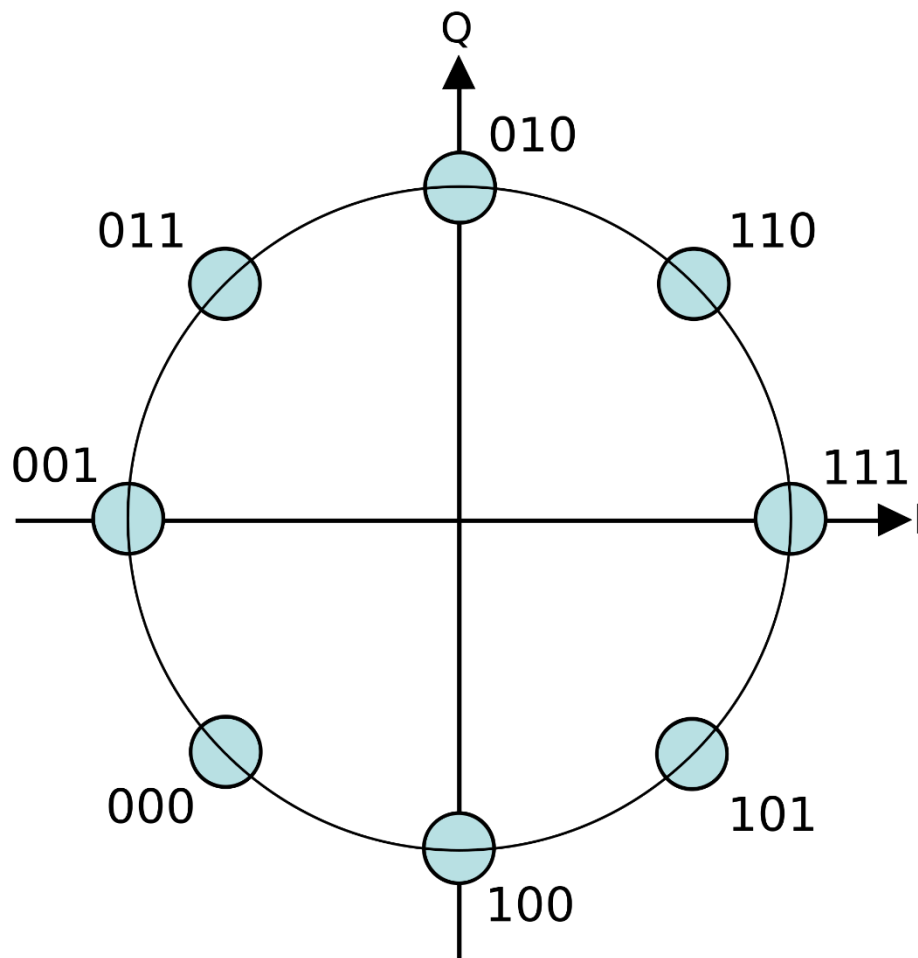


Εργασία στο Μάθημα των Ψηφιακών Τηλεπικοινωνιών II

Ενότητα Ασκήσεων 1



Διδάσκων: Χρήστος Δημάκης

Ονοματεπώνυμο Φοιτητή: Ηλίας Χρυσοβέργης

A.E.M. Φοιτητή : 8009

Εργαστηριακή Άσκηση Προσομοίωσης 1.1:

Σύστημα διαμόρφωσης 8-PSK παρουσία AWGN.

Στην πρώτη άσκηση ζητήθηκε η μέτρηση της πιθανότητας σφάλματος bit (BER) του συστήματος διαμόρφωσης 8-PSK σε περιβάλλον AWGN, χωρίς κωδικοποίηση και με κωδικοποίηση Reed-Solomon(255,239) και Reed-Solomon(255,223).

- Χωρίς κωδικοποίηση

Αρχικά δίνονται οι παράμετροι για την δημιουργία του 8-PSK σήματος:

ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

συντελεστής τυχαιότητας	<input type="text" value="1000"/>		
πλήθος bits πληροφορίας	<input type="text" value="144000"/>		
συνολικά bits	<input type="text" value="144000"/>	περίοδος σηματοδοσίας (T) σε μs	<input type="text" value="1"/>
πλήθος εκπεμπόμενων 8PSK συμβόλων	<input type="text" value="48000"/>		
αριθμός δειγμάτων ανά 8PSK σύμβολο	<input type="text" value="16"/>	σύνολο δειγμάτων	<input type="text" value="768000"/>

information bits

8PSK MODULATOR

to Tx

Ο συντελεστής τυχαιότητας δεν επηρεάζει το κατά πόσο τυχαία είναι τα σήματα οπότε θα μπορούσαμε να δώσουμε όποια τιμή θέλουμε.

Επιλέξαμε το μεγαλύτερο πλήθος bits πληροφορίας για να μπορέσουμε να αξιολογήσουμε στο τέλος κατά πόσο η θεωρητική πιθανότητα σφάλματος bit είναι ίση με την πιθανότητα σφάλματος bit στην προσομοίωση που κάναμε.

Το πλήθος των συμβολών δίνεται από τον τύπο :

$$(\text{πλήθος bits πληροφορίας}) / 3.$$

Ο αριθμός δειγμάτων ανά σύμβολο έχει να κάνει με την συχνότητα δειγματολήψιας. Ο αριθμός 16 δίνει μία καλή-αντιπροσωπευτική αναπαράσταση.

Η περίοδος σηματοδοσίας έχει να κάνει με την βαθμονόμηση του άξονα στα διαγράμματα συχνότητας.

Το σύνολο των δειγμάτων δίνεται από τον τύπο:

$$(\text{πλήθος συμβόλων}) * (\text{αριθμός δειγμάτων}) .$$

Στην συνέχεια κατά τον σχεδιασμό του φίλτρου εκπομπής, για τον συντελεστή επέκτασης του φίλτρου δόθηκε η τιμή $a = 0,2$. Το φίλτρο χρησιμοποιείται για την αποφυγή της διασυμβολικής παρεμβολής.

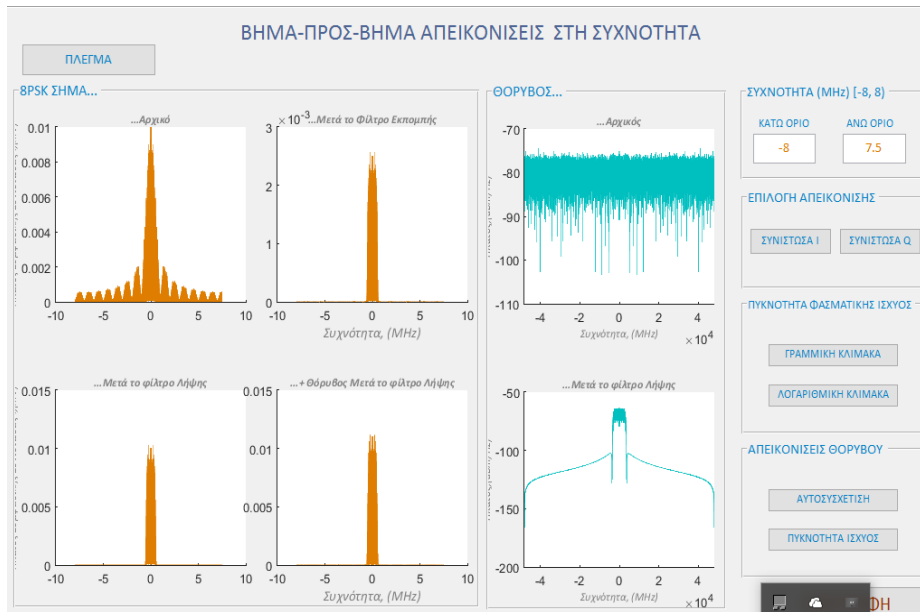
Ως συντελεστής τυχαιότητας για την ακολουθία θορύβου δόθηκε και πάλι το 1000.

Κατά την πρόσθεση του σήματος με τον θόρυβο δόθηκε ως σηματοθορυβική σχέση η τιμή $\text{SNR} = 11$.

Για να έχουμε προσαρμογή στα φίλτρα, δώσαμε στον συντελεστή επέκτασης του φίλτρου λήψης και πάλι την τιμή $a = 0,2$.

Τώρα μπορούμε να δούμε κάποιες βήμα-προς-βήμα απεικονίσεις μετά το φίλτρο λήψης για να βγάλουμε κάποια συμπεράσματα.

Αρχικά έχουμε απεικονίσεις στη συχνότητα. Βλέπουμε ότι τα χαμηλοπεράτα φίλτρα εκπομπής και λήψης έχουν κόψει τους πλευρικούς λοβούς του αρχικού σήματος και έχουν κρατήσει μόνο τον κύριο λοβό. Ακόμη μπορούμε να διακρίνουμε και αντίστοιχο «κόψιμο» στον θόρυβο λόγω του φίλτρου λήψης.



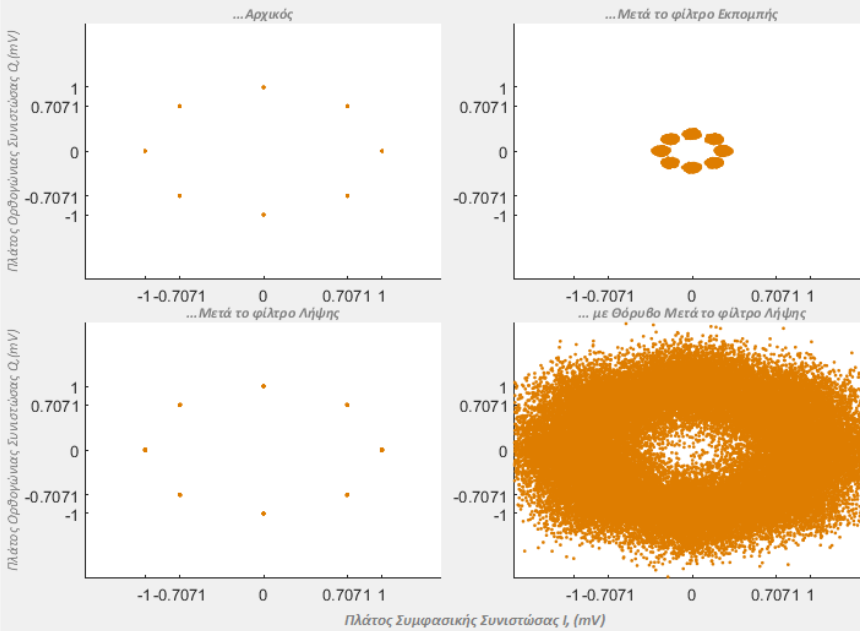
Στην συνέχεια έχουμε το βήμα-προς-βήμα διάγραμμα χώρου. Μπορούμε να διακρίνουμε πώς επηρεάζουν τα φίλτρα και ο θόρυβος τον αστερισμό. Ιδιαίτερο σημαντικό είναι να παρατηρήσουμε ότι παίζει μεγάλο ρόλο το ποια σημεία δειγματοληψίας θα χρησιμοποιήσουμε. Όσο ανεβάζουμε τη συμφασική και ορθογώνια συνιστώσα παρατηρούμε ότι δεν μπορούμε να διαχωρίσουμε τα σύμβολα εύκολα. Όταν δώσουμε τις τιμές $I = Q = 8$ μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι δεν μπορούμε να διαχωρίσουμε τις περιοχές απόφασης ούτε μετά τα φίλτρα. Από εκεί και πέρα όμως για μεγαλύτερες συνιστώσες έχουμε μία καλύτερη απεικόνιση των αστερισμών. Επίσης, το να βάλουμε διαφορετική συμφασική και ορθογώνια συνιστώσα (π.χ. $I = 1$, $Q = 5$) χειροτερεύει τα αποτελέσματα όπως είναι λογικό.

Αυτό μπορούμε να το παρατηρήσουμε και στα διαγράμματα οφθαλμού των δύο συνιστωσών. Βλέπουμε ότι καλύτερα αποτελέσματα παίρνουμε στο πρώτο δείγμα και μετά στο 16, ενώ στα ενδιάμεσα δεν θα μπορέσουμε να εξαλείψουμε την διασυμβολική παρεμβολή.

ΒΗΜΑ-ΠΡΟΣ-ΒΗΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΩΡΟΥ

ΠΛΕΓΜΑ

ΑΣΤΕΡΙΣΜΟΣ 8PSK...



ΜΕΓΕΘΟΣ ΙΧΝΟΥΣ μικρο

ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (1 - 16)

ΣΥΜΦΑΣΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ, I

1

ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ, Q

1

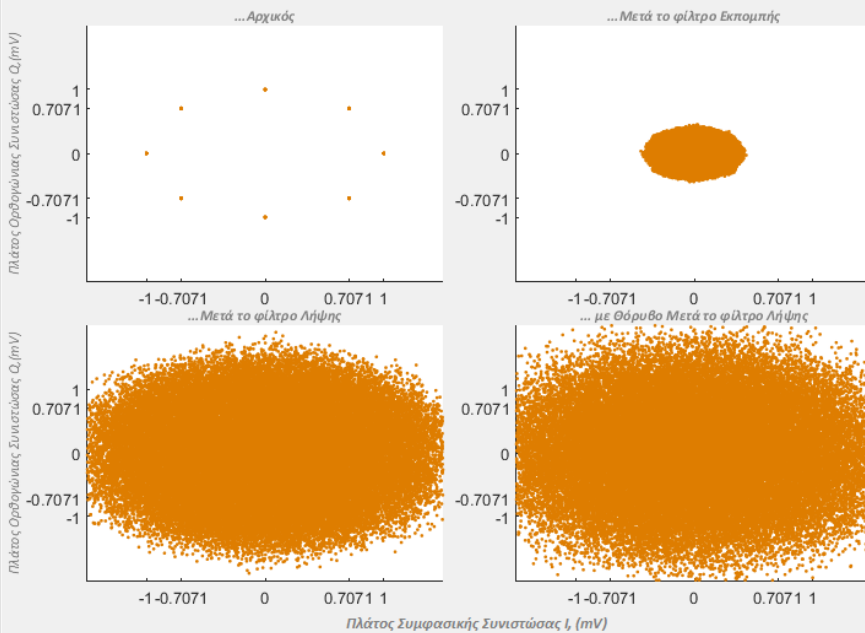
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΩΡΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

ΟΦΗ

ΒΗΜΑ-ΠΡΟΣ-ΒΗΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΩΡΟΥ

ΠΛΕΓΜΑ

ΑΣΤΕΡΙΣΜΟΣ 8PSK...



ΜΕΓΕΘΟΣ ΙΧΝΟΥΣ μικρο

ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (1 - 16)

ΣΥΜΦΑΣΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ, I

8

ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ, Q

8

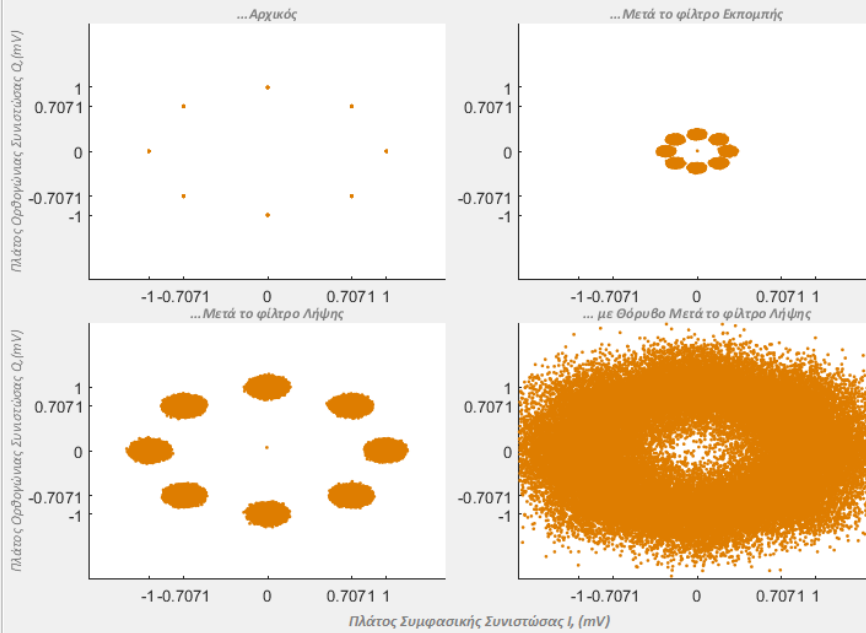
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΩΡΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

ΟΦΗ

ΒΗΜΑ-ΠΡΟΣ-ΒΗΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΩΡΟΥ

ΠΛΕΓΜΑ

ΑΣΤΕΡΙΣΜΟΣ 8PSK...



ΜΕΓΕΘΟΣ ΙΧΝΟΥΣ

ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (1 - 16)

ΣΥΜΦΑΣΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ, I

16

ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ, Q

16

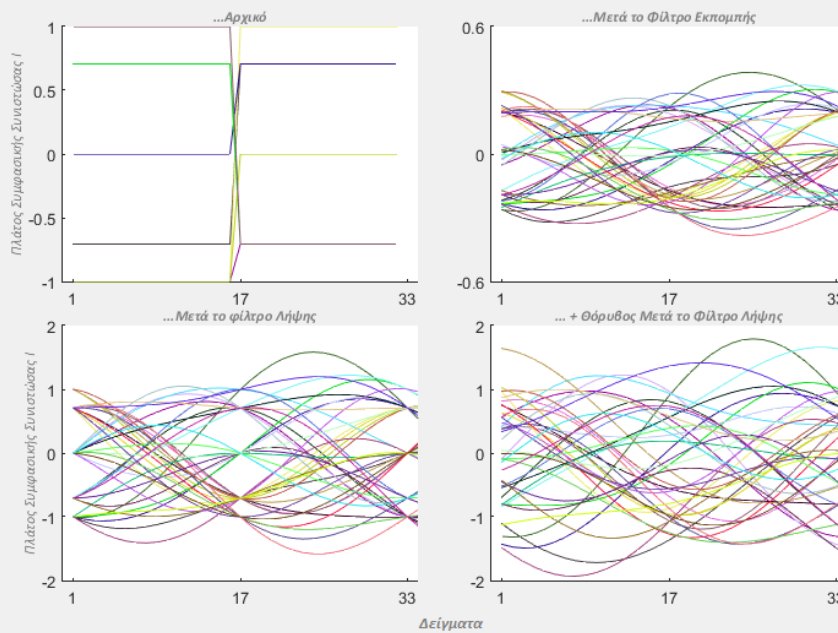
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΩΡΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

ΟΦΗ

ΒΗΜΑ-ΠΡΟΣ-ΒΗΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

ΠΛΕΓΜΑ

8PSK ΣΗΜΑ...



ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ

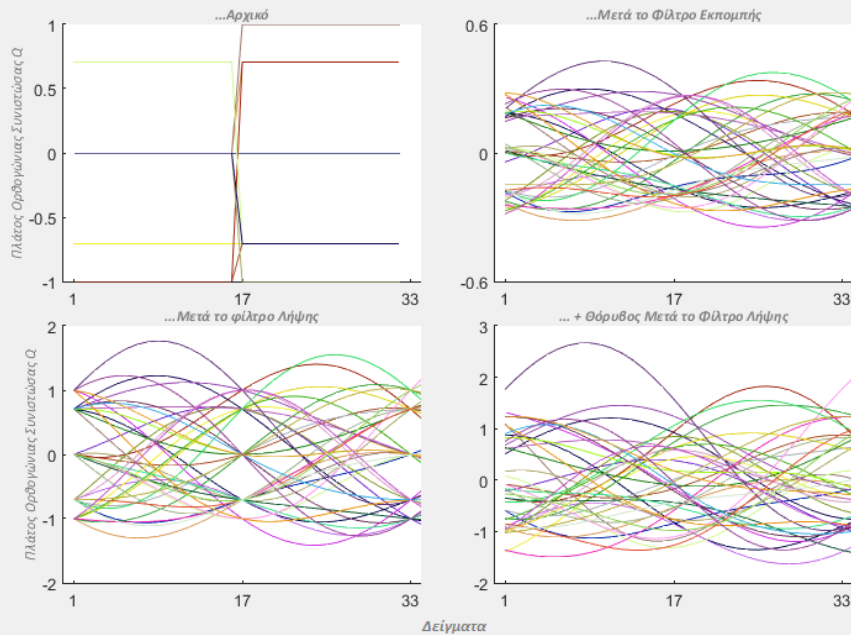
ΣΥΜΦΑΣΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ I

ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Q

ΒΗΜΑ-ΠΡΟΣ-ΒΗΜΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΟΦΘΑΛΜΟΥ

ΠΛΕΓΜΑ

8PSK ΣΗΜΑ...



ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ

ΣΥΜΦΑΣΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ I

ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ Q

Κατά την αποδιαμόρφωση του σήματος πήραμε τα εξής αποτελέσματα:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ

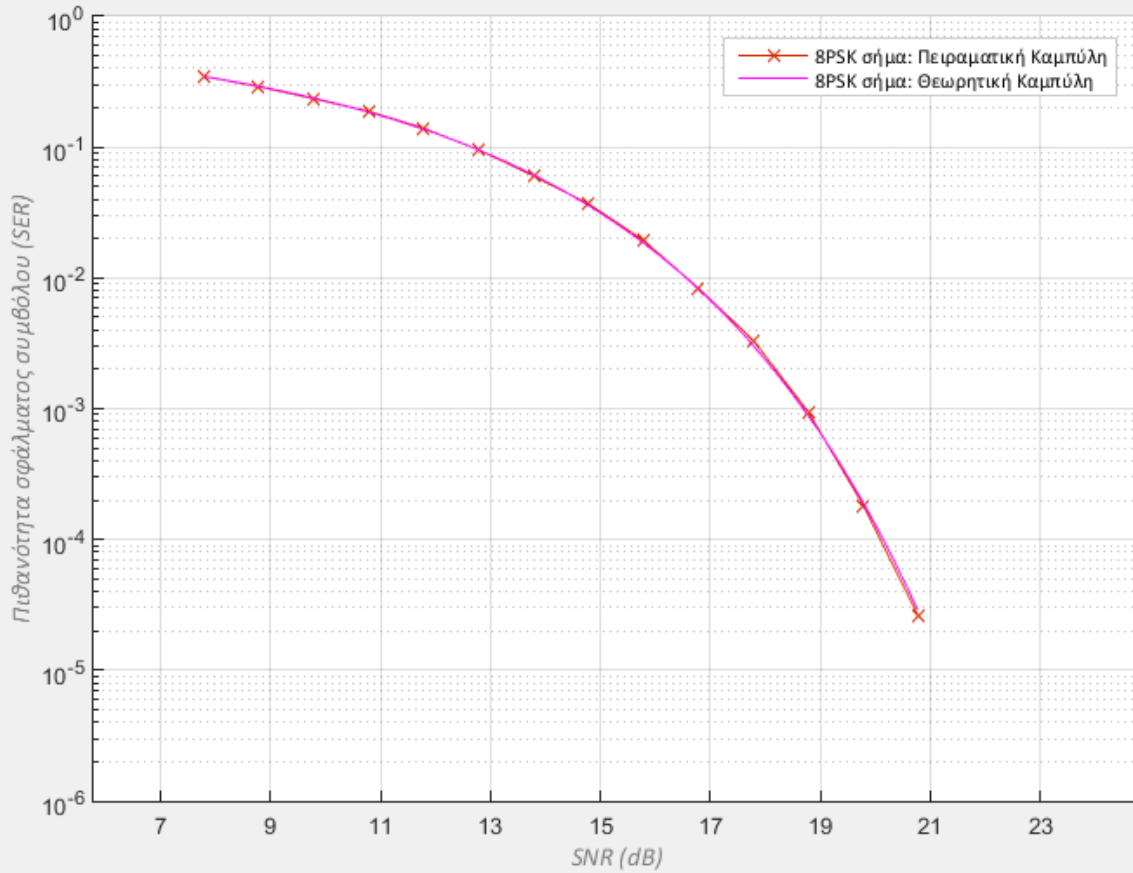
Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 8327 λανθασμένα σύμβολα, σε σύνολο 48000.

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 8376 λανθασμένα bits, σε σύνολο 144000.

Βλέπουμε ότι περίπου ένα στα έξι σύμβολα ανιχνεύεται λάθος. Αξίζει να παρατηρήσουμε ότι τα λανθασμένα bits είναι λίγο περισσότερα από τα λανθασμένα σύμβολα πράγμα που σημαίνει ότι σε κάθε λανθασμένο σύμβολο έχουμε ένα λανθασμένο bit και σπάνια περισσότερα. Αυτό εξηγείται από την κωδικοποίηση Gray που χρησιμοποιείται, οπότε τα περισσότερα λανθασμένα σύμβολα είναι γειτονικά των πραγματικών, άρα στο λανθασμένο σύμβολο θα έχουμε ένα λανθασμένο bit από το πραγματικό σύμβολο.

Στη συνέχεια βλέπουμε το SER ως προς το SNR (σε λογαριθμική κλίμακα). Αξίζει να παρατηρήσουμε η θεωρητική καμπύλη και η καμπύλη που προέκυψε από

την προσομοίωση ταυτίζονται λόγω των πολλών bits που δώσαμε κατά την δημιουργία του σήματος πληροφορίας στην αρχή.:



- Με κωδικοποίηση Reed-Solomon(255,239)

Στη συνέχεια δημιουργούμε ένα νέο σήμα πληροφορίας με τα εξής χαρακτηριστικά και με κώδικα Reed-Solomon(255,239):

ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

συντελεστής τυχαιότητας	1000		
πλήθος bits πληροφορίας	120456		
συνολικά bits	128520	περίοδος σηματοδότησης (T) σε μs	1
πλήθος εκπεμπόμενων 8PSK συμβόλων	42840		
αριθμός δειγμάτων ανά 8PSK σύμβολο	16	σύνολο δειγμάτων	685440

```

graph LR
    A[information bits] --> B[RS(255,239) ENCODER]
    B --> C[8PSK MODULATOR]
    C --> D[to Tx]
  
```

Αξίζει να παρατηρήσουμε τώρα ότι τα συνολικά bits δεν είναι ίσα με το πλήθος των bits πληροφορίας. Αυτό συμβαίνει λόγω της κωδικοποίησης. Η συγκεκριμένη κωδικοποίηση μας δίνει 255 bit εξόδου για 239 bit εισόδου. Άρα, εμείς ουσιαστικά βάζουμε 239 bit πληροφορίας στον κωδικοποιητή και αυτός μας βγάζει 255. Αυτός είναι ο λόγος που τα συνολικά bits είναι περισσότερα από τα bits πληροφορίας. Για όλα τα υπόλοιπα δεδομένα ισχύει ότι ίσχυε και πριν.

Η διαδικασία είναι η ίδια με πριν. Μέχρι και το φίλτρο λήψης οι βήμα-προς-βήμα απεικονίσεις δεν μας δίνουν κάποια καινούρια πληροφορία σε σχέση με πριν.

Μετά την ανίχνευση παίρνουμε τα εξής στοιχεία εξόδου:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ

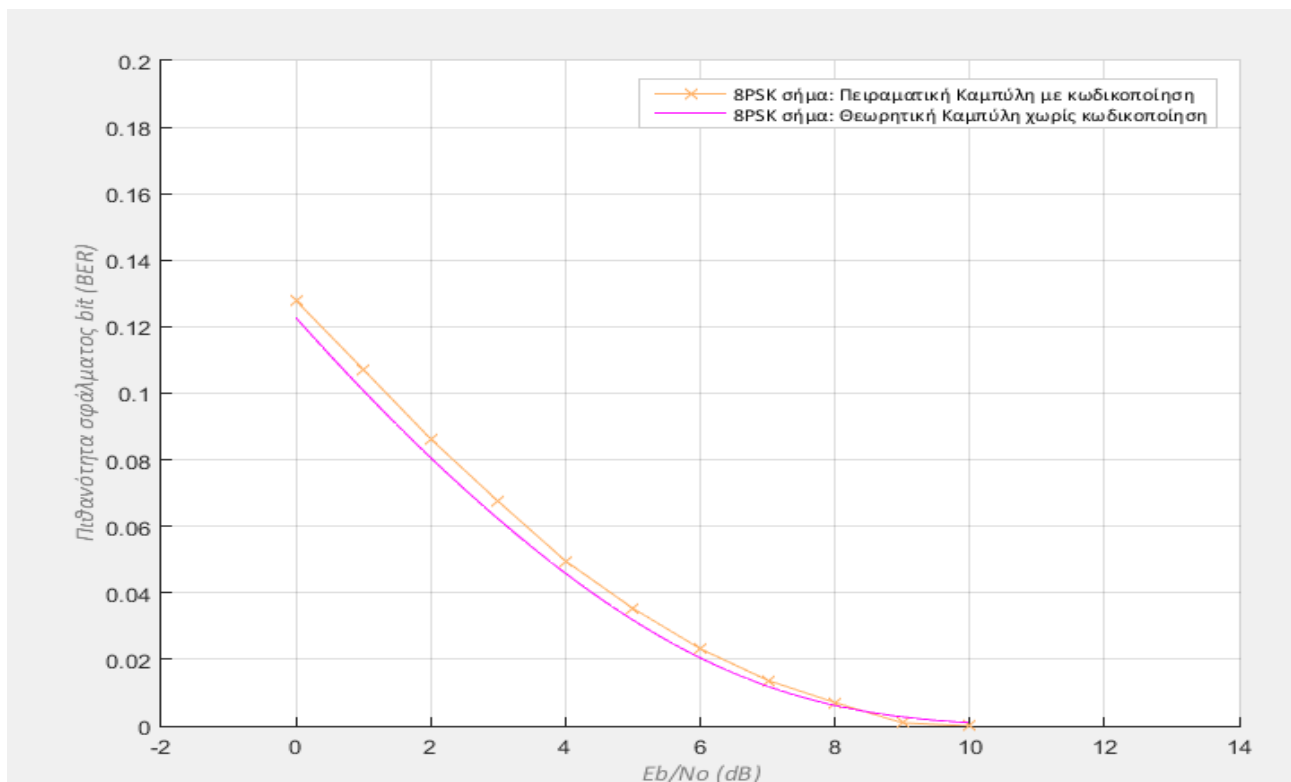
Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 7558 λανθασμένα σύμβολα, σε σύνολο 42840.

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 7606 λανθασμένα bits, σε σύνολο 128520.

Μετά την RS αποκωδικοποίηση, παρέμειναν 7126 λανθασμένα bits, σε σύνολο 120456.

Βλέπουμε ότι τα αποτελέσματα αυτά είναι ελαφρώς χειρότερα από πριν. Θα εξηγήσουμε μέσω του BER γιατί συμβαίνει αυτό.

Για το BER έχουμε την εξής καμπύλη. Βλέπουμε ότι η πιθανότητα σφάλματος με κωδικοποίηση είναι μεγαλύτερη από αυτήν χωρίς κωδικοποίηση και μόνο όταν αυξήσουμε τον λόγο E_b / N_0 έχουμε μικρότερη πιθανότητα σφάλματος bit με κωδικοποίηση. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο μας βγήκαν τα προηγούμενα αποτελέσματα. Σε λογαριθμική κλίμακα (στο τέλος της πρώτης άσκησης) φαίνονται καλύτερα οι διαφορές.



- Με κωδικοποίηση Reed-Solomon(255,223)

Τώρα με τον καινούριο κωδικοποιητή έχουμε:

ΔΕΔΟΜΕΝΑ-ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

συντελεστής τυχαιότητας	<input type="text" value="1000"/>		
πλήθος bits πληροφορίας	<input type="text" value="117744"/>		
συνολικά bits	<input type="text" value="134640"/>	περίοδος σηματοδότησης (T) σε μs	<input type="text" value="1"/>
πλήθος εκπεμπόμενων 8PSK συμβόλων	<input type="text" value="44880"/>		
αριθμός δειγμάτων ανά 8PSK σύμβολο	<input type="text" value="16"/>	σύνολο δειγμάτων	<input type="text" value="718080"/>

information bits

**RS(255,223)
ENCODER**

**8PSK
MODULATOR**

to Tx

Πάλι παρατηρούμε ότι τα συνολικά bits είναι περισσότερα από τα bits πληροφορίας για τον ίδιο λόγο που εξηγήσαμε. Στην συνέχεια όλα τα στοιχεία και οι απεικονίσεις μέχρι την ανίχνευση του σήματος είναι τα ίδια. Πάμε λοιπόν στην ανίχνευση.

Έχουμε τα εξής στοιχεία εξόδου:

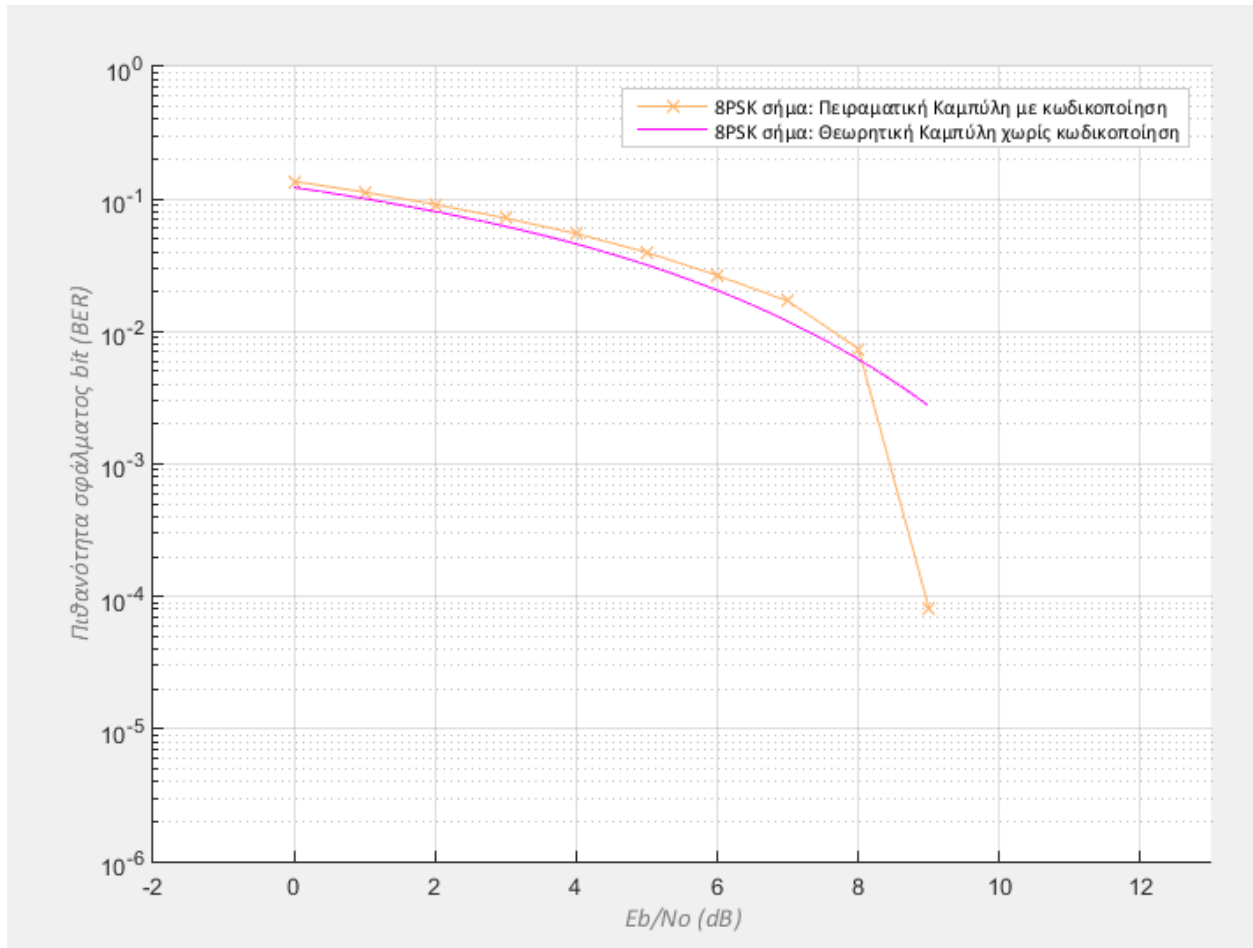
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 7860 λανθασμένα σύμβολα, σε σύνολο 44880.

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 7899 λανθασμένα bits, σε σύνολο 134640.

Μετά την RS αποκωδικοποίηση, παρέμειναν 6906 λανθασμένα bits, σε σύνολο 117744.

Εδώ βλέπουμε το BER συναρτήσει του E_b/N_0 σε λογαριθμική . Συγκρίνοντας με τα προηγούμενα διαγράμματα βλέπουμε ότι για μικρό E_b/N_0 έχουμε μεγαλύτερη πιθανότητα σφάλματος. Στην λογαριθμική κλίμακα όμως μπορούμε να δούμε όμως ότι για μεγάλα SNR/bit η πιθανότητα σφάλματος μειώνεται κατά πολύ σε σχέση με αυτήν που έχουμε χωρίς κωδικοποίηση.

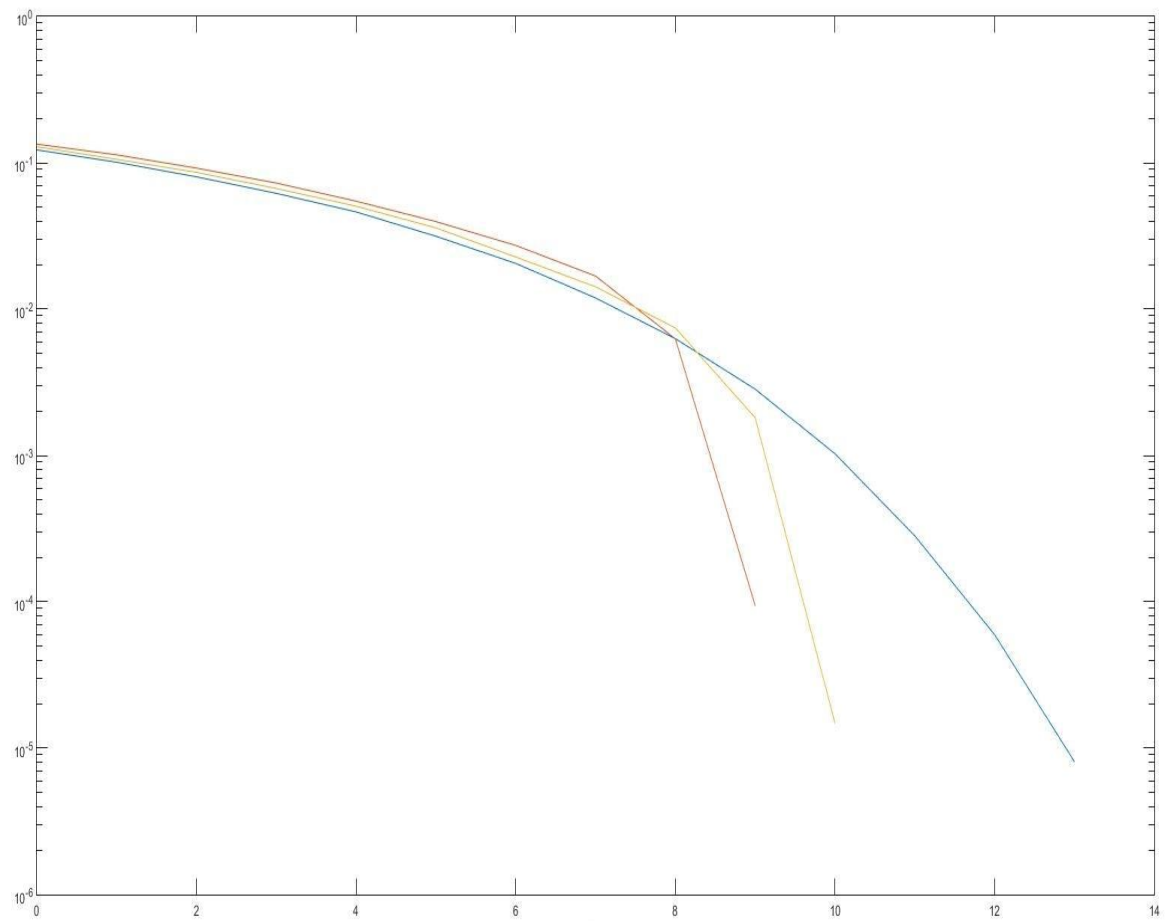


Στην συνέχεια γίνεται σύγκριση των 3 πιθανοτήτων σφάλματος:

Μπλε: Χωρίς κωδικοποίηση

Κίτρινο: Reed-Solomon(255,239)

Κόκκινο: Reed-Solomon(255,223)



Βλέπουμε ότι η κωδικοποίηση Reed-Solomon(255,223) δίνει την καλύτερη πιθανότητα σφάλματος για υψηλά SNR/bit.

Εργαστηριακή Άσκηση Προσομοίωσης 1.2:

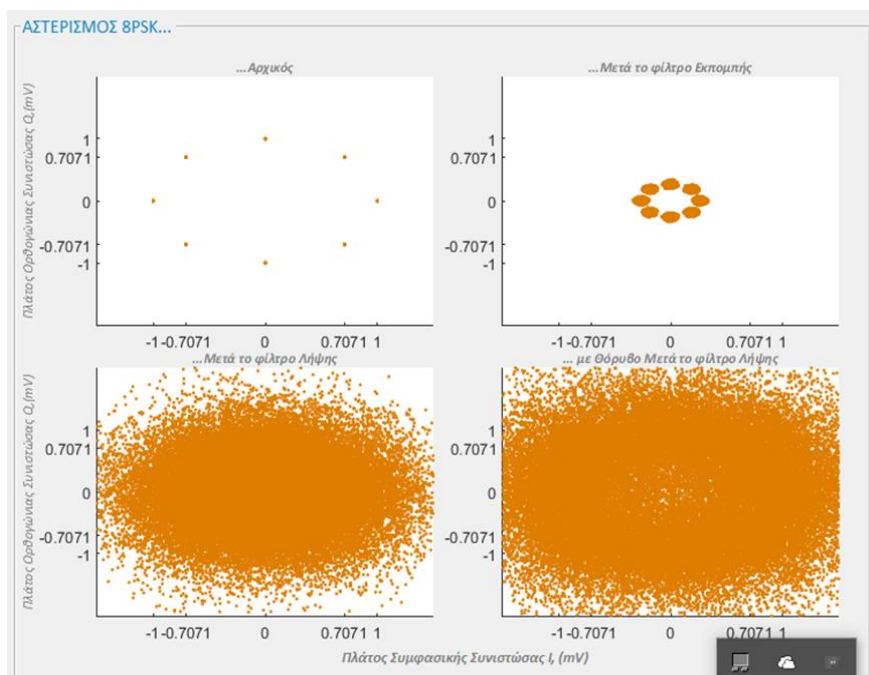
Σύστημα διαμόρφωσης 8-PSK παρουσία AWGN & iid διαλείψεων Rayleigh

Σε αυτή την άσκηση πρέπει να υπολογίσουμε τις πιθανότητες σφάλματος bit όπως πριν αλλά τώρα θα υπάρχουν και iid διαλείψεις Rayleigh στο κανάλι εκτός του AWGN. Μέχρι την δημιουργία του ανυψωμένου φίλτρου στον πομπό δεν έχουμε κάποια αλλαγή από την προηγούμενη άσκηση. Στην συνέχεια όμως δίνουμε την μορφή των διαλείψεων Rayleigh και εμείς για αυτήν την άσκηση θα δώσουμε iid. Έπειτα δεν χρειάζεται να αλλάξουμε κάτι σε σχέση με πριν. Πάμε τώρα να δούμε κάποια αποτελέσματα για να κατανοήσουμε τις διαφορές που προκύπτουν με τις διαλείψεις αυτές.

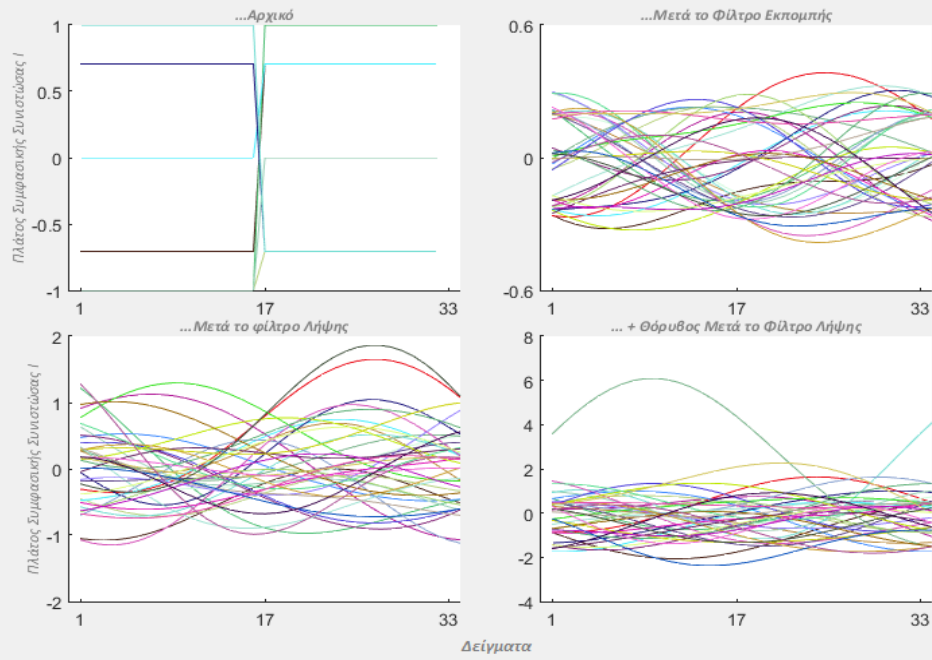
- Χωρίς κωδικοποίηση

Ας δούμε ορισμένες βήμα προς βήμα απεικονίσεις. Αυτή της συχνότητας δεν έχει διαφορές οπότε δεν χρειάζεται να εξηγήσουμε κάτι εδώ.

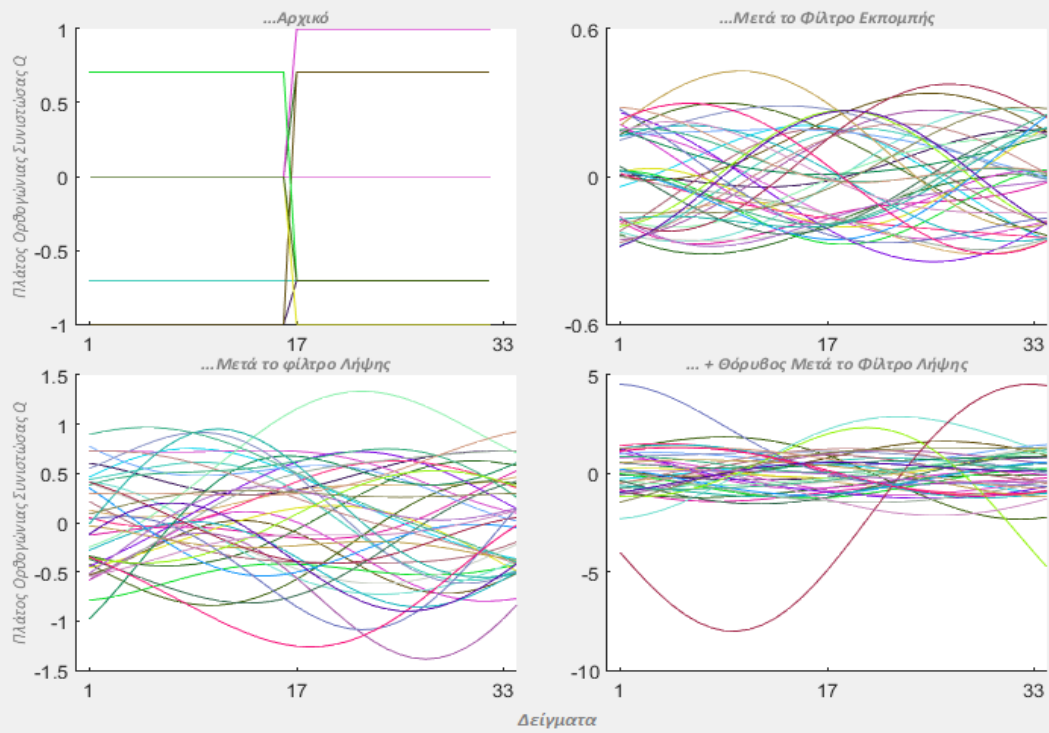
Για το βήμα-προς-βήμα διάγραμμα χώρου αξίζει να δούμε ότι από το πρώτο σημείο δειγματοληψίας έχουμε πρόβλημα στις περιοχές απόφασης ακόμη και στο διάγραμμα μετά το φίλτρο λήψης και χωρίς θόρυβο. Για το 8^ο σημείο δειγματοληψίας έχουμε την μεγαλύτερη επικάλυψη στις περιοχές απόφασης και στο 16^ο έχουμε μία μείωση της επικάλυψης, όπως και προηγούμενως. Βλέπουμε ότι οι διαλείψεις Rayleigh έχουν επιδράσει σημαντικά στο σήμα. Αντίστοιχα στα διαγράμματα οφθαλμού βλέπουμε ότι δεν μπορούμε να δειγματοληπτήσουμε σε συγκεκριμένη στιγμή για να αποφύγουμε την διασυμβολική παρεμβολή.



8PSK ΣΗΜΑ...



8PSK ΣΗΜΑ...



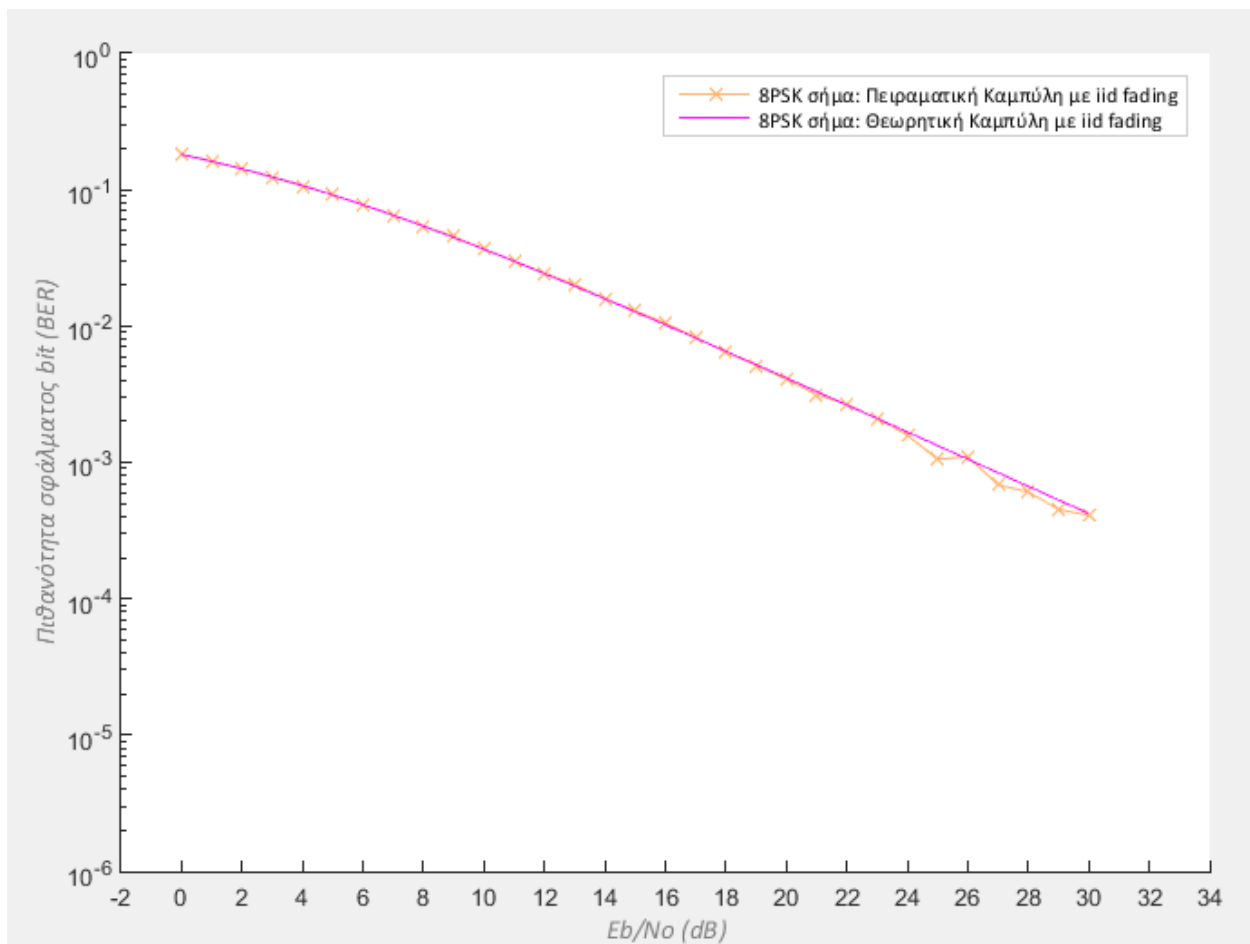
Κατά την ανίχνευση παρατηρούμε ότι τα σφάλματα έχουν αυξηθεί κατά πολύ, πράγμα που το περιμέναμε και από τα προηγούμενα διαγράμματα. Τώρα περίπου έχουμε 1 στα 4 σύμβολα λανθασμένο και σε 1 από 6 λανθασμένο σύμβολο έχουμε 2 λανθασμένα bits.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 18271 λανθασμένα σύμβολα, σε σύνολο 48000.

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 21868 λανθασμένα bits, σε σύνολο 144000.

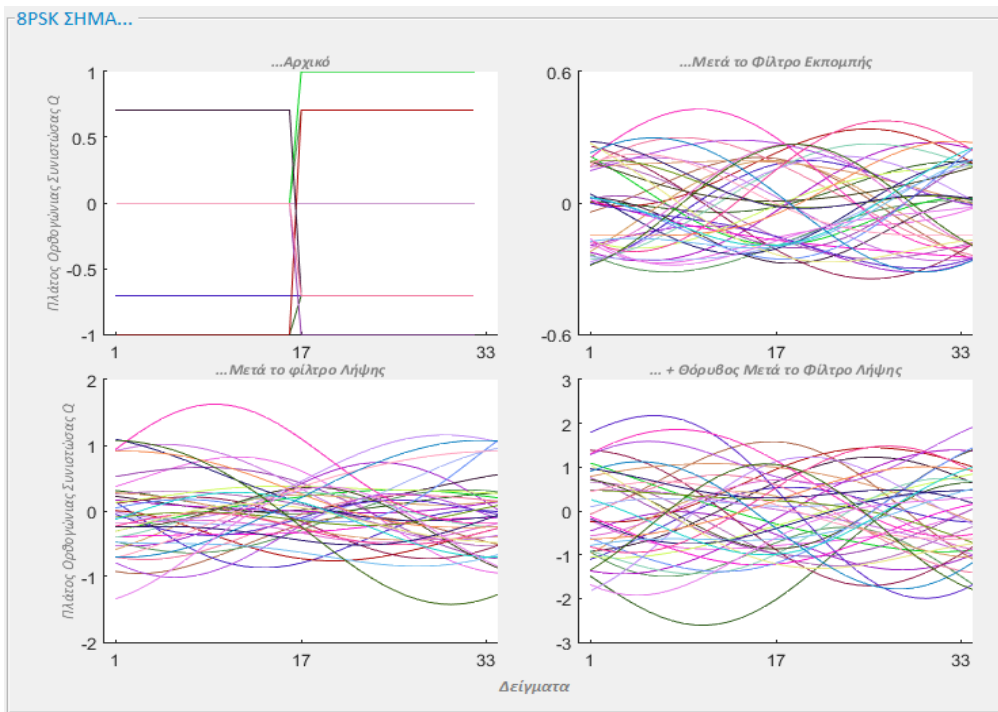
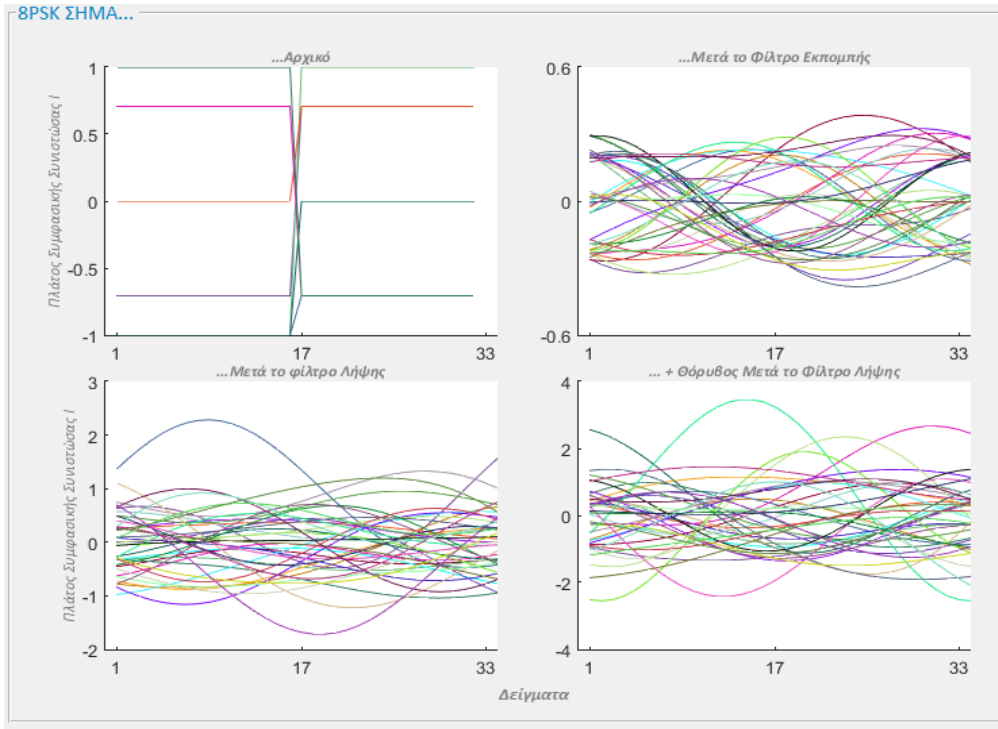
Η πιθανότητα σφάλματος bit από την προσομοίωση αλλά και η θεωρητική δίνονται στην συνέχεια:



Βλέπουμε κάποιες παρεκκλίσεις από την θεωρητική καμπύλη στα μεγάλα SNR/bit.

- Με κωδικοποίηση Reed-Solomon (255,239)

Το βήμα-προς-βήμα διάγραμμα χώρου είναι όπως πριν. Το διάγραμμα οφθαλμού έχει γίνει λίγο καλύτερο αλλά και πάλι είναι δύσκολη η σωστή δειγματοληψία για αποφυγή της διασυμβολικής παρεμβολής.



Μετά την ανίχνευση έχουμε:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ

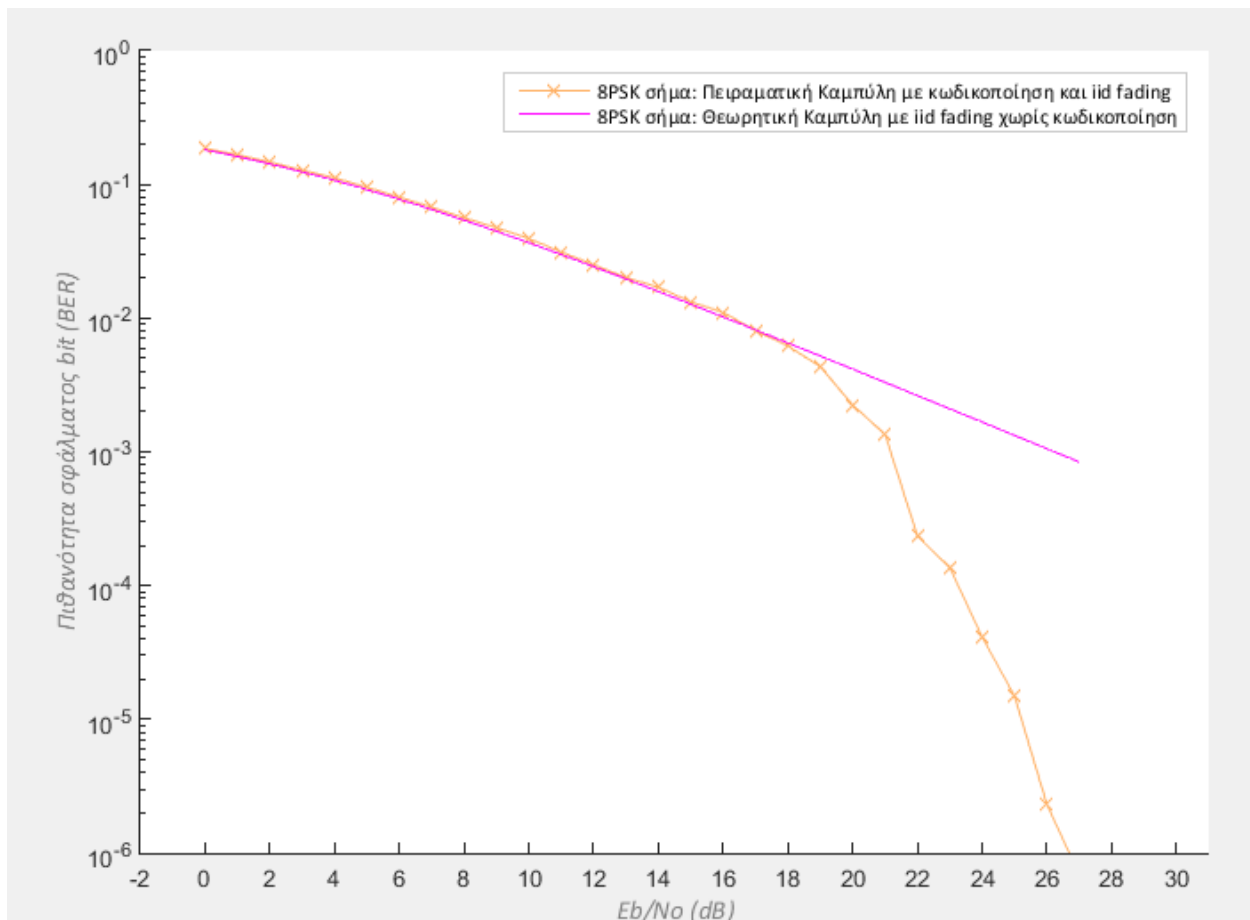
Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 16355 λανθασμένα σύμβολα, σε σύνολο 42840.

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 19531 λανθασμένα bits, σε σύνολο 128520.

Μετά την RS αποκωδικοποίηση, παρέμειναν 18279 λανθασμένα bits, σε σύνολο 120456.

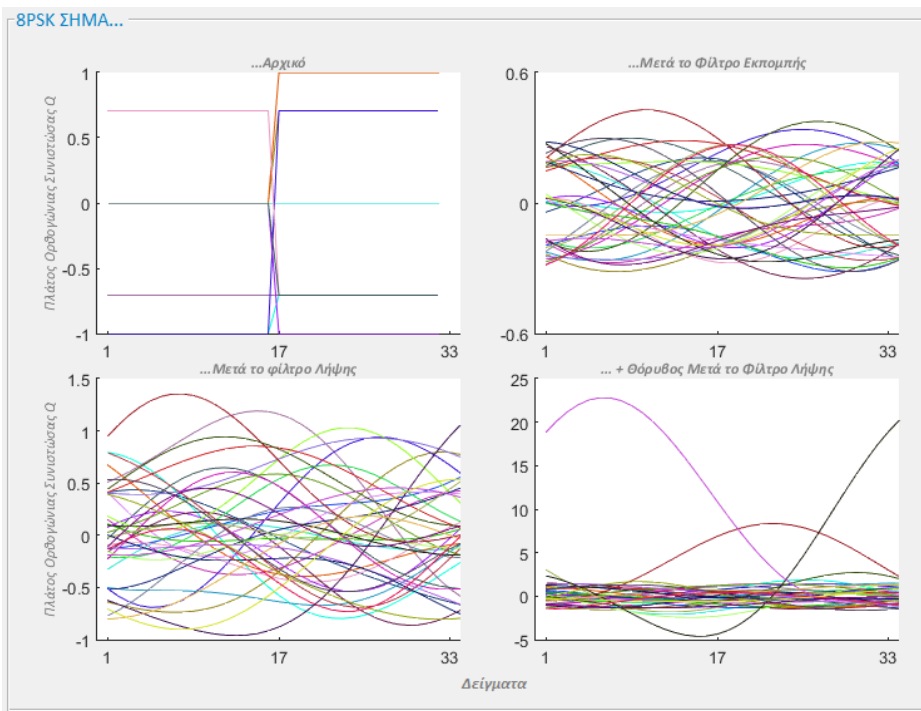
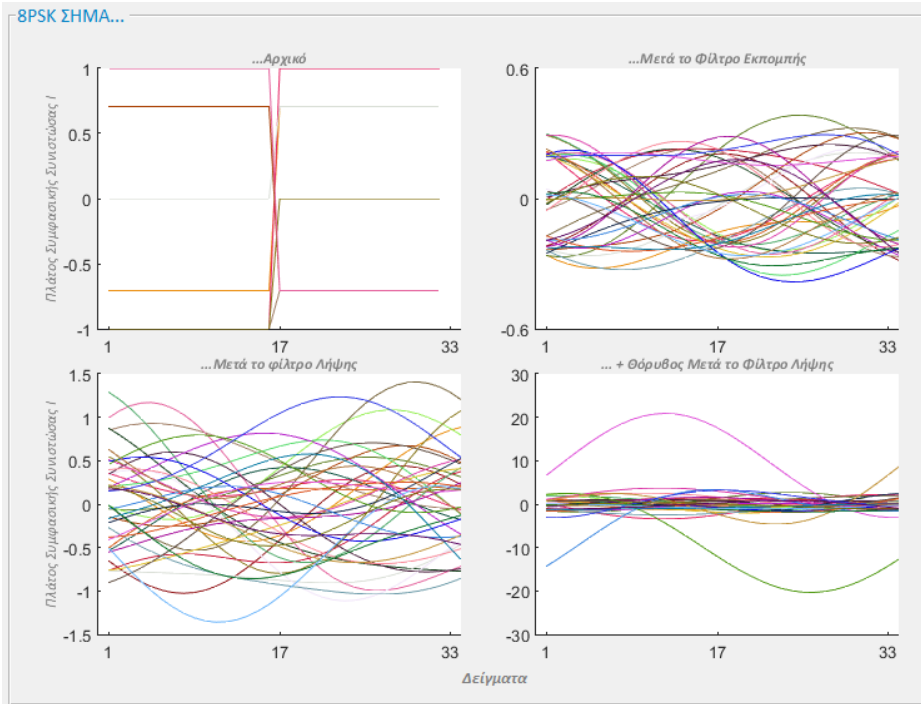
Βλέπουμε ότι το ποσοστό των σφαλμάτων είναι περίπου το ίδιο με πριν. Δεν βοήθησε ο κώδικας λόγω του χαμηλού SNR όπως θα δούμε και στην συνέχεια.

Η πιθανότητα σφάλματος bit με αυτόν τον κώδικα, και η θεωρητική χωρίς κώδικα δίνεται στην συνέχεια:



- Με κωδικοποίηση Reed-Solomon (255,223)

Κι εδώ κάνουμε ότι κάναμε και στην προηγούμενη άσκηση αλλά προσθέτουμε επίσης και τις iid διαλείψεις Rayleigh. Τα διάγραμμα χώρου και συχνότητας δεν αλλάζουν αλλά έχουμε διαφορετικό διάγραμμα οφθαλμού.



Μετά την ανίχνευση έχουμε:

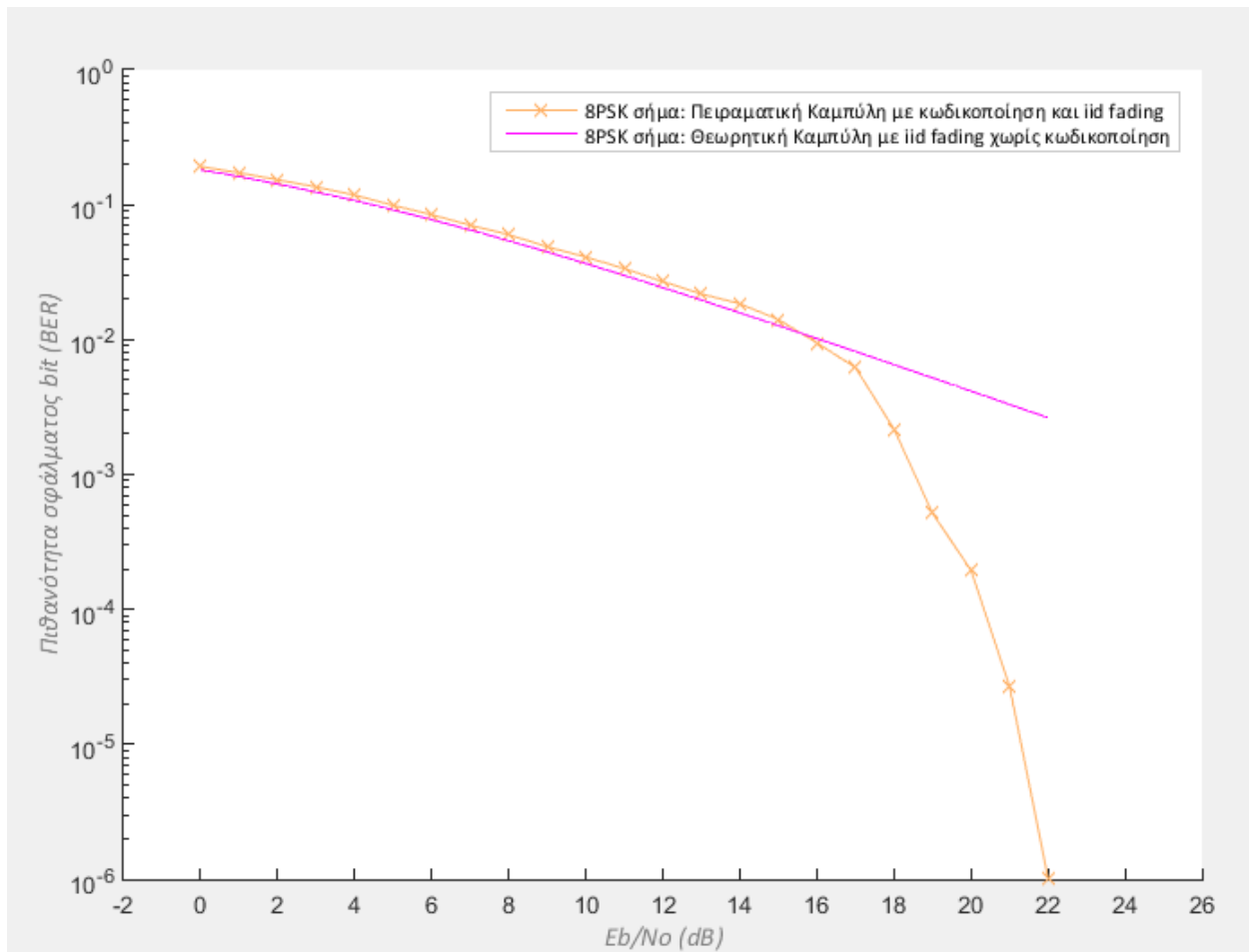
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 17209 λανθασμένα σύμβολα, σε σύνολο 44880.

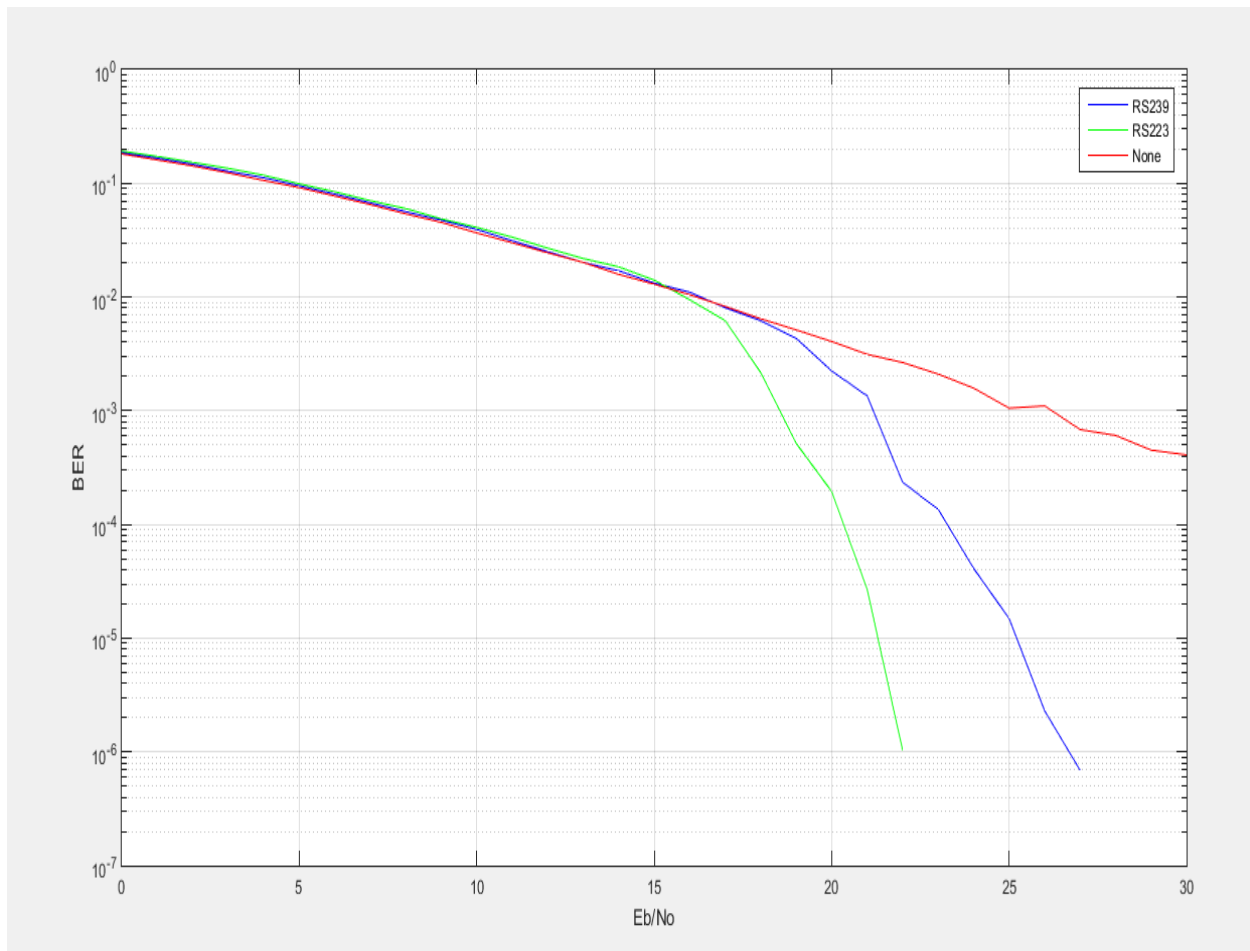
Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 20638 λανθασμένα bits, σε σύνολο 134640.

Μετά την RS αποκωδικοποίηση, παρέμειναν 18029 λανθασμένα bits, σε σύνολο 117744.

Για την πιθανότητα σφάλματος έχουμε:



Για την σύγκριση των πιθανοτήτων σφάλματος έχουμε:



Βλέπουμε ότι ενώ μέχρι το $E_b/N_0 = 15$ οι πιθανότητες σφάλματος είναι σχεδόν ίδιες, από εκεί και μετά έχουμε μία ραγδαία μείωση της πιθανότητας σφάλματος για την Reed-Solomon(255,223) αλλά και για την Reed-Solomon(255,239).

Εργαστηριακή Άσκηση Προσομοίωσης 1.3:

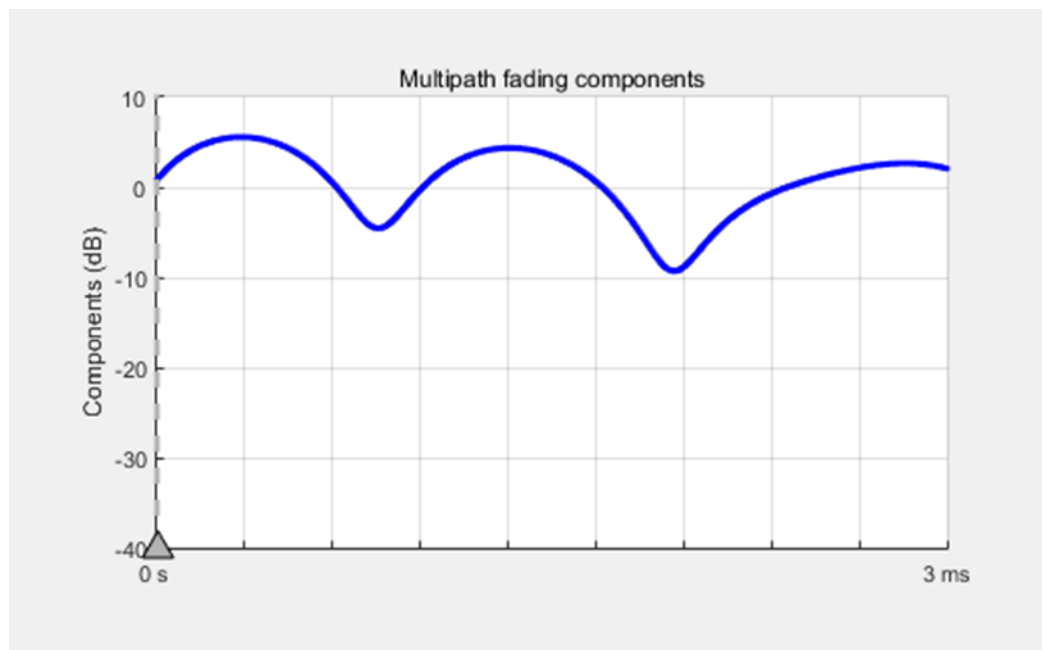
Σύστημα διαμόρφωσης 8-PSK παρουσία AWGN & αργών διαλείψεων Rayleigh

Σε αυτή την άσκηση πρέπει να υπολογίσουμε τις πιθανότητες σφάλματος bit όπως πριν, αλλά τώρα θα υπάρχουν και αργές διαλείψεις Rayleigh στο κανάλι εκτός του AWGN. Επίσης, τώρα θα χρησιμοποιήσουμε και αναδιατάκτη μαζί με τις κωδικοποιήσεις για να αξιολογήσουμε την χρήση του κατά την κωδικοποίηση του σήματος.

Μέχρι την δημιουργία του ανυψωμένου φίλτρου στον πομπό δεν έχουμε κάποια αλλαγή από τις προηγούμενες ασκήσεις εκτός από το γεγονός ότι θα πρέπει να τοποθετήσουμε αναδιατάκτη όταν χρησιμοποιούμε τις κωδικοποιήσεις Reed-Solomon. Στην συνέχεια δίνουμε την μορφή των διαλείψεων Rayleigh και εμείς για αυτήν την άσκηση θα δώσουμε αργές διαλείψεις. Έπειτα δεν χρειάζεται να αλλάξουμε κάτι σε σχέση με πριν. Πάμε τώρα να δούμε κάποια αποτελέσματα για να κατανοήσουμε τις διαφορές που προκύπτουν με τις διαλείψεις αυτές.

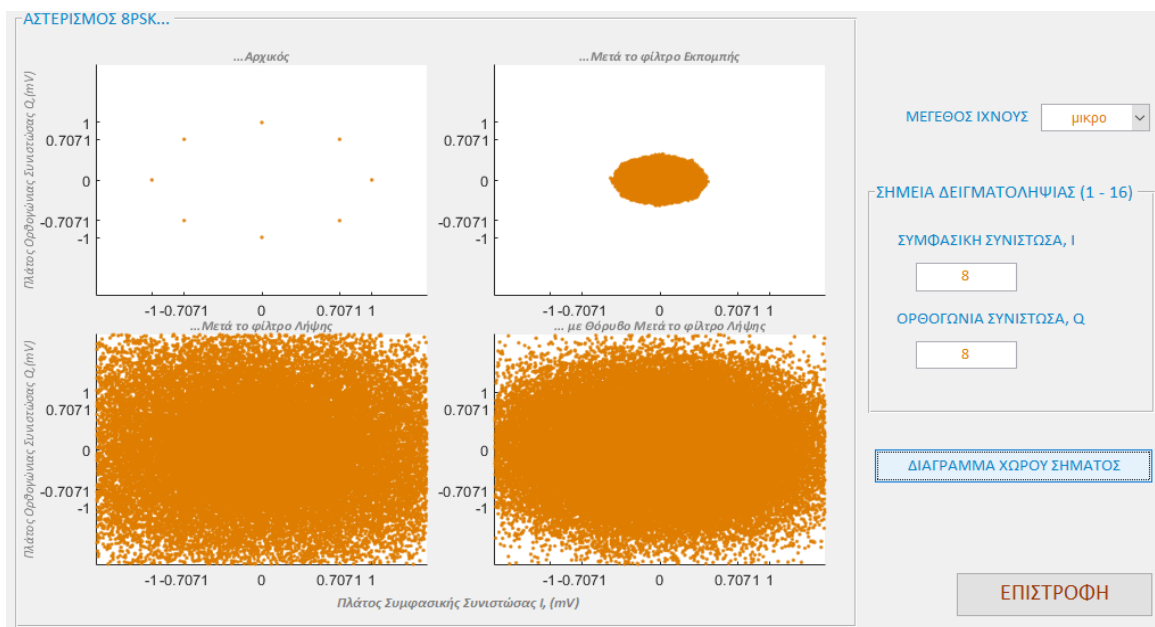
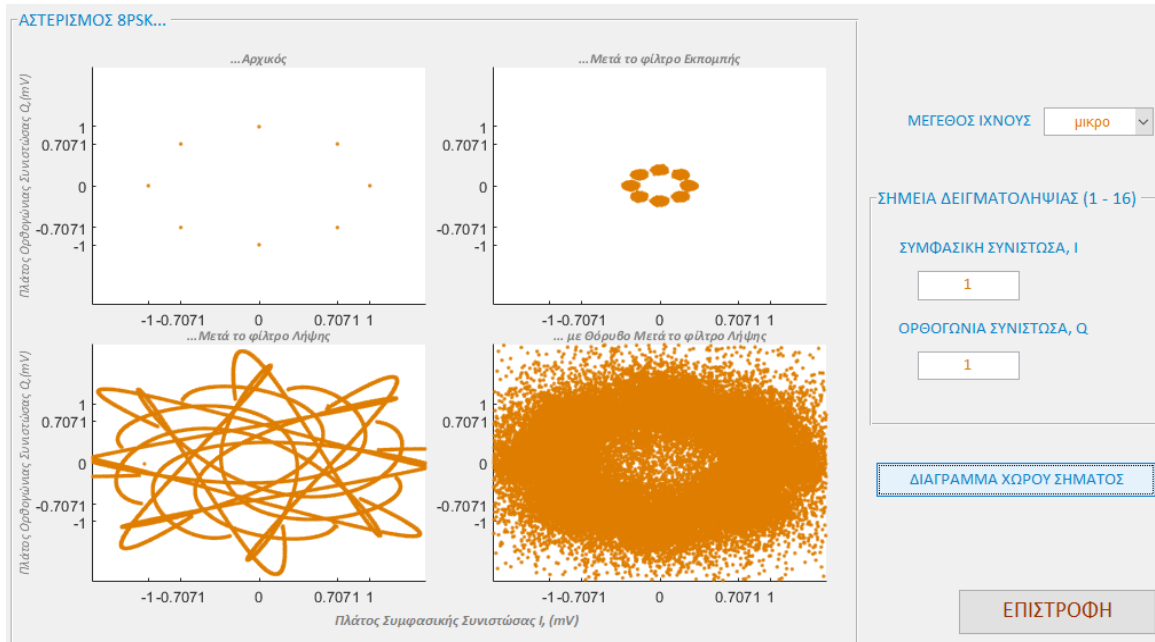
- Χωρίς κωδικοποίηση

Βλέποντας το multipath fading components για τις αργές διαλείψεις Rayleigh μπορούμε να δούμε τον αριθμό των συμβόλων που βρίσκονται κάτω από τα 0 dB. Σε αυτό το πείραμα έχουμε τα περισσότερα σύμβολα πάνω από τα 0 dB οπότε θα μπορούσαμε να υποθέσουμε ότι δεν έχουμε ισχυρές διαλείψεις και ότι η πιθανότητα σφάλματος δεν θα αυξηθεί πολύ.

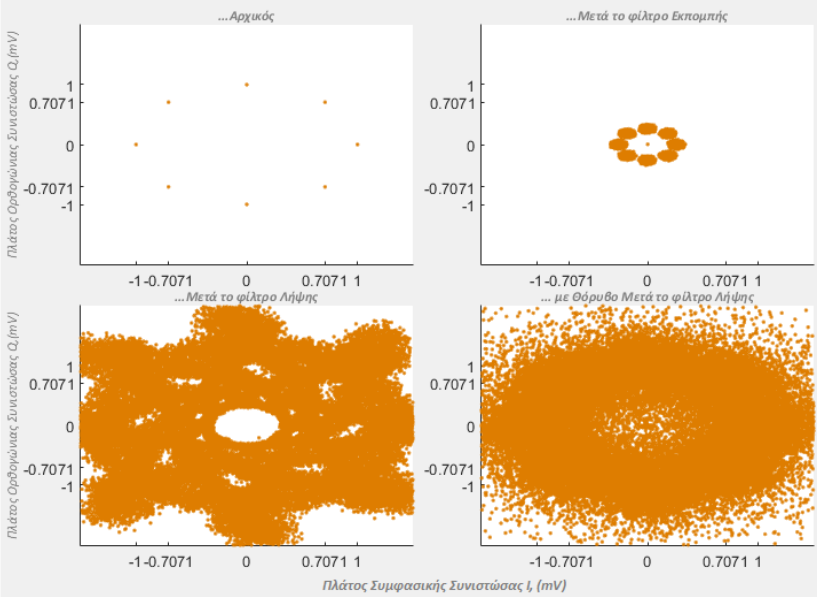


Στις βήμα-προς-βήμα απεικονίσεις πάλι δεν θα ασχοληθούμε με αυτές της συχνότητας γιατί δεν έχουν να μας προσφέρουν καμία περαιτέρω πληροφορία.

Το διάγραμμα χώρου είναι αρκετά διαφορετικό από τα δύο προηγούμενα πειράματα. Βλέπουμε ότι οι αργές διαλείψεις επηρεάζουν σημαντικά τον αστερισμό. Βέβαια βλέπουμε να υπάρχει μία δομή στο διάγραμμα χώρου μετά το φίλτρο λήψης σε σχέση με αυτό στο προηγούμενο πείραμα με τις iid διαλείψεις.



ΑΣΤΕΡΙΣΜΟΣ 8PSK...



ΜΕΓΕΘΟΣ ΙΧΝΟΥΣ

ΣΗΜΕΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ (1 - 16)

ΣΥΜΦΑΣΙΚΗ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ, I

16

ΟΡΘΟΓΩΝΙΑ ΣΥΝΙΣΤΩΣΑ, Q

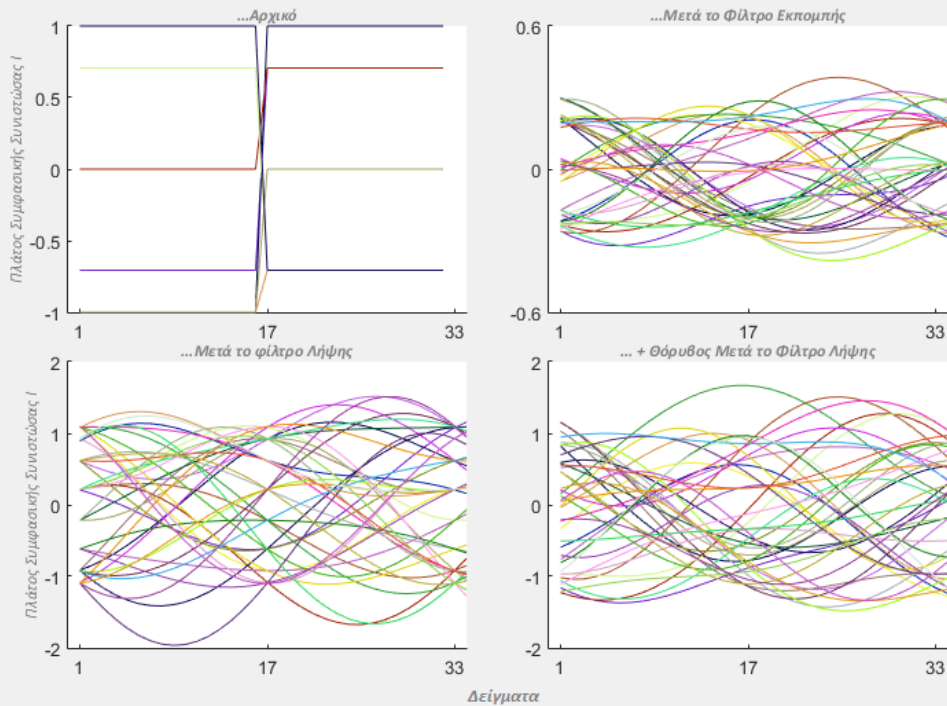
16

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΧΩΡΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ

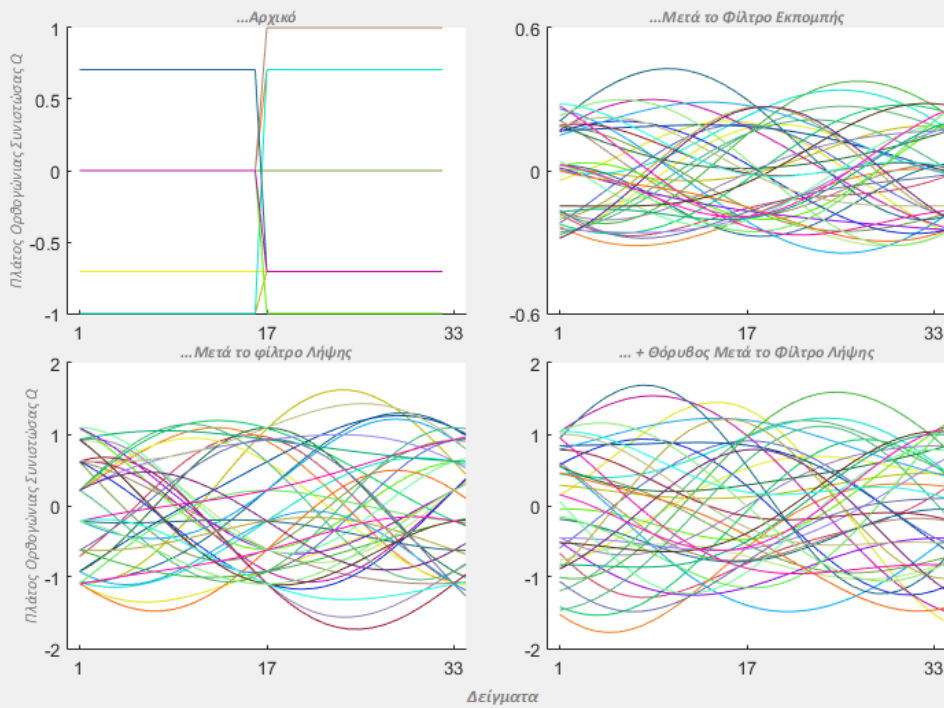
ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ

Το διάγραμμα οφθαλμού:

8PSK ΣΗΜΑ...



8PSK ΣΗΜΑ...



Κατά την ανίχνευση έχουμε τα εξής στοιχεία εξόδου:

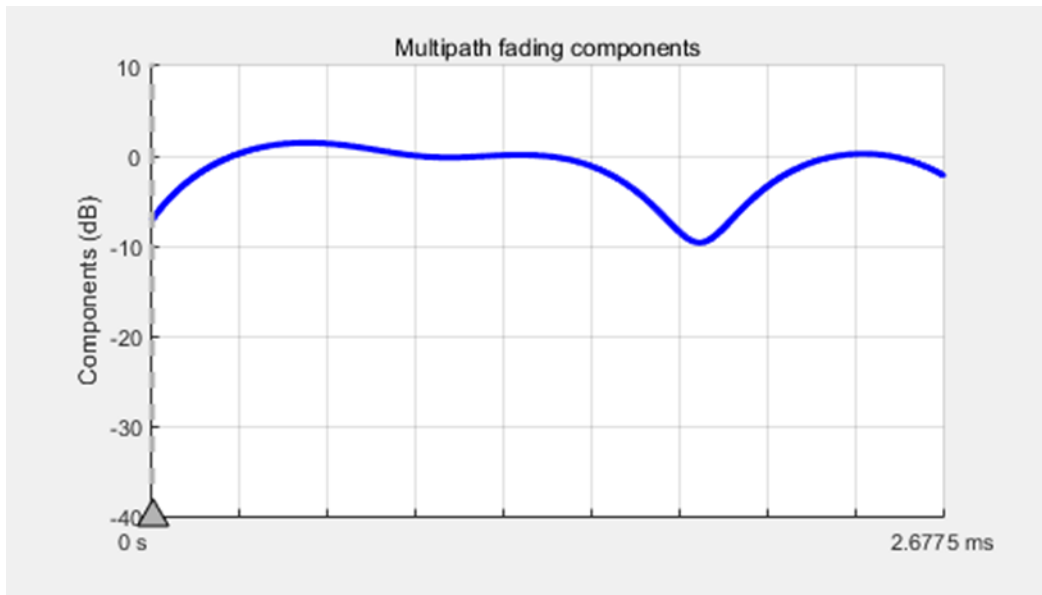
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 8209 λανθασμένα σύμβολα, σε σύνολο 48000.

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 9061 λανθασμένα bits, σε σύνολο 144000.

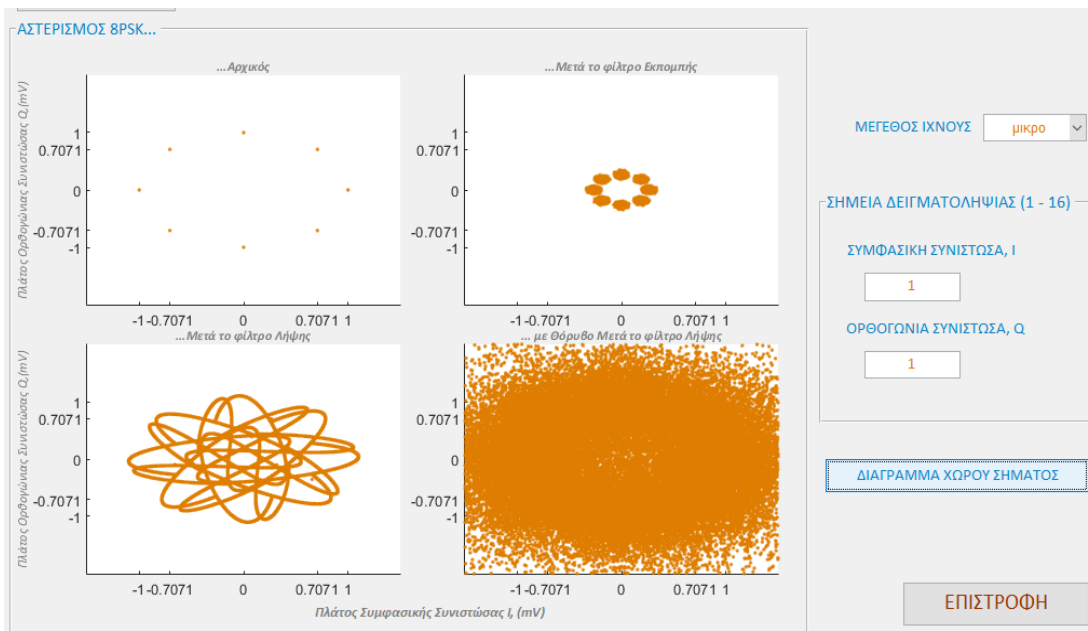
- Με κωδικοποίηση Reed-Solomon(255,239)

Δεδομένου ότι το πρόγραμμα προσομοίωσης σε κάθε περίπτωση κωδικοποίησης προσομοιώνει διαφορετικό κανάλι διαλείψεων, που εξαρτάται από το πλήθος των συμβόλων και των δειγμάτων, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το κανάλι θα διαφέρει κατά περίπτωση. Εδώ βλέπουμε μικρότερο ποσοστό συμβόλων κάτω από τα 0 dB πράγμα που μας οδηγεί στο να περιμένουμε χαμηλότερη πιθανότητα σφάλματος σε σχέση με πριν.



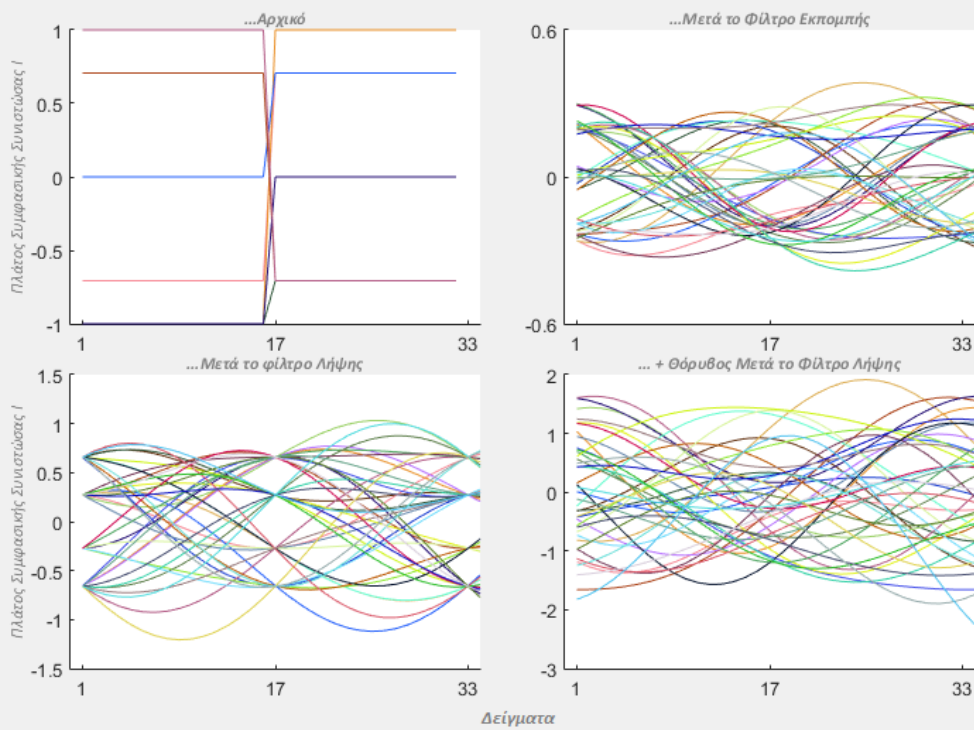
1. Χωρίς αναδιατάκτη

Το βήμα-προς-βήμα διάγραμμα χώρου:

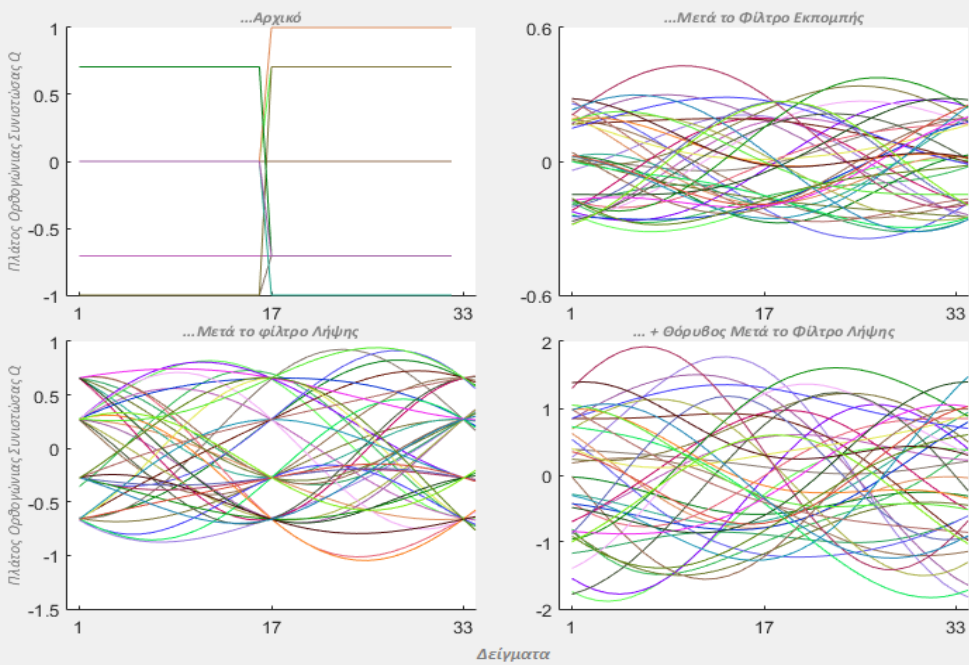


Το διάγραμμα οφθαλμού:

8PSK ΣΗΜΑ...



8PSK ΣΗΜΑ...



Κατά την ανίχνευση έχουμε:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ

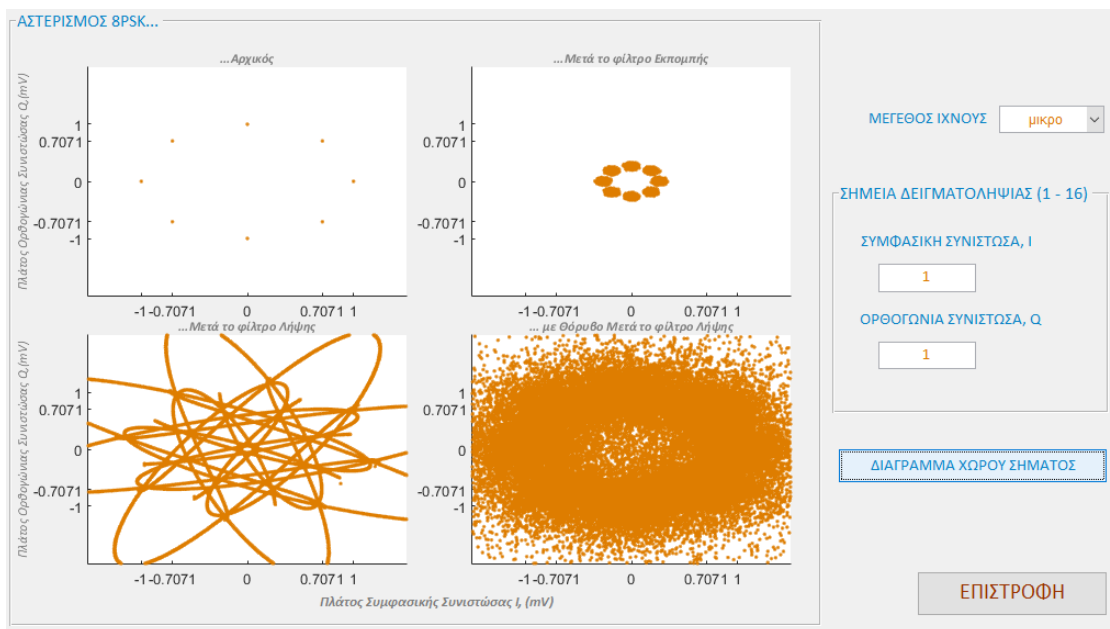
Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 16114 λανθασμένα σύμβολα, σε σύνολο 42840.

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 19211 λανθασμένα bits, σε σύνολο 128520.

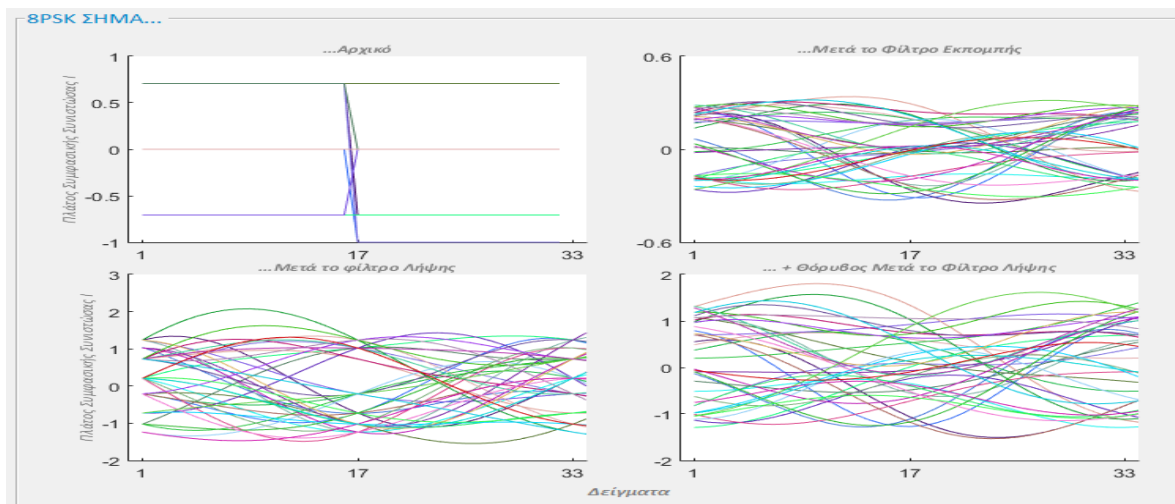
Μετά την RS αποκωδικοποίηση, παρέμειναν 17978 λανθασμένα bits, σε σύνολο 120456.

2. Με αναδιατάκτη

Διάγραμμα χώρου:



Διάγραμμα Οφθαλμού:



Στοιχεία εξόδου:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΞΟΔΟΥ

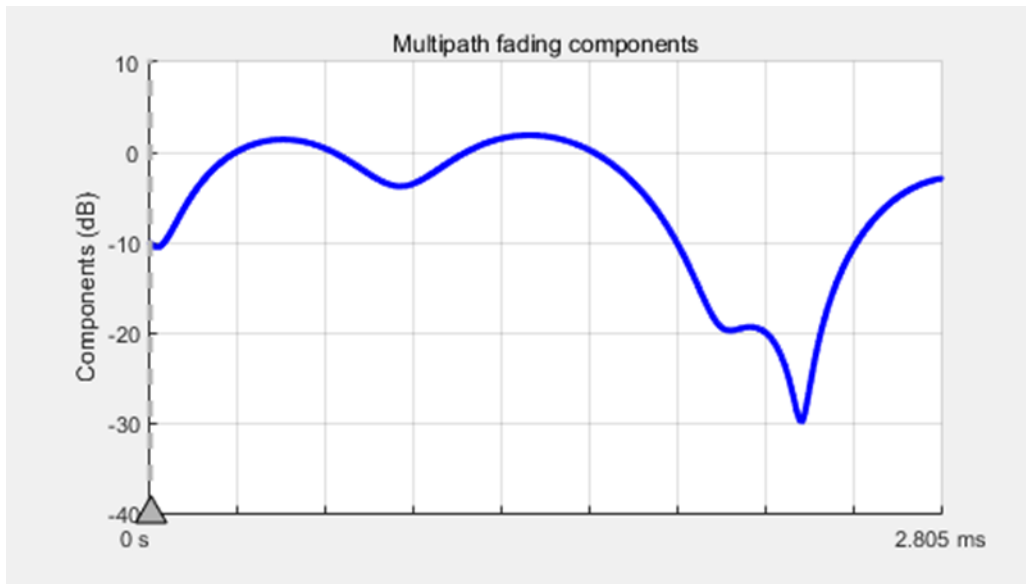
Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 9557 λανθασμένα σύμβολα, σε σύνολο 42840.

Μετά την ανίχνευση των 8PSK συμβόλων, λήφθηκαν 11072 λανθασμένα bits, σε σύνολο 128520.

Μετά την RS αποκωδικοποίηση, παρέμειναν 10383 λανθασμένα bits, σε σύνολο 120456.

- Με κωδικοποίηση Reed-Solomon(255,223)

Εδώ βλέπουμε το μεγαλύτερο ποσοστό συμβόλων κάτω από τα 0 dB. Οπότε περιμένουμε να έχουμε για την κωδικοποίηση αυτή τη μεγαλύτερη πιθανότητα σφάλματος ακόμη και από αυτήν που προκύπτει χωρίς κωδικοποίηση του σήματος.



Δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες διαφορές στα διαγράμματα οπότε θα δούμε μόνο την πιθανότητα σφάλματος για κωδικοποίηση Reed-Solomon(255,223) σε σύγκριση με τις υπόλοιπες πιθανότητες σφάλματος στην συνέχεια.

Συνολικά:

Στο παρακάτω διάγραμμα βλέπουμε τις πιθανότητες σφάλματος για 8-PSK με AWGN και αργές διαλείψεις Rayleigh. Όπως φαίνεται, η κωδικοποίηση Reed-Solomon(255,239) δίνει την καλύτερη πιθανότητα σφάλματος για οποιοδήποτε E_b/N_0 , και για μεγάλες τιμές του -μεγαλύτερες του 8- η χρήση αναδιατάκτη βοηθάει πάρα πολύ στην βελτίωση της πιθανότητας σφάλματος. Ακόμη, μπορούμε να δούμε ότι για $E_b/N_0 < 16$ η πιθανότητα σφάλματος χωρίς κωδικοποίηση είναι μικρότερη από αυτήν όταν χρησιμοποιούμε Reed-Solomon(255-223). Βέβαια, δεν είναι δίκαιο να συγκρίνουμε αυτές τις πιθανότητες σφάλματος, γιατί, όπως είπαμε και πριν, οι αργές διαλείψεις εξαρτώνται από το πλήθος των συμβόλων και των δειγμάτων, οπότε σε κάθε πείραμα βάζουμε διαφορετικές διαλείψεις στο κανάλι.

