



“Uso del Sonar MaxSonar EZ1 en interfaz con el robot Pololu 3pi en optimización de rutinas para la detección de obstáculos”

Stalin Torres Goyes ⁽¹⁾, Christian Carrión Carangui ⁽²⁾, Carlos Valdivieso ⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
stalinandy@hotmail.com ⁽¹⁾, andresccar@hotmail.com ⁽²⁾, cvaldiv@espol.edu.ec ⁽³⁾

Resumen

En el presente documento se exponen los principios básicos, el diseño y la implementación de un robot pololu 3pi para detectar obstáculos, El objetivo principal es diseñar un programa en el cual su interfaz sea amigable con el usuario y fácil de usar para el robot Pololu 3pi, además que nos permita mostrar los datos obtenidos por los sensores externos a conectarse con nuestro proyecto, utilizando una pantalla LCD y herramientas de software como AVR Studio y Proteus.

El proyecto que a continuación se presenta consiste en el diseño y manejo del robot Pololu 3pi con pantalla LCD, y está basado en el principio de mostrar por pantalla datos adquiridos por los diversos sensores, para su posterior análisis al capturar las muestras con el tiempo.

Reconocer las diferentes ventajas del microcontrolador ATmega328p de nuestro pololu 3pi que mediante una buena programación podremos evitar la mayor cantidad de obstáculo mediante la medición que detecte nuestro sensor externo del cual usaremos una entrada analógica para verificar el obstáculo mas cercano y poder esquivarlo.

Se utiliza la pantalla LCD para mostrar los datos, el cual es controlado por el ATmega328p.

Palabras Claves: robot pololu 3pi, obstáculos, pantalla LCD, microcontrolador, AVRstudio, sensores

Abstract

This document describes the basic principles, design and implementation of the Pololu 3PI robot used to detect any type of obstacle. The main objective is to design a program with a friendly user interface for the Pololu 3PI robot that allows the display of information from external sensors using an LCD screen and software tools including AVR Studio and Proteus.

The project presented in the following thesis describes the design and management of the Pololu 3PI robot with an LCD screen. It is based on the principle of displaying data on the LCD screen that has been received from various sensors. This data will then be stored for use in future analyses.

Recognizing the various advantages of the Microcontroller Atmega328p of the Pololu 3PI robot through programming, we will be able to avoid most obstacles that our external sensors detect. We will use analog input to verify the closest obstacles and avoid them.

The LCD screen is used to display data, which is controlled by the Atmega328p.

Keywords: Robot Pololu 3pi, obstacles, LCD screen, microcontroller, AVRstudio, sensors

1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como finalidad el diseño y construcción del 3pi de Pololu [2], el cual es un pequeño robot autónomo de alto rendimiento, designado para competiciones de seguimiento de línea, resolución de laberintos y detección de obstáculos. Alimentado por 4 pilas AAA (no incluidas) y un único sistema de tracción para los motores que trabaja a 9.25V, el 3pi es capaz de velocidades por encima de los 100cm/s mientras realiza vueltas precisas y cambios de sentido que no varían con el voltaje de las baterías. Los resultados son consistentes y están bien sintonizados con el código aún con baterías bajas. El robot está totalmente ensamblado con dos micromotores de metal para las ruedas, cinco sensores de reflexión, una pantalla LCD de 8x2 caracteres, un buzzer, tres pulsadores y más, todo ello conectado a un microcontrolador programable. El 3pi mide aproximadamente 9,5 cm (3,7") de diámetro y pesa alrededor de 83 gr. (2,9 oz.) sin baterías.

El 3pi contiene un microcontrolador Atmel ATmega328 [4] a 20 MHz con 32KB de memoria flash y 2KB de RAM y 1KB de EEPROM. El uso del ATmega328 lo hace compatible con la plataforma de desarrollo Arduino.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

2.1. Antecedentes

Es importante definir el concepto del funcionamiento básico de los ultrasonidos como medidores de distancia se muestra de una manera clara en el siguiente esquema (Figura), donde se tiene un receptor que emite un pulso de ultrasonido que rebota sobre un determinado objeto y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor:

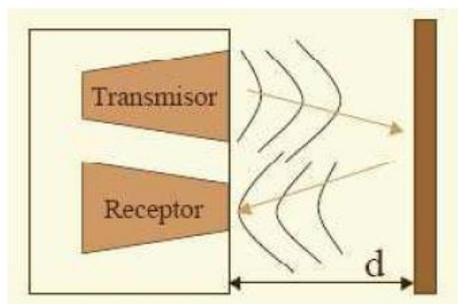


Fig. 2.1 Reconocimiento por emisión recepción

2.2. Descripción del proyecto

El presente capítulo explica el problema que se pretende solucionar a través del proyecto. Para este fin, es fundamental conocer de los diversos

tipos de programas que el 3pi de Pololu [5] nos presenta para el análisis de sensores externos, para nuestro proyecto nos enfocaremos en nuestro Sonar EZ1 [1] el cual se convertirá en nuestra señal externa.

2.3. Aplicación

La aplicación del proyecto puede ser en diversos campos como:

2.3.1. Sistemas de Detección de Obstáculos

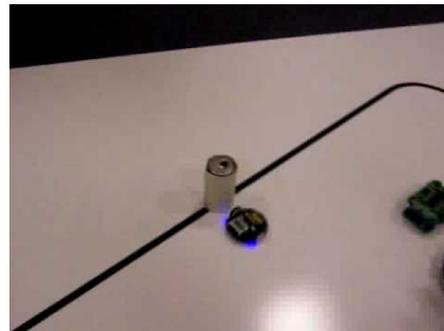


Fig. 2.2 Aplicación en la detección de obstáculos

Éste es un robot con un fuerte potencial. Fácil de utilizar ya que podemos probarlo desde los primeros minutos que lo tengamos en las manos y además dispone de muchísima documentación, por lo que es altamente flexible si queremos reprogramarlo para la aplicación que nosotros dispongamos.

Para lo cual utilizaremos nuestro robot como un detector de obstáculos capaz de detectar objetos desde 0 hasta 254 pulgadas (0 a 6.45 metros) y proporcionar una información de salida de la distancia medida en el rango de 6 a 254 pulgadas con una resolución de 1". Los objetos u obstáculos presentes a una distancia inferior a 6" proporcionan una lectura mínima de 6"

2.4. Descripción del problema

El problema planteado es buscar la manera de detectar obstáculos mediante el sonar ez1 un sensor externo del Pololu que mediante configuración y programación evitara los obstáculos que se encuentren en su camino.

Actualmente existen en el mercado diferentes tipos de robot detectores de obstáculos que podrían compararse con nuestro proyecto, pero la diferencia es que nosotros tenemos la capacidad de evitar los obstáculos de una manera inmediata y una fuente de energía de 4 pilas recargables AAA, teniendo como diferencia la adquisición de energía para el funcionamiento del dispositivo.

2.5. Efectos

El tiempo en la actualidad representa grandes cantidades de dinero. Los sistemas de pantalla táctil son fáciles de usar que los empleados pueden realizar su trabajo más rápido, dando como resultado una mejor calidad de servicio al cliente y con esto logramos brindar nuestro producto a mayor cantidad de personas evitando las largas colas de espera. Con la ayuda de la tecnología y de nuestro proyecto optimizamos el tiempo, haciendo más eficaz las diversas aplicaciones de atención al cliente.

2.6. Proyectos similares

2.6.1. Pololu 3pi + eyes

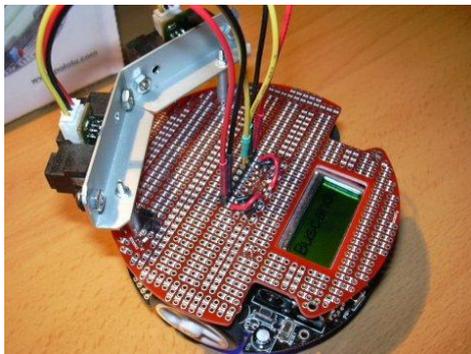


Fig. 2.3 Pololu 3pi + eyes

Este proyecto tiene como objetivo detectar obstáculos por medio de sensores de distancia Sharp 2Y0A21 [3] en el cual el robot Pololu 3pi evita todo tipo de obstáculos de una manera precisa.

Con un alcance de detección de 4 "a 32" y un voltaje analógico que indica la distancia, este sensor es muy fácil de usar.

2.6.2. Sensor de distancia por ultrasonido



Fig. 2.4. Sensor de distancia

Éste sensor PING de Parallax es ya un clásico y no puede faltar en ningún proyecto de robótica. Funciona como un sonar mediante ultrasonidos y es capaz de detectar objetos a una distancia de entre 2 centímetro a 3 metros. Dispone de un indicador LED y tan sólo requiere de un pin para

su funcionamiento. Se puede utilizar en una placa de prototipo o directamente en tu robot.

El sensor envía ultrasonidos por un lado y mide el tiempo de rebote del sonido. En su pin de salida podremos medir el ancho de pulso PWM en función de la distancia del obstáculo. Es muy sencillo hacerlo funcionar con un Arduino, PIC o cualquier otro microcontrolador.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En el presente capítulo se muestran los fundamentos básicos del robot Pololu 3pi y sus componentes más importantes. Además se explica sobre el sonar MaxSonar EZ1 para la detección de obstáculos, también se expone las técnicas, de interfaz con el robot Pololu 3pi, también se menciona los campos de aplicación del proyecto, por último se describen los programas desarrollados para la comunicación y hardware implementados que se utilizan para el robot pololu 3pi.

3.1. Robot Pololu 3pi



Fig. 3.1 Robot Pololu 3pi

El Robot Pololu 3pi es un robot autónomo de alto rendimiento móvil, el cual está designado para competiciones de seguimiento de línea y resolución de laberintos. El pololu 3pi es alimentado por 4 pilas AAA para su funcionamiento y un único sistema de tracción para los motores los cuales trabajan a 9.25V, el Pololu 3pi es capaz de tener velocidades por encima de los 100cm/s mientras realiza vueltas precisas y cambios de sentido que no varían con el voltaje de las baterías.

3.1.1. Partes principales del robot pololu 3pi

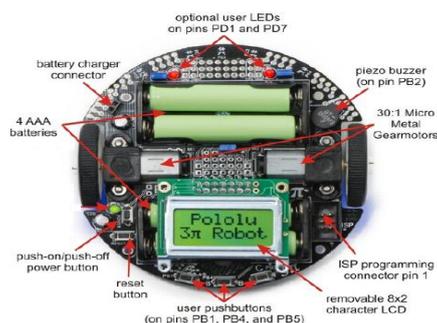


Fig. 3.1.1 Partes del pololu 3pi

El robot Pololu 3pi está totalmente ensamblado con dos micromotores de metal para las ruedas, cinco sensores de reflexión, una pantalla LCD de 8x2 caracteres, un buzzer, tres pulsadores y más, todo ello conectado a un microcontrolador programable. El 3pi mide aproximadamente 9,5cm (3,7") de diámetro y pesa alrededor de 83 gr. (2,9 oz.).

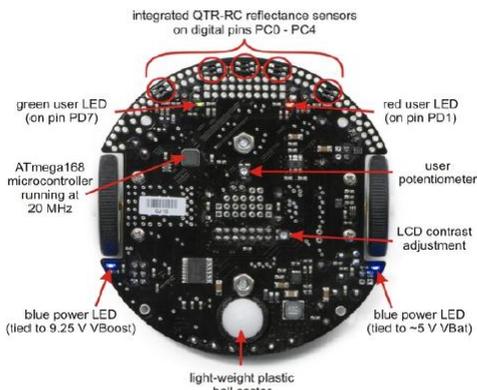


Fig. 3.1.2 Partes del pololu 3pi (Posterior)

3.1.2. Micromotores de metal

Motor DC de escobillas (reductores)



Fig. 3.1.3 Motor DC de escobillas

El motor que tiene el Pololu en cada una de sus ruedas es el motor dc de escobillas (motor reductor) el cual es usado mucho en robótica.

La velocidad libre de rodamiento de este motor DC es de varios miles de revoluciones por minuto muy alta para el desplazamiento del robot, por lo que un dispositivo de engranajes permite reducir estas revoluciones y aumentar el par, la fuerza de rodamiento.

Tabla. 2.1 Parámetros del motor dc

Engranage:	30:1
Velocidad libre:	700 rpm
Consumo mín:	60 mA
Par máximo:	6 oz-in
Consumo máx:	540 mA

Ya que nuestro robot Pololu 3pi se mueve en todas las direcciones los motor dc deben cambiar su dirección de rotación para ello debe alternar la

polaridad del voltaje aplicado. Para eso se usan los llamados puentes H como se muestra en el diagrama:

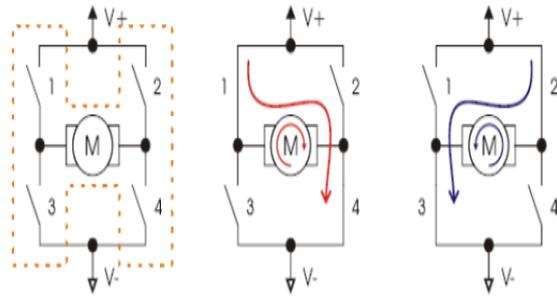


Fig. 2.1.4 Puentes H para alternar la polaridad

3.1.3. ATmega328P

Es un microcontrolador CMOS de alto rendimiento de 8 bits basado en AVR arquitectura RISC mejorada capaz de ejecutar instrucciones de gran alcance en un solo ciclo de reloj, fácil de programar. Posee internamente un circuito de Power-On Reset que eliminan la necesidad de componentes externos y expanden a 32 el número de pines que pueden ser utilizados como líneas I/O (entrada/salida; Input/ Output) de propósito general de trabajo.

El dispositivo funciona entre 2.7 a 5.5 voltios.

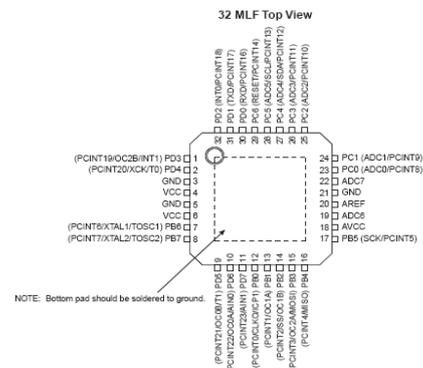


Fig. 2.1.5 Configuración de pines del ATmega328P

3.2. Sonar MaxSonar EZ1



Fig. 2.2 MaxSonar EZ1

Este pequeño sensor por ultrasonido ofrece capacidades de detección de presencia y medición de distancia en rango corto y largo y un consumo muy bajo. El MaxSonar- EZ1 el cual tiene integrado el transmisor y el receptor en la misma placa.

Algunas Características del MaxSonar Ez1.

- Ganancia variable continúa para el control del haz ultrasónico y supresión de la dispersión.
- Permite detectar objetos a una distancia inferior a 6”.
- Alimentación a 5V con consumo de 2mA. Se pueden realizar hasta 20 medidas por segundo.
- Las medidas y salida de información se pueden realizar de forma continua.
- Se puede emplear una señal externa para iniciar/detectar cada nuevo ciclo.
- Formato de salida con protocolo serie de 0 a 5 V con 9600 baudios, 8 bits, sin paridad y 1 bit de Stop.
- Formato de salida mediante tensión analógica 10mV / pulgada
- Formato de salida mediante anchura de impulso 147µs / pulgada

Su circuito impreso consta con orificios para el montaje. Como se ve en la figura:

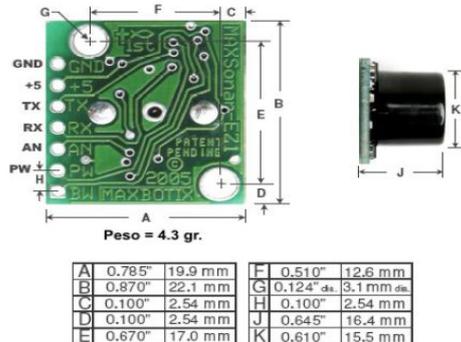


Fig. 2.2.1 Dimensiones del MaxSonar EZ1

La lectura de la distancia a los objetos detectados se realizan a través de los siguientes pines del sensor ultrasónico, que entregan los datos en diferentes formatos:

TX: Transmite vía serie el resultado de la distancia medida, se realiza en formato RS232 excepto que los voltajes de salida son de 0-5V. Se transmiten 5 bytes por cada medida realizada, empieza por el carácter ASCII “R”, continua con tres caracteres ASCII con los dígitos de la medida propiamente dicha y comprendido entre 006 y 254 y finaliza con el código de retorno de carro (0x0D). La velocidad es de 9600 baudios, con 8 bits de datos, sin paridad y un bit de stop.

RX: Este pin está permanentemente a nivel “1” mediante una resistencia “pull-Up” interna. En estas condiciones el sonar esta realizando medidas de forma continua y transmitiendo la distancia. Sin embargo esta señal se puede emplear para controlar externamente el inicio de una nueva medida. Efectivamente, cuando se pone a “0” el sistema está detenido. Poniéndola a nivel “1” o simplemente sin conectar, se inicia una nueva medida.

AN: Salida analógica de tensión comprendida entre 0 y 2.55 V que representa el valor de la distancia medida. El factor empleado es de 10Mv/pulgada.

PW: Este pin proporciona un pulso de salida cuya duración determina la distancia medida. La distancia se puede calcular usando el factor de 147Ms/pulgadas.

3.2. Herramientas de Software

El proyecto utilizó dos tipos de software, el primero tiene como fin la programación del Pololu 3pi (ATmega328P) y el segundo tiene como objetivo la simulación del proyecto para verificar que no hay errores.

3.3.1. AVR Studio

Es una herramienta de desarrollo que permite realizar proyectos para microcontroladores. Proporciona una solución fácil para aplicaciones de sistemas embebidos, sin comprometer el rendimiento o el control, además desarrolla rápidamente y despliega aplicaciones complejas. Originalmente concebido como una herramienta fácil de usar, AVR Studio También se integra con el compilador GCC plug-in, añade soporte para todas las herramientas de Atmel que apoyan la arquitectura AVR 8-bit, incluyendo la STK500 AVR

3.3.2. Proteus 7.7

Es un paquete de software para el diseño de circuitos electrónicos que incluye captura de los esquemas, simulación analógica y digital combinada, además posee una herramienta ARES que se utiliza para el diseño de circuitos impresos. Proteus es un entorno integrado diseñado para la realización completa de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño, simulación, depuración y construcción. El paquete está compuesto por dos programas: ISIS, para la captura y simulación de circuitos; y ARES, para el diseño de PCB's.

3.4. Programador AVR USB



Fig. 2.3 Programador AVR USB

Probablemente uno de los programadores AVR mas pequeños del mundo. El programador AVR USB es un muy compacto, de bajo costo con sistema (ISP) para microcontroladores AVR de Atmel, lo que hace de este dispositivo una solución de programación atractiva para los controladores AVR, compatible con de robots Orangután y Pololu 3Pi.

El programador AVR USB se conecta al puerto USB de su ordenador a través de un cable USB incluido y se comunica con el software de programación, tal como AVR Studio, a través de un puerto COM virtual utilizando el protocolo AVRISP2/STK500.

4. DESCRIPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

4.1. Prueba inicial

Para la realización del proyecto tomamos como consideración dividirlo por fases para así ir diseñando y simulando paso a paso las diferentes partes del mismo. La primera etapa consistía en ver el funcionamiento del pololu con su programa demo el cual ya viene en el robot pololu, que nos permite ver al pololu funcionando, La segunda etapa consistía en encargarnos de manejar el sonar Maxsonar EZ1, verificando los formatos de salida del sonar para poder escoger una de sus salidas y poder trabajar con ella. Las salidas que tiene el sonar son la salida de ancho de pulso, salida de tensión analógica y salida digital serie.

4.1.1. Construcción

La construcción del circuito de nuestro proyecto consistió en el la conexión entre el sonar Maxsonar EZ1 y el robot pololu 3pi añadiendo 2 pines en el pololu que son los 5 voltios que necesita el sonar en este caso son vcc y tierra. En esta primera parte del proyecto solo se realizó la prueba del pololu con su demo conectando las baterías y siguiendo las instrucciones en que indicaba su pantalla lcd para verificar que el pololu esté en buen estado.



Fig. 3.1 Imagen inicial del pololu

La siguiente parte de la construcción fue el la conexión de los pines en el sonar Maxsonar EZ1, para el funcionamiento del mismo, ya que necesita 5 voltios de entrada para su funcionamiento y las salidas que el sonar puede entregar.



Fig. 3.2 Conexión de pines en el Maxsonar EZ1

4.2. Descripción del proyecto final

Luego de las conexiones del pololu 3pi como las del sonar y la programación del microcontrolador que tiene el pololu estamos listos para que funcione el prototipo, inicialmente notamos ciertos errores en el movimiento que realizaba el pololu, por motivo de que la primera prueba de comunicación con nuestro sonar Maxsonar EZ1 no la podíamos interpretar muy bien.

4.2.1. Diagrama de bloques

Para la elaboración del proyecto utilizamos el ATmega328p debido a que posee mayor cantidad de memoria, debido a que nuestro pololu puede realizar diferentes aplicaciones las cuales demanda una gran cantidad de líneas de código para ciertos proyectos, además que utilizamos una pantalla LCD y menús que consumen espacio en memoria.

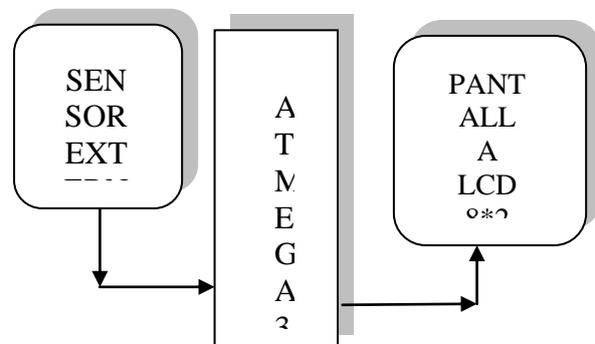


Fig. 3.3 Diagrama de bloques del proyecto

5. SIMULACIÓN Y PRUEBAS

5.1. Simulación en Proteus

A través del software de simulación Proteus y todas sus herramientas a utilizar pudimos realizar la simulación de nuestro proyecto.

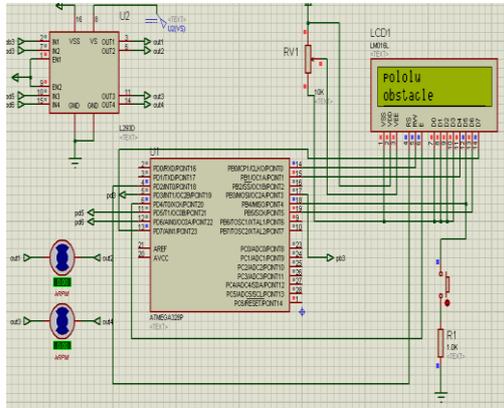


Fig. 4.1 Secuencia de inicialización del proyecto

Inicialmente realizamos la simulación de la interfaz gráfica para luego su posterior implementación. La siguiente figura corresponde al valor capturado por el sensor, el cual es mostrado en nuestra lcd como muestra de que se está recibiendo los datos por parte del Atmega 328p y enviando a la lcd de una manera correcta.

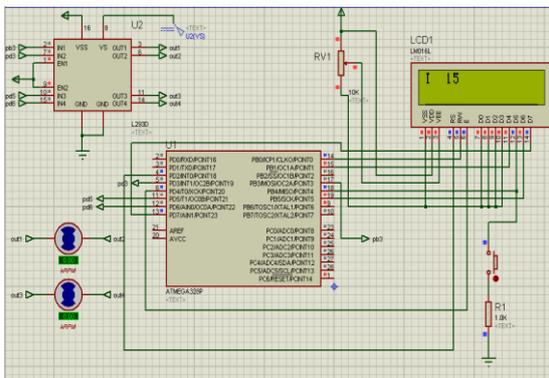


Fig. 4.1.1 Visualización del dato capturado por el sensor

5.2 Simulación del movimiento de los motores

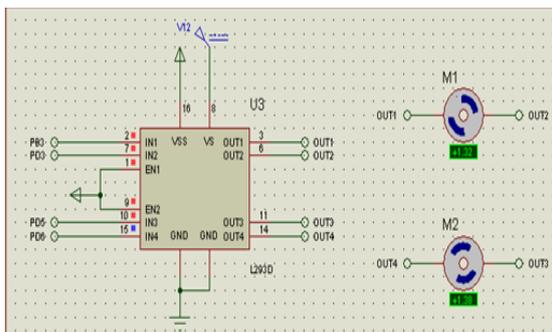


Fig. 4.2.1 Motores ejecutando el desplazamiento hacia adelante

Mediante nuestra programación definimos el momento en el cual hacemos girar a nuestro robot Pololu dependiendo de esto se realizara el giro correspondiente, el giro consiste en girar un motor en sentido horario y el otro motor en sentido anti horario.

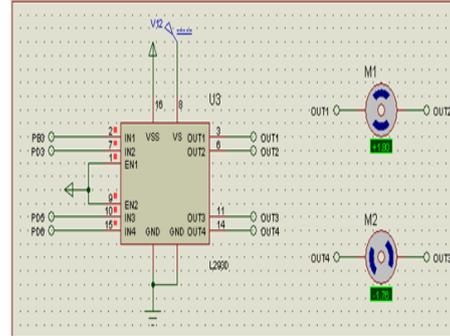


Fig. 4.2.2 Motores ejecutando el giro hacia la derecha

5.3 Pruebas funcionales del robot Pololu

Empezaremos por mostrar las diferentes cualidades de nuestro robot de tal manera que podamos visualizar de que manera hemos logrado realizar nuestros objetivos en la construcción de un robot que es capaz de evitar todo tipo de obstáculos a pesar de solo poseer un solo sensor.



Fig. 4.3.1 Pololu 3pi visualización de voltaje

En esta imagen de nuestro Pololu podemos visualizar en la pantalla lcd el voltaje de las pilas que están energizando el Pololu e indicando que está a la espera de que su pulsador B este activado para poder continuar e iniciar las subrutinas siguientes.



Fig. 4.3.2 Pololu 3pi esquivando obstáculos

Para la siguiente imagen mostramos a nuestro robot en el interior de un camino cerrado en el cual nuestro robot deberá buscar la manera de salir de este camino sin chocar con las paredes de una manera precisa en la cual buscare la salida apropiada para realizar su escape de una forma rápida y segura.



Fig. 4.3.3 Pololu 3pi en un camino cerrado

Nuestro robot Pololu realiza con éxito su escape del camino cerrado sin ningún problema gracias a la ejecución de las subrutinas de una manera precisa

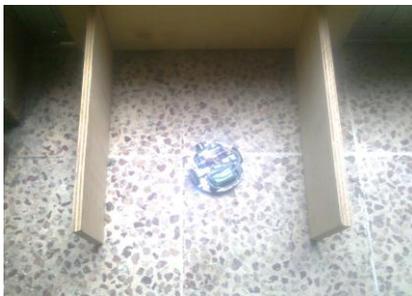


Fig. 4.3.4 Pololu 3pi saliendo del camino cerrado

5. CONCLUSIONES

1.- Mediante nuestro proyecto hemos logrado implementar un código amigable para poder evitar obstáculos con nuestro robot Pololu 3pi, permitiendo visualizar los datos de diferentes sensores obtenidos en cualquier lugar que queramos tomar muestras de campo, logrando una herramienta portátil de comparación y análisis de muestras.

2.- Los sensores ultrasónicos generan un lóbulo de radiación en su frente que en teórica recoge cualquier variación de cuerpos extraños. Sin embargo por efecto de difracción cuerpos que no cumple con cierta altura no son detectados.

3.- La salida analógica del sonar MaxSonar EZ1 tiene una tensión comprendida entre 0 y 2.55 V que representa el valor de la distancia medida cuyo factor empleado es de 10mV/pulgada. El cual puede detectar un objeto hasta 6.45 metros.

4.- Existe un tiempo entre la lectura del sensor y el cálculo de evasión de obstáculos, en que el robot es incapaz de percibir su entorno por lo que se pueden presentar colisiones.

7. RECOMENDACIONES

1.- Revisar y entender el manual de especificaciones del Pololu y MaxSonar Ez1 para su buen funcionamiento y de esta manera no cometer errores en la conexión de sus pines.

2.- En la utilización del sensor determinar el rango al cual deseamos que nuestro robot funcione correctamente, dependiendo de esto el sensor emitirá los datos correspondientes, lo importante es visualizar los datos emitidos por el sensor para realizar una correcta programación.

3.- Se recomienda utilizar 2 sonares para obtener un mejor rendimiento al momento de evitar obstáculos, debido a que con un solo sensor se pierde muchos puntos de lectura que si tendríamos con mas sensores para obtener mejores resultados en el momento en el cual el robot realice su recorrido.

4.- Una recomendación que cabe recalcar es de leer detenidamente el datasheet del Atmega 328p, para revisar la configuración de sus pines, y así evitar cometer errores en las conexiones, logrando la prevención de quemar algún componente del proyecto.

8. REFERENCIAS

[1] Ingeniería de Microsistemas Programados S.L, Hoja técnica Sonar MaxSonar EZ1, <http://www.msebilbao.com/notas/downloads/Material%20del%20MaxSonar-EZ1.pdf> , 30 de Diciembre del 2010

[2] Pololu Corporation, Pololu 3pi Guía de usuario, <http://www.pololu.com/file/0J137/Pololu3piRobotGuiaUsuario.pdf>, 5 de Enero del 2011

[3] Pololu Corporation, Pololu robotics forum - View topic 3pi + eyes , <http://forum.pololu.com/viewtopic.php?f=29&t=2110> , 15 de Enero del 2011

[4] Atmel corporation, Atmel AVR8 and 32 bit – megaAVR, http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=4198, 28de Diciembre del 2010



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y COMPUTACION



[5] Pololu Robotics & Electronics.

Enero 10 del 2011

<http://www.pololu.com/catalog/product/975>