

Συλλογή Δεδομένων

Κεφάλαιο 5

ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Η φύση και τα φυσικά φαινόμενα αποτέλεσαν από την αρχαιότητα πηγή πληροφορίας για τον άνθρωπο
- Η αναπαράσταση της πληροφορίας ήταν αρχικά απλή
- Αύξηση της πολυπλοκότητας των παρατηρήσεων:
 - Μεγάλος όγκος δεδομένων
 - Αδύνατη η επεξεργασία με το μυαλό και χαρτί
- Δημιουργία συσκευών συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων



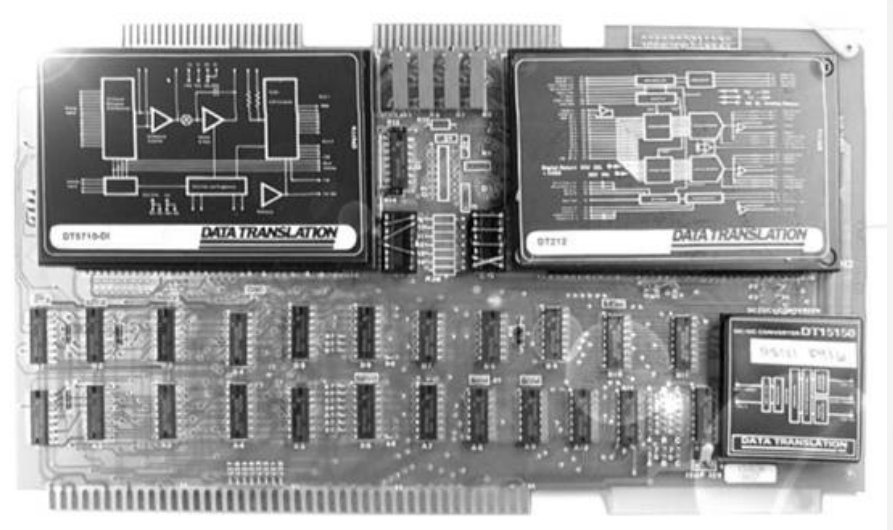
Το πρώτο σεισμοσκόπιο, 132μ.Χ.



ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ



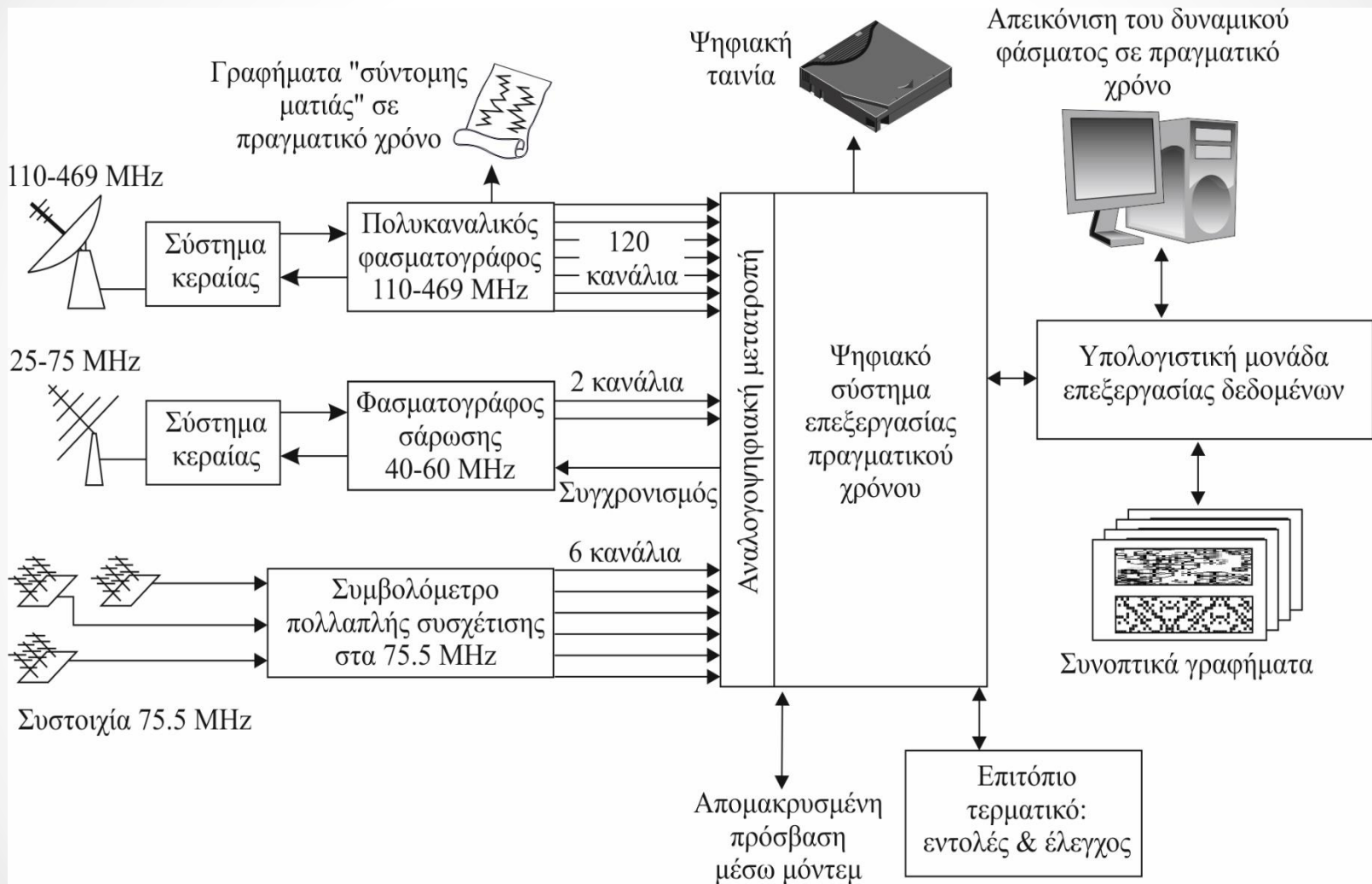
Υπολογιστής Αντικυθήρων
100 π.Χ.



1^η πολυλειτουργική κάρτα
συλλογής δεδομένων, 1976



ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ – παράδειγμα 1



RTS σύστημα ARTEMIS, Αστεροσκοπείο Παρισιού, έτος 1989

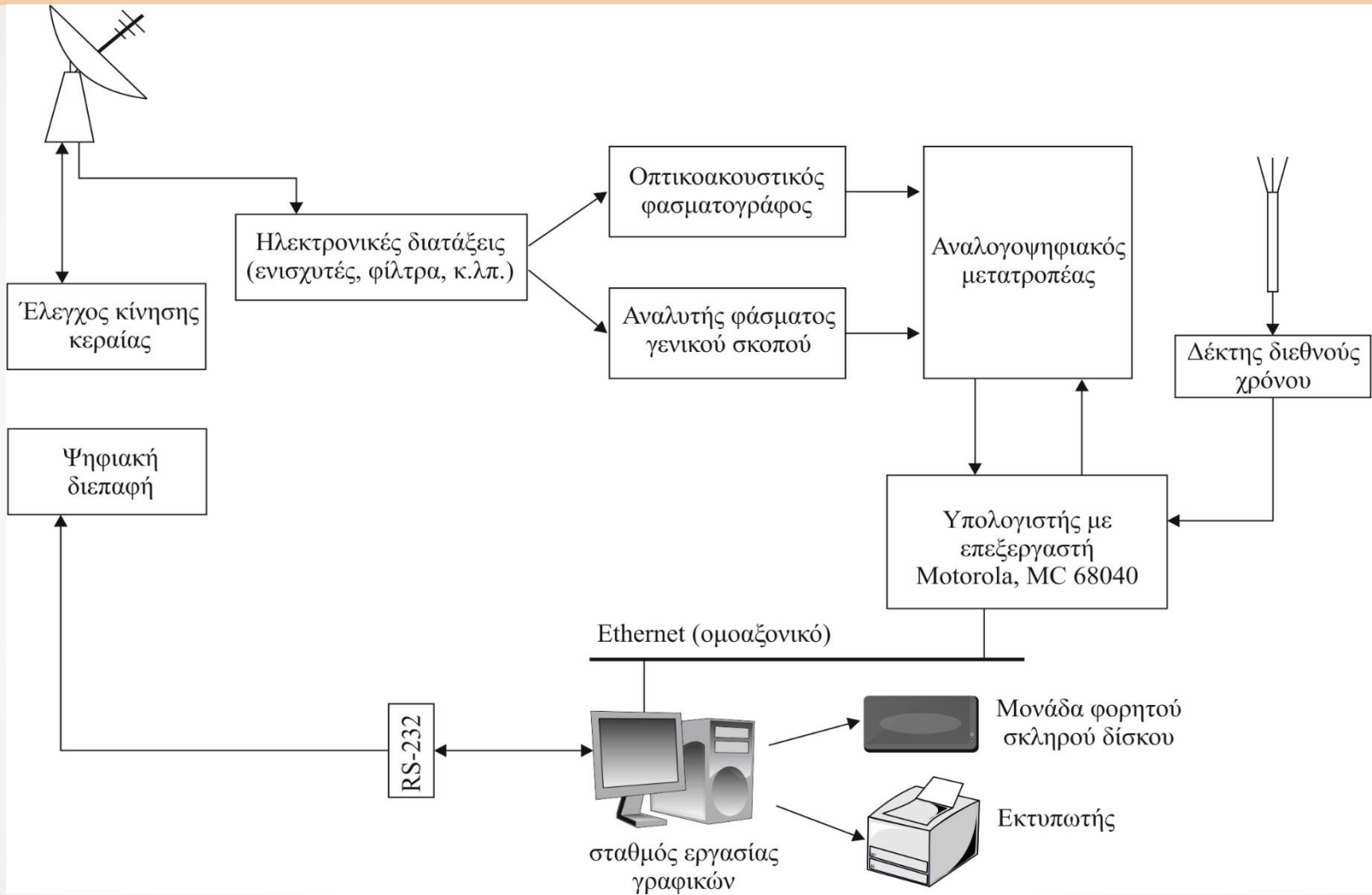


RTS ΣΥΣΤΗΜΑ ARTEMIS

- Ψηφιακό σύστημα συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων ηλιακών ραδιοεκπομπών , σε πραγματικό χρόνο.
- Πολυεπεξεργαστικό περιβάλλον επεξεργαστών Motorola MC68010/68020
- Αυτόματη λήψη, ψηφιοποίηση, επεξεργασία και καταγραφή 128 αναλογικών καναλιών
- Ρυθμός δειγματοληψίας 100 samples/sec με ακρίβεια 12bits/sample
- Αρθρωτή αρχιτεκτονική δομημένη σε αρτηρίες τύπου VME
- Συμπύεση σε πραγματικό χρόνο του ημερήσιου όγκου δεδομένων από 1,3GB σε 75MB.
- Υλοποίηση συστήματος ARTEMIS από συγγραφέα του βιβλίου:
“ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ”, Εκδόσεις Τζιόλα



ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ – παράδειγμα 2



Ραδιοφασματογράφος ARTEMIS MARK-IV, Παν/μίου Αθηνών, έτος 1996



ΚΕΡΑΙΑ ΤΟΥ ARTEMIS MARK-IV – παράδειγμα 2



Παραβολική λογαριθμική κεραία διαμέτρου 7m,
Τοποθεσία: Δορυφορικός Σταθμός Θερμοπυλών



ΣΥΣΤΗΜΑ ARTEMIS MARK-IV

- Ψηφιακό σύστημα ηλιακής ραδιοφασματογραφίας του ΕΚΠΑ εγκατεστημένο στο δορυφορικό σταθμό Θερμοπυλών.
- Πολυεπεξεργαστικό περιβάλλον συνδυασμού επεξεργαστών Motorola σε αρτηρία VME και σταθμού εργασίας Sun Sparc-5 με σύνδεση Ethernet
- Χρήση αναλυτή δυναμικού φάσματος (DSA), οπτικο-ακουστικού δέκτη (SAO), DMA ελεγκτών, αρτηρίας VME και λειτουργικού περιβάλλοντος VxWorks για επεξεργασία δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
- Περιοχή συχνοτήτων σήματος από 110MHz έως 600MHz με ρυθμό δειγματοληψίας 300 rps/κανάλι με ακρίβεια 12bits/sample
- Δυνατότητα συμμετοχής της Ελλάδας σε Διεθνή Προγράμματα: ISTP (International Solar Terrestrial Physics Program), STEREO/WAVES, κλπ
- Υλοποίηση του συστήματος από συγγραφέα του βιβλίου:
“ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΥ ΧΡΟΝΟΥ”, Εκδόσεις Τζιόλα



Ηλεκτρονική συλλογή δεδομένων κατά την πρώτη δεκαετία της τρίτης χιλιετίας (1)

- Παραδείγματα εφαρμογών συλλογής δεδομένων σε σύγχρονα συστήματα πραγματικού χρόνου σε διάφορους τομείς:
 - Γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου: κάθε ένας από τους τέσσερις πυλώνες της γέφυρας διαθέτει σύστημα συλλογής δεδομένων στο οποίο συνδέονται 100 περίπου συσκευές:
 - επιταχυνσιογράφοι (εδάφους, πυλώνων, καταστρώματος, καλωδίων),
 - αισθητήρες παραμορφώσεων,
 - αισθητήρες για τη μέτρηση του ύψους της στάθμης του νερού,
 - αισθητήρες θερμοκρασίας (οδοστρώματος, καταστρώματος) και
 - μετεωρολογικοί σταθμοί.
 - Τα δεδομένα που συλλέγονται μεταφέρονται με οπτικές ίνες σε κεντρικό υπολογιστή



Ηλεκτρονική συλλογή δεδομένων κατά την πρώτη δεκαετία της τρίτης χιλιετίας (2)

- Large hadron collider
 - Επιταχυντής στοιχειωδών σωματιδίων
 - Έχουν εγκατασταθεί εκατόν είκοσι εξωτερικά συστήματα PXI (PCI eXtensions for Instrumentation) για την αρχική φάση
 - Συλλέγουν λεπτομερή δεδομένα για τα συμβάντα εντός του επιταχυντή
 - Στη δεύτερη φάση θα αυξηθούν σε περίπου διακόσια
- Alarm NET
 - επιτρέπει τη συνεχή ιατρική παρακολούθηση ασθενή όλο το εικοσιτετράωρο
 - αποστολή σε πραγματικό χρόνο των διαφόρων ιατρικών μετρήσεων σε κάποια νοσηλευτική μονάδα
 - Συλλέγει δεδομένα μέσω αισθητήρων ειδικού σχεδιασμού, που λαμβάνουν ιατρικές μετρήσεις για τον ασθενή
 - Οι αισθητήρες εγκαθίστανται σε διάφορα σημεία του χώρου
 - Συνδέονται κυρίως ασύρματα με κατάλληλη συσκευή ή με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή, από όπου τα δεδομένα διαβιβάζονται στον τελικό προορισμό τους (συνήθως νοσηλευτική μονάδα)



ΥΛΙΚΟ ΣΥΛΛΟΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Παράγοντες που καθορίζουν τον τύπο υλικού συλλογής δεδομένων για συστήματα πραγματικού χρόνου:
 - Είδος του συστήματος πραγματικού χρόνου
 - Ακρίβεια των μετρήσεων
 - Ταχύτητα
 - Χώρος λειτουργίας
 - Κόστος

- Βασικές κατηγορίες υλικού:
 - Κάρτες επέκτασης ηλεκτρονικού υπολογιστή (plug-in)
 - Εξωτερικά συστήματα συλλογής δεδομένων
 - Διακριτά (bench/rack) όργανα
 - Υβριδικά συστήματα συλλογής δεδομένων



Κάρτες επέκτασης (1)

- οι κάρτες συλλογής δεδομένων τοποθετούνται στις θέσεις υποδοχής (slots) της μητρικής κάρτας του ηλεκτρονικού υπολογιστή (motherboard)
- Σήμερα, οι περισσότερες κάρτες επέκτασης συλλογής δεδομένων που προσφέρονται στην αγορά χρησιμοποιούν τους κυρίαρχους δίαυλους (bus) PCI (Peripheral Component Interconnect) και PCI Express, ενώ λιγότερες για τους διαύλους ISA (Industry Standard Architecture)
- προσφέρουν ποικίλες λειτουργίες για έλεγχο, υψηλό αριθμό καναλιών, υψηλή ταχύτητα και επαρκή ευαισθησία για να μετρήσουν χαμηλά επίπεδα σημάτων, με σχετικά χαμηλό κόστος



Κάρτες επέκτασης (2)

- Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των καρτών επέκτασης συλλογής δεδομένων:
 - μέτρια ακρίβεια αυτοματοποιημένων μετρήσεων και ελέγχου.
 - υψηλή ταχύτητα μετατροπής (100kHz - 1GHz και υψηλότερη).
 - ποικιλία εκδόσεων για διαφορετικές χρήσεις που συνδυάζουν αναλογοψηφιακές μετατροπές (A/D), ψηφιοαναλογικές μετατροπές (D/A), ψηφιακό I/O, υπολογισμούς, συγχρονισμό και πολλές εξειδικευμένες λειτουργίες.
 - ο θόρυβος και οι μικρές δονήσεις μέσα στον ηλεκτρονικό υπολογιστή μπορεί να περιορίζει τη δυνατότητά τους να εκτελέσουν ευαίσθητες μετρήσεις.
 - το εύρος τάσης εισόδου στην πλειοψηφία των καρτών, είναι περιορισμένο σε περίπου $\pm 10V$.
 - η χρήση των θέσεων επέκτασης PC (expansion slots) και των εσωτερικών πόρων μπορεί να περιορίσει τη δυνατότητα επέκτασης και να καταναλώσει τους πόρους του προσωπικού υπολογιστή.
 - η δημιουργία ή η μεταβολή των συνδέσεων στις εισόδους/εξόδους των καρτών είναι συνήθως δύσκολη και προβληματική



Εξωτερικά συστήματα συλλογής δεδομένων (1)

- Διατάξεις που λειτουργούν ως αυτόνομα συστήματα
- Επικοινωνούν και ελέγχονται από έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω μιας τυποποιημένης διεπαφής
- Σε σχέση με τις κάρτες:
 - περισσότερα κανάλια I/O
 - πιο ομαλό από ηλεκτρικής άποψης περιβάλλον λειτουργίας
 - μεγαλύτερη μεταβλητότητα και ταχύτητα προσαρμογής για διαφορετικές εφαρμογές
 - χρησιμοποιούνται σε πιο εξειδικευμένες εφαρμογές



Εξωτερικά συστήματα συλλογής δεδομένων (2)

- Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των εξωτερικών συστημάτων συλλογής δεδομένων (1/2):
 - υψηλή ευαισθησία στα χαμηλού επιπέδου σήματα, της τάξης του 1mV ή και μικρότερης.
 - δυνατότητα εφαρμογής σε περιπτώσεις που απαιτούν πολλούς τύπους αισθητήρων, υψηλό αριθμό καναλιών, ή και ανάγκη για αυτόνομη λειτουργία.
 - δυνατότητες ελέγχου διεργασιών σε πραγματικό χρόνο.
 - δυνατότητα επιλογής των διαφόρων τύπων καρτών που θα τοποθετηθούν στις συσκευές.
 - πολλαπλές θέσεις επέκτασης (slots) που επιτρέπουν τη μίξη και το συνδυασμό πολλών και εξειδικευμένων καρτών για υποστήριξη απαιτήσεων συλλογής δεδομένων και ελέγχου, με υψηλό αριθμό καναλιών.
 - το σασί (chassis) των συσκευών προσφέρει ένα ηλεκτρικά πιο σταθερό περιβάλλον από ένα PC, επιτρέποντας πιο ευαίσθητες μετρήσεις.



Εξωτερικά συστήματα συλλογής δεδομένων (3)

- Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των εξωτερικών συστημάτων συλλογής δεδομένων (2/2):
 - η χρήση των τυποποιημένων διεπαφών (IEEE-488, RS-232, USB, FireWire, Ethernet) μπορεί να διευκολύνει τη δικτύωση σε συνεχή σειρά (daisy chaining networking), τη συλλογή δεδομένων από μεγαλύτερη απόσταση και τη διασύνδεση άλλων υπολογιστών.
 - ο επεξεργαστής και η μνήμη λειτουργούν αποκλειστικά για το σύστημα και μπορούν να υποστηρίξουν τις κρίσιμες εφαρμογές ελέγχου «σε πραγματικό χρόνο» ή την αυτόνομη συλλογή δεδομένων ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες απαιτήσεις ενός PC.
 - οι τυποποιημένες αρθρωτές αρχιτεκτονικές είναι μηχανικά εύρωστες, εύκολο να διαμορφωθούν και να επιτρέψουν ποικίλες λειτουργίες μέτρησης και ελέγχου.
 - τα απαραίτητα πλαίσια, οι μονάδες και τα εξαρτήματα είναι οικονομικώς αποδοτικά (cost-effective) για μεγάλους αριθμούς καναλιών.
 - μερικές αρχιτεκτονικές έχουν μικρή υποστήριξη από προμηθευτές (vendor support), που περιορίζει τις πηγές διαθέσιμου εξοπλισμού και εξαρτημάτων



Εξωτερικά συστήματα συλλογής δεδομένων (4)

- Συνήθως τα εξωτερικά συστήματα απαιτούν τη χρήση ενός υπολογιστή για τη λειτουργία τους και την αποθήκευση των δεδομένων.
- Οι κάρτες που τοποθετούνται συνήθως στις εξωτερικές συσκευές συλλογής δεδομένων είναι διασύνδεσης τύπου PXI, PXI Express, VME και VXI
- Μερικά εξωτερικά συστήματα περιλαμβάνουν μονάδες μικροεπεξεργαστών και περιλαμβάνουν πληκτρολόγια, ποντίκια, οθόνες κ.λπ.



Διακριτά όργανα (1)

- Αρχικά αποτελούνταν συνήθως από μετρητές ενός καναλιού, πηγές και όργανα που προορίζονται για εφαρμογές μετρήσεων γενικής χρήσης
 - η προσθήκη των διεπαφών επικοινωνίας η οποία τους έδωσε τη δυνατότητα σύνδεσης τους με Η/Υ
 - η πρόοδος στο σχεδιασμό των οργάνων, τον τρόπο κατασκευής και την τεχνολογία των μετρήσεων έχει αυξήσει τις δυνατότητές τους
- Νέα προϊόντα: σαρωτές (scanners), πολυπλέκτες (multiplexers), όργανα μέτρησης πηγής (SourceMeter), μετρητές/χρονόμετρα, νάνο-βολτόμετρα, μικρο-ωμόμετρα κ.λπ.
- Με τα νέα προϊόντα δημιουργούνται συστήματα μετρήσεων που ελέγχονται από υπολογιστή και προσφέρουν εξαιρετική ευαισθησία και ανάλυση



Διακριτά όργανα

- Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα των διακριτών οργάνων
 - μερικές αρχιτεκτονικές έχουν ελάχιστη υποστήριξη από τους προμηθευτές, πράγμα που περιορίζει τις πηγές διαθέσιμου εξοπλισμού και εξαρτημάτων.
 - υποστηρίζουν εύρος μετρήσεων και ευαισθησία πέρα από τα όρια των τυποποιημένων καρτών επέκτασης PC και των υπόλοιπων συστημάτων συλλογής δεδομένων.
 - χρησιμοποιούν τυποποιημένες διεπαφές (π.χ. IEEE-488, RS-232, FireWire, USB) που υποστηρίζουν τη συλλογή από μεγάλη απόσταση, τη συμβατότητα με διάφορους τύπους υπολογιστών και τη σύνδεση με υπολογιστές χωρίς διαθέσιμες θέσεις επέκτασης.
 - είναι καταλληλότερα για μέτρηση τάσης, έντασης ρεύματος, αντίστασης, χωρητικότητας, αυτεπαγωγής, θερμοκρασίας, κ.λπ.
 - δεν θεωρούνται αποτελεσματικές λύσεις για μερικούς τύπους εξειδικευμένων αισθητήρων.
 - είναι γενικά πιο αργά από τις κάρτες επέκτασης ή τα εξωτερικά συστήματα συλλογής δεδομένων.
 - είναι ακριβότερα από τα τυποποιημένα συστήματα συλλογής δεδομένων με βάση το κόστος ανά κανάλι



Υβριδικά συστήματα συλλογής δεδομένων (1)

- Ένα υβριδικό σύστημα αποτελείται από συσκευές διαφορετικής αρχιτεκτονικής (PXI, VXI, VME κ.λπ.) οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους και ενδεχομένως και με ηλεκτρονικό υπολογιστή



Ηλεκτρονικός υπολογιστής

VXI / VMEbus



Υβριδικά συστήματα συλλογής δεδομένων (2)

- Πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα υβριδικών συστημάτων:
 - εγγυάται την ακρίβεια, το εύρος μέτρησης και την ευαισθησία, ενώ επίσης υπερέχει του τυποποιημένου εξοπλισμού συλλογής δεδομένων.
 - χάρη στην ενσωματωμένη μνήμη αποθήκευσης δεδομένων και προγραμμάτων επιτυγχάνεται αυτόνομη καταγραφή των δεδομένων και έλεγχος της διαδικασίας.
 - χρησιμοποιεί τυποποιημένες διεπαφές που υποστηρίζουν την από μεγάλη απόσταση συλλογή δεδομένων και παρέχουν συμβατότητα με τους υπολογιστές.
 - είναι οικονομικό αναφορικά με το ανά-κανάλι κόστος.



Επιλογή υλικού συλλογής δεδομένων

Παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψιν:

- αρχιτεκτονική διαύλων
- συνδεσιμότητα
- λειτουργικό σύστημα υποστήριξης
- ρυθμός δειγματοληψίας
- μετατροπή δεδομένων
- αναλογικά κανάλια εισόδου-εξόδου
- ψηφιακά κανάλια εισόδου-εξόδου
- σκανδαλιστές
- χρονόμετρα-μετρητές



Αρχιτεκτονική διαύλων

- Πιο κοινές αρχιτεκτονικές διαύλων:
 - Industry Standard Architecture (ISA), IBM 1981
 - Peripheral Component Interconnect (PCI), Intel 1992
 - Peripheral Component Interconnect Express (PCI Express), Intel 2004
- Άλλες
 - Micro Channel Architecture (MCA), IBM 1987
 - Extended Industry Standard Architecture (EISA), Consortium 9 εταιριών 1988
 - Video Electronics Standard Association Local Bus (VESA Local Bus, VL-Bus, VLB), VESA consortium 1992
 - Personal Computer Memory Card International Association (PCMCIA), 1990



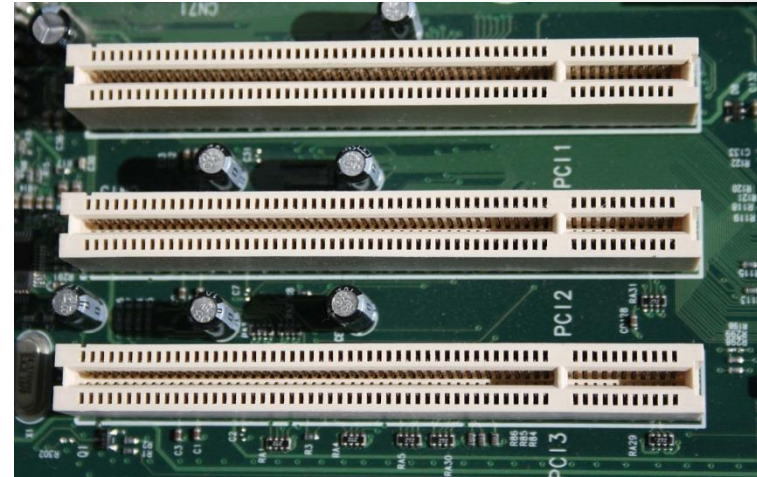
Δίαυλος ISA

- ISA: Industry Standard Architecture
- Δημιουργήθηκε το 1981 από την IBM
- Αρχικά:
 - Εύρος 8 bit
 - Συχνότητα 4.77 MHz
- Αναβάθμιση:
 - Εύρος 16 bit
 - Συχνότητα 6 / 8 MHz
- Σημαντικά χαρακτηριστικά
 - Άμεση πρόσβαση στη μνήμη (Direct Memory Access, DMA)
 - Δυνατότητα τοποθέτησης και άμεσης λειτουργίας (Plug-And-Play) συσκευής
- Εξακολουθούν να παρέχονται στην αγορά κάρτες συλλογής δεδομένων βασισμένες στον ISA



Δίαυλος PCI (1)

- PCI: Peripheral Component Interconnect
- Προτάθηκε από την Intel το 1992
- Χαρακτηριστικά
 - Εύρος 32 bit
 - Συχνότητα 33 MHz
 - Βελτιωμένη ικανότητα Plug-And-Play
 - Διαχείριση διαύλου - Ταυτόχρονη διεκδίκηση διαύλου από πολλές συσκευές
 - Απομόνωση διαύλου (buffer isolation) της CPU και του PCI
- Χρήση
 - Αντικατέστησε τους διαύλους MCA και EISA στους servers
 - Αντικατέστησε τον VESA Local Bus στους προσωπικούς υπολογιστές



Δίαυλος PCI (2)

- Σημαντική θέση στην αγορά καρτών επέκτασης για συστήματα μετρήσεων και συλλογής δεδομένων
- Προκλήσεις:
 - Περιορισμός εύρους ζώνης
 - Περιορισμένος αριθμός ακροδεκτών
 - Έλλειψη υπηρεσιών μεταφοράς δεδομένων σε πραγματικό χρόνο (π.χ. ισόχρονες μεταφορές δεδομένων)
 - Έλλειψη ελέγχου ποιότητας της υπηρεσίας
 - Διαχείριση κατανάλωσης ενέργειας



Δίαυλος PCMCIA (1)

- PCMCIA: Personal Computer Memory Card International Association
- Συνήθης διάυλος σε φορητούς υπολογιστές
- Χαρακτηριστικά:
 - Υποστήριξη Plug-And-Play
 - Υποστήριξη αντικατάστασης εν λειτουργία (hot-swapping)
- Κάρτες συλλογής δεδομένων τύπου PCMCIA
 - Ευρέως διαθέσιμες (περιορισμένη επιλογή σε σχέση με ISA / PCI)
 - Μικρός αριθμός καναλιών
 - Μέτρια ανάλυση αναλογοψηφιακής μετατροπής
 - Περιορισμένη ταχύτητα αναλογοψηφιακής μετατροπής (τυπικά μικρότερη από 100 kilosamples/sec)



Δίαυλος PCMCIA (2)

- Τυπικό μέγεθος κάρτας PCMCIA: σαν πιστωτική κάρτα
- Οι περιορισμένες διαστάσεις αποκλείουν χαρακτηριστικά όπως:
 - Ρύθμιση παροχής ηλεκτρικού ρεύματος
 - Χρήση προηγμένων τεχνικών για βελτίωση ποιότητας σημάτων
 - Μέγιστη ανοχή σε ηλεκτροστατικές φορτίσεις



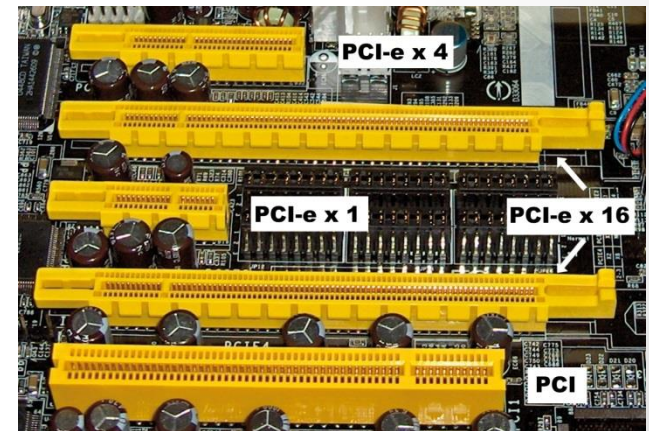
Δίαυλος PCI Express (1)

- PCI Express: Peripheral Component Interconnect Express
- Παρουσιάστηκε το 2004 από την Intel
- Προβλέπει 4 παραλλαγές (διαφέρει ο αριθμός διαδρομών):
 - x16 (3200 Mbytes/sec προς κάθε κατεύθυνση)
 - x8 (1600 Mbytes/sec προς κάθε κατεύθυνση)
 - x4 (800 Mbytes/sec προς κάθε κατεύθυνση)
 - x1 (200 Mbytes/sec προς κάθε κατεύθυνση)
- Κάθε διαδρομή εκτελεί αμφικατευθυνόμενες μεταφορές (ταχύτητα: 200 Mbytes/sec προς κάθε κατεύθυνση)
- Το εύρος ζώνης παρέχεται σε κάθε συσκευή ξεχωριστά (αντίθετα με το απλό PCI)



Δίαυλος PCI Express (2)

- Συμβατότητα με το PCI – Δε χρειάζονται μετατροπές σε:
 - Λειτουργικό σύστημα
 - Οδηγούς
 - Λογισμικά
- Πλεονεκτήματα PCI Express
 - Υψηλή απόδοση – σχετίζεται κυρίως με το εύρος ζώνης
 - Απλοποίηση λειτουργιών εισόδου-εξόδου
 - Αρχιτεκτονική ορισμένη σε επίπεδα
 - Ευκολία στη χρήση:
 - Τοποθέτηση εν λειτουργία (hot-plug)
 - Αντικατάσταση εν λειτουργία (hot-swap)



Δίαυλος PXI (1)

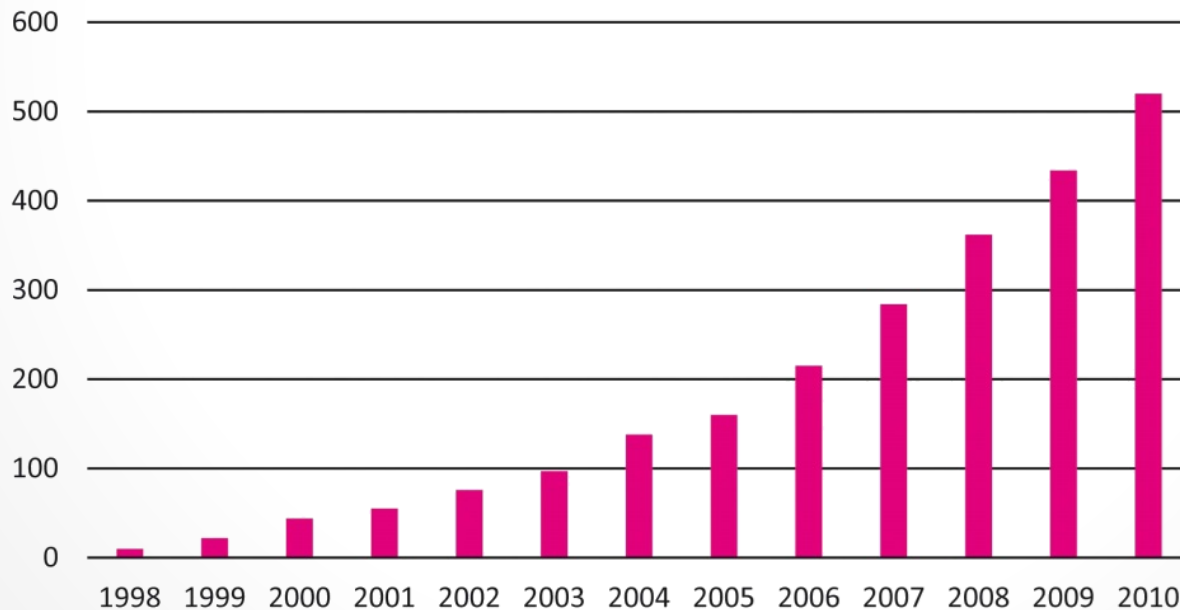
- PXI: PCI eXtensions for Instrumentation
- Αναπτύχθηκε από τη National Instruments το 1997
- Βασίζεται στο δίαυλο PCI
 - Ίδια ηλεκτρικά χαρακτηριστικά και διαστάσεις
 - Υποστήριξη Plug-And-Play
 - Διαχείριση διαύλου
- Προσθέτει:
 - Μηχανικές και ηλεκτρικές ιδιότητες
 - Ιδιότητες λογισμικού για τις ανάγκες συστημάτων ελέγχου και συλλογής δεδομένων
- Χαρακτηριστικά:
 - Εύρος 32 ή 64 bit
 - Ρυθμός μεταγωγής 132 Mbytes/sec (32 bit) ή 264 Mbytes/sec (64 bit)
 - Συχνότητα λειτουργίας 33 MHz



Δίαυλος ΡΧΙ (2)

- Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε:
 - Στρατιωτικές εφαρμογές
 - Ηλεκτρονικά είδη ευρείας κατανάλωσης
 - Συστήματα πραγματικού χρόνου
 - Αεροδιαστημικές εφαρμογές
 - Συστήματα επικοινωνιών
 - Βιομηχανικές εφαρμογές
- Κυκλοφορούν πάνω από 1150 προϊόντα ΡΧΙ

Δαπάνη (εκατομμύρια δολ. Η.Π.Α.)



Μεταβολή
δαπάνης για
κάρτες ΡΧΙ



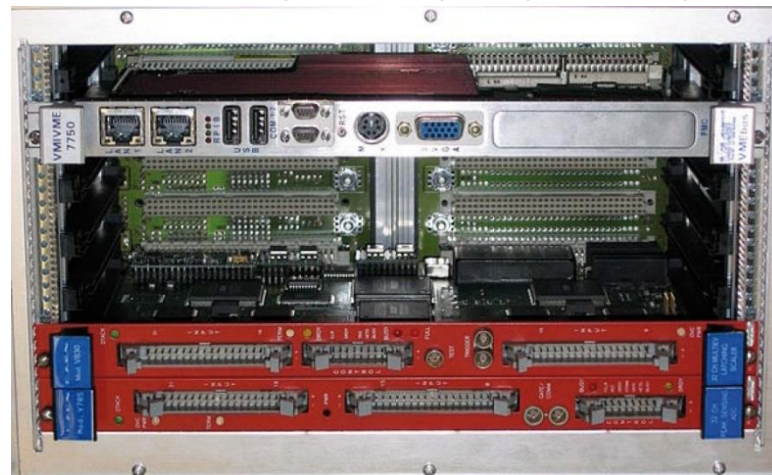
Δίαυλος PXI Express

- PXI Express: PCI eXtensions for Instrumentation Express
- Αναπτύχθηκε από το PCI Industrial Manufactures Group και την PXI Systems Alliance το 2005
- Στόχοι:
 - Αύξηση του ρυθμού μεταγωγής εως 6 GB/sec (45 φορές πιο γρήγορο από το PXI)
 - Διατήρηση της συμβατότητας με τα υπάρχοντα προϊόντα
 - Βελτίωση χαρακτηριστικών συγχρονισμού
- Χρήση:
 - Στρατιωτικές και αεροδιαστημικές εφαρμογές
 - Παραγωγή και συλλογή σημάτων υψηλής συχνότητας για δοκιμές συστημάτων επικοινωνιών
 - Δοκιμές πρωτοκόλλων υψηλών ταχυτήτων (κανάλια οπτικών ινών, FireWire κ.ά.)
 - Υψηλής ταχύτητας συλλογή οπτικών δεδομένων



Δίαυλος VMEBUS

- VMEbus: Versa Module Europa bus
- Αναπτύχθηκε από τη Motorola το 1981 για τον επεξεργαστή 68000
- Χαρακτηριστικά:
 - Προτυποποιήθηκε και χρησιμοποιήθηκε ευρέως σε ερευνητικές και βιομηχανικές αλλά και πολλές άλλες εφαρμογές
 - Χρησιμοποιείται σε ειδικές μητρικές κάρτες σύνδεσης (backplane) υπολογιστών
 - Ρυθμός μεταφοράς δεδομένων 40 MBytes/s (μπορεί να φτάσει τα 320 MBytes/sec)



Δίαυλος VXIBUS

- VXIbus : VME eXtensions for Instrumentation bus
- Αναπτύχθηκε το 1987 από το VXIbus Consortium
- Στόχοι:
 - Ικανοποίηση αναγκών για φορητές εφαρμογές
 - Παροχή τυποποιημένης ανοικτής αρχιτεκτονικής
 - Δυνατότητα τα όργανα διαφορετικών κατασκευαστικών οίκων να λειτουργούν στον ίδιο κεντρικό υπολογιστή



Συνδεσιμότητα περιφερειακών

- Το υλικό συλλογής δεδομένων διαθέτει συνήθως διεπαφή σύνδεσης με ηλεκτρονικό υπολογιστή
- Συνήθεις θύρες:
 - σειριακές θύρες RS-232
 - σειριακές θύρες RS-422
 - σειριακές θύρες RS-485
 - παράλληλες θύρες
 - θύρες IEEE-488 (GPIB)
 - θύρες USB (Universal Serial Bus)
 - θύρες IEEE-1394 FireWire
 - θύρες Ethernet



Σειριακές Θύρες RS-232 (1)

- Το RS-232 προτάθηκε το 1962 από την EIA (Electronic Industries Association)
- Ορίστηκε αρχικά για:
 - Μεταδόσεις δεδομένων μεταξύ μιας συσκευής-οδηγού και ενός μοναδικού δέκτη
 - Αποστάσεις μέχρι 15 μέτρα
 - Ταχύτητα έως 19.200 bit/sec
- Συνήθως χρησιμοποιείται για:
 - Αποστάσεις μεγαλύτερες από 25 μέτρα
 - Ταχύτητες 115–230 kbits/sec
- Η επίτευξη αυτών των τιμών εξαρτάται από:
 - Το περιβάλλον
 - Την ποιότητα των καλωδίων που χρησιμοποιούνται
 - Μέγιστη ταχύτητα και μέγιστη απόσταση: μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα



Σειριακές θύρες RS-232 (2)

- Παραδοσιακό βύσμα: 25 ακροδέκτες (pins)
- Βύσμα 9 ακροδεκτών σύννηθες σε πολλά προϊόντα
- Έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε:
 - κεντρικούς υπολογιστές
 - Μικροϋπολογιστές
 - Τερματικά
 - Εκτυπωτές
 - Modems
 - άλλο εξοπλισμό πολύ πριν αναπτυχθούν τα PCs



Σειριακές Θύρες RS-422 (1)

- Παρόμοιο με το RS-232
- Βασική διαφορά: χρήση διαφορικής μετάδοσης στοιχείων
 - Απαιτεί δύο ενεργές γραμμές για να διαβιβάσει ένα σήμα
 - Παρέχει πολύ καλύτερη απόρριψη θορύβου
 - Υποστηρίζει υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης
 - Υποστηρίζει μεγαλύτερες αποστάσεις
- Επιτυγχάνονται ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων 115 kbits/sec για αποστάσεις μεγαλύτερες του 1 km



Σειριακές Θύρες RS-422 (2)

- Μέγιστη ταχύτητα και μέγιστη απόσταση: μεγέθη αντιστρόφως ανάλογα
- Ακροδέκτες διαφορετικοί σε σχέση με το RS-232
 - Θύρες και ο εξοπλισμός μη συμβατός
- Πλεονέκτημα σε σχέση με το RS-232:
 - Υποστήριξη εφαρμογών, όπου μια συσκευή-οδηγός μπορεί να μεταδώσει δεδομένα μέχρι και σε δέκα δέκτες ταυτόχρονα



Σειριακές Θύρες RS-485

- Δημοφιλές σειριακό πρότυπο
- Συνδυάζει τα στοιχεία του RS-422 με τη δυνατότητα σύνδεσης πολλαπλών δεκτών και συσκευών αποστολής δεδομένων σε ένα δίαυλο
- Ταχύτητα έως 115 kbit/sec σε απόσταση μέχρι 1500 m
- Υποστηρίζει μέχρι 32 συσκευές αποστολής και 32 δέκτες
- Δυνατότητα κατασκευής δικτύου συσκευών αποστολής σημάτων και δεκτών με χρήση ενός μόνο καλωδίου RS-485



Παράλληλη Θύρα

- Χρησιμοποιεί οκτώ χωριστές γραμμές μετάδοσης
 - Επιτρέπουν να εκπέμπεται ένα byte τη φορά
- Το πρότυπο IEEE-1284 περιγράφει πέντε διαφορετικές διαμορφώσεις υλικού και βελτιώσεις
 - Τρεις μονοκατευθυντικές που υποστηρίζουν ρυθμούς μεταφοράς δεδομένων μέχρι 100 kbyte ανά δευτερόλεπτο
 - Δύο αμφίδρομες που προσφέρουν υψηλότερους ρυθμούς (EPP - Enhanced Parallel Port, ECP - Enhanced Capability Port)
- Αρχικός σκοπός ήταν η σύνδεση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή συμβατού εκτυπωτή σε απόσταση μέχρι 15 μέτρα
- Δε θεωρήθηκε ποτέ ως η επικρατούσα διεπαφή για τα συστήματα μετρήσεων
- Υπάρχει σημαντικός αριθμός συστημάτων που τη διαθέτει



IEEE-488 (GPIB)

- Εμφανίστηκε αρχικά με την ονομασία HP-IB (Hewlett-Packard Instrument Bus)
- Δημιουργήθηκε ως τυποποιημένη διεπαφή επικοινωνίας ανάμεσα στα όργανα εργαστηρίων και καταγραφής και στον υπόλοιπο εξοπλισμό
- Έχει γίνει βιομηχανικό πρότυπο για ένα ευρύ φάσμα ηλεκτρονικών οργάνων, συμπεριλαμβανομένων και των προϊόντων συλλογής δεδομένων
- Είναι παράλληλος δίαυλος εύρους 8 bit, με ταχύτητες ανάγνωσης μέχρι 1MB/sec
- Μέχρι 15 συσκευές μπορούν να συνδεθούν με καλώδιο
- Οι διεπαφές GPIB εγκαθίστανται στο PC ως κάρτες επέκτασης (ISA, PCI, PCMCIA, κτλ)



Universal Serial Bus (USB)

- Υπάρχουν 3 εκδόσεις του USB
 - 1.1 με μέγιστη ταχύτητα 12Mbit/sec
 - 2.0 με μέγιστη ταχύτητα 480Mbit/sec
 - 3.0 με μέγιστη ταχύτητα 4.8Gbit/sec
- Οι περιφερειακές μονάδες USB είναι συσκευές «εν λειτουργία τοποθέτησης» («hot-plug»)
- Ενσωματώνει επίσης χαρακτηριστικά «τοποθέτησης και λειτουργίας»
- Πολύ δημοφιλές λόγω της ευκολίας στη χρήση
- Πολύ καλή λύση για τη συλλογή δεδομένων
 - Ευκολία σύνδεσης
 - Δυνατότητα παροχής ηλεκτρικής ισχύος στις συσκευές



IEEE-1394 FireWire

- Αναπτύχθηκε από την Apple
- IEEE 1394a: Ταχύτητα 100-400 Mbit/sec
- IEEE 1394b: Ταχύτητες 800, 1600, 3200 Mbit/sec
- Υποστηρίζει την τοποθέτηση εν λειτουργία (hot plug)
- Επιτρέπει την ταυτόχρονη σύνδεση μέχρι και 63 συσκευών
- Μπορεί να μεταφέρει τα δεδομένα με ασύγχρονο και με σύγχρονο τρόπο
- Χρησιμοποιείται θωρακισμένο εξαπλό καλώδιο πάχους έξι χιλιοστών
 - 4 για μετάδοση δεδομένων
 - 2 για τροφοδοσία
- Ιδανικό για συσκευές που μεταφέρουν μεγάλους όγκους πληροφορίας



Ethernet

- Αναπτύχθηκε από τη Xerox στη δεκαετία του `70
- Είναι η διαδεδομένη τεχνολογία για την υλοποίηση τοπικού δικτύου σήμερα
- IEEE 802.3u: Ταχύτητα έως 100Mbit/sec
- IEEE 802.3ab: Ταχύτητα έως 1000Mbit/sec
- IEEE 802.3an: Ταχύτητα έως 10Gbit/sec
- IEEE 802.3aw: Ταχύτητα έως 40Gbit/sec
- IEEE 802.3ba: Ταχύτητα έως 100Gbit/sec



Κατανεμημένες μετρήσεις

- Πολλές εφαρμογές μέτρησης και συλλογής δεδομένων απαιτούν την απόκτηση δεδομένων από ξεχωριστούς σταθμούς που βρίσκονται σε μια ευρεία γεωγραφικά περιοχή
- Αποστάσεις μεταξύ των συσκευών συλλογής δεδομένων και των αισθητήρων μπορούν να οδηγήσουν σε:
 - Υποβάθμιση των σημάτων
 - Εισαγωγή θορύβου
 - Περιορισμούς ταχύτητας μέτρησης
 - Ποικίλα άλλα προβλήματα
- Λύσεις:
 - Ρύθμιση και μετατροπή του σήματος σε μορφή που δεν θα επηρεαστεί από τους δυσμενείς παράγοντες κατά τη φάση της μετάδοσης από τους αισθητήρες στον κεντρικό υπολογιστή
 - Μετακίνηση του εξοπλισμού μέτρησης στην πηγή των σημάτων



ΚΑΤΑΝΕΜΗΜΕΝΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

- Μέγιστες αποστάσεις και ταχύτητες που καλύπτουν κατά προσέγγιση οι διάφορες θύρες:

Θύρα	Μέγιστη απόσταση	Μέγιστη ταχύτητα
RS-232	15m	115kbits/sec
RS-422	1220m	115kbits/sec
RS-485	1220m	115kbits/sec
SPP, EPP, ECP	15m	100 KB/sec
GPIO	2m	1MB/sec
USB	5m	480Mbits/sec
IEEE1394a	4,5m	100-400Mbit/sec
Fast Ethernet 10-100baseT	925m	10-100Mbit/sec
1Gbit Ethernet/TP	100m	1 Gbit/sec
10 Gbit Ethernet/TP	100m	10 Gbit/sec



Ρυθμός δειγματοληψίας

- Μετριέται σε MegaSamples/sec (MS/s – εκατομμύρια δείγματα ανά δευτερόλεπτο) και KiloSamples/sec (χιλιάδες δείγματα ανά δευτερόλεπτο)
- Θεώρημα δειγματοληψίας του Nyquist:
 - Ο ρυθμός δειγματοληψίας πρέπει να είναι τουλάχιστο διπλάσιος από τη μεγαλύτερη τιμή της συχνότητας του φάσματος του σήματος εισόδου
- Ο ρυθμός δειγματοληψίας επηρεάζεται από το πλήθος των μετατροπέων αναλογικού σήματος σε ψηφιακό
 - π.χ. σύστημα με 1 μετατροπέα και 4 κανάλια, ρυθμός δειγματοληψίας μετατροπέα 40KS/s, μέγιστος ρυθμός δειγματοληψίας ανα κάρτα 10 KS/s



Μετατροπή δεδομένων

- Η καρδιά κάθε συστήματος συλλογής δεδομένων είναι ο μετατροπέας αναλογικού σήματος σε ψηφιακό
- Ένας μετατροπέας περιλαμβάνει:
 - πολυπλέκτη που χρησιμεύει για την επιλογή ενός καναλιού εισόδου
 - ενισχυτή για την προσαρμογή της κλίμακας της τάσης εισόδου στα επιθυμητά επίπεδα
 - κύκλωμα δειγματοληψίας και κράτησης
 - τον πυρήνα του μετατροπέα που αποσκοπεί στην παραγωγή του ψηφιακού σήματος από το αναλογικό
- Μέθοδοι μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακό:
 - Διαδοχική προσέγγιση – πιο απλή μέθοδος
 - Μετατροπή καταρράκτη (flash conversion) – πιο γρήγορη μέθοδος
 - Δέλτα-Σίγμα – υψηλή απόδοση σε ακρίβεια και θόρυβο



Αναλογικά κανάλια εισόδου - εξόδου

- Αναλογικά κανάλια εισόδου
 - Το πλήθος τους καθορίζει τον αριθμό των συσκευών που μπορούν να συνδεθούν με το σύστημα για συλλογή μετρήσεων
 - Μπορεί να είναι μονής-εισόδου (single-ended), διαφορικής εισόδου (differential) ή ψευδο-διαφορικής εισόδου (pseudo-differential)
 - Ταυτόχρονη δειγματοληψία από όλα τα κανάλια εισόδου εξαρτάται από το πλήθος των κυκλωμάτων δειγματοληψίας και κράτησης σε συνδυασμό με το πλήθος των μετατροπών αναλογικού σήματος σε ψηφιακό
- Αναλογικά κανάλια εξόδου
 - Υπάρχουν συσκευές με ψηφιακά και αναλογικά ή μόνο αναλογικά κανάλια εξόδου
 - Ενσωματώνουν μετατροπείς ψηφιακού σήματος σε αναλογικό
 - Βασικό χαρακτηριστικό ο χρόνος αποκατάστασης της αναλογικής τάσης στην έξοδο τους (settling time)



Σκανδαλιστές – χρονόμετρα/μετρητές

- Σκανδαλιστές
 - Χρησιμοποιούνται για το συγχρονισμό της συλλογής δεδομένων με ένα εξωτερικό γεγονός ή μια εντολή του λογισμικού
 - Υπάρχουν αναλογικοί και ψηφιακοί
 - Οι σκανδαλιστές *έναρξης* ενεργοποιούν τη διαδικασία συλλογής δεδομένων μόλις συμβεί το προκαθορισμένο γεγονός
 - Οι σκανδαλιστές *αναφοράς* ενεργοποιούν τη διαδικασία συλλογής δεδομένων πριν συμβεί ένα προκαθορισμένο γεγονός
- Χρονόμετρα – μετρητές
 - Τα κυκλώματα αυτά αποτελούνται από μετρητές (κυκλώματα που απαριθμούν παλμούς) και γεννήτριες συχνοτήτων
 - Η χρήση τους αυξάνει την ευελιξία του συστήματος
 - Επιτρέπεται η ανεξάρτητη χρήση τους και ο συνδυασμός τους με εξωτερικούς μετρητές και πηγές συχνοτήτων



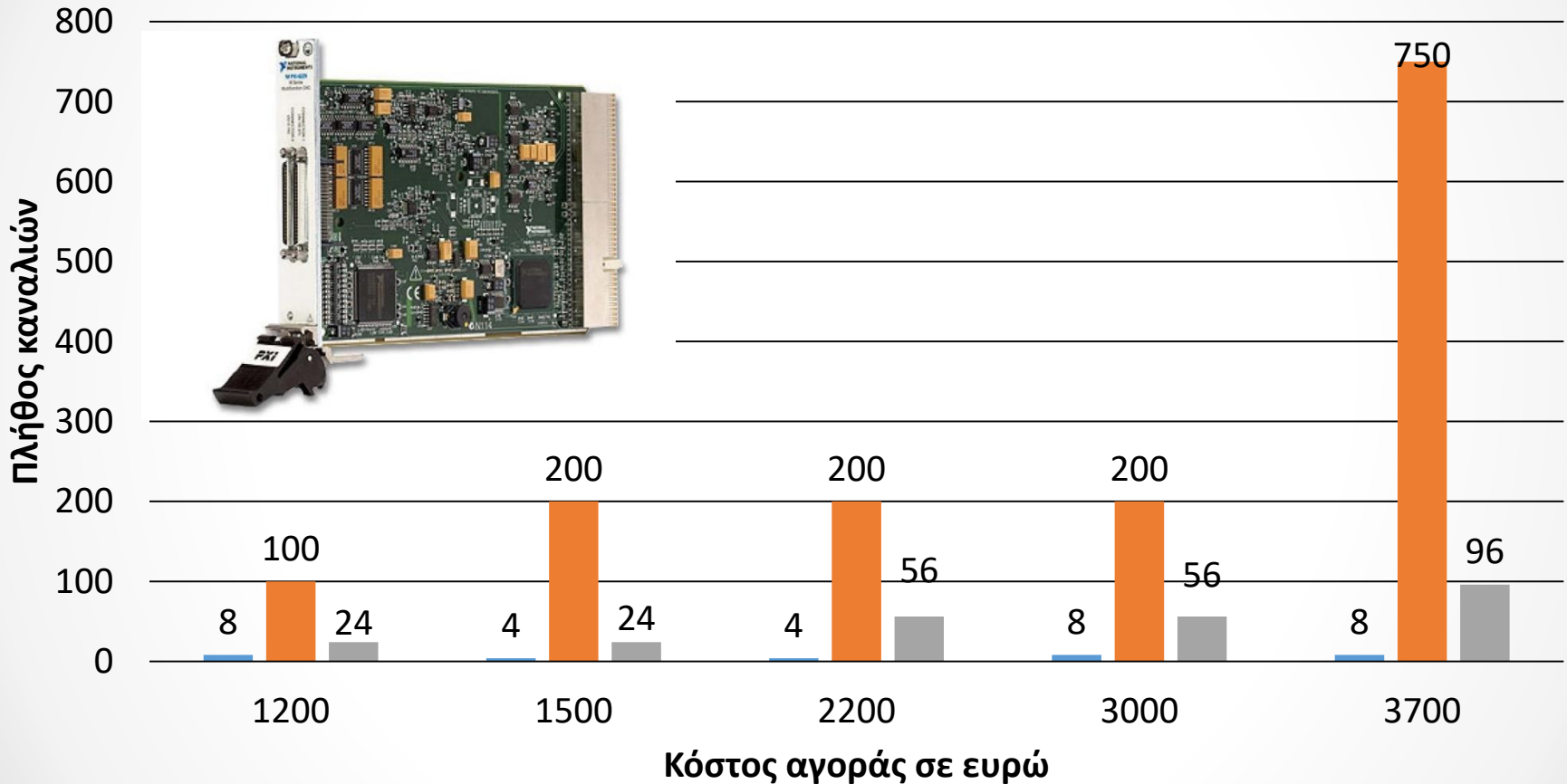
Διαθέσιμο υλικό συλλογής δεδομένων

- Αρκετές εταιρείες δραστηριοποιούνται στο χώρο της παραγωγής υλικού συλλογής δεδομένων για συστήματα πραγματικού χρόνου
- Ενδεικτικά:
 - National Instruments
 - Microstar Laboratories
 - Measurement Systems Data Translation Keithley
 - Kinetic Systems
 - Super Logic
 - Spectrum
 - United Electronic Industries



Υλικό με διασύνδεση PCI

Κάρτες PCI με αναλογικές εισόδους



■ Αναλογικά κανάλια εισόδου

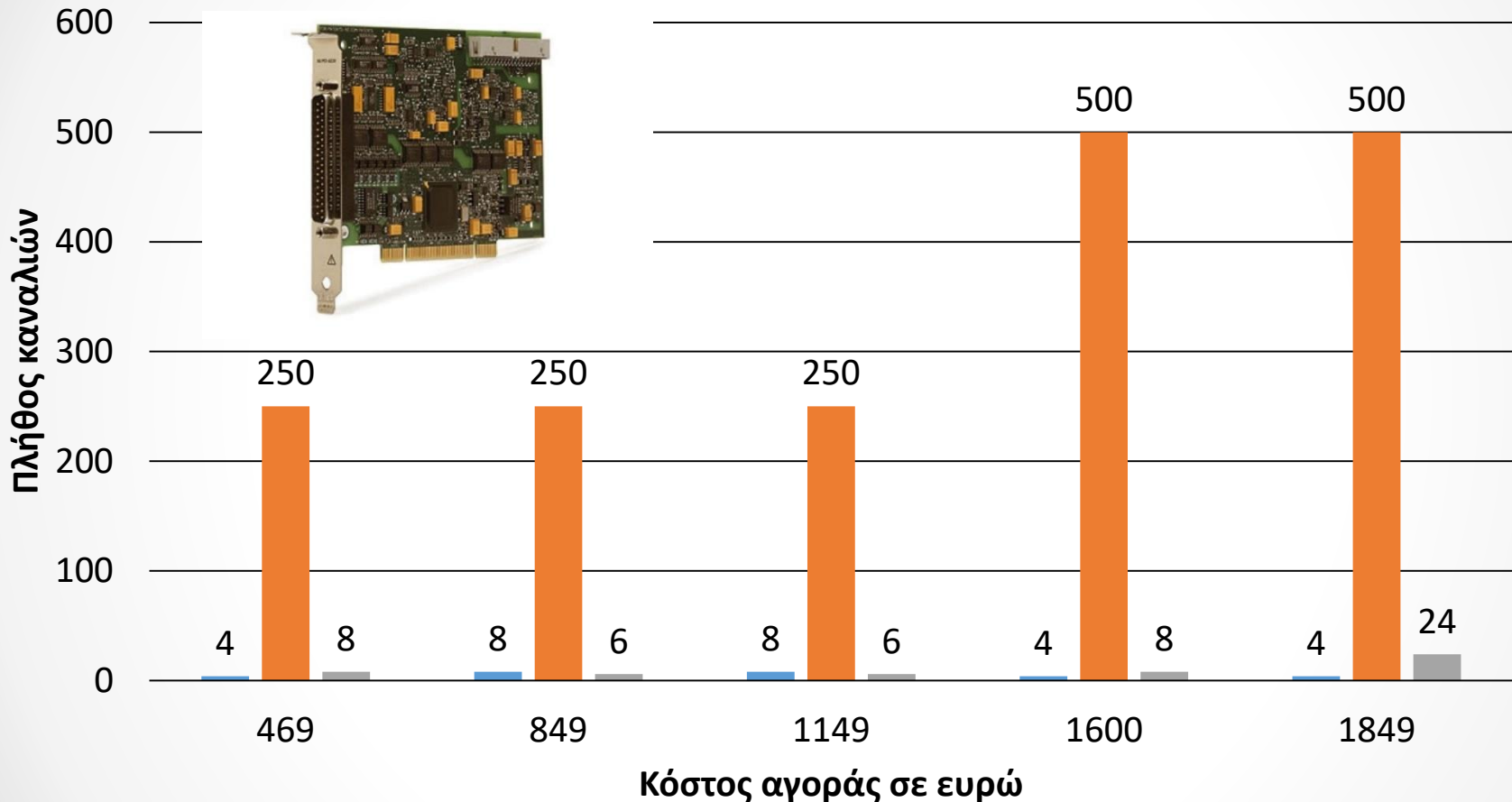
■ Ρυθμός δειγματοληψίας

■ Ψηφιακά κανάλια



Υλικό με διασύνδεση PCI

Κάρτες PCI με αναλογικές εισόδους



■ Αναλογικά κανάλια εισόδου

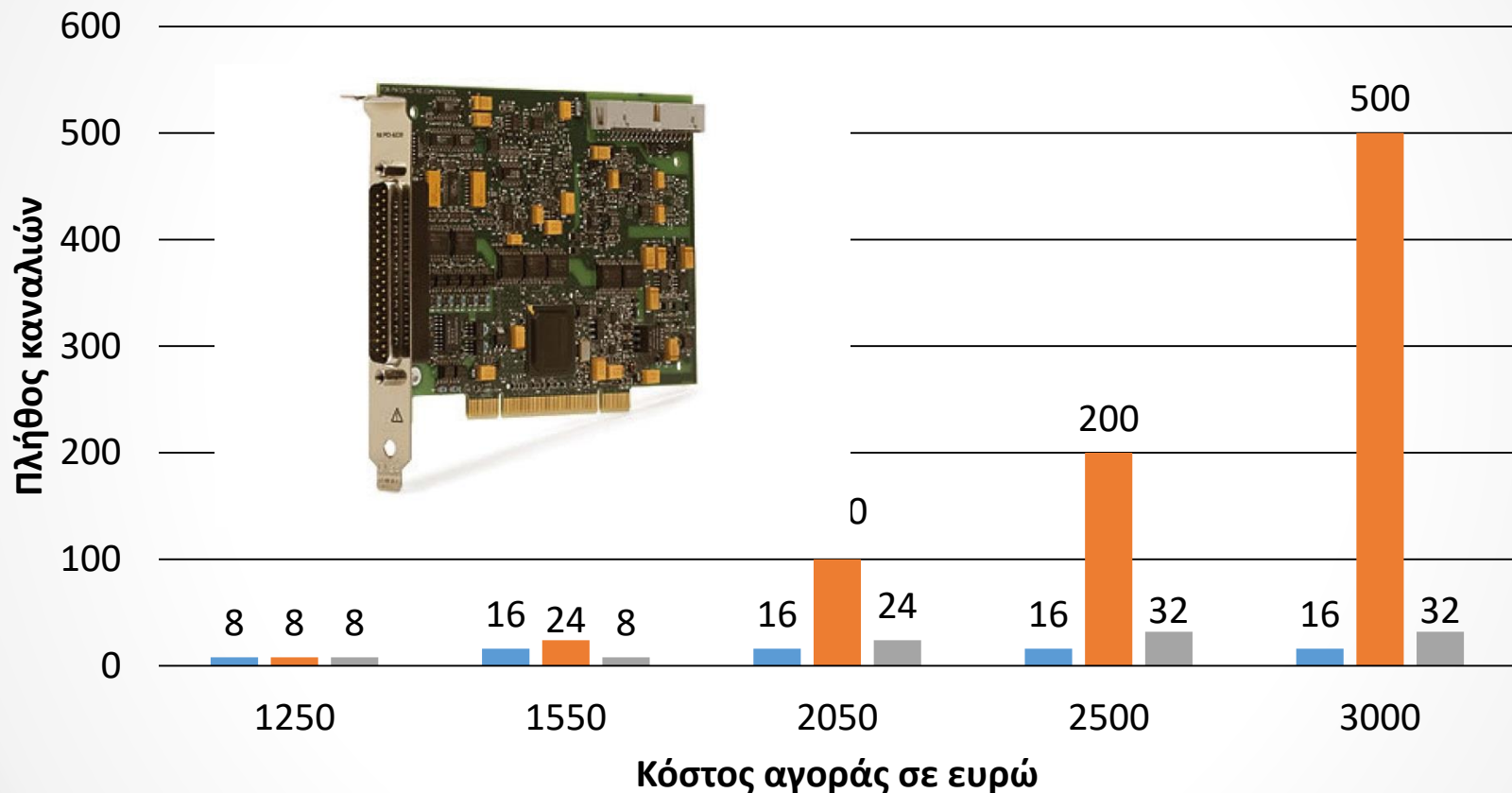
■ Ρυθμός δειγματοληψίας

■ Ψηφιακά κανάλια



Υλικό με διασύνδεση ISA

Κάρτες ISA με αναλογικές εισόδους



■ Αναλογικά κανάλια εισόδου ■ Ρυθμός δειγματοληψίας ■ Ψηφιακά κανάλια



Υλικό με διασύνδεση USB

Κάρτες USB με αναλογικές εισόδους



■ Αναλογικά κανάλια εισόδου

■ Ρυθμός δειγματοληψίας

■ Ψηφιακά κανάλια



Επαναπρογραμματιζόμενες συσκευές (1)

- Υπάρχει ανάγκη χρήσης επαναπρογραμματιζόμενων στο πεδίο συσκευών (Field-Programmable devices, FPDs)
- Τα περισσότερα πρωτότυπα κυκλώματα και πολλά σχέδια που περνούν στην παραγωγή υλοποιούνται σε FPDs
- Πλεονεκτήματα FPDs:
 - Μικρό κόστος
 - Γρήγορες αλλαγές στο σχεδιασμό



Επαναπρογραμματιζόμενες συσκευές (2)

- Εξέλιξη των FPDs:
 - Προγραμματιζόμενη μνήμη PROM (Programmable Read Only Memory)
 - Πίνακας Προγραμματιζόμενης Λογικής (Programmable Logic Array – PLA)
 - Λογικές Προγραμματιζόμενων Πινάκων (Programmable Array Logic – PAL)
 - Σύνθετες Προγραμματιζόμενες Λογικές Συσκευές (Complex Programmable Logic Devices - CPLD)
 - Mask-Programmable Gate Arrays (MPGA)
 - Επαναπρογραμματιζόμενες Συστοιχίες Πυλών (Field Programmable Gate Arrays – FPGAs)

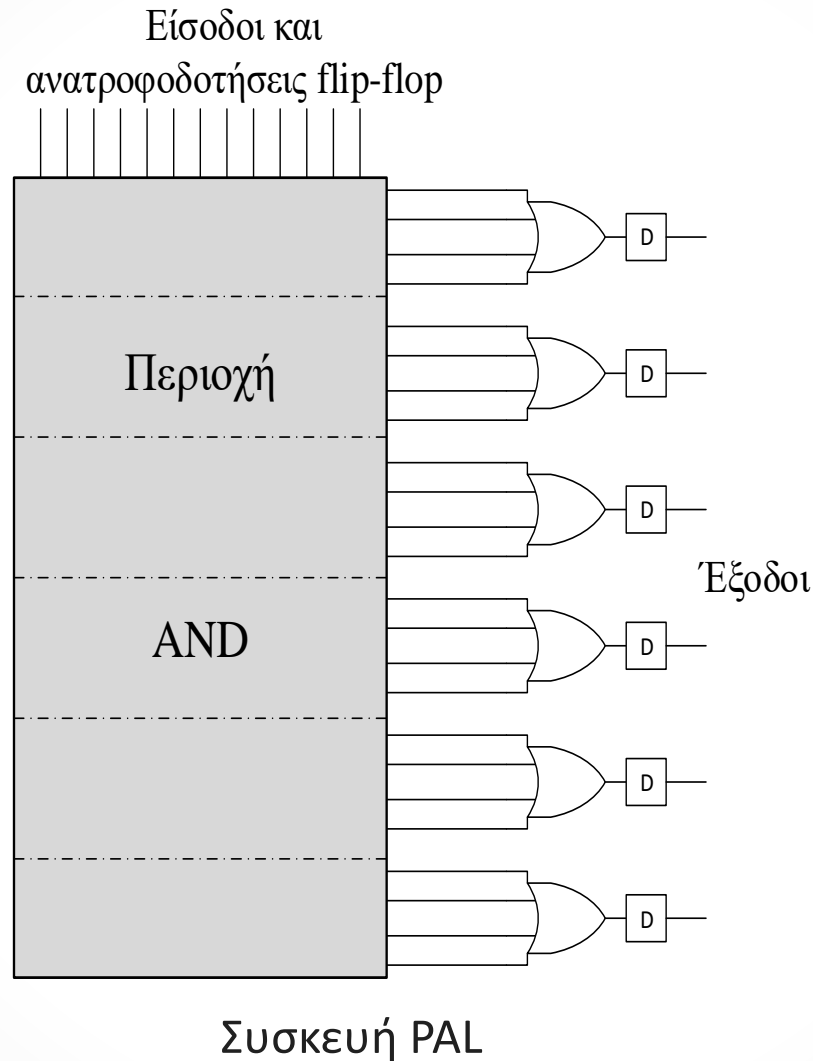


Επαναπρογραμματιζόμενες συσκευές (3)

- Προγραμματιζόμενη μνήμη PROM
 - Οι γραμμές διευθύνσεων χρησιμοποιούνται ως είσοδοι των λογικών κυκλωμάτων και οι γραμμές δεδομένων ως έξοδοι
 - Οι συνήθεις λογικές συναρτήσεις περιλαμβάνουν λίγους μόνο όρους
 - Περιέχει ένα πλήρη αποκωδικοποιητή για όλες τις γραμμές διευθύνσεων της εισόδου της → σπατάλη πόρων
- Πίνακας Προγραμματιζόμενης Λογικής PLA
 - 2 επίπεδα λογικών πυλών (Μια προγραμματιζόμενη περιοχή AND ακολουθούμενη από μια προγραμματιζόμενη περιοχή OR)
 - Κατάλληλοι για να υπολογίζουν λογικές συναρτήσεις που μπορούν να εκφραστούν ως διαζεύξεις συζεύξεων
- Λογικές Προγραμματιζόμενων Πινάκων PAL
 - Μόνο ένα προγραμματιζόμενο επίπεδο (περιοχή AND) που τροφοδοτεί μία σταθερή περιοχή πυλών OR
 - Δυνατότητα υλοποίησης συνεχόμενων κυκλωμάτων

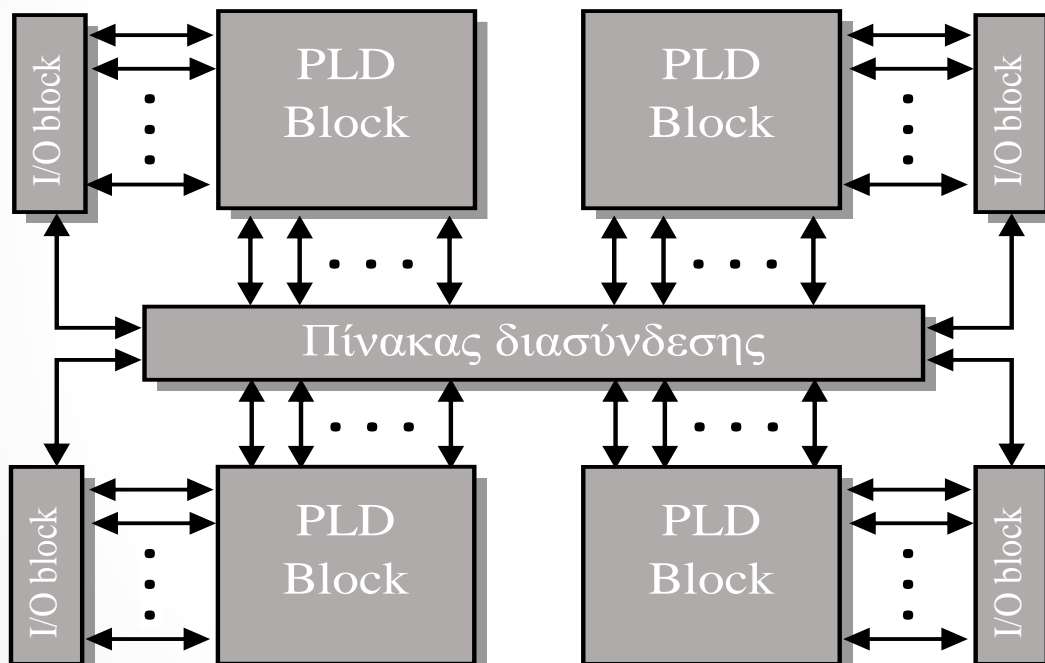


Επαναπρογραμματιζόμενες συσκευές (4)



Επαναπρογραμματιζόμενες συσκευές (5)

- Σύνθετες Προγραμματιζόμενες Λογικές Συσκευές CLPD
 - Παρέχουν λογική χωρητικότητα που αντιστοιχεί μέχρι και σε 50 συσκευές SPLD (PLA, PAL)
 - Περαιτέρω επέκταση της χωρητικότητας παρουσιάζει δυσκολίες

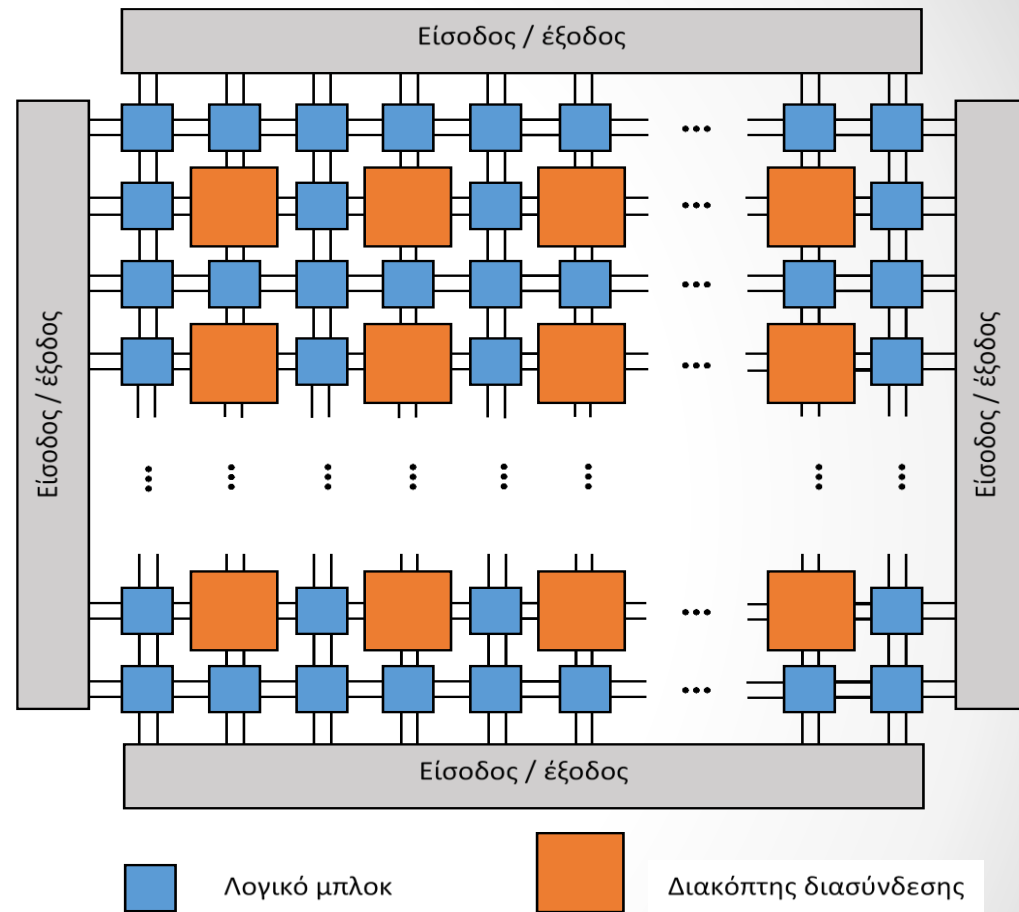


Ενσωμάτωση πολλών μπλοκ PLD με πίνακες προγραμματιζόμενη διασύνδεσης



Επαναπρογραμματιζόμενες συσκευές(6)

- Επαναπρογραμματιζόμενες Συστοιχίες Πυλών FPGA
 - Αποτελούνται από ένα πίνακα συνδεδεμένων λογικών κυκλωμάτων
 - Υποστηρίζουν την υψηλότερη λογική χωρητικότητα
 - Βασίζονται σε τρία στοιχεία:
 - τα προγραμματιζόμενα λογικά μπλοκ (Configurable Logic Blocks - CLB)
 - τα μπλοκ εισόδου/εξόδου (Input/Output Blocks IOB)
 - το δίκτυο διασύνδεσης



Η αρχιτεκτονική FPGA



Λογική χωρητικότητα

- Ένα από τα βασικότερα χαρακτηριστικά των συσκευών FPD
 - από αυτή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό το κόστος τους
- Αντιπροσωπεύει την «ποσότητα» της ψηφιακής λογικής που μπορεί να οριστεί μέσα σε ένα FPD
 - Μονάδα μέτρησης: «το ισοδύναμο πλήθος πυλών σε έναν κλασικό πίνακα πυλών»
 - με άλλα λόγια η χωρητικότητα του FPD μετριέται με το μέγεθος του πίνακα πυλών με τον οποίο είναι αντίστοιχο το FPD
 - Π.χ. «το πλήθος των πυλών NAND 2 εισόδων»
- Στη μονάδα «πλήθος των πυλών NAND 2 εισόδων»:
 - χωρητικότητα SPLD: από 0 έως 200
 - χωρητικότητα CPLD: από 200 έως 12000
 - χωρητικότητα FPGA: από 1000 έως πάνω από 2.000.000



Υλοποίηση FPD

- Τυπικά γίνεται μέσω προγραμμάτων υπολογιστών
- Για την ολοκλήρωση του σχεδίου εκτελούνται τέσσερα βασικά βήματα:
 - σχεδίαση,
 - λογικός έλεγχος και βελτιστοποίηση,
 - προσαρμογή και
 - προσομοίωση



Υλοποίηση FPD: Σχεδιασμός

- Σχηματικό κύκλωμα
 - Απαρχαιωμένη μέθοδος
 - Η σχεδίαση γίνεται σε φύλλα ή σελίδες (schematic sheets)
 - Σε κάθε σελίδα τοποθετούνται αντικείμενα, όπως λογικές πύλες και διασυνδέονται στα πλαίσια ενός κυκλώματος
- Περιγραφή του κυκλώματος με μια γλώσσα σχεδίασης χαμηλού επιπέδου
 - Περιγράφουν ένα κύκλωμα (σε επίπεδο δομής) με κείμενο.
 - Γλώσσες όπως οι ABEL, CUPL, PALASM διευκολύνουν σημαντικά την περιγραφή επαναλαμβανόμενων σχημάτων
- Περιγραφή του κυκλώματος με μια γλώσσα περιγραφής υλικού (συνήθως υψηλού επιπέδου)
 - Πλέον ο κυρίαρχος τρόπος περιγραφής συστημάτων
 - Γλώσσες περιγραφής, όπως η VHDL και Verilog
 - Αναφέρονται στη συμπεριφορά του κυκλώματος

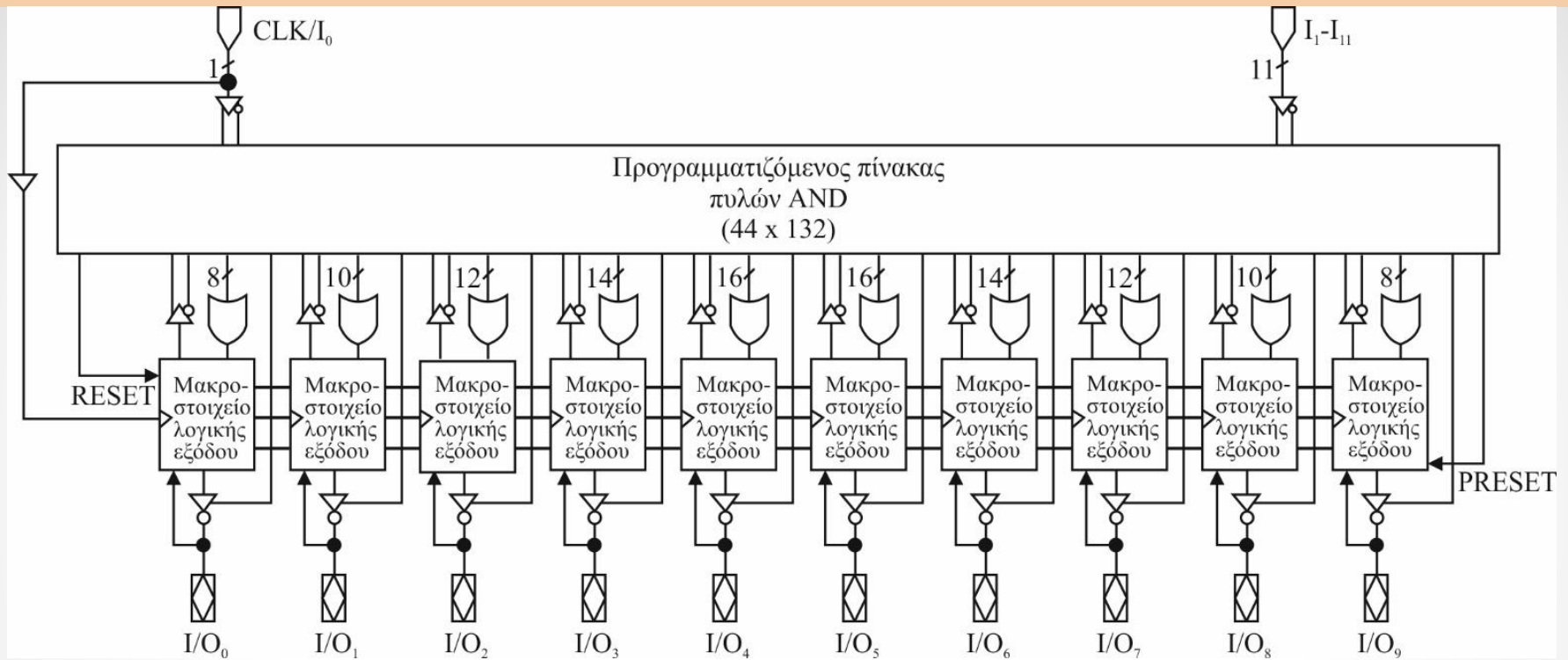


Σχεδιασμός κυκλώματος σε FPGA

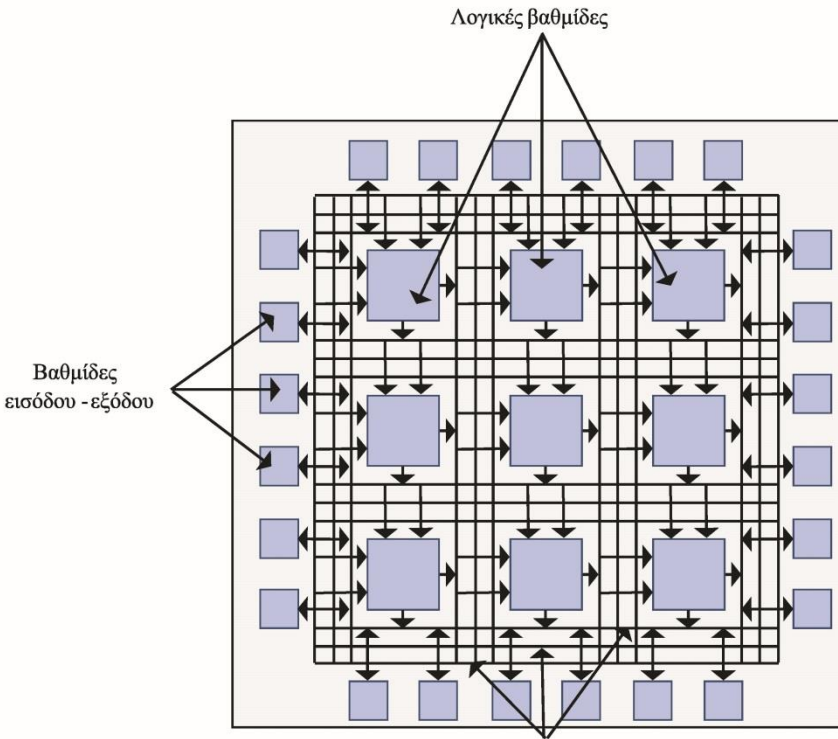
- Ο σχεδιασμός κυκλώματος στα FPGAs παρουσιάζει κοινά στοιχεία με αυτόν στα CPLDs
- Απαιτεί την εφαρμογή των τριών παρακάτω εργαλείων:
 - ένα εργαλείο, το οποίο θα μετατρέπει βασικές λογικές πύλες στα λογικά μπλοκ του FPGA (technology mapper)
 - ένα εργαλείο «τοποθέτησης» (placement tool), το οποίο θα υποβοηθά την επιλογή του ποια συγκεκριμένα λογικά μπλοκ θα χρησιμοποιηθούν στο FPGA
 - έναν δρομολογητή (router), ο οποίος θα προσδιορίζει τις καλωδιώσεις, οι οποίες συνδέουν τα λογικά μπλοκ



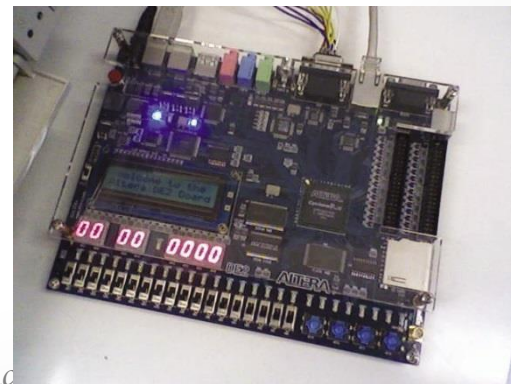
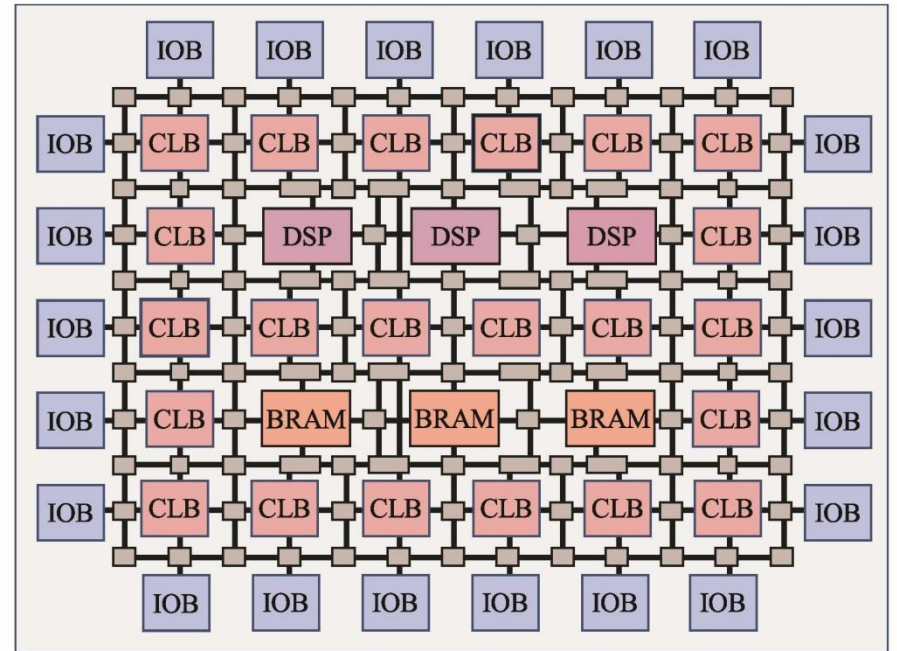
Παράδειγμα SLPD



Παράδειγμα FPGA



Προγραμματιζόμενο δίκτυο διασύνδεσης



Αρχιτεκτονικές FPGA

- Χονδρόκοκκη (coarse-grained)
 - λογικά μπλοκ με αρκετά αυξημένη λειτουργικότητα και δυνατότητες, που συχνά περιέχουν δύο ή περισσότερους πίνακες αναζήτησης (lookup tables) και δύο ή περισσότερα flip-flop
 - Σε πολλές από τις χονδρόκοκκες αρχιτεκτονικές, η «λογική» του μπλοκ υλοποιείται μέσω ενός πίνακα αναζήτησης τεσσάρων εισόδων (και άρα 16 διακριτών τιμών)
 - Η συμπερίληψη πολλών δομικών στοιχείων σε ένα μόνο μπλοκ, προσφέρει δυνατότητα για καλύτερες επιδόσεις
- Λεπτόκοκκη (fine-grained)
 - μεγάλος αριθμός από σχετικά απλά λογικά μπλοκ
 - Κάθε λογικό μπλοκ τυπικά περιλαμβάνει είτε μία λογική συνάρτηση δύο εισόδων είτε έναν πολυπλέκτη 4-σε-1 και ένα flip-flop
 - προτιμότερη όταν ο σχεδιασμός προσανατολίζεται στη λογική σύνθεση πολλών όρων



Τεχνολογίες για τον προγραμματισμό των FPGA

- Κάθε FPGA βασίζεται σε μία τεχνολογία προγραμματισμού που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των προγραμματιζόμενων διακοπών
- Κυριότερες τεχνολογίες:
 - στατική μνήμη (SRAM)
 - αντι-ασφάλεια (anti-fuse)
 - EPROM
 - EEPROM
 - Flash
- Στα σύγχρονα FPGA χρησιμοποιούνται μόνο οι τεχνολογίες της στατικής μνήμης, της αντι-ασφάλειας και flash



Στατική μνήμη (1)

- Οι κυψέλες στατικής μνήμης χρησιμοποιούνται με δύο κυρίως τρόπους:
 - για να θέτουν τις γραμμές επιλογής σε πολυπλέκτες που καθοδηγούν τα κυκλώματα του δικτύου διασύνδεσης
 - να αποθηκεύουν τα δεδομένα στους πίνακες αναζήτησης, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση των λογικών συναρτήσεων
- Τα FPGA που βασίζονται σε στατική μνήμη χρειάζονται *μόνο* την τεχνολογία CMOS
- Κατά την εκκίνηση (παροχή τροφοδοσίας) σε ένα FPGA στατικής μνήμης, εξειδικευμένα κυκλώματα φροντίζουν για την αρχικοποίηση όλων των bits της στατικής μνήμης βάσει μιας διαμόρφωσης που ορίζεται από τον χρήστη
 - με τον τρόπο αυτό επαναπρογραμματίζεται το FPGA



Στατική μνήμη (2)

- Μειονεκτήματα:
 - *μέγεθος*: Η κάθε κυψέλη SRAM απαιτεί 5 ή 6 κρυσταλλοτριόδους (transistor) και το προγραμματιζόμενο στοιχείο που χρησιμοποιείται για να διασυνδέσει τα σήματα χρειάζεται ακόμη τουλάχιστον μία κρυσταλλοτρίοδο
 - *πτητικότητα*: η SRAM δεν διατηρεί τα περιεχόμενά της όταν διακόπτεται η παροχή του ρεύματος και έτσι απαιτούνται εξωτερικές συσκευές για να αποθηκεύουν τις διαμορφώσεις
 - Τυπικά χρησιμοποιούνται μνήμες flash ή EEPROM, κάτι που αυξάνει το συνολικό κόστος του FPGA
 - *ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των κρυσταλλοτριόδων*: οι κρυσταλλοτρίοδοι έχουν μεγάλες αντιστάσεις επαφής («on-resistance») και σημαντικό χωρητικό φορτίο (capacitative load)
 - Αρνητικά στοιχεία όταν επιχειρείται η κατασκευή ολοκληρωμένων όλο και μικρότερης επιφάνειας



Αντι-ασφάλεια

- Βασίζεται σε δομές που έχουν πολύ υψηλή αντίσταση κάτω από κανονικές συνθήκες αλλά μπορούν προγραμματιστικά να «καούν» δημιουργώντας έναν μόνιμο σύνδεσμο χαμηλής αντίστασης
- Βασικό πλεονέκτημα: μικρή επιφάνεια
 - Το πλεονέκτημα αυτό περιορίζεται από το γεγονός ότι απαιτείται να εισαχθούν κρυσταλλοτρίοδοι προγραμματισμού, οι οποίοι θα παρέχουν ρεύμα κατάλληλης έντασης για να «καεί» η κάθε αντι-ασφάλεια
- Επίσης έχουν μικρότερες αντιστάσεις επαφής και περιορισμένα παράσιτα λόγω φαινομένων χωρητικότητας
 - Ευνοείται η κατασκευή μικρών σε μέγεθος κυκλωμάτων
- Δεν είναι πτητικά, διατηρούν το περιεχόμενό τους
 - Είναι άμεσα διαθέσιμες για χρήση μόλις τροφοδοτηθούν με ρεύμα, αλλά δεν είναι δυνατόν να επαναπρογραμματιστούν



Τεχνολογίες Flash και EEPROM

- Τεχνολογία προγραμματισμού *αιωρούμενης πύλης* (floating gate), βάσει της οποίας εγχέεται φορτίο σε μια πύλη που «αιωρείται» πάνω από την κρυσταλλοτρίοδο
 - Χρήση σε μνήμες flash και EEPROM
- Δεν είναι πτητικές, έτσι η μνήμη flash/EEPROM είναι επαρκής για την αποθήκευση της διαμόρφωσης
- Εξοικονομείται χώρος για την αποθήκευση των δεδομένων, αλλά η εξοικονόμηση περιορίζεται λόγω των κυκλωμάτων προγραμματισμού που απαιτούνται για τον προγραμματισμό της μνήμης
- Μπορούν να επαναπρογραμματιστούν περίπου 100.000 φορές
- Υψηλή αντίσταση και υψηλή χωρητικότητα, λόγω της χρήσης μεταγωγών που βασίζονται σε κρυσταλλοτρίοδους



Αρχιτεκτονικές δικτύου διασύνδεσης των FPGAs

- Η αρχιτεκτονική του δικτύου διασύνδεσης είναι βασικό χαρακτηριστικό των FPGA
 - Περιλαμβάνει γραμμές και διακόπτες (switches) οι οποίοι προγραμματίζονται ώστε να υλοποιήσουν τις συνδέσεις ανάμεσα σε λογικά μπλοκ και μπλοκ εισόδου/εξόδου
 - Με αυτόν τον τρόπο υλοποιείται το κύκλωμα που σχεδιάζεται από τον χρήστη
- Κυρίαρχες αρχιτεκτονικές διασύνδεσης είναι:
 - ιεραρχική αρχιτεκτονική (hierarchical architecture),
 - αρχιτεκτονική τύπου νησίδας (island-style architecture),
 - αρχιτεκτονική βασιζόμενη σε γραμμές,
 - θάλασσα από πύλες (sea of gates) και
 - συστήματα πολλαπλών FPGA (multiple FPGAs architecture).

