

## 14 ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ

### ΣΚΟΠΟΣ ΤΟΥ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ

- Η παρουσίαση του ρόλου των διαύλων στην ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των βασικών μονάδων του υπολογιστικού συστήματος και των εξωτερικών συσκευών (περιφερειακών)
- Να αναλυθεί η βασική αρχιτεκτονική των κυκλωμάτων προσαρμογής με τις εξωτερικές συσκευές
- Να γίνουν κατανοητές οι βασικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην επικοινωνία

### 14.1 Εισαγωγή

Κάθε υπολογιστικό σύστημα πρέπει να εξασφαλίζει την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των μονάδων του. Όλες οι μονάδες του συστήματος επικοινωνούν μέσω των κοινών διαύλων. Η επικοινωνία μπορεί να αφορά:

- ΚΜΕ – Μνήμη
- ΚΜΕ – Μονάδες Εισόδου/Εξόδου (π.χ. σκληρός δίσκος)
- ΚΜΕ – Θύρες επικοινωνίας (π.χ. RS232, USB)
- Μνήμη - Μονάδες Εισόδου/Εξόδου (π.χ. σκληρός δίσκος με τεχνική DMA)

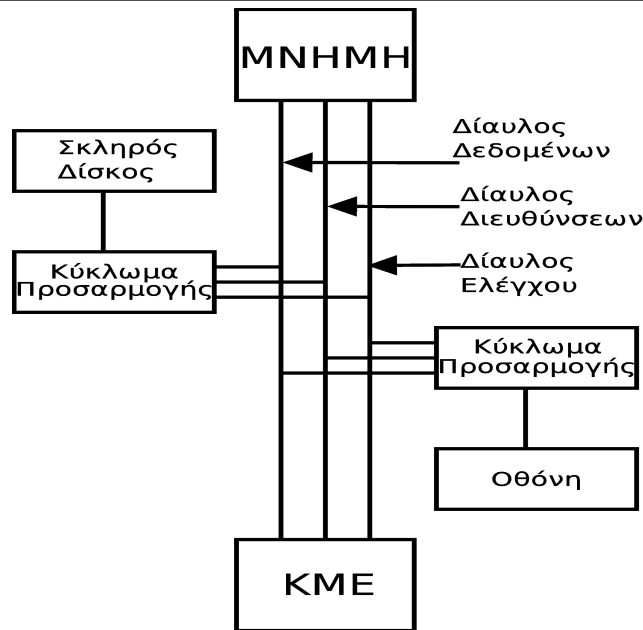
Κάθε μονάδα του συστήματος αντιστοιχίζεται σε μία διεύθυνση ώστε να είναι δυνατή η προσπέλασή της. Έτσι, η μεταφορά πληροφοριών απαιτεί τη χρήση τόσο του διαύλου δεδομένων όσο και του διαύλου διευθύνσεων.

Επιπλέον, υπάρχει και ο διάυλος ελέγχου ο οποίος με τα κατάλληλα σήματα συντονίζει τους υπόλοιπους διαύλους ώστε να γίνεται σωστά η μεταφορά δεδομένων. Σε αυτό το κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε στον τρόπο που υποστηρίζει το υπολογιστικό σύστημα τις περιφερειακές συσκευές όπως η οθόνη, το πληκτρολόγιο, ο σκληρός δίσκος, ο εκτυπωτής, κλπ.

## 14.2 Κυκλώματα προσαρμογής

Κάθε μια από τις παραπάνω συσκευές έχει το δικό της τρόπο λειτουργίας και ανταλλαγής σημάτων με άλλες συσκευές όπως ο υπολογιστής. Αυτό σημαίνει ότι δεν είναι δυνατή η σύνδεσή τους απευθείας στο σύστημα διαύλων του υπολογιστή. Έτσι, σε πρακτικό επίπεδο η υλοποίηση της επικοινωνίας αυτών των περιφερειακών συσκευών απαιτεί την ύπαρξη και χρήση ειδικών κυκλωμάτων προσαρμογής (ονομάζονται συνήθως interface). Κάθε συσκευή απαιτεί ξεχωριστό κύκλωμα προσαρμογής (ΚΠ) που στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελείται από ένα πλήρως προγραμματιζόμενο μικροεπεξεργαστή (ΚΜΕ) ή μικροελεγκτή. Ο έλεγχος και ο προγραμματισμός γίνεται μέσω της γλώσσας assembly. Το σχήμα 14.1 δείχνει τη γενική χρήση ΚΠ (interface) για την υποστήριξη γνωστών περιφερειακών συσκευών.

Σχήμα 14.1 Λογική χρήση κυκλωμάτων προσαρμογής



Η ύπαρξη ειδικών ΚΠ μπορεί να αιτιολογηθεί συνολικά για τους ακόλουθους λόγους:

- Απαιτείται μετατροπή σημάτων αφού οι περιφερειακές συσκευές είναι πολλές φορές ηλεκτρομηχανικά ή ηλεκτρομαγνητικά συστήματα και δεν μπορούν άμεσα να συνδεθούν με την κεντρική μνήμη ή την ΚΜΕ.
- Η κωδικοποίηση των δεδομένων από αυτές τις συσκευές διαφέρει από αυτή που χρησιμοποιεί η ΚΜΕ.
- Ο υπολογιστικός χρόνος της ΚΜΕ πρέπει να αξιοποιείται σωστά και η περιφερειακή συσκευή να εξυπηρετείται όταν πρέπει.
- Πρέπει να επιτυγχάνεται ειδικός συγχρονισμός στην επικοινωνία επειδή οι συσκευές λειτουργούν σε χαμηλότερες ταχύτητες από την ΚΜΕ.

### 14.3 Υποδειγματικό κύκλωμα προσαρμογής

Ένα ΚΠ (σχήμα 14.2) περιλαμβάνει:

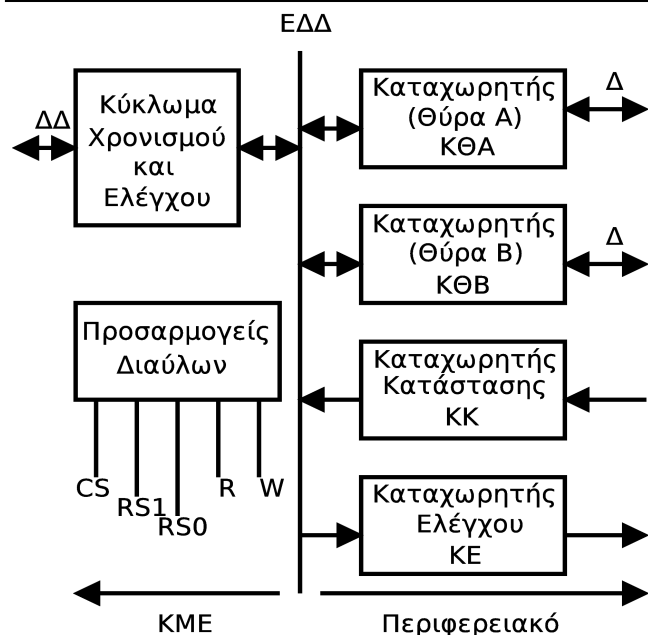
- καταχωρητές (που ονομάζονται θύρες)
- καταχωρητή ελέγχου
- καταχωρητή κατάστασης
- προσαρμογείς διαύλων
- κυκλώματα χρονισμού και ελέγχου

Το ΚΠ είναι συνδεδεμένο με το δίαυλο δεδομένων που εξασφαλίζει την ανταλλαγή δεδομένων (επικοινωνία) με την ΚΜΕ του υπολογιστικού συστήματος.

Τα σήματα CS (Chip Select – Ενεργοποίηση ολοκληρωμένου) και RS (Register Select – ενεργοποίηση καταχωρητή) καθορίζουν τη διεύθυνση που θα αποδοθεί στο ΚΠ. Οι ακροδέκτες W (εγγραφής) και R (ανάγνωσης) καθορίζουν αν θα πραγματοποιηθεί είσοδος ή έξοδος.

Είναι σημαντικό επίσης να αναφερθεί ότι οι τέσσερις καταχωρητές έχουν άμεση επικοινωνία με το κύκλωμα εισόδου/εξόδου του ΚΠ.

**Σχήμα 14.2** Βασική αρχιτεκτονική ΚΠ



Στο σχήμα 14.2 οι κατευθύνσεις στα βέλη των διασυνδέσεων δείχνουν πολύ χαρακτηριστικά τη ροή των σημάτων (έλεγχος και δεδομένα). Παρατηρήστε για παράδειγμα τη ροή σήματος από το περιφερειακό στον καταχωρητή κατάστασης (ΚΚ). Διαβάζοντας το περιεχόμενο αυτού του καταχωρητή μπορούμε να διαπιστώσουμε την κατάσταση στην οποία βρίσκεται το περιφερειακό (π.χ. αν είναι έτοιμο να λάβει δεδομένα - θυμηθείτε και τον καταχωρητή κατάστασης της ΑΛΜ-). Αντίστροφα, η ροή σήματος κατευθύνεται προς το περιφερειακό μέσω του καταχωρητή ελέγχου (ΚΕ) στην περίπτωση που επιχειρείται ο έλεγχός του.

Η επικοινωνία των εσωτερικών μονάδων του ΚΠ γίνεται μέσω του εσωτερικού διαύλου δεδομένων (ΕΔΔ). Η εγγραφή δεδομένων προς το περιφερειακό αλλά και η αντίστοιχη ανάγνωση από αυτό γίνεται μέσω των καταχωρητών ΚΘΑ και ΚΘΒ. Ο πίνακας 14.1 δείχνει με υποδειγματικό τρόπο το πως γίνεται η επιλογή καταχωρητή στο εσωτερικό του ΚΠ μέσω των σημάτων RS1, RS0 και CS.

Πίνακας 14.1 Επιλογή καταχωρητή ΚΠ			
RS1	RS0	CS	Επιλεγμένος καταχωρητής
0	0	1	ΚΘΑ
0	1	1	ΚΘΒ
1	0	1	ΚΕ
1	1	1	ΚΚ
X	X	0	Καμία επιλογή

Στην περίπτωση που ο ακροδέκτης CS βρίσκεται σε στάθμη μηδέν δεν γίνεται καμία επιλογή καταχωρητή στο ΚΠ και οι αντίστοιχες τιμές στα RS1 και RS0 είναι αδιάφορες (τιμή X).

#### 14.4 Τεχνικές επικοινωνίας

Μέχρι τώρα είδαμε και σχολιάσαμε τα κυκλώματα προσαρμογής που μεσολαβούν ώστε να είναι εφικτή η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ εξωτερικών συσκευών και της ΚΜΕ. Ένα άλλο βασικό ζήτημα που αξίζει να παρουσιαστεί είναι η τεχνική σύμφωνα με την οποία μια περιφερειακή συσκευή ζητά από την ΚΜΕ να την εξυπηρετήσει. Επίσης, θα πρέπει να καθοριστεί και ο τρόπος εξυπηρέτησης.

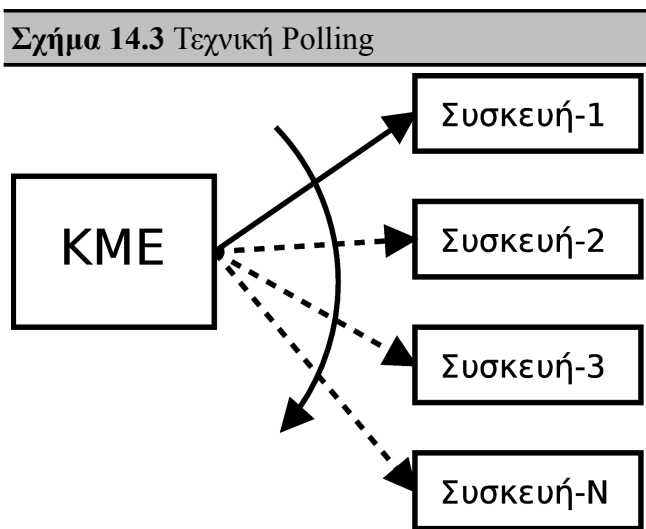
Για κάθε περιφερειακή συσκευή υπάρχει και ένα αντίστοιχο πρόγραμμα στη μνήμη. Για παράδειγμα, όταν μετακινούμε το ποντίκι θα πρέπει το σύστημα να ανιχνεύσει την κίνησή του και να ενεργοποιήσει το αντίστοιχο πρόγραμμα που μετακινεί το δείκτη του ποντικιού στην οθόνη. Άρα, κατά τη μετακίνηση του ποντικιού, το υλικό της συσκευής ειδοποιεί την ΚΜΕ η οποία με τη σειρά της εκτελεί το αντίστοιχο πρόγραμμα εξυπηρέτησης.

Επειδή όμως ο υπολογιστικός χρόνος της ΚΜΕ είναι πολύτιμος (εκτελεί τα προγράμματα του χρήστη) θα πρέπει να υπάρχει ένας αποδοτικός τρόπος σύμφωνα με τον οποίο να γίνεται έξυπνη διαχείριση των αιτημάτων των εξωτερικών συσκευών έτσι ώστε να μην γίνεται κατασπατάληση χρόνου.

## 14.5 Τεχνική Polling

Αυτή ήταν η πρώτη τεχνική επικοινωνίας που εμφανίστηκε. Επειδή ο χρόνος στον οποίο μπορεί να προκύψει κάποιο αίτημα από εξωτερική συσκευή είναι άγνωστος (π.χ. η ΚΜΕ δεν μπορεί να γνωρίζει πότε ο χρήστης θα πιέσει κάποιο πλήκτρο στο πληκτρολόγιο) γίνεται χρήση ενός άπειρου βρόχου που ελέγχει τις αντίστοιχες θύρες για πιθανό αίτημα (σχήμα 14.3). Όπως γίνεται αντιληπτό, η τεχνική αυτή κατασπαταλά το χρόνο της ΚΜΕ ο οποίος αναλώνεται και στον έλεγχο των εξωτερικών συσκευών.

Όταν οι συσκευές είναι πολλές αυτή η τεχνική συνήθως αποφεύγεται. Παρόλα αυτά επειδή σχεδιάζονται και υπολογιστικά συστήματα για εξειδικευμένες εφαρμογές η τεχνική αυτή σε μια δεδομένη περίπτωση μπορεί να φανεί χρήσιμη.



Η τεχνική αυτή παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά (πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα):

### Πλεονεκτήματα

- Εύκολη σχεδίαση του υπολογιστικού συστήματος (σχεδίαση αντίστοιχου υλικού).
- Εύκολη σχεδίαση και υλοποίηση του προγράμματος polling.

### Μειονεκτήματα

- Χρειάζεται αλλαγή το πρόγραμμα Polling όταν προστεθεί μια νέα συσκευή.
- Χρονική καθυστέρηση αφού η ΚΜΕ πρέπει να σταματά το πρόγραμμα του χρήστη προκειμένου να ελέγξει μια συσκευή.
- Όταν για μεγάλο χρονικό διάστημα δεν υπάρχουν καινούργια δεδομένα τότε αυτός ο χρόνος είναι χαμένος και κυρίως έχει αφαιρεθεί από το διαθέσιμο χρόνο εκτέλεσης προγραμμάτων του χρήστη.
- Η τεχνική αυτή βρίσκει εφαρμογή μόνο σε επικοινωνία με αργές συσκευές.

## **14.6 Τεχνική των διακοπών (Interrupts)**

Αυτή η τεχνική είναι η επικρατέστερη στα σημερινά υπολογιστικά συστήματα. Ο βασικός της στόχος είναι η αποφόρτιση της ΚΜΕ από το συνεχή έλεγχο των εξωτερικών συσκευών. Σε αυτή την τεχνική, αντί η ΚΜΕ να ελέγχει τις συσκευές, κάθε εξωτερική συσκευή ειδοποιεί η ίδια όταν χρειάζεται εξυπηρέτηση. Φανταστείτε πόσο αποδοτική είναι αυτή η τεχνική αφού σε διάστημα μιας ώρας για παράδειγμα μια συσκευή μπορεί να απαιτήσει λίγες φορές εξυπηρέτηση και για μερικά δευτερόλεπτα αφήνοντας σχεδόν ολόκληρη την ώρα για την εξυπηρέτηση των προγραμμάτων του χρήστη.

Σε κάθε ΚΜΕ που υποστηρίζει την τεχνική των διακοπών υπάρχει ένας ειδικός ακροδέκτης ο οποίος ενεργοποιείται μόνο όταν κάποια συσκευή ζητήσει εξυπηρέτηση. Ο έλεγχος της κατάσταση αυτού το ακροδέκτη γίνεται από το εσωτερικό της ΚΜΕ. Έτσι, υποστηρίζονται γρήγορες συσκευές ενώ ταυτόχρονα αξιοποιείται ο υπολογιστικός χρόνος για τα προγράμματα του χρήστη. Το βασικό μειονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι η πολυπλοκότητα των κυκλωμάτων διασύνδεσης των εξωτερικών συσκευών που υποστηρίζουν διακοπές. Επειδή σε ένα σύγχρονο υπολογιστικό σύστημα υπάρχουν συνήθως πολλές συνδεδεμένες συσκευές, υπάρχει η ανάγκη θέσπισης κανόνων που να καθορίζουν την ταυτότητα της συσκευής που ζητά εξυπηρέτηση αλλά και την αντίστοιχη προτεραιότητα.

Αυτοί οι κανόνες καθορίζονται και υλοποιούνται από ένα ειδικό ψηφιακό κύκλωμα το οποίο ονομάζεται προγραμματιζόμενος ελεγκτής διακοπών και αναλαμβάνει την αποστολή κατάλληλων σημάτων στον ακροδέκτη διακοπών της ΚΜΕ.

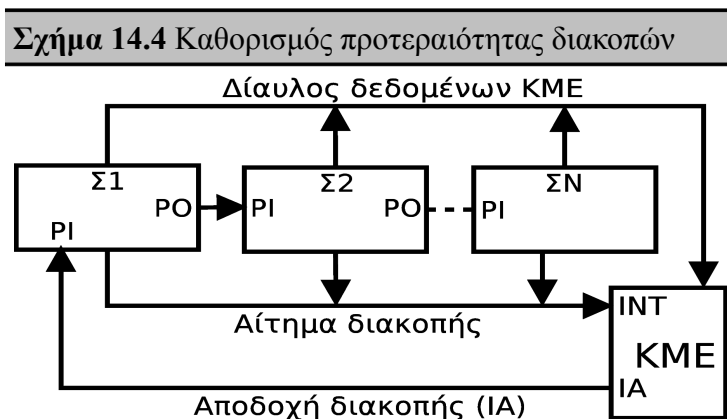
### 14.7 Προτεραιότητα διακοπών

Σε ένα σύστημα με πολλές εξωτερικές συσκευές, πρέπει να καθορίζονται:

- ο αριθμός της συσκευής που ζήτησε εξυπηρέτηση
- η προτεραιότητα της εξυπηρέτησης
- ποιο πρόγραμμα θα ενεργοποιείται για την εξυπηρέτηση της συσκευής

Ένας απλός τρόπος για τον καθορισμό της προτεραιότητας εξυπηρέτησης είναι η σειρά διασύνδεσης των συσκευών. Αυτό σημαίνει ότι δημιουργείται μια αλυσίδα συσκευών στην οποία κάποια βρίσκεται πρώτη και κάποια τελευταία. Έτσι, εξυπηρετείται η πρώτη συσκευή αν προκαλέσει διακοπή και στη συνέχεια η επόμενη (δεύτερη) εφόσον η πρώτη δεν έχει ζητήσει εξυπηρέτηση.

Όλες οι συσκευές είναι συνδεδεμένες σε μια κοινή γραμμή διακοπών αλλά εξυπηρετείται μόνο αυτή που θα πάρει το OK (IA- interrupt acknowledge) από την ΚΜΕ. Για να φτάσει το σήμα IA σε μια συσκευή θα πρέπει προηγουμένως να περάσει από όλες τις υπόλοιπες που προηγούνται. Αυτό σημαίνει ότι μια συσκευή λαμβάνει αυτό το σήμα μόνο στην περίπτωση που οι άλλες συσκευές που προηγούνται δεν έχουν προκαλέσει διακοπή για να ζητήσουν εξυπηρέτηση. Στο σχήμα 14.4 φαίνεται η διάταξη των συσκευών με τη ροή των αντίστοιχων σημάτων.





Στο σχήμα 14.4 φαίνονται οι συνδεδεμένες συσκευές (συσκευή 1 – Σ1, συσκευή 2 – Σ2 και συσκευή N – ΣN). Όταν η Σ1 ζητήσει διακοπή τότε γίνεται ενεργοποίηση του ακροδέκτη INT της ΚΜΕ η οποία εφόσον αποδεχτεί το αίτημα στέλνει σήμα αποδοχής ΙΑ το οποίο λαμβάνει μόνο η Σ1 μέσω του ακροδέκτη ΡΙ (Priority Input) που βρίσκεται συνδεδεμένη πρώτη και έχει τη μεγαλύτερη προτεραιότητα σε σχέση με τις άλλες συσκευές.

Στη διάρκεια εξυπηρέτησης της Σ1 δεν παράγεται έξοδος ΡΟ (Priority Output) με αποτέλεσμα οι υπόλοιπες συσκευές (Σ2 έως ΣN) να μη λάβουν σήμα αποδοχής σε πιθανό αίτημα διακοπής που μπορεί να έχουν κάνει.

Στην περίπτωση που προκαλέσει διακοπή η Σ2, το αντίστοιχο αίτημα φτάνει στον ακροδέκτη INT της ΚΜΕ η οποία αν το αποδεχτεί στέλνει σήμα αποδοχής ΙΑ το οποίο όμως πάλι λαμβάνει η Σ1. Εφόσον η Σ1 δεν έχει προκαλέσει διακοπή, προωθεί το σήμα αποδοχής μέσω του ακροδέκτη της ΡΟ με αποτέλεσμα να το λάβει η Σ2 μέσω του δικού της ακροδέκτη ΡΙ και έτσι να προχωρήσει η διαδικασία εξυπηρέτησης της Σ2.

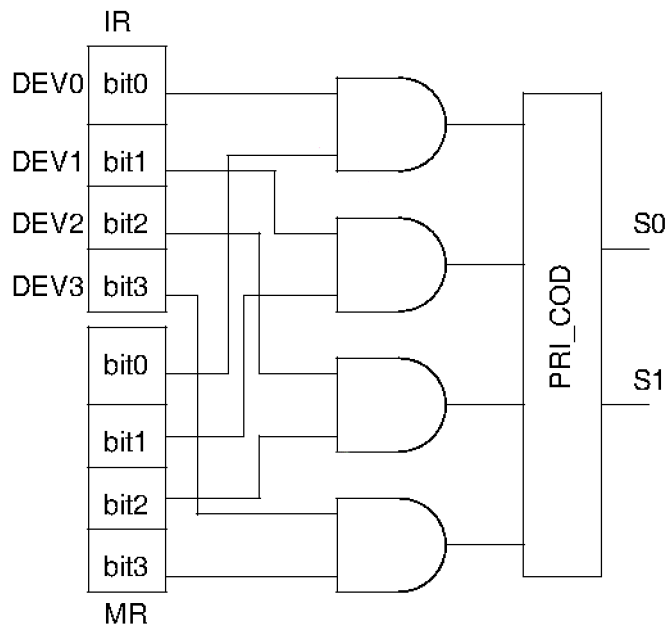
Τέλος, όταν μια συσκευή λάβει το σήμα αποδοχής, μεταφέρει ένα είδος διεύθυνσης στην ΚΜΕ μέσω του διαύλου δεδομένων της που δίνει πληροφορίες για το πως θα ενεργοποιηθεί το πρόγραμμα εξυπηρέτησης της συγκεκριμένης διακοπής.

### **14.8 Κύκλωμα ελέγχου διακοπών με μάσκα**

Χρησιμοποιώντας ότι έχει παρουσιαστεί ως τώρα αναφορικά με τη διαχείριση των διακοπών, υπάρχει η δυνατότητα να σχεδιάσουμε ένα κύκλωμα το οποίο όχι μόνο να ρυθμίζει την προτεραιότητα των διακοπών αλλά και το αν θα επιτρέπεται η αναγνώριση διακοπών από συγκεκριμένες συσκευές.

Τα βασικά συστατικά ενός τέτοιου κυκλώματος είναι ένας κωδικοποιητής προτεραιότητας ο οποίος παράγει έξοδο κατά προτεραιότητα εάν υπάρχουν περισσότερες από μια γραμμές εισόδου ενεργοποιημένες και μια δυαδική ακολουθία αποθηκευμένη σε καταχωρητή η οποία καθορίζει από ποια συσκευή επιτρέπεται να μεταφέρεται αίτημα διακοπής. Το σχήμα 14.5 δείχνει ένα υποδειγματικό κύκλωμα που ρυθμίζει την προτεραιότητα αλλά και το αν θα επιτρέπονται αιτήματα διακοπών από συγκεκριμένες συσκευές.

**Σχήμα 14.5** Κύκλωμα ελέγχου διακοπών



Στο κύκλωμα του σχήματος 14.5 ο κωδικοποιητής προτεραιότητας παράγει ως έξοδο μια πληροφορία των 2 bit που αντιστοιχεί στην είσοδο που ενεργοποιήθηκε. Η ενεργοποίηση μιας εισόδου σημαίνει ότι κάποια από τις τέσσερις συσκευές (DEV0 έως DEV3) έκανε αίτημα διακοπής. Αν περισσότερες από μια συσκευές προκαλέσουν διακοπή τότε ο κωδικοποιητής μεταφέρει στην έξοδο τα 2 bit που αντιστοιχούν στην πρώτη είσοδό του ή στην είσοδο που βρίσκεται πιο κοντά στον πρώτο ακροδέκτη.

Για να είναι δυνατή η μεταφορά σήματος διακοπής στην είσοδο του κωδικοποιητή θα πρέπει η αντίστοιχη πύλη AND να τροφοδοτηθεί με δύο ψηφία που να έχουν την τιμή 1. Τα bit του καταχωρητή μάσκας (MR) προσδιορίζονται ξεχωριστά και καθορίζουν αν επιτρέπονται διακοπές από κάποια συσκευή.

Αν η συσκευή DEV0 στείλει αίτημα διακοπής (ενημέρωση του αντίστοιχου bit του καταχωρητή διακοπών - IR), τότε αυτό θα φτάσει στον κωδικοποιητή όταν και το αντίστοιχο bit του καταχωρητή μάσκας (MR) είναι επίσης 1 ώστε η κατάλληλη πύλη AND να δώσει 1 στην έξοδο της.