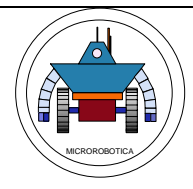




Madrid-bot



Robot KIO2: UnLusted

Rodrigues – Avial Gil, Javier

javieravial@yahoo.es

IES Julio Verne

Resumen

Este robot ha sido diseñado para la prueba de rastreador. El nombre de KIO2 surgió por los problemas del punto gravitatorio que provocaban el vuelco en las curvas hasta que las Torres Kio de Madrid sugirieron la solución. Su estructura es metálica, Mecano, para el sencillo acoplo de las placas PCB y los servomotores así como para el GP2D12, sensor de distancia. Su alimentación es de 9V por una batería de Li-Ion situada en la parte superior facilitado en su medida los giros. Ha sido diseñado, montado y regulado exclusivamente en el IES Julio Verne en el Ciclo de Desarrollo de Productos Electrónicos. El resultado final ha sido un robot compacto, ágil y robusto (Fig. 1).

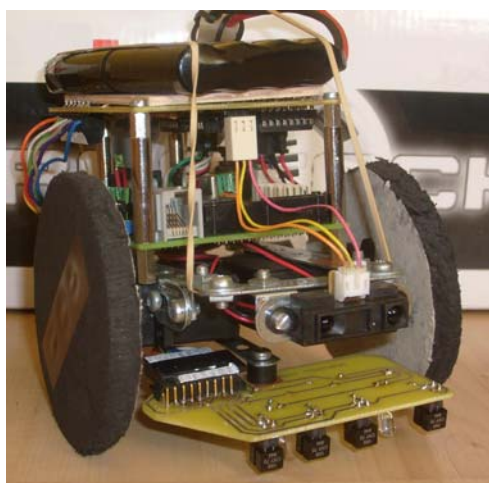


Fig. 1. KIO2.

1. Introducción

La principal motivación por la que surgió la idea de diseñar y montar un robot sigue líneas fue la participación en un concurso en el que más estudiantes de la comunidad de Madrid dedicados a la electrónica expusieran sus creaciones e intercambiaran ideas entorno a nuevos proyectos y diseños. Para la

realización de mi proyecto fue necesario conocer los robots de los concursos anteriores, coger ideas y localizar los puntos donde mayores problemas encontraban los robots.

A continuación se mostrará el proceso de construcción del robot, los circuitos creados, la información que se ha necesitado a lo largo del proceso y los momentos más importantes del desarrollo.

2. Estructura mecánica del robot

En un principio se buscó usar una estructura para el fácil acople de las diferentes partes como las placas PCB, los servomotores y los diferentes sensores, que resistiera golpes y fuera fácilmente montado o desmontado en el caso de que hubiera que cambiar algún componente, por todo ello se llegó a la mejor opción entre muchas, el Mecano. Piezas metálicas agujereadas y con tornillos de diferentes tamaños, en la mayoría coincidían con los orificios de placas y los servomotores, lo que facilitó su montaje. Tiene una anchura de 11 cm, altura de 11,5 cm y de fondo 17 cm (Fig. 2).

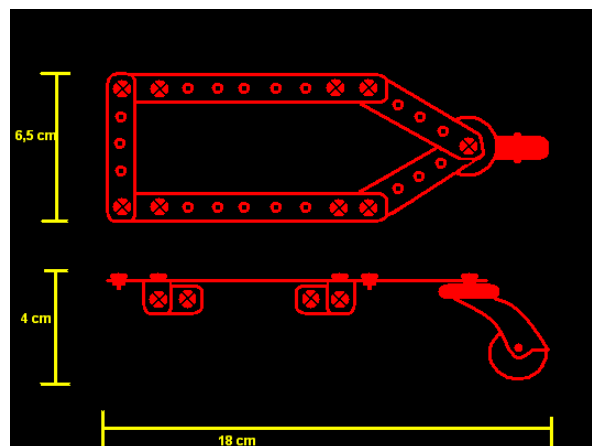


Fig. 2. Medidas de estructura.

Las ruedas motoras son de un material semirrígido y esponjoso, muy adherente a todas las superficies,

incluso el cristal, encontrado en las tapas de un libro de fotografías del Paris-Dakar. Con una fresadora se hizo la forma esférica en el material, con un diámetro de 8 cm, suficiente para adecuar la velocidad máxima de los servo al giro de las ruedas. El tercer apoyo del robot es una rueda loca que fue fácilmente insertada en la estructura y facilita los giros.

3. Sensores utilizados

Se han utilizados dos tipos diferentes de sensores:

- Los sensores detectores de la línea del recorrido y sus desviaciones con los CNY70 [1]. Estos sensores proporcionan una señal analógica que posteriormente debe ser tratada con los Trigger Schmitt[2], la señal inicial debe calibrarse con resistencias para tener valores máximos y mínimos en blanco y negro y así poder hacer un seguimiento de la línea. Estos sensores emiten un haz de luz infrarroja que en función de la superficie en la que inciden reflejan mayor o menor cantidad de luz, que es captada por un foto transistor incorporado también en dicho sensor (Fig. 3). Se han añadido unos LED's de luz blanca para evitar ruido lumínico y poder aumentar la distancia de los sensores con el suelo.

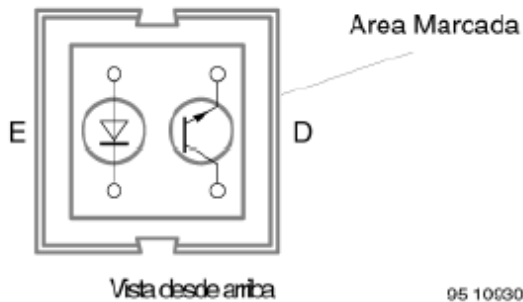


Fig. 3. Sensor CNY70.

- El sensor de distancia GP2D12 [3]. Se ha usado para que el microbot se detenga cuando un obstáculo se sitúe delante de él a una distancia de 8 cm. Este sensor detecta objetos que se encuentran a menos de 18 cm desde su base, para ajustar a la distancia que se desea que el microbot se pare, en este caso serán 8 cm, para ello se ha usado un amplificador operacional LM358N[4] y las resistencias previamente calculadas. Este sensor emite luz infrarroja, cuando es reflejada por cualquier objeto no traslúcido el fototransistor y otros componentes internos (Fig. 4) emiten una señal analógica posteriormente tratada por un Trigger Schmitt[2].

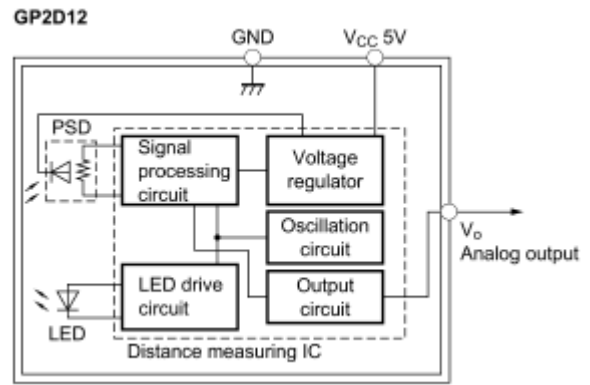


Fig. 4. Sensor GP2D12.

4. Servomotores utilizados

Para la tracción del microbot se han usado servomotores Futaba S3003, alimentados a una tensión de Vdd, la suministrada directamente por la batería. Estos servos consumen poca corriente, vienen provistos de engranajes para aumentar su fuerza y las ruedas son fácilmente acopladas a su eje. Para el control de potencia se usa el integrado L272 [5] compuesto por dos amplificadores operacionales que actúan como buffers, aislando el PIC de posibles sobretensiones.

5. Bloques electrónicos

A continuación se muestran los diseños de los circuitos y placas PCB usados en el microbot. Se explicarán los bloques electrónicos por separado: de control, de potencia, detección y procesamiento de datos. Se han diseñado un total de dos placas; la que ocupan los circuitos integrados para control de datos procedentes de sensores y para control de motores, y la que ocupan los sensores CNY70[1] que envían la información recogida sin procesar a la placa superior. Las siguientes dos imágenes (Fig. 5 y Fig. 6) corresponden a los esquemas electrónicos de detección de línea mediante los CNY70[1] y la conversión de la señal analógica en digital mediante el Trigger Schmitt [2] cuya información es enviada a través de un flash cable de 5 vías y recogida por el PIC 16F877A[6].

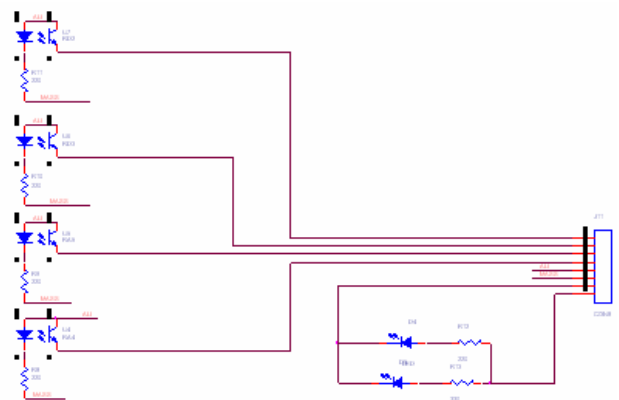


Fig. 5. Detección de línea mediante los CNY70

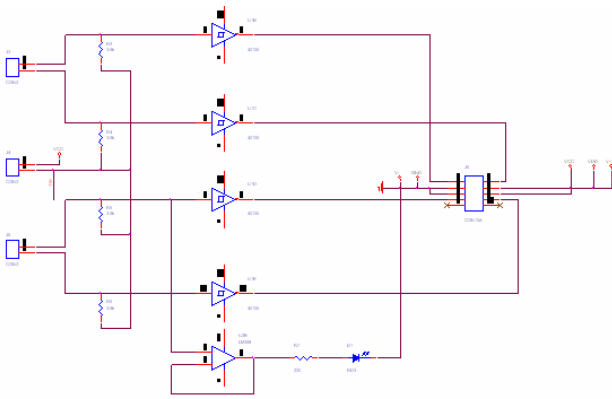


Fig. 5. Convertidor de señal analógica en digital

Para el control de potencia de los servomotores se ha utilizado el esquema electrónico de la Figura 6. Se compone del integrado L272 [5] actuando como buffers y como ya se explicó anteriormente, aísla este circuito con los demás. Para obtener una mayor velocidad en los motores son alimentados directamente por la batería y para evitar realimentación se colocan dos diodos en inversa.

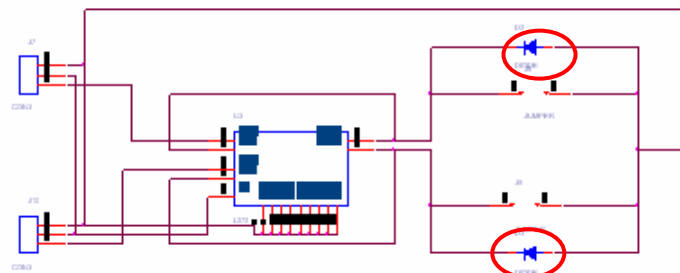


Fig. 6. Control de potencia con L272

El esquema usado para el sensor detector de distancia es el de la Figura 7. En él se puede ver un amplificador operacional, LM358N[4], actuando como comparador y el convertidor de señal analógica en digital, Trigger Schmitt [2], cuya salida se envía directamente al PIC 16F877A[6]. En esta comparación de valores de voltaje se ha medido el valor en tensión que ofrece el sensor GP2D12 [3] a una distancia del objeto de 8 cm, se compara con la tensión de la línea negativa del operacional dando valores máximos o mínimos cuando el objeto está a menos de 8 cm o a más de 8,05 cm, respectivamente.

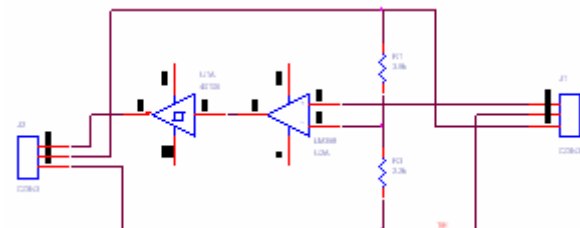


Fig. 7. Detección de distancia de objeto.

El control de los datos se realiza por el PIC 16F877A[6] del cual se utiliza una pequeña parte de su amplio abanico de posibilidades. Se ha usado este microcontrolador principalmente por el conocimiento que ya se tenía de él y por las posibilidades de usarlo en otros proyectos. Se puede programar on-board lo

cual facilita la mejora de su funcionamiento reprogramando el microbot en el momento. Su función es procesar los datos que le llegan de los sensores y tomar una decisión para el movimiento de los motores. A continuación se muestran los diseños de las placas PCB, la colocación de los componentes y el rutado de las vías:

Figura 8: en esta placa se encuentra el circuito del convertidor A/D de la señal de los sensores, el control de potencia de los servomotores y el circuito de detección de distancia al objeto.

Figuras 9 y 10: rutado de las vías en la placa PCB.

Figura 11: en esta placa se encuentra del circuito de los sensores de detección de línea, componentes que los acompañan como las resistencias y los LED's de luz blanca y su posición física en la placa.

Figura 12: rutado de las vías en la placa PCB.

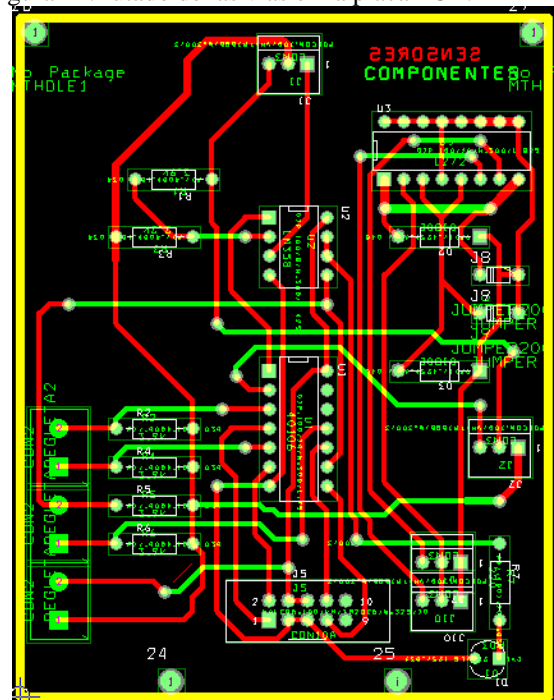


Fig. 8. Diseño general de circuitos integrados

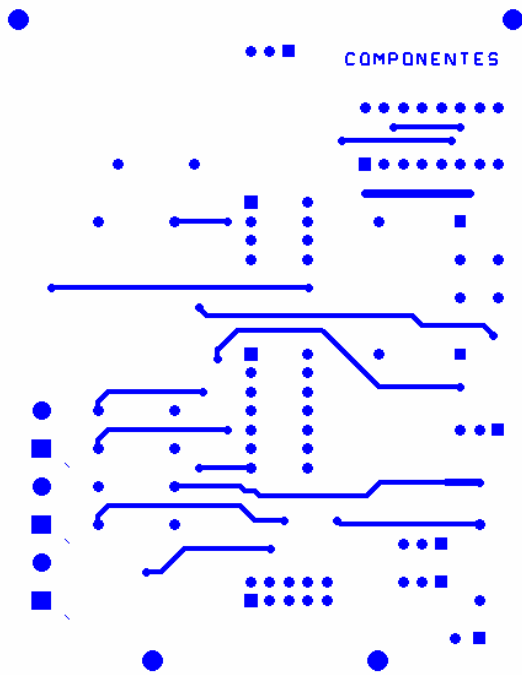


Fig. 9. Cara superior de rutado

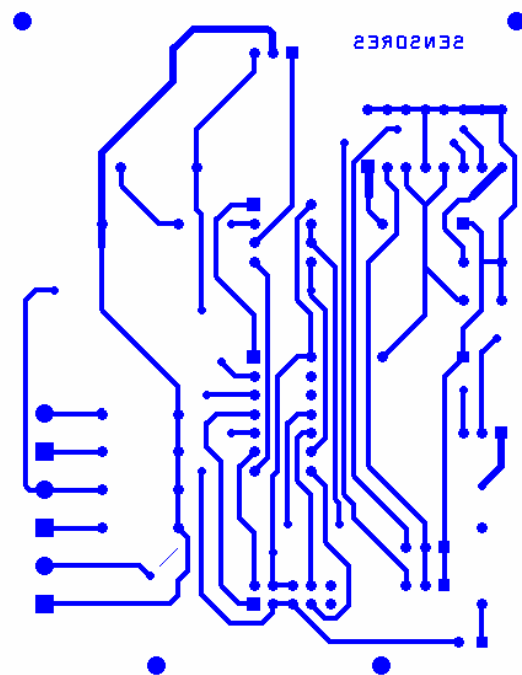


Fig. 10. Cara inferior de rutado

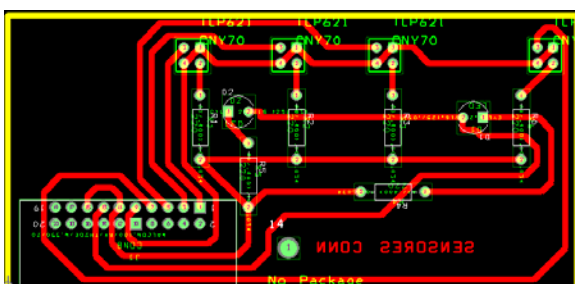


Fig. 11. Diseño general de sensores de línea

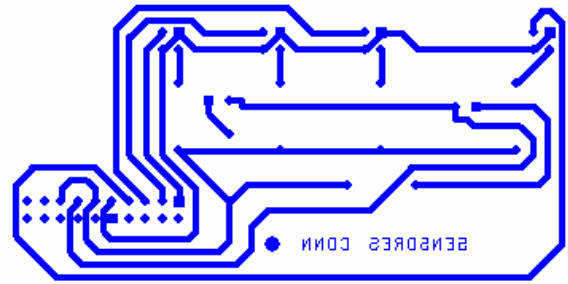


Fig. 12. Cara inferior de rutado

6. Alimentación del Microbot

La mayoría de los componentes y circuitos integrados de los que se compone este microbot funcionan a una tensión de 5 V pero al tener una batería de Li-Ion de 9 V es necesario hacer la regulación de tensión. Esto se lleva a cabo por el LM7805 [7] y dos condensadores electrolíticos, se puede visualizar en la Figura 8. Esta regulación es un proceso exotérmico por lo que hay que favorecer la disipación de calor mediante un radiador. Un problema muy común es las dimensiones y peso de la batería ya que hay que adecuar la estructura en función de sus dimensiones.

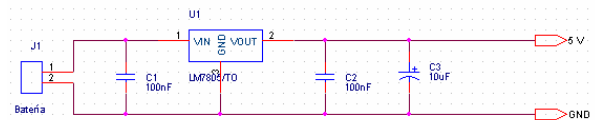


Fig. 13. Regulador de tensión.

7. Programación del PIC 16F877A

Para la prueba de rastreador en la que se ha registrado este microbot era necesario seguir una línea o circuito en la que existían bifurcaciones, para ello se ha acoplado una placa de tamaño reducido en la parte delantera del coche, esta placa contiene los 4 sensores necesarios para completar un circuito y los LED's de alta intensidad para mejorar su funcionamiento, los sensores están conectados como entrada a los puertos A y D, y los motores como salida en el puerto C. Para seguir la línea se usan tres sensores y para la selección de carril izquierdo uno, de modo que se hace el seguimiento de línea por borde izquierdo o derecho dependiendo de dónde se encuentre la bifurcación. En el caso de que existiera algún ángulo recto en el circuito se ha procedido a hacer un apartado especial en el programa, el cual se explica a continuación. La estrategia utilizada se caracteriza por seguir uno de los dos bordes en lugar de seguir el centro de la línea, que puede ocasionar salidas de pista y confusiones en bifurcaciones. Desde su inicio se "lee" el borde derecho de la línea, en el caso de que existiera una bifurcación a la derecha no variaría su comportamiento, envía la señal correspondiente a los motores de girar a la derecha, pero en el momento que existe una bifurcación a la izquierda, detectada por el sensor más exterior de la izquierda, la estrategia cambia. Desde ese momento comienza a seguir el borde izquierdo de la línea, enviando la señal de girar a

la izquierda, durante un periodo de tres segundos tomando la desviación a la izquierda, tras ese periodo se comienza de nuevo, seguir el borde derecho hasta encontrar otra bifurcación.

Mientras todo el programa se ejecuta el sensor de detección de distancia al objeto, conectado al puerto A como entrada, testea continuamente su estado, y en el momento que detecta el objeto se detiene en seco bloqueando los dos motores.

El lenguaje usado ha sido ensamblador por su facilidad de uso y fácil comprensión, y el programa para llevarlo a cabo MPLAB [8]. Para cargar el programa al PIC se ha usado PIC Programmer. En la Figura 14 se muestra el programa.

```

1 LIST P=16F077A ; nombre del procesador.
2 INCLUDE <P16F077A.INC> ;definición de los operandos utilizados
3 #include <ds20>
4 Contador
5
6 endc
7 org 0x00
8 goto inicio
9 org 0x05
10
11 Inicio
12 bcf STATUS,RP0 ; Pone a 1 el bit RP0 del STATUS. Acceso al Banco 01.
13 bcf STATUS,RP1 ; Pone a 0 el bit RP1 del STATUS.
14 movlw 0x05 ; Configura pins como entradas digitales
15 movwf ADCON1
16 movlw b'111000'
17 movwf TRISA ; Las líneas del Puerto A se configuran como salidas con 0 salir del tria A
18 movlw b'00001110'
19 movwf TRISD ; PC1 y PC2 como salida para los motores
20 movlw b'00000000'
21 movwf TRISC ;Toma frecuencia interna P0 P1 P2
22 movlw b'00000111' ;Toma frecuencia interna P0 P1 P2
23 movwf OPTION_REG
24 bcf STATUS,RP0 ;Pone a 0 el bit RP0 de STATUS. Acceso al Banco 00.
25 bcf STATUS,RP1 ;Pone a 0 el bit RP1 de status.
26
27 Principal
28 btfsc PORTA,3 ;GP2D12
29 goto Paraz
30
31 Empieza
32 call borderecho
33 btfsc PORTA,4
34 call bordesda
35 goto Principal
36
37 Avanza ;avanza recto*****
38 movlw b'00000110'
39 movwf PORTC
40 return
41
42 Paraz ;STOP.
43 movlw b'00000000'
44 movwf PORTC
45 goto Principal
46
47 Idda ;gira izquierda
48 movlw b'00000100'
49 movwf PORTC
50 btfsc PORTC
51 return
52
53 Deba
54 movlw b'00000010'
55 movwf PORTC
56 goto retardo
57
58 borderecho ;*****
59 btfsc PORTA,2 ;derecho, si se 1 salta xq esta en negro
60 goto bienderecha
61 btfsc PORTA,3
62 movlw b'00000010' ;mueve motor izquierdo, va a derecha
63 movwf PORTC
64 movlw b'00000010'
65 movwf PORTC
66 goto borderecho
67
68 bienderecha
69 btfsc PORTA,3 ;Centro, si es 1 va a Avanza, esta en negro Blanco =0 Negro =1
70 goto Idda
71 call Avanza
72 return
73
74 bordesda ;INTERRUPCION DE SELECCION DE CARRIL IZQUIERDO
75 clrf TRBO ;limpiar tnr0
76 movlw 0x05 ;retardo en segundos
77 movwf Contador
78
79 bordesda_1
80 bcf INTCON,2 ;limpiar flag de tnr0if
81 btfsc PORTA,5 ;izquierdo, si es 1 salta
82 goto biensda
83 movlw b'00000100' ;mueve motor derecho, va a lida
84 movwf PORTC
85 goto bordesda_1
86
87 biensda
88 btfsc PORTA,3
89 goto Deba
90 call Avanza
91
92 retardo
93 btfsc INTCON,2 ;testear flag de tnr0if
94 goto bordesda_1
95 decfsz Contador,F ;skip if 0, decrementa contador
96 goto bordesda_1
97 bcf INTCON,2 ;limpiar flag de tnr0if
98 return
99
100 END

```

Fig. 14. Programa en ensamblador

Al cargar el programa en el PIC se debe hacer mediante el archivo Hexadecimal.

```

:020000040000FA
:020000000528D1
:06000A008316031306300B
:100010009F00383085000E308800003087000730A0
:10002000810083120313851D1C282520051A30200A
:10003000132806308700080000308700132804309A
:1000400087000800023087003C28081D2C28881DE6
:100050000230023087002528881D1F28192008003B
:1000600081011830A0000B11851E3928043087004B
:100070003328881D222819200B1D3328A00B332874
:040080000B11080058
:00000001FF

```

8. Características

Datos relevantes sobre tensiones de alimentación y otros datos.

Característica	Valor	Unidades
Tensión de batería	9	V
Corriente de batería	700	mA
Tensión de alimentación	5	V
Tensión de servomotores	9	V
Corriente de servomotores	300	mA

9. Problemas y soluciones

Los problemas surgidos a lo largo de su montaje y funcionamiento fueron menos de los esperados. Durante el montaje se tuvieron dudas sobre el material más conveniente a utilizar, su flexibilidad, el aislamiento al ruido, el peso añadido, la sencillez al adaptar las partes, etc. Finalmente se optó por usar una estructura metálica, Mecano, la cual había que aislar de las placas y componentes pero con gran diversidad de piezas y posibilidades de montaje y se amoldaba bastante a la idea principal que se tenía.

Otro problema que surge es donde colocar los sensores y en que sentido se iba a mover el coche ya que los dos están fuertemente relacionados. En un principio se optó por poner las ruedas motrices en la parte trasera y los sensores en la delantera junto al GP2D12 como se muestra en la Figura 15. Tras un periodo de pruebas se observó que era demasiado lento y en las curvas dificultaba el giro por lo que se tomó la segunda opción, situar las ruedas motrices delante y una rueda loca detrás, los sensores en la línea del eje de las ruedas motrices y el GP2D12 delante como se puede observar en la Figura 1.

La velocidad era adecuada para tener posibilidades en la prueba pero en las curvas era demasiado rápida y el coche volcaba por lo que se procedió a disminuir la altura y usar el peso de la batería para contrarrestar y hacer contrapeso.

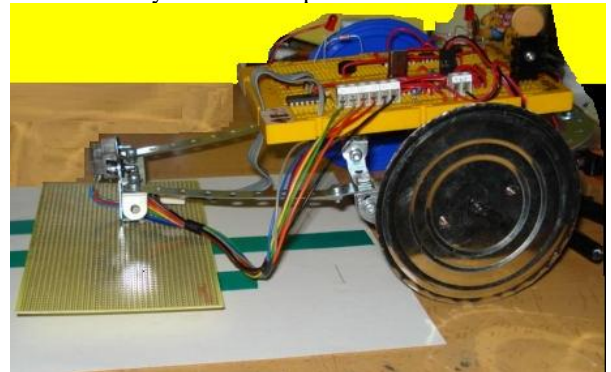


Fig. 15. Prototipo inicial

10. Conclusiones

Desde un principio el microbot cumplió el 70% de las expectativas que se tenían sobre él pero tras un largo proceso de investigación y desarrollo se ha conseguido una mejoría aplastante a lo que en un principio se había diseñado. El próximo reto es lograr un puesto de honor en el concurso y demostrar que siendo persistente y teniendo motivaciones se pueden conseguir muy buenos resultados.

11. Agradecimientos

El apoyo y dedicación del profesorado del Ciclo Formativo de Grado Superior de Desarrollo de Productos Electrónicos en el I.E.S. “Julio Verne” de Leganés fue de gran ayuda y agradecer todo su esfuerzo e implicación en el proyecto.

12. Referencias

- [1] [CNY70](#): sensor de reflectivo óptico. Información obtenida en el link.
- [2] [Trigger Schmitt CD40106BCN](#): convertidor A/D. Más información en el link.
- [3] [GP2D12](#): sensor de distancia. Información recogida en el link.
- [4] [LM358N](#): amplificador operacional. Más información en el link.
- [5] [L272](#): amplificador operacional de potencia. Información recopilada en el link.
- [6] [PIC 16F877A](#): Microcontrolador usado para la programación y control de datos. Toda la información se extrajo del link.
- [7] [LM7805](#): regulador positivo de voltaje.
- [8] El programa MPLAB se ha conseguido en la página de [Microchip](#).

Páginas de interés

- [1] Página principal de Madrid-bot 2009
<http://www.madridbot.org/>
- [2] Página Web de compra de componentes
<http://es.rs-online.com/web/>