



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

UNIVERSITY OF THE AEGEAN

DEPARTMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING

321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Διδάσκοντες

Μεσαριτάκης Χάρης (Θεωρία), Τάτσης Βασίλειος (Εργαστήριο)

1^η Εργαστηριακή Άσκηση

3212018107 Κυριαζής Ιωάννης

3212018161 Παπαδόπουλος Παναγιώτης

Σάμος, Δευτέρα 22 Νοεμβρίου, 2021



Κατάλογος Περιεχομένων

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	Βασική Θεωρητική Προετοιμασίασελ. 03
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u>	Υλοποίηση Ζητούμενου Κυκλώματοςσελ. 07
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u>	Εκτέλεση της Προσομοίωσηςσελ. 09
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u>	Απαντήσεις στις Ερωτήσεις 1 έως 6σελ. 11
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</u>	Συμπεράσματασελ. 18
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</u>	Βιβλιογραφίασελ. 20



321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 1^η Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

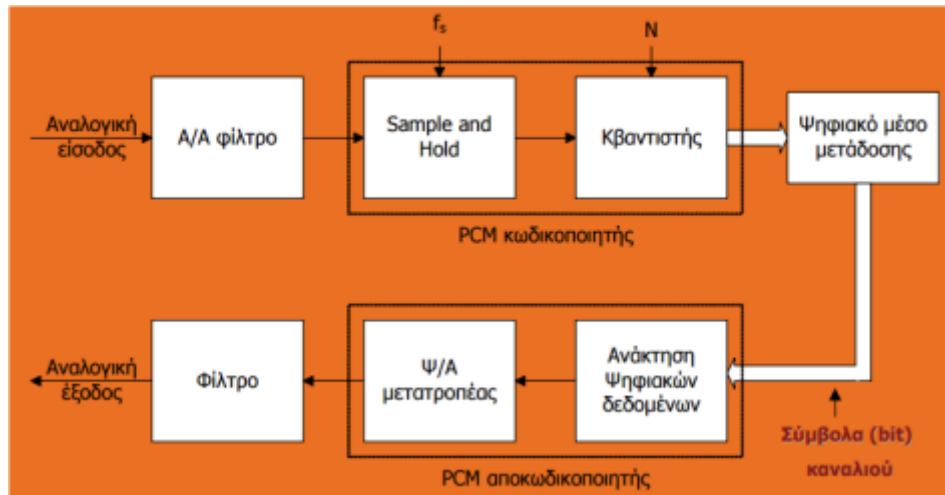
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Βασική Θεωρητική Προετοιμασία



Η τεχνική PCM (Pulse Code Modulation)

Η τεχνική PCM (Pulse Code Modulation) είναι από τις πλέον χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά συστήματα, ειδικά στην τηλεφωνία. Ονομάστηκε έτσι λόγω της χρησιμοποίησης δυαδικών κωδίκων για την ψηφιακή αναπαράσταση των δειγμάτων από την δειγματοληψία των αναλογικών σημάτων.

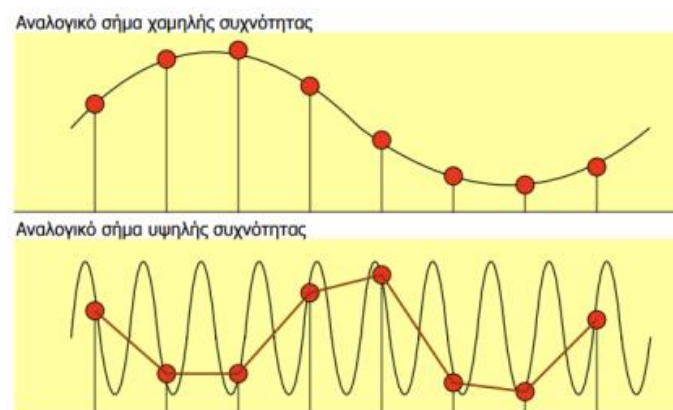


Δειγματοληψία

Δειγματοληψία είναι η μετατροπή ενός χρονικά συνεχούς (αναλογικού) σήματος σε πεπερασμένο αριθμό διαδοχικών τιμών. Ως ρυθμός δειγματοληψίας (sample rate " f_s "), ορίζεται ο αριθμός των δειγμάτων στη μονάδα του χρόνου, ενώ περίοδος της δειγματοληψίας (sample time " T_s "), η χρονική απόσταση δύο γειτονικών δειγμάτων. Αν T_s είναι η περίοδος της δειγματοληψίας, τότε ο ρυθμός της δειγματοληψίας θα είναι $f_s = 1/T_s$.

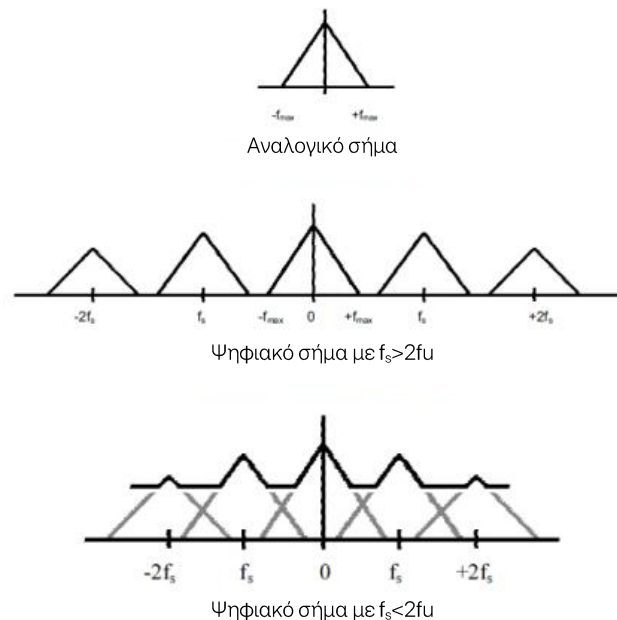
Το σήμα που προκύπτει με αυτό τον τρόπο, αποτελείται από ένα σύνολο παλμών σταθερής χρονικής διάρκειας, οι οποίοι έχουν μεταβλητό πλάτος ανάλογα με τις τιμές του αρχικού σήματος και είναι γνωστό ως σήμα PAM (Pulse Amplitude Modulation). Η συχνότητα δειγματοληψίας f_s πρέπει να είναι σύμφωνα με το θεώρημα Nyquist διπλάσια της μέγιστης δειγματοληπτούμενης συχνότητας f_u .

$$f_s > 2f_{u_{\max}}$$





Η ψηφιακή μορφή του σήματος στην περίπτωση που η συχνότητα δειγματοληψίας είναι χαμηλή, θα έχει υποστεί παραμόρφωση που ονομάζεται aliasing (αναδίπλωση). Η φασματική ανάλυση της $\{x_n\}$ δείχνει την επίδραση της f_s στο παραγόμενο σήμα $\{x_n\}$ σε σχέση με το αρχικό αναλογικό $x(t)$.



Κβάντιση

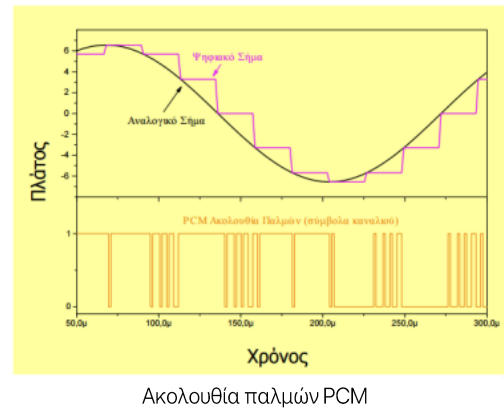
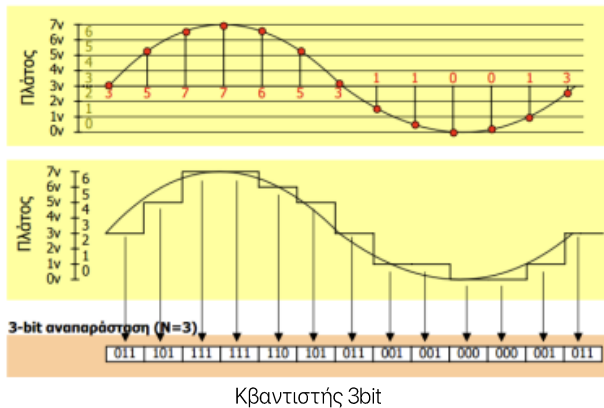
Κβάντιση (quantization) είναι η μετατροπή των χρονικά διαδοχικών τιμών πλάτους $\{x_n\}$ σε διακριτές τιμές πλάτους $\{x_{qn}\}$. Μετά τη δειγματοληψία, οι δυνατές τιμές πλάτους του σήματος $\{x_n\}$ είναι άπειρες. Με τον κβαντισμό γίνεται αντιστοίχιση των άπειρων τιμών πλάτους σε πεπερασμένο αριθμό σταθμών. Είναι μη γραμμικό, μη αντιστρέψιμο σύστημα που μετατρέπει συνεχείς τιμές πλάτους σε διακριτές. Το πλήθος των σταθμών εξαρτάται από την τάξη N του κβαντιστή κατά 2^N . Οι στάθμες που δημιουργούνται κωδικοποιούνται σε δυαδικές ακολουθίες. Μια δυαδική ακολουθία μήκους N bits μπορεί να κωδικοποιήσει 2^N στάθμες.

Απόδοση του κβαντιστή ή βήμα κβαντισμού Δ ονομάζεται η σχέση του πλάτους του δειγματοληπτούμενου δείγματος $S_{\max}-S_{\min}$, ως προς το πλήθος των σταθμών.

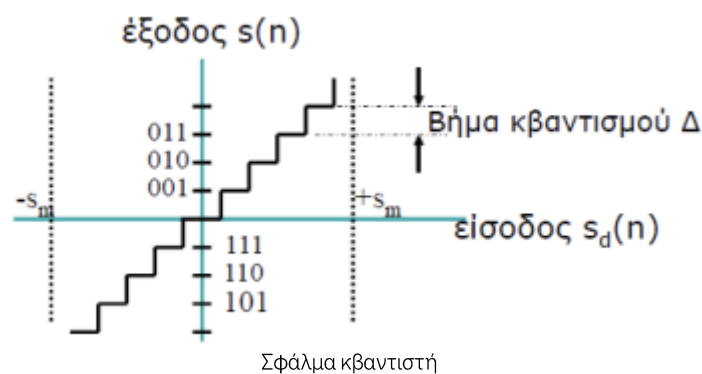
$$\Delta = (S_{\max} - S_{\min}) / (2^N - 1)$$

Ο κβαντισμός μπορεί να αναφερθεί και ως η εισαγωγή ενός θορύβου $e(n)$ στο αναπαριστώμενο σήμα.

$$s(n) = sd(n) + e(n)$$



Το σφάλμα το οποίο εισάγεται κατά την αντικατάσταση της πραγματικής τιμής με την πλησιέστερη διακριτή το ονομάζουμε σφάλμα κβαντισμού. Είναι η διαφορά της πραγματικής τιμής από την παραγόμενη με τον κβαντισμό. Σε σχέση με το αρχικό σήμα, το σφάλμα σε μικρή στάθμη σήματος (μικρό πλάτος) είναι σημαντικότερο, ενώ σε μεγάλη στάθμη μικρότερη σημασίας. Λόγω αυτού δημιουργήθηκε ο ανομοιόμορφος κβαντισμός όπου, για μικρές τιμές πλάτους σήματος έχουμε περισσότερες στάθμες κβαντισμού και συνεπώς μικρότερες αποστάσεις, ενώ για μεγάλες τιμές λιγότερες στάθμες. Με τον τρόπο αυτό πετυχαίνουμε σταθερό λόγο σήματος προς θόρυβο για όλη την περιοχή πλατών. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται και ως συμπίεση-αποκατάσταση (companding).





321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 1^η Εργαστηριακή Άσκηση

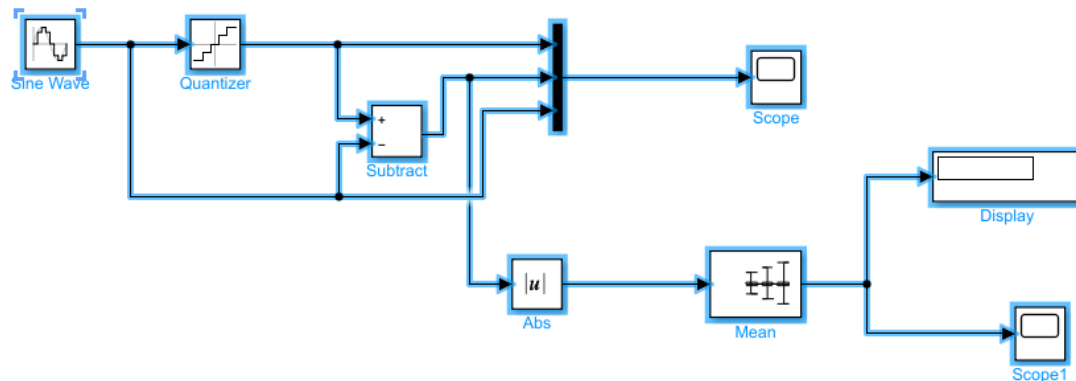
Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Υλοποίηση Ζητούμενου Κυκλώματος



Ζητούμενο 4: Υλοποίηση του κυκλώματος



Ζητούμενο 4.1: Παραμετροποίηση Στοιχείων του κυκλώματος

Sine Wave

Parameters

Sine type: Time based

Time (t): Use simulation time

Amplitude: 8

Bias: 0

Frequency (rad/sec): $2\pi \cdot 2000$

Phase (rad): 1

Sample time: $1 \cdot 10^{-6}$

☒ Interpret vector parameters as 1-D

Quantizer

Parameters

Quantization interval: $0.4 \cdot 10^{-3}$

☒ Treat as gain when linearizing

Sample time: $0.4 \cdot 10^{-3}$

Mean

Main Data Types

Parameters

☒ Running mean

Input processing: Columns as channels (frame based)

Reset port: None



321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 1^η Εργαστηριακή Άσκηση

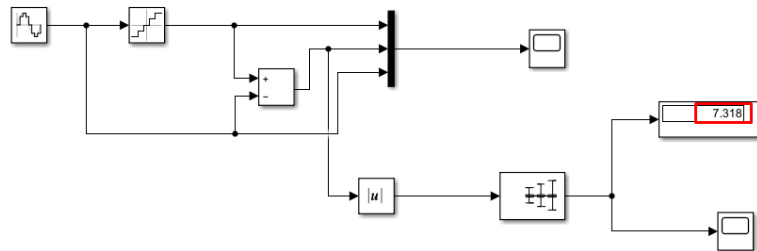
Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Εκτέλεση της Προσομοίωσης

**Ζητούμενο 4.2.1: Πρώτη Εκτέλεση της Προσομοίωσης**

Πριν εκτελέσουμε την προσομοίωση, στο Simulation Stop Time βάζουμε 1sec. Μετά το τρέξιμο, παρατηρούμε ότι το μέσο σφάλμα σε Volt είναι 7.318. Αυτό σημαίνει ότι αφού έχω 8 Volts είσοδο, στην έξοδο το σφάλμα είναι 7.318 Volts που σημαίνει ότι έχω υπερβολικό θόρυβο (τα 7.318 Volts από τα 8 Volts είναι θόρυβος).

**Ζητούμενο 4.2.2: Συμπλήρωση του πίνακα**

A/A	Συχνότητα f_s (kHz)	Περίοδος Δειγματοληψίας T_s (sec)	Μέση Τιμή Σφάλματος για N=2bit (V)	Μέση Τιμή Σφάλματος για N=4bit (V)	Μέση Τιμή Σφάλματος για N=6bit (V)	Μέση Τιμή Σφάλματος για N=8bit (V)
1	2,5	$1/(2.5 \cdot 10^3)$	8.085	7.318	7.336	7.323
2	4	$1/(4 \cdot 10^3)$	5.221	4.649	4.569	4.569
3	8	$1/(8 \cdot 10^3)$	3.228	3.155	3.32	3.351
4	12	$1/(12 \cdot 10^3)$ [0.000083]	2.722	2.59	2.572	2.567
5	16	$1/(16 \cdot 10^3)$ [0.000063]	2.121	1.985	1.964	1.96
6	24	$1/(24 \cdot 10^3)$ [0.000042]	1.536	1.322	1.308	1.309
7	32	$1/(32 \cdot 10^3)$ [0.000031]	1.243	0.9846	0.9638	0.9585
8	48	$1/(48 \cdot 10^3)$ [0.000021]	1.034	0.6777	0.6462	0.6408
9	100	$1/(100 \cdot 10^3)$	0.9354	0.3583	0.2823	0.2881
10	200	$1/(200 \cdot 10^3)$	0.8731	0.2898	0.1348	0.1294



321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 1^η Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

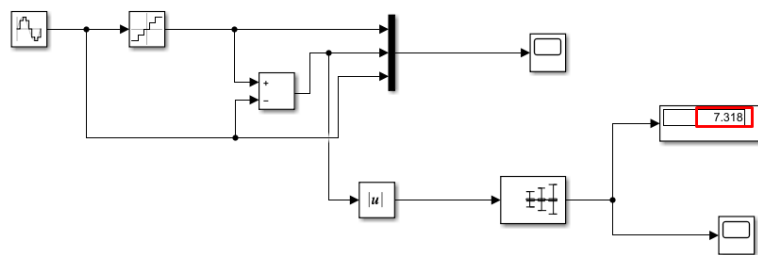
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Απαντήσεις στις Ερωτήσεις 1 έως 6



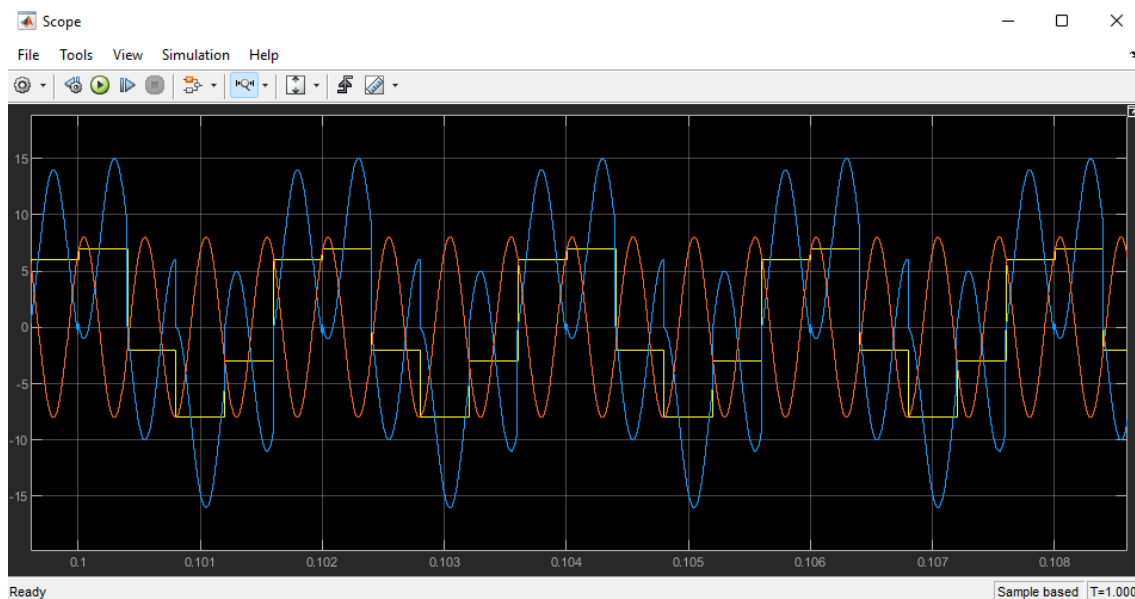
Ζητούμενο 5.1

Πριν εκτελέσουμε την προσομοίωση, στο Simulation Stop Time βάζουμε 1sec. Μετά το τρέξιμο, παρατηρούμε ότι το μέσο σφάλμα σε Volt είναι 7.318. Αυτό σημαίνει ότι αφού έχω 8 Volts είσοδο, στην έξοδο το σφάλμα είναι 7.318 Volts που σημαίνει ότι έχω υπερβολικό θόρυβο (τα 7.318 Volts από τα 8 Volts είναι θόρυβος). Για να μειωθεί η μέση τιμή σφάλματος θα πρέπει να μειώσουμε την περίοδο δειγματοληψίας και να αυξήσουμε τις στάθμες κβάντισης. Για να μειωθεί η περίοδος δειγματοληψίας θα πρέπει να αυξήσουμε την συχνότητα.



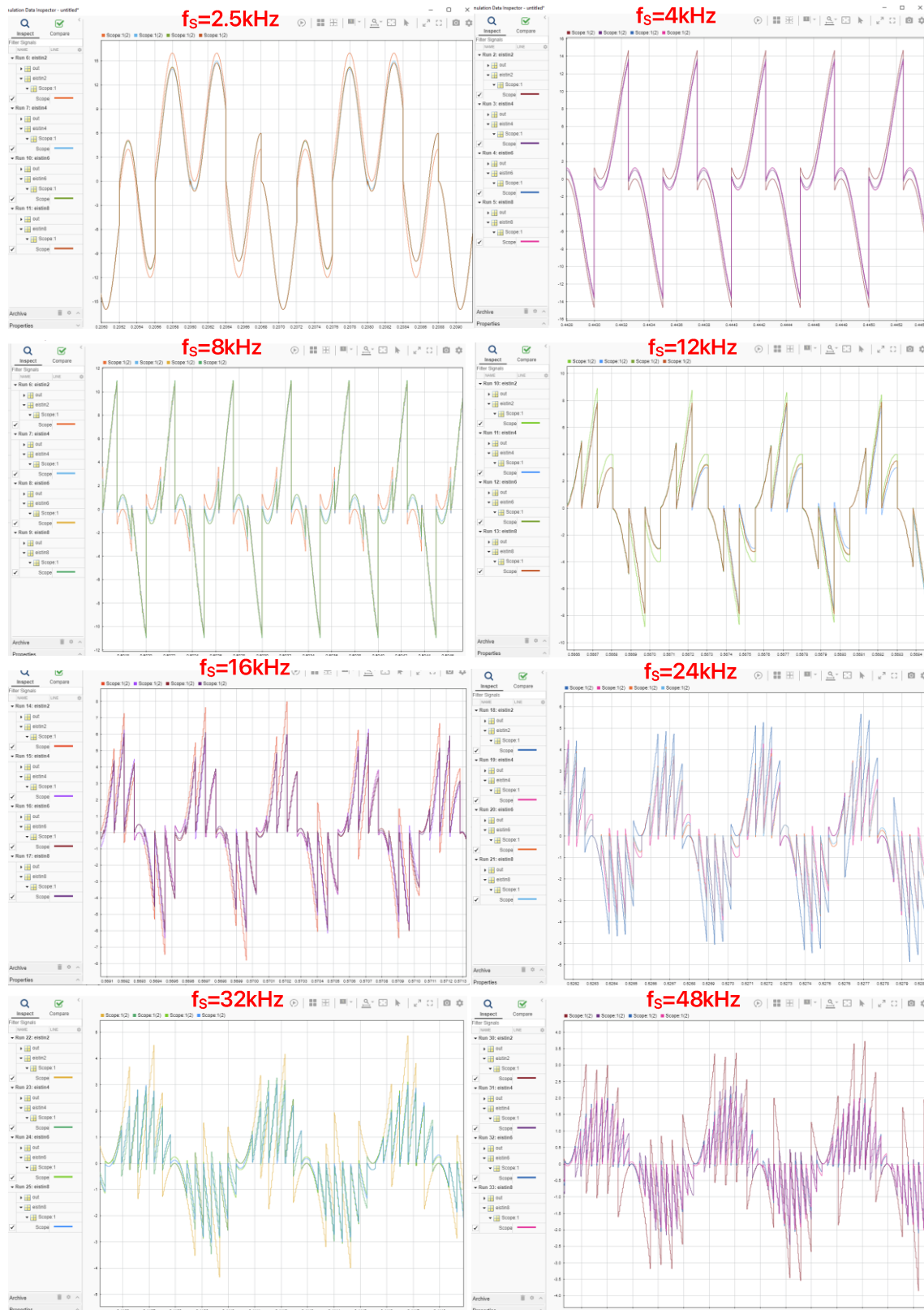
Από τις κυματομορφές που μας δείχνει η έξοδος του Scope παρακάτω, είναι οι εξής:

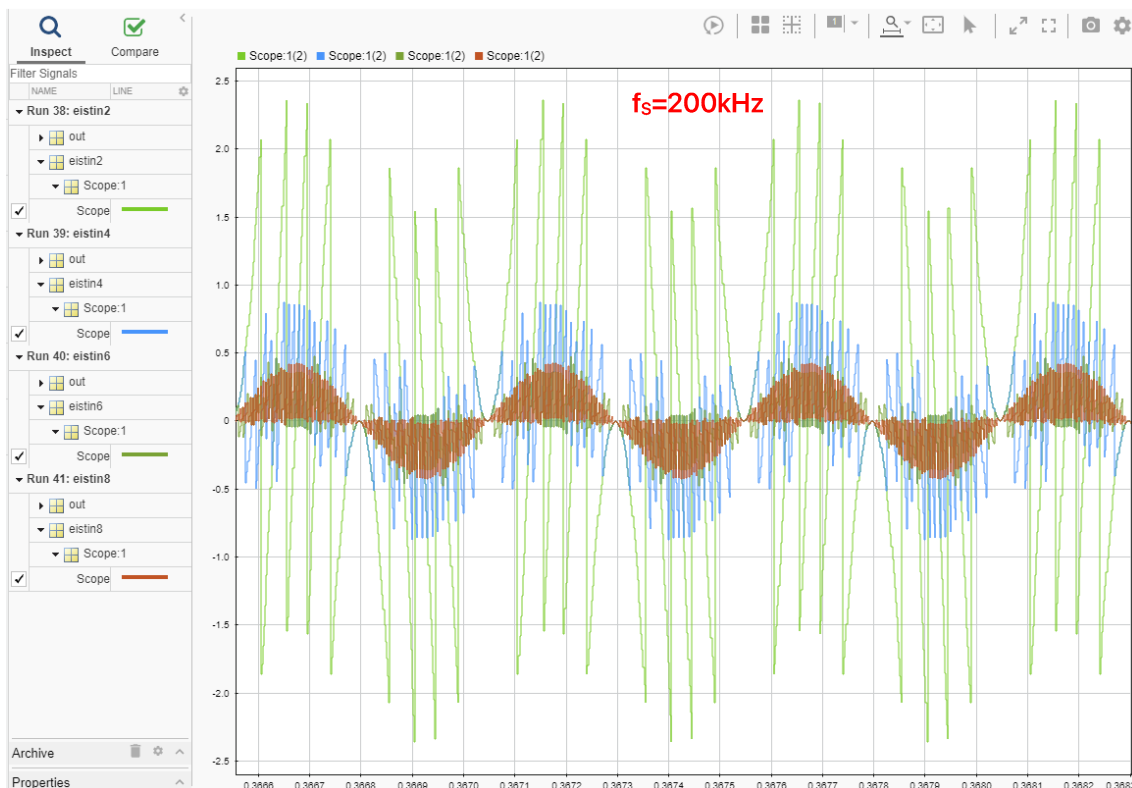
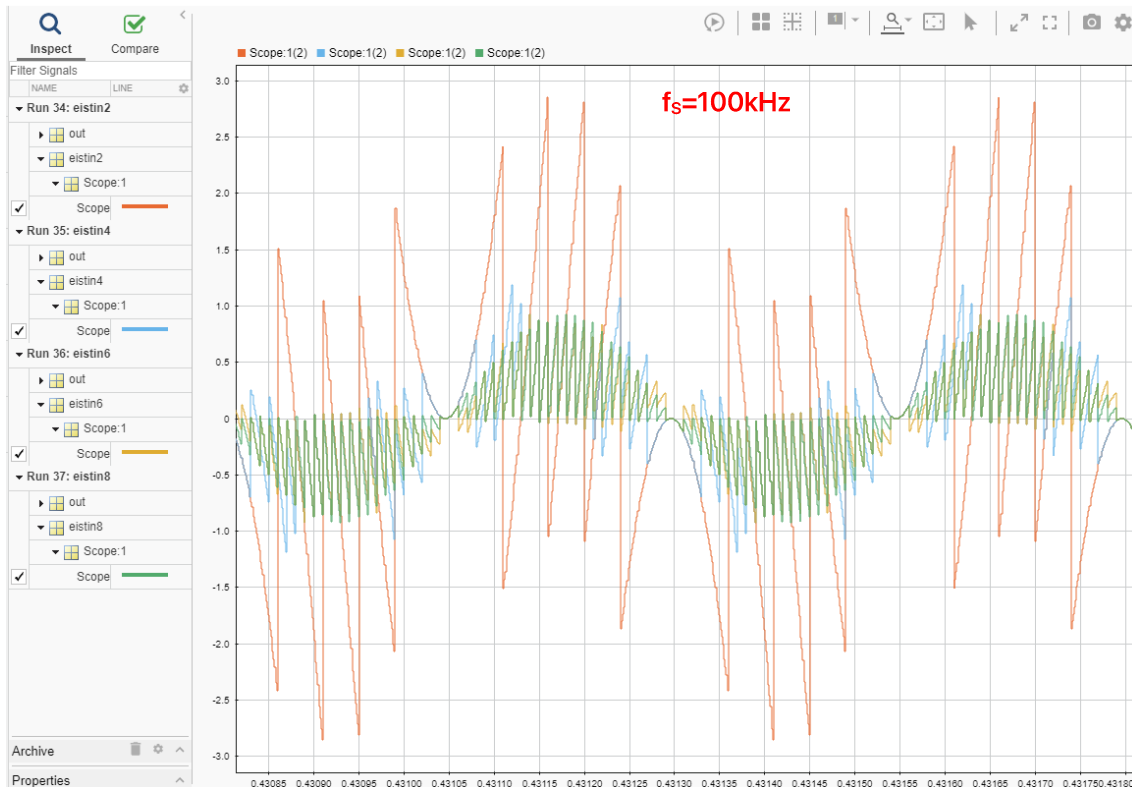
- Πορτοκαλί χρώμα: το σήμα που παράγεται από το Sine Wave (είσοδος).
- Κίτρινο χρώμα: το ψηφιακό σήμα που παράγει ο Quantizer με είσοδο από το Sine Wave.
- Μπλε χρώμα: ο θόρυβος που παράγεται από την μετατροπή του σήματος εισόδου από αναλογικό σε ψηφιακό.





Ζητούμενο 5.2







Ζητούμενο 5.3

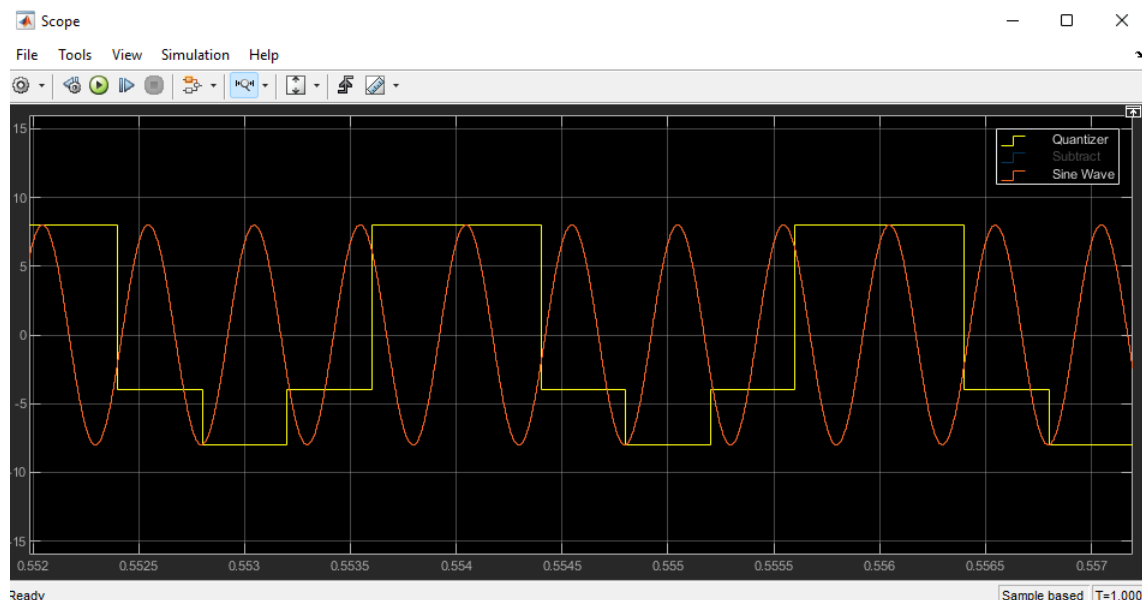
Η μέγιστη δειγματοληπτούμενη συχνότητα $f_{u_{\max}}$ είναι 2kHz. Επομένως για να ισχύει το θεώρημα του Nyquist θα πρέπει η συχνότητα δειγματοληψίας f_s να ισούται με τουλάχιστον το διπλάσιο της μέγιστης συχνότητας που παράγει το Sine Wave.

Με ένα τύπο ισχύει: $f_s > 2 \cdot f_{u_{\max}} \Leftrightarrow f_s > 4\text{kHz}$

Στις περιπτώσεις του πίνακα που ισχύει η παραπάνω ανισότητα είναι όλες οι περιπτώσεις από $f_s=4\text{kHz}$ έως $f_s=200\text{kHz}$. Όσο μεγαλύτερη η συχνότητα δειγματοληψίας f_s τόσο καλύτερη δειγματοληψία επιτυγχάνεται.

Ζητούμενο 5.4

Όταν η συχνότητα δειγματοληψίας είναι χαμηλή και συγκεκριμένα μικρότερη από το διπλάσιο της συχνότητας του αναλογικού σήματος, τότε συμβαίνει παραμόρφωση στο ψηφιακό σήμα που ονομάζεται αναδίπλωση. Στην παρούσα εργασία η συχνότητα του αναλογικού σήματος είναι 2kHz. Επομένως μία συχνότητα δειγματοληψίας που είναι μικρότερη από 4kHz θα προκαλέσει αναδίπλωση. Στον πίνακα υπάρχει μόνο την περίπτωση 1 όπου η $f_s=2.5\text{kHz}$. Παρακάτω στο στιγμιότυπο παρατηρούμε ότι όπου το ψηφιακό σήμα είναι λογικό 1 (κορυφές), περιέχει και χαμηλές τάσεις του αναλογικού σήματος κάτι που σημαίνει παραμόρφωση στην τελική έξοδο και υπερβολικό θόρυβο.





Ζητούμενο 5.5

Η απόδοση του κβαντιστή δίνεται από τον τύπο $\Delta = (S_{\max} - S_{\min}) / (2^N - 1)$

Απόδοση κβαντιστή για N=2bit	Απόδοση κβαντιστή για N=4bit	Απόδοση κβαντιστή για N=6bit	Απόδοση κβαντιστή N=8bit
16/3	16/15	16/64	16/255

$$\Delta = \frac{(S_{\max} - S_{\min})}{2^N - 1} = \frac{(8 - (-8))}{2^2 - 1} = \frac{16}{3}$$

$$\Delta = \frac{(S_{\max} - S_{\min})}{2^N - 1} = \frac{(8 - (-8))}{2^4 - 1} = \frac{16}{15}$$

$$\Delta = \frac{(S_{\max} - S_{\min})}{2^N - 1} = \frac{(8 - (-8))}{2^6 - 1} = \frac{16}{64}$$

$$\Delta = \frac{(S_{\max} - S_{\min})}{2^N - 1} = \frac{(8 - (-8))}{2^8 - 1} = \frac{16}{255}$$



Ζητούμενο 5.6

$$\begin{aligned}
 \alpha. \text{ χώρος αποθήκευσης} &= \text{sampling rate} \times \text{sample size} \times \text{time} \times \text{channel} = \\
 &= 44100 \times 16 \times 3600 \times 1 = \\
 &= 2.540.160.000 \text{ bits} = \\
 &= \frac{2.540.160.000}{8 \text{ Bytes}} = 317.520.000 \text{ Bytes} = \\
 &= \frac{317.520.000}{1024 \text{ KB}} = 31.007,8125 \text{ KBytes} = \\
 &= \frac{31.007,8125}{1024 \text{ MB}} = 30,28 \text{ MBytes}
 \end{aligned}$$

Αν έχουμε 2 κανάλια ήχου (στέρεο) τότε θα είναι :

$$\begin{aligned}
 2.540.160.000 \times 2 &= 5.080.320.000 \text{ bits} = \\
 &= \frac{5.080.320.000}{8 \text{ Bytes}} = 635.040.000 \text{ Bytes} = \\
 &= \frac{635.040.000}{1024 \text{ KB}} = 620.156,25 \text{ KBytes} = \\
 &= \frac{620.156,25}{1024 \text{ MB}} = 605.62 \text{ MBytes}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \beta. \text{ χώρος αποθήκευσης} &= \text{sampling rate} \times \text{sample size} \times \text{time} \times \text{channel} = \\
 &= 96000 \times 24 \times 3600 \times 1 = \\
 &= 8.294.400.000 \text{ bits} = \\
 &= \frac{8.294.400.000}{8 \text{ Bytes}} = 1.036.800.000 \text{ Bytes} = \\
 &= \frac{1.036.800.000}{1024 \text{ KB}} = 1.012.500 \text{ KBytes} = \\
 &= \frac{1.012.500}{1024 \text{ MB}} = 988,77 \text{ MBytes}
 \end{aligned}$$

Αν έχουμε 2 κανάλια ήχου (στέρεο) τότε θα είναι :

$$\begin{aligned}
 8.294.400.000 \times 2 &= 16.588.800.000 \text{ bits} = \\
 &= \frac{16.588.800.000}{8 \text{ Bytes}} = 2.073.600.000 \text{ Bytes} = \\
 &= \frac{2.073.600.000}{1024 \text{ KB}} = 2.025.000 \text{ KBytes} = \\
 &= \frac{2.025.000}{1024 \text{ MB}} = 1977,54 \text{ MBytes} = 1,93 \text{ GBytes}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \gamma. \text{ χώρος αποθήκευσης} &= \text{sampling rate} \times \text{sample size} \times \text{time} \times \text{channel} = \\
 &= 192000 \times 24 \times 3600 \times 1 = \\
 &= 16.588.800.000 \text{ bits} = \\
 &= \frac{16.588.800.000}{8 \text{ Bytes}} = 2.073.600.000 \text{ Bytes} = \\
 &= \frac{2.073.600.000}{1024 \text{ KB}} = 2.025.000 \text{ KBytes} = \\
 &= \frac{2.025.000}{1024 \text{ MB}} = 1.977,54 \text{ MBytes} = 1,93 \text{ GBytes}
 \end{aligned}$$

Αν έχουμε 2 κανάλια ήχου (στέρεο) τότε θα είναι :

$$\begin{aligned}
 16.588.800.000 \times 2 &= 33.177.600.000 \text{ bits} = \\
 &= \frac{33.177.600.000}{8 \text{ Bytes}} = 4.147.200.000 \text{ Bytes} = \\
 &= \frac{4.147.200.000}{1024 \text{ KB}} = 4.050.000 \text{ KBytes} = \\
 &= \frac{4.050.000}{1024 \text{ MB}} = 3.955,08 \text{ MBytes} = 3,86 \text{ GBytes}
 \end{aligned}$$



321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 1^η Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα



Σε αυτή την εργασία μάθαμε:

- Να βρίσκουμε την μέση τιμή σφάλματος ενός κυκλώματος που μετατρέπει το αναλογικό σήμα σε ψηφιακό.
- Να παραμετροποιούμε το κύκλωμα ώστε να έχουμε πολύ μικρή μέση τιμή σφάλματος.
- Να διαβάζουμε τα σήματα ως γραφικές παραστάσεις.
- Να συγκρίνουμε τις γραφικές παραστάσεις των σημάτων.
- Να βρίσκουμε πόσο αποδοτικός είναι ο κβαντιστής κάθε φορά.
- Να υπολογίζουμε την περίοδο δειγματοληψίας καθώς και τις στάθμες που θα κβαντιστεί το αναλογικό σήμα.
- Να υπολογίζουμε τον ακριβή αποθηκευτικό χώρο που θα χρειαστούμε για να αποθηκεύσουμε ένα αρχείο ήχου συγκεκριμένης ώρας και συχνότητας.



321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 1^η Εργαστηριακή Άσκηση

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Βιβλιογραφία



[1]: https://eclass.icsd.aegean.gr/modules/document/file.php/ICSD411/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BF/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%91%CF%83%CE%BA%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%86%CF%83%CE%BA%CE%B7%CF%83%CE%B7_1_ADC.pdf

[2]: <https://www.slideshare.net/UPSIcoursework/calculate-audio-file-size>

ΠΕΡΑΣ 1^{ης} ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ



Kyriazis Ioannis | Papadopoulos Panagiotis

Copyright © 2021 – All Rights Reserved