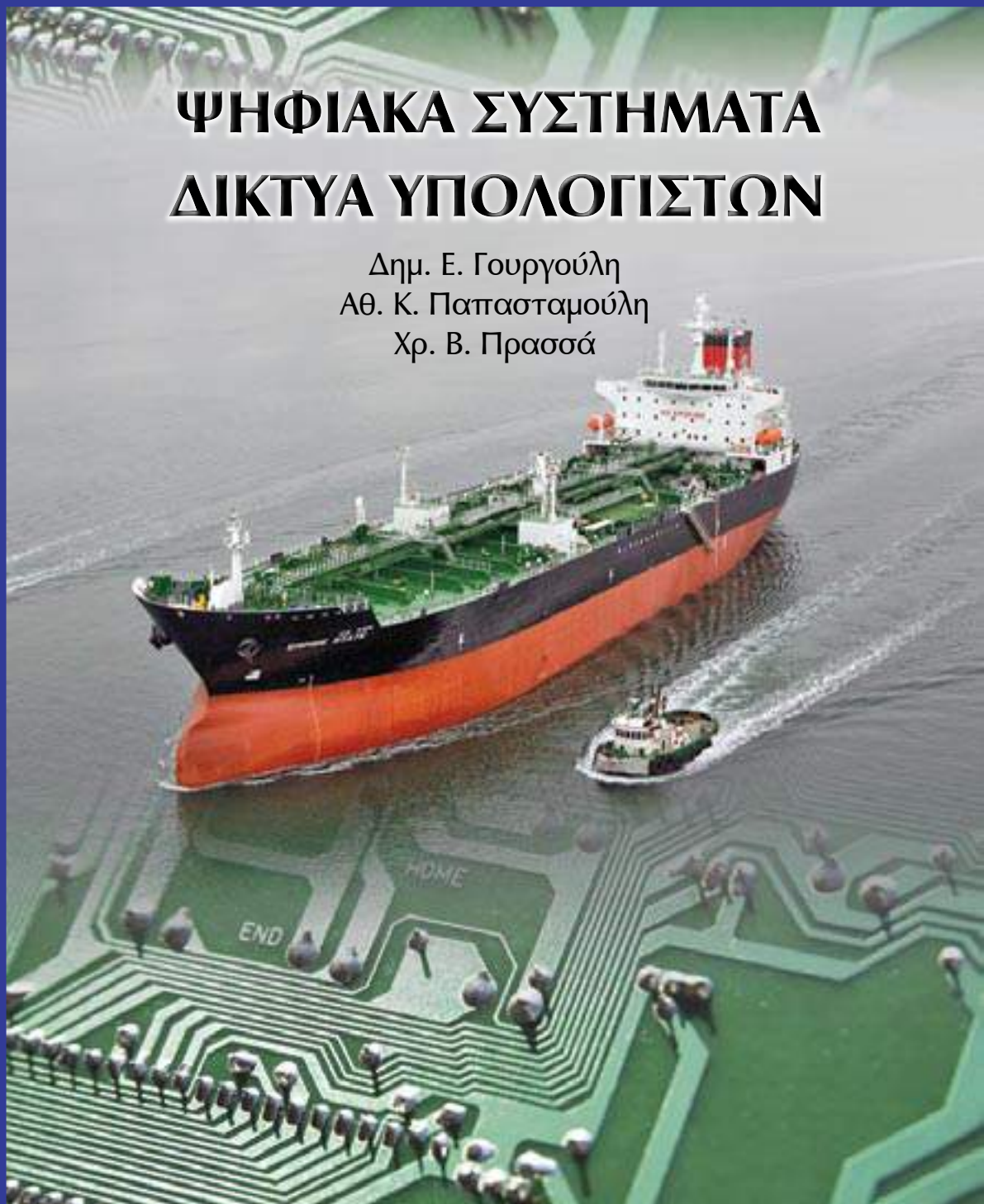


ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ
ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΚΕΙΜΕΝΟ
ΑΚΑΔΗΜΙΩΝ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΨΗΦΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Δημ. Ε. Γουργούλη
Αθ. Κ. Παπασταμούλη
Χρ. Β. Πρασσά



ΑΘΗΝΑ 2018

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 ολισθήσεως SISO.	62
1.10.3 Καταχωρητές ολισθήσεως SIPO.	63
1.10.4 Καταχωρητές ολισθήσεως 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 μεταδόσεως.	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 στηρίξεως	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 χρήσεως 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 αποθηκείσεως-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 διασυνδέσεως.	169
4.4.2 Διαχωρισμός βάσει γεωγραφικής εκτάσεως.	170

4.4.3 Διαχωρισμός βάσει μέσου επικοινωνίας – διασυνδέσεως.	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 κινήσεως 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 διασυνδέσεως 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 Κεντριοποιημένα συστήματα ελέγχου.	223
5.4.2 Κατανεμημένα συστήματα ελέγχου.	223
5.4.3 Σύγκριση κατανεμημένων 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 διαχειρίσεως – 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



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΨΗΦΙΑΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ

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-

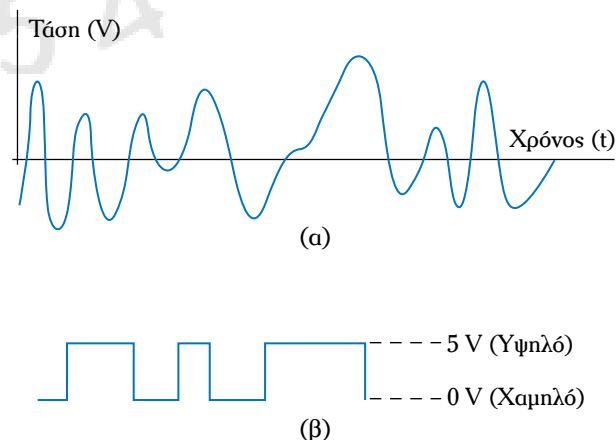
βει μόνο δύο τιμές. Οι τιμές αυτές ονομάζονται λογικά επίπεδα και συνήθως συμβολίζονται με τις λέξεις **Low/High** (**Χαμηλό/Υψηλό**), **Off/On** (**Σβησμένο/Αναμμένο**), **Open/Closed** (**Ανοιχτό/Κλειστό**) ή με τα ψηφία **0/1**. Στα ψηφιακά συστήματα τα παραπάνω λογικά επίπεδα αναπαριστούν δύο επίπεδα τάσεως, 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. 1.2α).

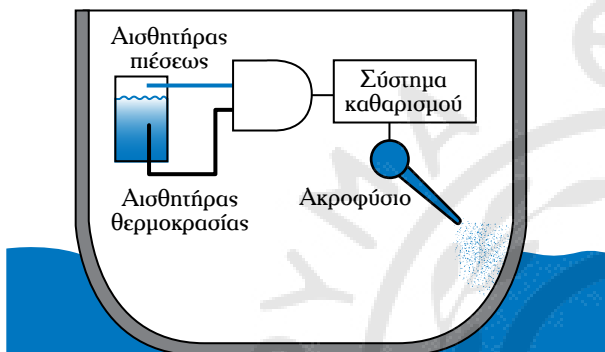


Σχ. 1.1

(α) Αναλογικό σήμα, (β) ψηφιακό σήμα.

Στην πύλη **AND** η έξοδος περνά σε λογικό 1 μόνο όταν **ΚΑΙ** οι δύο εισόδους βρίσκονται σε λογικό 1.

Στο σχήμα 1.48 παρουσιάζεται μία εφαρμογή της πύλης **AND**. Το σύστημα καθαρισμού της δεξαμενής πλοίου μεταφοράς υγρών φορτίων που παρουσιάζεται, μπορεί να ξεκινήσει την λειτουργία του μόνο εάν **ΚΑΙ** η πίεση του νερού είναι πάνω 200 *psig* **ΚΑΙ** η θερμοκρασία του νερού είναι πάνω από 95° C. Δηλαδή μόνο όταν το σύστημα ελέγχου πίεσσης έχει έξοδο 1 (πίεση πάνω από 200 *psig*) **ΚΑΙ** ο αισθητήρας θερμοκρασίας έχει έξοδο 1 (θερμοκρασία πάνω από 95° C) θα ενεργοποιηθεί η αντλία του συστήματος καθαρισμού.



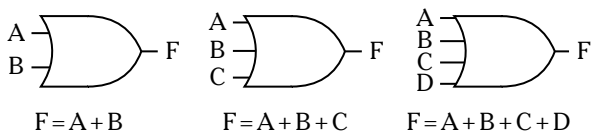
Σχ. 1.46

Παράδειγμα εφαρμογής πύλης **AND** για τον καθαρισμό δεξαμενής πλοίου.

1.4.4 Πύλη OR.

Η πύλη **OR** εκτελεί την πράξη της **λογικής προθέσεως**. Έχει τουλάχιστον δύο εισόδους και μία έξοδο. Στην πύλη **OR** η έξοδος περνά σε λογικό 1 όταν τουλάχιστον μία από τις εισόδους βρίσκεται σε λογικό 1. Στο σχήμα 1.4ε παρουσιάζεται το σύμβολο της πύλης **OR** για δύο, τρεις και τέσσερις εισόδους, καθώς και η λογική πράξη κάθε πύλης. Σημειώνουμε ότι στην πύλη **OR** η έξοδος περνά σε λογικό 1 μόνο αν είτε η μία είτε η άλλη είσοδος ή και οι δύο εισόδους βρίσκονται σε λογικό 1.

Στον πίνακα 1.4.2 βλέπουμε τον πίνακα αλήθειας μίας πύλης **OR** δύο εισόδων, ενώ στο σχήμα 1.4στ παρουσιάζεται το χρονικό διάγραμμα της πύλης.



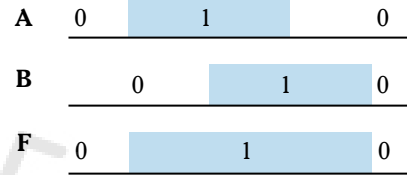
Σχ. 1.4ε

Πύλες **OR** δύο, τριών και τεσσάρων εισόδων.

Πίνακας 1.4.2

Πίνακας αλήθειας πύλης **OR** δύο εισόδων.

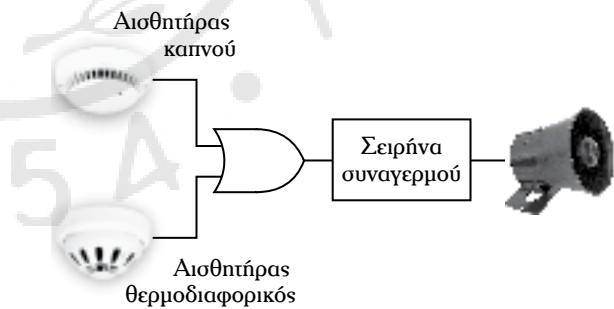
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



Σχ. 1.4στ

Χρονικό διάγραμμα πύλης **OR**.

Στο σχήμα 1.4ζ παρουσιάζεται μία εφαρμογή της πύλης **OR**. Στο σύστημα πυρανιχνεύσεως που παρουσιάζεται ο συναγερμός της πυρασφάλειας ενεργοποιείται **είτε** με ενεργοποίηση των αισθητήρων καπνού (έξοδος 1), **είτε** με ενεργοποίηση των θερμοδιαφορικών αισθητήρων (έξοδος 1), οι οποίοι αντιδρούν στην γρήγορη αύξηση της θερμοκρασίας, ή με την ενεργοποίηση και των δύο προηγούμενων συστημάτων.



Σχ. 1.4ζ

Παράδειγμα εφαρμογής πύλης **OR** για την ενεργοποίηση συναγερμού πυρασφάλειας.

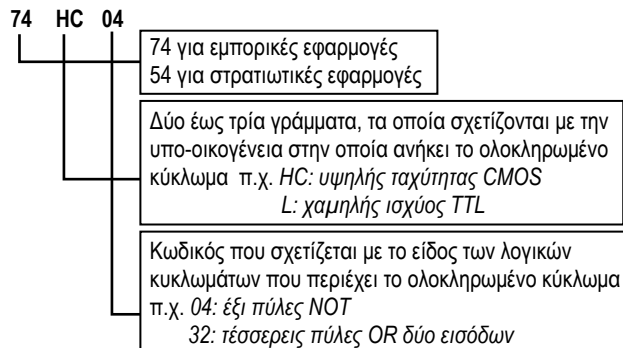
1.4.5 Πύλη NOT.

Η πύλη **NOT** εκτελεί την πράξη της **λογικής αν-νύσεως** ή **αντιστροφής**. Η λογική άρνηση ή αντιστροφή ονομάζεται και **συμπλήρωμα**. Έχει μόνο μία είσοδο και μία έξοδο. Στην πύλη **NOT** η έξοδος περνά σε λογικό 1 όταν η είσοδος βρίσκεται σε λογικό 0.

μένα κυκλώματα. Η διαφορά μεταξύ του προτύπου 5400 και του προτύπου 7400 είναι ότι το πρώτο προορίζεται για στρατιωτικές εφαρμογές και θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας από -55 έως 125°C , ενώ το δεύτερο προορίζεται για εμπορικές εφαρμογές και θερμοκρασιακό εύρος λειτουργίας από 0 έως 70°C .

Σύμφωνα με την ονοματολογία αυτού του προτύπου, κάθε ολοκληρωμένο κύκλωμα χαρακτηρίζεται από έναν αριθμό (σχ. 1.5ζ).

Στον πίνακα 1.5.3 παρουσιάζονται τα ολοκληρωμένα κυκλώματα των λογικών πυλών δύο εισόδων του προτύπου 7400 μαζί με το διάγραμμα **ακροδεκτών** (pinout) κάθε ολοκληρωμένου.



Σχ. 1.5ζ

Ονοματολογία των ολοκληρωμένων κατά το πρότυπο 5400/7400.

Πίνακας 1.5.3
Ολοκληρωμένα κυκλώματα λογικών πυλών δύο εισόδων του προτύπου 7400.

Είδος πύλης	Ολοκληρωμένο κύκλωμα	Όνομα ολοκληρωμένου κυκλώματος	Είδος πύλης	Ολοκληρωμένο κύκλωμα	Όνομα ολοκληρωμένου κυκλώματος
OR		7432	NAND		7400
AND		7408	XOR		7486
NOT		7404	XNOR		74266
NOR		7402			

θεια χαρτών Karnaugh (σχ. 1.8ιδ) για κάθε έξοδο του αποκωδικοποιητή a, b, c, d, e, f , και g εξαγονται οι αντίστοιχες επτά λογικές εξισώσεις του αποκωδικοποιητή:

$$g = B \cdot \bar{A} + D + B \cdot \bar{C} + \bar{B} \cdot C = B \cdot \bar{A} + D + (B \oplus C)$$

$$f = C \cdot \bar{A} + \bar{B} \cdot \bar{A} + D + \bar{B} \cdot C$$

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

$$d = \bar{A} \cdot \bar{C} + D + B \cdot \bar{A} + \bar{B} \cdot A \cdot \bar{C} + B \cdot \bar{C}$$

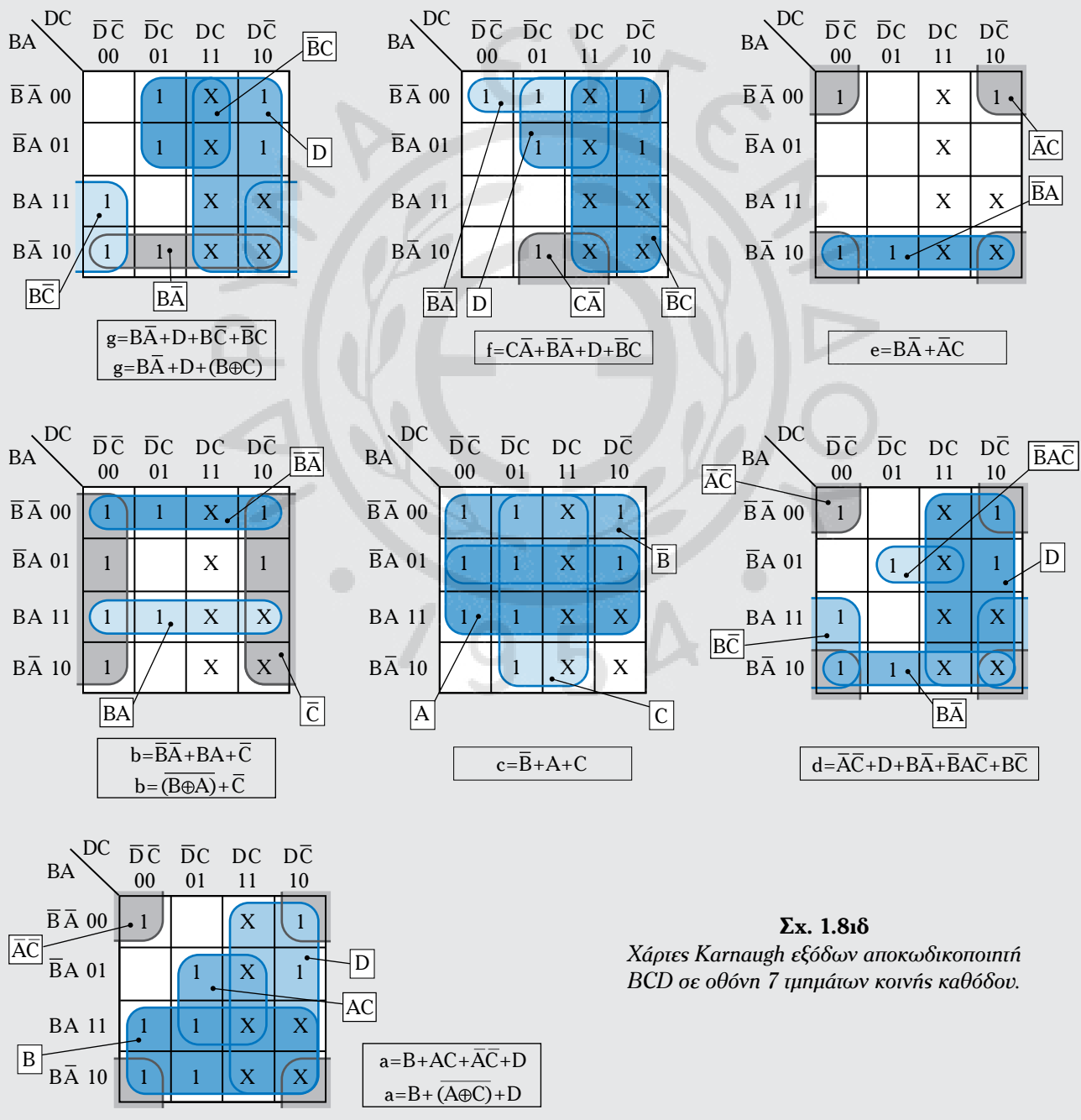
$$c = \bar{B} + A + C$$

$$b = (\bar{B} \oplus A) + \bar{C}$$

$$a = B + (\bar{A} \oplus C) + D$$

Το ισοδύναμο κύκλωμα του αποκωδικοποιητή BCD σε οθόνη 7 τμημάτων με λογικές πύλες απεικονίζεται στο σχήμα 1.8ιε.

Οι ενδείξεις της οθόνης 7 τμημάτων για κάθε παλμό εισόδου του αποκωδικοποιητή (σχ. 1.8ιγ) είναι οι ακόλουθες:

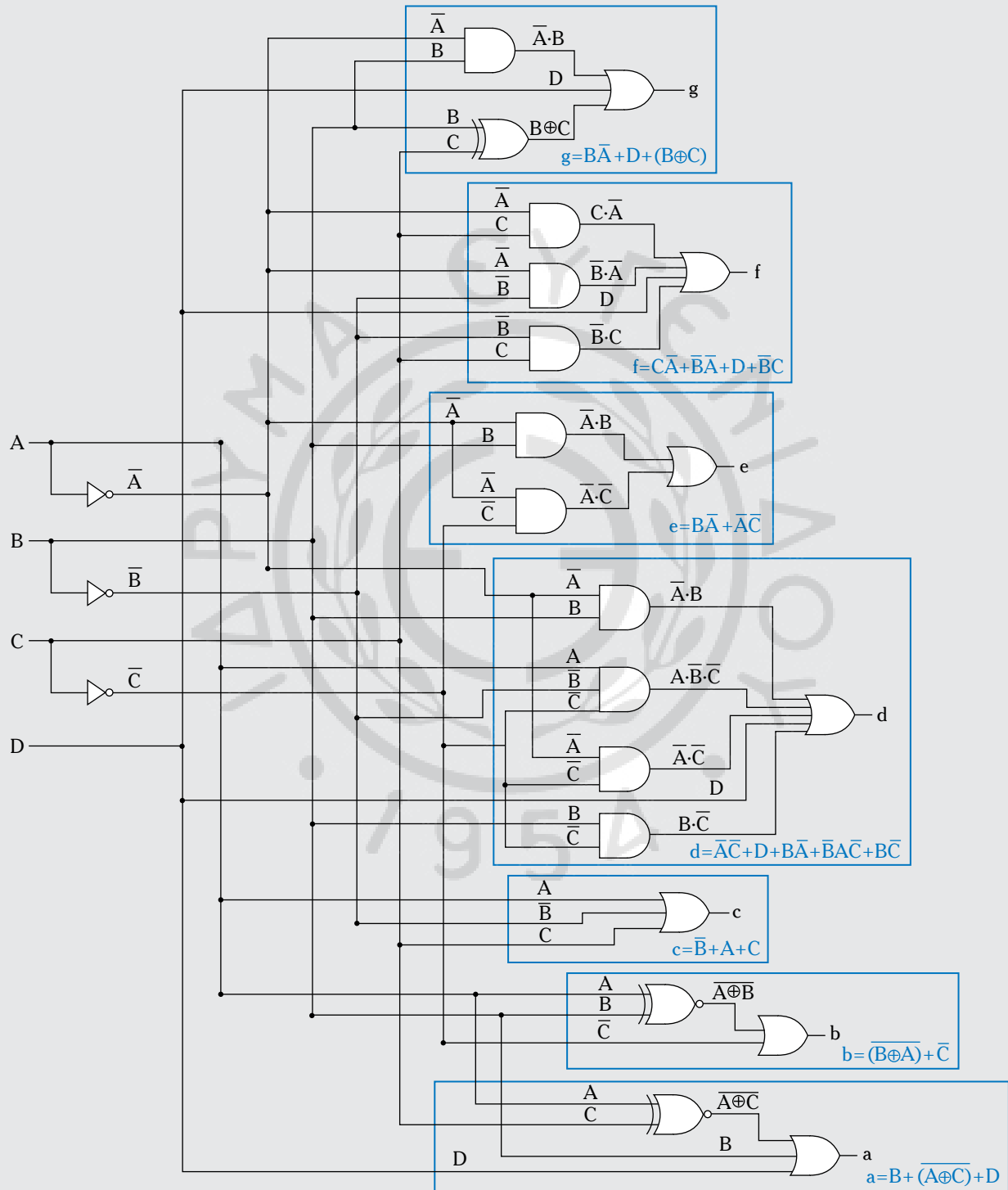


Σχ. 1.8ιδ

Χάρτες Karnaugh εξόδων αποκωδικοποιητή BCD σε οθόνη 7 τμημάτων κοινής καθόδου.

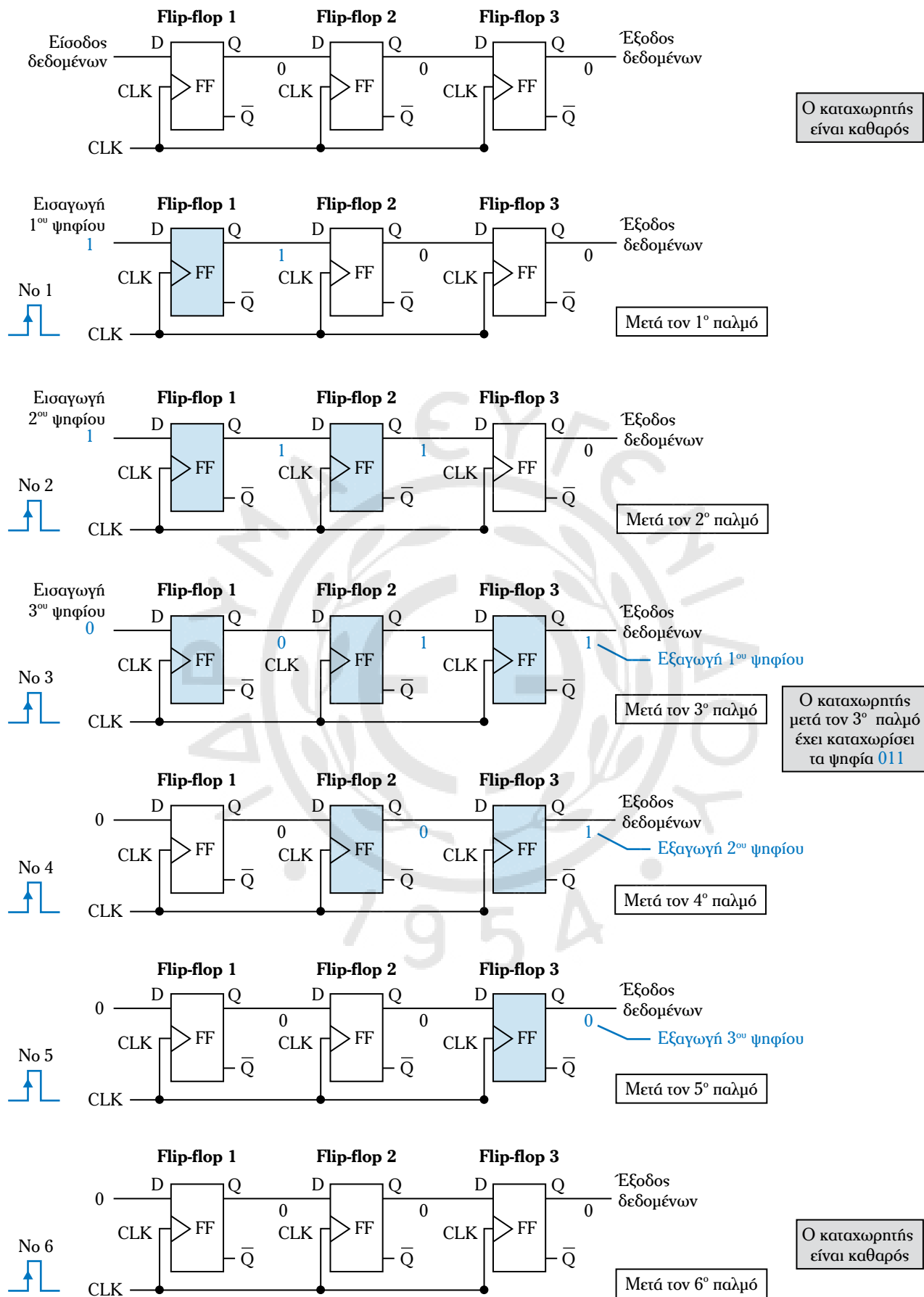
- 1) Για τον 1^ο παλμό εμφανίζεται η ένδειξη 7,
 2) για τον 2^ο παλμό εμφανίζεται η ένδειξη 8,
 3) για τον 3^ο παλμό εμφανίζεται η ένδειξη 0,

- 4) για τον 4^ο παλμό εμφανίζεται η ένδειξη 1,
 5) για τον 5^ο παλμό εμφανίζεται η ένδειξη 3, και
 6) για τον 6^ο παλμό εμφανίζεται η ένδειξη 9.



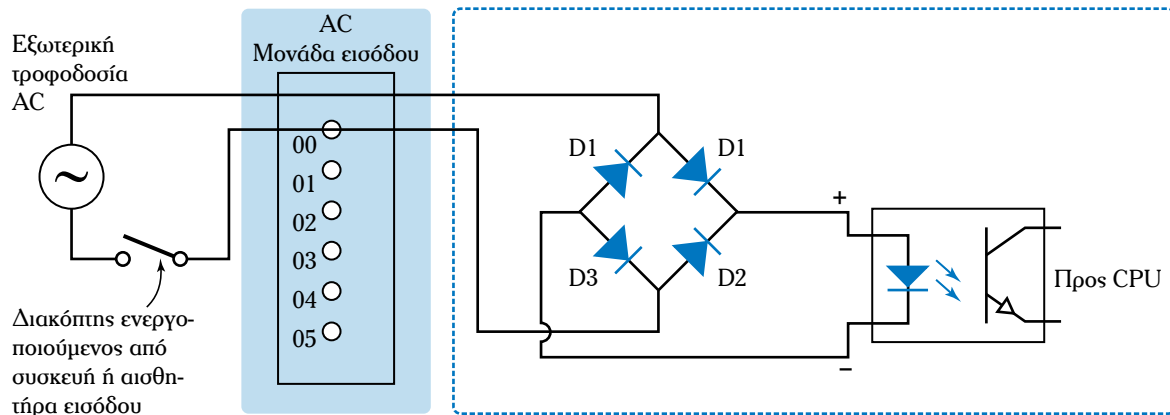
Σχ. 1.81ε

Ισοδύναμο κύκλωμα αποκωδικοποιητή BCD σε οθόνη 7 τμημάτων με λογικές πύλες.



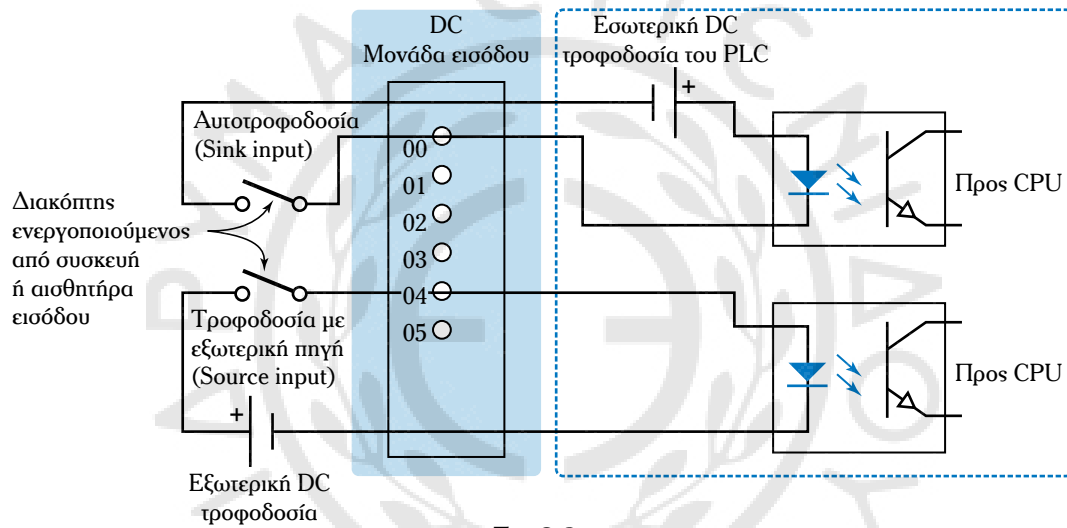
Σχ. 1.10γ

Απεικόνιση λειτουργίας καταχωρητή δεξιάς ολισθήσεως τύπου SISO 3-bits.



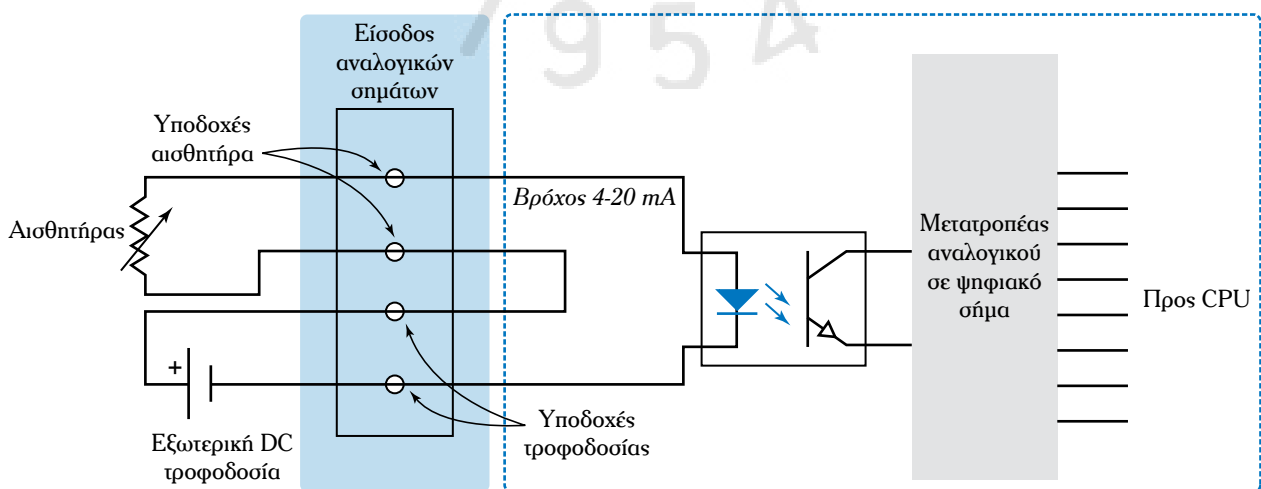
Σχ. 3.3ζ

Σύνδεση διακριτής AC εισόδου και μετατροπή σε κατάλληλο σήμα για την CPU.



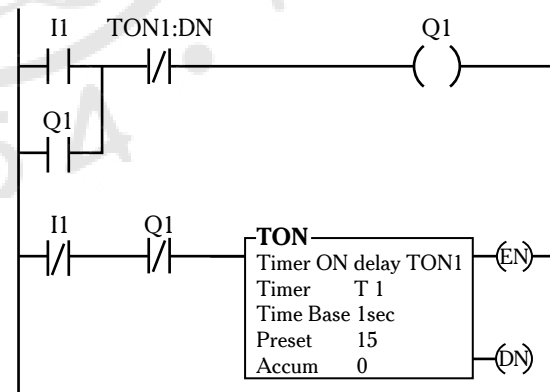
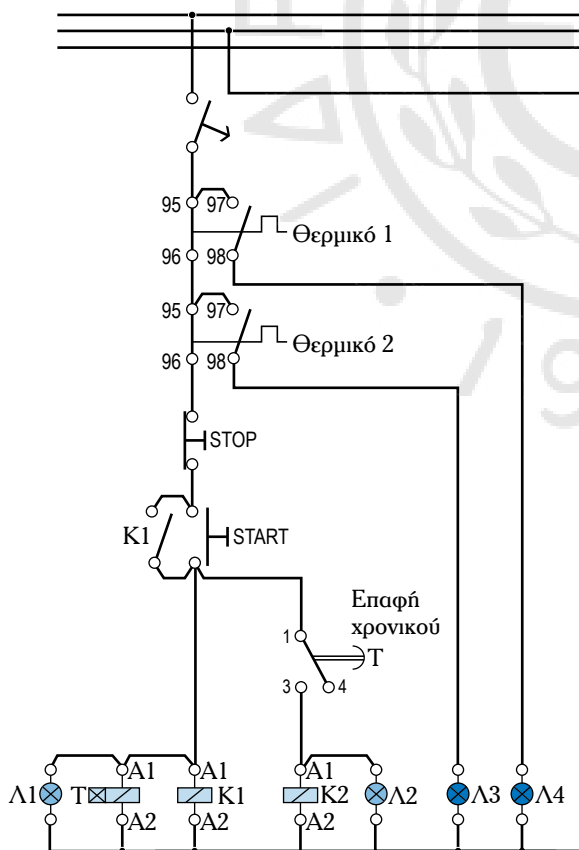
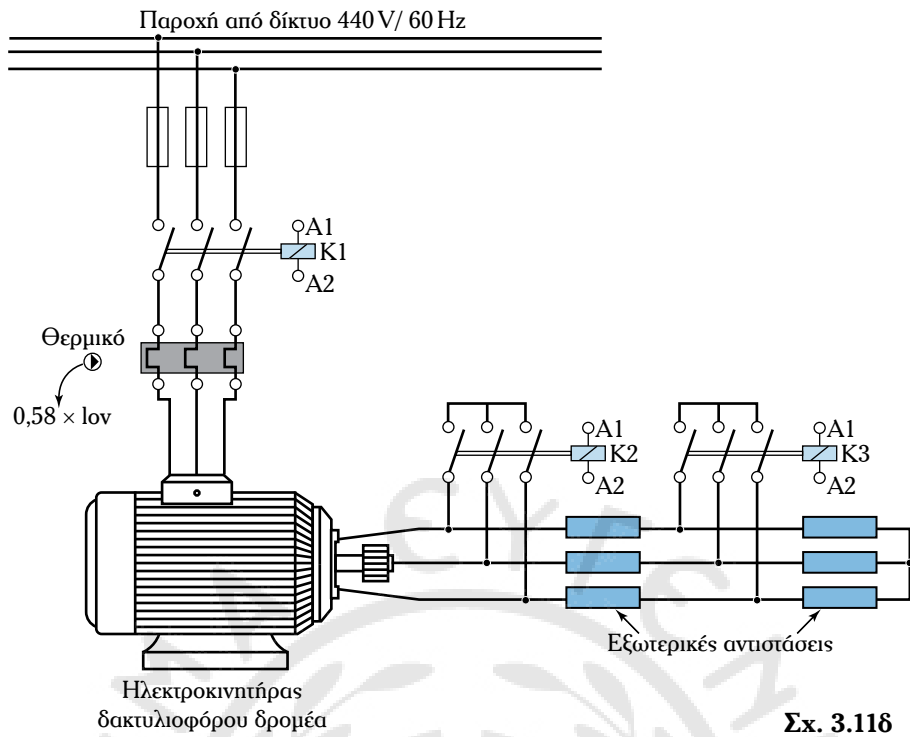
Σχ. 3.3η

Σύνδεση διακριτών DC εισόδων sink και source.



Σχ. 3.3θ

Σύνδεση αναλογικής εισόδου.





Σχ. 4.2α

Ποσοστό διεισδύσεως των ευρυζωνικών συνδέσεων στα κράτη.

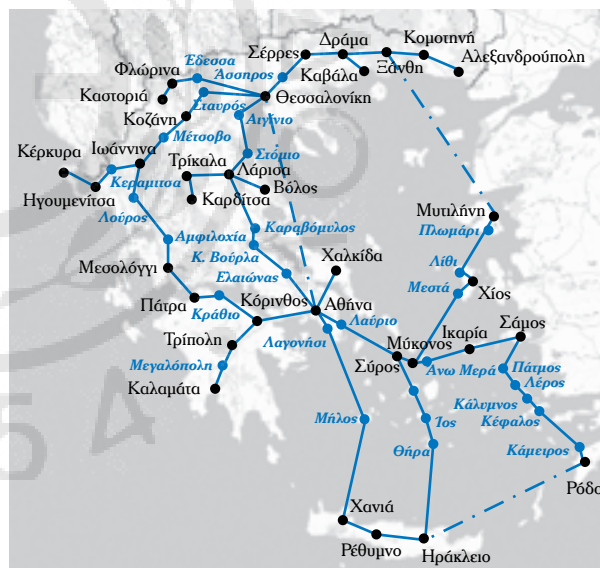
καλεί σε βοήθεια ή απλά διασκεδάζει. Στο σχήμα 4.2α παρουσιάζεται γραφικά το ποσοστό διεισδύσεως των ευρυζωνικών συνδέσεων στα κράτη, όπου με έντονο χρώμα είναι οι περιοχές με το υψηλότερο ποσοστό.

Αναλύοντας την περιγραφή των διάφορων χρήσεων των δικτύων υπολογιστών θα επικεντρωθούμε στην ακαδημαϊκή, στην επιχειρηματική, στην ναυτιλιακή και στην οικιακή χρήση.

4.2.1 Ακαδημαϊκή χρήση.

Μία βασική χρήση των δικτύων υπολογιστών είναι αυτή των ακαδημαϊκών εφαρμογών, μιας και από μία τέτοια ακαδημαϊκή εφαρμογή, η οποία αποτέλεσε την εξέλιξη στρατιωτικής εφαρμογής, του ARPANET (Advanced Research Projects Agency Network) ξεκίνησε η ανάπτυξη και εξέλιξη του σημερινού Διαδικτύου (Internet) με πιο γνωστή προσφερόμενη υπηρεσία τον Παγκόσμιο Ιστό (World Wide Web).

Ο βασικός λόγος που αναφέρεται πρώτη η ακαδημαϊκή χρήση των δικτύων είναι το μεγάλο πλήθος υπολογιστών, περιφερειακών και διακινουμένων πληροφοριών που συναντάμε εντός των πανεπιστημιακών δικτύων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα στη χώρα μας είναι το **Πανελλήνιο Σχολικό Δίκτυο** (ΠΣΔ), ένα από τα μεγαλύτερα στην Ευρώπη, το οποίο διασυνδέ-



Σχ. 4.2β

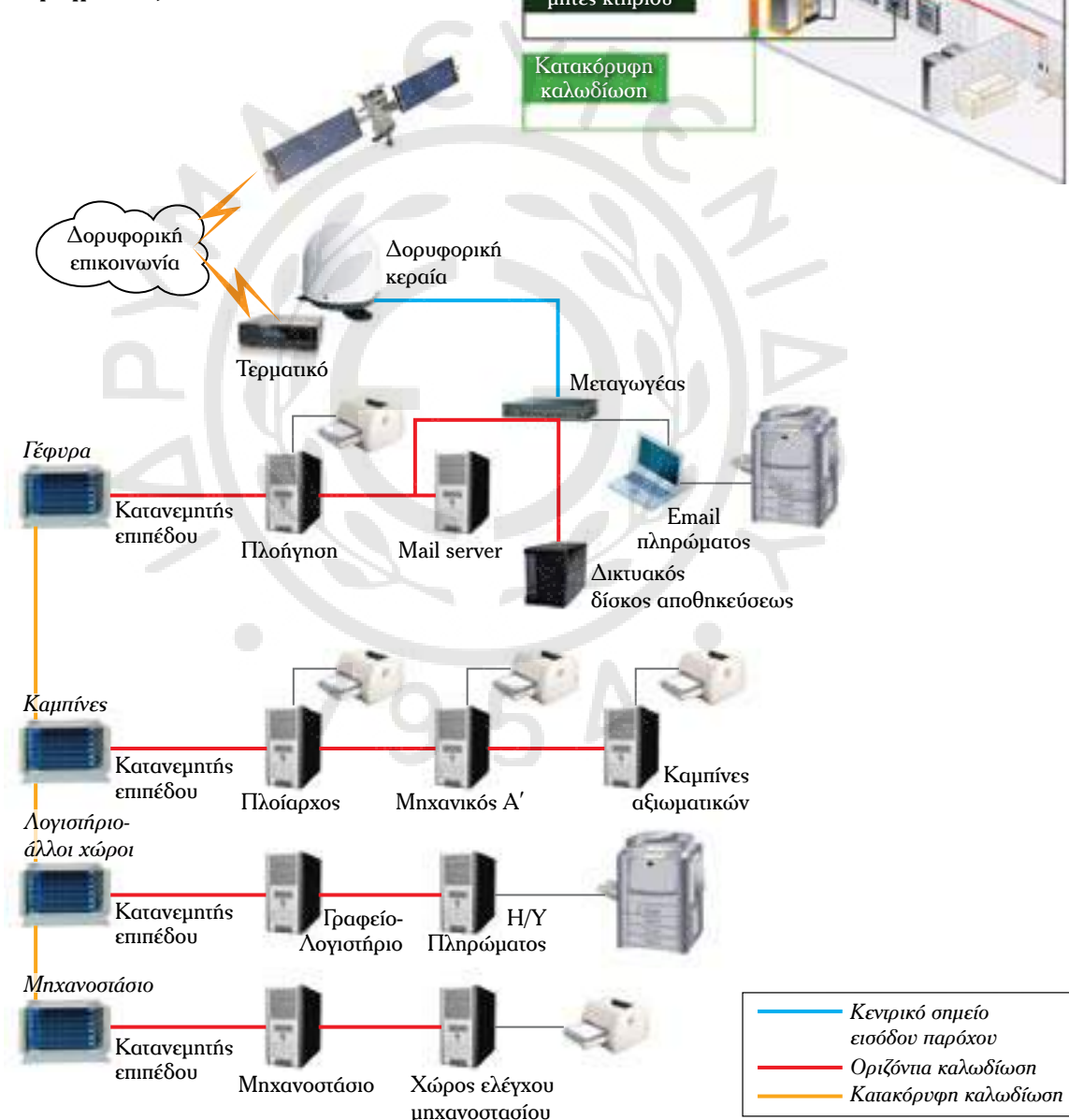
Το δίκτυο κορμού του GRNET.

ει περισσότερες από 23.000 Διοικητικές ή Σχολικές μονάδες και πάνω από 10.000 σχολικά εργαστήρια πληροφορικής, καθώς και το **Εθνικό Δίκτυο Έρευνας και Τεχνολογίας ΕΛΕΤ** (GRNET), όπως παρουσιάζεται και στο σχήμα 4.2β, που διασυνδέει τα 42 Τριτοβάθμια Εκπαιδευτικά Ιδρύματα της χώρας, τις περισσότερες Ακαδημίες Εμπορικού Ναυτικού, 33 Ινστιτούτα και Φορείς Έρευνας, καθώς και περί-

και τηλεφωνία. Σε ένα πλοίο οριζόντια καλωδίωση συναντάμε συνήθως μεταξύ των κατανεμπτών των τοπικών δικτύων του μηχανοστασίου και των υπολογιστών ή εκτυπωτών που υπάρχουν σε κάθε τοπικό δίκτυο.

4) **Ενδιάμεσοι κατανεμπτές**, τοπικοί και κεντρικοί, καθώς και οπτικοί κατανεμπτές και υλικά οργανώσεις καλωδίων που στεγάζονται σε ικριώματα (rack).

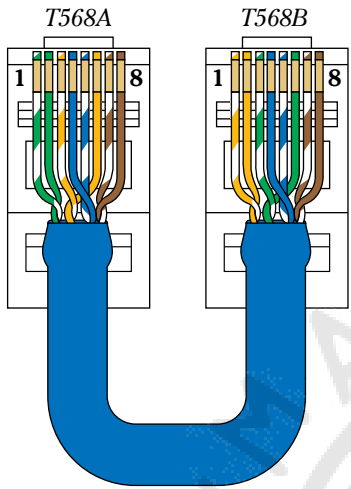
5) **Κεντρικό σημείο εισόδου συνδέσεως παρόχου**, όπου γίνεται και η σύνδεση με το δίκτυο του/των παρόχου/ων που στα πλοία είναι συνήθως δορυφορική (βλ. παράγρ. 5.11).



Σχ. 4.5α

Οριζόντια και κάθετη οργάνωση δομημένης καλωδίωσης κτηρίου και πλοίου.

Πίνακας 4.5.5
Καλωδίωση Cross over.

Ακροδέκτης RJ45	Ακροδέκτης RJ45	Χρώμα αγωγού Άκρο 1 - T568B	Χρώμα αγωγού Άκρο 2 - T568A
	1	Άσπρο – Πράσινο 	Άσπρο – Πράσινο 
	2	Πράσινο 	Πράσινο 
	3	Άσπρο – Πορτοκαλί 	Άσπρο – Πορτοκαλί 
	4	Μπλε 	Μπλε 
	5	Άσπρο – Μπλε 	Άσπρο – Μπλε 
	6	Πορτοκαλί 	Πορτοκαλί 
	7	Άσπρο – Καφέ 	Άσπρο – Καφέ 
	8	Καφέ 	Καφέ 

Αντίστοιχα στο πρότυπο 1000Base-T χρησιμοποιούνται όλοι οι αγωγοί κατά την επικοινωνία, για να επιτευχθεί η ταχύτητα μεταφοράς του 1 Gbps, ενώ αν τα ζεύγη των αγωγών 4-5, 7-8 παρουσιάσουν πρόβλημα συνδεσιμότητας, τότε η υποστηριζόμενη ταχύτητα θα είναι 100 Mbps.

Στο πρότυπο 1000Base-T τα ζεύγη των αγωγών χρησιμοποιούνται αμφίδρομα, με μόνη προϋπόθεση την ορθή πόλωσή τους (+, -) και δεν ορίζονται συγκεκριμένα ζεύγη αγωγών για την εκπομπή και διαφορετικά για τη λήψη.

Στις περιπτώσεις που το δίκτυο υλοποιείται με χρήση οπτικών ινών ως το μέσο, οι τελικοί ακροδέκτες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι διάφοροι και πάντα πρέπει να είναι συμβατοί με τις υποδοχές των θυρών στον εξοπλισμό. Παραδείγματα των πιο κοινών τύπων ακροδεκτών οπτικών ινών είναι ο LC/PC, LC-Duplex, T-ST, T-SC-Duplex, T-SC, F-SMA, SC/PC κ.ά. (σx. 4.5γ).

4.5.2 Παθητικός και ενεργός εξοπλισμός του δικτύου.

Η λειτουργία ενός δικτύου όμως απαιτεί τη σωστή λειτουργία της δικτυακής υποδομής, η οποία αποτελείται από τα εξής τρία βασικά στοιχεία:



(α)



(γ)



(β)



(δ)

Σx. 4.5γ

Ακροδέκτες οπτικών ινών. (α) LC, (β) ST / BFOC, (γ) F-SMA 905, (δ) SC-Duplex.

4) **Ασύρματο Σημείο Προσβάσεως:** Χρήση κυρίως σε κρουαζιερόπλοια.

5) **Επικοινωνίες:** Αφορούν στις τηλεπικοινωνιακές διατάξεις που διασυνδέονται στο δίκτυο κορμού. Παράδειγμα η χρήση VoIP διατάξεων.

6) **Κόμβοι:** Είναι ο τερματικός εξοπλισμός όπως ηλεκτρονικοί υπολογιστές κ.ά..

7) **Μεταγωγείς:** Είναι οι κεντρικοί μεταγωγείς του δικτύου κορμού, καθώς και οι λοιποί βοηθητικοί μεταγωγείς.

Αν τώρα υποθεθεί ένα σενάριο λειτουργίας κατά το οποίο:

1) Ο κόμβος με αναγνωριστικό *ID4* του δικτύου είναι συνδεδεμένος σε θύρα του μεταγωγέα *SW2* (Γέφυρα) που ανήκει στο VLAN 301 (Μηχανοστάσιο).

2) Ένας άλλος κόμβος με αναγνωριστικό *ID12* είναι συνδεδεμένος σε θύρα του μεταγωγέα *SW3*, που ανήκει επίσης στο VLAN 301 (Μηχανοστάσιο).

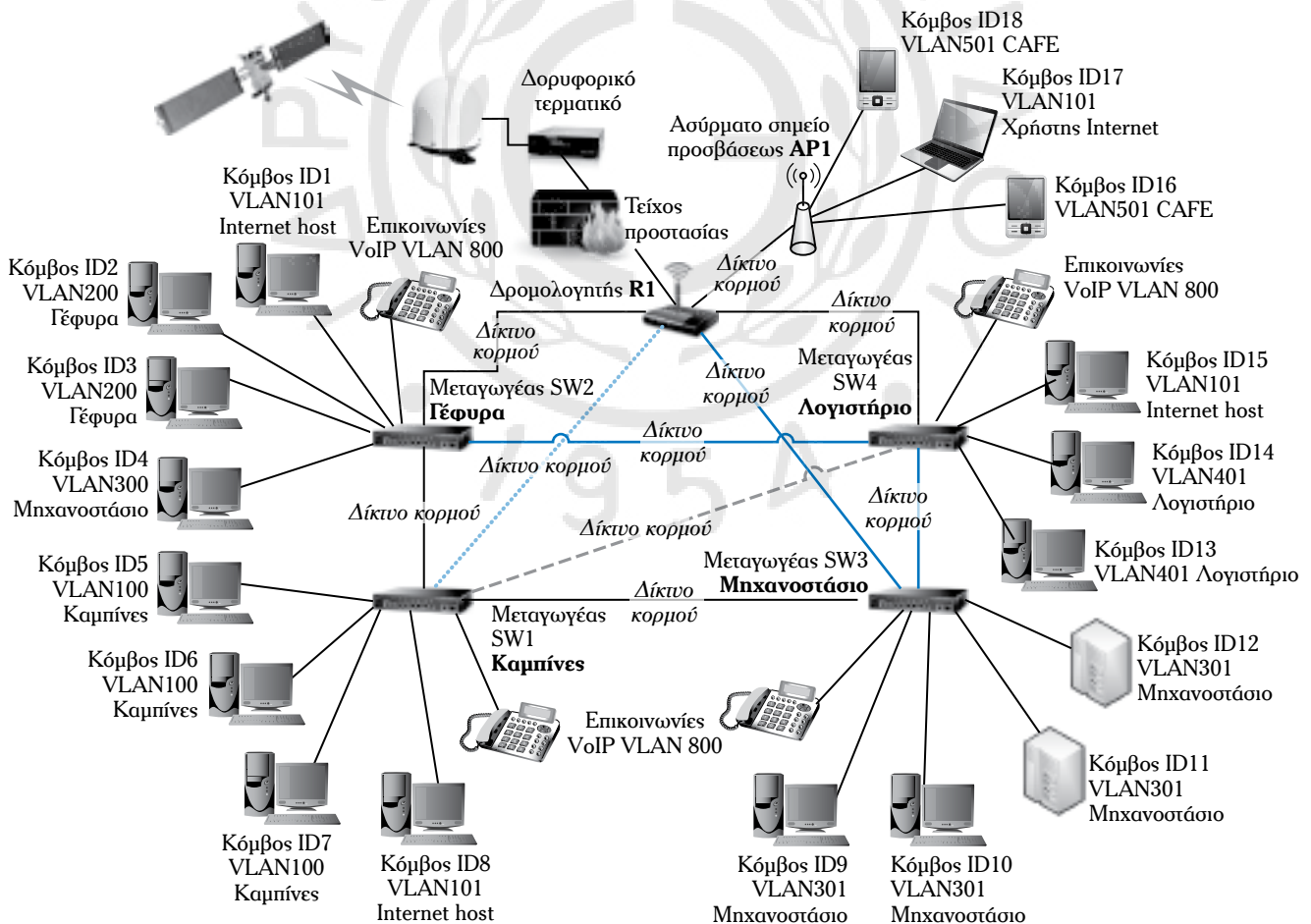
3) Οι δύο κόμβοι θέλουν να επικοινωνήσουν υποθέτοντας ότι ο κόμβος με αναγνωριστικό *ID4* θέλει

να κάνει χρήση του πρωτοκόλλου ICMP (Internet Control Message Protocol) του επιπέδου δικτύου του TCP/IP. Πιο συγκεκριμένα, να τρέξει την εντολή PING και να αποστείλει ένα πλαίσιο ερωτήσεως (ICMP echo requests) προς την διεύθυνση IP του κόμβου με αναγνωριστικό *ID12* στο τερματικό του για να ελέγξει αν ο εν λόγω υπολογιστής είναι ενεργός, βρίσκεται στο δίκτυο και επιτυγχάνεται απευθείας επικοινωνία.

4) Σύμφωνα με το πρωτόκολλο ICMP, θα φύγει ένα πλαίσιο Ethernet από τον κόμβο με αναγνωριστικό *ID4*, που θα περιέχει το πλαίσιο ICMP echo request προς τον πρώτο μεταγωγέα που είναι ο *SW2*.

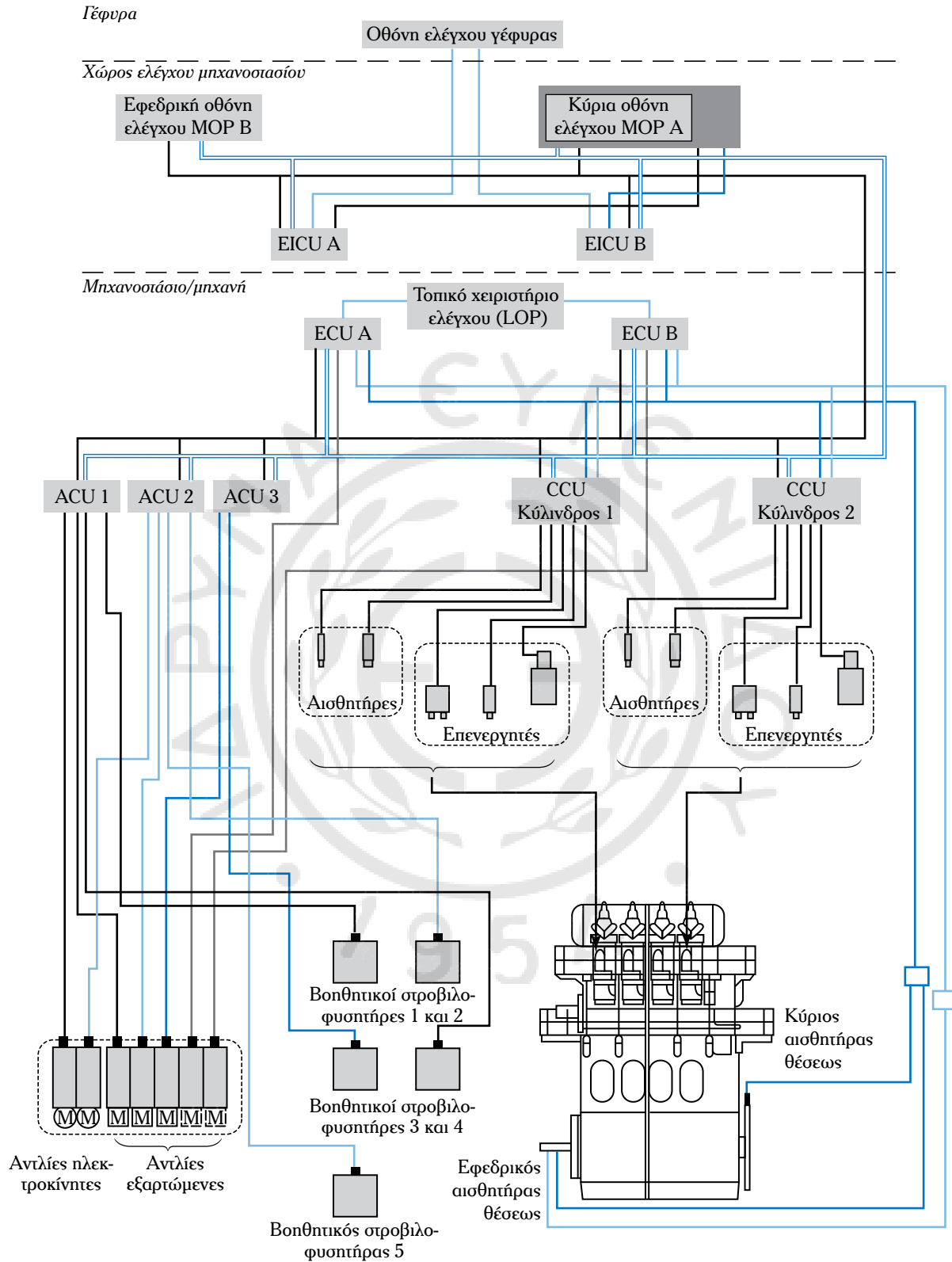
5) Μόλις το πλαίσιο φθάσει στην θύρα του switch, στο πλαίσιο θα εισαχθεί η ετικέτα του VLAN (VLAN ID 301), δηλαδή σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 802.1Q θα γίνει εισαγωγή των καταλλήλων πεδίων στο πλαίσιο.

6) Στη συνέχεια ο μεταγωγέας θα στείλει στη σωστή θύρα το πλαίσιο αφού ελέγξει τον πίνακα με τις



Σχ. 4.14α

Δίκτυο κρουαζιερόπλοιου με VLANs.

**Σχ. 5.48**

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

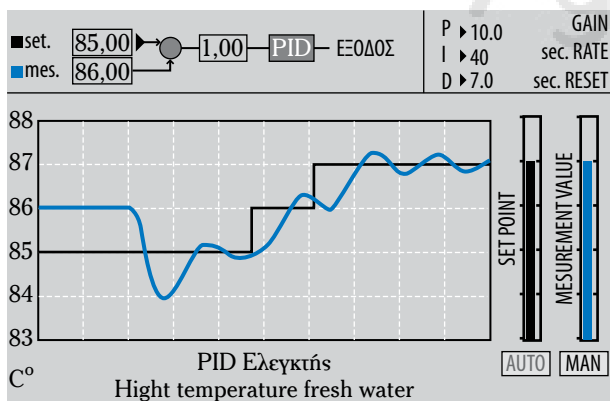
δίκτυο θάλασσας, δίκτυο λιπάνσεως, δίκτυο ψύξεως γλυκού νερού, δίκτυο πεπιεσμένου αέρα και το δίκτυο ατμού), το οποίο κινείται με μία MEK πέντε κυλίνδρων. Με διαφορετικό χρώμα εμφανίζεται κάθε αντλία που λειτουργεί στο αντίστοιχο δίκτυο. Έτσι, στο δίκτυο της θάλασσας λειτουργεί η αντλία Νο 1, στο δίκτυο λιπάνσεως της κύριας μηχανής λειτουργεί η αντλία Νο 2, ενώ στο σύστημα αερισμού του μηχανοστασίου λειτουργούν τρεις από τους τέσσερις ανεμιστήρες.

Στο σχήμα 5.6δ μέσω λογικού διαγράμματος αναπαριστάται κάθε χρονική στιγμή η εξέλιξη της διαδικασίας παραλληλισμού τριών ηλεκτρογεννητριών σε πλοίο τύπου bulk carrier. Κάθε χρονική στιγμή καταγράφεται η εξέλιξη της διαδικασίας, ενώ σε περίπτωση σφάλματος μέσω της συγκεκριμένης απεικόνισης είναι δυνατόν ο χρήστης να γνωρίζει πού ακριβώς έχει προκύψει δυσλειτουργία κατά την εξέλιξη της διαδικασίας.

Στο σχήμα 5.6δ έχει ολοκληρωθεί η διαδικασία παραλληλισμού των τριών γεννητριών επιτυχώς και έχει πραγματοποιηθεί η ισομερής κατανομή φορτίου στις γεννήτριες.

Στο σχήμα 5.6ε αναπαριστάται η λειτουργία του πνευματικού αναλογικού – ολοκληρωτικού – διαφορικού PID ελεγκτή της υψηλής θερμοκρασίας του γλυκού νερού ψύξεως της κύριας μηχανής (high temperature fresh water controller).

Σε ένα τυπικό πλοίο υπάρχει αρκετά μεγάλος αριθμός ελεγκτών τύπου PID ή αλλιώς «Nakakita», όπως συνήθως λέγονται στην γλώσσα των ναυτικών. Ο ελεγκτής παρακολουθεί το συγκεκριμένο κλειστό σύστημα αυτομάτου ελέγχου κάθε χρονική στιγμή, αναπαριστώντας με μαύρο χρώμα την επιθυμητή τιμή



Σχ. 5.6ε

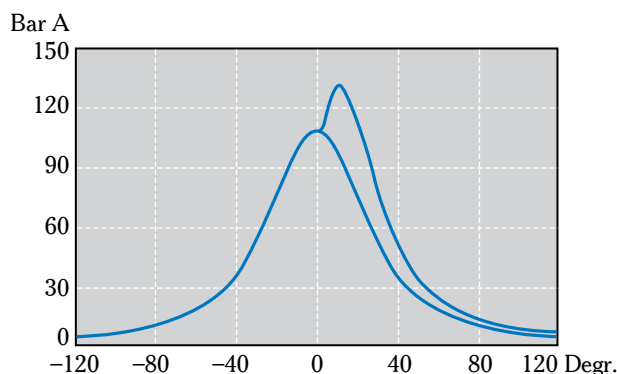
Κλειστός βρόχος ελέγχου
δικτύου ψύξεως γλυκού νερού μίας μηχανής MEK.

λειτουργίας (set point) και με μπλε την τιμή μετρήσεως (measurement value).

Ο ελεγκτής βρίσκεται σε αυτόματη λειτουργία και κάθε φορά ανάλογα με τη διαφορά που υπάρχει μεταξύ επιθυμητής και μετρούμενης τιμής, ο ελεγκτής προκαλεί διορθωτική κίνηση, οδηγώντας κατάλληλο σήμα αέρα στο στοιχείο ελέγχου, που είναι συνήθως μία δίοδος ή μία τρίοδος πνευματική διαφραγματική βαλβίδα, ώστε το σφάλμα να μηδενιστεί. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει την επιθυμητή τιμή λειτουργίας, καθώς και τις τρεις παραμέτρους του ελεγκτή: το P (κέρδος, gain), το I (επαναφορά, reset) και το D (ρυθμός, rate).

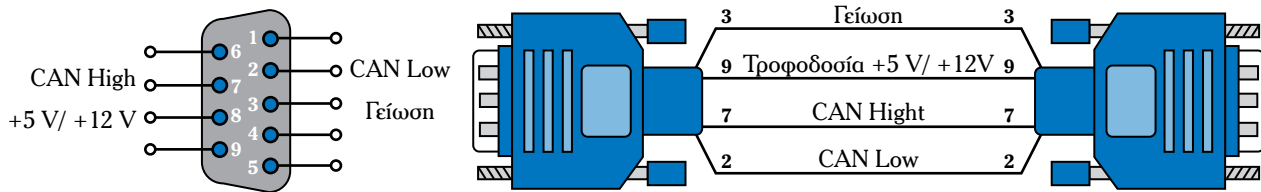
Ένα από τα σημαντικότερα και ασφαλέστερα εργαλεία για τη διάγνωση βλαβών στη λειτουργία της μηχανής είναι το δυναμοδεικτικό διάγραμμα κάθε κυλίνδρου. Η λήψη των διαγραμμάτων γίνεται με τη χρήση μορφομετατροπών πίεσης, οι οποίοι συνδέονται σε κατάλληλες υποδοχές των πωμάτων των κυλίνδρων. Οι μορφομετατροπές αποτελούν αναλογικές συσκευές εισόδου στο επίπεδο αυτοματισμού εγκαταστάσεων. Στο σχήμα 5.6στ αναπαριστάται το διάγραμμα P-V ενός κυλίνδρου μίας αργόστροφης δίχρονης πετρελαιομηχανής πλοίου.

Τα πληκτρολόγια ή τα λειτουργικά τερματικά (σχ. 5.6ζ) διαθέτουν αποκλειστικά λειτουργικά κουμπιά πολλαπλών λειτουργιών και tracker balls για τον έλεγχο του δρομέα, καθώς και πηκτικές ενδείξεις για τους προκαλούμενους συναγερμούς – ειδοποιήσεις. Τα πληκτρολόγια διαθέτουν λειτουργικά πλήκτρα για απευθείας πρόσβαση σε σημαντικές ή συχνά χρησιμοποιούμενες οθόνες. Ο χειριστής θα πρέπει γρήγορα και με σχετικά μικρό αριθμό κινήσεων να μπορεί να επιλέγει την οθόνη ελέγχου του επιθυμητού προς έλεγχο συστήματος. Επί πλέον, μετά την επιλογή της κατάλληλης οθόνης με πολύ λίγες κινήσεις, να μπορεί



Σχ. 5.6στ

Δυναμοδεικτικό διάγραμμα P-V κυλίνδρου.



Σχ. 5.9α

Συνδεσμολογία βύσματος διαύλου CAN.

κόμβος στέλνει δεδομένα στο δίκτυο χωρίς κανόνες. Το αποτέλεσμα είναι η ύπαρξη συγκρούσεων όταν πολλοί κόμβοι, ταυτόχρονα, επιχειρούν να στείλουν δεδομένα, με αποτέλεσμα την καθυστέρηση στη μετάδοση των δεδομένων. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές για την αποφυγή των συγκρούσεων.

Στις επόμενες παραγράφους θα παρουσιαστούν τα βασικότερα πρωτόκολλα δικτύων πεδίου, που συναντάμε κατά κανόνα στα ολοκληρωμένα συστήματα αυτοματισμού πλοίου.

5.9.1 CAN.

Το **CAN** (Controller Area Network) αποτελεί ένα διεθνές σειριακό πρωτόκολλο επικοινωνίας δικτύου που χρησιμοποιείται ευρέως στις εγκαταστάσεις πλοίων. Παρουσιάστηκε το 1983 από την εταιρεία Bosch, με σκοπό τη διασύνδεση των ηλεκτρονικών μονάδων ελέγχου των αυτοκινήτων.

Το πρωτόκολλο **CAN** καθορίζει τις υπηρεσίες μόνο για το 1^ο (φυσικό) και 2^ο επίπεδο (ζεύξεως δεδομένων) του μοντέλου OSI.

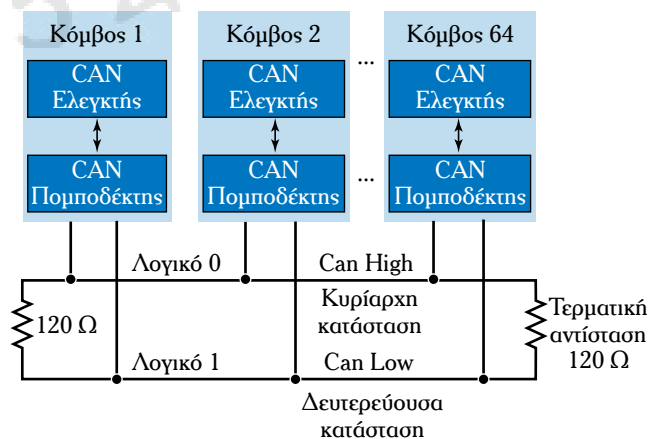
Στο φυσικό επίπεδο καθορίζονται τα επίπεδα των τάσεων, το είδος των βυσμάτων και των καλωδίων (σχ. 5.9α). Αν και δεν υπάρχουν τυποποιημένα βύσματα για το CAN, στο σχήμα 5.9α φαίνεται η μετατροπή ενός βύσματος D-9 σε βύσμα CAN. Η πιο συνηθισμένη τάση λειτουργίας του CAN είναι τα **5 V DC**. Το δίκτυο CAN είναι μία τυπική **τοπολογία διαύλου πολλαπλών συνδέσεων**. Λόγω της χρήσεως συνεστραμμένου καλωδίου είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό στον ηλεκτρομαγνητικό θόρυβο. Στα δύο άκρα του διαύλου τοποθετούνται **τερματικές αντιστάσεις**, οι οποίες είναι περίπου ίσες με την χαρακτηριστική αντίσταση του αγωγού. Οι αντιστάσεις είναι της τάξεως των **120 Ω**.

Στο επίπεδο ζεύξεως δεδομένων καθορίζονται υπηρεσίες όπως η ανίχνευση και αντιμετώπιση σφαλμάτων, η διαίτησία, η διαχείριση και η κατηγοριοποίηση των μηνυμάτων κ.ά..

Ακολουθεί την τεχνική της διαφορικής μεταδόσε-

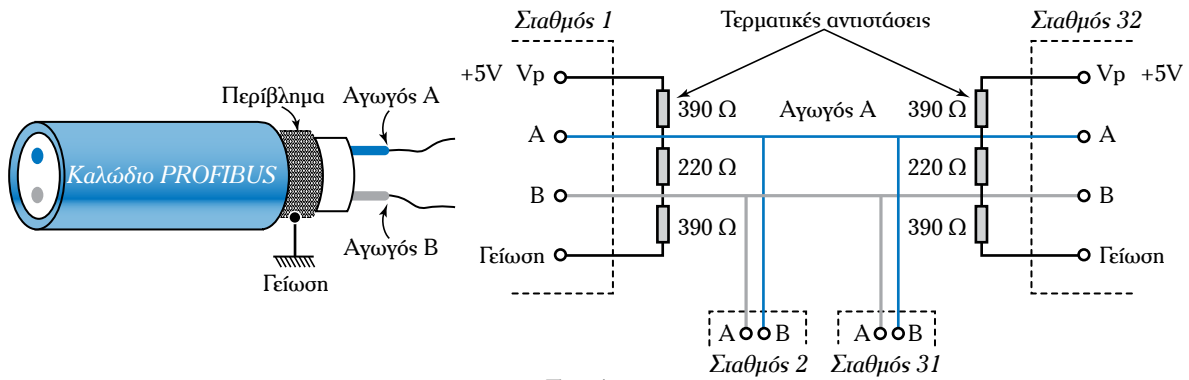
ως, όπως και το πρότυπο RS-485. Όπως αναφέρθηκε στο πρότυπο RS-485, η συσκευή που παραλαμβάνει τα δεδομένα, αποκωδικοποιεί τη διαφορά της τάσεως ανάμεσα στους δύο αγωγούς. Αν η διαφορά της τάσεως είναι μεγαλύτερη από +200 mV, παραλήφθηκε 1, ενώ αν είναι μικρότερη από -200 mV, παραλήφθηκε 0. Στο CAN υπάρχουν δύο καταστάσεις: η **κυρίαρχη** (CAN High) και η **δευτερεύουσα** (CAN Low). Η κυρίαρχη κατάσταση αντιστοιχεί στο λογικό 0, όταν η διαφορά της τάσεως μεταξύ CANH και CANL είναι μεγαλύτερη ή ίση από 0,9V. Η δευτερεύουσα κατάσταση αντιστοιχεί στο λογικό 1, όταν η διαφορά της τάσεως μεταξύ CANH και CANL είναι μικρότερη ή ίση με 0,5V. Οι καταστάσεις CANH και CANL είναι απαραίτητες για θέματα διαίτησίας ανάμεσα στους κόμβους του δικτύου, αλλά και για τον καθορισμό της προτεραιότητας των μηνυμάτων.

Οι συσκευές που είναι συνδεδεμένες σε ένα δίκτυο CAN είναι συνήθως είτε μονάδες εισόδου είτε μονάδες εξόδου, οι οποίες δεν συνδέονται άμεσα με το δίκτυο, αλλά μέσω ενός **πομποδέκτη και ενός ελεγκτή CAN** (σχ. 5.9β). Ο πομποδέκτης CAN μεταφράζει τα μηνύματα CAN από ή σε διαφορικά σήματα, τα οποία μεταδίδονται μέσω του συνεστραμ-



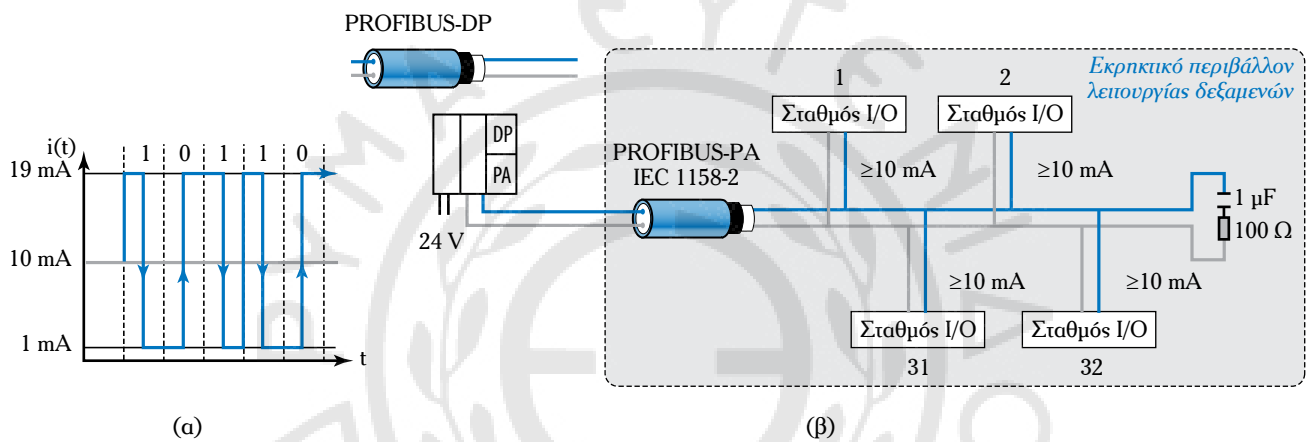
Σχ. 5.9β

Πομποδέκτης και ελεγκτής σε δίκτυο CAN.



Σχ. 5.9ιε

Καλώδιο ενός ζεύγους PROFIBUS, τερματικές αντιστάσεις σε δίκτυο PROFIBUS στα άκρα του διαύλου.



Σχ. 5.9ιστ

(α) Μετατροπή ψηφιακού σήματος σε δίκτυο PROFIBUS-PA, (β) δίκτυο PROFIBUS-PA σε εκρηκτικό περιβάλλον λειτουργίας.

ραϊότητα η χρήση επαναληπτών. Για διατομές αγωγών της τάξεως των $0,8 \text{ mm}^2$ και για μήκη μέχρι 900 m ο ρυθμός μεταδόσεως προσεγγίζει τα $31,25 \text{ kbps}$. Η διασύνδεση μεταξύ του δικτύου PROFIBUS-PA και PROFIBUS-DP γίνεται με τη χρήση ειδικών συζευκτών που μετατρέπουν το PROFIBUS-PA σε PROFIBUS-DP [σχ. 5.9ιστ(β)].

3) Το **PROFIBUS-FMS** (Fieldbus Message Specification), βασίζεται στο μοντέλο εξυπηρετητής-πελάτη (client/server) για την επικοινωνία των συσκευών αυτοματισμού – PLC. Ο διακομιστής γίνεται ενεργός μόνον όταν γίνει αίτηση για παροχή υπηρεσίας από τον πελάτη. Στο PROFIBUS-FMS είναι δυνατόν και οι 126 συσκευές να είναι κύριες συσκευές. Η μετάδοση μπορεί να γίνει με την τεχνολογία RS-485, με οπτικές ίνες ή ασύρματα. Προσφέρει πολλές προηγμένες δυνατότητες και χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές με ειδικές απαιτήσεις

επικοινωνίας και κυρίως για να γεφυρώσει ελεγκτές διαφορετικών κατασκευαστών.

Το PROFIBUS-DP και PROFIBUS-PA καθορίζει τις υπηρεσίες για το 1^ο (Φυσικό) και 2^ο επίπεδο (Ζεύξεως δεδομένων) του μοντέλου OSI. Τα υπόλοιπα επίπεδα παραμένουν απροσδιόριστα. Το PROFIBUS-FMS καθορίζει τις υπηρεσίες για το 1^ο (Φυσικό) το 2^ο επίπεδο (Ζεύξεως δεδομένων), καθώς και για το 7^ο επίπεδο (Εφαρμογών) του μοντέλου OSI. Σε όλους τους τύπους PROFIBUS για τον έλεγχο ασφαλιμάτων χρησιμοποιείται η μέθοδος κυκλικού ελέγχου πλεονασμού (CRC).

5.9.7 INDUSTRIAL ETHERNET.

Το **Industrial Ethernet** βασίζεται στα πρότυπα IEEE 802.3 (Ethernet) και IEEE 802.11 a/b/g/h (ασύρματα δίκτυα). Αρχικά το Ethernet δεν είχε εφαρμογή σε βιομηχανικές εφαρμογές αυτοματι-



*Το CS Hooper θεωρείται το πρώτο πλοίο ποντίσεως καλωδίων,
κατασκευασμένο από την C. Mitchell & Co το 1873.*