

## 2<sup>η</sup> ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ «ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΠΤΙΚΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ»

6<sup>ο</sup> ΕΞ. ΤΜ. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ Α.Π.Θ., ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΔΙΚΤΥΩΝ

Καταληκτική Ημ/νία Παράδοσης Εργασίας:

08 Ιουλίου 2022

**ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ:** Η εργασία παραδίδεται υπό τη μορφή τεχνικής έκθεσης (technical report), max. επιτρεπτό font size: Times New Roman 12 pts ή αντίστοιχο. Όπου ζητάται η χρήση SIMULINK να βάζετε και εικόνες με τις γραφικές παραστάσεις που ζητούνται και σε κάθε περίπτωση να εξηγείτε τι δείχνει η κάθε εικόνα, να περιγράφετε τη μεθοδολογία που ακολουθήσατε και να σχολιάζετε τα αποτελέσματα που δίνετε υπό τη μορφή γραφημάτων. Χρησιμοποιήστε το πρόγραμμα subsystem2\_smf.mdl στο Simulink, το οποίο μπορείτε να κατεβάσετε από τη σελίδα του μαθήματος στο elearning.

### Τρόπος υπολογισμού παραμέτρων:

Οι παράμετροι της SMF ίνας **D** (διασπορά), **α** (παράμετρος απωλειών) και **P<sub>p</sub>** (ισχύς κορυφής) υπολογίζονται με βάση τα γράμματα του επιθέτου σας ως εξής:

- Η παράμετρος D** σε psec/nm/km προκύπτει από τη σειρά **k** του πρώτου γράμματος του επιθέτου σας ως  $D=10+(k \bmod 8)$ , όπου **k** δηλώνει τη σειρά του γράμματος μέσα στο αλφάβητο και είναι ακέραιος αριθμός μεταξύ 1 και 24. Επομένως η διασπορά είναι το υπόλοιπο της διαίρεσης του **k** με το 8, αφού σε αυτό προστεθεί το 10, σε μονάδες psec/nm/km. **Παράδειγμα με επίθετο Περίκας:** πρώτο γράμμα επιθέτου το «Π», το οποίο είναι το 16<sup>ο</sup> γράμμα του αλφαβήτου, οπότε  $D = 10 + (16 \bmod 8) = 10 + 0 = 10$  psec/nm/km.
- Η παράμετρος α** σε dB/km προκύπτει από τη σειρά **k** του δεύτερου γράμματος του επιθέτου σας ως  $\alpha=0,2 + 0,2 \cdot (k \bmod 6)$ , όπου **k** δηλώνει τη σειρά του γράμματος μέσα στο αλφάβητο και είναι ακέραιος αριθμός μεταξύ 1 και 24. Επομένως το **α** είναι το υπόλοιπο της διαίρεσης του **k** με το 6, το οποίο το πολλαπλασιάζουμε με το 0,2 και στο αποτέλεσμα προσθέτουμε το 0,2, σε μονάδες dB/km. **Παράδειγμα με επίθετο Περίκας:** δεύτερο γράμμα επιθέτου το «ε», το οποίο είναι το 5<sup>ο</sup> γράμμα του αλφαβήτου, οπότε  $\alpha = 0,2 + 0,2 \cdot (5 \bmod 6) = 0,2 + 0,2 \cdot 5 = 0,2 + 1 = 1,2$  dB/km.
- Η παράμετρος P<sub>p</sub>** σε mW προκύπτει από τη σειρά **k** του τρίτου γράμματος του επιθέτου σας ως  $P_p = 1 + (k \bmod 10)$ , όπου **k** δηλώνει τη σειρά του γράμματος μέσα στο αλφάβητο και είναι ακέραιος αριθμός μεταξύ 1 και 24. Επομένως το **P<sub>p</sub>** είναι το υπόλοιπο της διαίρεσης του **k** με το 10, στο οποίο προσθέτουμε το 1, σε μονάδες mW. **Παράδειγμα με επίθετο Περίκας:** τρίτο γράμμα επιθέτου το «ρ», το οποίο είναι το 17<sup>ο</sup> γράμμα του αλφαβήτου, οπότε  $P_p = 1 + (17 \bmod 10) = 1 + 7 = 8$  mW.

Πριν ξεκινήσετε την επίλυση των ερωτημάτων, στην πρώτη σελίδα της εργασίας σας, συμπεριλάβετε έναν πίνακα με τις τιμές των παραμέτρων που προκύπτουν από το επίθετό σας, στην παρακάτω μορφή:

Εδώ γράψτε το επίθετό σας	D (psec/nm/km)	α (dB/km)	P <sub>p</sub> (mW)
Σειρά 1 <sup>ου</sup> γράμματος, πχ k=16			
Σειρά 2 <sup>ου</sup> γράμματος, πχ k=5			
Σειρά 3 <sup>ου</sup> γράμματος, πχ k=17			

### ΘΕΜΑ 1: Μελέτη διάδοσης παλμών Gauss σε οπτική ίνα SMF

Θεωρείστε ότι έχουμε μετάδοση παλμών Gauss με ρυθμό μετάδοσης 10Gb/s μέσα σε τυπική μονορρυθμική ίνα SMF, η οποία έχει παράμετρο διασποράς **D**, παράμετρο απωλειών **α** και η ισχύς κορυφής των παλμών κατά την εκπομπή τους είναι ίση με **P<sub>p</sub>**, όπου οι τρεις αυτές παράμετροι (**D**, **α** και

Pp) λαμβάνουν τις τιμές τους από τον παραπάνω πίνακα που υπολογίσατε με βάση τα τρία πρώτα γράμματα του επιθέτου σας. **ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ:** στην παράμετρο της ίνας Nonlinear power threshold εισάγετε την τιμή 1 W ώστε να αποφύγετε ανεπιθύμητα μη γραμμικά φαινόμενα!!

Θεωρείστε ότι ο πομπός εκπέμπει παλμούς Gauss με χρονικό εύρος ημίσειας ισχύος ίσο με i) 10psec, ii) 15 psec, iii) 30 psec.

1. Για κάθε μία από αυτές τις τιμές χρονικού εύρους ημίσειας ισχύος και θεωρώντας ότι η παράμετρος αρχικού chirp C είναι ίση με μηδέν και ότι το μήκος της ίνας είναι 8km:
  - i. να δείξετε τη γραφική απεικόνιση των παλμοσειρών στο Simulink (στον παλμογράφο, Timescope, όπου φαίνεται η χρονική κυματομορφή των παλμών) και του συχνοτικού τους περιεχομένου (φάσμα στο Spectrumscope) στην είσοδο και την έξοδο της ίνας.
  - ii. Να μετρήσετε το χρονικό εύρος ημίσειας ισχύος, το φασματικό εύρος ημίσειας ισχύος, και να υπολογίσετε το γινόμενο τους στην είσοδο και την έξοδο της ίνας. Να υπολογίσετε επίσης το χρονικό σημείο  $T_0$ , στο οποίο η ισχύς πέφτει στο  $1/e$  της μέγιστης τιμής της στην είσοδο και την έξοδο της ίνας.
  - iii. Σε κάθε μία περίπτωση, να πείτε αν ο παλμός είναι transform-limited και να υπολογίσετε τον παράγοντα chirp C στην έξοδο της ίνας.
  - iv. Να επιβεβαιώσετε θεωρητικά τις τιμές για το χρονικό εύρος ημίσειας ισχύος που μετράτε από τα διαγνωστικά του SIMULINK στην έξοδο της ίνας (χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες μαθηματικές σχέσεις για τη διάδοση παλμού Gauss).
  - v. Να μετρήσετε την ισχύ κορυφής του παλμού στην έξοδο της ίνας και να υπολογίσετε και θεωρητικά πόσο θα περιμένατε να είναι.
  - vi. Για κάθε μία από τις δυνατές τιμές του χρονικού εύρους των παλμών στην είσοδο της ίνας, να βρείτε ποιο είναι το μέγιστο μήκος ίνας που μπορεί να χρησιμοποιηθεί μέχρι το χρονικό εύρος των παλμών να γίνει 60 psec.
2. Με τις απαντήσεις στο ερώτημα α, κάντε τις εξής γραφικές παραστάσεις:
  - a. του χρονικού εύρους ημίσειας ισχύος του παλμού στην έξοδο της ίνας ως προς το χρονικό εύρος ημίσειας ισχύος του παλμού στην είσοδο της ίνας,
  - b. του παράγοντα χρονικής διεύρυνσης μετά τα 8km ίνας, ξανά ως προς το χρονικό εύρος ημίσειας ισχύος του παλμού στην είσοδο της ίνας, και
  - c. του μέγιστου δυνατού μήκους μετάδοσης μέχρι ο παλμός να γίνει 60psec, ξανά ως προς το χρονικό εύρος ημίσειας ισχύος του παλμού στην είσοδο της ίνας. Τελικά τι αρχικό χρονικό εύρος παλμού συμφέρει να χρησιμοποιήσουμε σε κάθε μία από τις περιπτώσεις αρχικού chirp αν κριτήριό μας είναι να μεταδοθεί στη μέγιστη δυνατή απόσταση χωρίς όμως να ξεπεράσει το εύρος του τα 60 psec?
3. Προσθέτουμε στην έξοδο της SMF ίνας μία ίνα DCF με παράγοντα απωλειών ίσο με  $\alpha_{DCF}=0,5$  dB/km και παράμετρο διασποράς  $D_{DCF}= 90 + (k \bmod 10)$ , όπου k η σειρά του 4<sup>ου</sup> γράμματος του επιθέτου σας μέσα στο αλφάβητο (πχ στο παράδειγμα με επίθετο Περίκας, το 4<sup>ο</sup> γράμμα είναι το «λ», οπότε  $k=11$  και  $D_{DCF}= 90 + (11 \bmod 10) = 90+1 = 91$  psec/nm/km ). Το μήκος της ίνας DCF είναι  $L_{DCF}= 0,7$  km.
  - a. να δείξετε τη γραφική απεικόνιση των παλμοσειρών στο Simulink (στον παλμογράφο, Timescope, όπου φαίνεται η χρονική κυματομορφή των παλμών) στην έξοδο της ίνας DCF και να μετρήσετε το χρονικό εύρος ημίσειας ισχύος και την ισχύ κορυφής τους.
  - b. Να επιβεβαιώσετε θεωρητικά τις τιμές για το χρονικό εύρος ημίσειας ισχύος που μετράτε από τα διαγνωστικά του SIMULINK στην έξοδο της ίνας, χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες μαθηματικές σχέσεις για τη διάδοση παλμού Gauss.
  - c. Να υπολογίσετε τον παράγοντα chirp C στην έξοδο της ίνας DCF.
  - d. Να υπολογίσετε ποιο θα ήταν το βέλτιστο μήκος ίνας DCF που θα έπρεπε να χρησιμοποιηθεί ώστε να επιτυγχάναμε πλήρη αναίρεση διασποράς και να υπολογιστεί πόσο θα ήταν το χρονικό εύρος του παλμού στην έξοδο της ίνας DCF σε αυτή την περίπτωση