



ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ
ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Δημ. Ε. Γουργούλη • Αθ. Κ. Παπασταμούλη • Χρ. Β. Πρασά

β' έκδοση

ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ



ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΓΟΥΡΓΟΥΛΗ Ε. ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

Καθηγήτῃ ΑΕΝ Μακεδονίας,
Δρ. Ηλεκτρολόγου Μηχανικού & Μηχανικού Η/Υ

ΠΑΠΑΣΤΑΜΟΥΛΗ Κ. ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ

Ηλεκτρολόγου Μηχανικού & Μηχανικού Η/Υ, Msc

ΠΡΑΣΣΑ Β. ΧΡΗΣΤΟΥ

Πληροφορικού, Msc

Β' ΕΚΔΟΣΗ

ΑΘΗΝΑ
2026



Α' ΕΚΔΟΣΗ 2018

Β' ΕΚΔΟΣΗ 2026

ISBN: 978-960-337-240-0

Copyright © 2026 Ίδρυμα Ευγενίδου

Απαγορεύεται η ολική ή μερική ανατύπωση του βιβλίου και των εικόνων με κάθε μέσο καθώς και η διασκευή, η προσαρμογή, η μετατροπή και η κυκλοφορία του (Άρθρο 3 του ν. 2121/1993).

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Το 1952 ο Ευγένιος Ευγενίδης (1882-1954) όρισε με τη διαθήκη του τη σύσταση του Ιδρύματος Ευγενίδου, του οποίου ως μοναδικό σκοπό έταξε «να συμβάλη εις την εκπαίδευσιν νέων ελληνικής υπηκοότητος εν τῷ επιστημονικῷ καὶ τεχνικῷ πεδίῳ». Ο ιδρυτής και χορηγός του Ιδρύματος Ευγενίδου ορθά προέβλεψε ότι αναγκαίο παράγοντα για την πρόοδο της Ελλάδος αποτελεί η άρτια κατάρτιση των Ελλήνων ιεχνυιών κατὰ τα πρότυπα της επαγγελματικής εκπαίδευσης άλλων ευρωπαϊκών χωρών.

Την 23η Φεβρουαρίου του 1956 εγκρίθηκε η σύσταση του κοινωφελούς Ιδρύματος Ευγενίδου, την διοίκηση και διαχείριση του οποίου κατὰ την ρητή επιθυμία του ιδρυτή του ανέλαβε η αδελφή του Μαριάνθη Σίμου (1895-1981). Τότε ξεκίνησε η υλοποίηση του σκοπού του Ιδρύματος και η εκπλήρωση μίας από τις βασικότερες ανάγκες του εθνικού μας βίου από την Μαριάνθη Σίμου και τους επιστημονικούς συνεργάτες της.

Το έργο της Μαριάνθης Σίμου συνέχισε από το 1981 ο πολύτιμος συνεργάτης και διάδοχος του Ευγενίου Ευγενίδη, Νικόλαος Βερνίκος-Ευγενίδης (1920-2000). Από το 2000 το έργο του Ιδρύματος Ευγενίδου συνεχίζει ο Λεωνίδας Δημητριάδης-Ευγενίδης, ο οποίος υλοποιεί τον σκοπό του Ιδρύματος προσαρμόζοντας το όραμα του ιδρυτή του στις σύγχρονες εξελίξεις.

Μία από τις πρώτες δραστηριότητες του Ιδρύματος Ευγενίδου, ευθύς μετά την ίδρυσή του, υπήρξε η συγγραφή και έκδοση εκπαιδευτικών βιβλίων για τους μαθητές των τεχνικών σχολών, καθώς διαπιστώθηκε ότι αποτελεί πρωταρχική ανάγκη ο εφοδιασμός τους με σειρές από βιβλία, τα οποία θα έθεταν τα ορθά θεμέλια για την παιδεία τους και θα αποτελούσαν συγχρόνως πολύτιμη βιβλιοθήκη για κάθε τεχνικό. Καρπός αυτής της δραστηριότητας είναι η Βιβλιοθήκη του Τεχνίτη, η οποία αριθμεί 32 τίτλους, η Βιβλιοθήκη του Τεχνικού, που περιλαμβάνει 50 τίτλους, η Τεχνική Βιβλιοθήκη με 11 τίτλους και η Βιβλιοθήκη του Τεχνικού Βοηθού Χημικού με 3 τίτλους. Επί πλέον, από το 1977 μέχρι σήμερα έχουν εκδοθεί 171 τίτλοι για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων και 16 για τους μαθητές των Σχολών Μέσης Τεχνικής και Επαγγελματικής εκπαίδευσης.

Ξεχωριστή σειρά βιβλίων του Ιδρύματος Ευγενίδου αποτελεί η Βιβλιοθήκη του Ναυτικού (1967 έως σήμερα), η οποία είναι το αποτέλεσμα της συνεργασίας του Ιδρύματος Ευγενίδου με την Διεύθυνση Εκπαίδευσης Ναυτικών του Υπουργείου Ναυτιλίας. Η συγγραφή και έκδοση των εκπαιδευτικών βιβλίων για τους σπουδαστές των ναυτικών σχολών ανατέθηκε στο Ίδρυμα Ευγενίδου με την υπ' αριθμ. 61288/5031/9.8.1966 απόφαση του Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας, οπότε και λειτούργησε η αρμόδια Επιτροπή Εκδόσεων, η οποία είχε συσταθεί ήδη από το 1958. Η συνεργασία Ιδρύματος Ευγενίδου και Υπουργείου Εμπορικής Ναυτιλίας ανανεώθηκε και επικαιροποιήθηκε με Υπουργικές Αποφάσεις το 1999 και το 2005, με τις οποίες το ΥΕΝ ανέθεσε στο Ίδρυμα Ευγενίδου την συγγραφή των εκπαιδευτικών βοηθημάτων για τις Ακαδημίες Εμπορικού Ναυτικού (Α.Ε.Ν.). Η ανάθεση της αρμοδιότητας για την έκδοση των διδακτικών βιβλίων για τις Ακαδημίες επαναβεβαιώθηκε με νομοθετική ρύθμιση τον Μάρτιο του 2020 (Ν. 4676).

Στην Βιβλιοθήκη του Ναυτικού περιλαμβάνονται 178 διδακτικά βιβλία ναυτικής εκπαίδευσης, καθώς και σχετικές έρευνες και πρακτικά συνεδρίων. Όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Ναυτικού ανταποκρίνονται στις ανάγκες των σπουδαστών των ΑΕΝ και είναι γενικότερα χρήσιμα για όλους τους αξιωματικούς του Εμπορικού Ναυτικού, που ασκούν το επάγγελμα ή εξελίσσονται στην ιεραρχία. Επί πλέον οι συγγραφείς και η Επιτροπή Εκδόσεων καταβάλλουν κάθε προσπάθεια ώστε τα διδακτικά βιβλία να είναι επιστημονικώς άρτια, να επικαιροποιούνται με βάση τα εκάστοτε αναλυτικά προγράμματα σπουδών των Α.Ε.Ν. και να παραμένουν συμβατά με τις μεταβαλλόμενες διεθνείς απαιτήσεις.

Η διαχρονική συμβολή του Ιδρύματος Ευγενίδου στη Ναυτική Εκπαίδευση επιτυγχάνεται όχι μόνο με την έκδοση των σχετικών εκπαιδευτικών βιβλίων αλλά και με δωρεές στις Ακαδημίες Εμπορικού Ναυτικού, υποτροφίες σε αξιωματικούς του Λιμενικού Σώματος, εκπόνηση μελετών/ερευνών και διεξαγωγή συνεδρίων για την ναυτική εκπαίδευση και την ναυτιλία γενικότερα, καθώς και παροχή πρόσβασης σε κορυφαίες ναυτιλιακές βάσεις δεδομένων μέσω της Βιβλιοθήκης του.

Με την προσφορά των εκδόσεών του στους καθηγητές, στους σπουδαστές των ΑΕΝ και σε όλους τους αξιωματικούς του Εμπορικού Ναυτικού, αλλά και με την πλειάδα εκδόσεων για Τεχνικούς, το Ίδρυμα Ευγενίδου συνεχίζει να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση της Ελλάδος, υλοποιώντας επί 60 και πλέον χρόνια το όραμα του ιδρυτή του, αείμνηστου ευεργέτη Ευγένιου Ευγενίδα.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ιωάννης Γκόλιας, ομ. Καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Γεώργιος Γεωργούλης, Πλοίαρχος Α' Ε.Ν., Ε.Δι.Π. Παν/μίου Αιγαίου.

Ευρυβιάδης Σαπουνάς, Υποναύαρχος Λ.Σ. (ε.α.).

Κωνσταντίνος Σαβιολίδης, Πλοίαρχος Λ.Σ., Διευθυντής Ναυτικής Εκπαίδευσης, Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής.

Χρήστος Βαγιωνάκης, Προϊστάμενος Τμήματος Κανονισμών και Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων, Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Ελευθερία Τελειώνη**.

Διατελέσαντα μέλη της Επιτροπής

Πρόεδροι

Α. Παππάς (1955-1983) καθηγητής ΕΜΠ, *Μ. Αγγελόπουλος* (1983-2003) ομ. καθηγητής ΕΜΠ, *Α. Σιαυρόπουλος* ομ. καθηγητής Πανεπ. Πειραιώς (2003-2008), *Ε. Δρns*, Ομ. Καθηγητής ΕΜΠ (2008-2020)

Λοιπά μέλη

Γ. Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, *Α. Καλογεράς* (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, *Χ. Καβουνίδης* (1955-1984) Μnx. Ηλ. ΕΜΠ, *Μ. Αγγελόπουλος* (1970-1983), Ομ. Καθηγητής ΕΜΠ, *Σπ. Γουλιέλμος* (1958) Αντιπλοίαρχος, *Ξ. Αντωνιάδης* (1959-1966) Αντιπλοίαρχος, Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Π. Γ. Τσακίρης* (1967-1969) Πλοίαρχος, Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Ελλ. Σίδερης* (1967-1969) Υποναύαρχος, *Π. Φουσιέρης* (1969-1971) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Αλ. Μοσχονάς* (1971-1972) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Ι. Χρυσανθακόπουλος* (1972-1974) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Αθαν. Σωτηρόπουλος* (1974-1977) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Γ. Σπαρτιώτης* (1977) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., προσωρινός Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Θ. Πουλάκης* (1977-1979) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Π. Λυκούδης* (1979-1981) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Αναστ. Δημαράκης* (1981-1982) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Κ. Τσαντίλας* (1982-1984) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Ε. Τζαβέλας* (1984-1986) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Γ. Γρηγοράκος* (1986-1988) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Α. Μπαρκασιός* (1988-1989) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Κ. Παπαναστασίου* (1989) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Γ. Λάμπρου* (1989-1992) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Κ. Κοκορέσιος* (1992-1993) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Κ. Μαρκάκης* (1993-1994) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Ι. Ζουμπούλης* (1994-1995) Πλοίαρχος Λ.Σ., *Φ. Ψαρράς* (1995-1996) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Γ. Καλαρώνης* (1996-1998) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Θ. Ρενιζεπέρης* (1998-2000) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Ι. Στεφανάκης* (2000-2001) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Κ. Μαρίνος* (2001) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Π. Εξαρχόπουλος* (2001-2003) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Κ. Μπριλάκης* (2003-2004) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Ν. Θεμέλαρος* (2003-2004) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Π. Κουβέλης* (2004-2005) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Δ. Βασιλάκης* (2005-2008) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Π. Πετρόπουλος* (2008-2009) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Α. Μαϊογάγος* (2009-2011) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ. – (2012-2025) Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α), *Ι. Σέργης* (2011-2012) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Ι. Τζαβάρας*, (2004-2013) Αντιναύαρχος Λ.Σ. (ε.α), *Ι. Τεγόπουλος* (1988-2013) Ομ. Καθηγητής ΕΜΠ, *Α. Θεοφανόπουλος* (2012-2014) Πλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Β. Καλλιπολίτου* (2014-2017) Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντρια Ναυτ. Εκπαίδ., *Σ. Μπέλλας* (2017-2018) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Α. Τσελίκης* (2018-2019) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Α. Βουτσινάς*, Αντιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Ε. Πετρόπουλος* (2020-2024) Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ., *Φ. Κιάμος* (2024-2025), Αρχιπλοίαρχος Λ.Σ., Δ/ντής Ναυτ. Εκπαίδ.

Σύμβουλοι επί των Εκδόσεων

Δ. Γ. Νιάνιαν (1956-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, *Κ. Αγγ. Μανάφης* (1966-2018), ομ. Καθηγ. Φίλος. Σχολής του Πανεπιστημίου Αθηνών.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ Α' ΕΚΔΟΣΗΣ

Το βιβλίο «Ψηφιακά Συστήματα – Δίκτυα Υπολογιστών» εκπονήθηκε με σκοπό να καλύψει πλήρως το αναλυτικό πρόγραμμα διδασκαλίας του αντίστοιχου μαθήματος του Δ' εξαμήνου της Σχολής Μηχανικών των Ακαδημιών Εμπορικού Ναυτικού. Το κείμενο του βιβλίου συνεγράφη σύμφωνα με τις νέες απαιτήσεις εκπαίδευσης και πιστοποίησης της Διεθνούς Σύμβασης STCW '78 (Manila amendments 2010) και ακολούθησε τα αντίστοιχα γνωστικά αντικείμενα που προτείνονται από τον νέο IMO Model Course 7.04 έκδοσης 2014.

Το κείμενο διαιρείται σε 5 κεφάλαια. Στο 1^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα ψηφιακά ηλεκτρονικά και οι εφαρμογές αυτών στη ναυτική τεχνολογία του πλοίου. Στο 2^ο κεφάλαιο αναλύονται τα τμήματα ενός συστήματος ψηφιακού ελέγχου και παρουσιάζονται οι μετατροπές αναλογικού σε ψηφιακό σύστημα και το αντίστροφο. Στο 3^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές και οι βασικές εφαρμογές αυτών που συναντούμε συνήθως σε ένα μηχανοστάσιο πλοίου. Στο 4^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι βασικές αρχές σχεδίασης και λειτουργίας των δικτύων των υπολογιστών και στο 5ο παρουσιάζονται τα βιομηχανικά δίκτυα αυτοματισμού που συναντάμε στο πολύπλοκο περιβάλλον λειτουργίας του πλοίου.

Το 1^ο κεφάλαιο συνεγράφη από τους κ.κ. Δημήτριο Γουργούλη και Αθανάσιο Παπασταμούλη, το 2^ο και 3^ο από τον κ. Α. Παπασταμούλη, το 4^ο από τον κ. Χρήστο Πρασσά και το 5^ο κεφάλαιο από τον κ. Δ. Γουργούλη. Ο συντονισμός της συγγραφής του βιβλίου, καθώς και η επίβλεψη του έγινε από τον κ. Δ. Γουργούλη.

Ευχαριστούμε τον κ. Χαράλαμπο Υάκινθο Επίκουρο Καθηγητή της ΑΕΝ Μακεδονίας, για την βοήθειά του στη συγγραφή των παραγράφων «1.12 Οπτοηλεκτρονικά» και «1.13 Οπτικές ίνες – Δομή οπτικής ίνας» του 1^{ου} κεφαλαίου.

Ιδιαίτερως ευχαριστούμε τις εταιρείες MAN Diesel & Turbo Hellas, Wärtsilä Ελλάδος, ABB Ελλάδος, Siemens Ελλάδος, Kongsberg Maritime Hellas, Transas, Mitsubishi, Schneider Electric, OteSat Maritel, TiSoft για τη χορήγηση του πληροφοριακού υλικού που χρειαστήκαμε για τη συγγραφή και ανάπτυξη εξειδικευμένων παραγράφων του βιβλίου.

Θερμές ευχαριστίες οφείλουμε στην Επιτροπή Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου για την συνεργασία της σε όλα τα στάδια συγγραφής του βιβλίου, καθώς και στην ειδική επιστημονική σύμβουλο κ. Ευαγγελία Καραγιάννη, η οποία με τις προτάσεις και τις εύστοχες παρατηρήσεις της, συντέλεσε ώστε το βιβλίο αυτό να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του μαθήματος και του προγράμματος.

Τέλος εκφράζουμε τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μας στους συνεργάτες του Τμήματος Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου για τις προσπάθειες που κατέβαλλε για την άρτια επιμέλεια και παρουσίαση του βιβλίου.

Οι συγγραφείς

ΠΡΟΛΟΓΟΣ Β' ΕΚΔΟΣΗΣ

Στη Β' έκδοση του βιβλίου έγιναν διορθώσεις σε μαθηματικές σχέσεις και σχήματα, με βάση τις χρήσιμες επισημάνσεις που δέχθηκε η Α' έκδοση από τους διδάσκοντες των Σχολών Μηχανικών των Α.Ε.Ν. Η ύλη και η διάταξή της διατηρήθηκαν ως είχαν, καθώς συμβαδίζουν με το ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα των Α.Ε.Ν.

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες προς το προσωπικό της Ομάδας Εκδόσεων του Ιδρύματος Ευγενίδου για την εξαιρετική συνεργασία, τον υψηλό επαγγελματισμό που επέδειξε στην επιμέλεια της νέας έκδοσης και τη συνεχή προσπάθειά του για την παραγωγή σύγχρονων και ποιοτικών βιβλίων.

Οι συγγραφείς



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ ΨΗΦΙΑΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ

1.1	Εισαγωγή.....	1
1.2	Αριθμητικά συστήματα.....	1
1.3	Κώδικες BCD και Gray.....	4
1.4	Λογικά κυκλώματα.....	5
1.4.1	Boolean μεταβλητές.....	5
1.4.2	Πίνακας αλήθειας.....	5
1.4.3	Πύλη AND.....	6
1.4.4	Πύλη OR.....	7
1.4.5	Πύλη NOT.....	7
1.4.6	Οικουμενικές πύλες.....	8
1.4.7	Αξιώματα άλγεβρας Boole.....	10
1.4.8	Θεώρημα De Morgan.....	10
1.4.9	Ιδιότητες άλγεβρας Boole.....	10
1.4.10	Παραδείγματα.....	11
1.4.11	Πύλη XOR.....	11
1.4.12	Πύλη XNOR.....	12
1.4.13	Συνδυαστικά λογικά κυκλώματα.....	12
1.4.14	Παραδείγματα.....	14
1.4.15	Χάρτης Karnaugh.....	15
1.4.16	Παραδείγματα.....	19
1.5	Ψηφιακά ολοκληρωμένα κυκλώματα.....	22
1.5.1	Εισαγωγή.....	22
1.5.2	Οικογένειες ψηφιακών ολοκληρωμένων κυκλωμάτων.....	23
1.6	Αριθμητικά κυκλώματα.....	27
1.6.1	Άθροιση δυαδικών αριθμών.....	27
1.6.2	Ημιαθροιστής.....	28
1.6.3	Πλήρης αθροιστής.....	28
1.6.4	Αφαίρεση δυαδικών αριθμών.....	29
1.6.5	Ημιαφαιρέτης.....	30
1.6.6	Πλήρης αφαιρέτης.....	31
1.6.7	Παραδείγματα.....	31
1.6.8	Αναπαράσταση προσημασμένων αριθμών.....	33
1.6.9	Συμπλήρωμα ως προς 1.....	34
1.6.10	Συμπλήρωμα ως προς 2.....	34
1.7	Κωδικοποιητές.....	37
1.7.1	Εισαγωγή.....	37
1.7.2	Κωδικοποιητές χωρίς προτεραιότητα.....	39
1.7.3	Κωδικοποιητές προτεραιότητας.....	40
1.8	Αποκωδικοποιητές.....	41
1.8.1	Εισαγωγή.....	41

1.8.2 Αποκωδικοποιητής 2 σε 4.	42
1.8.3 Αποκωδικοποιητής 4-bits BCD σε οθόνη-ενδείκτη 7 τμημάτων.	43
1.8.4 Μνήμη ROM.	45
1.8.5 Παραδείγματα.	46
1.9 Flip-flop.	50
1.9.1 Εισαγωγή – Ακολουθιακά κυκλώματα.	50
1.9.2 Set – Reset flip-flop.	50
1.9.3 Παραδείγματα.	51
1.9.4 Σήματα χρονισμού.	53
1.9.5 Σύγχρονο RS flip-flop.	54
1.9.6 Delay flip-flop.	54
1.9.7 Παραδείγματα.	56
1.9.8 JK flip-flop.	57
1.9.9 Toggle flip-flop.	58
1.9.10 Ασύγχρονες είσοδοι.	58
1.9.11 Παραδείγματα.	59
1.10 Καταχωρητές.	61
1.10.1 Εισαγωγή.	61
1.10.2 Καταχωρητές ολίσθησης SISO.	62
1.10.3 Καταχωρητές ολίσθησης SIPO.	63
1.10.4 Καταχωρητές ολίσθησης PISO.	63
1.10.5 Καταχωρητές PIPO.	66
1.11 Απαριθμητές.	66
1.11.1 Εισαγωγή.	66
1.11.2 Ασύγχρονος απαριθμητής mod-4.	66
1.11.3 Ασύγχρονος δεκαδικός απαριθμητής.	67
1.11.4 Σύγχρονος απαριθμητής mod-16.	67
1.11.5 Παραδείγματα.	70
1.12 Οπτοηλεκτρονικά.	72
1.12.1 Ημιαγωγοί – Δίοδοι.	72
1.12.2 Δίοδος φωτοεκπομπής ή δίοδος εκπομπής φωτός.	74
1.12.3 Φωτοανιχνευτές.	75
1.12.4 Laser.	75
1.13 Οπτικές ίνες – Δομή οπτικής ίνας.	76
1.13.1 Εισαγωγή.	76
1.13.2 Δομή οπτικής ίνας.	76
1.13.3 Είδη οπτικών ινών.	77
1.13.4 Δομή οπτικού συστήματος μετάδοσης.	78
1.13.5 Εφαρμογές.	78
1.14 Ερωτήσεις – Ασκήσεις.	78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΘΕΩΡΙΑ

2.1 Συγκρότηση ενός συστήματος ψηφιακού ελέγχου.	81
2.2 Τελεστικοί ενισχυτές.	82
2.2.1 Εισαγωγή.	82
2.2.2 Βασικά κυκλώματα τελεστικών ενισχυτών.	82
2.3 Μετατροπείς ADC και DAC.	88
2.3.1 Εισαγωγή.	88
2.3.2 Μετατροπέας ADC.	90

2.3.3 Μετατροπές DAC.	96
2.3.4 Φιλτράρισμα – Εξομάλυνση κυματομορφής εξόδου.	99
2.4 Ερωτήσεις – Ασκήσεις.	100

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ

3.1 Εισαγωγή.	101
3.2 Βασικός ηλεκτρολογικός εξοπλισμός συστήματος ελέγχου.	102
3.3 Δομή του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή.	111
3.3.1 Εσωτερική αρχιτεκτονική.	113
3.3.2 Μονάδα τροφοδοσίας.	121
3.3.3 Πλαίσιο στήριξης.	122
3.4 Κύκλος λειτουργίας ενός PLC.	122
3.5 Ονοματοδοσία – Διευθύνσεις εισόδων και εξόδων.	123
3.6 Συσκευές προγραμματισμού PLC.	124
3.7 Βασική ορολογία ελέγχου.	125
3.8 Γλώσσες προγραμματισμού των PLC.	126
3.8.1 Ladder.	127
3.8.2 Γλώσσα λογικών γραφικών.	135
3.8.3 Γλώσσα λίστας εντολών.	138
3.9 Παραδείγματα χρήσης και προγραμματισμού των PLC.	141
3.9.1 Αλλαγή φοράς περιστροφής σε τριφασικό ασύγχρονο κινητήρα.	141
3.9.2 Αυτόματος διακόπτης αστέρα-τριγώνου.	144
3.9.3 Κυκλική λειτουργία μηχανημάτων.	146
3.10 Παράδειγμα εφαρμογής των PLC στο σύστημα αποθήκευσης-διανομής γλυκού νερού στο πλοίο.	148
3.10.1 Γενική περιγραφή του συστήματος.	148
3.10.2 Περιγραφή έργου.	149
3.10.3 Εξοπλισμός.	150
3.10.4 Προδιαγραφές.	151
3.10.5 Λύση.	151
3.10.6 Κύριο κύκλωμα.	151
3.10.7 Βοηθητικό κύκλωμα.	152
3.10.8 Κύκλωμα ελέγχου με PLC.	153
3.10.9 Πρόγραμμα σε Ladder.	156
3.10.10 Πρόγραμμα σε FBD.	157
3.11 Ερωτήσεις – Ασκήσεις.	158

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

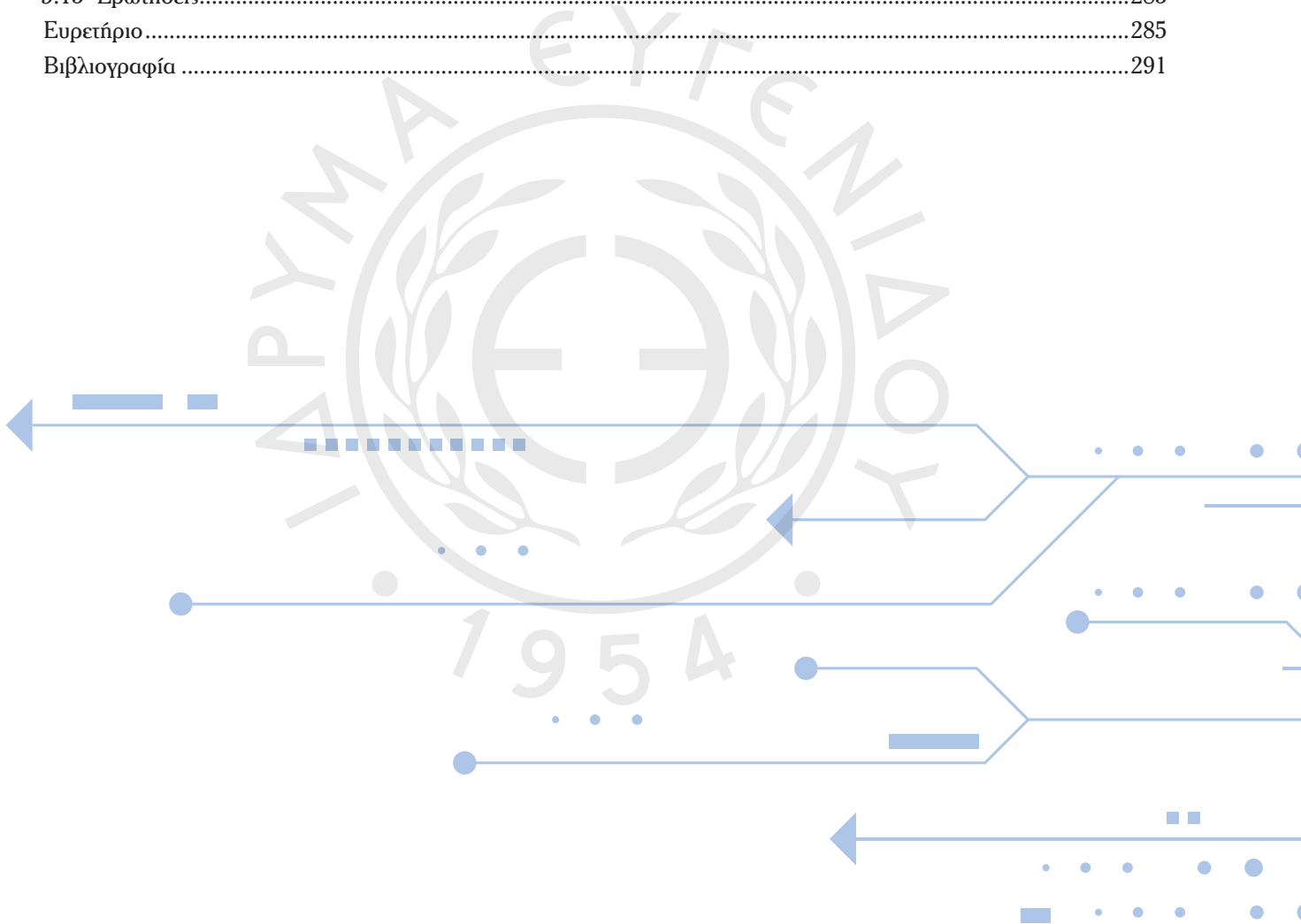
4.1 Εισαγωγή.	161
4.2 Χρήσεις των δικτύων υπολογιστών.	162
4.2.1 Ακαδημαϊκή χρήση.	163
4.2.2 Οικιακή χρήση.	164
4.2.3 Επιχειρηματική χρήση.	166
4.2.4 Ναυτιλιακή χρήση.	167
4.3 Πρωτόκολλα και πρότυπα δικτύων.	168
4.4 Κατηγοριοποίηση δικτύων.	168
4.4.1 Διαχωρισμός βάσει τρόπου διασύνδεσης.	169
4.4.2 Διαχωρισμός βάσει γεωγραφικής έκτασης.	170

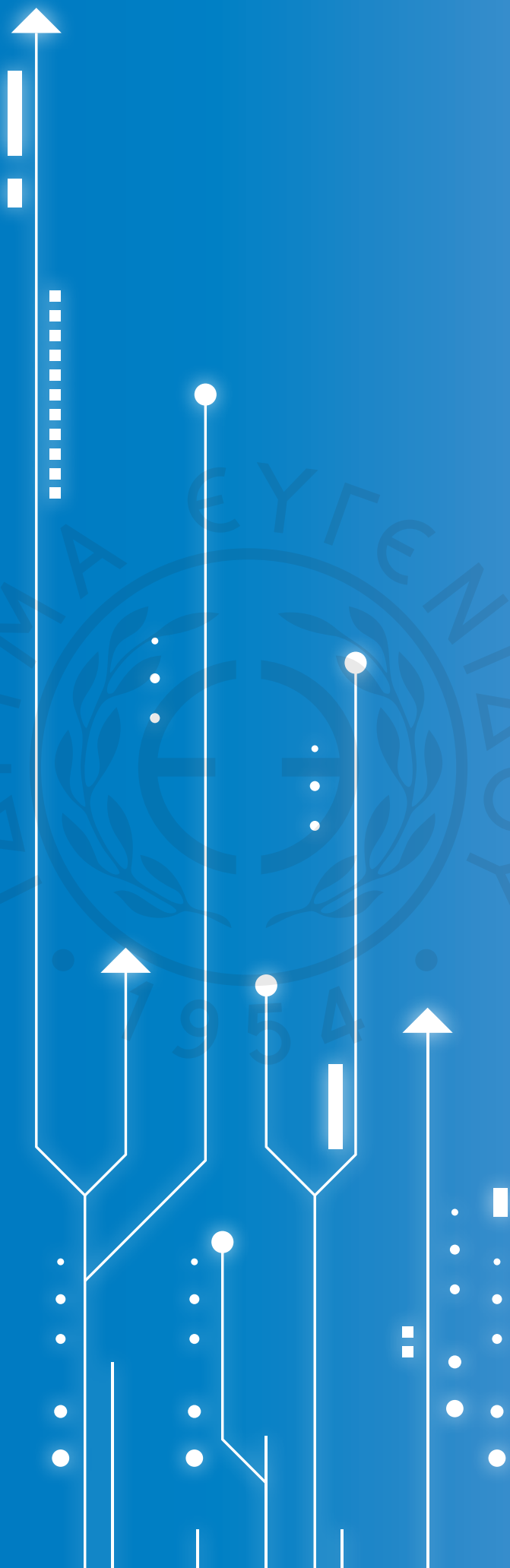
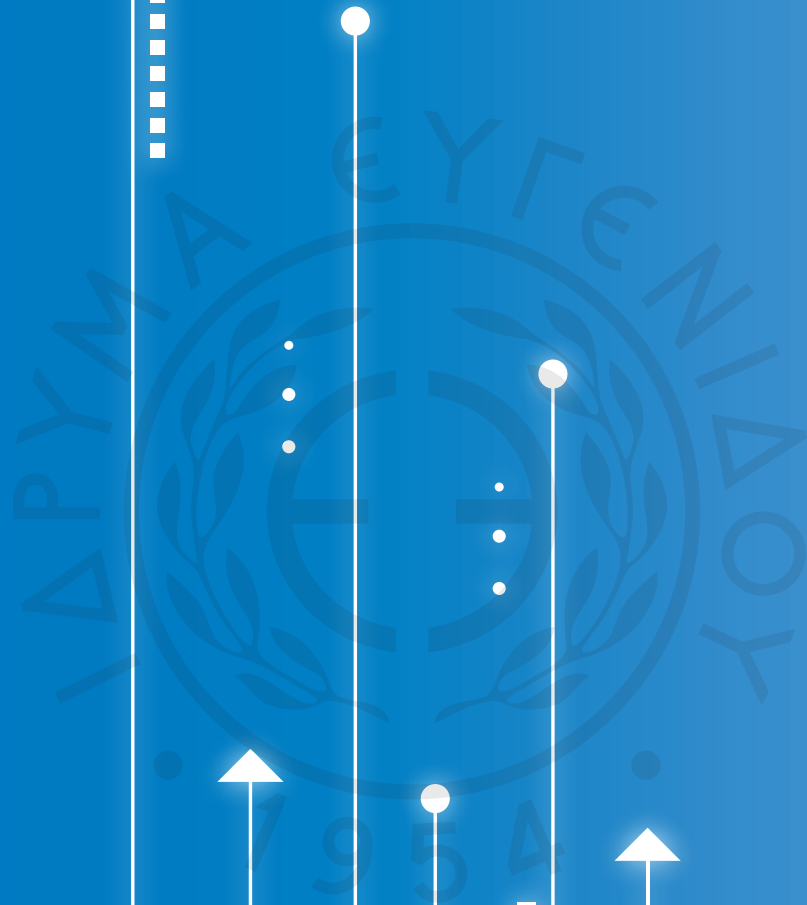
4.4.3 Διαχωρισμός βάσει μέσου επικοινωνίας – διασύνδεσης.....	171
4.5 Σχεδίαση δικτύου.....	178
4.5.1 Δομημένη καλωδίωση.....	178
4.5.2 Παθητικός και ενεργός εξοπλισμός του δικτύου.....	182
4.6 Μοντέλο OSI.....	184
4.7 Ethernet.....	186
4.8 Ομάδα πρωτοκόλλων TCP/IP.....	187
4.9 Πρωτόκολλο IP.....	189
4.9.1 Ανάλυση του πακέτου IP.....	189
4.9.2 Πρωτόκολλο Ελέγχου Εκπομπής.....	191
4.9.3 Μηχανισμός ελέγχου κίνησης και ολισθαίνοντος παραθύρου του TCP.....	194
4.10 Πρωτόκολλο UDP.....	194
4.11 Σύγκριση TCP – UDP.....	195
4.12 Διεύθυνση MAC.....	196
4.13 Διευθυνοδοσία.....	198
4.13.1 IPv4 Διευθύνσεις δικτύου.....	199
4.13.2 Διευθύνσεις IPv6.....	201
4.13.3 Δικτυακή πύλη και διακομιστής ονομάτων τομέων DNS.....	202
4.14 Εικονικά δίκτυα VLANs.....	203
4.15 Δρομολόγηση δεδομένων και αποφυγή βρόχων.....	205
4.16 Τρόποι διασύνδεσης με το Διαδίκτυο.....	207
4.17 Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο.....	208
4.18 Παγκόσμιος Ιστός.....	210
4.19 Ασφάλεια δικτύων.....	210
4.20 Έλεγχος και αντιμετώπιση προβλημάτων λειτουργίας του δικτύου.....	213
4.21 Ερωτήσεις.....	216

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ

5.1 Βιομηχανικά δίκτυα αυτοματισμού- υπολογιστών στα πλοία. Σύντομη περιγραφή.....	217
5.2 Τοπολογία των βιομηχανικών δικτύων αυτοματισμού πλοίου.....	218
5.3 Δομή και αρχιτεκτονική των δικτύων αυτοματισμού ενός πλοίου.....	219
5.4 Επικοινωνίες – Δίκτυα στο βιομηχανικό περιβάλλον των πλοίων.....	223
5.4.1 Κεντροποιημένα συστήματα ελέγχου.....	223
5.4.2 Κατακεντρωμένα συστήματα ελέγχου.....	223
5.4.3 Σύγκριση κατακεντρωμένων συστημάτων ελέγχου και συστημάτων ελέγχου με PLC.....	226
5.4.4 Βιομηχανικά συστήματα ελέγχου SCADA.....	228
5.5 Εφαρμογές δικτύων ελέγχου στον βιομηχανικό αυτοματισμό πλοίων και στην ενεργειακή διαχείριση πλοίων.....	231
5.6 Επίπεδο διαχείρισης – οθόνες ελέγχου.....	238
5.7 Επίπεδο αυτοματισμού εγκαταστάσεων - πεδίου.....	247
5.7.1 Ελεγκτές πεδίου.....	247
5.7.2 Είσοδοι – έξοδοι ελεγκτών πεδίου.....	248
5.8 Διακίνηση δεδομένων σε βιομηχανικά δίκτυα.....	250
5.8.1 Αναλογική μετάδοση.....	250
5.8.2 Ψηφιακή μετάδοση.....	251
5.8.3 Πρότυπο RS-232.....	253
5.8.4 Πρότυπο RS-422.....	254
5.8.5 Πρότυπο RS-485.....	256
5.8.6 Πρότυπο IEEE-488.....	258

5.9 Βιομηχανικά δίκτυα πεδίου.....	259
5.9.1 CAN.....	261
5.9.2 NMEA.....	263
5.9.3 KNX.....	265
5.9.4 MODBUS.....	268
5.9.5 HART.....	270
5.9.6 PROFIBUS.....	271
5.9.7 INDUSTRIAL ETHERNET.....	273
5.9.8 PROFINET.....	275
5.9.9 Σύγκριση βιομηχανικών δικτύων πεδίου.....	276
5.10 Επικοινωνίες βάσεων δεδομένων μεταξύ γέφυρας – μηχανής.....	277
5.11 Υλοποίηση δικτυακών υπηρεσιών πλοίου – στεριάς, επικοινωνία προσωπικού.....	279
5.12 Παράδειγμα βιομηχανικού δικτύου ελέγχου μηχανοστασίου.....	281
5.13 Ερωτήσεις.....	283
Ευρετήριο.....	285
Βιβλιογραφία.....	291





ΨΗΦΙΑΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 01

1.1 Εισαγωγή

Στον σημερινό κόσμο, ο όρος **ψηφιακό** (digital) έχει γίνει μέρος του καθημερινού μας λεξιλογίου, λόγω της ταχύτητας, αλλά και της ευρύτητας με τις οποίες τα ψηφιακά κυκλώματα και οι ψηφιακές τεχνικές έχουν εισβάλει σε όλους σχεδόν τους τομείς της ζωής: στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, στους αυτοματισμούς, στην ιατρική, στις μεταφορές, στις τηλεπικοινωνίες και γενικά σε κάθε τομέα ανθρώπινης δραστηριότητας. Όσον αφορά στη ναυτιλία και στη ναυτική τεχνολογία, τα ψηφιακά ηλεκτρονικά χρησιμοποιούνται κυρίως για την υλοποίηση απλών ή σύνθετων συστημάτων ελέγχου, υπολογιστικών συστημάτων, καθώς και για τη μετάδοση της πληροφορίας.

Ένα σύστημα ηλεκτρικό ή ηλεκτρονικό επεξεργάζεται πληροφορία που συνήθως προκύπτει από μετρήσεις φυσικών μεγεθών του κόσμου που ζούμε. Τέτοια φυσικά μεγέθη είναι η ηλεκτρική τάση, το ηλεκτρικό ρεύμα, η θερμοκρασία, η πίεση, η ταχύτητα, η επιτάχυνση, η ροή ενός ρευστού κ.ά.. Οι φυσικές αυτές ποσότητες, εάν δεν αφορούν σε ηλεκτρική τάση και ρεύμα, μετατρέπονται σε ηλεκτρικά σήματα προκειμένου να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το ηλεκτρικό ή ηλεκτρονικό σύστημα. Η μορφή των σημάτων που διαχειρίζονται τα ηλεκτρονικά κυκλώματα διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: στα **αναλογικά ηλεκτρονικά κυκλώματα** (analog electronics) και στα **ψηφιακά ηλεκτρονικά κυκλώματα** (digital electronics). Τα αναλογικά ηλεκτρονικά κυκλώματα επεξεργάζονται **αναλογικά σήματα** (analog signals), των οποίων οι τιμές μεταβάλλονται συνεχώς με τον χρόνο [σχ. 1.1(α)]. Τα ψηφιακά ηλεκτρονικά κυκλώματα επεξεργάζονται **ψηφιακά σήματα** (digital signals), τα οποία αποτελούνται από διακριτές τιμές [σχ. 1.1(β)] (περισσότερα για τα αναλογικά και ψηφιακά σήματα στο κεφ. 2).

Το πιο διαδεδομένο ψηφιακό σήμα είναι το **δυναμικό** (binary) ψηφιακό σήμα, το οποίο μπορεί να λά-

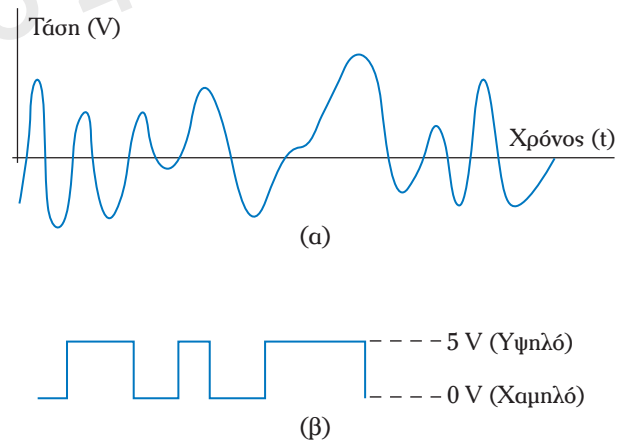
βει μόνο δύο τιμές. Οι τιμές αυτές ονομάζονται λογικά επίπεδα και συνήθως συμβολίζονται με τις λέξεις **Low/High (Χαμηλό/Υψηλό)**, **Off/On (Σβησμένο/Αναμμένο)**, **Open/Closed (Ανοιχτό/Κλειστό)** ή με τα ψηφία **0/1**. Στα ψηφιακά συστήματα τα παραπάνω λογικά επίπεδα αναπαριστούν δύο επίπεδα τάσης, τα οποία είναι τα **0 Volts** και τα **5 Volts**. Στην πράξη όταν αναφερόμαστε σε ψηφιακό σήμα εννοούμε το δυαδικό ψηφιακό σήμα, αφού αυτό είναι το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο.

1.2 Αριθμητικά συστήματα

Ένα **αριθμητικό σύστημα** είναι ένα σύνολο συμβόλων ικανό να αναπαραστήσει αριθμητικές ποσότητες. Το πιο κοινό αριθμητικό σύστημα είναι το **δεκαδικό αριθμητικό σύστημα** (decimal number system), που ονομάστηκε έτσι επειδή χρησιμοποιεί 10 ψηφία:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

Η βάση του δεκαδικού συστήματος είναι το 10. Κατάλληλος συνδυασμός των παραπάνω ψηφίων μπορεί να αναπαραστήσει οποιονδήποτε αριθμό (σχ. 1.2).



Σχ. 1.1

(α) Αναλογικό σήμα, (β) ψηφιακό σήμα

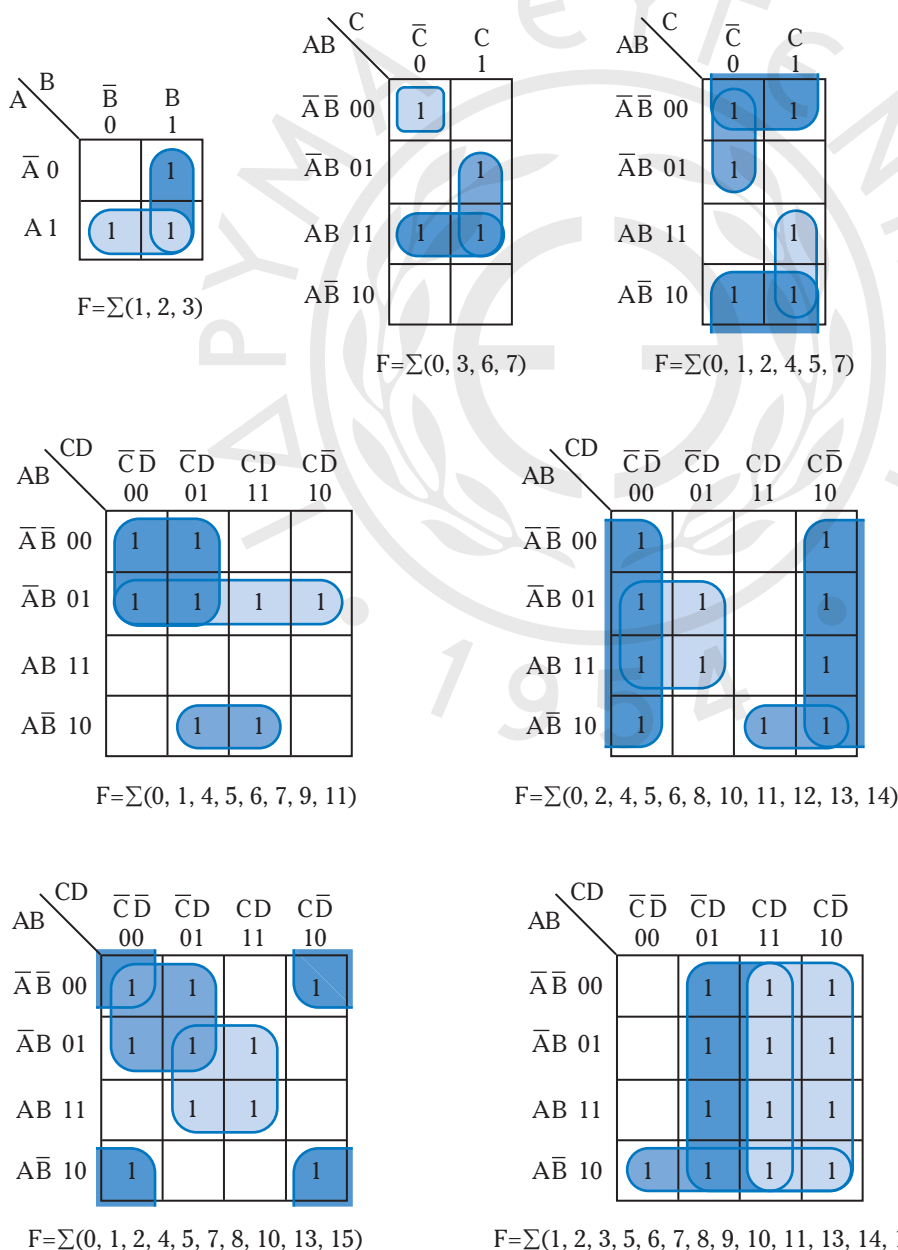
(β) είναι καλύτερη από την υλοποίηση (α). Ας σημειωθεί ότι τα κελιά που περιβάλλονται από το ίδιο χρώμα ανήκουν στην ίδια ομάδα.

5) Η πρώτη και τελευταία γραμμή και αντίστοιχα η πρώτη και τελευταία στήλη θεωρούνται γειτονικές, αφού διαφέρουν μόνο σε μία μεταβλητή. Ως αποτέλεσμα, μπορούν να δημιουργηθούν ομάδες από τα κελιά αυτών των γραμμών και στηλών.

Για παράδειγμα, στο σχήμα 1.46 βλέπουμε διάφορες υλοποιήσεις χάρτη Karnaugh και τους τρόπους να προκύψουν ομάδες. Και σε αυτό το σχήμα τα κελιά που περιβάλλονται από το ίδιο χρώμα ανήκουν

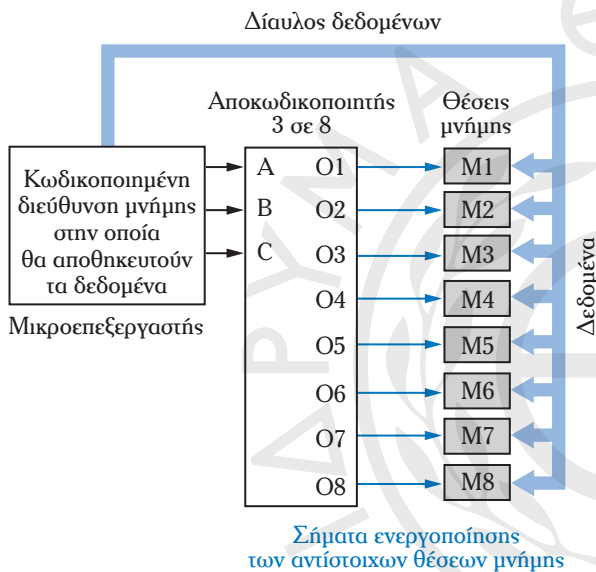
στην ίδια ομάδα. Αφού έχουν μεταφερθεί όλες οι τιμές που είναι 1 στον χάρτη Karnaugh και έχουν δημιουργηθεί οι ομάδες, θα πρέπει η καινούργια απλοποιημένη συνάρτηση να εξαχθεί από αυτές. Για να προκύψει η ελάχιστη συνάρτηση από τον χάρτη, ακολουθούνται οι παρακάτω κανόνες:

1) Κάθε ομάδα από κελιά με τιμή 1 γράφεται σαν ένα γινόμενο μεταβλητών. Οι μεταβλητές που συμμετέχουν στο γινόμενο είναι αυτές που είναι κοινές για όλη την ομάδα και εμφανίζονται μόνο με μία μορφή (π.χ. η μεταβλητή A να εμφανίζεται στην ομάδα μόνο σαν A ή σαν $\bar{A}$). Όταν σε μία ομάδα υπάρχει μία με-



Σχ. 1.46
Παραδείγματα
ομαδοποίησης κελιών

συχνή χρήση σε ψηφιακά συστήματα, όπως είναι οι σύγχρονοι μικροεπεξεργαστές, τα οποία χρησιμοποιούν ψηφιακές μνήμες για την αποθήκευση των δεδομένων. Πριν γίνει η αποθήκευση των δεδομένων σε μία θέση μνήμης, ο μικροεπεξεργαστής στέλνει σε έναν αποκωδικοποιητή την θέση μνήμης, στην οποία θα αποθηκευτούν τα δεδομένα. Ο αποκωδικοποιητής αποκωδικοποιεί την δυαδική διεύθυνση παράγοντας ένα σήμα, το οποίο ενεργοποιεί την κατάλληλη θέση μνήμης για να δεχτεί τα δεδομένα που στέλνονται μέσω του διαύλου δεδομένων από τον μικροεπεξεργαστή. Η παραπάνω διαδικασία παρουσιάζεται στο σχήμα 1.104.



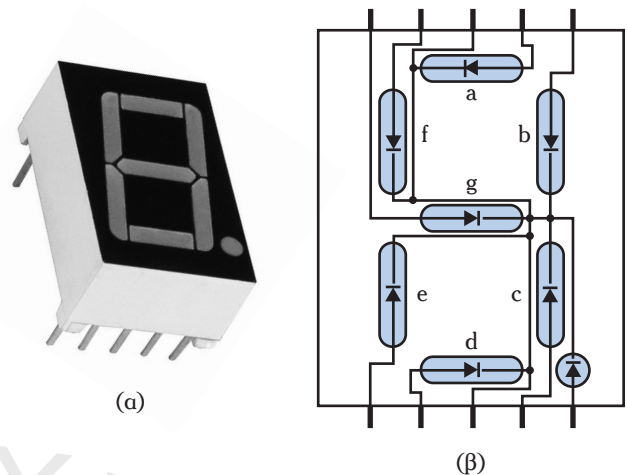
Σχ. 1.104

Χρήση αποκωδικοποιητή για αποθήκευση δεδομένων ενός μικροεπεξεργαστή σε θέσεις μνήμης

1.8.3 Αποκωδικοποιητής 4-bits BCD σε οθόνη-ενδείκτη 7 τμημάτων

Οι **οθόνες** ή **ενδείκτες 7 τμημάτων** (7 segment display) [σχ. 1.105(α)] προσφέρουν μία πολύ βολική λύση για την αναπαράσταση αριθμών, γραμμάτων ή συμβόλων. Αποτελούνται από επτά διόδους LED, οι οποίες αποκαλούνται **τμήματα** (segments) [σχ. 1.105(β)]. Συνήθως υπάρχει και ένα όγδοο τμήμα, το οποίο αναπαριστά την τελεία, όπως αυτό που παρουσιάζεται στο σχήμα 1.105.

Προκειμένου να αναπαρασταθούν οι αριθμοί από 0–9 και τα γράμματα από A–F (πρόκειται για τους χαρακτήρες του δεκαεξαδικού συστήματος αρίθμησης) τα κατάλληλα LED διαρρέονται από ρεύμα και



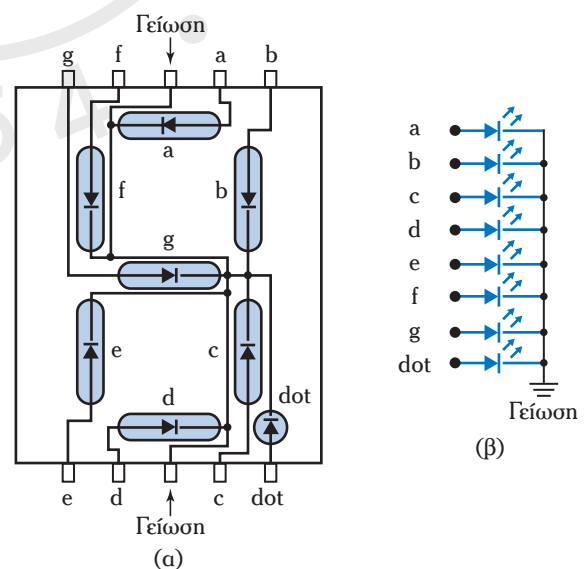
Σχ. 1.105

(α) Οθόνη 7 τμημάτων, (β) τοποθέτηση των διόδων LED σε μία οθόνη 7 τμημάτων

φωτίζονται. Σε μία οθόνη 7 τμημάτων υπάρχουν 8 εισόδους για τα LED και μία είσοδος που δρα σαν κοινός ακροδέκτης όλων των τμημάτων. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι οθονών 7 τμημάτων:

- 1) **Κοινής καθόδου** (common cathode) και
- 2) **κοινής ανόδου** (common anode).

Τα LED κοινής καθόδου ενεργοποιούνται στις εισόδους τους με τάση 5 V μέσω κατάλληλης ωμικής αντίστασης για προστασία του LED. Το κοινό τμήμα συνδέεται στο 0 V (γείωση) της τροφοδοσίας. Στο σχήμα 1.106(α) παρουσιάζεται ένα LED κοινής



Σχ. 1.106

(α) Τοποθέτηση των LED και (β) ανάπτυγμα της συνδεσμολογίας των LED σε οθόνη 7 τμημάτων κοινής καθόδου

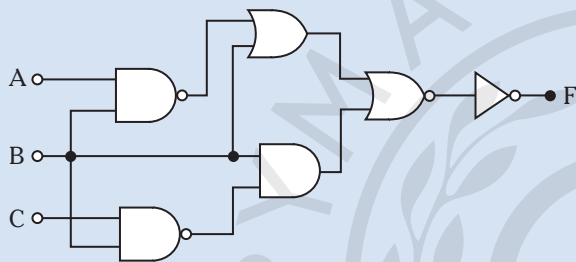


1.14 Ερωτήσεις – Ασκήσεις

1. Να μετατρέψετε τον αριθμό $(428)_{10}$ στο δυαδικό και στο δεκαεξαδικό σύστημα.
2. Να μετατρέψετε τον αριθμό $(1100101011)_2$ στο δεκαδικό και στο δεκαεξαδικό σύστημα.
3. Να μετατρέψετε τον αριθμό $(76,92)_{10}$ στο δυαδικό σύστημα χρησιμοποιώντας κώδικα Gray.
4. Να απλοποιήσετε την λογική έκφραση:

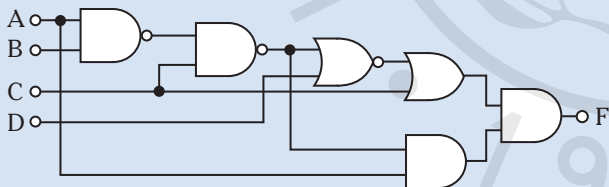
$$F = \bar{A} \cdot B \cdot C + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot B$$

5. Να εξάγετε την λογική συνάρτηση $F(A, B, C)$ του λογικού κυκλώματος του σχήματος 1.174.



Σχ. 1.174

6. Να εξάγετε την λογική συνάρτηση $F(A, B, C, D)$ του λογικού κυκλώματος του σχήματος 1.175.



Σχ. 1.175

7. Να σχεδιάσετε το λογικό κύκλωμα που υλοποιεί την συνάρτηση:

$$F(A, B, C) = \overline{(A \cdot B) + [(A \cdot C) \cdot \bar{B}]}$$

8. Χρησιμοποιώντας χάρτη Karnaugh να απλοποιήσετε την λογική συνάρτηση:

$$F(A, B, C, D) = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot \bar{C} \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} + A \cdot \bar{B} \cdot C \cdot \bar{D} + \bar{A} \cdot B \cdot C \cdot \bar{D}$$

9. Να βρείτε την λογική συνάρτηση F που προκύπτει από τον χάρτη Karnaugh του σχήματος 1.176.

AB \ CD				
	$\bar{C}\bar{D}$	$\bar{C}D$	CD	$C\bar{D}$
$\bar{A}\bar{B}$ 00	1	1		1
$\bar{A}B$ 01	1	1		
AB 11		1	1	
$A\bar{B}$ 10	1	1	1	1

Σχ. 1.176

10. Να αθροίσετε τους δυαδικούς αριθμούς $(11010111)_2$ και $(01010011)_2$.

11. Να βρείτε το συμπλήρωμα ως προς 2 του αριθμού 64.

12. Να σχεδιάσετε έναν πλήρη αθροιστή δύο αριθμών A και B των 3 bits, που να εκτελεί άθροιση του αριθμού A και του αριθμού B ($A + B$) και την αφαίρεση του B από τον A ($A - B$).

13. Να εξηγήσετε ποια ψηφιακά κυκλώματα ονομάζονται συνδυαστικά και ποια ακολουθιακά. Να αναφέρετε από ένα παράδειγμα.

14. Να εξηγήσετε την διαφορά συγχρόνων και ασυγχρόνων ακολουθιακών κυκλωμάτων.

15. Να σχεδιάσετε με πύλες ένα JK flip-flop και να δώσετε τον πίνακα αλήθειας.

16. Να σχεδιάσετε ένα T flip-flop και να δώσετε τον πίνακα αλήθειας. Με τη χρήση T flip-flop να σχεδιάσετε ένα κύκλωμα διαίρεσης της συχνότητας $1/8$.

17. Για τον έλεγχο ενός φωτιστικού σημείου σε ένα δωμάτιο χρησιμοποιούνται δύο διακόπτες σε δύο διαφορετικά σημεία του δωματίου. Και οι δύο διακόπτες μπορούν να ανάψουν και να σβήσουν το φως ανεξάρτητα από την κατάσταση του άλλου διακόπτη. Ποια από τις παρακάτω πύλες υλοποιείται από τη λογική των διακοπών;

α) OR, β) AND, γ) XOR και δ) NAND.

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

18. Σε μία δεξαμενή νερού χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της στάθμης τρεις αισθητήρες τύπου πλωτήρα-διακόπτη. Κάθε αισθητήρας ενεργοποιείται δίνοντας στην έξοδό του λογικό 1 όταν το νερό βρίσκεται στο ύψος που είναι τοποθετημένος ο αισθητήρας. Οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι έτσι, ώστε να δείχνουν τρία επίπεδα στάθμης: **υψηλό** (high), **μεσαίο** (medium) και **χαμηλό** (low). Όταν η στάθμη είναι χαμηλότερα από το υψηλό και υψη-

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΘΕΩΡΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 02

2.1 Συγκρότηση ενός συστήματος ψηφιακού ελέγχου

Ο ψηφιακός έλεγχος αποτελεί μέρος του αυτόματου ελέγχου και χρησιμοποιεί ψηφιακούς υπολογιστές ως ελεγκτές των συστημάτων αυτόματου ελέγχου. Ο ψηφιακός υπολογιστής μπορεί να έχει την μορφή ενός μικροελεγκτή, ενός PLC ή ακόμη κι ενός προσωπικού ηλεκτρονικού υπολογιστή (H/Y).

Σε ένα τυπικό σύστημα αυτόματου ελέγχου απλού βρόχου, στον οποίο χρησιμοποιείται αναλογικός έλεγχος, ακολουθείται το διάγραμμα του σχήματος 2.1α. Βασικό στοιχείο του ελέγχου αποτελεί η **ανάδραση** (feedback), μέσω της οποίας η έξοδος συγκρίνεται με την επιθυμητή της τιμή [είσοδος $x(t)$] και το σήμα σφάλματος που προκύπτει [$error(t)$] αποτελεί την είσοδο του ελεγκτή.

Η εξέλιξη που σημειώθηκε στον τομέα της ψηφιακής τεχνολογίας δεν θα μπορούσε να αφήσει ανεπηρέαστο και τον τομέα του αυτόματου ελέγχου. Από τα πρώτα χρόνια εμφάνισης των ψηφιακών υπολογιστών, υπήρξε έντονο ενδιαφέρον ενσωμάτωσης αυτής της τεχνολογίας στους βρόχους ελέγχου με την αντικατάσταση του αναλογικού ελεγκτή από έναν ψηφιακό, εξαιτίας της δυνατότητας των ψηφιακών υπολογιστών να επεξεργάζονται τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε πολύ μικρά χρονικά διαστήματα.

Κάποια από τα **πλεονεκτήματα** των ψηφιακών ελεγκτών σε σχέση με τους αναλογικούς είναι ότι:

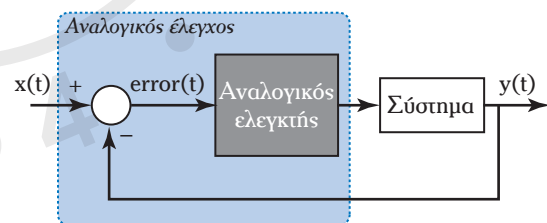
1) Οι ψηφιακοί ελεγκτές μπορούν να πραγματοποιήσουν πολύπλοκους υπολογισμούς με σταθερή ακρίβεια σε πολύ υψηλές ταχύτητες.

2) Οι ψηφιακοί ελεγκτές είναι ιδιαίτερα ευέλικτοι. Το πρόγραμμα (software) που χαρακτηρίζει την λειτουργία ενός ψηφιακού ελεγκτή, μπορεί να τροποποιηθεί, έτσι ώστε να παρακολουθεί τυχόν σχεδιαστικές μεταβολές στο σύστημα που ελέγχεται και να προσαρμοστεί στην επιθυμητή απόδοση του

όλου συστήματος χωρίς να χρειαστούν αλλαγές στο υλικό (hardware).

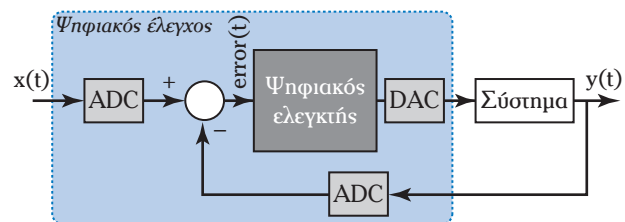
3) Ο ψηφιακός εξοπλισμός όπως μορφομετατροπείς, κωδικοποιητές κ.λπ., που χρησιμοποιείται σε ένα ψηφιακό σύστημα ελέγχου, είναι πιο αξιόπιστος και συμπαγής από τον αντίστοιχο αναλογικό.

Για την μετατροπή του αναλογικού βρόχου του σχήματος 2.1 σε ψηφιακό, ο αναλογικός ελεγκτής αντικαθίσταται από έναν ψηφιακό. Για να μπορεί ο ψηφιακός ελεγκτής να επιδρά στον πραγματικό κόσμο, να λαμβάνει ανάδραση από αυτόν και να δέχεται αναλογικές εισόδους από το περιβάλλον, θα πρέπει να συνοδεύεται από τους κατάλληλους **μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό** (Analog to Digital Converter – ADC) και **ψηφιακού σήματος σε αναλογικό** (Digital to Analog Converter – DAC). Πραγματοποιώντας τις παραπάνω αλλαγές και προσθήκες ο βρόχος του σχήματος 2.1 γίνεται όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2.



Σχ. 2.1

Σύστημα με ανάδραση και αναλογικό ελεγκτή



Σχ. 2.2

Σύστημα με ανάδραση και ψηφιακό ελεγκτή

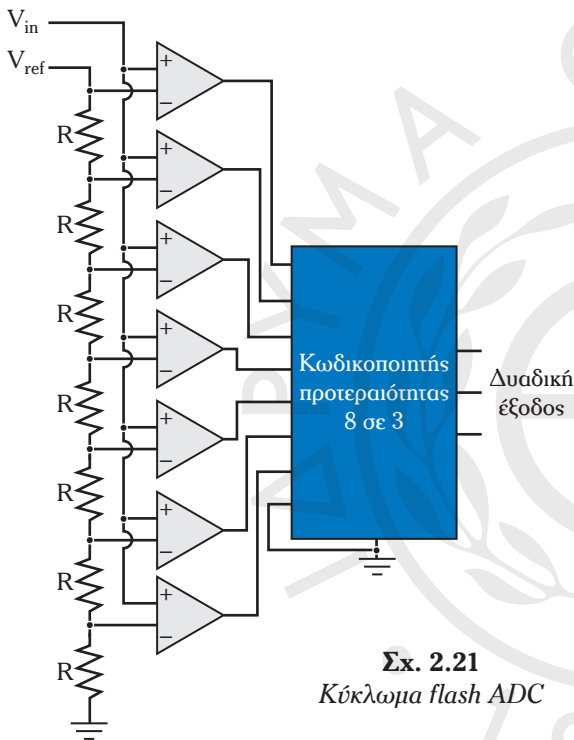
Στον πίνακα 2.3 παρουσιάζονται 8 διαφορετικές δυαδικές τιμές της εξόδου ανάλογα με την αναλογική τιμή της εισόδου.

Το μειονέκτημα των παραλλήλων μετατροπέων είναι ότι, παρόλη την απλότητα της σχεδίασης, όσο αυξάνει ο αριθμός των bits, αυξάνει υπερβολικά ο αριθμός των συγκριτών για τη μετατροπή. Έτσι για n bits μετατροπή χρειάζονται $2^n - 1$ συγκριτές. Αυτό σημαίνει ότι, εάν για παράδειγμα η έξοδος έχει 8 bits, ο αριθμός των συγκριτών θα είναι 255, ενώ εάν η έξοδος είναι 16 bits, ο αριθμός των συγκριτών γίνεται 65.535. Το γεγονός αυτό αυξάνει πολύ το μέγεθος

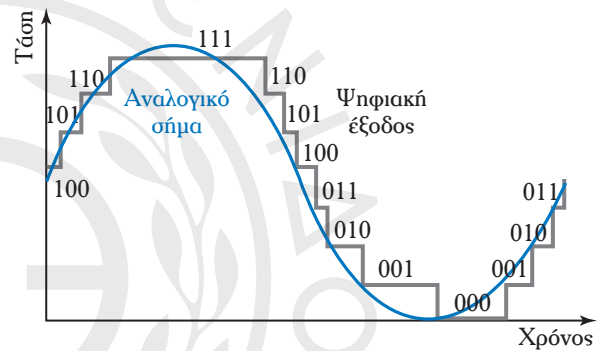
του κυκλώματος, το κόστος του και την κατανάλωση ισχύος.

Εάν υποθέσουμε ότι στον μετατροπέα μπαίνει η ημιτονοειδής είσοδος που παρουσιάζεται στο σχήμα 2.22, η έξοδος θα είναι οι στάθμες των 3 bits, που παρουσιάζονται στην ίδια εικόνα. Συνεπώς, όπως είναι φανερό, η αρχική μορφή της τάσης μετατράπηκε σε ένα σήμα, που αναπαριστάται μόνο από οκτώ διαφορετικές δυαδικές τιμές, που αντιστοιχούν σε οκτώ διαφορετικές στάθμες.

Το ίδιο αποτέλεσμα με τον μετατροπέα του σχήματος 2.21 θα υπάρχει και με την χρησιμοποίηση του κυκλώματος του σχήματος 2.23, το οποίο χρησιμοποιώντας πύλες XOR (Exclusive OR) δεν έχει την ανάγκη χρήσης κωδικοποιητή προτεραιότητας.



Σχ. 2.21
Κύκλωμα flash ADC

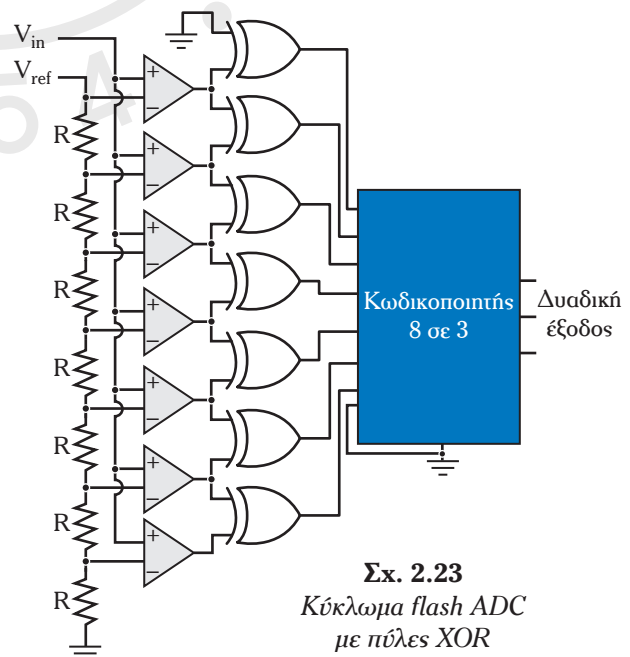


Σχ. 2.22

Παράδειγμα μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό 3 bits με τον flash ADC

Πίνακας 2.3
Εξοδοι του flash ADC
ανάλογα με την τιμή της εισόδου

Τιμή της τάσης εισόδου V_{in}	Εξοδος των συγκριτών	Εξοδος του κωδικοποιητή
$0 - V_{ref}/7$	0000000	000
$V_{ref}/7 - 2V_{ref}/7$	0000001	001
$2V_{ref}/7 - 3V_{ref}/7$	0000011	010
$3V_{ref}/7 - 4V_{ref}/7$	0000111	011
$4V_{ref}/7 - 5V_{ref}/7$	0001111	100
$5V_{ref}/7 - 6V_{ref}/7$	0011111	101
$6V_{ref}/7 - V_{ref}$	0111111	110
$\geq V_{ref}$	1111111	111



Σχ. 2.23
Κύκλωμα flash ADC
με πύλες XOR

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 03

3.1 Εισαγωγή

Οι τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων δεκαετιών, κυρίως στον τομέα της ηλεκτρονικής και των ψηφιακών συστημάτων, είχαν ως αποτέλεσμα την επανάσταση και στον τομέα της **εφαρμοσμένης μηχανικής ελέγχου** (control engineering). Στις αρχές του προηγούμενου αιώνα και κατά τις πρώτες δεκαετίες του, η παρουσία του ανθρώπου κατά την λειτουργία ενός συστήματος ήταν απαραίτητη για τον έλεγχό του. Οι πρώτοι αυτοματισμοί ήταν καθαρά μηχανικοί και βασίζονταν στη λειτουργία γραναζιών και μοχλών. Στην συνέχεια για τον έλεγχο συστημάτων και διαδικασιών χρησιμοποιήθηκε ο ηλεκτρισμός. Ο ηλεκτρικός έλεγχος βασίστηκε στην λειτουργία των **ηλεκτρονόμων** (relays), ηλεκτρικών διακοπών που ανοίγουν και κλείνουν ηλεκτρομηχανικά ή ηλεκτρονικά. Με τον τρόπο αυτόν επιτρέπουν την σύνδεση και αποσύνδεση μεγάλων φορτίων στα ελεγχόμενα κυκλώματα (κυκλώματα ισχύος) όχι άμεσα, αλλά έμμεσα με τον χειρισμό βοηθητικών κυκλωμάτων (κυκλώματα αυτοματισμού), τα οποία λειτουργούν με χαμηλότερη ισχύ από τα ελεγχόμενα κυκλώματα.

Η ανακάλυψη του τρανζίστορ στις αρχές της δεκαετίας του '50 οδήγησε στην επανάσταση των ημιαγωγών. Οι ημιαγωγοί στα επόμενα χρόνια αντικατέστησαν τις ηλεκτρονικές λυχνίες, οι οποίες ήταν συσκευές ογκώδεις, ενεργοβόρες και μεγάλου κόστους και χρησιμοποιούνταν στα ηλεκτρονικά κυκλώματα. Με την εμφάνιση των ημιαγωγών δημιουργήθηκε μία επανάσταση στην εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών και οι μηχανικοί ήδη από την δεκαετία του '60 προσπάθησαν να εκμεταλλευτούν την εξέλιξη αυτή στον αυτόματο έλεγχο. Οι πρώτες μηχανές που δέχτηκαν την ευεργετική επίδραση της εξέλιξης αυτής ήταν μηχανές όπως οι τρόνι και οι φρέζες.

Το επόμενο βήμα σε αυτήν την επανάσταση ήρθε την δεκαετία του '70 με την εμφάνιση των μικροεπεξεργαστών. Ο όγκος των αυτοματισμών όπως και

των ηλεκτρονικών υπολογιστών, καθώς και το κόστος αυτών των συστημάτων συμπίεστηκαν κατά πολύ και ως αποτέλεσμα η νέα αυτή τεχνολογία πέρασε σε πολλούς τομείς της καθημερινής ζωής. Έτσι φτάνουμε στα τέλη της δεκαετίας του '70 και στις αρχές της δεκαετίας του '80, όταν οι εταιρείες ηλεκτρολογικού υλικού παρουσιάζουν ένα νέο προϊόν, το οποίο ονομάζουν **Προγραμματιζόμενο Λογικό Ελεγκτή** (Programmable Logic Controller – PLC). Το νέο αυτό προϊόν υπόσχεται μία νέα επανάσταση στην βιομηχανία, αφού αποβλέπει στην αντικατάσταση των κλασικών πολύπλοκων πινάκων αυτοματισμού. Αντί για την κατασκευή ενός πίνακα κλασικού αυτοματισμού, ο οποίος θα περιέχει μεγάλο πλήθος από ηλεκτρονόμους, χρονικά και απαριθμητές με πολύπλοκες συνδεσμολογίες και καλωδιώσεις μεταξύ τους, γίνεται χρήση των PLC, όπου η λειτουργία του αυτοματισμού προγραμματίζεται μέσω μίας ειδικής συσκευής ή μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού. Με τον τρόπο αυτόν απλοποιείται ο πίνακας του αυτοματισμού, καθώς και το σύνολο των καλωδιώσεων, ενώ ο χρόνος που απαιτείται για την σχεδίαση του αυτοματισμού, τον προγραμματισμό του PLC και την κατασκευή του πίνακα αυτοματισμού είναι μόλις ένα κλάσμα του χρόνου που απαιτείται για την υλοποίηση μίας αντίστοιχης διάταξης κλασικού αυτοματισμού.

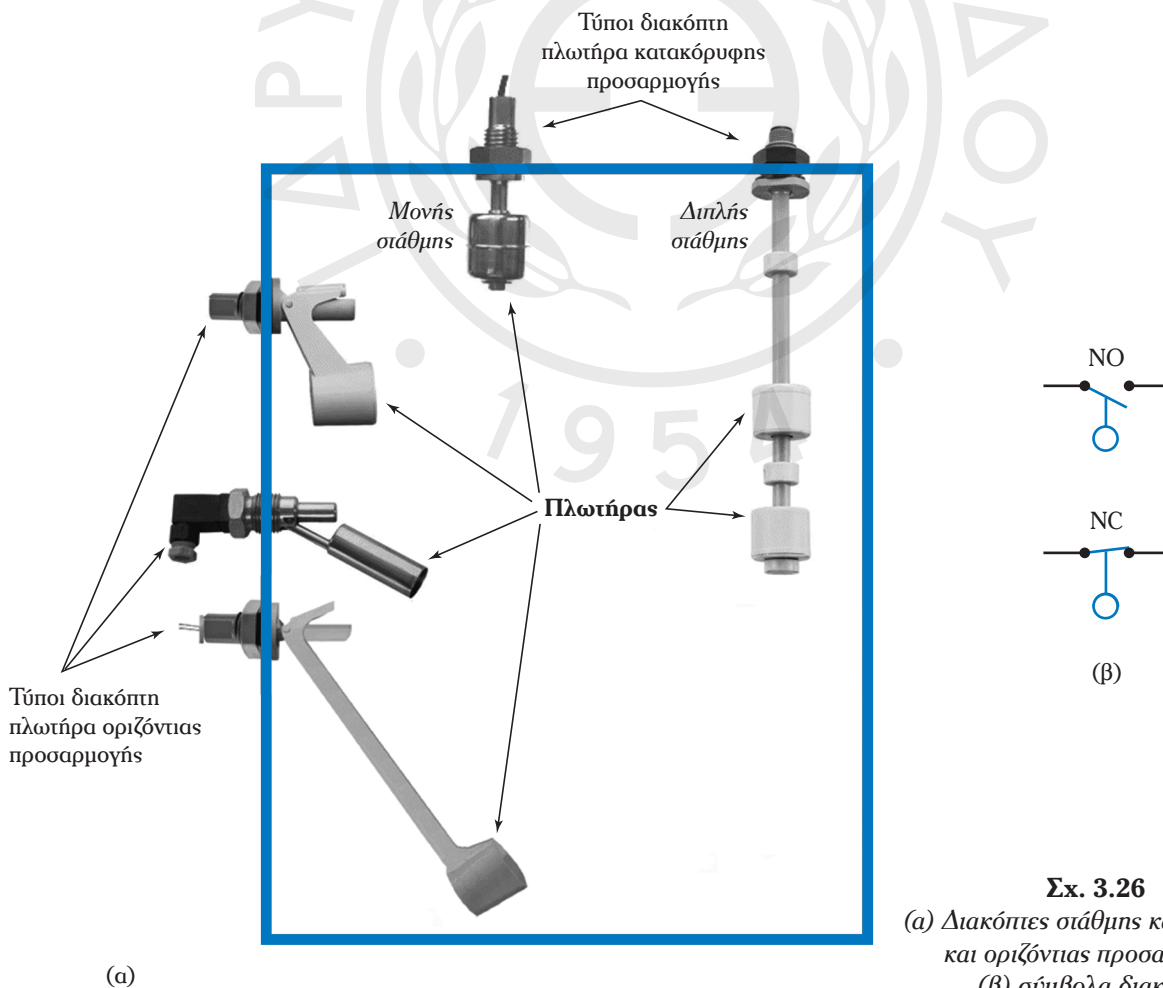
Ουσιαστικά ο PLC είναι ένας μικροϋπολογιστής κατάλληλα προσαρμοσμένος για την λειτουργία αυτοματισμών. Χρησιμοποιείται δηλαδή για να ελέγχονται μηχανές και διεργασίες όπου απαιτείται να εκτελείται μία αυτόματη λειτουργία. Το φάσμα των εφαρμογών σήμερα είναι τεράστιο και ξεκινά από τη βιομηχανία, τη ναυτιλία και φτάνει στον έλεγχο ανελκυστήρων, σε εφαρμογές φωτισμού, οικιακές εφαρμογές κ.λπ. Η λειτουργία τους βασίζεται στην συλλογή πληροφοριών από διακόπτες και αισθητήρες, στην επεξεργασία αυτών των πληροφοριών βάσει ενός προγράμματος που είναι αποθηκευμένο στη μνήμη του PLC και στην λήψη απόφασης για το

7) **Διακόπτες στάθμης ή πλωτήρας** (level or flow switches): Πρόκειται για διακόπτες, οι οποίοι βοηθούν στην ανίχνευση της στάθμης ενός υγρού. Υπάρχουν δύο είδη τέτοιων διακοπών, οι **κατακόρυφης** και οι **οριζόντιας προσαρμογής** [σχ. 3.26(α)]. Οι διακόπτες αυτοί λόγω της άνωσης του μηχανισμού πλωτήρα που διαθέτουν, μεταβάλλουν την θέση μίας **NO** ή **NC** επαφής ενεργοποιώντας ή απενεργοποιώντας ένα ηλεκτρικό κύκλωμα. Το σύμβολο του διακόπτη φαίνεται στο σχήμα 3.26(β). Η μέθοδος που ακολουθείται για το κλείσιμο ή άνοιγμα των επαφών είναι συνήθως μαγνητική ή μηχανική.

3.3 Δομή του προγραμματιζόμενου λογικού ελεγκτή

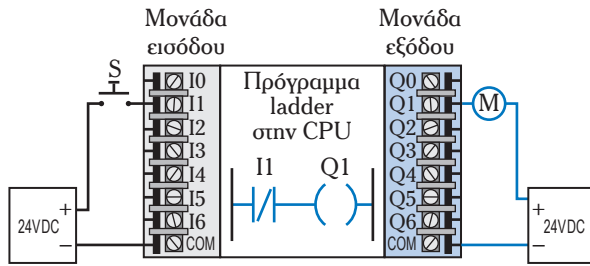
Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή του παρόντος κεφαλαίου, οι PLC έφεραν επανάσταση στον αυτόματο έλεγχο απλοποιώντας αλλά και διευκολύνοντας την κατασκευή διατάξεων ελέγχου αλλά και την μετατροπή τους, έτσι ώστε να μπορούν να

προσαρμοστούν σε αλλαγές των αναγκών ελέγχου. Οι πρώτοι PLC που κατασκευάστηκαν ήταν δύσκολοι στον προγραμματισμό τους και απαιτούσαν προγραμματιστές υψηλής κατάρτισης και πολυπλοκότητας. Παρόλ' αυτά με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξή τους οι PLC μετατράπηκαν σε συσκευές που ενσωματώνουν τεχνολογίες αιχμής και μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα σε οποιοδήποτε πρόβλημα ελέγχου ενός συστήματος ή μίας διαδικασίας. Οι μονάδες PLC σήμερα μπορούν να εκτελέσουν πολύπλοκες μαθηματικές συναρτήσεις, συμπεριλαμβανομένης της αριθμητικής ολοκλήρωσης και διαφορίσης, ενώ ενσωματώνουν επεξεργαστές υψηλών ταχυτήτων. Οι πρώτοι PLC μπορούσαν να χειριστούν μόνο σήματα δύο καταστάσεων, δηλαδή on-off, τα οποία προέρχονταν ως επί το πλείστον από διακόπτες. Οι σημερινοί PLC είναι σε θέση να δεχθούν και να επεξεργαστούν αναλογικά και ψηφιακά σήματα από αισθητήρες όπως ακριβώς και ένας σύγχρονος Η/Υ.



Σχ. 3.26

(α) Διακόπτες στάθμης κατακόρυφης και οριζόντιας προσαρμογής,
(β) σύμβολο διακόπτη

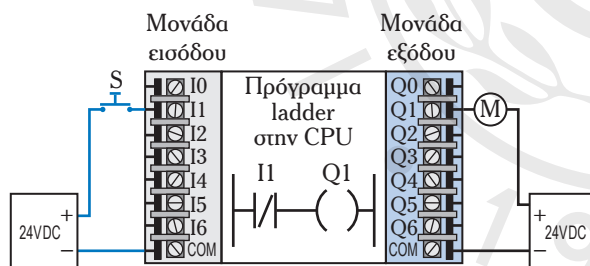


Σχ. 3.64

Συνδεσμολογία εισόδου και εξόδου στον PLC για υλοποίηση του προγράμματος του σχήματος 3.63(β)

3.64 εκτελεί το πρόγραμμα του σχήματος 3.63(β).

Παρατηρούμε ότι στο παραπάνω πρόγραμμα Ladder το NO κομβίο S αναπαριστάται με τον NC εικονικό διακόπτη I1. Όσο το S είναι ανοικτό, υπάρχει τροφοδοσία της εξόδου από τον PLC, αφού μέσω του NC διακόπτη I1 αντιστρέφεται η λειτουργία της εισόδου. Δηλαδή, ο προγραμματισμός ενός διακόπτη σαν NC αντιστρέφει την λειτουργία του πραγματικού διακόπτη που συνδέεται στην είσοδο του PLC. Όταν το κομβίο S πιεστεί, τότε τροφοδοτείται με ρεύμα η είσοδος I1 του PLC και ανοίγει ο εικονικός διακόπτης I1, οπότε σταματά η τροφοδοσία της εξόδου (σχ. 3.65). Η χρονική σχέση που συνδέει την είσοδο με την έξοδο φαίνεται στο σχήμα 3.66.



Σχ. 3.65

Παύση τροφοδοσίας της εξόδου με ενεργοποίηση της εισόδου I1

Παρόμοια προσοχή με την χρήση των διακοπών NC σε ένα πρόγραμμα χρειάζεται με την χρήση της εντολής της αντιστροφής της εξόδου, αφού η σημασία της είναι να αντιστρέφει την λειτουργία της εξόδου. Στο σχήμα 3.67 παρουσιάζεται μία συνδεσμολογία σε PLC ο οποίος εκτελεί ένα πρόγραμμα Ladder που κάνει χρήση της αντιστροφής της εξόδου.

Στο σχήμα 3.68 παρουσιάζεται η λειτουργία του ίδιου PLC με πιεσμένο το κομβίο S.

Από τις δύο προηγούμενες εικόνες παρατηρούμε πως όταν είναι ενεργοποιημένη η είσοδος, απενερ-

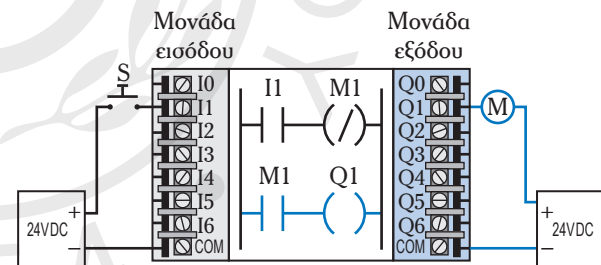
γοποιείται ο εικονικός διακόπτης M1 και επομένως και η έξοδος, ενώ αντίθετα, όταν η είσοδος είναι ανοικτό κύκλωμα, ενεργοποιούνται ο εικονικός διακόπτης και η έξοδος. Τα παραπάνω οφείλονται στην αντιστροφή που πραγματοποιεί η βοηθητική έξοδος M1 του προγράμματος Ladder.

Στα κυκλώματα αυτοματισμού γίνεται πολύ συχνά χρήση διακοπών κομβίων για την ενεργοποίηση των κυκλωμάτων. Τα κομβία μετά την αρχική αλλαγή κατάστασης που υφίστανται αφού πιεστούν,

Διακόπτης S στην είσοδο I1	ΑΝΟΙΚΤΟΣ	ΚΛΕΙΣΤΟΣ	ΑΝΟΙΚΤΟΣ
Διακόπτης I1	ΚΛΕΙΣΤΟΣ	ΑΝΟΙΚΤΟΣ	ΚΛΕΙΣΤΟΣ
Εξόδος Q1	ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΗ	ΑΠΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΗ	ΕΝΕΡΓΟΠΟΙΗΜΕΝΗ
			Χρόνος

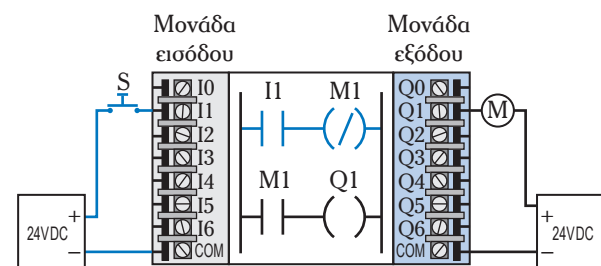
Σχ. 3.66

Διάγραμμα χρονικό της σχέσης εισόδου-εξόδου του PLC του σχήματος 3.64



Σχ. 3.67

Λειτουργία ενός PLC με αντιστροφή της εξόδου



Σχ. 3.68

Αντιστροφή της εξόδου με ενεργοποιημένη την είσοδο

4.1 Εισαγωγή

Από τον ηλεκτρικό τηλεγράφο του *Morse* του 1838 έως την πρώτη αποστολή *μηνύματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου* (e-mail) στα μέσα της δεκαετίας του '70 και τα πιο εξελιγμένα μέσα δορυφορικής επικοινωνίας, στόχος είναι πάντα η κάλυψη της ανθρώπινης ανάγκης για μεταφορά της πληροφορίας και της επικοινωνίας.

Αυτή η ανάγκη έγινε πιο ισχυρή και οι άνθρωποι πλέον, με τη βοήθεια των μέσων που παρέχει η τεχνολογία, έχουν κατακτήσει μεταξύ άλλων την αμεσότητα, την εγκυρότητα και την ασφάλεια στην καθημερινή ηλεκτρονική επικοινωνία είτε αυτή αφορά στην εργασία, είτε στη διασκέδαση. Οτιδήποτε συμβαίνει σήμερα στον κόσμο, μέσω των δικτύων και κυρίως των δικτύων υπολογιστών μεταδίδεται σε όλο τον πλανήτη σε ελάχιστο χρόνο.

Με τη δημιουργία των πρώτων υπολογιστικών μηχανών και την εξέλιξή τους κατέστη αντιληπτό ότι θα έπρεπε να υπάρχει η δυνατότητα δικτύωσης αυτών.

Το γιατί όμως είναι σημαντική αυτή ακριβώς η διασύνδεση-δικτύωση των υπολογιστικών συστημάτων και των διαφόρων περιφερειακών συσκευών, καθώς και ποια είναι τα οφέλη, είναι ένα ερώτημα που έρχεται να απαντηθεί από τον ορισμό του τι είναι ένα δίκτυο υπολογιστών:

Δίκτυο υπολογιστών είναι ένα σύνολο δύο ή περισσότερων διασυνδεδεμένων υπολογιστών και συσκευών, που ως βασικό στόχο έχει τον διαμοιρασμό πληροφοριών και πόρων.

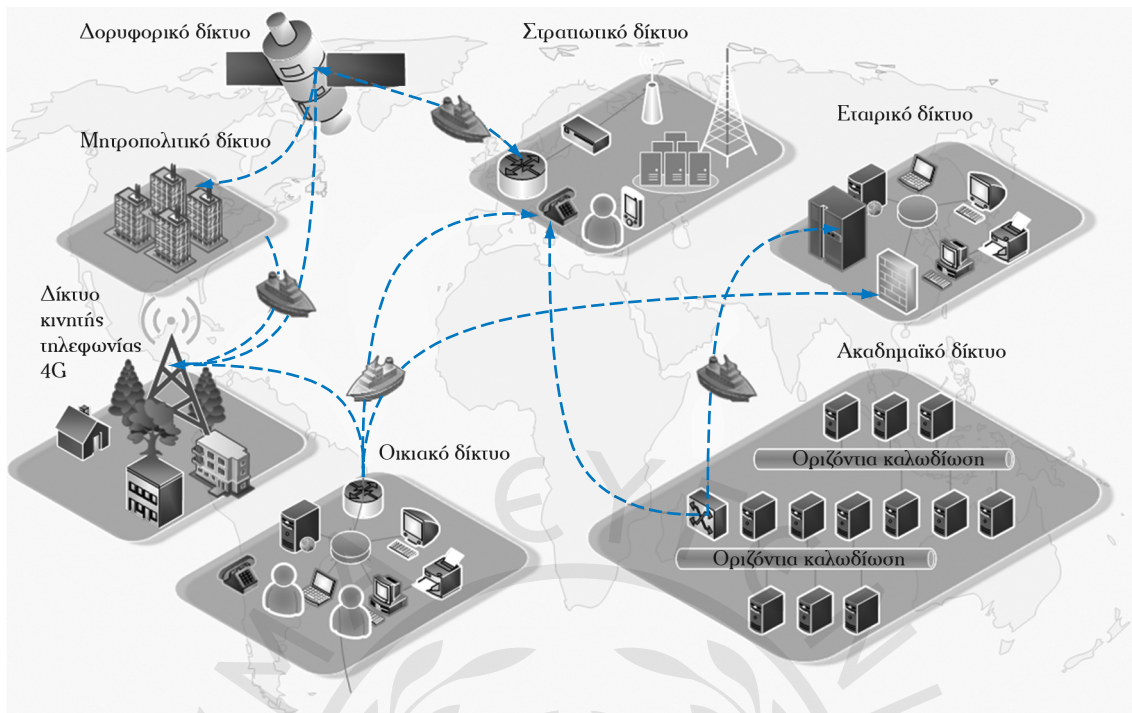
Ο διαμοιρασμός των πόρων και της πληροφορίας επιτυγχάνεται σε υψηλό βαθμό πλέον ειδικά λόγω του Διαδικτύου (Internet) και των υπηρεσιών που προσφέρονται μέσω αυτού. Ανεξάρτητα αν ο χρήστης χρησιμοποιεί σταθερή ή φορητή συσκευή,

σύνδεση δεδομένων μέσω γραμμής σταθερής ή κινητής τηλεφωνίας έχει τη δυνατότητα, για παράδειγμα, της αποστολής και λήψης ηλεκτρονικών μηνυμάτων αλληλογραφίας ή τη δυνατότητα πρόσβασης στον τραπεζικό λογαριασμό και την πραγματοποίηση συναλλαγών από οπουδήποτε, καθώς και τη λήψη απόφασης.

Η συνεχής αύξηση και εξέλιξη της δυνατότητας δικτύωσης, έχει ως τελικό στόχο τη συνολική, ολοκληρωτική δικτύωση των έξυπνων ή μη συστημάτων και την καθολική προσφορά ηλεκτρονικών υπηρεσιών. Έξυπνα θεωρούνται τα συστήματα που μπορούν μέσω ορισμένων αλγορίθμων να λάβουν μία απόφαση, για παράδειγμα την αύξηση ή τη μείωση της θερμοκρασίας του χώρου. Στο σχήμα 4.1 απεικονίζεται η δυνατότητα διαμοιρασμού της πληροφορίας από το ένα δίκτυο σε κάποιο άλλο λόγω της διασύνδεσης όλων των (υπο)δικτύων με το Διαδίκτυο.

Η ανάγκη των ανθρώπων για πρόσβαση σε πόρους και πληροφορίες ή απλά για επικοινωνία μελών καθημερινά. Αυτή η άποψη ενισχύεται και από τα παρακάτω δεδομένα: **πρώτον** το πλήθος των έξυπνων συσκευών που κυκλοφορούν στον κόσμο έχει ξεπεράσει κατά πολύ το πλήθος των ανθρώπων στον πλανήτη, **δεύτερον** το πλήθος των ενεργών συνδέσεων κινητής τηλεφωνίας που αγγίζει πλέον το πλήθος του συνολικού πληθυσμού του πλανήτη, **τρίτον** την συνεχή αύξηση χρήσης συστημάτων που ανήκουν στην κατηγορία του *IoT* (Internet of Things – το Διαδίκτυο των Πραγμάτων)¹, **τέταρτον** το μεγάλο πλήθος των *κοινωνικών δικτύων* που αποτελούνται από μεγάλες ομάδες ανθρώπων με ίδια ενδιαφέροντα και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω διαδικτυακών εφαρμογών, και **πέμπτον** τις τεράστιες επενδύσεις που υλοποιούνται καθημερινά από δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς.

¹ IoT (Internet of Things): Η διασύνδεση μέσω του Διαδικτύου, υπολογιστικών συστημάτων ενσωματωμένων σε αντικείμενα καθημερινής χρήσης, τα οποία τους επιτρέπουν να αποστέλλουν ή να λάβουν ψηφιακά δεδομένα.



Σχ. 4.1

Διασυνδεδεμένοι υπολογιστές και συσκευές

Η αυξανόμενη τάση δικτύωσης των πάντων υπό την έννοια του **IoT** έχει ως αποτέλεσμα την ταχύτατη εξέλιξη συστημάτων που υποστηρίζουν τα λεγόμενα **έξυπνα σπίτια** ή **έξυπνα πλοία** (smart ships), την τηλεμετρία, την τηλε-ιατρική, την αυτοματοποίηση της παραγωγής, την δυνατότητα επικοινωνίας σε όλα τα μέρη του πλανήτη με όλες τις συνθήκες και φυσικά το Διαδίκτυο (σχ. 4.2).

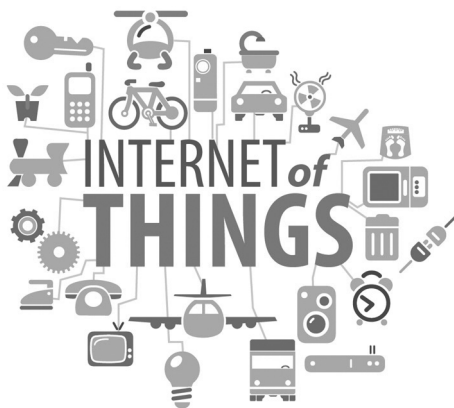
Η δικτύωση των υπολογιστών έχει προχωρήσει σε τέτοιο βαθμό που χρησιμοποιείται στην καθημε-

ρινότητα του ανθρώπου σε πολλούς τομείς και ταυτόχρονα εμφανίζεται απαρέγκλιτα σε όλα τα σχέδια βελτίωσης της αποτελεσματικότητας λειτουργίας του δημόσιου ή του ιδιωτικού τομέα.

4.2 Χρήσεις των δικτύων υπολογιστών

Για την κατανόηση της πολύπλευρης αξίας των δικτύων στην ζωή όλων, τις διάφορες χρήσεις και τον λόγο της συνεχούς ανάπτυξης και βελτιστοποίησης αυτών παρατίθεται το ακόλουθο παράδειγμα.

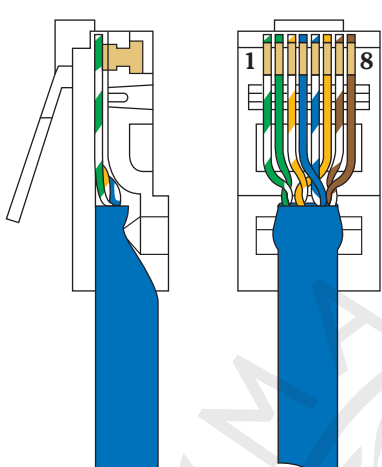
Η καθημερινότητα όλων περιλαμβάνει λίγο ή πολύ τη χρήση πλήθους ηλεκτρονικών βοηθημάτων τελευταίας τεχνολογίας όπως ηλεκτρονικό υπολογιστή, ταμπλέτα, κινητό τηλέφωνο και «έξυπνη» τηλεόραση, δικτυακό εκτυπωτή και ταυτόχρονα με τη βοήθεια αισθητήρων, που είναι διάσπαρτοι στον χώρο, τη ρύθμιση της κεντρικής θέρμανσης και της φωτεινότητας του χώρου. Με τη χρήση των συσκευών αυτών ο άνθρωπος πλέον επικοινωνεί ασύρματα μέσω δικτύων κινητής τηλεφωνίας ή ενσύρματα μέσω κυρίως μόνιμης **ευρυζωνικής σύνδεσης** (broadband) πλοηγείται στο Διαδίκτυο, παρακολουθεί ενημερωτικές εκπομπές και ειδήσεις, αγοράζει εισιτήρια, πραγματοποιεί τραπεζικές συναλλαγές, προσανατολίζεται και οδηγεί στον προορισμό



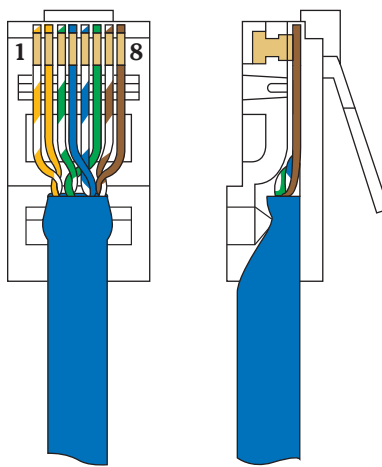
Σχ. 4.2

Η δικτύωση των πάντων - IoT
(Πηγή: <https://goo.gl/EM4n1Z>)

Πίνακας 4.7
Καλωδίωση T568A (Straight-Through)

Ακροδέκτης RJ45	Ακροδέκτης RJ45	Χρώμα αγωγού	100Base-TX 1000Base-T
	1	Άσπρο – Πράσινο 	Transmit + BI_DA +
	2	Πράσινο 	Transmit – BI_DA –
	3	Άσπρο – Πορτοκαλί 	Receive + BI_DB +
	4	Μπλε 	– BI_DC +
	5	Άσπρο – Μπλε 	– BI_DC –
	6	Πορτοκαλί 	Receive – BI_DB –
	7	Άσπρο – Καφέ 	– BI_DD +
	8	Καφέ 	– BI_DD –

Πίνακας 4.8
Καλωδίωση T568B (Straight-Through).

Ακροδέκτης RJ45	Ακροδέκτης RJ45	Χρώμα αγωγού	100Base-TX 1000Base-T
	1	Άσπρο – Πορτοκαλί 	Transmit + BI_DA +
	2	Πορτοκαλί 	Transmit – BI_DA –
	3	Άσπρο – Πράσινο 	Receive + BI_DB +
	4	Μπλε 	– BI_DC +
	5	Άσπρο – Μπλε 	– BI_DC –
	6	Πράσινο 	Receive – BI_DB –
	7	Άσπρο – Καφέ 	– BI_DD +
	8	Καφέ 	– BI_DD –

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΣΤΑ ΠΛΟΙΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 05

5.1 Βιομηχανικά δίκτυα αυτοματισμού-υπολογιστών στα πλοία. Σύνοψη περιγραφής

Στόχος των ολοκληρωμένων **βιομηχανικών δικτύων ελέγχου** ενός πλοίου είναι να διατηρηθεί η συνολική λειτουργία του πλοίου κάτω από φυσιολογικές συνθήκες, αλλά και η συνεχής ασφαλής λειτουργία του μηχανοστασίου, χωρίς την ύπαρξη πληρώματος, για ικανοποιητικό χρονικό διάστημα.

Η αυξημένη πολυπλοκότητα των συστημάτων ενός πλοίου έχει οδηγήσει στην αναγκαστική χρήση των υπολογιστών εδώ και μερικές δεκαετίες. Ο αυτοματισμός έχει πλέον εφαρμογή αν όχι σε όλα, στα περισσότερα συστήματα του πλοίου τόσο του μηχανοστασίου, όσο και της γέφυρας. Ενώ παλαιότερα ο έλεγχος γινόταν αποκλειστικά μέσω του πληρώματος σήμερα, σε μεγάλο ποσοστό ο έλεγχος γίνεται μέσω ενός δικτύου υπολογιστών.

Η εκτεταμένη χρήση βιομηχανικών δικτύων ελέγχου στα πλοία έχει οδηγήσει στον περιορισμό των μελών του πληρώματος. Έχει αυξηθεί η λειτουργική αξιοπιστία και παραγωγικότητα των εγκαταστάσεων του πλοίου και έχει μειώσει σημαντικά το κόστος εργασίας και συντήρησης. Έχει περιορίσει αισθητά τον όγκο των καλωδιώσεων καθώς, αντί για χιλιάδες καλώδια που απαιτούνταν για την υλοποίηση του αυτοματισμού, ένας διπλός αγωγός είναι πλέον αρκετός, ενώ παράλληλα έχει περιορίσει σημαντικά τα ατυχήματα που μπορεί να συμβούν.

Στο βιομηχανικό περιβάλλον αυτοματισμού ενός πλοίου συναντάμε συνήθως δύο τύπους συστημάτων αυτοματισμού: τα **αυτόνομα** και τα **ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού**.

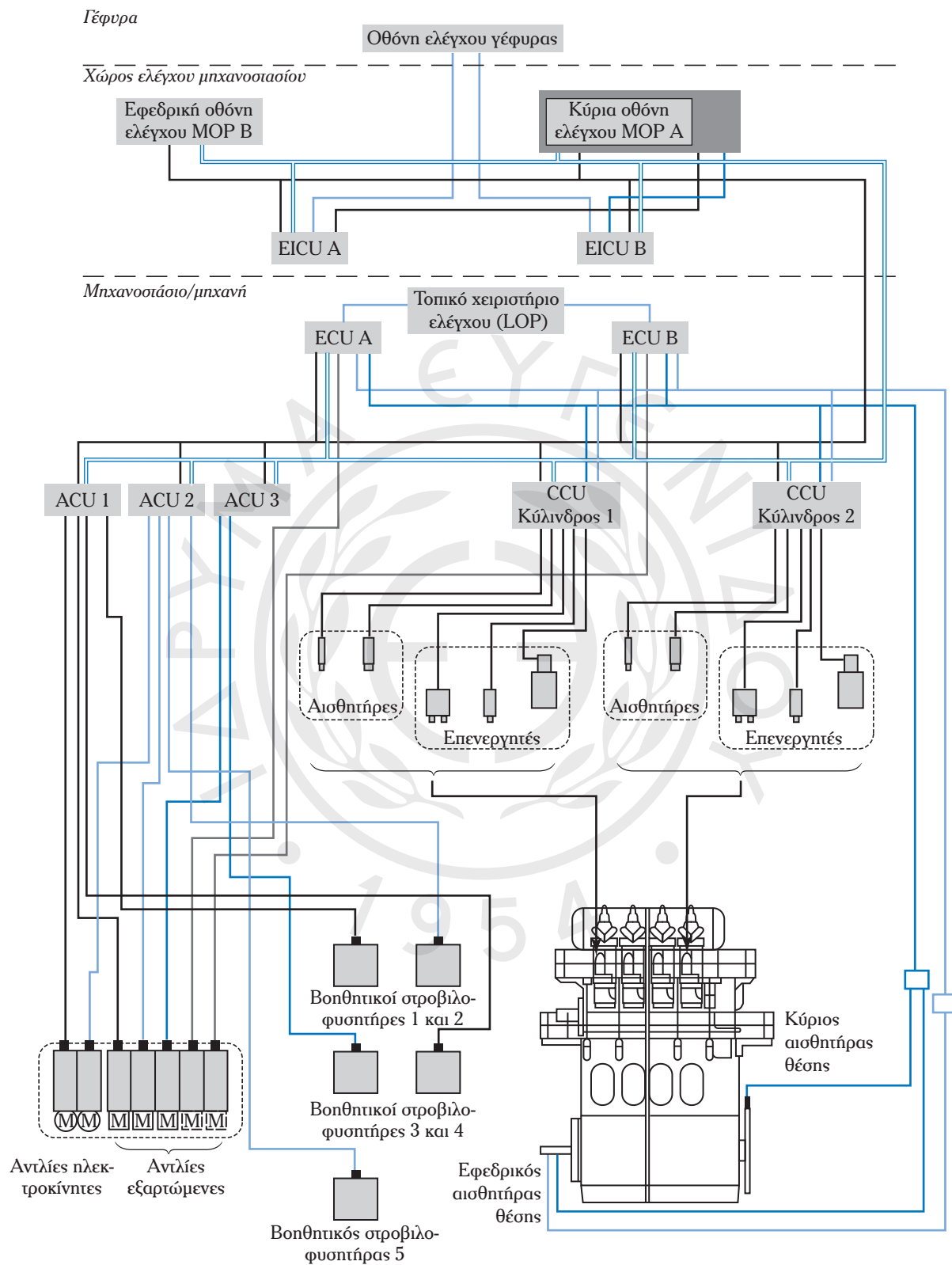
Χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτόνομου συστήματος αυτοματισμού αποτελεί ο έλεγχος μηχανημάτων, των οποίων ο χειρισμός δεν εμπλέκεται στην συνολική λειτουργία του πλοίου. Ο έλεγχος των διαχωριστήρων λαδιού (LO και DO purifiers) ή πετρελαίου (HFO separators), ο έλεγχος των μηχανημάτων καταστρώματος, ο έλεγχος των αεροσυμπιεστών, η κάλυψη φορτίων ψύξης/θέρμανσης ή των

αναγκών ζεστών νερών χρήσης αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτόνομων συστημάτων αυτοματισμού. Συνήθως, στα αυτόνομα συστήματα αυτοματισμού συναντάμε κλασικούς αυτοματισμούς με ρελέ ή PLC περιορισμένων δυνατοτήτων.

Τα τελευταία χρόνια, λόγω της ανάγκης για ενιαίο έλεγχο και επιτήρηση των πολύπλοκων διεργασιών ενός πλοίου και της σταδιακής μείωσης του προσωπικού, σε συνδυασμό με το γεγονός ότι εφαρμόζονται στα πλοία νέες τεχνικές πρόωσης με τη χρήση ηλεκτρονικών MEK, τα ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού τείνουν να μονοπωλήσουν τις εφαρμογές ελέγχου, τόσο σε επίπεδο γέφυρας-μηχανής όσο και σε επίπεδο ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ πλοίου και γραφείων εταιρείας στη στεριά. Τα κύρια πλεονεκτήματα των ολοκληρωμένων συστημάτων αυτοματισμού σε σχέση με τα αυτόνομα συστήματα αυτοματισμού είναι η αλληλεπίδραση με τον χρήστη, η οργάνωση και η άμεση διαθεσιμότητα της απλής αλλά και πολλές φορές συνδυαστικής πληροφορίας.

Τα περισσότερα ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού πλοίων βασίζονται σε **μικροεπεξεργαστές** (ελεγκτές) τελευταίας γενιάς, οι οποίοι είναι σε θέση να διενεργούν σε **πραγματικό χρόνο** εκτεταμένες λειτουργίες μετρήσεων, παρακολούθησης, ελέγχου και βελτιστοποίησης των λειτουργιών των εγκαταστάσεων του πλοίου. Τα συστήματα είναι εφοδιασμένα με όλους τους απαραίτητους αλγόριθμους και εφαρμογές για την βέλτιστη λειτουργία και αποδοτική ενεργειακή διαχείριση του πλοίου.

Ο σχεδιασμός των μηχανικών συστημάτων, καθώς και οι εφαρμογές ελέγχου των ολοκληρωμένων συστημάτων αυτοματισμού επιτρέπουν να πραγματοποιηθούν λειτουργίες σε όλη την εγκατάσταση και σε οποιοδήποτε σημείο του πλοίου, τόσο με χειροκίνητο ή αυτόματο τρόπο, όσο και με απομακρυσμένο έλεγχο. Το προσωπικό του μηχανοστασίου περιορίζεται μόνο στην εκτέλεση περιοδικών ελέγχων ασφαλείας και εργασιών συνήθως σε μη τηλεχειριζόμενες διαδικασίες.

**Σχ. 5.11**

Καιανεμημένο σύστημα ελέγχου ηλεκτρονικής μηχανής,
MAN B&W Diesel A/S (Operation Plate 70317, edition 0003)

συνδέσεων που μπορεί να επιτευχθούν με τη χρήση των σειριακών προτύπων RS-232 (point to point), RS-422 (multi drop) και RS-485 (multi point).

Στον πίνακα 5.8 γίνεται επισκόπηση των βασικών χαρακτηριστικών των σειριακών προτύπων μεταφοράς δεδομένων RS-232, RS-422 και RS-485.

5.8.6 Πρότυπο IEEE-488

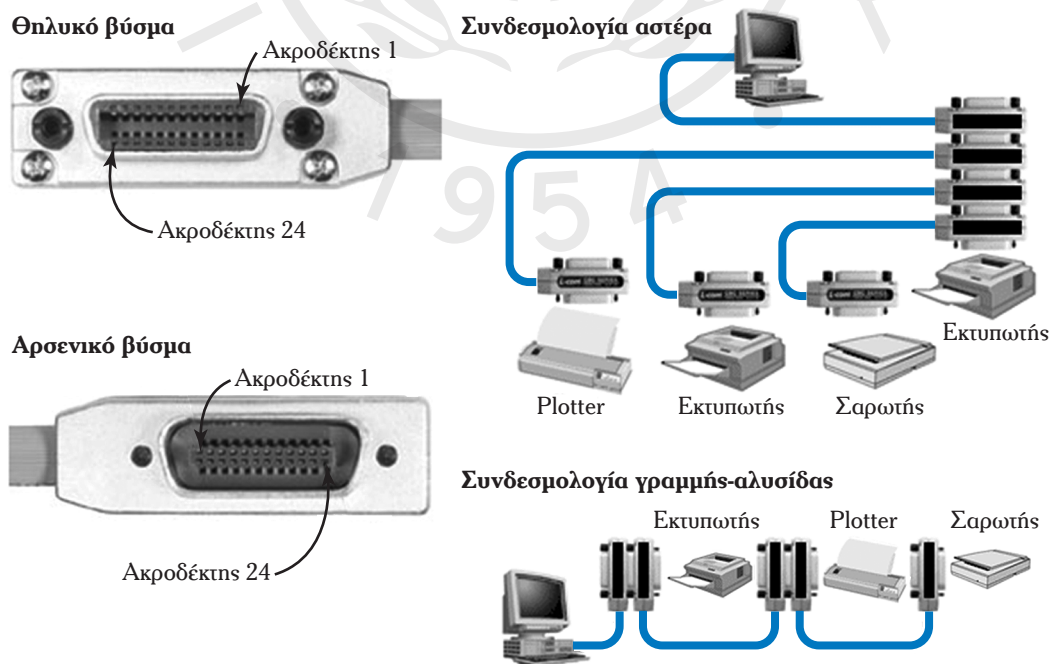
Το πρότυπο RS-485 ή αλλιώς GPIB (General

Purpose Interface Bus) από την IEEE χρησιμοποιείται για την παράλληλη μετάδοση δεδομένων.

Χρησιμοποιείται κυρίως από όργανα, όπως πολύμετρα και αναλυτές μετρήσεων, που χρησιμοποιούνται για τη συλλογή δεδομένων. Μέχρι 15 συσκευές μπορούν να μοιράζονται έναν παράλληλο ηλεκτρικό δίαυλο των 8 bits. Συνδέονται είτε σε διαμόρφωση γραμμής με τη μορφή αλυσίδας (σχ. 5.42), είτε σε διαμόρφωση αστέρα (σχ. 5.42) με την πιο αργή συ-

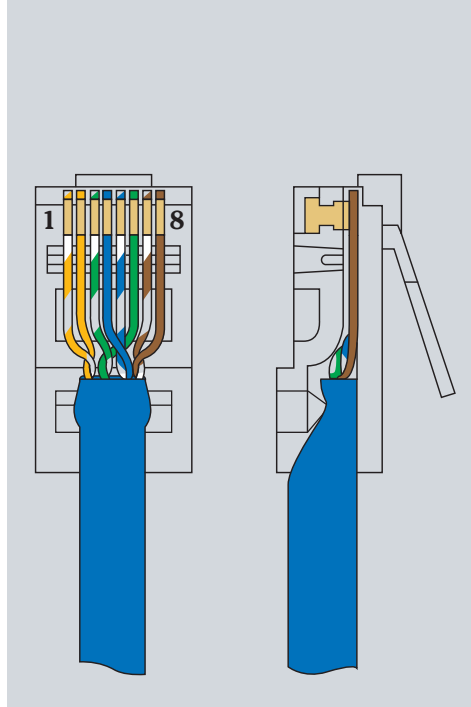
Πίνακας 5.8
Σύγκριση βασικών χαρακτηριστικών σειριακών προτύπων, RS-232, RS-422 και RS-485

Σύγκριση	RS-232	RS-422	RS-485
Τρόπος μετάδοσης σήματος	Απλής απόληξης	Διαφορική μετάδοση	Διαφορική μετάδοση
Αποστολέας	1	1	32
Παραλήπτης	1	10	32
Είδος επικοινωνίας	Αμφίδρομη	Αμφίδρομη Ημιαμφίδρομη	Αμφίδρομη Ημιαμφίδρομη
Απόσταση	15 m	1200 m	1200 m
Ταχύτητα μετάδοσης	19,2 kbs	100 kbs	100 kbs
Αντίσταση τερματισμού	7-12 kΩ	4 kΩ	12 kΩ



Σχ. 5.42
Βύσματα προτύπου IEEE-488, συνδεσμολογίες

Τα ψηφιακά ηλεκτρονικά, οι προγραμματιζόμενοι λογικοί ελεγκτές (PLC) και τα βιομηχανικά δίκτυα αυτοματισμού αποτελούν βασικά εργαλεία στη σύγχρονη ναυτική μηχανολογία. Χρησιμοποιούνται για τον αυτοματισμό, τον έλεγχο και τη συνεχή παρακολούθηση των μηχανών, των συστημάτων πρόωσης και των βοηθητικών εγκαταστάσεων των πλοίων. Παράλληλα, τα δίκτυα υπολογιστών επιτρέπουν την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συστημάτων και τμημάτων του πλοίου, διευκολύνοντας τη διαχείριση πληροφοριών και τη λήψη αποφάσεων. Με τη χρήση αυτών των τεχνολογιών επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ακρίβεια στη λειτουργία, αυξημένη ασφάλεια, εξοικονόμηση ενέργειας και ευκολότερη συντήρηση μέσω έγκαιρης διάγνωσης βλαβών και απομακρυσμένης εποπτείας.



ISBN 978-960-337-240-0