



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

UNIVERSITY OF THE AEGEAN
DEPARTMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING

321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Διδάσκοντες

Μεσαριτάκης Χάρης (Θεωρία), Τάτσης Βασίλειος (Εργαστήριο)

Project

3212018107 Κυριαζής Ιωάννης

3212018161 Παπαδόπουλος Παναγιώτης

Σάμος, Δευτέρα 24 Ιανουαρίου, 2022



321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: Project

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

Κατάλογος Περιεχομένων

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	Βασική Θεωρητική Προετοιμασίασελ. 03
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u>	Απαντήσεις στις Ερωτήσεις.....σελ. 07
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u>	Βιβλιογραφίασελ. 12



321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: Project

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Βασική Θεωρητική Προετοιμασία



Τα φίλτρα επιτρέπουν να μειωθεί σημαντικά το μεταδιδόμενο εύρος ζώνης χωρίς να χάνεται το περιεχόμενο των ψηφιακών δεδομένων. Αυτό βελτιώνει την φασματική απόδοση του σήματος. Υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες φίλτρων, τα πιο συνηθισμένα είναι:

- raised cosine
- square-root raised cosine
- Gaussian filters

Κάθε ταχεία μετάβαση σε ένα σήμα, είτε είναι στο πλάτος, τη φάση, ή τη συχνότητα, απαιτεί ένα μεγάλο εύρος ζώνης. Οποιαδήποτε τεχνική που βοηθά να επιβραδυνθούν αυτές οι μεταβάσεις περιορίζει το εύρος ζώνης που θα καταλαμβάνει το μεταδιδόμενο σήμα. Τα φίλτρα χρησιμεύουν για να εξομαλυνθούν αυτές οι μεταβάσεις. Μειώνει τις παρεμβολές επειδή μειώνει την τάση ενός σήματος ή ενός πομπού να παρεμβαίνει σε ένα άλλο σε συστήματα FDMA. Στο δέκτη, το μειωμένο bandwidth βελτιώνει την ευαισθησία του, επειδή μεγάλο μέρος του θορύβου και των παρεμβολών απορρίπτονται από τα φίλτρα.

RAISED COSINE FILTER

Τα φίλτρα Nyquist λειτουργούν δραστικά στο μεταδιδόμενο σήμα χωρίς να μπλέκουν τους χρόνους των σύμβολων κάνοντάς τα έτσι πιο διακριτά. Αυτό είναι σημαντικό για τη μετάδοση πληροφοριών χωρίς σφάλματα που προκαλούνται από παρεμβολή μεταξύ των συμβόλων (ISI). Συνήθως το φίλτρο χωρίζεται, το μισό είναι στον πομπό και το μισό στο δέκτη. Στην περίπτωση αυτή, τα φίλτρα root Nyquist filters (συνήθως ονομάζονται root raised cosine) χρησιμοποιούνται χωριστά, έτσι ώστε η συνδυασμένη απόκριση τους να είναι ότι και ένα φίλτρο Nyquist.

TRANSMITTER-RECEIVER MATCHED FILTERS

Μερικές φορές είναι επιθυμητό φίλτρο τόσο στον πομπό όσο και στο δέκτη. Το φίλτρο στον πομπό μειώνει το εύρος ζώνης του καναλιού του πομπού (adjacent-channel-power), και ως εκ τούτου τη πιθανότητα παρεμβολής με άλλους πομπούς. Το φίλτρο στο δέκτη μειώνει τις επιδράσεις του θορύβου ευρείας ζώνης και επίσης παρεμβολές από άλλους πομπούς σε κοντινά κανάλια. Για μηδενικές παρεμβολές ISI, και τα δύο φίλτρα έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε το συνδυασμένο αποτέλεσμα των φίλτρων και το υπόλοιπο σύστημα να είναι ένα πλήρες φίλτρο Nyquist. Διαφορές μπορεί να προκληθούν από προβλήματα στην κατασκευή, επειδή ο πομπός και ο δέκτης είναι συχνά κατασκευασμένα από διαφορετικές εταιρείες. Ο δέκτης μπορεί να είναι μία μικρή συσκευή χειρός και ο πομπός μπορεί να είναι ένας μεγάλος σταθμός βάσης. Εάν ο συνδυασμός εκτελείται σωστά τα αποτελέσματα είναι ο καλύτερος ρυθμός δεδομένων, πιο αποτελεσματική χρήση του φάσματος και μείωση των επιπτώσεων των παρεμβολών και θορύβου. Αυτός είναι ο λόγος που τα φίλτρα root-Nyquist χρησιμοποιούνται σε πομπούς και δέκτες.



FILTER BANDWIDTH ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ α

Η ευκρίνεια του raised cosine filter περιγράφεται από το Roll-off factor (α), που δίνει ένα άμεσο μέτρο του χρησιμοποιούμενου bandwidth του συστήματος και υπολογίζεται ως $\text{bandwidth συστήματος} = \text{symbol rate} \times (1 + \alpha)$

Αν το φίλτρο είχε τέλεια χαρακτηριστικά, απότομες εναλλαγές και $\alpha=0$, το εύρος ζώνης που καταλαμβάνει θα είναι:

για $\alpha=0$, $\text{bandwidth} = \text{symbol rate} \times (1 + 0) = \text{symbol rate}$

Ιδανικά, το εύρος ζώνης θα είναι το ίδιο με το ρυθμό των συμβόλων, αλλά αυτό δεν είναι πρακτικά εφικτό. Μηδενικό α είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί.

Το α μερικές φορές ονομάζεται "excess bandwidth factor", καθώς υποδεικνύει το ποσό του εύρους ζώνης που θα απαιτηθεί πέραν του ιδανικού (που θα είναι το ίδιο με το ρυθμό συμβόλων).

Αντίθετα, ένα ευρύτερο φίλτρο με α ίσο με ένα, το οποίο είναι ευκολότερο να εφαρμοστεί, το εύρος ζώνης που καταλαμβάνει θα είναι:

Για $\alpha=1$, $\text{bandwidth} = \text{symbol rate} \times (1 + 1) = 2 \times \text{symbol rate}$

Το $\alpha=1$ χρησιμοποιεί διπλάσιο εύρος ζώνης από το $\alpha=0$. Στην πράξη, είναι δυνατόν να εφαρμοστεί $\alpha < 0,2$ και να δημιουργήσει συμπαγές και πρακτικό σήμα. Τυπικές τιμές κυμαίνονται 0,35 έως 0,5, αν και ορισμένα συστήματα βίντεο χρησιμοποιούν $\alpha = 0,11$. Ο αντίστοιχος όρος για ένα φίλτρο Gaussian είναι BT (bandwidth \times χρόνο). Το bandwidth δεν μπορεί να γίνει δεκτό από την άποψη της BT, επειδή η απόκριση συχνότητας ενός φίλτρου Gauss δεν μηδενίζεται με τον ίδιο τρόπο όπως ένα raised cosine filter. Συνηθισμένες τιμές για το BT είναι 0,3 - 0,5.

FILTER BANDWIDTH

Διαφορετικά bandwidths του φίλτρου έχουν διαφορετικές επιπτώσεις. Για παράδειγμα, σε ένα σήμα QPSK οι διάφορες τιμές του α προκαλούν διαφορές στο διανυσματικό διάγραμμα. Εάν δεν υπάρχει φίλτρο πομπού, όπως φαίνεται στην αριστερή πλευρά του γραφήματος, οι μεταβάσεις μεταξύ των καταστάσεων είναι στιγμιαίες. Μετάδοση αυτού του σήματος θα απαιτούσε άπειρο εύρος ζώνης. Η εικόνα στο κέντρο είναι ένα παράδειγμα ενός σήματος με $\alpha=0,75$. Η εικόνα στα δεξιά δείχνει το σήμα με $\alpha=0,375$. Τα φίλτρα $\alpha=0,75$ και 0,375 εξομαλύνουν τις μεταβάσεις και περιορίζουν το φάσμα συχνοτήτων που απαιτείται. Διαφορετικά α επηρεάζουν και την εκπεμπόμενη ισχύ. Στην περίπτωση χωρίς φίλτρο με α ίσο με άπειρο, η μέγιστη ισχύς είναι η ίδια με την ονομαστική ισχύ σε κάθε σύμβολο. Δεν υπάρχει επιπλέον ισχύς που απαιτείται λόγω του φίλτρου.

Εάν χρησιμοποιηθεί $\alpha=1$, οι μεταβάσεις μεταξύ των καταστάσεων είναι πιο βαθμιαίες από ότι για α άπειρο. Λιγότερη ενέργεια απαιτείται για να χειριστεί αυτές μεταβάσεις. Χρησιμοποιώντας $\alpha=0,5$, το εύρος ζώνης που μεταδίδεται μειώνεται από $2 \times \text{symbol rate}$ σε $1,5 \times \text{symbol rate}$. Αυτό οδηγεί σε μια βελτίωση 25% στο εύρος ζώνης. Το μικρότερο α λαμβάνει μεγαλύτερη μέγιστη ισχύ, λόγω της υπέρβασης της βηματικής απόκρισης του φίλτρου. Αυτό παράγει τροχιές πέρα από τα εξωτερικά όρια του αστερισμού. Με α ίσο με 0,2, η τιμή που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι πομποδέκτες σήμερα, υπάρχει ανάγκη



για σημαντική αύξηση της ισχύος πέρα από αυτή που απαιτείται για τη μετάδοση του συμβόλου. Μια τυπική τιμή της αύξησης της ισχύος που απαιτείται σε $\alpha=0,2$ για QPSK με Nyquist φίλτρο, είναι περίπου 5 dB. Αυτό είναι περισσότερο από τρεις φορές όσο η ισχύς αιχμής.



321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: Project

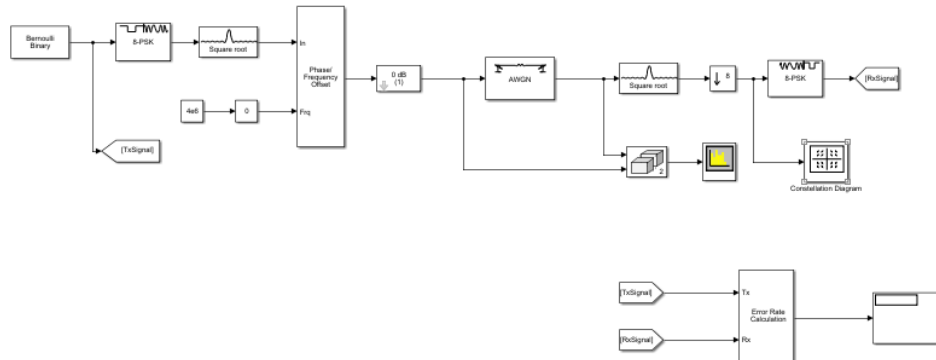
Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Απαντήσεις στις Ερωτήσεις

**ΕΡΩΤΗΣΗ 8**

Αφού φτιάξουμε το παρακάτω κύκλωμα, τρέχουμε την προσομοίωση για $\alpha=1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2$ και 0 σε όλα τα φίλτρα.

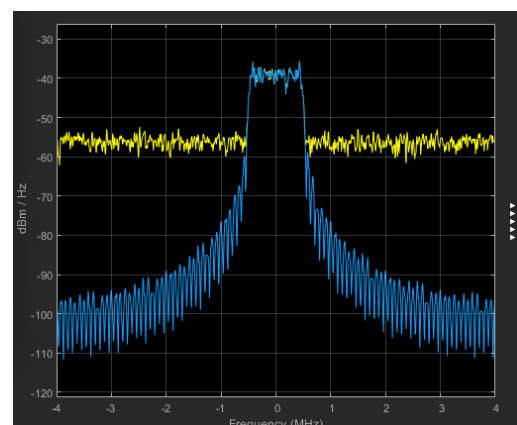
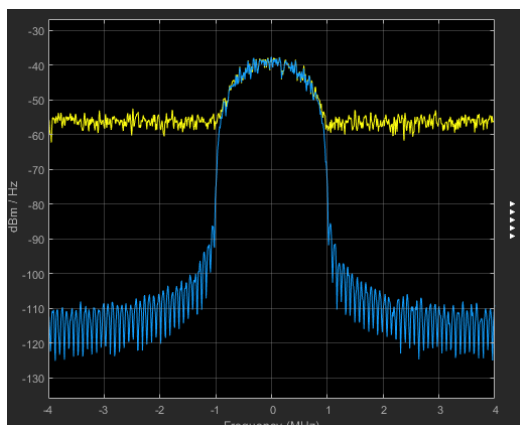


Για κάθε τιμή του α , έχουμε τις αντίστοιχες τιμές BER

Τιμή α	BER
1	2.331e-05
0.8	3.33e-05
0.6	2.997e-05
0.4	3.996e-05
0.2	4.33e-05
0	0.001945

Όσον αφορά το BER, όσο πάμε από το $\alpha=1$ στο $\alpha=0$ αυξάνεται διότι μειώνεται το εύρος ζώνης με αποτέλεσμα να μην μεταδίδεται όλη η πληροφορία.

Όσον αφορά το φάσμα, μειώνεται το εύρος συχνοτήτων στο οποίο θα μεταδοθεί η πληροφορία. Αυτό μπορούμε να το παρατηρήσουμε στα δύο παρακάτω στιγμιότυπα (αριστερό για $\alpha=1$ και δεξί για $\alpha=0$).



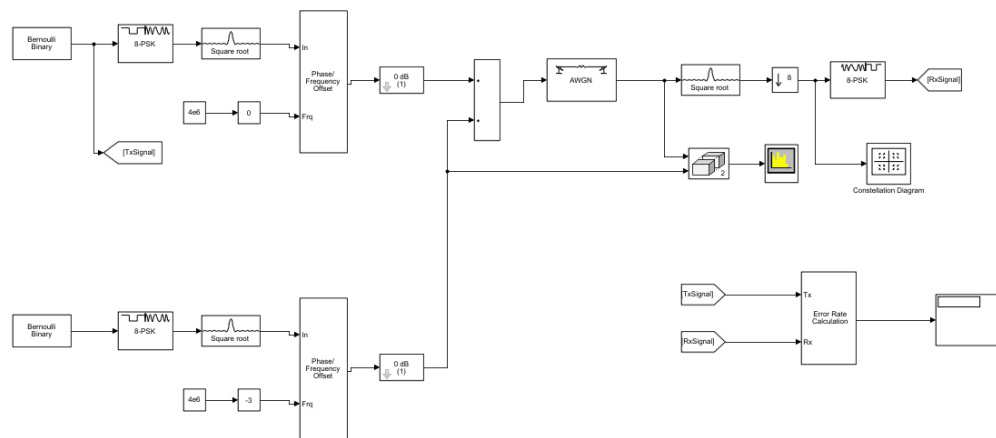


ΕΡΩΤΗΣΗ 9

Στο dBGain block βάλαμε 8dB και πετύχαμε BER ίσο με $1.998e-05$. Αυτό πρακτικά σημαίνει ενίσχυση στο αρχικό σήμα (αύξηση της ισχύος) κατά 8dB.

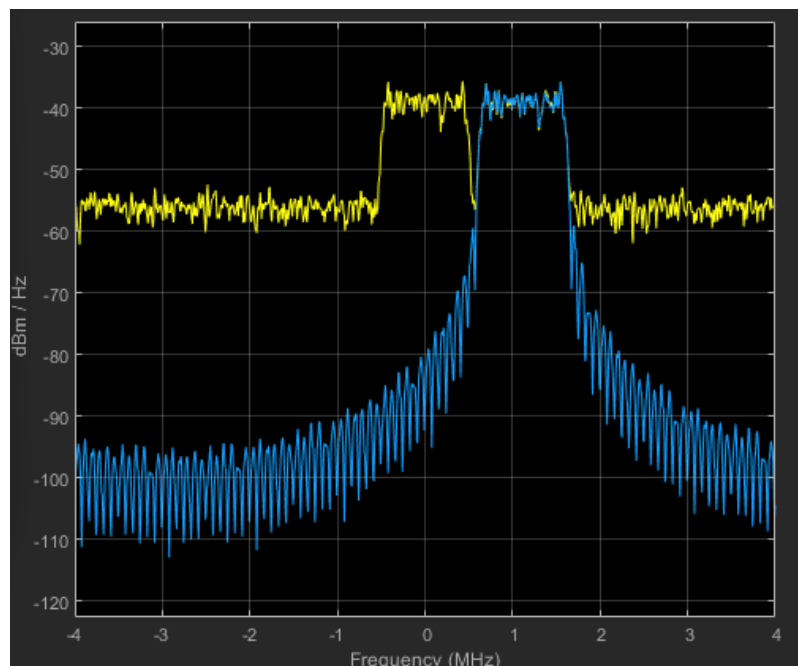
ΕΡΩΤΗΣΗ 14

Αφού φτιάξουμε το παρακάτω κύκλωμα, τρέχουμε την προσομοίωση για $\alpha=0$ σε όλα τα φίλτρα και Interferer slider gain=0.28.



Το BER που παράγεται από το παραπάνω κύκλωμα είναι 0.001992.

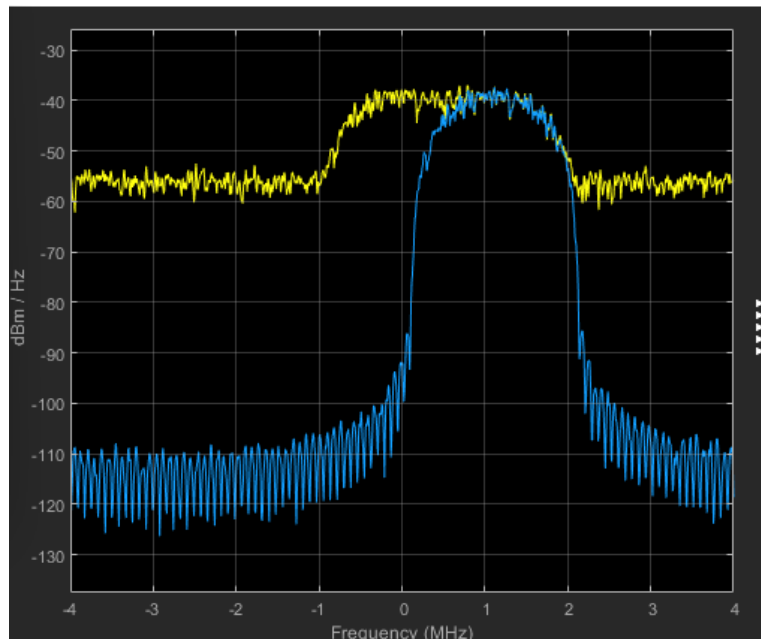
Το φάσμα που χρησιμοποιεί έχει εύρος συχνοτήτων από 0.6MHz έως 1.6MHz.





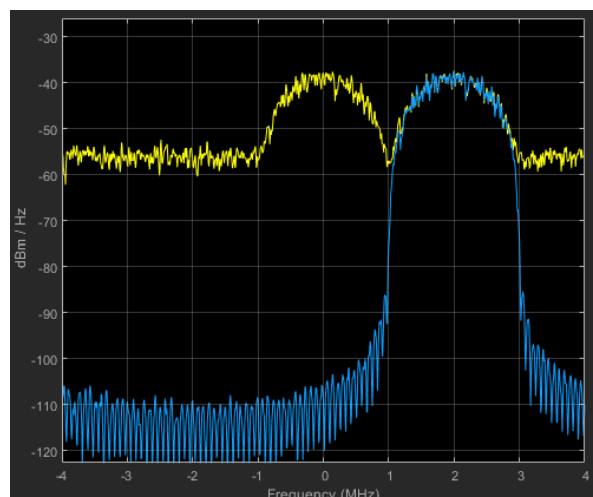
ΕΡΩΤΗΣΗ 15

Τρέχουμε την προσομοίωση για $\alpha=1$ σε όλα τα φίλτρα. Παρατηρούμε ότι το BER αυξήθηκε σε 0.0227. Αυτό συμβαίνει διότι αυξάνουμε το εύρος ζώνης σε όλα τα φίλτρα με αποτέλεσμα να «μπλέκονται» τα σήματα μιας κι έχουμε έναν πομπό παραπάνω. Όπως παρατηρούμε στο παρακάτω στιγμιότυπο που απεικονίζει το φάσμα του κυκλώματος, δεν ξεχωρίζουμε το φάσμα κάθε πομπού.



ΕΡΩΤΗΣΗ 16

Για να μην υπάρχει επικάλυψη στο φάσμα κάθε πομπού, θέσαμε το slider gain στο 0.5. Τώρα το συνολικό φάσμα είναι από 1MHz έως 3MHz.





Σε σύγκριση με $\alpha=0$, όταν $\alpha=1$ με $\text{slider gain}=0.5$ καταφέραμε να μειώσουμε αισθητά το BER σε $2.331\text{e-}05$. Σε αυτό βοήθησε η αύξηση του α από 0 σε 1, δηλαδή περισσότερο εύρος ζώνης σε συνδυασμό με την αύξηση του slider gain από 0.28 σε 0.5.



321-10302– Ψηφιακές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: Project

Παπαδόπουλος Παναγιώτης – Κυριαζής Ιωάννης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Βιβλιογραφία



[1]:<https://eclass.icsd.aegean.gr/modules/document/file.php/ICSD411/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B9%CE%BF/%CE%95%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CE%B1%CE%BA%CE%AD%CF%82%20%CE%91%CF%83%CE%BA%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/project%20Matched%20Filters.pdf>

ΠΕΡΑΣ Project



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ
ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

UNIVERSITY OF THE AEGEAN
DEPARTMENT OF INFORMATION AND
COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING

Kyriazis Ioannis | Papadopoulos Panagiotis

Copyright © 2022 – All Rights Reserved