

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ



ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

(2019-2020)

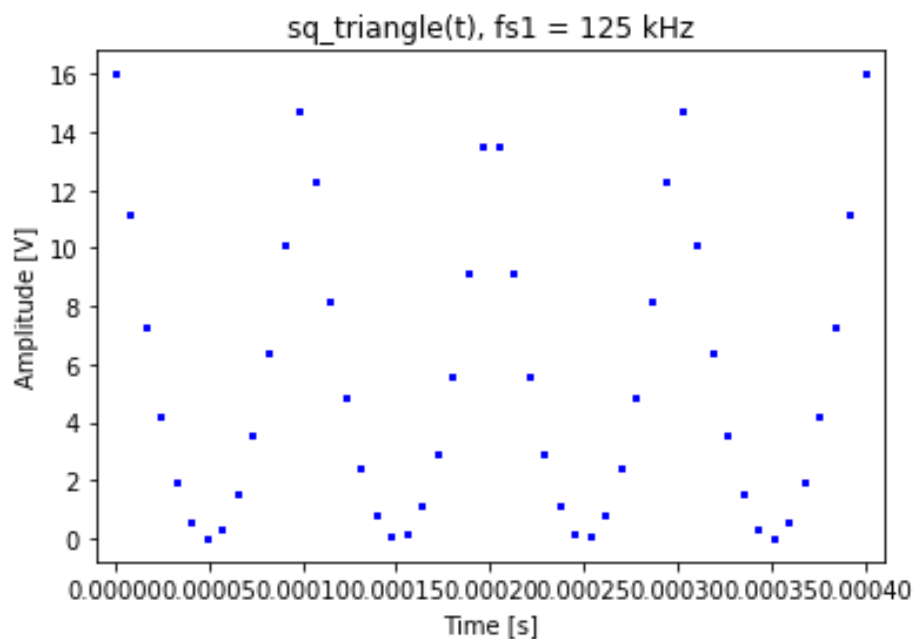
1^η ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ

1^ο Ερώτημα

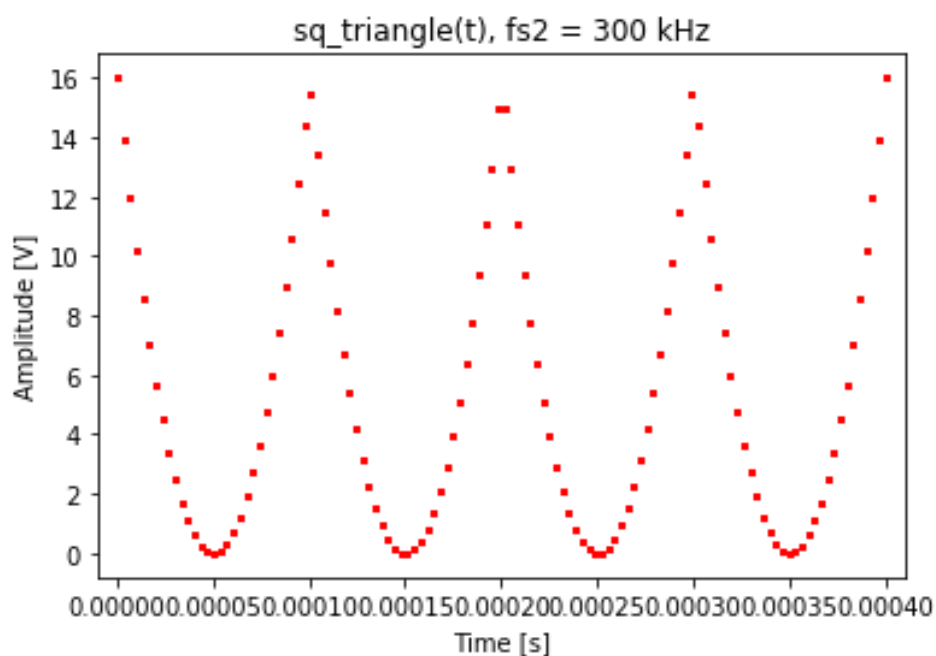
Έστω σήμα $\text{sq_triangle}(t)$ που είναι το τετράγωνο της τριγωνικής περιοδικής παλμοσειράς. Το σήμα έχει πλάτος $A = 4 \text{ V}$ και συχνότητα $f_m = 5 \text{ kHz}$.

a) Μετά την δειγματοληψία του σήματος $\text{sq_triangle}(t)$ με τις συχνότητες, $f_{s1} = 25f_m$ και έπειτα με $f_{s2} = 60f_m$ προκύπτουν οι παρακάτω γραφικές παραστάσεις:

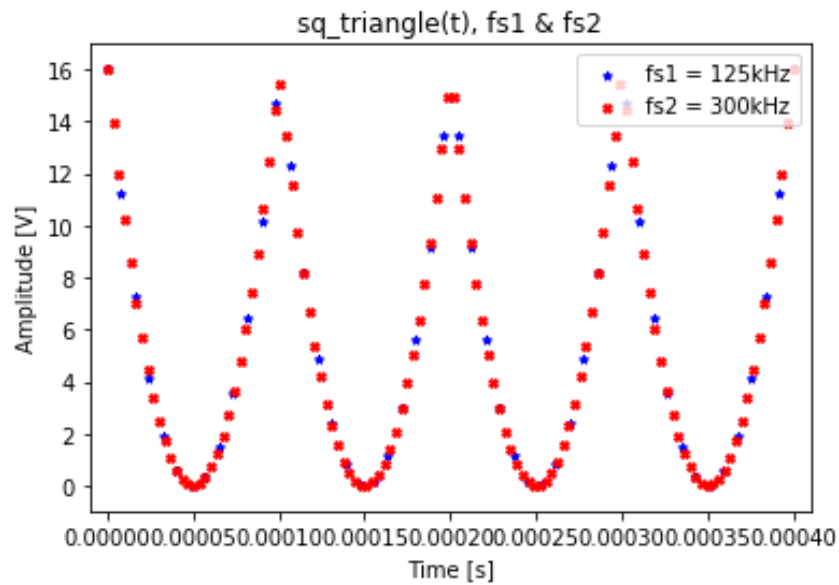
i. Με την συχνότητα f_{s1} :



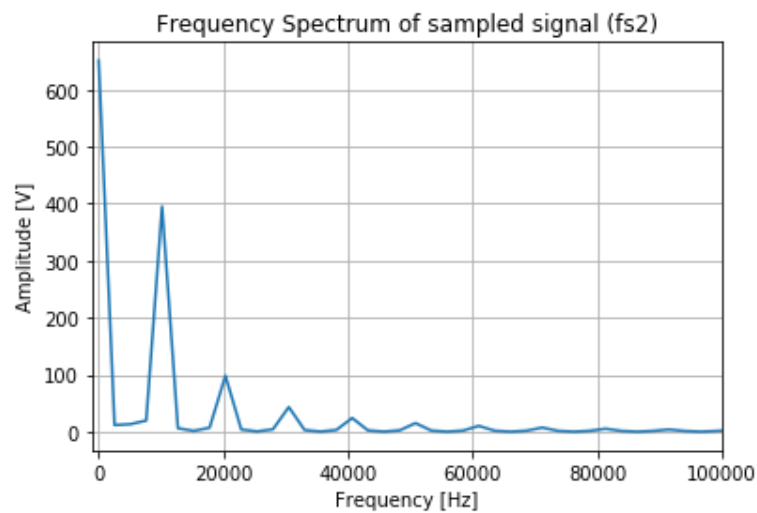
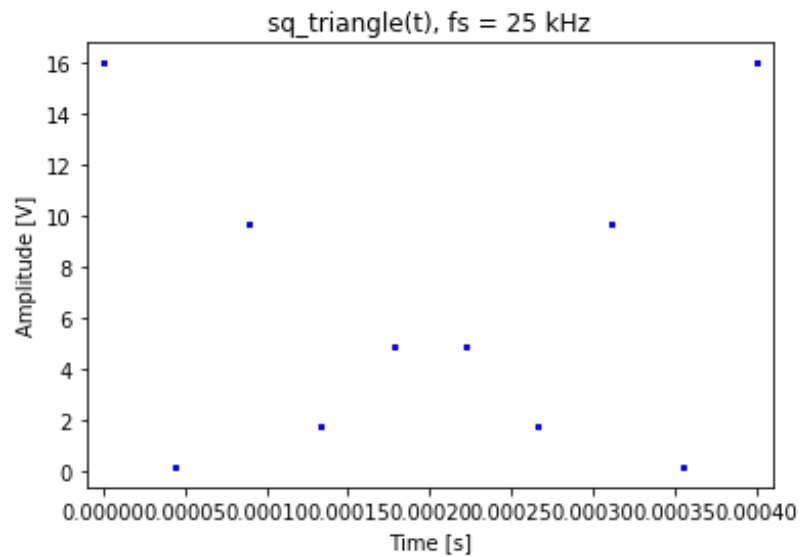
ii. Με την συχνότητα f_{s2} :

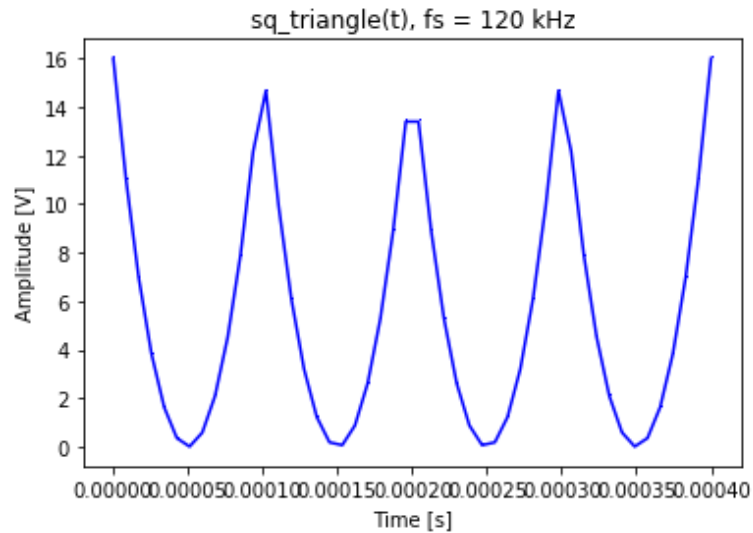


iii. Σε κοινό διάγραμμα:



b) Για δειγματοληψία με $f_s = 5f_m$ προκύπτει:





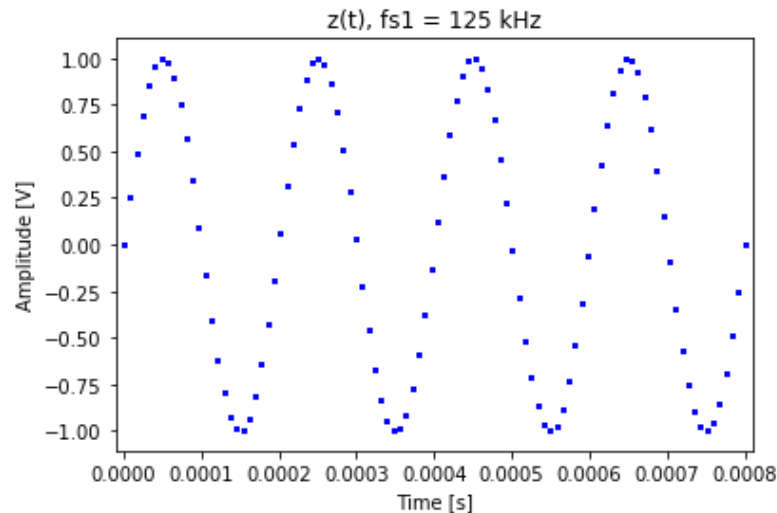
Σχόλια:

- Όταν το σήμα δειγματοληφθεί με $f_s = 5f_m$ προκύπτει μικρός αριθμός δειγμάτων, γεγονός το οποίο καθιστά αδύνατη την πλήρη ανακατασκευή του σήματος από το αρχικό.
- Επειδή το σήμα είναι περιοδικό, πράγμα που ισοδυναμεί με άπειρο εύρος ζώνης, υπολογίζεται από τον Μετασχηματισμό Fourier τότε το φάσμα τείνει στο μηδέν και έτσι προκύπτει το bandwidth του σήματος B . Απαραίτητη προϋπόθεση για την εύρεση της ελάχιστης θεωρητικής f_s ώστε να είναι εφικτή η πλήρης ανακατασκευή του σήματος καθίσταται η συνθήκη $f_s > 2B$.

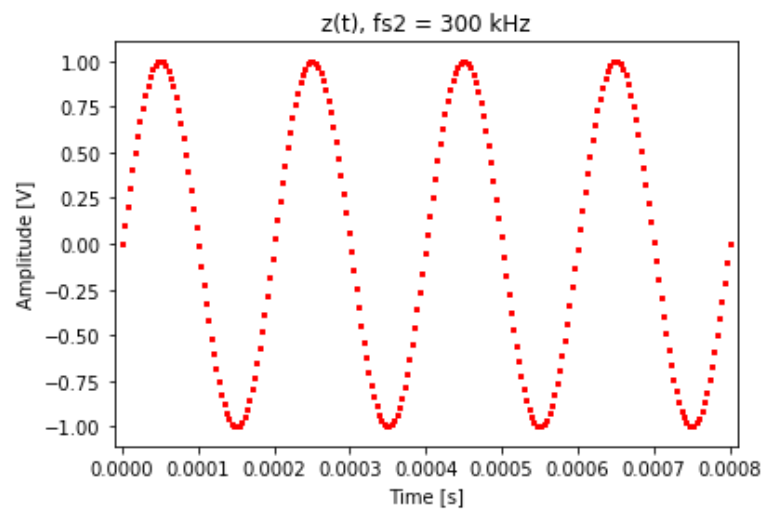
c) Έστω ημίτονο $z(t) = A \sin(2\pi f_m t)$ πλάτους $A = 1$ V και συχνότητας $f_m = 5$ kHz.

i. Για το α' ισχύει ότι:

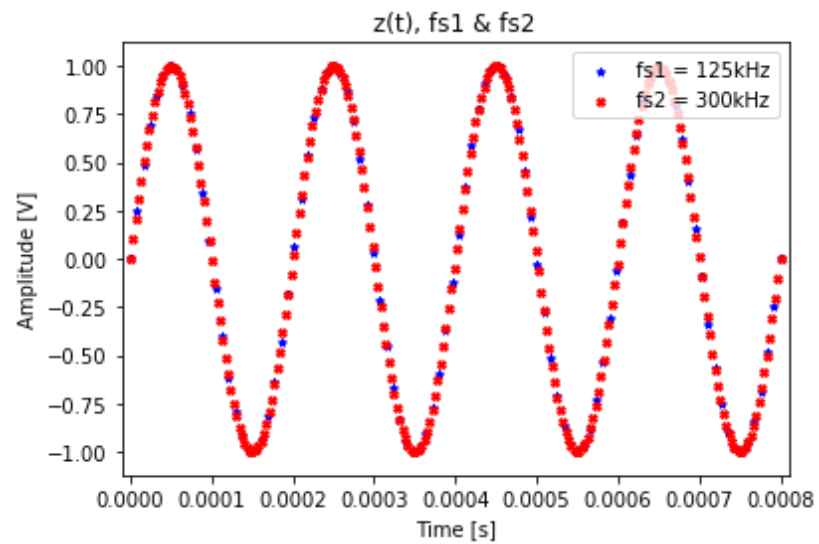
1. Με την συχνότητα f_{s1} :



2. Με την συχνότητα f_{s2} :

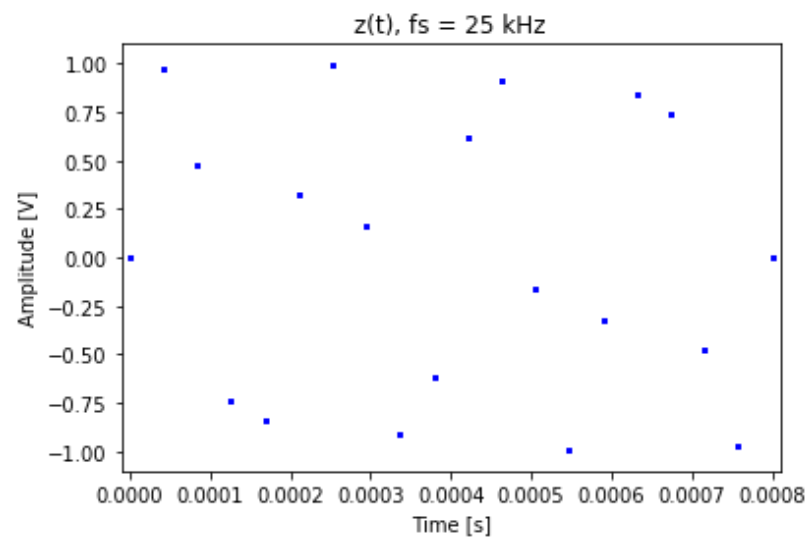


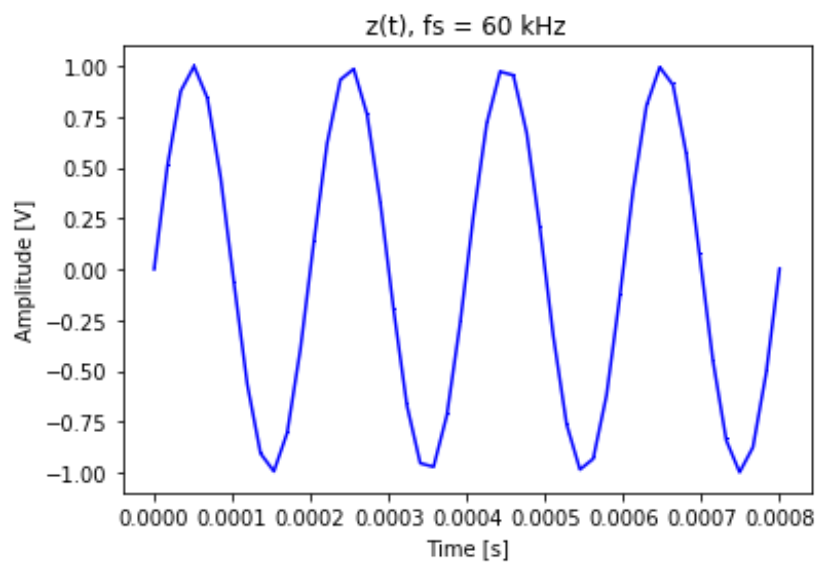
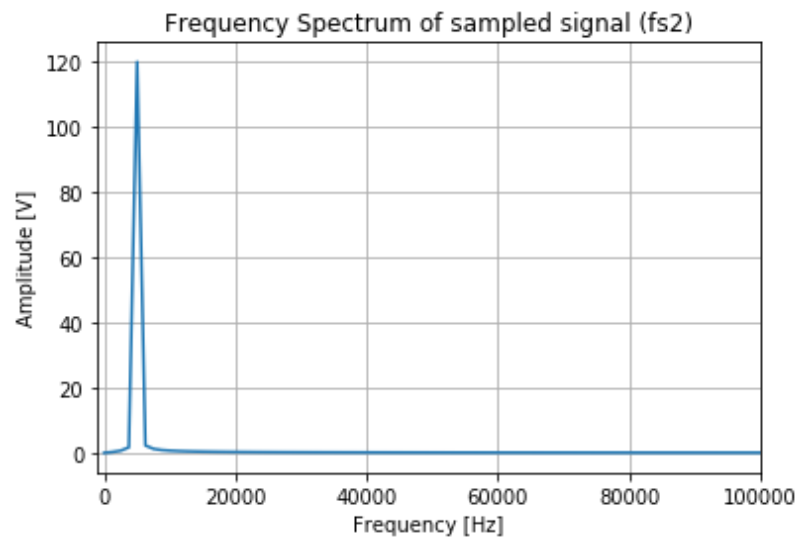
3. Σε κοινό διάγραμμα:



Για το β' ισχύει:

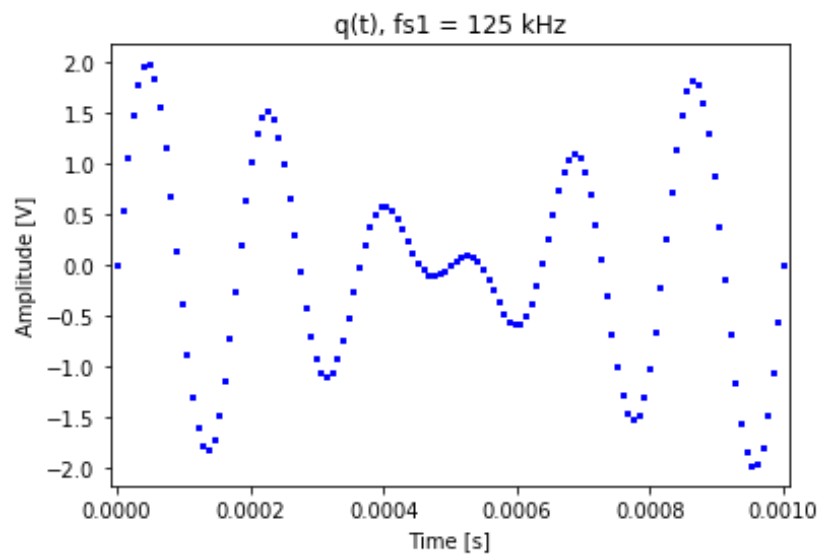
Για δειγματοληψία με $f_s = 5f_m$ προκύπτει:



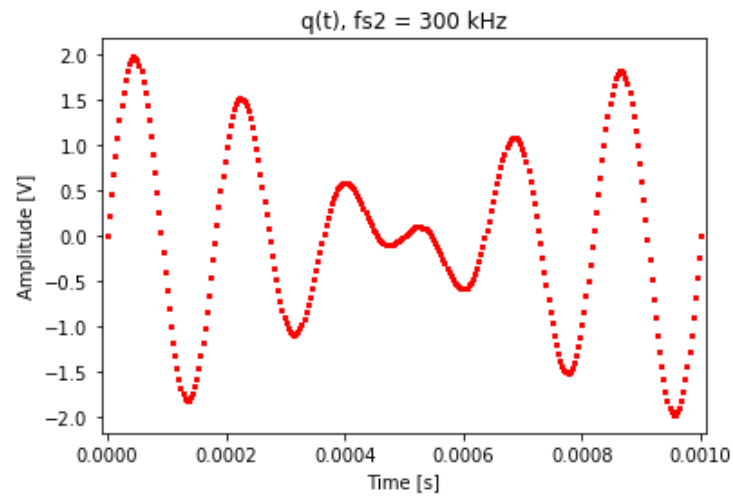


- ii. Για το σήμα $q(t) = z(t) + A \sin(2\pi(f_m + \Lambda)t)$, όπου $A = 1 \text{ V}$ και $\Lambda = 1 \text{ kHz}$.
Για το α' ισχύει ότι:

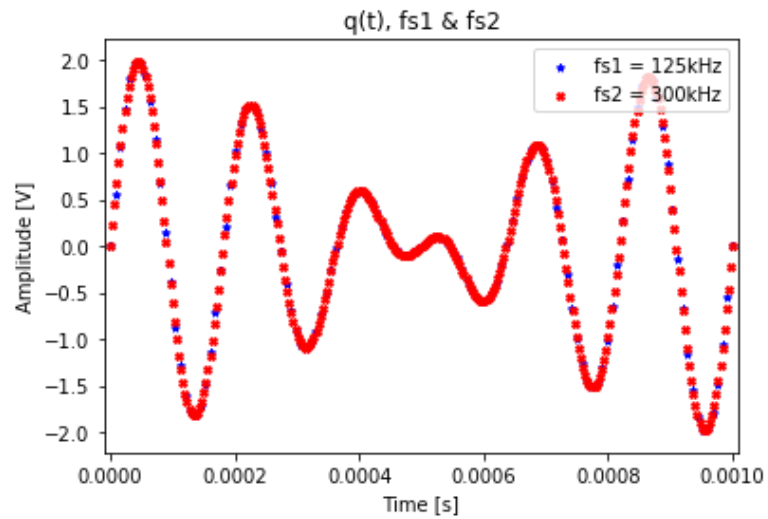
1. Με την συχνότητα f_{s1} :



2. Με την συχνότητα f_{s2} :

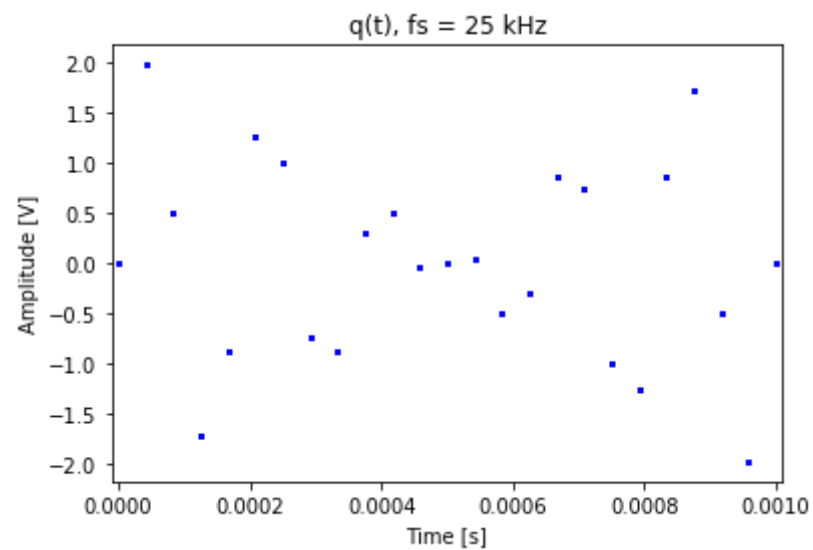


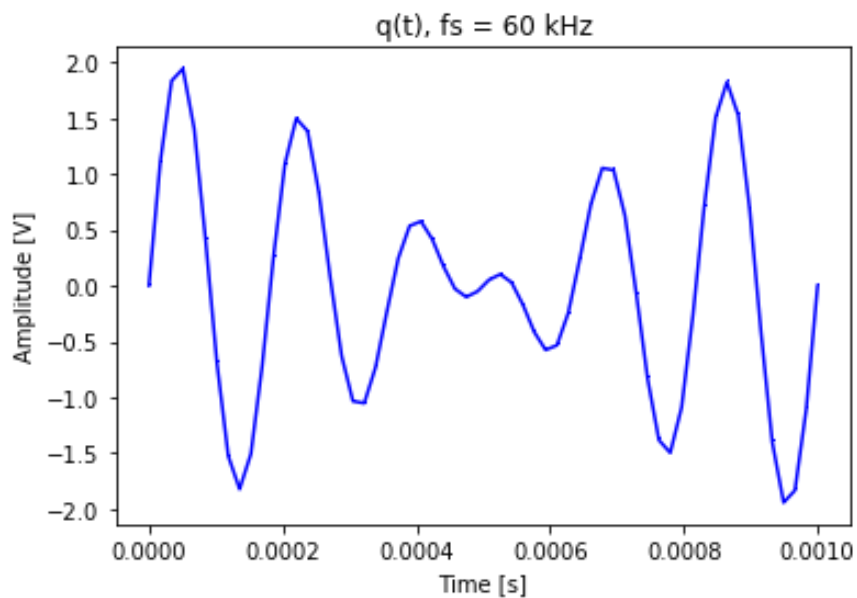
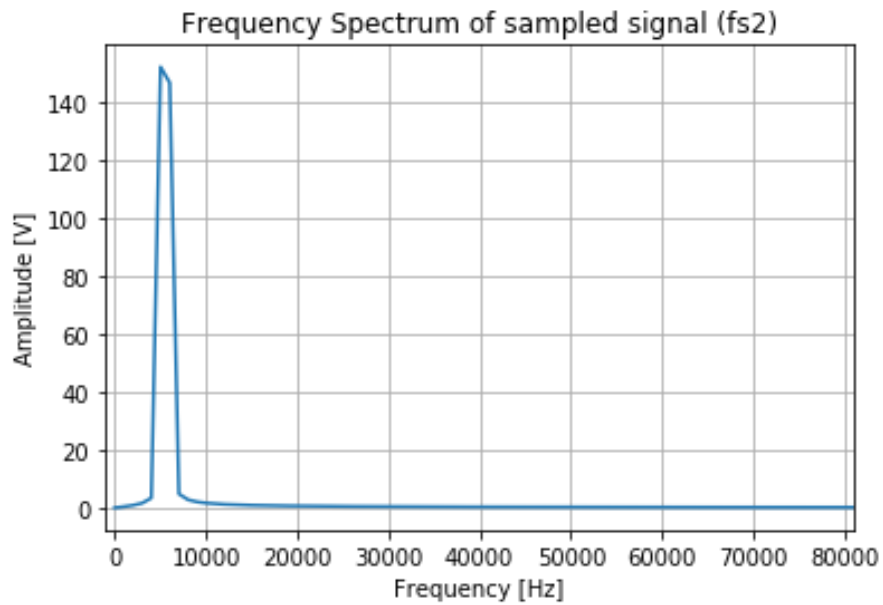
3. Σε κοινό διάγραμμα:



Για το β' ισχύει:

Για δειγματοληψία με $f_s = 5f_m$ προκύπτει:





Σχόλια:

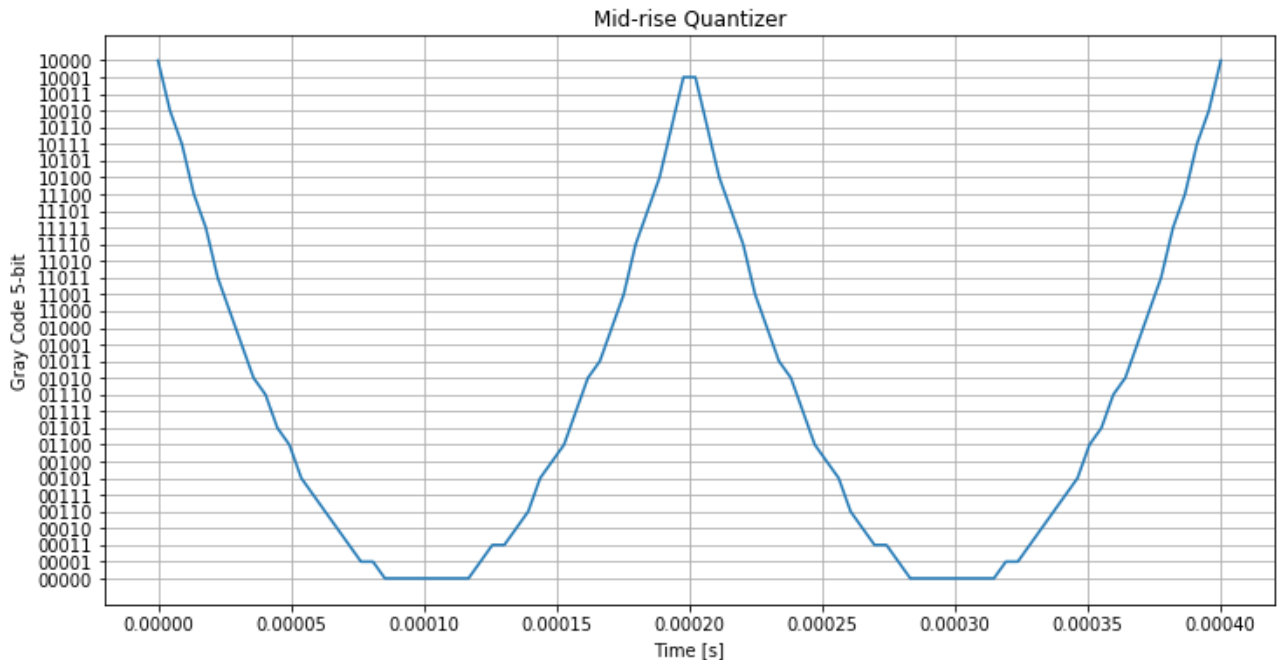
- Εκτός από τα σχόλια στον κώδικα, αξίζει να σημειωθεί ότι το σήμα που προκύπτει είναι ένα διακρότημα το οποίο προκύπτει ως άθροισμα δύο ημιτόνων.

Ισχύει: $\frac{1}{T\delta} = |\omega_1 - \omega_2| = 1 \text{ kHz}$

2^ο Ερώτημα

Ως είσοδος σε ομοιόμορφο κβαντιστή (mid riser) θεωρείται το σήμα $y(t)$ του 1^{ου} ερωτήματος μετά την δειγματοληψία συχνότητας $f_{s1} = 45f_m$. Η συχνότητα είναι περιττή ($f_m = 5$ kHz) οπότε γίνεται κβάντιση με 5 bits.

a) Απεικόνιση της εξόδου του κβαντιστή:



b) Υπολογισμός τυπικής απόκλισης σφάλματος κβάντισης:

i. Για τα 10 πρώτα δείγματα:

Standard Deviation = 0.04434264552936532

ii. Για τα 10 πρώτα δείγματα:

Standard Deviation = 0.04217864592386229

iii. SNR για 10 δείγματα: 4777,811952561921 ή 36.79 dB

SNR για 20 δείγματα: 3319,9657441359504 ή 35.211 dB

Standard Deviation (10samples): 0.04434264552936532

Standard Deviation (20samples): 0.04217864592386229

SNR of 10 samples: 4777.811952561921

SNR of 20 samples: 3319.9657441359504

Θεωρητικά:

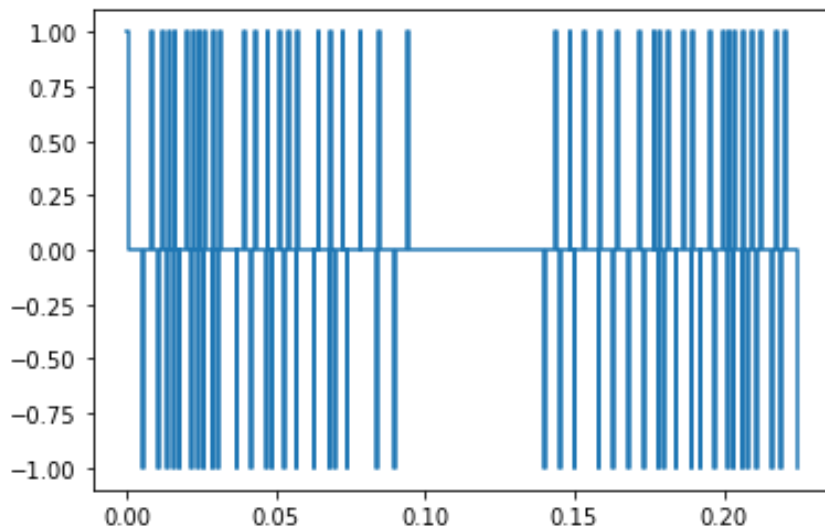
$$\text{SNR} = 20\log\left(\frac{V_{rms}}{u_{qn}}\right) = 20\log\left(\frac{\frac{2^N \cdot Q}{2 \cdot \sqrt{2}}}{\frac{Q}{\sqrt{12}}}\right) = 20\log\left(\frac{2^N \cdot \sqrt{12}}{2 \cdot \sqrt{2}}\right) = 20\log(2^N) + 20\log\left(\frac{\sqrt{6}}{2 \cdot \sqrt{2}}\right) = 6.02N + 1.76$$

Για $N = 5$, προκύπτει $\text{SNR} = 31.86$ dB

Σχόλια:

- Με την αύξηση του αριθμού των δειγμάτων ο σηματοθορυβικός λόγος μειώνεται, μέχρι το πέρας μιας περιόδου και στη συνέχεια σταθεροποιείται.
- Η απόκλιση ενδεχομένως προκύπτει λόγω των στρογγυλοποιήσεων. Επίσης οφείλεται στη μικρή συχνότητα δειγματοληψίας που οδηγεί στην απώλεια πληροφορία.

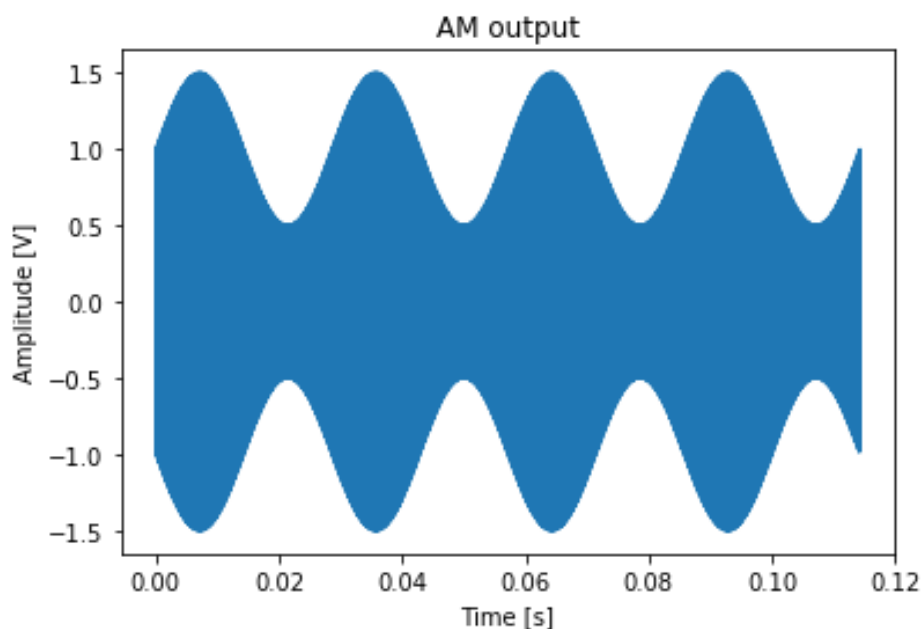
- c) Ροή Μετάδοσης από bits (bit stream) θεωρώντας κωδικοποίηση γραμμής BIPOLAR RZ με διάρκεια bit 1 msec. Το πλάτος (σε Volts) είναι αριθμητικά ίσο με τη συχνότητα σήματος (5 V).



3ο Ερώτημα

Γίνεται θεώρηση ημιτονικού σήματος $z(t)$ του 1^{ου} ερωτήματος με $f_{s2} = 30f_m$ ως φέρον σε διαμόρφωση AM με δείκτη διαμόρφωσης 0.5 και σήμα πληροφορίας $m(t) = \sin(2\pi 35t)$.

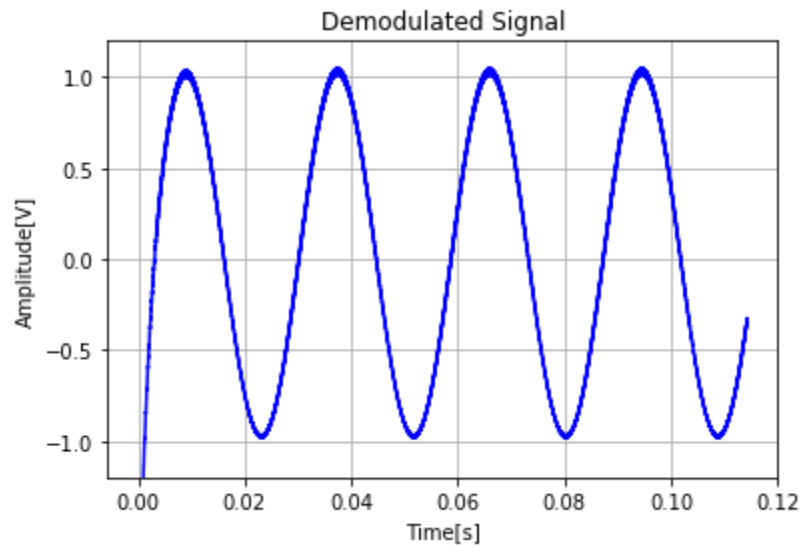
- a) Παρουσίαση διαμορφωμένου σήματος κατά AM σήμα για τέσσερις (4) περιόδους του σήματος πληροφορίας $m(t)$:



Σχόλια:

- Ο μοναδικός περιορισμός για την υλοποίηση της διαμόρφωσης AM είναι ότι η φέρουσα συχνότητα ω_c πρέπει να είναι μεγαλύτερη, τουλάχιστον διπλάσια, του εύρους ζώνης του διαμορφώντος σήματος W_m .

- b) Υλοποίηση αποδιαμορφωτή / φωρατή περιβάλλουσας και απεικόνιση σε διάγραμμα του σήματος μετά την αποδιαμόρφωση:



Σχόλια:

- Αρχικά γίνεται ανόρθωση του διαμορφωμένου, έπειτα φιλτράρισμα με LPF, ύστερα αφαιρώ τη DC συνιστώσα και τέλος γίνεται κατάλληλη ενίσχυση του σήματος για να επανέλθει στο αρχικό πλάτος λόγω των απωλειών κατά την διέλευσή του από το LPF.