

## Ενότητα 5<sup>η</sup>: Σύγχρονες και ασύγχρονες αρτηρίες- Πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής

**Σκοπός** Ο σκοπός της ενότητας αυτής είναι να περιγράψει τη λειτουργία των σύγχρονων και ασύγχρονων αρτηριών και να παρουσιάσει το πρωτόκολλο χειραψίας και το πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής.

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



περιγράφετε τη λειτουργία των σύγχρονων και ασύγχρονων αρτηριών,



συγκρίνετε τις σύγχρονες και ασύγχρονες αρτηρίες,



προσδιορίζετε το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται σε κάθε αρτηρία,



περιγράφετε τα βήματα τα οποία εκτελούνται στο πρωτόκολλο χειραψίας και στο πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής.



σύγχρονη αρτηρία, ασύγχρονη αρτηρία, πρωτόκολλο χειραψίας,  
πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής



## Σύγχρονες και Ασύγχρονες Αρτηρίες

Οι ουσιώδεις διαφορές ανάμεσα στους διαφορετικούς τύπους αρτηριών οδηγούν σε δύο διαφορετικά σχήματα για την επικοινωνία στην αρτηρία: το σύγχρονο (synchronous) και το ασύγχρονο (asynchronous).

### Σύγχρονη αρτηρία

Μια σύγχρονη αρτηρία περιλαμβάνει ρολόι σταθερής συχνότητας στις γραμμές ελέγχου και ένα καθορισμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας που σχετίζεται με το ρολόι. Για παράδειγμα, για μία αρτηρία επεξεργαστή-μνήμης που εκτελεί μία ανάγνωση από τη μνήμη (σχήμα 5.3.4) θα μπορούσαμε να έχουμε ένα πρωτόκολλο που μεταδίδει τη διεύθυνση και τις εντολές ανάγνωσης στον πρώτο κύκλο του ρολογιού, χρησιμοποιώντας τις γραμμές διευθύνσεων για να δηλώσει τον τύπο της αίτησης. Θα μπορούσε τότε να απαιτηθεί από τη μνήμη να απαντήσει με τη λέξη δεδομένων (data word) στον πέμπτο κύκλο. Οι παλμοί του ρολογιού δηλαδή παρέχουν κοινά σήματα χρονισμού στον επεξεργαστή και τη μνήμη και μια λειτουργία μνήμης μπορεί να ολοκληρωθεί κατά τη διάρκεια ενός κύκλου ρολογιού.

Αυτός ο τύπος πρωτοκόλλου μπορεί να υλοποιηθεί εύκολα σε μία μικρή μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων.



**Finite State Machine (FSM):** Αποτελεί ένα λογικό κύκλωμα, το οποίο μπορεί να δεχτεί ένα αριθμό εισόδων, και να δώσει ένα αριθμό εξόδων ανάλογα με την είσοδο του. Ονομάζεται έτσι επειδή μπορεί να μεταβεί σε ένα πεπερασμένο αριθμό καταστάσεων.



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 1

- Κάθε συσκευή στη σύγχρονη αρτηρία θα πρέπει να λειτουργεί στην ίδια συχνότητα ρολογιού. Θεωρείτε πως αυτό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα κατά τη σύνδεση ενός υπολογιστικού συστήματος; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
- Να συγκρίνετε την απάντησή σας με την παράγραφο που ακολουθεί.

### ● Μειονεκτήματα σύγχρονης αρτηρίας

Οι σύγχρονες αρτηρίες έχουν δύο μειονεκτήματα:

1. Κάθε συσκευή στην αρτηρία θα πρέπει να λειτουργεί στην ίδια συχνότητα ρολογιού. Ειδικότερα, δε μπορούμε να συνδέσουμε σ' αυτή πολλές διαφορετικές συσκευές των οποίων οι ταχύτητες ποικίλουν, εκτός κι αν ελαττώσουμε τις ταχύτητες των συσκευών έτσι ώστε όλες να αποκτήσουμε την ταχύτητα της πιο αργής συσκευής.
2. Εξαιτίας των προβλημάτων παραμόρφωσης του ρολογιού (clock skew), οι σύγχρονες αρτηρίες δε μπορούν να είναι μεγάλες, αν θέλουμε να είναι γρήγορες.



Οι αρτηρίες επεξεργαστή-μνήμης συχνά είναι σύγχρονες επειδή ο επεξεργαστής και η μνήμη βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους και είναι επιτακτικό να λειτουργούν σε υψηλούς ρυθμούς ρολογιού.

### ▣ Ασύγχρονη Αρτηρία

Μία ασύγχρονη αρτηρία δεν περιλαμβάνει ρολόι, για τον λόγο αυτό μπορεί να υποστηρίξει μία μεγάλη ποικιλία συσκευών και να επιμηκυνθεί χωρίς να ανησυχούμε για παραμόρφωση του ρολογιού ή για προβλήματα συγχρονισμού. Πιο συγκεκριμένα, μια ασύγχρονη αρτηρία επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ δύο ή περισσότερων συσκευών που έχουν διαφορετικές ταχύτητες λειτουργίας.

### ● Πρωτόκολλο χειραψίας

Για το συντονισμό της μετάδοσης των δεδομένων μεταξύ του αποστολέα και του παραλήπτη, μία ασύγχρονη αρτηρία χρησιμοποιεί ένα πρωτόκολλο χειραψίας (handshaking protocol).



Το πρωτόκολλο χειραψίας αποτελείται από μία σειρά βημάτων κατά την οποία ο αποστολέας και ο παραλήπτης προχωρούν στο επόμενο βήμα μόνο όταν συμφωνήσουν και οι δύο πλευρές. Το πρωτόκολλο υλοποιείται με ένα πρόσθετο σύνολο γραμμών ελέγχου.



Ένα πρωτόκολλο χειραψίας ασύγχρονης αρτηρίας λειτουργεί ως ένα ζεύγος μηχανών πεπερασμένων καταστάσεων που επικοινωνούν μ' έναν τέτοιο τρόπο, ώστε η μία μηχανή να μην προχωρά μέχρι να γνωρίσει ότι η άλλη μηχανή έχει φτάσει σε μία συγκεκριμένη κατάσταση· έτσι, οι δύο μηχανές συντονίζονται.

Το πρωτόκολλο χειραψίας δεν επιλύει όλα τα προβλήματα επικοινωνίας ανάμεσα σ' έναν αποστολέα κι έναν παραλήπτη που λειτουργούν σε διαφορετική συχνότητα ρολογιού. Ένα πρόσθετο πρόβλημα εμφανίζεται όταν δειγματοληπτούμε ένα ασύγχρονο

σήμα (όπως το ReadReq). Αυτό το πρόβλημα, που ονομάζεται αποτυχία συγχρονισμού (synchronization failure), μπορεί να οδηγήσει σε απρόβλεπτη συμπεριφορά· μπορεί να ξεπεραστεί με συσκευές που ονομάζονται συγχρονιστές (synchronizers). Το ακόλουθο παράδειγμα παρουσιάζει τον τρόπο λειτουργίας των ασύγχρονων αρτηριών.



### Παράδειγμα:

(Παράδειγμα λειτουργίας ασύγχρονης αρτηρίας)

Ας θεωρήσουμε μία συσκευή που ζητά μία λέξη δεδομένων από το σύστημα μνήμης, δηλαδή θα εξετάσουμε μια διαδικασία ανάγνωσης από τη μνήμη. Υποθέστε ότι υπάρχουν τρεις γραμμές ελέγχου:

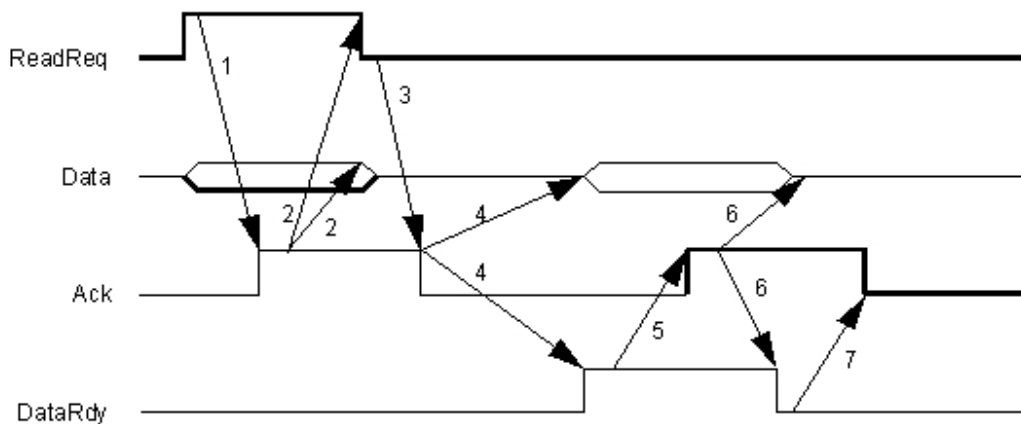
**1. ReadReq:** Χρησιμοποιείται για να δηλώσει μία αίτηση ανάγνωσης από τη μνήμη. Η διεύθυνση τοποθετείται στις γραμμές δεδομένων την ίδια στιγμή.


**2. DataRdy:** Χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι η λέξη δεδομένων είναι τώρα έτοιμη στις γραμμές δεδομένων. Σε μία συναλλαγή εξόδου, η μνήμη θα ενεργοποιήσει αυτό το σήμα, από τη στιγμή που είναι ικανή να παρέχει τα δεδομένα. Σε μία συναλλαγή εισόδου, μία συσκευή I/O θα ενεργοποιούσε αυτό το σήμα, από τη στιγμή που θα μπορούσε να παρέχει δεδομένα. Σε κάθε περίπτωση, τα δεδομένα τοποθετούνται στις γραμμές δεδομένων την ίδια στιγμή.

**3. Ack:** Χρησιμοποιείται για να επιβεβαιώσει το σήμα ReadReq ή DataRdy της άλλης πλευράς.

Σε ένα ασύγχρονο πρωτόκολλο, τα σήματα ελέγχου ReadReq και DataRdy ενεργοποιούνται μέχρι η άλλη πλευρά (η μνήμη ή η συσκευή) να δηλώσει πως έχει δει τις γραμμές ελέγχου και έχει διαβάσει τις γραμμές δεδομένων· αυτή η δήλωση γίνεται ενεργοποιώντας τη γραμμή Ack. Η χειραψία (handshaking) αποτελεί τη συνολική αυτή διαδικασία

Στο σχήμα 5.5.1 παρουσιάζεται η λειτουργία ενός τέτοιου πρωτοκόλλου, καθώς και τα βήματα της επικοινωνίας που επιτελούνται.



**Σχήμα 5.5.1** - Το ασύγχρονο πρωτόκολλο χειραψίας αποτελείται από επτά βήματα για την ανάγνωση μίας λέξης από τη μνήμη και την παραλαβή της από τη συσκευή I/O. Τα σήματα με παχιά γραμμή είναι εκείνα που ενεργοποιούνται από τη συσκευή I/O, ενώ η μνήμη ενεργοποιεί τα σήματα που φαίνονται με λεπτή γραμμή. Τα βέλη σημειώνουν τα επτά βήματα και το γεγονός που ενεργοποιεί κάθε σήμα. Το σύμβολο που δείχνει δύο γραμμές (υψηλή και χαμηλή) ταυτόχρονα στις γραμμές δεδομένων, δηλώνει ότι οι γραμμές δεδομένων έχουν έγκυρα δεδομένα σε αυτό το σημείο. (Το σύμβολο δηλώνει ότι τα δεδομένα είναι έγκυρα, αλλά η τιμή τους είναι άγνωστη). 



## ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 2

Να περιγράψετε τα βήματα τα οποία απαιτούνται για την ανάγνωση μιας λέξης από τη μνήμη, σύμφωνα με το ασύγχρονο πρωτόκολλο χειραψίας.  
(Υπόδειξη: η διαδικασία αυτή απεικονίζονται στο σχήμα 5.5.1.)



## ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 2

Τα βήματα στο πρωτόκολλο ξεκινούν αμέσως μετά από τη σηματοδότηση μίας αίτησης από τη συσκευή, μέσω της ανόδου του ReadReq και της τοποθέτησης της διεύθυνσης στις γραμμές Δεδομένων:

1. Όταν η μνήμη βλέπει τη γραμμή ReadReq διαβάζει τη διεύθυνση από την αρτηρία δεδομένων και ανυψώνει την Ack για να δηλώσει ότι την είδε.
2. Η συσκευή I/O βλέπει τη γραμμή Ack ενεργή και αποδεσμεύει τις γραμμές ReadReq και δεδομένων.
3. Η μνήμη βλέπει τη ReadReq ανενεργή και ρίχνει τη γραμμή Ack, για να επιβεβαιώσει το σήμα ReadReq.
4. Αυτό το βήμα ξεκινά όταν η μνήμη έχει έτοιμα τα δεδομένα. Τοποθετεί τα δεδομένα της αίτησης ανάγνωσης στις γραμμές δεδομένων και ανυψώνει τη DataRdy.
5. Η συσκευή I/O βλέπει την DataRdy, διαβάζει τα δεδομένα από την αρτηρία και ειδοποιεί ότι έχει τα δεδομένα ανυψώνοντας την Ack.
6. Η μνήμη βλέπει το σήμα Ack, ρίχνει την DataRdy και αποδεσμεύει τις γραμμές δεδομένων.
7. Τελικά, η συσκευή I/O, βλέποντας την DataRdy να πέφτει, ρίχνει τη γραμμή Ack, η οποία δηλώνει ότι η μετάδοση ολοκληρώθηκε.

Μία νέα συναλλαγή αρτηρίας μπορεί τώρα να αρχίσει.

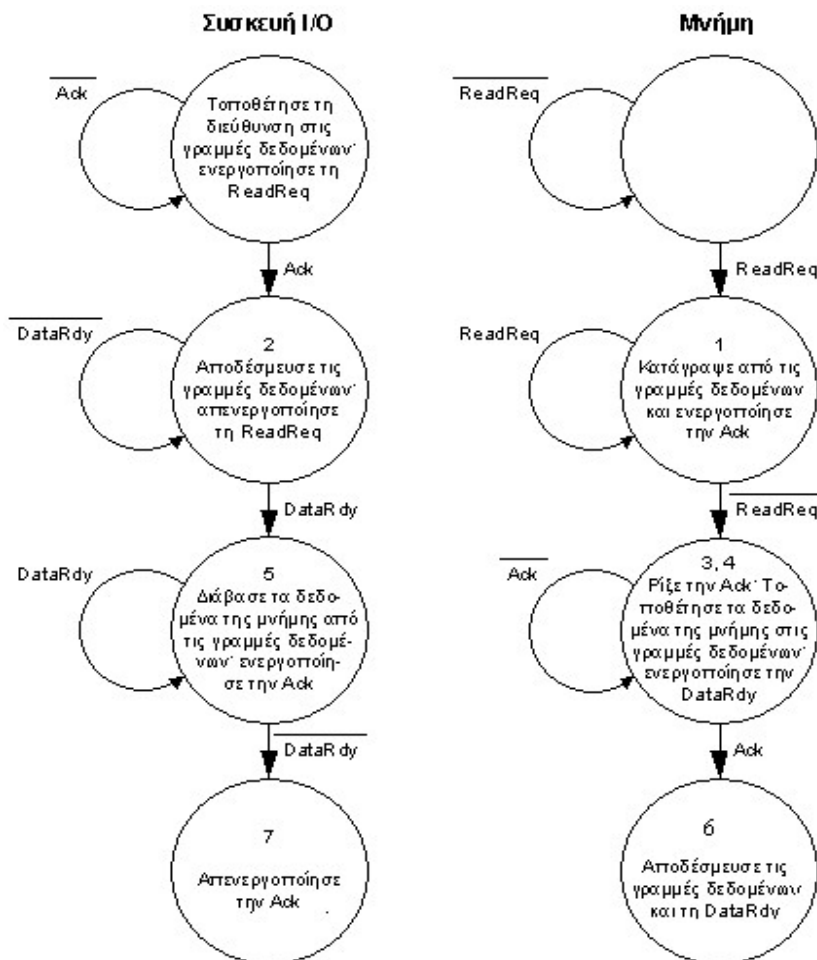


### Παράδειγμα:

Να δείξετε τη λειτουργία των δύο ελεγκτών μηχανών πεπερασμένων καταστάσεων που υλοποιούν το πρωτόκολλο χειραψίας του σχήματος 5.5.1

### Απάντηση:

Στο σχήμα 5.5.2 που ακολουθεί, φαίνονται τα βήματα που υλοποιούν οι δύο ελεγκτές.



**Σχήμα 5.5.2. - Μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων που υλοποιούν τον έλεγχο για το πρωτόκολλο χειραψίας το οποίο εικονίζεται στο σχήμα 5.5.1** Οι αριθμοί σε κάθε κατάσταση αντιστοιχούν στα βήματα που φαίνονται στο σχήμα 5.5.1. Η πρώτη κατάσταση της συσκευής I/O (πάνω αριστερή γωνία) ξεκινά το πρωτόκολλο, όπως ακριβώς στην Εικόνα 5.1. Κάθε κατάσταση στη μηχανή πεπερασμένων καταστάσεων καταγράφει

αποτελεσματικά την κατάσταση τόσο της συσκευής όσο και της μνήμης. Αυτός είναι ο τρόπος με τον οποίο παραμένουν συγχρονισμένες κατά τη διάρκεια της συναλλαγής. 🌈



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 3

Να περιγράψετε τα διαδοχικά βήματα τα οποία απαιτούνται για τον έλεγχο μιας συναλλαγής εισόδου από μια συσκευή I/O στη μνήμη χρησιμοποιώντας το ασύγχρονο πρωτόκολλο χειραψίας.



### ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 3

Σε αυτή τη λειτουργία χρησιμοποιείται το σήμα WriteReq, το οποίο ενεργοποιεί μια συσκευή όταν επιθυμεί να κάνει μια εγγραφή στη μνήμη.

Τα βήματα στο πρωτόκολλο ξεκινούν αμέσως μετά από τη σηματοδότηση μίας αίτησης εγγραφής από τη συσκευή, μέσω της ανόδου του WriteReq και της τοποθέτησης της διεύθυνσης στις γραμμές Δεδομένων. Αυτά είναι τα εξής:

1. Όταν η μνήμη βλέπει τη γραμμή WriteReq διαβάζει τη διεύθυνση από την αρτηρία δεδομένων και ανυψώνει την Ack για να δηλώσει ότι την είδε.
2. Η συσκευή I/O βλέπει τη γραμμή Ack ενεργή και αποδεσμεύει τις γραμμές WriteReq και δεδομένων.
3. Η μνήμη βλέπει τη WriteReq ανενεργή και ρίχνει τη γραμμή Ack, για να επιβεβαιώσει το σήμα WriteReq.
4. Η συσκευή I/O τοποθετεί τα δεδομένα της αίτησης ανάγνωσης στις γραμμές δεδομένων και ανυψώνει τη DataRdy.
5. Η μνήμη βλέπει την DataRdy, διαβάζει τα δεδομένα από την αρτηρία (και τα γράφει στη διεύθυνση που προαναφέρθηκε) και ειδοποιεί ότι έχει τα δεδομένα ανυψώνοντας την Ack.
6. Η συσκευή I/O βλέπει το σήμα Ack, ρίχνει την DataRdy και αποδεσμεύει τις γραμμές δεδομένων.
7. Τελικά, η μνήμη βλέποντας την DataRdy να πέφτει, ρίχνει τη γραμμή Ack, η οποία δηλώνει ότι η μετάδοση ολοκληρώθηκε.

Μία νέα συναλλαγή αρτηρίας μπορεί τώρα να αρχίσει.



#### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 4

Ποιους από τους δύο τρόπους υλοποίησης (σύγχρονη, ασύγχρονη αρτηρία) θεωρείτε πως είναι πιο γρήγορος; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



#### ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 4

Αν μία σύγχρονη αρτηρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί, είναι συνήθως ταχύτερη από μία ασύγχρονη αρτηρία, λόγω της χρονικής επιβάρυνσης που απαιτείται για την εκτέλεση της χειραψίας.



#### Παράδειγμα:

Θέλουμε να συγκρίνουμε το μέγιστο εύρος ζώνης για μία σύγχρονη και μία ασύγχρονη αρτηρία. Η σύγχρονη αρτηρία έχει κύκλο ρολογιού 50 ns και κάθε μετάδοση στην αρτηρία απαιτεί έναν κύκλο ρολογιού. Η ασύγχρονη αρτηρία απαιτεί 40 ns ανά χειραψία. Το τμήμα δεδομένων κάθε αρτηρίας έχει εύρος 32 bits (4 bytes). Βρείτε το εύρος ζώνης για κάθε αρτηρία, στην περίπτωση που εκτελούνται αναγνώσεις της μίας λέξης από μία μνήμη των 200 ns (θεωρούμε ότι η λέξη έχει μήκος 4 bytes).

#### Απάντηση:

**Σύγχρονη :** Πρώτα, για τη σύγχρονη αρτηρία, η οποία έχει κύκλο ρολογιού 50 ns. Τα βήματα και οι χρόνοι που απαιτούνται για τη σύγχρονη αρτηρία είναι τα εξής:

1. Στείλε τη διεύθυνση στη μνήμη: 50 ns.
2. Διάβασε τη μνήμη: 200 ns.
3. Στείλε τα δεδομένα στη συσκευή: 50 ns.

Συνεπώς, ο συνολικός χρόνος είναι 300 ns. Αυτό καταλήγει σε ένα μέγιστο εύρος ζώνης των 4 bytes για κάθε 300 ns, ή

$$4 \text{ bytes}/300 \text{ ns} = 4 \text{ Mb}/0,3 \text{ second} = 13,3 \text{ Mb/second}$$

**Ασύγχρονη:** Με μία πρώτη ματιά, μπορεί να φανεί πως η ασύγχρονη αρτηρία θα είναι πολύ βραδύτερη, αφού θα χρειαστεί επτά βήματα, καθένα από τα οποία θα διαρκέσει τουλάχιστον 40 ns και το βήμα που αφορά στην προσπέλαση της μνήμης θα χρειαστεί 200 ns. Αν κοιτάξουμε προσεκτικά στο σχήμα 5.5.2 θα διαπιστώσουμε ότι πολλά από τα

## Αρχιτεκτονική Υπολογιστών I

βήματα μπορούν να επικαλυφθούν με το χρόνο προσπέλασης στη μνήμη. Συγκεκριμένα, η μνήμη λαμβάνει τη διεύθυνση στο τέλος του βήματος 1 και δε χρειάζεται να τοποθετήσει τα δεδομένα στην αρτηρία μέχρι την αρχή του βήματος 5· τα βήματα 2, 3, και 4 μπορούν να επικαλυφθούν με τον χρόνο πρόσβασης στη μνήμη. Αυτό οδηγεί στο ακόλουθο χρονοδιάγραμμα:


Βήμα 1: = 40 ns

Βήματα 2, 3, 4: μέγιστο ( $3 \times 40 \text{ ns}$ , 200 ns) = 200 ns

Βήματα 5, 6, 7:  $3 \times 40 \text{ ns} = 120 \text{ ns}$

Συνεπώς, ο συνολικός χρόνος για την εκτέλεση της μεταφοράς είναι 360 ns και το μέγιστο εύρος ζώνης είναι :

$$4\text{bytes}/360\text{ns}=4\text{Mb}/0,36\text{second}=11,1\text{Mb/second}$$

**Συνεπώς, η σύγχρονη αρτηρία είναι μόνο περίπου 20% ταχύτερη.** Φυσικά, για να υποστηριχτούν αυτοί οι ρυθμοί, θα πρέπει τόσο η συσκευή όσο και το σύστημα μνήμης στην ασύγχρονη αρτηρία να είναι σχετικά γρήγορα για να διεκπεραιώσουν κάθε βήμα της χειραψίας σε 40 ns. 

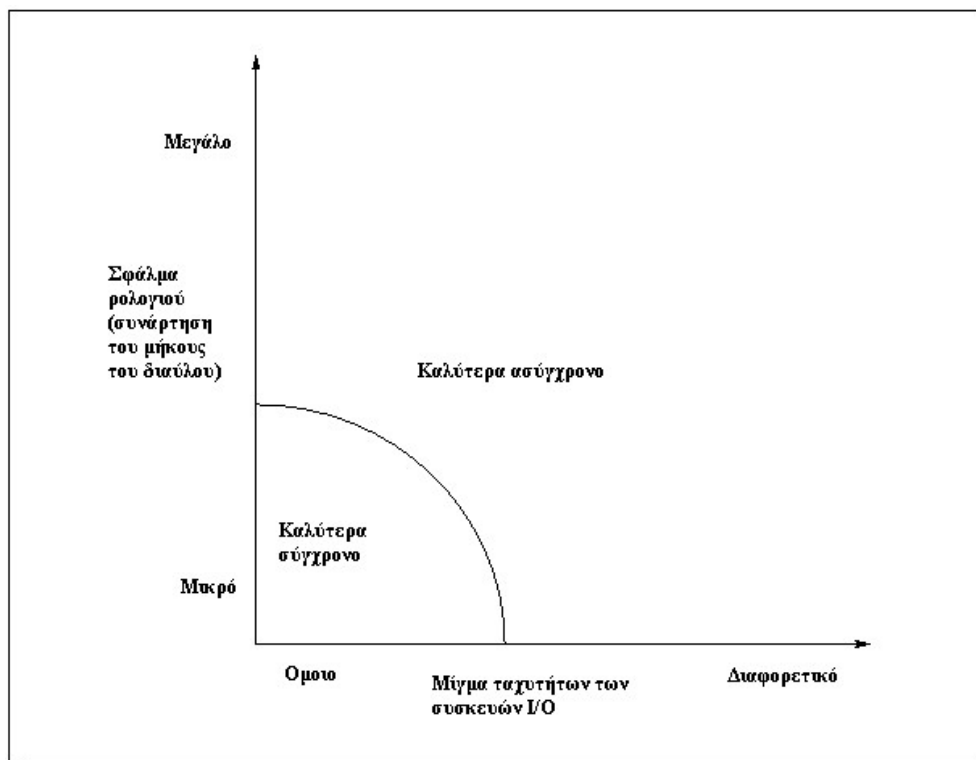


## Επιλογή μεταξύ σύγχρονης και ασύγχρονης αρτηρίας

Στο σχήμα 5.5.3 φαίνονται υπό μορφή γραφικής παράστασης τα πλεονεκτήματα του σύγχρονου και του ασύγχρονου σχήματος και τότε θα πρέπει να χρησιμοποιούμε το ένα έναντι του άλλου.



Αν και μία σύγχρονη αρτηρία μπορεί να είναι ταχύτερη, στην επιλογή ανάμεσα σε μία σύγχρονη και μία ασύγχρονη αρτηρία εμπλέκονται όχι μόνο το εύρος ζώνης δεδομένων, αλλά και το μέγεθος που θέλουμε να έχει το σύστημα I/O με βάση τη φυσική απόσταση των συσκευών και το πλήθος των συσκευών που μπορούν να συνδεθούν στην αρτηρία. Οι ασύγχρονες αρτηρίες μπορούν να προσαρμοστούν ευκολότερα στις μεταβολές της τεχνολογίας και μπορούν να υποστηρίξουν μία ευρύτερη ποικιλία από ταχύτητες απόκρισης συσκευών. Γι' αυτό το λόγο οι αρτηρίες I/O είναι συνήθως ασύγχρονες, παρά την αυξημένη επιβάρυνση που επιβάλλει μια ασύγχρονη αρτηρία.



Σχήμα 5.5.3 - Η επιλογή του τύπου της αρτηρίας σαν συνάρτηση του μήκους και των διακυμάνσεων των ταχυτήτων του I/O. Το σύγχρονο είναι καλύτερο μόνο στην περίπτωση που η απόσταση μεταξύ των συσκευών που επικοινωνούν είναι μικρή και όλες οι συσκευές εισόδου/εξόδου στην αρτηρία μεταδίδουν δεδομένα με παρόμοιες ταχύτητες.



### **ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 5**

Τελικά, θεωρείτε ότι η σύγχρονη αρτηρία είναι κατά πολύ πιο γρήγορη από την ασύγχρονη; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



### **ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 5**

Στην πράξη η διαφορά στην ταχύτητα μεταξύ της σύγχρονης και της ασύγχρονης αρτηρίας δεν είναι τόσο μεγάλη όσο θα περίμενε κανείς. Παρόλα αυτά, για να πλησιάσει η ασύγχρονη αρτηρία την ταχύτητα της σύγχρονης θα πρέπει οι συσκευές που βρίσκονται σε αυτή να λειτουργούν σε παρόμοιες ταχύτητες ρολογιού, οι οποίες επιπλέον θα πρέπει να είναι πολύ υψηλές. Επίσης, απαιτείται και από τη μνήμη να είναι πολύ γρήγορη και να συνεργάζεται ιδανικά με τις υπόλοιπες συσκευές.



## Εναλλακτική υλοποίηση / Το πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής αρτηρίας

Μία άλλη μέθοδος για την αύξηση του ενεργού εύρους ζώνης της αρτηρίας όταν επιθυμούν να επικοινωνήσουν πολλά μέρη στην αρτηρία, αποτελεί η αποδέσμευση της αρτηρίας όταν αυτή δε χρησιμοποιείται για τη μετάδοση πληροφοριών.

Θεωρήστε το παράδειγμα μίας ανάγνωσης από τη μνήμη που παρουσιάσαμε στο σχήμα 5.5.1. Τι συμβαίνει στην αρτηρία όσο διαρκεί η προσπέλαση στη μνήμη;

Σε αυτό το απλό πρωτόκολλο, η συσκευή και η μνήμη συνεχίζουν να δεσμεύουν την αρτηρία και κατά τη διάρκεια της προσπέλασης στη μνήμη, ενώ δε συμβαίνει καμιά πραγματική μεταφορά.

Ένα εναλλακτικό πρωτόκολλο, το οποίο αποδεσμεύει την αρτηρία, θα λειτουργούσε με τα εξής βήματα:

1. Η συσκευή ειδοποιεί τη μνήμη και μεταδίδει την αίτηση και τη διεύθυνση.
2. Αφού η μνήμη επιβεβαιώσει την αίτηση, τόσο η μνήμη όσο και η συσκευή αποδεσμεύουν όλες τις γραμμές ελέγχου.
3. Πραγματοποιείται η προσπέλαση στη μνήμη και η αρτηρία είναι διαθέσιμη για άλλες χρήσεις κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου.
4. Η μνήμη ειδοποιεί τη συσκευή που βρίσκεται στην αρτηρία, για να δηλώσει πως τα δεδομένα είναι διαθέσιμα.
5. Η συσκευή λαμβάνει τα δεδομένα μέσω της αρτηρίας και ειδοποιεί πως έχει τα δεδομένα, έτσι ώστε το σύστημα μνήμης να αποδεσμεύσει την αρτηρία.



Για τη σύγχρονη αρτηρία του παραπάνω παραδείγματος, ένα τέτοιο σχήμα θα απασχολούσε την αρτηρία μόνο για 100 από τα 300 ns που απαιτούνται για ολόκληρη την συναλλαγή της αρτηρίας.

Αυτός ο τύπος πρωτοκόλλου ονομάζεται **πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής** (split transaction protocol).

### Πλεονεκτήματα

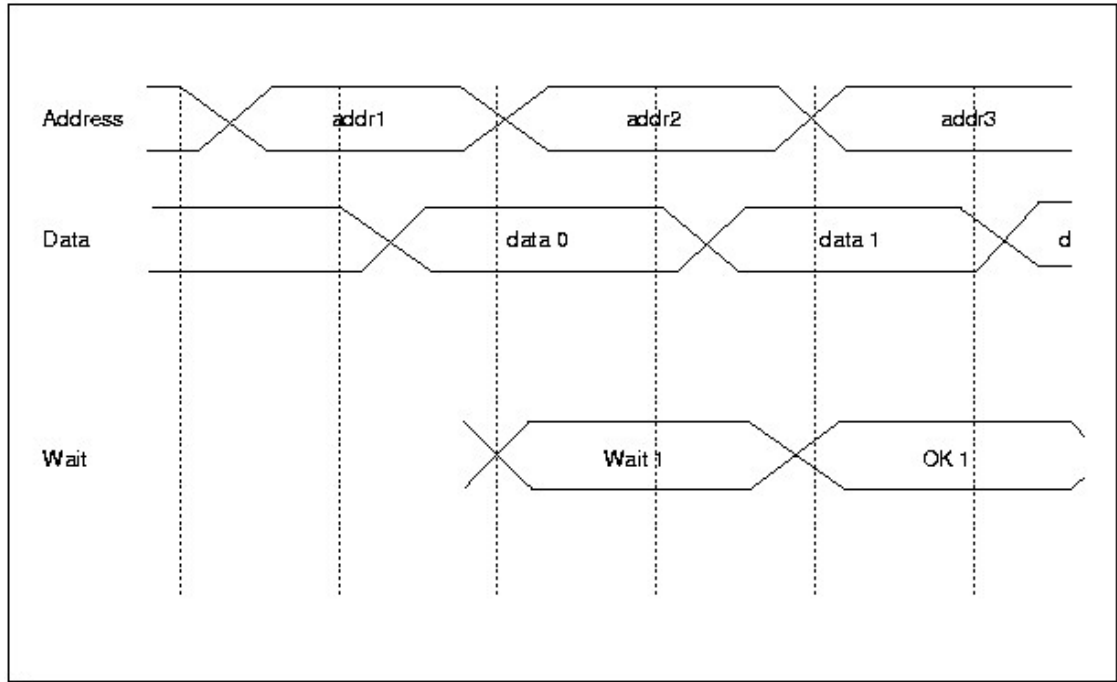
Το πλεονέκτημα ενός τέτοιου πρωτοκόλλου είναι πως αποδεσμεύοντας την αρτηρία κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος που δε μεταδίδονται δεδομένα, το πρωτόκολλο επιτρέπει σε κάποιον άλλο να χρησιμοποιήσει την αρτηρία. Αυτό μπορεί να βελτιώσει το ενεργό εύρος ζώνης για ολόκληρο το σύστημα, αν η μνήμη είναι αρκετά πολύπλοκη ώστε να χειρίζεται πολλαπλές, επικαλυπτόμενες συναλλαγές.

### Μειονεκτήματα

- ❑ Με μία διαχωρισμένη συναλλαγή, ο χρόνος για την ολοκλήρωση μίας μεταφοράς πιθανότατα αυξάνεται επειδή η κυριότητα της αρτηρίας πρέπει να ζητείται δύο φορές.
- ❑ Το πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής είναι επίσης ακριβότερο να υλοποιηθεί, κυρίως λόγω της ανάγκης ύπαρξης ενός μηχανισμού για την παρακολούθηση της

άλλης πλευράς σε μία επικοινωνία. Σε ένα πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής, το σύστημα μνήμης πρέπει να έρθει σε επαφή με τον αιτούντα για να εκκινήσει την απάντηση στην αίτηση, γι' αυτό το λόγο θα πρέπει η ταυτότητα του αιτούντα να μεταδίδεται και να διατηρείται από το σύστημα μνήμης.

Στο σχήμα 5.5.4 φαίνονται τα σήματα σε μια διαχωρισμένη συναλλαγή.



**Σχήμα 5.5.4 - Μια αρτηρία που λειτουργεί με πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής.** Η διεύθυνση στην αρτηρία ανταποκρίνεται σε μια μελλοντική πρόσβαση στη μνήμη.

Η συναλλαγή ανάγνωσης χωρίζεται σε μια συναλλαγή αίτησης-ανάγνωσης, που περιέχει την διεύθυνση, και μια συναλλαγή απάντησης-μνήμης, που περιέχει τα δεδομένα. Κάθε συναλλαγή πρέπει τώρα να είναι μαρκαρισμένη για να μπορούν η μνήμη και η CPU να γνωρίζουν ποια δεδομένα από τη μνήμη αναφέρονται σε κάθε αίτηση.



Το πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής προσφέρει μεγαλύτερο εύρος ζώνης αρτηρίας και μεγαλύτερο βαθμό εκμετάλλευσης, αφού μεταφέρονται δεδομένα την περισσότερη ώρα που η αρτηρία είναι δεσμευμένη, όμως συνήθως έχει μεγαλύτερο χρόνο απόκρισης από την περίπτωση που η αρτηρία δεσμεύεται ώσπου να ολοκληρωθεί ολόκληρη η συναλλαγή που εκκίνησε μια συσκευή.



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 6

Να περιγράψετε σε 10 το πολύ γραμμές το πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής και να αναφέρετε τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή του. Στην περίπτωση που δυσκολεύεστε, κρίνεται σκόπιμο να επαναλάβετε την ανάγνωση της υποενότητας που μόλις διαβάσατε: «Εναλλακτική υλοποίηση / Το πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής αρτηρίας».



### ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ 7

- Με ποιο τρόπο ο ρυθμός διαμεταγωγής και ο χρόνος απόκρισης έρχονται σε αντίθεση όταν χρησιμοποιούμε το πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής;
- Ποιο από τα δύο μέτρα ευνοείται από το εν λόγω πρωτόκολλο; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.



### ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ 7

Με το πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής σαφώς ευνοείται ο ρυθμός διαμεταγωγής του συστήματος, αφού αυτό το πρωτόκολλο σχεδιάστηκε για να αυξήσει το εύρος ζώνης της αρτηρίας και το βαθμό εκμετάλλευσης της. Η αρτηρία παραμένει απασχολημένη για το περισσότερο χρονικό διάστημα, μεγαλύτερο πλήθος διεργασιών εκτελούνται και άρα αυξάνεται και ο ρυθμός διαμεταγωγής. Αντίθετα, ο χρόνος απόκρισης σε κάθε αίτηση I/O ενόητα αυξάνεται σε σχέση με την περίπτωση που η αρτηρία δεσμεύεται ώσπου να ολοκληρωθεί ολόκληρη η συναλλαγή που εκκίνησε μια συσκευή.



## Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν...



Μια σύγχρονη αρτηρία περιλαμβάνει ρολόι σταθερής συχνότητας στις γραμμές ελέγχου και ένα καθορισμένο πρωτόκολλο επικοινωνίας που έχει σχέση με το ρολόι.



Οι αρτηρίες επεξεργαστή-μνήμης συχνά είναι σύγχρονες επειδή οι συσκευές που επικοινωνούν είναι σε μικρή απόσταση μεταξύ τους, είναι λίγες στο πλήθος και προετοιμασμένες να λειτουργήσουν σε υψηλούς ρυθμούς ρολογιού.



Μια ασύγχρονη αρτηρία δεν περιλαμβάνει ρολόι. Επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ δύο ή περισσότερων συσκευών που έχουν διαφορετικές ταχύτητες λειτουργίας, υποστηρίζει μία μεγάλη ποικιλία συσκευών και επιμηκώνεται χωρίς να ανησυχούμε για παραμόρφωση του ρολογιού ή για προβλήματα συγχρονισμού.



Μια ασύγχρονη αρτηρία είναι δυνατό να λειτουργήσει με το πρωτόκολλο χειραψίας. Αυτό αποτελείται από μία σειρά βημάτων, όπου σε κάθε βήμα ο αποστολέας και ο παραλήπτης προχωρούν στο επόμενο μόνο όταν συμφωνήσουν και οι δύο πλευρές.



Σύμφωνα με το πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής η αρτηρία δεν παραμένει δέσμια μιας συσκευής, αλλά μπορεί ν' αποδεσμευτεί όταν είναι ανενεργή και να χρησιμοποιηθεί από τις υπόλοιπες συσκευές.



Το πρωτόκολλο διαχωρισμένης συναλλαγής προσφέρει μεγαλύτερο βαθμό εκμετάλλευσης της αρτηρίας, αλλά και υψηλότερο χρόνο απόκρισης στις συσκευές που το χρησιμοποιούν.