

Control Teaching de un Brazo Robot de Cinco Grados de Libertad

Michel Ibáñez
a610221@upc.edu.pe

Christian R. Reátegui
amoran@upc.edu.pe

Asesor: Ing. Antonio Moran
amoran@upc.edu.pe

Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)
Av. Prolongación Primavera 2390, Monterrico, Surco, Lima

RESUMEN

El presente proyecto se enfoca al control de un robot manipulador por medio de una computadora. Sin disponer de la información de software ni de hardware del fabricante se procedió a diseñar y elaborar los circuitos, interfases y programas que conforman el sistema de control del brazo robot, así como la integración del mismo.

El robot se controla de manera que aprende trayectorias definidas por el usuario para después ejecutarlas en forma repetitiva y en tiempo real

OBJETIVOS

1. Diseñar el sistema de control de un brazo robot de 5 grados de libertad con movimiento tridimensional.
2. Desarrollar un sistema de programación de teaching de trayectorias a ser reproducido por el robot.
3. Desarrollar un protocolo de comunicación entre el brazo robot y una computadora para transmitir la información de posición en cada instante

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la automatización especialmente en los procesos en línea, en los cuales se incluye la acción de los robots manipuladores ha permitido al hombre facilitar sus labores e incrementar su productividad, esto es al realizar trabajos repetitivos que requieran precisión o

realizar labores que ponen en peligro la vida o las dos cosas al mismo tiempo.

Para realizar estas funciones es importante dotar al brazo robot de las herramientas necesarias para su correcto control. Como todo sistema, se tiene variables de entrada, de salida y el proceso requerido para manejar estas señales así como una retroalimentación, para configurar un sistema de lazo cerrado estable.

Las señales son procesadas por la computadora mediante un programa con interfase para usuario que permite ingresar las trayectorias y muestra en tiempo real el movimiento descrito por el brazo.

Además entre el brazo y la PC tiene que haber interfaces para tratar las señales, es decir, las señales de entrada tienen que ser para que la computadora pueda leerlas y las de salida tiene que ser amplificadas para que el brazo robot pueda moverse.

EL BRAZO ROBOT

El brazo robot utilizado en este proyecto es el Mitsubishi RM-501 que posee 5 grados de libertad, los cuales están denotados por sus similares al ser humano, estos son: cintura, hombro, codo, muñeca-elevación y muñeca-giro. Además posee una tenaza que permite coger objetos. En la Figura 1 muestra la vista general del brazo robot indicando los movimientos relativos a cada grado de libertad.

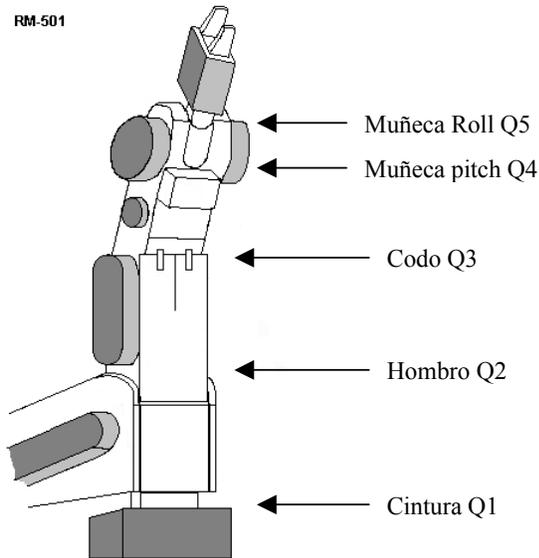


Fig. 1 Grados de libertad

Para cada grado de libertad hay un motor DC que acciona el movimiento, un encoder que se encarga de representar el movimiento del motor mediante una señal eléctrica y un interruptor final de carrera. La tenaza también posee un motor DC pero no tiene encoder.

Los encoders son de tipo incremental y tienen como salida 2 señales en forma de tren de pulsos idénticas que varían entre 0 y 5 voltios, pero desfasadas $\frac{1}{4}$ o $\frac{3}{4}$ de fase según el sentido de giro de los motores.

La siguiente figura muestra una tabla que describe el ángulo total descrito por cada grado de libertad y el número de pulsos enviado por el encoder respectivo

Grado de Libertad	Pulsos/giro total	Angulo/giro total
Q1	11842	300°
Q2	11750	130°
Q3	3731	90°
Q4	9831	+/- 90°
Q5	9831	+/- 180°

Fig 2. Tabla de #pulsos y ángulo de barrido para cada grado de libertad.

ESTRUCTURA GENERAL DEL SISTEMA DE CONTROL

Para comprender el sistema de control del brazo robot se tiene que conocer las variables o señales que intervienen y el flujo de información que circula a través dicho sistema.

La variable de entrada es la posición del brazo y la señal es obtenida por medio de los encoders, la variable de salida es el movimiento de las articulaciones del brazo y es obtenida por medio del funcionamiento de los motores DC. El controlador y el encargado de procesar estas señales es el software (programa) instalado en la PC.

Para que estos datos puedan fluir entre la PC y el brazo se necesitan interfaces que conecten ambos equipos. Para ello, se usó un PIC que lee el tren de pulsos de los encoders, y envía esta información vía TX serial determinado por un protocolo de comunicación establecido entre la PC y el PIC.

La señal que va hacia los motores sale del puerto paralelo de la PC y tiene que ser amplificada por medio de un circuito de potencia conformado por un arreglo de Puentes H. Finalmente para aislar la tarjeta de potencia y el puerto paralelo y evitar que este último resulte afectado por alguna falla se usó optocopladores.

En la Fig. 3 se muestra la estructura general del sistema de control:

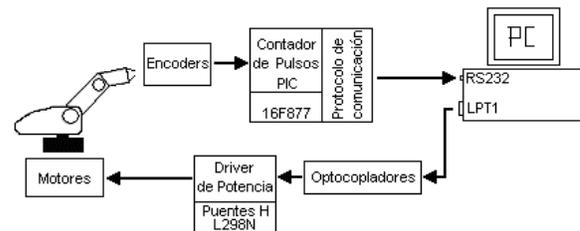


Fig. 3. Sistema de control del brazo robot

INTERFACES

La señal de los encoders tiene que tratarse para que puedan ser enviadas hacia la PC por medio de la transmisión serial, esto se logra por medio del PIC 16F877 que tiene esta función. El objetivo es hacer un protocolo de comunicación pues la señal tiene que ser codificada y decodificada y tanto el

PIC como la PC tiene que conocer la misma trama de datos.

El programa desarrollado en PIC tiene las siguientes funciones:

1. Detección de fase.- El PIC compara y detecta el desfase entre las 2 señales de tren de pulsos que envía cada encoder del brazo robot, este desfase puede ser de $\frac{1}{4}$ o $\frac{3}{4}$ dependiendo del sentido del giro de los motores. La siguiente figura se aprecia la forma de las señales de los encoders y su desfase.

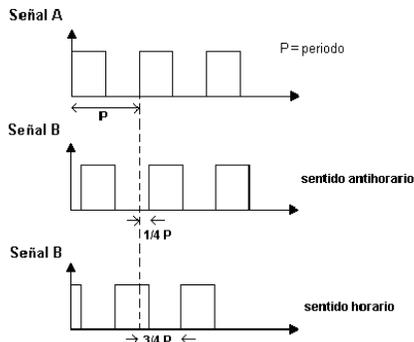


Fig. 4. Señal A y B de un encoder y su desfase

2. Detección de flanco de subida y Conteo de pulsos.- El PIC para contar los pulsos enviados por los encoders, realiza una detección de flanco de subida (cambio de 0->5 voltios en la señal), es decir, que cuenta "uno" por cada flanco de subida que detecte. La cuenta de pulsos puede ser incremental o decremental de acuerdo a la fase detectada.
3. Detección de estado de los interruptores.- Asimismo el PIC detecta el estado de los interruptores de fin carrera, esto es, apagado o encendido, esta información la usa el PIC para resetear la cuenta de pulsos para comenzar una nueva cuenta (o movimiento) y corregir los errores en la cuenta de pulsos y evitar que se acumule.
4. Forma de trama de datos y envío por TX serial.- El programa del PIC realiza en todo momento la cuenta de pulsos para todos los grados de libertad, pero por medio de la activación de una interrupción toda la información almacenada, es enviada a la PC en forma de trama serial a una velocidad de 57600 bps.

En la figura mostrada abajo se aprecia el diagrama de flujo en su forma más simple desarrollado en el PIC

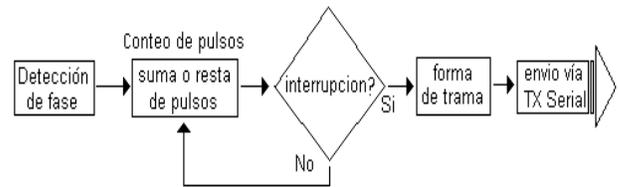


Fig. 5. Diagrama de flujo del Programa desarrollado en el PIC 16F877

La trama es conformada por 31 caracteres donde cada uno ocupa 1 byte, La información que contiene son: 2 bytes que indican inicio y fin de trama, 2 bytes que separan la información de cada grado de libertad, de 5 a 4 bytes el conteo de pulsos por cada encoder (esto porque hay grados de libertad con mas rango de movimiento y por lo tanto más pulsos) y 1 solo byte almacena la información de todos los interruptores. En la Fig. 6 se muestra la forma de la trama.

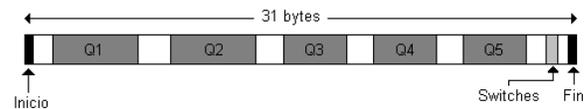


Fig. 6. Distribución de la Información en la trama serial

El PIC manda la información serial con 0/5v TTL, y fue necesario implementar el chip MAX232, que permite pasar esa señal a los +/- 12v utilizados para transmitir y recibir por puerto serial de la PC.

Para la salida fue preciso elaborar una etapa de potencia para que pueda amplificar las señales que salen del puerto paralelo de la PC. La base de este circuito son los puentes H-L298N, que internamente es un arreglo de 4 transistores.

La manera de operar de un puente H es dejar pasar la corriente en la carga en un sentido u otro dependiendo que pares de transistores estén activados así cambiar el giro del motor sin mover las conexiones. Esto lo determina el estado de las entradas del puente $A=1$ y $B=0$ ó $A=0$ y $B=1$ que manda el puerto paralelo de la PC. En la figura 7 se aprecia los 2 recorridos que puede tomar la corriente a través de la carga.

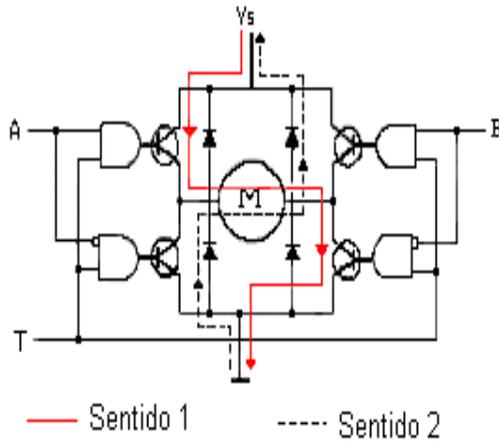


Fig. 7 Operación del Puente H

DESCRIPCION DEL SOFTWARE DE LA PC

El programa fue desarrollado usando C++ Builder 5.0 y usa los puertos serial y paralelo de la PC. La señal enviada desde el brazo (entrada) es recibida por el puerto serial, y la señal que va hacia los motores del brazo (salida) es por medio del puerto paralelo.

Las características del programa en la PC son:

- Programa de múltiples módulos (módulo serial, módulo de vista 3D, módulo de activación manual y módulo de teaching)
- Visualización en tiempo real del movimiento del brazo en 3D.
- Activación manual con interruptores en pantalla.
- Entrada de posiciones para seguir trayectorias "teaching".

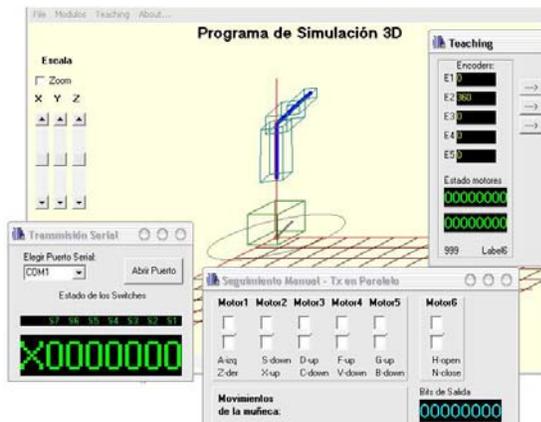


Fig. 8 Vista del programa de la PC con todos sus módulos.

El Teaching de trayectorias consiste en ingresar diferentes ángulos para cada grado de libertad en forma secuencial por medio del programa, esta secuencia se graba dentro del programa, al presionar comenzar, cada grado de libertad del brazo robot se moverá al ángulo o secuencia de ángulos que le corresponda.

Para poder realizar el teaching es necesario que el brazo robot comience de una única posición inicial, esta es cuando todos los interruptores de fin de carrera están activados. Esto permite que la cuenta de pulsos este siempre este en cero al iniciar el movimiento y saber el ángulo que le corresponde un número de pulsos determinado.

El estado de los interruptores también apaga los motores automáticamente aunque se haya programado ángulos imposibles de alcanzar. Esta es otra característica más del software de la PC.

RESULTADOS

Las pruebas que se han realizado abarcaron desde movimientos simples hasta el traslado de objetos de un lugar a otro. Los resultados obtenidos fueron el correcto funcionamiento de todas las etapas que conforman el sistema de control del brazo robot y precisión de los movimientos. Esto debido especialmente a 2 factores: el primero, al ser un sistema de lazo cerrado, la salida que es el movimiento esta en todo momento comparándose con la entrada que es la posición; el segundo es debido a que el número de pulsos contados por movimiento completo (desde el tope inicial hasta el tope final) para cada grado de libertad en una sola dirección es del orden de los miles, esto significa que la precisión angular es pequeña.

CONCLUSIONES

El presente trabajo ha logrado desarrollar desde cero los elementos necesarios para controlar un brazo robot, si bien esta vez se uso una computadora, el controlador puede ser otros equipos o dispositivos, así como la utilización de otras interfases y programas. Pero las bases son las mismas para todo sistema de control las señales de entrada y salida, la planta y el flujo de información.

BIBLIOGRAFIA

- Manual PIC 16F87X Microchip (documento pdf)
- Kent Keidorph, “Borland C++ Builder 5.0 en 21 Días”, Prentice Hall, 1999
- Comunicación por Interfase serial RS232
<http://www.arrakis.es/~rporcar/>