



Αρχιτεκτονική Υπολογιστών

Ενότητα 12: Δίαυλοι. Ταξινόμηση. Απόδοση διαύλων.
ISA, PCI, PCI-express

Δρ. Μηνάς Δασυγένης
mdasyg@ieee.org

Εργαστήριο Ψηφιακών Συστημάτων και Αρχιτεκτονικής Υπολογιστών
<http://arch.ece.uowm.gr/mdasyg>



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ψηφιακά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΙΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Σκοπός ενότητας

- Η κατανόηση της σημαντικότητας των διαύλων.
- Η κατανόηση της λειτουργίας των διαύλων.
- Η παρουσίαση ποικίλων διαφορετικών υλοποιήσεων διαύλων.



Δίαυλοι στους υπολογιστές

- Ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα αποτελείται από τον επεξεργαστή, τη μνήμη, συσκευές I/O και άλλα περιφερειακά.
- Υπάρχει η ανάγκη της επικοινωνίας ανάμεσα σε αυτές τις συσκευές.
- Υπάρχει ανάγκη για μετακίνηση δεδομένων (με την ευρεία έννοια, δηλαδή και εντολών) με έναν προκαθορισμένο και σαφή τρόπο, ώστε να επιτευχθεί αποτελεσματική, βέλτιστη και χωρίς απώλειες επικοινωνία.



Τι είναι ένας δίαυλος;

- Ένας δίαυλος (bus, αρτηρία) είναι ένας διάδρομος επικοινωνίας ο οποίος συνδέει δύο ή περισσότερες συσκευές.
- Είναι κοινό μέσο μετάδοσης (broadcast).
- Συνδέονται πολλές συσκευές. Ένα σήμα που εκπέμπεται από μια συσκευή είναι διαθέσιμο για λήψη από όλες τις υπόλοιπες.
- Μόνο μια συσκευή μπορεί κάθε φορά να εκπέμπει.
- Μπορεί να είναι εσωτερικά του chip (on-chip) ή εξωτερικά (off-chip).



Εσωτερικοί και εξωτερικοί δίαυλοι

- Οι δίαυλοι που συνδέουν στοιχεία πάνω στο ίδιο υπόστρωμα, ονομάζονται εσωτερικοί.
 - π.χ. ο δίαυλος δεδομένων πάνω στον ίδιο επεξεργαστή που συνδέει την ALU με τους καταχωρητές.
 - π.χ. ο δίαυλος που συνδέει τις μνήμες με τη βόρεια γέφυρα διασύνδεσης πάνω στην κεντρική πλακέτα.
- Οι δίαυλοι που συνδέουν συσκευές πάνω σε άλλα υποστρώματα ή πλακέτες, ονομάζονται εξωτερικοί.
 - π.χ. ο δίαυλος του πληκτρολογίου ή του USB.

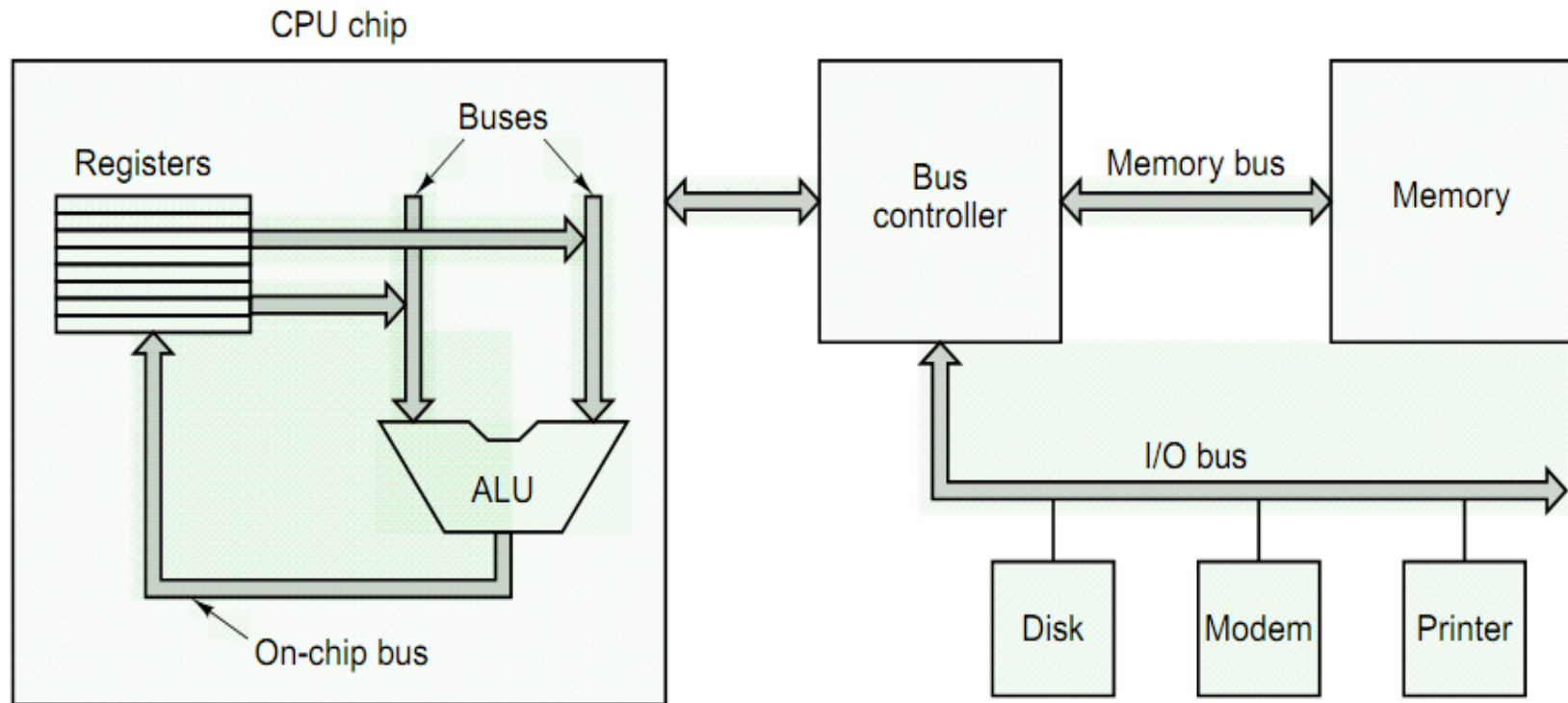


Από τι αποτελείται ένας δίαυλος;

- Αποτελείται από πολλές διαδρομές επικοινωνίας.
- Είναι ψηφιακές γραμμές, οπότε μεταδίδονται 0 ή 1.
- Μπορούν να είναι πολλαπλές παράλληλες γραμμές (ομαδοποιημένες) για παράλληλη μετάδοση, π.χ. 16 γραμμές δεδομένων για 16bit.
- Ο δίαυλος που διασυνδέει τις κύριες υπομονάδες του υπολογιστή (επεξεργαστή, μνήμη, I/O) ονομάζεται δίαυλος του συστήματος.



Ένας υπολογιστής έχει πολλούς διαύλους



Τι ονομάζουμε πρωτόκολλο διαύλου;

- Κανόνες του πως λειτουργεί ο δίαυλος.
- Πρέπει να υπακούν όλες οι συνδεδεμένες συσκευές.
- Μηχανικές και ηλεκτρικές προδιαγραφές.
- Σήματα και χρονισμό.
- Αν απαιτείται χειραψία (handshake) στην έναρξη της επικοινωνίας ή όχι.



Στάδια χειραψίας

- Αν ο διάυλος απαιτεί χειραψία, τότε ακολουθούνται κάποια στάδια:
 - Αίτηση.
 - Χορήγηση.
 - Επιβεβαίωση.



Η δομή του διαύλου

- Υπάρχουν πολλοί σχεδιασμοί διαύλου.
- Ταξινομούνται σε τρεις λειτουργικές ομάδες:
 - Δεδομένων (data).
 - Διευθύνσεων (address).
 - Ελέγχου (control).
 - Ισχύος (παροχή ενέργειας).



Τι ισχύει για το δίαυλο δεδομένων; (1/2)

- Μεταφέρει δεδομένα ανάμεσα στις υπομονάδες.
 - Σε αυτό το επίπεδο δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα στα δεδομένα της εφαρμογής ή τις εντολές.
- Υπάρχουν διάφορα μεγέθη, π.χ. 32bit, 64bit κ.ο.κ.
- Το εύρος του είναι καθοριστικός παράγοντας για τη συνολική απόδοση του συστήματος.



Τι ισχύει για το δίαυλο δεδομένων; (2/2)

- Καθορίζει την πηγή ή τον προορισμό των δεδομένων.
- π.χ. Αν ο επεξεργαστής θέλει να διαβάσει τα δεδομένα που αντιστοιχούν σε μια διεύθυνση μνήμης, τοποθετεί σε αυτό το δίαυλο τη διεύθυνση.
- Καθορίζει τη μέγιστη δυνατή ποσότητα μνήμης.
- Επίσης χρησιμοποιείται για το I/O.



Τι ισχύει για το δίαυλο ελέγχου;

- Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της πρόσβασης και της χρήσης των γραμμών δεδομένων και διευθύνσεων.
- Υπάρχουν σήματα ελέγχου που μεταδίδουν πληροφορίες εντολών και χρονισμού.
- Τα σήματα χρονισμού υποδεικνύουν την εγκυρότητα των πληροφοριών δεδομένων και διευθύνσεων.



Ποιες είναι οι τυπικές γραμμές του δίαυλου ελέγχου; (1/2)

- Εγγραφή στη μνήμη.
- Ανάγνωση από τη μνήμη.
- Εγγραφή I/O.
- Ανάγνωση I/O.
- Επιβεβαίωση μεταφοράς δεδομένων.

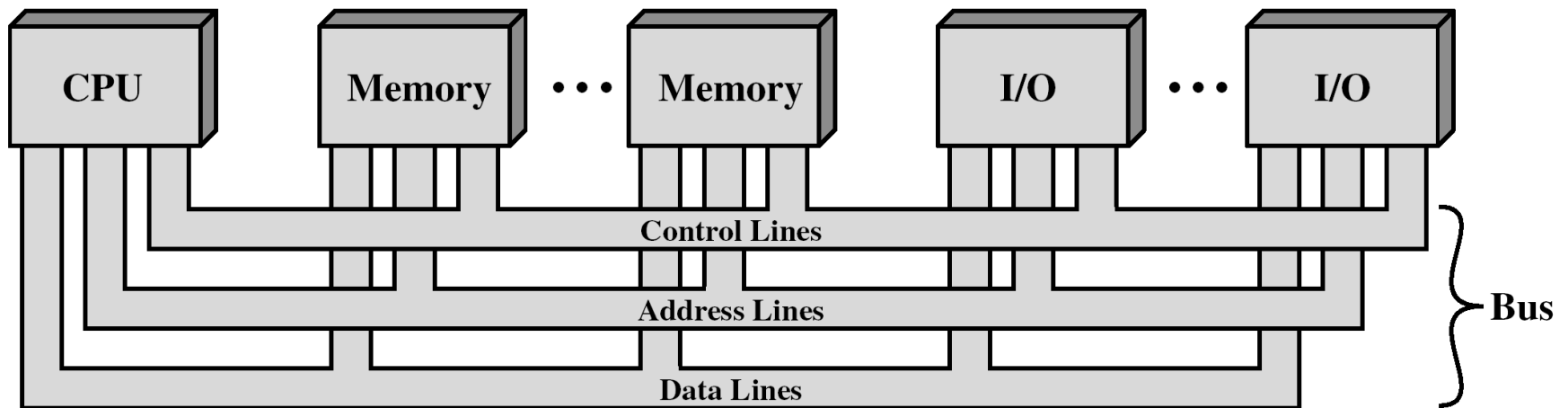


Ποιες είναι οι τυπικές γραμμές του δίαυλου ελέγχου; (2/2)

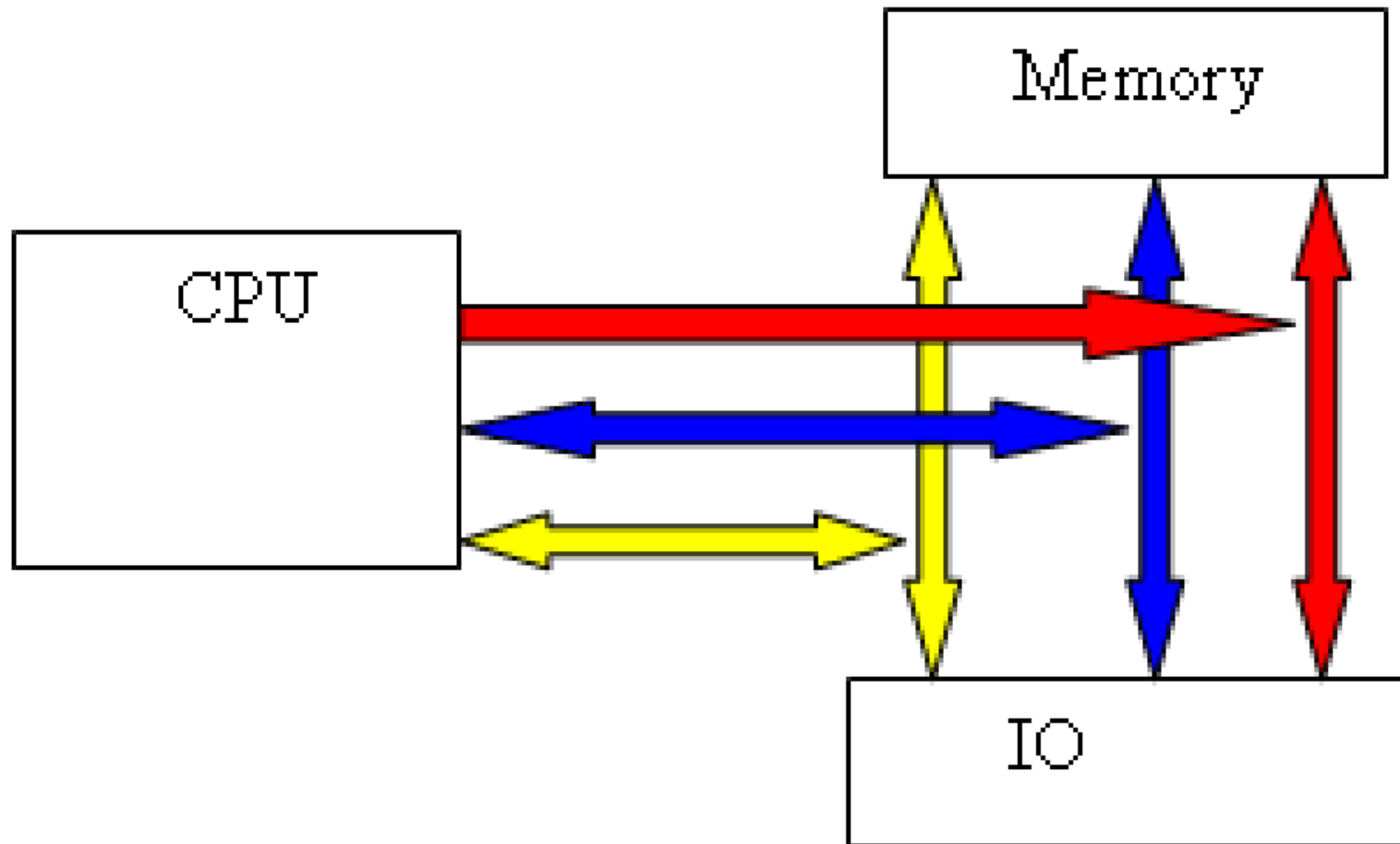
- Αίτηση διαύλου.
- Εκχώρηση διαύλου.
- Αίτηση διακοπής.
- Αναγνώριση διακοπής.
- Ρολόι.
- Επαναφορά.



Διάγραμμα των διαύλων



Στο παρακάτω σχήμα, ποιος είναι ο δίαυλος με το κόκκινο χρώμα και γιατί;



Πως χρησιμοποιείται ο δίαυλος;

Αν κάποια υπομονάδα θέλει να στείλει δεδομένα σε κάποια άλλη, πρέπει να κάνει δυο ενέργειες:

- Να χρησιμοποιήσει το δίαυλο.
- Να μεταδώσει μια αίτηση προς την άλλη υπομονάδα χρησιμοποιώντας τις κατάλληλες γραμμές ελέγχου και διευθύνσεων.

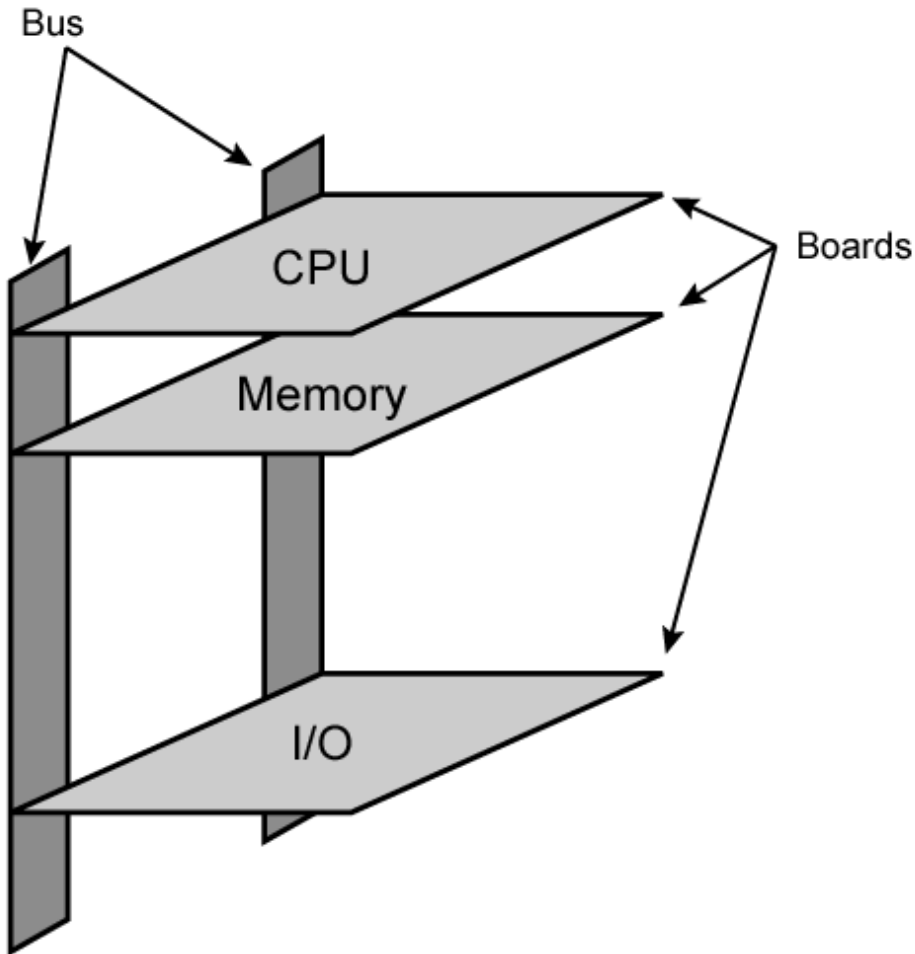


Τι είναι ο δίαυλος του συστήματος;

- Είναι ένας αριθμός παράλληλων ηλεκτρικών αγωγών.
- Είναι μεταλλικές γραμμές.
- Σε ένα υπολογιστή υπάρχουν δίαυλοι και κατά διαστήματα υπάρχουν σχισμές για την τοποθέτηση των άλλων υπομονάδων (π.χ. επεξεργαστή, μνήμη κτλ).
- Αποτελείται από 50 έως και εκατοντάδες ξεχωριστές γραμμές.



Φυσική απεικόνιση του διαύλου



Γιατί δε χρησιμοποιείται ένας πολύ μεγάλος δίαυλος για όλες τις υπομονάδες;

- Όσο μεγαλύτερο το μήκος του διαύλου τόσο μεγαλύτερη καθυστέρηση (skew). **Η καθυστέρηση καθορίζει τη μέγιστη συχνότητα λειτουργίας του συστήματος.**
 - Αντιμετωπίζεται με κατάλληλη ιεραρχία και πολλαπλούς διαύλους.
- Μπορεί να γίνει υπερφόρτωση του διαύλου (“μποτιλιάρισμα”). Όσες περισσότερες συσκευές θέλουν να εκπέμπουν τόσο περισσότερες συγκρούσεις θα υπάρχουν (κορεσμός διαύλου).
 - Αντιμετωπίζεται με αύξηση της συχνότητας λειτουργίας του διαύλου ή με αύξηση του μεγέθους μεταφοράς (π.χ. από 32bit σε 64bit).

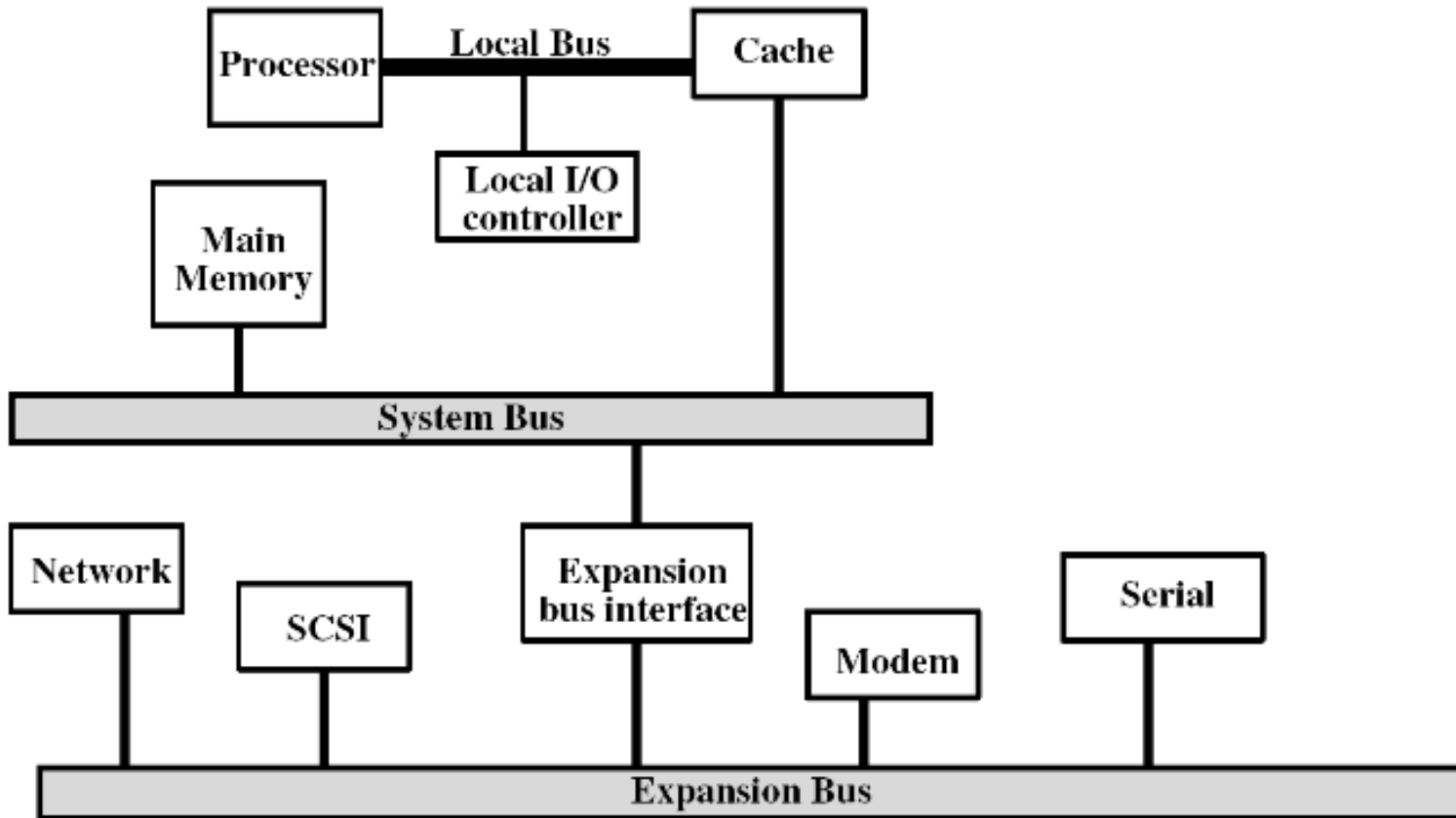


Πως αντιμετωπίζεται το πρόβλημα του κορεσμού του διαύλου;

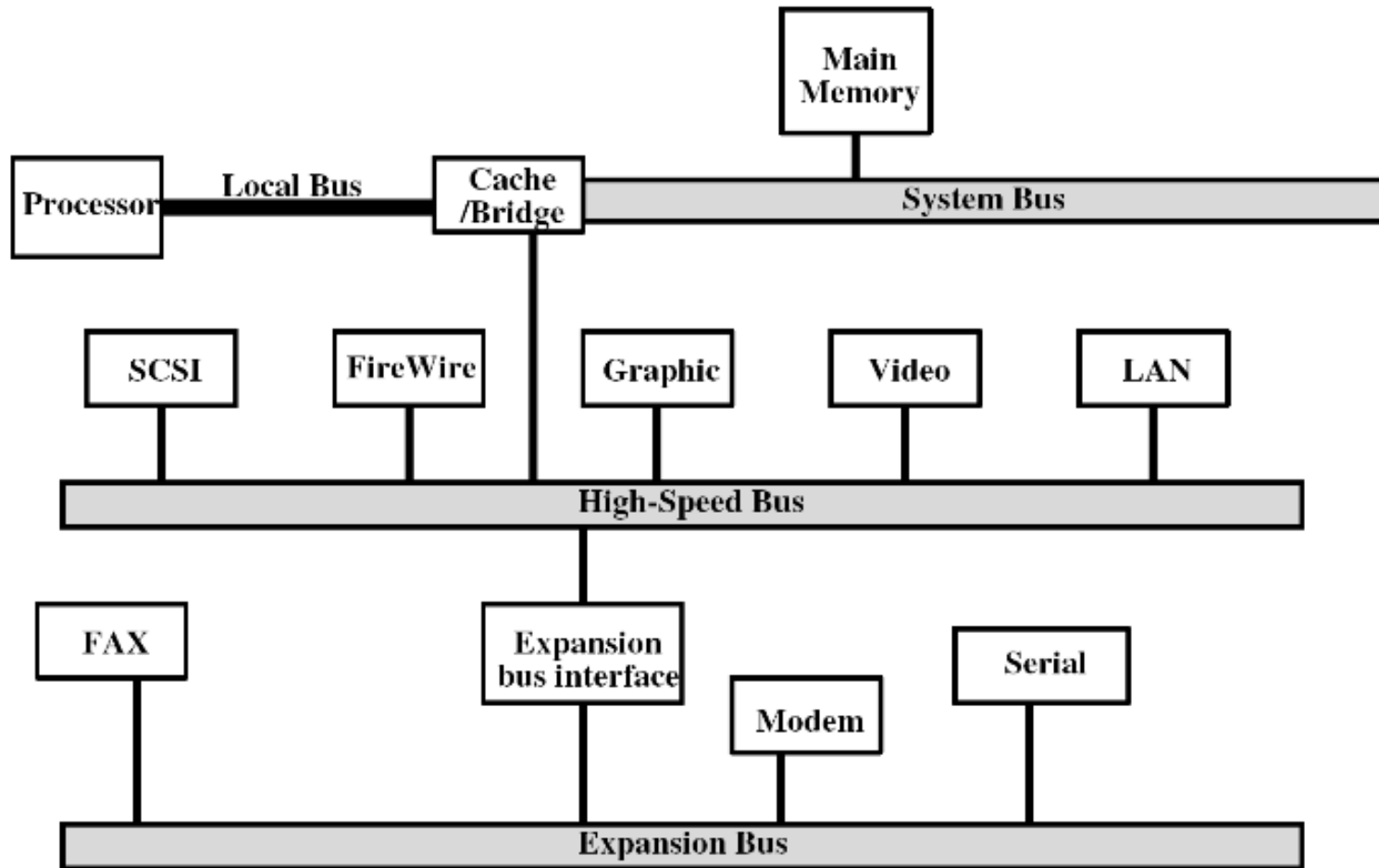
- Χρησιμοποιείται μια ιεραρχία διαύλων.
- (ISA) Υπάρχει ένας τοπικός δίαυλος που συνδέει τον επεξεργαστή με μια γέφυρα. Η γέφυρα συνδέεται με το δίαυλο συστήματος.
- (PCI) Υπάρχουν δυο γέφυρες. Μια γέφυρα συνδέει τις γρήγορες υπομονάδες (επεξεργαστής, μνήμη, κάρτα γραφικών) και μια άλλη γέφυρα τις υπόλοιπες χαμηλής ταχύτητας υπομονάδες.



Τυπική ιεραρχία ISA



Τυπική ιεραρχία PCI



Στοιχεία του σχεδιασμού διαύλων

Τύπος

Αφοσιωμένοι

Πολυπλεγμένοι

Μέθοδος διαιτησίας

Κεντρική διαιτησία.

Κατανεμημένη

Συγχρονισμός

Σύγχρονη

Ασύγχρονη

Πλάτος bus

Διεύθυνση

Δεδομένα

Τύπος μεταφοράς δεδομένων

Διάβασμα

Γράψιμο

Διάβασμα – τροποποίηση – γράψιμο

Διάβασμα – μετά – γράψιμο

Εμπόδιο

Ακολουθεί η ανάλυση των όρων...



Ποιοι είναι οι τύποι διαύλων;

- Αφοσιωμένοι δίαυλοι (dedicated):
 - Μόνιμα εκχωρημένοι σε μια λειτουργία ή σε φυσικό υποσύνολο των υπομονάδων (π.χ. Δίαυλος διευθύνσεων).
- Πολυπλεγμένοι δίαυλοι (multiplexed):
 - Τα ίδια καλώδια χρησιμοποιούνται για πολλαπλές λειτουργίες. Για παράδειγμα αρχικά στέλνεται η διεύθυνση στο πολυπλεγμένο δίαυλο και τα κατάλληλα σήματα, στη συνέχεια τα δεδομένα στο πολυπλεγμένο δίαυλο (πολύπλεξη χρόνου).
 - +Λιγότερα καλώδια (οικονομία χώρου/κόστους).
 - Πολύπλοκα κυκλώματα στις υπομονάδες.
 - Μείωση της απόδοσης.



Κατηγορίες διαύλου ως προς τη μεταφορά δεδομένων

- Σειριακοί δίαυλοι:
 - Μεταφέρεται μια σειρά από bit από το ίδιο φυσικό μέσο.
 - Μεγαλύτερη ταχύτητα από παράλληλους διαύλους όταν συνδέονται απομακρυσμένες συσκευές.
 - Χαμηλότερο κόστος.
 - Πολύπλοκα πρωτόκολλα επικοινωνίας και διασύνδεσης.
- Παράλληλοι δίαυλοι:
 - Μεταφέρονται πολλαπλά bit ταυτόχρονα από παράλληλα φυσικά μέσα.
 - Υψηλό ρυθμό μεταφοράς για μικρά μήκη (για μεγαλύτερα υπάρχει πρόβλημα συγχρονισμού, λόγω διαφορετικών καθυστερήσεων σε κάθε γραμμή εξαιτίας της χωρητικότητας).
 - Μεγάλο κόστος υλοποίησης.



Κατηγορίες διαύλων ως προς τη φορά μεταφοράς

- Μονής κατεύθυνσης (π.χ. αρτηρία διευθύνσεων που μόνο ο επεξεργαστής μπορεί να γράψει).
- Διπλής κατεύθυνσης.



Η διαιτησία του διαύλου

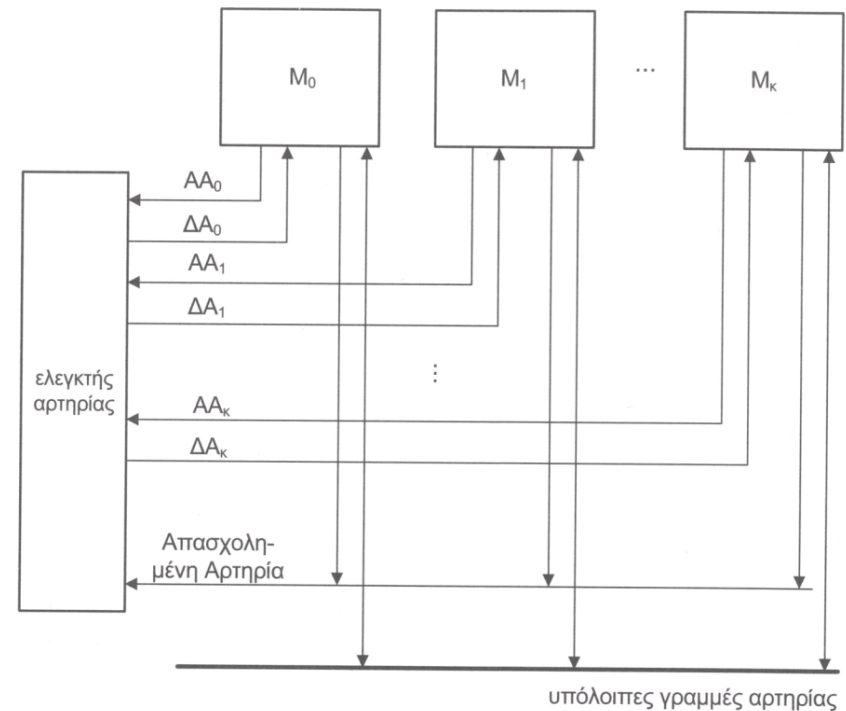
- Μπορεί πολλαπλές συσκευές να απαιτήσουν τον έλεγχο του διαύλου.
- Κάθε φορά μόνο μια συσκευή μπορεί να έχει τον έλεγχο του διαύλου.
- Χρειάζεται κάποια μέθοδος διαιτησίας (arbitration) των υπομονάδων.
 - Κεντρική διαιτησία.
 - Κατανεμημένη διαιτησία.
 - Διαιτησία με χρήση αλυσίδας προτεραιότητας.

Ο μηχανισμός που καθορίζει ποια μονάδα θα αποκτήσει τον έλεγχο της αρτηρίας ονομάζεται διαιτησία της αρτηρίας.



Κεντρική ή Παράλληλη Διαιτησία

- Υπάρχει συσκευή που είναι ελεγκτής διαύλου.
 - Είτε ξεχωριστή υπομονάδα είτε μέρος του επεξεργαστή.
- Κάθε συσκευή έχει καλώδιο για Αίτηση Αρτηρίας και Διάθεση Αρτηρίας.
- Η επιλογή βασίζεται σε κάποιο σχήμα προτεραιότητας από τον ελεγκτή αρτηρίας.
- Οι συσκευές αιτούνται το δίαυλο από την ειδική γραμμή αίτησης, και τους δίνεται η άδεια από την ειδική γραμμή διάθεσης αρτηρίας.



Κεντρική ή Παράλληλη Διαιτησία: πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα

- Πολύ εύκολη υλοποίηση.
- Υψηλό κόστος, ιδιαίτερα αν υπάρχουν πολλές μονάδες.
- Συνήθως χρησιμοποιείται κωδικοποιητής προτεραιοτήτων. Οι μονάδες με χαμηλή προτεραιότητα αδικούνται αν χρησιμοποιείται στατική ανάθεση.
 - Μπορεί να χρησιμοποιηθεί πιο πολύπλοκη υλοποίηση με δυναμική ανάθεση προτεραιοτήτων.
 - Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυκλική προτεραιότητα (rotating) ή προτεραιότητα με χρήση ιστορικού (επιλέγεται η μονάδα που δεν είχε χρησιμοποιήσει πρόσφατα το δίαυλο).



Κατανεμημένη διαιτησία

- Κατανεμημένη διαιτησία:
 - Κάθε υπομονάδα περιέχει λογικά κυκλώματα ελέγχου πρόσβασης.
 - Όλες μαζί οι υπομονάδες ενεργούν μαζί για να μοιράζονται το δίαυλο.
 - Συνήθως αποφασίζεται μια συσκευή να είναι ο αφέντης του διαύλου (master).
 - 2 κατηγορίες:
 - Διαιτησία με αυτο-επιλογή.
 - Διαιτησία με ανίχνευση σύγκρουσης.



Κατανεμημένη διαιτησία με αυτο-επιλογή

- Υπάρχουν επιπρόσθετες γραμμές ελέγχου που συνδέονται όλες οι μονάδες.
- Όλες οι μονάδες χαρακτηρίζονται από έναν αριθμό (π.χ. διεύθυνση).
- Αν μια συσκευή επιθυμεί τη χρήση της αρτηρίας, τότε τοποθετεί τον αριθμό της. Παρακολουθεί τον αριθμό που υπάρχει στην αρτηρία. Αν είναι ο ίδιος με το δικό της, τότε έχει τον έλεγχο.
Π.χ. Μονάδα1 00000000, μονάδα2 00000001, μονάδα3 00000011, ... , 11111111. Αν η μονάδα 00111111 και η μονάδα 11111111 τοποθετήσουν τον αριθμό τους ταυτόχρονα στο δίαυλο, τότε το λογικό OR θα έχει ως αποτέλεσμα τον 11111111, οπότε μόνο αυτή η μονάδα θα έχει τον έλεγχο.
- Χρησιμοποιήθηκε στον Apple Macintosh II.



Κατανεμημένη διαιτησία με ανίχνευση σύγκρουσης

- Όποια μονάδα θέλει να στείλει δεδομένα, τα τοποθετεί στο δίαυλο, αφού διαπιστώσει ότι δε χρησιμοποιείται.
- Διαβάζει τα δεδομένα που βρίσκονται στο δίαυλο.
 - Αν είναι τα ίδια με αυτά που έγραψε, τότε η μετάδοση έχει γίνει.
 - Αν είναι διαφορετικά, τότε έχει συμβεί σύγκρουση. Περιμένει και προσπαθεί πάλι μετά από τυχαίο χρονικό διάστημα.
- Η μονάδα παραλήπτης μπορεί να καταλάβει αν τα δεδομένα στο δίαυλο είναι σωστά ή έχουν αλλοιωθεί από σύγκρουση (π.χ. checksum).
- Έχει καλή απόδοση, μόνο για διαύλους με χαμηλό ποσοστό χρήσης.



Πως συνδέονται πολλαπλές συσκευές στον ίδιο δίαυλο

- Προκειμένου να μην αλλοιώνονται τα δεδομένα που στέλνει μια συσκευή, από μια άλλη που συνδέεται στον ίδιο δίαυλο απαιτείται να υπάρχει απομόνωση των συσκευών που δε συμμετέχουν στην επικοινωνία.
- Αυτό επιτυγχάνεται με απομονωτές τριών καταστάσεων (tri-state buffers).
- Αυτοί οι απομονωτές, έχουν μια λειτουργία υψηλής αντίστασης, η οποία ισοδυναμεί με ψηφιακή απομόνωση.
- Άλλες συνδέσεις με απομόνωση, είναι η ανοιχτού συλλέκτη (open collector) ή ανοιχτού απαγωγού (open drain) που όμως δεν είναι αποδοτικές και έχουν μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας.



Απομονωτής τριών καταστάσεων



INPUT		OUTPUT
A	B	C
0	1	0
1	1	1
X	0	(high impedance)

3 καταστάσεις:

- Λογικό 0
- Λογικό 1
- Υψηλή Αντίσταση (Z)



Αποκλειστικής ή κοινής χρήσης

- Αν υπάρχει ιδιαίτερη γραμμή σύνδεσης για δυο και μόνο δυο συσκευές, τότε αυτή είναι **αποκλειστική σύνδεση** ή σύνδεση **σημείο-προς-σημείο** (πολύ μεγάλο κόστος για να συνδεθούν η συσκευές μεταξύ τους, πολύ μεγάλη ταχύτητα χωρίς συγκρούσεις).
- Αν υπάρχει μια αρτηρία που χρησιμοποιείται από πολλές μονάδες, τότε αυτή είναι σύνδεση **κοινής χρήσης** (απαιτείται μηχανισμός ελέγχου και διαιτησίας για το χρονικό μοίρασμα της χρήσης, μικρή ταχύτητα, μοναδικό σημείο αστοχίας. Πλεονέκτημα η ευκολία προσθήκης νέων συσκευών και το μικρό κόστος).
- Συνήθως ένα σύστημα χρησιμοποιεί και τους 2 τύπους.



Κλειστοί και ανοιχτοί δίαυλοι

- Κατά τη σχεδίαση ενός συστήματος, κάποιοι δίαυλοι σχεδιάζονται για να συνδέσουν κάποιες συγκεκριμένες μονάδες (π.χ. επεξεργαστή και μνήμη) κάτι που δεν πρόκειται να μεταβληθεί.
- Όμως, υπάρχουν και δίαυλοι που θα συνδεθούν άγνωστες για τον κατασκευαστή συσκευές. Αυτοί οι δίαυλοι θα πρέπει να είναι συμβατοί με κάποιο δημοφιλές πρότυπο ή πρωτόκολλο. Με αυτόν τον τρόπο ο τελικός χρήστης μπορεί να συνδέσει άγνωστες μονάδες (που όμως είναι συμβατές με το αντίστοιχο πρότυπο) και να λειτουργήσουν απρόσκοπτα.



Τι ισχύει για το χρονισμό των διαύλων;

- Ο χρονισμός αναφέρεται στον τρόπο με τον οποίο συντονίζονται τα γεγονότα του διαύλου.
- Χρησιμοποιούν:
 - Σύγχρονο χρονισμό (Ρολόι):
 - Απλούστερος στην υλοποίηση, έλεγχο.
 - Λιγότερο ευέλικτος.
 - Όλες οι συσκευές δεσμευμένες σε σταθερή ταχύτητα ρολογιού (καθορισμένη από την πιο αργή συσκευή).
- Ασύγχρονο χρονισμό (ακολουθία σημάτων):
 - Βελτιώνει την επικοινωνία των γρήγορων συσκευών που δε χρειάζεται να λειτουργούν σε μικρότερες ταχύτητες.
 - Δε χρησιμοποιεί ρολόι, αλλά σήματα χειραψίας.



Διαγράμματα χρονισμού

- Τοποθέτηση της διεύθυνσης.
- Επιλογή της συσκευής.
- Αποστολή του σήματος ανάγνωσης ή του σήματος εγγραφής.
- Ανάγνωση των δεδομένων.

Όλες οι παραπάνω ενέργειες πρέπει να ολοκληρωθούν μέσα σε αυστηρούς περιορισμούς χρόνου, διαφορετικά μπορεί να έχουμε αλλοίωση/καταστροφή των δεδομένων.



Ο αφέντης και ο δούλος του διαύλου

Μια μονάδα που μπορεί να ξεκινήσει και να καθοδηγήσει μια διαδικασία εγγραφής ή ανάγνωσης δια μέσου μιας αρτηρίας καλείται αφέντης ή κύρια μονάδα (master), ενώ η άλλη μονάδα που λαμβάνει μέρος στη διαδικασία καλείται υπηρέτης ή δούλος (slave).



Συσκευές I/O και δίαυλοι

- Μια καλή πρακτική όταν θέλουμε να συνδέσουμε συσκευές I/O σε ένα σύστημα αποτελεί η χρήση ενός εξειδικευμένου IC, που ονομάζεται ελεγκτής I/O.
- Οι συσκευές συνδέονται στο ελεγκτή I/O, ο οποίος στη συνέχεια συνδέεται μέσω της κατάλληλης γέφυρας στον επεξεργαστή.
- Όταν απαιτείται η χρήση I/O, ο επεξεργαστής ζητάει από τον ελεγκτή I/O να εκτελέσει τις αντίστοιχες ενέργειες. Όταν ολοκληρωθούν ο ελεγκτής I/O στέλνει ένα σήμα διακοπής.



Ελεγκτές I/O

Πλεονεκτήματα των ελεγκτών I/O:

- Αποδέσμευση CPU.
- Αποδέσμευση διαύλου, οι συσκευές I/O συνδέονται στον ελεγκτή και όχι στο δίαυλο.
- Αποδέσμευση μνήμης, αφού ο ελεγκτής έχει προσωρινή μνήμη αποθήκευσης.
- Αντιμετώπιση της διαφοράς ταχύτητας επεξεργαστή, μνήμη, διαύλου με τη συσκευή I/O.

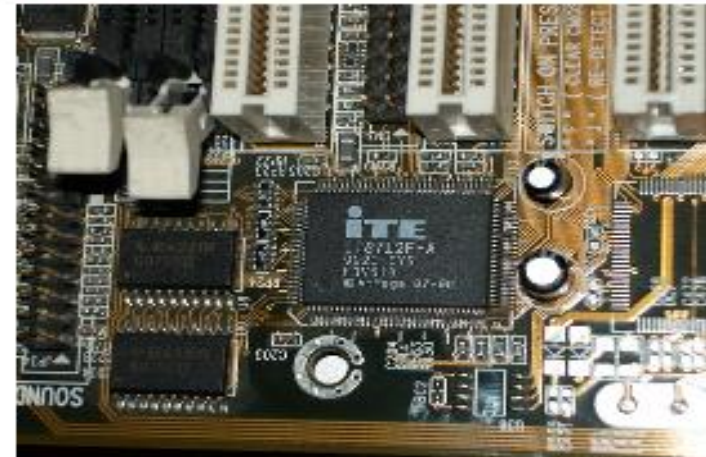
- Οι ρυθμίσεις στον ελεγκτή I/O μπορούν να γίνουν είτε με τη χρήση βραχυκυκλωτήρων, είτε αυτόματα από το δίαυλο.



Ο ελεγκτής SuperIO

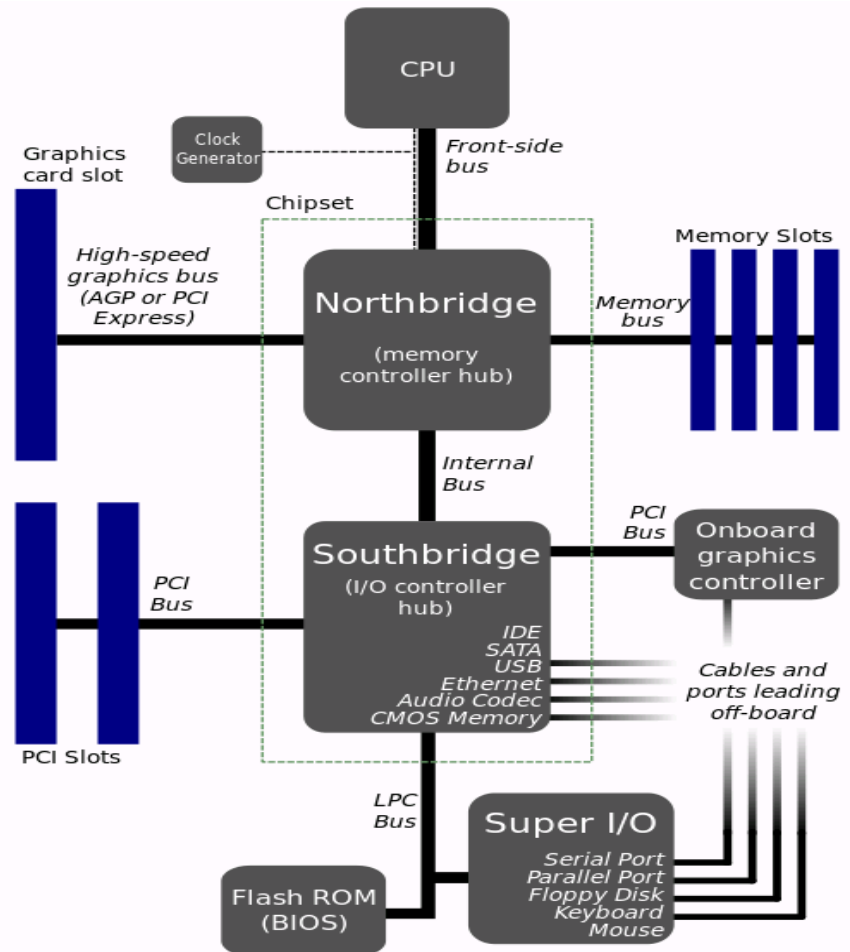
IC που χρησιμοποιείται για τη σύνδεση συσκευών χαμηλής ταχύτητας:

- Οδηγό δισκέτας.
- Παράλληλης θύρας.
- Σειριακής θύρας.
- Ποντίκι και πληκτρολόγιο PS/2.
- Αισθητήρες θερμότητας και ταχύτητας ανεμιστήρων.

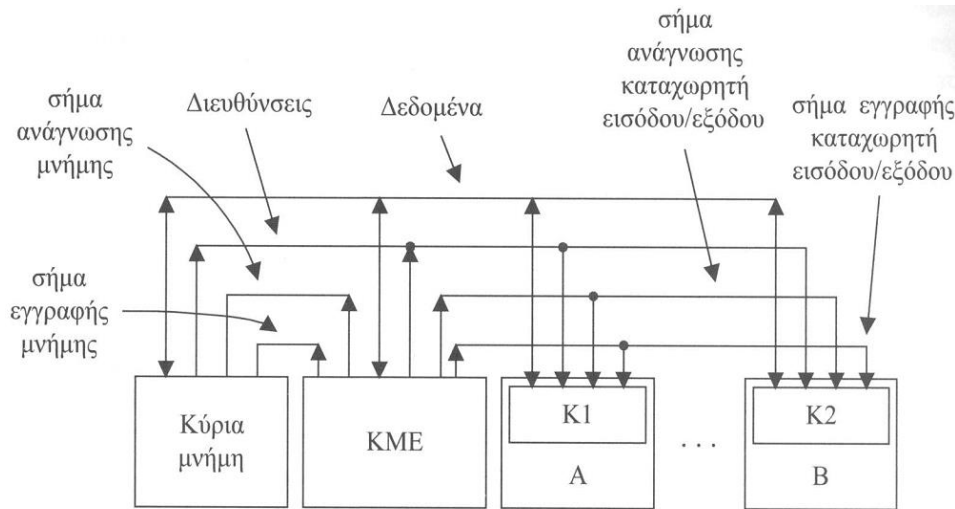


Οι διάυλοι σε ένα τυπικό υπολογιστικό σύστημα

- Τυπική διασύνδεση διαύλων, συσκευών και γεφυρών σε ένα σημερινό σύστημα.



Διακριτοί χώροι διευθύνσεων μνήμης και I/O



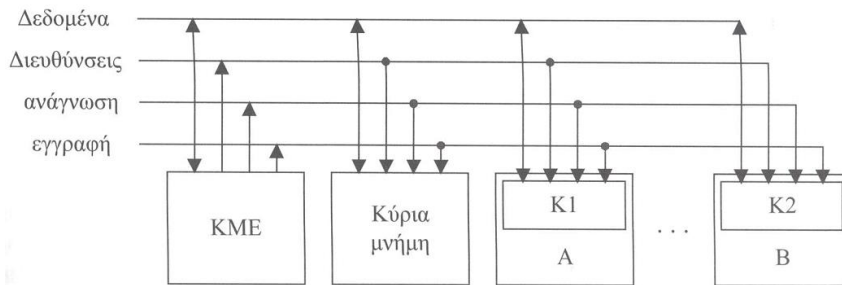
A, B: μονάδες εισόδου/εξόδου

K1, K2: ένας ή περισσότεροι καταχωρητές ανάλογα της συγκεκριμένης μονάδας εισόδου/εξόδου.

- Διακριτοί χώροι I/O και μνήμης.
 - Ειδικά σήματα για ανάγνωση/εγγραφή μνήμης.
 - Ειδικά σήματα για ανάγνωση/εγγραφή περιφερειακού.
- Κοινοί δίαυλοι δεδομένων και διευθύνσεων.
- Στο x86 χρησιμοποιούνται οι εντολές in/out.



Ενιαίος χώρος διευθύνσεων και I/O



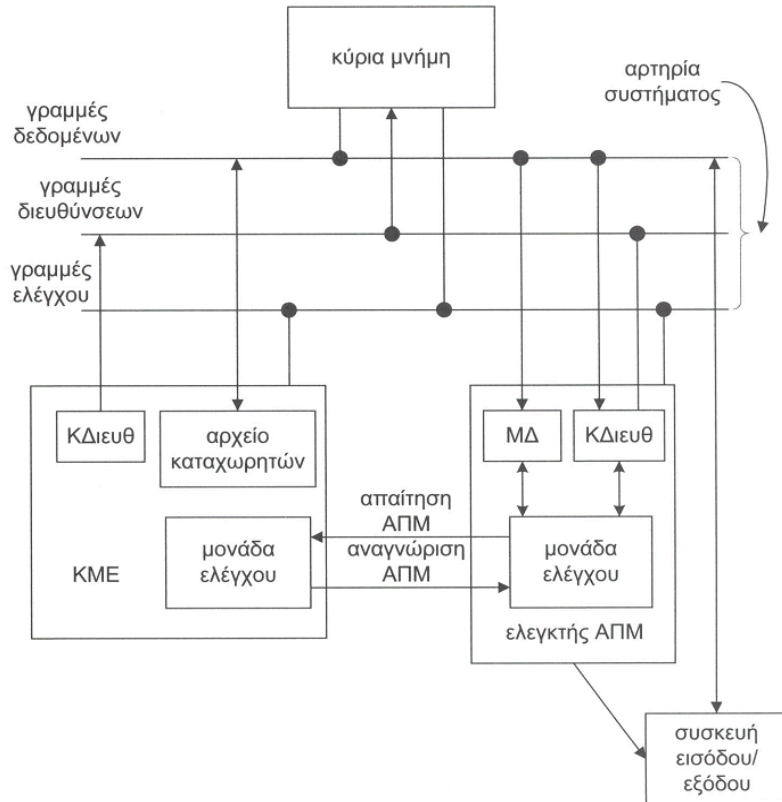
A, B: μονάδες εισόδου/εξόδου

K1, K2: ένας ή περισσότεροι καταχωρητές ανάλογα της συγκεκριμένης μονάδας εισόδου/εξόδου.

- Ενιαίος χώρος διευθύνσεων.
- Κοινοί δίαυλοι για δεδομένα, διευθύνσεις, ανάγνωση και εγγραφή.
- Πρόσβαση στα περιφερειακά με ίδιες εντολές με αυτές τις πρόσβασης στη μνήμη.



Άμεση προσπέλαση μνήμης



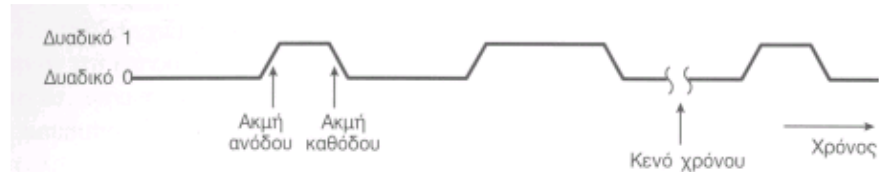
- Χρήση ειδικού ελεγκτή για τις μεταφορές από και προς τη μνήμη, ώστε να απελευθερωθεί ο επεξεργαστής.
- Ο επεξεργαστής αιτείται από τον ελεγκτή DMA να προβεί σε κάποια συγκεκριμένη μεταφορά.
- Μόλις ο ελεγκτής ολοκληρώσει τη μεταφορά στέλνει στον επεξεργαστή μια διακοπή για ενημέρωση.
- Πλεονέκτημα: Αποδέσμευση CPU.

Χρησιμοποιούνται ειδικά σήματα, ώστε ο ελεγκτής DMA να γίνει αφέντης των διαύλων μέχρι να ολοκληρωθεί η μεταφορά. Ο ελεγκτής αιτείται τη χρήση του διαύλου και ο επεξεργαστής στέλνει το σήμα αναγνώρισης της αίτησης.

Αύξηση απόδοσης, ιδιαίτερα σε πολυδιεργασιακά περιβάλλοντα.



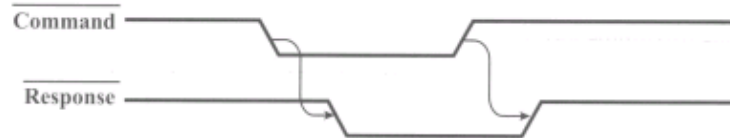
Αναπαραστάσεις που χρησιμοποιούνται στα διαγράμματα χρονισμού



(a) Τα σήματα σε συνάρτηση του χρόνου



(b) Ομάδες γραμμών



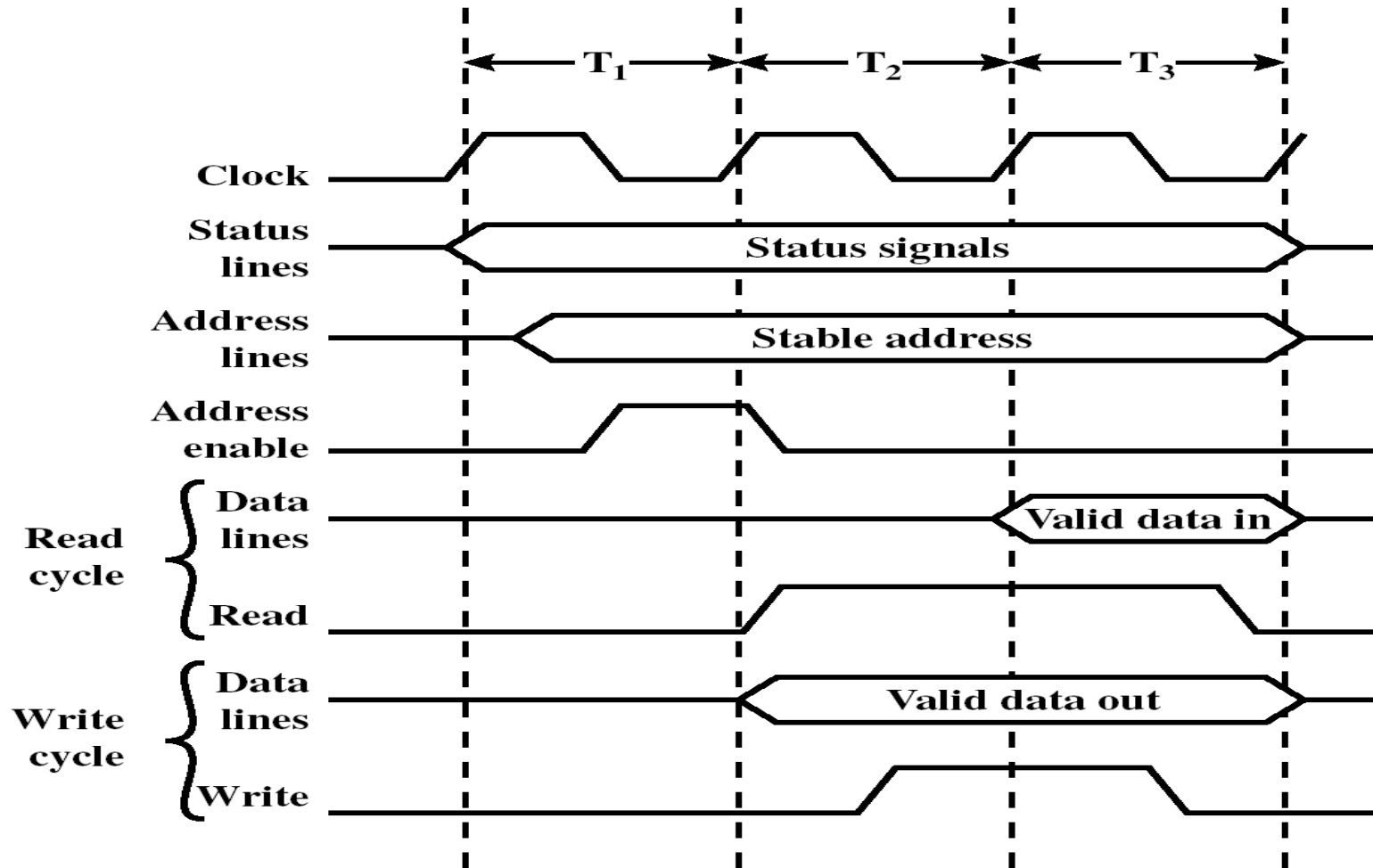
(c) Εξαρτήσεις αιτίας και αποτελέσματος



(d) Σήμα ρολογιού



Σύγχρονος χρονισμός: Όλα τα γεγονότα συμφωνούν με το ρολόι

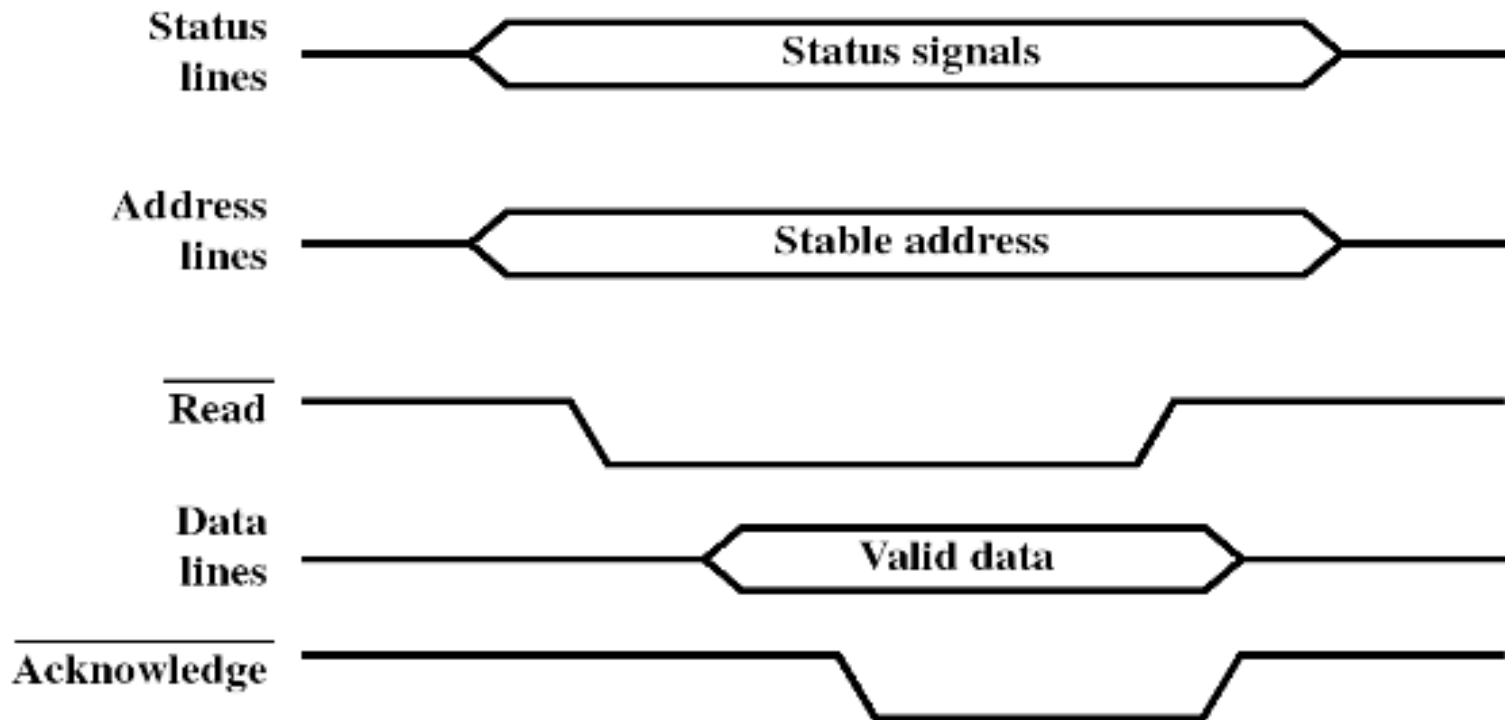


Σύγχρονος χρονισμός

- Μια γραμμή του διαύλου μεταφέρει το ρολόι.
- Μειονεκτήματα:
 - Όλες οι μονάδες έχουν την ίδια ταχύτητα.
 - Δε μπορούν να έχουν μεγάλο μήκος για να μην υπάρχει στρέβλωση ρολογιού.
 - Μικρό πλήθος μονάδων που συνδέονται.
- Χρησιμοποιούνται κύκλοι καθυστέρησης (wait cycles) αν απαιτείται επικοινωνία με πολύ αργή συσκευή που είναι συνδεδεμένη στο δίαυλο.



Ασύγχρονος χρονισμός: Χρησιμοποιούνται σήματα



Απόδοση διαύλων

Δυο μετρικά χρησιμοποιούνται για την απόδοση:

- Καθυστέρηση (latency).
 - Η μέγιστη ταχύτητα περιορίζεται από το είδος, το πλήθος των μονάδων που συνδέονται και το μήκος.
- Ρυθμός μεταφοράς (throughput).

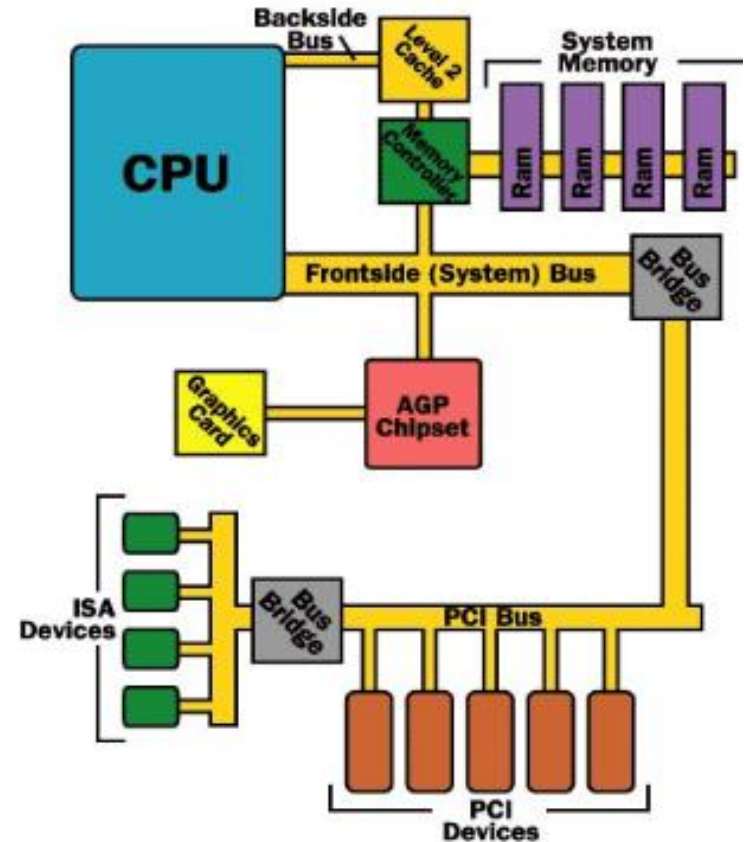
Εξαρτάται από:

- Εύρος της αρτηρίας δεδομένων (bitwidth), περισσότερες γραμμές, μεγαλύτερος ρυθμός μεταφοράς και κόστος υλοποίησης.
- Διακριτές γραμμές δεδομένων και διευθύνσεων ή πολυπλεξία στο χρόνο. Η πολυπλεξία μειώνει το ρυθμό, γιατί η αρτηρία δε χρησιμοποιείται αποκλειστικά για μια λειτουργία.
- Ομαδική μεταφορά λέξεων (block/burst). Αν με μια διεύθυνση, μπορούν να σταλούν πολλαπλές συνεχόμενες λέξεις ή κάθε λέξη απαιτεί μια διεύθυνση.



Ένας σημερινός υπολογιστής

- Υπάρχουν οι διάυλοι:
 - system bus (fastest).
 - Backside bus (δε χρησιμοποιείται πια).
 - Pci bus.
 - Isa bus.



©2001, NewStufWorks



Ερωτήσεις αξιολόγησης (1/2)

- Ποια μπορεί να είναι η μέγιστη απόσταση ανάμεσα στον επεξεργαστή και σε μια συσκευή προκειμένου να έχουμε μια επιτυχημένη μετάδοση δεδομένων;
- Πως επιτυγχάνεται μια μεταφορά 64bit από ένα δίαυλο 32bit;
- Ποιο είναι το πλεονέκτημα χρήσης της αρχιτεκτονικής πολλαπλών διαύλων, σε σχέση με την αρχιτεκτονική απλού διαύλου;



Ερωτήσεις αξιολόγησης (2/2)

- Σε έναν κοινό δίαυλο, πως επιλέγεται και χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων από τον επεξεργαστή, μια συσκευή I/O ή μια θέση μνήμης;
- Πως γίνεται διαφοροποίηση ανάμεσα σε μια διεύθυνση μνήμης και μια συσκευή I/O;
- Είναι δυνατόν να διαβάζουμε από τη μνήμη και από μια συσκευή I/O;
- Μπορεί η ίδια διεύθυνση να αντιστοιχεί και σε μια συσκευή I/O και σε μια μνήμη; Μπορεί αυτό να γίνει αν η συσκευή δε χρησιμοποιεί απεικόνιση στη μνήμη;



Χρήση διευθύνσεων σε I/O

- Κάθε συσκευή απαιτεί μια ή περισσότερες διευθύνσεις για να επικοινωνήσει με τον επεξεργαστή.
- Από την αποκωδικοποίηση της μνήμης αναγνωρίζεται το περιφερειακό που θα χρησιμοποιηθεί.
- Κάθε διεύθυνση αντιστοιχεί σε μια συσκευή.



Ερωτήσεις αξιολόγησης

1.	Πόσους δυνατούς συνδυασμούς μπορούμε να κάνουμε με n bit σε δυαδικό σύστημα;
2.	8085 έχει διεύθυνση 16 bit. Πόσες τοποθεσίες διευθύνσεων μπορεί να έχει αυτή η διεύθυνση;
3.	8085 έχει 8 bit για E/E. Πόσες τοποθεσίες διευθύνσεων E/E έχει η κάθε διεύθυνση;
4.	8086 έχει 20bit διεύθυνση μνήμης γραμμών. Ποια είναι η μέγιστη χωρητικότητα μνήμης;



Παραδείγματα διαύλων

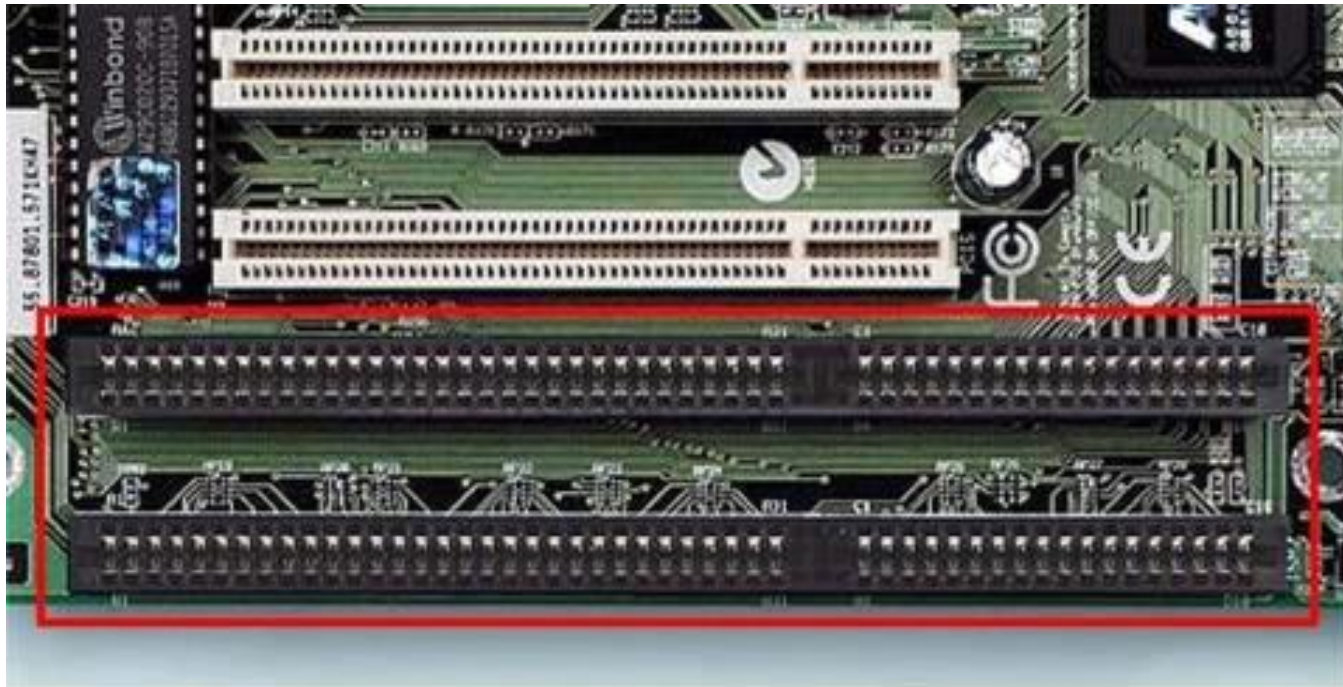


Ο δίαυλος ISA (1/2)

- @1982, 4,77Mhz (ή και 8Mhz), 16bit, 9 MBps.
- Επεξεργαστές 486 που ήταν 32bit έπρεπε να στείλουν δεδομένα σε δύο δεσμίδες.
- Ήταν ο δίαυλος που υπήρχε για 20 χρόνια στα PC:
 - λόγω συμβατότητας προς τα πίσω.
 - Δεν υπήρχε ανάγκη για πολύ μεγάλο bandwidth.
- Δεν ήταν “έξυπνος” δηλαδή έπρεπε χειρονακτικά να τοποθετηθούν ρυθμίσεις IRQ, DMA, address IO.
- Δεν υπήρχε υποστήριξη για plug-and-play (pnp).
- Όλη τη μεταφορά την έκανε ο επεξεργαστής.



Ο δίαυλος ISA (2/2)



Ο δίαυλος ISA μέσα στο κόκκινο πλαίσιο.

Ο δίαυλος Vesa

Local BUS (VLB) (1/2)

- 32 bit, 33Mhz, παράλληλη μεταφορά δεδομένων.
- 3 συσκευές.
- Λειτουργούσε στη συχνότητα του local bus (συχνότητα επεξεργαστή).
- Ήταν μια επέκταση της ISA.
- Δεν υπήρχε πρόβλημα για 1-2 συσκευές, αλλά η προσθήκη περισσότερων συσκευών δημιουργούσε πρόβλημα.
- Συνήθως η 1 συσκευή ήταν η κάρτα γραφικών.
- Οι υποδοχές ήταν πολύ μεγάλες και άβολες.



Ο δίαυλος Vesa Local BUS (VLB) (2/2)



Ο δίαυλος PCI (1/2)

- @1993 by Intel.
- Έγινε ευρέως γνωστό με τα windows 95 (υποστήριξη plug and play για τις συσκευές PCI).
- Peripheral Component Interconnect (PCI).
- 32bit (max 66Mhz), 133 MB/sec, parallel bus.
- Χρησιμοποιήθηκε πάνω στο motherboard για την προσθήκη επιπρόσθετων καρτών.

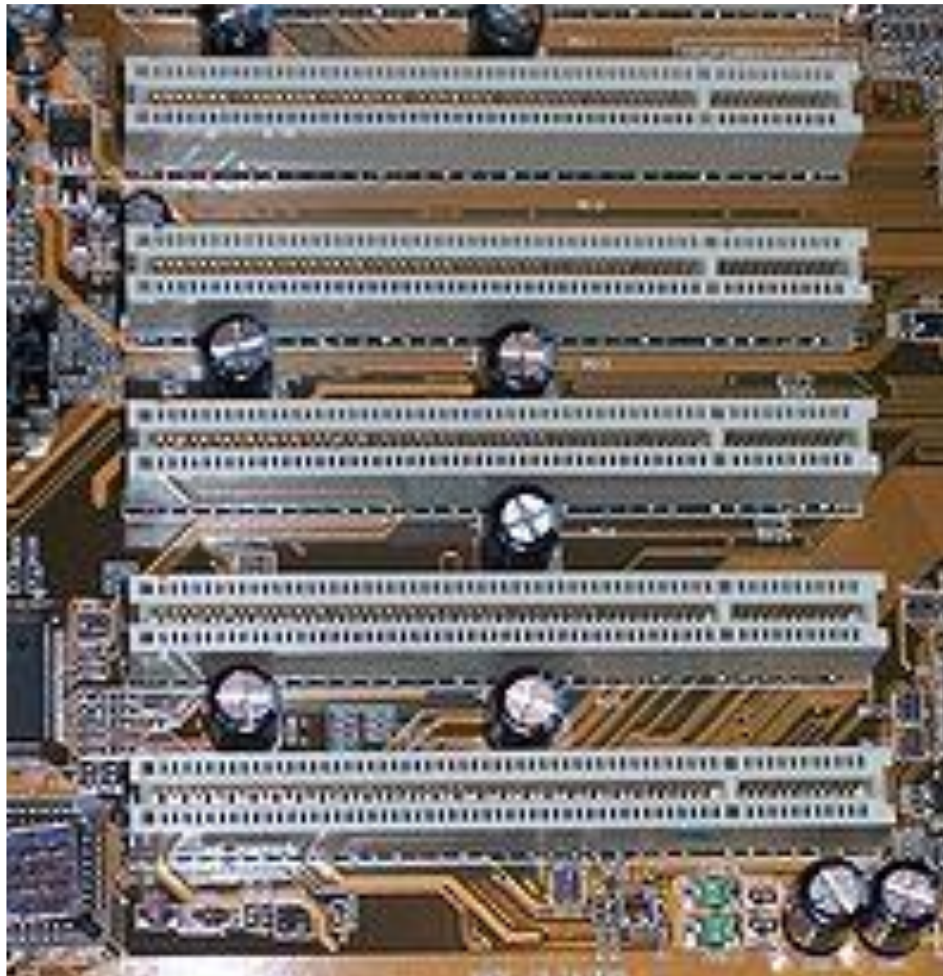


Ο δίαυλος PCI (2/2)

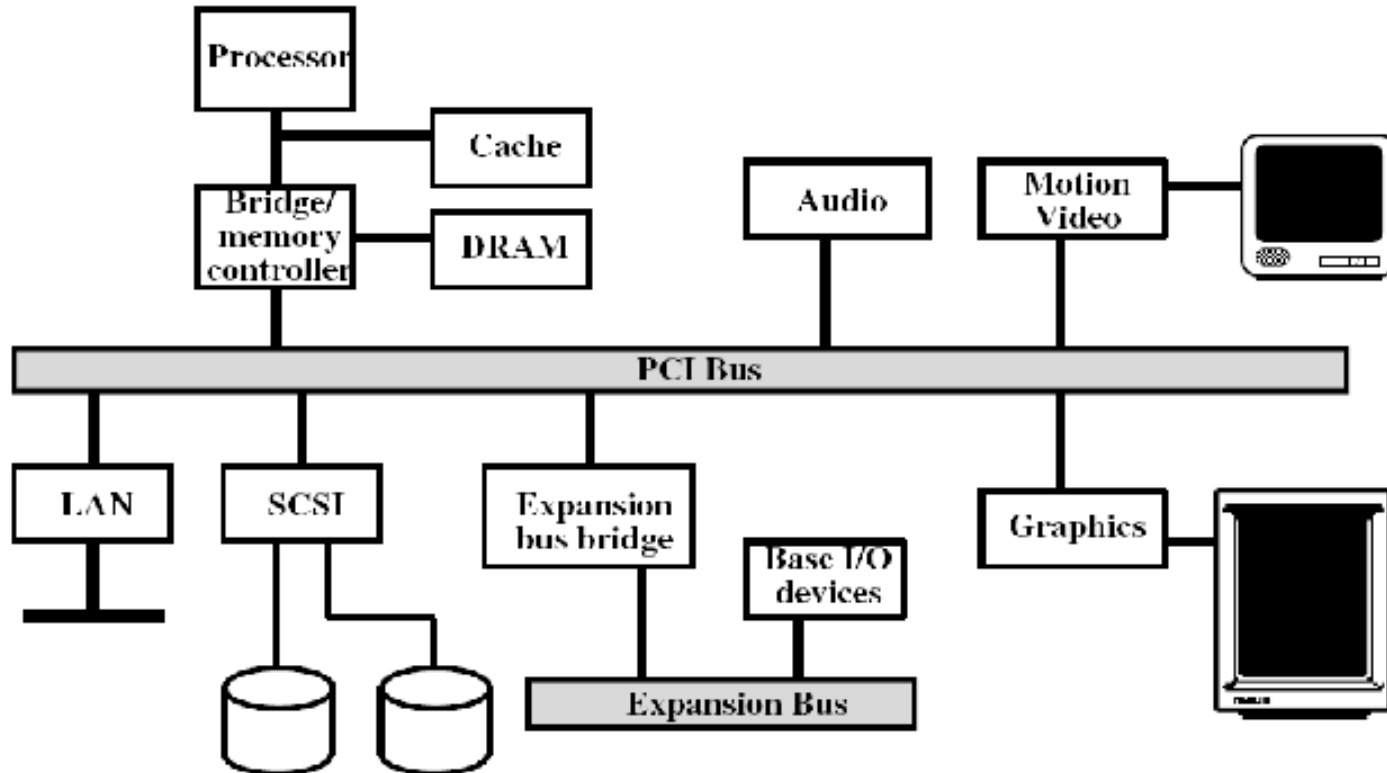
- Υπάρχουν διάφορες προδιαγραφές (PCI 1.0,2.0..).
- Αντικατέστησε το δίαυλο ISA και Vesa Local Bus.
- Δίνει τροφοδοσία 3,3V ή 5V.
- Μέχρι 5 συσκευές χωρίς κανένα πρόβλημα.
- Έγιναν προσπάθειες για πολύ πιο γρήγορες ταχύτητες (PCI-X) αλλά με πολύ ακριβό κόστος υλοποίησης.



Ο δίαυλος PCI

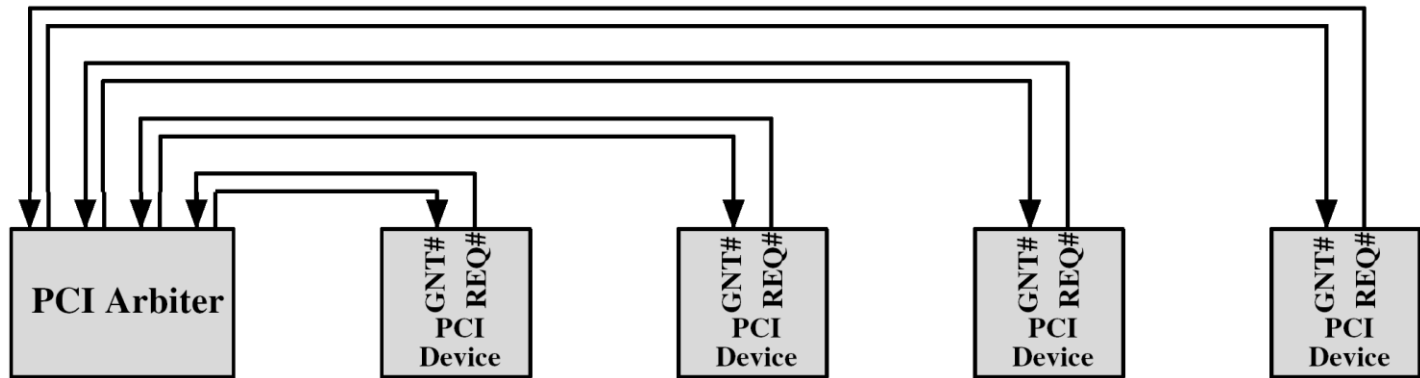


Τυπικό σύστημα με PCI



(a) Typical Desktop System

Όλες οι συσκευές συνδέονται αποκλειστικά με το διαιτητή



- Κάθε συσκευή συνδέεται αποκλειστικά με το διαιτητή διαύλου PCI.
- Όταν μια συσκευή θέλει να αποκτήσει τον έλεγχο του διαύλου τότε στέλνει ένα σήμα από τη γραμμή **REQ#**.
- Ο διαιτητής αποφασίζει σε ποια συσκευή θα δώσει τον έλεγχο στέλνοντας στην κατάλληλη συσκευή το σήμα **GNT#**.
- Η συσκευή που λαμβάνει το **GNT#** μπορεί να χρησιμοποιήσει το κοινό δίαυλο PCI.

Η σύνδεση AGP

- @1997,32bits,2133MB/sec, parallel.
- Accelerated Graphics Port.
- Δίαυλος σημείο-προς-σημείο (επεξεργαστή-GPU).
- 1 μόνο συσκευή.



Παράλληλα / Σειριακά

- Οι ταχύτητες του επεξεργαστή και των υπομονάδων συνεχώς αυξάνονται.
- Οι παραδοσιακοί δίαυλοι παράλληλης μεταφοράς PCI, AGP έχουν φτάσει στα φυσικά τους όρια.
- Οι νέοι δίαυλοι είναι σειριακοί σημείο-σε-σημείο (point-to-point).
- Κάθε υπομονάδα συνδέεται σε μια άλλη υπομονάδα (π.χ. Τον επεξεργαστή) με αποκλειστική γραμμή σειριακής μετάδοσης.
- Μπορεί κάθε υπομονάδα να στέλνει δεδομένα ανεξάρτητα από τις άλλες.
- Προτάθηκε και υιοθετήθηκε το PCI-Express.

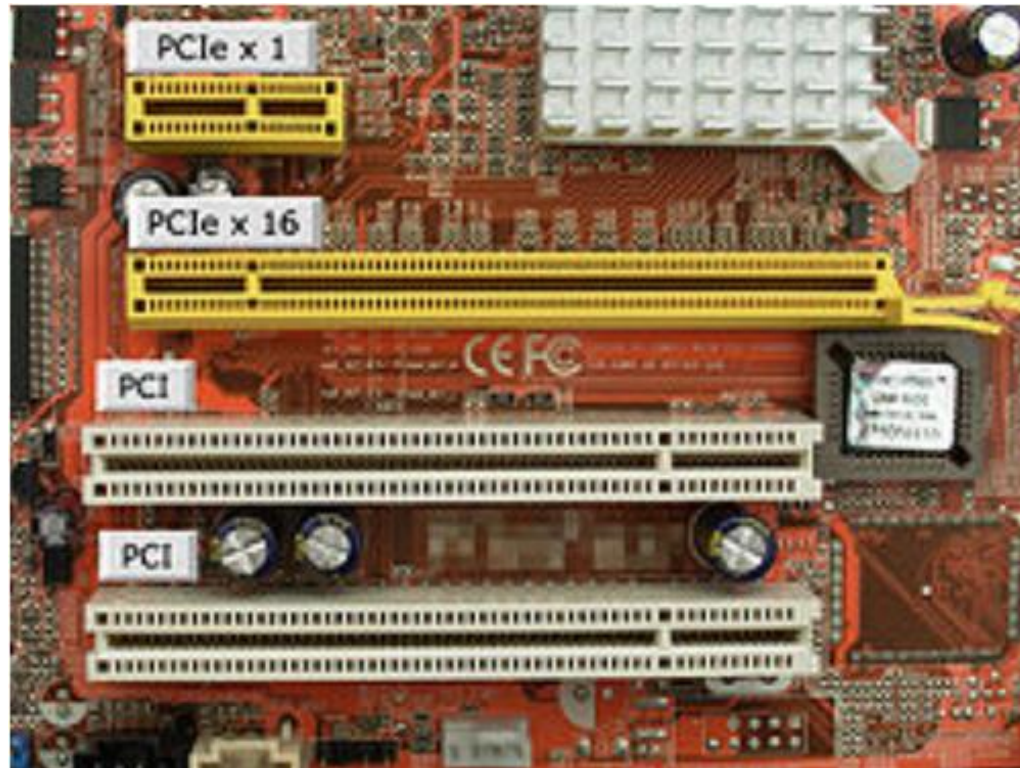


Ο δίαυλος PCI Express (PCIe) (1/2)

- @2004 by Intel.
- Δημιουργήθηκε για αντικατάσταση PCI, AGP.
- Σύνολο χωριστών σειριακών απευθείας συνδέσεων (serial bus).
- 2 γραμμές εκπομπή + 2 γραμμές λήψη (1 οδός).
- Χρησιμοποιείται μεταγωγέας (switch).
- 1,25 Ghz (max bandwidth 250MB/sec).
- Μπορεί να συνδυαστούν οι οδοί:
 - PCIe x1 (απλές κάρτες), x4, x16 (κάρτες γραφικών), x32.



Ο διάυλος PCI Express (PCIe) (2/2)



Ο δίαυλος AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) (1/2)

- @1996, ARM.
- 3η αναθεωρημένη έκδοση (2003).
- System-on-chip για ενσωματωμένα της ARM.
- 32bit.
- Ελεύθερες οι προδιαγραφές για να χρησιμοποιηθούν από άλλους κατασκευαστές (π.χ. Infineon).
- Είναι πολύ δημοφιλή υλοποίηση (χρησιμοποιείται και σε smartphones).



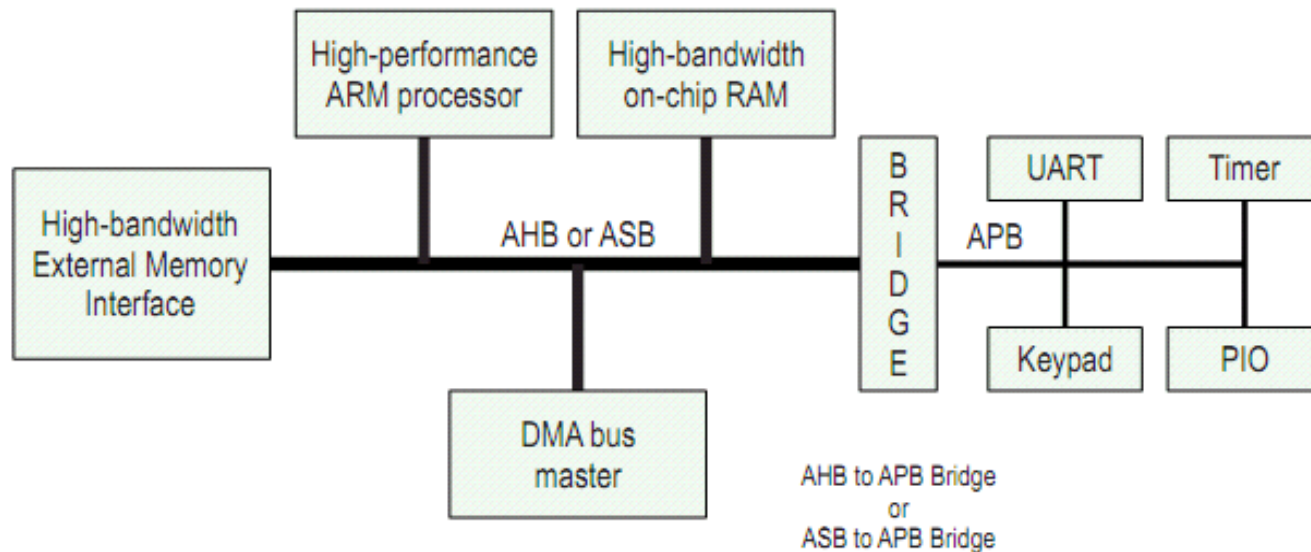
Ο δίαυλος AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) (2/2)

Υποστηρίζονται 5 τύποι διαύλων:

- Advanced eXtensible Interface (AXI).
- Advanced High-performance Bus (AHB).
- Advanced System Bus (ASB).
- Advanced Peripheral Bus (APB).
- Advanced Trace Bus (ATB).



Ο δίαυλος AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture)



AMBA AHB

- * High performance
- * Pipelined operation
- * Multiple bus masters
- * Burst transfers
- * Split transactions

AMBA ASB

- * High performance
- * Pipelined operation
- * Multiple bus masters

AMBA APB

- * Low power
- * Latched address and control
- * Simple interface
- * Suitable for many peripherals



Άλλοι δίαυλοι

- USB
- MCA
- Firewire
- Nubus

χαρακτηριστικά	Όνομα αρτηρίας			
	PCI	SCSI	Firewire	USB
είδος	παράλληλη	παράλληλη	σειριακή	σειριακή
χρήση	αρτηρία συστήματος	αρτηρία εισ/εξ	αρτηρία εισ/εξ	αρτηρία εισ/εξ
Εύρος αρτηρίας σε δυαδικά ψηφία δεδομένων	32-64	8-32	1	1
Μέγιστος ρυθμός μεταφοράς δεδομένων (εκατομμύρια ψηφιολέξεις /δευτερόλεπτο)	133-512	5-40	50 (Firewire 400) 100 (Firewire 800)	0,2-60
Μέγιστος αριθμός συνδεδεμένων μονάδων	32	7-31	63	127
Μέγιστο μήκος (μέτρα)	1	3-25	4,5*	5*

*Γίνεται αρκετά μεγαλύτερο χρησιμοποιώντας αναμεταδότες (repeaters)



Βιβλιογραφία

Χρησιμοποιήθηκε υλικό από:

- Stallings, Οργάνωση και Αρχιτεκτονική Υπολογιστών 6η έκδοση (3.3,3.4, 3.6, 3A).
- Mission10x (U4-S[1-4]_Ver_Final.pdf).
- Αρχιτεκτονική Υπολογιστών, Δ. Νικολός, Γκιούρδας.



Τέλος Ενότητας



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

