

Vida académica

Robot Cuadrúpedo – Difusión de las Ingenierías en Electrónica y Mecatrónica

Ingeniería en Electrónica

La carrera de Ingeniería en Electrónica inicia sus operaciones en la Universidad Tecnológica de la Mixteca en el año de 1990. El plan de estudios vigente está orientado a generar especialistas en las áreas de la Electrónica, Telecomunicaciones, Control y Automatización. Profesionistas capacitados en diseño, análisis, implementación y mantenimiento de sistemas de hardware - software completos, a través de la síntesis del conocimiento e integración modular de sistemas, utilizando nuevas tecnologías. Estos sistemas se basan principalmente en: microcontroladores, microprocesadores, procesadores digitales de señales (DSPs) y los arreglos de compuertas programables en campo (FPGAs).

Ingeniería en Mecatrónica

La carrera de Ingeniería en Mecatrónica inicia sus operaciones en la Universidad Tecnológica de la Mixteca en el año de 2006. El objetivo del plan de estudios es formar profesionistas capaces de diseñar, construir, controlar y automatizar sistemas mecatrónicos. Los egresados se pueden desempeñar profesionalmente en las áreas de la industria automotriz, electrodomésticos, computadoras, medicina, procesos de manufactura, procesos de materiales, etc. Actualmente se tienen 3 líneas terminales: 1) Análisis y control de vibraciones mecánicas, 2) Control de sistemas electromecánicos, 3) Supervisión de procesos complejos. En el noveno y décimo semestre los alumnos eligen una de las líneas terminales y las materias optativas correspondientes.

Acreditaciones

Los programas educativos de Ingeniería en Electrónica e Ingeniería en Mecatrónica son evaluados y acreditados continuamente. Actualmente ambos programas educativos se encuentran acreditados por los Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior, A.C. (CIEES).

Difusión

Los profesores-investigadores adscritos al área de electrónica y mecatrónica colaboran en actividades de difusión y divulgación del Instituto de Electrónica y Mecatrónica. A partir del año 2011 se lleva a cabo la semana de Electrónica y Mecatrónica y el concurso de minirobótica. Los eventos realizados tienen la finalidad de que el público en general conozca lo que se realiza en las carreras de Ingeniería en Electrónica e Ingeniería en Mecatrónica. Además, que el alumnado reciba de los egresados las experiencias de su vida laboral y de los investigadores los últimos avances de sus líneas de generación y aplicación del conocimiento.

La difusión es un trabajo importante que las universidades realizan para la captación de alumnos, existen diferentes estrategias para la misma, como visitas a instituciones, ferias educativas, casa abierta a la comunidad, etc. En todos los casos, el objetivo es la motivación estudiantil para que opten por alguna de las carreras que la institución oferta. Cuando se trata de difundir carreras del ámbito tecnológico, como las ingenierías en Electrónica o Mecatrónica, los alumnos requieren más que palabras, diapositivas o videos para enfocar su atención. Algunas instituciones utilizan robots comerciales con este propósito, un ejemplo de ello son los Nao (NAO, 2015), que son muy versátiles y se les pueden programar rutinas de exhibición muy atractivas, pero por su alto costo es difícil y poco conveniente dedicar un robot de esta categoría sólo para difusión y por el mismo motivo, tampoco se puede poner en riesgo su integridad. Además, el robot tiene una estructura compleja y poco transparente, lo cual no permite que los aspirantes puedan relacionar los cursos de una ingeniería con el uso del robot, puesto que las tareas principales que el usuario realiza con los robots Nao están relacionadas con su programación.

Diseño de un robot cuadrúpedo

Con la finalidad de apoyar la difusión, en el Instituto de Electrónica y Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, bajo la dirección del M.C. Felipe Santiago, se desarrolló un robot cuadrúpedo con 12 grados de libertad, cada uno manejado por un servomotor del tipo TowerPro MG995R. Una vez energizado, el robot toma una posición inicial y queda en espera de recibir comandos desde un dispositivo móvil con SO Android, para ello también se realizó una aplicación empleando AppInventor (AppInventor, 2019).

El cuadrúpedo cuenta con un módulo receptor del protocolo bluetooth y por este medio se establece la comunicación desde el móvil. En el modo inicial de operación el cuadrúpedo responde a comandos mediante los cuales se le puede solicitar al robot que se flexione, avance, retroceda, gire a la izquierda o gire a la derecha. También se puede introducir al robot a un modo autónomo en el que va a avanzar y de manera alternada va a girar a la izquierda o a la derecha, para librar obstáculos, los cuales son detectados por medio de un sensor ultrasónico con número de serie HC-SR04.

El diseño e implementación del cuadrúpedo fue hecho con la colaboración de estudiantes, las partes mecánicas se hicieron con una impresora 3D y una máquina CNC. El sistema completo es coordinado con una tarjeta Arduino Mega, la cual cuenta con un microcontrolador ATmega2560, se elige esta tarjeta porque 15 de sus terminales pueden ser salidas PWM, en el robot se requieren 12 para el manejo de cada servomotor.

Requerimientos del proyecto

Puesto que la tarea principal del cuadrúpedo es la difusión de las ingenierías en Electrónica y Mecatrónica, no hay restricción en las dimensiones o peso del robot, sólo se parte del hecho de que una vez terminado el robot debe ser visible desde cualquier punto de un aula o pequeño auditorio, por ello, se determina que el cuadrúpedo debe ser relativamente grande y se considera una estructura de tamaño aproximado de $50 \times 50 \text{ cm}^2$, con una altura entre 20 y 30 cm para que la locomoción se pueda apreciar a distancia, estas dimensiones también son adecuadas por el tamaño de los servomotores.

Estructura del cuadrúpedo

Después de revisar algunas versiones de cuadrúpedos en artículos y videos disponibles en Internet, se planteó una estructura como la mostrada en la figura 1, en (a) se puede ver la distribución de las extremidades y en (b) se muestra la forma en que se colocarán 3 servos en cada una de las extremidades.

El cuadrúpedo debe tener un peso ligero, para ello, se eligió el uso de un material basado en aluminio denominado dibond para las partes planas y plástico ABS a través de impresiones en 3D para los enlaces o conexiones entre las partes planas. El dibond es un material compuesto a partir de dos capas de aluminio y una de polietileno, lo que le confiere estabilidad, peso ligero y alta resistencia, lo cual lo convierte en un candidato ideal para proyectos de robótica y similares.

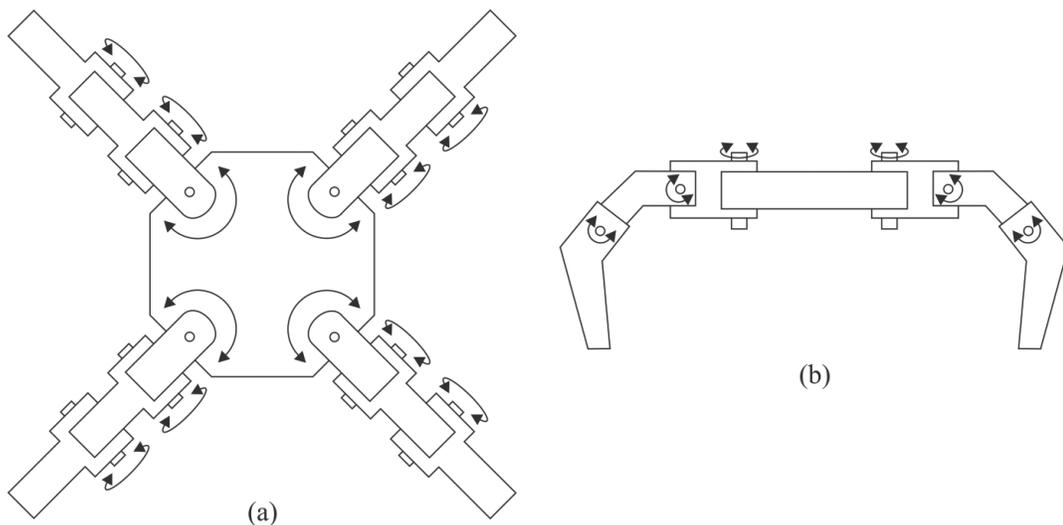


Figura 1. Propuesta para la estructura del cuadrúpedo.



Figura 2. Ensamble del cuadrúpedo.

Manufactura y ensamble

En la figura 2 se ilustra parte del proceso de manufactura y ensamble, se puede ver a la máquina CNC mientras está cortando, algunas piezas ya cortadas y avances en el ensamble del cuadrúpedo.

En la figura 3 se puede ver al cuadrúpedo ensamblado, la batería queda dentro del cuerpo del robot y la tarjeta Arduino Mega sobre el mismo, fue necesario el diseño e impresión en 3D de una base para la ubicación del sensor ultrasónico y para el módulo receptor por bluetooth.

El cuadrúpedo requiere de dos elementos de software, un programa para la tarjeta Arduino con el que se determinan sus movimientos y una aplicación para un dispositivo móvil con SO Android desde donde se envían comandos a través de bluetooth, el usuario presiona algunos botones en el móvil y este envía un comando al cuadrúpedo, con el programa de la Arduino se identifica al comando y se realiza una secuencia de instrucciones para cada movimiento.

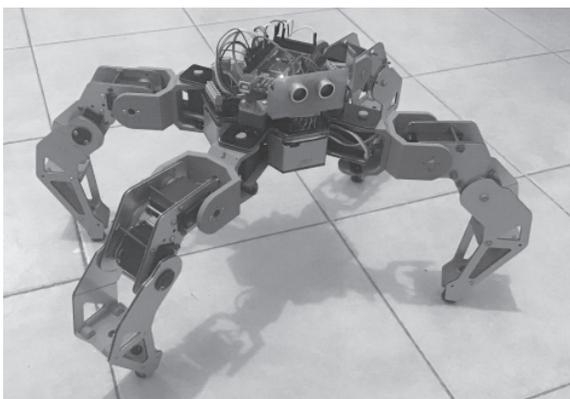


Figura 3. Cuadrúpedo ensamblado.

Aplicación para el envío de comandos

El envío de comandos se realizó empleando el ambiente de programación visual denominado App Inventor, una herramienta muy intuitiva desarrollada por el MIT con la que se pueden construir aplicaciones completamente funcionales para teléfonos inteligentes y tabletas con sistema operativo Android (AppInventor, 2019). La herramienta se basa en bloques, lo que conlleva a emplear tiempos de desarrollo mucho menores que un ambiente de programación tradicional.

La App que se realizó básicamente se enlaza con la tarjeta Arduino del cuadrúpedo por medio de bluetooth, para posteriormente enviar los comandos conforme lo solicita el usuario. En App Inventor se define la interfaz de usuario con los botones necesarios y posteriormente se establecen las acciones a realizar cuando ocurra evento en cada uno de los botones. En la figura 4 se muestra el diseño de la interfaz de usuario, en (a) se puede ver la estructura de la interfaz en la herramienta de App Inventor y en (b) se muestra la App ya instalada en un teléfono inteligente.

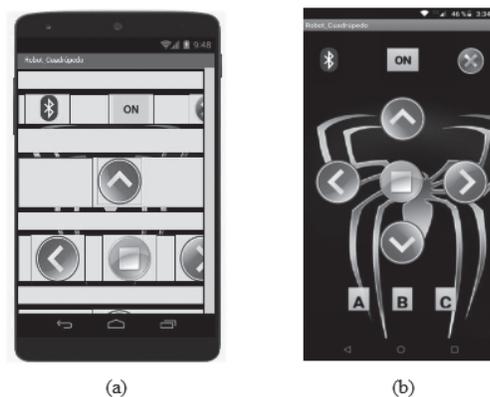


Figura 4. Interfaz de la App para la manipulación del cuadrúpedo.

Presentación del robot en escuelas secundarias

En la figura 5 se muestra la exhibición del cuadrúpedo en la Secundaria General “Telésforo Mendoza”, de la ciudad de Huajuapán de León. A los alumnos de 3er año se les impartió una plática sobre robótica, para motivarlos y sembrar la idea de estudiar alguna de las ingenierías que se imparten en la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

En la figura 6 se muestra la exhibición del cuadrúpedo en una expo-robótica realizada en la ciudad de Tehuacán, Puebla, como parte de las actividades del 10° aniversario de la Universidad Tecnológica de Tehuacán (UTT).

Conclusiones

El desarrollo del cuadrúpedo dejó una amplia experiencia y satisfacción de carácter técnico y personal. En lo técnico, es interesante observar el desempeño de un sistema mecatrónico en el que se coordinan 12



Figura 5. Exhibición del cuadrúpedo ante alumnos de 3er año de la escuela Secundaria General “Telésforo Mendoza”.



Figura 6. Exhibición del cuadrúpedo en una expo-robótica realizada por la Universidad Tecnológica de Tehuacán.

servomotores para proporcionar el movimiento del robot, comandados desde una tarjeta arduino, cuyo comportamiento es determinado por medio de un programa. En lo personal, el cuadrúpedo se ha exhibido en diferentes audiencias, su estructura y operación captan la atención de la gente, con lo que se cumple el propósito de contar con un robot para la difusión de las ingenierías en electrónica y mecatrónica, a un costo relativamente bajo.

El peso del cuadrúpedo (1.5 Kg) dificultó la elaboración del algoritmo de la caminata, se intentó emplear la cinemática inversa pero la estructura del robot dificulta contar con mediciones exactas para el establecimiento de un algoritmo, los resultados se han ido mejorando conforme se va adquiriendo más experiencia en el desempeño real del cuadrúpedo.

Aunque el cuadrúpedo fue realizado con propósitos de difusión, la estructura mecánica queda disponible para ser manipulada con otras plataformas para sistemas embebidos, como tarjetas basadas en arreglos de compuertas programables (FPGA) o en procesadores, como la Raspberry Pi.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración de los alumnos Alejandro Tlaloc Cruz Reyes y Luis Ángel Juárez Villalobos, quienes en su estancia profesional en verano de 2018 realizaron el diseño e implementación de las partes mecánicas, así como el ensamble del cuadrúpedo. También al alumno Jorge Simeí García Pacho, cuya estancia profesional fue en verano de 2019 y trabajó en la parte de los programas, incluyendo la aplicación para el móvil. Todos estudiantes de Ingeniería en Mecatrónica de la UTM.

M. en C. Felipe Santiago Espinosa

Profesor-Investigador

Ingeniería en Electrónica

Universidad Tecnológica de la Mixteca

fsantiag@mixteco.utm.mx