



αυτοματισμοί και ρομποτική

Τεχνολογίες βιομηχανικών δικτύων, διαγνωστικής και ελέγχου

Κώστας Βλάχος¹, Φιλοκτίμων Ρεπούλιας², Νικόλαος Χερουβεΐμ³, Ευάγγελος Παπαδόπουλος⁴

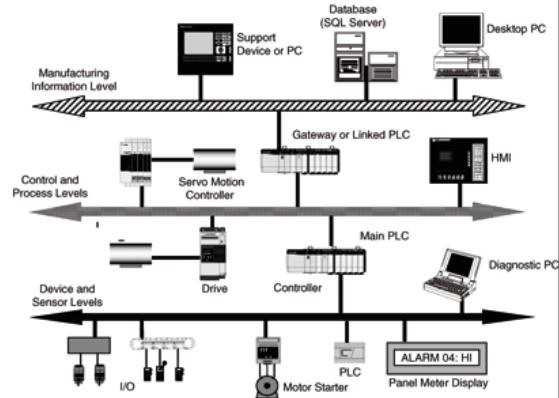
Εισαγωγή

Εάν παρατηρήσει κανείς τη μορφή της βιομηχανίας σήμερα, ιδιαίτερα στις πιο ανεπτυγμένες τεχνολογικά και βιομηχανικά χώρες, θα δει ότι έχει μεταμορφωθεί σε σχέση με την εικόνα της μερικές δεκαετίες πριν. Με στόχο την αύξηση της παραγωγής και της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων και την ταυτόχρονη μείωση του κόστους, έχει επιτύχει μια μικρή «επανάσταση» με την εφαρμογή μοντέρνων τεχνολογιών σε όλους σχεδόν τους τομείς. Αυτό που γίνεται αντιληπτό αμέσως είναι ότι ενώ συνεχίζει να υπάρχει μία σταθερή ηλεκτρομηχανολογική υποδομή, αυτή συνοδεύεται από μεγάλο αριθμό συσκευών, που επικοινωνούν μεταξύ τους, που παρέχουν πληροφορίες για τις λειτουργίες, που ελέγχουν με ακρίβεια την παραγωγή και που σφείλουν την παρουσία στη σταδιακή διείσδυση της τεχνολογίας της πληροφορίας, του αυτόματου ελέγχου και της ηλεκτρονικής. Η χρήση αυτών των της τεχνολογιών επεκτείνεται στο σύνολο της βιομηχανικής παραγωγής, από τη συλλογή και διανομή πληροφορίας και από τις μονάδες επεξεργασίας, μέχρι τη διάγνωση λαθών, τον ποιοτικό έλεγχο των προϊόντων και την ασφάλεια του προσωπικού. Στο άρθρο θα αναφερθούμε πιο συγκεκριμένα σε παραδείγματα εισαγωγής νέων τεχνολογιών σε τρεις τομείς της λειτουργίας μιας βιομηχανικής μονάδας, οι οποίοι αφενός παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και θεωρούνται τομείς κλειδιά, αφετέρου είναι εξαιρετικά συνδεδεμένοι μεταξύ τους. Αυτοί είναι, (α) διαδικτύωση και διεπαφή (Interfacing), (β) διαγνωστική και παρακολούθηση και (γ) βιομηχανικός έλεγχος. Τα παραδείγματα αυτά δείχνουν ότι οι τεχνολογικές και οικονομικές συνθήκες είναι πλέον ώριμες για την ακόμα πιο ολοκληρωμένη εφαρμογή αυτών των τεχνολογιών και στην ελληνική βιομηχανία.

Βιομηχανικά Δίκτυα

Καθώς η τεχνολογία της δικτυακής διασύνδεσης εξελίχθηκε και έγινε πιο αξιόπιστη και σταθερή, ήταν αναμενόμενη η υιοθέτησή της από τη βιομηχανία των διεργασιών. Τα δίκτυα επικοινωνιών απαντώνται σε μεγάλο αριθμό και σε πολλά επίπεδα στο σύγχρονο βιομηχανικό αυτοματισμό. Όπως φαίνεται στο Σχ. 1, τα επίπεδα στα οποία διαχωρίζεται η διαδικτύωση σε ένα τυπικό βιομηχανικό σύστημα ελέγχου ξεκινούν από το πιο χαμηλό επίπεδο των αισθητήρων, συνεχίζουν με το επίπεδο του ελέγχου διεργασιών, ενώ στην κορυφή βρίσκεται το επίπεδο της διάδοσης πληροφορίας μέσα στη βιομηχανία. Με την εξέλιξη των πρωτοκόλλων και των τεχνολογιών των διαύλων πεδίου, οι διαφορές μεταξύ των διαφόρων επιπέδων γίνονται δυσδιάκριτες. Στο πιο χαμηλό επίπεδο, έχει αρχίσει να πραγματοποιείται με ταχείς ρυθμούς η διασύνδεση των αισθητήρων και η μεταφορά των δεδομένων τους με δικτυακές συνδέσεις. Δίκτυα αυτού του

επιπέδου χρησιμοποιούνται συνήθως σε μικρότερα συστήματα με περιορισμένο αριθμό εισόδων και εξόδων. Για την πραγματοποίηση αυτών των δικτύων, έχουν αναπτυχθεί κατάλληλα πρωτόκολλα μεταφοράς δεδομένων, αρχικά για αναλογικά σήματα με το πρωτόκολλο HART και τελευταία με το πρωτόκολλο AS-i για τη διασύνδεση αισθητήρα-επενεργητή. Ενώ τα παραπάνω δίκτυα αισθητήρων έχουν χαμηλό κόστος και



Σχήμα 1. Αρχιτεκτονική συστήματος πολλαπλών διαύλων



Σχήμα 2. Τα PC/104 έχουν περίπου την επιφάνεια μιας δισκέτας.

είναι κατάλληλα για μικρά συστήματα, ένας σύγχρονος βιομηχανικός αυτοματισμός συχνά απαιτεί πλέον κάθετη διασύνδεση των επιπέδων, με ένα ολοκληρωμένο σύστημα από ελεγκτές, αισθητήρες, συσκευές και διατάξεις και πλέον εξελιγμένα δίκτυα συσκευών μεγαλύτερου εύρους ζώνης επικοινωνιών. Τα δίκτυα επιπέδου συσκευών (Device-Level Networks) είναι πιο γενικευμένα και επεκτάσιμα από τα δίκτυα του επιπέδου των αισθητήρων. Συνδέουν έναν ευρύτερο αριθμό συσκευών και περιλαμβάνουν δυνατότητες για εισόδους και εξόδους (I/O) δεδομένων, οδηγίες κινήτρων και συσκευές απεικόνισης, ενώ είναι μεγαλύτερες και ο όγκος της μεταδιδόμενης πληροφορίας. Οι συσκευές μπορεί να συνδέονται είτε κατευθείαν στον ελεγκτή ή να είναι απομακρυσμένες και να συνδέονται μέσω δικτύων επιπέδου συσκευής.

Ένα ανοικτό, χαμηλού επιπέδου δίκτυο που παρέχει συνδέσεις μεταξύ απλών βιομηχανικών συσκευών (αισθητήρων και ενεργητών) και συσκευών υψηλού επιπέδου (Programmable Logic Controllers - PLCs και PCs), είναι το δίκτυο DeviceNet (Allen-Bradley/Rockwell Automation). Προς το παρόν αποτελεί το δίκτυο με το μεγαλύτερο αριθμό εγκατεστημένων συστημάτων. Το DeviceNet χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο CAN (controller area network) και παρέχει έλεγχο, διαμόρφωση και δυνατότητες συλλογής δεδομένων για βιομηχανικές συσκευές.

Ένα άλλο δίκτυο συσκευών με σημαντικό αριθμό εγκατεστημένων συστημάτων είναι το Profibus-DP (Siemens). Υποστηρίζει αναλογικά αλλά και ψηφιακά σήματα και έχει ευρεία χρήση για συσκευές, απομακρυσμένα σημεία I/O και οδηγίες κινήτρων. Η φυσική υπόσταση του Profibus-DP βασίζεται στο πρωτόκολλο επικοινωνιών RS-485. Τόσο το Profibus-DP όσο και το DeviceNet δεν είναι σχεδιασμένα για εφαρμογές με υψηλές απαιτήσεις ασφάλειας.

Η πιο προηγμένη οικογένεια δικτύων σε χρήση σήμερα είναι τα δίκτυα ελέγχου διεργασιών. Με τη χρήση των συστημάτων αυτών, παρέχεται δυνατότητα σύνδεσης τόσο του προηγμένου εξοπλισμού μέτρησης όσο και του ελέγχου διεργασιών. Μεταξύ των μεταφερόμενων δεδομένων υπάρχουν και αυτά που αφορούν πληροφορίες διάγνωσης. Στο ίδιο δίκτυο μπορούν να συνυπάρχουν από απλοί αισθητήρες μέχρι πολύπλοκες συσκευές.

Από τους πρώτους διαύλους ελέγχου διεργασιών ήταν το MODBUS (Modicon PLCs). Όμως, πλέον, οι Foundation Fieldbus και Profibus-PA κυριαρχούν ως τα πιο προηγμένα πρωτόκολλα για έλεγχο διεργασιών. Παρέχουν δυνατότητα σύνδεσης σύνθετων συστημάτων ελέγχου και μετρήσεων διεργασιών και η φυσική τους υπόσταση βασίζεται στο πρωτόκολλο IEC-6158. Και οι δύο (σχετίζονται με τη Siemens) είναι κυρίαρχοι της αγοράς στους διαύλους διεργασιών με σημαντικό αριθμό εγκατεστημένων συστημάτων στις ΗΠΑ και την Ευρώπη. Τα πλεονεκτήματα των διαύλων συσκευών και διεργασιών είναι

- Λιγότερες καλωδιώσεις και μικρότερος χρόνος εγκατάστασης
- Λιγότερα σφάλματα καλωδίωσης
- Απομακρυσμένη και γρήγορη εγκατάσταση συσκευών
- Ενωματώσει συστήματα πρόγνωσης και προειδοποίησης

βλαβών και άμεση διάρρηση

- Συμβατότητα συσκευών από διαφορετικούς κατασκευαστές
- Δεδομένα ελέγχου και πληροφοριών μεταδίδονται μαζί
- Διαμόρφωση συσκευών επί του δικτύου

Μια ιδιαίτερη περίπτωση δικτύων είναι εκείνη στην οποία η διασύνδεση γίνεται μεταξύ των ελεγκτών που λειτουργούν στο χώρο της παραγωγής. Η διασύνδεση πολλαπλών ελεγκτών στη βιομηχανία διεργασιών αναπτύσσεται ραγδαία, ωθούμενη από την απαίτηση για "σφικτό" έλεγχο πραγματικού χρόνου. Οι απαιτήσεις του δικτύου επιπέδου ελεγκτή αφορούν στην ορθή και αδιάλειπτη ροή των κρίσιμων για έλεγχο δεδομένων. Οι χρόνοι μετάδοσης πρέπει να είναι σταθεροί και ανεπηρέαστοι από την πιθανή σύνδεση νέων συσκευών στο δίκτυο ή την αποσύνδεση ήδη υπαρκτών.

Για τη διασύνδεση ελεγκτών, η Rockwell Automation σχεδίασε το ControlNet, ένα υψηλού επιπέδου δίκτυο, χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο CIP. Ακόμα, το Profibus-FMS είναι ένας διαύλος ελέγχου που γενικά χρησιμοποιείται για επικοινωνία μεταξύ συστημάτων DCS (Distributed Control Systems) και PLC (κυρίως της Siemens), ενώ το Ethernet με χρήση TCP/IP ή UDP/IP είναι ένας επικρατής ανταγωνιστής που πολύ γρήγορα κερδίζει την προτίμηση.

Το δίκτυο Ethernet αξίζει ιδιαίτερης αναφοράς, καθώς διαθέτει αρκετά ενσωματωμένα IP πρωτόκολλα και είναι το πιο δημοφιλές δίκτυο το οποίο μπορεί να λειτουργεί όχι μονάχα σε ένα, αλλά σε πολλαπλά επίπεδα ενός συστήματος αυτοματισμού. Οι κατασκευαστές συστημάτων ελέγχου επιλέγουν το Ethernet για να αποφύγουν ασυμβατότητες με διάφορους άλλους κατασκευαστές και αυτό γιατί παρέχει ομαλή λειτουργικότητα μεταξύ των διάφορων προϊόντων σχετικών με τα δίκτυα ελέγχου. Το Ethernet παρέχει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων και αποτελεσματική διόρθωση σφαλμάτων. Μαζί με τη δυνατότητα των υψηλών ταχυτήτων μεταφοράς δεδομένων, το Ethernet παρέχει ακόμα ανώτερη τεχνολογία συγκριόμενη με άλλα δίκτυα ως προς την ευκολία πρόσβασης από το Internet, ως προς το ότι είναι ανοικτής αρχιτεκτονικής και ως προς την ευκολία σύνδεσης, εγκατάστασης και συντήρησης.

Τέλος, κοιτάζοντας στο απώτερο μέλλον, αξίζει να αναφερθεί η ιδέα ενός νέου τύπου δικτύωσης, η οποία αναπτύσσεται αυτή τη στιγμή στο MIT. Ήταν μια ιδέα του πρόσφατα εκλιπόντος Δρ. Μιχάλη Δερτζούρου, διευθυντή του Εργαστηρίου της Επιστήμης Υπολογιστών στο MIT, η οποία ενσωματώθηκε και εξελίχθηκε στο ερευνητικό πρόγραμμα Oxygen. Στόχος, ανάμεσα σε άλλους, είναι η δημιουργία ενός τοπικού δικτύου, σε ένα κτήριο για παράδειγμα, το οποίο θα αποτελείται από σημεία πληροφορόφορης. Σε αυτό τα σημεία οι εργαζόμενοι θα έχουν τη δυνατότητα να ρωτούν ότι τους ενδιαφέρει. Ειδικά σχεδιασμένοι υπολογιστές με σύστημα αναγνώρισης φωνής και πρόσβαση στο internet θα μπορούν να απαντούν μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Το σύστημα προβλέπεται να μπορεί να διασυνδέει ακόμη και οικιακές συσκευές και να δίνει τη δυνατότητα για τον έλεγχο τους ή τη διάγνωση της κατάστασής τους από απόσταση μέσω internet. Ένας άλλος στόχος του προγράμματος είναι η δημιουργία ενός τοπικού δικτύου αισθητήρων νέας γενιάς, οι οποίοι θα μπορούν να υπολογίζουν τις σχετικές αποστάσεις μεταξύ τους, χωρίς τη χρήση κάποιου

σημείου αναφοράς. Ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παράδειγμα στην αναγνώριση της θέσης αυτόνομων ρομποτικών μηχανισμών σε πραγματικό χρόνο.

Διαγνωστική και Παρακολούθηση

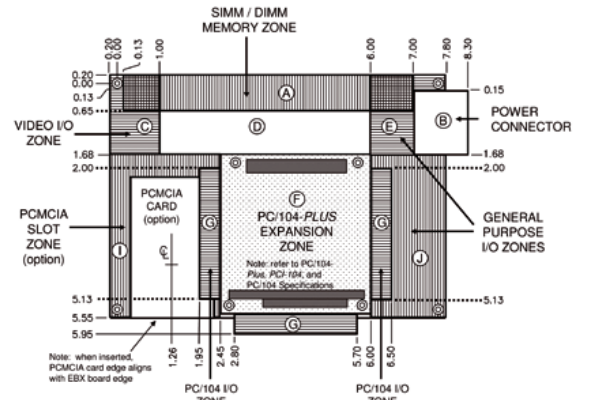
Ένας τομέας ο οποίος παλαιότερα απαιτούσε μεγάλη ανθρώπινη προσπάθεια, είναι αυτός της διαγνωστικής και παρακολούθησης λειτουργιών στο χώρο παραγωγής. Παραδοσιακά, αλλά ακόμη και σήμερα, η διάγνωση βλαβών σε μηχανήματα της γραμμής παραγωγής είναι μια επίπονη υπόθεση που συχνά περιλαμβάνει την επίσκεψη ειδικευμένου τεχνικού για τη διάγνωση της βλάβης, τις περισσότερες φορές από τη μητρική εταιρεία. Δεν είναι και σπάνιο να χρειαστεί επίσκεψη τεχνικού από το εξωτερικό, οπότε στο σημαντικό κόστος εργασίας του τεχνικού, προστίθενται έξοδα μεταφοράς και διαβίωσης. Εναλλακτικά, μια βιομηχανία μπορεί να απασχολεί μόνιμο ειδικευμένο προσωπικό για την υποστήριξη των συστημάτων της, με προφανή σημαντική οικονομική εφάρθυση. Η κατάσταση είναι προβληματική, ιδιαίτερα όταν η πιο συνήθης λύση του τεχνικού προβλήματος είναι μια απλή ρύθμιση της μηχανής.

Η τεχνολογία, όμως, έρχεται να προσθέσει μια τρίτη εναλλακτική πρόταση, καθώς ολοένα και περισσότερα από τα νέα μηχανήματα που τοποθετούνται σε γραμμές παραγωγής έχουν την ικανότητα να επικοινωνούν μέσω διαδικτύου με την κατασκευαστρια εταιρεία, και να αποστέλλουν πληροφορίες για την κατάσταση λειτουργίας τους, καθώς και να δέχονται εντολές. Σύμφωνα με έρευνα του διεθνούς περιοδικού βιομηχανικού αυτοματισμού Control Design, το 47% των κατασκευαστριών εταιρειών μηχανημάτων συμπεριλαμβάνουν διαδικτυακές λειτουργίες διάγνωσης.

Σε περίπτωση βλάβης, μπορεί να γίνει διαδικτυακή προσπάθεια διάγνωσης από την κατασκευαστρια εταιρεία και, σε περίπτωση που απαιτείται απλά μια ηλεκτρονική ρύθμιση της μηχανής, ενδοχόμενες και επιδιόρθωσής της. Εναλλακτικά, μπορούν να δοθούν οδηγίες σε τεχνικό του εργοστασίου, ο οποίος δεν είναι ειδικευμένος στο προβληματικό μηχάνημα. Χρησιμοποιώντας αυτή την προσέγγιση, το κόστος βέβαια είναι πολύ χαμηλότερο και η διάγνωση και επιδιόρθωση πραγματοποιούνται πολύ γρηγορότερα, μειώνοντας το χρόνο διακοπής της παραγωγής.

Τα αποτελέσματα διείσδυσης της τεχνολογίας είναι ακόμα πιο εντυπωσιακά – αν αυτό είναι δυνατό - στην παρακολούθηση λειτουργιών της παραγωγής. Με την εισαγωγή των αισθητήρων κάθε είδους στο εργοστάσιο, η περίοδος κατά την οποία η επιβλεψη μιας διεργασίας απαιτούσε χρονοβόρα και μονότονη ανθρώπινη εργασία ανήκει, εδώ και χρόνια, στο παρελθόν. Όμως έχουν αυτελεστεί και περαιτέρω βελτιώσεις, όσον αφορά στην ευκολία παρακολούθησης των δεδομένων αισθητήρων, τη μεταφορά των δεδομένων αυτών, ακόμα και τη συντήρηση των αισθητήρων, οι οποίες υπόσχονται να αποτελέσουν μια τόσο μεγάλη επανάσταση, όσο και η εισαγωγή των πρώτων αισθητήρων!

Η δικτύωση των επεξεργαστών PLC, πλήθος εκ των οποίων χρησιμοποιούνται στις περισσότερες βιομηχανίες, μπορεί πλέον να γίνει χρησιμοποιώντας δίκτυα Ethernet, παρόμοια με εκείνα που διασυνδέουν προσωπικούς υπολογιστές σε ένα γραφείο. Το δίκτυο αυτό προσφέρει ταχεία μεταφορά δεδομένων και



Σχήμα 3. Διαστάσεις των EBX. (Πηγή: www.pcl04.org).

<p>PC/104</p> <p>90 mm x 96 mm 86.4 cm²</p> <p>3.550 in x 3.775 in 13.4 in²</p>	<p>EPIC</p> <p>115 mm x 165 mm 189.8 cm²</p> <p>4.528 in x 6.496 in 29.4 in²</p>	<p>EBX</p> <p>146 x 203 mm 296.4 cm²</p> <p>5.75 in x 8.0 in 46.0 in²</p>
--	---	--

Σχήμα 4. Σύγκριση διαστάσεων μεταξύ PC/104, EPIC και EBX. (Πηγή: www.epic-sbc.org).

παρακολούθηση πολλών επεξεργαστών και αισθητήρων από προσωπικό υπολογιστή. Καθώς μάλιστα το Ethernet έχει τόσο ευρεία χρήση, μπορούν να διασυνδεθούν εύκολα και φθηροί υπολογιστές στο δίκτυο παρακολούθησης των δεδομένων, από διάφορα σημεία του εργοστασίου που διαθέτουν θύρες πρόσβασης, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει όταν χρησιμοποιούνται συμβατικά βιομηχανικά δίκτυα, τα οποία απαιτούν επιπλέον εξοπλισμό.

Προχωρώντας ακόμα ένα βήμα στις ανεξάντλητες προοπτικές της τεχνολογίας, για τη συγκέντρωση των δεδομένων των αισθητήρων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ασύρματα (wireless) δίκτυα. Με αυτό τον τρόπο, μάλιστα, θα μπορούσε ένας τεχνικός συντήρησης, εφοδιασμένος με φορητό υπολογιστή, να παρακο-

λουθεί εισόδους/εξόδους ενός PLC από οποιοδήποτε σημείο του εργοστασίου, χωρίς να κάνει καμιά καλωδιακή σύνδεση. Η απαιτούμενη κάρτα για πρόσβαση σε ασύρματο δίκτυο από φορητό υπολογιστή είναι κοινός και φθηνός εξοπλισμός. Μέσω του ασύρματου δικτύου, ο τεχνικός θα έχει πρόσβαση και στον παγκόσμιο ιστό, όπου οι περισσότερες κατασκευάστριες εταιρείες παραθέτουν πλήρεις τεχνικές πληροφορίες για τον εξοπλισμό τους. Έτσι, η εύρεση τεχνικών χαρακτηριστικών, ή ενός σχεδίου μηχανήματος θα ήταν υπόθεση λεπτών και θα μπορούσε να γίνει άμεσα, χωρίς να απομακρυνθεί ο τεχνικός από το υπό παρακολούθηση μηχανήμα.

Από την άλλη, η χρήση ασύρματων δικτύων μπορεί να είναι προβληματική, εάν οι αισθητήρες στους οποίους αφορά χρησιμοποιούνται για μετάδοση δεδομένων σε αυτόματα ελεγκτικά συστήματα. Καθώς είναι ακόμα πρόσφατη τεχνολογία, υπάρχουν προβλήματα περιοδικής διακοπής δικτύου και βραδύτερης μεταφοράς δεδομένων - ανεπίτρεπτα σε συστήματα ελέγχου. Αυτά τα προβλήματα πάντως έχουν ελάχιστες επιπτώσεις σε συστήματα που είναι αποκλειστικά υπεύθυνα για παρακολούθηση.

Πέρα από τη μεταφορά δεδομένων, η σύγχρονη τεχνολογία, έχει επιδράσει και στο επίπεδο των αισθητήρων. Αρκετοί αισθητήρες, π.χ. προσέγγισης, είναι γενικά απλές και αυτόνομες διατάξεις, που όμως χρειάζονται ηλεκτρική ισχύ. Αυτό σημαίνει ότι είτε ο αισθητήρας θα χρειαστεί καλωδιακή σύνδεση, για την παροχή ισχύος, είτε τη χρήση μπαταρίας. Στην πρώτη περίπτωση, σε όσα μηχανήματα παρουσιάζουν κινούμενα μέρη, παρατηρείται συνεχής φθορά καλωδίων λόγω της επαναλαμβανόμενης κάμψης τους, ενώ στη δεύτερη οι μπαταρίες, χρειάζονται αντικατάσταση και φορτώνουν το πρόγραμμα συντήρησης. Ένα από τα δύο ενδεχόμενα αποτελούν αναγκαίο κακό, μέχρι πρόσφατα, όπου η ABB σχεδίασε αισθητήρα προσέγγισης που λειτουργεί ασύρματα και χωρίς μπαταρία. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω συστήματος που χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μέσω ή γύρω από ένα μηχανήμα για την τροφοδοσία με ισχύ όλων των ασύρματων αισθητήρων του. Οι αισθητήρες μπορούν να εκπέμπουν σε υψηλές συχνότητες προς μία σταθερή βάση συλλογής δεδομένων, χρησιμοποιώντας παρόμοια τεχνολογία με εκείνη της Bluetooth. Η ABB σχεδιάζει να επεκτείνει την τεχνολογία και σε άλλους αισθητήρες.

Βιομηχανικός Έλεγχος, Υπολογιστές Μονής Κάρτας (SBC) και Ενσωματωμένοι Υπολογιστές (Embedded PC)

Η αυξανόμενη ανάγκη για μειώση του μεγέθους και του κόστους των μηχανών με ταυτόχρονη αύξηση της παραγωγικότητάς τους, απαιτεί νέες και πιο έξυπνες λύσεις στο σχεδιασμό των ελεγκτών τους. Μεγάλο ρόλο προς αυτή την κατεύθυνση παίζουν οι υπολογιστές μονής κάρτας (Single Board Computers, SBC). Βέβαια, οι υπολογιστές μονής κάρτας, δεν είναι απαραίτητα ... μονής κάρτας. Συνήθως αποτελούνται από μια βασική κάρτα που περιλαμβάνει τον επεξεργαστή, τη μνήμη και διάφορα I/O και η οποία έχει τη δυνατότητα να λειτουργεί αυτόνομα ως υπολογιστής. Η κάρτα αυτή συνδεύεται από διάφορες κάρτες επέκτασης ανάλογα με την εφαρμογή. Οι κλασικοί υπολογιστές χτίζονται πάνω σε μια βασική κάρτα,

τη μητρική, στην οποία προστίθενται άλλες δευτερεύουσες. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, έδωσε τη δυνατότητα ενοποίησης των διαφορετικών καρτών ενός υπολογιστή σε μια, ανοίγοντας έτσι το δρόμο στους SBC. Οι πρώτοι SBC ήταν ιδιοκατασκευές και δεν υπήρχε τυποποίηση των μεγεθών, ενώ σχεδίαζονταν για ικανοποίηση συγκεκριμένων κάθε φορά αναγκών. Το αποτέλεσμα ήταν να υπάρχουν SBC με διαφορετικούς τύπους επεξεργαστή, δυνατότητες επέκτασης και τρόπο προγραμματισμού, ανάλογα με την εφαρμογή και τις προτιμήσεις του σχεδιαστή. Δεν υπήρχαν βιομηχανικά πρότυπα (standards), ούτε φυσικά μεγάλη ποικιλία στην αγορά.

Καθώς η αγορά των SBC μεγάλωνε, εμφανίστηκαν τα πρώτα βιομηχανικά πρότυπα. Το πρώτο ήταν το Multibus I της Intel, στη δεκαετία του 70. Ήταν αρκετά μεγάλο (6.75 x 12 in) ώστε να χωρά τα αναγκαία ολοκληρωμένα κυκλώματα για τη δημιουργία ενός υπολογιστικού συστήματος σε μια κάρτα. Μεταγενέστερα πρότυπα είναι τα Pro-Log/Mostek STD Bus, Motorola Exorbus και VME bus. Το τελευταίο είναι αρκετά δημοφιλές και φτάνει το 1 δις δολάρια σε ετήσιες πωλήσεις. Αρχικά κάθε κάρτα STD Bus, με μέγεθος 4.5 x 6.5 in, μπορούσε να πραγματοποιήσει μόνο μία λειτουργία. Καθώς όμως όλο και περισσότερες λειτουργίες ενσωματώνονταν σε όλο και μικρότερα ολοκληρωμένα κυκλώματα, έγινε δυνατή η δημιουργία υπολογιστή μονής κάρτας και με αυτό το πρότυπο.

Η δεκαετία του 80 χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη της τεχνικής ολοκλήρωσης μεγάλης και πολύ μεγάλης κλίμακας (LSI, VLSI) στην κατασκευή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων. Το αποτέλεσμα ήταν η αύξηση της πυκνότητας των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, με ταυτόχρονη μείωση του κόστους και αύξηση της αξιοπιστίας τους. Αντί για ένα σύστημα πολλών καρτών έγινε δυνατή η κατασκευή ενός ολοκληρωμένου υπολογιστικού συστήματος σε μια κάρτα.

Αυτή η εξέλιξη έκανε τους μηχανικούς σχεδιαστές να εγκαταλείψουν σταδιακά τις ιδιοκατασκευές και να στραφούν στην αγορά όπου έβρισκαν έτοιμες και πλέον οικονομικές λύσεις ενώ ταυτόχρονα ελαχιστοποιούσαν το χρονικό διάστημα μεταξύ σχεδίασης και διάθεσης των προϊόντων τους. Όμως, ενώ από τη μεριά του υλικού υπήρχε μεγάλη ανάπτυξη, το λογισμικό αποτελούσε ακόμη πρόβλημα, αφού δεν υπήρχαν αντίστοιχα πρότυπα και επομένως η φάση προγραμματισμού των SBC ήταν πολύπλοκη και χρονοβόρα.

Στο τελευταίο πρόβλημα η λύση δίνεται από τους γνωστούς μας προσωπικούς υπολογιστές (PC). Το PC επιτρέπει αποφασιστικά, αν όχι επανοστατικά, κάθε μορφή δραστηριότητας του ανθρώπου, από τη βιομηχανία μέχρι την τέχνη. Δεν θα μπορούσε να αφήσει ανεπίτρεπτη την τεχνολογία των SBC. Η τερτάσια διάδοση των PC έχει δημιουργήσει όχι μόνο ένα de facto πρότυπο, αλλά και μια γενική μηχανικών και τεχνικών εκπαιδευμένων σε αυτούς. Σήμερα λοιπόν, αν και υπάρχει ακόμα μια μεγάλη ποικιλία SBC, οι πιο δημοφιλείς είναι αυτοί που βασίζονται στην αρχιτεκτονική των PC. Ο λόγος είναι ότι η συγκεκριμένη αρχιτεκτονική, ενώ δεν είναι πιο αποδοτική και "έξυπνη" από άλλες, το αντίθετο μάλιστα, είναι συμβατή με την τερτάσια δεξαμενή λογισμικού που υπάρχει παγκοσμίως. Με άλλα λόγια, στις μέρες μας, οι λογισμικοί και οι υλικό

καθορίζει τη διαδικασία επιλογής. Υπάρχει ένας πολύ μεγάλος αριθμός λογισμικών εργαλείων, τα οποία λίγο ως πολύ όλοι οι μηχανικοί και τεχνικοί γνωρίζουν, που κάνει το SBC που είναι βασισμένα στην αρχιτεκτονική των PC εξαιρετικά δημοφιλή. Σήμερα τα SBC περιέχουν όλα τα τμήματα ενός τυπικού PC όπως CPU, μνήμη, εισόδους/εξόδους, δυνατότητα δικτύωσης, κτλ. Με ταχύτητες που υπερβαίνουν το 1 GHz, όλο και πιο γρήγορα κατακτούν περιοχές στις οποίες κάποτε κυριαρχούσαν οι μικροελεγκτές, τα PLC και οι ιδιοκατασκευές. Συνήθως προγραμματίζονται για συγκεκριμένες λειτουργίες και κυρίως χρησιμοποιούνται στον αυτοματισμό και έλεγχο βιομηχανικών διαδικασιών.

Στα SBC όλα τα επιμέρους τμήματα του υπολογιστή υλοποιούνται να «τρέξουν» εφαρμογές πραγματικού χρόνου, μια σημαντική ιδιότητα στο βιομηχανικό έλεγχο.

Όσο αυξάνονται οι ικανότητες και μειώνεται το κόστος των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, τόσο μειώνεται το κόστος και το μέγεθος των SBC, ενώ ταυτόχρονα αυξάνονται οι δυνατότητές τους. Σήμερα μπορούμε να μιλήσουμε για ενσωματωμένα PC, τα οποία φέρνουν τις δυνατότητες ενός προσωπικού υπολογιστή στο βιομηχανικό περιβάλλον. Παρόδεντα πρότυπων SBC είναι το PC/104, το EBX και το EPIC (πρότυπο υπό εξέταση). Το πρότυπο PC/104 παίρνει το όνομά του από τα γνωστά αρχικά του προσωπικού υπολογιστή PC και τον αριθμό των ακροδεκτών (pins) που χρησιμοποιούνται για να συνδεθούν δύο τέτοιες κάρτες μεταξύ τους. Το PC/104 είναι ιδανικό για εφαρμογές περιορισμένου χώρου, αφού υλοποιούν έναν ολόκληρο υπολογιστή σχεδόν στην επιφάνεια μιας δισκέτας, βλ. Σχ. 2.

Οι κάρτες PC/104 μπορούν να ενωθούν η μία πάνω στην άλλη χτίζοντας έναν πύργο PC/104 (για παράδειγμα στο Σχ. 2 βλέπουμε δύο συνδεδεμένες κάρτες). Ίσως τα πάντα που μπορεί να σκεφτεί κάποιος μηχανικός υπάρχουν σε μορφή καρτών επέκτασης PC/104.

Από σειριακές εισόδους/ εξόδους μέχρι ελεγκτές video, δέκτες GPS και κάρτες ασύρματης δικτύωσης. Το PC/104 είναι ουσιαστικά ένας X86 προσωπικός υπολογιστής σε μικρές διαστάσεις. Ενδεικτικά χαρακτηριστικά ενός υπολογιστή PC/104 είναι: επεξεργαστής Celeron ή Pentium M στο 1 GHz, 256 Mb μνήμη RAM, σειριακές, παράλληλες και USB θύρες, έξοδος SVGA, Ethernet, Flash Disk ως και 4 GB, κτλ.

Σχεδόν όλα τα λειτουργικά συστήματα και εργαλεία ανάπτυξης λογισμικού που χρησιμοποιούνται στα PC, είναι συμβατά με το PC/104. Επομένως από τη μια δεν υπάρχει ανάγκη για αγορά νέου λογισμικού και από την άλλη μειώνεται η καμπύλη εκμάθησης των σχεδιαστών και προγραμματιστών μηχανικών.

Το EBX (Embedded Board eXpandable) είναι ένα από τα μεγαλύτερα SBC, με μέγεθος 5.75 X 8 in, βλ. Σχ. 3. Διαθέτει όλες τις λειτουργίες ενός PC και λόγω του μεγάλου μεγέθους του μπορεί να χωρέσει Pentium επεξεργαστές και το αναγκαίο

σύστημα ψύξης. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα να συνδεθούν επάνω του κάρτες επέκτασης PC/104 για επιπλέον λειτουργίες εισόδου/εξόδου. Τυπικά ένα EBX περιλαμβάνει τον επεξεργαστή, τη μνήμη RAM, αποθηκευτικό χώρο Flash Disk, σειριακές, παράλληλες και USB θύρες, δίκτυο και ελεγκτή video. Επιπλέον έχει τη δυνατότητα επέκτασης μέσω υποδοχής PCI.

Ένα πρόβλημα του προτύπου PC/104 που σχετίζεται με το μέγεθός του, είναι ο μικρός χώρος για τις εισόδους/εξόδους. Η αγορά των ενσωματωμένων υπολογιστών έχει προτείνει διάφορα SBC μεγαλύτερου μεγέθους αλλά μέχρι τώρα δεν έχει δημιουργηθεί κάποιο πρότυπο. Ένα υπό εξέταση πρότυπο είναι το EPIC (Embedded Platform for Industrial Computing), το οποίο, από την άποψη των διαστάσεων, έρχεται να συμπληρώσει το κενό ανάμεσα στο PC/104 και το EBX, βλ. Σχ. 4.

Είναι σχεδόν το διπλάσιο από το PC/104 αλλά σχεδόν το μισό από το EBX. Ενώ δηλαδή είναι αρκετά μικρό σε σχέση με το EBX, από τη μια έχει τη δυνατότητα να υποστηρίξει μεγαλύτερους επεξεργαστές με το αναγκαίο σύστημα ψύξης και από την άλλη διαθέτει περισσότερο χώρο για τους βιομηχανικούς συνδέσμους (connectors). Και αυτό το πρότυπο, όπως και το EBX, μπορεί να δεχθεί PC/104 κάρτες επέκτασης.

Στο άρθρο αυτό, περιγράψαμε συνοπτικά τις κυριότερες τεχνολογίες βιομηχανικών δικτύων, διανομητικής, παρακολούθησης και ελέγχου. Αν και αυτές έχουν ήδη αλλάξει το τοπίο της παραγωγής, αναμένεται ότι με την εξέλιξη στις επικοινωνίες, τη σμίkcυση των ηλεκτρονικών, την εισαγωγή των MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) και τη δημιουργία επαναχρησιμοποιούμενου λογισμικού, ακόμη σημαντικότερες αλλαγές θα παρατηρηθούν στο μέλλον. Επειδή οι αλλαγές αυτές αυξημένα μειώνουν το κόστος παραγωγής ενώ αυξάνουν την ποιότητα και τη δυνατότητα παραγωγής εξειδικευμένων προϊόντων, πρέπει να παρακολουθούνται στενά και να υιοθετούνται κατά περίπτωση, εννοώντας την ανταγωνιστικότητα της κάθε επένδυσης.

Βιβλιογραφία

1. <http://www.controldesign.com>
2. <http://www.future-fab.com>
3. <http://www.manufacturing.net>
4. <http://www.hbmc.com>
5. Supporting Manufacturing through e-Diagnostics, Remote Connectivity, Intel Information Technology, White Paper, 2003.
6. Περιοδικό "Sensors", www.sensorsmag.com, Advantstar Publications.
7. <http://www.oxygen.lcs.mit.edu/>
8. <http://www.pcl04.org>
9. <http://www.epic-sbc.org>

1 Μεταδιδακτορικός Ερευνητής, Εργαστήριο Αυτόματου Ελέγχου, (EAE), Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.

2 Υποψήφιος Διδάκτορας, Εργαστήριο Αυτόματου Ελέγχου, (EAE), Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.

3 Υποψήφιος Διδάκτορας, Εργαστήριο Αυτόματου Ελέγχου, (EAE), Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.

4 Αναπληρωτής Καθηγητής, Εργαστήριο Αυτόματου Ελέγχου, (EAE), Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών ΕΜΠ.