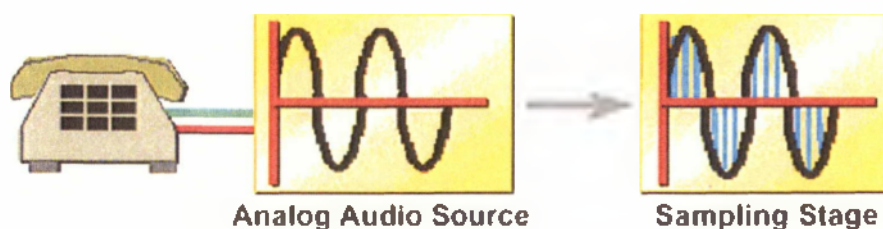


ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΟΥ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΗ / ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΤΗ PCM ΣΤΟ SIMULINK.



ΦΟΙΤΗΤΡΙΕΣ: ΚΟΣΜΟΠΟΥΛΟΥ ΕΛΕΝΗ ΑΜ:2006053
ΑΝΔΡΙΤΣΟΥ ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΑΜ:2005016

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ : ΛΙΑΠΕΡΔΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

Πίνακας περιεχομένων.....	2
Πρόλογος.....	4
1. Θεωρητικό μέρος.....	5
1.1 Εισαγωγή.....	6
1.2 Ιστορική αναδρομή.....	7
2. Εναλλακτικοί τρόποι μετάδοσης.....	12
2.1 Εισαγωγή.....	13
2.2 Αναλογικός τρόπος μετάδοσης.....	13
2.3 Ψηφιακός τρόπος μετάδοσης.....	15
2.4 Σύγκριση αναλογικού - ψηφιακού τρόπου μετάδοσης.....	16
3. Τεχνικές μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.....	18
3.1 Εισαγωγή.....	19
3.2 Συσσκευή ADC.....	20
3.3 Συσσκευή DAC.....	21
4. Παλμοκωδική διαμόρφωση PCM.....	22
4.1 Εισαγωγή.....	23
4.2 Δειγματοληψία.....	23
4.3 Κβαντισμός.....	24
4.4 Κωδικοποίηση.....	27
5. Λίγα λόγια για το Matlab	29
6. Λίγα λόγια για το Simulink	33
7. Πρακτικό μέρος.....	36
7.1 Περιγραφή υλοποιημένου συστήματος.....	37

7.2	Επεξήγηση επιμέρους τμημάτων.....	39
7.2.1	Διαμορφωτής PCM	39
7.2.2	Θόρυβος GAUSS.....	45
7.2.3	Αποκωδικοποιητής PCM.....	45
8.	Παρουσίαση Παραμέτρων	47
9.	Παρουσίαση Αποτελεσμάτων	49
10.	Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου.....	57
11.	Επίλογος.....	64
12.	Γλωσσάρι.....	65
13.	Πίνακας Σχημάτων.....	66
14.	Βιβλιογραφία.....	68

Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια απόκτησης πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, του ΤΕΙ Καλαμάτας - Παράρτημα Σπάρτης κατά την περίοδο Ιούνιος 2010- Δεκέμβριος 2010.

Σε αυτό το σημείο επιθυμούμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον επιβλέποντα της εργασίας μας, καθηγητή εφαρμογών κ. Λιαπέρδο Ιωάννη .

1

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1 Εισαγωγή

Από την αρχή της ανθρώπινης ύπαρξης αναπτύχθηκαν διάφορες μορφές τηλεπικοινωνιών καθώς ήταν απαραίτητη από τότε η ανάγκη για επικοινωνία από πολύ μακριά και στο λιγότερο δυνατό χρόνο. Κάθε εποχή χαρακτηρίστηκε από τους τρόπους που συντελούνταν οι τηλεπικοινωνίες. Τα σήματα καπνού, οι ήχοι των τυμπάνων και της καμπάνας και το άναμμα φωτιάς ήταν μερικοί από τους βασικούς τρόπους μεταφοράς της πληροφορίας σε κάποιες εποχές από τα προϊστορικά χρόνια μέχρι το 18ο αιώνα μ.Χ. με μικρές διαφορές και φυσικά κάθε φορά πιο εξελιγμένοι από τις προηγούμενες ανάλογα την εποχή, το λαό, τα μέσα τις ανάγκες και τους σκοπούς.

Για παράδειγμα στην αρχαία Ελλάδα υπήρχαν πύργοι, που ονομάζονταν φρυκτωρίες, χτισμένοι σε στρατηγικά σημεία και εκεί άναβαν φωτιές. Με το άναμμα της φωτιάς από φρυκτωρία σε φρυκτωρία, έφθανε η πληροφορία στον προορισμό της. Ο στρατός του Ναπολέοντα είχε προς χρήση κινητούς πύργους οπτικής επικοινωνίας μέσω κωδικοποιημένων σημάτων που του έδιναν σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των αντιπάλων. Οι τρόποι αυτοί της επικοινωνίας όμως δεν ήταν ακριβείς ούτε ήταν βέβαιη η επιτυχία τους. Επιπρόσθετα η ταχύτητα μεταφοράς της πληροφορίας ήταν μικρή, ο όγκος της πληροφορίας ελάχιστος και η ασφάλειά της ελάχιστη.

Αυτές οι μορφές επικοινωνίας διατηρήθηκαν μέχρι την εμφάνιση του ηλεκτρισμού. Τότε έγιναν τα πρώτα σοβαρά βήματα με το τηλέφωνο και τον τηλεγράφο, για να φθάσουμε στην σημερινή μορφή της ψηφιακής τεχνολογίας, οπότε και η καθημερινή εξέλιξη στις τεχνικές των τηλεπικοινωνιών είναι αλματώδης και απρόβλεπτη.

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Η εμφάνιση της επιστήμης των τηλεπικοινωνιών οφείλεται στους:

- **1844**

Ο Samuel Morse παρουσιάζει τον τηλέγραφο, το πρώτο σύστημα επικοινωνιών με τεχνητά μέσα μετάδοσης, το οποίο συνέδεε τις πόλεις των ΗΠΑ Baltimore και Washington,DC. Αυτό το πρώτο επικοινωνιακό σύστημα ήταν ψηφιακό, καθώς οποιαδήποτε πληροφορία αναπαρίστατο ως μία ακολουθία από τέσσερα σύμβολα: την τελεία, την παύλα, το κενό μεταξύ γραμμάτων και το κενό μεταξύ λέξεων.

- **1876**

Ανακαλύπτεται το τηλέφωνο από τον Alexander Graham Bell. Με αυτή τη συσκευή η φωνή μετατρέπεται απευθείας σε αναλογικά ηλεκτρικά σήματα.

- **1901**

Ο Guglielmo Marconi ανακαλύπτει το ασύρματο τηλεγραφικό σύστημα και εισάγει την έννοια των ραδιοεπικοινωνιών.

- **1905**

Πραγματοποιείται η πρώτη μεταβίβαση φωνής και μουσικής σε ειδικές απομακρυσμένες συσκευές, οι οποίες θα μείνουν γνωστές ως ραδιόφωνα, από τον Reginald Fessenden.

- **1920**

Εμφανίζονται οι πρώτες προγραμματισμένες ραδιοφωνικές εκπομπές στο Pittsburgh των ΗΠΑ.

- **1931**

Διατίθεται και καθιερώνεται η τηλετυπική υπηρεσία.

- **1937**

Ο Alex Reeves παρουσιάζει την τεχνική PCM, η οποία αποτελεί τη βασική τεχνική διαμόρφωσης στα σημερινά ψηφιακά συστήματα επικοινωνιών.

- **1939**

Ξεκινάνε οι εκπομπές τηλεοπτικών προγραμμάτων από το BBC.

- **1940-45**

Κατά την διάρκεια του Β΄ Παγκοσμίου πολέμου σημειώθηκαν ραγδαίες εξελίξεις στο χώρο των επικοινωνιών, κυρίως στους τομείς των μικροκυματικών συστημάτων, της κρυπτογραφίας και των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων.

- **1950**

Χρησιμοποιείται η πολυπλεξία χρόνου στην τηλεφωνία, η οποία συντελεί στον αποδοτικό διαμοιρασμό των επικοινωνιακών συνδέσεων σε περισσότερα του ενός κυκλώματα φωνής.

- **1953**

Ποντίζεται το πρώτο υπερατλαντικό υποβρύχιο τηλεφωνικό καλώδιο, το οποίο εξυπηρετούσε 36 κανάλια φωνής.

- **1962**

Εκτοξεύεται ο TELESTAR 1, ο πρώτος επικοινωνιακός δορυφόρος, ο οποίος μεταβίβαζε σήμα τηλεόρασης μεταξύ ΗΠΑ και Ευρώπης.

- **1966**

Οι Kao και Hockman παρουσιάζουν το πρώτο σύστημα επικοινωνίας μέσω οπτικών ινών.

- **1969**

Ξεκινάει το ARPANET, το πρώτο δίκτυο μεταγωγής πακέτων σε ευρεία περιοχή, το οποίο αποτέλεσε τον πρόγονο του διαδικτύου.

- **1981**

Από τον ιαπωνικό οργανισμό NHK παρουσιάζεται η πρώτη τηλεόραση ευκρίνειας. Τέτοιες πρωτοεμφανιζόμενες υπηρεσίες εισάγουν στο χώρο των επικοινωνιών τις απαιτήσεις για δίκτυα υψηλών ταχυτήτων και για δίκτυα εγγυημένης ποιότητας εξυπηρέτησης.

- **1985**

Στο Ηνωμένο Βασίλειο προσφέρεται για πρώτη φορά το τυποποιημένο ψηφιακό δίκτυο ενοποιημένων υπηρεσιών (Integrated Services Digital Network, ISDN)

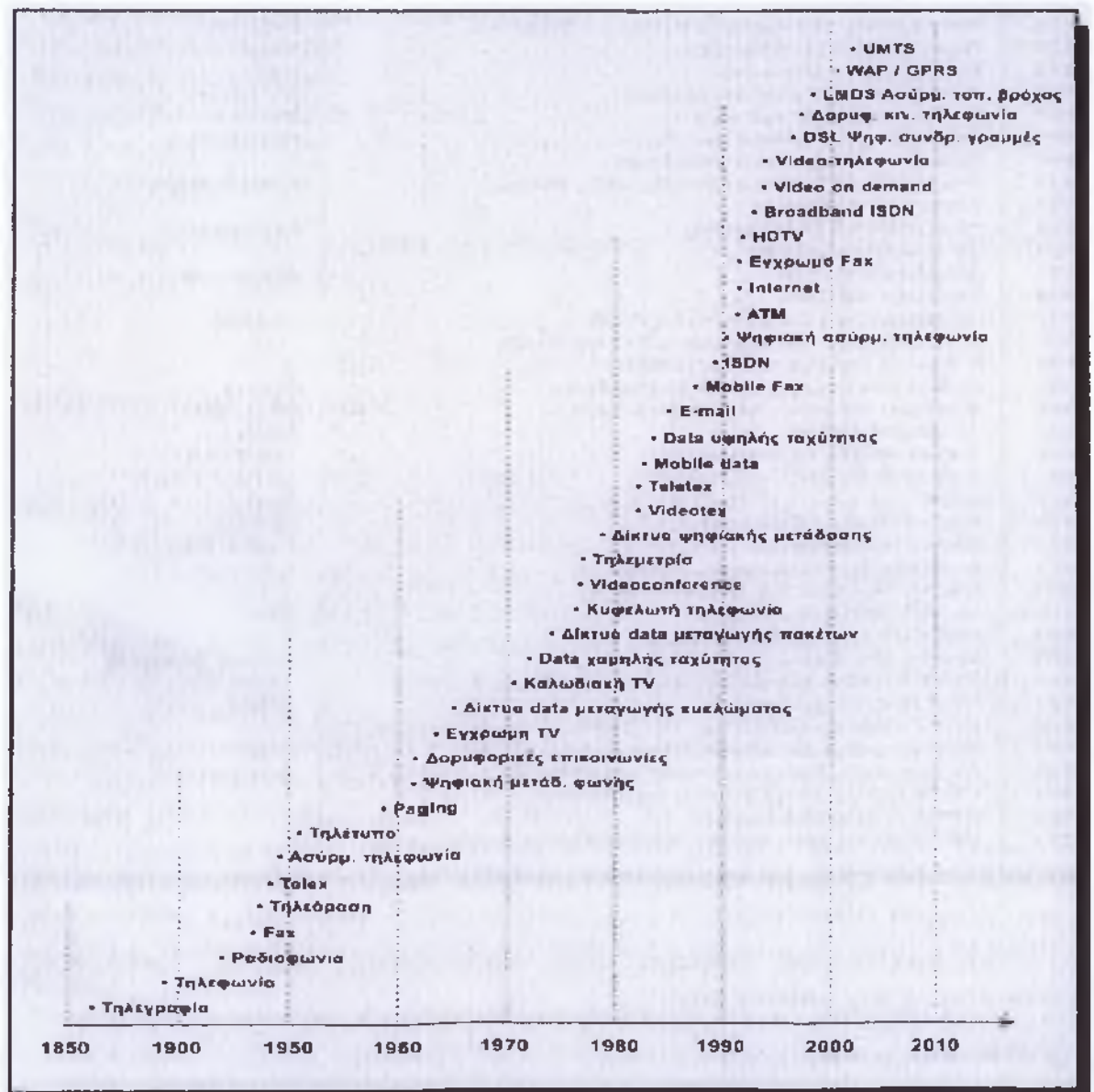
- **1986**

Στις ΗΠΑ παρουσιάζεται η τεχνολογία SDH/SONET, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη δικτύων υψηλών ταχυτήτων.

- **1991**

Αναπτύσσεται το σύστημα κυψελωτής επικοινωνίας GSM (Global System for Mobile communications), πάνω στο οποίο βασίστηκε η υπηρεσία της κινητής τηλεφωνίας στην Ευρώπη.

Η ιστορική εξέλιξη των Τηλεπικοινωνιών μετά το 1850 φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 1.1 : Ιστορική αναδρομή

Η Τηλεπικοινωνίες σήμερα προσφέρουν πολλές υπηρεσίες, οι σημαντικότερες των οποίων είναι: Επικοινωνίες φωνής, Επικοινωνίες δεδομένων (Data communications), Παγκόσμιος ιστός (WWW -World Wide Web), Teletex, Τηλεομοιοτυπία (Telefax), Οπτική Τηλεδιάσκεψη (Videoconference), Ασύρματες κινητές επικοινωνίες (Mobile communication), ISDN (Integrated Services Digital Network), Τηλεμετρία και έλεγχος εκ του μακρόθεν, Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (Electronic mail), Τηλεειδοποίηση (Paging), Videotelephony (Εικονοτηλέφωνο), Επικοινωνίες Πολυμέσων(multimedia), Ηλεκτρονικό εμπόριο, Ψηφιακή Τηλεόραση, Δορυφορικός εντοπισμός θέσης, Ραδιόφωνο, Τηλείατρική.

Τα σήματα που συναντάμε στη φύση είναι αναλογικά. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η ομιλία και η μουσική.

2

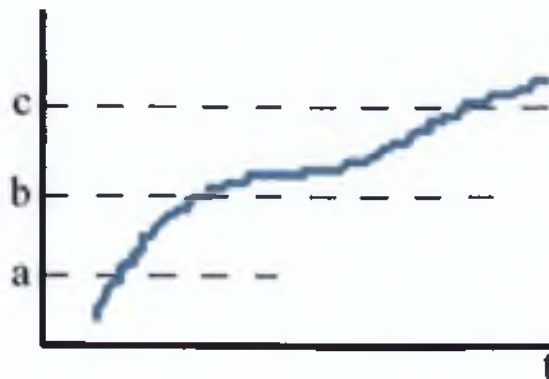
ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ

2.1 Εισαγωγή

Η κοινωνία της πληροφορικής στηρίζεται κατά μεγάλο βαθμό στη συλλογή, αποθήκευση, επεξεργασία και ανταλλαγή πληροφοριών. Οι πληροφορίες αυτές είτε περιγράφουν το είδος και την υφή γεγονότων, καταστάσεων ή αντικειμένων είτε χαρακτηρίζουν ποσοτικά μεγέθη, όπως η διακύμανση της θερμοκρασίας ή το ύψος του τιμάρθμου. Από τα μεγέθη αυτά, είτε οφείλονται σε γεγονότα είτε σε καταστάσεις είτε σε αντικείμενα, μερικά είναι *αναλογικά* και τα άλλα είναι *ψηφιακά*.

2.2 Αναλογικός τρόπος μετάδοσης

Αναλογικά: είναι τα μεγέθη που οι καταστάσεις τους μπορούν να πάρουν- συνεχείς τιμές και σε κάθε τιμή του μεγέθους αντιστοιχεί μία πληροφορία. Στο σχήμα 2.1 το μέγεθος "ύψος" μεταβάλλεται συνεχώς, δηλαδή μπορεί να πάρει οποιαδήποτε τιμή, καθώς μετακινείται στο κεκλιμένο επίπεδο. Όλα τα μεγέθη της κλασσικής φυσικής, όπως απόσταση, ταχύτητα, θερμοκρασία, πίεση, ένταση ηλεκτρικού ρεύματος κ.λπ. είναι αναλογικά. Γενικώς αναλογικό είναι οποιοδήποτε μέγεθος, που η τιμή του πληροφορία εκφράζεται με πραγματικούς αριθμούς.

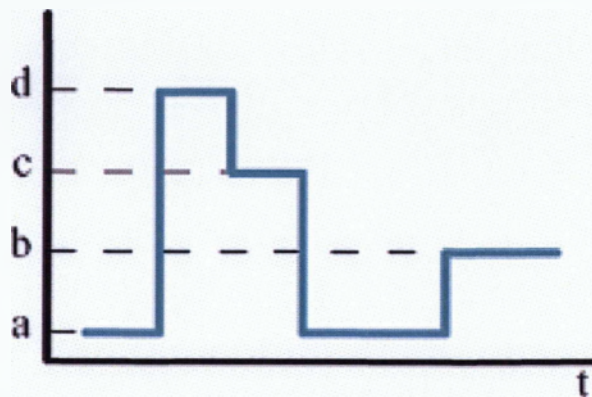


Σχήμα 2.1 : Αναλογικός τρόπος μετάδοσης

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που καλείται να αντιμετωπίσει ένας σχεδιαστής επικοινωνιακού συστήματος είναι ο θόρυβος (noise), ο οποίος αλλοιώνει το διαδιδόμενο σήμα. Ο θόρυβος προέρχεται τόσο από τα κυκλώματα του αποστολέα και παραλήπτη, όσο και από εξωτερικούς παράγοντες (όπως, π.χ., η ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή από γειτονικά μέσα μετάδοσης ή οι ηλεκτρικές διαταραχές της ατμόσφαιρας). Αν η αλλοίωση είναι μεγάλη, τότε κατά την αποδιαμόρφωση του σήματος θα λάβουμε μία ή περισσότερες λανθασμένες τιμές στα μεταβιβαζόμενα bits.

2.3 Ψηφιακός τρόπος μετάδοσης

Ψηφιακά : είναι τα μεγέθη, και τα αντίστοιχα συστήματα, που οι καταστάσεις τους παίρνουν διακριτές τιμές. Η κλίμακα του σχήματος 2.2 αποτελεί ένα ψηφιακό σύστημα, γιατί οι μόνες θέσεις που μπορεί να πατήσει σταθερά κάποιος είναι τα σκαλοπάτια, δηλαδή οι δυνατές καταστάσεις του συστήματος είναι διακριτές. Άλλα παραδείγματα ψηφιακών συστημάτων είναι οι φωτεινοί σηματοδότες της τροχαίας, που μεταδίδουν τις πληροφορίες τους χρησιμοποιώντας τρία χρώματα διακριτά μεταξύ τους, οι ηλεκτρικοί διακόπτες, που ως γνωστόν οι καταστάσεις τους εκφράζονται με πληροφορίες της μορφής ανοικτός-κλειστός, ναι-όχι .



Σχήμα 2.2 : Ψηφιακός τρόπος μετάδοσης

Γενικώς, ψηφιακό ονομάζεται ένα μέγεθος του οποίου οι καταστάσεις και κατ' επέκταση οι πληροφορίες, που τις καταγράφουν, εκφράζονται ή μπορούν να παρασταθούν με τα στοιχεία ενός αριθμήσιμου συνόλου, όπως π.χ. είναι οι ακέραιοι αριθμοί.

Η δυνατότητα μετατροπής ενός αναλογικού σήματος σε ψηφιακό και αντίστροφα θέτει στη διάθεσή μας τα πλεονεκτήματα της ψηφιακής τεχνολογίας για την επεξεργασία αναλογικών σημάτων.

2.4 Σύγκριση Αναλογικού - Ψηφιακού τρόπου μετάδοσης

Τα σύγχρονα ψηφιακά επικοινωνιακά συστήματα εμφανίζουν τα ακόλουθα συντριπτικά πλεονεκτήματα έναντι των αντίστοιχων αναλογικών συστημάτων:

- είναι πιο αξιόπιστα, γιατί παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανοχή στην παρουσία θορύβου και χρησιμοποιούν εξελιγμένες τεχνικές εντοπισμού και αντιμετώπισης σφαλμάτων,
- είναι πιο αποδοτικά, καθώς μπορούν να μεταβιβάσουν πολύ μεγαλύτερο όγκο πληροφορίας ανά χρονική μονάδα,
- είναι πιο ασφαλή, γιατί μπορούν να εκμεταλλευτούν πλήρως τα σύγχρονα συστήματα κρυπτογραφίας και τέλος,
- είναι πιο οικονομικά, γιατί αφενός χρησιμοποιούν πιο αποδοτικές τεχνικές διαμοιρασμού επικοινωνιακών πόρων και αφετέρου υιοθετώντας σύγχρονα συστήματα κωδικοποίησης, αφαιρούν την περιττή πληροφορία και συμπιέζουν τη μεταβιβαζόμενη κυκλοφορία.

Ως συνέπεια των παραπάνω πλεονεκτημάτων, τα ψηφιακά συστήματα επικοινωνίας γίνονται όλο και πιο δημοφιλή. Όλο και περισσότερες αναλογικές πηγές ψηφιοποιούνται πριν από τη μετάδοσή τους και επαναδομούνται στον προορισμό τους στην αρχική αναλογική τους μορφή, επιτρέποντας έτσι την αξιόπιστη, αποδοτική, ασφαλή και οικονομική μεταβίβαση της πληροφορίας τους από ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας. Για παράδειγμα, τα αναλογικά συστήματα επικοινωνίας στα τηλεφωνικά δίκτυα θα έχουν πλήρως αντικατασταθεί από αντίστοιχα ψηφιακά συστήματα στις αρχές του 21ου αιώνα.

3

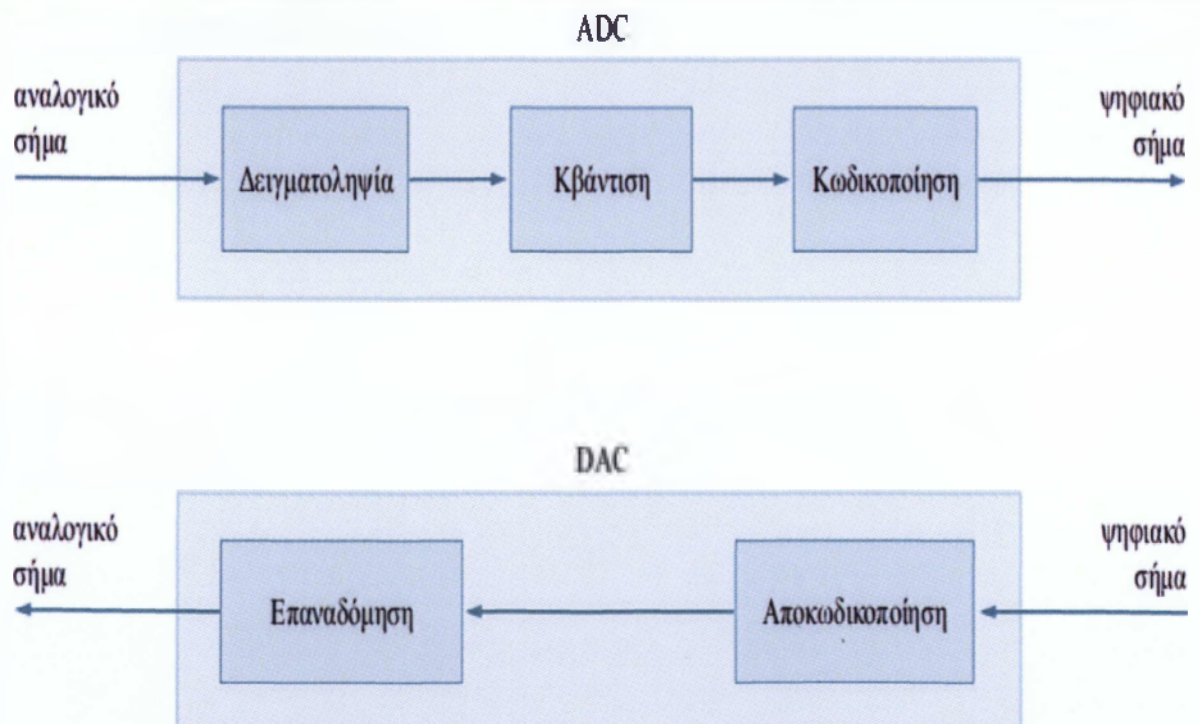
ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ

3.1 Εισαγωγή

Για να εκμεταλλευτούμε τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών επικοινωνιακών συστημάτων, ψηφιοποιούμε τις αναλογικές πηγές πριν από τη μετάδοσή τους. Δηλαδή μετατρέπουμε το αρχικό αναλογικό σήμα της πηγής πληροφορίας σε ψηφιακό σήμα, το οποίο μεταδίδεται μέσω του δικτύου επικοινωνίας.

Στον προορισμό, το ψηφιακό σήμα το μετατρέπουμε ξανά σε αναλογικό και έτσι η μεταβιβαζόμενη πληροφορία επαναδομείται στην αρχική της μορφή.

Στο παρακάτω σχήμα 3.1 φαίνεται η μετατροπή του σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό και το αντίθετο.



Σχήμα 3.1 : Τεχνικές μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό

Στον ADC, προσαρμόζουμε αρχικά τα δείγματα του αναλογικού σήματος σε προκαθορισμένες στάθμες σήματος και κατόπιν τα κωδικοποιούμε, συνθέτοντας έτσι το ψηφιακό σήμα.

Στον DAC, αφού αποκωδικοποιήσουμε το ψηφιακό σήμα, ανακατασκευάζουμε το αρχικό αναλογικό σήμα από τα ληφθέντα δείγματα.

3.2 Η συσκευή ADC :

Αποτελείται από ένα κύκλωμα δειγματοληψίας, από έναν κβαντιστή και από έναν κωδικοποιητή.

Το *κύκλωμα δειγματοληψίας* λαμβάνει δείγματα τάσης από το εισερχόμενο αναλογικό σήμα με σταθερό και προκαθορισμένο ρυθμό. Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι πολύ σημαντικός παράγοντας στο σύστημα ψηφιοποίησης μιας αναλογικής πηγής, γιατί η επιλογή μιας λανθασμένης τιμής ισοδυναμεί είτε με απώλεια πληροφορίας κατά την επαναδόμηση του αρχικού σήματος στον προορισμό είτε με τη δημιουργία επιπλέον κυκλοφορίας, η οποία είναι περιττή για την ορθή αναπαράσταση της πληροφορίας στον προορισμό.

Ο *κβαντιστής (quantiser)* αντιστοιχεί κάθε δείγμα του σήματος με μια τιμή τάσης από ένα πεπερασμένο σύνολο προκαθορισμένων τιμών, έχοντας ως κριτήριο την ελάχιστη διαφορά της τάσης του δείγματος με την αντιστοιχιζόμενη τιμή.

Ο *κωδικοποιητής (encoder)* αντιστοιχεί κάθε κβαντισμένο δείγμα του αναλογικού σήματος με ένα στοιχείο από ένα πεπερασμένο διακριτό σύνολο (σύμβολο), βασιζόμενος σε ένα προκαθορισμένο σχήμα κωδικοποίησης, με σκοπό τον ακριβή προσδιορισμό του. Με αυτόν τον τρόπο ψηφιοποιούμε τελικά το αναλογικό σήμα. Οι λειτουργίες του κβαντιστή και του κωδικοποιητή συνθέτουν την παλμοκωδική διαμόρφωση (Pulse Code

Modulation – PCM), μια τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως στα ψηφιακά συστήματα επικοινωνίας.

3.3 Η συσκευή DAC:

Η συσκευή DAC αποτελείται από έναν αποκωδικοποιητή και από ένα κύκλωμα επαναδόμησης του αρχικού αναλογικού σήματος.

Ο *αποκωδικοποιητής (decoder)* μετατρέπει την ακολουθία των λαμβανόμενων ψηφιακών συμβόλων στις αντιστοιχιζόμενες κβαντισμένες τιμές του σήματος. Έτσι, στην έξοδο του αποκωδικοποιητή λαμβάνουμε τα κβαντισμένα δείγματα του αρχικού σήματος.

Χρησιμοποιώντας αυτά τα κβαντισμένα δείγματα, το κύκλωμα επαναδόμησης κατασκευάζει μια προσέγγιση του αρχικού αναλογικού σήματος.

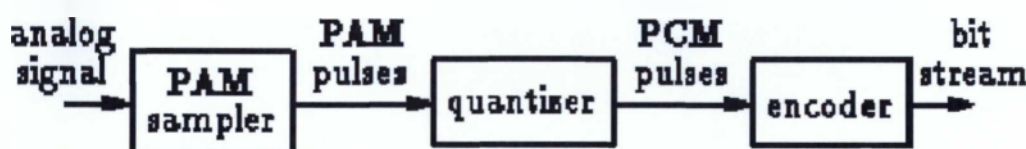
4

ΠΑΛΜΟΚΩΔΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

4.1 Εισαγωγή

Πρόκειται για μια τεχνική μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, η οποία εφευρέθηκε από τον Alec Reeves το 1937 για τη μετάδοση ομιλίας με τη μορφή ψηφιακών σημάτων. Υπάρχουν διάφορες μορφές παλμών, όπως η διαμόρφωση διάρκειας παλμών και η διαμόρφωση θέσης παλμών. Εμείς θα επικεντρωθούμε στη παλμοκωδική διαμόρφωση PCM. Στην Παλμοκωδική Διαμόρφωση το σήμα δειγματοληπτείται και το πλάτος του κάθε σήματος "στρογγυλοποιείται" στην κοντινότερη τιμή από ένα σύνολο επιτρεπτών τιμών, έτσι ώστε χρόνος και πλάτος να είναι κβαντοποιημένα. Αυτή η τεχνική επιτρέπει τη μετάδοση του σήματος με τη μορφή κωδικοποιημένων ηλεκτρικών σημάτων.

Οι ουσιώδεις λειτουργίες του πομπού ενός συστήματος PCM είναι η δειγματοληψία (sampling), η κβάντιση (quantizing), και η κωδικοποίηση όπως φαίνεται στο σχήμα 4.1 :



Σχήμα 4.1 : Παλμοκωδική Διαμόρφωση (PCM)

4.2 Δειγματοληψία

Η διαδικασία της δειγματοληψίας βασίζεται στο θεώρημα δειγματοληψίας για σήματα περιορισμένου εύρους ζώνης. Το θεώρημα δειγματοληψίας εν ολίγοις έχει ως εξής :

Έστω το σήμα $m(t)$, περιορισμένου εύρους ζώνης το οποίο δειγματοληπτείται κάθε T sec όπου $T=1/2*f_m$ και f_m η μέγιστη

συχνότητάτου.

Κατά την διαδικασία λουπόν της δειγματοληψίας, λαμβάνονται δείγματα της εισερχόμενης κυματομορφής πληροφορίας με μια ακολουθία στενών ορθογώνιων παλμών. Για να εξασφαλιστεί η τέλεια ανακατασκευή της πληροφορίας στο δέκτη, ο ρυθμός της δειγματοληψίας πρέπει να είναι μεγαλύτερος από το διπλάσιο της υψηλότερης συνιστώσας συχνότητας W της κυματομορφής πληροφορίας σύμφωνα με το θεώρημα δειγματοληψίας. Στην πράξη, πριν να εισάγουμε το σήμα στο δειγματολήπτη χρησιμοποιείται ένα βαθυπερατό φίλτρο έτσι ώστε να απορρίπτονται συχνότητες μεγαλύτερες από W πριν από την δειγματοληψία.

4.3 Κβαντισμός

Ένα συνεχές σήμα, όπως η φωνή, έχει συνεχές πεδίο τιμών πλάτους και συνεπώς τα δείγματά του έχουν συνεχές πεδίο τιμών πλάτους. Με άλλα λόγια μέσα στο πεπερασμένο πεδίο τιμών του σήματος βρίσκουμε έναν άπειρο αριθμό σταθμών πλάτους. Στην πραγματικότητα όμως δεν είναι απαραίτητο να μεταδίδουμε τα ακριβή πλάτη των δειγμάτων. Οποιαδήποτε ανθρώπινη αίσθηση (π.χ. το αυτί, το μάτι), σαν τελικός δέκτης, μπορεί να ανιχνεύσει πεπερασμένες διαφορές έντασης. Αυτό σημαίνει ότι το αρχικό συνεχές σήμα μπορεί να προσεγγιστεί από ένα σήμα το οποίο κατασκευάζεται από διακριτά πλάτη, επιλεγμένα από ένα διαθέσιμο σύνολο με βάση την ελαχιστοποίηση του σφάλματος. Η ύπαρξη ενός πεπερασμένου αριθμού διακριτών σταθμών πλάτους είναι μια βασική συνθήκη της PCM. Προφανώς εάν καθορίσουμε διακριτές στάθμες πλάτους με αρκετά μικρό βήμα μεταξύ τους, μπορούμε να κάνουμε το προσεγγιζόμενο σήμα να μη ξεχωρίζει πρακτικά από το αρχικό συνεχές σήμα.

Η μετατροπή ενός αναλογικού (συνεχούς) δείγματος του σήματος σε μια ψηφιακή (διακριτή) μορφή καλείται διαδικασία κβαντοποίησης (quantizing). Γραφικά, η διαδικασία κβαντοποίησης σημαίνει ότι μια ευθεία γραμμή που παριστάνει τη σχέση μεταξύ της εισόδου και της εξόδου ενός γραμμικού συνεχούς συστήματος αντικαθίσταται από μια κλιμακωτή (staicase) χαρακτηριστική. Η διαφορά μεταξύ των δύο γειτονικών διακριτών τιμών ονομάζεται κβάντο (quantum) ή μέγεθος βήματος (step - size). Τα σήματα που εφαρμόζονται σε έναν κβαντιστή (quantizer), ταξινομούνται σε στάθμες πλάτους (βήματα) και όλα τα σήματα εισόδου τα οποία βρίσκονται στο συν ή πλην μισό ενός κβάντου της μεσαίας τιμής μιας στάθμης, αντικαθίστανται στην έξοδο από την υπόψη μεσαία τιμή.

Οι διαφορές μεταξύ του αναλογικού σήματος στην είσοδο με το κβαντισμένο σήμα στην έξοδο ονομάζεται σφάλμα κβαντισμού (quantizing error) ή θόρυβος κβάντισης. Είναι φανερό ότι η μέγιστη στιγμιαία τιμή αυτού του σφάλματος είναι το μισό ενός κβάντου και το συνολικό εύρος της μεταβολής είναι από -μισό έως +μισό βήμα. Επίσης μπορεί να αποδειχθεί ότι η μέση τιμή του σφάλματος κβάντισης δίνεται από τη σχέση :

$$(3.1) \quad \langle q_e^2 \rangle = \delta^2 / 12$$

όπου δ είναι το μέγεθος του κβάντου.

Η έξοδος του κβαντιστή μπορεί αναλυτικά να εκφραστεί στη μορφή $H_i \cdot \delta$ όπου $\pm H_i = 0, 1, 2, \dots$ και δ όπως είπαμε το μέγεθος του κβάντου. Στην πιο απλή περίπτωση το δ είναι κανονικοποιημένο στην τιμή 1. Ένας κβαντιστής που έχει αυτή τη σχέση εισόδου - εξόδου καλείται τύπου μέσου πατήματος (mid - tread), επειδή η αρχή των αξόνων βρίσκεται στο μέσο ενός οριζώντιου τμήματος του σκαλοπατιού στο κλιμακωτό γράφημα.

Ένας άλλος τρόπος σχεδίασης του κβαντιστή, είναι να ορίσουμε την έξοδό του στη μορφή $H_i \cdot \delta/2$ όπου $H_i=1, 3, 5...$. Αυτός ο κβαντιστής ονομάζεται τύπου μέσης ανύψωσης (mid - rizer), επειδή στην περίπτωση αυτή η αρχή των αξόνων βρίσκεται στο μέσο ενός κατακόρυφου τμήματος της κλιμακωτής σχέσης εισόδου - εξόδου.

Η διαδικασία κβαντοποίησης, όπως την περιγράψαμε πιο πάνω, χρησιμοποιεί ομοιόμορφη απόσταση μεταξύ των επιπέδων κβαντισμού. Σε κάποιες εφαρμογές, ωστόσο, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί μεταβλητή απόσταση μεταξύ των επιπέδων κβαντισμού. Για παράδειγμα, η περιοχή των τάσεων που καλύπτονται από σήματα φωνής, από τα μέγιστα δυνατής φωνής μέχρι τα ασθενή διαστήματα της χαμηλής είναι της τάξης 1000 έως 1. Χρησιμοποιώντας έναν μη ομοιόμορφο κβαντιστή (nonuniform quantizer) με το χαρακτηριστικό ότι το μέγεθος του βήματος αυξάνει, καθώς η απόσταση

από την αρχή των αξόνων της χαρακτηριστικής πλάτους εισόδου - εξόδου αυξάνει, το τελευταίο μεγάλο βήμα του κβαντιστή μπορεί να συμπεριλάβει όλες τις πιθανές περιπλανήσεις του σήματος φωνής στις μεγάλες στάθμες πλάτους, οι οποίες συμβαίνουν σχετικά σπάνια. Με άλλα λόγια, τα ασθενή διαστήματα, που χρειάζονται περισσότερη προστασία, προτιμούνται σε βάρος των ισχυρών διαστημάτων. Κατ' αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μια ποσοστιαία ομοιόμορφη ακρίβεια στο μεγαλύτερο τμήμα του πεδίου τιμών του σήματος εισόδου, με αποτέλεσμα να απαιτούνται λιγότερα βήματα από ότι στη περίπτωση που θα χρησιμοποιούνταν ομοιόμορφος κβαντιστής.

Η χρήση ενός μη ομοιόμορφου κβαντιστή είναι ισοδύναμη με τη διέλευση του σήματος βασικής ζώνης μέσω ενός συμπιεστή (compressor) και στη συνέχεια την εφαρμογή του συμπιεσμένου σήματος σε ομοιόμορφο κβαντιστή.

Για να επαναφέρουμε τα δείγματα του σήματος στην αντίστοιχη σωστή στάθμη πρέπει να χρησιμοποιήσουμε μια διάταξη στο δέκτη με

χαρακτηριστική συμπληρωματικής εκείνης του συμπιεστή. Μια τέτοια διάταξη ονομάζεται αποσυμπιεστής (expander). Στην ιδανική περίπτωση, οι νόμοι συμπίεσης και αποσυμπίεσης είναι ακριβώς αντίστροφοι έτσι ώστε εκτός από την επίδραση της κβαντοποίησης η έξοδος του αποσυμπιεστή να είναι ίση με την είσοδο του συμπιεστή. Ο συνδυασμός ενός συμπιεστή και ενός αποσυμπιεστή ονομάζεται συμπιεστής - αποσυμπιεστής (comprander).

Σε πραγματικά συστήματα PCM, τα κυκλώματα συμπίεσης - αποσυμπίεσης δεν αναπαράγουν ένα ακριβές αντίγραφο των γραμμικών καμπυλών συμπίεσης. Μάλλον, παράγουν μια τμηματικά γραμμική (piecewise linear) προσέγγιση της επιθυμητής καμπύλης. Χρησιμοποιώντας έναν αρκετά μεγάλο αριθμό γραμμικών τμημάτων, η προσέγγιση μπορεί να πλησιάσει αρκετά την αληθινή καμπύλη συμπίεσης

4.4 Κωδικοποίηση

Συνδυάζοντας τις διαδικασίες δειγματοληψίας και κβαντοποίησης, ένα συνεχές σήμα βασικής ζώνης περιορίζεται σε ένα διακριτό σύνολο τιμών, αλλά όχι σε μορφή που να ταιριάζει καλά σε μετάδοση μέσω μίας γραμμής ή ενός ραδιοδιαύλου. Για να εκμεταλλευτούμε τα πλεονεκτήματα δειγματοληψίας και κβαντοποίησης απαιτείται η χρησιμοποίησης μίας διαδικασίας κωδικοποίησης (encoding process) για τη μετατροπή του διακριτού συνόλου των τιμών των δειγμάτων σε μια πιο κατάλληλη μορφή. Κάθε σχέδιο για την αναπαράσταση καθενός από αυτά τα διακριτά σύνολα τιμών σαν μια ιδιαίτερη διάταξη διακριτών γεγονότων ονομάζεται κώδικας (code). Ένα από τα διακριτά γεγονότα σε ένα κώδικα ονομάζεται στοιχείο του κώδικα (code element) ή σύμβολο (symbol). Για παράδειγμα η παρουσία ή η απουσία ενός παλμού είναι ένα σύμβολο. Μια ιδιαίτερη διάταξη συμβόλων, που χρησιμοποιείται σε ένα κώδικα, για την παράσταση μίας μόνο τιμής του διακριτού συνόλου ονομάζεται κωδική λέξη (codeword) ή χαρακτήρας (character).

Σε ένα δυαδικό κώδικα (binary code) κάθε σύμβολο μπορεί να πάρει μια από δύο διακριτές τιμές ή είδη, όπως η παρουσία ή η απουσία ενός παλμού. Τα δύο σύμβολα ενός δυαδικού κώδικα συνήθως συμβολίζονται με 0 και 1. Σε ένα τριαδικό κώδικα (ternary code), κάθε σύμβολο μπορεί να είναι μια από τρεις διακριτές τιμές ή είδη, και πάει λέγοντας για τους άλλους κώδικες. Ωστόσο, τα καλύτερα αποτελέσματα σε σχέση με την επίδραση του θορύβου σε ένα μέσο μετάδοσης, επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας δυαδικό κώδικα και αυτό επειδή ένα δυαδικό σύμβολο αντέχει μια σχετικά υψηλή στάθμη θορύβου και είναι εύκολο να αναγεννηθεί.

5

MATLAB

Το MATLAB είναι ένα λογισμικό πακέτο για υψηλής απόδοσης αριθμητικούς υπολογισμούς (numerical computations). Παρέχει στο χρήστη ένα διαδραστικό περιβάλλον με χιλιάδες ενσωματωμένες συναρτήσεις, κατάλληλες για την υλοποίηση απαιτητικών υπολογιστικών αναλύσεων, γραφημάτων καθώς επίσης και για την παραγωγή διαφόρων *animations*.

Επιπλέον, το MATLAB προσφέρει τη δυνατότητα επέκτασης σε ποικίλα πεδία εφαρμογών με τη αξιοποίηση την υψηλού επιπέδου γλώσσας προγραμματισμού, την οποία διαθέτει σε όλες τις εκδόσεις του. Για λόγους πληρότητας, να αναφερθεί ότι το όνομα MATLAB προέρχεται από τις λέξεις MATrix και LABoratory.

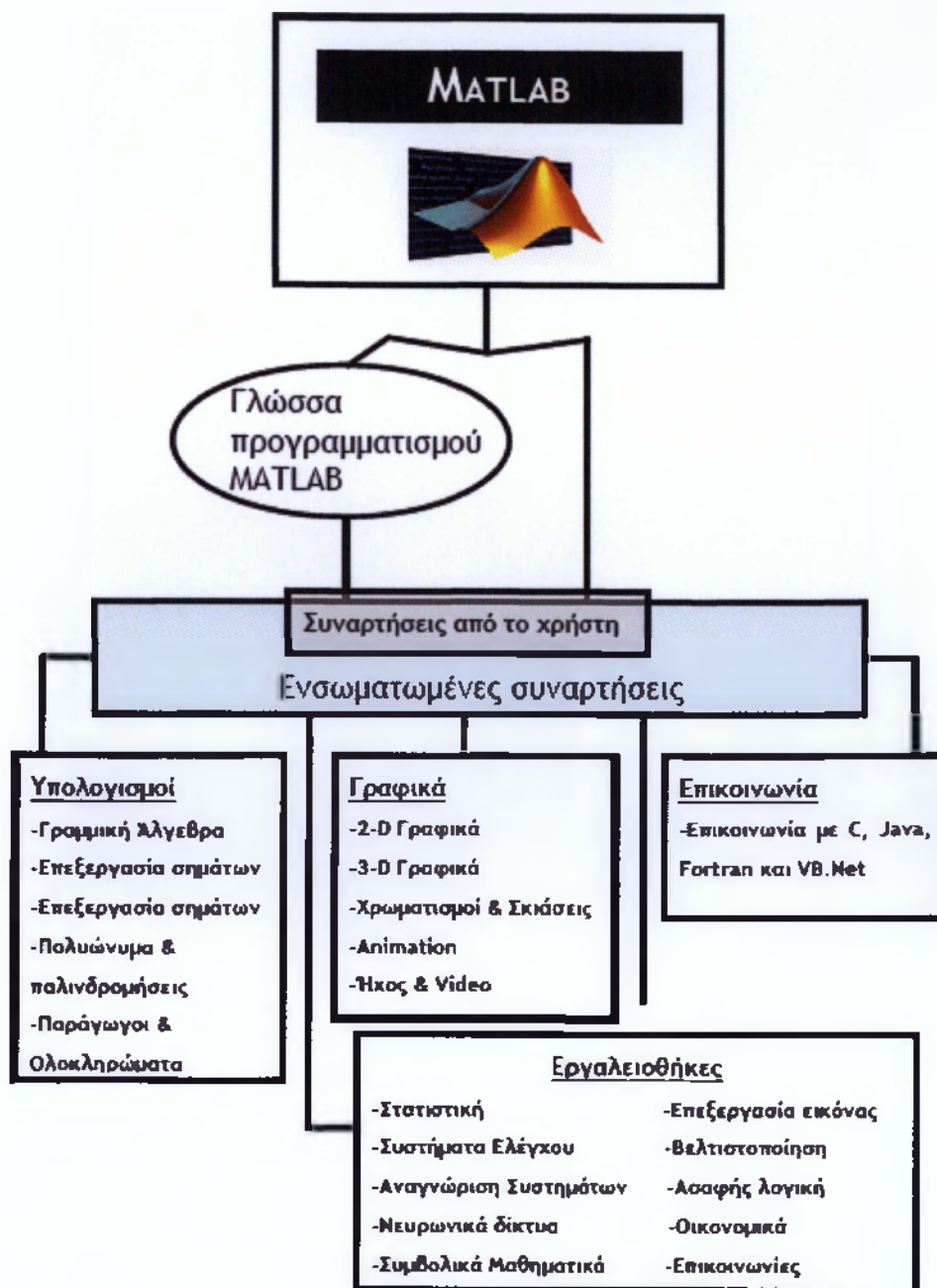
Το MATLAB αποτελεί ένα εξελιγμένο υπολογιστικό εργαλείο, το οποίο μπορεί να βρει εφαρμογή σε διάφορους τομείς της επιστήμης αλλά βέβαια και της πράξης, όπως για παράδειγμα τη μηχανική, την ιατρική, τις θετικές επιστήμες (Μαθηματικά – Φυσική), την οικονομία καθώς και γενικά τη βιομηχανική παραγωγή. Μάλιστα, το φάσμα των εφαρμογών του συγκεκριμένου πακέτου λογισμικού διευρύνεται συνεχώς και περισσότερο, αναδεικνύοντας με αυτό τον τρόπο τις πολλαπλές δυνατότητες του, όπως:

- ✓ Υψηλή απόδοση και ταχύτητα υπολογιστικών αναλύσεων.
- ✓ Δυνατότητα προσομοίωσης φυσικών συστημάτων.
- ✓ Δυνατότητα υλοποίησης αλγορίθμων.
- ✓ Δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας με πληθώρα άλλων προγραμμάτων και εφαρμογών.
- ✓ Υψηλής ποιότητας γραφικές απεικονίσεις και *animations*. Δυνατότητα σύνδεσης με διάφορες συσκευές καταγραφής.
- ✓ Φιλικότητα προς το χρήστη και διαδραστικός χαρακτή.

Στο σχήμα 5.1 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά τα κύρια χαρακτηριστικά και δυνατότητες του MATLAB. Οι ενσωματωμένες συναρτήσεις του λογισμικού παρέχουν τα απαραίτητα πακέτα εργαλείων για υπολογισμούς γραμμικής άλγεβρας, ανάλυσης δεδομένων, επεξεργασία σημάτων, αριθμητικές λύσεις κανονικών διαφορικών εξισώσεων. Οι περισσότερες από τις προαναφερόμενες συναρτήσεις εφαρμόζουν την πλέον πρόσφατη και εξελιγμένη γνώση στο κάθε τομέα επιστήμης (*state-of-the-art algorithms*).

Επίσης ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αναπτύξει τις δικές του συναρτήσεις, κάνοντας χρήση της δικής του γλώσσας προγραμματισμού. Από τη στιγμή που θα αναπτυχθούν οι συναρτήσεις αυτές, λειτουργούν ως ενσωματωμένες συναρτήσεις του εν λόγω λογισμικού.

Τέλος παρέχονται από το MATLAB πολλές προαιρετικές εργαλειοθήκες, οι οποίες προορίζονται για την ανάπτυξη ειδικών εφαρμογών, όπως συμβολικοί υπολογισμοί (*symbolic computation*), επεξεργασία εικόνων (*image processing*), στατιστική (*statistics*), σχεδιασμός ελέγχου συστημάτων (*control system design*), νευρωνικά δίκτυα (*neural networks*), ασαφή λογική (*fuzzy logic*). Η λίστα με τις διαθέσιμες εργαλειοθήκες συνεχώς διευρύνεται (στην τελευταία έκδοση του λογισμικού ο αριθμός των εργαλειοθηκών έχει ξεπεράσει τις 50).



Σχήμα 5.1 :Λίγα λόγια για το matlab

6

SIMULINK

Το SIMULINK είναι ένα λογισμικό πακέτο που επιτρέπει τη μοντελοποίηση, προσομοίωση και ανάλυση δυναμικών συστημάτων. Υποστηρίζει γραμμικά και μη γραμμικά συστήματα, μοντελοποιημένα σε συνεχή ή διακριτό χρόνο, ή ακόμη και υβριδικά συστήματα (εν μέρει μοντελοποιημένα σε συνεχή και εν μέρει σε διακριτό χρόνο). Υποστηρίζονται ακόμη συστήματα με τμηματικά διαφορετικούς χρόνους δειγματοληψίας.

Για τη μοντελοποίηση, το SIMULINK παρέχει ένα γραφικό περιβάλλον διεπαφής (GUI) που επιτρέπει την κατασκευή μοντέλων ως δομικών διαγραμμάτων, χρησιμοποιώντας λειτουργίες click-and-drag του ποντικιού. Το SIMULINK περιλαμβάνει ένα πλήθος βιβλιοθηκών δομικών στοιχείων (blocks), τα βασικότερα από τα οποία είναι οι πηγές (sources), τα στοιχεία «απορρόφησης» (sinks), τα συνεχή γραμμικά στοιχεία, τα μη γραμμικά στοιχεία και τα στοιχεία σημάτων και συστημάτων. Είναι επίσης δυνατή η τροποποίηση και η δημιουργία νέων δομικών στοιχείων από το χρήστη.

Τα μοντέλα SIMULINK είναι *ιεραρχικά* (ένα μοντέλο μπορεί να περιέχει μπλοκ τα οποία περιέχουν με τη σειρά τους άλλα μπλοκ), έτσι μπορούν να ιδωθούν σε διάφορα επίπεδα. Ένα σύστημα που έχει ιεραρχική δομή μπορεί να ιδωθεί αρχικά σε υψηλό επίπεδο ως ένα σύνολο διασυνδεδεμένων υποσυστημάτων, κάθε ένα από τα οποία μοντελοποιείται ως ένα μπλοκ. Στη συνέχεια, κάνοντας διπλό κλικ με το ποντίκι στα επί μέρους μπλοκ, ο χρήστης μπορεί να κατέβει σε χαμηλότερα επίπεδα ώστε να δει αυξανόμενους βαθμούς λεπτομέρειας.

Μετά τη δημιουργία ενός μοντέλου, είναι δυνατή η προσομοίωση του, χρησιμοποιώντας μια από τις διάφορες μεθόδους ολοκλήρωσης που παρέχει το SIMULINK. Χρησιμοποιώντας παλμογράφους (scopes) και άλλα μπλοκ απεικόνισης, είναι δυνατή η παρακολούθηση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης καθώς αυτή εξελίσσεται. Επιπλέον, είναι δυνατή η εξαγωγή αποτελεσμάτων της προσομοίωσης στο χώρο εργασίας της MATLAB για περαιτέρω επεξεργασία.

Είναι ακόμη δυνατή η χρήση του SIMULINK για προσομοίωση αλλά και έλεγχο συστημάτων σε πραγματικό χρόνο, μέσω της εργαλειοθήκης πραγματικού χρόνου (Real Time Workshop).

Στη συνέχεια θα δοθούν κάποιες βασικές οδηγίες χρήσης με έμφαση στην προσομοίωση έτοιμων μοντέλων SIMULINK και θα γίνει μια συνοπτική περιγραφή των βιβλιοθηκών και ορισμένων δομικών στοιχείων.

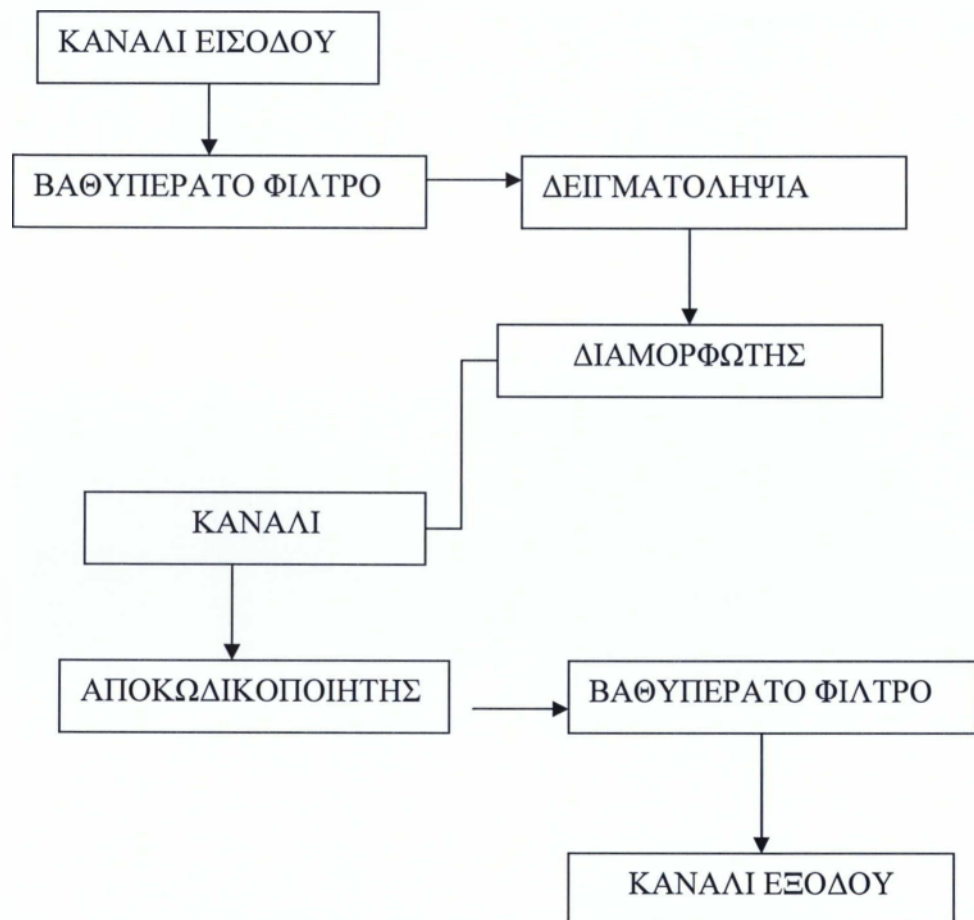
Περαιτέρω πληροφορίες για τα δομικά στοιχεία και τις βιβλιοθήκες του SIMULINK είναι διαθέσιμες μέσω της βοήθειας της MATLAB.

7

ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

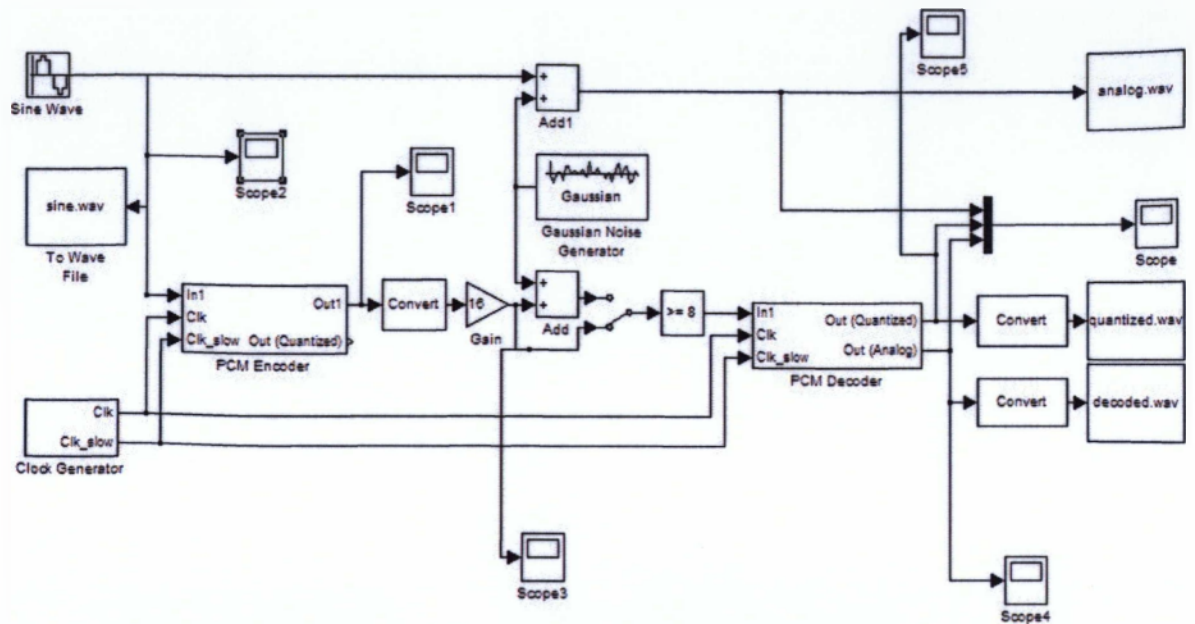
7.1 Περιγραφή υλοποιημένου συστήματος

Το σύστημα που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της εργασίας αυτής, αποτελείται από τις βαθμίδες που φαίνονται στο παρακάτω σχήμα (7.1). Η υλοποίηση του συστήματος έγινε με τη χρήση του λογισμικού Matlab.



Σχήμα 7.1: Βαθμίδες συστήματος

Η υλοποίηση έγινε με τη χρήση του Matlab Simulink. Το αντίστοιχο μοντέλο φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (7.2) :



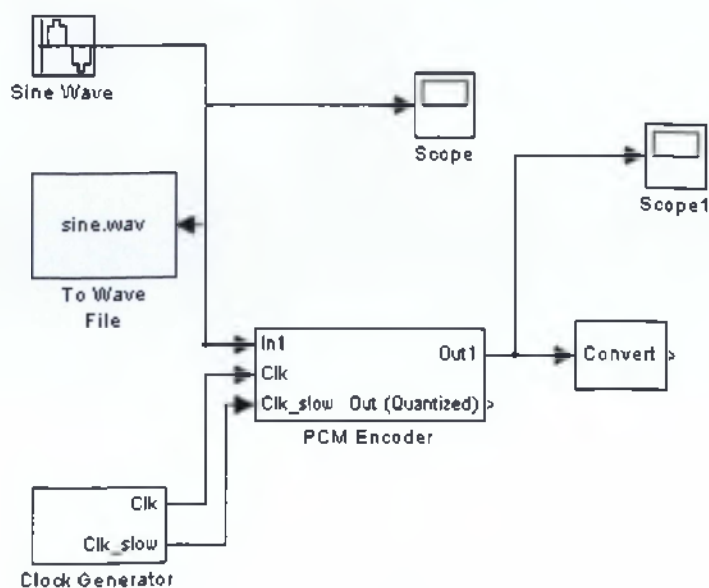
Σχήμα 7.2: Περιγραφή υλοποιημένου συστήματος

7.2 Επεξήγηση επιμέρους τμημάτων

Σε αυτό το κομμάτι θα παρουσιάσουμε τα επιμέρους τμήματα της παραπάνω υλοποίησης.

7.2.1 Διαμορφωτής PCM

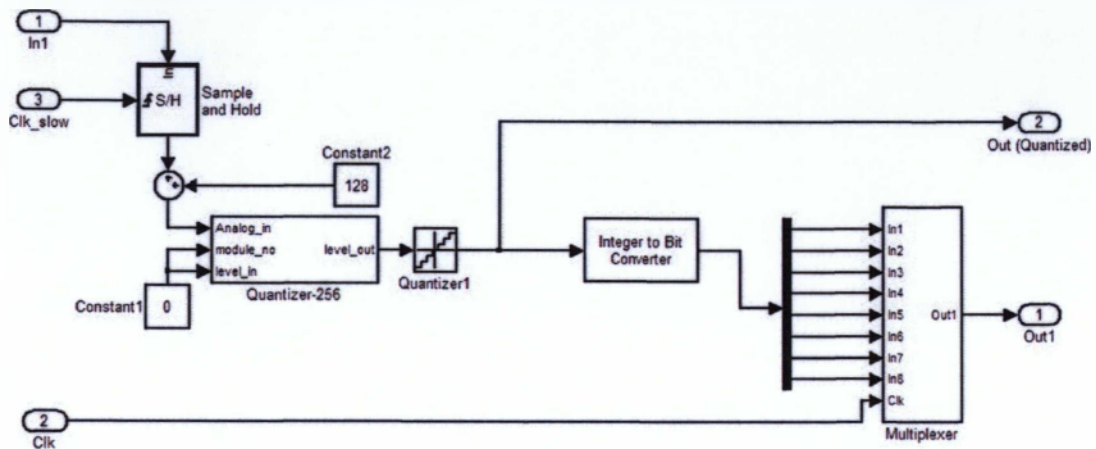
Το πρώτο κομμάτι του συστήματος είναι ο διαμορφωτής PCM όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 7.3 : Διαμορφωτής PCM

Ο διαμορφωτής λαμβάνει σαν είσοδο το αρχικό σήμα ,(που στην περίπτωση μας είναι ένα ημίτονο) μαζί με τους παλμούς καθοδήγησης του ρολογιού.

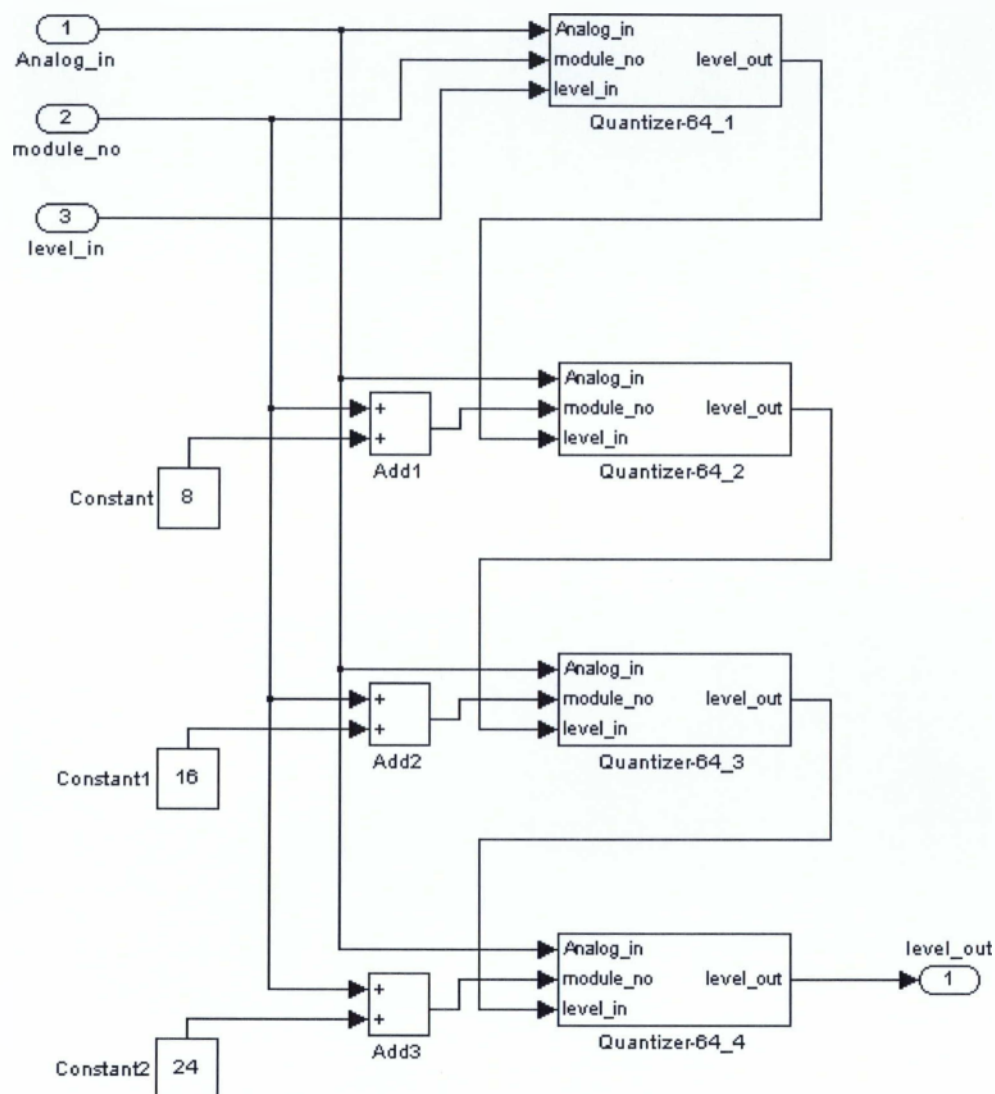
Ο διαμορφωτής εσωτερικά του περιέχει τα ακόλουθα σχήματα:



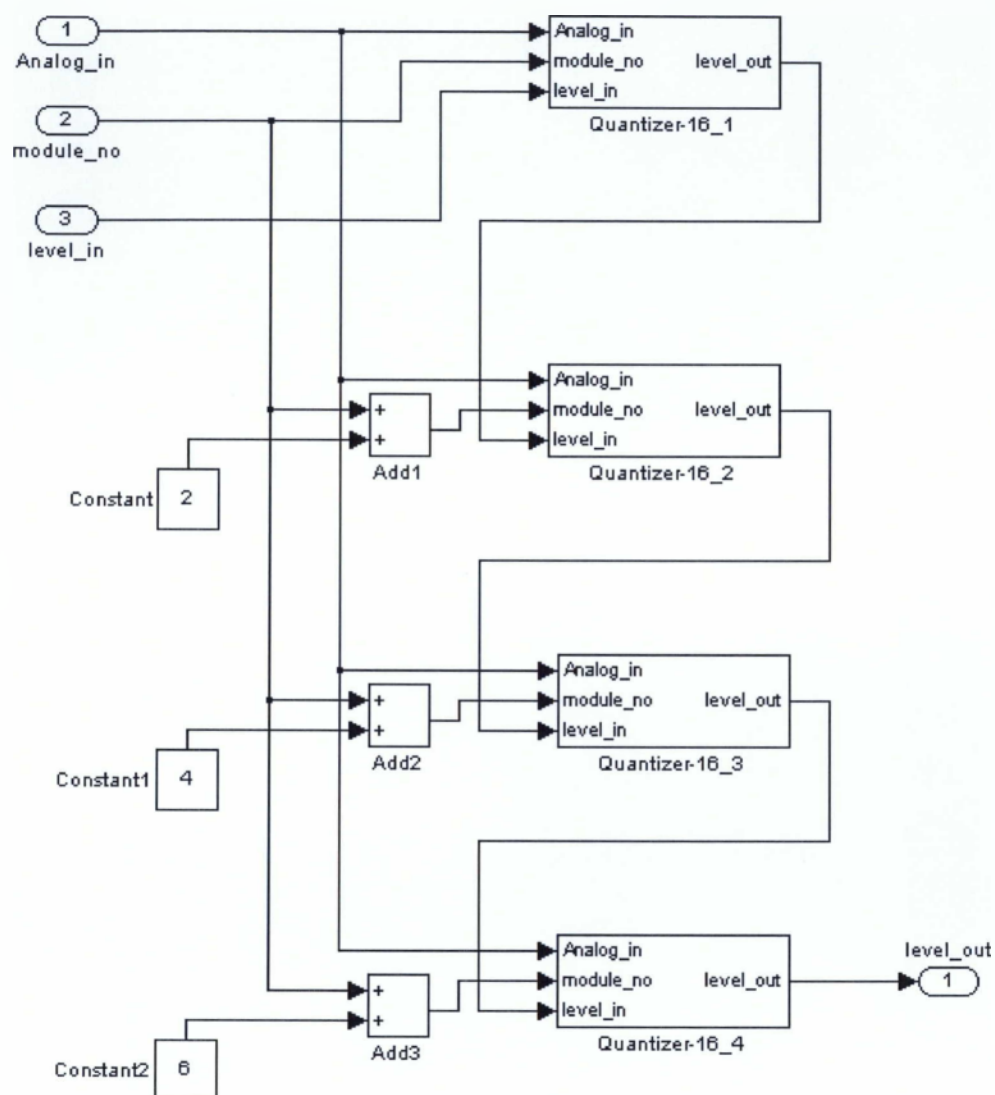
Σχήμα 7.4: Η εσωτερική δομή του διαμορφωτή PCM

Πρόκειται για έναν κβαντιστή 256 επιπέδων , έναν μετατροπέα σε bit και έναν πολυπλέκτη.

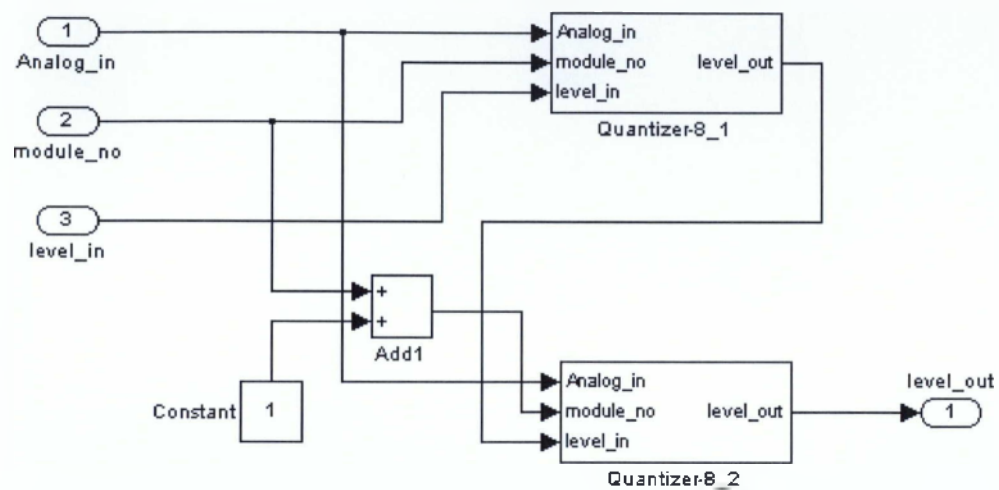
Ο κβαντιστής περιέχει εσωτερικά του τέσσερις κβαντιστές των 64 επιπέδων(σχήμα 7.5).Και αυτοί με τη σειρά τους αποτελούνται από τέσσερις κβαντιστές 16 επιπέδων (σχήμα 7.6), ενώ κάθε ένας τέτοιος κβαντιστής των 16 επιπέδων αποτελείται από 2 κβαντιστές των 8 επιπέδων(σχήμα 7.7) , όπου ο κάθε κβαντιστής έχει κατασκευαστεί όπως φαίνεται στο όγδοο σχήμα(7.8).



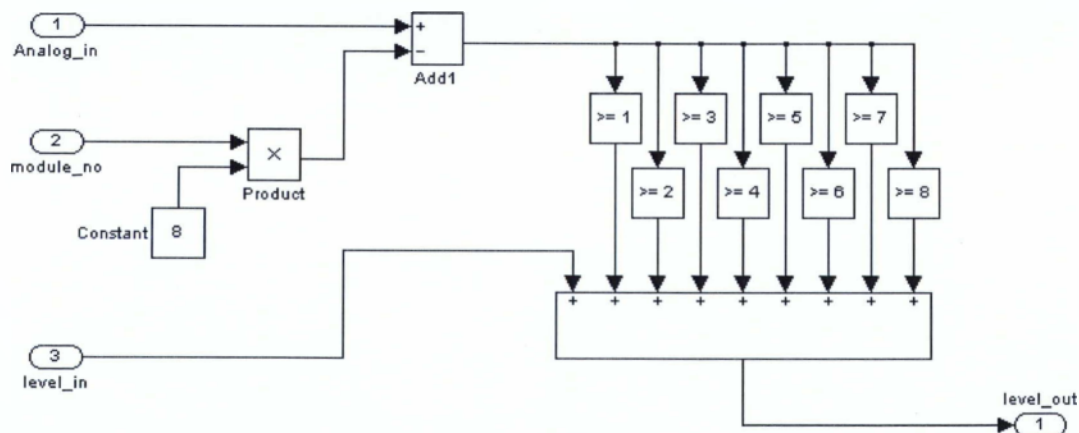
Σχήμα 7.5 Κβαντιστής 256 επιπέδων



Σχήμα 7.6 : Εσωτερική δομή κβαντιστή 256 επιπέδων

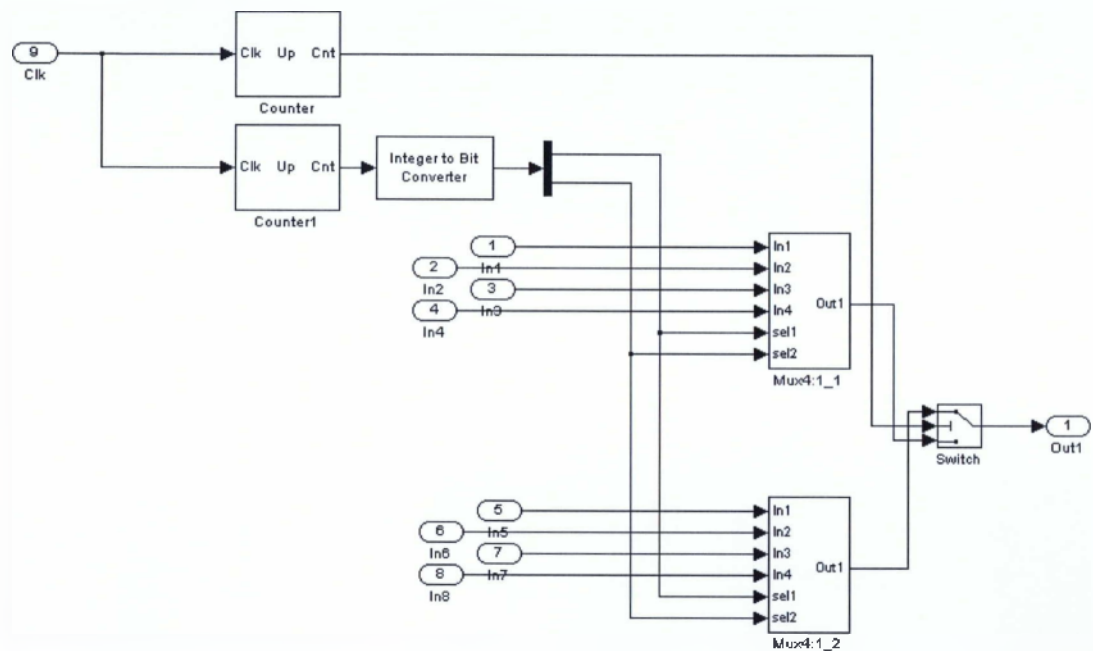


Σχήμα 7.7 Κβαντιστής



Σχήμα 7.8: Υλοποίηση κβαντιστή

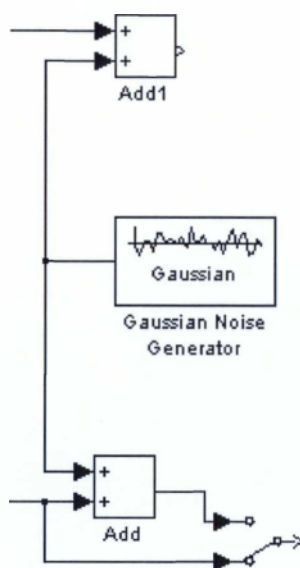
Τέλος ο πολυπλέκτης είναι 8:1 και σχηματίζεται με τη χρήση 2 πολυπλεκτών 4:1 όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα :



Σχήμα: 7.9 Πολυπλέκτης

7.2.2 Θόρυβος GAUSS

Στη συνέχεια, το σήμα μας επιλέγεται σχετικά με το αν θα περάσει από ενθόρυβο διαυλο ή όχι. Ο θόρυβος στο κανάλι δημιουργείται και επιλέγεται το αν θα χρησιμοποιηθεί, από το κομμάτι του συστήματος που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (7.10). Παρατηρούμε ότι δημιουργείται λευκός gauss θόρυβος.

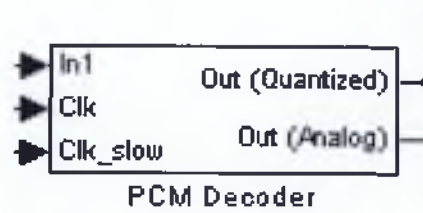


Σχήμα 7.10: Θόρυβος GAUSS

7.2.3 Αποκωδικοποιητής PCM

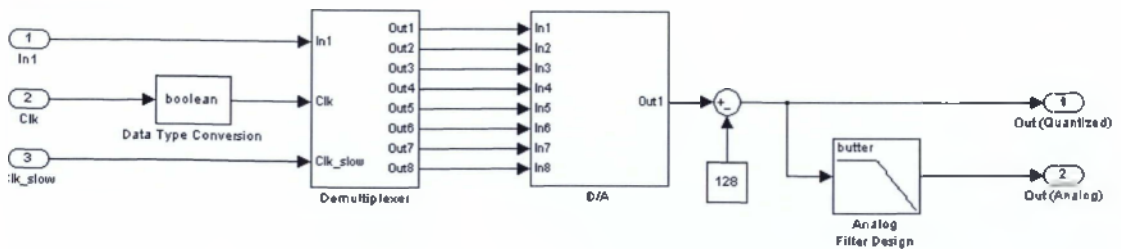
Ο αποκωδικοποιητής λαμβάνει σαν είσοδο το σήμα μας, μαζί με τα σήματα συγχρονισμού από το ρολόι, και παράγει δύο εξόδους, την αναλογική και την κβαντισμένη.

Έτσι το σήμα μας αναδιαμορφώνεται από τον PCM DECODER, ο οποίος φαίνεται παρακάτω :



Σχήμα 7.11: Αποκωδικοποιητής PCM

Και εσωτερικά αποτελείται από έναν πολυπλέκτη και έναν D/A ο οποίος μετατρέπει το σήμα μας από ψηφιακό σε αναλογικό.



Σχήμα 7.12: Εσωτερική δομή αποκωδικοποιητή PCM

7

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ

Σε αυτήν την ενότητα θα παρουσιάσουμε τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν στο σύστημά μας.

Σχετικά με το αρχικό σήμα, αυτό είναι ένα ημίτονο με πλάτος 127 και συχνότητα $2\pi 1000$, δηλαδή 1000Hz. Οι παράμετροι του σήματος φαίνονται στην εικόνα που ακολουθεί:

The screenshot shows a 'Parameters' dialog box with the following settings:

- Sine type: Time based (selected in a dropdown menu)
- Time (t): Use simulation time (selected in a dropdown menu)
- Amplitude: 127
- Bias: 0
- Frequency (rad/sec): $1000 * 2 * \pi$
- Phase (rad): 0
- Sample time: $1e-5$

Σχήμα 8.1: Παρουσίαση παραμέτρων

Σχετικά με τον θόρυβο, οι παράμετροι που χρησιμοποιήσαμε φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

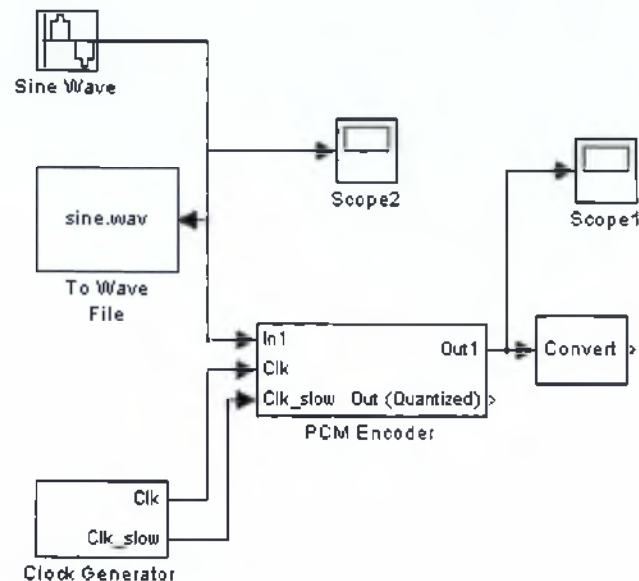
The screenshot shows a 'Parameters' dialog box with the following settings:

- Mean value: (empty text field)
- Variance (vector or matrix): 100
- Initial seed: 41
- Sample time: $2e-6$
- Frame-based outputs: ☐ (unchecked)
- Samples per frame: 1 (selected in a dropdown menu)
- Interpret vector parameters as 1-D: ☐ (unchecked)
- Output data type: double (selected in a dropdown menu)

Σχήμα 8.2: Παρουσίαση παραμέτρων

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

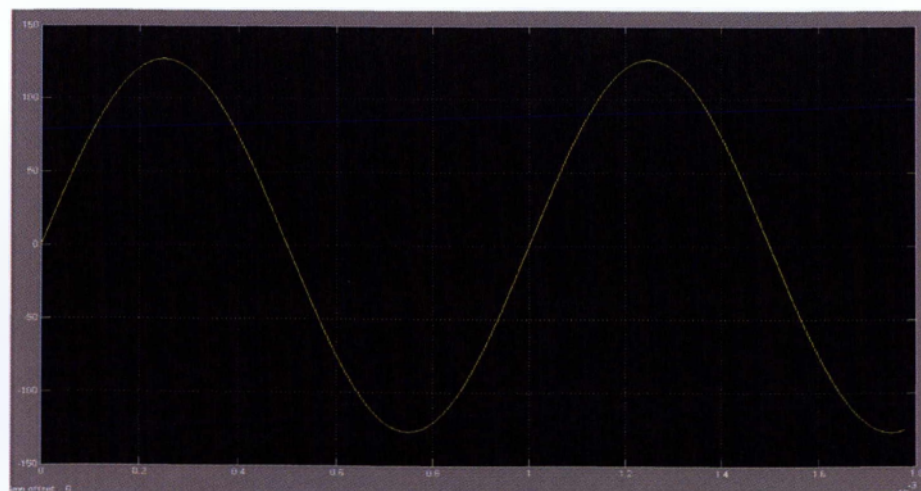
Το πρώτο βήμα της προσομοίωσης είναι η αναπαράσταση του αρχικού σήματος. Το σχήμα το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση των γραφικών παραστάσεων φαίνεται παρακάτω (Σχήμα 9.1)



Σχήμα 9.1 : Είσοδος σήματος σε διαμορφωτή

Οι γραφικές παραστάσεις που προκύπτουν από την εκτέλεση των scope 1 και 2 φαίνονται παρακάτω:

Scope 1:

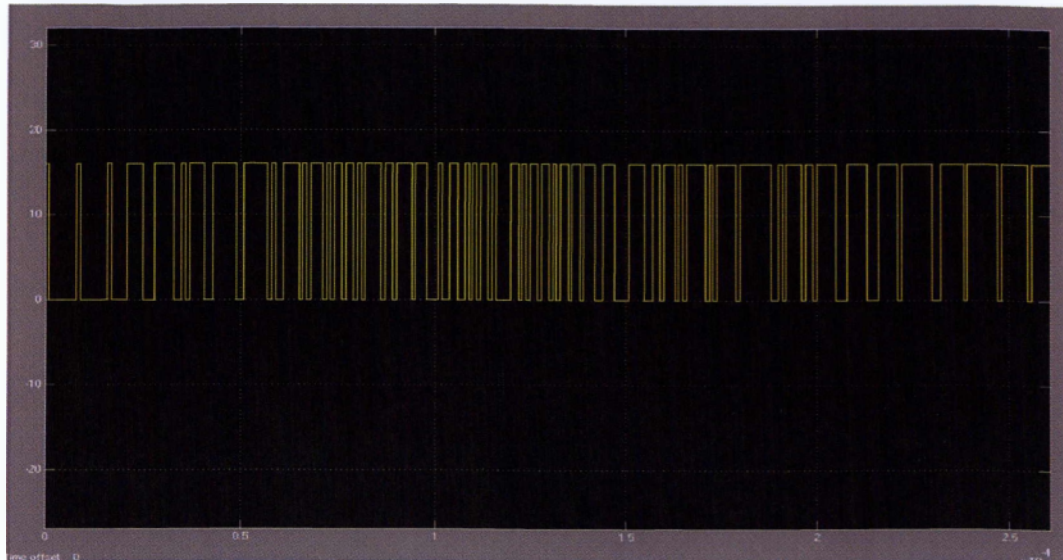


Σχήμα 9.2 : Αναλογικό σήμα μετάδοσης

Το παραπάνω σχήμα μας δείχνει το αρχικό ημίτονο, που θα μεταδοθεί από το σύστημά μας.

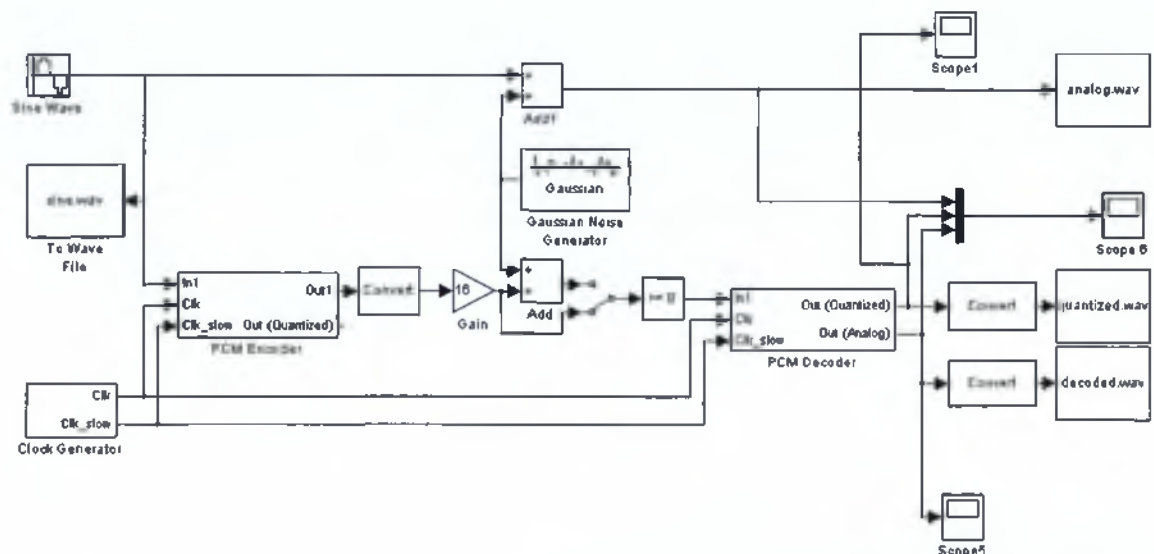
Scope 2:

Μετά τον διαμορφωτή, όπως είναι λογικό παρατηρούμε ότι το σήμα μας έχει αλλάξει μορφή .



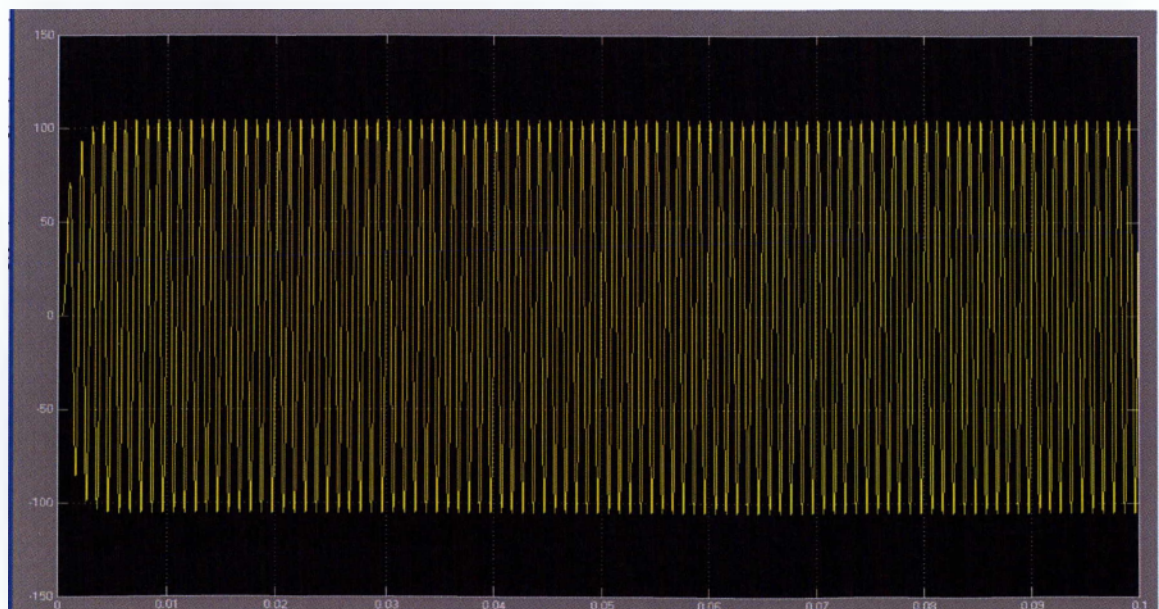
Σχήμα 9.3 : Το σήμα μετά την έξοδο από τον διαμορφωτή

Το σύστημα μας πλέον έχει πάρει την τελική του μορφή (Σχήμα 9:6) , τώρα θα καταγράψουμε τις γραφικές παραστάσεις στην έξοδο του αποδιαμορφωτή . Όπως είπαμε θα έχει δύο εξόδους την αναλογική και την κβαντισμένη .



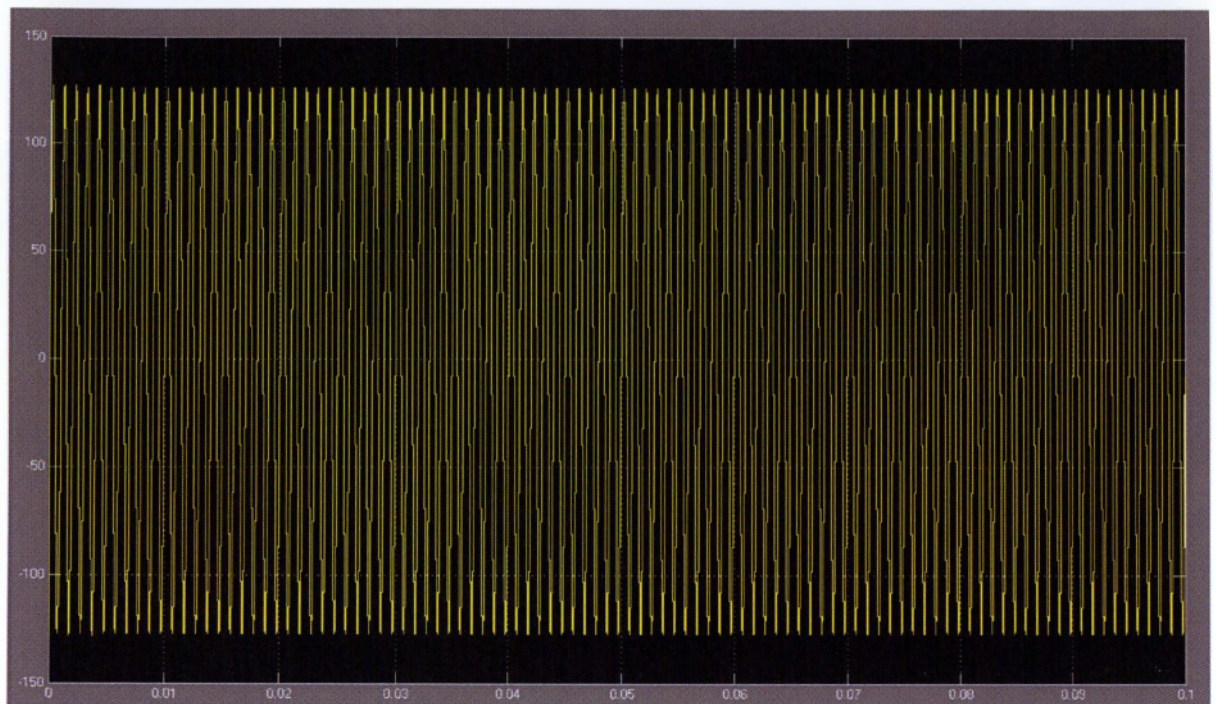
Σχήμα9.4 : Τελικό σχήμα

Score 5: αναλογική έξοδος



Σχήμα 9.5: Παρουσίαση αποτελεσμάτων

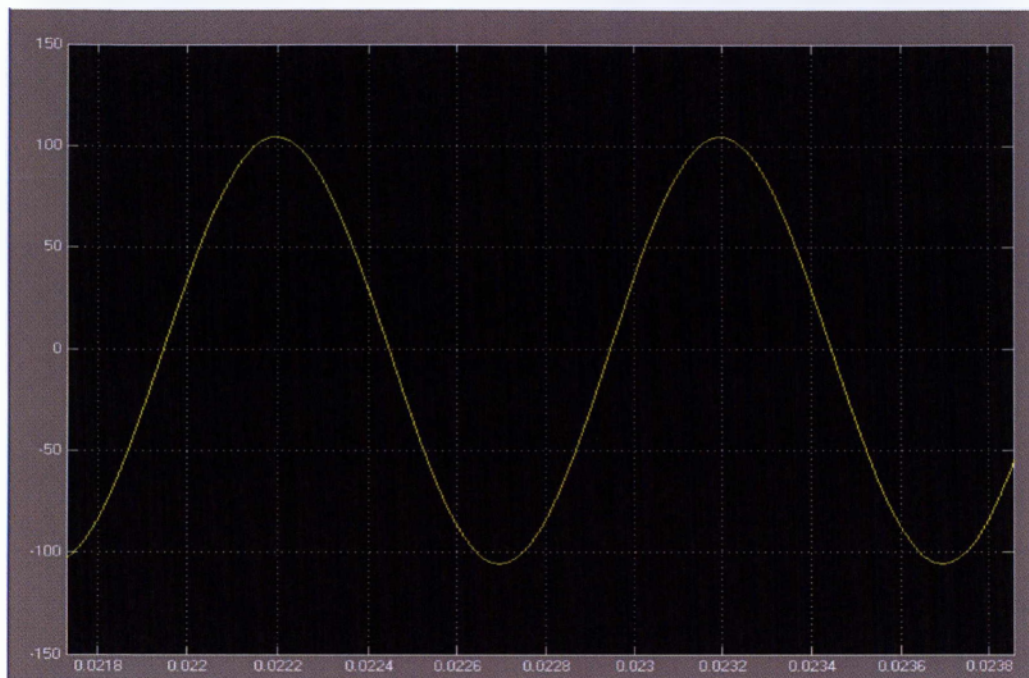
Score 6: κβαντισμένη έξοδος



Σχήμα9.6: Παρουσίαση αποτελεσμάτων

Με την πρώτη ματιά, οι δύο αυτές γραφικές παραστάσεις φαίνονται παρόμοιες. Γι' αυτό το λόγο θα πρέπει να εστιάσουμε σε σχέση με τον άξονα του χρόνου για να δούμε τι πραγματικά διαφορές υπάρχουν.

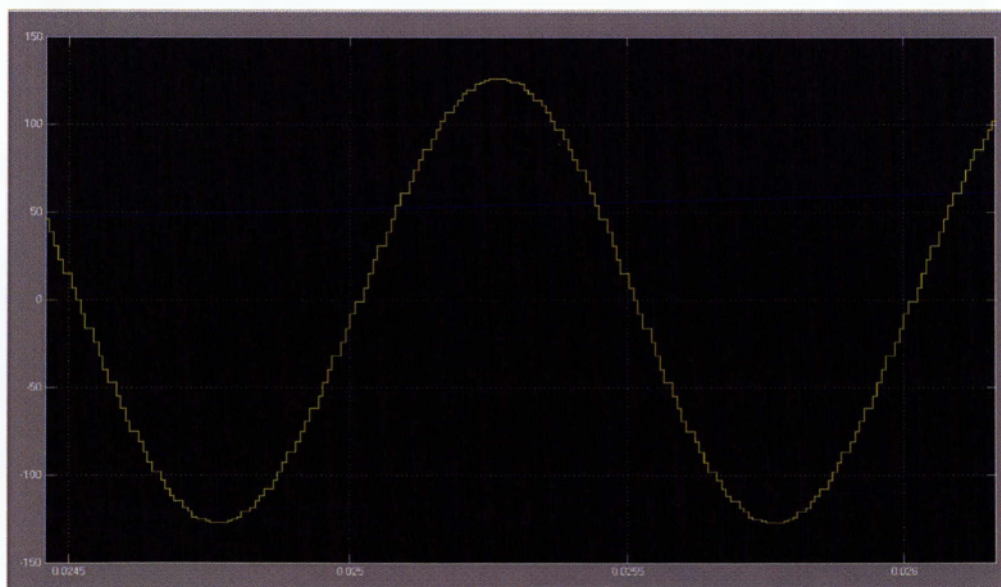
Score 5: αναλογική έξοδος



Σχήμα 9.7: Σήμα αναλογικής εξόδου

Μετά την εστίαση, παρατηρούμε ότι η αναλογική έξοδος φαίνεται να είναι ένα απλό ημίτονο.

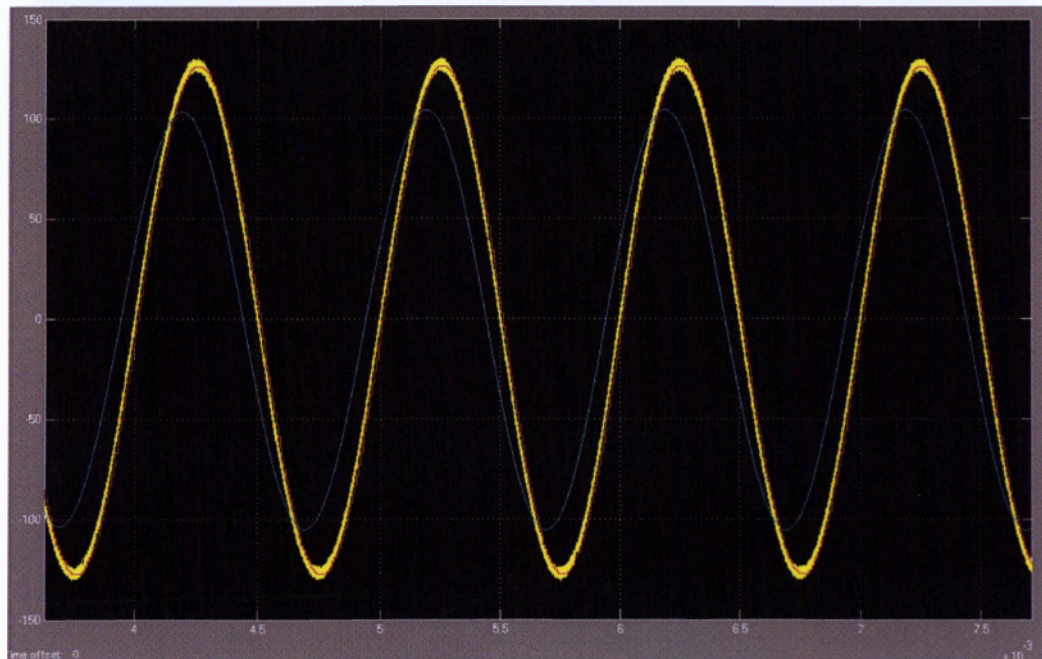
Score 6: κβαντισμένη έξοδος



Σχήμα 9.8 Σήμα κβαντισμένης εξόδου

Όπως ήταν αναμενόμενο η κβαντισμένη έξοδος σε αντίθεση με την αναλογική έχει διακριτές τιμές .

Η τελευταία γραφική παράσταση αφορά την έξοδο και των δύο σημάτων μαζί.



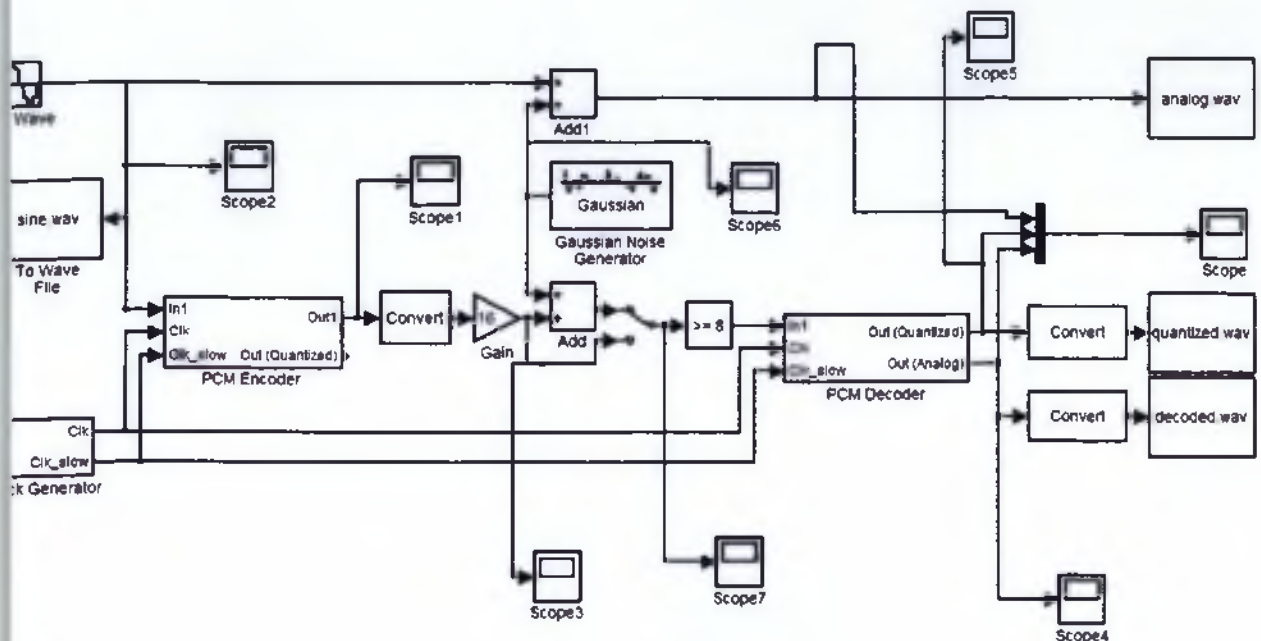
Σχήμα 9.9 Η έξοδος και των δυο σημάτων

10

ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΘΟΡΥΒΟΥ

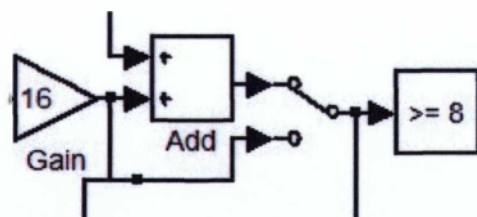
Στη συνέχεια, προστίθεται στο σύστημα μας, λευκός αθροιστικός Gauss θόρυβος.

Το σύστημα που εξετάζεται πλέον είναι το παρακάτω:



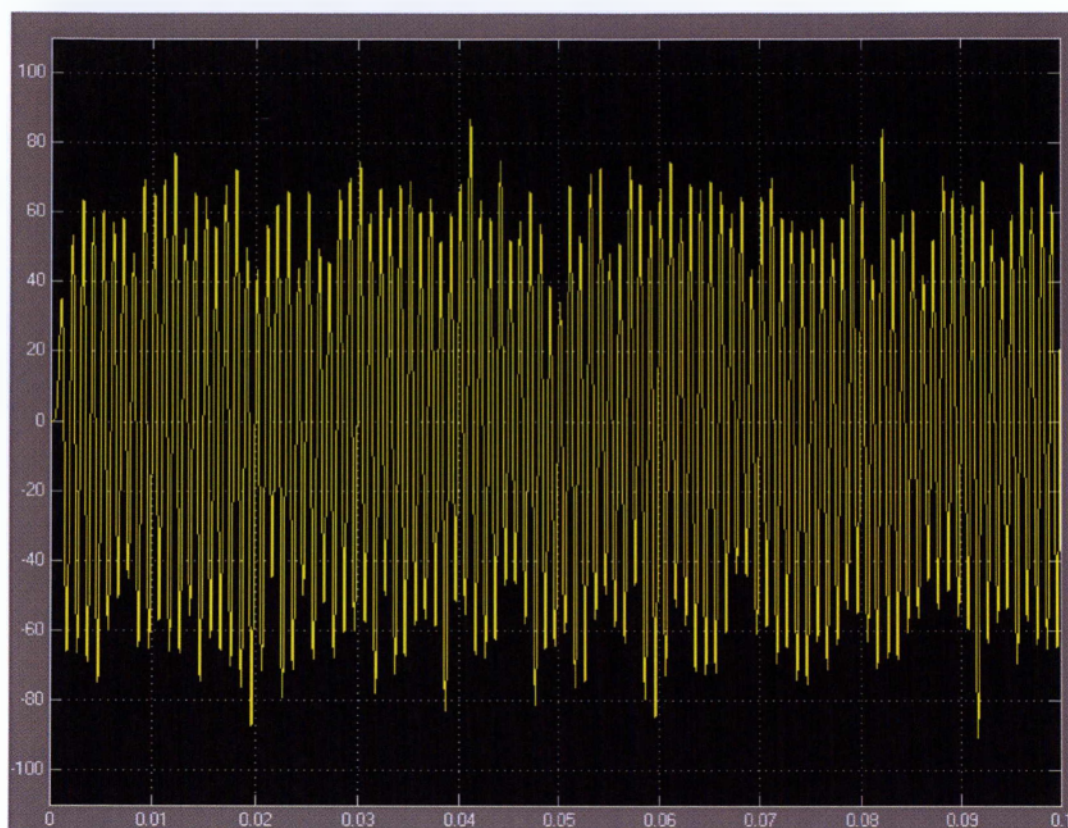
Σχήμα 10:1 Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου

Ουσιαστικά η μόνη διαφορά από το πρώτο σύστημα, εντοπίζεται στο παρακάτω σημείο, όπου φαίνεται ότι πλέον προστίθεται και ο θόρυβος στο σήμα:



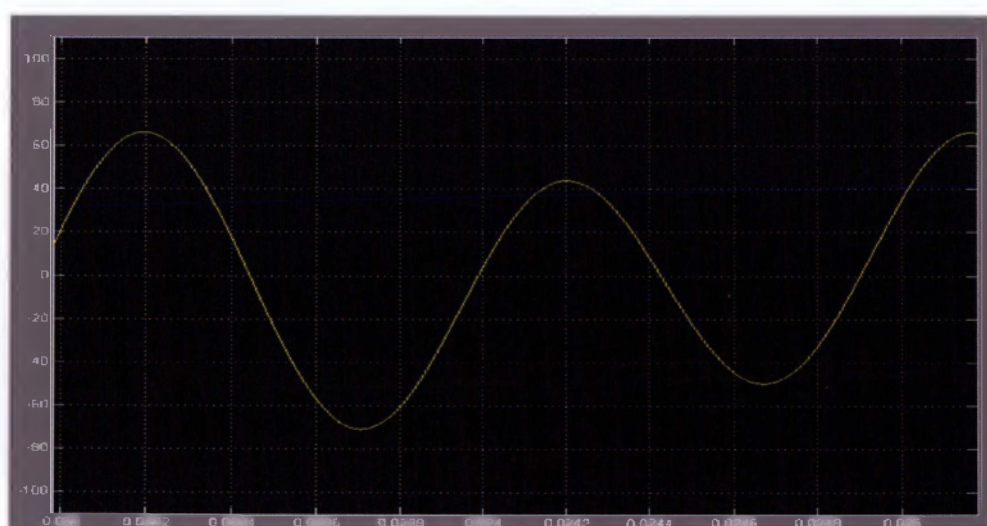
Σχήμα 10:2 Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου

Η επόμενη γραφική παράσταση αφορά την αναλογική έξοδο του αποδιαμορφωτή μετά την παρουσία θορύβου στο σύστημα μας.



Σχήμα 10:3 Αναλογική έξοδος με θόρυβο

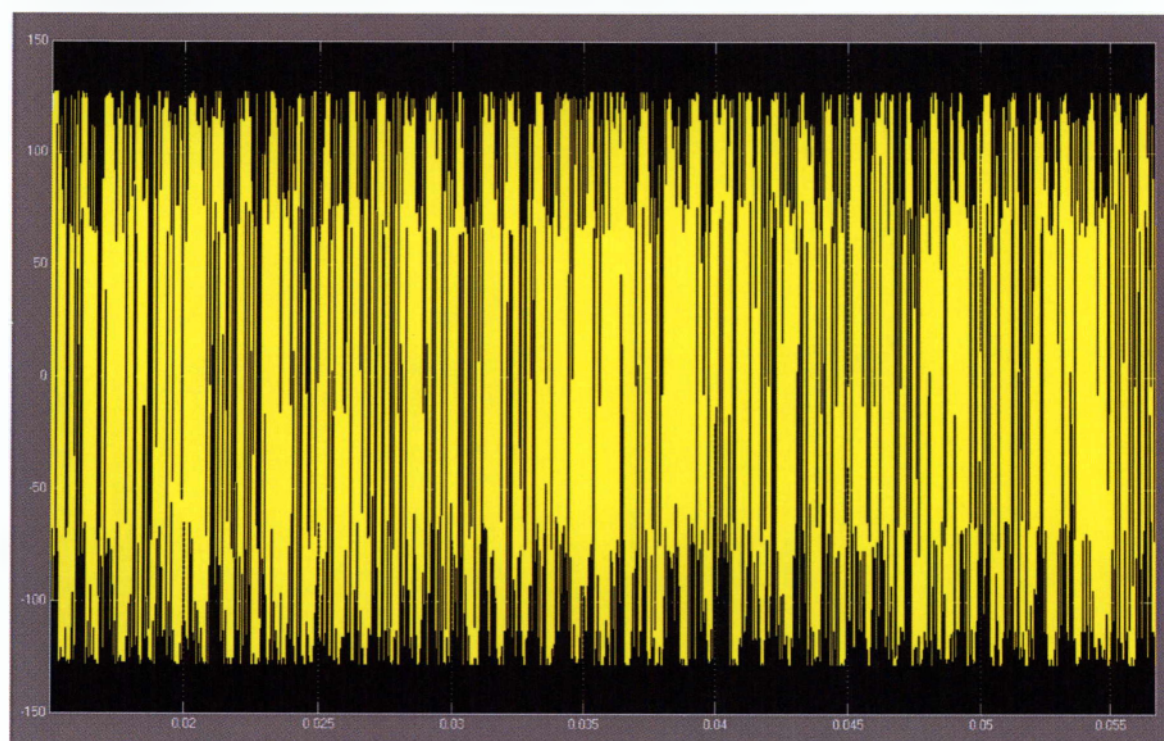
Για να δούμε καλύτερα την διαφορά εστιάζουμε στο πεδίο του χρόνου η γραφική παράσταση που προκύπτει είναι η παρακάτω:



Σχήμα 10:4 Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου

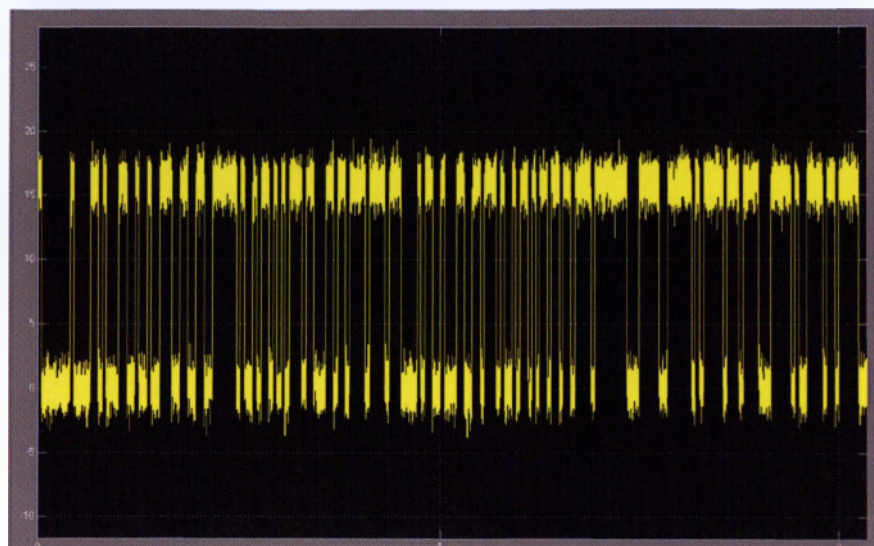
Είναι εμφανές ότι πλέον το σήμα δεν είναι καθαρό ημίτονο, και αυτό είναι λογικό λόγω της παρουσίας του θορύβου. Το πλάτος φαίνεται να έχει αλλοιωθεί αισθητά, αφού πλέον δεν είναι σταθερό.

Στη συνέχεια φαίνεται η γραφική παράσταση του αποδιαμορφωτή στην κβαντισμένη έξοδο.



Σχήμα 10:5 Κβαντισμένη έξοδος με θορύβου

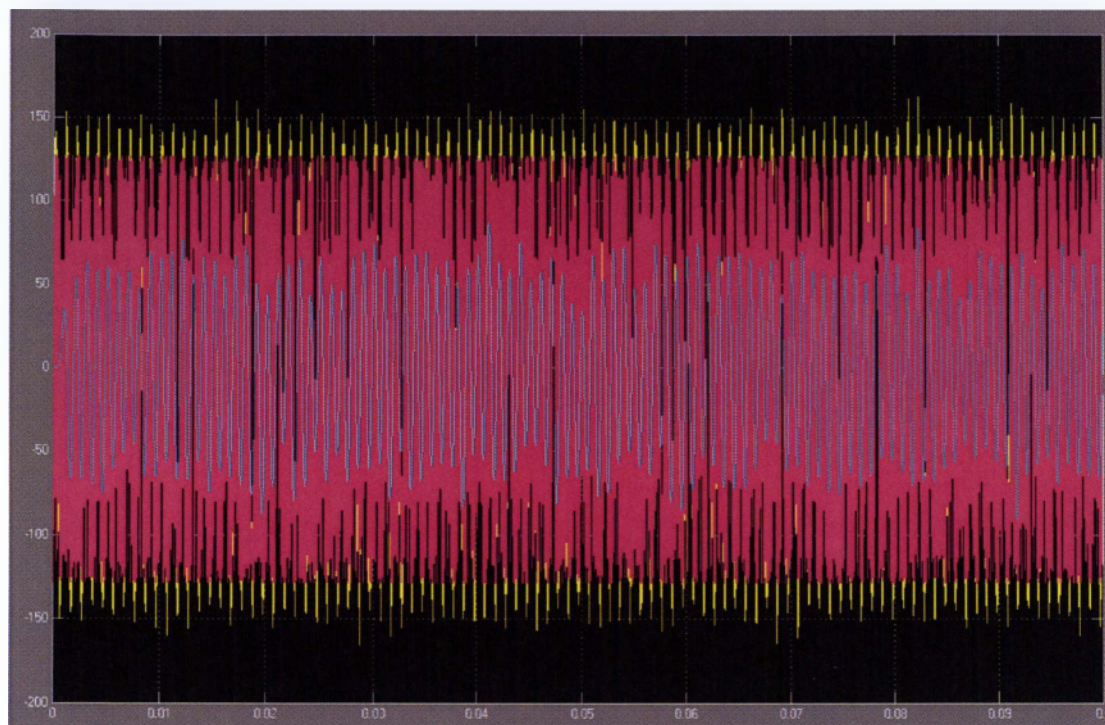
Και εδώ θα εστιάσουμε στο πεδίο του χρόνου για να δούμε καλύτερα τη γραφική παράσταση που προκύπτει:



Σχήμα 10:6 Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου

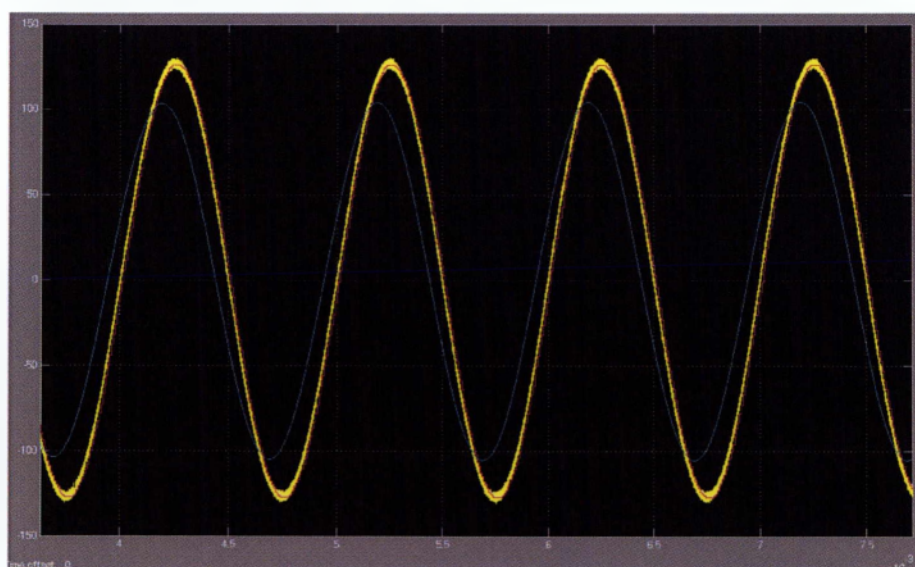
Και εδώ, σε σχέση με την περίπτωση μη ύπαρξης θορύβου, το σήμα είναι αρκετά διαφοροποιημένο.

Τέλος, θα μελετήσουμε παράλληλα το σήμα αναλογικής εξόδου, το σήμα κβαντισμένης εξόδου, και το αρχικό σήμα .



Σχήμα 10:7 Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου

Χρησιμοποιώντας τη βοήθεια του zoom η παραπάνω γραφική παράσταση διαμορφώνεται ως εξής:



Σχήμα 10:8 Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου

Παρατηρούμε την έξοδο τριών διαφορετικών σημάτων, το γαλάζιο χρώμα αντιστοιχεί στην αναλογική έξοδο , το μωβ στην κβαντισμένη και το κίτρινο στο αρχικό σήμα.

Πριν την παρουσία θορύβου το αναλογικό και το κβαντισμένο σήμα ήταν σχεδόν ταυτόσημα ,τώρα όμως το ένα αποκλίνει από το άλλο με μεγάλη διαφορά .

11.ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας μελετήθηκε ένα συγκεκριμένο είδος διαμόρφωσης, η παλμοκωδική διαμόρφωση ή αλλιώς PCM. Έτσι, παρουσιάστηκαν τα βασικά θεωρητικά χαρακτηριστικά της παλμοκωδικής διαμόρφωσης, ενώ στη συνέχεια μελετήθηκε εις βάθος ένα σύστημα PCM πομπού / δέκτη με τη βοήθεια του εργαλείου SIMULINK του MATLAB.

Παρουσιάστηκαν όλες οι μορφές του σήματος από τη στιγμή που δημιουργείται στον πομπό μέχρι τη στιγμή που αποδιαμορφώνεται από τον δέκτη. Επιπλέον, εξετάστηκε το πώς επηρεάζεται η μετάδοση με τη χρήση αυτής της διαμόρφωσης όταν έχουμε στο κανάλι μας λευκό αθροιστικό θόρυβο.

Το σύστημά μας αποδιαμορφώνει και λαμβάνει το αρχικό σήμα σε ικανοποιητικό επίπεδο, όταν δεν υπάρχει θόρυβος. Αντίστοιχα, όπως αναμενόταν η ύπαρξη θορύβου δυσχεράνει την αποδιαμόρφωση του σήματος, ειδικά στην κβαντοποιημένη μορφή του.

12.ΓΛΩΣΣΑΡΙ

Αποκωδικοποιητής (encoder) : Μετατρέπει το ψηφιακό σήμα σε αναλογικό.

Αναλογικό Σήμα: Ηλεκτρομαγνητικό κύμα ,συνεχώς μεταβαλλόμενο στο πεδίο του χρόνου.

ADC: Συσκευή μετατροπής σήματος από ψηφιακό σε αναλογικό.

Διαμόρφωση : Η διαδικασία αλλαγής συγκεκριμένων χαρακτηριστικών ενός σήματος .

DAC: Συσκευή μετατροπής σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό

Θόρυβος: Ανεπιθύμητα σήματα που παρεμβάλουν και παραμορφώνουν το επιθυμητό σήμα προς μετάδοση.

Κωδικοποιητής (coder) : Μετατρέπει το αρχικό αναλογικό σήμα σε ψηφιακό

PCM: Μια μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη μετατροπή αναλογικού σήματος σε ψηφιακό.

Συχνότητα: Ο ρυθμός ταλάντωσης του σήματος

Ψηφιακό Σήμα: Το σήμα που λαμβάνει μόνο διακριτές τιμές και δεν μεταβάλλεται συνεχώς στο χρόνο.

13. ΠΙΝΑΚΑΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1	Ιστορική αναδρομή	ΣΕΛ. 10
Σχήμα 2.1	Αναλογικός τρόπος μετάδοσης	ΣΕΛ 14
Σχήμα 2.2	Ψηφιακός τρόπος μετάδοσης	ΣΕΛ 15
Σχήμα 3.1	Τεχνικές μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό	ΣΕΛ 19
Σχήμα 4.1	Παλμοκωδική διαμόρφωση	ΣΕΛ 23
Σχήμα 5.1	Λίγα λόγια για το MATLAB	ΣΕΛ 32
Σχήμα 7.1	Βαθμίδες συστήματος	ΣΕΛ 37
Σχήμα 7.2	Περιγραφή υλοποιημένου συστήματος	ΣΕΛ 38
Σχήμα 7.3	Διαμορφωτής PCM	ΣΕΛ 39
Σχήμα 7.4	Εσωτερική δομή Διαμορφωτή PCM	ΣΕΛ 40
Σχήμα 7.5	Κβαντιστής 256 επιπέδων	ΣΕΛ 41
Σχήμα 7.6	Εσωτερική δομή κβαντιστή 256 επιπέδων	ΣΕΛ 42
Σχήμα 7.7	Κβαντιστής	ΣΕΛ 43
Σχήμα 7.8	Υλοποίηση κβαντιστή	ΣΕΛ 43
Σχήμα 7.9	Πολυπλέκτης	ΣΕΛ 44
Σχήμα 7.10	Θόρυβος gauss	ΣΕΛ 45
Σχήμα 7.11	Αποκωδικοποιητής PCM	ΣΕΛ 46
Σχήμα 7.12	Εσωτερική δομή αποκωδικοποιητή PCM	ΣΕΛ 46
Σχήμα 8.1	Παρουσίαση παραμέτρων	ΣΕΛ 48
Σχήμα 8.2	Παρουσίαση παραμέτρων	ΣΕΛ 48
Σχήμα 9.1	Είσοδος σήματος σε διαμορφωτή	ΣΕΛ 50
Σχήμα 9.2	Αναλογικό σήμα μετάδοσης	ΣΕΛ 50
Σχήμα 9.3	Το σήμα μετά την έξοδο του διαμορφωτή	ΣΕΛ 51
Σχήμα 9.4	Τελικό σχήμα	ΣΕΛ 52
Σχήμα 9.5	Παρουσίαση αποτελεσμάτων	ΣΕΛ 52
Σχήμα 9.6	Παρουσίαση αποτελεσμάτων	ΣΕΛ 53
Σχήμα 9.7	Σήμα αναλογικής εξόδου	ΣΕΛ 54

Σχήμα 9.8	Σήμα κβαντισμένης εξόδου	ΣΕΛ 54
Σχήμα 9.9	Η έξοδος και των δύο σημάτων μαζί	ΣΕΛ 55
Σχήμα 10.1	Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου	ΣΕΛ 57
Σχήμα 10.2	Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου	ΣΕΛ 57
Σχήμα 10.3	Αναλογική έξοδος με θόρυβο	ΣΕΛ 58
Σχήμα 10.4	Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου	ΣΕΛ 58
Σχήμα 10.5	Κβαντισμένη έξοδος με θορύβου	ΣΕΛ 59
Σχήμα 10.6	Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου	ΣΕΛ 60
Σχήμα 10.7	Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου	ΣΕΛ 61
Σχήμα 10.8	Αποτελέσματα με την παρουσία θορύβου	ΣΕΛ 61

13.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- K. Sam Shanmugam : Ψηφιακά & Αναλογικά Συστήματα Επικοινωνίας.
- William Stallings : Επικοινωνίες Υπολογιστών & Δεδομένων (Έκτη έκδοση).
- P. Horowitz, W. Hill: The Art of Electronics, Cambridge University Press, Second Edition, 1989.
- Analog – Digital Conversion Handbook (Analog Devices Technical Handbooks), Prentice-Hall, 1997 .
- M. Mano, Ψηφιακή Σχεδίαση, Παπασωτηρίου, 1992
- A.P. Malvino, Ηλεκτρονική, Εκδ. Τζιόλα, 2001
- A.P. Malvino, D.P. Leach, Ψηφιακά Ηλεκτρονικά, Εκδ. Τζιόλα, 1996
- Κ. Καρούμπαλου, Γ. Φιλοκύπρου: Μαθήματα Ηλεκτρονικής, Εκδ. Πανεπ. Αθηνών
- Συστήματα Επικοινωνίας , Simon Haykin , Εκδόσεις Παπασωτηρίου, ISBN : 960-7510-18-6
- Σημειώσεις Μαθήματος Εισαγωγή στις Τηλεπικοινωνίες, Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Σημειώσεις από Εργαστήριο Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων Δ.Π.Θ.
- Σημειώσεις από Μάθημα Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα ΙΙ , Λιαπέρδου Ιωάννη Καθηγητή Εφαρμογών.

ΠΗΓΕΣ ΑΠΟ ΤΟ INTERNET

- <http://telecom.tbi.net/pcm1.html>
- <http://en.wikipedia.org>
- www.Matlab.org