

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 1998

ΘΕΜΑ 1 (2.0 μονάδες)

Να διατυπώσετε και να σχολιάσετε το Θεώρημα Χωρητικότητας Καναλιού (3ο θεώρημα του Shannon). Πότε ισχύει το θεώρημα : Εάν είχατε να επιλέξετε μεταξύ ενός ενθόρυβου καναλιού με άπειρο εύρος ζώνης και ενός καναλιού με μηδενικό θόρυβο αλλά πεπερασμένο εύρος ζώνης ποιά θα επέλεγате και γιατί ;

ΘΕΜΑ 2 (2.5 μονάδες)

α) Να περιγραφεί το σύστημα DPCM (στη γενική περίπτωση).  
β) Τι παρεμβάσεις θα προτείνατε στο σύστημα DPCM που περιγράψατε ώστε να λειτουργεί ικανοποιητικά ακόμη και όταν η είσοδος έχει στατιστικά χαρακτηριστικά τα οποία μεταβάλλονται με το χρόνο ;

ΘΕΜΑ 3 (3 μονάδες)

Η έξοδος μιάς έγχρωμης ψηφιακής κάμερας (με ανάλυση 500X400 pixels) κωδικοποιείται με χρήση παλέτας 256 χρωμάτων. Εστω ότι οι τιμές χρώματος των pixels είναι μεταξύ τους στατιστικά ανεξάρτητες και ότι σε κάθε pixel τα 256 επίπεδα χρωμάτων εμφανίζονται με τις εξής πιθανότητες:

	1 <sup>ο</sup>	2 <sup>ο</sup>	3 <sup>ο</sup>	4 <sup>ο</sup>
Περιοχή επιπέδων :	0 - 99	100 - 149	150 - 209	210 - 255
Πιθανότητα Εμφάνισης :	0.1	0.5	0.3	0.1

Στα πλαίσια της κάθε περιοχής τα αντίστοιχα χρώματα εμφανίζονται ισοπίθανα. Ζητούνται τα εξής:

α) Να υπολογισθούν το μέσο πληροφοριακό περιεχόμενο του κάθε pixel καθώς και το ολικό πληροφοριακό περιεχόμενο μιας εικόνας (frame) που λαμβάνεται από τη συγκεκριμένη κάμερα.  
β) Εάν η έξοδος της κάμερας (η οποία λαμβάνει με ρυθμό 25 frames/sec) διοχετεύεται σε τηλεπικοινωνιακό κανάλι (με θόρυβο τέτοιο ώστε SNR=20dB) να υπολογισθεί το ελάχιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης ώστε να μεταδοθεί η πληροφορία χωρίς σφάλματα.

ΘΕΜΑ 4 (2.5 μονάδες)

Εστω ότι το αλφάβητο μιάς πηγής πληροφορίας αποτελείται από 20 ισοπίθανα - και στατιστικά ανεξάρτητα μεταξύ τους - σύμβολα. Εάν ο ρυθμός συμβόλων της πηγής είναι 10000 symbols/sec και εάν χρησιμοποιήσουμε Μιαδικό PAM σύστημα διαμόρφωσης για τη μετάδοση της πληροφορίας, να υπολογίσετε το ελάχιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης του καναλιού ώστε να μεταδοθεί η ακολουθία παλμών χωρίς διασυμβολική παρεμβολή. Θεωρούμε ότι το ελάχιστο επιτυγχάνεται όταν το κανάλι είναι ιδανικό και όταν ο παλμός μπορεί να υλοποιηθεί με τη συνάρτηση  $\text{sinc}(x)$ .

Εάν χρησιμοποιήσετε τον καλύτερο δυνατό κώδικα για τη δυαδική αναπαράσταση των συμβόλων και μεταδώσετε την προκύπτουσα ακολουθία των bits χρησιμοποιώντας δυαδικό PAM τότε πόσο θα είναι το ελάχιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης του καναλιού:

Διάρκεια εξετάσεων: 2.0 ώρες

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ !!!

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 1999

ΘΕΜΑ 1 (2.5 μονάδες)

- Εστω ότι το προς μετάδοση αναλογικό σήμα έχει εύρος ζώνης  $B_a=20\text{KHz}$ . Το σήμα αυτό δειγματοληπτείται με ρυθμό ίσο με 1.5 φορές τον ρυθμό του Nyquist και στη συνέχεια τα δείγματα που προκύπτουν διέρχονται μέσα από έναν κβαντιστή  $M$  επιπέδων, όπου  $M=65536$ . Υποθέτουμε ότι τα δείγματα είναι μεταξύ τους στατιστικά ανεξάρτητα και επίσης ότι τα  $M$  επίπεδα τιμών κβάντισης έχουν ίση πιθανότητα εμφάνισης. Ζητούνται:

- Να υπολογιστεί ο ρυθμός πληροφορίας της πηγής.
- Είναι δυνατή η χωρίς σφάλματα μετάδοση της παραπάνω πηγής μέσα από έναν διαύλο με εύρος ζώνης  $60\text{KHz}$  και προσθετικό λευκό θόρυβο με gaussian κατανομή και ισχύ τέτοια ώστε  $\text{SNR}=25\text{dB}$ ;
- Αν είναι δυνατή η μετάδοση, πώς μπορείτε να εκμεταλλευτείτε το επιπλέον εύρος ζώνης για καλύτερη μετάδοση της ίδιας πηγής; Αν δεν είναι δυνατή η μετάδοση πόσο επιπλέον εύρος ζώνης διαύλου χρειάζεστε;

ΘΕΜΑ 2 (2.5 μονάδες)

- Ποιοί τύποι σφαλμάτων συναντώνται σε ένα σύστημα διαμόρφωσης DM και πώς αντιμετωπίζονται;

β) Εστω ότι η είσοδος σε ένα σύστημα DM είναι το σήμα  $x(t)=A\cos 2\pi f_c t$ . Να αποδείξετε ότι για να μην υπεισέρχεται το ένα από τα σφάλματα που θα περιγράψετε στο πρώτο ερώτημα (ποιό;) θα πρέπει να ισχύει ότι:  $A \leq \delta/(2\pi f_c T_s)$ , όπου  $\delta$  είναι το μέγεθος του βήματος και  $T_s$  η περίοδος δειγματοληψίας.

ΘΕΜΑ 3 (2.5 μονάδες)

- Εστω ότι δίνονται 6 αναλογικά σήματα, εκ των οποίων τα 4 έχουν εύρος ζώνης  $2.5\text{KHz}$ , ένα έχει  $5\text{KHz}$  και ένα  $10\text{KHz}$ .

- Αν το κάθε σήμα δειγματοληπτείται με συχνότητα Nyquist, να κατασκευάσετε ένα σύστημα TDM για την πολύπλεξη των δειγμάτων που προκύπτουν.
- Εστω ότι η έξοδος του μεταγωγέα κβαντίζεται με χρήση κβαντιστή 256 επιπέδων. Πόσο είναι το ελάχιστο εύρος ζώνης που απαιτείται για την απευθείας μετάδοση των κβαντισμένων δειγμάτων;
- Εάν η έξοδος του κβαντιστή οδηγείται πρώτα σε δυαδικό κωδικοποιητή τότε πόσο είναι το ελάχιστο εύρος ζώνης για τη μετάδοση των συμβόλων που προκύπτουν;

ΘΕΜΑ 4 (2.5 μονάδες)

- Να δοθεί το διάγραμμα βαθμίδων ενός δυαδικού συστήματος PAM βασικής ζώνης και να περιγραφούν συνοπτικά τα βασικά του στοιχεία.
- Τι είναι η διασυμβολική παρεμβολή και πώς προκύπτει;

Διάρκεια εξετάσεων: 2 ώρες και 15'

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΙΟΥΝΙΟΥ 2000

ΘΕΜΑ 1 (2.5 μονάδες)

- α) Να δώσετε το διάγραμμα βαθμίδων του γενικού μοντέλου ενός ψηφιακού τηλεπικοινωνιακού συστήματος. Ποιός είναι ο ρόλος των βαθμίδων κωδικοποίησης πηγής και καναλιού αντίστοιχα ;
- β) Να διατυπώσετε τα θεωρήματα του Shannon περί κωδικοποίησης πηγής και καναλιού.
- γ) Να αναφέρετε μία τουλάχιστον μέθοδο κωδικοποίησης διακριτής πηγής και μία τουλάχιστον μέθοδο κωδικοποίησης αναλογικής πηγής.

PAM

PCM

ΘΕΜΑ 2 ( 2.5 μονάδες)

- α) Να σχεδιαστεί διάταξη διπλοδυαδικής σηματοδότησης με προκωδικοποίηση. Τι επιτυγχάνουμε με τη διπλοδυαδική σηματοδότηση και γιατί; Ποιό πρόβλημα αντιμετωπίζουμε με την προκωδικοποίηση ;
- β) Εφαρμόστε τη διαδικασία διπλοδυαδικής σηματοδότησης με προκωδικοποίηση στην ακολουθία  $\{b_n\}$ :

1 1 0 1 1 0 0 1 0 1

ΘΕΜΑ 3 (2.5 μονάδες)

- α) Να σχεδιαστούν τα δύο βασικά υποσυστήματα του δέκτη συσχέτισης. Να δωθούν συνοπτικά οι απαραίτητες επεξηγήσεις.
- β) Να διατυπωθεί ο κανόνας απόφασης του αποκωδικοποιητή μέγιστης πιθανοφάνειας (και η θεωρητική αλλά και η ισοδύναμη "πρακτική" έκφραση του κανόνα).

ΘΕΜΑ 4 ( 2.5 μονάδες)

Ισοπίθανα δυαδικά δεδομένα εκπέμπονται σ' ένα μικροκυματικό κανάλι με ρυθμό  $R_b=10^6$  bits/sec. Ο θόρυβος, που υπεισέρχεται στο κανάλι μπορεί να θεωρηθεί προσθετικός, Gaussian, λευκός και με φασματική πυκνότητα ισχύος ίση με  $10^{-10}$  Watt/Hz. Για τη μετάδοση χρησιμοποιούμε ομόδυνο δυαδικό PSK με μέση εκπεμπόμενη ισχύ ίση με 0.0008 Watt. Να βρεθούν οι πιθανότητες σφάλματος για τα δύο διαφορετικά σύμβολα. Ποιος είναι ο ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας για το κανάλι αυτό;

Δίνεται ο παρακάτω πίνακας τιμών της  $\text{erf}(\cdot)$

$u$	$\text{erf}(u)$
1.5	0.9661
2.0	0.9953
2.5	0.9995
3.0	0.9999

και οι εξής χρήσιμοι τύποι:

$$\text{erfc}(u) = 1 - \text{erf}(u) \quad \text{και} \quad H(X/Y) = \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} p(x_j, y_k) \log_2 \left( \frac{1}{p(x_j / y_k)} \right)$$

Διάρκεια εξετάσεων: 2 ώρες και 15'

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ

ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΙΟΥΝΙΟΥ-ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 2001

**ΘΕΜΑ 1** (2.5 μονάδες)

α) Έστω ότι το αλφάβητο μίας διακριτής πηγής πληροφορίας (χωρίς μνήμη) αποτελείται από 6 σύμβολα με τις πιθανότητες εμφάνισης που δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Σύμβολο:	$s_0$	$s_1$	$s_2$	$s_3$	$s_4$	$s_5$
Πιθανότητα Εμφάνισης :	0.27	0.22	0.18	0.15	0.1	0.08

*1, 09 2, 18 2, 47 2, 74 3, 32 3, 69*

Να κωδικοποιηθεί η συγκεκριμένη πηγή με χρήση του αλγορίθμου Huffman και να υπολογισθεί η αποδοτικότητα της κωδικοποίησης.

β) Έστω ότι η παραπάνω πηγή παράγει 1000 σύμβολα ανά δευτερόλεπτο, τα οποία, σύμφωνα με το προηγούμενο ερώτημα, κωδικοποιούνται κατά Huffman. Να ευρεθεί, κατ' αρχήν, η χρονική διάρκεια του κάθε bit στην έξοδο του κωδικοποιητή Huffman. Στη συνέχεια η έξοδος αυτή μεταδίδεται, με χρήση 8-αδικού PAM, σε δίαυλο βασικής ζώνης. Να ευρεθεί το ελάχιστο εύρος ζώνης που απαιτείται για τη μετάδοση των συμβόλων της πηγής.

*1, 75 log<sup>2</sup>*

**ΘΕΜΑ 2** (2.5 μονάδες)

α) Αναφέρατε συνοπτικά (σε 10-15 γραμμές) τα σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των μεθόδων DPCM και DM.

β) Έστω ότι η είσοδος σε ένα σύστημα DM είναι το σήμα  $x(t) = A \cos 2\pi f_c t$ . Να αποδείξετε ότι για να γίνεται σωστά η διαμόρφωση DM θα πρέπει να ισχύει ότι:  $A \leq \delta / (2\pi f_c T_s)$ , όπου  $\delta$  είναι το μέγεθος του βήματος και  $T_s$  η περίοδος δειγματοληψίας.

*Handwritten notes and equations:*  
 $\delta \gg \pi \times x(t)$   
 $L = \frac{2A}{\delta}$   
 $x(t) = A \cdot \cos 2\pi f_c t$   
 $x'(t) = -2\pi f_c A \sin 2\pi f_c t$   
 $T_s \gg \frac{1}{\pi} \times x'(t)$   
 $\frac{\delta}{T_s} \gg 2\pi f_c A$

**ΘΕΜΑ 3** (2.5 μονάδες)

α) Να σχεδιαστεί το διάγραμμα βαθμίδων ενός συστήματος μετάδοσης δυαδικών δεδομένων στη βασική ζώνη και να περιγραφούν συνοπτικά τα δομικά του στοιχεία. Τροποποιήστε το διάγραμμα ώστε να είναι κατάλληλο για τη μετάδοση και M-ιαδικών δεδομένων.

β) Να σχολιαστούν τα σχετικά πλεονεκτήματα του δυαδικού και του M-ιαδικού PAM βασικής ζώνης (αναφορικά με απαιτούμενο εύρος ζώνης, ρυθμό μεταδιδόμενης πληροφορίας, απαιτούμενη ισχύ, πολυπλοκότητα κλπ.).

*Handwritten note:*  $\log_2 M / \log_2 m$

**ΘΕΜΑ 4** (2.5 μονάδες)

α) Να σχεδιαστεί το διάγραμμα βαθμίδων ενός ζωνοπερτού συστήματος μετάδοσης δεδομένων και να περιγραφούν συνοπτικά οι βαθμίδες του.

β) Να διατυπωθεί ο κανόνας απόφασης του αποκωδικοποιητή μέγιστης πιθανοφάνειας. Να διατυπωθεί επίσης η πρακτική έκφραση αυτού του κανόνα.

*Handwritten equation:*  $\hat{x}_{ML}(x/m_b) = (0, N_b)^{-1} \sum_c$

γ) Ποιά είναι η διάσταση και ποιές οι συναρτήσεις βάσης του χώρου σήματος στην περίπτωση της ψηφιακής διαμόρφωσης τύπου FSK;  $\zeta_i = \sqrt{2/T_b} \cos(2\pi f_i t)$

*Handwritten note:*  $\zeta_i = \sqrt{2/T_b} \cos(2\pi f_i t)$

Διάρκεια εξέτασεων: 2 ώρες και 30'

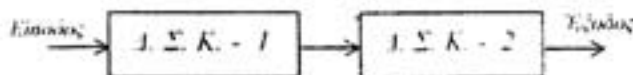
## ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2003

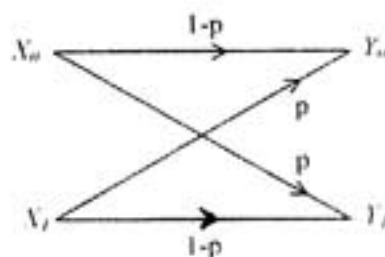
### ΘΕΜΑ 1 (2.5 μονάδες)

α) Τι είναι η εντροπία, η υπό συνθήκη εντροπία και η αμοιβαία πληροφορία, αντίστοιχα; Ποια(-ες) από τις ποσότητες αυτές έχει(-ουν) σχέση με το κανάλι; Πότε μηδενίζονται οι δύο τελευταίες ποσότητες;

β) Δύο δυαδικά συμμετρικά κανάλια είναι συνδεδεμένα σε σειρά, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Βρείτε χωρητικότητα του ολικού καναλιού υποθέτοντας ότι και τα δύο κανάλια διέπονται από το ίδιο διάγραμμα πιθανοτήτων μετάβασης (βλ. Σχήμα 2). Ποια είναι η σχέση της  $C_{\text{ολ}}$  με τη  $C_1$ ;



Σχήμα 1



Σχήμα 2

### ΘΕΜΑ 2 (2.5 μονάδες)

α) Να δοθεί το διάγραμμα βαθμίδων ενός δυαδικού συστήματος PAM βασικής ζώνης και να περιγραφούν συνοπτικά τα βασικά του στοιχεία.

β) Ποια είναι η μορφή της κρουστικής απόκρισης της γεννήτριας παλμών και γιατί;

γ) Τι είναι η διασυμβολική παρεμβολή και πώς προκύπτει;

### ΘΕΜΑ 3 (2.5 μονάδες)

Σε αναλογικό σήμα εφαρμόζεται παλμοκωδική διαμόρφωση με 128 επίπεδα αναπαράστασης. Στο τέλος και οκταδικής κωδικής λέξης, που αναπαριστά ένα δείγμα του αναλογικού σήματος, προστίθεται ένα bit για λόγο συγχρονισμού. Η κωμιομορφή PCM που προκύπτει μεταδίδεται μέσω ενός καναλιού βασικής ζώνης με εύρ 12KHz χρησιμοποιώντας σύστημα δυαδικού PAM το οποίο είναι σχεδιασμένο να έχει φάσμα αναπαραστάσεων συντελεστή αναδίπλωσης ίσο με τη μονάδα. Ζητούνται:

α) Ο ρυθμός, σε bits/sec, με τον οποίο μεταδίδεται η πληροφορία μέσω του καναλιού.

β) Ο ρυθμός δειγματοληψίας του αναλογικού σήματος. Να βρεθεί επίσης η μέγιστη δυνατή τιμή που μπορεί να έ; η υψηλότερη συχνοτική συνιστώσα του αναλογικού σήματος.

γ) Τι πρέπει να κάνουμε εάν επιθυμούμε μεγαλύτερη ακρίβεια στην αναπαράσταση του αναλογικού σήματος;

### ΘΕΜΑ 4 (2.5 μονάδες)

α) Να διατυπωθεί ο κανόνας απόφασης του αποκωδικοποιητή μέγιστης πιθανοφάνειας. Να διατυπωθεί επίσης, πρακτική εκφραση αυτού του κανόνα.

β) Να σχεδιαστεί και να σχολιαστεί το διάγραμμα βαθμίδων του πομπού και του δέκτη ενός ομοδύνου όμοιου FSK. Πότε το σύστημα αυτό καλείται ομοδύνο;

Διάρκεια εξέτασεων: 2 ώρες και 30

## ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2004

### ΘΕΜΑ 1 (1.5 μονάδες)

- Πώς ορίζεται η χωρητικότητα ενός διακριτού καναλιού;
- Πώς υπολογίζεται η χωρητικότητα ενός ιδανικού αναλογικού καναλιού που υποβαθμίζεται από προσθετικό λευκό θόρυβο με κατανομή Gauss ;
- Ποια είναι η σχέση των χωρητικοτήτων του διακριτού και αναλογικού καναλιού;

### ΘΕΜΑ 2 (1.5 μονάδες)

Δίνεται το κανάλι του σχήματος. Το αλφάβητο εισόδου είναι το  $\{0,1\}$ , ενώ διαδοχικά σύμβολα εισόδου είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Κατά τη διέλευση της εισόδου από το κανάλι, εισέρχεται προσθετικός θόρυβος  $Z$ , ο οποίος λαμβάνει τις τιμές 0 και 1 με πιθανότητα  $1/2$ . Η ακολουθία του θορύβου είναι ανεξάρτητη των συμβόλων.



Εάν τα σύμβολα εισόδου είναι ισοπίθανα και εκπέμπονται με ρυθμό 1000 σύμβολα/sec, υπολογίστε το ρυθμό μετάδοσης πληροφορίας μέσα από το κανάλι αυτό.

### ΘΕΜΑ 3 (2.0 μονάδες)

- Να σχεδιαστεί το διάγραμμα βαθμίδων του γενικού μοντέλου ενός ψηφιακού τηλεπικοινωνιακού συστήματος και να σχολιαστεί ο ρόλος των βαθμίδων.
- Σε ποιες βαθμίδες θα τοποθετούσατε τη διαμόρφωση Δέλτα και το φίλτρο ανυψωμένου συνημιτόνου ;
- Ποιος είναι ο λόγος που συχνά εφαρμόζουμε κάποιον τύπο ανομοιόμορφης κβάντισης ;

### ΘΕΜΑ 4 (2.5 μονάδες)

Σε ένα σύστημα μετάδοσης φωνής με πολυπλεξία TDM, χρησιμοποιείται διαμόρφωση PCM. Συγκεκριμένα, το σήμα φωνής κάθε χρήστη δειγματοληπτείται με συχνότητα 8KHz και ψηφιοποιείται με χρήση ομοιόμορφου κβαντιστή 8 bits. Κατόπιν, 8 χρήστες πολυπλέκονται χρονικά και η προκύπτουσα δυαδική ακολουθία μεταδίδεται στη βασική ζώνη με χρήση Μιαδικού PAM μέσω ενός ιδανικού καναλιού εύρους ζώνης  $W=200\text{KHz}$ .

- Ποιο είναι το ελάχιστο  $M$  ώστε να είναι δυνατή η μετάδοση ;
- Αν το σύστημα χρησιμοποιεί φίλτρα μορφοποίησης παλμού ανυψωμένου συνημιτόνου, ποια θα είναι η τιμή του παράγοντα αναδίπλωσης ;

### ΘΕΜΑ 5 (2.5 μονάδες)

- Να σχολιαστούν τα σχετικά πλεονεκτήματα του δυαδικού και του  $M$ -ιαδικού PAM βασικής ζώνης (αναφορικά με απαιτούμενο εύρος ζώνης, ρυθμό μεταδιδόμενης πληροφορίας, απαιτούμενη ισχύ, πολυπλοκότητα κλπ.).
- Να τροποποιηθεί κατάλληλα το διάγραμμα βαθμίδων του συστήματος μετάδοσης δυαδικών δεδομένων στη βασική ζώνη ώστε να μεταδίδει Μιαδικά δεδομένα.
- Να σχεδιαστεί η αναπαράσταση του δυαδικού FSK και του δυαδικού PSK στο χώρο σημάτων.

Διάρκεια εξετάσεων: 2 ώρες και 30'

Κ Α Λ Η Ε Π Ι Τ Υ Χ Ι Α

## ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2006

### ΘΕΜΑ 1 (3.0 μονάδες)

- α) Να σχεδιαστεί το γενικό διάγραμμα βαθμίδων ενός συστήματος ψηφιακής επικοινωνίας. Τι είδους «σήματα» είναι οι είσοδοι και έξοδοι των διαφόρων βαθμίδων;
- β) Με ποιο μαθηματικό μοντέλο καναλιού περιγράφεται ικανοποιητικά ένα ενσύρματο κανάλι;
- γ) Πως ορίζεται ο λευκός θόρυβος;
- δ) Ποια είναι η φυσική σημασία της υπο-συνθήκη εντροπίας και ποια της αμοιβαίας πληροφορίας;
- ε) Ποια είναι, κατά την κρίση σας, η σημαντικότερη συνέπεια της θεωρίας του Shannon σε ότι αφορά τη διέλευση πληροφορίας μέσα από κανάλι με θόρυβο;

### ΘΕΜΑ 2 (2.0 μονάδες)

Δίνεται διακριτή πηγή χωρίς μνήμη με πιθανότητες αλφάβητου εξόδου που ορίζονται ως  $\{0.05, 0.1, 0.15, 0.17, 0.18, 0.22, 0.13\}$ .

- α) Σχεδιάστε έναν τριαδικό κώδικα Huffman χρησιμοποιώντας τα 0, 1 και 2, ως γράμματα, για να κωδικοποιήσετε την παραπάνω πηγή.
- β) Ποιο είναι το μέσο μήκος κωδικής λέξης του κώδικα που προκύπτει;
- γ) Συγκρίνετε το μέσο μήκος κώδικα με την εντροπία της πηγής. (Σημείωση: Στην έκφραση της εντροπίας θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε λογαρίθμους με βάση το 3 για να έχει νόημα η σύγκριση).

### ΘΕΜΑ 3 (2.5 μονάδες)

- α) Ποιες είναι οι βασικές διαφορές της ορθοκανονικής αναπαράστασης κατά Gram-Schmidt με άλλες αναπαραστάσεις (αναπτύξεις) όπως π.χ. σειρά Fourier, ανάπτυξη με συναρτήσεις sinc(·) κλπ.
- β) Ποια είναι τα δύο βασικά τμήματα του βέλτιστου δέκτη ψηφιακά διαμορφωμένων σημάτων (δώστε διάγραμμα βαθμίδων) και ποια η λειτουργία του κάθε τμήματος;
- γ) Πως ορίζεται η διαμόρφωση παλμών κατά θέση (PPM) και σε ποιο χώρο αναπαρίσταται ένα σήμα PPM;

### ΘΕΜΑ 4 (2.5 μονάδες)

Σε ένα σύγχρονο τηλεπικοινωνιακό σύστημα πραγματοποιείται ψηφιακή μετάδοση μέσω καναλιών με περιορισμένο εύρος ζώνης  $W=3,5\text{MHz}$ , ενώ ο λόγος σήματος προς θόρυβο ορίζεται ως  $\text{SNR}=20\text{dB}$ .

- α) Ποια είναι η μέγιστη θεωρητική χωρητικότητα του παραπάνω καναλιού;
- β) Έστω ότι θέλουμε να μεταδώσουμε δεδομένα με ρυθμό  $R_b=11,2\text{Mbps}$  με χρήση ψηφιακής διαμόρφωσης κατά φάση και φίλτρα μορφοποίησης παλμού ανυψωμένου συνημιτόνου. Υπολογίστε τους παράγοντες αναδίπλωσης,  $\rho_1$  και  $\rho_2$ , αν χρησιμοποιήσουμε 4-PSK και 8-PSK, αντίστοιχα;
- γ) Εάν η ισχύς μετάδοσης διατηρείται σταθερή, ποια από τις δύο διαμορφώσεις θα επιλέγατε και γιατί;

## ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΥ 2006

### ΘΕΜΑ 1 (3.0 μονάδες)

- α) Να σχεδιαστεί το γενικό διάγραμμα βαθμίδων ενός συστήματος ψηφιακής επικοινωνίας. Τι είδους «σήματα» είναι οι είσοδοι και έξοδοι των διαφόρων βαθμίδων;
- β) Με ποιο μαθηματικό μοντέλο καναλιού περιγράφεται ικανοποιητικά ένα ενσύρματο κανάλι;
- γ) Πως ορίζεται ο λευκός θόρυβος;
- δ) Ποια είναι η φυσική σημασία της υπο-συνθήκη εντροπίας και ποια της αμοιβαίας πληροφορίας;
- ε) Ποια είναι, κατά την κρίση σας, η σημαντικότερη συνέπεια της θεωρίας του Shannon σε ότι αφορά τη διέλευση πληροφορίας μέσα από κανάλι με θόρυβο;

### ΘΕΜΑ 2 (2.0 μονάδες)

Δίνεται διακριτή πηγή χωρίς μνήμη με πιθανότητες αλφάβητου εξόδου που ορίζονται ως  $\{0.05, 0.1, 0.15, 0.17, 0.18, 0.22, 0.13\}$ .

- α) Σχεδιάστε έναν τριαδικό κώδικα Huffman χρησιμοποιώντας τα 0, 1 και 2, ως γράμματα, για να κωδικοποιήσετε την παραπάνω πηγή.
- β) Ποιο είναι το μέσο μήκος κωδικής λέξης του κώδικα που προκύπτει;
- γ) Συγκρίνετε το μέσο μήκος κώδικα με την εντροπία της πηγής. (Σημείωση: Στην έκφραση της εντροπίας θα πρέπει να χρησιμοποιήσετε λογαρίθμους με βάση το 3 για να έχει νόημα η σύγκριση).

### ΘΕΜΑ 3 (2.5 μονάδες)

- α) Ποιες είναι οι βασικές διαφορές της ορθοκανονικής αναπαράστασης κατά Gram-Schmidt με άλλες αναπαραστάσεις (αναπτύξεις) όπως π.χ. σειρά Fourier, ανάπτυξη με συναρτήσεις sinc(·) κλπ.
- β) Ποια είναι τα δύο βασικά τμήματα του βέλτιστου δέκτη ψηφιακά διαμορφωμένων σημάτων (δώστε διάγραμμα βαθμίδων) και ποια η λειτουργία του κάθε τμήματος;
- γ) Πως ορίζεται η διαμόρφωση παλμών κατά θέση (PPM) και σε ποιο χώρο αναπαρίσταται ένα σήμα PPM;

### ΘΕΜΑ 4 (2.5 μονάδες)

Σε ένα σύγχρονο τηλεπικοινωνιακό σύστημα πραγματοποιείται ψηφιακή μετάδοση μέσω καναλιών με περιορισμένο εύρος ζώνης  $W=3,5\text{MHz}$ , ενώ ο λόγος σήματος προς θόρυβο ορίζεται ως  $\text{SNR}=20\text{dB}$ .

- α) Ποια είναι η μέγιστη θεωρητική χωρητικότητα του παραπάνω καναλιού;
- β) Έστω ότι θέλουμε να μεταδώσουμε δεδομένα με ρυθμό  $R_b=11,2\text{Mbps}$  με χρήση ψηφιακής διαμόρφωσης κατά φάση και φίλτρα μορφοποίησης παλμού ανυψωμένου συνημιτόνου. Υπολογίστε τους παράγοντες αναδίπλωσης,  $\rho_1$  και  $\rho_2$ , αν χρησιμοποιήσουμε 4-PSK και 8-PSK, αντίστοιχα;
- γ) Εάν η ισχύς μετάδοσης διατηρείται σταθερή, ποια από τις δύο διαμορφώσεις θα επιλέγατε και γιατί;



# ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

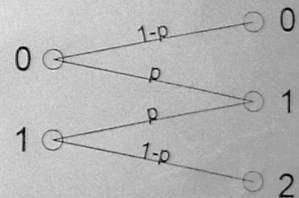
ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΙΟΥΛΙΟΥ 2007

## ΘΕΜΑ 1 (2.0 μονάδες)

- α) Να διατυπώσετε και να σχολιάσετε το Θεώρημα Χωρητικότητας Καναλιού (Shannon-Hartley). Εάν είχατε να επιλέξετε μεταξύ ενός ενθόρυβου καναλιού με άπειρο εύρος ζώνης και ενός καναλιού με μηδενικό θόρυβο αλλά πεπερασμένο εύρος ζώνης ποιο θα επιλέγατε και γιατί ;
- β) Να οριστούν η εντροπία, η υπό συνθήκη εντροπία και η αμοιβαία πληροφορία. Ποια(-ες) από τις ποσότητες αυτές έχει(-ουν) σχέση με το κανάλι; Πότε μηδενίζονται οι δύο τελευταίες ποσότητες;

## ΘΕΜΑ 2 (2.0 μονάδες)

Το κανάλι του διπλανού σχήματος είναι γνωστό ως binary erasure channel. Υπολογίστε τη χωρητικότητά του.



## ΘΕΜΑ 3 (3.0 μονάδες)

- α) Τι γνωρίζετε για την ανομοιόμορφη κβάντιση (λόγοι χρησιμοποίησης, πλεονεκτήματα κλπ.); Πότε δίνει ίδιο αποτέλεσμα με την ομοιόμορφη; Αναφέρατε επιγραμματικά ορισμένες μεθόδους ανομοιόμορφης κβάντισης.
- β) Να βρεθεί η μέση ισχύς του θορύβου κβάντισης, σε ομοιόμορφο κβαντιστή, συναρτήσει του βήματος κβάντισης  $\Delta$ . Υπόθεση: Ο θόρυβος κβάντισης θεωρείται ομοιόμορφα κατανομημένος.
- γ) Δίνεται μια τριγωνική κυματομορφή με πλάτος  $2A$  (peak-to-peak) και περίοδο  $T$ . Η κυματομορφή είναι είσοδος ενός PCM συστήματος που χρησιμοποιεί ομοιόμορφη κβάντιση  $L$  επιπέδων. Να υπολογιστεί το SQNR.

## ΘΕΜΑ 4 (3.0 μονάδες)

- α) Πως ορίζεται η διαμόρφωση PPM και σε ποιο χώρο αναπαρίσταται ένα σήμα PPM;
- β) Το PPM είναι αποδοτικό σε ότι αφορά την ισχύ αλλά μη αποδοτικό σε ότι αφορά το εύρος ζώνης. Μπορείτε να δώσετε μια διαισθητική εξήγηση;
- γ) Ποια είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε ως σύμβολα τετραδικού PAM, τα  $[-3, -1, 1, 3]$  ή τα  $[0, 2, 4, 6]$ ; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- δ) Τι πρέπει να ισχύει ώστε ο κανόνας απόφασης των «εκ των υστέρων πιθανοτήτων» να είναι ισοδύναμος με τον κανόνα απόφασης «μέγιστης πιθανοφάνειας»; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Διάρκεια εξετάσεων: 2 ώρες και 30'

# ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

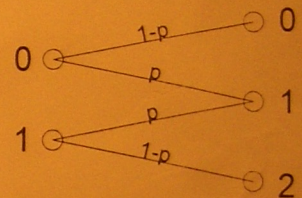
ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΙΟΥΛΙΟΥ 2007

## ΘΕΜΑ 1 (2.0 μονάδες)

- α) Να διατυπώσετε και να σχολιάσετε το Θεώρημα Χωρητικότητας Καναλιού (Shannon-Hartley). Εάν είχατε να επιλέξετε μεταξύ ενός ενθόρυβου καναλιού με άπειρο εύρος ζώνης και ενός καναλιού με μηδενικό θόρυβο αλλά πεπερασμένο εύρος ζώνης ποιο θα επιλέγατε και γιατί;
- β) Να οριστούν η εντροπία, η υπό συνθήκη εντροπία και η αμοιβαία πληροφορία. Ποια(-ες) από τις ποσότητες αυτές έχει(-ουν) σχέση με το κανάλι; Πότε μηδενίζονται οι δύο τελευταίες ποσότητες;

## ΘΕΜΑ 2 (2.0 μονάδες)

Το κανάλι του διπλανού σχήματος είναι γνωστό ως binary erasure channel. Υπολογίστε τη χωρητικότητά του.



## ΘΕΜΑ 3 (3.0 μονάδες)

- α) Τι γνωρίζετε για την ανομοιόμορφη κβάντιση (λόγοι χρησιμοποίησης, πλεονεκτήματα κλπ.); Πότε δίνει ίδιο αποτέλεσμα με την ομοιόμορφη; Αναφέρατε επιγραμματικά ορισμένες μεθόδους ανομοιόμορφης κβάντισης.
- β) Να βρεθεί η μέση ισχύς του θορύβου κβάντισης, σε ομοιόμορφο κβαντιστή, συναρτήσει του βήματος κβάντισης  $\Delta$ . Υπόθεση: Ο θόρυβος κβάντισης θεωρείται ομοιόμορφα κατανομημένος.
- γ) Δίνεται μια τριγωνική κυματομορφή με πλάτος  $2A$  (peak-to-peak) και περίοδο  $T$ . Η κυματομορφή είναι είσοδος ενός PCM συστήματος που χρησιμοποιεί ομοιόμορφη κβάντιση  $L$  επιπέδων. Να υπολογιστεί το SQNR.

## ΘΕΜΑ 4 (3.0 μονάδες)

- α) Πως ορίζεται η διαμόρφωση PPM και σε ποιο χώρο αναπαρίσταται ένα σήμα PPM;
- β) Το PPM είναι αποδοτικό σε ότι αφορά την ισχύ αλλά μη αποδοτικό σε ότι αφορά το εύρος ζώνης. Μπορείτε να δώσετε μια διαισθητική εξήγηση;
- γ) Ποια είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε ως σύμβολα τετραδικού PAM, τα  $[-3, -1, 1, 3]$  ή τα  $[0, 2, 4, 6]$ ; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- δ) Τι πρέπει να ισχύει ώστε ο κανόνας απόφασης των «εκ των υστέρων πιθανοτήτων» να είναι ισοδύναμος με τον κανόνα απόφασης «μέγιστης πιθανοφάνειας»; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.

Διάρκεια εξετάσεων: 2 ώρες και 30'

## ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2007

Εξεταστής: Κ. Μπερμπερίδης

### ΘΕΜΑ 1 (3.0 μονάδες)

α) Να δώσετε το διάγραμμα βαθμίδων του γενικού μοντέλου ενός ψηφιακού τηλεπικοινωνιακού συστήματος. Ποιος είναι ο ρόλος των βαθμίδων κωδικοποίησης πηγής και καναλιού και ποιοι θεμελιώδεις περιορισμοί ισχύουν για τις βαθμίδες αυτές;

β) Να αναφέρετε μία τουλάχιστον μέθοδο κωδικοποίησης διακριτής πηγής και μία αναλογικής πηγής.

γ) Δίνεται τμήμα 10000 χαρακτήρων ελληνικού κειμένου του οποίου το "αλφάβητο" αποτελείται από 32 συνολικά χαρακτήρες (24 γράμματα + 8 ειδικοί χαρακτήρες στίξης και ελέγχου). Έστω ότι οι ομάδες γραμμάτων Α-Θ, Ι-Π και Ρ-Ω εμφανίζονται με πιθανότητες 0.25, 0.35 και 0.2 αντίστοιχα. Υποθέτουμε ότι ο χαρακτήρας της κάθε ομάδας (συμπεριλαμβανομένης και της ομάδας ειδικών χαρακτήρων) εμφανίζονται ισοπίθانا. Αφού κάνετε μια βασική υπόθεση (ποια;) να υπολογίσετε το μέσο πληροφοριακό περιεχόμενο ανά χαρακτήρα και επίσης το ολικό πληροφοριακό περιεχόμενο του συγκεκριμένου τμήματος κειμένου.

### ΘΕΜΑ 2 (2.0 μονάδες)

Δίνονται 6 αναλογικά σήματα, εκ των οποίων τα 4 έχουν εύρος ζώνης 2.5KHz, ένα έχει 5KHz και ένα 10KHz.

α) Αν το κάθε σήμα δειγματοληπτείται με συχνότητα Nyquist, να κατασκευάσετε ένα σύστημα TDM για την πολύπλεξη των δειγμάτων που προκύπτουν.

β) Έστω ότι η έξοδος του μεταγωγέα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη και κβαντίζεται με χρήση κβαντιστή 256 επιπέδων. Αν τα κβαντισμένα δείγματα είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους τότε πόσο είναι το ελάχιστο εύρος ζώνης για τη μετάδοσή τους μέσα από έναν δίαυλο με προσθετικό λευκό θόρυβο με Gaussian κατανομή και ισχύ τέτοια ώστε  $SNR=20dB$ ;

γ) Εάν η έξοδος του μεταγωγέα δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη τότε το ελάχιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο από το προηγούμενο; Να περιγράψετε τη διαδικασία υπολογισμού του.

### ΘΕΜΑ 3 (2.0 μονάδες)

α) Δίνεται τηλεπικοινωνιακό σύστημα στο οποίο η μέθοδος διαμόρφωσης είναι το δυαδικό PAM. Στο εν λόγω σύστημα, με χρήση Κ αναγεννητικών επαναληπτών έχουμε συνολική πιθανότητα σφάλματος (από τον αρχικό πομπό μέχρι τον τελικό δέκτη) που δίνεται από την έκφραση 1 (βλ. κάτω δεξιά), ενώ με χρήση Κ αναλογικών επαναληπτών έχουμε συνολική πιθανότητα σφάλματος που δίνεται από την έκφραση 2. Ζητείται να ερμηνεύσετε και να σχολιάσετε τη διαφορά των δύο εκφράσεων.

β) Έστω ότι μια κεραία εκπέμπει ισότροπα στον κενό χώρο. Τότε γνωρίζουμε ότι η λαμβανόμενη ισχύς σε ένα σημείο που απέχει απόσταση d από το σημείο εκπομπής είναι αντιστρόφως ανάλογη του  $d^2$ . Εξηγείστε το λόγο που συμβαίνει αυτό.

### ΘΕΜΑ 4 (3.0 μονάδες)

α) Μεταξύ ενός δυαδικού αντίποδου και ενός δυαδικού ορθογώνιου συστήματος διαμόρφωσης, ποιο επιτυγχάνει τη μικρότερη πιθανότητα σφάλματος, για ίδιες τιμές  $E_b$  και  $N_0$ ; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας με τη βοήθεια των διαγραμμάτων χώρου των αντίστοιχων σημάτων.

β) Ποιες είναι οι μεταδιδόμενες κυματομορφές σήματος στην περίπτωση της ψηφιακής διαμόρφωσης τύπου 4-FSK και ποια η διάσταση του αντίστοιχου χώρου σημάτων;

γ) Ποια είναι η ελάχιστη δυνατή απόσταση δύο διαδοχικών συχνοτήτων ενός Μ-αδικού FSK ώστε να διασφαλίζεται η συνέχεια φάσης; Γιατί η συνέχεια φάσης είναι επιθυμητή ιδιότητα;

$$(1) P_b \approx KQ \left( \sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \right)$$

$$(2) P_b \approx Q \left( \sqrt{\frac{2E_b}{KN_0}} \right)$$

2<sup>η</sup> Σειρά Θεμάτων

ΘΕΜΑ 1 (6x8=48 μονάδες)

- 1.1) Πότε ένας κώδικας ονομάζεται προθεματικός;
- 1.2) Να αναφερθούν οι λόγοι που η πληροφορία ποσοτικοποιείται ως  $\log(1/p_k)$ .
- 1.3) Από τι κυρίως εξαρτάται η απόδοση της ADPCM; *Γροσάρθεστικω Δ*
- 1.4) Να διατυπωθεί η συνθήκη Nyquist για μηδενική διασυμβολική παρεμβολή. Τι ακριβώς εξασφαλίζει η συνθήκη αυτή; Την αντιμετώπιση του θορύβου, την εξουδετέρωση των συνεπειών του καναλιού ή και τα δύο;
- 1.5) Πως ορίζεται ο λευκός θόρυβος; Δώστε μαθηματικό ορισμό ή φυσική ερμηνεία.
- 1.6) Το PPM είναι αποδοτικό σε ότι αφορά την ισχύ αλλά μη αποδοτικό σε ότι αφορά το εύρος ζώνης. Μπορείτε να δώσετε μια διαισθητική εξήγηση;
- 1.7) Έστω ότι θέλουμε να σχεδιάσουμε ένα QAM με 16 σύμβολα ( $M=16$ ). Προφανώς υπάρχουν πολλές δυνατές διατάξεις των 16 συμβόλων στο επίπεδο. Με βάση ποιο-α κριτήριο-α (κατά την κρίση σας) θα γίνει ο σχεδιασμός;
- 1.8) Ποια είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε ως σύμβολα τα  $[0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14]$ ; ή τα  $[-7, -5, -3, -1, 1, 3, 5, 7]$ ; *--- για QAM τα [-7 -5 -3, -1, 1, 3, 5, 7]* Να αιτιολογήσετε την απ.

ΘΕΜΑ 2 (22 μονάδες)

Έστω ότι για τη μετάδοση 4 διαφορετικών σημάτων εύρους ζώνης 2KHz χρησιμοποιούμε πολυπλεξία TDM και διαμόρφωση PCM. Αρχικά, το κάθε σήμα δειγματοληπτείται με συχνότητα Nyquist και εν συνεχεία ψηφιοποιείται με χρήση ομοιόμορφου κβαντιστή  $N$  bits. Κατόπιν, τα 4 σήματα πολυπλέκονται χρονικά και η προκύπτουσα δυαδική ακολουθία μεταδίδεται στη βασική ζώνη με χρήση 4-αδικού PAM μέσω ενός ιδανικού καναλιού εύρους ζώνης  $W=30\text{KHz}$ .

- α) Ποιο είναι ο μέγιστος αριθμός επιπέδων του κβαντιστή ώστε να είναι δυνατή η μετάδοση;
- β) Αν ο κβαντιστής ήταν 64 επιπέδων και το σύστημα χρησιμοποιούσε φίλτρα μορφοποίησης παλμού ανυψωμένου συνημιτόνου, ποια θα ήταν η τιμή του παράγοντα αναδίπλωσης;

ΘΕΜΑ 3 (30 μονάδες)

Η έξοδος μιας πηγής ακολουθεί κατανομή της οποίας η συνάρτηση πυκνότητας πιθανότητας είναι η  $f(x)=(1/2a)$ , όπου  $-a \leq x \leq a$  και  $0.5 \leq a \leq 1$ . Η έξοδος κβαντίζεται χρησιμοποιώντας ομοιόμορφο κβαντιστή των 2 bit που η δυναμική του περιοχή είναι το διάστημα  $[-1, 1]$ . *κβαντιστής των 2 bits  $\Rightarrow C$  bits/sec αυ...*

1. Υπολογίστε τη μέση παραμόρφωση στην έξοδο του κβαντιστή συναρτήσει της παραμέτρου  $a$ .
2. Υπολογίστε την τιμή της παραμέτρου  $a$  ώστε:
  - a. Να μεγιστοποιείται το SQNR στην έξοδο του κβαντιστή.
  - b. Να μεγιστοποιείται η εντροπία.
3. Αν τα ισοπίθανα σύμβολα στην έξοδο του κβαντιστή εμφανίζονται με ρυθμό 60000 συμβ./sec και μεταδίδονται μέσα από κανάλι εύρους ζώνης 40 KHz, ποιο είναι το ελάχιστο απαιτούμενο SNR στο κανάλι ώστε να έχουμε μετάδοση χωρίς σφάλματα;  $C = B \log_2(1 + \frac{S}{N})$   $(R) = C$   
*bits/sec R = 2x*

Διάρκεια εξετάσεων: 2 ώρες και 15'

Εξεταστής: Κ. Μπερμπερίδης

2<sup>η</sup> Σειρά Θεμάτων**ΘΕΜΑ 1** (6x8=48 μονάδες)

- 1.1) Πόσο πολύ μπορούν να συμπιεστούν τα δεδομένα μιας διακριτής πηγής εάν απαιτείται αποσυμπίεση χωρίς απώλειες;
- 1.2) Να δειχθεί ότι αν γίνει n-οστής τάξης επέκταση μιας πηγής τότε μπορούμε να έχουμε κώδικες που θα είναι ολοένα και πιο κοντά στο θεωρητικό όριο συμπίεσης της πηγής (ποιο;). Ποιο ή ποια μειονεκτήματα θα είχε ένας τέτοιος κώδικας;
- 1.3) Από τι κυρίως εξαρτάται η απόδοση της ADPCM;
- 1.4) Αν για τα δείγματα μιας πηγής που ακολουθούν ομοιόμορφη κατανομή στο διάστημα [-8, 8] σχεδιάσουμε έναν βέλτιστο μη ομοιόμορφο κβαντιστή των 3 bit, τότε ποια αναμένεται να είναι τα όρια και τα κέντρα των περιοχών κβάντισης;
- 1.5) Το PPM είναι αποδοτικό σε ότι αφορά την ισχύ αλλά μη αποδοτικό σε ότι αφορά το εύρος ζώνης. Μπορείτε να δώσετε μια διαισθητική εξήγηση;
- 1.6) Ποια είναι η ελάχιστη δυνατή απόσταση  $\Delta f$  για την οποία επιτυγχάνεται συνέχεια φάσης σε ένα σύστημα M-FSK; Γιατί η συνέχεια φάσης είναι χρήσιμη ιδιότητα;
- 1.7) Πώς μπορούμε ξεκινώντας από το κριτήριο MAP να οδηγηθούμε στο κριτήριο ML; Δώστε μια πρακτική μορφή του κανόνα απόφασης που βασίζεται στο κριτήριο ML.
- 1.8) Γιατί χρησιμοποιείται κωδικοποίηση Gray στα M-ιαδικά συστήματα διαμόρφωσης;

**ΘΕΜΑ 2** (26 μονάδες)

Μια πηγή πληροφορίας παράγει 8 ισοπίθανα σύμβολα με ρυθμό 50 Κσύμβολα /sec. Έστω ότι η έξοδος της κωδικοποιείται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτευχθεί αποδοτικότητα κώδικα ίση με 0.75. Η έξοδος του κωδικοποιητή μεταδίδεται με χρήση M-δικού PAM στη βασική ζώνη μέσω ενός καναλιού με εύρος ζώνης  $W=50$  KHz. Ζητούνται τα εξής:

- α) Ποιο είναι το ελάχιστο M ώστε να είναι δυνατή η μετάδοση;
- β) Αν η έξοδος του κωδικοποιητή μεταδιδόταν με χρήση 4-PSK, σχεδιάστε τηλεπικοινωνιακό σύστημα που θα επιτρέπει τη μετάδοση της μέσα από κανάλι με απόκριση συχνοτήτων:  $|C(f)| = 10^{-2}, |f| \leq W$

**ΘΕΜΑ 3** (26 μονάδες)

Δυαδικά σύμβολα μεταδίδονται σε ένα δυαδικό διακριτό κανάλι χωρίς μνήμη. Το '1' αντιστρέφεται με πιθανότητα 1/2 και το '0' μεταδίδεται ορθά.

α) Εκφράστε την αμοιβαία πληροφορία  $I(X,Y)$  του συγκεκριμένου καναλιού ως συνάρτηση της πιθανότητας εμφάνισης του '1' στην είσοδο του καναλιού;

β) Υπολογίστε τη χωρητικότητα του καναλιού.

Δίνεται ότι: 
$$H(X/Y) = \sum_{k=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{M-1} p(x_j, y_k) \log_2 \left( \frac{1}{p(x_j / y_k)} \right)$$

Διάρκεια εξετάσεων: 2 ώρες και 30'

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ

## ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

ΑΤΥΠΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙ ΠΤΥΧΙΩ ( ΙΟΥΝΙΟΣ 2009)

Εξεταστής: Κ. Μπερπερίδης

### ΘΕΜΑ 1 (5x8=40 μονάδες)

- 1.1) Να δώσετε το διάγραμμα βαθμίδων του γενικού μοντέλου ενός ψηφιακού τηλεπικοινωνιακού συστήματος. Τι είδους είσοδο και έξοδο έχει η κάθε βαθμίδα;
- 1.2) Να οριστούν: η εντροπία, η υπό συνθήκη εντροπία και η αμοιβαία πληροφορία. Ποια(-ες) από τις ποσότητες αυτές έχει(-ουν) σχέση με το κανάλι; Ποια είναι η ελάχιστη και η ποια η μέγιστη τιμή που μπορεί να πάρει η κάθε μία από τις ποσότητες αυτές;
- 1.3) Ποια είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε ως σύμβολα τετραδικού PAM, τα  $[-3, -1, 1, 3]$  ή τα  $[0, 2, 4, 6]$ ; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- 1.4) Σε ποιες περιπτώσεις η ομοιόμορφη κβάντιση είναι προτιμότερη από την ανομοιόμορφη;
- 1.5) Να σχεδιαστεί ο αστερισμός σημάτων ενός 8-PSK και να σημειωθεί η δυαδική λέξη που αντιστοιχεί σε κάθε σύμβολο. Υπάρχει κάποια λογική στην αντιστοίχιση που κάνατε;

### ΘΕΜΑ 2 (20 μονάδες)

Δίνεται μια περιοδική τριγωνική κυματομορφή με τιμές στο διάστημα  $[-A, A]$  και περίοδο  $T$ . Η κυματομορφή είναι είσοδος ενός PCM συστήματος που χρησιμοποιεί ομοιόμορφο κβαντιστή 2 bit με δυναμική περιοχή  $[-A, A]$ . Να υπολογιστεί το SQNR.

### ΘΕΜΑ 2 (20+20 μονάδες)

- 2.1) Έστω ότι έχουμε δύο πηγές. Το αλφάβητο της πρώτης πηγής πληροφορίας αποτελείται από 32 και της δεύτερης από 16 ισοπίθανα και στατιστικά ανεξάρτητα μεταξύ τους σύμβολα. Ο ρυθμός συμβόλων της πρώτης πηγής είναι 10Ksymbols/sec και τις δεύτερης 50Ksymbols/sec. Εάν υποθέσουμε ότι οι πηγές αυτές πολυπλέκονται χρονικά και ότι χρησιμοποιούμε τετραδικό PAM σύστημα διαμόρφωσης για τη μετάδοση της πληροφορίας που προκύπτει μετά τη πολυπλέξια, να υπολογίσετε το ελάχιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης του καναλιού ώστε να μεταδοθεί η ακολουθία παλμών χωρίς διασυμβολική παρεμβολή. Θεωρούμε ότι το ελάχιστο επιτυγχάνεται όταν το κανάλι είναι ιδανικό και όταν ο παλμός μπορεί να υλοποιηθεί με τη συνάρτηση  $\text{sinc}(x)$ .
- 2.2) Εάν χρησιμοποιήσετε τον καλύτερο δυνατό κώδικα για τη δυαδική αναπαράσταση των συμβόλων κάθε πηγής και μεταδώσετε την προκύπτουσα ακολουθία των bits (μετά την πολυπλέξια) χρησιμοποιώντας δυαδικό PAM τότε πόσο θα είναι το ελάχιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης του καναλιού;

Διάρκεια εξετάσεων: 1 ώρα και 40'

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ

## ΨΗΦΙΑΚΕΣ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΕΣ

### ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2010

Εξεταστής: Κ. Μπερμπερίδης

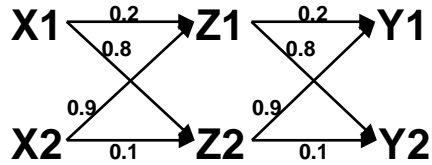
2<sup>η</sup> Σειρά Θεμάτων

#### **ΘΕΜΑ 1** (6x8=48 μονάδες)

- α) Να αναφέρετε μία τουλάχιστον μέθοδο κωδικοποίησης διακριτής πηγής και μία αναλογικής πηγής.
- β) Να δειχθεί ότι αν γίνει  $n$ -οστής τάξης επέκταση μιας πηγής τότε μπορούμε να έχουμε κώδικες που θα είναι ολοένα και πιο κοντά στο θεωρητικό όριο συμπίεσης της πηγής (ποιο;). Ποιο ή ποια μειονεκτήματα θα είχε ένας τέτοιος κώδικας;
- γ) Ποια είναι προτιμότερο να χρησιμοποιήσουμε ως σύμβολα τετραδικού PAM, τα  $[-3, -1, 1, 3]$  ή τα  $[0, 2, 4, 6]$ ; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- δ) Με ποιο από τους τρόπους θα μπορούσε να γίνει η δυαδική κωδικοποίηση των συμβόλων ενός αστερισμού 8-PSK ώστε να επιτυγχάνεται πιθανότητα σφάλματος bit που να είναι περίπου ίση με το  $1/3$  της πιθανότητας σφάλματος συμβόλου; Εκτός από την κατάλληλη κωδικοποίηση ποια άλλη προϋπόθεση πρέπει να ισχύει;
- ε) Δίνονται: i) σύστημα 2-PSK με πλάτος συμβόλου ίσο με 1, και ii) σύστημα 4-PSK με πλάτος συμβόλου ίσο με 2. Σε ποιο από τα δύο συστήματα αναμένεται να έχουμε μικρότερη πιθανότητα σφάλματος και γιατί;
- ζ) Δίνεται δυαδικό PAM βασικής ζώνης με απόσταση συμβόλου από το μηδέν ίση με ένα. Υποθέτουμε ότι προστίθεται θόρυβος με τριγωνική κατανομή τιμών στο εύρος  $[0, 1.5]$  (με την πιθανότητα να μειώνεται όσο οι τιμές μεγαλώνει). Πού θα τοποθετούσατε το κατώφλι απόφασης και γιατί;

#### **ΘΕΜΑ 2** (26 μονάδες)

Δύο δυαδικά κανάλια συνδέονται σε σειρά με τον τρόπο που φαίνεται στο σχήμα (όπου οι αριθμοί αντιπροσωπεύουν πιθανότητες):



α) Υπολογίστε το συνολικό ισοδύναμο κανάλι.

β) Να υπολογιστεί ο ρυθμός μετάδοσης πληροφορίας μέσα από το κανάλι αν  $P(X1)=P(X2)=0.5$  και ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων είναι  $r_s = 10000$  symbols/sec.

$$\text{Δίνονται: } H(A|B) = \sum_i \sum_j p(a_i, b_j) \log\left(\frac{1}{p(a_i|b_j)}\right) \text{ και } p(a|b) = \frac{p(a, b)}{p(b)}$$

### **ΘΕΜΑ 3** (26 μονάδες)

Δίνονται 5 αναλογικά σήματα, εκ των οποίων τα 3 έχουν εύρος ζώνης 2KHz, ένα έχει 4KHz και ένα 8KHz.

α) Αν το κάθε σήμα δειγματοληπτείται με συχνότητα ίση με 1.25 φορές την ελάχιστη απαιτούμενη (Nyquist), να κατασκευάσετε ένα σύστημα TDM για την πολύπλεξη των δειγμάτων που προκύπτουν.

β) Έστω ότι η έξοδος του μεταγωγέα είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη και κβαντίζεται με χρήση κβαντιστή 256 επιπέδων. Στη συνέχεια η προκύπτουσα δυαδική ακολουθία διαμορφώνεται με χρήση ενός 16-PAM και η ακολουθία συμβόλων που δημιουργείται μεταδίδεται μέσα από κανάλι που έχει ιδανική απόκριση στο διάστημα  $-W \text{ KHz} < f < W \text{ KHz}$ . Αν η μορφοποίηση παλμού γίνεται με παλμό ανυψωμένου συνημίτονου με συντελεστή επέκτασης  $\alpha$  (roll-off factor) ίσο με 1.4, να υπολογίσετε το ελάχιστο απαιτούμενο εύρος ζώνης  $W$ .

*Διάρκεια εξετάσεων: 2 ώρες και 15'*

**ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ !**