

Mircea NIȚULESCU

Mircea NIȚULESCU

BAZELE SISTEMELOR MECATRONICE

Note de prezentare



**EDITURA UNIVERSITARIA
Craiova, 2020**

Referenți științifici:

Prof. univ. dr. ing. Mircea IVĂNESCU,
Universitatea din Craiova

Prof. univ. dr. ing. Valer DOLGA,
Universitatea Politehnica Timișoara

Copyright © 2020 Editura Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria.

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
NIȚULESCU, MIRCEA**

Bazele sistemelor mecatronice : note de prezentare / Mircea Nițulescu. -
Craiova : Universitaria, 2020

Conține bibliografie
ISBN 978-606-14-1571-7

62

© 2019 by Editura Universitaria

Această carte este protejată prin copyright. Reproducerea integrală sau parțială, multiplicarea prin orice mijloace și sub orice formă, cum ar fi xeroxarea, scanarea, transpunerea în format electronic sau audio, punerea la dispoziția publică, inclusiv prin internet sau prin rețelele de calculatoare, stocarea permanentă sau temporară pe dispozitive sau sisteme cu posibilitatea recuperării informațiilor, cu scop comercial sau gratuit, precum și alte fapte similare săvârșite fără permisiunea scrisă a deținătorului copyrightului reprezintă o încălcare a legislației cu privire la protecția proprietății intelectuale și se pedepsesc penal și/sau civil în conformitate cu legile în vigoare.

Prefață

Realitatea zilelor noastre arată cu certitudine faptul că viața cotidiană devine din ce în ce mai legată de o multitudine de aparate și dispozitive a căror complexitate evoluează accentuat și extrem de dinamic, sub toate aspectele. Noile funcții înglobate de către acestea fac ca ele să fie încadrate în clasa așa-numitelor "dispozitive inteligente" și sunt rezultate directe ale științei mecatronicii. Robotica industrială și cea destinată serviciilor, mijloacele moderne de transport civil, terestre, aeriene și maritime, noile echipamente medicale și cele folosite de către industria bancară, dispozitivele de comunicații și de distracție, noile interfețe om-mașină, gama extrem de vastă a dispozitivelor militare etc., sunt numai câteva exemple generice ale principalelor categorii și domenii care impulsionează crearea și utilizarea dispozitivelor inteligente, aspect resimțit puternic și în țara noastră.

Știința mecatronicii este o știință de frontieră, cu un puternic caracter interdisciplinar. Această știință are trei piloni fundamentali, care enumerați din punct de vedere al apariției și dezvoltării lor în timp sunt: ingineria mecanică, ingineria electrică și ingineria automaticii, calculatoarele și a tehnologiei informației. În prezent, știința mecatronicii se bazează din ce în ce mai mult pe un suport consistent ce este oferit de către evoluțiile extraordinare și de nebanuit cu câteva decenii în urmă ale unor domenii extrem de dinamice cum sunt microelectronica, știința calculatoarelor, informatica aplicată, inteligența artificială. Acestea au condus în ultima perioadă la o adevărată explozie de aplicații destinate în primul rând serviciilor dar și mediului economic. Ca urmare a acestor influențe recente și majore, ponderea celui de-al treilea pilon dintre cei enumerați anterior, respectiv ingineria automaticii, calculatoarele și tehnologiei informației, atât sub aspect valoric cât și al creării dispozitivelor mecatronice moderne, este fără îndoială predominant și va deveni din ce în ce mai important în viitorul apropiat.

Formarea specialiștilor în știința mecatronicii este și ea o activitate în plină expansiune în mediul preuniversitar și academic din întreaga lume. Deoarece o societate fără beneficiile imense oferite de către mecatronică este de neconceput pe viitor, peste tot a devenit prezentă această direcție complexă și interdisciplinară de pregătire care este înțeleasă ca fiind aducătoare de mari beneficii economice pe termen scurt și lung.

Pregătirea elevilor dar mai ales a studenților în domeniul mecatronicii trebuie să ia în considerare caracterul pluridisciplinar și de frontieră al acestei științe, necesitând asimilarea unor cunoștințe diverse, integrarea lor într-un concept țintă definit și munca într-o echipă care cel mai adesea va fi coordonată de către cei care au o asemenea formație.

Desigur că îndeplinirea acestor cerințe este o sarcină extrem de dificilă, atât pentru tinerii specialiști cât și pentru formatorii lor, iar dinamica accentuată a mediului în care cu toții își exercită aptitudinile și cunoștințele necesită în mod obligatoriu o pregătire continuă și o puternică capacitate de adaptare la nou, sub toate aspectele sale concrete. Planurile de învățământ care au fost elaborate în acest scop caută să asigure o îmbinare optimă între pregătirea de strictă specialitate și dobândirea unui ansamblu de cunoștințe fundamentale din mai multe domenii, în vederea adaptării continue la evoluțiile acestor tehnologii.

Materialul cuprins în acest volum urmărește structura generală a cursului introductiv “Bazele sistemelor mecatronice”, curs existent în Planul de învățământ al domeniului de licență “Mecatronică și Robotică”, atât pentru specializarea “Mecatronică” cât și pentru specializarea “Robotică”. Elaborat pe baza unei experiențe didactice dobândită pe parcursul a mai multor ani de predare, el aduce pe de altă parte și un ansamblu de noțiuni și de cunoștințe care să-l facă util și studenților care urmăresc alte direcții de specializare universitară prin inginerie, ca un scurt breviar de noțiuni fundamentale care poate fi consultat simplu și eficient ori de câte ori este necesar.

Conform programei analitice, materialul este structurat în șase capitole tematice. Acestea au în vedere nivelul de cunoștințe specifice studentului din semestrul al patrulea de pregătire din ciclul de licență “Mecatronică și Robotică” și corespunde spațiului de predare alocat. Obiectivul generic principal al notelor de prezentare este evaluarea sistemului mecatronic, a componentelor sale principale și a principiilor funcționale fundamentale, a celor mai importante tehnologii folosite și a particularităților funcționale specifice componentelor esențiale.

Din punct de vedere tematic sunt acoperite toate noțiunile fundamentale specifice unui astfel de curs de tip introductiv în domeniul de specializare și care este apoi urmat de numeroase alte discipline ce folosesc ca punct de plecare noțiunile incluse aici. Astfel sunt abordate aspecte legate de clasificări, definiții, evoluția și perspectivele mecatronicii, structura generală a sistemelor mecatronice și rolul tuturor blocurilor componente, mărimi variabile în timp, funcții logice cu operatorii logici fundamentali, analiza și sinteza sistemelor logice, teoremele algebrei Boole, circuite de comandă, acționări și preacționări electrice și fluidice

sub aspectul lor structural și funcțional, categorii fundamentale de senzori utilizați în mecatronică, achiziția datelor în sistemele mecatronice, conversia analog-numerică și numeric-analogică, utilizarea tehnicii Grafset ca o soluție eficientă pentru reprezentarea funcționării sistemelor mecatronice complexe în vederea proiectării algoritmice a schemelor de comandă necesare.

Într-o manieră de prezentare care s-a dorit sintetică, concisă, evolutivă și deschisă, structura materialului inclus în prezentul volum a urmărit în primul rând crearea unui mediu care să contribuie la înțelegerea cât mai ușoară a tuturor noțiunilor expuse. Pentru aceasta au fost introduse numeroase desene, imagini, schițe, studii de caz, exemplificări valorice concrete precum și raportări directe la modul în care aspectele analizate servesc în mod implicit în funcționarea unui sistem mecatronic.

Materialul inclus în această carte este realizat sub forma unor slide-uri și se dorește a fi un suport suplimentar de curs, deopotrivă necesar și util studenților pentru sintetizarea elementelor abordate. Această nouă formă de prezentare permite o mult mai rapidă schematizare a noțiunilor transmise precum și ilustrarea lor grafică mult mai adecvată. Și cum imaginile, schemele și punctarea ideilor sunt mult mai ușor de înțeles și de asimilat, deci mai adaptate cerințelor actuale ale studenților față de procesul de predare, această formă de prezentare poate aduce numeroase avantaje și beneficii. Forma tipărită a notelor de prezentare ale cursului permite studenților și o lectură mai ușoară prin comparație cu materialele de curs convenționale, posibilitatea de a vizualiza în avans conținutul următoarelor prelegeri precum și o soluție practică prin care aceștia pot să-și noteze numai elementele suplimentare ale prezentării orale pe marginea fiecărui slide.

Autorul își exprimă speranța că toți studenții interesați de abordarea studiului științei mecatronicii vor găsi în prezenta carte un sprijin eficient și oportun pentru înțelegerea și aprofundarea unor noțiuni fundamentale. Acestea vor permite abordarea ulterioară a altor discipline, din același lanț tematic, prin care cunoștințele vor fi aprofundate.

Craiova, ianuarie 2020

Prof. univ. dr. ing. Mircea NIȚULESCU

**Departamentul de Mecatronică și Robotică
Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică
UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA**

Bazele sistemelor mecatronice

Note de curs
numai pentru uzul studenților

Prof. univ. dr. ing. Mircea NIȚULESCU

Capitolul I

Aspecte introductive

Bazele sistemelor mecatronice

Note de prezentare - Capitolul 1

Prof. univ. dr. ing. Mircea NIȚULESCU

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 Perspectivile 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 Perspectivile 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. 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

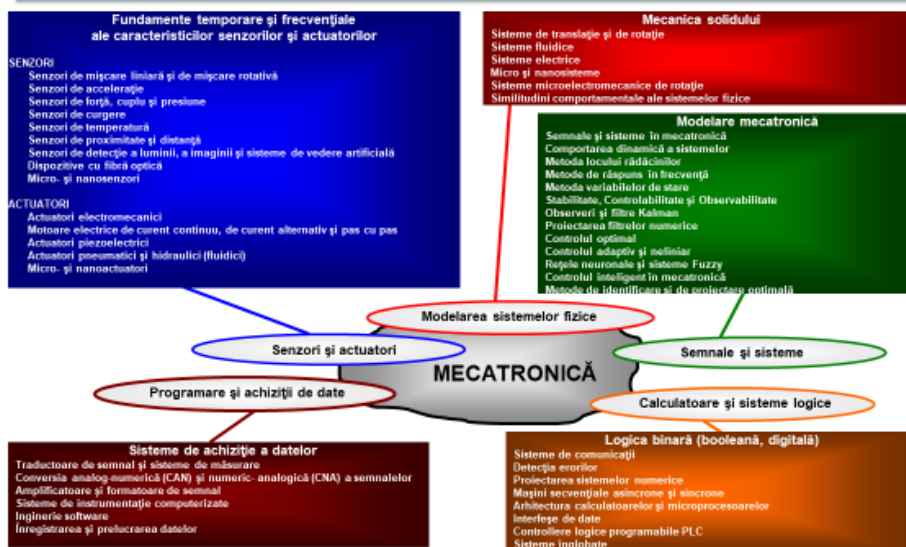


Fig. Direcții principale de specialitate și elementele cheie ale mecatronicii.

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 Perspectivile 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 :