Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες

Εργαστηριακή Άσκηση 1

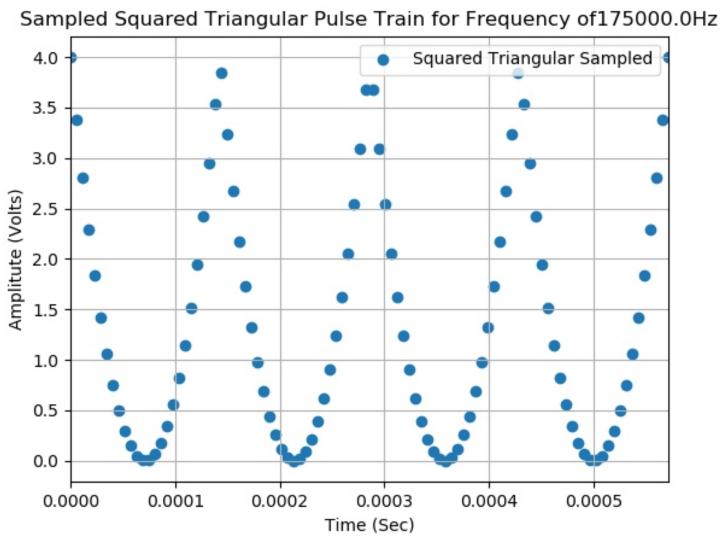
Η εργαστηριακή αναφορά αυτή εκπονείται από τον Κωνσταντίνο Κωστόπουλο, φοιτητή του 3ου έτους της ΣΗΜΜΥ με ΑΜ:03117043.

Για τον κώδικα ισχύει f_m=7000 Hz, και η κβάντιση θα γίνει με 5 bits.

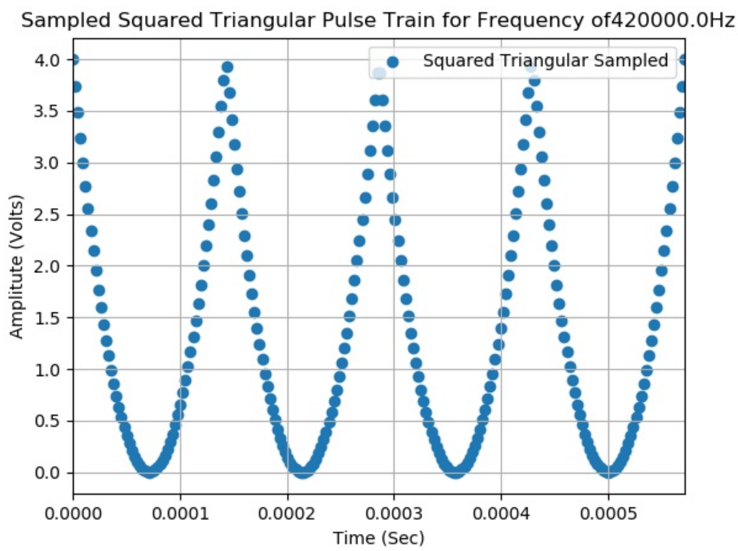
1ο Ερώτημα

α) Δειγματοληπτώντας το sq_triangle(t) για $f_{s1}=25f_m$ και $f_{s2}=60f_m$ προέκυψαν οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις:

i. Για $f_{s1}=25f_m$:

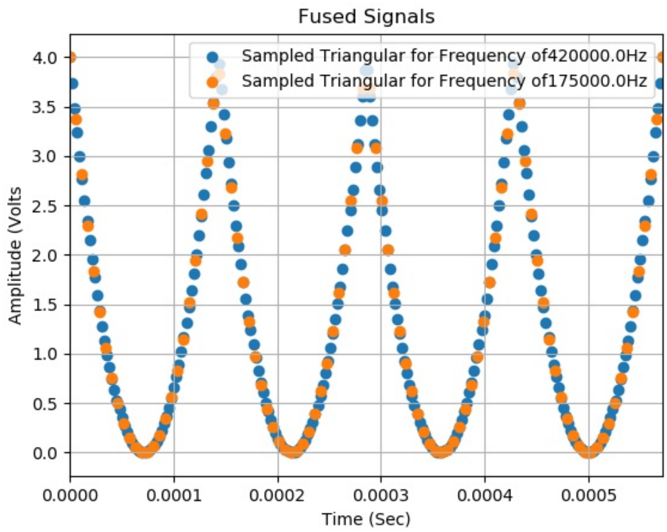


ii. Για $f_{s2}=60f_m$:

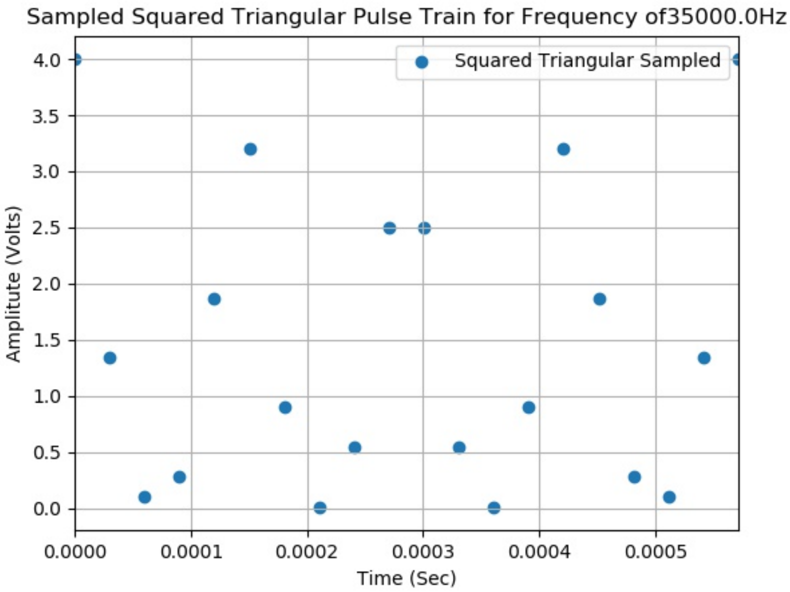


Παρατηρούμε ότι για μεγαλύτερη συχνότητα δειγματοληψίας υπάρχουν περισσότερα δείγματα, όπως ήταν αναμενόμενο.

iii. Σε κοινό διάγραμμα:



b) Για $f_s=5f_m$ προκύπτει το εξής διάγραμμα:



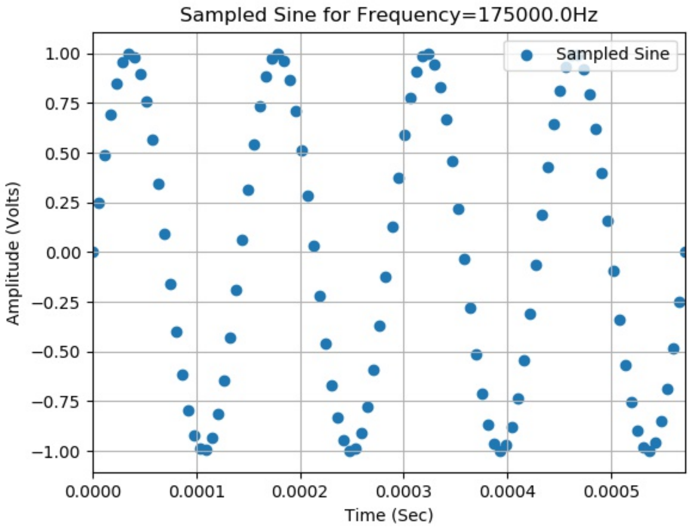
Ελαττώνοντας τη συχνότητα δειγματοληψίας είναι προφανές ότι ο αριθμός δειγμάτων μικραίνει. Αυτός είναι, λοιπόν, ο λόγος που είναι σχεδόν μη αντιληπτή η συνάρτηση μετά τη δειγματοληψία για $f_s=5f_m$.

Όσον αφορά την ελάχιστη θεωρητική συχνότητα δειγματοληψίας, από θεώρημα Nyquist-Shannon είναι γνωστό ότι η ανακατασκευή του σήματος γίνεται για συχνότητες δειγματοληψίας τουλάχιστον διπλάσιες του εύρους ζώνης του αρχικού σήματος. Έτσι, αφού για να ανακατασκευαστεί ένα σήμα από τα δείγματά του πρέπει να ισχύει $f_s \geq 2W$, όπου W το εύρος ζώνης του σήματος. Στην προκειμένη, λοιπόν, αφού $W=f_m=7$ kHz, η ελάχιστη συχνότητα δειγματοληψίας είναι 14 kHz.

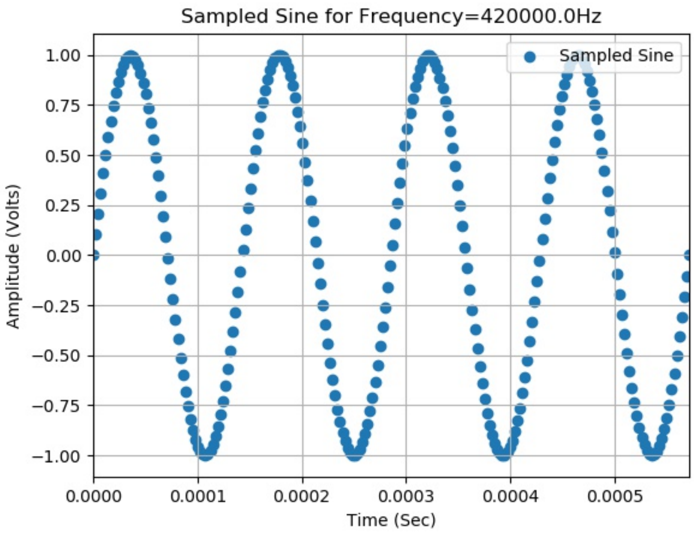
c) Επαναλαμβάνουμε τα υποερωτήματα α,β για το σήμα $z(t)=\sin(2\pi f_m t)$.

i. Από το ερώτημα α' προκύπτει:

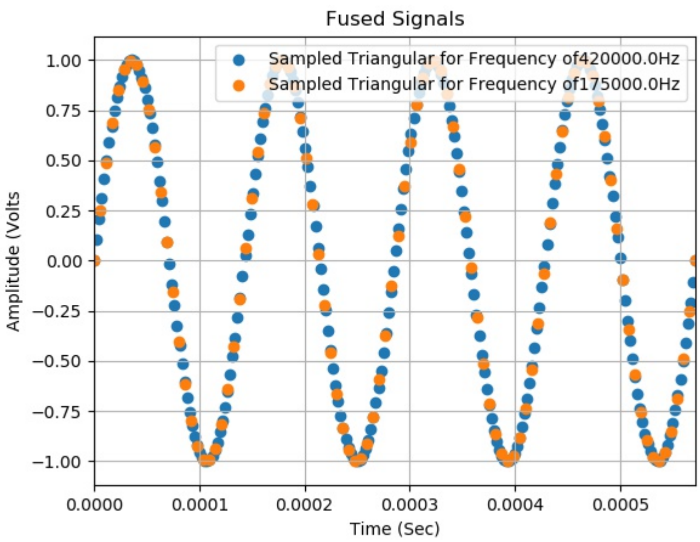
- Για $f_{s1}=25f_m$:



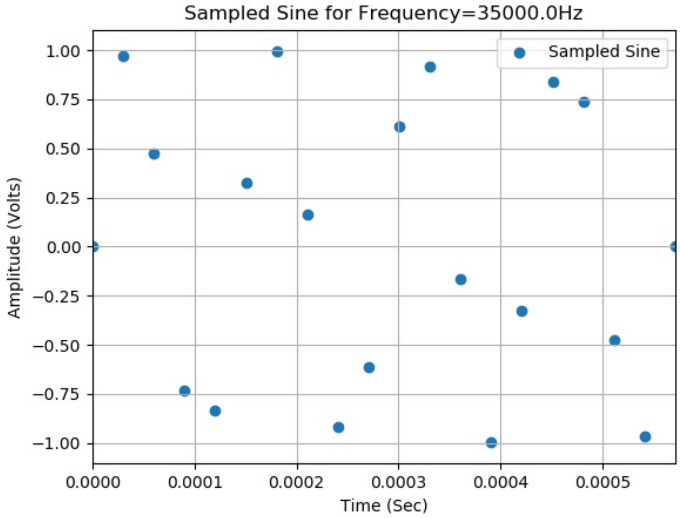
- Για f_{s2}=60f_m:



- Και, σε κοινό διάγραμμα:



Από το β’ ερώτημα προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα από το οποίο είναι προφανές ότι το σήμα πάλι οριακά ανακατασκευάζεται.

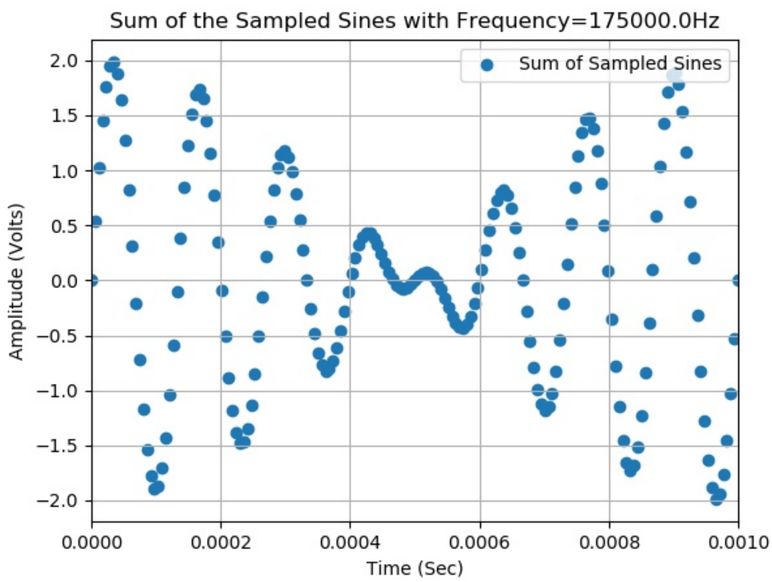


ii. Εδώ έχουμε 1 περίοδο, αντί για 4 που είχαμε πριν. Για $q(t)=z(t)+A\sin(2\pi(f_m+\Lambda)t)$ για A=1V , Λ=1kHz επαναλαμβάνω τα α’,β’.

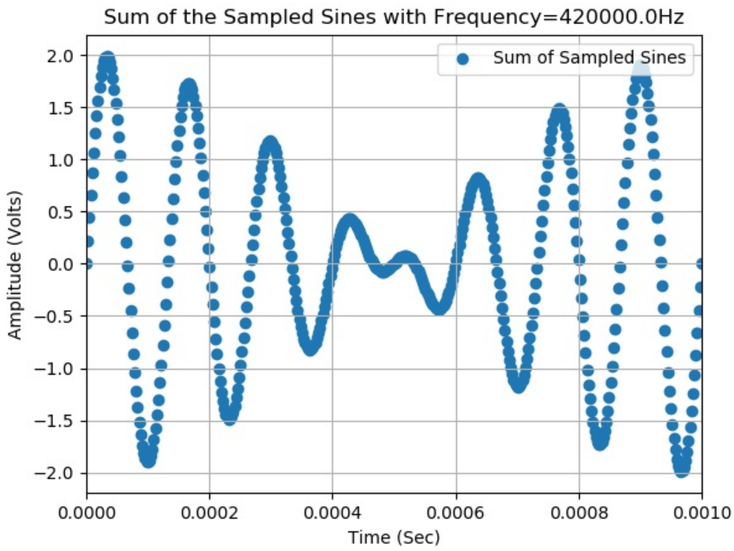
Το σήμα που προκύπτει είναι διακρότημα, καθώς πρόκειται για άθροισμα ημιτόνων με παραπλήσιες συχνότητες.

Από α’, λοιπόν, έχουμε:

- Για $f_{s1}=25f_m$:

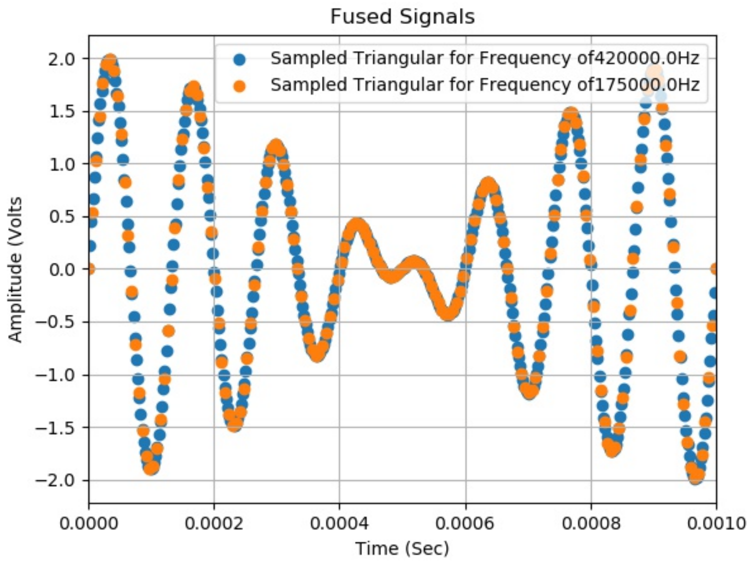


- Για $f_{s2}=60f_m$:

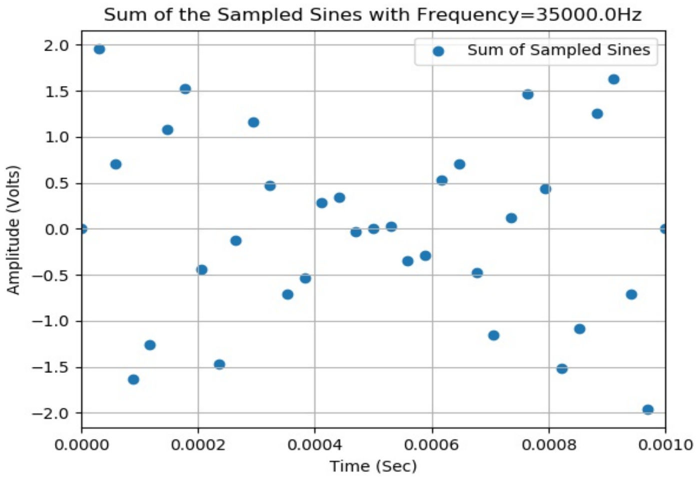


Πάλι φαίνεται ότι για μεγαλύτερη f_s έχουμε περισσότερα δείγματα και, συνεπώς, καλύτερη δειγματοληψία.

- Και, σε κοινό διάγραμμα:



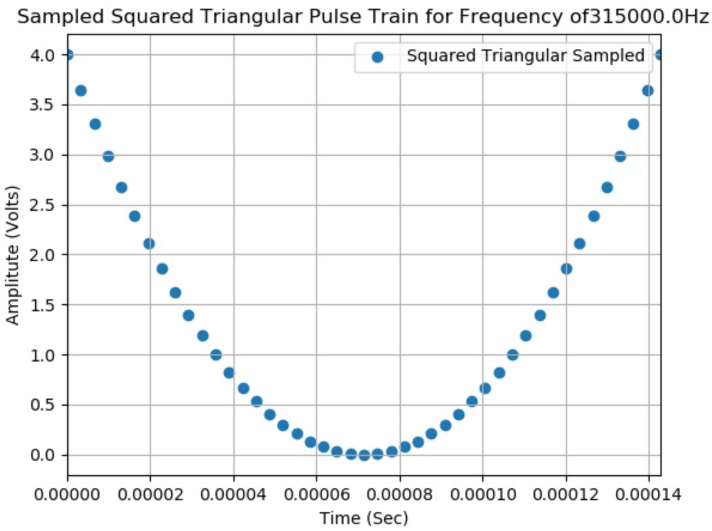
Από β’ ερώτημα προκύπτει:

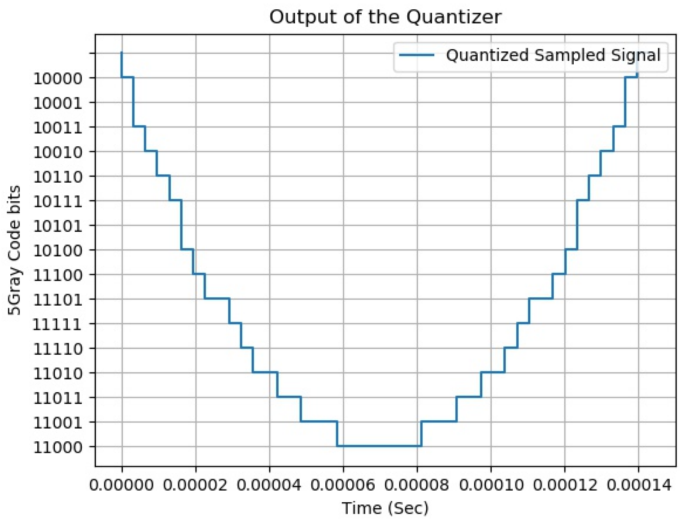


Το φάσμα εδώ είναι W=(f_m+Λ)Hz=8000Hz, άρα η συχνότητα Nyquist είναι **2W=16kHz.**

2ο Ερώτημα

α) Η έξοδος του κβαντιστή έπειτα από κβάντιση με 5 bits χρησιμοποιώντας την κωδικοποίηση Gray απεικονίζεται στην $2^{η}$ εικόνα, για έξοδος σήματος που έχει δειγματοληφθεί ($1^{η}$ εικόνα).





b) Η τυπική απόκλιση του σφάλματος κβάντισης είναι:

i. Για τα 10 πρώτα δείγματα: **0.0406593598725838**

ii. Για τα 20 πρώτα δείγματα: **0.0279836906516282**

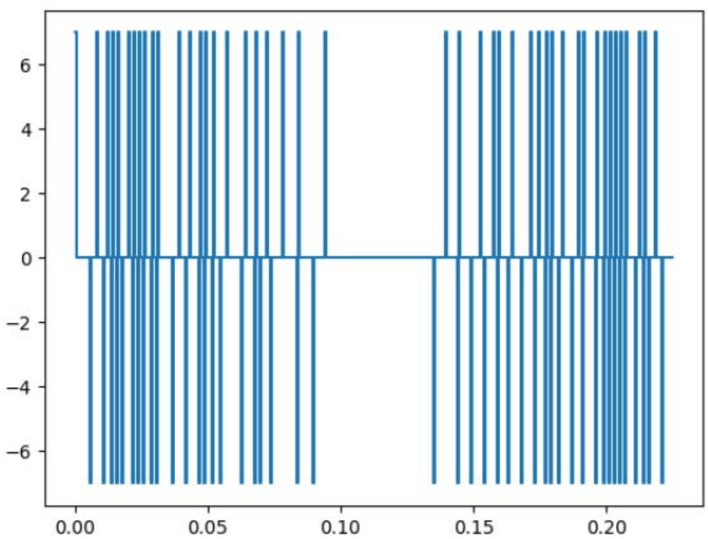
iii. Για το SNR (signal to noise ratio) κβάντισης έχουμε:

- Για τα 10 πρώτα δείγματα: **4777.8119525619 ή 36.79 dB (10*log(SNR))**
- Για τα 20 πρώτα δείγματα: **3319.96574413596 ή 35.211 dB (10*log(SNR))**

$$SNR = 20 * \log\left(\frac{Vrms}{Uqn}\right) = 6.02N + 1.76$$

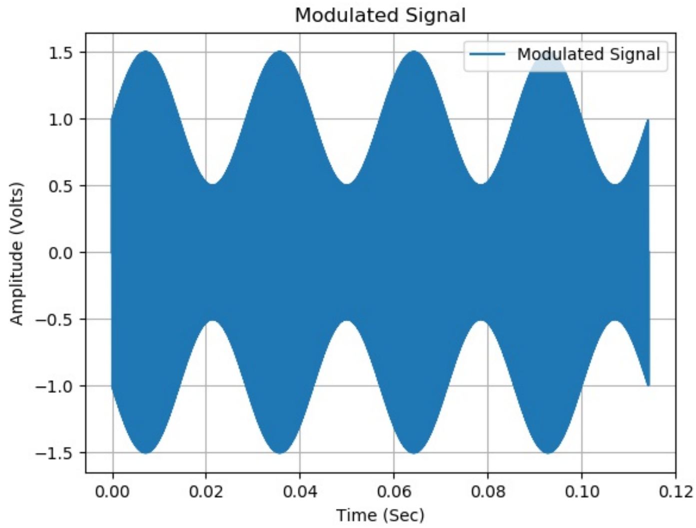
Για N=5 λοιπόν προκύπτει SNR=31.86 dB. Όσο αυξάνεται ο αριθμός δειγμάτων μειώνεται, λοιπόν, το SNR μέχρι να φτάσουμε να μετράμε μία μόνο περίοδο. Από εκεί και πέρα ο σηματοθορυβικός λόγος είναι σχεδόν σταθερός

c) Για bipolar rz κωδικοποίηση γραμμής προκύπτει το διάγραμμα:

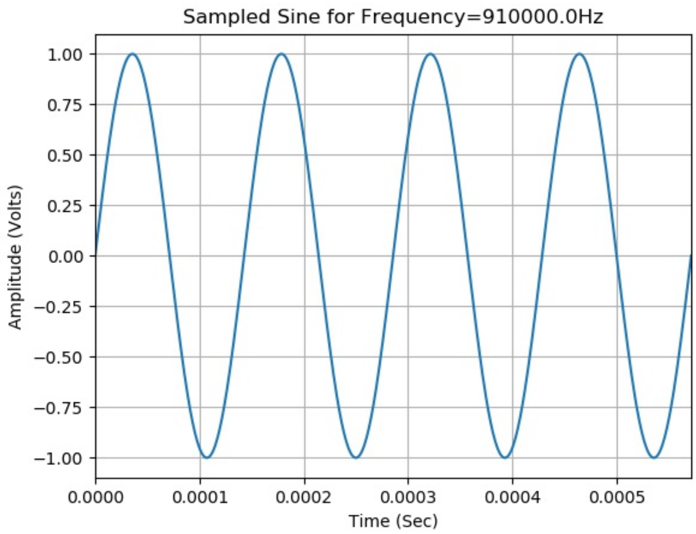


3ο Ερώτημα

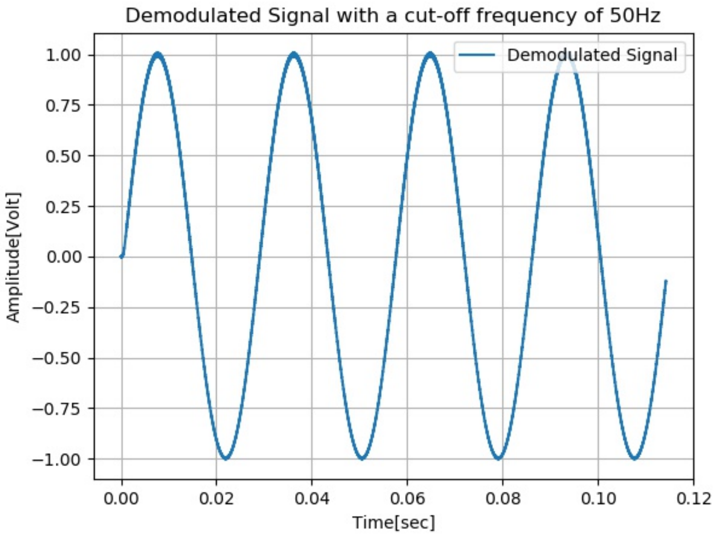
a) Το διαμορφωμένο κατά πλάτος σήμα για 4 περιόδους του σήματος πληροφορίας m(t)=sin(2π35t) με φέρον σήμα το αποτέλεσμα της δειγματοληψίας του z(t) για f_s=130f_m είναι:



Παρακάτω απεικονίζεται το δειγματοληπτημένο σήμα του z(t) με συχνότητα δειγματοληψίας f_s=130f_m



b) Με χρήση των εντολών signal.firwin(), signal.lfilter() προκύπτει το παρακάτω διάγραμμα. Πιο συγκεκριμένα, περνώντας το διαμορφωμένο σήμα από LPF με cut-off frequency (εδώ επιλέγω 50 Hz) λίγο μεγαλύτερη της συχνότητας του σήματος πληροφορίας (εδώ 35 Hz) και αφαιρώντας τη DC τιμή πετυχαίνω την αποδιαμόρφωση (πρέπει να χρησιμοποιήσω και ένα κέρδος σχετικό με το δείκτη διαμόρφωσης). Ως 2ος τρόπος θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ο μετασχηματισμός Hilbert μέσω της εντολής signal.hilbert().


Demodulated Signal with a cut-off frequency of 50Hz
Demodulated Signal
Amplitude[Volt]
Time[sec]
1.00
0.75
0.50
0.25
0.00
−0.25
−0.50
−0.75
−1.00
0.00
0.02
0.04
0.06
0.08
0.10
0.12