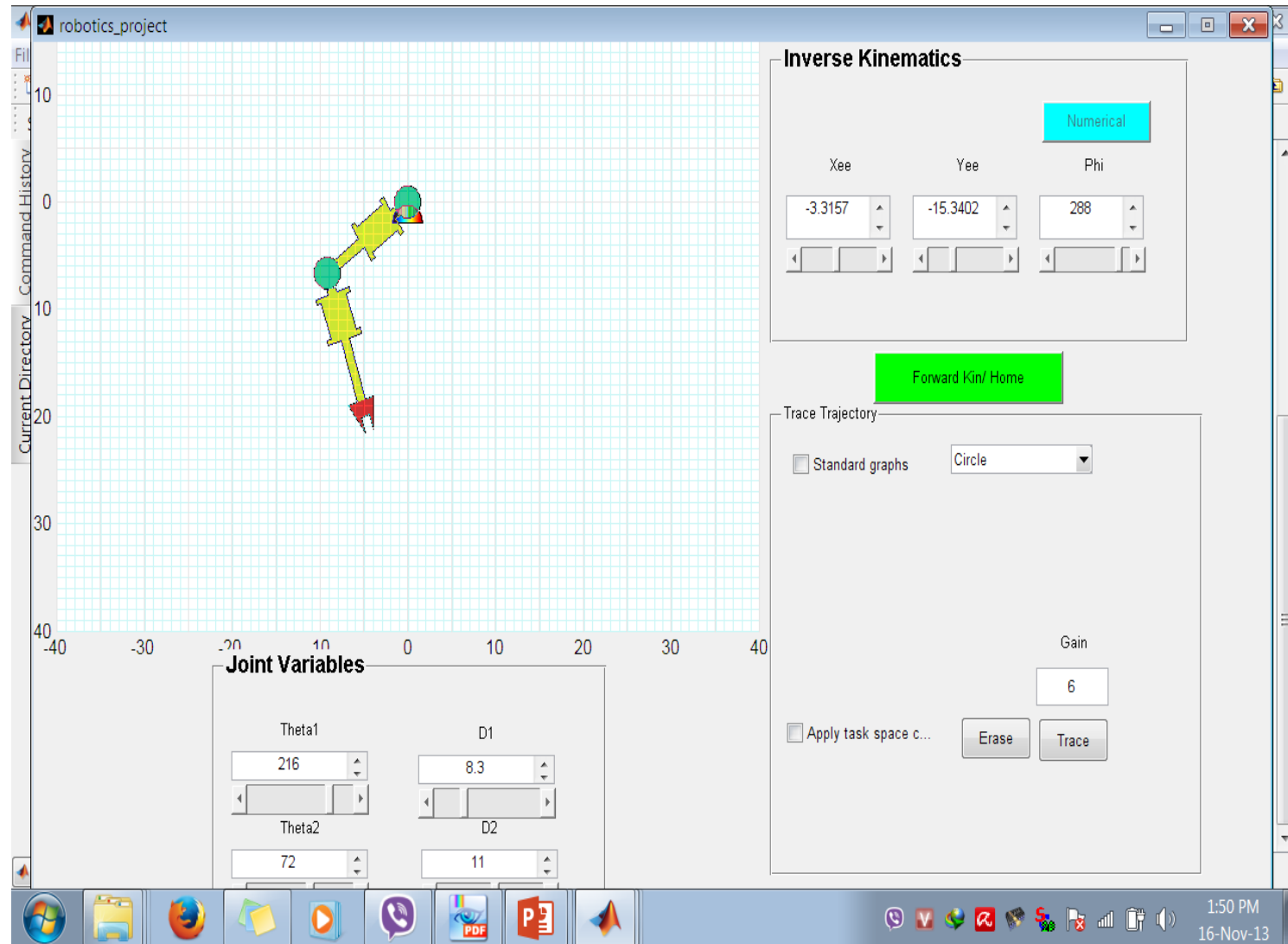


CÁC VẤN ĐỀ ĐIỀU KHIỂN ROBOT.

Th.S Nguyễn Tấn Phúc.
Tel: 01267102772.



CÁC BƯỚC THỰC HIỆN ĐIỀU KHIỂN ROBOT

1. Động học robot: thuận-nghịch robot.
2. Quỹ đạo cần điều khiển cho robot.
3. Áp dụng bài toán động học ngược , xây dựng quỹ đạo chuyển động cho các biến khớp.
4. Xây dựng luật điều khiển các khớp dịch chuyển đúng quỹ đạo đã hoạch định.

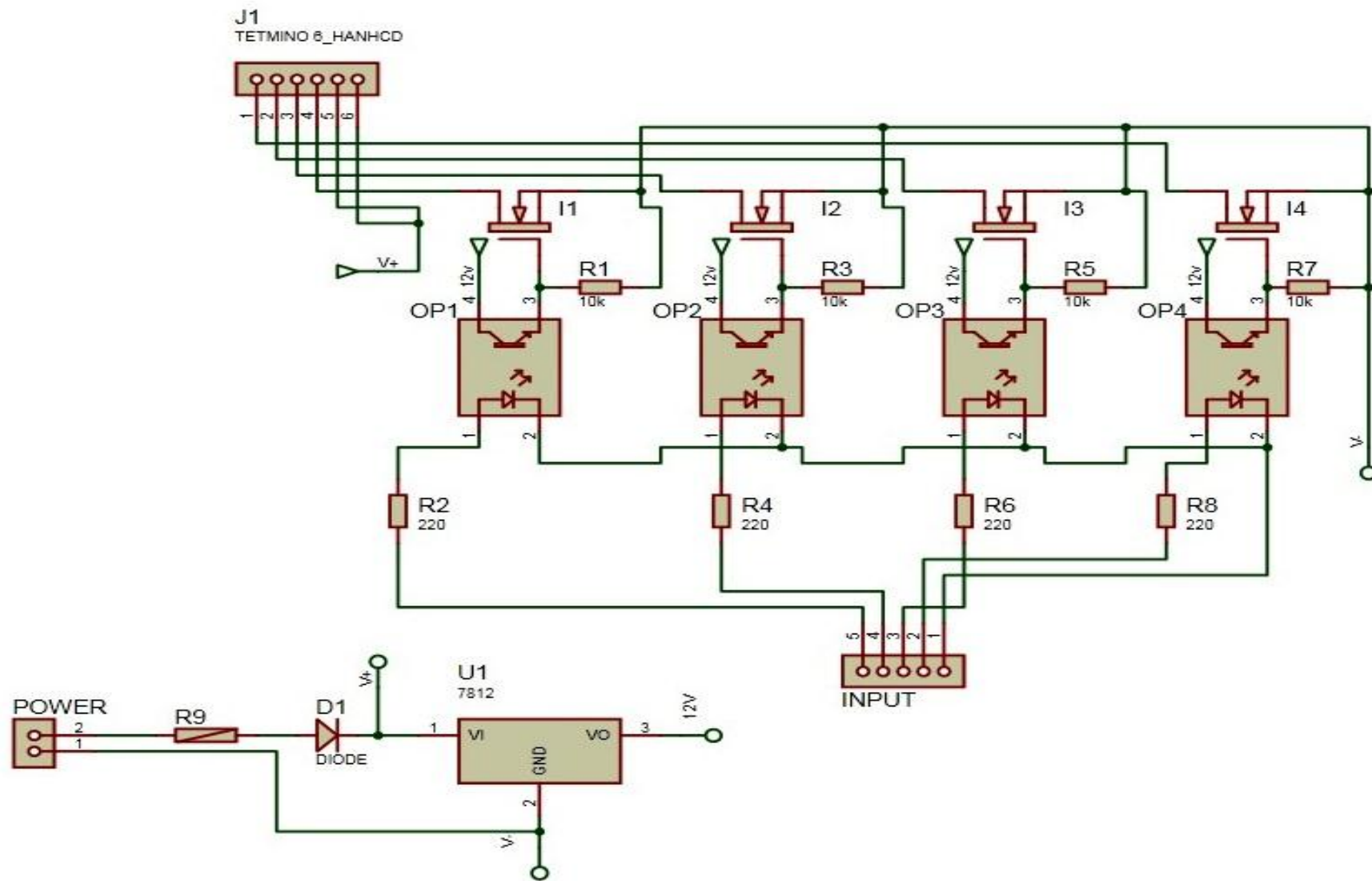
Điều khiển robot :

Dựa vào quỹ đạo hoạch định của robot , ta điều khiển chuyển động cho các biến khớp của robot đúng theo quy luật cần chuyển động để robot đạt được chuyển động mong muốn.

Việc điều khiển các biến khớp thông qua các tác động của của momen (khớp xoay),
Lực (chuyển động tịnh tiến) theo phương trình động lực học của chúng.

Các khớp được cấu tạo bởi nguồn động lực là dc motor , step motor nên quay về bài toán điều khiển các cơ cấu tác động này.

ĐIỀU KHIỂN STEP-MOTOR



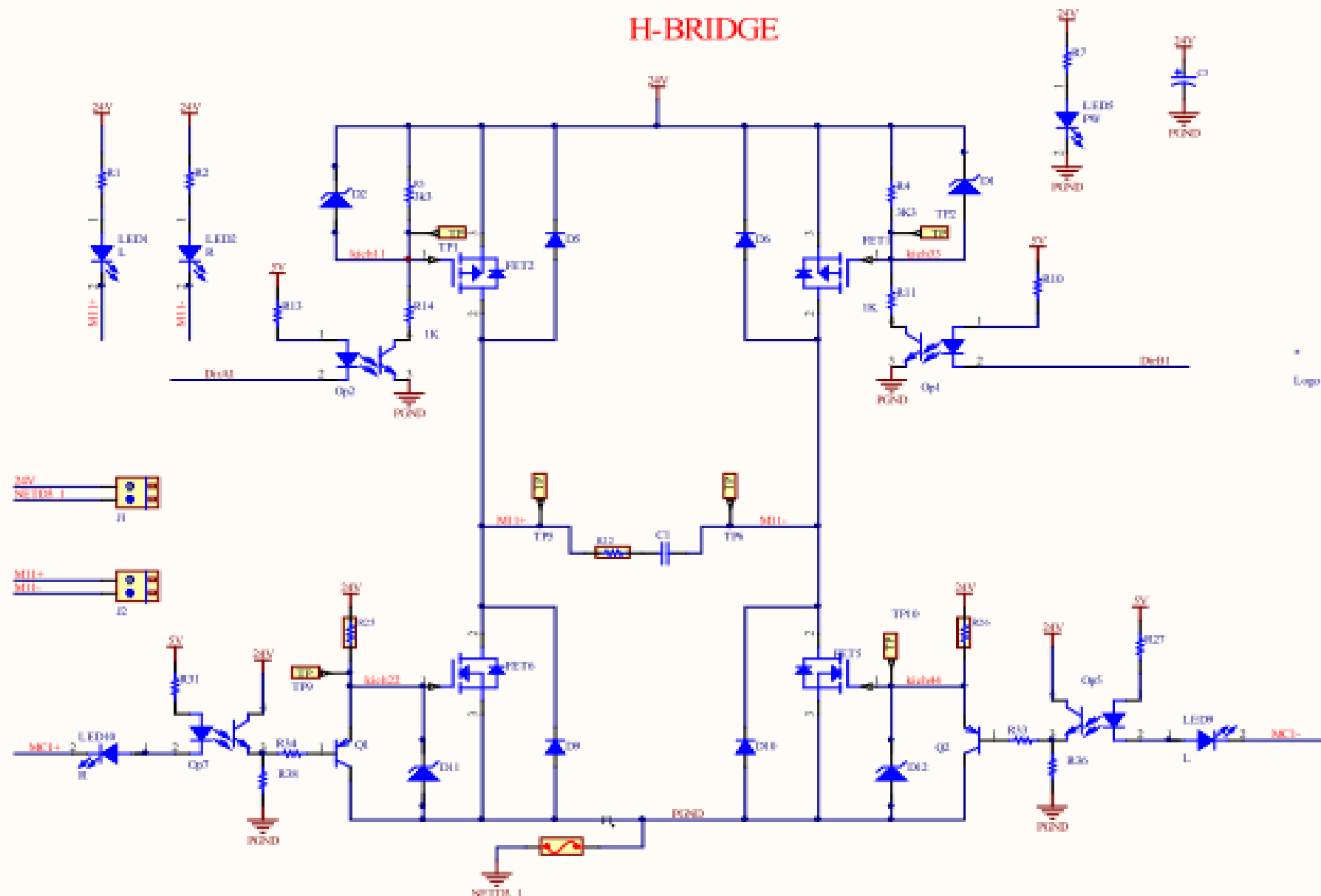
CÁC LƯU Ý KHI ĐIỀU KHIỂN ĐỘNG CƠ STEP:

Mạch công suất FET.?

Code vi điều khiển ?.

Điều khiển theo phương pháp nào? Haft step, full step.

H-BRIDGE



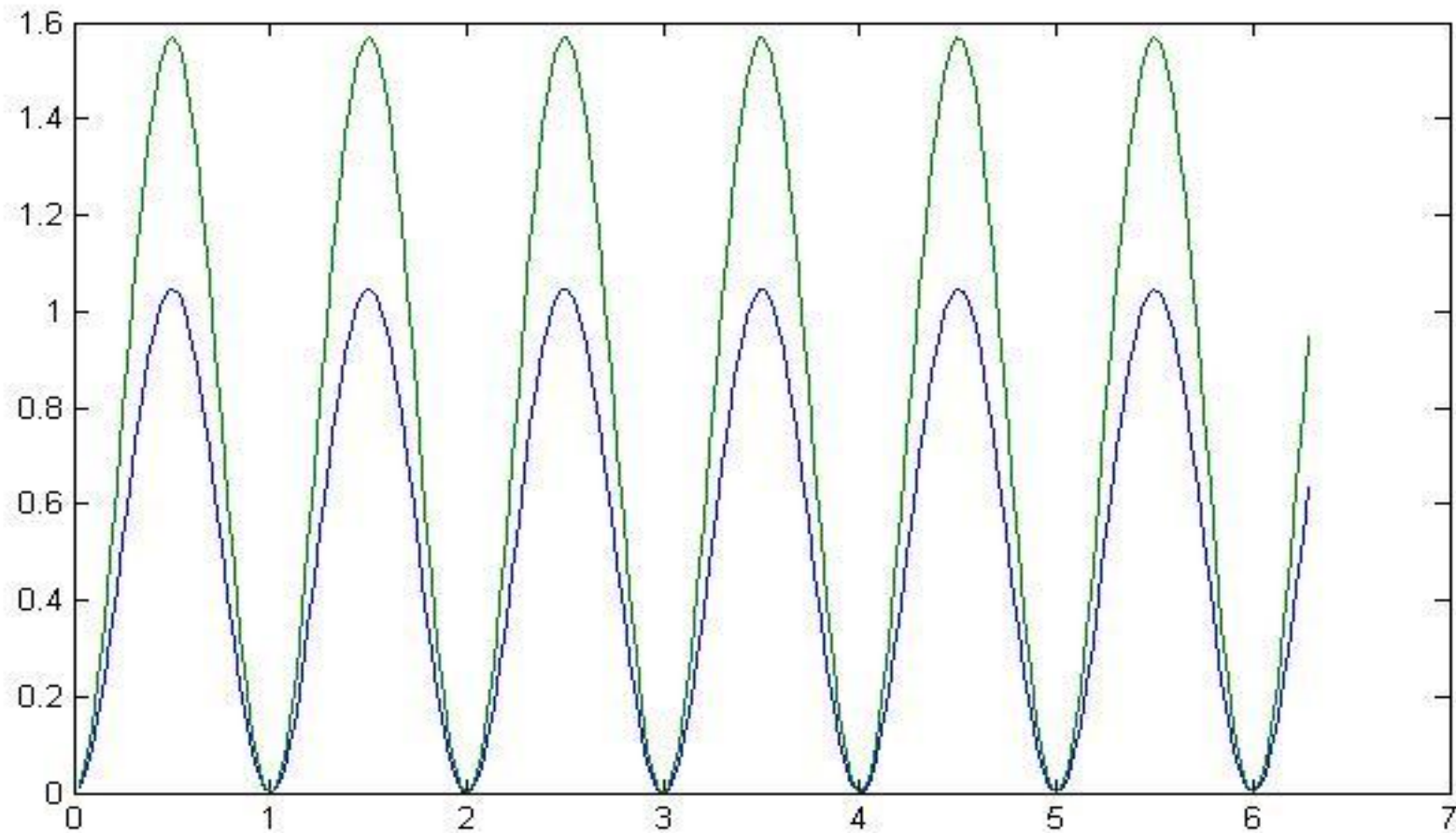
CÁC LƯU Ý KHI ĐIỀU KHIỂN DC MOTOR.

Chọn mạch công suất FET thế nào? Chú ý dòng , điện áp động cơ..?

Viết code- lưu ý thời gian delay – hư hỏng FET.

Thay đổi tốc độ động cơ như thế nào là hợp lý ???

BỘ ĐIỀU KHIỂN PID : BÙ TRỪ SAI LỆCH



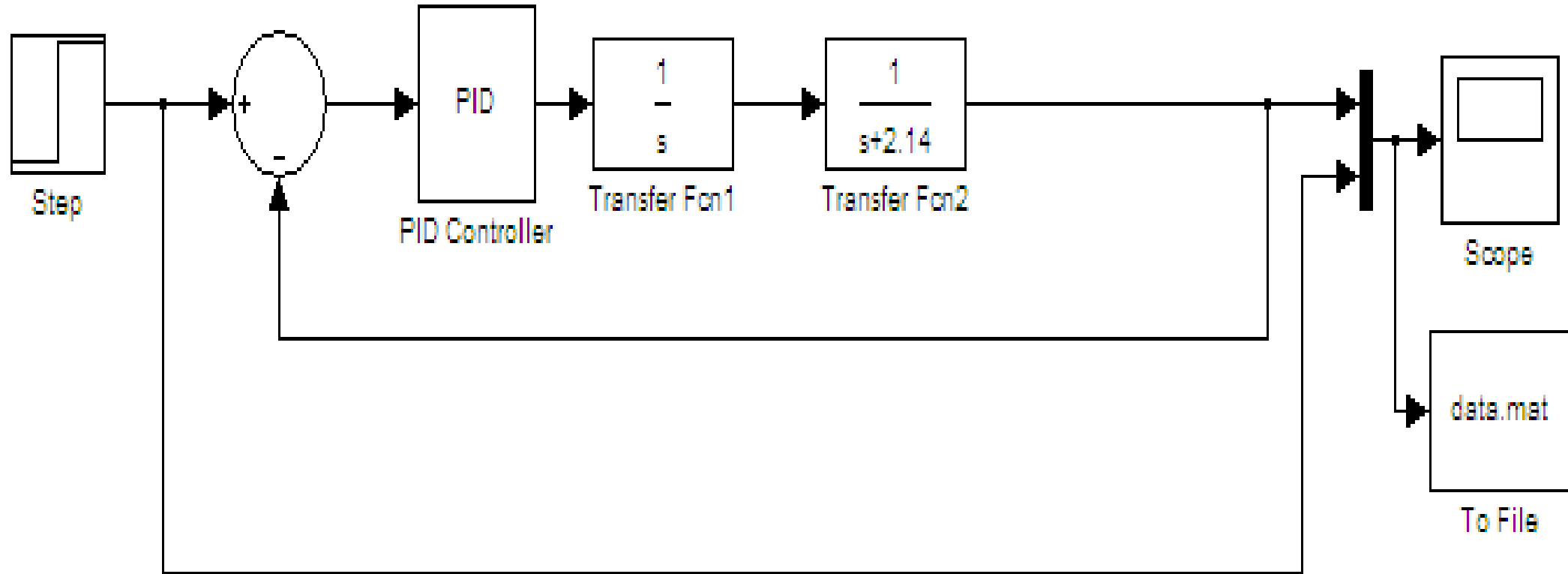
MÔ PHỎNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PID BẰNG SIMULINK

Hàm truyền động cơ DC: hàm bậc 2 ..

Hàm truyền bộ điều khiển PID : hàm bậc 2 .

Chỉ tiêu điều khiển qua bộ PID-controller: sai số xác lập, đáp ứng quá độ, thời gian đáp ứng

SIMULINK MATHLAB



MỘT VÍ DỤ ĐIỂN HÌNH ĐIỀU KHIỂN ROBOT

Cho robot 2 khâu , 2 khớp đồng trục như hình vẽ

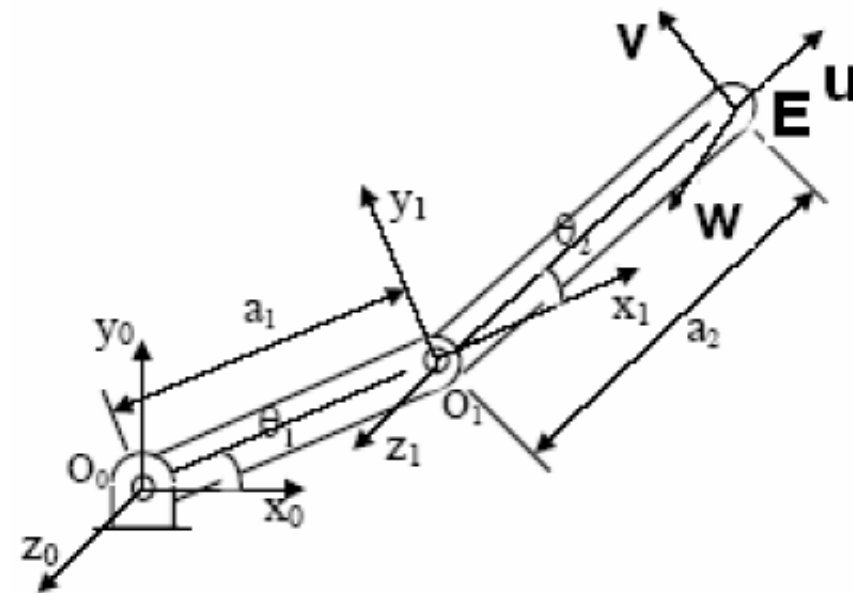
Thiết kế luật điều khiển để điểm E bám theo quỹ đạo vòng tròn có phương trình

$$x(t) = 0.25 + 0.1 \cdot \cos(0.05t)$$

$$y(t) = 0.25 + 0.1 \cdot \sin(0.05t)$$

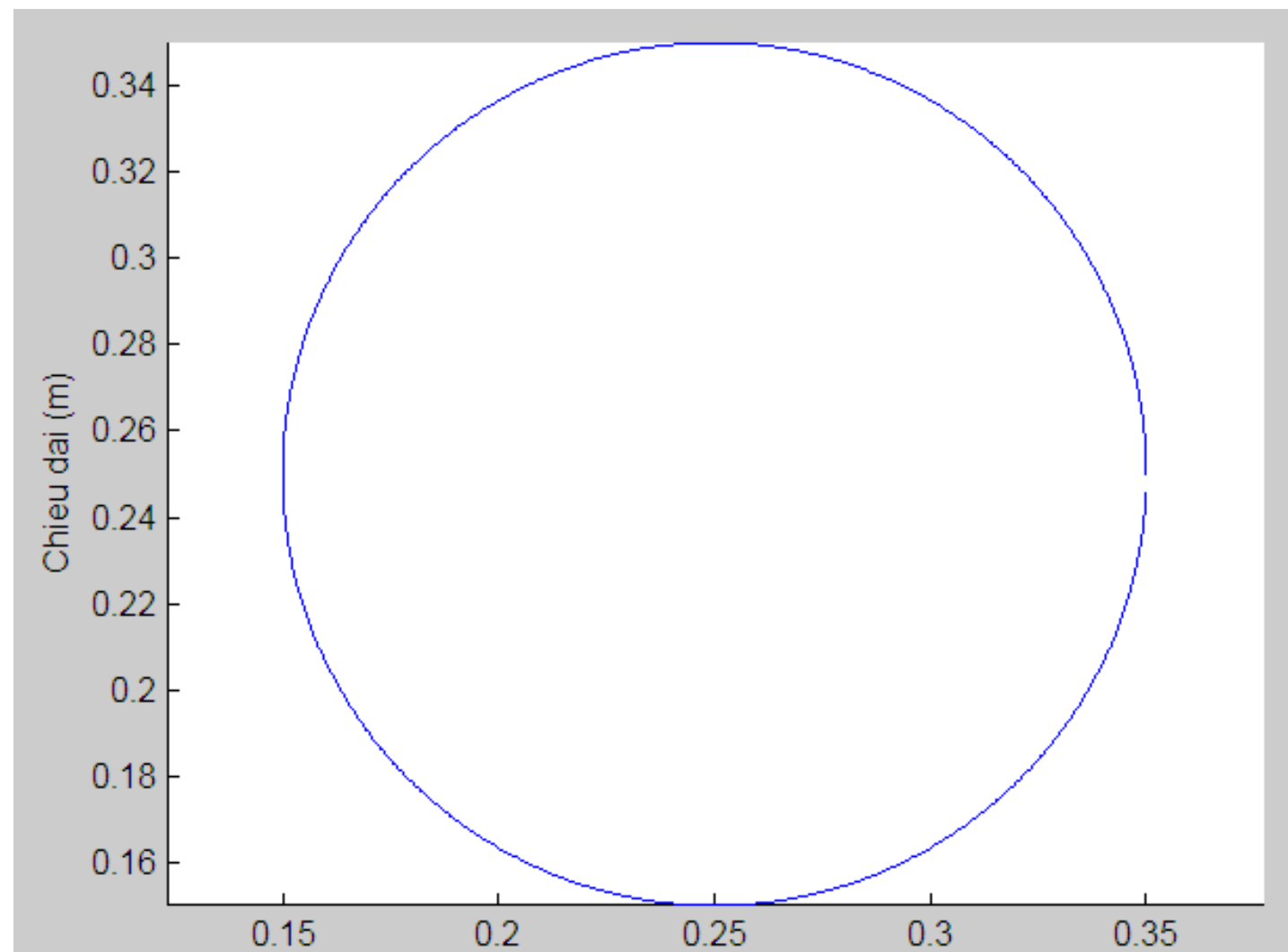
($t=0 \rightarrow 150$ giây)

Biết $a_1 = 0.25$ m, $a_2 = 0.25$ m



Xây dựng quỹ đạo hình tròn cho robot

```
close all;
clear all;
% in ra cau 'Please wait' de nhan biet chuong trinh bat dau chay
disp('Please wait');
% thoi gian chu ky (sampling time)
dt=0.1;
% so vong lap tuong ung voi 125 giay
n=1250;
% KHOI TAO BIEN BAN DAU
% thoi gian bat dau
t(1)=0;
% toa do diem R ban dau
xr(1)=0.35; yr(1)=0.25;
%== Vong lap chuong trinh chinh =====
for i=2:n
%thoi gian t (giay)
    t(i)=(i-1)*dt;
% Vi tri diem R tham chieu tren qui dao tai thoi diem i
xr(i) = 0.25 + 0.1*cos(0.05*t(i));
yr(i) = 0.25 + 0.1*sin(0.05*t(i));
end;
%===het vong lap=====
save duongtron n xr yr;
hold on;
% hien thi qui dao: duong xanh duong: qui dao tham chieu (diem R) - duong xanh la cay:
qui dao diem E
plot(xr,yr);    xlabel('Chieu dai (m)');    ylabel('Chieu dai (m)');
axis equal;
% in ra cau 'Done' de nhan biet chuong trinh ket thuc
disp('Done');
```



BÀI TOÁN ĐỘNG HỌC CHO ROBOT

Khâu	a	α	d	θ
1	a_1	0	0	θ_1
2	a_2	0	0	θ_2

$${}^0T_1 = \begin{bmatrix} C_1 & -S_1 & 0 & a_1C_1 \\ S_1 & C_1 & 0 & a_1S_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^1T_2 = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & a_2C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & a_2S_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$${}^0T_2 = {}^0T_1 {}^1T_2 = \begin{bmatrix} C_{12} & -S_{12} & 0 & a_2C_{12} + a_1C_1 \\ S_{12} & C_{12} & 0 & a_2S_{12} + a_1S_1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Phương trình động học thuận (vị trí)

$${}^0P = \begin{bmatrix} x_E \\ y_E \\ z_E \\ 1 \end{bmatrix} = {}^0T_2 \cdot {}^2P = \begin{bmatrix} C_{12} & -S_{12} & 0 & a_1C_1 + a_2C_{12} \\ S_{12} & C_{12} & 0 & a_1S_1 + a_2S_{12} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1C_1 + a_2C_{12} \\ a_1S_1 + a_2S_{12} \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Động học ngược vị trí

$${}^0T_1^{-1} {}^0T_2 = \begin{bmatrix} C_{\theta_2} & -S_{\theta_2} & 0 & x_E C_{\theta_1} + y_E S_{\theta_1} - a_1 \\ S_{\theta_2} & C_{\theta_2} & 0 & -x_E S_{\theta_1} + y_E C_{\theta_1} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_2 & -S_2 & 0 & a_2C_2 \\ S_2 & C_2 & 0 & a_2S_2 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Đồng nhất hóa 2 vế

$$\cos \theta_2 = \frac{x_E^2 + y_E^2 - a_1^2 - a_2^2}{2.a_1.a_2}$$

$$\sin \theta_2 = \sqrt{1 - \cos^2 \theta_2}$$

$$\theta_2 = A \tan 2(\sin \theta_2, \cos \theta_2)$$

$$\sin \theta_1 = \frac{(a_1 + a_2 \cos \theta_2)y_E - a_2 \sin \theta_2 x_E}{x_E^2 + y_E^2}$$

$$\cos \theta_1 = \frac{(a_1 + a_2 \cos \theta_2)x_E + a_2 \sin \theta_2 y_E}{x_E^2 + y_E^2}$$

$$\theta_1 = A \tan 2(\sin \theta_1, \cos \theta_1)$$

Vận tốc dài điểm E

$$v_E = \begin{bmatrix} \dot{x}_E \\ \dot{y}_E \end{bmatrix} = J.\dot{\theta} = \begin{bmatrix} -a_1.S_1.\dot{\theta}_1 - (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2).a_2.S_{12} \\ a_1.C_1.\dot{\theta}_1 + (\dot{\theta}_1 + \dot{\theta}_2).a_2.C_{12} \end{bmatrix}$$

Ma trận Jacobian

$$J = \begin{bmatrix} -a_1 S_1 - a_2 S_{12} & -a_2 S_{12} \\ a_1 C_1 + a_2 C_{12} & a_2 C_{12} \end{bmatrix} \quad J^{-1} = \frac{1}{a_1 a_2 S_2} \begin{bmatrix} a_2 C_{12} & a_2 S_{12} \\ -a_1 C_1 - a_2 C_{12} & -a_1 S_1 - a_2 S_{12} \end{bmatrix}$$

Vận tốc góc tại khớp (bài toán nghịch vận tốc)

$$\begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \end{bmatrix} = \frac{1}{a_1 a_2 S_2} \begin{bmatrix} a_2 C_{12} & a_2 S_{12} \\ -a_1 C_1 - a_2 C_{12} & -a_1 S_1 - a_2 S_{12} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{Ex} \\ v_{Ey} \end{bmatrix}$$

% Chương trình mô phỏng robot bám theo quỹ đạo là đường tròn không có phản hồi sai số và 2 điểm R và E ban đầu trùng nhau

close all;

clear all;

% in ra câu 'Please wait' để nhận biết chương trình bắt đầu chạy

disp('Please wait');

% thời gian chu kỳ (sampling time)

dt=0.1;

% số vòng lặp tương ứng với 125 giây

n=1250;

% KHỞI TẠO BIẾN BAN ĐẦU

% thời gian bắt đầu

t(1)=0;

% chiều dài khâu

L1=0.25; L2=0.25;

% hằng số dương k

k1=1; k2=1;

% tọa độ điểm R ban đầu

xr(1)=0.35; yr(1)=0.25;

% tọa độ điểm E ban đầu trùng với điểm R

xe(1)=0.35; ye(1)=0.25;

% vận tốc điểm R ban đầu

vrx(1)=0; vry(1)=0;

% gia tri ban dau cua bien khop

$C2 = (xe(1)^2 + ye(1)^2 - L1^2 - L2^2) / (2 * L1 * L2);$

$S2 = \sqrt{1 - C2^2};$

% goc theta 2 - cong thuc (1.2)

$T2(1) = \text{atan2}(S2, C2);$

$C1 = ((L1 + L2 * \cos(T2(1))) * xe(1) + L2 * \sin(T2(1)) * ye(1)) / (xe(1)^2 + ye(1)^2);$

$S1 = ((L1 + L2 * \cos(T2(1))) * ye(1) - L2 * \sin(T2(1)) * xe(1)) / (xe(1)^2 + ye(1)^2);$

% goc theta 1 - cong thuc (1.3)

$T1(1) = \text{atan2}(S1, C1);$

% gia tri van toc ban dau cua khop

$dT1(1) = 0; \quad dT2(1) = 0;$

% ve tay may o vi tri ban dau

$\text{line}([0, L1 * \cos(T1(1)), xe(1)], [0, L2 * \sin(T1(1)), ye(1)]);$

%== Vong lap chuong trinh chinh

for i=2:n

%thoi gian t (giay)

t(i)=(i-1)*dt;

% Vi tri diem R tham chieu tren qui dao tai thoi diem i

xr(i) = 0.25 + 0.1*cos(0.05*t(i));

yr(i) = 0.25 + 0.1*sin(0.05*t(i));

%van toc diem R tai thoi diem i

vr(i)=(xr(i)-xr(i-1))/dt;

vry(i)=(yr(i)-yr(i-1))/dt;

%van toc diem E tai thoi diem i do R trung E

vex(i)=vr(i);

vey(i)=vry(i);

% Van toc goc cac khop tai thoi diem i - cong thuc (1.5)

dT1(i)=(cos(T1(i-1)+T2(i-1))*vex(i)+sin(T1(i-1)+T2(i-1))*vey(i))/(L1*sin(T2(i-1)));

dT2(i)=-((L1*cos(T1(i-1))+L2*cos(T1(i-1)+T2(i-1)))*vex(i)+(L1*sin(T1(i-1))+L2*sin(T1(i-1)+T2(i-1)))*vey(i))/(L1*L2*sin(T2(i-1)));

% Gia tri bien khop tai thoi diem i

T1(i)=T1(i-1)+dT1(i)*dt;

T2(i)=T2(i-1)+dT2(i)*dt;

% Vi tri diem E tai thoi diem i duoc dung hình bang hình học

xe(i)=L1*cos(T1(i))+L2*cos(T1(i)+T2(i));

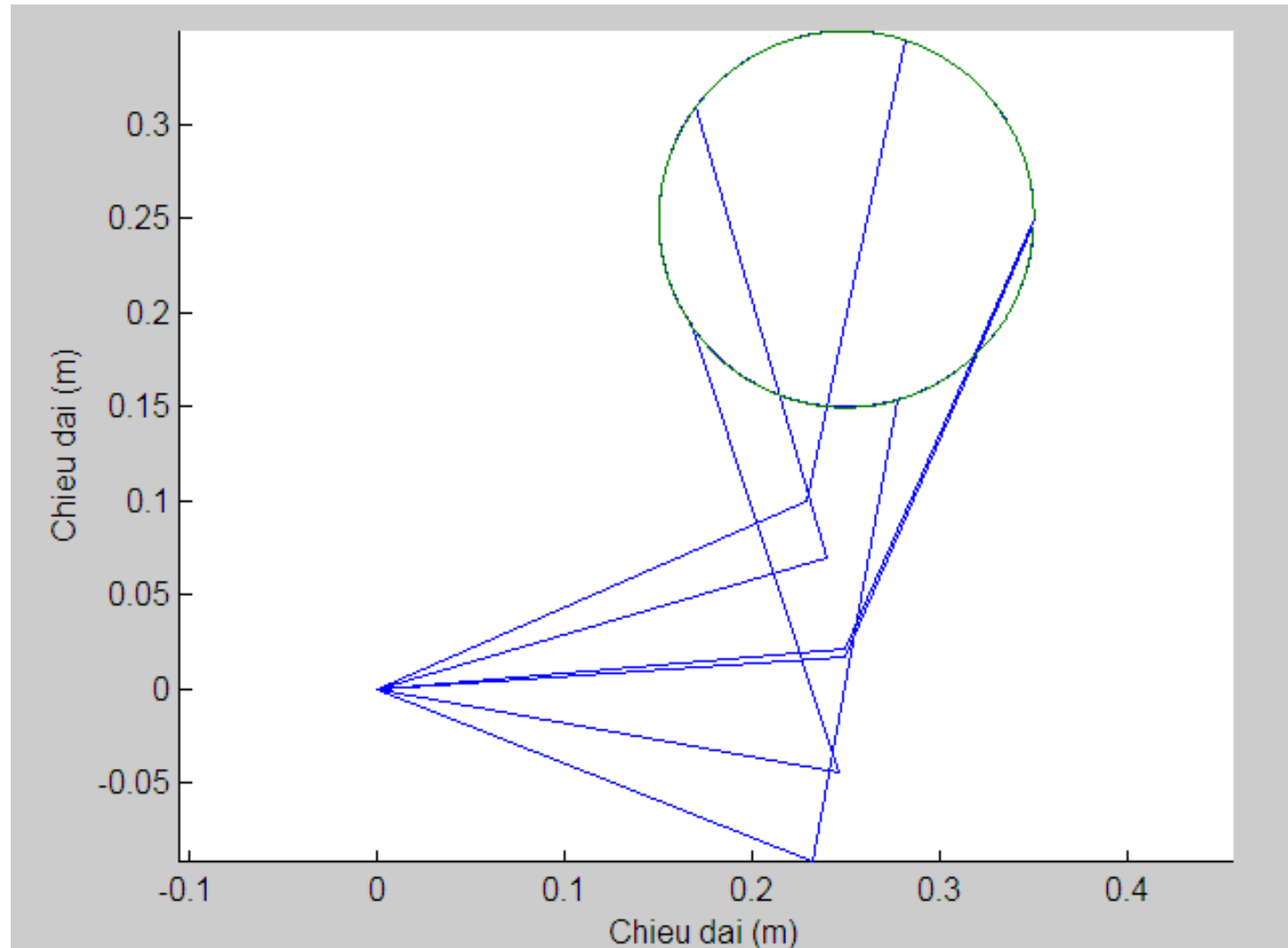
ye(i)=L1*sin(T1(i))+L2*sin(T1(i)+T2(i));

```

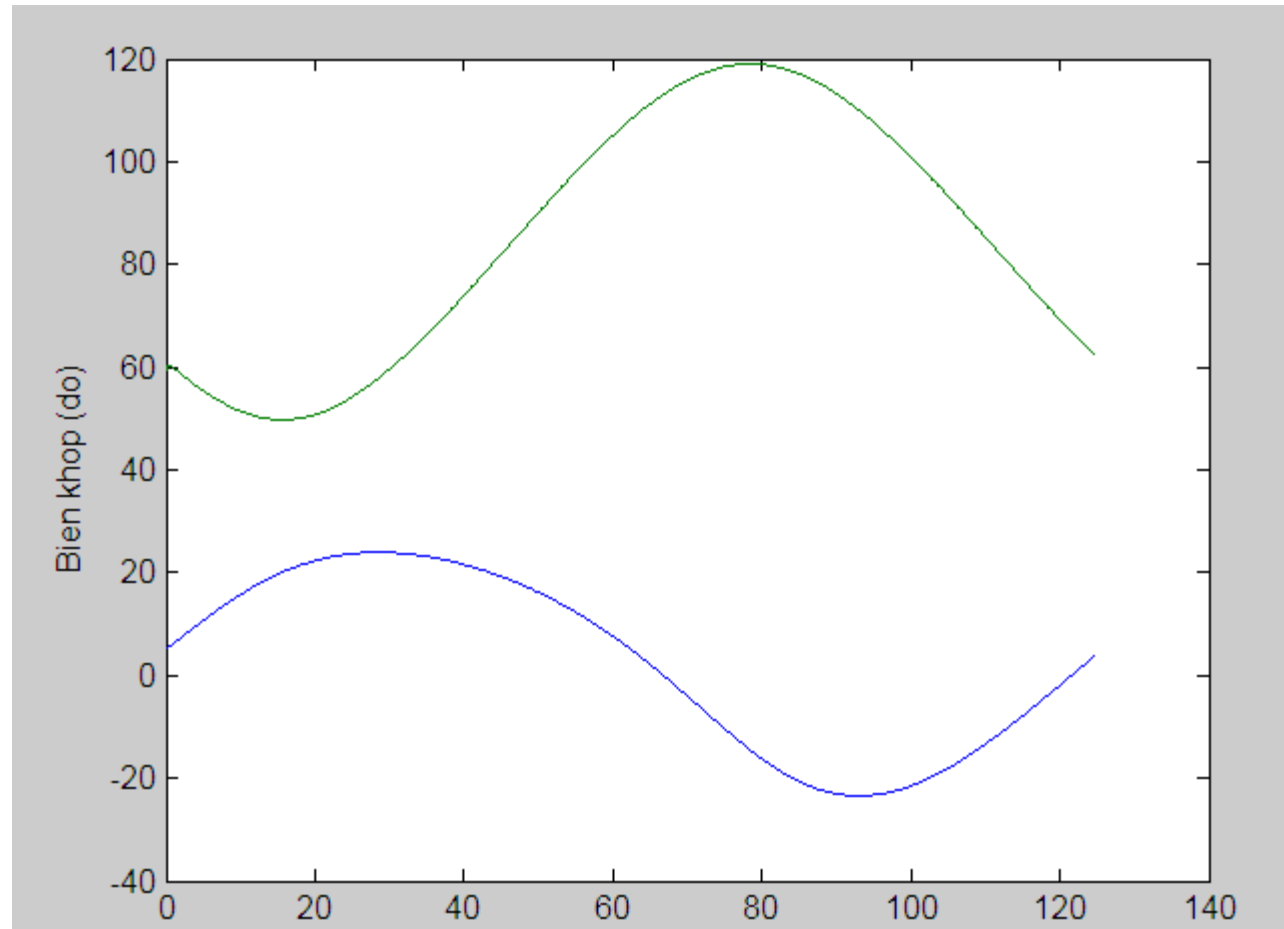
% ve cac khau 25 giay 1 lan
    if mod(i,250) == 0
        line([0,L1*cos(T1(i)),xe(i)], [0,L2*sin(T1(i)),ye(i)]);
    end;
end;
%====het vong lap=====
hold on;
% hien thi qui dao: duong xanh duong: qui dao tham chieu (diem R) - duong xanh la cay: qui dao diem E
plot(xr,yr,xe,ye);          xlabel('Chieu dai (m)');   ylabel('Chieu dai (m)');
axis equal;
% hien thi goc khop
%figure;plot(t,T1*180/pi,t,T2*180/pi);   xlabel('Thoi gian (giay)');   ylabel('Goc khop (do)');
% hien thi van toc khop
%figure;plot(t,dT1*30/pi,t,dT2*30/pi);   xlabel('Thoi gian (giay)'); ylabel('Van toc goc cua khop (v/ph)');
% in ra cau 'Done' de nhan biet chuong trinh ket thuc
disp('Done');

```

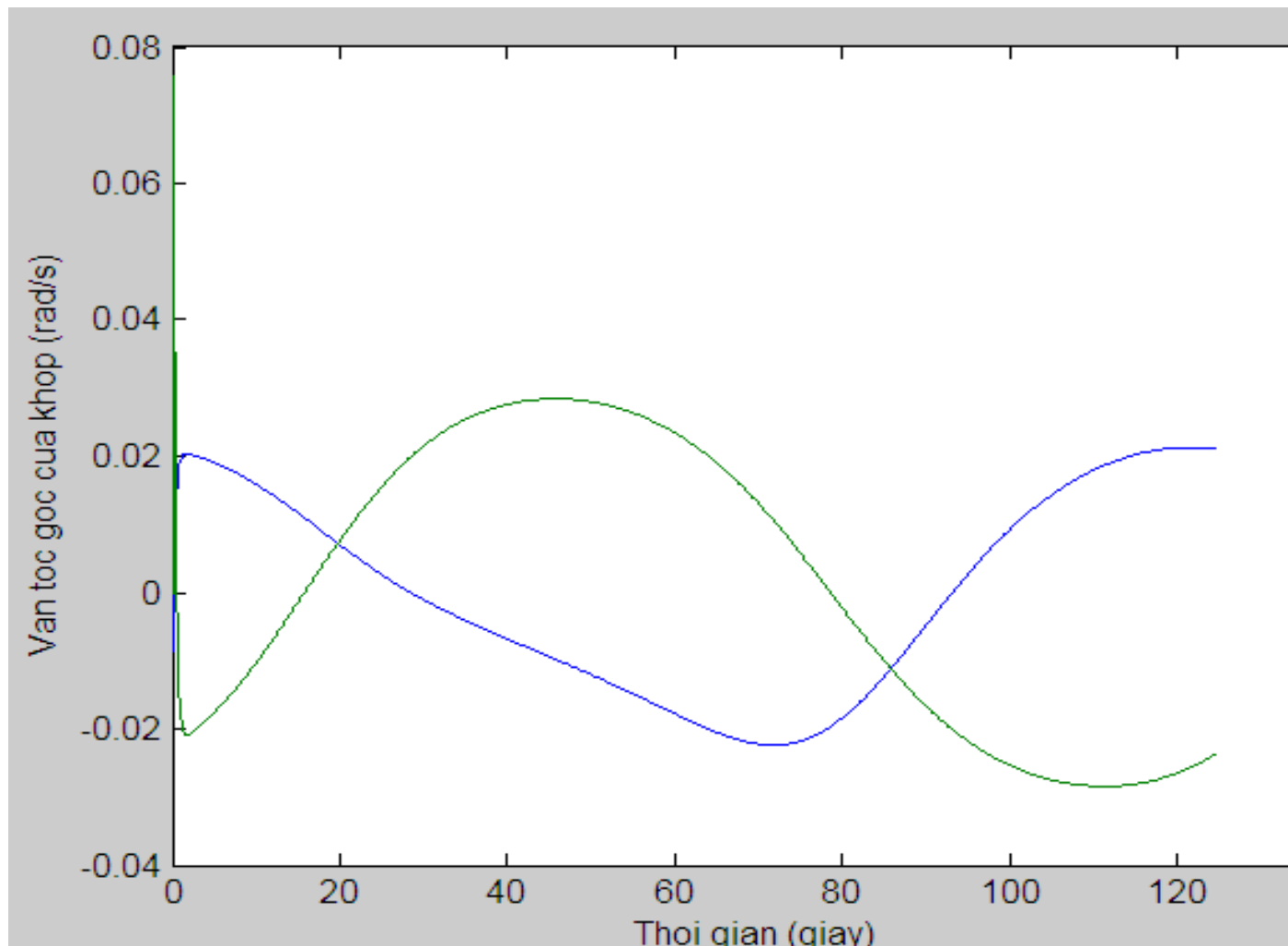
LẬP TRÌNH QUỶ ĐẠO CHO ROBOT



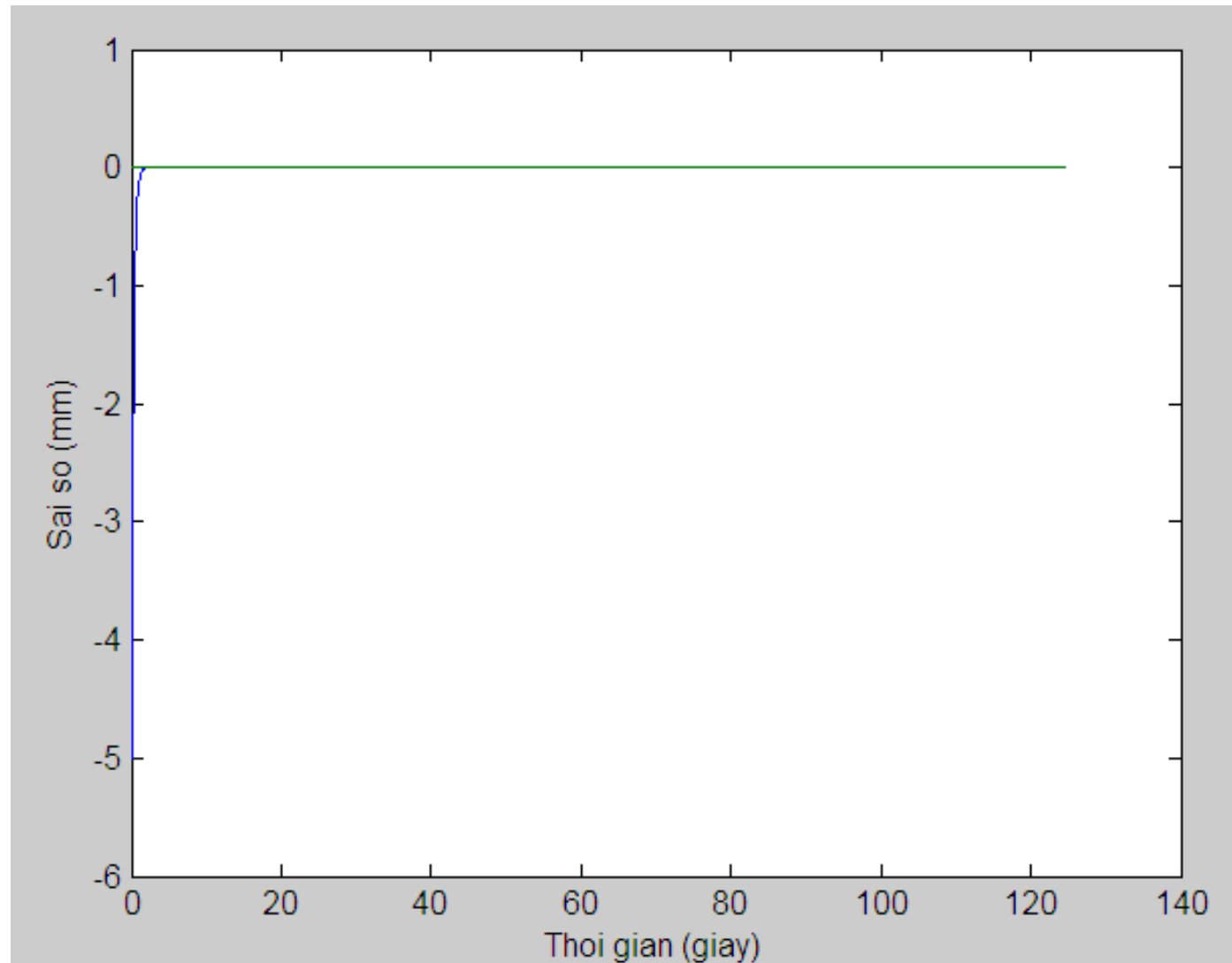
GIÁ TRỊ VỊ TRÍ GÓC KHỚP

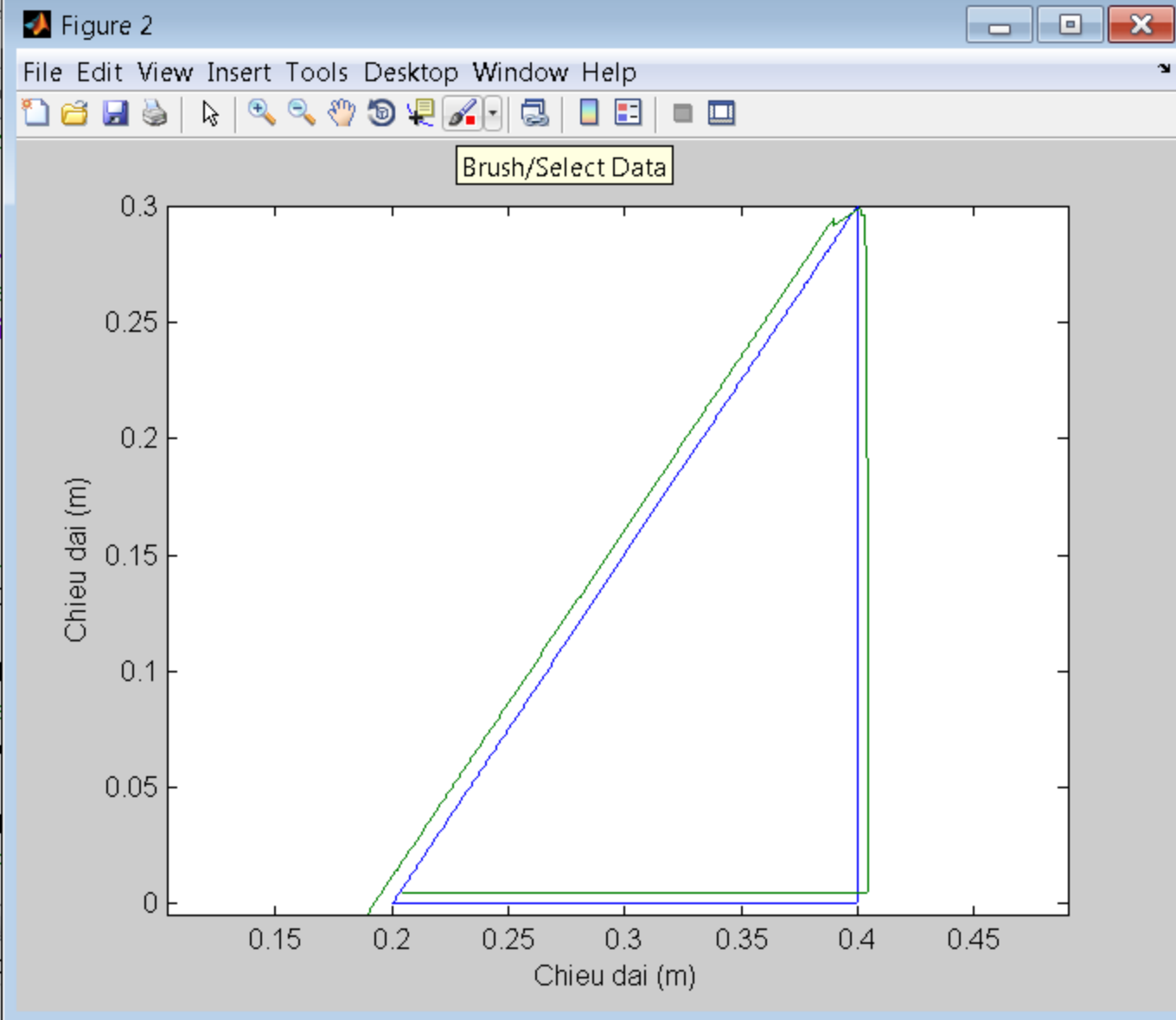


GIÁ TRỊ VẬN TỐC CÁC GÓC KHỚP



SAI SỐ VỊ
TRÍ SƠ
VỚI QUỠ
ĐẠO

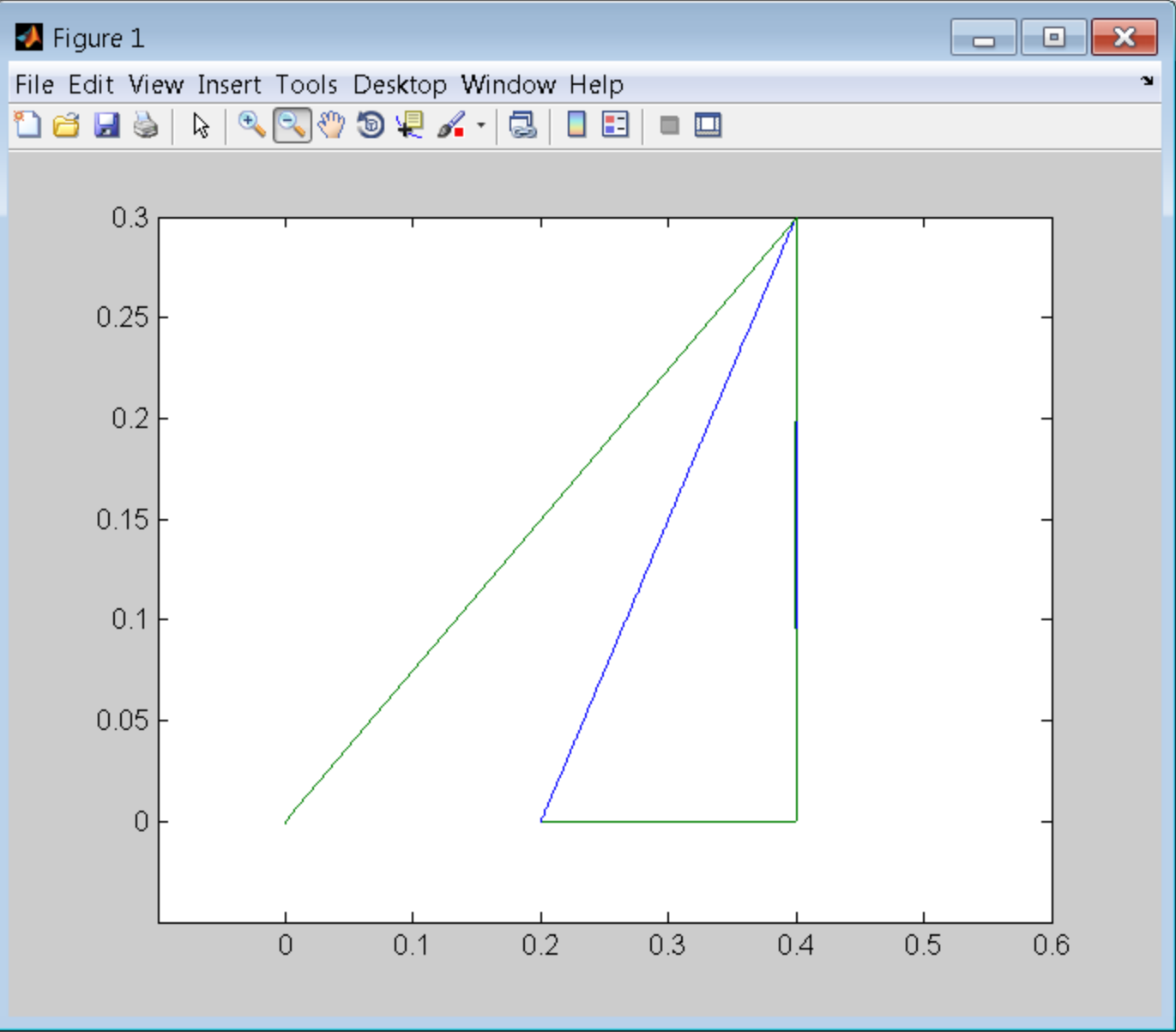




cuts How to Add What's New

```
end;
%====het vong lap=====
save tamgiac n xr yr;%
hold on;
% hien thi qui dao: duon
plot(xr,yr);
axis equal;
% in ra cau 'Done' de nh
disp('Done');
Please wait
Done
>> load tao-file-tam-gia
??? Error using ==> load
Unable to read file tao-

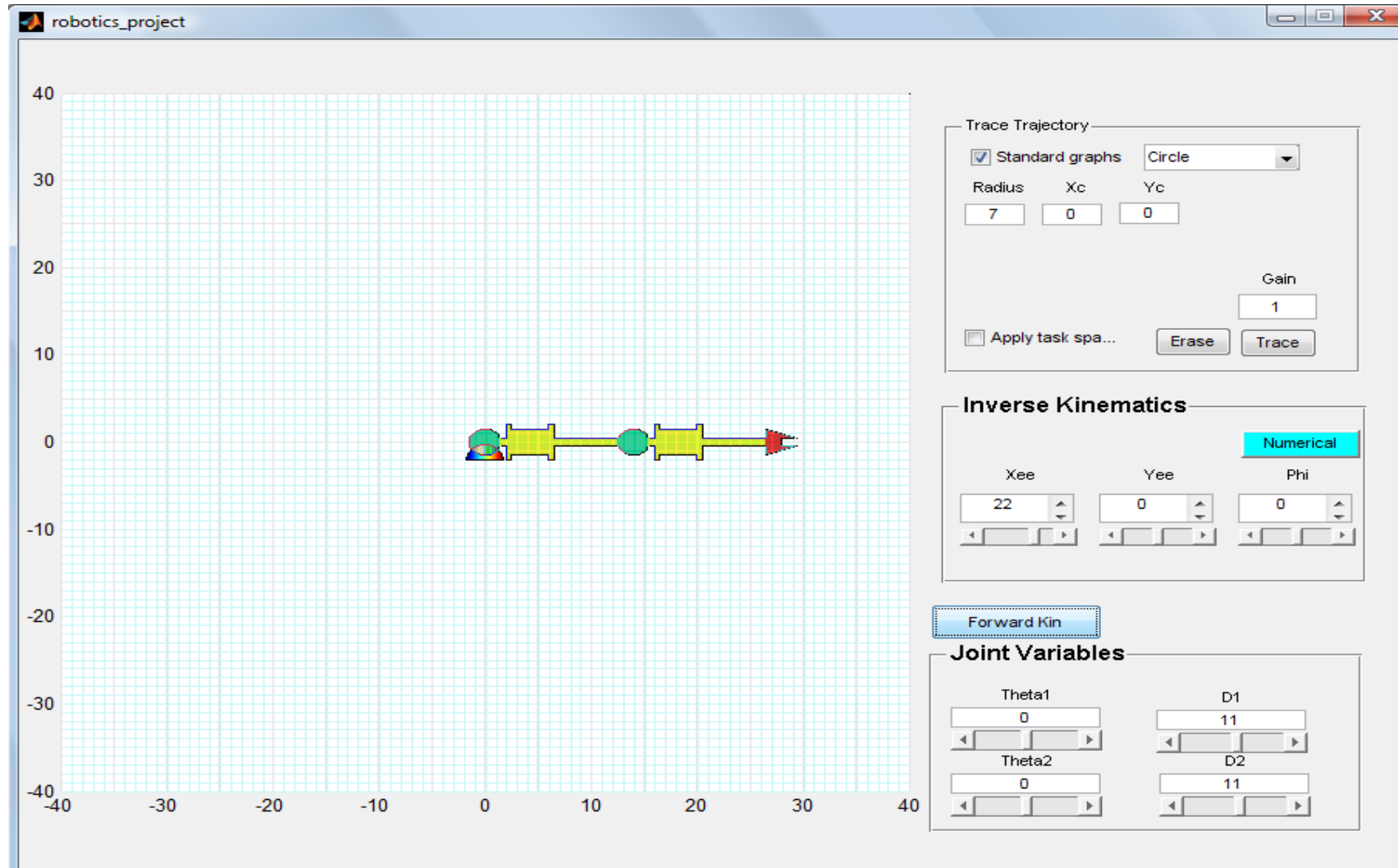
Please wait
Done
Please wait
Done
Please wait
Done
>> plot(xr,yr)
>> plot(xe,ye)
>> plot(xr,yr,xr,ye)
>>
```



ao diem E

MỘT VÍ DỤ VỀ ĐIỀU KHIỂN ROBOT

Điều khiển robot 4 khâu RPRP di chuyển bám theo một đường tròn cho trước.



- RPRP serial chain manipulator
 - Forward kinematics
 - Inverse kinematics
 - Trajectory tracking
 - Circle
 - Ellipse
 - Task space control

Use of homogeneous transformation to draw link polygons

- `matlab_th1= theta1_g*pi/180;`
- `matlab_th2 = matlab_th1+theta2_g*pi/180;`
- `x1_t=x1_g*cos(matlab_th1); % So that prismatic joint 1 is always on top of revolute joint 1(circle)`
- `y1_t=y1_g+ r_g*sin(matlab_th1);`
- `Tm1 = [cos(matlab_th1) -sin(matlab_th1) 0 x1_t % Transform to frame '1'`
- `sin(matlab_th1) cos(matlab_th1) 0 y1_t`
`0 0 1 0`
`0 0 0 1];`

LẬP TRÌNH ĐK TRONG MATLAB

The desired coordinates

$$x_d = (x_c + R \cos(\omega t));$$

$$y_d = (y_c + R \sin(\omega t));$$

$$\dot{X} = \begin{bmatrix} -R\omega \sin(\omega t) \\ R\omega \cos(\omega t) \end{bmatrix}$$

We can relate joint variables to task variables through the Jacobian Matrix

$$\text{Jacobian} = J$$

$$\dot{q} = \text{jacobian}^{-1} \times \dot{X}$$

$$\text{ErrorX} = [(x_d - x); (y_d - y)];$$

$$K = \begin{bmatrix} g & 0 \\ 0 & g \end{bmatrix}, g \text{ is proportional gain}$$

$$\dot{q}_{\text{actual}} = \dot{q}_{\text{desired}} + [K](q_{\text{desired}} - q_{\text{actual}})$$

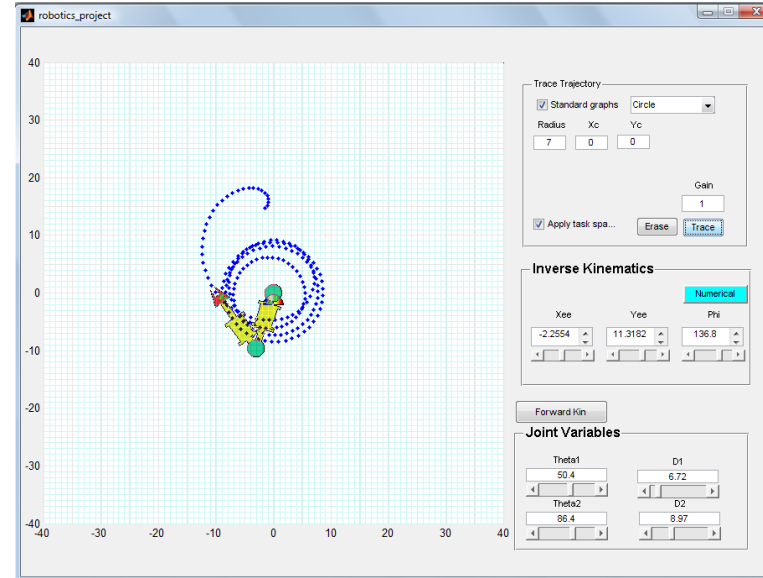
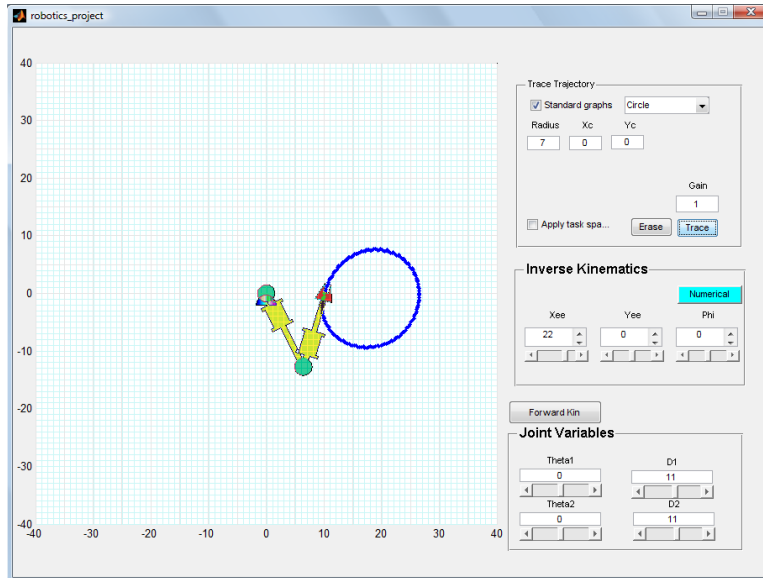
$$\text{error}_{\text{correction}} = (J^T J)^{-1} J^T \times K \times \text{ErrorX};, \text{Jacobian}^{-1} \text{ is taken as } (J^T J)^{-1} J^T$$

$$\dot{q} = (J^T J)^{-1} J^T \times \dot{X} + \text{error}_{\text{correction}};$$

Here, Inverse of J is taken as pseudo inverse given by $(J^T J)^{-1} J^T$

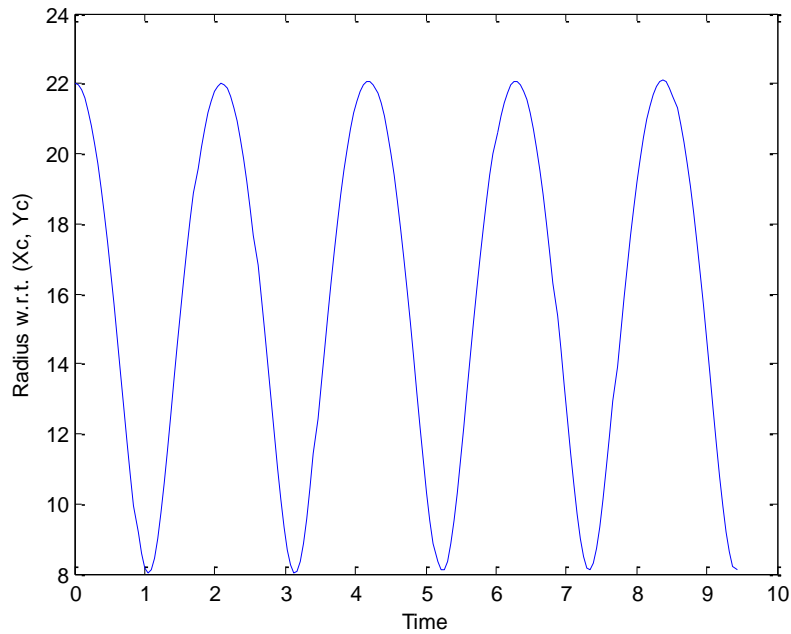
Task space control for tracing circle

- No control
- With control

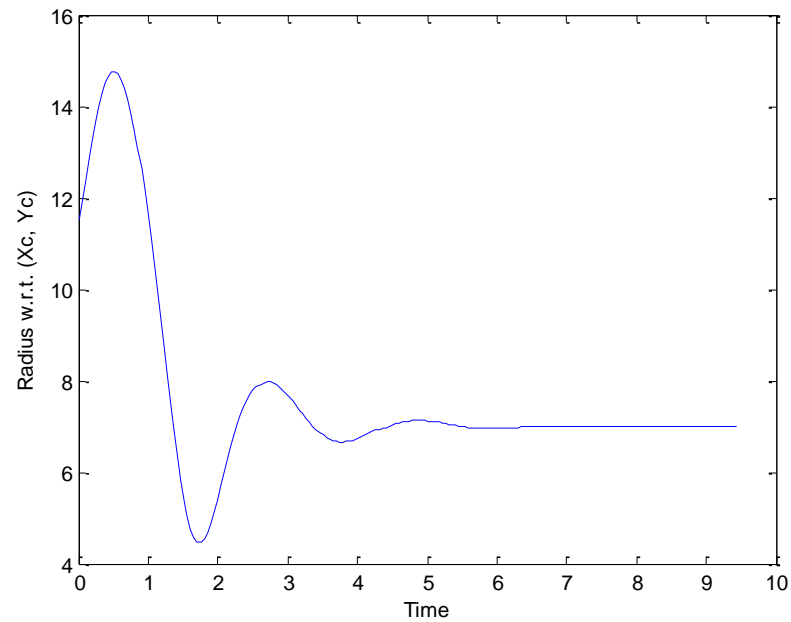


Variation of radius

- No control

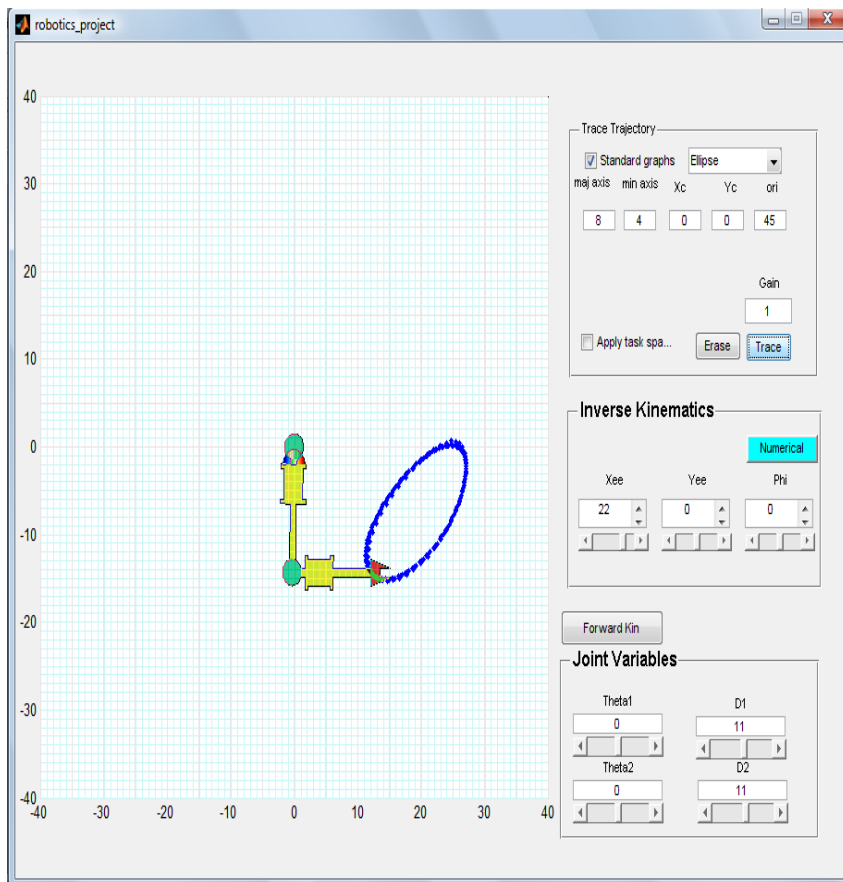


- With control

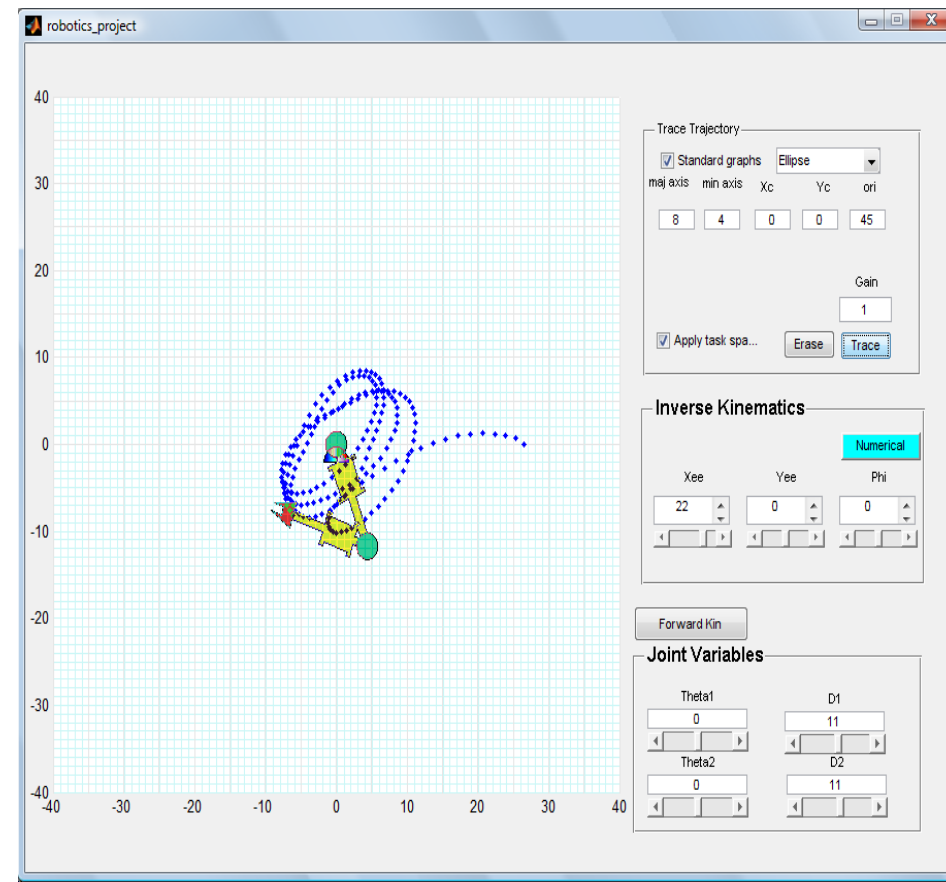


Task space control for tracing ellipse

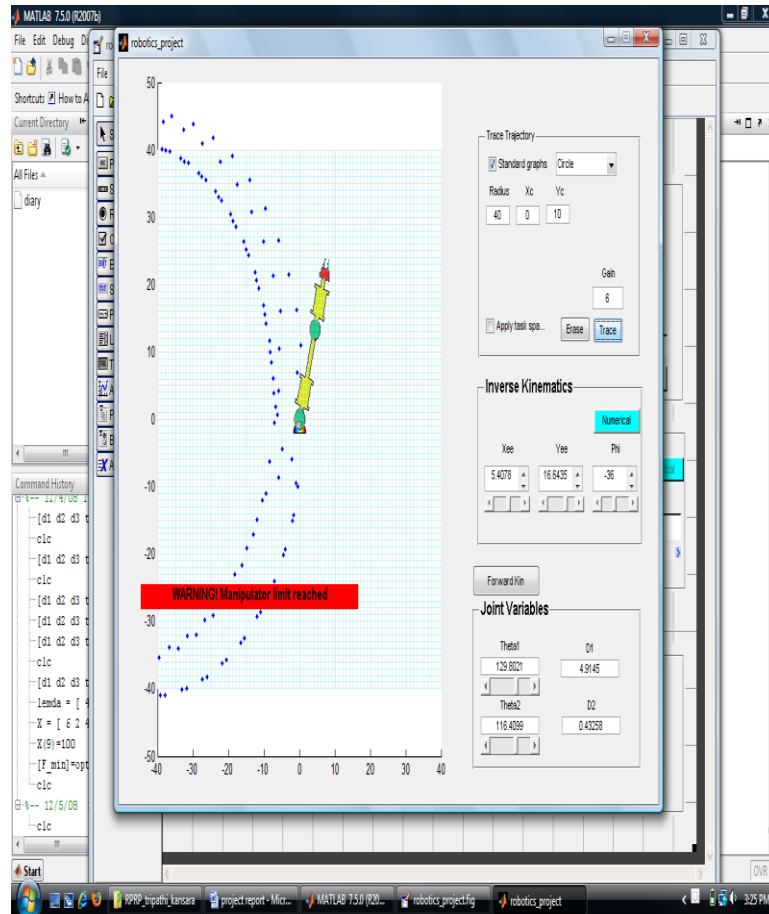
- No control



- With control

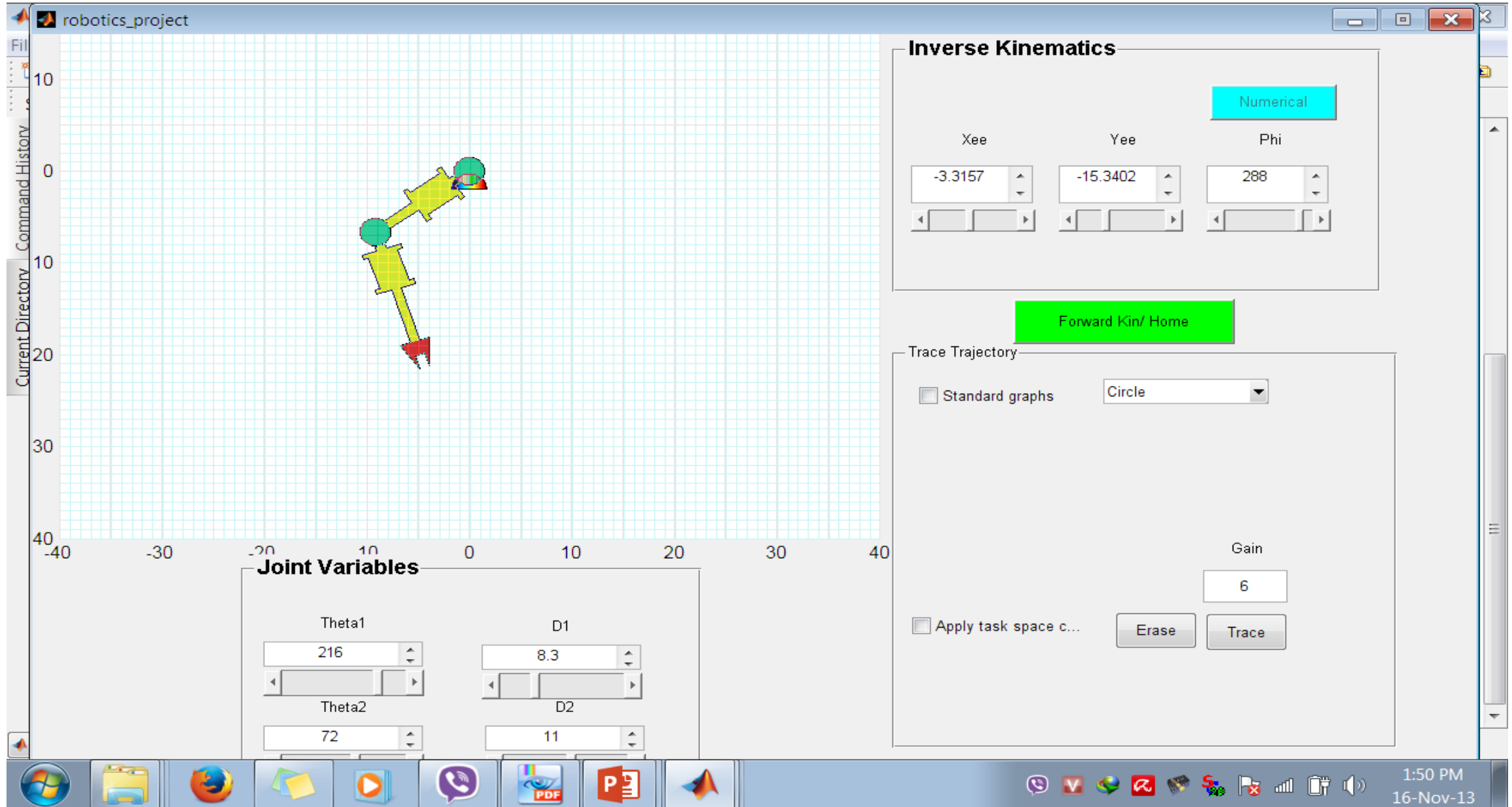


Manipulator limit reached !!!

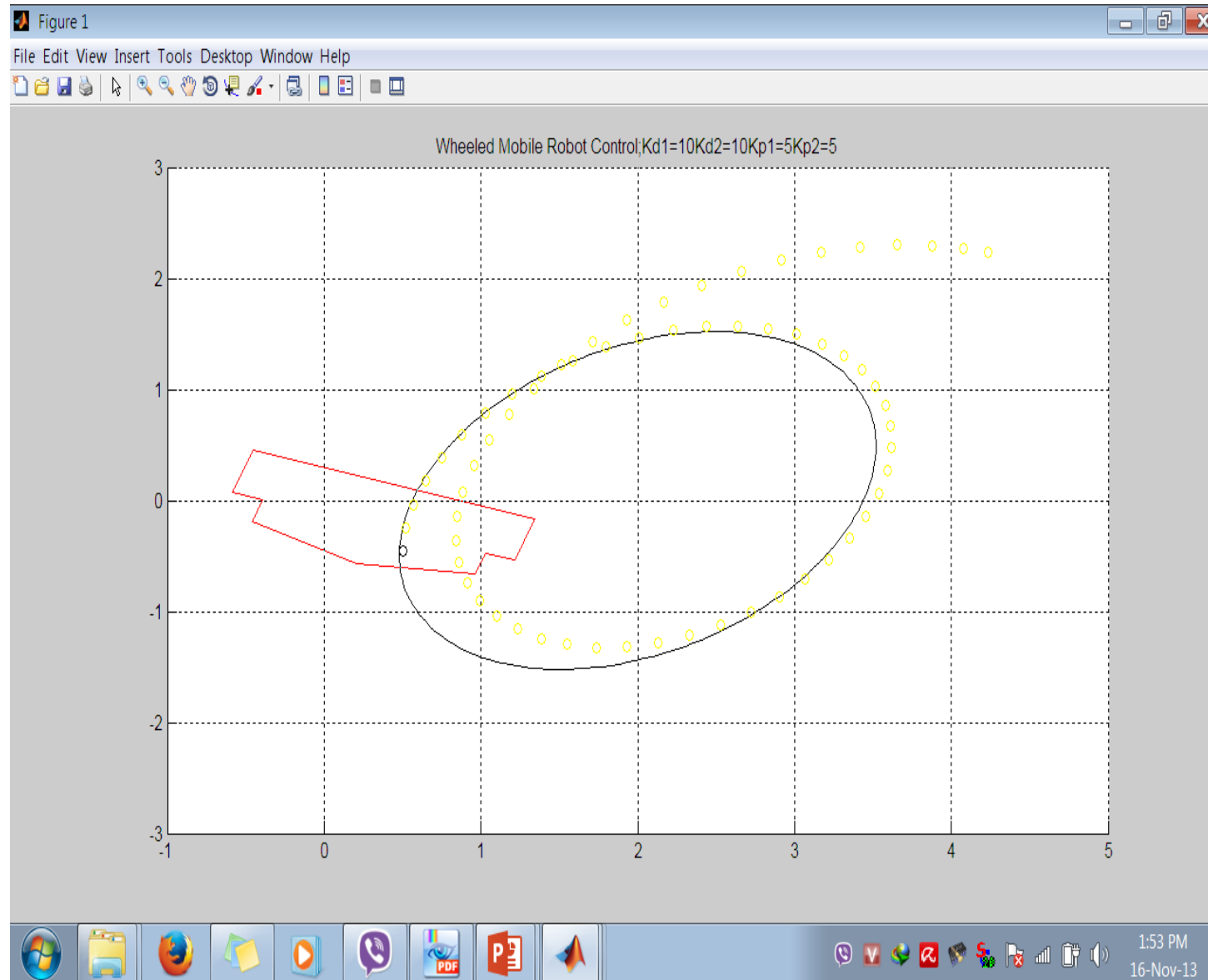


- When any of the joint variables exceeds the maximum limit or goes below minimum limit, then it shows manipulator limit reached.

File matlab mô phỏng robot RPRP



VÍ DỤ ĐIỀU KHIỂN MOBILE ROBOT THEO QUỸ ĐẠO CHO TRƯỚC



CHÚC CÁC BẠN THIẾT KẾ GIAO DIỆN VÀ
ĐIỀU KHIỂN ĐƯỢC ROBOT....