

Robot Programable como Plataforma de Investigación

Flavio Reyes Ramírez,
Felipe de Jesús Aguas García,
Félix Alberto Fernández Ligonio,
Otakar Molnár López

7 de diciembre de 2008

Resumen

En este trabajo se diseñaron e implementaron parcialmente los esquemas eléctricos y las APIs de MARVIN, un robot programable, autónomo y con fines didácticos. Este trabajo servirá para plantar las bases del desarrollo de proyectos posteriores dentro de diferentes áreas de las tecnologías de información.

1. Introducción

Los estudiantes de ingeniería de la Universidad del Caribe se encuentran con dos problemas: primero, no siempre cuentan con las herramientas físicas y de desarrollo para aplicar sus conocimientos de electrónica, robótica e inteligencia artificial de manera práctica, y segundo, tampoco cuentan con ejemplos de proyectos terminados relacionados con las áreas mencionadas anteriormente con los que puedan aprender de la experiencia de sus compañeros de semestres posteriores.

Los robots existentes en el mercado representan una posible solución al primer problema, pero al ser soluciones cerradas, no resuelven el segundo. Mediante la selección de componentes electrónicos de bajo costo y fácil

adquisición se diseñó la arquitectura de un robot programable llamado MARVIN (Micro-arquitectura para robótica, visión, inteligencia artificial y navegación), con motores de paso, circuitos electrónicos básicos y una computadora portátil a bordo. MARVIN será un buen ejemplo de aplicación de conocimientos provenientes de las áreas de sistemas operativos, arquitectura de computadoras, autopropulsión, redes, programación, y una plataforma de investigación de inteligencia artificial y robótica.

La arquitectura MARVIN es escalable y permite continuar con su implementación. Además, las capacidades, aplicaciones y flexibilidad de un robot como MARVIN serán superiores a las de otros robots en el mercado. Ejemplos de estos otros robots son:

- Robot Moway. Es un pequeño robot con fines educativos, su costo no pasa los 114,00 euros, diseñado para desarrollar programas de control propio, dotado de sensores para movilidad, el uso de este robot es limitado [3].
- LEGO Mindstorms NXT (Pack educativo). Es una solución completa de aprendizaje que combina la facilidad de construcción, característica de la marca LEGO, con un software amigable e intuitivo. Tiene como principal característica la construcción de diferentes robots en grupos y una mini kit de ladrillo inteligente NXT para su funcionamiento y programación. El precio del paquete educativo no baja de los 365,00 euros. El robot de 672 piezas y el software NXT en castellano, tendrían un costo neto de 493,00 euros [4].
- Khepera Mobile Robot. Es un robot programable circular de 5.5 centímetros de diámetro, 3 centímetros de alto, un procesador a 16 Mhz, 256 Kb de RAM, 256 o 512 de EEPROM, 2 servomotores, 8 sensores de proximidad infrarrojos y baterías recargables. Tiene un puerto de expansión y se programa con LabView y con compiladores de C. Está hecho para probar algoritmos de planeación de trayectorias. El paquete que incluye al robot y una serie de accesorios cuesta al rededor de 1800 dólares [5].

Estos robots están hechos para desarrollar proyectos de investigación en áreas específicas de las tecnologías de información. MARVIN está pensado para desarrollar proyectos en más áreas de investigación, siendo totalmente

reconfigurable y programable por cualquier alumno de ingeniería.

La siguiente es una lista de las ventajas de MARVIN sobre los demás robots en el mercado:

- Ser una solución abierta.
- Mayor capacidad de procesamiento.
- Mayor cantidad de memoria.
- Mayor cantidad de periféricos.
- En algunos casos menor costo.
- Contar con Webcam.
- Contar con Wireless.

A diferencia de los productos existentes en el mercado, el diseño eléctrico y digital de los componentes que conforman a MARVIN estarán disponibles abiertamente para su uso, estudio, construcción y mejora.

Para minimizar los costos se seleccionaron y reutilizaron componentes simples como ULN's, registros de corrimiento, demultiplexores y motores de paso. El mayor gasto se dará en la compra de la computadora portátil, haciendo que su costo supere al de los robots más baratos, pero aún con capacidades más altas y costos más bajos que los de los robots más sofisticados como Khepera.

Este artículo se desarrolló para introducir a cualquier lector en el campo de la robótica y para darle la capacidad de continuar con el proyecto.

2. Descripción del Desarrollo del Proyecto

2.1. Materiales del Proyecto

Se deben seleccionar los materiales adecuados que correspondan mejor a los propósitos del diseño y construcción del proyecto, el objetivo: diseñar el

subsistema de control de voltaje que alimentará a MARVIN.

A continuación se listan los componentes utilizados:

- Amplificador de voltaje - ULN2803A. Soporta un máximo de 30 Volts de entrada y .5A por línea de salida.
- Registro de corrimiento - 74LS194AN. Corrimiento de registros de alta velocidad de 4bits bidireccionales. Trabaja a una frecuencia Máxima de 36 Mhz.
- Demultiplexor - CD74HC4514. Seleccionador para decidir el número de salida por el que va a fluir el voltaje.
- Motor de pasos - PM55L-048. Este motor trabaja con un máximo voltaje de 24 Volts y da 7.5° de vuelta por paso.
- Tablilla protoboard. Es una tablilla de trabajo donde se conectan todos los componentes de MARVIN.
- Fuente de poder regulable. Alimenta los circuitos electrónicos.
- Generador de funciones. Se utiliza para proporcionar una frecuencia de reloj.
- Interfaz NI USB 6009. Instrumento de National Instruments. Se utiliza para comandar en el sistema eléctrico.

La característica de estos componentes es su simpleza y bajo costo, con la ventaja de que son conseguidos fácilmente en el mercado y en cualquier laboratorio de ingeniería moderadamente equipado.

2.2. Diagrama del Subsistema de Alimentación

El siguiente diagrama muestra el circuito del subsistema de control de alimentación planteado:

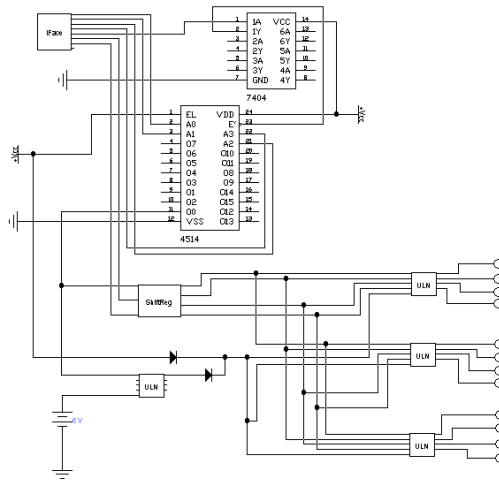


Figura 1: Circuito con solo un riel de motores cableado

2.3. Pruebas Aplicadas

El sistema se pensó para usarse con baterías de consumo limitado, teniendo en cuenta que los ULN's soportan una intensidad máxima de 0.5 amperes. La temperatura de un motor de pasos está relacionada con su consumo, y su consumo varía dependiendo de su frecuencia inducida. Si en algún momento el consumo de un motor supera los 0.5 amperes, los ULN's corren el riesgo de descomponerse. Debido a esto y a que los motores no son nuevos, se realizaron diversas pruebas sobre su frecuencia, consumo y temperatura. Los resultados obtenidos fueron comparados con la información de la hoja de datos correspondiente al modelo del motor.

Los procedimientos de las mediciones se describen a continuación:

- La temperatura se toma con un termómetro digital sobre el motor apagado. Posteriormente se mide la temperatura del motor tras haber pasado 5 minutos de haberse encendido, y finalmente a los 10 minutos. El objetivo es detectar problemas en los motores y tener referencia de las temperaturas de funcionamiento y sobrecalentamiento.
- El torque no fue medido, sólo se comprobó que el giro de los motores tuviera fuerza. Si se requiriera más precisión, se recomienda hacer la medición con un torquímetro.

- Para verificar la correcta operación de los motores, se seleccionan tres y se prueban con una y dos bobinas. Los motores mostraron un calentamiento normal ocasionado por el giro de su rotor.
- La frecuencia máxima soportada se midió haciendo pruebas con frecuencias entre 20 y 300 Hz, en intervalos de 20 Hz cada una.

2.4. Datos Obtenidos durante las Pruebas

En base a todas las mediciones hechas usando una sola bobina a la vez, pudimos obtener el voltaje y las frecuencias óptimas para el correcto funcionamiento del circuito.

Acontinuación los resultados:

Frec	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
A en Reposo	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	
A en Func	0.5	0.47	0.44	0.42	0.39	0.35	0.33	0.32	0.31	0.32	0.34	0.39	
9 Volts	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Figura 2: Tabla del consumo de un motor con una bobina encendida a 9V

Frec	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
A en Reposo	0.34	0.35	0.35	0.34	0.34	0.34	0.34						
A en Func	0.32	0.29	0.26	0.24	0.2	0.2	0.24						
6 Volts	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Figura 3: Tabla del consumo de un motor con una bobina encendida a 6V

Se puede apreciar que teniendo 9 volts se llega a una frecuencia máxima de 240 Hz, y con 6 volts a más de 140 Hz, los motores empiezan a sufrir de desincronización. A frecuencias mayores de 200 Hz el torque es mínimo y no se recomienda usarlo.

La siguiente tabla muestra el consumo de 3 motores funcionando simultáneamente.

Frecuencia		90	100	120	140	160	170	180	190	200	220
Amperaje en funcionamiento		1.27	1.2	1.09	1.02	1	1	1	1.02	1.04	1.09
Voltaje		9v	9v	9v	9v	9v	9v	9v	9v	9v	9v

Figura 4: Tabla del consumo de 3 motores funcionando a 9V

El consumo supera por poco un amper. Al estar conectado cada motor con un ULN, la corriente se reparte entre los tres motores.

Este alto consumo de corriente se debe manipular de manera adecuada con el subsistema de control de voltaje, ya que el sistema dependerá de una batería portable y pocas pueden administrar tales cantidades de corriente sin consumirse rápidamente.

Aplicando pruebas de funcionamiento al subsistema de control de voltaje plateado notamos que el diagrama cuenta con errores de diseño. Tras esta pruebas se observa que en un momento dado el circuito que suministra corriente a los motores pierde energía, esto debido a que el circuito queda abierto en los flancos descendentes de la señal de reloj que sincroniza a los registros de corrimiento.

2.5. La Plataforma de Pruebas

En laboratorio de electrónica se encontró disponible una interfaz NI USB 6009 de National Instruments, que cuenta con entradas y salidas digitales y analógicas.

Como plataforma de pruebas se usó una computadora DELL Dimension 3000 con una unidad lectora de DVD con Fedora 7 i386, se instalaron los drivers, la API y las herramientas de National Instruments. También se instaló KDevelop. La única limitante encontrada en la interfaz fue su frecuencia de generación de bits que en experimentos prácticos rondó los 500 Hz y 250Hz para una señal de reloj secuencial.

2.6. Interfaz y Arquitectura MARVIN

La interfaz cuenta con 8 entradas/salidas digitales. Uno de los bits fue destinado a la señal de reloj, otros dos a la operación, y otros cuatro a la dirección. La señal de reloj se envía al dato del demultiplexor, los 4 bits de dirección a las 4 entradas de dirección, y los 2 bits de operación van conectados en paralelo a todas las entradas de modalidad de los registros de corrimiento. Mediante la dirección y la señal del reloj demultiplexada se consigue operar

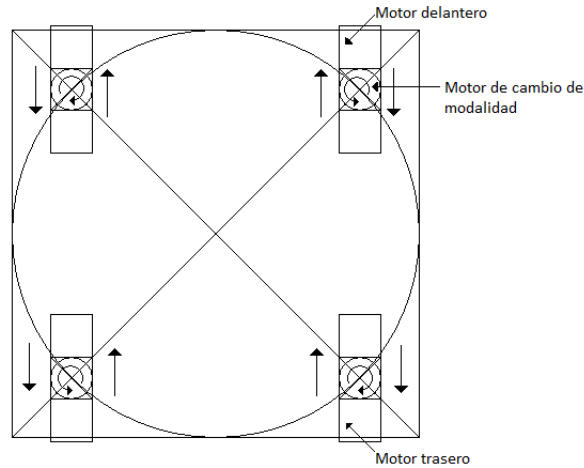


Figura 5: Modalidad de traslación (vista superior del robot)

solo sobre el registro de corrimiento necesario.

La señal de reloj es un tren de pulsos binarios. Las tres operaciones definidas por los dos bits son, moverse hacia el lado 1 (01), moverse hacia el lado 2 (10) e inicializar (11). El registro de corrimiento que ejecuta esta operación viene definido mediante los 4 bits de dirección.

La arquitectura de MARVIN define dos rieles horizontales, cada uno con 2 motores, y dos modalidades, traslación y rotación. Para cambiar de modalidad, se usan 4 motores especializados.

Para diseñar el circuito se usó Electronic Workbench v5.12 para Windows, debido a su facilidad de uso y sus capacidades de simulación.

2.7. La Biblioteca libMarvin

Con KDevelop y C++ se creó la biblioteca de clases de MARVIN, que representan programas del robot y la clase MarvinController, que contiene los dos métodos principales para mover y rotar al robot, que abstraen del usuario la necesidad de cambiar de modalidad al robot antes de que se mueva o gire. Sobre esa biblioteca se creó una aplicación que expone un objeto de la clase MarvinController en la línea de comandos. La clase NIUSB6009Interface ab-

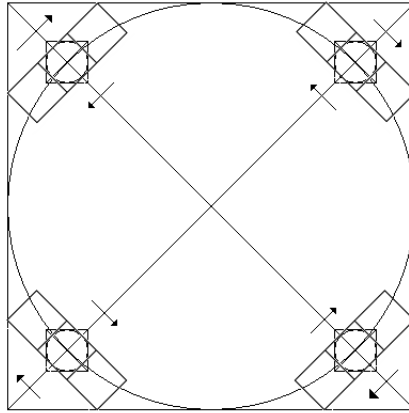


Figura 6: Modalidad de rotación

trae las funciones proporcionadas por la API de National Instruments y proporciona un método de escritura que envía los 8 bits menos significativos de un entero sin signo a la interfaz.

3. Resultados Obtenidos

El sistema básico de funcionamiento del circuito se encuentra implementado. El diseño del circuito del subsistema de control de voltaje tuvo errores. La parte de alimentación del subsistema de control de voltaje es funcional. El manejo de los voltajes y corrientes debe mejorarse. La biblioteca libMarvin es funcional. El desarrollo de nuevas interfaces para la biblioteca requiere de la recompilación de la misma. Se implementó una aplicación de consola que controla los motores ejecutando las instrucciones correctas desde la computadora.

4. Conclusiones y Recomendaciones

El proyecto MARVIN se encuentra suficientemente bien especificado para seguir trabajando en él. Se recomienda hacer un nuevo diseño de la parte

faltante del subsistema de control de voltaje utilizando otros componentes. También se recomienda cambiar la biblioteca libMarvin para que no deba recompilarse en caso de cambiar de interfaz. Esto se logra definiendo una clase base asbracta para el desarrollo de nuevas interfaces y utilizar una arquitectura de plug-in's basada en TCP/IP.

Referencias

- [1] Haydon Switch & Instrument *HSI Stepper Motor Theory*.
- [2] Silva Ortigoza, R., García Sánchez, J. R., Barrientos Sotelo, V. R., Molina Vilchis, M. A. *Una panorámica de los robots móviles 1.10*. 2007.
- [3] <http://ro-botica.com/mini-robot-educacional-moway.asp>, *Mini robot educacional MOWAY*.
- [4] http://ro-botica.com/mindstorms_sys.asp#education, *Sistema flexible Educativo LEGO Education Mindstorms NXT*.
- [5] <http://www.k-team.com/>, *K-TEAM Corporation*.