

# DISEÑO Y REALIZACIÓN DE UN MICROBOT RASTREADOR

Antonio Cembellín Sánchez  
E.T.S.I.I. de Béjar (Universidad de Salamanca), [cembe@gugu.usal.es](mailto:cembe@gugu.usal.es)  
Avda. Fernando Ballesteros, 2. Béjar 37700 (Salamanca)

## Resumen

*Un robot móvil se puede definir como una plataforma mecánica dotada de un sistema de locomoción y un sistema de control que le permiten desplazarse en un determinado entorno de trabajo con una cierta autonomía. Los robots rastreadores son capaces de orientarse y seguir un determinado contorno o trayectoria. En concreto, se presenta aquí un microbot móvil rastreador capaz de seguir contornos cerrados de unas determinadas características a la vez que recoge datos de este recinto para su posterior visualización. El diseño y realización de este robot rastreador constituyó el principal objetivo del trabajo Fin de Carrera del mismo título llevado a cabo por los alumnos Miguel Urbano Merino y César González Merino de la E.T.S.I.I. de Béjar (Universidad de Salamanca).*

**Palabras Clave:** robot móvil [3] [4], robot rastreador, microbot [1], microcontrolador [2].

## 1 INTRODUCCIÓN

En el diseño del robot se ha tenido en cuenta unas determinadas especificaciones de diseño que se van a exponer a continuación:

- Debe ser capaz de seguir una pared situada a su izquierda a unos 15 cm de distancia hasta completar un contorno cerrado de forma poligonal.
- Una vez recorrido este contorno, el robot debe detenerse, permitiendo analizar la trayectoria seguida. Se conectará a un ordenador PC en el cual volcará los datos de las distancias y giros realizados generando un fichero DXF legible por la mayoría de los programas de diseño CAD.

En definitiva, se trata de que el robot explore un contorno cerrado y proporcione un plano del mismo que además estará dimensionado a escala 1:1 respecto al contorno real. Posteriormente, mediante

una herramienta CAD será posible acotar el dibujo, reescalarlo, etc.

## 2 ELEMENTOS DEL MICROBOT

### 2.1 ESTRUCTURA MECÁNICA

En cuanto al modelo cinemático del microbot, éste presenta un sistema de tracción diferencial (figura 1), el cual es uno de los más sencillos tanto desde el punto de vista de la programación como desde el punto de vista puramente mecánico. Consiste en dos ruedas motrices montadas sobre el mismo eje pero controladas independientemente. Esto permite al robot realizar una gran variedad de movimientos: desplazarse en línea recta, describir arcos o girar sobre sí mismo, lo cual posibilita que pueda cambiar su orientación si necesidad de modificar su posición. Sin embargo, este sistema presenta varios problemas, como el de asegurar la estabilidad del robot. Esto se ha conseguido en nuestro caso incorporando otra rueda que sirve únicamente de soporte.

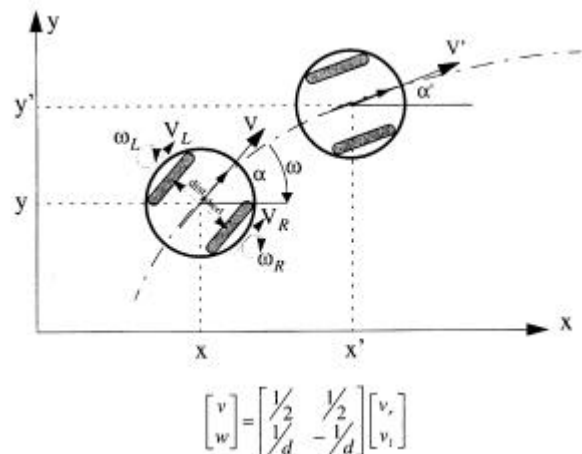


Figura 1: Sistema de tracción diferencial

Observando el modelo, se hace evidente la simplicidad de su programación, pues basta con integrar la velocidad media del robot  $v$  para obtener su posición  $(x,y)$  e integrar su velocidad angular media  $w$  para obtener su orientación  $\alpha$

Para dar la forma deseada al robot se ha recurrido a un kit comercial MECCANO el cual soporta los circuitos electrónicos necesarios para que el robot verifique las especificaciones de funcionamiento. La figura 2 muestra el aspecto del microbot, donde se puede apreciar su estructura mecánica y la circuitería electrónica montada sobre él, donde destacan los transmisores ultrasónicos situados en su lado izquierdo (dos) y en la parte delantera (uno).

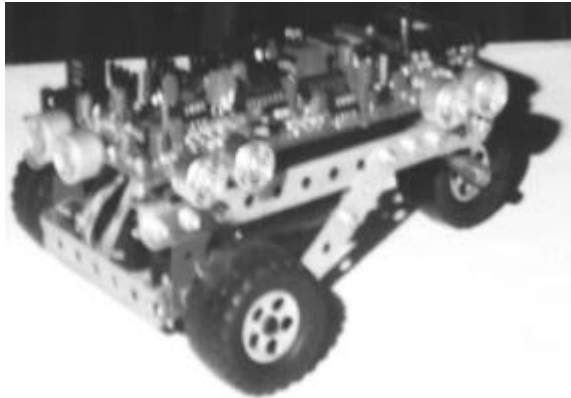


Figura 2: Vista general del microbot

## 2.2 SISTEMA DE CONTROL

Como cualquier otro robot, nuestro microbot necesita un sistema de control para que funcione de acuerdo con las especificaciones ya indicadas. Este sistema estaría formado por otros tres: el sistema de percepción (sensores), el sistema de actuación (actuadores) y el controlador, cuyo componente principal es el microcontrolador PIC 16C63A. Además, se pueden considerar otros elementos, como la fuente de alimentación y el cargador de la batería, y la interfaz con el PC diseñada para poder transferir los datos recogidos por el microbot al PC.

### 2.2.1 Sistema de percepción

Está constituido por los sensores que proporcionan información al controlador de la situación del microbot, y también por la circuitería electrónica necesaria para amplificar y acondicionar estas señales a las entradas del microcontrolador. Se han empleado:

- Encoders de infrarrojos (IR): se sitúan sobre la reductora de los servomotores que integran el sistema de actuación. Permiten medir el giro de cada rueda motriz.
- Transmisores de ultrasonidos: se sitúan en la parte frontal y lateral izquierda (figura2). Están constituidos por una pareja emisor-receptor que, funcionando a 40 kHz, posibilita la detección de un obstáculo a menos de 15 cm.

### 2.2.2 Sistema de actuación

Está formado por dos servomotores FUTABA conectados a las ruedas motrices. Son motores de c.c. que incorporan un grupo reductor y pueden trabajar con tensiones entre 5 y 12 V.

### 2.2.3 Controlador

Lo constituye el microcontrolador PIC 16C63A de Microchip. Este dispositivo dispone de tres puertos de entrada / salida: el puerto A de 6 bits y los puertos B y C de 8 bits. El puerto A se usa para los pulsadores de manejo del microbot (START y TRANSFERIR) y para el control de los motores mediante una señal PWM. El puerto B es utilizado para los detectores de ultrasonidos e infrarrojos de los encoders. El puerto C se usa como byte de datos de transmisión al ordenador PC.

## 3 SOFTWARE DESARROLLADO

El software desarrollado es doble: por una parte, el programa de control del microbot, y por otra el programa que permite descargar un fichero de datos desde el robot hasta un ordenador PC para su visualización mediante un programa de CAD. Primero, se describirán las herramientas de desarrollo utilizadas y a continuación los programas creados.

### 3.2 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

El programa de control del microbot está escrito en el lenguaje ensamblador propio del 16C63A. Para su confección se ha empleado el paquete MPLAB [5] (ver figura 3) de Microchip, el cual permite, además, ensamblar el código fuente, simular la ejecución del programa, depurarlo y realizar medidas de tiempo real de ejecución.

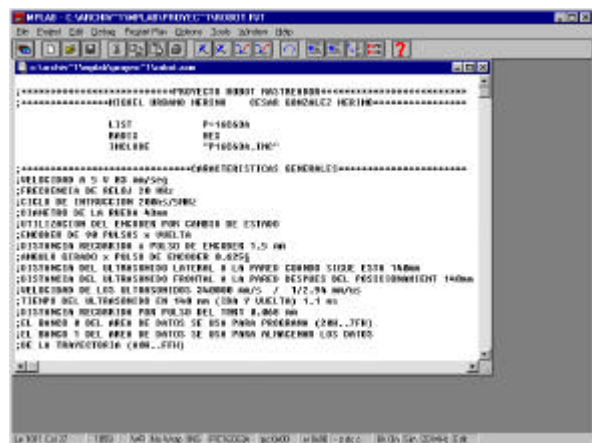


Figura 3: Editor de MPLAB de Microchip

Una vez ensamblado el código fuente, se obtiene un fichero .HEX listo para ser transferido al PIC. Para

ello, se ha empleado el MICROPIC-TRAINER [6], que consiste en una tarjeta en la que se inserta para su programación el microcontrolador, y el software PICME\_TR, ambos de Microsystem Engineering.

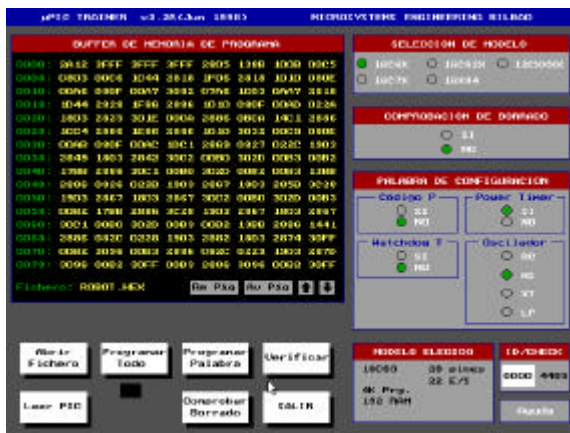


Figura 4: Entorno de programación PICME\_TR

En cuanto al programa para la transferencia de datos, éste se ha realizado en el lenguaje PASCAL, lenguaje de amplio uso en el entorno universitario.

### 3.3 PROGRAMAS CREADOS

El programa de control del microbot consta de varias subrutinas. Las más importantes se comentarán a continuación:

- Rutina de inicio: es lo primero que se ejecuta cuando se conecta el robot. Como resultado, se inicializa la memoria de datos de la RAM y se configuran los puertos de entrada o salida, según convenga. Además, se fijan algunos valores como la velocidad izquierda y derecha, la anchura de la señal PWM,...
- Rutina “Poslat” o de posicionamiento lateral: se ejecuta a continuación de la rutina de inicio y permite que el robot se alinee con la pared junto a la que se coloca (a su izquierda). Para ello, se comparan los ecos recibidos por los transmisores ultrasónicos situados en la parte lateral izquierda del microbot, y se actúa adecuadamente sobre los motores de las ruedas motrices.
- Rutina “Seguimiento”: se encarga de que el microbot se desplace paralelo a la pared a una distancia de unos 15 cm. Para lograr esto, se compara la distancia a la pared con el valor fijado y se actúa reduciendo o aumentando la velocidad de alguna de las ruedas motrices. Además, se debe comprobar que no hay ningún obstáculo delante a una distancia menor de 15 cm. gracias al ultrasonido delantero. Si esto ocurre, el robot debe detenerse y girar 90° a la

derecha, prosiguiendo su camino. También se debe comprobar que la pared a la izquierda del robot se mantiene, de tal forma que si ésta desaparece, no se recibirían ecos en los ultrasonidos laterales. En este caso, el robot debe detenerse y girar a la izquierda 90°, continuando su camino. Cada vez que hay un cambio en la trayectoria, se ejecuta la rutina “Poslat” y se graban los datos de los encoders y del giro efectuado. Para comprobar si el robot ha cerrado el contorno, se contabilizan los giros realizados: suma 1 cada giro a la derecha y resta 1 cada giro a la izquierda. Cuando el número de giros llega a 3, el robot se detiene.

- Rutina “Transferir”: una vez que el robot se detiene y ha cerrado el contorno, se ejecuta esta rutina de modo que los datos almacenados pueden ser transferidos al PC. Para esto es necesario que el robot esté conectado al PC, en el que se estará ejecutando el programa de transmisión de datos, y además deberá accionarse el pulsador de TRANSFERIR situado en el robot.

El programa para la transferencia de datos y análisis de trayectoria genera un fichero DXF a partir de los datos de desplazamientos y giros tomados por el robot.



Figura 5: Programa para la transferencia de datos

Este programa tiene tres opciones:

- Asignar nombre al archivo: sirve para seleccionar la ruta y el nombre del archivo en el que se almacenarán los datos que provienen del robot.
- Recibir datos del robot: se reciben los datos y se guardan en el fichero creado con la extensión DXF.
- Salir: para salir del programa.

## 4 RESULTADOS

Se van a mostrar a continuación los resultados de una de las pruebas realizadas. Se coloca el microbot en un recinto como el de la figura 6 (en la zona sombreada), cuyas distancias son bien conocidas, aunque no se muestren aquí:

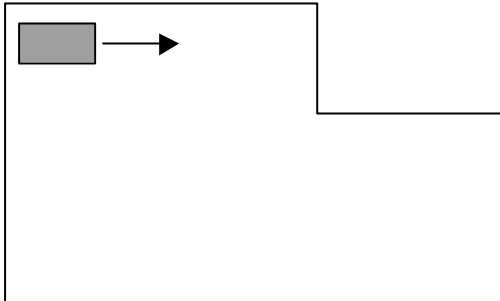


Figura 6: Recinto de prueba

El fichero DXF abierto con Autocad 14 presenta el aspecto de la figura 7:

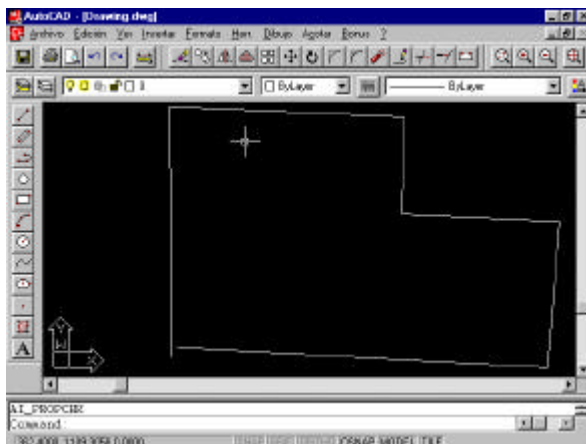


Figura 7: Contorno obtenido por el microbot

Se puede apreciar como la concordancia con el recinto real es bastante buena, sobre todo en cuanto a las longitudes de los lados del contorno (al acotar estos lados, las distancias obtenidas se aproximaban con gran exactitud a las reales recorridas por el microbot). No obstante, la mayor discordancia se obtiene en los ángulos, probablemente debido al deslizamiento que sufre el robot en los giros, el cual puede falsear el ángulo girado medido teniendo en cuenta la diferencia en los giros de las ruedas motrices.

## 6 CONCLUSIONES

Para finalizar, se hará una reflexión sobre las posibilidades del robot, sus limitaciones y sus posibles mejoras. Primeramente, cabe señalar que el resultado obtenido teniendo en cuenta los recursos

con los que se ha contado es ampliamente satisfactorio. El coste de todos los elementos ha sido reducido y quizá dotar al robot de más funcionalidad lo encarecería al tener que incorporar otros sistemas más sofisticados. Con todo, la medida en los ángulos de giro parece mejorable sin más que atender a las señales de los ultrasonidos en vez de a las proporcionadas por los encoders. También es de remarcar que el diseño y construcción la placa donde se sitúan los componentes así como la electrónica asociada han sido realizados "a mano" siendo necesario realizar minuciosos ajustes hasta conseguir un buen funcionamiento de todos los elementos.

### Referencias

- [1] Angulo Usategui, J.M., (2000) "Microbótica" Paraninfo, España.
- [2] Angulo Usategui, J.M., (1997) "Microcontroladores PIC. Diseño práctico de aplicaciones" McGraw-Hill.
- [3] Salichs, M. A. y Halme, A., (2000) "Intelligent Autonomous Vehicles I, II" IFAC.
- [4] Wellesley y Peters., (1999) "Mobile robots: inspiration to implementation", Massachusetts.
- [5] \_\_, "Microchip Developer's Toolbox", (1999) Microchip Technology Inc.
- [6] \_\_, "MicroPIC Trainer. Manual de usuario" (1999) Microsystem Engineering.