

# ROBOT MOVIL CAMINADOR HEXÁPODO CON 12 GRADOS DE LIBERTAD

Argote, I.\*; Castellanos, D.\*; Vargas, J.\*; Baquero, A.\*; Borrero, H.†

\* Estudiantes Ingeniería Electrónica, † Profesor  
{aiteg\_16, dianis711, Javier\_vargas88, andru\_baq}@hotmail.com, h\_borrelo@ieee.org  
Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería  
Universidad de los Llanos, Villavicencio - Colombia

**Resumen** - La locomoción para un robot de seis patas implica el desarrollo de algoritmos para el control de actuadores, dicha locomoción está basada en el procesamiento de varias máquinas de estados algorítmicos a la vez, lo cual exige la disponibilidad de hardware que permita explotar el paralelismo ofrecido por los sistemas lógicos combinatorios y reconfigurables, para ello se implementan todos los circuitos secuenciales que corresponden en una FPGA.

**Palabras claves:** Hexápodo, locomoción, servomotor, FPGA, máquina de estados algorítmicos, paralelismo, VHDL.

**ABSTRACT** - The locomotion for a robot of six paws implies the development of algorithms for the actuators control, this locomotion is based on the prosecution of several algorithmic state machines at the same time, this requires the availability of hardware that allows to use the offered parallelism by the logical combinatorial and reconfigurable systems, for it, are implemented all the sequential circuits that corresponds in a FPGA.

## I. INTRODUCCIÓN

Cuando se aborda la implementación de robots con la capacidad de realizar locomoción, es usual basarse en algunas características de los seres vivos, como lo son sus órganos locomotores y sus sistemas pasivos y masivos de transporte. Lo cual de manera inminente nos sumerge en un campo de investigación muy importante y nuevo como lo es la bioinspiración.

Algunas de las aplicaciones más interesantes de robots caminadores autónomos son las que requieren una compleja cinemática del prototipo como en el caso de la exploración de planetas remotos, la inspección de terrenos, etc.

Este trabajo expone los avances sobre el diseño, construcción e implementación de un robot hexápodo caminador, para su locomoción se implementó una máquina de estados algorítmica como unidad de control en FPGA.

## II. CONCEPTOS GENERALES

### A. Servomotor.

Los servos son un tipo especial de motor de c.c. que se caracterizan por su capacidad para posicionarse de forma inmediata dentro de su intervalo de operación. Para ello, el servomotor espera un tren de pulsos que corresponde con la posición angular deseada. Están generalmente formados por un amplificador, un motor, un sistema reductor formado por ruedas dentadas y un circuito de realimentación, todo en una misma caja de pequeñas dimensiones. El resultado es un servo de posición con un margen de operación de 180° aproximadamente [1].

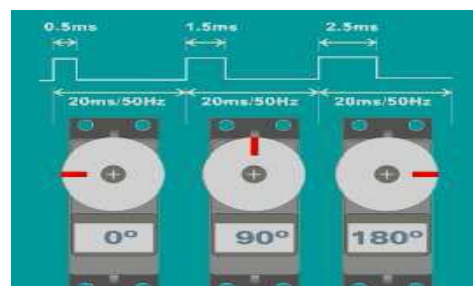


Fig. 1. Representación de la señal aplicada a un servo para modificar la posición angular de un servo

La modulación por anchura de pulso, PWM (*Pulse Width Modulation*), es uno de los sistemas más empleados para el control de servos. Este sistema consiste en generar una onda cuadrada en la que se varía el tiempo que el pulso está a nivel alto, manteniendo igual período (normalmente), con el objetivo de modificar la posición del servo según se desee.

En la figura 1 se observa que para el caso del posicionamiento de un servo, el periodo de la señal es de 20mS, de manera que para cada una de las posiciones angulares representadas lo que cambia es el ancho de pulso correspondiente.

## B. FPGA

Son dispositivos lógicos de propósito general configurados por los usuarios, compuesto de bloques lógicos comunicados por conexiones programables, esta lógica puede reproducir desde funciones tan sencillas como las llevadas a cabo por una puerta lógica o un sistema combinacional, hasta complejos sistemas en un chip.

## C. VHDL

VHDL, viene de VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit) Hardware Description Language. VHDL es un lenguaje de descripción y modelado diseñado para describir (en una forma que los humanos y las máquinas puedan leer y entender) la funcionalidad y la organización de sistemas hardware digitales, placas de circuitos, y componentes [2, 3].

## D. Cinemática del mini-ROBOT.

La locomoción del mini-robot se basa en un modelo trípode de movimiento, igual como sucede con los seres vivos el mini-robot debe ser capaz de soportar su propio peso y superar la fuerza de gravedad. Este modelo trípode es básicamente, mantener tres patas en el suelo y darle libertad de movimiento a las demás; una ventaja de este modelo es la estabilidad que se genera para el mini-robot. Cabe aclarar que para este prototipo lo más importante es su soporte esquelético y la fuerza de sus articulaciones móviles en este caso una articulación de cabeza [1].

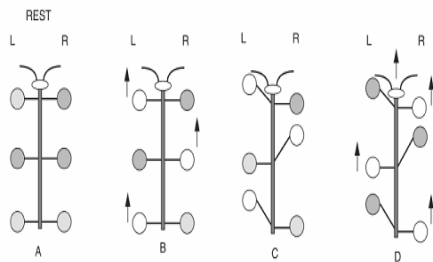


Fig. 2. Representación sobre el modelo trípode para la locomoción del hexápodo

Como se muestra en la figura 2 (A), la posición inicial para el prototipo será la de mantener todas sus patas en el suelo, seguido de esto figura 2 (B) se reafirma la posición fija para tres de las patas las demás avanzan; el siguiente paso se fijar las patas que avanzaron lo que permitirá el avance de las demás. Esta dinámica de movimiento será reiterativa hasta el momento en el que se reinicie el algoritmo que controla la cinemática que realiza el robot.

Por medio de esta descripción se demuestra los avances obtenidos figura 3 en la cinemática del mini-robot resaltando

que el estudio de esta es la base fundamental para una adecuada implementación.



Fig. 3. Vista sobre los avances alcanzados en la construcción del hexápodo

## II. CONSTRUCCIÓN DEL HEXAPODO

Las estructura del hexápodo esta hecha de poliestileno de color blanco calibre 100, un material resistente, liviano y de fácil manipulación; comprende dos bases de 20cm por 20cm cada una, el diseño está basado en formas circulares y curvas acordes con la ejecución de sus movimientos.

La función de la base superior es albergar una tarjeta de desarrollo FPGA XILINX SPARTAN 3, mientras que la base inferior aloja el circuito de opto-acopladores y sostiene las extremidades del hexápodo como se aprecia en la figura 4.

Las patas están hechas del mismo material de la base, tienen forma curva y se sujetan a los ejes de los servomotores encargados de realizar los movimientos arriba – abajo.

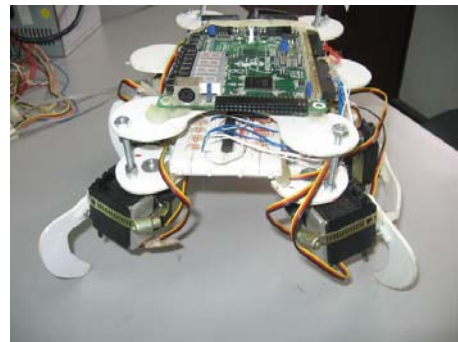


Fig. 4. Vista general del mini-robot caminador hexápodo

Los 12 servomotores se distribuyen de manera equitativa en las extremidades del hexápodo, obteniendo 2 por cada pata unidos por una abrazadera; uno de ellos está incorporado a la base inferior y es el que realiza el movimiento adelante – atrás, el otro es el anteriormente mencionado el cual va unido a la extremidad del hexápodo como se aprecia en la figura 5.



Fig. 5. Vista sobre la disposición de los servos en las patas del mini-robot.

### III. DESCRIPCION DE HARDWARE

En el desarrollo del proyecto mini-robot hexápodo se utilizó el lenguaje descripción de hardware VHDL. Para dicha descripción se usó el concepto de máquinas de estados algorítmicas, gracias a la utilización de estas se pudo crear 12 circuitos PWM para el control de los servomotores, 6 de ellos controlan las patas del lado izquierdo y funcionan en espejo con respecto a los 6 restantes que se encuentran en el lado derecho.

Obtenidos los 12 bloques PWM anteriormente mencionados se procedió a implementar una máquina de estados algorítmica que sirviera como cerebro del mini-robot, dicha máquina es la encargada de habilitar que PWM se le envíe al servomotor y también cuando este se active o no.

En la descripción del hardware para este hexápodo se aprovechó la cualidad del paralelismo en las FPGA'S pues se habilita un servomotor y al mismo tiempo se mueve otro, esto fue muy importante en el manejo de la dinámica del movimiento en forma trípede ya que permitió el funcionamiento de los 12 motores al tiempo cumpliendo distintas funciones.

### IV CONCLUSIONES

Para que las extremidades funcionen correctamente, su estructura no debe ser muy larga y su ancho debe ser el adecuado justo en donde se sujeta al eje del motor para que pueda asegurarse en otros dos puntos y no forzar ningún mecanismo interno del servomotor.

El propósito del diseño e implementación de un mini-robot caminante hexápodo de 12 grados de libertad, es la aplicación de nuevas formas de descripción utilizando un lenguaje para ello (vhdl) en una plataforma xilinx para determinar una rutina de un modelo de avance en trípede, la elección del modelo en la forma de avance o modo de caminar se justifica en el análisis de los movimientos de las extremidades.

En este trabajo se establecen aspectos fundamentales como es la arquitectura y la descripción del programa en vhdl,

resaltando el manejo de nueva tecnología como las tarjetas de desarrollo o "FPGA", sin descartar la utilización de componentes análogos para la sincronización de la tarjeta con los servomotores.

Es importante destacar que el proyecto en todo momento tuvo Enfoque Pedagógico. Las consideraciones realizadas a lo largo del desarrollo del presente proyecto se han orientado para que sirvan de ayuda a futuras propuestas alternativas o de mejora para el diseño presentado.

Por otro lado también se buscó que los materiales de construcción, las herramientas y manipulación de los mismos, los componentes electrónicos (opto-acopladores, servomotores), etc. fueran económicos y de fácil adquisición.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores del proyecto agradecen de manera especial al Ingeniero Oscar Agudelo Varela – Director de proyección social de la Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Universidad de los Llanos por su voto de confianza y apoyo en el patrocinio del proyecto.

### REFERENCIAS

- [1] IOVINE J. "Pic Robotics -- A Beginner's Guide To Robotic". McGraw-Hill. 2004.
- [2] BROWN S, VRANESIC Z., "Fundamentals of digital logic with VHDL Desing". McGraw Hill, 2000.
- [3] ENOCH H., "Microprocessor Desing Principles and Practices". Brooks / Cole 2004.

**Argote, I.\*; Castellanos, D.\*; Vargas, J.\*; Baquero, A.** Estudiantes de séptimo semestre de Ingeniería electrónica de la Universidad de los Llanos, integrantes del grupo de investigación en Ciencias de la Computación.

**Borrero, H.** Ingeniero electrónico, especialista en automática e informática industrial, profesor e investigador Universidad de los Llanos, coordinador grupo de investigación en ciencias de la computación.