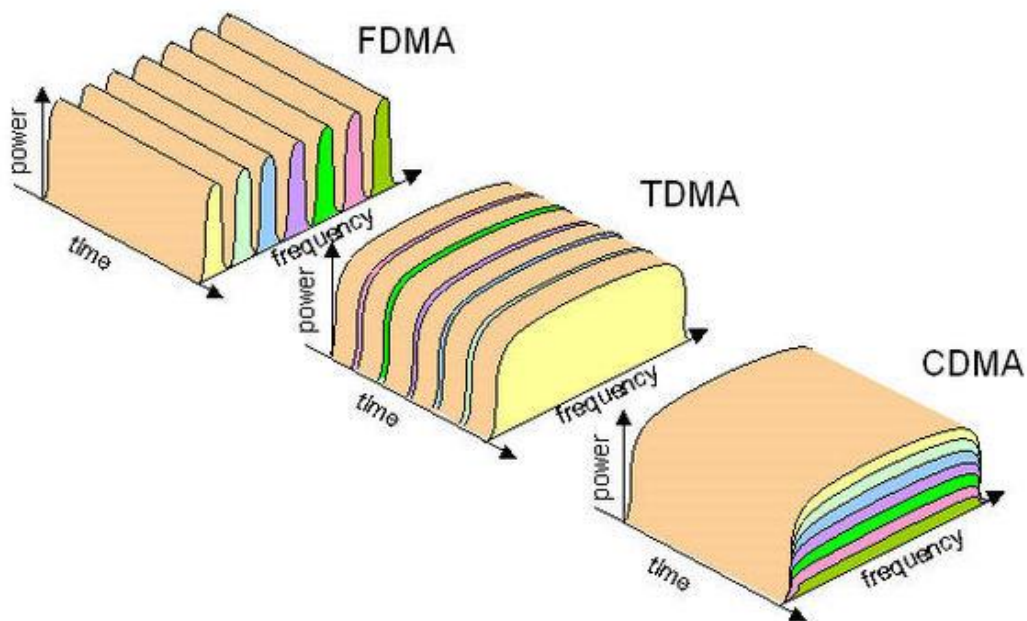


ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ II

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ

Εργαστηριακή Άσκηση 9

Πολλαπλή πρόσβαση με διαίρεση κώδικα- CDMA



Δρ. Μιχάλης Παρασκευάς

Επίκουρος Καθηγητής

Βασίλειος Τσακανίκας – Χρήστος Τσίνο

Πανεπιστημιακοί Υπότροφοι

1 Κωδικοποίηση CDMA - Σκοπός

Σκοπός τη άσκησης είναι να εξοικειωθούν οι σπουδαστές με την προσομοίωση κωδικοποίησης CDMA, έτσι ώστε να μπορούν να σχεδιάσουν έναν κωδικοποιητή και έναν αποκωδικοποιητή και να συγκρίνουν το σήμα στον πομπό με αυτό στο δέκτη.

2 Προσδοκώμενα αποτελέσματα

Πιο συγκεκριμένα, μετά την εκτέλεση της παρούσης, οι φοιτητές θα πρέπει να:

- Γνωρίζουν πως να δημιουργήσουν ένα σύστημα προσομοίωσης κωδικοποίησης/αποκωδικοποίησης.
- Δημιουργούν ένα σύστημα ορθογώνιων σημάτων.
- Εξάγουν τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις.

3 Τι θα χρειαστεί

Για την επιτυχή εκτέλεση της άσκησης θα χρειαστείτε τα παρακάτω:

- Η/Υ με εγκατεστημένο το λογισμικό AWR 10.08

4 Έννοιες κλειδιά

- Ψηφιακή Διαμόρφωση
- *Code division multiple access*
- *Ορθογώνια Σήματα*

5 Εισαγωγικές Παρατηρήσεις

Η ιδέα πίσω από την κωδικοποίηση CDMA είναι πως μπορούν να στείλουν ταυτόχρονα πολλοί χρήστες ένα μήνυμα. Για να το επιτύχουν αυτό χρησιμοποιούν έναν κωδικό. Το πιο απλό παράδειγμα είναι με δύο χρήστες και να στέλνει μία ο ένας μίας ο άλλος. Ο μαθηματικός τρόπος να γίνει αυτό είναι να πολλαπλασιάσει ο καθένας το σήμα του με τον κωδικό του ως εξής:

Μήνυμα 1: 1011 θα γίνει $M1=11\ 00\ 11\ 11$

Μήνυμα 2: 1100 θα γίνει $M2=11\ 11\ 00\ 00$

Κωδικός 1: $C1=10101010$ (ο 1 Εκπέμπει στις «μονές» χρονικές στιγμές)

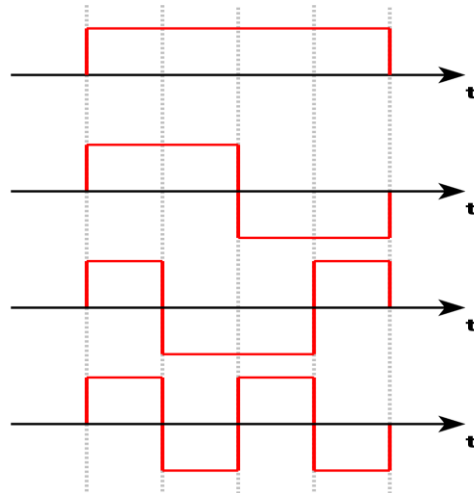
Κωδικός 2: $C2=01010101$ (ο 2 Εκπέμπει στις «ζυγές» χρονικές στιγμές)

Το μήνυμα που θα αποσταλεί θα είναι το εξής:

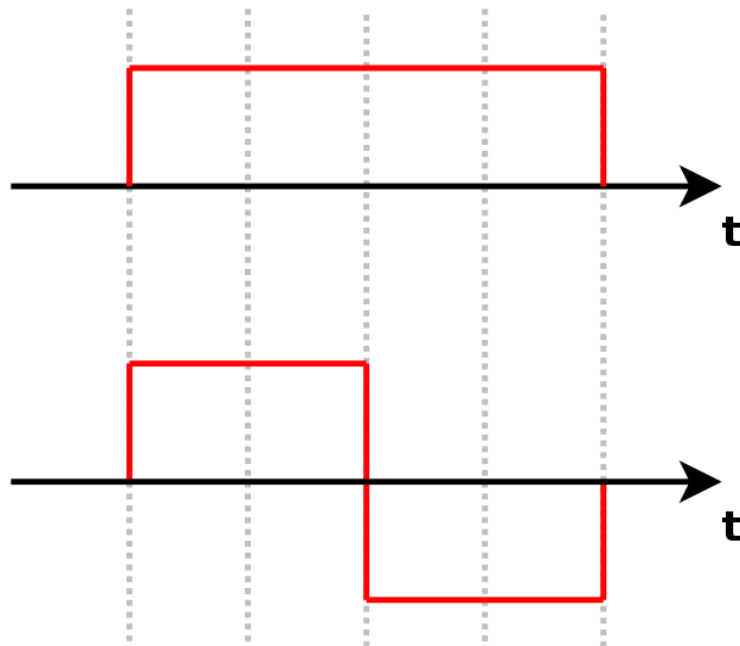
$$M=C1 \times M1 + C2 \times M2=10\ 00\ 10\ 10+ 01\ 01\ 00\ 00=11\ 01\ 10\ 10$$

Για να διαβαστούν τα 2 μηνύματα αρκεί να διαβάσουν με τη σωστή σειρά ή να πολλαπλασιάσουν με τον κωδικό ξανά (μηδενίζοντας το μήνυμα του άλλου).

Η γενική περίπτωση μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας ορθογώνια σήματα. Αυτά είναι σήματα που αν τα πολλαπλασιάσει κάποιος ανά 2 το ολοκλήρωμά τους είναι μηδέν. Για τέσσερις χρήστες, ένα παράδειγμα κωδικών είναι το παρακάτω:



Ακολουθεί ένα αριθμητικό παράδειγμα κωδικοποίησης / αποκωδικοποίησης για 2 χρήστες χρησιμοποιώντας τα παρακάτω ορθογώνια σήματα:.



Αποστολέας 1: κωδικός (1,-1) και μήνυμα (1,-1,1,1)

Αποστέλλει: (1,-1, -1,1, 1,-1, 1,-1)

Αποστολέας 2: κωδικός (1,1) και μήνυμα (-1,-1,1,1)

Αποστέλλει: (-1,-1,-1,-1,1,1,1,1)

Περνάνε από το κανάλι:

$(1,-1, -1,1, 1,-1, 1,-1)+(-1,-1,-1,-1, 1,1, 1,1)=(0,-2,-2,0,2,0,2,0)$

Δέκτης 1: $((0+2),(-2+0),(2+0),(2+0))=(2,-2,2,2)=2(1,-1,1,1)$

Δέκτης 2: $((0-2),(-2+0),(2+0),(2+0))=(-2,-2,2,2)=2(-1,-1,1,1)$

6 Πείραμα: Μετάδοση με Διαμόρφωση CDMA

Σε αυτό το πείραμα φτιάχνουμε και κάνουμε εξομοίωση μιας πλήρους αλυσίδας πομπού-καναλιού μετάδοσης – δέκτη σήματος για μια δυαδική μετάδοση με κωδικοποίηση CDMA.

Το πρόγραμμα στο τέλος θα χρησιμοποιεί:

- Γεννήτρια παλμών (DPULSE)
- Πολλαπλασιαστή (MULT)

Οι διαδικασίες σε αυτό το παράδειγμα περιλαμβάνουν:

- Έλεγχο της κυματομορφής που παράγεται στον πομπό
- Παρακολούθηση των λαμβανόμενων κυματομορφών

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.

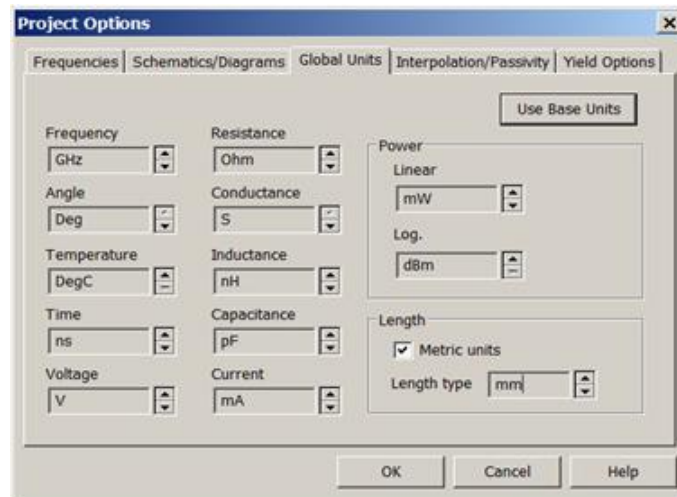
Βήμα 4^ο: Δίνουμε μία ονομασία της επιλογής μας, π.χ. “**CDMA**” το νέο Project, στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται. Αποθηκεύουμε πατώντας **Save**.

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

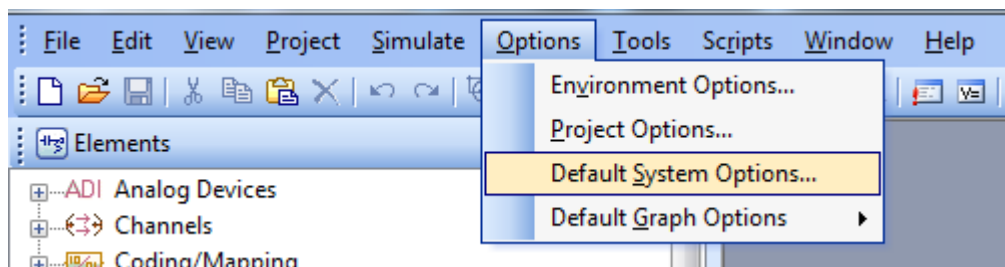
6.2 Ορισμός καθολικών ρυθμίσεων συστήματος

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

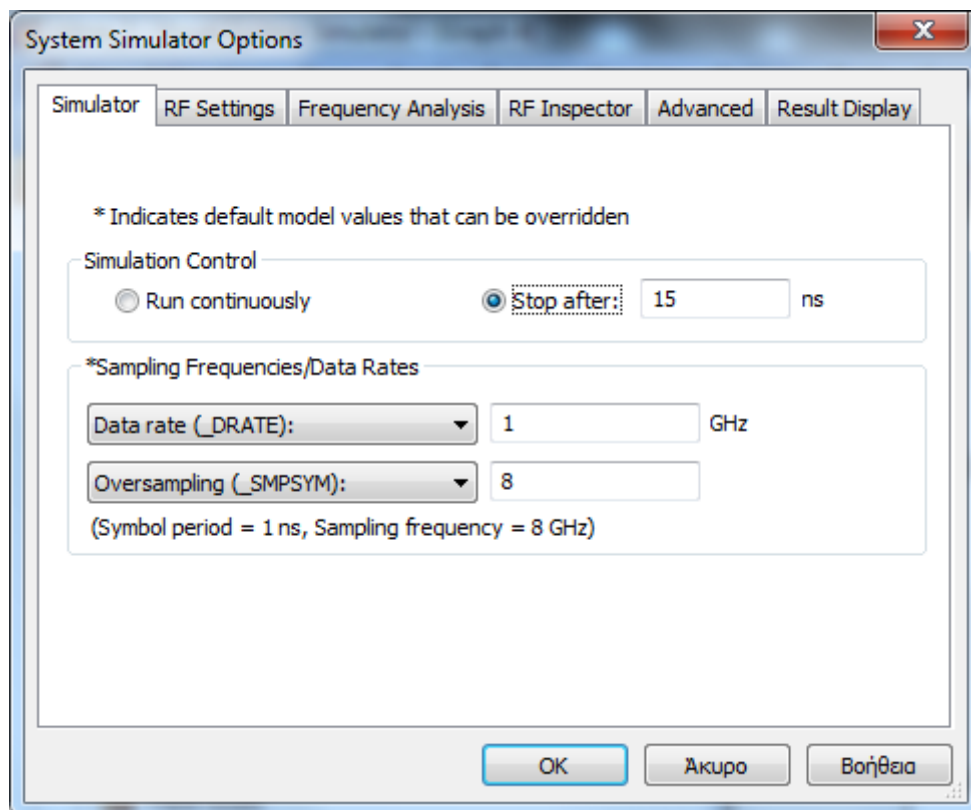
1. Από το οριζόντιο μενού επιλέγουμε **Options> Project Options**
2. Πηγαίνουμε στην καρτέλα **Global Units** και επιβεβαιώνουμε ότι οι ρυθμίσεις αντιστοιχούν με αυτές που δίνονται παρακάτω
3. Πατάμε OK για να αποθηκεύσουμε τις ρυθμίσεις.



4. Στο **menubar**, επιλέγουμε **Options** και στη συνέχεια κάνουμε κλικ στο **Default System Options**.

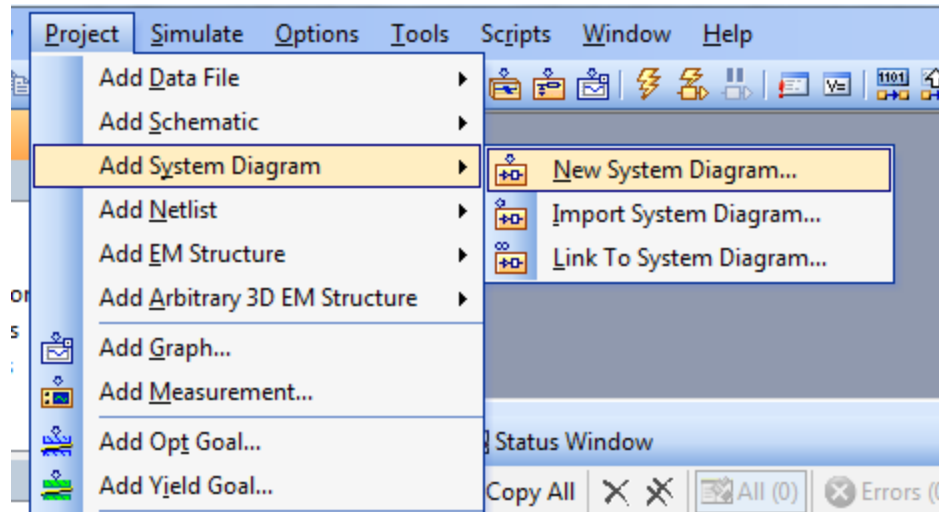


5. Βεβαιωνόμαστε ότι οι ρυθμίσεις είναι όπως παρακάτω και πατάμε OK για αποθήκευση.

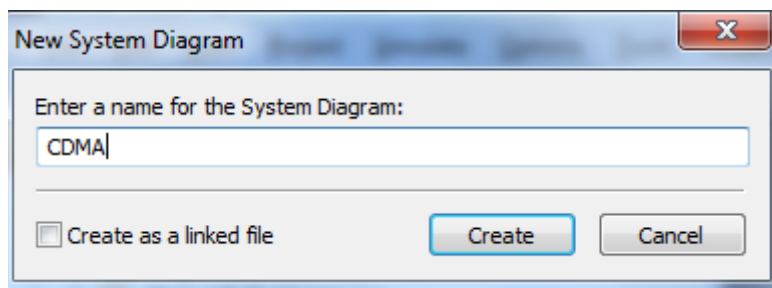


6.3 Δημιουργία διαγράμματος συστήματος για CDMA

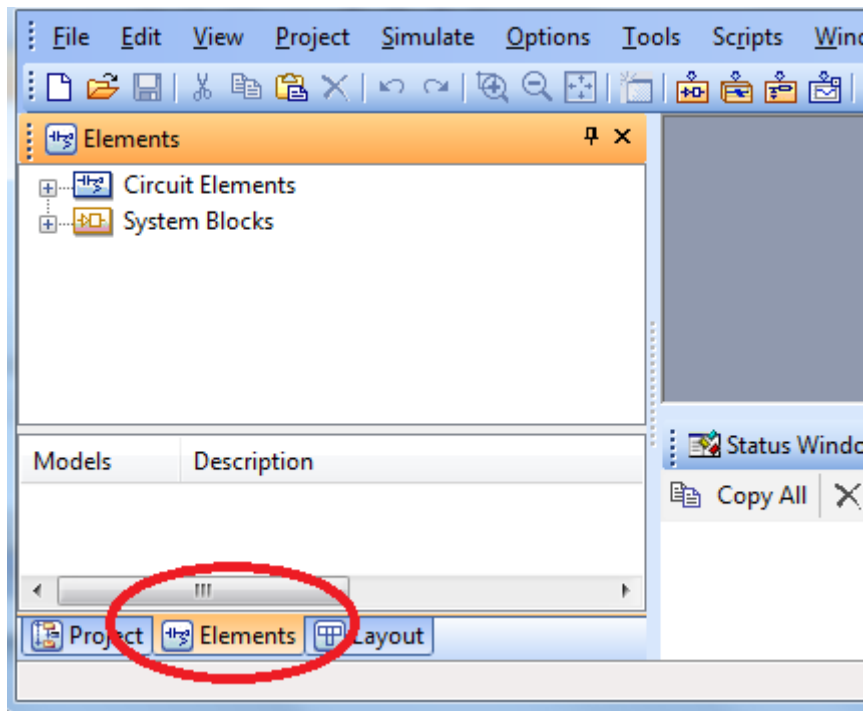
1. Στο μενού **Project**, κάτω από την επιλογή **Add System Diagram**, επιλέγουμε την επιλογή **New System Diagram** όπως φαίνεται στο σχήμα.



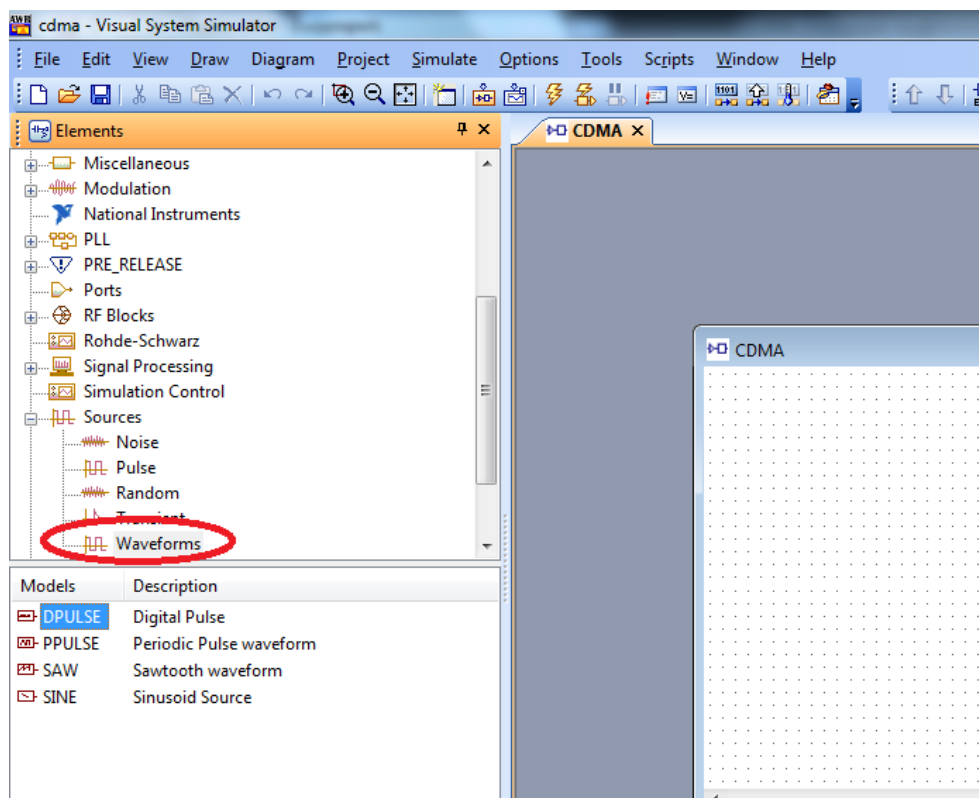
2. Πληκτρολογούμε "**CDMA**" στο πεδίο κειμένου κι πατάμε το κουμπί «**Create**» ακριβώς από κάτω.



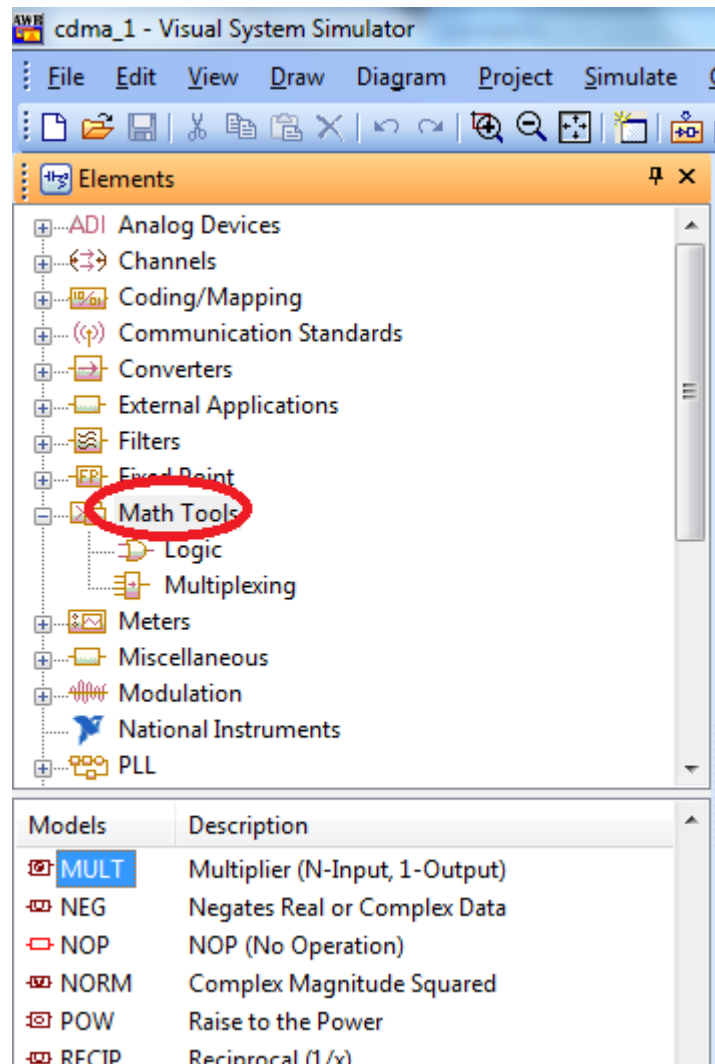
3. Πηγαίνουμε στο **Elements tab** που βρίσκεται στα αριστερά.



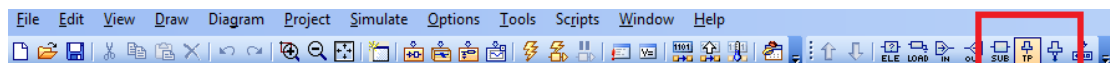
4. Στην κατηγορία **Sources** επιλέγουμε όπως φαίνεται με μπλε στο παρακάτω σχήμα το στοιχείο **DPULSE**. Στη συνέχεια το τοποθετούμε στο διάγραμμα, σύροντάς το, όπως φαίνεται παρακάτω. Θα χρειαστούμε δύο τέτοιες πηγές.



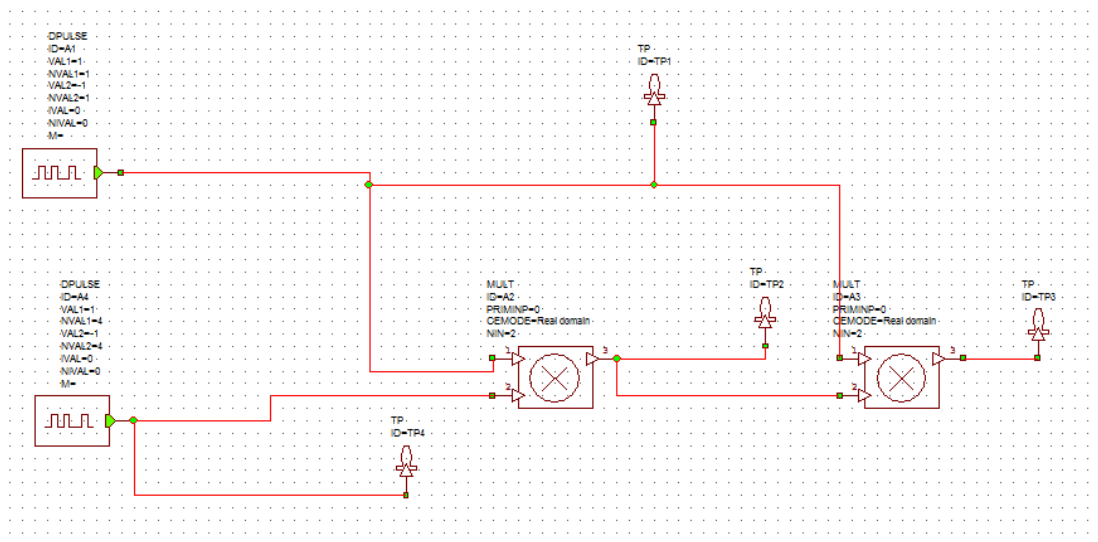
5. Μετά, στην κατηγορία **Math Tools**, επιλέγουμε το **MULT** block και το σύρουμε με τον ίδιο τρόπο και αυτό στο **workspace**. Θα χρειαστούμε σύνολο δύο πολλαπλασιαστές.



6. Μετά πηγαίνουμε στο **toolbar** και πιέζουμε το **Test Point** button (=κουμπί). Τοποθετούμε τέσσερα στο **workspace**.



7. Συνδέουμε τα blocks και τα test points όπως φαίνεται παρακάτω. Αυτό σημαίνει ότι μεταφέρεται σήμα από το ένα block (στοιχείο) στο άλλο. Η σύνδεση στοιχείου με στοιχείο γίνεται κάνοντας κλικ στην έξοδο του προηγούμενου και στη συνέχεια κλικ στην είσοδο του επόμενου. Ένα στοιχείο μπορεί να δίνει σήμα σε πάνω από ένα στοιχεία.



8. Κάνουμε διπλό click στα **DPULSE** block. Βάζουμε τις τιμές που φαίνονται παρακάτω (το **ID** δεν το πειράζουμε).

Για το πρώτο:

Ιδιότητες: Element Options: DPULSE - Digital Pulse

Parameters Statistics Display Symbol

Name	Value	Unit	Tune	Opt	Limit	Lower	Upper	Step	Description
ID	A1								Element ID
VAL1	1		☐	☐	☐	0	0	0	Value of first symbols in pulse train
NVAL1	1		☐	☐	☐	0	0	0	Number of VAL1 symbols
VAL2	-1		☐	☐	☐	0	0	0	Value of second symbols in pulse train
NVAL2	1		☐	☐	☐	0	0	0	Number of VAL2 symbols
IVAL	0		☐	☐	☐	0	0	0	Value of initial symbols
NIVAL	0		☐	☐	☐	0	0	0	Number of initial symbols
M									Alphabet size

Element ID

☒ Enable element Part Number

Show Secondary

OK Ακύρω Βοήθεια Element Help Vendor Help

Για το δεύτερο:

Ιδιότητες; Element Options: DPULSE - Digital Pulse

Parameters Statistics Display Symbol

Name	Value	Unit	Tune	Opt	Limit	Lower	Upper	Step	Description
ID	A4								Element ID
VAL1	1		☐	☐	☐	0	0	0	Value of first symbols in pulse train
NVAL1	4		☐	☐	☐	0	0	0	Number of VAL1 symbols
VAL2	-1		☐	☐	☐	0	0	0	Value of second symbols in pulse train
NVAL2	4		☐	☐	☐	0	0	0	Number of VAL2 symbols
IVAL	0		☐	☐	☐	0	0	0	Value of initial symbols
NIVAL	0		☐	☐	☐	0	0	0	Number of initial symbols
M									Alphabet size

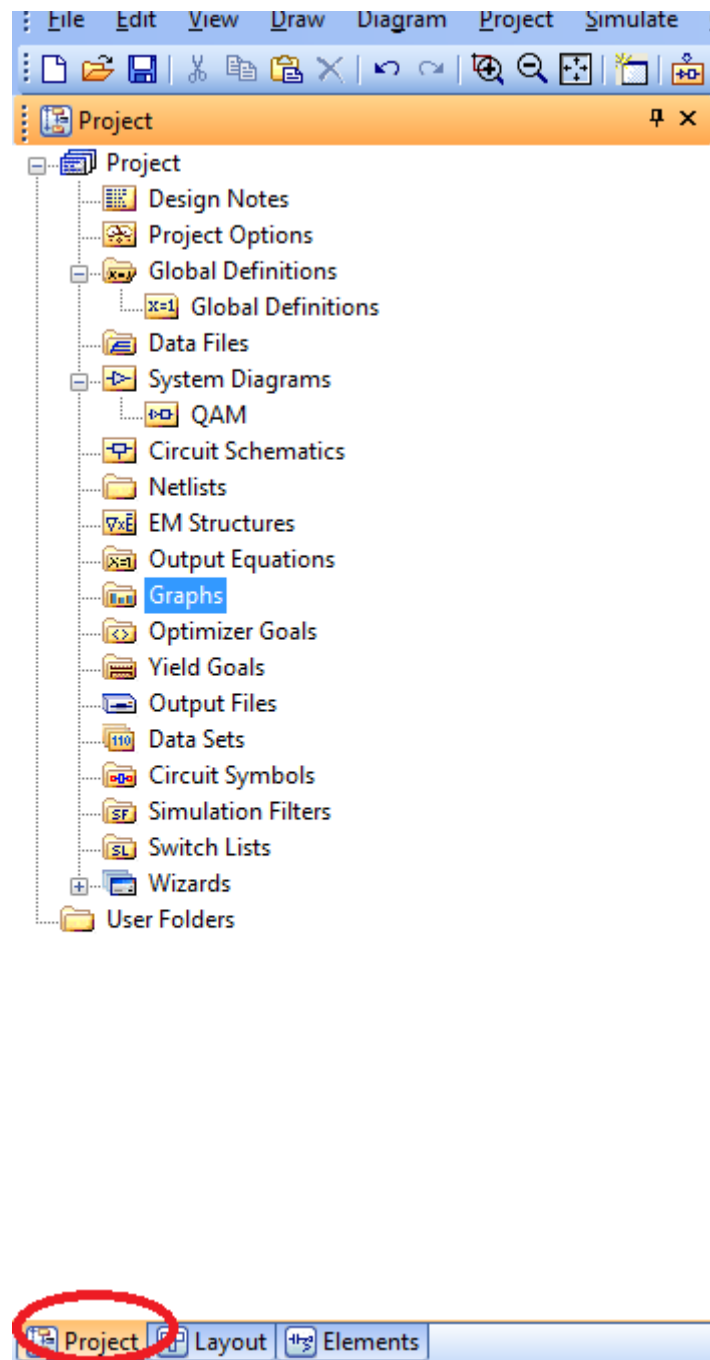
Element ID

☒ Enable element Part Number

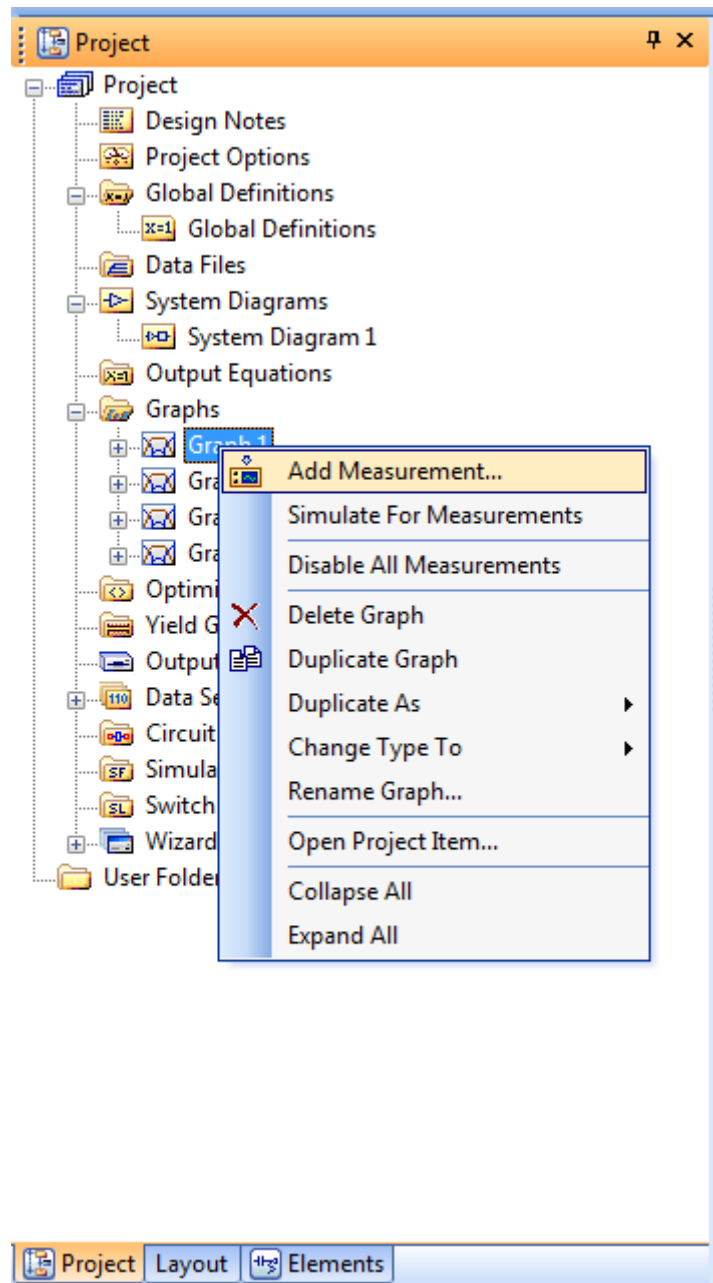
Show Secondary

OK Ακυρο Βοήθεια Element Help Vendor Help

9. Στον **Project Browser**, κάνουμε **δεξί** click στα **Graphs** και μετά επιλέγουμε **New Graph**. Επιλέγουμε Rectangular σαν **graph type**. Μετά κάνουμε click στο **Create**. Όλα αυτά φαίνονται παρακάτω.



10. Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία άλλες τρεις φορές.
11. Στον **Project Browser** κάνουμε **δεξί** click στα graphs ένα-ένα και επιλέγουμε Add Measurement.



12. Στο παράθυρο που θα ανοίγει για κάθε graph, επιλέγουμε System σαν **Measurement Type** και WVFM σαν **Measurement**. Επίσης επιλέγουμε TP.TP1 έως TP.TP4 για τα Graph1 έως Graph4 σαν **Test Point**, και **Time Span** = "15". Το **Units** πρέπει να είναι **ns**. Τέλος κάνουμε click στο **OK** για να αποθηκεύσουμε τις αλλαγές.

Add Measurement to 'Graph 1'

Measurements

Measurement Type

Data
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

System Diagram 1

Test Point

TP.TP1

Time Span

15

Units

ns

☒ Wait For Full Window

Start Offset

0

Units

Samples

Signal Delay

Include delay

X Axis Units

Time

X Axis Start

Absolute values

OK

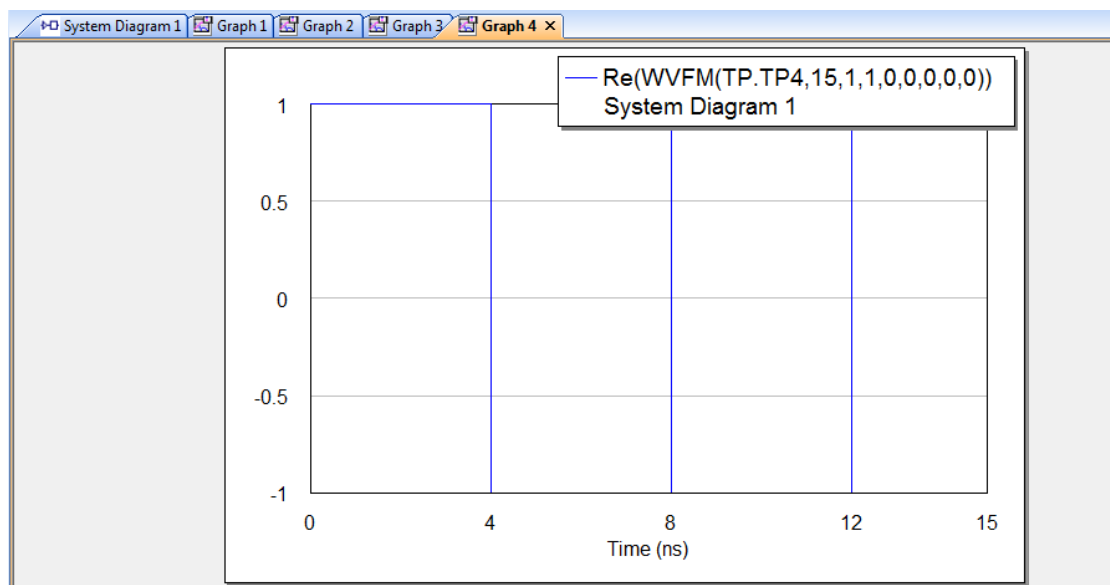
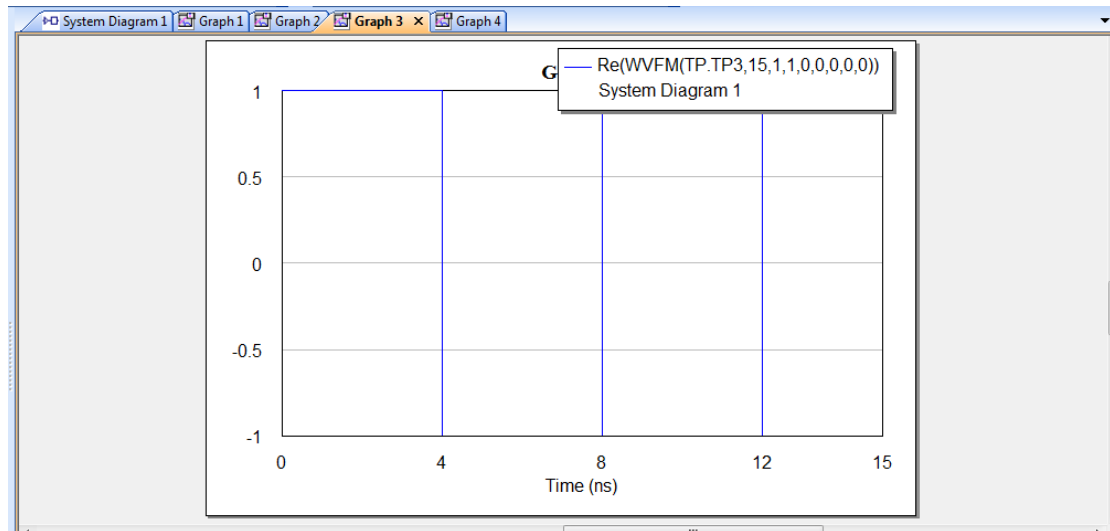
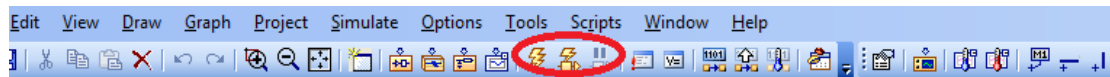
Άκυρο

Βοήθεια

Apply

Meas Help

Αν τρέξει μια φορά η προσομοίωση (πιέζοντας το αντίστοιχο κουμπί στο toolbar, όπως φαίνεται παρακάτω) θα ληφθούν τα πιο κάτω διαγράμματα.



Παρατηρείστε πως τα δύο σήματα (πομπού και δέκτη) είναι ίδια.

7 Λίστα ελέγχου γνώσεων

Αφού ολοκληρώσατε την εκτέλεση της παρούσας εργαστηριακής άσκησης, ξανατρέξτε το αφού κάνετε τις απαραίτητες ρυθμίσεις και συγκρίνετε:

- τα διαγράμματα πομπού και δέκτη για μήνυμα 11111... και κωδικό 1111....

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. http://en.wikipedia.org/wiki/Code_division_multiple_access
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_frequency-division_multiplexing
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_functions