

PRÁCTICA 2.

Control en tiempo real por computadora (RTWT). Control de velocidad de un motor CC.

2. 1. Introducción.

En esta practica vamos a implementar la programación de un lazo de control RT de velocidad de un motor de corriente continua. Teniendo en cuenta los objetivos de la asignatura, el énfasis se va a poner en la gestión de la herramienta de programación, sin entrar demasiado en el correcto ajuste del controlador.

Por otro lado, veremos como gran parte del trabajo se centra en procesar adecuadamente las señales adquiridas de los sensores (*encoder*) y generar la señal de control (PWM), aprovechando al máximo las características del hardware disponible.

2. 2. Hardware.

El hardware que usaremos en esta practica consta de un PC, una tarjeta de adquisición de bus interno y un motor CC dotado de encoder en cuadratura.

El motor está conectado a un *driver* en puente H *PmodHB5* de *Digilent Inc.* Dicho *driver* está diseñado para atacar cargas inductivas (caso del motor CC) y dispone de diodos de protección en las salidas. Acepta alimentaciones separadas, una para la lógica TTL de la señal de control y otra para los canales de salida. Puede utilizarse en aplicaciones de conmutación, como salidas PWM. Las características más importantes de este integrado son:

- Corriente de hasta 2 A para voltajes hasta 12 V.
- Tensión de alimentación de la lógica TTL (Vcc) entre 2.5 y 5 V.

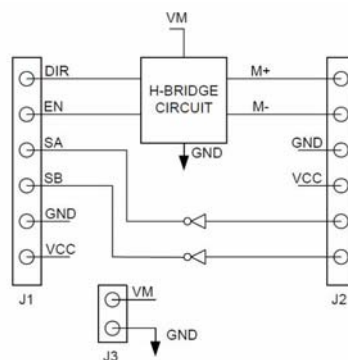


Figura 2.1. Diagrama de conexiones del *PmodHB5*.

La figura 2.1 muestra el esquema de conexiones internas del puente en H, donde J2 es el conector con el motor CC, J1 lo utilizaremos para llevar las señales de interés a la tarjeta de adquisición y J3 recibe la alimentación de la fuente de 12 V. Las señales de interés son las siguientes:

- M+ y M- son los voltajes en los bornes del motor CC.
- SA y SB son los trenes de pulsos generados por el encoder en cuadratura conectado al motor.
- DIR es la señal digital que marca el sentido de giro.

- EN es la entrada al puente que lleva la PWM.
- GND y VCC son la alimentación de los dispositivos digitales del encoder (5 V).

La figura 2.2. presenta una foto del dispositivo y un esquema mas claro del conector J1 que debemos conectar con nuestra DAQ board.

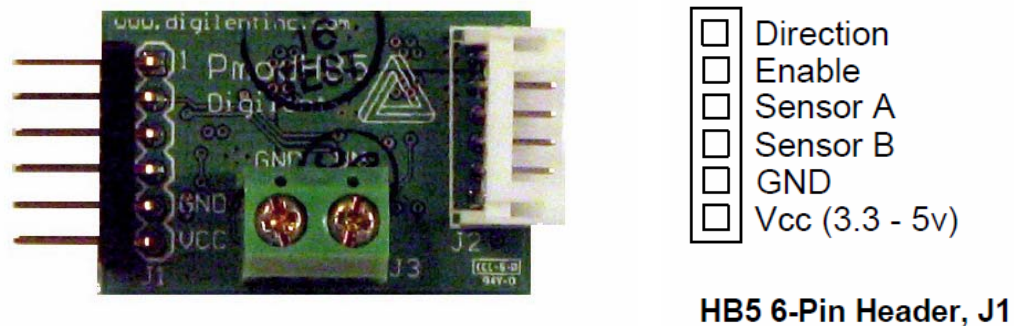


Figura 2.2. Puente en H *PmodHB5*.

2. 3. Control de velocidad del motor CC.

Los motores de corriente continua (motores CC) tienen múltiples aplicaciones a nivel industrial y en la electrónica de consumo. En ocasiones, como sucede con el motor de un reproductor de DVD, es necesario que el motor gire a velocidad constante. Las aplicaciones que necesitan de un posicionamiento preciso, tales como los brazos robóticos, impresoras, maquinas-herramienta, etc.,... requieren de un lazo adicional de control de posición que estudiaremos en la practica 3.

2.3.1. Tipos de señal de control.

Como es evidente, la variación de la velocidad de giro del motor CC se consigue modificando el nivel de tensión aplicado al mismo. Si el controlador es digital, se necesita un convertidor de digital a analógico (D/A) que suministre la señal analógica de control al *driver* del motor. Otra posibilidad consiste en dar al *driver* del motor una señal rectangular periódica en la que pueda controlarse el tiempo de permanencia a nivel alto y nivel bajo. Este tipos de señales, que pueden considerarse digitales ya que solo tienen dos niveles de voltaje, se denominan señales en modulación de anchura de pulso (PWM). Existen circuitos integrados dedicados a la generación de señales PWM, pero en principio pueden generarse mediante un canal digital de salida.

Por su lado, la inversión del sentido de giro del motor se implementa cambiando la polaridad de la tensión aplicada, si la señal de control aplicada es analógica, o bien mediante algún tipo de conmutación en el *driver* específico, si se utiliza una señal PWM de control.

Para detener un motor CC, en principio basta con dejar de aplicar tensión (par de avance) con lo que la fricción acaba por detenerlo cuando se elimine el momento de inercia que el motor tenía cuando estaba girando. Sin embargo, normalmente se requiere que el motor se detenga rápidamente en un punto determinado. Para ello se utiliza el frenado eléctrico, que consiste en cambiar la polaridad de la tensión aplicada al motor, creando un par contrario al sentido de giro hasta que este se detiene.

Normalmente, los procesadores que implementan los algoritmos de los lazos de control no proporcionan la corriente mínima necesaria para actuar el motor directamente. Eso nos obliga a utilizar una etapa de amplificación o *driver* que proporciona los niveles de voltaje y corriente

necesarios. En nuestro caso, vamos a utilizar el *driver PmodHB5*. Dicho *driver* está diseñado para procesar señales PWM, así que es conveniente generar la señal de control mediante dicha modulación.

2.3.2. Tipos de control de velocidad.

En principio, el control de un motor puede realizarse de dos formas: en lazo abierto y en lazo cerrado. En lazo abierto, el controlador genera una señal de control que intenta imponer una dinámica deseada al motor durante el seguimiento de la consigna, partiendo de la cancelación de la dinámica propia (supuestamente conocida de antemano) del motor. Dicho tipo de control depende en alto grado del exacto conocimiento del modelo y los parámetros del motor. Asimismo, no es capaz de eliminar las perturbaciones que se introducen en el lazo (variaciones de carga, ruido en la señal de control, etc.,...). Es por ello que el rendimiento de los lazos abiertos suele ser habitualmente muy bajo.

Por su parte, los controladores en lazo cerrado utilizan medidas de la variable a controlar como realimentación del lazo. Ello permite hacer que este sea robusto ante dinámicas no modelizadas y que puede rechazar las perturbaciones que, inevitablemente, se van a introducir en el lazo.

En esta practica planteamos implementar un control de velocidad computerizado de lazo cerrado en tiempo real. Para ello necesitamos medidas de la variable a controlar, esto es, la velocidad de giro del motor CC.

2.3.3. Señal de realimentación de lazo.

Esta señal podría obtenerse a partir de un tacodínamo, un sensor de efecto Hall, un detector de infrarrojos o, como en este caso, mediante un codificador óptico (*encoder*). En concreto, utilizaremos un codificador óptico construido con dos emisores-receptores de luz y un aspa solidaria con el eje del motor que, al girar, corta o deja pasar el haz de luz, cuatro veces por cada giro completo del eje. Las dos señales de salida proporcionadas por ambos receptores permiten calcular la velocidad y el sentido de giro del motor.

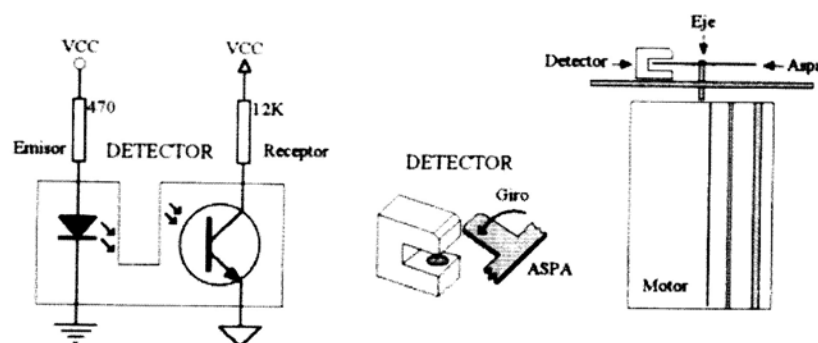


Figura 2.3. Codificador óptico del encoder.

2. 4. Implementación del control RT de velocidad de un motor CC.

Esta práctica se plantea como un proceso de análisis. En la primera parte, se implementa un control de velocidad, proporcionado por el profesor, para su cuidadoso análisis. Posteriormente, debe describirse con detalle cómo funciona dicho control.

2.4.1. Implementación y análisis.

Descripción: El sistema propuesto por el profesor utiliza la tarjeta PCI 6221 y el esquema de Simulink "ControlDC_Velocidad_RTWT.mdl" que podéis encontrar en la carpeta correspondiente a esta practica del Moodle y que podéis ver en la figura 2.4.

Para poder utilizar dicho esquema, realizamos **con cuidado** las conexiones eléctricas descritas a continuación:

A. PmodHB5-Tarjeta:

1. DIR (1 de J1-Marca blanca-) a 52 del embornado.
2. EN (2 de J2) a 2 del embornado.
3. SA (3 de J2) a 42 del embornado.
4. SB (4 de J2) a 46 del embornado.
5. GND (5 de J2) a 18 del embornado.
6. VCC (6 de J2) a 14 del embornado.

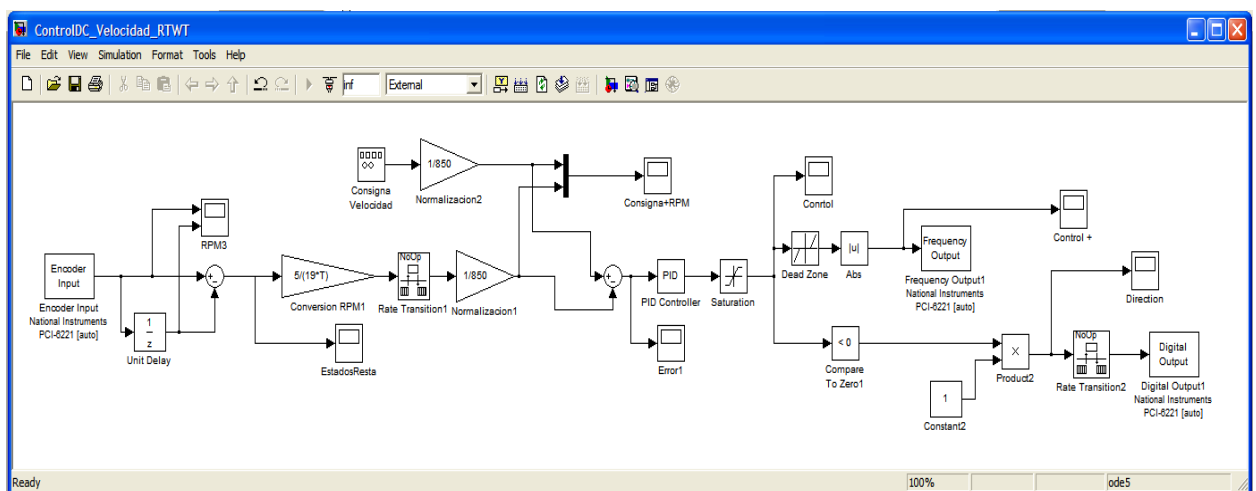


Figura 2.4. Lazo de control RT de velocidad.

A continuación os presento, a modo orientativo, las señales de interés que deben aparecer cuando ejecutéis en RTWT el código compilado: seguimiento de consigna (fig. 2.5), error de seguimiento (fig 2.6) y lecturas del encoder (fig 2.7).

Por supuesto, en todo momento podéis añadir nuevas gráficas, añadiendo *Scopes* en otras señales y recompilando el esquema.

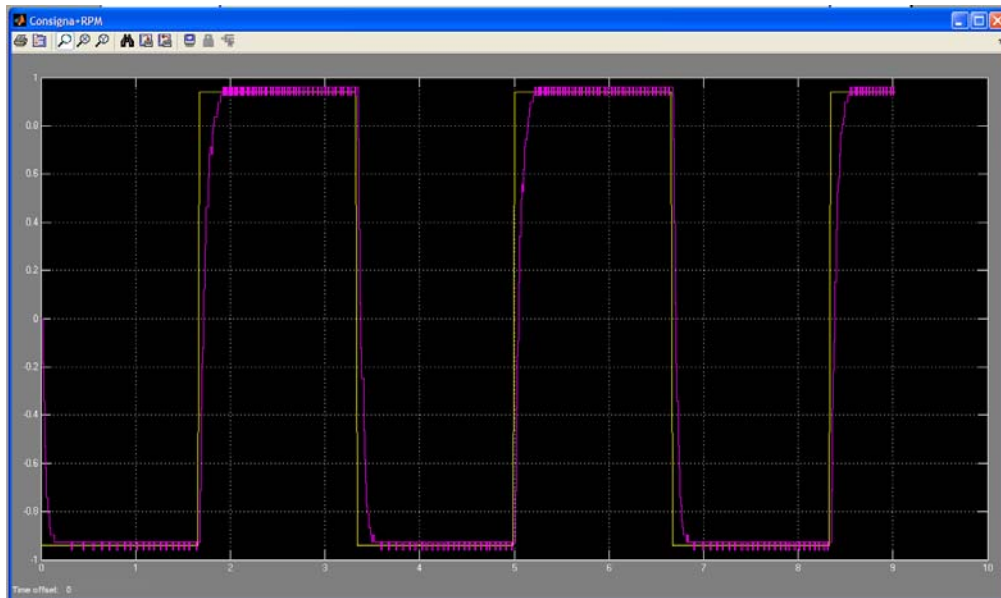


Figura 2.5. Señal de consigna de velocidad y seguimiento de la salida de la planta.

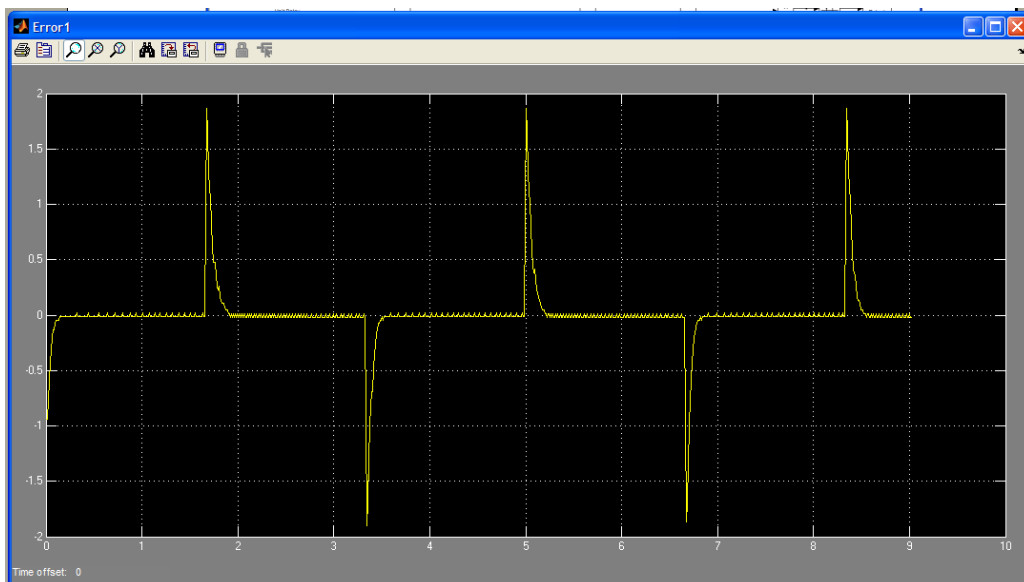


Figura 2.6. Error de seguimiento de la salida de la planta.

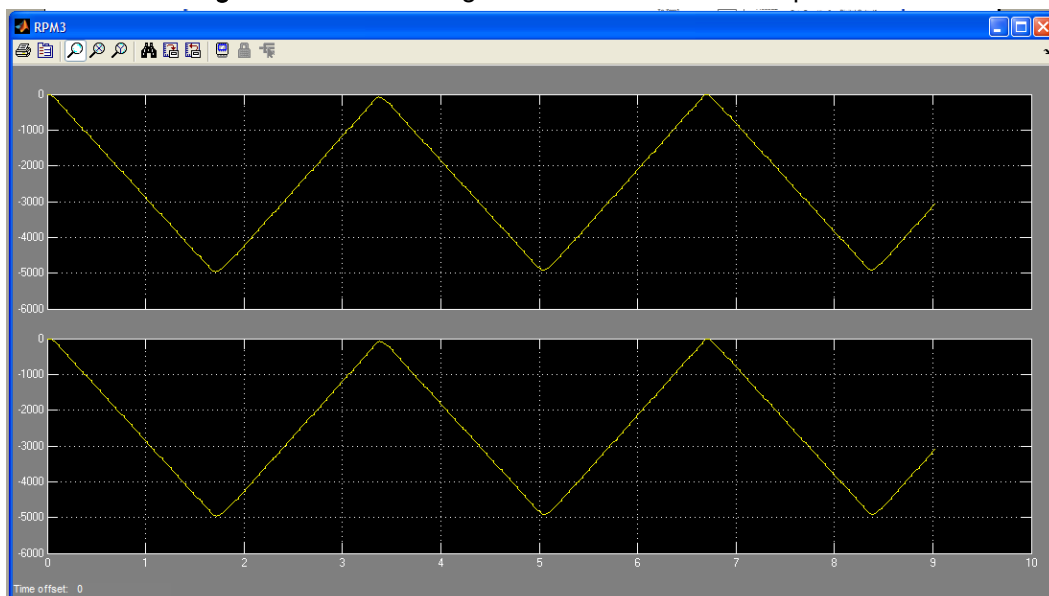


Figura 2.7. Lecturas del Encoder.

Una vez concluida la implementación de este sistema de control de partida, el objetivo es que trabajéis con él para comprender en detalle su funcionamiento en una primera etapa de análisis.

Tenéis que tener en cuenta la descripción que aparece en este guión y las señales de interés que hemos monitorizado. Podéis alterar la señal de consigna (alterar frecuencia, amplitud y forma de onda) para someter al sistema a diversas situaciones de funcionamiento. También puede considerarse cambiar algunos detalles de la programación de los canales de entrada y salida...

Después de esta primera etapa, debéis ser capaces de:

- A. Describir con detalle el funcionamiento de las etapas de entrada y salida.
- B. Describir con detalle el planteamiento del lazo de control.
- C. Contestar a las siguientes preguntas. ¿Qué es la normalización y para que se hace?, ¿Por qué se incluye un bloque de saturación antes del bloque de la salida del control?, ¿puede el control plantearse en ambos sentidos de giro y porqué?
- D. ¿Por qué hemos introducido una zona muerta en el esquema?

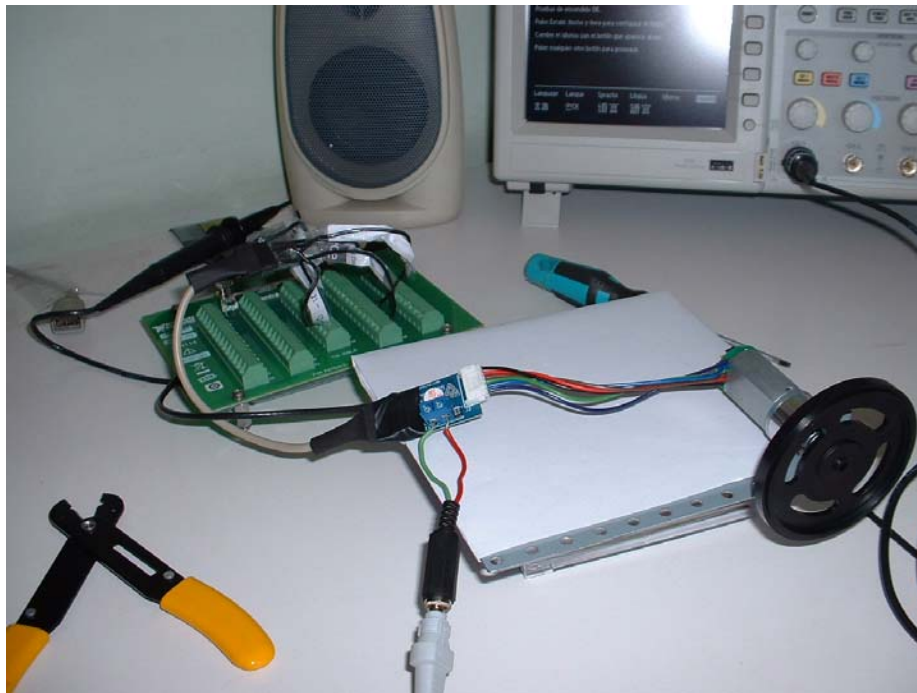


Figura 2.8. Conexiones eléctricas ¡CUIDADO!.

Una vez que entendemos con detalle cómo funciona el controlador planteado, debemos criticarlo: ¿es bueno el seguimiento?, ¿son limpias las señales?, ¿por qué? ¿el controlador está bien ajustado?....

Esta etapa es muy importante, ya que abre el camino a posibles mejoras de programación.

2.4.2. Edición de informe.

Con todo lo anterior, debéis entregarme por grupos un informe que describa con detalle el lazo anterior, sus etapas de entrada-salida y todo aquello que estiméis interesante de cara a mejorar el rendimiento.