

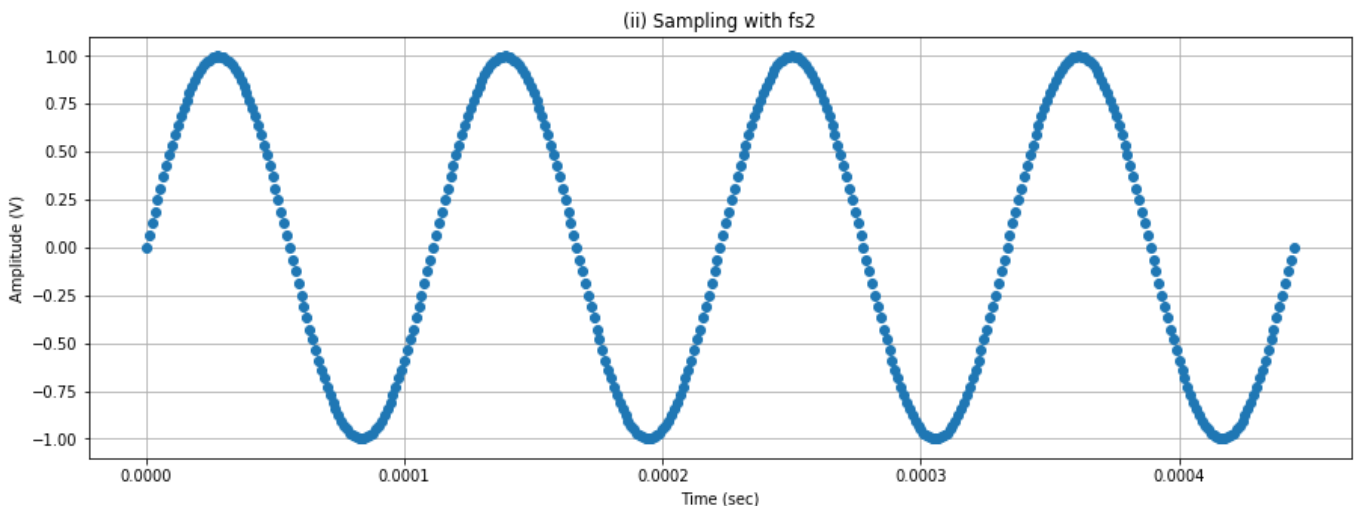
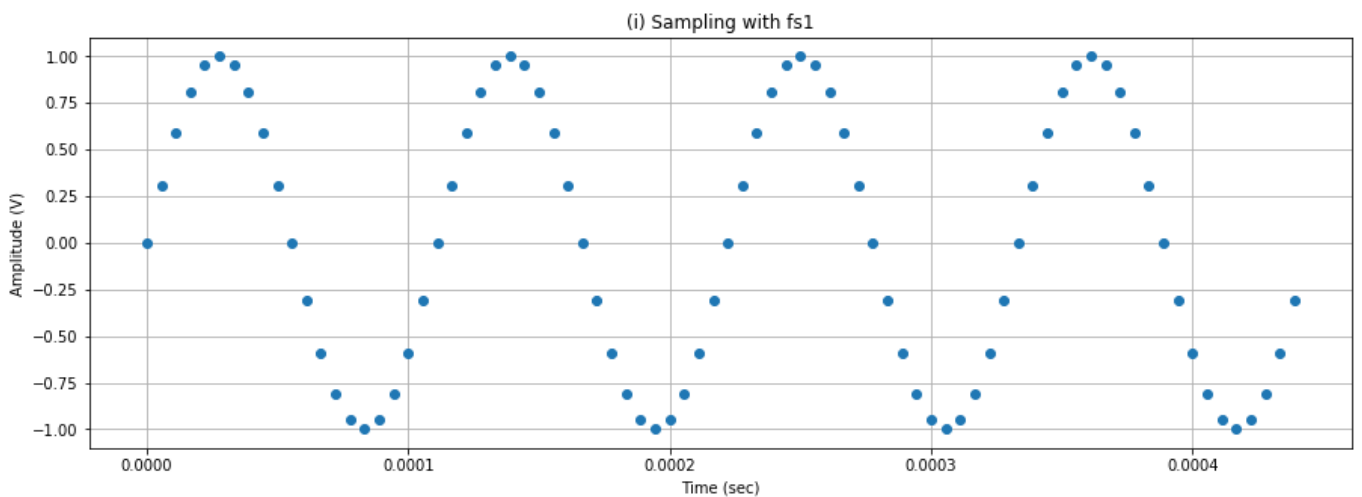
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Υπολογιστών
Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες – 5^ο Εξάμηνο 2017-2018
Αναφορά 1^{ης} Εργαστηριακής Άσκησης – Τμήμα Γ/Ομάδα 21
Κλεάνθης Αβραμίδης – 03115117

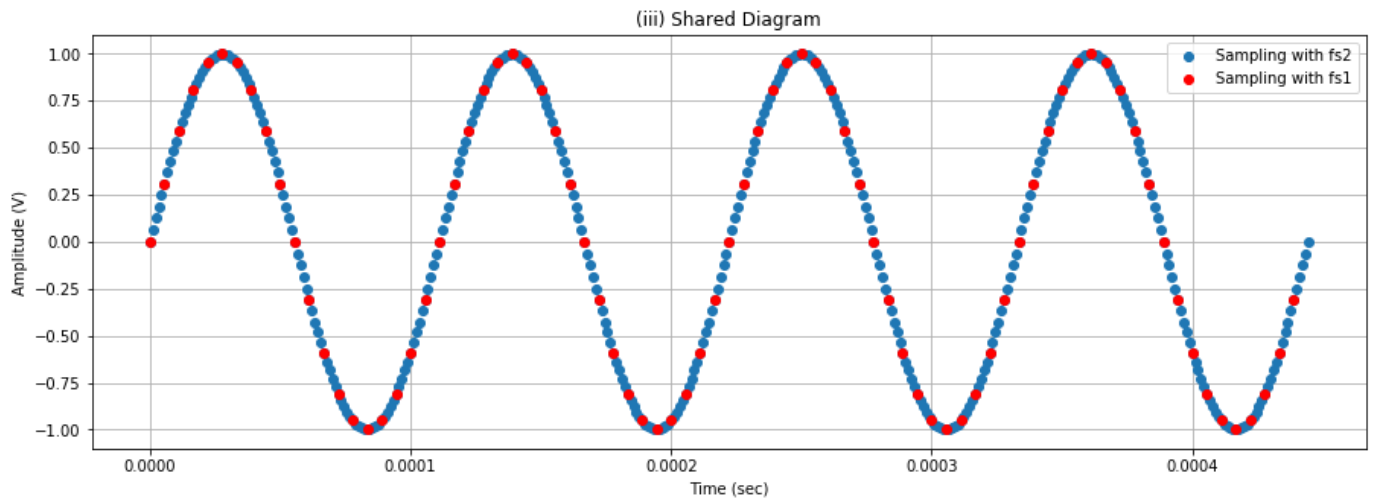
- Εισαγωγικά:

Η υλοποίηση της άσκησης πραγματοποιήθηκε μαζί με τον συνάδελφο Γεώργιο Κανελλόπουλο. Το υποβληθέν zip file περιέχει 2 αρχεία πηγαίου κώδικα Python (ένα για κάθε συχνότητα) που δίνουν τα ζητούμενα διαγράμματα και τις μετρήσεις χωρίς εξωτερική παρέμβαση. Η εκτέλεση κάθε μέρους της άσκησης γίνεται ξεχωριστά. Περιλαμβάνονται ακόμη 2 pdf files με τις αναφορές μας.

- 1^ο Ερώτημα – Μέρος α':

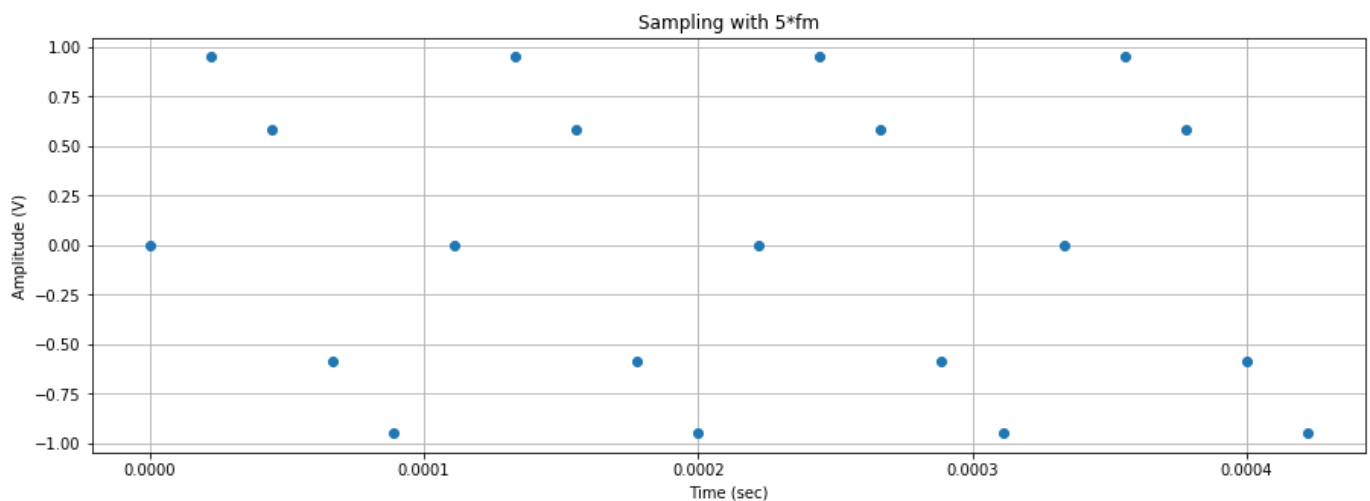
Με βάση τον AM μου, προκύπτει συχνότητα **fm=9kHz**. Οι ζητούμενες γραφικές παραστάσεις:





• 1^ο Ερώτημα – Μέρος β':

Με συχνότητα δειγματοληψίας πενταπλάσια της συχνότητας του σήματος παρατηρούμε, σε σύγκριση με τα παραπάνω, μια κακής ποιότητας δειγματοληψία με 5 δείγματα ανά περίοδο (βλ. την παρακάτω γραφική παράσταση), που ωστόσο αρκεί ώστε να έχουμε τη δυνατότητα ανακατασκευής του σήματος. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με το θεώρημα δειγματοληψίας, η ελάχιστη συχνότητα που το επιτρέπει αυτό είναι η $f_s = 2 \cdot f_m = 18 \text{ kHz}$, που ταυτίζεται με το διπλάσιο του εύρους ζώνης του σήματος στο πεδίο Fourier. Αποφεύγεται έτσι το aliasing.



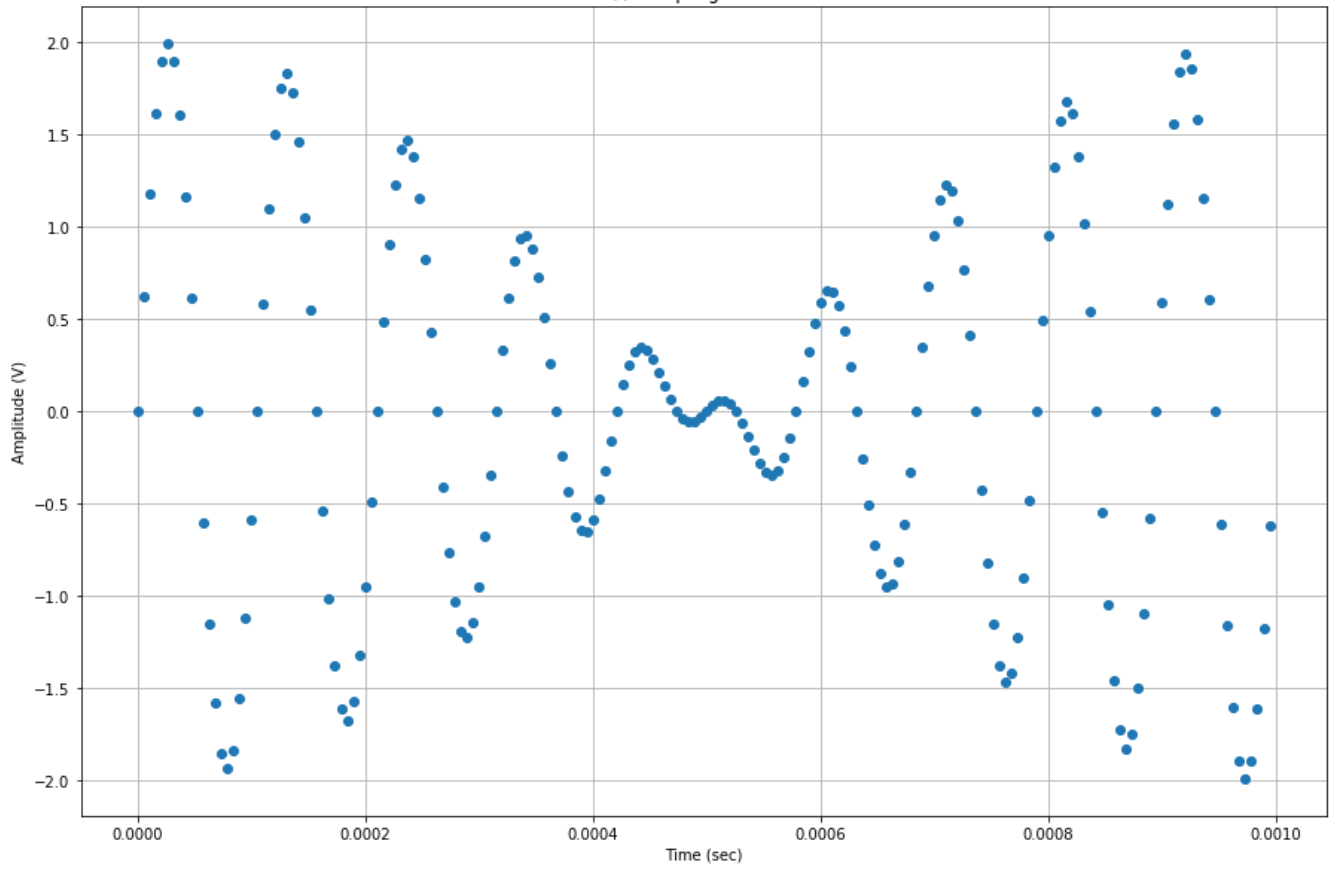
• 1^ο Ερώτημα – Μέρος γ':

Το σήμα z είναι ουσιαστικά η σύνθεση 2 ταλαντώσεων παραπλήσιων συχνοτήτων, οπότε έχουμε την εμφάνιση διακροτημάτων, με συχνότητα ίση με το μέτρο της διαφοράς των επιμέρους συχνοτήτων. Εφαρμόσαμε δειγματοληψία με βάση τη συχνότητα ταλάντωσης, δηλ. το ημίθροισμα των επιμέρους συχνοτήτων και απεικονίζουμε 1 περίοδο διακροτήματος.

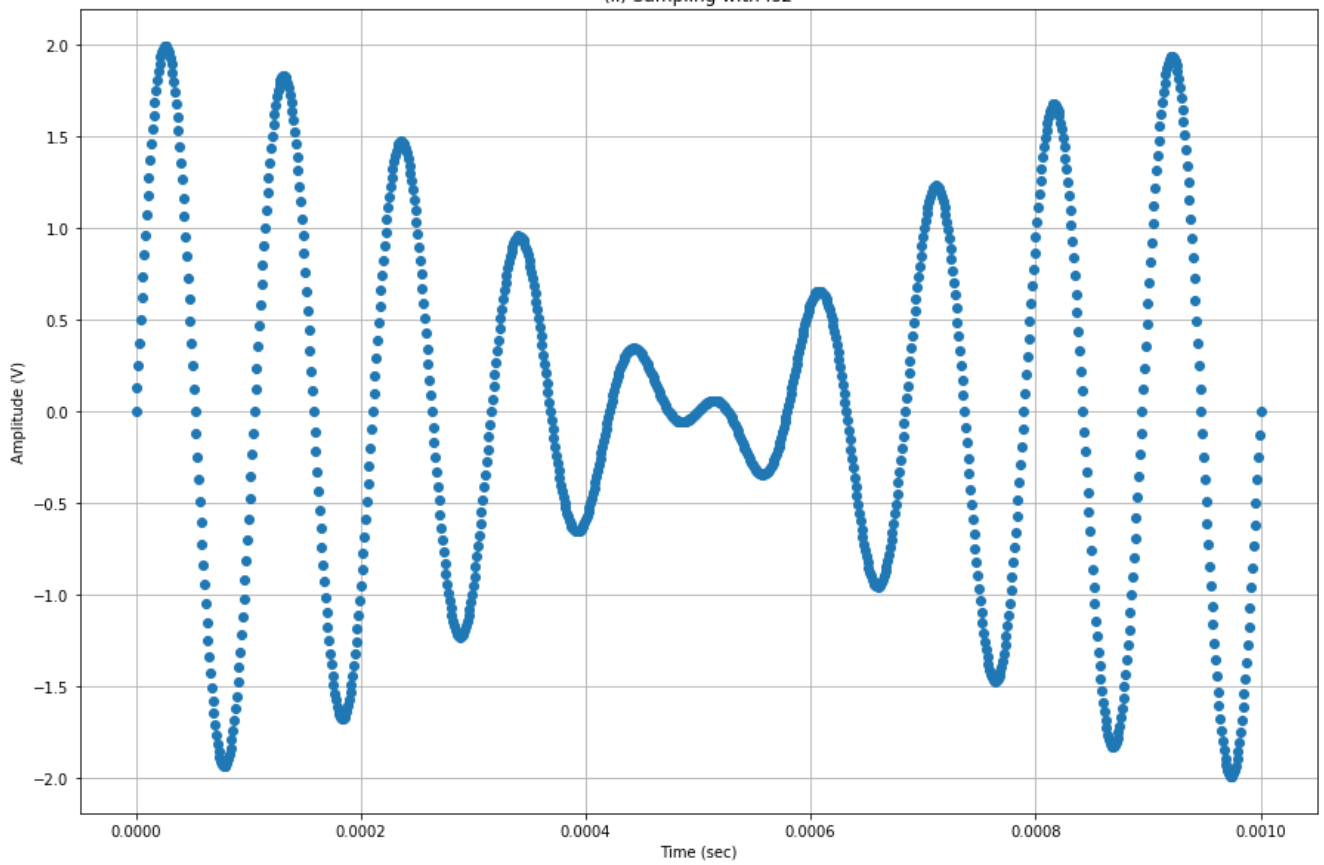
Παρατίθενται τα 3 διαγράμματα του α' καθώς και το διάγραμμα του β' με δειγματοληψία συχνότητας πενταπλάσιας της συχνότητας ταλάντωσης, για την οποία ισχύουν οι ίδιες με πριν παρατηρήσεις. Σύμφωνα με το θεώρημα δειγματοληψίας και εδώ η ελάχιστη συχνότητα, ώστε να είναι δυνατή η ανακατασκευή, είναι $f_s = 2 \cdot (f_m + \Delta) = 20 \text{ kHz}$, το διπλάσιο δηλαδή της μεγαλύτερης επιμέρους συχνότητας.

Αυτό ισχύει καθώς στη προκειμένη περίπτωση η μεγαλύτερη επιμέρους συχνότητα ταυτίζεται με το εύρος ζώνης B του σήματος z στο πεδίο Fourier και το θεώρημα δειγματοληψίας απαιτεί ελάχιστη συχνότητα ίση με $2B$.

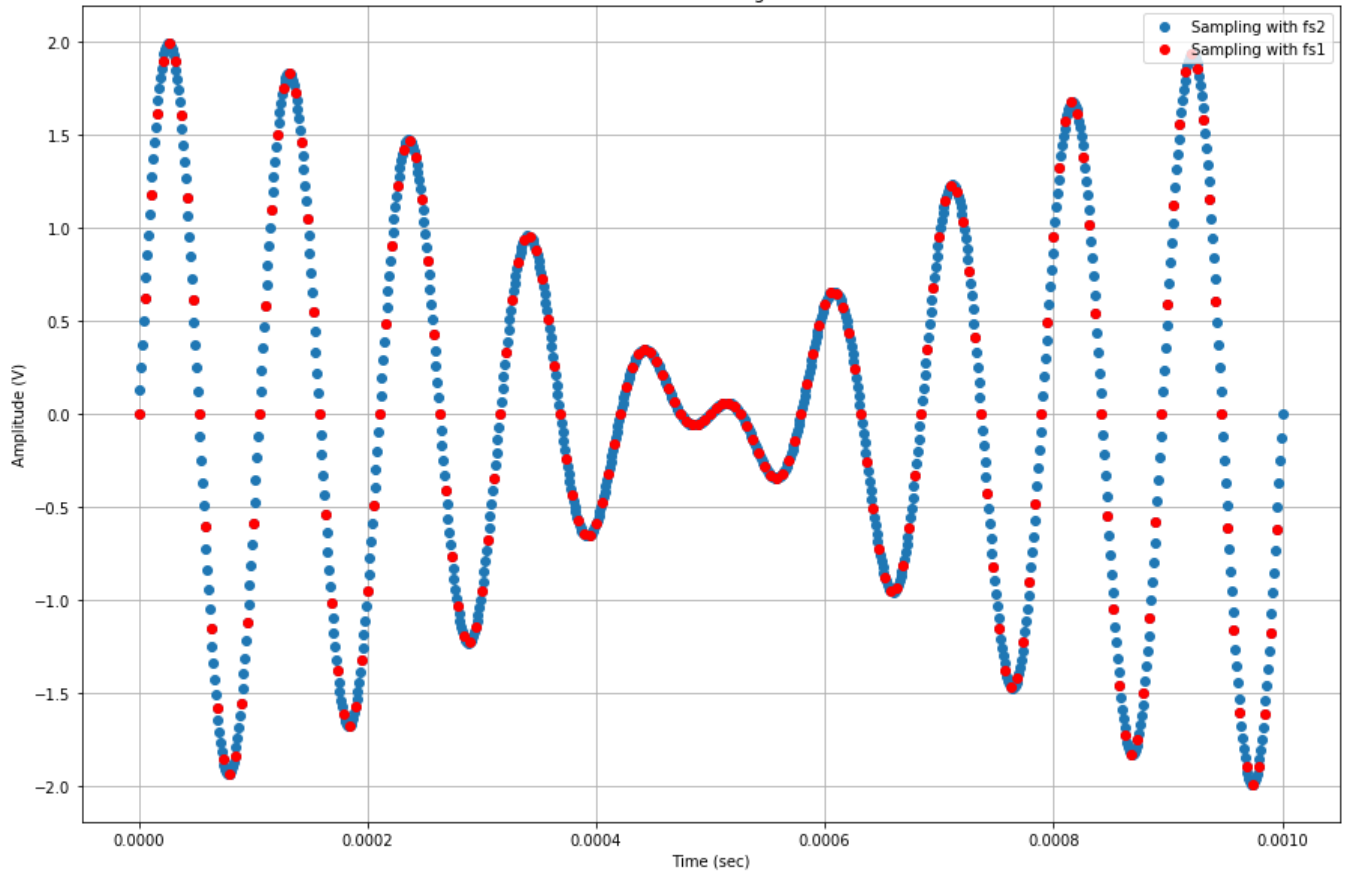
(i) Sampling with fs1



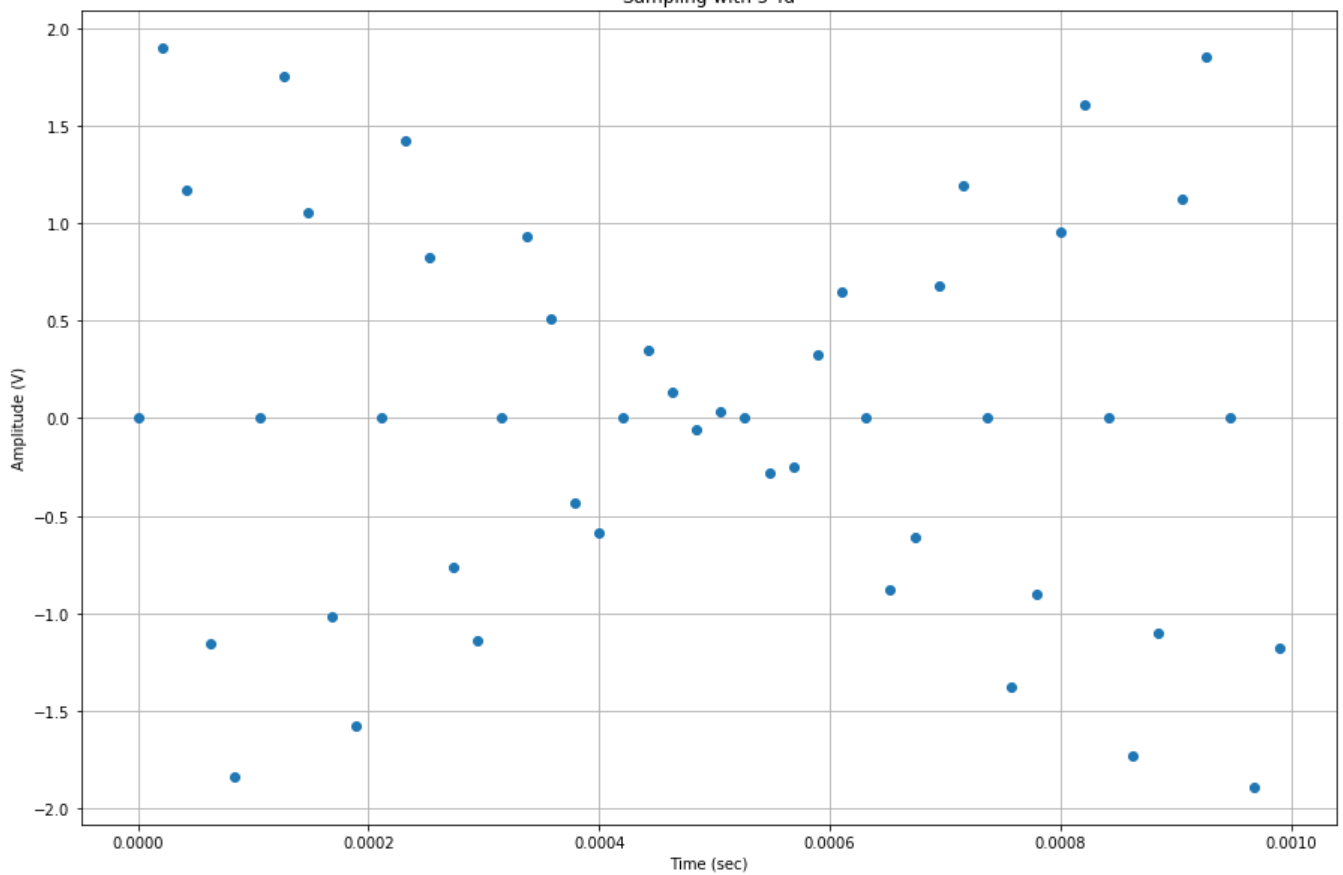
(ii) Sampling with fs2



(iii) Shared Diagram

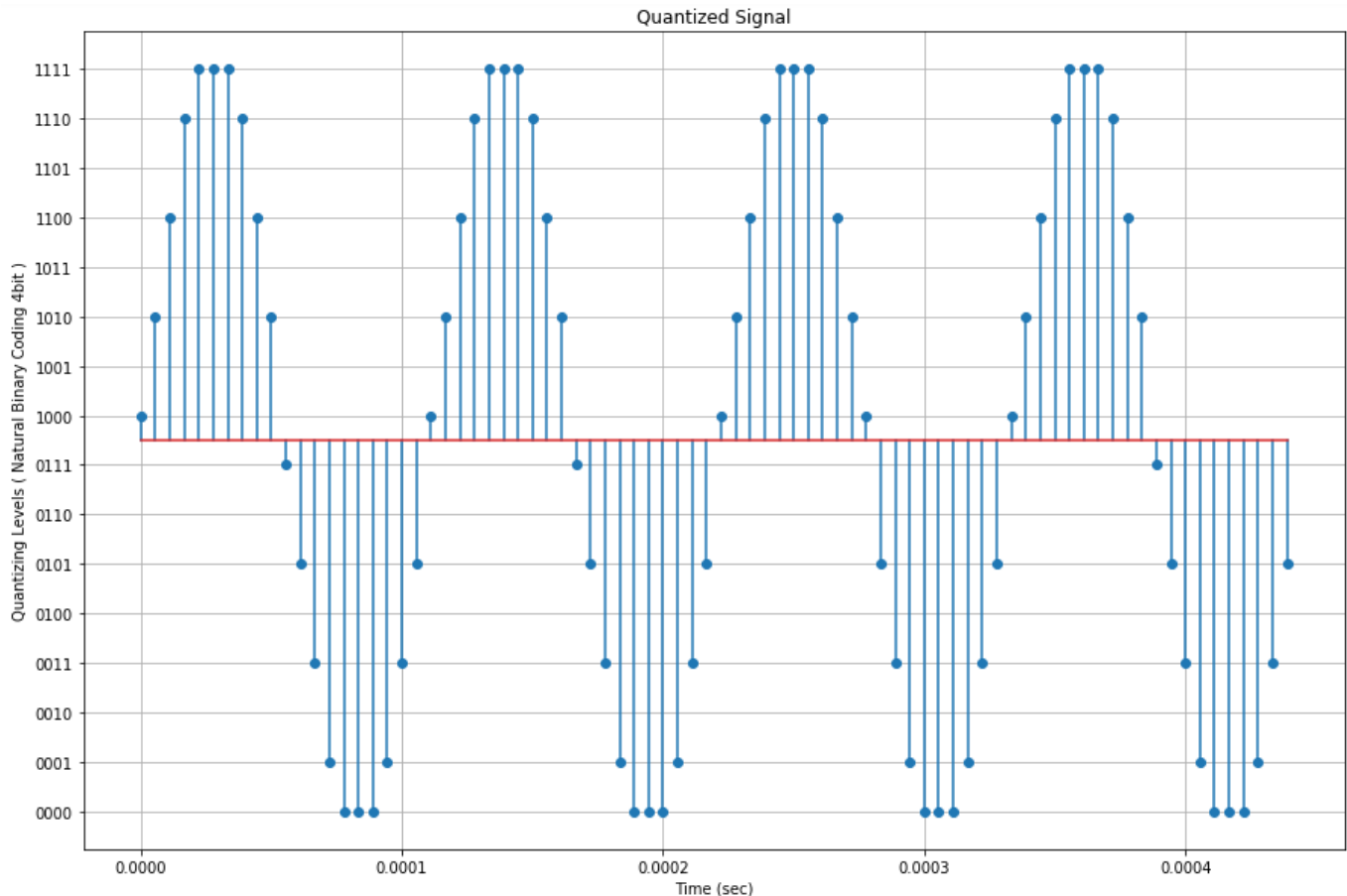


Sampling with 5*fd



- 2^ο Ερώτημα – Μέρος α΄:

Λόγω AM έχουμε περιττή $f_m=9\text{kHz}$ και επομένως ακολουθήθηκε μοντέλο κβάντισης **4bit**. Το ζητούμενο διάγραμμα για την έξοδο του κβαντιστή δίνεται παρακάτω. Πρόκειται για mid riser κβαντιστή, όπως καταδεικνύει η θέση του μηδέν στο μέσο της απόστασης μεταξύ των γειτονικών επιπέδων κβάντισης. Έτσι έχουμε καλύτερη προσέγγιση της συμπεριφοράς του σήματος σε τιμές κοντά στη μηδενική. Η κωδικοποίηση του κάθετου άξονα των 16 επιπέδων έγινε σε Natural Binary Coding.



- 2^ο Ερώτημα – Μέρος β΄:

Υπολογίσαμε την τυπική απόκλιση καθώς και τις παραμέτρους του SNR (διασπορά σήματος/διασπορά σφάλματος) με βάση τους τύπους της θεωρίας πιθανοτήτων:

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Για τη θεωρητική τιμή του SNR θέσαμε διασπορά σφάλματος ίση με το 1/12 του τετραγώνου του διαστήματος κβάντισης και πήραμε την ισχύ του όλου σήματος. Προκύπτουν τα εξής για 10 και 20 δείγματα αντίστοιχα:

Standard Deviation error for 10 terms: 0.0308338637667

SNR for 10 terms: 525.913241758 = 27.2091410588 dB

Standard Deviation error for 20 terms: 0.0308338637667

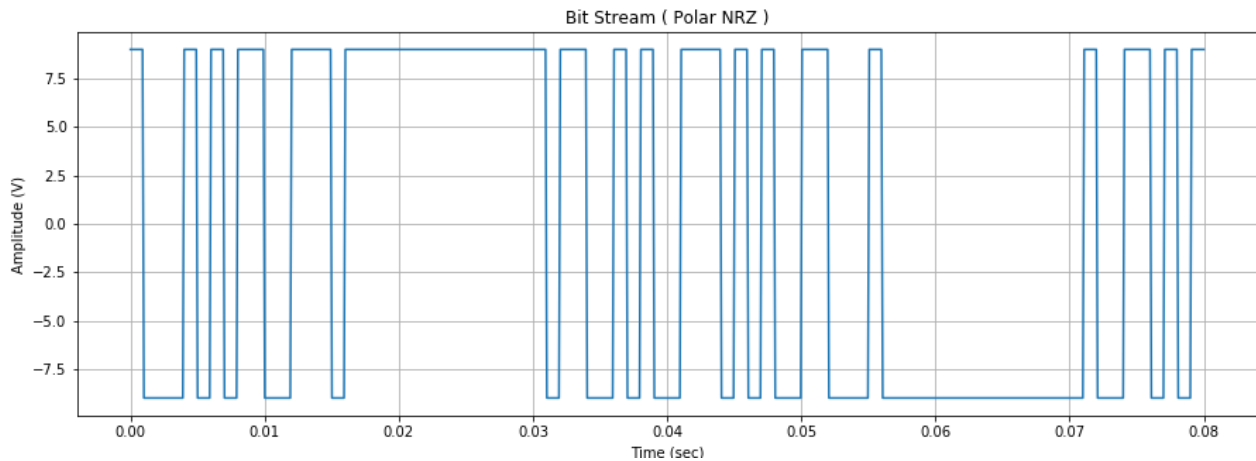
SNR for 20 terms: 525.913241758 = 27.2091410588 dB

Theoretical SNR: 384.0 = 25.8433122437 dB

Παρατηρούμε μικρότερο θεωρητικό SNR, που ίσως οφείλεται στο ότι αγνοούμε τη μέση τιμή των μεγεθών στους άλλους υπολογισμούς. Επίσης οι τιμές δεν μεταβάλλονται στις 2 περιπτώσεις. Αυτό οφείλεται στο ότι τα δείγματα συμπίπτουν με 1 και 2 περιόδους του σήματος, με αποτέλεσμα να εμφανίζουν λόγω συμμετρίας τα ίδια χαρακτηριστικά. Επιβεβαιώσαμε πως αυτό ισχύει για κάθε δεκαδικό πολλαπλάσιο δειγμάτων.

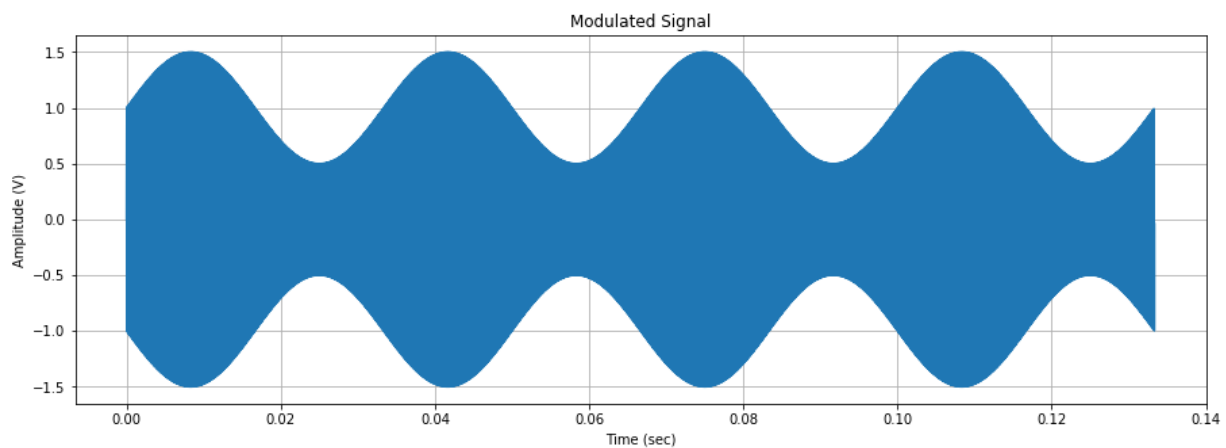
- 2^ο Ερώτημα – Μέρος γ΄:

Κατασκευάσαμε το ζητούμενο bit stream παίρνοντας για κάθε δείγμα το 4bit επίπεδο κβάντισης στο οποίο αντιστοιχεί. Με δεδομένο 1 msec για κάθε bit και για τις ανάγκες της απεικόνισης πήραμε 10 τιμές ανά msec. Στη συνέχεια έγινε η παρακάτω κωδικοποίηση POLAR NRZ σε παλμοσειρά για μία περίοδο:



- 3^ο Ερώτημα – Μέρος α΄:

Απεικονίζουμε το διαμορφωμένο κατά AM σήμα με δείκτη 0.5 (4 περίοδοι):



- 3^ο Ερώτημα – Μέρος β΄:

Υλοποιήσαμε ομόδυνη φώραση για το διαμορφωμένο σήμα, η οποία περιλαμβάνει πρώτα πολλαπλασιασμό με το φέρον και στη συνέχεια εφαρμογή κατάλληλου βαθυπερατού φίλτρου. Αφαιρώντας τη καθυστέρηση του φίλτρου και αποκόπτοντας τη dc συνιστώσα παίρνουμε το σήμα εξόδου το οποίο ταυτίζεται με το σήμα πληροφορίας στην είσοδο. Αυτό φαίνεται καθώς απεικονίζουμε m και έξοδο στο ίδιο διάγραμμα:

