ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΗΜΜΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

Ακαδημαϊκό έτος 2019-2020

$1^{η}$ Εργαστηριακή Άσκηση

Πεγειώτη Νάταλυ
el17707

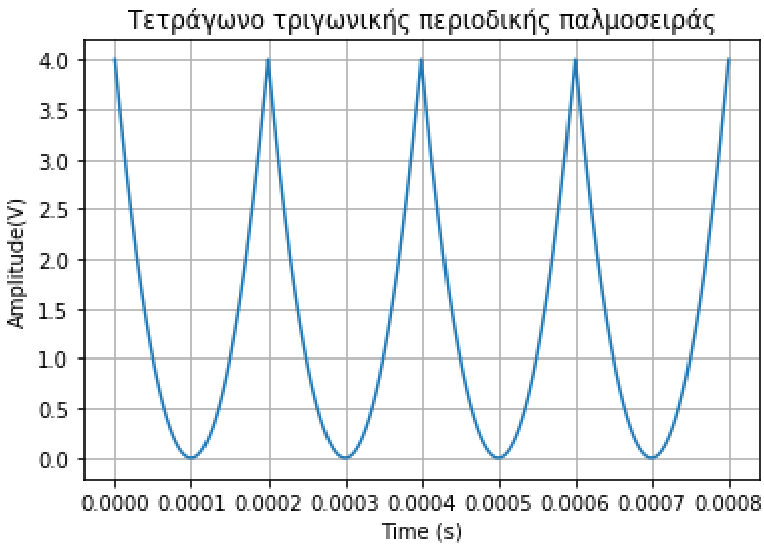
1ο Ερώτημα

Αριθμός Μητρώου: el17707

$7 + 0 + 7 = 14$

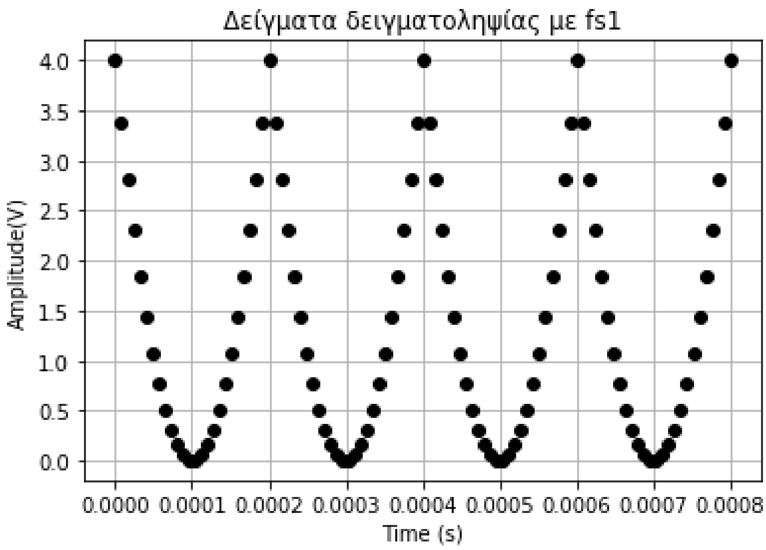
$\Longrightarrow f_m = 1 + 4 = 5\ kHz$

α) Δημιουργία του σήματος sq_triangle(t) (τετράγωνο μιας τριγωνικής περιοδικής παλμοσειράς), με πλάτος $A = 4\ V$ και συχνότητα $f_m = 5\ kHz$.



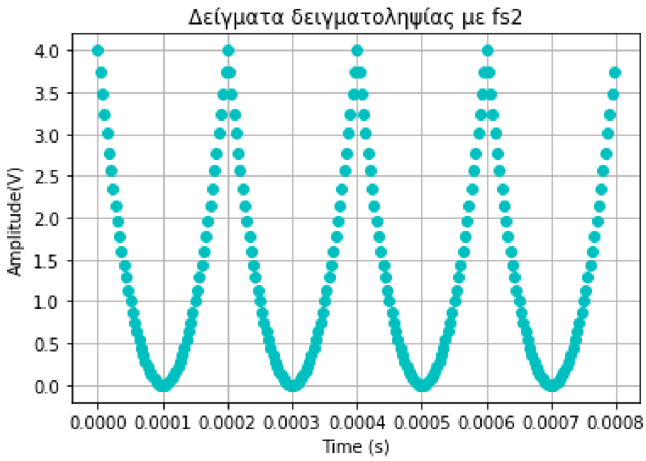
Δειγματοληψία του δοθέντος σήματος ανάλογα με τις δοσμένες f_{s1} και f_{s2}. Ζητείται η παρουσία τεσσάρων (4) περιόδων.

i. Η γραφική παράσταση για $f_{s1} = 25 f_m$:



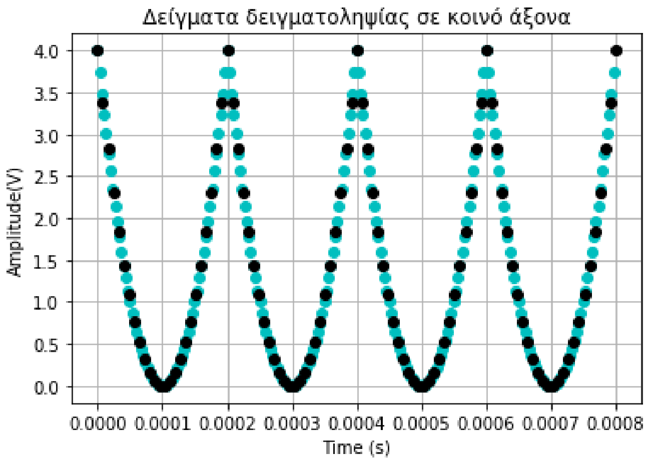
Για τη συγκεκριμένη συχνότητα παρουσιάζονται 100 δείγματα.

ii. Η γραφική παράσταση για $f_{s2} = 60f_m$:

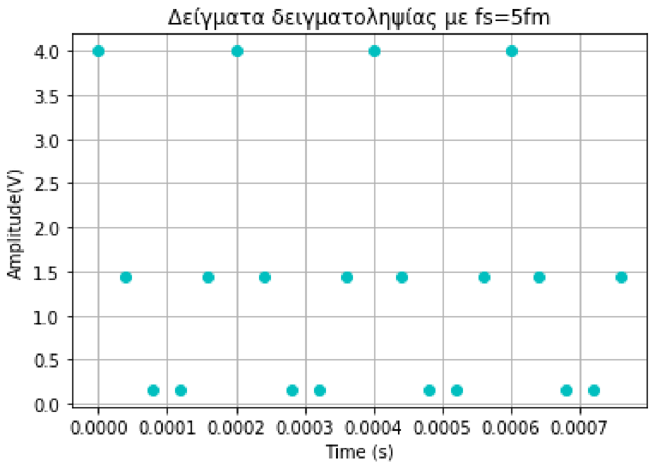


Για τη συγκεκριμένη συχνότητα παρουσιάζονται 250 δείγματα.

iii. Η κοινή γραφική παράσταση για f_{s1} και f_{s2}:

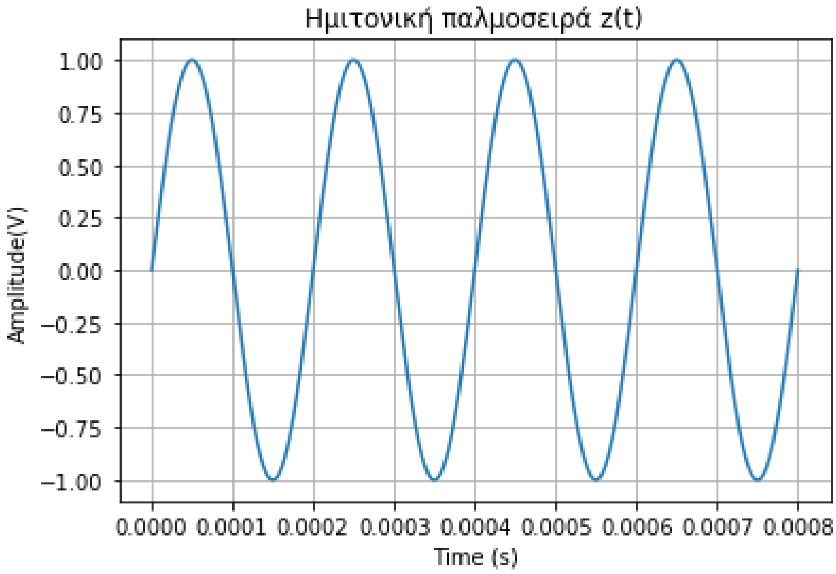


β) Εάν το σήμα δειγματοληπτηθεί με$f_s = 5f_m$, προκύπτει η ακόλουθη γραφική παράσταση στην οποία παρουσιάζονται 20 δείγματα:

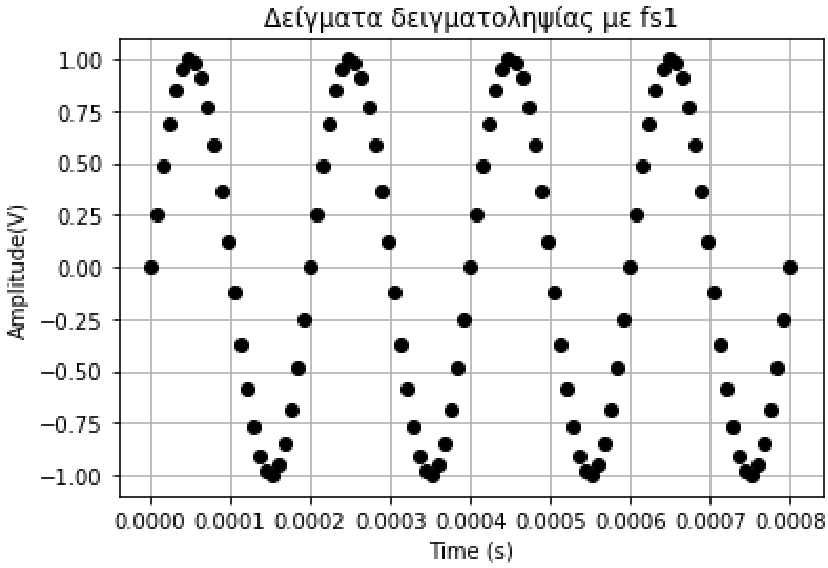


Η ελάχιστη θεωρητική τιμή του f_s για την ανακατασκευή του αρχικού σήματος δίνεται από το θεώρημα Nyquist ως $f_{smin} = 2B = 2f_m$.
Επομένως, παρ'όλο που τα δείγματα για τη συχνότητα $f_s = 5f_m$ είναι πολύ αραιά, είναι δυνατή η ανακατασκευή του αρχικού σήματος, αφού $5f_m > 2f_m$.

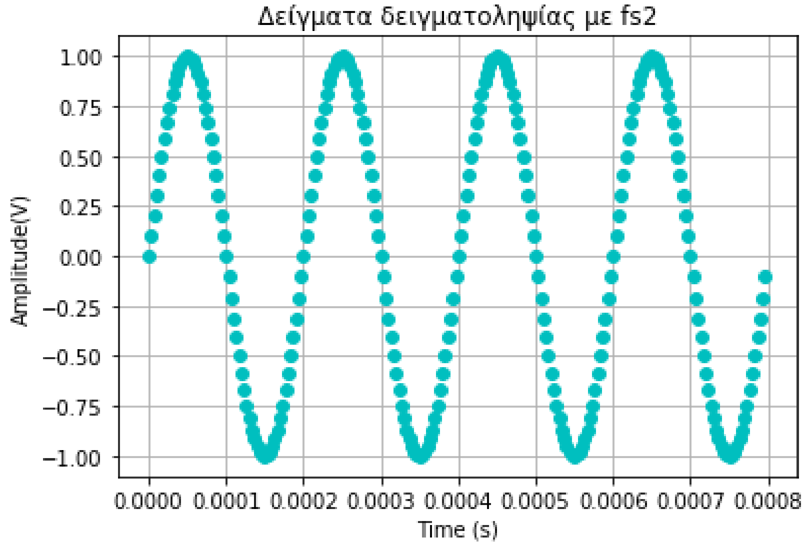
γ) Δημιουργία του σήματος $z(t) = A\sin 2\pi f_m t$, πλάτους $A = 1\ V$ και συχνότητας $f_m = 5\ kHz$.



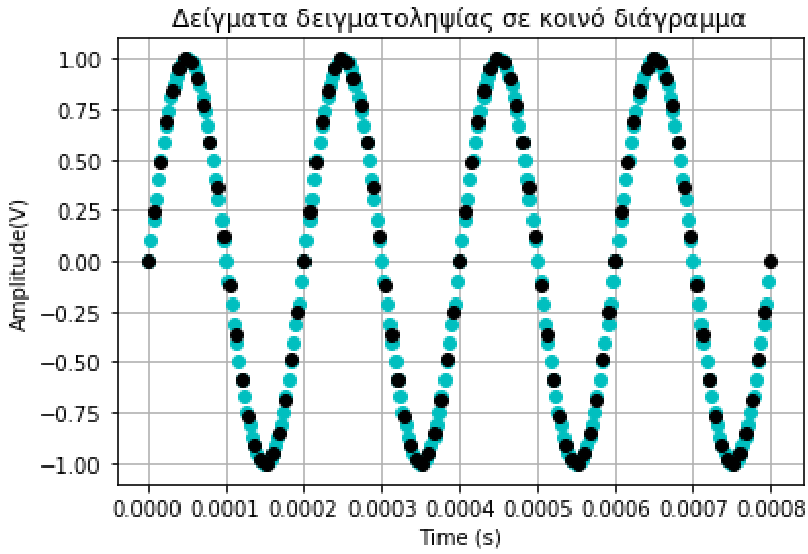
i. α) i. Η γραφική παράσταση για $f_{s1} = 25f_m$ (100 δείγματα):



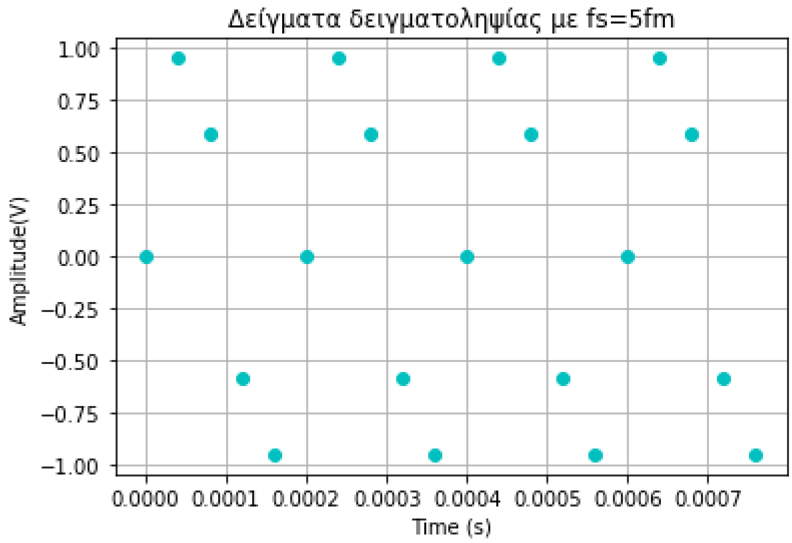
α) ii. Η γραφική παράσταση για $f_{s2} = 60f_m$ (250 δείγματα):



α) iii. Η κοινή γραφική παράσταση για f_{s1} και f_{s2}:



β) Εάν το σήμα δειγματοληπτηθεί με$f_s = 5f_m$, προκύπτει η ακόλουθη γραφική παράσταση στην οποία παρουσιάζονται 20 δείγματα:



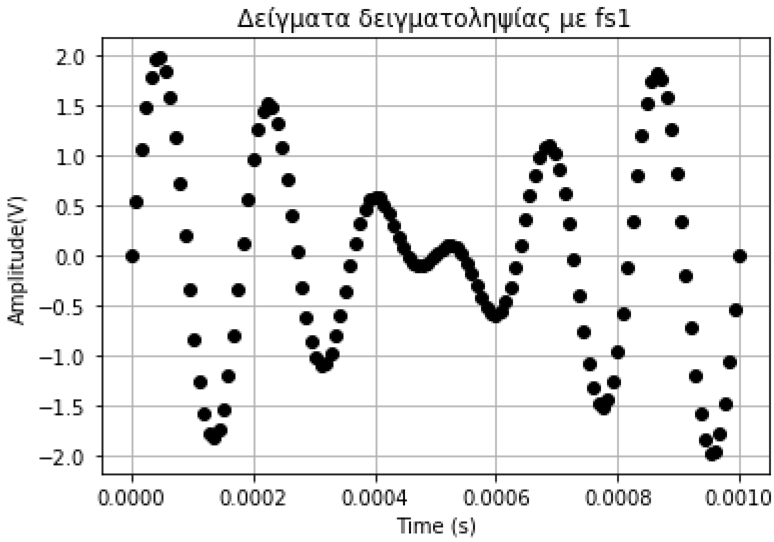
Η ελάχιστη θεωρητική τιμή του f_s για την ανακατασκευή του αρχικού σήματος δίνεται από το θεώρημα Nyquist ως $f_{smin} = 2B = 2f_m$.
Επομένως, παρ'όλο που τα δείγματα για τη συχνότητα $f_s = 5f_m$ είναι πολύ αραιά, είναι δυνατή η ανακατασκευή του αρχικού σήματος, αφού $5f_m > 2f_m$.

ii. Δημιουργία του σήματος $q(t) = z(t) + A\sin(2\pi(f_m + \Lambda)t)$, όπου $f_m = 5\ kHz$ και $\Lambda = 1\ kHz$.

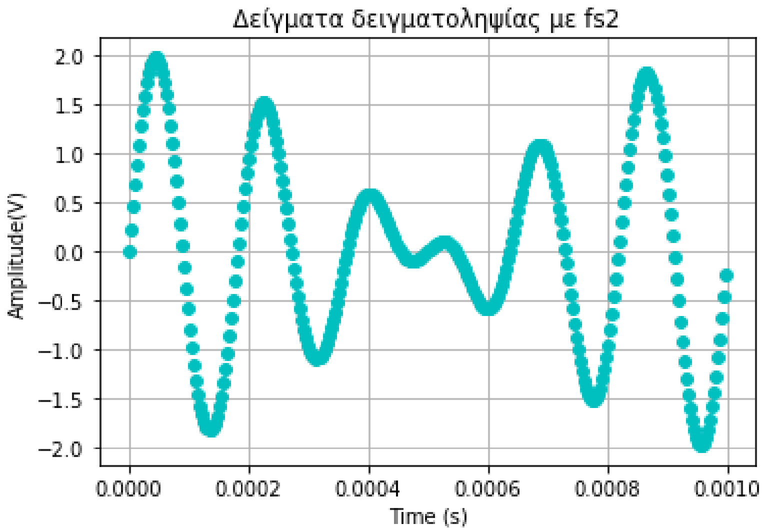
$$\Rightarrow q(t) = \sin(2\pi 5000t) + \sin(2\pi 6000t)$$

Πρόκειται για το άθροισμα δύο ημιτονικών σημάτων, το οποίο έχει πλάτος, σε κάθε χρονική στιγμή, ίσο με το άθροισμα των πλατών των δύο ημιτόνων και συχνότητα ίση με τη διαφορά των συχνοτήτων των δύο ημιτόνων (1000kHz). Η σύνθεση των δύο ταλαντώσεων παρουσιάζει διακρότημα.

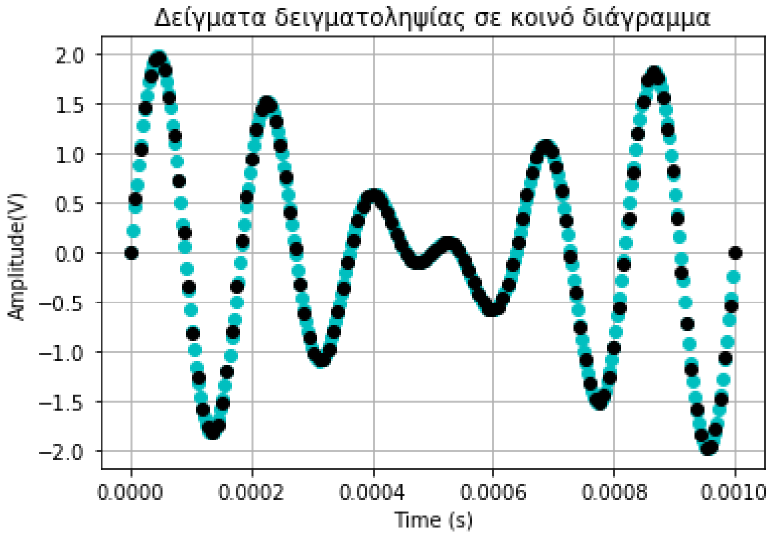
α) i. Η γραφική παράσταση για $f_{s1} = 25f_m$ (100 δείγματα):



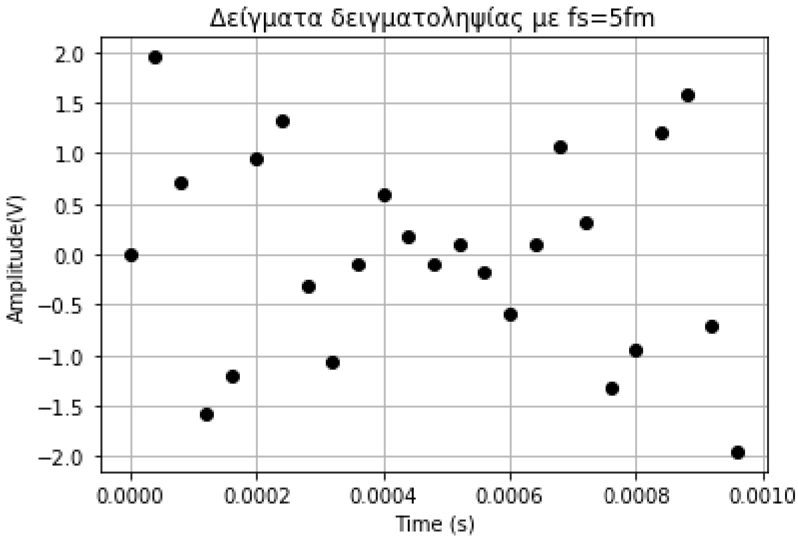
α) ii. Η γραφική παράσταση για $f_{s2} = 60f_m$ (250 δείγματα):



α) ii. Η κοινή γραφική παράσταση για f_{s1} και f_{s2}:



β) Εάν το σήμα δειγματοληπτηθεί με$f_s = 5f_m$, προκύπτει η ακόλουθη γραφική παράσταση στην οποία παρουσιάζονται 20 δείγματα:

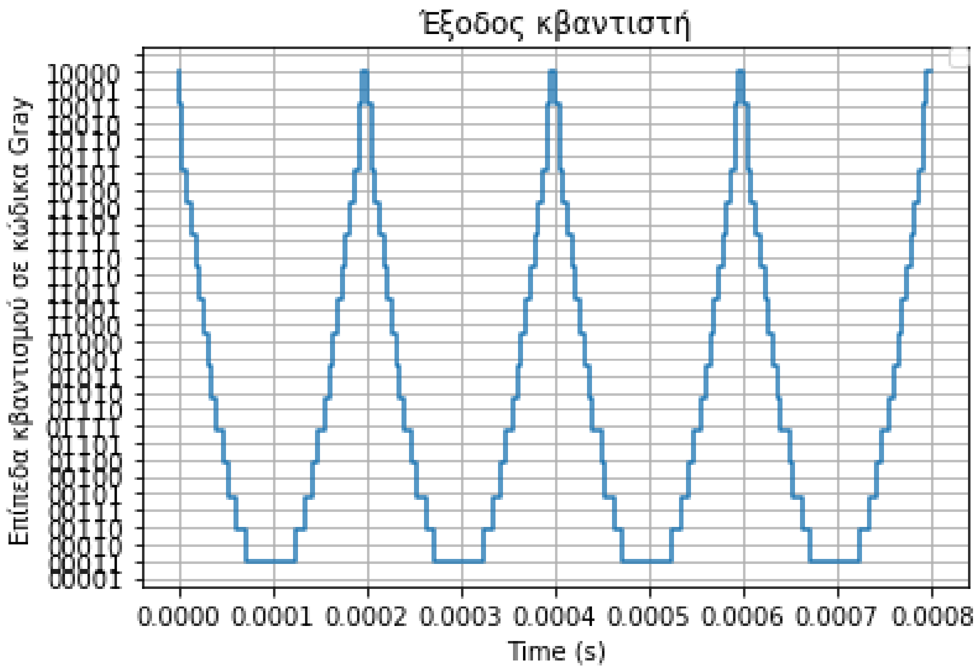


Η ελάχιστη θεωρητική τιμή του f_s για την ανακατασκευή του αρχικού σήματος δίνεται από το θεώρημα Nyquist ως $f_{smin} = 2B = 2f_m$.
Επομένως, παρ'όλο που τα δείγματα για τη συχνότητα $f_s = 5f_m$ είναι πολύ αραιά, είναι δυνατή η ανακατασκευή του αρχικού σήματος, αφού $5f_m > 2f_m$.

2ο Ερώτημα

Θεωρούμε ως είσοδο σε ομοιόμορφο κβαντιστή το σήμα $y(t) = \text{sq\_triangle(t)}$, με πλάτος $A = 4\ V$ και συχνότητα $f_m = 5\ kHz$, μετά από δειγματοληψία $f_s = 45 f_m$.
Αφού η συχνότητα f_m είναι περιττή, γίνεται κβάντιση με 5 bits.

α) Προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα σαν έξοδος του κβαντιστή



Στην έξοδο του κβαντιστή παρουσιάζονται 2^5 επίπεδα κβάντιστης, αφού πραγματοποιείται κβάντιση 5 bits. Στον κατακόρυφο άξονα (y) απεικονίζονται τα επίπεδα κβάντισης κωδικοποιημένα κατά κώδικα Gray.

β) Για τον υπολογισμό της τυπικής απόκλισης του σφάλματος κβάντισης χρησιμοποιείται ο τύπος $\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}(x_i - \bar{x})^2}$, όπου x_i οι τιμές σφάλματος και $\bar{x}$ ο μέσος όρος των τιμών αυτών.

i. Για τα πρώτα 10 δείγματα

Α/Α	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δείγμα	4.00	3.652	3.320	3.004	2.704	2.420	2.151	1.898	1.661	1.440
Κβάντιση	4.000	3.742	3.225	2.967	2.709	2.452	2.193	1.935	1.677	1.419
Σφάλμα	0.000	0.090	-0.095	-0.037	0.005	0.032	0.042	0.037	0.016	-0.021

Οι υπολογισμοί έγιναν αυτόματα μέσω του προγράμματος και η τυπική απόκλιση για τα πρώτα 10 δείγματα υπολογίστηκε $\sigma(10) = 0.05028559813729293 \approx 0.0503$

ii. Για τα πρώτα 20 δείγματα

Α/Α	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Δείγμα	1.235	1.045	0.871	0.713	0.571	0.444	0.334	0.239	0.160	0.097
Κβάντιση	1.162	1.162	0.903	0.645	0.645	0.387	0.387	0.129	0.129	0.129
Σφάλμα	-0.073	0.117	0.032	-0.068	0.074	-0.057	0.053	-0.110	-0.031	0.032

Οι υπολογισμοί έγιναν αυτόματα μέσω του προγράμματος και η τυπική απόκλιση για τα πρώτα 20 δείγματα υπολογίστηκε $\sigma(20) = 0.06218529734044384 \approx 0.0622$

iii. SNR κβάντισης

$$SNR_Q = \frac{P_m}{{\sigma_Q}^2}$$

όπου P_m μέση ισχύς του σήματος εισόδου

και ${\sigma_Q}^2 = \frac{\Delta^2}{12}$ η μέση τετραγωνική τιμή του σφάλματος κβάντισης

(υπολογίστηκαν μέσω του προγράμματος)

Για τις περιπτώσεις (i) και (ii), η μέση τετραγωνική τιμή του σφάλματος κβάντισης ισούται με το τετράγωνο της τυπικής απόκλισης που υπολογίστηκε πιο πάνω.

Επομένως,

i. Για τα πρώτα 10 δείγματα

$$SNR_Q = \frac{P_m}{{\sigma_Q}^2} = 577.5344983980923$$

ii. Για τα πρώτα 20 δείγματα

$$SNR_Q = \frac{P_m}{{\sigma_Q}^2} = 377.65021964061157$$

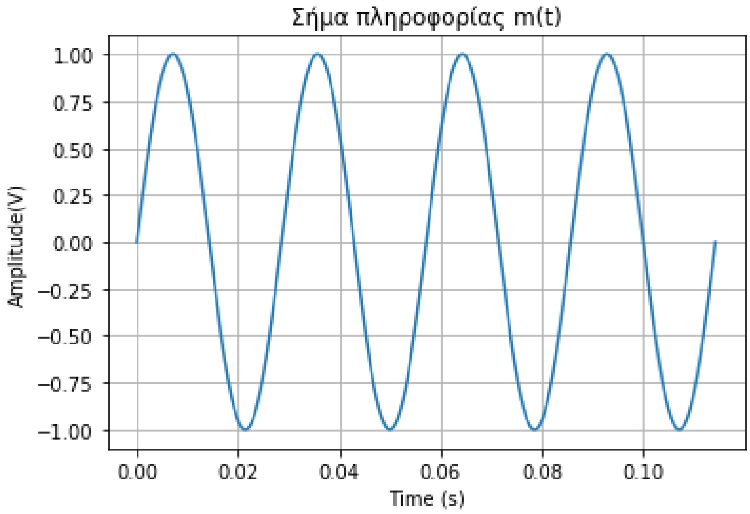
$SNR_{\theta\varepsilon\omega\rho\eta\tau\iota\kappa\acute{o}} = 263.1417943933051$

Παρατηρούμε διαφορά στις 2 πειραματικές τιμές σε σύγκριση με την θεωρητική. Αυτό ίσως να οφείλεται στον αριθμό των δειγμάτων που πήραμε ή στη συχνότητα που επιλέξαμε να κάνουμε την δειγματοληψία.

γ) Μετά την κβάντιση παρουσιάζεται σε διάγραμμα για μια περίοδο η αντίστοιχη ροή μετάδοσης από bits (bit stream) θεωρώντας κωδικοποίηση γραμμής POLAR RZ με διάρκεια bit 1 msec. Το πλάτος σε Volt είναι ίσο με τη συχνότητα του σήματος δηλάδη 5.

3ο Ερώτημα

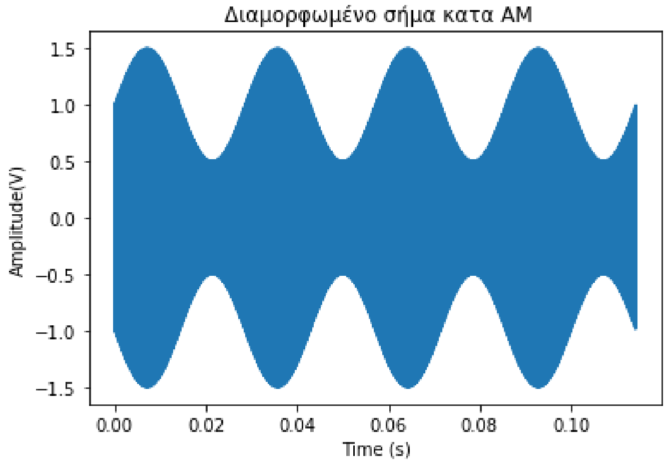
Θεωρούμε το ημιτονικό σήμα $z(t) = A \sin 2\pi f_m t$, πλάτους $A = 1\ V$ και συχνότητας $f_m = 5\ kHz$, με $f_{s2} = 130 f_m$ ως φέρον σε διαμόρφωση AM, με δείκτη διαμόρφωσης k=0.5 και σήμα πληροφορίας $m(t) = \sin 2\pi 35t$.



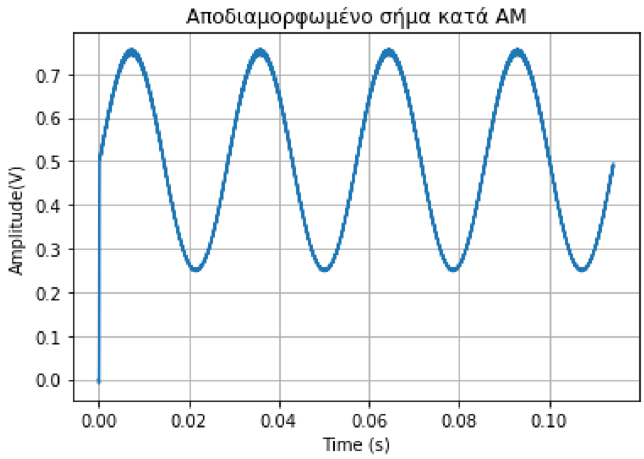
α) Το διαμορφωμένο κατά AM σήμα υπολογίζεται:

$$s(t) = [1 + km(t)]z(t) = [1 + 0.5 \sin 2\pi 35t] \sin 2\pi 5000t$$

Το διάγραμμά του για τέσσερις (4) περιόδους του σήματος πληροφορίας m(t) είναι το ακόλουθο:



β) Με χρήση αποδιαμορφωτή/φωρατή περιβάλλουσας το σήμα s(t) αποδιαμορφώνεται και προκύπτει το ακόλουθο διάγραμμα:



Το πάνω σήμα είναι το ίδιο με το αρχικό, απλά με μικρότερο πλάτος και μετατοπισμένο προς τα
πάνω. Εφαρμόζοντας κατάλληλες τροποποιήσεις, δηλαδή πολλαπλασιάζοντας το πλάτος και αφαιρώντας την DC συνιστώσα, προκύπτει σήμα όμοιο με το αρχικό σήμα πληροφορίας m(t):