



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

Robot móvil diferencial (2,0)

1. Objetivo de la práctica

Conocer el modelo cinemático del robot móvil diferencial (2,0) y controlar su movimiento a partir de la velocidad lineal y angular del robot.

2. Metas

Para la realización de la práctica se deben cumplir las siguientes metas:

- Identificar el modelo cinemático del robot móvil diferencial (2,0).
- Programar el modelo cinemático del robot móvil en el entorno de Simulink para calcular las velocidades de giro de las ruedas en función de la velocidad lineal y angular del robot.
- Realizar la transmisión de datos entre el robot y el programa de Simulink vía Wifi.
- Programar el módulo ESP8266 del robot móvil para recibir la información de las velocidades de las llantas y controlar el movimiento del robot.

3. Antecedentes

Para poder realizar el control del desplazamiento del un robot móvil resulta fundamental conocer su modelo cinemático. El modelo cinemático del robot permite identificar de qué manera se relacionan los movimientos de los actuadores del robot, en este caso de las llantas del robot móvil, y el desplazamiento del robot en el espacio. Conociendo esto, es posible determinar las velocidades a las que deben girar cada una de las llantas para lograr que el robot se mueva a la velocidad lineal y angular deseadas.

Los robots móviles diferenciales se caracterizan por contar con dos ruedas fijas motorizadas que, en conjunto, proveen al sistema de movimiento tanto lineal como angular. Al girar ambas ruedas a una misma velocidad se obtiene un desplazamiento en línea recta con una cierta velocidad lineal. Para agregar una velocidad angular al movimiento del robot, las llantas deberán hacerse girar a diferentes velocidades. Dependiendo de la combinación de las velocidades de giro de ambas llantas se produce una combinación de una velocidad lineal y una velocidad angular, las cuales permiten el movimiento del robot móvil sobre una superficie.

En la figura 1 se muestra un robot móvil diferencial (2,0), el cual cuenta con dos ruedas motorizadas en la parte trasera y una rueda loca de soporte al centro en la parte frontal.

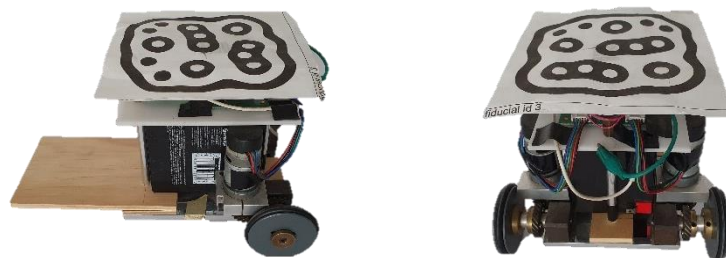


Figura 1. Robot móvil diferencial (2,0).



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

El análisis cinemático del robot móvil se realiza con base en las siguientes consideraciones:

- El robot se desplaza sobre una superficie plana horizontal.
- La plataforma y las ruedas son cuerpos rígidos no deformables.
- No existe deslizamiento entre las ruedas y el suelo.
- Las llantas se mantienen siempre verticales.

Para poder determinar el modelo cinemático del robot móvil resulta conveniente analizar primero la descripción cinemática de las ruedas. En el caso del robot móvil diferencial (2,0), se consideran en el análisis las dos ruedas motorizadas fijas. Este tipo de ruedas pueden ser analizadas como se muestra en la figura 2. Donde el sistema $\{x_1, y_1\}$ representa el marco de referencia del robot, el sistema $\{x_2, y_2\}$ representa el marco de referencia de la rueda, y ϕ representa el ángulo de giro de la rueda.

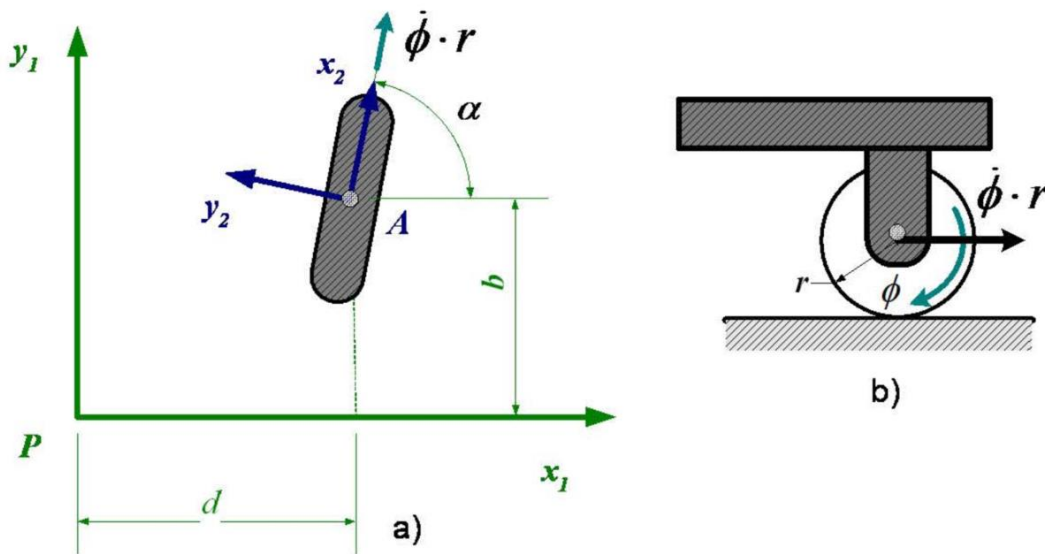


Figura 2. Descripción cinemática de ruedas fijas o ruedas centradas orientables. a) Vista superior. b) Vista lateral. [1].



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

En el caso particular del robot móvil diferencial, las ruedas motorizadas se encuentran fijas, alineadas con el eje x del marco de referencia del robot, y no pueden cambiar su orientación, por lo que $\alpha = 0$. Además, se considera el marco de referencia del robot como se muestra en la figura 3. Donde se aprecia que la distancia del origen P a las llantas es de $-d$ en dirección x_1 y $\pm b$ en dirección de y_1 .

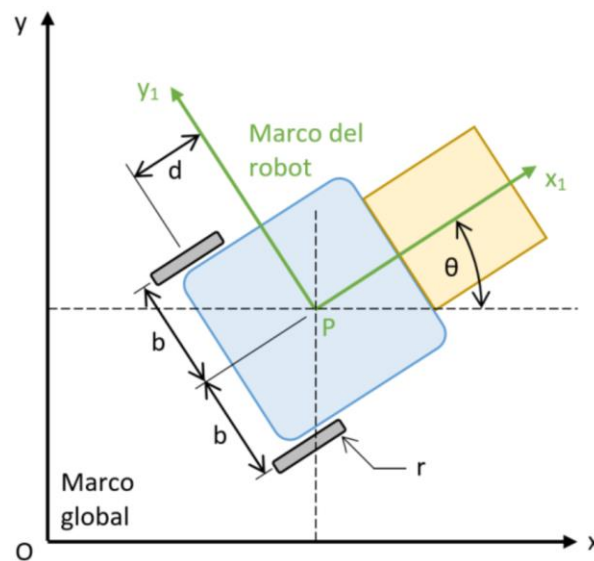


Figura 3. Postura del robot móvil diferencial [2].

El modelo cinemático del robot puede ser descrito mediante 5 coordenadas de configuración, las tres primeras corresponden a la pose del robot, y las últimas dos son los ángulos de giro de cada una de las ruedas.

$$q = [x \quad y \quad \theta \quad \phi_r \quad \phi_l]^T$$

Con estas consideraciones se procede a identificar las restricciones cinemáticas generadas por cada una de las ruedas.



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

En dirección ortogonal al plano de las ruedas, considerando que no existe deslizamiento y, por lo tanto, no puede haber desplazamiento en esta dirección, se tienen las siguientes restricciones cinemáticas:

$$-\sin(\theta) \dot{x} + \cos(\theta) \dot{y} - d\dot{\theta} = 0$$

$$-\sin(\theta) \dot{x} + \cos(\theta) \dot{y} - d\dot{\theta} = 0$$

En la dirección a lo largo del plano de la rueda sí puede haber un desplazamiento, que debe ser igual a $r\dot{\phi}$, por lo que las restricciones cinemáticas en esta dirección quedan de la siguiente manera:

$$\cos(\theta) \dot{x} + \sin(\theta) \dot{y} + b\dot{\theta} - r\dot{\phi}_r = 0$$

$$\cos(\theta) \dot{x} + \sin(\theta) \dot{y} - b\dot{\theta} - r\dot{\phi}_l = 0$$

Para facilitar la representación y el procesamiento matemático de estas restricciones, es posible organizarlas de forma matricial:

$$\begin{bmatrix} -\sin(\theta) & \cos(\theta) & -d & 0 & 0 \\ -\sin(\theta) & \cos(\theta) & -d & 0 & 0 \\ \cos(\theta) & \sin(\theta) & b & -r & 0 \\ \cos(\theta) & \sin(\theta) & -b & 0 & -r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\phi}_r \\ \dot{\phi}_l \end{bmatrix} = 0$$

En la expresión anterior se observa que existen únicamente tres ecuaciones linealmente independientes, ya que las primeras dos filas son idénticas. Además, se tienen cinco parámetros, por lo que se deberán dar dos variables y resolver el sistema para las tres variables restantes. Para facilitar el control del robot móvil se busca seleccionar como variables independientes la velocidad lineal y angular del mismo robot móvil, las cuales quedan expresadas en términos del marco de referencia del robot de la siguiente forma:

$$v = \dot{x}_1 \quad \omega = \dot{\theta}$$



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

Además, para realizar el análisis en términos del marco de referencia del robot se puede reescribir la ecuación matricial de restricciones cinemáticas de las ruedas, considerando $\theta = 0$, como:

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & -d & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -d & 0 & 0 \\ 1 & 0 & b & -r & 0 \\ 1 & 0 & -b & 0 & -r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \\ \dot{\theta} \\ \dot{\phi}_r \\ \dot{\phi}_l \end{bmatrix} = 0$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones en términos de la velocidad lineal y la velocidad angular del robot se llega al siguiente resultado:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{y}_1 \\ \dot{\theta} \\ \dot{\phi}_r \\ \dot{\phi}_l \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & d \\ 0 & 1 \\ 1/r & b/r \\ 1/r & -b/r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v \\ \omega \end{bmatrix}$$

De esta solución se utilizan los últimos dos renglones, los cuales permiten calcular la velocidad de giro de cada rueda en función de la velocidad lineal y angular del robot. Por lo tanto, el modelo cinemático que se utilizará para controlar el movimiento del robot móvil diferencial queda como:

$$\dot{\phi}_r = \frac{1}{r}v + \frac{b}{r}\omega$$
$$\dot{\phi}_l = \frac{1}{r}v - \frac{b}{r}\omega$$

Donde b y d corresponden a las distancias entre el marco de referencia del robot y las ruedas, y r corresponde al radio de las ruedas. Sus valores deben ser determinados de acuerdo con las medidas del robot móvil utilizado, tal como están representadas en la figura 3.



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

4. Conocimientos previos

Los conocimientos necesarios para la realización de la práctica son:

- Conocimientos básicos de computación y programación.
- Conocimientos básicos de electrónica.
- Conocimientos básicos de robótica.
- Realización previa de las prácticas 2 (Conexión Wifi) y 3 (Encóder de cuadratura y control de velocidad PID)

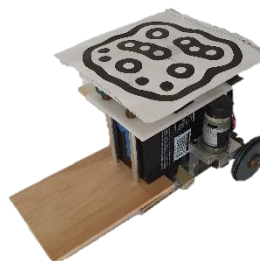
5. Materiales y Equipo

Para la realización de la práctica es necesario contar con lo siguiente:

- Una computadora con Matlab/Simulink y Arduino IDE. (1)
- Robot móvil diferencial con control de velocidad en ambas ruedas motorizadas (véase práctica 3) y Tarjeta de desarrollo NodeMCU con Módulo WiFi ESP 8266 (véase práctica 2). (2)
- Cable de conexión entre tarjeta y computadora. (3)



(1)



(2)



(3)



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

6. Preparativos previos y recomendaciones

- Es recomendable establecer una carpeta específica en la computadora para el desarrollo de la práctica.
- La batería utilizada para alimentar el robot móvil debe estar cargada antes de realizar la práctica.
- Se recomienda haber completado anteriormente las prácticas 2 y 3, ya que en esta práctica se utiliza la conexión Wifi de la práctica 2 y el robot móvil con control de velocidad planteado en la práctica 3.

7. Desarrollo de la práctica

a) Programación del modelo cinemático en Simulink

En esta práctica se utiliza el software de Simulink para realizar el cálculo de las velocidades de giro de las ruedas del robot móvil a partir de las velocidades lineales y angulares del robot. Esto se realiza mediante el modelo que fue desarrollado en la sección de antecedentes, por lo que es necesario programar un bloque en Simulink que realice esos cálculos.

Una forma sencilla de introducir código de Matlab en un programa de Simulink es mediante el bloque llamado “MATLAB Function”. Dentro de este bloque puede incluirse el código requerido, por ejemplo, el modelo cinemático del robot. Además, se pueden configurar las entradas y las salidas del bloque. Para el modelo del robot móvil (2,0) se utilizan como entradas la velocidad lineal y la velocidad angular, y como salidas las velocidades de giro de las llantas derecha e izquierda.

El bloque de tipo “MATLAB Function” puede introducirse en el modelo desde la librería de bloques de Simulink, en la sección Simulink/User-Defined Functions como se muestra en la figura 4.

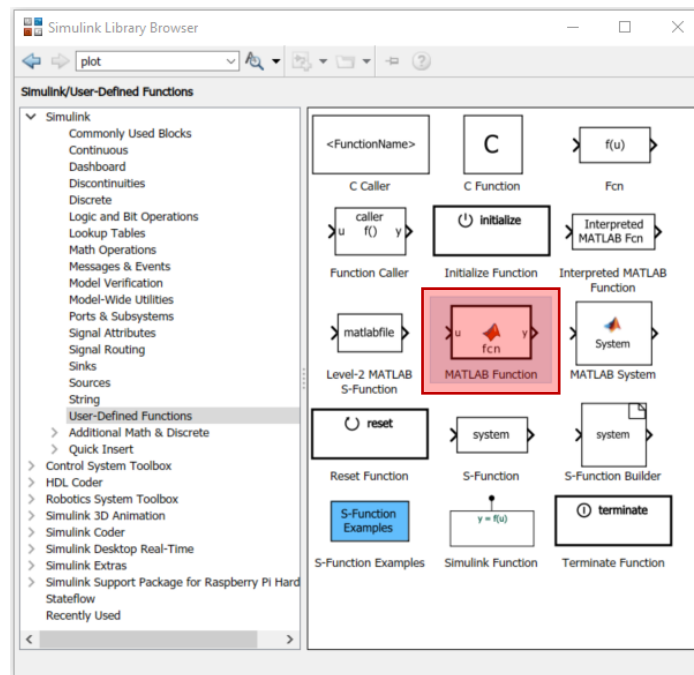


Figura 4. Bloque “MATLAB Function” en la librería de bloques de Simulink.

Arrastrando el bloque hasta el espacio de trabajo de Simulink se crea un nuevo bloque de este tipo. Por default el bloque se crea con una entrada (u) y una salida (y). Para poder editar la función del bloque bastará con dar doble clic en él, con lo que se abrirá la función en el editor de Matlab (figura 5).



Figura 5. Editor de Matlab para modificar función en Simulink.



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

La estructura para definir una función de Matlab consiste en utilizar la palabra “function”, seguida de las salidas de la función, el nombre de la función y las entradas de la función.

```
function [salidas] = nombre_funcion(entradas)
    codigo
end
```

En este caso, se deben establecer dos salidas que corresponden a las velocidades de las ruedas (*vel_der* y *vel_izq*), y dos entradas correspondientes a la velocidad lineal (*v*) y a la velocidad angular (*w*).

```
function [vel_der, vel_izq] = fcn(v, w)
end
```

Después de definir la función, se debe incluir el código que será ejecutado dentro de este bloque. Dentro del código es importante asignar los valores a las variables que se utilizan como salidas, ya que estos valores serán los que salgan del bloque en Simulink y podrán ser utilizados por el resto del programa.

Lo primero que se debe programar en este bloque son los parámetros del robot móvil que se está utilizando. Como se mencionó anteriormente, las medidas dependerán del robot particular que se esté utilizando, por lo que los valores deben hacerse coincidir con las dimensiones reales del robot, siguiendo la representación que se muestra en la figura 3. Un ejemplo de los parámetros que se utilizaron en la función es el siguiente:

```
% Parametros Robot
r = 30; % Radio de las llantas [mm]
b = 85; % Distancia de P a las llantas en y1 [mm]
d = 60; % Distancia de P a las llantas en x1 [mm]
```

Se debe prestar atención a las unidades que se utilizan, ya que se debe ser consistente en todas ellas para que los cálculos realizados sean correctos. Además, al incluir el sistema de visión (práctica 5), también deben coincidir las unidades utilizadas en el sistema de visión con las de los parámetros del robot.



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

A continuación, todavía dentro de la función creada, se debe programar el modelo cinemático identificado en los antecedentes de esta práctica. Recordando que el modelo encontrado fue:

$$\dot{\phi}_r = \frac{1}{r}v + \frac{b}{r}\omega$$
$$\dot{\phi}_l = \frac{1}{r}v - \frac{b}{r}\omega$$

Una forma de programar este modelo en código de Matlab es la siguiente:

```
% Cálculo de las velocidades de giro de las llantas  
vLlantaDer = (v + b*w)/r; % Vel de llanta derecha  
vLlantaIzq = (v - b*w)/r; % Vel de llanta izquierda
```

Adicionalmente, es recomendable establecer un límite de velocidad para las llantas, de tal forma que, si el cálculo de velocidad resulta mayor que la velocidad máxima de giro de la llanta, la velocidad de salida se trunque al valor de la velocidad máxima definido. Por ejemplo, mediante el siguiente código se establece el límite de velocidad:

```
velMax = 100; % Velocidad máxima  
  
% Límite de la velocidad máxima  
if (vLlantaDer > velMax)  
    vLlantaDer = velMax;  
elseif (vLlantaDer < -velMax)  
    vLlantaDer = -velMax;  
end  
  
if (vLlantaIzq > velMax)  
    vLlantaIzq = velMax;  
elseif (vLlantaIzq < -velMax)  
    vLlantaIzq = -velMax;  
end
```

Por último, para terminar la función es necesario establecer los valores de las variables que se utilizan como salidas. En este caso:

```
vel_der = vLlantaDer;  
vel_izq = vLlantaIzq;
```

Tras guardar los cambios, el bloque dentro del espacio de trabajo de Simulink debe ajustarse a los parámetros de entrada y salida que fueron establecidos en la función como se muestra en la figura 6.

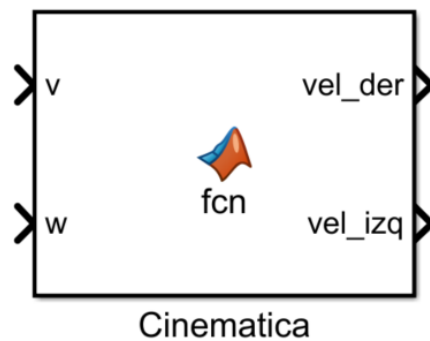


Figura 6. Bloque de la cinemática del robot en Simulink.

Con la finalidad de probar el correcto funcionamiento del bloque de función, se propone utilizar como entradas bloques de tipo “Constant”, que puede encontrarse en la librería de bloques en la sección de Simulink/Sources (figura 7), y como salidas bloques de tipo “Display”, que se encuentran en la librería de bloques en la sección Simulink/Sinks (figura 8). Los bloques de tipo “Constant” permiten introducir un valor constante en el modelo, mientras que los bloques de tipo “Display” permiten visualizar las salidas.

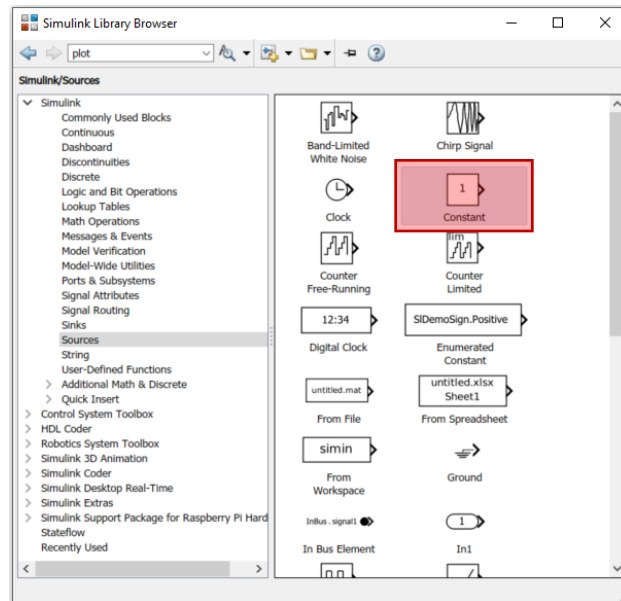


Figura 7. Bloque “Constant” en la librería de bloques de Simulink.

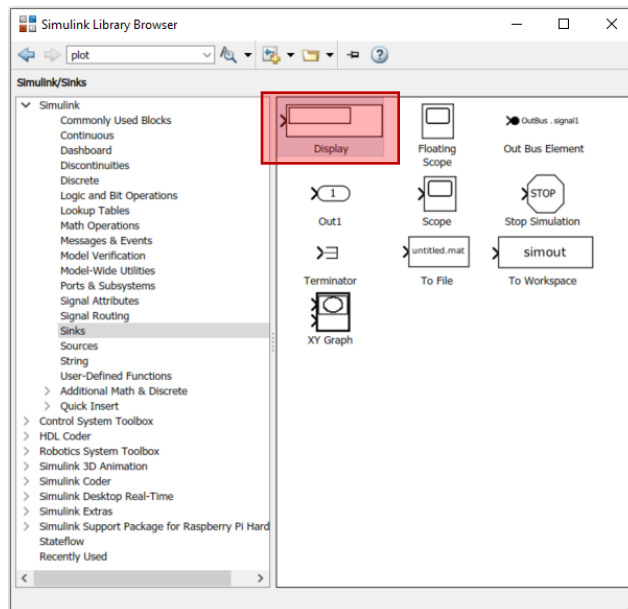


Figura 8. Bloque “Display” en la librería de bloques de Simulink.

Tras conectar los bloques como se muestra en la figura 9, es posible verificar que el bloque que contiene el modelo cinemático esté funcionando correctamente. Modificando los valores de las velocidades lineales y angulares de las entradas, se deben ajustar los valores del giro de las ruedas en las salidas del bloque. Para Visualizar los valores de las salidas se debe correr la simulación, además, es recomendable indicar el tiempo de finalización como “inf”, para que la simulación no sea interrumpida y se mantenga corriendo hasta dar clic en el botón “Stop”.

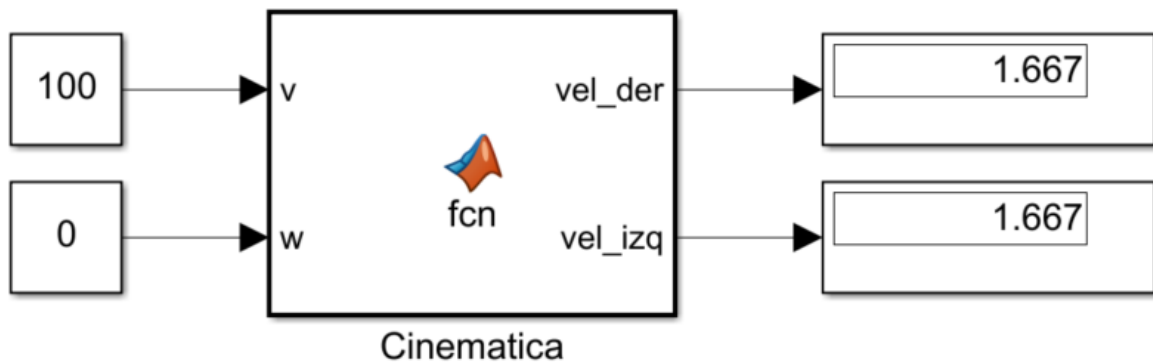


Figura 9. Diagrama de bloques de Simulink para probar función cinemática.

Antes de continuar con la práctica:

- Programar el bloque del modelo cinemático en Simulink, considerando las dimensiones físicas particulares del robot móvil que se está utilizando en la práctica.
- Verificar el funcionamiento del bloque al modificar los valores de las entradas. Las salidas deben coincidir con las velocidades de giro de las llantas que se requieren para lograr el desplazamiento y giro del robot, por ejemplo, para una velocidad lineal positiva y velocidad angular cero ambas ruedas deben tener velocidades de giro positivas e iguales.



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

b) Transmisión de datos al robot

Las velocidades de las ruedas deben ser transmitidas al robot para que éste pueda controlar la velocidad de giro de los motores y lograr que las ruedas giren a la velocidad que se indicó. Dependiendo del tipo de controlador que se esté utilizando para girar las ruedas puede ser necesario un ajuste a los valores que se obtienen a la salida del modelo cinemático. Por ejemplo, el robot móvil diferencial mostrado en la figura 1 cuenta con una tarjeta de control de motores MD25 como la que se muestra en la figura 10. Esta tarjeta tiene la característica de que, en su programación, un valor de 128 equivale a una velocidad de cero en el motor, mientras que valores de 128 a 255 hacen girar el motor en un sentido y valores de 0 a 128 hacen girar el motor en sentido contrario. En el caso particular en el que se esté utilizando esta tarjeta resulta conveniente hacer la transmisión de los datos ajustados para que una velocidad de giro de cero se envíe con el valor 128.

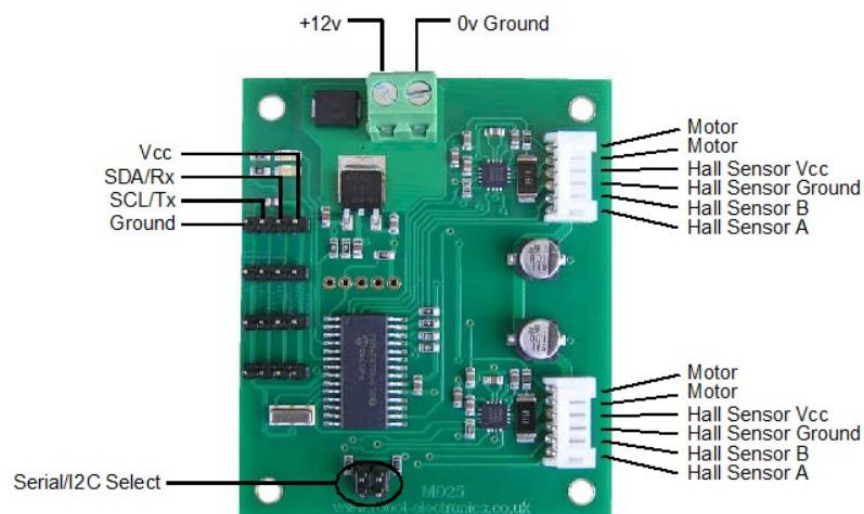


Figura 10. Tarjeta de control de motores MD25 [3].

Cualquier otro ajuste que requiera la transmisión de los datos también puede realizarse en Simulink previo a la transmisión mediante el protocolo UDP. Si no se cuenta con ninguna tarjeta de control de las velocidades de los motores, se puede implementar un control PID como el que se desarrolló en la práctica 3.

Para realizar el ajuste indicado para utilizar el controlador MD25, se puede agregar un bloque de tipo “Add” a las salidas del bloque del modelo cinemático, el cual se encuentra en la librería de bloques de Simulink en la sección Simulink/Math Operations, y utilizar un bloque “Constant” con el valor de 128, tal como se muestra en la figura 11.

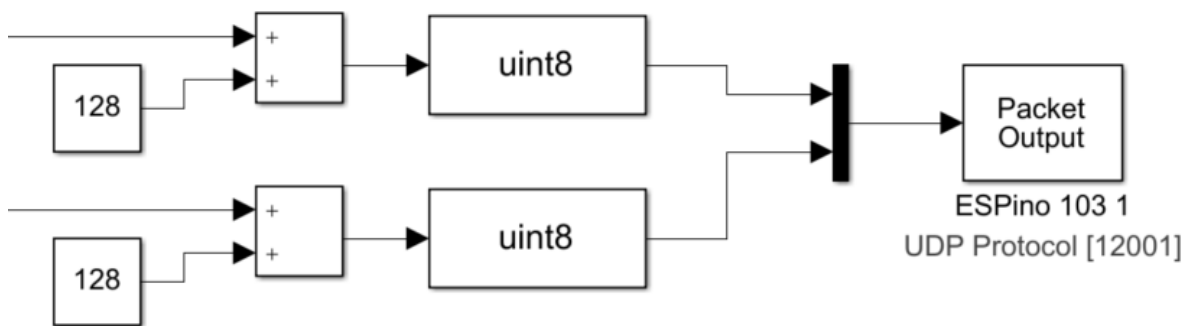


Figura 11. Diagrama de bloques de Simulink para ajuste y transmisión de datos mediante UDP.

En la figura 11 también se realiza una conversión al tipo de dato uint8, además de que ambas velocidades se agrupan utilizando un elemento de tipo “Mux”. Este elemento puede agregarse también desde la librería de bloques de Simulink y se encuentra en la sección Simulink/Signal Routing. El elemento tipo “Mux” lo que hace es agrupar las señales de entrada en una sola línea para facilitar el manejo de múltiples señales en Simulink. De igual manera, existe un elemento denominado “Demux” que permite realizar el proceso inverso, separando las señales que habían sido agrupadas.

Los detalles sobre la manera de realizar la conexión con el módulo ESP8266 utilizando el bloque “Packet Output” de Simulink ya fueron analizados en la práctica 2. En este caso se sigue el mismo procedimiento para realizar la conexión de Simulink con el módulo ESP8266 del robot móvil.

Adicionalmente, es recomendable incluir en el diagrama de Simulink alguna opción para activar y desactivar el movimiento del robot móvil de forma fácil. Sobre todo, debido a que durante la fase de pruebas puede ser que el robot no se mueva de la forma deseada y resulta conveniente tener una forma fácil de detener al robot. Una propuesta para hacer esto es utilizando una especie de interruptor que permite alternar los datos que se transmiten entre los valores calculados por el bloque del modelo cinemático y los valores que corresponden a las ruedas detenidas, en este caso 128 por la tarjeta MD25. En la figura 12 se muestra una propuesta para implementar el interruptor que permite detener el robot móvil en cualquier momento. Los bloques utilizados como interruptor tienen el nombre de “Switch” y “Manual Switch”, y pueden encontrarse en la librería de bloques en la sección Simulink/Signal Routing.

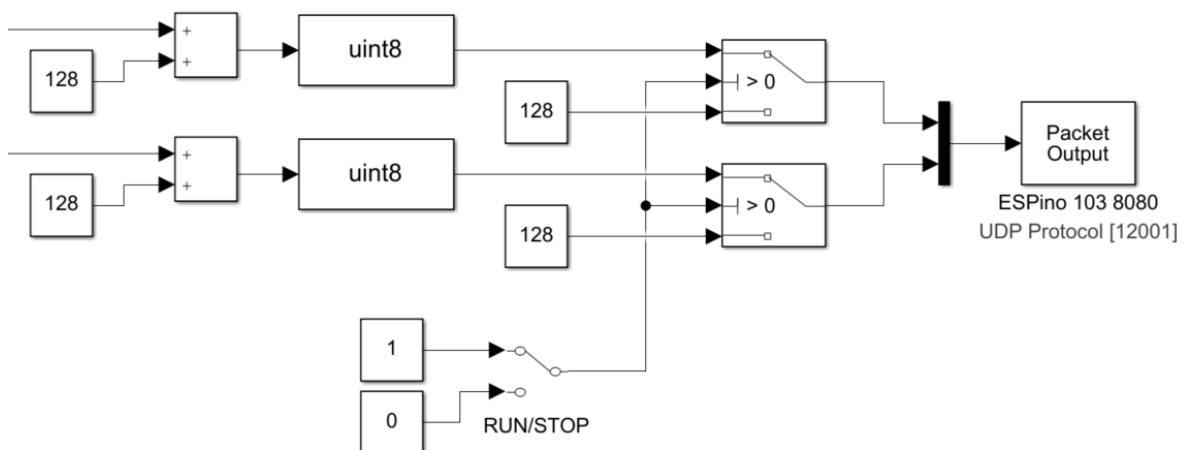


Figura 12. Implementación del interruptor para desactivar el movimiento del robot móvil en el diagrama de bloques de Simulink.



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

Antes de continuar con la práctica:

- Realizar la programación necesaria en el diagrama de bloques de simulink para hacer la transmisión de las velocidades calculadas por el bloque del modelo cinemático mediante UDP al módulo ESP8266.
- Implementar un interruptor que permita detener el robot móvil fácilmente en cualquier momento de ejecución del programa.
- Realizar la conexión con el módulo ESP8266 vía Wifi. Se recomienda revisar la práctica 2 para recordar el procedimiento.
- Verificar que los datos transmitidos son correctos y que el interruptor para detener el robot móvil funciona adecuadamente, es decir, que permite enviar una señal para detener ambas ruedas durante la ejecución del programa.

c) Programación del módulo ESP8266 para recepción de datos y control del robot móvil

En el módulo ESP8266 se debe incluir la programación necesaria para establecer la conexión vía Wifi (véase práctica 2). Además, se deben recibir los datos que fueron transmitidos desde el programa de Simulink y deben utilizarse esos valores para controlar la velocidad de las ruedas.

Para recibir los datos que se transmitieron mediante el protocolo UDP es necesario incluir en el programa del módulo ESP8266 la librería:

```
#include <WiFiUDP.h>
```

Además, debe declararse una variable de tipo WiFiUDP que permitirá acceder a las funciones de esta librería y una variable que sirve de buffer.

```
WiFiUDP UDP;  
char packetBuffer[255];
```



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

Después de haber incluido esta librería y haber inicializado la conexión WiFi y UDP adecuadamente (véase práctica 2), los dos datos enviados desde el programa de Simulink pueden recibirse mediante el siguiente código:

```
int packetSize = UDP.parsePacket();
if (packetSize){
  int len = UDP.read(packetBuffer,255);
  if(len>0){
    packetBuffer[len]=0;

    a = packetBuffer[0];
    b = packetBuffer[1];

    Serial.print("a: ");
    Serial.print(a);
    Serial.print("    b: ");
    Serial.println(b);
  }
}
```

En este código se lee el paquete enviado mediante UDP y se almacena en el buffer. Posteriormente, si hay datos disponibles, se hace la separación de los dos valores enviados, almacenando cada uno de ellos en una variable distinta, por ejemplo, las variables a y b. Por último, se imprimen los valores en el monitor serial para que pueda verificarse que la recepción de la información está funcionando correctamente.

Una vez que se tienen los datos recibidos, estos se pueden utilizar para controlar la velocidad de las ruedas. El procedimiento para hacer esto dependerá del controlador que se esté utilizando para regular la velocidad de giro de los motores. En la práctica 3 se realizó el control mediante un control PID, por lo que esa es una opción para realizar el control de la velocidad del giro de las llantas del robot móvil.



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

Utilizando la tarjeta MD25 el control de la velocidad de giro de las ruedas se debe realizar utilizando comunicación I²C. Para ello es necesario incluir en el programa también la siguiente librería:

```
#include <Wire.h>
```

Después, se debe declarar las direcciones de memoria que utiliza la tarjeta MD25:

```
#define CMD (byte) 0x00

#define MD25ADDRESS 0x58
#define SOFTWAREREG 0x0D
#define SPEED1 (byte) 0x00
#define SPEED2 0x01
#define ENCODERONE 0x02
#define ENCODERTWO 0x06
#define VOLTREAD 0x0A
#define RESETENCODERS 0x20
```

Y finalmente, se envían las velocidades utilizando la comunicación I²C:

```
Wire.beginTransmission(MD25ADDRESS);
Wire.write(SPEED2);
Wire.write(a);
Wire.endTransmission();

Wire.beginTransmission(MD25ADDRESS);
Wire.write(SPEED1);
Wire.write(b);
Wire.endTransmission();
```

Mayores detalles sobre el funcionamiento de la tarjeta MD25 pueden consultarse directamente en la referencia [3].



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

Por último, debe verificarse que se controla correctamente el movimiento del robot móvil. Para ello, debe cargarse el programa en el módulo ESP8266 utilizando el Arduino IDE, luego debe establecerse la conexión entre el ESP8266 y la red local de la computadora vía Wifi (véase práctica 2), y por último, se debe correr el programa en Simulink para hacer el envío de las velocidades de giro de las ruedas. Se deben modificar los valores de la velocidad lineal y angular del robot en el diagrama de Simulink y verificar que el robot móvil realiza los movimientos de acuerdo con las velocidades indicadas.

En la figura 13 se muestran los movimientos que debe realizar el robot móvil de acuerdo con el valor de la velocidad lineal y angular, recordando que el movimiento completo estará dado por la combinación de ambas velocidades simultáneamente. Dependiendo de la manera en que esté construido el robot móvil puede ser necesario invertir el sentido de giro de alguno de los motores para lograr el desplazamiento deseado del robot.

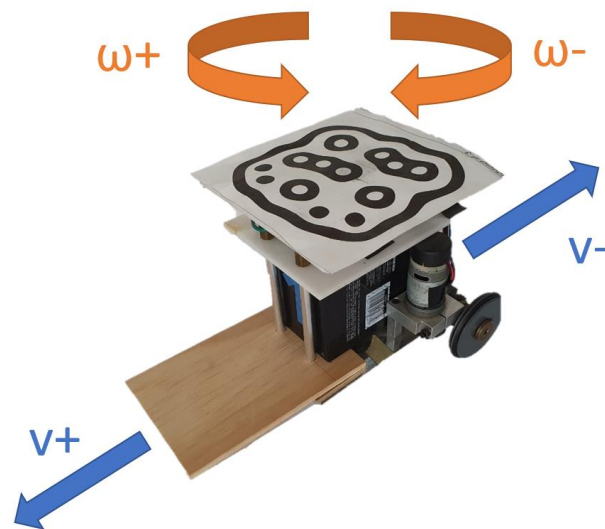


Figura 13. Velocidades lineales y angulares en el robot móvil diferencial.

Realiza las siguientes actividades para concluir con la práctica:

- Programar el módulo ESP8266 para que reciba los datos de las velocidades de giro de las ruedas y para que, utilizando esa información, controle la velocidad de las ruedas del robot móvil.
- Verificar que la recepción de datos en el módulo ESP8266 se realiza correctamente, y que se produce la velocidad de giro indicada en cada una de las ruedas.
- Comprobar el funcionamiento de los programas al controlar el desplazamiento del robot móvil. Verificar que, al ingresar una velocidad lineal o una velocidad angular, tanto positiva como negativa, se produce el movimiento adecuado del robot. De igual manera, verificar el movimiento del robot al ingresar una combinación de velocidad lineal y velocidad angular.

8. Resultados

Como resultado de esta práctica se debe entregar el programa de Simulink utilizado para calcular y transmitir las velocidades de giro de las ruedas, y el programa utilizado para el funcionamiento del robot móvil, así como un video en el que se explique el funcionamiento y se observe el movimiento del robot modificando la velocidad lineal y la velocidad angular.



Práctica No. 4



Departamento de Mecatrónica

Mechatronics Research Group

9. Conclusiones

En esta práctica se identificó el modelo cinemático de un robot móvil diferencial (2,0), de tal manera que fue posible expresar la velocidad de giro de las llantas en función de la velocidad lineal y la velocidad angular del robot. Además, se implementó este modelo para realizar el control de un robot móvil utilizando como herramientas el software de Simulink y el módulo ESP8266 para lograr una conexión inalámbrica mediante Wifi.

Identificar el modelo cinemático de los robots móviles es una parte indispensable para poder controlarlos correctamente. Además, siguiendo una metodología similar es posible determinar el modelo de una gran variedad de configuraciones de robots móviles, desde robots con direccionamiento tipo carro hasta robots móviles omnidireccionales.

Bibliografía

- [1] V. J. Gonzalez-Villela, *“Research on a semiautonomous mobile robot for loosely structured environments focused on transporting mail trolleys”*, Loughborough University, 2006.
- [2] A. Ruiz Esparza Rodríguez, *“Diseño de un sistema ciber-físico para la coordinación de agentes robóticos heterogéneos en el transporte de materiales”*, UNAM, FI, 2021.
- [3] <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/md25tech.htm>

Todos los derechos reservados, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México © 2020. Quedan estrictamente prohibidos su uso fuera del ámbito académico, alteración, descarga o divulgación por cualquier medio, así como su reproducción parcial o total.