

# Ensamblaje y Control de una Plataforma Robótica Bípeda mediante un PC



**Ing. Marco Herrera**  
Club de Robótica de la Escuela Politécnica Nacional  
marcohg9@hotmail.com



Para poder lograr el desarrollo de los humanoides, se toma como idea fundamental el conocer más sobre la locomoción bípeda humana, ya que este tipo de robots al poseer dos extremidades inferiores (de ahí su nombre bípedos), basan su locomoción en el caminar y anatomía de los miembros inferiores de los humanos. Por lo cual este trabajo describe el desarrollo de una plataforma robótica bípeda la cual es capaz de realizar las siguientes rutinas de movimientos: desplazarse hacia adelante o hacia atrás, girar a la izquierda o derecha, ponerse de pie, patear y equilibrarse, mediante comandos de control enviados inalámbricamente desde un PC, pudiendo el robot determinar su posición inicial antes de ejecutar la rutina de movimiento. Para la cual se utilizó una plataforma robótica comercial, sensor ultrasónico, módulos de comunicación inalámbrica y un sistema microprocesado basado en microcontroladores AVR de Atmel.

*La locomoción bípeda, en un alto porcentaje tanto en robots bípedos como en humanoides, trata de imitar el sistema motriz humano para desplazarse e interactuar con su entorno.*

De todos los movimientos que realiza el ser humano, caminar es uno de los más complejos, pues esto no solo implica desplazar los pies por el suelo, sino realizar movimientos sincronizados de las rodillas, cadera, brazos, cabeza, etc., con

los cuales se consigue mantener el equilibrio en todo momento. La plataforma bípeda ensamblada tiene dos modos de operación: modo demo, en donde el robot realiza la mayor cantidad de rutinas de movimientos; y modo manual de manera inalámbrica, que será controlado mediante un PC, con una interfaz gráfica desarrollada en Microsoft Visual Basic 6.0.



## Plataforma robótica bípeda "Brat"

La plataforma robótica bípeda a utilizar fue llamada por su fabricante Lynxmotion como "BRAT" [1], que significa Bipedal Robotic Articulating Transport, la misma que consta de seis grados de libertad (6 GDL); dos en sus tobillos: e izquierdo; dos en sus rodillas: derecha e izquierda; y dos en sus caderas: derecha e izquierda.

Esta plataforma bípeda tiene una similitud básica a la estructura humana, y además está construida de aluminio anodizado.

La plataforma bípeda tiene la capacidad de realizar varios movimientos: desplazarse hacia adelante o hacia atrás, girar hacia la izquierda o derecha como movimientos básicos, siendo capaz de realizar otras rutinas de movimientos, ya que presenta una gran estabilidad debido a que la superficie de apoyo del robot posee una gran área, comparada con la longitud de sus piernas.

## Arquitectura del robot

El sistema de control del robot está constituido básicamente por dos componentes: el sistema de transmisión y la plataforma robótica bípeda.

La PC envía órdenes por el puerto serial al sistema de transmisión, el cual a su vez envía las órdenes de manera inalámbrica a la plataforma robótica bípeda, la misma que realiza la rutina de movimiento.

## Diseño del circuito de control de la plataforma Robótica bípeda

Para lograr las rutinas de movimientos de la plataforma robótica bípeda BRAT se utilizan servomotores. Los servomotores, sin importar su tamaño, torque y velocidad, se controlan de la misma manera, utilizando la técnica de control PWM (modulación por ancho de pulso). Este sistema consiste en generar una onda cuadrada, en la cual se varía el tiempo en que el pulso se encuentra en nivel alto. Al variar este ancho

de pulso se consigue variar el ángulo de giro del servomotor.

El servomotor HS-422 es de dimensiones estándar pero con una mayor potencia, gracias a su cojinete de salida metálico que transfiere toda la potencia al eje de salida con precisión y suavidad [3]. Se seleccionó el servomotor Hitec HS-422 porque sus características técnicas se acoplan perfectamente a los requerimientos de la plataforma robótica bípeda, gracias a que presenta un torque bastante grande respecto a su tamaño, además de poseer una excelente característica de centrado y resolución.

alimentación del sensor; y el pin SIG es el terminal E/S (entrada/salida), el cual se usa para producir el pulso de activación y recibir la medición generada, este pin se conecta directamente al terminal E/S del microcontrolador. Con el fin de lograr que la plataforma bípeda pueda realizar las diferentes secuencias de movimiento, así como determinar si se encuentra en posición horizontal o vertical, se ha adaptado un servomotor al sensor ultrasónico PING)), lo cual permitirá tener mayor rango de detección debido a que el servomotor tiene la capacidad de girar 180°, similar al movimiento del cuello de los humanos.

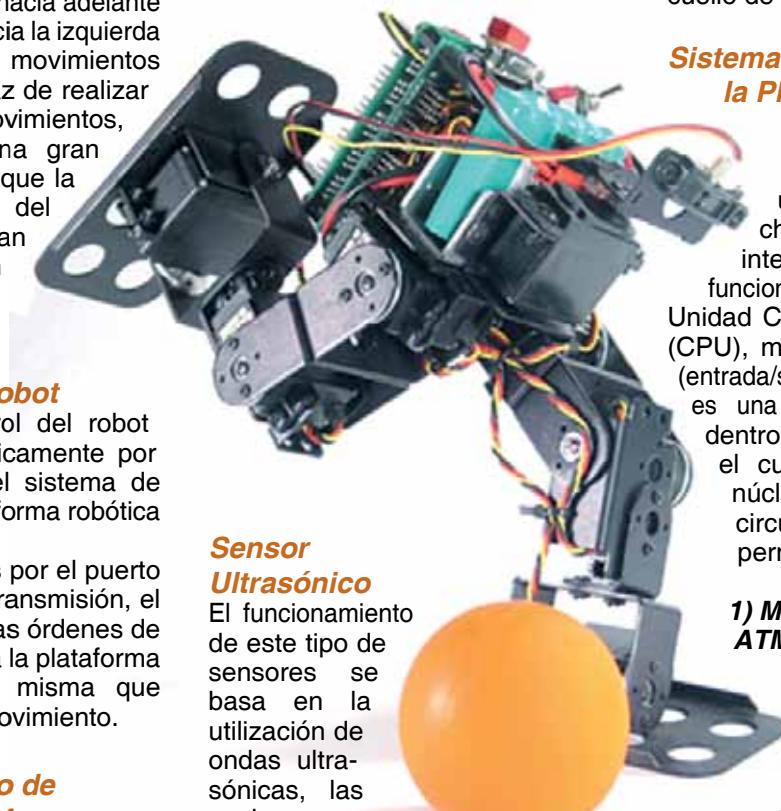
## Sistema Microprocesado de la Plataforma Robótica Bípeda

El microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: Unidad Central de Procesamiento (CPU), memorias y unidades E/S (entrada/salida). El microcontrolador es una computadora embebida dentro de un circuito integrado, el cual se compone de un núcleo y de un conjunto de circuitos adicionales que permiten su funcionamiento.

### 1) Microcontrolador ATMEGA8

El ATMEGA8 es un microcontrolador de ATMEL de 8bits, con alto rendimiento, bajo consumo de energía, arquitectura avanzada RISC y un oscilador interno [5].

El control de la plataforma bípeda se puede realizar de forma autónoma o mediante la PC y la selección de modo de trabajo a través de los pines PD2 y PD3, las mismas que se configuran como entradas. El control del sensor ultrasónico PING)) se realiza mediante el pin PB0, el cual debe configurarse como entrada y como salida como se explicó en el funcionamiento del sensor.



### Sensor Ultrasónico

El funcionamiento de este tipo de sensores se basa en la utilización de ondas ultrasónicas, las cuales se caracterizan porque su frecuencia supera la capacidad de audición de los humanos. El oído humano es capaz de detectar ondas sonoras de frecuencias comprendidas entre unos 20 y 20.000 Hz, a esto se lo conocen como espectro audible. Toda señal sonora que se encuentre por encima de este rango, se cataloga como ultrasónica. El sensor ultrasónico PING)) tiene tres terminales: el pin GND es la referencia o tierra; el pin 5 V es la

El pin PB3 se configura como salida, donde se conecta un diodo led, el mismo que se encenderá cuando la plataforma bípeda haya recibido una orden de la PC y se encuentre realizando la rutina de movimiento; y se apagará en el momento que haya terminado dicha secuencia. Los pines

PC0 al PC5 se configuran como salidas y son utilizadas para controlar los 6 servomotores de la plataforma bípeda para la realización de las diferentes secuencias de movimiento que realiza la misma.

El programa de control de la plataforma robótica bípeda, involucra tanto el programa de control del robot, del sistema de transmisión y de la PC. El robot tiene dos modos de trabajo: el modo DEMO en donde el robot realiza una demostración de sus rutinas de movimiento; y el modo manual o control desde la PC mediante comandos de control enviados por el computador a través de la interfaz gráfica.

### Generación de Rutinas de Movimiento

Los servomotores al ser controlados de manera conjunta, generan rutinas de movimiento. Las rutinas de movimiento que puede realizar el robot son:

- Rutina de caminata (tanto hacia adelante como hacia atrás);
- Rutina de giro (tanto a la izquierda como a la derecha);

- La rutina de levantarse (cuando el robot se encuentre recostado);
- Rutina de patada;
- Rutina de equilibrio;
- Rutina de cabeceo.

### Resumen rutinas de movimientos

Para la ejecución en modo demo el robot necesariamente debe encontrarse recostado para empezar con las rutinas de movimiento.

Para generar las rutinas de movimiento de la plataforma robótica bípeda, ésta realiza varias secuencias, las cuales que permiten a las partes del robot moverse de manera conjunta y sincronizada entre sí.

Se puede seleccionar dos modos de operación. En el modo DEMO, donde se debe tener en cuenta que el robot debe encontrarse en cualquiera de las posiciones detalladas anteriormente como son: recostado (espalda, frente, apoyado en la pierna izquierda o derecha). El programa está desarrollado en lenguaje BASIC y compilado en BASCOM AVR.

plataforma robótica bípeda.

Para comenzar el programa es necesario configurar las entradas a utilizar, y el módulo USART para la comunicación serial con la PC y el robot. En la Fig. 13, se muestra la pantalla de la interfaz.

En esta pantalla se tiene el control de todas las rutinas de movimiento que puede realizar el robot, distribuidas en dos bloques de controles, el uno denominado modo manual para el control de las rutinas de caminata adelante o atrás, giro a la izquierda o derecha; y un bloque de controles denominado secuencias especiales para el control de las rutinas de patada, cabeceo, equilibrio y demo (secuencia demostrativa de rutinas de movimiento).

Para enviar un dato al microcontrolador es necesario configurar el registro MSComm, el cual permite configurar la velocidad de transmisión y el puerto a utilizar. Cada bloque de control envía un comando diferente, el cual será interpretado por el microcontrolador.

### PRUEBAS

Una vez finalizado el sistema de control de la plataforma robótica bípeda y con el fin de comprobar si se ha logrado conseguir los objetivos planteados y poder observar el comportamiento de la plataforma robótica se realizan las respectivas pruebas de funcionamiento.

## CONCLUSIONES

- Los robots bípedos y en especial los humanoides han logrado conseguir un avance muy significativo gracias al desarrollo del procesamiento de datos, cada vez a mayor velocidad, y del estudio de nuevos materiales, que han permitido construir prototipos cada vez más livianos y resistentes.
- La locomoción humana ha sido base fundamental para el desarrollo de algoritmos de control en la caminata de plataformas bípedas. Caminar no solo implica desplazar los pies por el piso, sino realizar movimientos sincronizados de las rodillas, cadera, brazos, cabeza, etc., con los cuales se consigue mantener el equilibrio en todo momento.
- El rápido avance de los microcontroladores hoy en día, permite desarrollar aplicaciones muy complejas con una relativa facilidad, como se puede constatar en el presente proyecto, en donde con un solo microcontrolador se realizan varias rutinas de movimiento sobre la plataforma robótica bípeda.
- El uso de sensores ya acondicionados permite tener resultados óptimos en la selección de variables, disminuyendo considerablemente la cantidad de elementos electrónicos, como es el caso del presente trabajo, en donde se utiliza el sensor medidor de distancia (PING)).
- El diseño del programa de control desarrollado en lenguaje de alto nivel (para el presente proyecto el lenguaje BASIC), permite realizar programas complejos y disminuir el tiempo de desarrollo de los mismos.
- El desarrollo de sistemas de transmisión y recepción de datos de manera inalámbrica presenta cierta dificultad, debido a que existen ondas electromagnéticas que constantemente están viajando en el aire y pueden causar una recepción de datos.
- Para realizar el control de una plataforma robótica bípeda es recomendable fabricarla con todos los elementos mecánicos y electrónicos montados sobre la misma, ya que al no hacerlo pueden existir cambios en la distribución del peso en él ocasionando errores en la ejecución de las rutinas programadas.

### RECOMENDACIONES

Al realizar la calibración de posiciones iniciales del robot se debe tomar en cuenta que la posición neutral del servomotor no siempre satisface la posición inicial de los mecanismos. Es recomendable realizar un protocolo de comunicación cuando se trabaja con sistemas inalámbricos, ya que de no hacerlo, cualquier señal que se encuentre en el medio ambiente puede ser procesada por el sistema.

Cuando se trabaja con servomotores, es recomendable utilizar una fuente para la alimentación de los mismos y una fuente independiente para el control, ya que los servomotores producen ruido al sistema.