



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
UNIVERSITY OF THE AEGEAN  
DEPARTMENT OF INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING

## 321-8654– Οπτικές Επικοινωνίες

Διδάσκων: Μεσαριτάκης Χάρης (Θεωρία), Σαραντόγλου Γεώργιος (Εργαστήριο)

---

### 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

---

3212018107 Κυριαζής Ιωάννης

Σάμος, Τρίτη 11 Ιανουαρίου, 2022



### Κατάλογος Περιεχομένων

<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u>	Ερώτηση 1 .....	σελ. 03
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u>	Ερώτηση 2 .....	σελ. 05
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u>	Ερώτηση 3 .....	σελ. 07
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u>	Ερώτηση 4 .....	σελ. 10
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</u>	Ερώτηση 5 .....	σελ. 11



321-8654– Οπτικές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Κυριαζής Ιωάννης

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Ερώτηση 1



**ΕΡΩΤΗΣΗ 1:** Έστω PAM 8 κωδικοποίηση. Ο ρυθμός αποστολής είναι 25 Gbaud. Σε τι ρυθμό αποστολής bits (Gbps) αντιστοιχεί αυτό το νούμερο ;

Τυπολόγιο που θα χρησιμοποιήσω:

$$S = B / \log_2 M \quad (1)$$

**ΑΠΑΝΤΗΣΗ:**

Με την χρήση του τύπου (1), έχω:

$$B = S * \log_2 8 = 25 \times 3 = 75 \text{ Gbps}$$



321-8654– Οπτικές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Κυριαζής Ιωάννης

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### Ερώτηση 2



**ΕΡΩΤΗΣΗ 2:** Για τον πομπό στο Σχήμα 5, που υλοποιεί ένα QAM 4 σήμα θέσαμε  $V_1 = -V_2 = -0.75V + 0.75$ . Εξηγήστε με πράξεις γιατί αυτός ο όρος οδηγεί σε ισχύ 0 για  $V = -1$  και  $P_{in}$  για  $V = 1$ .

Τυπολόγιο που θα χρησιμοποιήσω:

$$P_{out} = P_{in} \cos^2 \frac{\Delta\phi}{2} = \frac{P_{in}(1 + \cos \Delta\phi)}{2} \quad (1)$$

$$\Delta\phi = \frac{\pi\Delta V}{V_\pi} \quad (2)$$

### ΑΠΑΝΤΗΣΗ:

Ξέρουμε ότι  $g = -0.75$  και  $V_b = 0.75$

Άρα έχουμε ότι:

$$V_1 = -0.75V + 0.75 \text{ και } V_2 = 0.75V - 0.75 \text{ επειδή } V_1 = -V_2$$

Από την σχέση (1):

$$* \text{ για } \Delta\phi = 0, \text{ το } P_{out} = P_{in} \text{ διότι ο όρος } \frac{1 + \cos\Delta\phi}{2} \text{ ισούται με } 1$$

$$\text{Με την χρήση της σχέσης (2) ξέρω ότι } \frac{\pi\Delta V}{V_\pi} = 0 \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = 0 \Rightarrow -V_2 - V_2 = 0 \Rightarrow -2V_2 = 0 \Rightarrow V_2 = 0$$

και με αντικατάσταση το  $V_1$  που μας δίνεται έχουμε:

$$0.75V - 0.75 = 0 \quad (3)$$

$$* \text{ για } \Delta\phi = \pi, \text{ το } P_{out} = 0 \text{ διότι ο όρος } \frac{1 + \cos\Delta\phi}{2} \text{ ισούται με } 0$$

$$\text{Με την χρήση της σχέσης (2) ξέρω ότι } \frac{\pi\Delta V}{V_\pi} = \pi \Rightarrow \Delta V = V_\pi \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_1 - V_2 = V_\pi \Rightarrow -V_2 - V_2 = V_\pi \Rightarrow -2V_2 = V_\pi$$

και με αντικατάσταση το  $V_1$  που μας δίνεται έχουμε:

$$-1.5V + 1.5 = V_\pi \quad (4) \text{ και για να δίνει τα επιθυμητά αποτελέσματα, θα πρέπει } \text{το } V_\pi = 3. \text{ Δηλαδή η σχέση είναι:}$$

$$-1.5V + 1.5 = 3 \quad (4)$$

Με την βοήθεια της σχέσης (3), για να ισχύει πρέπει το  $V = 1$

Με την βοήθεια της σχέσης (4), για να ισχύει πρέπει το  $V = -1$



321-8654– Οπτικές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Κυριαζής Ιωάννης

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

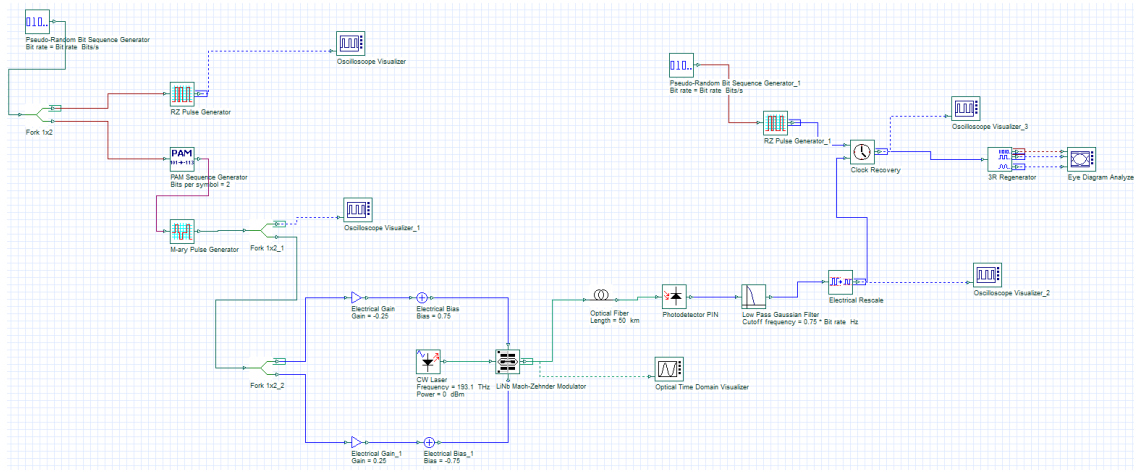
### Ερώτηση 3



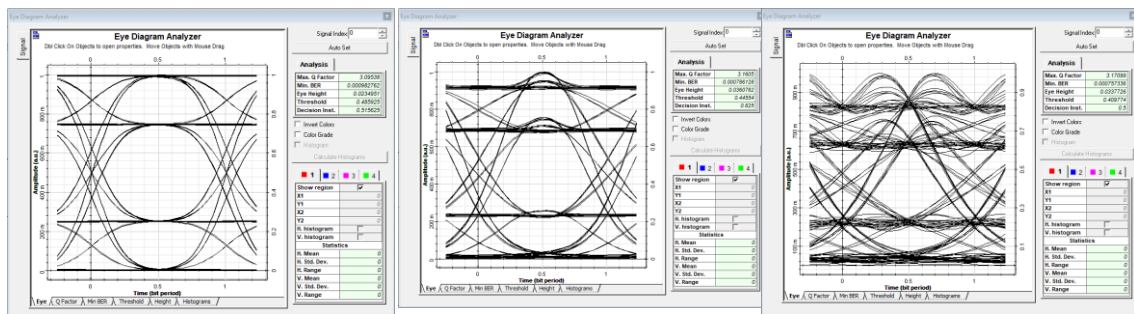
**ΕΡΩΤΗΣΗ 3:** Το σύστημα στο Σχήμα 12 υλοποιεί κωδικοποίηση σε PAM 4 και αποστολή σε μια οπτική ίνα. Αναπαράγετε το και δείξτε το διάγραμμα ματιού για 0, 20, 50 km οπτικής ίνας. Στην περίπτωση των 50 km σας δίνεται ένας DCF 5 km και ένας EDFA 1.9 m. Βρείτε για την περίπτωση αυτή την διασπορά του DCF και την ισχύ άντλησης του EDFA για πλήρη αντιστάθμιση της χρωματικής διασποράς και των απωλειών αντίστοιχα.

### ΑΠΑΝΤΗΣΗ:

Αρχικά φτιάχνουμε το παρακάτω κύκλωμα.



Στην συνέχεια έχουμε τα παρακάτω διαγράμματα ματιού για καθένα μήκος της οπτικής ίνας.

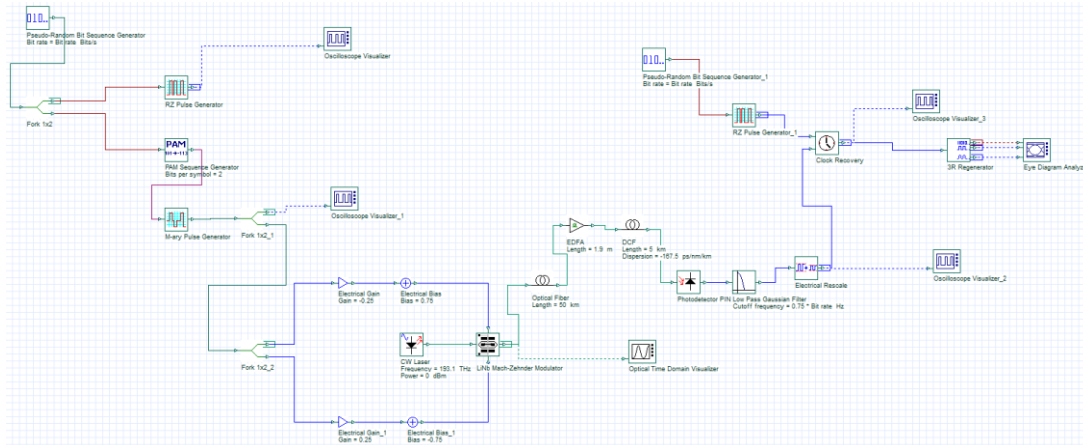


Από τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι το μάτι είναι ευκρινές μόνο όταν η οπτική ίνα δεν υπάρχει (μήκος 0 χιλιομέτρων). Όταν η οπτική ίνα έχει μήκος 20 και 50 χιλιόμετρα, μέσα στο σύστημα παρεμβαλλονται και η διασπορά ανάλογα με το μήκος και για αυτό τον λόγο το μάτι αρχίζει να κλείνει.





Στην περίπτωση που έχουμε 50 χιλιόμετρα οπτική ίνα, EDFA και μία DCF οπτική ίνα, τότε έχουμε το παρακάτω κύκλωμα.

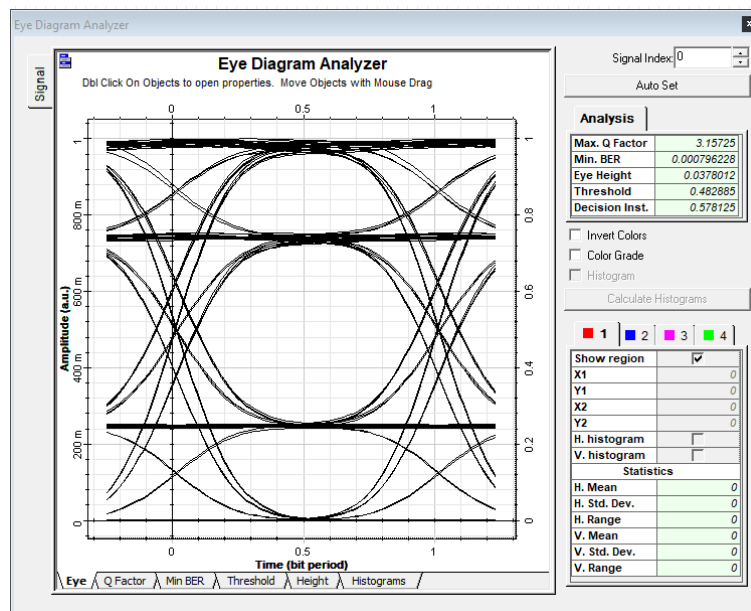


Για να υπολογίσουμε τον όρο διασποράς της DCF θα ακολουθήσουμε τον παρακάτω τύπο.

$$D_1 L_1 + D_2 L_2 = 0 \quad (1)$$

$$50 \cdot 16,75 + 5 \cdot D_2 = 0 \Rightarrow D_2 = -167,5 \text{ ps/nm/km}$$

Με μία ισχύ στον EDFA ίση με 100mW, στο παρακάτω στιγμιότυπο παρατηρούμε ότι το μάτι έρχεται στην κατάσταση που το μήκος της οπτικής ίνας ήταν 0 χιλιόμετρα.





321-8654– Οπτικές Επικοινωνίες

Τίτλος Μελέτης: 5<sup>η</sup> Εργαστηριακή Άσκηση

Κυριαζής Ιωάννης

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4**

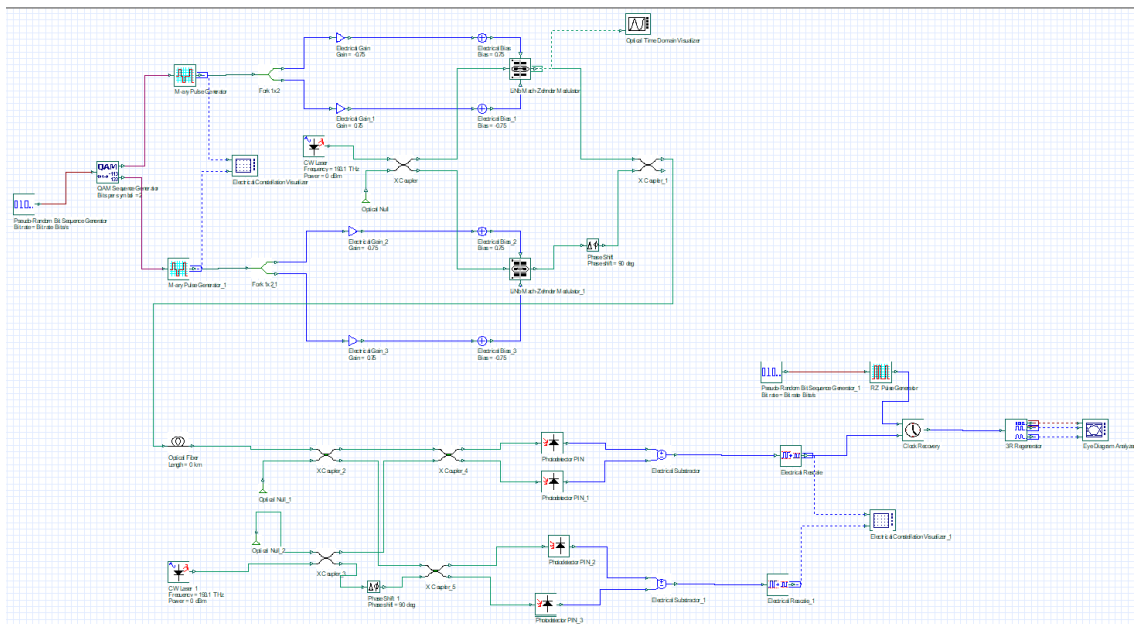
### Ερώτηση 4



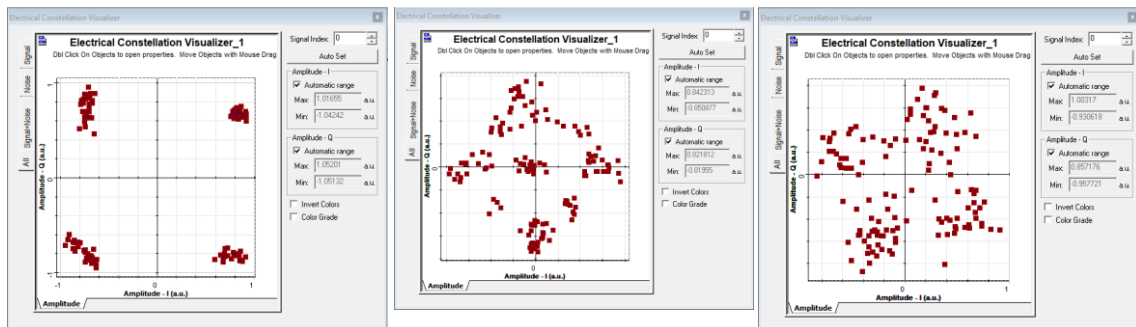
**ΕΡΩΤΗΣΗ 4:** Επαναλάβετε το 4 QAM σύστημα. Δείξτε τα διαγράμματα ματιού και τους αστερισμούς στα Σχήμα 8 Σχήμα 10. Για την περίπτωση 50 km κάντε αντιστάθμιση διασποράς και απωλειών. Σας δίνεται DCF 5 km και ένας EDFA 1.9 m.

### ΑΠΑΝΤΗΣΗ:

Πριν προχωρήσουμε στα διαγράμματα, θα φτιάξουμε το κύκλωμα όπως αυτό φαίνεται στο παρακάτω στιγμιότυπο.

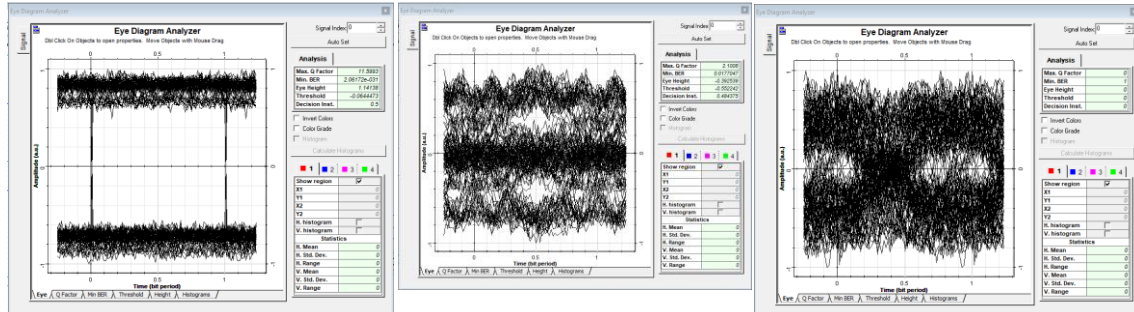


Στην συνέχεια έχουμε τα διαγράμματα αστερισμού.



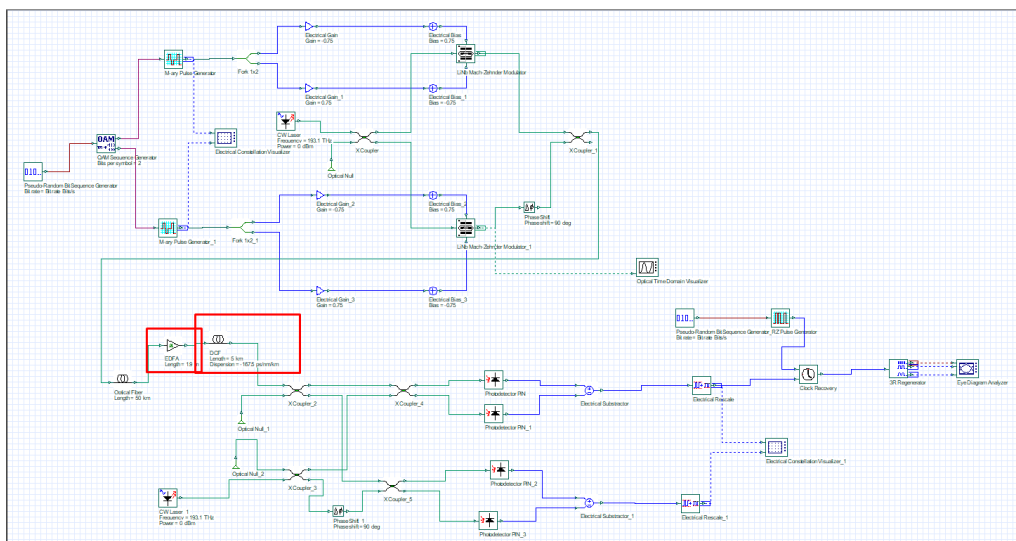


Και στην συνέχεια έχουμε τα διαγράμματα ματιού.



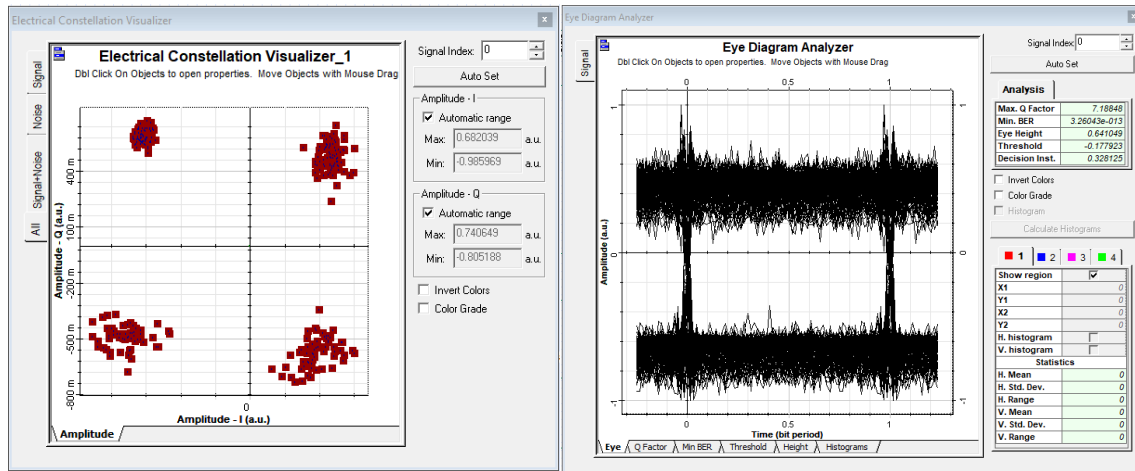
Σε όλα τα παραπάνω διαγράμματα παρατηρούμε ότι όταν το μήκος της οπτικής ίνας είναι ίσο με 0, για τον λόγο ότι οι απώλειες και η χρωματική διασπορά δεν υφίστανται στο σύστημα, το σήμα είναι 100% σωστό. Όσο αυξάνεται το μήκος, λόγω των απωλειών της απόστασης και της χρωματικής διασποράς, το σήμα αλλοιώνεται εντελώς.

Στην συνέχεια προσθέτουμε έναν EDFA και μία DCF οπτική ίνα. Ο όρος διασποράς της θα είναι 167,5.





Παρακάτω φαίνονται τα διαγράμματα αστερισμού και ματιού



Όπως παρατηρούμε, με την πρόσθεση ενός EDFA και την αντιστάθμιση διασποράς και απωλειών με μία DCF οπτική ίνα, το μάτι ανοίγει δηλαδή το BER είναι πολύ μικρό όπως και όταν δεν υπάρχει οπτική ίνα που δείξαμε παραπάνω. Στο διάγραμμα αστερισμού μπορούμε καθαρά να διακρίνουμε τα 4 σύμβολα.

# ΠΕΡΑΣ 5<sup>ης</sup> ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ  
ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

UNIVERSITY OF THE AEGEAN  
DEPARTMENT OF INFORMATION AND  
COMMUNICATION SYSTEMS ENGINEERING

**Kyriazis Ioannis**

Copyright © 2022 – All Rights Reserved