

ROBOȚI MOBILI

Laborator

Anul de studiu: **IV**; Semestrul **8**

Anul universitar: **2008/2009**

Nr. de ore activități aplicative: **laborator 1 oră/săptămână**

Nota pentru Activitatea pe Parcurs

Conținutul Laboratorului

1. Stabilirea itinerarului tehnologic pentru o fabricație data, alegerea echipamentelor, dispozitivelor și verificatoarelor
2. Programarea operațiilor în flux tehnologic. Grafice GANTT
3. Elaborarea amplasamentului unei linii de fabricație
4. Localizarea robocarului în spațiul de lucru
5. Modelarea celulelor de fabricație și a sistemului de robocare
6. Simularea funcționării sistemului de robocare
7. Recuperarea lucrărilor de laborator

Tema de casă

Să se elaboreze amplasamentul unui sistem de robocare ce deservește o linie de fabricație flexibilă compusă din mai multe celule de fabricație specifice executării piesei nr.

Lotul de fabricație are dimensiunea de 100.00 buc. / an, iar viteza de deplasare a robocarului este limitată la 0,2 m/s

3. Bibliografie:

1. **Rădulescu C.**: Robocare și sisteme de robocare, Editura MIRTON Timișoara, 2000
2. **Radulescu C.; Vatau S.**: Roboți Mobili. Vehicule Ghidate Automat, Vol. I, ediția 1-a, Editura Politehnica Timișoara, 2008, ISBN: 978-973-625-664-6, 978-973-625-665-3 (vol. I)
3. **Vatau S.; Rădulescu C.**: Roboți Mobili. Roboți Mobili Pășitori, Vol. II, ediția 1-a, Editura Politehnica Timișoara, 2008, ISBN: 978-973-625-664-6, 978-973-625-666-0 (vol. II),

Titular disciplină:

Prof.dr.ing. Corneliu RĂDULESCU

Colaboratori:

Asis.dr.ing. Steliana VATAU

Lucrarea de laborator nr.1

Stabilirea itinerarului tehnologic pentru o fabricație data, alegerea echipamentelor, dispozitivelor și verificatoarelor

1.1 Scopul lucrării:

Lucrarea tratează aspecte privind stabilirea itinerarului tehnologic pentru o piesă dată prin temă, alegerea echipamentelor (mașini unelte, echipamente periferice impuse de specificul operației, roboți industriali pentru manipulare, robocare de transfer a semifabricatelor, instalații de alimentare / de evacuare) a dispozitivelor (de fixare a semifabricatelor, de transfer local) și verificatoarelor aferente fabricării respectivei piese.

1.2 Obiective:

- Stabilirea itinerarului tehnologic pentru o piesă dată;
- Alegerea echipamentelor, dispozitivelor și verificatoarelor aferente itinerarului tehnologic stabilit;

1.3 Stabilirea itinerarului tehnologic

O caracteristică comună a tuturor **proceselor de fabricație** o constituie cele trei categorii principale de operații ce intră în componența lor, și anume operații de: **prelucrare**, **manipulare** (*transfer scurt*) **și transport** (*transfer lung*). În acest sens o clasificare a proceselor de fabricație este prezentată în figura 1.1.

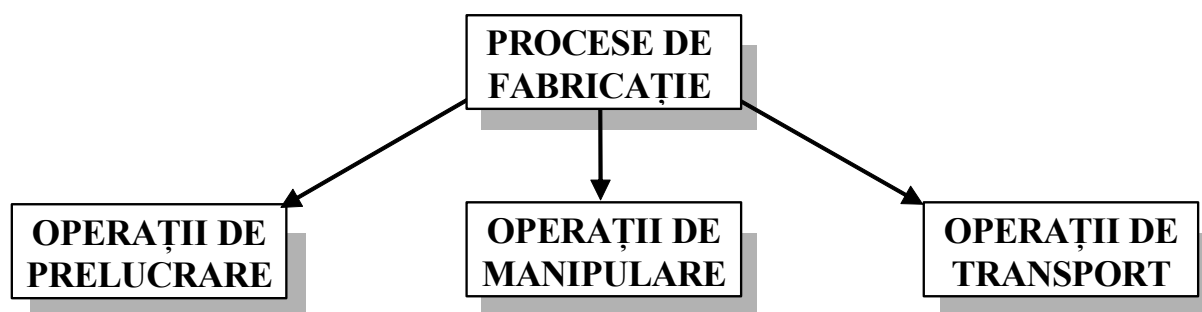


Figura 1.1 Clasificarea proceselor de fabricație

Unui anumit proces de fabricație îi corespunde un **sistem de fabricație**, care conține totalitatea mijloacelor materiale și a programelor (software), care concurează la realizarea procesului de fabricație. Sistemul de fabricație are în componența sa trei subsisteme, după cum rezultă din figura 1.2.

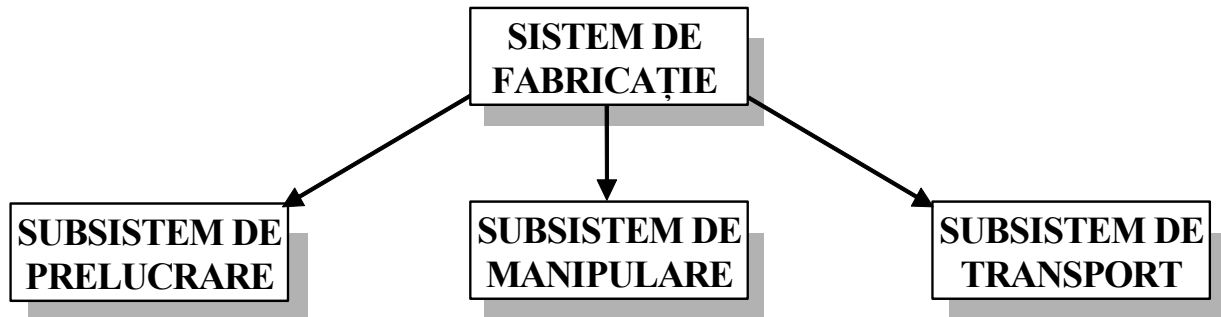


Figura 1.2 Clasificarea sistemelor de fabricație

- a) **Subsistemul de prelucrare**, care se compune din: mașini unelte - MU, scule - S și dispozitive de lucru - DL specifice mașinilor-unelte:
- ⇒ în cazul **operațiilor de prelucrare prin așchiere**, scula este condusă pe traiectorie fie de un operator uman (manual), fie de un program adecvat (mașini unelte cu comandă numerică);
 - ⇒ în cazul **operațiilor de sudare și vopsire**, scula (pistolul de sudare sau de vopsire) este manevrat manual de un operator uman, sau automat de un manipulator, respectiv robot industrial, pe baza unui program de manipulare adecvat operației executate.
- b) **Subsistemul de manipulare** (transfer scurt), care poate fi însăși operatorul uman - OU, o instalație de alimentare /evacuare - IA/E sau un manipulator /robot industrial - M/RI.
- c) **Subsistemul de transport** (transfer lung), benzi transportoare, conveiere sau robocare, care asigură transportul pe întregul flux tehnologic al:
- ⇒ **materialelor**, de la un depozit central automatizat la celula sau linia de fabricație, în cazul operațiilor de prelucrare;
 - ⇒ **subansamblurilor**, de la un depozit central sau intermediar automatizat la linia de montaj, în cazul operațiilor de montaj.

Itinerarul tehnologic stabilește succesiunea de operații de prelucrare la care este supus semifabricatul în transformarea sa într-o piesă finită.

Pentru piesa reprezentativă aleasă se stabilește itinerarul tehnologic de prelucrare.

1.4 Alegerea echipamentelor, dispozitivelor și verificatoarelor

În general se evidențiază următoarele operații de prelucrare:

DEBITAREA are drept scop decuparea sau tăierea tablelor sau profilelor laminate în conformitate cu dimensiunile semifabricatelor stabilite prin documentația tehnologică a reperului. În acest scop se va stabili metoda de debitare a semifabricatului care poate fi:

- ⇒ Tăiere cu jet de plasmă pentru semifabricate din tablă;
- ⇒ Tăiere cu fierăstrău mecanic pentru semifabricate din profile laminate

Dispozitivul de fixare a semifabricatului pe masa mașinii de debitat este o menghină cu acționare pneumatică.

STRUNJIREA este o operație de prelucrare prin așchiere a pieselor de revoluție. Mașinile unelte pe care are loc prelucrarea pot fi: strunguri normale, strunguri de copiat sau centre de prelucrare cu comandă numerică. Dimensiunile la care se prelucrează semifabricatul sunt stabilite prin documentația constructivă a piesei. Timpii aferenți prelucrărilor prin strunjire a profilelor laminate sunt în conformitate cu documentația tehnologică a reperului. Dispozitivul de fixare a semifabricatului pe strung este un universal cu 3 bacuri cu închidere /deschidere automată.

FREZARE este o operație de prelucrare prin așchiere a pieselor prismatice. Mașinile unelte pe care are loc prelucrarea pot fi: freze universale, freze de copiat sau freze cu comandă numerică. Dimensiunile la care se prelucrează semifabricatul sunt stabilite prin documentația constructivă a piesei. Timpii aferenți prelucrărilor prin frezare a semifabricatelor prismatice sunt în conformitate cu documentația tehnologică a reperului. Dispozitivul de fixare a semifabricatului pe masa mașinii de frezat este o menghină cu acționare pneumatică.

GĂURIREA este o operație de prelucrare prin așchiere a găurilor. Mașinile unelte pe care are loc găurirea pot fi: mașini de găurit normale sau mașini de găurit în coordonate. Dimensiunile la care se execută gaura sunt stabilite prin documentația constructivă a piesei. Timpii aferenți prelucrărilor prin găurire sunt în conformitate cu documentația tehnologică a reperului. Dispozitivul de fixare a semifabricatului pe masa mașinii de găurit este o menghină cu acționare pneumatică.

MORTEZARE este o operație de prelucrare prin așchiere specifică executării canalelor de pană. Mașina unealtă pe care are loc prelucrarea prin mortezare este mașina de mortezat. Dimensiunile la care se execută canalul de pană sunt stabilite prin documentația constructivă a piesei. Timpii aferenți prelucrărilor prin mortezare sunt în conformitate cu documentația tehnologică a reperului. Dispozitivul de fixare a semifabricatului pe masa mașinii de mortezat este o menghină cu acționare pneumatică.

TRATAMENTUL TERMIC de îmbunătățire este o operație de durificare a stratului superficial la 28-30 HRC în condițiile păstrării unui miez tenace capabil să reziste la șocuri și vibrații. Tratamentul termic de îmbunătățire se aplică oțelurilor cu un conținut de carbon de peste 0,2 %, ca de exemplu: OLC 35, OLC 45 etc. Tratamentul termic se realizează în cuptoare încălzite prin inducție. Diagrama de tratament termic, respectiv temperaturile, vitezele și timpii de încălzire, de menținere sau de răcire sunt stabilite prin documentația tehnologică a reperului. Manipularea pieselor se asigură prin intermediul unui robot industrial.

RECTIFICAREA este o operație de prelucrare prin așchiere a pieselor de revoluție sau a pieselor prismatice. Mașinile unelte pe care are loc prelucrarea pot fi: mașini de rectificat rotund sau mașini de rectificat plan. Dimensiunile la care se prelucrează semifabricatul sunt stabilite prin documentația constructivă a piesei. Timpii aferenți prelucrărilor prin rectificare a semifabricatelor rotunde sau prismatice sunt în conformitate cu documentația tehnologică a reperului. Dispozitivul de

fixare a semifabricatului pe mașina de rectificat este un universal automat cu trei bacuri pentru rectificare pieselor de revoluție sau masa magnetică în cazul rectificării plane a pieselor prismatice.

SUDAREA este o operație de îmbinare a două piese cu aport de material. Postul de sudare automată necesită un robot de sudare echipat cu un pistol de sudare și un dispozitiv de avans al sârmei de sudat. Echipamentele periferice aferente operației de sudare sunt: generatorul de sudare, tuburile de oxigen și azot, dispozitivul de frezare a capului de sudare, dispozitivul de tăiere al vârfului sârmei de sudare, masa bipozițională, ecranul de protecție, instalația de alimentare cu piese de sudat și instalația de evacuare a pieselor sudate, robotul de manipulare. Dimensiunile (înălțimea și lungimea) cordonului de sudare și poziția relativă a pieselor sudate sunt stabilite prin documentația constructivă a piesei sudate. Timpi aferenți îmbinărilor sudate sunt în conformitate cu documentația tehnologică a reperului. Dispozitivele de fixare a pieselor de sudat pe masa bipozițională sunt dispozitivele pneumatice de fixare automată.

Lucrarea de laborator nr.2

Programarea operațiilor în flux tehnologic. Grafice GANTT

2.1 Scopul lucrării:

Lucrarea prezintă modul de întocmire a unei ciclograme aferente prelucrării unei piese, astfel ca tactul de livrare al piesei să fie constant, iar durata unui ciclu de fabricație să fie optim.

2.2 Obiective:

- Programarea operațiilor pe locuri de muncă în conformitate cu fluxul tehnologic de fabricație al piesei;
- Întocmirea ciclogramei de fabricație al piesei - graficul GANTT;
- Optimizarea ciclului de fabricație al piesei astfel ca tactul de livrare al pieselor prelucrate să fie constant;

2.3 Programarea operațiilor pe locuri de muncă în conformitate cu fluxul tehnologic de fabricație al piesei

Odată stabilit fluxul tehnologic de fabricație se cunosc următoarele date:

- operațiile prin care trece semifabricatul până la stadiul de piesă finită (debitare, strunjire, frezare, tratament termic, rectificare etc.);
- spațiile necesare atelierelor sau posturilor de lucru aferente acestor operații;
- numărul mașinilor –unelte necesare în fiecare atelier sau post de lucru;
- stabilirea sculelor și verificatoarelor necesare fiecărei operații;
- echipamentele periferice impuse de specificul operației (dispozitiv de sudat în puncte, pistol de sudare cu arc, pistol de vopsire, generatorul de sudare, tuburile de oxigen și azot, dispozitivul de frezare a capului de sudare, dispozitivul de tăiere al vârfului sârmei de sudare, menghină cu acționare pneumatică, senzori de prezență obiect la vopsire);
- instalații de alimentare automată cu semifabricate;
- instalații de evacuare automată a piesei prelucrate;
- mase rotative sau bipoziționale la sudare prevăzute cu ecran de protecție
- roboți industriali de manipulare echipați cu dispozitive de prehensiune adaptate configurației piesei;
- vehicul ghidat automat pentru transferul semifabricatelor / piesei finite de la depozitul automat la posturile de lucru în succesiunea impusă de fluxul tehnologic de fabricație și de la ultimul post de lucru la depozitul automat.

Cel mai important este optimizarea numărului de mașini-unelte aferente fiecărei operații având ca și criterii:

- un flux continuu de fabricație;
- un grad de încărcare al utilajelor cât mai mare;
- un ciclu de fabricație al piesei minim;
- un tact constant de livrare al pieselor prelucrate;

2.4 Întocmirea ciclogramei de fabricație al piesei - graficul GANTT

Pe baza itinerarului tehnologic și având stabilite numărul de mașini-unelte aferente fiecărei operații se poate trece la întocmirea ciclogramei de fabricație a piesei. Astfel în Figura 2.1 se prezintă semifabricatul supus uzinării și piesa prelucrată în forma sa finală.

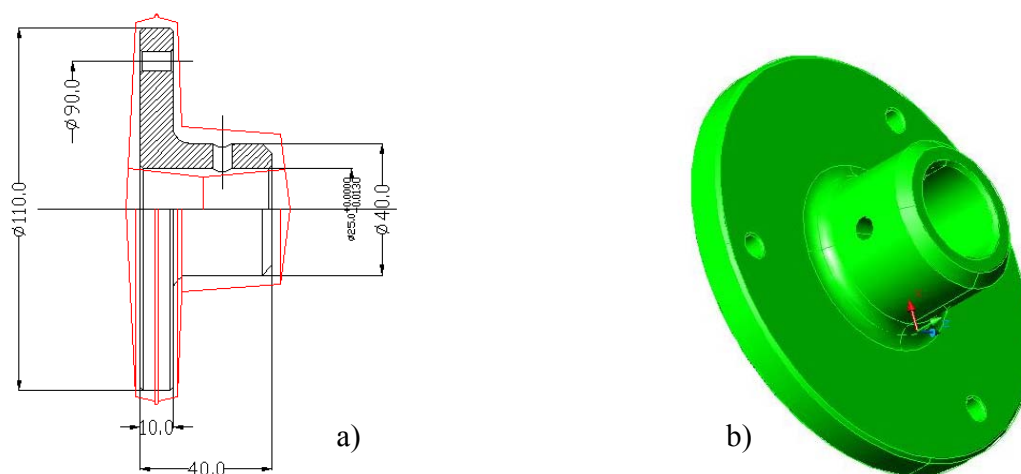


Figura 2.1 Piesa analizată: a) semifabricat; b) piesa prelucrată

Operațiile aferente fluxului tehnologic de fabricație și timpi necesari fiecărei operații în parte sunt prezentate în Tabelul 2.1.

Operațiile necesare uzinării piesei

Tabelul 2.1

Nr.crt.	Operatii	Timp/operație [min]
1.	Matrițare	2
2.	Strunjire degroșare	8
3.	Strunjire finisare	4
4.	Găurire	2
5.	Tratament termic	10
6.	Rectificare	4
	TOTAL	30

Cunoscând operațiile aferente unui ciclu de fabricație al piesei din Figura 2.1 și numărul de posturi de lucru stabilite la paragraful anterior se întocmește ciclograma de fabricație, care este prezentată în figura 2.2.

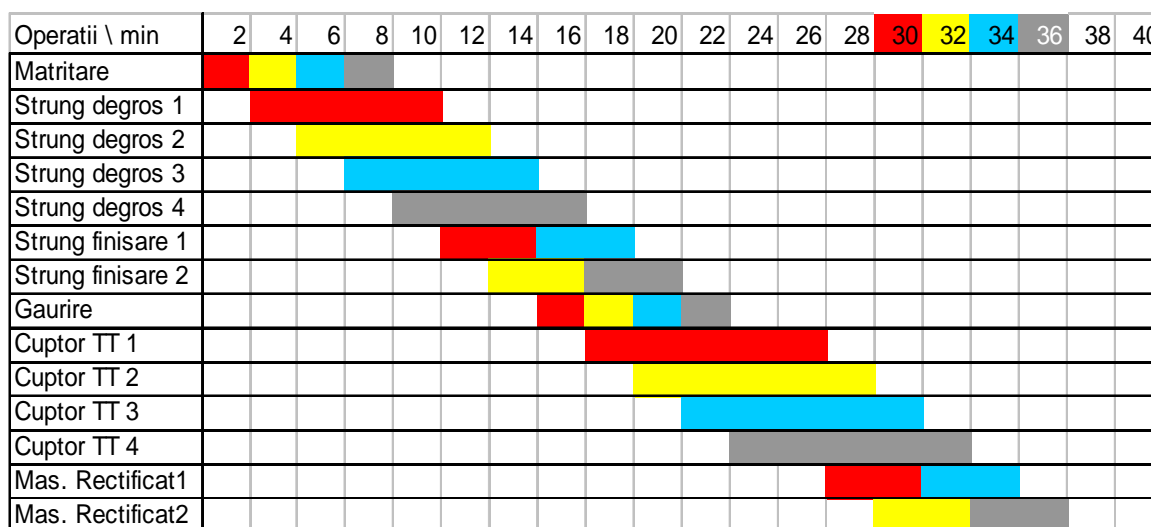


Figura 2.2 Ciclograma de fabricație al piesei din figura 2.1

2.5 Optimizarea ciclului de fabricație al piesei

După alegerea unui vehicul ghidat automat care sa asigure transportul semifabricatelor de-a lungul fluxului tehnologic de fabricație și corelat cu numărul de mașini deservite se impune o analiză a duratei ciclului de fabricație și al tactului de livrare al pieselor prelucrate.

Pentru piesa analizată durata unui ciclu de fabricație este de 30 min.

Tactul de livrare al pieselor prelucrate se obține din diferența dintre timpul aferent ultimei operații și cel înaltrării în procesul de fabricație. Astfel

- pentru marcajul roșu avem $30 \text{ min} - 0 = 30 \text{ min};$
- pentru marcajul galben avem $32 \text{ min} - 2 = 30 \text{ min};$
- pentru marcajul albastru avem $34 \text{ min} - 4 = 30 \text{ min};$
- pentru marcajul gri avem $36 \text{ min} - 6 = 30 \text{ min};$

Rezultă că tactul de livrare al pieselor prelucrate este de **Tact = 2 min**

Lucrarea de laborator nr.3

Elaborarea amplasamentului unei linii de fabricație

3.1 Scopul lucrării:

Lucrarea prezintă un amplasament al unui sistem de fabricație flexibil compus din cinci posturi de lucru deservite de roboți industriali și de un vehicul ghidat automat. Scopul lucrării este de a prezenta modul de construire al unui amplasament format din mașini-unelte, roboți industriali, vehicule ghidate automat și echipamentele periferice aferente.

3.2 Obiective:

- Distribuirea echipamentelor într-un amplasament dat;
- Navigarea vehiculului ghidat automat;

3.3 Distribuirea echipamentelor într-un amplasament dat

Pentru automatizarea fluxului de materiale din cadrul unui Sistem de Fabricație Flexibil – SFF este necesar un sistem de robocare. Printr-un sistem de robocare înțelegem un sistem de transfer automat a materialelor ce impune un număr de vehicule autonome, având o traiectorie materializată printr-o cale de ghidare și fiind controlate de un calculator central. Scopul principal al calculatorului central este de a optimiza traficul robocarelor.

Transportul materialelor cu ajutorul unui sistem de robocare are la bază principiul “**just in time**”. Ceea ce presupune ajungerea vehiculului în stația de lucru exact în momentul în care semifabricatul este necesar. Acesta condiție impune o integrare informațională a tuturor activităților ce concură la realizarea unei piese de fapt o optimizare a fluxului de materiale.

În exemplul prezentat în continuare **SFF** este compus din: mașini –unelte, un vehicul ghidat automat, un depozit de semifabricate și roboți industriali pentru manipularea semifabricatului, controlul dimensional, operația de asamblare a două piese și operația de sudare, precum și echipamentele periferice aferente.

În **Figura 3.1** se prezintă amplasamentul **SFF** deservit de un singur **Vehicul Ghidat Automat - VGA**.

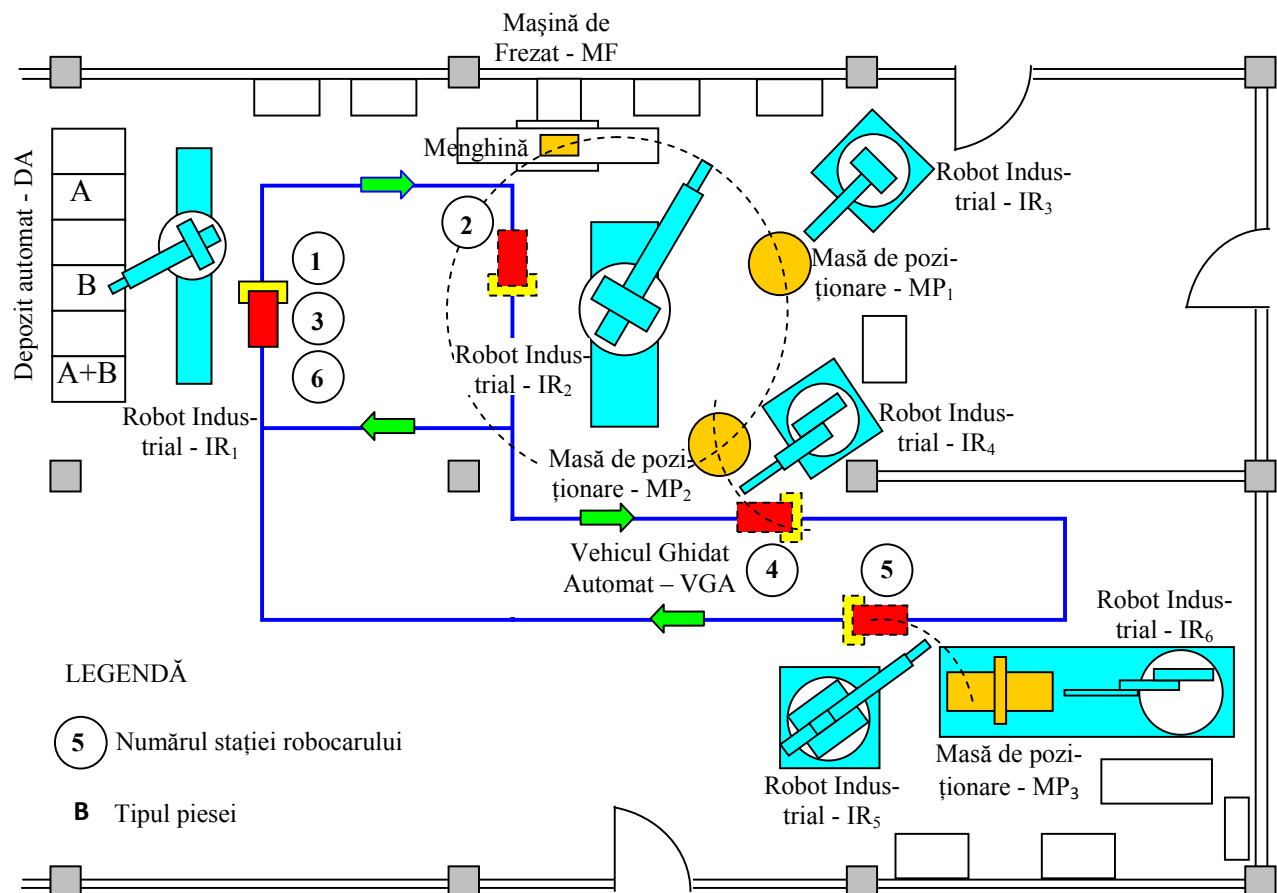


Figura 3.1 Amplasamentul unui SFF deservit de un VGA

Cele cinci **Celule de Fabricație flexibile – CFF** ce compun SFF sunt:

- ⇒ Prima celulă este un **depozit automat** de semifabricate / piese finite, compus din **Depozitul Automat – DA** propriu-zis, un **Robot Industrial - RI₁** (un robot cu acționare hidraulică, tip RB-232) destinat manipulării semifabricatelor / pieselor finite și **Vehiculul Ghidat Automat – VGA**;
- ⇒ A 2-a este o **celulă de frezare**, compusă din o **Mașină de Frezat - MF** (tip FSRS 400-XNC) și un **Robot Industrial - RI₂** (cu acționare electrică, tip REMT-2);
- ⇒ A 3-a este o celulă de măsurare, având ca element principal **Robotul Industrial - RI₃** (un robot cu acționare electrică, tip REMT-5) care efectuează măsurători ale piesei aflate pe **Masa de Poziționare - MP₁**;
- ⇒ A 4-a este o **celulă de asamblarea**, compusă din un **Robot Industrial - RI₄** (cu acționare electrică, tip Manutec r3) utilizată în asamblarea automată a pieselor pe o **Masă de Poziționare - MP₂**;
- ⇒ A 5-a este o celulă de sudare, compusă din un **Robot industrial - RI₅** (cu acționare electrică robot KUKA, tip IR 161/15), care manipulează piesele A și B depunându-le în dispozitivele de fixare automate cu acționare pneumatică de pe **Masa de Poziționare -**

MP₃. Un **Robot Industrial - RI₆** (cu acționare electro - pneumatică robot CLOOS tip ROMAT 76) ce va suda cele două piese.

Cele 2 piese A și B, se găsesc depozitate în modulul **Depozitul Automat – DA**. Ciclul de lucru al **VGA** constă în parcurgerea celor 6 stații de lucru. În acest ciclu, piesele A și B type au următoarea evoluție prezentată în – Tabelul 1.

Evoluția pieselor A și B în stațiile de lucru

Tabelul 3.1

Stația de lucru	1	2	3	4	5	6
Piesas						
Tip A – disc cu alezaj	X	X		X	X	X
Tip B – arbore			X	X	X	X

- ⇒ În **stația de lucru nr. 1**, robotul industrial **RI₁** extrage din depozitul automat **DA** piesa **A** și o depune pe platforma vehiculului ghidat automat **VGA**, vehicul ce transportă piesa **A** în stația de lucru nr. 2.
- ⇒ În **stația de lucru nr. 2 (Figura 2)**, robotul industrial **RI₂** transferă piesa **A** de pe platforma **VGA** în menghina pneumatică de pe masa mașini de frezat **MF**. Vehicul **VGA** gol se deplasează spre stația de lucru nr. 3, închizând astfel bucla mică a traiectoriei sale. După terminarea operației de frezare, robotul industrial **RI₂** transferă piesa **A** pe platforma mesei de poziționare **MP₁** pentru a se efectua operația de măsurare a diametrului de asamblare de către robotul industrial robot **RI₃**.

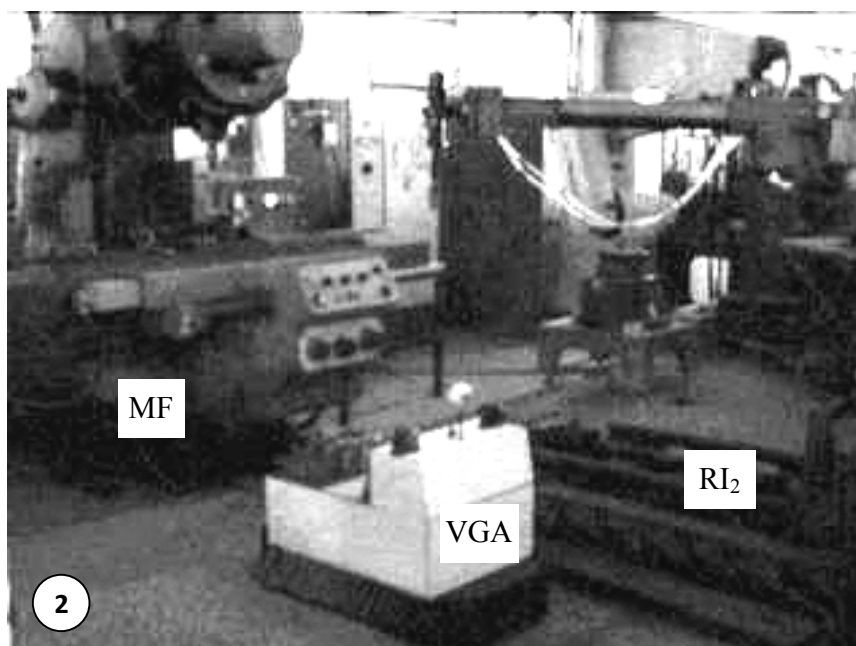


Figura 3.2 Stația de lucru nr.2 unde vehiculul ghidat automat **VGA**, cooperează cu robotul industrial **RI₂** și mașina de frezat **MF**.

- ⇒ În **stația de lucru nr. 3**, robotul industrial **RI₁** extrage piesa **B** din depozitul automat **DA** și o depune pe platforma vehiculului **VGA**, care la rândul ei o transferă în stația de lucru nr. 4.

- ⇒ **Stația de lucru nr. 4** este destinată operației de asamblare. Robotul industrial **RI₂**, transferă piesa A pe platforma mesei de poziționare **MP₂**. Robotul industrial **RI₄**, preia piesa B de pe platforma vehiculului **VGA** și o assemblează cu piesa A. Robotul industrial **RI₄** transferă ansamblul A+B pe platforma **VGA**, pentru a fi transportată în stația de lucru nr. 5.
- ⇒ În **stația de lucru nr. 5**, robotul industrial **RI₅** preia piesele asamblate și le transferă pe platforma mesei de poziționare **MP₃**. Masa de poziționare **MP₃** execută o rotație cu 180° pentru a aduce ansamblul de piese în fața robotului industrial **IR₆**, robot ce va efectua operația de sudare. După ce piesele sunt sudate, masa de poziționare **MP₃** se rotește cu 180° aducând ansamblul sudat în fața robotului industrial **RI₅**, care transferă piesele sudate pe platforma **VGA** pentru a fi expediată spre depozitul automa **DA**.

3.4 Navigare vehiculului ghidat automat - VGA

Schema bloc a echipamentului electric și electronic cu care este echipat vehiculul ghidat automat VGA este prezentată în **Figura 3.3**.

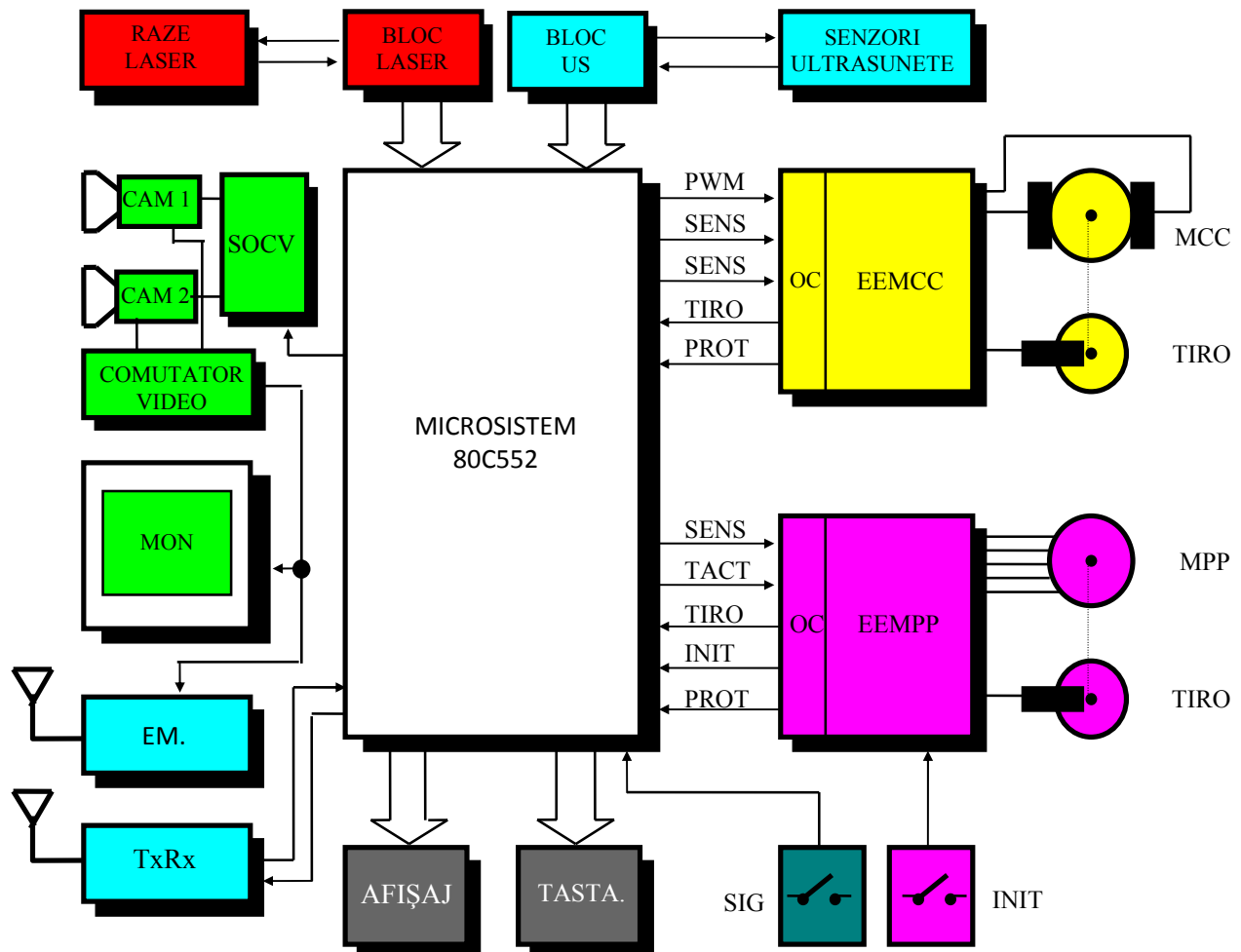


Figura 3.3 Schema bloc a echipamentului electric și electronic al VGA

Sistemul de conducere este realizat cu microcontrolerul 80C552. El îndeplinește următoarele funcții:

- comandă motorul de curent continuu **MCC (EEMCC)**, semnalele **PWM**, **SENS1**, **SENS2**;
- comandă motorul pas cu pas **MPP (EEMPP)**, semnalele **SENS**, **TACT**;
- comandă sistemului de orientare al camerelor video - **SOCV** ;
- interpretează semnalul de reacție furnizat de către traductorul de impulsuri **TIRO** atașat motorului de curent continuu – semnal **TIRO**;
- interpretează impulsul furnizat de către traductorul utilizat pentru inițializare (semnal **INIT**) – semnal **INT**;
- interpretează informațiile furnizate de către senzorii ultrasonici (**BLOC US**);
- interpretează informațiile furnizate de către receptoarele laser (**BLOC LASER**);
- execută programele de navigație;
- asigură protecția împotriva coliziunii (semnal **SIG**);
- comandă circuitele de comutație video (**COMUTATOR VIDEO**).
- realizează dialogul cu operatorul uman prin intermediul afișajului și a tastaturii (**AFIȘAJ**, **TASTATURĂ**);
- realizează comunicarea cu sistemul de comandă aflat pe un nivel superior (**TxRx**).

Deplasarea robocarului are loc conform hărții spațiului de lucru, reprezentată pe baza datelor introduse de către operatorul uman, pe traiectoria planificată.

Urmărirea traiectoriei se face utilizând referențierea discretă. Aceasta este necesară datorită faptului că spațiul de lucru din cadrul SFF nu permite utilizarea unui sistem de referință universal (unic). Sunt utilizate astfel mai multe sisteme de referință, dintre care unele naturale, iar altele artificiale, având originile axelor de coordonate cunoscute în raport cu sistemul de referință universal.

Cu ajutorul senzorilor și a camerei video care echează VGA, sistemele de referință sunt detectate, având loc o determinare a situației absolute. Dacă există abateri ale **traiectoriei reale** față de traiectoria prescrisă, se generează o traiectorie de corecție, astfel încât, în momentul în care sistemele senzoriale ale robocarului nu mai pot percepe sistemul de referință, vehiculul se va afla pe traiectoria prescrisă. În continuare, pentru menținerea vehiculului pe traiectoria prescrisă, se utilizează **odometria**, fiind folosite în acest scop traductoarele incrementale aflate pe cele două axe. Deplasarea decurge conform **Figurii 3.4**.

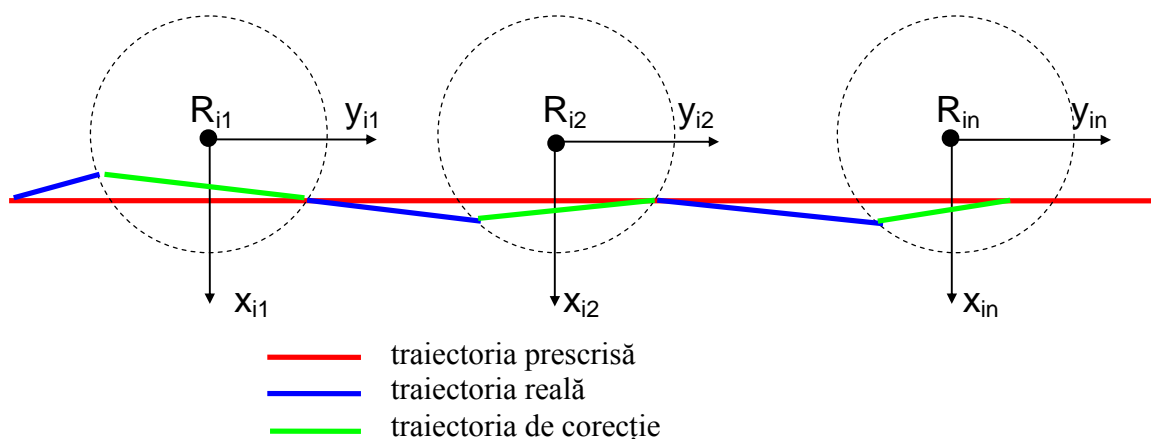


Figura 3.4 Deplasarea VGA pe traiectoria prescrisă

Reperetele utilizate drept sisteme de referință sunt în număr de câte două, amplasate la distanțe și înălțimi cunoscute, astfel încât să fie posibilă determinarea poziției VGA prin coordonatele x_P , y_P ale punctului caracteristic P atașat vehiculului, cât și a orientării acestuia prin unghiul λ format de către axa longitudinală a vehiculului cu axa Ox (Figura 3.5).

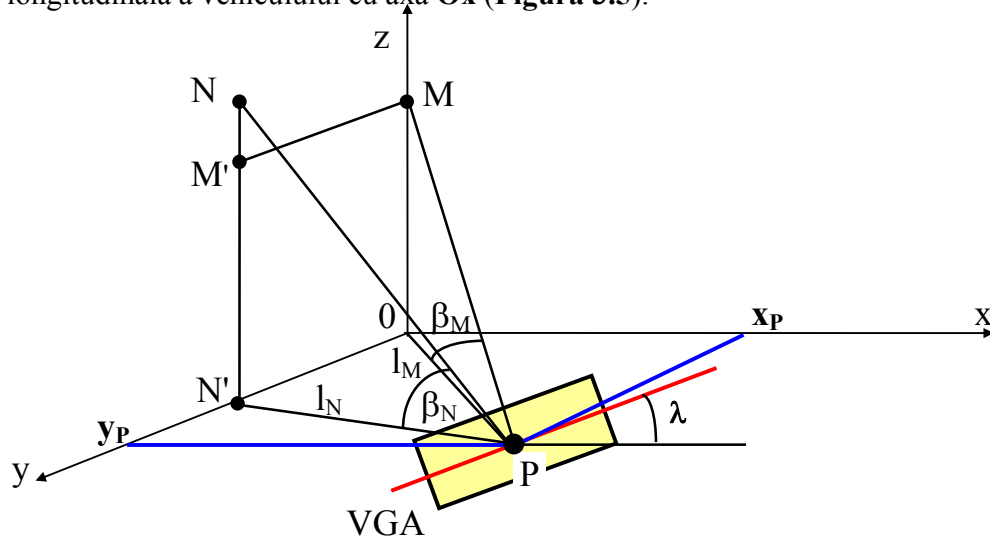


Figura 3.5 Poziția și orientarea VGA față de sistemul de referință

Lucrarea de laborator nr.4

Localizarea sistemului de robocare în spațiul de lucru

4.1 Scopul lucrării:

Lucrarea tratează aspecte privind localizarea sistemului de robocare în spațiul de lucru.

4.2 Obiective:

- Conceptul de localizare
- Metode de localizare
- Alegerea metodei de localizare a sistemului de robocare

4.3 Conceptul de localizare

Localizarea unui robot mobil comportă două aspecte:

- **Localizare relativă** – se identifică localizarea unui robot mobil “prin estimare pe termen scurt”. Este necesară pentru estimarea poziției și a orientării robotului mobil între două localizări absolute succesive. Tehnica cea mai indicată pentru obținerea localizării relative este **odometria**.
- **Localizare absolută** – este un procedeu ce folosește dispozitive mai costisitoare, ce materializează metode de triangulație, în diverse variante tehnologice și spectrale: ultrasonor, infraroșu, vizibil, laser, vedere artificială, GPS, etc. Sunt necesare în mod obișnuit și modificări ale scenei de operare, în care trebuie introduse diverse dispozitive auxiliare, pasive sau active, cu funcție de tip baliză (reflectorii, marcaje, grafice, emițători și/sau receptori).

4.4 Metode de localizare a robocarelor în spațiul de lucru

Odometria

- permite calculul poziției și orientării curente a robotului mobil pe baza coordonatelor inițiale, obținute anterior printr-o localizare absolută, și a integrării informațiilor provenite de la senzorii de deplasare, de viteză sau de accelerație, cu care este dotat robotul.

- pentru estimarea variațiilor coordonatelor punctului caracteristic al robotului, precum și a orientării robotului, se vor utiliza ca *mărimi de intrare* deplasările elementare ale unei singure roți, sau a două roți cu diametrul egal din structura sa mecanică.
- cea mai folosită metodă este *metoda odometrică diferențială* – utilizează informațiile de deplasare măsurate la două roți, de preferință coaxiale, deoarece simetria avantajează calculele ulterioare. Această tehnică permite localizarea robotului mobil pe o traiectorie oarecare prin integrarea deplasărilor elementare furnizate de doi traductori incrementali, cuplați rigid la două roți coaxiale.
- erori cumulative:
 - sistematice (imperfecțiunile roților)
 - nesistematice (patinare, alunecare)
 - recalibrare periodică
- implementare în mediile ce nu permit intervenția directă pentru amplasarea referințelor, cum ar fi scenele de operare nocive omului sau cele în care omul nu poate avea acces (interiorul unor conducte, medii explozive, radioactive, etc.)

Navigare inerțială

- se bazează pe măsurarea accelerației unghiulare și liniare a robocarului (giroscop, accelerometru) și deducerea situației sale, în raport cu o situație de referință, prin integrarea dublă a respectivelor accelerații.
- principiu de lucru:
 - în etapa de instruire, se stabilește direcția de deplasare absolută și se memorează de microcalculatorul de bord;
 - în regim de funcționare automat se monitorizează direcția de deplasare și se compară cu cea memorată;
 - corecția de direcție se constituie în comanda de modificare a vitezei unghiulare a roților motoare centrale.
 - utilizarea giroscopului conferă o acuratețe suficientă la deplasare pe termen scurt, dar erorile de navigare nu pot fi neglijate la deplasare pe termen lung, ceea ce impune recalibrarea direcției absolute, din când în când la puncte fixe de pe traseu.

Localizarea absolută

- are drept scop obținerea coordonatelor și orientării absolute în scena de operare.

- este necesară pentru reperarea periodică a robotului de-a lungul traseului său de ghidare (la roboții mobili cu traiectorii cablate) sau pentru recalibrarea estimatorului poziției relative (la roboții mobili cu traiectorii memorate sau a celor complet autonomi).
- principial orice tehnică de măsurare a distanțelor poate fi utilizată în vederea localizării absolute a roboților mobili,
- principiu de lucru:
 - în etapa de instruire, se stabilește direcția de deplasare absolută și se memorează de microcalculatorul de bord;
 - în regim de funcționare automat se monitorizează direcția de deplasare și se compară cu cea memorată;
 - corecția de direcție se constituie în comanda de modificare a vitezei unghiulare a roților motoare centrale.
 - utilizarea giroscopului conferă o acuratețe suficientă la deplasare pe termen scurt, dar erorile de navigare nu pot fi neglijate la deplasare pe termen lung, ceea ce impune recalibrarea direcției absolute, din când în când la puncte fixe de pe traseu.

Navigarea robocarelor utilizând fascicule laser

- navigarea robocarelor utilizând două surse laser staționare și un receptor montat pe robocar, are la bază schema din figura 4.1.
- două surse laser, SL_1 și SL_2 , focalizate precis, mătură zona controlată, prin intermediul a două oglinzi rotitoare, OR_1 și OR_2 , având o mișcare de rotație cu viteza unghiulară \bar{U} , respectiv \bar{V} . Fotodiodele A și B, montate pe robocar, recepționează fasciculele laser. Un transmițător direcțional TD, emite un semnal de sincronizare, numai atunci când câte un fascicul reflectat de oglinzile rotitoare, este recepționat de fotodioda aferentă C, respectiv D. Unghiurile α_A , α_B , β_A și β_B se calculează prin măsurarea timpului scurs, dintre momentul recepției semnalului luminos de sincronizare de către fotodioda din P (montată pe centrul geometric al robocarului) și momentul recepționării celor două fascicule laser de către fotodiodele din A și B.
- poziția și orientare robocarului se determină cu următoarele relații:

$$x_P = \frac{x_A + x_B}{2} \quad y_P = \frac{y_A + y_B}{2}$$

$$\lambda = \arctg \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} \quad \text{pentru} \quad \begin{matrix} x_A < x_B \\ y_A < y_B \end{matrix}$$

$$x_A = \frac{\bar{U} \cdot \bar{V}}{2} \left[1 + \frac{\sin(\alpha_A - \beta_A)}{\sin(\alpha_A + \beta_A)} \right]$$

$$y_A = \frac{\bar{U} \cdot \bar{V}}{2} \left[\frac{\cos(\alpha_A + \beta_A) + \cos(\alpha_A - \beta_A)}{\sin(\alpha_A + \beta_A)} \right]$$

$$x_B = \frac{\bar{U} \cdot \bar{V}}{2} \left[1 + \frac{\sin(\alpha_B - \beta_B)}{\sin(\alpha_B + \beta_B)} \right]$$

$$y_B = \frac{\bar{U} \cdot \bar{V}}{2} \left[\frac{\cos(\alpha_B + \beta_B) + \cos(\alpha_B - \beta_B)}{\sin(\alpha_B + \beta_B)} \right]$$

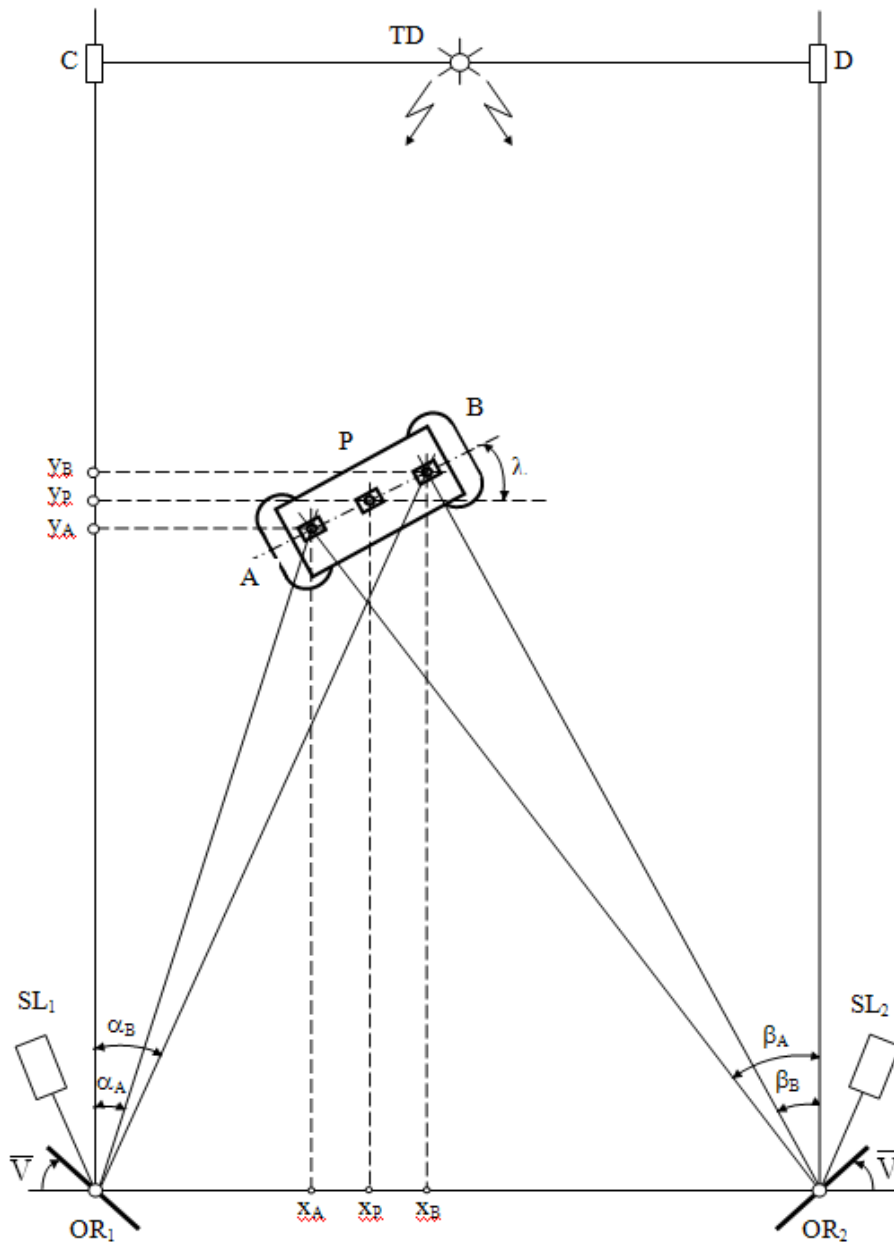


Figura 4.1 Navigarea robocarelor utilizând fascicule laser

- un dezavantaj major al navigării robocarelor utilizând ghidarea prin fascicule laser, o constituie interdicția de întrerupere a fasciculului. Acest lucru este foarte greu de realizat în mediul industrial, când robocarul navighează ocolind obstacolele fixe, sau când orice operator în deplasarea sa poate intersecta fasciculul director.

Navigarea pe bază recunoașterii mediului

- sistemul de navigare al robocarelor bazat pe recunoașterea mediului, impune ca vehiculul să fie "învățat" să-și recunoască situarea, în funcție de configurația mediului său înconjurător. Compararea imaginii prescrise cu cea detectată în timpul operării, permite ghidarea robocarului pe o traiectorie ce asigură evitarea obstacolelor. În figura 4.2 se prezintă elementele de bază ale acestui sistem de ghidare.

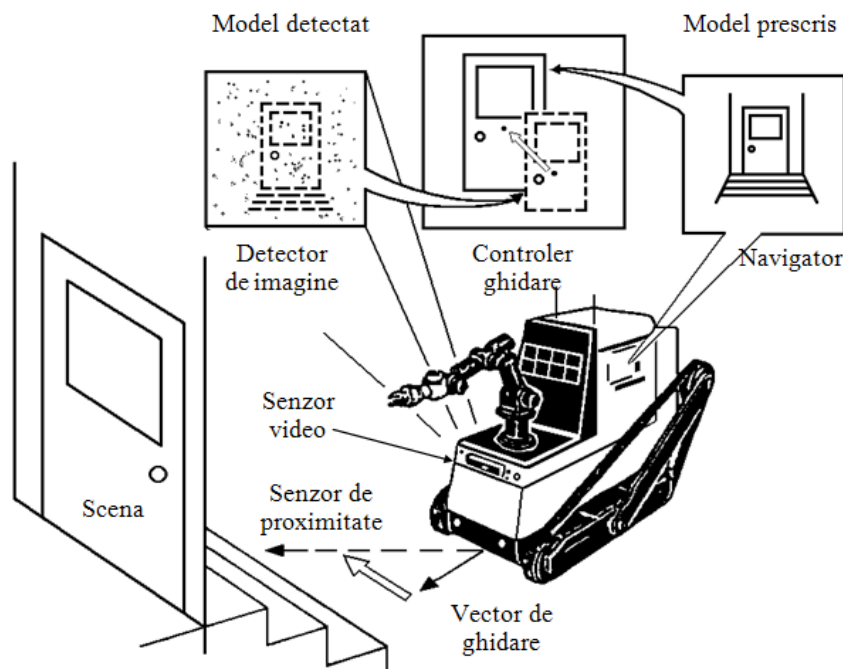


Figura 4.2 Navigarea pe bază recunoașterii mediului

- sistemul de navigare generează un model prescris - imaginea țintă, folosind o hartă a obiectelor, depozitată în memoria calculatorului sub forma unor modele 3D - cadru de sârmă, hartă de pe care se selectează traiectoria vehiculului. Imaginea detectată din lumea reală, se obține cu ajutorul unui detector de imagini (o cameră de luat vederi) și a unui program de prelucrare a imaginii, care extrage principalele caracteristici ale acesteia.
- ghidarea autonomă a vehiculului rezultă din compunerea celor două imagini, cea prescrisă și cea detectată.

- vectorul deviație, obținut prin diferența punctelor reprezentative ale celor două imagini, generează câmpul vectorului gradient, necesar corectării imaginii prelevate. Ghidarea vehiculului este astfel aleasă, din punct de vedere al schimbării mișcării robocarului, încât să se minimizeze diferențele existente între cele două imagini.

4.5 Alegerea metodei de localizare a sistemului de robocare

Fiecare student trebuie să aleagă metoda cea mai potrivită pentru localizarea în spațiul de lucru a sistemului de robocare corespunzător aplicației primite și să prezinte modul de implementare a acesteia.

Lucrarea de laborator nr.5

Modelarea 3D a celulei de fabricație și a sistemului de robocare

5.1 Scopul lucrării:

Lucrarea tratează aspecte privind elaborarea modelului 3D al componentelor celulei de fabricație și a sistemului de robocare, metodele și softurile folosite.

5.2 Obiective:

- Conceptul de model și modelare
- Descrierea mediului de proiectare 3D Pro/ENGINEER
- Modelarea 3D a componentelor celulei de fabricație
- Modelarea 3D a robocarului
- Modelarea 3D a layout-ului celulei de fabricație

5.3 Conceptul de model și modelare

Modelul este o reprezentare materială sau abstractă a aspectelor esențiale ale unui sistem existent, sau ale unuia care urmează a fi construit. Modelul se elaborează în funcție de aspectele pe care le urmărește utilizatorul, iar complexitatea acestuia trebuie să corespundă realității sistemului. Într-o primă abordare modelele pot fi conceptuale, fizice sau matematice, încadrarea fiind făcută după modul de construire al modelului, după aspectele urmărite și cunoștințele existente.

Modelarea reprezintă activitățile prin care, un sistem este înlocuit cu un model echivalent. Modelarea sistemelor mecanice presupune modelarea geometric fidelă a componentelor, a restricțiilor și a condițiilor de funcționare. Modelele geometrice 3D pot fi clasificate astfel:

- orientate pe muchii (wireframe)
- orientate pe suprafețe (surface model)
- orientate pe volume (solid model)

Modelele solide se obțin prin următoarele tehnici:

- geometria constructivă a solidelor (CSG)
- prin frontiere (B-rep)

- prin enumerare spațială
- prin baleiere (sweeping etc.)
- analitic (ASM – Analytic Solid Model)
- parametric/procedural.

Forma modelelor geometrice are la bază un set de forme elementare - prismă, cilindru, con, sferă- din combinarea cărora (prin operații booleene) rezultă modelul dorit. Aceste forme se numesc primitive și se regăsesc în orice sistem CAD care permite modelare 3D. Primitivele sunt parametrizate, adică dimensiunile lor pot fi modificate. Modelarea geometrică utilizează o serie de termeni cum ar fi:

- crearea – operația de generare a geometriei piesei în spațiul de modelare
- construcția – operația prin care o entitate este utilizată pentru modificarea alteia, rezultatul fiind o entitate nouă
- modificarea – operația de schimbare a valorilor dimensionale ale unei entități

Practic modelul geometric 3D al unei piese se obține pornindu-se de la o primitivă căreia i se modifică caracteristicile constructive și tehnologice. Modificările se fac prin aplicarea unei serii de operatori speciali: offset, thicken, loft, extrude, sweep, etc., operatori care se regăsesc sub formă de comenzi în toate programele CAD care permit modelarea 3D.

5.4 Mediul de proiectare 3D Pro/ENGINEER

Modelarea 3D a celulei de fabricație și a sistemului de robocare începe prin modelarea geometrică fidelă a componentelor. Pentru aceasta vom utiliza un soft CAD care permite modelarea 3D, a componentelor care formează celula de fabricație și sistemul de robocare, de exemplu Pro/Engineer, SolidWorks, Catia, Solidedge etc. În fig. 5.1 am prezentat modelul geometric al unui ansamblu realizat în Pro/ENGINEER. Întâi s-a modelat fiecare componentă în parte după care acestea au fost asamblate. Softul permite atât realizarea asamblării componentelor sistemului mecanic cât și explodarea acestora, adică detașarea fiecărei componente în parte pentru a sugera asamblarea.

În continuare se prezintă caracteristicile mediului de proiectare 3D Pro/ENGINEER ce permit modelarea componentelor celulei de fabricație și a sistemului de robocare:

► *Modelare solidă*

- Acuratețe și precizie geometrică pentru crearea de modele complexe 3D
- Cotarea automată în faza de sketch, redimensionare fixă sau dinamică

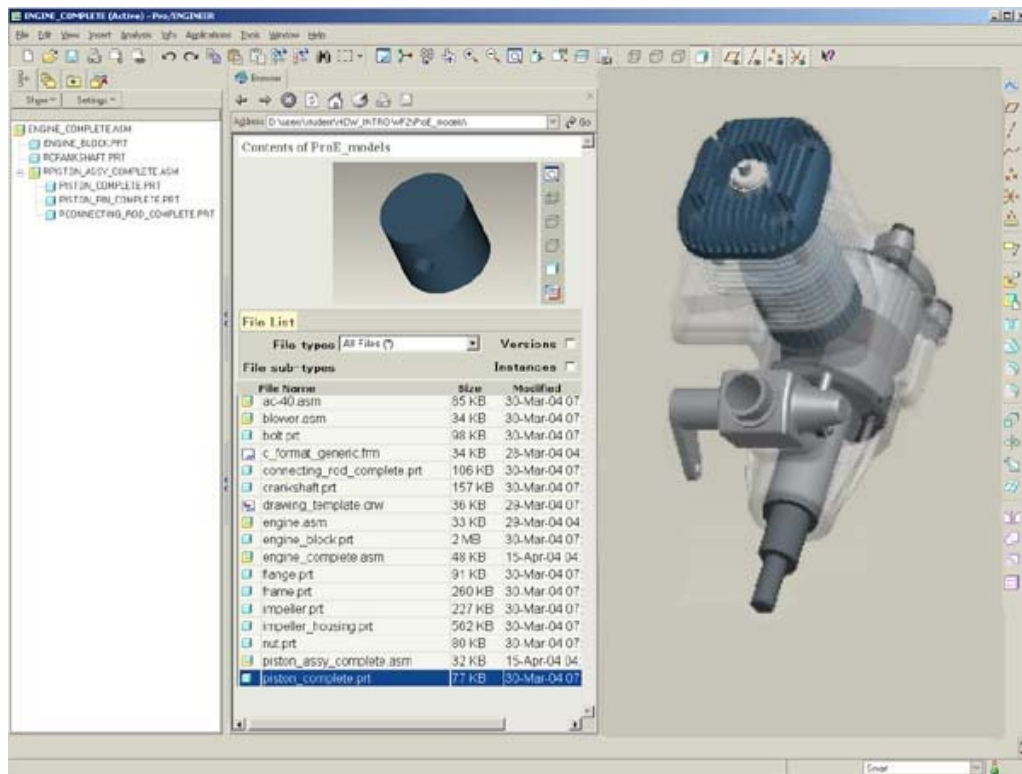


Figura 5.1 Ansamblu bloc-motor

- Forme în totalitate parametrice inteligente, complexe, relaționale
- Crearea de familii de piese, utilizarea de tabele corespunzătoare familiilor de piese, meniuri specifice cu ilustrarea istorică a formelor și entităților geometrice
- Forme standard predefinite (găuri filetate, alezaje, forme specifice îndoirii sau formării tablelor, etc)
- ▶ *Deformarea modelelor 3D (“warp”)*
 - Crearea controlată de plane, axe, zone ale deformărilor solidelor
 - Deformare dinamică a geometriei selectate: scale, stretch, bend și twist
 - Deformarea (aplicarea tehnologiei “warp”) și pentru solide transferate din alte aplicații 3D
- ▶ *Modelarea ansamblurilor*
 - Realizarea asamblării pe bază de constrângeri geometrice sau funcționale de tip mecanism
 - Ansamblare automată cu ajutorul wizard-ului AssemblySense
 - Crearea rapidă de reprezentări simplificate

- Reprezentarea în ansambluri a suprafețelor exterioare și centrelor de masă ale componentelor, utilizând funcția unică Shrinkwrap

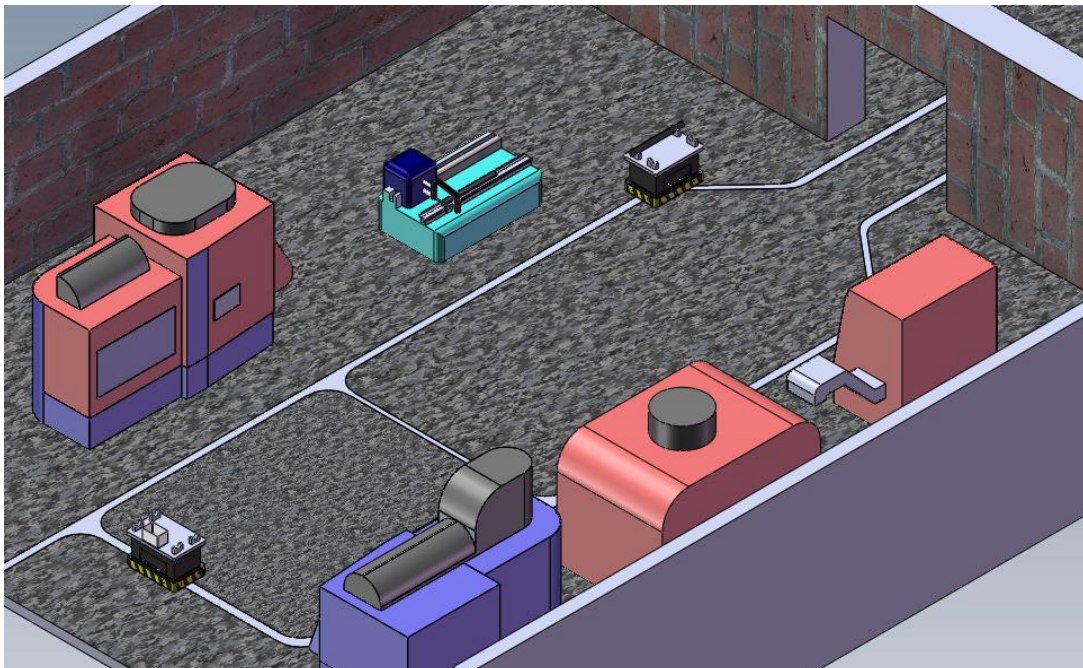
► *Analysis Features*

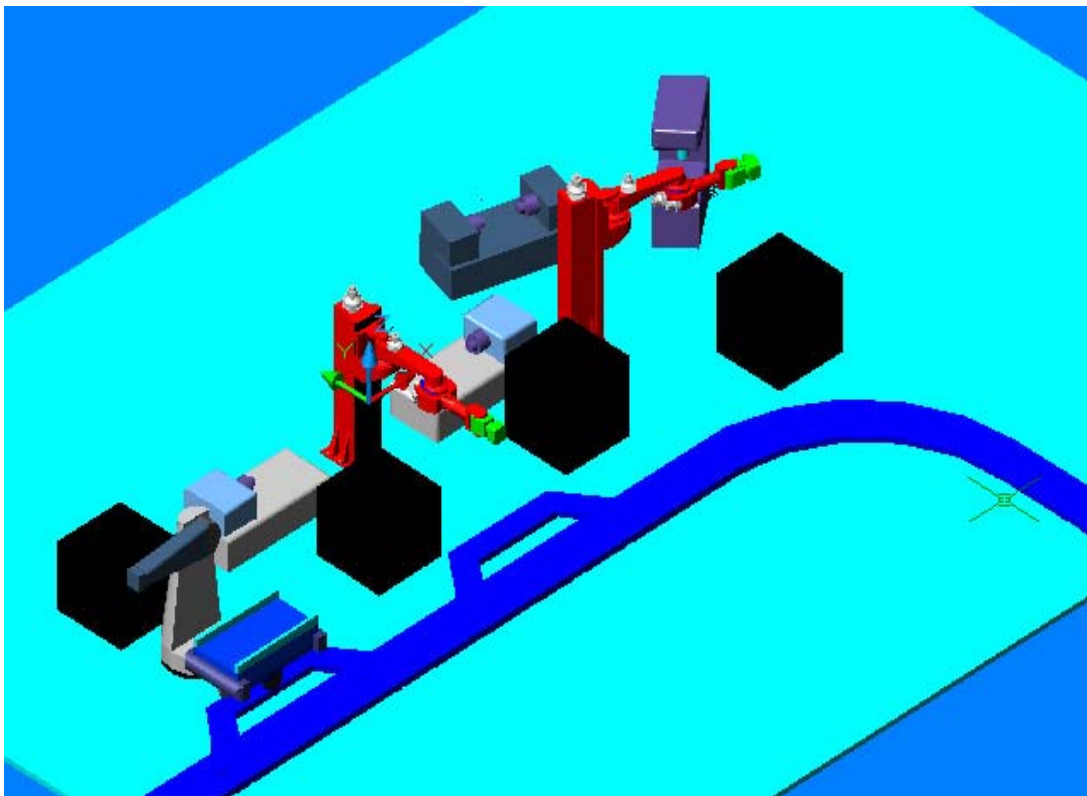
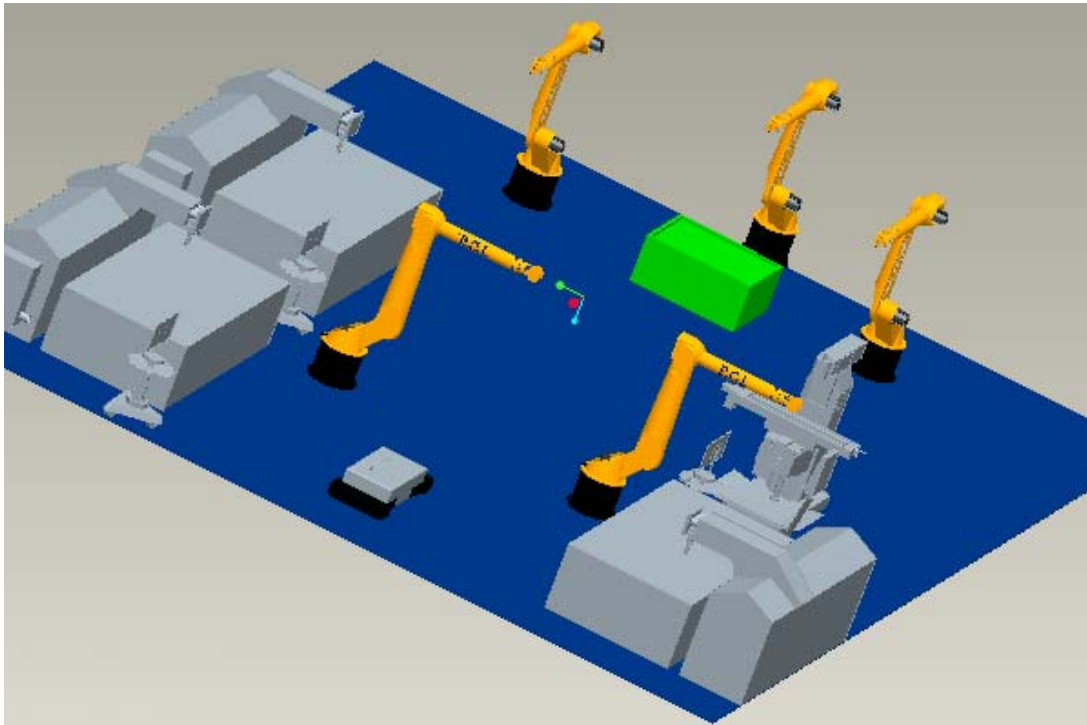
- Efectuarea de măsurători și calcule pe modelul 3D: distanțe, lungimi, unghiuri, masă, volum
- Interoperabilitate cu Mathcad, soluția PTC pentru realizarea de calcule ingineresti. Modelare comportamentală - foi de calcul Mathcad pot fi asociate modelului 3D astfel încât valori critice, rezultate din Mathcad devin date de intrare pentru modelul 3D Pro/ENGINEER, conducând realizarea și controlul geometriei. (Mathcad este disponibil ca modul adițional)
- Fișiere Microsoft Excel pot fi de asemenea asociate modelului

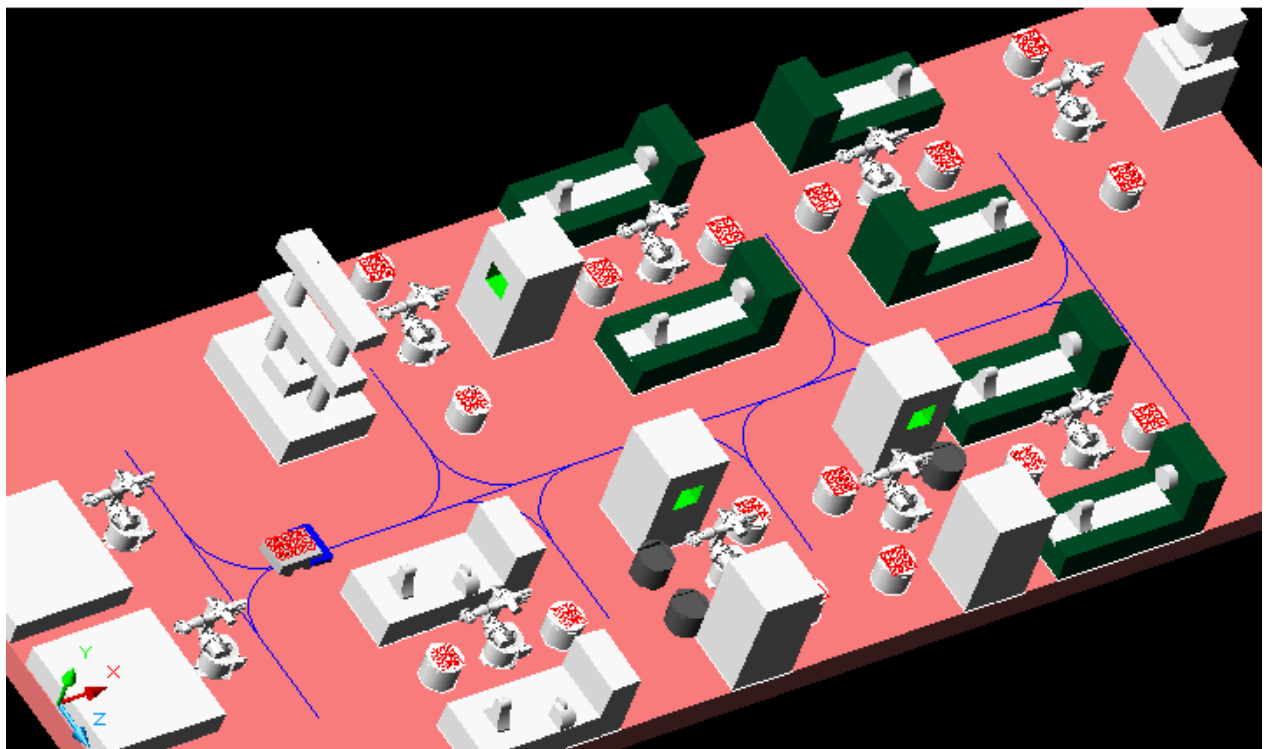
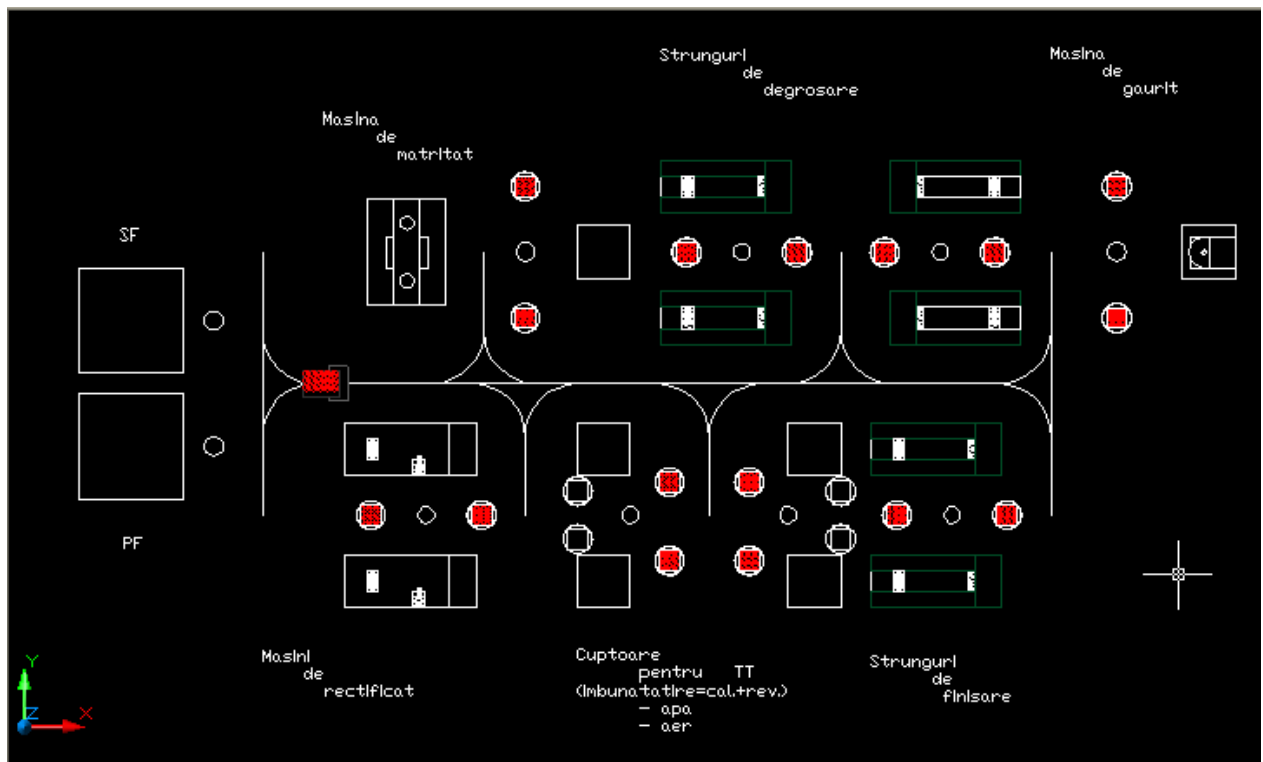
5.5 Modelarea 3D a layout-ului celulei de fabricație și a sistemului de robocare

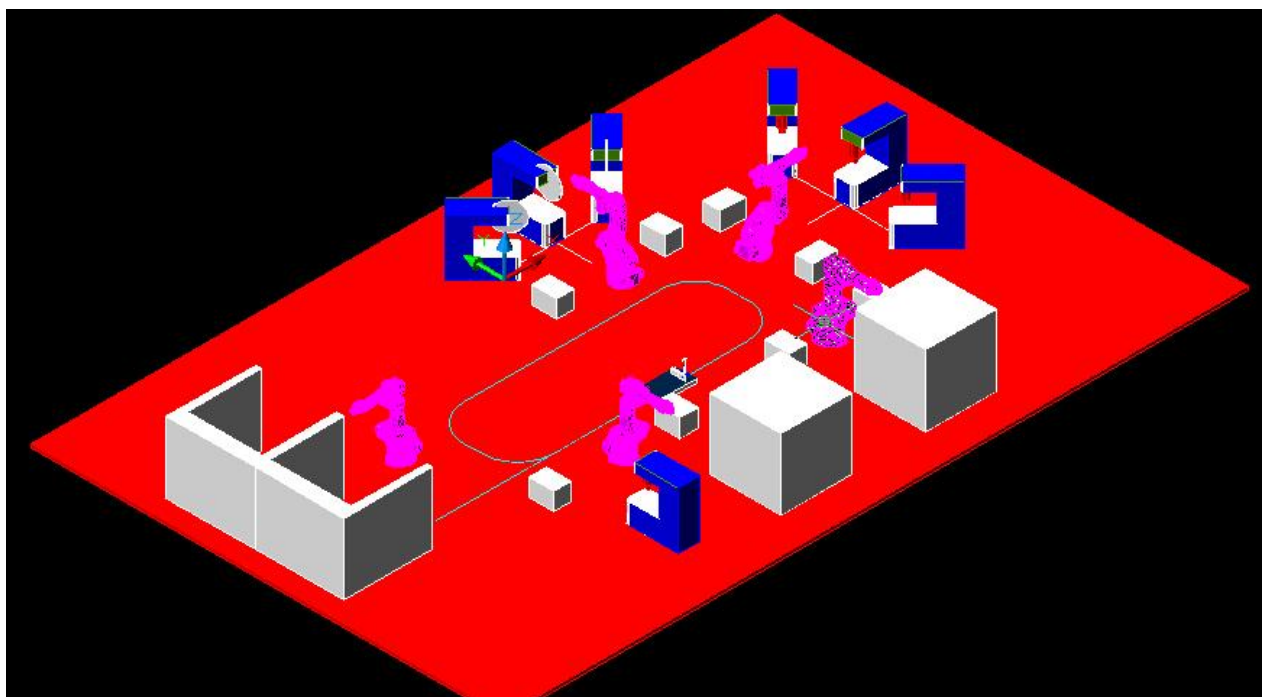
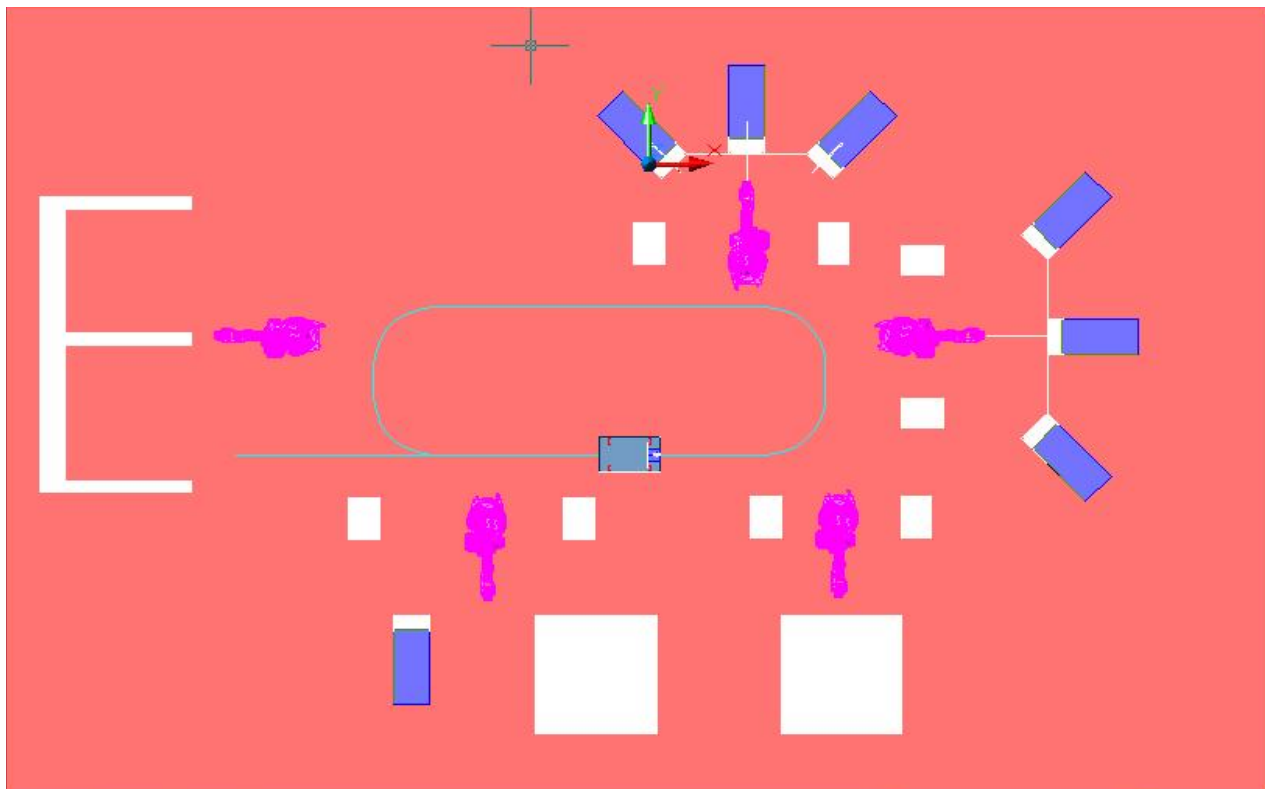
Fiecare student trebuie să modeleze 3D layout-ul celulei de fabricație și a sistemului de robocare corespunzător aplicației primite. Modelarea se face în cadrul laboratorului utilizând mediul de proiectare Pro/ENGINEER, dar se acceptă și modelări realizate în Catia, SolidWorks, AutoCad sau 3DStudio Max.

În continuare se prezintă ca și exemple, câteva layout-uri realizate de studenți în cadrul laboratorului de Roboți Mobili.









Lucrarea de laborator nr.6

Simularea funcționării sistemului de robocare

6.1 Scopul lucrării:

Lucrarea tratează aspecte privind simularea funcționării celulei de fabricație și a sistemului de robocare, metodele și softurile folosite.

6.2 Obiective:

- Conceptul de simulare
- Descrierea mediului de proiectare 3D Pro/ENGINEER
- Simularea funcționării celulei de fabricație și a sistemului de robocare

6.3 Conceptul simulare

Simularea este procesul prin care se construiește un model al unui sistem real și se realizează experimente cu acest model în scopul înțelegerii comportamentului sistemului și/sau evaluării diferitelor strategii pentru sistemul analizat.

Simularea este imitarea modului de lucru al unui proces sau sistem real și include generarea unei istorii artificiale și observarea acesteia pentru a realiza inferențe privind caracteristicile funcționale ale sistemului real reprezentat.

Următoarele ipoteze stau la baza conceptului de simulare:

- se poate construi un model matematic și logic al sistemului analizat
- sistemul analizat poate fi real sau teoretic
- de obicei se utilizează un calculator digital pentru realizarea simulării. De aceea, se presupune că sistemul poate fi descris în termeni acceptabili pentru un sistem de calcul.
- simularea este o tehnică de realizare a experimentelor
- datele despre funcționarea sistemului analizat se obțin prin executarea unui model, generându-se astfel o istorie artificială
- prin analiza istoriei artificiale se pot face inferențe referitoare la caracteristicile de funcționare ale sistemului real de-a lungul unei perioade de timp
- scopul simulării este de a găsi „ceva” despre modul de funcționare al sistemului real

6.4 Mediul de proiectare 3D Pro/ENGINEER

Simularea 3D a celulei de fabricație și a sistemului de robocare începe prin asamblarea cu ajutorul conexiunilor a părților ce intră în componența fiecărui subsistem existent în celula de fabricație și în cadrul sistemului de robocare. Pentru aceasta vom utiliza un soft CAD care permite simularea componentelor care formează celula de fabricație și sistemul de robocare, de exemplu Pro/Engineer, SolidWorks, Catia, Solidedge etc. În fig. 6.1 am prezentat modelul geometric al unui mecanism realizat și simulat în Pro/ENGINEER.

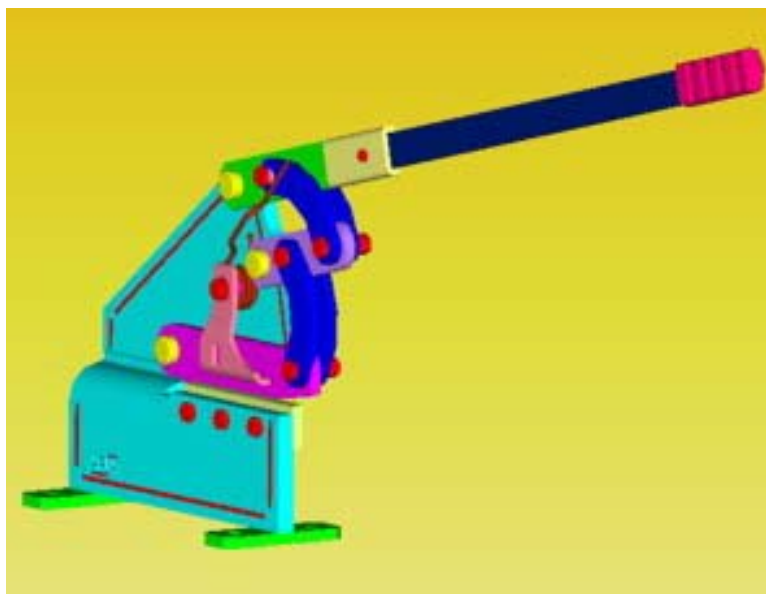


Figura 6.1 Mecanism modelat și simulat în Pro/ENGINEER

În continuare se prezintă caracteristicile mediului de proiectare 3D Pro/ENGINEER ce permit simularea diferitelor sisteme:

► *Modelarea ansamblurilor*

- Realizarea asamblării pe bază de constrângeri geometrice sau functionale de tip mecanism
- Asamblare automată cu ajutorul wizard-ului AssemblySense™
- Crearea rapidă de reprezentări simplificate
- Reprezentarea în ansambluri a suprafețelor exterioare și centrelor de masă ale componentelor, utilizând funcția unică Shrinkwrap™

► *Analysis Features*

- Efectuarea de măsurători și calcule pe modelul 3D: distanțe, lungimi, unghiuri, masă, volum

- Interoperabilitate cu Mathcad, soluția PTC pentru realizarea de calcule ingineresti. Modelare comportamentală - foi de calcul Mathcad pot fi asociate modelului 3D astfel încat valori critice, rezultate din Mathcad devin date de intrare pentru modelul 3D Pro/ENGINEER, conducând realizarea si controlul geometriei. (Mathcad este disponibil ca modul adițional)
- Fișiere Microsoft Excel pot fi de asemenea asociate modelului
- ▶ *Mechanism Design*
 - Asamblarea componentelor ansamblurilor cu constrângeri de tip mecanism (cuple de translație, rotație, sferice, ghidare, came, cuplaje danturate, etc) frecvent întâlnite la mecanisme
 - Simularea anvelopei de mișcare și analiza interferențelor sau coliziunilor componentelor

6.5 Simularea celulei de fabricație și a sistemului de robocare

Fiecare student trebuie sa simuleze modul de funcționare a celulei de fabricație și a sistemului de robocare corespunzător aplicației primite. Simularea se face în cadrul laboratorului utilizând mediul de proiectare Pro/ENGINEER, dar se acceptă și simulări realizate în Catia, SolidWorks sau 3DStudio Max.