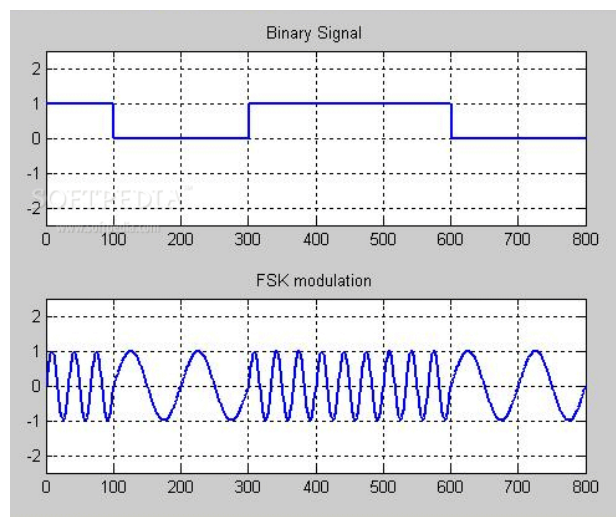


ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ II

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

Εργαστηριακή Άσκηση 5

Διαμόρφωση Μετατόπισης Συχνότητας - FSK



Δρ. Μιχάλης Παρασκευάς

Επίκουρος Καθηγητής

Βασίλειος Τσακανίκας – Χρήστος Τσίνος

Πανεπιστημιακοί Υπότροφοι

Μάρτιος 2015

Πίνακας περιεχομένων

1. Σκοπός	2
2. Προσδοκώμενα αποτελέσματα	2
3. Τι θα χρειαστείτε	2
4. Έννοιες κλειδιά	2
5. Εισαγωγικές Παρατηρήσεις	2
6. Πείραμα: Μετάδοση με Διαμόρφωση Μετατόπισης Συχνότητας (FSK)	3
6.1 Δημιουργία Project	4
6.2 Ορισμός καθολικών ρυθμίσεων συστήματος	4
6.3 Δημιουργία διαγράμματος συστήματος	5
6.4 Προσθήκη Block στο διάγραμμα συστήματος	5
6.5 Προσθήκη Ελέγχου και Εξομοίωση	6
7. Δημιουργώντας έναν FSK Modulator χρησιμοποιώντας Elementary Blocks	8
8. Δέκτης και Αποδιαμόρφωση	12
9. Προσθήκη γράφων και ανάλυση αποτελεσμάτων	14
10. Δραστηριότητες	18
11. Λίστα ελέγχου γνώσεων	18
12. Βιβλιογραφία-Οδηγός για περαιτέρω μελέτη	19
13. Χρήσιμοι σύνδεσμοι	19

Έκδοση: 1.1

Επιμέλεια φυλλαδίου: Τσακανίκας Βασίλειος, Γούλας Δημήτριος και
Παρασκευάς Μιχάλης

1. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργαστηριακής άσκησης είναι να μελετηθεί η διαμόρφωση μετατόπισης συχνότητας με την βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης AWR. Στην παρούσα φάση θα δοθεί έμφαση στο τμήμα του πομπού FSK, ενώ ως δραστηριότητες μπορείτε να υλοποιήσετε το τμήμα του δέκτη FSK.

2. Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε ολοκληρώσει την παρούσα εργαστηριακή άσκηση, θα:

- Γνωρίζετε τα δομικά τμήματα ενός FSK πομπού.
- Παραμετροποιείτε τις παραμέτρους των τμημάτων ενός FSK πομπού.
- Λαμβάνετε μετρήσεις σε όποιο σημείο επιθυμείτε από την τηλεπικοινωνιακή αλυσίδα
- Προσομοιώνετε την λειτουργία ενός FSK διαμορφωτή

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

- Ψηφιακή Διαμόρφωση
- Διαμόρφωση μετατόπισης συχνότητας
- Σήμα
- Συχνότητα
- Κυματομορφή
- Δείκτης Διαμόρφωσης

5. Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

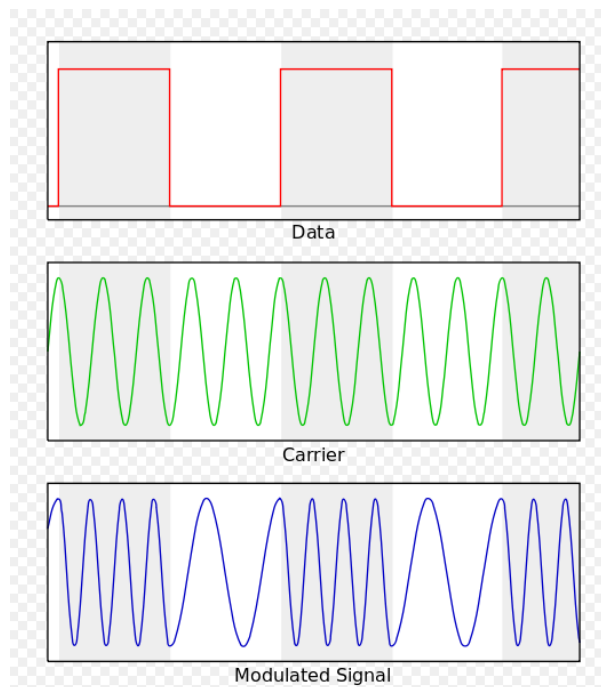
Στις ψηφιακές διαμορφώσεις το σήμα πληροφορίας που διαμορφώνεται είναι σε ψηφιακή μορφή. Οι κυριότερες μέθοδοι των ψηφιακών διαμορφώσεων είναι:

- Διαμόρφωση μετατόπισης συχνότητας (FSK)
- Διαμόρφωση μετατόπισης πλάτους (ASK)

- On Off Keying (OOK)
- Διαμόρφωση μετατόπισης φάσης (PSK)
- Quadrature Amplitude Modulation (QAM)

Διαμόρφωση μετατόπισης συχνότητας (*Frequency-shift Keying - FSK*) ονομάζεται ο τύπος διαμόρφωσης σήματος όπου ψηφιακά δεδομένα παρουσιάζονται ως αλλαγές στη συχνότητα ενός φέροντος σήματος.

Τα περισσότερα από τα πρώτα μοντέλα modem χρησιμοποιούσαν διαμόρφωση FSK για να στείλουν και να λάβουν δεδομένα με ρυθμούς μέχρι 300, 600 ή 1200 bits το δευτερόλεπτο (συστάσεις I.T.U. V21 και V.23^[1]). Μερικοί μικρο-υπολογιστές χρησιμοποιούσαν μια ειδική μορφή διαμόρφωσης FSK, το πρότυπο Kansas City, για αποθήκευση δεδομένων σε κασέτες ήχου. Η διαμόρφωση FSK χρησιμοποιείται ακόμη στο ερασιτεχνικό ραδιόφωνο γιατί επιτρέπει μεταφορά δεδομένων από μη τροποποιημένο εξοπλισμό για μετάδοση φωνής.



Παράδειγμα Διαμόρφωσης FSK

6. Πείραμα: Μετάδοση με Διαμόρφωση Μετατόπισης Συχνότητας (FSK)

Σε αυτό το πείραμα φτιάχνουμε και κάνουμε εξομοίωση μιας πλήρους αλυσίδας πομπού-καναλιού μετάδοσης – δέκτη σήματος για μια δυαδική μετάδοση διαμόρφωσης μετατόπισης συχνότητας (BFSK). Το παράδειγμα επιδεικνύει πώς να φτιάξουμε μια πηγή διαμόρφωσης μετατόπισης συχνότητας (FSK) χρησιμοποιώντας βασικά block ή ένα “μαύρο

κουτί» διαμορφωτή FSK (αποκαλούμενο FSK_SRC) σε VSS. Δεν είναι πάντα απαραίτητο να κατασκευαστεί ένας δέκτης και ένα πομπός χρησιμοποιώντας τα βασικά block. Για πολλές κοινές μεθόδους διαμόρφωσης, τα αντίστοιχα μαύρα κουτιά υπάρχουν ήδη στο VSS. Αυτή η άσκηση, εντούτοις, προορίζεται να δείξει ότι η χρησιμοποίηση του μαύρου κουτιού ή η δημιουργία ενός που χρησιμοποιεί τα βασικά block παράγει τα ίδια αποτελέσματα. Θα κατασκευάσετε επίσης έναν FSK αποδιαμορφωτή χρησιμοποιώντας τα βασικά block, και θα ελέγξετε την απόδοση του συστήματος με τον καθορισμό των διαφορετικών παραμέτρων.

Οι διαδικασίες σε αυτό το παράδειγμα περιλαμβάνουν:

- Έλεγχο της BFSK κυματομορφής που παράγεται χρησιμοποιώντας διαφορετικές μεθόδους
- Διαβάθμιση καναλιού και θορύβου και απόδοση συστήματος
- Παρακολούθηση των BER και sweep στατιστικών σε ένα παράθυρο κειμένου

Στην εργασία αυτή λοιπόν θα φτιάξουμε ένα project και το BFSK διάγραμμα συστήματος, μετά θα χρησιμοποιήσουμε τον FSK modulator (FSK_SRC) και θα σχεδιάσουμε το φάσμα ισχύος (power spectrum) του διαμορφωμένου σήματος.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το AWRDEQuick Reference document έχει τα keyboard shortcuts, τις λειτουργίες ποντικιού, και tips και tricks για βελτιστοποίηση της χρήσης του AWRDE. Επιλέξτε Help > Quick Reference για να έχετε πρόσβαση στο έγγραφο.

6.1 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.

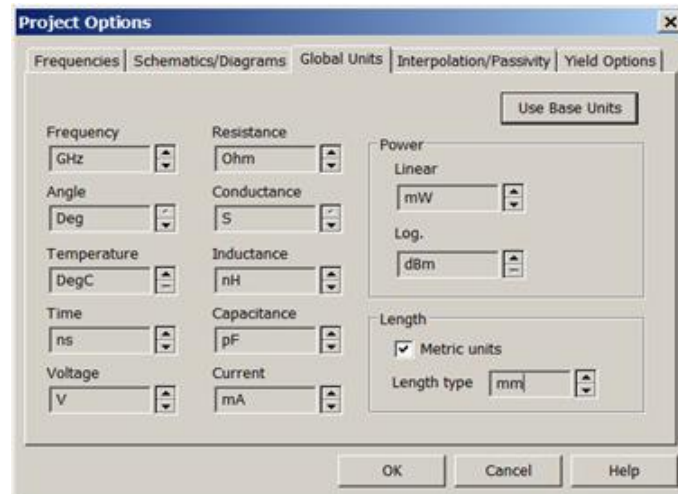
Βήμα 4^ο: Δίνουμε μία ονομασία της επιλογής μας, π.χ. “ **bfsk**” το νέο Project, στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται. Αποθηκεύουμε πατώντας **Save**.

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

6.2 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

6.3 Δημιουργία διαγράμματος συστήματος

Το διάγραμμα συστήματος είναι το πλέον βασικό τμήμα του περιβάλλοντος εργασίας, καθώς αποτελεί τον καμβά στον οποίο χτίζουμε εξ' ολοκλήρου (end-to-end) τα συστήματα επικοινωνιών και υλοποιούμε αλγορίθμους με γραφικό τρόπο χρησιμοποιώντας τα block συμπεριφοράς (behavioral blocks) του VSS. Ένα VSS project μπορεί να περιλαμβάνει πολλαπλά διαγράμματα συστήματος, γραμμικά και μη-γραμμικά σχηματικά, και netlists.

Για να δημιουργήσουμε ένα διάγραμμα συστήματος:

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

6.4 Προσθήκη Block στο διάγραμμα συστήματος

Για να δημιουργήσουμε μια FSK source χρησιμοποιώντας έναν "black box" FSK διαμορφωτή:

Στον Element Browser στη λίστα System Blocks, πατήστε το + στην κατηγορία Modulation, και επιλέξτε το FSK subgroup. Επιλέξτε το FSK_SRC block και τοποθετήστε το πάνω στο system diagram. Επιβεβαιώστε ότι οι παράμετροί του έχουν τις ακόλουθες τιμές και μετά πατήστε OK.

Element Options: FSK_SRC - FSK Modulated Signal Properties

Parameters | Statistics | Display | Symbol

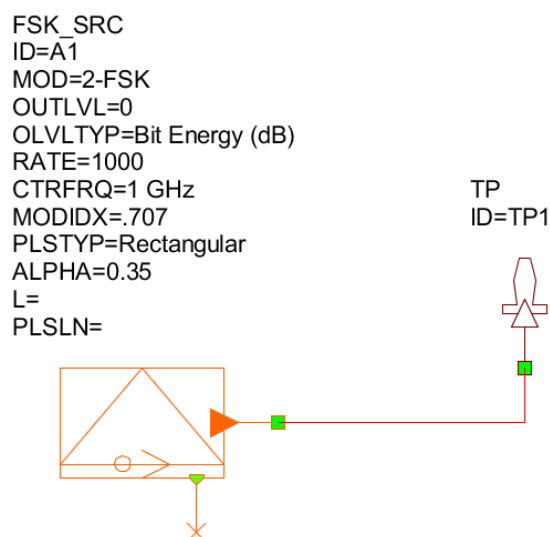
Name	Value	Unit	Tune	Opt	Limit	Lower	Upper	Step	Description
ID	A1								Element ID
MOD	2-FSK		☐	☐	☐	0	0	0	FSK modulation
OUTLVL	0		☐	☐	☐	0	0	0	Output level (energy or power)
OLVLTYP	Bit Energy (dB)		☐	☐	☐	0	0	0	Output level type
RATE	1000		☐	☐	☐	0	0	0	Symbol rate
CTRFRQ	1	GHz	☐	☐	☐	0	0	0	Center frequency
MODIDX	.707		☐	☐	☐	0	0	0	Modulation index
PLSTYP	Rectangular		☐	☐	☐	0	0	0	Frequency shape pulse type
ALPHA	0.35		☐	☐	☐	0	0	0	Pulse shape coefficient
L			☐	☐	☐	0	0	0	Pulse length 'L' in symbols
PLSLN			☐	☐	☐	0	0	0	Pulse duration in symbols
IPHS	0	Deg	☐	☐	☐	0	0	0	Initial phase
ISYM			☐	☐	☐	0	0	0	Initial symbol state
STRTTYP	At Symbol 0		☐	☐	☐	0	0	0	Startup type
DTYP	M-Ary		☐	☐	☐	0	0	0	Digital source type
SMPSYM	_SMPSYM								Samples per symbol
RSEED			☐	☐	☐	0	0	0	Digital source random number g
BLKSZ	_BLKSZ								Symbols per pass

Element ID

☒ Enable element Part Number

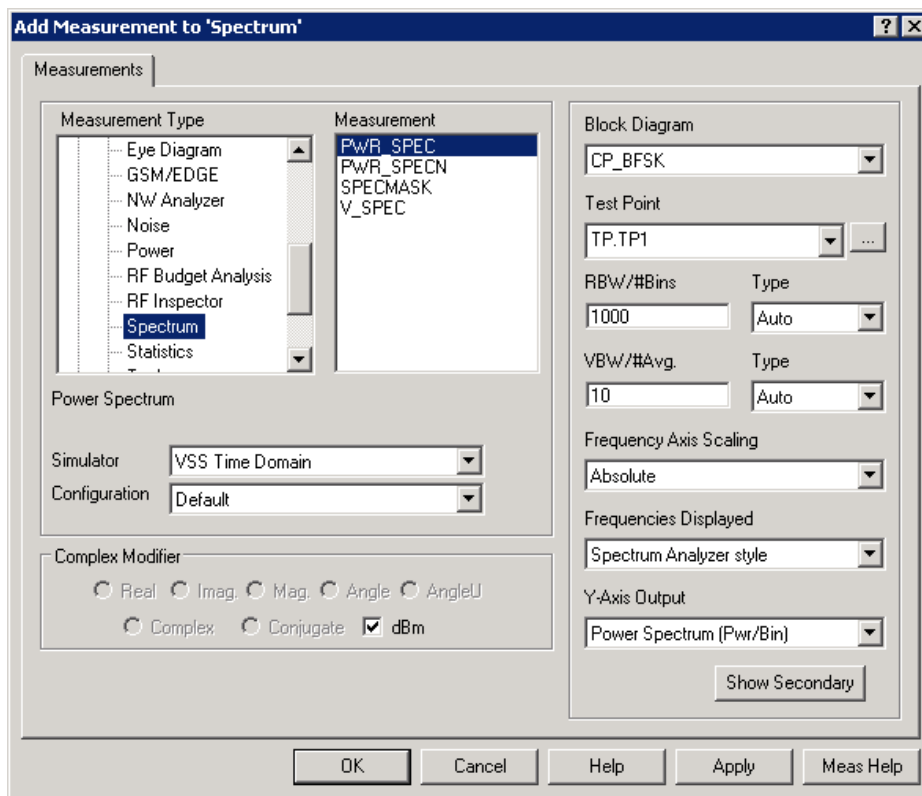
6.5 Προσθήκη Ελέγχου και Εξομοίωση

1. Πρόσθεσε από Meters και σύνδεσε ένα test point όπως δείχνει το ακόλουθο σχήμα.

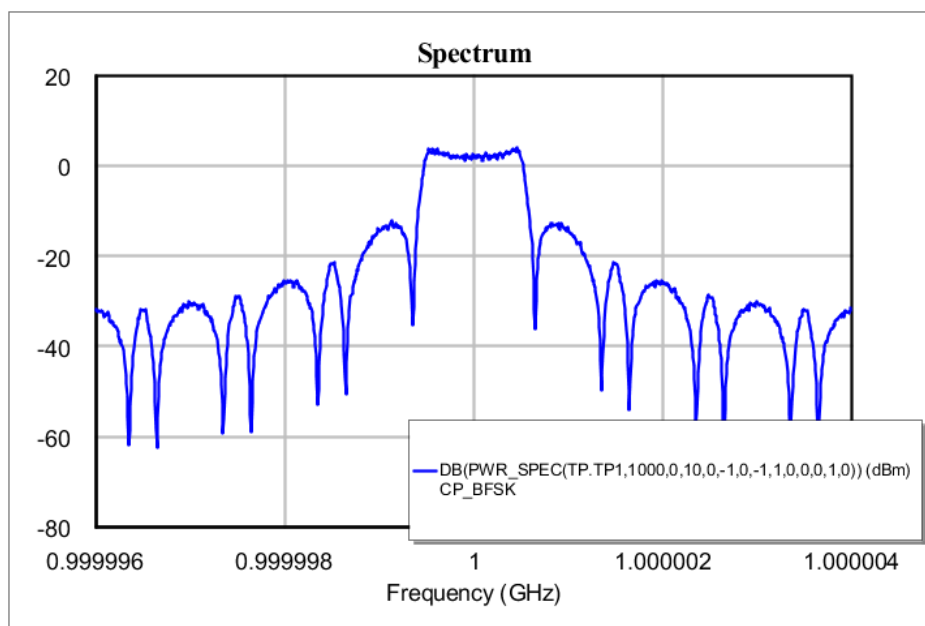


2. Πρόσθεσε ένα rectangular graph με το όνομα "Spectrum".

3. Πρόσθεσε μέτρηση στο γράφο χρησιμοποιώντας τις ρυθμίσεις της ακόλουθης εικόνας και πάτησε OK.



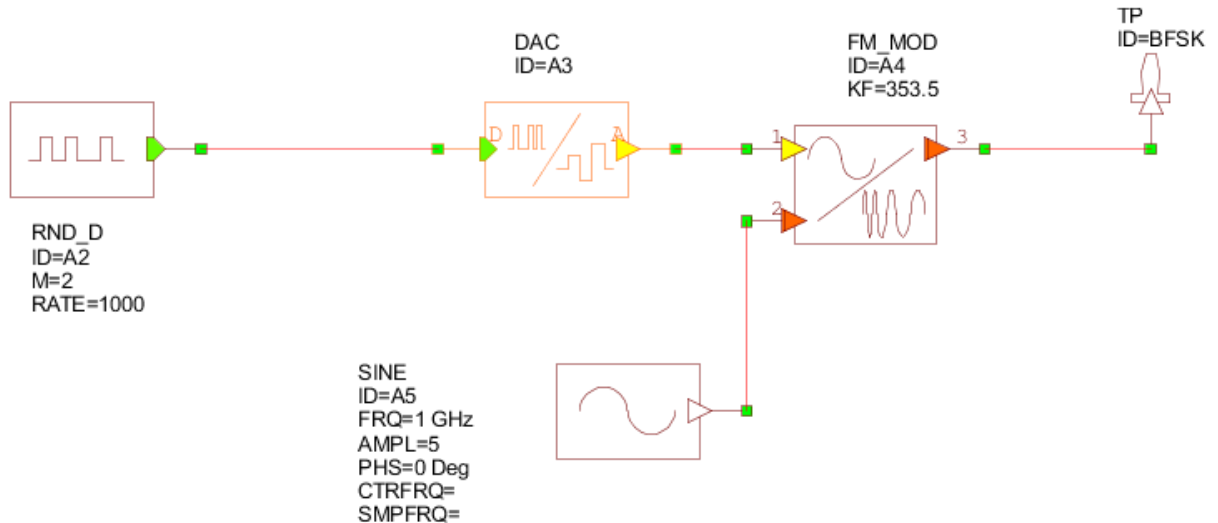
4. Τρέξε τον Εξομοιωτή Συστήματος και σταμάτησέ τον μετά από λίγα λεπτά. Το power spectrum του FSK σήματος που παράχθηκε από το block εμφανίζεται όπως στο γράφημα που ακολουθεί.



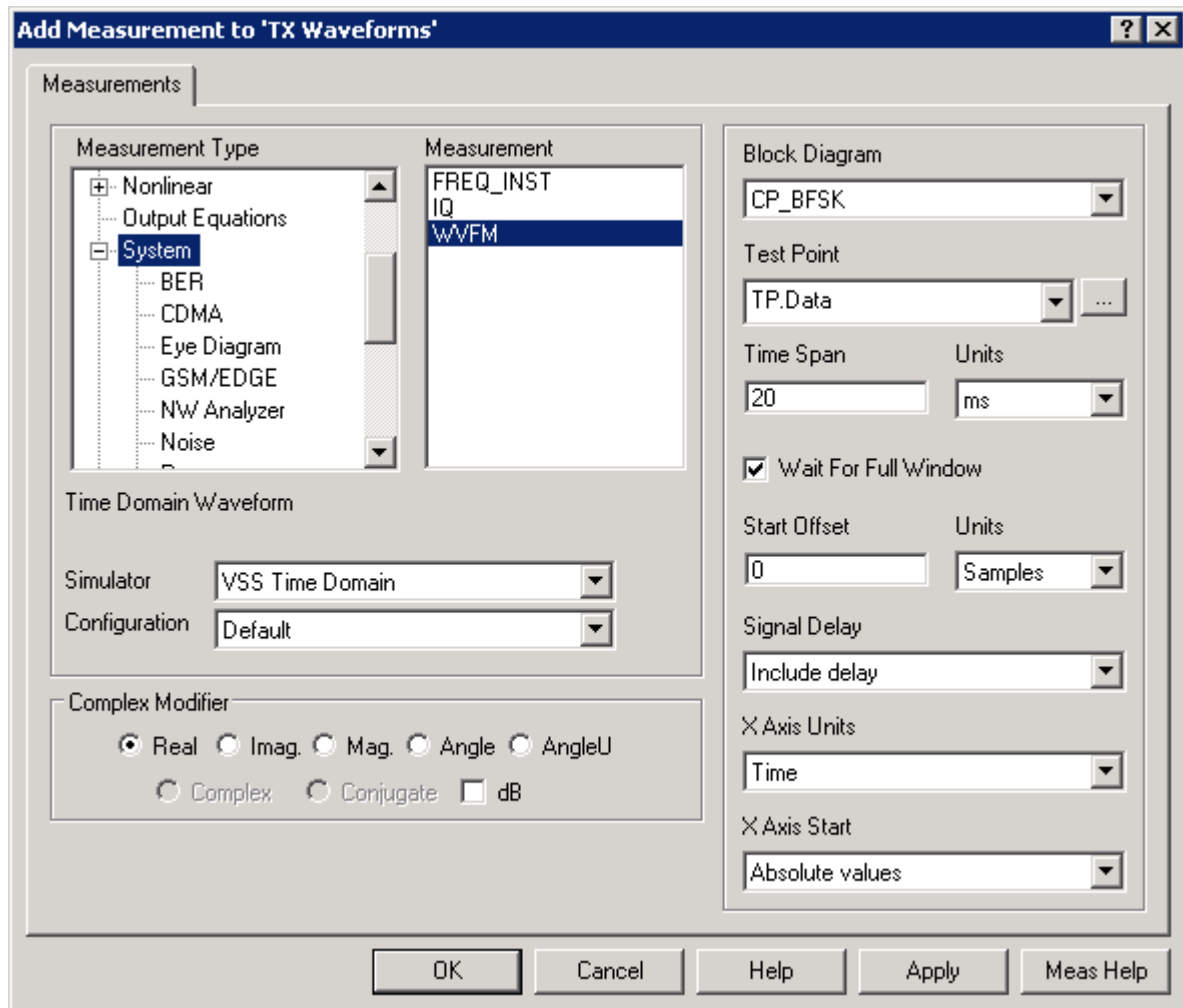
7. ΔΗΜΙΟΥΡΓΩΝΤΑΣ ΕΝΑΝ FSK MODULATOR ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΩΝΤΑΣ ELEMENTARY BLOCKS

Τώρα θα δημιουργήσουμε έναν BFSK modulator χρησιμοποιώντας elementary blocks, μετά θα συγκρίνουμε τα αποτελέσματα με αυτά της προηγούμενης μεθόδου. Αυτοί οι δύο διακριτοί transmitters έχουν πανομοιότυπη συμπεριφορά.

1. Στον Element Browser, κάνουμε expand την κατηγορία Sources, μετά επιλέγουμε το Random subgroup. Επιλέγουμε το RND_D block και το τοποθετούμε στο CP_BFSK system diagram όπως στο σχήμα που ακολουθεί.
2. Κάνουμε διπλό κλικ στο RND_D block και θέτουμε στην παράμετρο RATE την τιμή "1000" και στην RSEED parameter την τιμή "{0}" (μαζί με τις αγκύλες) και πατάμε OK.
3. Κάνουμε Expand την κατηγορία Converters, επιλέγουμε το Analog-Digital subgroup. Επιλέγουμε το DAC block και το τοποθετούμε πάνω στο διάγραμμα συστήματος όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί. Αφήνουμε σε αυτό την παράμετρο SMPSYM ως _SMPSYM. Η SMPSYM παίρνει αυτόματα την τιμή 8. Δηλαδή 8 δείγματα ανά σύμβολο είναι η default ρύθμιση που ορίζεται στο Simulator. Επιπλέον, η έξοδος από το DAC είναι ένα πραγματικό σήμα με 8 δείγματα ανά bit και με rate 1KHz.
4. Κάνε Expand την κατηγορία Modulation, μετά επέλεξε το Analog subgroup. Επέλεξε το FM_MOD block και τοποθέτησέ το πάνω στο διάγραμμα συστήματος όπως στο σχήμα που ακολουθεί.
5. Θέσε στην παράμετρο KF του FM_MOD block την τιμή "353.5" = $(0.707/2 \cdot 1000)$.
6. Κάνε Expand την κατηγορία Sources, μετά επέλεξε το Waveforms subgroup. Επέλεξε το SINE block και τοποθέτησέ το όπως στο σχήμα που ακολουθεί.
7. Θέσε την τιμή "5" στην παράμετρο AMPL του SINE block. Άφησε την FRQ parameter στο 1GHz.
8. Πρόσθεσε από τις METERS ένα δεύτερο test point με το όνομα "BFSK" στο σύστημα όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί.



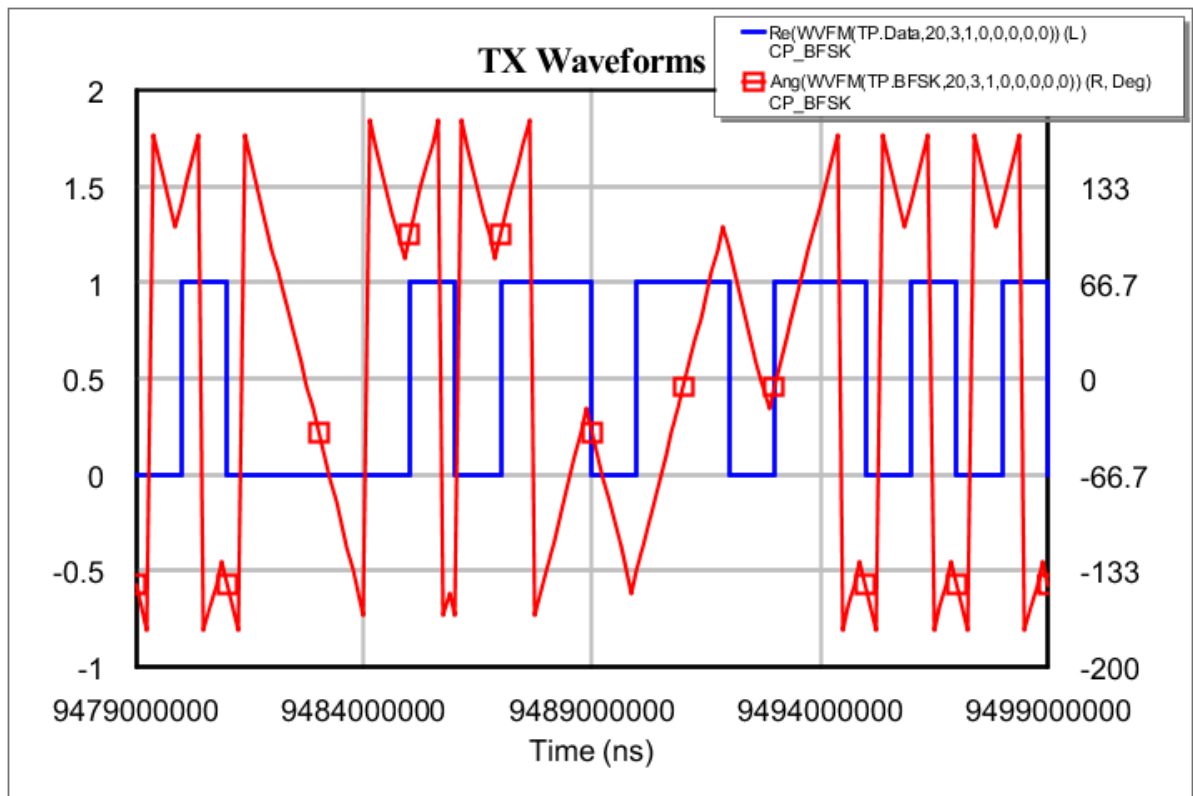
9. Πήγαινε στο Spectrum Graph και κάνε Add Measurement και στο Measurement Type πήγαινε System > Spectrum category of measurements, πρόσθεσε ένα power spectrum measurement (PWR_SPEC) στο test point BFSK στον "Spectrum" graph.
10. Τρέξε τον Εξομοιωτή Συστήματος. Πρόσεξε ότι δεν υπάρχει αλλαγή στο γράφο εφόσον η κυματομορφή από το cascade αυτών των block είναι όμοια με την κυματομορφή του FSK_SRC block και γίνεται επικάλυψη.
Για να δεις το spectrum από κάθε setup ξεχωριστά, μπορείς να τα εμφανίσεις σε ξεχωριστούς γράφους ή να αλλάζεις τις μετρήσεις μια κάθε φορά κάτω από το Graphs στον Project Browser (δεξί κλικ και επιλέγεις Toggle Enable). Αυτά τα βήματα επιβεβαιώνουν ότι οι δύο μέθοδοι ρύθμισης ενός πομπού παράγουν όμοιες κυματομορφές BFSK.
11. Πρόσθεσε ένα τρίτο test point με το όνομα "Data" ανάμεσα στο RND_D block και το DAC block.
Για να παρατηρήσεις τη συμπεριφορά της μεταδιδόμενης φάσης:
12. Πρόσθεσε έναν rectangular graph με το όνομα "TX Waveforms".
13. Πρόσθεσε μια μέτρηση time domain waveform measurement στον graph TX Waveforms χρησιμοποιώντας τις ρυθμίσεις της ακόλουθης εικόνας και επέλεξε Apply/OK.



14. Πρόσθεσε μια μέτρηση στον graph TX Waveforms για την φάση που παράγεται από τον FSK modulator χρησιμοποιώντας τις ρυθμίσεις του βήματος 13, αλλά επέλεξε BFSK ως Test Point και Angle ως Complex Modifier, μετά επέλεξε OK.
15. Επέλεξε τον "TX Waveforms" graph και επέλεξε τα Properties πατώντας δεξί κλικ στον graph και επιλέγοντας Properties.
16. Επέλεξε την καρτέλα Axes και επέλεξε Left 1. Καθάρισε το Auto limits check box και βάλε "-1" ως Min και "2" ως Max. Κάτω από το Divisions, καθάρισε το Auto divs. check box και βάλε "1" ως Step.
17. Επέλεξε Right 1. Καθάρισε το Auto limits check box και βάλε "-200" ως Min και "200" ως Max, και επέλεξε Apply.
18. Επέλεξε την καρτέλα Measurements και κάτω από το Select Measurement to edit, επέλεξε $\text{BFSK:Ang(WVFM(TP.BFSK,20,3,1,0,0,0,0))}$, μετά κάτω από τον άξονα Choose axis, επέλεξε Right 1 και μετά Apply.

19. Επέλεξε την καρτέλα Traces και κάτω από το Style, επέλεξε measurement 1 (το μπλέ), κάτω από το Measurement επέλεξε μια εντονότερη γραμμή από το drop-down box στο κάτω μέρος του dialog box. Επέλεξε measurement 2 (φούξια), μετά επέλεξε ένα τετράγωνο (square) ως Symbol style από το αντίστοιχο drop-down box στο κάτω μέρος του dialog box και πάτησε APPLY.
20. Τρέξε τον εξομοιωτή του συστήματος. Παρατήρησε ότι η μεταδιδόμενη φάση συμπεριφέρεται ακριβώς όπως αναμέναμε σε ένα binary FSK transmission scheme με rectangular frequency shaping pulse.

Η ανταπόκριση της εξομοίωσης πρέπει να δείχνει παρόμοια με τον ακόλουθο γράφο, που δείχνει την phase της διαμορφωμένης κυματομορφής να αυξάνεται in a ramp όταν το input bit είναι "1", και μειώνεται in a ramp με την ίδια κλίση όταν το input bit είναι "0". Η φάση παραμένει συνεχής μεταξύ διαφορετικών διαστημάτων bit και τα άλματα φάσης στο σχεδιάγραμμα είναι μόνο η επίδραση του wrap-around όταν η φάση ξεπερνά τους ± 180 -βαθμούς. Οι κυματομορφές δεδομένων (των δυαδικών 1 and 0) αναπαρίσταται στον αριστερό άξονα ενώ η κυματομορφή της φάσης φαίνεται στο δεξί άξονα.

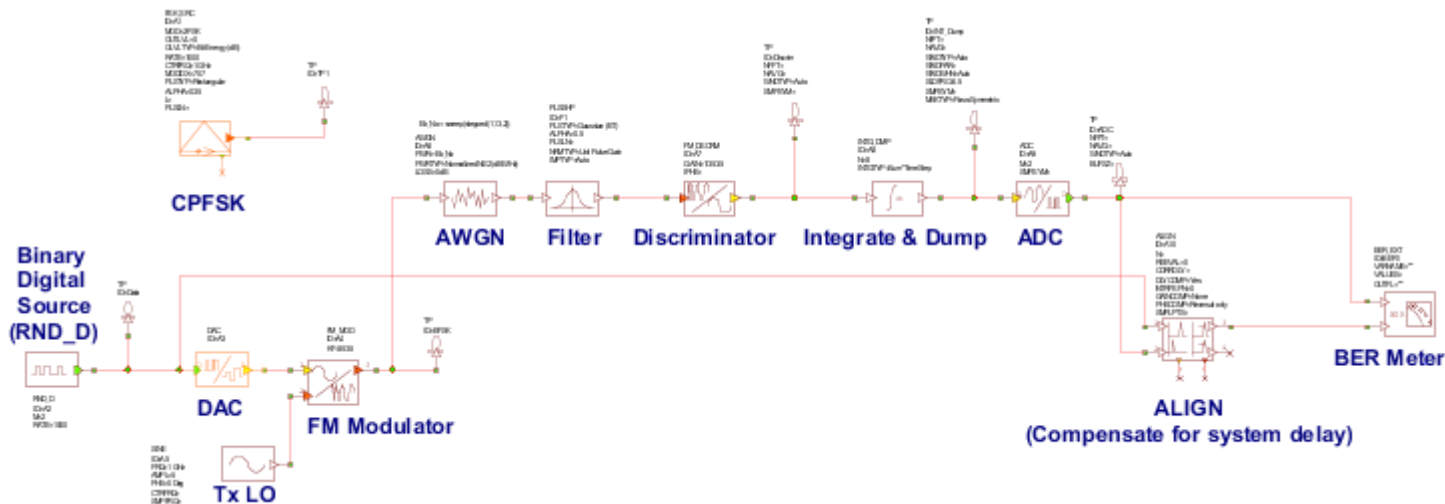


8. ΔΕΚΤΗΣ ΚΑΙ ΑΠΟΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Εδώ ολοκληρώνουμε την αλυσίδα καναλιού-δέκτη για το BFSK. Ο δέκτης δημιουργείται από elementary VSS blocks για λόγους επίδειξης και τον κάνουμε για λόγους επίδειξης και το δείχνουμε για να αποδείξουμε ακόμα και την ακρίβεια του BFSK demodulator. Το διαμορφωμένο σήμα εκτός του πομπού περνά μέσα από ένα AWGN κανάλι και μετά αποδιαμορφώνεται από ένα δέκτη εξακρίβωσης, που αποτελείται από ένα φίλτρο (PLSSH), έναν FM discriminator (FM_DSCRM), ένα integrate-and-dump block (INTG_DMP), και ένα ADC block. Σε αυτή την άσκηση μπορείς επίσης να πειράξεις τις παραμέτρους καναλιού και θορύβου και να αναλύσεις την επίδοση του συστήματος.

Για να ολοκληρώσουμε την αλυσίδα κανάλι-δέκτη για BFSK (χρησιμοποιώντας την ακόλουθη εικόνα ως αναφορά):

1. Στον Element Browser, επιλέγουμε την κατηγορία Channels. Επιλέγουμε το AWGN block και το τοποθετούμε στο CP_BFSK system diagram.
2. Επιλέγουμε την κατηγορία Filters, μετά επιλέγουμε το PLSSH block και το τοποθετούμε στο system diagram.
3. Κάνουμε Expand την κατηγορία Modulation, μετά επιλέγουμε το Analog subgroup. Επιλέγουμε το FM_DSCRM block και το τοποθετούμε στο system diagram.
4. Επιλέγουμε την κατηγορία Signal Processing, μετά επιλέγουμε το INTG_DMP block και το τοποθετούμε στο system diagram.
5. Κάνουμε Expand την κατηγορία Converters, μετά επιλέγουμε το Analog-Digital subgroup. Επιλέγουμε το ADC block και το τοποθετούμε στο system diagram.
6. Προσθέτουμε ένα 4^ο, 5^ο και 6^ο test point στις εξόδους των FM_DSCRM, INTG_DMP και ADC blocks αντίστοιχα, και τα ονομάζουμε αντίστοιχα "Discrim", "INT_Dump", και "ADC" όπως στην ακόλουθη εικόνα.
7. Επιλέγουμε την κατηγορία Signal Processing, μετά επιλέγουμε το ALIGN block και το τοποθετούμε στο system diagram. Συνδέστε τον κόμβο 2 στο ADC test point.
8. Κάνουμε Expand την κατηγορία Meters, μετά επιλέγουμε το BER subgroup. Επέλεξε το BER_EXT block και το τοποθετούμε στο system diagram.



9. Προσθέστε την ακόλουθη equation στο system diagram:

$$Eb_No = \text{sweep}(\text{stepped}(1,13,2))$$

10. Βάλε στην παράμετρο του AWGN block PWR την τιμή "-Eb_No" και όρισε την PWRTYP παράμετρο σε Normalized N0/2(dBW/Hz).

11. Όρισε στο PLSSH block την παράμετρο PLSTYP σε Gaussian (BT), την παράμετρο NRMTYP σε Unit Pulse Gain, και την παράμετρο ALPHA σε "0.5".

12. Όρισε στο FM_DSCRM block την παράμετρο GAIN σε "1/353.5".

13. Όρισε στο INTG_DMP block την παράμετρο N σε "8". Θυμήσου ότι η DAC ορίσθηκε σε 8 samples ανά symbol.

14. Θέσε στο ADC block την παράμετρο M σε "2".

15. Στην καρτέλα Parameters του ALIGN block, θέσε την GAINCOMP σε None, την PHSCOMP σε Reversal μόνο, και άσε την DLYCOMP σε Yes. Το ALIGN block χρησιμοποιείται για να αντιστοιχίσει τα πρωτότυπα δεδομένα με τα ληφθέντα, πριν τον BER detector.

16. Επιβεβαίωσε ότι οι παράμετροι του BER_EXT block είναι ίδιες με αυτές της επόμενης εικόνας.

Element Options: BER_EXT - BER (Bit Error Rate) Meter, External Reference Source Properties

Parameters | Statistics | Display | Symbol

Name	Value	Unit	Tune	Opt	Limit	Lower	Upper	Step	Description
ID	BER1								Element ID
VARNAME	""								Name of variable to sweep
VALUES			☐	☐	☐	0	0	0	Vector of swept values (in MKS units)
SWPVAR	Eb_No								Swept variable
SWPTYP	Eb/N0		☐	☐	☐	0	0	0	Swept parameter type
OUTFL	""								Name for optional output file
OFLFMT	Trial blocks, counts		☐	☐	☐	0	0	0	Format for optional output file
EXISTS	Archive and replace		☐	☐	☐	0	0	0	Action to perform if the output file already
MNERR	20		☐	☐	☐	0	0	0	Minimum errors per pass
TBLKSZ	10000		☐	☐	☐	0	0	0	Trial block size
MXTRL	10000000		☐	☐	☐	0	0	0	Maximum trial blocks per sweep
IGNR			☐	☐	☐	0	0	0	Initial samples to ignore
NERRACT	Stop simulation		☐	☐	☐	0	0	0	Not enough errors detected action
DETECT	Complete current block		☐	☐	☐	0	0	0	Action when minimum errors detected
TIMEACT	Ignore sim. stop time		☐	☐	☐	0	0	0	Action when simulation stop time reached
RPTERR			☐	☐	☐	0	0	0	Number of errors required before error ra
TXTOUT	No output		☐	☐	☐	0	0	0	Output to text window

Element ID

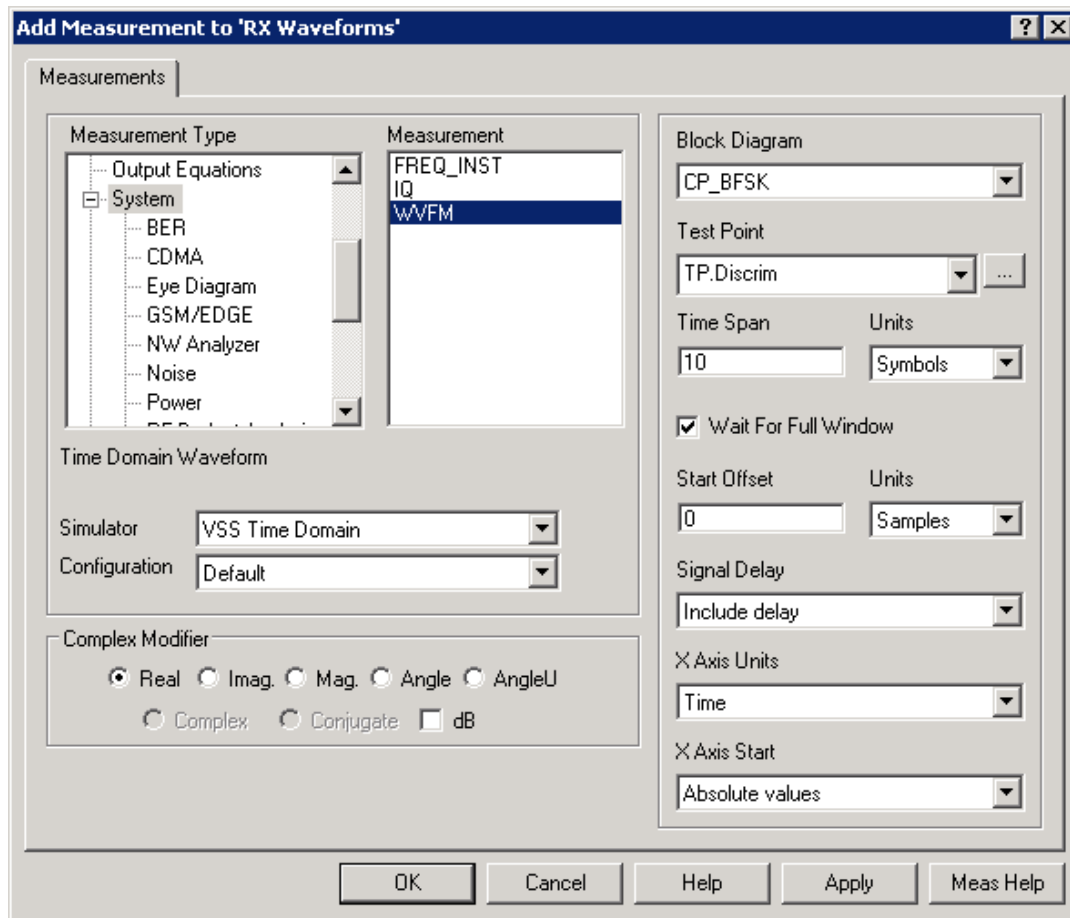
☒ Enable element Part Number

9. ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

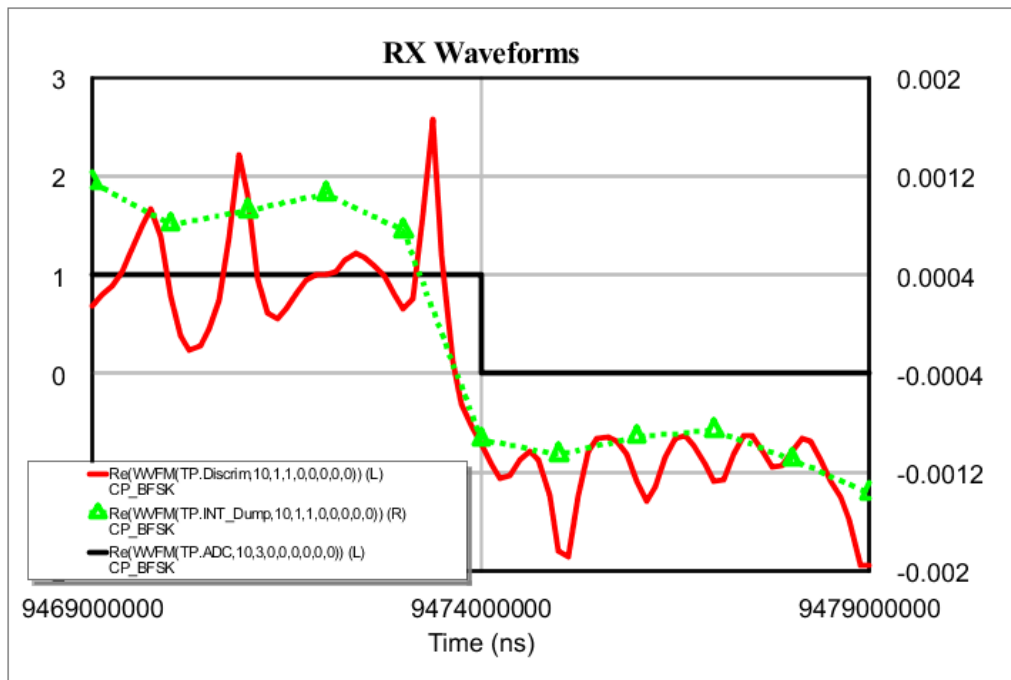


Για να προσθέσεις και να αναλύσεις ένα γράφημα κυματομορφής RX πρέπει να:

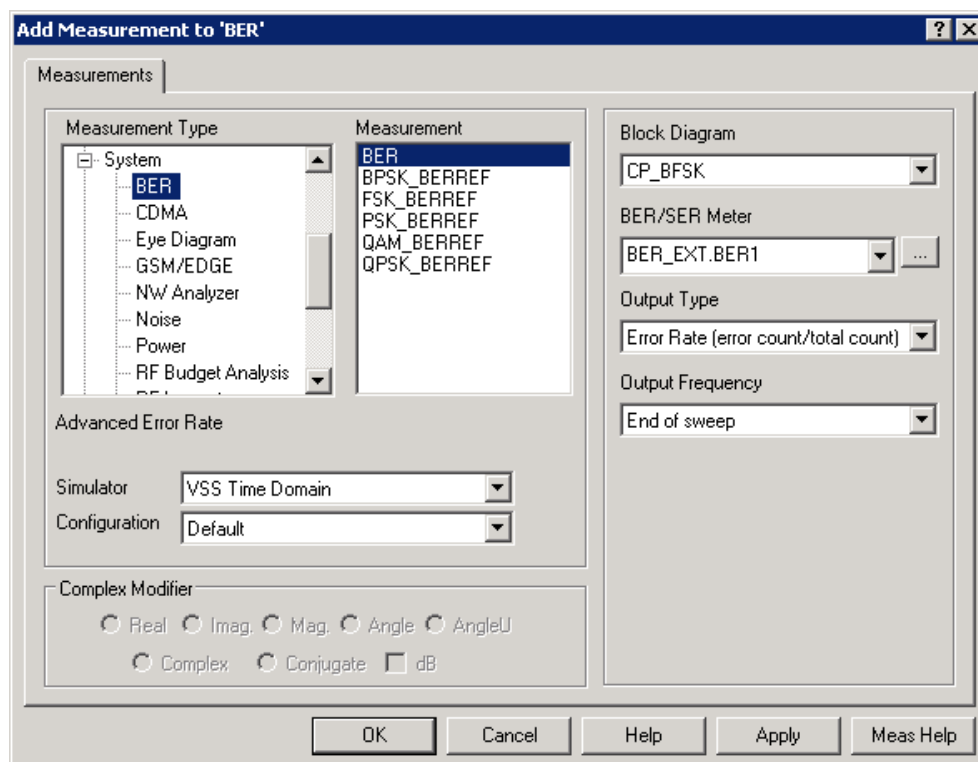
1. Πρόσθεσε έναν rectangular graph με το όνομα "**RX Waveforms**".
2. Πρόσθεσε μια μέτρηση στο γράφημα χρησιμοποιώντας τις ρυθμίσεις της επόμενης εικόνας, και μετά επέλεξε Apply.
3. Επανέλαβε το βήμα 2 αλλά επέλεξε το TP.INT_DUMP ως Test Point.
4. Επανέλαβε το βήμα 2 αλλά επέλεξε το TP.ADC ως Test Point, μετά επέλεξε OK.
5. Τρέξε τον System Simulator για μερικά λεπτά και μετά σταμάτησέ τον. Ένα στιγμιότυπο της απόκρισης του εξομοιωτή φαίνεται στον ακόλουθο γράφο. Ο γράφος σας πρέπει να είναι παρόμοιος αφού κάνετε τις απαραίτητες αλλαγές στα property των trace και axis στο Graph Properties dialog box. Θέστε την κυματομορφή στο testpoint TP.INT_DUMP για να εμφανίζεται στο δεξί άξονα.



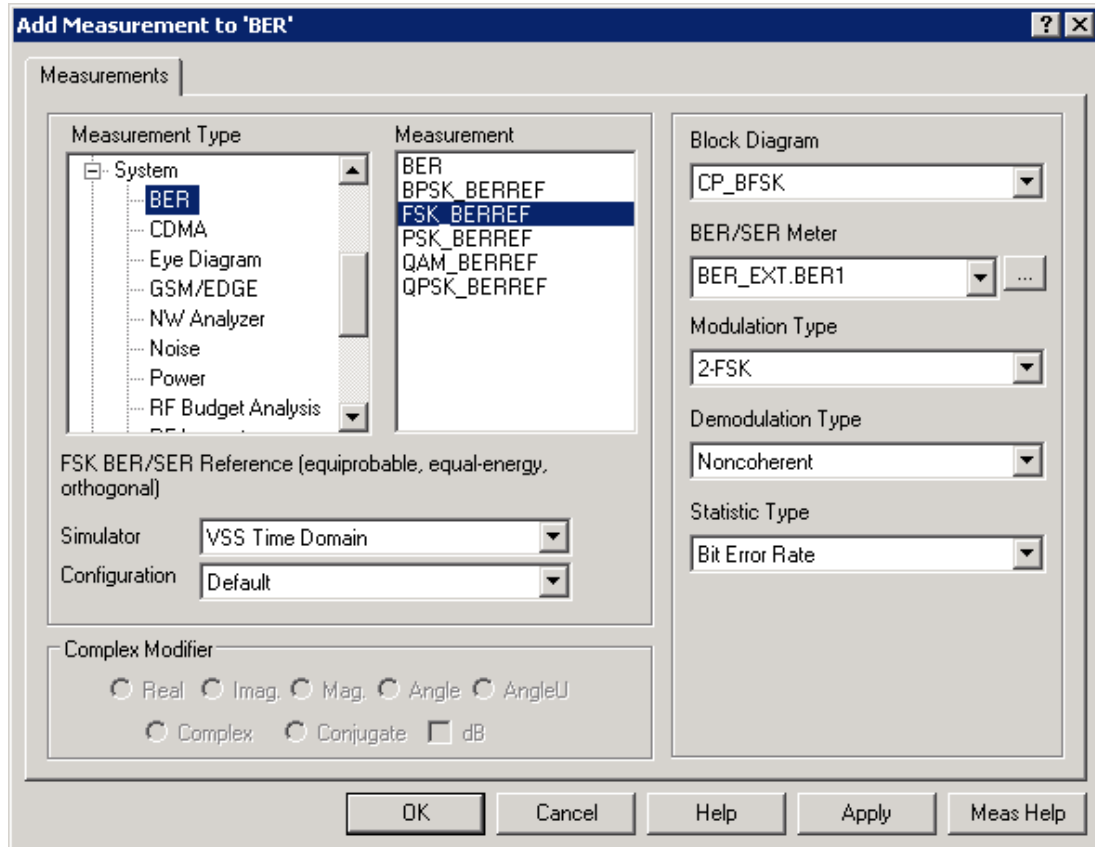
6. Ανέλυσε το γράφο. Η έντονη κυματομορφή είναι η έξοδος του FM discriminator σε low noise. Το δείγμα εξόδου του integrate-and-dump block κάθε 1 msec ή $1e6$ nsec (το sample στο symbol rate των 1000 samples/sec) εμφανίζεται με ένα τριγωνικό σημάδι. Όπως αναμενόταν, η καμπύλη είναι θετική όταν η έξοδος του FM discriminator αυξάνεται, αλλιώς είναι αρνητική. Επίσης παρατηρήστε την έξοδο του ADC block, καθώς τέμνεται με την έξοδο του integrate-and-dump block για ψηφιακά δεδομένα εξόδου. Η κλίμακα για την έξοδο integrate-and-dump είναι στο δεξιό γ-άξονα, και αυτή για τον FM discriminator και τον ADC είναι στον αριστερό γ-άξονα.



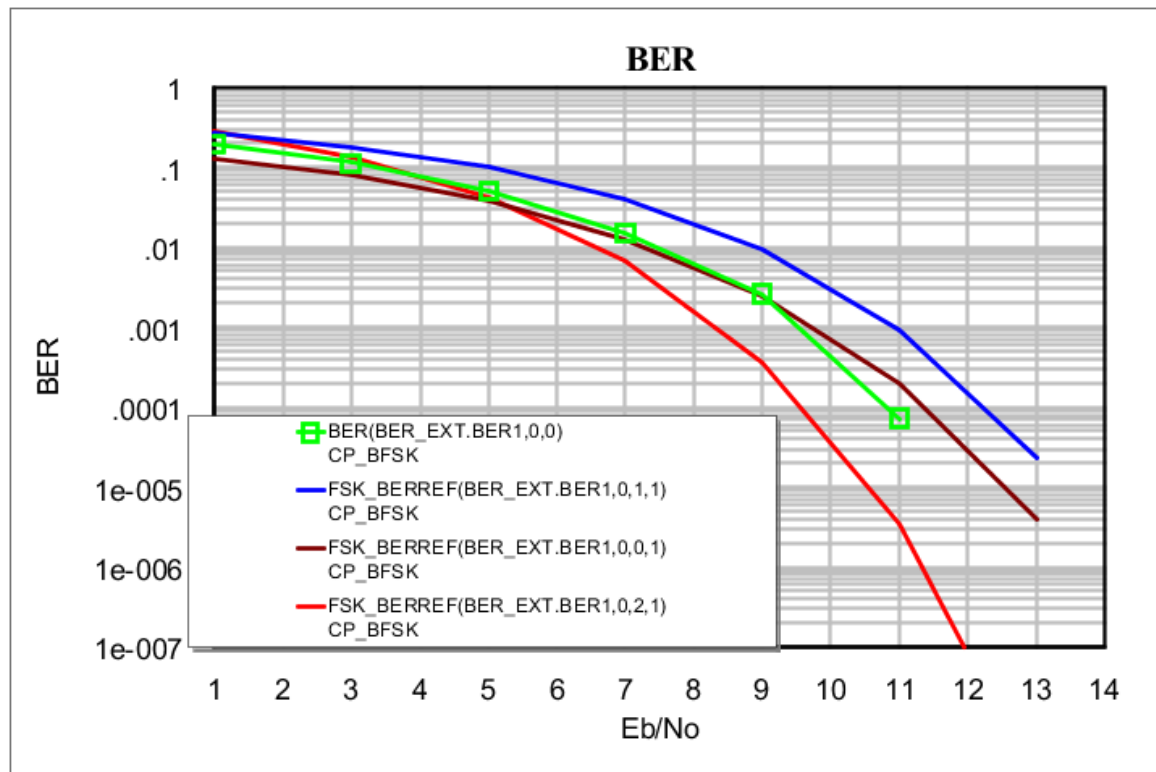
7. Πρόσθεσε έναν ακόμα rectangular graph με το όνομα "BER".
8. Πρόσθεσε μια μέτρηση στο graph χρησιμοποιώντας τις ρυθμίσεις της ακόλουθης εικόνας και μετά επέλεξε Apply.



9. Πρόσθεσε μια ακόμα μέτρηση στο graph που αναπαριστά την επίδοση ενός non-coherent δέκτη, χρησιμοποιώντας τις ρυθμίσεις της ακόλουθης εικόνας και επέλεξε Apply.



10. Επανέλαβε το βήμα 9 αλλά επέλεξε Coherent ως Demodulation Type. Αυτό αναπαριστά την επίδοση ενός coherent linear (correlation) δέκτη.
11. Επανέλαβε το βήμα 9 αλλά επέλεξε Discriminator ως Demodulation Type και επέλεξε OK. Αυτό αναπαριστά την επίδοση ενός nonlinear discrimination δέκτη, υπό μια ιδανική υπόθεση.
12. Θέσε στο BER_EXT block την παράμετρο TXTOUT σε Trial statistics.
13. Τρέξε τον System Simulator. Ένα παράθυρο κειμένου εμφανίζει τα στατιστικά της BER simulation.
14. Επέλεξε το παράθυρο του BER graph, μετά επέλεξε το Properties button στη γραμμή εργαλείων. Επέλεξε τις καρτέλες Traces και Axes και κάνε τις απαραίτητες αλλαγές στο γράφο σου για να δείχνει παρόμοιος με τον ακόλουθο γράφο. Βεβαιώσου ότι επέλεξες Log scale για τον αριστερό άξονα, και θέσε Min "**1e-7**" και Max "**1**".



15. Τρέξε πάλι τον System Simulator.

16. Αποθήκευσε και κλείσε το project.

10. Δραστηριότητες

Ολοκληρώστε την εργασία υλοποιώντας τα βήματα που αφορούν το δέκτη και την αποδιαμόρφωση του σήματος (ενότητες 9 & 10)

11. Λίστα ελέγχου γνώσεων

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

- Γνωρίζετε τα δομικά τμήματα ενός FSK εκπομπού;
- Μπορείτε να παραμετροποιήσετε τις παραμέτρους των τμημάτων ενός FSK εκπομπού;
- Μπορείτε να λάβετε μετρήσεις σε όποιο σημείο επιθυμείτε από την τηλεπικοινωνιακή αλυσίδα FSK;
- Μπορείτε να προσομοιώνετε την λειτουργία ενός FSK διαμορφωτή;

12. Βιβλιογραφία-Οδηγός για περαιτέρω μελέτη

- [1] HsuH. P. (2002), *Αναλογικές και Ψηφιακές Επικοινωνίες*, Εκδόσεις Τζιόλα
- [2] Jayant N .S. and Noll P. (1984), *Digital Coding of Waveforms: Principles and Applications to Speech and Video*, Prentice Hall
- [3] Proakis J. G. and Salehi M. (2008), *Digital Communications (5th Ed.)*, McGraw-Hill Higher Education
- [4] Prandoni P. and Vetterli M. (2008), *Signal Processing for Communications*, EPFL Press (<http://www.sp4comm.org/getit.html>)

13. Χρήσιμοι σύνδεσμοι

- 1. https://awrcorp.com/download/faq/english/docs/Getting_Started/
- 2. <http://www.awrcorp.com/awrtv-player>
- 3. http://el.wikipedia.org/wiki/Διαμόρφωση_μετατόπισης_συχνότητας