

1. MECATRONICĂ ȘI TEORIA SISTEMELOR AUTOMATE

1.1. Introducere

Secolul XX va rămâne în istoria științei ca secolul electronicii și informaticii, al biologiei și geneticii [1.8].

Secolul XX va rămâne în istoria științei ca secolul primilor pași în cosmos, secolul roboticii și a mecatronicii, a realizărilor deosebite la granița diverselor domenii tradiționale.

Pe parcursul timpului s-a pus deseori întrebarea: ce este primordial, construirea unei complexități sau funcțiile complexității? În ultima perioadă viața de zi cu zi a demonstrat că funcțiile unei “complexități” devin primordiale. În același timp se poate afirma că evoluția în timp a unui sistem – înțeles ca o “complexitate” – este determinată de funcțiile acestuia.

1.2. Evoluția sistemelor

Se consideră că patru elemente au fost definatorii pentru dezvoltarea omenirii în decursul timpului [1.12]:

- preocupările grecilor și arabilor pentru urmărirea timpului;
- revoluția industrială din Europa (după mijlocul secolului al XVIII –lea);
- debutul comunicației de masă și primul și al doilea război mondial (1910 – 1945);
- debutul în spațiu și anul computerului (1957).

O analiză a unei evoluții în acest sens este destul de dificilă dar prezentăm în continuare câteva dintre realizările mai deosebite.

Ceasul cu apă (*water clocks*) a fost printre cele mai timpurii supraveghetoare de timp. Una dintre cele mai vechi variante a fost găsită în mormântul lui Amenhotep I îngropat în jurul anului 1500 înainte de Hristos. Curgerea apei printr-un circuit într-un rezervor determina o creștere a nivelului funcție de timp. În acest mod se pune în evidență pe cale mecanică trecerea timpului (fig.1.1). Se utilizează cu succes regulatorul cu plutitor (float regulator) inventat de grecul Ktesibios.

Unul dintre binecunscutele sisteme automate din antichitate este cel al lui Heron din Alexandria (fig.1.2). Acesta a fost proiectat pentru a deschide ușile templului în

mod automat dacă focul a fost aprins în afara templului și să închidă ușile dacă focul a fost stins [1.17].

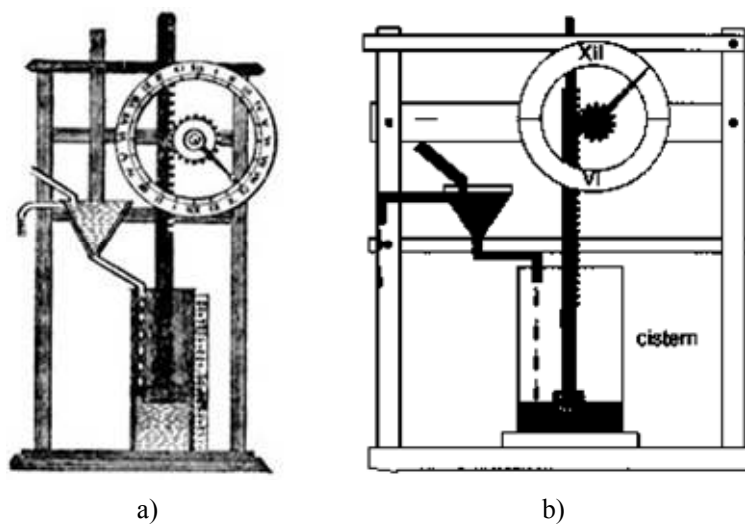


Fig. 1.1 Ceasul cu apă

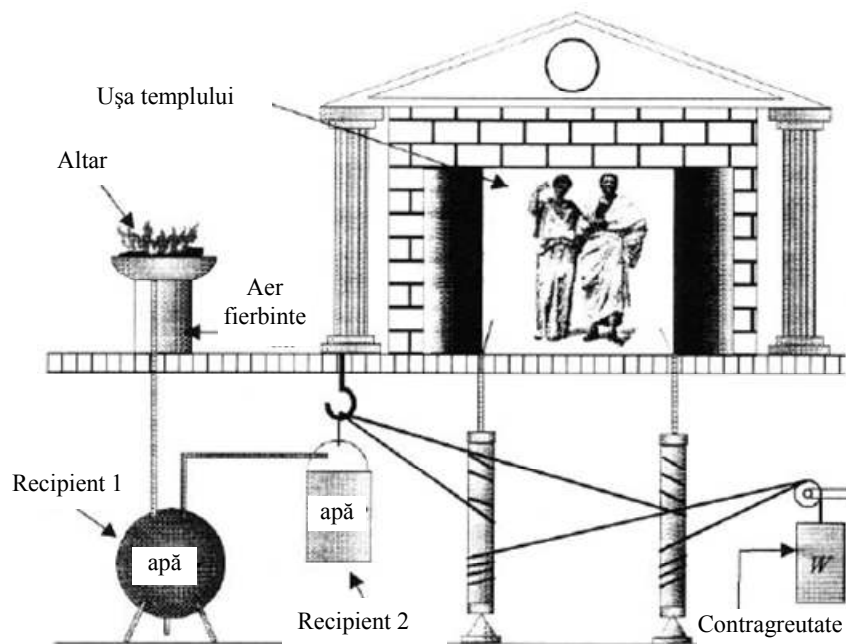


Fig. 1.2 Regulatorul lui Heron din Alexandria

J. Watt inventează locomotiva cu abur în 1769, dată care marchează și debutul

revoluției industriale. Regulatorul lui Watt realizat în 1787 a fost denumit în faza inițială “governor”. Aplicarea inițială a acestuia la mașina cu vapori a deschis șirul lung al unor destinații utile, eficiente și ingenioase într-o mulțime de aplicații tehnice. În figura 1.3 se prezintă aplicația inițială a regulatorului pentru reglarea turației la locomotiva cu aburi.

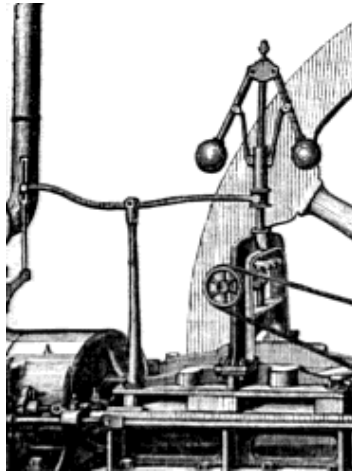


Fig. 1.3 Regulatorul Watt

Principiul de funcționare are la bază forța centrifugă care acționează asupra contragreutăților „E”. Un mecanism cu bare permite acționarea clapetei V de admisie a aburului spre cilindrul mașinii (fig.1.4, fig.5).

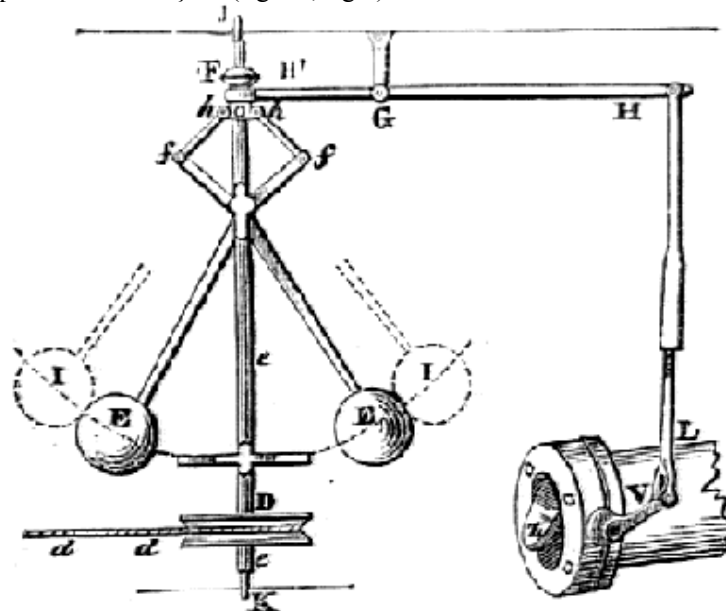


Fig. 1.4 Principiul de funcționare a regulatorului Watt

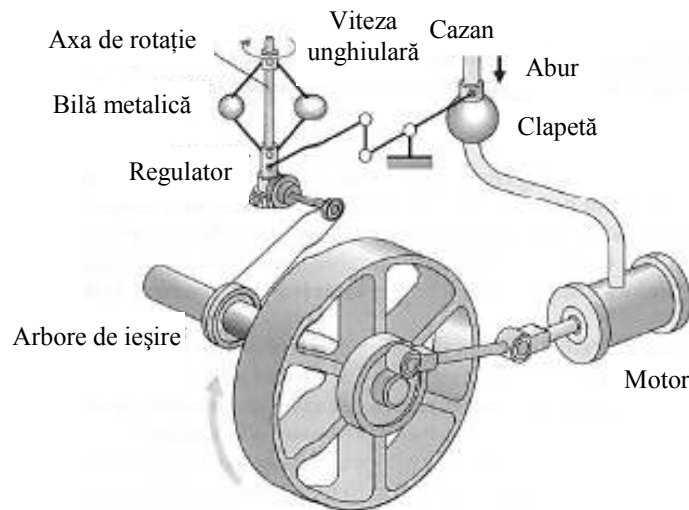


Fig. 1.5 Regulatorul lui Watt și motorul cu abur

O serie de probleme de rezolvat s-au asociat cu inventarea locomotivei cu abur. Una dintre acestea a fost menținerea presiunii în cazan în limitele dorite. În 1681 D. Papin inventează o supapă de siguranță pentru un fierbător și o utilizează în 1707 pentru reglarea presiunii la locomotiva cu abur. Regulatorul de presiune este legat de anul 1799 și numele inventatorilor: R Delap și M. Murray. Abia în 1803 Boulton și Watt combină regulatorul de presiune cu regulatorul de nivel pentru locomotiva cu abur.

Războiul de țesut creat de Jacquard (sec.18) și-a adus contribuția atât la prima cât și la cea de-a doua revoluție industrială. Prima contribuție a constat la mecanizarea industriei textile engleze (fig.1.6).



Fig. 1.6 Războiul de țesut

A doua contribuție s-a datorat faptului că sistemul cartei perforate (cartelă cu orificii pe linie și coloană detectabile pe cale mecanică) (*punch_card*) - utilizat și în pianul ambulant și alte automate – a contribuit la dezvoltarea viitoarelor calculatoare.

Elias Howe este cel care a realizat la începutul anilor 1800 prima variantă a mașinii de cusut (patentele datează din 1845 și 1854). S-a pus bazele unei noi etape în mecanizarea activității din industria textilă. În scurt timp diverse variante ale mașinii au fost introduse pe piață: Fanton – 1860 (fig.1.7), Flora – 1870 (fig.1.8) [1.10].



Fig. 1.7 Mașina – Fanton



Fig. 1.8 Mașina – Flora

Primul patent pentru mașina de scris îl întâlnim în 1713 dar prima realizare practică poate fi citată abia peste aproape un secol (1808) și aparține lui Pellegrino Turri. O idee semnificativă de a construi o mașină care poate scrie alfabetul datează din 1868 (modelul patentat – fig.1.9 și respectiv schema mecanismului de bază – fig.1.10) și aparține unui publicist – filozof – politician Christopher Latham Sholes (Milwaukee, Wisconsin)[1.18].



Fig. 1.9 Mașina de scris

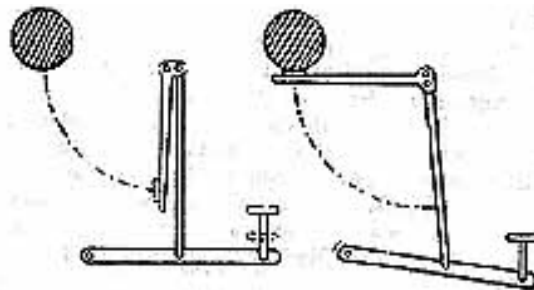


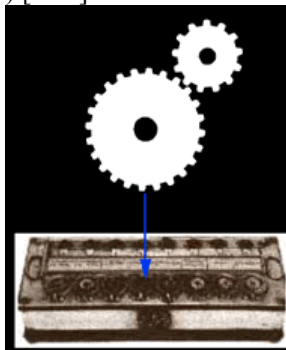
Fig. 1.10 Mecanismul mașinii de scris

Între 1874-1878 E. Remington & Sons (Ilion, NY) produce prima variantă de mașină (cu pedală de picior) de scris “Sholes & Glidden Type Writer” (fig.1.11). Sunt utilizate și “influențe” de la mașina de cusut Remington [1.18].



Fig. 1.11 Mașina de scris cu pedală

Wilhelm Schickard construiește primul calculator mecanic în 1623 într-o localitate neprecizată. Se consideră însă cert că Blaise Pascal construiește prima mașină de adunat (Pascaline) în 1642 după o descriere a lui Hero din Alexandria (fig.1.12a). Mult mai târziu (în jurul lui 1900) se va dezvolta însă o construcție de mașini de adunat. Modelul Burroughs Class 1 (1904 – 1915) este modelul cel mai spectacular (fig.1.12b) [1.19].



a)



b)

Fig. 1.12 a) Primul calculator mecanic; b) mașină de adunat

Perioada dintre revoluția industrială și cele două războaie mondiale este nominalizată ca și perioada extrem de importantă în dezvoltare. J.C. Maxwell realizează în 1868 pentru prima oară în mod riguros matematic o analiză a controlului sistemelor. Perioada precedentă lui 1868 se consideră *perioada preistorică* pentru controlul automat. Perioada dintre 1868 și 1900 este *perioada primitivă*. *Perioada clasică* a controlului automat se referă la perioada 1900 – 1960. După 1960 se vorbește despre *perioada modernă* a controlului.

Câteva dintre momentele mai importante în această evoluție sunt prezentate în mod succint în tabelul 1.1 [1.12].

Tabelul 1.1

1624	Incubatorul, C. Drebbel
1728	Governatorul cu bile, J. Watt
1769	Mașina cu abur, J. Watt – debutul revoluției industriale
1840	Dispozitiv de reacție pentru calibrarea telescopului, G.B. Airy
1868	Analiza stabilității mișcării guvernatorului Watt, J.C.Maxwell
1877	Criteriul de stabilitate, E. J. Routh
1890	Analiza stabilității neliniare, A.M.Lyapunov
1920	Giroscopul și pilotul automat, Sperry
1927	Amplificatorul electronic cu reacție, Black
1932	Criteriul de stabilitate Nyquist, Nyquist (Bell Telephone Lab.)
1938	Metoda răspunsului în frecvență, Bode (Bell Telephone Lab.)
1942	Regulatorul PID, Ziegler-Nichols
1947	Sisteme cu eșantionare (sursa sistemelor discrete / digitale, Hurewicz)
1948	Locul geometric al rădăcinilor, Evans
1956	Principiul de maxim (controlul optimal), Pontryagin
1960	Estimarea stărilor, teoria controlului modern, Kalman și alții
1969	Microprocesorul, Hoff

O perioadă extrem de importantă în evoluție este cea premergătoare zborului cosmic. Este o perioadă care a generat o “explozie” în domeniul electronicii și mai târziu în tehnologia informațiilor. Iată câteva dintre momentele mai semnificative, [1.14], [1.15], [1.16], [1.20], [1.21] [1.23]:

- 1940: Russell S. Ohl demonstrează posibilitatea realizării joncțiunii “p-n” pe bază de siliciu;
- 1943: se dă startul la proiectul de realizare ENIAC, mașina de calcul construită de John Mauchly și Presper Eckert (finalizare în 1946), 5000 operații pe secundă;
- 23 decembrie: William Shockley, Walter Brattain și John Bardeen pun, prin invenția lor – amplificator într-un cristal de germaniu - bazele creării tranzistorului (AT&T Bell Laboratories);
- 1950: National Bureau of Standards (USA) construiește la Washington SEAC-ul (Standards Eastern Automatic Computer) în laboratorul pentru testarea componentelor și a sistemelor pentru computerele standard. SEAC este primul computer cu logică pe bază de diode și program înmagazinat;
- 1953: John Backus aduce contribuții în domeniul softului pentru computerul IBM 701;
- 1956: (luna necunoscută) Primul computer tranzistorizat – TX - O transistorized Experimental computer – la Massachusetts Institute of Technology. IBM introduce prima unitate de disc RAMAC 305 cu capacitatea de 5 MB;

- 1960: (luna necunoscută) Digital Equipment introduce primul minicomputer PDP-1, pentru un preț de 120,000 \$. Este primul computer comercial echipat cu tastatură și monitor;
- 1969: Intel anunță realizarea cip-ului de 1 kB memorie RAM;
- 1969: **cercetătorii ai firmei Yasukawa Electric Company au introdus noțiunea de *mechatronics* ca o abreviere bazată pe mecha – “mechanism” + tronics – “electronics”**[1.2], [1.3], [1.9], [1.13];
- 1971: (iunie) Texas Instruments (TI) anunță obținerea un “CPU on a chip”; (luna necunoscută) Intel introduce cip-ul 1101 de 256 bit memorie programabilă și cip-ul 1701 de 256 – bit memorie EROM; (noiembrie) Intel introduce oficial sistemul de calcul MCS-4 (Microcomputer System 4 – bit) avînd facilități de 60.000 operații / sec, microprocesor 4004, frecvență de sincronizare 108 kHz;
- 1974: Intel 8080 – cel mai important produs al secolului 20 [1.15] – este pus în circulație;
- 1975: Digital Equipment introduce microcomputerul LSI-11 (placă cu microprocesor), cu 8 KB RAM. Este primul microcomputer american pe o arhitectură de 16-bit;
- 1976: Intel introduce microcontrolerul pe 8 bit MCS-48; (iunie) – Texas Instruments introduce primul microprocesor pe 16-bit (TMS9900) utilizat puțin mai târziu (iulie) în minicomputerul TI 990 (Zilog);
- 1979: Motorola anunță microcontrolerul 68000;
- 1980: Intel introduce microcontrolerul 8051 (pe 8 bit) cu memorie EPROM;
- 1984: Motorola produce microprocesorul pe 32-bit (tehnologie CMOS) 68020, cu 200.000 de tranzistoare;
- 1985: Intel anunță microprocesorul 80386 (pe 32-bit) cu 275.000 de tranzistoare;
- 1986: Firma Compaq este prima companie care produce un PC 386;
- 1987: Firma Zilog scoate pe piață microprocesorul Z280, versiunea pe 16-bit a lui Z80;
- 1989 (aprilie): Intel anunță microprocesorul 80486, pe 32-bit, 1,2 milioane tranzistoare, coprocesor matematic;
- 1992: Este anunțat PowerPC 601 (pe 32 bit, bus 64-bit) ca o acțiune comună a firmelor Motorola, IBM și Apple;
- 1993: Intel introduce procesorul Pentium (3 milioane tranzistoare, 32-bit, bus 64-bit).

1.3. Mecatronica și sinteza sistemelor tehnice

Sinteza sistemelor tehnice are la bază dezvoltarea inginerescă de mașini sau sisteme tehnice de la funcții abstracte (*de ex. modelul black-box*) până la forme concrete și de detaliu (*formă grafică – desenată*). Metodele acestui nivel au la bază caracteristicile sistemului tehnic. Acest nivel presupune metode care iau în considerare transformări de materiale, energie și informație, efecte fizice, forme diverse etc.

În mod tradițional conceptul de *Machine Design* – proiectarea elementelor constructive - este considerat echivalent cu *Mechanical Engineering Design*. Acest

concept este definit prin transformările impuse unor parametri ce definesc un proces fizic din componentele concrete ale unei mașini. Aceasta, prin elementele/ componentele sale se presupune mecanică.

În ultimii ani au apărut în mod inerent unele discrepanțe între această definiție și apariția de mașini din ce în ce mai sofisticate. O atenție specială trebuie acordată în zona de graniță cu alte domenii. Aceste cerințe impun reconsiderări de esență curriculară și instruire industrială. *Machine Design* este un proces de selectare a componentelor unei mașini pentru funcții predefinite. Pentru a clarifica această definiție trebuie avută în vedere definiția mașinii ca sistem de elemente constructive.

O clasificare simplă a elementelor constructive este dată în tabelul 1.2 și ilustrată în tabelul 1.3. *Machine Design* include toate caracteristicile impuse de definirea mașinii, proiectării și ingineriei.

Tabelul 1.2

ELEMENTE CONSTRUCTIVE
<ul style="list-style-type: none"> • Roți dințate, arcuri, știfturi, ... • Motor electric, releu, • Senzori optici, senzori tactili, • Circuite de control, • Microprocesoare, .. • Software, ...

Tabelul 1.3

ELEMENTE CONSTRUCTIVE				
Mecanice	Hidraulice, pneumatice	Electrice	Electronice, hardware	Software

Din cele expuse se observă complexitatea noii noțiuni referitoare la elementele constructive. În plus, trebuie specificat că aceste componente intră în sistem cu specificațiile corespunzătoare domeniului restrâns de activitate.

Literatura japoneză ia în considerare existența a cinci tipuri de organe pe baza cărora se poate realiza orice sistem mecatronic: *Senzor; Sistem de calcul; Actuator; Sursă de energie; Mecanism - adică toate clasele de transformare mecanică a energiei și semnalelor (roți, pârghii, mecanisme cu bare etc.)*.

Într-o formă ierarhică, pe mai multe nivele, structura sistemelor mecatronice este organizată astfel [1.7]:

- a) *modul funcțional mecatronic (MFM)* (mechatronic function module);
- b) *sistem mecatronic autonom (SMA)* (Autonomous Mechatronic system);
- c) *rețea de sisteme mecatronice (RSM)* (Networked Mechatronic Systems).

Un exemplu edificator la cele evidențiate anterior este prezentat în figura 1.13 cu referire la mecatronica automobilului. Rețeaua sistemică mecatronică coordonează traficul din sistem prin procesarea informațiilor referitoare la volumul de automobile, viteză, clase etc. Sistemul autonom mecatronic considerat este compus dintr-o serie de module mecatronice: ABS, TCS (Traction Control Systems), VDC (Vehicle Dynamics

Control) etc. În ierarhizarea considerată, structura inteligentă a suspensiei constituie nivelul inferior organic din punct de vedere mecatronic echivalentă modulului mecatronic.

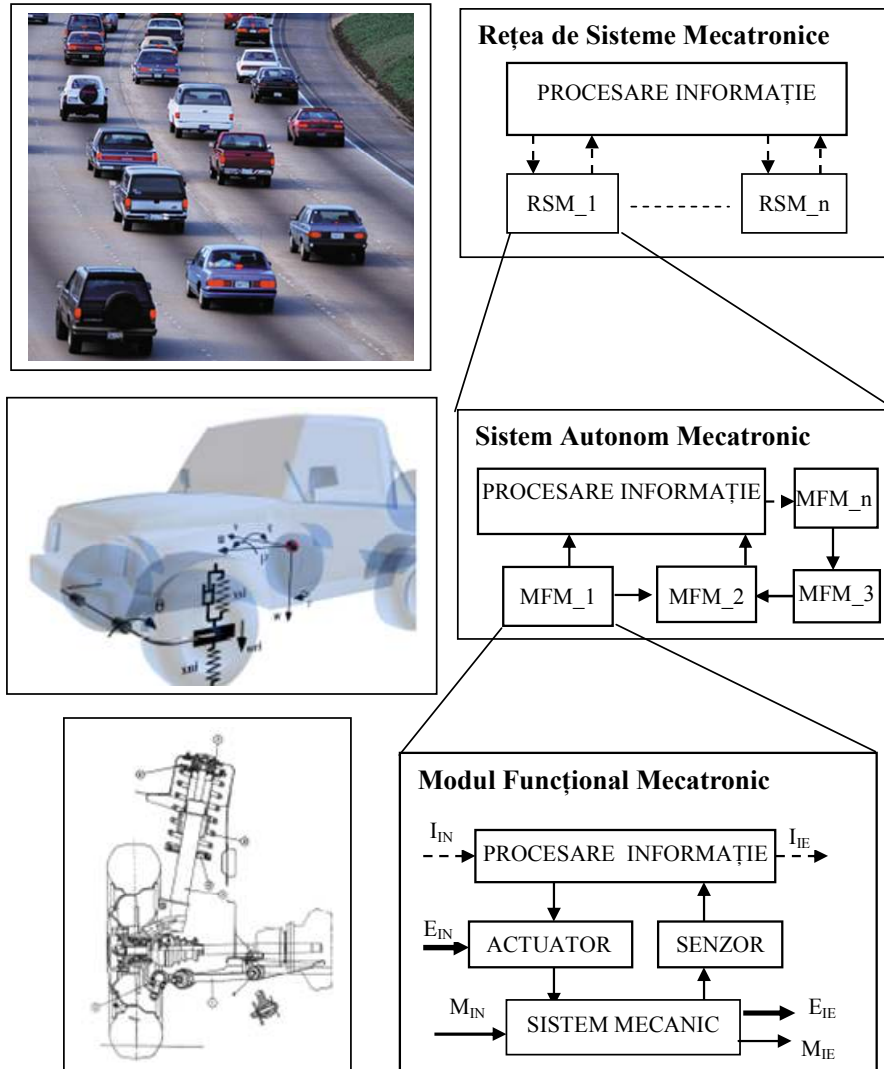


Fig. 1.13 Rețea mecatronică

În [1.3] aplicabilitatea sistemelor mecatronice este structurată în trei nivele:

- *macrotehnică* – aparate, transmisii, mașini etc. caracterizate dimensional în domeniul $[cm...m]$ (fig.1.14);
- *microtehnică* – domeniul mecanicii fine și microsistemelor (fluidice, optice, magnetice, electrice), caracterizate dimensional în intervalul $[\mu m...m]$ (fig.1.15);
- *nanotehnică*.



Fig. 1.14 Mecatronica în macrotehnică [1.3_pag.6]

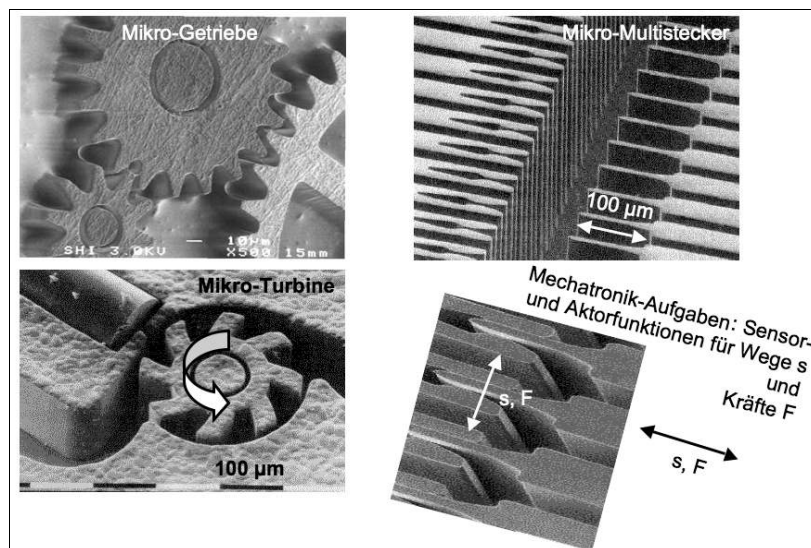


Fig. 1.15 Mecatronica în microtehnică [1.3_pag.6]

1.4. Concluzii

Aspectele prezentate anterior scot în evidență dificultatea – și putem spune chiar imposibilitatea - de a prezenta *modulul funcțional mecatronic, sistemul autonom mecatronic sau rețeaua mecatronică* fără a apela la teoria sistemelor. Iată încă un argument pentru titlul acestei cărți „*Mecatronică. Teoria sistemelor*”.

1.5. Bibliografie capitolul 1

- [1.1]Auslander, D.M., Mechatronics: A Design and Implementation Methodology for Real Time Control Software, Berkely University, 1997
- [1.2]Bishop, H. Robert, The Mechatronics Handbook, CRC Press, London-New York-Washington, 2002
- [1.3]Czichos, H., Mechatronik, Vieweg+Teubner Verlag, 2008
- [1.4]Devdas, S., Kolk A.R., Mechatronics System Design, PWS Publis. Comp., Boston, 1997
- [1.5]Dolga, V., Proiectarea sistemelor mecatronice, Editura Politehnica, ISBN 978-973-625-573-1, Timișoara, 2007
- [1.6]Eykhoff, P., Identificarea sistemelor, Editura Tehnică, București, 1977
- [1.7]Gausemeier, J., From Mechatronics to Self-optimizing Concepts and Structures in Mechanical Engineering, http://www.hni.uni-paderborn.de/rip/sonstiges/From_Mechatronics_To_Selfoptimization_Gausemeier.pdf
- [1.8]Iancu, șt., Dezvoltarea științei și tehnologiei informației și comunicațiilor în România, Noema, vol.VI, 2007
- [1.9]Isermann, R., Mechatronische Systeme, Springer-Verlag , Berlin,1999
- [1.10]Jacquard Loom, <http://www.victorianweb.org/technology/jacquard2.html>
- [1.11]Kopplin,J., An Illustrated History of Computers, <http://www.computersciencelab.com/index.htm>
- [1.12]Lewis, F., A brief history of feedback control, <http://arri.uta.edu/acs/history.htm>
- [1.13]Miu, K.D., Mechatronics. Electromechanics and Contromechanics, Springer-Verlag, New York 1992
- [1.14]Polsson, K., Chronology of Personal Computers, <http://www.islandnet.com/~kpolsson/comphist/>
- [1.15]Woolley , S.I., A Brief History of Microprocessors, <http://www.eee.bham.ac.uk/woolley/teaching/microhistory.htm>
- [1.16]Woolley, I. S., Microprocessor History, http://www.eee.bham.ac.uk/woolley/Sandra_I_Woolley_-_Microprocessor_History.htm
- [1.17]Paraskevopoulos, P, N., Modern Control Engineering, 2002, Marcel Dekker Ag, ISBN -0-8247-8981-4
- [1.18]***, A brief history of typewriters, <http://site.xavier.edu/pol/typewriters/tw-history.html>
- [1.19]***, The first mechanical calculator, http://www.eingang.org/Mechanical_adding/History_of_Computing_Science_The_First_Mechanical_Calculator.htm
- [1.20]***,Internet History and Microprocessor Timeline, <http://www.computerhistory.org/exhibits/microprocessors/up.2.page>
- [1.21]***, What is mechatronics, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol.1, nr.1, march 1996
- [1.22]***,Microprocessor History, <http://electronics.howstuffworks.com/microprocessor1.htm>
- [1.23]***, Timeline of Computer History, <http://www.computerhistory.org/timeline/timeline.php>
- [1.24]***, A brief history of typewriters, <http://site.xavier.edu/pol/typewriters/>