



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

Πτυχιακή εργασία

με θέμα

***Προσομοίωση Τηλεπικοινωνιακών Συστημάτων
με το λογισμικό Advanced Design System 2003A της Agilent***

από την **Ιωάννα Σπίνου**.

*Εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη του Επίκουρου Καθηγητή Δρ. **Ιωάννη Βαρδιάμπαση**
στα πλαίσια του “ΕΠΕΑΕΚ II – Αρχιμήδης: Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στα ΤΕΙ –
Μελέτη-Σχεδίαση ευφώνων κεραιών με τεχνικές υπολογιστικού ηλεκτρομαγνητισμού και πιλοτική ανάπτυξη-
λειτουργία ψηφιακού ραδιοφωνικού σταθμού DAB στα Χανιά (SMART-DAB)”*

Χανιά, Οκτώβριος 2004

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Με το πέρας της πτυχιακής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Ιωάννη Ο. Βαρδιάμπαση για την καθοδήγηση και τη στήριξη που μου παρείχε κατά τη διάρκεια της εργασίας αυτής. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Γεώργιο Λιοδάκη για τη συνεισφορά του.

Θερμές ευχαριστίες, βεβαίως, αξίζουν στους γονείς μου που με στήριξαν ηθικά και οικονομικά κατά τη διάρκεια των σπουδών μου.

Τέλος ευχαριστώ τους φίλους και συναδέλφους μου που βοήθησαν ώστε να γίνει η πτυχιακή μου εργασία όσο το δυνατόν καλύτερη και η συγγραφή της ευχάριστη, τόσο με τις πολύτιμες συμβουλές και συζητήσεις που είχαμε στο εργαστήριο όσο και με το ευχάριστο περιβάλλον που διατηρήσαμε καθ' όλη τη διάρκεια.

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο **Εργαστήριο Μικροκυματικών Επικοινωνιών και Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών** του Τμήματος Ηλεκτρονικής Τ.Ε.Ι. Κρήτης, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος “**Αρχιμήδης: Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στα ΤΕΙ – Μελέτη-σχεδίαση ευφών κεραιών με τεχνικές υπολογιστικού ηλεκτρομαγνητισμού και πιλοτική ανάπτυξη-λειτουργία ψηφιακού ραδιοφωνικού σταθμού DAB στα Χανιά (SMART-DAB)**” που συγχρηματοδοείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων μέσω του ΕΠΕΑΕΚ II.

Σπίνου Ιωάννα
Χανιά, Οκτώβριος 2004

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζονται προσομοιώσεις τηλεπικοινωνιακών ασκήσεων μέσω του Advanced Design System 2003A της Agilent. Γίνεται αναφορά σε γενικά, αλλά σημαντικά πεδία της επιστήμης του ηλεκτρονικού μηχανικού, τόσο στον τομέα της ηλεκτρονικής όσο και στον τομέα των τηλεπικοινωνιών, προκειμένου να αναδειχθούν οι δυνατότητες του Advanced Design System 2003A, με την παρουσίαση λεπτομερών γραφικών και μετρήσεων. Για αυτά τα πεδία, που θα εξεταστούν αναλυτικά στις επόμενες σελίδες, γίνεται μια μικρή αναφορά παρακάτω:

Οι εφαρμογές που εξετάζουμε είναι:

- Bit Error Rate & Bit Error Rate τύπου Monte Carlo όπου με την κατανόηση της εφαρμογής αυτής γνωρίζουμε το περιβάλλον schematic του ADS 2003A.
- Προσωπικά ασύρματα δίκτυα μικρής εμβέλειας, όπως το Bluetooth. Σε αυτή την εφαρμογή έχουμε εξοικείωση με το περιβάλλον του schematic σε τηλεπικοινωνιακές εφαρμογές.
- Phase Lock Loop. Μια ηλεκτρονική εφαρμογή όπου μας εξοικειώνει περισσότερο με τα εργαλεία του data display.
- Digital Video Broadcasting (DVB). Η εφαρμογή αυτή κάνει προσομοίωση ενός ψηφιακού καναλιού και μας εξοικειώνει με ότι έχουμε μάθει μέχρι τώρα για το schematic και το data display.
- GSM (TCH/FS). Η εφαρμογή αυτή προσομοιώνει ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα για κινητές επικοινωνίες, και πιο συγκεκριμένα το κανάλι TCH όπου είναι ένα κανάλι κίνησης σε δίκτυο GSM για κινητή τηλεφωνία.

Κάθε εφαρμογή περιλαμβάνει και λίγα στοιχεία από τη θεωρία, ενώ συνοδεύεται και από αναλυτική εξήγηση με τη βοήθεια γραφικών παραστάσεων και παρουσίασης των μετρήσεων.

Η καταχώρηση των ασκήσεων έχει γίνει με βάση τη πολυπλοκότητα τους στη προσομοίωση μέσω του Advanced Design System 2003A. Σε κάθε εφαρμογή άσκησης που θα προσομοιώνεται στο Advanced Design System 2003A θα εξηγηθεί και μια παράμετρος λειτουργίας του προγράμματος.

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο **Εργαστήριο Μικροκυματικών Επικοινωνιών και Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών** του Τμήματος Ηλεκτρονικής Τ.Ε.Ι. Κρήτης, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος “**Αρχιμήδης: Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στα ΤΕΙ – Μελέτη-σχεδίαση ευφώνων κεραιών με τεχνικές υπολογιστικού ηλεκτρομαγνητισμού και πιλοτική ανάπτυξη-λειτουργία ψηφιακού ραδιοφωνικού σταθμού DAB στα Χανιά (SMART-DAB)**” που συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων μέσω του ΕΠΕΑΕΚ II.

ABSTRACT

In this thesis, telecommunication applications are introduced, using Agilent's Advanced Design System 2003A. The most important fields of electronics are mentioned, not only in what has to do with telecommunications but also referring to other matters in reference to electronics. This thesis aims to present the advanced prospects which Advanced Design System 2003A has through measurements and many graphs of them. All the above will be thoroughly discussed in this thesis and a synoptic reference follows:

- Bit Error Rate & Bit Error Rate, Monte Carlo type. By understanding the specific application the user learns the “schematic” environment of Advanced Design System 2003A.
- Local Range Personal Wireless Networks, like Bluetooth. In the specific application the user comprehends the “schematic” environment of Advanced Design System 2003A that has to do with telecommunication applications.
- Phase Lock Loop. It is an application that has to do with the field of electronics, which helps the user to become more confident with “data display” tools.
- Digital Video Broadcasting (DVB). This application simulates a digital channel and helps the user to become more familiar with everything that has been presented up to now in reference to schematic and data display.
- GSM (TCH/FS). This application simulates a telecommunication system for mobile communications, and specifically TCH channel which a traffic channel in a GSM network.

In every application, some details from telecommunications theory are included. Also in this thesis there is a detailed explanation through graphs and measurements.

The classification of the applications has been done from the simplest to the most complicated in reference to the simulation using Advanced Design System 2003A. Every application which is simulated in Advanced Design System 2003A, a parameter of the program will be thoroughly explained.

This work was done at the **Microwave Communications and Electromagnetic Applications Lab** of T.E.I. of Crete and supported by the Greek Ministry of National Education and Religious Affairs and the European Union under the ΕΠΕΑΕΚ II – Archimedes – **Support of Research Groups in T.E.I. of Crete project “Smart antenna study & design using techniques of computational electromagnetics and pilot development & operation of a digital audio broadcasting station at Chania of Crete (SMART-DAB)”**.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1 : GSM - TCH/FS

- 1.1 Εισαγωγή στο ADS 2003A
- 1.2 Το σύστημα TCH
- 1.3 Αποτελέσματα και γραφικές
- 1.4 Μέθοδος διαμόρφωσης GMSK
- 1.5 Κωδικοποίηση καναλιού και Interleaving
- 1.6 Στόχοι και κατανόηση της εφαρμογής TCH/FS

Κεφάλαιο 2: BIT ERROR RATE & BIT ERROR RATE ΤΥΠΟΥ MONTE CARLO

- 2.1 Εισαγωγή
- 2.2 Εφαρμογή Bit Error Rate (BER)
- 2.3 Περιγραφή του συστήματος Bit Error Rate (BER)
- 2.4 Εφαρμογή Bit Error Rate τύπου Monte Carlo (Ber_MonteC)
- 2.5 Περιγραφή του συστήματος Bit Error Rate τύπου Monte Carlo
- 2.6 Αποτελέσματα και γραφικές
- 2.7 Στόχοι και κατανόηση της εφαρμογής Bit Error Rate & Bit Error Rate τύπου Monte Carlo
- 2.8 Λίγα λόγια για τη θεωρία

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΜΙΚΡΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ - BLUETOOTH

- 3.1 Εισαγωγή
- 3.2 Το σύστημα Bluetooth
- 3.3 Αποτελέσματα και γραφικές
- 3.4 Στόχοι για τη κατανόηση της εφαρμογής Bluetooth
- 3.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά και ασφάλεια του Bluetooth

Κεφάλαιο 4: PHASE LOCK LOOP

- 4.1 Εισαγωγή
- 4.2 Περιγραφή του Phase Lock Loop συστήματος (PLL)
- 4.3 Αποτελέσματα και γραφικές
- 4.4 Στόχοι και κατανόηση στις εφαρμογές Phase Lock Loop
- 4.5 Λίγα λόγια για τη θεωρία

Κεφάλαιο 5: DIGITAL VIDEO BROADCASTING - DVB

- 5.1 Εισαγωγή
- 5.2 Περιγραφή του συστήματος
- 5.3 Αποτελέσματα και γραφικές
- 5.4 Λίγα λόγια για τη θεωρία
- 5.5 Στόχοι και κατανόηση της εφαρμογής Digital Video Broadcasting, (DVB)

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κεφάλαιο 1

ΚΑΝΑΛΙ ΚΙΝΗΣΗΣ TCH/FS

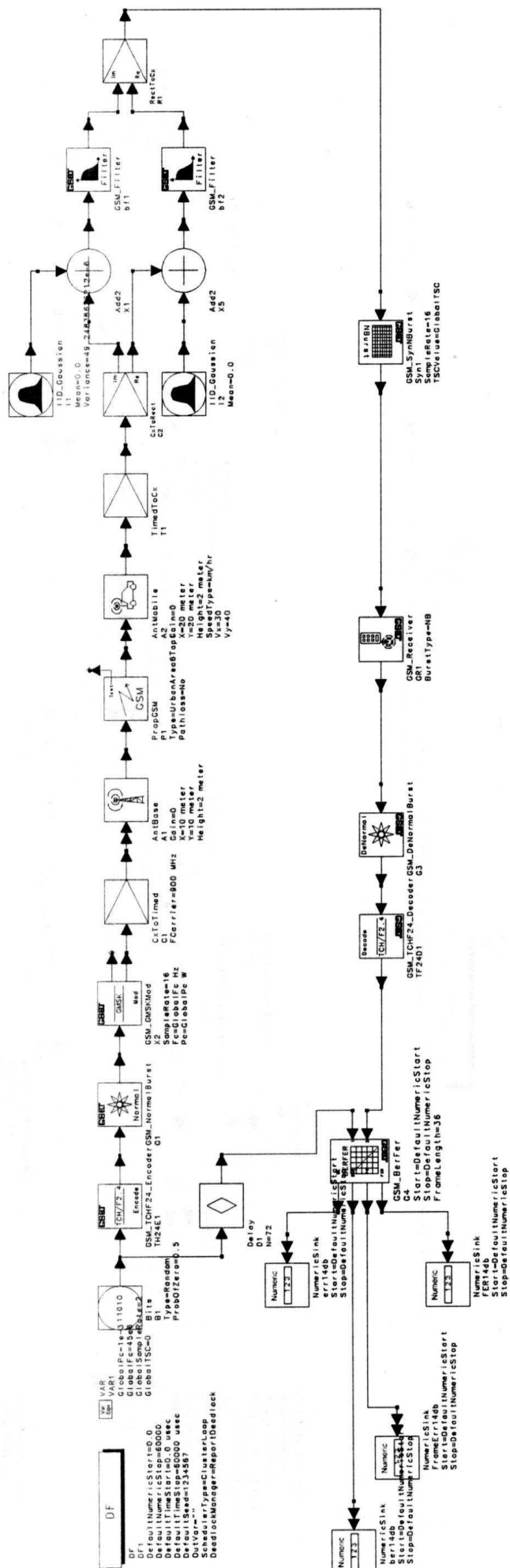
1.1 Εισαγωγή στο ADS 2003A

Το Advanced Design System 2003A είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να σχεδιάσει και να προσομοιώσει σύνθετα ηλεκτρονικά κυκλώματα καθώς επίσης και αναλογικά / ψηφιακά τηλεπικοινωνιακά συστήματα. Τα εργαλεία που παρέχονται για την προσομοίωση ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος καλύπτουν όλους τους τομείς όπως DC και AC ανάλυση και σύνθεση, αρμονική παραμόρφωση κ.α. Στον τομέα της προσομοίωσης τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, το πρόγραμμα χρησιμοποιεί μοντέλα συστημάτων, τα οποία περιέχονται σε βιβλιοθήκες του προγράμματος, καλύπτοντας τις πιο διαδεδομένες τεχνικές μετάδοσης πληροφορίας καθώς και πολλά μοντέλα διάδοσης ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Το λογισμικό παρέχει επίσης τη δυνατότητα σχεδιασμού και εξομοίωσης σύνθετων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, όπως δίκτυα κινητής τηλεφωνίας GSM και 3^{ης} γενιάς, συστήματα ραδιοεντοπισμού, συστήματα μετάδοσης ψηφιακής τηλεόρασης και ραδιοφώνου. όπως επίσης εξομοίωση της επικοινωνίας συσκευών με τη χρήση της τεχνολογίας bluetooth. Ακόμα το ADS μπορεί να εξομοιώσει επιμέρους λειτουργίες κεραιών στο επίπεδο και μικροκυματικές εφαρμογές.

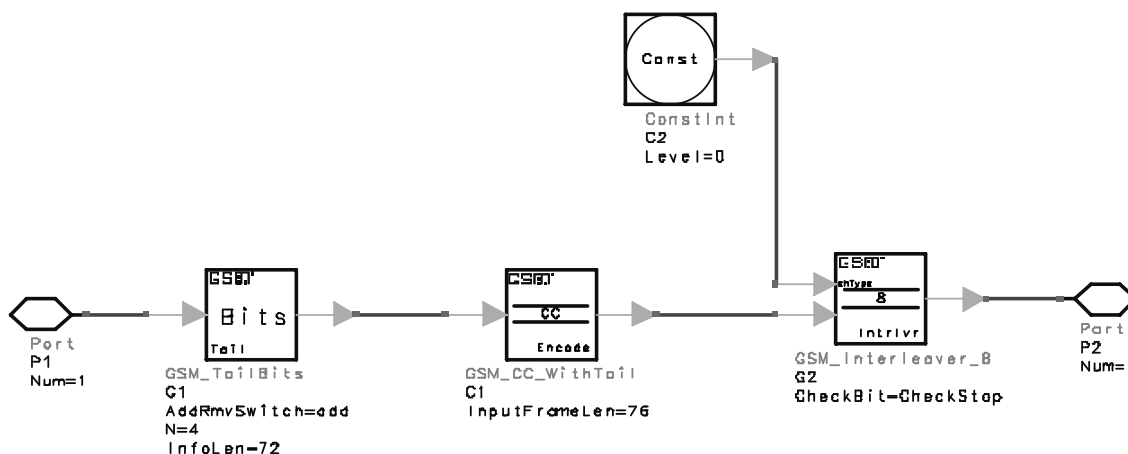
Το βασικό στοιχείο αυτού του προγράμματος είναι ότι οι χρήστες μπορούν να έχουν ενεργή συμμετοχή με της εφαρμογές που χρησιμοποιούν. Δηλαδή μπορούν οποιαδήποτε στιγμή μετά τη προσομοίωση των εφαρμογών να αλλάζουν περίπου όλες τις παραμέτρους π.χ. συχνότητα των σημάτων, τον θόρυβο που μπαίνει σε ένα σύστημα κ.α. Οι χρήστες μπορούν κατά αυτό τον τρόπο να δουν ποικίλλες παραμέτρους και να εξετάσουν τη δυναμικότητα των συστημάτων που εξομοιώνουν και των παραδειγμάτων που βλέπουν στο Advanced Design System 2003A.

1.2 Το σύστημα TCH

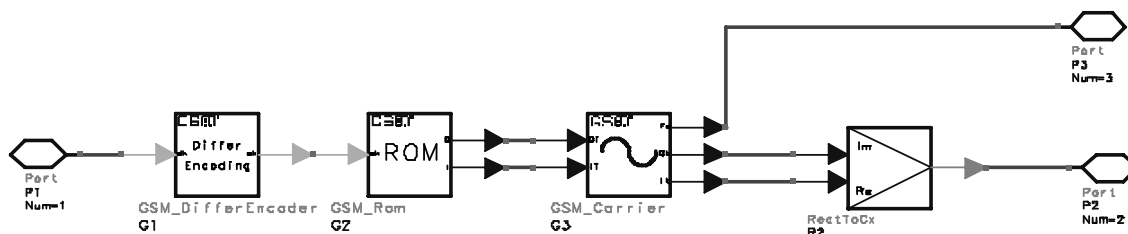
Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η λειτουργία ενός τηλεπικοινωνιακού καναλιού κίνησης TCH/FS (traffic channel/full-rate speech), που σχετίζεται με την κινητή τηλεφωνία. Το TCH είναι ένα κανάλι κίνησης που ελέγχει την κίνηση των δεδομένων μέσα στις κυψέλες του GSM δικτύου. Το TCH μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως FR (full - rate speech) και ως HR (half - rate speech). Στην εφαρμογή μας θα χρησιμοποιήσουμε ένα full rate speech channel που επικοινωνεί με 2,4kbps. Αυτό είναι το bandwidth που χρησιμοποιεί ο χρήστης για να μεταφέρει δεδομένα σε άλλο χρήστη και κατά συνέπεια οι δύο χρήστες να επικοινωνήσουν μεταξύ τους μέσα από τις κυψέλες του GSM δικτύου.



Περίληψη του συστήματος τηλεπικοινωνιακό κανάλι κίνησης (traffic channel/full-rate speech - TCH/FS):
 Έχουμε μια γεννήτρια δυαδικών τυχαίων δεδομένων (bits). Αυτά τα δεδομένα στέλνονται σε ένα κωδικοποιητή καναλιού όπου τα επεξεργάζεται και προστίθεται μια ουρά από bits, στο συγκεκριμένο παράδειγμα προστίθενται 4bits σε κάθε frame. Στη συνέχεια περνάει από ένα κωδικοποιητή της ουράς του συγκεκριμένου frame κάθε στιγμή. Το σήμα που δημιουργήσαμε μαζί με μια σταθερά σήματος ίσο με 0 πάει σε ένα κωδικοποιητή interleaving (βλέπε παράγραφο 8.4) που παράγονται 464 σύμβολα για κάθε 456 σύμβολα εισόδου που εμφανίζονται στο σημείο input και ένα σύμβολο στο pin chType. Η κωδικοποίηση interleaving ψάχνει και σταματάει σε λάθη. Τα δεδομένα της interleaving κωδικοποίηση και οι σημαίες (flags) κατευθύνονται στο port 2.



Το σήμα μας από το port 2 κάνει το κανάλι 156 bits. Μετά το σήμα πάει σε μία γεννήτρια GMSK (βλέπε παράγραφο 8.3) διαμορφωμένου σήματος, δέχεται δεδομένα (σε bits, 0,1) και στην έξοδο παίρνω την f_0 και τη διαμόρφωση της συχνότητας με σταθερό περίγραμμα.

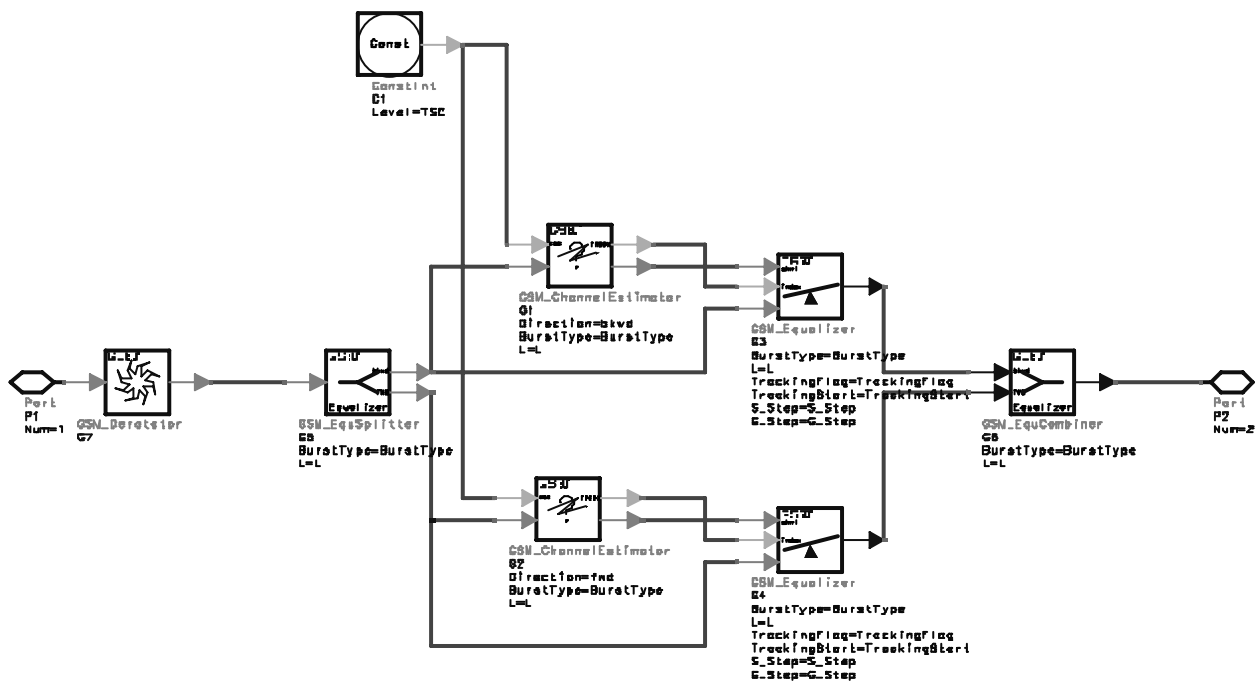


Στο υποσύστημα του διαμορφωτή είναι ένας κωδικοποιητής που μετατρέπει κατά τα GSM standards το κάθε bit του σήματος έτσι ώστε να αρχίσει η διαμόρφωση. Κατά τα standards αυτά GSM (05.04), πρέπει η αρχική τιμή του πρώτου bit να είναι 1. Ένα σύμβολο χρησιμοποιείται στην είσοδο και ένα παράγεται στην έξοδο. Τα bits πάνε στην είσοδο μιας γεννήτριας I και Q για το διαμορφωμένο σήμα. Ακόμα 156 σύμβολα χρησιμοποιούνται στην είσοδο και 156*M σύμβολα παράγονται σε κάθε έξοδο. Για το παρόν μοντέλο έχω:

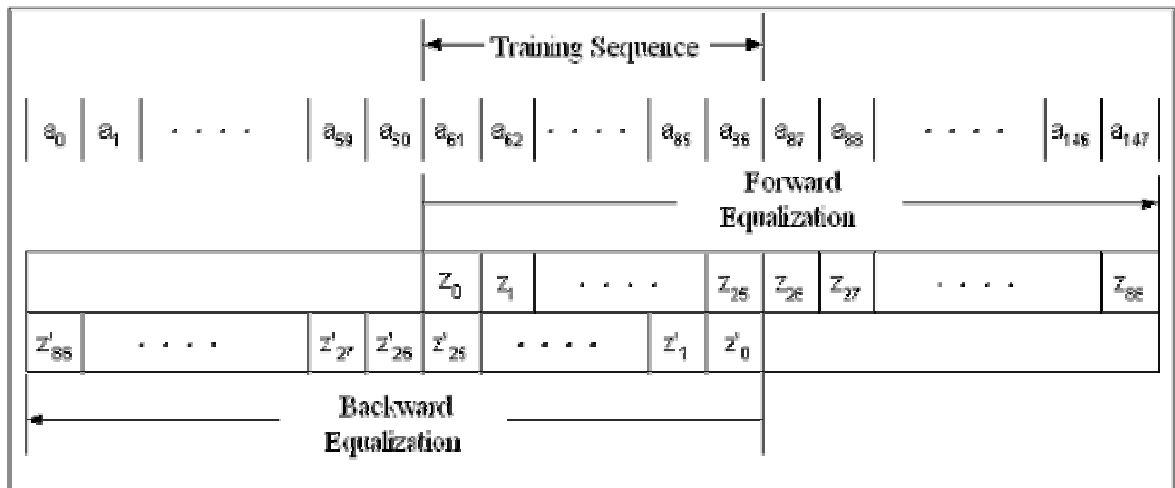
$$I = \cos \theta(t) = \cos(m(t) + p')$$

$$Q = \sin \theta(t) = \sin(m(t) + p')$$

Μετά το σήμα μας μέσω μιας γεννήτριας που παράγει το διαμορφωμένο σήμα απεικονίζει στην έξοδο την f_0 και τη διαμόρφωση της συχνότητας με σταθερό περίγραμμα. Ένα σύμβολο χρησιμοποιείται για κάθε είσοδο και ένα σύμβολο παράγεται σε κάθε έξοδο. Στην έξοδο έχω ένα μιγαδικό αποτέλεσμα και την f_0 . Το μιγαδικό αποτέλεσμα μετατρέπεται σε σήμα χρόνου μέσω ενός μετατροπέα Cx To Timed, όταν το $T = TStep$, στη περίπτωση μας $TStep = 3.692/16\mu sec$ και το $F_{Carrier} = 900MHz$. Το σήμα στέλνεται σε μία κεραία που βρίσκεται σε ύψος 10m και απόσταση από το πομπό 10m. Και η κεραία έχει ύψος 2m. Το μοντέλο προσομοίωσης είναι urban και δεν έχω path lose. Αυτές τις παραμέτρους τις ορίζω από το σύστημα GSM από το οποίο περνάει το σήμα μας και μετά στέλνεται σε κινητό δέκτη που βρίσκεται σε ύψος από το έδαφος 20m και μήκος από το πομπό 20m ακόμα το ύψος της κεραίας του κινητού δέκτη είναι 2m και η ταχύτητα που κινείται ο δέκτης είναι 30Km/h κατά τον X άξονα και 40Km/h κατά τον Y άξονα. Το σήμα μας πάει σε ένα μετατροπέα από σήμα χρόνου σε μιγαδική μορφή που χωρίζεται προστίθεται θόρυβος σε κάθε κομμάτι της και μετά μέσω φίλτρων περνάει από ένα συγχρονιστή ριπών ο οποίος, συγχρονίζει τα bits ανάλογα με τη κανονική ριπή για να πάει στο δέκτη.



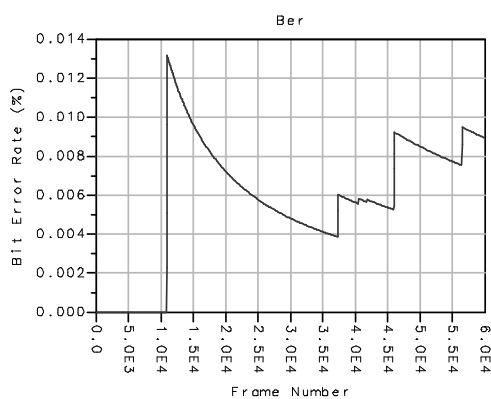
Ο δέκτης έχει απώλεια κατά τη περιστροφή του σήματος. Η GMSK διαμόρφωση έχει μια περιστροφή κατά τη φάση $\pi/2$ αυξάνει η μειώνει τη φάση σε διάρκεια του κάθε bit. Όσα σύμβολα χρησιμοποιώ τόσα παράγω στην έξοδο. Μετά το σήμα μας χωρίζεται σε δυο frame. Για κάθε 156 σύμβολα στην είσοδο τόσα σύμβολα στην έξοδο, για N σύμβολα εισόδου στο σημείο εξόδου έχω N fwd και bkwd σύμβολα στο μήκος κάθε frame. Βλέπε Πίνακα 1.



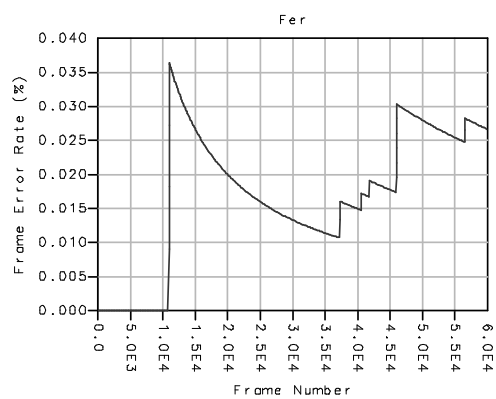
Μετά για να διορθώσω το συγχρονισμό περνάω το σήμα από ένα channel Estimator used in GSM channel Equalization. Σε αυτή τη βαθμίδα υπολογίζεται η αντίδραση του σήματος του ισοδύναμου κυκλώματος το οποίο περιλαμβάνει την επιρροή και τη περιστροφή κατά $L+1$ τα σύμβολα που παράγονται βρίσκονται στην έξοδο όσο και το μήκος του frame.

Frame Length N Value	
N	BurstType
$87 + 2 \times L$	Normal Burst
$106 + 2 \times L$	Synchronization Burst
$80 + 2 \times L$	Access Burst

1.3 Αποτελέσματα και γραφικές



Σχήμα 1α

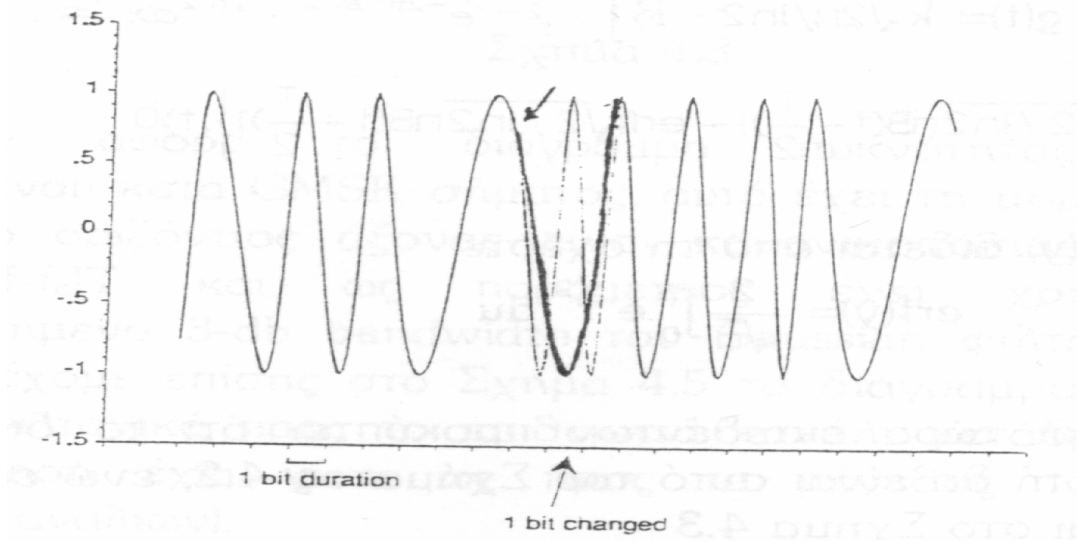


Σχήμα 1β

Στο σχήμα 1α Ber βλέπουμε τη πιθανότητα λάθους στα Bit του κάθε Frame. Στο σχήμα 1β βλέπουμε το Fer που είναι η πιθανότητα λάθους σε κάθε frame (υποframe κάθε Frame δεδομένων). Στη διάρκεια ενός Frame. Από ότι βλέπουμε αυτά είναι ανάλογα

1.4 Μέθοδος διαμόρφωσης GMSK:

Η μέθοδος διαμόρφωσης Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK) είναι ουσιαστικά μια διαμόρφωση συχνότητα με σταθερό περίγραμμα (constant envelope) που διατηρεί συνέχεια φάσης στην περίπτωση αλλαγής των δεδομένων bits πληροφορίας όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1

Η μαθηματική έκφραση του διαμορφωμένου σήματος δίδεται από τη σχέση :

$$S(t) = A \cos\{2\pi f_c t + \Phi(t, a)\}, \quad nT \leq t \leq (n+1)T,$$

όπου T είναι το εύρος παλμού για κάθε bit. Η προς μετάδοση πληροφορία εμπεριέχονται στον όρο $\Phi(t, a)$ κατά τέτοιο τρόπο ώστε μετά από n bits η “συσσωρευμένη” φάση να δίνεται από τη σχέση:

$$\Phi(t, a) = a\pi h \sum_{i=0}^n a_i q(t - iT)$$

όπου $a_i = \pm 1$ τα bits πληροφορίας και h το μέγεθος που καλείται βαθμός ή βαθμός διαμόρφωσης. Ο παράγοντας $q(t)$ εκφράζεται ως:

$$q(t) = \int_{-\infty}^t g(T) dT,$$

όπου $g(t)$ είναι η απόκριση που δίνει ένα φίλτρο τύπου Gaussian όταν στην είσοδο του δέχεται μοναδιαίους παλμούς εύρους T . Η συνάρτηση μεταφοράς $H(f)$ ενός τέτοιου φίλτρου δίνεται από τη σχέση:

$$H(f) = k e^{-(1-f/B)^2 \ln 2 / 2},$$

όπου B το 3-dB bandwidth του φίλτρου και k μια σταθερά. Παίρνοντας τον αντίστροφο μετασχηματισμό Fourier της ανωτέρω συνάρτησης μεταφοράς έχουμε ότι:

$$h(t) = k \sqrt{\frac{2\pi}{\ln 2}} B e^{-\frac{2\pi^2 B^2 t^2 + 2}{\ln 2}}$$

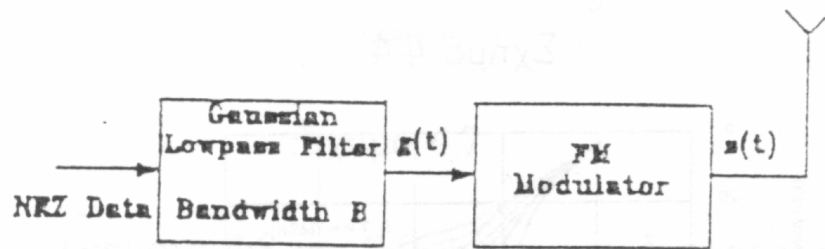
$$g(t) = k\sqrt{\frac{2\pi}{\ln 2}} B \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} e^{-2\pi^2 B^2 x^2 / \ln 2} dx$$

$$= \frac{k}{2} \left\{ \operatorname{erf} \left\{ \sqrt{\frac{2}{\ln 2}} \pi B \left(t - \frac{T}{2} \right) \right\} + \operatorname{erf} \left\{ \sqrt{\frac{2}{\ln 2}} \pi B \left(t + \frac{T}{2} \right) \right\} \right\}, t \geq 0$$

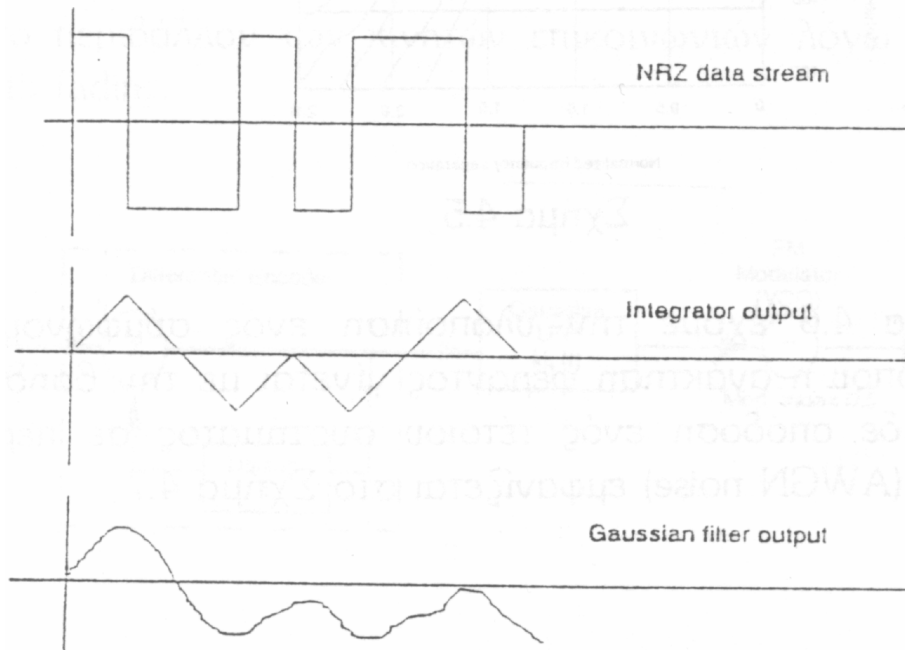
όπου η συνάρτηση erf(y) δίδεται από τη σχέση:

$$\operatorname{erf}(y) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^y e^{-u^2} du$$

Βάσει των μέχρι τώρα εκτεθέντων προκύπτει ότι το διάγραμμα ενός GMSK διαμορφωτή θα είναι αυτό του Σχ. 2, ενώ επιμέρους κυματομορφές δίδονται στο Σχ. 3.

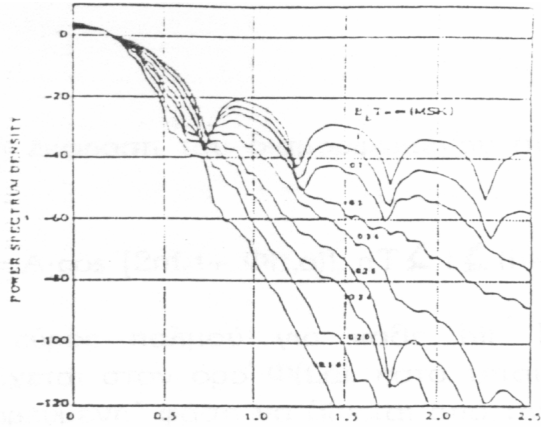


Σχήμα 2

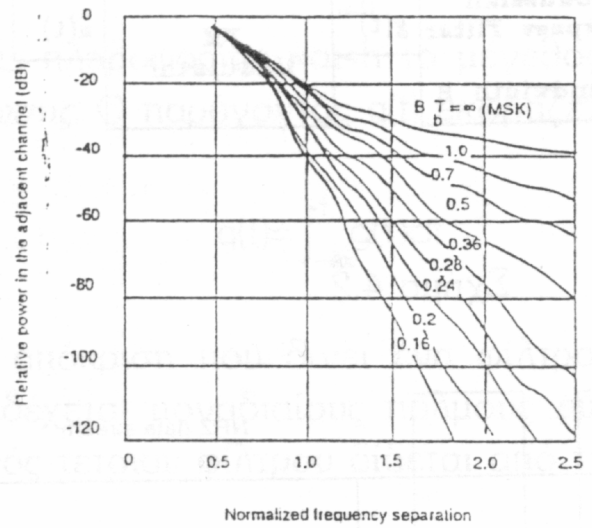


Σχήμα 3

Όσον αφορά το διάγραμμα πυκνότητας ισχύος ενός διαμορφωμένου κατά GMSK σήματος, αυτό έχει τη μορφή του Σχ. 4 όπου ο οριζόντιος άξονας είναι κανονικοποιημένος ως προς το μέγεθος $(f-f_c)T$ και ως παράμετρος έχει χρησιμοποιηθεί το κανονικοποιημένο 3-dB bandwidth του Gaussian φίλτρου. Με την ίδια παράμετρο έχουμε επίσης στο Σχ. 5 το διάγραμμα της παρεμβολής ισχύος σε γειτονικά προς το επιθυμητό κανάλι μετάδοσης και όπου η κανονικοποίηση έχει γίνει ως προς το μέγεθος $f_s T$ (f_s είναι η απόσταση γειτονικών καναλιών).

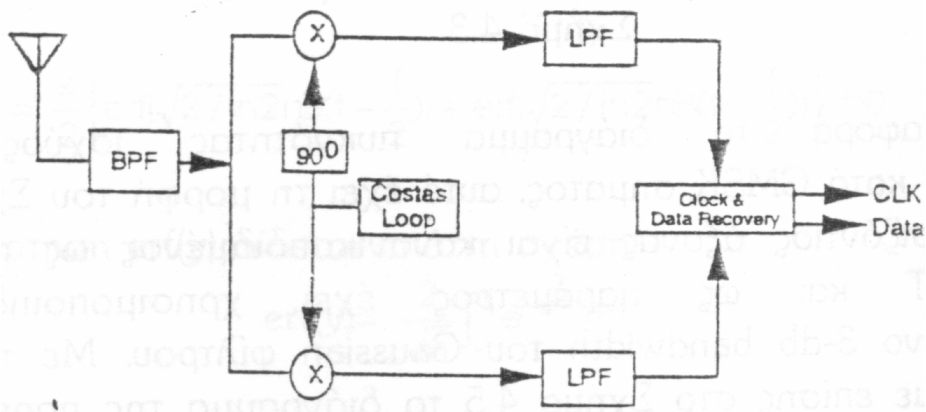


Σχήμα 4

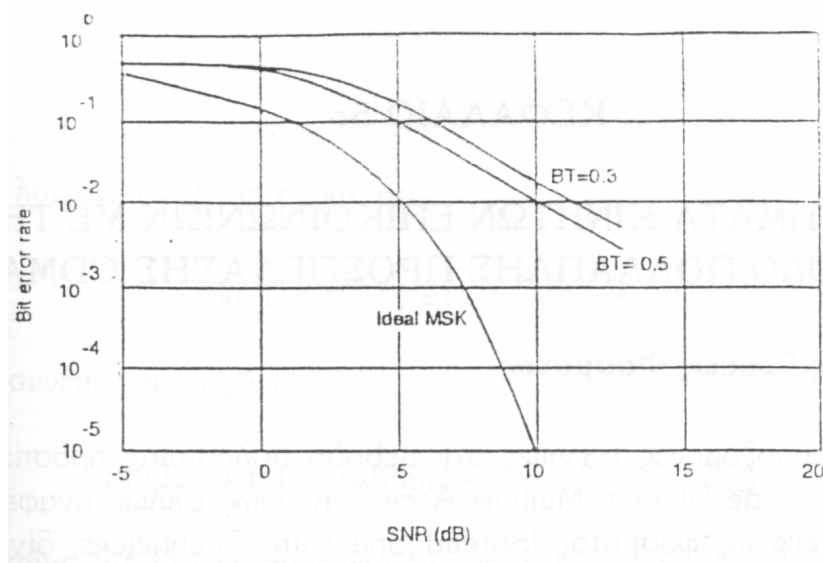


Σχήμα 5

Στο Σχ. 6 έχουμε την υλοποίηση ενός Costas loop η δε απόδοση ενός τέτοιου συστήματος σε περιβάλλον λευκού θορύβου (AWGN noise) εμφανίζεται στο Σχ. 7.

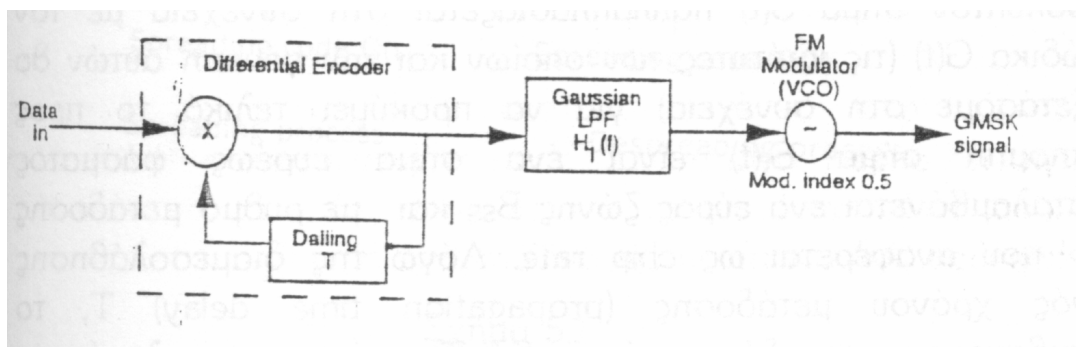


Σχήμα 6

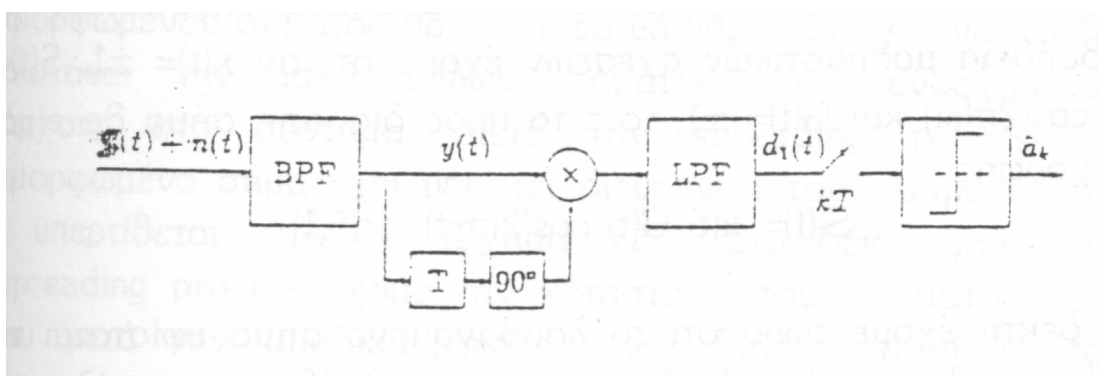


Σχήμα 7

Τέλος στα Σχ. 7 και 8 έχουμε μια διαφορετική υλοποίηση του GMSK διαμορφωτή και αποκωδικοποίησης, κάτι που προτιμάται καθώς δεν απαιτείται η γνώση μιας απόλυτης φάσης αναφοράς στο δέκτη (absolute phase reference) λόγω της ύπαρξης του multipath fading.



Σχήμα 8



Σχήμα 9

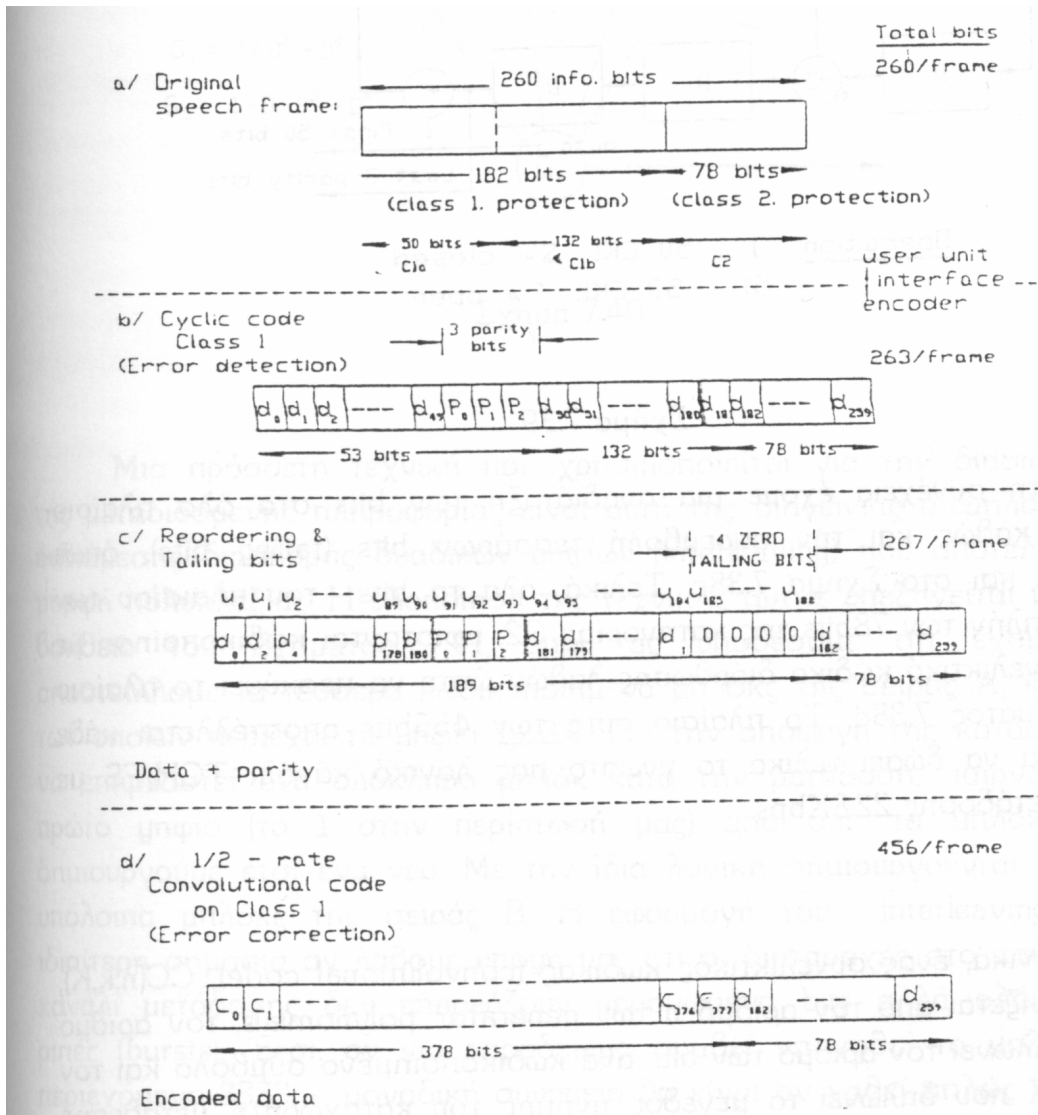
1.5 Κωδικοποίηση καναλιού και Interleaving

Μετά τη διαδικασία κωδικοποίησης φωνής στην έξοδο του κωδικοποιητή λαμβάνουμε N bits σε κάθε frame. Αυτά τα N bits και ανάλογα με τη σπουδαιότητα τους όσον αφορά την συνεισφορά τους στο σήμα φωνής, κατατάσσονται στις κατηγορίες (class) C1a, C1b, και C2 (βλέπε Σχ. 10) και όπου κάθε κατηγορία θα υποστεί διαφορετική κωδικοποίηση καναλιού ή καθόλου (όπως συμβαίνει με τα 78 bits της κατηγορίας C2) για την αντιμετώπιση των προβλημάτων μετάδοσης στο ασύρματο κανάλι.

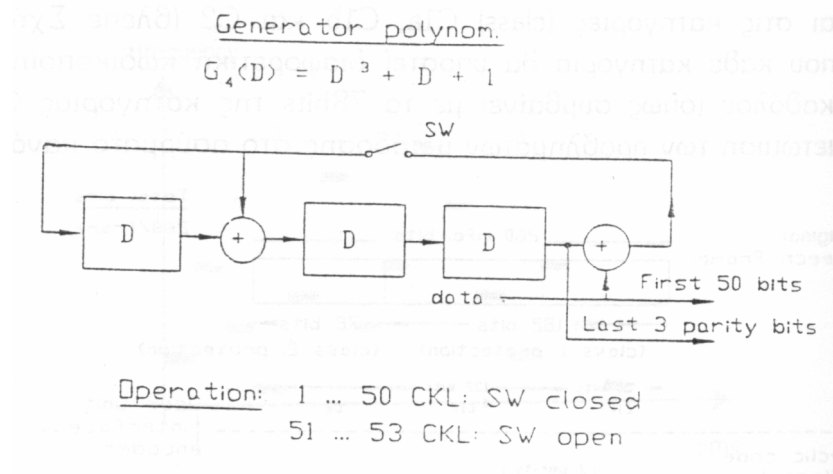
Όπως βλέπουμε στο Σχ. 10b, στα 50 bits της κατηγορίας C1a, εφαρμόζεται ένας κυκλικός κώδικας ανίχνευσης λαθών που δημιουργεί τρία bits ισοτιμίας μέσω του generator polynomial $G(D) = D^3 + D + 1$. Ειδικότερα και όπως φαίνεται στο Σχ. 11, για την υλοποίηση του κώδικα, ο διακόπτης SW παραμένει κλειστός κατά τη διάρκεια της διέλευσης των προαναφερθέντων 50 bits και ανοίγει στη συνέχεια.

Στη συνέχεια έχουμε μια αναδιάταξη των bits στο όλο πλαίσιο (frame) καθώς και την παρεμβολή τεσσάρων bits (tailing bits), όπως φαίνεται στο Σχ. 10c. Τελικά, όλα τα bits του πλαισίου των 267bits πλην των 78 bits της κατηγορίας C2, υφίσταται κωδικοποίηση με έναν συνελκτικό κώδικα διόρθωσης

λαθών ώστε να προκύψει το πλαίσιο του Σχ. 10d. Το πλαίσιο αυτό των 456bits αποστέλλεται κάθε 20msec για να δώσει τελικά το γνωστό μας λογικό κανάλι TCH/FS με ρυθμό μετάδοσης 22.8kbrs.

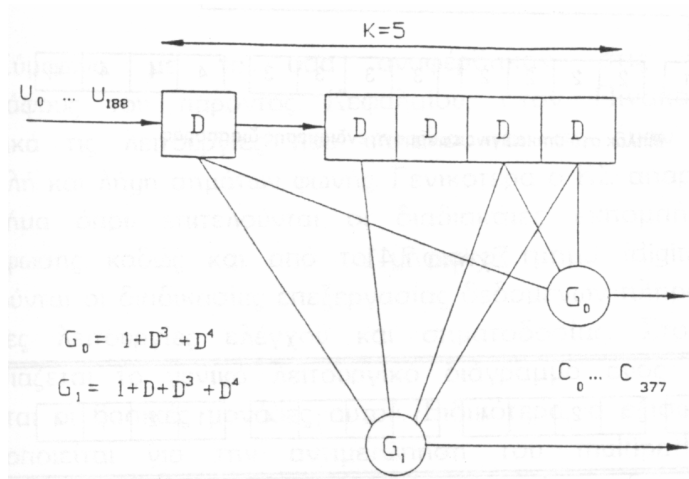


Σχήμα 10



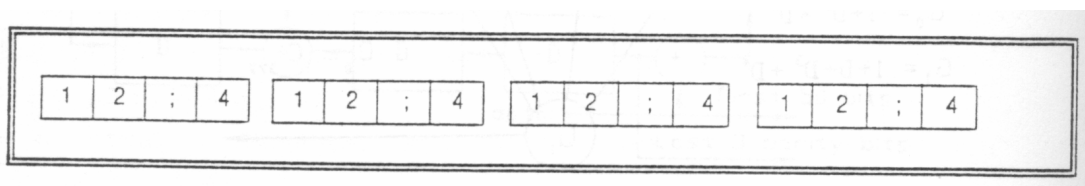
Σχήμα 11

Γενικά ένας συνελκτικός κώδικας (convolution code), $CC(n,k,K)$ προσδιορίζεται από τον ρυθμό n των generator polynomials, τον αριθμό k που δηλώνει τον αριθμό των bits ανά κωδικοποιημένο σύμβολο και τον αριθμό K που δηλώνει το μέγεθος μνήμης του καταχωρητή μετάθεσης που χρησιμοποιεί για της υλοποίηση του κωδικοποιητή. Επιπλέον σε ένα συνελκτικό κώδικα ορίζεται ο ρυθμός κωδικοποίησης (coding rate) $R=k/n$ που δίνει το ποσό πληροφορίας ανά κωδικοποιημένο bit. Ειδικότερα, στο σύστημα GSM η κωδικοποίηση καναλιού υλοποιείται από τον ημίσειας ρυθμού κωδικοποίησης (1/2) κώδικα $CC(2,1,5)$ του Σχ. 12 και όπου $G_0 = 1 + D^3 + D^4$, $G_1 = 1 + D + D^3 + D^4$ (το σύμβολο + υποδηλώνει πρόσθεση κατά modulo-2).



Σχήμα 12

Μια πρόσθετη τεχνική που χρησιμοποιείται για τη διασφάλιση της μεταδιδόμενης πληροφορίας είναι αυτή της διαγώνιας διεμπλοκής ή ενδιάμεσης διασποράς δυαδικών ψηφίων (interleaving) που αποτελεί μια μορφή πολυπλεξίας. Η υλοποίηση της τεχνικής αυτής επεξηγείται με την βοήθεια του σχήματος όπου ας υποθέσουμε ότι έχουμε να αποστέλλουμε τα τέσσερα κωδικοποιημένα block της σειράς A, καθένα από αυτά περιέχει τα ψηφία 1, 2, 3, 4 για την αποφυγή της κατάστασης να επηρεαστεί ένα ολόκληρο Block κατά την μετάδοση, παίρνουμε το πρώτο ψηφίο (το 1 στην περίπτωση μας) από όλα τα blocks και δημιουργούμε έτσι ένα νέο. Με την ίδια λογική δημιουργούνται και τα υπόλοιπα blocks της σειράς B. Η εφαρμογή του interleaving έχει ιδιαίτερη σημασία αν λάβουμε υπόψη μας ότι οι διαταραχές στο ασύρματο κανάλι μετάδοσης δεν επηρεάζουν μεμονωμένα bits αλλά ολόκληρες ριπές (bursts). Έτσι, αν για παράδειγμα συμβεί να χαθεί το block με περιεχόμενο 3333, η μοναδική συνέπεια θα είναι να χαθεί απλώς ένα bit από κάθε Block της αρχικής πληροφορίας. Έχουμε λοιπόν επιμερισμό της επίδρασης του ασύρματου μέσου καθώς στον δέκτη εφαρμόζεται η αναστροφή της παραπάνω διαδικασία (deinterleaving) (βλέπε Σχ. 13).



Σχήμα 13

Ειδικά, τώρα για το σύστημα GSM το πλαίσιο των 456bits που έχει προκύψει από την κωδικοποίηση καναλιού υφίσταται interleaving σύμφωνα με τα αναφερόμενα στο πίνακα 1 Στην εφαρμογή μας έχουμε $N=4$.

Bit Number of the Coded Bits		Position Within the 26-Frame Structure	
0	8	448	Even bits of burst N (No. 0, 4, 8, 13, 17, 21)
1	9	449	Even bits of burst N + 1 (No. 1, 5, 9, 14, 18, 22)
2	10	450	Even bits of burst N + 2 (No. 2, 6, 10, 15, 19, 23)
3	11	451	Even bits of burst N + 3 (No. 3, 7, 11, 16, 20, 24)
4	12	452	Even bits of burst N + 4 (No. 4, 8, 13, 17, 21, 0)
5	13	453	Even bits of burst N + 5 (No. 5, 9, 14, 18, 22, 1)
6	14	454	Even bits of burst N + 6 (No. 6, 10, 15, 19, 23, 2)
7	15	455	Even bits of burst N + 7 (No. 7, 11, 16, 20, 24, 3)

Πίνακας 1

1.6 Στόχοι και κατανόηση της εφαρμογής TCH/FS

- Κατανόηση της διαμόρφωσης GMSK
- Κατανόηση της κωδικοποίησης καναλιού και Interleaving

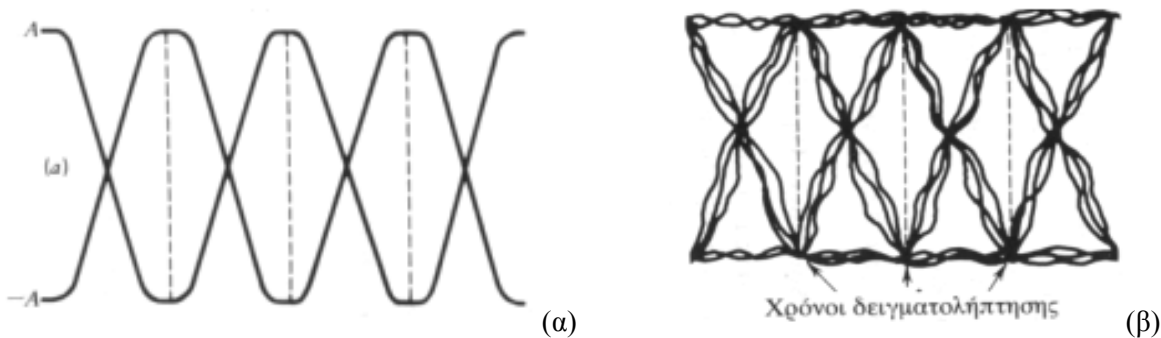
Κεφάλαιο 2

BIT ERROR RATE & BIT ERROR RATE ΤΥΠΟΥ MONTE CARLO

2.1 Εισαγωγή

Μια γεννήτρια συμβόλων μπορεί να στείλει N -bits, σε ένα δέκτη. Η πιθανότητα ο δέκτης να λάβει εσφαλμένα δεδομένα είναι μεγάλη. Όταν ένα σύμβολο των N -bit λαμβάνεται με λάθος, μπορεί 1 bit ή 2 bit ή οποιοσδήποτε συνδυασμός των N bit που στέλνονται να είναι εσφαλμένα. Αυτό το σφάλμα το βρίσκει το Bit Error Rate (BER) δηλ. ο ρυθμός εσφαλμένων bit. Με απλά λόγια, το Bit Error Rate είναι ένας μετρητής λανθασμένων δεδομένων που κρίνει την ποιότητα της μετάδοσης σε ένα ψηφιακό σύστημα επικοινωνίας. Το Bit Error Rate λειτουργεί συγκρίνοντας το χρόνο διέλευσης και το μέγεθος των δεδομένων που λήφθηκαν. Ένας γραφικός τρόπος για να δούμε τυχόν λάθη αλλά επίσης και αν υπάρχει θόρυβος στην επικοινωνία μας είναι το διάγραμμα οφθαλμού.

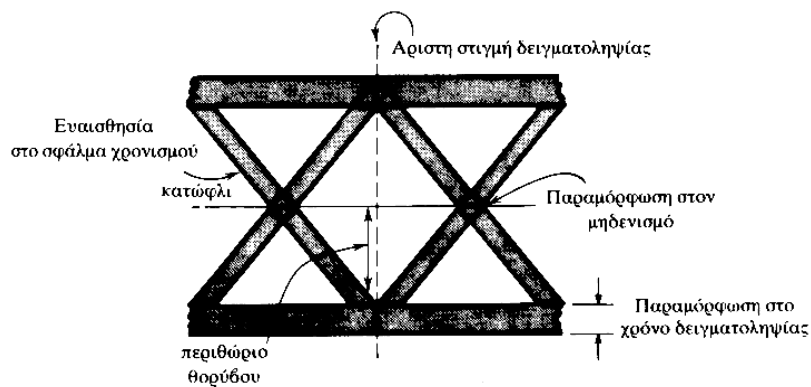
Οι επιδόσεις ενός ψηφιακού συστήματος επικοινωνίας εξαρτώνται από το μέγεθος της αλληλοπαρεμβολής συμβόλων (ISI) και του θορύβου του καναλιού. Οι επιδράσεις της αλληλοπαρεμβολής συμβόλων και του θορύβου του καναλιού στο σύστημα μπορεί να παρατηρηθούν εύκολα κοιτάζοντας την κυματομορφή λήψης σε ένα παλαμογράφο, με συχνότητα σάρωσης ίση με ένα υποπολλαπλάσιο του ρυθμού συμβόλων. Το σχήμα του διαγράμματος που προκύπτει στην οθόνη μοιάζει με ανθρώπινο μάτι και είναι ευρύτατα γνωστό σαν διάγραμμα οφθαλμού. Για να καταλάβουμε και την ερμηνεύσουμε τα διαγράμματα οφθαλμού ας εξετάσουμε μια κυματομορφή λήψης χωρίς παραμόρφωση, όπως φαίνεται στο σχήμα 1^α. Όταν τοποθετήσουμε το ένα πάνω στο άλλο τμήμα της κυματομορφής αυτής, προκύπτει το διάγραμμα “ανοικτού οφθαλμού”. Μια κατακόρυφη γραμμή που περνάει από το κέντρο του διαγράμματος οφθαλμού δείχνει πως αν ο χρόνος δειγματοληψίας επιλεγεί σωστά, τότε όλες οι τιμές των δειγμάτων θα είναι $\pm A$. Το σχήμα 1^β δείχνει ένα παραμορφωμένο αντίτυπο της κυματομορφής και το αντίστοιχο διάγραμμα οφθαλμού. Το διάγραμμα οφθαλμού φαίνεται πιο “κλειστό” και οι δειγματοληπτημένες τιμές είναι τώρα κατανεμημένες περίπου γύρω στα $\pm A$. Η αποκωδικοποίηση των λαμβανόμενων κυματομορφών είναι κάπως δυσκολότερη.



Σχήμα 1. Διάγραμμα οφθαλμού α) χωρίς θόρυβο και β) με θόρυβο.

Σε ένα διάγραμμα οφθαλμού μπορούμε να κάνουμε τις εξής παρατηρήσεις:

1. Η καλύτερη χρονική στιγμή για τη δειγματοληψία της κυματομορφής στο δέκτη είναι όταν το άνοιγμα οφθαλμού είναι το μεγαλύτερο.
2. Το μέγιστο της παραμόρφωσης υποδεικνύεται από το κατακόρυφο εύρος των δύο κλάδων της δειγματολήπτησης.
3. Το περιθώριο θορύβου ή η ανοσία στο θόρυβο είναι ανάλογη προς το πλάτος του ανοίγματος του οφθαλμού.
4. Η ευαισθησία του συστήματος στο σφάλμα χρονισμού φαίνεται από την ταχύτητα με την οποία κλείνει ο οφθαλμός καθώς μεταβάλλεται η χρονική στιγμή δειγματοληψίας.
5. Ο χρόνος δειγματοληψίας βρίσκεται στο μέσο μεταξύ των σημείων μηδενισμού, αν η πληροφορία του ρολογιού παράγεται από τους μηδενισμούς, τότε το ποσό παραμόρφωσης των μηδενισμών δίνει το ποσό του Jitter δηλ. της μεταβολής του ρυθμού του ρολογιού.



Σχήμα 2. Χαρακτηριστικά ενός διαγράμματος οφθαλμού

The screenshot shows a simulation environment for a baseband signaling system. The main workspace contains a block diagram with components such as Gain RF (G1), Splitter RF (S3), LPF (L1, L2), and TimedSlit (T1, T4, T5). A 'DF' (Data Filter) controller is highlighted with a red circle. On the left, a text box provides theoretical values for BER based on the signal-to-noise ratio (Z=Es/No) and the number of samples (N=12). On the right, a notes box explains the simulation parameters, including the noise source, the noise equivalent bandwidth (NBW), and the simulation time.

2.2 Εφαρμογή Bit Error Rate (BER)

Σε αυτή την εφαρμογή θα εξετάσουμε το ποσοστό εσφαλμένων συμβόλων Bit Error Rate. Το συγκεκριμένο παράδειγμα δίνει βαρύτητα στο να παραχθούν ομαλά τα δείγματα που χρειάζονται για να σχεδιαστεί το διάγραμμα οφθαλμού. Παρακάτω βλέπουμε το σύστημα που έχει σχεδιαστεί στο Advanced Design System 2003A. Ο σχεδιασμός έχει γίνει στο schematic του Advanced Design System 2003A, και με τη βοήθεια των εξαρτημάτων που βρίσκονται όλα στην βιβλιοθήκη του προγράμματος. Κατά το σχεδιασμό μπορούμε να ανατρέξουμε σε βιβλιοθήκες που έχουμε ήδη ανοίξει ξανά από τη λίστα που εμφανίζεται στο πάνω αριστερό μέρος του schematic παραθύρου μας.

2.3 Περιγραφή του συστήματος Bit Error Rate (BER)

Θα κάνουμε μια επεξήγηση των βασικών σημείων της μετρήσεις του Bit Error Rate. Στέλνουμε κάποια συνεχόμενα bit (δεδομένα) των 1.0μsec (Bit Time) ανά 0.05μsec (Tstep) σε μια βαθμίδα ενίσχυσης gain RF η οποία ενισχύει τα δεδομένα και μετά στέλνονται στη βαθμίδα splitter RF που τα χωρίζει τα δεδομένα σε δύο ίσα πακέτα.

Το πρώτο πακέτο μέσω μιας καθυστέρησης (delay RF) αποθηκεύει το σήμα ως σήμα αναφοράς σε έναν καταχωρητή, το ίδιο σήμα πάει και σε έναν ανιχνευτή πιθανότητας λάθους συμβόλων.

Το δεύτερο πακέτο δεδομένων περνάει από δυο φίλτρα χαμηλοπερατά και μετά κατευθύνεται προς ένα διαχωριστή όπου στέλνει τα δεδομένα στον ανιχνευτή πιθανότητας λάθους συμβόλων ως λαμβανόμενα σήματα εισόδου. Οι παράμετροι που πρέπει να ρυθμίσουμε: για το BER είναι οι εξής:

$$\text{Theoretical value} \sim \frac{Pe=1/2(e^{-Z})}{\text{SQRT}(\pi \cdot Z)}$$

Where $Z=Es/No$

If $Z=10$ ($Es/No=10\text{dB}$)

Then $Pe \sim 4.05e-6$

with $berIS$ set to .01 variance

ADS reports ---- 4.76e-6

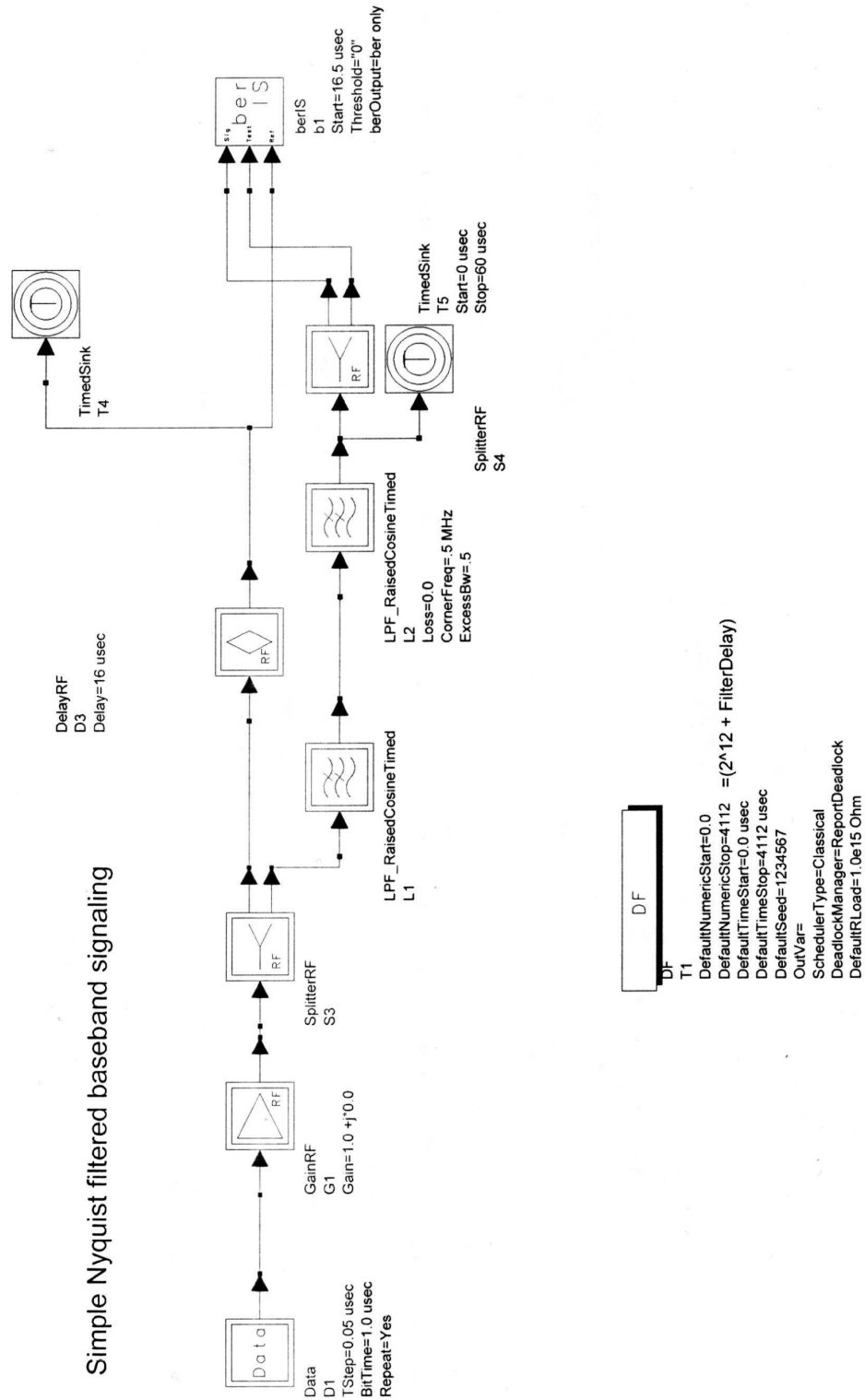
.01 variance means estimate is
within +/- 30 % (i.e $3 \cdot \text{var}^{**2}$)
99 % of the time

Monte carlo requires 24691258 samples for
0.01 variance

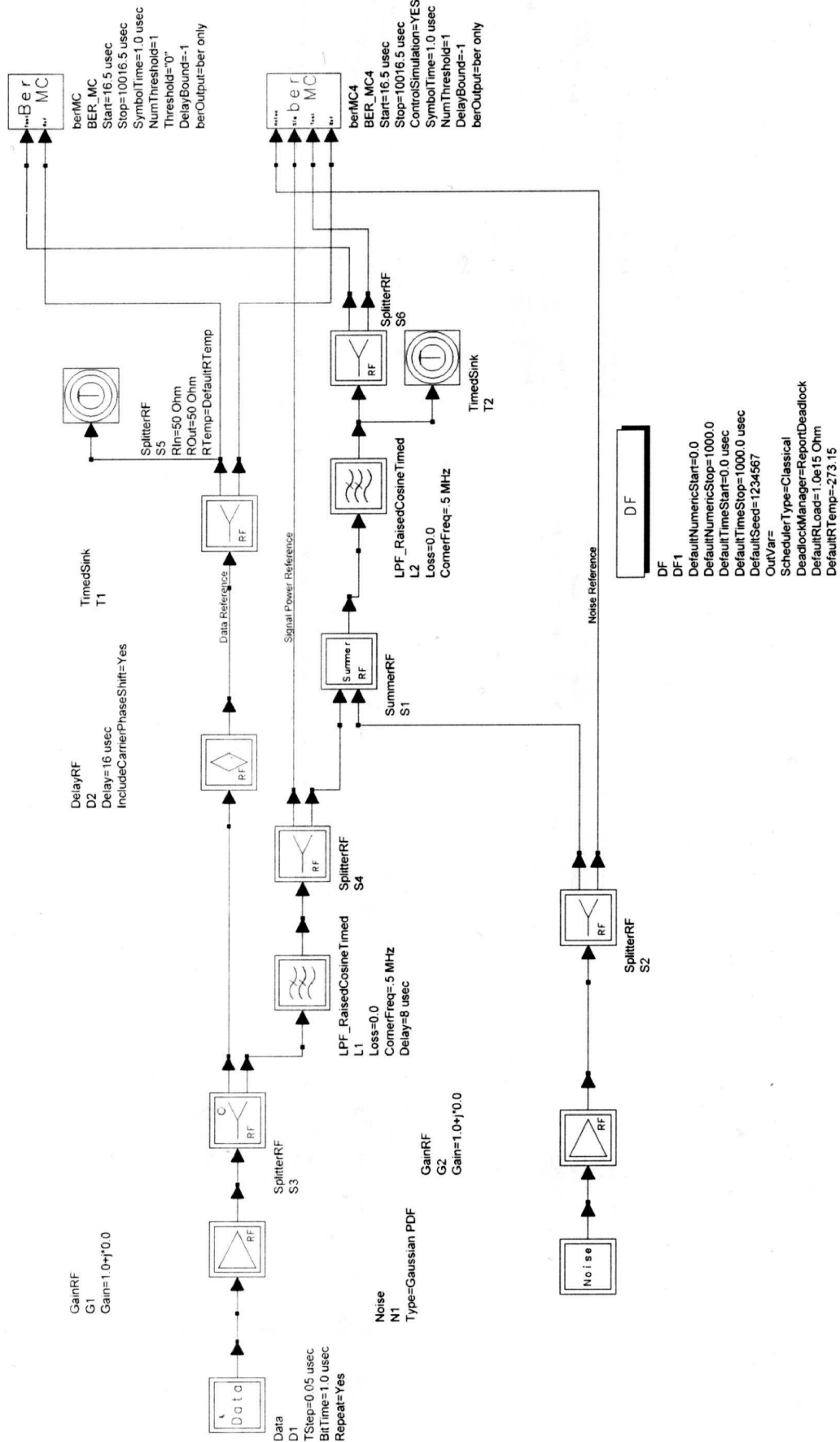
2.4 Εφαρμογή Bit Error Rate τύπου Monte Carlo (Ber_MonteC)

Αυτή η εφαρμογή είναι ένα μοντέλο μέτρησης Bit Error Rate, τύπου Monte Carlo. Μπορεί να χρειαστούμε μια μεγαλύτερη ποσότητα δειγμάτων σε σχέση με την BER εφαρμογή, αν και αυτή η μέτρηση είναι πολύ γενική.

Ορίζουμε ότι Monte Carlo είναι μια απεικόνιση τυχαίων αριθμών που χρησιμοποιούνται για να λύσουν κυρίως στοχαστικά ή ντετερμινιστικά προβλήματα όπου το πέρασμα του χρόνου δεν έχει ουσιαστικό ρόλο. Κατ' αυτό τον τρόπο αυτό το μοντέλο εξομοίωσης είναι περισσότερο στατικό παρά δυναμικό. Για περισσότερες λεπτομέρειες ανατρέξτε στη παράγραφο 3.7.



Σχήμα 1: Bit error rate system.



Σχήμα 2: Bit error rate Monte Carlo system.

Στέλνουμε κάποια συνεχόμενα bit (δεδομένα) των 1.0μsec (Bit Time) ανά 0.05μsec (Tstep) σε μια βαθμίδα ενίσχυσης (gain RF) η οποία ενισχύει τα δεδομένα και μετά στέλνονται σε μια βαθμίδα ενός διαχωριστή (splitter RF) που τα χωρίζει σε δυο πακέτα των ίδιων δεδομένων.

Το πρώτο πακέτο μέσω μιας καθυστέρησης (delay RF) κατευθύνεται σε ένα δεύτερο διαχωριστή και μετά σε ένα καταχωρητή δεδομένων για να αποθηκευτεί, ως σήμα αναφοράς στη συνέχεια μεταφέρεται σε ένα μετρητή πιθανότητας λάθους (berMC) χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Monte Carlo, 2 εισόδων. Ενώ ένα τρίτο μέρος δεδομένων πάει στο (berMC4) μετρητή πιθανότητας λάθους χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Monte Carlo, 4 εισόδων.

Το δεύτερο πακέτο πάει σε έναν αθροιστή που δέχεται και θόρυβο (Gaussian) με περίοδο επανάληψης κάθε 1 sec (repetition interval). Το σύνθετο αυτό σήμα περνάει από ένα χαμηλοπερατό φίλτρο και μετά χωρίζεται. Ο διαχωριστής στέλνει και τα δυο σήματα στον (berMC4) μετρητή πιθανότητας λάθους χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Monte Carlo, 4 εισόδων.

Σημείωση: Ο συγκριτής ή υποβαθμιστής έχει οριστεί να δέχεται 10.000 δείγματα για την καλύτερη απόδοση του συστήματος.

Οι παράμετροι που πρέπει να ρυθμίσουμε για το BER_Monte Carlo είναι οι εξής:

Theoretical value $\sim P_e = [1/2(e^{-Z})] / \text{SQRT}(\text{Pi} \cdot Z)$, where $Z = E_s/N_0$

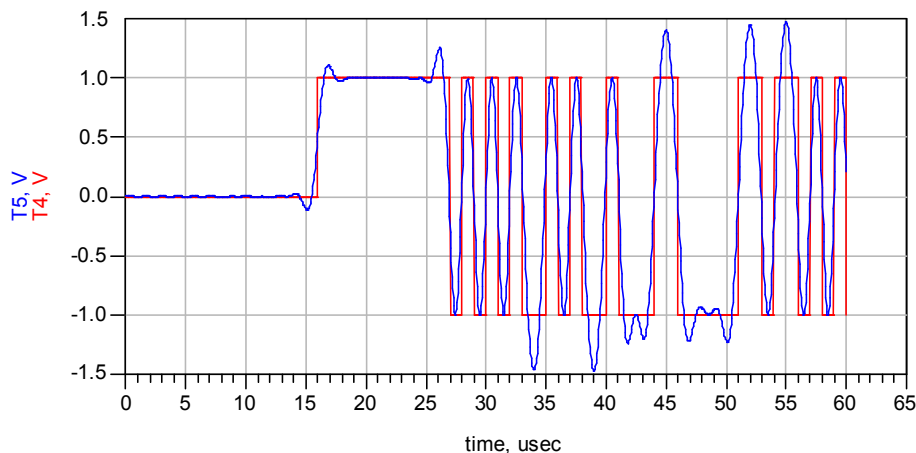
If $Z=10$ ($E_s/N_0=10\text{dB}$), Then $P_e \sim 4.05e-6.01$ means estimate is within $\pm 30\%$ (i.e $3 \cdot \text{var}^{**2}$)

99 % of the time, Monte carlo requires 24,69

Σημείωση: Στο παράδειγμα μας BER Monte Carlo, η μέτρηση των δειγμάτων είναι ρυθμισμένα για 10000 δείγματα. Για να ληφθεί η πληροφορία για το BER με μικρή απόκλιση από τη πραγματικότητα χρειάζονται περισσότερα δείγματα. Αν υπάρχει απόκλιση τότε η εξομοίωση θα τρέχει μέχρι η απόκλιση γίνει μικρή ή έως ότου σταματήσουν να σημειώνονται δείγματα. Γραφικά μπορούμε να το δούμε αυτό στο διάγραμμα οφθαλμού (βλέπε Σχ. 5).

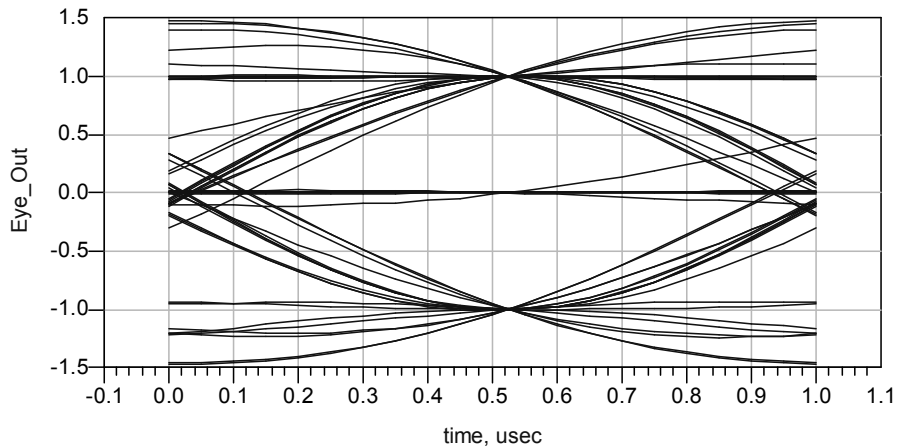
2.6 Αποτελέσματα και γραφικές

Παρακάτω παρουσιάζουμε τις ποικίλες γραφικές που εμφανίζονται μετά την εξομοίωση του μοντέλου.



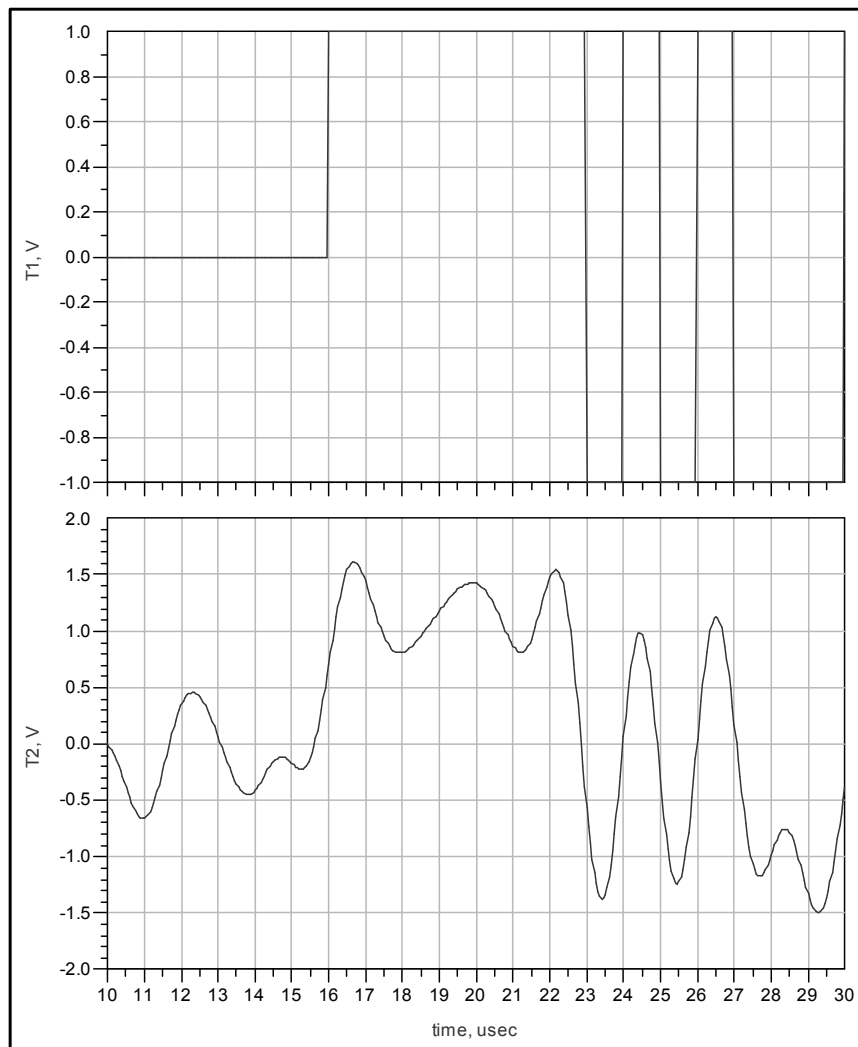
Σχήμα 1. Data (BER).

Βλέπουμε το σήμα αναφοράς και το σήμα με θόρυβο (T4 και T5). Μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε τις διαφορές τους αφού είναι τοποθετημένες στον ίδιο άξονα του χρόνου.



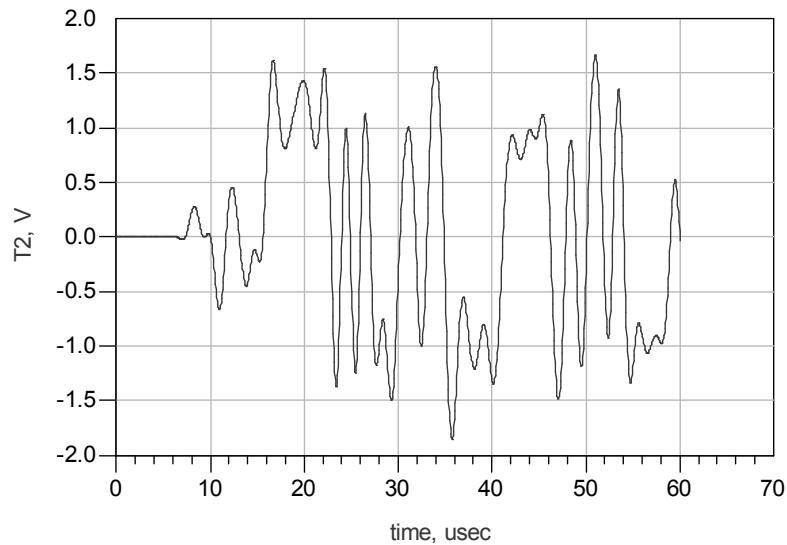
Σχήμα 2. Eye Diagram (BER).

Το διάγραμμα οφθαλμού είναι αρκετά καθαρό άρα και η μεταφορά δεδομένων είναι αρκετά σωστή. Για τη κατανόηση του διαγράμματος μπορείτε να δείτε τη θεωρία για το διάγραμμα οφθαλμού.



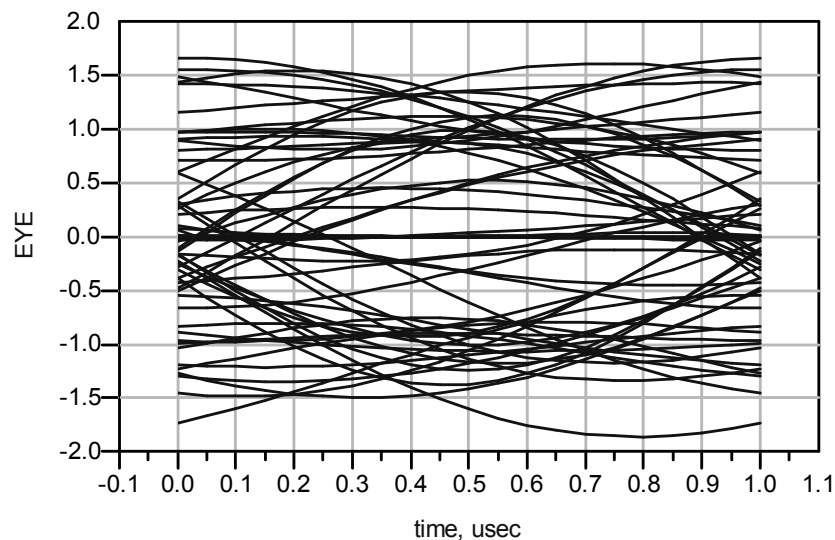
Σχήμα 3. Data (Monte Carlo).

Σε αυτό το σχήμα μπορούμε να διακρίνουμε τη διαφορά των σημάτων που παίρνουμε στην έξοδο των καταχωρητών T1 και T2. Το T1 είναι το σήμα αναφοράς και το T2 είναι το σήμα μας μετά από την πρόσθεση θορύβου.



Σχήμα 4. Data (Monte Carlo).

Σε αυτό το σχήμα μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα που αποθηκεύονται στο καταχωρητή T1 κατά την εκτέλεση του παραδείγματος μας, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Monte Carlo.



Σχήμα 5. Eye Diagram (Monte Carlo).

Σε αυτό το σχήμα μπορούμε να δούμε το διάγραμμα οφθαλμού στο κατά την εκτέλεση του παραδείγματος μας, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Monte Carlo.

2.7 Στόχοι της εφαρμογής Bit Error Rate & Bit Error Rate τύπου Monte Carlo

- Εντοπισμός των βαθμίδων που αποτελούν το Bit error rate system και σχολιασμός της λειτουργίας τους
- Κατανόηση του διαγράμματος οφθαλμού

- Ρύθμιση παραμέτρων στο schematic

2.8 Λίγα λόγια για τη θεωρία

Παρακάτω θα δούμε ένα θεωρητικό παράδειγμα εφαρμογής Monte Carlo simulation.

Θέλουμε να εκτιμήσουμε το ολοκλήρωμα $I = \int_a^b g(x)dx$.

Έχουμε για Y τυχαίες τιμές $(b-a)g(X)$, όπου X μια τυχαία συνεχόμενα μεταβαλλόμενη μεταβλητή. Όπου $g(x)$ είναι τιμή συνάρτησης ομοιόμορφα κατανομημένη κατά $[a,b]$

$$\begin{aligned} \text{Η αναμενόμενη τιμή του } Y \text{ είναι : } E(Y) &= E(b-a)g(x) = (b-a)E[g(X)] = (b-a)\int_a^b g(x)f(x)dx = \\ &= (b-a)\frac{\int_a^b g(x)dx}{(b-a)} = I, \quad \text{όπου } f(x) = \frac{1}{(b-a)}. \end{aligned}$$

Είναι μια πυκνότητα πιθανότητας της τυχαίας μεταβλητής. Το μόνο πρόβλημα που έχει απομένει στον υπολογισμό των ολοκληρωμάτων είναι ο υπολογισμός στις αναμενόμενης τιμής $E(Y)$. Θα εστιάσουμε στο ότι $E(Y) = I$

$$\bar{Y}(n) = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i}{n} = (b-a) \frac{\sum_{i=1}^n g(X_i)}{n}$$

όπου X_1, X_2, \dots, X_n είναι $U(a,b)$ τυχαίες μεταβλητές.

Αν υποθέσουμε ότι $\text{Var}(Y)$ είναι πεπερασμένη, η $\bar{Y}(n)$ έχει μια αυθαίρετη τιμή κοντά στο I , για αρκετά μεγάλο n .

Για την αριθμητική απεικόνιση θα χρειαστεί να λυθεί το ολοκλήρωμα $I = \int_0^\pi \sin x \, dx$ που φαίνεται από γενικούς λογισμούς στις τιμές 2. Στο πίνακα 1 βλέπουμε τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου Monte Carlo μερικών τιμών n .

n	10	20	40	80	160
$\bar{Y}(n)$	2.213	1.951	1.948	1.989	1.993

Πίνακας 1

Κεφάλαιο 3

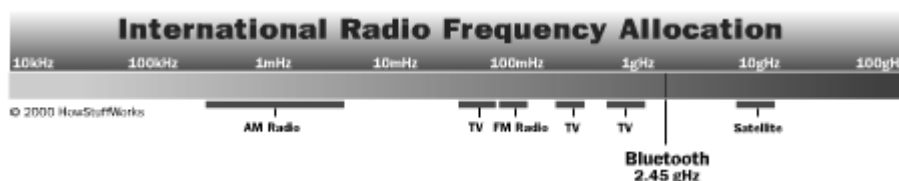
ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΜΙΚΡΗΣ ΕΜΒΕΛΕΙΑΣ BLUETOOTH

3.1 Εισαγωγή

Το σύστημα “Bluetooth” είναι μια τεχνολογία για προσωπικά ασύρματα δίκτυα μικρής εμβέλειας. Απαραίτητο για την επικοινωνία Bluetooth είναι οι συσκευές να είναι συμβατές μεταξύ τους και η απόστασή τους να είναι μικρότερη των 10 μέτρων. Όλα τα παραπάνω σε συνδυασμό με συμβατό λογισμικό μπορούν να μας δώσουν επικοινωνία μεταξύ δυο ή περισσότερων συσκευών με επικοινωνία ίδια με αυτή των απλών ενσύρματων δικτύων.

Η συχνότητα Bluetooth

Το Bluetooth επικοινωνεί σε μια συχνότητα των 2.45GHz η οποία έχει τοποθετηθεί δίπλα στη χρήση των βιομηχανικών, επιστημονικών και ιατρικών συσκευών. Με βάση της διεθνούς συνθήκης (ISM).



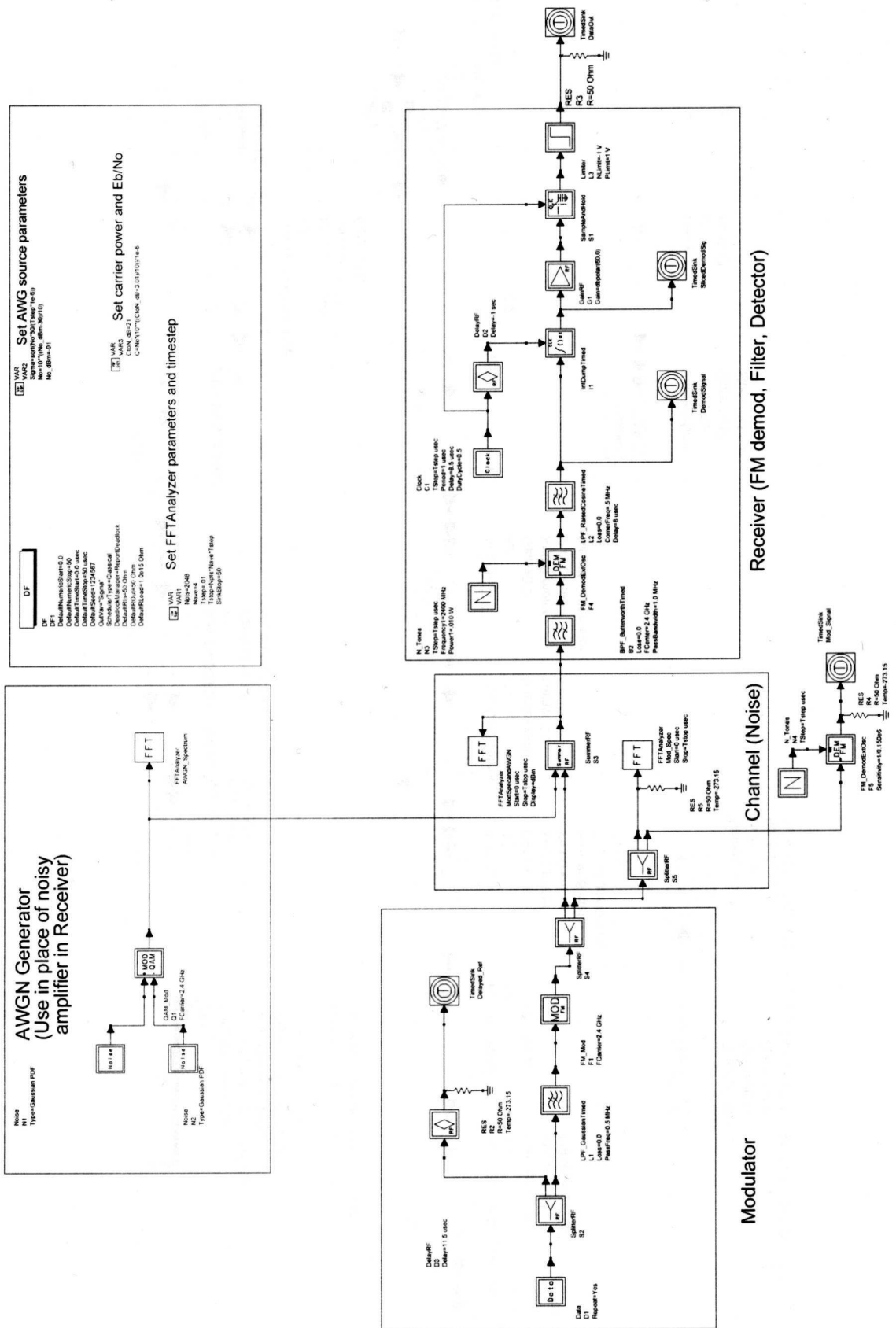
Μια πληθώρα συσκευών που χρησιμοποιούμε ήδη στη καθημερινή μας ζωή όπως για παράδειγμα από μικρές οθόνες μέχρι νεότερης γενιάς κινητά τηλέφωνα συμπεριλαμβάνονται στον παραπάνω καταμερισμό συχνοτήτων.

3.2 Το σύστημα Bluetooth

Στη πρώτη βαθμίδα λευκού Gaussian θορύβου στέλνω σήματα θορύβου σε ένα QAM (με διαφορά φάσης 90°) διαμορφωτή. Το διαμορφωμένο σήμα το στέλνω στη βαθμίδα channel. Στη βαθμίδα του διαμορφωτή έρχονται τα δεδομένα όπου ένα στοιχείο RF splitter τα χωρίζει σε δύο προορισμούς. Ο πρώτος είναι μια καθυστέρηση RF και μετά σε ένα TimedSink όπου αποθηκεύονται τα αρχικά δεδομένα. Ο δεύτερος προορισμός είναι να περάσει το σήμα από ένα χαμηλοπερατό φίλτρο και μετά να διαμορφωθεί σε FM, να διαχωριστεί και αυτό σε ένα RF σήμα όπου θα πάει με τη σειρά του σε δύο προορισμούς σε μια διαφορετική βαθμίδα (βαθμίδα θορύβου). Ο πρώτος στέλνει το σήμα σε ένα spectrum και σε ένα αποδιαμορφωτή. Τα δεδομένα αποθηκεύονται έτσι ώστε να μπορώ να έχω αποτελέσματα να συγκρίνω. Ο δεύτερος είναι ένας αθροιστής RF που μαζί με το σήμα που έχω πάρει από τη βαθμίδα θορύβου κατευθύνει το σήμα στη βαθμίδα του δέκτη.

Στη βαθμίδα του δέκτη το σήμα περνάει από ένα ζωνοπερατό φίλτρο και μετά το σήμα μας πάει σε έναν αποδιαμορφωτή το σήμα μας ξαναφιλτράρεται μέσα από ένα χαμηλοπερατό φίλτρο και μέσω ενός κυκλώματος ενισχύω το σήμα μας και με ένα clock όπου “μαζεύει” την πληροφορία και μέσω του reset

ξαναμαζεύει σε άλλη μνήμη τα επόμενα δεδομένα αφού τα πρώτα τα έχει στείλει σε ένα limiter για να τα περιορίσει και να δούμε το επιθυμητό μας αποτέλεσμα δεδομένων.



Σημείωση: Στο κύκλωμα που περιγράψαμε για να μπορούμε να δούμε τα υποσυστήματα των βαθμίδων, πατάμε το κουμπί που λέγεται “push into hierarchy” και μετά με το mouse κάνουμε “κλικ” στην

αντίστοιχη βαθμίδα που θέλουμε να εξετάσουμε. Με αυτό τον τρόπο θα εμφανιστεί στην οθόνη μας το υποσύστημα την βαθμίδας που επιλέξαμε. Για επιστροφή από το υποσύστημα στο βασικό μας κύκλωμα πατάμε το κουμπί “pop out”.

Οι παράμετροι που πρέπει να ρυθμίσουμε στο σύστημα μας είναι οι εξής:

Data rate: 1Mbit/sec

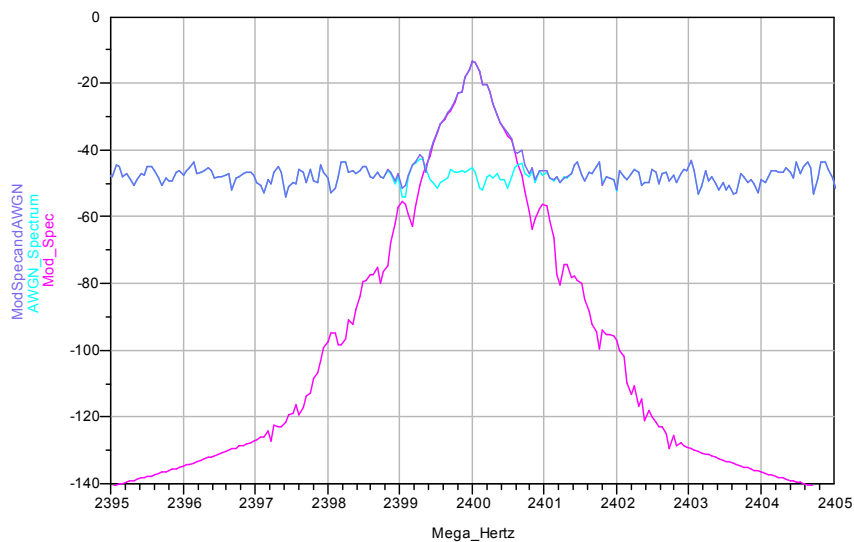
Modulation frequency: 2.4 GHz

Transmit Power for Eb/No=10 dB: 1mW

Ας σημειώσουμε ότι αυτή η εξομοίωση μπορεί να χρειαστεί αρκετή ώρα λόγω του μικρού βήματος που χρειάζεται ο δέκτης κατά τη προσομοίωση.

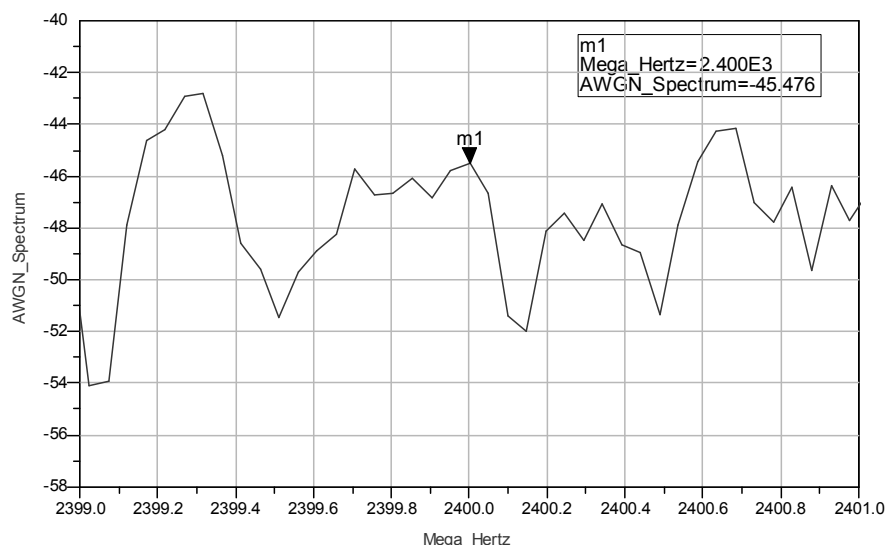
3.3 Αποτελέσματα και γραφικές

Παρακάτω εξηγούμε τις ποικίλες γραφικές που εμφανίζονται μετά την εξομοίωση του μοντέλου.



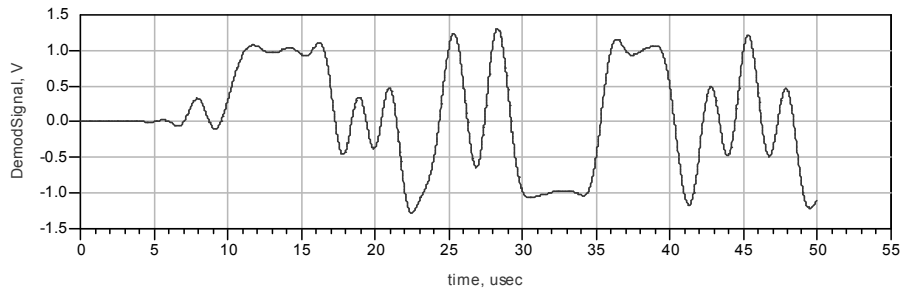
Σχήμα 1α. Spectrum

Στο σχήμα 1α μπορούμε να δούμε τη περιοχή φάσματος της διαμόρφωσης, του Gaussian θορύβου, του διαμορφωτή και του combined Spectra

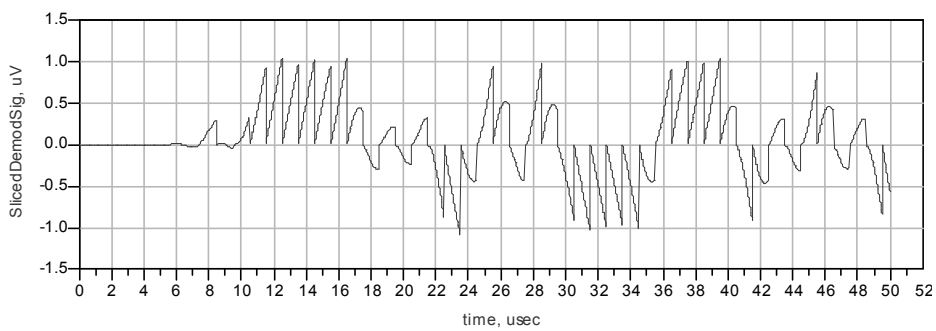


Σχήμα 1β. Detail of noise spectrum

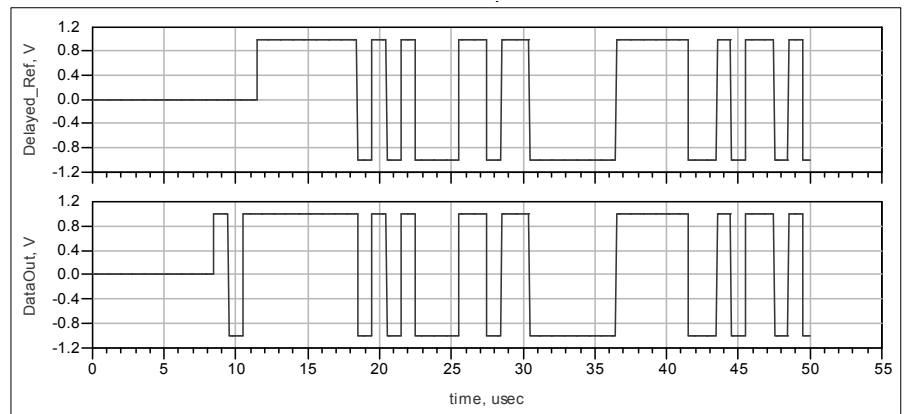
Στο Σχ. 1β βλέπουμε σε μεγέθυνση τη φασματική περιοχή του Gaussian θορύβου όπου με **m1** φαίνεται το σημείο που αντιστοιχεί στη μέγιστη απόδοση του θορύβου. Αν δούμε λίγο πιο προσεκτικά το **m1** σημείο είναι στους 2.400 MHz και στο Σχ. 1α στους 2.400 MHz είναι η κορυφή της απόδοσης του συστήματος Bluetooth που προσομοιώσαμε.



Σχήμα 2. Demodulation output

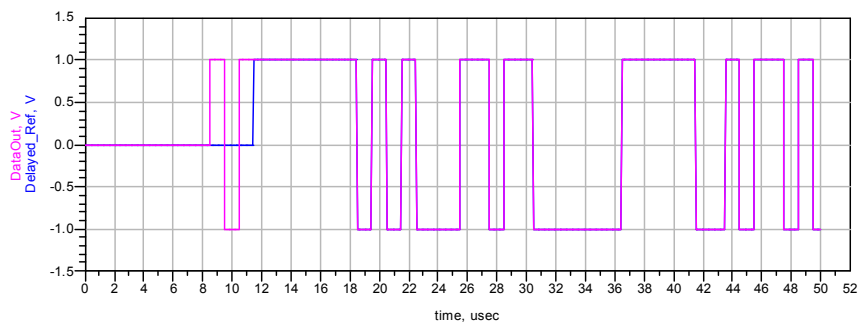


Σχήμα 3. Demodulation output after integrate and dump



Σχήμα 4. Reference and output data

Στο Σχ. 4 βλέπουμε τα δεδομένα αναφοράς (μετά την καθυστέρηση) και τα δεδομένα εξόδου.



Σχήμα 5. Reference and output data

Στο Σχ. 5 βλέπουμε μια σύγκριση των παραπάνω σημάτων στον ίδιο άξονα και με αυτό τον τρόπο μπορούμε να δούμε τη καθυστέρηση των δεδομένων και το ότι είναι τα ίδια. Άρα αναγεννούμε το σήμα μας έτσι ακριβώς όπως μας δόθηκε στα δεδομένα εισόδου μας.

3.4 Στόχοι για τη κατανόηση της εφαρμογής Bluetooth

- Εντοπισμός των βαθμίδων που αποτελούν το Bluetooth σύστημα.
- Εξοικείωση των χρηστών με το schematic του Advanced Design System 2003A.

3.5 Τεχνικά χαρακτηριστικά και ασφάλεια του Bluetooth

Τεχνικά χαρακτηριστικά

- Πομποδέκτης που το bluetooth χρησιμοποιεί το φάσμα συχνοτήτων των 2,4GHz και υποστηρίζει μέγιστη *θεωρητική* ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων 1Mbit/s
- Πρακτικά υλοποιείται ασύμμετρη επικοινωνία στα 721Kbits/s ή συμμετρική στα 432Kbits/s μαζί με τρία εξηντατετράμπιτα (3 x 64bit) κανάλια ήχου.
- Η εμβέλεια του bluetooth είναι 10 μέτρα, αν ο πομποδέκτης έχει ισχύ - καταναλώνει 1mWatt ή 100 μέτρα, με ισχύ πομποδέκτη στα 100mWatt.

Ασφάλεια

Στο θέμα της ασφάλειας το bluetooth είναι αρκετά αυστηρό.

- Ο κάθε χρήστης έχει τη δυνατότητα να ορίσει ποιες υπηρεσίες θα είναι διαθέσιμες από την συσκευή του και σε ποιους.
- Κάθε συσκευή χαρακτηρίζεται από έναν κωδικό μήκους 48bit (δηλαδή μπορούν να γίνουν $2^{48} = 281.474.976.710.656$ διαφορετικοί συνδυασμοί).
- Η πιστοποίηση της κάθε συσκευής που είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο γίνεται με τυχαίο ανακάτεμα του παραπάνω μοναδικού κωδικού με τυχαίους αριθμούς που παράγονται κάθε φορά που γίνεται η σύνδεση της συσκευής του PicoNet.
- Επίσης τα δεδομένα, σε κάθε επικοινωνία, προτού μεταφερθούν κρυπτογραφούνται χρησιμοποιώντας το σύστημα της ασύμμετρης κρυπτογράφησης, ιδιωτικού - δημοσίου κλειδιού, μήκους 128bit έκαστο.

Κεφάλαιο 4

PHASE LOCK LOOP

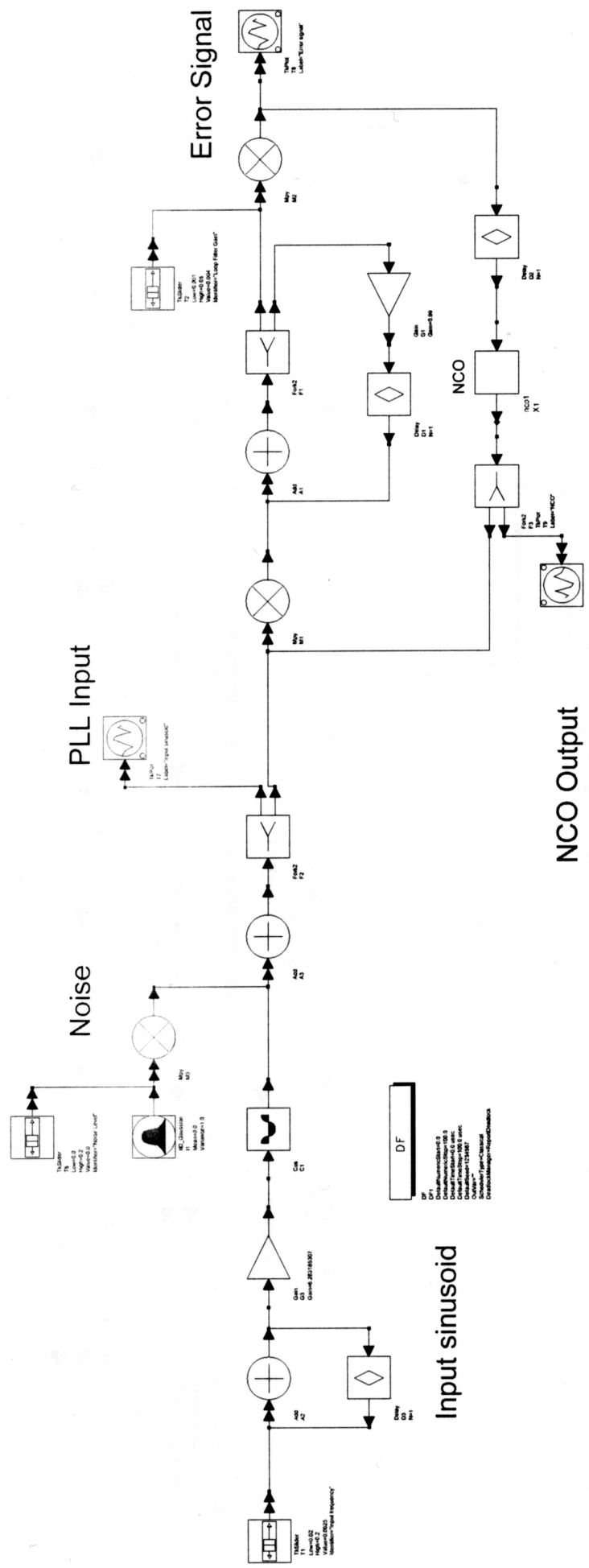
4.1 Εισαγωγή

Μια προσέγγιση για την αποδιαμόρφωση σημάτων γωνιακής διαμόρφωσης είναι η χρήση συστήματος ανατροφοδότησης. Οι αποδιαμορφωτές με ανατροφοδότηση (feedback demodulation) έχουν καλύτερες επιδόσεις από τους διευκρινιστές παρουσία θορύβου. Ανάμεσα στους αποδιαμορφωτές της κατηγορίας διακρίνουμε τον αποδιαμορφωτή με βρόχο παρακολούθησης φάσης (PLL). Οι αποδιαμορφωτές PLL χρησιμοποιούνται ευρύτατα στα σύγχρονα συστήματα επικοινωνίας γιατί έχουν ανώτερες επιδόσεις, εύκολη ευθυγράμμιση, και ευκολία κατασκευής με τη χρήση φθηνών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.

Θα ακολουθήσει περιγραφή του συστήματος PLL και γραφικές παραστάσεις για τη καλύτερη κατανόηση του συστήματος. Ακόμα σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε επιπλέον λειτουργίες του data display όπως το interactive slider που θα κάνει το χρήστη του προγράμματος πιο ενεργό χρήστη των αποτελεσμάτων, για την καλύτερη κατανόηση του από αυτόν.

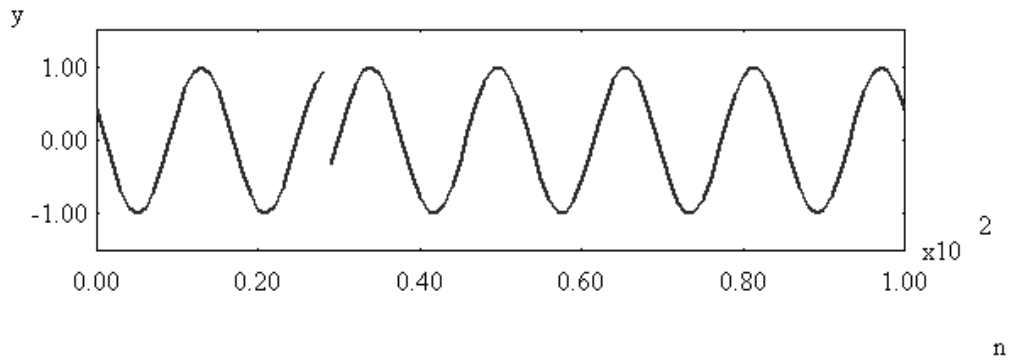
4.2 Περιγραφή του *Phase Lock Loop* συστήματος (PLL)

Έχουμε δεδομένα από 0,0 – 0,0625 με ολίση που αυξάνεται διαρκώς. Τα δεδομένα ενισχύονται τους προστίθεται θόρυβος Gaussian και έτσι έχουμε το σήμα εισόδου. Μετά πολλαπλασιάζοντας με ένα σήμα 0,004 δημιουργείται το σήμα λάθους, το οποίο θα κάνει τη μετατόπιση στις φάσης του σήματος NCO για να κλειδώσει το σύστημα στις. Αυτό το σήμα ενισχύεται και περνάει μέσω στις NCO έχει την ίδια συχνότητα πια με το αρχικό μας σήμα αλλά διαφορετική φάση. Το NCO κάνει συγχρονισμό με μια ημιτονοειδείς παλμοσειρά ρολογιού στα 16MHz. Αυτό το σήμα ενισχύεται και μέσω μια συνάρτησης συνημιτόνου $y(n)=\cos(x(n))$ μας δίνει το σήμα NCO στο παλμογράφο. Το σήμα του NCO πολλαπλασιάζεται με το αρχικό σήμα εισόδου και παίρνουμε το αναγεννημένο σήμα, στις φάσης που θα κλειδώσει το PLL. Μετά τη μετατόπιση και το κλείδωμα στις φάσης, το σήμα λάθους μειώνεται στο μηδέν.

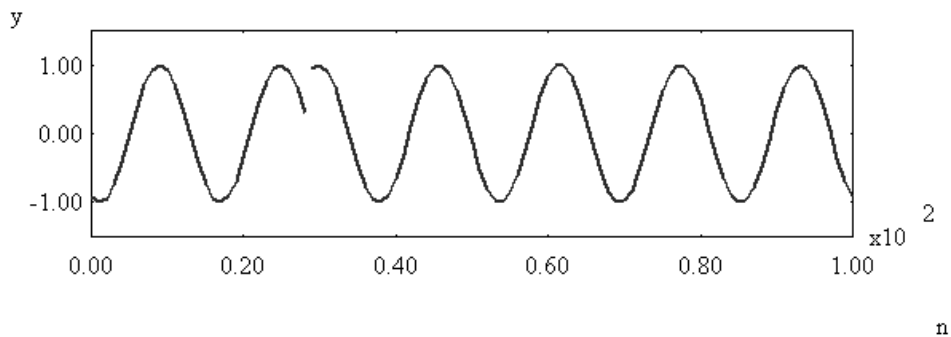


4.3 Αποτελέσματα και γραφικές

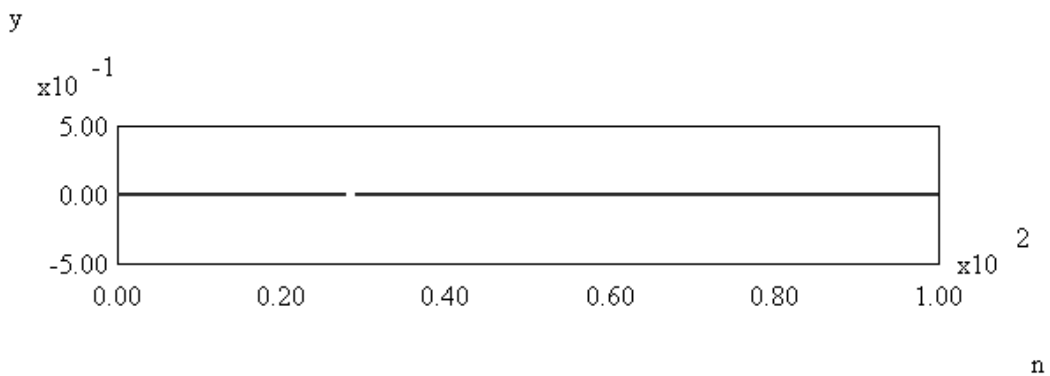
Παρακάτω μπορούμε να εξηγήσουμε στις γραφικές που εμφανίζονται σε μια τυχαία χρονική στιγμή που διακόψαμε κατά την εξομοίωση του μοντέλου.



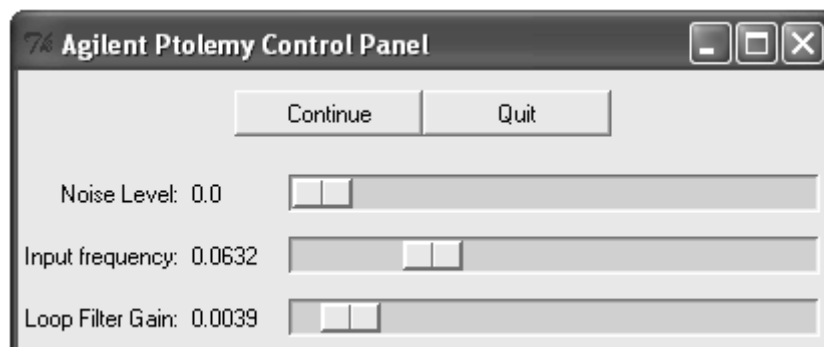
Σχήμα 1. Ημιτονοειδής είσοδος



Σχήμα 2. NCO

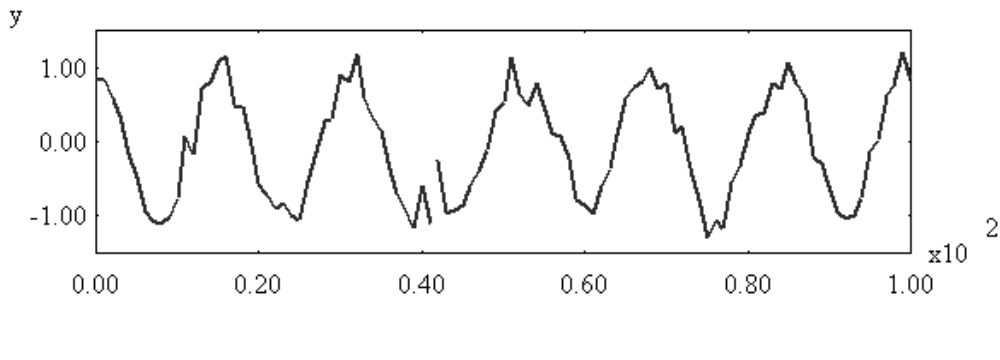


Σχήμα 3. Σήμα σφάλματος



Σχήμα 4. Interactive slider για τη ρύθμιση του θορύβου, συχνότητας εισόδου και loop filter gain

Από αυτό το control panel μπορώ να ρυθμίσω το θόρυβο που θα βάζω, παίρνοντας στην έξοδο του σήματος την παρακάτω κυματομορφή εισόδου. Μπορεί να εμφανίσει οποιαδήποτε στιγμή τη ποσότητα του θορύβου στις κυματομορφές και έτσι γίνεται πιο εύκολα αντιληπτό από το χρήστη η κατανόηση του θορύβου στο σύστημα.



4.4 Στόχοι και κατανόηση στις εφαρμογές Phase Lock Loop

- Εξοικείωση με το περιβάλλον εξομοίωσης του Advanced Design System 2003A και συγκεκριμένα με το Interactive Slider.
- Κατανόηση της εισαγωγής θορύβου σε ένα σύστημα

4.5 Λίγα λόγια για τη θεωρία

Γενική περιγραφή στις συστήματος Phase Lock Loop

Η συχνότητα εξόδου παράγεται από έναν ταλαντωτή. Στις ανιχνευτής φάσης συγκρίνει τη συχνότητα αναφοράς. Στην έξοδο του ανιχνευτή φάσης εμφανίζεται ένα σήμα σφάλματος, το οποίο αφού περάσει από ένα φίλτρο σχηματίζει μία τάση η οποία χρησιμοποιείται για τον έλεγχο του VCO. Αποτέλεσμα στις διαδικασίας είναι να παράγεται από τον ταλαντωτή μια συχνότητα ίση και συμφασική (κλειδωμένη κατά φάση) με τη συχνότητα αναφοράς. Όταν στην έξοδο του VCO απαιτείται η παραγωγή πολύ υψηλών συχνοτήτων (πάνω από 100MHz) είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση στις γρήγορου υποβιβαστή συχνότητας πριν από τον διαιρέτη συχνότητας. Με αυτό τον τρόπο, το βήμα ελέγχου συχνότητας αυξάνεται και έτσι είναι ανάγκη να ελαττωθεί η συχνότητα αναφοράς.

Πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα

Η άμεση ψηφιακή σύνθεση προσφέρει τη δυνατότητα επίτευξης καθαρά γραμμικής διαμόρφωσης του σήματος εξόδου. Πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι, ο πλήρης ψηφιακός τρόπος διαμόρφωσης, εισάγει πληθώρα παρασιτικών συνιστωσών στο φάσμα στις εξόδου. Η στάθμη των παρασιτικών αυτών συχνοτήτων είναι δυνατόν να ελαττωθεί μόνο με αύξηση στις διακριτικότητας του καταχωρητή βημάτων φάσεως και του μετατροπέα ψηφιακού σήματος σε αναλογικό.

Η σταθερότητα συχνότητας εξόδου σε ένα σύστημα άμεσης ψηφιακής σύνθεσης εξαρτάται αποκλειστικά από τη σταθερότητα στις συχνότητας χρονοισμού. Αυτό σημαίνει ότι τυχόν αστάθειες

λόγω γήρανσης των κυκλωμάτων μπορούν να διορθωθούν εύκολα, χάρη στον πλήρη ψηφιακό τρόπο λειτουργίας.

Σε αυτό το παράδειγμα οι χρήστες μπορούν να έχουν ενεργή συμμετοχή με το να αλλάζουν συχνότητα του εισερχόμενου σήματος, στις ενίσχυσης του φίλτρου και του θορύβου που προσθέτουμε στην είσοδο. Το σήμα παρουσίας λάθους και το Numeric control Oscillator??? Φαίνονται σε ξεχωριστά παράθυρα. Οι χρήστες μπορούν κατά αυτό τον τρόπο να δουν ποικίλλες παραμέτρους και να εξετάσουν τη δυναμικότητα του PLL.

Κεφάλαιο 5

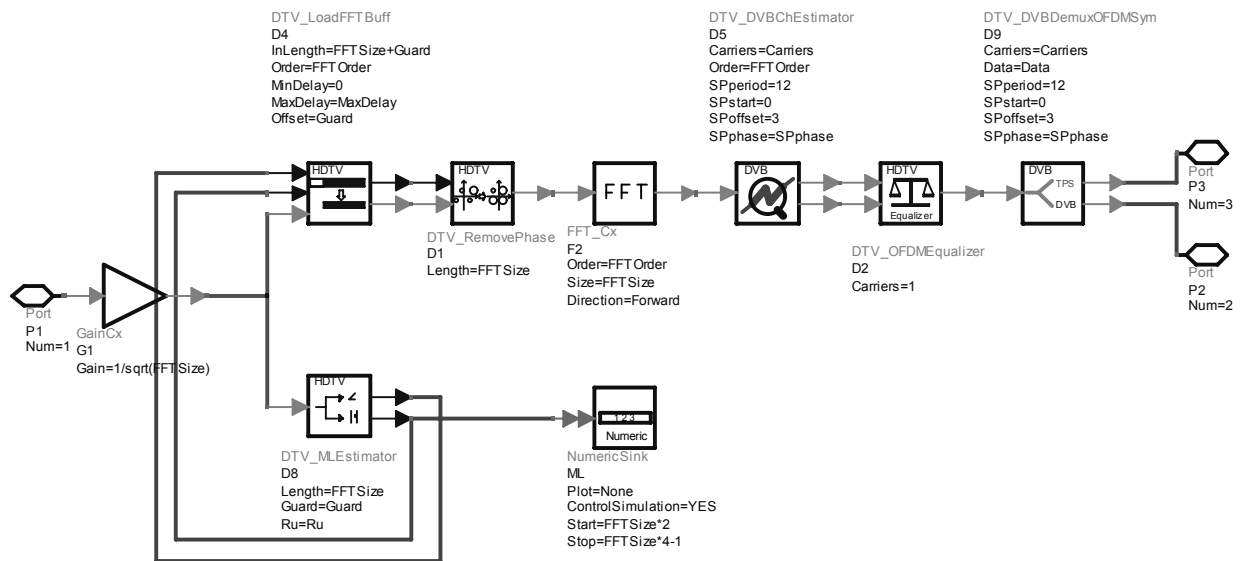
DIGITAL VIDEO BROADCASTING (DVB)

5.1 Εισαγωγή

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναφερθούμε σε ψηφιακό κανάλι δηλ. στη γνωστή μας ψηφιακή τηλεόραση. Θα αναφερθούμε στα χαρακτηριστικά της και τον τρόπο λειτουργίας της. Στο ψηφιακό κανάλι χρειάζονται πολλές μετατροπές σήματος από αναλογικό σε ψηφιακό και αντίστροφα. Αυτό γίνεται με τη TDMA διαμόρφωση που εξηγείται αναλυτικά και με παραδείγματα στο τέλος του κεφαλαίου. Στην επόμενη παράγραφο θα αναπτυχθεί το σχηματικό της εφαρμογής digital video broadcasting και θα εξηγηθούν αναλυτικά οι βαθμίδες. Με αυτό τον τρόπο θα γίνει εύκολη η κατανόηση της ιεραρχίας των βαθμίδων στο Advanced Design System 2004A.

5.2 Περιγραφή του συστήματος

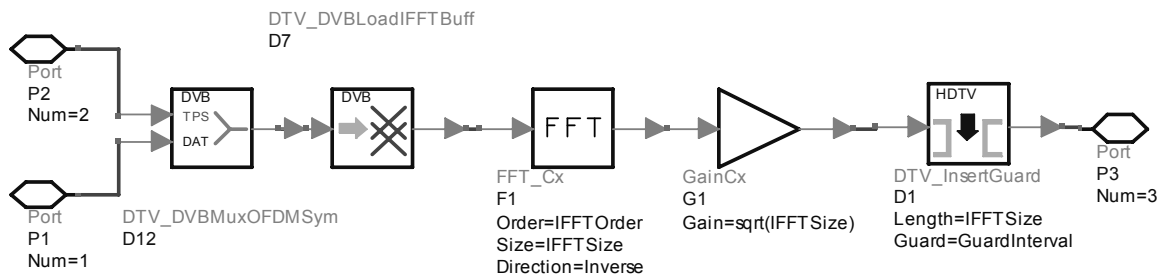
Έχουμε μια σταθερά $\frac{3}{4}$, πραγματικού αριθμού όπου στέλνεται στο port 2 του υποσυστήματος X3. Το υποσύστημα X3 αποτελείται από ένα πολυπλέκτη σήματος ανάμεσα στα TPS (transmission parameter signal) και των δεδομένων μου. Στέλνει το πολυπλεγμένο σήμα σε ένα μοντέλο το οποίο φορτώνει τα δεδομένα στο IFFT buffer, μέσω μιας βαθμίδας ενός μετατροπέα FFT (fast Fourier transform), το σήμα μας ενισχύεται και σε μια βαθμίδα που επαναλαμβάνει ένα κενό χρόνο που διαχωρίζει τα δεδομένα (point X3). Το σήμα μας βγαίνει από το υποσύστημα και περνάει από ένα σύστημα που το ετοιμάζει για μετάδοση σχηματισμένο κατά baseband, ενισχύεται και πάει στο υποσύστημα X1.



Υποσύστημα X1

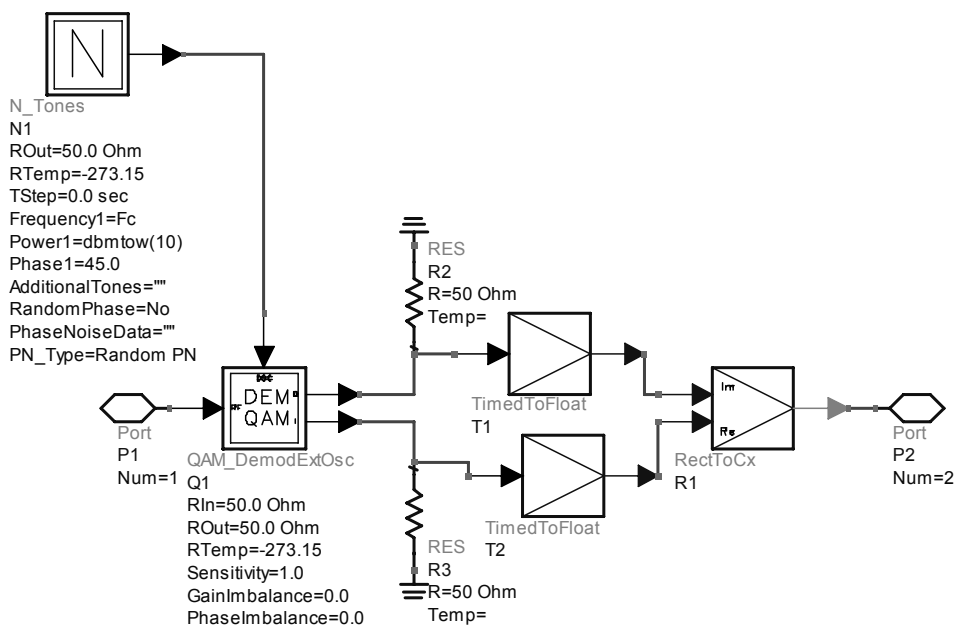
Το υποσύστημα X1 έχει δυο κατευθύνσεις του σήματος στη πρώτη το σήμα μετά από συγχρονισμό χρόνου και συχνότητας αποθηκεύεται ενώ στη δεύτερη, το σήμα πάει σε ένα μοντέλο που υπολογίζει τις

παραμέτρους που χρειάζονται για να χρησιμοποιηθούν για συγχρονισμό συμβόλων και να καθορίσει τη φάση κατά το συγχρονισμό συχνότητας σε OFDM συστήματα. Το αποτέλεσμα του OFDM symbol αποθηκεύεται στον FFT buffer όπου είναι δεύτερο κατά σειρά αποθήκευσης. Το σήμα μας στη συνέχεια πάει σε έναν αντιστάθμιση που αφαιρεί τις τυχαίες φάσεις στη συχνότητα φέροντος στο OFDM symbol πριν την εκτίμηση του OFDM καναλιού. Μετά πάει το σήμα μας σε ένα μετατροπέα Fourier (FFT) και σε ένα γραμμικό μοντέλο καναλιού, που αν παρεμβάλετε από κάποιο άλλο σήμα μας δίνει στην έξοδο το ενεργό φέρον. Μετά το σήμα μας πάει σε έναν αντισταθμιστή καναλιού και μετά αποπλέκει τα DVB-T OFDM symbols σε TPS (transmission parameter signal) και DVB δεδομένα. Στο τέλος μόνο τα DVB δεδομένα αποθηκεύονται.

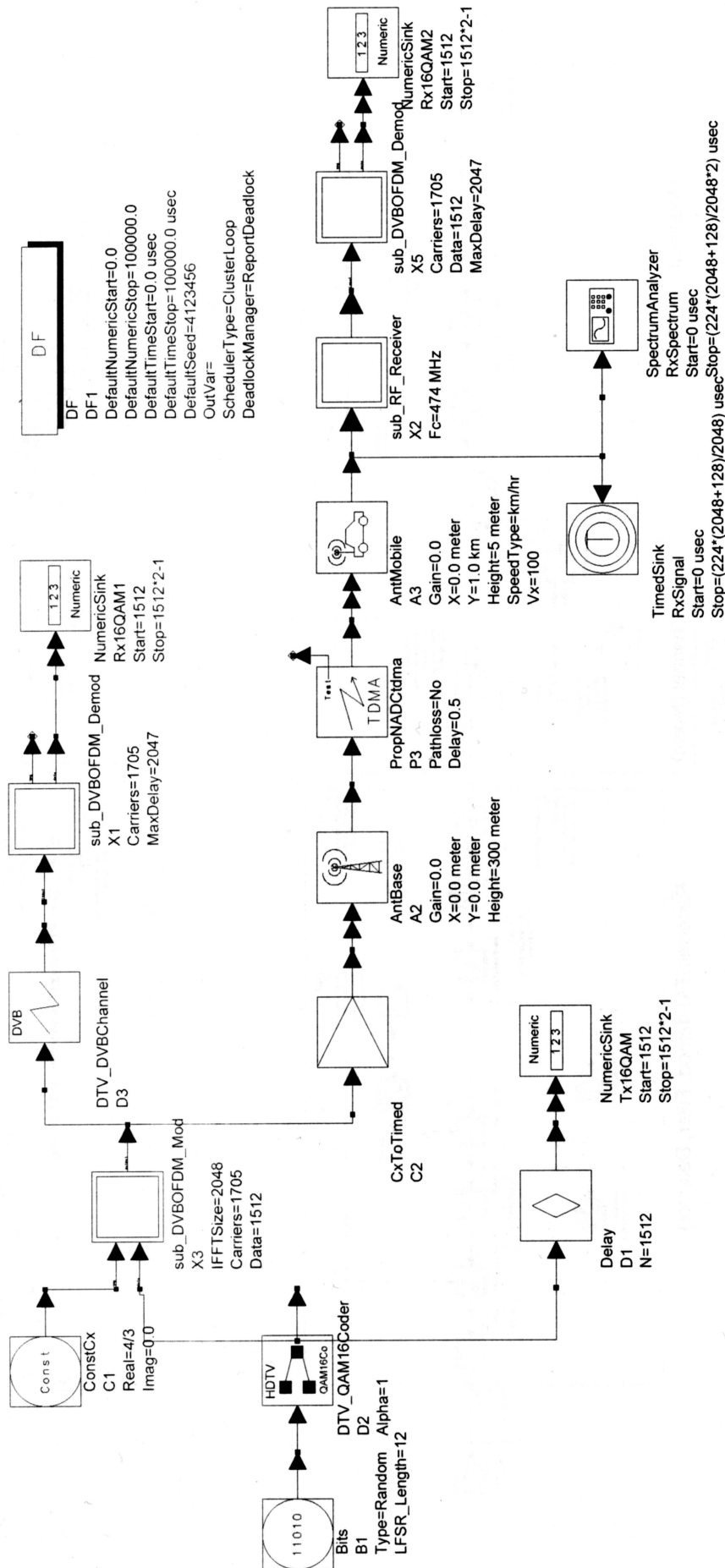


Υποσύστημα X3 Διαμορφωτής

Από το Point X3 η δεύτερη κατεύθυνση του σήματος είναι σε ένα διαμορφωτή χρόνου. Και στέλνετε σε μια κεραία που βρίσκεται σε ύψος 300m και στέλνει σήμα χωρίς να έχω path loss (το περιβάλλον είναι suburban) σε μια κεραία ενός κινητού δέκτη (στη δική μας εφαρμογή είναι ένα αυτοκίνητο) που βρίσκεται σε απόσταση 1km και με ύψος της κεραίας λήψης σε 5m από το έδαφος. Μετά πάμε σε ένα φίλτρο πολλών χρήσεων. Μετατροπή κατά TDMA σήμα έτσι ώστε να μπορεί να το δεχτεί κινητή συσκευή όπως π.χ. ένα αυτοκίνητο. Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις μας αποθηκεύονται σε καταχωρητές και φαίνονται στο spectrum analyzer. Μετά το σήμα μας πάει σε ακόμα ένα υποσύστημα, το X2.



Υποσύστημα X2 Δέκτης

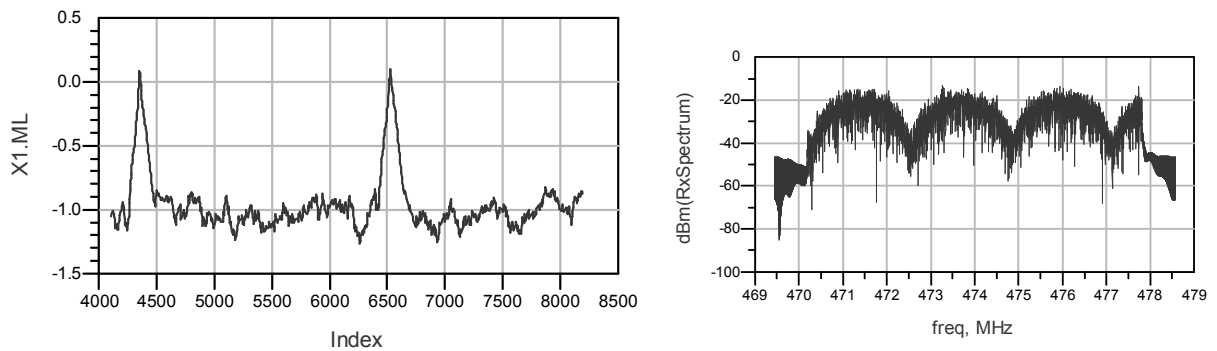


Σχήμα 1. DTV DVBOFDM 16QAM

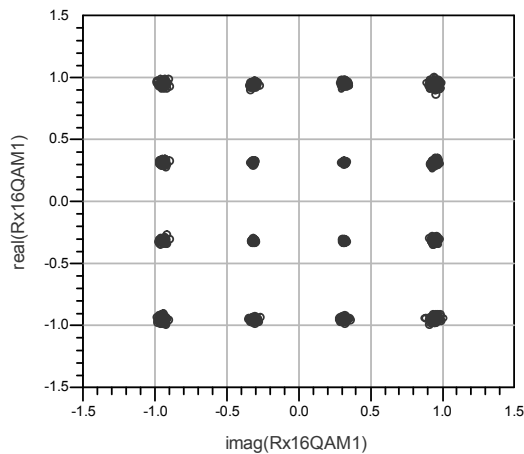
Σε αυτό το υποσύστημα έχουμε: έναν αναγεννητή RF σήματος που παράγει N tone RF σήμα που προσδιορίζεται κάθε tone από τη συχνότητα την ισχύ και τη φάση. Το σήμα μας αυτό μαζί και με το σήμα που δέχεται στην είσοδο του το υποσύστημα μας πάνε σε ένα αποδιαμορφωτή QAM με εξωτερικό ταλαντωτή σήματος αναφοράς. Στις εξόδους του παίρνω δεδομένα χρόνου που από δεκαδικό τα μετατρέπω σε μιγαδικό αριθμό. Τα στέλνω σε ένα ακόμα υποσύστημα ίδιο με το X1 και παίρνω αποτελέσματα DVB μορφής και τα αποθηκεύω.

5.3 Αποτελέσματα και γραφικές

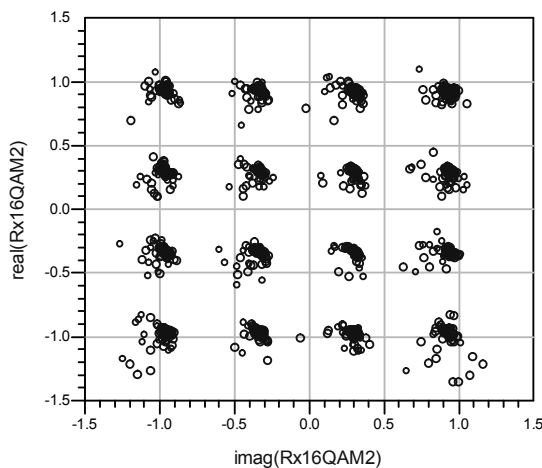
Παρακάτω μπορούμε να εξηγήσουμε τις γραφικές κατά την εξομοίωση του μοντέλου.



Σχήμα 2. Τα pick του ήχου και της εικόνας



Σχήμα 3. Η κατανομή του σήματος QAM 1

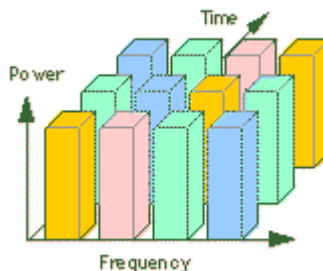


Σχήμα 4. Η κατανομή του σήματος QAM 2

5.4 Λίγα λόγια για τη θεωρία

Πολυπλεξία με διαίρεση χρόνου - TDMA

Το TDMA σήμα βασίζεται στο γεγονός ότι ένα ακουστικό σήμα γίνεται ψηφιακό. Αυτό χωρίζεται σε milliseconds-long. Εντοπίζει ένα κανάλι για μικρό χρονικό διάστημα και στη συνέχεια μεταφέρεται σε άλλο. Τα ψηφιακά δείγματα από ένα πομπό καταλαμβάνουν διαφορετικά time slots και διαφορετικές συχνότητες (band frequency) στον ίδιο χρόνο όπως φαίνεται στο Σχ. 5.



Σχήμα 5. TDMA

Η τεχνική πρόσβασης που χρησιμοποιεί το TDMA έχει τρεις χρήστες που μοιράζονται ένα 30 kHz φέρον συχνότητας. Το TDMA είναι επίσης η τεχνική πρόσβαση που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη για ψηφιακά standard, GSM, και στην Ιαπωνία για ψηφιακά standard, προσωπικά ψηφιακά κινητά (PDC, personal digital cellular). Ο λόγος που διαλέξαμε το TDMA από όλα τα άλλα είδη ήταν επειδή ενεργοποιεί μερικά δυναμικά χαρακτηριστικά για τη λειτουργία του συστήματος σε προηγμένα κινητά ή PCS περιβάλλον. Σήμερα το TDMA είναι διαθέσιμο, εξελιγμένο τεχνικά σε εμπορική λειτουργία για πολλά συστήματα.

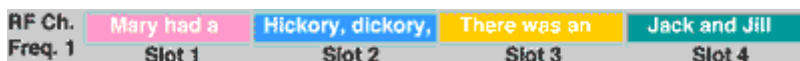
Παράδειγμα TDMA

Για να εξηγήσουμε τη διαδικασία, μελετήστε την παρακάτω εξομοίωση συνομιλιών. Στο παρακάτω σχήμα (σχήμα 2) φαίνονται τέσσερις διαφορετικές συνομιλίες.



Σχήμα 6. Τέσσερις συνομιλίες – Τέσσερα κανάλια

Ένα κανάλι μπορεί να μεταφέρει και τις τέσσερις συνομιλίες. Αν κάθε συνομιλία διαιρεθεί σε σχετικά μικρά τμήματα προσδιορίζουν ένα time slot. Αυτά μεταδίδονται σε συγχρονισμένα πακέτα χρόνου (time bursts) όπως φαίνεται στο Σχ. 3. Μετά την αποστολή και του τελευταίου time slot με το τμήμα της τέταρτης συνομιλίας η διαδικασία επαναλαμβάνεται.



Σχήμα 7. Τέσσερις συνομιλίες – Ένα κανάλι

Αποτελεσματικά η υλοποίηση του TDMA αυτομάτως τριπλασιάζει την δυναμικότητα των συχνοτήτων με το να χωρίζει ένα 30kHz κανάλι σε 3 time slots. Με αυτό τον τρόπο μπορούν 3 χρήστες να λάβουν μέρος ταυτόχρονα. Σήμερα έχουμε συστήματα που εξαπλασιάζουν τη δυναμικότητα του καναλιού. Στο μέλλον με τις έξυπνες κεραίες και τον προσαρμοσμένο καταμερισμό καναλιών η δυναμικότητα θα πλησιάσει τις 40 φορές τη δυναμικότητα της αναλογικής δυναμικότητας.

Ολίσθηση συχνότητας κατά Doppler (φαινόμενο Doppler).

Σύμφωνα με το φαινόμενο Doppler, ένα κύμα με συχνότητα F που εκπέμπει μια πηγή ακίνητη γίνεται αντιληπτό από το δέκτη που πλησιάζει (ή απομακρύνεται) με σχετική ταχύτητα V , σαν να έχει συχνότητα F_{Δ} μεγαλύτερη (ή μικρότερη) της εκπεμπόμενης

$$F_{\Delta} = F + \frac{V}{\lambda} = F\left(1 + \frac{V}{c}\right) \quad (\text{ή } F_{\Delta} = F\left(1 - \frac{V}{c}\right))$$

Αυτό γίνεται γιατί όταν ο δέκτης είναι ακίνητος περνούν από πάνω του F ισοφασικές επιφάνειες του εκπεμπόμενου κύματος ανά sec, ενώ όταν κινείται με ταχύτητα V , περνά μέσα από V/λ όμοιες ισοφασικές επιφάνειες.

Όταν ο πομπός και ο δέκτης είναι ακίνητοι στην ίδια θέση και το κύμα που εκπέμπεται φτάνει στο δέκτη μετά από ανάκλαση σε στόχο-καθρέπτη, γίνεται αντιληπτό σαν να προέρχεται από το είδωλο του πομπού.

Αν ο στόχος κινείται προς το δέκτη με σχετική αξονική ταχύτητα $2V$, οπότε η συχνότητα F_{Δ} στο δέκτη είναι:

$$F_{\Delta} = F\left(1 + \frac{2V}{c}\right) \quad \text{ή} \quad (F_{\Delta} = F\left(1 - \frac{2V}{c}\right))$$

Η διαφορά $F_{\Delta}-F=F_{\Delta}$ ολίσθηση συχνότητας κατά Doppler (Doppler shift)

$$F_D = \frac{2V}{c} \quad F = \frac{2V}{\lambda}$$

5.5 Στόχοι και κατανόηση της εφαρμογής Digital Video Broadcasting (DVB)

- Κατανόηση της TDMA διαμόρφωσης
- Κατανόηση του φαινομένου Doppler

Αναγνώριση - Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή εκπονήθηκε στο **Εργαστήριο Μικροκυματικών Επικοινωνιών και Ηλεκτρομαγνητικών Εφαρμογών** του Τμήματος Ηλεκτρονικής Τ.Ε.Ι. Κρήτης, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος “**Αρχιμήδης: Ενίσχυση Ερευνητικών Ομάδων στα ΤΕΙ – Μελέτη-σχεδίαση ευφών κεραιών με τεχνικές υπολογιστικού ηλεκτρομαγνητισμού και πιλοτική ανάπτυξη-λειτουργία ψηφιακού ραδιοφωνικού σταθμού DAB στα Χανιά (SMART-DAB)**” που συγχρηματοδοείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Υπουργείο Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων μέσω του ΕΠΕΑΕΚ II.

Βιβλιογραφία

- [1] Averill M. Law, W. David Kelton, *Simulation Modeling & Analysis*
- [2] K.Sam Shanmugam, *Ψηφιακά & Αναλογικά Συστήματα Επικοινωνίας*
- [3] Taub/Schilling, *Τηλεπικοινωνιακά Συστήματα*
- [4] *Κινητές επικοινωνίες*, Σημειώσεις.
- [5] *Αρχές σχεδιασμού δικτύων GSM*, Σημειώσεις.
- [6] *Radar και Ραδιοβοηθήματα*, Σημειώσεις.