

CAPÍTULO 5

EXPERIMENTACIÓN

En este capítulo se presenta el análisis, tanto en simulación como en tiempo real, del funcionamiento de los diferentes bloques creados para la realización del control de movimientos en el brazo robot SCORBOT-ER III, de manera independiente.

5.1 Introducción

En los capítulos anteriores se ha detallado todo lo referente a las diferentes partes del control del brazo robot SCORBOT-ER III, la tarjeta de adquisición de datos, la placa electrónica de potencia y de acondicionamiento de señal, los diagramas de control en entorno Matlab/Simulink, etc. Por lo tanto, el objetivo en este capítulo será la comprobación del funcionamiento correcto de dichos diagramas de control, tanto en simulación, como en tiempo real aplicados a la maqueta del brazo robot SCORBOT-

ER III. Para demostrarlo se realizarán diferentes pruebas como la comprobación de la etapa de inicialización independiente, como prueba para la lectura de microinterruptores y pruebas de lectura de los encoders.

5.2 Simulación y comprobación de experimentos en tiempo real

En este apartado se llevará a cabo la comprobación de manera simulada y en tiempo real, de que los diagramas creados para el control en entorno Matlab/Simulink funcionan correctamente. Para ello, en simulación, las señales de los sensores serán simuladas por generadores de señal que las sustituyan para dicha simulación.

Se pueden enumerar distintas pruebas de simulación y en tiempo real, como puede ser:

- 1) Prueba de inicialización independiente.
- 2) Prueba de cambio de dirección en la articulación del codo.
- 3) Prueba de cambio de dirección en la articulación del hombro.
- 4) Prueba de verificación de lectura de encoders para la articulación del codo.
- 5) Prueba de verificación de lectura de encoders para la articulación del hombro.

5.2.1 Prueba de inicialización independiente

En esta prueba se llevará a cabo la simulación en entorno Matlab/Simulink de la etapa de posicionamiento inicial al reposo. Esta etapa, como se explicaba en el capítulo anterior, recibirá las señales de los microinterruptores para detectar la posición de reposo y sacará a la salida las señales de la dirección y las señales de control PWM de los motores de cada articulación. De manera que, cuando se activen los microinterruptores, dicha señal de salida PWM quedará anulada, deteniendo el motor de cada articulación independientemente en función del microinterruptor acoplado a dicha articulación. Para ello se deberán simular las señales de los microinterruptores en cada articulación con una señal de escalón, para producir el flanco de subida que debe detectar el bloque para desactivar los motores. El diagrama de simulación de esta etapa será el que representa la Figura 5.1:

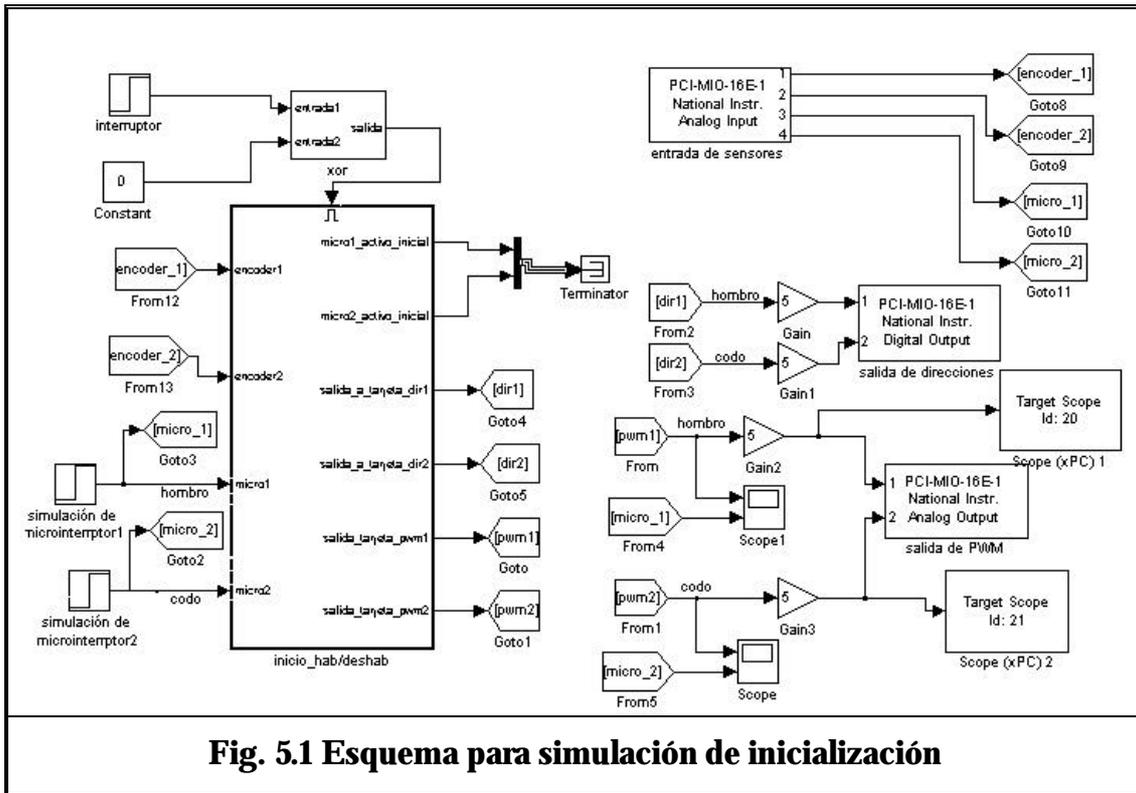


Fig. 5.1 Esquema para simulación de inicialización

Se observa en la Figura 5.1. los generadores de escalón que sustituyen a los microinterruptores. El microinterruptor del hombro se activará a los 2 segundos, ya que es el tiempo que se ha introducido como retardo en la señal escalón aplicada, mientras que el del codo se activará a los 3 segundos, por la misma causa. De este modo, al realizar la simulación del diagrama se obtiene una gráfica de salida PWM en función de la señal de entrada del microinterruptor. En la Figura 5.2. se representa la salida PWM y del microinterruptor de la articulación del hombro.

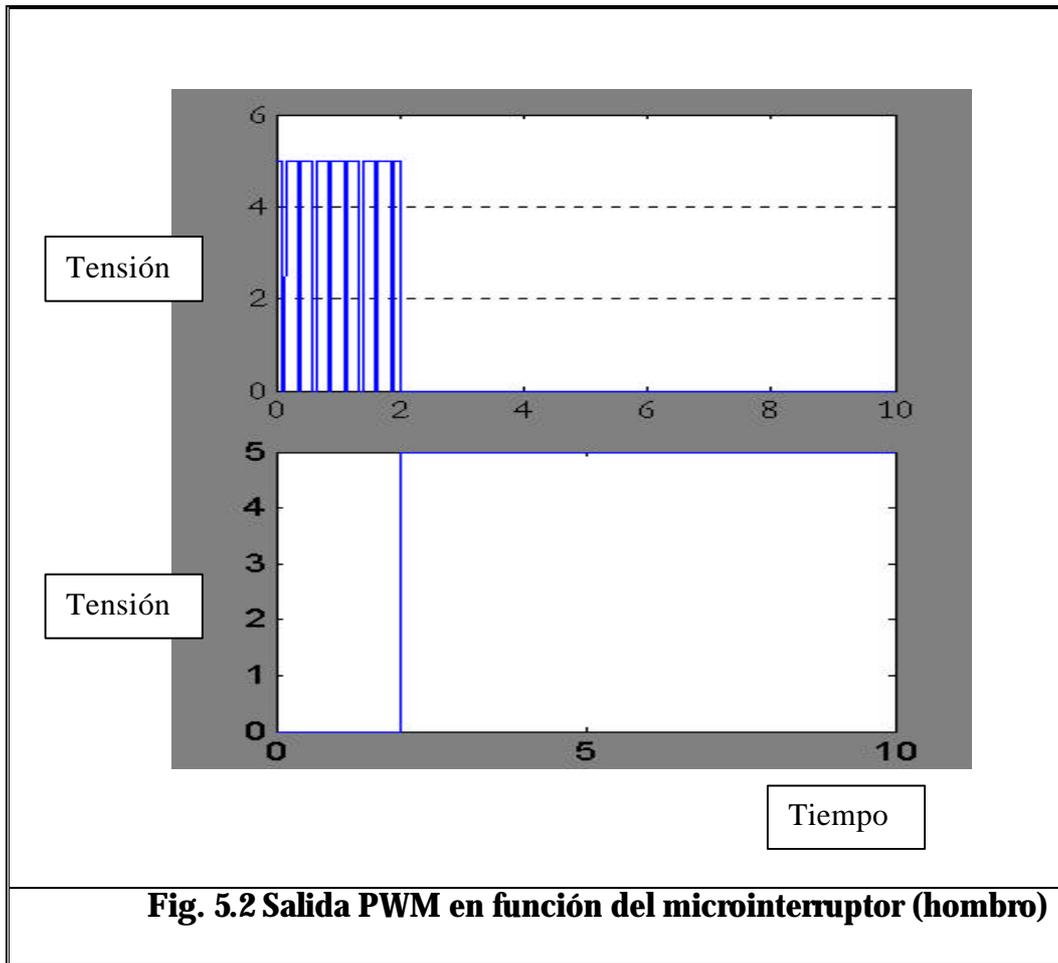


Fig. 5.2 Salida PWM en función del microinterruptor (hombro)

Se puede observar en la Figura 5.2. que cuando se activa el microinterruptor, la señal PWM queda deshabilitada, deteniéndose el motor de dicha articulación (hombro) en ese instante. En la Figura 5.3. se representa la salida PWM y del microinterruptor de la articulación del codo.

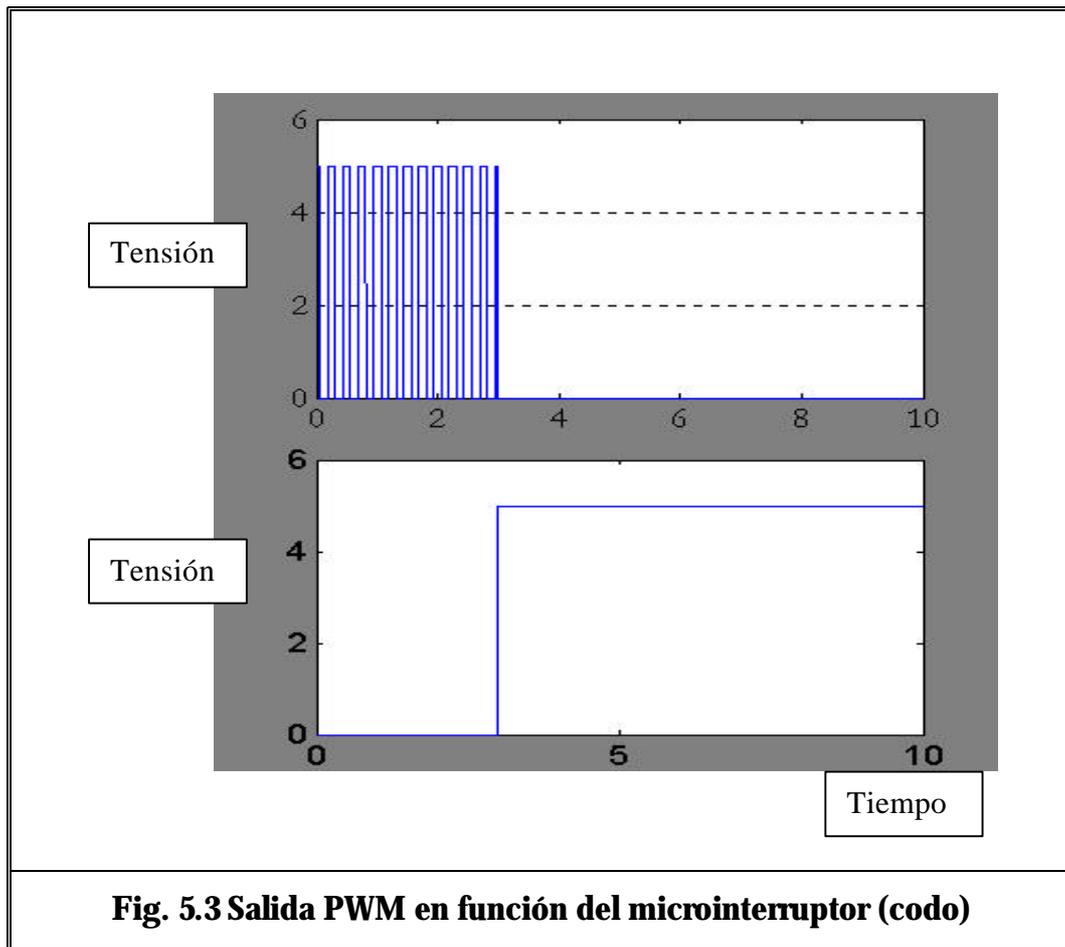


Fig. 5.3 Salida PWM en función del microinterruptor (codo)

Se puede observar en la Figura 5.3. que cuando se activa el microinterruptor, la señal PWM queda deshabilitada, deteniéndose el motor de dicha articulación (codo) en ese instante.

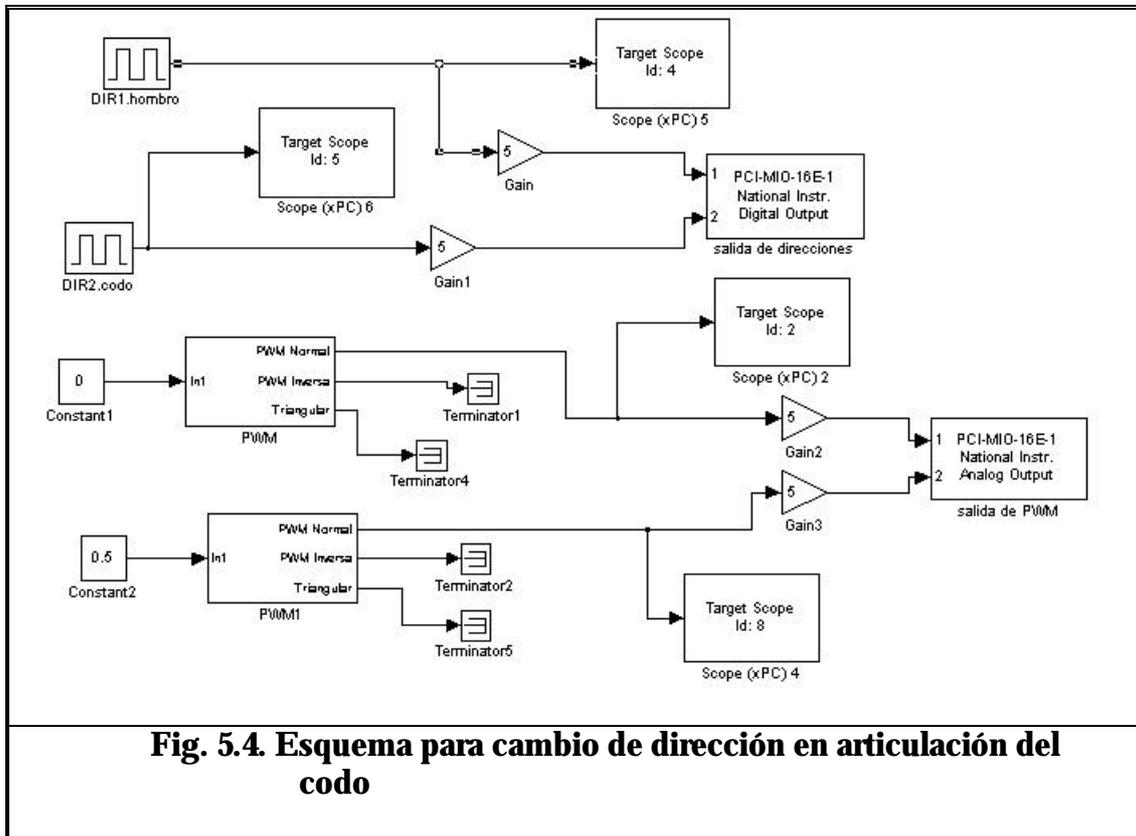
Para llevar a cabo la prueba de esta etapa en tiempo real hay que construir la aplicación de tiempo real de dicha etapa y aplicarla al brazo robot SCORBOT-ER III.

Cabe constatar que esta prueba se realiza con éxito sobre la maqueta.

5.2.2 Prueba de cambio de dirección en la articulación del codo

En esta prueba se llevará a cabo el envío de señales de dirección a la articulación del codo, de manera que, produciendo cambios en las señales de dirección, se observe

cómo el codo de la maqueta del brazo robot varía su dirección. Para esta prueba el diagrama utilizado es el que se presenta en la Figura 5.4:



Se puede observar en la Figura 5.4. que, como salidas de dirección a la tarjeta de adquisición de datos, se utiliza un generador de pulsos. De este modo, puesto que la señal de dirección debe valer 1 para que la articulación gire en un sentido y 0 para que gire en el otro, el brazo robot deberá moverse en un sentido mientras la señal del generador de pulsos valga nivel alto (1) y en el otro sentido mientras que la señal de dirección tenga nivel bajo. Se observa también que la señal de PWM hacia la articulación del hombro es nula, por lo que dicha articulación no se moverá en esta prueba.

Para llevar a cabo esta prueba en tiempo real hay que construir la aplicación de tiempo real de dicho diagrama y aplicarla al brazo robot SCORBOT-ER III.

Cabe constatar que esta prueba se realiza con éxito sobre la maqueta.

5.2.3 Prueba de cambio de dirección en la articulación del hombro

En esta prueba se llevará a cabo el envío de señales de dirección a la articulación del hombro, de manera que, produciendo cambios en las señales de dirección, se observe cómo el hombro de la maqueta del brazo robot varía su dirección. Para esta prueba el diagrama utilizado es el que se presenta en la Figura 5.5:

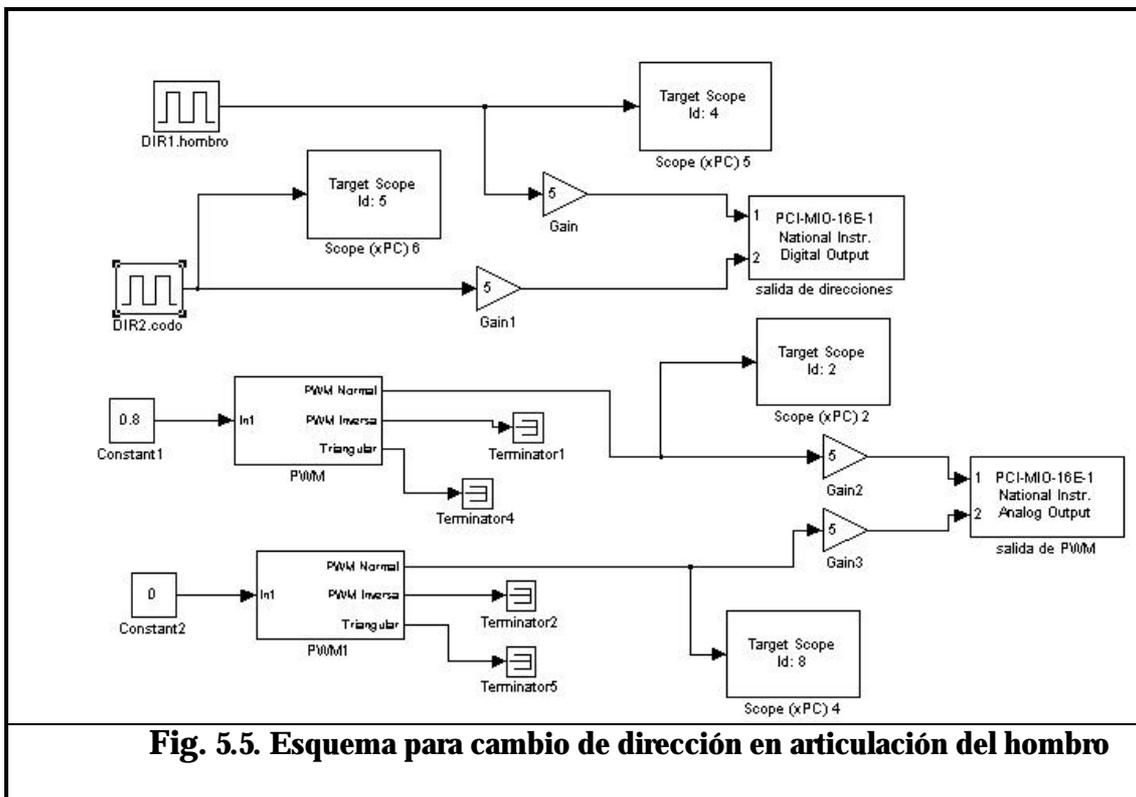


Fig. 5.5. Esquema para cambio de dirección en articulación del hombro

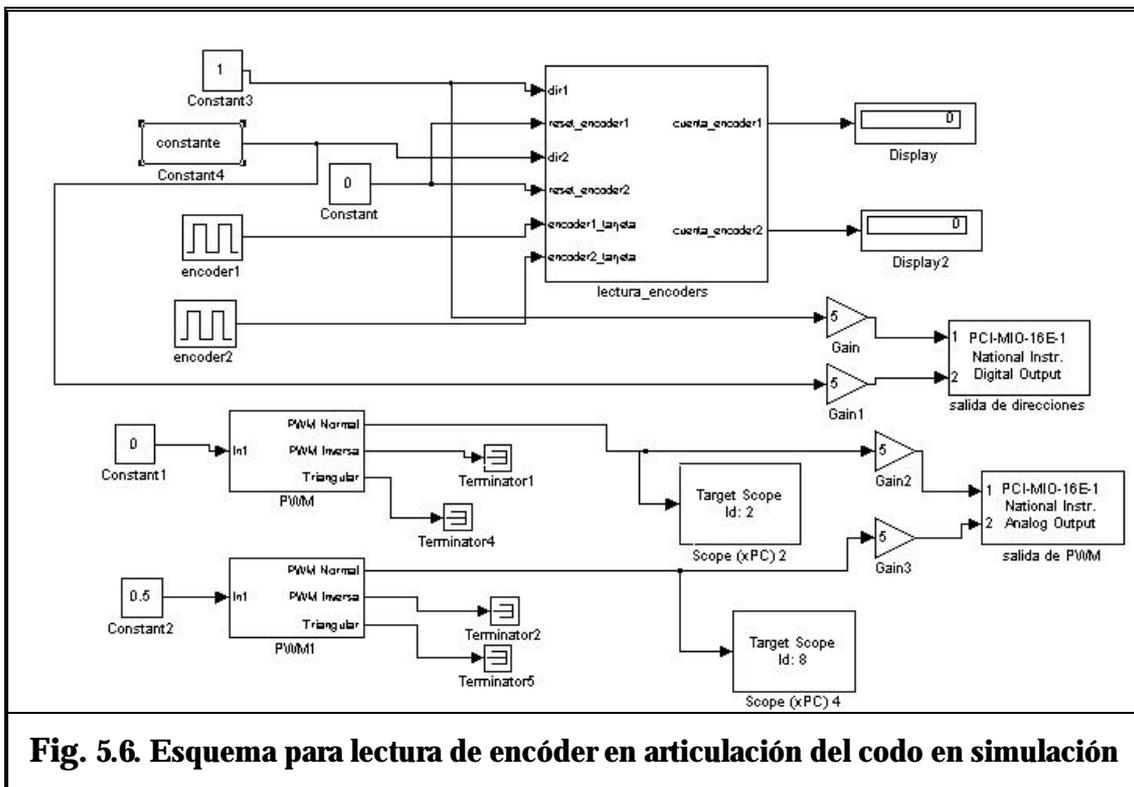
Se puede observar en la Figura 5.5. que, como salidas de dirección a la tarjeta de adquisición de datos, se utiliza un generador de pulsos. De este modo, puesto que la señal de dirección debe valer 1 para que la articulación gire en un sentido y 0 para que gire en el otro, el brazo robot deberá moverse en un sentido mientras la señal del generador de pulsos valga nivel alto (1) y en el otro sentido mientras que la señal de dirección tenga nivel bajo. Se observa también que la señal de PWM hacia la articulación del codo es nula, por lo que dicha articulación no se moverá en esta prueba.

Para llevar a cabo esta prueba en tiempo real hay que construir la aplicación de tiempo real de dicho diagrama y aplicarla al brazo robot SCORBOT-ER III.

Cabe constatar que esta prueba se realiza con éxito sobre la maqueta.

5.2.4 Prueba de verificación de lectura de encoders para la articulación del codo

En esta prueba se llevará a cabo, tanto en simulación como en tiempo real sobre la maqueta del brazo robot, el envío de una señal PWM al motor de la articulación del codo y se recibirán en tiempo real las señales de los encoders, para poder verificar que la recepción de estas señales es correcta, es decir, el bloque de lectura de encoders detecta correctamente los pulsos, y así se pueda realizar la cuenta de pulsos. También se realizará en esta prueba la determinación de la extrapolación de pulsos a grados girados por la articulación. El diagrama utilizado para llevar a cabo la simulación del conteo de pulsos por parte del bloque de lectura de encoders se observa en la Figura 5.6:



Se observa en la Figura 5.6 que se introducen señales de pulsos, en lugar de la señal del encoder para poder realizar la cuenta. Para generar la dirección se utilizará una fuente constante, ya que, cuando la dirección está a nivel alto, el conteo de pulsos es ascendente, y cuando la dirección está a nivel bajo, el conteo de pulsos será descendente. Así, si el generador de dirección de la Figura 5.6 está a nivel alto, la salida en el *display* será positiva, mientras que si el generador de dirección de la Figura 8.6 está a nivel bajo, la salida en el *display* será negativa.

Tras realizar esta prueba se puede observar que en función de la dirección que lleve la articulación, se contarán o descontarán pulsos en la *display* de salida.

Como prueba real sobre la maqueta del brazo robot se podría utilizar el diagrama de la Figura 5.7:

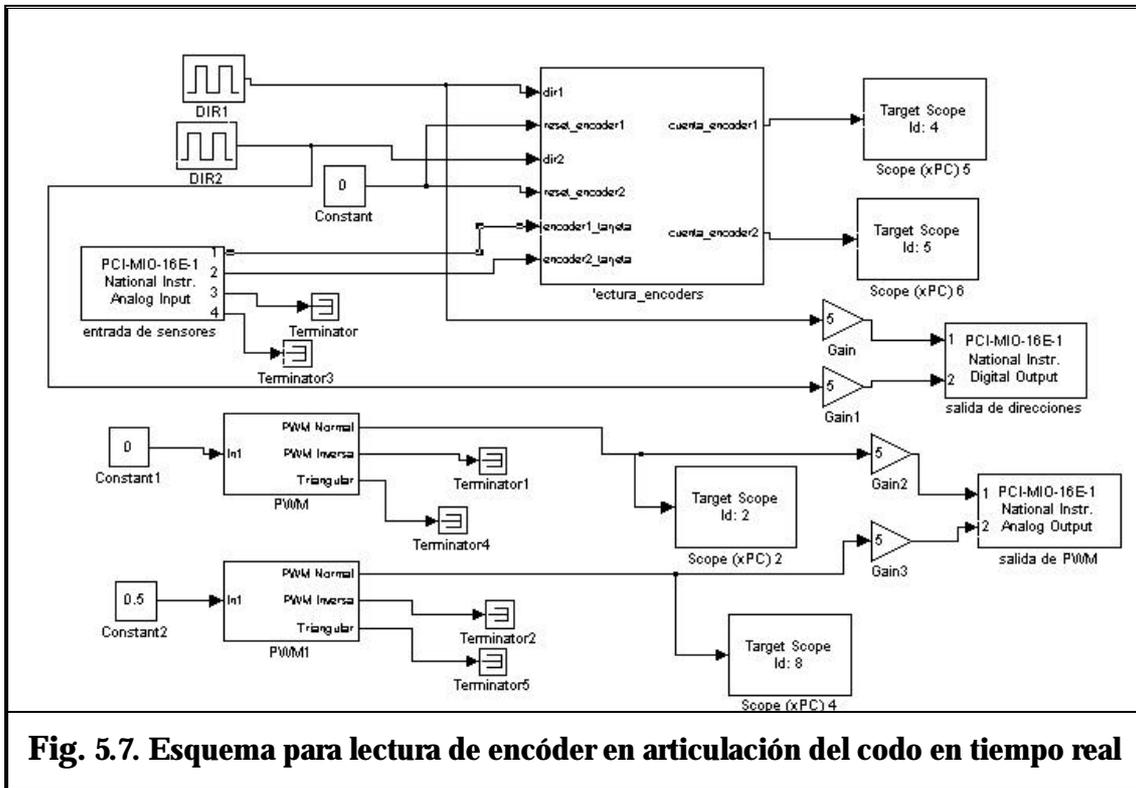


Fig. 5.7. Esquema para lectura de encóder en articulación del codo en tiempo real

Se observa en la Figura 5.7 que el generador de direcciones será un generador de pulsos. Esto se debe a que se quiere comprobar el conteo ascendente y descendente en función de la dirección, por lo que se generan pulsos, de manera que cuando esté a nivel alto, contará pulsos y cuando esté a nivel bajo descontará pulsos. Así se podrá observar en tiempo real, cómo se cuentan pulsos cuando se mueve en un sentido y cómo los descuenta cuando se mueve en el otro sentido.

También se realiza, tras esto, un envío de señales PWM al motor de esta articulación para moverlo y así captar las señales de los encoders. Antes de realizar movimiento de la articulación (conexión de la alimentación) se marca una referencia en la articulación con un semicírculo, de cero grados, cero pulsos en el encoder (ya que está detenido el motor, al no estar la alimentación del sistema conectada). Así al mover la articulación, se podrá observar como el punto de referencia marcado se irá moviendo, hasta que vuelva a desaparecer la alimentación. La articulación habrá girado un número determinado de grados, y en pantalla habrá marcado un determinado número de pulsos. Por lo tanto se obtiene modo de extrapolación de pulsos a ángulo de giro.

Para la articulación del codo se obtiene que para un ángulo de giro de 98°, se obtiene un número de pulsos del encoder de 677. La expresión que representa esta extrapolación para la articulación del codo será la siguiente:

$$\text{ángulo_articulación} = \frac{98 \cdot \text{cuenta_del_encoder}}{677} \cdot P$$

expresado en radianes.

Para llevar a cabo esta prueba en tiempo real hay que construir la aplicación de tiempo real de dicho diagrama y aplicarla al brazo robot SCORBOT-ER III.

Cabe constatar que esta prueba se realiza con éxito tanto en simulación como en tiempo real sobre la maqueta.

5.2.5 Prueba de verificación de lectura de encoders para la articulación del hombro

En esta prueba se llevará a cabo, tanto en simulación como en tiempo real sobre la maqueta del brazo robot, el envío de una señal PWM al motor de la articulación del hombro y se recibirán en tiempo real las señales de los encoders, para poder verificar que la recepción de estas señales es correcta, es decir, el bloque de lectura de encoders detecta correctamente los pulsos, y así se pueda realizar la cuenta de pulsos. También se realizará en esta prueba la determinación de la extrapolación de pulsos a grados girados por la articulación. El diagrama utilizado para llevar a cabo la simulación del conteo de pulsos por parte del bloque de lectura de encoders se observa en la Figura 5.8:

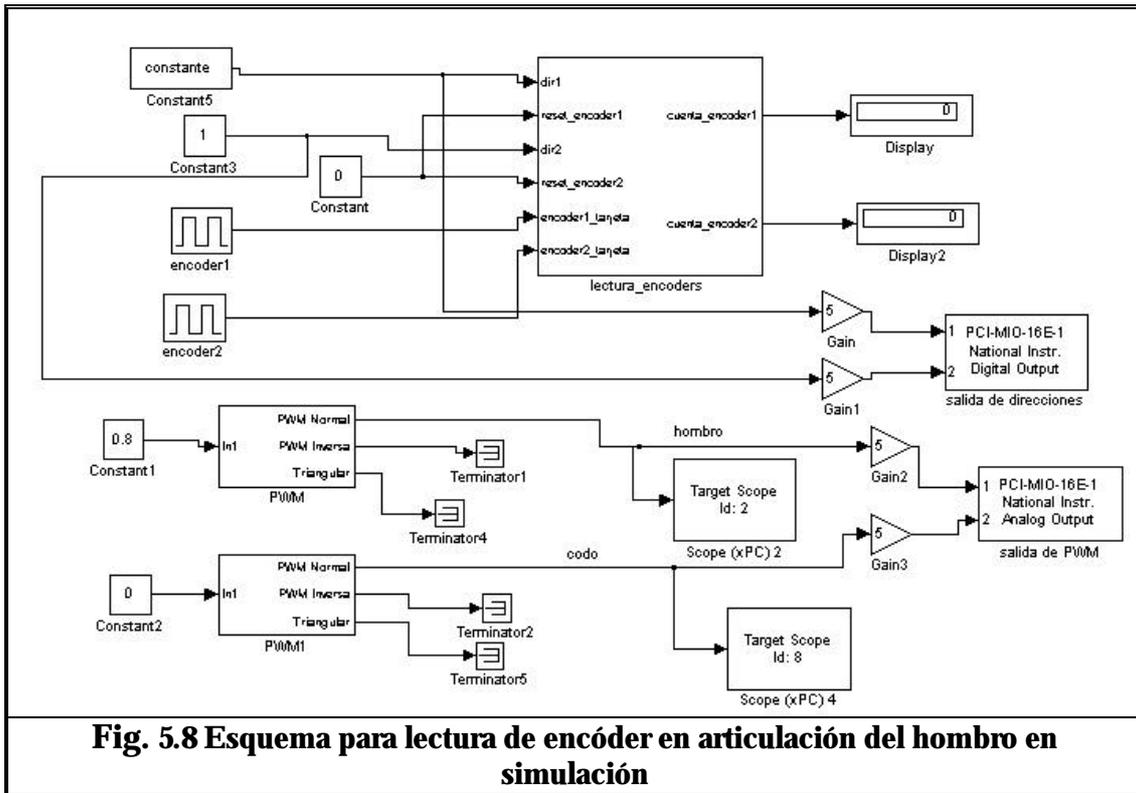
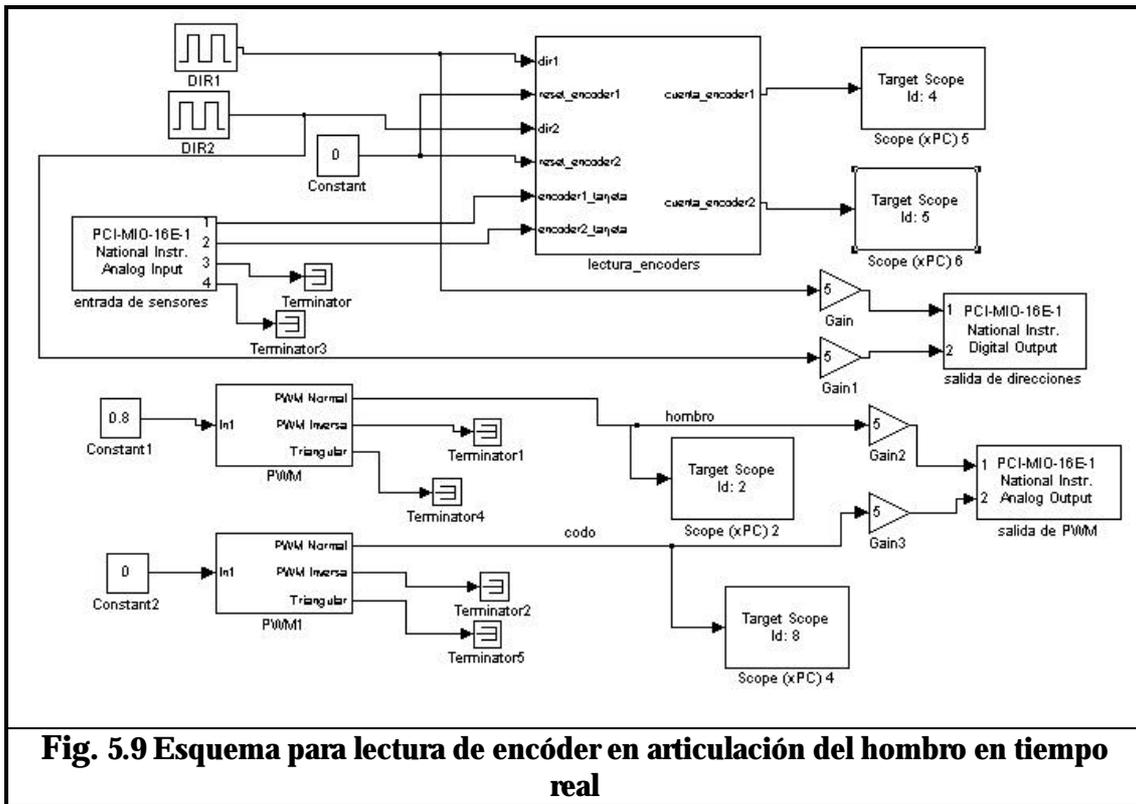


Fig. 5.8 Esquema para lectura de encóder en articulación del hombro en simulación

Se observa en la Figura 5.8 que se introducen señales de pulsos, en lugar de la señal del encoder para poder realizar la cuenta. Para generar la dirección se utilizará una fuente constante, ya que, cuando la dirección está a nivel alto, el conteo de pulsos es ascendente, y cuando la dirección está a nivel bajo, el conteo de pulsos será descendente. Así, si el generador de dirección de la Figura 5.8 está a nivel alto, la salida en el *display* será positiva, mientras que si el generador de dirección de la Figura 8.8 está a nivel bajo, la salida en el *display* será negativa.

Tras realizar esta prueba se puede observar que en función de la dirección que lleve la articulación, se contarán o descontarán pulsos en el *display* de salida.

Como prueba real sobre la maqueta del brazo robot se podría utilizar el diagrama de la Figura 5.9:



Se observa en la Figura 5.9 que el generador de direcciones será un generador de pulsos. Esto se debe a que se quiere comprobar el conteo ascendente y descendente en función de la dirección, por lo que se generan pulsos, de manera que cuando esté a nivel alto, contará pulsos y cuando esté a nivel bajo descontará pulsos. Así se podrá observar en tiempo real, cómo se cuentan pulsos cuando se mueve en un sentido y cómo los descuenta cuando se mueve en el otro sentido.

También se realiza, tras esto, un envío de señales PWM al motor de esta articulación para moverlo y así captar las señales de los encoders. Antes de realizar movimiento de la articulación (conexión de la alimentación) se marca una referencia en la articulación con un semicírculo, de cero grados, cero pulsos en el encoder (ya que está detenido el motor, al no estar la alimentación del sistema conectada). Así al mover la articulación, se podrá observar como el punto de referencia marcado se irá moviendo, hasta que vuelva a desaparecer la alimentación. La articulación habrá girado un número determinado de grados, y en pantalla habrá marcado un determinado número de pulsos. Por lo tanto se obtiene modo de extrapolación de pulsos a ángulo de giro.

Para la articulación del hombro se obtiene que para un ángulo de giro de 115° , se obtiene un número de pulsos del encoder de 797. La expresión que representa esta extrapolación para la articulación del codo será la siguiente:

$$\text{ángulo_articulación} = \frac{115 \cdot \text{cuenta_del_encoder}}{797} \cdot \mathbf{p}$$
$$\frac{180}{180}$$

expresado en radianes.

Para llevar a cabo esta prueba en tiempo real hay que construir la aplicación de tiempo real de dicho diagrama y aplicarla al brazo robot SCORBOT-ER III.

Cabe constatar que esta prueba se realiza con éxito tanto en simulación como en tiempo real sobre la maqueta.

5.3 Resumen

En este capítulo se han llevado a cabo numerosas pruebas, tanto experimentales en tiempo real, como en simulación, demostrando el correcto funcionamiento de los diferentes bloques de control creados en entorno Matlab/Simulink.

