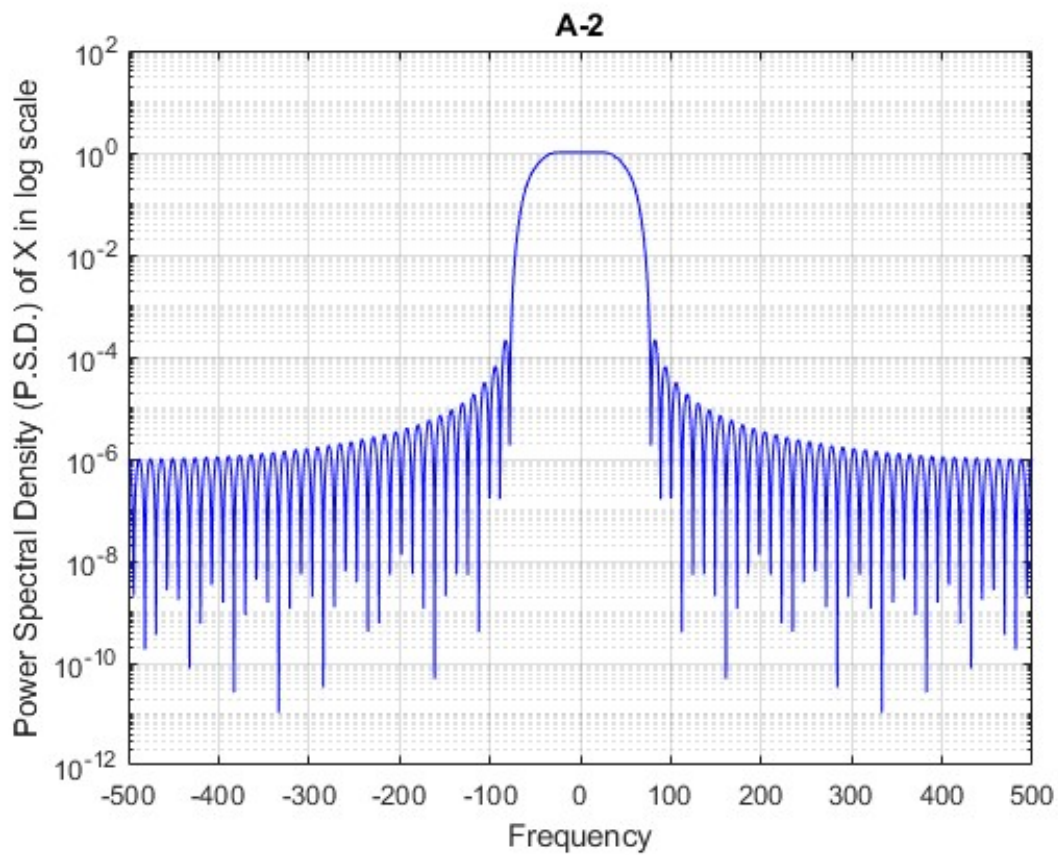
Δημιουργώ ακολουθία 100 bit όπως στην εκφώνηση. Απεικονίζω τα bit στα σύμβολα  $X_n$  μέσω του 2-PAM με χρήση της συνάρτησης `bits_to_2PAM`. Σχηματίζω την στοχαστική διαδικασία  $X$  χρησιμοποιώντας την συνάρτηση `X_stochastic_generator` :

$$X = \sum_{n=0}^{N-1} X_n \varphi(t - nT)$$



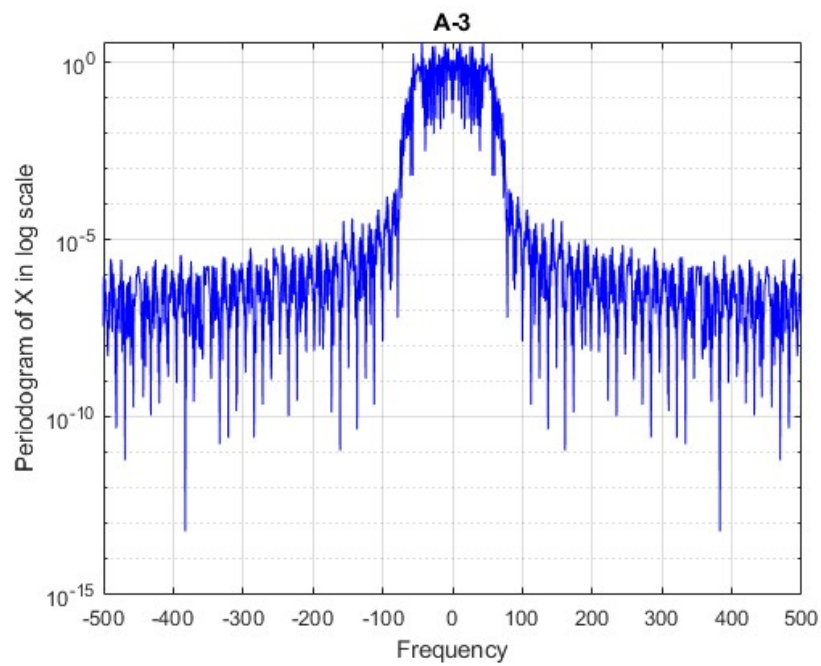
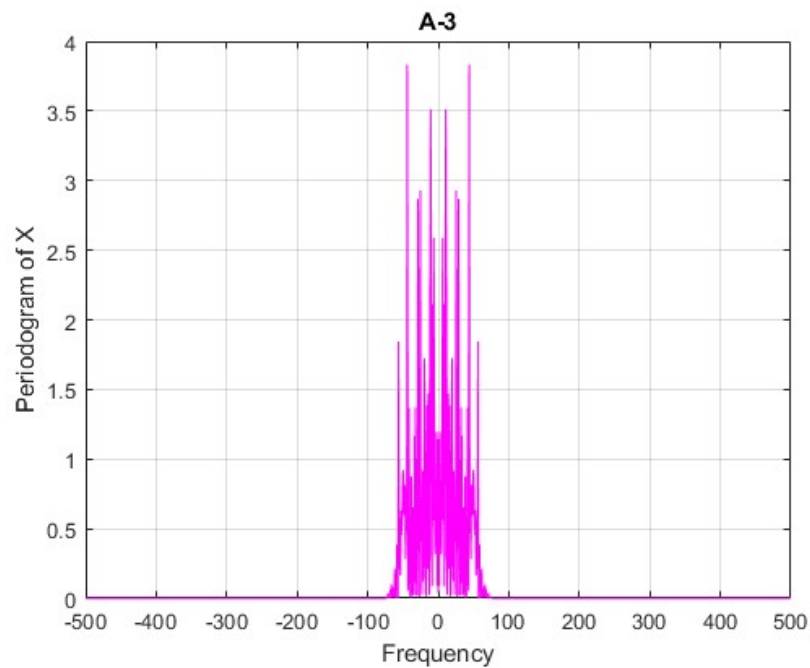
Υπολογίζω την θεωρητική φασματική πυκνότητα ισχύος (P.S.D.) της στοχαστικής μεταβλητής και την σχεδιάζω σε λογαριθμική κλίμακα:

$$S_x = \frac{\sigma_x^2}{T} |\Phi(F)|^2$$



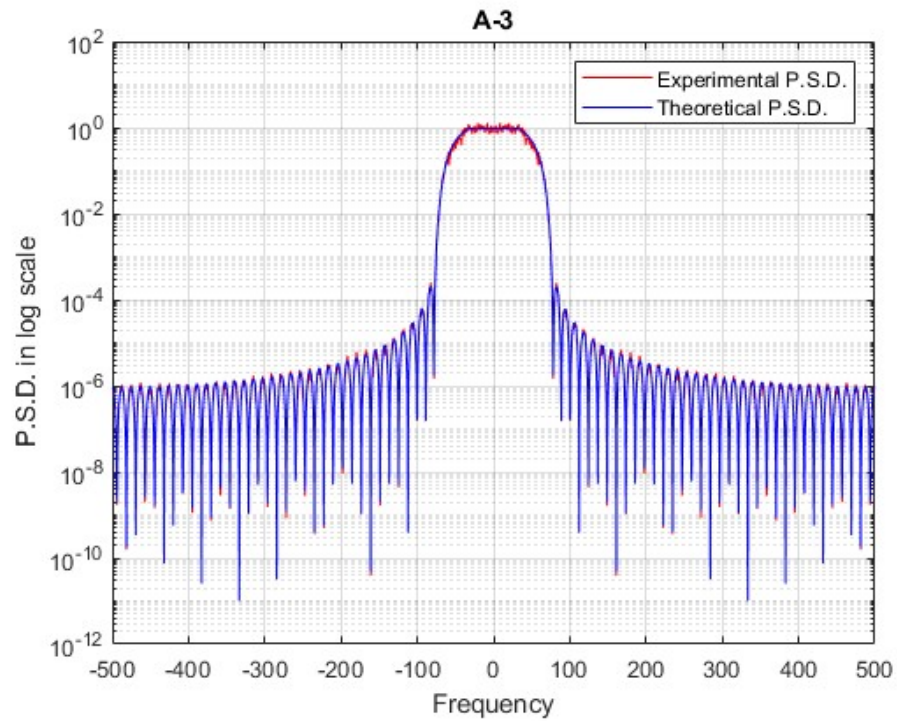
A3)

Υπολογίζω το περιοδόγραμμα της  $X$  και το plot-άρω σε κανονική (ροζ) και λογαριθμική κλίμακα (μπλε):

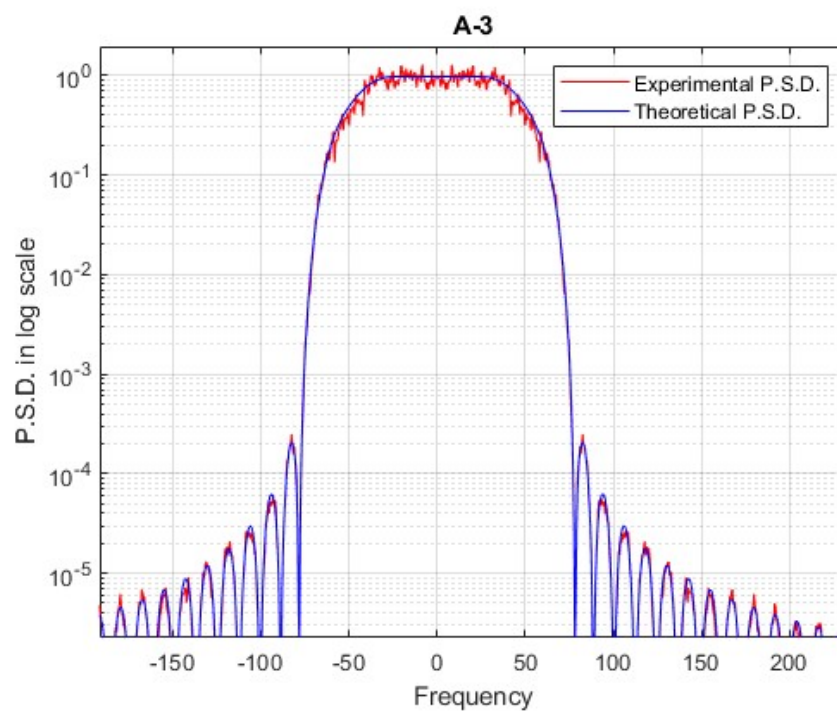


## Power Spectral Densities

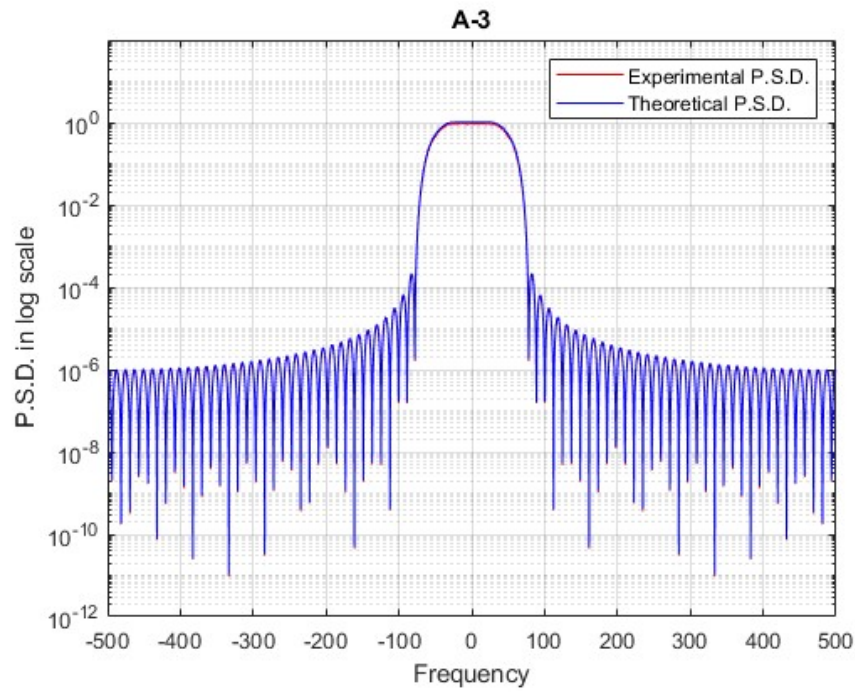
Για  $k = 50$ :



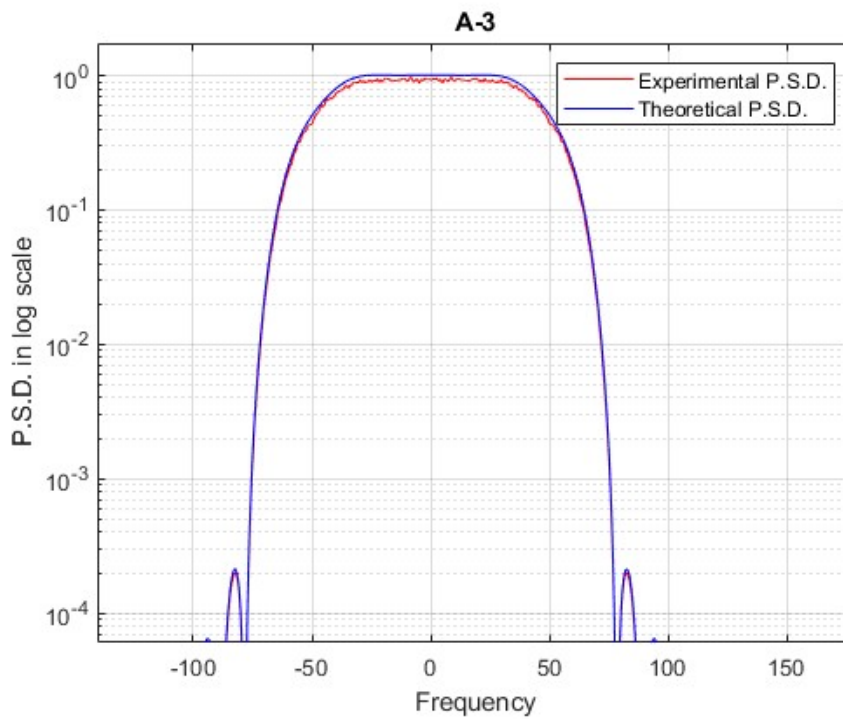
Κάνοντας zoom-in , βλέπουμε:



Για  $k = 2000$ :



Κάνοντας και πάλι zoom-in παρατηρώ ότι η προσέγγιση του θεωρητικού P.S.D. είναι πολύ καλύτερη.





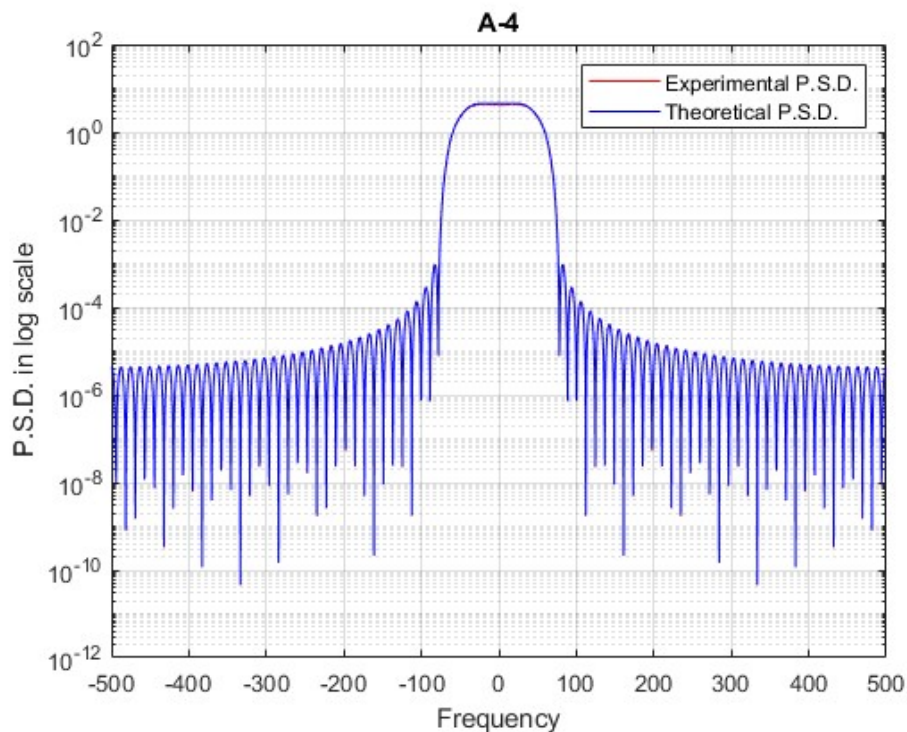
Εντελώς όμοια για τα διαφορετικά  $N$ . Συμπερασματικά, όσο αυξάνονται τα  $N$ ,  $k$  η πειραματική κυματομορφή (*Experimental P.S.D.*) τείνει όλο και περισσότερο να γίνει ίδια με την θεωρητική (*Theoretical P.S.D.*). Αυτό συμβαίνει διότι με περισσότερα  $k$  αυξάνονται τα δείγματα των περιοδογραμμάτων άρα η εκτιμώμενή τους μέση τιμή τείνει προς την πραγματική μέση τιμή. Με περισσότερα  $N$  αυξάνεται η πληροφορία του σήματος.

#### A4)

Δημιουργώ 2 ακολουθίες των 50 bit η καθεμία και εκτελώ την απεικόνιση 4 – PAM χρησιμοποιώντας την συνάρτηση `bits_to_4PAM`. Στην συνέχεια κατασκευάζω την στοχαστική διαδικασία  $X$  μέσω της συνάρτησης `X_stochastic_generator`:

$$X = \sum_{n=0}^{\frac{N}{2}-1} X_n \varphi(t - nT)$$

P.S.D. της  $X$  : (όμοια με A3)

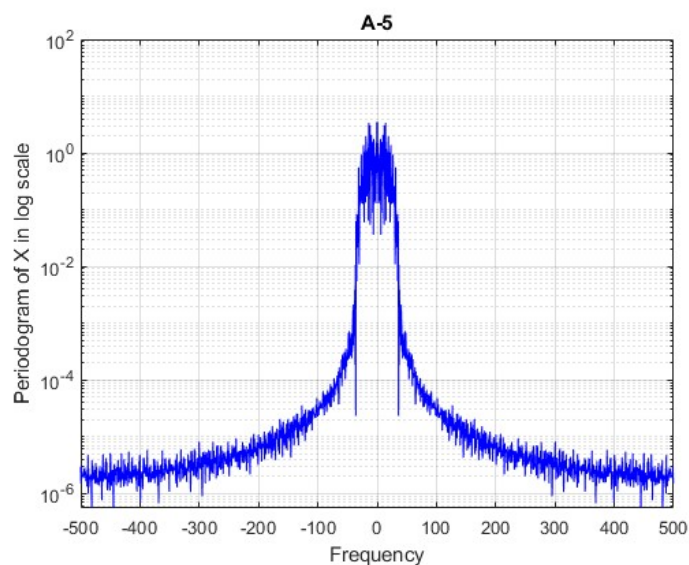
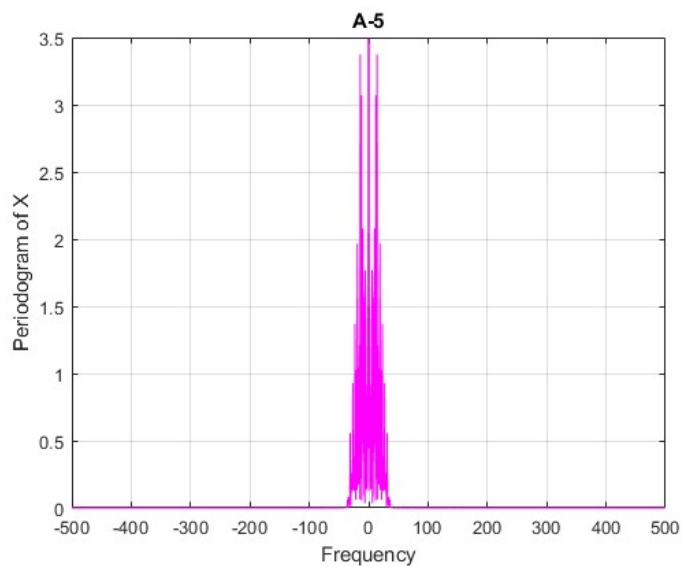


Προφανώς , για  $k = 2000$  οι δυο κυματομορφές ουσιαστικά ταυτίζονται.

Είναι προφανές ότι το bandwidth παραμένει ίδιο αφού εξαρτάται από την περίοδο η οποία παρέμεινε ίδια. Το μόνο που αλλάζει είναι το πλάτος , το οποίο αυξάνεται λόγω της αυξημένης διασποράς στην 4 – PAM .

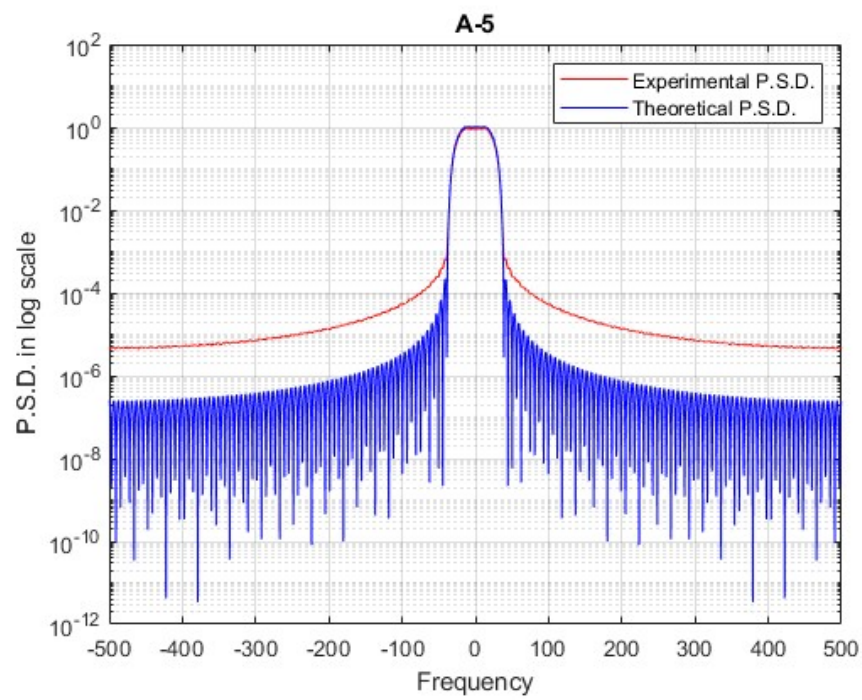
**A5)**

Επαναλαμβάνω το A3 με διπλάσια συχνότητα συμβόλου T:

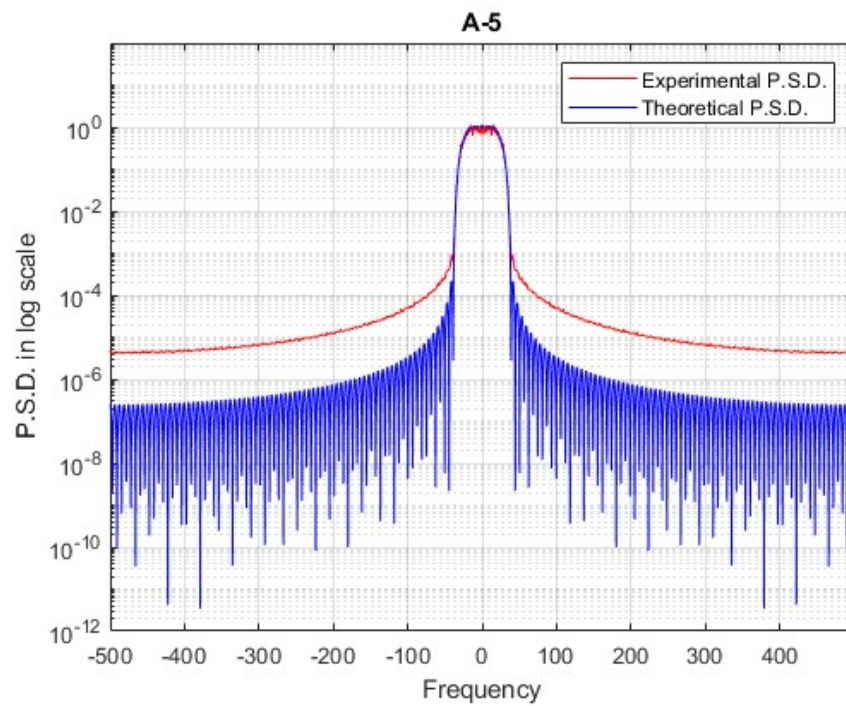




k = 2000:



k = 50 :



Παρατηρώ ότι το bandwidth υποδιπλασιάστηκε. Λογικό, αφού η περίοδος διπλασιάστηκε και  $BW - T$  είναι αντιστρόφως ανάλογα.

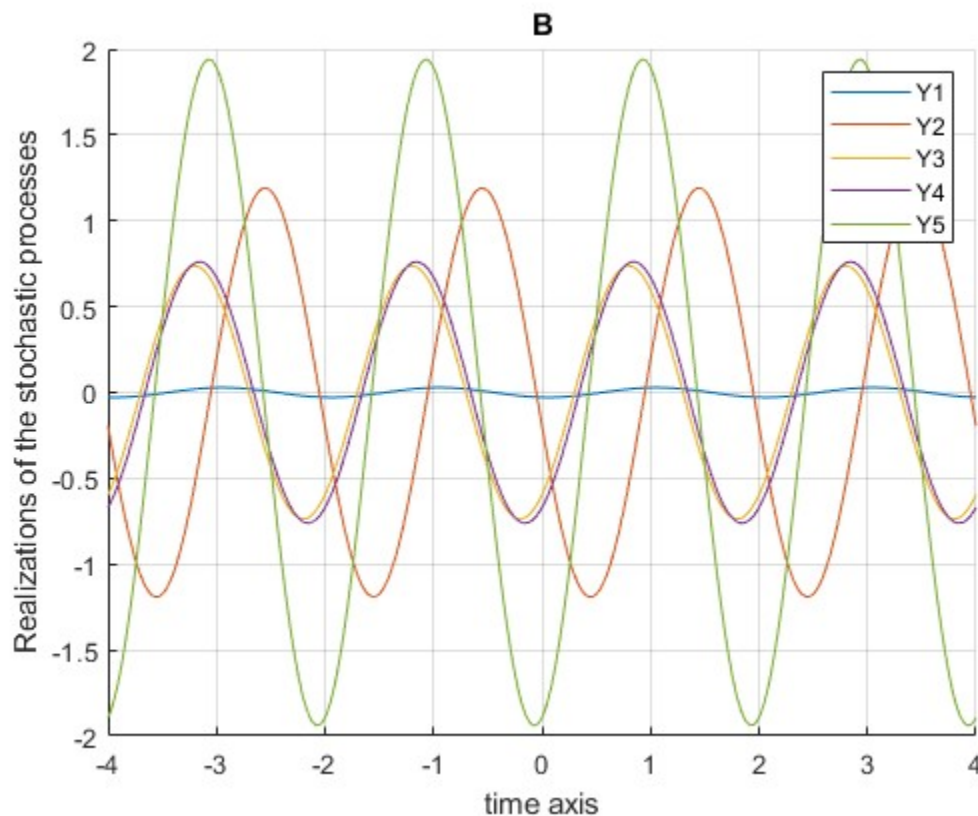
**A6)**

Για ίδια περίοδο συμβόλου  $T$ , η διαμόρφωση 4 – PAM προσφέρει διπλάσια πληροφορία ανά σύμβολο, αφού σε ένα σύμβολο αντιστοιχούν 2 bit. Οπότε αυτή είναι και η προτιμότερη.

Στην περίπτωση που το available Bandwidth είναι πολύ ακριβό, προφανέστατα επιλέγω διπλάσια περίοδο συμβόλου, υποδιπλασιάζοντας έτσι το εύρος ζώνης.

Ερώτημα B:

**B1)**



**B2)**

(i)

$X, \Phi$  ανεξάρτητες, άρα θα έχω:

$$E[Y(t)] = E[X]E[\cos(2\pi F_0 t + \Phi)] = 0$$

Αφού

$$E[X] = 0$$

(ii)

$$E[Y(t+\tau)Y(t)] = E[X^2]E[\cos(2\pi F_0(t+\tau)+\Phi)\cos(2\pi F_0 t + \Phi)] =$$

$$1 * E[\cos(2\pi F_0(t+\tau-t)) + \cos(2\pi F_0(t+\tau+t)+2\Phi)] = E[\cos(2\pi F_0 \tau)]$$

Η συνάρτηση αυτοσυσχέτισης εξαρτάται μόνο από το  $\tau$ , άρα η  $Y$  είναι κυκlostάσιμη υπό την ευρεία έννοια.