

Όνοματεπώνυμο: ..... AM ..... [ΕΥΑΝΑΓΝΩΣΤΑ !!!]

### ΘΕΜΑ 1 (2 μονάδες)

Το κύκλωμα ανάκτησης φέροντος ενός σύμφωνου αποδιαμορφωτή PSK εισάγει μία χρονική καθυστέρηση στο ανακτημένο φέρον ίση με 10% της περιόδου του σήματος.

- 1) Πόσο είναι το σφάλμα φάσης στον ανακτημένο φορέα; [1 μονάδα].

Το σφάλμα φάσης στον ανακτημένο φορέα θα είναι  $10\% \times 360^\circ = 36^\circ$

- 2) Πόσο θα μειωθεί η τάση των συμβόλων στην είσοδο του δέκτη, εξαιτίας του σφάλματος φάσης; [1 μονάδα].

Η τάση των συμβόλων θα μειωθεί κατά  $\cos(36^\circ)$  ή στο 80,9% της μέγιστης τιμής της.

### ΘΕΜΑ 2 (2 μονάδες)

Ένα σύστημα ψηφιακών επικοινωνιών χρησιμοποιεί διαμόρφωση 16-QAM και επιτυγχάνει ρυθμό 64 kbps. Αν στον πομπό και στον δέκτη έχουν χρησιμοποιηθεί φίλτρα ρίζας υψωμένου συνημιτόνου με  $\alpha=0.5$ , να βρείτε:

- 1) Τον ρυθμό εκπομπής συμβόλων στο κανάλι [1 μονάδα].

Το σύστημα 16-QAM έχει μήκος λέξης  $\log_2(16) = 4 \text{ bits/symbol}$ .

Για τον δοθέντα ρυθμό μετάδοσης ψηφίων (bit rate) 64 kbps, ο ρυθμός συμβόλων θα είναι  $64.000 / 4 = 16.000 \text{ symbols/s}$ .

- 2) Το καταλαμβανόμενο εύρος ζώνης [1 μονάδα].

Για ζωνοδιαβατή σηματοδοσία και ιδανικό (brick-wall,  $a = 0$ ) φιλτράρισμα, ο ρυθμός των  $16.000 \text{ symbols/s}$  απαιτεί ένα ελάχιστο εύρος ζώνης ίσο με τον ρυθμό μετάδοσης συμβόλων των  $16.000 \text{ Hz}$ . Για φίλτρο με  $a = 0,5$  το απαιτούμενο εύρος ζώνης αυξάνεται κατά έναν συντελεστή  $(1 + a) = 1,5$  δηλαδή ανέρχεται στα  $24 \text{ kHz}$ .

### ΘΕΜΑ 3 (2 μονάδες)

Δίνεται ένα σύστημα OFDM με 512 φέροντα, το οποίο χρησιμοποιεί διαμόρφωση BPSK. Μεταξύ των φερόντων μεσολαβεί διάστημα 200 Hz. Το διάστημα προστασίας έχει διάρκεια 1 ms.

- 1) Να υπολογίσετε το εύρος ζώνης και τον ρυθμό μετάδοσης του συστήματος [1 μονάδα].

Διάρκεια συμβόλου:  $T_s = \frac{1}{\Delta f} = \frac{1}{200 \text{ Hz}} = 5 \text{ ms}$

Εύρος ζώνης:  $B = N \cdot \Delta f = 512 \cdot 200 \text{ Hz} = 102,4 \text{ KHz}$

Ρυθμός μετάδοσης:  $R = \frac{\log_2(M) N}{T_s + T_g} = \frac{N}{T} = \frac{512}{(5+1) \text{ ms}} = 85,33 \text{ KHz}$

- 2) Να βρείτε τη συχνότητα δειγματοληψίας του εξερχόμενου σήματος και τον αριθμό των δειγμάτων που «πέφτουν» μέσα στο διάστημα προστασίας, θεωρώντας ότι το σήμα OFDM δημιουργείται με IDFT μήκους 1024 σημείων [1 μονάδα].

Μήκος FFT:  $N_f = 1024$

Ρυθμός δειγματοληψίας:  $f_A = \frac{N_f}{T_s} = \frac{1024}{5 \text{ ms}} = 204,8 \text{ KHz}$

Δείγματα εντός διαστήματος προστασίας:  $N_g = \frac{N_f T_g}{T_s} = \frac{1024 \cdot 1 \text{ ms}}{5 \text{ ms}} = 204$

### EMA 4 (2 μονάδες)

Δίνεται το ψηφιακό σήμα πληροφορίας 11100011 με περίοδο ψηφίου  $T_s = 8 \text{ ns}$ . Το σήμα αυτό κωδικοποιείται με τον κώδικα CDMA (1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1) που έχει διάρκεια ψηφίου 1 ns.

- 1) Να δώσετε την κωδικοποιημένη (κατά CDMA) μορφή του σήματος πληροφορίας [1 μονάδα].

Το σήμα πληροφορίας είναι το 11100011 το οποίο για λόγους ευκολίας πράξεων το γράφουμε ως 1,1,1,-1,-1,-1,1,1.

Στην κλίμακα του 1ns, το κάθε 1 και το κάθε -1 του σήματος πληροφορίας γράφεται 11111111 και -1-1-1-1-1-1-1-1, αντίστοιχα.

Άρα το σήμα πληροφορίας γράφεται (κλίμακα 1ns):

11111111	11111111	11111111	-1-1-1-1-1-1-1-1
-1-1-1-1-1-1-1-1	-1-1-1-1-1-1-1-1	11111111	11111111

Στην ίδια κλίμακα (1 ns), ο κώδικας (επαναλαμβάνοντας τον εαυτό του 8 φορές) είναι:

1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1	1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1	1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1	1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1
1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1	1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1	1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1	1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1

Ο πολλαπλασιασμός των δύο παραπάνω σημάτων είναι η ζητούμενη κωδικοποιημένη (κατά CDMA) μορφή του σήματος πληροφορίας:

1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1	1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1	1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1	-1,1,-1,1,1,-1,-1,1
-1,1,-1,1,1,-1,-1,1	-1,1,-1,1,1,-1,-1,1	1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1	1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1

- 2) Να γίνει η αποκωδικοποίηση του CDMA σήματος και να ελεγχθεί ο ορθότητά της [1 μονάδα].

Πολλαπλασιάζουμε το κωδικοποιημένο σήμα:

1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1    1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1    1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1    -1,1,-1,1,1,-1,-1,1  
 -1,1,-1,1,1,-1,-1,1    -1,1,-1,1,1,-1,-1,1    1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1    1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1

με τον κώδικα:

1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1    1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1    1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1    1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1  
 1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1    1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1    1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1    1,-1, 1,-1,-1,1,1,-1

και λαμβάνουμε:

11111111                    11111111                    11111111                    -1-1-1-1-1-1-1-1  
 -1-1-1-1-1-1-1-1        -1-1-1-1-1-1-1-1        11111111                    11111111

Δηλαδή λάβαμε το αρχικό σήμα πληροφορίας: 11100011. Άρα η CDMA κωδικοποίηση υλοποιήθηκε σωστά.

**ΘΕΜΑ 5 (2 μονάδες)**

Μια διακριτή πηγή πληροφορίας χωρίς μνήμη παράγει 6 διαφορετικά σύμβολα U1...U6, με τις ακόλουθες πιθανότητες αντίστοιχα {0.5, 0.25, 0.15, 0.04, 0.04, 0.02}. Ζητείται:

- 1) Να υπολογίσετε το μέσο πληροφοριακό περιεχόμενο των συμβόλων της πηγής [1 μονάδα].

Το μέσο πληροφοριακό περιεχόμενο ή εντροπία, υπολογίζεται από τη σχέση:

$$H(Y) = -\sum_{i=1}^n p(y_i) \log_2 p(y_i) = -[0.5 \log_2 0.5 + 0.25 \log_2 0.25 + 0.15 \log_2 0.15 + 0.04 \log_2 0.04 + 0.04 \log_2 0.04 + 0.02 \log_2 0.02] = \dots = 0,172 \text{ bits}$$

- 2) Να σχεδιάσετε δυαδικό κώδικα σύμφωνα με τον αλγόριθμο Fano [1 μονάδα].

Ταξινομούμε τα σύμβολα U1...U6 κατά φθίνουσα πιθανότητα και χωρίζουμε σε ισοπίθανες ή σχεδόν ισοπίθανες ομάδες. Στο τέλος αναθέτουμε τα ψηφία ανά σύμβολο.

<b>U1</b>	<b>0.5</b>	<b>0</b>				<b>0</b>		
<b>U2</b>	<b>0.25</b>	<b>1</b>	<b>0</b>			<b>10</b>		
<b>U3</b>	<b>0.15</b>		<b>0</b>			<b>110</b>		
<b>U4</b>	<b>0.04</b>		<b>1</b>	<b>0</b>			<b>1110</b>	
<b>U5</b>	<b>0.04</b>				<b>1</b>	<b>0</b>		<b>11110</b>
<b>U6</b>	<b>0.02</b>			<b>1</b>		<b>1</b>	<b>0</b>	
					<b>1</b>			

Διάρκεια εξέτασης: 1.45'

Καλή επιτυχία !