

**Τμήμα  
Μηχανικών  
Πληροφορικής τ.ε.**  
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα  
Δυτικής Ελλάδας

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

***Θεωρητική και Πειραματική Μελέτη της επίδρασης  
του θορύβου στα βασικά σχήματα της ψηφιακής  
διαμόρφωσης***

**ΕΡΑΣΜΙΑ ΔΙΟΛΕΤΗ, ΑΜ:2114**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: Τσακανίκας Βασίλειος**

**Αντίρριο, 25/ 05/2018**

Εγκρίθηκε απο τριμελή εξεταστική επιτροπή  
Αντίρριο, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
2. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή
3. Ονοματεπώνυμο, Υπογραφή

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ο σκοπός της παρούσας πτυχιακής είναι ο θόρυβος και η επίδραση του στην διαμόρφωση του σήματος, συγκεκριμένα θεωρητική και πειραματική μελέτη της επίδρασης του θορύβου στα συστήματα της ψηφιακής διαμόρφωσης χρησιμοποιώντας μοντέλα προσομοίωσης του θορύβου, για παράδειγμα το AWGN (Additive White Gaussian Noise) ή αλλιώς προσθετικός λευκός γκαουσιανός θόρυβος.

Στο πρώτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η ιστορική αναδρομή των ενσύρματων και ασύρματων επικοινωνιών. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναπτύσσεται η έννοια της διαμόρφωσης, η αναλογική διαμόρφωση, η ψηφιακή διαμόρφωση και οι αρχές οι οποίες διέπουν την αναλογική και ψηφιακή διαμόρφωση ξεχωριστά. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται μια αναφορά στην αναλογική διαμόρφωση, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της, στην ψηφιακή διαμόρφωση στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της. Επίσης, στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η διαδικασία μετατροπής από την αναλογική στην ψηφιακή διαμόρφωση και γίνεται μια αναφορά για την διαδικασία της μετατροπής από ψηφιακή σε αναλογική διαμόρφωση. Στο τέταρτο κεφάλαιο αναπτύσσονται τα μοντέλα προσομοίωσης θορύβου, τα οποία είναι το AWGN, το Rayleigh και της πολλαπλής διάδοσης. Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται μια πειραματική μελέτη του θορύβου στα ψηφιακά συστήματα διαμόρφωσης χρησιμοποιώντας το μοντέλο προσομοίωσης θορύβου AWGN.

## ABSTRACT

The purpose of this dissertation is the noise and its effect on signal formation, especially the theoretical and experimental study of the effect of noise on digital modulation systems using noise simulation models, for example AWGN (Additive White Gaussian Noise).

The first chapter analyzes the historical retrospective of wired and wireless communications. In the second chapter analyzes the concept of modulation, the analog modulation, the digital modulation and the principles governing the analog and digital modulation separately. In the third chapter there is a reference to the analog configuration, its advantages and disadvantages, the digital configuration, its advantages and disadvantages. Also, in the third chapter analyzes the conversion process from analog to digital modulation and a reference is made for the conversion process from digital to analog. In the fourth chapter, noise simulation, which is AWGN, Rayleigh and multi-propagation. Finally, in the fifth chapter an experimental study of noise in digital modulation systems using noise simulation model AWGN.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	1
ABSTRACT .....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:ΕΝΣΥΡΜΑΤΕΣ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ-ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	8
1.1:ΕΝΣΥΡΜΑΤΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ .....	8
1.1.1:ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ .....	8
1.1.2:ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ.....	8
1.1.2.1:ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΛΕΞΗΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΤΗΛΕΓΡΑΦΙΑ .....	8
1.1.2.2:ΠΡΩΤΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΥ.....	9
1.1.3:ΦΑΞ ΩΣ ΜΟΡΦΗ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΥ,ΑΜΦΙΔΡΟΜΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ.....	9
1.1.4:ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΥ .....	10
1.2:ΤΗΛΕΦΩΝΟ.....	10
1.2.1:ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ-ΠΡΩΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ.....	10
1.2.2: ΠΡΩΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ-ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ .....	11
1.2.3:Η ΕΦΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ .....	11
1.2.4:Η ΠΡΩΤΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ.....	12
1.2.5: ΟΙ ΠΡΩΤΟΙ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ .....	12
1.2.6: ΕΙΔΗ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ .....	12
1.2.6.1: ROTARYDIALING ΤΗΛΕΦΩΝΑ .....	12
1.2.6.2: CANDLESTICK ΤΗΛΕΦΩΝΑ .....	13
1.2.6.3: TOUCH TONE ΤΗΛΕΦΩΝΑ .....	13
1.2.7:ΤΗΛΕΚΤΥΠΩΤΗΣ-ΤΗΛΕΤΥΠΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ .....	13
1.2.7.1: ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΙ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΚΑΙ ΓΡΑΦΟΜΗΧΑΝΕΣ .....	14
1.2.7.2:ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΤΗΛΕΚΤΥΠΩΤΕΣ .....	15

1.3:ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ.....	17
1.3.1:ΓΕΝΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ .....	17
1.3.1.1:ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΠΡΩΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΣ ΡΑΔΙΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ.....	17
1.3.2:ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΑΔΙΟΜΕΤΑΔΟΣΗΣ .....	17
1.3.2.1:ΑΛΟΗΑΝΕΤ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΝ ΣΤΡΑΤΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ DARPA.....	18
1.3.2.2:ΔΙΚΤΥΑ ΡΑΔΙΟΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΑΚΕΤΩΝ .....	18
1.3.3:ΔΙΚΤΥΟ ΕΤΗΕΡΝΕΤ ΚΑΙ Η ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ .....	18
1.3.4:ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ .....	19
1.3.5:ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ .....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ-ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ.....	22
2.1:ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ.....	22
2.1.1:ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ .....	22
2.1.2:ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΦΕΡΟΝ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ .....	22
2.2:ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ.....	23
2.2.1: ΕΙΔΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ.....	23
2.2.1.1: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ(ΑΜ).....	23
2.2.1.2: ΤΟ ΦΑΣΜΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (ΑΜ) .....	24
2.2.1.3:ΕΙΔΗ ΤΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ(ΑΜ) .....	24
2.2.2:ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (FM) .....	26
2.2.3: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΓΩΝΙΑ (PM) .....	26
2.2.3.1: Η ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ FMΚΑΙΡΜ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ .....	27
2.4 ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ .....	27
2.4.1: ΕΙΔΗ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ .....	27
2.4.1.1: ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ(ASK) .....	27

2.4.1.2:ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ.....	28
2.4.1.3:ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΚΑΙ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ASK .....	28
2.4.1.4:ΦΟΡΕΑΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ .....	29
2.4.1.5:ΡΥΘΜΟΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΥΑΔΙΚΗ ASK .....	29
2.4.2: ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ(FSK).....	29
2.4.2.1: ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΚΑΙ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ(FSK) .....	30
2.4.2.2:ΡΥΘΜΟΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΕΣΦΑΛΜΕΝΩΝ ΒΙΤ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ .....	30
2.4.3:ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ(PSK) .....	31
2.4.3.1:ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ(PSK) .....	31
2.4.3.2:ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ(PSK).....	31
2.4.3.3:ΡΥΘΜΟΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ (PSK) .....	32
2.4.4:ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM.....	32
2.5: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ.....	33
2.5.1:ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ .....	33
2.5.2:ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ .....	34
ΚΕΦΑΛΑΙΟ3:ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ .....	35
3.1:ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ.....	35
3.1.1:ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ.....	36
3.1.2:ΕΙΔΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ .....	36
3.2:ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ.....	37
3.2.1:ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ .....	37
3.2.2:ΕΙΔΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ .....	38

3.3:ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ .....	38
3.3.1:ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΥΡΟΥΣ ΠΑΛΜΟΥ(ΡΑΜ) .....	39
3.3.2:ΜΕΡΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΛΜΟΚΩΔΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ .....	39
3.3.3: ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ .....	39
3.3.3.1:ΕΙΔΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ .....	39
3.3.4:ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	41
3.3.4.1:ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ.....	42
3.3.4.2:ΣΥΜΠΙΕΣΗ .....	42
3.3.5:ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	42
3.3.5.1:ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ .....	43
3.3.5.2:ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	43
3.3.5.2:ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΠΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΕ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ .....	43
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:ΜΟΝΤΕΛΑ ΘΟΡΥΒΟΥ:ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ .....	44
4.1:ΑΩΓΝ .....	44
4.1.1:ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΩΓΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	44
4.1.2:ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΑΩΓΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ .....	45
4.1.3:ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΑΩΓΝ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	45
4.2:RAYLEIGH .....	45
4.2.1:ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ RAYLEIGH .....	45
4.2.2:ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ RAYLEIGH .....	46
4.2.3:ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ RAYLEIGH.....	46
4.3:ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ.....	46
4.3.1:ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ.....	47
4.3.2:ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ .....	47

4.4:ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΑΣΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ- ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ.....	48
5.1: AWGN ΚΑΝΑΛΙ ΘΟΡΥΒΟΥ .....	48
5.1.1:ASK.....	48
5.1.1.1:4-ASK .....	48
5.1.1.1.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ(M=4).....	55
5.1.1.1.2:8-ASK.....	57
5.1.1.1.2.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ(M=8).....	64
5.1.1.1.3:16-ASK.....	66
5.1.1.1.3.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ(M=16).....	71
5.1.2:FSK.....	73
5.1.2.1:4-FSK.....	73
5.1.2.1.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ(M=4).....	80
5.1.2.2:8-FSK.....	81
5.1.2.2.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ(M=8).....	89
5.1.2.3:16-FSK.....	91
5.1.2.3.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (M=16).....	98
5.1.3:PSK.....	100
5.1.3.1:4-PSK.....	100
5.1.3.1.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ(M=4).....	105



5.1.3.2:8-PSK.....	107
5.1.3.2.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ(M=8).....	113
5.1.3.3:16-PSK.....	115
5.1.3.3.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ(M=16).....	122
5.1.4:QAM .....	123
5.1.4.1:4-QAM .....	123
5.1.4.1.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM(M=4) .....	130
5.1.4.2:8-QAM .....	132
5.1.4.2.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM(M=8) .....	138
5.1.4.3:16-QAM .....	140
5.1.4.3.1:ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM(M=16) .....	146
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	149

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ1:ΕΝΣΥΡΜΑΤΕΣ ΚΑΙ ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ- ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

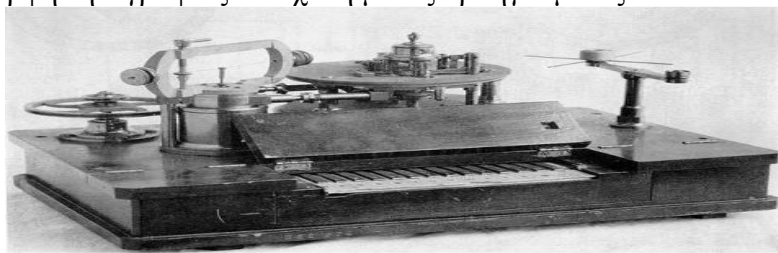
## 1.1:ΕΝΣΥΡΜΑΤΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

### 1.1.1:ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ

Ο τηλέγραφος ήταν από τους πρώτους τρόπους που χρησιμοποίησαν οι άνθρωποι για επικοινωνία. Χρησιμοποιώντας αυτή την μορφή επικοινωνίας ο ένας χρήστης μπορούσε να επικοινωνήσει με έναν άλλο χρήστη, ο οποίος βρισκόταν σε κάποια σχετική απόσταση. Η εφεύρεση του τηλεγράφου μαζί με την εφεύρεση της ατμομηχανής ήταν από τις σημαντικότερες εφευρέσεις που υπήρξαν για ολόκληρη την ανθρωπότητα. Πριν τον τηλέγραφο η αποστολή της πληροφορίας από τον αποστολέα στον προορισμό στην καλύτερη περίπτωση έφτανε μετά από κάποιες ώρες και στην χειρότερη περίπτωση μετά από κάποιους μήνες, που αυτό είχε σαν αποτέλεσμα η πληροφορία η οποία στέλνόταν στον προορισμό να έφτανε κατά κάποιο ποσοστό αλλοιωμένη. Όμως, με εφαρμογή του τηλεγράφου στις επικοινωνίες, η πληροφορία που στέλνονταν στον προορισμό έφτανε ακριβής, δηλαδή η πληροφορία που στέλνόταν στον προορισμό δεν έφτανε αλλοιωμένη. Επίσης, με τη βοήθεια του τηλεγράφου μπορούσε να γίνει αναμετάδοση μιας σύνθετης πληροφορίας σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις, ώστε να μπορεί να φτάσει σε όλους τους δυνατούς προορισμούς.

### 1.1.2:ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ

Αυτό το είδος τηλεγράφου δημιουργήθηκε από τον Σαμουήλ Σομερίνγκ το 1809, χρησιμοποιώντας καλώδια τα οποία ήταν επικαλυμμένα με χρυσό. Αυτά τα καλώδια τοποθετούνταν μέσα στο νερό, ώστε να μπορεί να γίνει η μετάδοση των δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις, δηλαδή 2000 πόδια μακριά από τον προορισμό. Επίσης, η πληροφορία η οποία περιέχονταν στα μηνύματα δεν αλλοιωνόταν σε μεγάλο βαθμό. Η αλλοίωση αυτή καθοριζόταν από το ποσοστό του αερίου που θα καταναλωνόταν για να γίνει η μετάδοση της πληροφορίας στον προορισμό. Σαν μορφή τηλεγραφίας άργησε κατά πολύ να βελτιωθεί, αλλά ήταν η καλύτερη μορφή τηλεγραφίας σε σχέση με τις προηγούμενες.



(Photograph courtesy of Smithsonian Institution, Washington, D.C.)  
1845 PATENT OFFICE MODEL OF HOUSE'S PRINTING TELEGRAPH

**Ηλεκτρικός τηλέγραφος-Μοντέλο Royal E.(1846)**

#### 1.1.2.1:ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΤΗΣ ΛΕΞΗΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΟΠΤΙΚΗ ΤΗΛΕΓΡΑΦΙΑ

Στην ελληνική γλώσσα η λέξη τηλέγραφος αποτελείται σε δύο λέξεις, την λέξη tele και την λέξη graphe. Η λέξη Tele σημαίνει μακριά και η λέξη graphein σημαίνει να γράφει κάποιος κάτι, δηλαδή λέξη τηλεγραφία ουσιαστικά σημαίνει ότι ένα γραπτό μήνυμα που αποστέλλεται από μακριά.

Οι απλές μορφές της οπτικής τηλεγραφίας ήταν σε μεγάλο βαθμό με την μορφή καπνού ή με την μορφή φωτός και ήταν πλήρως ικανοποιητικές ώστε να μπορεί να γίνει αναμετάδοση απλών μηνυμάτων. Επίσης, με αυτή την μορφή τηλεγραφίας δινόταν

η δυνατότητα μετάδοσης σύνθετων μηνυμάτων όπου αργότερα γίνονταν με την μορφή καπνού ή φωτός, χωρίς να χρειαστεί καμία κατανάλωση καυσίμου. Όμως, η μετάδοση των μηνυμάτων επηρεαζόταν σε μεγάλο βαθμό από τις καιρικές συνθήκες.



Πρώτος οπτικός τηλεγράφος

### **1.1.2.2: ΠΡΩΤΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΥ**

Ο πρώτος τηλεγράφος ουσιαστικά εμφανίστηκε τον Απρίλιο του 1839, όταν έγινε η χρησιμοποίηση της εφεύρεσης του Sir William Fothergill Cooke στην Αγγλία, πιο συγκεκριμένα στον Μεγάλο Δυτικό Σιδηρόδρομο. Ο ηλεκτρικός τηλεγράφος είχε τοποθετηθεί από το σταθμό Paddington μέχρι το West Drayton. Ο Cooke συνεργάστηκε με τον John Lewis Ricardo, ώστε να ιδρύσουν την πρώτη εταιρία τηλεπικοινωνιών το 1846, η οποία λειτουργούσε μέχρι το 1855, μέχρι που ενώθηκε με την διεθνή τηλεγραφική εταιρία και έγινε μετονομασία της εταιρίας σε Electric and International Telegraph Company. Μερικά χρόνια αργότερα, συγκεκριμένα το 1868 το γενικό ταχυδρομείο της Βρετανίας αγόρασε αυτό το είδος τηλεγράφου, ώστε να τον χρησιμοποιήσει για τις υπηρεσίες της.

### **1.1.3: ΦΑΞ ΩΣ ΜΟΡΦΗ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΥ, ΑΜΦΙΔΡΟΜΟΣ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΣ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ**

Το πρώτο μηχάνημα φαξ δημιουργήθηκε το 1843 από ένα Σκοτσέζο επιστήμονα, ο οποίος ονομαζόταν Alexander Bain. Με το φαξ μπορούσαν να γίνει μετάδοση των εικόνων μέσω καλωδίων. Ο ίδιος ακριβώς τρόπος χρησιμοποιείται ακόμα και στα σημερινά φαξ. Ο Αμερικανός Samuel F. B. Morse συνεργάστηκε με τον Alfred Vail το 1837, ώστε να δημιουργήσουν τον κώδικα Morse. Ο συγκεκριμένος κώδικας στελνόταν μέσω μια συσκευής, η οποία έκανε την μετατροπή από σήματα σε γράμματα της αλφαβήτου. Στις 18 Ιουλίου του 1866 τελείωσαν τα έργα τα οποία αφορούσαν την καλωδιακή σύνδεση των τηλεγράφων διατλαντικά. Κάποια χρόνια αργότερα, συγκεκριμένα το 1870 έγινε η καλωδιακή σύνδεση μεταξύ Ινδίας και Βρετανίας και αργότερα συνδέθηκαν σε αυτήν και η Αυστραλία με την Βρετανία. Αυτό έφερε σαν αποτέλεσμα η Αυστραλία να λαμβάνει ειδήσεις από όλο τον κόσμο σε πολύ πιο σύντομο χρονικό διάστημα, πιο παλιά τις λάμβαναν σχεδόν στιγμιαία. Το ίδιο γινόταν και με την εφημερίδα του Πανεπιστήμιου του Όξφορντ. Το 1870 ο Thomas Edison δημιούργησε το πρώτο πλήρες αμφίδρομο τηλεγράφο. Αυτό το σύστημα επέτρεπε και στους δύο χρήστες του να μιλούν ταυτόχρονα, σε σχέση με τις προηγούμενες συσκευές επικοινωνίας που δεν μπορούσαν, διότι επιτρέπονταν να μιλάει μόνο ένας την φορά. Οι προηγούμενες συσκευές δεν ήταν αμφίδρομες, όμως με την εφεύρεση του Έντισον, η οποία ήταν ο φωνογράφος, έφερε την βελτίωση στον τομέα των επικοινωνιών. Το 1876 ο Γκράχαμ Μπελ δημιούργησε το τηλέφωνο, που

αυτό έφερε το τέλος των τηλεγράφων στον τομέα των επικοινωνιών.Από το 1880 μέχρι το τέλος του αιώνα οι τηλεγράφοι αποτέλεσαν ένα αναπόσπαστο κομμάτι για όλο τον κόσμο όσον αφορά τις επικοινωνίες.Από το 1902 και μετά όλος ο κόσμος ήταν συνδεδεμένος με τηλεγράφους.

Σαν τεχνολογία το τηλέφωνο και η δημιουργία των τηλεγραφημάτων διαδικτύου βάσης μιας συγκεκριμένης έρευνας η οποία έγινε, το 1870 συγκεκριμένα, μπορούσαν να μεταδώσουν παρά πολλά μηνύματα, πιο συγκεκριμένα 211.970.000.Μερικά χρόνια μετά, συγκεκριμένα το 1920 το τηλέφωνο και τα τηλεγραφήματα διαδικτύου μπορούσαν να μεταδώσουν 69.690.00 μηνύματα.Από τότε και μετά αφότου εισήχθησαν το τηλέφωνο και τα τηλεγραφήματα διαδικτύου στις επικοινωνίες, έγιναν άχρηστα, διότι έστελναν συνήθως μόνο ένα μήνυμα την φορά.



Fax ως μορφή τηλεγράφου

#### **1.1.4:ΜΗΝΥΜΑΤΑ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΣ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΥ**

Γενικά η μετάδοση των μηνυμάτων στον προορισμό ήταν αρκετά δύσκολη, λόγω της υπάρξης μεγάλου συστήματος που είχαν τα καλώδια. Για να κατασκευαστούν οι τηλεγραφικές γραμμές έπρεπε ο διαχειριστής πρώτα να βρει ποια θα είναι η καλύτερη διαδρομή, ώστε να να μπορέσει να γίνει η μετάδοση των μηνυμάτων μέσω των συγκεκριμένων γραμμών. Αφότου αποφασιστεί ποια θα είναι η καλύτερη διαδρομή που θα ακολουθήσουν τα μηνύματα, λαμβάνοντας υπόψη και διάφορους παράγοντες (όπως αν η τοποθέτηση των γραμμών γίνει σε μεσοαστική περιοχή), τότε θα γίνει η τοποθέτηση των τηλεγραφικών γραμμών στο έδαφος, συγκεκριμένα κάθε 2 πόδια σχεδόν.

#### **1.2:ΤΗΛΕΦΩΝΟ**

##### **1.2.1:ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ-ΠΡΩΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ**

Τα πρώτα τηλέφωνα άρχισαν να αναπτύσσονται από τις αρχές του 1660. Όμως, έχει μείνει ιστορικά ότι ο Γκράχαμ Μπελ δημιούργησε το τηλέφωνο το 1880.

## 1.2.2: ΠΡΩΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΑ-ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Τα πρώτα τηλέφωνα ονομάζονταν και αλλιώς και μηχανικές ακουστικές συσκευές. Τα πρώτα τηλέφωνα σαν συσκευές αντί να κάνουν την μετατροπή της ηχητικής ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια, μετάδιδαν δεδομένα με την μορφή φωνής. Οι χρήστες χρησιμοποιούσαν αυτές τις συσκευές για να μπορέσουν να μεταδώσουν φωνή και μουσική σε πολύ μεγάλες αποστάσεις.

Ένα παράδειγμα αυτού του είδους τεχνολογίας ήταν τα τηλέφωνα κασσίτερου. Τα συγκεκριμένα τηλέφωνα ήταν συνδεδεμένα με σχοινί (τα άκρα τους). Η φωνή του ενός χρήστη μεταδιδόταν με την μορφή ταλάντωσης και όταν έφτανε στο άλλο άκρο μετατρέπονταν πάλι σε ηχητική ενέργεια.

Ο Βρετανός φυσικός Robert Hooke ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε τις συγκεκριμένες συσκευές. Από το 1664 μέχρι και το 1685 ο Hooke πραγματοποίησε πολυάριθμα πειράματα πάνω στις συγκεκριμένες συσκευές. Η πρώτη τηλεφωνική συσκευή δημιουργήθηκε το 1667 και ήταν τύπου ακουστικό τηλέφωνο string.

## 1.2.3: Η ΕΦΕΥΡΕΣΗ ΤΟΥ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΥ ΤΗΛΕΦΩΝΟΥ

- Ουσιαστικά η εφεύρεση και ιδέα του ηλεκτρικού τηλεφώνου διατυπώθηκε από έξι εφευρέτες, οι οποίοι ήταν ο Γκράχαμ Μπελ, ο Τόμας Έντισον, ο Αντόνιο Μεούτσι, ο Γιόχαν Φίλιπ Ρέις, η Ελίσια Γκρέν και ο Τιβάταρ Πούσκα.
- ❖ Γκράχαμ Μπελ: 1) Ήταν αυτός που έλαβε το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την εφεύρεση του τηλεφώνου στην Αμερική το 1876. Ο Γκράχαμ Μπελ χρησιμοποίησε την δική του προσέγγιση για να μπορέσει να λύσει τα προβλήματα που υπήρχαν στον τηλεγράφο. 2) Ήταν αυτός που δημιούργησε το αρμονικό τηλεγράφημα, το οποίο μπορούσε να στέλνει παρά πολλά σήματα την ίδια χρονική στιγμή. Τα σήματα αυτά είχαν διαφορετικές διαβαθμίσεις μεταξύ τους.
- ❖ Τόμας Έντισον: Πιστοποιήθηκε στο ότι δημιούργησε τον μικροφωνικό άνθρακα, ο οποίος παράγει ένα πολύ ισχυρό τηλεφωνικό σήμα.
- ❖ Αντόνιο Μεούτσι: Το 1854 δημιούργησε τις πρώτες τηλεφωνικές συσκευές.  
Γιόχαν Φίλιπ Ρέις: Το 1860 δημιούργησε τα τηλέφωνα "Reis" και κάποια χρόνια αργότερα τα βελτίωσε ώστε να γίνουν πρακτικές και λειτουργικές συσκευές.
- ❖ Ελίσια Γκρέν: Το 1876 χρησιμοποίησε ένα μικρόφωνο νερού, ώστε να μπορέσει να δημιουργήσει ένα τηλέφωνο στο Highland Park του Ιλινόι. Η Γκρέν και ο Μπελ ανέπτυξαν την εφεύρεση του τηλεφώνου το ίδιο χρονικό διάστημα. Όμως, για πολλά χρόνια δεν μπορούσε να γίνει διαπύστωση ποιος πραγματικά δημιούργησε αυτήν την συγκεκριμένη εφεύρεση.

- ❖ Τίβαταρ Πούσκα: Δημιούργησε το πρώτο τηλεφωνικό κέντρο ανταλλαγής δεδομένων το 1876.
- ❖ Γενικά από όλους τους εφευρέτες, οι οποίοι αναφέρθηκαν παραπάνω, μόνο η Ελίσια Γκρέυ και ο Γράχαμ Μπελ προσπάθησαν να φτιάξουν πιο σύγχρονα και πιο λειτουργικά τηλέφωνα. Όμως, η Ελίσια Γκρέυ δημιούργησε τηλέφωνα τα οποία να είναι ταυτόχρονα ασφαλή, λειτουργικά και πρακτικά για όλους τους χρήστες.

#### **1.2.4: Η ΠΡΩΤΗ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ**

Το 1876 ο Γκράχαμ Μπελ δημιούργησε το τηλέφωνο και το 1877 έγινε η κατασκευή της πρώτης τηλεφωνικής γραμμής ανάμεσα στη Βοστώνη και Somerville. Στην Μασαχουσέτη υπήρχε ήδη κατασκευασμένη η τηλεφωνική γραμμή. Από το 1880 και μετά έγιναν παραπάνω από 47.000 τοποθετήσεις τηλεφωνικών γραμμών σε όλη την Αμερική. Το 1881 συγκεκριμένα δημιουργήθηκε η πρώτη τηλεφωνική υπηρεσία ανάμεσα στη Βοστώνη και την Πρόνοια της Αμερικής. Μερικά χρόνια μετά, συγκεκριμένα το 1892 έγινε μια κατασκευή μιας τηλεφωνικής γραμμής, ώστε να μπορεί να γίνει σύνδεση ανάμεσα στο Σικάγο και την Νέα Υόρκη. Τέλος, το 1894 έγινε η τοποθέτηση μιας τηλεφωνικής γραμμής ανάμεσα στην Βοστώνη και την Νέα Υόρκη.

#### **1.2.5: ΟΙ ΠΡΩΤΟΙ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΟΙ ΠΙΝΑΚΕΣ**

Οι πρώτοι τηλεφωνικοί πίνακες δημιουργήθηκαν την ίδια χρονική περίοδο που δημιουργήθηκαν οι τηλεφωνικές γραμμές, δηλαδή το 1877 στην Βοστώνη. Όμως, οι τηλεφωνικοί πίνακες άργησαν να αναπτυχθούν, συγκεκριμένα στις 17 Ιανουαρίου του 1882 δημιουργήθηκε από την εταιρία Leroy Firman. Τέλος, το 1891 η Erna Schneider Hoover δημιούργησε το πρώτο τηλεφωνικό κέντρο.

#### **1.2.6: ΕΙΔΗ ΤΗΛΕΦΩΝΩΝ**

##### **1.2.6.1: ROTARY DIALING ΤΗΛΕΦΩΝΑ**

Τα πρώτα rotary τηλέφωνα δημιουργήθηκαν το 1897. Πριν την δημιουργία αυτού του είδους τηλεφώνου, ο ένας χρήστης για να επικοινωνήσει με τον άλλο χρήστη έπρεπε να πιάσει τον απαιτούμενο αριθμό κουμπιών, δημιουργώντας έτσι κάποιους παλμούς οι οποίοι ήταν απαραίτητοι για να μπορέσει να γίνει η κλήση.

Επίσης, στα rotary dialing ένας χρήστης για να επικοινωνήσει με τον άλλο χρήστη έπρεπε να περιστρέψει τα σημεία, που ήταν οι απαιτούμενοι αριθμοί για να μπορέσει να γίνει η κλήση. Επίσης, αυτά τα σημεία που βρίσκονταν οι αριθμοί βρίσκονταν σε συγκεκριμένη περιοχή συχνότητας.



Rotary dialing τηλέφωνο

### 1.2.6.2: CANDLESTICKΤΗΛΕΦΩΝΑ

Τα candlestick τηλέφωνα υπήρξαν από 1890 μέχρι και την δεκαετία του 1930.Τα συγκεκριμένα τηλέφωνα αποτελούνταν από ένα επιστόμιο και ένα δέκτης.Ο ένας χρήστης για να μπορέσει να ακούσει τι είπε ο άλλος χρήσης έπρεπε να τοποθετήσει το επιστόμιο στο αυτί του,ώστε να ακούσει τι είπε.Από το 1930 και μετά,αυτού του τύπου τηλέφωνα άρχιζαν να καταργούνται,διότι οι κατασκευαστές ήθελαν να γίνει ενιαίο το επιστόμιο με τον δέκτη,που αυτό υπάρχει στα σύγχρονα τηλέφωνα.



Αμερικάνικο candlestick τηλέφωνο-Μοντέλο T-FORD

### 1.2.6.3: TOUCH TONE ΤΗΛΕΦΩΝΑ

Τα πρώτα τηλέφωνα touchtone(τόνους αφής)δημιουργήθηκαν το 1941.Αυτού του είδους τηλέφωνα χρησιμοποιούσαν το φάσμα συχνοτήτων της φωνής.Επίσης,για να καλεσει ο χρήστης ένα αριθμό δεν χρειαζόταν να πιάσει τα κουμπιά,απλά τα πατούσε.



Touch tone τηλέφωνο

### 1.2.7: ΤΗΛΕΚΤΥΠΩΤΗΣ-ΤΗΛΕΤΥΠΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

Ο πρώτος τηλεκτυπωτής δημιουργήθηκε το 1920.Ο τηλεκτυπωτής έπεμπε και λάμβανε μηνύματα τα οποία ήταν απο πριν εκτυπωμένα.Επίσης,έπεμπε και λάμβανε δεδομένα μέσω τηλεφωνικών γραμμών και ραδιοσυστημάτων.Οι συγκεκριμένες συσκευές εφαρμόστηκαν στις τηλεγραφικές εταιρίες,εταιρίες έντυπου τύπου και από εταιρίες που δημιουργούσαν δεδομένα.Επίσης,εφαρμόστηκαν σιδηρωτικά δίκτυα και σιδηροδρομικές εταιρίες,ώστε να μπορούν να μπορούν να στείλουν μηνύματα,τα οποία ήταν τύπου teletext.Η συγκεκριμένη συσκευή έστειλε την πληροφορία με μεγάλη ταχύτητα.Από 1980 και μετά οι τηλετυπικές συσκευές είχαν οριστεί στα τερματικά υπολογιστών,ακόμη και σε μηχανήματα φαξ.



Τηλετυπωτής-sp20 asr μοντέλο

### 1.2.7.1: ΤΗΛΕΓΡΑΦΟΙ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΚΑΙ ΓΡΑΦΟΜΗΧΑΝΕΣ

Όλα τα είδη των τηλεγράφων εκτύπωσης δημιουργήθηκαν την περίοδο που είχε ήδη αρχίσει να υπάρχει η ηλεκτρονική τηλεγραφία, δηλαδή στα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα. Όσοι τηλεγράφοι εκτύπωσης είχαν αρκετά καλό σχεδιασμό πριν χρησιμοποιηθούν έπρεπε να γίνει μια εξειδικευμένη ρύθμιση από τους χειριστές, οι οποίοι γνώριζαν ακριβώς τους κωδικούς που θα έπρεπε να χρησιμοποιήσουν για να κάνουν αυτή την συγκεκριμένη ρύθμιση στο τηλεγράφο. Γενικά στις τηλεπικοινωνίες χρησιμοποιούνταν πολύ οι τηλεγράφοι, ειδικά στις γραφομηχανές. Μερικά χρόνια μετά, οι γραφομηχανές άρχισαν να εφαρμόζονται σε πάρα πολλές επιχειρήσεις και δεν χρειάζονταν να έχουν κάποια ιδιαίτερη ικανότητα οι εργαζόμενοι, ώστε να τις χρησιμοποιήσουν.

Η ανάπτυξη των πρώτων τηλεγράφων άρχισαν να γίνεται κατά την αλλαγή του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Για την Αγγλία αναπτύχθηκε από τον Donald Murray, για την Αμερική αναπτύχθηκε από την εταιρία Morkum και για την Γερμανία αναπτύχθηκε από την εταιρία Siemens & Halske AG. Το 1924 η Teletype Corporation έκανε εισαγωγή μιας σειράς τηλετύπων που ήταν τόσο δημοφιλείς, ώστε το όνομα Teletype να έχει την ανάλογη σημασία με εκείνο των τηλετυπωτών στην Αμερική. Ο τηλετυπωτής αποτελούνταν από ένα πληκτρολόγιο τύπου γραφομηχανής και έναν εκτυπωτή, ο οποίος για να λειτουργήσει χρειαζόταν ηλεκτρικού ρεύματος. Οι δύο συσκευές ήταν συνδεδεμένες με έναν κινητήρα, ο οποίος συνδεόταν με συμπλέκτες και τεθόταν σε λειτουργία μόνο όταν χρειαζόταν. Ένα μήνυμα στέλνόταν μόνο όταν γινόταν η πληκτρολόγησή του στη γραφομηχανή. Κάθε πλήκτρο που πατιόταν έβγαζε μια συγκεκριμένη ακολουθία κωδικοποιημένων ηλεκτρικών παλμών. Στην συνέχεια αυτοί οι παλμοί κατευθύνονταν μέσω της ηλεκτρονικής μεταγωγής σε ένα σύστημα μετάδοσης, ώστε μετέπειτα να μεταδοθούν στον προορισμό. Στο τέλος υπήρχε ένας αποκωδικοποιητής στον προορισμό για να αποκωδικοποιήσει τους εισερχόμενους παλμούς του συστήματος, ώστε μετά μπορεί να εκτυπωθεί το μήνυμα (που περιέχονταν στους παλμούς) στο χαρτί. Αυτό το είδος σχεδιασμού εφαρμόστηκε και στους σημερινούς τηλεγράφους. Η απεικόνιση του μηνύματος γίνεται με την βοήθεια ειδικών συσκευών, οι οποίες παράγουν το μήνυμα είτε με την μορφή μαγνητικής είτε με οπτική απεικόνιση.





Γραφομηχανή τύπου spook

### 1.2.7.2: ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΤΟΥΣ ΤΗΛΕΚΤΥΠΩΤΕΣ

Στους τηλεγράφους υπήρχαν δύο διαφορετικά συστήματα κωδικοποίησης. Το πρώτο άρχισε να χρησιμοποιείται από αρχές του 1920, το οποίο ήταν μια παραλλαγή του κώδικα Baudot, όπου τα γράμματα, οι αριθμοί, τα σημεία στίξης και οι λειτουργίες του πληκτρολογίου αναπαριστούνται από 32 συνδυασμούς, οι οποίοι αργότερα μεταφράζονταν σε 'on' και 'off' αντίστοιχα. Με την εμφάνιση των ψηφιακών υπολογιστών στη δεκαετία του 1960, δημιουργήθηκε ένα το δεύτερο σύστημα κωδικοποίησης, ο κώδικας ASCII και χρησιμοποιούνταν κατά κύριο λόγο από τους τηλεκτυπώτες. Οι τηλεκτυπώτες που χρησιμοποιούσαν τον κώδικα ASCII έβγαζαν έναν επτανήφιο κωδικό, με αποτέλεσμα να παράγει 128 συνδυασμούς, δίνοντας με αυτόν τρόπο μια πολύ μεγάλη ακολουθία συμβόλων, αλλά περισσότερη πληροφορία για μετάδοση. Οι τηλεκτυπώτες που χρησιμοποιούσαν τον κώδικα ASCII μπορούσαν να μεταδώσουν μηνύματα σε ταχύτητες έως 150 λέξεις ανά λεπτό. Ενώ, οι τηλεκτυπώτες που χρησιμοποιούσαν τον κώδικα Baudot μπορούσαν να μεταδώσουν μηνύματα σε ταχύτητες 75 λέξεις ανά λεπτό.

00	01	02	03	04	05	06	07
NUL	E 3	LF	A -	SP	S '	I 8	U 7
08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
CR	D ENQ	R 4	J BEL	N ,	F !	C :	K <
10	11	12	13	14	15	16	17
T 5	Z +	L >	W 2	H £	Y 6	P 0	Q 1
18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F
O 9	B ?	G &	FIGS	M .	X /	V ;	LTRS
Letters			Figures			Control Chars.	

Κώδικας Baudot

Dec	Hex	Char
128	80	À
129	81	Á
130	82	Â
131	83	Ã
132	84	Ä
133	85	Å
134	86	Æ
135	87	Ç
136	88	È
137	89	É
138	8A	Ê
139	8B	Ë
140	8C	Ì
141	8D	Í
142	8E	Î
143	8F	Ï
144	90	Ð
145	91	Ñ
146	92	Ò
147	93	Ó
148	94	Ô
149	95	Õ
150	96	Ö
151	97	×
152	98	Ù
153	99	Ú
154	9A	Û
155	9B	Ü
156	9C	Ý
157	9D	Þ
158	9E	ß
159	9F	à

Dec	Hex	Char
160	A0	á
161	A1	â
162	A2	ã
163	A3	ä
164	A4	å
165	A5	æ
166	A6	ç
167	A7	è
168	A8	é
169	A9	ê
170	AA	ë
171	AB	ì
172	AC	í
173	AD	î
174	AE	ï
175	AF	ð
176	B0	ñ
177	B1	ò
178	B2	ó
179	B3	ô
180	B4	õ
181	B5	ö
182	B6	÷
183	B7	ù
184	B8	ú
185	B9	û
186	BA	ü
187	BB	ý
188	BC	þ
189	BD	ß
190	BE	à
191	BF	á

Dec	Hex	Char
192	C0	À
193	C1	Á
194	C2	Â
195	C3	Ã
196	C4	Ä
197	C5	Å
198	C6	Æ
199	C7	Ç
200	C8	È
201	C9	É
202	CA	Ê
203	CB	Ë
204	CC	Ì
205	CD	Í
206	CE	Î
207	CF	Ï
208	D0	Ð
209	D1	Ñ
210	D2	Ò
211	D3	Ó
212	D4	Ô
213	D5	Õ
214	D6	Ö
215	D7	×
216	D8	Ù
217	D9	Ú
218	DA	Û
219	DB	Ü
220	DC	Ý
221	DD	Þ
222	DE	ß
223	DF	à

Dec	Hex	Char
224	E0	À
225	E1	Á
226	E2	Â
227	E3	Ã
228	E4	Ä
229	E5	Å
230	E6	Æ
231	E7	Ç
232	E8	È
233	E9	É
234	EA	Ê
235	EB	Ë
236	EC	Ì
237	ED	Í
238	EE	Î
239	EF	Ï
240	F0	Ð
241	F1	Ñ
242	F2	Ò
243	F3	Ó
244	F4	Ô
245	F5	Õ
246	F6	Ö
247	F7	×
248	F8	Ù
249	F9	Ú
250	FA	Û
251	FB	Ü
252	FC	Ý
253	FD	Þ
254	FE	ß
255	FF	à

Κώδικας ASCII

## **1.3:ΑΣΥΡΜΑΤΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ**

### **1.3.1:ΓΕΝΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ**

Το πρώτο ασύρματο δίκτυο άρχισε να αναπτύσσεται κατά την διάρκεια της προβιομηχανικής εποχής.Εκείνη τη εποχή υπήρχαν πολλά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούσε ο αποστολέας,ώστε να μπορεί να μεταδωθεί πληροφορία στον προορισμό,με τον οποίο είχε οπτική επαφή.Κάποια απότα σήματα τα οποία μετέδιδαν τα συγκεκριμένα συστήματα ήταντα σήματα καπνού,σήματα μορς χρησιμοποιώντας το φακός ήτουςκαθρέπτες,τις φωτοβολίδες ακόμη και σημαίες.Το σύνολο συνδυασμών που αποτελούνται απότα στοιχειώδη σήματα τα οποία έχουν δημιουργηθεί από τα παραπάνω συστήματα,μεταφέρονται ως σύνθετα σήματα στον προορισμό.Για να γίνει επιτυχώς η διαδικασία της μετάδοσηςτων σημάτων σε πολύ μεγάλες αποστάσεις χτίστηκαν βάσεις παρατηρήσεων στις κορυφές των λόφων και κατά μήκος των δρόμων.

#### **1.3.1.1:ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΑ ΠΡΩΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΠΡΩΤΕΣ ΡΑΔΙΟΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ**

Τα πρώτα δίκτυα επικοινωνιώνπήραν την θέση των τηλεγραφικών δικτύων,τα οποία τα επινόησε ο Σάμιουελ Μορς το 1838.Αργότερα,τα τηλεφωνικά δίκτυαπήραν την θέση των τηλεγραφικών δικτύων.Μερικές δεκαετίες αργότερα,συγκεκριμένατο1895,οΜαρκόνι δημιούργησε την πρώτη ραδιομετάδοση πληροφοριών από την περιοχή ‘IsleofWight’ σε ένα ριμουλκικό πλοίο,τα οποία απείχαν μεταξύ τους δεκαοκτώ μίλια.Με αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν οι πρώτες ραδιοεπικοινωνίες.Η βελτίωση του συγκεκριμένου είδους επικοινωνιών έφερε ως αποτέλεσμα την μετάδοση πληροφορίας σε πολύ μεγάλη απόσταση έχοντας την καλύτερη ποιότητα στο σήμα πληροφορίας,χαμηλή καταναλωμένη ισχύς και μικρότερες σε μέγεθος και φτηνές συσκευές.

#### **1.3.2:ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΡΑΔΙΟΜΕΤΑΔΟΣΗΣ**

Τα πρώτα συστήματα ραδιοκυμάτων έκπεμπαν αναλογικάσήματα.Όμως,στην σημερινή εποχή τα περισσότερα συστήματα ραδιοκυμάτων εκπέμπουν σήματα με ψηφιακή μορφή,δηλαδή bits τα οποία προέρχονται είτε από σήμα πληροφοριών ή από την ψηφιοποίηση του αναλογικού σήματος.Ένασύστημα ψηφιακήςραδιομετάδοσης έχει την ικανότητα να εκπέμπει μια συνεχόμενη ροή από bitsή μια ομάδα από bits,τα οποία ήταν μέσα σε πακέτα.Αυτού του τύπου ψηφιακά συστήματαείναι και τα συστήματα ραδιομετάδοσηςπακέτων,τα οποία βρίσκονται σε αδρανή κατάσταση μέχρις ότου να γίνει η μετάδοση των πακέτων.Αφότου μεταδώθει η πληροφορίαστονδέκτητο σύστημα ξαναγύρνα σε αδρανή κατάσταση.

### **1.3.2.1: ΑΛΟΗΑΝΕΤ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΣΤΟΝ ΣΤΡΑΤΟ ΚΑΙ ΣΤΗΝ DARPA**

Το πρώτο δίκτυο το οποίο βασίστηκε σε αυτή την λογική ονομάστηκε 'ALOHA NET' και δημιουργήθηκε από το Πανεπιστήμιο της Χαβάης το 1971. Στο δίκτυο υπήρχαν υπολογιστές, οι οποίοι είχαν πρόσβαση στο δίκτυο και η τοποθέτησή τους είχε γίνει σε επτά campuses και τέσσερα νησιά. Επίσης, αυτοί οι υπολογιστές επικοινωνούσαν μεταξύ τους μέσω ραδιομεταδόσεων με έναν κεντρικό υπολογιστή, ο οποίος ήταν τοποθετημένος στην περιοχή Oahu της Χαβάης. Η αρχιτεκτονική του συγκεκριμένου δικτύου ήταν τοπολογία αστέρα και ένα κεντρικό υπολογιστή για κάθε hub που υπήρχε στο δίκτυο. Σε κάθε δύο ζευγάρια υπολογιστών υπήρχε η δυνατότητα εγκατάστασης αμφίδρομης σύνδεσης ανάμεσα τους. Η συγκεκριμένη σύνδεση περνούσε μέσα από το κεντρικό hub του δικτύου. Το Aloha Net ήταν αυτό που ενσωμάτωσε το πρώτο σύνολο πρωτοκόλλων που αφορούσαν την πρόσβαση στο μέσο μετάδοσης και την δρομολόγηση σε συστήματα πακέτων ραδιομετάδοσης και πολλές βασικές αρχές στα πρωτοκόλλα αυτά, οι οποίες έχουν ισχύ μέχρι και σήμερα. Ο στρατός της Αγγλίας εφάρμοσε την ιδέα του συνδυασμού του πακέτου δεδομένων και της εκπομπής ραδιοκυμάτων στο συγκεκριμένο δίκτυο. Από το 1970 μέχρι τις αρχές του 1980, η Darpa (Defence Advanced Research Projects Agency) άρχισε να επένδυει συγκεκριμένους πόρους, ώστε να μπορεί να αναπτυχθεί χρησιμοποιώντας την τεχνική πακέτων ραδιοκυμάτων για να επιτύχει συνεχή επικοινωνία μέσα στο πεδίο της μάχης. Οι κόμβοι μέσα σε Ad-hoc ασύρματα δίκτυα είχαν ικανότητα να επαναρυθμίζονται μέσα στο δίκτυο χωρίς να χρειάζεται καμία ενίσχυση από την ήδη υπάρχουσα υποδομή. Η Darpa έκανε μια επένδυση στα Ad-hoc όποια βρήκε κορύφωση στα μέσα του 1980, όμως αυτό έφερε αντίθετα αποτελέσματα από αυτά που ίδια περίμενε, όσον αφορά την ταχύτητα και την απόδοση του δικτύου. Τα Ad-hoc δίκτυα συνέχισαν να αναπτύσσονται για στρατιωτικούς σκοπούς.

### **1.3.2.2: ΔΙΚΤΥΑ ΡΑΔΙΟΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΑΚΕΤΩΝ**

Αυτό το είδος δικτύου χρησιμοποιήθηκε για πάρα πολλές εφαρμογές, ώστε να μπορούν να καλύψουν υπηρεσίες δεδομένων για ευρείας περιοχής δίκτυα. Οι υπηρεσίες αυτές εμφανίστηκαν για πρώτη φορά το 1990 και έδιναν την δυνατότητα ασύρματης πρόσβασης σε δεδομένα χρησιμοποιώντας πάρα πολλούς τρόπους, όπως για παράδειγμα το email, η μεταφορά αρχείων και την περιήγηση στο διαδίκτυο σε αρκετά όμως χαμηλή ταχύτητα, της τάξης των 20 kbps. Όμως, δεν υπήρχε δυνατότητα κίνησης για την δημιουργία υπηρεσιών δεδομένων για ευρεία περιοχή για τα ασύρματα δεδομένα, λόγω του χαμηλού ρυθμού μετάδοσης δεδομένων, του υψηλού κόστους υλοποίησης και των κακών σε ποιότητα εφαρμογών.

### **1.3.3: ΔΙΚΤΥΟ ETHERNET ΚΑΙ Η ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΤΟΥ ΣΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΤΟΠΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ**

Το 1970 έγινε η εμφάνιση των ενσύρματων Ethernet δικτύων, που αυτό προκάλεσε την απομάκρυνση πάρα πολλών διαφημιστικών εταιριών από τα δίκτυα τα οποία ήταν βασισμένα στην λογική της ραδιομετάδοσης πακέτων. Τα δίκτυα Ethernet έφταναν ρυθμό μετάδοσης δεδομένων ίσο με 10 Mbps, το οποίο ήταν υπεραρκετό, ώστε να μπορεί να γίνει η μετάδοση των ραδιοκυμάτων. Οι εταιρίες δεν είχαν σκεφτεί ποτέ ότι τα καλώδια Ethernet θα μπορούσαν να έφταναν τόσο υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης στις εγκαταστάσεις τους. Το 1985, η ομοσπονδία προμηθειών επικοινωνίας έδωσε την δυνατότητα εμπορικής ανάπτυξης των ασύρματων τοπικών δικτύων και έγκριναν την ISM (Industrial, Scientific and Medical) μπάντα συχνοτήτων για να μπορέσουν να

γίνονται εφαρμογές που θα αφορούν τα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Την ISM μπάντα την χρησιμοποιούσαν πολύ οι πωλητές παροχών επικοινωνίας, καθώς δεν χρειαζόταν παροχή κάποιας ειδικής αδειοδότησης από την ομοσπονδία παροχών επικοινωνίας ώστε να χρησιμοποιηθεί. Παρόλα αυτά, οι πρώτοι χρήστες βηθής συγκεκριμένης μπάντας αναγκάστηκαν να χρησιμοποιούν αναποτελεσματικά συστήματα σηματοδότησης. Επιπλέον, η παρέμβαση συχνοτήτων, η οποία έγινε από τους αρχικούς χρήστες της, οι οποίοι όμως ουσιαστικά δεν την χρησιμοποιούσαν, δημιούργησε αρκετά προβλήματα στα ασύρματα τοπικά δίκτυα. Με αποτέλεσμα, τα ασύρματα τοπικά δίκτυα να έχουν κακής ποιότητας απόδοση όσον αφορά τον ρυθμό μετάδοσης δεδομένων. Αυτή η κακή απόδοση δημιούργησε πολλές ανησυχίες για τα συγκεκριμένα δίκτυα σχετικά με ασφάλεια τους, την έλλειψη τυποποίησης και το υψηλό κόστος όσον αφορά την κατασκευή τους και την τοποθέτηση σημείων πρόσβασης. Όλα αυτά οδήγησαν σε χαμηλές πωλήσεις. Όμως, λίγα από τα συστήματα ασύρματων τοπικών δικτύων χρησιμοποιήθηκαν για την δικτύωση των δεδομένων, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για χαμηλής ποιότητας τεχνολογικές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα ο έλεγχος απογραφής ενός συστήματος. Η τωρινή γενιά των ασύρματων τοπικών δικτύων βασίστηκε στο πρότυπο IEEE 802.11 και στις υποκατηγορίες του, διότι παρουσίαζαν υψηλές αποδόσεις, αισθητά χαμηλό ρυθμό δεδομένων, της τάξης των 10 Mbps και η περιοχή κάλυψης ήταν πολύ μικρή, της τάξης των 150 μέτρων. Στην σημερινή εποχή τα ενσύρματα Ethernet άρχισαν να προσφέρουν περισσότερο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, της τάξης των 100 Mbps και το κενό που υπήρξε ανάμεσα στα ασύρματα και ενσύρματα τοπικά δίκτυα συνέχισε να ανεβαίνει ποσοτικά με τον καιρό, λόγω της μη ύπαρξης κατανομής του φάσματος συχνοτήτων. Παρόλα αυτά, λόγω του ότι υπήρξε μεγάλη διαφορά στο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων τα ασύρματα τοπικά δίκτυα άρχισαν να γίνονται η πιο ιδανική μέθοδος για πρόσβαση στο Διαδίκτυο σχεδόν παντού, λόγω της ελευθέριας και της άνεσης που δημιούργησαν στον χώρο (λόγω της χρησιμοποίησης λιγότερων καλωδίων). Επίσης, τα περισσότερα ασύρματα τοπικά δίκτυα έχουν την ικανότητα να υποστηρίζουν πολλές εφαρμογές, όπως για παράδειγμα το e-mail και περιήγηση στο Διαδίκτυο, τα οποία δεν χρειάζονται πολύ μεγάλο εύρος ζώνης. Τα μελλοντικά σχέδια που αφορούσαν τα ασύρματα τοπικά δίκτυα ήταν η υποστήριξη πολλών χρηστών ταυτόχρονα για εφαρμογές που απαιτούσαν μεγάλο εύρος ζώνης και πολύ περιορισμένη καθυστέρηση, όπως για παράδειγμα το βίντεο.



#### **1.3.4: ΚΙΝΗΤΑ ΤΗΛΕΦΩΝΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΚΥΨΕΛΩΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Τα κινητά τηλεφωνικά συστήματα είχαν περισσότερες επιτυχημένες εφαρμογές όσον αφορά την περιήγηση στο Διαδίκτυο, όπως για παράδειγμα το 1946. Το 1915 άρχισαν να εμφανίζονται τα πρώτα κινητά τηλεφωνικά συστήματα, όπου πραγματοποιήθηκε η

πρώτη εγκατάσταση δικτύου για την ψηφιακή μεταφορά φωνής από την Νέα Υόρκη στο Σαν Φρανσίσκο. Το 1946 έγινε η παρουσίαση της υπηρεσίας της κινητής τηλεφωνίας σε αρκετές πόλεις της Αμερικής. Για να γίνει η κάλυψη μιας ολοκληρής μητροπολιτικής περιοχής τα συστήματά αυτά χρησιμοποιούσαν έναν κεντρικό πομπό. Όμως, αυτή η αναποτελεσματική χρήση που γινόταν στο φάσμα των ραδιοσυχνοτήτων μαζί με την σημερινή τεχνολογία ραδιοκυμάτων, εφεράν σαν αποτέλεσμα την μείωση της χωρητικότητας στα κινητά τηλεφωνικά συστήματα. Για παράδειγμα, τριάντα χρόνια αφότου έγινε η εισαγωγή της υπηρεσίας της κινητής τηλεφωνίας στο σύστημα της Νέας Υόρκης υπήρχε η δυνατότητα να γίνει υποστήριξη μέχρι και 543 χρήστες.

Γύρω στο 1950 με 1960 έγινε μια διατύπωση μιας λύσης από την εταιρία AT&T Bell Laboratories σχετικά με το πρόβλημα με την χωρητικότητα των συγκεκριμένων συστημάτων. Η συγκεκριμένη εταιρία σχεδίασε ένα κινητό τηλεφωνικό σύστημα, το οποίο εκμεταλλευόταν την ισχύ που είχε το μεταδιδόμενο σήμα, η οποία μειωνόταν όσο μεγάλωνε η απόσταση. Επιπλέον, δύο χρήστες του συγκεκριμένου συστήματος μπορούσαν να εκπέμπουν την ίδια συχνότητα παρόλο που βρίσκονταν σε διαφορετικές περιοχές, χωρίς όμως να υπάρχει τόσο μεγάλη παρεμβολή μεταξύ τους. Με αποτέλεσμα, να γίνει πιο αποτελεσματική η χρήση του φάσματος συχνοτήτων στα κινητά τηλεφωνικά συστήματα, ώστε να μπορεί να γίνει μεγαλύτερη σε αριθμό η υποστήριξη των χρηστών. Η εξέλιξη των κινητών συστημάτων από τα αρχικά κινητά συστήματα ήταν αρκετά μεγάλη. Το 1947, η AT&T ζήτησε από την ομοσπονδία παροχών υπηρεσίας να δώσει περισσότερο φάσμα συχνοτήτων για την υπηρεσία των κινητών συστημάτων. Το σχέδιο για την συγκεκριμένη υπηρεσία τέλειωσε το 1960, η πρώτη δοκιμή του συγκεκριμένου σχεδίου έγινε το 1978. Αφοτό έγινε η δοκιμή του, το 1982 έγινε η εγκαθίδρυση από την ομοσπονδία παρόχων υπηρεσίας. Εκείνο τον καιρό η τεχνολογία ήταν κατά κάποιον τρόπο ξεπερασμένη. Το πρώτο αναλογικό κινητό τηλεφωνικό σύστημα αναπτύχθηκε στην πόλη του Σικάγο το 1983. Το 1984, η ομοσπονδία παροχών υπηρεσίας αποδέκτημε το αίτημα της AT&T και μεγάλωσε την κατανομή του εύρους φάσματος συχνοτήτων από τα 40 MHz που ήταν σε 50 MHz. Η AT&T έκανε έρευνα όσον αφορά το μάρκετινγκ και έκανε μια πρόβλεψη σχετικά την ζήτηση που θα δημιουργούταν πριν γίνει καν εγκατάσταση των συγκεκριμένων συστημάτων και ότι θα μειωνόταν η χρήση τους από τους γιατρούς και τους πλουσίους.

Το 1980, η AT&T σταμάτησε να ασχολείται με την αγορά των κινητών τηλεφώνων και άρχισε να ασχολείται με τα δίκτυα οπτικών ινών. Τελικά μετά από κάποιον καιρό γύρισαν πάλι στην αγορά των κινητών τηλεφώνων, επειδή κατάλαβαν ότι υπήρχε μια εμφανής προοπτική να εξελιχτεί σαν αγορά. Προς τα τέλη του 1980 υπήρξε μείωση της ζήτησης των υπηρεσιών της κινητής τηλεφωνίας σε όλο και πιο πολλές πόλεις, λόγω του ότι αναπτύχθηκε η ψηφιακή κυψελώδη τεχνολογία, η οποία έδινε σαν δυνατότητα την αύξηση της χωρητικότητας του καναλιού και καλύτερη απόδοση συστήματος.

Η δεύτερη γενιά κυψελωτών συστημάτων εμφανίστηκε κατά τις αρχές του 1990. Αυτή η γενιά ήταν βασισμένη στις ψηφιακές επικοινωνίες. Αυτή η αλλαγή από την αναλογική στην ψηφιακή τεχνολογία έφερε σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη χωρητικότητα στο σύστημα, βελτίωση ως προς το κόστος υλοποίησης, της ταχύτητας και της ενεργειακής απόδοσης του υλικού του συγκεκριμένου συστήματος. Επίσης, η δεύτερη γενιά κυψελωτών συστημάτων έφερε βελτίωση στις υπηρεσίες που αφορούσαν την φωνή. Επιπλέον, με αυτή την βελτίωση δόθηκε η

δυνατότητα υποστήριξης υπηρεσιών δεδομένων, όπως για παράδειγμα το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο, η πρόσβαση στο διαδίκτυο. Δυστυχώς, λόγω του ότι υπήρξε μεγάλη ζήτηση στην αγορά για τα κινητά τηλέφωνα, αυτό οδήγησε στον πολλαπλασιασμό δευτέρης γενιάς προτύπων, όπου με την σειρά του οδήγησε στο να υπάρξουν τρία διαφορετικά πρότυπα για τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και τα υπόλοιπα πρότυπα σε Ευρώπη και Ιαπωνία, τα οποία ήταν διαφορετικά μεταξύ τους. Το γεγονός του ότι οι περισσότερες πόλεις είχαν αρκετά πολλαπλά πρότυπα επικοινωνίας, τα οποία είναι διαφορετικά μεταξύ τους, αυτό οδήγησε σε περιαγωγή των δεδομένων στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και σε όλο τον κόσμο εφαρμόζοντας ένα μόνο πρότυπο για κινητά τηλέφωνα.

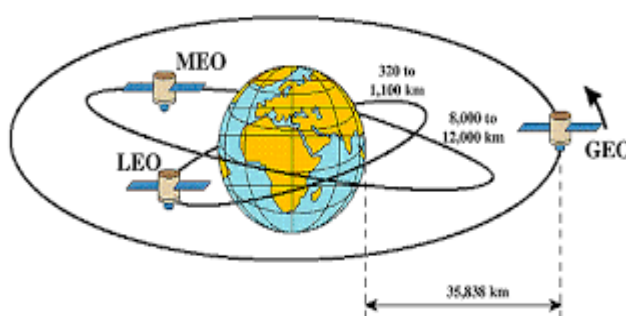
Η τρίτη γενιά κυβελωτών συστημάτων χρησιμοποιήθηκαν σε κάποιες χώρες, λόγω του ότι είχαν δικές τους υπηρεσίες. Επίσης και σε αυτήν την γενιά κυβελωτών συστημάτων υπήρχαν αρκετά πολλαπλά πρότυπα επικοινωνίας, τα οποία είναι διαφορετικά μεταξύ τους. Έχοντας ως αποτέλεσμα, την ύπαρξη αρκετά πολλών λειτουργιών σε πολλά κινητά τηλέφωνα, δηλαδή η ενσωμάτωση πολλών προτύπων επικοινωνίας, ώστε να μπορεί να γίνει πιο εύκολα η διαδικασία της περιαγωγής δεδομένων ανα χώρα και γενικά σε όλο τον κόσμο και κατά πάσα πιθανότητα γινόταν και στην πρώτη γενιά των αναλογικών προτύπων από τότε που γινόταν η προώθηση προτύπων επικοινωνίας που τα οποία πρόσφεραν ευρεία κάλυψη για όλη την Αμερική.

### **1.3.5: ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΙΔΗ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ**

Τα δορυφορικά συστήματα αποτελούνται από διάφορα στοιχεία, όπως για παράδειγμα η τροχιά του δορυφόρου, η οποία καλύπτει μια συγκεκριμένη περιοχή. Η κάλυψη της περιοχής γίνεται με την βοήθεια κάποιου δορυφόρου, όπως για παράδειγμα οι δορυφόροι επίπεδης γης, οι οποίοι καλύπτουν τροχιά περίπου 2 χιλιάδες χιλιόμετρα. Επίσης, υπάρχουν οι δορυφόροι μεσαίας γης οι οποίοι καλύπτουν τροχιά τουλάχιστον 9 χιλιάδες χιλιόμετρα και τέλος υπάρχουν οι γεωμορφολογικοί δορυφόροι, οι οποίοι καλύπτουν τροχιά περίπου 40 χιλιάδες χιλιομέτρων. Οι γεωμορφολογικοί δορυφόροι έχουν τροχιά η οποία δεν αλλάζει, σε σχέση με τους άλλους δορυφόρους που η τροχιά τους συνεχώς αλλάζει κατά την διάρκεια του χρόνου. Η ιδέα που αφορούσε τους γεωμορφολογικούς δορυφόρους διατυπώθηκε από έναν συγγραφέα επιστημονικών ταινιών φαντασίας ο οποίος ονομαζόταν Arthur C. Clarke το 1945. Παρόλα αυτά, οι πρώτοι δορυφόροι αναπτύχθηκαν από την Σοβιετική Ένωση το 1957 και ονομαζόταν Σπούτνικ και από την NASA/BELL Laboratories το 1960 και ονομαζόταν Echo-1, που όμως δεν ήταν γεωμορφολογικοί δορυφόροι, λόγω του ότι δεν ήταν δυνατή η τοποθέτηση σε υψηλή τροχιά σε σχέση με τους γεωμορφολογικούς δορυφόρους. Ο πρώτος γεωμορφολογικός δορυφόρος προωθήθηκε από την NASA και την Hughes το 1963. Οι γεωμορφολογικοί δορυφόροι υπήρχαν για πολύ καιρό στα συστήματα των εμπορικών και κυβερνητικών δορυφόρων.

Οι γεωμορφολογικοί δορυφόροι γενικά καλύπτουν αρκετά μεγάλη γεωγραφική περιοχή, για αυτό το λόγο δεν χρειαζόταν να χρησιμοποιηθούν πάρα πολύ δορυφόροι για ευρεία ή παγκόσμια κάλυψη περιοχής. Παρόλα αυτά, ήταν κάπως δύσκολο να φτάσει η ισχύς του σήματος στον δορυφόρο. Επίσης, η καθυστέρηση της διάδοσης του σήματος ήταν αρκετά μεγάλη για εφαρμογές οι οποίες ήταν ευαίσθητες στην καθυστέρηση, όπως για παράδειγμα η φωνή. Τα μειονεκτήματα τα οποία είχαν οι γεωμορφολογικοί δορυφόροι οδήγησαν στην αντικατάστασή τους από τους δορυφόρους επίπεδης γης το 1990. Αυτή η αλλαγή που έγινε οδήγησε στην προώθηση

των υπηρεσιών που αφορούσαν την φωνή και τα δεδομένων στα κυψελωτά συστήματα. Ωστόσο, τα τερματικά των κινητών δορυφόρων ήταν πολύ μεγάλα σε μέγεθος, είχαν πολύ μεγάλη παραγωγή ισχύς και υψηλό κόστος υλοποίησης σε σχέση με τα σημερινής εποχής κινητά τηλέφωνα. Το πιο γνωστό τους χαρακτηριστικό αυτών των συστημάτων ήταν η κάλυψη των περιοχών παγκοσμίως, ειδικότερα σε περιοχές οι οποίες ήταν πολύ απομακρυσμένες από τις πόλεις και στις τριτοκοσμικές χώρες, οι οποίες δεν είχαν σταθερή και κυψελοειδής υποδομή. Δυστυχώς, κάποιες περιοχές δεν είχαν πολλούς πόρους για υπηρεσίες που αφορούσαν τους δορυφόρους. Τα κυψελωτά συστήματα έγιναν ευρείως γνωστά παντού και αντικατέστησαν τα περισσότερα δορυφορικά συστήματα επίπεδης γης, τα οποία είχαν δημιουργηθεί από πολυκοσμικές περιοχές. Όμως δεν υπήρξε και παρά πολύ υποστήριξη από την διεθνή αγορά, για αυτό το λόγο οι δορυφόροι επίπεδης γης έγιναν απόσυρση.



Απεικόνιση leo, meo, geo δορυφόροι

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ-ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ

### 2.1: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΣΗΜΑΤΟΣ

#### 2.1.1: ΟΡΙΣΜΟΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Για να γίνει μετάδοση σήματος πρέπει πρώτα να γίνει η δημιουργία ενός υψηλού σε συχνότητα φέροντος σήματος. Η διαμορφωσή είναι ουσιαστικά η διαδικασία της μεταφοράς του βασικού σήματος μαζί το φέρον σήμα. Για να επιλογή του φέροντος πρέπει να ξέρουμε από τι χαρακτηριστικά από τα οποία αποτελείται το βασικό σήμα, δηλαδή τι πλάτος, η συχνότητα και η φάση έχει.

#### 2.1.2: ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΦΕΡΟΝ ΣΗΜΑΤΟΣ ΣΤΗΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούμε φέρον σήμα είναι για να μεταφερθεί το αρχικό σήμα στο δυνατό πιο ποιοτικά καλύτερο στον δέκτη, δηλαδή να μην υπάρχει κάποιο ποσοστό αλλοίωσης στο σήμα όταν φτάσει στον δέκτη.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του φέροντος σήματος είναι ότι έχει μικρότερη ευαισθησία σε σχέση με τα υψηλών συχνότητων σήματα. Όμως, έχει υψηλή ευαισθησία στα χαμηλών συχνότητων σήματα. Αμα η μετάδοση γίνεται με χαμηλό συχνότητων φέρον, τότε οι κεραίες πρέπει οπωσδήποτε να έχουν υψηλής τάξης μήκος κύματος εκπομπής. Για αυτό το λόγο πρέπει η συχνότητα του φέροντος πρέπει να είναι ίδια με



την διακύμανση του πλάτους του σήματος.Όσο μειώνεται η συχνότητα του φέροντος,τόσο θα αυξάνεται το πλάτος του σήματος.

## 2.2:ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Η αναλογική διαμόρφωση εφαρμόζεται γενικότερα σε τηλεπικοινωνιακά συστήματα.Επίσης,εφαρμόστηκε στα ραδιόφωνα και στα κινητά συστήματα επικοινωνίας.Τα συστήματα τα οποία αναφέρθηκαν πριν χρησιμοποιούνται,ώστε να γίνει η μετάδοση σημάτων,όπως είναι η φωνή και μουσική τα οποία είναι σε χαμηλές συχνότητες,ενώ στο κανάλι επικοινωνίας έχει γίνει εφαρμογή ενός ζωνοπερατού φίλτρου,ώστε να βγαίνουν συχνότητες το πολύ 500kHz.Άρα το αρχικό σήμα για να μεταδοθεί πρέπει να μπει σε ένα φορέα,ο οποίος συνήθως έχει την μορφή ημιτόνου.

### 2.2.1: ΕΙΔΗ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

#### 2.2.1.1: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ(AM)

- Στη διαμόρφωση κατά πλάτος,η μεταβολή του πλάτους του ημιτονοειδούς φέροντος σήματος γίνεται σύμφωνα με το αρχικό σήμα.Αν το φέρον σήμα το συμβολίζαμε με  $c(t)$ ,τότε η μαθηματική εξίσωση που το περιγράφει είναι η εξής:

$$c(t) = A_c * \cos(2*\pi*f_c*t)$$

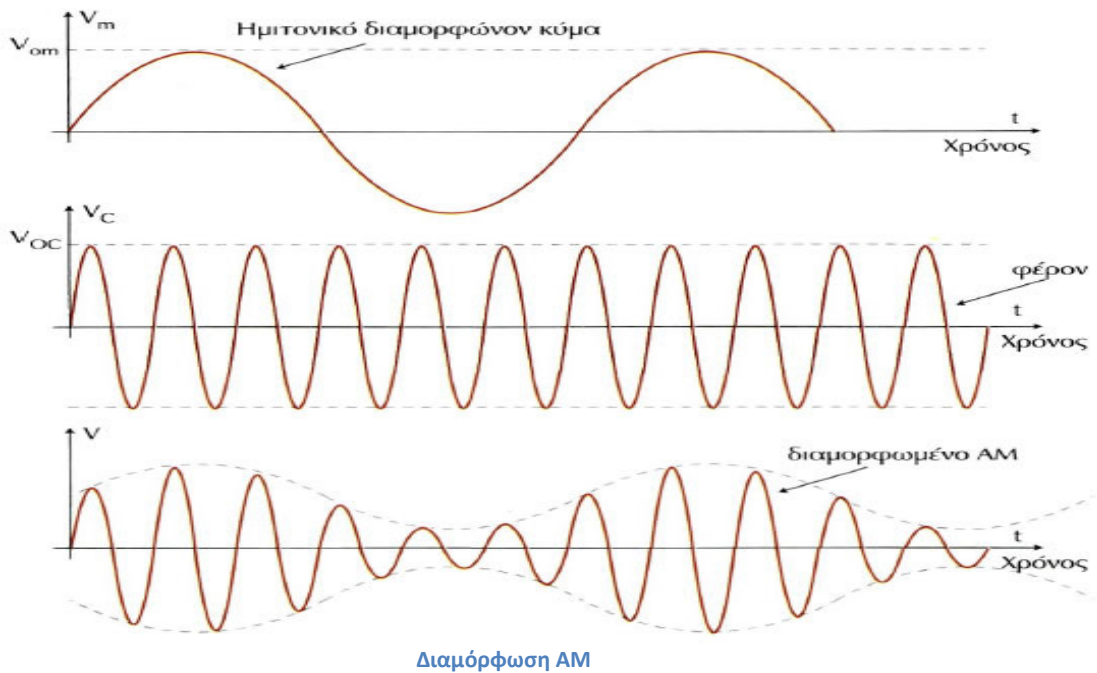
- $A_c$ : πλάτος φέροντος,  $f_c$ : συχνότητα φέροντος (γενικά την θεωρούμαι μηδενική).
- Αν το αρχικό σήμα το συμβολίσουμε με  $m(t)$ ,τότε το διαμορφωμένο σήμα θα συμβολιστεί  $s_{am}$  και η εξίσωση που το δίνει είναι η εξής:

$$s_{am} = A_c * [1+k*m(t)] * \cos(2*\pi*f_c*t)$$

- Όπου  $k$  ο συντελεστής του διαμορφωμένου σήματος και είναι πάντα μεγαλύτερος του μηδενός.
- Όσον αφορά την περιβάλλουσα του διαμορφωμένου σήματος ,η μαθηματική εξίσωση που την περιγράφει είναι μια γραμμική συνάρτηση του αρχικού σήματος  $[m(t)]$  της μορφής:

$$a_{AM}(t) = A_c * [1+k*m(t)]$$

- ❖ Γενικότερα,οποιαδήποτε αλλαγή γίνει στο αρχικό σήμα θα υπάρξει ανάλογη αλλαγή και στην περιβάλλουσα του διαμορφωμένου σήματος .



### 2.2.1.2: ΤΟ ΦΑΣΜΑ ΣΤΗΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (AM)

Όταν γίνεται η διαμόρφωση του σήματος το φάσμα του αρχικού σήματος, το οποίο σήμα βρίσκεται στην βασική ζώνη, φτάνει κοντά στην συχνότητα με εκείνο που έχει το φέρων σήμα. Με αποτέλεσμα, το διαμορφωμένο σήμα να καλύπτει την κάτω και άνω πλευρική ζώνη, οι οποίες πλευρικές είναι ουσιαστικά το αρχικό σήμα.

Άρα, το εύρος συχνοτήτων που καταλαμβάνει το φέρων σήμα είναι το διπλάσιο της μέγιστης συχνότητας του αρχικού σήματος.

### 2.2.1.3: ΕΙΔΗ ΤΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (AM)

#### 1. DOUBLE SIDE BAND (ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ) - AM

Στη διαμόρφωση διπλής πλευρικής ζώνης το διαμορφωμένο σήμα αποτελείται από δύο τιμές περιβάλλουσας, την μέγιστη και την ελάχιστη, όπου στην περιβάλλουσα μέσα εμπεριέχεται το αρχικό σήμα. Οι συγκεκριμένες τιμές, δηλαδή η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή καθορίζονται από τον παράγοντα  $\mu$ , τον οποίο χρησιμοποιούμε για να βρούμε κατά πόσο είναι διαμορφωμένο το φέρων σήμα σε σχέση με το αρχικό σήμα. Ο τύπος ο οποίος δίνει αυτό το ποσοστό είναι:

$$\mu = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}} = k \cdot A_m$$

#### 1a) ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ DOUBLE SIDE BAND - AM

Η διαμόρφωση διπλής πλευρικής ζώνης έχει και πολλά μειονεκτήματα σε σχέση με πλεονεκτήματα. Κάποια από αυτά είναι η σπατάλη της ισχύος του σήματος, λόγω του ότι το φέρων σήμα είναι ανεξάρτητο από το αρχικό σήμα, άρα είναι λογικό να υπάρξει μια σπατάλη στην ισχύ σήματος. Ένα άλλο μειονέκτημα της είναι η σπατάλη φάσματος, ουσιαστικά για να γίνει η εκπομπή ενός σήματος χρειαζόταν διπλάσιο

εύρος συχνοτήτων, εξαιτίας των δύο πλευρικών ζωνών. Με αποτέλεσμα, η εκπομπή δύο πλευρικών ζωνών να δημιουργούσε σπατάλη φάσματος.

### **1b) ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΤΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ**

Λόγω των μειονεκτημάτων που υπήρχαν στην διαμόρφωση διπλής πλευρικής ζώνης, τα οποία που αναφέρθηκαν παραπάνω, δημιουργήθηκαν παραλλαγές της, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν ώστε να μπορεί να γίνει ακόμα καλύτερη η διαχείριση των πόρων, δηλαδή το φάσμα του σήματος και την ισχύ του σήματος. Συγκεκριμένα είναι η διαμόρφωση διπλής πλευρικής ζώνης με συμπιεσμένο φέρον, διαμόρφωση υπόλοιπης πλευρικής ζώνης και διαμόρφωση μονής πλευρικής ζώνης.

**Στη διαμόρφωση διπλής πλευρικής ζώνης με συμπιεσμένο φέρον** εφαρμόζεται ολοκληρωτική συμπίεση στο φέρον σήμα και το εύρος ζώνης συχνοτήτων το οποίο καλύπτει το εκπεμπόμενο σήμα είναι και στις δύο πλευρικές ζώνες. Με αποτέλεσμα, να υπάρξει οικονομία όσον αφορά την ισχύ του σήματος, αλλά όχι σε φάσμα συχνοτήτων.

**Στην διαμόρφωση υπολοίπομνης ζώνης** μια πλευρική ζώνη εκπέμπεται ολόκληρη στον δέκτη, ενώ η δεύτερη πλευρική ζώνη εκπέμπεται η μισή στον δέκτη. Με αποτέλεσμα, να μην υπάρχει και πολύ μεγάλη σπατάλη στο εύρος ζώνης συχνοτήτων.

**Στη διαμόρφωση μονής πλευρικής ζώνης** εκπέμπεται μόνο η μια πλευρική ζώνη εκπέμπεται στο δέκτη. Με αποτέλεσμα, το εύρος ζώνης συχνοτήτων που δημιουργείται να είναι ίδιο με αυτό το οποίο έχει το αρχικό σήμα. Επίσης, αυτό το είδος διαμόρφωσης είναι ισοδύναμο με εκείνο της μετατόπισης του φάσματος του αρχικού σήματος από την βασική ζώνη στην οποία βρίσκεται στην ζώνη υψηλών συχνοτήτων. Επιπλέον, η διαμόρφωση μονής πλευρικής ζώνης χρησιμοποιείται για να μπορεί να γίνει η μετάδοση της αναλογικής φωνής. Αυτό φέρνει σαν αποτελέσματα να υπάρξει μια οικονομία όσον αφορά το φάσμα και εύρος ζώνης συχνοτήτων σήματος.

### **1c) ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΔΙΠΛΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΜΕ ΣΥΜΠΙΕΣΜΕΝΟ ΦΕΡΟΝ**

- Η μαθηματική περιγραφή της συγκεκριμένης διαμόρφωσης είναι ουσιαστικά ένα γινόμενο του φέροντος σήματος με το σήμα το οποίο βρίσκεται στην βασική ζώνη. Το σήμα το οποίο βρίσκεται στην βασική ζώνη τις περισσότερες φορές έχει την μορφή ημιτόνου. Για να βρεθεί το διαμορφωμένο σήμα της διαμόρφωσης διπλής πλευρικής ζώνης με συμπιεσμένο φέρον χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο:

$$S_{DSB-SC} = c(t) * m(t) = A_c * A_m * \cos(2\pi * f_m * t) * \cos(2\pi * f_c * t)$$

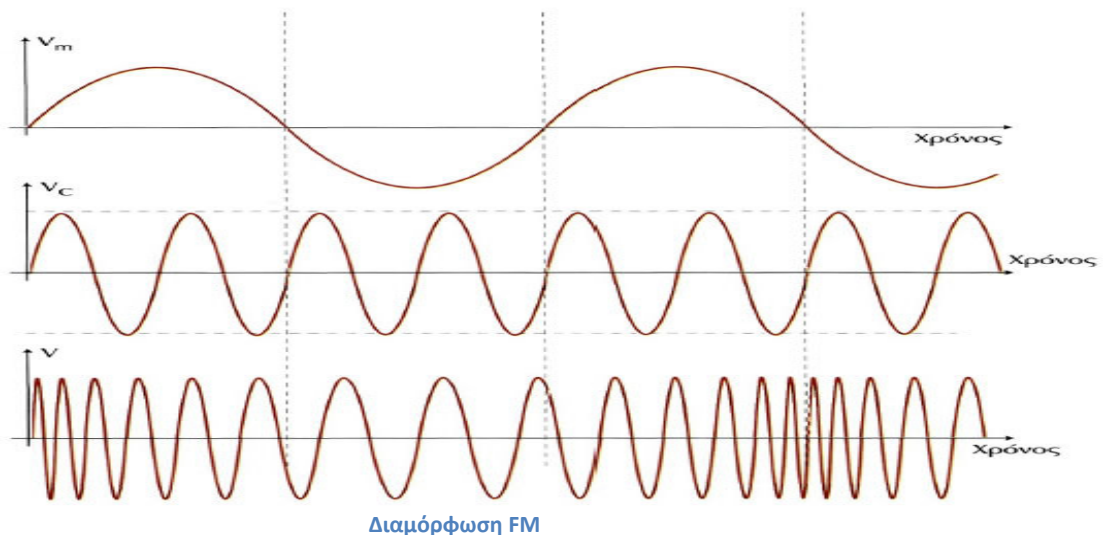
- Όπου SDSB-SC: διαμορφωμένο σήμα,  $f_m$ : συχνότητα πληροφοριακού σήματος,  $f_c$ : συχνότητα φέροντος σήματος.

## 2.2.2: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (FM)

- Η διαμόρφωση κατά συχνότητα χρησιμοποιείται κατά κύριο λόγο στα ραδιόφωνα και το εύρος συχνοτήτων το οποίο καταλαμβάνει είναι από 87,5 έως 108 MHz. Η εξίσωση η οποία περιγράφει το σήμα είναι η εξής:

$$y(t) = A \cdot \sin [(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t) + k \cdot \cos (2 \cdot \pi \cdot f \cdot t)]$$

- Όπου A: πλάτος σήματος, f: συχνότητα σήματος πληροφορίας, k: συντελεστής διαμόρφωσης.
- Στην διαμόρφωση κατά συχνότητα υπάρχει μια κεντρική συχνότητα, η οποία ουσιαστικά είναι η συχνότητα του πληροφοριακού σήματος. Όταν γίνεται η μετάδοση του φέροντος σήματος, η φέρουσα ταλαντώνεται πάνω και κάτω από την συχνότητα που έχει το πληροφοριακό σήμα. Το πόσο θα διαρκέσει η συγκεκριμένη ταλάντωση ονομάζεται αποκλιση. Στα ραδιόφωνα αυτή η αποκλιση είναι 75 KHz, ενώ σε ένα ραδιόφωνο σταθμό των 150 KHz.



## 2.2.3: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΓΩΝΙΑ (PM)

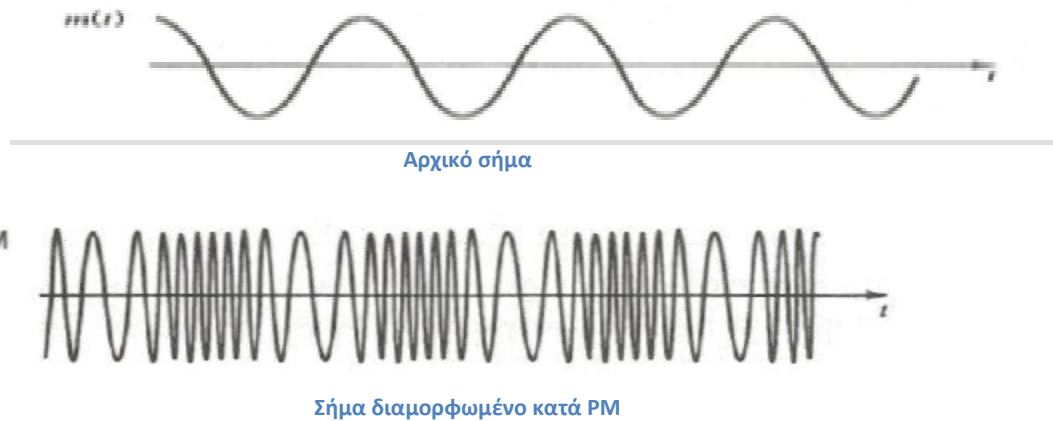
- Εκτός από την διαμόρφωση κατά κάποιο συγκεκριμένο συγκεκριμένο εύρος, το φέρων σήμα μπορεί να διαμορφωθεί και κατά κάποια συγκεκριμένη γωνία. Η μαθηματική περιγραφή της διαμόρφωσης κατά γωνία είναι η εξής:

$$x_{pm} = A_c \cdot \cos (\omega_c \cdot t + k_p \cdot m(t) + \psi)$$

- Όπου  $\omega_c$ : συχνότητα του φέροντος,  $A_c$ : πλάτος φέροντος σήματος,  $m(t)$ : πληροφοριακό σήμα,  $\psi(t)$ : φάση του σήματος (τις περισσότερες φορές την θεωρούμε μηδενική).
- Για να υπολογιστεί η στιγμιαία φάση πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας συγκεκριμένος τύπος, ο οποίος είναι:

$$\theta(t) = \omega_c \cdot t + k_p \cdot m(t)$$

- Ουσιαστικά ο τύπος με τον οποίο υπολογίζουμε την στιγμιαία φάση είναι μια γραμμική συνάρτηση, η οποία αλλάζει ανάλογα με το πληροφοριακό σήμα  $[m(t)]$  το οποίο δίνεται.



### 2.2.3.1: Η ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ FM ΚΑΙ PM ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Η διαμόρφωση fm και η διαμόρφωση pm έχουν κάποια κοινά μεταξύ τους, δηλαδή το πληροφοριακό σήμα στην fm ισοδυναμεί με την pm, λόγω του ότι έχουν τον ίδιο τύπο για το φέρων σήμα.

## 2.4 ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Στη ψηφιακή διαμόρφωση σε σχέση με την αναλογική διαμόρφωση το διαμορφωμένο σήμα μπορεί να αναπαρασταθεί είτε ως ένα πλήθος συμβόλων είτε ως μια παλμοσειρά, όπου κάθε σύμβολο γίνεται αντιστοίχιση με συγκεκριμένες καταστάσεις, οι οποίες με την σειρά τους αντιστοιχίζονται σε συγκεκριμένες κυματομορφές. Πιο συγκεκριμένα κάθε σύμβολο αναπαριστάται από  $N$  bits πλήθους πληροφορίας. Για να υπολογίσουμε τα bits της πληροφορίας του σήματος χρησιμοποιούμε τον παρακάτω τύπο:

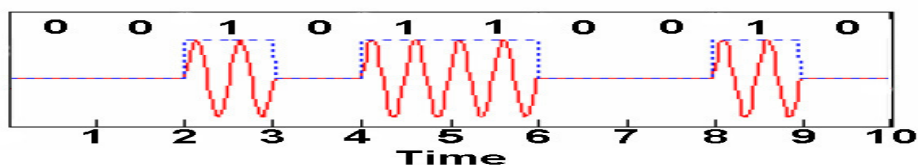
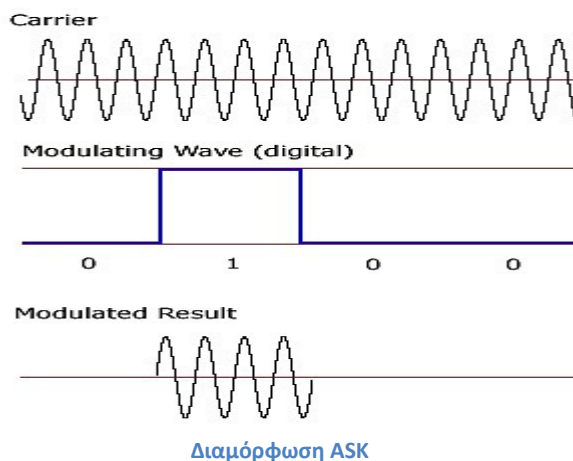
$$N = \log_2 M \text{ (δυναδικά ψηφία/bits)}$$

Γενικά σε όλα ψηφιακά συστήματα μετάδοσης η πληροφορία η οποία μεταδίδεται είναι διακριτού χρόνου και διακριτού πλάτους. Ακόμη και στα σύγχρονα κινητά συστήματα έχουν εφαρμοστεί ψηφιακές τεχνικές διαμόρφωσης, καθότι παρουσιάζουν περισσότερα πλεονεκτήματα σε σχέση με τις αναλογικές τεχνικές διαμόρφωσης. Τα πλεονεκτήματα των ψηφιακών τεχνικών διαμόρφωσης θα αναλυθούν στο επόμενο κεφάλαιο.

### 2.4.1: ΕΙΔΗ ΤΗΣ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

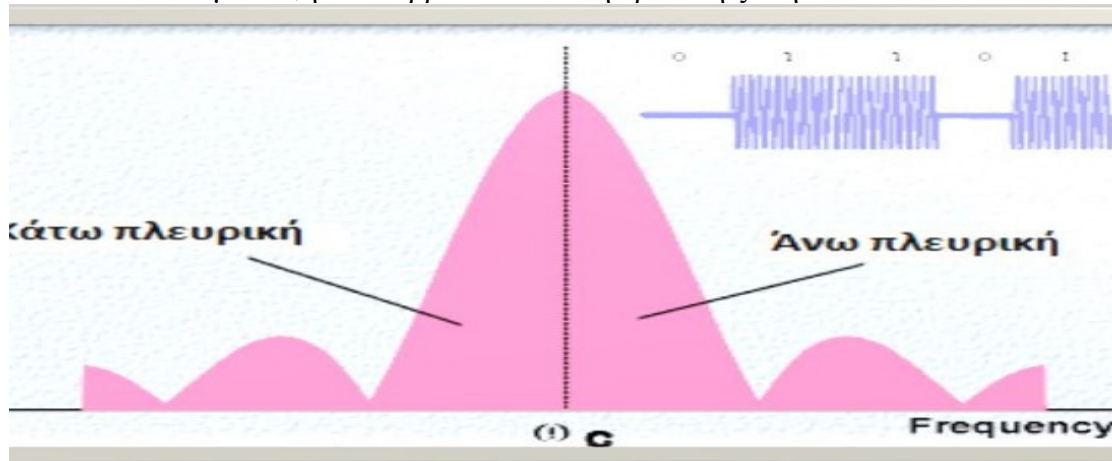
#### 2.4.1.1: ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (ASK)

Ένα από τα πιο απλά είδη που ανήκει στην συγκεκριμένη κατηγορία είναι η ψηφιακή διαμόρφωση κατά πλάτος. Σε αυτό το είδος διαμόρφωσης τα σύμβολα αναπαριστώνται υπό την μορφή διακριτών τιμών του πλάτους του φέροντος σήματος, το οποίο έχει μια συγκεκριμένη συχνότητα. Επίσης, το πλάτος στο φέρων σήμα μεταβάλλεται σύμφωνα με την ακολουθία των συμβόλων η οποία θα γίνει μετάδοση στον δέκτη. Στην BASK ή αλλιώς OOK (ON-OFF KEYING) υπάρχουν δύο μόνο καταστάσεις το '0' και '1'.



### 2.4.1.2:ΕΥΡΟΣ ΖΩΝΗΣ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ

Για να μπορέσει να γίνει σωστή διαχείριση του εύρους ζώνης στην συγκεκριμένη διαμόρφωση πρέπει ουσιαστικά να εφαρμοστεί ένας περιορισμός στο εύρος του εκπεμπόμενου σήματος, δηλαδή να εφαρμοσθεί ένα φίλτρο στην ακολουθία των συμβόλων. Επιπλέον, για να μείνει το πλάτος του σήματος έτσι όπως είναι πρέπει να εφαρμοσθεί ένας μεικτήρας, ο οποίος μεικτής πολλαπλασιάζει το φέρων σήμα με μια ακολουθία δεδομένων, η οποία βρίσκονταν στην βασική ζώνη.



Εύρος διαμόρφωσης ASK

### 2.4.1.3:ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΚΑΙ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ASK

#### ❖ ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ

Στην ψηφιακή διαμόρφωση κατά πλάτος, η πληροφορία η οποία είναι έτοιμη για μετάδοση ενσωματώνεται στη περιβάλλουσα του διαμορφωμένου σήματος. Έτσι

γίνεται πιο εύκολη η διαδικασία της ανάκτησης του σήματος χρησιμοποιώντας έναν ασύμφωνο ανίχνευτη.

#### ❖ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ

Σε αυτό το είδος ανίχνευσης ο ανιχνευτής συνδυάζει το διαμορφωμένο σήμα με ένα φέρων σήμα το οποίο δημιουργηθεί τοπικά απο το κύκλωμα.Επίσης,χρησιμοποιείται μια συνιστώσα διαφοράς,η οποία εφαρμόζεται στην έξοδο του μείκτη,δηλαδή το συνιμήτονο.

#### **2.4.1.4:ΦΟΡΕΑΣ ΚΑΙ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ**

Αν φορέας έχειτην ίδια φάση με εκείνη που έχει το διαμορφώμενο σήμα,τότε η έξοδος του συστήματος θα πρέπει να έχει την ανάλογηκυματομορφή με εκείνη που έχει το αρχικό σήμα.Αυτό σημαίνει ότι έγινε σωστά η διαδικασία της τέλεια ανίχνευσης.Για να εξασφαλιστείόμως η τέλεια ανίχνευση πρέπει πρώτα να έχει γίνει ρύθμισητο τοπικούταλαντωτή του δέκτη,ο οποίος έχει μια συγκεκριμένη φάση.Το ίδιο πρέπει να γίνει και απο την μεριά του πομπού.Για να μπορέσει να γίνει όλη αυτή η διαδικασία πρέπει να εφαρμοστεί η τεχνική του βρόγχου κλειδωμένης φάσης.

Γενικότερα η σύγχρονη ανίχνευση είναι δυσκολότερη σαν διαδικασία σε σχέση με την ασύγχρονη ανίχνευση,όμως μπορεί να ανιχνεύσει με μεγαλύτερη ακρίβεια τονθόρυβο που εισήχθηκε στο σύστημα.

#### **2.4.1.5:ΡΥΘΜΟΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΔΥΑΔΙΚΗ ASK**

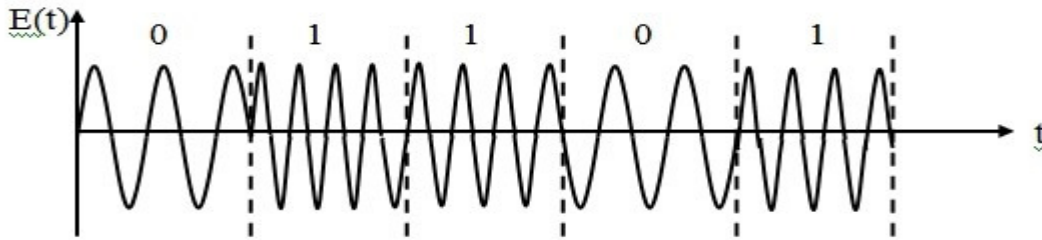
Ένας απο τους πιο εύκολους τρόπους για να μπορέσουμε να καταλάβουμε το πως αποδίδει ένα τηλεπικοινωνιακό σύστημα,ειδικότερα σε ένα ψηφιακό σύστημα είναι η εύρεση της πιθανότητας εμφάνισης των εσφαλμένων bit ήσυμβόλωνστο σύστημα,χρησιμοποιώντας τον λόγοSNR,ο οποίος λόγοςαντιπροσωπεύει την ελάχιστη ενέργεια του σήματος,η οποία υπάρχει στην είσοδο του δέκτη έχονταςτην διάρκεια ενός bitκαι την παρουσία θορύβου φασματικής πυκνότητας ισχύος  $N_0$ ,η οποία απαιτείται ώστε να μπορεί να επιτευφθεί ένας συγκεκριμένοςρυθμός σφαλμάτων.

- Για να βρούμε πόσα σφάλματα συμβαίνουν στο σύστημα χρησιμοποιούμε δύο τύπους,έναν για την σύγχρονη ανίχνευση και έναν για την ασύγχρονη ανιχνεύση.
- Για την σύγχρονη ανίχνευση χρησιμοποιούμε τον τύπο:  
$$P_b = \frac{1}{2} \cdot \exp(-E_b/N_0)$$
- Για την ασύγχρονη ανίχνευση χρησιμοποιούμε τον τύπο:  
$$P_b = \frac{1}{2} \cdot \operatorname{erfc}(\sqrt{E_b/2 \cdot N_0})$$

#### **2.4.2: ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ(FSK)**

Στη ψηφιακή διαμόρφωση κατά συχνότητα,η συχνότητα του φέροντος αλλάζει σύμφωνα με την ακολουθία των συμβόλων τα οποία είναι έτοιμα για μετάδοση.Γενικότερα,για την μετάδοση σημάτων χρησιμοποιείταιτο συγκεκριμένο είδος διαμόρφωσης,λόγω του ότι είναι πιο εύκολη σε σχέση με τις υπόλοιπες.Επίσης,είναι πιο εύκολη σε υλοποίηση η διαδικασία της ανίχνευσης σε σχέση με τα άλλα είδη ψηφιακής διάμορφωσης.Επιπλέον,στο συγκεκριμένο είδος διαμόρφωσης είναι πιο δύσκολο να υποστεί αλλοίωση το σήμα.Τέλος,το πλάτος του

σήματος παραμένει συνεχώς ίδιο, καθώς γίνεται η αλλαγή από την μια κατάσταση συμβόλων στην άλλη.



Διαμόρφωση FSK

### 2.4.2.1: ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΚΑΙ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (FSK)

#### ❖ ΑΣΥΜΦΩΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ

Στην ψηφιακή διαμόρφωση κατά συχνότητα είναι πιο εύκολη η διαδικασία ανίχνευση του σφάλματος, διότι το σήμα χωρίζεται σε πιο μικρά σε μέγεθος σήματα, τα οποία σήματα θα περάσουν μέσα από δύο φίλτρα διέλευσης σήματος. Τα δύο φίλτρα είναι προρυθμισμένα σε 2 συχνότητες, οι οποίες διαφορετικές μεταξύ τους. Για να μπορέσει να γίνει σωστά αυτό το συγκεκριμένο είδος ανίχνευσης χρειάζεται να υπάρχει ένας ασύμφωνος ανιχνευτής περιβάλλουσας και στα στα δύο επιμέρους σήματα ASK. Γενικότερα όμως αυτό το είδος ανίχνευσης δεν εμφανίζει και πολύ καλή αποδοχή σε σχέση με εκείνο της ψηφιακής διαμόρφωση κατά πλάτος.

#### ❖ ΣΥΜΦΩΝΗ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ

Η συμφώνη ανίχνευση στην ψηφιακή διαμόρφωση κατά συχνότητα έχει κάποια κοινά στοιχεία με εκείνη της ψηφιακής διαμόρφωση κατά πλάτος. Όμως, για το συγκεκριμένο είδος διαμόρφωσης υπάρχουν δύο ανιχνευτές, οι οποίοι είναι ρυθμισμένοι σε δύο διαφορετικές συχνότητες. Όπως και στην ASK έτσι και στην FSK υπάρχουν φίλτρα διέλευσης, όπου μειώνουν την επίδραση που δημιουργεί ο θόρυβος στο σήμα, ώστε να μπορέσει να το λάβει σωστά ο δέκτης. Για να μπορέσει να γίνει σωστά η διαδικασία της ανάκτησης του σήματος πρέπει η απόσταση της συχνότητας ανάμεσα στα σύμβολα να είναι ίδια με τον ρυθμό με τον οποίο μεταδίδονται τα σύμβολα στο δέκτη.

### 2.4.2.2: ΡΥΘΜΟΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΕΣΦΑΛΜΕΝΩΝ ΒΙΤ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ

Για την ορθογωνιότητα μεταξύ των συχνότητων οι οποίες γίνονται αντιστοίχιση με συγκεκριμένα σύμβολα ισχύει ο τύπος που χρησιμοποιούμε για να βρούμε το ρυθμό εμφάνισης των εσφαλμένων bit σε μια ακολουθία συμβόλων, ο οποίος είναι ίδιος με εκείνον της ASK, δηλαδή:

$$P_e^{\text{COHFSK}} = Q(\sqrt{E_b/N_0})$$

Στην περίπτωση όμως της ασύμφωνης ανίχνευσης χρησιμοποιούμε τον τον τυπο:

$$P_e^{\text{NONCOHFSK}} = 0.5 * \exp(-E_b/2N_0)$$

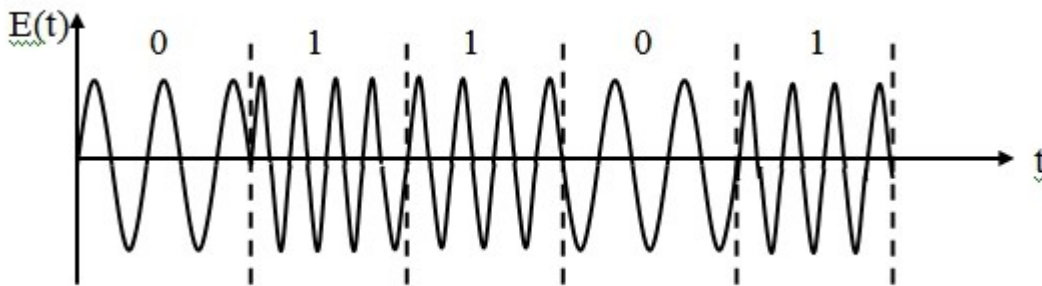


### 2.4.3: ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ (PSK)

Στην ψηφιακή διαμόρφωση κατά φάση η φάση η οποία αλλάζει είναι αυτή του φέροντος σήματος. Επίσης, η φάση που έχει το φέρον σήμα συγκρίνεται με εκείνη που έχει το φέρον σήμα αναφοράς. Η σύγκριση αυτή που γίνεται μεταξύ των δύο φερόντων ονομάζεται συμφωνή PSK.

Στην δυαδική διαμόρφωση κατά φάση υπάρχουν μόνο 2 διαφορές φάσης, η κατά 0 μοίρες και η κατά 180 μοίρες ανάμεσα στα διαδοχικά σύμβολα. Αυτή η διαφορά που υπάρχει ανάμεσα στα διαδοχικά σύμβολα ονομάζεται Διαφορικά συμφωνή διαμορφωσή κατά φάση.

Γενικότερα στην συγκεκριμένη διαμόρφωση πρέπει να υπάρχει μια γραμμικότητα, ώστε να γίνει η διασφάλιση στο ότι το φίλτρο θα βρίσκεται από πάνω από το διαμορφωμένο σήμα διέλευσης.



Διαμόρφωση PSK

#### 2.4.3.1: ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ (PSK)

Στην ψηφιακή διαμόρφωση κατά φάση υπάρχει μόνο συμφωνή ανίχνευση σαν διαδικασία ανίχνευσης. Οπότε χρησιμοποιείται μόνο σύμφωνος ανιχνευτής, λόγω του ότι έχει μεγάλη ακρίβεια.

Στην διαμόρφωση αυτή μπορεί να γίνει πιο εύκολα αντιληπτό το σφάλμα στην αλλαγή φάσης η οποία έχει γίνει στο τοπικό φέρον σήμα. Με αποτέλεσμα, να γίνει μείωση της τάσης του φέροντος σήματος, λόγω του ότι εφαρμόστηκε ο παράγοντας  $\cos(\theta)$  στην έξοδο του συστήματος. Εκτός από την μείωση που υφίσταται η τάση, μειώνεται και ο λόγος SNR. Επομένως, για να μπορέσει να γίνει σωστά η διαδικασία της ανίχνευσης πρέπει να υπάρχει μηδενικό σφάλμα φάσης στην έξοδο. Ακόμη και στην περίπτωση της διαφοράς φάσης 90 μοιρών ανάμεσα σε διαδοχικά σύμβολα, η έξοδος πρέπει οπωσδήποτε να βγάζει μηδενικό σφάλμα.

#### 2.4.3.2: ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΠΟΔΟΣΗ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ (PSK)

Ο πολλαπλασιαστής του συστήματος της ψηφιακής διαμόρφωσης κατά φάση δημιουργεί ένα γινόμενο ανάμεσα σε σήματα που έχουν προκύψει από την τεχνική NonReturntoZero και ενός σήματος, το οποίο βρίσκεται στην βασική ζώνη, μαζί με έναν παράγοντα  $\cos(\omega_c * t)$ . Η ενέργεια των δύο αυτών σημάτων που προέκυψαν από τον

πολλαπλασιαστική γίνεται αντιστοίχιση με την συνέλιξη των δύο σημάτων στο πεδίο της συχνότητας.

Επειδή όμως το σήμα πολλαπλασιάστηκε με ένα παράγοντα  $\cos(\omega_c \cdot t)$ , αυτό φέρνει σαν αποτέλεσμα την μετάφορα του φάσματος του σήματος βασικής ζώνης στο πεδίο συχνοτήτων του φέροντος σήματος.

#### **2.4.3.3: ΡΥΘΜΟΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ (PSK)**

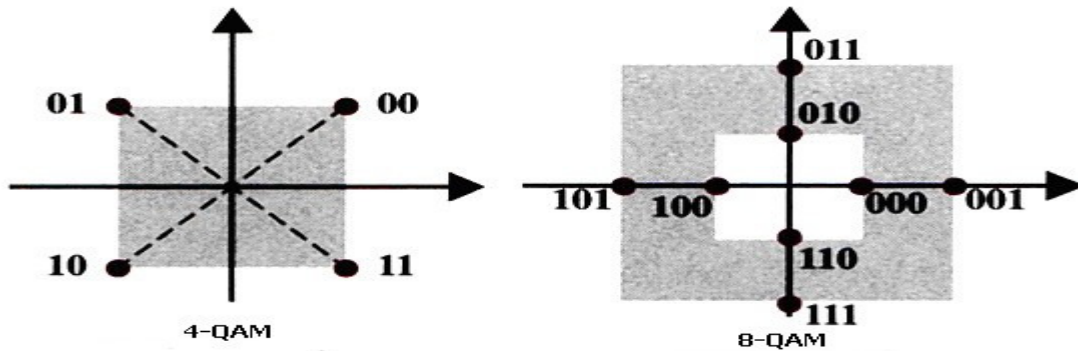
Για να βρούμε πόσα σφάλματα υπάρχουν στο σήμα της ψηφιακής διαμόρφωσης κατά φάση χρησιμοποιούμε τον τύπο:

$$P_e^{PSK} = Q(\sqrt{2 \cdot (E_b/N_0)})$$

#### **2.4.4: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM**

Η QAM διαμορφώνει ένα ημιτονοειδές φέρων κατά κάποιο συγκεκριμένο πλάτος και κατά κάποια συγκεκριμένη φάση. Κάθε σύμβολο γίνεται αντιστοίχιση με έναν συγκεκριμένο συνδυασμό τιμής πλάτους και φάσης. Αυτό που βγαίνει σαν αποτέλεσμα μετά την διαμόρφωση είναι ένα σήμα το οποίο έχει πολλαπλές συχνοότητες. Το εύρος συχνοτήτων ενός QAM σήματος δημιουργείται από την ροή μεταδοσής των δεδομένων. Για παράδειγμα μία ροή δεδομένων της τάξης των 3200 symbols/sec χρειάζεται περίπου να έχει 3,2 KHz σαν εύρος συχνοτήτων. Ένα άλλο παράδειγμα είναι το πρωτόκολλο V.34 το οποίο έχουν τα modems. Τα modems χρησιμοποιούν την κεντρική φέρουσα του σήματος με συχνότητα 1959 Hz, η οποία φέρουσα χρειάζεται να έχει ένα εύρος συχνοτήτων της τάξης των 3430 Hz, ώστε να μπορεί να φτάσει την ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων της τάξης των 3430 symbols/sec. Άρα το εύρος συχνοτήτων κυμαίνεται από τα 244 KHz μέχρι τα 3674 KHz. Κάποιες από τις εφαρμογές της QAM είναι η ψηφιακή τηλεόραση, όπου διαμορφωτής δέχεται σαν είσοδο μία ροή δεδομένων, την οποία χωρίζει σε δύο επιμέρους ροές δεδομένων, οι οποίες ονομάζονται αντίστοιχα I και Q. Η ροή I είναι ένα κατά πλάτος διαμορφωμένο σήμα πάνω στη φέρουσα αναφοράς, ενώ η ροή Q είναι και αυτό ένα κατά πλάτος διαμορφωμένο σήμα πάνω στην ίδια φέρουσα, αλλά με την μόνη διαφορά που έχει είναι η διαφορά φάσης κατά 90 μοίρες. Άρα η ροή δεδομένων I είναι φάση και η ροή δεδομένων Q είναι η τετραγωνική συνιστώσα ή αλλιώς πλάτος.

Λόγω του ότι η διαμόρφωση QAM παρουσιάζει υψηλή απόδοση, την χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο στην ψηφιακή επικοινωνία. Επίσης, η QAM χρησιμοποιείται στην ενσύρματη και ασύρματη μετάδοση πληροφορίας, όπως για παράδειγμα η εικόνα, ο ήχος, η φωνή. Όπως σε κάθε διαμόρφωση έτσι και στην QAM η πληροφορία η οποία εκπέμπεται χωρίζεται σε επίπεδα. Κάθε σύμβολο γίνεται αντιστοίχιση σε συγκεκριμένες  $x$  και  $y$  συντεταγμένες. Αν για παράδειγμα θέλουμε να υλοποιήσουμε την 4-QAM, τότε οι ροές δεδομένων I και Q διαμορφώνονται ως ένα απλό σήμα θετικό και αρνητικό μίας φέρουσας.



Παραδείγματα διαμόρφωσης QAM

## 2.5: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΤΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ

### 2.5.1: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ

#### ❖ ΑΙΤΙΟΚΡΑΤΙΚΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΟ ΣΗΜΑ

- Ένα σήμα λέγεται **αιτιοκρατικό** όταν μπορούμε πάντα να το περιγράψουμε με μια μαθηματική εξίσωση σε οποιοδήποτε χρονικό διάστημα.
- Ένα σήμα λέγεται **στοχαστικό** όταν δεν μπορούμε να το περιγράψουμε με μια μαθηματική εξίσωση, διότι σε κάποιες περιπτώσεις υπάρχει ενδεχόμενο υπάρξης θορύβου ή κάποιων άλλων πραγματικών σήματων. Στην περίπτωση των στοχαστικών σημάτων χρησιμοποιούμε την θεωρία πιθανοτήτων, ώστε να μπορέσουμε να τα μελετήσουμε.

#### ❖ ΑΙΤΙΑΤΟ ΚΑΙ ΜΗ ΑΙΤΙΑΤΟ ΣΗΜΑ

- **Αιτιατό σήμα** λέγεται το σήμα που είναι μηδενικό για αρνητικές τιμές του χρόνου. Η μαθηματική περιγραφή της αιτιατότητας είναι:  $x(t)=0, t<0$ .
- Σε αντίθετη περίπτωση θεωρείται μη-αιτιατό.
- ✓ Γενικότερα όλα τα σήματα τα οποία προέρχονται από πραγματικά συστήματα μελετώνται μόνο οι μετέπειτα χρονικές στιγμές.



Απεικόνιση αιτιατού και μη αιτιατού σήματος

#### ❖ ΣΗΜΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΟΥ ΜΗΚΟΥΣ

Ένα σήμα θεωρείται πεπερασμένου μήκους όταν η απολυτή τιμή του σήματος είναι μικρότερη του απείρου για οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

### ❖ ΣΗΜΑ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΗΣ ΚΑΙ ΑΠΕΙΡΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ

- **ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΣΗΜΑ:** Ένα σήμα θεωρείται πεπερασμένης διάρκειας όταν ξεκινάει από την χρονική στιγμή  $T_1$  και σταματά την χρονική στιγμή  $T_2$ . Η μαθηματική περιγραφή αυτού του είδους σήματα είναι η εξής:

$$x(t) = \begin{cases} 0, & t \leq T_1 \\ 0, & t \geq T_2 \end{cases}$$

- Όπου  $T_1, T_2$  πεπερασμένοι αριθμοί και το  $T_1 < T_2$  σε χρονική διάρκεια.
- **ΑΠΕΙΡΗΣ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΣΗΜΑ:** Ένα σήμα θεωρείται ότι έχει άπειρη διάρκεια, όταν μια από τα δύο χρονικές στιγμές τείνει προς το άπειρο.

### ❖ ΑΡΤΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΤΤΑ ΣΗΜΑΤΑ

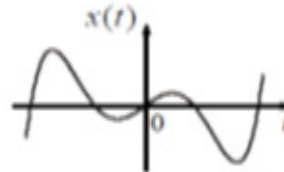
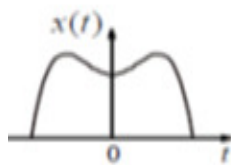
- Ένα σήμα έχει **άρτια συμμετρία**, όταν είναι συμμετρικό στον άξονα  $x$  και η μαθηματική περιγραφή της άρτιας συμμετρίας είναι:

$$x(-t) = x(t), -\infty < t < \infty$$

- Ένα σήμα έχει **πέριττη συμμετρία**, όταν είναι συμμετρικό στον άξονα  $y$  και η μαθηματική περιγραφή της περιττής συμμετρίας είναι:

$$x(-t) = -x(t), -\infty < t < \infty$$

- Ένα σήμα γενικότερα μπορεί να αναπαρασταθεί σαν ένα άθροισμα ενός άρτιου και περιττού σήματος, δηλαδή  $x(t) = x_e(t) + x_o(t)$ .
- Για τα άρτια σήματα ισχύει:  $x_e(t) = \frac{1}{2} [x(t) + x(-t)]$
- Για τα πέριττα σήματα ισχύει:  $x_o(t) = \frac{1}{2} [x(t) - x(-t)]$



Απεικόνιση άρτιου και περιττού σήματος

### ❖ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΤΗΤΑ

- Ένα σήμα λέγεται περιοδικό μόνο όταν υπάρχει ένας αριθμός  $T$ , ο οποίος είναι θετικός, ώστε να ισχύει ότι  $x(t) = x(t+T)$  για οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

## 2.5.2: ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ

### ❖ ΧΩΡΙΣ ΜΝΗΜΗ

Ένα σύστημα για να θεωρηθεί χωρίς μνήμη πρέπει η έξοδος για κάθε χρονική στιγμή να ισούται με την είσοδο. Δηλαδή, να μπορεί να προσδιοριστεί η έξοδος  $y(n_0)$  για συγκεκριμένη είσοδο  $x(n_0)$ , για οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

#### ❖ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ

- Για να ισχύει η επαλληλία πρέπει το άθροισμα των εισόδων του συστήματος να είναι ίδιο με της απόκρισης του συστήματος για κάθε είσοδο η οποία εφαρμόζεται.
- Η μαθηματική περιγραφή της επαλληλίας είναι η εξής:  
 $T[x_1(n) + x_2(n)] = T[x_1(n)] + T[x_2(n)]$ , για οποιοδήποτε σήμα  $x_1(n)$  και  $x_2(n)$ .

#### ❖ ΟΜΟΓΕΝΕΙΑ

- Για να υπάρξει ομοιογένεια πρέπει ο πολλαπλασιασμός της εισόδου με μια σταθερά να είναι ίδιος με τον πολλαπλασιασμό της εξόδου με μια σταθερά.
- Μαθηματικά μπορεί να περιγραφεί ως εξής:  
 $T[c \cdot x(n)] = c \cdot T[x(n)]$ , για κάθε μιγαδική σταθερά  $c$  για οποιαδήποτε είσοδο  $x(n)$ .

#### ❖ ΓΡΑΜΜΙΚΟΤΗΤΑ

- Ένα σύστημα θεωρείται ομογενές ότα ισχυει ομογένεια και η επαλληλία.
- Μαθηματικά μπορεί να περιγραφεί ως εξής:  
 $T[a_1 \cdot x_1(n) + a_2 \cdot x_2(n)] = a_1 \cdot T[x_1(n)] + a_2 \cdot T[x_2(n)]$ , για οποιαδήποτε είσοδο  $x_1(n)$  και  $x_2(n)$  και για οποιαδήποτε σταθερά  $a_1$  και  $a_2$ .

#### ❖ ΑΜΕΤΑΒΛΗΤΟΤΗΤΑ ΣΤΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ

- Αν σε ένα σύστημα υπάρξει καθυστέρηση στην είσοδο κατά κάποια συγκεκριμένη χρονική ποσότητα  $n_0$ , τότε θα υπάρξει μια αντίστοιχη καθυστέρηση στην έξοδο.
- Μαθηματικά μπορεί να περιγραφεί ως εξής: Αν  $y(n)$  η έξοδος του συστήματος για μια τυχαία είσοδο του συστήματος  $x(n)$ . Για να θεωρηθεί αμετάβλητο κατά την μετατόπιση πρέπει να υπάρξει μια καθυστέρηση κατά  $n_0$ , δηλαδή η έξοδος και είσοδος να είναι μεταβλημένες κατά  $n_0$ .

#### ❖ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ

- Σε πολλές εφαρμογές των τηλεπικοινωνιών η απόκριση του συστήματος, δηλαδή  $y(n)$  να είναι φραγμένη σε ένα κάποιο πλάτος σε όλη την έκταση του σήματος, έχοντας συγκεκριμένη είσοδο. Αλλιώς μπορούμε να το πούμε σύστημα με συγκεκριμένη είσοδο και έξοδο.
- Μαθηματικά μπορεί να περιγραφεί ως εξής. Ένα σύστημα θεωρείται ευσταθές αν για κάθε είσοδο ισχυει ότι  $|x(n)| \leq A < \infty$ . Το ίδιο ισχύει και για την  $y(n)$ , δηλαδή  $|y(n)| \leq B < \infty$ .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

### 3.1: ΑΝΑΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Όπως αναφερθήκαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο η αναλογική διαμόρφωση εφαρμόζεται γενικότερα στις τηλεπικοινωνίες. Ειδικότερα εφαρμόζεται στα ραδιόφωνα και στα κινητά συστήματα επικοινωνίας. Τα συγκεκριμένα συστήματα

χρησιμοποιούνται για την μετάδοση πληροφοριών, όπως για παράδειγμα η φωνή και η μουσική τα οποία είναι σε χαμηλές συχνότητες. Στο κανάλι επικοινωνίας στο οποίο θα εισαχθεί η πληροφορία έχει εφαρμοστεί ένα ζωνοπερατό φίλτρο, ώστε να μπορούν να βγαίνουν οι συχνότητες μέχρι και 500 kHz. Άρα το αρχικό σήμα για να μεταδοθεί πρέπει να μπει σε ένα φορέα, ο οποίος συνήθως έχει την μορφή ημιτόνου.

### **3.1.1: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ**

#### **❖ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

Ένα από τα πλεονεκτήματα τα οποία έχει η αναλογική διαμόρφωση είναι ότι υπάρχει άπειρη ανάλυση του σήματος. Επιπλέον, ένα άλλο πλεονέκτημα το οποίο έχει η αναλογική διαμόρφωση είναι ότι η επεξεργασία του σήματος μπορεί να γίνει ευκολότερα σε σχέση με την ψηφιακή.

#### **❖ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

Ένα από τα μειονεκτήματα τα οποία έχει η αναλογική διαμόρφωση είναι ότι στο σύστημα μπορεί να υπάρξει πιο εύκολα θόρυβος. Ένα άλλο μειονέκτημα το οποίο έχει είναι ότι μπορούν εύκολα να υποστούν αλλοίωση τα αναλογικά σήματα, όσον αφορά την πληροφορία. Άρα, είναι δύσκολο να γίνει η ανάκτηση της πληροφορίας από τον δέκτη. Ένα τελευταίο μειονέκτημα το οποίο έχει είναι ότι η ανάλυση του σήματος δεν μπορεί να γίνει εύκολα, λόγω της ύπαρξης του θορύβου στο σύστημα.

### **3.1.2: ΕΙΔΗ ΤΗΣ ΑΝΑΛΟΓΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ**

Τα είδη τα οποία έχει η αναλογική διαμόρφωση είναι η διαμόρφωση κατά πλάτους (AM), η διαμόρφωση κατά συχνότητα (FM) και η διαμόρφωση κατά φάση (PM).

#### **❖ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (AM)**

- Στην διαμόρφωση κατά πλάτος το φέρων σήμα, το οποίο μεταφέρει το πληροφοριακό σήμα αλλάζει κατά πλάτος και μένει σταθερό σε συχνότητα. Η μαθηματική περιγραφή της διαμόρφωσης κατά πλάτος (AM) είναι:

$$s_{am} = A_c * [1 + k * m(t)] * \cos(2 * \pi * f_c * t)$$

- Όπου  $A_c$ : πλάτος σήματος,  $f_c$ : συχνότητα φέροντος σήματος,  $k$ : συντελεστής διαμόρφωσης,  $m(t)$ : πληροφοριακό σήμα.

#### **❖ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (FM)**

- Στην διαμόρφωση κατά συχνότητα το φέρων σήμα, το οποίο μεταφέρει το πληροφοριακό σήμα, αλλάζει κατά συχνότητα και παραμένει στάθερο σε πλάτος. Η μαθηματική περιγραφή της διαμόρφωσης κατά συχνότητα (FM) είναι:

$$y(t) = A * \sin[(2 * \pi * f * t) + k * \cos(2 * \pi * f * t)]$$

- Όπου  $A$ : πλάτος σήματος,  $f$ : συχνότητα σήματος πληροφορίας,  $k$ : συντελεστής διαμόρφωσης.

### ❖ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΓΩΝΙΑ(PM)

- Στην διαμόρφωση κατά γωνία(PM) ο φορέας μεταβάλλεται κατά κάποια συγκεκριμένη γωνία. Η μαθηματική περιγραφή της διαμόρφωσης κατά φάση(PM) είναι:

$$x_{pm} = A_c \cdot \cos(\omega_c \cdot t + k_p \cdot m(t) + \psi)$$

•Όπου  $\omega_c$ :συχνότητα του φέροντος, $A_c$ :πλάτος φέροντος σήματος, $m(t)$ : πληροφοριακό σήμα, $k_p$ :συντελεστής διαμόρφωσης,  $\psi(t)$  :φάση του σήματος(τις περισσότερες φορές την θεωρούμαι μηδενική).

## 3.2:ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Όπως αναφερθήκαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο η πληροφορία στην ψηφιακή διαμόρφωση αναπαριστάται είτε με την μορφή συμβόλων είτε ως μια ακολουθία.Όσον αφορά τα σύμβολα γιακάθε σύμβολο αντιστοιχίζεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση.Το σύνολο αυτών των καταστάσεων αντιστοιχίζονται με την σειρά τους σε συγκεκριμένες κυματομορφές,οι οποίες αναπαριστούν την πληροφορία.Επίσης,είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι τα δεδομένα αναπαριστώνται σε διακριτό χρόνο και όχι σε συνεχή.Το ίδιο ισχύει και στην περίπτωση του πλάτους του σήματος.

### 3.2.1:ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

#### ❖ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Τα πλεονεκτήματα τα οποία έχει η ψηφιακή διαμόρφωση είναι η ανθεκτικότητα,η ευελιξία στην πολυπλεξία,η ευελιξία στο υλικό και στο λογισμικό και η ενσωμάτωση διαδικασιών ελέγχου σφαλμάτων.
- **Ανθεκτικότητα:**Στη ψηφιακή διαμόρφωση υπάρχει ανθεκτικότητα όσον αφορά το θόρυβο και τις υποβαθμίσεις που συμβαίνουν στο σήμα.Οι υποβαθμίσεις που γίνονται στο σήμα έχουν γίνει εισαγωγή απο το κανάλι επικοινωνίας.
- **Ευελιξία στην πολυπλεξία:**Στην ψηφιακή διαμόρφωση υπάρχει ευελιξία όσον αφορά την πολυπλεξία της πληροφορίας,όπως για παράδειγμα η φωνή,βίντεο.
- **Ευελιξία στο υλικό και στο λογισμικό:**Στην ψηφιακή διαμόρφωση υπάρχει μια ευελιξία στον τομέα του υλικού και στον τομέα του λογισμικού,δηλαδή η υλοποίηση των διαμορφωτών και αποδορφωτών γίνεται πάρα πολύ εύκολα,λόγω τουότι υπήρχε απο την αρχή λογισμικό.Επίσης,χρησιμοποιούνται ήδη προγραμματισμένοι επεξεργαστές για να γίνει η διαδικασία της επεξεργασίας κάποιου συγκεκριμένου σήματος.
- **Ενσωμάτωση διαδικασιών ελέγχου σφαλμάτων:**Για να γίνει η συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιούνται ειδικές διαδικασίες,όπως είναι η ανίχνευση και διόρθωση των λαθών.Επίσης,χρησιμοποιούνται κάποιες τεχνικές,όπως για παράδειγμα η κωδικοποίηση πηγής,η κρυπτογράφηση και η ισοστάθμιση του σήματος.

❖ **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ**

- Απαιτεί μεγαλύτερο εύρος ζώνης απο την αναλογική διαμόρφωση για μπορέσει να γίνει η μετάδοση της πληροφορίας.

### **3.2.2:ΕΙΔΗ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ**

❖ **ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ(ASK)**

Σε αυτό το είδος διαμόρφωσης γίνεται μεταβολή του πλάτους του φέροντος σήματος(το οποίο έχει συγκεκριμένη συχνότητα) σύμφωνα με την ακολουθία των μεταδιδόμενων συμβολων.

❖ **ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ(FSK)**

Σε αυτό το είδος διαμόρφωσης αντί να γίνει μεταβολή το πλάτος του φέροντος σύμφωνα με το πλήθος των μεταδιδόμενων συμβόλων, μεταβάλλεται η συχνότητα του.Επίσης,στο συγκεκριμένο είδος διαμόρφωσης χρησιμοποιούνται οι διακριτές τιμές της συχνότητας για να γίνουν οι αντιστοιχισεις των καταστάσεων των συμβόλων.

❖ **ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ(PSK)**

- Σε αυτό το είδος διαμόρφωσης μεταβάλλεται η φάση του φέροντος σήματος.Επίσης,η φάση που έχει το φέρον σήμα συγκρίνεται με εκείνη που έχει το φέρον σήμα αναφοράς.Αυτή η σύγκριση που γίνεται ανάμεσα στο φέρον σήμα και του φέροντος σήματος αναφοράς ονομάζεται συμφωνή PSK.
- Στην περίπτωση της δυαδικής ψηφιακής διαμορφώσης κατά φάση υπάρχει διαφορά φάσης μόνο δύο διαφορές φάσεις,οι κατά 0 μοίρες και 180 μοίρες ανάμεσα στα διαδοχικά σύμβολα
- Τέλος,στην PSK πρέπει να υπάρχει γραμμικότητα,ώστε διασφαλιστεί ότι το φίλτρο θα είναι πάνω απο την βασική ζώνη διέλευσης.

❖ **ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM**

Σε αυτό το είδος διαμόρφωσης ένα ημιτονοειδες φέρον σήμα μεταβάλλεται κατά κάποιο πλάτος και κατά κάποια φάση.Κάθε σύμβολο γίνεται αντιστοίχιση με έναν συγκεκριμένο συνδυασμό τιμής πλάτους και φάσης.Με αποτέλεσμα μετά της διαδικασία της διαμόρφωσης να βγει ένα σήμα το οποίο έχει πολλαπλές συχνότητες.Το εύρος συχνοτήτων ενός QAM σήματος δημιουργείται από την ροή μεταδοσης των δεδομένων.Επίσης,κάθε σύμβολο γίνεται αντιστοίχιση σε συγκεκριμένες x και y συντεταγμένες.

### **3.3:ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ ΣΕ ΨΗΦΙΑΚΟ**

Για να γίνει η μετατροπή απο αναλογικό σήμα χρειάζεται να χρησιμοποιούμε την παλμοκωδική διαμόρφωση.



Αυτή η μετατροπή από αναλογικό σε ψηφιακό σήμα γίνεται με σκοπό να μειωθούν τα προβλήματα που προκαλούνται λόγω της εξασθένησης. Η παλμοκωδική διαμόρφωση ανήκει στην κατηγορία της κωδικοποίησης κυματομορφής. Γενικά η κωδικοποίηση κυματομορφής χρησιμοποιείται για να μπορεί να γίνει η κωδικοποίηση αναλογικών σημάτων σε ψηφιακό σήμα. Αφού γίνει η μετατροπή σε ψηφιακό σήμα χρησιμοποιείται μετά για να ξανααναπαραχθεί το αναλογικό σήμα. Για να γίνει σωστά η αναπαραγωγή του αναλογικού σήματος χρησιμοποιείται ένα πλήθος από δυαδικά ψηφία, που αυτά με την σειρά τους χρησιμοποιούνται για να μπορεί να γίνει η κωδικοποίηση του σήματος πληροφορίας.

### **3.3.1: ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΕΥΡΟΥΣ ΠΑΛΜΟΥ (PAM)**

Η παλμοκωδική διαμόρφωση είναι ουσιαστικά η επέκταση της διαμόρφωσης εύρους παλμού (PAM), στην οποία ένα δειγματοληπτικό σήμα αποτελείται από μια σειρά παλμών, όπου κάθε παλμός γίνεται αντιστοίχιση στο πλάτος του σήματος στο συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στο οποίο έχει γίνει η δειγματοληψία. Κάθε αναλογική τιμή του δείγματος γίνεται αντιστοίχιση με μια διακριτή τιμή, όπου αυτή χρησιμοποιείται για να μπορέσει να γίνει η αναπαράσταση μιας λέξης ψηφιακού κώδικα.

### **3.3.2: ΜΕΡΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΑΛΜΟΚΩΔΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ**

Τα κύρια μέρη τα αποτελούν ένα σύστημα μετατροπής είναι ο κωδικοποιητής (μετατροπέας αναλογικού σε ψηφιακό) και ο αποκωδικοποιητής (μετατροπέας ψηφιακού σε αναλογικό). Ο συνδυασμένος κωδικοποιητής / αποκωδικοποιητής ή αλλιώς κωδικοποιητής PCM μπορεί να εκτελέσει τρεις συγκεκριμένες λειτουργίες, οι οποίες είναι η δειγματοληψία, η κβαντοποίηση και η κωδικοποίηση.

### **3.3.3: ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ**

Η δειγματοληψία είναι ουσιαστικά η ανάγνωση διακριτών τιμών του αναλογικού σήματος.

Ο Nyquist ήταν ένας επιστήμονας, ο οποίος ανέπτυξε μια θεωρία σχετικά την ανακατασκευή του αναλογικού σήματος χρησιμοποιώντας τις τιμές οι οποίες βγήκαν από την διαδικασία της δειγματοληψίας. Επίσης, διαπιστώσε ότι για να μπορεί να γίνει η ανακατασκευή του αναλογικού σήματος πρέπει η συχνότητα δειγματοληψίας να είναι τουλάχιστον διπλάσια της μέγιστης συχνότητας του αναλογικού σήματος. Επιπλέον, για να γίνει σωστά η διαδικασία της ανακατασκευής του σήματος πρέπει να εφαρμοστεί ένα φίλτρο χαμηλής διέλευσης στον δέκτη.

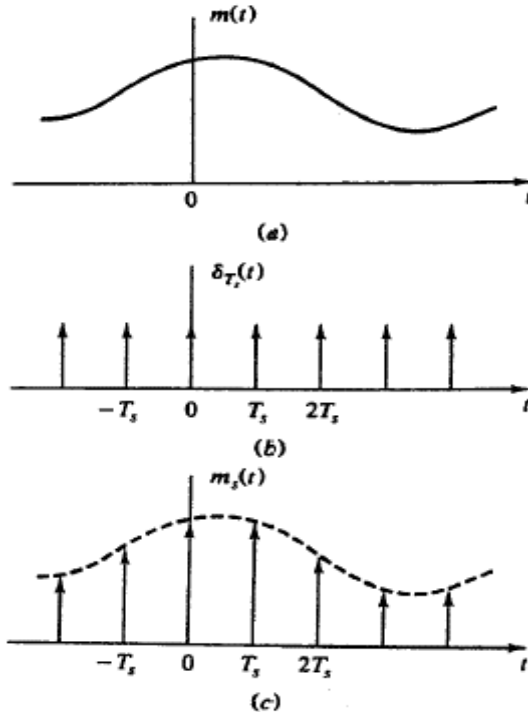
#### **3.3.3.1: ΕΙΔΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ**

- Η δειγματοληψία χωρίζεται σε τρία είδη, την ιδανική δειγματοληψία, την φυσική δειγματοληψία και την δειγματοληψία οριζόντιας κορυφής.

### ❖ ΙΔΑΝΙΚΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

- Η ιδανική δειγματοληψία γίνεται στιγμιαία, δηλαδή πέρνονται δείγματα από το αναλογικό σήμα κατά συγκεκριμένα δευτερόλεπτα καθόλη την διάρκεια του χρόνου. Η μαθηματική περιγραφή της ιδανικής δειγματοληψίας είναι:

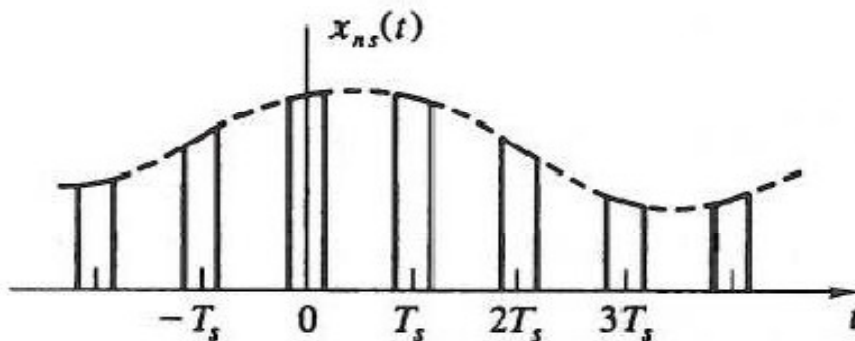
$$m_s(t) = m(t) * \delta_{T_s}(t) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} m(n * T_s) * \delta_{T_s}(t - T_s)$$



a) Πληροφοριακό σήμα, b) Ακολουθία κρουστικών αποκρούσεων, c) Δειγματοληπτημένο σήμα

### ❖ ΦΥΣΙΚΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

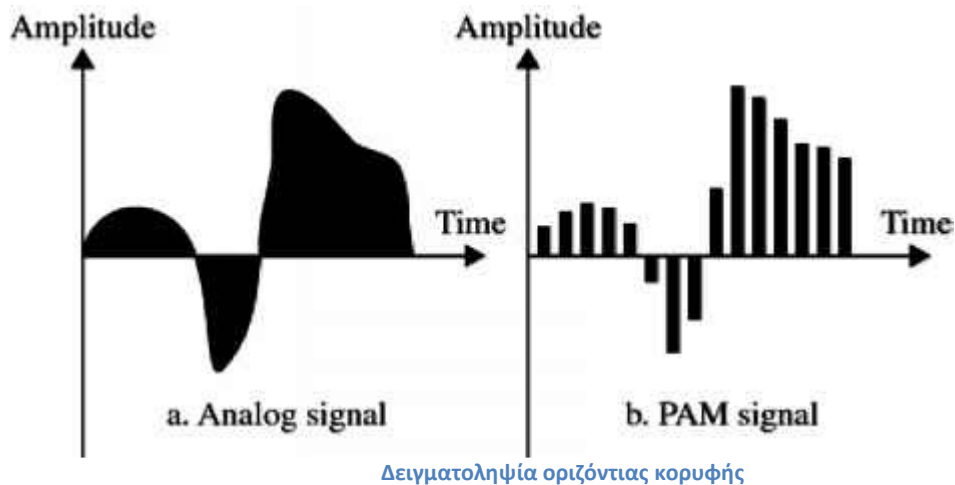
- Στην φυσική δειγματοληψία το δειγματοληπτημένο σήμα προκύπτει από το γινόμενο ενός σήματος πληροφορίας με μια ακολουθία τετραγωνικών παλμών. Αυτό το είδος δειγματοληψίας ονομάστηκε φυσική δειγματοληψία, λόγω του ότι η κάθε κόρυφη στο δειγματοληπτημένο σήμα σχηματίζει το αναλογικό σήμα έχοντας σαν διάρκεια έναν τετραγωνικό παλμό.
- Η μαθηματική περιγραφή της φυσικής δειγματοληψίας είναι:
 
$$x_{ns}(t) = m(t) * x_p(t)$$
- Όπου χρ. ακολουθία τετραγωνικών παλμών (όπου κάθε ακολουθία αντιστοιχεί μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο).



Φυσική δειγματοληψία

### ❖ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑΣ ΚΟΡΥΦΗΣ

- Σε αντίθεση με την ιδανική δειγματοληψία και την φυσική δειγματοληψία η δειγματοληψία οριζόντιας κορυφής είναι το πιο εύκολο είδος δειγματοληψίας. Επίσης, είναι το πιο πολυχρησιμοποιήσιμο είδος δειγματοληψίας σε σχέση με τις υπόλοιπες. Επιπλέον, αυτός το είδος δειγματοληψίας ονομάζεται αλλιώς και δειγματοληψία πλατους παλμών (PAM), λόγω του ότι το πλάτος αλλάζει σύμφωνα με τα δείγματα τα οποία έχουν παρθεί από το αναλογικό σήμα.
- Η μαθηματική περιγραφή της δειγματοληψίας της οριζόντιας κορυφής είναι:  
$$x_s(t) = m_s(t) * p(t)$$
- Όπου  $x_s(t)$ : σήμα PAM,  $m_s(t)$ : ιδανικό δειγματοληπτημένο σήμα,  $p(t)$ : ακολουθία τετραγωνικών παλμών κατά την διάρκεια του χρόνου.



### 3.3.4: ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ

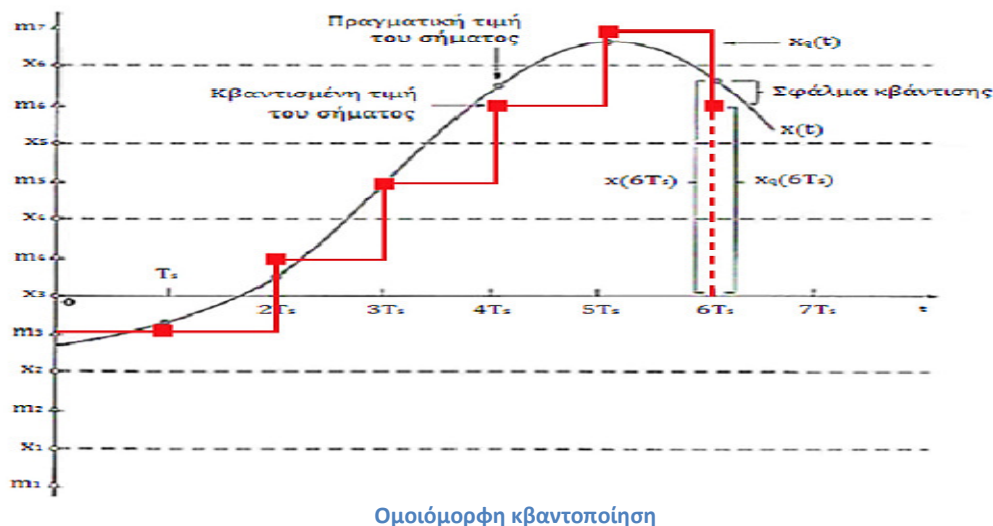
Η κβαντοποίηση είναι η διαδικασία στην οποία εκχώρούνται οιαδικριτές τιμές σε κάποιο συγκεκριμένο εύρος τιμών για κάθε δείγμα το οποίο πάρθηκε από το αναλογικό σήμα. Ο αριθμός των πιθανών τιμών θα εξαρτηθεί από τον αριθμό των bits που χρησιμοποιήθηκαν για να αντιπροσωπεύσουν κάθε δείγμα, δηλαδή στα επιπεδά στα οποία έχει χωριστεί το σήμα. Η κβαντοποίηση μπορεί να γίνει είτε με στρογγυλοποίηση της κβαντοποιημένης τιμής του σήματος είτε προς τα επάνω ή προς τα κάτω είτε με την περικοπή του σήματος στην πλησιέστερη τιμή, η οποία είναι χαμηλότερη από το πραγματικό δείγμα. Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μίας βαθμιδωτής κυματομορφής που μοιάζει κατά πολύ το πηγαίο σήμα. Η διαφορά που υπάρχει μεταξύ των τιμών ονομάζεται θορύβος κβαντισμού.

Η μείωση του θορύβου κβαντισμού γίνεται καθώς αυξάνεται τον αριθμό των επιπέδων στο οποίο χωρίζεται το σήμα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, να υπάρξει μια διαφορά μεταξύ του εύρους τιμών του αναλογικού σήματος και των τιμών κβαντοποίησης. Αυτή η διαφορά προκαλεί την μείωση του θορύβου κβαντισμού και την αύξηση του εύρους τιμών κβαντισμού. Ωστόσο, αυτή η διαφορά θα αυξήσει και το εύρος ζώνης PCM.

### 3.3.4.1: ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗ

Στην ομοιόμορφη κβαντοποίηση εφαρμόζεται το ίδιο ποσοστό κβαντοποίησης σε όλο το αναλογικό σήμα. Ο λόγος σήματος προς θόρυβο (SNR), μαζί με τον θόρυβο κβαντισμού, αποτελούν τους σημαντικότερους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα της πληροφορίας του φωνητικού σήματος. Η μονάδα μέτρησης του λόγου σήματος προς θόρυβο είναι ντεσιμπέλ (dB).

Όσο πιο μεγαλύτερος ο λόγος σήματος προς θόρυβο, τόσο καλύτερη θα είναι και η ποιότητα της πληροφορίας του φωνητικού σήματος. Ο θόρυβος κβαντοποίησης είναι αυτός που τελικά μειώνει την ποιότητα. Με αποτέλεσμα, να υπάρξει μια αύξηση του θορύβου κβαντοποίησης που αυτό οδηγεί με την σειρά του σε μείωση της ποιότητας της πληροφορίας του φωνητικού σήματος. Για παράδειγμα, τα σήματα που είναι χαμηλά σε ένταση έχουν μικρότερο λόγο σήματος προς θόρυβο σε σχέση με τα υψηλών σε ένταση σήματα, τα οποία έχουν μεγάλο λόγο σήματος προς θόρυβο. Γενικά, τα περισσότερα φωνητικά σήματα έχουν μια σχετικά χαμηλή συχνότητα και παρουσιάζουν καλύτερη ποιότητα φωνής στα υψηλότερα επίπεδα σήματος. Άρα καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι είναι ένας αναποτελεσματικός τρόπος για να χρησιμοποιηθεί για την ψηφιοποίηση φωνητικών σημάτων. Επομένως, η ομοιόμορφη κβαντοποίηση αντικαταστάθηκε από μια άλλη μη ομοιόμορφη διαδικασία ποσοτικοποίησης η οποία ονομάζεται συμπίεση.



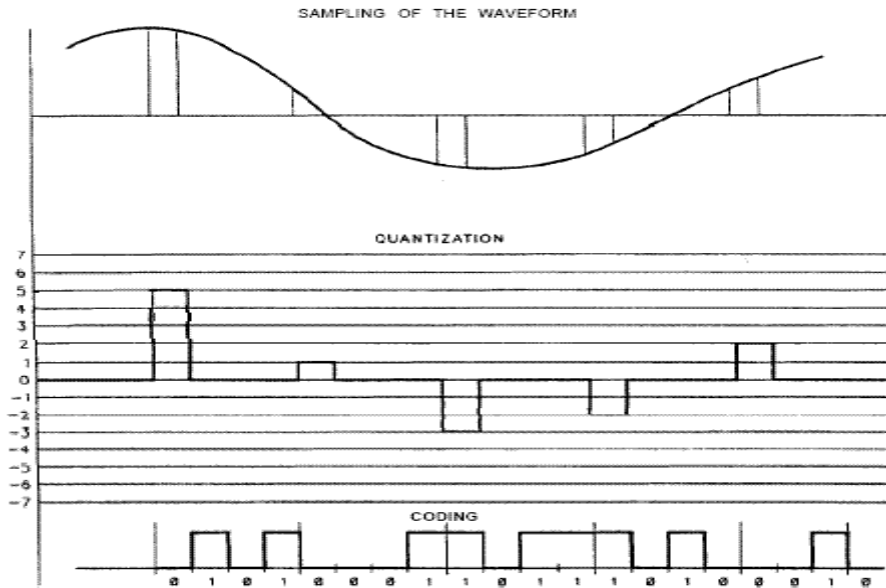
### 3.3.4.2: ΣΥΜΠΙΕΣΗ

Η συγκεκριμένη διαδικασία χρησιμοποιείται, ώστε να γίνει η συμπίεση και αποσυμπίεση ενός αναλογικού ή ενός ψηφιακού σήματος. Πιο συγκεκριμένα, πριν γίνει η μετάδοση της πληροφορίας στον δέκτη γίνεται συμπίεση. Μόλις φτάσουν τα δεδομένα στο δέκτη αποσυμπιέζονται.

Οι δύο συγκεκριμένες διαδικασίες, δηλαδή η συμπίεση και η αποσυμπίεση ανήκουν στην κατηγορία των μη-γραμμικών διαδικασιών.

### 3.3.5: ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

- Η κωδικοποίηση είναι ουσιαστικά γίνεται η αντιστοίχιση μιας κβαντοποιημένης τιμής του σήματος με μια κωδική λέξη, η οποία αποτελείται από ψηφία '0' και '1'.
- Η μαθηματική περιγραφή της κωδικοποίησης είναι:  $B = \log_2 L$ . Όπου  $L$ : πλήθος των επιπέδων κβάντισης και  $B$ : ψηφία, τα οποία είναι ακέραιοι αριθμοί.



Απο την διαδικασία της δειγματοληψίας στην διαδικασία της κωδικοποίησης

### 3.3.5.1: ΡΥΘΜΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΣΤΗΝ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

- Για να μπορέσουμε να βρούμε τον ρυθμό μετάδοσης των κωδικών λέξεων χρησιμοποιούμε τον τυπο:  $R = f_s * \log_2 L = f_s * B$  (bits/sec), όπου  $f_s$ : συχνότητα δειγματοληψίας.

### 3.3.5.2: ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ

Γενικότερα στα ψηφιακά συστήματα επεξεργασίας σήματος χρησιμοποιούμε το συμπλήρωμα ως προς 2 για να μπορέσουμε να κάνουμε αναπαράσταση των κωδικών λέξεων. Στα συστήματα αυτά η μορφή της κωδικής λέξης είναι η εξής:  $c = [b_0, b_1, \dots, b_n]$  με μήκος λέξης  $B+1$  bits. Το πρώτο ψηφίο της κωδικής λέξης ουσιαστικά αντιπροσωπεύει το πρόσημο και τα υπόλοιπα ψηφία που αποτελούν την κωδική λέξη αντιστοιχίζονται σε δυαδικές ακέραιες τιμές ή σε κλάσματα. Αν θεωρήσουμε ότι η κωδική λέξη είναι υπό την μορφή δυαδικών κλασμάτων, τότε η κωδική λέξη θα έχει την εξής μορφή:

$$x = (-1)^{b_0} + b_1 * 2^{-1} + b_2 * 2^{-2} + \dots + b_B * 2^{-B}$$

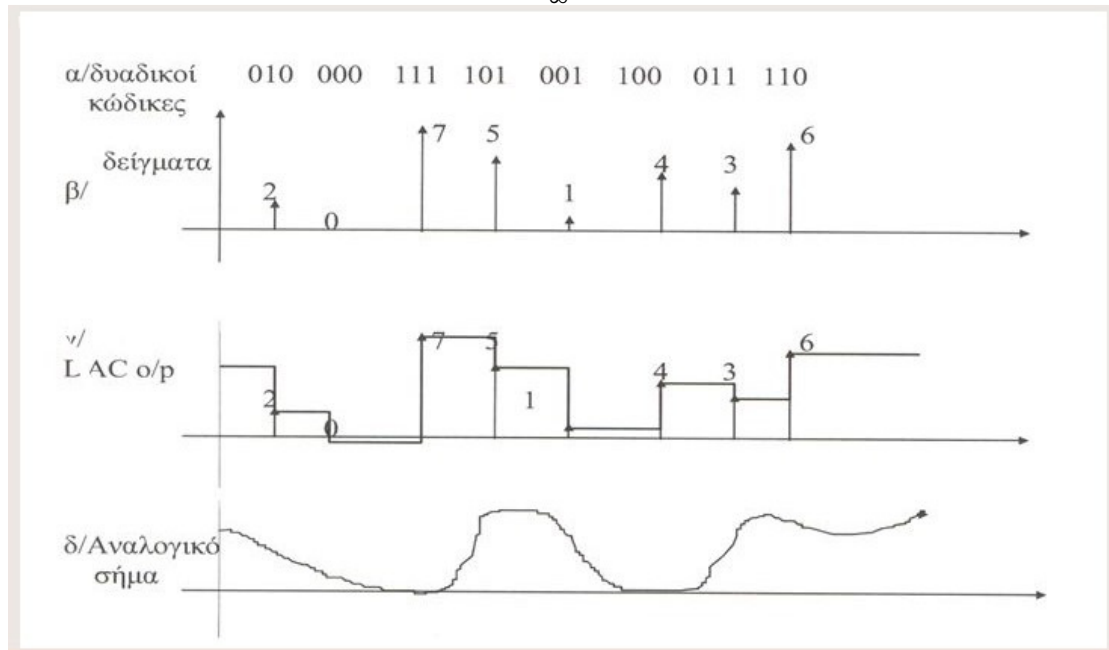
### 3.3.5.2: ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΑΠΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΣΕ ΑΝΑΛΟΓΙΚΟ

- **Θεώρημα Δειγματοληψίας:** Αν ένα αναλογικό σήμα δειγματοληπτείται με συχνότητα δειγματοληψίας  $f_s \geq 2f_x$  (όπου  $f_x$  η μέγιστη συχνότητα του σήματος), τότε μπορεί η διαδικασία της ανάκτησης σήματος μέσω των δειγμάτων που πάρθηκαν από αυτό, χρησιμοποιώντας την συνάρτηση παρεμβολής:

$$g(t) = \sin(2\pi f_x t) / 2\pi f_x t$$

- Για να μπορέσουμε να βρούμε το αναλογικό σήμα χρησιμοποιούμε την παρακάτω σχέση:

$$x_a(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} x_a * \left(\frac{n}{f_s}\right) * g\left(t - \frac{n}{f_s}\right)$$



Μετατροπή από ψηφιακό σε αναλογικό σήμα

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΟΝΤΕΛΑ ΘΟΡΥΒΟΥ: ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

### 4.1: AWGN

Αυτό το συγκεκριμένο κανάλι-μοντέλο θορύβου χρησιμοποιείται κατά κόρον στο σχεδιασμό ενός συστήματος επικοινωνίας. Σε αυτό το μοντέλο η μείωση ποιότητας στην επικοινωνία αλλάζει σύμφωνα με την γραμμική προσθήκη του λευκού θορύβου έχοντας σαν σταθερά την φασματική πυκνότητα. Η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας του θορύβου αλλάζει σύμφωνα με την γκαουσιανή κατανομή που έχει οριστεί από πριν. Το συγκεκριμένο είδος κατανομής ανήκει στην κατηγορία των τυχαίων κατανομών.

Αυτός ο συγκεκριμένος θόρυβος προέρχεται από διάφορου είδους φυσικές πηγές, όπως για παράδειγμα οι θερμικές δονήσεις των ατόμων που συμβαίνουν στους αγωγούς, ο θόρυβος, η ακτινοβολία μαύρου σώματος από τη γη και άλλα θερμικά αντικείμενα και ουράνιες πηγές, όπως για παράδειγμα ο ήλιος. Το κανάλι AWGN είναι το ιδανικότερο μοντέλο για να χρησιμοποιηθεί σε κανάλια τα οποία έχουν πάρα πολλούς συνδέσμους επικοινωνίας, όπως για παράδειγμα οιδορυφορικές συνδέσεις.

#### 4.1.1: ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥ AWGN ΜΟΝΤΕΛΟΥ

##### ❖ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Το AWGN μοντέλο είναι χρήσιμο για την ανάπτυξη διάφορων τεχνικών που αφορούν την ανίχνευση του σήματος.

#### ❖ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Το μειονέκτημα το οποίο έχει το AWGN είναι ότι δύσκολο να προσομοιώσει σε πραγματικό χρόνο μια επίγεια τηλεπικοινωνιακή σύνδεση. Επειδή δεν περιέχει κάποια σημαντικά χαρακτηριστικά, τα οποία είναι απαραίτητα για να γίνει η προσομοίωση, όπως για παράδειγμα το φαινόμενο των πολλαπλών διαδρομών, ο αποκλεισμός κάποιων ακτινών που απορροφήθηκαν από το έδαφος και παρεμβολών που συμβαίνουν σε μια επίγεια σύνδεση.

#### 4.1.2: ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ AWGN ΜΟΝΤΕΛΟΥ

- Αν  $x(t)$  μεταδιδόμενο σήμα τότε:  $x(t) = A * \cos(2 * \pi * f_c * t)$ , τότε το λαμβανόμενο σήμα είναι:

$$r(t) = \sum_{n=1}^L A_i * \cos(2 * \pi * f_c * t + \varphi_i) = \cos * 2 * \pi * f_c * t * \sum_{n=1}^L A_i * \cos(\varphi_i) - \sin * 2 * \pi * f_c * \sum_{n=1}^L A_i * \sin(\varphi_i)$$

- Όπου  $A_i$ : το πλάτος της κάθε διαδρομής,  $\varphi(i)$ : η φάση της κάθε διαδρομής,  $L$ : ο αριθμός των διαδρομών ανάμεσα στο στον αποστολέα και τον παραλήπτη.

#### 4.1.3: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ AWGN ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το μοντέλο AWGN χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να έχουμε πολλές δορυφορικές συνδέσεις και επίγειες συνδέσεις. Επίσης, το συγκεκριμένο μοντέλο χρησιμοποιείται ώστε να μπορεί να γίνει η προσομοίωση του θορύβου που συμβαίνει στο background σε δοκιμαστικά κανάλια. Τέλος, χρησιμοποιούμε το συγκεκριμένο μοντέλο για παρεμβολές που συμβαίνουν στα σήματα και άλλων προβλημάτων που υπάρχουν στα ραδιοσυστήματα.

#### 4.2: RAYLEIGH

Το Rayleigh είναι ένα μοντέλο που χρησιμοποιείται για την εξασθένηση που συμβαίνει στο σήμα. Επίσης, χρησιμοποιείται για τις παραλλαγές που συμβαίνουν στο σήμα, εξαιτίας των πολλαπλών διαδρομών.

#### 4.2.1: ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ RAYLEIGH

- Η εξίσωση η οποία περιγράφει το μοντέλο Rayleigh είναι:  
$$p(r) = r / \delta^2 * e^{-r/\delta^2}$$
, στην περίπτωση που το  $r \geq 0$ 
  - Το  $r$  είναι το πλάτος το οποίο έχει το λαμβανόμενο σήμα και δίνεται από τον τύπο:  $|r(t)| = \sqrt{X^2 + Y^2}$ .
  - Το  $\delta^2$  είναι η διακυμάνση του σήματος.

## 4.2.2:ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΟΥΜΟΝΤΕΛΟΥ RAYLEIGH

### ❖ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που έχει το συγκεκριμένο μοντέλο είναι ότι οι διακυμάνσεις που γίνονται καθόλη την διάρκεια του σήματος μεταδίδονται μέσω μιας ασύρματης ζεύξης στην περίπτωση που δεν υπάρχει καθόλου άμεση οπτική επαφή με τον δέκτη,αρά μπορεί να υπάρχουν απώλειες μεταξύ πομπού και δέκτη.Επίσης,οι διακυμάνσεις που γίνονται στο σήμαβασίζονται στην η ληφθείσα αναλογία σήματος προς θόρυβο (SNR),όπου η κατανομή της είναι εκθετική.Οπότε δεν θα υπάρξει εξασθένιση,αρά και απώλειες όταν υπάρχει οπτική επαφή μεταξύ πομπού και δέκτη.

### ❖ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Το μόνο μειονέκτημα το οποίο έχει το μοντέλο Rayleigh είναι ότι δεν δίνεται καμία πληροφορία σχετική με τον αριθμό με των ομάδων για τις οποίες δεν έχουν οριστεί οι διαστάσεις.

## 4.2.3:ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ RAYLEIGH

- Το μοντέλο Rayleigh χρησιμοποιείται στα κέντρα των πόλεων σε περίπτωση που δεν υπάρχει καμία οπτική επαφή μεταξύ πομπού και δέκτηή όταν υπάρχουν πολλά κτίρια ή κάποια άλλα αντικείμενα ανάμεσα τους,τα οποία μπόρουν να εξασθενίσουν,αντανακλούν,διαθλώνται και διαθλώνουν το σήμα.
- Μια άλλη εφαρμογη του μοντέλου Rayleigh είναι η χρησιμοποίηση του για μπορέσει να γίνει μελέτη φυσικών φαινομένων,οπώς για παράδειγμα ο ήχος του κεραυνου,ο οποίος είτε απορροφείται είτε αντανακλάται.Στα συγκεκριμένα έχει οριστεί ένα συγκεκριμένο όριο για την περίπτωση της απορρόφησης.Επίσης,στο συγκεκριμένο μοντέλο έχει όριστεί ένα μηχανικό σύστημα,το οποίο αποτελείται από πηγές,συσσωρευτές και αντιστάσεις.

## 4.3:ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΔΙΑΔΡΟΜΩΝ

Το μοντέλο διάδοσης πολλαπλών διαδρομών χρησιμοποιείται στην περιπτώση που δεν υπάρχει καμία οπτική επαφή μεταξύ πομπού και δέκτη.Το μεταδιδόμενο σήμα μπορεί να φτάσει στον δέκτη είτε μέσω ανακλάσεως απο τους τοίχους των κτιρίων ή απο το έδαφος.Επίσης,στην περίπτωση της ανακλάσεως γίνεται μια διασκόρπιση του σήματος,όπου το ένα μέρος του σήματος αντανακλάταιπρώτα σε ένα αντικείμενο και μετά πάει στον δέκτη.Ενω,το άλλο μέρος του σήματος ακολουθά μια κυκλική διαδρομή για να μπορέσει να φτάσει στον δέκτημέσω του εσωτερικού τοιχώματος του συγκεκριμένου αντικειμένου.Όλο αυτό δημιουργεί μια καθυστέρηση στην διάδοση του σήματος στον δέκτη.Αυτή η καθυστέρηση κατά κάποιο ποσοστό είναι ίδια με την εκείνη της άμεσης διάδοσης του σήματος.



Όμως υπάρχει και μια άλλη περίπτωση που το σήμα να φτάσει στον δέκτη μέσω σκέδασης. Όπου το σήμα ακολουθεί διαφορετικές διαδρομές, μέσα σε αυτές τις διαδρομές μπορεί να είναι και η άμεση διάδοση του σήματος στο αντικείμενο και το υπόλοιπο να είναι εσωτερικά του τοίχου του κτιρίου.

#### 4.3.1:ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗ ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

- Η μαθηματική εξήγηση που περιγράφει αυτό το μοντέλο είναι:  
$$VR,n = \rho n \cos[\omega(t - \tau n)]$$
  - $\rho n$ : Ένας πραγματικός αριθμός που περιγράφει τη διαφορά εύρους μεταξύ της άμεσης ακτίνας και της n-οστής ανακλώμενης ακτίνας.
  - $\tau n$ : Η χρονική διαφορά άφιξης μεταξύ της άμεσης και της n-οστής ανακλώμενης ακτίνας (Η n-οστή ακτίνα φθάνει τα δευτερόλεπτα μετά την άμεση ακτίνα).
- Η εξίσωση η οποία περιγράφει το συγκεκριμένο μπορεί να γραφτεί ως εξής:  $VR,n = \rho n * \cos(\omega * t - \phi n)$ , όπου  $\phi n = -\omega * \tau n$ .

#### 4.3.2:ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

Το μοντέλο της πολλαπλής διάδοσης χρησιμοποιείται στις αστικές περιοχές, επειδή υπάρχουν πολλά εμπόδια μεταξύ πομπού και δέκτη, όπως για παράδειγμα κτίρια. Επίσης, υπάρχει ένας ραδιοανιχνευτής ο οποίος κάνει την ανίχνευση των κυμάτων, δηλαδή τα σήματα τα οποία εκπέμπονται λόγω των ανάκλασεων από τα κτίρια. Ο συγκεκριμένος ραδιοανιχνευτής ανιχνεύει όλα τα σήματα τα οποία μεταδίδονται μαζί με τα χαρακτηριστικά τα οποία έχουν, εκτός από αυτά που εκπέμπεται κατευθείαν από τον πομπό. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να υπολογίζονται μόνο τα ανακλώμενα σήματα και όχι το πραγματικό σήμα. Επιπλέον, δημιουργούνται κάποιες διακυμάνσεις στην ένδειξη του ραδιοανιχνευτή, όσον αφορά τα σήματα λόγω των ανακλάσεων. Αυτές οι διακυμάνσεις στο σήμα δημιουργούνται λόγω των μετακινήσεων των οχημάτων στις αστικές περιοχές.

#### 4.4:ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΘΟΡΥΒΟΥ

Από τις προηγούμενες ενότητες καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι, για γενική χρήση χρησιμοποιούμε το AWGN μοντέλο, διότι είναι εύκολο σε χρήση μοντέλο για την προσομοίωση θορύβου σε σχέση με τα άλλα.

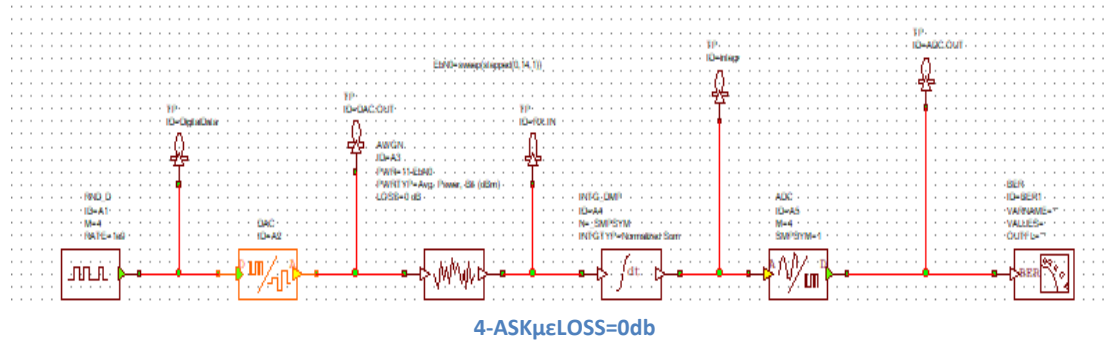
Για τις αστικές περιοχές χρησιμοποιούμε το μοντέλο πολλαπλής διάδοσης, διότι έχει ένα μηχανισμό που ανιχνεύει τα κύματα, δηλαδή τα σήματα που έρχονται από ανακλάσεις λόγω των κτιρίων. Για το κέντρο των συγκεκριμένων περιοχών χρησιμοποιούμε το μοντέλο Rayleigh για προσομοίωση φαινομένων που προκαλούν εξασθένηση, για παράδειγμα βροχές.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΒΑΣΙΚΑ ΣΧΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ- ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΘΟΡΥΒΟΥ

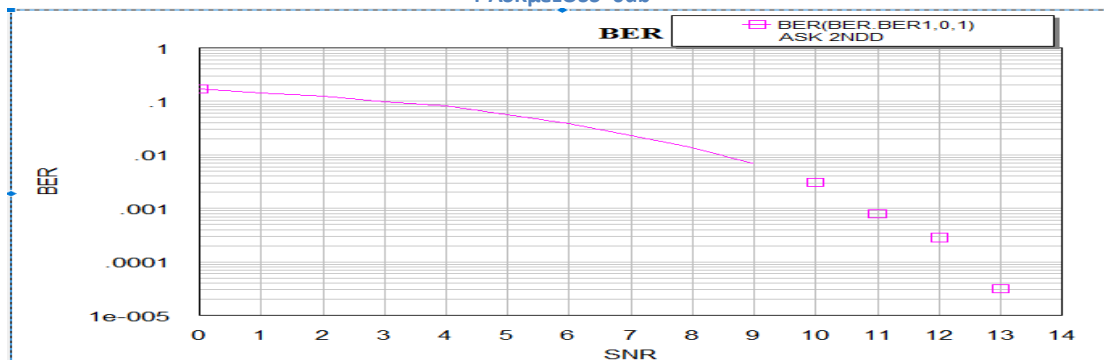
## 5.1: ΑΩΓΝΚΑΝΑΛΙ ΘΟΡΥΒΟΥ

### 5.1.1: ASK

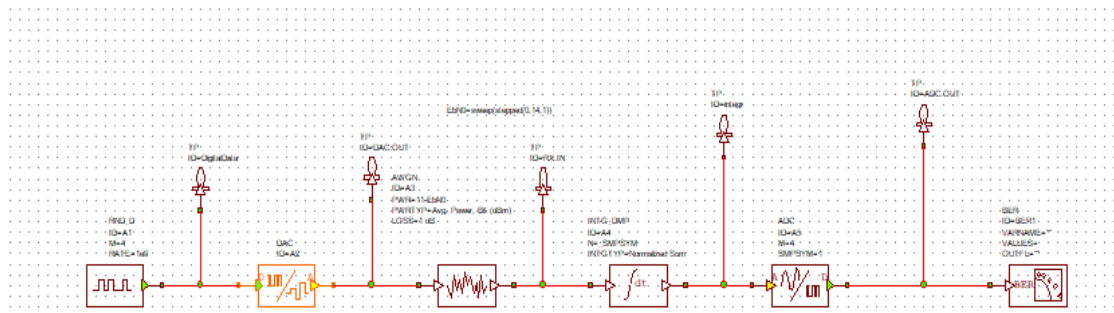
#### 5.1.1.1: 4-ASK



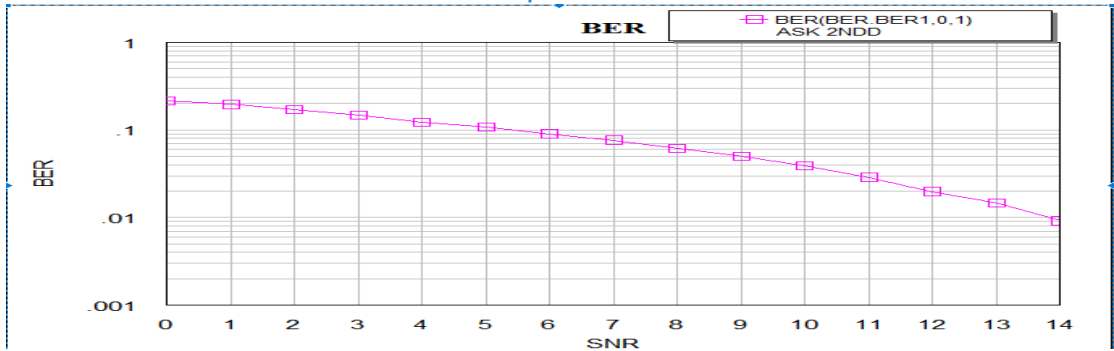
4-ASK με LOSS=0db



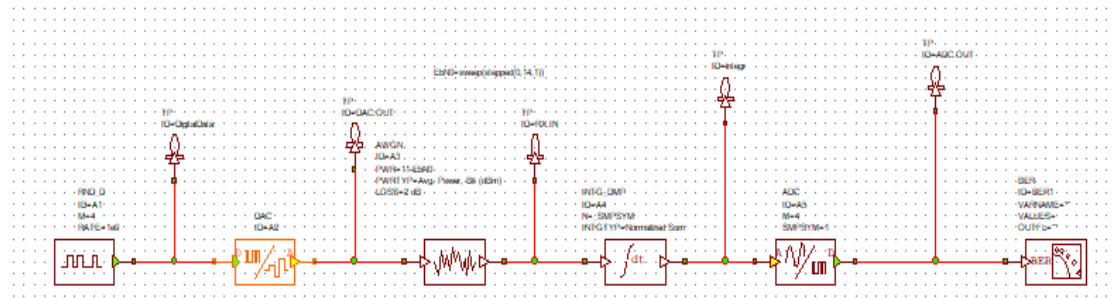
BER 4-ASK με LOSS=0db



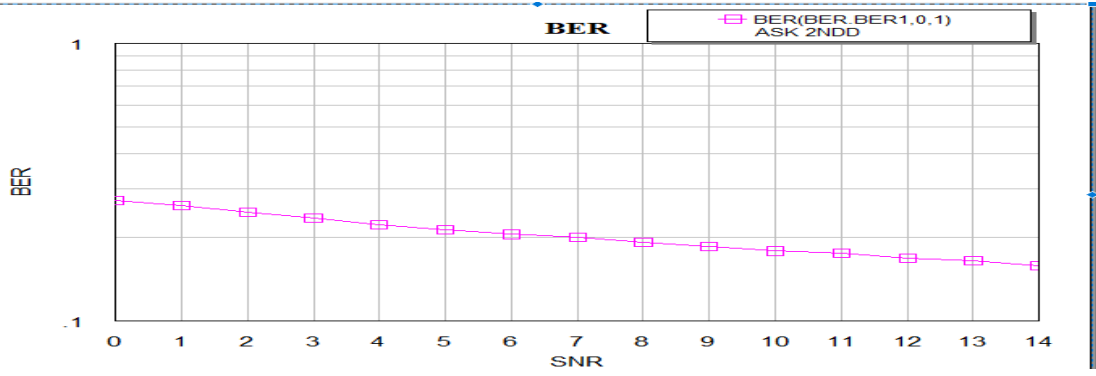
4-ASK  $\mu$  LOSS=1db



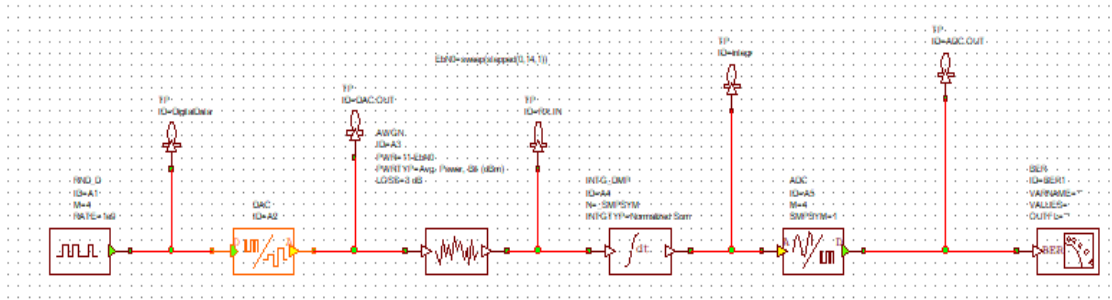
BER 4-ASK  $\mu$  LOSS=1db



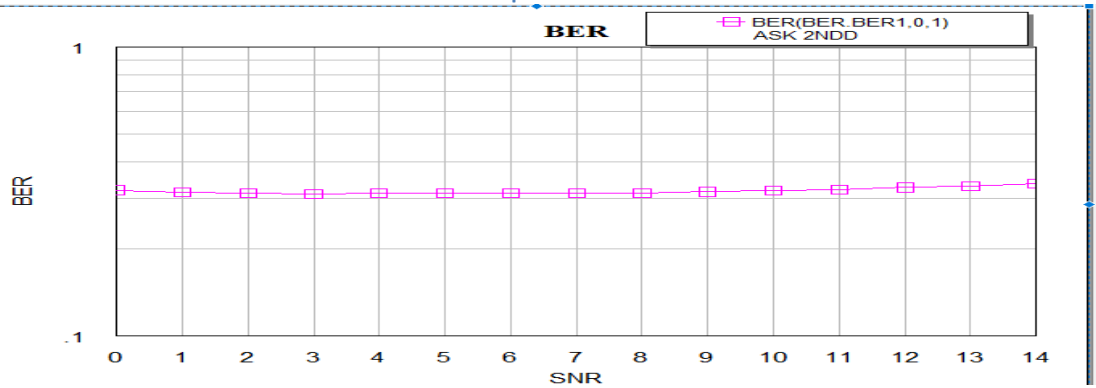
4-ASK  $\mu$  LOSS=2db



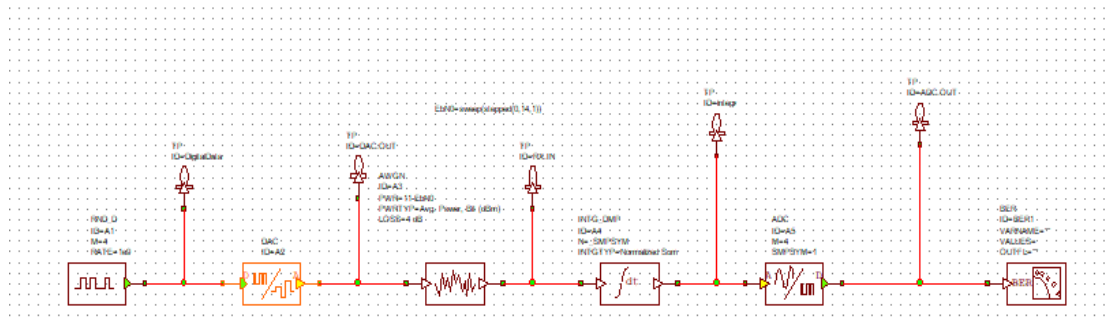
BER 4-ASK με LOSS=2db



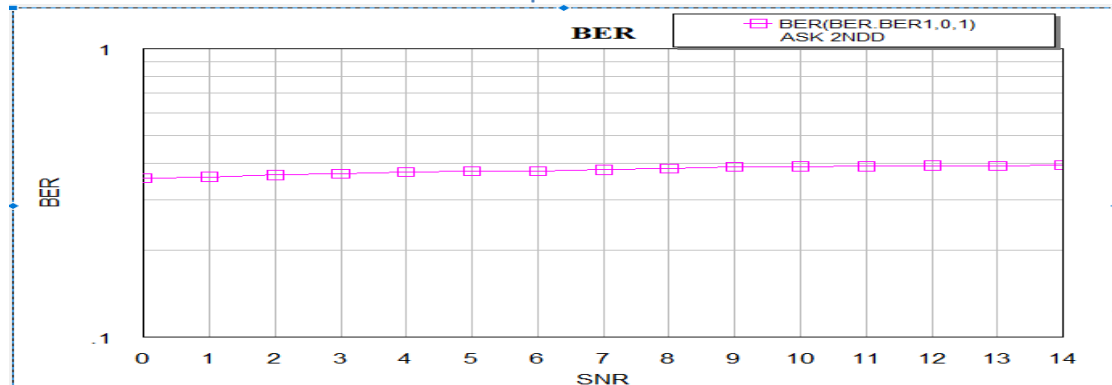
4-ASK με LOSS=3db



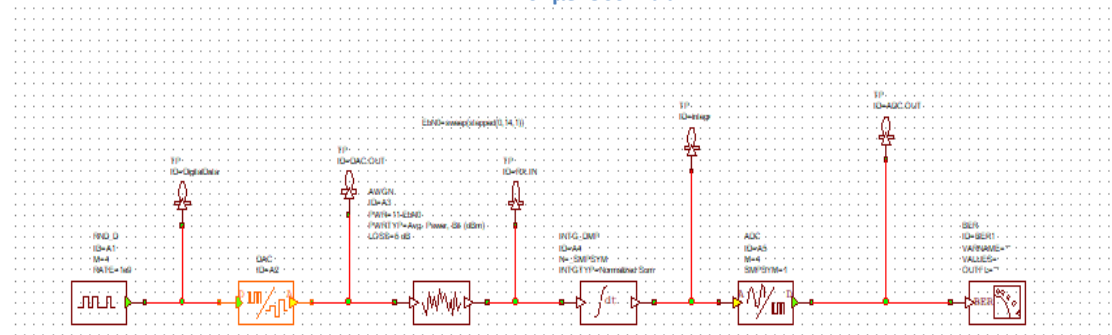
BER 4-ASK με LOSS=3db



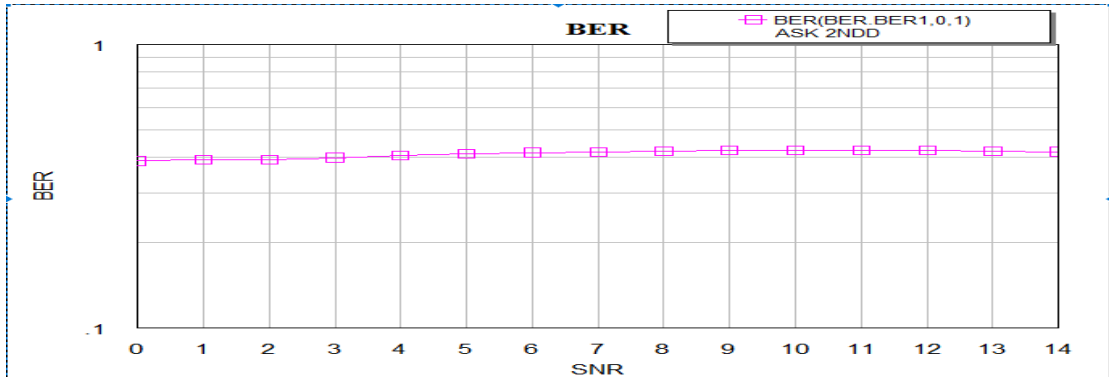
4-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db



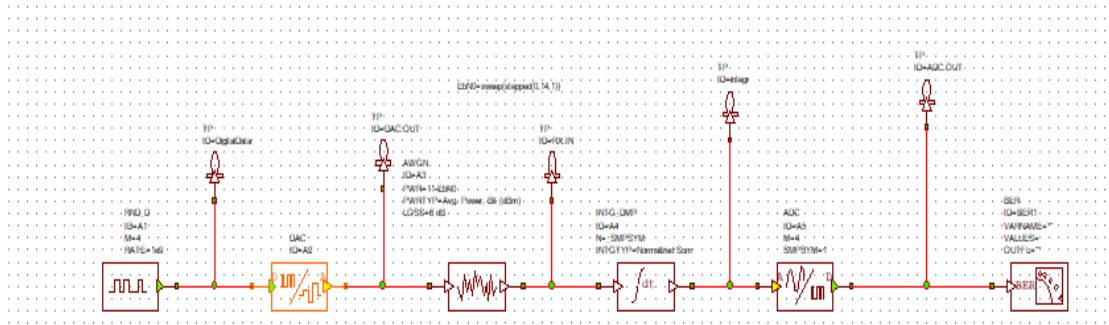
BER 4-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db



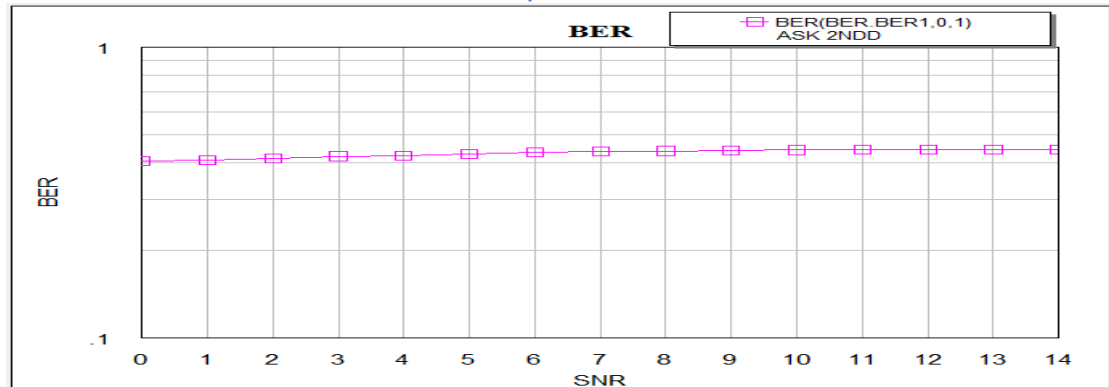
4-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=5db



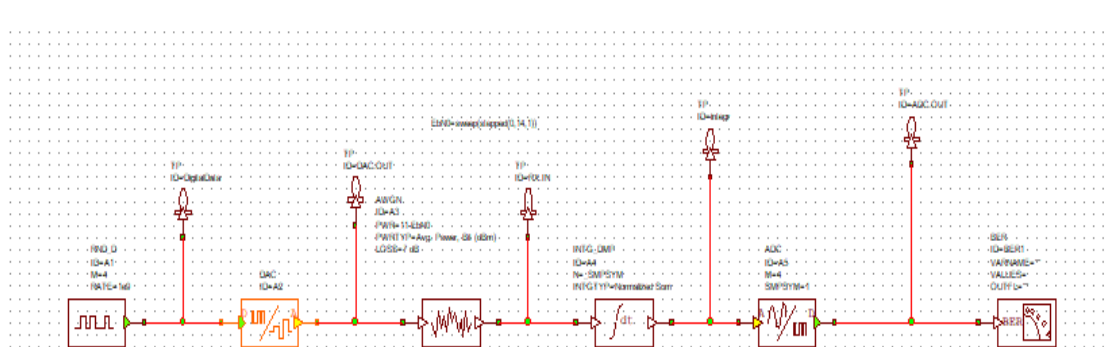
BER 4-ASK $\mu$ LOSS=5db



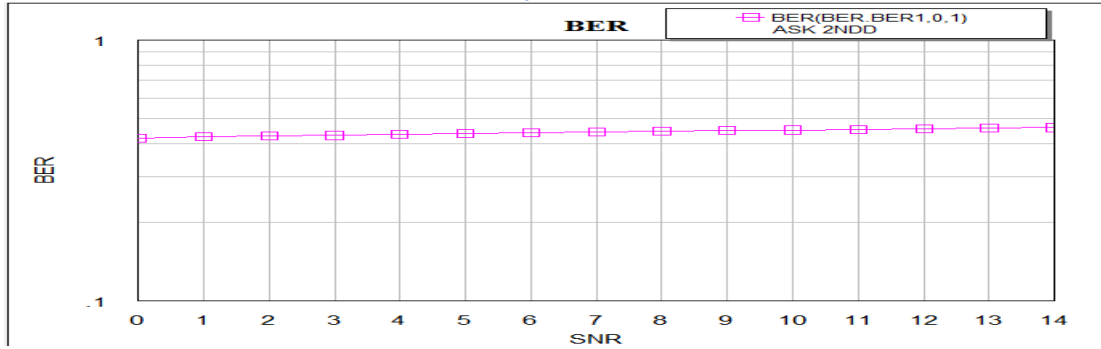
4-ASK $\mu$ LOSS=6db



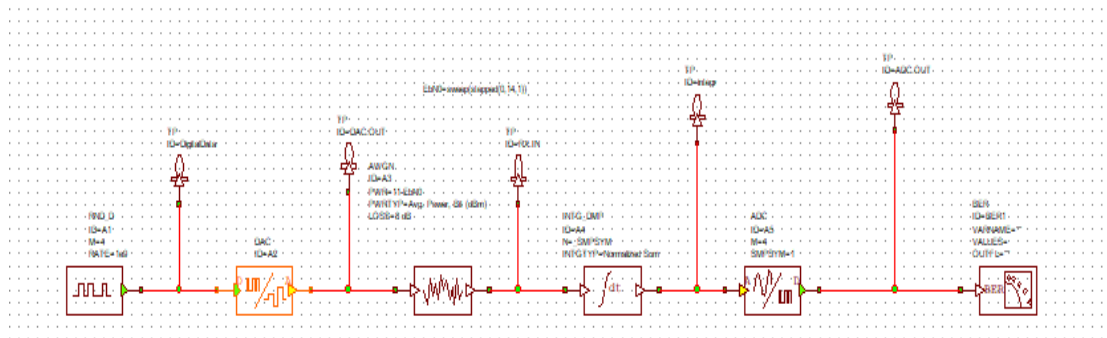
BER 4-ASK $\mu$ LOSS=6db



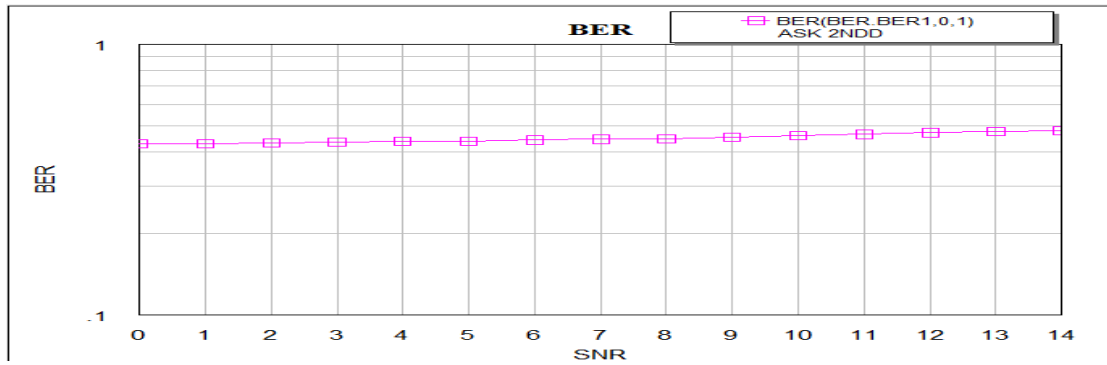
4-ASK με LOSS=7db



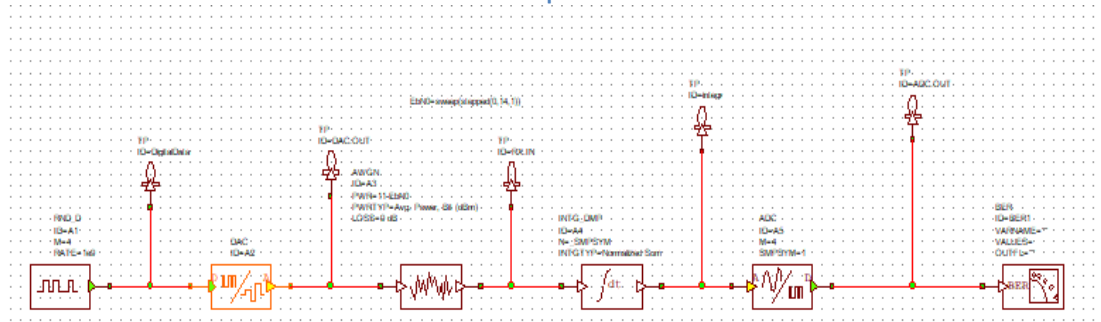
BER 4-ASK με LOSS=7db



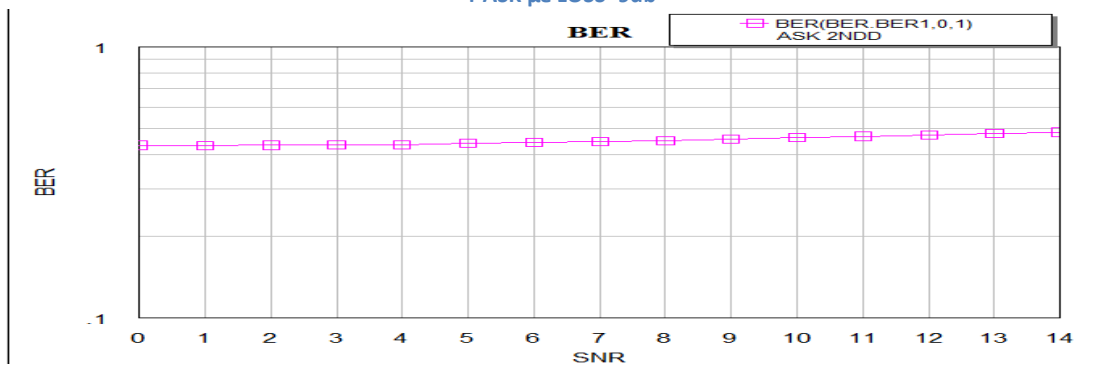
4-ASK με LOSS=8db



BER 4-ASK με LOSS=8db

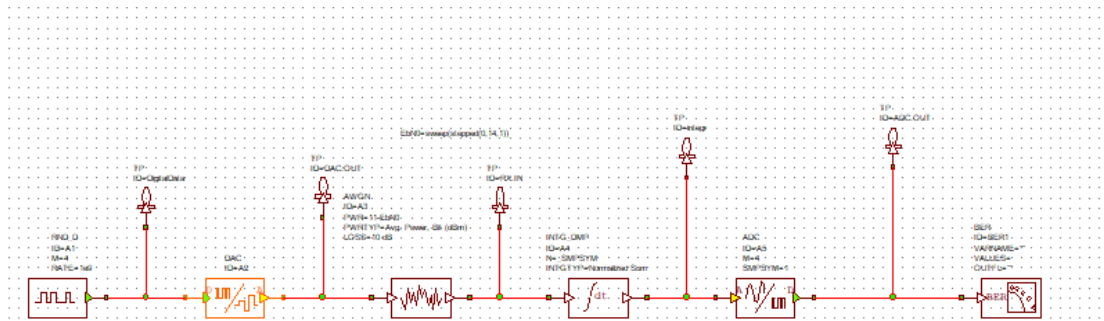


4-ASK με LOSS=9db

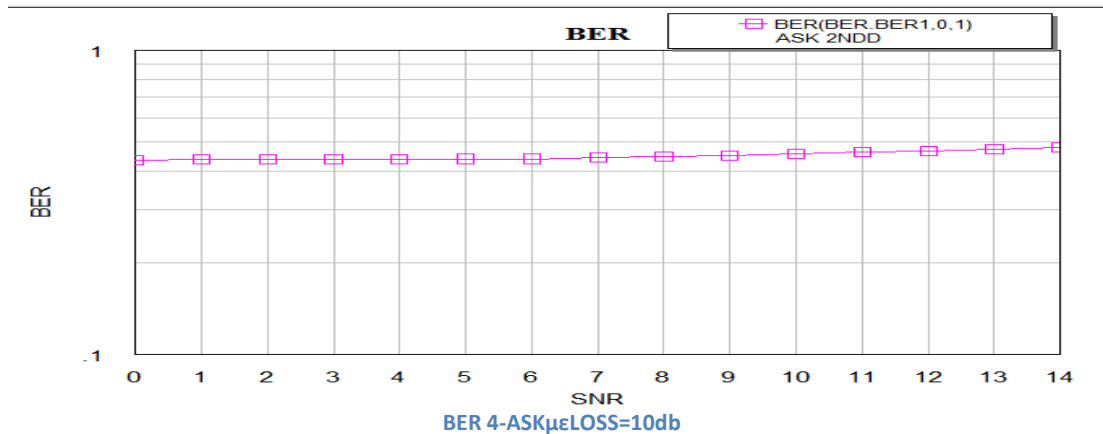


BER 4-ASK με LOSS=9db



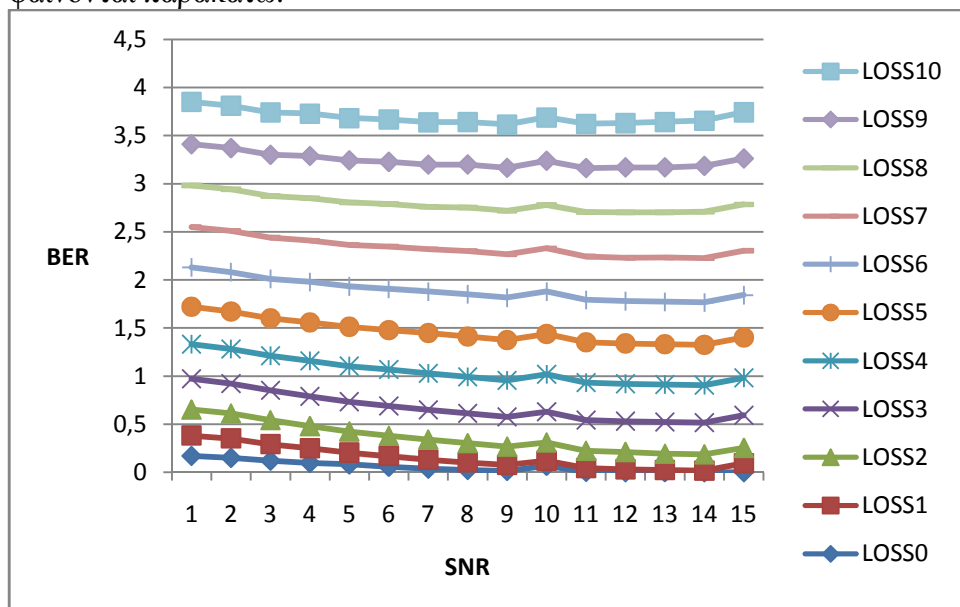


4-ASK με LOSS=10db



### 5.1.1.1.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (M=4)

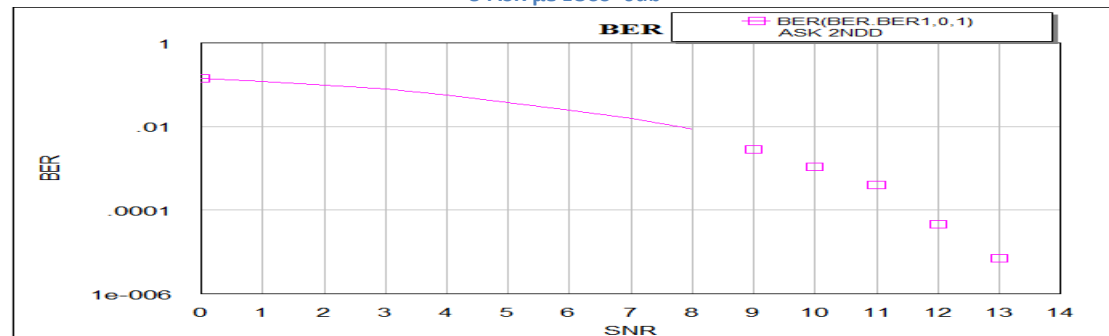
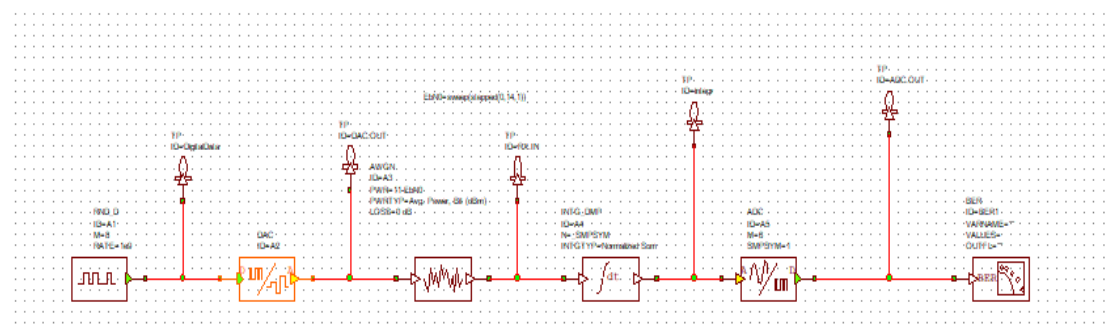
**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ BER ΜΕ SNR ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.



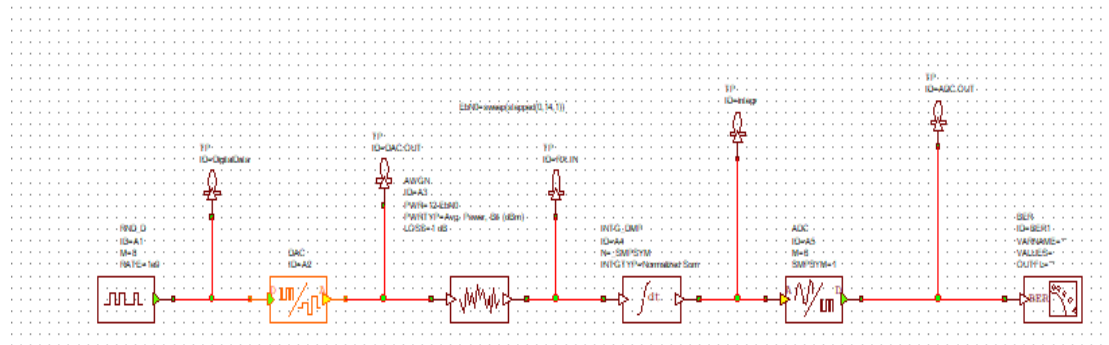
- LOSS=0:** SNR=0:0.17, SNR=1:0.15, SNR=2:0.12, SNR=3:0.098, SNR=4:0.082, SNR=5:0.057, SNR=6:0.038, SNR=7:0.023, SNR=8:0.014, SNR=9:0.068, SNR=10:0.0031, SNR=11:0.0008, SNR=12:0.00029,

- SNR=13:3.1\*10<sup>-5</sup>,SNR=14:0.
- LOSS=1:SNR=0:0.21,SNR=1:0.2,SNR=2:0.17,SNR=3:0.15,SNR=4:0.12,SNR=5:0.11,SNR=6:0.09,SNR=7:0.077,SNR=8:0.061,SNR=9:0.05,SNR=10:0.039,SNR=11:0.029,SNR=12:0.02,SNR=13:0.015,SNR=14:0.092.
  - LOSS=2:SNR=0:0.27,SNR=1:0.26,SNR=2:0.25,SNR=3:0.23,SNR=4:0.22,SNR=5,6:0.21,SNR=7:0.2,SNR=8,9:0.19,SNR=10,11:0.18,SNR=12,13:0.17,SNR=14:0.16.
  - LOSS=3:SNR=0:0.32,SNR=1-8:0.31,SNR=9-11:0.32,SNR=12,13:0.33,SNR=14:0.34.
  - LOSS=4:SNR=0-2:0.39,SNR=3,4:0.37,SNR=5:0.38,SNR=9-14:0.39.
  - LOSS=5:SNR=0-2:0.39,SNR=3:0.4,SNR=4,5:0.41,SNR=6-14:0.42.
  - LOSS=6:SNR=0-2:0.41,SNR=3,4:0.42,SNR=5,6:0.43,SNR=7-14:0.44.
  - LOSS=7:SNR=0:0.42,SNR=1-4:0.43,SNR=5,6:0.44,SNR=7-11:0.45,SNR=12-14:0.46.
  - LOSS=8:SNR=0-2:0.43,SNR=3-6:0.44,SNR=7-9:0.45,SNR=10:0.46,SNR=11,12:0.47,SNR=13,14:0.48.
  - LOSS=9:SNR=0-2:0.43,SNR=3-6:0.44,SNR=7,8:0.45,SNR=9,10:0.46,SNR=11,12:0.47,SNR=13,14:0.48.
  - LOSS=10:SNR=0-7:0.44,SNR=8,9:0.45,SNR=10,11:0.46,SNR=12,13:0.47,SNR=14:0.48

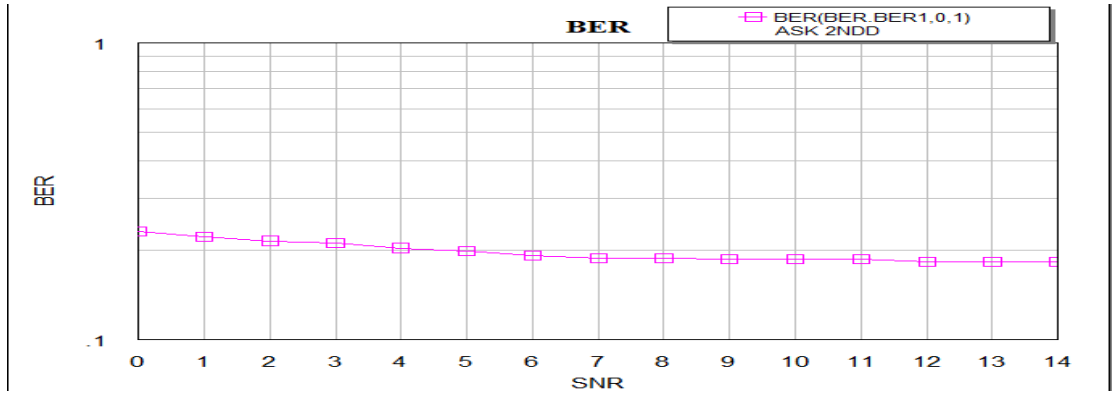
### 5.1.1.2:8-ASK



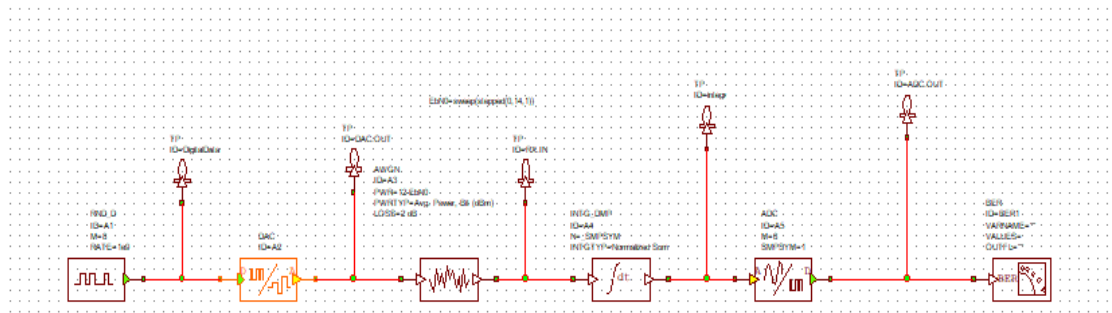
BER 8-ASK με LOSS=0db



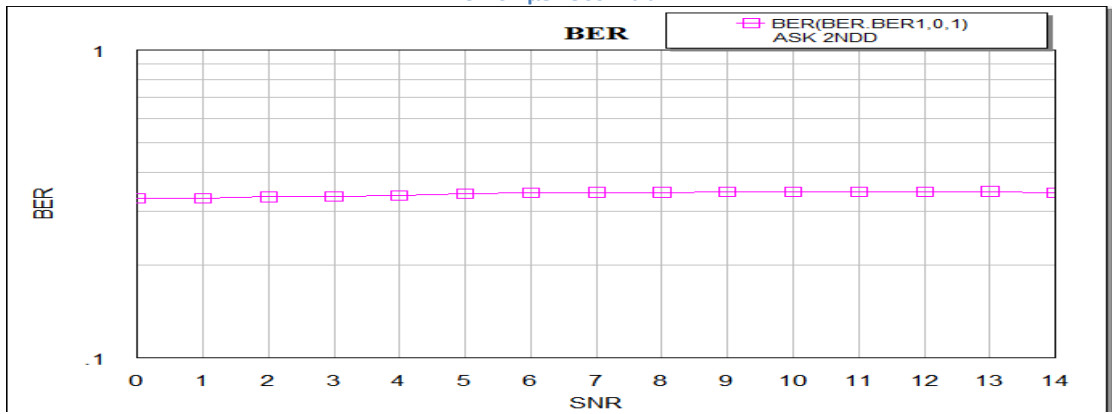
8-ASK με LOSS=1db



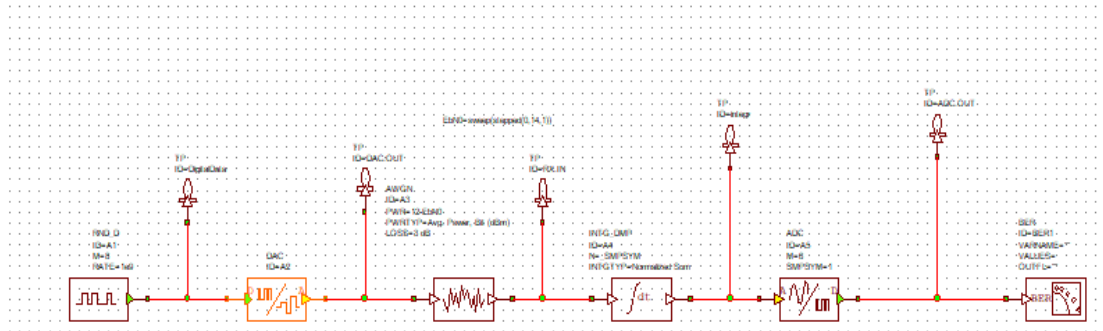
BER 8-ASK με LOSS=1db



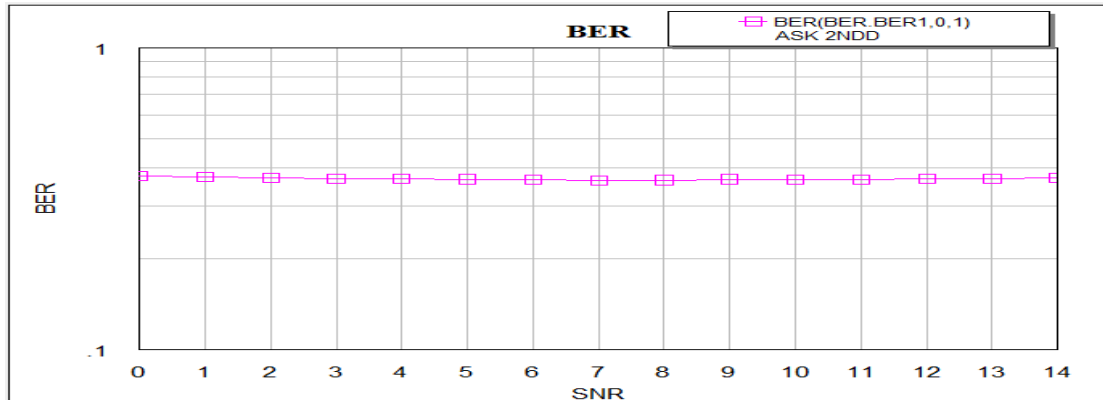
8-ASK με LOSS=2db



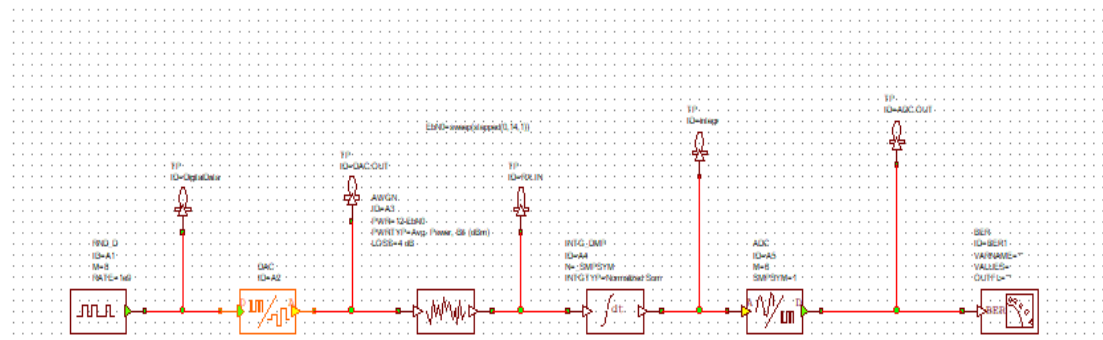
BER 8-ASK με LOSS=2db



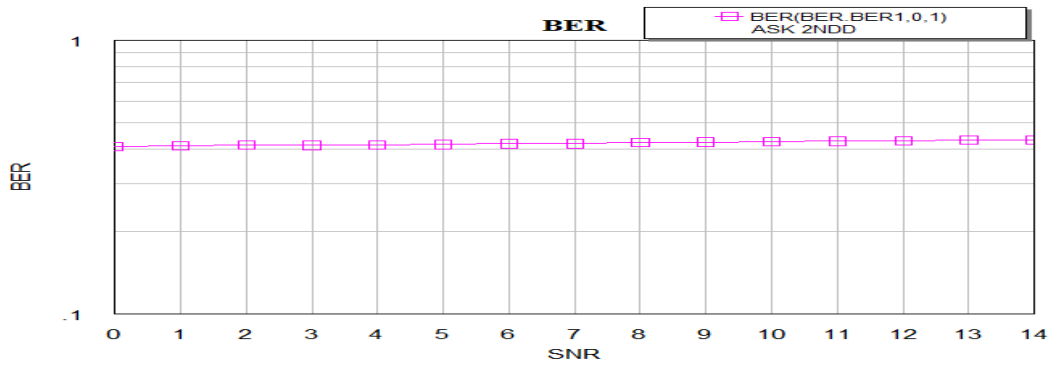
8-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



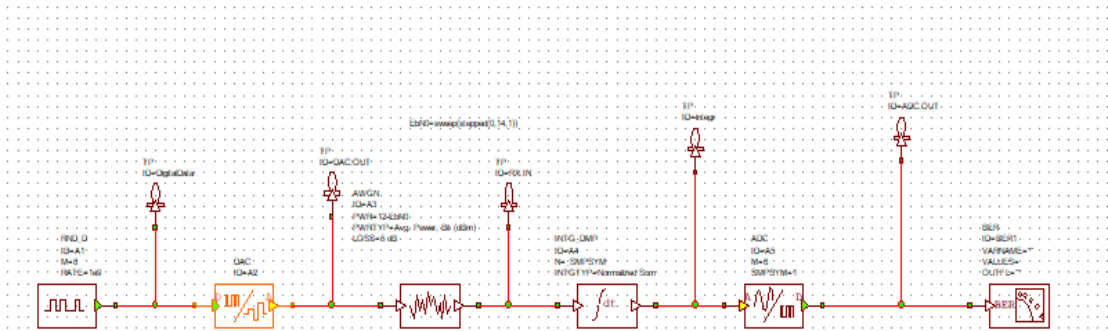
BER 8-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



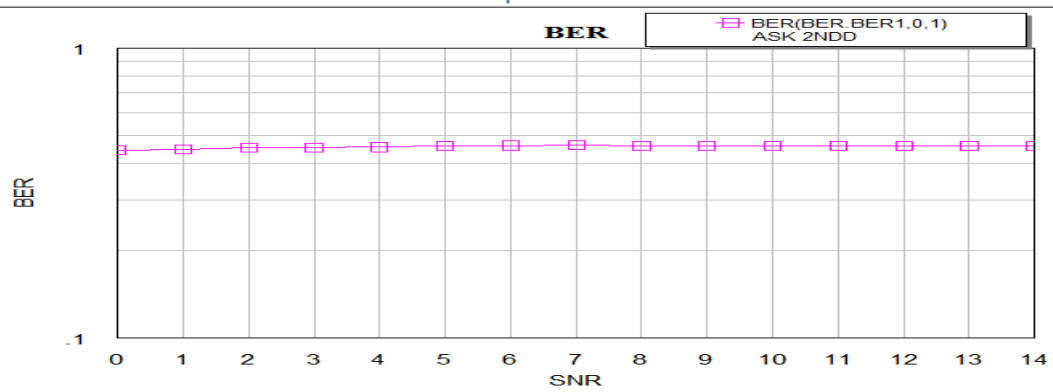
8-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db



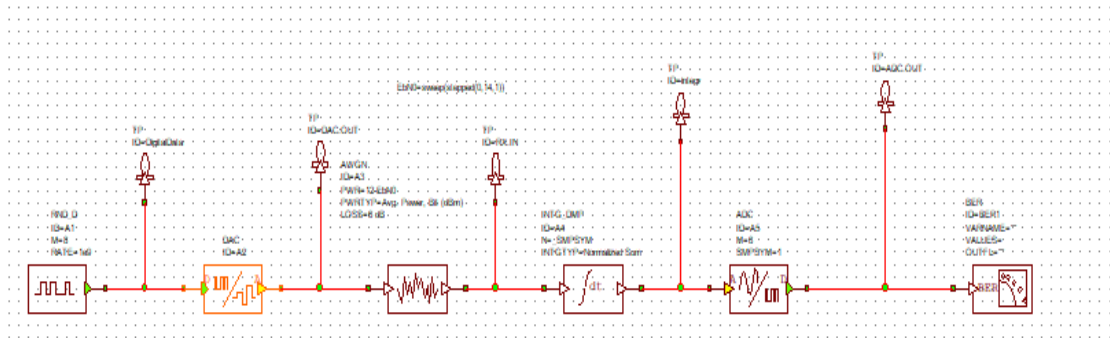
BER 8-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db



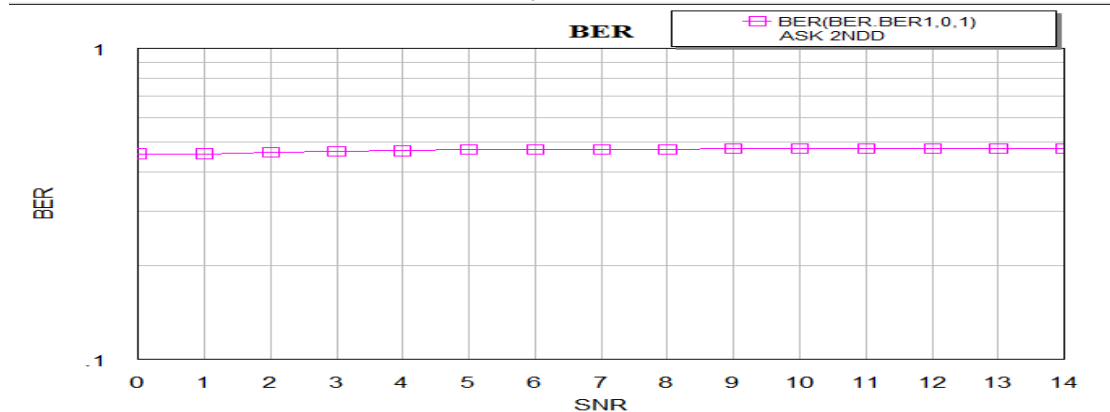
8-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=5db



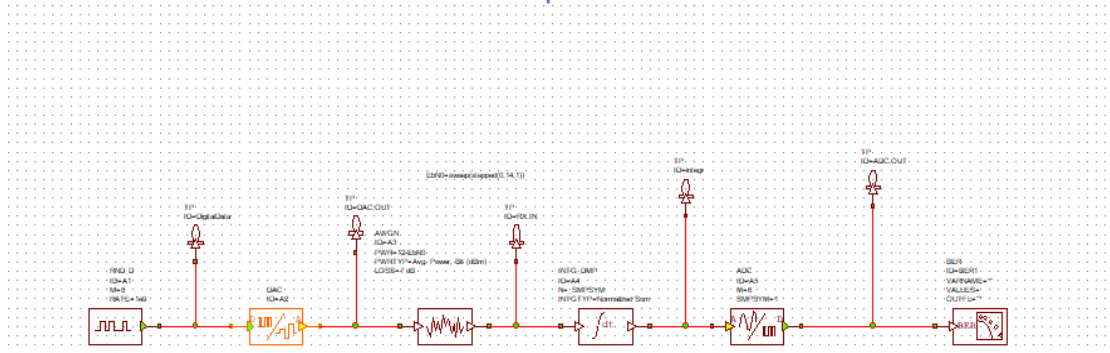
BER 8-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=5db



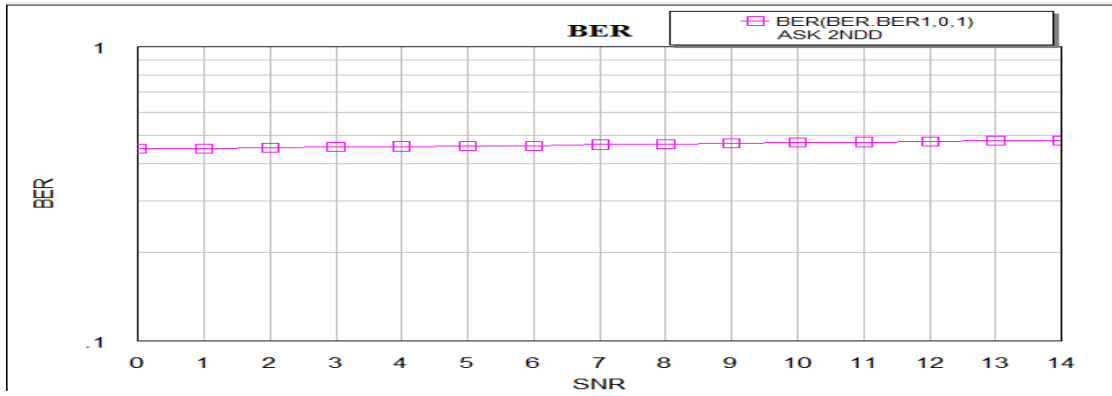
8-ASK με LOSS=6db



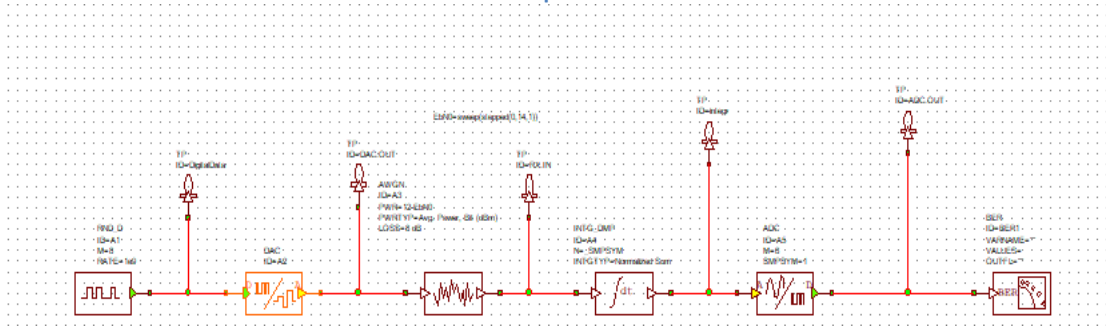
BER 8-ASK με LOSS=6db



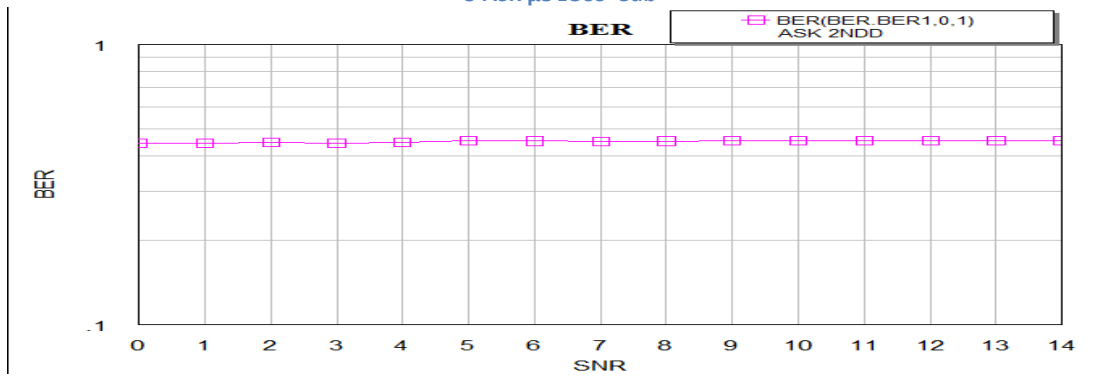
ASK με LOSS=7db



BER 8-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=7db

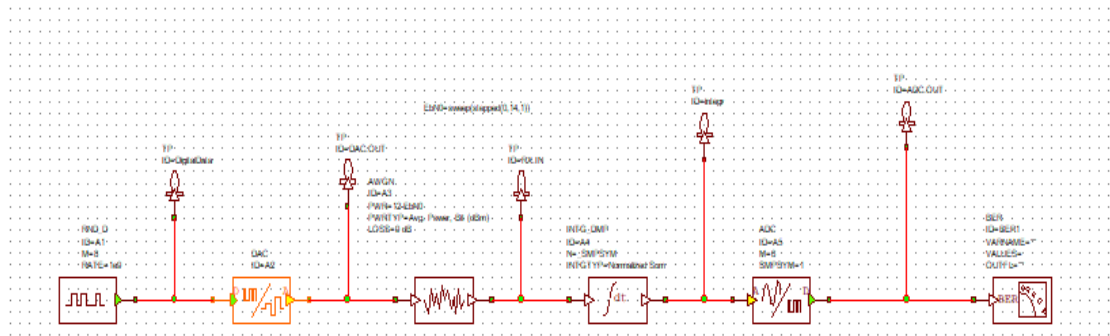


8-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=8db

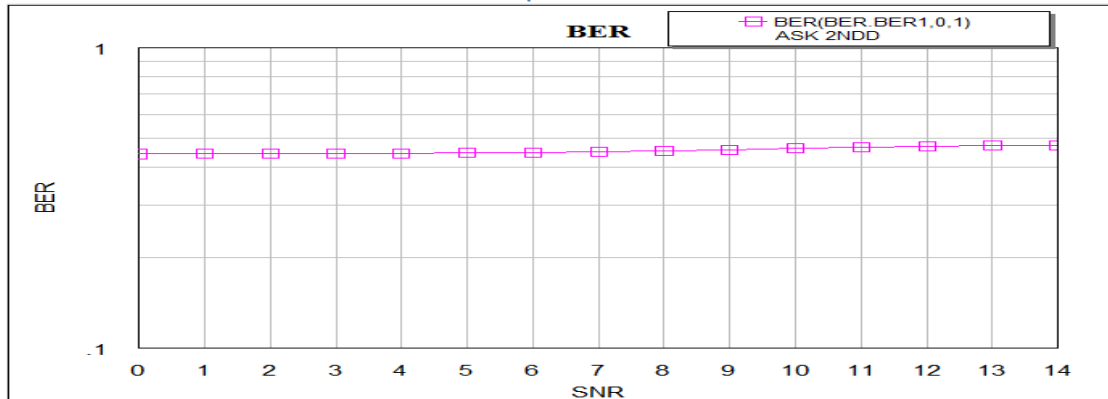


BER 8-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=8db

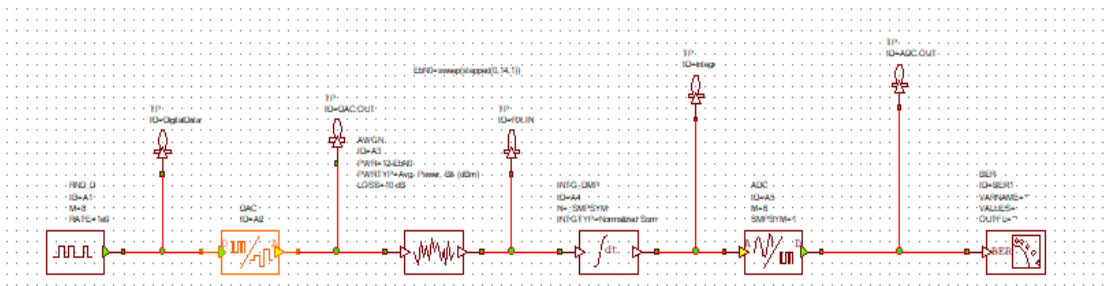




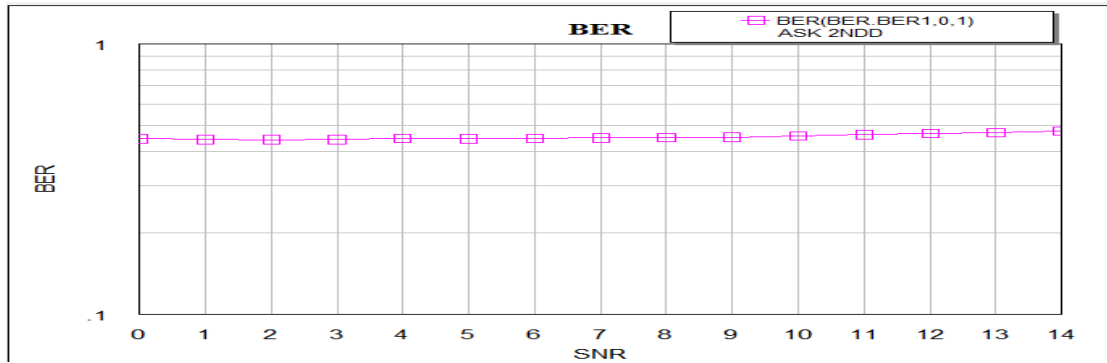
8-ASK με LOSS=9db



BER 8-ASK με LOSS=9db



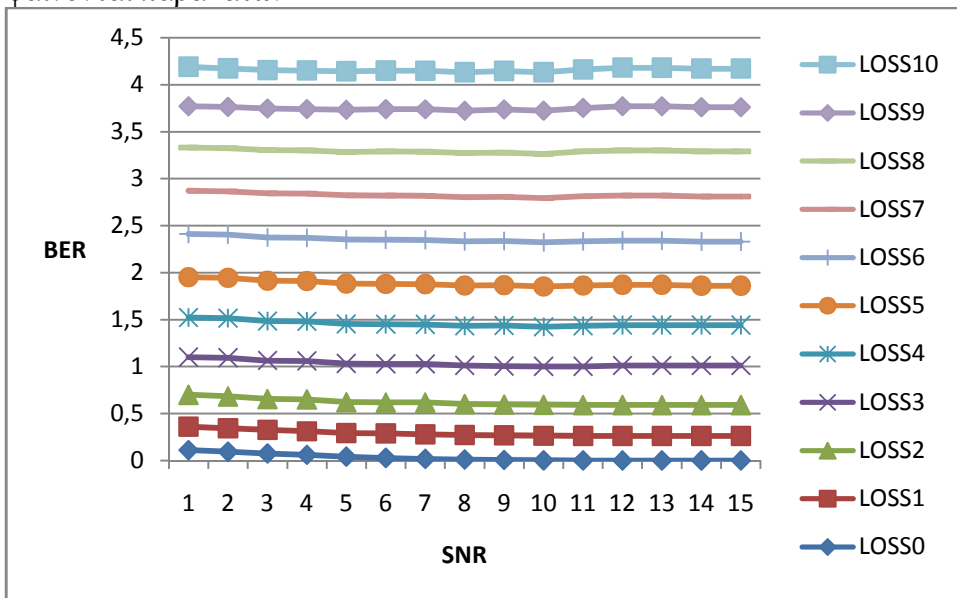
8-ASK με LOSS=10db



BER 8-ASK με LOSS=10db

### 5.1.1.2.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (M=8)

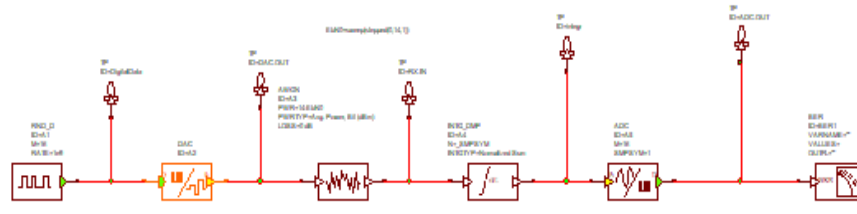
**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ SNR ΜΕ BER ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.



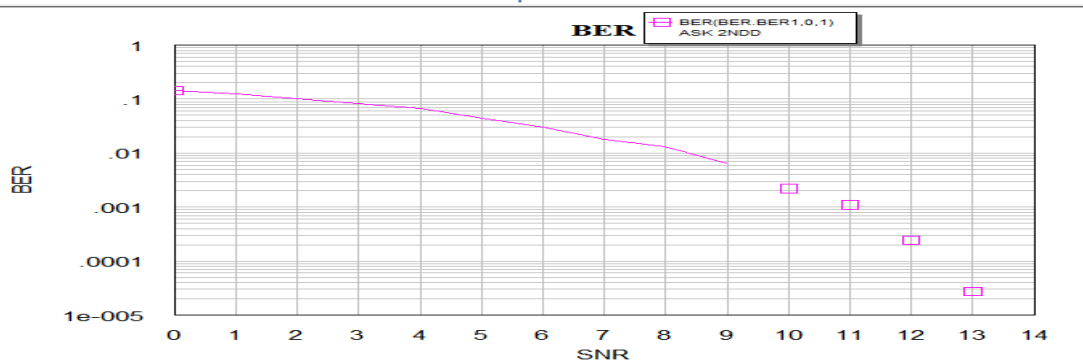
- **LOSS=0:** SNR=0:0.14, SNR=1:0.12, SNR=2:0.097, SNR=3:0.078, SNR=4:0.056, SNR=5:0.038, SNR=6:0.025, SNR=7:0.016, SNR=8:0.0088, SNR=9:0.0028, SNR=10:0.0011, SNR=11:0.0004, SNR=12:4.6\*10<sup>-5</sup>, SNR=13:7.1\*10<sup>-6</sup>, SNR=14:0.
- **LOSS=1:** SNR=0:0.23, SNR=1,2:0.22, SNR=3:0.21, SNR=4,5:0.2, SNR=6-11:0.19, SNR=12-14:0.18.
- **LOSS=2:** SNR=0-3:0.33, SNR=4-8:0.34, SNR=9-13:0.35, SNR=14:0.34.
- **LOSS=3:** SNR=0:0.38, SNR=1-6:0.37, SNR=7,8:0.36, SNR=9-14:0.37.
- **LOSS=4:** SNR=0-4:0.41, SNR=5-9:0.42, SNR=10-14:0.43.
- **LOSS=5:** SNR=0:0.44, SNR=1-3:0.45, SNR=4-14:0.46.
- **LOSS=6:** SNR=0-2:0.46, SNR=3-8:0.47, SNR=9-14:0.48.
- **LOSS=7:** SNR=0-2:0.45, SNR=3-6:0.46, SNR=7-11:0.47, SNR=12-14:0.48.
- **LOSS=8:** SNR=0,1:0.44, SNR=2:0.45, SNR=3:0.44, SNR=4-15:0.45.
- **LOSS=9:** SNR=0-4:0.44, SNR=5-8:0.45, SNR=9,10:0.46, SNR=11-14:0.47.

- LOSS=10:SNR=0:0.45,SNR=1-3:0.44,SNR=4-9:0.45,SNR=10,11:0.46,  
SNR=12,13:0.47,SNR=14:0.48.

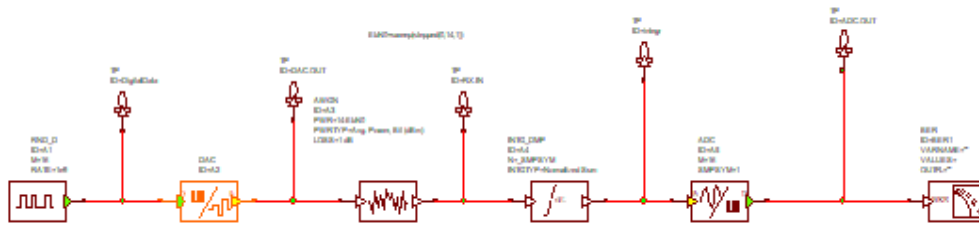
### 5.1.1.3:16-ASK



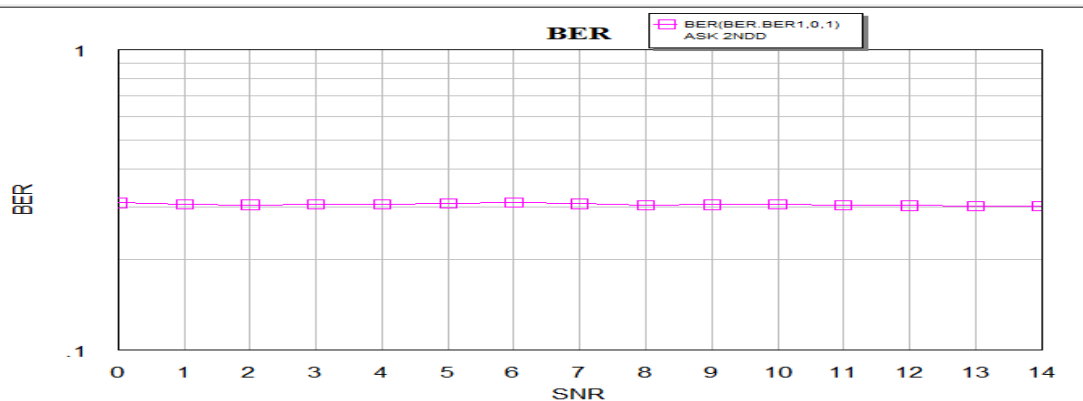
16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=0db



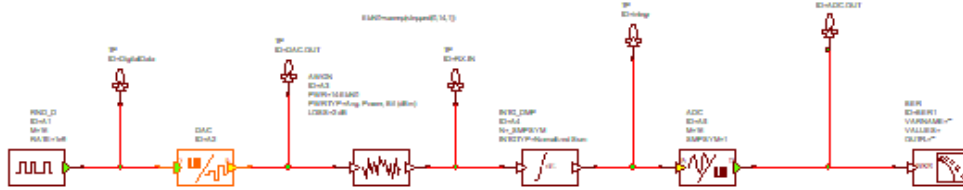
BER 16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=0db



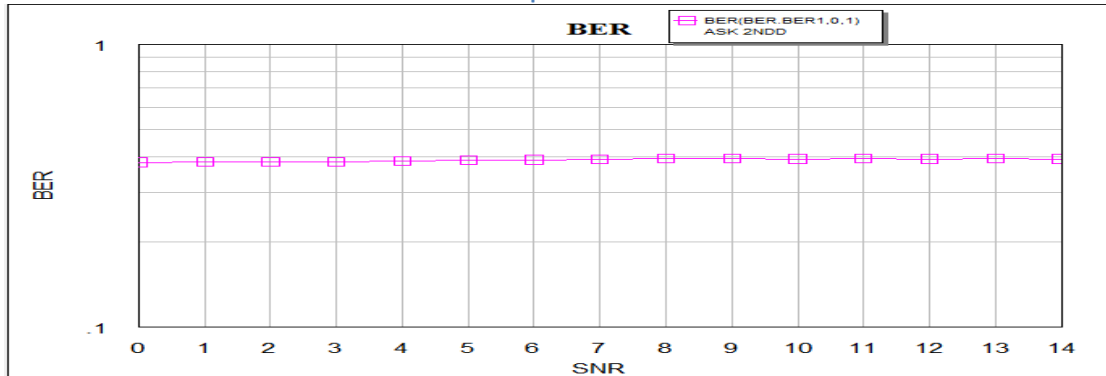
16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=1db



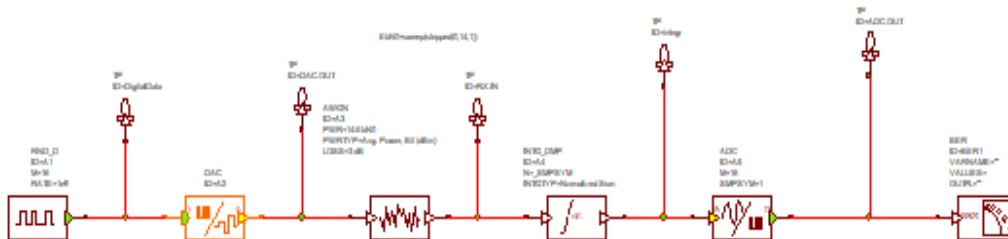
BER 16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=1db



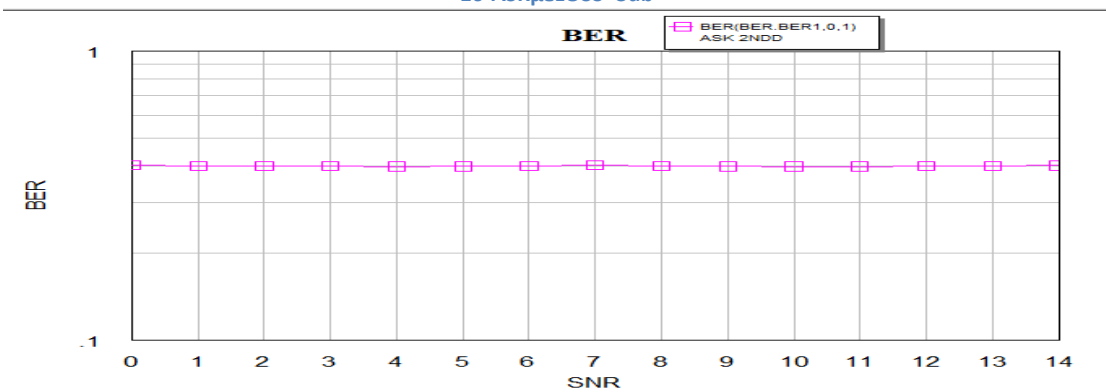
16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=2db



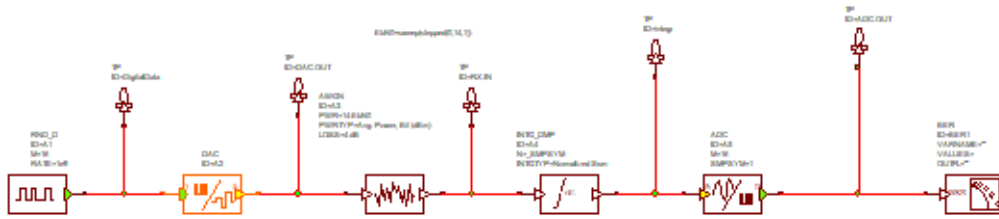
BER 16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=2db



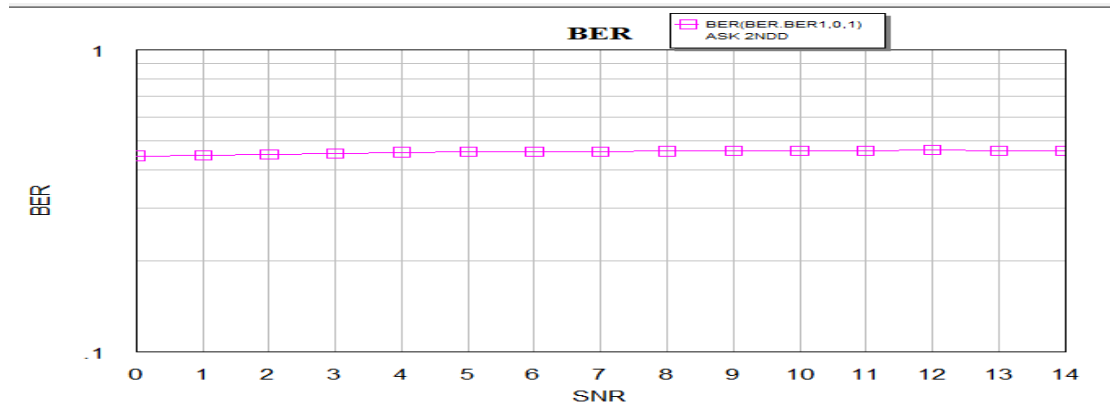
16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



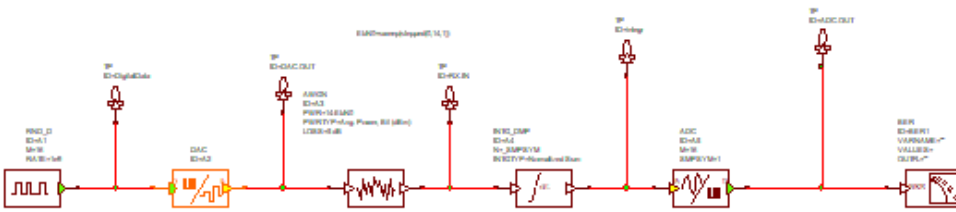
BER 16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



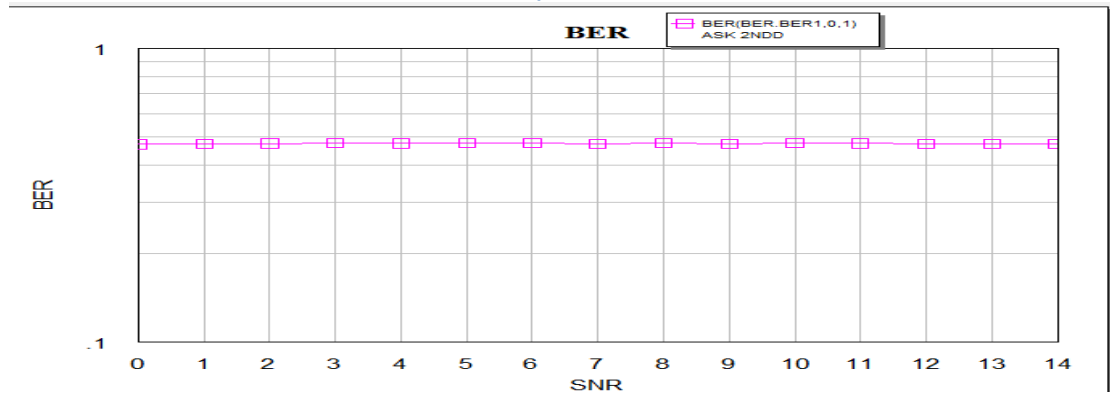
16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db



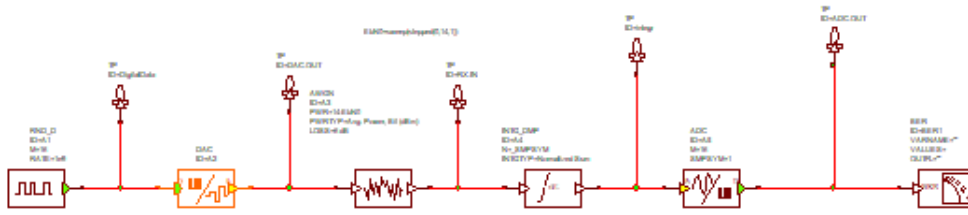
BER 16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db



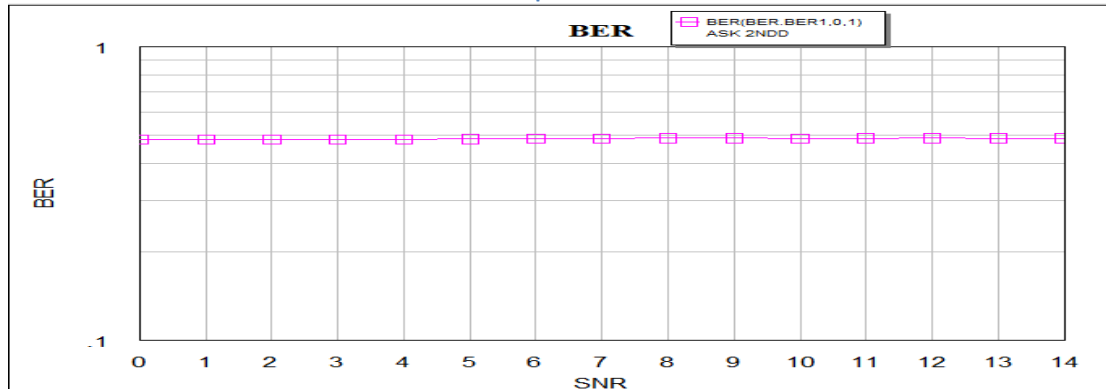
16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=5db



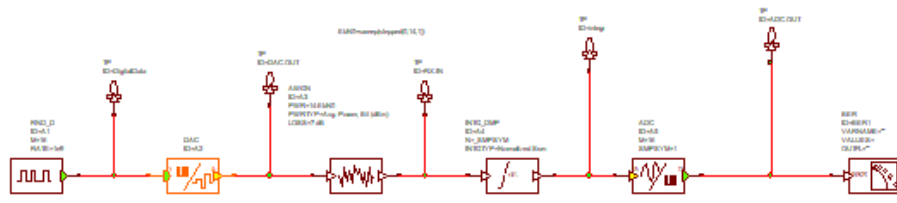
BER 16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=5db



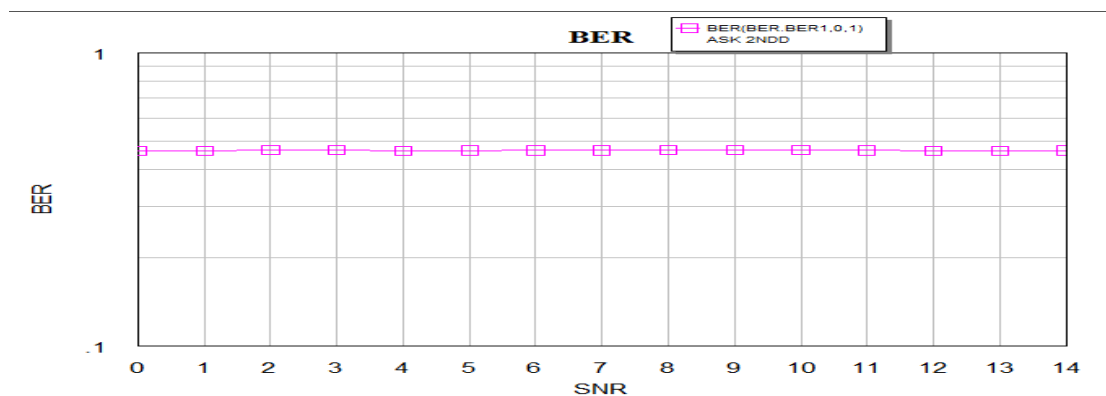
16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=6db



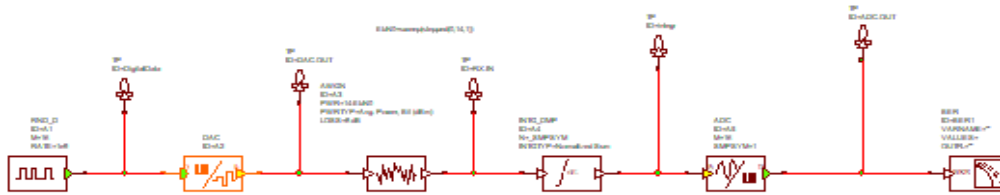
BER 16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=6db



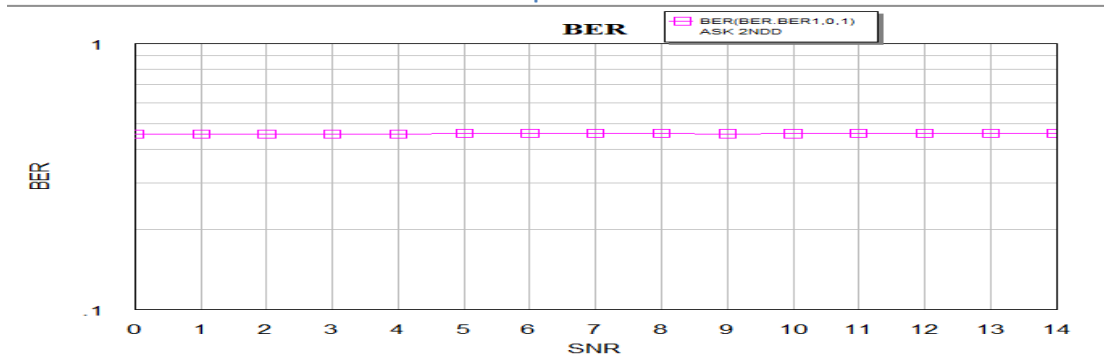
16-ASK  $\mu\epsilon$  LOSS=7db



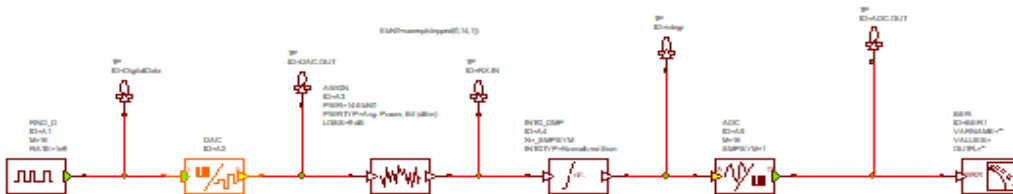
BER 16-ASK  $\mu$ LOSS=7db



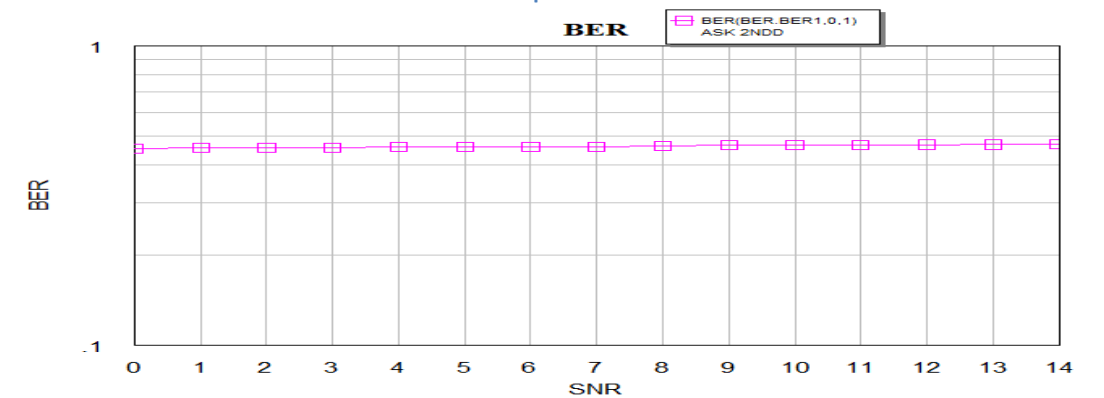
16-ASK  $\mu$ LOSS=8db



BER 16-ASK  $\mu$  LOSS=8db

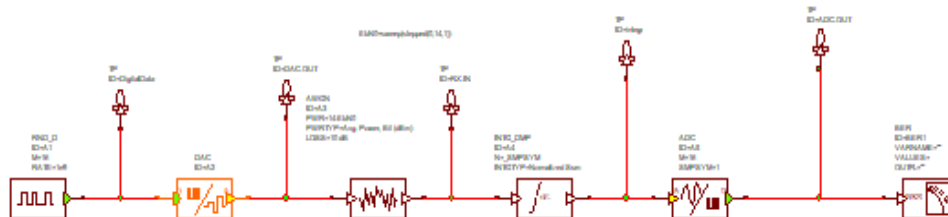


16-ASK  $\mu$ LOSS=9db

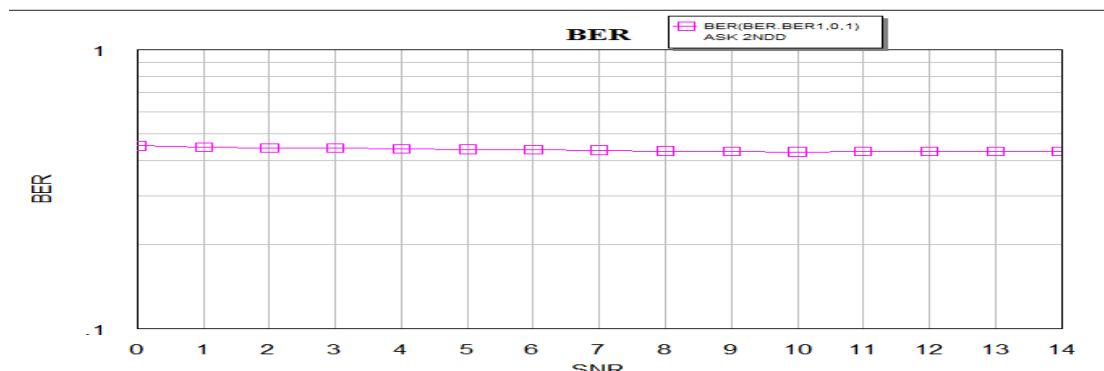




BER 16-ASK με LOSS=9db



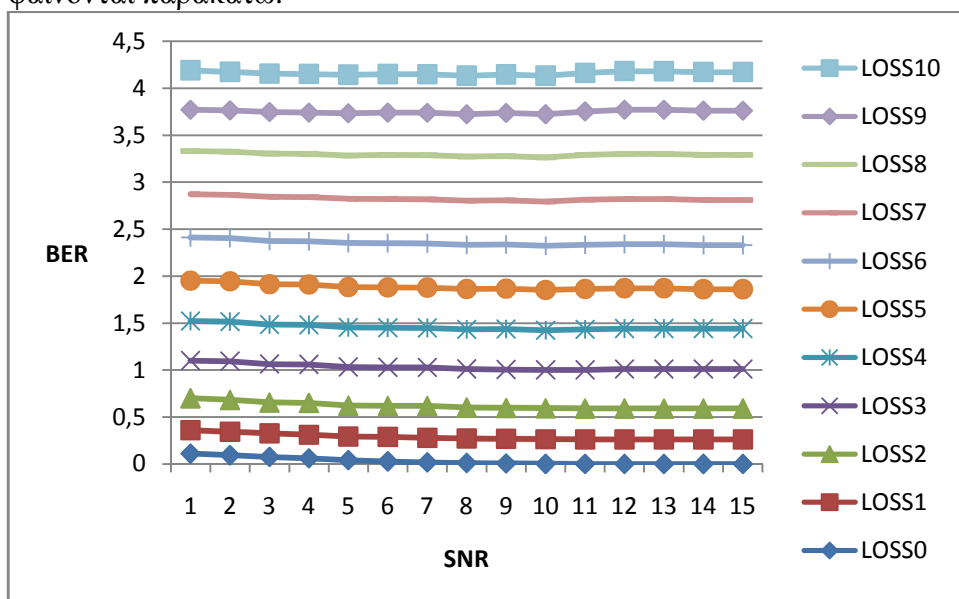
16-ASK με LOSS=10db



BER 16-ASK με LOSS=10db

### 5.1.1.3.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ (M=16)

**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ SNR ΜΕ BER ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.



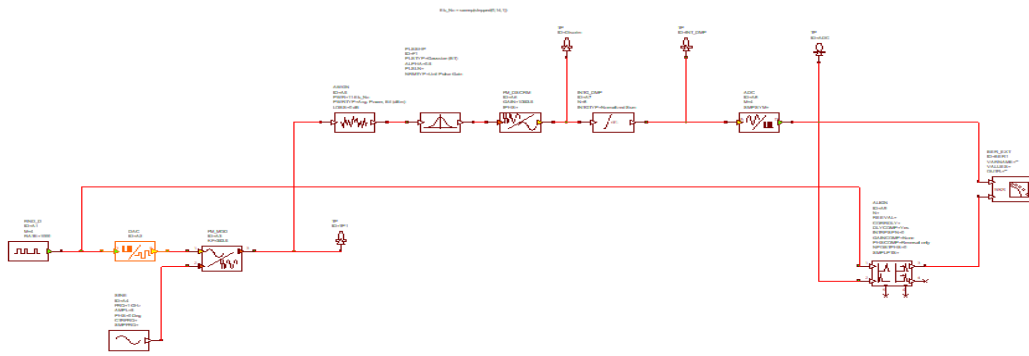
- LOSS=0: SNR=0:0.14, SNR=1:0.12, SNR=2:0.1, SNR=3:0.082, SNR=4:0.067, SNR=5:0.044, SNR=6:0.03, SNR=7:0.018, SNR=8:0.013, SNR=9:0.0064, SNR=10:0.0022, SNR=11:0.0011, SNR=12:0.00024, SNR=13:2.8 \* 10<sup>-5</sup>,

**SNR=14:0.**

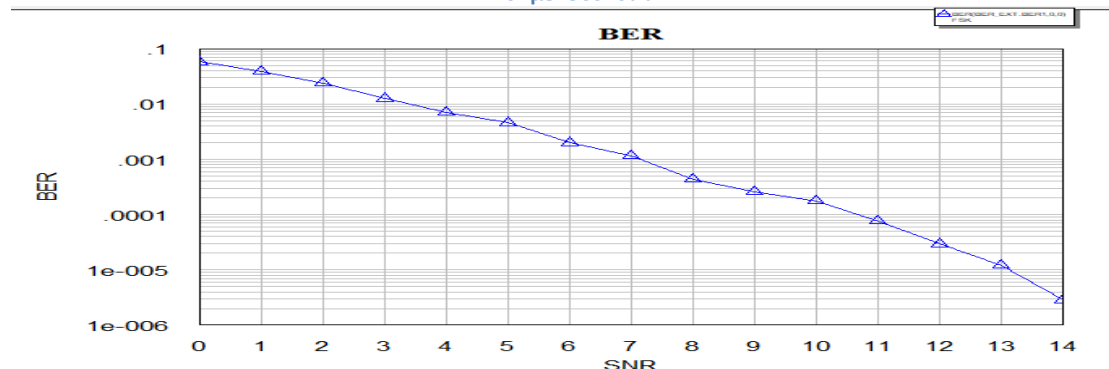
- **LOSS=1:SNR=0,1:0.31,SNR=2:0.3,SNR=3-7:0.31,SNR=8,9:0.3,SNR=10:0.31,SNR=11-14:0.3.**
- **LOSS=2:SNR=0-3:0.38,SNR=4-7:0.39,SNR=8,9:0.4,SNR=10-14:0.39.**
- **LOSS=3:SNR=0-14:0.4.**
- **LOSS=4:SNR=0-3:0.45,SNR=4-14:0.46.**
- **LOSS=5:SNR=0-2:0.47,SNR=3:0.48,SNR=4:0.47,SNR=5,6:0.48,SNR=7:0.47,SNR=8:0.48,SNR=9:0.47,SNR=10:0.48,SNR=11-14:0.47.**
- **LOSS=6:SNR=0-5:0.48,SNR=6-14:0.49.**
- **LOSS=7:SNR=0,1:0.46,SNR=2,3:0.47,SNR=4,5:0.46,SNR=6-11:0.46,SNR=12-14:0.46.**
- **LOSS=8:SNR=0-14:0.46.**
- **LOSS=9:SNR=0:0.45,SNR=1-8:0.46,SNR=9-14:0.47.**
- **LOSS=10:SNR=0:0.45,SNR=1-7:0.44,SNR=8-14:0.43.**

## 5.1.2:FSK

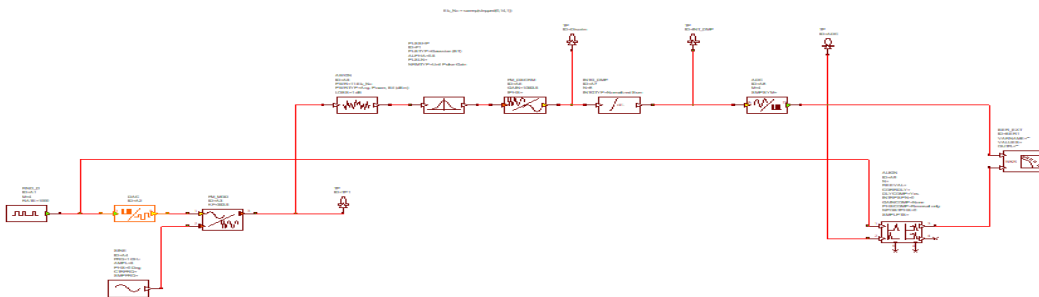
### 5.1.2.1:4-FSK



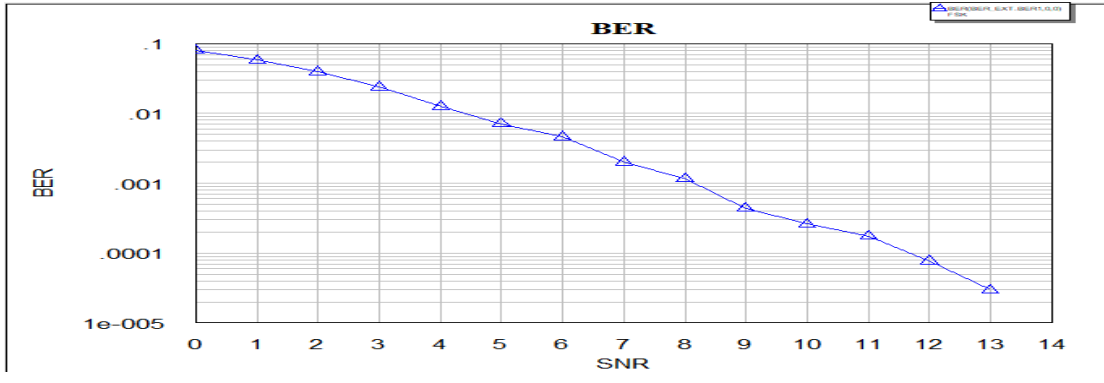
4-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=0db



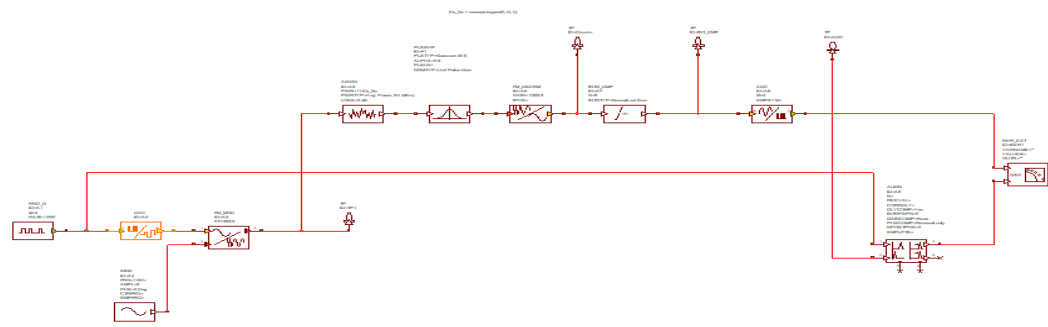
BER 4-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=0db



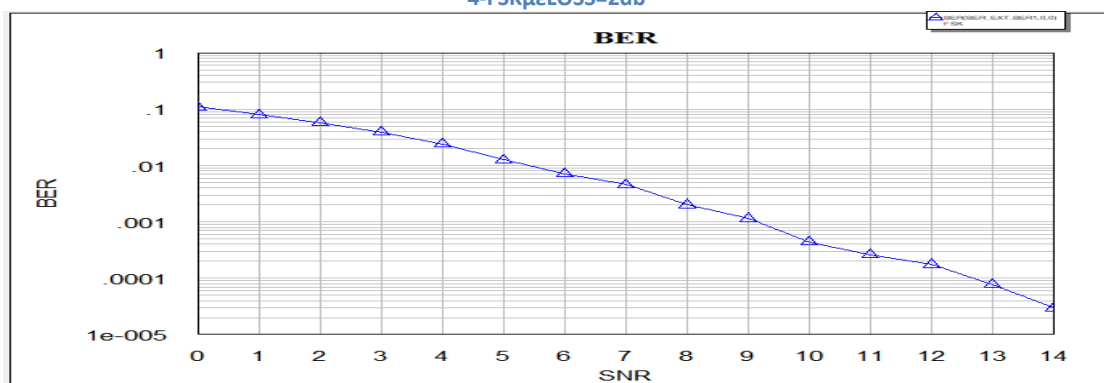
4-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=1db



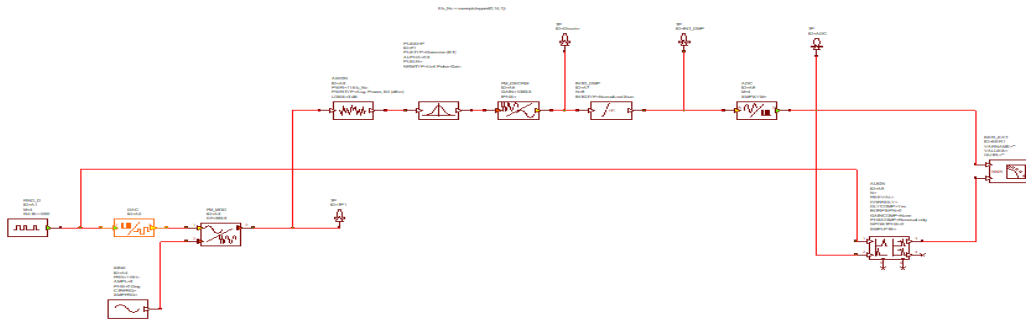
BER 4-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=1db



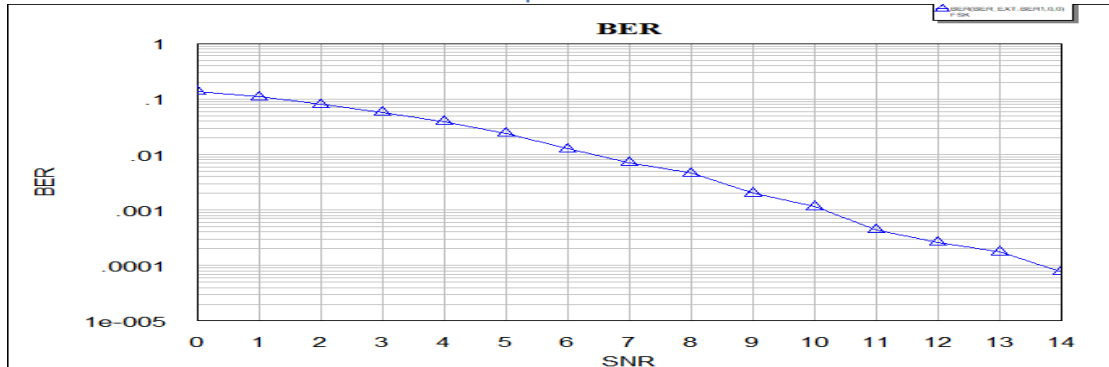
4-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=2db



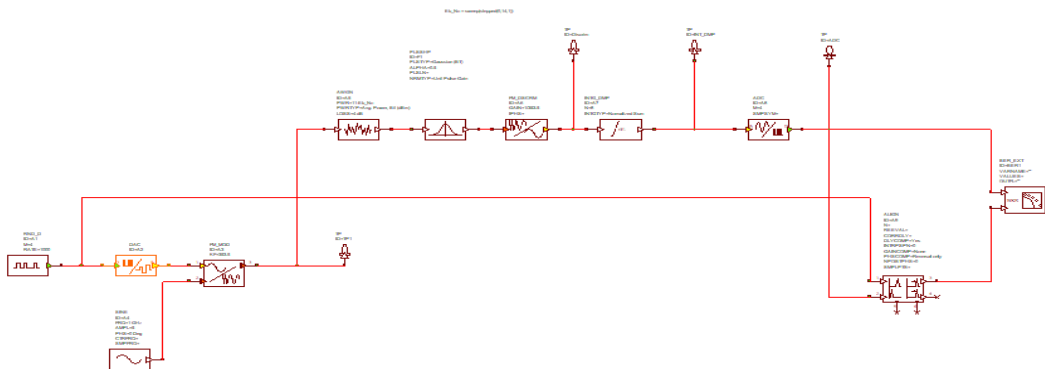
BER 4-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=2db



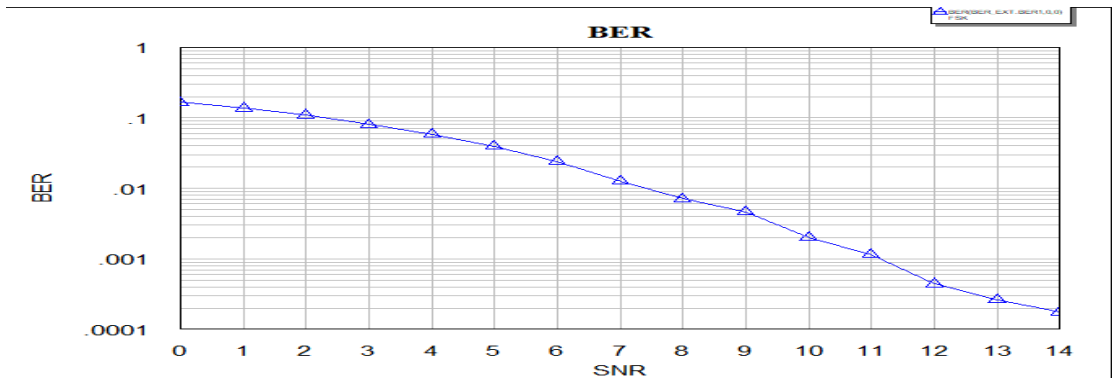
4-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



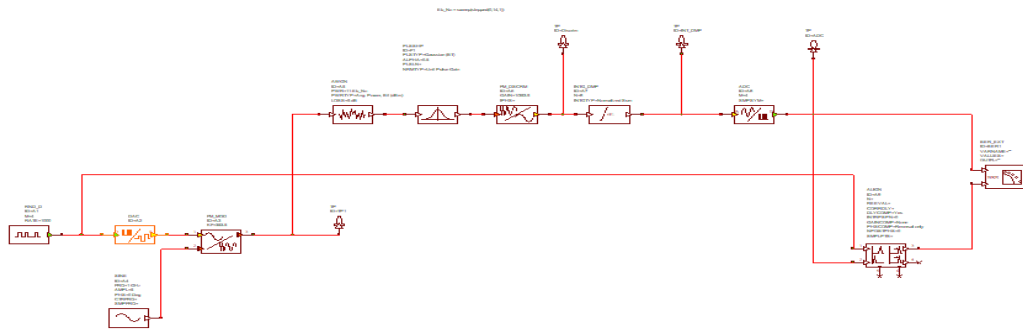
BER 4-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



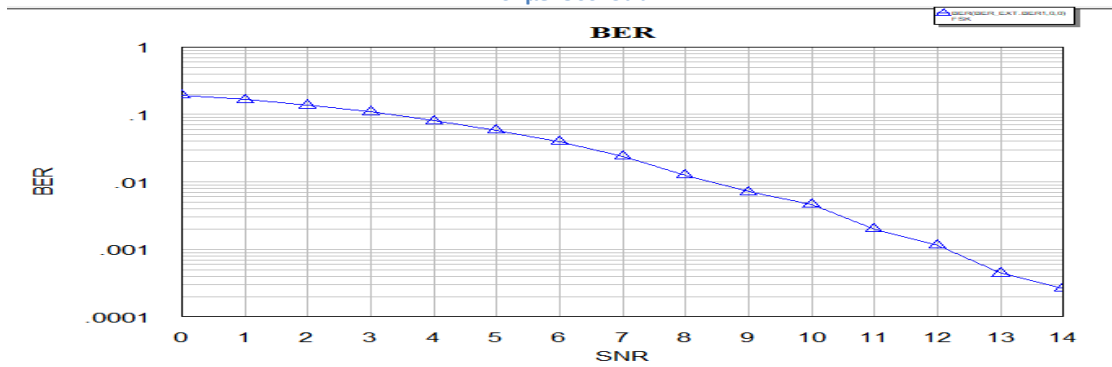
4-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db



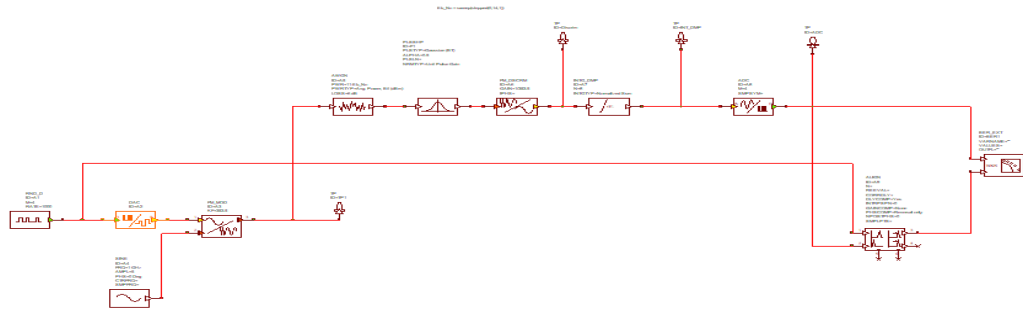
BER 4-FSK με LOSS=4db



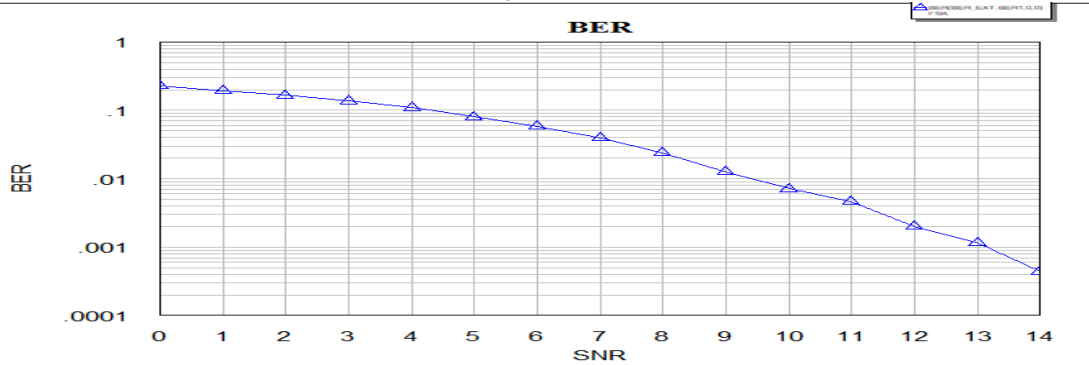
4-FSK με LOSS=5db



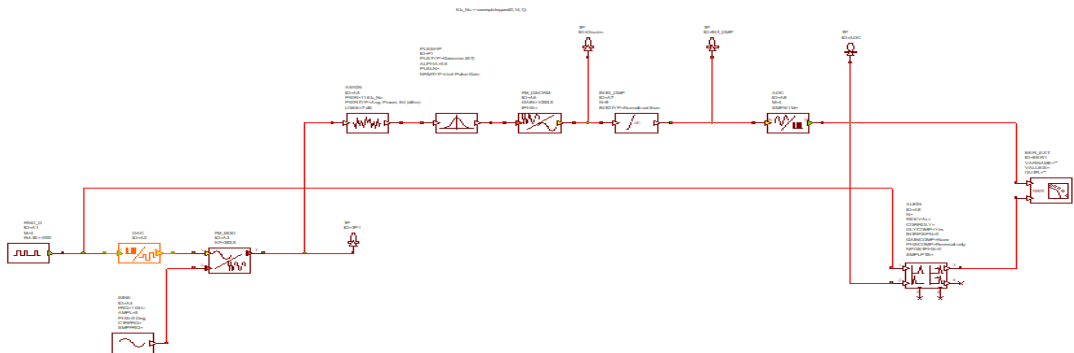
BER 4-FSK με LOSS=5db



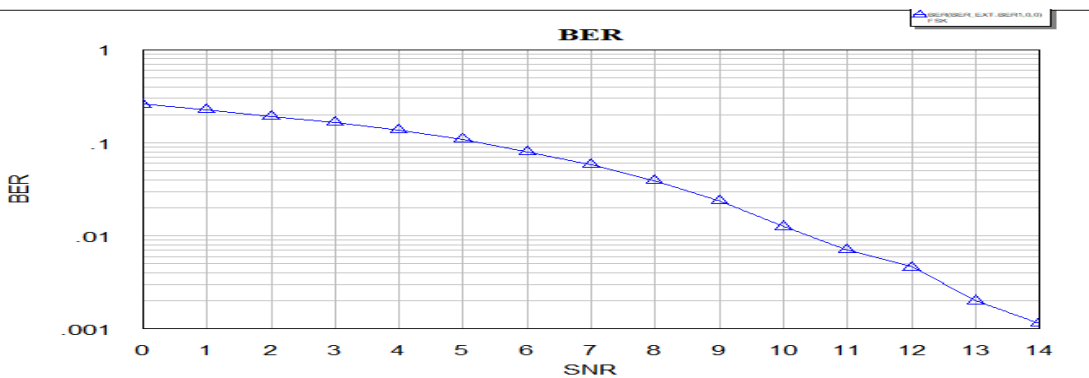
4-FSK $\mu\epsilon$ LOSS=6db



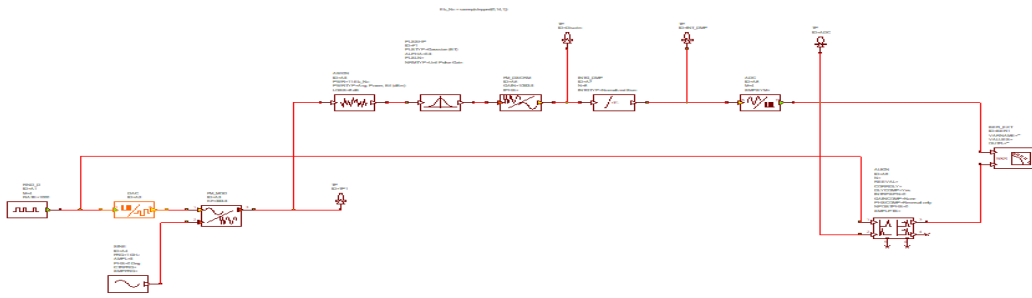
BER 4-FSK $\mu\epsilon$ LOSS=6db



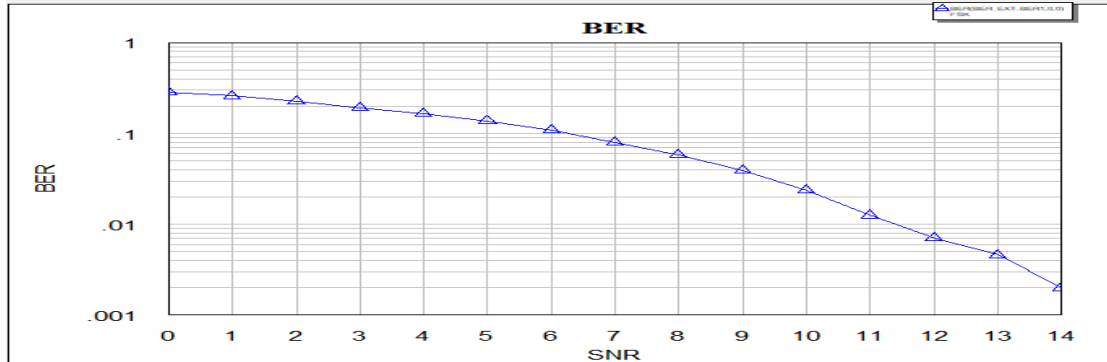
BER 4-FSK $\mu\epsilon$ LOSS=7db



BER 4-FSK με LOSS=7db

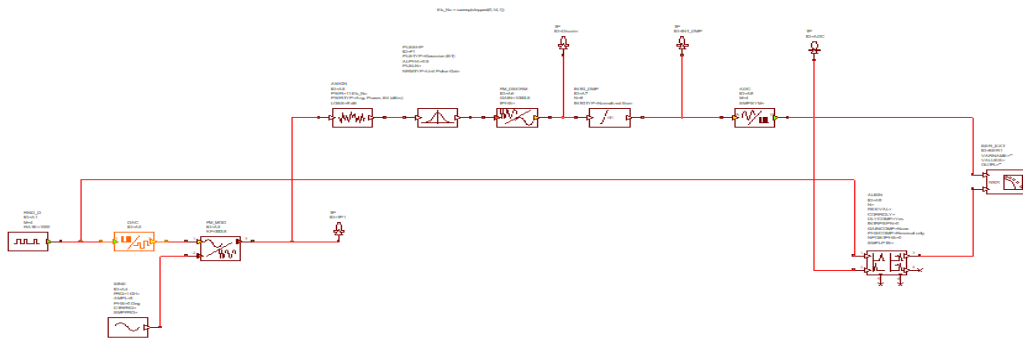


4-FSK με LOSS=8db

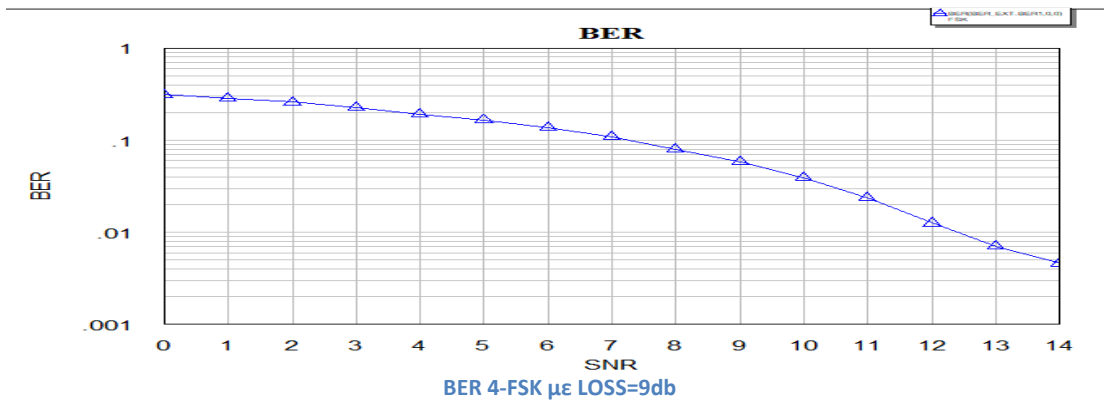


BER 4-FSK με LOSS=8db

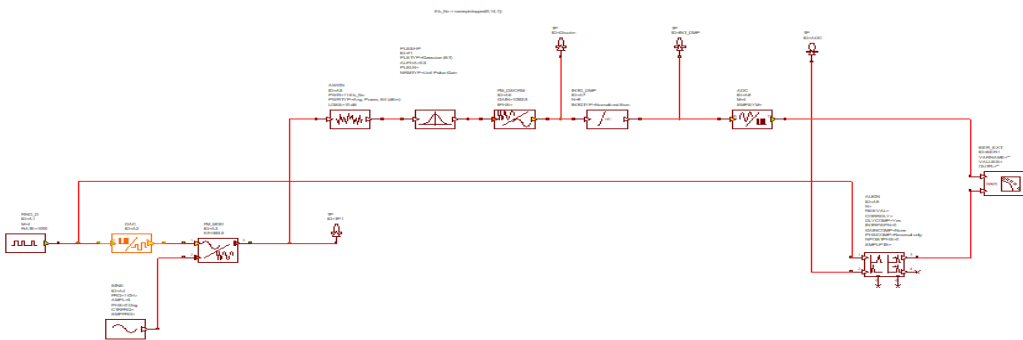




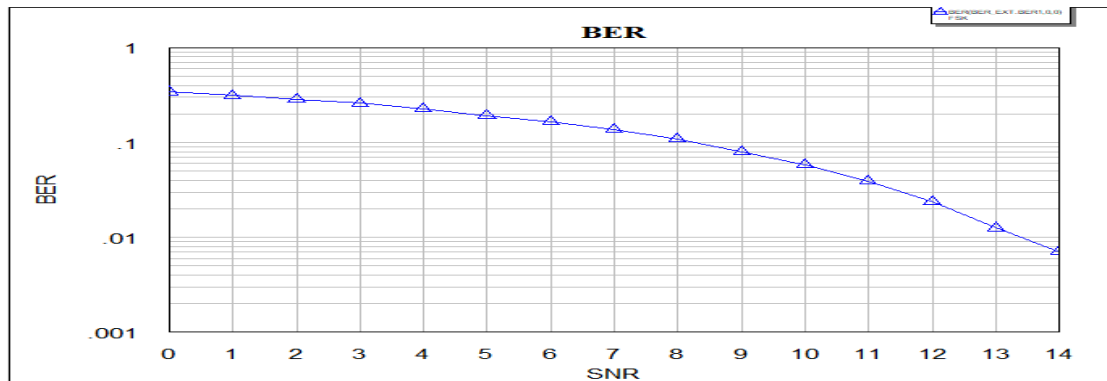
4-FSK με LOSS=9db



BER 4-FSK με LOSS=9db



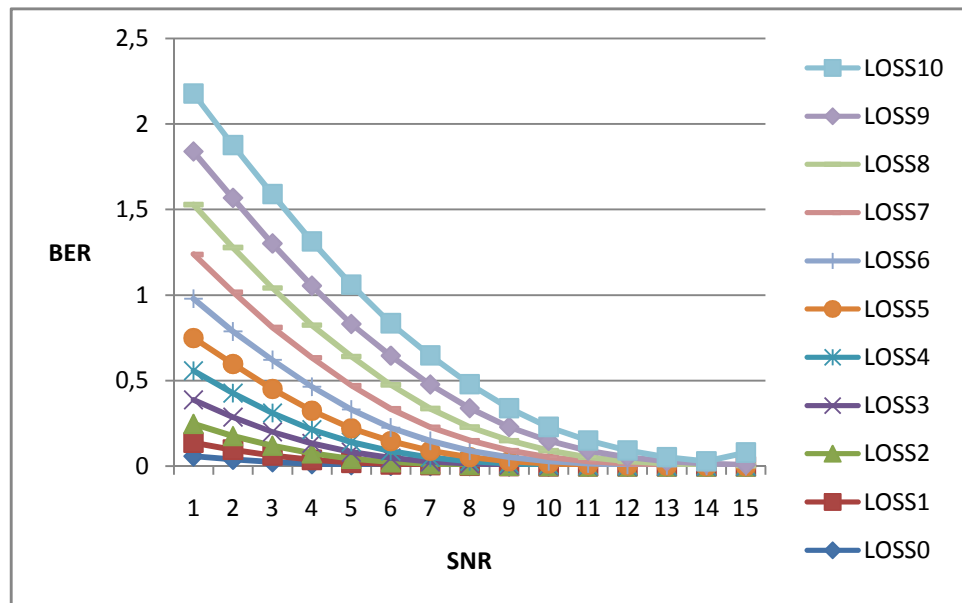
4-FSK με LOSS=10db



BER 4-FSK με LOSS=10db

### 5.1.2.1.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (M=4)

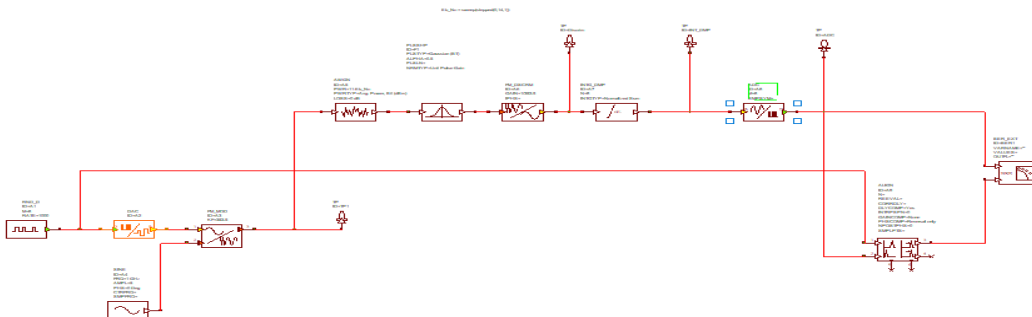
**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ SNR ΜΕ BER ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.



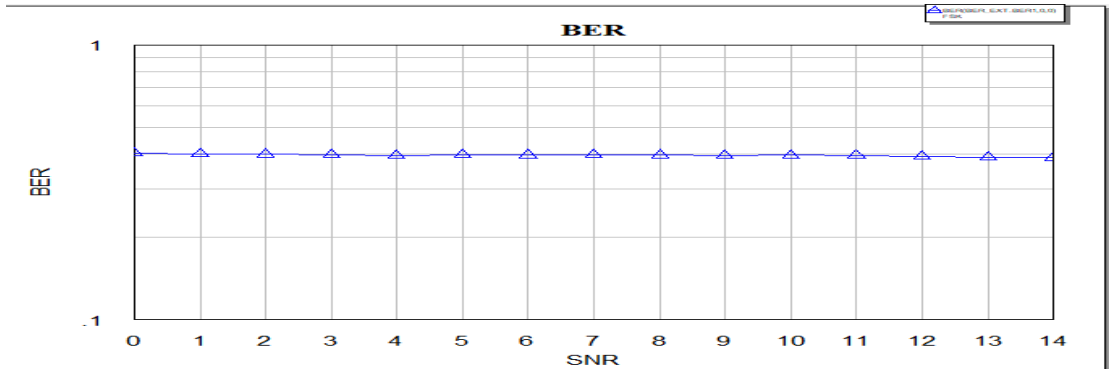
- **LOSS=0:** SNR=0:0.058, SNR=1:0.039, SNR=2:0.024, SNR=3:0.013, SNR=4:0.0071, SNR=5:0.0046, SNR=6:0.002, SNR=7:0.0012, SNR=8:0.00044, SNR=9:0.00026, SNR=10:0.00018, SNR=11:7.7\*10<sup>-5</sup>, SNR=12:3\*10<sup>-5</sup>, SNR=13:1.2\*10<sup>-5</sup>, SNR=14:2.8\*10<sup>-5</sup>.
- **LOSS=1:** SNR=0:0.08, SNR=1:0.058, SNR=2:0.039, SNR=3:0.024, SNR=4:0.013, SNR=5:0.0071, SNR=6:0.0046, SNR=7:0.002, SNR=8:0.0012, SNR=9:0.00044, SNR=10:0.00026, SNR=11:0.00018, SNR=12:7.7\*10<sup>-5</sup>, SNR=13:3\*10<sup>-5</sup>, SNR=14:1.2\*10<sup>-5</sup>.
- **LOSS=2:** SNR=0:0.11, SNR=1:0.08, SNR=2:0.058, SNR=3:0.039, SNR=4:0.024, SNR=5:0.013, SNR=6:0.0071, SNR=7:0.0046, SNR=8:0.002,

- SNR=9:0.0012,SNR=10:0.00044,SNR=11:0.00026,SNR=12:0.00018,  
SNR=13:7.7\*10<sup>-5</sup>,SNR=14:3\*10<sup>-5</sup>.
- **LOSS=3:**SNR=0:0.14,SNR=1:0.11,SNR=2:0.08,SNR=3:0.058,  
SNR=4:0.034,SNR=5:0.024,SNR=6:0.013,SNR=7:0.0071,SNR=8:0.0046,  
SNR=9:0.002,SNR=10:0.0012,SNR=11:0.00044,SNR=12:0.00026,  
SNR=13:0.00018,SNR=14:7.7\*10<sup>-5</sup>.
  - **LOSS=4:**SNR=0:0.17,SNR=1:0.14,SNR=2:0.11,SNR=3:0.08,SNR=4:0.058,  
SNR=5:0.039,SNR=6:0.024,SNR=7:0.013,SNR=8:0.071,SNR=9:0.046,  
SNR=10:0.002,SNR=11:0.0012,SNR=12:0.00044,SNR=13:0.00026,  
SNR=14:0.00018.
  - **LOSS=5:**SNR=0:0.19,SNR=1:0.17,SNR=2:0.14,SNR=3:0.11,SNR=4:0.08,  
SNR=5:0.058,SNR=6:0.039,SNR=7:0.024,SNR=8:0.013,SNR=9:0.0071,  
SNR=10:0.0046,SNR=11:0.002,SNR=12:0.0012,SNR=13:0.00044,  
SNR=14:0.00026.
  - **LOSS=6:**SNR=0:0.23,SNR=1:0.019,SNR=2:0.17,SNR=3:0.14,SNR=4:0.11,  
SNR=5:0.08,SNR=6:0.058,SNR=7:0.039,SNR=8:0.024,SNR=9:0.013,  
SNR=10:0.0071,SNR=11:0.0046,SNR=12:0.002,SNR=13:0.0012,  
SNR=14:0.00044.
  - **LOSS=7:**SNR=0:0.26,SNR=1:0.23,SNR=2:0.19,SNR=3:0.17,SNR=4:0.14,  
SNR=5:0.11,SNR=6:0.08,SNR=7:0.058,SNR=8:0.039,SNR=9:0.024,  
SNR=10:0.013,SNR=11:0.0071,SNR=12:0.0046,SNR=13:0.002,  
SNR=14:0.012.
  - **LOSS=8:**SNR=0:0.29,SNR=1:0.26,SNR=2:0.23,SNR=3:0.19,SNR=4:0.17,  
SNR=5:0.14,SNR=6:0.11,SNR=7:0.08,SNR=8:0.058,SNR=9:0.039,  
SNR=10:0.024,SNR=11:0.013,SNR=12:0.0071,SNR=13:0.0046,  
SNR=14:0.02.
  - **LOSS=9:**SNR=0:0.31,SNR=1:0.29,SNR=2:0.26,SNR=3:0.23,SNR=4:0.19,  
SNR=5:0.17,SNR=6:0.14,SNR=7:0.11,SNR=8:0.08,SNR=9:0.058,  
SNR=10:0.039,SNR=11:0.024,SNR=12:0.013,SNR=13:0.0071,  
SNR=14:0.0046.
  - **LOSS=10:**SNR=0:0.34,SNR=1:0.31,SNR=2:0.29,SNR=3:0.26,SNR=4:0.23,  
SNR=5:0.19,SNR=6:0.17,SNR=7:0.14,SNR=8:0.11,SNR=9:0.08,  
SNR=10:0.058,SNR=11:0.039,SNR=12:0.024,SNR=13:0.013,  
SNR=14:0.071.

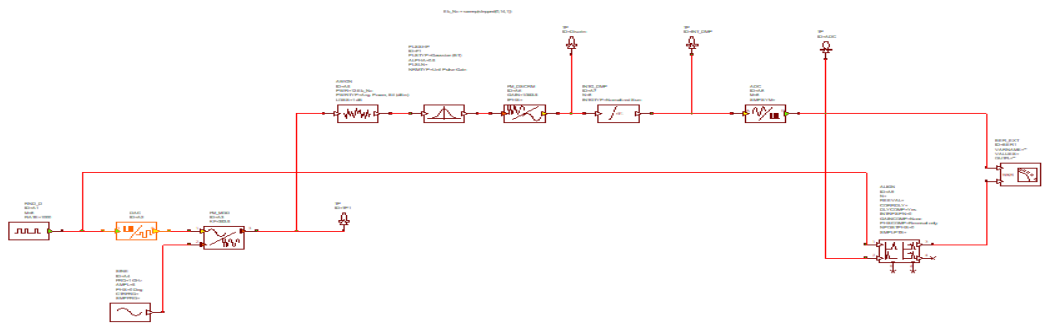
### 5.1.2.2:8-FSK



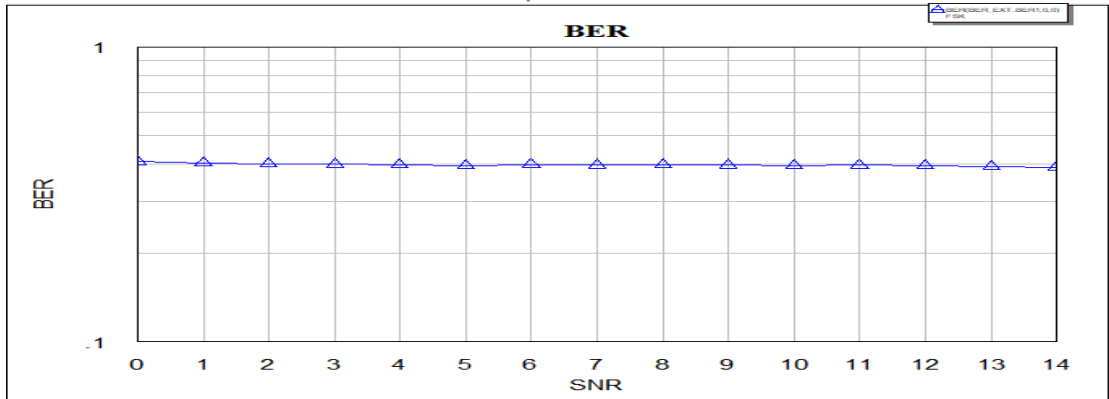
8-FSK με LOSS=0



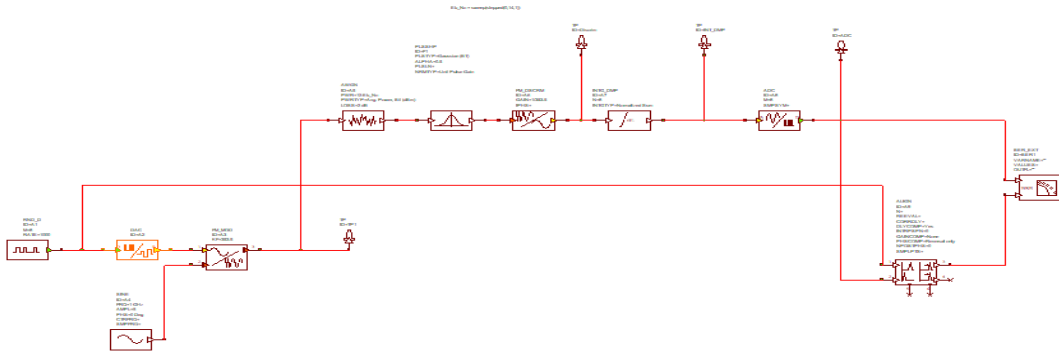
BER 8-FSK με LOSS=0db



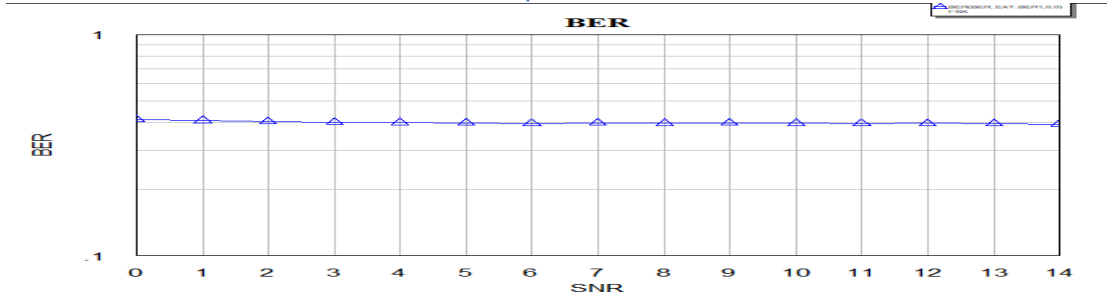
8-FSK με LOSS=1db



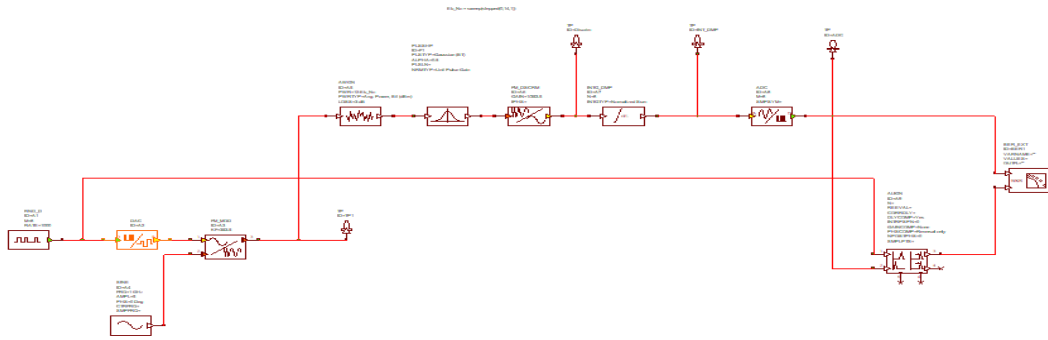
BER 8-FSK με LOSS=1db



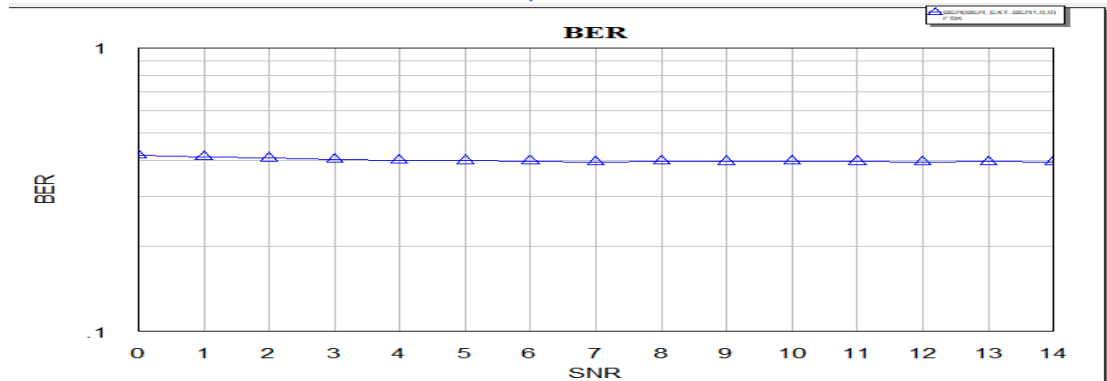
8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=2db



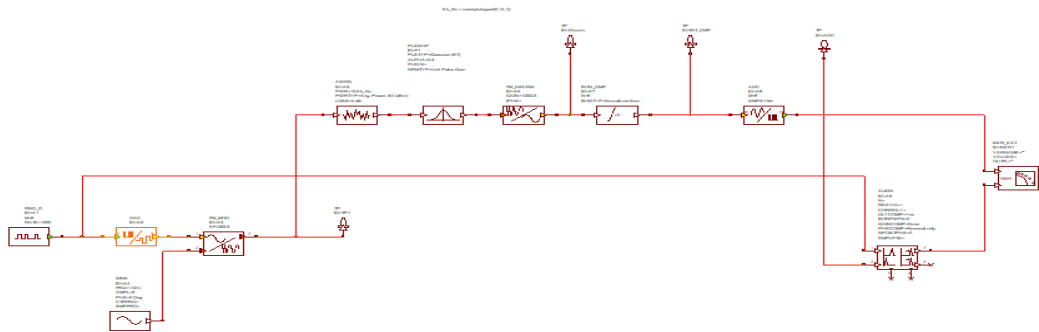
8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=2db



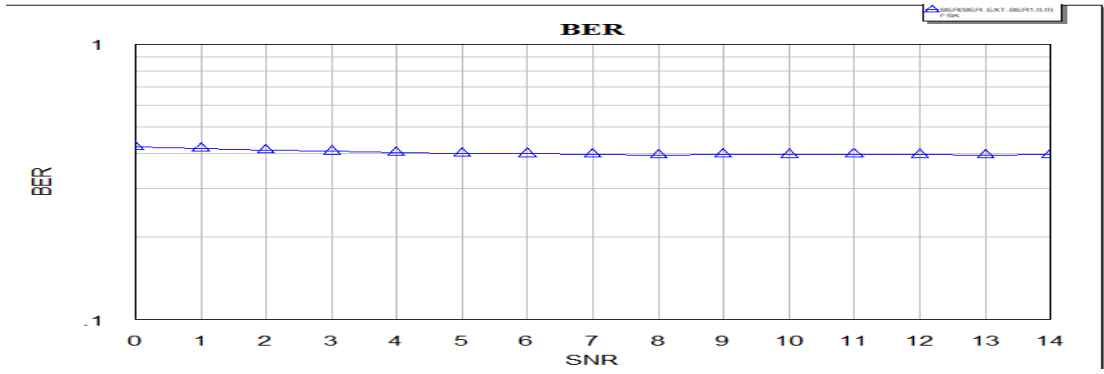
8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



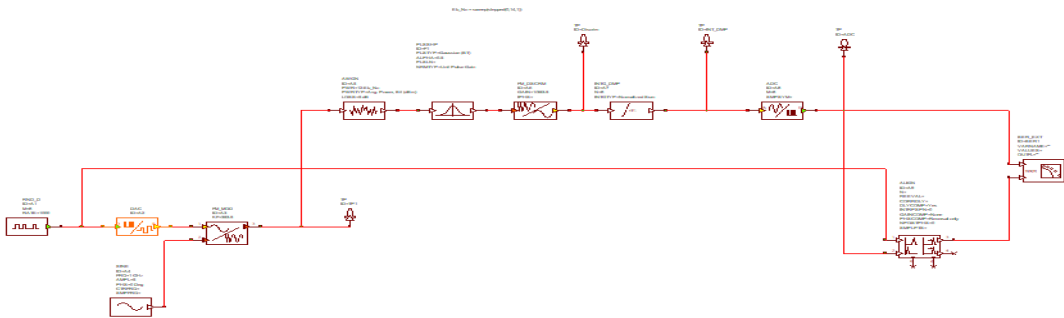
BER 8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



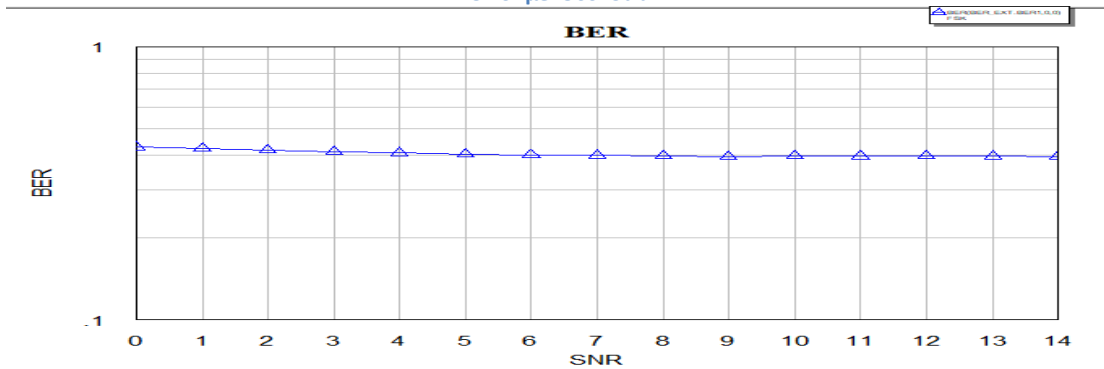
8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db



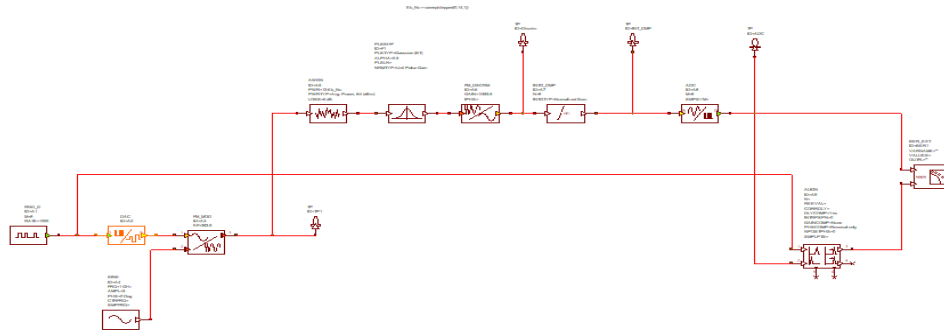
BER 8-FSK με LOSS=4db



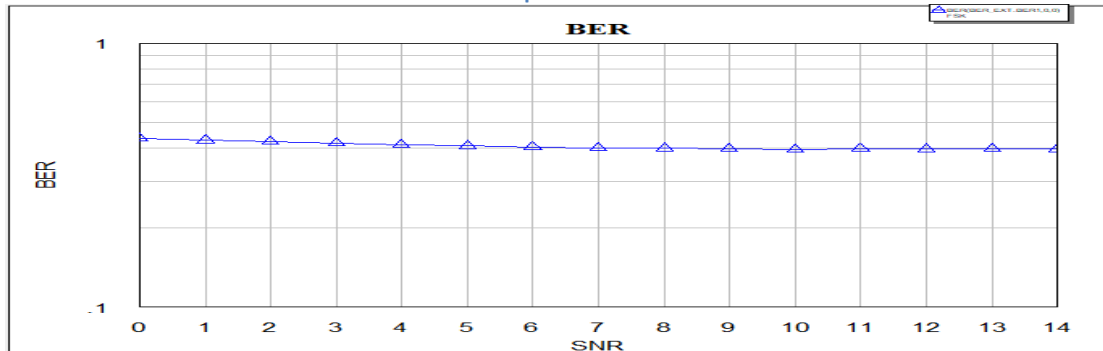
8-FSK με LOSS=5db



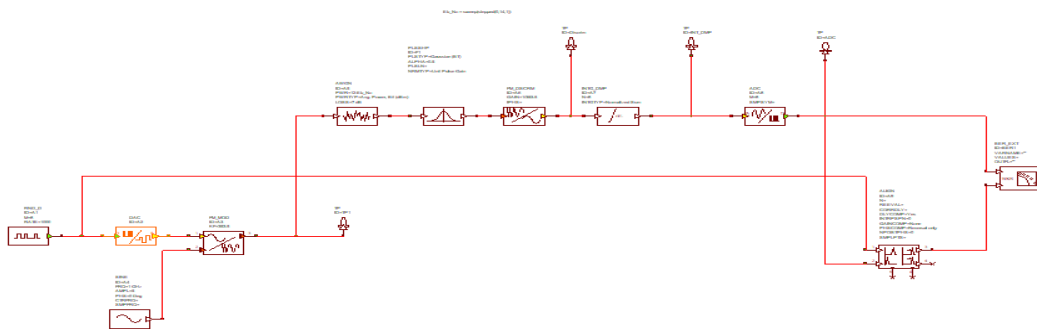
BER 8-FSK με LOSS=5db



8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=6db

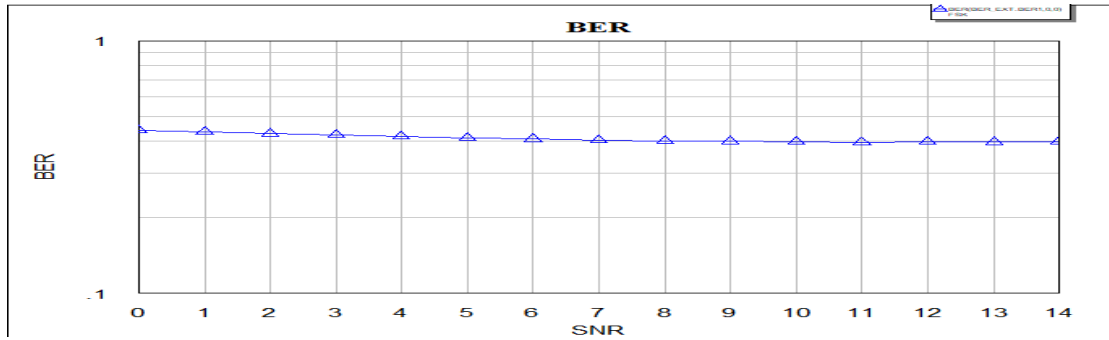


BER 8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=6db

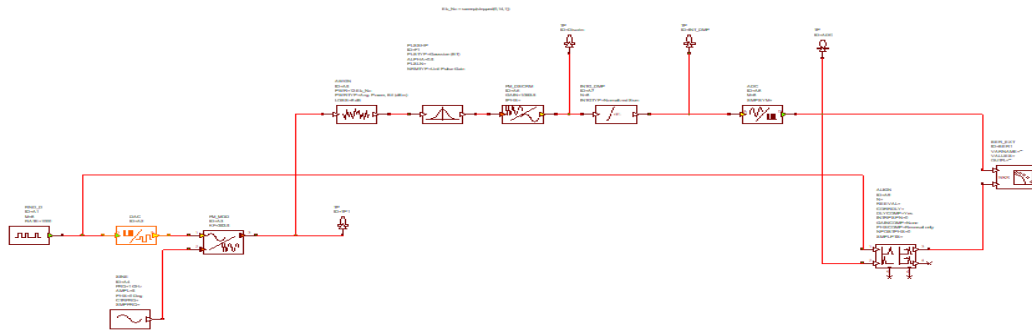


8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=7db

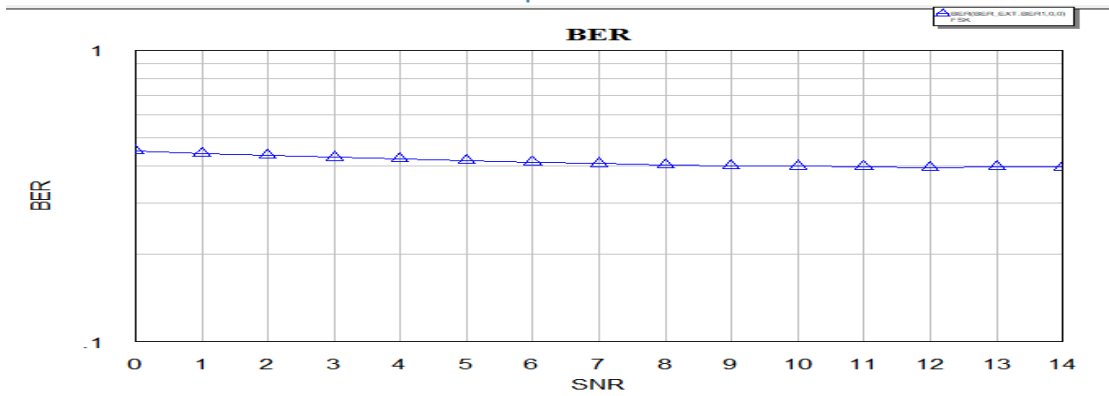




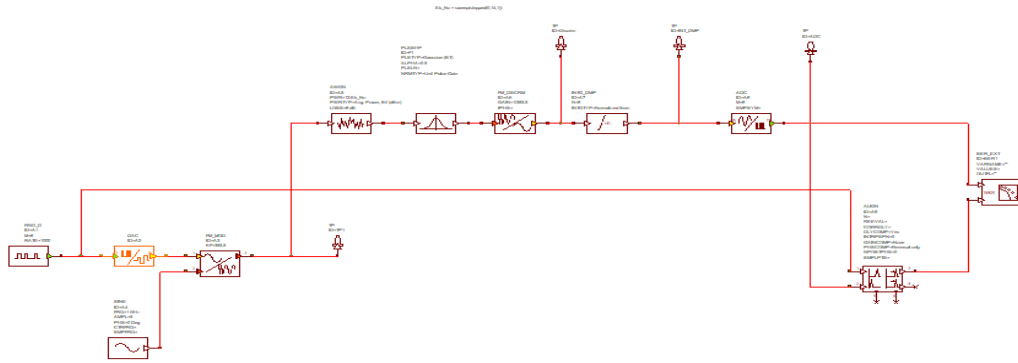
BER 8-FSK με LOSS=7db



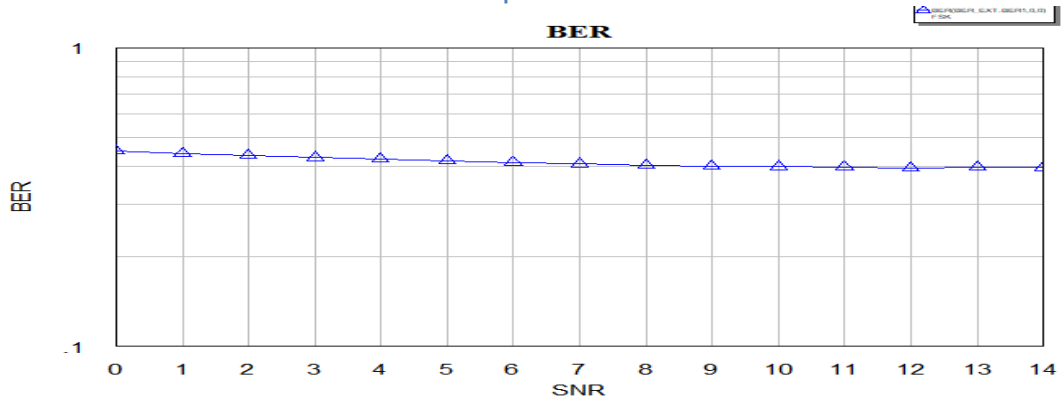
8-FSK με LOSS=8db



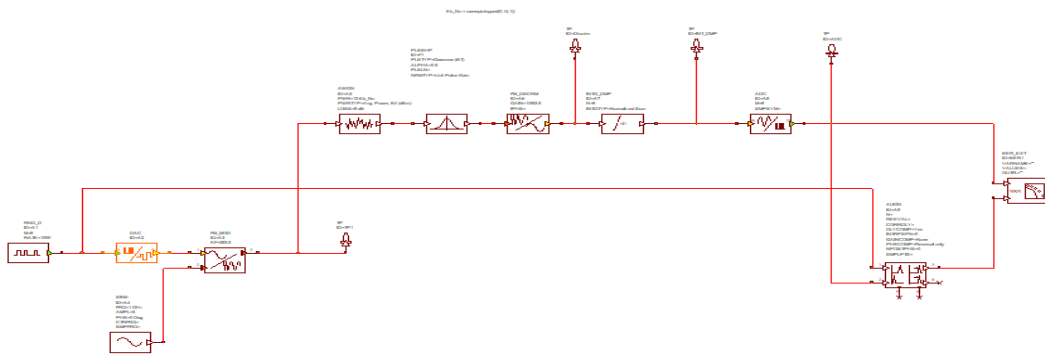
BER 8-FSK με LOSS=7db



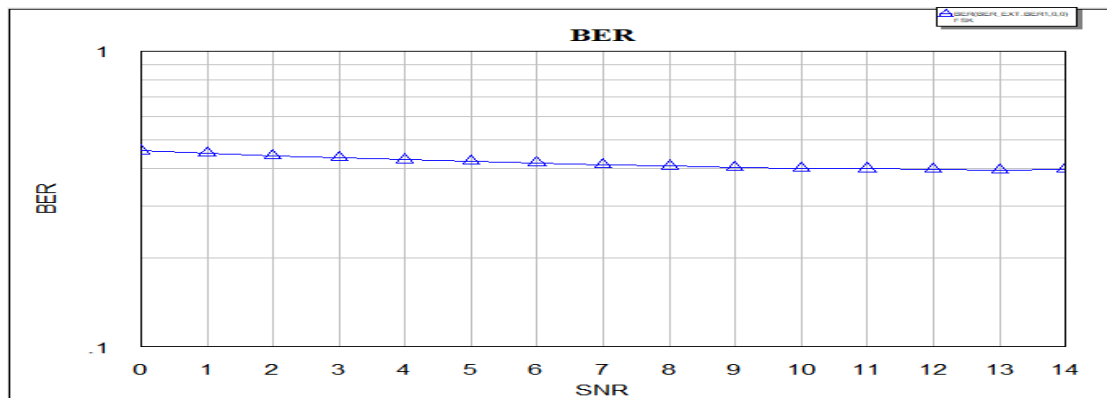
8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



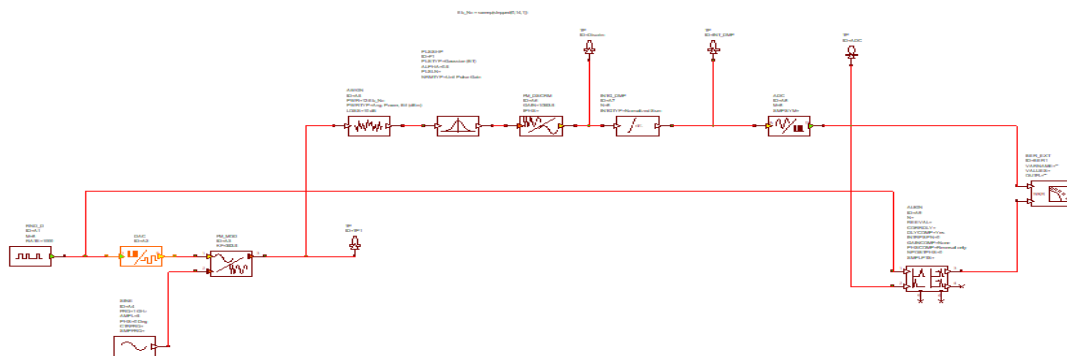
BER 8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



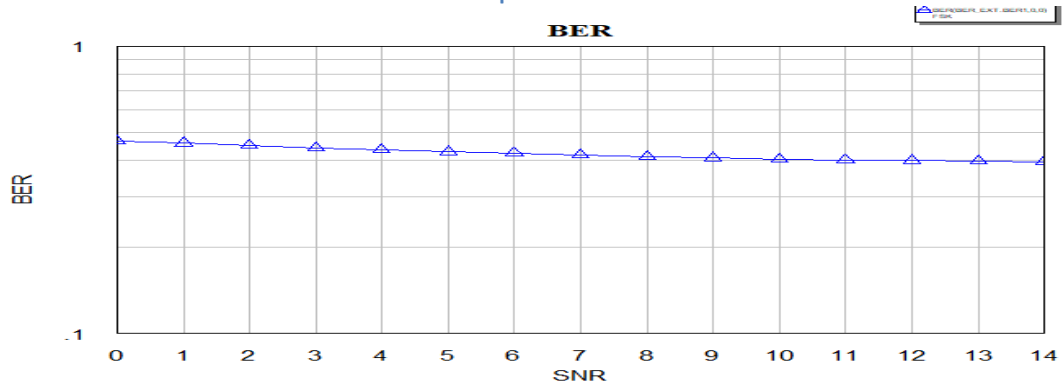
8-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=9db



BER 8-FSK με LOSS=9db



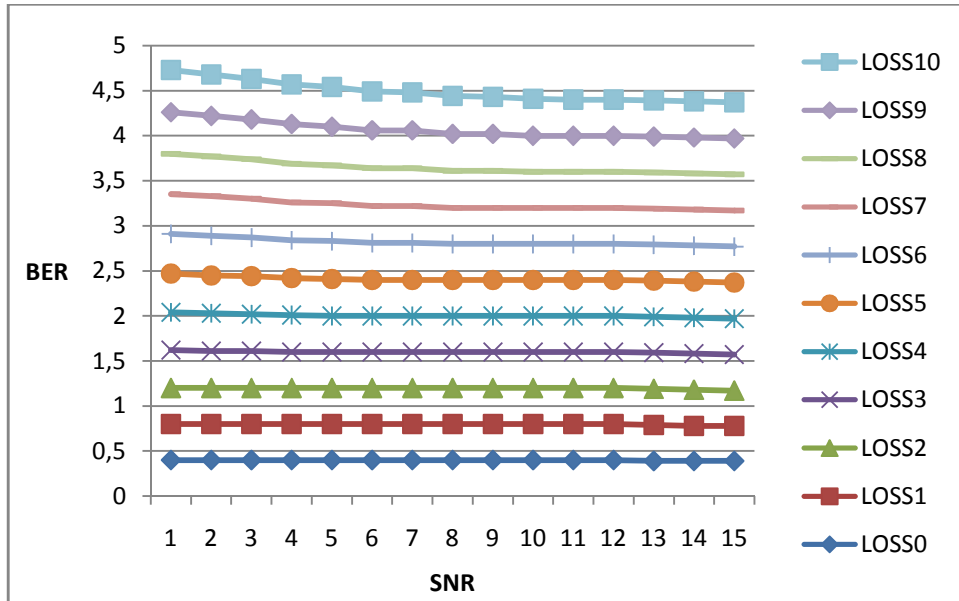
8-FSK με LOSS=10db



BER 8-FSK με LOSS=10db

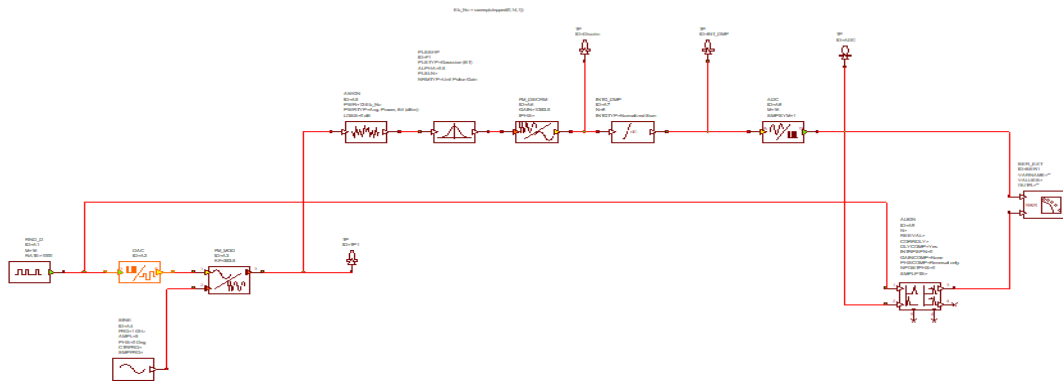
### 5.1.2.2.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (M=8)

**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ SNR ΜΕ BER ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.

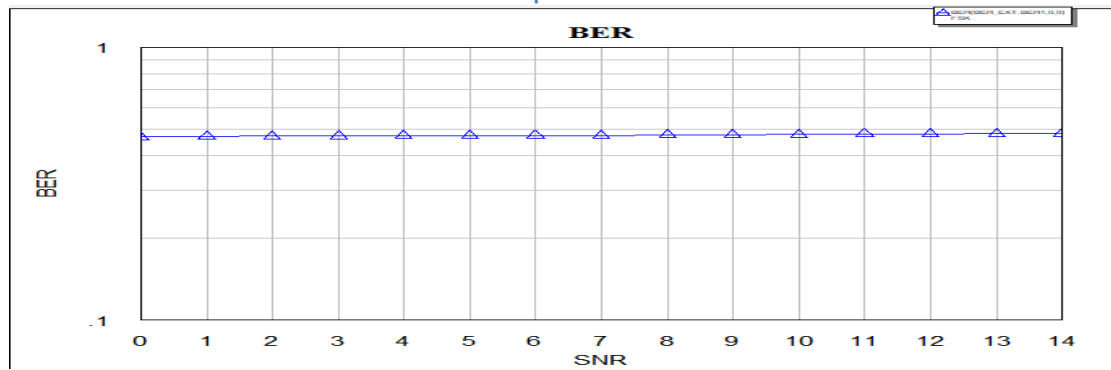


- **LOSS=0:SNR=0-11:0.4,SNR=12-14:0.39.**
- **LOSS=1:SNR=0-12:0.4,SNR=13,14:0.39.**
- **LOSS=2:SNR=0-13:0.4,SNR=14:0.39.**
- **LOSS=3:SNR=0:0.42,SNR=1,2:0.41,SNR=3-14:0.4.**
- **LOSS=4:SNR=0,1:0.42,SNR=2,3:0.41,SNR=4-14:0.4.**
- **LOSS=5:SNR=0:0.43,SNR=1,2:0.42,SNR=3,4:0.41,SNR=5-14:0.4.**
- **LOSS=6,7:SNR=0,1:0.44,SNR=2:0.43,SNR=3,4:0.42,SNR=5,6:0.41,SNR=7-14:0.4.**
- **LOSS=8:SNR=0:0.45,SNR=1,2:0.44,SNR=3:0.43,SNR=4,5,6:0.42,SNR=7,8:0.41,SNR=9-14:0.4.**
- **LOSS=9:SNR=0:0.46,SNR=1:0.45,SNR=2,3:0.44,SNR=4:0.43,SNR=5,6:0.42,SNR=7,8:0.41,SNR=9-14:0.4**
- **LOSS=10:SNR=0:0.47,SNR=1:0.46,SNR=2:0.45,SNR=3,4:0.44,SNR=5:0.43,SNR=6,7:0.42,SNR=8,9:0.41,SNR=10-14:0.4.**

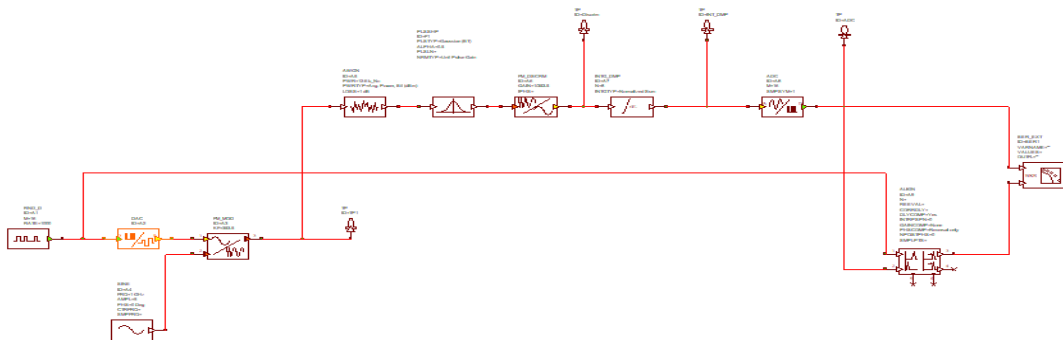
### 5.1.2.3:16-FSK



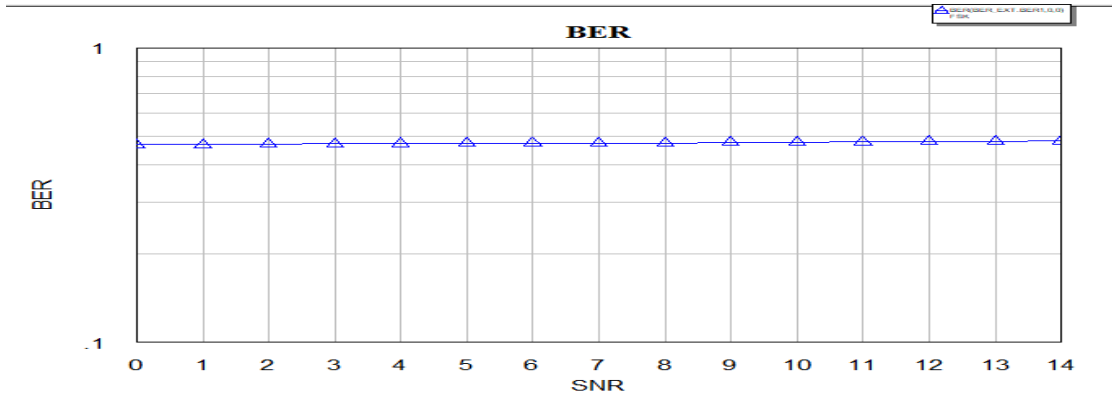
16-FSK με LOSS=0db



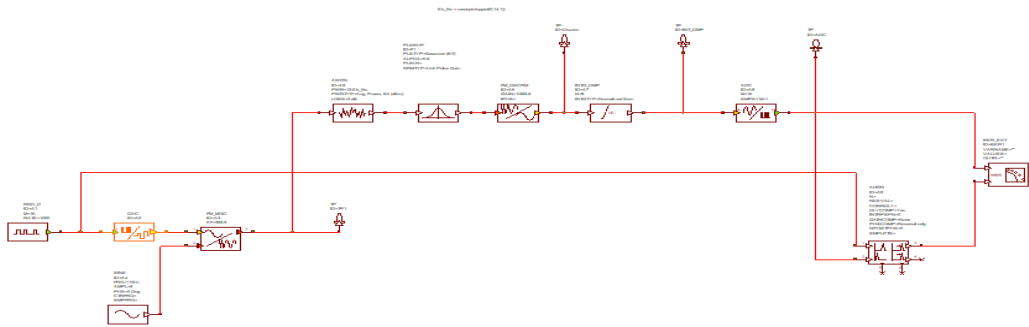
BER 16-FSK με LOSS=0db



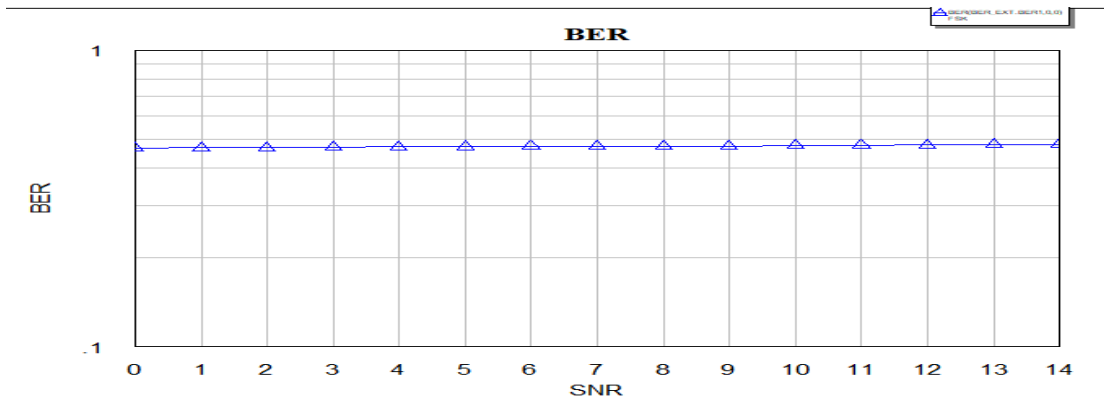
16-FSK με LOSS=1db



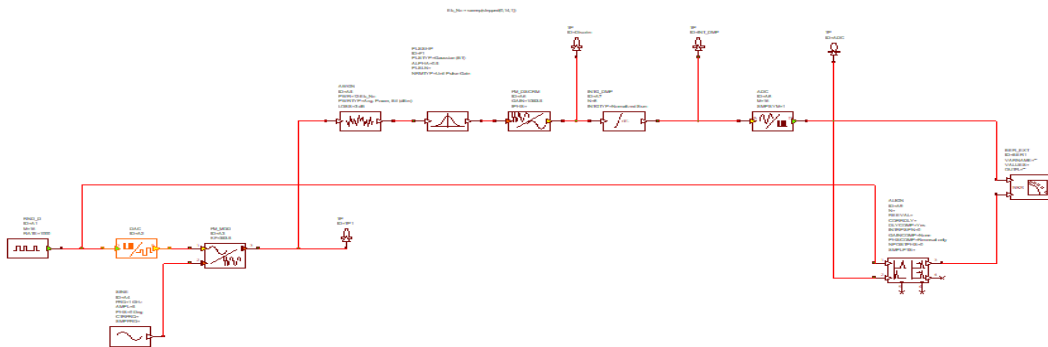
BER 16-FSK με LOSS=1db



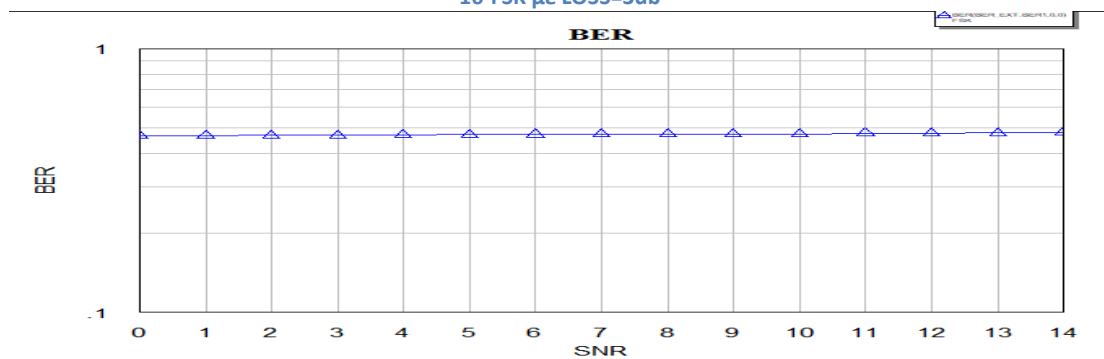
16-FSK με LOSS=2db



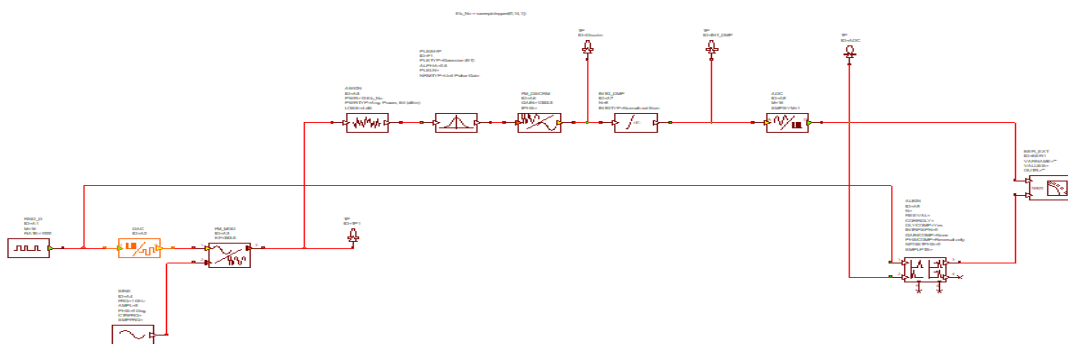
BER 16-FSK ME LOSS=2db



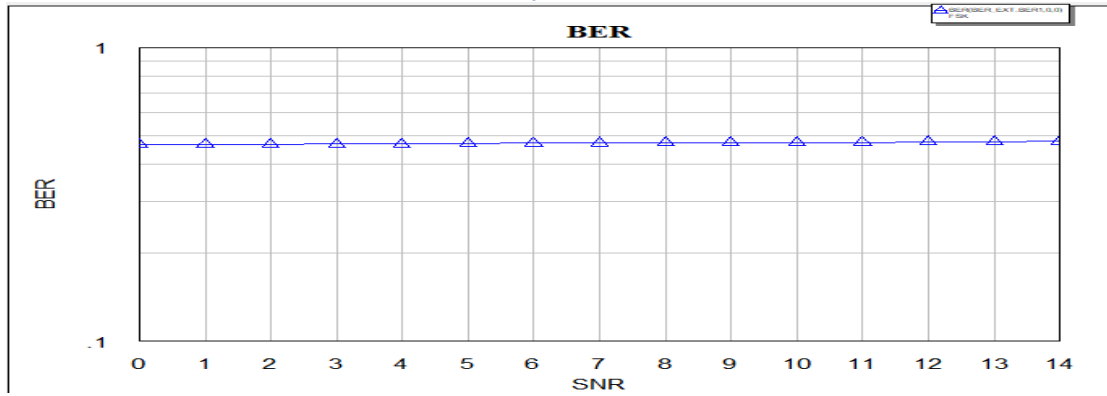
16-FSK με LOSS=3db



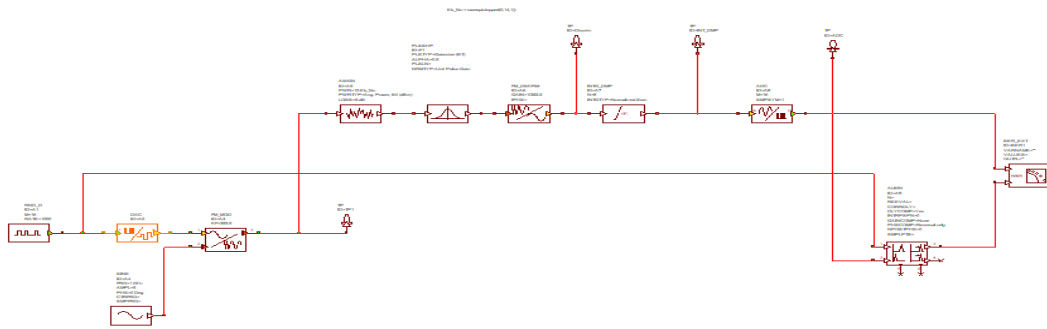
BER 16-FSK με LOSS=3db



16-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db

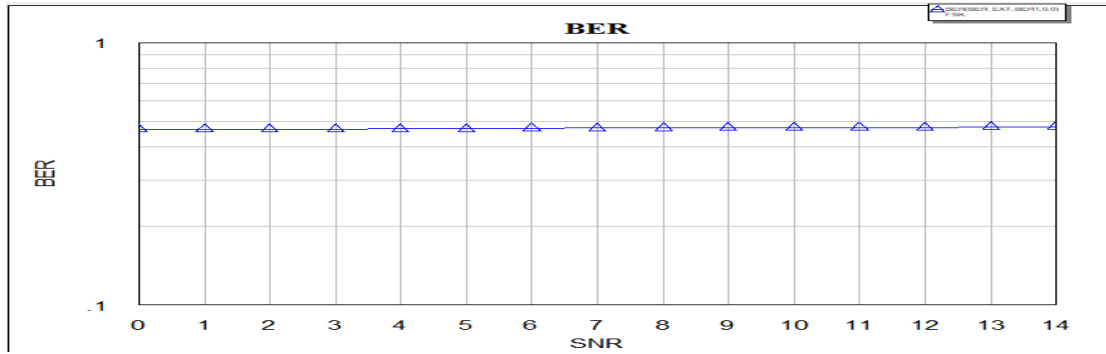


BER 16-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db

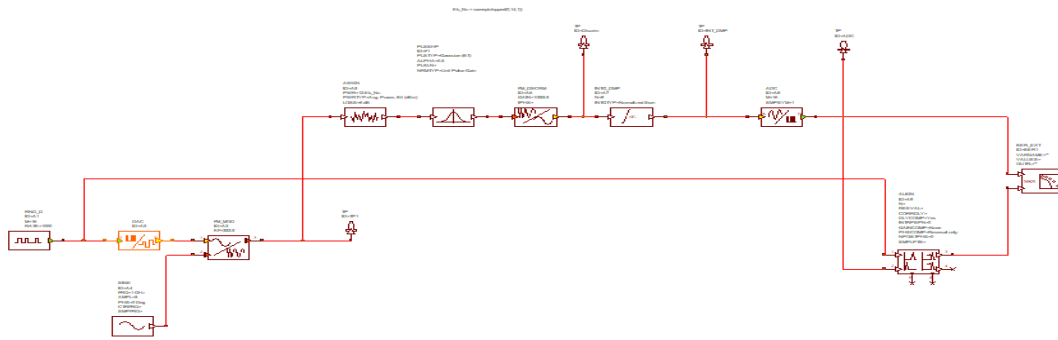


16-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=5db

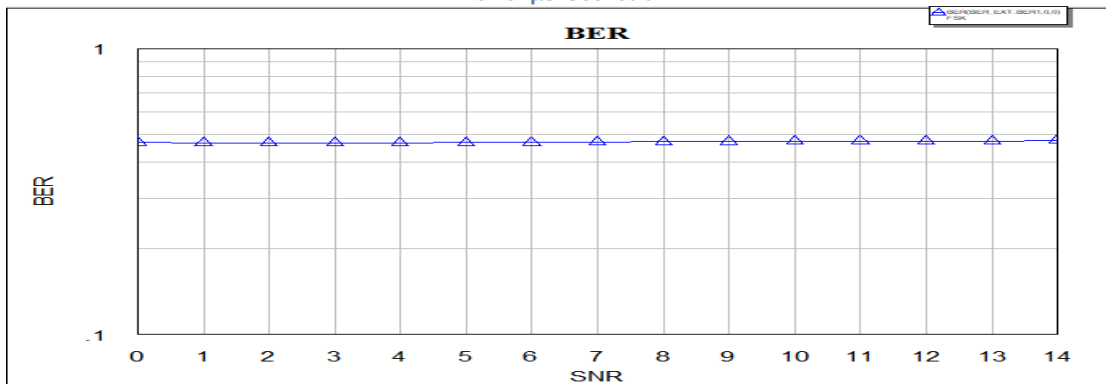




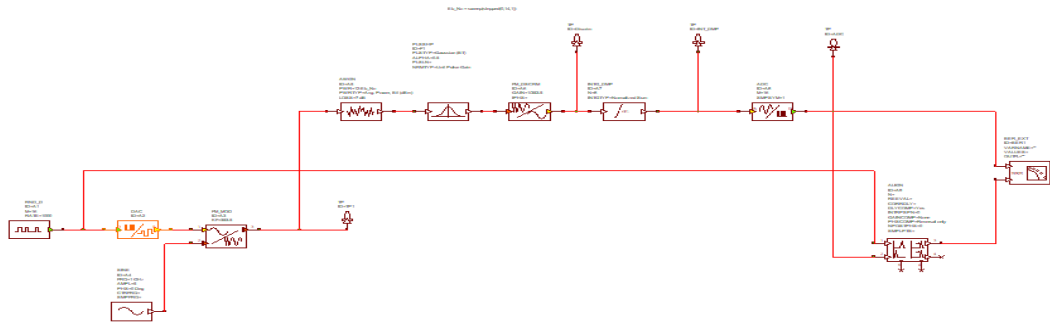
BER 16-FSK  $\mu$  LOSS=5db



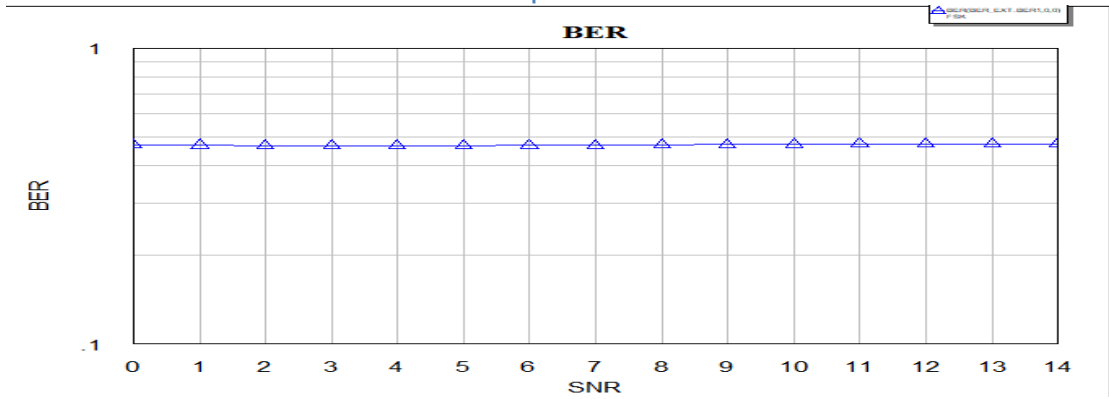
16-FSK  $\mu$  LOSS=6db



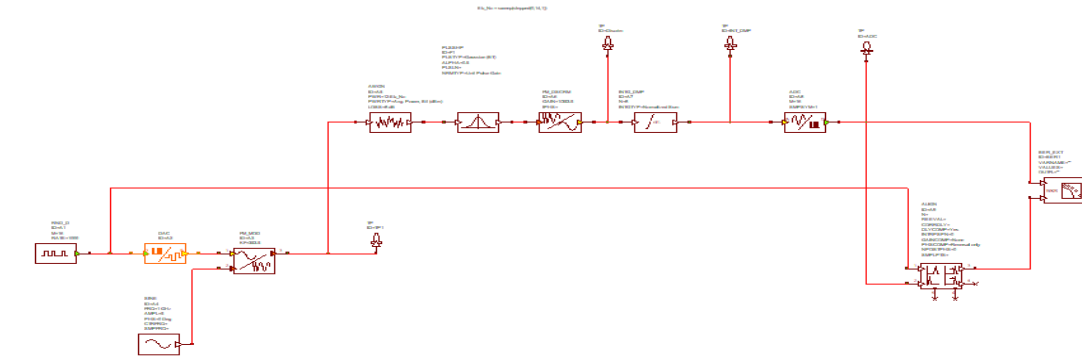
BER 16-FSK  $\mu$  LOSS=6db



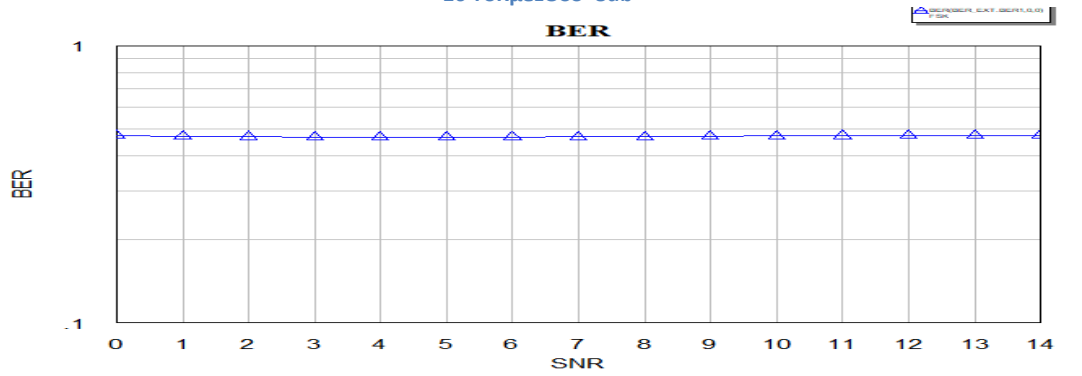
16-FSK  $\mu\epsilon$ LOSS=7db



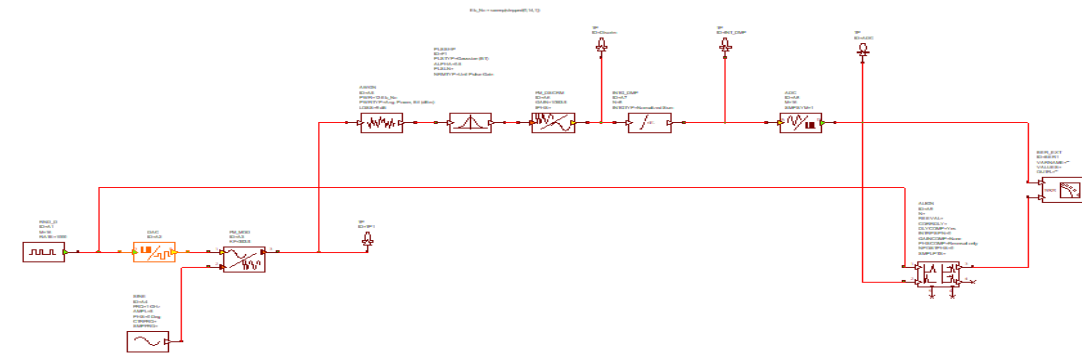
BER 16-FSK  $\mu\epsilon$ LOSS=7db



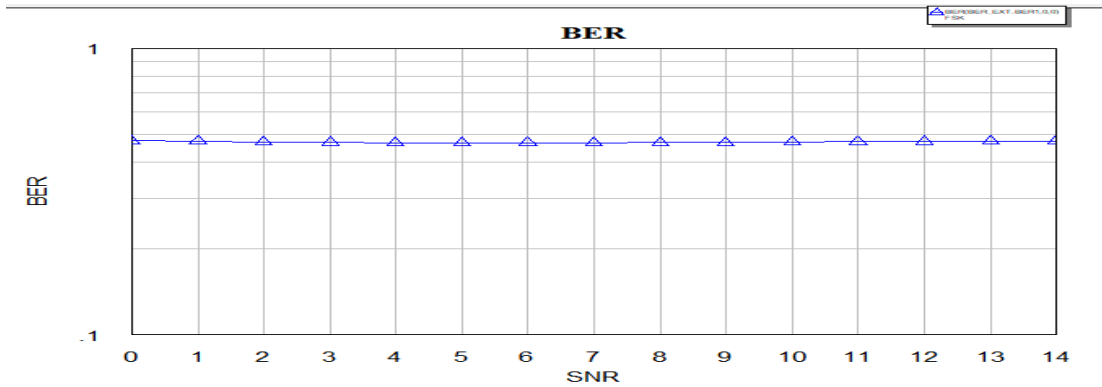
16-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



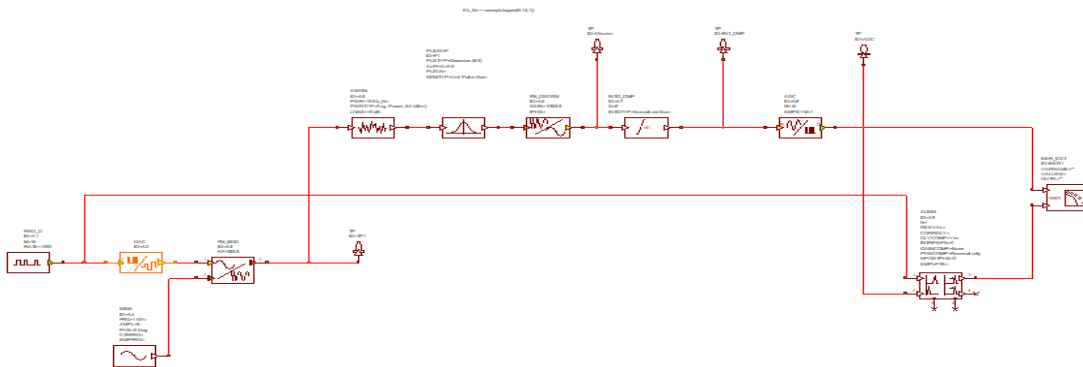
BER 16-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



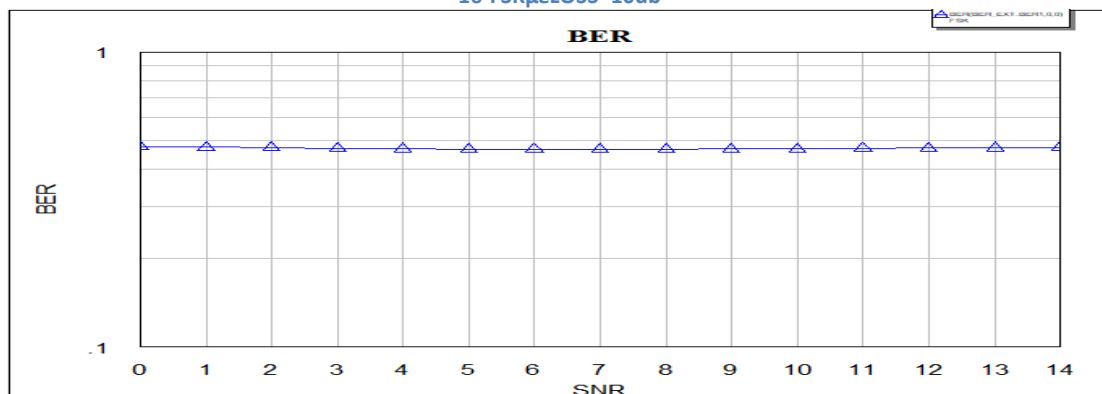
16-FSK  $\mu\epsilon$  LOSS=9db



BER 16-FSK με LOSS=9db



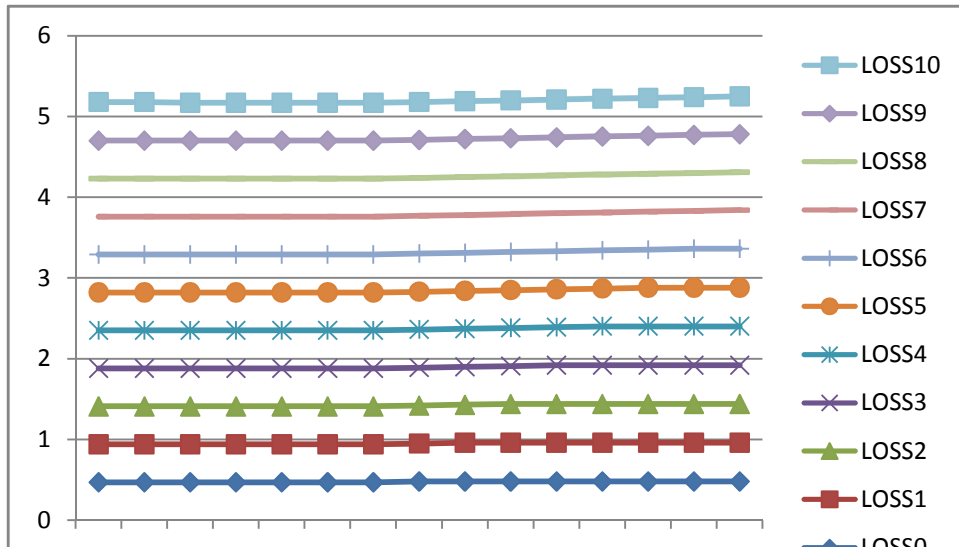
16-FSK με LOSS=10db



BER 16-FSK με LOSS=10db

### 5.1.2.3.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ (M=16)

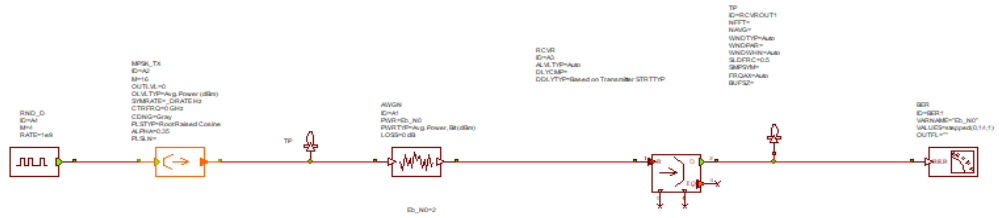
**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ SNR ΜΕ BER ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS :** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.



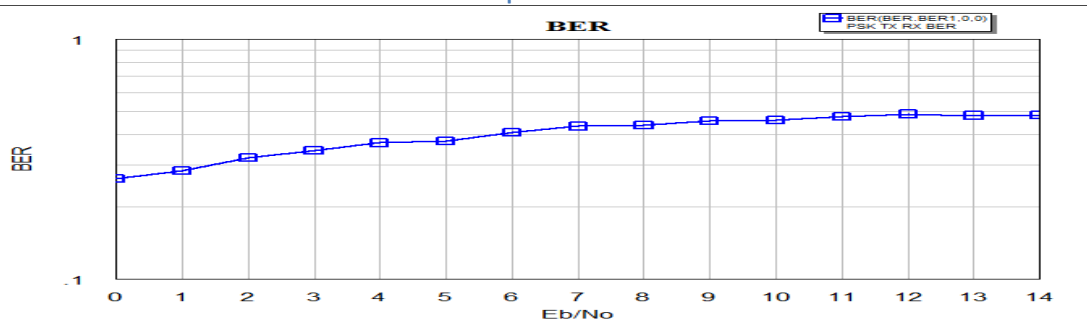
- **LOSS=0:SNR=0-6:0.47,SNR=7-14:0.48.**
- **LOSS=1:SNR=0-7:0.47,SNR=8-14:0.48.**
- **LOSS=2:SNR=0-8:0.47,SNR=9-14:0.48.**
- **LOSS=3:SNR=0-9:0.47,SNR=10-14:0.48.**
- **LOSS=4:SNR=0-10:0.47,SNR=11-14:0.48.**
- **LOSS=5:SNR=0-11:0.47,SNR=12-14:0.48.**
- **LOSS=6:SNR=0-12:0.47,SNR=13,14:0.48.**
- **LOSS=7:SNR=0-13:0.47,SNR=14:0.48.**
- **LOSS=8,9:SNR=0-14:0.47.**
- **LOSS=10:SNR=0,1:0.48,SNR=2-14:0.47.**

## 5.1.3:PSK

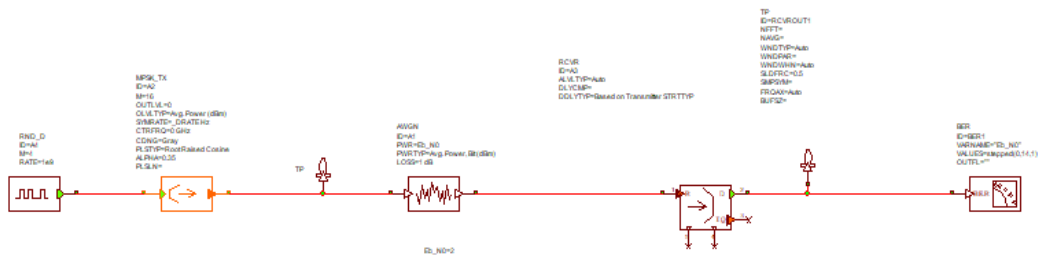
### 5.1.3.1:4-PSK



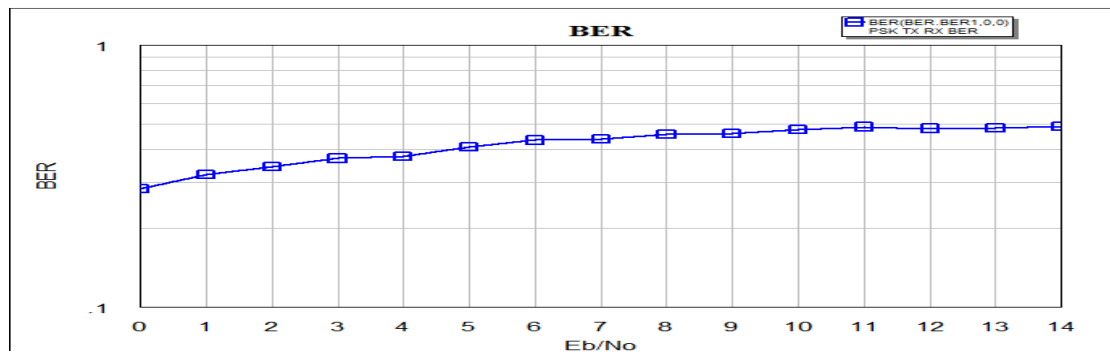
4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=0db



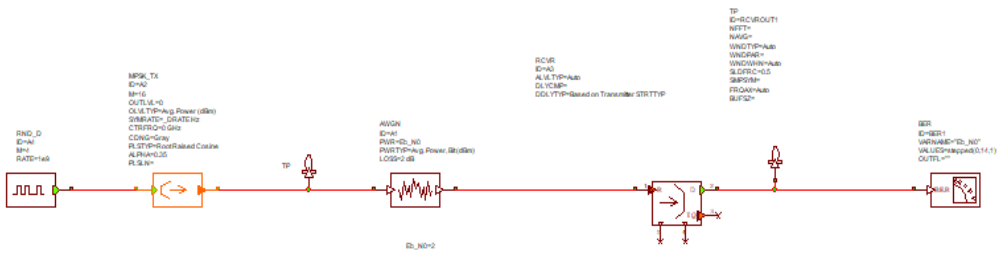
BER 4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=0db



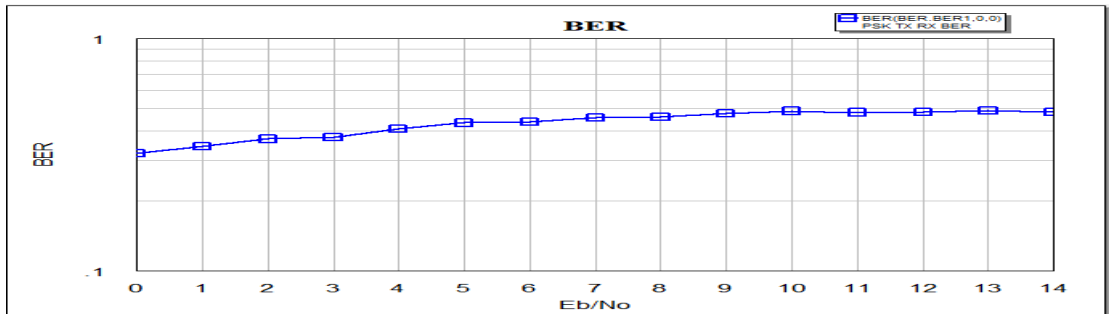
4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=1db



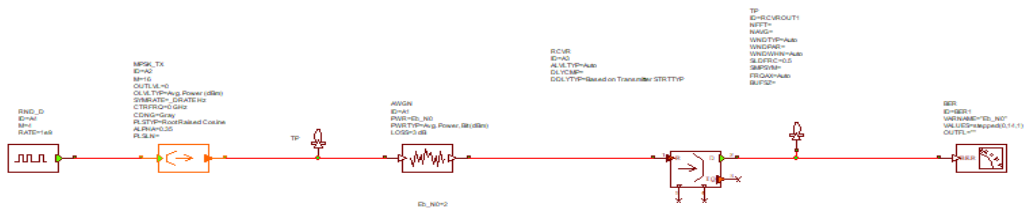
BER 4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=1db



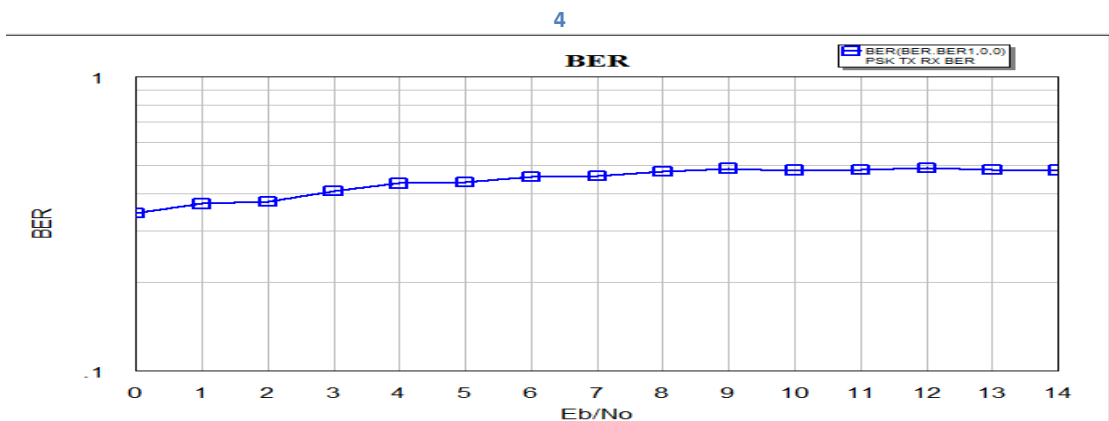
4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=2db



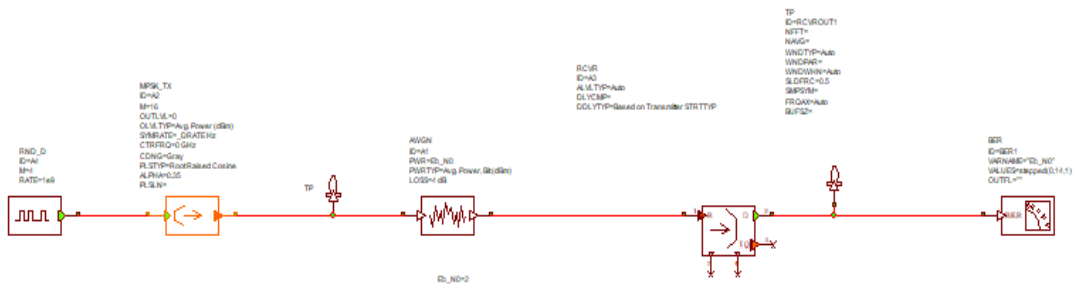
BER 4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=2db



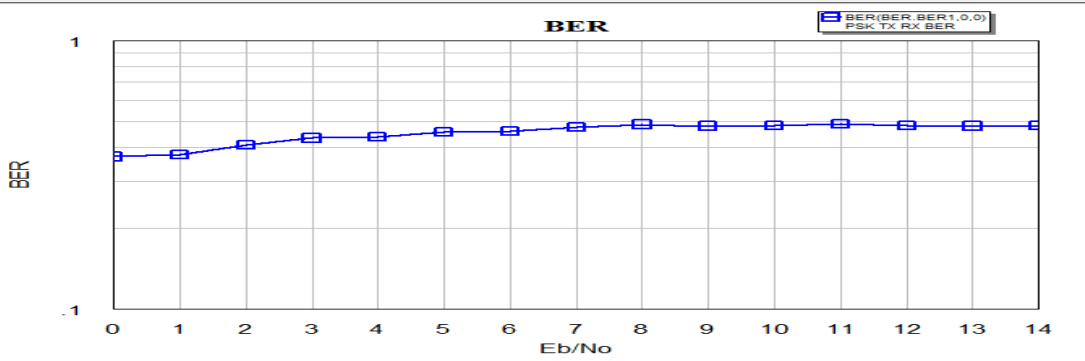
4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



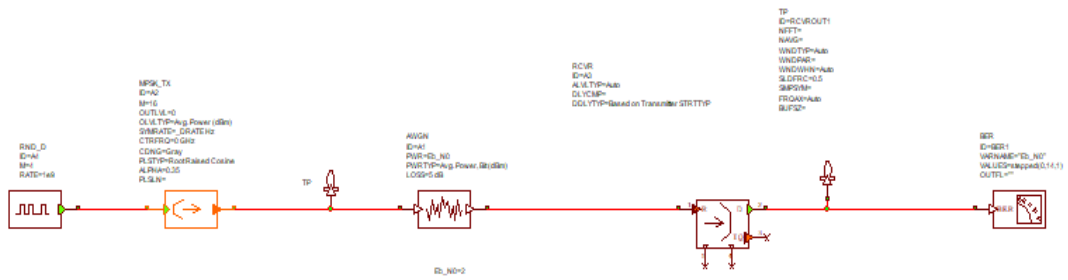
BER 4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



4-PSK  $\mu$ E LOSS=4db

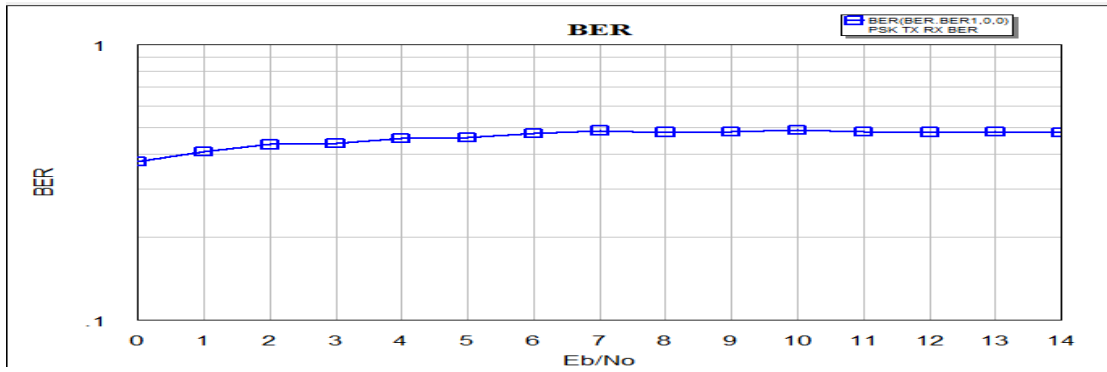


BER 4-PSK  $\mu$ E LOSS=4db

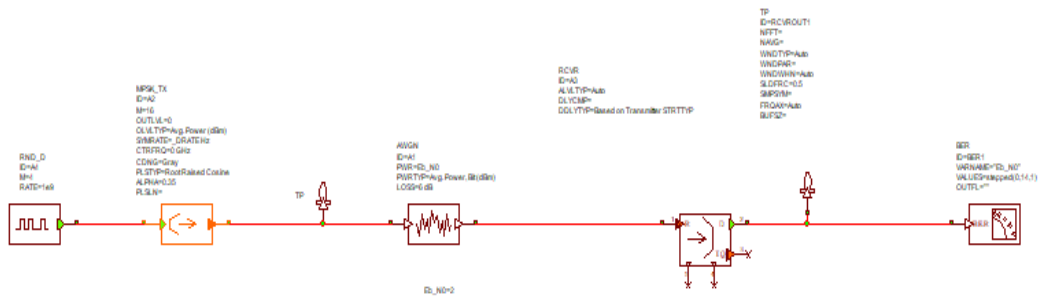


4-PSK  $\mu$ E LOSS=5db

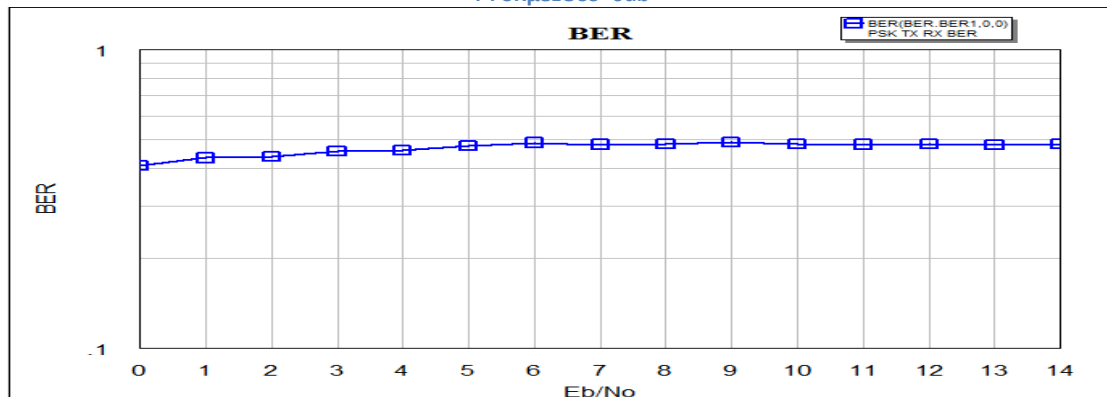




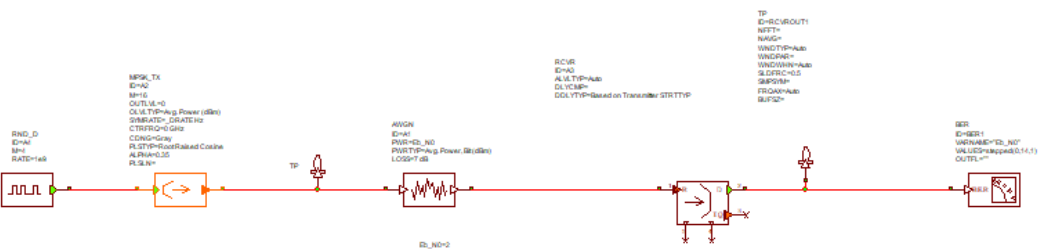
BER 4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=5db



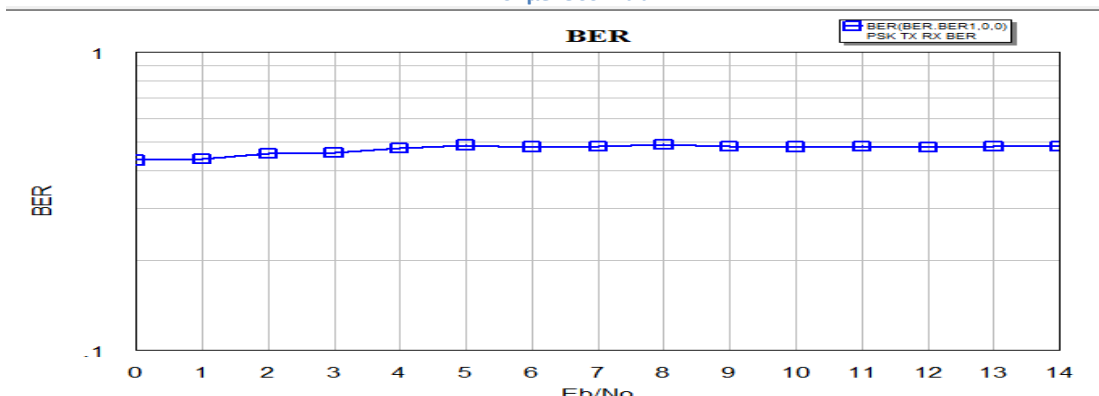
4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=5db



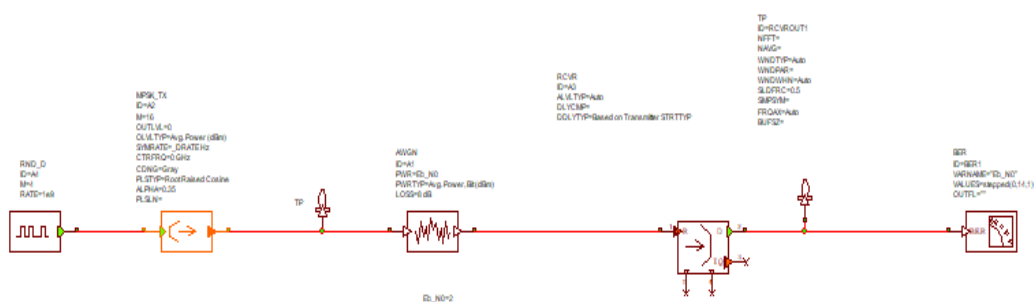
BER 4-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=6db



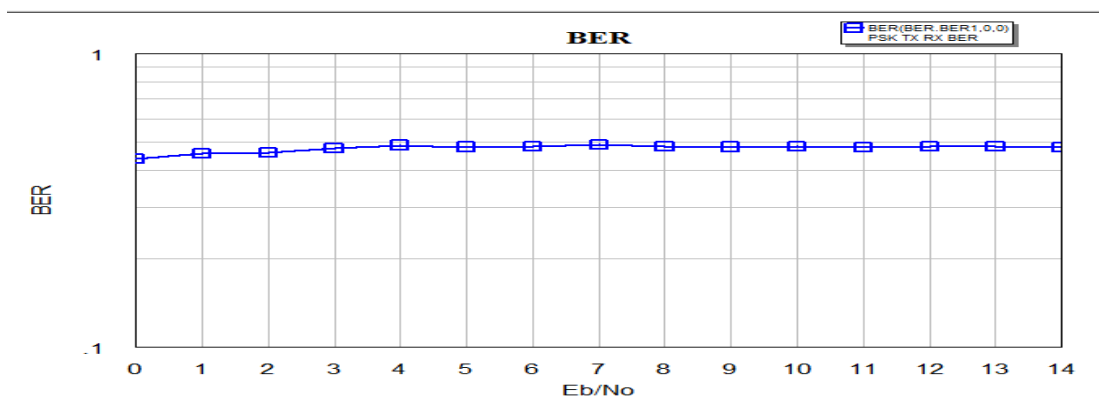
### 4-PSK $\mu$ LOSS=7db



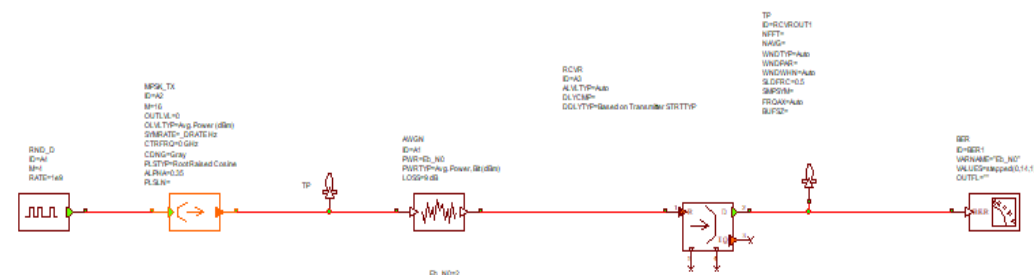
### BER 4-PSK $\mu$ LOSS=7db

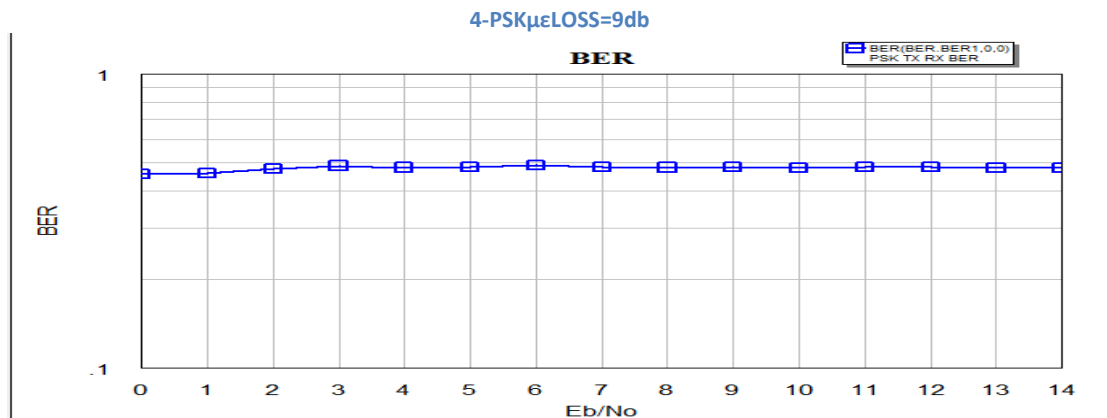


### 4-PSK $\mu$ LOSS=8db

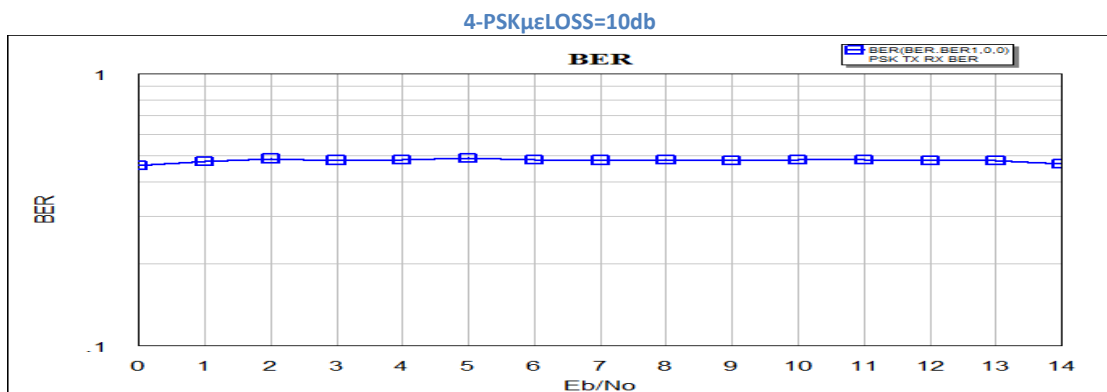
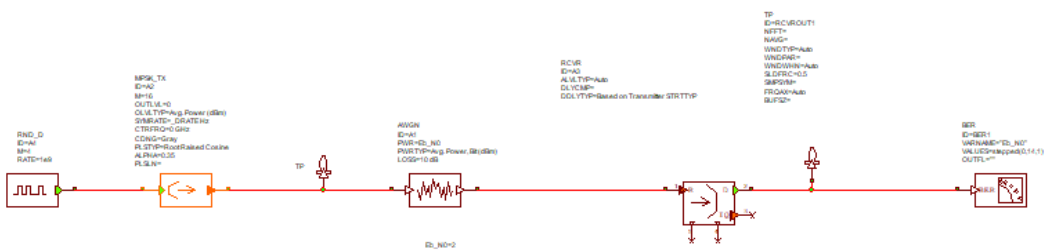


### BER 4-PSK $\mu$ LOSS=8db





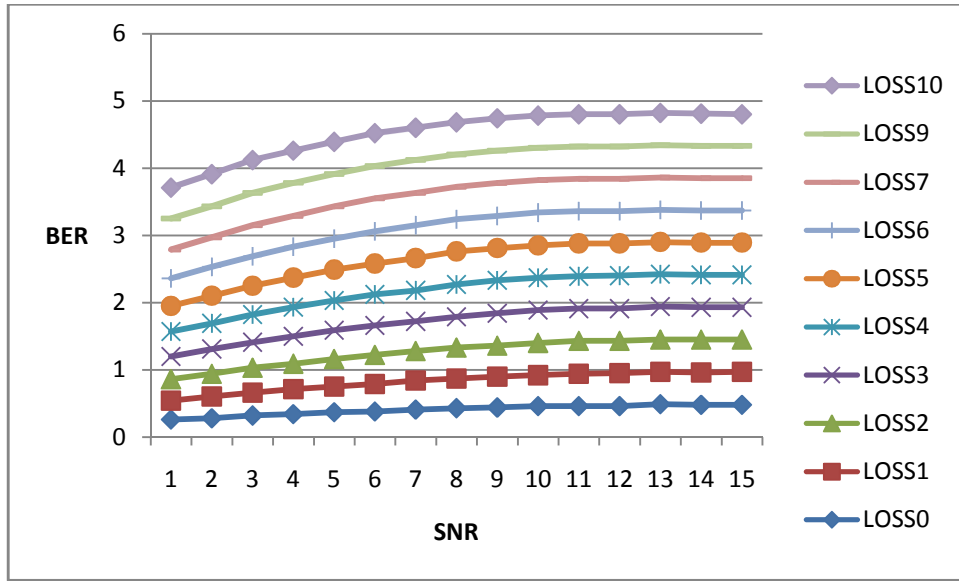
BER 4-PSK με LOSS=9db



BER 4-PSK με LOSS=10db

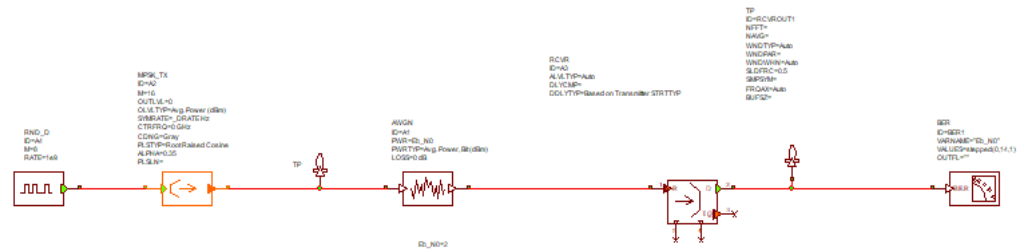
### 5.1.3.1.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ (M=4)

**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ SNR ΜΕ BER ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.

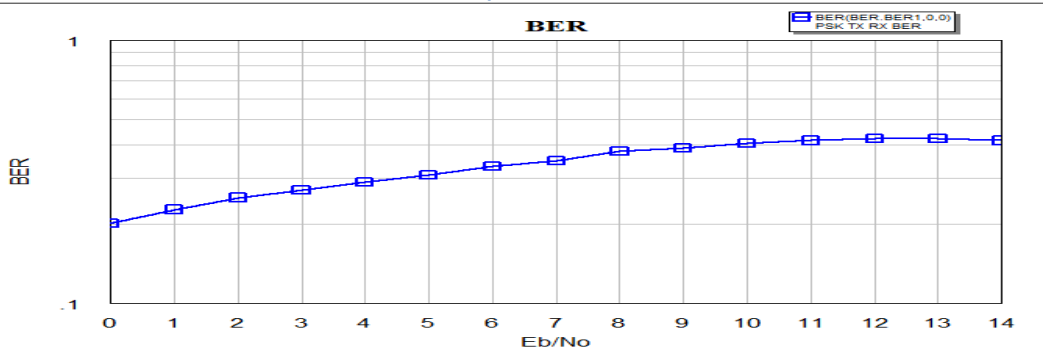


- **LOSS=0:** SNR=0:0.28,SNR=1:0.29,SNR=2:0.32,SNR=3:0.34,SNR=4:0.37, SNR=5:0.38,SNR=6:0.41,SNR=7:0.43,SNR=8:0.44,SNR=9,10,11:0.46, SNR=12:0.49,SNR=13,14:0.48.
- **LOSS=1:** SNR=0:0.29,SNR=1:0.32,SNR=2:0.34,SNR=3:0.37, SNR=4:0.38,SNR=5:0.41,SNR=6:0.43,SNR=7:0.44,SNR=8,9:0.46, SNR=10:0.48,SNR=11:0.49,SNR=12,13:0.48,SNR=14:0.49.
- **LOSS=2:** SNR=0:0.32,SNR=1:0.34,SNR=2:0.37,SNR=3:0.38, SNR=4:0.41,SNR=5:0.43,SNR=6:0.44,SNR=7,8:0.46,SNR=9:0.48, SNR=10:0.49,SNR=11,12:0.48,SNR=13:0.49,SNR=14:0.48.
- **LOSS=3:** SNR=0:0.34,SNR=1:0.37,SNR=2:0.38,SNR=3:0.41,SNR=4:0.43, SNR=5,6:0.44,SNR=6:0.44,SNR=7:0.46,SNR=8:0.48,SNR=9:0.49, SNR=10,11:0.48,SNR=12:0.49,SNR=13,14:0.48.
- **LOSS=4:** SNR=0:0.37,SNR=1:0.38,SNR=2:0.41,SNR=3:0.43,SNR=4:0.44, SNR=5,6:0.46,SNR=7:0.48,SNR=8:0.49,SNR=9,10:0.48,SNR=11:0.49, SNR=12-14:0.48.
- **LOSS=5:** SNR=0:0.38,SNR=1:0.41,SNR=2:0.43,SNR=3:0.44, SNR=4,5:0.46,SNR=6:0.48,SNR=7:0.49,SNR=8,9:0.48,SNR=10:0.49, SNR=11-14:0.48.
- **LOSS=6:**SNR=0:0.41,SNR=1:0.43,SNR=2:0.44,SNR=3,4:0.46,SNR=5:0.48 ,SNR=6:0.49,SNR=7,8:0.48,SNR=9:0.49,SNR=10-14:0.48.
- **LOSS=7:**SNR=0:0.43,SNR=1:0.44,SNR=2,3:0.46,SNR=4:0.48,SNR=5:0.49 ,SNR=6,7:0.48,SNR=8:0.49,SNR=9-14=0.48.
- **LOSS=8:**SNR=0:0.44,SNR=1,2,3:0.46,SNR=4:0.48,SNR=5:0.49, SNR=6:0.48,SNR=7:0.49,SNR=8-14:0.48
- **LOSS=9:**SNR=0,1:0.46,SNR=2:0.48,SNR=3:0.49,SNR=4,5:0.48, SNR=6:0.49,SNR=7-15:0.48.
- **LOSS=10:**SNR=0:0.46,SNR=1:0.48,SNR=2:0.49,SNR=3,4:0.48, SNR=5:0.49,SNR=6-13:0.48,SNR=14:0.47.

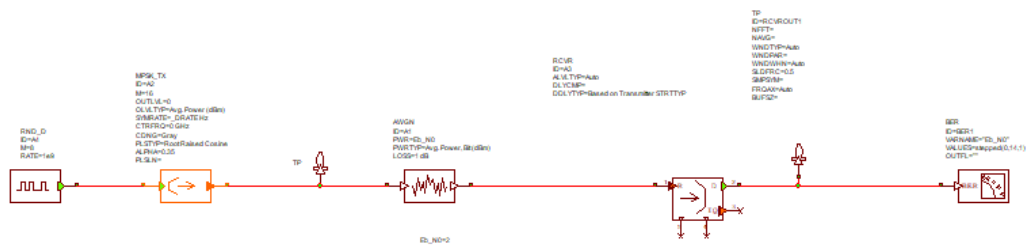
### 5.1.3.2:8-PSK



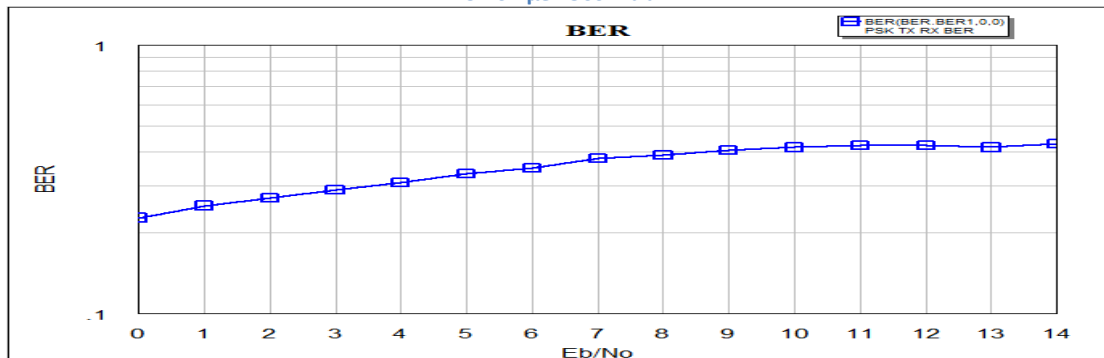
8-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=0db



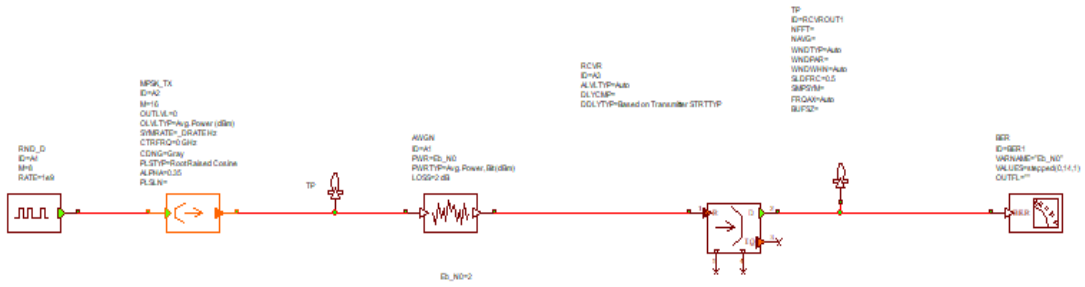
BER 8-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=0db



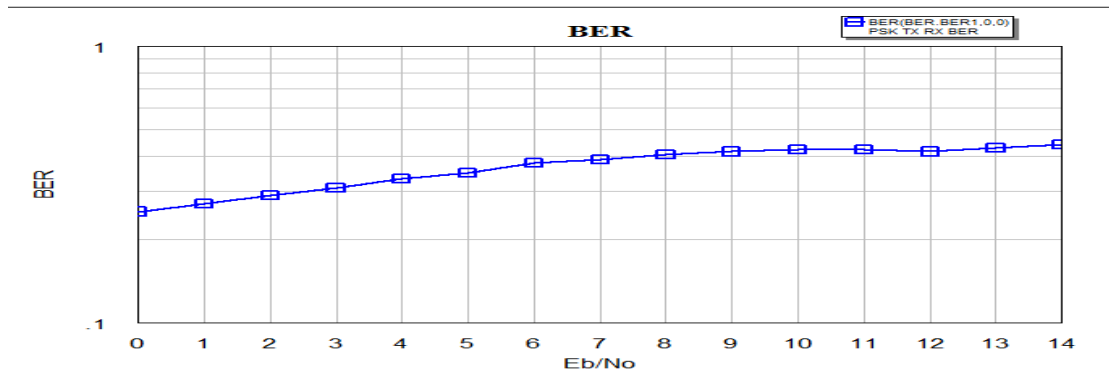
8-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=1db



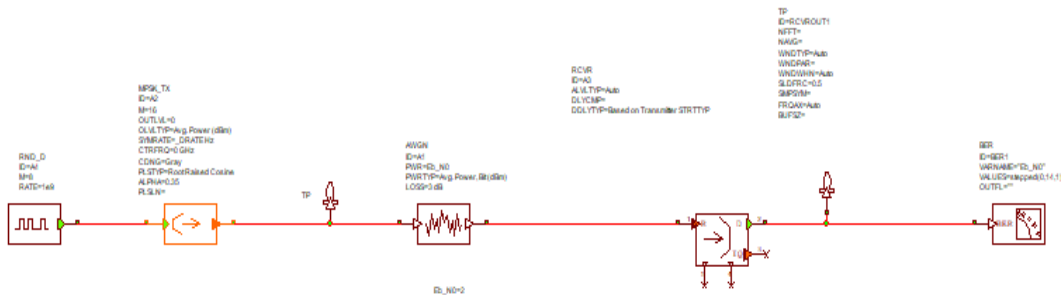
### BER 8-PSK $\mu\epsilon$ LOSS=1db



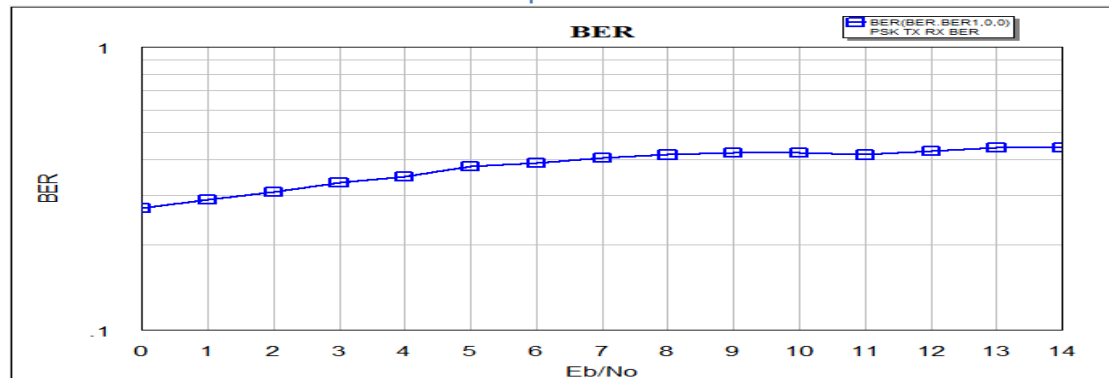
### 8-PSK $\mu\epsilon$ LOSS=2db



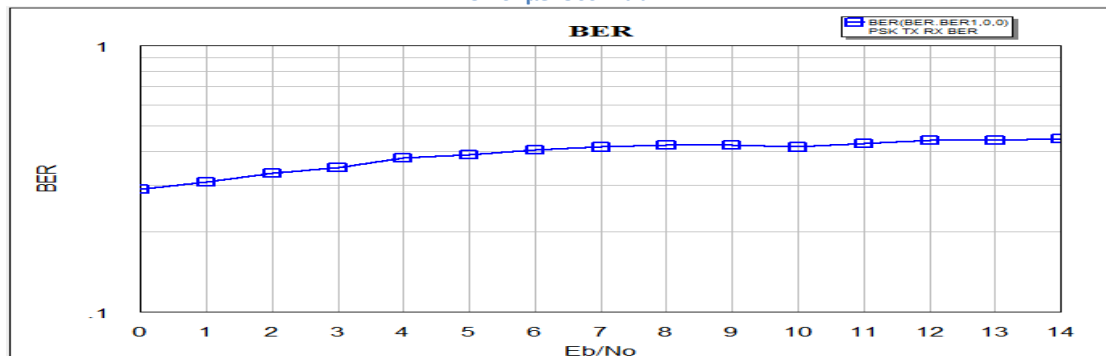
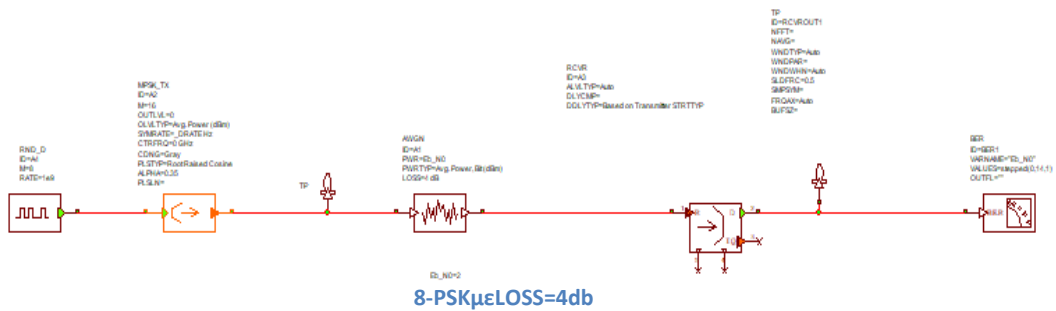
### BER 8-PSK $\mu\epsilon$ LOSS=2db



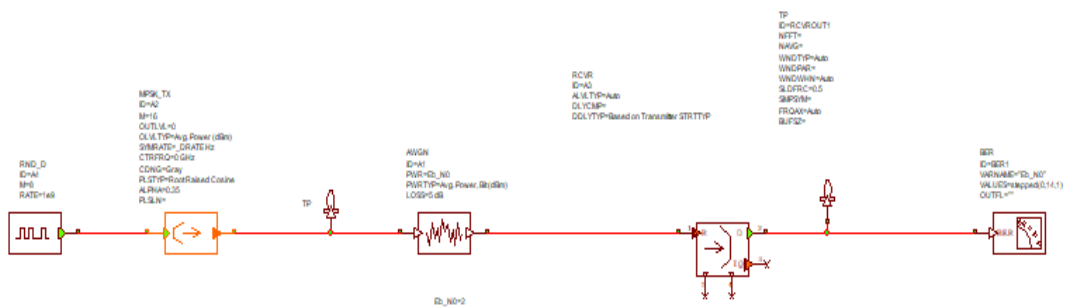
### 8-PSK $\mu\epsilon$ LOSS=3db



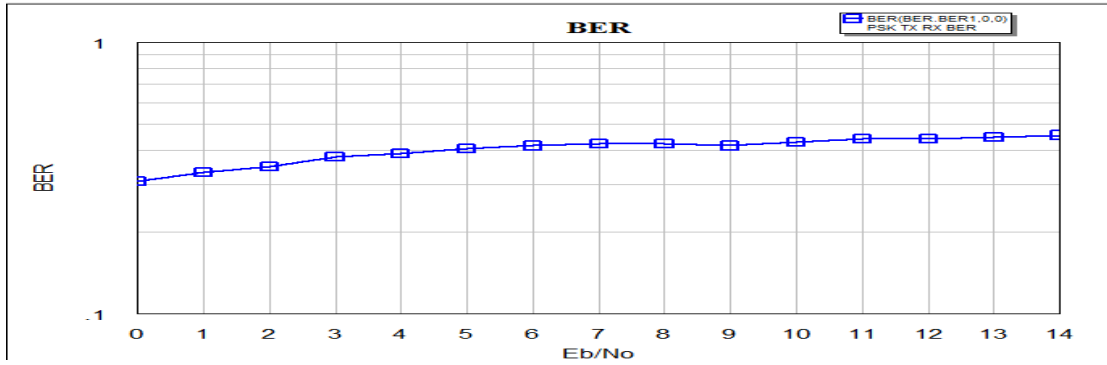
### BER 8-PSK $\mu\epsilon$ LOSS=3db



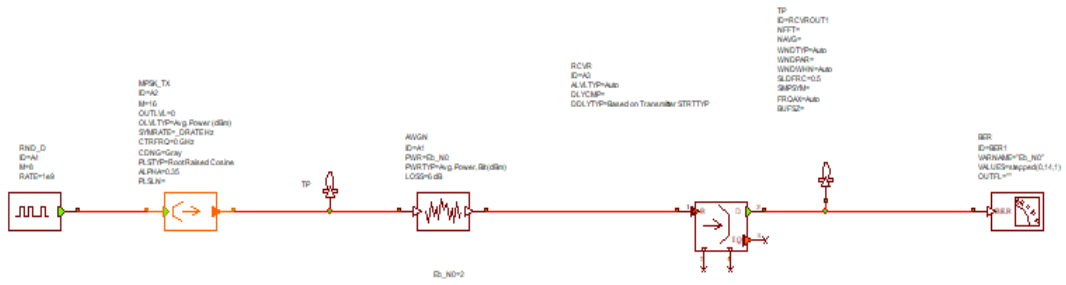
**BER 8-PSK  $\mu$ LOSS=4db**



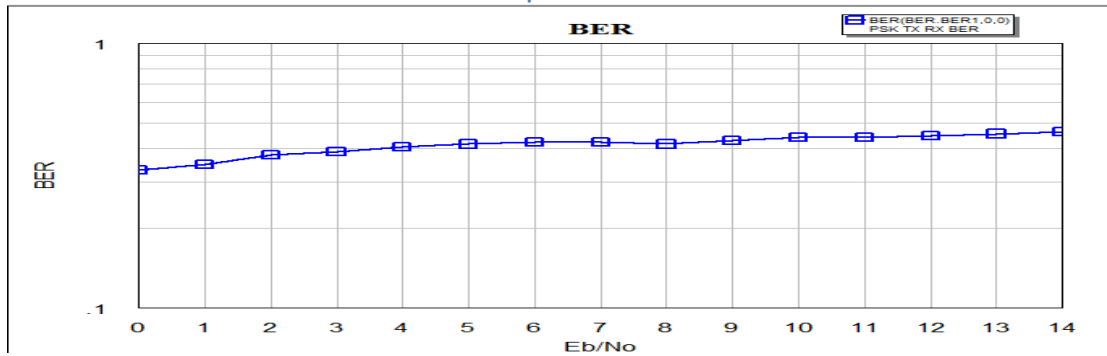
**8-PSK  $\mu$  LOSS=5db**



BER 8-PSK με LOSS=5db

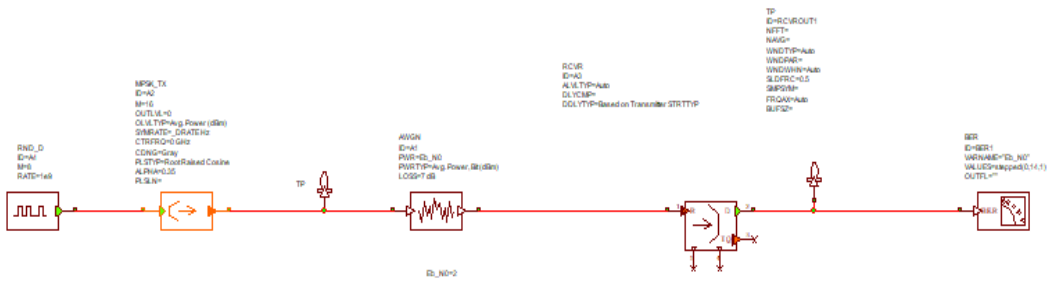


8-PSK με LOSS=6db

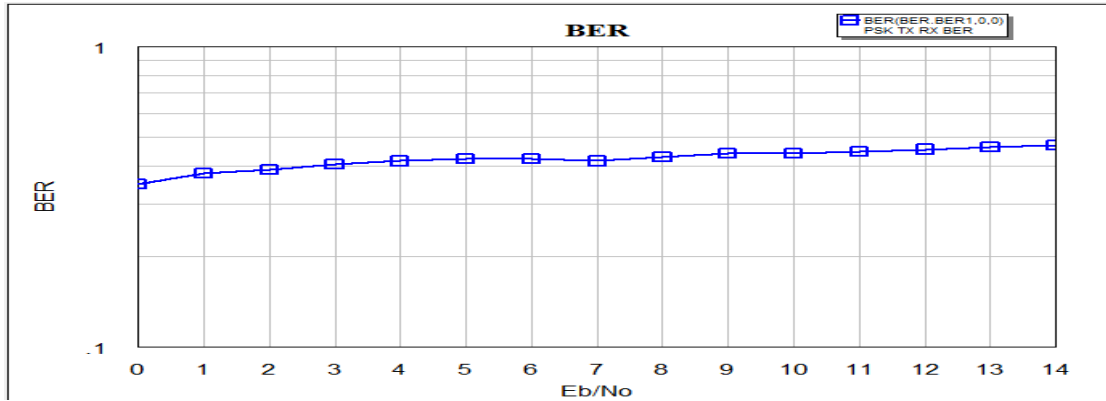


BER 8-PSK με LOSS=6db

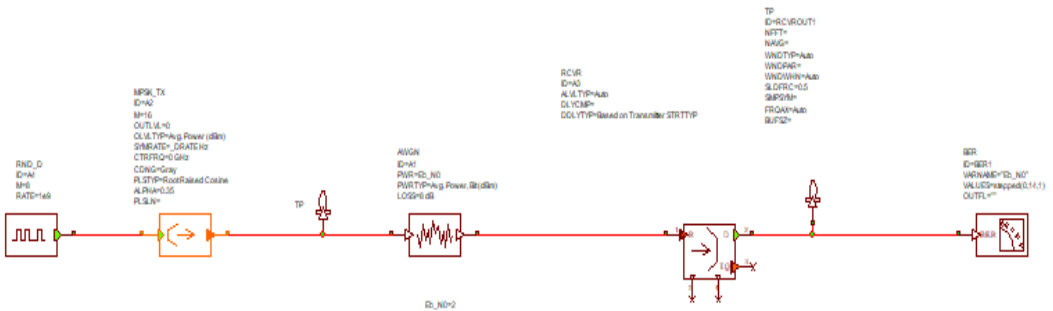




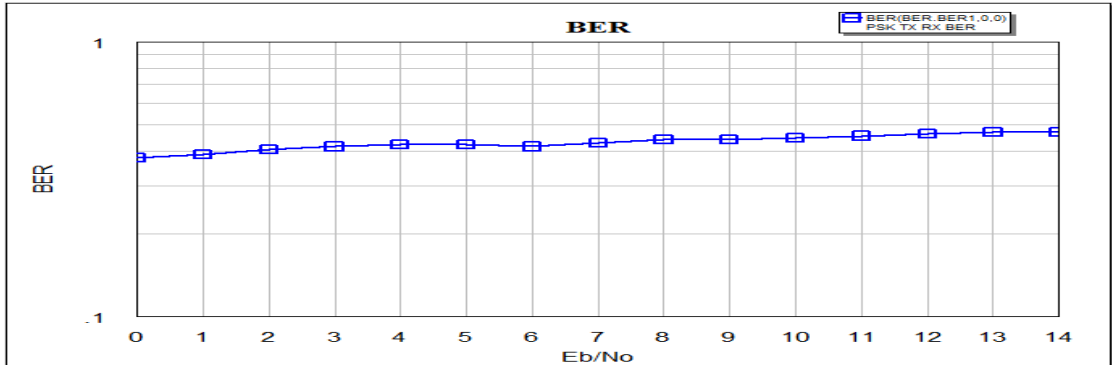
8-PSK  $\mu$ LOSS=7db



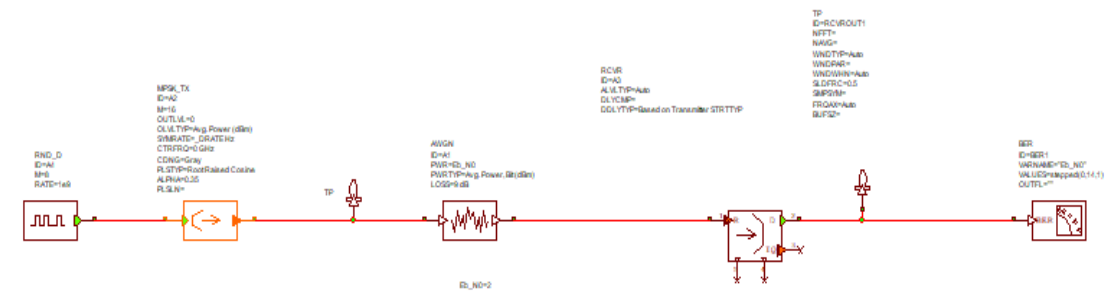
BER 8-PSK  $\mu$ LOSS=7db



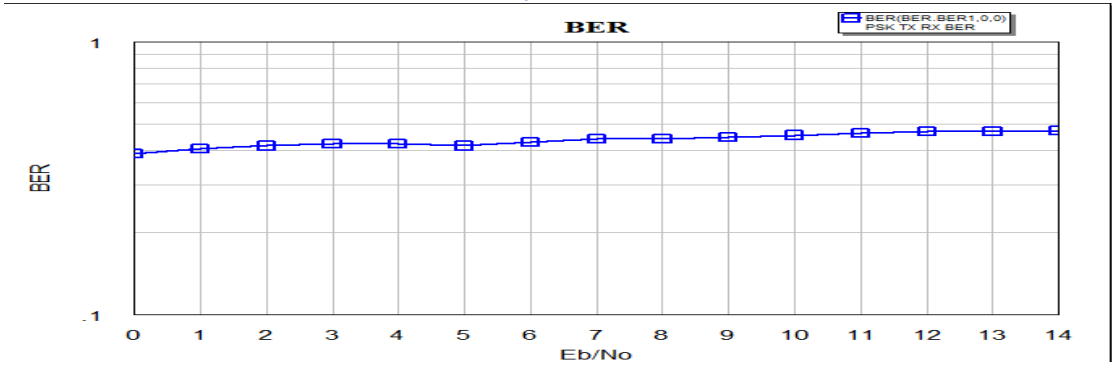
8-PSK  $\mu$  LOSS=8db



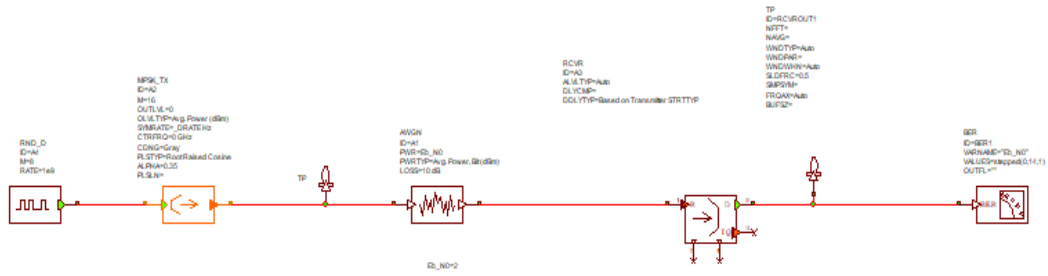
BER 8-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



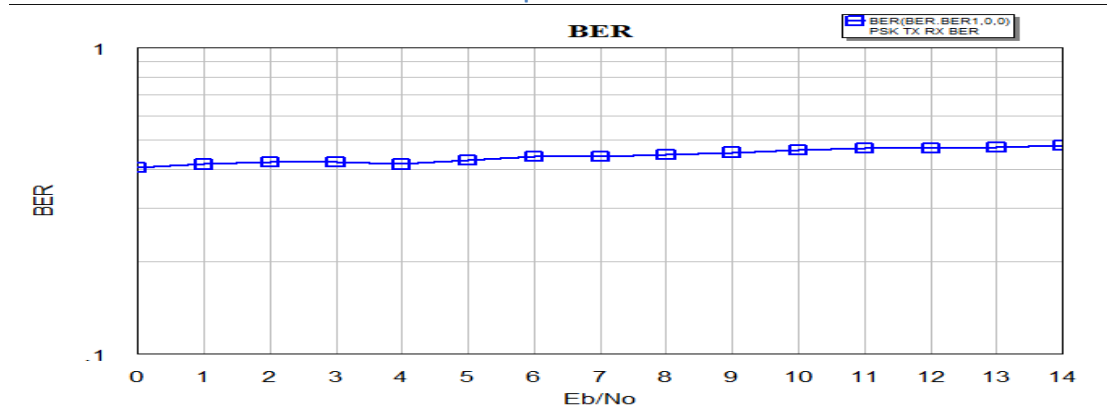
8-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=9db



BER 8-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=9db



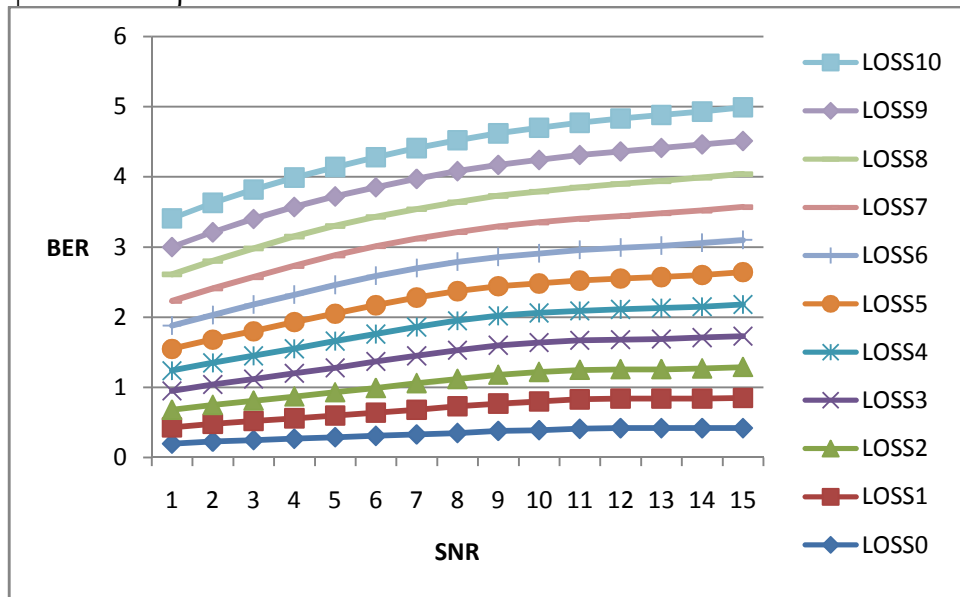
8-PSK με LOSS=10db



BER 8-PSK με LOSS=10db

### 5.1.3.2.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ (M=8)

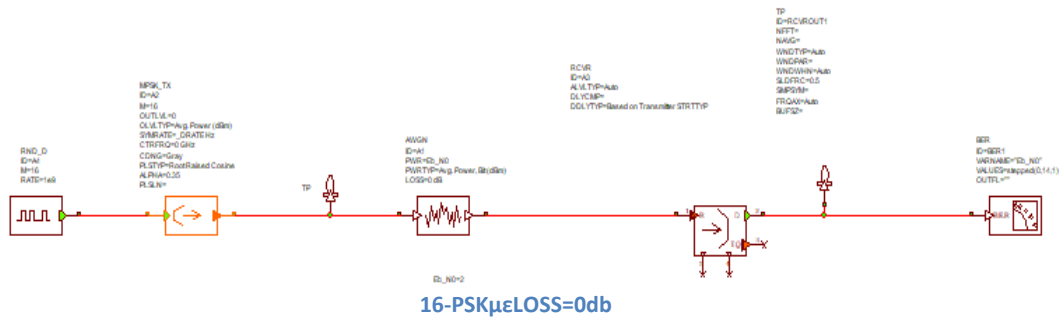
**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ BER ΜΕ SNR ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.



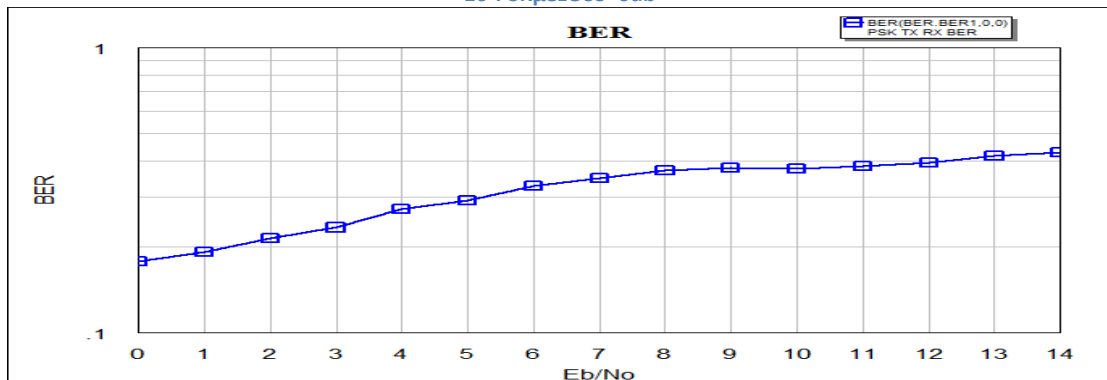
- **LOSS=0:** SNR=0:0.2, SNR=1:0.23, SNR=2:0.25, SNR=3:0.27, SNR=4:0.29, SNR=5:0.31, SNR=6:0.33, SNR=7:0.35, SNR=8:0.38, SNR=9:0.39,

- SNR=10:0.41,SNR=11-14:0.42.
- LOSS=1: SNR=0:0.23,SNR=1:0.25,SNR=2:0.27,SNR=3:0.29,SNR=4:0.31, SNR=5:0.33,SNR=6:0.35,SNR=7:0.38,SNR=8:0.39,SNR=9:0.41, SNR=10-13:0.42,SNR=14:0.43.
  - LOSS=2: SNR=0:0.25,SNR=1:0.27,SNR=2:0.29,SNR=3:0.31,SNR=4:0.33, SNR=5:0.35,SNR=6:0.38,SNR=7:0.39,SNR=8:0.41,SNR=9-12:0.42, SNR=13:0.43,SNR=14:0.44.
  - LOSS=3: SNR=0:0.27,SNR=1:0.29,SNR=2:0.31,SNR=3:0.33,SNR=4:0.35, SNR=5:0.38,SNR=6:0.39,SNR=7:0.41,SNR=8-11:0.42,SNR=12:0.43, SNR=13,14:0.44.
  - LOSS=4: SNR=0:0.29,SNR=1:0.31,SNR=2:0.33,SNR=3:0.35,SNR=4:0.38, SNR=5:0.39,SNR=6:0.41,SNR=7-10:0.42,SNR=11:0.43,SNR=12,13:0.44, SNR=14:0.45.
  - LOSS=5:SNR=0:0.31,SNR=1:0.33,SNR=2:0.35,SNR=3:0.38,SNR=4:0.39, SNR=5:0.41,SNR=6-9:0.42,SNR=10:0.43,SNR=11-12:0.44,SNR=13:0.45, SNR=14:0.47.
  - LOSS=6:SNR=0:0.33,SNR=1:0.35,SNR=2:0.38,SNR=3:0.39,SNR=4:0.41, SNR=5-8:0.42,SNR=9:0.43,SNR=10,11:0.44,SNR=12:0.45, SNR=13,14:0.46.
  - LOSS=7:SNR=0:0.35,SNR=1:0.38,SNR=2:0.39,SNR=3:0.41, SNR=4-7:0.42,SNR=8:0.43,SNR=9,10:0.44,SNR=11:0.45, SNR=12,13:0.46,SNR=14:0.47.
  - LOSS=8: SNR=0:0.38,SNR=1:0.39,SNR=2:0.41,SNR=3-6:0.42, SNR=7:0.43,SNR=8,9:0.44,SNR=10:0.45,SNR=11,12:0.46, SNR=13,14:0.47.
  - LOSS=9: SNR=0:0.39,SNR=1:0.41,SNR=2-5:0.42,SNR=6:0.43, SNR=7,8:0.44,SNR=9:0.45,SNR=10,11:0.46,SNR=12-14:0.47.
  - LOSS=10:SNR=0:0.41,SNR=1-4:0.42,SNR=5:0.43,SNR=6,7:0.44, SNR=8:0.45,SNR=9,10:0.46,SNR=11-13:0.47,SNR=14:0.48.

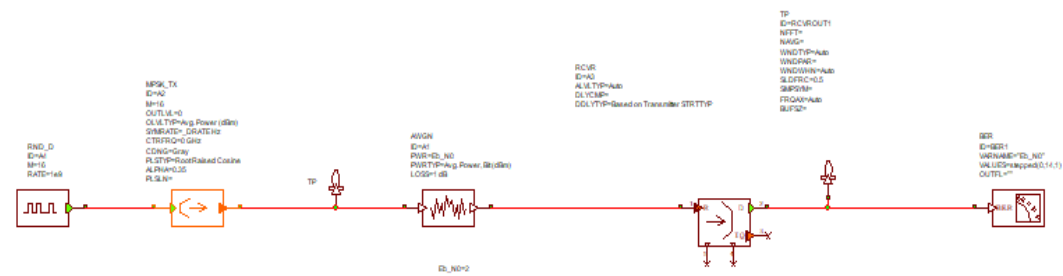
### 5.1.3.3:16-PSK



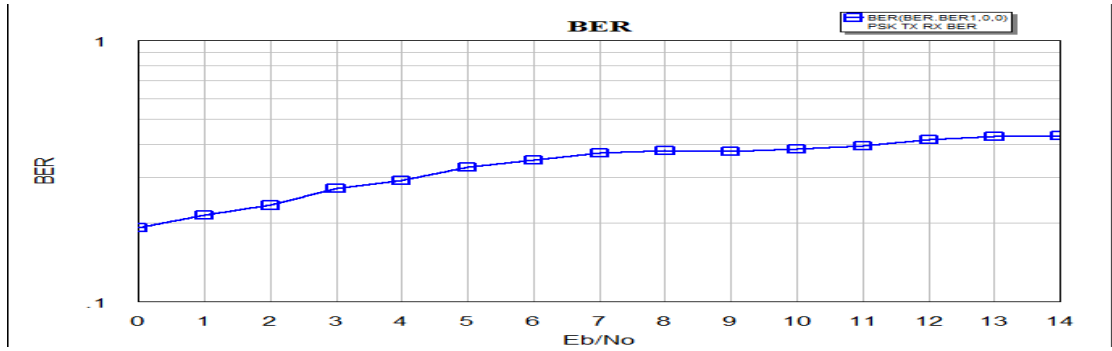
16-PSK  $\mu$ LOSS=0db



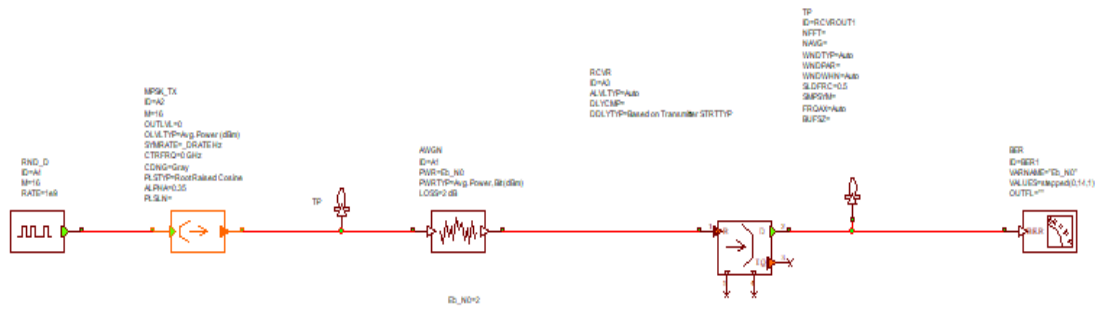
BER 16-PSK  $\mu$ LOSS=0db



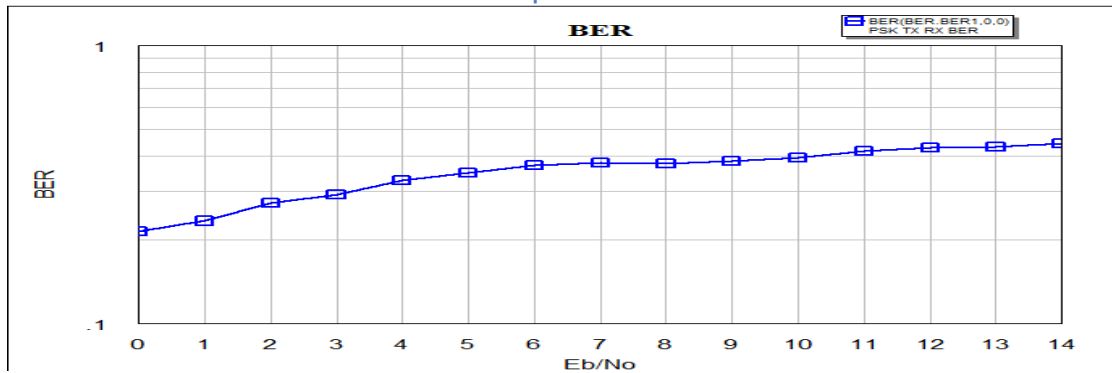
16-PSK  $\mu$  LOSS=1db



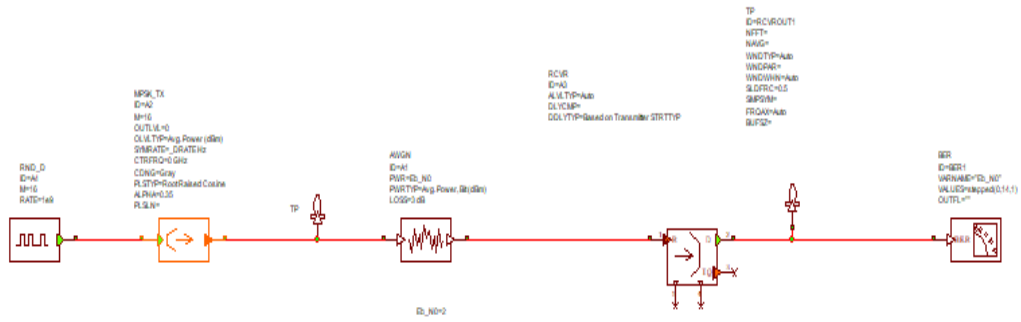
BER 16-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=1db



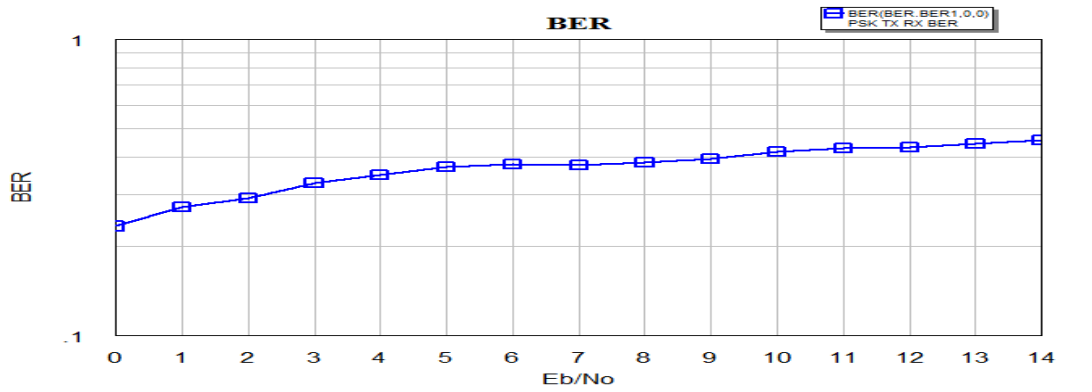
16-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=2db



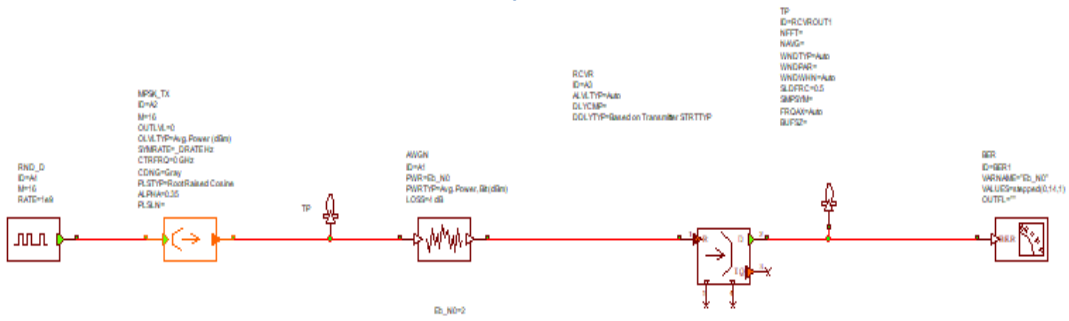
BER 16-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=2db



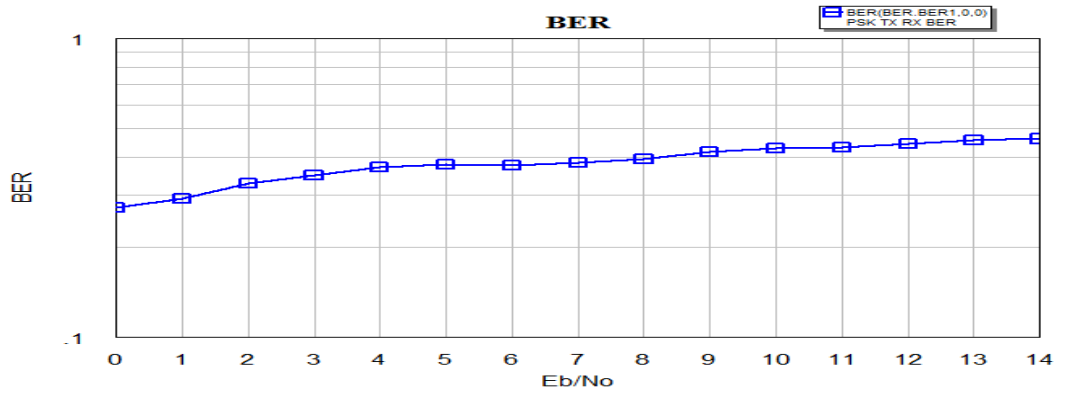
16-PSK  $\mu$ LOSS=3db



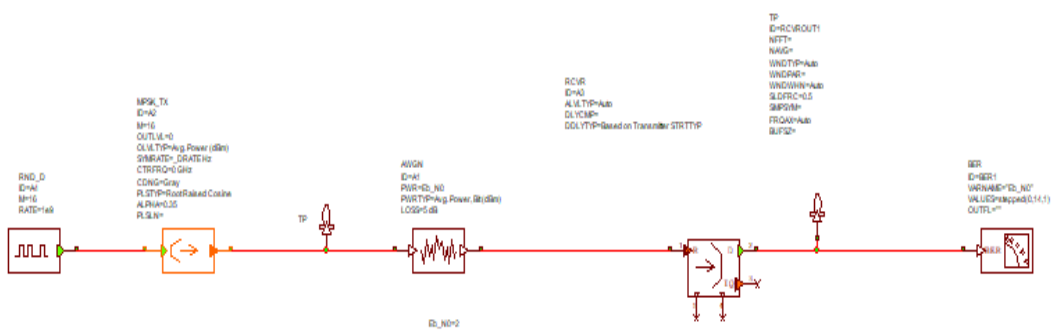
BER 16-PSK  $\mu$ LOSS=3db



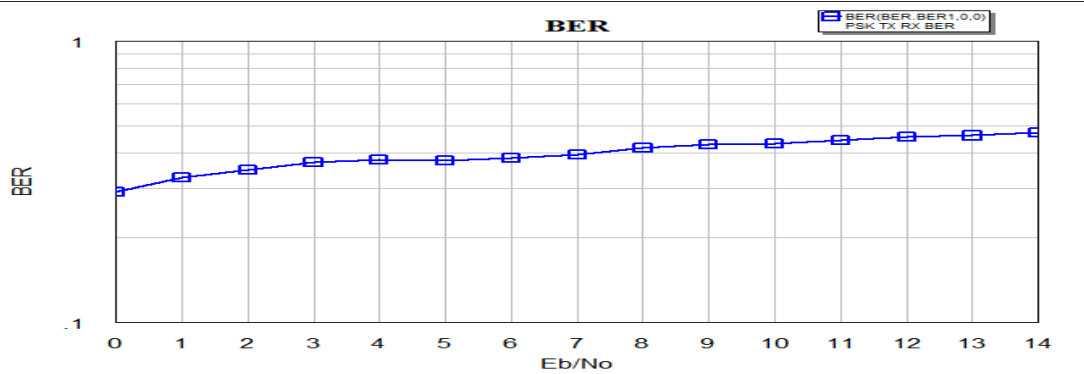
16-PSK  $\mu$  LOSS=4db



BER 16-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=4db

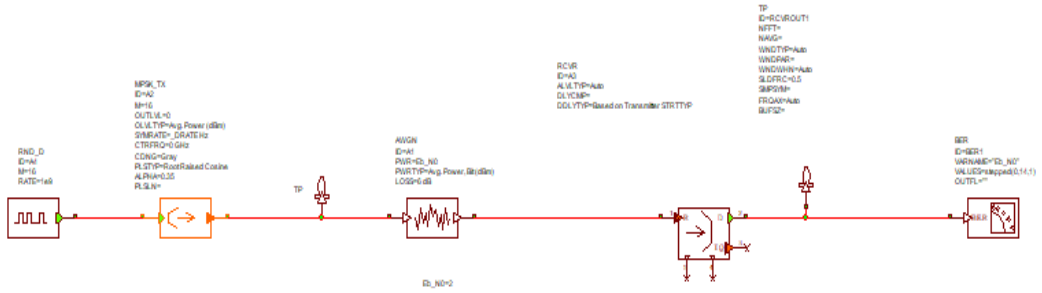


16-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=5db

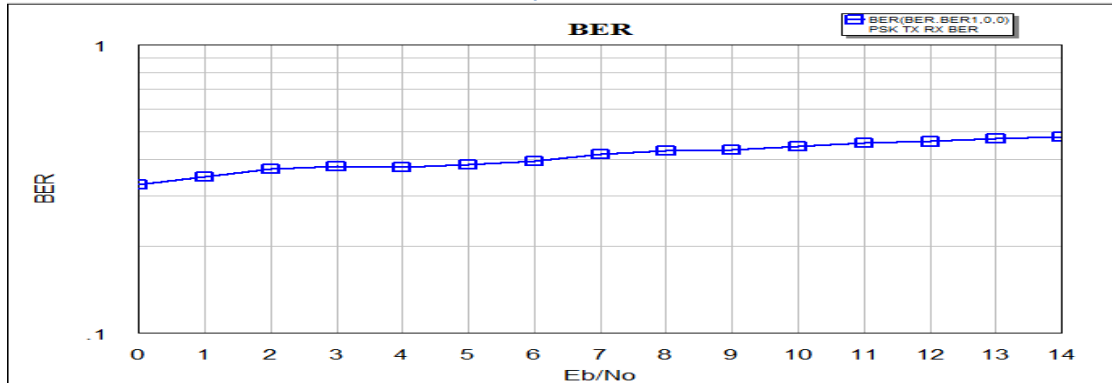


BER 16-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=5db

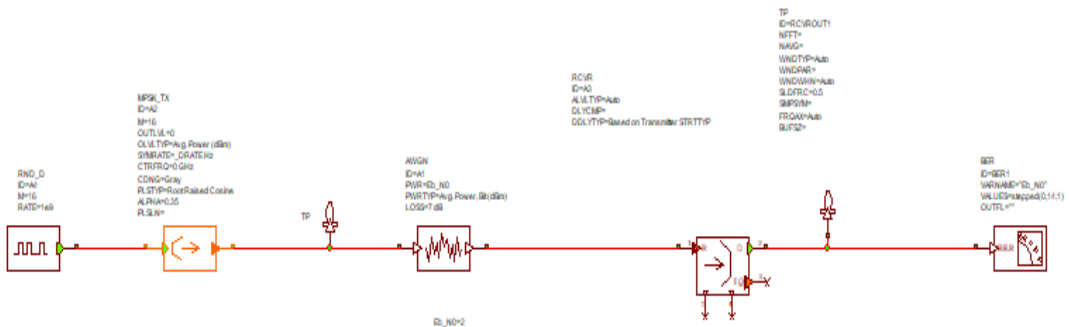




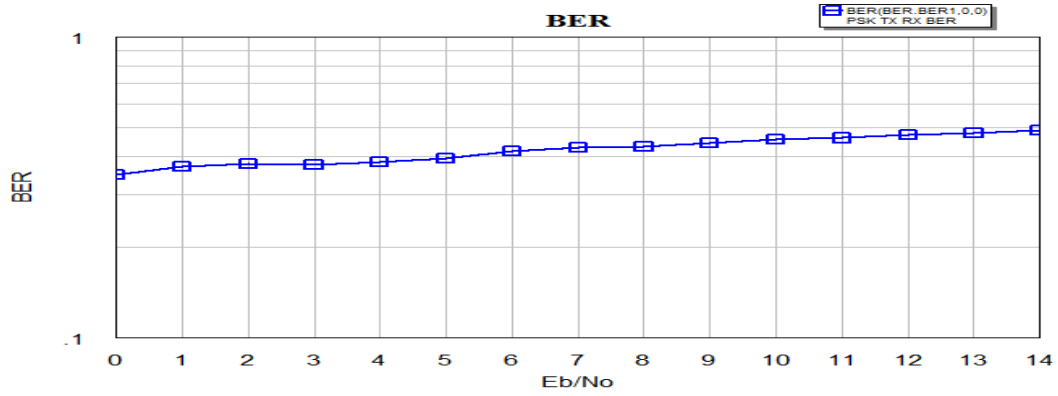
16-PSK  $\mu$ LOSS=6db



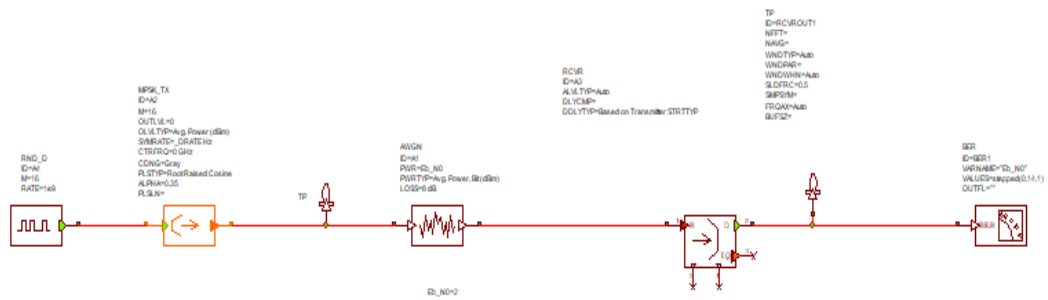
BER 16-PSK  $\mu$ LOSS=6db



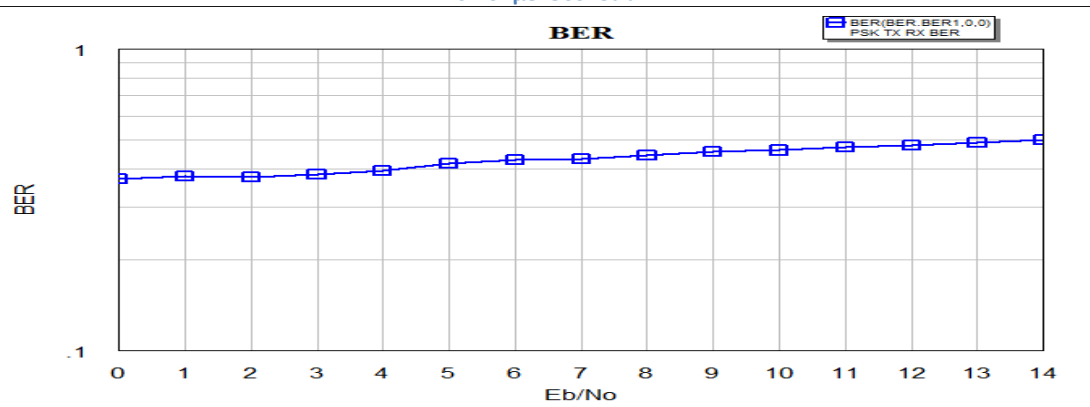
16-PSK  $\mu$ LOSS=7db



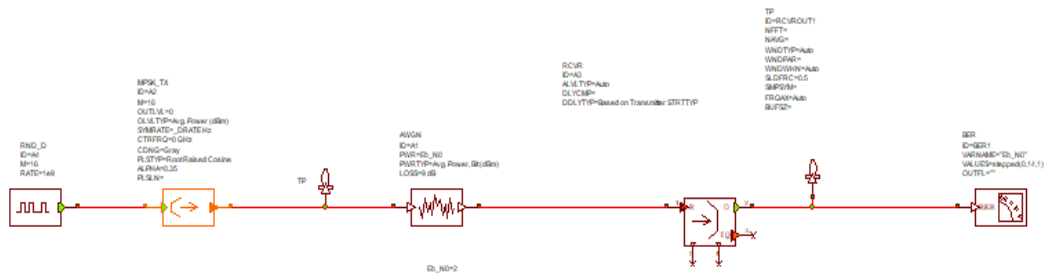
BER 16-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=7db



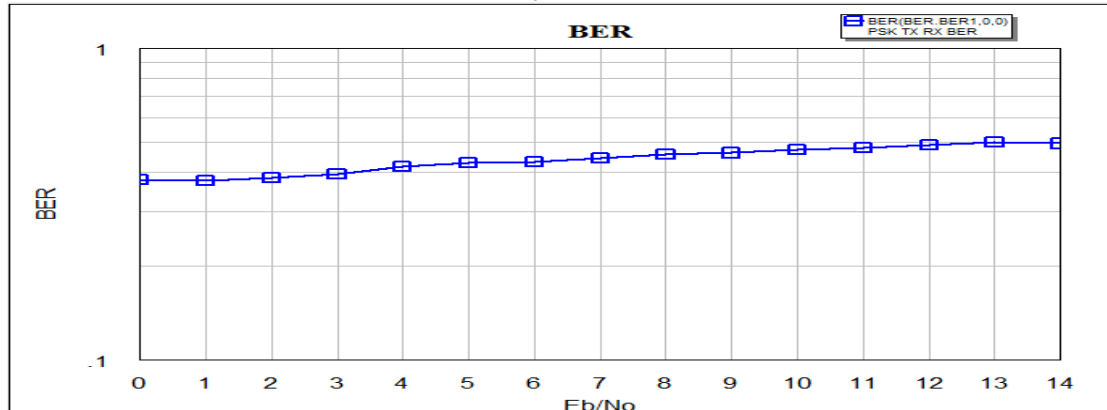
16-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



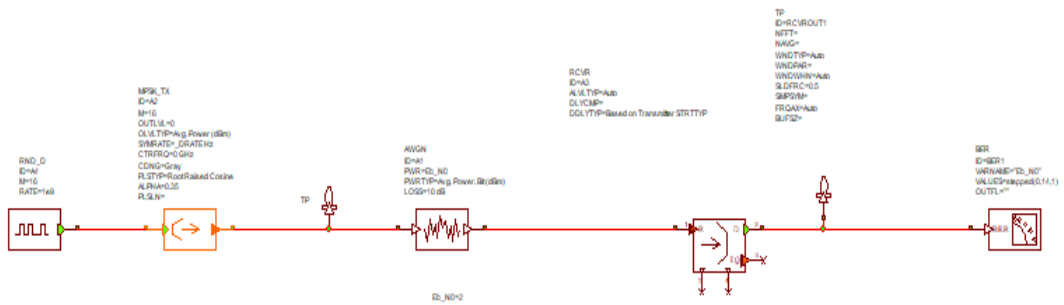
BER 16-PSK  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



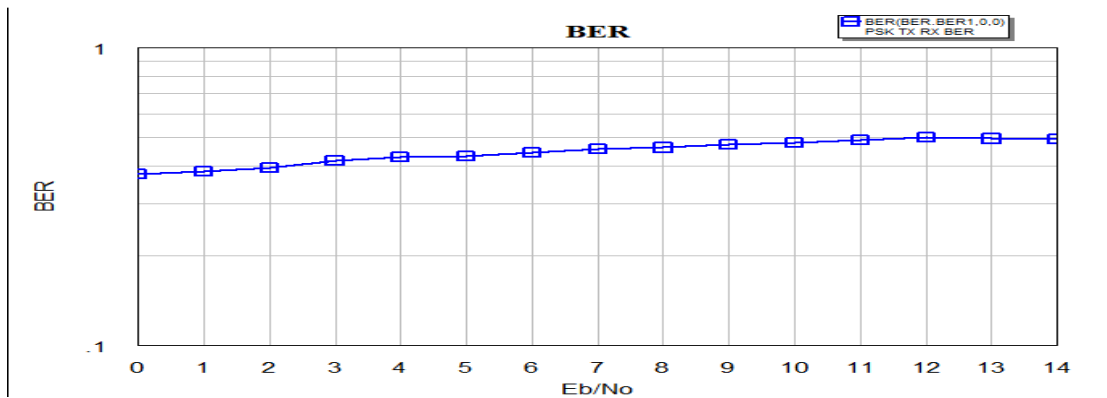
16-PSK  $\mu$ LOSS=9db



BER 16-PSK  $\mu$ LOSS=9db



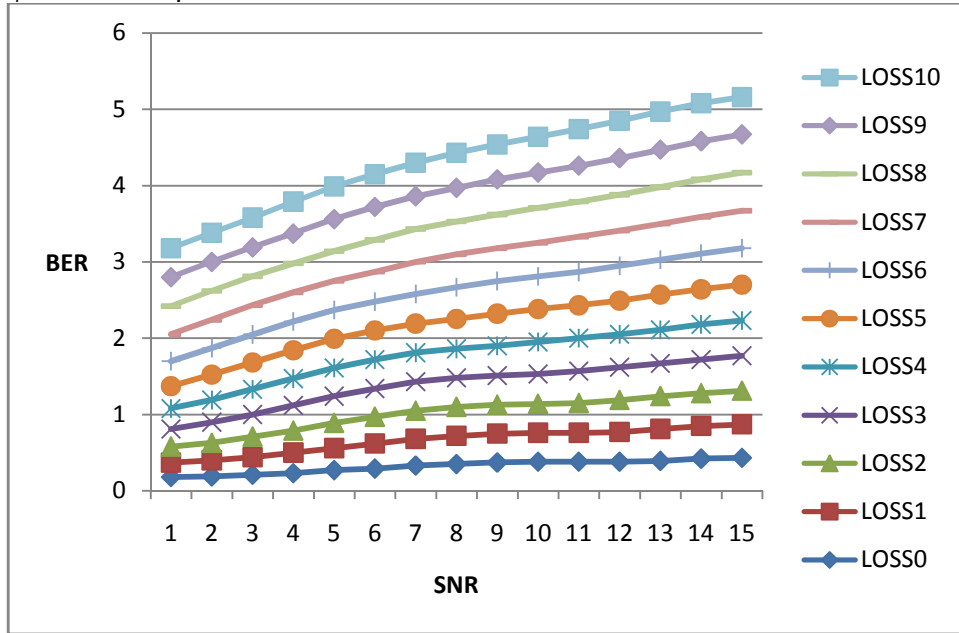
16-PSK  $\mu$  LOSS=10db



BER 16-PSK  $\mu$ LOSS=10db

### 5.1.3.3.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΚΑΤΑ ΦΑΣΗ (M=16)

**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ SNR ΜΕ BER ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.



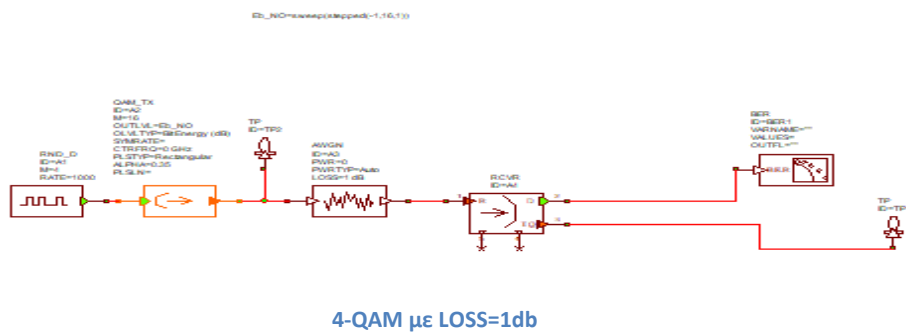
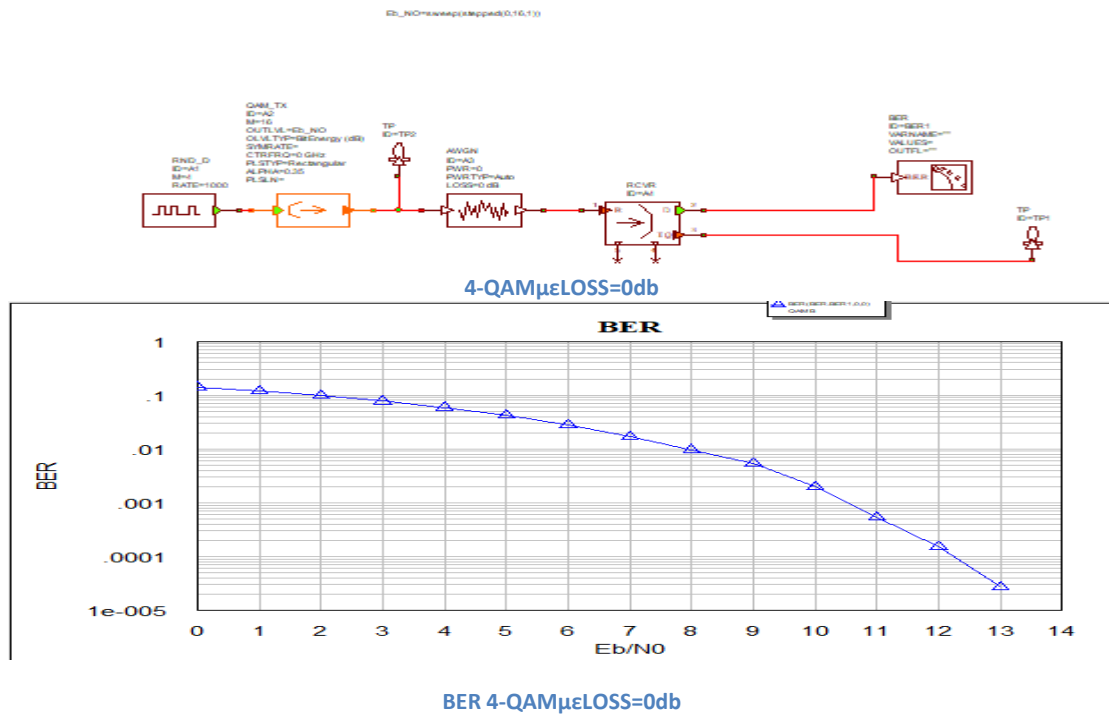
- **LOSS=0:** SNR=0:0.18, SNR=1:0.19, SNR=2:0.21, SNR=3:0.23, SNR=4:0.27, SNR=5:0.29, SNR=6:0.33, SNR=7:0.35, SNR=8:0.37, SNR=9-11:0.38, SNR=12:0.39, SNR=13:0.42, SNR=14:0.43.
- **LOSS=1:** SNR=0:0.19, SNR=1:0.21, SNR=2:0.23, SNR=3:0.27, SNR=4:0.29, SNR=5:0.33, SNR=6:0.35, SNR=7:0.37, SNR=8-10:0.38, SNR=11:0.39, SNR=12:0.42, SNR=13:0.43, SNR=14:0.44.
- **LOSS=2:** SNR=0:0.21, SNR=1:0.23, SNR=2:0.27, SNR=3:0.29, SNR=4:0.33, SNR=5:0.35, SNR=6:0.37, SNR=7-9:0.38, SNR=10:0.39, SNR=11:0.42, SNR=12,13:0.43, SNR=14:0.44.
- **LOSS=3:** SNR=0:0.23, SNR=1:0.27, SNR=2:0.29, SNR=3:0.33, SNR=4:0.35, SNR=5:0.37, SNR=6-8:0.38, SNR=9:0.39, SNR=10:0.42, SNR=11,12:0.43, SNR=13:0.44, SNR=14:0.46.
- **LOSS=4:** SNR=0:0.27, SNR=1:0.29, SNR=2:0.33, SNR=3:0.35, SNR=4:0.37, SNR=5-7:0.38, SNR=8:0.39, SNR=9:0.42, SNR=10,11:0.43, SNR=12:0.44, SNR=13,14:0.46.
- **LOSS=5:** SNR=0:0.29, SNR=1:0.33, SNR=2:0.35, SNR=3:0.37, SNR=4-6:0.38, SNR=7:0.39, SNR=8:0.42, SNR=9,10:0.43, SNR=12,13:0.44, SNR=14:0.46.
- **LOSS=6:** SNR=0:0.33, SNR=1:0.35, SNR=2:0.37, SNR=3-5:0.38, SNR=6:0.39, SNR=7:0.42, SNR=8,9:0.43, SNR=10:0.44, SNR=11,12:0.46, SNR=13:0.47, SNR=14:0.48.
- **LOSS=7:** SNR=0:0.35, SNR=1:0.37, SNR=2-4:0.38, SNR=5:0.39,

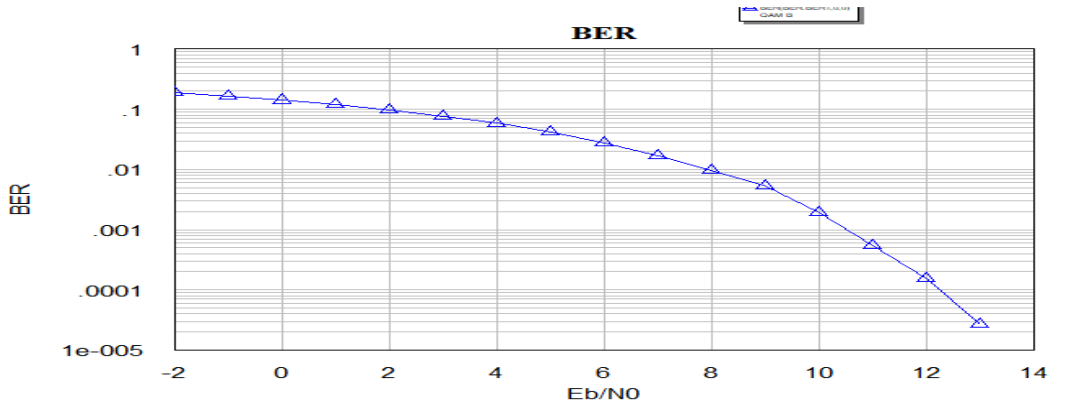
SNR=6:0.42,SNR=7,8:0.43,SNR=9:0.44,SNR=10,11:0.46,SNR=12:0.47,  
SNR=13:0.48,SNR=14:0.49.

- LOSS=8:SNR=0:0.37,SNR=1-3:0.38,SNR=4:0.39,SNR=5:0.42,  
SNR=6,7:0.43,SNR=8:0.44,SNR=9,10:0.46,SNR=11:0.47,SNR=12:0.48,  
SNR=13:0.49,SNR=14:0.5.
- LOSS=9:SNR=0-2:0.38,SNR=3:0.39,SNR=4:0.42,SNR=5,6:0.43,  
SNR=7:0.44,SNR=8,9:0.46,SNR=10:0.47,SNR=11:0.48,SNR=12:0.49,  
SNR=13,14:0.5.
- LOSS=10:SNR=0,1:0.38,SNR=2:0.39,SNR=3:0.42,SNR=4,5:0.43,  
SNR=6:0.44,SNR=7,8:0.46,SNR=9:0.47,SNR=10:0.48,SNR=11:0.49,  
SNR=12,13:0.5,SNR=14:0.49.

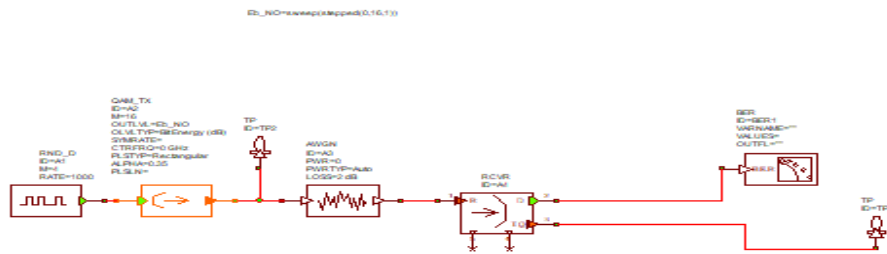
## 5.1.4:QAM

### 5.1.4.1:4-QAM

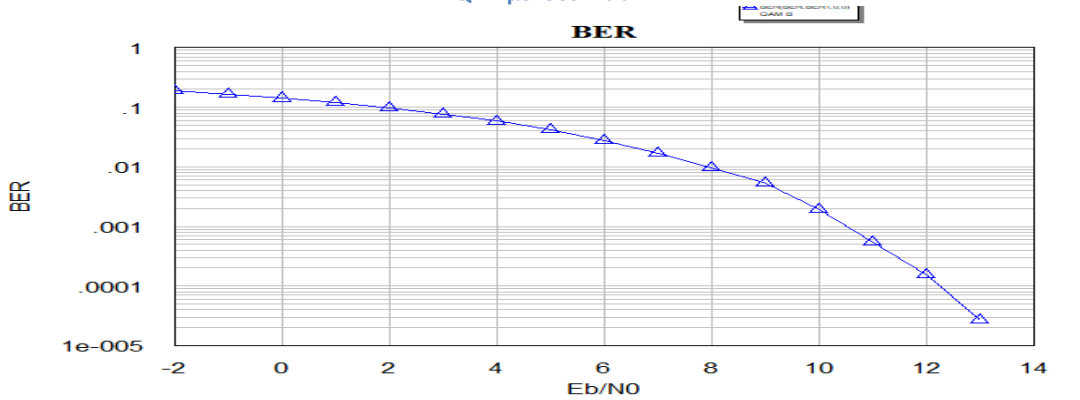




BER 4-QAM με LOSS=1db

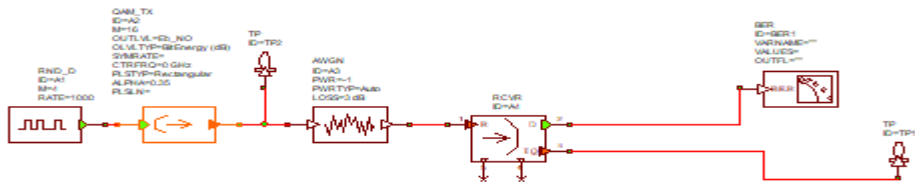


4-QAM με LOSS=2db

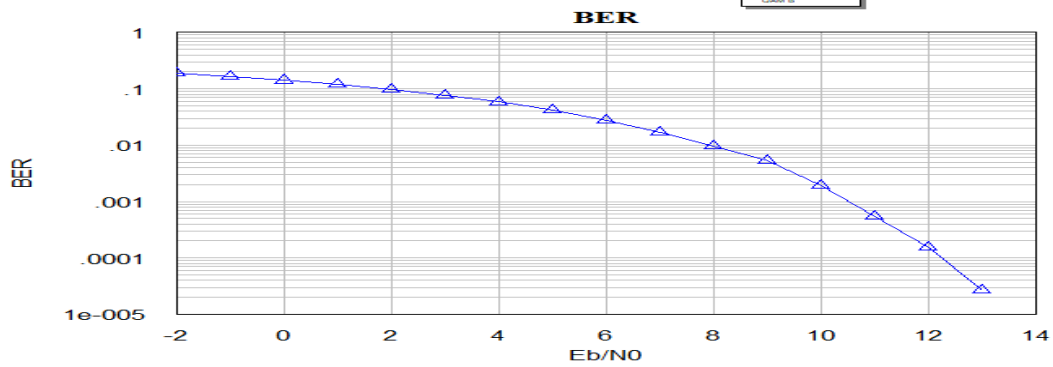


BER 4-QAM με LOSS=2db

Eb\_NO=swapp(stpped)(0,16,1)

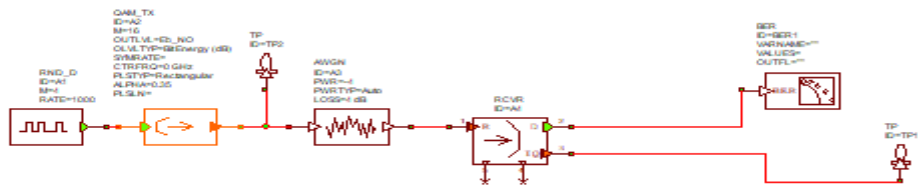


4-QAM  $\mu$  LOSS=3db

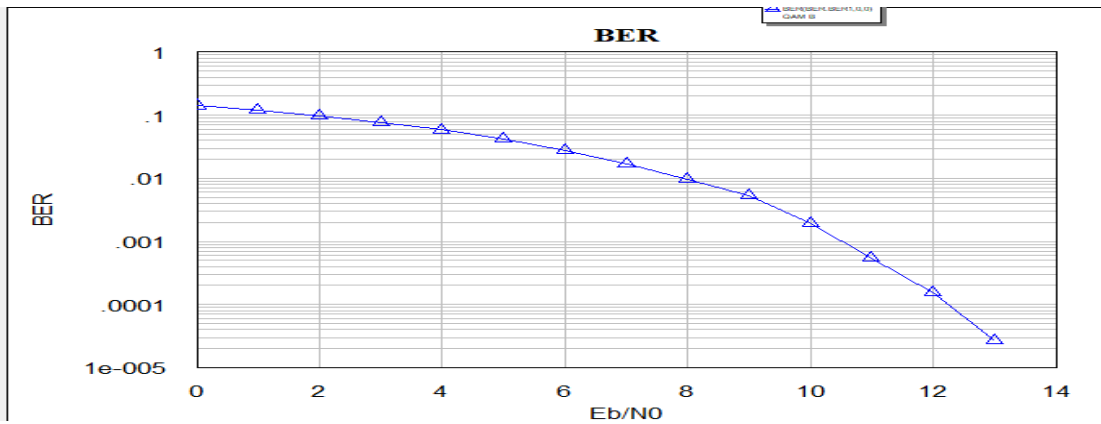


BER 4-QAM  $\mu$  LOSS=3db

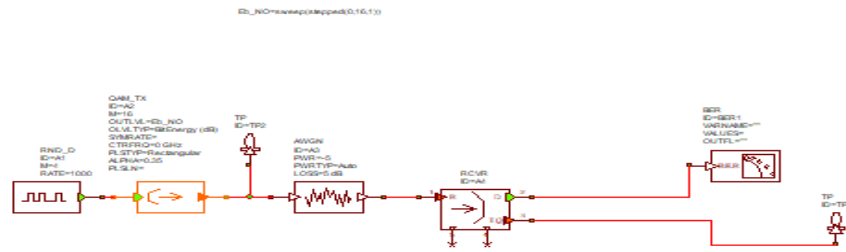
Eb\_NO=swapp(stpped)(0,16,1)



4-QAM  $\mu$  LOSS=4db

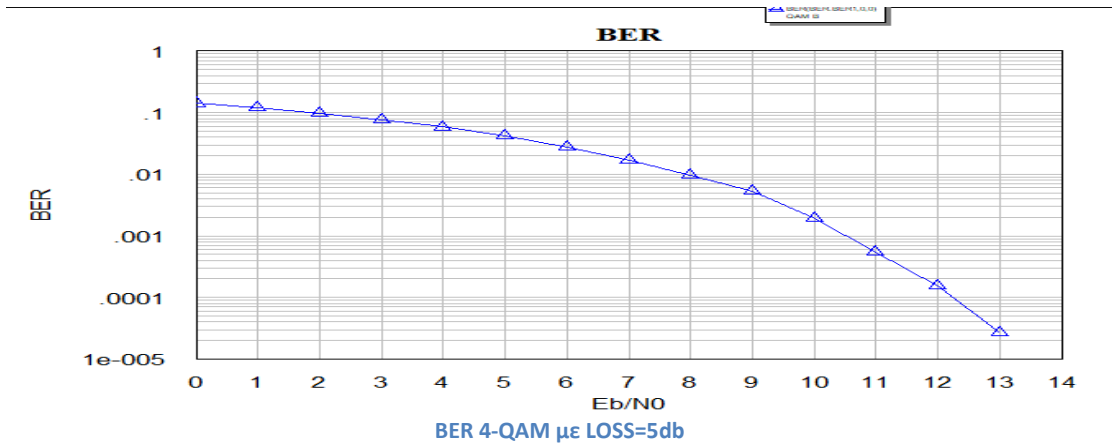


BER 4-QAM $\mu$ LOSS=4db

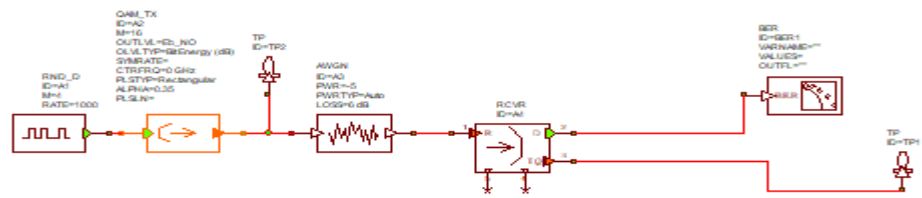


4-QAM $\mu$ LOSS=5db

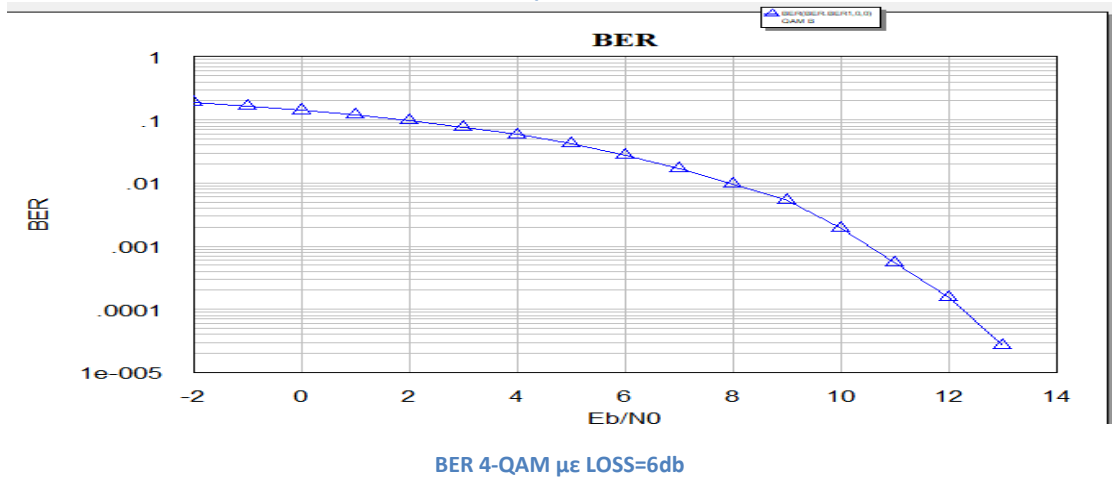




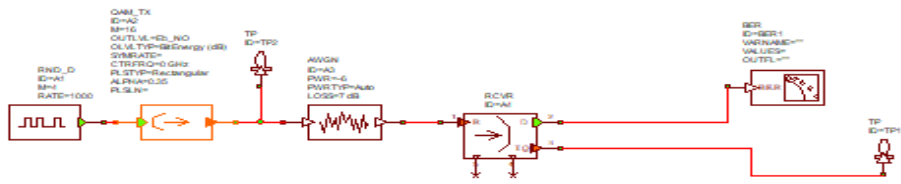
Rb\_NO=xxxxxappadd-1,16,13)



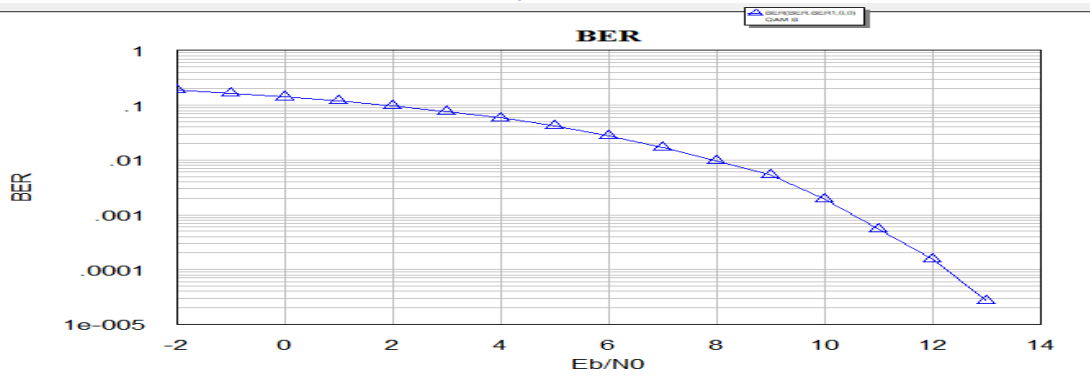
4-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=6db



Id\_NO=wwwstepad(1,15,13)

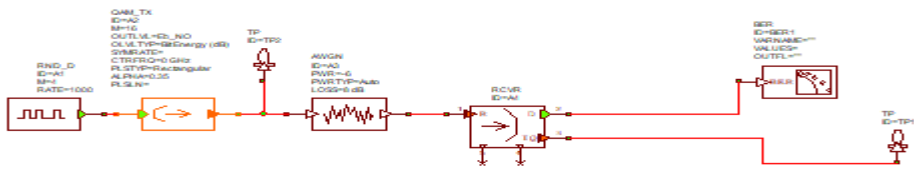


4-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=7db

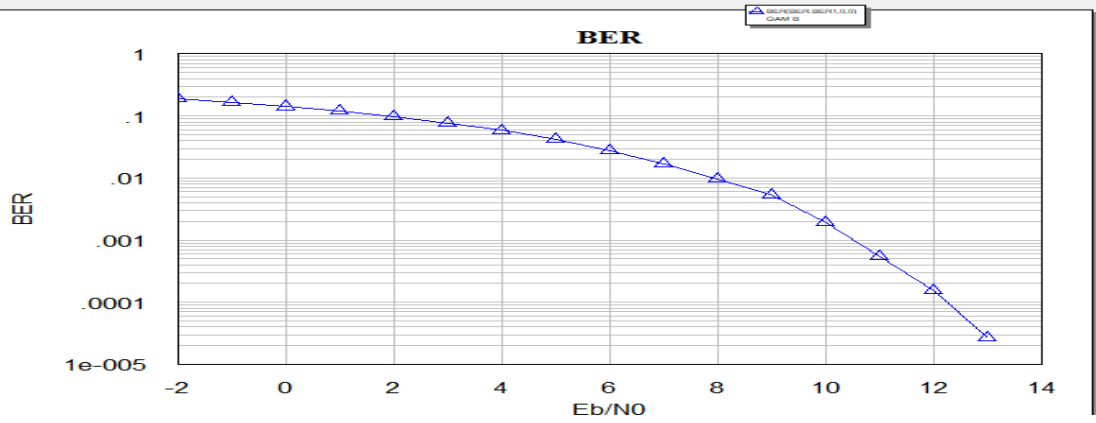


BER 4-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=7db

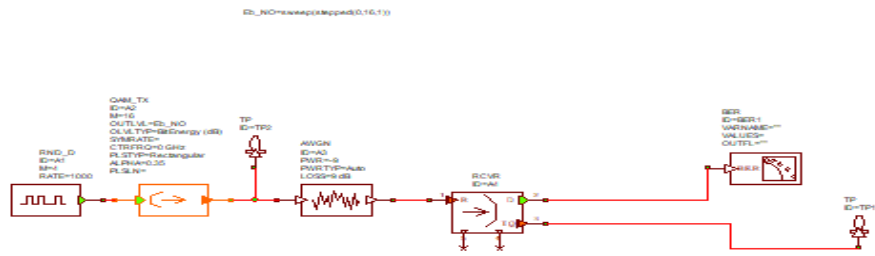
Id\_NO=wwwstepad(0,16,13)



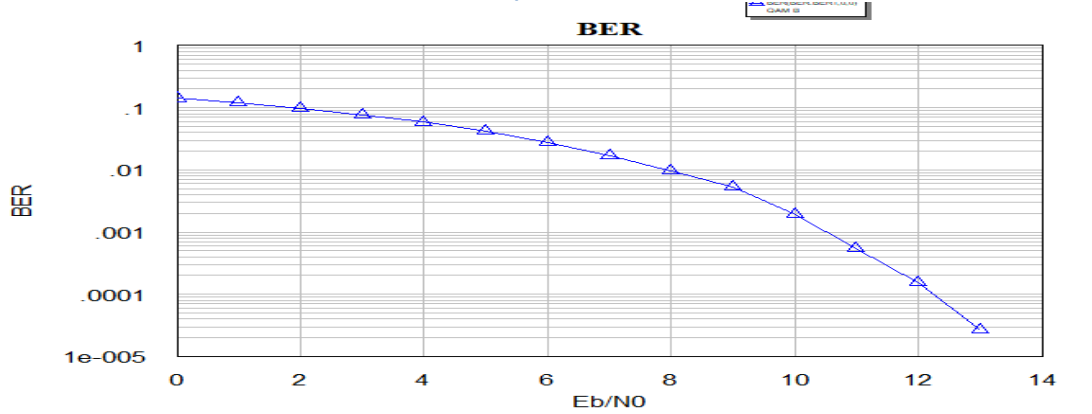
4-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



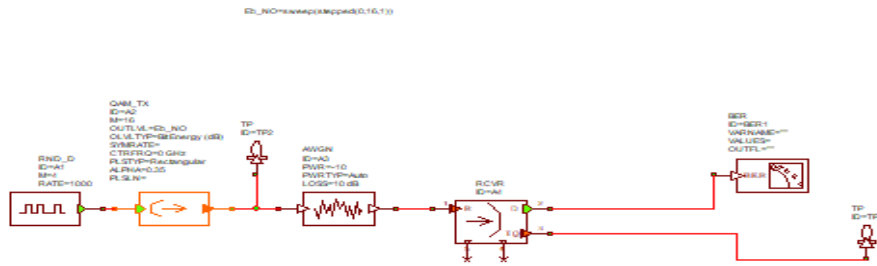
BER 4-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



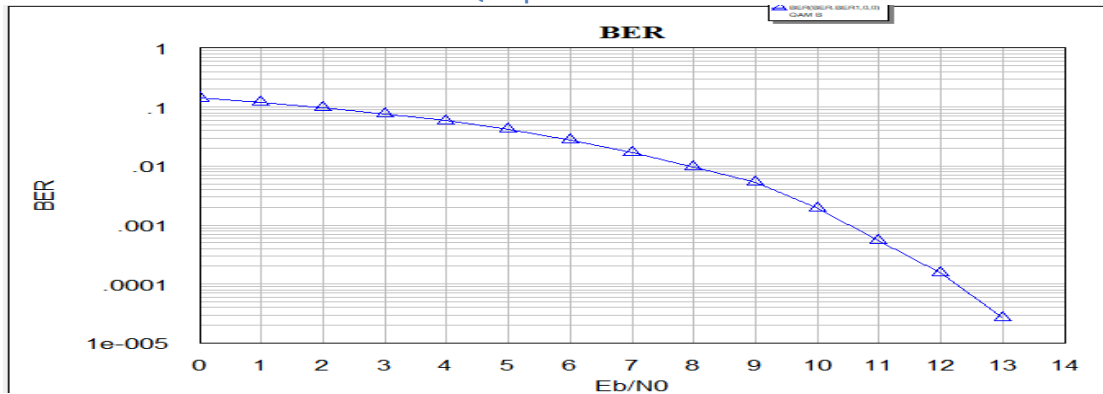
4-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=9db



BER 4-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=9db



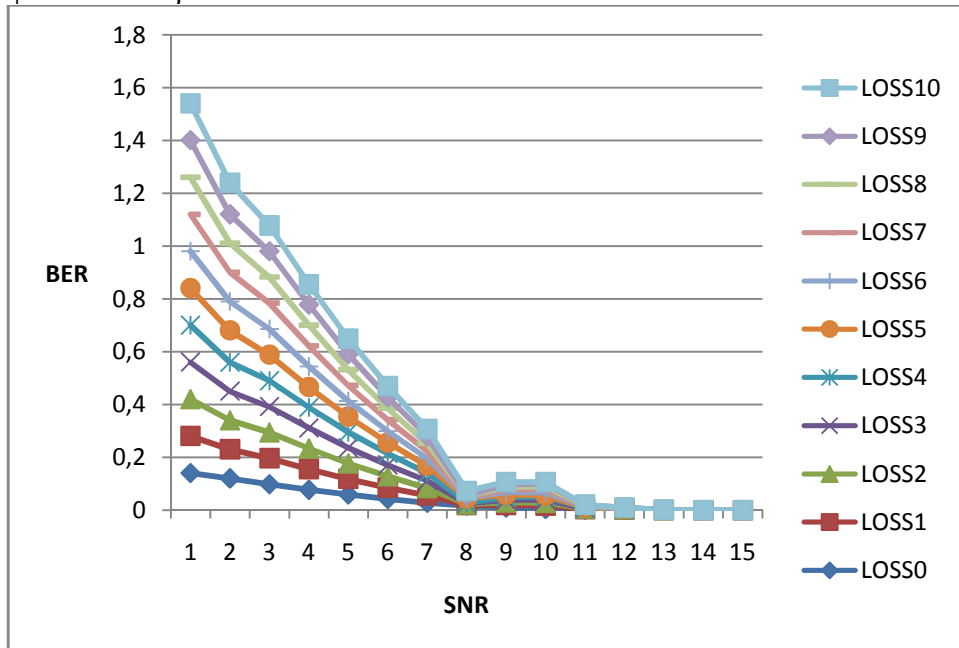
4-QAM με LOSS=10db



BER 4-QAM με LOSS=10db

### 5.1.4.1.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM (M=4)

**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ SNR ΜΕ BER ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.



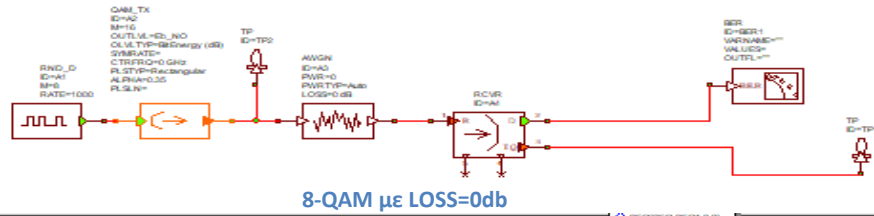
- LOSS=0: SNR=0:0.14, SNR=1:0.12, SNR=2:0.098, SNR=3:0.077,

SNR=4:0.059,SNR=5:0.042,SNR=6:0.028,SNR=7:0.017,SNR=8:0.0097,  
SNR=9:0.0053,SNR=10:0.0019,SNR=11:0.00054,SNR=12:0.00015,  
SNR=13:2.7\*10<sup>-5</sup>,SNR=14:2.6\*10<sup>-6</sup>.

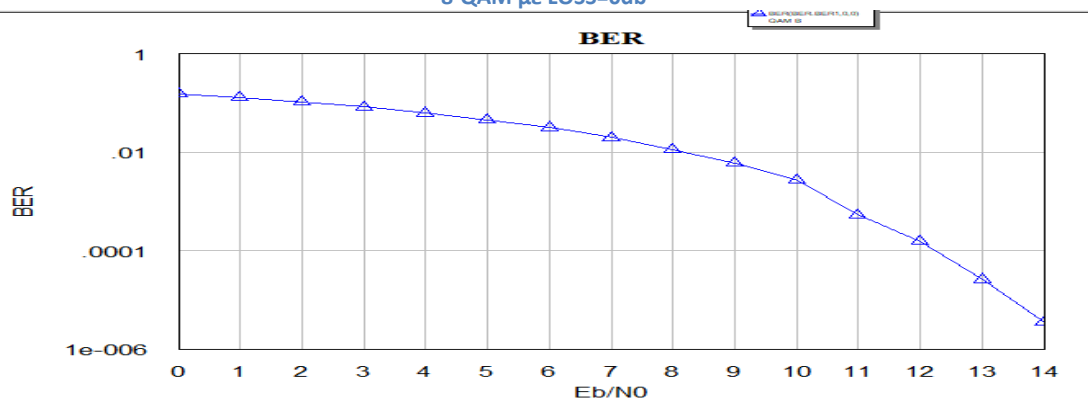
- LOSS=1-4:SNR=0:0.14,SNR=1:0.11,SNR=2:0.12,SNR=3:0.077,  
SNR=4:0.098,SNR=5:0.043,SNR=6:0.028,SNR=7:0.0027,SNR=8:0.097,  
SNR=9:0.053,SNR=10:0.0019,SNR=11:0.00102,SNR=12:0.00015,  
SNR=13:1.76\*10<sup>-11</sup>,SNR=14:2.6\*10<sup>-6</sup>.
- LOSS=5:SNR=0:0.14,SNR=1:0.12,SNR=2:0.098,SNR=3:0.077,  
SNR=4:0.059,SNR=5:0.042,SNR=6:0.028,SNR=7:0.017,SNR=8:0.0097,  
SNR=9:0.0053,SNR=10:0.0019,SNR=11:0.00054,SNR=12:0.00015,  
SNR=13:2.7\*10<sup>-5</sup>,SNR=14:2.6\*10<sup>-6</sup>.
- LOSS=6-9:SNR=0:0.14,SNR=1:0.11,SNR=2:0.12,SNR=3:0.077,  
SNR=4:0.098,SNR=5:0.043,SNR=6:0.028,SNR=7:0.0027,SNR=8:0.097,  
SNR=9:0.053,SNR=10:0.0019,SNR=11:0.00102,SNR=12:0.00015,  
SNR=13:1.76\*10<sup>-11</sup>,SNR=14:2.6\*10<sup>-6</sup>.
  
- LOSS=10:SNR=0:0.14,SNR=1:0.12,SNR=2:0.098,SNR=3:0.077,  
SNR=4:0.059,SNR=5:0.042,SNR=6:0.028,SNR=7:0.017,SNR=8:0.0097,  
SNR=9:0.0053,SNR=10:0.0019,SNR=11:0.00054,SNR=12:0.00015,  
SNR=13:2.7\*10<sup>-5</sup>,SNR=14:2.6\*10<sup>-6</sup>.

### 5.1.4.2:8-QAM

Ed\_NO=awp(stpped)(0,14,1)

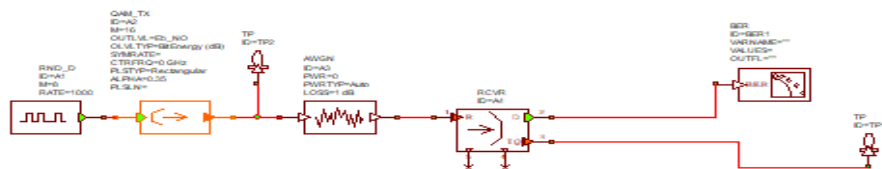


8-QAM με LOSS=0db

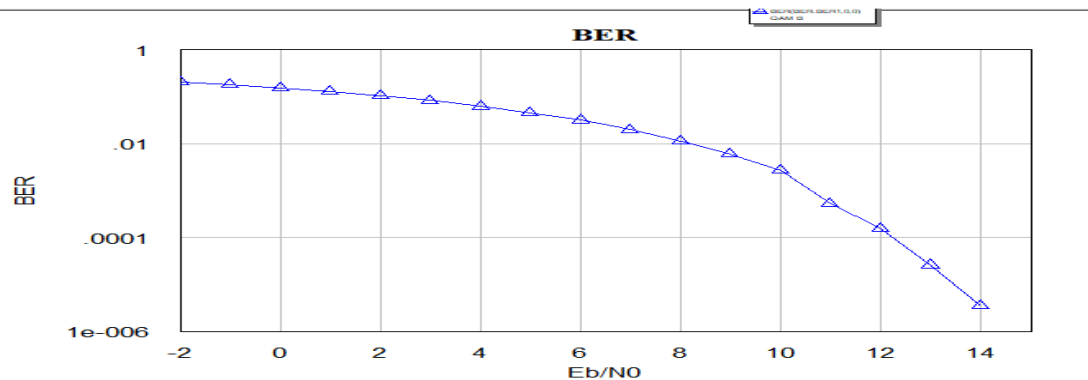


BER 8-QAM με LOSS=0db

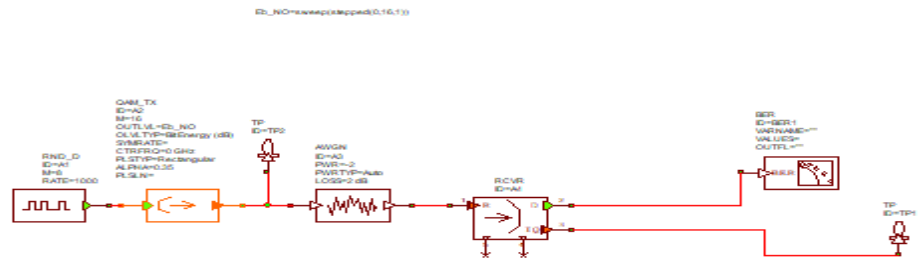
Ed\_NO=awp(stpped)(-1,14,1)



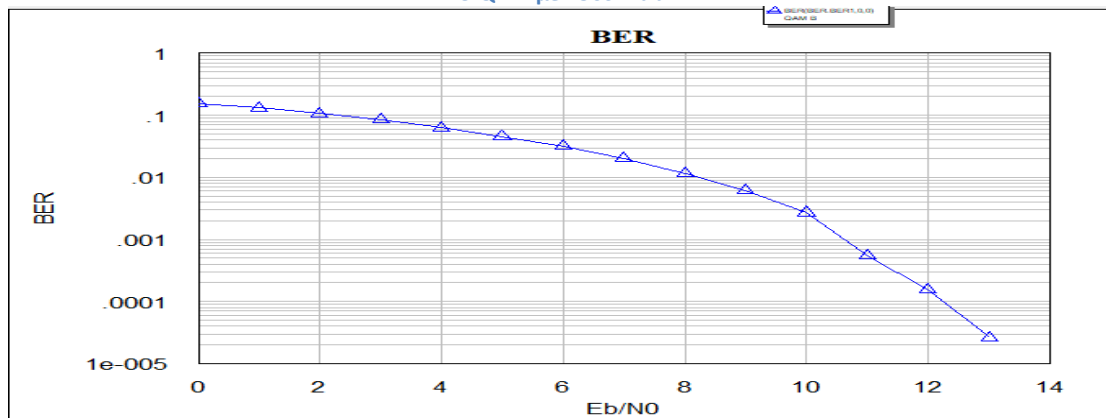
8-QAM με LOSS=1db



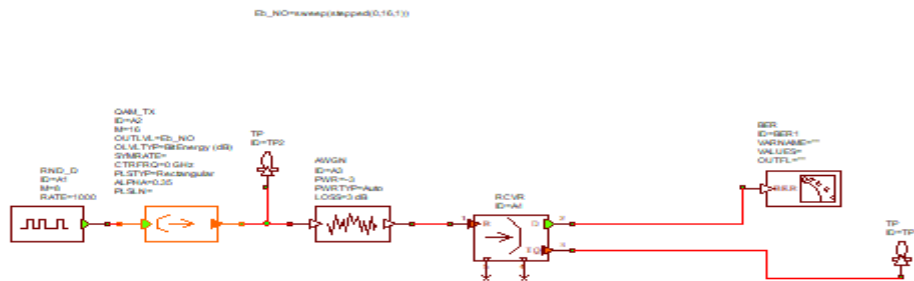
### BER 8-QAM $\mu\epsilon$ LOSS=1db



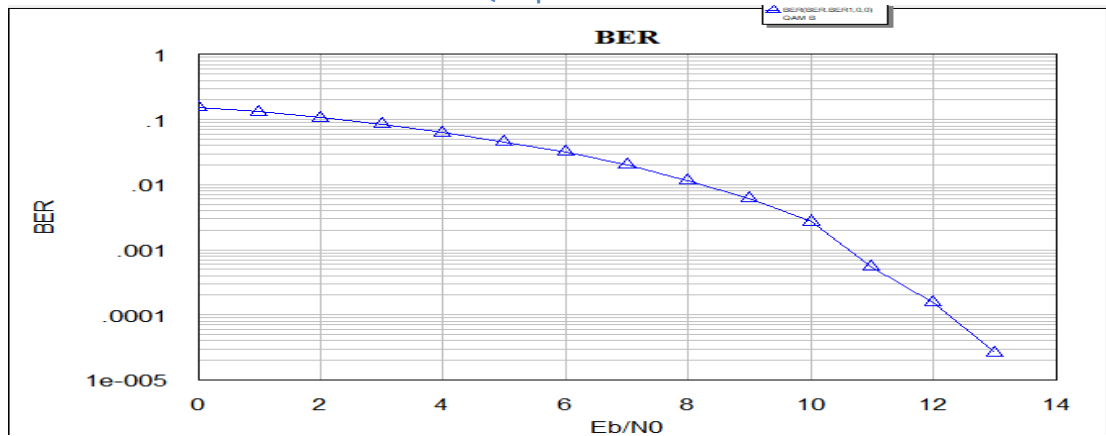
### 8-QAM $\mu\epsilon$ LOSS=2db



### BER 8-QAM $\mu\epsilon$ LOSS=2db

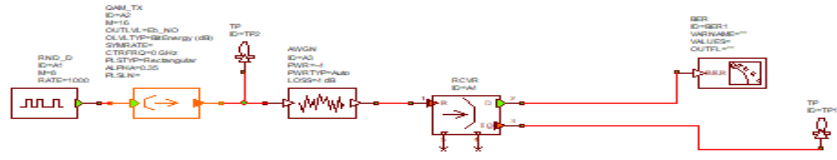


### 8-QAM $\mu\epsilon$ LOSS=3db

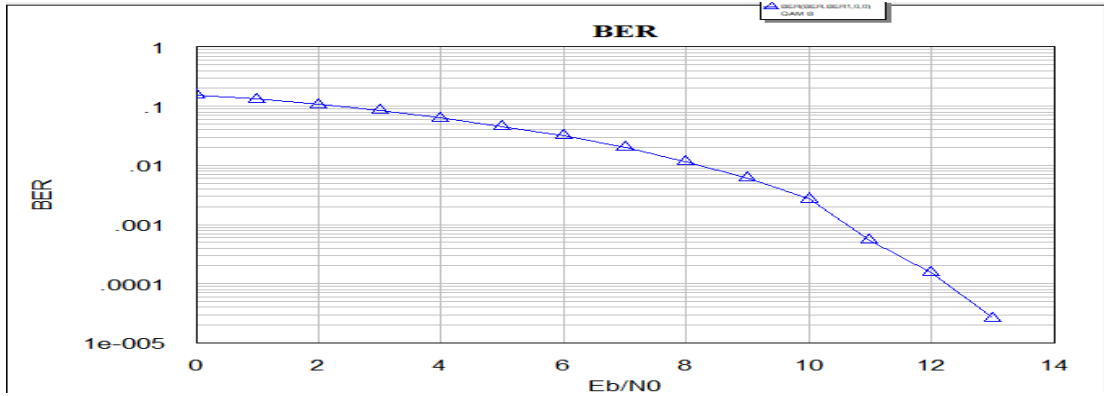


### BER 8-QAM $\mu\epsilon$ LOSS=3db

Id\_NO=xxxxxxmapped(0,16,1)

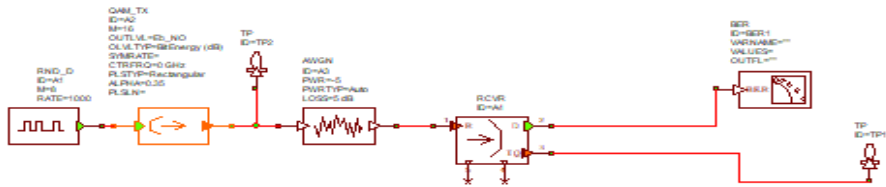


8-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=4db



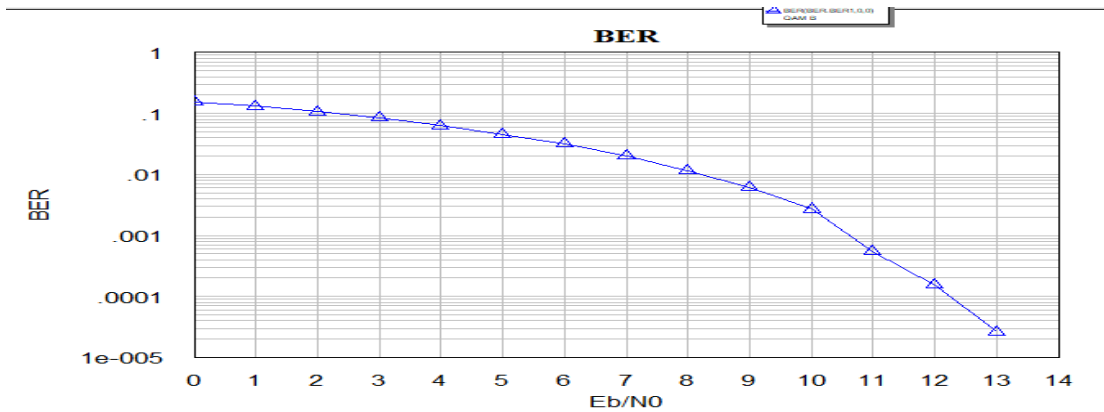
BER 8-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=4db

Id\_NO=xxxxxxmapped(0,16,1)



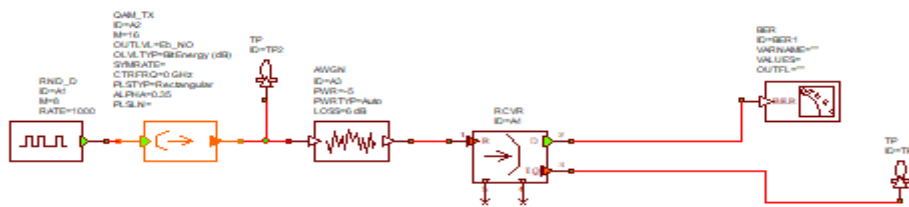
8-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=5db



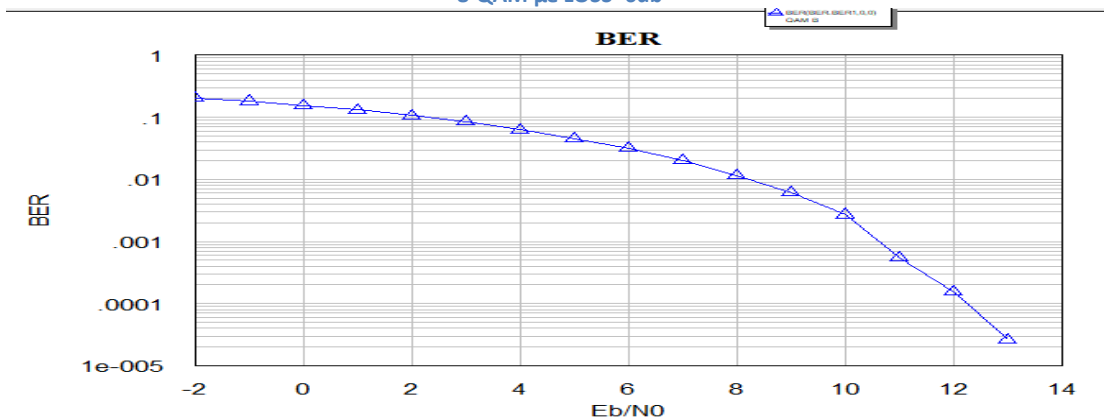


BER 8-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=5db

`Eb_NO=weep(skipped)(-1,16,1)`

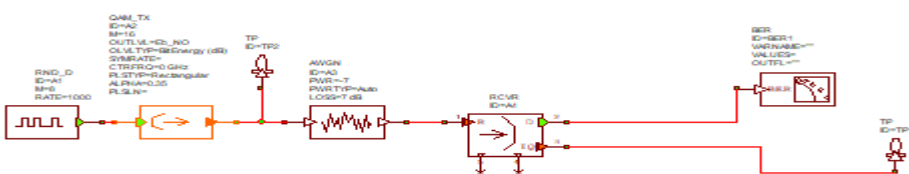


8-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=6db

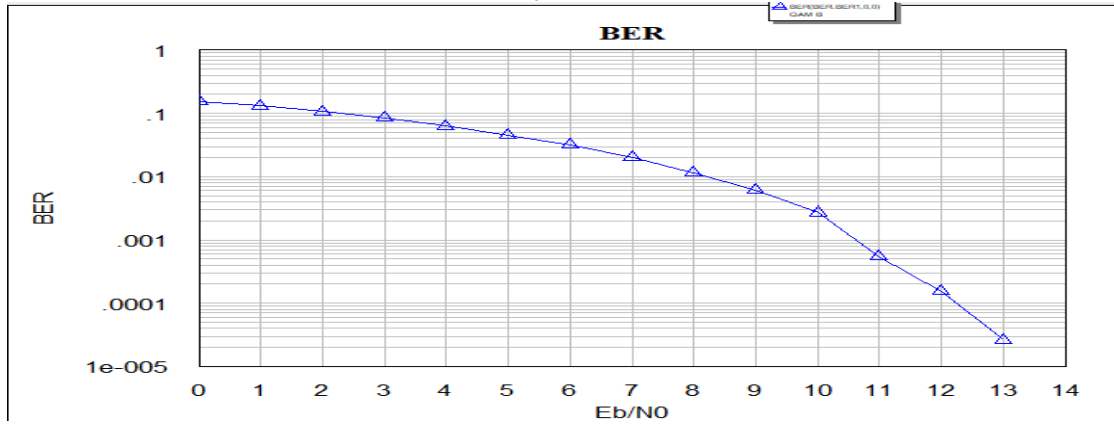


BER 8-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=6db

`Eb_NO=weep(skipped)(0,16,1)`

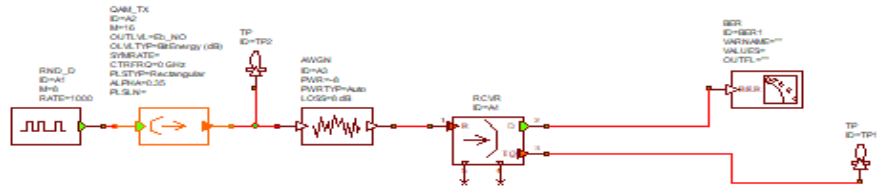


8-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=7db

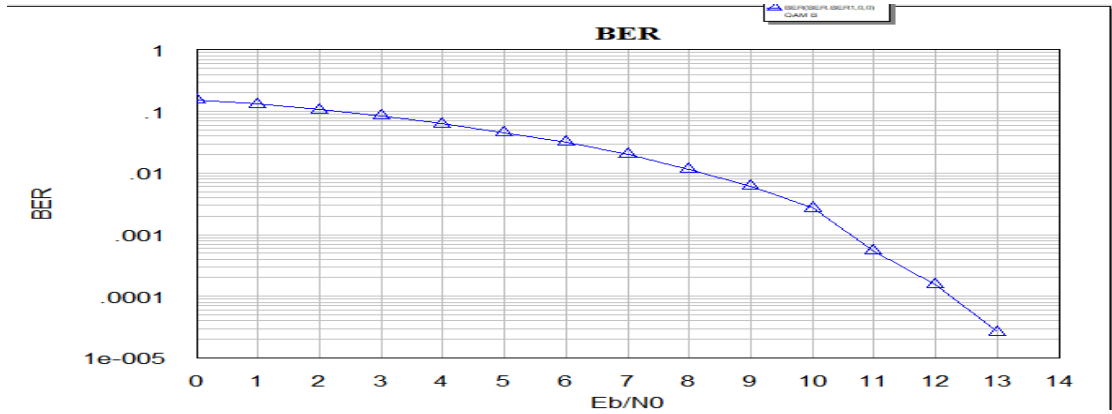


BER 8-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=7db

Id\_NO=wwwappstepped(0,16,1)



8-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=8db

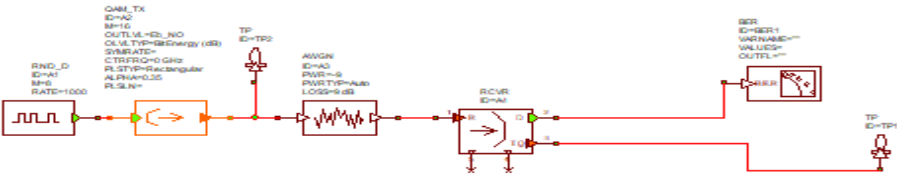


BER 8-QAM με LOSS=8db

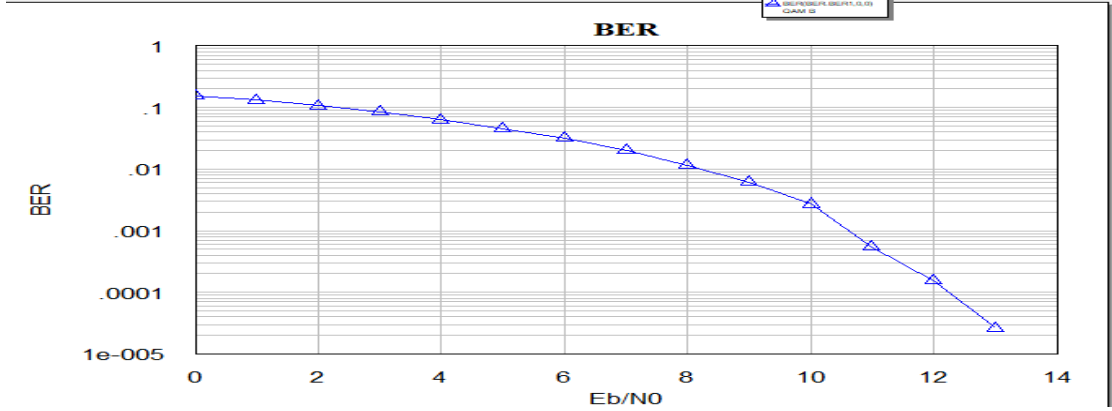
```

Eb_NO=step(stopped(0,10,1))

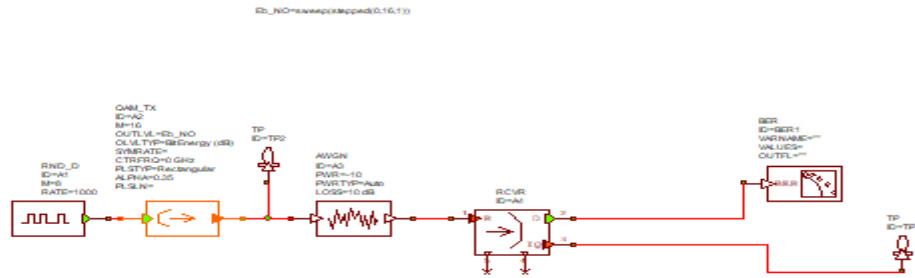
```



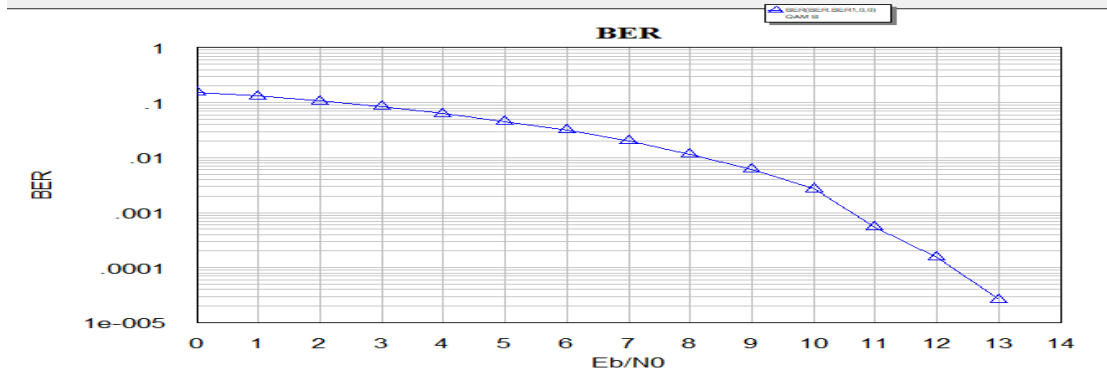
8-QAM με LOSS=9db



BER 8-QAM με LOSS=9db



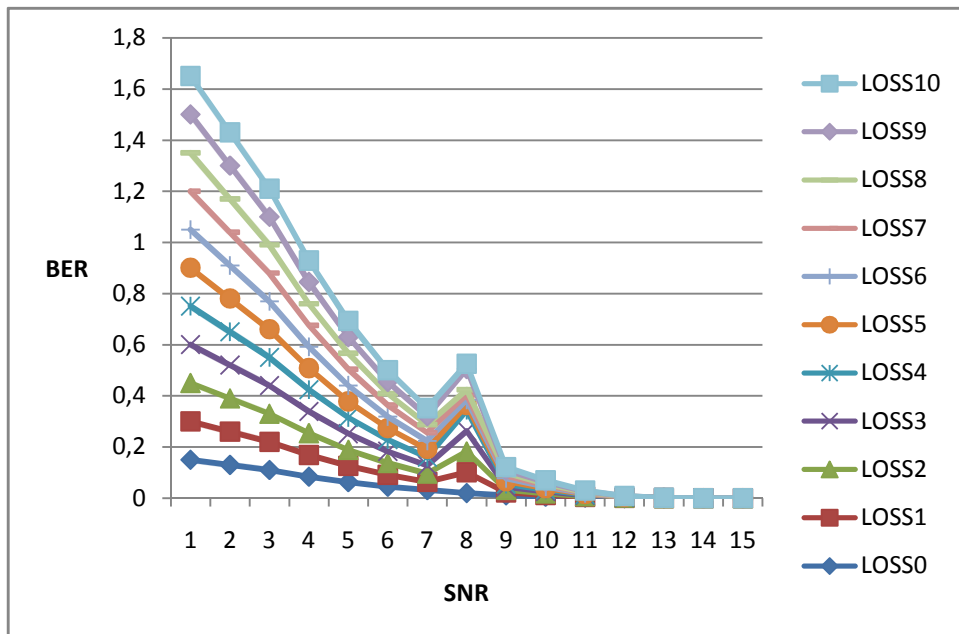
8-QAM με LOSS=10db



BER 8-QAM με LOSS=10db

### 5.1.4.2.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM (M=8)

**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ SNR ΜΕ BER ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.



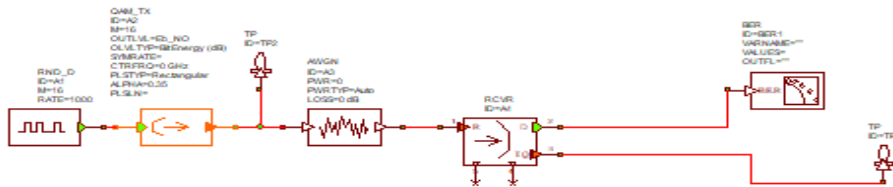
- **LOSS=0:** SNR=0:0.15, SNR=1:0.13, SNR=2:0.11, SNR=3:0.084,

SNR=4:0.063,SNR=5:0.045,SNR=6:0.032,SNR=7:0.02,SNR=8:0.011,  
SNR=9:0.061,SNR=10:0.0027,SNR=11:0.00054,SNR=12:0.00016,  
SNR=13:2.6\*10<sup>-5</sup>,SNR=14:3.6\*10<sup>-6</sup>.

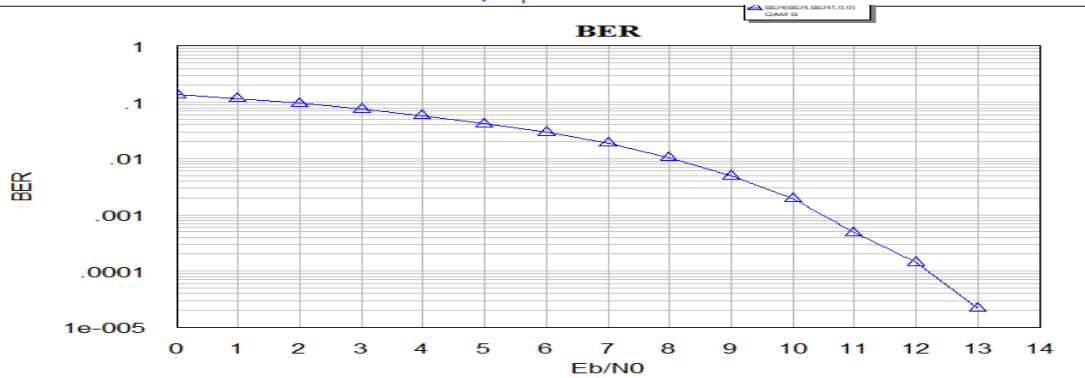
- LOSS=1-4:SNR=0:0.15,SNR=1:0.13,SNR=2:0.11,SNR=3:0.085,  
SNR=4:0.063,SNR=5:0.046,SNR=6:0.032,SNR=7:0.081,SNR=8:0.011,  
SNR=9:0.0066,SNR=10:0.0027,SNR=11:0.0011,SNR=12:0.00016,  
SNR=13:2.06\*10<sup>-5</sup>,SNR=14:3.6\*10<sup>-6</sup>.
- LOSS=5-8: SNR=0:0.15,SNR=1:0.13,SNR=2:0.11,SNR=3:0.084,  
SNR=4:0.063,SNR=5:0.045,SNR=6:0.032,SNR=7:0.02,SNR=8:0.011,  
SNR=9:0.061,SNR=10:0.0027,SNR=11:0.00054,SNR=12:0.00016,  
SNR=13:2.6\*10<sup>-5</sup>,SNR=14:3.6\*10<sup>-6</sup>.
- LOSS=9:SNR=0:0.15,SNR=1:0.13,SNR=2:0.11,SNR=3:0.085,  
SNR=4:0.063,SNR=5:0.046,SNR=6:0.032,SNR=7:0.081,SNR=8:0.011,  
SNR=9:0.0066,SNR=10:0.0027,SNR=11:0.0011,SNR=12:0.00016,  
SNR=13:2.06\*10<sup>-5</sup>,SNR=14:3.6\*10<sup>-6</sup>.
- LOSS=10: SNR=0:0.15,SNR=1:0.13,SNR=2:0.11,SNR=3:0.084,  
SNR=4:0.063,SNR=5:0.045,SNR=6:0.032,SNR=7:0.02,SNR=8:0.011,  
SNR=9:0.061,SNR=10:0.0027,SNR=11:0.00054,SNR=12:0.00016,  
SNR=13:2.6\*10<sup>-5</sup>,SNR=14:3.6\*10<sup>-6</sup>.

### 5.1.4.3:16-QAM

Ed\_NO=wwwappad(0.14.1)

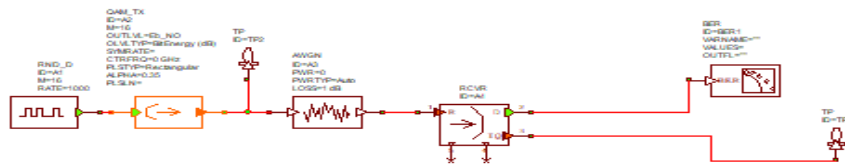


16-QAM  $\mu$ E LOSS=0db

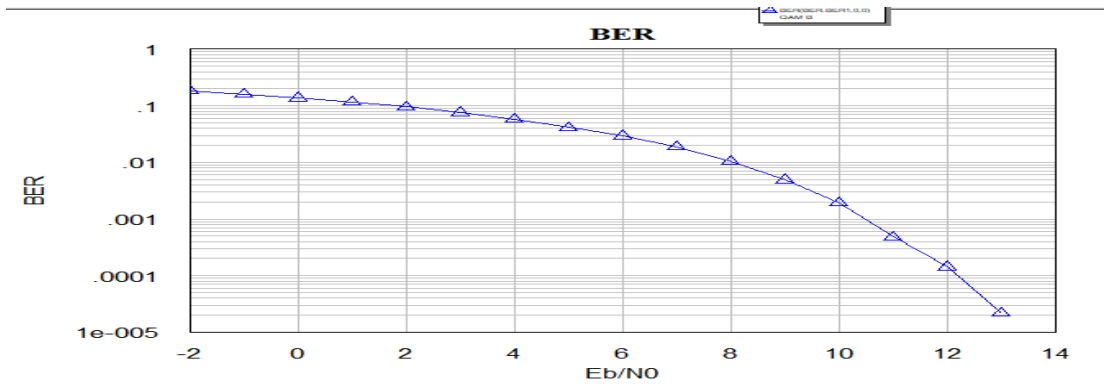


BER 16-QAM  $\mu$ E LOSS=0db

Ed\_NO=wwwappad(-1.16.1)

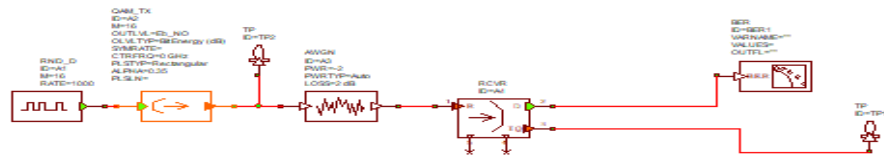


16-QAM  $\mu$ E LOSS=1db

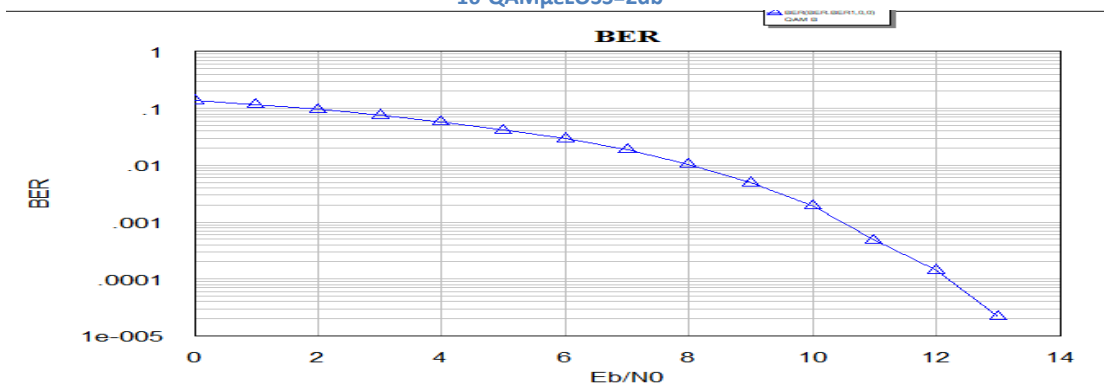


BER 16-QAM με LOSS=1db

Ed\_NO=wwwappappad0.16.13

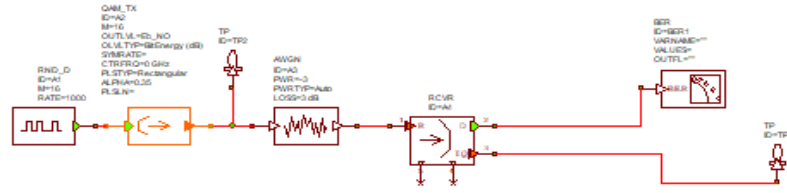


16-QAM με LOSS=2db

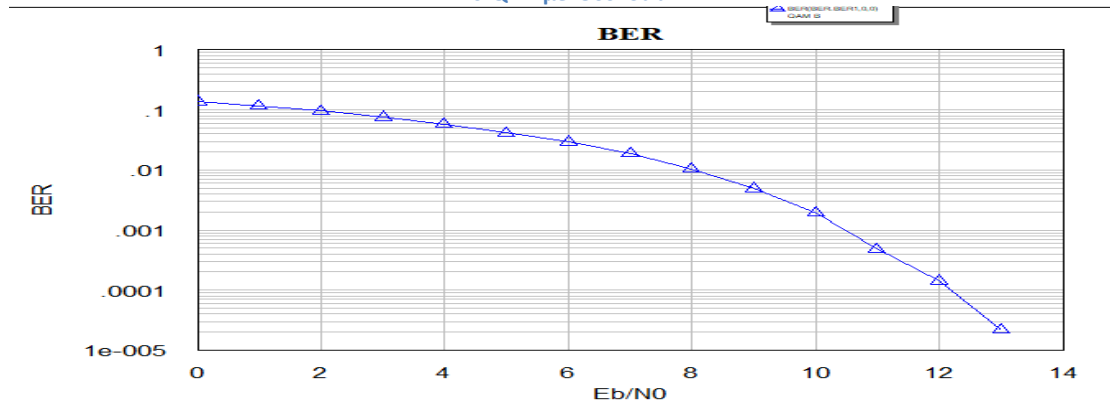


BER 16-QAM με LOSS=2db

02\_NO=www.pptmapped(0.16.13)



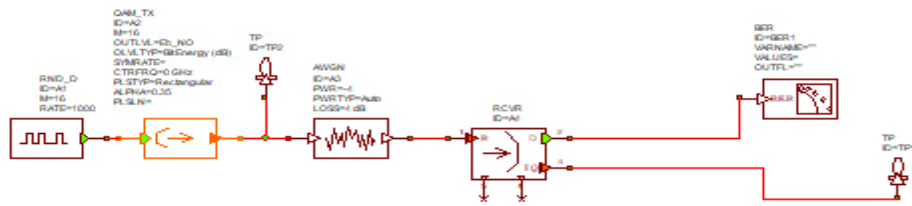
16-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=3db



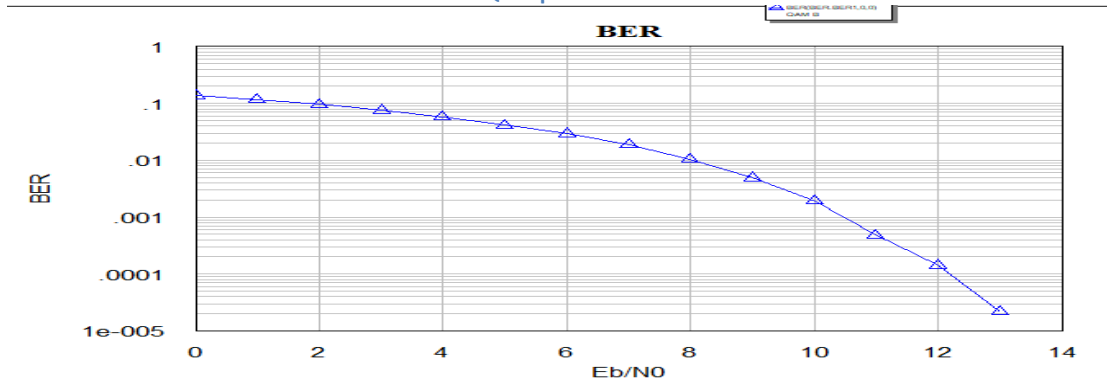
BER 16-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS= 3db



$E_b/N_0$  (skipped)(0,16,1)

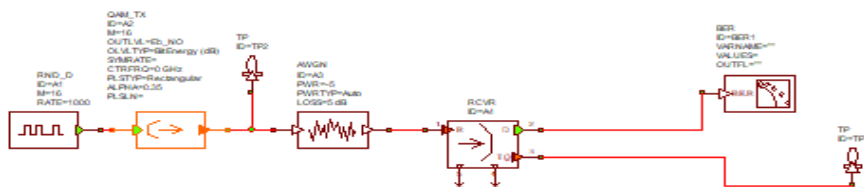


16-QAM  $\mu$  LOSS=4db

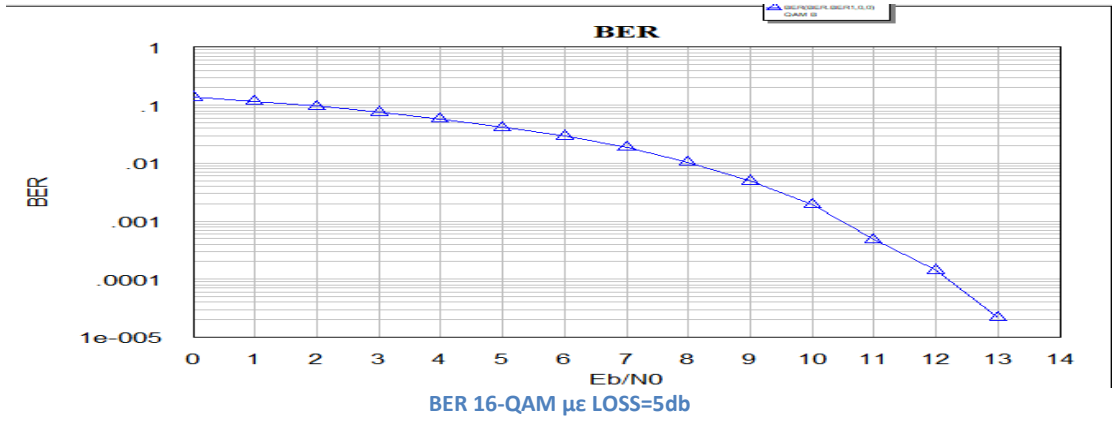


BER 16-QAM  $\mu$  LOSS=4db

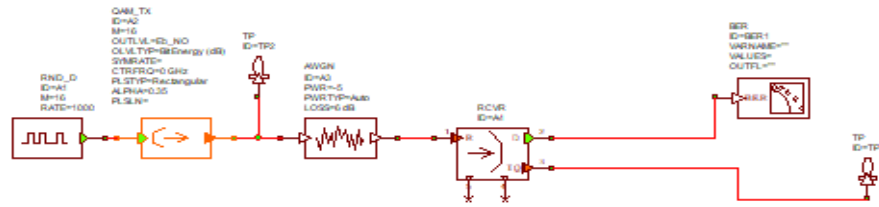
$E_b/N_0$  (skipped)(0,16,1)



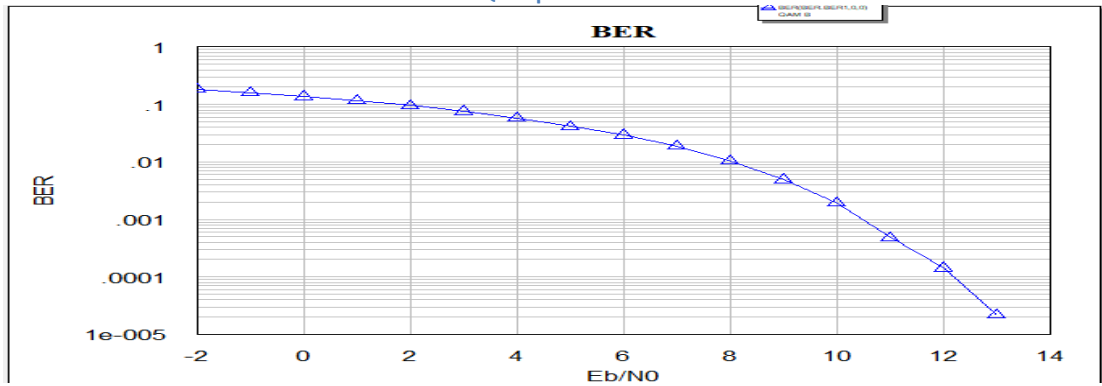
16-QAM  $\mu$  LOSS=5db



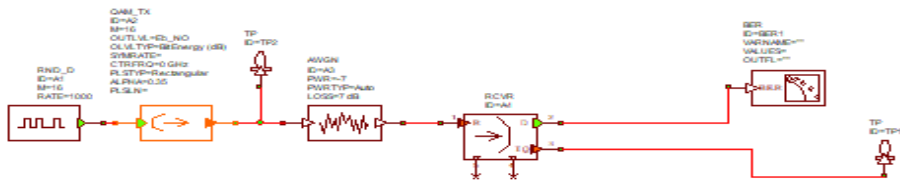
Id\_NO=awep(skipped-1,16,1)



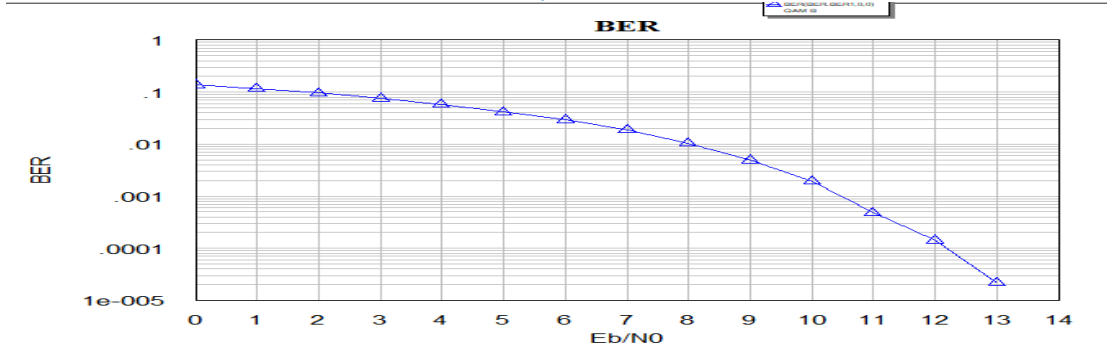
16-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=6db



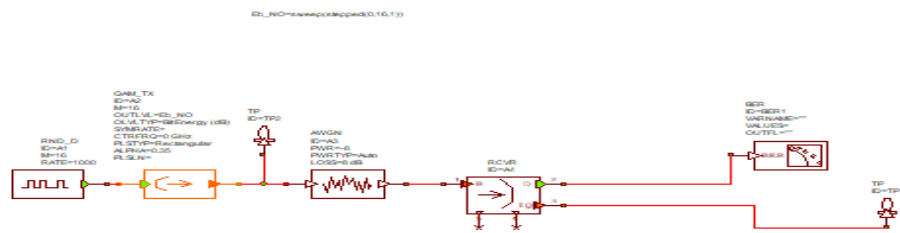
Id\_NO=awep(skipped)0,16,1)



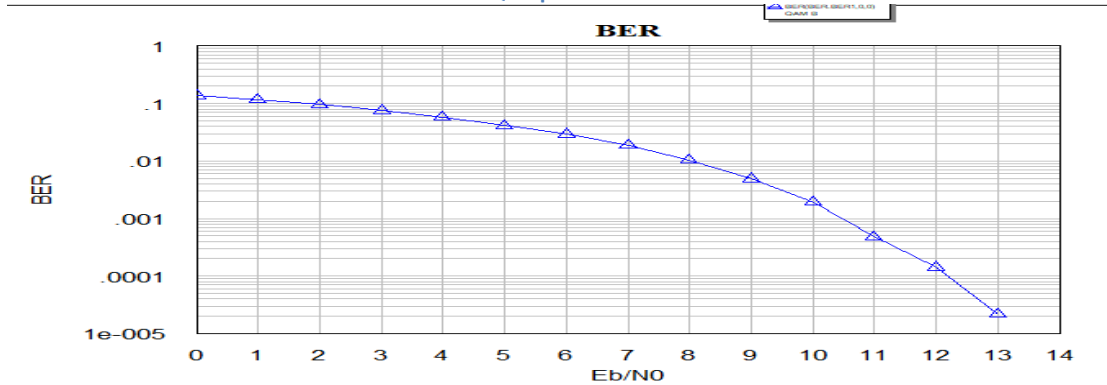
16-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=7db



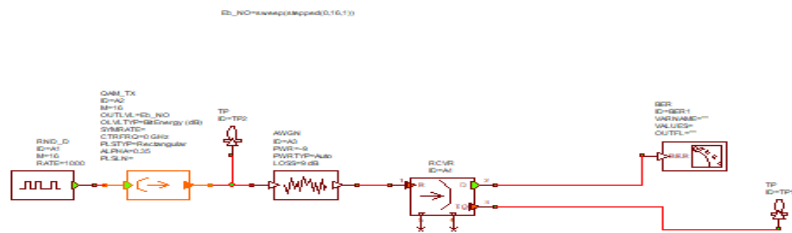
BER 16-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=7db



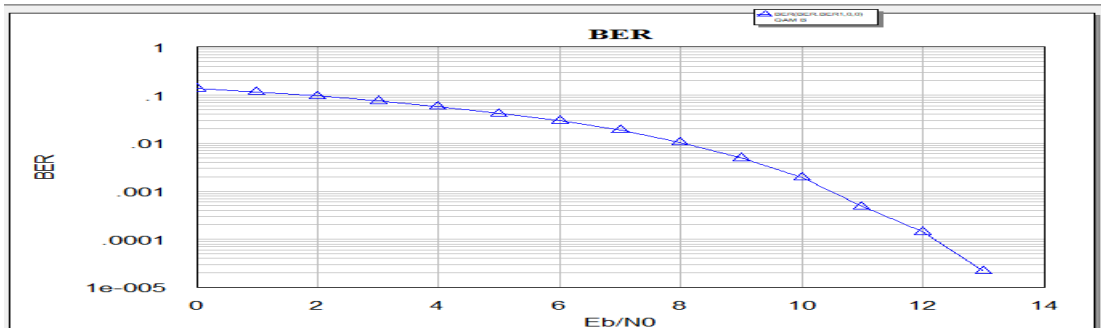
16-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



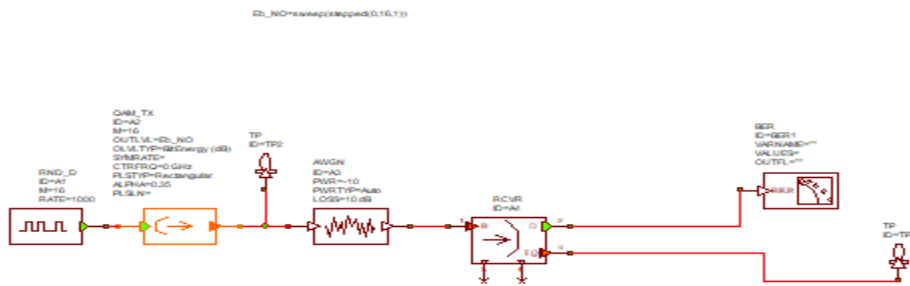
BER 16-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=8db



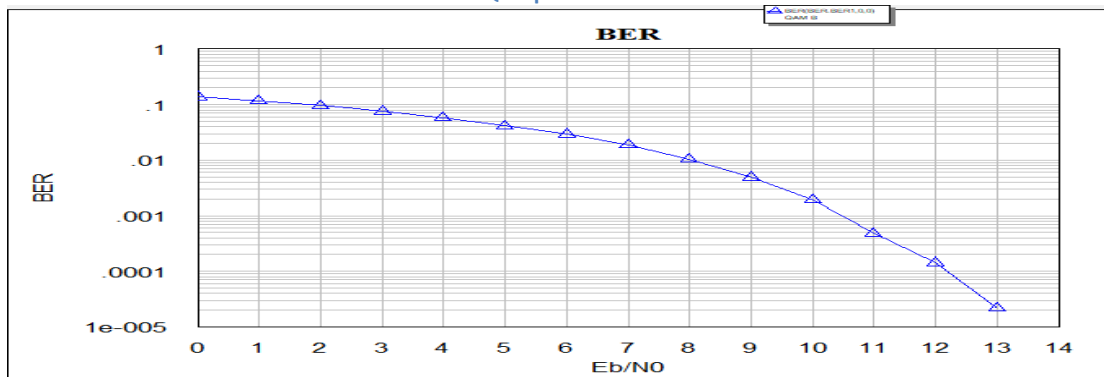
16-QAM  $\mu\epsilon$  LOSS=9db



BER 16-QAM με LOSS=9db



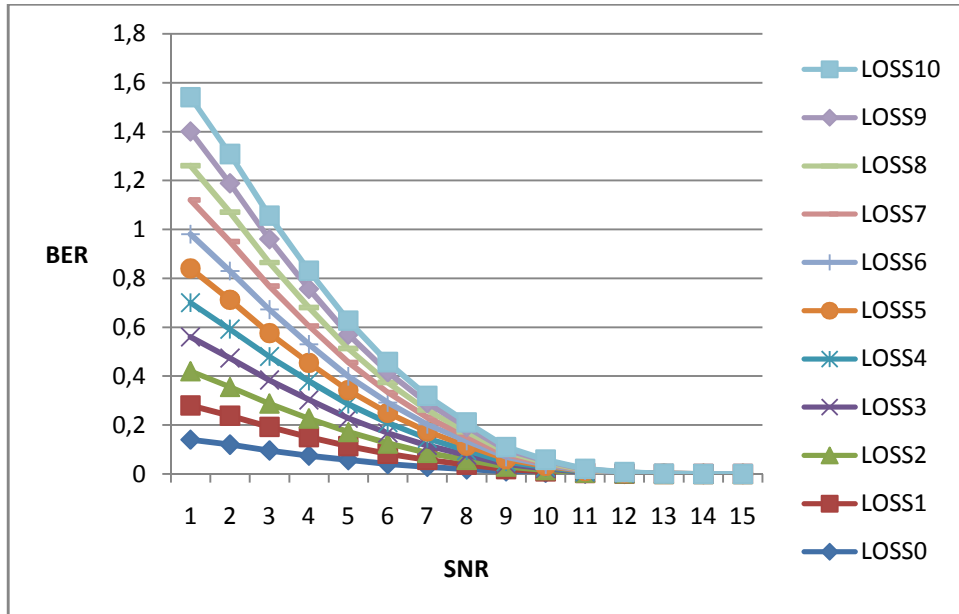
16-QAM με LOSS=10db



BER 16-QAM με LOSS=10db

### 5.1.4.3.1: ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ QAM (M=16)

**ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ SNR ΜΕ BER ΓΙΑ ΚΑΘΕ LOSS:** Παρατηρούμε ότι για κάθε SNR αντιστοιχεί διαφορετικό BER για κάθε περίπτωση LOSS. Οι τιμές αυτές φαίνονται παρακάτω.



- **LOSS=0:** SNR=0:0.14, SNR=1:0.12, SNR=2:0.096, SNR=3:0.075, SNR=4:0.057, SNR=5:0.041, SNR=6:0.029, SNR=7:0.019, SNR=8:0.01, SNR=9:0.0049, SNR=10:0.0019, SNR=11:0.00049, SNR=12:0.00014, SNR=13:2.2\*10<sup>-5</sup>, SNR=14:2.8\*10<sup>-5</sup>.
- **LOSS=1-4:** SNR=0:0.14, SNR=1:0.118, SNR=2:0.096, SNR=3:0.076, SNR=4:0.0765, SNR=5:0.042, SNR=6:0.029, SNR=7:0.0193, SNR=8:0.01, SNR=9:0.0056, SNR=10:0.0019, SNR=11: 0.00084, SNR=12:0.00014, SNR=13:1.66\*10<sup>-11</sup>, SNR=14:2.8\*10<sup>-5</sup>.
- **LOSS=5:** SNR=0:0.14, SNR=1:0.12, SNR=2:0.096, SNR=3:0.075, SNR=4:0.057, SNR=5:0.041, SNR=6:0.029, SNR=7:0.019, SNR=8:0.01, SNR=9:0.0049, SNR=10:0.0019, SNR=11:0.00049, SNR=12:0.00014, SNR=13:2.2\*10<sup>-5</sup>, SNR=14:2.8\*10<sup>-5</sup>.
- **LOSS=6:** SNR=0:0.14, SNR=1:0.118, SNR=2:0.096, SNR=3:0.076, SNR=4:0.0765, SNR=5:0.042, SNR=6:0.029, SNR=7:0.0193, SNR=8:0.01, SNR=9:0.0056, SNR=10:0.0019, SNR=11: 0.00084, SNR=12:0.00014, SNR=13:1.66\*10<sup>-11</sup>, SNR=14:2.8\*10<sup>-5</sup>.
- **LOSS=7:** SNR=0:0.14, SNR=1:0.12, SNR=2:0.096, SNR=3:0.075, SNR=4:0.057, SNR=5:0.041, SNR=6:0.029, SNR=7:0.019, SNR=8:0.01, SNR=9:0.0049, SNR=10:0.0019, SNR=11:0.00049, SNR=12:0.00014, SNR=13:2.2\*10<sup>-5</sup>, SNR=14:2.8\*10<sup>-5</sup>.
- **LOSS=8:** SNR=0:0.14, SNR=1:0.12, SNR=2:0.096, SNR=3:0.075, SNR=4:0.057, SNR=5:0.041, SNR=6:0.029, SNR=7:0.019, SNR=8:0.01, SNR=9:0.0049, SNR=10:0.0019, SNR=11:0.00049, SNR=12:0.00014, SNR=13:2.2\*10<sup>-5</sup>, SNR=14:2.8\*10<sup>-5</sup>.
- **LOSS=9:** SNR=0:0.14, SNR=1:0.118, SNR=2:0.096, SNR=3:0.076, SNR=4:0.0765, SNR=5:0.042, SNR=6:0.029, SNR=7:0.0193, SNR=8:0.01, SNR=9:0.0056, SNR=10:0.0019, SNR=11: 0.00084, SNR=12:0.00014, SNR=13:1.66\*10<sup>-11</sup>, SNR=14:2.8\*10<sup>-5</sup>.
- **LOSS=10:** SNR=0:0.14, SNR=1:0.12, SNR=2:0.096, SNR=3:0.075, SNR=4:0.057, SNR=5:0.041, SNR=6:0.029, SNR=7:0.019, SNR=8:0.01, SNR=9:0.0049, SNR=10:0.0019, SNR=11:0.00049, SNR=12:0.00014, SNR=13:2.2\*10<sup>-5</sup>, SNR=14:2.8\*10<sup>-5</sup>.

## 5.1.5:ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΑ ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΧΗΜΑΤΑ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

- ✚ Βάση των συγκεντρωτικών διαγραμμάτων για την κάθε διαμόρφωση και έχοντας σαν κριτήριο το χαμηλό BER καταλήγουμε στο εξής:
- ❖ Ότι η QAM ικανοποιεί το συγκεκριμένο κριτήριο και σε σχέση με τις υπολοίπες διαμορφώσεις, διότι έχει το χαμηλό BER και για χαμηλά και για υψηλά σήματα. Πιο συγκεκριμένα:
  - 4-QAM:
    - Για παράδειγμα: για  $SNR=1$  η QAM έχει σαν τιμή BER 1.59, σε σχέση με την PSK που έχει σαν τιμή BER 3.7, με την FSK που έχει σαν τιμή BER 2.2 και με την ASK που έχει σαν τιμή BER 3.9. Για  $SNR=8$  η QAM έχει σαν τιμή BER 0 σε σχέση με την PSK που έχει σαν τιμή BER 4.8, με την FSK που έχει σαν τιμή BER 0.5 και με την ASK που έχει σαν τιμή BER 3.5.
  - 8-QAM:
    - Για παράδειγμα: για  $SNR=1$  η QAM έχει σαν τιμή BER 1.6, σε σχέση με την PSK που έχει σαν τιμή BER 3.3, με την FSK που έχει σαν τιμή BER 4.8 και με την ASK που έχει σαν τιμή 4.2. Για  $SNR=8$  η QAM έχει σαν τιμή BER 0.59, σε σχέση με την PSK που έχει σαν τιμή BER 4.3, με την FSK που έχει σαν τιμή BER 4.5 και με την ASK που έχει σαν τιμή BER 4.
  - 16-QAM:
    - Για παράδειγμα: για  $SNR=1$  η QAM έχει σαν τιμή BER 1.59, σε σχέση με την PSK που έχει σαν τιμή BER 3, με την FSK που έχει σαν τιμή BER 5 και με την ASK που έχει σαν τιμή BER 4.2. Για  $SNR=8$  η QAM έχει σαν τιμή BER 0.2, σε σχέση με την PSK που έχει σαν τιμή BER 4.3, με την FSK που έχει σαν τιμή BER 5 και με την ASK που έχει σαν τιμή BER 4.
- ✚ Με κριτήριο υψηλό ρυθμό μετάδοσης και χαμηλό BER καταλήγουμε στο εξής:
  - Ότι η QAM ικανοποιεί το συγκεκριμένο κριτήριο, πιο συγκεκριμένα 16-QAM, διότι έχει το χαμηλό BER για χαμηλά και υψηλά σήματα όπως αναφέρθηκε παραπάνω και έχει υψηλό ρυθμό μετάδοσης.
- ✚ Συμπερασματικά επιλέγουμε την QAM γιατί ικανοποιεί τα δύο προαναφερθέντα συγκεκριμένα κριτήρια και ότι στέλνει περισσότερη πληροφορία (πλάτος και φάση) στον δέκτη.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **1.1.1:**<http://www.personal.psu.edu/jtk187/art2/telegraph.htm>
- **1.1.2:**<http://www.personal.psu.edu/jtk187/art2/telegraph.htm>
- **1.1.3:**<http://www.personal.psu.edu/jtk187/art2/telegraph.htm>
- **1.1.4:**<http://www.personal.psu.edu/jtk187/art2/telegraph.htm>
- **1.2.1-1.2.6:**<https://bebusinessed.com/history/history-of-the-telephone/>
- **1.2.7:**<https://www.britannica.com/technology/teleprinter>
- **1.3:**<https://wsl.stanford.edu/~andrea/Wireless/SampleChapters.pdf>
- **2.1.1:**<https://www.teilar.gr/dbData/ProfAnn/profann-ae2d1e7c.pdf>
- **2.1.2-2.2:**
  1. <https://www.teilar.gr/dbData/ProfAnn/profann-ae2d1e7c.pdf>
  2. [http://moag.phys.uoa.gr/moag\\_gr/sites/default/files/moag\\_files/Telecom\\_Chapter\\_3.pdf](http://moag.phys.uoa.gr/moag_gr/sites/default/files/moag_files/Telecom_Chapter_3.pdf)
- **2.2.1.1:**  
<http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/ENGI101/01%20%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%20%CF%83%CF%84%CE%B7%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BC%CF%8C%CF%81%CF%86%CF%89%CF%83%>

CE%B7%20%CE%A0%CE%BB%CE%AC%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82%20%28Amplitude%20modulation%2C%20AM%29.pdf

- **2.2.1.2:**<http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/ENGI101/01%20%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%20%CF%83%CF%84%CE%B7%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BC%CF%8C%CF%81%CF%86%CF%89%CF%83%CE%B7%20%CE%A0%CE%BB%CE%AC%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82%20%28Amplitude%20modulation%2C%20AM%29.pdf>
- **2.2.1.3:**<http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/ENGI101/01%20%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%20%CF%83%CF%84%CE%B7%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BC%CF%8C%CF%81%CF%86%CF%89%CF%83%CE%B7%20%CE%A0%CE%BB%CE%AC%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82%20%28Amplitude%20modulation%2C%20AM%29.pdf>
- **2.2.2:**<https://www.teilar.gr/dbData/ProfAnn/profann-ae2d1e7c.pdf>
- **2.2.3:**[http://moag.phys.uoa.gr/moag\\_gr/sites/default/files/moag\\_files/Telecom\\_Chapter\\_4.pdf](http://moag.phys.uoa.gr/moag_gr/sites/default/files/moag_files/Telecom_Chapter_4.pdf)
- **2.4-2.4.3:**  
[http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/13262/STE\\_MHP\\_00017\\_Medium.pdf?sequence=1](http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/13262/STE_MHP_00017_Medium.pdf?sequence=1)
- **2.4.4:**<http://www.sat.gr/show.cfm?id=141&obcatid=22>
- **2.5.1:**[https://openeclass.teimes.gr/modules/document/index.php?course=CIED102&openDir=/52246099c8f0\(ΔΙΑΛΕΞΗ\\_1-Σήματα\\_και\\_Συστήματα\)](https://openeclass.teimes.gr/modules/document/index.php?course=CIED102&openDir=/52246099c8f0(ΔΙΑΛΕΞΗ_1-Σήματα_και_Συστήματα))
- **2.5.2:** ΦΗΦΙΑΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΣΗΜΑΤΟΣ: ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:1.3.1: ΣΕΛ.20-24(MONSONH. HAYES)
- **3.1:**[http://moag.phys.uoa.gr/moag\\_gr/sites/default/files/moag\\_files/Telecom\\_Chapter\\_3.pdf](http://moag.phys.uoa.gr/moag_gr/sites/default/files/moag_files/Telecom_Chapter_3.pdf)



- **3.1.1:**<http://signalsworld.blogspot.gr/2009/10/advantages-and-disadvantages-of-analog.html>
- **3.1.1.2:1)**[http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/ENGI101/01%20%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%20%CF%83%CF%84%CE%B7%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BC%CF%8C%CF%81%CF%86%CF%89%CF%83%CE%B7%20%CE%A0%CE%BB%CE%AC%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82%20\(Amplitude%20modulation,%20AM\).pdf](http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/ENGI101/01%20%CE%95%CE%B9%CF%83%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%AE%20%CF%83%CF%84%CE%B7%20%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%BC%CF%8C%CF%81%CF%86%CF%89%CF%83%CE%B7%20%CE%A0%CE%BB%CE%AC%CF%84%CE%BF%CF%85%CF%82%20(Amplitude%20modulation,%20AM).pdf)
- 2)<https://www.teilar.gr/dbData/ProfAnn/profann-ae2d1e7c.pdf>
- 3)[http://moag.phys.uoa.gr/moag\\_gr/sites/default/files/moag\\_files/Telecom\\_Chapter\\_4.pdf](http://moag.phys.uoa.gr/moag_gr/sites/default/files/moag_files/Telecom_Chapter_4.pdf)
  
- **3.2-3.2.2:**
  - 1)[http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/13262/STE\\_MHP\\_00017\\_Medium.pdf?sequence=1](http://nestor.teipel.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/13262/STE_MHP_00017_Medium.pdf?sequence=1)
  - 2)<https://www.scribd.com/doc/42835484/Digital-Modulation>
  - 3)<http://www.sat.gr/show.cfm?id=141&obcatid=22>
  
- **3.3:**
  - 1)<https://www.technologyuk.net/telecommunications/telecom-principles/pulse-code-modulation.shtml>
  - 2)[https://openeclass.teimes.gr/modules/document/index.php?course=CIED101&openDir=/5607f084iUbK\(Διάλεξη9-Τηλεπικοινωνιακά 1\)](https://openeclass.teimes.gr/modules/document/index.php?course=CIED101&openDir=/5607f084iUbK(Διάλεξη9-Τηλεπικοινωνιακά 1))
  - 3)<https://www.techopedia.com/definition/24121/companing>
  
- **4.1:**<http://aircse.org/journal/cnc/5413cnc08.pdf>
  
- **4.1.1:**
  - 1)[https://books.google.gr/books?id=Fk-MI7\\_C-JAC&pg=PT110&lpg=PT110&dq=advantages+of+awgn+model&source=bl&ots=EOwceu4sH7&sig=Kj4uxJ3mKNib1GBGqvPv8uezoig&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwiJz6Ko-JjXAhWJFOwKHW\\_IAFM4ChDoAQguMAE#v=onepage&q=advantages%20of%20awgn%20model&f=false](https://books.google.gr/books?id=Fk-MI7_C-JAC&pg=PT110&lpg=PT110&dq=advantages+of+awgn+model&source=bl&ots=EOwceu4sH7&sig=Kj4uxJ3mKNib1GBGqvPv8uezoig&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwiJz6Ko-JjXAhWJFOwKHW_IAFM4ChDoAQguMAE#v=onepage&q=advantages%20of%20awgn%20model&f=false)

- 2) <http://airccse.org/journal/cnc/5413cnc08.pdf>
- **4.1.2-4.1.3:** <http://airccse.org/journal/cnc/5413cnc08.pdf>
- **4.2-4.2.1:** <http://airccse.org/journal/cnc/5413cnc08.pdf>
- **4.2.2:**
  - 1) <https://arxiv.org/pdf/1403.0537.pdf>
  - 2) [https://en.wikipedia.org/wiki/Rayleigh%27s\\_method\\_of\\_dimensional\\_analysis](https://en.wikipedia.org/wiki/Rayleigh%27s_method_of_dimensional_analysis)
- **4.2.3:1)** [https://books.google.gr/books?id=Jtc7BAAAQBAJ&pg=PA146&lpg=PA146&dq=rayleigh+model+for+environmental+phenomenon&source=bl&ots=eTEcCZEGYQ&sig=EORHAzwbTCOIPWRwRDYWJm9EZNs&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwjLoZ-Oo6zXAhXMC-wKHcL\\_AJcQ6AEILzAA#v=onepage&q=rayleigh%20model%20for%20environmental%20phenomenon&f=false](https://books.google.gr/books?id=Jtc7BAAAQBAJ&pg=PA146&lpg=PA146&dq=rayleigh+model+for+environmental+phenomenon&source=bl&ots=eTEcCZEGYQ&sig=EORHAzwbTCOIPWRwRDYWJm9EZNs&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwjLoZ-Oo6zXAhXMC-wKHcL_AJcQ6AEILzAA#v=onepage&q=rayleigh%20model%20for%20environmental%20phenomenon&f=false)
- 2) [https://books.google.gr/books?id=Jtc7BAAAQBAJ&pg=PA146&lpg=PA146&dq=rayleigh+model+for+environmental+phenomenon&source=bl&ots=eTEcCZEGYQ&sig=EORHAzwbTCOIPWRwRDYWJm9EZNs&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwjLoZ-Oo6zXAhXMC-wKHcL\\_AJcQ6AEILzAA#v=onepage&q=rayleigh%20model&f=false](https://books.google.gr/books?id=Jtc7BAAAQBAJ&pg=PA146&lpg=PA146&dq=rayleigh+model+for+environmental+phenomenon&source=bl&ots=eTEcCZEGYQ&sig=EORHAzwbTCOIPWRwRDYWJm9EZNs&hl=el&sa=X&ved=0ahUKEwjLoZ-Oo6zXAhXMC-wKHcL_AJcQ6AEILzAA#v=onepage&q=rayleigh%20model&f=false)
- **4.3:** <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/Journal-of-Electronic-Imaging/volume-22/issue-03/030901/Compressive-sensing-for-through-the-wall-radar-imaging/10.1117/1.JEI.22.3.030901.full?SSO=1>
- **4.3.1:** [https://m.eet.com/media/1116127/mcclaning\\_3\\_pt2.pdf](https://m.eet.com/media/1116127/mcclaning_3_pt2.pdf)
- **4.3.2:** [https://cdn.rohde-schwarz.com/magazine/pdfs\\_1/article/207/NEWS\\_207\\_english\\_RAMON\\_Locate.pdf](https://cdn.rohde-schwarz.com/magazine/pdfs_1/article/207/NEWS_207_english_RAMON_Locate.pdf)
- **4.4:4.1.3,4.2.3,4.3.2**
- **5.1.1-**
- **5.1.4:** <https://openeclasse.teimes.gr/modules/document/index.php?course=CIED106&openDir=/5a8c188650PG>