

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

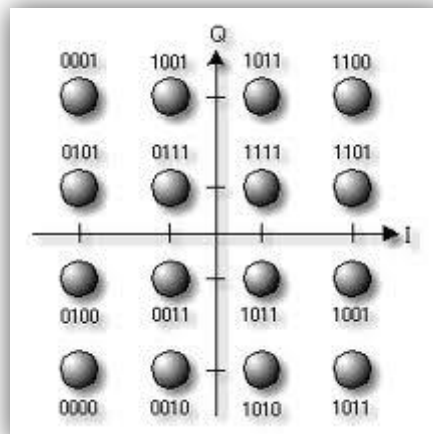
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Τ.Ε.

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ II

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

Εργαστηριακή Άσκηση 7

Ορθογωνική Διαμόρφωση Πλάτους - QAM



Δρ. Μιχάλης Παρασκευάς

Επίκουρος Καθηγητής

Βασίλειος Τσακανίκας – Χρήστος Τσίνο

Πανεπιστημιακοί Υπότροφοι

Μάρτιος 2015

Πίνακας περιεχομένων

1. Σκοπός	3
2. Προσδοκώμενα αποτελέσματα	3
3. Τι θα χρειαστείτε	3
4. Έννοιες κλειδιά	3
5. Εισαγωγικές Παρατηρήσεις	3
6. Περιβάλλον Εργασίας AWR	4
7. Πείραμα: Διαμόρφωση Πλάτους (Amplitude Modulation – AM)	5
7.1 Δημιουργία Project	5
7.2 Ορισμός καθολικών ρυθμίσεων συστήματος	5
7.3 Δημιουργία διαγράμματος συστήματος	6
7.4 Προσθήκη Block στο διάγραμμα συστήματος	7
7.5 Διασύνδεση των Block Στοιχείων και Προσθήκη Ελέγχου	8
7.6 Ορισμός Παραμέτρων των Block στοιχείων	10
7.7 Ορισμός των Παραμέτρων Προσομοίωσης	11
7.8 Δημιουργία γραφήματος	11
7.9 Προσθήκη μέτρησης	12
7.10 Εκτέλεση Προσομοίωσης	14
8. Δραστηριότητες	17
8.1 Απλές δραστηριότητες	187
8.2 Δημιουργία προσομοίωσης BER και SER	17
8.3 Μετατροπή των αποτελεσμάτων της καμπύλης BER σε πίνακα	23
9. Λίστα ελέγχου γνώσεων	24
10. Βιβλιογραφία-Οδηγός για περαιτέρω μελέτη	24
11. Χρήσιμοι σύνδεσμοι	254

Έκδοση: 1.1

Επιμέλεια φυλλαδίου: Βασίλειος Τσακανίκας, Χρήστος Τσίνο, Μιχάλης Παρασκευάς

1. Σκοπός

Το AWR Design Environment (AWRDE) είναι ένα προηγμένο περιβάλλον προσομοίωσης και μοντελοποίησης τηλεπικοινωνιακών συστημάτων. Στην παρούσα εργαστηριακή άσκηση γίνεται εισαγωγή στην λειτουργία του περιβάλλοντος με στόχο την εξοικείωση των φοιτητών με την διεπαφή χρήστη του λογισμικού.

2. Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε ολοκληρώσει την παρούσα εργαστηριακή άσκηση, θα μπορείτε να:

- Δημιουργείτε ένα νέο Project
- Πλοηγηθείτε στις εργαλειοθήκες και να χρησιμοποιείτε τα στοιχεία που διατίθενται
- Παραμετροποιείτε διάφορες μεταβλητές του περιβάλλοντος προσομοίωσης
- Προσομοιώνετε απλά τηλεπικοινωνιακά κυκλώματα και να εξαγάγετε γραφικές παραστάσεις από τις κυματομορφές που παράγονται.

3. Τι θα χρειαστείτε

Για την επιτυχή εκτέλεση της άσκησης θα χρειαστείτε τα παρακάτω:

- Η/Υ με εγκατεστημένο το λογισμικό AWR 10.08

4. Έννοιες κλειδιά

- Σήμα
- Συχνότητα
- Κυματομορφή
- Διαμόρφωση Πλάτους
- Διαμόρφωση Φάσης
- Δείκτης Διαμόρφωσης

5. Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

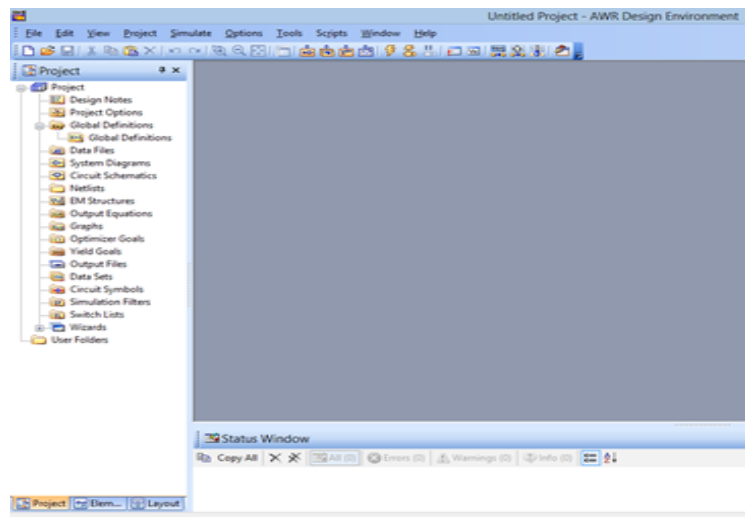
Το AWR Design Environment αποτελείται από τρία επιμέρους εργαλεία τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κοινού: 1) Visual System Simulator (VSS), 2) Microwave Office και 3) Analog Office. Τα παραπάνω εργαλεία είναι πλήρως ενσωματωμένα στην πλατφόρμα AWR Design Environment και επιτρέπουν τον σχεδιασμό συστημάτων και κυκλωμάτων σε ένα ενιαίο περιβάλλον εργασίας. Το εργαλείο Visual System Simulator επιτρέπει τον σχεδιασμό και την ανάλυση από-άκρο-σε-άκρο (end-to-end) συστημάτων επικοινωνιών.

Τα εργαλεία Microwave Office και Analog Office δίνουν την δυνατότητα σχεδίασης κυκλωμάτων που αποτελούνται από σχηματικά διαγράμματα και δομές ηλεκτρομαγνητικών δομικών στοιχείων. Διατίθεται μια εκτενής βάση μοντέλων ηλεκτρικών στοιχείων και μπορούν να παραχθούν διαγράμματα απεικόνισης των συστημάτων που υλοποιούνται.

Τέλος διατίθεται ένα μεγάλο σύνολο μηχανών προσομοίωσης οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την μελέτη της συμπεριφοράς των συστημάτων που μοντελοποιούνται.

6. Περιβάλλον Εργασίας AWR

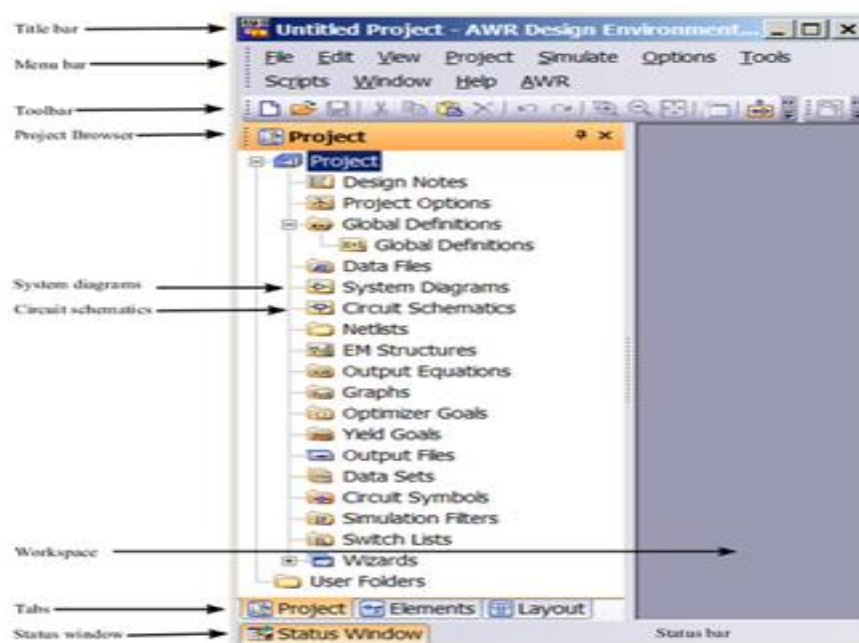
Στην **Εικόνα 1** φαίνεται το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού AWR. Ξεκινώντας το λογισμικό AWRDE φορτώνεται ένα προκαθορισμένο κένο Project (Untitled Project). Μόνο ένα project μπορεί να είναι ενεργό κάθε φορά.



Εικόνα 1 – Περιβάλλον εργασίας του AWR Design Environment

Το περιβάλλον του λογισμικού AWRDE αποτελείται από παράθυρα, διάφορα μενού και εργαλείοι, τον πλοηγό Project και τις βιβλιοθήκες δομικών ηλεκτρονικών στοιχείων και κυκλωμάτων ώστε να καθιστά εύκολη και φιλική προς τον χρήστη την προσομοίωση και μοντελοποίηση επικοινωνιακών συστημάτων.

Στην **Εικόνα 2** βλέπουμε τα διάφορα συστατικά που δομούν το περιβάλλον εργασίας.



Εικόνα 2 – Συνθετικά μέρη του περιβάλλοντος εργασίας

Για την εξοικείωση με το περιβάλλον εργασίας θα χρησιμοποιήσουμε ένα παράδειγμα προσομοίωσης της Διαμόρφωσης Πλάτους και Φάσης (Quadrature amplitude modulation - QAM).

7. Πείραμα: Διαμόρφωση πλάτους και φάσης (Quadrature amplitude modulation -QAM)

Το κεφάλαιο αυτό απεικονίζει τη σχέση ισχύος σήματος και του θορύβου σε ένα σύστημα επικοινωνίας end-to-end. Ο στόχος είναι η ανάλυση της σύνδεσης end-to-end για να μετρηθεί το πόσο συχνά ένα μεταδιδόμενο bit λαμβάνεται εσφαλμένα (BER). Σε αυτό το παράδειγμα, θα αξιολογήσει το ποσοστό σφάλματος σύνδεσης για μια βασική μετάδοση QAM. Μπορούμε επίσης να αναλύσουμε τη συχνότητα των εσφαλμένων bits (BER) ή τα εσφαλμένα σύμβολα (SER), και την επίδραση του θορύβου στο σήμα (SNR) για το BER και SER.

Οι διαδικασίες σε αυτό το παράδειγμα, περιλαμβάνουν:

- Δημιουργία ενός project QAM και το διάγραμμα του συστήματος
- Δημιουργία γραφημάτων και ανάλυση BER και SER
- Συντονισμός των παραμέτρων του συστήματος.

7.1 Δημιουργία Project

Βήμα 1^ο: Πάμε στο **File > New Project**

Βήμα 2^ο: Επιλέγουμε **File > Save Project As**. Το παράθυρο διαλόγου Save As εμφανίζεται

Βήμα 3^ο: Επιλέγουμε τον φάκελο στον οποίο θέλουμε να αποθηκεύσουμε το Project.

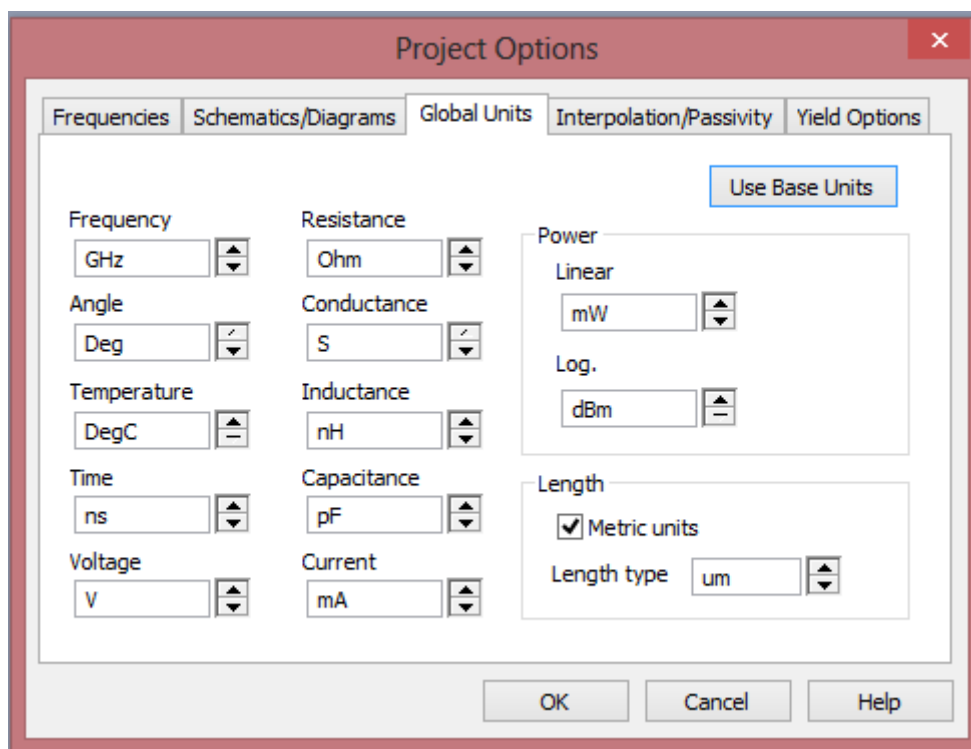
Βήμα 4^ο: Δίνουμε μία ονομασία της επιλογής μας, π.χ. “QAM” το νέο Project, στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται. Αποθηκεύουμε πατώντας **Save**.

Σημείωση: Συνίσταται να αποθηκεύουμε κάθε νέο Project σε ξεχωριστό φάκελο.

7.2 Ορισμός καθολικών ρυθμίσεων συστήματος

Πριν δημιουργήσουμε μια προσομοίωση πρέπει να ορίσουμε τις καθολικές ρυθμίσεις του συστήματος. Για να τις ορίσουμε κάνουμε τα εξής βήματα:

1. Από το οριζόντιο μενού επιλέγουμε **Options > Project Options**
2. Πηγαίνουμε στην καρτέλα **Global Units** και επιβεβαιώνουμε ότι οι ρυθμίσεις αντιστοιχούν με αυτές που δίνονται στην **Εικόνα 3**.
3. Πατάμε OK για να αποθηκεύσουμε τις ρυθμίσεις.

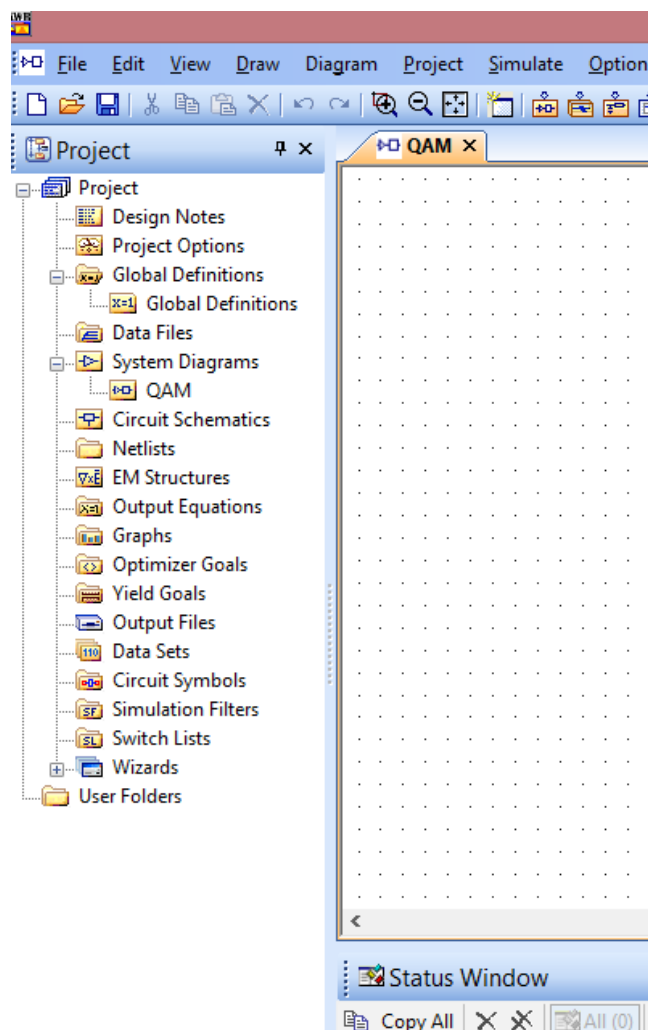


Εικόνα 3 – Ορισμός προκαθορισμένων ρυθμίσεων συστήματος

7.3 Δημιουργία διαγράμματος συστήματος

Για να δημιουργήσουμε ένα QAM διάγραμμα συστήματος:

1. Επιλέγουμε **Project > Add System Diagram > New System Diagram**. Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου του νέου διαγράμματος συστήματος
2. Πληκτρολογούμε “QAM” και πατάμε **Create**. Ένα παράθυρο διαγράμματος συστήματος εμφανίζεται στον χώρο εργασίας (workspace) και το “QAM” διάγραμμα συστήματος εμφανίζεται κάτω από τα System Diagrams στον πλοηγό Project (βλ. **Εικόνα 4**).



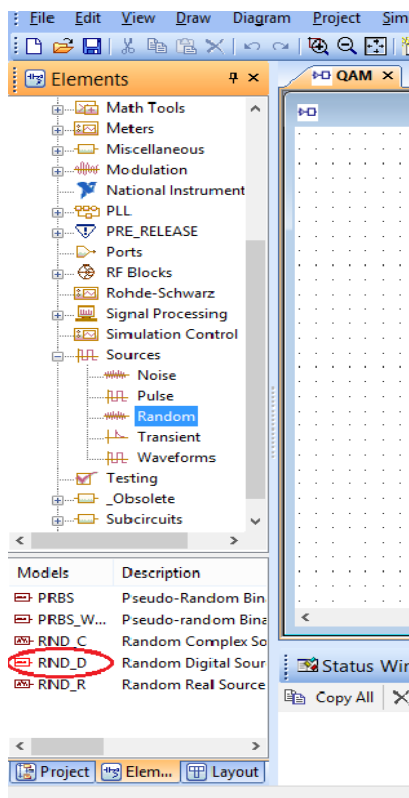
Εικόνα 4 – Διάγραμμα συστήματος

7.4 Προσθήκη Block στο διάγραμμα συστήματος

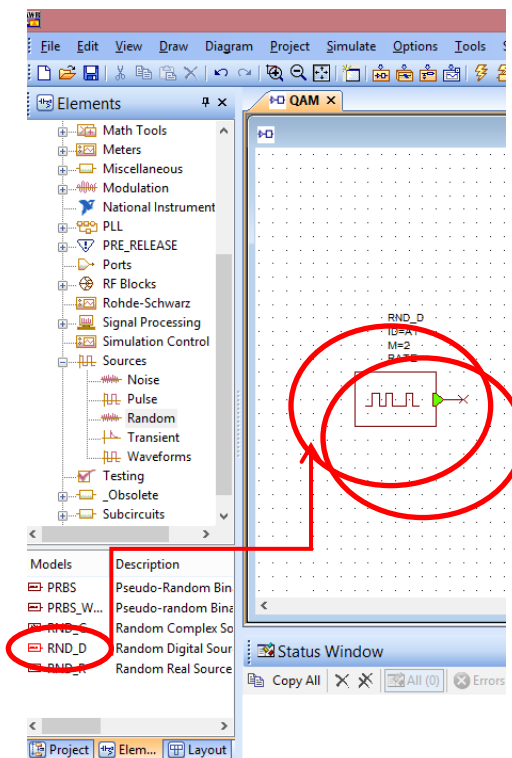
Ο **κατάλογος στοιχείων** (elements catalog) είναι μία βάση που περιέχει πολλά δομικά μπλοκ (ηλεκτρικά/ ηλεκτρονικά στοιχεία), τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα διαγράμματα συστήματος ώστε να συνθέσουμε ένα σύστημα ή έναν αλγόριθμο επικοινωνίας.

Για να τοποθετήσουμε ένα μπλοκ στο διάγραμμα συστήματος ακολουθούμε τα εξής βήματα:

1. Πατάμε στην καρτέλα **Elements** (κάτω αριστερά) ώστε να εμφανιστεί ο κατάλογος στοιχείων
2. Πατάμε στο σύμβολο + αριστερά του Source για να επεκτείνουμε το δέντρο του καταλόγου.
3. Επιλέγουμε την κατηγορία **Random**. Και από τα **Models** επιλέγουμε το **RND_D** (Εικόνα 5) και το σύρουμε (drag 'n' drop) στο διάγραμμα συστήματος (Εικόνα 6).

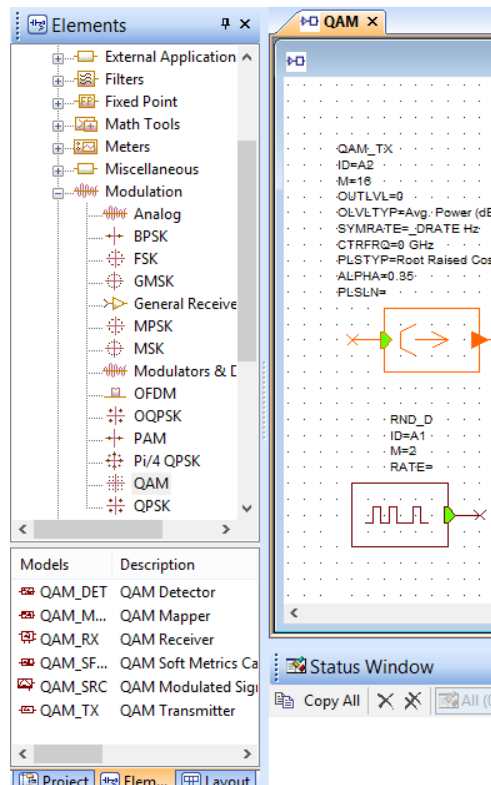


Εικόνα 5 – Block στοιχείο πηγής



Εικόνα 6 – Τοποθέτηση του block στοιχείου στο διάγραμμα του συστήματος

4. Επεκτείνουμε την κατηγορία Sources και από την υποκατηγορία **Waveforms** επιλέγουμε το **Sine block** και το τοποθετούμε στο διάγραμμα συστήματος όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7**



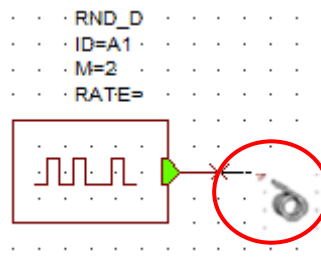
Εικόνα 7 –Τοποθέτηση του QAM_TX Block στο διάγραμμα συστήματος

5. Επεκτείνουμε την κατηγορία **Channels**, Επιλέγουμε το μπλοκ **AWGN** και το τοποθετούμε στο διάγραμμα συστήματος.
6. Στην κατηγορία **Modulation**, πατάμε click στην υποκατηγορία **General Receivers**. Επιλέγουμε το μπλοκ **RCVR** και το τοποθετούμε στο διάγραμμα συστήματος
7. Πατάμε click στο κουμπί **Test Point** στην εργαλειοθήκη και προσθέτουμε ένα Test Point (TP) μεταξύ των μπλοκ **QAM_TX** και **AWGN**. Προσθέτουμε ένα ακόμα Test Point (TP) στην έξοδο του μπλοκ **RCVR** όπως μας δείχνει η ακόλουθη εικόνα.
8. Το διάγραμμα συστήματος πρέπει να φαίνεται όπως στην **Εικόνα 9**, χωρίς όμως τις διασυνδέσεις μεταξύ των μπλοκ, τις οποίες θα τοποθετήσουμε στη συνέχεια.

7.5 Διασύνδεση των Block Στοιχείων και Προσθήκη Ελέγχου

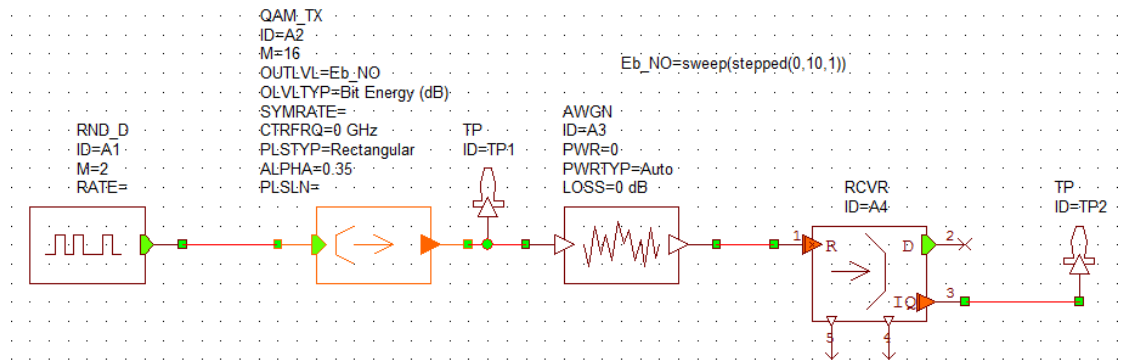
Για να διασυνδέσουμε μεταξύ τους τα μπλοκ στοιχεία του διαγράμματος, ώστε να δημιουργήσουμε ένα συνεκτικό διάγραμμα συστήματος ακολουθούμε τα εξής βήματα:

1. Τοποθετούμε τον δρομέα (cursor) στη διεπαφή του μπλοκ στοιχείου (**Εικόνα 8**). Εμφανίζεται ένα καλώδιο.



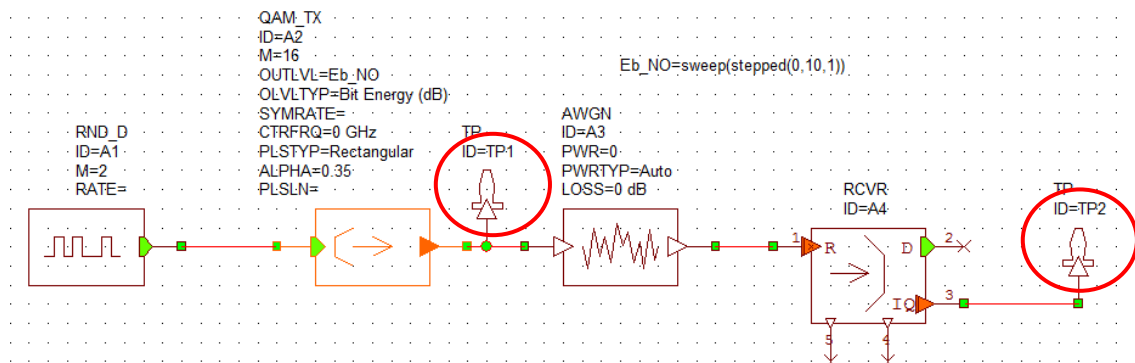
Εικόνα 8 – Σύνδεση στοιχείου

2. Κάνουμε Click και κρατώντας πατημένο το πλήκτρο στο ποντίκι σέρνουμε και διασύνδεουμε κατάλληλα στην διεπαφή ενός άλλου μπλοκ στοιχείου
3. Διασύνδεουμε όλα τα μπλοκ στοιχεία του διαγράμματος συστήματος όπως φαίνεται στην **Εικόνα 9**



Εικόνα 9 – Διασύνδεση των block στοιχείων

4. Για να τοποθετήσουμε σημεία ελέγχου (**Test Points TP**) σε επιλεγμένα σημεία του διαγράμματος, πάμε στην κατηγορία **Meters**. Επιλέγουμε και προσθέτουμε στο διάγραμμα συστήματος τρία σημεία ελέγχου, όπως φαίνονται στην **Εικόνα 10**.



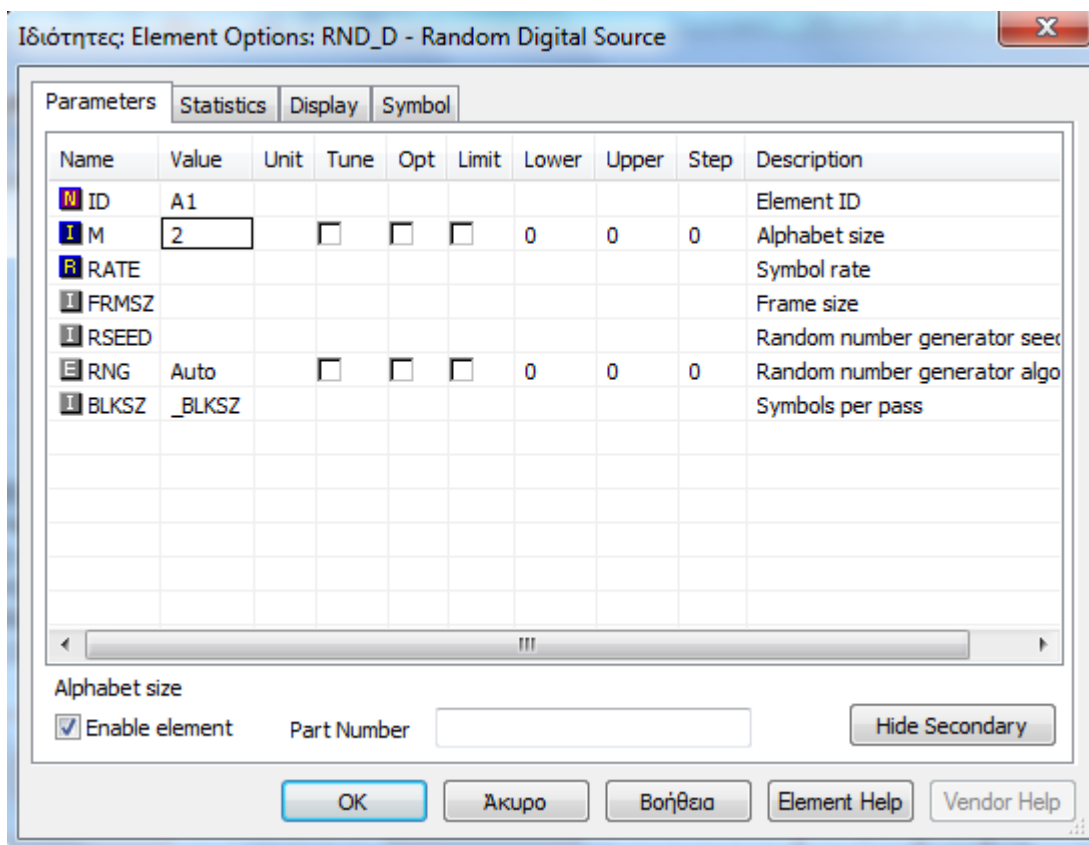
Εικόνα 9 – Διασύνδεση των block στοιχείων

Προσοχή: Σε κάθε μπλοκ στοιχείο μέτρησης παρατηρούμε έναν αριθμό ID. Π.χ. ID = TP1 ID = TP2 κτλ. Θα πρέπει να τα τοποθετήσουμε **με την σειρά** που φαίνεται στην εικόνα, διότι αυτά τα ID αποτελούν παράμετρο στη δημιουργία των γραφημάτων αργότερα.

7.6 Ορισμός Παραμέτρων των Block στοιχείων

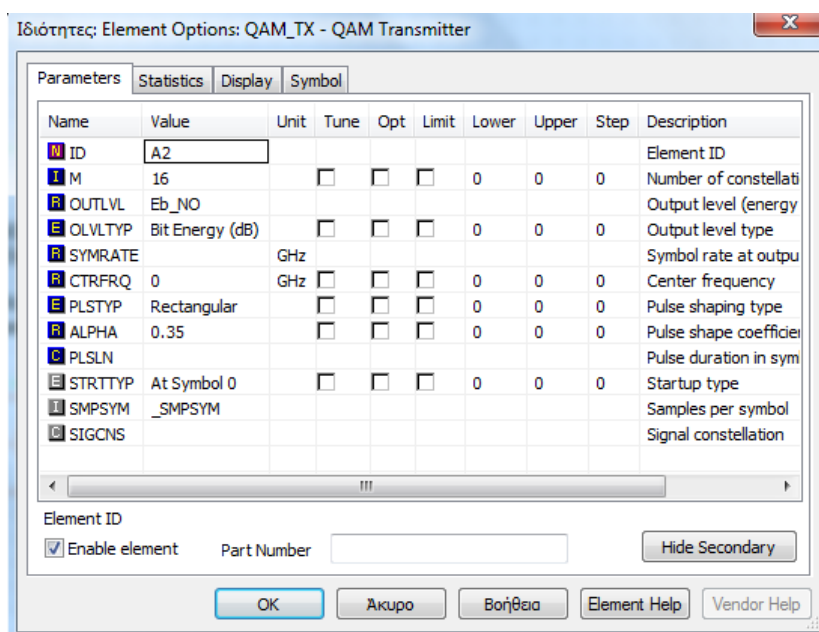
Για να παραμετροποιήσουμε τις επιλογές των μπλοκ στοιχείων του διαγράμματος συστήματος, ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

1. Πατάμε διπλό click στο μπλοκ **RND_D** που έχουμε στο διάγραμμα συστήματος και τσεκάρουμε την παράμετρο **M = "2"**. Οι επιλογές του στοιχείου εμφανίζονται στην **Εικόνα 11**.



Εικόνα 11 – Ιδιότητες πηγής

2. Πατάμε στο **Show Secondary** για να εμφανιστούν και οι δευτερεύουσες παράμετροι του στοιχείου. Επεξεργαζόμαστε τις παραμέτρους όπως φαίνεται στην **Εικόνα 11**.
3. Πατάμε διπλό click στο μπλοκ **QAM_TX** και αλλάζουμε τις παραμέτρους όπως μας δείχνει η ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 12. Ιδιότητες του QAM_TX

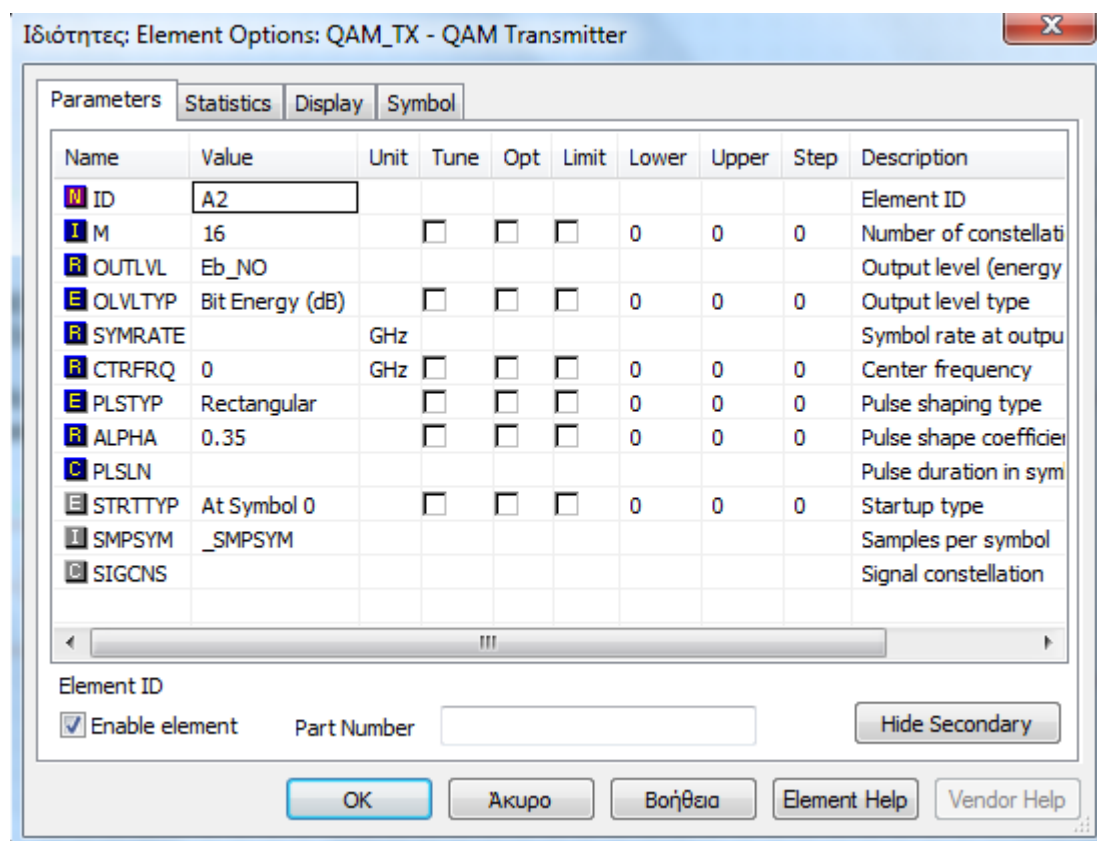
4. Το **RCVR** ρυθμίζει αυτόματα τις παραμέτρους του προκειμένου να συμφωνήσει με τις παραμέτρους του πομπού, έτσι ώστε να διατηρήσει τις προεπιλεγμένες ρυθμίσεις.

Σημείωση: Μπορούμε να τροποποιήσουμε απευθείας τις παραμέτρους των μπλοκ στοιχείων από τη λίστα που εμφανίζεται άνωθεν του κάθε στοιχείου, κάνοντας click στην τιμή της κάθε παράμετρου.

7.7 Ορισμός των Παραμέτρων Προσομοίωσης

Για να ορίσουμε τις παραμέτρους προσομοίωσης κάνουμε τα παρακάτω βήματα:

1. Επιλέγουμε **Options > Default System Options**.
2. Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου του System Simulator Options και τσεκάρουμε τις επιλογές να είναι ίδιες με την παρακάτω **εικόνα 13** και πατάμε click **OK**



Εικόνα 13 – Ιδιότητες προσομοιωτή συστήματος

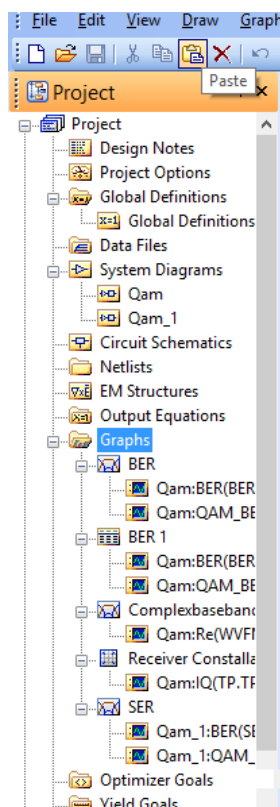
7.8 Δημιουργία γραφήματος

Ο VSS επιτρέπει να δούμε τα αποτελέσματα μιας προσομοίωσης με διάφορα **γραφήματα**. Πριν εκτελέσουμε μια προσομοίωση πρέπει να δημιουργήσουμε ένα γράφημα και να καθορίσουμε τα **δεδομένα** και τις **παραμέτρους** που επιθυμούμε να απεικονίσουμε.

Για να προσθέσουμε γραφήματα και να καθορίσουμε τις μετρήσεις που θέλουμε να σχεδιάσουμε:

1. Πατάμε click στην καρτέλα **Project** στο κάτω αριστερό μέρος του παραθύρου εμφανίζεται ο **Project Browser**, δεξί-click στο **Graphs** και επιλέγουμε **New Graph**, ή click στο κουμπί **Add New Graph** από την εργαλειοθήκη. Δίνουμε "**Complexbaseband**" σαν όνομα της γραφικής, επιλέγουμε **Rectangular** σαν τύπο της γραφικής και πατάμε **Create**.
2. Επαναλαμβάνουμε στο βήμα 1 και δημιουργούμε την δεύτερη γραφική με όνομα "**Receiver Constellation**". Για τον τύπο της γραφικής επιλέγουμε **Constellation** και πατάμε **Create**.

3. Για να βλέπουμε όλα τα παράθυρα , επιλέγουμε **Window > Tile Vertical**.

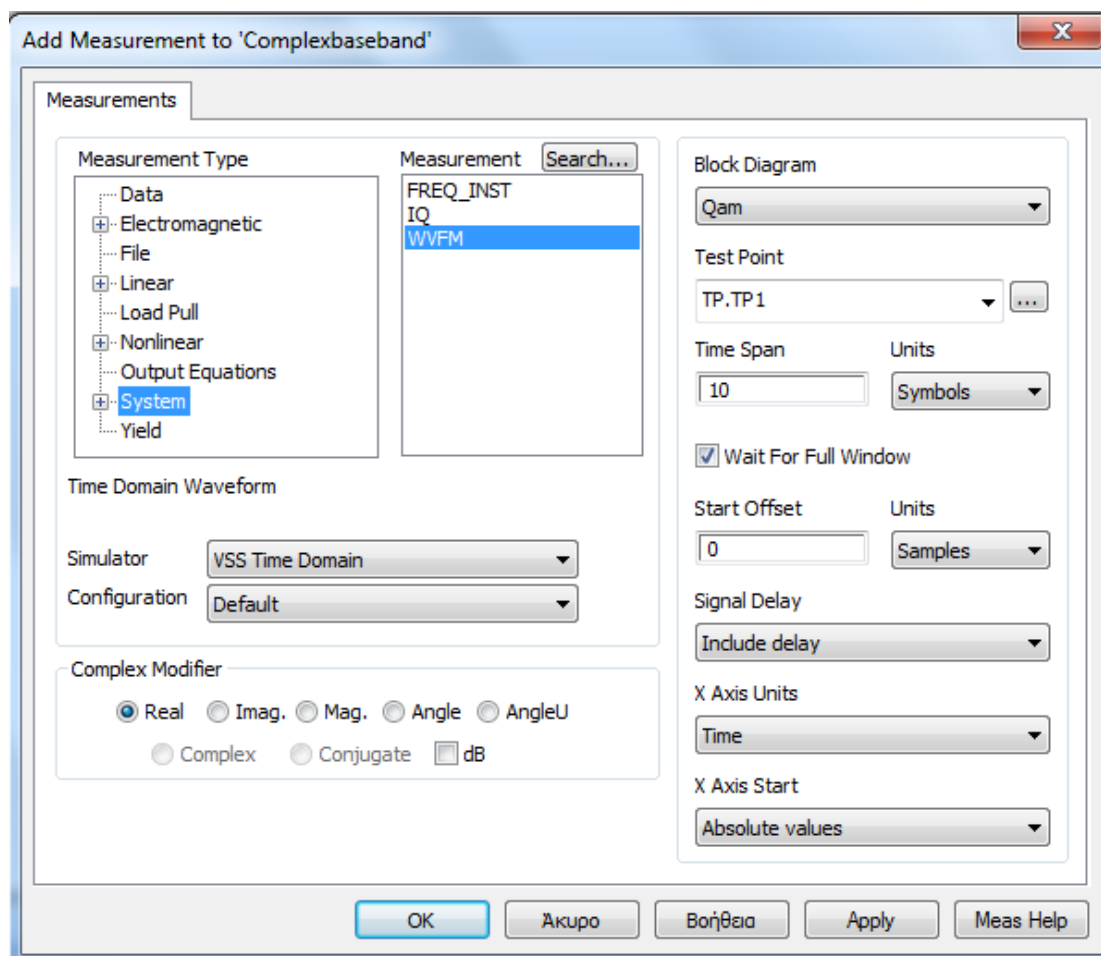


Εικόνα 14 - Προσθήκη νέου γραφήματος

7.9 Προσθήκη μέτρησης

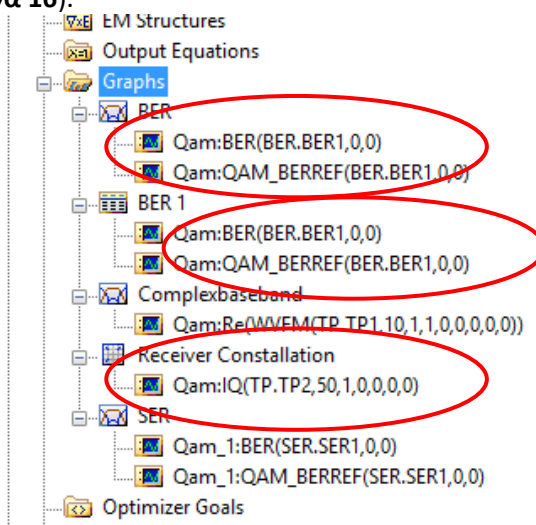
Για να προσθέσουμε μια μέτρηση στο γράφημα που δημιουργήσαμε ακολουθούμε τα παρακάτω βήματα:

1. Είμαστε στο **Project Browser** και πατάμε δεξί-click στο "**Complexbaseband**" και επιλέγουμε **Add Measurement**. Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου του Add Measurement και τσεκάρουμε τις επιλογές να είναι ίδιες με την παρακάτω εικόνα και πατάμε click **OK**. (Εικόνα 15).



Εικόνα 15 - Προσθήκη μέτρησης σε γράφημα

- Είμαστε στο **Project Browser** και πατάμε δεξί-click στο "**Receiver Constellation**" και επιλέγουμε **Add Measurement**. Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου του Add Measurement και τσεκάρουμε τις επιλογές να είναι ίδιες με την παρακάτω εικόνα και πατάμε click **OK**.
- Στον πλοηγό Project μπορούμε να δούμε ότι οι μετρήσεις έχουν προστεθεί στο γράφημα (**Εικόνα 16**).



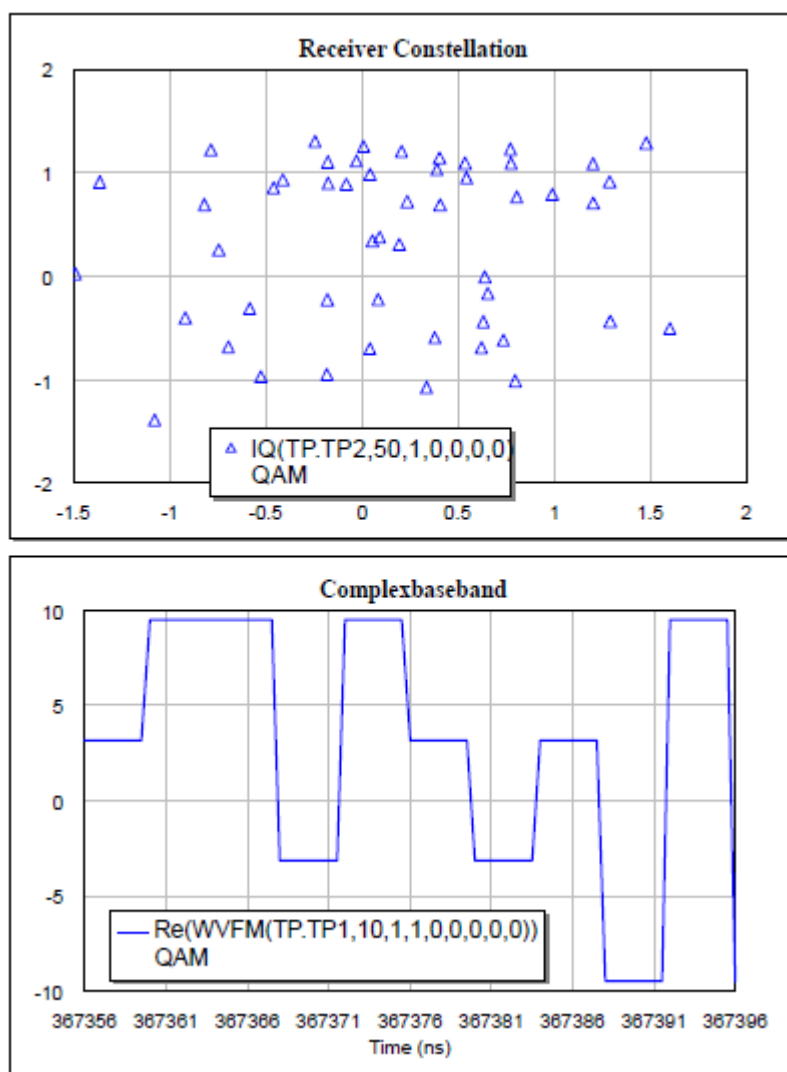
Εικόνα 16 – Μετρήσεις που έχουν εισαχθεί στο γράφημα

7.10 Εκτέλεση Προσομοίωσης

Μετά την επιτυχή υλοποίηση όλων των παραπάνω βημάτων, είμαστε πλέον έτοιμοι να θέσουμε σε λειτουργία την προσομοίωση του συστήματος.

Για να εκτελέσουμε την προσομοίωση και να ρυθμίσουμε την οθόνη των αποτελεσμάτων:

1. Επιλέγουμε **Simulate > Run/Stop System Simulators**. Αφήνουμε να τρέξει λίγα δευτερόλεπτα και επιλέγουμε πάλι **Simulate > Run/Stop System Simulators** για να σταματήσει η προσομοίωση. Τα αποτελέσματα πρέπει να ανταποκρίνονται στο περίπου με τα ακόλουθα:

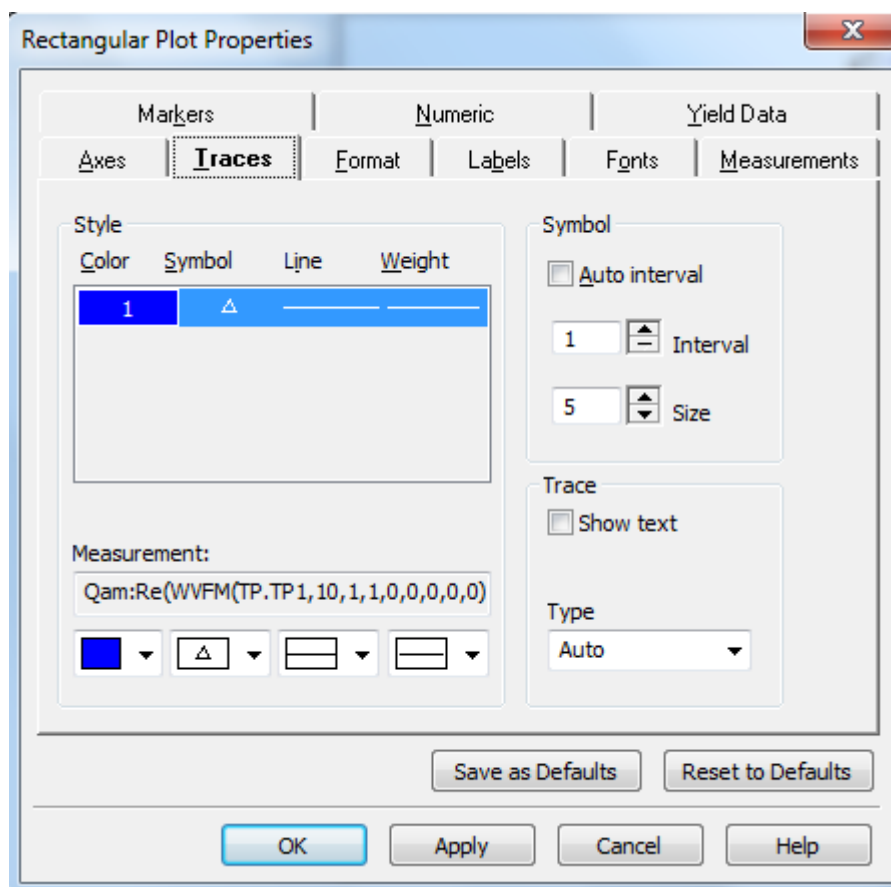


Εικόνα 17 – Αποτέλεσμα προσομοίωσης

Ο λαμβανόμενος αστερισμός δεν εμφανίζεται όπως αναμενόταν, επειδή η φασματική πυκνότητα ισχύος της πηγής θορύβου καθορίζεται ως 0 dB. Σημειώστε ότι ο χρόνος της κυματομορφής του μιγαδικού σήματος βασικής ζώνης δεν εμφανίζει οκτώ δείγματα ανά σύμβολο, όπως καθορίζεται στο παράθυρο διαλόγου System Simulator Options.

2. Επιλέγουμε το παράθυρο του γραφήματος Complexbaseband και κάνουμε κλικ στο κουμπί **Properties** στη γραμμή εργαλείων. Εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου Rectangular Plot

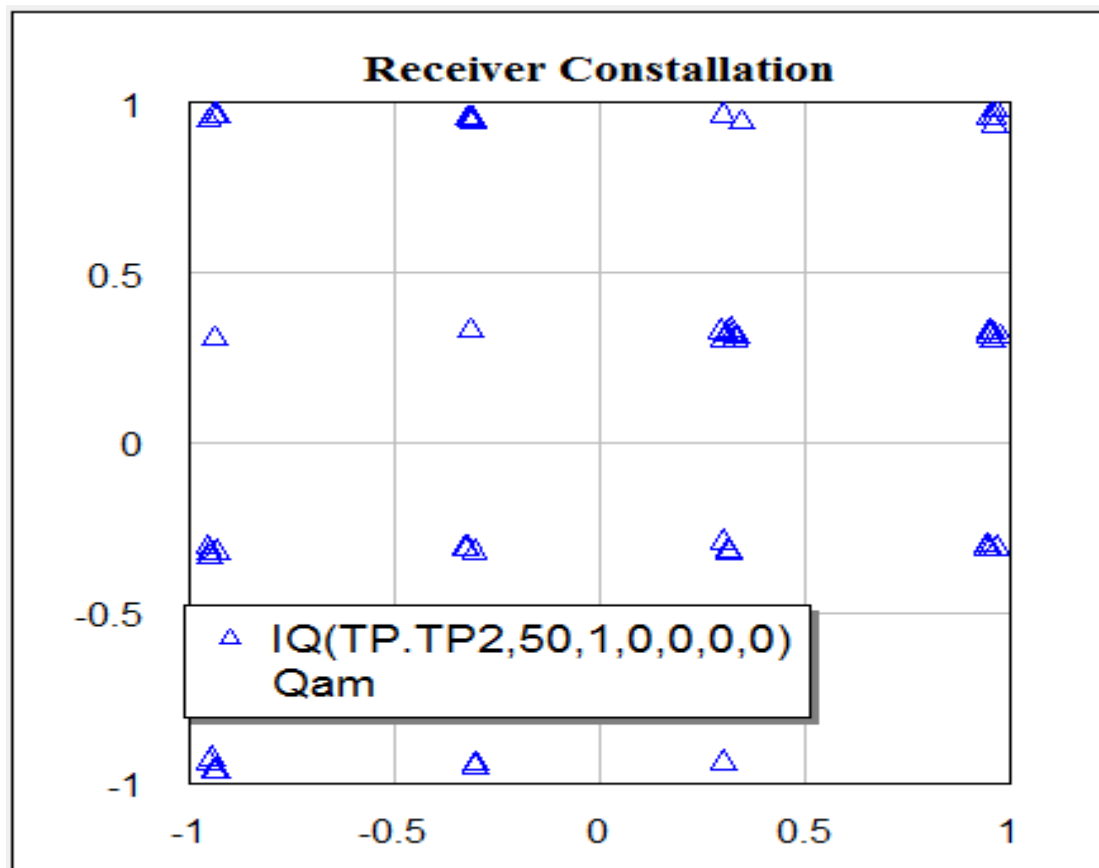
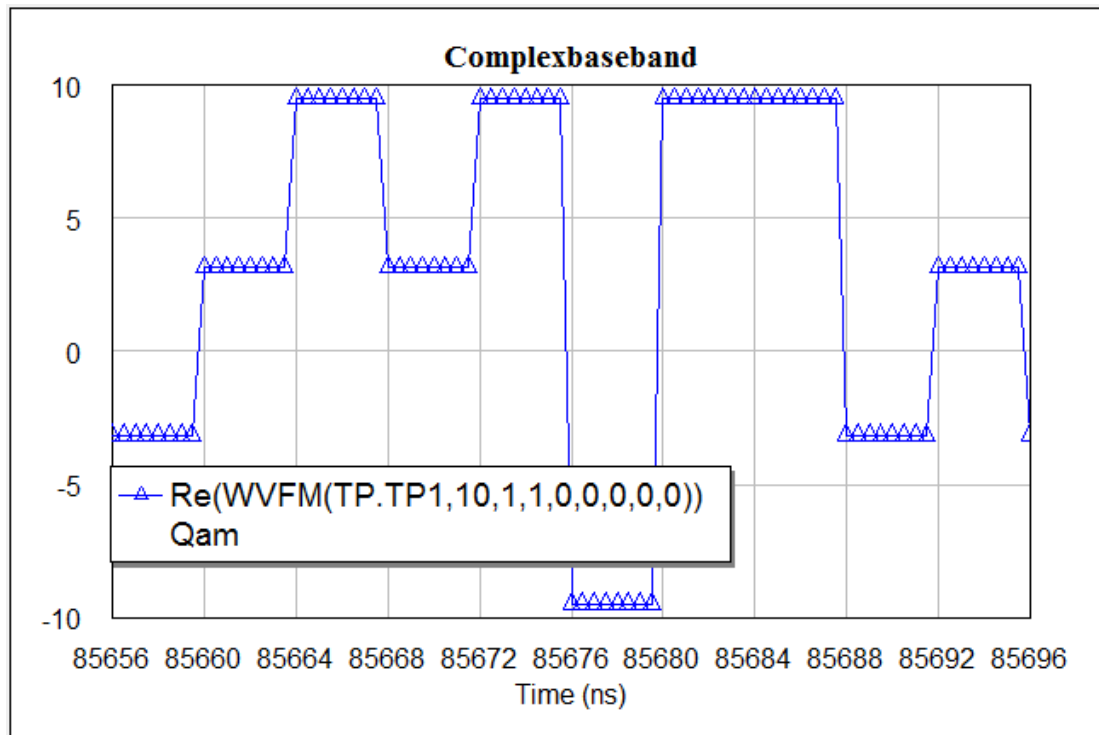
Properties και τσεκάρουμε τις επιλογές να είναι ίδιες με την παρακάτω εικόνα και πατάμε click **OK**.



3. Στο διάγραμμα συστήματος πατάμε διπλό-click στο μπλοκ **AWGN** και αλλάζουμε τη παράμετρο **PWR** σε **"-30"** dB, πατάμε **OK**.
4. Ξεκινάμε την προσομοίωση, το αφήνουμε να τρέξει για 10 δευτερόλεπτα περίπου και σταματάμε την προσομοίωση.

Παρατηρούμε πως αλλάζει το διάγραμμα διασποράς. Οι απαντήσεις προσομοίωσης βρίσκονται στα ακόλουθα διαγράμματα. Από το γράφημα Complexbaseband εμφανίζονται τα τριγωνικά σύμβολα στην κυματομορφή. Υπάρχουν τώρα οκτώ δείγματα ανά σύμβολο.

Μπορούμε να επιλέξουμε **Options > Default System Options** για να επιστρέψουμε στο παράθυρο διαλόγου **System Simulator Options** και να αλλάξουμε τις τιμές δειγματοληψίας συχνότητας / ταχύτητας δεδομένων(**Sampling Frequencies/Data Rates**) για την παρακολούθηση διαφόρων αποτελεσμάτων.



Σημειώστε ότι τα γραφήματα σας δεν μπορεί να φαίνονται όμοια με αυτά τα παραδείγματα λόγω περιορισμών μεγέθους.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Κάνουμε κλικ στο κουμπί **Properties** στη γραμμή εργαλείων για να επεξεργαστούμε την εμφάνιση του κάθε γραφήματος, ή κάνουμε δεξί-click στο γράφημα για zoom in και zoom out.

5. Επιλέγουμε **File > Save Project** για να αποθηκεύσουμε το project.

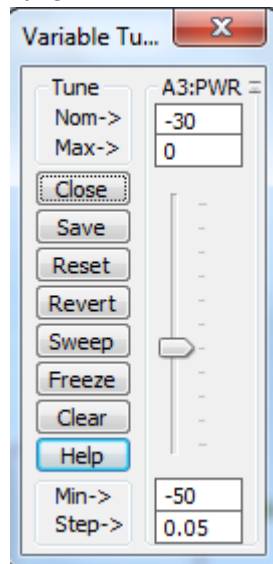
8. Δραστηριότητες

8.1 Απλές δραστηριότητες

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα μας δίνει ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να αλλάξει τις παραμέτρους που θέλουμε την ώρα της προσομοίωσης και να παρατηρήσουμε τα αποτελέσματα.

Για να τονίσουμε τις παραμέτρους του συστήματος:

1. Πατάμε click στο διάγραμμα συστήματος και το κάνουμε ενεργό.
2. Πατάμε click στο κουμπί **Tune Tool** στην εργαλειοθήκη.
3. Κατευθύνουμε το κέρσορα πάνω στη παράμετρο **PWR** του μπλοκ **AWGN**. Ο κέρσορας εμφανίζεται ως ένας μικρός σταυρός σε ένα μαύρο φόντο.
4. Πατάμε click πάνω στη παράμετρο **PWR** για να το τονίσουμε και αποκτά μπλε χρώμα. Για να σταματήσουμε το εργαλείο αυτό κάνουμε click οπουδήποτε στην περιοχή σχεδιασμού.
5. Ξεκινάμε τη προσομοίωση πατώντας click στο κουμπί **Run/Stop System Simulators** της εργαλειοθήκης.
6. Πατάμε click στο κουμπί **Tune** της εργαλειοθήκης και εμφανίζεται το παράθυρο διαλόγου **Variable Tuner**.



7. Για να παρατηρήσουμε την επίδραση του θορύβου, ρυθμίζουμε τις τιμές **Max** και **Min** στο "0" και "-50" αντίστοιχα. Κάνουμε κλικ στη μπάρα συντονισμού και τη σπρώχνουμε για να ρυθμίσουμε τις τιμές, ενώ παρατηρούμε τα αποτελέσματα στο γράφημα αστερισμού.
8. Πατάμε click στο "X" για να το κλείσουμε.
9. Σταματάμε τη προσομοίωση πατώντας click στο κουμπί **Run/Stop System Simulators** της εργαλειοθήκης.
10. Πατάμε click πάνω στη παράμετρο **PWR** για να το Ξε-τονίσουμε και αποκτά μαύρο χρώμα. Για να σταματήσουμε το εργαλείο αυτό κάνουμε click οπουδήποτε στην περιοχή σχεδιασμού.
11. Πατάμε διπλό click στην παράμετρο **PWR** και αλλάζουμε την τιμή της στο **0**.

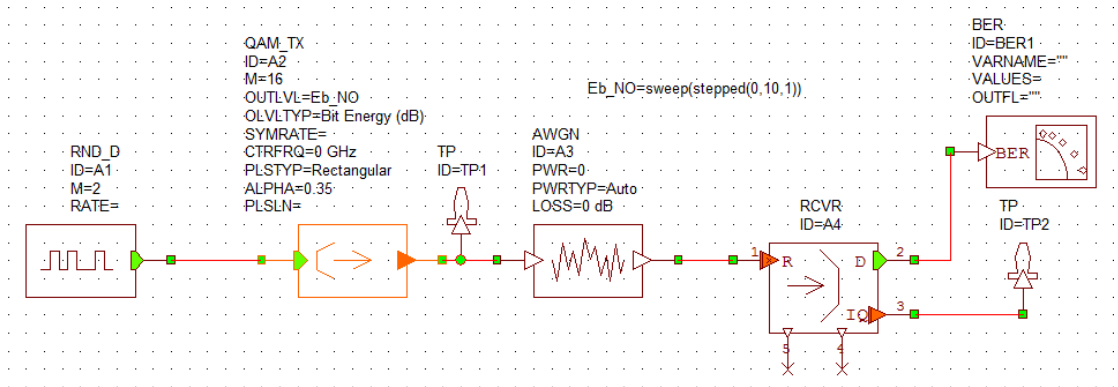
8.2 Δημιουργία προσομοίωσης BER και SER

Για ορισμένα συστήματα διαμόρφωσης, είναι ευκολότερο να υπολογιστεί το Symbol Error Rate (SER) από ό, τι το BER. Αυτό το παράδειγμα δείχνει πώς μπορεί να παραχθεί τόσο το BER αλλά και το SER. Για να παραχθεί μια καμπύλη BER, μία μέθοδο μεταβολής του σήματος-προς-θόρυβο-(SNR) πρέπει να είναι διαθέσιμη. Για το σκοπό αυτό, μία κλιμακωτή μεταβλητή "Eb_NO" είναι εγκατεστημένη για να σαρώσει ένα εύρος τιμών από 0 έως 10, σε προσαύξηση του 1. Στην περίπτωση αυτή, η

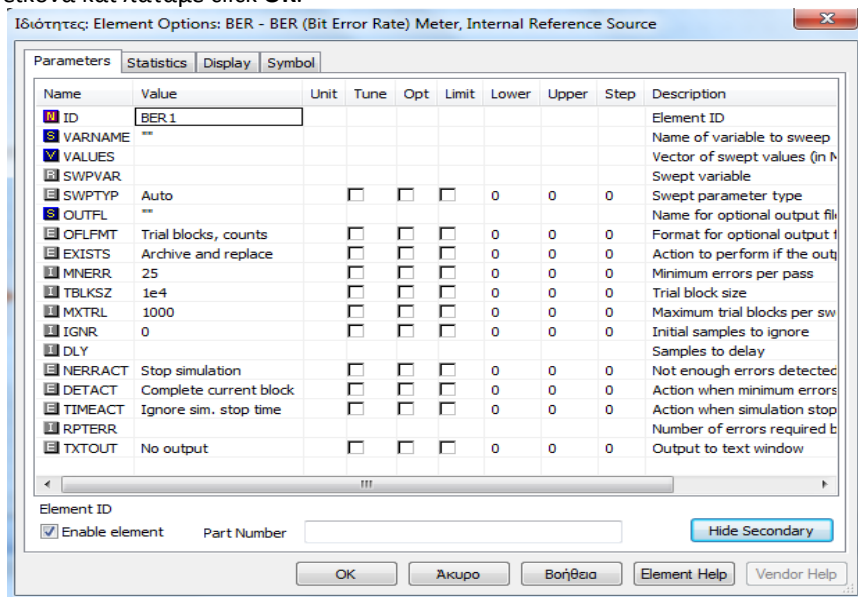
παράμετρος **PWR** του μπλοκ **AWGN** έχει οριστεί σε **0 db** και η προσομοίωση έχει συσταθεί για να αυξήσει την ισχύ του πομπού.

Για να δημιουργήσουμε μία BER προσομοίωση:

1. Πατάμε click στο παράθυρο διαγράμματος συστήματος και το κάνουμε ενεργό.
2. Επιλέγουμε **Draw > Add Equation** και μετακινούμε τον κέρσορα μέσα στο παράθυρο του διαγράμματος συστήματος. Ένα παράθυρο επεξεργασίας εμφανίζεται.
3. Τοποθετούμε το πλαίσιο επεξεργασίας στο πάνω μέρος του διαγράμματος του συστήματος και κάνουμε κλικ για να το τοποθετήσουμε.
4. Πληκτρολογούμε **Eb_NO = sweep (stepped(0,10, 1))** στο παράθυρο επεξεργασίας, και πατάμε click έξω από το παράθυρο ή πατάμε Enter.
5. Πατάμε διπλό-click στο μπλοκ **QAM_TX** και τσεκάρουμε ότι η παράμετρος **OUTLVL** είναι **Eb_NO**, και η παράμετρος **OLVLTYP** είναι **Bit Energy (dB)**, και πατάμε click **OK**.
6. Πηγαίνουμε στο **Element Browser** κάτω από το **System Blocks**, επεκτείνουμε τη κατηγορία **Meters** και πατάμε click την υποκατηγορία **BER**. Επιλέγουμε το μπλοκ **BER** (internal reference source) και το τοποθετούμε στα δεξιά του μπλοκ **RCVR** στο διάγραμμα συστήματος.
7. Συνδέουμε το μπλοκ **BER** στο "D" κόμβο του μπλοκ **RCVR**.



8. Πατάμε διπλό-click του μπλοκ **BER**. Πατάμε click στο **Show Secondary** για να εμφανιστούν οι δευτερεύοντες παράμετροι, επεξεργαζόμαστε τις παραμέτρους όπως δείχνει η ακόλουθη εικόνα και πατάμε click **OK**.

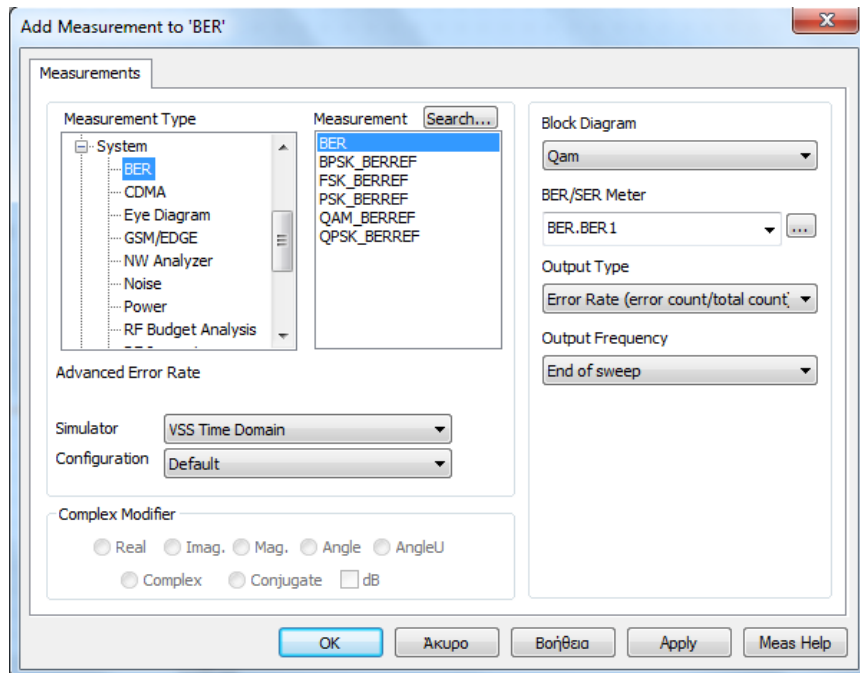


- 9.

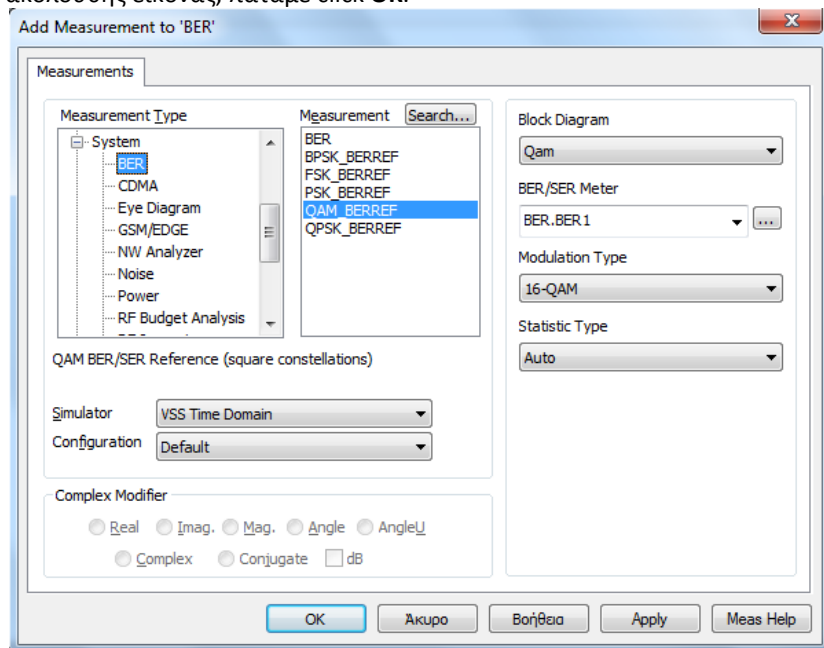
Το μπλοκ **BER** είναι έτοιμο να τεστάρει $1e7$ (**MXTRL * TBLKSZ**) bits. Θα καταγράψει τουλάχιστον 25 σφάλματα πριν το υπολογισμό του BER που παράγεται για την τιμή E_b/N_0 . Το μπλοκ BER δημιουργεί εσωτερικά την αρχική πηγή των δεδομένων και

συγκρίνει τα λαμβανόμενα bit με τα μεταδιδόμενα bits.

10. Για να προσθέσουμε μία γραφική BER στο project, προσθέτουμε μία Rectangular γραφική δίνοντας όνομα “BER”.
11. Πηγαίνουμε στο **Project Browser**, δεξί-click στο “BER” και επιλέγουμε **Add Measurement**.
12. Δημιουργούμε μία μέτρηση **BER** χρησιμοποιώντας τις ρυθμίσεις στην ακόλουθη εικόνα, πατάμε click **Apply** και αποθηκεύουμε την μέτρηση.



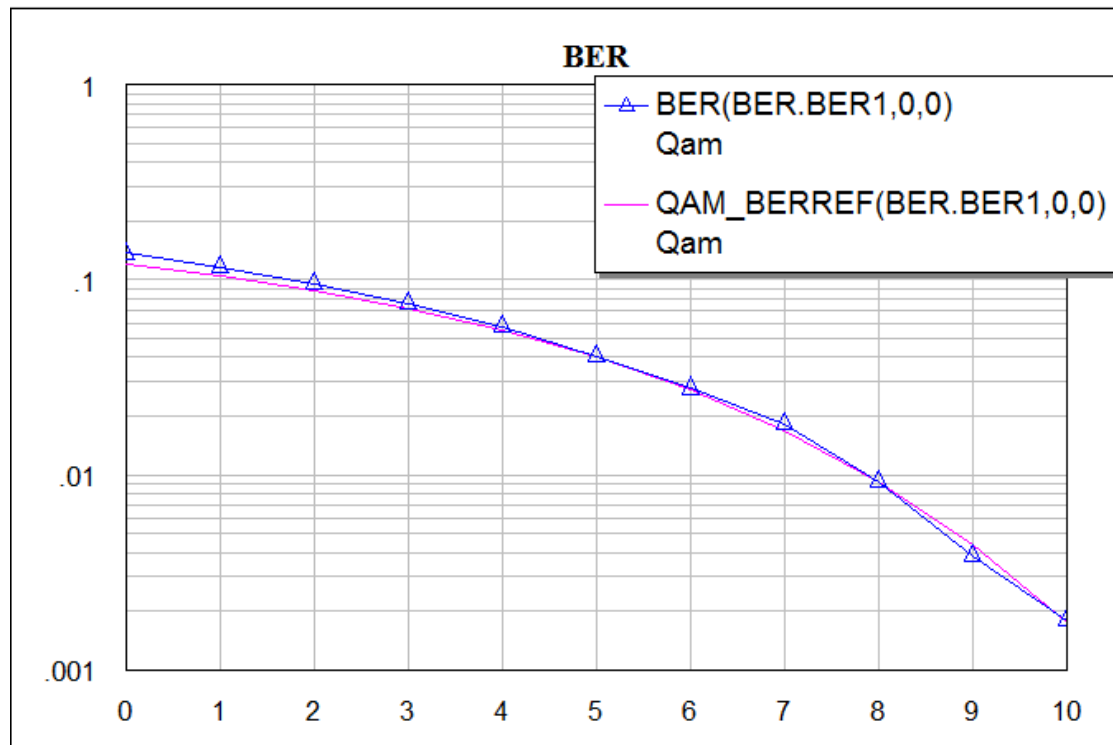
13. Για να επαληθεύσουμε τα αποτελέσματα που προέκυψαν με τα θεωρητικά αποτελέσματα, προσθέτουμε άλλη μία μέτρηση στο γράφημα BER χρησιμοποιώντας τις ρυθμίσεις της ακόλουθης εικόνας, πατάμε click **OK**.



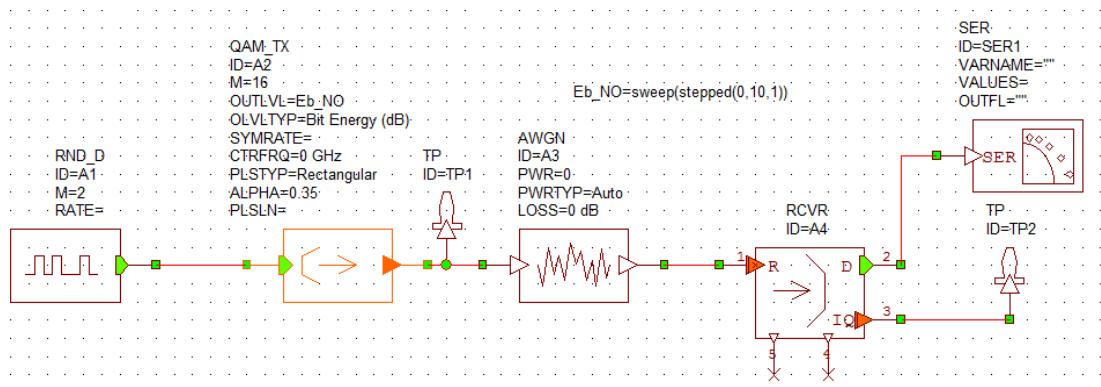
- 14.
15. Τσεκάρουμε ότι η παράμετρος **PWR** του μπλοκ **AWGN** είναι **0dB**.

16. Επιλέγουμε το παράθυρο γραφικής του **BER** και πατάμε click στο κουμπί **Properties** στην εργαλειοθήκη.
17. Πατάμε click στη καρτέλα **Axes** και ρυθμίζουμε το **Left1** σε **Log scale** επιλέγοντας **Left1** κάτω από το **Choose Axis** και επιλέγοντας το **check box Log Scale**, πατάμε click **OK**.
18. Κάνουμε click στο κουμπί **Run/Stop System Simulators** στη γραμμή εργαλείων για να ξεκινήσει η προσομοίωση. Καθώς η προσομοίωση τρέχει, η καμπύλη BER δημιουργείται. Σημειώνουμε ότι το μέγεθος του λαμβανόμενου αστερισμού γίνεται σαφέστερο όταν η ισχύς αυξάνεται καθώς το E_b/N_0 σαρώνεται από 0 dB έως 10 dB.

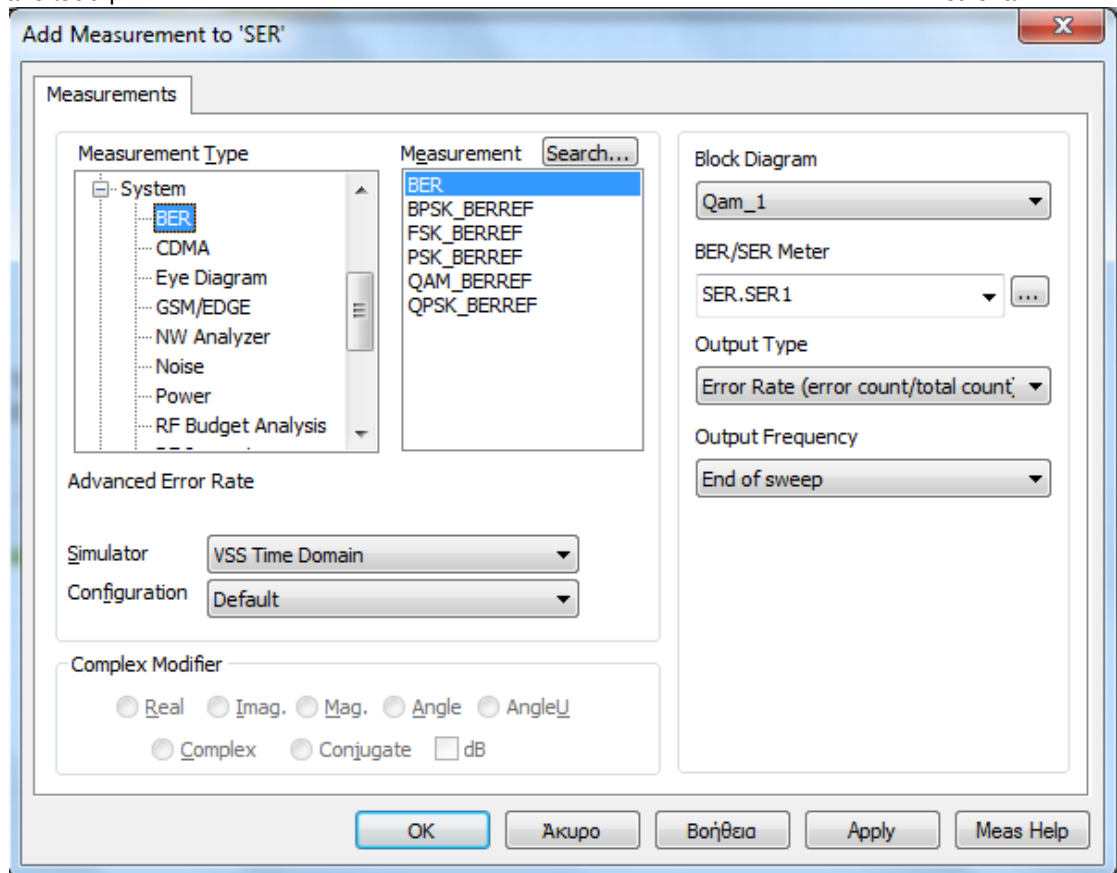
Η προσομοίωση σταματάει όταν μετρηθούν 25 σφάλματα στο $E_b/N_0 = 10\text{dB}$. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα πρέπει να ανταποκρίνονται στην ακόλουθη εικόνα.



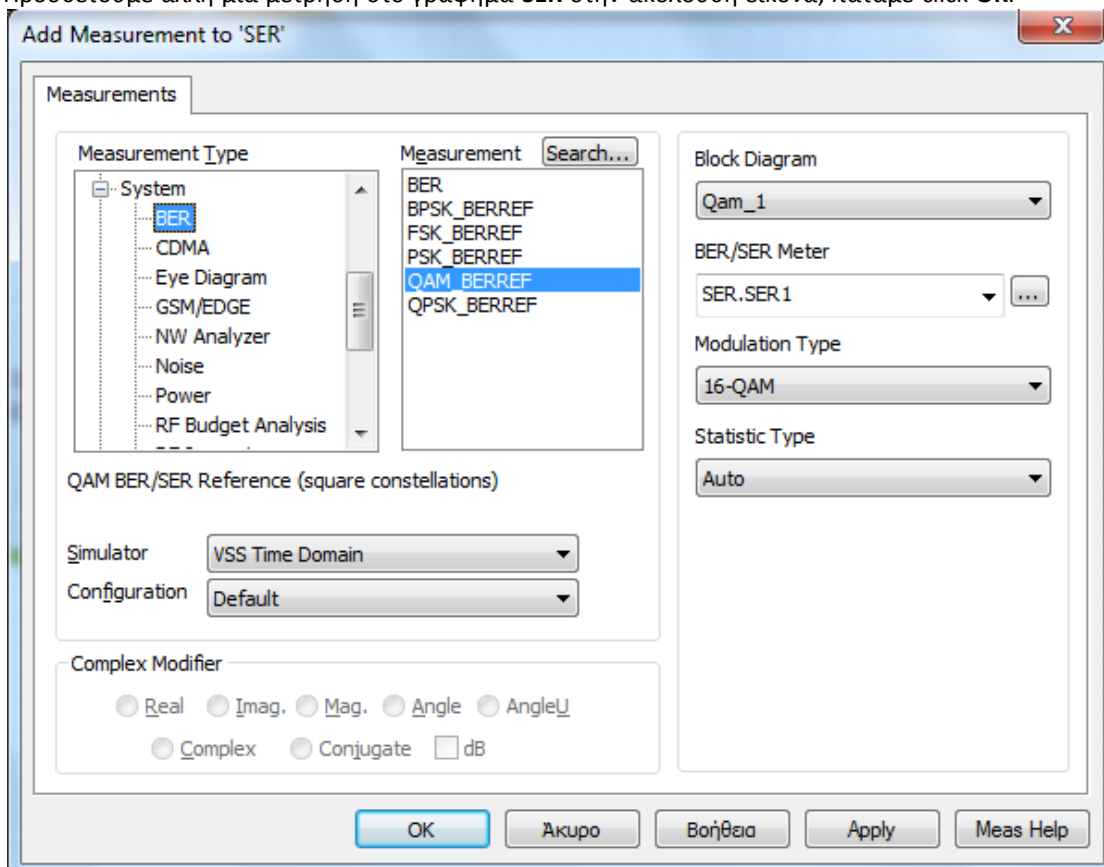
19. Επιλέγουμε **File > Save Project**.
20. Παρόμοια μπορούμε να δημιουργήσουμε και μία γραφική **SER vs Eb/NO**. Πηγαίνουμε στο **Project Browser**, επιλέγουμε το **"QAM"** κάτω από το διάγραμμα συστήματος(System Diagrams), και το κάνουμε **drag and drop** στο κόμβο του διαγράμματος συστήματος. Ένα **"QAM_1"** διάγραμμα συστήματος έχει δημιουργηθεί κάτω από το System Diagrams.
21. Πατάμε click στο παράθυρο διαγράμματος συστήματος **"QAM_1"** και το κάνουμε ενεργό.
22. Πηγαίνουμε στο **Element Browser** κάτω από το **System Blocks**, επεκτείνουμε τη κατηγορία **Meters** και πατάμε click την υποκατηγορία **BER**. Επιλέγουμε το μπλοκ **SER** και το τοποθετούμε στα δεξιά του μπλοκ **RCVR** στο διάγραμμα συστήματος, συνδέουμε το μπλοκ **SER** στο **"D"** κόμβο του μπλοκ **RCVR**.



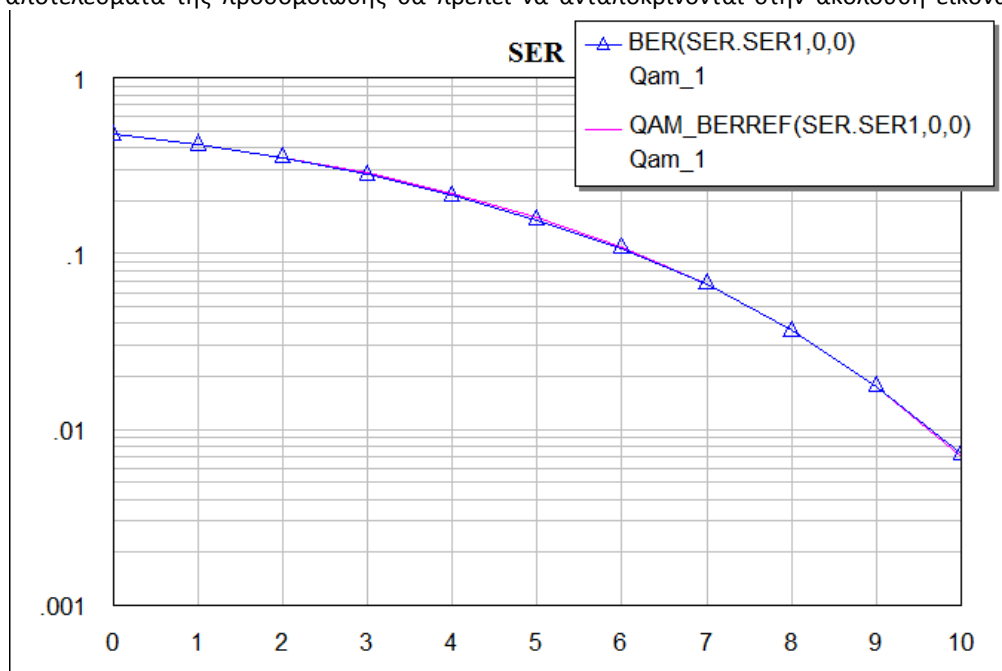
23. Προσθέτουμε μία Rectangular γραφική δίνοντας όνομα “**SER**”.
24. Προσθέτουμε μία μέτρηση στην γραφική “**SER**” χρησιμοποιώντας τις ρυθμίσεις στην
ακόλουθη εικόνα



25. Προσθέτουμε άλλη μία μέτρηση στο γράφημα **SER** στην ακόλουθη εικόνα, πατάμε click **OK**.



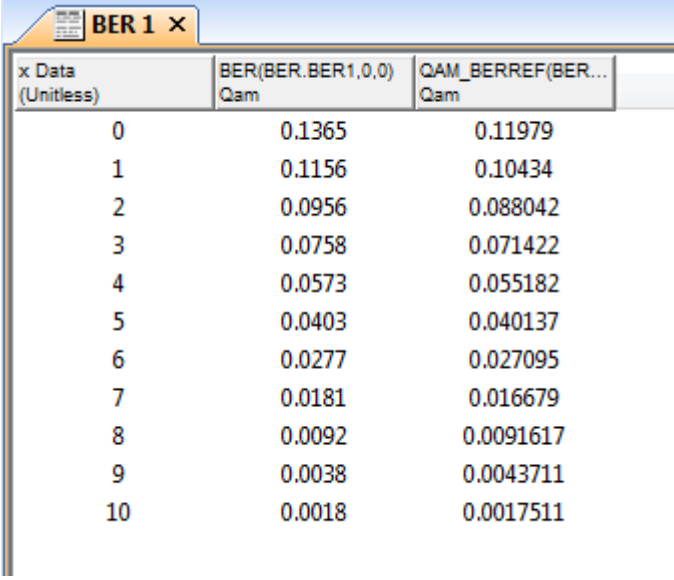
26. Επιλέγουμε το παράθυρο γραφικής του **SER** και πατάμε click στο κουμπί **Properties** στην εργαλειοθήκη.
27. Πατάμε click στη καρτέλα **Axes** και ρυθμίζουμε το **Left1** σε **Log scale** επιλέγοντας **Left1** κάτω από το **Choose Axis** και επιλέγοντας το **check box Log Scale**, πατάμε click **OK**.
28. Κάνουμε click στο κουμπί **Run/Stop System Simulators** στη γραμμή εργαλείων για να ξεκινήσει η προσομοίωση. Καθώς η προσομοίωση τρέχει, η καμπύλη BER δημιουργείται. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης θα πρέπει να ανταποκρίνονται στην ακόλουθη εικόνα.



8.3 Μετατροπή των αποτελεσμάτων της καμπύλης BER σε πίνακα

Για να μετατρέψουμε τα αποτελέσματα BER σε έναν πίνακα:

1. Πηγαίνουμε στο **Project Browser** επιλέγουμε τη γραφική “**BER**”, πατάμε δεξί click και επιλέγουμε **Duplicate As > Tabular**. Ένας νέος πίνακας με το όνομα “**BER 1**” εμφανίζεται κάτω από το **Graphs**.



x Data (Unitless)	BER(BER.BER1,0,0) Qam	QAM_BERREF(BER... Qam
0	0.1365	0.11979
1	0.1156	0.10434
2	0.0956	0.088042
3	0.0758	0.071422
4	0.0573	0.055182
5	0.0403	0.040137
6	0.0277	0.027095
7	0.0181	0.016679
8	0.0092	0.0091617
9	0.0038	0.0043711
10	0.0018	0.0017511

2. Για να αλλάξουμε την αριθμητική ακρίβεια του πίνακα, επιλέγουμε το παράθυρο γραφικής και πατάμε click στο κουμπί **Properties** στην εργαλειοθήκη. Κάνουμε τις αλλαγές που θέλουμε στο παράθυρο διαλόγου **Tabular Graph Format** και πατάμε click **OK**.
3. Τέλος αποθηκεύουμε και κλείνουμε το project.

9. Λίστα ελέγχου γνώσεων

Αφού ολοκληρώσατε την εκτέλεση της παρούσας εργαστηριακής άσκησης, επιστρέψτε στα αρχικά προσδοκώμενα αποτελέσματα και ελέγξτε κατά πόσο:

- Έχετε εξοικειωθεί με το περιβάλλον του λογισμικού AWR.
- Μπορείτε να αξιοποιήσετε τις επιμέρους εργαλειοθήκες και βιβλιοθήκες δομικών ηλεκτρονικών στοιχείων του AWR.
- Είστε σε θέση να υλοποιείτε συγκεκριμένες συνδεσμολογίες βάσει καθορισμένων προδιαγραφών και παραμέτρων.
- Μπορείτε να δημιουργήσετε κατάλληλα γραφήματα με βάση τα αποτελέσματα μιας προσομοίωσης.

10. Βιβλιογραφία-Οδηγός για περαιτέρω μελέτη

[1] Visual System Simulator Getting Started Guide

11. Χρήσιμοι σύνδεσμοι

1. https://awrcorp.com/download/faq/english/docs/Getting_Started/
2. <http://www.awrcorp.com/awrtv-player>