

Rastreador ERIK ALCABOT´2002

Miguel Magán Corrochano (miguelmmc@terra.es)

José Antonio Morales Rodríguez (ja021175@terra.es)

0. Resumen

EriK es un robot rastreador diseñado para seguir una pista con curvas difíciles y ángulos rectos, implementando con controlador tipo P para realizar un control más sofisticado que un controlador todo-nada.

Miguel Magán es estudiante de 3º Ingeniería Técn. Telecomunicaciones Esp. Telemática en la UAH.

José Antonio Morales Rodríguez es estudiante de 5º de Ingeniería Electrónica. Anteriormente cursó Ingeniería Técn. Telecomunicaciones Esp. Sistemas Electrónicos en la UAH.

1. Introducción

Erik es un rastreador basado en una estructura de tracción diferencial [1]. El material utilizado para su construcción ha sido una plancha de metacrilato donde se han colocado 2 servos trucados Hitec en su parte trasera y una rueda loca en la delantera.

Consta de tres tarjetas colocadas en una disposición de torre en el centro de la plancha. La placa inferior es la de sensores; utiliza ocho sensores CNY70. La placa intermedia es la placa de control; el MCU utilizado es un 68HC11E1 en modo boot-strap. La placa superior es la etapa de potencia; se implementa un puente en H basado en el L293 y un regulador LM7805.

Las tres placas han sido diseñadas y construídas por nosotros, con el programa Eagle y hechas de forma casera con ácidos ...

El sistema se alimenta con una batería de 9.6V-650mAh de Nikko.

En la figura 2 se puede observar la disposición de los distintos elementos.

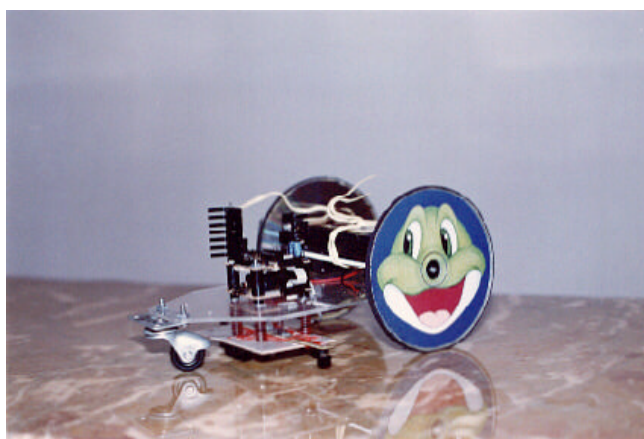


Fig 1. Erik

Los objetivos perseguidos con este rastreador es mejorar los algoritmos para obtener una buena relación control-velocidad.

2. Plataforma mecánica

La estructura de Erik está formada por una plancha de metacrilato transparente de 3mm de grosor. Se optó por esta solución, frente planchas de contrachapado o cartón endurecido, por ser un material económico, resistente y de fácil manipulación, que permite ser cortado y taladrado con gran comodidad. Es una buena oportunidad de comprobar el comportamiento de este material bajo los focos de la competición, aunque probablemente habrá que proteger los sensores.

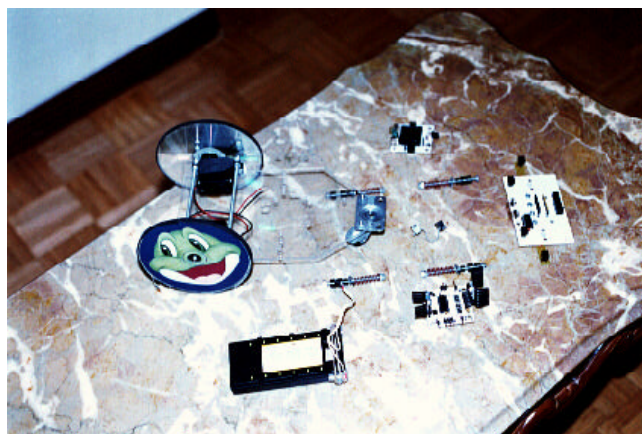


Fig 2. Despiece de Erik

El detalle de los distintos elementos se puede observar en la figura 2.

Los motores están colocados en la parte trasera del robot. Se han ensamblado a la plancha mediante escuadras de Meccano, y para ofrecer una mayor robustez, se han unido ambos motores por su parte superior mediante dos barras.

La velocidad de los dos motores no es la misma, pudiendose comprobar este hecho dejando a Erik sobre una superficie blanca.

Las ruedas son CD dobles recubiertos de una goma para ofrecer más adherencia al suelo. Es una rueda fácil de construir y lo suficientemente grande como para alcanzar grandes velocidades lineales con motores lentos. El material de contacto es la espuma de las alfombrillas de ratón. Este es un aspecto crítico en la construcción de todo robot, y un comportamiento positivo, permitirá la construcción sencilla de ruedas.

En la parte central del robot se ubican las placas en una disposición de torre y la batería. La placa inferior es la dedicada a los sensores y se encuentra situada por debajo a la plancha a ras del suelo. La placa de control está inmediatamente encima del metacrilato y la placa de potencia es la superior por llevar disipadores. Las placas están sujetas y alineadas mediante cuatro varillas

enroscadas. En la placa de sensores se ha puesto muelles, para asegurar que esta placa no va a vibrar y que se va poder regular la altura de una forma más sencilla que si se pusieran también topes. Los extremos de las varillas tienen tuercas.

En la parte delantera se ha colocado una rueda loca para ofrecer un tercer punto de apoyo. Hay que prestar atención al hecho de que esta rueda gire libremente 360° y que no deba soportar mucho peso, de ahí que la pila esté en el otro extremo del robot.

Para mejorar la estabilidad ante los cambios de dirección bruscos, el centro de gravedad del robot debe caer en el eje de simetría longitudinal.

Erik posee una estructura de triciclo con dos ruedas tractoras independientes y una pasiva. Posiblemente sea la estructura óptima para esta categoría, ya que se puede realizar un control sencillo ante trayectorias suaves y es capaz de girar ±90° sobre el punto medio del eje de los motores.

3. Arquitectura hardware

- Tarjeta de sensores. Consta de 8 sensores CNY70 [2] La característica más importante es que el CNY70 es un sensor de infrarrojos reflexivo con emisor y receptor en el mismo encapsulado. La distancia óptima de medida se encuentra dentro del rango 0-5mm, lo que obligará a que esta placa esté muy cerca del suelo.

El circuito eléctrico implementado se muestra en la figura 3 [3].

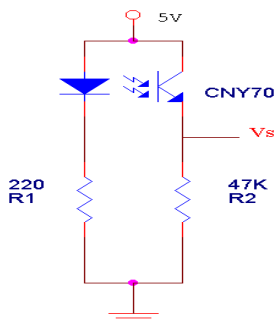


Fig 3. Circuito de polarización del CNY70

Por tanto, cuando el sensor se encuentre sobre la línea negra, la luz emitida por el diodo no se reflejará, el transistor estará cortado y $V_s \rightarrow 0$; del mismo modo, sobre el fondo blanco $V_s \rightarrow V_{cc}$. Realmente con un valor de $R_E = 47K\Omega$, la tensión de salida varía entre $1.35 V \leq V_s \leq 4.75 V$, debido a las tensiones de saturación en conducción y las corrientes de fugas en corte del optodispositivo.

Los sensores de seguimiento de línea están conectados al ADC del 68HC11. Además, se llevan a la placa de potencia que tiene puertas schmitt-trigger (74hc14) para regenerar la señal, y esta se conecta al puerto C.

Erik dispone de 8 sensores de seguimiento de línea. Su función es seguir el centro de la línea siempre que sean rectas o curvas no muy pronunciadas.

Se hicieron numerosas pruebas variando el número de sensores (2, 3 y 4), la distancia entre ellos (desde

completamente juntos hasta una distancia máxima entre sensores que fue la mitad del ancho de la línea. Utilizando el mismo algoritmo de control, se llegó a la conclusión de que la disposición más adecuada eran 8 sensores completamente juntos, siendo los 4 centrales los que se ocupasen de seguir la línea.

Cuanto más adelantados estén estos sensores menos cabeceará el robot, pero hay que prestar atención al hecho de que la rueda loca debe girar con libertad. Retrasar los sensores de seguimiento hasta la posición del eje de los motores supondría que pequeños errores se magnifiquen en la cabecera.

La ubicación, por tanto, es empírica, determinada por la capacidad de seguimiento de Erik.

- Tarjeta de control. El cerebro de Erik es un 68HC11A1 de Motorola [4][5][6]. Se ha pretendido hacer una tarjeta lo más pequeña posible, lo que ha implicado que sólo se implementara los recursos imprescindibles (esquema Circuito de control): oscilador basado en un cristal de 8.00MHz, circuito de reset basado en red RC, jumpers para modificar la velocidad y la posibilidad de detectar marcas.

Erik utiliza las siguientes características de la familia 68HC11A1:

Encapsulado	52 pines PLCC
Tamaño RAM	256 bytes
Tamaño E ² PROM	512 bytes
Entradas de ADC usadas	4
IC utilizados	2
OC utilizados	4
Entradas del puerto C	4
Salidas del puerto B	2

Tabla 1. Recursos usados del 68HC11E1

La reducida memoria E²PROM condiciona el uso del lenguaje ensamblador para la elaboración del programa. Usar un compilador facilita la generación del SW, pero el programa se haría muy grande y requeriría memoria externa. Otra alternativa hubiese sido usar la versión 68HC11E2 que dispone de 2KB de E²PROM, pero durante el desarrollo de Erik, fue un componente que no estaba disponible.



Fig 4. Recursos del 68HC11E1 utilizados

La figura 4 muestra la conexión de la tarjeta de control y sus recursos con el resto de elementos de Erik. Los sensores de seguimiento están conectados a AN1..3, los de saturación a IC2..3 y las marcas a PC0..1.

- Tarjeta de potencia. Funcionalmente se puede dividir en una parte de alimentación, donde con un regulador 7805 se transforman los 9.6 V de la batería en 5V, y otra parte de driver de los motores, formada por un puente en H bipolar L298 y un buffer 4050 para atacar de forma correcta al puente desde el MCU y poder así controlar bidireccionalmente 2 motores con PWM. En la figura 5 se muestra esta idea

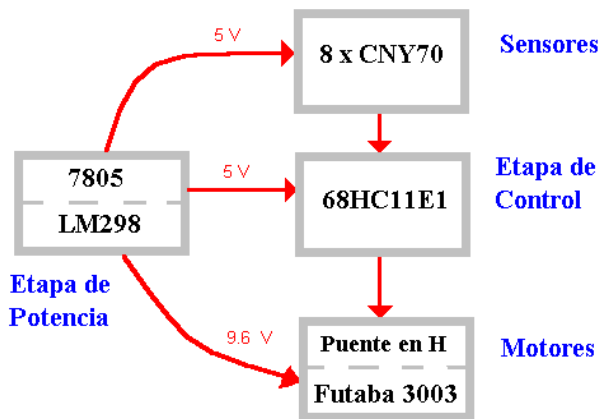


Fig 5. Etapa de potencia

Esta tarjeta, al igual que el resto, está grapinada, pero con cable de mayor grosor, pues debe ser capaz de soportar corrientes mayores. Tanto el puente como el regulador disponen de disipador.

4. Software y estrategias de control

Erik está regido por un sistema de control en tiempo real. Para ello utiliza la interrupción en tiempo real programada a 4.1ms.

El programa debe contemplar las 3 posibles situaciones que se pueden dar:

- Rutina del PID. Para el seguimiento de la línea se ha implementado un controlador tipo P. Recordando un poco la teoría de control clásica [7][4], este controlador tiene la característica de que la señal de control que se aplica es $u(k) = K_p \cdot \epsilon(k)$. La ventaja de este controlador es que es sencillo de implementar; para K_p grandes, el robot es capaz de seguir curvas muy pronunciadas, pero oscilará en las líneas rectas (es equivalente a decir que en régimen permanente siempre mantiene un error); para K_p pequeñas, las oscilaciones en las líneas rectas son menores, pero se pierde más fácilmente en las curvas (es equivalente a decir que ante cambios en la consigna, la respuesta del sistema es muy lenta). El valor de $K_p = 28h$ se ha ajustado de forma empírica, llegando a un compromiso entre estas dos características. Hubiese sido mejor desarrollar un PID completo, pero al programar en ensamblador, el código se complicaba algo más, y crecía muchísimo en tamaño.

La señal de error es $\epsilon(k) = \text{Sensores de la Izquierda} - \text{Sensores de la derecha}$. Como en cada lado hay dos sensores de infrarrojos, es necesario combinar y filtrar esta información: $(\text{Externo} + \text{Interno}) / 4 > 1$. Los desplazamientos a derecha equivalen a un filtro paso bajo, y hacen al sistema más robusto ante pequeños cambios en la lectura de los sensores.

La velocidad de los motores se controla mediante PWM, cuyo período es 4.1ms, aprovechando la rutina de tiempo real. Cada motor tiene asociado una variable con la que se controla el tiempo a nivel alto de la señal que ataca a los motores, denominadas PWMDER y PWMIZQ. Hablar de velocidad es lo mismo que poner código entre 0h y 2004h (durante 4.1ms la señal estaría a nivel alto). Es conveniente recordar que si PWMDER = PWMIZQ, teóricamente el robot debe ir en línea recta, pero como los dos motores no son exactamente iguales, el robot se tuerce a la izquierda.

Si el robot va por el centro de la línea, el error sería cero. Esto implica que las dos ruedas deben ir a la misma velocidad, PWMDER = PWMIZQ = mitad de la máxima velocidad posible. Se ha comprobado que un valor mayor de velocidad media hace que el sistema se vuelva oscilatorio

Para la grabación del programa en el micro, se optó por dotar a la tarjeta de su propio MAX233, y sacar un puerto dedicado a la grabación. Se conecta con un cable desde este puerto al COM1 del ordenador.

Los programas utilizados para compilar y cargar los programas en E²PROM fueron IASM11 y PCBUG11, y todas las utilidades creadas por la empresa Microbótica S.L., como CTLoad

5. Características físicas y eléctricas más relevantes

Dimensiones (L x An. x Al.) (cm)	15 x 10 x 12
Peso del robot (batería incluida) (g)	650
Peso batería (g)	200
Corriente nominal de la batería (mAh)	650
Tensión nominal de la batería (V)	9.6

Tabla 2. Características de Erik

6. Agradecimientos

Siempre se llevará el mayor de los aplausos nuestro grupo de robótica RBZ, al cuál debemos gran parte de nuestra afición, y largas, muy largas y entretenidas conversaciones.

A Manuel Sanchez, que empezó con nosotros en esto, Erik todavía contiene su micro ;-)

A todos los que nos apoyan en esto.

Finalmente, la ayuda de Laila siempre es imprescindible.

Referencias

- [1] J. Borenstein, H.R. Everett, and L. Feng. *Where am I? Sensors and Methods for Mobile Robots Positioning*. University of Michigan. Disponible en internet.
- [2] CNY70. *Hoja de características de Temic Semiconductors*. Disponible en internet.
- [3] José M^a Angulo. *Microbótica*. Ed Paraninfo.

- [4] Francisco Javier Rodríguez y otros. *El microcontrolador MC68HC11 y herramientas de desarrollo. Publicaciones UAH.*
- [5] P. Spasov. *Microcontroller technology. The 68HC11. Prentice Hall international. 2nd Edition.*
- [6] MC68HC11. *Reference manual. Motorola. Disponible en internet.*
- [7] K. Ogata. *Discrete-time control systems. Prentice Hall international. 2nd Edition.*
- [8] S. Romero. *Monitor para familia de microcontroladores MC68HC11. Versión II.*