POC
Axa 1 Cercetare, dezvoltare tehnologică şi inovare (CDI) în sprijinul competitivității economice și dezvoltării afacerilor
Acțiunea: 1.2.3 Parteneriate pentru transfer de cunoștințe
Denumire Proiect: CERCETĂRI ŞI TRANSFER DE CUNOŞTINTE ÎN DOMENIUL TEHNOLOGIILOR ŞI INSTRUMENTELOR SOFTWARE PENTRU INFORMATIZAREA PROCESELOR INDUSTRIALE - TISIPRO
ID / Cod My SMIS: P_40_416 / 105736
Nr. Contract: 61/05.09.2016

PORTOFOLIU INTERMEDIAR DE COMPETENȚE ȘI EXPERTIZE FORMULAT DE ECHIPA DE IMPLEMENTARE

Perioada: 01.12.2016-28.02.2017

- Rezumat -

În cadrul activității **A. Stimularea transferului de cunoștințe**, sub-activitatea A.1 Identificarea și formularea ofertei de expertiză și rezultate, a fost continuată formularea portofoliilor de competențe și expertize de cercetare pe domeniul proiectului TISIPRO, în scopul prezentării firmelor în cadrul sub-activităților A.2 (Asistență directă acordată întreprinderilor pentru identificarea din oferta de expertiză ce se potrivește cu nevoile și cerințele lor), A.3 (Organizarea de întâlniri individuale cu întreprinderile sau organizarea de evenimente tematice) și A.5 (Identificarea de noi potențiali beneficiari ai transferului de cunoștințe).

Domeniile și echipele de lucru sunt următoarele:

I. Domeniul Știința calculatoarelor și tehnologia informației

Șef lucr. dr. ing. Ion-Eugen GANEA

Șef lucr. dr. ing. Marius-Adrian MARIAN

II. Domeniul Sisteme automate, subdomeniile Sisteme embedded și Proiectare asistată pentru sisteme de conducere

Prof. univ. dr. ing. Cosmin-Cătălin IONETE

Șef lucr. dr. ing. Ion-Marian POPESCU

Conf. univ. dr. ing. Gheorghe-Dorin ȘENDRESCU

Asist. univ. dr. ing. Constantin ȘULEA-IORGULESCU

III. Domeniul Sisteme automate, subdomeniul Aplicații software pentru sisteme de control și de achiziții de date

Prof. univ. dr. ing. Emil PETRE

Prof. univ. dr. ing. Dan POPESCU

Conf. univ. dr. ing. Monica-Gabriela ROMAN

Prof. univ. dr. ing. Dan SELIȘTEANU

IV. Domeniul Software aplicativ pentru Ingineria electrică, subdomeniile Sisteme de acționare, Energetică și Proiectare asistată de calculator

Prof. univ. dr. ing. Iuri-Sergiu IVANOV

Prof. univ. dr. ing. Lucian MANDACHE

Asist. univ. dr. ing. Constantin ȘULEA-IORGULESCU

V. Domeniul Sisteme automate, subdomeniul Robotică și Mecatronică

Prof. univ. dr. ing. Dorin POPESCU

Prof. univ. dr. ing. Dan SELIȘTEANU

I. Domeniul Știința calculatoarelor și tehnologia informației

Subdomeniul: Proiectarea unor infrastructuri de securitate și serviciilor / mecanismelor de securitate asociate

Subdomeniul: Servicii informatice în nor (cloud)

Competențele și expertizele prezentate și dezvoltate de echipa CTI sunt corelate cu obiectivul general al proiectului TISIPRO: *creșterea interacțiunii Universității din Craiova (UCV) cu mediul industrial,* bazată pe facilitarea accesului întreprinderilor la expertiza științifică și infrastructura de cercetare a Universității din Craiova, Facultatea de Automatică, Calculatoare și Electronică, în scopul transferării rezultatelor de cercetare către întreprinderile industriale. Atingerea acestui obiectiv se va concretiza prin obținerea unor instrumente software aplicabile direct în mediul industrial specific.

Obiectivul specific al proiectului TISIPRO este ***Identificarea și oferirea de soluții software inovative*** din domeniul calculatoarelor și al tehnologiilor informatice aplicate pentru obținerea de produse și procese, tehnologii noi sau îmbunătățite, identificate de întreprinderi ca fiind cerute de piață. Ideea de cercetare aplicativă este sintetizată de paradigma **Sistemelor de Control Distribuite** (Distributed Control Systems - DCS). Această abordare constă în conducerea unitară a proceselor de mare complexitate prin implementarea unor sisteme distribuite și ierarhizate, în general pe 5 niveluri (Fig. 1). În cadrul proiectului vor fi încheiate contracte și se vor derula activități de cercetare cu întreprinderile interesate, cercetări orientate pe proiectarea / construirea / configurarea / dezvoltarea unor pachete de instrumente software pentru aplicații specifice DCS.

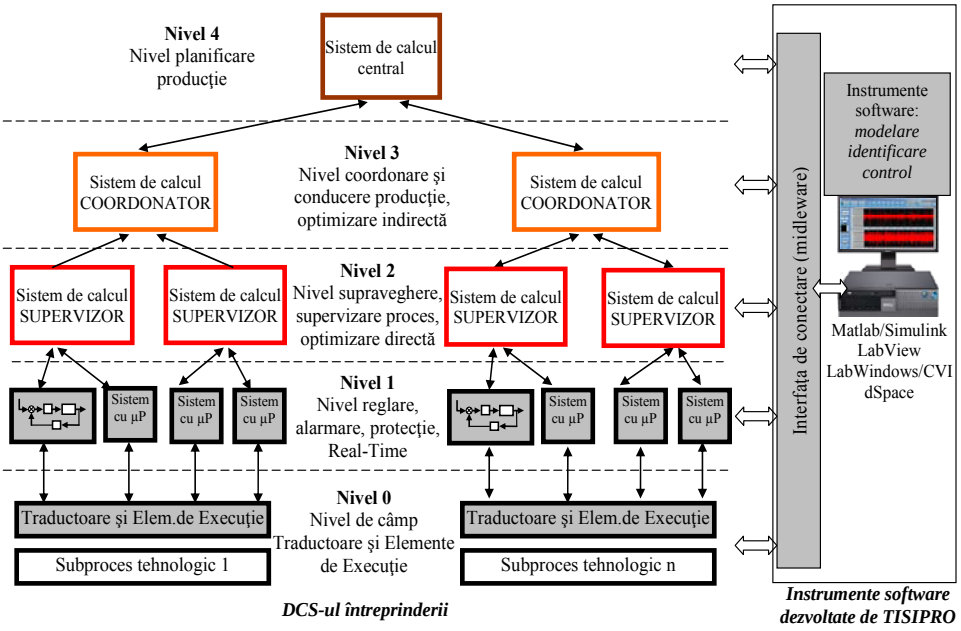


Fig. 1. Structură distribuită și ierarhizată de conducere pe 5 niveluri

Fiecare instrument software este dedicat unui anumit nivel al DCS, după cum se poate observa din Fig. 1. În cadrul domeniului **Calculatoare și Tehnologia Informației**, pentru portofoliul de competențe și expertize ***Securitatea calculatoarelor și a rețelelor de calculatoare*****,** una dintre direcțiile de cercetare vizate este orientată către *Proiectarea unor infrastructuri de securitate și a serviciilor și mecanismelor de securitate asociate*.

În acest domeniu au fost abordate următoarele direcții ale portofoliului de competențe și expertize, în concordanță cu solicitările firmelor formulate în cadrul întâlnirilor desfășurate în proiect:

- *Securitate informatică via criptografie*
- *Elemente de securitate pentru cloud computing*

În cadrul primei direcții au fost sintetizate conceptele fundamentale legate de criptografie (*scriere secretă*), domeniu cu implicații și aplicații extinse în inginerie. Protecția informației poate însemna diferite lucruri în funcție de contextul și scopul în care este folosită. Uneori este nevoie să fie garantată integritatea datelor/informațiilor, alteori acestea trebuie să fie confidențiale într-un anumit cerc de entități autorizate, etc. Obiectivele fundamentale ale securității informatice sunt rezumate la triada *confidențialitate*, *integritatea*, *disponibilitate*.

Pentru a atinge o parte din aceste obiective fundamentale ale securității informatice, criptografia joacă un rol fundamental. Există două categorii majore în ceea ce privește criptografia: criptografia simetrică (secretă) - Fig. 2, respectiv criptografia asimetrică (cu cheie publică), Fig. 3. Principiile ce guvernează un sistem criptografic de încredere sunt:

- Definirea unui algoritm criptografic sigur;
- Siguranța sistemului nu trebuie să se bazeze pe confidențialitatea algoritmului;
- Un aparat și o teorie matematice solide la baza algoritmului folosit;
- Capacitatea de a genera numere aleatorii;
- Flexibilitatea de a folosi chei sigure apte să contracareze de-a lungul timpului creșterea volumului de resurse computaționale folosite pentru atac cu forță brută.

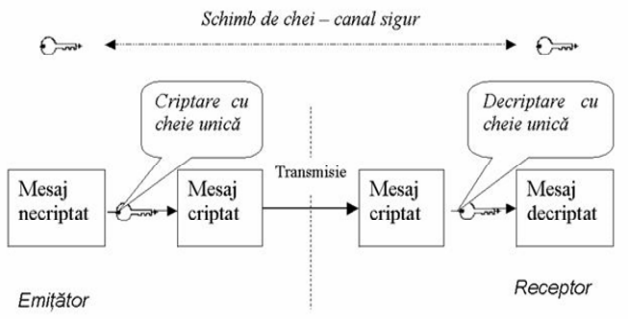


Fig. 2. Criptografia simetrică

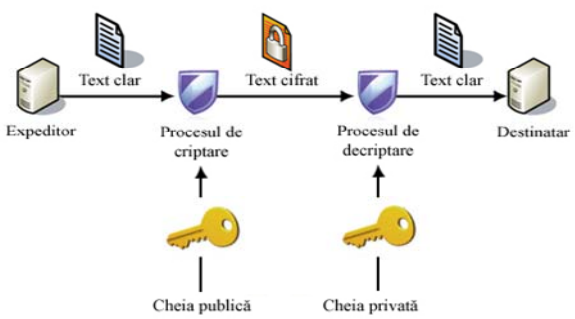


Fig. 3. Criptografia asimetrică (confidențialitate)

În privința celei de-a doua direcții, *elemente de securitate pentru cloud computing*, au fost prezentate cele trei tipuri de bază de servicii cloud:

- *Infrastructura ca serviciu (IaaS):* furnizorul livrează resurse de calcul (hardware virtual), accesibil on-line. În general vorbind, există două tipuri de resurse: putere de procesare (inclusiv resursele de rețea) și de stocare.
- *Platforma ca serviciu (PaaS):* În PaaS, furnizorul livrează o platformă (servere de aplicații) pentru clienți. Furnizorii de PaaS oferă un instrument de dezvoltare de software pentru platformă. Exemple de aplicații care rulează pe aceste platforme sunt script-urile (PHP, Python).
- *Software-ul ca serviciu (SaaS):* În SaaS, furnizorul livrează software sau aplicații cu drepturi depline, prin intermediul internetului. Aplicațiile variază de la servere de e-mail, editori de documente, sisteme de management al relațiilor cu clienții. Furnizorii SaaS pot rula aplicațiile lor de pe un IaaS sau PaaS de la un alt furnizor. Un exemplu este site-ul de streaming video Netflix (SaaS), care rulează pe serviciile de calcul Amazon AWS (PaaS / IaaS).

În cloud computing livrarea resurselor ICT poate fi externalizată de către furnizorul de cloud. De asemenea, unele dintre sarcinile de securitate (monitorizarea, răspunsul la incidente, etc.) sunt externalizate. În funcție de tipul de serviciu cloud ,unele sarcini rămân sub responsabilitatea clientului, în timp ce alte sarcini rămân sub responsabilitatea furnizorului. Repartizarea sarcinilor de securitate poate fi diferită pentru servicii de cloud diferite (IaaS, PaaS, SaaS), așa cum este prezentat în Fig. 4. În practică, pentru IMM-uri este important să se evalueze cu atenție care sarcini de securitate sunt externalizate către furnizorul de cloud și care sunt sarcinile rămase în propria lor răspundere.

De asemenea, au fost prezentate și discutate in extenso concepte precum: Cloud Computing și implicațiile de securitate; Securitatea containerelor și imaginilor Docker.

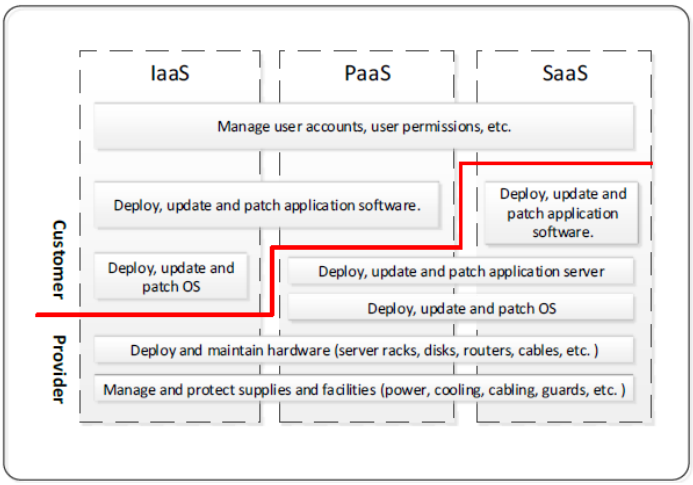


Fig. 4. Repartizarea sarcinilor de securitate în cloud

II. Domeniul Sisteme automate, Subdomeniile: Sisteme embedded și Proiectare asistată pentru sisteme de conducere

Toate aplicațiile în care se utilizează microcontrolere fac parte din categoria așa ziselor sisteme încorporate (“embedded systems”), la care existența unui sistem de calcul este “transparentă” pentru utilizator.

Printre numeroasele domenii unde utilizarea acestor sisteme este practic un standard industrial se pot menționa: industria automotive (controlul aprinderii/motorului, climatizare, diagnoză, sisteme de alarmă, etc.), electronica de consum (sisteme audio, televizoare, camere video și videocasetofoane, telefonie mobilă, GPS-uri, jocuri electronice, etc.), aparatura electrocasnică (mașini de spălat, frigidere, cuptoare cu microunde, aspiratoare), controlul mediului și climatizare (sere, locuințe, hale industriale), industria aerospațială, pentru mijloacele moderne de măsurare - instrumentație (aparate de măsură, senzori și traductoare inteligente), la realizarea de periferice pentru calculatoare, în medicină etc.

Competențele și expertizele prezentate și dezvoltate de echipa specializată în proiectarea sistemelor embedded sunt corelate cu obiectivul general al proiectului TISIPRO: *creșterea interacțiunii Universității din Craiova (UCV) cu mediul* industrial. Ideea de cercetare aplicativă este sintetizată de paradigma *Sistemelor de Control Distribuite* (DCS). În cadrul proiectului vor fi încheiate contracte și se vor derula activități de cercetare cu întreprinderile interesate, cercetări orientate pe construirea unor pachete de instrumente software pentru dezvoltarea de aplicații embedded specifice sistemelor de control distribuite.

În acest domeniu a fost abordată ca direcție principală din portofoliul de competențe descrierea exhaustivă a ***microcontrolerelor***.

Un microcontroler este un circuit realizat pe un singur chip care conține tipic: unitatea centrală (UCP), generatorul de tact, memoria volatilă (RAM), memoria nevolatilă (ROM/PROM/EPROM/EEPROM), dispozitive I/O seriale și paralele, controller de întreruperi, controller DMA, numărătoare / temporizatoare, convertoare analog numerice și numeric analogice, periferice.

Au fost prezentate arhitecturile de bază ale microprocesoarelor și micro-controlerelor. Familiile de microcontrolere definesc arhitectura microcontrolerelor. Controlerele dintr-o familie: conțin același nucleu procesor și manifestă compatibilitate la nivel de cod; manifestă deosebiri din punctul de vedere al unităților funcționale implementate, al numărului de circuite timer / contor, al dimensiunii memoriei interne.

Clasificări și definiții:

• *Embedded System* (sistem cu calculator înglobat): calculatorul este înglobat într-un sistem și nu are interfața de programare accesibilă utilizatorului final;

• *Real-Time System* (sisteme de timp real): reacția la un eveniment trebuie să se producă în cadrul unui interval de timp prestabilit;

• *Digital Signal Processor* (DSP): Procesoare proiectate special pentru prelucrarea de semnale. Au arhitectură specială ce permite executarea cu viteză mare a operațiilor de adunare (acumulare) și înmulțire;

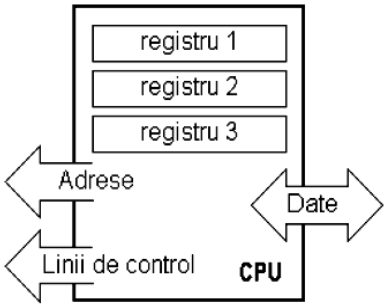
• *Mixed-Signal Controller* (MSC): Microcontrolere ce pot prelucra atât semnale digitale cât și analogice;

• *Microcontroller* (MC): microcalculator pe un chip având ca UCP un microprocesor;

• *Digital Signal Controller* (DSC): microcalculator pe un chip care are ca UCP un DSP (Digital Signal Processor).

Au fost prezentate in extenso principalele elemente ale microcontrolerelor:

- Unitatea centrală de procesare – Fig. 5;
- Memoria on-chip (de date și program): RAM, ROM (EPROM, flash) ;
- Magistralele de date și de adrese – Fig. 6;
- Unitatea intrare/ieșire (intrări/ieșiri digitale: mai multe porturi de I/O digitale) ;
- Circuitele timer-counter și timerul watchdog;
- Circuitele de intrări/ieșiri analogice: integrează circuite ADC sau DAC cu mai multe canale, comparatoare analogice, filtre;
- Controllerul de întreruperi interne și externe;
- Interfețe de comunicație serială: controllere SPI, SCI (UART, USART), I2C ;
- Circuite de control a puterii consumate;
- Interfețe pentru depanare și testare standardizate cu ajutorul unui PC extern;
- Controlere diverse: LCD, DMA, Co-procesoare comunicație rețea etc.;
- Noțiuni elementare privind programarea microcontrolerelor.



Exemplul unei de unităţi simplificate de procesare centrală cu trei regiştri

Fig. 5. Unitate centrală de procesare

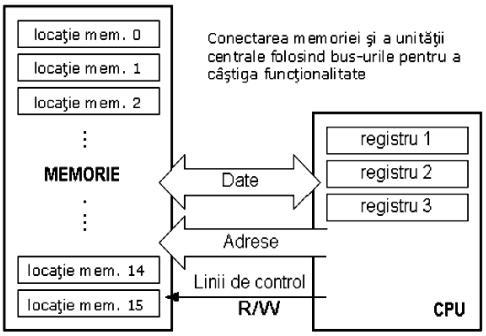


Fig. 6. Magistrale de date și adrese

III. Domeniul: Sisteme automate, Subdomeniul: Aplicații software pentru sisteme de control și de achiziții de date

Unul dintre obiectivele specifice ale proiectului TISIPRO este ***Identificarea şi oferirea de soluții software inovative*** din domeniul informaticii aplicate și al automaticii pentru obținerea de produse și procese, tehnologii noi sau îmbunătățite, identificate de întreprinderi ca fiind cerute de piață. Ideea de cercetare aplicativă este sintetizată de paradigma *Sistemelor de Control Distribuite* (DCS). Această abordare constă în conducerea unitară a proceselor de mare complexitate prin implementarea unor sisteme distribuite și ierarhizate, în general pe 5 niveluri - Fig. 1.

Arhitectura instrumentelor software propuse în cadrul proiectului este una deschisă și emulează ideea de toolbox-uri caracteristice celor mai importante medii de proiectare asistată de calculator din domeniul ingineriei sistemelor (Matlab/Simulink, LabView, dSpace etc.). Fiecare instrument software este dedicat unui anumit nivel al DCS. Pentru portofoliul de competențe și expertize din domeniul **Sisteme automate**, una dintre direcțiile de cercetare vizate este orientată către *Sistemele de achiziții de date cu prelucrare în timp real și pachete software dedicate*.

În consecință, echipa de cercetare oferă expertiză întreprinderilor pentru realizarea de servicii și soluții noi/îmbunătățite sub forma unor instrumente software pentru implementarea driverelor de conectare la DCS-ul specific întreprinderii**.** Mai precis, în cadrul acestei direcții este vizat Nivelul 0 din Fig. 1 (Nivelul de câmp, Traductoare și Elemente de execuție), prin dezvoltarea unor *instrumente software specifice pentru achiziția datelor bazate pe integrarea cu echipamente hardware specializate* (de exemplu, din gama oferită de National Instruments, lider în domeniul soluțiilor hardware și software de achiziții de date - LabView/LabWindows CVI).

În cadrul direcției principale din acest portofoliu intermediar, au fost abordate următoarele subdirecții:

- *Arhitecturi și structuri ale interfețelor de proces*
- *Condiționarea semnalelor*
- *Exemple de sisteme și de module de condiționare utilizate pentru interfațarea cu procesele industriale (Echipamente National Instruments)*

Arhitecturi și structuri ale interfețelor de proces. Sistemele de conducere numerice industriale implică în general un număr mare de traductoare și de elemente de execuție, analogice și numerice. Elementele sensibile ale traductoarelor transformă mărimile măsurate în tensiune, curent, rezistență etc., ale căror valori diferă mult de la un dispozitiv

la altul. De asemenea, semnalele necesare elementelor de execuție pot avea nivele de putere mult diferite în funcție de aplicația concretă. Sistemele de conducere industriale trebuie să dispună de echipamente care să convertească semnalele de la senzori în semnale numerice standardizate ce pot fi prelucrate de către calculator. În plus, trebuie să existe circuite care să convertească datele numerice furnizate de către calculator în semnale de comandă. Aceste funcții sunt grupate în așa-numitele unități de *interfață de proces*. În domeniul automaticii, interfețele de proces se mai numesc generic *plăci de achiziție*, datorită faptului că prin interfața de proces se realizează și achiziția de date. Prin completarea configurației unui calculator cu interfețe de proces (plăci de achiziție) și cu software specializat se obține un ***sistem de achiziție a datelor***.

Unitatea de interfață de proces poate fi plasată în interiorul calculatorului, sau se realizează dispunerea conectorului în exteriorul calculatorului. Una dintre soluțiile adoptate, mai ales în cazul sistemelor industriale complexe, cu *arhitectură de tip DCS*, constă în dispunerea interfețelor de proces în unități satelit, conectate la calculator prin intermediul unor sisteme de comunicație numerică (Fig. 7).

O unitate de interfață este alcătuită din plăci și module detașabile care pot realiza diferite tipuri de cuplare la proces. Prin alegerea corespunzătoare a acestor module se realizează aplicația concretă de achiziție și conducere. Aceste module flexibile asigură funcționalitatea interfeței prin implementarea următoarelor subsisteme: intrări analogice, ieșiri analogice, intrări/ieșiri numerice, numărare, temporizare.

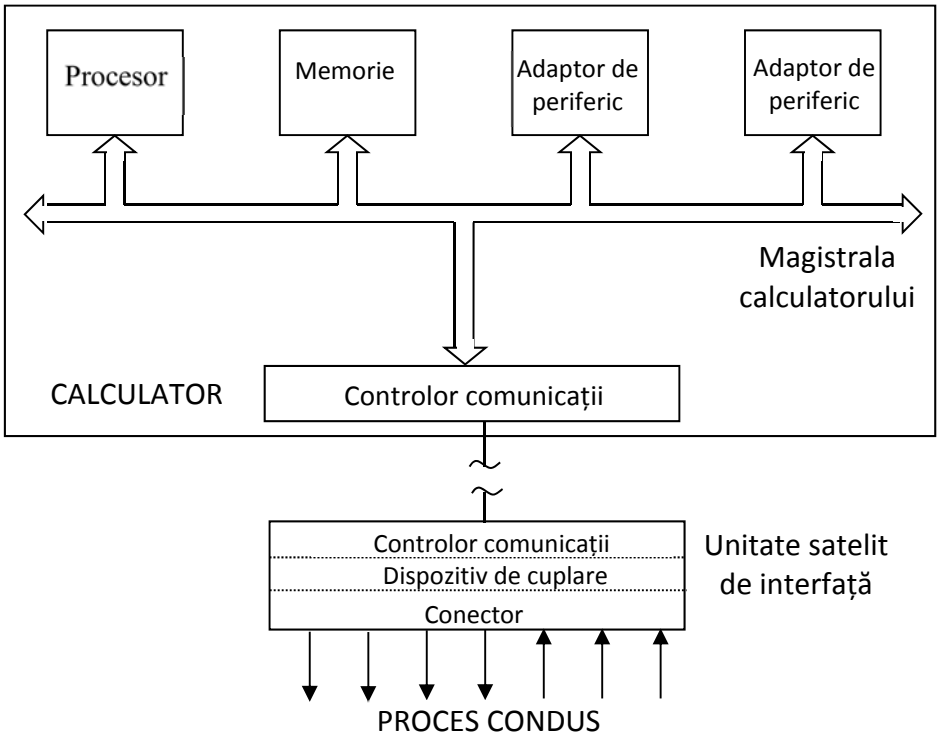


Fig. 7. Calculator de proces cu unitate satelit de interfață de proces

De exemplu, sistemul de intrări analogice este prezentat în Fig. 8, cu componentele:

- elementul de conectare (EC);
- elementele de tratare primară a informației (ETP) destinate unor prelucrări care nu necesită amplificare (conversii curent/tensiune, filtrare);
- multiplexorul (MUX) permite selectarea unuia din cele *n* canale analogice;
- amplificatorul (A) adaptează nivelul semnalului de intrare selectat de multiplexor și impedanța canalului la elementul următor;
- elementul de eșantionare și reținere (EER) (circuit *Sample/Hold*) are rolul de a păstra constantă valoarea eșantionului de tensiune pe durata conversiei A-N;
- convertorul analogic-numeric CAN (ADC-*Analog to Digital Converter*) convertește în formă numerică valoarea analogică a informației pe canalul selectat;
- buffer-ul T este necesar conectării ieșirii CAN la magistrala sistemului;
- blocul de comandă BC asigură coordonarea operațiilor din sistem.

Condiționarea semnalelor. Interfețele de proces asigură funcții de conversie, de protecție și de adaptare, dintre care cele mai importante sunt următoarele:

- adaptarea mecanică la standardele industriale de cablare și conectare;
- adaptarea electrică realizată conform normelor industriale: amplificare semnale de nivel mic, conversii curent/tensiune, generarea semnalelor de putere etc.;
- conversii analog-numerice și numeric-analogice;
- tratarea primară a semnalului: filtrare, liniarizare;
- securizare/protecție: izolare galvanică, protecția la supratensiuni și scurtcircuite;
- supervizare și control, semnalizare, dispozitive de rezervare în caz de defect;
- interfațarea cu calculatorul: multiplexare, dispozitive de comunicații etc.;
- funcții auxiliare: alimentarea senzorilor și elementelor de execuție.

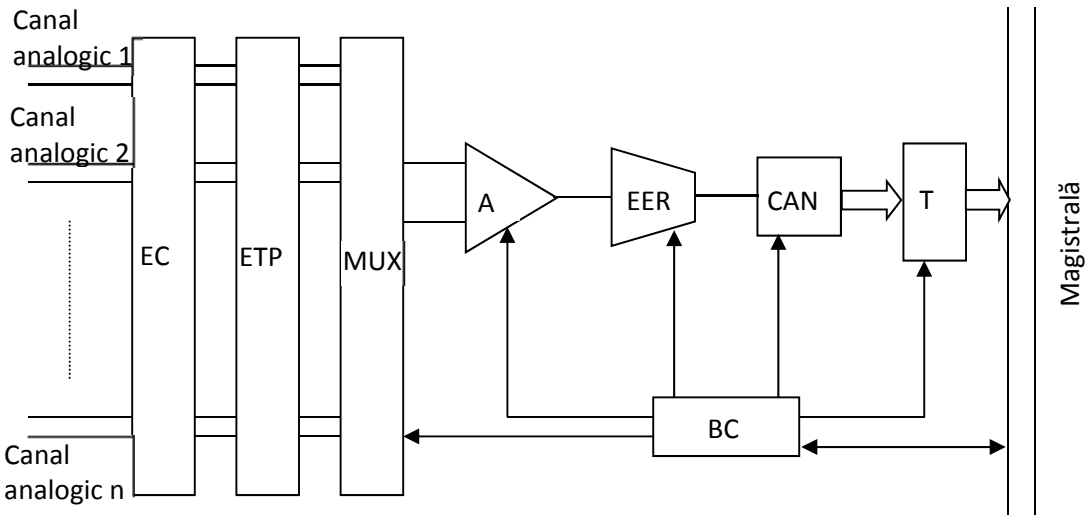


Fig. 8. Structura sistemului intrărilor analogice

Prin condiționarea semnalelor se înțelege în sens larg adaptarea dintre traductoare și circuitele de conversie analog-numerică. Anumite operații de condiționare de semnal se realizează între circuitele de conversie numeric-analogică și elementele de execuție, precum și pe partea de intrări/ieșiri numerice. Condiționarea semnalelor se realizează prin operații cum ar fi: conversii de semnal (cum ar fi conversia curent/tensiune), izolare galvanică, amplificare, filtrare, liniarizare, multiplexare, alimentarea senzorilor pasivi.

Una dintre cele mai importante operații de condiționare este filtrarea. De exemplu, un filtru trece jos folosit pentru evitarea distorsiunilor produse de frecvențele înalte asupra semnalelor eșantionate este cunoscut sub numele de *filtru antialiasing*. Schema tipică a acestei operații este prezentată în Fig. 9.

Datorită avantajelor incontestabile față de filtrele analogice, filtrele numerice sunt utilizate în numeroase aplicații de conducere și achiziție. Filtrele numerice liniare clasice sunt de două tipuri: filtre cu răspuns finit la impuls (*Finite Impulse Response Filters* – FIR) și filtre cu răspuns infinit la impuls (*Infinite Impulse Response Filters* – IIR). Spre exemplificare, sunt prezentate răspunsurile în frecvență pentru un filtru FIR, cu o aplicație LabVIEW (Fig. 10, ferestre panou, coeficienți simetrici și coeficienți asimetrici).

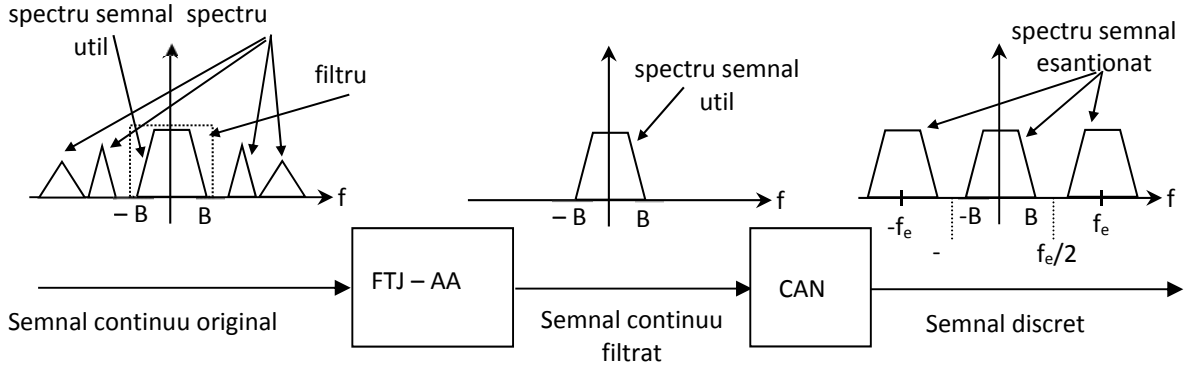


Fig. 9. Schema de conversie cu filtrare antialiasing

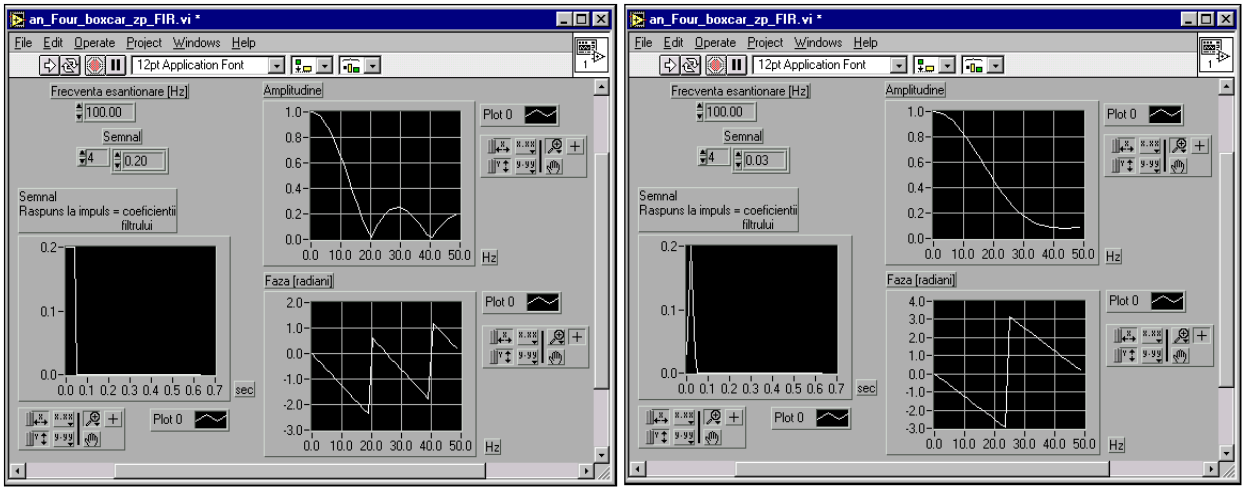
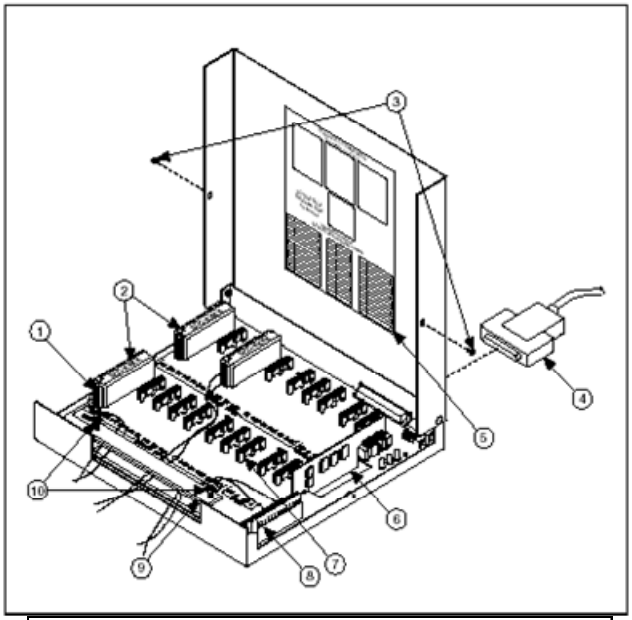


Fig. 10. Răspunsul în frecvență: coeficienți simetrici (stânga) și coeficienți asimetrici (dreapta)

Exemple de sisteme și de module de condiționare utilizate pentru interfațarea cu procesele industriale. În portofoliu a fost prezentat succint ***sistemul de condiționare a semnalelor SC-2345*** al firmei National Instruments (NI), USA, disponibil în laboratoarele deservite de echipa de cercetare TISIPRO. Prin utilizarea acestui sistem sau a unor sisteme similare, se poate realiza conectarea la procesele industriale, corespunzător nivelului 0 din structura DCS din Fig. 1. Modulele de condiționare ale sistemului înglobează una sau mai multe funcții de condiționare și interfațare prezentate anterior.

Condiționatorul de semnale SC-2345 (Fig. 11) transferă semnale de la și către placa de achiziție de date (DAQ). Condiționatorul oferă ușurință în exploatare, robustețe, condiționare a semnalelor de zgomot redus pe fiecare canal de bază în parte. Pentru a seta și folosi sistemul SC-2345, sunt necesare următoarele componente: module de putere: SCC-PWR01 / SCC-PWR02 / SCC-PWR03; unul sau mai multe module SCC; placă de achiziție DAQ; driver NI-DAQ; conector configurabil SC-2345. Modulele SCC de condiționare a semnalelor se conectează la SC-2345 pentru a furniza opțiunile de condiționare a semnalului pentru intrări/ieșiri analogice și intrări/ieșiri digitale. Seria de module de condiționare SCC include, de exemplu:

- SCC-A10 modul atenuator de tensiune (bufferat)
- SCC-AIxx modul intrare analogică izolată galvanic
- SCC-TC modul intrare de tip termocuplu (schema și module tip - Fig. 12)



1 șuruburi	6 SCC-PWRXX
2 module SCC	7 socket SCC
3 șuruburile capacului	8 șuruburile blocului terminal
4 cablu izolat cu mufă pe 68 Pini	9 Top Strain-Relief Bar
5 index al plăcii	10 Strain-Relief Screws

Fig. 11. Schema condiționatorului SC-2345

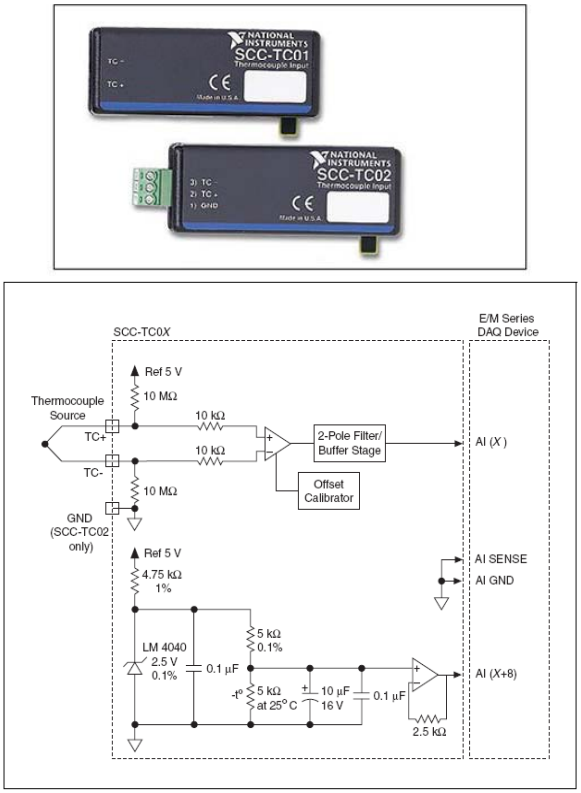


Fig. 12. Module termocuplu SCC-TC

IV. Domeniul Software aplicativ pentru Ingineria electrică, **Subdomeniile:** Sisteme de acționare, Energetică și Proiectare asistată de calculator

În domeniul Software aplicativ pentru Inginerie electrică a fost abordată ca direcție principală din portofoliul de competențe și expertize dezvoltarea și prezentarea unui ***Instrument CAD pentru analiza senzitivităţilor şi toleranțelor circuitelor analogice***.

Au fost prezentate și dezvoltate următoarele concepte:

- Senzitivitățile unui circuit

- Generalități privind analiza toleranțelor

- Impactul toleranțelor asupra costurilor de producție

- Program de analiză a toleranțelor și senzitivităţilor circuitelor analogice

Definirea senzitivității. Pentru un circuit liniar, caracteristica de proiectare poate fi reprezentată printr-o *funcție de circuit*. Analiza unui circuit cu parametrii fixați determină răspunsul unic în c.c., c.a. sau în regim tranzitoriu. Circuitul cu valorile parametrilor fixați se numește *circuit nominal*, iar răspunsul său unic se numește *răspuns nominal*. Orice efect asupra funcției de circuit sau asupra altei caracteristici a circuitului, cauzată de schimbarea unui parametru sau a mai multora se numește *senzitivitatea circuitului*. *Parametrul de circuit* este mărimea caracteristică a unui element de circuit (o rezistență, o inductanță, o capacitate sau parametrii caracteristici surselor comandate).

Un parametru de circuit este numit *critic* dacă senzitivitatea circuitului în raport cu acest parametru este foarte mare. Folosind programe de calcul performante, efectele modificărilor parametrilor asupra performanței circuitului pot fi prezise, permițând astfel proiectantului de circuite să selecteze un circuit de senzitivitate scăzută în schimbul unuia de senzitivitate mare și să păstreze performanța funcției de circuit în limitele dorite.

Se consideră funcția de circuit $H(\boldsymbol{x})$, care este o funcție de vectorul parametrilor circuitului $\boldsymbol{x}$, ale cărui componente sunt x_i, i = 1, 2, …, n. Dacă presupunem variații incrementale pentru parametrii circuitului δx_i, $i = 1,2,...,n$, atunci dezvoltarea în serie Taylor a variației $\delta H(\boldsymbol{x})$ în jurul vectorului parametrilor nominali x_0 are expresia:

$$\delta H = H(\boldsymbol{x}) - H(\boldsymbol{x}_0) = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial H}{\partial x_i} \delta x_i + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} \frac{\partial^2 H}{\partial x_i \partial x_j} \delta x_i \delta x_j + ...$$

O definiție larg utilizată pentru senzitivitate este *derivata de ordinul întâi*:

$$S_d(H, x) = \lim_{\delta x \to 0} \frac{\delta H}{\delta x} = \frac{\partial H}{\partial x}.$$

Senzitivitatea relativă (sau *normalizată*) *a circuitului*, conform definiției Bode, respectiv Mason, este descrisă de formulele următoare:

$$S(x,H)=S_H^x=\lim_{\delta x\to 0}\frac{\delta x/x}{\delta H/H}=\frac{\partial \ln x}{\partial \ln H},\qquad S(H,x)=S_x^H=\frac{x}{H}\frac{\partial H}{\partial x}=\frac{\partial \ln H}{\partial \ln x}.$$

Senzitivitatea amplitudinii și fazei. Când semnalele de intrare sunt sinusoidale, funcția de circuit $H(j\omega)$ a unui circuit liniar se poate exprima astfel:

$$H(j\omega)=|H(j\omega)|e^{j\varphi}\ \text{sau}\ \ln H(j\omega)=\ln|H(j\omega)|+j\varphi,$$

unde: $A(\omega)=ln|H(j\omega)|$ este *funcția amplitudine*, iar $\varphi=\arg(H(j\omega))$ reprezintă *funcția fază*. Dacă *x* este un parametru dat al circuitului, atunci se definesc *senzitivitatea amplitudinii*, respectiv *senzitivitatea fazei* prin formulele:

$$S_s(A(\omega),x)=x\frac{\partial A(\omega)}{\partial x},\qquad S_s(\varphi(\omega),x)=x\frac{\partial \varphi(\omega)}{\partial x}.$$

Senzitivitatea la variații în limite largi ale parametrilor. Definițiile de mai sus se bazează pe variații infinitezimale ale parametrilor. Acestea se referă la *senzitivităţile diferențiale* care se disting net de senzitivităţile la schimbări în limite largi ale parametrilor. Definiţia *senzitivităţii normale pentru schimbări în limite largi ale unui parametru* Δx este:

$$S_\Delta(H,x)=\frac{\Delta H/H}{\Delta x/x}=\frac{x}{H}\frac{\Delta H}{\Delta x},$$

unde $\Delta H = H(x + \Delta x) - H(x)$. Schimbările parametrului Δx pot fi arbitrare de mari, pozitive sau negative în raport cu valoarea nominală *x*.

În scopul dezvoltării unui Instrument CAD pentru analiza senzitivităţilor și toleranțelor circuitelor analogice, au fost prezentate și o serie de generalități privind *analiza toleranțelor*, precum și *impactul toleranțelor asupra costurilor de producție*.

Toleranța definește un domeniu de valori posibile pe care parametrul asociat unui element de circuit le poate avea. Componentele circuitelor fabricate curent se pot abate de la valorile lor nominale cu procente de 0,1% până la mai mult de 30%. Aceasta înseamnă că o analiză de circuit trebuie să fie efectuată într-un domeniu adecvat de valori ale parametrilor din jurul valorilor nominale. *Analiza toleranței* se ocupă cu determinarea efectelor toleranțelor componentelor asupra performanței circuitului. *Proiectarea toleranței* se ocupă cu reducerea efectelor nedorite ale toleranțelor asupra circuitelor.

Când sunt proiectate circuite electrice pentru producția de serie, este esențial, din considerente de natură economică, să fie maximizate veniturile de producție. Pe de altă parte, este de dorit să avem costuri minime de producție la realizarea unui circuit. Costul producției este o funcție a toleranțelor w_i, i = 1,...,n, asociate cu celor n elementele ale

circuitului. Importanța veniturilor realizate din producție determină evaluarea obligatorie a veniturilor unui proiect de circuit, cu luarea în considerare a efectelor toleranței. Este necesară o analiză repetată a circuitului, pentru a vedea dacă acesta satisface calitățile specificate în proiect.

Program de analiză a toleranțelor și senzitivităţilor circuitelor analogice. Programul este o aplicație interactivă realizată în mediul de programare MATLAB, care are ca scop calcularea și evidențierea, în mod grafic, a influenței toleranțelor elementelor de circuit asupra unei funcții de transfer (amplificare în tensiune, impedanță de transfer etc.). Fereastra de utilizare a programului este prezentată în Fig. 13. Programul importă datele de intrare dintr-un fișier de tip netlist (cu extensia *.cir*, compatibil cu cele utilizate de familia de programe SPICE) care descrie complet topologia și parametrii circuitului.

Au fost implementate metodele de formulare simbolică, parțial simbolică sau numerică a ecuațiilor nodale modificate pentru circuitele electronice liniare analogice. Programul generează în formă simbolică, parțial simbolică sau numerică, în raport cu porțile intrare – ieșire specificate de utilizator, orice tip de funcție de circuit (impedanța de transfer – Z_{ei}, admitanța de transfer – Y_{ei}, factorul de transfer în tensiune – A_{ei} și factorul de transfer în curent – B_{ei}) pentru circuitele electronice analogice liniare și pentru cele neliniare, liniarizate în jurul unui punct de funcționare.

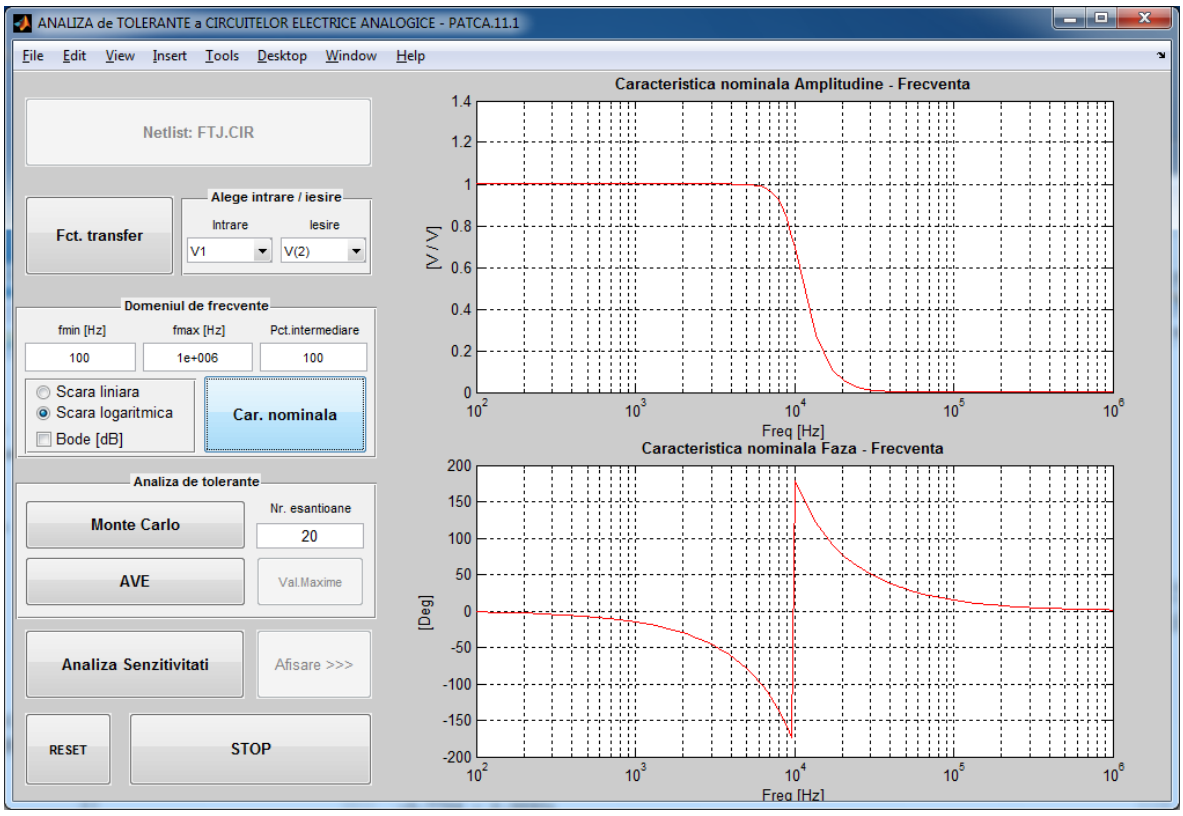


Fig. 13. Fereastra de utilizare a programului de analiză a toleranțelor

În Fig. 14 este prezentată spre exemplificare schema unui filtru universal pentru care a fost utilizat instrumentul CAD. În Fig. 15 și 16 sunt prezentate câteva dintre rezultatele obținute prin rularea programului.

Programul de analiză a toleranțelor și senzitivităţilor realizat este un instrument de proiectare robust și util. Are performanțe superioare programelor comerciale și poate fi personalizat la solicitarea utilizatorului. El poate asigura dezvoltarea de produse sigure în funcționare și competitive din punct de vedere economic. Se pretează pentru analiza oricărei topologii de circuit electronic, inclusiv circuite cu cuplaje magnetice, surse comandate și elemente în exces.

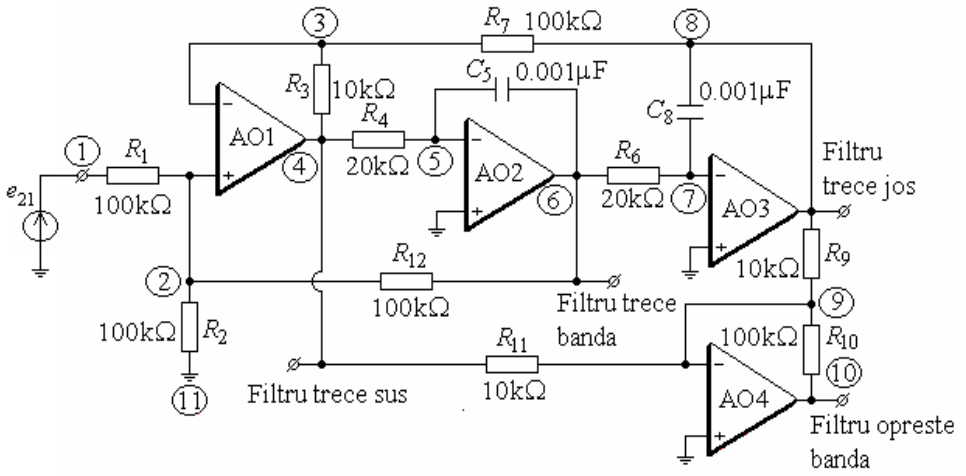


Fig. 14. Filtru universal (filtru trece sus pentru ieșire 4 - 11; filtru trece bandă pentru 6 - 11; filtru trece jos pentru 8 - 11; filtru oprește bandă pentru 10 - 11).

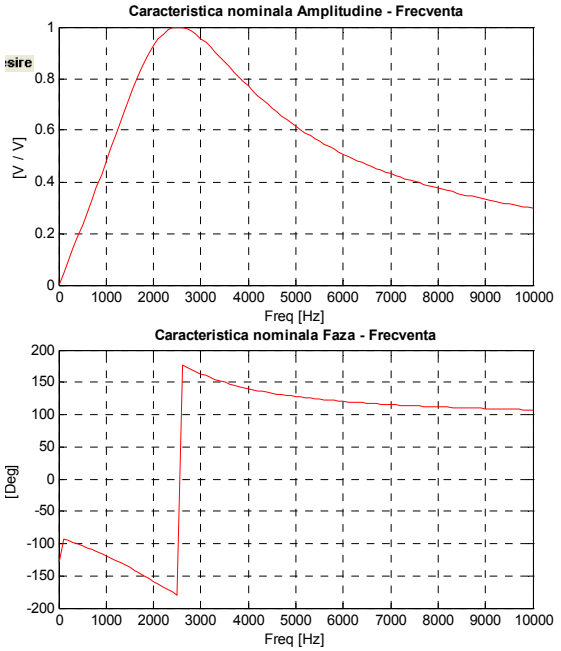


Fig. 15. Caracteristicile de frecvență nominale ale filtrului trece bandă.

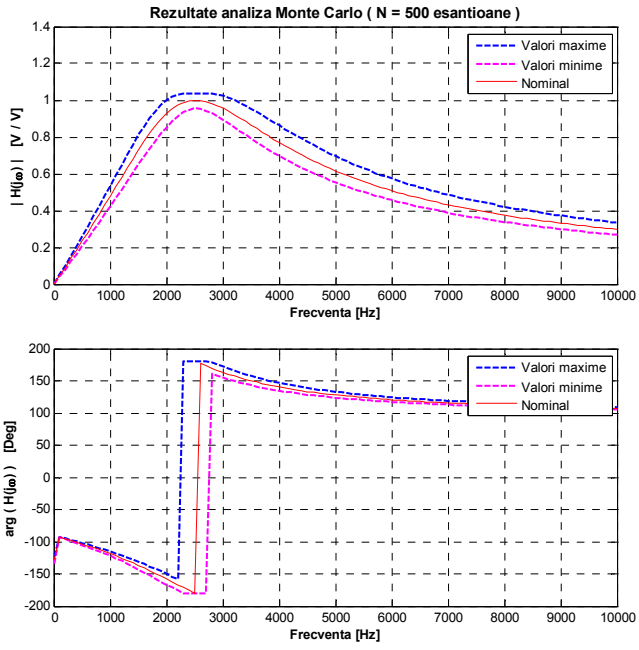


Fig. 16. Rezultatele analizei Monte Carlo pentru filtrul trece bandă

V. Domeniul Sisteme automate, Subdomeniul Robotică și Mecatronică

Unul dintre obiectivele specifice ale proiectului TISIPRO este *identificarea și oferirea de soluții software inovative* din domeniul informaticii aplicate și al automaticii pentru obținerea de produse și procese, tehnologii noi sau îmbunătățite, identificate de întreprinderi ca fiind cerute de piață. Această idee poate fi implementată de paradigma *Sistemelor flexibile de fabricaţie* (SFF) şi a ***Fabricaţiei asistate de calculator*** (***Computer-Aided Manufacturing***). În cadrul portofoliului au fost prezentate următoarele concepte: Fabricația asistată de calculator; Condiţiile automatizării, robotizării şi informatizării SFF; precum și o aplicație de *Implementare şi testare a unui simulator pentru un sistem mecatronic de transfer piese*.

Fabricația asistată de calculator. Legată de abordarea conceptului producției "Just-in-Time" (JIT), dar superioară ca ordin de mărime și complexitate, este abordarea conceptului de producție integrată cu ajutorul calculatorului (**CIM** – *Computer Integrated Manufacturing*). Activitățile de tip CIM în sistemele de producție sunt:

• **CAD** (*Computer-Aided Design*) - este tehnologia/tehnica care presupune utilizarea calculatorului, în vederea realizării proiectării, analizei și optimizării produselor.

• **CAP** (*Computer-Aided Work Planning*) - planificarea activităților asistată de calculator are drept scop pregătirea fabricației.

• **CAM** (*Computer-Aided Manufacturing*) - fabricația asistată de calculator are drept scop utilizarea calculatorului în vederea conducerii și a supravegherii operațiilor de prelucrare, prin stabilirea unei legături între calculator și resursele de producție.

• **PPS** (*Production Planning System*) - gestiunea producției asistată de calculator se referă la utilizarea sistemelor asistate de calculator pentru planificarea organizatorică și pentru comanda și supravegherea desfășurării producției.

• **CAQ** (*Computer-Aided Quality Assurance*) - asigurarea calității asistată de calculator are drept scop realizarea planurilor și a programelor de control, precum şi executarea operațiilor de măsurare şi control.

• **CAO** (*Computer-Aided Organization*) - are drept scop organizarea cu ajutorul calculatorului a activităților comerciale, economice, de marketing a produselor etc.

În sens larg, **CAM** (*Computer Aided Manufacturing*) înseamnă fabricație asistată de calculator, deci realizarea cu ajutorul calculatorului a pregătirii, conducerii, desfășurării și controlul procesului de fabricație. În sens restrâns, CAM realizează codificarea și transmiterea automată a unor informații cu privire la procesul de fabricație.

Condițiile automatizării, robotizării și informatizării SFF. Sistemul flexibil de fabricație se definește ca un ansamblu de mijloace de fabricație, locuri de muncă, programe și operatori umani, cu relațiile între ele integrate, având o structură variabilă, adaptabilă la realizarea unei varietăți de sarcini de fabricație. Integrarea informațională a sistemului de fabricație automat se realizează prin sistemele de comandă automată ale componentelor subsistemului de prelucrare și de manipulare, interconectate prin rețelele informaționale și subordonate ierarhic sistemului de comandă. În concluzie, SFF-urile reprezintă ansamble de mijloace de fabricație care funcționează fără operatori umani deoarece sunt:

- mecanizate (organele de lucru sunt acționate de motoare și transmisii mecanice):
- integrate cu fluxurile de materiale prin instalațiile de aducere/de evacuare automate;
- comandate prin sisteme de comandă automate, programabile și uneori adaptive;
- integrate din punct de vedere energetic, prin conectarea la rețeaua/rețelele de furnizare a energiei (de obicei electrică, uneori pneumatică și mai rar, hidraulică);
- integrate cu sistemele de comandă ale mijloacelor de fabricație și cu sistemul de comandă al întregului sistem de fabricație prin intermediul rețelei informaționale.

Implementarea și testarea unui simulator pentru un sistem mecatronic de transfer piese. Simularea proceselor industriale este o unealtă necesară deoarece permite obținerea de informații despre funcționarea procesului. Folosind ultimele tehnologii apărute în domeniul dezvoltării de software, programele RAD (*Rapid Application Development*), este posibilă dezvoltarea rapidă de aplicații interactive. În categoria programelor RAD intră și C# și .NET Framework, tehnologii Microsoft, care permit dezvoltarea rapidă de software pentru orice domeniu. De exemplu, C# permite accesul programatorului la resursele *low level* ale sistemului, într-o modalitate sigură și robustă.

Echipa MEROB prezintă competențe în informatizarea, automatizarea și robotizarea proceselor industriale, demonstrate prin aplicațiile dezvoltate în cadrul laboratoarelor proprii sau în unele proiecte. În cadrul acestui portofoliu a fost prezentată realizarea unei aplicații care simulează un sistem mecatronic de transfer piese, condus cu automat programabil (AP), realizând o comunicare bidirecțională între un program realizat într-un limbaj de nivel înalt și o componentă hardware de nivel scăzut.

Acest sistem reprezintă un sistem de timp real, dialogul dintre cele două entități realizându-se de aproximativ 50 de ori pe secundă. În intervalele dintre comunicații, fiecare componentă a sistemului analizează datele primite și elaborează răspunsuri la ele, reacționând aproape instantaneu la schimbările produse în starea celeilalte componente.

Simulatorul realizat simulează un sistem mecatronic de transfer piese, existent în laboratorul de Mecatronică al Facultății de Automatică, Calculatoare și Electronică, sistem ce face parte din sistemul flexibil de fabricație SMC FMS-201 (Fig. 17a).

Descrierea programului de simulare: Pentru realizarea aplicației de simulare s-au folosit C#, .NET Framework 3.5 și Managed DirectX. Modelele folosite de aplicație au fost realizate în 3D Studio Max. Aplicația este formată din mai multe fișiere de cod, fiecare conținând implementarea unui obiect. Aplicația este alcătuită din nouă clase, dintre care șapte conțin logica de simulare a stației FMS și trasează fiecare câte un actuator, iar două fișiere sunt necesare pentru interacțiunea cu Windows și DirectX.

O aplicaţie de simulator de proces ce permite testarea programelor AP-ului ce conduce procesul presupune o structură formată din (Fig. 17b): calculator ce rulează simulatorul procesului, interfaţa hardware ce permite conectarea AP la calculator, automatul programabil ce implementează programul de conducere al procesului simulat.

Testarea simulatorului pentru un sistem mecatronic de transfer piese: După realizarea simulatorului pentru sistemul mecatronic de transfer piese, condus de un AP, s-a trecut la testarea lui, ceea ce a presupus dezvoltarea unor programe de conducere pentru AP, plecând de la anumite protocoale de funcționare. Conducerea stației a fost realizată cu automatul programabil *Mitsubishi FX2N.* S-au realizat alocări de variabile specifice AP-ului pentru senzorii stației FMS-201, s-a elaborat diagrama GRAFCET ce rezultă pentru protocolul de funcționare specificat. De asemenea, au fost obținute ecuațiile de stare, care au fost folosite pentru realizarea diagramei ladder. Programul de conducere rezultat a fost testat pe simulatorul prezentat anterior, cu rezultate foarte bune. O astfel de implementare are avantaje în testarea unor noi programe implementate pe AP-ul respectiv, precum și în ceea ce privește depanarea acestor programe.

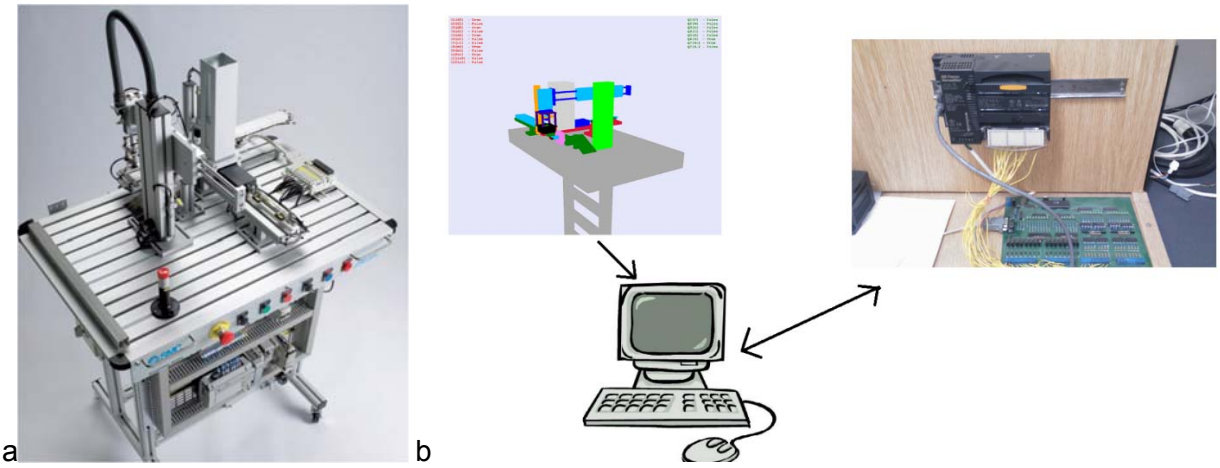


Fig. 17. Sistem mecatronic de transfer piese (a); Structura sistemului ce permite testarea programelor de conducere cu AP pentru un proces simulat pe un calculator (b)