

# Introducción a la Plataforma LEGO Mindstorms

Israel Ricardo Bernal Sanchez Código: 261613

Felipe Castañeda Prieto Código 285728

David Ricardo Martínez Hernández Código: 261931

Oscar Andrés Urbano Vallejo Código: 261683



**Resumen**— Se diseñaron 2 diferentes algoritmos para que el motor se **comportara** como una señal diente de sierra, el **primer** controlaba un motor de acuerdo al **numero** de pulsaciones al momento de girar, el segundo lo hacia por medio de velocidad, finalmente se diseño un algoritmo que utilizara un sensor, para este caso fue el sensor de luz, que media la intensidad de luz y el motor giraba en ausencia de luz.

**Palabras clave**— Algoritmo, Brick, LEGO, Lenguaje, NXC, Servomotor.

## I. INTRODUCCIÓN



A lo largo del curso de control se va hacer uso de unas herramientas de programación e implementación, estas son la plataforma de programación conocida como: “**Bricx Command Center**” y la herramienta de implementación “**Legó Midstorms NXT**”. En esta práctica se introducen los conceptos básicos de dichas herramientas y se describen algunos de sus componentes principales.

## II. PROCEDIMIENTO

### A. Introducción al Hardware

- 1) Investigar sobre las características técnicas de los elementos internos que componen la unidad básica de procesamiento (Brick) como la capacidad en memoria Flash y Ram, velocidad de procesamiento y protocolo de comunicación del procesador y coprocesador.

La unidad básica de procesamiento se compone de dos procesadores: El **procesador principal**: Encargado del manejo de la alimentación, de la creación de señales, de la conversión Análoga/Digital, además de la comunicación con el display, el sonido y el dispositivo Bluetooth.

Procesador ATMEL ARM7 de 32 bits (AT91SAM7S256). Cuenta con 256 Kbytes de memoria Flash y 64 Kbytes de memoria RAM velocidad de procesamiento de 48 MHz.

El **Co-Procesador**: Que se comunica con el procesador principal por medio del protocolo *I2C* (Inter Integrated Circuit) a una velocidad de 380 kbytes/s. La comunicación es realizada mediante la actualización de 2 registros de memoria cada 2 ms.

Procesador ATMEL AVR de 8 bits (ATmega48). Cuenta con 4 Kbytes de memoria Flash y 512 bytes de memoria RAM, velocidad de procesamiento de 8 MHz.

- 2) Identificar las limitaciones en alimentación y velocidad de comunicación de los puertos de entrada y salida del Brick.

Los puertos de entrada y salida del Brick pueden ser alimentados con una corriente máxima de 700 mA y de 1 A pico, el voltaje no supera los 9 V esto en vista de que el brick utiliza 6 pilas de 1.5 V de alimentación. La comunicación con los puertos de entrada se hace con una frecuencia máxima de muestreo de las señales de 333 Hz.

- 3) Investigar sobre las características técnicas de los siguientes sensores: ultrasonido, EOPD, color, giroscopio, acelerómetro, sensor de contacto (Touch), brújula magnética (Compas).

**Sensor de Ultrasonido:** Este sensor se comunica con el Brick mediante el Protocolo *I2C*, funciona enviando señales sónicas y analizando su eco, para determinar la distancia a la que se encuentra un objeto (obstáculo o pared), es capaz de detectar objetos que se encuentren desde 0 a 255 cm de distancia, con una precisión de  $\pm 3$  cm.



Fig. 1: Sensor de Ultrasonido (Tomado de [5]).

**EOPD:** Sensor Eléctrico de proximidad, por medio de una fuente de luz interna este sensor es capaz de detectar la presencia de un objeto o determinar cambios en la distancia al mismo con bastante precisión (es capaz de detectar objetos en distancias de hasta 20 cm), esto depende de la forma del objeto y de sus características de reflexión. Gracias a que genera su propia fuente de luz este sensor filtra las señales de luz externas lo que garantiza su movilidad independientemente de la luminosidad de la zona.

**Sensor de color:** Este sensor distingue entre 6 diferentes colores, además es capaz de medir la intensidad de la luz en un cuarto o bien la intensidad de esta reflejada en superficies de color, adicionalmente este sensor puede

funcionar como una lámpara de color.



Fig. 2: Sensor de Color (Tomado de [5]).

**Giroscopio:** El sensor de giro permite medir la velocidad de rotación del robot tomando hasta 300 muestras de dicha velocidad en un segundo, este sensor devuelve el número de grados por segundo y la dirección de la rotación.



Fig. 3: Sensor de Rotación o Giroscopio (Tomado de [5]).

**Acelerómetro:** sensor capaz de medir aceleración en los 3 ejes ( $x, y, z$ ). La aceleración es medida en el rango de  $-2g$  a  $+2g$  con una resolución de aproximadamente 200 unidades por  $g$ , es capaz de tomar hasta 100 mediciones en un segundo.

**Sensor de Contacto:** el sensor de contacto funciona como interruptor de corriente normalmente abierto, provoca una variación de voltaje de 0 a 5 V cuando es activado, se activa mediante la pulsación, este puede ser utilizado como sensor de choque.

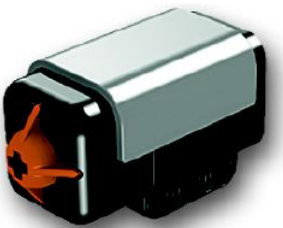


Fig. 4: Sensor de Contacto (Tomado de [5]).

**Brújula Magnética:** este sensor es capaz de medir el campo magnético terrestre y calcular donde está el norte magnético. Se puede calibrar para corregir anomalías de campo magnético debidas a diferentes elementos tales como motores, baterías entre otros. La brújula magnética devuelve un valor correspondiente a la dirección actual del sensor, este valor se encuentra entre  $0^\circ$  y  $359^\circ$  y tiene una precisión de  $\pm 1^\circ$ . Este sensor actualiza sus medidas hasta 1000 veces en un segundo.

## B. Introducción al Software

- 1) Describir la estructura básica de programación bajo lenguaje NXC en BricxCC y los diferentes tipos de variables que se pueden definir dentro de este entorno.

El programa **Bricx Comand Center** o **BricxCC** es un programa de Windows, capaz de proporcionar un ambiente integrado de desarrollo o **IDE**, para la programación de diferentes aplicaciones o dispositivos. Este programa permite la programación de las diferentes versiones de los bloques **RCX Lego Mindstorm**, bajo diferentes tipos de lenguajes de programación como *C*, *C++*, *Pascal*, entre otros; bajo la implementación del firmware asociado al lenguaje utilizado. El bloque **NXT** es una versión mejorada de los bloques **RCX**, el cual se puede programar por medio del programa **BricxCC** usando los lenguajes **NXC (Not Exactly C)** o **Next Byte Codes (NBC)**.

El lenguaje de programación NXC es permite la programación del NXT, a través del compilador del lenguaje NXC que traduce el código fuente a **bytecode**, el cual recibe el bytecode interpreter que se encuentra en el NXT y es proporcionado por LEGO, para ejecutar las tareas programadas. Aunque el lenguaje NXC es bastante similar al lenguaje C, el lenguaje NXC no es un lenguaje desarrollado para propósito general, y tiene algunas restricciones y limitaciones, decido a la capacidad del bytecode interpreter.

La programación de NXC se realiza por medio de bloques de código y definición de variables. Los bloques de códigos pueden ser de tipo “task” o de tipo “function”, los cuales tienen sus propias características, aunque comparten estructuras comunes.

Los bloques “task” son constituidos por un nombre precedido por el identificador que constituyen el encabezado, seguido por el cuerpo del bloque en el que se ubican las declaraciones que describen la tarea a realizar. Todos los programas tienen al menos un “task” llamado “main”, el cual es el primero en ejecutarse cuando se corre el programa dentro del NXT.

El bloque “function” es un conjunto de declaraciones que pueden ser llamadas por el código para la ejecución de tareas y obtención de un resultado, lo cual resulta bastante importante y facilita la implementación de tareas complicadas, que resultarían en código extenso. Las funciones son capaces de recibir varios argumentos, que permiten ejecutar sus funciones y retornar un valor, que está definido entre los tipos de variables que se pueden manejar.

NXC es un lenguaje de programación sensible al tamaño, por lo que diferencia entre mayúsculas y minúsculas para identificar los comandos. Este lenguaje muestra bastantes similitudes con la estructura de programación del lenguaje C, como permitir la realización de comentarios dentro del programa mediante el uso de “/\* \*/” o “//”.

Las variables que pueden ser definidas en NXC son

variables *bool*, *byte*, *char*, *int*, *short*, *long*, *unsigned*, *float*, *string*, *Structures* y *Arrays*. Las variables *bool* ocupa 8 bits de memoria y toma los valores de “*true*” o “*false*”. Los tipos de variables utilizados para almacenar números de menor a mayor capacidad son *byte* (8-bit), *short* (16-bit), *int* (32-bit), *long* (64-bit) y *float* (32-bit), donde los *float* permiten el almacenamiento de números con hasta siete dígitos decimales. La palabra clave “*unsigned*” modifica los tipos *int*, *long* y *char*, para almacenar los valores sin observar el bit de signo lo que permite un mayor almacenamiento de enteros positivos. La variable *char* permite guardar en 8 bits un solo carácter que toman internamente los valores *ASCII*, los tipo *string* son arreglos de bytes que permiten almacenar más caracteres en una sola variables. Las constantes numéricas pueden ser escritas en decimal, o en hexadecimal mediante la anteposición de *0x* a los dígitos.

Las estructuras (*Structures*) se definen de manera similar a *C* y cuentan con las características que son representadas dentro de su construcción. *NXC* permite manejar arreglos de variables, precisando en su declaración el tipo de variable que se almacena y la cantidad de elementos que es capaz de almacenar.

- 2) Diseñar e implementar dos algoritmos: uno que conduzca el movimiento en posición de un servomotor siguiendo el patrón de una señal diente de sierra; y otro que conduzca el movimiento en velocidad de un servomotor siguiendo el patrón de una señal diente de sierra.

Listing 1: Código Posición

```

1 long j;
2 task main(){
3   TextOut(0,50,"David 261931");
4   TextOut(0,40,"Felipe 285728");
5   TextOut(0,35,"Ricardo 261613");
6   TextOut(0,25,"Oscar 261683");
7 repeat(4){
8   for( int i=0; i<=100; i+=1){
9 // OnFwd: Acciona el motor del puerto de
10 // salida A
11   OnFwd(OUT_A,10);
12 // Wait: Detiene la ejecucion del
13 // programa durante el tiempo determinado
14   Wait(40);
15 // MotorRotationCount: Permite conocer la
16 // posicion angular del motor
17   j=MotorRotationCount(OUT_A);
18   TextOut(0,20,"Conteo: ");
19 // NumOut: Muestra el valor asignado en una
20 // posicion determinada
21   NumOut(10,10,j);
22   }
23 // OnRev: Acciona el motor en direccion
24 // contraria

```

```

25   OnRev(OUT_A,90);
26   Wait(400);
27   }
28 // Off: Detiene el motor del puerto de
29 // salida A
30   Off(OUT_A);
31   }

```

Listing 2: Código Velocidad

```

1 long j;
2 task main(){
3   TextOut(0,50,"David 261931");
4   TextOut(0,40,"Felipe 285728");
5   TextOut(0,35,"Ricardo 261613");
6   TextOut(0,25,"Oscar 261683");
7 repeat(4){
8 // for: permite aumentar la velocidad del
9 // motor
10  for( int i=0; i<=100; i+=1){
11 // OnFwd: Acciona el motor del puerto de
12 // salida A
13   OnFwd(OUT_A,i);
14 // Wait: Detiene la ejecucion del
15 // programa durante el tiempo determinado
16   Wait(40);
17 // MotorRotationCount: Permite conocer la
18 // posicion angular del motor
19   j=MotorRotationCount(OUT_A);
20   TextOut(0,20,"Conteo: ");
21   NumOut(10,10,j);
22   }
23 // OnRev: Acciona el motor en direccion
24 // contraria
25   OnRev(OUT_A,-10);
26   Wait(40);
27   }
28 // Off: Detiene el motor del puerto de
29 // salida A
30   Off(OUT_A);
31   }

```

- 3) Diseñar e implementar un algoritmo que utilice otro sensor diferente a la posición angular del servomotor.

Listing 3: Código Sensor de Intensidad de Luz

```

1 long j;
2 task main(){
3   TextOut(0,50,"David 261931");
4   TextOut(0,40,"Felipe 285728");
5   TextOut(0,35,"Ricardo 261613");
6   TextOut(0,25,"Oscar 261683");
7 while(true){
8 // SetSensorType: Indica el tipo de sensor
9 // usado y el puerto de entrada
10 SetSensorType(IN_1,SENSOR_TYPE_LIGHT_ACTIVE);
11 // Sensor: devuelve el valor leído por el

```

```

12 // sensor
13 j=Sensor(IN_1);
14 TextOut(0,20,"Conteo: ");
15 NumOut(10,10,j);
16 Wait(200);
17 if(j<=200){
18     OnFwd(OUT_A,100);
19 }
20 else{
21     Off(OUT_A);
22 }
23 }
24 }

```

### III. CONCLUSIONES

- Una de las grandes ventajas del lenguaje de programación NXC es su gran similitud con C uno de los más conocidos lenguajes de programación, lo que facilita la implementación de algoritmos en dicho lenguaje.
- NXC además de contar con los comandos utilizados en C agrega unos cuantos comandos nuevos que facilitan diferentes tareas de programación orientadas al control, un claro ejemplo de esto es el comando repeat (Numero) utilizado para repetir una instrucción un determinado número de veces.
- El kit de robótica Lego Mindstorms NXT es de gran utilidad a la hora de implementar tareas de control gracias a su gran número de componentes como sensores, actuadores etc, además de esto permite fundar sólidas bases de programación y control de procesos en quienes los utilizan.
- La experiencia obtenida en este laboratorio con la señal de posición en forma de Diente de Sierra muestra la importancia de realizar una correcta calibración de los sensores y actuadores con los que se va a trabajar, esto en pro de conseguir los mejores resultados a la hora de la implementación de los futuros algoritmos de control.

### REFERENCIAS

- [1] Chen, Chi-Tsong. "Analog and Digital Control System Desing: Transfer-Function, State, Space and Algebraic Methods". Saunders College Publishing, 1993.
- [2] Kuo, C. Benjamin. "Sistemas Automáticos de Control". Pentice Hall Hispanoamerica, Séptima Edición, 1996.
- [3] Ogata, Katsuhiko. "Ingeniería De Control Moderna". Pearson Educación, Tercera Edición, 1998.
- [4] Sitio Web: <http://us.mindstorms.lego.com/en-us/support/buildinginstructions/8547/8547%20User%20Guide%20English.aspx>, visitado el domingo 11 de Agosto
- [5] Sitio Web: [http://cache.lego.com/Media/Download/Mindstorms2BuildingInstructions/otherfiles/downloadA0B7A698E231D3E619C43ECCFFE2F27F/8547UserGuideEnglish\\_PDF.pdf](http://cache.lego.com/Media/Download/Mindstorms2BuildingInstructions/otherfiles/downloadA0B7A698E231D3E619C43ECCFFE2F27F/8547UserGuideEnglish_PDF.pdf), Manual de usuario de LEGO Mindstorms.
- [6] Sitio Web: [http://bricxcc.sourceforge.net/nbc/nxcdoc/NXC\\_Guide.pdf](http://bricxcc.sourceforge.net/nbc/nxcdoc/NXC_Guide.pdf)[http://bricxcc.sourceforge.net/nbc/nxcdoc/NXC\\_Guide.pdf](http://bricxcc.sourceforge.net/nbc/nxcdoc/NXC_Guide.pdf), visitado el viernes 18 de Agosto.