

Συστήματα Εισόδου - Εξόδου

9.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μια από τις ουσιαστικότερες λειτουργίες ενός υπολογιστικού συστήματος είναι η επικοινωνία με το εξωτερικό του περιβάλλον, με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών κατά τρόπο εύχρηστο και αποτελεσματικό.

Για την εκπλήρωση αυτού του στόχου χρησιμοποιούνται τα συστήματα Εισόδου-Εξόδου (E/E), με τα οποία επιδιώκεται η ταχεία και ασφαλής μεταφορά πληροφοριών με το μικρότερο δυνατό κόστος. Η εξέλιξη των συστημάτων E/E ακολούθησε την ίδια θεαματική πορεία, όπως και οι υπόλοιπες μονάδες των υπολογιστών. Έτσι, μελετήθηκαν πολλές τεχνικές επικοινωνίας και αναπτύχθηκαν πολλά συστήματα E/E, με αποτέλεσμα να υπάρχει σήμερα στη διάθεση των σχεδιαστών υπολογιστικών συστημάτων μία μεγάλη ποικιλία μονάδων E/E με ενδιαφέροντα λειτουργικά χαρακτηριστικά.

Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικά περιγράφονται οι διάφοροι τύποι περιφερειακών συσκευών, που εξασφαλίζουν την επικοινωνία του υπολογιστή με τον έξω κόσμο. Στη συνέχεια δίνονται οι βασικές τεχνικές επικοινωνίας καθώς και οι αρχές λειτουργίας των συστημάτων E/E. Επίσης περιγράφονται εναλλακτικοί τρόποι υλοποίησης των διαφόρων τύπων συστημάτων E/E. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην παρουσίαση και αξιολόγηση αντιπροσωπευτικών συστημάτων E/E.

9.2 ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ E/E

Οι περιφερειακές μονάδες είναι εκείνες οι συσκευές που επιτρέπουν την επικοινωνία του Η/Υ με τον εξωτερικό κόσμο, για εισαγωγή/εξαγωγή ή

αποθήκευση πληροφοριών. Στο κεφάλαιο αυτό θα δοθεί μια γενική περιγραφή των πιο συνηθισμένων συσκευών E/E, των λειτουργιών τους, καθώς και εκείνων των χαρακτηριστικών που παρουσιάζουν ενδιαφέρον από αρχιτεκτονική άποψη.

Οι συσκευές E/E μπορούν να χωριστούν στις συσκευές που χρησιμοποιούνται για απ' ευθείας διαλογική (interactive) επικοινωνία, στις συσκευές έμμεσης (μη διαλογικής, non-interactive) επικοινωνίας και στις συσκευές που χρησιμοποιούνται για μαζική αποθήκευση πληροφοριών. Οι τελευταίες εξετάζονται στην § 8.5.

Στον Πίνακα 9.1 φαίνονται μερικές τυπικές συσκευές με τα κυριότερα χαρακτηριστικά τους. Επειδή πολλές από τις συσκευές αυτές είναι ηλεκτρομηχανικές, η ταχύτητα λειτουργίας τους είναι μικρή σε σχέση με την ταχύτητα της ΚΜΕ, πράγμα που επηρεάζει αρνητικά τη συνολική απόδοση του υπολογιστικού συστήματος. Για το λόγο αυτό γίνονται μεγάλες προσπάθειες με σκοπό τη δημιουργία ταχύτερων περιφερειακών μονάδων, με λογικό κόστος κατασκευής και λειτουργίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.1. Τυπικές Συσκευές Εισόδου-Εξόδου

Συσκευή E/E	Λειτουργία	Μέσον	Ταχύτητα μετάδοσης
Τηλέτυπο	Απευθείας επικοινωνία	Χαρτί	10-60 cps
Τερματική οθόνη	"	Οπτική εικόνα	10-240 cps
Χαρτοταινίας:			
Αναγνώστης	Είσοδος-έμμεση	Χαρτί	10-1.000 cps
Διαρητήης	Έξοδος-έμμεση	Χαρτί	10-150 cps
Καρτών:			
Αναγνώστης	Είσοδος-έμμεση	Κάρτα	100-2.000 cpm
Διαρητήης	Έξοδος-έμμεση		100-250 cpm
Εκτυπωτής γραμμών:	Έξοδος-έμμεση	Χαρτί	
Κρουστικός	"	"	100-3.000 lpm
Ηλεκτροστατικός	"	"	300-40.000 lpm
Εκτόξευσης μελάνης	"	"	100-3.000 lpm
Εκτυπωτής Laser	Έξοδος-έμμεση	Χαρτί	8-24 σελίδες/λεπτό

cpm = (cards per minute): Κάρτες ανά λεπτό

cps = (characters per second): Χαρακτήρες ανά δευτερόλεπτο

lpm = (lines per minute): Γραμμές ανά λεπτό.

9.2.1 Τύποι περιφερειακών μονάδων

1. Διαλογικές τερματικές μονάδες

Οι συσκευές αυτές είναι απευθείας (on-line) συνδεδεμένες με τον Η/Υ και λειτουργούν υπό το συνεχές έλεγχό του, σε μικρές ταχύτητες.

Ως τυπικά παραδείγματα αναφέρονται:

- Τα Τηλέτυπα (TTY) που έχουν τη δυνατότητα να στέλνουν πληροφο-

ρίες μέσω ενός πληκτρολογίου και να δέχονται πληροφορίες που τυπώνονται στο χαρτί. Είναι από τις παλαιότερες περιφερειακές μονάδες και συνήθως χρησιμοποιούνται σε μικρούς Η/Υ.

- **Τερματικές Οθόνες (CRT).** Αυτές διαθέτουν πληκτρολόγιο, όπως τα ΤΤΥ, και καθοδική οθόνη που αντικαθιστά τον εκτυπωτή. Σε μερικές εξελιγμένες μορφές τερματικών οθονών έχει προστεθεί μικροεπεξεργαστής και μνήμη ώστε να μπορούν να προσφέρουν επιπρόσθετες διευκολύνσεις όπως: τοπική αποθήκευση και επεξεργασία πληροφοριών, αποστολή ή λήψη αρχείων κλπ. Αναφέρονται και ως «ευφυή» (intelligent) τερματικά.

2. Μη διαλογικές τερματικές μονάδες

Οι συσκευές αυτές λειτουργούν ανεξάρτητα από τον Η/Υ (off-line) και χωρίς την άμεση εποπτεία του χρήστη. Ενδεικτικά αναφέρονται:

- **Αναγνώστης και Διατηρητής Χαρτοταινίας.** Αποτελεί μια σχετικά φτηνή μέθοδο για Ε/Ε σε Η/Υ, αν και σήμερα οι συσκευές αυτές έχουν σχεδόν καταργηθεί, αφού αντικαταστάθηκαν από άλλες, όπως π.χ. οι μονάδες δισκέττας. Το κύριο μειονέκτημά τους είναι η μικρή ταχύτητα (10-1000 cps) για ανάγνωση και (10-150 cps) για διάτρηση.

- **Αναγνώστης και Διατηρητής Καρτών.** Αποτελεί μια ηλεκτρομηχανική συσκευή Ε/Ε στην οποία οι πληροφορίες γράφονται σε 80 στήλες διάτρητης κάρτας και διαβάζονται με τη βοήθεια φωτοδιόδων που δημιουργούν κατάλληλα σήματα καθώς ανιχνεύουν τις τρύπες. Η χρήση τους είναι περιορισμένη τελευταία αφού αντικαταστάθηκαν από ταχύτερες συσκευές, όπως μαγνητικές ταινίες, δίσκοι κλπ.

● Εκτυπωτές

Οι εκτυπωτές χρησιμοποιούνται για ταχεία εκτύπωση αποτελεσμάτων. Υπάρχουν δύο τύποι: Οι μηχανικοί (impact) και οι μη μηχανικοί (non impact) εκτυπωτές.

Οι **μηχανικοί εκτυπωτές** τυπώνουν με μηχανικό τρόπο και οι καλύτεροι από αυτούς έχουν τη δυνατότητα να τυπώσουν γραμμές μέχρι 132 χαρακτήρες το μέγιστο και με ταχύτητα 3000 γραμμών/λεπτό. Σε μεγάλα υπολογιστικά συστήματα που χρησιμοποιούν μηχανικούς εκτυπωτές γραμμών (line printers), οι χαρακτήρες μεταφέρονται στον εκτυπωτή και αποθηκεύονται σε καταχωρητή-απομονωτή μέχρις ότου συμπληρωθεί μία πλήρης γραμμή, οπότε και εκτυπώνονται ταυτόχρονα στο χαρτί.

Οι **μη μηχανικοί εκτυπωτές** δεν χρησιμοποιούν μηχανικό τρόπο εκτύπωσης και διακρίνονται ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους στους: Θερμικούς (thermal) εκτυπωτές, Εκτυπωτές εκτόξευσης μελάνης (ink-jet), Ηλεκτροφωτογραφικούς (όπως π.χ. οι εκτυπωτές laser) κλπ.

Το μεγάλο πλεονέκτημα των μη μηχανικών εκτυπωτών είναι ότι

είναι αθόρυβοι και μπορούν εύκολα να συνδυάζουν κείμενο και γραφήματα. Επιπροσθέτως, η διακριτική τους ικανότητα φθάνει στην τάξη των εκατοντάδων σημείων ανά ίντσα (1"). Έτσι οι εκτυπωτές αυτοί έγιναν ιδιαίτερα ελκυστικοί για υψηλής ποιότητας εκτυπώσεις. Πολλοί από τους νέους μη μηχανικούς εκτυπωτές διαθέτουν έναν ή περισσότερους μικροεπεξεργαστές και μνήμη ROM, όπου αποθηκεύουν ένα ειδικό πρόγραμμα για την επίτευξη αυτόνομης λειτουργίας της συσκευής.

Οι θερμικοί εκτυπωτές, χρησιμοποιούν θερμικό χαρτί, είναι φθηνοί, έχουν υψηλή διακριτική ικανότητα (περίπου 300 σημεία/1"), έχουν σχετικά υψηλή ταχύτητα και μικρό μέγεθος.

Οι εκτυπωτές εκτόξευσης μελάνης, προσφέρουν τη δυνατότητα έγχρωμης εκτύπωσης, έχουν υψηλή διακριτική ικανότητα (μέχρι 400 σημεία/1") και ταχύτητα μεγαλύτερη από 40 cps. Επίσης υπάρχουν και μικτοί εκτυπωτές (hybrid blossom) που συγκεντρώνουν τα πλεονεκτήματα των θερμικών εκτυπωτών και των εκτυπωτών εκτόξευσης μελάνης.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά των εκτυπωτών laser είναι η υψηλή διακριτική ικανότητα (300-480 σημεία/1"), το χαμηλό κόστος λειτουργίας και η υψηλή ταχύτητα εκτύπωσης που τυπικά φθάνει στις 8-24 σελίδες/λεπτό. Το υψηλό κόστος των συσκευών laser είναι ο κύριος παράγοντας που εμποδίζει την ευρύτερη χρησιμοποίησή τους.

Σε μικροϋπολογιστικά συστήματα χρησιμοποιούνται κυρίως οι εκτυπωτές μήτρας σημείων (dot matrix), με ταχύτητα 80-100 χαρακτήρες/sec (cps) και μέχρι 132 χαρακτήρες/γραμμή. Μερικοί από τους εκτυπωτές αυτούς πραγματοποιούν αμφίδρομη εκτύπωση και διαθέτουν μικροεπεξεργαστή που εκτελεί όλες τις λειτουργίες ελέγχου και μετακίνησης του μηχανισμού εκτύπωσης.

9.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Στη συνέχεια εξετάζονται τρόποι μεταφοράς πληροφοριών μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων, καθώς και διάφοροι τρόποι επικοινωνίας της ΚΜΕ με τις υπόλοιπες μονάδες του υπολογιστικού συστήματος.

9.3.1 Μεταφορά Πληροφοριών

Η μεταφορά των πληροφοριών μέσα στον Η/Υ ή μεταξύ ψηφιακών συστημάτων μπορεί να γίνει παράλληλα ή σειριακά (ακολουθιακά). Στην παράλληλη μεταφορά (parallel transfer) όλα τα δυαδικά ψηφία (bits) κάθε δεδομένου μεταδίδονται ταυτόχρονα, δηλαδή μία πληροφορία των k-bits μεταδίδεται παράλληλα σε k γραμμές. Αντίθετα, στη σειριακή μεταφορά (serial transfer) όλα τα bits μεταδίδονται ακολουθιακά το ένα μετά το άλλο πάνω σε μια μόνο γραμμή. Η χρονική διάρκεια του κάθε bit είναι προκαθορισμένη και ονομάζεται **χρόνος ψηφίου** t_b (bit-time). Φυσικά, η

παράλληλη μετάδοση είναι ταχύτερη επειδή κάθε δεδομένο μεταφέρεται σε χρόνο t_b · είναι όμως δαπανηρή επειδή απαιτεί πολλές γραμμές. Αντίθετα η σειριακή μεταφορά αν και είναι απλούστερη απαιτεί χρόνο kt_b .

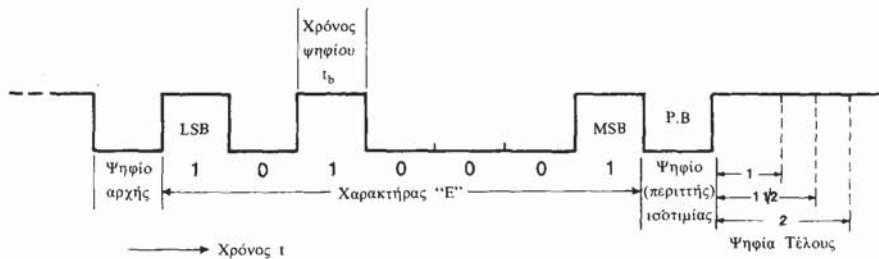
Η σειριακή μεταφορά μπορεί να είναι σύγχρονη ή ασύγχρονη. Η **σύγχρονη σειριακή μεταφορά** επιτυγχάνεται με το συγχρονισμό των «ρολογιών» των συσκευών που ανταλλάσσουν πληροφορίες, απαιτεί όμως συνεχή μεταφορά πληροφοριών. Όταν δεν υπάρχουν πληροφορίες για μετάδοση, τότε μεταδίδονται ειδικά σήματα συγχρονισμού έτσι ώστε να διατηρείται ο συγχρονισμός των ρολογιών. Αντίθετα στην **ασύγχρονη σειριακή μεταφορά**, τα ρολόγια των συσκευών δεν λειτουργούν συγχρονισμένα αλλά ο πομπός στέλνει πληροφορίες μόνον όταν αυτές είναι διαθέσιμες, ενώ η γραμμή μεταφοράς παραμένει άεργη όταν δεν υπάρχουν δεδομένα για μετάδοση.

Στην § 9.6 αναφέρονται μέθοδοι σύγχρονης επικοινωνίας. Στη συνέχεια αναλύονται διάφορες μέθοδοι ασύγχρονης (σειριακής ή παράλληλης) επικοινωνίας.

1. Ασύγχρονη σειριακή επικοινωνία

Στη σειριακή ασύγχρονη μετάδοση, κάθε χαρακτήρας πλαισιώνεται με επιπρόσθετα bits που βοηθούν το δέκτη στην αναγνώριση του χαρακτήρα. Έτσι, μεταδίδεται πρώτα ένα ψηφίο αρχής (start bit) που δηλώνει την αρχή του χαρακτήρα· μετά από αυτό στέλνονται τα bits πληροφορίας του χαρακτήρα (κωδικοποιημένα συνήθως στον κώδικα ASCII). Η σειρά μετάδοσης είναι από το λιγότερο σημαντικό ψηφίο (LSB) προς το περισσότερο σημαντικό ψηφίο (MSB). Μετά από τα ψηφία πληροφορίας του χαρακτήρα, στέλνεται συνήθως ένα ψηφίο ισοτιμίας (Parity Bit, PB) για τον έλεγχο της ορθής μετάδοσης (βλ. § 2.5). Στο τέλος μεταδίδονται τα ψηφία τέλους (stop bits) που διαρκούν 1, $1\frac{1}{2}$ ή $2t_b$, και υποδηλώνουν το τέλος της μετάδοσης του χαρακτήρα.

Το ψηφίο αρχής ενός χαρακτήρα πρέπει να εμφανίζεται μετά από τα ψηφία τέλους του προηγούμενου χαρακτήρα. Το ψηφίο αρχής έχει πάντα τιμή "0" ενώ τα ψηφία τέλους έχουν πάντα τιμή "1". Όταν δεν μεταδίδονται δεδομένα, η γραμμή παραμένει στην κατάσταση "1". Έτσι ο δέκτης μπορεί να αναγνωρίσει την άφιξη ενός νέου χαρακτήρα από τη μεταβολή της κατάστασης της γραμμής από "1" σε "0", λόγω άφιξης του ψηφίου αρχής, όπως περιγράφεται στην § 9.4. Στο παράδειγμα του Σχ. 9.1 φαίνεται η σειριακή μετάδοση του γράμματος "E" στον κώδικα ASCII.



Σχ.9.1 Ασύγχρονη σειριακή μετάδοση του γράμματος "E".

Κάθε δυαδικό ψηφίο (bit) παραμένει στη γραμμή για χρόνο t_b . Ο χρόνος αυτός προσδιορίζει τη μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων (bit rate). Υπάρχουν διάφορες τυποποιημένες ταχύτητες μετάδοσης όπως 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800 και 9.600 bits/sec. Στην περίπτωση μεταφοράς πληροφοριών με τη χρήση δύο μόνο διακριτών επιπέδων τάσεως, η μονάδα bits/sec αναφέρεται και ως Baud (Βλ. § 9.6).

Για την ορθή σειριακή μετάδοση, θα πρέπει ο πομπός και ο δέκτης να συμφωνούν στην ταχύτητα μετάδοσης, στο είδος ισοτιμίας (άρτια, περιττή ή χωρίς ισοτιμία), στον αριθμό των ψηφίων τέλους, όπως φυσικά και στον κώδικα στον οποίον έχουν κωδικοποιηθεί τα δεδομένα.

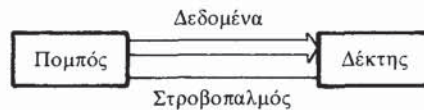
Η πιο πάνω μέθοδος χρησιμοποιείται τόσο στο πρότυπο «βρόχος ρεύματος» (current loop), όσο και στο πρότυπο RS-232 C που δημιουργήθηκε από την EIA (Electronic Industries Association). Τα πρότυπα αυτά ορίζουν τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και τους τρόπους σύνδεσης των προσαρμοστικών κυκλωμάτων (interfaces), τα οποία χρησιμοποιούνται για την ασύγχρονη σειριακή σύνδεση μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων και περιφερειακών μονάδων.

2. Ασύγχρονη παράλληλη επικοινωνία

Στην ασύγχρονη παράλληλη μεταφορά δεδομένων μεταξύ δύο ανεξάρτητων μονάδων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τρόποι μετάδοσης όπως:

α) Με τη χρήση στροβοπαλμού

Ο στροβοπαλμός (strobe pulse) είναι ένα σήμα ελέγχου που ενεργοποιείται από τον πομπό ή το δέκτη όπως φαίνεται στο Σχ. 9.2. Σκοπός του

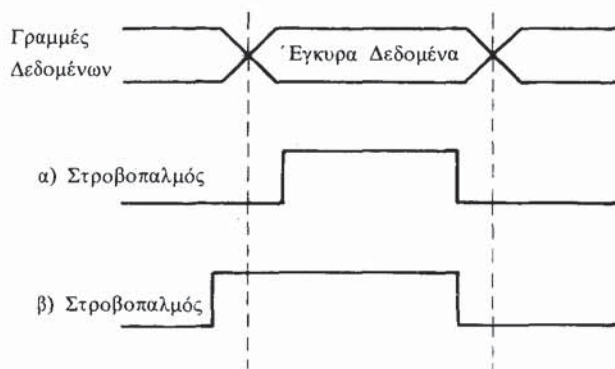


Σχ. 9.2. Χρήση σήματος στροβοπαλμού.

σήματος αυτού είναι να βοηθήσει την ασύγχρονη μετάδοση των δεδομένων από τον πομπό στο δέκτη. Στην περίπτωση που ο στροβοπαλμός ενεργοποιείται από τον πομπό, τότε αυτός καθορίζει τη χρονική διάρκεια κατά την οποία στις γραμμές δεδομένων υπάρχουν έγκυρα δεδομένα. Ο πομπός δεν ενημερώνεται για το εάν τα δεδομένα έχουν πράγματι ληφθεί από τον δέκτη. Η λειτουργία αυτή φαίνεται στο διάγραμμα του Σχ. 9.3α.

Στην περίπτωση όπου ο στροβοπαλμός ενεργοποιείται από το δέκτη (Σχ. 9.3β), το θετικό μέτωπο του στροβοπαλμού «απαιτεί» από τον πομπό την αποστολή των δεδομένων. Το αρνητικό μέτωπο του στροβοπαλμού προσδιορίζει την ολοκλήρωση της ανάγνωσης από το δέκτη. Ο δέκτης δεν

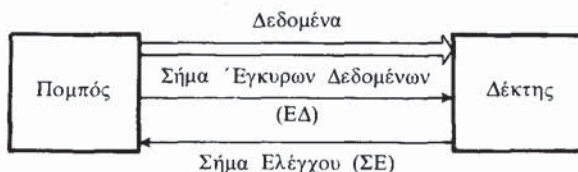
έχει τρόπο να πληροφορηθεί το εάν ο πομπός έχει πράγματι αποστείλει τα έγκυρα δεδομένα.



Σχ. 9.3. Διάγραμμα με χρήση στροβοπαλμού.

β) Με χειραψία

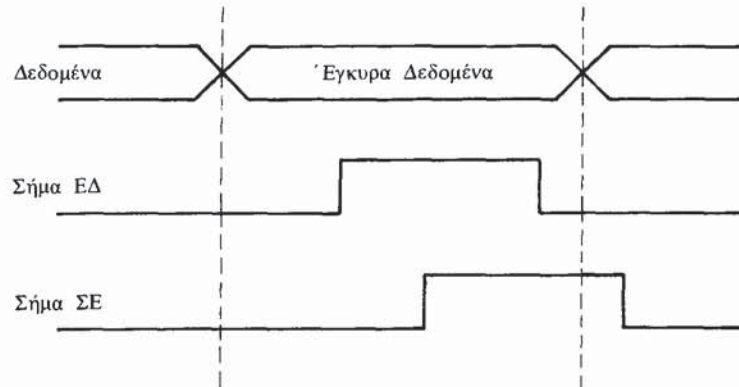
Με τη μέθοδο της χειραψίας (handshaking) αντιμετωπίζεται το μειονέκτημα της έλλειψης αμφίδρομης πληροφόρησης για τη λήψη ή όχι των δεδομένων, με τη χρησιμοποίηση δύο γραμμών της γραμμής σήματος έγκυρων δεδομένων (ΕΔ) και της γραμμής σήματος ελέγχου (ΣΕ), όπως φαίνεται στο Σχ. 9.4. Με τη βοήθεια των γραμμών αυτών επιτυγχάνεται αμφίδρομη πληροφόρηση.



Σχ. 9.4. Χρήση σημάτων χειραψίας.

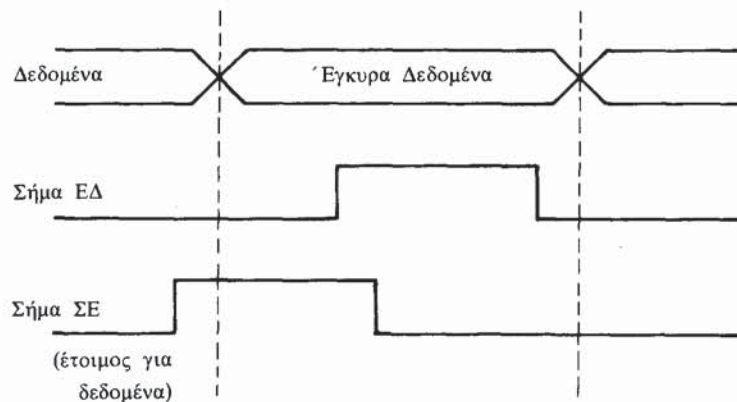
Στην περίπτωση που η διαδικασία μεταφοράς ενεργοποιείται από τον πομπό, τότε τα δεδομένα αποστέλλονται από τον πομπό σύμφωνα με τους χρονισμούς του Σχ. 9.5. Ο παλμός ΕΔ δηλώνει στο δέκτη ότι υπάρχουν έγκυρα δεδομένα στις γραμμές δεδομένων και διατηρείται στην κατάσταση "1" μέχρι να ληφθούν τα δεδομένα από το δέκτη. Η λήψη των δεδομένων δηλώνεται από το δέκτη με το θετικό μέτωπο του σήματος ελέγχου ΣΕ που στην περίπτωση αυτή έχει την έννοια «ελήφθησαν δεδομένα». Ο πομπός μόλις αντιληφθεί το θετικό μέτωπο του ΣΕ απενεργοποιεί το σήμα ΕΔ και ελευθερώνει τις γραμμές δεδομένων.

Στην περίπτωση που η διαδικασία μεταφοράς ενεργοποιείται από το δέκτη, τότε ο δέκτης απαιτεί (με το θετικό μέτωπο του σήματος ελέγχου



Σχ. 9.5. Σήματα χειραψίας με ενεργοποίηση από τον πομπό.

ΣΕ) δεδομένα από τον πομπό. Τότε ο πομπός αποκρίνεται αποστέλλοντας τα δεδομένα και ενεργοποιώντας τη γραμμή ΕΔ όπως φαίνεται στο διάγραμμα του Σχ. 9.6. Ο πομπός αποστέλλει τα δεδομένα για όσο χρονικό



Σχ. 9.6. Σήματα Χειραψίας με ενεργοποίηση από το δέκτη.

διάστημα απαιτείται από το δέκτη. Με την ολοκλήρωση της λήψης των δεδομένων, ο δέκτης απενεργοποιεί τη γραμμή ΣΕ, ειδοποιώντας έτσι τον πομπό ότι έλαβε τα δεδομένα. Ο πομπός στη συνέχεια απενεργοποιεί τη γραμμή ΕΔ και ελευθερώνει τις γραμμές δεδομένων.

Η μέθοδος της χειραψίας μπορεί να γενικευθεί και για τρεις γραμμές

ελέγχου στην περίπτωση που υπάρχουν περισσότεροι από ένας δέκτες. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στο πρότυπο 488 του IEEE που αναφέρεται και ως GPIB (General Purpose Interface Bus) (Βλ. § 9.8.3).

Στη συνέχεια εξετάζονται διάφοροι τρόποι επικοινωνίας της ΚΜΕ με περιφερειακές μονάδες: πιο συγκεκριμένα εξετάζονται:

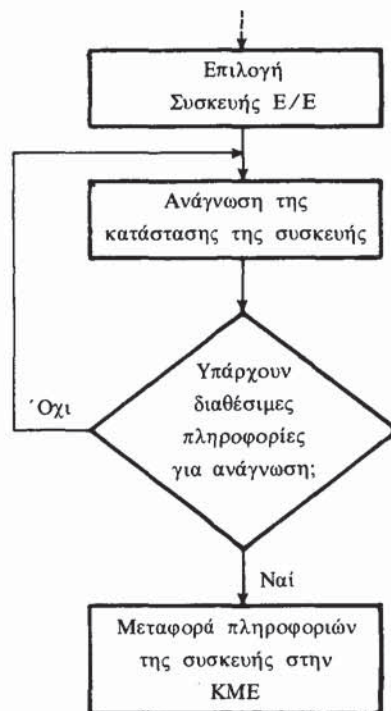
- α) η επικοινωνία με τον έλεγχο προγράμματος
- β) η επικοινωνία με σήματα διακοπών και
- γ) η επικοινωνία με άμεση προσπέλαση μνήμης.

9.3.2 Επικοινωνία με τον Έλεγχο Προγράμματος

Η επικοινωνία με τον έλεγχο προγράμματος (Program-driven I/O), είναι η απλούστερη μέθοδος επικοινωνίας, όπου όλες οι μεταφορές πληροφοριών μεταξύ της ΚΜΕ και των περιφερειακών μονάδων γίνονται κάτω από τον έλεγχο ενός προγράμματος. Το πρόγραμμα αυτό ενεργοποιεί τη συσκευή E/E, ελέγχει την κατάστασή της, εκτελεί τη μεταφορά των πληροφοριών και παρακολουθεί την διεκπεραίωση της λειτουργίας E/E.

Στο Σχ. 9.7, φαίνεται ένα απλουστευμένο διάγραμμα ροής που περιγράφει αυτή τη μέθοδο επικοινωνίας στην περίπτωση ανάγνωσης πληροφοριών.

Όπως φαίνεται και στο σχ. 9.7, το πρόγραμμα ανακυκλώνεται συνεχώς



Σχ. 9.7. Διάγραμμα ροής ανάγνωσης πληροφοριών με έλεγχο προγράμματος.

μέχρι να διαπιστωθεί ότι η συσκευή είναι έτοιμη για τη μεταφορά πληροφοριών προς την ΚΜΕ.

Γενικά, για κάθε περιφερειακή μονάδα υπάρχουν ειδικά ψηφία κατάστασης (status bits) ή “σημαίες” (flags) που όταν γίνουν “1” δηλώνουν ότι έχει ολοκληρωθεί κάποια λειτουργία της συσκευής. Η ΚΜΕ που έχει την ευθύνη παρακολούθησης των συσκευών E/E, όταν διαπιστώσει κάποια μεταβολή στην κατάσταση της συσκευής, πρέπει να ανταποκριθεί με κατάλληλο τρόπο. Τα ψηφία κατάστασης μπορεί να δηλώνουν ότι το περιφερειακό είναι έτοιμο να στείλει πληροφορίες προς την ΚΜΕ ή ότι ο απομονωτής (buffer) του περιφερειακού έχει γεμίσει ή αδειάσει. Τα ψηφία κατάστασης μπορεί να ελέγχονται συνεχώς ή κατά περιοδικά διαστήματα αναλόγως με την απασχόληση της ΚΜΕ και τις απαιτήσεις του προγράμματος.

Η μέθοδος αυτή, που αναφέρεται ως **σάρωση** (polling) των συσκευών, είναι απλή στην υλοποίηση και πολύ διαδεδομένη· βρίσκει δε εφαρμογή και σε άλλες περιπτώσεις, όπως οι περιφερειακοί επεξεργαστές, οι οποίοι ελέγχουν περισσότερες από μία περιφερειακές μονάδες (Βλ. § 9.5 και § 9.6).

Χαρακτηριστικό της μεθόδου αυτής είναι ότι το υλικό (hardware) που απαιτείται είναι σχετικά απλό, σε αντίθεση με το λογικό (software) που είναι πολύπλοκο. Τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι: α) η ΚΜΕ αφιερώνει μεγάλο μέρος του χρόνου της για την παρακολούθηση των λειτουργιών E/E και β) η ΚΜΕ πρέπει να μεσολαβήσει για τη μεταφορά πληροφοριών από περιφερειακές μονάδες προς την κεντρική μνήμη και αντιστρόφως. Συνεπώς η μέθοδος αυτή είναι αργή και δεν προσφέρεται για εφαρμογές πραγματικού χρόνου. Στη συνέχεια περιγράφονται άλλες μέθοδοι επικοινωνίας για την αντιμετώπιση των μειονεκτημάτων αυτών.

9.3.3 Επικοινωνία με Σήματα Διακοπών

Η επικοινωνία με τη βοήθεια σημάτων διακοπών, δίνει λύση στο πρόβλημα της συνεχούς παρακολούθησης των λειτουργιών E/E από την ΚΜΕ. Η μέθοδος των διακοπών είναι ένας ασύγχρονος μηχανισμός, όπου οι περιφερειακές συσκευές αναλαμβάνουν να διακόπτουν τη λειτουργία της ΚΜΕ μόνον όταν χρειάζονται εξυπηρέτηση από την ΚΜΕ. Έτσι η ΚΜΕ δεν απασχολείται με τη συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης των συσκευών, με αποτέλεσμα να αφιερώνει πολύ λιγότερο χρόνο για την υλοποίηση των λειτουργιών E/E. Η διακοπή της ΚΜΕ γίνεται με την αποστολή ειδικών σημάτων από τις συσκευές προς την ΚΜΕ· τα σήματα αυτά που ονομάζονται **σήματα διακοπών** (interrupts), διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- **Διακοπές E/E**, που παράγονται μετά από την επιτυχή (ή ανεπιτυχή) ολοκλήρωση μιας λειτουργίας E/E, όπως π.χ. το σήμα διακοπής από τον ελεγκτή ενός δίσκου για τον τερματισμό μιας λειτουργίας ανάγνωσης. Στην περίπτωση αυτή η τρέχουσα εργασία της ΚΜΕ θα

διακοπεί, θα γίνει από την ΚΜΕ ανάγνωση των πληροφοριών που βρίσκονται στον απομονωτή (buffer) της συσκευής και μετά θα συνεχισθεί η εκτέλεση της εργασίας που είχε διακοπεί.

Άλλου τύπου διακοπές, που πιθανόν να μη σχετίζονται άμεσα με λειτουργίες συσκευών E/E, είναι οι ακόλουθες:

- **Διακοπές χρονιστή**, που παράγονται από έναν ειδικό καταχωρητή της ΚΜΕ που ονομάζεται χρονιστής (timer). Αυτός αρχικοποιείται με κατάλληλες εντολές της ΚΜΕ και το περιεχόμενό του ελαττώνεται κατά κανονικά χρονικά διαστήματα έως ότου μηδενισθεί, οπότε δημιουργείται το σήμα διακοπής.

Αυτά τα σήματα διακοπής χρησιμοποιούνται κατά τη χρονοδρομολόγηση της ΚΜΕ (scheduling), κατά τη χρέωση (accounting), για τη δημιουργία προκαθορισμένων καθυστερήσεων κλπ.

- **Διακοπές προγράμματος** (traps), που δημιουργούνται όταν διαπιστωθεί: διαίρεση με μηδέν, παραβίαση των ορίων μνήμης, χρησιμοποίηση λανθασμένου κώδικα εντολής κλπ.

- **Διακοπές βλάβης υλικού**, που παράγονται κατά τη διαπίστωση λάθους στο υλικό, όπως π.χ. σφάλμα στη μνήμη (parity error) ή διακοπή παροχής ρεύματος στον Η/Υ.

Διακοπές μπορούν επίσης να δημιουργηθούν και με κατάλληλες εντολές σε γλώσσα μηχανής, όπως π.χ. η εντολή SVC (Supervisory Call) του συστήματος IBM 370, που χρησιμοποιείται για την εύκολη και αποτελεσματική κλήση συγκεκριμένων ρουτινών του λειτουργικού συστήματος.

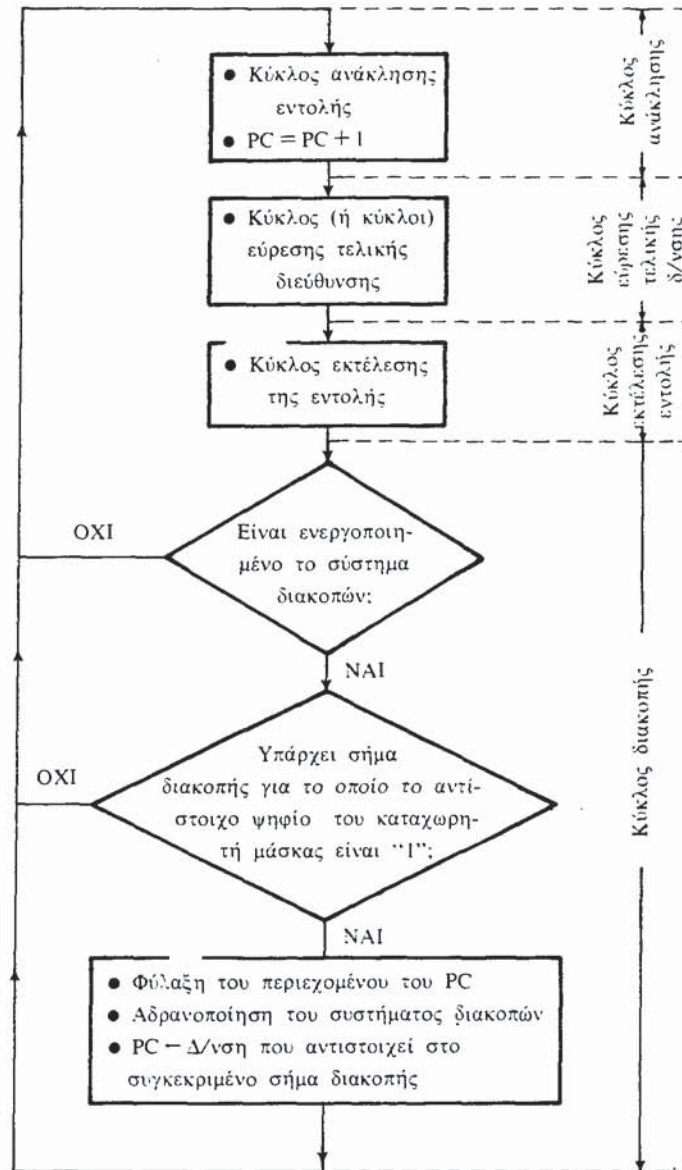
Στο Σχ. 9.8, φαίνεται η λειτουργία της ΚΜΕ, όταν αυτή υποστηρίζει σύστημα διακοπών.

Με την ειδική εντολή EI (Enable Interrupt), είναι δυνατόν να ενεργοποιηθεί το σύστημα διακοπών, ενώ με την εντολή DI (Disable Interrupt) να αδρανοποιηθεί. Συνήθως όταν συμβεί διακοπή, το σύστημα διακοπών αδρανοποιείται από την ΚΜΕ αυτομάτως· έτσι απαιτείται νέα εντολή EI για την επανεργοποίηση των διακοπών.

Για να γίνει μία διακοπή αποδεκτή από την ΚΜΕ, πρέπει εκτός από την ενεργοποίηση του συστήματος διακοπών, να υπάρχει το λογικό "1" στο αντίστοιχο (με το κάθε σήμα διακοπής) ψηφίο ενός ειδικού καταχωρητή που ονομάζεται **καταχωρητής μάσκας** (mask register). Ο καταχωρητής αυτός είναι προσπελάσιμος από τον προγραμματιστή με ειδικές εντολές. Οι διακοπές καταγράφονται σε έναν ειδικό καταχωρητή διακοπών (interrupt register) όπου φυλάσσονται μέχρις ότου γίνουν αποδεκτές από την ΚΜΕ. Όταν γίνουν αποδεκτές, το αντίστοιχο ψηφίο του καταχωρητή διακοπών μηδενίζεται για την καταγραφή νέας διακοπής. Εάν συμβεί νέα διακοπή του ίδιου είδους, προτού εξυπηρετηθεί η προηγούμενη, τότε υπάρχει ο κίνδυνος η νέα διακοπή να μη γίνει αντιληπτή.

Όπως φαίνεται στο Σχ. 9.8, μετά τον κύκλο εκτέλεσης ακολουθεί ο κύκλος διακοπής. Εάν το σύστημα διακοπών είναι ενεργοποιημένο και υπάρχει σήμα διακοπής, για το οποίο το αντίστοιχο ψηφίο του καταχωρητή μάσκας είναι "1", τότε εξυπηρετείται η διακοπή. Στην περίπτωση αυτή

θα πρέπει να εντοπιστεί η πηγή που το δημιούργησε και αφού αυτή αναγνωρισθεί, η ΚΜΕ θα διακόψει προσωρινά την εκτέλεση του τρέχοντος προγράμματος για να εξυπηρετήσει τη διακοπή, με την εκτέλεση της



Σχ. 9.8. Κύκλος εντολής με σύστημα διακοπών.

ρουτίνας εξυπηρέτησης διακοπής (interrupt service routine). Μετά την εκτέλεση αυτής της ρουτίνας η ΚΜΕ επανέρχεται και συνεχίζει την εκτέλεση του προγράμματος που διακόπηκε. Πιο αναλυτικά γίνονται οι εξής εργασίες:

- α) Η ΚΜΕ αναγνωρίζει, με τεχνικές που θα περιγραφούν πιο κάτω, την πηγή του σήματος διακοπής.
- β) Η ΚΜΕ προσδιορίζει τη διεύθυνση στη μνήμη, όπου βρίσκεται η ρουτίνα εξυπηρέτησης της διακοπής.
- γ) Το περιεχόμενο του μετρητή προγράμματος, όπως και άλλες πληροφορίες που αφορούν την κατάσταση της ΚΜΕ, φυλάσσονται σε μια στοίβα (stack) στη μνήμη, και
- δ) Η διεύθυνση της ρουτίνας εξυπηρέτησης της διακοπής “φορτώνεται” στον μετρητή προγράμματος PC.

Η ρουτίνα εξυπηρέτησης διακοπής εκτελείται μέχρις ότου εμφανιστεί η εντολή RETURN, με την οποία ο έλεγχος της ΚΜΕ επανέρχεται στο πρόγραμμα που είχε διακοπεί προηγουμένως. Αυτό γίνεται γιατί η εντολή RETURN, όταν εκτελεσθεί, επαναφέρει στο μετρητή προγράμματος τη διεύθυνση του προγράμματος που διακόπηκε προηγουμένως.

Ο προσδιορισμός της ρουτίνας εξυπηρέτησης της διακοπής μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, ανάλογα με τον τύπο του υπολογιστή. Έτσι μπορεί η διεύθυνση της ρουτίνας να είναι μια σταθερή διεύθυνση στη μνήμη, ή η ίδια η περιφερειακή μονάδα να στέλνει την πληροφορία διακοπής που ονομάζεται **άνυσμα διακοπής** (interrupt vector) (Βλ. § 9.3.4). Οι ρουτίνες εξυπηρέτησης των διακοπών συνήθως παρέχονται από τον κατασκευαστή του Η/Υ ή μπορούν να γραφούν από το χρήστη του συστήματος, σύμφωνα με τις εξειδικευμένες απαιτήσεις του.

9.3.4 Συστήματα Διακοπών

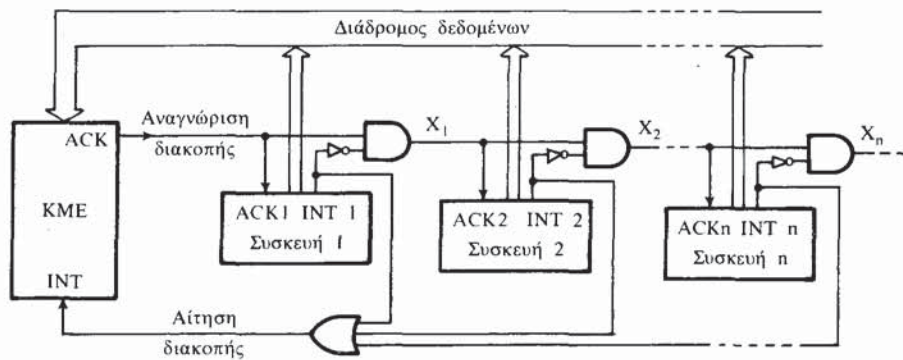
Ο τρόπος και η μεθοδολογία πραγματοποίησης των διακοπών, διαφέρει από Η/Υ σε Η/Υ και προσδιορίζεται από το κόστος και την πολυπλοκότητα των χρησιμοποιούμενων κυκλωμάτων, τον επιθυμητό χρόνο απόκρισης της ΚΜΕ στα σήματα διακοπής, καθώς και από την επιθυμητή προτεραιότητα εξυπηρέτησης των διακοπών.

Τη μεγαλύτερη προτεραιότητα σε ένα υπολογιστικό σύστημα πρέπει να έχει το σήμα διακοπής που προέρχεται από την πτώση του δικτύου τροφοδότησης. Στην περίπτωση αυτή θα εκτελεσθεί μια ειδική ρουτίνα, έτσι ώστε ο Η/Υ να διαφυλάξει στο δίσκο τις πλέον απαραίτητες πληροφορίες. Στο μεταβατικό αυτό στάδιο, η τροφοδοσία του Η/Υ μπορεί να γίνει από εφεδρικές πηγές (όπως π.χ. μπαταρίες). Οι διακοπές που προέρχονται από ταχείες περιφερειακές μονάδες (π.χ. μαγνητικοί δίσκοι), πρέπει να έχουν επίσης υψηλή προτεραιότητα, επειδή τυχόν καθυστέρηση στην εξυπηρέτησή τους έχει σοβαρές επιπτώσεις στη λειτουργία του όλου συστήματος.

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι για την επιλογή της διακοπής που θα εξυπηρετηθεί πρώτη (διακοπές με προτεραιότητες), στην περίπτωση που υπάρξουν δύο ή περισσότερα σήματα διακοπής ταυτοχρόνως. Η πραγματοποίηση των μεθόδων αυτών μπορεί να γίνει με υλικό ή με λογικό ή με συνδυασμό και των δύο. Παρακάτω αναφέρονται δύο από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους υλοποίησης προτεραιοτήτων.

1) Μέθοδος αλυσίδας

Η μέθοδος αλυσίδας (daisy chain) είναι μια απλή μέθοδος όπου οι συσκευές συνδέονται σε σειρά όπως φαίνεται στο Σχ. 9.9.



Σχ. 9.9. Σύστημα προτεραιότητας με τη μέθοδο αλυσίδας.

Η σύνδεση των συσκευών γίνεται σύμφωνα με την προτεραιότητά τους, έτσι ώστε, στην πρώτη αριστερή θέση “τοποθετείται” η συσκευή με την υψηλότερη προτεραιότητα (συσκευή 1) ενώ στην τελευταία θέση η συσκευή με την μικρότερη προτεραιότητα (συσκευή n). Η γραμμή αίτησης διακοπής INT (interrupt request) ενεργοποιείται όταν τουλάχιστον μία συσκευή i απαιτήσει εξυπηρέτηση (τότε $INT_i = 1$). Όταν παρουσιασθούν ένα ή περισσότερα σήματα διακοπής (δηλ. $INT = 1$), τότε η ΚΜΕ αποκρίνεται με ενεργοποίηση της γραμμής αναγνώρισης διακοπής ($ACK = 1$), εφόσον φυσικά πληρούνται οι προϋποθέσεις εξυπηρέτησης της διακοπής. Εάν η συσκευή 1 έχει ζητήσει εξυπηρέτηση ($INT_1 = 1$), τότε η έξοδος X_1 δεν επιτρέπει την εξυπηρέτηση των επόμενων συσκευών. Αυτό συμβαίνει επειδή γίνεται $X_1 = 0$, με αποτέλεσμα οι επόμενες συσκευές να μη λαμβάνουν το σήμα αναγνώρισης διακοπής που στέλνει η ΚΜΕ. Η συσκευή 1 με τη λήψη του σήματος αναγνώρισης της διακοπής ($ACK_1 = 1$), και δεδομένου ότι ήδη έχει ζητήσει εξυπηρέτηση ($INT_1 = 1$), τοποθετεί το άνυσμα διακοπής (interrupt vector) στο διάδρομο δεδομένων. Το άνυσμα αυτό θα χρησιμοποιηθεί από την ΚΜΕ για τον καθορισμό της διεύθυνσης της μνήμης, όπου βρίσκεται η ρουτίνα εξυπηρέτησης της συγκεκριμένης διακοπής.

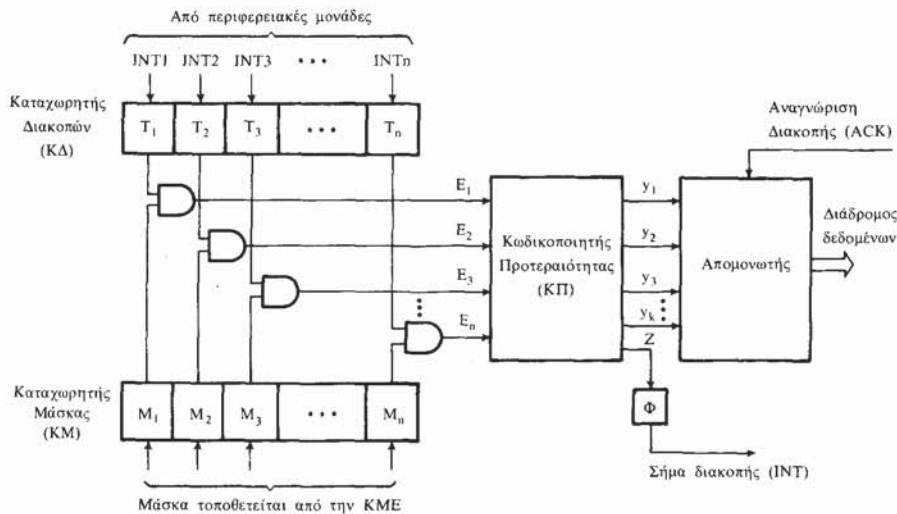
Όταν η ΚΜΕ λάβει το άνυσμα διακοπής από την συσκευή 1, τότε γίνεται $ACK = 0$ (οπότε και $ACKI = 0$). Στη συνέχεια γίνεται $INTI = 0$ από την συσκευή 1, έτσι ώστε να μπορεί να εξυπηρετηθεί η επόμενη κατά σειρά συσκευή που έχει ζητήσει εξυπηρέτηση κ.ο.κ.

Στην περίπτωση που η συσκευή 1 δεν έχει ζητήσει εξυπηρέτηση ($INTI = 0$), τότε το σήμα αναγνώρισης διακοπής ACK , αγνοείται από την συσκευή 1 και προωθείται μέσω της γραμμής XI στην επόμενη συσκευή 2. Εάν η συσκευή 2 δεν έχει ζητήσει εξυπηρέτηση, τούτο προωθείται στη συσκευή 3 κ.ο.κ. Εάν η συσκευή k είναι η πρώτη στην αλυσίδα που έχει ζητήσει εξυπηρέτηση ($INTk = 1$), και δεχθεί το σήμα αναγνώρισης διακοπής ($X_{k-1} = 1$), τότε αυτή εξυπηρετείται όπως περιγράφηκε προηγουμένως με τη συσκευή 1.

Το μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι είναι αργή, η δε προτεραιότητα των συσκευών είναι καλωδιακά καθορισμένη και δεν δίνει ευελιξία επιλογής.

2) Παράλληλη μέθοδος

Με τη μέθοδο αυτή, η επιλογή της συσκευής που θα εξυπηρετηθεί καθορίζεται παράλληλα με τη βοήθεια ειδικών κυκλωμάτων που δίνουν απευθείας, μέσω υλικού, το άνυσμα διακοπής για τη συσκευή με την μεγαλύτερη προτεραιότητα. Η μέθοδος είναι ταχεία και πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους. Στο Σχ. 9.10, φαίνεται ένας πολύ διαδεδομένος τρόπος για n περιφερειακές μονάδες.



Σχ. 9.10. Σύστημα προτεραιότητας με την παράλληλη μέθοδο.

Στον καταχωρητή διακοπών (ΚΔ) καταγράφεται κάθε σήμα διακοπής, που προέρχεται από τις περιφερειακές μονάδες. Έτσι στο flip-flop T_1

μπορεί να συνδεθεί η γραμμή INT1 του περιφερειακού που έχει την μεγαλύτερη προτεραιότητα (π.χ. μαγνητικός δίσκος), στο T_2 η γραμμή INT2 του περιφερειακού με την αμέσως μικρότερη προτεραιότητα (π.χ. εκτυπωτής), στο T_3 η γραμμή INT3 με μικρότερη προτεραιότητα (π.χ. τηλέτυπο) κ.ο.κ.

Ο καταχωρητής μάσκας (KM, mask register) αποτελείται και αυτός από n flip-flops και προγραμματίζεται έτσι ώστε να ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί τις γραμμές των διακοπών, κάνοντας 1 (ή 0) το αντίστοιχο flip-flop. Εάν επιτρέπεται π.χ. η εξυπηρέτηση της διακοπής INT3 τότε πρέπει $M_3 = 1$. Ο καταχωρητής μάσκας παίρνει τιμές με τη βοήθεια ειδικών εντολών (σε γλώσσα μηχανής), δίνοντας έτσι στον προγραμματιστή την δυνατότητα να επηρεάζει τις προτεραιότητες εξυπηρέτησης των διακοπών.

Η έξοδος κάθε flip-flop του καταχωρητή διακοπών οδηγείται σε μια πύλη AND μαζί με την αντίστοιχη έξοδο του καταχωρητή μάσκας. Οι έξοδοι των πυλών AND ($E_1 = T_1 \cdot M_1$, $E_2 = T_2 \cdot M_2, \dots$) οδηγούνται στον κωδικοποιητή προτεραιοτήτων (ΚΠ, priority encoder), ο οποίος καθορίζει τις προτεραιότητες εξυπηρέτησης των διακοπών. Η έξοδος Z του κωδικοποιητή προτεραιότητας δηλώνει εάν υπάρχει τουλάχιστον ένα σήμα διακοπής: λαμβάνει την τιμή "1" όταν μία ή περισσότερες είσοδοι (E_1, E_2, \dots, E_n) είναι "1" και γίνεται "0" όταν όλες οι είσοδοι είναι "0". Το σήμα Z αποτελεί το σήμα αίτησης διακοπής και οδηγείται στην ΚΜΕ μέσω του flip-flop Φ .

Οι έξοδοι y_1, y_2, \dots, y_k του ΚΠ αποτελούν το άνυσμα διακοπής που αντιστοιχεί σε εκείνη τη συσκευή που έχει τη μεγαλύτερη προτεραιότητα και ζητάει εξυπηρέτηση. (Η λογική σχεδίαση ενός κωδικοποιητή προτεραιοτήτων δίνεται στο Κεφ. 3). Το σήμα αναγνώρισης διακοπής ACK, όπως φαίνεται στο Σχ. 9.10, ενεργοποιεί τη μεταφορά του ανύσματος διακοπής (y_1, y_2, \dots, y_k) από τον απομονωτή στο διάδρομο δεδομένων.

Αντί του ανύσματος διακοπής, η περιφερειακή συσκευή είναι δυνατόν να στέλνει στην ΚΜΕ μια εντολή άλματος στη διεύθυνση της αντίστοιχης ρουτίνας εξυπηρέτησης διακοπής. Η ΚΜΕ λαμβάνει αυτή την εντολή από το διάδρομο δεδομένων και την εκτελεί με τον κανονικό τρόπο.

Τα κυκλώματα προτεραιότητας διακοπής μπορεί να περιλαμβάνονται στην ΚΜΕ ή να είναι εξωτερικά, όπως συμβαίνει στα μικροϋπολογιστικά συστήματα. Παράδειγμα εξωτερικού κυκλώματος είναι η ψηφίδα LSI 8259 (programmable interrupt controller) της INTEL, που μπορεί να εξυπηρετήσει μέχρι 8 διανυσματικές διακοπές προτεραιότητας.

Το σύστημα διακοπών μπορεί να ελεγχθεί από τον προγραμματιστή με τις εντολές EI (Enable Interrupt) και DI (Disable Interrupt), όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Οι εντολές αυτές επηρεάζουν την κατάσταση ενός ειδικού flip-flop της ΚΜΕ που ονομάζεται flip-flop ενεργοποίησης του συστήματος διακοπών (interrupt enable flip-flop).

Στην αρχή και στο τέλος της ρουτίνας εξυπηρέτησης διακοπής πρέπει να υπάρχουν κατάλληλες εντολές για να γίνονται λειτουργίες όπως:

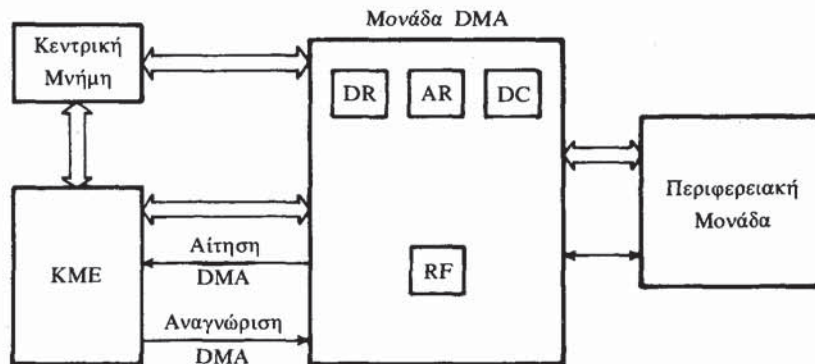
- ενεργοποίηση/απενεργοποίηση συστήματος διακοπών (EI/DI),

- καθορισμός τιμών του καταχωρητή μάσκας,
- αποθήκευση /φόρτωση καταχωρητών της ΚΜΕ, κλπ.

Τέτοιου είδους λειτουργίες αποτελούν κρίσιμα τμήματα προγράμματος και πρέπει να προστατεύονται έναντι διακοπών.

9.3.5 Άμεση Προσπέλαση Μνήμης

Με τη μέθοδο της άμεσης προσπέλασης μνήμης (Direct Memory Access, DMA), επιτυγχάνεται η ταχεία μεταφορά δεδομένων με άμεση επικοινωνία της κύριας μνήμης και μιας περιφερειακής μονάδας, χωρίς την ουσιαστική μεσολάβηση της ΚΜΕ. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ της κύριας μνήμης και ταχέων περιφερειακών μονάδων όπως π.χ. οι μαγνητικοί δίσκοι. Τα υπολογιστικά συστήματα που έχουν τη δυνατότητα DMA διαθέτουν ένα προσαρμοστικό κύκλωμα ή έναν ειδικό επεξεργαστή για την πραγματοποίηση του σκοπού αυτού. Το κύκλωμα αυτό παρεμβάλλεται μεταξύ κεντρικής μνήμης, ΚΜΕ και περιφερειακής μονάδας, όπως φαίνεται στο σχ. 9.11.



Σχ. 9.11. Υπολογιστικό σύστημα με μονάδα DMA.

Η προσαρμοστική μονάδα DMA, βασικά περιλαμβάνει έναν καταχωρητή δεδομένων (Data buffer Register, DR), έναν καταχωρητή διευθύνσεων (Address Register, AR), ένα μετρητή δεδομένων (Data Count register, DC) καθώς και άλλα βοηθητικά κυκλώματα. Στον DR υπάρχουν τα προς μεταφορά (από ή προς τη μνήμη) δεδομένα ενώ στον AR αποθηκεύεται η διεύθυνση της επόμενης λέξης που πρόκειται να μεταφερθεί. Ο καταχωρητής AR αυξάνει κατά 1 μετά από κάθε μεταφορά. Στον DC αποθηκεύεται ο αριθμός των προς μεταφορά λέξεων· αυτός ελαττώνεται διαδοχικά κατά 1 μετά από κάθε μεταφορά δεδομένων, έως ότου γίνει μηδέν. Εξάλλου, η μονάδα DMA περιέχει και μια σημαία ελέγχου RF (Ready Flag).

Η όλη διαδικασία μεταφοράς πληροφοριών μεταξύ μιας περιφερειακής μονάδας και μνήμης αρχίζει με την εκτέλεση από την ΚΜΕ μιας κατάλληλης εντολής εισόδου ή εξόδου (E/E). Η ΚΜΕ όμως, το μόνο που κάνει είναι να ξεκινήσει την εκτέλεση της λειτουργίας E/E, την οποία ουσιαστικά διεκπεραιώνει η μονάδα DMA. Η ΚΜΕ μετά την εκκίνηση της λειτουργίας E/E συνεχίζει με την εκτέλεση άλλων εντολών του προγράμματος. Η μονάδα DMA έχει την ευθύνη να απαιτεί από την ΚΜΕ τη χρήση των διαδρόμων (δεδομένων και διευθύνσεων), όταν πρόκειται να γίνει η πραγματική μεταφορά κάποιας λέξης. Δεδομένου όμως ότι η ΚΜΕ είναι πολύ πιο γρήγορη από τις περιφερειακές μονάδες, η παραχώρηση των διαδρόμων στη μονάδα DMA δεν είναι συχνή, με συνέπεια η καθυστέρηση της ΚΜΕ να είναι σχετικά μικρή.

Αναλυτικότερα, οι λειτουργίες που γίνονται κατά τη μεταφορά DMA, είναι οι εξής:

- 1) Η ΚΜΕ ενεργοποιεί την εντολή E/E, δίνει αρχικές τιμές στους καταχωρητές AR και DC, και συνεχίζει με την εκτέλεση των επόμενων εντολών του προγράμματος. Έτσι ο AR περιέχει την αρχική διεύθυνση της περιοχής της μνήμης που θα χρησιμοποιηθεί στη μεταφορά των δεδομένων, ενώ ο DC περιέχει τον αριθμό των λέξεων που πρόκειται να μεταφερθούν από ή προς αυτήν την περιοχή.
- 2) Η περιφερειακή συσκευή, όταν είναι έτοιμη να στείλει ή να δεχθεί δεδομένα, ειδοποιεί τη μονάδα DMA κάνοντας "1" τη σημαία RF (Βλ. Σχ. 9.11). Η μονάδα DMA με τη σειρά της ειδοποιεί την ΚΜΕ ενεργοποιώντας τη γραμμή "Αίτηση DMA" (DMA request). Η ΚΜΕ αποκρίνεται σε προκαθορισμένες χρονικές στιγμές του κύκλου εντολής (συγκεκριμένα στο τέλος του τρέχοντος κύκλου μηχανής, βλ. Σχ. 9.8) ενεργοποιώντας τη γραμμή "Αναγνώριση DMA" (DMA acknowledge). Ταυτόχρονα, η ΚΜΕ αποδεσμεύει τους διαδρόμους δεδομένων και διευθύνσεων για να χρησιμοποιηθούν από τη μονάδα DMA και συνεχίζει με τον επόμενο κύκλο μηχανής, εφόσον βέβαια η ΚΜΕ δεν απαιτεί προσπέλαση στη μνήμη.
- 3) Η μονάδα DMA εκτελεί την απευθείας μεταφορά μίας ομάδας λέξεων μεταξύ κεντρικής μνήμης και περιφερειακής συσκευής. Η ομάδα λέξεων αποτελεί μέρος του συνόλου των προς μεταφορά δεδομένων που καθορίζονται από την εντολή E/E. Ο αριθμός των λέξεων κάθε ομάδας εξαρτάται από το είδος της περιφερειακής συσκευής. Μετά από κάθε μεταφορά λέξης, ο καταχωρητής AR αυξάνει κατά 1 και ο καταχωρητής DC ελαττώνεται κατά 1. Όταν ολοκληρωθεί η μεταφορά όλων των λέξεων της ομάδας, τότε η μονάδα DMA αποδεσμεύει τους διαδρόμους απενεργοποιώντας τη γραμμή "Αίτηση DMA" και κάνοντας το RF "0". Η ΚΜΕ με τη σειρά της απενεργοποιεί τη γραμμή "Αναγνώριση DMA", επανακτά τον έλεγχο των διαδρόμων και συνεχίζει τη λειτουργία της. Όταν η περιφερειακή συσκευή είναι έτοιμη για τη μεταφορά της επόμενης ομάδας λέξεων, τότε επαναλαμβάνεται η διαδικασία που περιγράφηκε στο βήμα (2).

- 4) Όταν ολοκληρωθεί η μεταφορά όλων των λέξεων που καθορίστηκαν στην εντολή E/E (δηλ. όταν γίνει $DC = 0$), τότε η μονάδα DMA, εκτός από τις λειτουργίες που επιτελεί στο προηγούμενο βήμα (3), ειδοποιεί την ΚΜΕ ότι ολοκληρώθηκε η εντολή E/E, στέλνοντας κατάλληλο σήμα διακοπής.

Όταν κάθε “ομάδα λέξεων” περιέχει μόνο μία λέξη, τότε η μονάδα DMA “κλέβει” ένα κύκλο μνήμης από την ΚΜΕ για τη μεταφορά της αντίστοιχης λέξης. Αυτό συμβαίνει επειδή η μονάδα DMA έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα έναντι της ΚΜΕ όπως προκύπτει από την προηγούμενη περιγραφή. Όταν η ομάδα λέξεων περιέχει πολλές λέξεις, όπως π.χ. η ενότητα (block) ενός δίσκου, τότε η μονάδα DMA χρησιμοποιεί συνεχόμενους κύκλους μνήμης για τη μεταφορά των δεδομένων. Αυτό αναφέρεται ως μεταφορά κατά ενότητες (block transfer ή burst DMA).

Σε περίπτωση που υπάρχουν πολλές περιφερειακές συσκευές, τότε η μονάδα DMA είναι πολυπλοκότερη, αφού πρέπει να έχει ξεχωριστούς καταχωρητές για κάθε περιφερειακή συσκευή και να διαθέτει τεχνικές προτεραιότητας για την εξυπηρέτηση αιτήσεων DMA.

Στα μικροϋπολογιστικά συστήματα, για την υλοποίηση της λειτουργίας DMA, χρησιμοποιούνται ειδικές ψηφίδες LSI, όπως η 8257 (ή η 8237) της INTEL. Η 8257 είναι μια μονάδα DMA που μπορεί να υποστηρίξει 4 διαφορετικές περιφερειακές συσκευές. Η 8257 διαθέτει λογική προτεραιότητας για πολλαπλές ταυτόχρονες αιτήσεις DMA· διατηρεί ένα μετρητή κύκλων DMA για κάθε συσκευή και δίνει στην έξοδο ένα σήμα ελέγχου για να γνωστοποιήσει ότι ο προγραμματισμένος αριθμός των κύκλων DMA συμπληρώθηκε. Άλλα σήματα ελέγχου απλοποιούν τη μεταφορά δεδομένων κατά ενότητες.

9.4 ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ

Οι προσαρμοστικές μονάδες (interface units) χρησιμεύουν σαν ενδιάμεσος κρίκος για τη μετάδοση πληροφοριών από την ΚΜΕ προς τις περιφερειακές συσκευές, και αντιστόφως. Βασικός σκοπός των προσαρμοστικών μονάδων είναι να λύσουν τα προβλήματα που προκύπτουν από τη διαφορά ταχύτητας λειτουργίας μεταξύ ΚΜΕ και περιφερειακών συσκευών, τη διαφορά στην παράσταση πληροφοριών, τη διαφορά στα πρωτόκολλα επικοινωνίας κλπ. Έτσι, οι προσαρμοστικές μονάδες εξασφαλίζουν την κυκλωματική συνεργασία ΚΜΕ και συσκευών E/E και πραγματοποιούν κάτω από τον έλεγχο προγράμματος την ανταλλαγή των δεδομένων. Επίσης, κάνουν δυνατή τη μεταφορά σημάτων ελέγχου από και προς τις περιφερειακές συσκευές, τη μετατροπή των δεδομένων σε μια επιθυμητή μορφή, τη διάγνωση λαθών κλπ.

Υπάρχουν προσαρμοστικές μονάδες πολλών τύπων. Μεγάλα υπολογιστικά συστήματα χρησιμοποιούν ειδικούς επεξεργαστές E/E (I/O Processors) για την επικοινωνία ΚΜΕ - περιφερειακών συσκευών (βλ. § 9.5), ενώ

μικρά υπολογιστικά συστήματα συνήθως χρησιμοποιούν ειδικές προσαρμοστικές μονάδες χαμηλού κόστους. Η σύγχρονη τάση είναι η σχεδίαση προσαρμοστικών κυκλωμάτων γενικής χρήσης (universal interfaces), που καλύπτουν ευρύ φάσμα χαρακτηριστικών. Τα περισσότερα από τα κυκλώματα αυτά είναι προγραμματιζόμενα (programmable interfaces): έτσι υπάρχει η δυνατότητα να αλλάζουν τα χαρακτηριστικά τους με τη χρήση ειδικών εντολών ελέγχου. Με τον τρόπο αυτό καλύπτονται τα χαρακτηριστικά πολλών και διαφορετικών συσκευών Ε/Ε. Οι εντολές ελέγχου αρχικοποιούν τους καταχωρητές ελέγχου (control registers) των προσαρμοστικών μονάδων. Άλλες εντολές χρησιμοποιούνται από την ΚΜΕ για τη διερεύνηση της κατάστασης της προσαρμοστικής μονάδας. Αυτό επιτυγχάνεται με την ανάγνωση των καταχωρητών κατάστασης (status registers) των προσαρμοστικών μονάδων. Τέλος άλλες εντολές χρησιμοποιούνται για τη διεκπεραίωση της μεταφοράς δεδομένων.

Όλες οι παραπάνω εντολές χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη ειδικών προγραμμάτων που αναφέρονται ως **οδηγοί συσκευών** (device drivers). Με τη βοήθεια των οδηγών συσκευών οι χρήστες μπορούν να πραγματοποιούν λειτουργίες Ε/Ε με εύκολο τρόπο.

Στη συνέχεια θα εξετασθεί η δομή μερικών αντιπροσωπευτικών τύπων προσαρμοστικών μονάδων, που προσφέρονται συνήθως στη μορφή μιας ψηφίδας (chip) LSI. Ειδικότερα εξετάζονται τα προσαρμοστικά κυκλώματα που επιτρέπουν τη σύνδεση του Η/Υ με τις περιφερειακές συσκευές, χρησιμοποιώντας σειριακή ή παράλληλη επικοινωνία.

9.4.1 Σειριακή Ε/Ε

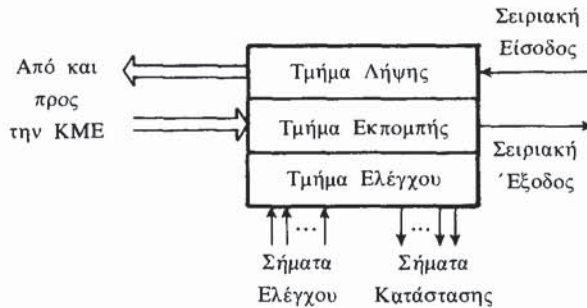
Διάφορες περιφερειακές συσκευές, όπως είναι τα τηλέτυπα και οι θόνοι, απαιτούν σειριακή επικοινωνία. Η μορφή των πληροφοριών που μεταδίδονται κατά τη σειριακή επικοινωνία φαίνεται στο Σχ. 9.1.

Η πραγματοποίηση της σειριακής επικοινωνίας μπορεί να γίνει με λογικό ή με υλικό. Η πραγματοποίηση της σειριακής λειτουργίας εισόδου με λογικό, γίνεται με τη βοήθεια ειδικού προγράμματος το οποίο ανιχνεύει διαρκώς τη γραμμή επικοινωνίας και αναγνωρίζει τα ψηφία αρχής και τέλους (start-stop bits) καθώς και τα ψηφία δεδομένων και ισοτιμίας. Η πραγματοποίηση της σειριακής λειτουργίας εξόδου με λογικό, γίνεται με ειδικό πρόγραμμα το οποίο δημιουργεί, πάνω στη γραμμή εξόδου, την κατάλληλη για κάθε χαρακτήρα παλμοσειρά εξόδου, αφού προηγουμένως έχει δημιουργήσει τα απαραίτητα ψηφία αρχής, τέλους και ισοτιμίας. Το κύριο πλεονέκτημα της πραγματοποίησης με λογικό είναι η απλότητα του απαιτούμενου υλικού. Εν τούτοις, η πραγματοποίηση με λογικό είναι αργή με αποτέλεσμα να επηρεάζεται αρνητικά η απόδοση του υπολογιστικού συστήματος.

Η πραγματοποίηση με υλικό της σειριακής επικοινωνίας μπορεί να γίνει με τη χρήση προσαρμοστικών μονάδων που προσφέρονται σε μορφή

ψηφίδας LSI (όπως π.χ. η ψηφίδα UART ή USART ή ACIA). Τα κυκλώματα αυτά περιλαμβάνουν βασικά τρία διακεκριμένα τμήματα, όπως φαίνεται στο Σχ. 9.12. Τα τμήματα αυτά είναι:

- α) Το **τμήμα λήψης** (receiver) στο οποίο εφαρμόζεται το σειριακό σήμα εισόδου, ελέγχονται τα ψηφία αρχής, τέλους και ισοτιμίας, μετατρέπονται τα ψηφία δεδομένων σε παράλληλη μορφή και αποστέλλονται στην ΚΜΕ.
- β) Το **τμήμα εκπομπής** (transmitter), το οποίο δέχεται από την ΚΜΕ τα δεδομένα εξόδου σε παράλληλη μορφή, τα μετατρέπει σε σειριακή μορφή, δημιουργεί τα ψηφία αρχής, τέλους και ισοτιμίας και τα αποστέλλει στη γραμμή εξόδου.
- γ) Το **τμήμα ελέγχου** (controller), το οποίο ελέγχει και συντονίζει τις διαδικασίες εκπομπής-λήψης.



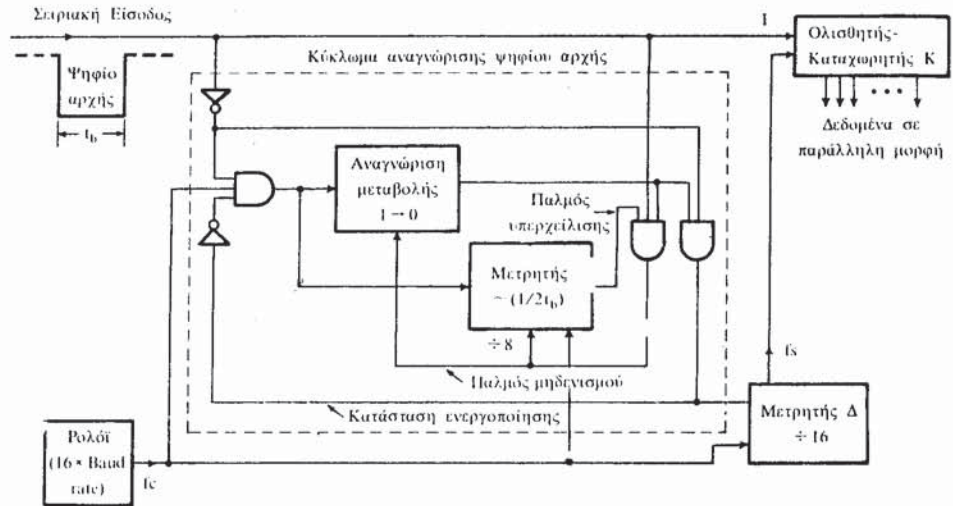
Σχ. 9.12. Χονδρικό διάγραμμα προσαρμοστικής μονάδας, για σειριακή επικοινωνία.

Ένα απλοποιημένο κύκλωμα που αποτελεί υλοποίηση του τμήματος λήψης του Σχ. 9.12, φαίνεται στο Σχ. 9.13.

Το κύκλωμα του Σχ. 9.13 ανιχνεύει εάν στην είσοδό του αφίχθηκε σειριακή πληροφορία της μορφής του Σχ. 9.1. Εάν επιβεβαιωθεί η λήψη τέτοιας πληροφορίας, τότε αυτή ολισθαίνει και καταχωρείται στον ολισθητή-καταχωρητή K , από όπου μεταδίδεται στη συνέχεια προς την ΚΜΕ. Το κύκλωμα αναγνώρισης ψηφίου αρχής, αναγνωρίζει ότι τυχόν αλλαγή της στάθμης στη γραμμή εισόδου από "1" σε "0" οφείλεται στο ψηφίο αρχής και όχι σε τυχαίο θόρυβο. Αυτό επιτυγχάνεται με τον επανέλεγχο της στάθμης της γραμμής μετά από χρονική διάρκεια ίση με $\sim \frac{1}{2} t_b$, δηλαδή περίπου στο μέσο του ψηφίου αρχής. Για την έγκαιρη αναγνώριση της μεταβολής "1" σε "0", η συχνότητα f_c του ρολογιού είναι πολλαπλάσια της συχνότητας μετάδοσης της πληροφορίας (π.χ. $16 \times \text{Baud-rate}$). Ένας μετρητής Δ , που λειτουργεί ως διαιρέτης συχνότητας ($\div 16$), εξασφαλίζει τους παλμούς ολίσθησης, συχνότητας $f_s = f_c / 16$. Με τους παλμούς ολίσθησης f_s , πραγματοποιείται η καταχώρηση των δεδομένων εισόδου I στον ολισθητή-καταχωρητή K , όπως εξηγείται στην § 3.6.2. Προφανώς η συχνό-

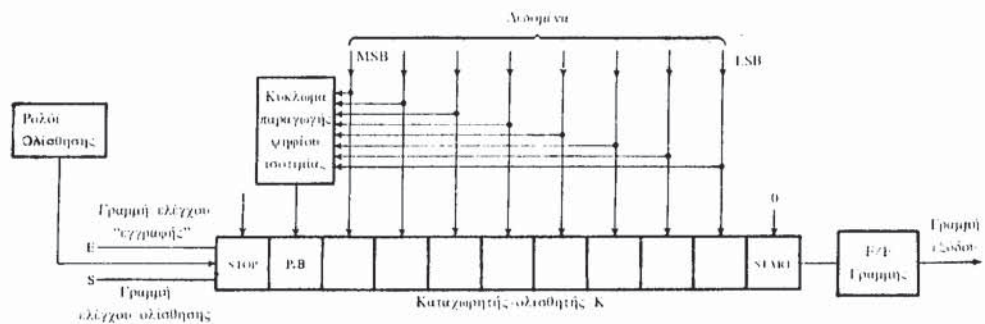
τητα f_s ταυτίζεται με τη συχνότητα της σειριακής εισόδου. Η πραγματοποίηση των κυκλωμάτων του ολισθητή-καταχωρητή K ως και του μετρητή Δ , δίνεται στο Κεφ. 3.

Η λεπτομερής εξήγηση του κυκλώματος του Σχ. 9.13 επαφίεται στον αναγνώστη.



Σχ. 9.13. Κύκλωμα λήψης σειριακού σήματος.

Ένα απλοποιημένο κύκλωμα που υλοποιεί το τμήμα εκπομπής του Σχ. 9.12, φαίνεται στο Σχ. 9.14, για 8 bits δεδομένων. Στον καταχωρητή-ολι-



Σχ. 9.14. Κύκλωμα εκπομπής σειριακού σήματος.

σθητή K γράφονται, όταν γίνει $E = 1$, τα προς μετάδοση δεδομένα, όπως και τα ψηφία αρχής και τέλους ("0" και "1" αντίστοιχα), καθώς και το ψηφίο ισοτιμίας (P.B) από το κύκλωμα παραγωγής του. Αφού γίνει η κατα-

χώρηση, τότε το περιεχόμενο του ολισθητή-καταχωρητή ολισθαίνει προς τα δεξιά (με $S = 1$) και μέσω του flip-flop γραμμής μεταδίδεται σειριακά στη γραμμή εξόδου. Η ολοκλήρωση της μετάδοσης συμβαίνει όταν το περιεχόμενο του K γίνει μηδέν (αυτό μπορεί να διαπιστωθεί από μια πύλη NOR οι είσοδοι της οποίας είναι όλα τα bits του ολισθητή K). Η συχνότητα του ρολογιού ολίσθησης προσδιορίζει την ταχύτητα της σειριακής μετάδοσης.

Για να γίνουν ταχύτερα οι πιο πάνω διαδικασίες εκπομπής και λήψης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας δεύτερος καταχωρητής-απομονωτής μεταξύ της ΚΜΕ και του καταχωρητή-ολισθητή K . Έτσι, ενώ γίνεται η εκπομπή (λήψη) χαρακτήρα με τη βοήθεια του καταχωρητή-ολισθητή K , ταυτόχρονα η ΚΜΕ μπορεί να αποστέλλει (λαμβάνει) τον επόμενο (προηγούμενο) χαρακτήρα.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, τα κυκλώματα που πραγματοποιούν τη σειριακή εκπομπή και λήψη, προσφέρονται και σε μορφή ψηφίδας LSI. Αναφέρουμε το ασύγχρονο κύκλωμα ACIA (Asynchronous Communication Interface Adapter) 6850 της Motorola και το γενικής χρήσης προσαρμοστικό κύκλωμα USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter) 8251A της INTEL.

Τα πιο πάνω προσαρμοστικά είναι προγραμματιζόμενα από την ΚΜΕ. Συγκεκριμένα, τα προσαρμοστικά αυτά κυκλώματα διαθέτουν ανεξάρτητους καταχωρητές δεδομένων (εκπομπής και λήψης), ολισθητές εκπομπής και λήψης, καταχωρητές κατάστασης, καταχωρητές ελέγχου καθώς και κατάλληλα βοηθητικά κυκλώματα ελέγχου. Η αρχικοποίηση των κυκλωμάτων αυτών γίνεται από την ΚΜΕ με ένα σύνολο από λέξεις ελέγχου, για τον καθορισμό της επιθυμητής μορφής επικοινωνίας (λήψη ή εκπομπή), για τον καθορισμό της ταχύτητας λειτουργίας (Baud rate), για τον καθορισμό του μεγέθους των χαρακτήρων, του αριθμού των ψηφίων τέλους, για τον προσδιορισμό του ψηφίου ισοτιμίας, κλπ.

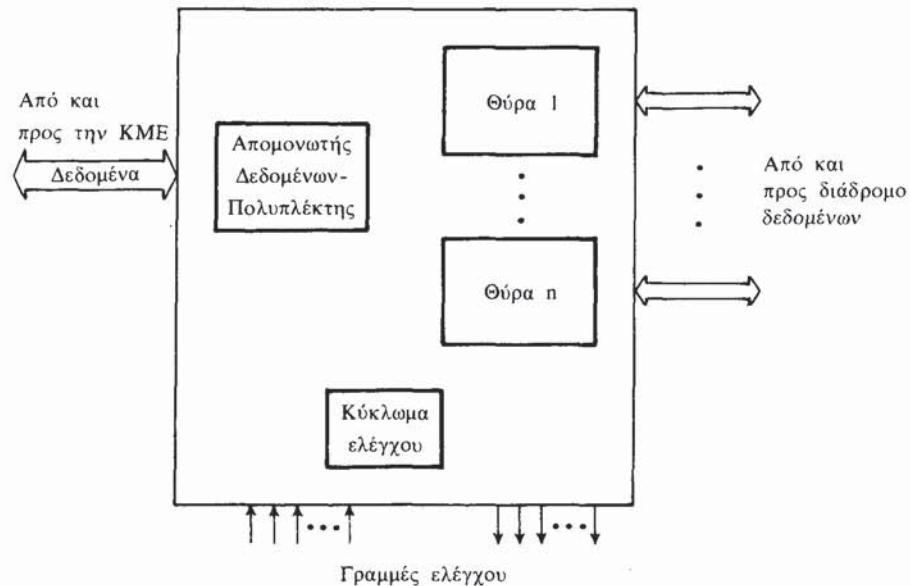
9.4.2 Παράλληλη E/E

Για την παράλληλη μεταφορά δεδομένων μεταξύ ΚΜΕ και περιφερειακών μονάδων, χρησιμοποιούνται κυκλώματα η προσαρμοστικότητα των οποίων, με τις γραμμές διαδρόμου του συστήματος, εξασφαλίζεται μέσω **θυρών** (ports) που σχεδιάστηκαν ειδικά για κατευθείαν παράλληλη σύνδεση με τις συσκευές. Τα κυκλώματα αυτά εξασφαλίζουν την αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων.

Οι θύρες περιλαμβάνουν flip-flops (latches) για την προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων, απομονωτές-ενισχυτές 3-καταστάσεων για την προσαρμογή με τις γραμμές του διαδρόμου, όπως και κυκλώματα ελέγχου για την παραγωγή και έλεγχο των σημάτων διακοπών. Τέτοια ψηφίδα είναι η 8212 της INTEL.

Περισσότερο πολύπλοκα LSI κυκλώματα που εκτελούν, με προγραμματιζόμενο τρόπο, παράλληλη μεταφορά δεδομένων, ονομάζονται PIO (Pro-

grammable I/O). Αυτά περιλαμβάνουν συνήθως περισσότερες από δύο ανεξάρτητες θύρες, οι οποίες μπορούν να προγραμματισθούν είτε ως εισόδοι είτε ως εξόδοι. Τούτο επιτυγχάνεται με τη χρήση αμφίδρομων απομονωτών-οδηγών 3-καταστάσεων (βλ. § 3.5.1). Η προσαρμογή του PIO με το διάδρομο δεδομένων του συστήματος, όπως και η εξαγωγή και εισαγωγή των δεδομένων (από και προς την ΚΜΕ) γίνεται μέσω του απομονωτή δεδομένων. Όλες οι λειτουργίες εκτελούνται με τη βοήθεια του κυκλώματος ελέγχου, και αφού το PIO αρχικοποιηθεί από την ΚΜΕ με ειδικές εντολές. Τέτοιες λειτουργίες είναι: η αποκωδικοποίηση των διευθύνσεων, η απομόνωση και πολύπλεξη των δεδομένων Ε/Ε, η παραγωγή και ο έλεγχος των σημάτων διακοπής κ.λ.π. Στο Σχ. 9.15, φαίνεται ένα γενικό διάγραμμα μιας μονάδας PIO.



Σχ. 9.15. Γενικό διάγραμμα μονάδας PIO.

Ως αντιπροσωπευτικούς τύπους PIO πραγματοποιημένων με LSI ψηφίδες αναφέρουμε το PIA (Programmable Interface Adapter) MC 6820 της Motorola και το PPIU 8255 της INTEL.

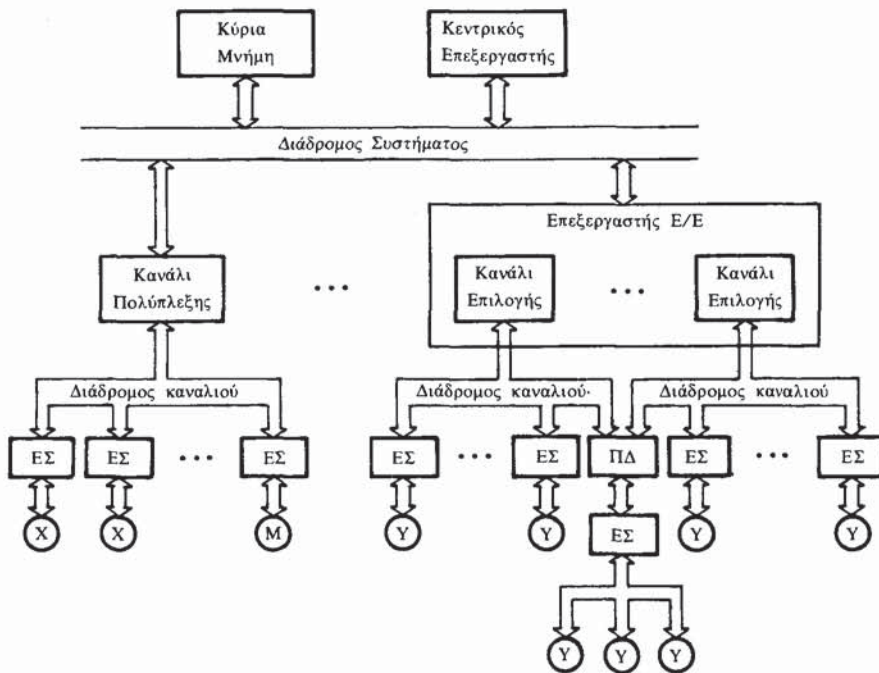
9.5 Επεξεργαστές Εισόδου-Εξόδου

Όπως αναφέρθηκε και στην § 9.4, η ΚΜΕ και οι περιφερειακές συσκευές δεν έχουν συνήθως συμβιβαστούς διαδρόμους, ούτε ίδιες ταχύτητες λειτουργίας. Μια λογική λύση στο πρόβλημα αυτό, ειδικά για μεγάλα

υπολογιστικά συστήματα, είναι η ανάπτυξη ενός ειδικού υποσυστήματος E/E το οποίο έχει τη δυνατότητα να απομονώνει την ΚΜΕ από τις περιφερειακές συσκευές, να αναλαμβάνει την πλήρη διεκπεραίωση οποιασδήποτε λειτουργίας E/E και να είναι σε θέση να χρησιμοποιηθεί με οποιοδήποτε τύπο περιφερειακής συσκευής E/E.

Για να επιτευχθεί αυτό, πρέπει το υποσύστημα E/E να έχει τις δυνατότητες χειρισμού διακοπών, άμεσης προσπέλασης της μνήμης (DMA), προσαρμογής και μετατροπής των δεδομένων κλπ. Στην περίπτωση αυτή το υποσύστημα E/E αναφέρεται ως *επεξεργαστής E/E* (I/O Processor, IOP) ή *κανάλι* (channel).

Μια τυπική αρχιτεκτονική ενός υπολογιστικού συστήματος που χρησιμοποιεί επεξεργαστές E/E φαίνεται στο Σχ. 9.16.



- ΕΣ : Ελεγκτής Συσκευής
- ΠΔ : Πολυκαναλικός Διακόπτης
- X : Συσκευή χαμηλής ταχύτητας
- M : Συσκευή μέσης ταχύτητας
- Y : Συσκευή υψηλής ταχύτητας

Σχ. 9.16. Οργάνωση Υπολογιστ. Συστήματος με χρήση Επεξεργαστών E/E.

Βασικά, ένας επεξεργαστής E/E (περιφερειακός επεξεργαστής) έχει τα χαρακτηριστικά της ΚΜΕ (κεντρικός επεξεργαστής), δηλαδή μπορεί να εκτελέσει ένα πρόγραμμα που αποτελείται από ειδικές εντολές, οι οποίες διευκολύνουν τη διεκπεραίωση των λειτουργιών E/E. Το πρόγραμμα αυτό, που αναφέρεται και ως **πρόγραμμα καναλιού** (channel program), μπορεί να είναι αποθηκευμένο είτε σε τοπική μνήμη του επεξεργαστή E/E, είτε στην κεντρική μνήμη.

Η ΚΜΕ διατηρεί τον εποπτικό έλεγχο πάνω στο σύστημα και στέλνει εντολές και μηνύματα στον επεξεργαστή E/E, ο οποίος εκτελεί όλες τις αναγκαίες περιφερειακές λειτουργίες ελέγχου ώστε να διεκπεραιώσει μια επιθυμητή μεταφορά δεδομένων, σύμφωνα με την παρακάτω διαδικασία:

- 1) Η ΚΜΕ στέλνει στον επεξεργαστή E/E ειδική εντολή για την εξακρίβωση της δυνατότητας να πραγματοποιηθεί η λειτουργία E/E.
- 2) Ο επεξεργαστής E/E αποκρίνεται στέλνοντας στην ΚΜΕ πληροφορίες για την κατάστασή του, όπως και για την κατάσταση της συσκευής στην οποία αναφέρεται η λειτουργία E/E.
- 3) Η ΚΜΕ ενεργοποιεί, εφ' όσον αυτό είναι δυνατόν, τη λειτουργία E/E στέλνοντας τις απαραίτητες πληροφορίες στον επεξεργαστή E/E. Στη συνέχεια, η ΚΜΕ αποδεσμεύεται από τη διεκπεραίωση της λειτουργίας E/E. Όταν τελειώσει η λειτουργία E/E, ο επεξεργαστής E/E στέλνει κατάλληλο σήμα διακοπής στην ΚΜΕ για να την ειδοποιήσει ότι ολοκληρώθηκε η λειτουργία E/E.
- 4) Η ΚΜΕ διακόπτει την εκτέλεση του τρέχοντος προγράμματός της και στέλνει ειδική εντολή στον επεξεργαστή E/E, ζητώντας να του αποσταλούν πληροφορίες σχετικές με την ομαλή ή όχι διεκπεραίωση της λειτουργίας E/E. Αυτές οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες στον επεξεργαστή E/E από το προηγούμενο βήμα (3).
- 5) Ο επεξεργαστής E/E στέλνει τις ζητούμενες πληροφορίες στην ΚΜΕ.
- 6) Τέλος, η ΚΜΕ ελέγχει την ομαλή ή όχι διεκπεραίωση της εντολής. Εάν η λειτουργία E/E έχει ολοκληρωθεί ομαλά τότε η ΚΜΕ συνεχίζει την εκτέλεση του διακοπέντος προγράμματος, διαφορετικά εκτελεί ειδικές ρουτίνες για την αντιμετώπιση λαθών.

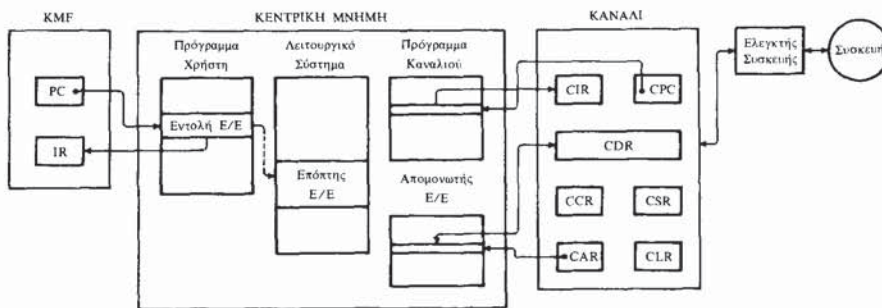
9.5.1 Αρχιτεκτονική Καναλιών

Οι επεξεργαστές E/E, όπως φαίνεται στο Σχ. 9.16, είναι δυνατόν να περιέχουν πολλά όμοια κυκλώματα καθένα από τα οποία διαθέτει ανεξάρτητο διάδρομο για τη σύνδεση των περιφερειακών συσκευών (ή των ελεγκτών των συσκευών) με τον επεξεργαστή E/E. Τα κυκλώματα αυτά ονομάζονται **κανάλια E/E** (I/O channels).

Τα κανάλια E/E, όπως φαίνεται στο Σχ. 9.16, είναι δυνατόν να συνδεθούν απευθείας με το διάδρομο του συστήματος. Στην τελευταία περίπτωση επιτελούν πιο πολύπλοκες εργασίες επειδή επιφορτίζονται και με την εκτέλεση λειτουργιών του επεξεργαστή E/E, όπως π.χ. στο σύστημα IBM/370.

Όταν στο πρόγραμμα ενός χρήστη (Σχ. 9.17) παρουσιασθεί μια εντολή-αίτηση για λειτουργία E/E, ο έλεγχος της ΚΜΕ μεταφέρεται στο λειτουργικό σύστημα, και συγκεκριμένα στον επόπτη E/E (I/O supervisor). Η εκτέλεση του επόπτη E/E θα δώσει κατάλληλες αρχικές τιμές στους καταχωρητές του καναλιού και θα ενεργοποιήσει (αποστέλλοντας στον καταχωρητή ελέγχου CCR του καναλιού κατάλληλες πληροφορίες) την εκτέλεση του προγράμματος καναλιού, έτσι ώστε να μεταφερθούν τα κατάλληλα δεδομένα μεταξύ κεντρικής μνήμης και συσκευής. Το κανάλι περιέχει ένα μετρητή προγράμματος CPC και έναν καταχωρητή εντολής CIR για την αποθήκευση της διεύθυνσης και του κώδικα της εντολής, αντιστοίχως. Επίσης περιέχει τον καταχωρητή δεδομένων CDR για την ενδιάμεση αποθήκευση των μεταφερόμενων πληροφοριών. Η διεύθυνση της μνήμης από την οποία (ή στην οποία) μεταφέρονται τα δεδομένα κρατείται στον καταχωρητή CAR του καναλιού. Η αρχική τιμή του καταχωρητή CAR είναι η διεύθυνση της πρώτης θέσης του απομονωτή E/E.

Το πλήθος των δεδομένων που πρόκειται να μεταφερθούν κρατείται στον καταχωρητή CLR. Μετά από τη μεταφορά ενός δεδομένου, το περιεχόμενο του CLR ελαττώνεται κατά ένα, ενώ το περιεχόμενο του CAR αυξάνεται κατά ένα.



Σχ. 9.17. Λειτουργία συστήματος H/Y με κανάλι.

Τέλος, το κανάλι διαθέτει και έναν καταχωρητή κατάστασης CSR, στον οποίον καταγράφονται πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του καναλιού (εάν είναι απασχολημένο, εάν έχει συμβεί κάποιο λάθος κλπ.).

Δεδομένου ότι μετά την ενεργοποίηση του καναλιού η ΚΜΕ συνεχίζει κανονικά τη λειτουργία της, είναι πιθανό ορισμένες φορές να γίνει απόπειρα ταυτόχρονης αναφοράς στην κύρια μνήμη από την ΚΜΕ και από ένα (ή περισσότερα) κανάλια. Σε μία τέτοια περίπτωση η χρήση της κύριας μνήμης παραχωρείται με προτεραιότητα στο κανάλι, με αποτέλεσμα να καθυστερεί η ΚΜΕ κατά έναν κύκλο μνήμης. Αυτή η περίπτωση αναφέρεται ως κλοπή κύκλου (cycle stealing). Στο Σχ. 9.18, φαίνεται μία τέτοια διαδικασία, όπου στους χρόνους 4 και 6 συμβαίνει κλοπή κύκλου μνήμης

από το κανάλι. Κατά τον κύκλο εσωτερικής λειτουργίας ο αντίστοιχος επεξεργαστής (ΚΜΕ ή κανάλι) δεν απαιτεί αναφορά στην κύρια μνήμη.

Με βάση την ταχύτητα λειτουργίας των συσκευών που συνδέονται στα κανάλια, διακρίνουμε δύο τύπους καναλιών. Τα **κανάλια επιλογής** (selector channels) και τα **κανάλια πολύπλεξης** (Multiplexor channels).

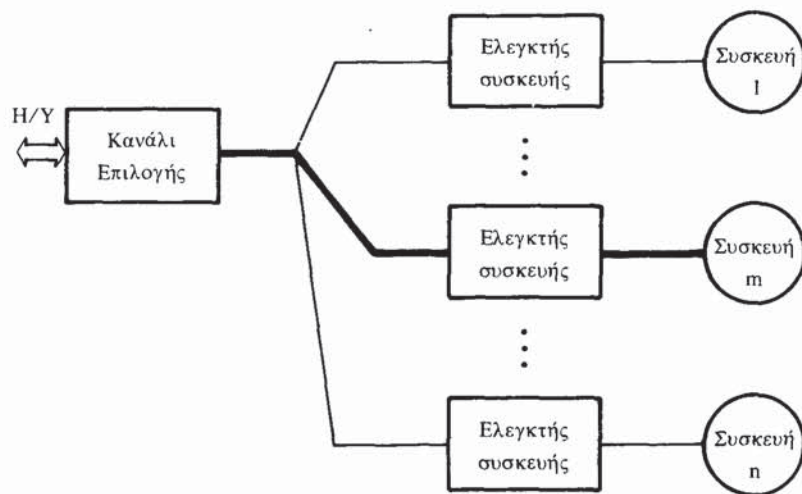
Χρόνος	1	2	3	4	5	6	7	8
ΚΜΕ	ΚΜ	ΚΕΛ	ΚΕΛ	ΚΚΜ	ΚΜ	ΚΚΜ	ΚΜ	ΚΕΛ
Κανάλι	ΚΕΛ	ΚΕΛ	ΚΜ	ΚΜ	ΚΕΛ	ΚΜ	ΚΕΛ	ΚΜ

ΚΜ: Κύκλος Μνήμης
 ΚΕΛ: Κύκλος Εσωτερικής Λειτουργίας
 ΚΚΜ: Κλοπή Κύκλου Μνήμης.

Σχ. 9.18. Παράδειγμα ταυτόχρονης λειτουργίας ΚΜΕ-Καναλιού.

1. Κανάλια επιλογής

Ένα κανάλι επιλογής είναι ένας μικρός ειδικής χρήσης επεξεργαστής Ε/Ε, το κύριο χαρακτηριστικό του οποίου είναι ότι συνδέεται κάθε φορά με μία μόνο περιφερειακή συσκευή, με την οποία παραμένει διαρκώς συνδεδεμένος, μέχρις ότου ολοκληρωθεί η λειτουργία Ε/Ε για την οποία έγινε η συγκεκριμένη σύνδεση. Το κανάλι επιλογής χρησιμοποιείται



Σχ. 9.19. Λειτουργία καναλιού επιλογής.

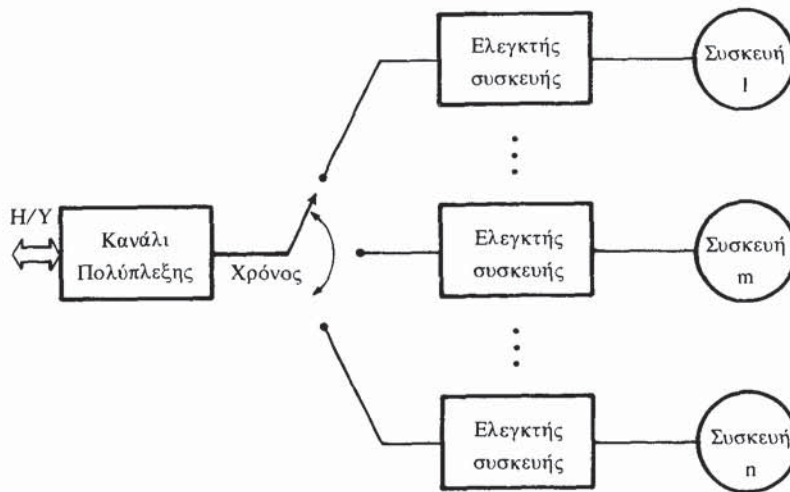
συνήθως για συσκευές υψηλής ταχύτητας μετάδοσης (π.χ. δίσκοι, τύμπανα). Η σχηματική παράσταση ενός καναλιού επιλογής φαίνεται στο Σχ. 9.19, όπου σημειώνεται η εξυπηρέτηση της συσκευής m .

Οι βασικές λειτουργίες που επιτελεί ένα κανάλι επιλογής είναι η λειτουργία DMA και ο χειρισμός διακοπών. Ειδικότερα, για να εκτελεσθεί μια λειτουργία E/E, η ΚΜΕ στέλνει στο κανάλι ένα σήμα εκκίνησης καθώς και τη διεύθυνση της περιφερειακής συσκευής. Στη συνέχεια το κανάλι διαβάζει από την κεντρική μνήμη την αρχική διεύθυνση του προγράμματος καναλιού. Το πρόγραμμα καναλιού περιλαμβάνει όλες τις εντολές που πρέπει να εκτελέσει το κανάλι, για να διεκπεραιώσει την εντολή E/E. Πληροφορίες σχετικές με την ομαλή ή όχι εξέλιξη της μεταφοράς των δεδομένων κρατούνται σε συγκεκριμένες θέσεις της μνήμης, που είναι προσπελάσιμες και από την ΚΜΕ.

Η τυπική μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων σε ένα κανάλι επιλογής είναι μεταξύ 1 και 3 Mbytes/sec.

2. Κανάλια πολύπλεξης

Το κανάλι πολύπλεξης είναι ένας επεξεργαστής E/E το κύριο χαρακτηριστικό του οποίου είναι η δυνατότητα ταυτόχρονου ελέγχου πολλών (και συνήθως αργών) περιφερειακών συσκευών για μεταφορά πληροφοριών. Στην περίπτωση αυτή το κανάλι εξυπηρετεί πολλές λειτουργίες E/E, κάνοντας πολύπλεξη στο χρόνο (time multiplexing), όπως φαίνεται στο Σχ. 9.20.



Σχ. 9.20. Λειτουργία Καναλιού Πολύπλεξης.

Η αρχιτεκτονική του καναλιού πολύπλεξης είναι παρόμοια με αυτή του καναλιού επιλογής, με τη διαφορά ότι τα κανάλια πολύπλεξης διαθέτουν πολλά όμοια κυκλώματα για τον έλεγχο πολλών ανεξάρτητων λειτουργιών E/E.

Διακρίνονται δύο τύποι καναλιών πολύπλεξης: Τα κανάλια πολύπλεξης **χαρακτήρων** (character multiplexors) και τα **κανάλια πολύπλεξης ενοτήτων** (block multiplexors).

Για τα κανάλια πολύπλεξης χαρακτήρων, το βασικό μέγεθος δεδομένων που αποστέλεται συνεχόμενα (χωρίς διακοπή από άλλη συσκευή) είναι ο **χαρακτήρας**, η τυπική δε μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης είναι 0.2 Mbytes/sec.

Στα κανάλια πολύπλεξης ενοτήτων το βασικό μέγεθος δεδομένων είναι η **ενοότητα** (ομάδα χαρακτήρων), ενώ η μέγιστη ταχύτητα μετάδοσης είναι περίπου η ίδια με αυτήν του καναλιού επιλογής.

Ως παράδειγμα λειτουργίας των πιο πάνω τύπων καναλιών, ας υποθέσουμε ότι τρεις περιφερειακές συσκευές A, B, Γ ζητούν εξυπηρέτηση για τη μεταφορά n χαρακτήρων από κάθε μία συσκευή. Εάν A, B και Γ είναι οι ακολουθίες των χαρακτήρων: $(A_0, A_1, A_2, \dots, A_{n-1})$, $(B_0, B_1, B_2, \dots, B_{n-1})$ και $(\Gamma_0, \Gamma_1, \dots, \Gamma_{n-1})$ αντίστοιχα, τότε η ακολουθία των χαρακτήρων που θα μεταφερθούν μέσω του καναλιού έχει ως εξής:

Σε κανάλι επιλογής ως:

$$A_0 A_1 \dots A_{n-1} B_0 B_1 \dots B_{n-1} \Gamma_0 \Gamma_1 \dots \Gamma_{n-1}$$

Σε κανάλι πολύπλεξης χαρακτήρων ως:

$$A_0 B_0 \Gamma_0 A_1 B_1 \Gamma_1 \dots A_{n-1} B_{n-1} \Gamma_{n-1}$$

Σε κανάλι πολύπλεξης ενοτήτων, που είναι προγραμματισμένο για ενοότητες των k χαρακτήρων (με την υπόθεση $k \ll n$), η ακολουθία εμφανίζεται ως:

$$A_0 A_1 \dots A_{k-1} B_0 B_1 \dots B_{k-1} \Gamma_0 \Gamma_1 \dots \Gamma_{k-1} A_k A_{k+1} \dots A_{2k-1} B_k B_{k+1} \dots B_{2k-1} \\ \Gamma_k \Gamma_{k+1} \dots \Gamma_{2k-1} \dots$$

Επεξεργαστές E/E χρησιμοποιούνται σε μεγάλα συστήματα, π.χ. CDC-170, καθώς και σε μικροϋπολογιστικά συστήματα (Intel 8086-8089). Σε μεγάλα υπολογιστικά συστήματα με πολλές περιφερειακές συσκευές, μπορεί να διατίθενται εναλλακτικοί δρόμοι για τη σύνδεση συσκευών και καναλιών μέσω πολυκαναλικών διακοπτών (multichannel switches) (βλ. σχ. 9.16). Έτσι γίνεται καλύτερη εξυπηρέτηση των συσκευών, δεδομένου ότι μερικά κανάλια μπορεί να είναι απασχολημένα με την εξυπηρέτηση άλλων συσκευών.

9.5.2 Παραδείγματα Επεξεργαστών E/E

Πιο κάτω περιγράφονται δύο παραδείγματα επεξεργαστών E/E και συγκεκριμένα του επεξεργαστή E/E για το υπολογιστικό σύστημα μεγάλης κλίμακας CYBER-170 (σειρά 800) και ο επεξεργαστής E/E Intel 8089 για μικροϋπολογιστικά συστήματα.

1) Ο επεξεργαστής E/E του CYBER-170 σειρά 800

Στο Σχ. 9.21 φαίνεται η γενική αρχιτεκτονική του συστήματος Cyber 170 σειρά 800. Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιούνται ορισμένοι Περιφερειακοί Επεξεργαστές (ΠΕ) για την εκτέλεση λειτουργιών E/E, όπως επίσης και για την εκτέλεση εργασιών του λειτουργικού συστήματος. Ένας από



Σχ. 9.21. Αρχιτεκτονική συστήματος Cyber 170/800.

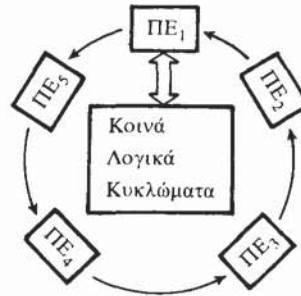
τους ΠΕ εκτελεί μονίμως τις λειτουργίες του επόπτη συστήματος: συγκεκριμένα, ελέγχει το λειτουργικό σύστημα και αναθέτει εργασίες στους υπόλοιπους ΠΕ. Κάθε ΠΕ διαθέτει ιδιαίτερη μνήμη των 4096 λέξεων. Κάθε λέξη αυτής της μνήμης αποτελείται από 12 bits. Επειδή οι λέξεις της κεντρικής μνήμης είναι μήκους 60 bits, μία λέξη της κεντρικής μνήμης πρέπει να διασπασθεί σε πέντε τμήματα για να αποθηκευθεί στη μνήμη ενός ΠΕ. Για αυτό το λόγο, χρησιμοποιούνται ειδικές μέθοδοι για την τμηματική ανάγνωση ή εγγραφή λέξεων στην κεντρική μνήμη.

Οι ΠΕ χρησιμοποιούν ένα ρεπερτόριο εντολών, ειδικά επιλεγμένο για λειτουργίες E/E. Συνολικά διατίθενται 70 εντολές, οι οποίες αφορούν σε:

- λειτουργίες E/E
- εντολές καθορισμού και ελέγχου της κατάστασης του καναλιού
- λειτουργίες ανάγνωσης/εγγραφής της κεντρικής μνήμης
- αριθμητικές και λογικές λειτουργίες
- εντολές άλματος (με ή χωρίς συνθήκη)

Οι περιφερειακοί επεξεργαστές ομαδοποιούνται σε ομάδες των πέντε, έτσι ώστε να μοιράζονται κοινά λογικά κυκλώματα για λειτουργίες E/E ή

για αριθμητικές/λογικές πράξεις. Στο Σχ. 9.22 φαίνεται η λογική οργάνωση μιας ομάδας πέντε περιφερειακών επεξεργαστών. Οι επεξεργαστές αυτοί θεωρούνται (υποθετικά) ότι περιστρέφονται, έτσι ώστε όλοι να χρησιμοποιούν διαδοχικά τα κοινά λογικά κυκλώματα, για χρόνο ίσο με τον κύκλο της μνήμης του ΠΕ.



Σχ. 9.22. Λογική παράσταση της “περιστροφής” των περιφερειακών επεξεργαστών.

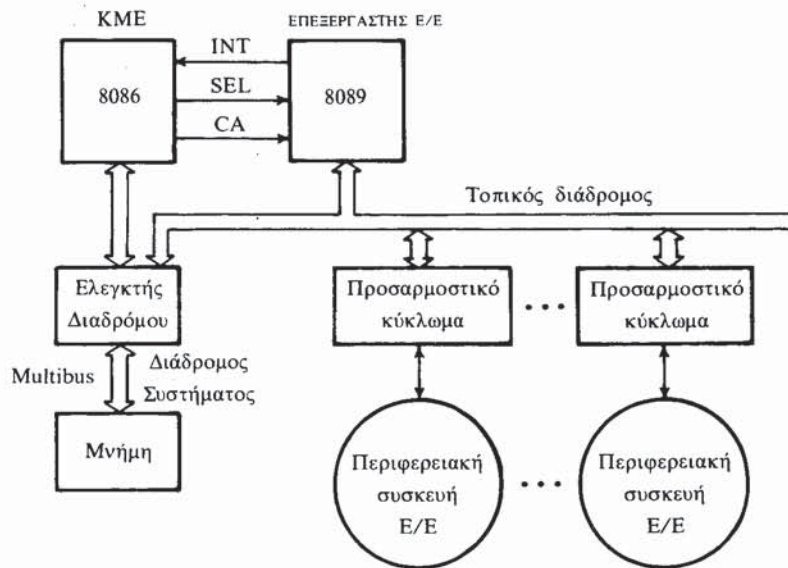
Εάν κάποιος επεξεργαστής χρειασθεί περισσότερο χρόνο για την εκτέλεση μιας εντολής, τότε θα πρέπει να περιμένει τον επόμενο κύκλο για να συνεχίσει την εκτέλεση της τρέχουσας εντολής. Η διαδικασία της υποθετικής περιστροφής των επεξεργαστών είναι διαφανής (transparent) στον προγραμματιστή ο οποίος έχει την εντύπωση ότι οι ΠΕ είναι ανεξάρτητοι και λειτουργούν παράλληλα.

Οι περιφερειακοί επεξεργαστές μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους καθώς και με περιφερειακές συσκευές. Η επικοινωνία με τις περιφερειακές συσκευές γίνεται μέσω των καναλιών Ε/Ε (Σχ. 9.21). Κάθε κανάλι συνδέεται με μία ή περισσότερες περιφερειακές συσκευές, ενώ κάθε ΠΕ έχει προσπέλαση σε οποιοδήποτε κανάλι μέσω των κυκλωμάτων μεταγωγής (Σχ. 9.21). Οι εντολές του ΠΕ, που αναφέρονται ως εντολές καναλιού, ενεργοποιούν όλες τις λειτουργίες που αφορούν τις περιφερειακές συσκευές, επιλέγουν μία συγκεκριμένη συσκευή ενός καναλιού και μεταφέρουν δεδομένα από ή προς τη συσκευή. Αν και μπορούν να συνδεθούν πολλές συσκευές σε ένα κανάλι, κάθε χρονική στιγμή το κανάλι εξυπηρετεί μία μόνο συσκευή.

2) Ο Επεξεργαστής Ε/Ε Intel 8089

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα επεξεργαστή Ε/Ε για μικροϋπολογιστικά συστήματα, που ως ΚΜΕ έχουν τον μικροεπεξεργαστή 8086 ή 8088, είναι ο Intel 8089, ο οποίος είναι κατασκευασμένος σε μία ψηφίδα (chip) των 40 ακίδων με τεχνολογία ΗΜΟΣ. Ο 8089 περιλαμβάνει στην ίδια ψηφίδα δύο ξεχωριστά κανάλια Ε/Ε και έναν επεξεργαστή δεδομένων.

Στο Σχ. 9.23, φαίνεται μια απλή διάταξη ενός μικροϋπολογιστικού συστήματος που χρησιμοποιεί τον 8086 ως ΚΜΕ και τον 8089 ως επεξεργαστή Ε/Ε και συνδέεται με περιφερειακές συσκευές Ε/Ε. Οι



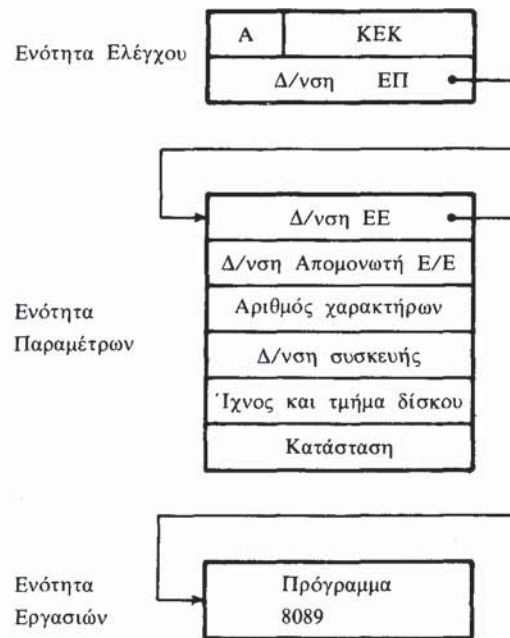
Σχ. 9.23. Σύνδεση του 8089 σε ένα μικροϋπολογιστικό σύστημα.

συσκευές Ε/Ε συνδέονται μέσω προσαρμοστικών κυκλωμάτων σε έναν τοπικό διάδρομο του 8089. Η μνήμη του συστήματος είναι προσπελάσιμη τόσο από την ΚΜΕ όσο και από τον 8089 μέσω ενός ελεγκτή διαδρόμου. Ο τύπος του διαδρόμου που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία με την μνήμη αναφέρεται με το όνομα "Multibus" (βλ. § 9.8.3). Η επικοινωνία 8086-8089 ενεργοποιείται από τον 8086 με το σήμα ελέγχου CA (Channel Attention). Η γραμμή SEL (select) χρησιμοποιείται για την επιλογή ενός από τα δύο κανάλια που διαθέτει ο 8089. Ο 8089 μπορεί να διακόπτει την ΚΜΕ χρησιμοποιώντας τη γραμμή διακοπής INT (interrupt). Πριν εκκινήσει η διαδικασία εκτέλεσης της λειτουργίας Ε/Ε, πρέπει να τοποθετηθεί από την ΚΜΕ στη μνήμη του συστήματος ένα σύνολο πληροφοριών που περιγράφουν την επιθυμητή λειτουργία Ε/Ε. Ο 8089 μετά την ενεργοποίησή του από το σήμα CA, διαβάζει αυτές τις πληροφορίες, εκτελεί την προκαθορισμένη λειτουργία Ε/Ε και ενημερώνει την ΚΜΕ (μέσω της γραμμής INT) όταν ολοκληρωθεί η λειτουργία αυτή. Η μορφή του συνόλου των πληροφοριών εξαρτάται από τον τύπο της συσκευής στην οποία αυτές αναφέρονται.

Στο Σχ. 9.24, φαίνεται το σύνολο των πληροφοριών που πρέπει να υπάρχουν στη μνήμη του συστήματος, για την εκτέλεση μιας λειτουργίας Ε/Ε

που αναφέρεται σε μαγνητικό δίσκο. Οι πληροφορίες αυτές χωρίζονται σε τρεις ενότητες που είναι:

- α) Η ενότητα ελέγχου (control block)
- β) Η ενότητα παραμέτρων (parameter block)
- γ) Η ενότητα εργασιών (task block).



Σχ. 9.24. Σύνολο πληροφοριών μνήμης για την εξυπηρέτηση μαγνητικού δίσκου από τον επεξεργαστή E/E 8089.

Η ενότητα ελέγχου αποτελείται από δύο λέξεις, η τελευταία των οποίων περιέχει την αρχική διεύθυνση της ενότητας παραμέτρων (ΕΠ). Η πρώτη λέξη της ενότητας ελέγχου περιέχει, μία σημαία A που δηλώνει εάν το κανάλι είναι απασχολημένο ή όχι, και τον κώδικα εντολής καναλιού (ΚΕΚ, channel command word). Ο ΚΕΚ παίρνει τιμές από την ΚΜΕ και προσδιορίζει τη λειτουργία E/E που πρέπει να εκτελέσει ο 8089. Η ενότητα παραμέτρων περιέχει διάφορες πληροφορίες που είναι απαραίτητες στον επεξεργαστή E/E για τη διεκπεραίωση της λειτουργίας που προσδιορίζεται από τον ΚΕΚ της ενότητας ελέγχου. Ειδικά για την περίπτωση του μαγνητικού δίσκου, η ενότητα παραμέτρων θα περιέχει πληροφορίες σχετικά με:

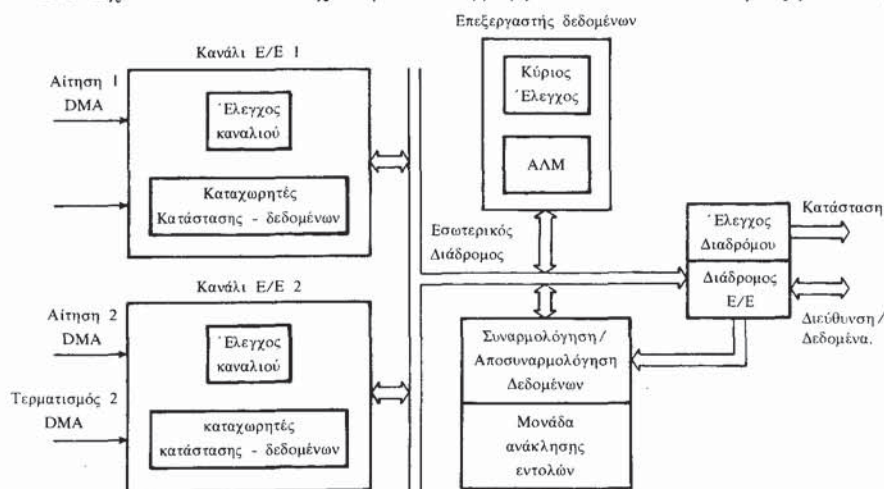
- τη διεύθυνση της ενότητας εργασιών (ΕΕ)
- την αρχική διεύθυνση του απομονωτή E/E

- τον αριθμό των χαρακτήρων που πρόκειται να μεταφερθούν
- τη διεύθυνση της αναφερομένης συσκευής
- το ίχνος (track) και τον τομέα (sector) του δίσκου
- την κατάσταση του καναλιού.

Η ενότητα εργασιών περιέχει τον κώδικα του προγράμματος που πρέπει να εκτελεσθεί από τον επεξεργαστή E/E, για τη διεκπεραίωση της επιθυμητής λειτουργίας E/E.

Η ΚΜΕ μπορεί να μεταβάλει τα περιεχόμενα των προαναφερθέντων ενότητων της μνήμης μόνον εάν η σημαία A δηλώνει ότι το αντίστοιχο κανάλι του 8089 δεν είναι απασχολημένο. Όταν πράγματι το κανάλι δεν είναι απασχολημένο, η ΚΜΕ φροντίζει να φορτώσει τις κατάλληλες πληροφορίες στις ενότητες ελέγχου, παραμέτρων και εργασιών και στη συνέχεια ενεργοποιεί τον επεξεργαστή E/E μέσω της γραμμής CA (Σχ. 9.23). Κατόπιν η ΚΜΕ συνεχίζει κανονικά την εκτέλεση άλλων εντολών. Ο 8089 αμέσως τροποποιεί τη σημαία A της ενότητας ελέγχου έτσι ώστε να δηλώσει ότι είναι απασχολημένος. Στη συνέχεια διαβάζει από την ενότητα ελέγχου τον ΚΕΚ και ακολούθως αρχίζει η εκτέλεση του προγράμματος που είναι αποθηκευμένο στην ενότητα εργασιών. Κατά την εκτέλεση αυτού του προγράμματος χρησιμοποιούνται (ή τροποποιούνται) οι πληροφορίες που περιέχονται στην ενότητα παραμέτρων. Όταν ολοκληρωθεί η λειτουργία E/E, ο 8089 αποθηκεύει τα δυαδικά ψηφία, που περιγράφουν την κατάστασή του, στην τελευταία λέξη της ενότητας παραμέτρων, αλλάζει την τιμή της σημαίας A της ενότητας ελέγχου και ενεργοποιεί το σήμα INT (Σχ. 9.23) για την ενημέρωση της ΚΜΕ. Η ΚΜΕ μπορεί στη συνέχεια να διαβάσει την κατάσταση του καναλιού και έτσι να ελέγξει το κατά πόσον η ζητηθείσα λειτουργία E/E εκτελέστηκε ορθά. Είναι αυτονόητο ότι η δομή και το μέγεθος της ενότητας παραμέτρων εξαρτάται από τη φύση της αντίστοιχης συσκευής.

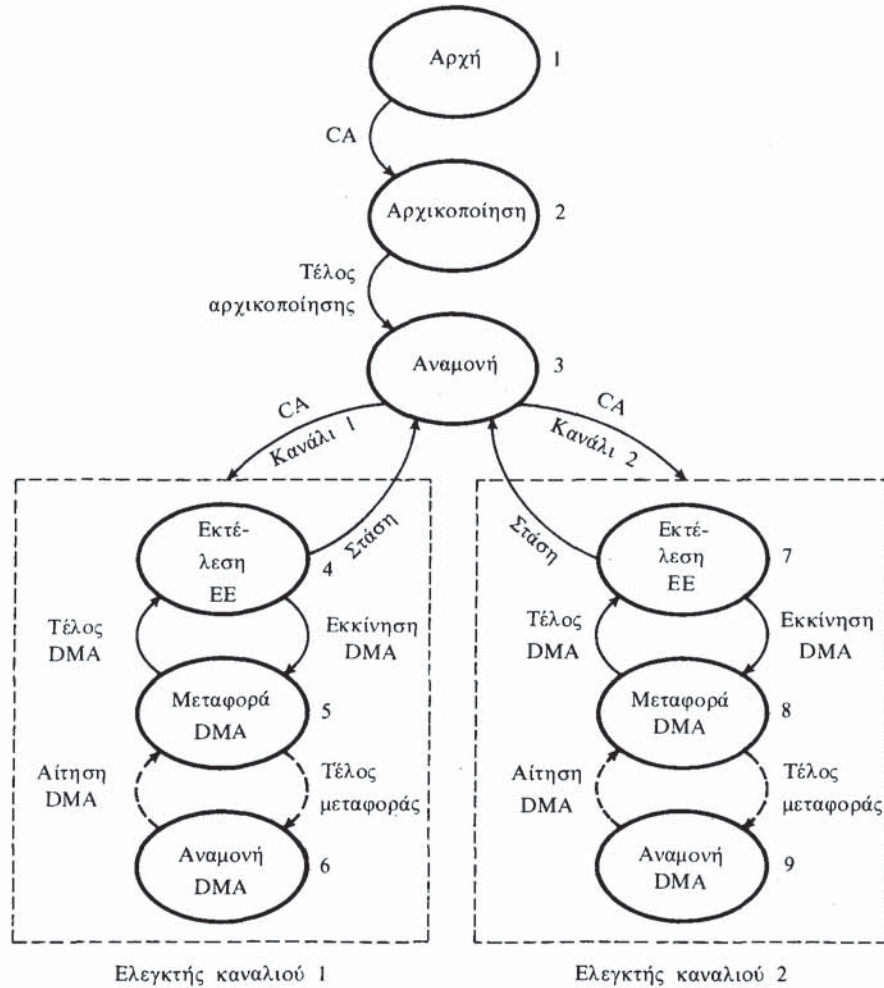
Στο Σχ. 9.25 δίνεται το χονδρικό διάγραμμα του 8089. Οι κύριες μονάδες



Σχ. 9.25. Χονδρικό διάγραμμα του επεξεργαστή E/E 8089.

του είναι τα δύο ανεξάρτητα κανάλια E/E, ο επεξεργαστής δεδομένων, η μονάδα προσαρμογής διαδρόμου, το σύνολο καταχωρητών για συναρμολόγηση/αποσυναρμολόγηση δεδομένων καθώς και η μονάδα ανάκλησης εντολών. Για την αυτόνομη λειτουργία των καναλιών E/E, κάθε ένα από αυτά περιέχει έναν ελεγκτή καναλιού, καθώς και ένα σύνολο καταχωρητών για την αποθήκευση δεδομένων και πληροφοριών κατάστασης. Τα κανάλια αυτά μπορούν να λειτουργούν ταυτόχρονα είτε εκτελώντας προγράμματα καναλιού είτε εκτελώντας λειτουργίες DMA (άμεσης προσπέλασης στη μνήμη). Ο 8089 φροντίζει έτσι ώστε ο εξωτερικός διάδρομος του συστήματος να διατίθεται εκ περιτροπής στα δύο κανάλια.

Ένα απλοποιημένο μοντέλο λειτουργίας του 8089 δίνεται στο Σχ. 9.26. Το σύστημα (8089) βρίσκεται αρχικά στην κατάσταση 1 (Αρχή). Η λήψη



Σχ. 9.26. Απλοποιημένο μοντέλο λειτουργίας του 8089.

του σήματος CA οδηγεί στην εκτέλεση ορισμένων λειτουργιών αρχικοποίησης (κατάσταση 2). Όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία της αρχικοποίησης, το σύστημα είναι έτοιμο (κατάσταση 3) για τη δρομολόγηση οποιουδήποτε καναλιού με σκοπό την εκτέλεση μιας λειτουργίας E/E. Όταν εμφανισθεί το σήμα CA (ενόσω ο 8089 είναι στην κατάσταση 3 και επιλέγει με τη γραμμή SEL το κανάλι 1), τότε ο 8089 οδηγείται (κατά κανόνα) στην κατάσταση 4. Τότε εκτελείται το πρόγραμμα καναλιού που είναι αποθηκευμένο στην ενότητα εργασιών της μνήμης (Σχ. 9.24). Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος καναλιού υπάρχει η δυνατότητα να μεταβεί το σύστημα στην κατάσταση 5. Αυτό συμβαίνει όταν το κανάλι εκτελέσει την εντολή XFER. Στην κατάσταση 5 εκτελείται μεταφορά πληροφοριών με άμεση προσπέλαση μνήμης (DMA), μέχρις ότου ικανοποιηθεί κάποια συνθήκη τερματισμού, οπότε το σύστημα επανέρχεται στην κατάσταση 4. Κατά τους χρόνους που μεσολαβούν μεταξύ δύο συνεχόμενων μεταφορών DMA, και μέχρι την ολοκλήρωση της εντολής XFER, το σύστημα οδηγείται στην κατάσταση 6 (αναμονή DMA). Όταν στην κατάσταση 4 (εκτέλεση προγράμματος καναλιού) εκτελεσθεί εντολή HALT, το σύστημα επαναφέρεται στην κατάσταση 3, όπου παραμένει έως ότου επανεμφανισθεί νέα αίτηση για λειτουργία E/E.

Το ρεπερτόριο εντολών του 8089 περιλαμβάνει 46 εντολές, που αναφέρονται τόσο σε λειτουργίες χειρισμού δεδομένων, όσο και (κυρίως) σε ειδικευμένες εντολές E/E. Οι εντολές αυτές επιτρέπουν ταχείες μεταφορές δεδομένων μεταξύ οποιωνδήποτε μονάδων του 8089. Με τις εντολές χειρισμού δυαδικών ψηφίων είναι δυνατός ο έλεγχος ή η τροποποίηση οποιουδήποτε δυαδικού ψηφίου της μνήμης ή των προσαρμοστικών που είναι συνδεδεμένα στον 8089. Οι εντολές του 8089 μπορούν να χωρισθούν στις εξής κατηγορίες:

- Εντολές μετακίνησης δεδομένων
- Αριθμητικές ή λογικές εντολές
- Εντολές άλματος (με ή χωρίς συνθήκη)
- Εντολές υπορουτινών
- Εντολές χειρισμού λέξεων/χαρακτήρων
- Εντολές χειρισμού δυαδικών ψηφίων
- Εντολές ελέγχου επεξεργαστή

Κατά την κατάσταση DMA ο 8089 μπορεί να μεταφέρει δεδομένα με μεγάλη ταχύτητα (μέχρι 1,25 Mbytes/sec για ρολοί 5 MHz). Κάθε μεταφορά DMA αποτελείται τουλάχιστον από έναν κύκλο ανάκλησης και έναν κύκλο αποθήκευσης. Ο 8089 παρέχει πολλούς εναλλακτικούς τρόπους ελέγχου της μεταφοράς DMA. Για παράδειγμα, υπάρχει η δυνατότητα συναρμολόγησης (ή αποσυναρμολόγησης) των δεδομένων, έτσι ώστε να είναι δυνατή η μεταφορά δεδομένων μεταξύ συσκευών που έχουν διαδρόμους δεδομένων διαφορετικού πλάτους (π.χ. επικοινωνία συσκευών των 8 bits με υπολογιστικό σύστημα των 16 bits). Επίσης, ο προγραμματιστής μπορεί να επιλέξει ανάμεσα σε πέντε διαφορετικές συνθήκες τερματισμού των μεταφορών DMA. Έτσι, μπορεί να επιλέξει τη μεταφορά ορισμένου αριθμού χαρακτή-

ρων ή τη συνεχή μεταφορά χαρακτήρων έως ότου ικανοποιηθεί κάποια συνθήκη (π.χ. ανάγνωση κάποιου συγκεκριμένου χαρακτήρα). Όλες οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν μια μεταφορά DMA κρατούνται σε ειδικό καταχωρητή ελέγχου του καναλιού και έτσι μπορούν να προσπελασθούν από το πρόγραμμα του καναλιού.

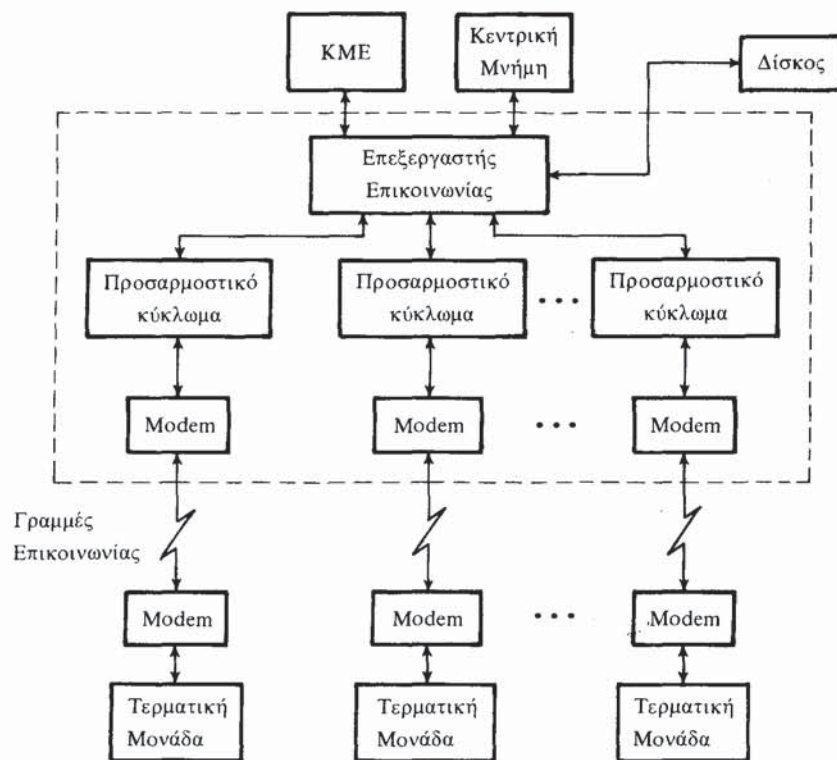
9.6 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΗΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Ο επεξεργαστής επικοινωνίας (data communication processor) είναι ένας ειδικά σχεδιασμένος επεξεργαστής για να μεταφέρει πληροφορίες μεταξύ ΚΜΕ και τερματικών μονάδων, μέσω τηλεπικοινωνιακών γραμμών.

Η επικοινωνία γίνεται με σειριακό τρόπο (βλ. § 9.3) με αποτέλεσμα η ταχύτητα μετάδοσης να είναι σχετικά μικρή.

Γενικά, ο σκοπός ενός επεξεργαστή επικοινωνίας είναι να ελέγχει και να μεταδίδει πληροφορίες από και προς τις τερματικές μονάδες, να προσδιορίζει εάν οι πληροφορίες είναι δεδομένα ή σήματα ελέγχου και να ανταποκρίνεται σε όλες τις αιτήσεις σύμφωνα με προκαθορισμένες διαδικασίες.

Στο Σχ. 9.27, φαίνεται η σύνδεση του επεξεργαστή επικοινωνίας με τις



Σχ. 9.27. Σύνδεση Επεξεργαστή Επικοινωνίας με τις τερματικές μονάδες.

διάφορες τερματικές μονάδες. Ο επεξεργαστής επικοινωνίας ελέγχει περιοδικά, μέσω μιας διαδικασίας πολύπλεξης, τα προσαρμοστικά κυκλώματα από τα οποία δέχεται ή στέλνει ψηφιακές πληροφορίες. Τα προσαρμοστικά αυτά κυκλώματα μετατρέπουν τις προς μετάδοση πληροφορίες από παράλληλη μορφή σε σειριακή και αντιστρόφως. Τέτοια προσαρμοστικά κυκλώματα εξετάζονται στην § 9.4.

Κατά τη λήψη, ο επεξεργαστής επικοινωνίας ελέγχει την εισερχόμενη πληροφορία για λάθη, την ομαδοποιεί σε λέξεις (χαρακτήρες) και την στέλνει στη μνήμη ή στο δίσκο, ενώ κατά τη μετάδοση προσθέτει ειδικές πληροφορίες που χρησιμεύουν για τον έλεγχο της μετάδοσης των πληροφοριών όπως εξηγείται στην § 9.7.

Ο Επεξεργαστής Επικοινωνίας διαφέρει από έναν επεξεργαστή E/E κυρίως στον τρόπο σύνδεσής του με τις τερματικές μονάδες. Έτσι ο επεξεργαστής επικοινωνίας συνδέεται με τις (απομακρυσμένες) περιφερειακές μονάδες μέσω τηλεπικοινωνιακών γραμμών, και όχι μέσω διαδρόμων όπως συμβαίνει με τους επεξεργαστές E/E.

Ως γραμμές επικοινωνίας συνήθως χρησιμοποιούνται οι κοινές τηλεφωνικές γραμμές. Οι τηλεφωνικές γραμμές μπορεί να είναι είτε γραμμές επιλογής (dial-up lines) είτε γραμμές αποκλειστικής χρήσης (dedicated ή leased lines), που προσφέρονται από δημόσιους ή ιδιωτικούς φορείς.

Η σειριακή μετάδοση των πληροφοριών μεταξύ δύο απομακρυσμένων μονάδων μπορεί να γίνει με τρεις τρόπους:

- Μετάδοση μέσω μιας δισύρματης γραμμής κατά τη μία μόνο κατεύθυνση (simplex). Στην περίπτωση αυτή δεν υπάρχει δυνατότητα αμφίδρομης επικοινωνίας, όπως π.χ. συμβαίνει στην επικοινωνία με εκτυπωτή.
- Μετάδοση μέσω μιας δισύρματης γραμμής προς τη μία κατεύθυνση, σε δεδομένη στιγμή, και προς την άλλη κατεύθυνση, σε διαφορετική χρονική στιγμή (half-duplex).
- Ταυτόχρονη μετάδοση και προς τις δύο κατευθύνσεις (full-duplex), η οποία πραγματοποιείται με δύο δισύρματες γραμμές. Ο τρόπος αυτός προτιμάται για γρήγορη μετάδοση μεγάλης ποσότητας πληροφοριών και προς τις δύο κατευθύνσεις ταυτόχρονα. Μετάδοση full-duplex μπορεί να πραγματοποιηθεί και με τη χρήση ενός μόνο ζεύγους γραμμών εάν χρησιμοποιηθούν διαφορετικές φέρουσες συχνότητες για κάθε κατεύθυνση μετάδοσης.

Η μετάδοση ψηφιακών πληροφοριών σε μακρινές αποστάσεις (π.χ. πάνω από 400 m), δεν μπορεί να γίνει με τη χρήση μόνο τηλεφωνικών γραμμών, λόγω της παραμόρφωσης που υφίστανται τα ηλεκτρικά σήματα από εξασθένιση και θόρυβο. Για το λόγο αυτό μεσολαβεί μια ειδική συσκευή που μετατρέπει τις ψηφιακές πληροφορίες (παλμούς) σε σήματα κατάλληλα προς μετάδοση σε τηλεφωνικές γραμμές. Στη λήψη, παρόμοια συσκευή επαναφέρει τις πληροφορίες στην αρχική τους μορφή. Η συσκευή αυτή, που ονομάζεται MODEM (ή data set) από τα αρχικά MOdulation και

DEModulation, μετατρέπει τη δυαδική πληροφορία σε κατάλληλο προς μετάδοση σήμα, το οποίο προκύπτει από τη διαμόρφωση ενός φέροντος ημιτονικού σήματος.

Το διαμορφωμένο τούτο σήμα αποδιαμορφώνεται στη λήψη από αντίστοιχη συσκευή MODEM, η οποία επαναφέρει το σήμα στην αρχική (ψηφιακή) του μορφή. Μια συσκευή MODEM συμπεριλαμβάνει τον πομπό και το δέκτη.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των MODEM είναι η ταχύτητα μετάδοσης σε bits/sec. Τα χαμηλής ταχύτητας MODEM λειτουργούν σε ταχύτητες μέχρι 600 bits/sec, τα μέσης ταχύτητας μέχρι 4800 bits/sec, ενώ τα υψηλής ταχύτητας σε 9600 bits/sec ή περισσότερο.

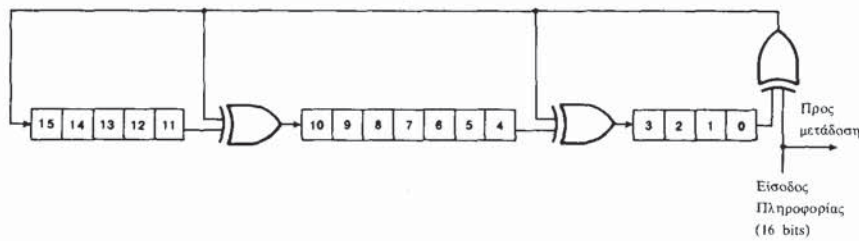
Στις τηλεπικοινωνίες, για την ταχύτητα μετάδοσης χρησιμοποιείται συχνά η μονάδα **Baud**. Εάν σε μία γραμμή μεταδίδονται πληροφορίες με ταχύτητα k παλμούς ανά δευτερόλεπτο, τότε η ταχύτητα μετάδοσης είναι k Bauds. Γενικά οι μονάδες Baud και bits/sec δεν ταυτίζονται, επειδή ένας παλμός έχει την ικανότητα να μεταφέρει περισσότερες πληροφορίες από 1 bit. Αυτό γίνεται φανερό όταν χρησιμοποιούνται περισσότερα των δύο, διαφορετικά επίπεδα παλμών. Έτσι, εάν χρησιμοποιούνται 4 επίπεδα παλμών, που αντιστοιχούν στις πληροφορίες 00, 01, 10 και 11, τότε 1 Baud ισοδυναμεί με 2 bits/sec. Προφανώς οι μονάδες bit/sec και Baud ταυτίζονται όταν χρησιμοποιούνται 2 επίπεδα παλμών (για το "0" και το "1"). Γενικά, εάν χρησιμοποιούνται k επίπεδα παλμών τότε ισχύει $1 \text{ Baud} = \log_2 k \text{ bits/sec}$.

Η σειριακή μετάδοση των πληροφοριών μπορεί να γίνει με δύο τρόπους, και συγκεκριμένα με ασύγχρονο ή σύγχρονο τρόπο. Στην ασύγχρονη μετάδοση, κάθε χαρακτήρας που πρόκειται να μεταδοθεί πλαισιώνεται από ψηφία αρχής (start bit) και τέλους (stop bit) όπως περιγράφεται στην § 9.3.1. Αντιθέτως, στη σύγχρονη μετάδοση τα δεδομένα στέλνονται κατά ομάδες οι οποίες πλαισιώνονται από ειδικούς χαρακτήρες συγχρονισμού. Ο σύγχρονος τρόπος μετάδοσης είναι πιο αποδοτικός επειδή χρησιμοποιούνται λιγότερα ψηφία ελέγχου. Για το λόγο αυτό, η σύγχρονη επικοινωνία χρησιμοποιείται περισσότερο για επικοινωνία με συσκευές υψηλής ταχύτητας. Στη σύγχρονη μετάδοση, τα MODEM διαθέτουν εσωτερικά "ρολόγια" τα οποία βρίσκονται σε συνεχή συγχρονισμό. Ο συγχρονισμός επιτυγχάνεται με κατάλληλα κυκλώματα που χρησιμοποιούν τους παλμούς πληροφοριών. Τα ρολόγια αυτά χρησιμοποιούνται και από τις δύο προσαρμοστικές μονάδες στην εκπομπή και στη λήψη, οι οποίες έτσι είναι πάντα συγχρονισμένες μεταξύ τους.

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω, μία από τις λειτουργίες του επεξεργαστή επικοινωνίας είναι ο έλεγχος για λάθη. Στην ασύγχρονη επικοινωνία το ψηφίο ισοτιμίας (βλ. § 9.3.1) κάθε χαρακτήρα, χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ορθής μεταφοράς του χαρακτήρα. Στη σύγχρονη επικοινωνία, για κάθε ομάδα χαρακτήρων πληροφοριών χρησιμοποιούνται ορισμένοι χαρακτήρες ελέγχου που προστίθενται στο τέλος της ομάδας. Οι χαρακτήρες ελέγχου υπολογίζονται με διάφορους τρόπους. Ένας τρόπος είναι ο

υπολογισμός για όλα τα bits της ίδιας τάξης κάθε χαρακτήρα της ομάδας, ενός ψηφίου ισοτιμίας, σχηματίζοντας έτσι έναν επιπλέον χαρακτήρα ελέγχου που ονομάζεται **επιμήκης κώδικας πλεονασμού** (LRC, Longitudinal Redundancy Check). Ο κώδικας αυτός μπορεί εύκολα να υπολογισθεί ως το αποκλειστικό Η (Exclusive OR) των χαρακτήρων της ομάδας. Με τον κώδικα αυτόν επιτυγχάνεται καλύτερος έλεγχος σφαλμάτων, από ό,τι με την ύπαρξη ενός μόνο ψηφίου ισοτιμίας σε κάθε χαρακτήρα.

Ένας άλλος αποτελεσματικότερος τρόπος για τον υπολογισμό των χαρακτήρων ελέγχου είναι ο υπολογισμός ενός πολυωνυμικού κώδικα με τη βοήθεια καταχωρητών ολίσθησης και πυλών αποκλειστικού Η (XOR) με ανάδραση, όπως φαίνεται στο παράδειγμα του Σχ. 9.28 για την πραγματοποίηση του κώδικα CRC-CCITT.



Σχ. 9.28. Κύκλωμα πραγματοποίησης του κώδικα CRC.

Τα ψηφία των καταχωρητών του Σχ. 9.28, αρχικοποιούνται στην τιμή "0". Κάθε ψηφίο πληροφορίας μεταδίδεται στη γραμμή μεταφοράς και ταυτόχρονα επηρεάζει την κατάσταση των καταχωρητών ολίσθησεως σύμφωνα με τη διάταξη του Σχ. 9.28. Όταν τελειώσει η μετάδοση όλων των ψηφίων πληροφορίας της ομάδας χαρακτήρων, τότε ο πομπός αποστέλλει και τα 16 bits των καταχωρητών, τα οποία αποτελούν τους δύο χαρακτήρες ελέγχου ομάδας (BCC, Block Check Characters).

Στο δέκτη υπάρχει παρόμοια διάταξη που υπολογίζει τους χαρακτήρες BCC από τα λαμβανόμενα ψηφία της πληροφορίας. Εάν δεν έχει συμβεί λάθος κατά τη μετάδοση, ο δέκτης μετά την ολοκλήρωση της λήψης των ψηφίων της πληροφορίας και των χαρακτήρων ελέγχου BCC, θα έχει μηδέν ως περιεχόμενο των καταχωρητών ολίσθησης του Σχ. 9.28. Εάν το τελικό περιεχόμενο των καταχωρητών ολίσθησης είναι διάφορο του μηδενός αυτό σημαίνει ότι έχει συμβεί λάθος στη μετάδοση.

Η τελευταία μέθοδος (CRC) προσφέρεται περισσότερο στις περιπτώσεις που συμβαίνουν λάθη κατά "ριπές" (burst errors), που οφείλονται σε ηλεκτρικά πεδία, βλάβες γραμμών κλπ.

9.7 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Η επικοινωνία μεταξύ πομπού και δέκτη γίνεται με προκαθορισμένους κανόνες που αναφέρονται ως **πρωτόκολλο επικοινωνίας**. Γενικά το πρωτόκολλο επικοινωνίας προσδιορίζει:

- Την έναρξη και διακοπή μιας σύνδεσης.
- Τον τρόπο επικοινωνίας (π.χ. half-duplex).
- Την ταυτότητα του πομπού και του δέκτη.
- Τον τρόπο ανίχνευσης ή και διόρθωσης σφαλμάτων.
- Τον έλεγχο της επικοινωνίας (π.χ. συγχρονισμός).

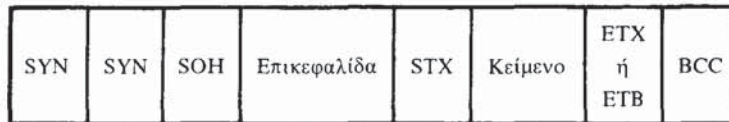
Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που αναφέρονται στη συνέχεια, αφορούν το δεύτερο επίπεδο (data link) στην ιεραρχία επιπέδων OSI (Open System Interconnection) της ISO (International Standardization Organization). Τα πρωτόκολλα μπορούν να καταταγούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, ανάλογα με τον χρησιμοποιούμενο τρόπο παράστασης των πληροφοριών: στα πρωτόκολλα χαρακτήρων και στα πρωτόκολλα δυαδικών ψηφίων.

Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα πρωτόκολλα BSC (Binary Synchronous Communications, BISYNC) της IBM καθώς και το DDCMP (Digital Data Communications Message Protocol) της DEC. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν το πρωτόκολλο ADCCP (Advanced Data Communications Control Procedures) της ANSI (American National Standards Institute), το πρωτόκολλο SDLC (Synchronous Data Link Control) της IBM, το HDLC (High-Level Data Link Control) της ISO (International Standards Organization), το CDCCP (Control Data Communications Control Procedure) της CDC, το BDLC (Burrroughs Data Link Control) της Burrroughs και το X25 της CCITT. Σε όλες τις περιπτώσεις οι προς μετάδοση πληροφορίες είναι οργανωμένες σε ομάδες (frames), που έχουν διαφορετική δομή για κάθε πρωτόκολλο.

Στη συνέχεια θα γίνει μια σύντομη περιγραφή δύο αντιπροσωπευτικών πρωτοκόλλων: Του πρωτοκόλλου BSC και του πρωτοκόλου SDLC.

1. Πρωτόκολλο BSC

Η μορφή της ομάδας για το πρωτόκολλο BSC φαίνεται στο Σχ. 9.29.



Σχ. 9.29. Δομή της ομάδας για το πρωτόκολλο BSC.

Οι χαρακτήρες είναι συνήθως κωδικοποιημένοι στον κώδικα ASCII (ή στον EBCDIC) όπου χρησιμοποιούνται και διάφοροι ειδικοί χαρακτήρες ελέγχου της επικοινωνίας όπως:

- SYN:** Χρησιμοποιείται για να συγχρονίζεται ο πομπός και ο δέκτης. Η παραστασή του, όταν χρησιμοποιείται περιττή ισοτιμία, είναι 00010110. Πριν σταλούν οι υπόλοιποι χαρακτήρες της ομάδας, ο δέκτης πρέπει να αναγνωρίσει ένα χαρακτήρα SYN. Συνήθως, για μείωση της πιθανότητας σφαλμάτων, ο δέκτης αναγνωρίζει στην αρχή δύο χαρακτήρες SYN. Όταν δεν υπάρχουν πληροφορίες για αποστολή, ο χαρακτήρας SYN αποστέλλεται συνεχώς από τον πομπό έτσι ώστε ο δέκτης να κρατείται διαρκώς σε συγχρονισμό.
- SOH (Start of Header):** Χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι από τον επόμενο χαρακτήρα αρχίζει η επικεφαλίδα (header). Η επικεφαλίδα περιέχει διάφορες πληροφορίες όπως διεύθυνση αποστολέα, παραλήπτη, καθώς και άλλες πληροφορίες ελέγχου.
- STX (Start of Text):** Χρησιμοποιείται για να δηλώσει το τέλος της επικεφαλίδας και την αρχή του κειμένου με τα δεδομένα. Τα δεδομένα μπορούν να είναι οποιοδήποτε χαρακτήρες εκτός από τους χαρακτήρες ελέγχου επικοινωνίας. Οι χαρακτήρες ελέγχου επικοινωνίας μπορούν να σταλούν μέσα στο κείμενο ως δεδομένα, μόνον όταν χρησιμοποιείται “διαφανής” επικοινωνία. Στην περίπτωση αυτή, πρέπει οι χαρακτήρες ελέγχου STX και ETX (ή ETB), στην αρχή και στο τέλος του κειμένου, να προηγούνται από έναν άλλο χαρακτήρα ελέγχου της επικοινωνίας, τον DLE. Όταν παρουσιασθεί μέσα στο κείμενο ο χαρακτήρας DLE τότε εισάγεται από τον πομπό ένας επιπλέον χαρακτήρας DLE. Έτσι ο δέκτης λαμβάνει δύο διαδοχικούς χαρακτήρες DLE, διαγράφει τον έναν και θεωρεί τον άλλον ως δεδομένο.
- ETB (End of Transmission of Blocks):** Χρησιμοποιείται για να δηλώσει το τέλος κειμένου εφόσον η αποστολή δεδομένων συνεχίζεται με την αποστολή και άλλων ομάδων.
- ETX (End of Transmission):** Χρησιμεύει για να δηλώσει το τέλος του κειμένου και ταυτοχρόνως το τέλος της αποστολής δεδομένων. Αυτό σημαίνει ότι η παρούσα ομάδα είναι η τελευταία που στέλνεται.

Κάθε ομάδα πληροφοριών τελειώνει με δύο χαρακτήρες που αποτελούν τον κώδικα BCC, για τον έλεγχο της ορθής μετάδοσης, όπως περιγράφεται στην § 9.6.

Η συνομιλία πομπού-δέκτη γίνεται σύμφωνα με το ακόλουθο σχήμα. Ο πομπός στέλνει τον χαρακτήρα ελέγχου ENQ (Enquiry) για να ζητήσει απόκριση από το δέκτη. Ο δέκτης μόλις λάβει το χαρακτήρα ENQ απαντά με το χαρακτήρα ACK0 (Acknowledgment). Ο πομπός μόλις λάβει το ACK0 στέλνει μία ομάδα πληροφοριών με τη μορφή του Σχ. 9.29. Ο δέκτης λαμβάνει την πληροφορία, ελέγχει εάν υπάρχει λάθος και στέλνει το χαρακτήρα ACK εάν οι πληροφορίες έχουν ληφθεί σωστά, ή το NAK (Not Acknowledged), εάν υπάρχει σφάλμα κατά τη μετάδοση. Στην τελευταία περίπτωση ο πομπός ξαναστέλνει τις πληροφορίες. Εάν συμβεί λάθος για αρκετές συνεχόμενες φορές, τότε ο πομπός συμπεραίνει ότι υπάρχει μόνιμο σφάλμα και σταματάει.

2. Πρωτόκολλο SDLC

Η μορφή της ομάδας των προς μετάδοση πληροφοριών στο πρωτόκολλο SDLC φαίνεται στο Σχ. 9.30.

Σημαία 01111110	Δ/νση (8 bits)	Έλεγχος (8 bits)	Κείμενο (Ακολουθία bits)	CRC	Σημαία 01111110
--------------------	-------------------	---------------------	-----------------------------	-----	--------------------

Σχ. 9.30. Μορφή πληροφοριών στο πρωτόκολλο SDLC.

Ο μόνος χαρακτήρας ελέγχου που χρησιμοποιείται στο πρωτόκολλο SDLC είναι ο χαρακτήρας 01111110. Ο χαρακτήρας αυτός δηλώνει την αρχή και το τέλος της ομάδας πληροφοριών. Επειδή υπάρχει πιθανότητα στα υπόλοιπα πεδία (π.χ. μέσα στο κείμενο) να υπάρξει ακολουθία με έξη διαδοχικά "1", ο πομπός όταν στέλνει πέντε διαδοχικά "1" παρεμβάλλει αυτομάτως το "0". Ο δέκτης απαλοίζει το "0" που ακολουθεί πέντε διαδοχικά "1", επαναφέροντας έτσι την πληροφορία στην αρχική της μορφή. Το πεδίο διεύθυνσεως του Σχ. 9.30, χρησιμοποιείται για να δηλώσει τη διεύθυνση του δευτερεύοντος σταθμού (δέκτη) για τον οποίον απευθύνονται οι πληροφορίες. Το πεδίο ελέγχου μπορεί να έχει τρεις διαφορετικές μορφές αναλόγως με το σκοπό που έχουν οι αποστέλλόμενες πληροφορίες. Έτσι, εάν μεταφέρονται δεδομένα, τότε το πεδίο ελέγχου έχει τη μορφή "μεταφορά πληροφοριών" (information transfer), εάν μεταφέρονται πληροφορίες σχετικές με την αποδοχή ή όχι προηγούμενων δεδομένων ή σχετικές με την ετοιμότητα ή όχι των σταθμών, τότε το πεδίο ελέγχου έχει τη μορφή "εποπτείας" (supervisory). Τέλος, εάν μεταφέρονται εντολές ή αποκρίσεις από ένα σταθμό σε άλλον, τότε το πεδίο ελέγχου έχει τη μορφή "μη αριθμησιμη" (non sequenced).

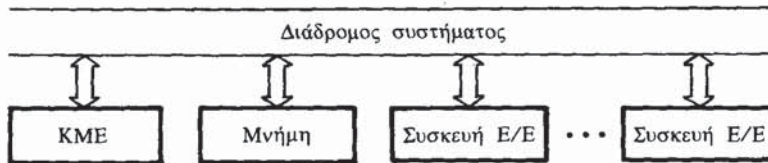
Το πεδίο CRC (Κυκλικός Κώδικας Πλεονασμού) χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της ορθής μετάδοσης της ομάδας, όπως περιγράφεται στην § 9.6.

9.8 ΔΙΑΔΡΟΜΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Τα υπολογιστικά συστήματα μπορεί να αποτελούνται από μία ή περισσότερες ΚΜΕ, μονάδες μνήμης, επεξεργαστές Ε/Ε, επεξεργαστές επικοινωνίας και από περιφερειακές συσκευές. Η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των πιο πάνω μονάδων γίνεται μέσω γραμμών και σύμφωνα με προκαθορισμένους κανόνες μεταφοράς. Το φυσικό μέσο μεταφοράς των ηλεκτρικών σημάτων όπως και οι κανόνες μεταφοράς, συνιστούν ένα **διάδρομο** (bus). Η μέθοδος υλοποίησης ενός απλού διαδρόμου περιγράφεται στην § 3.1.5.4.

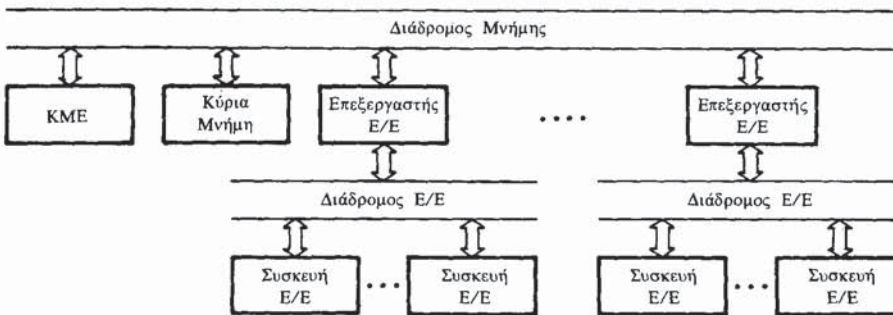
Ένας διάδρομος θα πρέπει να εξασφαλίζει τη μεταφορά των πληροφοριών στη μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα και να εξυπηρετεί όσο το δυνατόν περισσότερες συσκευές.

Υπάρχουν πολλές οργανώσεις διαδρόμων. Στο Σχ. 9.31, φαίνεται μια τυπική σύνδεση της ΚΜΕ με τις υπόλοιπες μονάδες του υπολογιστικού συστήματος, μέσω ενός κοινού διαδρόμου (διάδρομος συστήματος).



Σχ. 9.31. Τυπικός διάδρομος υπολογιστικού συστήματος.

Σε μεγάλα υπολογιστικά συστήματα με ανεξάρτητους επεξεργαστές E/E, χρησιμοποιούνται άλλες οργανώσεις διαδρόμων, όπου υπάρχουν ιδιαίτεροι διάδρομοι για τους επί μέρους επεξεργαστές. Μια τέτοια οργάνωση φαίνεται στο Σχ. 9.32. Στην περίπτωση αυτή, επιτυγχάνονται μεγαλύτερες ταχύτητες επικοινωνίας επειδή οι διάδρομοι μπορούν να λειτουργούν παράλληλα.



Σχ. 9.32. Σύστημα με πολλαπλούς διαδρόμους.

Τα σήματα που χρησιμοποιούνται σε ένα διάδρομο για τη μεταφορά πληροφοριών είναι γενικά 5 ειδών: Σήματα δεδομένων, διευθύνσεων, ελέγχου, απόκρισης και χρονισμού. Όλα μαζί σχηματίζουν ένα διάδρομο επικοινωνίας.

Τα σήματα δεδομένων και διευθύνσεων είναι δυνατόν να χρησιμοποιούν τις ίδιες φυσικές γραμμές. Τούτο γίνεται με τεχνικές πολύπλεξης και με τη χρήση ειδικών κυκλωμάτων ελέγχου, ελαττώνοντας έτσι τον αριθμό των γραμμών του διαδρόμου. Τα σήματα ελέγχου χρησιμοποιούνται για τον

έλεγχο της επικοινωνίας (π.χ. αποστολή οδηγιών από μια συσκευή σε άλλη). Τα σήματα απόκρισης, χρησιμοποιούνται για την αποστολή πληροφοριών σχετικά με την κατάσταση μιας μονάδας (π.χ. ότι μια συσκευή είναι απασχολημένη). Τέλος, τα σήματα χρονισμού χρησιμεύουν για το συγχρονισμό της λειτουργίας των μονάδων.

9.8.1 Αρχές Λειτουργίας Διαδρόμων

Σε μια δεδομένη χρονική στιγμή μόνο μία μονάδα μπορεί να ελέγχει το διάδρομο και να ενεργοποιεί τη μεταφορά δεδομένων. Η μονάδα αυτή ονομάζεται **κύρια μονάδα** (master unit). Η μονάδα (ή οι μονάδες) που επικοινωνεί με την κύρια μονάδα (και υπό τον έλεγχο της κύριας μονάδας) ονομάζεται **δευτερεύουσα μονάδα** (slave unit). Μία συγκεκριμένη μονάδα είναι δυνατόν να ενεργεί είτε ως κύρια είτε ως δευτερεύουσα, αλλά όχι την ίδια χρονική στιγμή. Σε ένα διάδρομο μπορεί να υπάρχουν πολλές κύριες μονάδες, που φυσικά δεν μπορούν να ελέγχουν το διάδρομο ταυτοχρόνως.

Στην περίπτωση ταυτόχρονων απαιτήσεων του διαδρόμου, για να αποφευχθούν συγκρούσεις, χρησιμοποιούνται **κανόνες διαιτησίας** (arbitration rules), που προσδιορίζουν για κάθε χρονική στιγμή, ποιά κύρια μονάδα θα έχει τον έλεγχο του διαδρόμου. Στην § 9.8.2 εξετάζονται οι συνηθέστερες μέθοδοι διαιτησίας διαδρόμου. Αφού προσδιοριστεί η κύρια μονάδα που θα ελέγχει το διάδρομο, η μεταφορά των πληροφοριών στο διάδρομο γίνεται με βάση ένα σύνολο κανόνων επικοινωνίας που καλείται **πρωτόκολλο διαδρόμου** (bus protocol).

Η επικοινωνία της κύριας και δευτερεύουσας μονάδας, επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση, από την κύρια μονάδα, της διεύθυνσης της δευτερεύουσας μονάδας στο διάδρομο. Η συσκευή, της οποίας η διεύθυνση συμπίπτει με τη διεύθυνση που υπάρχει στο διάδρομο, “συνδέεται” στο διάδρομο και δημιουργείται έτσι η ζεύξη μεταξύ των δύο μονάδων. Στη συνέχεια μεταφέρονται δεδομένα έως ότου ολοκληρωθεί η μεταφορά τους, οπότε και διακόπτεται η σύνδεση.

Η ακολουθία των λειτουργιών της σύνδεσης της μεταφοράς των δεδομένων και της διακοπής της σύνδεσης, ονομάζεται **δοσοληψία** (transaction).

Με την απόκτηση του ελέγχου του διαδρόμου, η κύρια μονάδα ολοκληρώνει την ανταλλαγή των πληροφοριών (διευθύνσεις, δεδομένα, κλπ.) με τη δευτερεύουσα μονάδα (ή μονάδες), μέσα σε ορισμένο χρόνο που ονομάζεται **κύκλος διαδρόμου** (bus cycle).

Για την ομαλή διεκπεραίωση της επικοινωνίας μεταδίδονται στο διάδρομο και ορισμένα σήματα συγχρονισμού. Τα σήματα αυτά μπορεί να είναι σύγχρονα ή ασύγχρονα (βλ. § 9.3).

Στα σύγχρονα συστήματα η διάρκεια του κύκλου διαδρόμου εξαρτάται από την ταχύτητα του ρολογιού. Η συχνότητα του ρολογιού προσδιορίζεται από την ταχύτητα της βραδύτερης συσκευής.

Στα ασύγχρονα συστήματα, είναι δυνατή η λειτουργία της κύριας μονάδας με διαφορετική ταχύτητα για την επικοινωνία με δευτερεύουσες μονάδες. Έτσι αξιοποιούνται καλύτερα οι γρήγορες μονάδες του διαδρόμου.

Στις περιπτώσεις όπου μονάδες συνδεδεμένες σε ένα διάδρομο απαιτούν την προσοχή άλλων μονάδων, τότε χρησιμοποιούνται σήματα διακοπών που μεταδίδονται μέσω γραμμών του διαδρόμου. Διάφορα σχήματα σημάτων διακοπών μπορεί να χρησιμοποιηθούν, όπως αυτά που περιγράφονται στην § 9.3.3.

Η ομαλή μεταφορά των πληροφοριών μέσω των διαδρόμων επηρεάζεται κυρίως από δύο παράγοντες:

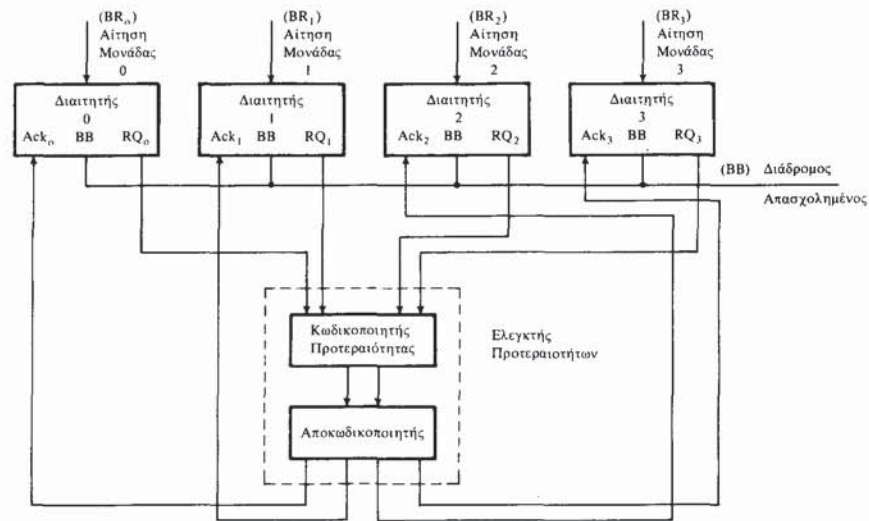
- (α) Από την παραμόρφωση των σημάτων κατά τη διάρκεια της μετάδοσής τους στους διαδρόμους, λόγω διαφωνίας (crosstalk) ή θορύβου (κυρίως στις υψηλές ταχύτητες μετάδοσης). Η ελάττωση των παραμορφώσεων αυτών επιτυγχάνεται με προσεκτικό σχεδιασμό του όλου συστήματος και με τη χρήση ειδικών ενισχυτών γραμμών. Οι νεώτεροι διάδρομοι, συνήθως αυτοί με κύκλο διαδρόμου μικρότερο από 100 nsecs, διαθέτουν μεθόδους και κυκλώματα ελέγχου λαθών.
- (β) Από πιθανή βλάβη των συσκευών. Μία βλάβη που θα παρουσιασθεί σε κάποια μονάδα είναι πιθανόν να οδηγήσει σε ολική ή μερική διακοπή της λειτουργίας του συστήματος. Για το λόγο αυτό πρέπει η σχεδίαση του συστήματος να είναι τέτοια ώστε να υπάρχει ανοχή σε βλάβες (fault tolerance). Συστήματα με κατανεμημένη διαιτησία διαδρόμου είναι λιγότερο τρωτά σε βλάβες από ό,τι τα συγκεντρωτικά συστήματα.

9.8.2 Διαιτησία Διαδρόμου

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ενός διαδρόμου αναφέρονται ως **μέθοδοι διαιτησίας διαδρόμου** (bus arbitration methods) και μοιάζουν με τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση του συστήματος διακοπών (§ 9.3.4). Στη συνέχεια περιγράφονται δύο κατηγορίες διαιτησίας διαδρόμου: η συγκεντρωτική διαιτησία και η κατανεμημένη διαιτησία.

Στο Σχ. 9.33 φαίνεται το λογικό διάγραμμα ενός συστήματος **συγκεντρωτικής διαιτησίας διαδρόμου** (centralized bus arbitration system). Ο όρος “συγκεντρωτικός” οφείλεται στο γεγονός ότι υπάρχει μια κεντρική μονάδα (ο ελεγκτής προτεραιοτήτων) που καθορίζει τη μονάδα η οποία θα αποκτήσει τον έλεγχο του διαδρόμου. Η γραμμή “διάδρομος απασχολημένος” (BB) ενεργοποιείται από οποιονδήποτε διαιτητή που χρησιμοποιεί το διάδρομο. Έτσι, όταν μία μονάδα k του συστήματος απαιτήσει τη χρήση του διαδρόμου ($BR_k = 1$), τότε ο αντίστοιχος διαιτητής ελέγχει πρώτα την κατάσταση της γραμμής BB. Εάν η BB είναι ενεργοποιημένη, αυτό σημαίνει ότι ο διάδρομος είναι απασχολημένος από κάποια άλλη μονάδα. Έτσι, ο διαιτητής θα περιμένει μέχρις ότου απενεργοποιηθεί η γραμμή BB,

οπότε θα ενεργοποιήσει αυτός τη γραμμή RQ. Ο έλεγχος του διαδρόμου περνά σε έναν διαιτητή, μόνον όταν αυτός λάβει το σήμα αναγνώρισης ($ACK_k = 1$) για το σήμα απαίτησης ($RQ_k = 1$). Όταν συμβεί αυτό, τότε ο διαιτητής ενεργοποιεί τη γραμμή BB και προχωρεί στη χρησιμοποίηση του διαδρόμου.



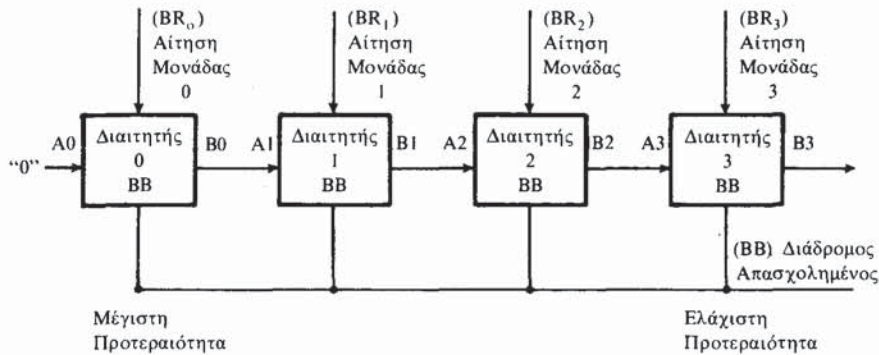
Σχ. 9.33. Διάγραμμα συγκεντρωτικής διαιτησίας διαδρόμου.

Η παραπάνω μέθοδος αφορά τη συγκεντρωτική διαιτησία διαδρόμου, όπου οι προτεραιότητες ελέγχονται με παράλληλο τρόπο (συγκεντρωτική παράλληλη διαιτησία). Ωστόσο, είναι δυνατόν, σε άλλες σπανιότερες περιπτώσεις, οι προτεραιότητες να ελέγχονται με σειριακό τρόπο από κάποιο κεντρικό ελεγκτή (συγκεντρωτική σειριακή διαιτησία).

Στα συστήματα **κατανεμημένης διαιτησίας διαδρόμου** (distributed bus arbitration systems) δεν υπάρχει καμία κεντρική μονάδα που να καθορίζει συνολικά τη χρησιμοποίηση του διαδρόμου. Τα συστήματα κατανεμημένης διαιτησίας μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε με σειριακό είτε με παράλληλο τρόπο.

Στο Σχ. 9.34 φαίνεται το λογικό διάγραμμα μιας διάταξης για την κατανεμημένη σειριακή διαιτησία, όπου οι διαιτητές διατάσσονται με αλυσιδωτό τρόπο. Η φυσική θέση των μονάδων στην αλυσίδα προσδιορίζει τη σχετική προτεραιότητά τους: μία μονάδα έχει απόλυτη προτεραιότητα έναντι όλων εκείνων που βρίσκονται προς τα δεξιά της. Κάθε διαιτητής k διαθέτει μία είσοδο A_k και μία έξοδο B_k . Όταν η μονάδα k δεν ζητά χρήση του διαδρόμου ($BR_k = 0$), τότε ο διαιτητής k μεταφέρει στην έξοδο B_k την κατάσταση της εισόδου A_k . Όταν όμως η μονάδα k ζητά τη χρήση

του διαδρόμου ($BR_k = 1$), τότε ο διαιτητής k παύει να μεταφέρει την είσοδο A_k στην έξοδο B_k και κάνει $B_k = 1$. Η γραμμή BB ενεργοποιείται από όποιον ελεγκτή αποκτήσει τον έλεγχο του διαδρόμου. Έτσι, όταν η μονάδα k απαιτήσει τον έλεγχο του διαδρόμου, τότε πρέπει ο αντίστοιχος



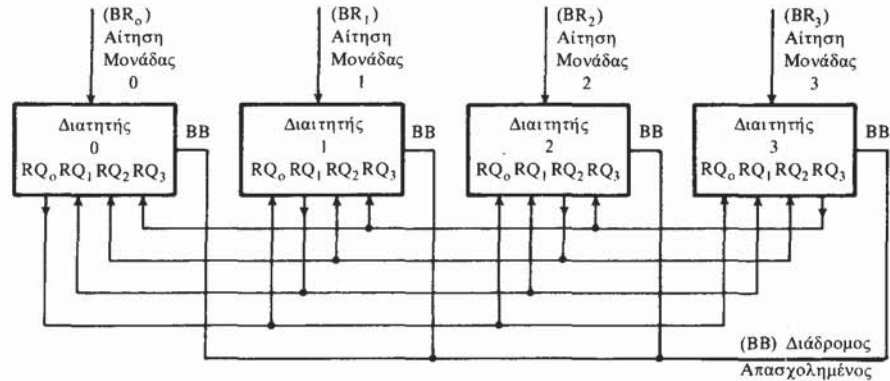
Σχ. 9.34. Διάγραμμα κατανεμημένης σειριακής διαιτησίας.

διαιτητής k να ελέγξει την κατάσταση της γραμμής BB , καθώς επίσης και της γραμμής A_k . Εάν $A_k = 0$, αυτό σημαίνει ότι καμία από τις μονάδες που βρίσκονται αριστερότερα της μονάδας k δεν απαιτεί τη χρήση του διαδρόμου και συνεπώς, όταν εμφανισθεί $BB = 0$, τότε ο διαιτητής k θα αποκτήσει τον έλεγχο του διαδρόμου (αφού φυσικά κάνει $BB = 1$). Εάν $A_k = 1$, αυτό σημαίνει ότι κάποια μονάδα που βρίσκεται αριστερότερα της μονάδας k ζητάει τον έλεγχο του διαδρόμου. Έτσι, επειδή η προτεραιότητα των μονάδων αυξάνει προς τα αριστερά, η μονάδα k θα πρέπει να αναμένει την εξυπηρέτηση όλων των μονάδων που βρίσκονται αριστερότερα της. Συνεπώς, όταν είναι $BR_k = 1$ και $A_k = 1$, τότε ο διαιτητής k πρέπει να αναμένει το μηδενισμό του σήματος A_k (και του σήματος BB , φυσικά) πριν αποκτήσει τον έλεγχο του διαδρόμου. Η μονάδα 0, λόγω θέσεως, έχει τη μέγιστη προτεραιότητα, επειδή η είσοδος A_0 είναι πάντα $A_0 = 0$.

Η κατανεμημένη σειριακή διαιτησία είναι πολύ απλή στην υλοποίηση και χρησιμοποιείται ευρύτατα όταν υπάρχει περιορισμένος αριθμός μονάδων για εξυπηρέτηση. Ωστόσο, στην περίπτωση μεγάλου αριθμού μονάδων, η σειριακή μορφή αυτής της διαιτησίας εισάγει καθυστέρηση στη μετάδοση του σήματος από την είσοδο A του πρώτου διαιτητή μέχρι την είσοδο A του τελευταίου (φαινόμενο αλυσιδωτής καθυστέρησης). Έτσι είναι δυνατόν να καθυστερούν οι αιτήσεις των μονάδων με αποτέλεσμα να μειώνεται η απόδοση του όλου συστήματος. Μια λύση στο πρόβλημα αυτό είναι η χρήση παράλληλης κατανεμημένης διαιτησίας.

Στο Σχ. 9.35 φαίνεται το λογικό διάγραμμα μιας διάταξης για την κατανεμημένη παράλληλη διαιτησία τεσσάρων μονάδων. Στην περίπτωση που

κάποια μονάδα k απαιτήσει τον έλεγχο του διαδρόμου ($BR_k = 1$), ο διαιτητής k (αφού διαπιστώσει ότι ο διάδρομος είναι ελεύθερος, δηλαδή $BB = 0$) ενεργοποιεί το σήμα RQ_k και ελέγχει την κατάσταση των υπόλοιπων σημάτων RQ που παράγονται από τους υπόλοιπους διαιτητές. Ο διαιτητής k (όπως και οι υπόλοιποι διαιτητές) διαθέτει στο εσωτερικό του



Σχ. 9.35. Διάγραμμα κατανεμημένης παράλληλης διαιτησίας.

κατάλληλα κυκλώματα, με τη βοήθεια των οποίων αποφαινεται για το εάν η δική του απαίτηση για χρήση του διαδρόμου έχει τη μεγαλύτερη προτεραιότητα. Όταν συμβεί αυτό, ο διαιτητής k θα αποκτήσει τον έλεγχο του διαδρόμου, αφού προηγουμένως κάνει $BB = 1$. Έτσι γίνεται φανερό ότι οι προτεραιότητες των διαιτητών καθορίζονται από τα εσωτερικά τους κυκλώματα· είναι δυνατόν, επιπλέον, οι προτεραιότητες να τροποποιούνται με εξωτερικούς διακόπτες ή με προγραμματιζόμενους καταχωρητές.

Τα κυκλώματα των διαιτητών στην περίπτωση παράλληλης διαιτησίας είναι σαφώς πιο πολύπλοκα από ότι τα αντίστοιχα κυκλώματα στη σειριακή διαιτησία. Επιπλέον, επειδή κάθε διαιτητής έχει περιορισμένο αριθμό εισόδων, δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση της κατανεμημένης παράλληλης διαιτησίας για απεριόριστο αριθμό μονάδων (όπως συμβαίνει στην κατανεμημένη σειριακή διαιτησία). Ωστόσο, με την κατανεμημένη παράλληλη διαιτησία αποφεύγεται το πρόβλημα των αλυσιδωτών καθυστερήσεων των διαιτητών, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ταχύτητα λειτουργίας του διαδρόμου.

9.8.3 Πρότυπα Διαδρόμων

Υπάρχουν πολλά πρότυπα (standards) διαδρόμων, που χρησιμοποιούνται σε διάφορες εφαρμογές. Πιο κάτω αναφέρονται τα σπουδαιότερα από αυτά.

Σε συστήματα σύνδεσης οργάνων μετρήσεως με υπολογιστές χρησιμοποιείται το GPIB (General Purpose Interface Bus) (IEEE-488). Το CAMAC (Computer Assisted Measurement and Control) χρησιμοποιείται σε συστήματα ελέγχου και μετρήσεων για υψηλές ταχύτητες λειτουργίας.

Για τα συστήματα μίνι-υπολογιστών αναφέρονται οι διάδρομοι της οικογένειας της DEC, που περιλαμβάνει το διάδρομο UNIBUS, που χρησιμοποιήθηκε στον PDP-11, τον Q-Bus και τον νεότερο διάδρομο VAXBI.

Για τα μικροϋπολογιστικά συστήματα υπάρχουν πολλοί τύποι διαδρόμων οι κυριότεροι των οποίων δίνονται στον Πίνακα 9.2. Η εμφάνιση του προσωπικού υπολογιστή IBM-PC είχε ως αποτέλεσμα, τη de facto δημιουργία ενός νέου προτύπου διαδρόμου. Ο διάδρομος αυτός (IBM-PC bus) σχετίζεται πολύ με το διάδρομο που χρησιμοποιείται από την INTEL για τα συστήματα που βασίζονται στον μικροεπεξεργαστή 8088. Οι γραμμές δεδομένων στο διάδρομο αυτόν είναι των 8 bits (ή των 16 bits για το μοντέλο AT).

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.2. Μερικοί διάδρομοι μικροϋπολογιστικών συστημάτων.

Όνομα Διαδρόμου	Αριθμός Προτύπου IEEE	Φορέας	Μήκος δεδομένων (bits)	Μέγεθος προσπελάσιμης μνήμης (bytes)	Είδος Πρωτόκολλου	Μέθοδος Διαίτησης	Τύποι μικροεπεξεργαστών
S100-bus	P696	MITC Inc.	8/16	16M	Χωρίς πολύπλεξη Σύγχρονο	Παράλληλη	8080/85, Z80, 8086, 68000, Z8000 κ.λπ.
STD bus	P961	Pro-Log	8	64 K	Χωρίς πολύπλεξη Σύγχρονο	Σειριακή	8080/85, Z80, 6502, 6800/9
STE bus	P1000	IEEE	8	1 M	Χωρίς πολύπλεξη Ασύγχρονο	Παράλληλη	Οποιοσδήποτε των 8 bits
Versa bus	P970	Motorola	8/16/32	4 G	Χωρίς πολύπλεξη Ασύγχρονο	Σειριακή και Παράλληλη	68000, 68020, και άλλοι
VME bus	P1014	Motorola	8/16/32	4 G	Χωρίς πολύπλεξη Ασύγχρονο	Σειριακή και Παράλληλη	68000, 68020, και άλλοι
Multibus I	796	Intel	8/16	16 M	Χωρίς πολύπλεξη Ασύγχρονο	Σειριακή	8080/85, Z80, 8086, 68000, Z8000 κ.λπ.
Multibus II	P1296	Intel	8/16/32	4 G	Χωρίς πολύπλεξη Σύγχρονο	Παράλληλη κατανεμημένη	Οποιοσδήποτε των 16 ή 32 bits
Nubus	P1196	MIT και Texas Instr.	8/16/32	4 G	Με πολύπλεξη Σύγχρονο	Παράλληλη κατανεμημένη	Οποιοσδήποτε των 16 ή 32 bits
Futurbus	P896	IEEE	8/16/32	4 G	Με πολύπλεξη Ασύγχρονο	Παράλληλη κατανεμημένη	Οποιοσδήποτε των 16 ή 32 bits
Fastbus	P960	IEEE	8/16/32	4 G	Με πολύπλεξη Ασύγχρονο	Παράλληλη κατανεμημένη	Οποιοσδήποτε των 16 ή 32 bits

ΑΣΚΗΣΕΙΣ

9.1 Να βρεθεί πόσοι χαρακτήρες ASCII μπορούν να μεταδοθούν σε ένα δευτερόλεπτο στη σύγχρονη μετάδοση και στην ασύγχρονη μετάδοση με ένα ή δύο ψηφία STOP, όταν η ταχύτητα μετάδοσης στη γραμμή είναι 600 Baud. Να δοθεί επίσης η ακολουθία των bits, για τη μετάδοση του χαρακτήρα A στις παραπάνω περιπτώσεις.

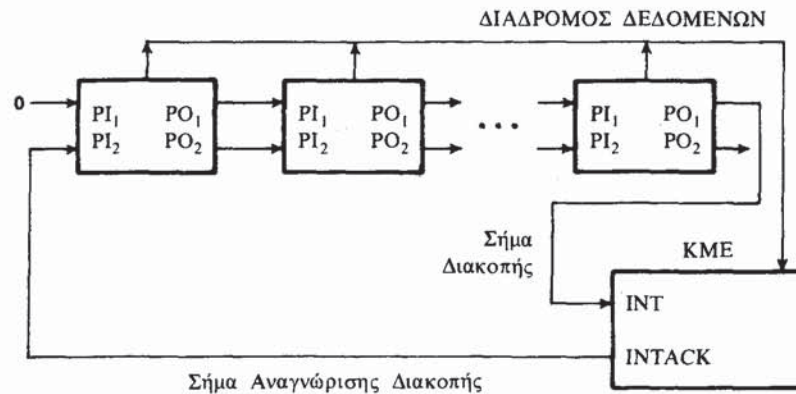
9.2. Να σχεδιασθεί ο αποκωδικοποιητής προτεραιότητας στο παράλληλο σύστημα διακοπών με προτεραιότητες, για πέντε γραμμές διακοπών I_i ($1 \leq i \leq 5$) και με αντίστοιχα ανύσματα διακοπών:

I_1	0000_{16}
I_2	0008_{16}
I_3	0010_{16}
I_4	0018_{16}
I_5	0020_{16}

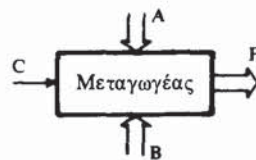
Η διακοπή I_i έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα από τη διακοπή I_j για $i < j$.

9.3. Ένας υποθετικός υπολογιστής χρησιμοποιεί τη διάταξη του παρακάτω σχήματος, για την υλοποίηση των διακοπών με τη μέθοδο αλυσίδας.

- Να εξηγηθεί πως λειτουργεί το προτεινόμενο σύστημα διακοπών.
- Να σχεδιασθεί το κύκλωμα μιας βαθμίδας της αλυσίδας.



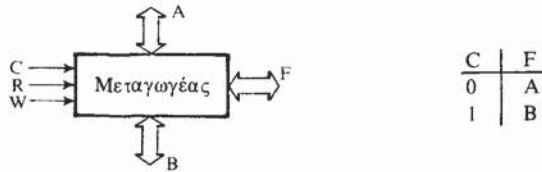
9.4. a) Να σχεδιασθεί ο μεταγωγέας μιας κατευθύνσεως που φαίνεται στο σχήμα:



έτσι ώστε:

C	F
0	A
1	B

β) Να σχεδιασθεί ο μεταγωγέας διπλής κατευθύνσεως, έτσι ώστε να επιτρέψει την αμφίδρομη μεταφορά δεδομένων στις γραμμές A, B και F, όπως φαίνεται στο σχήμα:

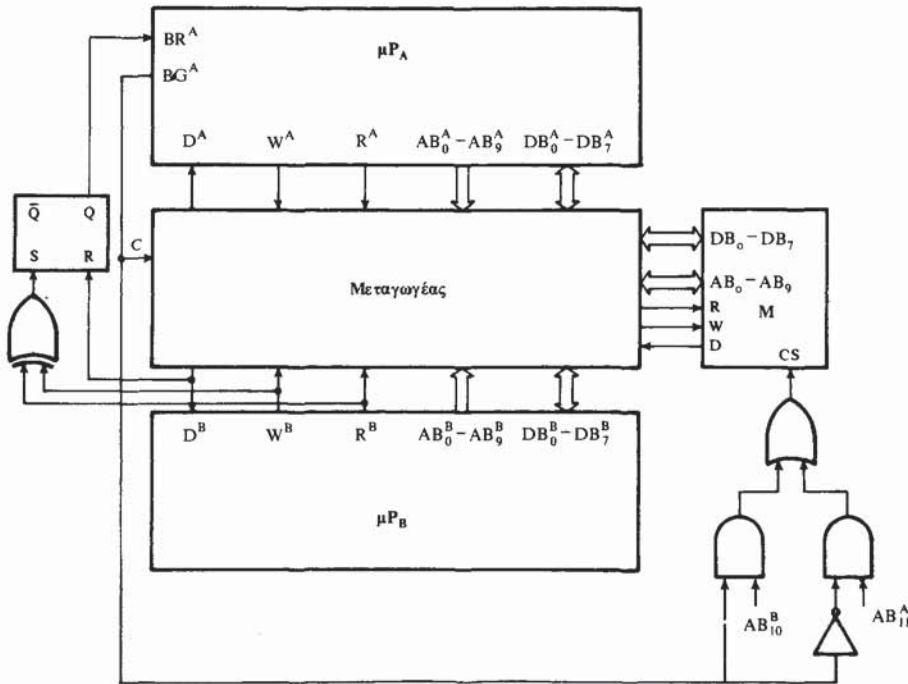


Η ενεργοποίηση του σήματος W καθορίζει τη φορά (A ή B) → F, ενώ η ενεργοποίηση του R καθορίζει τη φορά F → (A ή B).

9.5. Έστω ότι σε κάποιο σύστημα δύο μικροεπεξεργαστές μP_A και μP_B επικοινωνούν με τη μνήμη M ασύγχρονα. Δηλαδή, για την ολοκλήρωση ενός κύκλου ανάγνωσης (ή εγγραφής) είναι απαραίτητο η μνήμη να διεγείρει το σήμα D, έτσι ώστε να πληροφορηθεί ο μP για την ολοκλήρωση του κύκλου αναφοράς στη μνήμη. Ο μP από τη στιγμή που απαιτήσει κύκλο μνήμης μέχρι τη στιγμή που θα λάβει το σήμα D, παραμένει σε κατάσταση αναμονής. Τα σήματα BR και BG είναι τα σήματα "Αίτηση DMA" και "Αναγνώριση DMA" (§ 9.3.5). Ο μεταγωγέας επιτρέπει τη μεταφορά δεδομένων, όπως περιγράφεται στην άσκηση 9.4 (β).

α) Να εξηγηθεί αναλυτικά η διαδικασία με την οποία μπορούν οι μP_A και μP_B να έχουν προσπέλαση στη μνήμη.

β) Να περιγραφεί ο χώρος διευθύνσεων που αντιστοιχεί σε κάθε μP



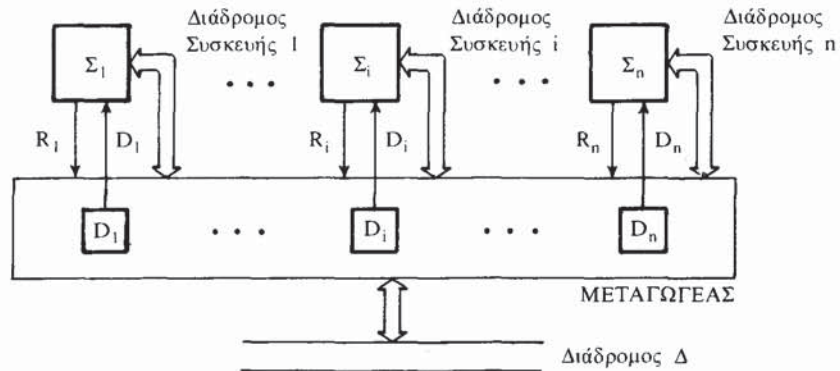
9.6. Να σχεδιασθεί μία προσαρμοστική μονάδα, για τη σύνδεση του υπολογιστή TRN με οθόνη. Να γραφούν επίσης προγράμματα σε συμβολική γλώσσα του TRN για την οδήγηση της οθόνης, έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστης να γράφει/διαβάζει ένα χαρακτήρα στην/από την οθόνη.

9.7. Να περιγραφεί το “σύνολο πληροφοριών μνήμης” για την εξυπηρέτηση διαφόρων περιφερειακών μονάδων (μαγνητικών ταινιών, εκτυπωτή κ.λ.π.), από τον επεξεργαστή E/E 8089.

9.8. Να αποδειχθεί ότι μετά τη λήψη στο δέκτη των ψηφίων της πληροφορίας και των ψηφίων ελέγχου BCC, ο καταχωρητής ολίσθησης του Σχ. 9.28 θα έχει μηδενικό περιεχόμενο.

9.9. Να σχεδιασθεί ένα κύτταρο στη διάταξη κατανεμημένης σειριακής διαιτησίας (Σχ. 9.34) και στη διάταξη κατανεμημένης παράλληλης διαιτησίας.

9.10. Ένα σύνολο n συσκευών απαιτούν έναν κοινό διάδρομο Δ με τα σήματα R_i ($1 \leq i \leq n$), όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Ο διάδρομος Δ



παραχωρείται στη συσκευή i με τη βοήθεια του μεταγωγέα, όταν το flip-flop D_i γίνει "1". Ο διάδρομος κρατείται από τη συσκευή i μέχρις ότου το σήμα R_i γίνει "0" από την ίδια τη συσκευή i . Ενώσω μία συσκευή i χρησιμοποιεί το διάδρομο Δ ($D_i = 1$) δεν είναι δυνατόν μία οποιαδήποτε άλλη συσκευή να πάρει τον έλεγχο του διαδρόμου Δ . Η προτεραιότητα των συσκευών στη χρήση του διαδρόμου Δ μειώνεται με τον αύξοντα αριθμό της συσκευής.

α) Να δοθούν οι λογικές συναρτήσεις των εισόδων των D_i flip-flops, συναρτήσει των σημάτων R_j ($1 \leq j \leq n$) της προηγούμενης χρονικής στιγμής.

β) Να υλοποιηθεί ο παραπάνω μεταγωγέας για $n = 2$, χρησιμοποιώντας και στοιχεία τριών καταστάσεων.