



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και
Μηχανικών Υπολογιστών

Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

Εργαστηριακή Άσκηση, Ακαδ. Έτος 2020-21

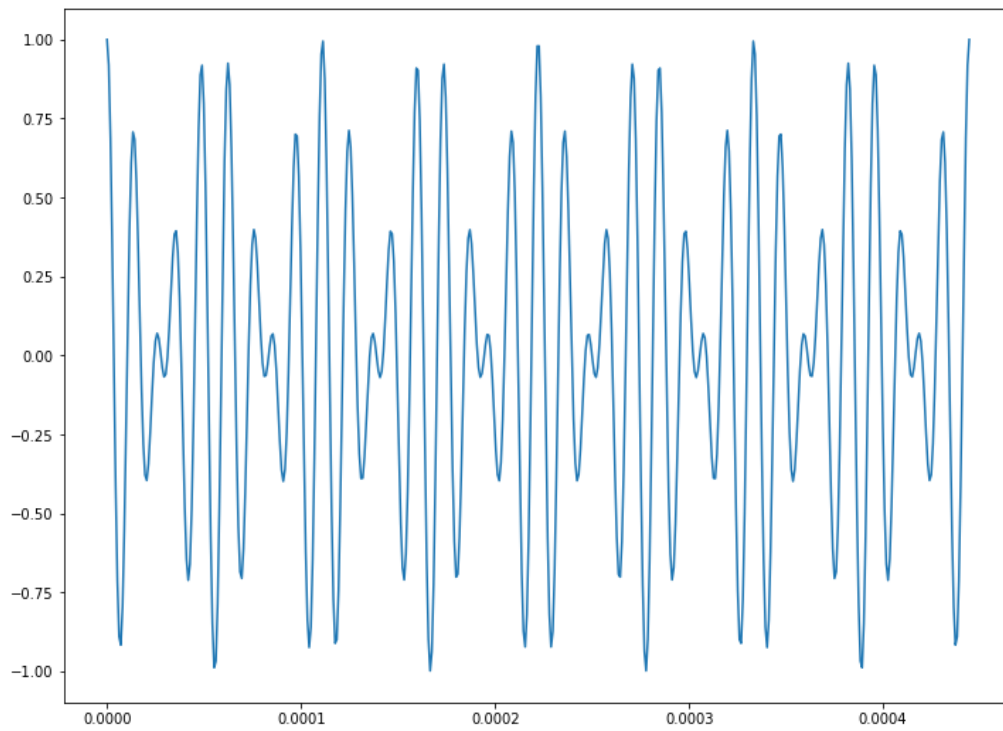
Πέτρος Έλληνας
el18702

03118702

AM = 2

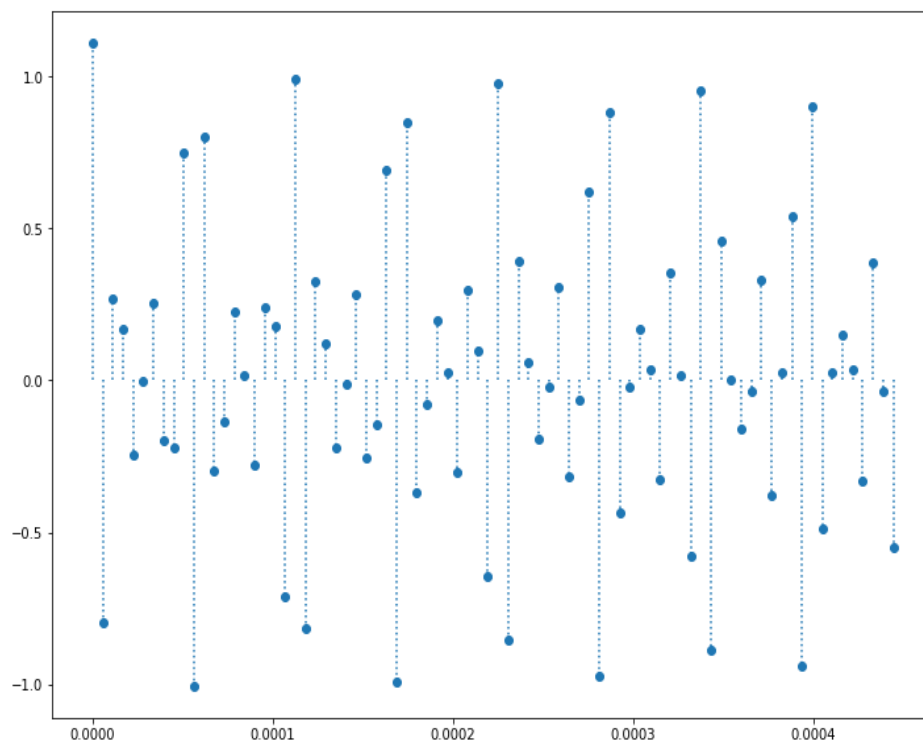
FM = 9

Άσκηση 1: Παρουσιάζουμε το παραγόμενο συνεχές σήμα:

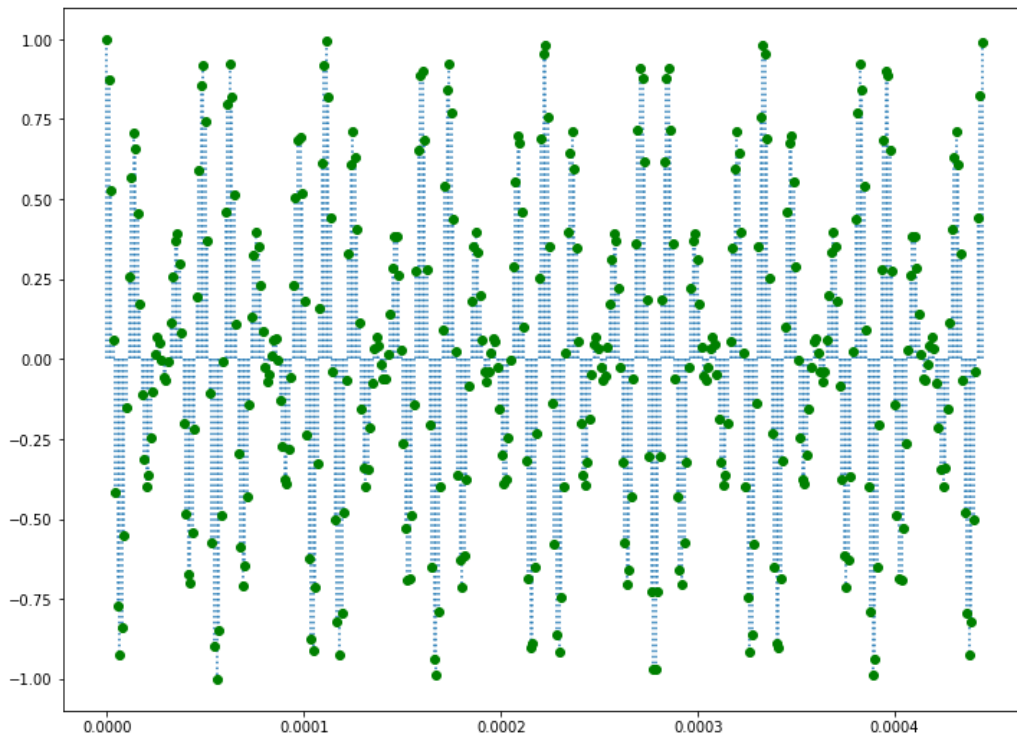


(α) Για $fs1=20fm$

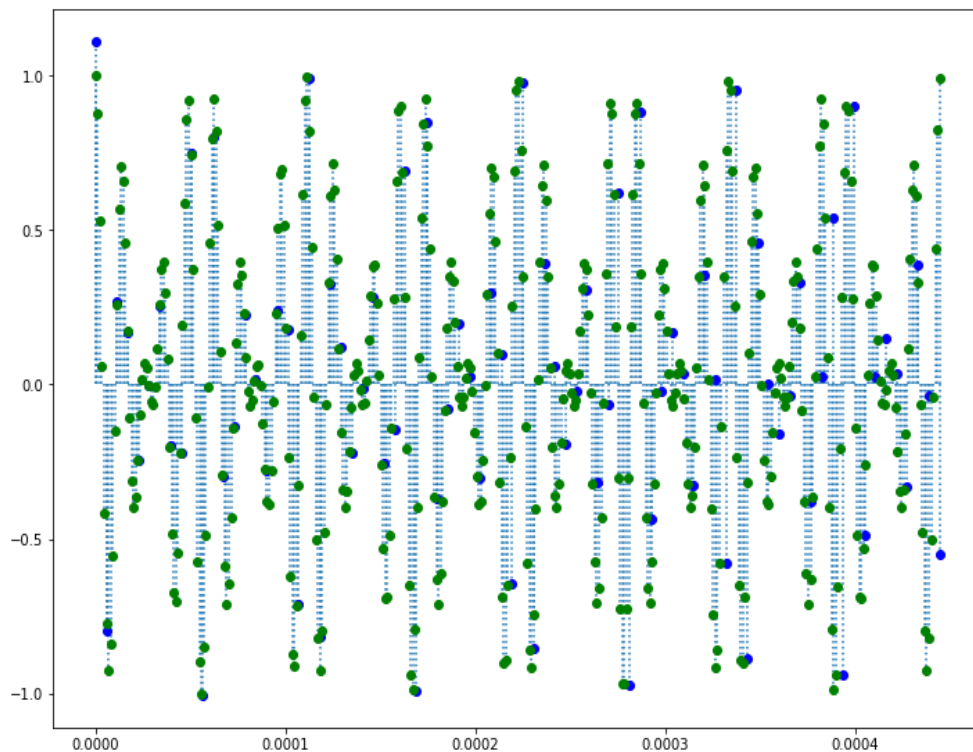
i)



ii)

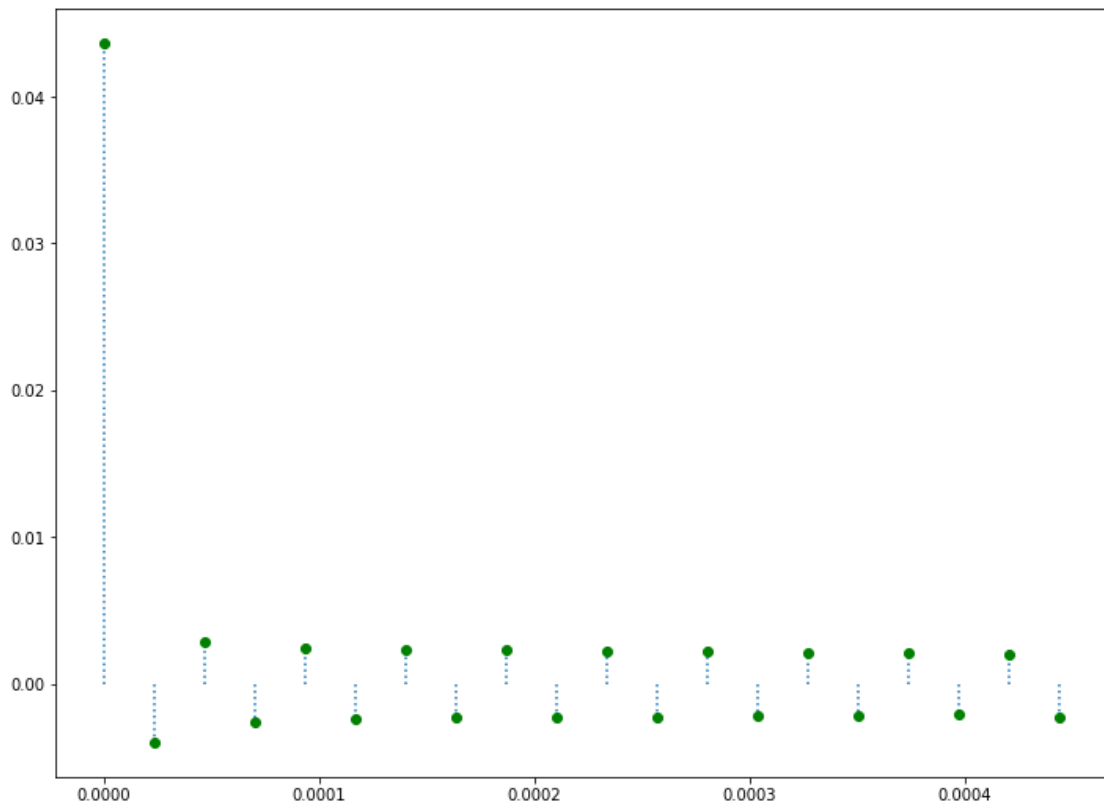


iii)

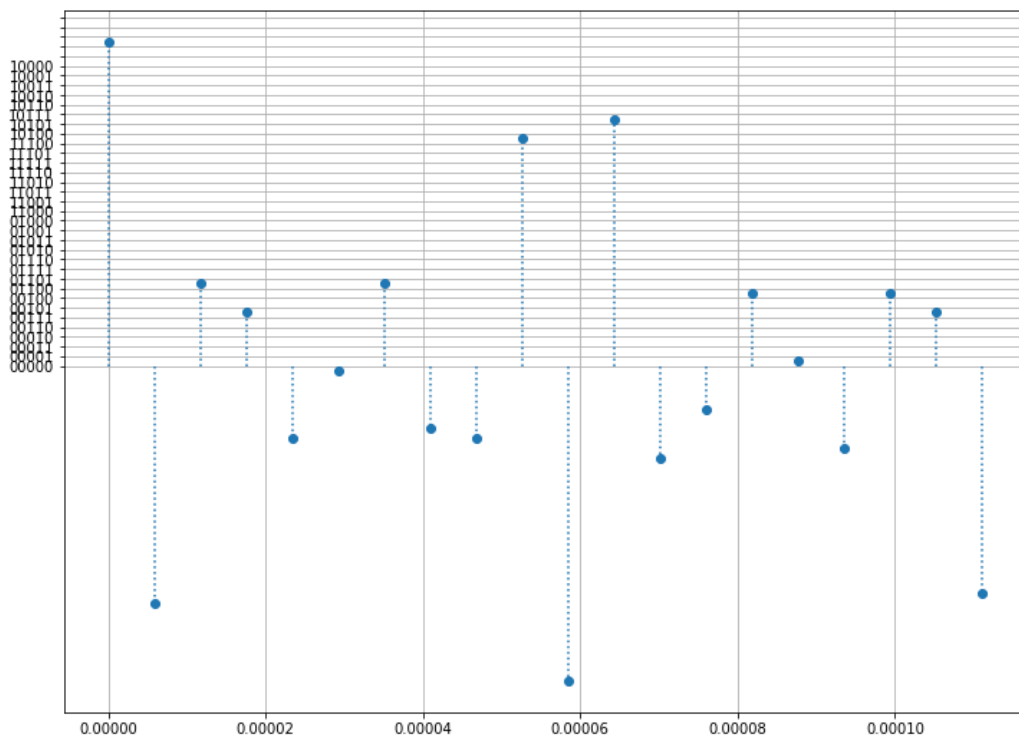


β) Αυτό που παρατηρούμε είναι ότι τα δείγματα που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα δεν μπορούν να «δείξουν» τόσο καλά την μορφή του σήματος που έχει δειγματοληπτηθεί. Παρ'όλα αυτά το σήμα ακόμα μπορεί να ανακατασκευαστεί καθώς ο ελάχιστος ρυθμός δειγματοληψίας για τον οποίο μπορούμε να κατασκευάσουμε το σήμα ξανά μπορεί να βρεθεί.

από τον ρυθμό Nyquist : $f_s = 2f_m$.



Άσκηση 2:



Ως είσοδο πήραμε το σήμα του πρώτου ερωτήματος $y(t)$ δειγματοληπτημένο στα 20fm και κάναμε χρήση του Gray Code το διάγραμμα που πήραμε είναι το ακόλουθω.

β)

i) Αρχικά για να υπολογίσουμε το σφάλμα 10 δειγμάτων αφαιρέσαμε τις τιμές των πρώτων 10 δειγμάτων από την $y(t)$. Στην συνέχεια πήραμε τις 10 τιμές που προέκυψαν και εφαρμόζουμε τον τύπο $\sigma = \sqrt{\text{var}(x)}$ και το αποτέλεσμα είναι το εξής: $\sigma = 0.021040643516295976$

ii) Στην συνέχεια εφαρμόσαμε την ίδια διαδικασία για 20 δείγματα και το $\sigma = 0.018882989727743427$

iii) Για τον υπολογισμό SNR κβάντισης για τις πιο πάνω περιπτώσεις Χρησιμοποιήσαμε τον εξής τύπο:

- 1) $(\text{SNR})_{\text{dB}} = (\text{var}(\text{sq_triangle}) / \text{var}(\text{quantization_error}))$
- 2) $(\text{SNR})_q = 3 \cdot 2^{2R} / F^2$
- 3) $F = m_{\text{max}} / \sigma_m$
- 4) $\sigma_Q^2 = \frac{1}{3} m_{\text{max}}^2 \cdot 2^{-2R}$

$$(2), (3), (4) \Rightarrow (\text{SNR})_q = \sigma_m^2 / \sigma_Q^2 \Rightarrow (\text{SNR})_{\text{dB}} = 10 \log((\text{SNR})_q)$$

Το sq_triangle είναι το δειγματοληπτημένο σήμα με 45fm, με την διαφορά ότι αλλάζουμε το fm από 10 σε 20 δείγματα. Επίσης στην θέση του quantization μπαίνει το σφάλμα κβάντισης που υπολογίσαμε πιο πάνω.

Αποτελέσματα:

SNR1 = 32.989596 in dB

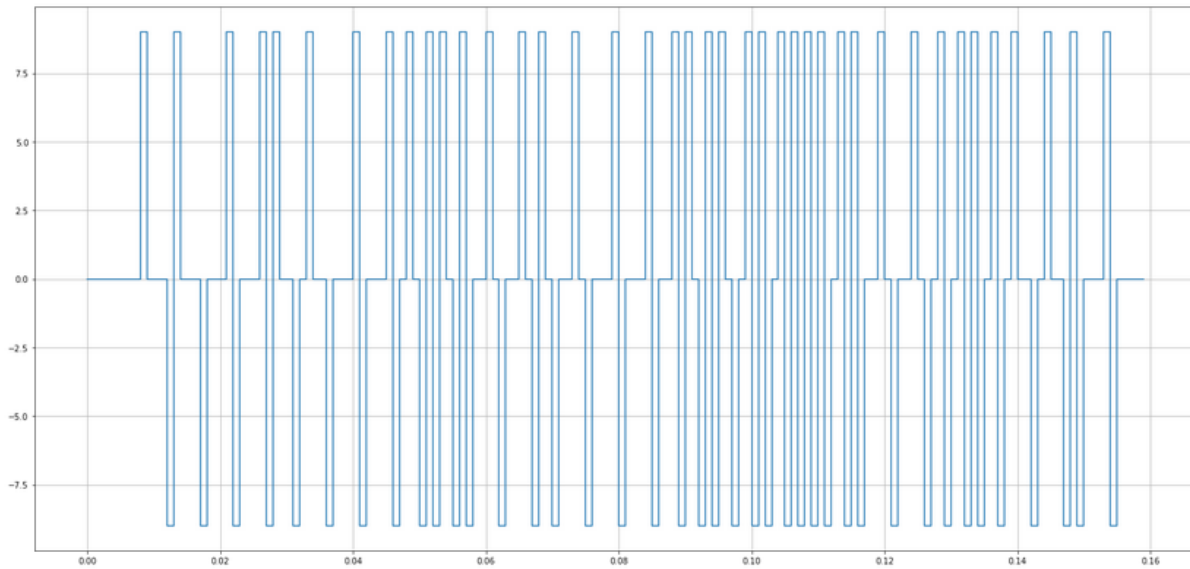
SNR2 = 34.413963 in dB

SNR Theoretical = 28.879988 in dB

Για να βρούμε την θεωρητική $\text{SNR}_{\text{dB}} = (P_m / \sigma_Q^2)$ όπου P_m είναι η μέση ισχύς του σήματος που υπολογίζεται από τον τύπο ολοκληρώματος της μέση τιμής και το σ_Q^2 υπολογίζεται από τον τύπο:

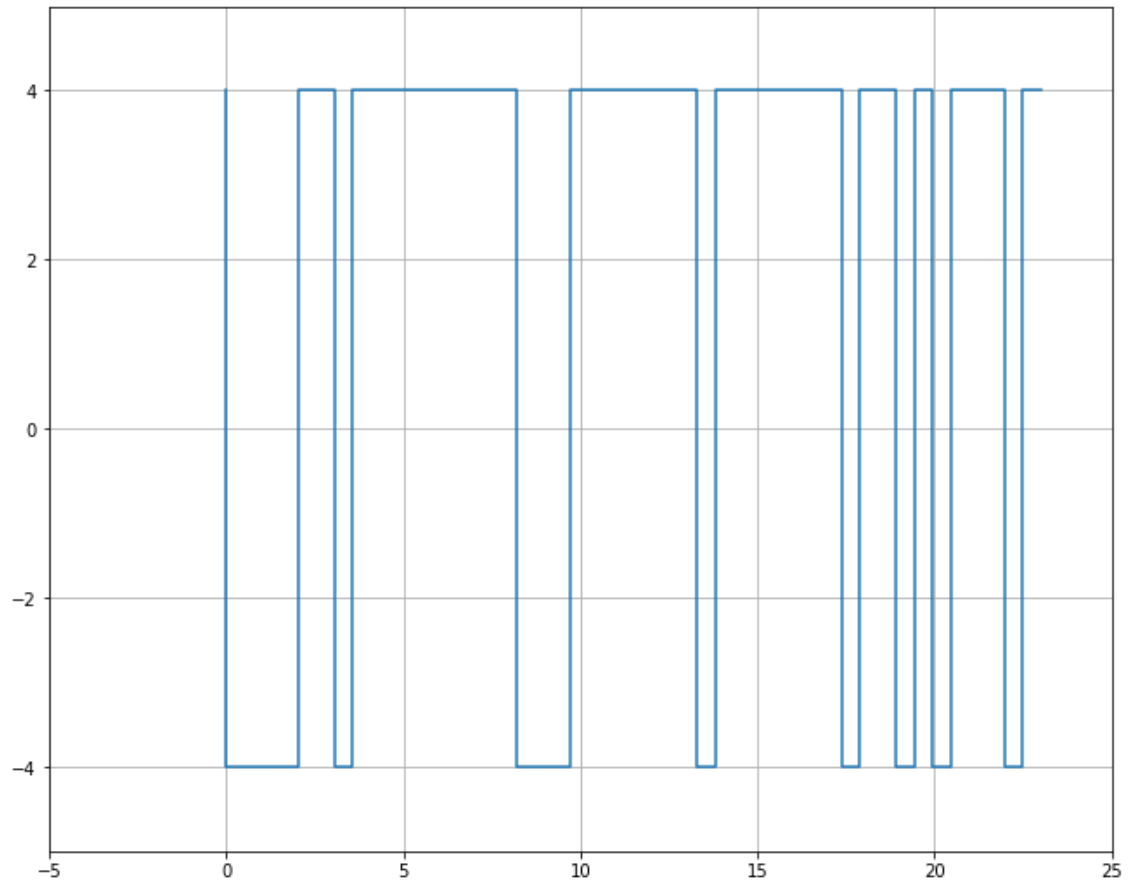
$$\sigma_Q^2 = \frac{1}{3} m_{\text{max}}^2 \cdot 2^{-2R} = \frac{1}{2} 4^2 2^{(-2 \cdot 5)} = 1/128$$

γ)Θεωρήσαμε κωδικοποίηση γραμμής BIPOLAR RZ με διάρκεια 1 msec με θετικούς και αρνητικούς παλμούς ίσου πλάτους 4V

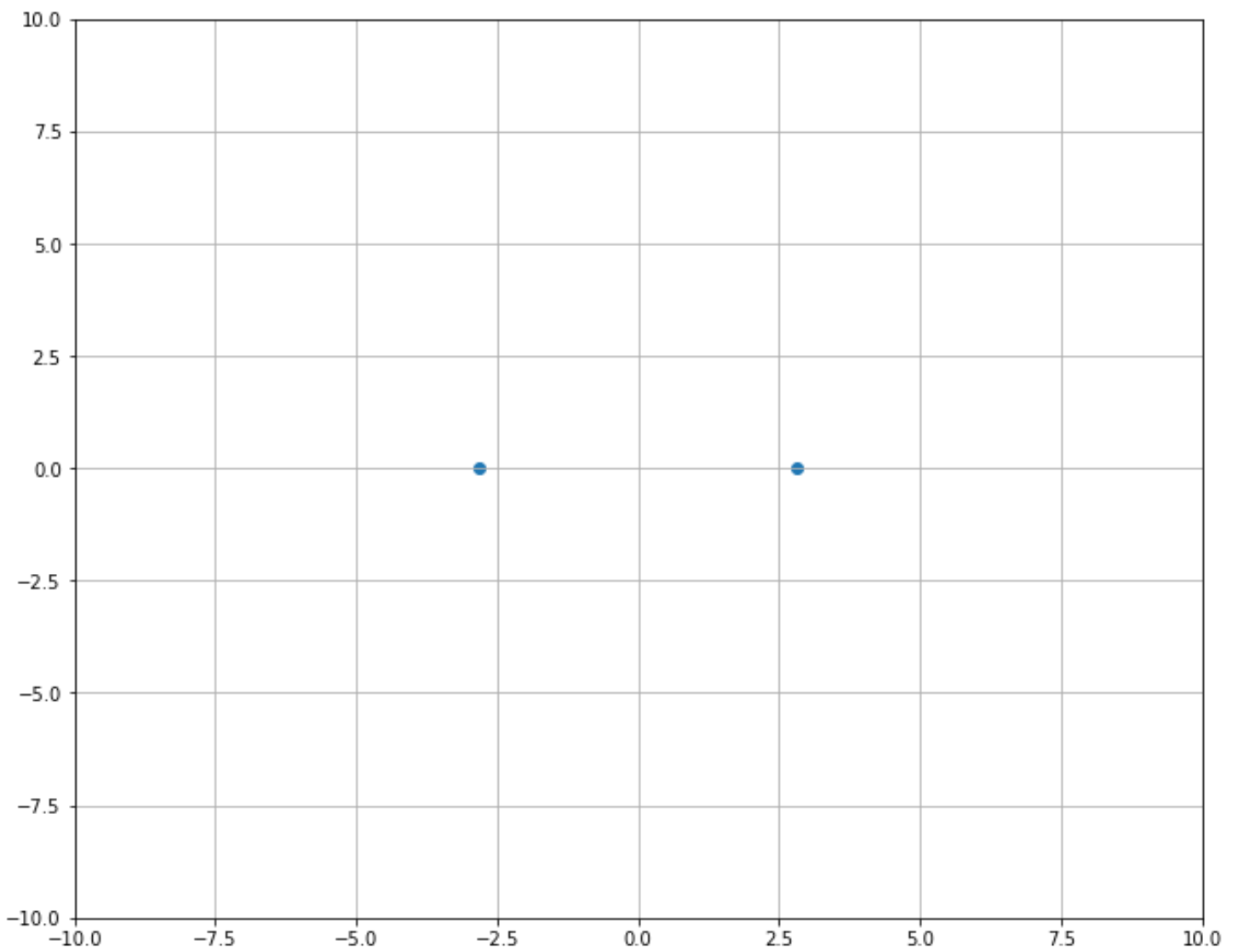


Άσκηση 3:

Καναμε διαμόρφωση κατά B-PAM τυχαίας ακολουθίας 46 ψηφίων (bits) με ίση πιθανότητα εμφάνισης τιμών 0 ή 1 με διάρκεια ψηφίου $T_b=0.5$ sec για πλάτος 4 Volts. ο B-PAM αντιστοιχεί σε κωδικοποίηση NRZ-Polar όπου έχουμε +1 volt για θετικό παλμό και -1 Volt για αρνητικό παλμό χωρίς να επιστρέφει στο μηδέν.

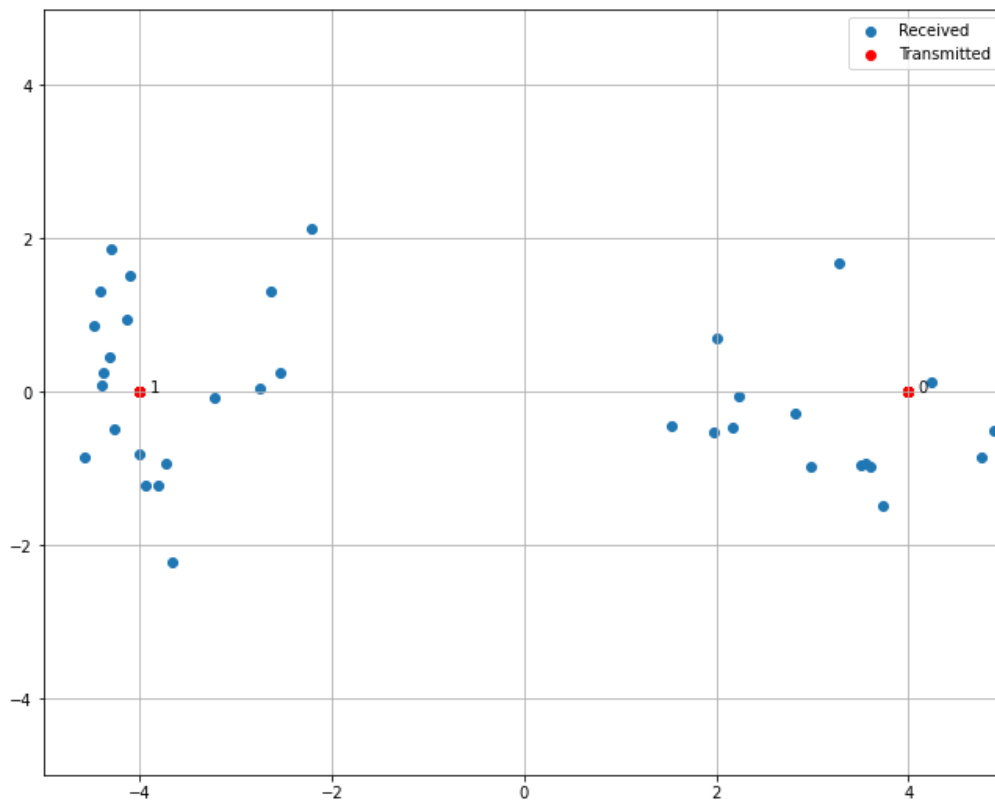
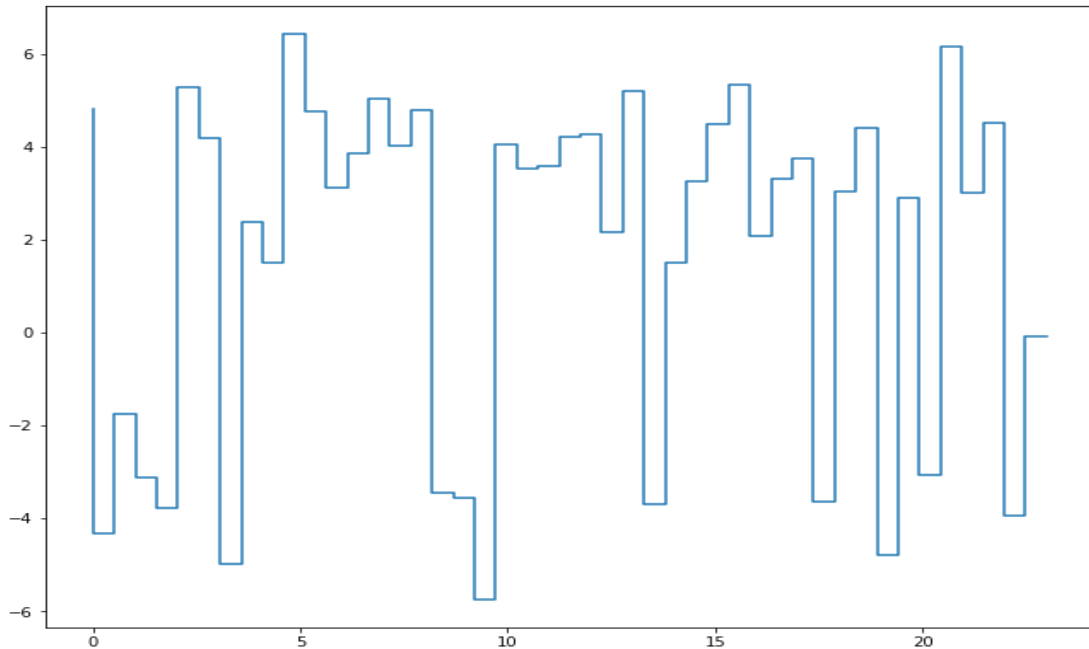


β)Χρησιμοποιούμε την εντολή scatter για να πάρουμε την αντιστοιχεί γραφική αστερισμού

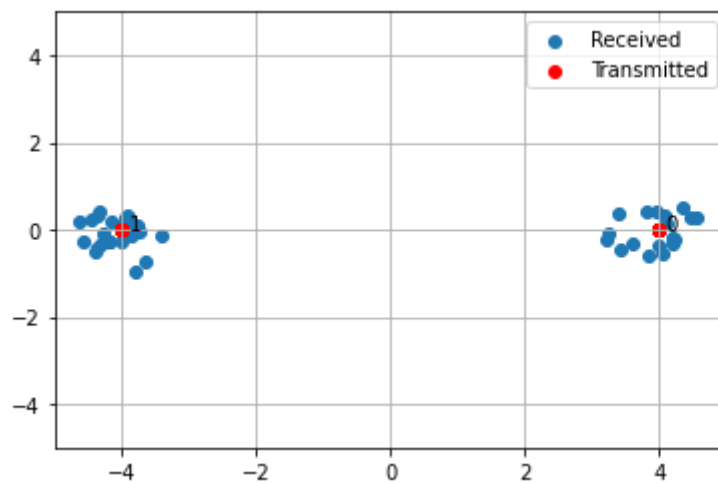
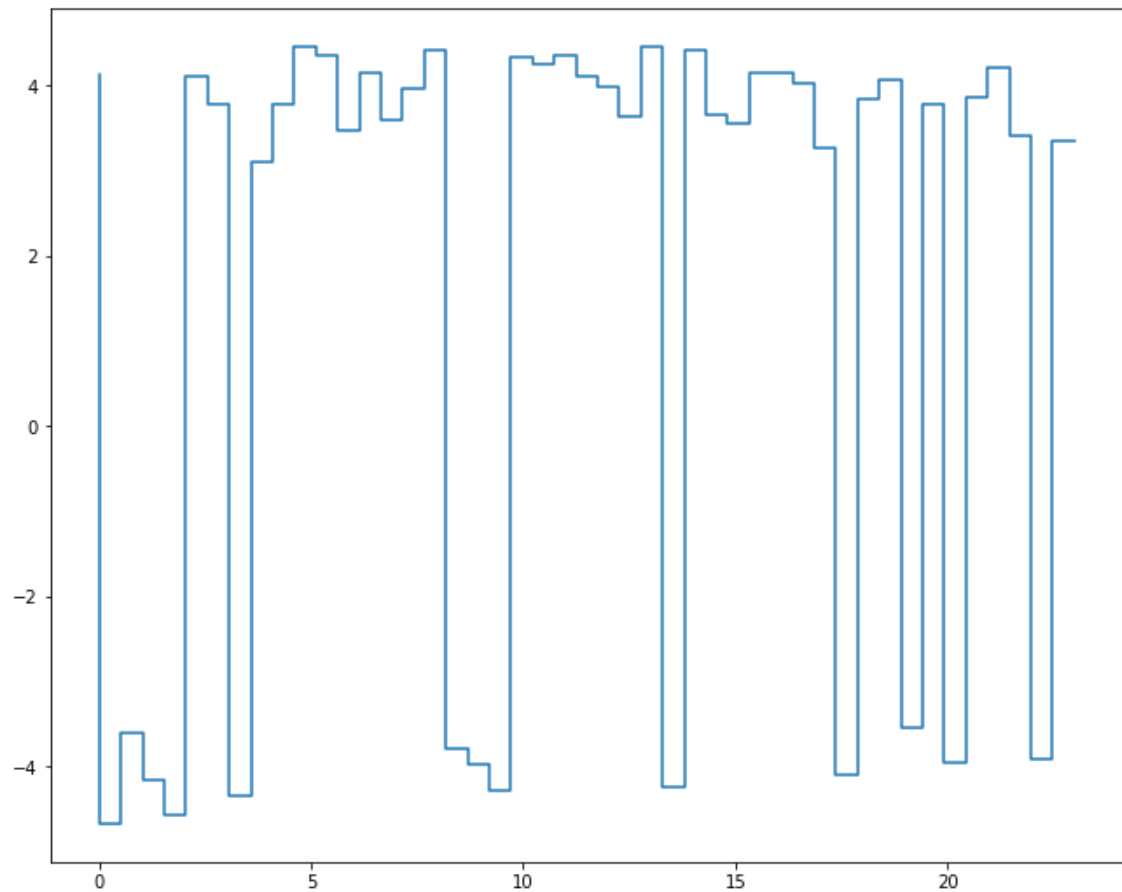


γ,δ) Στην συνέχεια παράξαμε θόρυβο AWGN και παρατηρείται, η επίδραση που έχει τόσο στο διαμορφωμένο σήμα, όσο και στον αστερισμό του, κανάλι θορύβου AWGN για δύο τιμές E_b/N_0 , 5 και 15 αντίστοιχα

$E_b/N_0=5$ dB

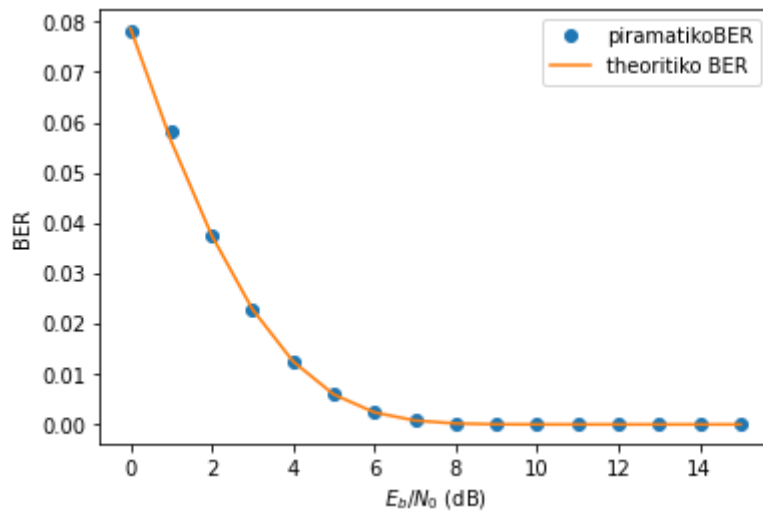


$E_b/N_0 = 15$ dB



Ξέρουμε ότι όσο πιο μικρό είναι το E_b/N_0 τόσο πιο θορυβώδες γίνεται το κανάλι μετάδοσης και έτσι το σήμα αλλοιώνεται περισσότερο. Αυτό μπορούμε να το παρατηρήσουμε πρακτικά από τα πιο πάνω διαγράμματα

ε) Το παρόν διάγραμμα αποτελεί το ζητούμενο διάγραμμα BER.



Γ) Τέλος,

μελετάται η θεωρητική και πρακτική πιθανότητα εσφαλμένου ψηφίου (BER) συναρτήσει του E_b/N_0 , για τιμές από 0-15 dB με βήμα 1 dB.

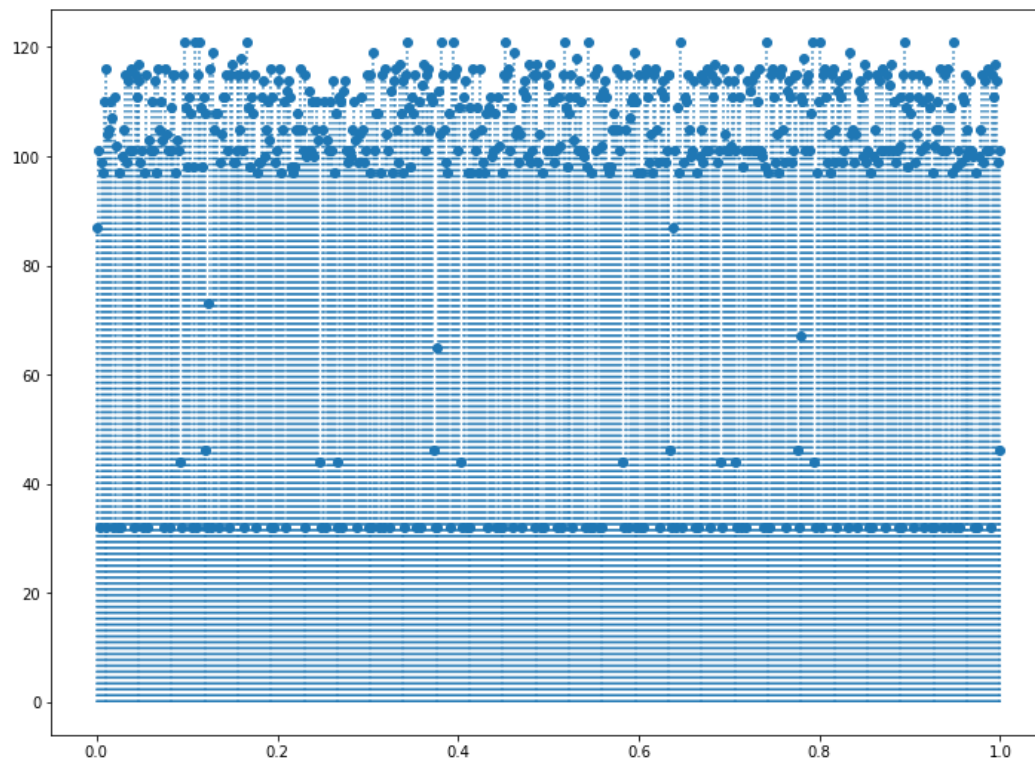
0 3 6 9 12 15

Δ)

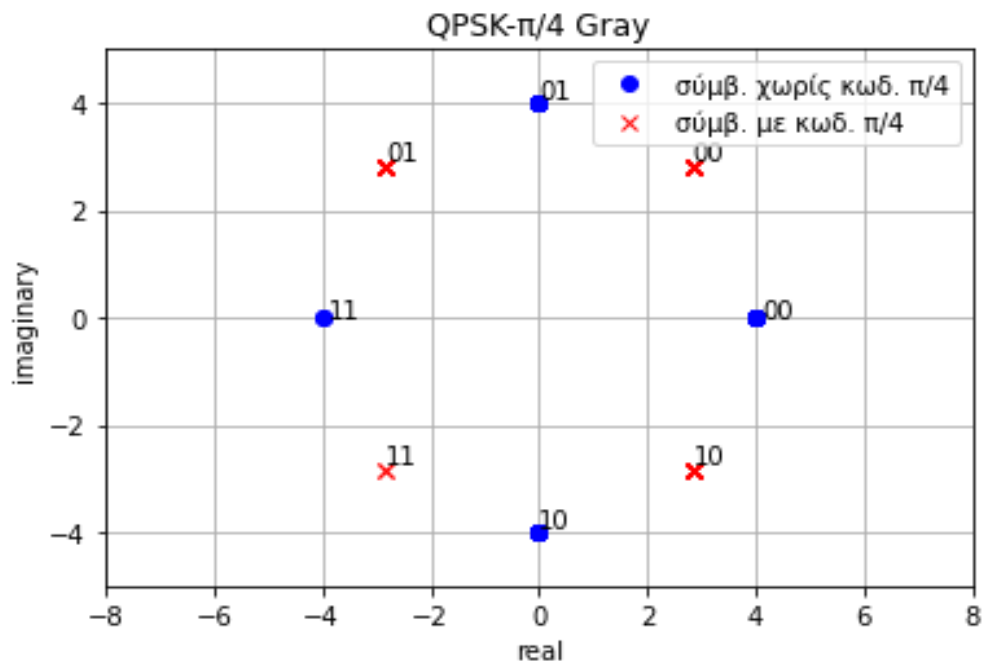
i,ii)

Αρχικά μετατρέψαμε σε κωδικό σειρά ASCII σε binary παρατηρήσαμε ότι να νούμερα ενώ είναι 8 bit αριθμοί δεν υπερβαίνουν το 2^7 για αυτό το μετατρέψω σε δεκαδικό

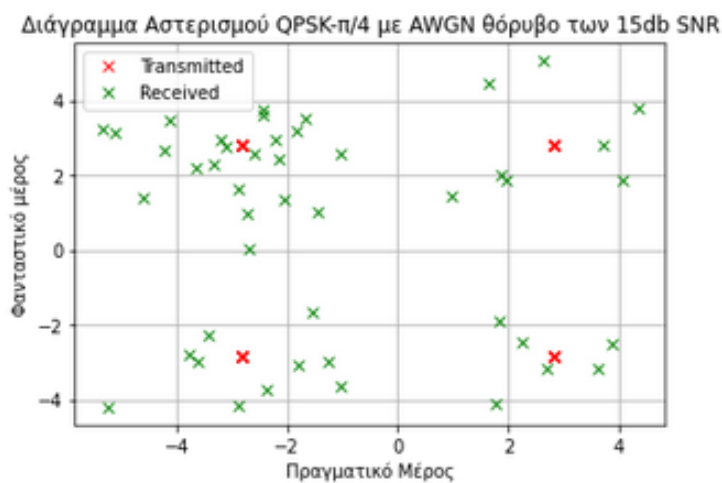
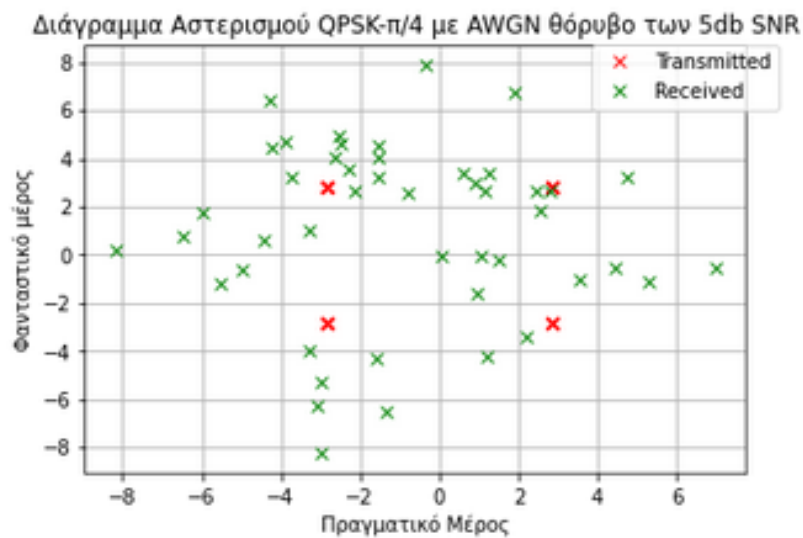
για να έχουμε μια εικόνα της ακολουθίας μας και παρουσιάζουμε το σήμα κβάντισης



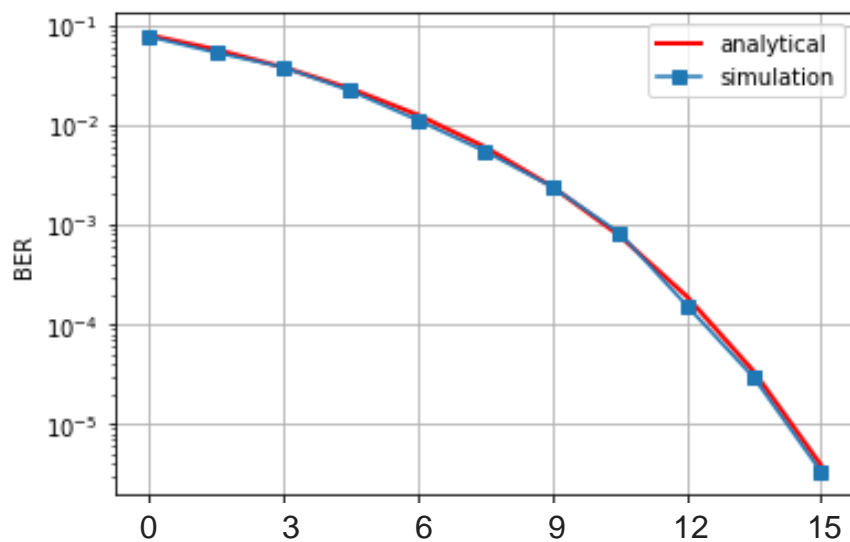
Άσκηση 4:



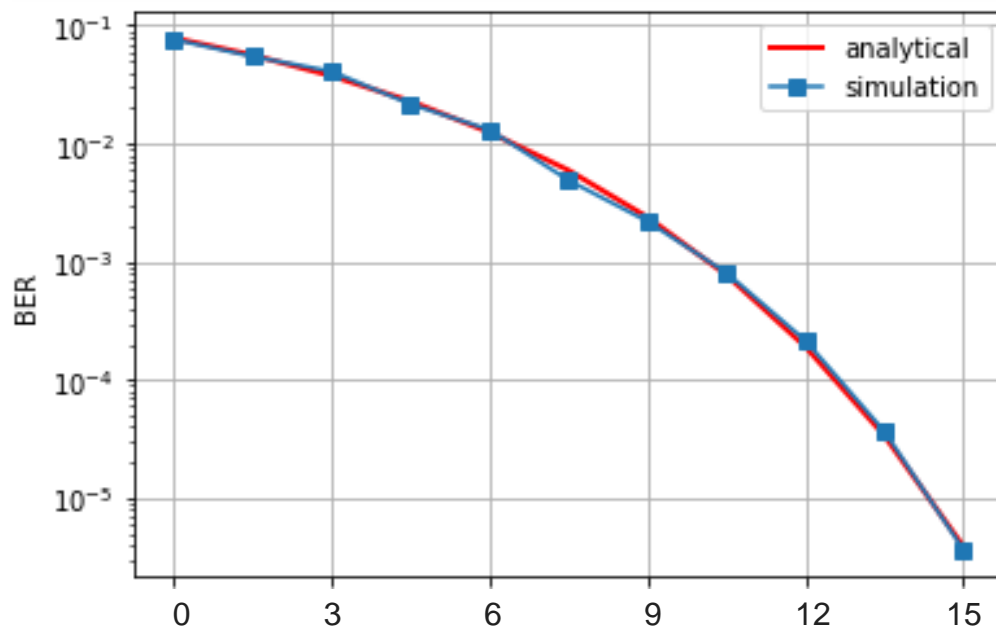
β)



γ) QPSK:



BPSK:



Παρατηρούμε ότι ο BPSK έχει γενικότερα μεγαλύτερη απόκλιση από την θεωρητική BER παρά ο QPSK.

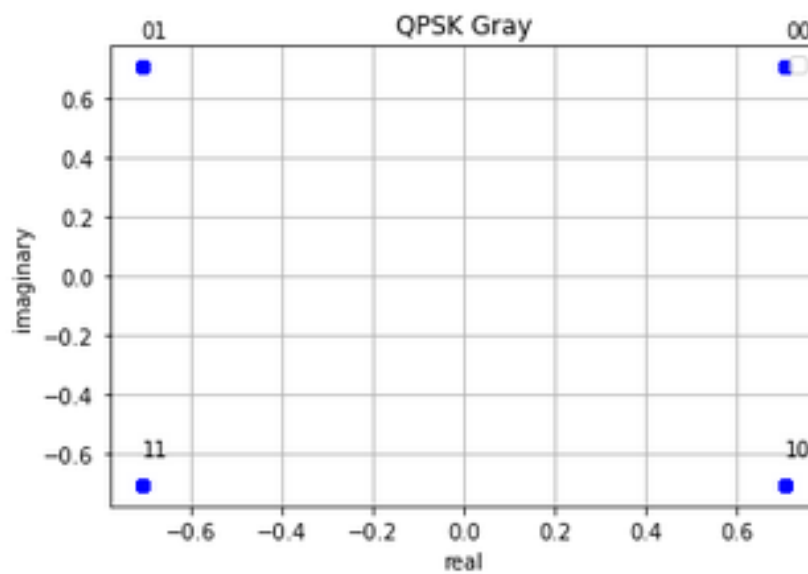
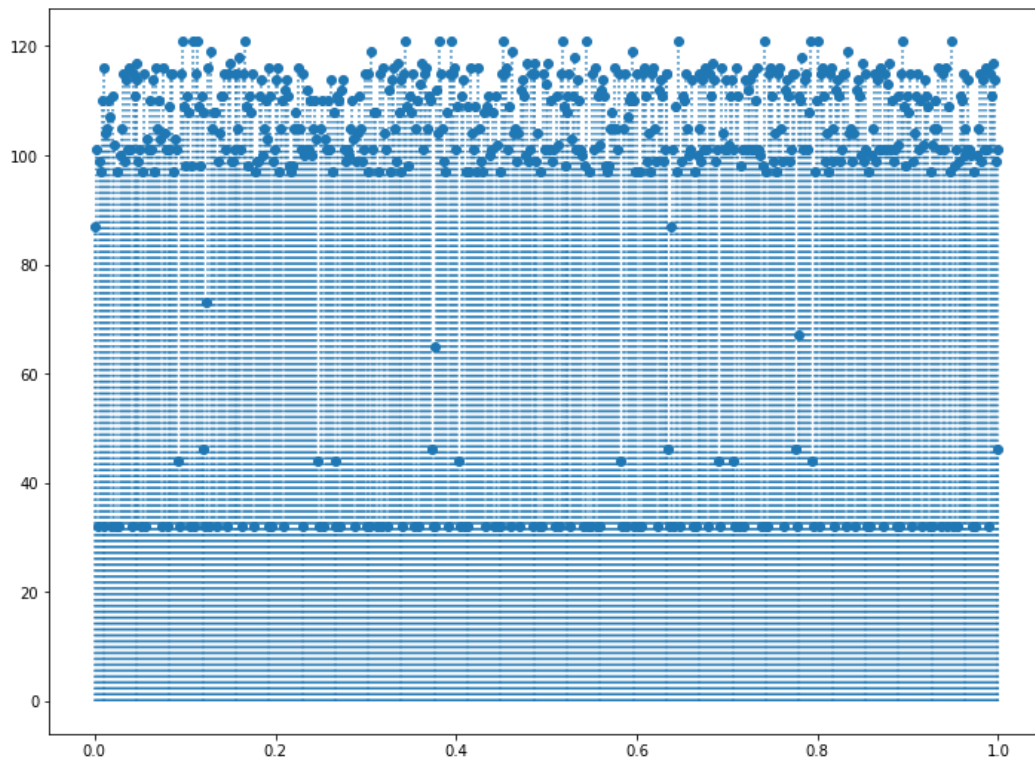
Δ)

ι) Δοκιμάσαμε να κάνουμε αποθορύβωση στην άσκηση στην python όμως λόγω θορύβου πήραμε χαρακτήρες που δεν ήταν μέσα στο UTF - 8 γι' αυτό την ολοκληρώσαμε στην matlab.

ii)

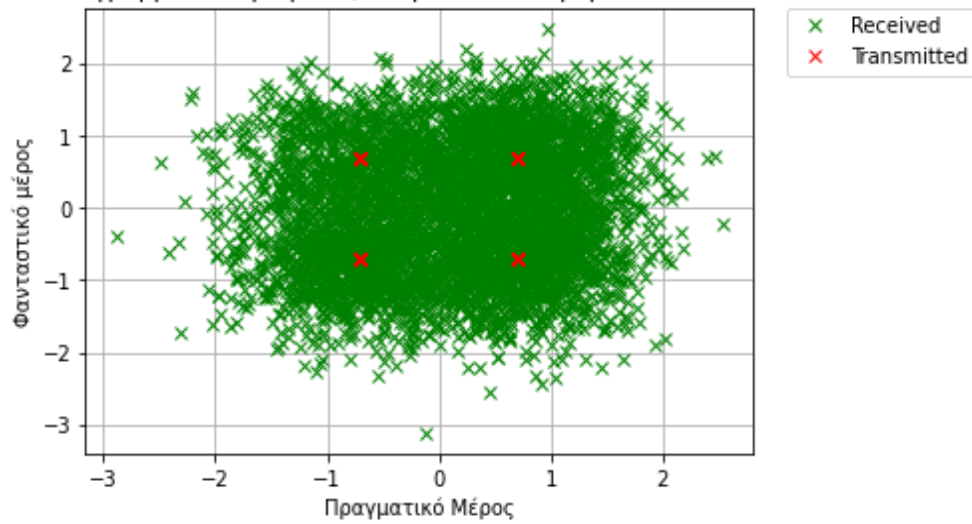
Κβαντήσαμε το σήμα με ομοιόμορφο κβαντιστή

iii) κάναμε το QPSK με κωδικοποίηση Gray και πήραμε το πιο κάτω διάγραμμα

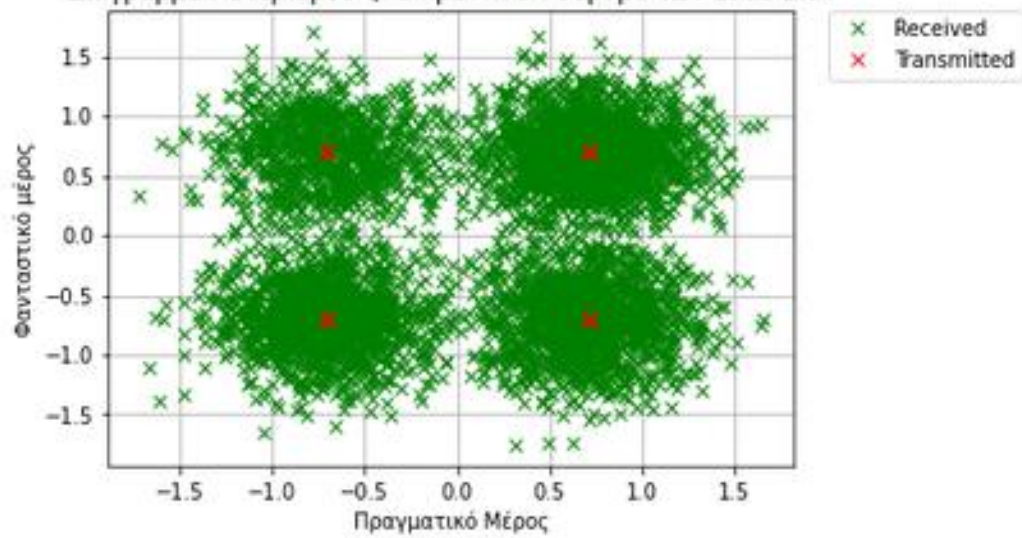


ν) παράξαμε θόρυβο και τον προσθέσαμε στο σήμα μας για να απεικονίσουμε στην συνέχεια τα διαγράμματα αστερισμού

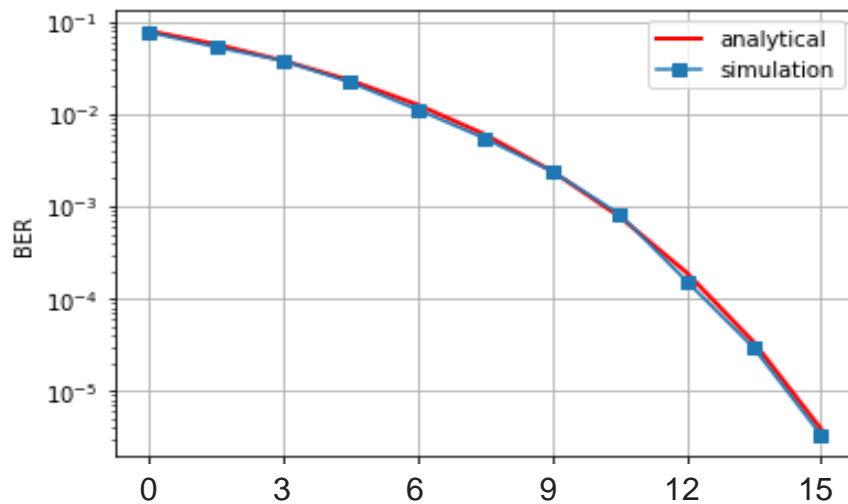
Διάγραμμα Αστερισμού QPSK με AWGN θόρυβο των 5db SNR



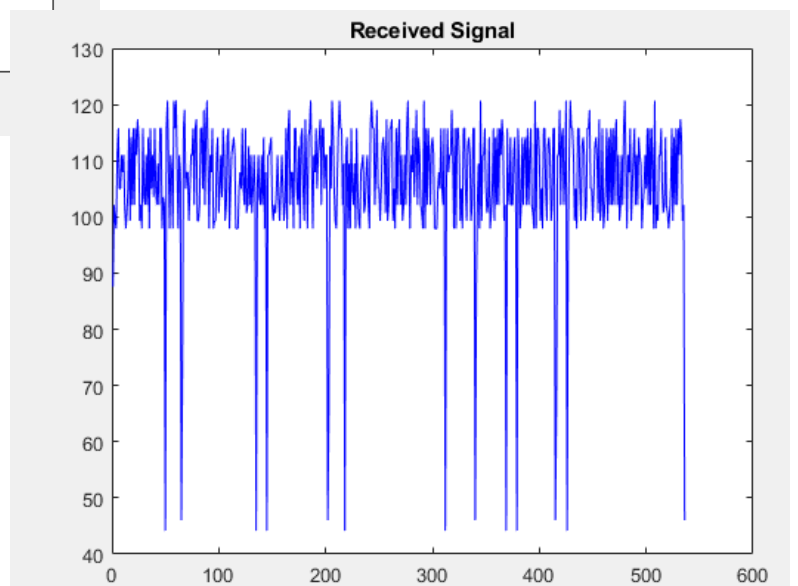
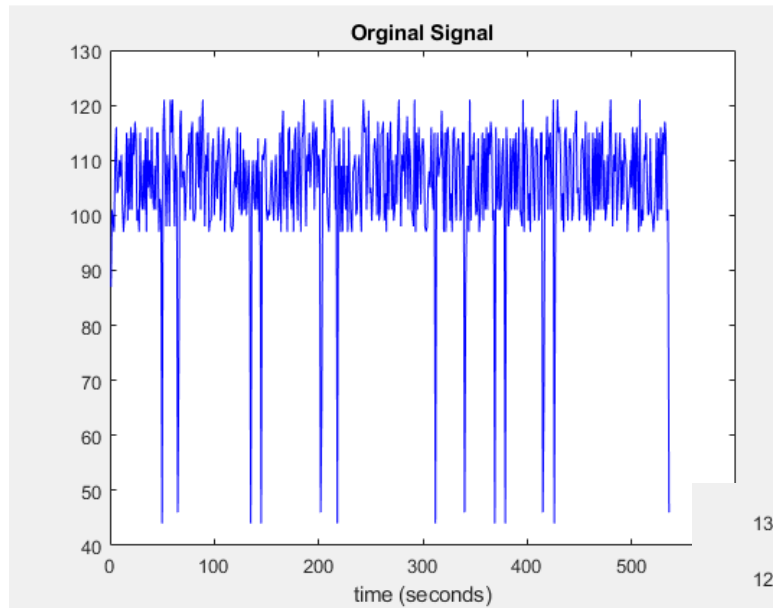
Διάγραμμα Αστερισμού QPSK με AWGN θόρυβο των 15db SNR



vi)

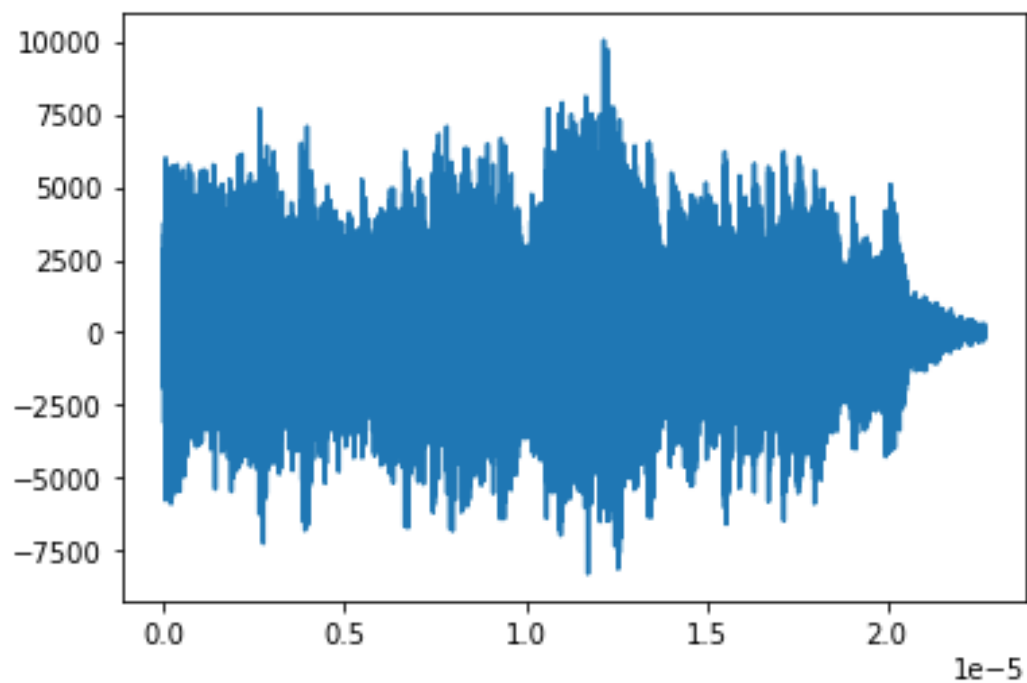


Για $E_o/N_o=15$ παρατηρούμε ότι έχουμε πιά λίγα σφάλματα σε σχέση με το $E_o/N_o = 5$

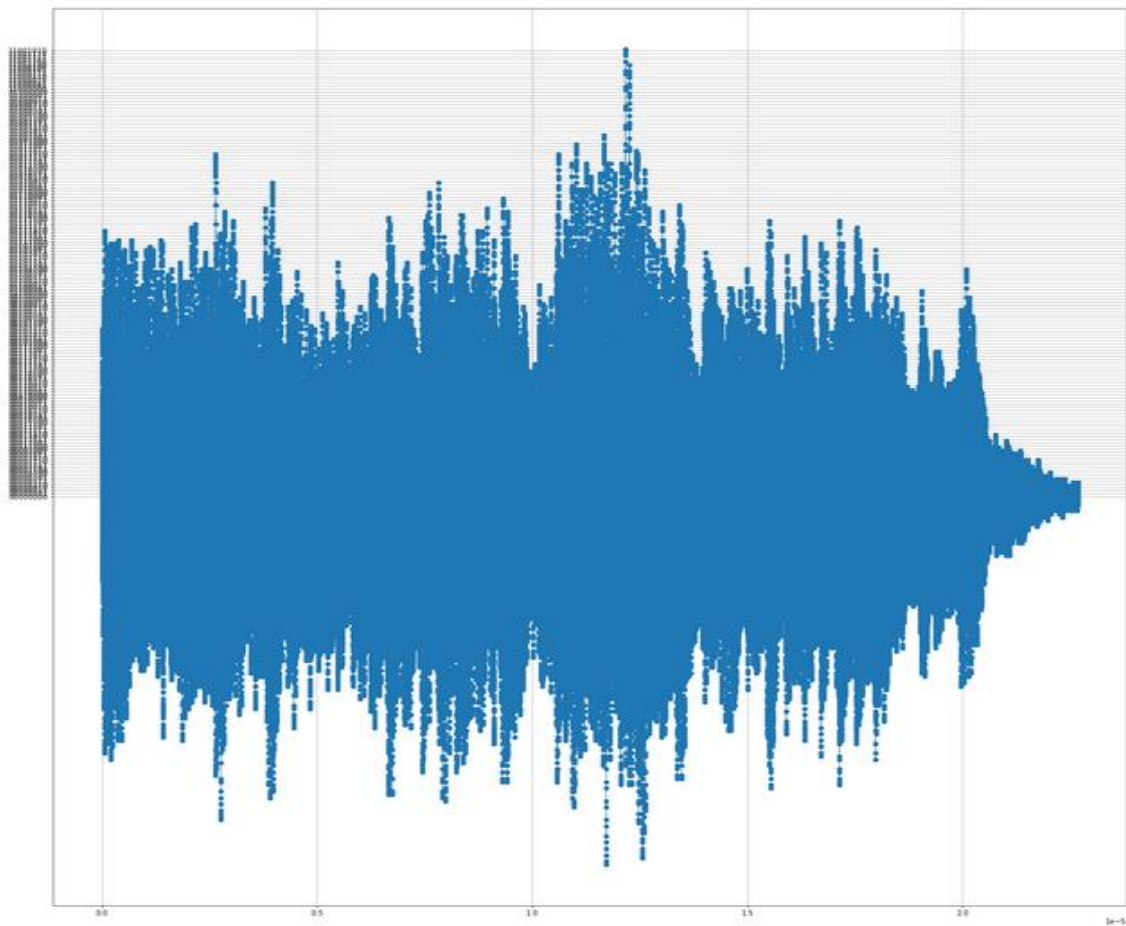


5ο ερώτημα:

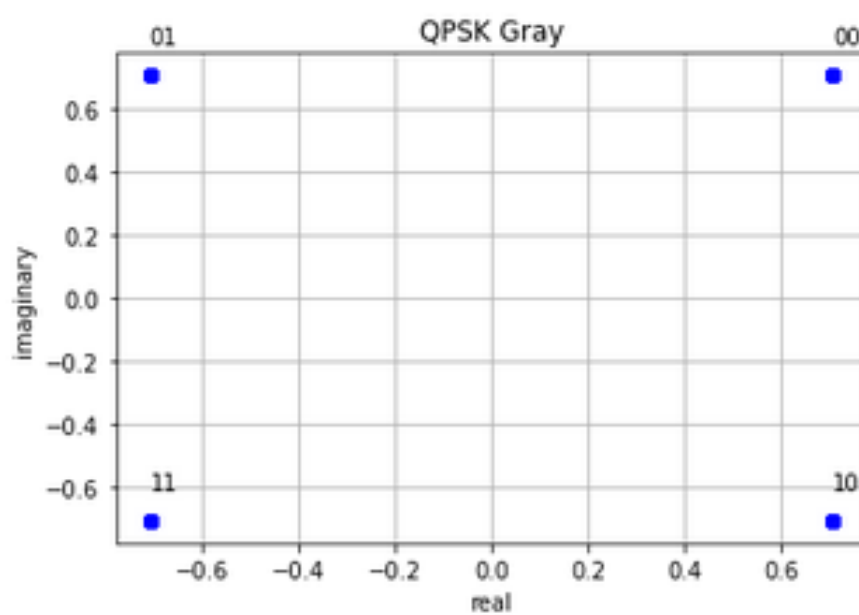
Διαβάσαμε από το αρχείο ήχου το παρακάτω σήμα



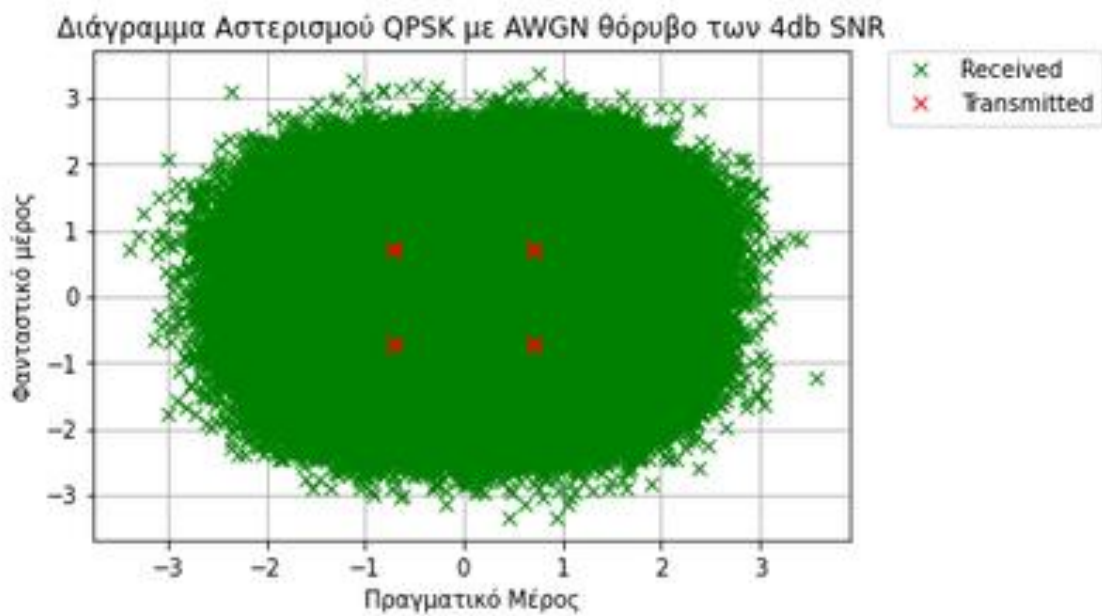
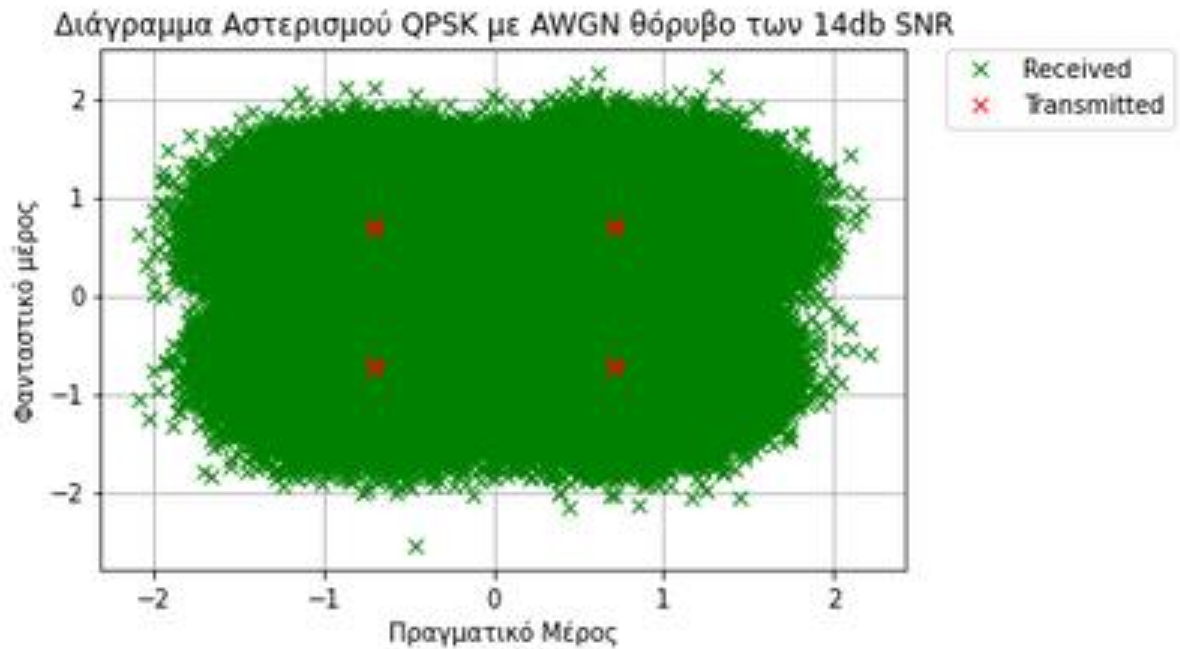
Στην συνέχεια κωδικοποιήσαμε το σήμα μας με κβαντιστή 8 bit και παρουσιάζουμε παρακάτω το σήμα μας με κωδικοποίηση gray.



γ) Διαμορφώσαμε το σήμα με διαμόρφωση QPSK με κωδικοποίηση Gray



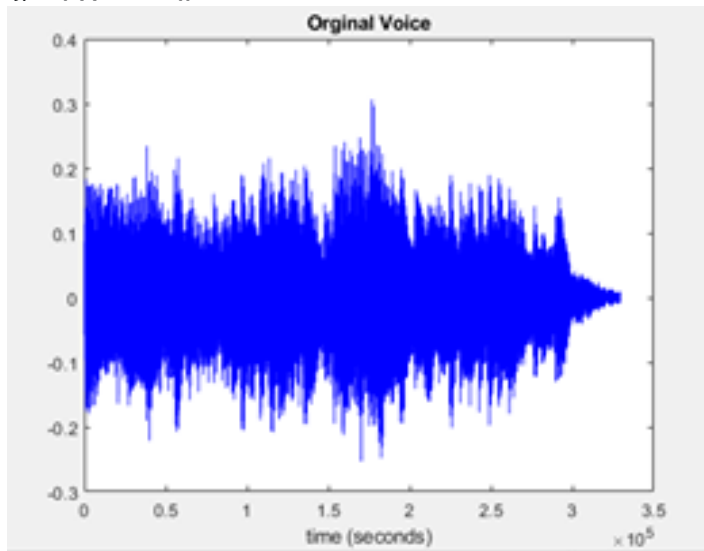
ε)



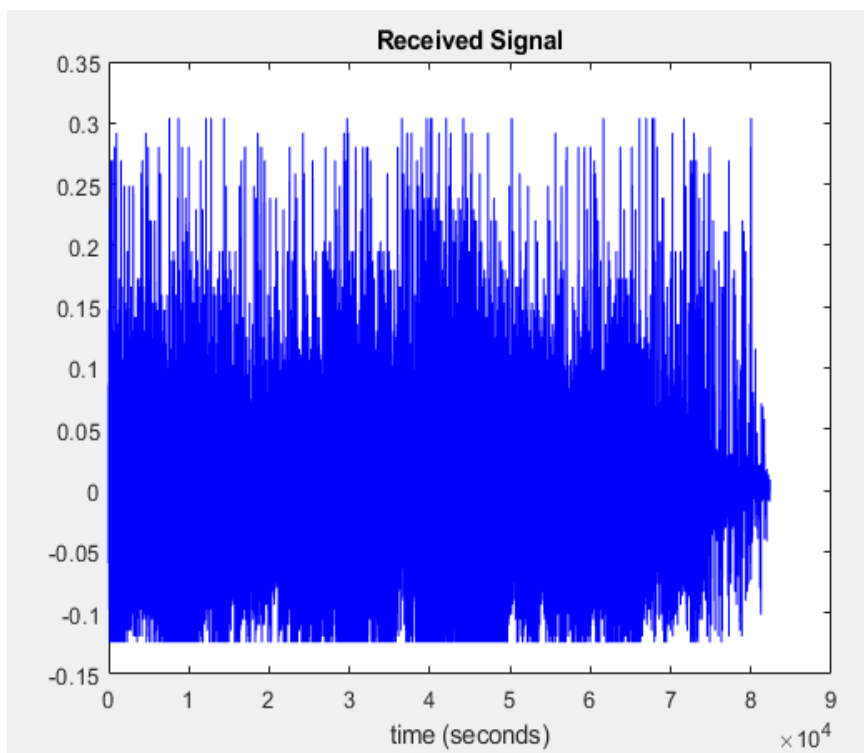
στ) Για $E_o/N_o = 4$ πήραμε αυτήν την Ber
Πρακτική : 0.2513815584993861
Θεωρητική: 0.002338867490523633

Για $E_o/N_o = 14$ πήραμε αυτήν την Ber
Πρακτική : 0.00020629745358259703
Θεωρητική: 6.065772541830363e-08

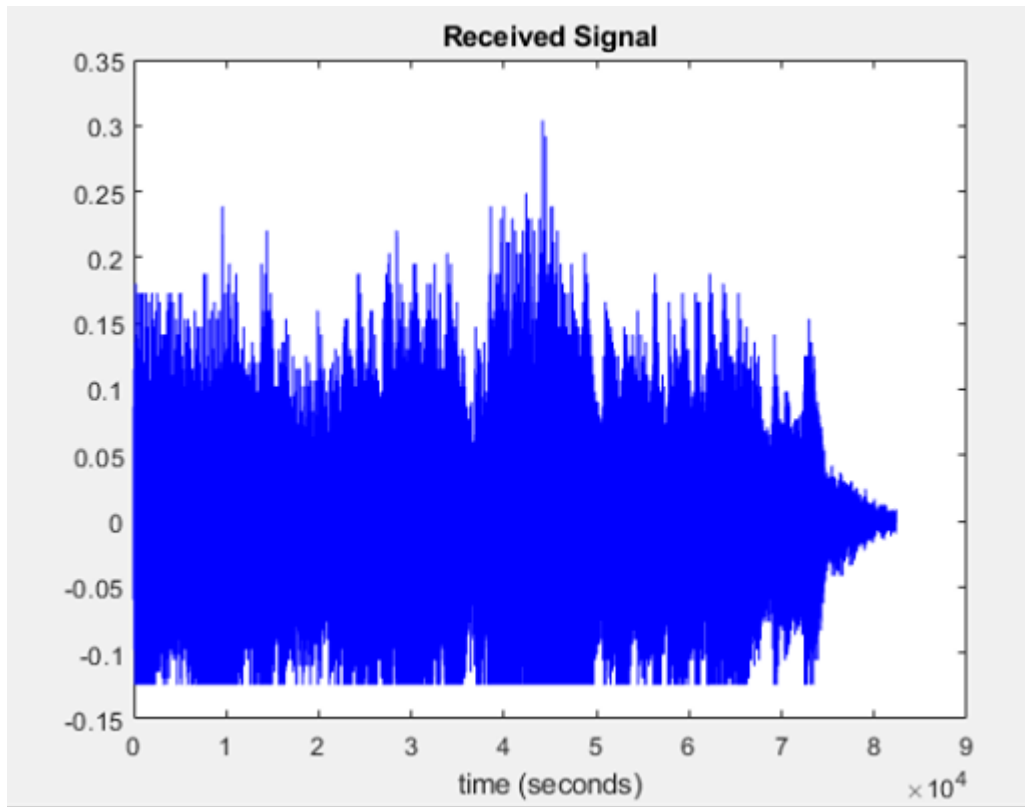
ζ) Αρχικό σήμα



$E_o/N_o=4$



$E_o/N_o=14$



Βλέπουμε ότι για 14 db έχουμε λιγότερο ποσοστό θορύβου και πιο καθαρό σήμα. Μπορούμε να ακούσουμε ότι στην περίπτωση των 14db δεν υπήρχαν παράσιτα σε αντίθεση με την άλλη περίπτωση.

Για την αποκωδικοποίηση των σημάτων στο ερώτημα 5 μεταφράσαμε τους κώδικες της κβάντισης, κωδικοποίησης, προσθήκης AWGN θορύβου και αποδικοποίησης σε κώδικα matlab, λόγω μεγάλης καθυστέρησης στο τρέξιμο του προγράμματος στην υλοποίηση της Python.