

### *Actividad 3.2 (Trayectorias en lazo abierto)*

Las trayectorias con lazo abierto desempeñan un papel fundamental en la planificación y ejecución de movimientos de robots y otros sistemas automatizados. Estas trayectorias consisten en una secuencia predefinida de comandos de movimiento que se envían al sistema sin tener en cuenta la retroalimentación del estado actual. Aunque no tienen en cuenta las condiciones reales del entorno ni los errores en el sistema, las trayectorias con lazo abierto son valiosas en diversas aplicaciones. Permiten la programación y repetición precisa de movimientos complejos, como en líneas de ensamblaje, operaciones de pick-and-place y desplazamientos en rutas predeterminadas. Además, su simplicidad y previsibilidad las hacen especialmente útiles en entornos controlados, donde los obstáculos son mínimos y la trayectoria deseada puede ser definida con precisión.

#### **Análisis de los códigos:**

Este código representa la simulación del movimiento de un robot en un plano. El robot se desplaza siguiendo una serie de trayectorias definidas, que consisten en giros y líneas rectas a diferentes velocidades. El tiempo total de simulación es de 300 segundos, con un intervalo de muestreo de 0.1 segundos. El estado del robot se describe mediante su posición (coordenadas x e y) y su orientación (ángulo phi). El punto de control del robot se coloca inicialmente en la misma posición que el robot. Se definen velocidades de referencia para el robot en cada tramo de la trayectoria. La velocidad lineal y angular varían en función de los tramos de la trayectoria. El código realiza un bucle de simulación que actualiza la posición y orientación del robot en cada instante de tiempo, siguiendo las velocidades de referencia.

%Limpieza de pantalla

clear all

close all

clc

%%%

TIEMPO

%%%

tf=300; % Tiempo de simulación en segundos (s)

ts=0.1; % Tiempo de muestreo en segundos (s)

t=0:ts:tf; % Vector de tiempo

N= length(t); % Muestras

%%%

CONDICIONES

INICIALES

%%%

%Inicializamos las variables que se van a emplear

x1= zeros (1, N+1); % Posición (X) en el centro del eje que une las ruedas en metros (m)

y1= zeros (1, N+1); % Posición (Y) en el centro del eje que une las ruedas en metros (m)

phi= zeros (1, N+1); % Orientación del robot en radiaanes (rad)

```

%Damos valores a nuestro punto inicial de posición y orientación
x1(1)= 1; %Posición inicial eje x
y1(1)= 0; %Posición inicial eje y
phi(1)=0; %Orientación inicial del robot
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% PUNTO DE CONTROL
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Inicializamos el punto de control
hx= zeros (1, N+1); % Posición en el eje (X) del punto de control en metros (m)
hy= zeros (1, N+1); % Posición en el eje (Y) del punto de control en metros (m)
%Igualamos el punto de control con las proyecciones X1 y Y1 por su
%coincidencia
hx(1)= x1(1); % Posición del punto de control en el eje (X) metros (m)
hy(1)= y1(1); % Posición del punto de control en el eje (Y) metros (m)
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% VELOCIDADES DE REFERENCIA
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%Tramo 1 (v=0 m/s, w=pi/6 rad/s) Giro 1
%Tramo 2 (v=3 m/s, w=0 rad/s) Linea 1
%Tramo 3 (v=0 m/s, w=pi/6 rad/s) Giro 2
%Tramo 4 (v=4.5 m/s, w=0 rad/s) Linea 2
%Tramo 5 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Giro 3
%Tramo 6 (v=2.4 m/s, w=0 rad/s) Linea 3
%Tramo 7 (v=0 m/s, w=pi/6 rad/s) Giro 4
%Tramo 8 (v=3.8 m/s, w=0 rad/s) Linea 4
%Tramo 9 (v=0 m/s, w=pi/6 rad/s) Giro 5
%Tramo 10 (v=3 m/s, w=0 rad/s) Linea 5
%Tramo 11 (v=0 m/s, w=pi/6 rad/s) Giro 6
%Tramo 12 (v=4.5 m/s, w=0 rad/s) Linea 6
%Tramo 13 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Giro 7
%Tramo 14 (v=2.4 m/s, w=0 rad/s) Linea 7
%Tramo 15 (v=0 m/s, w=pi/6 rad/s) Giro 8
%Tramo 16 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Linea 8
%Tramo 17 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Giro 9
%Tramo 18 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Linea 9
%Tramo 19 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Giro 10
%Tramo 20 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Linea 10
%Tramo 21 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Giro 11
%Tramo 22 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Linea 11
%Tramo 23 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Giro 12
%Tramo 24 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Linea 12
%Tramo 25 (v=0 m/s, w=0 rad/s) Giro 13
v = [ 0*ones(1,10) 1*ones(1,175) 0*ones(1,10) 1*ones(1,60) 0*ones(1,10)
1*ones(1,60) 0*ones(1,10) 1*ones(1,30) 0*ones(1,10) 1*ones(1,20)
0*ones(1,10) 1*ones(1,40) 0*ones(1,10) 1*ones(1,10) 0*ones(1,10)
1*ones(1,80) 0*ones(1,10) 1*ones(1,50) 0*ones(1,10) 1*ones(1,60)
0*ones(1,10) 1*ones(1,35) 0*ones(1,10) 1*ones(1,75) 0*ones(1,10)
1*ones(1,40) 0*ones(1,10) 1*ones(1,20) 0*ones(1,10) 1*ones(1,10)
0*ones(1,10) 1*ones(1,30) 0*ones(1,10) 1*ones(1,20) 0*ones(1,10)
1*ones(1,20) 0*ones(1,10) 1*ones(1,20) 0*ones(1,10) 1*ones(1,22)

```

```

0*ones(1,10)    1*ones(1,11)    0*ones(1,10)    1*ones(1,30)    0*ones(1,10)
1*ones(1,10)    0*ones(1,10)    1*ones(1,20)    0*ones(1,10)    1*ones(1,40)
0*ones(1,10)    1*ones(1,20)    0*ones(1,10)    1*ones(1,10)    0*ones(1,10)
1*ones(1,30)    0*ones(1,10)    1*ones(1,20)    0*ones(1,10)    1*ones(1,30)
0*ones(1,10)    1*ones(1,10)    0*ones(1,10)    1*ones(1,20)    0*ones(1,10)
1*ones(1,34)    0*ones(1,10)    1*ones(1,120)    0*ones(1,10)    1*ones(1,17)
0*ones(1,10)    1*ones(1,25)    0*ones(1,10)    1*ones(1,20)    0*ones(1,10)
1*ones(1,25)    0*ones(1,10)    1*ones(1,17)    0*ones(1,10)    1*ones(1,80)
0*ones(1,10)    1*ones(1,10)    0*ones(1,10)    1*ones(1,30)    0*ones(1,10)
1*ones(1,30)    0*ones(1,10)    1*ones(1,75)    0*ones(1,10)    1*ones(1,40)
0*ones(1,10)    1*ones(1,30)    0*ones(1,10)    1*ones(1,20)    0*ones(1,10)
1*ones(1,30)    0*ones(1,10)    1*ones(1,30)    0*ones(1,10)    1*ones(1,60)

```

0\*ones(1,10000)]; % Velocidad lineal de referencia (m/s)

```

w = [ 6*pi/11*ones(1,10)    0*ones(1,175)    -pi/23*ones(1,10)    0*ones(1,60)
      -pi/7*ones(1,10)    0*ones(1,60)    -4*pi/11*ones(1,10)    0*ones(1,30)    -pi/2*ones(1,10)
      0*ones(1,20)    -2*pi/13*ones(1,10)    0*ones(1,40)    -4.5*pi/13*ones(1,10)    0*ones(1,10)
      pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,80)    4*pi/5*ones(1,10)    0*ones(1,50)    -4*pi/13*ones(1,10)
      0*ones(1,60)    -pi/3*ones(1,10)    0*ones(1,35)    11*pi/13*ones(1,10)    0*ones(1,75)
      -4*pi/5*ones(1,10)    0*ones(1,40)    -pi/5*ones(1,10)    0*ones(1,20)    -pi/2*ones(1,10)
      0*ones(1,10)    pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,30)    pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,20)
      -pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,20)    pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,20)    7*pi/11*ones(1,10)
      0*ones(1,22)    4*pi/11*ones(1,10)    0*ones(1,11)    -pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,30)
      pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,10)    -pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,20)    -pi/2*ones(1,10)
      0*ones(1,40)    -pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,20)    -pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,10)
      pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,30)    pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,20)    pi/2*ones(1,10)
      0*ones(1,30)    pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,10)    -pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,20)
      -pi/6*ones(1,10)    0*ones(1,34)    -14.185*pi/17*ones(1,10)    0*ones(1,120)
      -pi/6*ones(1,10)    0*ones(1,17)    -pi/6*ones(1,10)    0*ones(1,25)    -pi/6*ones(1,10)
      0*ones(1,20)    -pi/6*ones(1,10)    0*ones(1,25)    -pi/6*ones(1,10)    0*ones(1,17)
      14.2*pi/17*ones(1,10)    0*ones(1,80)    pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,10)    -pi/2*ones(1,10)
      0*ones(1,30)    -pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,30)    -pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,75)
      pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,40)    pi/3*ones(1,10)    0*ones(1,30)    1.15*pi/7*ones(1,10)
      0*ones(1,20)    pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,30)    -pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,30)
      -pi/2*ones(1,10)    0*ones(1,60)    0*ones(1,10000)]; % Velocidad angular de referencia

```

(rad/s)

%%%%%%%%%%%%%% BUCLE DE SIMULACION

%%%%%%%%%%%%%%

for k=1:N

%Aplico la integral a la velocidad angular para obtener el angulo "phi" de la orientación

phi(k+1)=phi(k)+w(k)\*ts; % Integral numérica (método de Euler)

%%%%%%%%%%%%%%

MODELO

CINEMATICO

%%%%%%%%%%%%%%

xp1=v(k)\*cos(phi(k));

yp1=v(k)\*sin(phi(k));

%Aplico la integral a la velocidad lineal para obtener las cordenas

```

    %"x1" y "y1" de la posición
    x1(k+1)=x1(k)+ ts*xp1; % Integral numérica (método de Euler)
    y1(k+1)=y1(k)+ ts*yp1; % Integral numérica (método de Euler)
    % Posicion del robot con respecto al punto de control
    hx(k+1)=x1(k+1);
    hy(k+1)=y1(k+1);
end
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%% SIMULACION VIRTUAL 3D
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% a) Configuración de escena
scene=figure; % Crear figura (Escena)
set(scene,'Color','white'); % Color del fondo de la escena
set(gca,'FontWeight','bold'); % Negrilla en los ejes y etiquetas
sizeScreen=get(0,'ScreenSize'); % Retorna el tamaño de la pantalla del computador
set(scene,'position',sizeScreen); % Configurar tamaño de la figura
camlight('headlight'); % Luz para la escena
axis equal; % Establece la relación de aspecto para que las unidades de datos sean las
mismas en todas las direcciones.
grid on; % Mostrar líneas de cuadrícula en los ejes
box on; % Mostrar contorno de ejes
xlabel('x(m)'); ylabel('y(m)'); zlabel('z(m)'); % Etiqueta de los ejes
view([-0.1 35]); % Orientación de la figura
axis([-5 40 -5 40 0 1]); % Ingresar límites mínimos y máximos en los ejes x y z [minX maxX
minY maxY minZ maxZ]
% b) Graficar robots en la posición inicial
scale = 4;
MobileRobot;
H1=MobilePlot(x1(1),y1(1),phi(1),scale);hold on;
% c) Graficar Trayectorias
H2=plot3(hx(1),hy(1),0,'r','LineWidth',2);
% d) Bucle de simulación de movimiento del robot
step=40; % pasos para simulación
for k=1:step:N
    delete(H1);
    delete(H2);

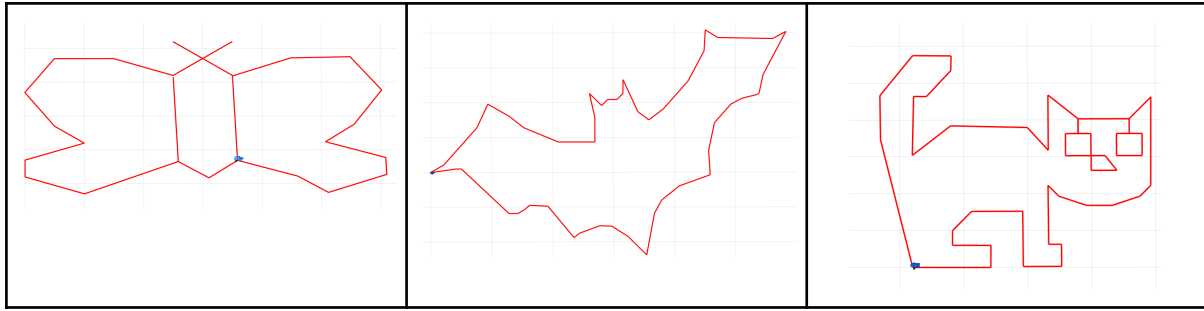
    H1=MobilePlot(x1(k),y1(k),phi(k),scale);
    H2=plot3(hx(1:k),hy(1:k),zeros(1,k),'r','LineWidth',2);

    pause(ts);
end

```

Resultados:

|          |            |      |
|----------|------------|------|
| Mariposa | Murciélago | Gato |
|----------|------------|------|



### Conclusiones:

En conclusión, las trayectorias con lazo abierto juegan un papel crucial en la planificación y ejecución de movimientos en sistemas automatizados. Aunque no consideran la retroalimentación del estado actual ni los errores del sistema, estas trayectorias son extremadamente útiles en diversas aplicaciones. Permiten la programación precisa de movimientos complejos y su repetición, lo que resulta invaluable en líneas de ensamblaje, operaciones de pick-and-place y desplazamientos en rutas predeterminadas. A pesar de su simplicidad y previsibilidad, se recomienda utilizar trayectorias con lazo abierto en entornos controlados, donde los obstáculos son mínimos y se puede definir con precisión la trayectoria deseada. En resumen, las trayectorias con lazo abierto son una herramienta poderosa para lograr movimientos consistentes y eficientes en sistemas automatizados, brindando flexibilidad y precisión en aplicaciones específicas.