

Ενότητα 6^η: Αποκτώντας πρόσβαση στην αρτηρία.

Σκοπός Ο σκοπός της ενότητας αυτής είναι να περιγράψει τους τρόπους με τους οποίους οι διάφορες συσκευές που είναι συνδεδεμένες στην αρτηρία μπορούν όλες να εξυπηρετηθούν από αυτή, με τη βοήθεια των κυρίων αρτηρίας και να παρουσιάσει τα σχήματα διαίτησας αρτηρίας.

Προσδοκώμενα Αποτελέσματα Όταν θα έχετε μελετήσει την ενότητα, θα είστε σε θέση να:



περιγράφετε τον τρόπο απόκτησης πρόσβασης στην αρτηρία,



προσδιορίζετε το ρόλο του κυρίου αρτηρίας,



απαριθμείτε τα κριτήρια επιλογής των σχημάτων διαίτησας,



κατηγοριοποιείτε τα σχήματα διαίτησας.



κύριος αρτηρίας, διαίτησας αρτηρίας



Η πρόσβαση στην αρτηρία

Τώρα που έχουμε αναλύσει μερικές από τις πολλές σχεδιαστικές επιλογές για τις αρτηρίες μπορούμε να ασχοληθούμε με ένα από τα σημαντικότερα θέματα στη σχεδίαση αρτηριών: Πώς μία αρτηρία δεσμεύεται από μία συσκευή που επιθυμεί να την χρησιμοποιήσει για επικοινωνία;

■ Σχήμα ελέγχου για την πρόσβαση στην αρτηρία

Γιατί χρειάζεται ένα σχήμα για τον έλεγχο της πρόσβασης στην αρτηρία; Αν δεν υπήρχε κανένας έλεγχος, στην περίπτωση που πολλές συσκευές θα επιθυμούσαν να επικοινωνήσουν, θα μπορούσε η καθεμία να προσπαθήσει να ενεργοποιήσει τις γραμμές ελέγχου και δεδομένων ταυτόχρονα με τις υπόλοιπες! Όπως ακριβώς κυβερνά το χάος σε μία τάξη μαθητών, όταν όλοι μιλούν μαζί, έτσι και όταν πολλές συσκευές προσπαθούν να χρησιμοποιήσουν την αρτηρία ταυτόχρονα, το αποτέλεσμα θα είναι η σύγχυση.



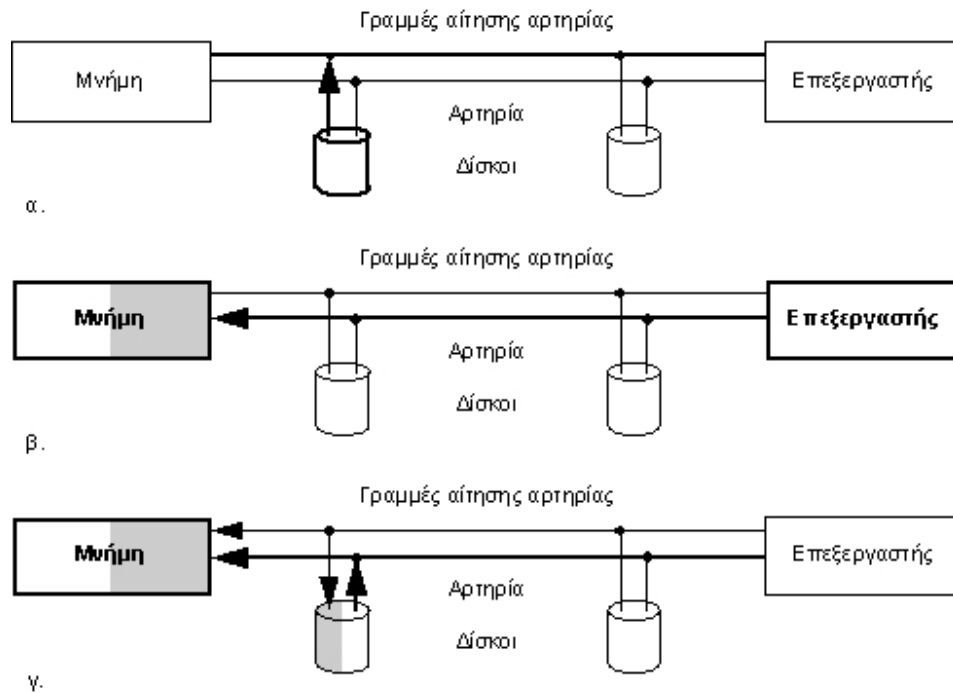
Το χάος αποφεύγεται με την εισαγωγή ενός ή περισσότερων κυρίων αρτηρίας (bus masters) στο σύστημα. Ένας κύριος αρτηρίας ελέγχει την πρόσβαση στην αρτηρία· πρέπει να εκκινεί και να ελέγχει όλες τις αιτήσεις αρτηρίας.

Ο επεξεργαστής πρέπει να μπορεί να εκκινήσει μία αίτηση αρτηρίας για τη μνήμη και συνεπώς είναι πάντοτε κύριος αρτηρίας. Η μνήμη είναι συνήθως ένας δούλος (slave), αφού θ' αποκρίνεται σε αιτήσεις ανάγνωσης και εγγραφής, αλλά ποτέ δε θα παράγει δικές της αιτήσεις.

■ Σύστημα με ένα κύριο αρτηρίας

Το απλούστερο δυνατό σύστημα έχει ένα μόνο κύριο αρτηρίας, τον επεξεργαστή. Το να έχουμε ένα κύριο αρτηρίας είναι παρόμοιο με αυτό που συμβαίνει συνήθως σε μία τάξη – όλες οι απόπειρες επικοινωνίας απαιτούν την άδεια του καθηγητή. Σε ένα σύστημα απλού κυρίου, όλες οι αιτήσεις αρτηρίας πρέπει να ελέγχονται από τον επεξεργαστή.

Τα βήματα που περιλαμβάνονται σε μία συναλλαγή αρτηρίας με μία αρτηρία απλού κυρίου φαίνονται στο σχήμα 5.6.1



Σχήμα 5.6.1 - Τα αρχικά βήματα σε μία συναλλαγή αρτηρίας με ένα μόνο κύριο (τον επεξεργαστή). Ένα σύνολο γραμμών αίτησης αρτηρίας χρησιμοποιείται από τη συσκευή για να επικοινωνήσει με τον επεξεργαστή, ο οποίος κατόπιν ξεκινά τον κύκλο αρτηρίας για λογαριασμό της συσκευής που έκανε την αίτηση. Οι ενεργές γραμμές και μονάδες φαίνονται έντονες σε κάθε βήμα. Η σκίαση χρησιμοποιείται για να δηλώσει την πηγή μίας ανάγνωσης (μνήμη) ή τον προορισμό μίας εγγραφής (ο δίσκος). Μετά το βήμα (γ), ο κύκλος αρτηρίας συνεχίζει σαν μία κανονική συναλλαγή ανάγνωσης, όπως στο σχήμα 5.3.2. **(α)** Πρώτον, η συσκευή παράγει μία αίτηση αρτηρίας για να δηλώσει στον επεξεργαστή ότι θέλει να χρησιμοποιήσει την αρτηρία. **(β)** Ο επεξεργαστής αποκρίνεται και παράγει κατάλληλα σήματα ελέγχου αρτηρίας. Για παράδειγμα, αν η συσκευή θέλει να εκτελέσει έξοδο από τη μνήμη, ο επεξεργαστής ενεργοποιεί τις γραμμές αίτησης ανάγνωσης προς τη μνήμη. **(γ)** Ο επεξεργαστής ειδοποιεί επίσης τη συσκευή ότι η αίτηση αρτηρίας της ικανοποιείται αυτή τη στιγμή· συνεπώς, η συσκευή γνωρίζει ότι μπορεί να χρησιμοποιήσει την αρτηρία και τοποθετεί τη διεύθυνση για την αίτηση στην αρτηρία.



ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

Μπορείτε να προσδιορίσετε το μειονέκτημα της προσέγγισης στην οποία υπάρχει μόνο ένας κύριος αρτηρίας, ο επεξεργαστής. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας, δίνοντας ένα παράδειγμα.



ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 1

Το κύριο μειονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι πως ο επεξεργαστής πρέπει να εμπλέκεται σε κάθε συναλλαγή αρτηρίας. Για παράδειγμα, το διάβασμα ενός απλού τομέα δίσκου μπορεί να απαιτεί από τον επεξεργαστή να εμπλακεί εκατοντάδες με χιλιάδες φορές, ανάλογα με το μέγεθος κάθε μεταφοράς δεδομένων από ή προς το δίσκο. Επειδή οι συσκευές γίνονται ταχύτερες και ικανές να κάνουν μεταφορές με πολύ υψηλότερο εύρος ζώνης, η εμπλοκή του επεξεργαστή σε κάθε συναλλαγή αρτηρίας έχει γίνει ολοένα και λιγότερο ελκυστική.

Εναλλακτική οργάνωση με πολλαπλούς κυρίους

Το εναλλακτικό σχήμα στην παραπάνω οργάνωση θα είναι να έχουμε πολλαπλούς κυρίους αρτηρίας, καθένας από τους οποίους θα έχει την εξουσιοδότηση να εκκινήσει μία μεταφορά. Αν θέλουμε να επιτρέψουμε σε αρκετούς ανθρώπους σε μία τάξη να μιλήσουν χωρίς να χρειάζεται ο καθηγητής να δίνει το δικαίωμα σε καθένα από αυτούς, πρέπει να έχουμε ένα πρωτόκολλο για να αποφασίσουμε ποιος έχει σειρά να μιλήσει.



Παρόμοια, με πολλαπλούς κυρίους αρτηρίας, πρέπει να παρέχουμε ένα μηχανισμό διαιτησίας για την πρόσβαση στο αρτηρία έτσι ώστε αυτή να χρησιμοποιείται με ένα πνεύμα συνεργασίας και όχι χάους.

Αυτός ο μηχανισμός, η διαιτησία αρτηρίας, περιγράφεται παρακάτω.



Διαιτησία Αρτηρίας

Η λήψη της απόφασης για το ποιος κύριος αρτηρίας ή απλή συσκευή έχει σειρά να χρησιμοποιήσει την αρτηρία ονομάζεται διαιτησία αρτηρίας (bus arbitration).

Υπάρχει μία μεγάλη ποικιλία σχημάτων για τη διαιτησία αρτηρίας: αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν ειδικό υλικό (hardware) ή εξαιρετικά πολύπλοκα πρωτόκολλα αρτηρίας. Σε ένα σχήμα διαιτησίας αρτηρίας, μία συσκευή (ή ο επεξεργαστής) που θέλει να χρησιμοποιήσει την αρτηρία δίνει ένα **σήμα αίτησης αρτηρίας (bus request)** στο διαιτητή και αργότερα της **εκχωρείται (granted)** η αρτηρία. Μετά από μία εκχώρηση, η συσκευή μπορεί να χρησιμοποιήσει την αρτηρία, και αργότερα να ειδοποιήσει το διαιτητή πως δε χρειάζεται πλέον την αρτηρία. Ο διαιτητής μπορεί τότε να εκχωρήσει την αρτηρία σε μία άλλη συσκευή.



Οι πιο πολλές αρτηρίες πολλών κυρίων έχουν ένα *σύνολο γραμμών* για την εκτέλεση των αιτήσεων και των εκχωρήσεων. Χρειάζεται επίσης μία *γραμμή αποδέσμευσης* της αρτηρίας, αν κάθε συσκευή δεν έχει τη δική της γραμμή αίτησης. Μερικές φορές τα σήματα που χρησιμοποιούνται για τη διαιτησία αρτηρίας χρησιμοποιούν ξεχωριστές γραμμές, ενώ σε άλλα συστήματα χρησιμοποιούνται για αυτή τη λειτουργία οι γραμμές δεδομένων της αρτηρίας (αν και αυτό αποκλείει τη χρονική επικάλυψη της διαιτησίας με τη μεταφορά δεδομένων).

▣ Κριτήρια επιλογής από το σχήμα διαιτησίας

Τα σχήματα διαιτησίας συνήθως προσπαθούν να εξισορροπήσουν δύο παράγοντες όταν επιλέγουν τη συσκευή στην οποία θα εκχωρηθεί η αρτηρία.

1. Πρώτον, κάθε συσκευή έχει μία **προτεραιότητα αρτηρίας (bus priority)** και η συσκευή με την υψηλότερη προτεραιότητα θα πρέπει να εξυπηρετείται πρώτη.
2. Δεύτερον, θα προτιμούσαμε οποιαδήποτε συσκευή, ακόμα και μία με χαμηλή προτεραιότητα, να μην αποκλειστεί ποτέ από το αρτηρία. Αυτή η ιδιότητα, που ονομάζεται **δικαιοκρισία (fairness)**, εγγυάται ότι κάθε συσκευή που θέλει να χρησιμοποιήσει την αρτηρία θα τη χρησιμοποιήσει κάποια στιγμή.

Εκτός από τους παραπάνω παράγοντες, πιο πολύπλοκα σχήματα βοηθούν στην **ελάττωση της επιβάρυνσης** που επιφέρει η διαιτησία αρτηρίας. Επειδή αυτή η επιβάρυνση αυξάνει τη συνολική καθυστέρηση στην εξυπηρέτηση, θα πρέπει να ελαττωθεί και να επικαλυφθεί με τις μεταφορές αρτηρίας - όποτε αυτό είναι δυνατό.



ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

- Να περιγράψετε σε 10 το πολύ γραμμές τι είναι η διαιτησία αρτηρίας και ποια είναι τα κριτήρια τα οποία πρέπει να τηρεί έτσι ώστε να είναι αποδοτική. Αν δυσκολεύεστε να απαντήσετε στην ερώτηση αυτή κρίνεται σκόπιμο να επαναλάβετε την ανάγνωση της παραγράφου που μόλις διαβάσατε.
- Με ποιον τρόπο τα κριτήρια για τη διαιτησία της αρτηρίας έρχονται σε αντίθεση μεταξύ τους; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 2

Μπορείτε να προσδιορίσετε το μειονέκτημα της προσέγγισης στην οποία υπάρχει μόνο ένας κύριος αρτηρίας, ο επεξεργαστής. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας, δίνοντας ένα παράδειγμα.

▣ Κατηγορίες σχημάτων διαιτησίας

Τα σχήματα διαιτησίας αρτηρίας μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες:

1. Διαιτησία διάταξης (*daisy chain arbitration*)
2. Κεντρική, παράλληλη διαιτησία (*centralized, parallel arbitration*)
3. Κατανεμημένη διαιτησία μέσω αυτεπιλογής (*distributed arbitration by self-selection*)
4. Κατανεμημένη διαιτησία μέσω ανίχνευσης συγκρούσεων (*distributed arbitration by collision detection*)

Στη συνέχεια αναλύονται τα σχήματα διαιτησίας αρτηρίας.

❖ Διαιτησία διάταξης

Σε αυτό το σχήμα, η γραμμή εκχώρησης αρτηρίας διαπερνά τις συσκευές από αυτές με την υψηλότερη προτεραιότητα προς αυτές με τη χαμηλότερη (οι προτεραιότητες προσδιορίζονται από τη θέση τους στην αρτηρία, δηλαδή οι συσκευές είναι τοποθετημένες στην αρτηρία με βάση την προτεραιότητά τους).

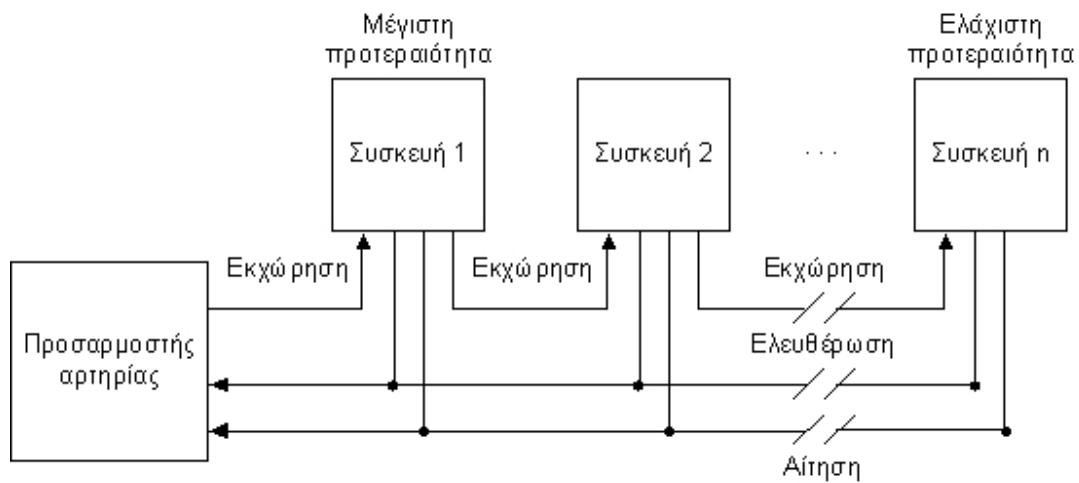
Μία συσκευή υψηλής προτεραιότητας που επιθυμεί πρόσβαση στην αρτηρία απλά δεσμεύει το σήμα εκχώρησης αρτηρίας, απαγορεύοντας σε μία συσκευή χαμηλότερης προτεραιότητας να δει το σήμα. Το σχήμα 5.6.2 δείχνει πώς είναι οργανωμένη μία

αρτηρία διάταξης. Μια περαιτέρω μελέτη αυτού του πρωτοκόλλου δίνεται ξεχωριστά μετά την περιγραφή όλων των σχημάτων διαιτησίας.

Το πλεονέκτημα μίας αρτηρίας διάταξης είναι η απλότητα της. Τα μειονεκτήματα είναι η αδυναμία εξασφάλισης δικαιοκρασίας – μία αίτηση χαμηλής προτεραιότητας μπορεί να αγνοηθεί για αόριστο χρονικό διάστημα – και επιπλέον η χρήση του σήματος εκχώρησης διάταξης περιορίζει την ταχύτητα της αρτηρίας.



Η αρτηρία VME (τα χαρακτηριστικά της φαίνονται στον πίνακα της ενότητας 4), μία πρότυπη αρτηρία κεντρικής πλακέτας, χρησιμοποιεί ένα πλήθος σχημάτων διαιτησίας διάταξης για διαιτησία.



Σχήμα 5.6.2 - Μία αρτηρία διάταξης (daisy chain bus) χρησιμοποιεί μία γραμμή εκχώρησης αρτηρίας η οποία διατρέχει κάθε συσκευή από την υψηλότερη στη χαμηλότερη προτεραιότητα. Αν η συσκευή έχει ζητήσει πρόσβαση στην αρτηρία, χρησιμοποιεί τη γραμμή εκχώρησης για να δείξει ότι απέκτησε πρόσβαση. Επειδή η γραμμή εκχώρησης ενεργοποιείται μόνο αν μία συσκευή δε θέλει πρόσβαση, η προτεραιότητα είναι χτισμένη μέσα στο σχήμα. Η ονομασία “daisy chain” προκύπτει από τη δομή της γραμμής εκχώρησης η οποία μεταβαίνει (chains) από συσκευή σε συσκευή.

❖ *Κεντρική, παράλληλη διαιτησία*

Αυτό το σχήμα χρησιμοποιεί πολλαπλές γραμμές αιτήσεων και οι συσκευές ζητούν την αρτηρία ανεξάρτητα.

Ένας **κεντρικός διαιτητής επιλέγει** μεταξύ των συσκευών που ζητούν πρόσβαση στο αρτηρία και επισημαίνει στη συσκευή που επέλεξε ότι είναι τώρα κύριος της αρτηρίας. Το **μειονέκτημα** αυτού του σχήματος είναι πως απαιτεί έναν κεντρικό διαιτητή, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει συμφόρηση στη χρήση της αρτηρίας.

❖ *Κατανεμημένη διαιτησία μέσω αυτεπιλογής*

Αυτά τα σχήματα χρησιμοποιούν επίσης πολλαπλές γραμμές αιτήσεων, αλλά οι ίδιες οι συσκευές που ζητούν πρόσβαση στην αρτηρία καθορίζουν σε ποιον θα εκχωρηθεί η πρόσβαση.

Κάθε συσκευή που επιθυμεί πρόσβαση στην αρτηρία τοποθετεί στην αρτηρία ένα κωδικό που δηλώνει την ταυτότητά της. Εξετάζοντας την αρτηρία, οι συσκευές μπορούν να διακρίνουν εκείνη τη συσκευή που έχει τη μέγιστη προτεραιότητα, από όσες έχουν κάνει κάποια αίτηση. **Δεν υπάρχει ανάγκη ύπαρξης κεντρικού διαιτητή**· κάθε συσκευή προσδιορίζει ανεξάρτητα από τις άλλες αν έχει την υψηλότερη προτεραιότητα από τις υπόλοιπες συσκευές που αιτούνται για την αρτηρία.

Φυσιολογικό είναι αυτό το σχήμα να απαιτεί περισσότερες γραμμές για σήματα αίτησης. Η NuBus(βλέπε χαρακτηριστικά στον πίνακα της ενότητας 4), η οποία είναι η αρτηρία κεντρικής πλακέτας στον Apple Macintosh II, χρησιμοποιεί αυτό το σχήμα.

❖ *Κατανεμημένη διαιτησία μέσω ανίχνευσης συγκρούσεων*

Σε αυτό το σχήμα, **κάθε συσκευή ζητά ανεξάρτητα την αρτηρία**. Πολλαπλές ταυτόχρονες αιτήσεις καταλήγουν σε μία **σύγκρουση** (collision). Η σύγκρουση διαπιστώνεται και χρησιμοποιείται ένα σχήμα για την επίλυση της. Τα **Ethernet** δίκτυα χρησιμοποιούν αυτό το σχήμα.



Η καταλληλότητα των διαφορετικών σχημάτων διαιτησίας καθορίζεται από ένα πλήθος παραγόντων όπως το πόσο επεκτάσιμη πρέπει να είναι η αρτηρία με βάση τόσο το πλήθος των συσκευών I/O όσο και το μήκος της αρτηρίας, πόσο γρήγορη πρέπει να είναι η διαιτησία της αρτηρίας και πόσο δίκαιοι χρειάζεται να είμαστε.

▣ **Περαιτέρω μελέτη του πρωτοκόλλου αρτηρίας διάταξης**

Τα βήματα που ακολουθούνται από μία συσκευή σε μία αρτηρία που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο διάταξης είναι:

1. Ειδοποίησε τη γραμμή αίτησης.
2. Περίμενε για την ενεργοποίηση της γραμμής εκχώρησης (μία μετάβαση της γραμμής εκχώρησης από τη χαμηλή στην υψηλή προτεραιότητα) πράγμα που δηλώνει ότι η αρτηρία επανεκχωρείται. Δέσμευσε το σήμα εκχώρησης και απαγόρευσε σε συσκευές χαμηλότερης προτεραιότητας να το δουν. Ρίξε το σήμα αίτησης.
3. Χρησιμοποίησε την αρτηρία.
4. Ειδοποίησε πως δεν απαιτείται πλέον η αρτηρία, ενεργοποιώντας τη γραμμή αποδέσμευσης.



Για να βελτιώσουμε τη δικαιοκρασία σε ένα σχήμα διάταξης, μπορούμε απλώς να εφαρμόσουμε τον κανόνα πως μία συσκευή που έχει μόλις χρησιμοποιήσει την αρτηρία δε μπορεί να ξαναζητήσει την αρτηρία μέχρι να δει τη γραμμή αίτησης να είναι ελεύθερη. Από τη στιγμή που μία συσκευή δε θα αποδεσμεύσει τη γραμμή αίτησης μέχρι η αίτησή της να ικανοποιηθεί, όλες οι συσκευές θα έχουν μία ευκαιρία να χρησιμοποιήσουν την αρτηρία, προτού μία συγκεκριμένη συσκευή τη χρησιμοποιήσει δύο φορές. Μερικά συστήματα αρτηρίας – για παράδειγμα η VME – χρησιμοποιούν πολλαπλές διατάξεις με ξεχωριστό σύνολο γραμμών αίτησης και εκχώρησης για κάθε

διάταξη και έναν κωδικοποιητή προτεραιότητας για την επιλογή ανάμεσα σε πολλές αιτήσεις.



ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3

- Να απαριθμήσετε τις τέσσερις βασικές κατηγορίες σχημάτων διαιτησίας και να περιγράψετε συνοπτικά τη λειτουργία καθενός από αυτά. Να συγκρίνετε την απάντησή σας με την παράγραφο «Κατηγορίες σχημάτων διαιτησίας».
- Να επιλέξετε ποιο από τα τέσσερα σχήματα διαιτησίας αρμόζει στο σύστημα που έχει τον επεξεργαστή ως μοναδικό κύριο αρτηρία. Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 3

Το σχήμα που αρμόζει στην περίπτωση του επεξεργαστή ως μοναδικού κυρίου αρτηρίας είναι αυτό της κεντρικής, παράλληλης διαιτησίας. Αυτό το σχήμα χρησιμοποιεί ένα κεντρικό διαιτητή (στην περίπτωσή μας, τον επεξεργαστή), που επιλέγει μεταξύ των συσκευών που ζητούν πρόσβαση στο αρτηρία και επισημαίνει στη συσκευή που επέλεξε ότι είναι τώρα κύριος της αρτηρίας.



Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν...



Ένας κύριος αρτηρίας διευθετεί το πιθανό χάος που επικρατεί όταν πολλές συσκευές ζητούν πρόσβαση. Ελέγχει την πρόσβαση στην αρτηρία και πρέπει να εκκινεί και να εμποτεύει όλες τις αιτήσεις αρτηρίας.



Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ένας κύριος για τον έλεγχο της αρτηρίας – ο επεξεργαστής. Όμως επειδή αυτό θα σημαίνει ότι σε κάθε συναλλαγή θα εμπλέκεται ο επεξεργαστής, κάτι το οποίο μειώνει την απόδοσή του, είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε πολλαπλούς κύριους αρτηρίας.



Με τα πρωτόκολλα διαιτησίας αρτηρίας καθορίζουμε ποιος κύριος θα χρησιμοποιήσει την αρτηρία στη συνέχεια.



Κατά τη διαιτησία αρτηρίας προσπαθούμε να εξυπηρετούμε πρώτα τις συσκευές με την υψηλότερη προτεραιότητα, αλλά ταυτόχρονα να μην αφήνουμε καμία συσκευή να αποκλειστεί από την αρτηρία, ακόμα και αυτές με χαμηλότερη προτεραιότητα.



Έχουμε 4 βασικά σχήματα διαιτησίας αρτηρίας:

1. διαιτησία διάταξης
2. κεντρική, παράλληλη διαιτησία
3. κατανεμημένη διαιτησία μέσω αυτεπιλογής, και
4. κατανεμημένη διαιτησία μέσω ανίχνευσης συγκρούσεων.