

CONSTRUCCIÓN DE UN BRAZO ROBOT PARA SERVIR DE PLATAFORMA DE APRENDIZAJE

Cadena, A.₁; Cortéz, D.₂

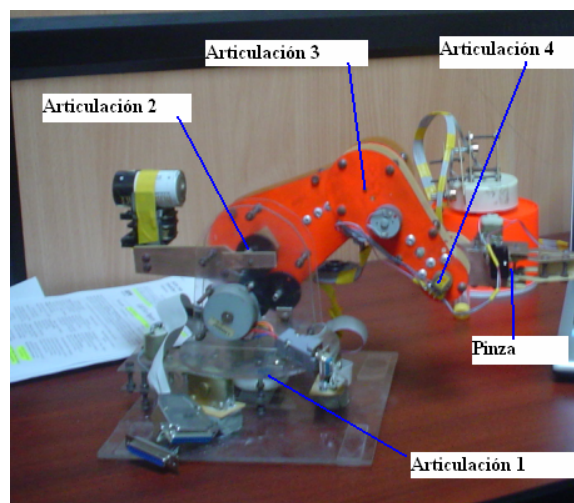
1. Centro de Visión y Robótica, 2. FIEC
{acadena, dcortez}@fiec.espol.edu.ec

1. Introducción

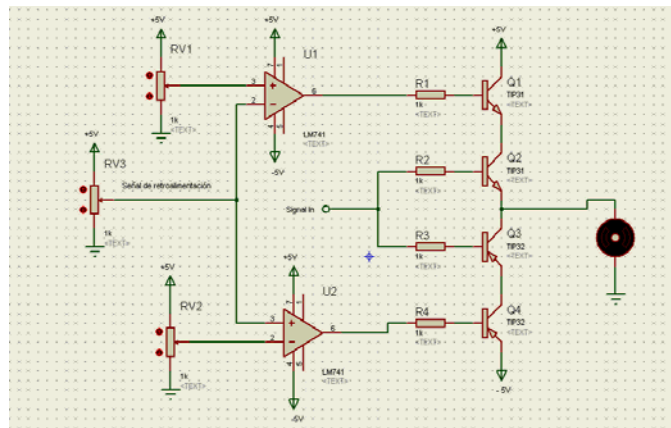
En el presente trabajo se muestra la implementación de un brazo robot con 4 grados de libertad y como elemento terminal una pinza para sujetar objetos. Tres articulaciones se controlan de forma analógica y la restante de forma digital. El objetivo de este prototipo es de servir de plataforma de aprendizaje para los estudiantes que estén cursando la materia CONTROL AUTOMÁTICO mediante la implementación de controladores Proporcional-Integral-Derivativo (PID) tanto analógicos como digitales para manejar cada grado de libertad del brazo robot. El control automático desempeña un papel importante en los procesos de manufactura, industriales, navales, aeroespaciales, robótica, económicos, biológicos, etc. por lo que es importante motivar al estudiante para que desarrolle esta área del conocimiento.

2. Materiales y Métodos

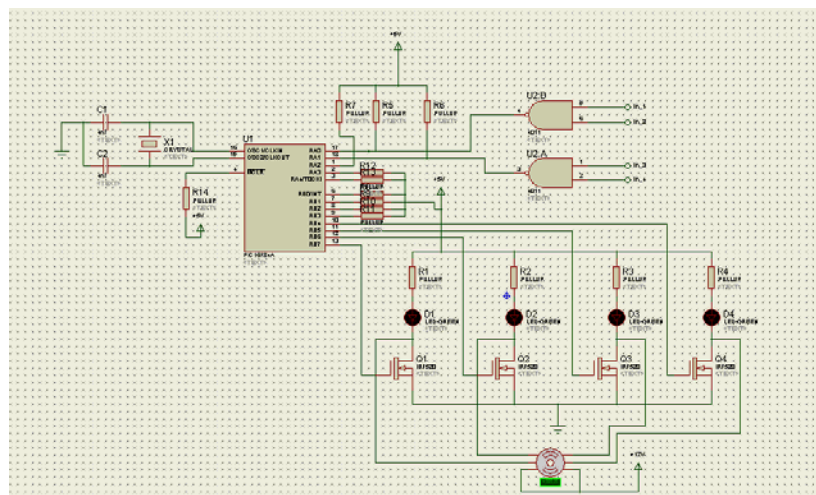
El brazo robot como plataforma de aprendizaje esta formado por tres componentes básicos: Mecánicos, Electrónicos y Software. Dentro de los componentes mecánicos tenemos 4 articulaciones y una pinza. Cada articulación tiene como fuente motriz un motor DC, excepto la articulación 2 que es activada por un motor paso a paso, que se conecta a un tren de engranajes que disminuyen la velocidad angular y aumentan el torque lo suficiente para soportar la carga. Como soporte para estos elementos mecánicos se usa bakelita colocadas de forma paralela, conectadas entre si por pernos. Se puede visualizar fácilmente el tren de engranajes con el fin que el estudiante pueda apreciar visualmente como la energía mecánica se transfiere desde el motor hasta el eje donde se conecta la siguiente articulación. Se procedió a realizar planos a partir de los cuales se obtuvieron plantillas que se usaron para la fabricación de la estructura del brazo robot.



Conectados directamente con el eje de rotación de cada articulación se encuentran los potenciómetros que proveerán la retroalimentación sobre el ángulo que se encuentra cada articulación. Los engranajes se obtuvieron de juguetes y de impresoras dadas de baja. La pinza igualmente tiene un tren de engranajes para transferir la energía del motor hacia cada tenaza. La electrónica se divide en dos partes, los circuitos de fuerza y los circuitos de control. Los circuitos de fuerza son los que manejan directamente la corriente de los motores, estos reciben como entradas la señal de control y la señal de retroalimentación para limitar el ángulo de rotación de la articulación antes del límite físico mediante el uso de comparadores ventana implementados con el Amplificador Operacional LM741. Este ángulo de rotación es seteado mediante potenciómetros que dan el voltaje de referencia a cada amplificador operacional que trabajan como comparadores. Esto último es muy ilustrativo para el estudiante dado que se muestran los límites físicos de una máquina y como se implementan medidas de protección para no sobrepasar esos límites. Quienes manejan directamente la corriente del motor son un arreglo de transistores, dos de ellos controlados por la señal de control y los restantes por el comparador ventana. EL circuito que se muestra a continuación es para manejar las articulaciones 1,3 y 4.



La articulación 2 es activada por un motor paso a paso unipolar, por lo tanto tiene un circuito de fuerza diferente. Básicamente cada fase es manejada por transistor de efecto de campo MOSFET IRZ44N que se conecta a un microcontrolador PIC16F84A. Este circuito se muestra a continuación.



Todo lo anteriormente expuesto constituye la planta que hay que controlar. Los controladores PID se implementaron analógicamente con amplificadores operacionales LM741 y de forma digital con el microcontrolador anteriormente mencionado. El estudiante debe ser capaz de diseñar estos controladores, utilizando los métodos de sintonización de PID, expuestos en las clases teóricas de control automático como el método de Astrom-Hagglund (AH), para posteriormente implementarlos tanto de forma analógica como digital, y luego compararlos con los circuitos de control PID del presente prototipo. Las señales de referencia se las ingresa por medio de un manipulador que tiene la misma configuración geométrica del brazo robot. En otras palabras todo movimiento que se haga en el manipulador lo repite el brazo robot.

3. Resultados

Dentro de lo que es la parte analógica se trato de hacer la sintonización de los controladores PID, pero inmediatamente se hace evidente que las articulaciones del brazo robótico tienen un comportamiento no lineal y no tienen una función de transferencia constante para todos los ángulos. Las constantes que anteceden a la variable “S” varían de acuerdo a la posición actual del brazo, por lo que el sistema de control ya no es SISO (Single Input Single Output) si no que debe modelar como MIMO (Multiple Input Multiple Output). Sin embargo revisando otros trabajos y analizando de forma empírica, se llego a la conclusión que el controlador más adecuado debe ser una ganancia proporcional cuyo diseño lo puede hacer un estudiante que este tomando la materia de control automático utilizando un método de sintonización de PID que crea conveniente, alrededor de un punto de operación del brazo robot. Con respecto a la implementación digital, en el software de control se implemento la secuencia de medio paso para manejar el motor paso a paso de la articulación 2, además fue necesario insertar una zona muerta en el dominio del tiempo para mejorar la operación de esta articulación.

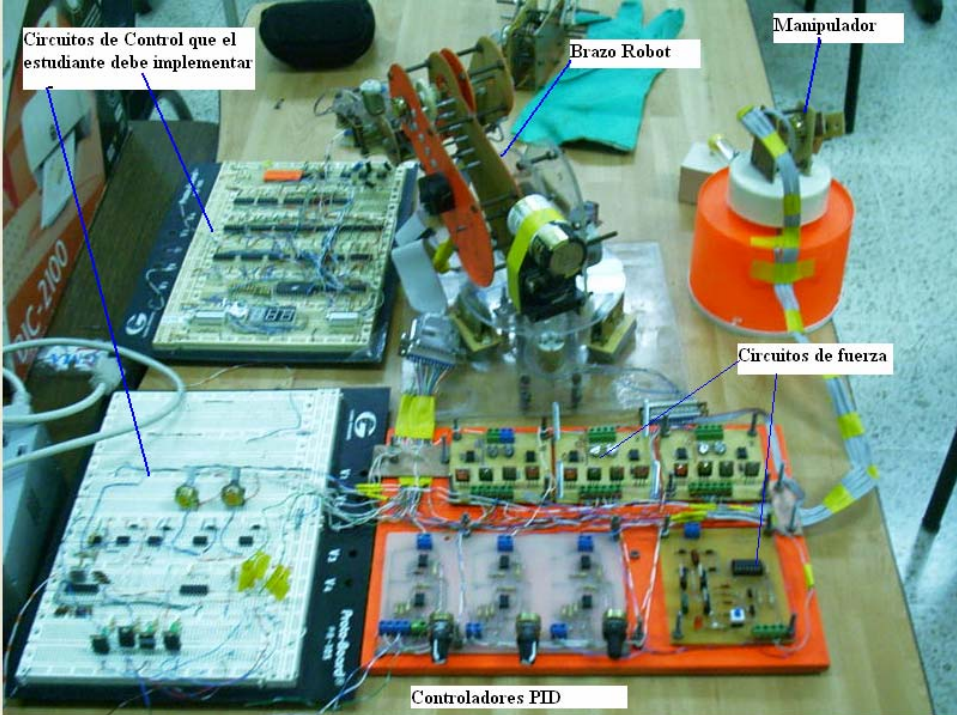
4. Discusión

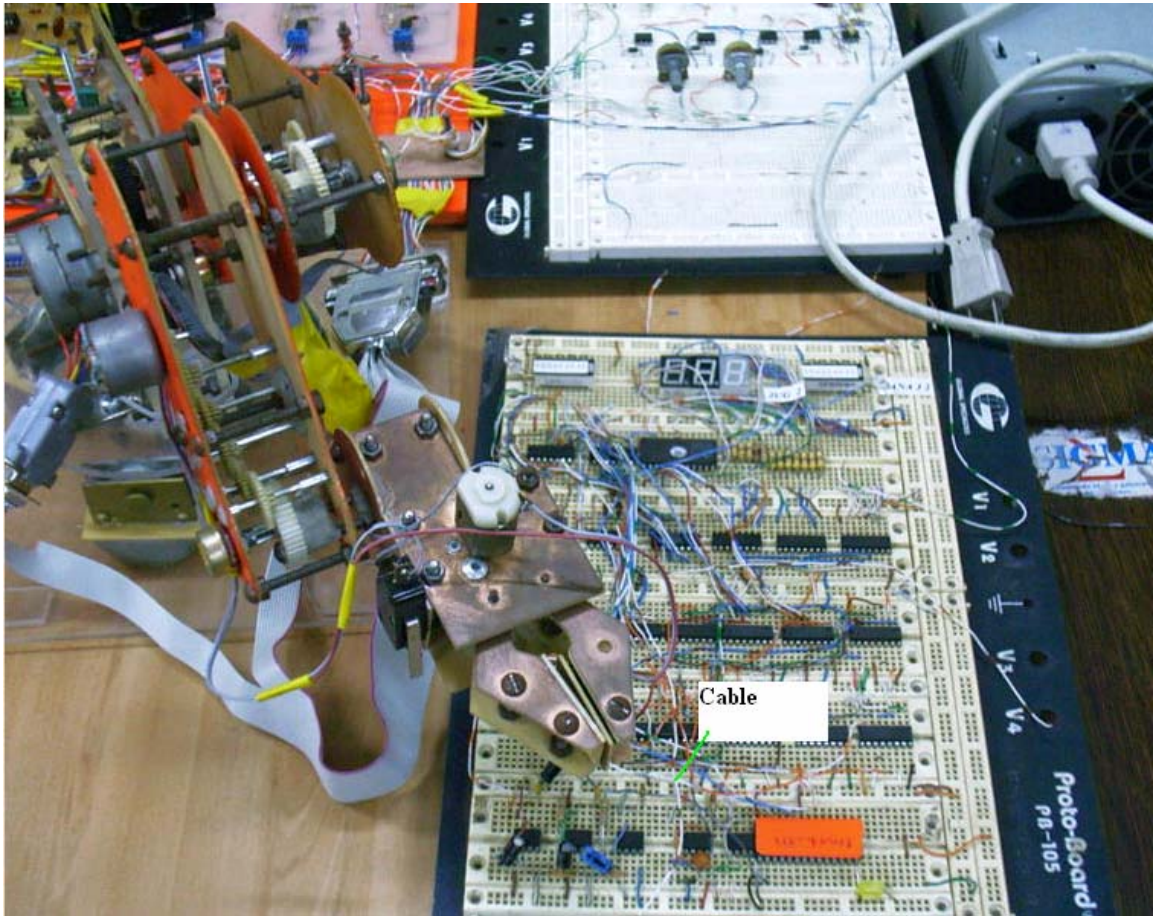
A pesar que el comportamiento del brazo robot bajo ciertas circunstancias es no lineal, debido en gran parte a que varía la inercia que “ve” una articulación con respecto al tiempo, y que el modelamiento del sistema de control debe ser MIMO, si se opera alrededor de un punto de operación, teóricamente queda dentro del contenido que abarca la materia de CONTROL AUTÓMATICO.

Como se empleo un diseño modular, es posible conectar el brazo robot a una tarjeta de adquisición de datos para que facilite más experimentos de control automático.

Los futuros trabajos que se desean hacer son un sistema de control MIMO para tener un control más amplio del brazo y no alrededor de un punto de operación y un sistema de visión que a base de manejo de imágenes binarias controlará el brazo robot para recoger objetos con su pinza dentro de un plano y reubicarlos dentro del mismo plano.

Anexos Gráficos





Brazo robot extrayendo un cable del protoboard.