

Capítulo 4 Desarrollo del proyecto

4.1 Introducción

En general se puede decir que se desarrollaron dos programas para el movimiento del brazo robótico, uno con teclado y otra con joystick, ambas con el display LCD para observar la posición de los servos. La idea general para la generación del PWM de los servomotores es incrementar poco a poco el tiempo en alto de la señal por medio de pasos.

La versión del teclado cuenta con 25 pasos, mientras que la versión del joystick es de 13 pasos, esto es para que el brazo se mueva de manera fluida de acuerdo con el joystick.

4.2 Algoritmo para calculo PWM

La idea general del algoritmo es normalizar el recorrido que tiene que realizar cada uno de los servos, por lo que se tiene que identificar una posición inicial y una posición final de cada servo. Para asegurar que se ha atendido a los tres servos, estos se pusieron en distintos canales del TPM0 y mediante la interrupción del Timer nos aseguramos que todos los servos fueron atendidos. En la Figura 4.1 se puede observar mejor las interrupciones generadas por TPM0.

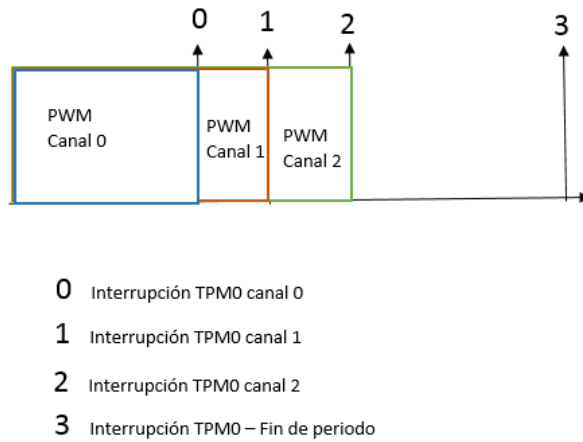


Figura 4.1. Generación de PWM

El control de las acciones requeridas se realiza por medio de una combinación entre polling e interrupción, almacenando las banderas de interrupción en una variable *volatile* para realizar los cálculos en el ciclo infinito. Lo único que se realiza en las interrupciones de TPM0 es asignar valores y limpiar valores, de manera que sea lo más rápido posible. A continuación, se muestra el diagrama de flujo que explica la versión del control de los servos con teclado.

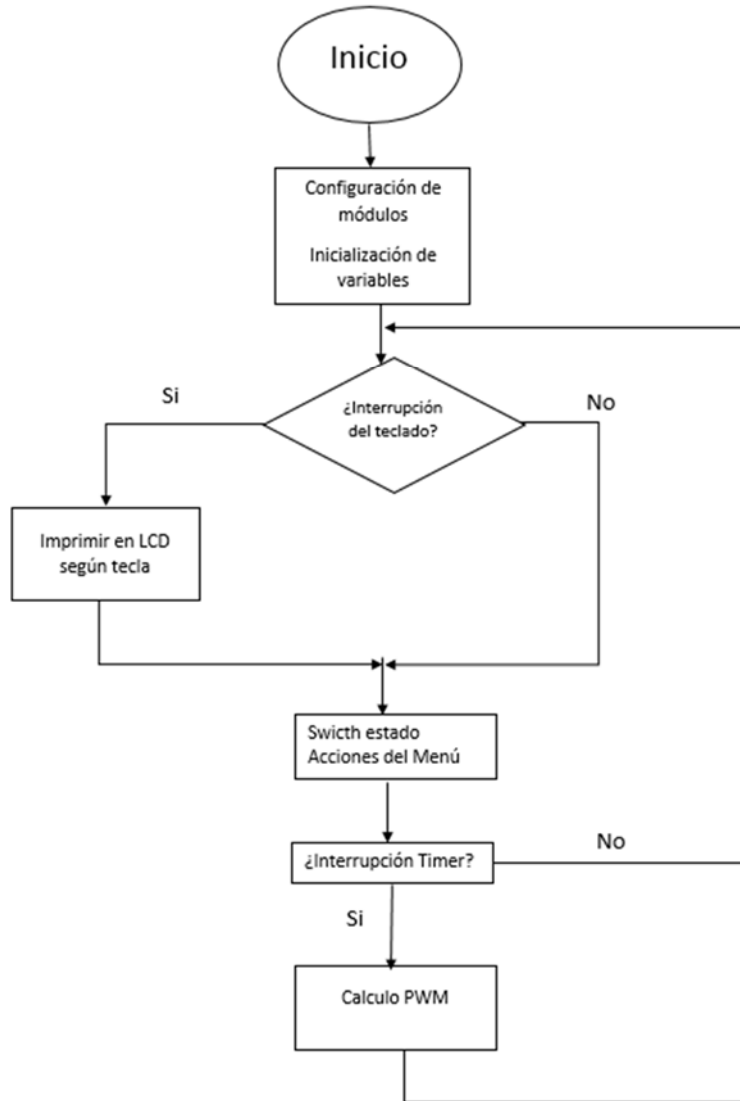


Figura 4.2 Diagrama de flujo control por teclado

El cálculo de cada paso se realiza mediante un switch y en caso de llegar al último paso se pone a uno la variable *end* que indicara que no se realizaran más cálculos. La variable *end* es limpiada cada vez que se modifica la posición de un servo por teclado. Una vez explicada la forma en que realizara las tareas el microcontrolador lo siguiente es explicar la generación de los pasos.

Los pasos tratan de modelar una curva suave, que tenga un inicio y un fin que se asemeje a una función cuadrática, mientras que en medio se comporte de manera lineal. A continuación, se presenta una gráfica que muestra el desplazamiento del servo con respecto al tiempo:

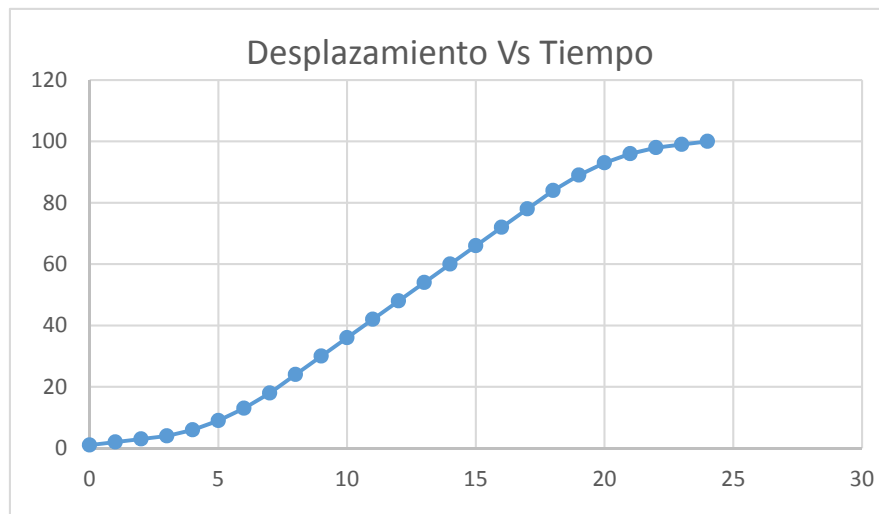


Figura 4.3 Grafica de desplazamiento con respecto al tiempo

Debido a simplicidad en la generación de los pasos se utilizó la derivada de la figura mostrada arriba. A continuación, se presenta la figura que muestra los puntos necesarios para la generación de pasos.

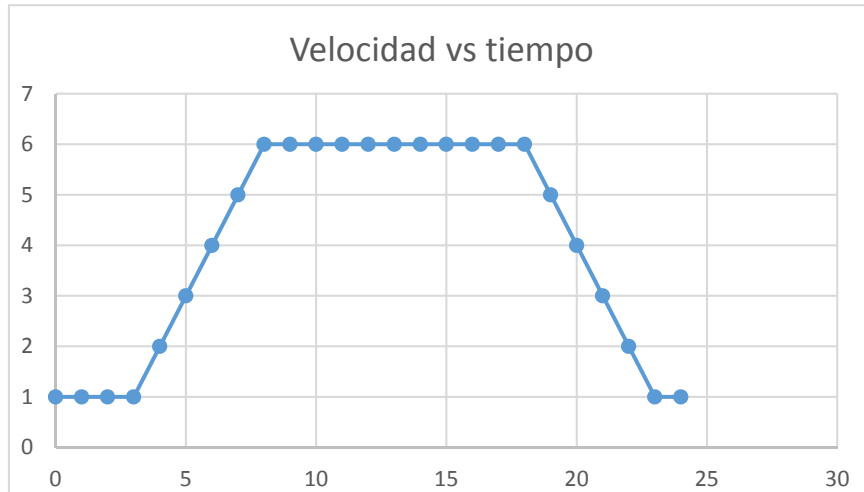


Figura 4.4 Grafica Velocidad Vs Tiempo

Los puntos obtenidos de esta última figura se almacenaron en un array para acceder a ellos mediante un índice. Como se puede observar en las gráficas, la generación de los puntos requiere normalizar el recorrido, por lo tanto, se recurrió a dividir las distancias entre cien y obtener pequeños aumentos que fueran múltiplos de 100. Para lograr esto los valores que se utilizaran en los timers deben ser lo suficientemente grandes, sin embargo, los tiempos en alto de las señales PWM son cortos, además tenemos que este microcontrolador tiene lógica a 3.3V, por lo que se recurre a generar la negación de la señal deseada e invertirla a la salida, tal y como se muestra en la figura.

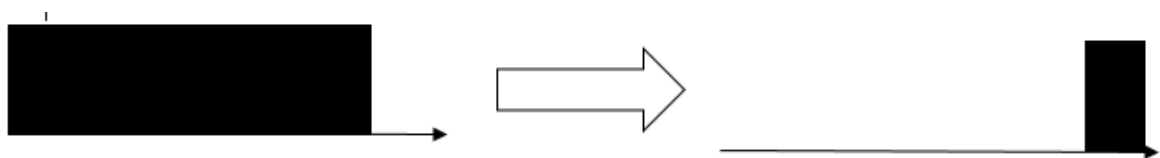


Figura 4.5 Señal generada y señal deseada

4.3 Menú display

|

Para el desarrollo del menú que aparecerá en el display LCD se recurrió a un tipo de máquina de estado finito FSM, esta máquina de estado finito cuenta con 8 estados y cambia de estado por medio de las interrupciones, en este caso presionar una tecla.

Esta máquina de estado finito fue implementada en la versión del brazo por medio del teclado, esto es debido a que se necesita una manera coherente de ingresar los datos y para eso nos basamos en observar los datos que ingresan por medio del display LCD. En la versión del joystick solo se estableció que se escriba en el display cada vez que se ha terminado el recorrido de los servos.

A continuación, se muestra la FSM implementada para el control del display LCD e ingreso de datos desde teclado.

1

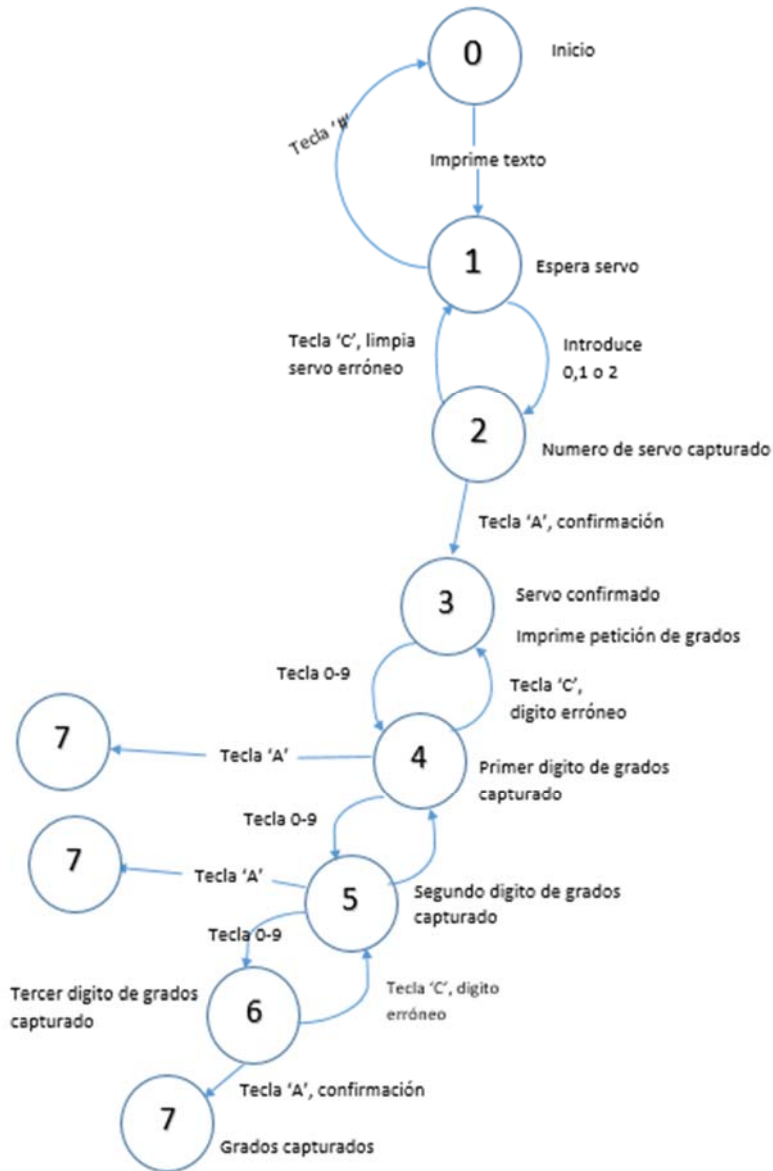


Figura 4.6 FSM del menú del display LCD

Para obtener el numero introducido por medio del teclado matricial se recurrió a crear una pequeña pila de 4 niveles, de tal manera que la función *calcular* regrese el numero introducido. Dicha función recorre la pila del ultimo al primero elemento realizando una multiplicación por múltiplos de 10, agregando esto al acumulador y limpiado la pila. El uso de esta pila ocurre en la FSM y en la función *calcular*.

Después de explicar el modo de introducir valores y el manejo del display se procede a mostrar el diagrama de flujo de la figura 4.7 que muestra la operación del microcontrolador para el control de los servomotores mediante el joystick.

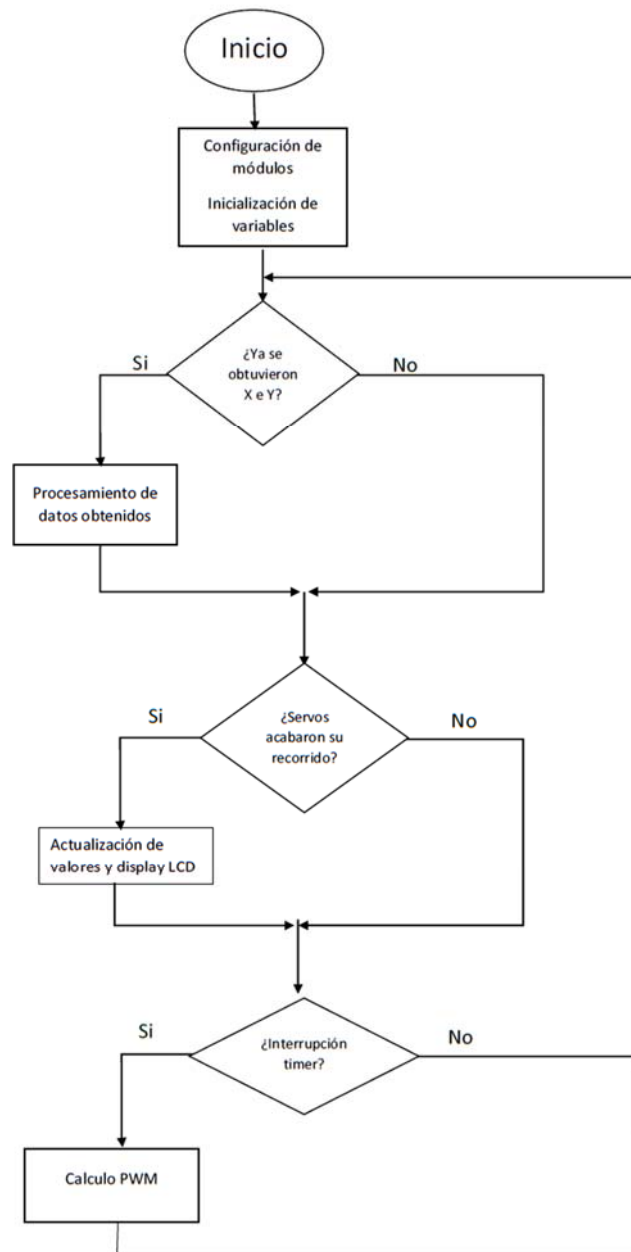


Figura 4.7 Diagrama de flujo del control de los servos por joystick

4.4 Configuración inicial de módulos

Para la configuración inicial de los módulos se realizó lo siguiente:

Configuración del TPM0

Este módulo se configuro para generar las tres señales de PWM, dichas señales PWM son inicializadas con 19ms en alto y un periodo de 20 ms para después ser invertidas, por lo que se realizó lo siguiente:

- Selección del clock interno
- Preescalador 16
- Cuenta máxima del timer en 41894
- Cuenta máxima de cada canal en 27425

Configuración TPC

Este puerto es el encargado de enviar los datos al LCD, sin embargo, las funciones que manejan el LCD hacen el uso de PTC, por lo que solo se recurrió a lo siguiente:

- Clock gating PTC
- Configuración de PTC como puerto de salida

Configuración TPD

Este puerto es utilizado por el LCD, por lo que se realizó lo siguiente:

- Clock gating PTD
- Configuración de un nibble como salida y de otro nibble como entrada para el uso del teclado
- Configuración de interrupción en flanco de bajada del nibble de entrada

Manejo del NVIC

Este realiza en manejo de las interrupciones, por lo que se recurrió a realizar lo siguiente:

- Habilidad de las interrupciones en el NVIC
- Configuración de prioridades de las interrupciones:

Las prioridades de las interrupciones fueron acomodadas de la siguiente manera:

Interrupciones PTD tienen la prioridad más alta, pues son los datos de entrada provenientes del teclado matricial.

Interrupciones de TPM0 tienen la prioridad más baja, el valor para los canales PWM se mantiene hasta recibir la siguiente interrupción.

Interrupciones del ADC0 tienen interrupciones de prioridad media, pues es una interrupción que solo realiza el resguardo de los valores obtenidos y el cambio de canal.