

CAPÍTULO 3

MODELADO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ROBOT DE ENTRETENIMIENTO PARA COMPETICIÓN

R. PÉRULA MARTÍNEZ ¹, J.M. GARCÍA HARO ² y A. AL-KAFF ³

^{1,2,3}IEEE Student Member, Asociación de Robótica, Universidad Carlos III de Madrid,

¹raul.perula@uc3m.es; ²jgarciah@ing.uc3m.es; ³akaff@ing.uc3m.es.

Resumen – Con el incremento de las investigaciones que aprovechan el bajo coste del hardware, el grupo de Robots Personales de Competición dentro de la Asociación de Robótica de la Universidad Carlos III de Madrid, ha desarrollado varios robots de entretenimiento imprimibles y de bajo coste para hacer las funciones de siguelíneas orientado a las competiciones de rastreador y velocista.

1 Introducción

Cada día, la robótica se va haciendo un hueco más amplio en las vidas de las personas de a pié. La sociedad está llegando a ver a los robots como nuevos compañeros, juguetes o simplemente “herramientas inteligentes” que ayudan al ser humano a desempeñar tareas tanto industriales como de uso cotidiano.

Los robots de entretenimiento llevan mucho tiempo en la vida de los ingenieros. Estos robots, hoy día, son usados desde por especialistas hasta por niños, proporcionando ocio a un público más extenso.

Los robots de entretenimiento son robots que no están hechos para un uso utilitario, como una producción o servicios domésticos, sino que su labor es proporcionar un servicio a la persona a la que sirven, normalmente a su propietario o a sus compañeros.

En nuestro caso, la idea de un robot de entretenimiento para competición es la extensión natural de la idea general de este tipo de robots. Siendo el robot de entretenimiento el encargado de realizar una o varias tareas

específicas programadas por el usuario, que más concretamente serán las labores de rastreador y velocista siguiendo una línea oscura en un fondo claro.

La idea principal de este proyecto es desarrollar un siguelíneas que pueda desempeñar ambas labores con total naturalidad, siempre activado o desactivado por el usuario principal. Para ello, se ha realizado un modelado e implementación de todo lo necesario para el funcionamiento del robot de entretenimiento, dividiéndose esto en tres partes principales: la estructura, la arquitectura hardware y la arquitectura software.

Este proyecto se ha realizado dentro del grupo de investigación y desarrollo de Robots Personales de Competición, uno de los grupos de la Asociación de Robótica de la Universidad Carlos III de Madrid. Con este proyecto se pretende dar tanto auge a la asociación como explorar campos que aún no se habían experimentado. Además, es un proyecto totalmente colaborativo que hace inclusión de otros proyectos activos como el de las Impresoras 3D, muy de moda hoy día.

Por último, el contenido de este artículo se dividirá en una justificación del trabajo mostrando los Trabajos previos, la explicación del Diseño con sus diversos apartados, la especificación de las Aplicaciones a las que van dirigidos estos robots de entretenimiento y las Conclusiones y Futuras mejoras que se podrán aplicar en futuros proyectos en este ámbito.

2 Trabajos previos

Los robots de entretenimiento llevan bastante tiempo siendo objeto de investigación en la robótica y en la interacción persona-robot. Aunque generalmente se suele asociar a las mascotas robóticas como robots de entretenimiento, existen otros tipos de robots como los que se presentan en este artículo, totalmente válidos. Esto es así, que en (Fujiwara, 2012) y en (Fujiwara, 2011) se presentan los robots siguelíneas como robots de entretenimiento. Además, se presentan de una forma muy particular, combinando visión artificial junto con la proyección de las líneas que el robot siguelíneas deberá seguir. De este modo, se puede observar que los robots siguelíneas pueden llegar a ser multidisciplinares junto a otros ámbitos.

Otro ejemplo de robot siguelíneas, pero esta vez orientado a los juegos, se puede observar en (Makrodimitris, 2011). En este caso, varios robots con estructura particular (aspecto semi-humano) van identificando las líneas por donde deben ir. En caso de que un robot siga un camino correcto o incorrecto, mostrará un gesto de expresión mediante la luminosidad de sus ojos.

El diseño es otro de los aspectos a tener muy en cuenta cuando se diseña un robot desde cero. Es por este motivo, que en (Hoeken, 2013) se pueden encontrar una gran diversidad de modelos tridimensionales que además se pueden imprimir por ejemplo en una impresora 3D. En este sitio web se pueden encontrar diversos modelos y muchos de ellos parametrizados para poder modificarlos y adaptarlos a las necesidades de cada usuario.

Por otro lado, la electrónica es otro de los aspectos a tener en cuenta. Por ello, se ha realizado un estudio de proyectos similares en los que se hubiese desarrollado un robot de similares características. En (Mahmud, 2012) se puede observar una implementación de la electrónica bastante común y en la que se desarrolla un siguelíneas con un robot de dos ruedas motorizadas y una rueda “loca”. Además, en (Pakdaman, 2010) y (Pakdaman, 2009) se realiza un estudio de un siguelíneas, de los motores y de los sensores que se pueden utilizar en un robot de estas características y la justificación del por qué.

Por último, en (Ehsan, 2010) se hace un estudio de los sensores a utilizar en un robot siguelíneas. En este estudio se presenta un desarrollo de varios sensores en serie y de su implementación software. Además, presentan una implementación de los drivers para los motores que dan una buena idea de cómo se podrían manejar.

3 Diseño

Desde la Asociación de Robótica se promueve el desarrollo de tecnologías de bajo coste. Por ello, el grupo de trabajo de Robots Personales de Competición (RPC) ha utilizado diversas herramientas que ayudan a reducir los costes de fabricación a la hora de diseñar e implementar cualquier tipo de robot.

En primer lugar, se ha intentado utilizar los distintos programas Open Source que existen para desarrollar las diferentes partes del robot. En nuestro caso, dichas herramientas han sido el software de modelado 3Dmax, el software para electrónica Kicad y el software para controladores de Arduino entre otros. En segundo lugar, se han utilizado otros programas con licencia universitaria proporcionados por la propia universidad como Solid Works u Orcad, sin ningún coste adicional.

3.1 Estructura

En el diseño del chasis o arquitectura del robot se deben tomar distintos aspectos en consideración. Cuando se pretende diseñar un mini-robot móvil de dimensiones reducidas es importante tener en cuenta aspectos como las dimensiones, el peso, la maniobrabilidad, la flexibilidad, la utilidad y la reutilización entre otros. Estas características se determinan en función de distintos parámetros.

Antes de nada, el diseño artístico es una característica difícil de implementar y bastante subjetiva, pero que a la vez permite que cualquier máquina o robot, como es el caso, tenga un aspecto lo más amigable posible, de tal manera que puedan ser aceptados entre la sociedad y que en futuros proyectos la relación persona-robot sea más sólida y menos fría.

Las dimensiones del robot estarán influenciadas por las normativas de las distintas competiciones que se celebran a lo largo del año en el que se desarrollará el proyecto. Habitualmente estas competiciones, ya sea para rastreadores o velocistas (seguidor de línea), permiten unas dimensiones máximas de 20mm de ancho por 20mm de largo por 15mm de alto.

Las demás características dependerán del propio grupo de trabajo, de las ideas que puedan surgir y de la capacidad para diseñar con eficiencia y eficacia, sin olvidar el aporte artístico debido a su implicación social. Tanto la maniobrabilidad, la flexibilidad, como la capacidad de ser reutilizable (modularidad) son características difíciles de incorporar a un alto nivel, pero no cuando se trabaja a un nivel más bajo como puede ser las distintas partes que componen el robot.

En nuestro caso, las ruedas son un elemento clave que incorpora las características anteriormente mencionadas, pues se ha conseguido que tengan un buen comportamiento en cualquier tipo de superficie y que además puedan anclarse a distintos motores gracias a que incorporan un casquillo por el cual el eje del motor y la rueda quedan fijos mediante un tornillo prisionero.

Otra pieza con las mismas características son los soportes de los motores, pues pueden utilizarse para cualquiera de los motores del robot además de ser válidos para futuras versiones.

Por último, está el soporte de la electrónica de los sensores. Este soporte es parametrizable a la hora de diseñarlo, pudiendo adaptarlo a las distintas necesidades. Además, al igual que los anteriores, esta pieza puede reutilizarse para posteriores versiones. El conjunto de piezas que conforman la estructura del robot se puede observar en la Fig. 1.

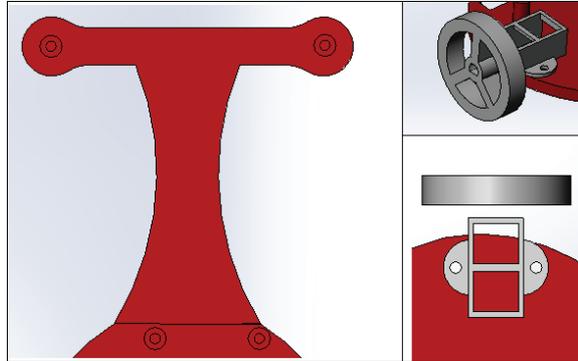


Fig. 15. Conjunto de piezas que forman la estructura del robot siguelíneas.

Finalmente, la característica más importante cuando se pretende modelar un robot de competición es el peso. Este atributo influirá decisivamente en el potencial del robot. Principalmente se deberá tener en cuenta que los motores sean capaces de generar la fuerza necesaria para desplazar el robot a una velocidad y aceleración considerable. Por ello, se intentará que el robot móvil sea lo más ligero posible. Esta condición conlleva que haya problemas de estabilidad relacionados con el punto de gravedad. Es por eso, que además de la condición de ligereza se añada el rasgo de que el punto de gravedad sea lo más bajo posible o, lo que es lo mismo, que el robot esté lo más cercano al suelo.

La cuestión que se presenta para poder desarrollar un robot ligero se puede responder con la utilización de las nuevas herramientas de diseño 3D. Cuando se modela cualquier robot es necesario saber con qué tipos de esfuerzos y magnitudes va a encontrarse. En esta ocasión, estos robots apenas soportan esfuerzos de flexión y fricción, ya que los motores no superan los $1.1 \text{ kg} \cdot \text{cm}$. Lo que nos permite utilizar materiales de plástico para su construcción.

Desde la Asociación de Robótica, se está promoviendo el uso de las impresoras 3D de bajo coste. Estas impresoras son capaces de fabricar piezas de plástico ABS mediante un proceso de prototipado rápido. El modelo a fabricar debe pasar primero por un proceso de diseño y modelado a través de herramientas de diseño gráfico. En nuestro caso, como se ha mencionado anteriormente, se ha utilizado el software de diseño Solid Works.

Este tipo de impresoras tienen la ventaja de que el diseño y la fabricación son bastante rápidos, fáciles de modificar y mecanizar, además de tener unos costes de producción muy bajos. De esta manera, se evita tener que repetir y malgastar piezas como puede surgir con las producciones de materiales metálicos más resistentes. Además, el uso de plástico como ma-

terial de soporte en los robots implica una sensación más humana a la hora de poder interactuar con ellos, evitando la sensación de frialdad que predisponen las máquinas metálicas.

3.2 Arquitectura hardware

Para la arquitectura hardware se ha intentado elaborar una arquitectura eficiente con un coste mínimo. Para poder generar toda la electrónica, se ha utilizado el programa Orcad proporcionado con licencia universitaria. Este programa permite diseñar toda la electrónica del robot. Para determinar qué electrónica será necesaria, es importante diferenciar los cuatro bloques que forman el hardware de nuestro robot.

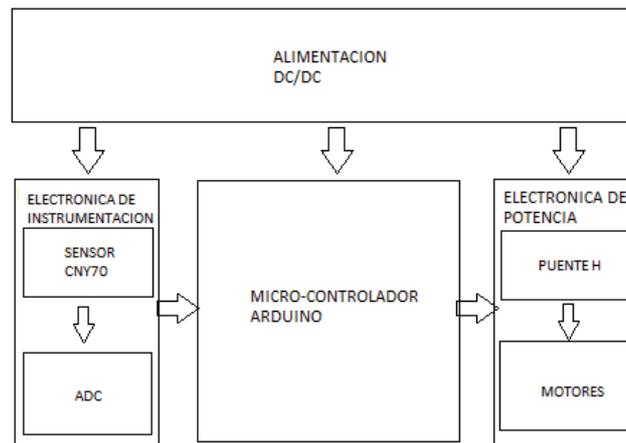


Fig. 2. Flujograma de las relaciones de los distintos bloques que forman el robot.

En primer lugar, está la electrónica de alimentación que suministra corriente a los demás bloques; en segundo lugar está la electrónica de sensorización o electrónica de instrumentación, la cual permite la captura de información del entorno. Para nuestro caso, será la detección de la línea negra que deberá seguir el robot a través de sensores infrarrojos. Además, está el microcontrolador, que utilizándose una tarjeta Arduino UNO, la cual generará comandos de salida hacia los actuadores a través de la información obtenida y de la programación interna. En último lugar, tendremos la electrónica de los actuadores o, lo que es lo mismo, la electrónica de potencia, la cual suministrará corriente necesaria a los motores. En la

Fig. 3 se muestra la relación real entre los distintos bloques que forman la arquitectura hardware del robot.

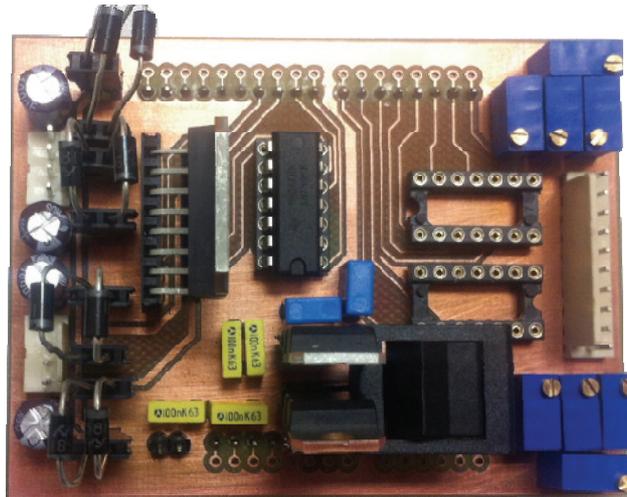


Fig. 3. PCB final del robot acoplable a Arduino.

Para la alimentación de los distintos bloques se ha utilizado una LIPO de un voltaje de 11.1V. Esta batería se ha seleccionado en función de los consumos totales de todos los bloques hardware funcionando a máxima potencia y al mismo tiempo durante varias sesiones de pruebas. El suministro de corriente que proviene de la pila se reparte entre dos reguladores de tensión, que en nuestro caso, son los reguladores tipo 7809 y 7806. El primero tiene el objetivo de alimentar la tarjeta Arduino con una tensión de 9V. Además, desde la tarjeta Arduino se conecta su salida de 5V con la PCB y de este modo alimentará los distintos dispositivos (L298N, 74HC04, 74LS14, CNY70). El otro regulador se encarga de suministrar 6V de tensión y la corriente necesaria para los motores a través de la electrónica de potencia.

3.2.1 Sensores

Para diseñar un robot seguidor de línea hay que incorporar sensores infrarrojos que puedan detectar los contrastes de luminosidad. Estos sensores infrarrojos de reflectancia contienen un transmisor de infrarrojos y un par emparejado receptor de infrarrojos, de los cuales el primero envía luz infrarroja y el segundo la recibe. Si el receptor recibe el rayo de reflexión,

significa que el robot está sobre suelo blanco, y si no lo recibe, significa que el robot está sobre la línea negra. Se debe añadir que estos receptores infrarrojos son sensibles a la luz ambiental. Para evitar estas influencias lumínicas, se deberá proteger de esta luz lo mejor posible e intentar acercarlo lo más posible el sensor a la superficie (distancia menor de 5mm).

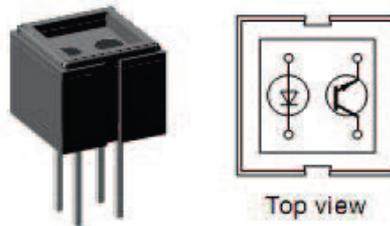


Fig. 4. Sensor infrarrojo CNY70.

Los sensores que se han utilizado para modelar el robot son los del tipo CNY70, como se puede observar en la Fig. 4. Estos sensores se caracterizan por estar compuestos de un fotodiodo y un fototransistor, de tal manera que el fotodiodo emite un haz de luz que el fototransistor deberá detectar en función de si la superficie es capaz o no de reflejar la luz.

La salida eléctrica del fototransistor es una señal analógica. En este caso, el voltaje que sale es un valor que varía entre los valores 0V y 5V. Es por eso, que se necesita digitalizar la señal para facilitar el funcionamiento del sistema global. Para poder digitalizar la señal, se ha utilizado un disparador 74LS14 que funciona como convertidor analógico/digital. Este chip integrado es un disparador Schmitt con capacidad para seis señales de entrada, el cual convierte las señales de entrada analógicas en señales de salida digitales. El comportamiento es similar al de un buffer que en función del voltaje de entrada discrimina a nivel alto o a nivel bajo, devolviendo a la salida 0V (0 digital) si el nivel es bajo, o 5V (1 digital) si el nivel es alto. En la Fig. 5 se puede observar el esquemático de la electrónica implementada para la instrumentación.

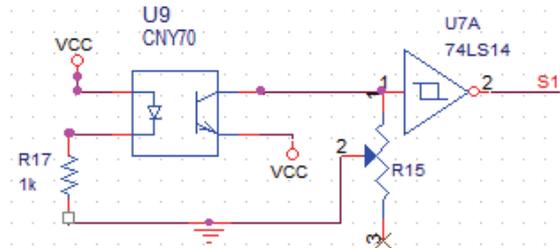


Fig. 5. Esquemático de la electrónica de instrumentación.

La incorporación de una resistencia variable a la entrada del disparador permite que la tensión de salida del fototransistor receptor sea ajustable dependiendo de la luz ambiental, de tal forma que el sistema sensor sea más eficiente al no verse influenciado por esta condición. En la Fig. 6 se puede observar cómo queda fabricada parte de la electrónica de instrumentación. La otra parte restante quedaría incluida en la placa electrónica de la Fig. 3.



Fig. 6. PCB final de la electrónica de instrumentación.

3.2.2 Actuadores

Para definir completamente el diseño del robot es necesario seleccionar que actuadores llevará el robot seguidor de líneas. La selección del motor adecuado para nuestro robot no es una tarea trivial. La idea de construir un robot seguidor de líneas implica que las velocidades y pares no serán altos, siendo los motores de tipo eléctrico los más adecuados. Estos motores eléctricos tienen asociados una serie de parámetros de los cuales la velocidad, el par y la eficiencia son los más importantes.

La velocidad de un motor siempre se considera velocidad angular y se puede medir en revoluciones por minuto (rpm) o revoluciones por segundo

(rps) siendo estas unidades el número de vueltas que el eje del motor da por unidad de tiempo. Por otra parte, el par mide la fuerza que hay que hacer para mover un peso a una determinada distancia. Por último, la eficiencia es un parámetro que relaciona la energía eléctrica utilizada y energía mecánica desarrollada. En todo movimiento existe una pérdida energética, un ejemplo de esta puede ser el rozamiento.

Para que el robot sea capaz de moverse debemos conseguir que la potencia capaz de entregar el motor sea mayor que la potencia mecánica del robot.

$$P_m > P_r \quad (1)$$

La potencia de un motor P_m se define en la ecuación (2).

$$P_m = P * \omega \quad (2)$$

Donde P es el par motor generado por los motores y ω es la velocidad angular que generan los motores.

La potencia mecánica de un robot P_r se define en la ecuación (3).

$$P_r = M * a * V / (e * 2 * \pi) \quad (3)$$

Donde, M es la masa total del robot, a es la aceleración que generan los dos motores, V es la velocidad lineal capaz de desarrollar y e es la eficiencia de los motores.

Los motores que se han elegido en el diseño del robot son unos micromotores Pololu 50:1. Estos motores incorporan una caja reductora de corriente continua. Esta condición no permite poder elaborar distintas formas de alimentar los motores. En nuestro caso, se ha decidido utilizar un puente H como método para controlar el movimiento de los actuadores.



Fig. 7. Micromotor Pololu 50:1 HP.

Este puente H está compuesto de cuatro transistores, de tal forma que en función de la señal generada desde el controlador se pueda manejar el giro

del motor en ambos sentidos. Para nuestro robot de entretenimiento, se ha utilizado el chip integrado L298N. Este dispositivo electrónico incorpora dos puentes H, lo que permite controlar hasta dos motores en ambos sentidos de giro, que son precisamente los que componen el chasis. Por tanto, este chip tiene predispuestas cuatro salidas asociadas a los motores (OUT_M1_1, OUT_M1_2, OUT_M2_1, OUT_M2_2), y cuatro entradas, sin contar la alimentación y la conexión a tierra, que controlarán el funcionamiento de los motores (M1, M2, PWM1, PWM2). De las dos conexiones de entrada de cada motor, una sirve para dirigir el sentido de giro mediante una señal digital y la otra permitirá variar la velocidad con la que girará mediante una señal que varía su ancho de pulso. En la Fig. 9 se muestra el esquemático electrónico de esta etapa de potencia.

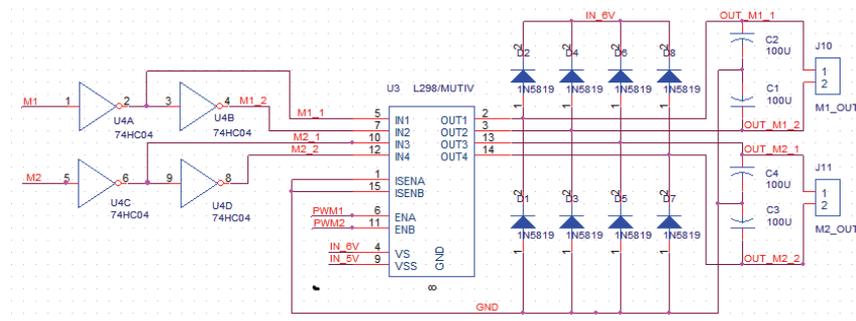


Fig. 8. Esquemático micromotor Pololu 50:1 HP.

Además, se incorporan dos sistemas de seguridad que permiten a la electrónica de potencia y a los motores trabajar con menos riesgo de rotura y deterioro. El primer sistema son diodos Schottky, más concretamente diodos 1N5819. Estos diodos de potencia ultrarrápidos se colocan en anti-paralelo con los transistores, de tal forma que permitan absorber las corrientes parasitarias que se producen en los motores en los cambios de giro y que podrían dañar los transistores del puente H. El otro sistema es la adición de unos condensadores a cada motor. De esta manera, se evita que surjan picos de demanda de corriente, ya que los condensadores aportarán esta corriente necesaria sin tener que solicitarla desde la etapa de potencia. Es importante que los sistemas de seguridad estén lo más cercanos posible de los elementos a proteger. De esta forma, nos encontramos con que los diodos están colocados cerca del L298N para proteger los transistores del puente H y que los condensadores están situados cerca del conector de salida de los motores. En la Fig. 3 se muestra la distribución de los distintos componentes mencionados.

3.2.3 Controlador

La elección de escoger el correcto controlador es algo sencillo en función de las necesidades de sensores y actuadores. Aunque la mayoría de los que se usan cuando se habla de Microcontroladores de bajo coste son los de la familia Arduino. En el caso de nuestro robot, la arquitectura hardware del microcontrolador es una tarjeta electrónica microcontroladora Arduino UNO, como se muestra en la Fig. 7.

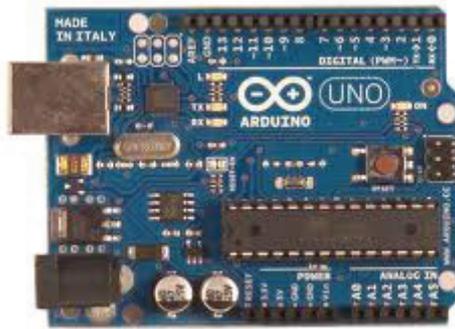


Fig. 9. Placa electrónica Arduino UNO.

Arduino es una plataforma de hardware libre, basada en una PCB con un microcontrolador y un entorno de desarrollo. El hardware consiste en una placa con trece puertos de entrada/salida digitales, seis puertos de entrada/salida analógicos, un puerto de comunicación USB y un microcontrolador Atmel AVR que se caracteriza por su sencillez y bajo coste, que además permite el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado, el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring (similar a una extensión de C) y el cargador de arranque (bootloader) que corre en la placa.

3.3 Arquitectura software

La arquitectura software ha de tener varios principios básicos a la hora de implementar el robot de entretenimiento. Esta pretendía ser modular, simple y reutilizable teniendo en cuenta el lenguaje de programación basado en C que se utiliza con Arduino.

Esta arquitectura software va a estar dividida en dos apartados fundamentales, la implementación del movimiento del robot y la implementación de la obtención de los datos de los sensores. Por último, habrá que tener en cuenta la sincronización de ambas implementaciones para una correcta funcionalidad del robot.

En cuanto a la obtención de los datos de los sensores para la especificación de los movimientos se ha separado en dos funcionalidades básicas, los giros y las bifurcaciones.

En nuestro caso tenemos 8 sensores en serie, como se ha explicado en el apartado de la Arquitectura hardware, y se puede observar el esquema de la distribución de los mismos en la Fig. 10. Nos encontramos con dos casos de giro, hacia la izquierda y hacia la derecha, en los que actuarán los sensores centrales, del s_2 al s_5 . Y con tres casos de bifurcaciones, hacia la izquierda, hacia la derecha y recto, en los que actuarán los sensores del centro, s_3 y s_4 , y los de los extremos, s_0-s_1 y s_6-s_7 . En la Fig. 11 se puede observar un esquema de los casos a evaluar.

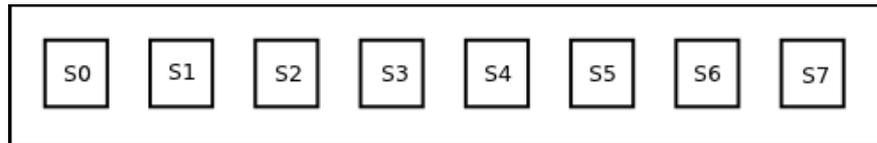


Fig. 10. Distribución de sensores.

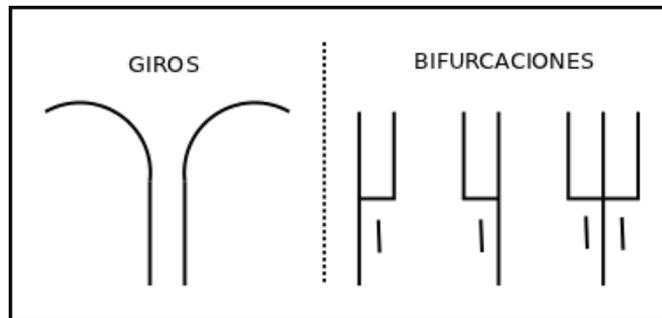


Fig. 11. Sentidos de movimiento del robot.

Puesto que las bifurcaciones son un caso especial de giro en los casos en los que el robot deberá seguir un sentido que no sea el recto, la implementación tiene en cuenta sendos casos por separado. Además, las bifurcaciones se identificarán mediante una línea auxiliar al comienzo de la misma, la cual mostrará el sentido en el que el robot deberá moverse.

A continuación, en la Tabla 1, se muestra el pseudocódigo del funcionamiento de la implementación de los sensores.

Tabla 1. Pseudocódigo del funcionamiento de los sensores.

```

Leer s0, s1, s2, s3, s4, s5, s6, s7

// Giros
Si s2 y s3 activos entonces
    Giro hacia la izquierda.
Sino si s4 y s5 activos entonces
    Giro hacia la derecha.

// Bifurcaciones
Si s3 y s4 activos entonces
    Si s0 y s1 y s6 y s7 activos entonces
        Seguir el camino recto.
    Sino si s0 y s1 activos entonces
        Seguir el camino de la izquierda.
    Sino si s6 y s7 entonces
        Seguir el camino de la derecha.

```

Una vez tenemos definido el funcionamiento de los sensores y el robot conoce el movimiento que debe hacer, es el momento de ver cómo se va a realizar dicho movimiento. Para ello, existe un pequeño dilema planteado a la hora de mover siempre un robot móvil, que es el centro del movimiento. Ya que existen tres casos claramente diferenciados pudiendo ser estos que el centro del movimiento es igual al centro del robot, el centro del movimiento se encuentra en una de las ruedas o, el centro del movimiento se encuentra externo al robot y en el centro del giro. En nuestro caso se ha pretendido que la Arquitectura hardware no dificultase las posibles implementaciones software con lo que, como se ha explicado anteriormente, el hardware permite todos los posibles casos. No obstante, para esta implementación realizada y teniendo en cuenta las futuras mejoras u otras aplicaciones para los robots, hemos utilizado el caso en el que el centro del movimiento se encuentra externamente al robot. Esto hará que la implementación sea más sencilla y que el movimiento de los motores para un giro sea mediante la aceleración de un motor y la deceleración del otro en función del grado de cierre del giro.

A continuación se puede observar, en la Tabla 2, el pseudocódigo del funcionamiento de cada una de las opciones de movimiento.

Tabla 2. Pseudocódigo del movimiento de los motores.

```
Giro izquierda {  
    Motor 1 máximo.  
    Motor 2 mínimo.  
}  
  
Giro derecha {  
    Motor 1 mínimo.  
    Motor 2 máximo.  
}  
  
Recto {  
    Motor 1 máximo.  
    Motor 2 máximo.  
}
```

Teniendo en cuenta que los valores *máximo* y *mínimo*, exceptuando en el movimiento recto, estarán regulados por los sensores, es decir, que se ajustarán en función del grado de giro.

4 Aplicaciones

Robot rastreador

Este tipo de robots móviles son capaces de seguir un camino mediante sensores que detectan cuando hay línea mientras se encuentran en movimiento. Cada competición tiene sus propias reglas y restricciones de las especificaciones tanto del robot como de la pista donde se desarrollará. Pero, en general, el camino podrá ser visible como una línea negra sobre una superficie blanca (o viceversa).

Las figuras que a continuación se muestran, Fig. 12 y 13, están de acuerdo a la normativa del campeonato AESSBot'12 de rastreadores (AESSBot, 2012). Donde el color de la superficie es blanco y el color de la línea es negra, con un ancho de línea de aproximadamente 20mm.

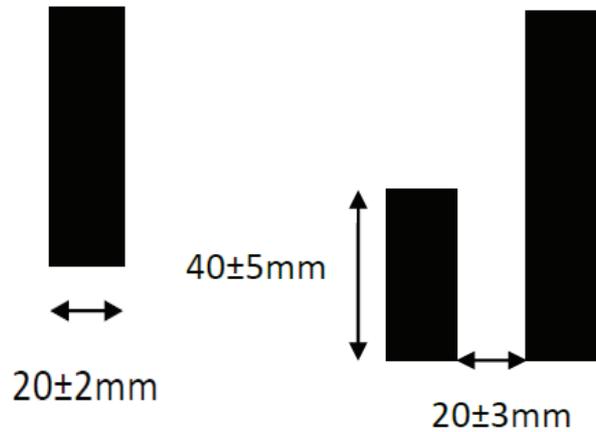


Fig. 12. Sentidos de movimiento del robot.

También se puede observar en la (Fig. 13), como se especifican cada una de las restricciones para el seguimiento de la línea en caso de múltiples caminos, en los que el camino óptimo se encontrará reflejado siempre por una línea secundaria.

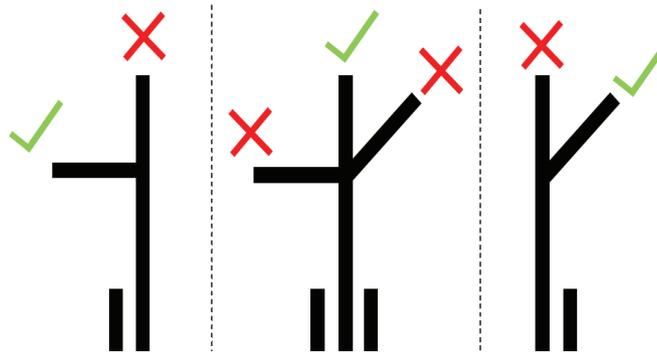


Fig. 13. Selección del camino correcto.

Robot velocista

En este tipo de competición, los robots se moverán con la mayor velocidad posible dentro de un circuito cerrado con curvas suavizadas sin salida alguna.

Además, existirán varias reglas y características especificadas dentro de la normativa del AESSBot'12 (AESSBot, 2012) de la pista, cumpliéndose la misma cualidad de ser una superficie de fondo blanco con las líneas de color negro por encima.

La distancia de separación entre las líneas negras será aproximadamente de 15cm con una diferencia de ± 5 cm.

Un ejemplo real fabricado específicamente para este proyecto y el cual contiene ambos tipos de pistas de competición es el que se muestra en la Fig. 14.



Fig. 14. Ejemplo de pista de rastreador (interna) y velocista (externa).

5 Conclusiones y futuro trabajo

Las conclusiones de este proyecto son claras en cuanto a la funcionalidad principal que deben desempeñar, es decir, son robots de entretenimiento y como tales sirven perfectamente para la participación en competiciones en las que los usuarios puedan entretenerse o pasar un rato de ocio.

Sin embargo, aunque ya se han realizado pruebas iniciales, se necesita seguir avanzando e investigando para poder adaptar alguna de las técnicas de control más avanzadas y que los movimientos de los robots sean más suaves en las pistas.

Respecto al trabajo futuro, sobretodo posibles futuras mejoras, se puede decir que el robot de entretenimiento, aunque ya está bastante completo, puede mejorarse en ciertos aspectos.

La arquitectura hardware podría mejorarse ya que cuando se desarrolló todo el estudio y la implementación se observó ciertos detalles que se podían modificar como por ejemplo el aumento del tamaño del ruteado, una definición más precisa de los footprints de los componentes o la incorporación de nuevos componentes más eficientes y baratos.

Además, también se podrían mejorar la estructura del robot, haciéndolo más ligero y funcional para otro tipo de tareas como salir de un laberinto o explorar un lugar. Y por supuesto, teniendo en cuenta lo anterior, la arquitectura software sufriría los cambios correspondientes para que el robot llegase a implementar las nuevas funcionalidades. Obteniendo de esta forma un robot de entretenimiento más completo y funcional además de ser un “compañero” de ocio extraordinario.

Agradecimientos

Este proyecto se está desarrollando gracias a la Asociación de Robótica y a la financiación de la Universidad Carlos III de Madrid que apoya los proyectos de innovación y de robótica.

Referencias

Hoeken, Z. and Pettis, B. Thingiverse. Última visita: Febrero-2013. Enlace: <http://www.thingiverse.com/>

Robociencia. Como seleccionar el motor adecuado para nuestro robot. Última visita: Febrero-2013. Enlace: <http://goo.gl/kRP8I>

Kazi Mahmud Hasan, Abdullah-AI-Nahid, Abdullah Al Mamun. 2012. Implementation Of Autonomous Line Follower Robot.

Fujiwara, T., Muramatsu, T. and Iwatani, Y. 2012. Further results on interactions with a line-follower. SICE Annual Conference. Akita, Japan.

AESSBot. 2012. Normativa Rastreadores AESSBot' 12.

AESSBot. 2012. Normativa Velocistas AESSBot' 12.

Fujiwara, T. and Iwatani, Y. 2011. Interactions with a Line-Follower: an Interactive Tabletop System with a Markerless Gesture Interface for Robot

Control. Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics. Phuket, Thailand.

Makrodimitris, M., Nikolakakis, A. and Papadopoulos, E. 2011. Semi-autonomous Color Line-Following Educational Robots: Design and Implementation. 2011 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM2011). Budapest, Hungary.

Ehsan Marjani Bajestani, S. and Vosoughinia, A. 2010. Technical Report of Building a Line Follower Robot. 2010 International Conference on Electronics and Information Engineering (ICEIE 2010). Volume 1. pp 1-5.

Pakdaman, M., Mehdi Sanaatiyan, M. and Rezaei Ghahroudi, M. 2010. A Line Follower Robot from design to Implementation: Technical issues and problems. Volume 1. pp. 5-9.

Pakdaman, M. and Mehdi Sanaatiyan. 2009. Design and Implementation of Line Follower Robot. 2009 Second International Conference on Computer and Electrical Engineering. pp. 585-590.