

CÓDIGO ABIERTO EN LA ENSEÑANZA DE LA PROGRAMACIÓN Y LA ROBÓTICA- Experiencia Lego Mindstorms NXT

Open source in the teaching of programming and robotics - NXT MindStorms Lego Experience

RESUMEN

Este documento es un producto de la presentación realizada en 2009 en el Festival Latinoamericano de Instalación de Software Libre, celebrada el 25 de abril. Entre los temas desarrollados en el evento fue la utilización de herramientas de software abierto y libre orientado a la educación. Este campo se propone utilizar el robot Lego Mindstorms para hacer frente a los conceptos de la programación y la robótica en el programa de Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de Pereira.

PALABRAS CLAVES: open, source, mecatrónica, lego, nxt, robot, robótica, mindstorms, flisol, freeware

ABSTRACT

This paper came from the presentation made in 2009 at the Festival of Latin American Free Software Installation, held on April 24th. Among the themes developed in the event was the use of free and open source software tools oriented education. This field is proposed using the Lego Mindstorms robot to address the concepts of programming and robotics in the Mechatronics curriculum of the Universidad Tecnológica de Pereira.

KEYWORDS: open, source, lego, nxt, robot, robotics, mindstorms, NTX, mechatronics, flisol, freeware

JIMMY ALEXANDER CORTÉS OSORIO

Ingeniero Electricista
Magíster en Instrumentación Física
Profesor Asistente
Universidad Tecnológica de Pereira
jacoper@utp.edu.co

OSIEL ARBELÁEZ SALAZAR

Ingeniero en Control Electrónico e Instrumentación
Profesor
Universidad Tecnológica de Pereira
osiel@utp.edu.co

JAIRO ALBERTO MENDOZA VARGAS

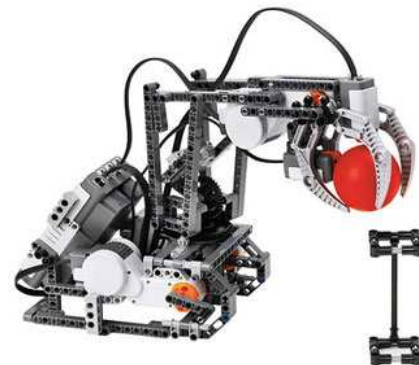
Ingeniero Electricista
Magíster en Instrumentación Física
Profesor
Universidad Tecnológica de Pereira
jam@utp.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

El aspecto interesante del uso del robot en mención, reside en que este es un elemento que posee hardware y software totalmente abiertos, es decir, los códigos fuentes del firmware, el set de instrucciones de los microcontroladores, además que todas sus partes físicas incluyendo sensores y actuadores, están totalmente detalladas y especificadas por la empresa fabricante la cual es Lego. Toda la información está disponible desde la página web: <http://mindstorms.lego.com>.

2. ROBOT LEGO MINDSTORMS

Lego Mindstorms es un juego de robótica para niños mayores de 8 años fabricado por la empresa Lego, el cual posee elementos básicos de las teorías robóticas, como la unión de piezas y la programación de acciones, en forma interactiva. Este robot fue comercializado por primera vez en septiembre de 1981.



1. Implementación del robot NXT como brazo robótico

Lego Mindstorms es el resultado de la fructífera colaboración entre Lego y el Massachusetts Institute of Technology (MIT). Esta asociación se emplea como ejemplo de relación entre la industria y la investigación académica que resulta muy beneficiosa para ambos socios. El MIT influyó de manera importante la implementación del código abierto (Open source) dentro de los robots desarrollados por Lego, gracias a que dentro de esta institución se gestó el software libre (freeware), en cabeza de investigadores como Richard Matthew Stallman, lo que finalmente condujo a

una variante conocida como código abierto (Open source).

El Robot lego, fuente de la experiencia de los investigadores de la Universidad Tecnológica de Pereira de esta tendencia, consta básicamente de las siguientes partes:

1. Unidad central de procesamiento.
2. Sensor de contacto.
3. Sensor de sonido (micrófono).
4. Sensor de luz (discrimina colores).
5. Sensor de proximidad (ultrasonido).
6. Actuador (servo motor).

Debido a la comercialización de los bloques programables, Lego vendió la generación NXT en dos versiones: **Retail Version** y **Education Base Set**. Una ventaja de la versión Educacional es que se incluye las baterías recargables y su correspondiente cargador, pero requiere la compra por separado del software de desarrollo según el tipo de licencia: Personal, Sala de clases o Sitio. El kit denominado **Education Base Set** una excelente opción de trabajo con clase, ya que incluye una caja de almacenamiento y algunas partes no incluidas en la **Retail Version** que se adquiere en las tiendas especializadas. La aparente limitación del licenciamiento no es obstáculo, puesto que existen diversas alternativas que se presentan en este documento sin recurrir a gastos adicionales con la ventaja de la libertad que se logra con el código abierto.

Lego ha dispuesto de varios kits para desarrolladores según las características de los programas que se estén desarrollando [5] :

- Software Developer Kit (SDK), que incluye los controladores del puerto de USB, archivos ejecutables y referencia a los bytewords.
- Hardware Developer Kit (HDK), incluye la documentación y esquemas para los sensores de NXT.
- Bluetooth Developer Kit (BDK), documentos de los protocolos usados para la comunicación Bluetooth.

El "cerebro" del NXT es un procesador ARM-7 de 32 bits (el AT91SAM7S256, para ser exactos) con 256 KB de memoria FLASH para los programas (y para el firmware), 64 KB de RAM para los datos y una velocidad de funcionamiento de 48 MHz

3. OPEN SOURCE LEGO MINDSTORM

El término free software en Inglés crea confusión debido a la doble acepción que tiene la palabra free que significa gratuito o libre de acuerdo al contexto. Para diferenciarlos, se ha creado la palabra *open source* que

hace alusión al término libre mientras que freeware a gratis.

LEGO® OPEN SOURCE LICENSE AGREEMENT 1.0 LEGO® MINDSTORMS® NXT FIRMWARE

This LEGO® Open Source License Agreement is an open source license for the firmware of the LEGO® MINDSTORMS® NXT ATMEGA microprocessors.

IMPORTANT -- READ CAREFULLY: THIS AGREEMENT IS THE SOLE AGREEMENT AND IT ONLY COVERS THE FIRMWARE OF THE LEGO® MINDSTORMS® NXT MICROPROCESSOR AND DOES NOT COVER ANY "SOFTWARE" AS DEFINED IN THE MINDSTORMS® NXT END USER LICENSE AGREEMENT (HEREINAFTER THE "MINDSTORMS® NXT EULA").

2. Captura de la licencia Open source Lego Minsdstorms NXT

El sistema operativo del robot Lego NXT (Firmware) es Open Source pero no Freeware. Se debe pagar por el hardware de robot el cual incluye el firmware, aunque se deja la libertad de modificarlo en su totalidad de acuerdo a las políticas y condiciones de la licencia Open Source de este, la cual puede ser consultada en detalle en el sitio de Lego

El licenciamiento Open Source de Lego MindStorm tiene que cumplir con los criterios de la licencia, dentro de los que se destacan:

Libre distribución. No se puede impedir la venta o distribución del programa o parte de él.

Código fuente. El programa debe incluir su código fuente y no se puede restringir su redistribución.

Trabajos derivados. No debe impedirse realizar modificaciones o trabajos derivados del programa y debe permitirse que estos sean distribuidos bajo mismos términos del software original.

Integridad del código de fuente original. Se exige que la versión modificada del programa tenga un nombre y número de versión diferente que el programa original para proteger al autor original de la responsabilidad de las nuevas versiones.

No discriminación contra personas o grupos. Las condiciones de uso del programa no pueden discriminar contra una persona o un grupo de personas.

Distribución de la licencia. Los derechos del programa deben aplicarse a todos quienes se redistribuyen el programa sin ninguna condición adicional.

La licencia no debe ser específica de un producto. Los derechos garantizados al usuario del programa no deben depender de que el programa forme parte de una distribución o paquete particular de software.

La licencia no debe restringir otro software. La licencia no debe poner restricciones en otros programas que se distribuyen junto con el software licenciado.

La licencia debe ser tecnológicamente neutra. No puede existir ninguna disposición de la licencia que obligue al uso de una tecnología concreta.

3. SOFTWARE

El robot Lego NTX MindStorm posee características propias de un desarrollo que puede ser utilizado en la academia. Este, al poseer su set de instrucciones totalmente, abierto, permite que tanto los usuarios finales como la comunidad científica realicen prototipos experimentales que van desde las simple programación, el control moderno y la visión artificial entre otros.

Muchas entusiastas han desarrollado su propio sistema operativo para lograr una optimización del set de instrucciones preexistentes o para implementar otras nuevas.

4. ALTERNATIVAS DE PROGRAMACIÓN LEGO NXT MINDSTORM

BrickOS: es un sistema operativo embebido que proporciona un ambiente de programación en C y C++ para los robots de Lego MindStorm in el clásico C. Este fue diseñado inicialmente para windows, pero se puede manipular desde windows. Su licencia es Open Source. <http://brickos.sourceforge.net/index.html>

LeJOS: es un remplazo del firmware para el módulo de ladrillo RCX y NXT de LEGO- Es un JVM (Maquina virtual de java) dentro de la memoria del módulo que permite que este sea programado desde JAVA. Su licencia es Open source. <http://lejos.sourceforge.net/>

PbLua: Este es un lenguaje basado en texto de mejoradas prestaciones para programar el robot Lego NXT. Este permite conectarse al robot similarmente a una consola terminal clásica. Su licencia es Open Source. <http://www.lua.org/>

NXC Not Exactly C: Not eXactly C es un lenguaje de alto nivel, similar al C, construido sobre el compilador NBC. Su licencia es Open Source. <http://bricxcc.sourceforge.net/nbc/>

Bricx Command Center 3.3: Este es un ambiente de desarrollo integrado (IDE) que permite programar el robot Lego NTX a través de C, C++, Pascal, Forth, and Java usando el sistema brickOS, pbForth, y leJOS como firmware alternativo. Su licencia es Open Source. <http://bricxcc.sourceforge.net/>

NXT#: Es una serie de librerías DLL que permiten controlar el robot desde Windows C# con flexibilidad a través de USB o bluetooth. Su licencia es freeware. <http://nxtsharp.fokke.net/>

AForge.Net: Es un framework que permite el desarrollo de sistemas con visión artificial, Redes Neuronales, algoritmos genéticos y robótica. Este permite controlar el robot NTX de manera fácil desde C# con sofisticados controles y opciones gracias a sus otras funcionalidades. Licencia LGPL v3 license [3].

<http://www.aforgenet.com/>

MindSqualls: Es una librería desarrollada en C# que permite controlar el robot desde cualquiera de los programas .Net. Ofrece soporte para sensores especializados. Su licencia es freeware [4].

<http://www.mindsqualls.net/>

Lejos: Este es un lenguaje basado en texto de mejoradas prestaciones para programar el robot Lego NXT.

Este permite conectarse al robot similarmente a una consola terminal clásica. Su licencia es Open Source <http://lejos.sourceforge.net/>

5. VENTAJAS DEL OPEN SOURCE LEGO MINDSTORM

Dentro de sus ventajas se enuncian las siguientes [6]:

- Bajo costo de adquisición (alrededor de 250 dólares americanos) y libre uso: Aunque se debe pagar por el Kit de robot, el firmware que forma parte del sistema operativo de este puede ser actualizado, corregido o mejorado para cumplir requerimientos específicos.
- Tiende a ser muy eficiente. Es mejorado por muchos investigadores alrededor del mundo que reutilizan el conocimiento de otras experiencias.
- Permite crear nuevo software de programación para los robots. Se conoce la totalidad del firmware, hardware, las interfaces USB y BlueTooth que son entregadas a los desarrolladores sin requerimientos de "hacking".
- El software puede ser optimizado y adaptado para usos específicos del laboratorio. Permite usar los sensores y actuadores con otras plataformas de hardware y software más complejas (Matlab-LabView-GPS-...) dejándole abierto para todos los procesos de investigación.
- La compañía Lego y apoya respalda la tecnología Open source. Lego hace una diferencia en el modelo estándar de comercialización.
- Amplio campo de expansión de uso en universidades del mundo.

6. DESVENTAJAS DEL OPEN SOURCE LEGO MINDSTORM

En el momento de evaluar un módulo de aprendizaje, como es el Lego NTX Mindstorm, se debe ser objetivo y

admitir que desde la perspectiva de los investigadores pueden existir también sus contras:

- **El firmware modificado deteriora la garantía.** La compañía no brinda garantía sobre el hardware cuando el firmware ha sido modificado y la limita a las partes mecánicas incluidas en el robot.
- **Múltiples versiones modificadas del firmware crean problemas de compatibilidad.** Si se modifica el firmware, puede causar el mal funcionamiento de algunas funciones que se consideraban estándar

Se pierde el control de calidad de Firmware. Al no existir un control único sobre las versiones generadas del firmware, no es posible hacerle un control de la calidad de este. Lego genera un nuevo firmware para las actualizaciones, pero este determina que funciones hace estándar.

7. Experiencia Universidad Tecnológica de Pereira, programa de Mecatrónica

Durante más de un año el programa de mecatrónica, en cabeza de los autores de este artículo, ha estado trabajando en la implementación de estrategias pedagógicas que permitan el desarrollo de las competencias de los estudiantes del programa en su ciclo técnico. El robot Lego MindStorms NXT fue seleccionado por el programa después de una búsqueda de una herramienta pedagógica que permitiera la rápida apropiación de las destrezas necesarias para la programación, al mismo tiempo que se lograba una aproximación a los conceptos fundamentales de la robótica con el menor número de restricciones técnicas y de licenciamiento. Este robot ha permitido que los estudiantes de mecatrónica identifiquen las estructuras básicas de programación en lenguajes C y JAVA, que estos se familiaricen con los sensores y actuadores al mismo tiempo que han podido conocer en su totalidad la electrónica implícita en el robot Lego NXT.

La motivación de los estudiantes frente a la robótica se ha visto incrementada de manera importante, dando origen al semillero de investigación en robótica de este mismo programa, el cual ha sido gestado por los estudiantes y un grupo importante de profesores quienes buscan, a través del semillero, impactar la región con el desarrollo de la robótica a partir de tecnologías microcontroladas y FPGA sin dejar atrás las posibilidades que se tienen al usar interfaces a partir de los ladrillos microcontrolados de Lego. El grupo, por otro lado, pretende implementar un toolbox para el Free Software Scilab, clon de muy conocido Matlab [6] [8].

8. CONCLUSIONES

El software y hardware abiertos son social y académicamente ideales, aunque se debe admitir que

tiende a disminuirse el control sobre versiones de firmware. Este licenciamiento ha permitido el desarrollo de varias plataformas de programación abiertas en las que muchas personas se involucran en los proyectos haciendo mejoras.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Aforge Framework, Lego Robotics [En línea] disponible en: http://www.aforgenet.com/Framework/features/lego_robotics.html#nxt (Consultado el 5 de junio de 2009)

[2] Bricx Command Center 3.3 [En línea] disponible en: <http://bricxcc.sourceforge.net/> (Consultado el 5 de junio de 2009)

[3] Aforge Framework, Lego Robotics [En línea] disponible en: http://www.aforgenet.com/Framework/features/lego_robotics.html#nxt (Consultado el 5 de junio de 2009)

[4] Welcome to the MindSqualls Site [En línea] disponible en: <http://www.mindsqualls.net/Default.aspx> (Consultado el 5 de junio de 2009)

[5] All the tools to take your LEGO MINDSTORMS NXT to the Extreme [En línea] disponible en: <http://mindstorms.lego.com/Overview/NXTreme.aspx> (Consultado el 30 de Mayo de 2009)

[6] Lego Mindstorms Open Source, [En línea] disponible en : <http://mindstorms.lego.com/Overview/OpenSource.aspx> (Consultado el 30 de Mayo de 2009)

[7] The open source platform for numerical computation, [En línea] disponible en : <http://www.scilab.org/> (Consultado el 1 de junio de 2009)

[8] The MatlabWorks, [En línea] disponible en : <http://www.mathworks.com/> (Consultado el 1 de junio de 2009)