

Lucrarea 12.

Controlul unor procese complexe printr-o platforma de tip Arduino

1. Obiectivul lucrării

Lucrarea își propune să prezinte modul de implementare a unor aplicații complexe controlate prin intermediul unei plăci Arduino:

- o instalație industrială
- o casă inteligentă (realizată în lucrarea următoare)

În ambele cazuri se folosesc machete ale proceselor fizice reale.

2. Considerații teoretice

O aplicație de monitorizare și control este destinată pentru urmărirea și controlul automat al unui anumit proces, cum ar fi o instalație industrială, o linie de fabricație, o rețea de distribuție (energie electrică, gaze, etc.), un echipament complex (ex. robot, utilaj cu comandă numerică, etc.) sau o clădire. O astfel de aplicație integrează mai multe categorii de componente de automatizare cum ar fi:

a. Senzori sau transductoare – menite să măsoare starea/valoarea anumitor parametrii de proces cum ar fi:

- temperatura, presiune, umiditate
- poziție, orientare, nivel, proximitate, viteză, accelerație,
- curent, tensiune, putere, factor de putere
- compoziție chimică, pH, vâscozitate

În funcție de natura semnalelor generate senzorii pot fi de mai multe tipuri:

- senzori analogici – generează o tensiune sau un curent proporțional cu valoarea parametrului măsurat; plajă de variație: 0-5V, 0-10V, 4-20mA, etc.
- senzori digitali – generează semnale digitale simple (0 sau 1) sau complexe: modulate în frecvență de impulsuri, lățime de impuls (PWM), mesaj în rețea, etc.

b. Elemente de execuție – care au rolul de a acționa asupra procesului controlat cu scopul de a modifica anumii parametri de proces și implicit evoluția procesului; exemple de elemente de execuție (acționare):

- motoare electrice pas-cu-pas, de curent continuu (cc) și de curent alternativ (ca)
- electromagneți, motoare liniare, servo-motoare
- relee
- elemente de încălzire (ex. rezistențe de încălzire)
- robinete, valve, pompe, etc.

c. Elemente de control – destinate pentru generarea controlului pe baza unei anumite legi prestabilite (legea de reglaj automat); astfel de elemente pot fi:

- microcontroloare, procesoare de semnal, platforme cu astfel de circuite (ex. PICDEM 4, EZ430)
- reglatoare, controloare logice programabile (PLC)
- platforme universale de monitorizare și control (ex. Arduino, Raspberry pi, Edison, WeMOS, etc.)

d. Elemente de comunicație – destinate pentru interconectarea componentelor de mai sus, cum ar fi:

- extensii de rețea: Bluetooth, WiFi, ZigBee,
- interfețe pentru rețele industriale: CAN, ProfiNet, EtherCat

Programul de aplicatie, inregistrat de obicei intr-o memorie nevolatila a elementului de control, implementeaza urmatoarele functii de baza:

- culege date despre proces prin intermediul senzorilor
- proceseaza datele achizitionate (ex. prin proceduri de filtrare, agregare, calculul comenzii urmatoare, etc.)
- genereaza comenzi in scopul controlarii procesului; comenzile sunt transmise catre elementele de executie
- comunica cu un operator uman printr-o interfata de tip "panou frontal" ce contine: butoane, afisaj cu leduri, cu 7 segmente, afisaj alfanumeric, etc.)
- optional comunica cu un calculator ierarhic superior de obicei printr-o interfata seriala sau printr-o retea (ex. wifi, bluetooth sau chiar Internet)

Primele trei functii (achizitie, procesare si generare de comenzi) se executa intr-o ordine secventiala cu o anumita periodicitate. Prioritatea de repetitie este data de dinamica procesului controlat, adica de viteza de variatie a parametrilor urmariti. Conform teoremei lui Shannon din teoria semnalelor frecventa de repetitie sau de esantionare trebuie sa fie mai mare decat dublul frecventei maxime prezente in semnalul achizitionat. Pentru o calitate mai buna a reglajului se alege de obicei o frecventa de 5-10 ori mai mare decat frecventa maxima a semnalelor de intrare.

Funcitiile de reglaj (mentionate anterior) vor fi executate in regim concurent cu celelalte functii ramase (comunicarea cu operatorul uman si cu un alt calculator). Executia in regim concurent poate ridica anumite probleme de implementare mai ales in cazul sistemelor uni-procesor si care nu dispun de un sistem de operare care sa ofere mecanisme de tip multi-tasking sau multi-fir. Cum se va vedea in exemplele din lucrare, acest regim de lucru concurent trebuie sa se implementeze in aplicatia propriu-zisa de control si sunt necesare masuri speciale care sa nu blocheze procesorul pe o anumita functie in detrimentul celorlalte functii. De exemplu de durata cat operatorul uman sau un alt calculator comunica cu procesorul functiile de monitorizare si reglaj nu trebuie sa fie intrerupte sau sa se modifice periodicitatea acestora.

In continuare vor fi descrise doua aplicatii de monitorizare si control, relevante pentru domeniul industrial si respectiv cel al cladirilor inteligente.

A. Sistem de monitorizare a unui proces industrial

In scopul demonstrarii facilitatilor de achizitie, procesare, control si comunicare a unei platforme universale de tip Intel Arduino Galileo s-a realizat o macheta a unei linii de dozare. In figura 1 se pot observa principalele subsisteme ale procesului:

- Sistemul de alimentare cu cutii mici si mari
- Sistemul (masa) de deplasare a cutiilor
- Statia de dozare
- Sistemul de sortare (debarasare)
- Sistemul optic pentru detectia pozitiei cutiilor
- Sistemul de detectie a pozitiei initiale a mesei
- Modulul de control format din placa Arduino Galileo si Placa de extensie (shield)
- Sursa externa de alimentare

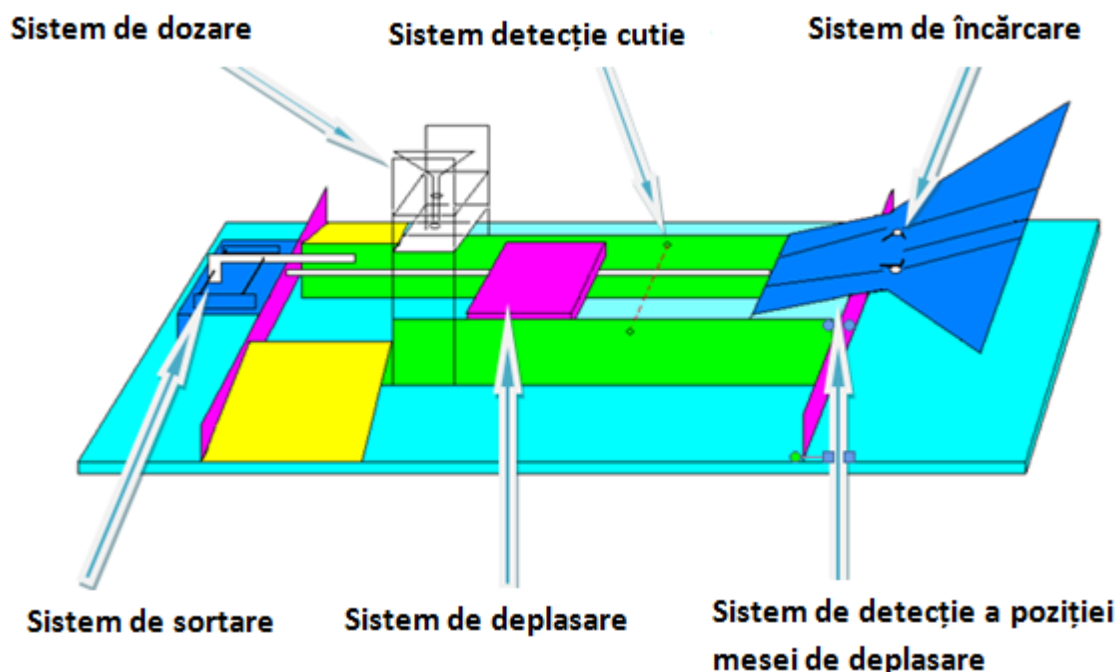


Figura 1. Macheta unei linii industriale de dozare

Cele 6 etape ale procesului de fabricație sunt:

- calibrarea poziției mesei de deplasare

Această etapă este necesară la începutul unui proces întrucât masa de deplasare a cutiilor trebuie să se afle sub sistemul de încărcare. Din diverse motive, cum ar fi o pană de curent aceasta ar putea să nu fie în starea potrivită. Astfel, această etapă verifică dacă masa de deplasare e în poziția corespunzătoare sau nu, în continuare acționându-se în consecință.

- etapa de încărcare

Această etapă presupune punerea pe masa de deplasare a unui recipient (cutie în cadrul machetei de față).

- etapa de detecție

În cadrul acestei etape se detectează dacă pe masa de deplasare se află un recipient care urmează a fi încărcat cu bile. În cazul în care se remarcă absența acestuia masa se întoarce la etapa de încărcare, în caz contrar se trece la etapa următoare.

- etapa de deplasare

Presupune deplasarea mesei împreună cu cutia până la etapa de dozare.

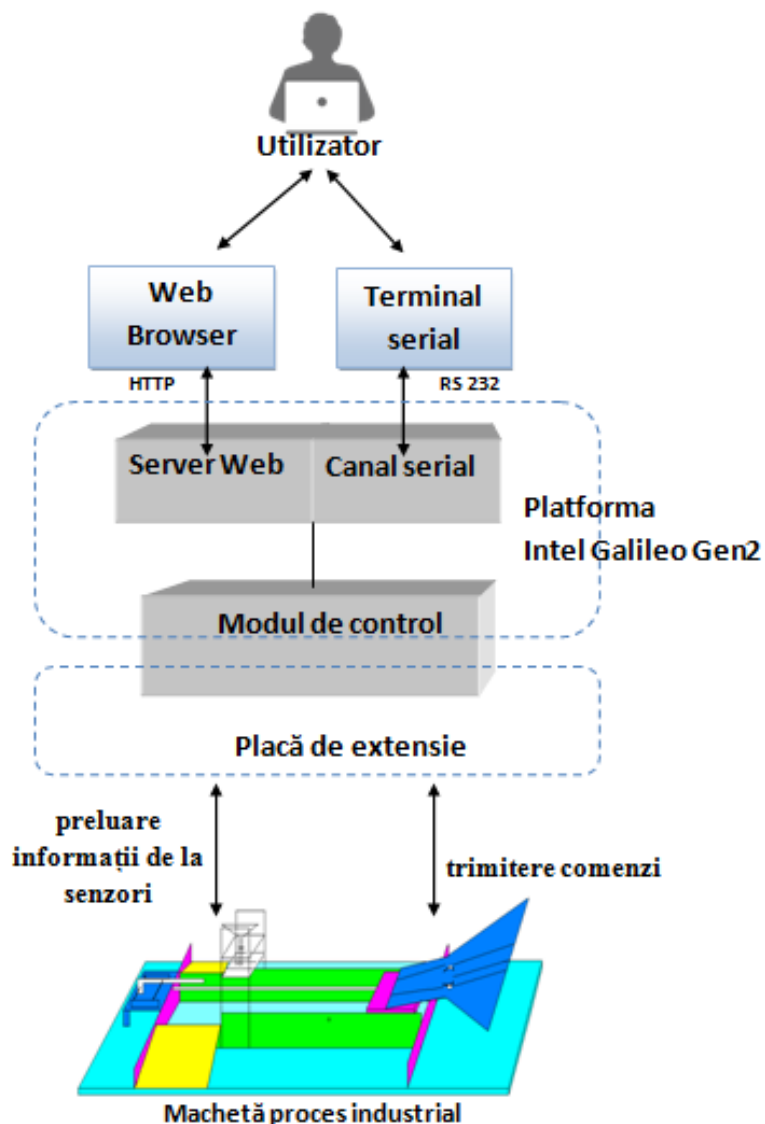
- etapa de dozare

În această etapă se realizează umplerea cu un anumit număr de bile (specificat de utilizator) a cutiei de pe masa de deplasare.

- etapa de sortare

Această etapă presupune sortarea celor două tipuri de recipiente: cutii mici și mari. Astfel, cutiile mici sunt deplasate în partea dreaptă iar cele mari în cealaltă parte.

Figura următoare prezintă modul de operare al sistemului. Se observă că sistemul poate fi operat (control și monitorizare) atât local printr-un PC atașat pe un canal serial (implementat pe USB) cât și de pe Internet, printr-o interfață web.



Elementele de automatizare utilizate în cadrul sistemului au fost:

- Motorul de antrenare a mesei – motor pas-cu-pas unipolar
- Motorul de sortare – motor pas-cu-pas bipolar
- Cate o pereche de electromagnet (stanga-dreapta) pentru alimentarea cu cutii mari și mici
- Senzor pentru calibrarea poziției mesei – senzor mecanic bipozitional
- Sistem optic pentru detectia poziției cutiilor pe masa – LED +fototranzistor
- Electromagnet de dozare a bilelor – electromagnet bipozitional (normal destins)

Interfața dintre placa Arduino și elementele de automatizare menționate mai sus s-a realizat pe o placă de extensie cuplata direct pe conectorii standard ai plăcii Arduino. Aceasta interfața conține următoarele circuite de adaptare:

- Driver pentru motor pas-cu-pas bipolar – L293D
- Driver pentru motor pas-cu-pas unipolar și controlul releelor – ULN2803A
- 4 rele pentru comanda eliberării cutiilor mari și mici
- 1 rele + un tranzistor pentru comanda dozatorului de bile

- Circuit invertor – pentru implementarea logicii de control
- Rezistente de adaptare pentru senzorul optic si mecanic

Figura de mai jos indica modul de amplasare a conectorilor si destinatia acestora.

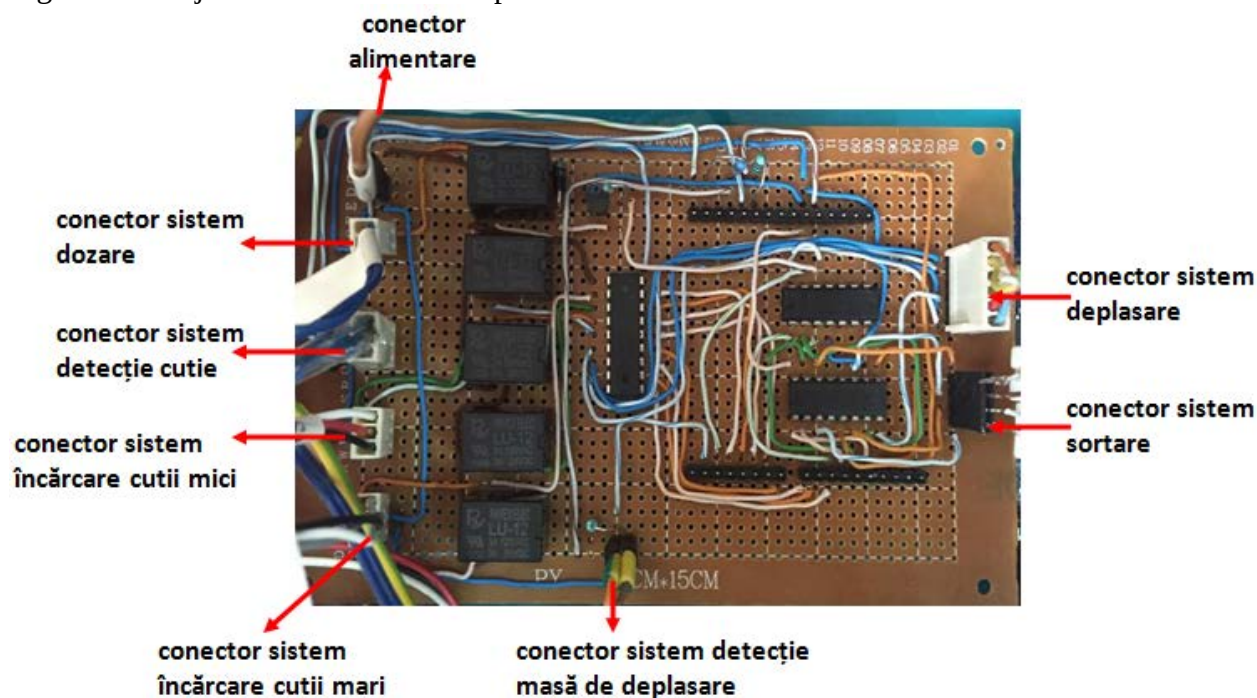


Figura 3 Placa de interfata

In tabelul de mai jos se prezinta modul de alocare a semnalelor placii Arduino

Tabel 1

Nume semnal	Tip	Destinatie
IO0	nedefinit	Liber
IO1	Intrare digitala	Senzor calibrare pozitie masa
IO2	Iesire digitala	Relev dozator
IO3	Iesire digitala	Selectie electromagnet stanga-dreapta cutii mari ?
IO4	Iesire digitala	Alimentare relev cutii mari
IO5	Iesire digitala	Selectie electromagnet stanga-dreapta cutii mici ?
IO6	Iesire digitala	Alimentare relev cutii mici
IO7	Iesire digitala	Motor masa Faza 1
IO8	Iesire digitala	Motor masa Faza 2
IO9	Iesire digitala	Motor masa Faza 3
IO10	Iesire digitala	Motor masa Faza 4
IO11	Iesire digitala	Motor sortare Faza 1
IO12	Iesire digitala	Motor sortare Faza 2
IO13	Iesire digitala	Validare motor sortare
GND	masa	
+5V	alimentare	
A0	Intrare analogica	Senzor optic pentru detectia pozitie cutiilor

Pentru a asigura o executie concurenta a functiilor implementate de aplicatie se impune mixarea pasilor care alcatuiesc aceste functii. De exemplu deplasarea mesei se descompune in mai multi pasi care pot fi mixati cu pasii motorului de sortare si respectiv cu pasii de deservire a unei cereri utilizator (venita fie pe canalul serial fie pe web). Figura 4 sugereaza acest mod de functionare.

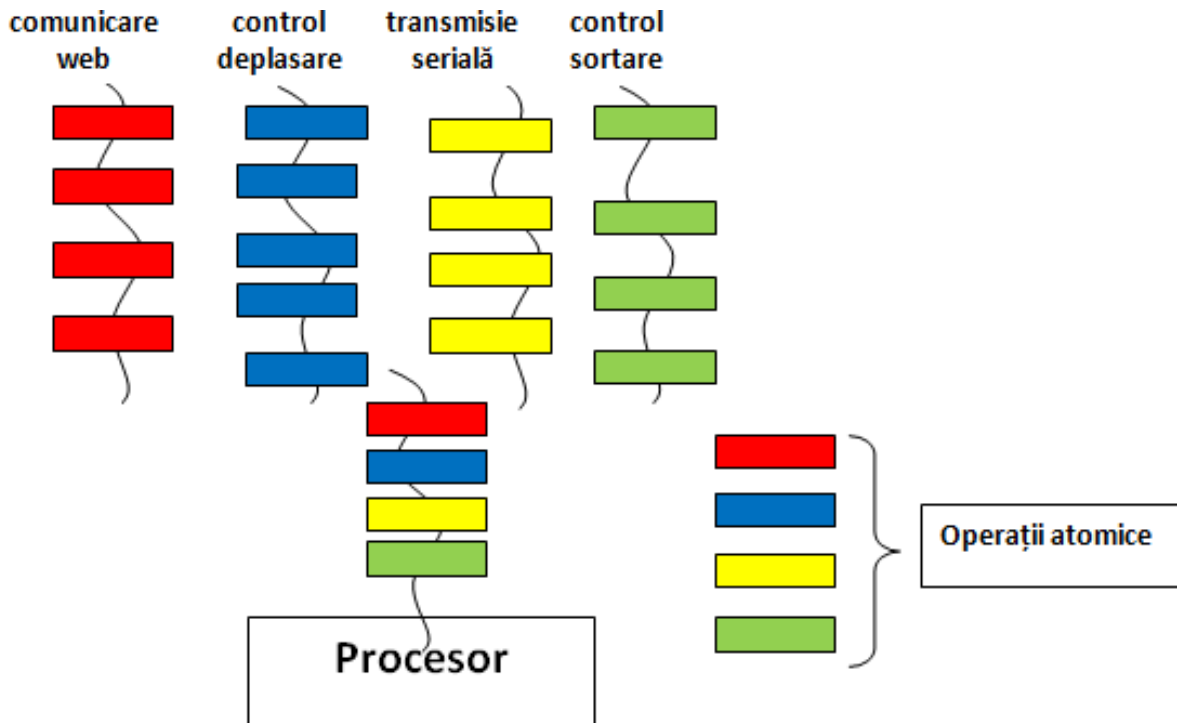


Figura 4 Executie in regim concurent

B. Monitorizarea si controlul unei case inteligente

1. Modul de desfasurare a lucrarii

- Se vor analiza componentele utilizate si schema electrica generala (anexa 1)
- Utilizandu-se mediul de programare Arduino Galileo IDE se vor scrie proceduri pentru operarea principalelor componente ale sistemului:
 - Selectie cutii
 - Deplasare masa (inclusiv cu detectie pozitie initiala)
 - Sortare,
 - Dozare bile
 - Detectie cutie (sistem optic)
 - Dispecerizarea comenzilor primite de la utilizator si vizualizarea pasilor executati
- Se va scrie un program care lucreaza in regim concurent
- Se va scrie un program ce permite controlul de la distanta prin Internet (aplicatie web-server)

Anexa 1 Schema Interfetei pentru procesul industrial

