

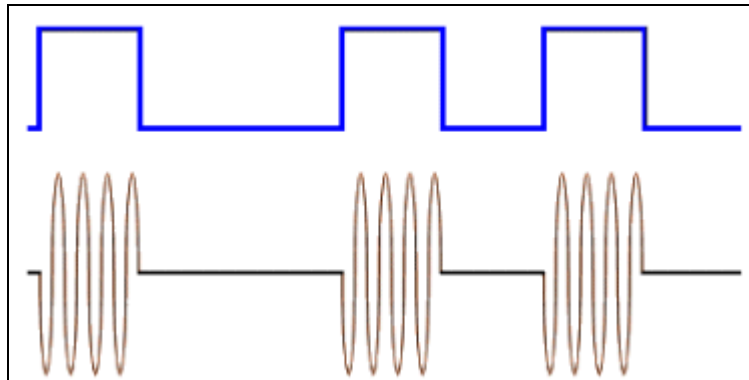
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ II

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

Εργαστηριακή Άσκηση 4

Διαμόρφωση Μετατόπισης Πλάτους – ASK

(Περίπτωση ΟΟΚ)



Δρ. Μιχάλης Παρασκευάς

Επίκουρος Καθηγητής

Βασίλειος Τσακανίκας – Χρήστος Τσίνο

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 On-Off Keying (OOK)	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, παρακολούθηση μετρήσεων και εξομοίωση	5
7. Λίστα ελέγχου γνώσεων.....	14
8. Βιβλιογραφία-Οδηγός για περαιτέρω μελέτη	14
9. Χρήσιμοι σύνδεσμοι.....	14

Έκδοση: 1.2

Επιμέλεια φυλλαδίου: Βασίλειος Τσακανίκας και Παρασκευάς Μιχάλης

1. Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργαστηριακής άσκησης είναι να μελετηθεί η διαμόρφωση μετατόπισης πλάτους και συγκεκριμένα της περίπτωσης On Off Keying με την βοήθεια του λογισμικού προσομοίωσης AWR.

2. Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Όταν θα έχετε ολοκληρώσει την παρούσα εργαστηριακή άσκηση, θα:

- Γνωρίζετε τα δομικά τμήματα ενός ΟΟΚ πομπού.
- Παραμετροποιείτε τις παραμέτρους των τμημάτων ενός ΟΟΚ πομπού.
- Λαμβάνετε μετρήσεις σε όποιο σημείο επιθυμείτε από την τηλεπικοινωνιακή αλυσίδα
- Προσομοιώνετε την λειτουργία ενός ΟΟΚ 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 πλάτους
- On Off Keying
- 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)

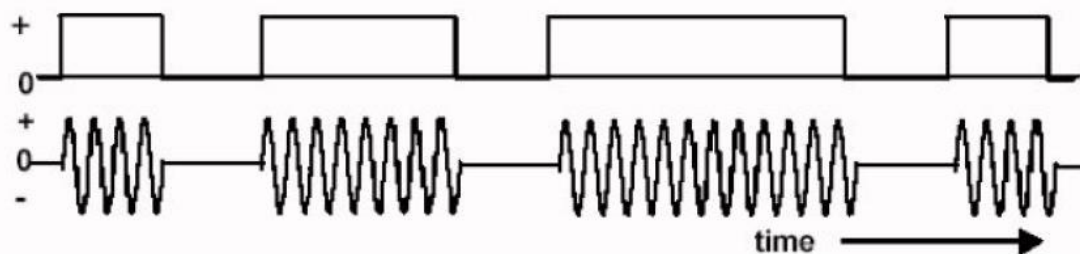
Διαμόρφωση μετατόπισης πλάτους (Amplitude-shift Keying - ASK) ονομάζεται ο τύπος διαμόρφωσης σήματος όπου ψηφιακά δεδομένα παρουσιάζονται ως αλλαγές στο πλάτος ενός φέροντος σήματος.

Η πιο απλή εφαρμογή ASK είναι η λεγόμενη *on-off* όπου λειτουργεί ως διακόπτης. Η ύπαρξη φέροντος σήματος υποδηλώνει δυαδικό 1 ενώ η απουσία του δυαδικό 0.

Η συγκεκριμένη εφαρμογή χρησιμοποιείται ιδιαίτερα για την επικοινωνία μέσω κώδικα Μορς σε ραδιοφωνικές συχνότητες.

Σε πιο εξειδικευμένες εφαρμογές όπου υπάρχουν περισσότερα λογικά επίπεδα, δηλαδή χρησιμοποιούνται δεδομένα άνω του ενός bit, το πλάτος του φέροντος σήματος μπορεί να πάρει περισσότερες διακριτές τιμές. Για ένα bit παίρνει 2 διακριτές τιμές, για 2 bits 4 διακριτές τιμές, για 3 bits 8 διακριτές κ.ο.κ. δηλαδή αν θέλουμε να μεταφέρουμε ένα δεδομένο n bits σε έναν παλμό τότε το πλάτος του φέροντος σήματος ιδανικά μπορεί να πάρει 2^n διακριτές τιμές.

Για την μεταφορά δεδομένων πολλών bit σε έναν παλμό πρέπει να λαμβάνεται υπόψιν ο λόγος σήματος/θορύβου ώστε να είναι δυνατή η σωστή αποδιαμόρφωση του σήματος.



Σχήμα: Το μήνυμα και το σήμα με διαμόρφωση ASK (περίπτωση OOK)

6. Πείραμα: Μετάδοση με Διαμόρφωση On-Off Keying (OOK)

Σε αυτό το πείραμα φτιάχνουμε και κάνουμε εξομοίωση μιας πλήρους αλυσίδας πομπού-καναλιού μετάδοσης – δέκτη σήματος για μια δυαδική μετάδοση με διαμόρφωση μετατόπισης πλάτους. Το παράδειγμα επιδεικνύει πώς να φτιάξουμε μια πηγή διαμόρφωσης OOK χρησιμοποιώντας βασικά block σε VSS. Θα κατασκευάσετε επίσης έναν

OOK 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 OOK 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 OOK system diagram, μετά θα χρησιμοποιήσουμε τον OSK modulator και θα σχεδιάσουμε το 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.

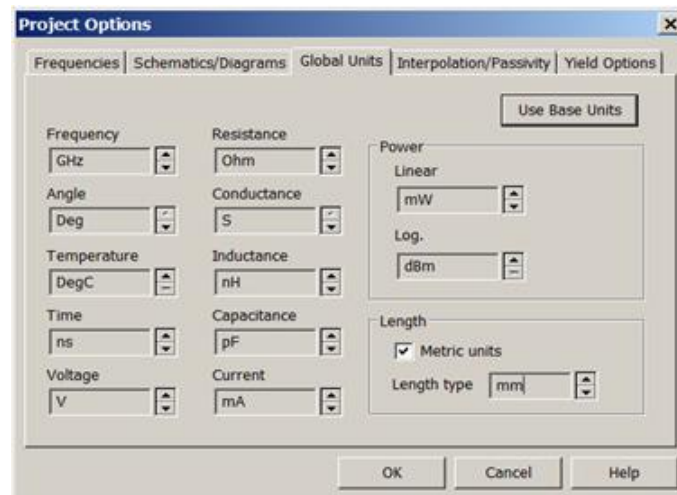
Βήμα 4^ο: Δίνουμε μία ονομασία της επιλογής μας, π.χ. “OOK” το νέο Project, στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται. Αποθηκεύουμε πατώντας **Save**.

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_OOK " και πατάμε **Create**. Ένα παράθυρο διαγράμματος συστήματος εμφανίζεται στον χώρο εργασίας (workspace) και το " CP_OOK " διάγραμμα συστήματος εμφανίζεται κάτω από τα SystemDiagrams στον πλοηγό Project.

6.4 Προσθήκη Block στο διάγραμμα συστήματος, παρακολούθηση μετρήσεων και εξομοίωση

Τώρα θα δημιουργήσουμε έναν OOK modulator χρησιμοποιώντας elementary blocks.

1. Στον Element Browser, κάνουμε expand την κατηγορία Sources, μετά επιλέγουμε το Random subgroup. Επιλέγουμε το RND_D block και το τοποθετούμε στο CP_OOK system diagram όπως στο σχήμα που ακολουθεί, ορίζοντας τις παραμέτρους του ως ακολούθως:

Ιδιότητες: Element Options: RND_D - Random Digital Source									
Parameters Statistics Display Symbol									
Name	Value	Unit	Tune	Opt	Limit	Lower	Upper	Step	Description
N ID	A1								Element ID
I M	2		☐	☐	☐	0	0	0	Alphabet size
R RATE	1e6		☐	☐	☐	0	0	0	Symbol rate
I FRMSZ									Frame size
I RSEED									Random number generator seeds
E RNG	Auto		☐	☐	☐	0	0	0	Random number generator algorithm
I BLKSZ	_BLKSZ								Symbols per pass

2. 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 ορίζοντας τις παραμέτρους ως ακολούθως:

Ιδιότητες: Element Options: DAC - Digital to Analog Converter									
Parameters Statistics Display Symbol									
Name	Value	Unit	Tune	Opt	Limit	Lower	Upper	Step	Description
N ID	A2								Element ID
R GAIN	1		☐	☐	☐	0	0	0	Gain applied to mapping vector
R OFF	0		☐	☐	☐	0	0	0	Offset applied to mapping vector
R MAP	{0,1}								Mapping vector
R SMPSYM	_SMPSYM								Samples per symbol

3. Κάνουμε expand την κατηγορία Channels και επιλέγουμε το AWGN και το βάζουμε στο διάγραμμά μας όπως φαίνεται στην εικόνα διαγράμματος παρακάτω, βάζοντας τις ακόλουθες ρυθμίσεις:

Ιδιότητες: Element Options: AWGN - Additive White Gaussian Noise Channel									
Parameters Statistics Display Symbol									
Name	Value	Unit	Tune	Opt	Limit	Lower	Upper	Step	Description
N ID	A4								Element ID
R PWR	(10 ⁻³) - EbNo								Power level
E PWR TYP	Avg. Power, Bit (dBm)		☐	☐	☐	0	0	0	Power level type
R LOSS	0	dB	☐	☐	☐	0	0	0	Transmission loss
R NORMF									Normalization factor
I RSEED									Random number generator seeds
E RNG	Auto		☐	☐	☐	0	0	0	Random number generator algorithm

Δεν πρέπει στο στάδιο αυτό να παραλείψουμε να ορίσουμε την εξίσωση για το EbNo. Πηγαίνετε: Draw > Add Equation και σε οποιοδήποτε κενό σημείο του χώρου του διαγράμματος βάζετε: $EbNo = \text{sweep}(\text{stepped}(1,11,1))$

4. Κάνουμε expand την κατηγορία Signal Processing και επιλέγουμε το INTG_DMP και το βάζουμε στο διάγραμμά μας όπως φαίνεται στην εικόνα διαγράμματος παρακάτω, βάζοντας τις ακόλουθες ρυθμίσεις:

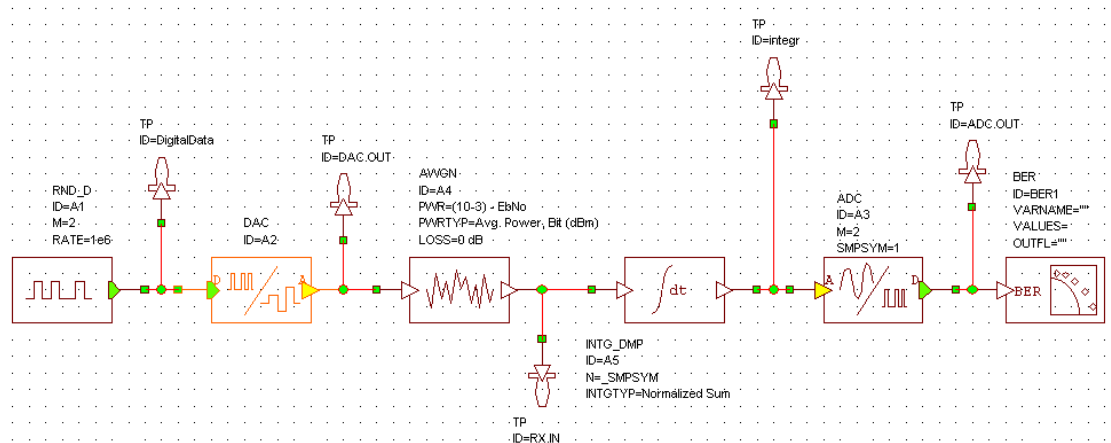
Ιδιότητες: Element Options: INTG_DMP - Integrates N Samples Then Clears Buffer									
Parameters Statistics Display Symbol									
Name	Value	Unit	Tune	Opt	Limit	Lower	Upper	Step	Description
N ID	A5								Element ID
I N	_SMPSYM								Integration length in samples
E INTGTYP	Normalized Sum		☐	☐	☐	0	0	0	Integration type

5. Κάνουμε Expand την κατηγορία Converters, επιλέγουμε το Analog-Digital subgroup. Επιλέγουμε το ADC block και το τοποθετούμε πάνω στο διάγραμμα συστήματος όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί ορίζοντας τις παραμέτρους ως ακολούθως:

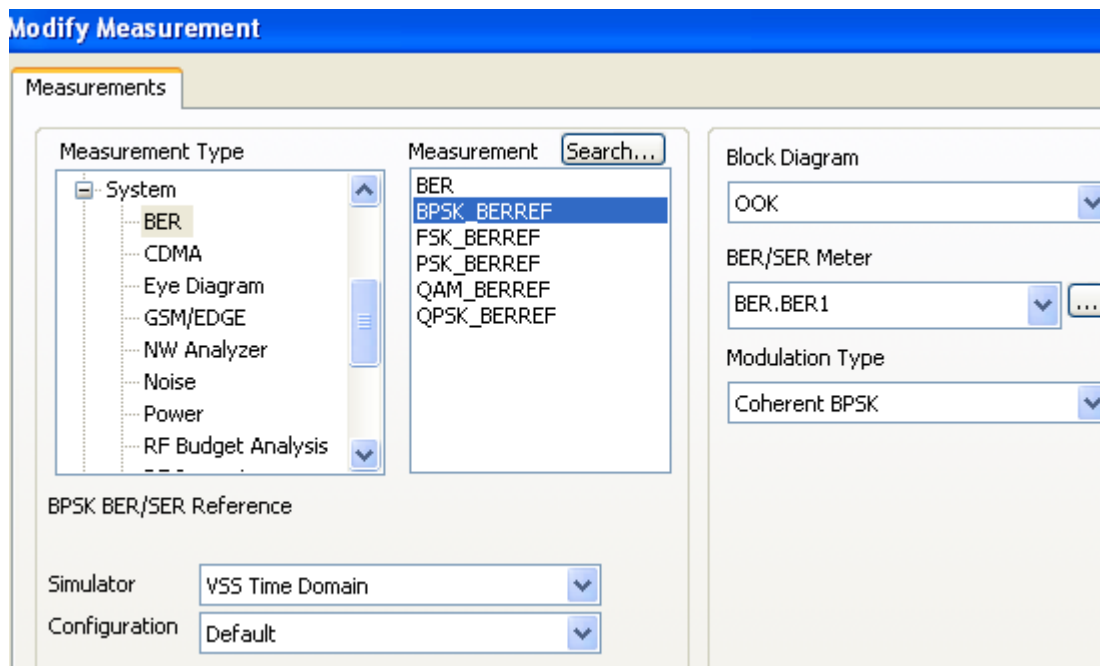
Ιδιότητες: Element Options: ADC - Analog to Digital Converter									
Parameters Statistics Display Symbol									
Name	Value	Unit	Tune	Opt	Limit	Lower	Upper	Step	Description
N ID	A3								Element ID
I M	2		☐	☐	☐	0	0	0	Number of levels
R GAIN									Gain applied to thresholds
R OFF									Offset applied to thresholds
R THRSLD	0.5		☐	☐	☐	0	0	0	Threshold array
I SMPSYM	1		☐	☐	☐	0	0	0	Samples per symbol
I SMPSTR									Offset of first analog input to sample (empty uses signal

6. Κάνουμε Expand την κατηγορία Meters, μετά επιλέγουμε το BER subgroup. Επέλεξε το BER block και το τοποθετούμε στο system diagram, βάζοντας τις ακόλουθες ρυθμίσεις:

Ιδιότητες: Element Options: BER - BER (Bit Error Rate) Meter, Internal Reference Source									
Parameters Statistics Display Symbol									
Name	Value	Unit	Tune	Opt	Limit	Lower	Upper	Step	Description
N ID	BER1								Element ID
S VARNAME	""								Name of variable to sweep
V VALUES									Vector of swept values (in MKS units)
R SWPVAR	EbNo								Swept variable
E SWPTYP	Eb/NO		☐	☐	☐	0	0	0	Swept parameter type
S OUTFL	""								Name for optional output file
E OFLMT	Trial blocks, counts		☐	☐	☐	0	0	0	Format for optional output file
E EXISTS	Archive and replace		☐	☐	☐	0	0	0	Action to perform if the output file already exists
I MNERR	20		☐	☐	☐	0	0	0	Minimum errors per pass
I TBLKSZ	5000		☐	☐	☐	0	0	0	Trial block size
I MXTRL	1000		☐	☐	☐	0	0	0	Maximum trial blocks per sweep
I IGNR	0		☐	☐	☐	0	0	0	Initial samples to ignore
I DLY									Samples to delay
E NERRACT	Stop simulation		☐	☐	☐	0	0	0	Not enough errors detected action
E DETACT	Complete current block		☐	☐	☐	0	0	0	Action when minimum errors detected
E TIMEACT	Ignore sim. stop time		☐	☐	☐	0	0	0	Action when simulation stop time reached
I RPTERR									Number of errors required before error rate is output
E TXTOUT	No output		☐	☐	☐	0	0	0	Output to text window



7. Προσθέτω στην έξοδο κάθε block Test Points για να παρακολουθώ τις μετρήσεις, όπως στο διάγραμμα που ακολουθεί, με τις ονομασίες DigitalData, DAC OUT, RX.IN, Integr και ADC.OUT αντίστοιχα.
8. Πρόσθεσε ένα γράφο με το όνομα BER και βάλε σε αυτόν τις ακόλουθες τρεις μετρήσεις:



Modify Measurement

Measurements

Measurement Type

- System
 - BER
 - CDMA
 - Eye Diagram
 - GSM/EDGE
 - NW Analyzer
 - Noise
 - Power
 - RF Budget Analysis

Measurement Search...

- BER
- BPSK_BERREF
- FSK_BERREF
- PSK_BERREF
- QAM_BERREF
- QPSK_BERREF

Block Diagram

OOK

BER/SER Meter

BER.BER1

Output Type

Error Rate (error count/total count)

Output Frequency

End of trial blocks

Advanced Error Rate

Simulator VSS Time Domain

Configuration Default

Complex Modifier

☐ Real
 ☐ Imag.
 ☐ Mag.
 ☐ Angle
 ☐ AngleU
 ☐ Complex
 ☐ Conjugate
 ☐ dB

OK Άκυρο Βοήθεια Meas Help

Modify Measurement

Measurements

Measurement Type

- System
 - BER
 - CDMA
 - Eye Diagram
 - GSM/EDGE
 - NW Analyzer
 - Noise
 - Power
 - RF Budget Analysis

Measurement Search...

- BER
- BPSK_BERREF
- FSK_BERREF
- PSK_BERREF
- QAM_BERREF
- QPSK_BERREF

Block Diagram

OOK

BER/SER Meter

BER.BER1

Modulation Type

2-FSK

Demodulation Type

Coherent

Statistic Type

Bit Error Rate

FSK BER/SER Reference (equiprobable, equal-energy, orthogonal)

Simulator VSS Time Domain

Configuration Default

Για να παρατηρήσεις τη συμπεριφορά της μεταδιδόμενης φάσης:

9. Πρόσθεσε έναν rectangular graph με το όνομα Integr και βάζω και εδώ τις ακόλουθες τρεις μετρήσεις:

Measurements

Measurement Type

- Data
- Electromagnetic
- File
- Linear
- Load Pull
- Nonlinear
- Output Equations
- System
- Yield

Measurement Search...

- FREQ_INST
- IQ
- WVFM

Time Domain Waveform

Simulator VSS Time Domain

Configuration Default

Complex Modifier

☒ Real
 ☐ Imag.
 ☐ Mag.
 ☐ Angle
 ☐ AngleU
 ☐ Complex
 ☐ Conjugate
 ☐ dB

Block Diagram

OOK

Test Point

TP.DAC.OUT

Time Span 20 Units Symbols

☒ Wait For Full Window

Start Offset 0 Units Samples

Signal Delay Include delay

X Axis Units Time

X Axis Start Absolute values

Measurements

Measurement Type

- Data
- Electromagnetic
- File
- Linear
- Load Pull
- Nonlinear
- Output Equations
- System
- Yield

Measurement Search...

- FREQ_INST
- IQ
- WVFM

Time Domain Waveform

Simulator VSS Time Domain

Configuration Default

Complex Modifier

☒ Real
 ☐ Imag.
 ☐ Mag.
 ☐ Angle
 ☐ AngleU
 ☐ Complex
 ☐ Conjugate
 ☐ dB

Block Diagram

OOK

Test Point

TP.integr

Time Span 20 Units Samples

☐ Wait For Full Window

Start Offset 0 Units Samples

Signal Delay Include delay

X Axis Units Time

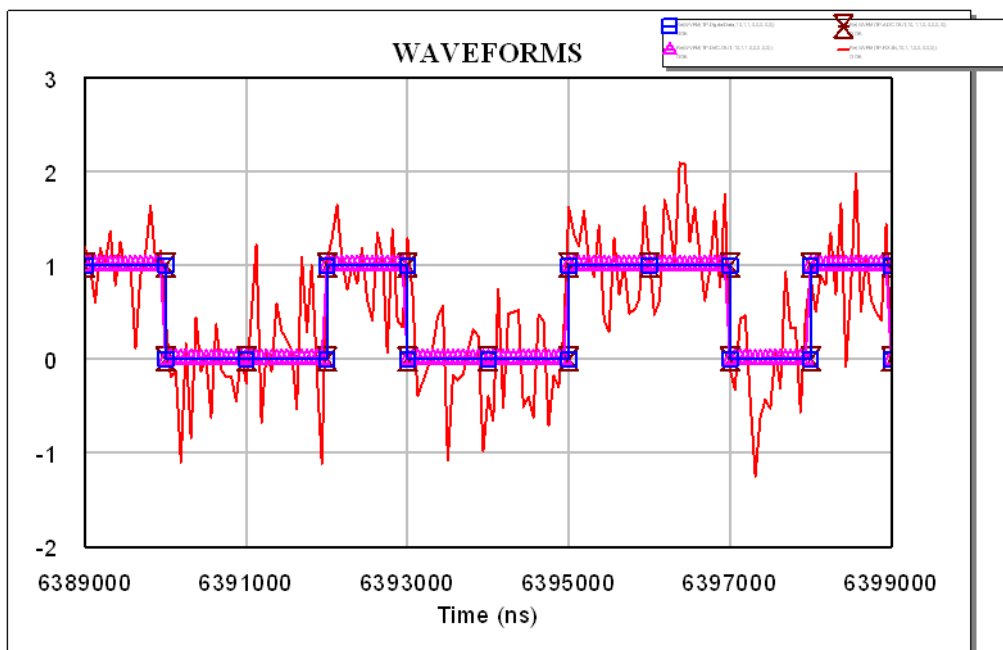
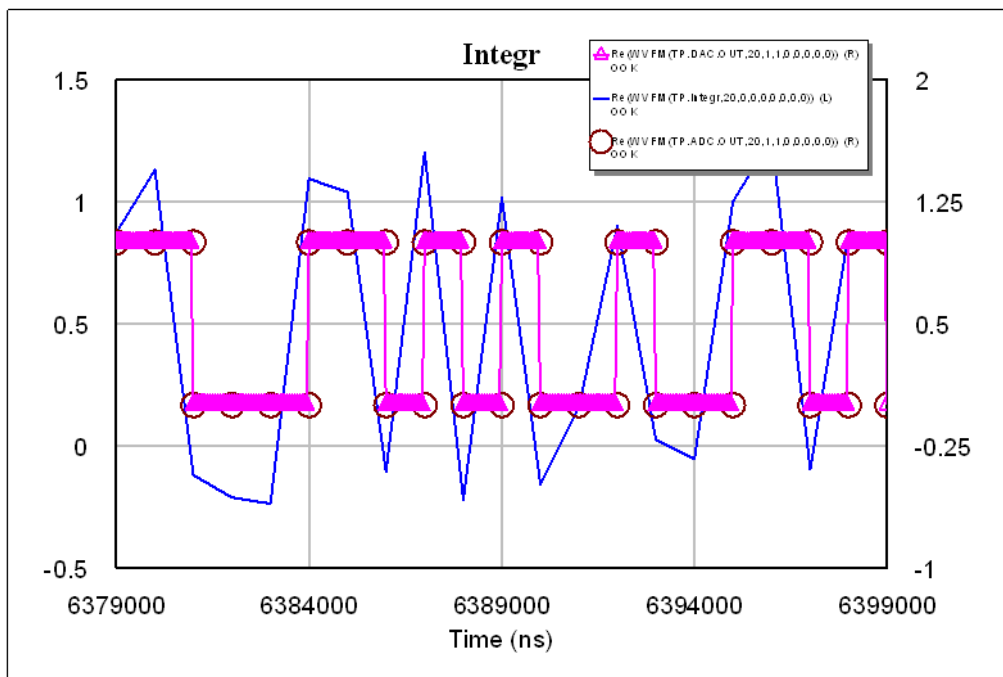
X Axis Start Absolute values

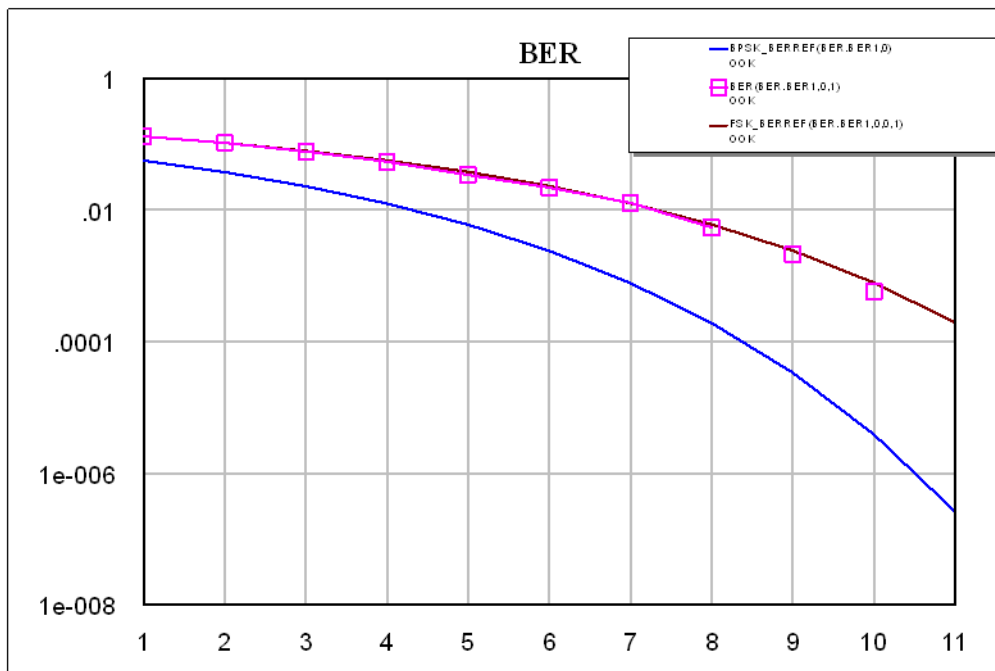
Measurements

Measurement Type	Measurement	Block Diagram
- Data - Electromagnetic - File - Linear - Load Pull - Nonlinear - Output Equations - System - Yield	Search... FREQ_INST IQ WVFM	LOOK
Time Domain Waveform Simulator: VSS Time Domain Configuration: Default		Test Point: TP.ADC.OUT Time Span: 20 Units: Symbols ☒ Wait For Full Window Start Offset: 0 Units: Samples Signal Delay: Include delay X Axis Units: Time X Axis Start: Absolute values
Complex Modifier ☒ Real ☐ Imag. ☐ Mag. ☐ Angle ☐ AngleU ☐ Complex ☐ Conjugate ☐ dB		

10. Πρόσθεσε έναν rectangular graph ακόμα με το όνομα WAVEFORMS και βάλε και εδώ τέσσερις μετρήσεις System/WVFM με 10 symbols, για κάθε ένα TP.

Τρέξε τον εξομοιωτή του συστήματος. Παρατήρησε τη μεταδιδόμενη φάση η οποία θα πρέπει να δείχνει παρόμοια με τον ακόλουθο γράφο (Για να εμφανιστούν με τον ίδιο τρόπο τα γραφήματα θα πρέπει να βάλετε ίδια limits στους άξονες των γραφημάτων με αυτά των ακόλουθων γράφων):





Η διαμόρφωση OOK έχει παρόμοια BER συμπεριφορά με την καθαρά BPSK, καθώς και για τις δύο διαμορφώσεις ισχύει:

$$BER = P_b(e) = Q(\sqrt{E_b/N_0}).$$

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούμε το block AWGN με ρύθμιση "Bit energy, dBm" και

$$PWR = 10 - 3 - E_b N_0.$$

Αυτό γίνεται γιατί το μεταδιδόμενο σύμβολο έχει πλάτος 1.0 (άρα 10dBm), αλλά η μέση ενέργεια bit E_b είναι 1/2 αυτής, καθώς το μέσο 50% των μεταδιδόμενων συμβόλων είναι μηδενικά.

Έτσι η μέση μεταδιδόμενη E_b είναι 7dBm, και φυσικά η noise density ανά bit πρέπει να οριστεί σε:

$$7 - E_b N_0.$$

Ουσιαστικά, μπορεί κανείς να παρατηρήσει ότι η BER παραλληλίζεται με το θεωρητικό αποτέλεσμα του coherent binary FSK.

Το "Integrate and Dump" χρειάζεται, καθώς είναι ο Matched Filter receiver για το OOK σχήμα μετάδοσης.

Οι κυματομορφές (Waveforms) σε διάφορα σημεία του συστήματος φαίνονται στο γράφο "WAVEFORMS" και ο γράφος "BER" δείχνει τις θεωρητικές καμπύλες για τα Coherent FSK, BPSK και το πραγματικού χρόνου OOK BER.

7. 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 ΟΟΚ εκπομπού;
- Μπορείτε να παραμετροποιήσετε τις παραμέτρους των τμημάτων ενός ΟΟΚ εκπομπού;
- Μπορείτε να λάβετε μετρήσεις σε όποιο σημείο επιθυμείτε από την τηλεπικοινωνιακή αλυσίδα ΟΟΚ;
- Μπορείτε να προσομοιώνετε την λειτουργία ενός ΟΟΚ διαμορφωτή;

8. 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>)

9. 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_πλάτους