

# CIT-BOT

Eric Mangado Gallois [e\\_mangado\\_g@hotmail.com](mailto:e_mangado_g@hotmail.com)

Juan José Ramírez Escribano [jjramirez@jazzfree.com](mailto:jjramirez@jazzfree.com)

Raúl Lapeira Herrero [r\\_lapeira@hotmail.com](mailto:r_lapeira@hotmail.com)

Carlos Soria Martínez [csoria@mfom.es](mailto:csoria@mfom.es)

Universidad Pontificia de Salamanca en Madrid (UPSAM)

Centro de Investigaciones tecnológicas (CIT-UPSAM)

## Resumen

El robot al que se refiere esta documentación se denomina CIT-BOT, y se presenta a la prueba de rastreadores para la competición Alcabot 2002. CIT-BOT presenta una serie de características que lo diferencian de muchos otros, su reducido coste, la programación del único microcontrolador que lo dirige “In-circuit” y su reducido peso entre muchas otras que a continuación se detallan.

## 1. Introducción

El robot se diseñó de acuerdo con las pautas básicas de la construcción de microrobots, peso reducido, algoritmo simple pero eficiente. Además se establecieron otras bases de diseño propias de la prueba a que se le iba a someter, por ejemplo punto de gravedad bajo, para evitar el “cabeceo” en las curvas.

El objetivo fundamental de este proyecto es diseñar un robot barato, y didáctico desde el punto de vista académico. En un futuro se presenta la posibilidad de desarrollar un curso de robótica en la Universidad Pontificia de Salamanca en Madrid, empleando la placa de circuito impreso que controla el CIT-BOT como herramienta didáctica.

Las posibilidades de victoria en la prueba de rastreadores con un robot de estas características, si bien no son reducidas, tampoco son elevadas. Se emplean motores estándar, sensores de coste ínfimo y un solo microcontrolador pero combinados con un algoritmo muy riguroso y apropiado para la prueba.



## 2. Plataforma mecánica usada

Estructura de dimensiones reducidas, con carcasa circular y fabricada “in situ” en policloruro de vinilo (PVC).

Las ruedas también están fabricadas en PVC, resistente, ligero y fácilmente manipulable.

4 pilas de 1.5 voltios, conectadas en serie, situadas en la parte inferior del robot para reducir la oscilación del robot en las curvas.

## 3. Arquitectura hardware

El robot esta formado por los siguientes componentes:

- 1 Microcontrolador 16f84
- 2 Motores FUTABA S3003 modificados para giro completo.
- 6 Sensores CNY70
- 1 Circuito integrado con disparadores SMITH
- 1 Circuito integrado L293D.
- 1 Placa de circuito impreso.

Para la etapa de potencia hemos utilizado un LM293D que es un integrado de potencia para excitar los motores. Con ello ganamos 2 ventajas. La primera de ellas es la alimentación externa para los motores y la segunda la etapa de motores propiamente dicha. Este circuito en bastante simple, tiene 3 entradas de control, la primera es la inhibidora que activa o desactiva la corriente al motor. La segunda es la patilla que activa el giro hacia la derecha, si esta a uno la otra tiene que esta a 0, así se puede producir el giro. Para producir un giro hacia la izquierda debemos excitar la otra patilla a uno, así tendremos un 0 en la patilla 2 y un 1 en la tercera patilla. Así que pusimos una Trigger – Smith como negadora. Conseguimos así controlar el motor con 2 patillas, la primera es la inhibidora de corriente y la otra la de giro.

Efecto similar se podría conseguir con diodos 7004, sin embargo la solución del integrado se adopto debido a las facilidades que proporcionaba (asilamiento del control de motores entre otras).

Los disparadores SMITH permiten trabajar con señales analógicas al convertir pulsos de tensión variable en 0's y 1's lógicos (es decir en 0 volt y 5 volt respectivamente). Se emplean

Los sensores están dispuestos justo a ras de suelo, y en el eje del giro del robot para conseguir el mayor ajuste sobre la línea de rastreo.

Utilizamos 6 sensores CNY 70. Como este sensor no es digital hay que polarizarlo para poder excitar una disparador Smith y así poder tener la salida en digital. Esto se consigue polarizando el CNY 70 con una resistencia de 47K en el lado de la señal y 220 ohm en el otro lado. Cuando llega una variación de señal producido por el CNY70 ( Flanco de subida ) la trigger-Smith pone un 0 o un 1 dependiendo de que estado estuvo anteriormente. Con este circuito tan simple podemos conectarlo directamente al PIC

La placa de circuito impreso es relativamente simple, todas las pistas discurren por una cara, excepto cuatro enlaces que discurren por la cara opuesta.

El pic tiene conectado la etapa de motores al puerto A y la etapa de sensores al puerto B. El funcionamiento es bastante simple, el pic se limita a leer los sensores del puerto B y dependiendo de estos actuara en la etapa de motores conectado al puerto A.

Además debemos señalar una característica especial del circuito de funcionamiento del robot, permite la programación del microcontrolador "In-Circuit" es decir, en el propio circuito de trabajo. Esto lo convierte en una herramienta ideal para experimentación y practica, objetivo fundamental de este proyecto.

Para realizar la programación debemos tener instalado un programa que grabe PIC, en nuestro caso utilizamos el PIP-02. El funcionamiento del circuito es bastante simple. Para poder programar cualquier PIC debemos decirle al PIC que pase a modo de Programación, este modo se consigue aplicando un rango de 12 a 15V en el MCR/VPP (es decir la patilla de reset). En nuestro caso esta tensión la tomaremos de la salida de la puerto serie. Para programar el PIC lo haremos a través de las patillas RB6 ( para datos) y RB7 (para el reloj). Cuando pasamos de al modo de programación el PIC pone a alta impedancia todas las patillas del puerto A y B a excepción el RB7 y RB6. También corta las patillas del reloj, patillas ACK1 y ACK2. Cuando aplicamos la tensión necesaria para pasar el modo normal al modo programación (12 a 15 V) la señal de reloj que utiliza para ir grabando es la proporcionada por el puerto serie, que puede ser distinta a la del ordenador.

#### 4. Software y estrategias de control

Para el control del robot se emplean seis sensores de entrada que proporcionan información para controlar los dos motores.

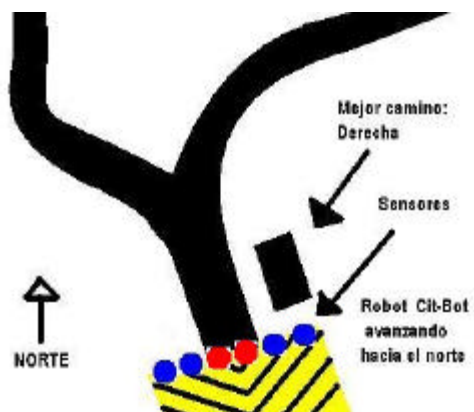
Los seis sensores se estructuran de la siguiente manera:

2 sensores identifican las marcas de "mejor camino a seguir" a ambos lados de la línea.

2 sensores se mantienen alineados con la parte derecha del camino negro

2 sensores se mantienen alineados con la parte izquierda del camino negro.

En el siguiente grafico se muestra la disposición de sensores en el robot (en realidad los sensores están mas cerca del eje de giro del robot pero en el esquema se muestran en la parte frontal para mayor claridad del mismo).



#### Algoritmo:

- >1. Detectamos marca a la derecha (sensor6)
- >2. Esperamos hasta que el sensor izquierdo (sensor1) haya PASADO la línea negra para volver a mirar si hay nuevas marcas (que indicarían otra bifurcación distinta).

#### Implementación del Algoritmo por polling:

El algoritmo se puede implementar de dos maneras, mediante empleo de interrupciones y mediante polling (sondeo).

La espera activa obliga a consultar el sensor periódicamente y codificar un autómata de tres estados:

- Estado1: Sensor1 no a llegado a tocar la línea negra.
- Estado2: Sensor1 esta sobre la línea negra
- Estado3: Sensor1 ya no esta sobre línea negra (ha pasado dicha línea negra).

El código de esta solución se adjunta a continuación.

#### Implementación del Algoritmo por interrupciones:

La parte mas difícil de esta versión del programa es programar las interrupciones por cambio de estado que tiene el pic.

La parte del sigue líneas se hará por sondeo y la parte de detección de las líneas de indicación se hará por interrupciones.

Inicialmente tenemos una variable global que nos indica por que borde debemos seguir supongamos que el 0 nos indica el borde izquierdo. Seguiremos la línea con esos dos sensores, si detectamos Blanco – Blanco deberemos rectificar el rumbo hacia la derecha y si detectamos Negro Negro habrá que rectificar nuestro rumbo hacia la

izquierda. Al detectar Negro- Blanco o Blanco-Negro seguiremos hacia delante.

En el momento que detectemos una línea de indicación , el PIC atenderá inmediatamente al INT. Y cambiara la variable global, dependiendo si es izquierda (un 1) o derecha (un 0). Inhibiremos las interrupciones hasta que el sensor contrario del que ha detectado la indicación, pase de Negro a Blanco. Si no pusimos esta medida de control, al detectar la bifurcación el robot podría cambiar de sentido.

Implantación del algoritmo con 2 sensores

;Sigue Lineas a 2 sensores

```

PORTB EQU 6
TRISB EQU 86H
PORTA EQU 5
TRISA EQU 85H
OPTREG EQU 81H
STATUS EQU 3
RP0 EQU 5
Z EQU 2

        CLRF PORTB
;Pongo a 0 el puerto B. Apago el led
        BSF STATUS,RP0
;Paso a estado de control del PIC
        CLRF TRISA
;Pongo a estado de Salida todas las
patillas del puerto A
        MOVLW 11H
        MOVWF TRISB
;Configuro el puerto B RB4 y RB0 de
entrada
        BCF STATUS,RP0
;Paso al estado normal del PIC

BUCLE BTFSF PORTB,4 ;Si
RB4 no se ha activado salta
        GOTO NN
        BTFSF PORTB,4
        GOTO BB

NN BTFSF PORTB,0
;Verifica si RB0 esta activado
        GOTO AVANZA
        GOTO IZQ

BB BTFSF PORTB,0
        GOTO AVANZA
        GOTO DCH

AVANZA MOVLW 03h
;Avance del motor RA0 y RA1 a 11
        MOVWF PORTA
        GOTO FIN

IZQ MOVLW 0Bh ;Gira a la
izquierda RA1 a 1 y RA0 a 0
        MOVWF PORTA
        MOVLW 20H
        MOVWF PORTB
        GOTO FIN

```

```

DCH MOVLW 07h
;Gira a la derecha RA1 a 0 y RA0 a 1
        MOVWF PORTA
        MOVLW 20H
        MOVWF PORTB

FIN GOTO BUCLE
        END

```

## 5. Características físicas y eléctricas más relevantes

Dimensiones	18 x 18 x 12 cm
Peso	494 gr.
Estructura	Policloruro de Vinilo (PVC)

## 6. Conclusiones

Después de un año de participación en Alcabot (dos miembros del equipo asistieron a Alcabot 2001), la experiencia adquirida se aprecia sobremanera en el diseño de nuevos prototipos.

Al plantear nuevos diseños, se solventan unos problemas y se presentan otros muchos. Sin embargo ciertos aspectos siempre se presentan de nuevo, el principal de ellos, la teoría es simple, sin embargo la aplicación práctica está plagada de incertidumbres.

Una de las lecciones aprendidas es que, en una competición de velocidad como es la prueba de Rastreadores, los robots deben tener un centro de gravedad bajo, la programación "In-circuit" del microcontrolador puede resultar muy beneficiosa en la fase de pruebas. Y desde luego que con un buen algoritmo, y un presupuesto muy reducido, se pueden tener resultados excelentes.

## 7. Agradecimientos

Agradecimientos muy especiales a Andrés Prieto-Moreno Torres y a Juan González Gómez fundadores de Microbótica y colaboradores activos en este proyecto.

## 8. Referencias

Documentación técnica del 16F84 elaborado por Microchip  
Manual de referencia del 18F84 elaborado por Microchip  
(<http://www.microchip.com>)