

Desarrollo de una plataforma robótica orientada a la implementación de proyectos de investigación

Carlos Walter Otiniano Noé¹

¹Escuela de Tecnologías de la Información - Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial (SENATI)
Av. Alfredo Mendiola 3540 - Independencia - Lima - Perú
cotiniano@senati.edu.pe

***Abstract.** We report the development of a robotic platform aimed at the implementation of research projects related to autonomous control strategies, image processing, artificial intelligence, and telemetry is implemented to Cortex M3 microcontroller 32-Bit, a wireless card, sensors and actuators . The main features presents an integrated development interface allows robot programming and application development computer control in the same programming language.*

***Resumen.** Se presenta el desarrollo de una plataforma robótica orientada a la implementación de proyectos de investigación relacionada a estrategias autónomas de control, procesamiento de imágenes, inteligencia artificial y telemetría, esta implementada con un microcontrolador Córtes M3 de 32 Bits, una tarjeta inalámbrica, sensores y actuadores. Como principal características presenta una interfaz de desarrollo integrada que permite la programación del robot y el desarrollo de la aplicación de control por ordenador en el mismo lenguaje de programación.*

1. Introducción

Las tendencias actuales en educación se orientan a la aprehensión y a la creación del conocimiento y no solamente a la recepción del mismo. Basadas en la idea de que la construcción y la manipulación e interacción de la realidad que rodea al aprendiz, mediante el micro mundo que crea, resulta en la adquisición de nuevos conocimientos por su naturaleza modeladora, más que descriptora, se presume que estas técnicas facilitan el proceso de enseñanza aprendizaje. En este sentido, la robótica educativa surge como respuesta a estas nuevas directrices cognitivas, como un método que le permite al educando acercarse a la ciencia desde la tecnología a partir del diseño, la elaboración y la operación de objetos tecnológicos que representen y simulen los fenómenos que lo rodean. Debido a los resultados obtenidos bajo la aplicación de dichas técnicas, en los últimos años ha surgido a nivel mundial un fuerte interés en la robótica. Se cree que es un punto crucial para lograr un desarrollo sustentado en educación tecnológica, la cual, a su vez, representa un factor determinante en el futuro de cualquier sociedad [5] La robótica se ha popularizado como una actividad educativa a nivel internacional en los últimos años. De hecho un creciente número de instituciones están ofreciendo la oportunidad de construir sus propios robots controlados por ordenador, utilizando sets de construcción programables como WeDo, LEGO Mindstorms, VEX, TETRIX, Arduino, entre otros [6].

El diseño del prototipo está basado en el robot DaNI que es una plataforma comercial de introducción a la robótica y mecatrónica de la compañía National Instruments, debido al elevado costo de la plataforma mencionada se propuso desarrollar una plataforma robótica destinada a la implementación de proyectos de investigación de bajo coste, sin la ayuda de sets de construcción, que nos proporcione mayor versatilidad, robustez y adaptabilidad a futuros cambios. Otro aspecto importante en el desarrollo del proyecto es realizar la programación del robot y la interfaz de control por ordenador en un mismo lenguaje que reduzca el tiempo de diseño e implementación del prototipo.

2. Especificaciones

Las especificaciones de la plataforma serán mencionadas a continuación:

- Características Físicas: Plataforma rectangular de acrílico compuesta por tres niveles, dimensiones 20 x 20 x 10cm, cuenta con cuatro ruedas de eje independiente, capacidad de navegación sobre cualquier superficie. Primer nivel: compuesto por 04 motores de 12V, 04 Celdas de litio y una controladora de motores. El segundo nivel tiene una tarjeta inalámbrica que permite la comunicación del robot. El tercer nivel tiene instalado el microcontrolador C3ortex M3 LM3S8962 sobre una tarjeta de evaluación.
- Fuente de alimentación: 04 celdas de Litio Fosfato de Hierro LIfePO4 3.2V-10Ah
- Sensores: presenta un sensor infrarrojo que le permite detectar bordes y líneas.
- Sistema de comunicación: Access Point D-LINK DWL-2100AP
- Software: Lenguaje de programación G que permite el desarrollo del programa del prototipo y la interfaz de usuario en el mismo lenguaje de programación.

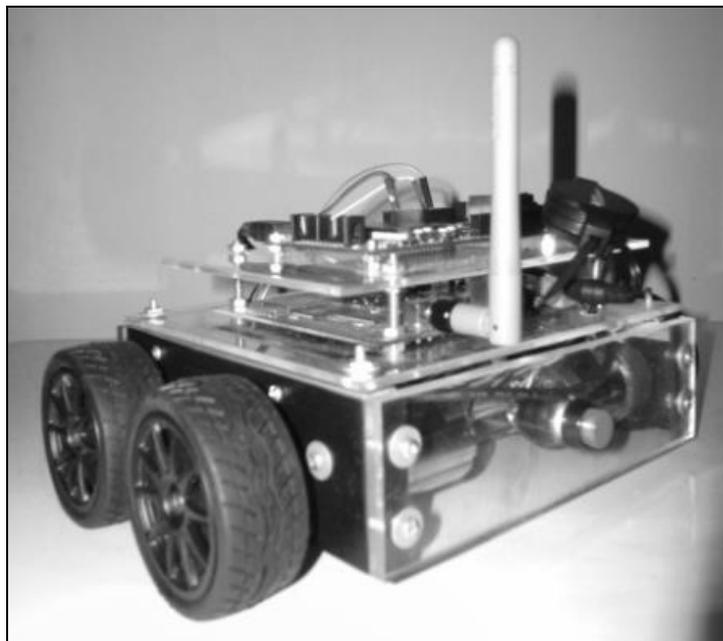


Figura 1. Plataforma robótica

3. Estructura del Hardware

El diseño de la plataforma está compuesto por los siguientes subsistemas:

Subsistema Procesamiento. Microcontrolador C3ortex M3 de 32 Bits de arquitectura Harvard [1] 50MHz, 256Kb Flash, 64Kb SRAM. Este microcontrolador tiene un consumo mínimo de energía a un costo similar a un procesador de 8 o 16 Bits, ofrece múltiples posibilidades para aplicaciones en sistemas embebidos (ver figura 2).

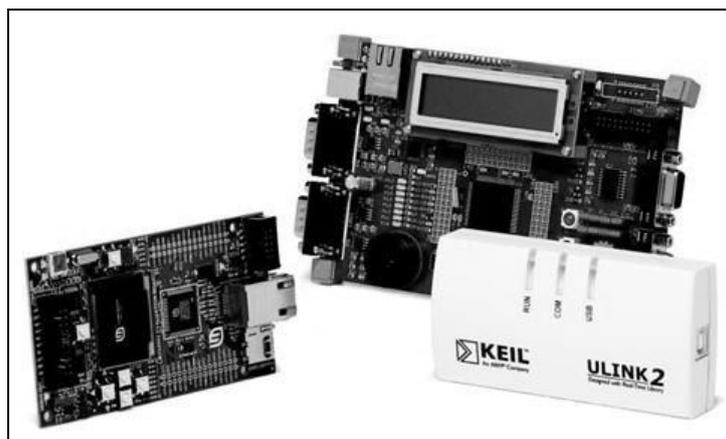


Figura 2. Microcontroladores ARM soportados por LabVIEW

Subsistema de Potencia. Para el control de los actuadores emplearemos una controladora de potencia. Este tipo de dispositivos utilizan un controlador de puente H y un conjunto de cuatro MOSFET de potencia de canal N [2]. El controlador RoboClaw 2x5 Amp es un controlador doble canal síncrono, regenerativo, puede suministrar energía a dos motores DC con 5A continuos y 10A máximo, soporta múltiples entradas de sensores, incluyendo codificadores duales cuadratura con hasta 19,6 millones de pulsos por segundo y potenciómetros. El controlador viene equipado con varias funciones integradas: conexión a un receptor RC, dispositivos serie, fuentes analógicas o un microcontrolador (figura 3)

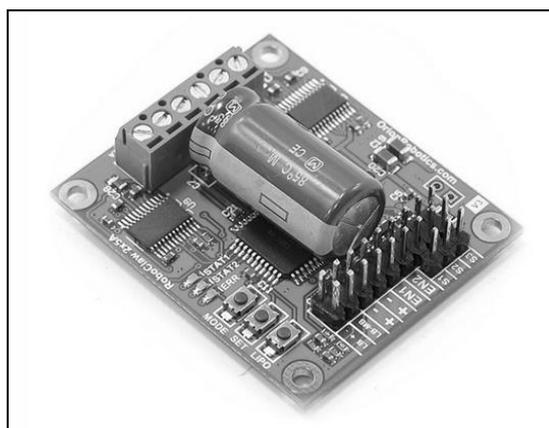


Figura 3. Controlador de motores DC RoboClaw

Subsistema de Locomoción. Los motores DC empleados para locomoción en sistemas embebidos tienen instalados encoder en sus ejes, esto proporciona realimentación al microprocesador sobre la posición del motor [3]. Se trabajara con cuatro motores Pololu de 12V con encoder y caja reductora 50:1. Son Motores de gran alcance y cuentan con

un codificador en cuadratura integrado que proporciona una resolución de 64 pulsos por revolución del eje del motor, lo que corresponde a 3.200 recuentos por revolución del eje de salida (ver figura 4).

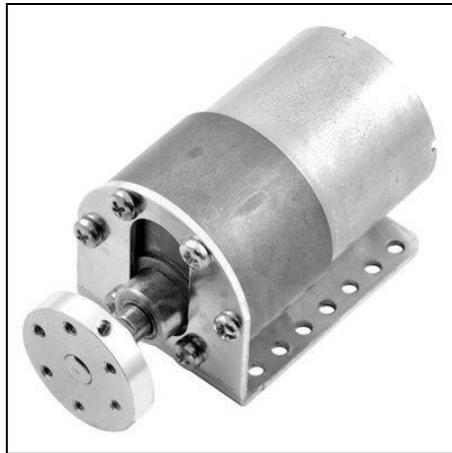


Figura 4. Motor 12 VDC Pololu

Subsistema de Sensores. Los sensores se emplean para realimentación y control de movimiento, para escoger el sensor adecuado a nuestras necesidades primero tenemos que evaluar el tipo de aplicación que desarrollará nuestro robot [4]. Mencionaremos al sensor Infrarrojo Vishay TCRT5000, sensor reflexivo empleado en la detección de objetos, bordes o seguimiento de línea, salida digital de 0-5V, compacto y de fácil instalación (ver figura 5).

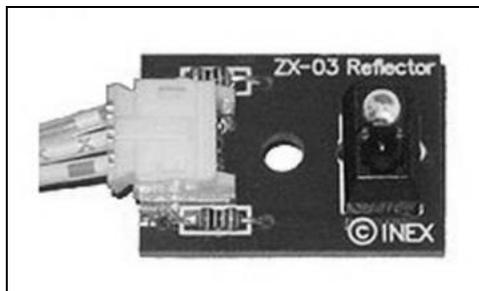


Figura 5. Sensor Infrarrojo Vishay TCRT5000

Subsistema de Comunicación. Access Point inalámbrico D-LINK 108MBPS DWL-2100AP de alto rendimiento, soporta control de acceso 802.1x, antena desmontable, conector RSMA, cinco diferentes modos de operación, DHCP Server, administración Web y Windows.

4. Implementación del Software

Para implementar el software del control usaremos Labview (ver figura 6). Labview consiste en una serie de funciones unidas mediante cables por el que fluyen los datos, las funciones solo podrán ejecutarse cuando tengan todos los datos disponibles en sus entradas. Esta forma de ejecutar un programa favorece el paralelismo y es apropiada para sistemas multiprocesador y multihilo. El lenguaje que usa LabVIEW se le denomina lenguaje G, la mayoría de los lenguajes se basan en programación imperativa, sin embargo el lenguaje G no usa programación imperativa sino una programación basada en el flujo de datos [8]. Para programar un microcontrolador Cortex M3 con

LabVIEW necesitamos el Modulo NI Labview para Microcontroladores Embebidos ARM que incluye el Kit de Desarrollo Keil ARM. Se puede descargar el software de evaluación desde el enlace del sitio web de National Instruments www.ni.com/arm. LabVIEW brinda soporte para microcontroladores C3ortex M3, ARM7, ARM9 con librerías y bloques de función, es decir no es necesario desarrollar un código en C para acceder desde LabVIEW, podemos escoger un conjunto de funciones para el manejo del hardware del microcontrolador [1].

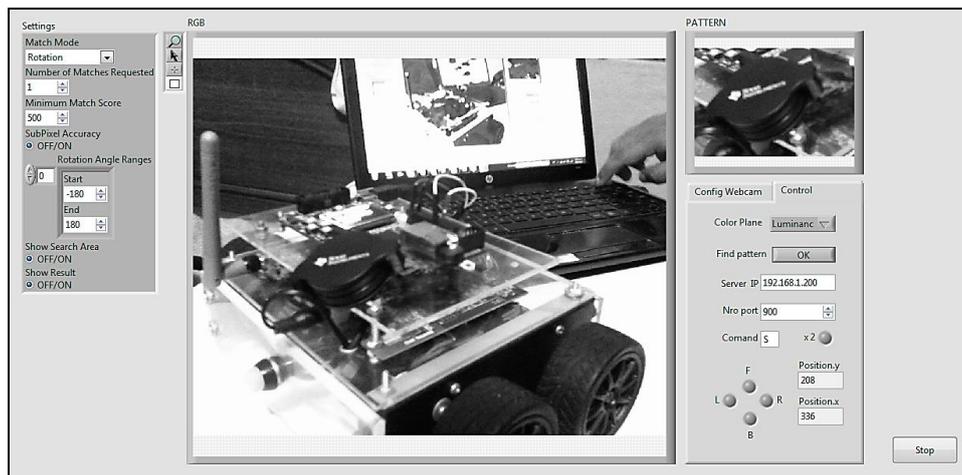


Figura 6. Software de control del robot

Las librerías son un conjunto de subprogramas y otros recursos, otros programas pueden hacer uso del código que contienen las librerías haciendo referencia a ellas [7]. Las librerías creadas para el desarrollo del proyecto, son aquellas que manejan el hardware y servirán como controladores del robot, existe una librería para cada una de las funciones básicas del microcontrolador ARM, a continuación mencionaremos algunas de ellas:

- Módulo de comunicación Serial, Ethernet (transmisión, recepción de datos)
- Módulo de escritura en pantalla LCD (representación de datos)
- Módulo de generación de todos de audio (indicadores acústicos)
- Módulo de temporización y manejo de interrupciones (manejo de eventos)
- Módulo de lectura de señales analógicas y digitales (lectura de datos)
- Módulo PWM (lectura de sensores, control de actuadores)

Cabe mencionar que se puede mejorar o desarrollar nuevas librerías a partir de las mencionadas anteriormente con la finalidad de incorporar nuevas funciones al prototipo y optimizar su desempeño en el mundo real, entre estas funciones se puede mencionar: procesamiento de señales, visión artificial y redes neuronales. Presentamos una sección de código programa para el desplazamiento del robot, desde una aplicación remota mediante una red inalámbrica WIFI (ver figura 7).

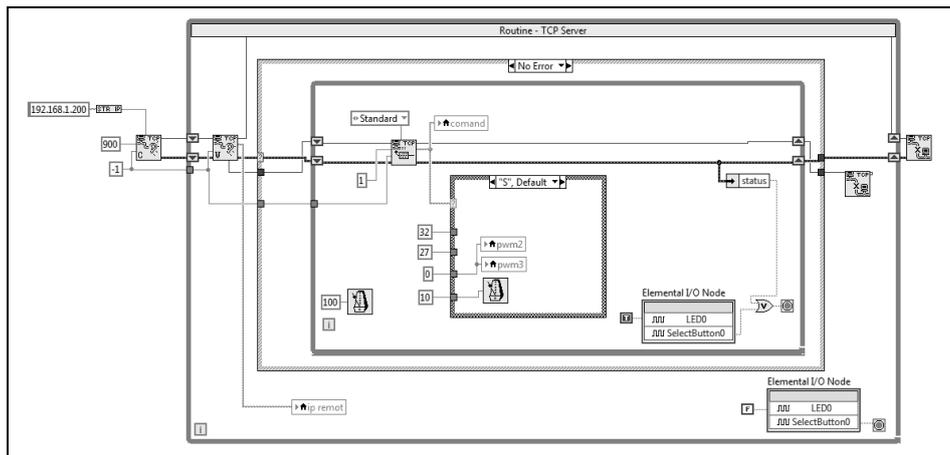


Figura 7. Algoritmo del programa de comunicación del robot

El programa inicialmente asigna una dirección IP y un puerto de comunicación al microcontrolador (servidor), esta configuración será monitoreada constantemente, en espera de una aplicación cliente mediante la función TCP Listen, si se produce una conexión se registrará la dirección remota en una variable, iniciándose la lectura mediante la función TCP Read, los datos recibidos serán comparados con los configurados previamente para determinar las acciones a ejecutar (avance, retroceso, derecha, izquierda).

El programa procesa los datos recibidos y configura el módulo de salida PWM, produciendo el desplazamiento del robot, todas las variables de estado se visualizarán en la pantalla LCD indicando al usuario el proceso en ejecución.5. Pruebas del Prototipo

El prototipo se evaluó en laboratorio y para probar su desempeño se ha desarrollado un programa que verifica las funciones básicas del robot, entre ellas: lectura de sensores, prueba de actuadores, control de la plataforma por medio del teclado del ordenador mediante una red WIFI, también se ha implementado algoritmos de captura de imágenes y reconocimiento de patrones para controlar la navegación del robot (ver figura 8).

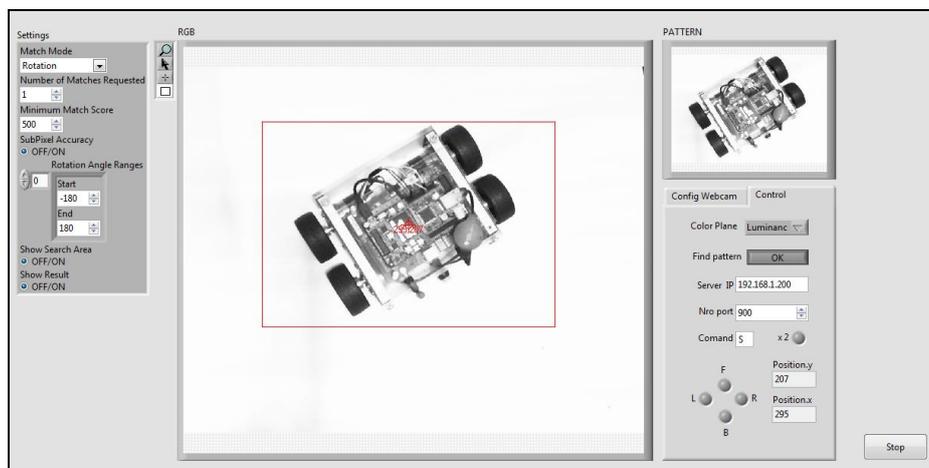


Figura 8. Pruebas realizadas con el robot

6. Trabajos Futuros

El prototipo se construyó pensando en la implementación de proyectos de investigación relacionada a estrategias autónomas de control, procesamiento de imágenes, inteligencia artificial y telemetría, presenta un hardware que permite la instalación de sensores de visión, acelerómetros, giroscopios y manipuladores. Todos los módulos adicionales permitirán al robot aumentar sus prestaciones e incrementar el campo de estudio para el cual fue diseñado originalmente

7. Conclusiones

El concepto de modularidad del prototipo permite que el robot evolucione desde una versión simple hasta sistemas de mayor complejidad. El software de programación grafica simplifica el tiempo del desarrollo del prototipo y la programación basada en librerías permite incrementar la complejidad de las funciones del robot, sin la necesidad de modificar o reescribir el código.

Una ventaja adicional que nos proporciona el software de programación gráfica es el desarrollo de la aplicación de control para la plataforma en el mismo lenguaje de programación empleado en el robot, esto disminuye dramáticamente el tiempo de programación. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios y la plataforma trabajo en diferentes modos de operación: autónomo y teleoperado, cumpliendo las expectativas propuestas al inicio del proyecto.

8. Referencias

- [1] The Definitive Guide to the ARM Cortex-M3, By Joseph Yiu, Nov 19.
- [2] Arduino Robotics by John-David Warren, Josh Adams, Harald Molle, Jul 14, 2011.
- [3] Analog Interfacing to Embedded Microprocessor Systems, by Stuart R. Ball, 2004.
- [4] Introduction to Robotics, by Saeed Niku, Sep 7, 2010.
- [5] Aplicación de la robótica educativa en la enseñanza de las ciencias: Propuesta de un módulo electrónico programable, by José Luis Gallegos Ramírez, August 4, 2013
- [6] Metodologías de aprendizaje colaborativo a través de las tecnologías, by Azucena Hernández Martín, Susana olmos Migueláñez, Nov 1, 2011
- [7] LabVIEW: Entorno gráfico de programación, by José Rafael Lajara Vizcaíno, José Pelegrí Sebastia , Jul 1, 2012