
Bazele sistemelor mecatronice

note de curs

Prof. univ. dr. ing. Mircea NIȚULESCU

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive
(16 pag.)

Capitolul 2. Structura generală a sistemelor mecatronice
(18 pag.)

Capitolul 3. Componentele sistemelor mecatronice, aspecte funcționale, constructive și tehnologice
(44 pag.)

Capitolul 4. Reprezentarea funcționării sistemelor mecatronice prin metoda GRAFCET
(22 pag.)

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive (16 pag.)

- 1.1 Definiții fundamentale
- 1.2 Geneza mecatronicii
- 1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice
- 1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice
- 1.5 Mecatronica și comunitatea europeană
- 1.6 Perspectivile mecatronicii

Capitolul 2. Structura generală a sistemelor mecatronice (18 pag.)

- 2.1 Scheme bloc pentru sistemele mecatronice
- 2.2 Semnale folosite în sistemele mecatronice
- 2.3 Mărimi variabile în timp folosite în sistemele mecatronice
- 2.4 Funcții logice cu operatorii logici fundamentali
- 2.5 Aspecte fundamentale în analiza și sinteza sistemelor logice
- 2.6 Teoreme în algebra Boole

Capitolul 3. Componentele sistemelor mecatronice, aspecte funcționale, constructive și tehnologice (44 pag.)

- 3.1 Circuite de comandă, preacționări și acționări electrice
 - 3.1.1 Porți logice
 - 3.1.1.1 Utilizarea rețelelor electrice în implementarea funcțiilor logice
 - 3.1.1.2 Utilizarea circuitelor electronice în implementarea funcțiilor logice
 - 3.1.2 Acționări electrice
 - 3.1.3 Preacționări electrice
- 3.2 Circuite de comandă, preacționări și acționări fluidice
 - 3.2.1 Acționări fluidice
 - 3.2.2 Preacționări fluidice
 - 3.2.3 Alte componente fluidice
- 3.3 Achiziția de date în sistemele mecatronice
 - 3.3.1 Senzori
 - 3.1.1.1 Senzori activi și senzori pasivi
 - 3.1.1.2 Categorii semnificative de senzori în sistemele mecatronice
 - 3.3.2 Transformarea unui semnal analogic continuu într-un semnal numeric
 - 3.3.3 Transformarea unui semnal numeric într-un semnal analogic continuu

CUPRINS

Capitolul 4. Reprezentarea funcționării sistemelor mecatronice prin metoda GRAFCET (22 pag.)

- 4.1 Introducere
- 4.2 Elementele unei descrieri Grafcet
- 4.3 Grafcet de nivel 1 și Grafcet de nivel 2
- 4.4 Reguli de evoluție Grafcet
- 4.5 Facilități Grafcet în operarea cu secvențe de etape
- 4.6 Regulile generale ale unei descrieri Grafcet
- 4.7 Acțiuni particulare
- 4.8 Receptivități particulare
- 4.9 Sincronizarea și cuplarea secvențelor
- 4.10 Tehnici pentru simplificarea structurilor Grafcet
- 4.11 Realizarea sistemelor de conducere pe baza descrierilor Grafcet
 - 4.11.1 Stație pentru sortare automată după dimensiunea cutiilor
 - 4.11.2 Sistem automat de fabricație după dimensiunea cutiilor

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive

- 1.1 Definiții fundamentale
- 1.2 Geneza mecatronicii
- 1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice
- 1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice
- 1.5 Mecatronica și comunitatea europeană
- 1.6 Perspectivele mecatronicii

Capitolul 1. Aspecte introductive

- **Mecatronica este o etapă naturală** în procesul evolutiv al ingineriei moderne.
- Dezvoltarea calculatorului, apoi a microcomputerului și a computerului înglobat într-un singur cip, în paralel cu progresele generale ale programării și tehnologiei informației, au făcut ca știința mecatronicii să devină **un imperativ al zilelor noastre**.
- Privind în perspectiva secolului al XXI-lea și având în vedere așteptatele progrese tehnico-științifice, se poate aprecia cu certitudine că **viitorul mecatronicii este extrem de promițător, plin de potențial, perspective și strălucire**.

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive

1.1 Definiții fundamentale

1.2 Geneza mecatronicii

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice

1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

1.6 Perspectivele mecatronicii

1.1 Definiții fundamentale

- **Revoluția informatică** (a doua după **revoluția industrială**) a marcat saltul de la **societatea industrializată** la **societatea informațională**, generând un val de înnoiri în tehnologie și educație.
- **Termenul mecatronică** a fost inventat (și apoi brevetat) de japonezi (engl. **mechatronics** ; fr. **mécatronique**).
- Autorul: un inginer al concernului **Yaskawa Electric Company** în **anul 1969**, prin alăturarea a două cuvinte consacrate:
mechanics + electronics (rom. **mecanism + electronică**)
- **Termenul de mecatronică s-a născut în mediul industrial** și a fost utilizat de compania japoneză pentru a descrie **fuziunea tehnologică Mecanică – Electronică – Informatică**
- Termenul inventat a rămas protejat ca o marcă (brevet) a firmei **Yaskawa Electric Company** până în anul **1982**.

1.1 Definiții fundamentale

Termenul mecatronică descrie fuziunea tehnologică “Mecanică – Electronică – Informatică”



Fig. 1.1 Ilustrarea grafică a conceptului de mecatronică.

1.1 Definiții fundamentale

Definirea mecatronicii a făcut în timp obiectul mai multor dezbateri științifice și a numeroase reformulări. Câteva exemple:

- **Mecatronica** este integrarea sinergetică a ingineriei mecanice cu electronica și controlul inteligent oferit de știința calculatoarelor, în scopul proiectării și fabricației produselor și proceselor industriale (1996).
- **Mecatronica** este aplicarea în practică a deciziilor complexe pentru asigurarea funcționării sistemelor fizice (1996).
- **Mecatronica** este o metodologie folosită pentru proiectarea optimă a produselor electromecanice (1997).
- **Un sistem mecatronic** nu este numai o simplă uniune a sistemelor mecanice cu cele electrice și este mai mult decât un sistem de control: sistemul mecatronic este o integrare completă a tuturor celor trei (1999).

Notă:

- Toate definițiile prezentate anterior sunt corecte integral, fiecare încercând de fapt să acopere prin cuvinte potrivite cât mai mult din ceea ce înseamnă mecatronica
- Conținutul termenului “mecatronică” se îmbogățește continuu, odată cu dezvoltarea tehnologică.
- În zilele noastre mecatronica este și filosofie, pentru practica inginerescă filosofia mecatronică marcând saltul de la **ingineria tradițională (secvențială)** la **ingineria simultană (ingineria concurentă)**.

1.1 Definiții fundamentale

Sistemele mecatronice sunt denumite în prezent și **dispozitive inteligente** (includ elemente specifice: logica, reacția negativă, algoritmi de conducere și de calcul care simulează la un loc procesul uman de gândire etc.)

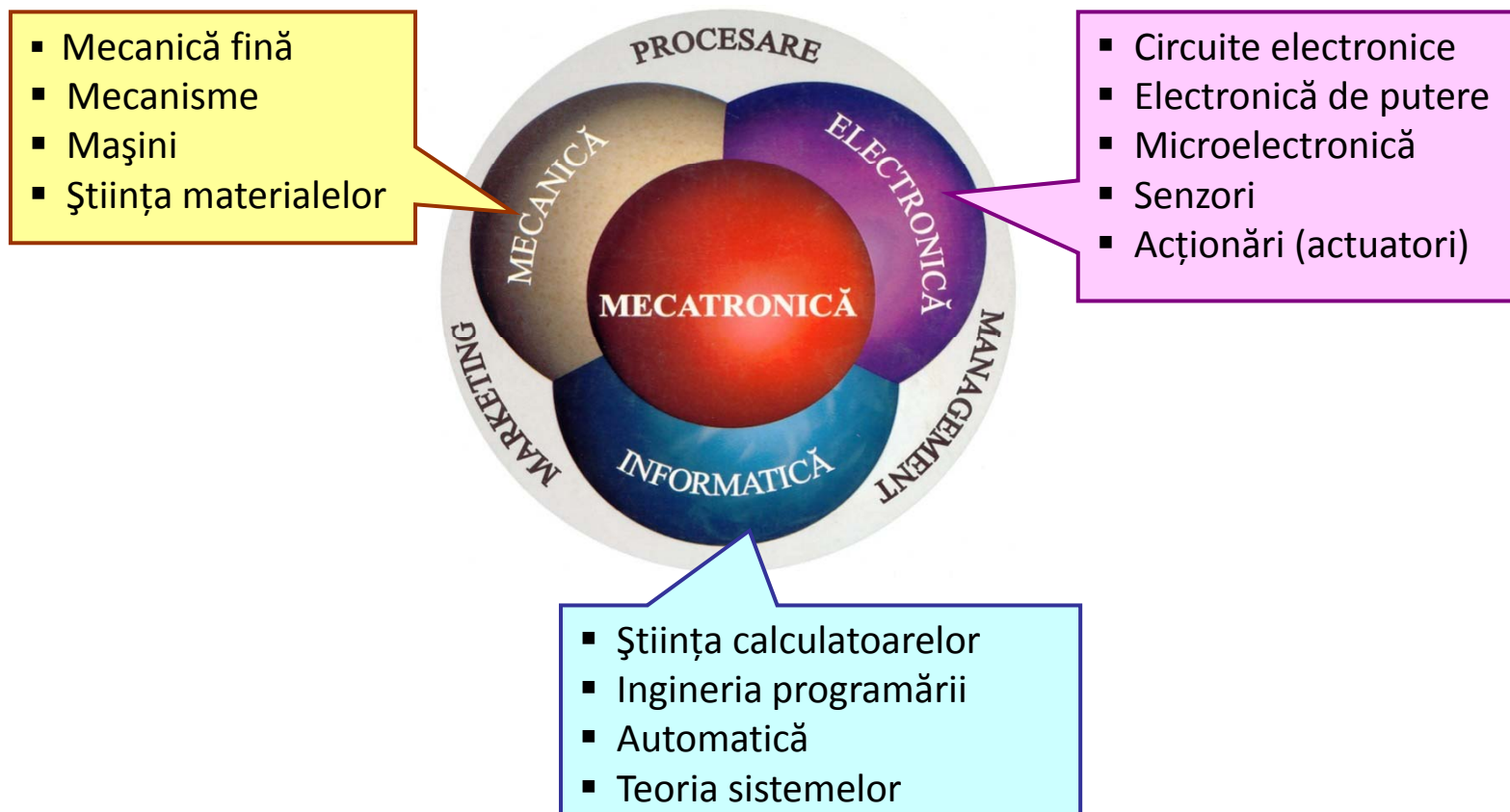


Fig. 1.2 Aspecte și detalii ale conceptului de mecatronică.

1.1 Definiții fundamentale

În ultimii ani mecatronica este definită simplu și concentrat **știința mașinilor inteligente**, deoarece tendința generală a fabricației actuale este aceea de **intelectualizare a mașinilor și sistemelor**.

Se apreciază că în mecatronica prezentului și viitorului sunt **3 cuvinte cheie**:

- **Integrare**, cu două fațete:
 - **Spațială**, prin întrepătrunderea constructivă a subsistemelor mecanice, electronice și de comandă
 - **Funcțională**, asigurată prin software
- **Inteligență**; funcțiile de control ale sistemului mecatronic au o comportare adaptivă, bazată pe percepție, raționament, autoînvățare, diagnosticarea erorilor și reconfigurarea dinamică a sistemului în cazul unor defecțiuni
- **Flexibilitate**; un sistem mecatronic este ușor adaptabil (sau autoadaptabil) la mediul de operare, prin schimbarea programelor de control (software) și nu a structurii sale mecanice sau electrice (hardware)

1.1 Definiții fundamentale

Inginerul proiectant de sisteme mecatronice trebuie să fie un generalist (nu un academician!) capabil să recepționeze și să aplice cunoștințe temeinice dintr-un spectru larg de domenii :

- Operează cu numeroase elemente tehnice: circuite electronice analogice și digitale, microprocesoare și calculatoare, senzori, dispozitive mecanice, acționări electrice și fluidice, dispozitive de comunicații, tehnici de control automat și multe altele
- Aptitudini deosebite pentru viziunea sistemică asupra lucrurilor și fenomenelor
- Disponibilități pentru colaborare și munca în echipă
- Aptitudini pentru pregătirea continuă pe durata întregii cariere profesionale
- Adaptare extinsă la cerințele pieței forței de muncă și la schimbări ale activității de bază pe durata carierei profesionale

Principii fundamentale în educația viitorilor specialiști :

- dezvoltarea gândirii sistemice
- formarea deprinderilor de a lucra în echipă
- educație prin practică
- educație prin cercetare

Notă:

- Educația mecatronică asigură **flexibilitate în gândire și acțiune**, trăsături definitorii ale specialistului în economia de piață.
- Aceste particularități pot crea rețineri și inhibiții, dar asigură și beneficii deosebite, nespecifice majorității pregătirilor tehnice ingineresti.
- În prezent se apreciază că **studiul sistemelor mecatronice** nu se poate face fără abordarea următoarelor 5 direcții principale de specialitate:
 - Modelarea sistemelor fizice
 - Senzori și actuatori
 - Semnale și sisteme
 - Calculatoare și sisteme logice
 - Programare și achiziții de date

1.1 Definiții fundamentale

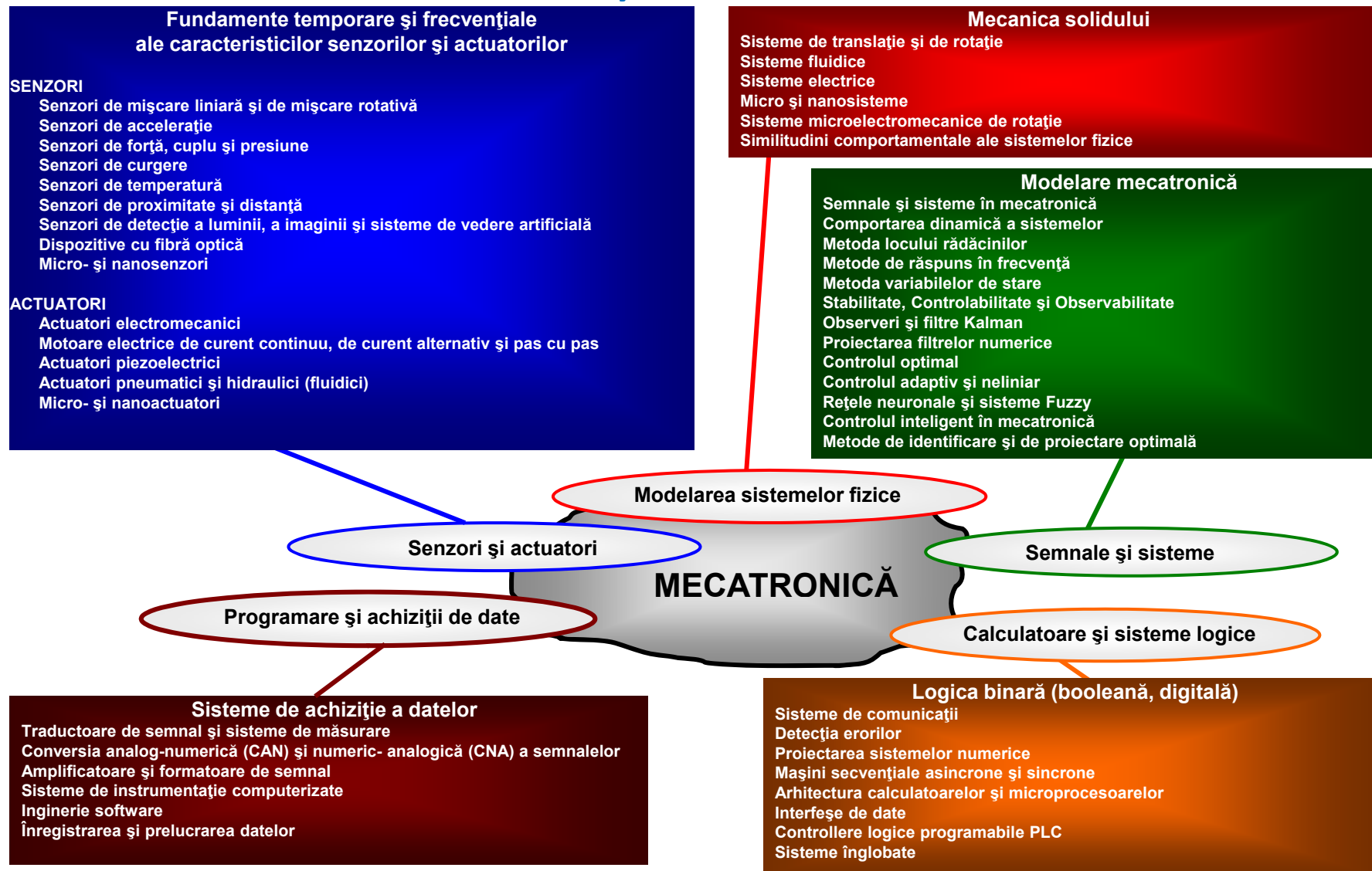


Fig. 1.3 Direcții principale de specialitate și elementele cheie ale mecatronicii.

1.1 Definiții fundamentale

În prezent se impun **noi extinderi terminologice**, legate de :

- Gradul de miniaturizare al tehnologiilor utilizate :
 - **Micromecatronică**
 - **Nanomecatronică**
 - **Biomecatronică**

- Specificitatea sistemului mecatronic
 - **Hidronică** (mecatronica sistemelor care folosesc energie hidraulică)
 - **Pneutronică** (mecatronica sistemelor care folosesc energie pneumatică)
 - **Termotronică** (mecatronica sistemelor care folosesc energie termică)
 - **Autotronică** (mecatronica autovehiculului)
 - **Agromecatronică** (mecatronica sistemelor de mașini agricole)

1.1 Definiții fundamentale

Evoluției cercetării științifice în domeniul mecatronicii :

- 1989 – **prima Conferință Internațională de Mecatronică Avansată**, la Universitatea din Tokyo
 - **În prezent** : au loc anual mai multe conferințe internaționale dedicate integral acestui subiect științific precum și numeroase alte manifestări științifice cu caracter internațional sau național care includ una sau mai multe secțiuni cu tematici circumscrise mecatronicii
 - [IEEE Transactions on Mechatronics](#)
 - [IEEE Transactions on Robotics and Automation](#)
- 1990 – **primul număr al revistei internaționale “Mechatronics”** apare în Anglia
 - **În prezent** : sunt editate mai multe reviste internaționale reputele dedicate exclusiv acestui subiect de cercetare iar numeroase altele publică des articole din domeniul mecatronicii
 - IEEE Transactions on Mechatronics
 - IEEE Transactions on Robotics and Automation

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive

1.1 Definiții fundamentale

1.2 Geneza mecatronicii

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice

1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

1.6 Perspectivele mecatronicii

1.2 Geneza mecatronicii

Actualele produse mecatronice sunt rezultatul unei lungi perioade de acumulări cantitative și calitative ale societății umane. Motorul acestei evoluții a fost:

- Dezvoltarea continuă a cerinței sociale, sub toate laturile și aspectele cunoscute
- Necesitatea eliberării omului din activitățile cotidiene excesiv repetitive, care utilizează mult prea puțin inteligența sa
- Obligatorietatea eliminării prezenței omului din medii nocive pentru sănătatea sa

Câteva momente remarcabile din istorie, care au contribuit decisiv la geneza mecatronicii ca o practică a ingineriei moderne de astăzi :

1.2 Geneza mecatronicii

Înainte de secolul al XVIII-lea :

- Tratatul despre pneumatică, care a existat în biblioteca din Alexandria (Egipt) acum mai bine de 2.000 de ani, î.e.n.
- Dispozitivele și mai apoi mașinile din industria textilă
- Dispozitivele și mai apoi mașinile folosite în navigație
- Armele și instrumentele războiului
- 1775 - prima mașină orizontală de găurit și alezat țevile de tun (John Wilkinson, UK)
- 1784 - inventarea ciocanului mecanic acționat de abur
- 1788 - inventarea mașinii cu abur de către James Watt ceea ce marchează **începutul revoluției industriale** și înlocuirea muncii fizice cu lucrul mecanic produs de mașini
- 1795 - presa cu transmisie hidraulică
- 1797 - primul strung cu cărucior și păpușă mobilă

1.2 Geneza mecatronicii

Secolul al XIX-lea :

- 1804 - inventarea cartelelor perforate, primul suport de memorie externă, gândit inițial pentru mașinile de țesut (Joseph Marie Jacquard, Franța)
- 1807 - brevet pentru motorul cu un cilindru vertical, alimentat cu gaz și aprindere prin scânteie electrică, precursorul motorizării autovehiculelor de astăzi
- 1821 - primul sistem civil hidraulic de apă sub presiune pentru alimentarea unui oraș (Londra, Anglia)
- 1822 - prima mașină pentru calcule de navigație, astronomie și asigurări sociale, care a introdus principiile unui calculator modern prin soluții exclusiv mecanice (Charles Babbage, SUA)
- 1829 - compresorul de aer (Anglia)
- 1834 - primul motor electric (Moritz Jacobi)
- 1847 - algebra binară (George Boole)
- 1850 - descoperirea reacției negative (John Maxwell)
- 1872 - se inventează motorul cu benzină și supape laterale (cunoscut ca motorul Otto)
- 1873 - primul strung programabil (Christopher Spencer, SUA), la care instrucțiunile erau memorate prin came ajustabile
- 1870 - inventarea motorului de curent continuu
- 1875 - primele aplicații mecanice (pianole și "cutii muzicale") comandate prin came de o informație înscrisă pe un suport de memorie de tip cartelă
- 1887 - motorul Daimler cu ardere internă (2 cilindri în V, capacitate cilindrică 1,5 litri, putere 7,5 CP)
- 1889 - inventarea motorului electric de curent alternativ
- Permanent de-a lungul secolului al XIX-lea - progresele științifice extraordinare în domeniul electricității datorită unor mari savanți Galvani, Volta, Faraday, Henry, etc.

Notă :

Caracteristica esențială a sistemelor tehnice realizate până în jurul anilor 1900 este faptul că acestea erau **pur mecanice** (Figura 1.4). Mecanica "pură" este cea care a permis realizarea unor adevărate bijuterii tehnice, cum ar fi mașina de scris clasică sau mașina de calcul a lui Charles Babbage, precursorul genial al calculatorului electronic. În paralel s-au evidențiat și limitele evidente ale sistemelor tehnice "pur mecanice". Germanii unei noi ere au apărut odată cu progresele științifice din domeniul electricității. Inventarea motoarelor electrice va permite saltul către sistemele mecanice cu acționare electrică la începutul secolului XX.

1.2 Geneza mecatronicii

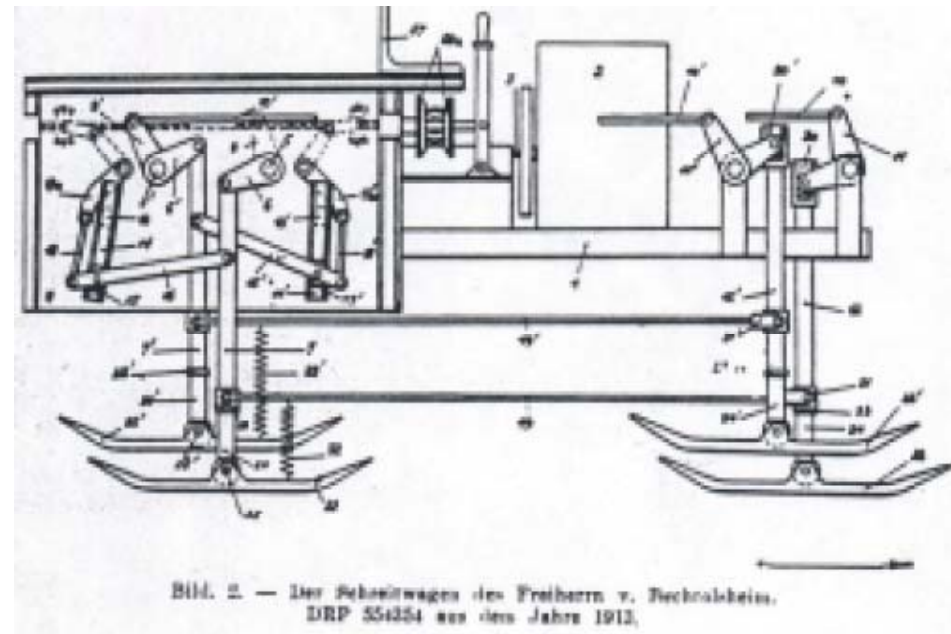
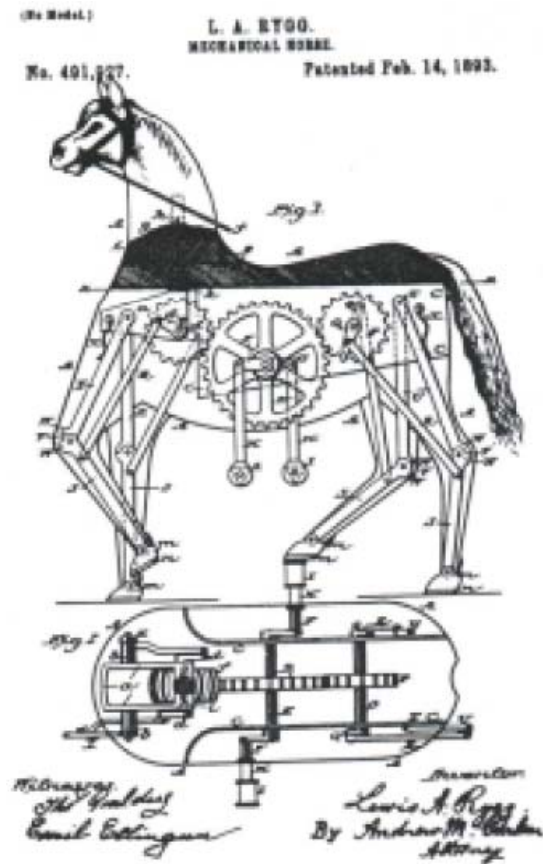


Fig. 1.4 Brevete acordate pentru un "cal mecanic" (1893, Anglia) și pentru un "vehicul pășitor" (1913, Anglia).

1.2 Geneza mecatronicii

Secolul al XX-lea :

- 1906 - inventarea tubului electronic
- 1912 - primele linii de asamblare ale automobilelor (Ford, SUA)
- 1938 - inventarea unei structuri multiplu-articulată pentru vopsirea pieselor (Willard Pollard, SUA)
- 1946 - ENIAC, primul calculator electronic (Anglia)
- 1947 - prima mașină cu comandă numerică (Massachusetts Institute of Technology, SUA)
- 1947 - primul manipulator electric condus prin teleoperare
- 1948 - inventarea tranzistorului cu germaniu
- 1952 - inventarea tranzistorului cu siliciu
- 1953 - prima mașină de frezat cu comandă numerică, realizată la MIT (Massachusetts Institute of Technology) prin folosirea unui calculator. Aceasta poate fi considerată succesoarea mașinilor de țesut cu cartele perforate (Jacquard) și a pianolelor mecanice. Ulterior se va dezvolta generația de mașini-unelte DNC (Direct Numerically Controlled Machine), când un calculator conducea un grup de mașini-unelte, iar apoi generația actuală CNC (Computer Numerically Controlled Machine), când fiecare mașină-unelte are încorporat un calculator
- 1954 - primul robot programabil (brevet George Devol, SUA)
- 1958 - inventarea tiristorului
- 1959 - nașterea microelectronicii, odată cu realizarea primului circuit integrat de către compania americană TEXAS INSTRUMENTS

1.2 Geneza mecatronicii

Secolul al XX-lea (continuare) :

- 1960 - George Devol (SUA) vinde 40 de brevete firmei CONDEC (Consolidated Diesel Corporation), care începe să producă prima serie de roboți Unimate în filiala sa specializată UNIMATION Inc.
- 1961 - primul robot industrial UNIMATE care este instalat pe o linie de montaj (General Motors, SUA)
- 1963 - utilizarea vederii artificiale pentru conducerea unui robot
- 1971 - se produce primul microprocesor pe 4 biți, INTEL 4004
- 1974 - se produce primul microprocesor pe 8 biți, INTEL 8080
- 1978 - apare primul microcontroler
- după anii '80 - impactul permanent al evoluțiilor calculatorului modern, al micro-electronicii, micromecanicii, nanotehnologiilor și al tehnologiei informației
- 1981 - primul calculator personal IBM PC-XT
- 1985 - lansarea unor sisteme software ca AUTOCAD, dBASE și a unor limbaje de nivel superior ca PASCAL și C
- 1986 - primele limbaje destinate rezolvării problemelor de inteligență artificială ca LISP, PROLOG precum și primele încercări de procesare în limbaj natural
- 1987 - lansarea calculatoarelor dotate cu hard-disk, o adevărată explozie tehnologică în domeniu

1.2 Geneza mecatronicii

Ulterior introducerii hard-diskului, calculatoarele au parcurs până în prezent mai multe etape într-o evoluție cu adevărat extraordinară, sub mai multe aspecte:

- Mărirea continuă a capacității de stocare a memoriei interne (hard-diskurilor)
- Dezvoltarea tehnicilor de procesare în paralel
- Introducerea discurilor optice Read / Write și recent a memoriilor stick, pur electronice
- Utilizarea unor procesoare din ce în ce mai performante, de până la 64 de biți
- Dezvoltarea unor noi sisteme de operare, cu performanțe superioare și creșterea spectaculoasă a vitezei de prelucrare a informației
- Extinderea posibilităților de operare grafică pe calculator și crearea unor interfețe grafice GUI (Grafical User Interface) tot mai “prietenoase”
- Dezvoltarea foarte puternică a echipamentelor periferice; imprimante, scannere, aparate foto / video digitale, echipamente multifuncționale etc.

1.2 Geneza mecatronicii

Perioada de după cel de-al doilea război mondial a fost deosebit de prolifică. La începutul anilor '60 sunt realizați primii roboți industriali, o clasă de produse extrem de reprezentativă pentru mecatronica zilelor noastre.

Fabricarea și utilizarea roboților a fost facilitată de rezolvarea anterioară a unor probleme tehnice și științifice, cum ar fi spre exemplu:

- **Manipularea de la distanță a obiectelor**, rezolvată cu ajutorul mecanismelor articulate conduse de către un operator uman, denumite **telemanipulatoare** (inițial create pentru manipularea materialelor radioactive din industria nucleară)
 - 1947 - primul telemanipulator cu servo-acționare electrică, fără controlul forței de prindere.
 - 1948 - primul telemanipulator cu buclă închisă (feed-back).
 - Fabricarea telemanipulatoarelor a antrenat rezolvarea unor probleme esențiale pentru proiectarea ulterioară a roboților :
 - modelarea cu mecanisme adecvate a mișcărilor brațului și antebrațului omului (geneza mecanismelor de poziționare ale roboților)
 - modelarea cu mecanisme adecvate a mișcărilor specifice încheieturii mâinii omului (geneza mecanismelor de orientare ale roboților)
 - modelarea cu mecanisme adecvate a mișcărilor de prindere specifice degetelor mâinii omului (geneza mecanismelor de prehensiune)
- **Automatizarea mașinilor-unelte folosind comenzi numerice.** Această problemă a permis stăpânirea comenzii de tip incremental, folosită ulterior pentru poziționările de precizie, precum dezvoltarea servo-acționărilor și a senzorilor de poziție / deplasare
- **Automatizarea calculelor și a controlului** cu ajutorul calculatoarelor electronice

1.2 Geneza mecatronicii

Câteva momente istorice din dezvoltarea ulterioară a roboticii:

- 1961 - **primul robot industrial UNIMATE** instalat pe o linie de montaj la General Motors. Industria automobilului a fost o forță motrice a dezvoltării roboticii industriale.
 - Exemplu: în Germania anul 2002 erau în medie cca. 120 *roboți* / 10.000 *angajați direct productivi*, în timp ce industria automobilului beneficia de raportul 1 *robot* / 10 *muncitori*.
- 1963 - cercetătorii de la Rancho Los Amigos Hospital din California au construit **Rancho Arm** destinat **protezării persoanelor handicapate**.
 - Robotul **Rancho Arm** avea 6 articulații, dispunea de gradele de mobilitate ale mâinii umane și a deschis drumul pentru construirea roboților antropomorfi (umanoizi sau androizi).
- La Stanford Artificial Intelligence Laboratory se realizează **robotul Stanford** pentru microchirurgie.
 - **Robotul Stanford** dispunea de 6 grade de mobilitate și era primul robot conceput pentru comanda cu calculatorul. El a fost precursorul unor roboți industriali remarcabili, precum **robotul PUMA** (Programmable Universal Manipulator for Assembly), produs în SUA, robotul cu cel mai mare succes de piață până în prezent.
- 1979 - **robotul mobil Stanford Cart** a reușit prima parcurgere a unei incinte mobilate cu scaune.
 - **Robotul mobil Stanford Cart** folosea o cameră de luat vederi și își determina traiectoria pe bază de grafuri și algoritmi de căutare.
 - De fapt, primele mașini mobile reprezentative au fost însă “broaștele țestoase” **Elsie și Elmer**, concepute în anul 1950 de către englezul Grey Elmer, capabile să identifice prezența unei prize electrice pentru a-și încărca bateriile.
- 1973 - realizarea primului robot umanoid (android sau antropomorf) în mărime naturală **Wabot I** la Universitatea Waseda din Tokyo.
 - Japonezii sunt cei mai fervenți susținători ai dezvoltării unor roboți cu aspect umanoid, care să fie mai ușor acceptați de oameni ca parteneri în cele mai diferite activități.
 - Ultima creație japoneză semnificativă în această direcție a fost robotul **ASIMO** (Advanced Step in Innovative Mobility), lansat în 2001, cu o înălțime de 1,20 m și o greutate de 43 Kg (vezi Figura 1.9.b). El este primul robot umanoid care poate realiza deplasări pe tronsoane curbe de traiectorie, controlându-și poziția centrului de greutate și menținându-și viteza de avans, fără a folosi mișcări de tip pivotare la schimbarea tronsoanelor de traiectorie.

1.2 Geneza mecatronicii

Din punct de vedere al **tehnologiilor de fabricație**, mecatronica este rezultatul evoluției firești, de la tehnologia “pur mecanică” la cea “mecatronică”.

- Tehnologia electronică a stimulat foarte mult această evoluție, dezvoltarea microelectronicii a permis mai întâi **integrarea electromecanică**.
- Ulterior, prin integrarea microprocesoarelor în structurile electromecanice, acestea au devenit “inteligente” și astfel s-a ajuns la primele **structuri mecatronice**.

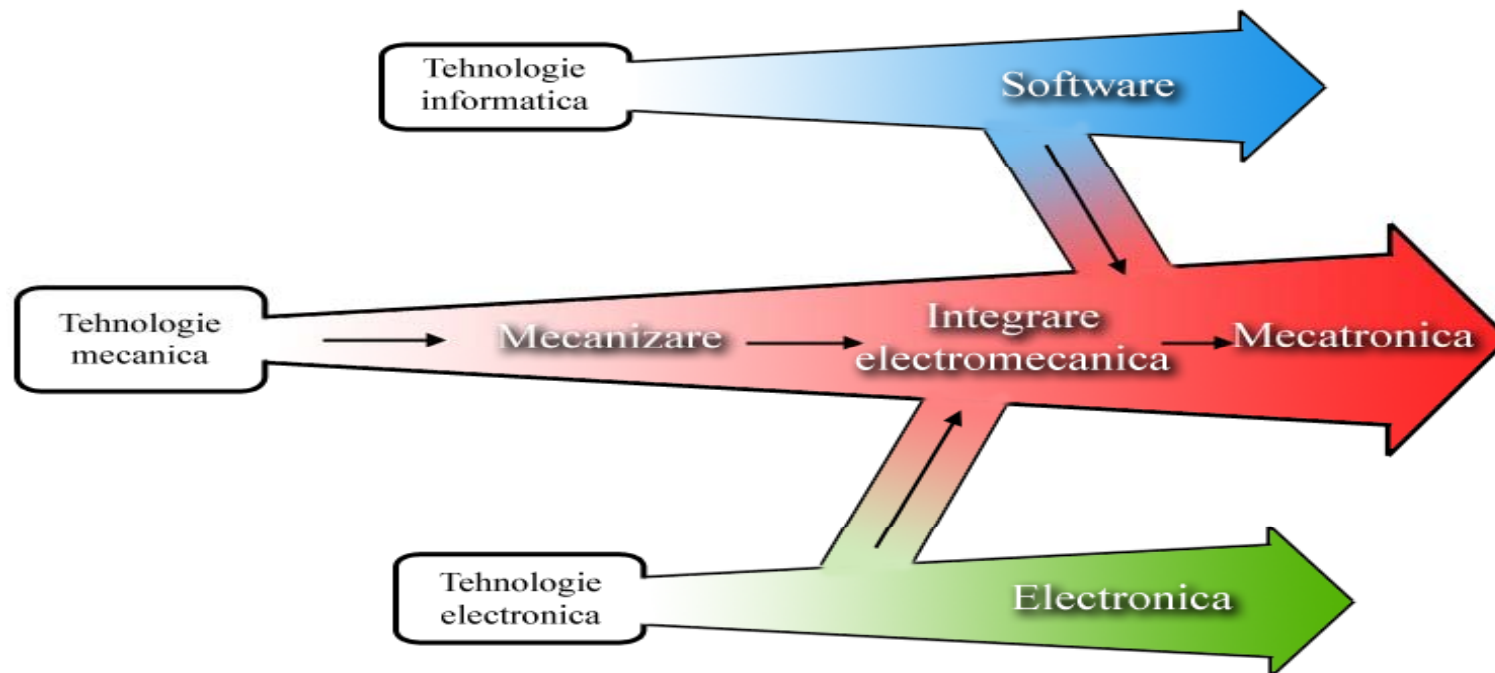


Fig. 1.5 Dezvoltarea tehnologică, de la tehnologia pur mecanică la cea mecatronică.

1.2 Geneza mecatronicii

Tipul sistemului	Descoperiri științifice cu impact în evoluție	Localizare în timp	Exemple
SISTEME PUR MECANICE		Până în 1900	1788, mașina cu abur 1872, motorul Otto 1887, motorul Daimler 1822, mașina de calcul Babbage
▼	1890 – motorul de c.c. 1889 – motorul de c.a.		
Sisteme mecanice cu acționare electrică		1920	Mașini unelte Pompe
▼	Relee electrice Amplificatoare Regulatoare		
Sisteme mecanice cu control automat		Anii 1930	Avioane Automobile Turbine cu abur Mașina de scris electrică
▼	1948, 1952, tranzistorul 1958, tiristorul 1958, circuitul integrat 1971, microprocesorul		
Sisteme mecanice cu: • control electronic analogic • control secvențial • control numeric		Din anii 1950 până la mijlocul anilor 1980	Lifturi cu control automat Mașini unelte cu comandă numerică Roboți industriali Periferice de calculator
▼	1978, microcontrollerul 1981 PC-ul Magistrale de proces Noi senzori și actuatori Integrarea componentelor		
SISTEME MECATRONICE • Integrare mecanică & electronică & tehnică de calcul = sinergie • Software-ul determină funcțiile • Noi instrumente de proiectare		De la mijlocul anilor 1980	Roboți mobili Linii flexibile Controlul electronic al automobilului: ABS, ESP Unități CD-ROM

Fig. 1.6 Evoluția sistemelor mecanice în sisteme mecatronice.

1.2 Geneza mecatronicii

Tehnologia mecatronică aduce în centrul atenției **problema informației**, componentă esențială în raport cu materia și energia, poziție justificată de japonezi prin:

- informația asigură satisfacerea nevoilor spirituale ale omului
- numai informația crește valoarea nou adăugată a tuturor lucrurilor
- informația înseamnă cultură
- promovarea legăturilor informaționale în structura sistemelor tehnice le asigură acestora **flexibilitate și auto-reconfigurare**
- evaluarea cantitativă și calitativă a informației constituie o problemă esențială în educație, cercetare și în activitățile de producție

1.2 Geneza mecatronicii

Comparația **material – energie – informație** din Figura 1.7 arată faptul că mecatronica este o tehnologie nedisipativă și mai puțin poluantă, ca urmare a componentei informaționale, cu o pondere din ce în ce mai importantă.

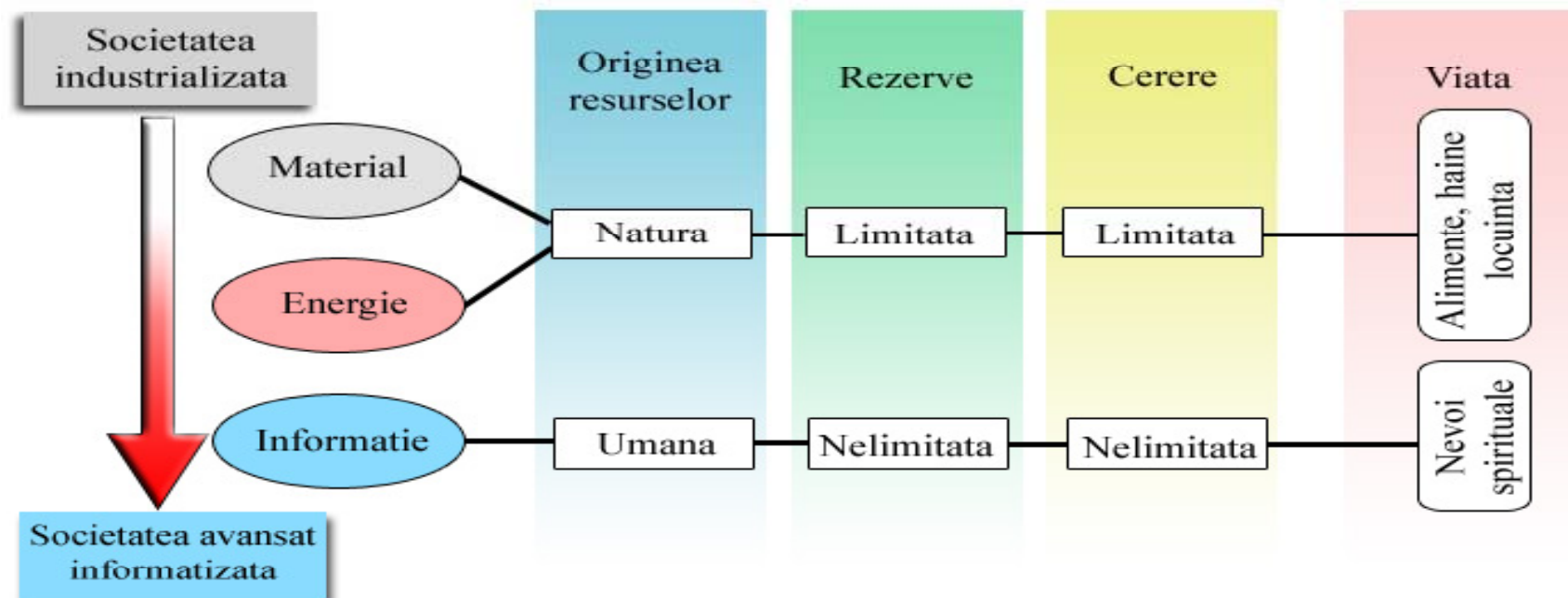


Fig. 1.7 Mecatronica este o alternativă tehnologică nedisipativă și mai puțin poluantă.

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive

1.1 Definiții fundamentale

1.2 Geneza mecatronicii

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice

1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

1.6 Perspectivele mecatronicii

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice

Tot ceea ce numim azi în mod curent **produse de înaltă tehnicitate** sau **dispozitive inteligente** sunt **produse mecatronice**. C

Câteva exemple semnificative de produse mecatronice, alese din diferite categorii de produse:

- automobilul modern
- robotica (roboți industriali, mobili, submarini, zburători, umanoizi, pentru servicii)
- tehnica de calcul
- tehnica de telecomunicații
- aparatura biomedicală
- sistemele de transport inteligent
- aparatura de cercetare
- aparatura electrocasnică
- aparatura bancară
- aparatura cine-foto, audio-video și multimedia
- mașinile agricole moderne
- navele maritime comerciale sau de pasageri
- avionica, etc.

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice



Fig. 1.8 *Produse mecatronice din domeniul transporturilor.*

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice

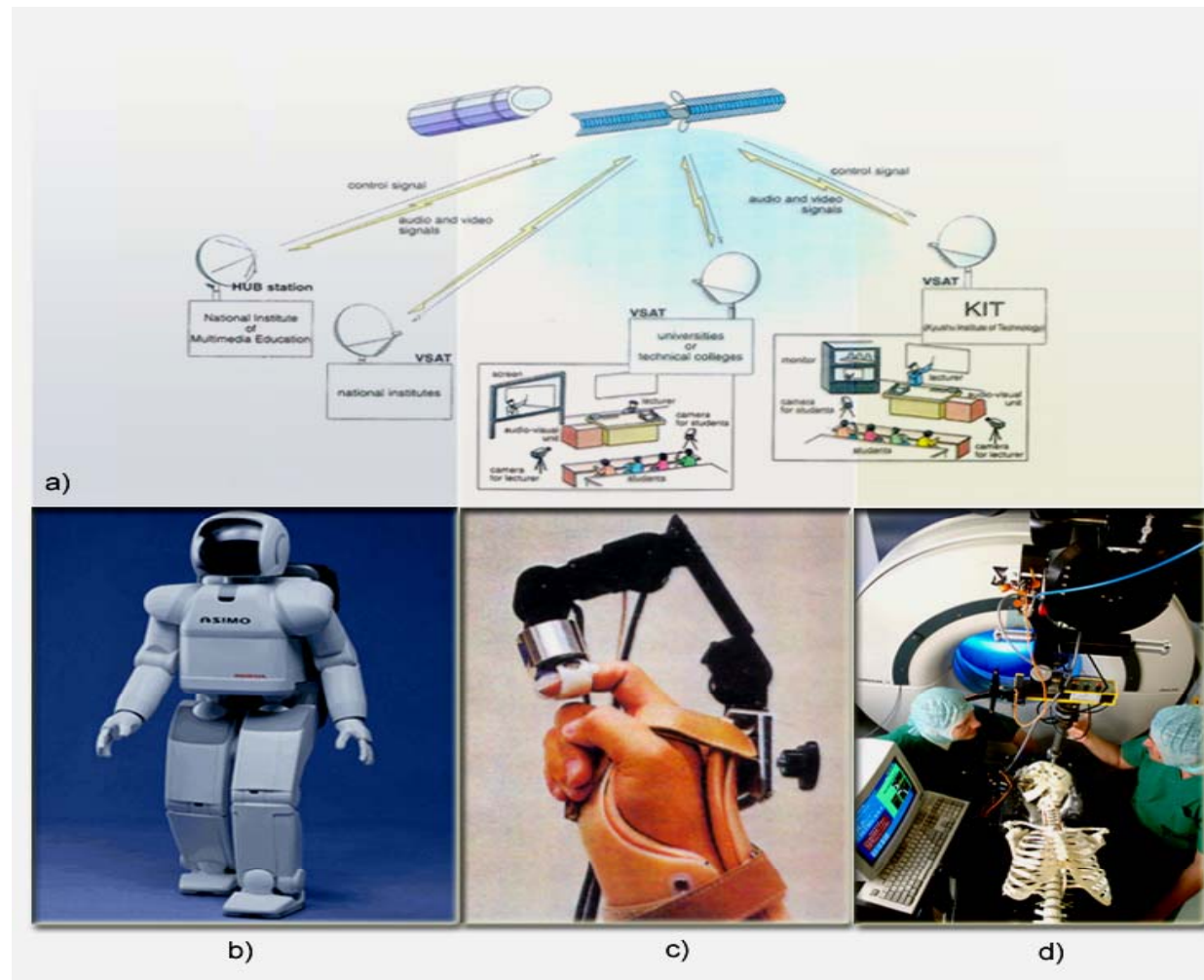


Fig. 1.9 *Produse mecatronice din domeniul comunicațiilor (a), al roboticii educaționale (b) și al roboticii medicale (c,d).*

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice

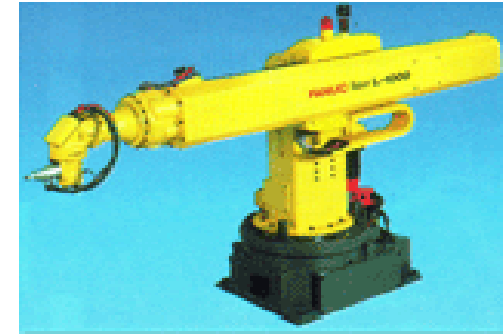
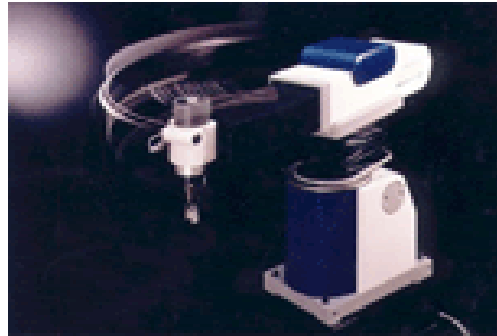
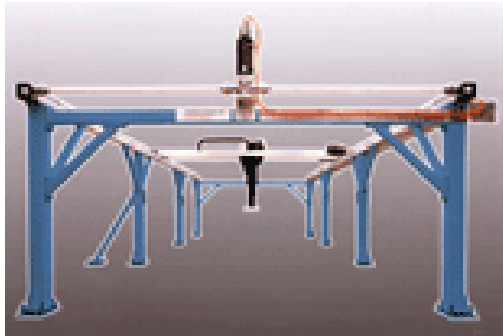


Fig. 1.10 *Produse mecatronice din domeniul roboticii industriale.*

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice



Fig. 1.11 Diferite componente mecatronice.

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive

1.1 Definiții fundamentale

1.2 Geneza mecatronicii

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice

1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

1.6 Perspectivele mecatronicii

1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice

Se poate face după mai multe criterii :

➤ Pe baza **sistemelor mecanice înglobate**, suportul fizic pentru configurarea unei structuri mecatronice:

- **Componente mecatronice**
 - mecanice
 - hidraulice
 - pneumatice
 - electromecanice , etc.
- **Mașini mecatronice**
 - generatoare de energie
 - consumatoare de energie
- **Vehicule mecatronice**
 - Automobile
 - Trenuri
 - Vapoare
 - Avioane
 - nave spațiale sau submersibile, etc.
- **Mecatronica de precizie**
 - componente mecanice de precizie: lagăre, ghidaje, lanțuri cinematice și de acționare, comutatoare, relee, senzori, actuatori etc.
 - dispozitive complexe de precizie: înregistratoare, imprimante, sisteme de comunicație, aparatură electrocasnică, aparatură optică, aparatură medicală etc.
- **Micro-mecatronică**
 - componente micro-mecanice: lagăre, ghidaje, lanțuri cinematice și de acționare
 - sisteme complexe micro-mecanice: senzori, actuatori, motoare, pompe etc.

1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice

- Pe baza **dimensiunilor fizice** ale structurilor mecatronice:
- **Sisteme mecatronice convenționale** (acoperă primele patru grupe ale clasificării anterioare)
 - **Sisteme micromecatronice** (se regăsesc în ambele clasificări)
 - **Sisteme nanomecatronice** (o nouă clasă de sisteme, studiate cu ajutorul unor concepte și teorii diferite față de primele două, cum ar fi mecanica cuantică și nano-electromecanica)

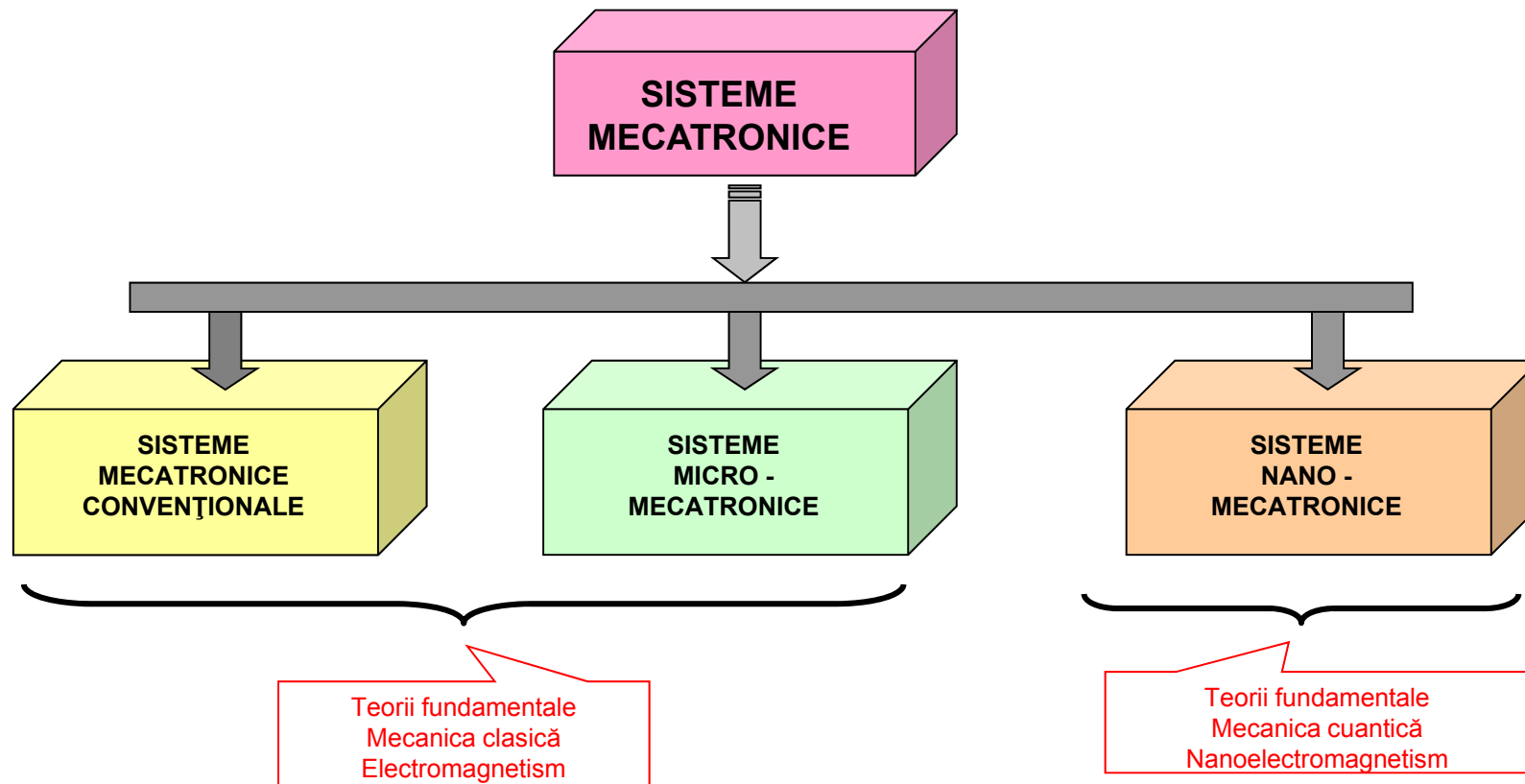


Fig. 1.12 Variantă de clasificare a sistemelor mecatronice.

1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice

➤ Pe baza **caracteristicilor lor comportamentale**:

- **Sisteme mecatronice automate**

- capabile să vehiculeze materiale și energie, comunicând permanent cu mediul înconjurător
- dispun de **capacitatea de auto-reglare**, care le permite să reacționeze la schimbări previzibile ale mediului într-un mod programat anterior.
- marea majoritate a sistemelor mecatronice aparțin acestei categorii

- **Sisteme mecatronice inteligente**

- capabile să realizeze un anumit scop impus în condiții de incertitudine.
- Spre deosebire de sistemele automate (previzibile, deoarece sunt programate pentru a se comporta într-un mod dorit), sistemele inteligente pot atinge un scop specificat într-un mod **imprevizibil**. Ele sunt înzestrate cu un înalt **nivel de flexibilitate**, fiind capabile să răspundă la schimbări frecvente ale mediului fără a fi necesară reprogramarea lor.
- Această diferență calitativă în comportament este determinată de **separarea bazei de cunoștințe (knowledge base) de motorul de rezolvare a problemei (inference engine)**, concept de bază în inteligența artificială.
- Câteva exemple : mașinile-unelte inteligente, roboții inteligenți, vehicule cu ghidare autonomă, avioane fără pilot, rachete auto-ghidate, compresoare inteligente cu geometrie variabilă.

- **Rețele mecatronice inteligente**

- capabile să decidă asupra comportamentului lor prin **negocieri între unitățile componente autonome** (nodurile rețelei, reprezentate de către un sistem mecatronic inteligent)
- Au capacitatea de a-și îmbunătăți performanțele prin **auto-organizare** și **auto-reconfigurare** (modificarea relațiilor dintre noduri, în scopul îmbunătățirii performanțelor globale ale sistemului).
- Rețelele evolute sunt supuse unui **proces continuu de evoluție** prin deconectarea și eliminarea unităților mai puțin utile și conectarea unor noi unități cu efecte benefice pentru scopurile urmărite de rețea.
- Câteva exemple : flotile de avioane fără pilot, colonii de mașini agricole inteligente, sisteme de fabricație inteligente, echipe de roboți militari, de salvare sau de jocuri sportive sunt exemple semnificative pentru astfel de rețele.

1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice

- Pe baza **domeniilor** în care sunt utilizate sistemele mecatronice:
- **Industrial:** roboți, mașini unelte cu comandă numerică, sisteme flexibile de fabricație, sisteme complexe de măsurare și control, magazii automate etc.
 - **Vehicule civile și militare:** automobile, trenuri de mare viteză, avioane, rachete, submarine etc.
 - **Agricultură:** mașini agricole inteligente, cu control automat și localizare prin satelit care lucrează în rețele
 - **Medicină:** aparatură automata de investigare, control sau intervenție
 - **Sistemul bancar:** bancomate, echipamente de verificare automată și de numărare a banilor etc.
 - **Viața civilă:** aparatura electrocasnică, echipamente destinate automatizării locuințelor ca lifturi, sisteme de control și reglare a temperaturii și umidității aerului, supraveghere și alarmare, acces în perimetru etc.
 - **Altele**

Notă:

- Se poate concluziona că **nu există niciun domeniu al vieții economice și sociale în care sistemele mecatronice să nu aibă un rol predominant care crește continuu.**

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive

1.1 Definiții fundamentale

1.2 Geneza mecatronicii

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice

1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

1.6 Perspectivele mecatronicii

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

Mecatronica a primit “cetățenie europeană” în anul 1986.

- În martie 1986, Comitetul Consultativ pentru Cercetare și Dezvoltare Industrială al Comunității Europene recunoaște că: “mecatronica este o nevoie majoră pentru cercetarea europeană și pentru programele educaționale”.
- Același comitet a dat și o definiție de referință a mecatronicii (citată anterior): “Mecatronica este o îmbinare sinergetică: inginerie mecanică de precizie, control electronic și gândire sistemică în proiectarea produselor și proceselor”.
- Tot acum s-au introdus și primele cursuri de mecatronică în **principalele** universități din CE
- 1988 - a fost lansat **primul curs european postuniversitar de mecatronică** (sub egida CE), organizatorii fiind: Universitatea Catolică din Leuven (Belgia), Institutul de Tehnologie, Cranfield (Anglia) și T.H. Aachen (Germania)
- 1995 - în cadrul programului ADAPT (sub egida CE) a fost elaborat un **proiect transnațional de educație mecatronică** pentru a sprijini pregătirea resurselor umane în întreprinderile mici și mijlocii (IMM-uri). Proiectul a fost elaborat de către Anglia, Franța, Spania, Belgia și Grecia

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

- **Proiectul european transnațional de educație mecatronică** din cadrul programului ADAPT s-a derulat în perioada 1995-2000 și a avut drept scop:
 - Accelerarea adaptării forței de muncă la schimbările din industrie
 - Creșterea competitivității industriei, serviciilor și comerțului
 - Prevenirea șomajului prin îmbunătățirea calificării forței de muncă și asigurarea unei mai mari mobilități pe piața muncii
 - Anticiparea și accelerarea creării de noi locuri de muncă și noi activități, prin exploatarea potențialului IMM-urilor.
- Succesul proiectului este confirmat de numărul mare de aplicații în țările membre ale CE, conform Figurii 1.13.



Fig.1.13 *Aplicații pentru proiectul transnațional de educație mecatronică în IMM-uri (ADAPT).*

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

- În anul 2003 s-a elaborat un proiect pentru construirea unei **Rețele Europene de Excelență în Mecatronică**. Inițiatorii au fost:
 - Centrul European de Mecatronică din cadrul Universității Catolice din Leuven
 - Federația Industriilor din Belgia
 - Suport financiar și organizațional: Programul Cadru 6 (FP 6)
 - Parteneri în proiect: 63 (institute, centre de cercetare, departamente de mecatronică, companii industriale din majoritatea țărilor CE)
- **Date istorice semnificative din principalele țări membre ale comunității europene CE** legate de inițiative și programe în domeniul mecatronicii :

Anglia:

- 1984 - înființarea **Consiliului pentru Educație Tehnologică și Afaceri (BTEC)** care a elaborat un **Program Național de Educație Mecatronică**
- 1990 - a fost recunoscut oficial **U.K. Mechatronics Forum**, care organizează conferințe internaționale bienale de Mecatronică
- 1990 - la Universitatea din Lancaster a fost înființat **Centrul de Cercetare și Proiectare în Mecatronică** sub egida **Consiliului pentru Știință și Cercetare în Inginerie (SERC)**

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

Belgia, Olanda, Danemarca și Elveția:

- 1980 - a fost înființat **Institutul de Mecatronică** la **Universitatea Catolică din Leuven (B)**. *Leuven-ul este considerat drept poarta de intrare a mecatronicii din Japonia în Comunitatea Europeană*
- 1989 - Guvernul a înființat **Centrul de Cercetare în Mecatronică** la **Universitatea din Twente (NL)** și Ministerul Afacerilor Economice a lansat Programul național cunoscut sub numele de **Platforma de Mecatronică**
- 1985 - La **Politehnica din Copenhaga (DK)** s-a înființat **Centrul de Cercetare în Mecatronică**. Prof. J. Buur de la acest institut și-a susținut în anul 1990 teza de doctorat cu tema **Bazele teoretice ale proiectării mecatronice**
- 1988 - în **Aalborg (DK)** a fost înființat **Institutul European de Biomecatronică** sub egida Consiliului pentru Știință și Cercetare în Inginerie (SERC)
- 1988 - la **Institutul Federal de Tehnologie din Zürich (S)** s-a înființat **Centrul de Cercetare în Mecatronică**
- 2003 - **Elveția** a găzduit **Olimpiada Internațională de Mecatronică**

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

Franta și Germania:

- 1990 - în **Franta** au fost înființate mai multe **Institute de Mecatronică**, cele mai prestigioase fiind în **Besançon** și **Clermont-Ferrand**
- **Institutul de Mecatronică din Besançon** a inițiat **Congresele de Mecatronică Franța-Japonia**; începând cu ediția a 3-a (1996) aceste congrese se numesc Europa-Asia sau Asia-Europa, după cum au loc în Franța sau în Japonia
- 1988 - în **Germania**, cel mai generos sponsor pentru probleme de cercetare fundamentală, **Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)**, a alocat 10 milioane DM pentru înființarea unui **Centru de Cercetare în Mecatronică**, la **Universitatea Tehnică din Darmstadt**
- Firma **FESTO** din Germania, este principalul sponsor al **Olimpiadelor Internaționale de Mecatronică** (asigură echipamente pentru probele practice). Olimpiade se organizează bienal, sub egida Organizației Internaționale pentru Training Vocațional (IVTO)

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

Educatia mecatronică în România:

- După 1991, primele specializări universitare în Mecatronică:
 - Universitatea “Transilvania” din Brașov
 - Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
 - Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” din Iași
 - Universitatea “Ștefan cel Mare” din Suceava
 - Universitatea Politehnica București (1994)
 - Universitatea Politehnica Timișoara (1994)
 - Universitatea din Craiova (2000)
- 2000 - unele Grupuri școlare din principalele centre universitare menționate au înființat clase de mecatronică la nivel liceal
- 2000 - primele cursuri postuniversitare de Educație Tehnologică pentru profesorii din învățământul preuniversitar. Pentru prima dată, Planul de învățământ pentru aceste cursuri include module de mecatronică.
- 2002 - la Universitatea Politehnica București, Catedra de Mecanică fină a găzduit prima întâlnire a membrilor **Societății Române de Mecatronică (SROMECA)**
- 2003 - a apărut **primul număr al revistei naționale MECATRONICA**, sub egida SROMECA
- 2005 - se consfințește în învățământul tehnic superior **domeniul de licență Mecatronică și Robotică**, organizat pe de 4 ani de studiu, cu două specializări: **Mecatronică** și respectiv **Robotică**.
- **Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică a Universității din Craiova**, adoptă acest domeniu de licență cu ambele specializări. Încă din anii 1980 ea este o promotoare a cercetării științifice în domeniul roboticii, iar apoi, din anii 1989, și a unor cursuri universitare, cursuri post-universitare și specializări universitare.
- 2006 – la Craiova se înregistrează **Societatea de Robotică din Romania SRR** (www.robotics-society.ro) ca succesoare a Asociației de Robotică din Romania, înființată la Timișoara în anul 1990.

CUPRINS

Capitolul 1. Aspecte introductive

1.1 Definiții fundamentale

1.2 Geneza mecatronicii

1.3 Exemple de produse și sisteme mecatronice

1.4 Clasificarea sistemelor mecatronice

1.5 Mecatronica și comunitatea europeană

1.6 Perspectivele mecatronicii

1.6 Perspectivile mecatronicii

- Evoluția din ultimii 25 de ani a mecatronicii leagă această noțiune de **clasa produselor inteligente**.
- **Mecatronica este o etapă naturală** în procesul evolutiv al ingineriei moderne.
- Cu certitudine, **mecatronica este un proces evolutiv**, nu unul revoluționar, care reunește sinergetic sistemele mecanice, electrice și de calcul, incluzând 5 domenii principale științifice, fiecare cu mai multe aspecte particulare.
- Dacă pentru anumiți ingineri mecatronica nu este nimic nou, pentru alții aceasta este o **nouă filozofie de proiectare pe care o aplică zilnic**.
- **Progresele mecatronicii vor fi strâns legate de progresul științei și apariția noilor tehnologii**. Să ne gândim spre exemplu la influența pe care a avut-o apariția microprocesorului asupra creării unor noi clase de produse mecatronice.
- Putem anticipa **scăderea costurilor și creșterea performanțelor** componentelor electronice inteligente, a microprocesoarelor și microcontrolerelor, a senzorilor și actuatorilor, ceea ce **va asigura premisele dezvoltării produselor inteligente, deci a mecatronicii**.
- **Larga implementare a unor noi metode** de control adaptiv, a metodelor de programare în timp real, a tehnologiilor de rețea wireless, maturizarea tehnologiilor de tip CAE (Computer Aided Engineering) pentru modelarea avansată a sistemelor, testare și fabricație virtuală, vor constitui tot atâtea argumente pentru dezvoltarea explozivă a sistemelor mecatronice.
- **Puternica dezvoltare a comunicațiilor Internet în combinație cu tehnologiile Wireless** va impulsiona de asemenea produsele mecatronicii care vor deservi toate zonele vieții materiale.
- **Ponderea părții mecanice (tradiționale) va deveni din ce în ce mai mică** atât din punct de vedere valoric cât și al complexității, deoarece implementările electronice și ale tehnicii de calcul elimină complet folosirea unor soluții constructive pur mecanice care sunt prea complexe și costisitoare.
- Nu în ultimul rând, **o mare influență în evoluția mecatronicii viitorului o vor exercita noile tehnologii** care vor fi descoperite și puse la punct cu certitudine datorită faptului că omenirea investește din ce în ce mai mult în cercetare. **Sunt de așteptat mai ales progrese spectaculoase în domeniul micro- și nanotehnologiilor precum și în domeniul bioingineriei**.