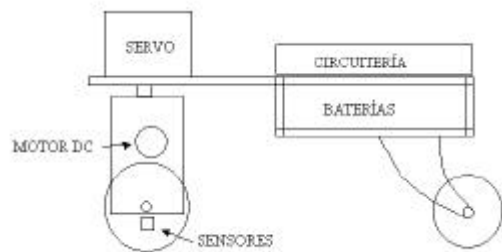


# ALCABOT'2002 JUDAS

Burra Fernández, Enrique  
[kike@vladis.net](mailto:kike@vladis.net)  
Martín Ildefonso, Roberto  
[rober43@yahoo.es](mailto:rober43@yahoo.es)  
Sánchez Olivares, Eduardo  
[eduardo\\_sanchez\\_olivares@hotmail.com](mailto:eduardo_sanchez_olivares@hotmail.com)

Nos decidimos por la segunda opción.

El boceto general del microrobot:



Especificaciones del concurso:

## MICRO-ROBOT JUDAS

### 1. INTRODUCCION

Judas es un micro-robot, cuya función es seguir una línea negra continua sobre fondo blanco y responder eligiendo el camino correcto ante bifurcaciones, para participar en el concurso de micro-robots Alcabot de la Escuela Politécnica de la Universidad de Alcalá de Henares.

Este microrobot está construido sobre una plataforma física hecha de madera, con un motor de continua para moverlo, un servomotor de propósito general para controlar la dirección y una serie de sensores de infrarrojos con los que se pretende detectar las líneas negras sobre el fondo blanco, todo ello está dirigido y gestionado con un microcontrolador.

Este microcontrolador leerá las entradas proporcionadas por los sensores y, siguiendo un algoritmo previamente diseñado sobre el servomotor de dirección dando una respuesta en función de la tabla de verdad de la asociación de sensores.

Otra decisión que tomamos fue elegir qué motores debían ser los que integrara Judas.

Dudamos entre dos ideas: Dos motores de continua controlados con sendos puentes en 'H' o utilizar un solo motor de continua para impulsar el robot y un servo-motor (motor de posición) para la dirección.

### Normativa para la modalidad de "Rastreadores" V.2.1

#### Artículo 2. Objetivo de la modalidad "Rastreadores"

Esta prueba valorará la habilidad de un Robot para recorrer un camino sinuoso, previamente establecido, en el menor tiempo posible. Se valorará, por lo tanto, dos aspectos importantes: capacidad de detección y seguimiento del camino y rapidez con que se ejecutan las maniobras.

#### Artículo 3. Tipo de Robots móviles que pueden participar

Los Robots no podrán tener unas dimensiones máximas de 20 cm de ancho y 30 cm de largo, siendo libres la altura y peso que puedan tener. En cualquier caso deben ser completamente autónomos, es decir, no podrán disponer de ningún tipo de conexión o comunicación con el exterior, ni se podrá operar directamente sobre ellos una vez comenzada la prueba.

#### Artículo 4. Desarrollo de las pruebas

Las pruebas consistirán en una carrera individual en la que el Robot recorrerá el camino trazado. Como se será posteriormente, se valorará el tiempo total empleado en el recorrido, penalizando posibles pérdidas de la pista. Esta consistirá en una superficie clara con una línea oscura (con diferencia de reflectividad mínima entre ellas de 0,4) de 2x0,5 cm. de grosor, que constituirá el camino a seguir desde la salida hasta la meta. La pista podrá estar confeccionada, en todo o en parte, con material plástico.

La superficie de la pista podrá presentar irregularidades sin tener que ser perfectamente plana, y podrá estar iluminada con diferentes niveles de intensidad lumínica, desde muy oscura hasta sobreluminada. Las pruebas podrán celebrarse en entornos exteriores con luz solar.

El camino a recorrer puede presentar varias bifurcaciones y curvas como la organización considere oportuno. Los puntos de salida y meta serán únicos. En cualquier caso, entre 10 y 15 cm. antes de que aparezca una bifurcación, una línea oscura de 2x0,5 centímetros de grosor y 5x1 cm. de longitud, separada entre 1 y 2 centímetros de la trayectoria (quedará una zona clara entre marca y trayectoria de entre 1 y 2 cm.) y en el sentido de recorrido de la misma, indicará por cuál de los dos caminos de la bifurcación el Robot deberá seguir obligatoriamente: si está a la izquierda el camino a seguir es el de la izquierda y si está a la derecha el camino se tomará guiando a la derecha. El camino a seguir puede presentar curvas circulares de cualquier ángulo de giro. También pueden aparecer giros poligonales.

El Robot siempre debe seguir el camino a lo largo de la línea que define su trazado sin posibilidad de poder evitar o saltar una parte del mismo. En todo momento alguna parte del Robot deberá estar sobre la trayectoria; en caso contrario será disqualificado. En caso de seguir en una bifurcación por el camino contrario al indicado, será penalizado. Si un robot permanece parado durante un tiempo superior 10 segundos quedará eliminado.

Penalizaciones: cada vez que se tome una bifurcación por el camino no indicado se penalizará con 4 puntos, por cada 10 segundos o fracción de retroceso al alcanzar la llegada, respecto del tiempo de X minutos marcado por la organización para realizar el recorrido, se penalizará con 1 punto.

### 2. Plataforma mecánica usada

Para realizar el soporte del microrobot hemos construido una plataforma de diseño propio de madera de contrachapado, la cual es ligera y fácil de trabajar, usando cola blanca para el ensamblaje. En esta base debemos incluir un compartimento para acoplar las baterías. Este material era lo bastante resistente y ligero para nuestros propósitos. Primero construimos el soporte de acero pero resultaba demasiado pesada para que nuestro motor la pudiera mover.

Para que pudiera seguir la línea pensamos en varias formas de colocar las ruedas motrices, la dirección, los sensores..., y finalmente decidimos que el mayor inconveniente que tenía seguir una línea de esas

dimensiones eran las propias dimensiones del robot. Por tanto, decidimos reducir en tamaño mínimo todas las partes importantes (que iban a ser partes activas: el motor y los sensores) se concentrasen en una pequeña cabeza y que el resto fuera un cuerpo libre que la siguiese.

Siguiendo el patrón anterior construimos nuestro microrobot con la estructura de un triciclo con una rueda motriz delantera, y junto a ella los sensores.

Según esta idea tanto la dirección, como la tracción se encontrarán en la cabeza delantera y las ruedas posteriores únicamente sirven para soportar la base.

Las ruedas traseras son como las que tienen los carritos de la compra, compradas en una ferretería y pegadas con loctite a la base.

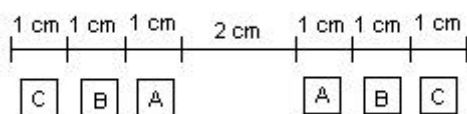
Para la rueda delantera tuvimos que realizar la carcasa con marquetaría y realizar una reductora para acoplar el motor. Esta rueda la sacamos del microrobot por fascículos que se vendía en los quioscos. Esta rueda nos vino fenomenal debido a que incorporaba también una serie de ruedas dentadas que usamos para hacer la reductora y acoplar el motor a la rueda.

### 3. Arquitectura hardware

Existen multitud de diseños que podríamos realizar para llevar a cabo a Judas, y multitud de decisiones a tomar pero, debido al conocimiento adquirido en nuestros estudios del microcontrolador 80C51, decidimos que fuera un micro de la misma familia (80C32) el que utilizaríamos como controlador de los diferentes dispositivos (motores y sensores).

La circuitería la realizaremos con wrapping y utilizaremos unos sensores de luz CNY70 cuyo montaje encontramos en una página web.

Otro punto que se nos hacía dudoso era el número de sensores a utilizar para que el robot 'viera' la línea en el suelo y pudiera localizar tanto las intersecciones como los ángulos cerrados. Para ello colocamos seis sensores, tres a cada lado de la rueda de dirección como aparece en la figura:



La utilidad de cada sensor será la siguiente:

- Sensores A: Sirven para seguir la línea sin salir de ella.
- Sensores B: Detectan los ángulos cerrados (Ej. las curvas de 90°).
- Sensores C: Detectan las intersecciones.

Pensamos también que sería más sencillo que en tiempo de ejecución el robot llevara una velocidad constante pero a su vez que pudiéramos modificarla, por tanto decidimos 'controlar' el motor con una señal PWM generada por hardware y controlada esta por el valor de 4 switches con lo que conseguimos 16 velocidades distintas.

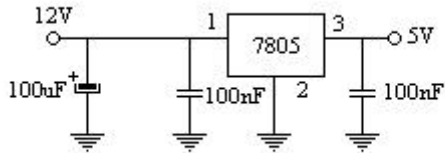
La alimentación del circuito y del motor de continua serán de baterías diferentes, ya que el consumo mayor es del motor, este llevará una batería exclusiva para él.

Con esto la lista de componentes necesarios sería la siguiente:

- Un microcontrolador 80C32.
- Una memoria EPROM 27C256.
- Un latch 74HC573 (necesario para mapear la memoria)
- 6 sensores de luz NY70
- Un cristal de cuarzo de 12 MHz.
- Un microswitch de 4.
- Condensadores varios.
- Resistencias varias.
- Cable plano de 14 líneas con conectores.
- Tres clemas.
- Puertas inversoras 4049.
- Puertas inversoras 74HC14.
- Un contador 4040.
- Un comparador 74HC85
- Dos 7805 (reguladores de tensión a 5 voltios)
- Un diodo de propósito general.
- Dos baterías de 9 voltios con sus conectores.
- Placa para montaje de circuitos con wrapping.
- Hilo de wrapping.
- Contrachapado.
- Cola blanca.
- Loctite.
- Ruedas.
- Un servo-motor estándar FUTABA S-3003.
- Un motor de continua.

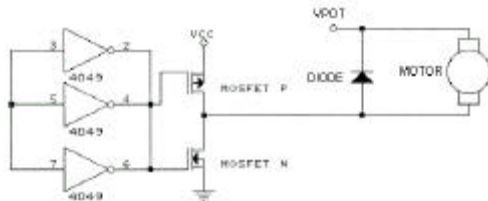
El circuito básico esta compuesto de un microcontrolador 80C32 con una memoria EPROM (27C256).

La alimentación de este circuito es por baterías por lo que necesitaremos un regulador de tensión (7805) para conseguir 5 voltios estables a partir de 9 (voltaje de nuestras baterías). El esquema que sigue este dispositivo es el siguiente:

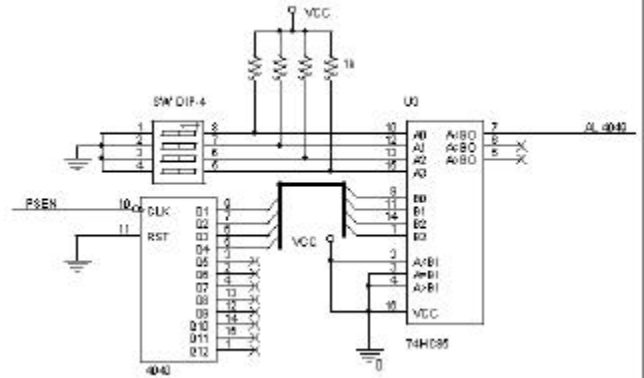


A este circuito se le han de acoplar otros necesarios para el correcto funcionamiento del robot:

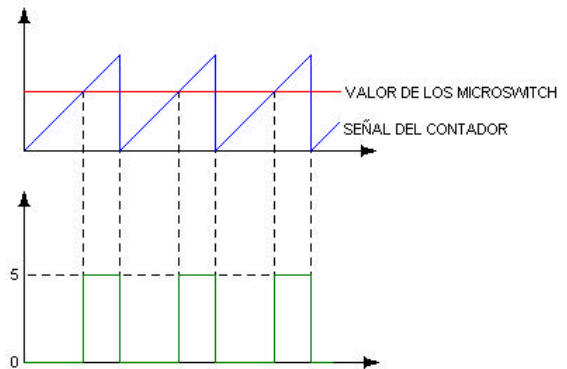
Circuitos como el control y la etapa de potencia del motor DC. La etapa de potencia no son mas que dos transistores MOSFET, el BUZ71 (MOSFET canal N) y un IRF3502 (MOSFET canal P), junto con unas puertas inversoras 4049 y un diodo de propósito general. El circuito de potencia será el siguiente:



La señal que entra a las puertas inversoras 4049 será una señal PWM generada por hardware y controlable por cuatro microswitch, lo que nos dará un número de 16 velocidades diferentes. El circuito generador de esta señal será el siguiente:



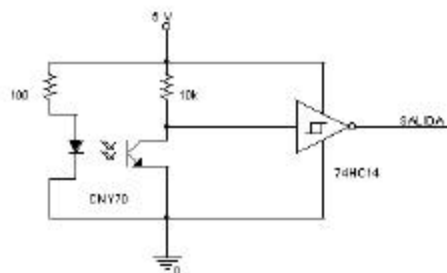
Con esto obtenemos que al 4049 le llega la siguiente señal:



Donde podemos ver que dependiendo del valor del tiempo en alto de la señal PWM depende del valor de los microswitch.

El servomotor (el estándar de Futaba S-3003) será controlado por una señal PWM generada por software, ya que este motor no requiere de circuitería adicional.

Para el circuito de los sensores que utilizamos, realizamos un montaje que conseguimos del fabricante y que es el siguiente:



Este circuito será implementado para cada sensor utilizado, en nuestro caso seis. Los

circuitos de los sensores irán en la cabeza del robot y se llevarán las salidas de los mismos por medio de un cable plano de 14 líneas al circuito principal.

#### 4. Software y estrategias de control

El software utilizado para implementar las rutinas de control ha sido el **Proview32**, el cual es un compilador de lenguaje C a ensamblador del 8051, con el cual implementamos, básicamente la siguiente tabla de verdad:

Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Acción
0	0	0	Nada
0	0	1	Girar izquierda
0	1	0	Error
0	1	1	Girar mucho a la izquierda
1	0	0	Marca de camino correcto a la izquierda
1	0	1	Marca de camino correcto y girar izq.
1	1	0	Marca de camino correcto a la izquierda
1	1	1	Error

Esta tabla es válida para los sensores de la parte izquierda. Para los de la derecha utilizaremos la misma tabla pero teniendo en cuenta la simetría.

Para cada acción habrá asociada una rutina

#### 5. Características físicas y eléctricas más relevantes

Las dimensiones de Judas son 25x15 y una altura de unos 8 centímetros.

El peso no es elevado ya que la base está hecha de madera que como ya hemos dicho es bastante ligera.

Las tensiones de alimentación se consiguen mediante dos pilas de 9V que con unos estabilizadores de tensión conseguimos sacar 5V de una pila para alimentar la placa principal y la otra pila está destinada para conseguir la tensión deseada para controlar la velocidad del motor.

#### 6. Conclusiones

Hemos conseguido, con todo lo anteriormente explicado, un micro-robot que siga una línea negra sobre fondo blanco.

Para esto hemos tenido que hacer tanto un estudio del microprocesador 8051 como de la programación en C destinada a controlar toda la circuitería. Así como el control de motores, y servo motores.

Esta ha sido la mayor dificultad, conseguir un programa que desde los impulsos que recibimos de los sensores controle el giro del servomotor.

#### 7. Agradecimientos

Rubén Mora  
Manuel Marchamado  
Alfonso Moya

Electrónica Alcalá  
Dpto. Eca. de la Escuela Politécnica de Alcalá  
Profesores, (Villadangos y Pastor)

#### Referencias

Desde buscadores de internet hemos conseguido las hojas características de nuestros integrados:

- [www.google.com](http://www.google.com)
- [www.depeca.alcala.es/alcabot](http://www.depeca.alcala.es/alcabot)

Como bibliografía hemos utilizado, entre otros, los siguientes libros:

- “El M-C 8051. Teoría y problemas”. Ed. Universidad de Alcalá.
- “Programación en C/C++”. Ed. RAMMA. Autor: Francisco Javier Ceballos.