

## **ΜΑΤLAB: ΕΝΑ ΙΣΧΥΡΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ & ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ I&II**

**Ζιούβα Ευσταθία**  
*Διδ. του Τμήματος Ηλγνων Μηχ/κών &  
Τεχν/γίας Η/Υ του Π. Πατρών*  
*ziouva@otenet.gr*

**Φούζα Χριστίνα**  
*Καθηγήτρια Πληροφορικής*  
*xrifo@otenet.gr*

### **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Πολλές φορές, ο εξοπλισμός των εργαστηρίων πληροφορικής σε υλικό και λογισμικό δεν επαρκεί για την αποτελεσματική και επαρκή διδασκαλία κάποιων μαθημάτων. Ένα μάθημα με ιδιαίτερες εργαστηριακές απαιτήσεις που φέρνει σε δίλημμα πολλούς καθηγητές για τη διδακτική μεθοδολογία που θα πρέπει να υιοθετήσουν είναι το «Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών I&II». Στην εργασία αυτή προτείνεται η χρήση του προγράμματος προσομοίωσης Matlab για την ανάπτυξη εργαστηριακών και εκπαιδευτικών ασκήσεων με στόχο την εύκολη και αποτελεσματική επικοινωνία διδάσκοντα – διδασκόμενου και την άμεση εκπαίδευση των μαθητών ώστε να γίνει εφικτή και δυνατή η διδασκαλία του μαθήματος αυτού.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** *Μετάδοση Δεδομένων, Δίκτυα Υπολογιστών, Προσομοιώσεις Συστημάτων, Matlab*

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στην εποχή της Τεχνολογίας και των Τηλεπικοινωνιών, το μάθημα «Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών I&II» είναι ένα από τα σημαντικότερα μαθήματα που διδάσκεται στον Τομέα Πληροφορικής των ΤΕΕ, αφού μάλιστα αποτελεί το μάθημα ειδικότητας που εξετάζεται στις Πανελλαδικές Εξετάσεις για την εισαγωγή μαθητών των ΤΕΕ στα ΤΕΙ. Ωστόσο, η διδακτική πράξη αποδεικνύει ότι πολλές φορές ο εκπαιδευτικός αντιμετωπίζει προβλήματα ειδικά στη διδασκαλία του εργαστηριακού μέρους του μαθήματος αυτού. Κατά τις εργαστηριακές ώρες διδασκαλίας του μαθήματος αυτού, δεν υπάρχουν οι κατάλληλες συνθήκες που θα επιτρέψουν στους μαθητές να έχουν εποπτεία των συστημάτων στα οποία γίνεται αναφορά, ή τη δυνατότητα πειραματισμού ώστε να καλλιεργηθεί η κριτική ικανότητα τους. Η διδασκαλία του μαθήματος αυτού μπορεί να γίνει περισσότερο αποτελεσματική και κατανοητή στους μαθητές με τη χρήση μοντέλων προσομοίωσης διαφόρων θεματικών ενοτήτων που παραθέτονται στο αντίστοιχο σχολικό βιβλίο (Τσιλιγκιρίδης κ.λ.π., 2000). Τα μοντέλα προσομοίωσης αποτελούν βασικό εργαλείο έρευνας και πειραματισμού στα εργαστήρια συστημάτων Επικοινωνίας. Στην εκπαιδευτική πύλη <http://www.e-yliko.gr/>, που έχει δημιουργεί από το ΥΠΕΠΘ, ήδη έχουν γίνει προσπάθειες από εκπαιδευτικούς να υλοποιηθούν προσομοιώσεις για συγκεκριμένες ενότητες του μαθήματος αυτού (Νιάρρου, 2002), (Φιοραβάντης<sup>(1)</sup>, 2002) και (Φιοραβάντης<sup>(2)</sup>, 2002). Ωστόσο, οι προσομοιώσεις αυτές έχουν πραγματοποιηθεί με

το πρόγραμμα Power Point, το οποίο όμως είναι απλά ένα πρόγραμμα παρουσιάσεων και έτσι στερείται ανοιχτής αρχιτεκτονικής και πολυπαραμετρικού χαρακτήρα.

Το πρόγραμμα Matlab, είναι ένα πρόγραμμα προσομοίωσης που προσφέρει ένα φιλικό και εύχρηστο περιβάλλον για την υλοποίηση προσομοιώσεων και μοντελοποιήσεων πολύπλοκων συστημάτων. Η ισχυρή, τεχνική γλώσσα που χρησιμοποιεί είναι συμπαγής και περιγραφική και επιτρέπει τη μοντελοποίηση των διαφόρων συστημάτων με τη χρήση κώδικα που εύκολα μαθαίνεται. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά κάνουν το πρόγραμμα Matlab ένα ελκυστικό και ισχυρό εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον εκπαιδευτικό για την αποτελεσματική διδασκαλία του μαθήματος «Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών I&II». Ο μαθητής, στο φιλικό περιβάλλον του προγράμματος, θα έχει τη δυνατότητα να δει τη λειτουργία διαφόρων συστημάτων, να επέμβει, να εισάγει παραμέτρους που να επιδρούν και καθορίζουν τον τρόπο λειτουργίας των συστημάτων, ώστε να είναι σε θέση να διερευνήσει, να ανακαλύψει και να μάθει για θέματα που αφορούν τις επικοινωνίες. Η δυνατότητα αυτή αλληλεπίδρασης του μαθητή με το μοντέλο προσομοίωσης δεν είναι εφικτή σε παρουσιάσεις που δημιουργούνται με το πρόγραμμα Power Point, όπως για παράδειγμα αυτές που διατίθενται στην εκπαιδευτική πύλη του ΥΠΕΠΘ.

Στη συνέχεια γίνεται μία εκτίμηση των προβλημάτων που υπάρχουν στη διδασκαλία του μαθήματος «Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών I&II» και καθορίζονται οι στόχοι που πρέπει να πληρούνται κατά τη διδασκαλία του μαθήματος στο εργαστήριο. Με κριτήριο τους στόχους αυτούς γίνεται η επιλογή της εφαρμογής Matlab όπου περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά της που επιβεβαιώνουν την επιλογή της. Τέλος, παρουσιάζεται η διαδικασία που πρέπει να ακολουθείται για την υλοποίηση εργαστηριακών ασκήσεων με το πρόγραμμα αυτό και παράδειγμα διδασκαλίας μίας τέτοιας άσκησης.

#### **ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΣΤΟΧΩΝ**

Παρά τα γιγαντιαία άλματα στους τομείς της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών, δεν έχουν γίνει ακόμα αποδεκτά κάποια κοινά πρότυπα ανάπτυξης και υλοποίησης διδακτικών εργαλείων που να καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα μαθησιακών και εκπαιδευτικών αναγκών. Η διδασκαλία του μαθήματος «Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών I&II» αποτελεί πρόκληση για τον διδάσκοντα, γιατί είναι ένα μάθημα σύνθεσης που συγκεντρώνει ποικιλία γνώσεων του ευρύτερου πεδίου των Τηλεπικοινωνιών. Η ιδιαιτερότητα αυτή δημιουργεί την ανάγκη αποτελεσματικότερων μεθόδων διδασκαλίας που να επιτρέπουν στους μαθητές να έρχονται σε επαφή με τα συστήματα που τους διδάσκονται, να πειραματίζονται και να επιδρούν στη λειτουργία των συστημάτων αυτών. Από τα παραπάνω γίνεται φανερό, ότι για την επιτυχία του μαθήματος κρίσιμο στοιχείο αποτελεί η παράλληλη λειτουργία ενός εργαστηρίου.

Ωστόσο, τα εργαστήρια Πληροφορικής των ΤΕΕ δεν είναι δυνατόν να καλύψουν όλη τη γκάμα θεμάτων που περιλαμβάνεται στο συγκεκριμένο μάθημα. Για παράδειγμα, δεν μπορούν να καλύψουν θεματικές ενότητες του βιβλίου όπως τεχνικές διαμόρφωσης ή μεθόδους πρόσβασης στο μέσο. Κατά συνέπεια, μεγάλο μέρος της ύλης περιορίζεται μόνο στη διδασκαλία του θεωρητικού μέρους, οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην εμπέδωση σημαντικών εννοιών και στην

παρακολούθηση νέων που στηρίζονται στις προηγούμενες, αρχίζουν να δυσφορούν και να δυσανασχετούν και τέλος χάνουν το ενδιαφέρον τους για το μάθημα αυτό.

Επιπρόσθετα, η λειτουργία ενός τέτοιου εργαστηρίου δεν είναι δυνατό να εναρμονιστεί με τις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις. Η αύξηση των διδακτικών αναγκών που παρατηρείται με την πάροδο του χρόνου, καθώς και οι ριζικές αλλαγές και καινοτομίες στο χώρο της τεχνολογίας, καθιστούν αναποτελεσματικό ένα εργαστήριο που δεν εξελίσσεται παράλληλα, που δεν βελτιώνει και δεν εμπλουτίζει τον εξοπλισμό του και μάλιστα σε λογικό χρόνο και κόστος.

Τα προαναφερόμενα προβλήματα είναι δυνατό να αντιμετωπιστούν με τη χρήση στα εργαστήρια Πληροφορικής εργαλείων προσομοίωσης, δηλ. τμήματα υλικού (hardware) ή λογισμικού (software) των οποίων η συμπεριφορά προσεγγίζει ικανοποιητικά αυτήν των υπό μελέτη συστημάτων. Σήμερα, με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των προγραμματιστικών εργαλείων έχει δοθεί βάρος στην ανάπτυξη λογισμικού προσομοίωσης, με τη βοήθεια του οποίου μπορεί να γίνει ανάλυση και μελέτη μιας πληθώρας συστημάτων με πολύ ακριβή αποτελέσματα, σε σύντομο χρονικό διάστημα και με χαμηλό κόστος.

Το ερώτημα που τίθεται είναι, με ποιο τρόπο να γίνει η επιλογή του κατάλληλου εργαλείου ανάπτυξης προσομοιώσεων για τα σχολικά δεδομένα. Η σωστή επιλογή θα καθοριστεί από τους στόχους που πρέπει να ικανοποιεί το εργαστήριο ώστε ο ρόλος του στην εκπαιδευτική διαδικασία να είναι εποικοδομητικός και αποτελεσματικός. Οι στόχοι πρέπει να είναι (Δημάκης & Συμεωνίδης, 2002):

- Παροχή θεωρητικής και πρακτικής κατάρτισης στους διδασκόμενους.
- Ευελιξία στο περιβάλλον εργασίας για να είναι εφικτή η έρευνα και ο πειραματισμός από τους διδασκόμενους.
- Τα διδακτικά μέσα να προσεγγίζουν όσο το δυνατό πιο πιστά τα πραγματικά συστήματα αναφοράς.
- Χρήση εργαλείων φιλικών προς το χρήστη που να απαιτούν μικρό χρόνο εξοικείωσης και παράλληλα να εξασφαλίζουν υψηλή αποτελεσματικότητα.
- Εμπλουτισμός του εργαστηρίου με νέα και πιο εξελιγμένα μέσα σε λογικό χρόνο και κόστος.

#### ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Η επιλογή του προγράμματος προσομοίωσης **Matlab** της εταιρείας **Mathworks Inc.** έγινε με κριτήριο τους στόχους που πρέπει να επιτυγχάνονται από τη διδασκαλία σε ένα εργαστήριο. Τα περισσότερα πλεονεκτήματα και τεχνικά χαρακτηριστικά αυτού του πακέτου εφαρμογών εναρμονίζονται με τους προαναφερόμενους στόχους. Αναλυτικά, τα συγκριτικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζει είναι τα εξής (Hanselman, 2000):

- Αποτελεί μια ομογενή τεχνική υπολογιστική πλατφόρμα που ακολουθεί φιλοσοφία ανοιχτής αρχιτεκτονικής και παρέχει σχεδόν απεριόριστες δυνατότητες παραμετροποίησης.
- Συνδυάζει τα χαρακτηριστικά ενός εργαλείου ταχείας ανάπτυξης εφαρμογών και αυτά ενός ολοκληρωμένου περιβάλλοντος προσομοίωσης.

- Περιλαμβάνει εκατοντάδες έτοιμες συναρτήσεις και εξειδικευμένες διαδικασίες, που απαιτούνται σε προσομιώσεις και μοντελοποιήσεις και που υλοποιούνται με χρήση βελτιστοποιημένων αλγορίθμων.

- Παρέχει ισχυρές γραφικές δυνατότητες και έτοιμες συναρτήσεις για συνθετική κίνηση που επιτρέπουν την απεικόνιση των αποτελεσμάτων των προσομιώσεων στην οθόνη του υπολογιστή.

- Δίνει τη δυνατότητα εύκολης τροποποίησης των μοντέλων που έχεις σχεδιάσει, ώστε να μπορείς να δεις τα αποτελέσματα των αλλαγών που έκανες άμεσα. Οι μαθηματικοί αλγόριθμοι προϋπάρχουν στο πρόγραμμα αυτό, με αποτέλεσμα ο κώδικας που απαιτείται για να δημιουργήσεις ένα μοντέλο να είναι σημαντικά συντομότερος από τον αντίστοιχο σε γλώσσα C ή C++.

- Είναι μια δημοφιλής πλατφόρμα παγκοσμίως, με πολλά χρόνια εξέλιξης και τείνει να αποτελέσει πρότυπο για αυτού του είδους τις τεχνικές εφαρμογές. Για παράδειγμα, το Πανεπιστήμιο Κρήτης στα πλαίσια του έργου ΠΡΟΜΗΘΕΑΣ προτείνει το Matlab για την ανάπτυξη εκπαιδευτικού υλικού (Πανεπιστήμιο Κρήτης, 1999).

- Τα αρχεία εκτέλεσης των ασκήσεων (**m-**, **p-**, **mex-files**) είναι σε απλή μορφή και επιτρέπουν άμεση επεξεργασία, ενώ το μέγεθος τους επιτρέπει την εύκολη διακίνησή τους σε κάθε αποθηκευτικό μέσο ή το γρήγορο κατέβασμα τους από το διαδίκτυο.

- Υπάρχει πληρότητα τεχνικής τεκμηρίωσης και υποστήριξης, διαθέσιμης βιβλιογραφίας και αναφορών στο διαδίκτυο.

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά καθιστούν το πρόγραμμα αυτό ένα ισχυρό και αποτελεσματικό εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον εκπαιδευτικό ώστε η διδασκαλία να καταστεί πιο αποτελεσματική σε θέματα που αφορούν τη διάρθρωση της ύλης και το συγχρονισμό της με τα σύγχρονα δεδομένα, τη λειτουργικότητα των εφαρμογών και τη φιλικότητα του περιβάλλοντος εργασίας και τις δυνατότητες επεξεργασίας και ανάλυσης των δεδομένων από τους μαθητές. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση ασκήσεων και για μαθήματα ειδικοτήτων άλλων τομέων των ΤΕΕ, όπως του Ηλεκτρονικού, του Ηλεκτρολογικού, του Μηχανολογικού, για το μάθημα της Φυσικής κ.ά.

#### **ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟ MATLAB**

Ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα αυτό για το μεγαλύτερο μέρος της ύλης του μαθήματος «Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών I&II» όπως: για τις μορφές των σημάτων που χρησιμοποιούνται στα τηλεπικοινωνιακά συστήματα, για τις τεχνικές διαμόρφωσης σήματος, για την κωδικοποίηση δεδομένων, για τη συγχρονισμένη και ασυγχρόνιστη σειριακή μετάδοση, για κώδικες ανίχνευσης και διόρθωσης σφαλμάτων, για πολυπλεξία, για το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοιχτών συστημάτων (OSI), για τις τεχνικές μεταγωγής, για τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα κ.ά. Ωστόσο για να είναι δυνατή η πραγματοποίηση εργαστηριακών ασκήσεων με το πρόγραμμα αυτό, πρέπει να υλοποιηθούν τα παρακάτω βήματα:

- Ανάπτυξη ή εύρεση των απαιτούμενων μοντέλων από τον εκπαιδευτικό: Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει ή να δημιουργήσει μόνος του το μοντέλο του συστήματος που

απαιτείται για μια άσκηση ή να χρησιμοποιήσει ήδη υπάρχοντα μοντέλα, τα οποία έχουν σχεδιαστεί από άλλους και υπάρχουν διαθέσιμα σε βιβλία (Proakis & Salehi, 1998), CD, δισκέτες ή στο διαδίκτυο. Στη δεύτερη περίπτωση ίσως είναι απαραίτητη η τροποποίηση του κώδικα του μοντέλου ώστε να προσαρμοστεί στις δυνατότητες και τις προσδοκίες των μαθητών του ΤΕΕ. Ωστόσο, και στις δύο περιπτώσεις απαιτείται χρόνος και εξοικείωση με το πρόγραμμα από την πλευρά του εκπαιδευτικού.

- Έλεγχος της ορθής λειτουργίας του μοντέλου: Πριν την πραγματοποίηση της άσκησης στο εργαστήριο, ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να έχει επαληθεύσει τη σωστή λειτουργία του μοντέλου στους υπολογιστές του εργαστηρίου, ώστε να μη δημιουργηθούν προβλήματα κατά την έκβαση της άσκησης.

- Σχεδιασμός δραστηριοτήτων για κάθε άσκηση: Ανάλογα με το γνωστικό επίπεδο των μαθητών, την ωριμότητά τους και τα ιδιαίτερα ενδιαφέροντά τους, ο εκπαιδευτικός επιλέγει δραστηριότητες στις οποίες θα εμπλακούν οι μαθητές. Με τις δραστηριότητες αυτές, οι μαθητές αξιοποιούν τις υπολογιστικές και δικτυακές τεχνολογίες ως εργαλείο μάθησης, σκέψης και δημιουργίας, καλλιεργούν διαχρονικές δεξιότητες στη χρήση λογισμικού και ανακαλύπτουν σχέσεις μεταξύ των επιμέρους εφαρμογών, εργαλείων κ.λ.π..

- Σχεδιασμός των φύλλων εργασίας για τους μαθητές: Τα φύλλα εργασίας, αφού συμπληρωθούν από τους μαθητές, μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον εκπαιδευτικό ως μέσο αξιολόγησης της άσκησης, που θα του δώσουν ιδέες και κίνητρα για περαιτέρω τροποποιήσεις ή βελτιώσεις της άσκησης.

Στα πλαίσια του μαθήματος «Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών I&II», στο 1<sup>ο</sup> ΤΕΕ Κιάτου πραγματοποιήθηκαν εργαστηριακές ασκήσεις με προσομοιώσεις των τεχνικών διαμόρφωσης κατά πλάτος (Amplitude Modulation), κατά συχνότητα (Frequency Modulation) και κατά φάση (Phase Modulation) και της παλμοκωδικής διαμόρφωσης (Pulse Code Modulation). Στη συνέχεια, περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο διδάχθηκε στο εργαστήριο η παλμοκωδική διαμόρφωση με τη χρήση της εφαρμογής Matlab.

### **ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΠΑΛΜΟΚΩΔΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ**

Ο εκπαιδευτικός οφείλει, αρχικά, να εξηγήσει στους μαθητές τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται η παλμοκωδική διαμόρφωση. Η παλμοκωδική διαμόρφωση είναι μία ψηφιακή διαμόρφωση, η οποία μετατρέπει τα αναλογικά σήματα σε σειρές δυαδικών ψηφίων. Η διαμόρφωση αυτή χρησιμοποιείται ευρέως στη μεταφορά και αποθήκευση ήχου, εικόνας και δεδομένων. Η μετατροπή του αναλογικού σήματος σε ψηφιακό γίνεται ως εξής:

- Λαμβάνονται δείγματα του αναλογικού σήματος με συχνότητα που πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια από το εύρος ζώνης του σήματος.

- Η απόσταση ανάμεσα στην ελάχιστη και στη μέγιστη τιμή του αναλογικού σήματος χωρίζεται σε επίπεδα ίδιου πλάτους. Ο αριθμός των παραπάνω επιπέδων πρέπει να είναι ίσος με δύναμη του 2. Τα επίπεδα αυτά λέγονται επίπεδα κβαντοποίησης.

- Σε κάθε επίπεδο κβαντοποίησης αντιστοιχίζεται μία συγκεκριμένη ακολουθία δυαδικών ψηφίων. Αν ο αριθμός των επιπέδων κβαντοποίησης είναι ίσος με  $N$ , όπου  $N=2^n$ , τότε απαιτούνται  $n$  δυαδικά ψηφία για την αντιστοίχιση αυτή.

• Κάθε δείγμα του αναλογικού σήματος που ανήκει σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο κβαντοποίησης αναπαριστάται με την ακολουθία των δυαδικών ψηφίων που αντιστοιχούν στο συγκεκριμένο επίπεδο και έτσι κωδικοποιούνται όλα τα δείγματα του αναλογικού σήματος σε ακολουθίες δυαδικών ψηφίων.

Τα βήματα της παραπάνω διαδικασίας υλοποιήθηκαν με τη βοήθεια μιας συνάρτησης που έχει γραφεί στο περιβάλλον εγγραφής κώδικα, M-file Editor της εφαρμογής Matlab. Το όνομα της συνάρτησης αυτής είναι **u\_pcm** και δέχεται δύο εισόδους: το αναλογικό σήμα και τον αριθμό των επιπέδων κβαντοποίησης. Ο κώδικας της συνάρτησης αυτής καθώς και το περιβάλλον εγγραφής κώδικα φαίνονται στο Σχήμα 1.

```

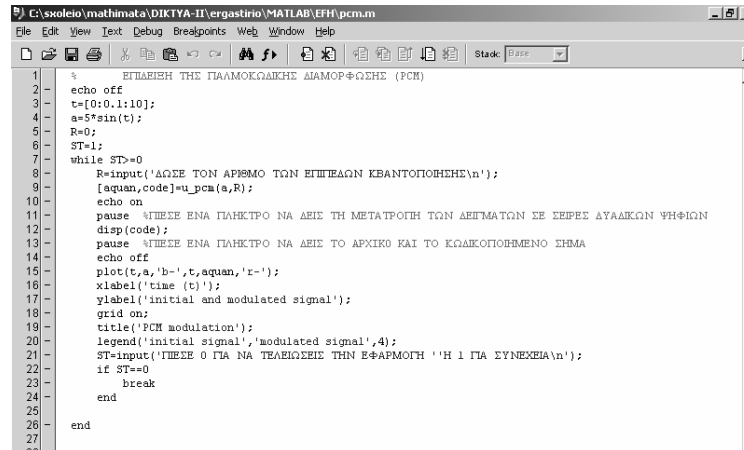
C:\sxoletio\mathimata\DIKTYA-II\ergastirio\MATLAB\EFH\U_PCM.M*
File Edit View Text Debug Breakpoints Web Window Help
function [a_quant,code]=u_pcm(a,n)
%U_PCM Uniform PCM encoding of a sequence.
% [A_QUANT,CODE]=U_PCM(A,N)
% a=Input sequence.
% n=number of quantization levels (even).
% a_quant=quantized output before encoding.
% code=the encoded output.
amax=max(abs(a));
a_quant=a/amax;
b_quant=a_quant;
d=2/n;
q=d.*[0:n-1];
q=q-(n-1)/2*d;
for i=1:n
    a_quant(find((q(i)-d/2 <= a_quant) & (a_quant <= q(i)+d/2)))=...
    q(i).*ones(1,length(find((q(i)-d/2 <= a_quant) & (a_quant <= q(i)+d/2))));
    b_quant(find( a_quant==q(i) ))=(i-1).*ones(1,length(find( a_quant==q(i) )));
end
a_quant=a_quant*amax;
nu=ceil(log2(n));
code=zeros(length(a),nu);
for i=1:length(a)
    for j=nu:-1:0
        if ( fix(b_quant(i)/(2^j)) == 1)
            code(i,nu-j) = 1;
            b_quant(i) = b_quant(i) - 2^j;
        end
    end
end
end
31
32
33
Ready

```

Σχήμα 1: Η συνάρτηση **u\_pcm** και το περιβάλλον εγγραφής κώδικα.

Για να εκτελεστεί η προσομοίωση της άσκησης από τους μαθητές γράφτηκε ένα αρχείο εκτέλεσης με το όνομα **pcm.m**. Το αρχείο αυτό ορίζει στη συνάρτηση **u\_pcm** που υλοποιεί την παλμοκωδική διαμόρφωση, τη μορφή του αναλογικού σήματος που δέχεται ως είσοδο, τη χρονική διάρκεια του σήματος αυτού, τον αριθμό των δειγμάτων και τον αριθμό των επιπέδων κβαντοποίησης. Στη συνέχεια, το αρχείο εκτέλεσης **pcm.m** καλεί τη συνάρτηση **u\_pcm** που εφαρμόζει την παλμοκωδική διαμόρφωση στο αναλογικό σήμα που καθορίστηκε στο αρχείο εκτέλεσης. Επιπλέον, στο αρχείο εκτέλεσης καθορίζεται ο βαθμός αλληλεπίδρασης του μαθητή με το προσομοιωμένο μοντέλο και η γραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων της προσομοίωσης. Στο Σχήμα 2 φαίνεται ο κώδικας του αρχείου εκτέλεσης **pcm.m**, όπου ως σήμα εισόδου ορίζεται ένα ημιτονοειδές σήμα συχνότητας  $1/2\pi$  Hz, με χρονική διάρκεια από 0 έως 10 s, ο

αριθμός των δειγμάτων ισούται με 101 και ο αριθμός των επιπέδων κβαντοποίησης εισάγεται από το μαθητή με τη βοήθεια του πληκτρολογίου.



```

1 % ΕΠΙΛΕΞΕ ΤΗΝ ΠΑΘΜΟΚΩΔΙΚΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ (PCM)
2 echo off
3 t=[0:0.1:10];
4 a=5*sin(t);
5 R=0;
6 ST=1;
7 while ST>=0
8     R=input('ΔΩΣΕ ΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΚΒΑΝΤΟΠΟΙΗΣΗΣ\n');
9     [aquan,code]=u_pcm(a,R);
10    echo on
11    pause 'ΠΡΕΣΕ ΕΝΑ ΠΛΗΚΤΡΟ ΝΑ ΔΕΙΣ ΤΗ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΣΕ ΣΕΙΡΕΣ ΔΥΑΔΙΚΩΝ ΨΗΦΙΩΝ'
12    disp(code);
13    pause 'ΠΡΕΣΕ ΕΝΑ ΠΛΗΚΤΡΟ ΝΑ ΔΕΙΣ ΤΟ ΑΡΧΙΚΟ ΚΑΙ ΤΟ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΣΗΜΑ'
14    echo off
15    plot(t,a,'b-',t,aquan,'r-');
16    xlabel('time (t)');
17    ylabel('initial and modulated signal');
18    grid on;
19    title('PCM modulation');
20    legend('initial signal','modulated signal',4);
21    ST=input('ΠΡΕΣΕ 0 ΓΙΑ ΝΑ ΤΕΛΗΡΙΩΣΕΙΣ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ 'H 1 ΓΙΑ ΣΥΝΕΧΕΙΑ\n');
22    if ST==0
23        break
24    end
25 end
26
27 end
  
```

Σχήμα 2: Το αρχείο εκτέλεσης pcm.m.

## ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥ ΧΡΗΣΤΗ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ο μαθητής έχει τη δυνατότητα να εποπτεύει το μοντέλο προσομοίωσης, να εισάγει παραμέτρους που καθορίζουν τη λειτουργία του και να βλέπει τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με την πληκτρολόγηση απλών εντολών στο παράθυρο εντολών (Command Window) της εφαρμογής Matlab. Για την εκτέλεση της προσομοίωσης μιας συγκεκριμένης άσκησης αρκεί ο μαθητής να ακολουθήσει τα παρακάτω απλά βήματα:

- Στο πεδίο “Current Directory” του παραθύρου εντολών της εφαρμογής Matlab να επιλέξει τον κατάλογο στον οποίο βρίσκονται τα αρχεία εκτέλεσης της άσκησης.
- Στη θέση του κέρσορα που αναβοσβήνει να πληκτρολογήσει το όνομα του αρχείου εκτέλεσης και να πατήσει το πλήκτρο ENTER.
- Να ακολουθήσει τις οδηγίες που εμφανίζονται στην οθόνη, όπως αυτές καθορίζονται από το αρχείο εκτέλεσης.

Στην προσομοίωση της παλμοκωδικής διαμόρφωσης που πραγματοποιήθηκε στο 1<sup>ο</sup> ΤΕΕ Κιάτου, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να εισάγουν τον αριθμό των επιπέδων κβαντοποίησης, ώστε να κατανοήσουν και ερευνήσουν την εξάρτηση της ποιότητας του κωδικοποιημένου σήματος από τον αριθμό των επιπέδων κβαντοποίησης, να δουν σε ποια ακολουθία δυαδικών ψηφίων μετατρέπεται κάθε δείγμα του αναλογικού σήματος και πώς το πλήθος των δυαδικών ψηφίων που αναπαριστούν ένα δείγμα εξαρτάται από τα επίπεδα κβαντοποίησης, να παρατηρήσουν το αρχικό και το κωδικοποιημένο σήμα σε κοινό σύστημα ορθογωνίων αξόνων και τέλος να επιλέξουν να συνεχιστεί η εκτέλεση της προσομοίωσης εισάγοντας νέο αριθμό επιπέδων κβαντοποίησης ή να τερματίσουν την εκτέλεση της προσομοίωσης. Το Σχήμα 3 και το Σχήμα 4 απεικονίζουν το γραφικό περιβάλλον εργασίας του προγράμματος και τον





### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Η διδασκαλία της παλμοκοδικής διαμόρφωσης έγινε στη Β΄ Τάξη του Α΄ Κύκλου του τομέα Πληροφορικής. Η τάξη αυτή έχει ένα τμήμα των είκοσι δύο (22) μαθητών. Η άσκηση πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια δύο διδακτικών ωρών για να μπορέσουν οι μαθητές να κατανοήσουν την παλμοκοδική διαμόρφωση, μέσα από προσωπική εποπτεία της διαδικασίας υλοποίησης αυτής της τεχνικής διαμόρφωσης, πραγματοποίηση δραστηριοτήτων και εξαγωγή συμπερασμάτων μέσα από ενεργό παρέμβαση στο λογισμικό. Πραγματοποιήθηκαν από τους μαθητές οι παρακάτω δραστηριότητες με τη σειρά που αναγράφονται:

- Οι μαθητές κάθισαν στους υπολογιστές και ξεκίνησαν την εφαρμογή Matlab.
- Δόθηκαν οι απαραίτητες εξηγήσεις για την εύρεση του καταλόγου στον οποίο ήταν αποθηκευμένα τα απαραίτητα αρχεία εκτέλεσης και μοντελοποίησης της παλμοκοδικής διαμόρφωσης (**pcm.m** και **u\_pcm.m**) και για τον τρόπο εκτέλεσης των αρχείων αυτών.
- Έτρεξαν το αρχείο εκτέλεσης **pcm.m** και εκτέλεσαν τις οδηγίες που εμφανίστηκαν στο περιβάλλον εργασίας του προγράμματος Matlab.
- Καθόρισαν αρχικά τον αριθμό επιπέδων κβαντοποίησης σε τέσσερα (4).
- Είδαν τα κωδικοποιημένα δείγματα του αναλογικού σήματος για το συγκεκριμένο αριθμό επιπέδων κβαντοποίησης.
- Στη συνέχεια είδαν στο ίδιο σύστημα αξόνων τη γραφική απεικόνιση του αναλογικού και του ψηφιακού σήματος για να εξετάσουν τις αλλαγές που έγιναν στο αρχικό σήμα.
- Άλλαξαν τον αριθμό επιπέδων κβαντοποίησης διαδοχικά από τέσσερα (4) σε οκτώ (8), σε δέκα έξι (16), τριάντα δύο (32) και εξήντα τέσσερα (64) και εξέτασαν την επίδρασή του στα κωδικοποιημένα δείγματα και στη γραφική απεικόνιση του ψηφιακού σήματος.
- Συμπλήρωσαν το φύλλο εργασίας που τους δόθηκε έχοντας τη δυνατότητα να επαναλαμβάνουν τις δραστηριότητες.

Κατά τη διδασκαλία, επικράτησε κλίμα αρμονικής και συνεργατικής μάθησης χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα και με εμφανή συμμετοχή και των αδύνατων μαθητών. Συνδυάστηκε η θεωρία με την προσωπική αυτογνία και έρευνα των μαθητών και έτσι οι μαθητές εμπέδωσαν τη θεωρία μέσα από την πράξη, από την προσωπική τους συμβολή και την εξαγωγή των δικών τους συμπερασμάτων.

### ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Για να γίνει αξιολόγηση των μαθητών και της διδασκαλίας της συγκεκριμένης θεματικής ενότητας, μοιράστηκε στους μαθητές φύλλο εργασίας με τις παρακάτω ερωτήσεις – ασκήσεις:

- Να συμπληρωθεί ο παρακάτω πίνακας με το σύνολο των τιμών των κωδικοποιημένων δειγμάτων για τους διάφορους αριθμούς επιπέδων κβαντοποίησης N:



ιδρύματα του κόσμου. Η επιτυχία της επιλογής αυτής φανερώνεται από την ανταπόκριση των μαθητών στις ασκήσεις, από την εύκολη προσαρμογή τους στο περιβάλλον εργασίας του προγράμματος και από την ανάλυση των φύλλων εργασίας τους που έδειξαν ότι αφομοίωσαν την εξεταζόμενη ύλη. Με το πρόγραμμα αυτό είναι εφικτό να διδαχθεί το μεγαλύτερο μέρος της ύλης με τη μορφή εργαστηριακών ασκήσεων χωρίς να απαιτηθεί εξοπλισμός σε υλικό και επιπλέον δίνεται η δυνατότητα στο εργαστήριο να εναρμονίζεται με τις εξελίξεις της Τεχνολογίας με απλή τροποποίηση και βελτίωση των χρησιμοποιούμενων μοντέλων προσομοίωσης. Τέλος, το πρόγραμμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εκπαιδευτικό λογισμικό και σε πολλά άλλα μαθήματα που διδάσκονται στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Hanselman, D. (2000), *Mastering Matlab 6*, Prentice Hall.
2. Proakis, J. & Salehi, M. (1998), *Contemporary Communication Systems – Using Matlab*, PWS Publishing Company.
3. Δημάκης, Χ. & Συμεωνίδης, Π. (2001), *Η περίπτωση ενός εργαστηρίου Ψηφιακών Τηλεπικοινωνιών Συστημάτων*, Πρώτο Πανελλήνιο Συνέδριο στην Ανοιχτή και εξ Αποστάσεως εκπαίδευση, Ελληνικό Ανοιχτό Πανεπιστήμιο, Πάτρα, Ελλάδα.
4. Νιάρρου, Β. (2002), *Το μοντέλο αναφοράς διασύνδεσης ανοιχτών συστημάτων OSI*, [Online], Available: <http://www.e-yliko.gr/plirtee.htm>.
5. Πανεπιστήμιο Κρήτης (1999), Στόχοι Κέντρου Παραγωγής Εκπαιδευτικού Υλικού - Α΄ Έκθεση, [Online], Available: <http://www.uoc.gr/Campus/promitheas/kentra/kentra.html>.
6. Τσιλιγκρίδης, Θ., Αλεξίου, Γ., Μπούρας, Χ., Μαμαλούκας, Χ. & Αγγελόπουλος, Π. (2000), *Μετάδοση Δεδομένων & Δίκτυα Υπολογιστών I&II (Τόμοι I & II)*, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο: Εκδοτικός Οργανισμός Λιβάνης ΑΒΕ.
7. Φιοραβάντης<sup>(1)</sup>, Κ. (2002), *Σήματα*, [Online], Available: <http://www.e-yliko.gr/plirtee02.htm>.
8. Φιοραβάντης<sup>(2)</sup>, Κ. (2002), *Μέθοδοι πρόσβασης στο μέσο*, [Online], Available: <http://www.e-yliko.gr/plirtee02.htm>.