

PRÁCTICA 1

REGULACIÓN DE VELOCIDAD EN BUCLE ABIERTO (BA) DE UN MOTOR DE CC CON UN CONTROL PWM

Palabras clave: Bucle abierto, CCP, *driver*, PWM, regulador serie.

1. INTRODUCCIÓN

En esta práctica **se revisan conocimientos ya adquiridos de los sistemas basados en microprocesador** y se estudia el funcionamiento del periférico CCP en modo PWM y su aplicación práctica para la generación de una regulación en BA de un motor de cc.

2. OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Repasar conceptos de programación de temporizadores/contadores, convertidores A/D y rutinas de interrupción.
- Comprender el funcionamiento del módulo CCP del microcontrolador en modo PWM.
- Saber interpretar esquemas electrónicos y tener capacidad para montarlos físicamente en una placa de prototipado.
- Saber documentar programas mediante diagramas de flujo y comentarios en línea.

3. TAREAS PREVIAS

- Leer detenidamente toda esta guía de la práctica.
- Leer las hojas de características de los componentes utilizados para comprender sus características más importantes. Estos componentes son el motor de cc, el regulador LM78L05, el amplificador L293 y el diodo BYV27.
- Estudiar el funcionamiento de la unidad de captura/comparación/PWM del microcontrolador en modo PWM.
- Programar las subrutinas de inicialización de las tareas 1 y 2: la de inicialización del puerto A, la de configuración del Timer 3 para la base de tiempos y la de configuración del convertidor ADC para leer la posición del potenciómetro RP1. **(Se recomienda tomar como modelo las desarrolladas en las prácticas del curso anterior).**
- Realizar una descripción en bloques funcionales del esquema del montaje de la Figura 1. Utilizar símbolos que representen la funcionalidad de cada elemento (amplificadores, puertas lógicas, relés, etc).
- Estas dos últimas tareas se deben entregar al profesor (manuscrito o formato impreso) antes de comenzar la práctica como requisito imprescindible para trabajar en el laboratorio. Cualquier dificultad para su realización deberá resolverse con anterioridad al día de la práctica acudiendo a sesiones de tutorías con los profesores de laboratorio.

4. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

En esta práctica se conecta un motor de cc al microcontrolador. Para ello, se necesitan:

1. Un amplificador que proporcione la corriente que necesita el motor: *driver* específico, en este caso se utiliza un L293.
2. Una forma de poder variar dicha corriente: el módulo PWM que incorpora el microcontrolador como periférico.

La alimentación al motor será una tensión continua que conmuta entre 0 y VCC2 de forma que la relación entre el tiempo a VCC2 y a 0 V se pueda ajustar. Esta relación la establece el ciclo de trabajo de la señal PWM. En esta práctica, el valor del ciclo de trabajo se determina con la posición del potenciómetro de la Placa Curiosity denominado RP1 en la Figura 1. De esta forma se realiza un control en BA de la velocidad del motor. En la Figura 1 se muestra el esquema del montaje completo y en la Figura 2 se muestran un diagrama de los bloques funcionales y una fotografía del montaje en la placa de prototipos.

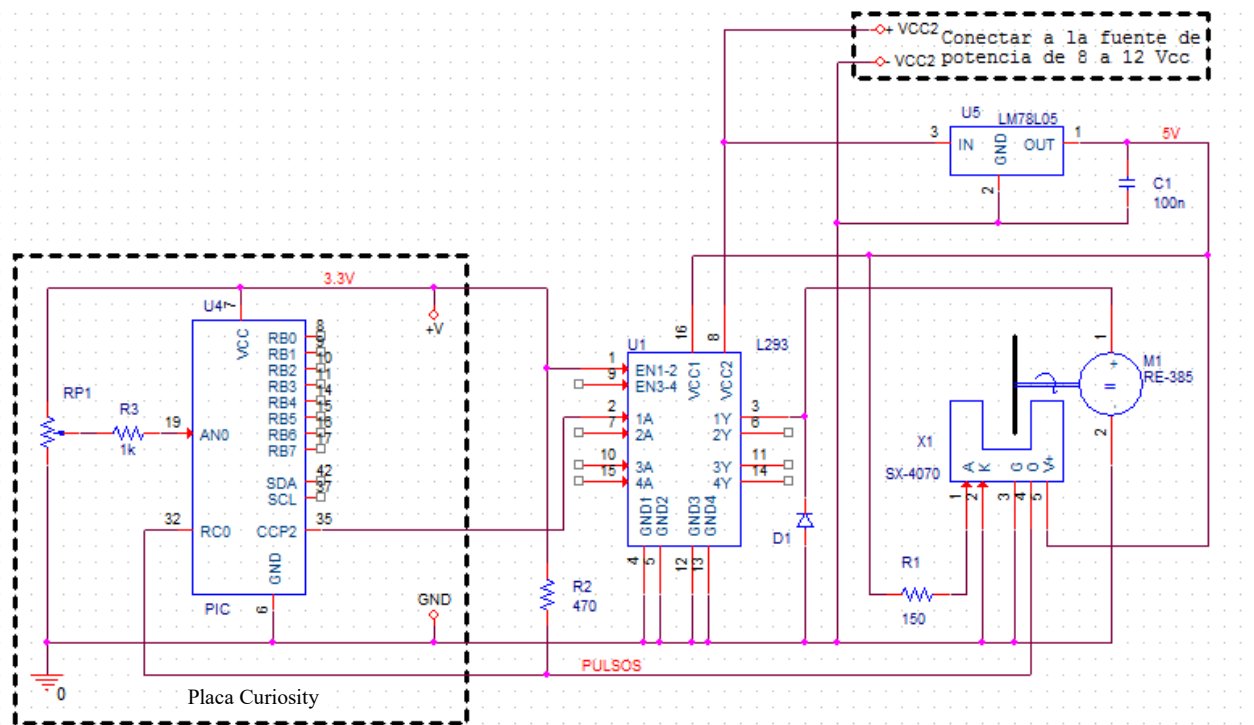


Figura 1. Esquema del montaje con el motor y su *driver*.

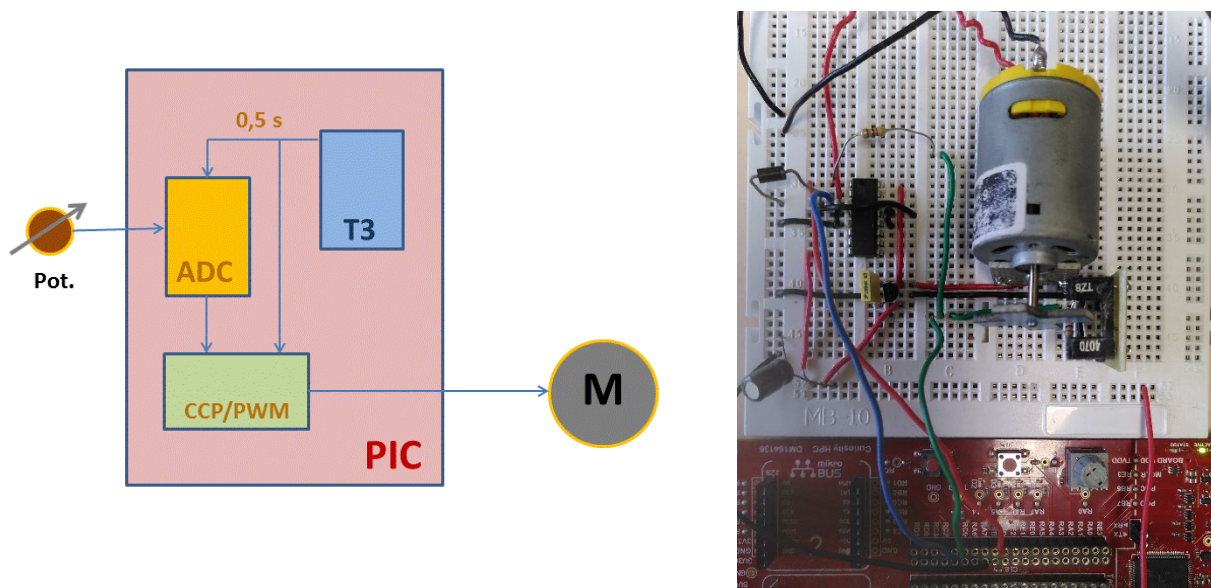


Figura 2. Diagrama de bloques y fotografía del montaje del proyecto con el *driver* y el motor.

Importante resaltar que se utilizan tres tensiones de alimentación: La VCC2 de potencia para alimentar el driver que ataca al motor y las de 5 V (proporcionada por el regulador) y 3.3 V (de la placa del micro) que alimentan la parte de control de dicho driver. Esta es una situación bastante común y hay que tener especial cuidado en no confundir las distintas alimentaciones. Se debe comenzar siempre por conectar todas las referencias (el terminal negativo de las fuentes) a la referencia común del circuito (el 0, GND o masa).

Tarea 1: Control del Motor en Bucle Abierto (I): Montaje y generación de consigna.

Tarea 1.1 Realizar el **montaje** del circuito de la práctica según el esquema de la Figura 1.

Tarea 1.2 Implementar una **Subrutina** de inicialización del ADC para generar la consigna. Se utiliza el potenciómetro RP1. El valor de su tensión de salida se digitaliza con el convertidor A/D del uC. Esta señal será de 10 bits, por lo que se justificará a la derecha el dato del convertidor A/D y, como es un control en bucle abierto, el valor de dicho dato (almacenado en el par de registros **ADRESH&ADRESL**) será el que se transfiera como ciclo de trabajo del PWM (**CCPR2 = CCPR2H&CCPR2L**).

Tarea 1.3 Implementar una **Subrutina** que inicialice el puerto A como salida para poder visualizar parte de los datos procedentes del convertidor A/D en los LEDs disponibles en la placa.

Tarea 1.4 Implementar un **Programa que integre las subrutinas anteriores** para visualizar en los LEDs parte del valor de salida del divisor de tensión (potenciómetro) digitalizado en el ADC.

Tarea 2: Control del Motor en Bucle Abierto (II): Generación de una base de tiempos para control en tiempo real.

Para realizar un control en tiempo real se necesita una base de tiempos que se respete siempre, sean cuales sean las condiciones de trabajo o funcionamiento del sistema. En este caso, dada la frecuencia de trabajo del microcontrolador y la longitud del programa, se utilizará una base de tiempos poco restrictiva pero suficiente puesto que no se requiere una respuesta muy rápida del sistema físico a controlar. Esta base de tiempos es de $T = 0.5$ s y con ella se consiguen tiempos de establecimiento de unos pocos segundos, lo cual se considera suficiente en este caso. Se debe conseguir por hardware, por lo que se utilizará el Timer 3 que generará una interrupción de alta prioridad cada 0.5 s.

Tarea 2.1 Implementar una **Subrutina** de inicialización del Timer 3 para generar la base de tiempos.

Tarea 2.2 Se debe **programar una rutina de interrupción de alta prioridad** asociada a este temporizador. Esta rutina debe temporizar la puesta en marcha y ejecución de la lectura de consigna (salida digitalizada del ADC). La ejecución se debe ajustar al diagrama de flujo de la Figura 3, enviando la consigna a los LEDs en lugar de la unidad PWM que todavía no ha sido configurada.

Tarea 2.3 Por último **elaborar un programa** que integre todas las rutinas de inicialización anteriores y que realice la función de conversión a partir de las distintas posiciones del potenciómetro. La Tabla 1 muestra el cuerpo del programa principal que realiza las funcionalidades descritas en la tarea anterior.

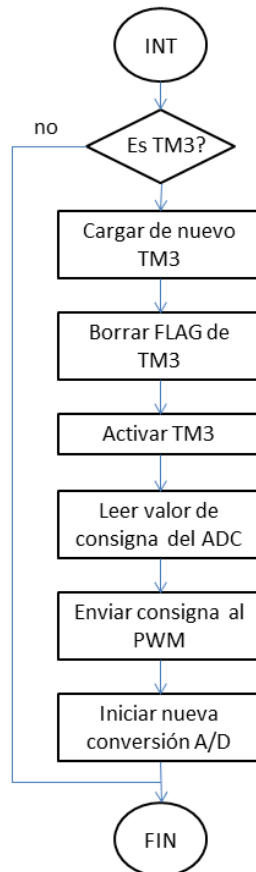


Figura 3. Diagrama de flujo de la rutina de interrupción.

```

int main(int argc, char** argv)
{
    configuraPA();
    configuraT3();
    configuraAD();

    //Configuración de interrupciones
    IPEN = 1;           // permiso de prioridades -> IPEN=1
    GIEH = 1;           // habilita instrucciones de alta prioridad
    TMR3IP = 1;         // prioridad alta para el timer3
    TMR3IF = 0;         // se pone a cero el flag del timer3
    TMR3IE = 1;         // habilitacion de timer3

    while (1)
        continue;
    return (EXIT_SUCCESS);
}
  
```

Tabla 1. Cuerpo del programa principal (*main*) correspondiente a la Tarea 2.3. **Cambiar**

Tarea 3: Control del Motor en Bucle Abierto (III): Estudio de la unidad CCP de captura y comparación del microcontrolador en modo PWM.

Se debe estudiar el funcionamiento de la unidad de captura/comparación/PWM en modo PWM que se expone en el Apartado 21.4 del manual del microcontrolador. Esta unidad permite generar una señal PWM sin más que configurar sus registros con los parámetros característicos: período y ciclo de trabajo. Se trata de conseguir una señal PWM de unos 0.256 ms de período (registro T2PR)

(4kHz aprox.) y que se controle con un ciclo de trabajo de 10 bits (CCPR2). Utilizar una frecuencia de 4 MHz del oscilador de la CPU.

Realizar un programa de prueba independiente (opcional) de la rutina de inicialización del PWM (Tabla 2). Fijar distintos valores del ciclo de trabajo y observar cómo se modifica el ancho de los pulsos en la salida con ayuda del osciloscopio.

```
void configuraPWM(void)
{
    LATCbits.LATC1=0;
    TRISCbits.TRISC1=0; // Configura el terminal del módulo CCP como salida
    ANSELbits.ANSEL1=0;
    RC1PPS = 0x06;      // RC1->CCP2;

    CCP2CON=0x00;        // Se inicializa a cero el registro de control
    CCP2CONbits.CCP2MODE=12; // Se establece el modo PWM en la unidad CCP
    CCPTMRSbits.C2TSEL = 1; // Se selecciona el Timer 2

    T2CLKCON = 0x01;      // T2CS FOSC/4;
    T2PR=0xFF;           // PWM_periodo=(T2PR+1)*4*Tosc*TMR2preescaler
    T2CON = 0x80;         // T2CKPS 1:1; T2OUTPS 1:1; TMR2ON on;
    CCP2CONbits.CCP2EN=1; // Habilitación de la unidad
}
```

Tabla 2. Código para la inicialización del módulo PWM.

Tarea 4: Control del Motor en Bucle Abierto (IV): Conexión de la salida PWM al motor de cc.

Realizar el montaje práctico según el esquema de la Figura 1. Incorporar al programa de la Tabla 1 la rutina de inicialización de la señal PWM y completar la secuencia de pasos en la rutina de atención a la interrupción (Figura 3) para que se envíe la consigna al módulo generador de la señal PWM después de leer su valor en el ADC.

Reproducir en el osciloscopio las medidas tomadas en el oscilograma de la Figura 4. Se muestra la tensión de salida de la señal PWM antes (CH1) y después del driver (CH2). En el menú de medidas del osciloscopio se han configurado las relativas a los tiempos y valor medio de la tensión de salida del microcontrolador.

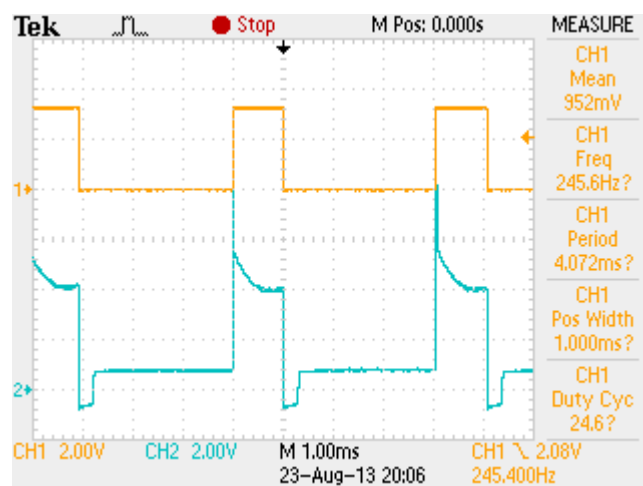


Figura 4. Oscilograma de las tensiones de entrada y de salida del driver del motor

Se pueden observar las siguientes características de la forma de onda de la tensión de salida que se conecta al motor:

- Cuando pasa a nivel alto la tensión, después de llegar al valor máximo de unos 6 V, decrece paulatinamente hasta unos 4 V. Esto se debe a la caída de tensión en el driver, la cual, además, aumenta al incrementarse la corriente.
- Cuando la tensión pasa a nivel bajo se hace negativa. Esto se debe a que, al tratar de extinguir la corriente por el devanado del motor, al ser inductivo, la tensión se hace negativa y se limita porque se polariza el diodo en directa, descargándose la corriente del motor por él.

Evaluación

	calificación
Tareas Previas. Montaje. Subrutinas de inicialización (LEDs, ADC, Timer3). Esquema funcional.	
Tarea 1. Visualización (LEDs) de consigna regulada por la posición del potenciómetro.	
Tarea 2. Rutina de temporización y programa completo. Visualización de consigna (LEDs) tras la integración de la rutina de temporización.	
Tarea 3. Configuración de PWM. Visualización de consigna (LEDs) y señal PWM (osciloscopio).	
Tarea 4. Control del motor en ba. Visualización de formas de onda tras la conexión del motor al sistema de control.	