

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

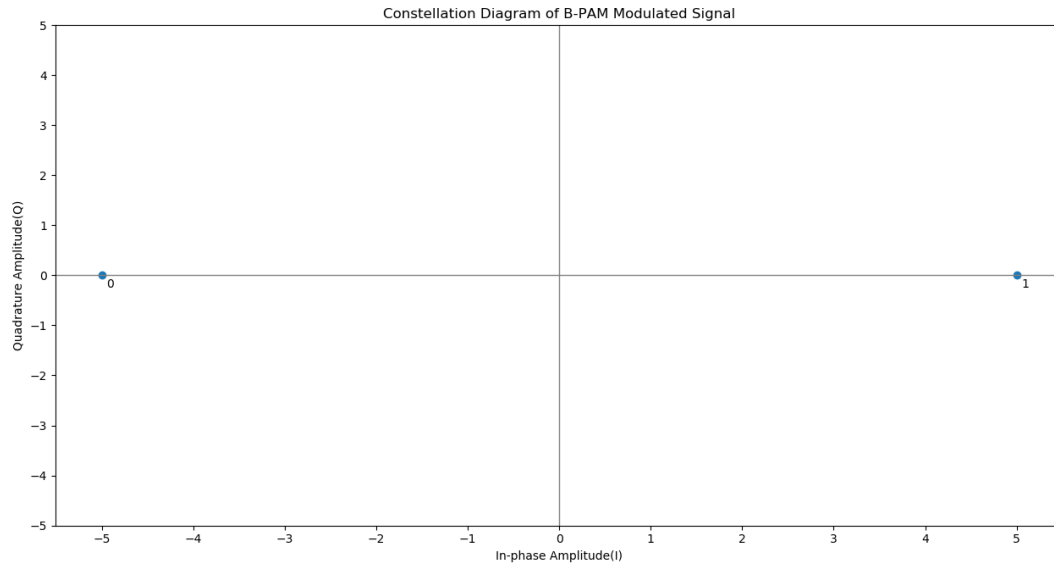


ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

(2019-2020)

2^η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ

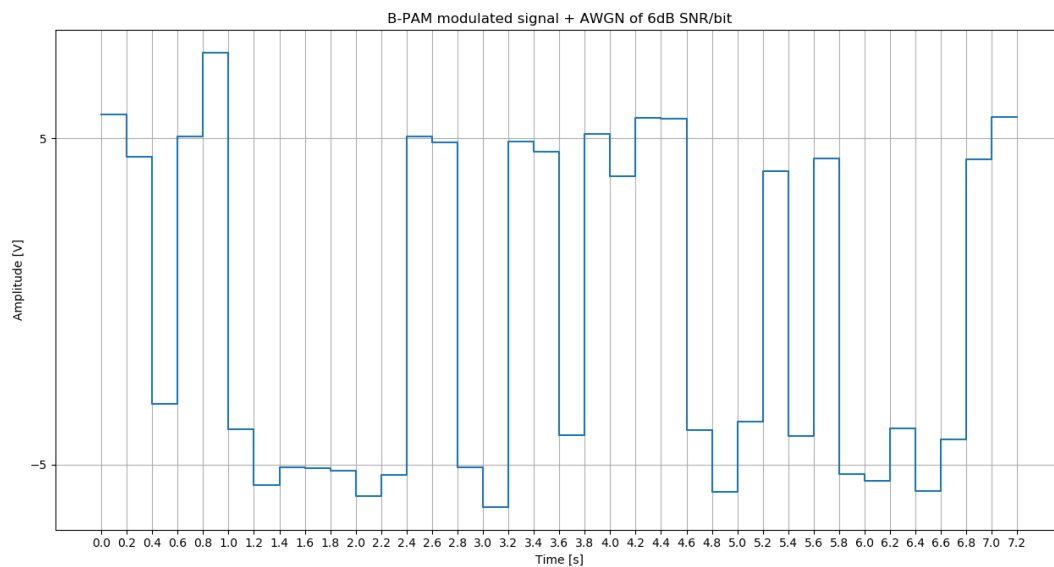
- b) Επειδή το σήμα ήταν δυαδικό, ο αστερισμός έχει δύο σημεία στον άξονα x με διαφορά π . Το δυαδικό 1 αντιστοιχεί σε φάση 0 και το δυαδικό 0 σε φάση π . Το διάγραμμα αστερισμού του παραπάνω σήματος B-PAM:



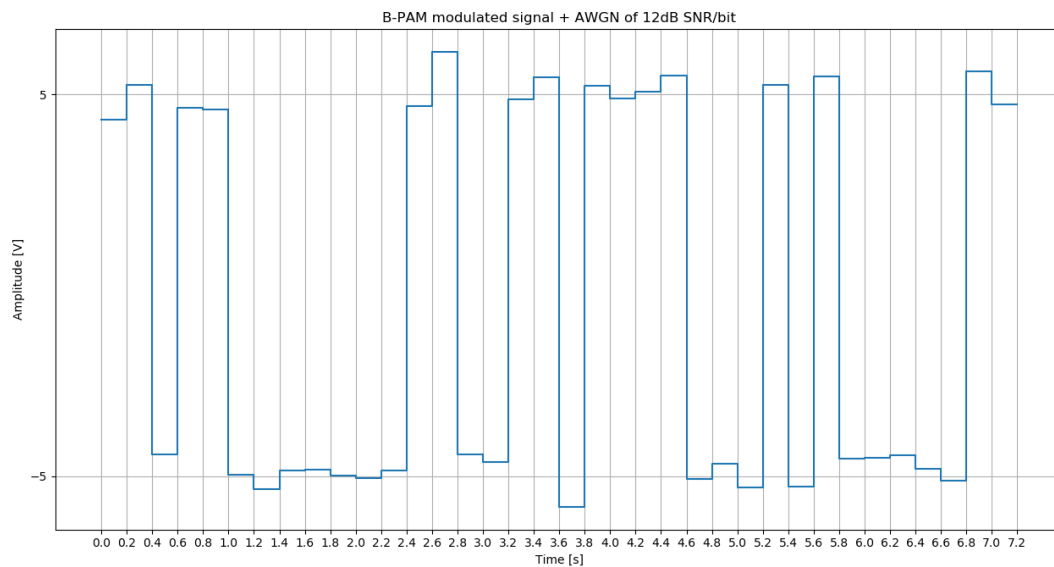
- c) Παρουσίαση των σημάτων που προέκυψαν μετά την προσθήκη θορύβου AWGN στο σήμα B-PAM που δημιουργήθηκε παραπάνω για τιμές E_b/N_0 , 6 dB και 12 dB. Ο θόρυβος είναι της μορφής: $Z = X + jY$, όπου $X \approx (0, \frac{N_0}{2})$ και $Y \approx (0, \frac{N_0}{2})$. Το N_0 υπολογίζεται ως εξής:

$$SNR_{dB} = 10 \log_{10} \frac{E_b}{N_0} = 10 \log_{10} \frac{A^2 T_b}{N_0} \rightarrow N_0 = \frac{A^2 T_b}{10^{SNR_{dB}/10}}$$

Για τα 6 dB, όπως και στο (b), προστέθηκε ένα στοιχείο για τη κατάλληλη λειτουργία της plt.step. Το διάγραμμα για το πραγματικό μέρος του θορύβου:



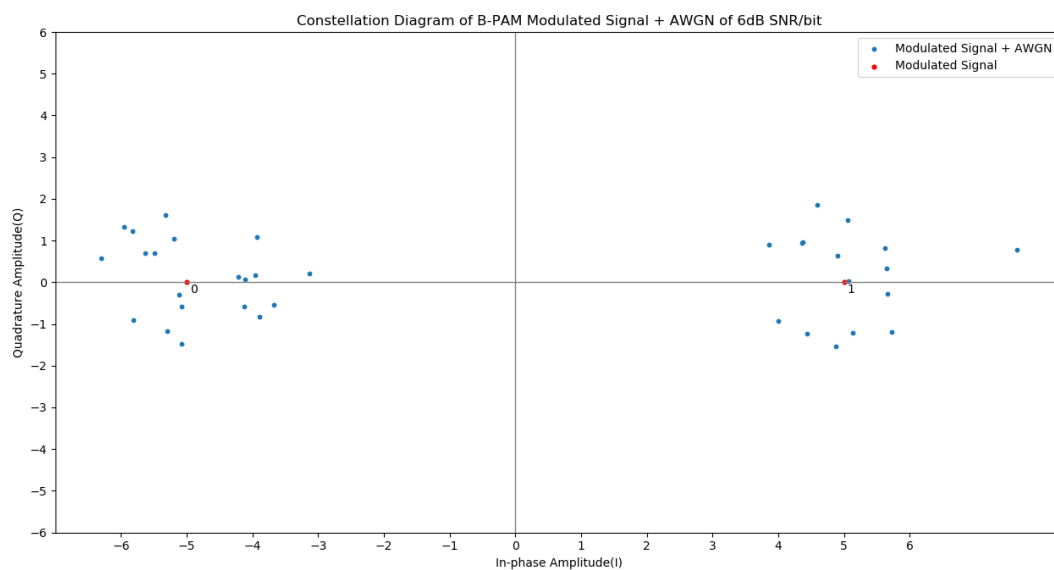
Για τα 12 dB, όπως και στο (b), προστέθηκε ένα στοιχείο για τη κατάλληλη λειτουργία της plt.step. Το διάγραμμα για το πραγματικό μέρος του θορύβου:



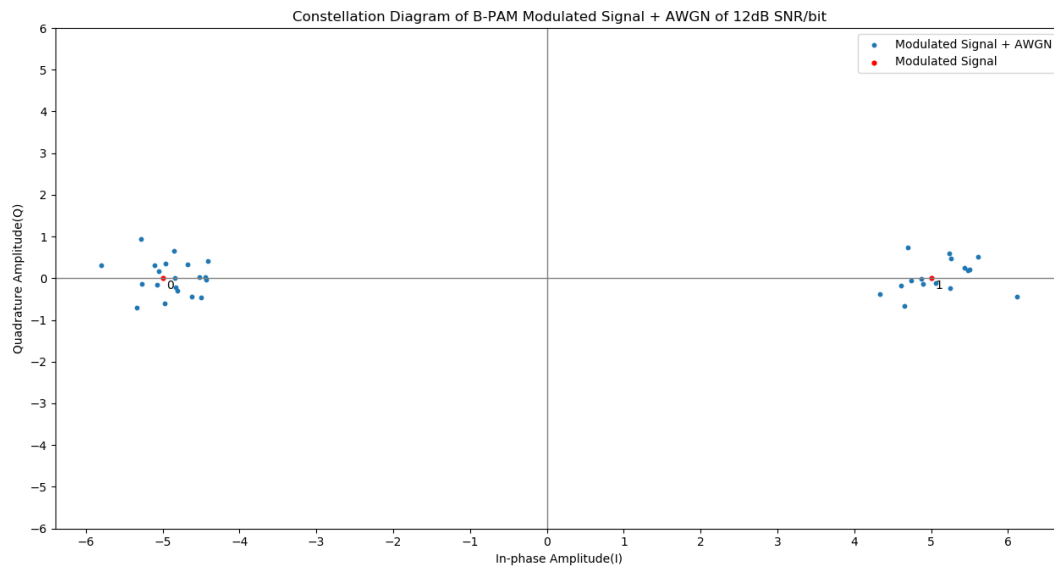
Παρατήρηση: Το SNR 12dB είναι πιο καθαρό σε σχέση με αυτό που έχει SNR 6 dB διότι ο λόγος $\text{SNR(dB)} = E_b/N_0$ είναι μεγαλύτερος και άρα ο θόρυβος είναι συγκριτικά μικρότερος από το σήμα.

- d) Για τα ζητούμενα διαγράμματα αστερισμού που προέκυψαν έγινε απεικόνιση των signal_1, signal_2 σε scatter plot:

Για τα 6 dB :

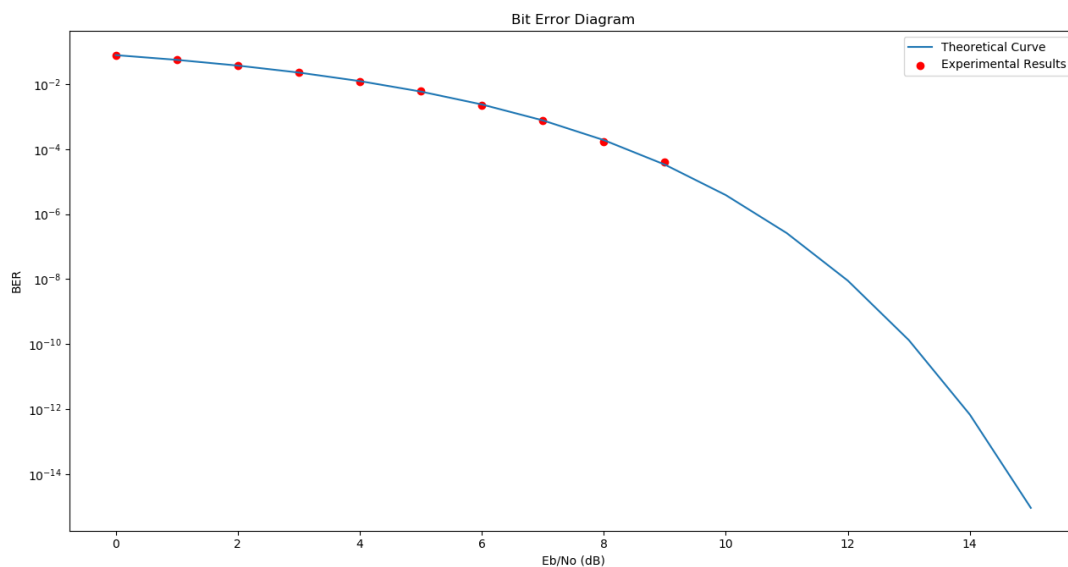


Για τα 12 dB :

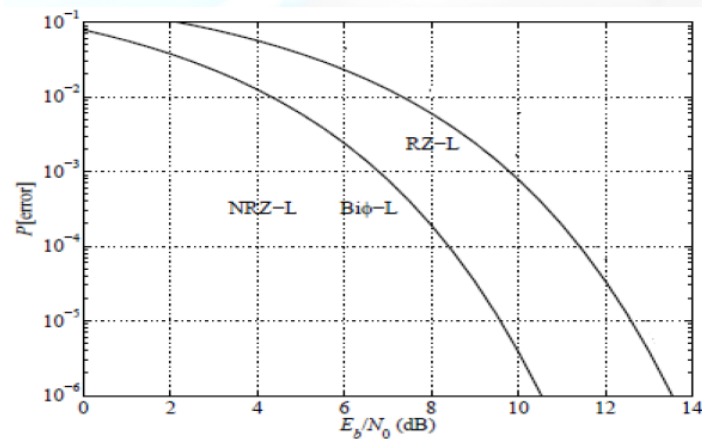


- e) Ο υπολογισμός του BER φαίνεται στον κώδικα καθώς δημιουργήθηκαν δείγματα random ακολουθίας s, ύστερα B-PAM διαμόρφωση, μετά δημιουργία AWGN και τέλος, το διαμορφωμένο σήμα με τον AWGN αποστάλθηκε στον αποκωδικοποιητή. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίνονται με το signal και έτσι υπολογίζονται πόσα bit έχουν διαφορά.

Η παρουσίαση του διαγράμματος BER συναρτήσει του E_b/N_0 για τιμές από 0-15 dB με βήμα 1 dB:



Και η θεωρητική τιμή από τις διαφάνειες:



Παρατήρηση: Οι απεικονίσεις μοιάζουν αρκετά, όμως επειδή δεν χρησιμοποιήθηκαν επαρκή bit, η πειραματική καμπύλη σταματά σε ένα σημείο (δεν πραγματοποιούνται άλλα σφάλματα).

2^ο Ερώτημα

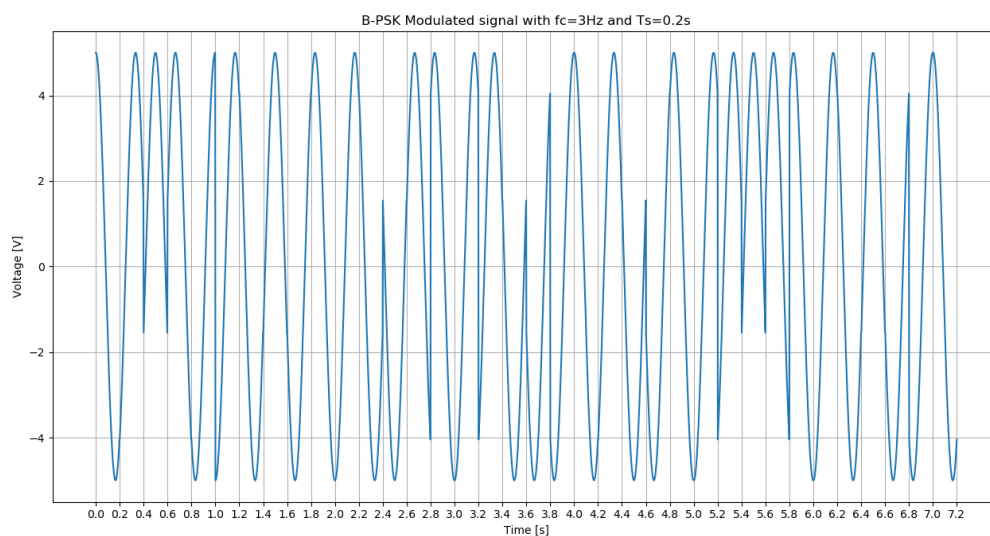
Η ακολουθία ψηφίων (36 bits) του 1^{ου} Ερωτήματος διαμορφώθηκε κατά BPSK, QPSK, 8-PSK. Η φέρουσα συχνότητα f_c είναι ίση με 3 Hz και το πλάτος A (Volts) ομοίως με προηγούμενως.

a) Απεικονίζονται οι ακολουθίες για κάθε μια διαμόρφωση:

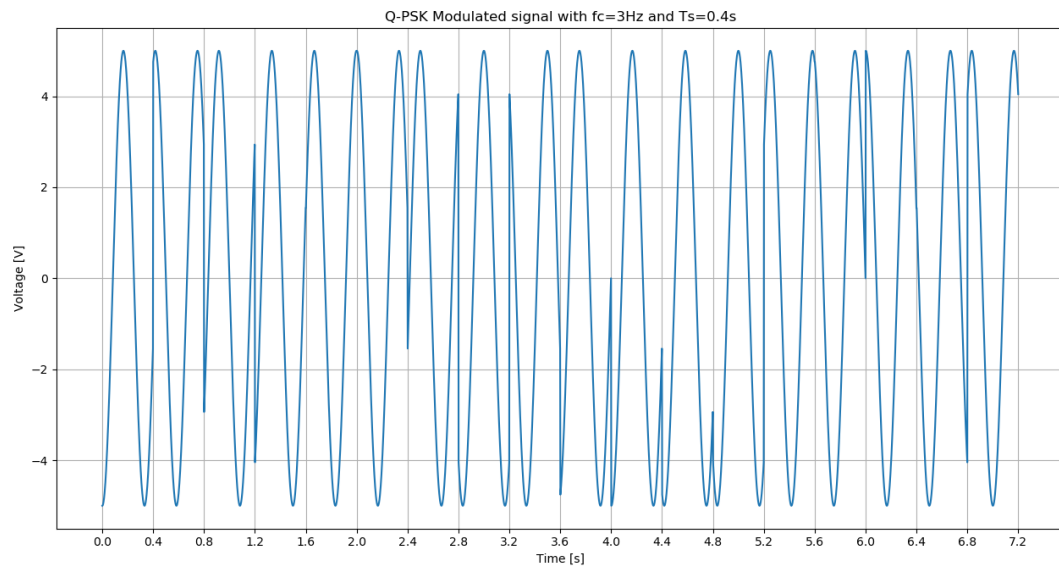
```
BPSK Symbol Sequence: ['0', '1', '1', '1', '1', '0', '1', '0', '0', '0', '0', '0', '0', '1', '0', '1', '0', '1', '0', '1', '0', '1', '1', '0', '0', '0', '1', '1', '1', '1', '0', '0', '1', '0']
QPSK Symbol Sequence: ['01', '11', '10', '10', '00', '00', '01', '01', '01', '01', '10', '11', '00', '01', '11', '00', '10']
8-PSK Symbol Sequence: ['011', '110', '100', '000', '010', '101', '010', '110', '110', '001', '110', '010']
```

b) Παρουσίαση της κυματομορφής μετάδοσης για κάθε σχήμα διαμόρφωσης:

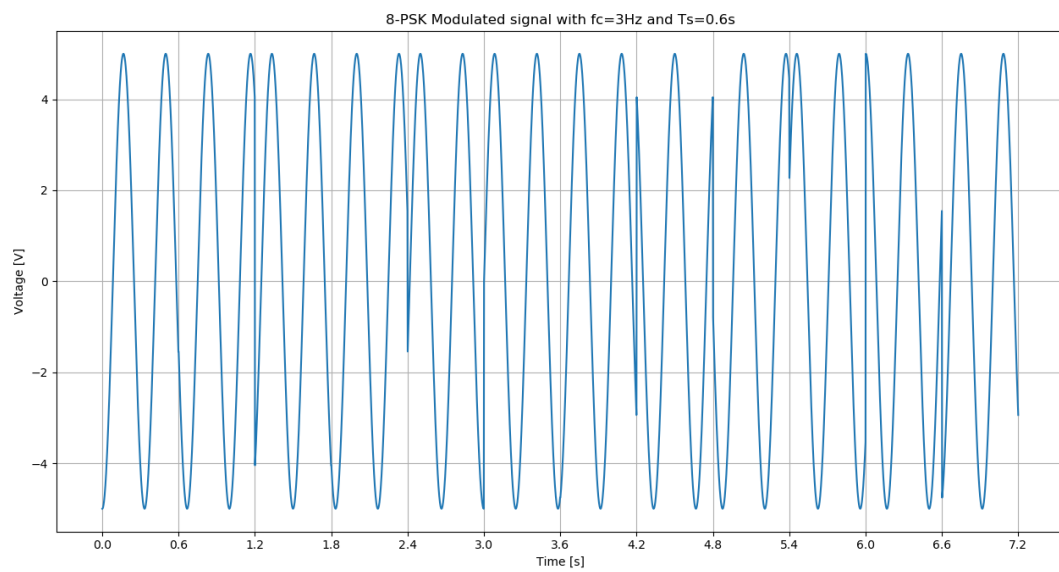
BPSK:



QPSK:



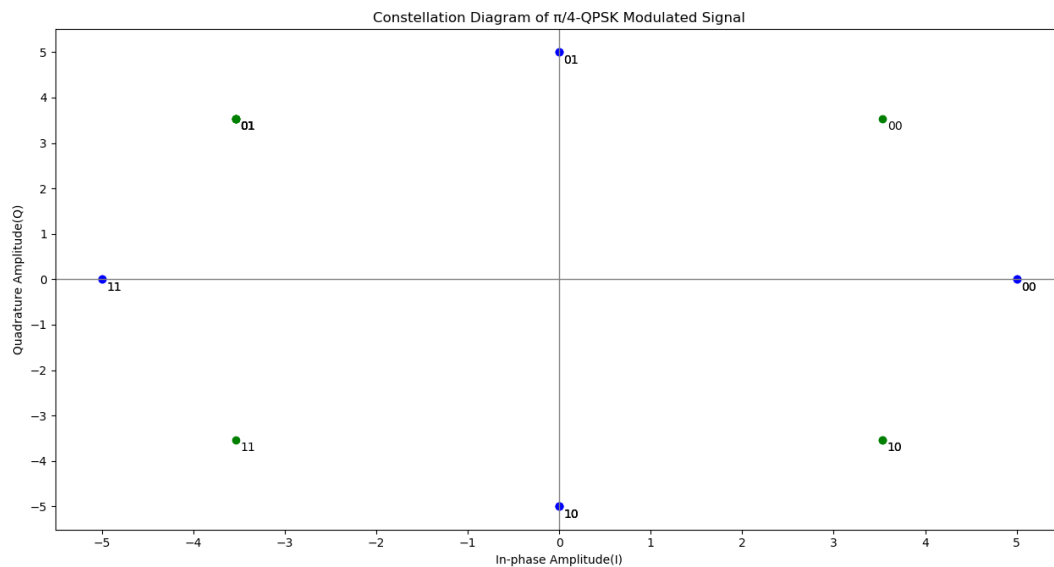
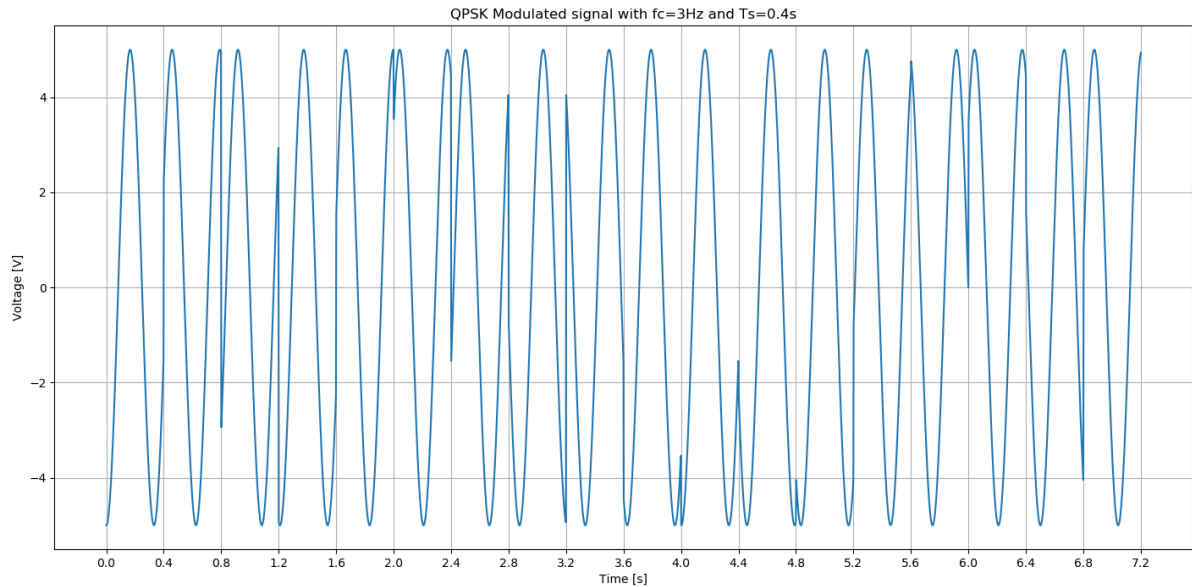
8-PSK:



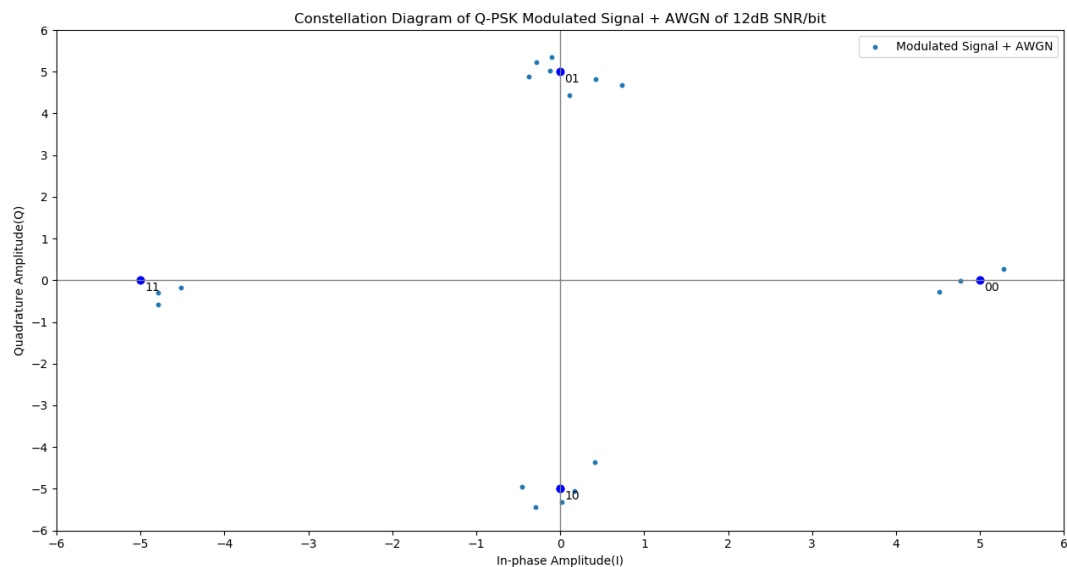
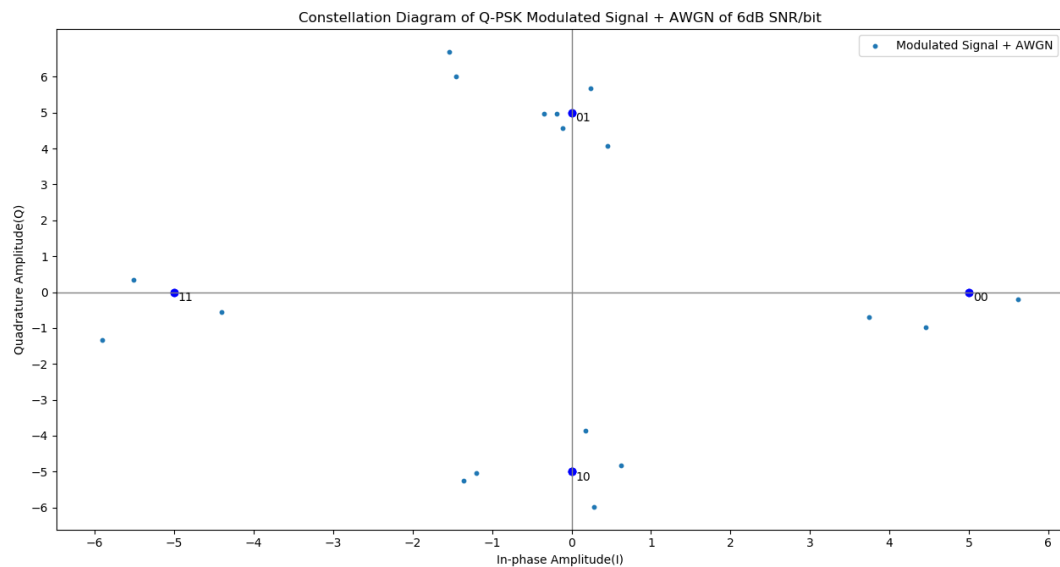
3^ο Ερώτημα

Η ακολουθία ψηφίων (36 bits) του 1^{ου} Ερωτήματος διαμορφώθηκε κατά QPSK. Το πλάτος A (Volts) ομοίως με προηγουμένως. Η QPSK θεωρείται στη βασική ζώνη.

a) Παρουσίαση του διαγράμματος αστερισμού με κωδικοποίηση ($\pi/4$) Gray:

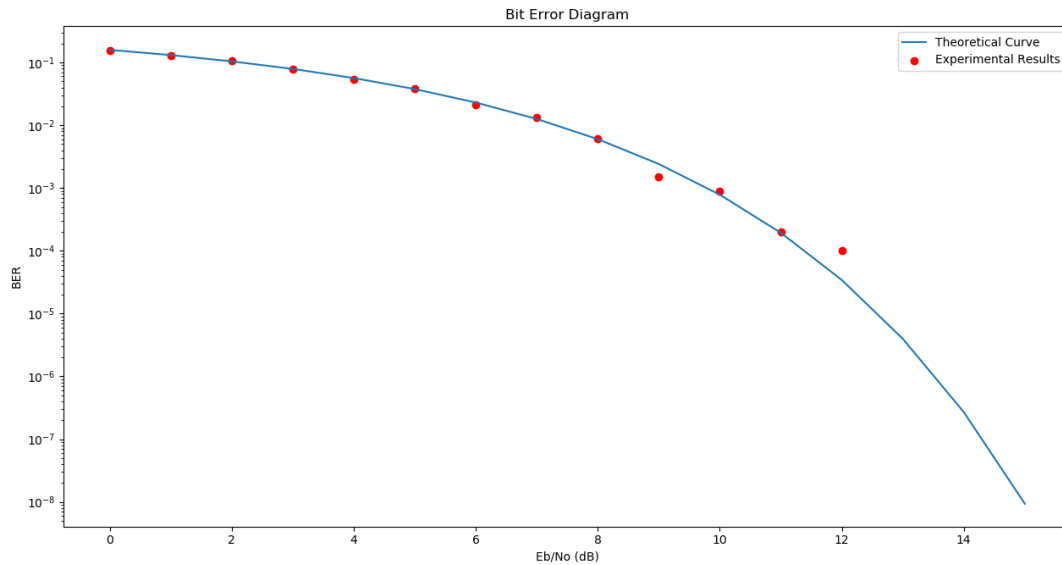


- b) Όπως και στο Ερώτημα 1γ παράχθηκε θόρυβος AWGN. Παρουσιάζεται το διάγραμμα που προκύπτει για δύο τιμές E_b/N_0 , 6 dB και 12 dB.

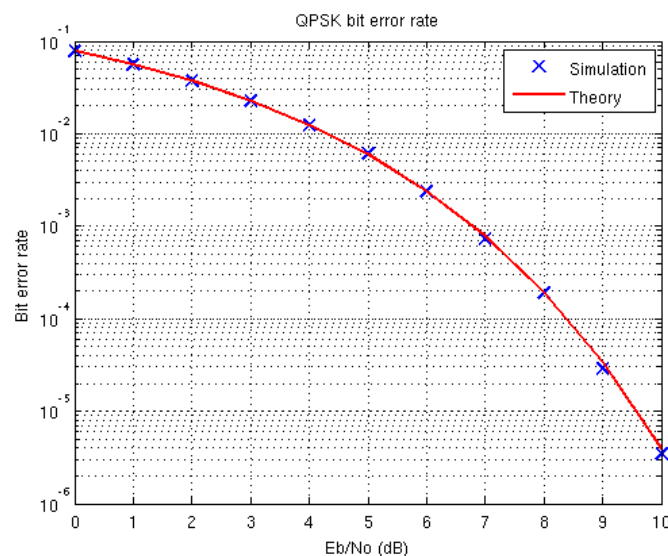


- c) Έπειτα από την παραγωγή ικανοποιητικού αριθμού τυχαίων bits και θορύβου AWGN κατάλληλης ισχύος υπολογίστηκε το BER. Ο υπολογισμός του BER φαίνεται στον κώδικα καθώς δημιουργήθηκαν δείγματα random ακολουθίας s , ύστερα QPSK διαμόρφωση, μετά δημιουργία AWGN και τέλος, το διαμορφωμένο σήμα με τον AWGN αποστάλθηκε στον αποκωδικοποιητή. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν συγκρίνονται με το signal και έτσι υπολογίζονται πόσα bit έχουν διαφορά.

Παρουσιάζεται το διάγραμμα BER συναρτήσει του E_b/N_0 , για τιμές από 0 – 15 dB με βήμα 1 dB:



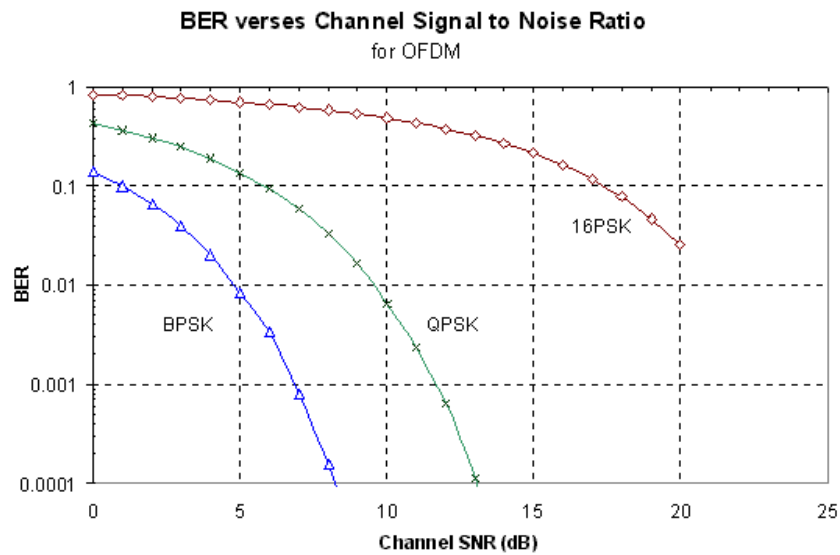
Και η θεωρητική καμπύλη είναι η εξής:



Παρατήρηση: Προκύπτει μια μικρή απόκλιση στις δύο καμπύλες η οποία οφείλεται στον αριθμό των bit που χρησιμοποιήθηκαν, αλλά είναι καλύτερα τα αποτελέσματα σε σχέση με τη B-PAM διαμόρφωση.

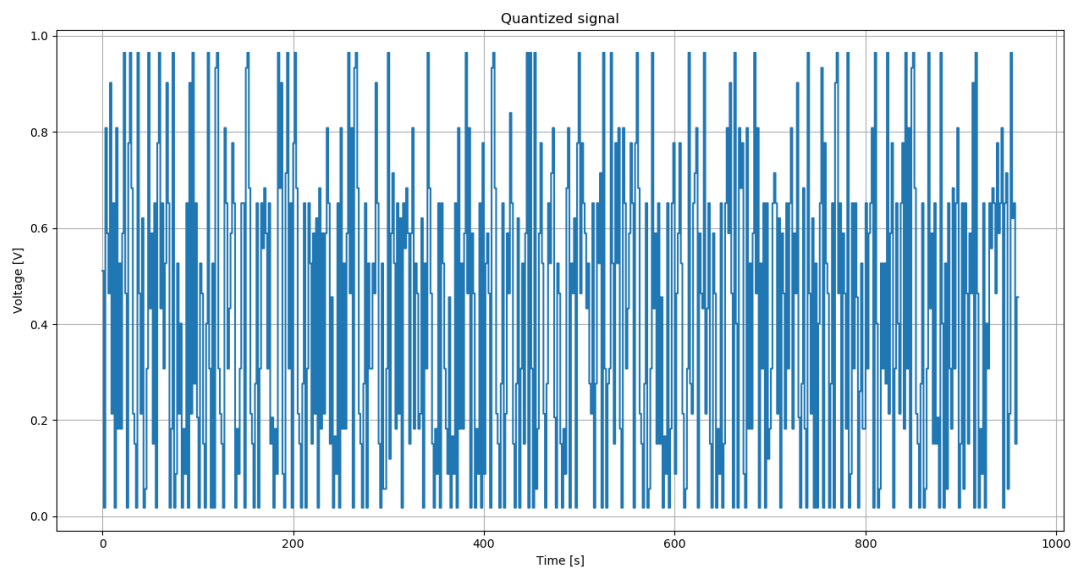
Σύγκριση επίδοσης BPSK και QPSK:

Για ίδιο SNR προκύπτει ότι η πιθανότητα λάθους για QPSK είναι μεγαλύτερη από την αντίστοιχη για BPSK. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η QPSK έχει τέσσερις (4) περιοχές απόφασης και έτσι, η προσθήκη θορύβου AWGN είναι πιθανό να στείλει το σημείο σε κάποια από τις 3 λανθασμένες περιοχές αντί για την σωστή. Αντιθέτως, η BPSK έχει 2 περιοχές απόφασης και δεν είναι τόσο πιθανό να συμβεί κάποιο σφάλμα.



d) Χρησιμοποιήθηκε το αρχείο `clark_relays_odd.txt` .

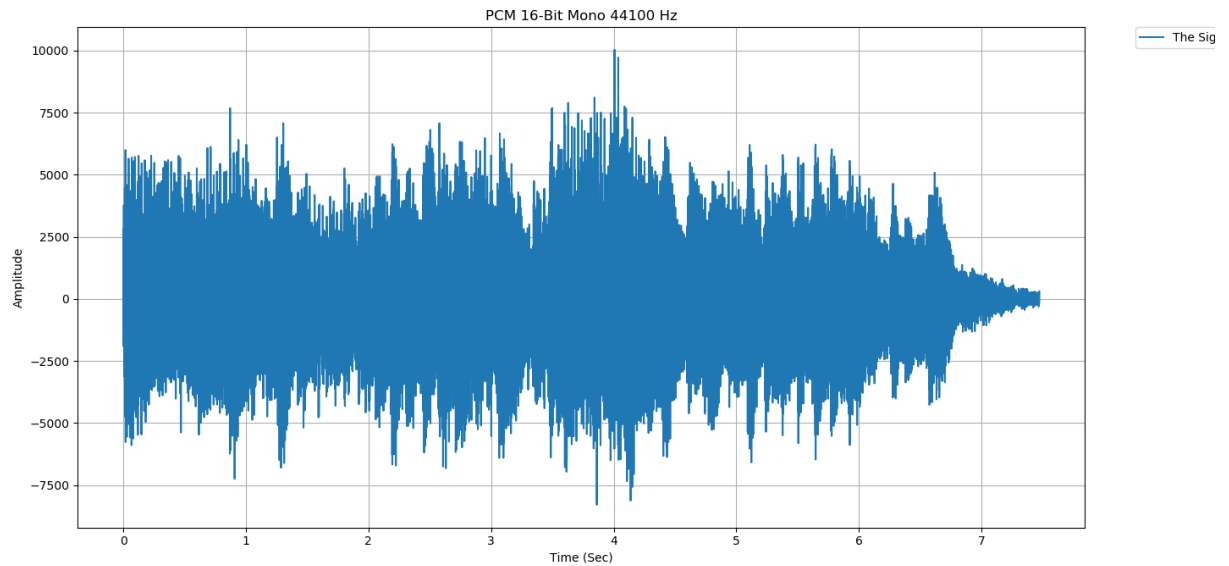
- i. Διαβάστηκε το αρχείο μετατρέποντας την κωδικοσειρά ASCII σε binart (bits).
- ii. Το σήμα κβαντίστηκε χρησιμοποιώντας ομοιόμορφο κβαντιστή 8 ψηφίων (bits).



4^ο Ερώτημα

Χρησιμοποιήθηκε το αρχείο ήχου τύπου soundfile1_lab2.wav singed 16-bit PCM Mono 44.100 Hz.

- a) Διάβασμα του αρχείου .wav και παρουσίαση του διαγράμματος της κυματομορφής του σήματος που αναπαριστά.



- b) Κβάντιση του σήματος με χρήση ομοιόμορφου κβαντιστή 8 ψηφίων (bits) και παρουσίαση του διαγράμματος του σήματος.

