
Laboratory 1: Low Level Controller

Deadline: 01/09/2023

Introduction

The learning objectives for this practice are:

- PID Controller
- Motor Control
- Bode Plot
- Encoders
- Microcontroller
- Closed-Loop and Open-Loop Systems

El objetivo principal de este laboratorio es que mediante las habilidades adquiridas en cursos anteriores, se construya un sistema de control de motor DC inicialmente en Open-Loop. Para ello es necesario:

- Medición de la señal de entrada utilizando el ADC y escritura de la señal recibida en el registro para el PWM;
- Supervisión del correcto funcionamiento de PWM mediante un osciloscopio;
- Implementación del control de impulsos del motor;
- Definición de sentido de giro positivo/negativo motor y cambiar esta señal al controlador del motor;
- Control de la velocidad y sentido de giro del motor;
- Obtención del Bode Plot de Fase y Amplitud de un sistema abierto;
- Construcción de un modelo matemático de un sistema abierto en MATLAB.

NOTA IMPORTANTE. Puede utilizar cualquier otro método de identificación de sistema. Lo importante es obtener la función de transferencia del sistema e implementar un Controlador.

Requerimientos

Su controlador debe cumplir con lo siguiente:

- Overshoot menor al 30 %
- Un error del sistema $e = 2^\circ$ para una señal a 0.05 Hz

Principio de Funcionamiento

A la entrada de un modulo ADC de un microcontrolador, STM32 por ejemplo, llega una senal sinusoidal de control desde un generador de senales en el rango de 0 a 3 V. Si la sena le digitaliza con una resolucion de 12 bits. Los resultados obtenidos del ADC estan en el rango de 0 a 4095 los se convierten a $0 - N_{PWMMAX}$ y se va al modulo PWM al ciclo de trabajo. La senal del PWM se debe formar con una frecuencia de 5 KHz hasta 10 KHz, y la direccion de giro se debe determinar con relacion al rago del ADC, 0 - 4095. El signo de la senal se debe brindar a otro pin de salida. La salida del PWM es la entrada de un driver o amplificador y de este se pasa al motor. De esta forma, se puede realizar un control del motor DC. Se presenta el diagrama funcional del sistema abierto.

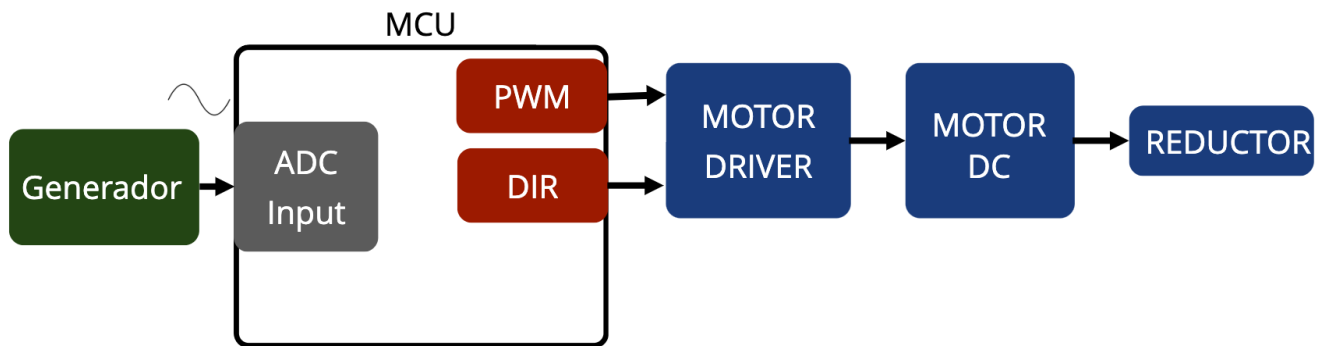


Figure 1: Open loop system

Contruccion del Bode Plot

Para la construccion del diagrama de bode en amplitud y el diagrama de bode en fase del sistema abierto es necesario medir la amplitud de la senal de entrada y la senal medida por el sensor de retroalimentacion.

Utilizando estos datos se puede calcular la amplitud y face de la funcion de transferenecia del sistema abierto. Esto es necesario hacerlo en distintos puntos con las formulas:

$$T = \frac{1}{f} \quad (1)$$

$$\omega = 2\pi f \quad (2)$$

$$A = 20 \log \frac{A_{out}}{A_{in}} \quad (3)$$

Calculo de la fase con correccion:

$$\varphi = \frac{\Delta T}{T} 360 \quad (4)$$

Calculo de la fase sin correccion:

$$\varphi = \frac{\Delta T}{T} 360 - 180 \quad (5)$$

Donde T , f - periodo y frecuencia de la señal de entrada, A_{out} , A_{in} - amplitud de la señal de salida y señal de entrada; A Amplitud del sistema abierto; ΔT - retardo entre señales; φ - fase de la función de transferencia del sistema abierto

Como es sabido, en sistemas similares a un motor DC (2 enlaces aperiódicos o un enlace oscilatorio), la señal de salida se retrasa con respecto a la entrada, por lo que esta característica debe tenerse en cuenta al medir el retraso entre señales. Si mide el retraso entre el pico de la señal de entrada y el pico subsiguiente de la señal de salida, entonces no se necesita corrección (Fig. 2). Si mide el retraso entre el pico de la señal de entrada y el pico anterior de la señal de salida, entonces necesita hacer una corrección.

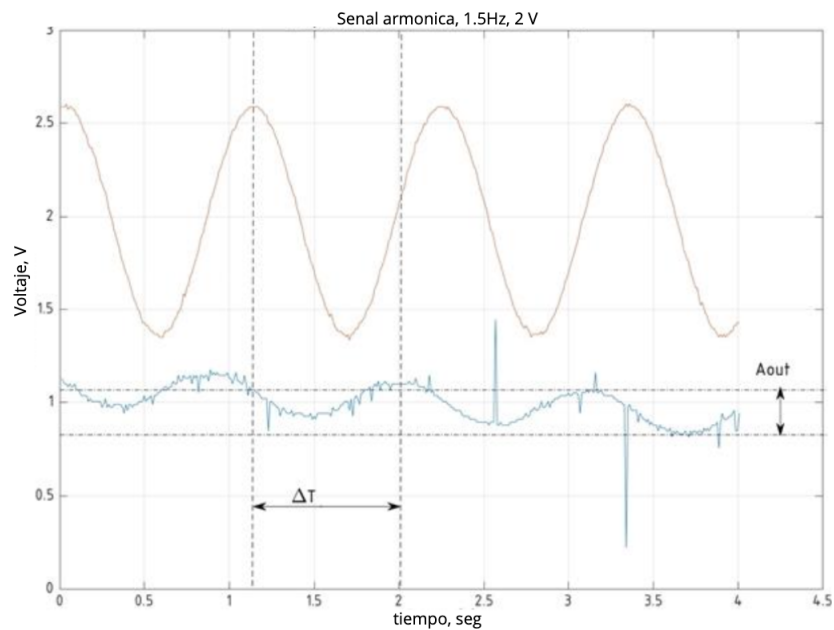


Figure 2: Señales armonicas, Entrada-Salida. Experimento sin correccion

Complete la tabla (la cantidad de experimentos se puede cambiar a discreción del estudiante, la frecuencia no es más de 10 Hz):

Nro	Hz	Entrada, V	Salida, V	Retraso, seg
1	0.025			
2	0.050			
3	0.080			
4	0.090			
5	0.100			
6	0.150			
7	0.200			
8	0.300			
...	...			

Table 1: Tareas y cronograma

Luego calcule de acuerdo con las fórmulas y escríbalas en la siguiente tabla, de acuerdo con la muestra.

Nro	Periodo, seg	Frecuencia, rad/s	Amplitud	Fase
1	40.00	0.157	13.98	68.94
...	...			
24	0.17	37.699	-32.31	176.40
25	0.14	43.982	-33.47	185.40

Table 2: Tareas y cronograma

Con los resultados obtenidos construir el bode plot y extraer la funcion de transferencia correspondiente para la sintesis del controlador.

Construcción de un sistema de control de motores DC de un sistema cerrado

Sintetizar e implementar un sistema de control de un motor DC que cumpla con las especificaciones establecidas durante la practica.

Las principales tareas del trabajo del laboratorio:

- Implementar un controlador en MATLAB usando el modelo obtenido previamente;
- Implementar un controlador del sistema cerrado en los motores reales;
- Evaluar la calidad de un sistema cerrado para el cumplimiento de los requisitos técnicos.

Principio de funcionamiento

La entrada del módulo ADC del microcontrolador, por ejemplo STM32, recibe una señal de un generador de señal, la señal es sinusoidal, en el rango de 0 - 3V. Una segunda entrada del sistema corresponde a una señal de la posición del rotor del motor del sensor de ángulo. Estas señales se digitalizan con una resolución de 12 bits, después de lo cual la señal de ángulo se resta de la señal de control según la fórmula: $(data_adc_1 - data_input_2)$ - se obtiene el valor del error de control. La diferencia calculada pasa a través de un dispositivo corrector en serie. El valor obtenido en el rango 0 - 4095 se convierte a $0 - N_{PWMmax}$ y se envía al módulo PWM como ciclo de trabajo. La señal PWM se genera con una frecuencia de 5 kHz a 10 kHz, y la dirección de rotación se determina en relación con el medio del rango 0 - 4095. El signo de la señal se suministra por separado a la salida de otro pin. El módulo PWM genera una salida que va al PinX, y de este directamente al driver del motor. Por lo tanto, se lleva a cabo el control de pulsos del motor DC. El diagrama funcional de un sistema abierto se muestra en la Fig. 3. FBL - Feedback Loop.

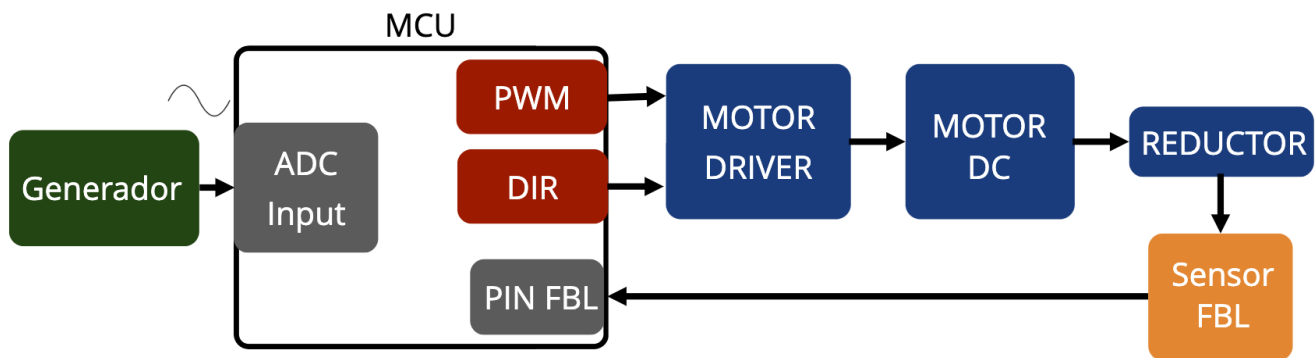


Figure 3: Closed loop system

Ejemplo

Bode plot obtenido mediante simulacion: (Esto es posible una vez ya se tiene los parametros del sistema)

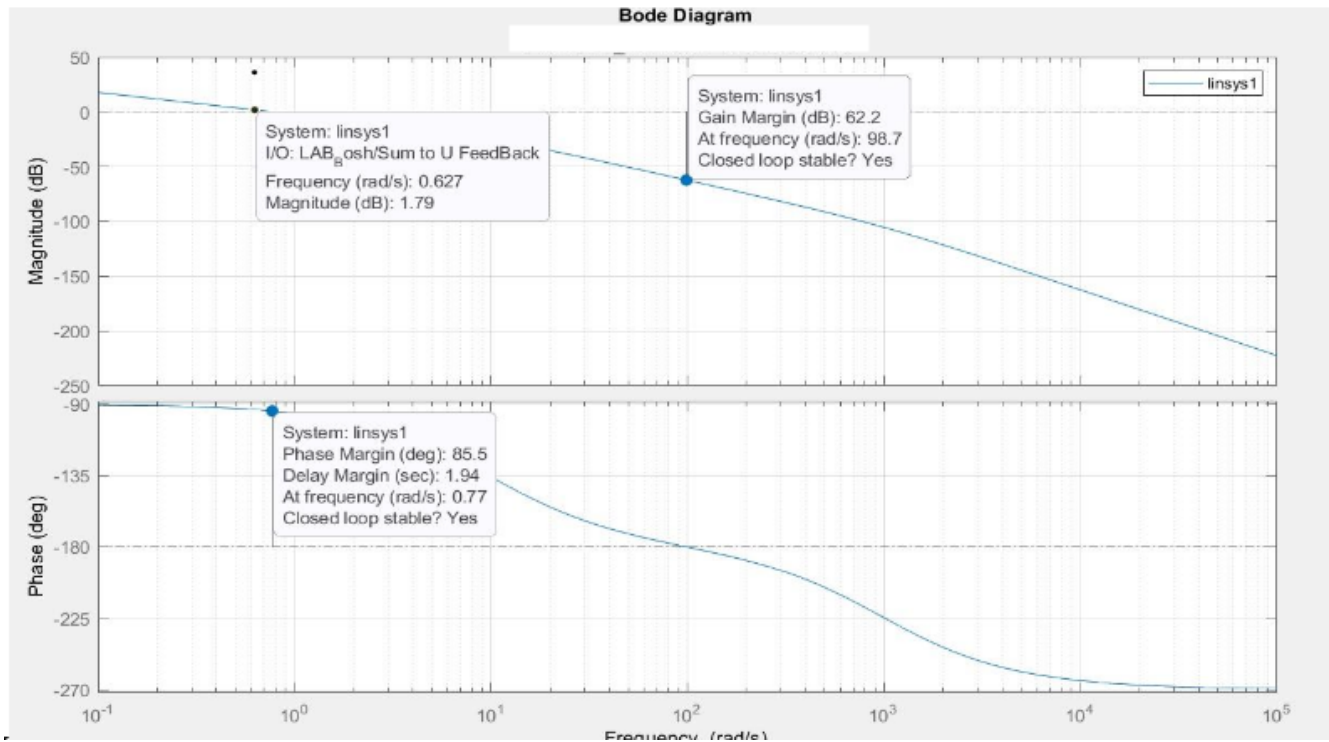


Figure 4: Closed loop system

Bode plot obtenido mediante experimentacion:

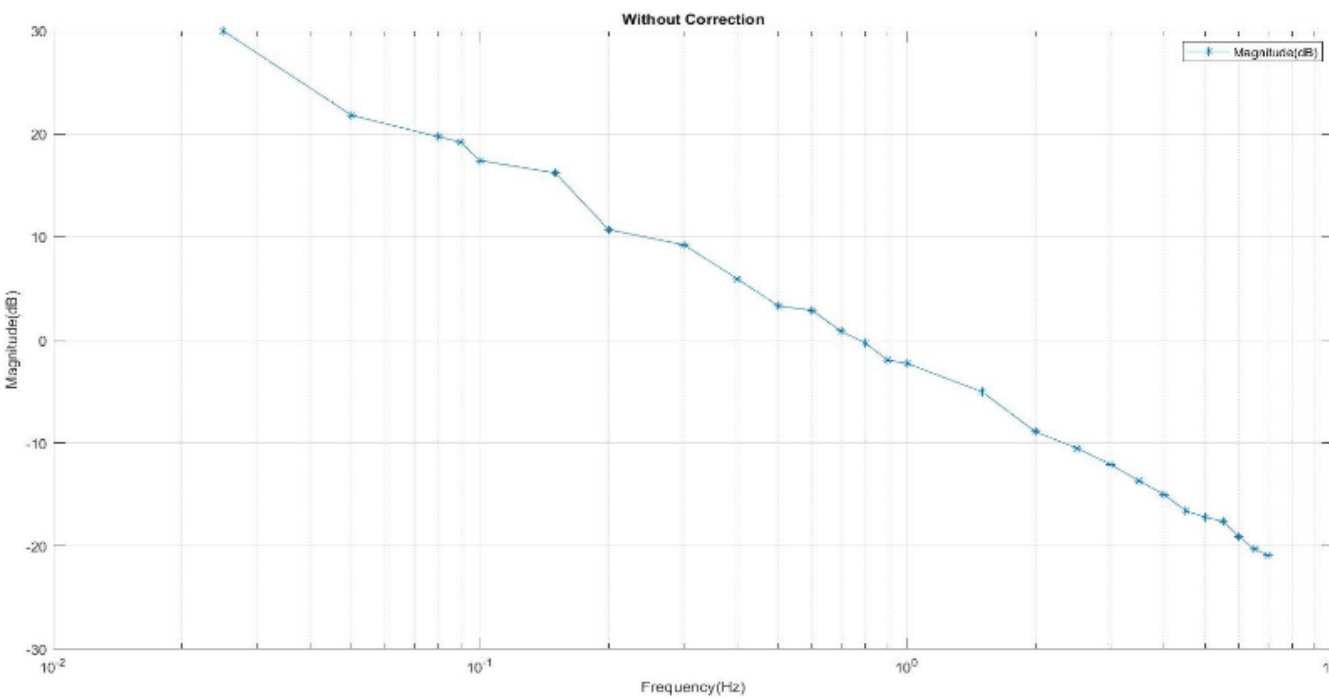


Figure 5: Closed loop system

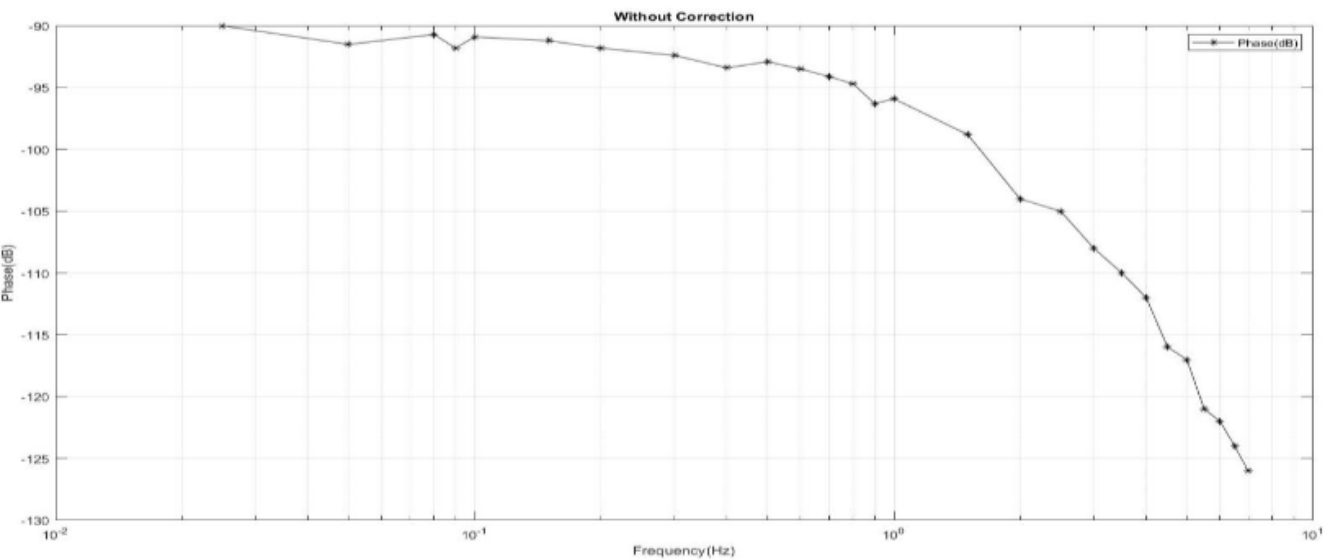


Figure 6: Closed loop system