

micro/bit

Dos cerebros para microbots

Dos cerebros para microbots

Por José M^a Angulo Usategui, Susana Romero e Ignacio Angulo Martínez

Se describe el empleo de los microcontroladores PIC16F84 y Motorola 68HC11, como "cerebros" para microbots

Denominaremos *microbots* a unas pequeñas máquinas móviles que, dotadas de sensores y actuadores, son capaces de desarrollar tareas similares a las humanas.

LA INTELIGENCIA DE LOS MICROBOTS

Existen microbots exploradores que analizan el terreno y crean mapas; otros son limpiadores, que limpian recintos; microbots ordenanzas que acompañan a los visitantes a las dependencias a las que se dirigen. Hay microbots detectores de minas enterradas; microbots que analizan los volcanes; otros que exploran ambientes submarinos y extraterrestres. Para finalizar hay microbots divertidos, como los que juegan al fútbol, al golf, al tenis y los luchadores de sumo (figura 1).

Las partes de que consta un microbot son las que a continuación se comentan:

Arquitectura mecánica: es la estructura que soporta a todos los restantes componentes que configuran la máquina.

Tarjetas electrónicas de control: contienen los elementos electrónicos que gobiernan los órganos y sentidos del microbot. Entre ellos destaca el *microcontrolador*, que es un pequeño computador metido en el chip de un circuito integrado. Contiene una memoria que aloja el programa que regula el comportamiento de la "bestiecilla inteligente". Podemos asemejar el microcontrolador con nuestro cerebro y sus características son determinantes en la operatividad y posibilidades del microbot.

Existen microbots cuyo cerebro está formado por varios computadores en red, como sucede con el que compete en carreras y que se llama *Robocar*, que tienen un Pentium a 166 MHz conectado a un sistema PC/AT, modelo PC-



Figura 1 - El microbot SOJOURNER fue construido por el Jet Laboratory de Pasadena para la NASA. Alcanzó una gran popularidad en 1997 durante su exploración teledirigida del planeta Marte

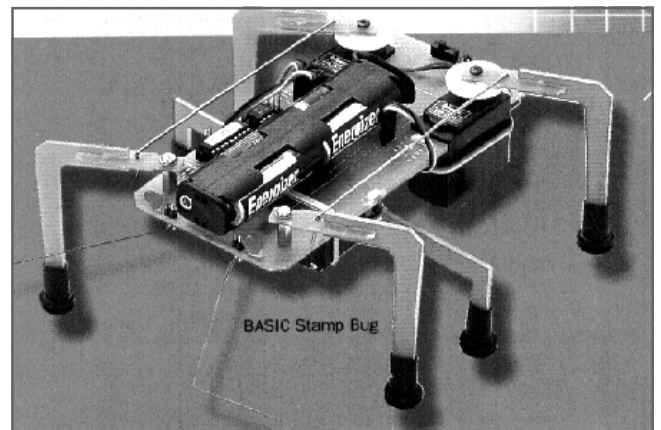


Figura 2 - Un microbot insectoide de la casa Parallax, cuyo cerebro está conformado por un microcontrolador PIC de 8 bits.

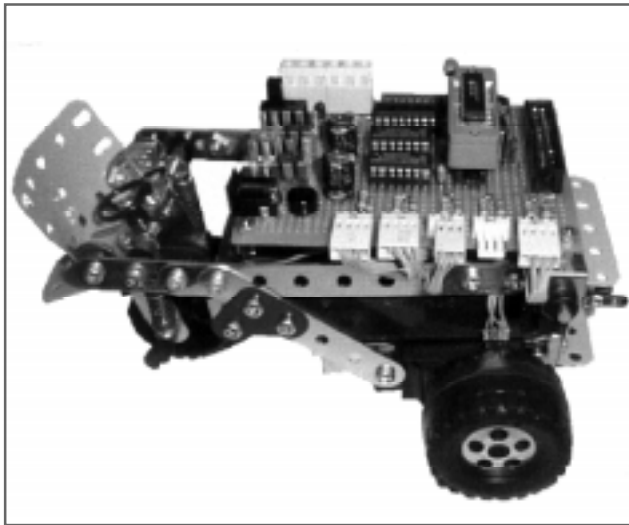


Figura 3 - Fotografía de un prototipo del microbot PICBOT-1, diseñado y comercializado por Microsystems Engineering.

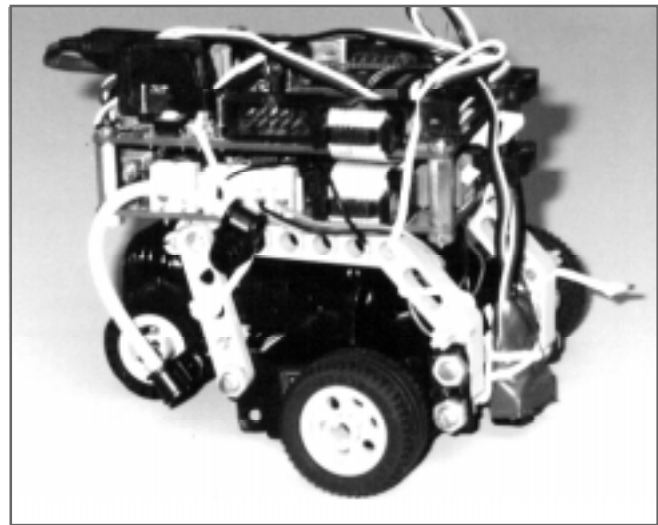


Figura 4 - Fotografía del microbot TRITT, construido en base a un microcontrolador modelo 68HC11 de Motorola.

104, para poder procesar la enorme información procedente de sus múltiples y poderosos sensores. Nosotros nos referimos a cerebros que están a la altura de los recursos económicos y técnicos de las personas aficionadas, y para ello bastan sencillos microcontroladores de 8 bits, pequeños, baratos, pero muy resultones (figura 2).

Sensores: constituyen los sentidos de la bestiecilla y pueden ser de muchos tipos. Los infrarrojos, los detectores de proximidad, los radar, sonar, equipos de visión y de sonido son los más utilizados.

Organos motrices: los microbots disponen de unos motores que mueven las ruedas que les proporciona la movilidad. También disponen de otros motores y actuadores, como pinzas y herramientas que les permiten recoger piezas, taladrarlas, etc.

Con respecto a la «inteligencia» de la máquina, es importante darse cuenta de que su potencia de razonamiento reside en el «programa» que la gobierna. La calidad del software es crucial en la funcionalidad y habilidad del microbot.

En los microbots básicos, el reducido tamaño de la memoria impide utilizar tanto los programas extensos

como los lenguajes de alto nivel y los sistemas operativos avanzados. En la mayoría de las aplicaciones, la capacidad de la memoria que contiene el programa está limitada a 256 bytes, 1 Kb o poco más. Además, los lenguajes empleados suelen ser el Ensamblador o el C. Como sistema operativo se está popularizando últimamente el Linux.

¿Se puede considerar que este tipo de microbots puede alcanzar cierto grado de «inteligencia» con programas que no superan las 1.024 instrucciones? Sí y bastante, como lo demuestra la perfección con la que realizan numerosas tareas que, en ocasiones, nos cuesta a los humanos.

DOS MICROBOTS COMERCIALES: PICBOT-1 Y TRITT

Para centrar el tema en términos reales, vamos a presentar y describir dos microbots que comercializa la empresa bilbaína *Microsystems Engineering*. El modelo *PICBOT-1* es un diseño propio basado en el microcontrolador PIC16F84 y del que se ofrece un prototipo en la fotografía de la figura 3.

El microbot *TRITT* está construido alrededor de un microcontrolador de 8 bits de MOTOROLA, modelo 68HC11 (figura 4). Ambos microbots tienen prestaciones similares, aunque el pri-

mero es más barato que el segundo, cuyo precio ronda los 200 euros, incluyendo manuales y disquete con el software necesario para trabajar desde el PC.

Con referencia al PICBOT-1, sólo dispone de una tarjeta electrónica que contiene el microcontrolador PIC 16F84 y que en realidad es de propósito general. Es decir, no es una tarjeta dedicada al microbot, sino que con ella se pueden automatizar numerosas aplicaciones típicas, especialmente las que están orientadas al gobierno de motores y a la adaptación de sensores industriales. Dicha tarjeta recibe la denominación *MSX-84* y además del microcontrolador contiene la circuitería necesaria para soportar la regulación de dos motores y cinco sensores diversos. La tarjeta *MSX-84* dispone de un conector de expansión PICBUS, a través del cual se puede conectar al sistema de desarrollo *MicroPic Trainer*, con el que se pueden simular, editar, grabar y borrar programas «en circuito», o sea, directamente sobre el microbot (figura 5).

En el caso del TRITT existen dos tarjetas electrónicas. Una de ellas, la CT6811, contiene exclusivamente el microcontrolador 68HC11 y todos los conectores para adaptarle los elementos a controlar (figura 6). La otra

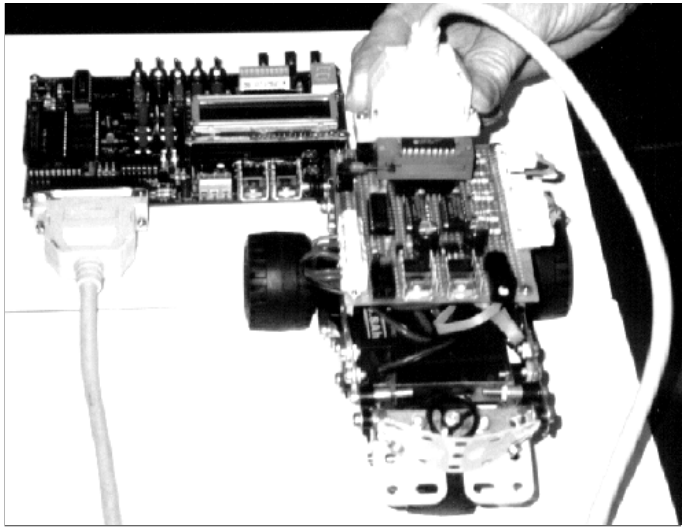


Figura 5 - Se pueden cargar nuevos programas al microbot directamente y «en circuito» mediante el sistema de desarrollo MicroPic Trainer.

tarjeta posee un circuito dedicado al control de motores y sensores, y se denomina CT293. Ambas tarjetas van colocadas tipo «torre», dando la presencia característica al TRITT.

DOS MICROCONTROLADORES FRENTE A FRENTE: PIC16F84 Y M68HC11

Desde hace mucho tiempo, en todos nuestros escritos venimos insistiendo que en Microelectrónica y Microinformática, como en la mayoría de las cosas, «nadie es el mejor». Para cada caso, para cada aplicación, para cada usuario hay un modelo que es el mejor, pero ninguno siempre es el mejor.

Para que el lector pueda hacerse una idea de las prestaciones de cada uno de estos dos microcontroladores, haremos a continuación una descripción de sus principales características; pero para poder seleccionar con seguridad a uno de ellos sería necesario añadir numerosos detalles, a veces no técnicos, como los que se derivan de los precios, de la facilidad de encontrar estos productos en cualquier tienda, de la documentación que poseen, de la facilidad y libertad de usar el software de manejo, de la atención de los fabricantes y distribuidores a los problemas, etc.

Antes de entrar en consideraciones

técnicas, diremos que el precio del PIC16F84, con su encapsulado de plástico de 18 patitas, tipo DIP, es muy barato. *Microsystems Engineering* lo vende a 6 euros cuando se compra de forma unitaria. Además, esta presentación favorece la sencillez del diseño de la PCB, así como la adaptación a otros circuitos integrados auxiliares. Otra característica relevante de este microcontrolador es que su memoria de programa es tipo Flash de 1K instrucciones. Este tipo de memoria, no volátil, es grabable y borrable eléctricamente (no hacen falta los rayos ultravioleta de las EPROM). Una herramienta como la

MicroPic Trainer, con un precio de unos cien euros, permite realizar todas las operaciones necesarias a la hora de llevar a la práctica un proyecto con los PIC. Se puede editar, depurar, simular, emular, grabar y borrar programas. Esto permite cargar instantáneamente un nuevo programa en el microbot, en cualquier situación, sin tener que desmontar ni cambiar nada.

El Motorola M68HC11 tiene 52 patitas con el encapsulado PLCC, o bien 48 patitas con encapsulado DIP. En los dos casos, el diseño de la PCB es más complicado. Su precio es superior al del PIC16F84, aunque hay que reconocer que tiene más prestaciones y recursos que aquél. Dispone de más líneas de E/S y de un convertor A/D, y se puede cargar directamente desde el PC un programa, aunque en este caso dicho programa tiene una extensión máxima de 256 bytes.

Otro aspecto muy importante y que es difícil entresacar de la información técnica es la facilidad que tiene cada modelo para confeccionar el programa. A fin de cuentas, una vez construido el microbot, todo el tiempo se dedica a crear el nuevo software y adaptarle nuevos recursos. En este aspecto, el juego de instrucciones del PIC es de tipo RISC y sólo dispone de 35 instrucciones máquina, mientras que el 68HC11 dispone de muchas

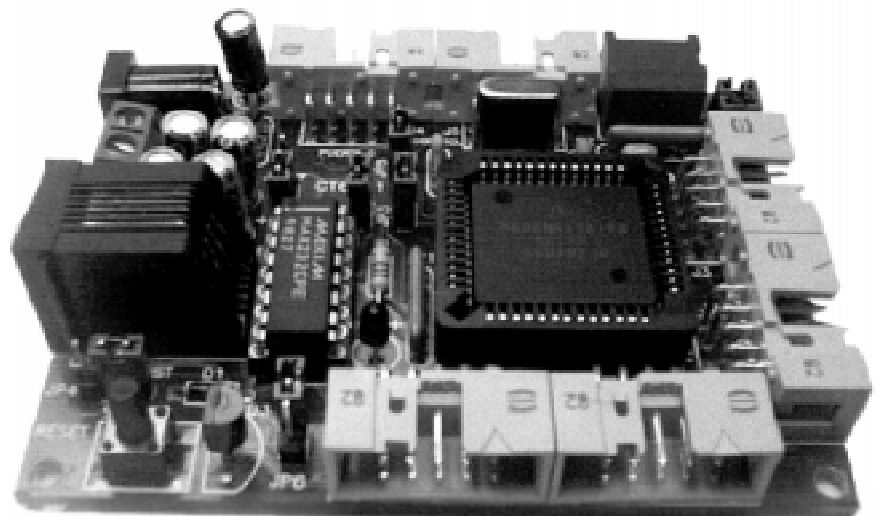


Figura 6 - Fotografía de la tarjeta que contiene el M68HC11 para el microbot TRITT.

Características	PIC16F84	M68HC11A1
Encapsulado	De plástico, con 18 patitas, tipo DIP	Con 52 patitas tipo PLCC y con 48 tipo DIP.
Frecuencia máxima	10 Mhz	8 Mhz (Recomendada)
Memoria de programa	1 Kx14, tipo Flash.	512 X 8 EEPROM
Memoria de datos	SRAM 68 bytes	RAM 256 X 8
Memoria datos EEPROM	64 bytes no volátiles.	
Convertor A/D		De 8 bits con 8 canales de entrada
Juego de instrucciones	35	Más de 140 nemónicos diferentes
Modos de funcionamiento		4
Pila	8 niveles	
Acumulador de impulsos externo		8 bits
Temporizadores	Un TMR0 y un Perro Guardián (WDT)	De 16 bits
Comparadores		5
Líneas de E/S digitales	13	5 Puertas de 8 bits
Comunicaciones		Serie sincrona (SPI) y asíncrona (UART)
Voltaje de alimentación	VDD = De 2 a 6 V	VDD = 4,5 a 5,5 V
Voltaje de grabación	VPP = De 12 a 14 V	
Consumo	1,8 mA típico a 5,5 V y 1 µA en reposo a 4 Mhz	No disponible
Software	Disponible libremente en Internet, etc.	En ROM para cargar un programa externo en la RAM
Herramientas de diseño	Existe un sistema de desarrollo básico, capaz de realizar todas las funciones posibles para PIC de la gama media, como el Micro-pic'trainer de Microsystems Engineering (100 euros).	(Consultar fabricante)
Grabación y borrado de programas	Eléctrica y directamente.	
Coste unitario	6 euros	12 euros
Interrupciones	4 tipos diferentes	2 externas
Bibliografía en castellano	“Microcontroladores PIC. La solución en un chip”, Martín, Angulo&Angulo, Editorial ITP Paraninfo, 1998 “Microcontroladores PIC. Diseño Práctico de Aplicaciones”, contiene un disquete con todo el software preciso y un simulador, Angulo&Angulo, Mc Graw-Hill, 1998.	No disponible
Información en Internet	http://www.microchip.com	http://www.mot.com

Cuadro 1 - Características de los microcontroladores PIC16F84 y M68HC11A1

más y en lugar de responder a una moderna arquitectura Harvard como le pasa al PIC, tiene una arquitectura clásica Load-Store.

El M68HC11 tiene cuatro modos de funcionamiento. En Microbótica es muy interesante utilizar el modo «Es-

pecial Bootstrap», en el cual al ejecutarse un programa contenido en ROM, el µC queda a la espera de recibir información por su puerto serie. Dicha información, que es el programa a cargar en el microbot, se va colocando sucesivamente en la memoria RAM desde la dirección 00 Hex a

la FF Hex. En cuanto se ha cargado dicho programa, comienza su ejecución a partir de la instrucción depositada en la dirección 00 Hex.

El cuadro 1 muestra las características más importantes de ambos tipos de microcontroladores.

CONCLUSIONES

Los dos microbots descritos han demostrado en la práctica que son robustos y muy flexibles, tanto en su estructura como en su electrónica, para permitir adaptarles múltiples sensores y recursos software. Donde los microbots muestran lo que valen, es en los Certámenes que se realizan en organismos y Universidades.

En el I Certamen de Microbótica de

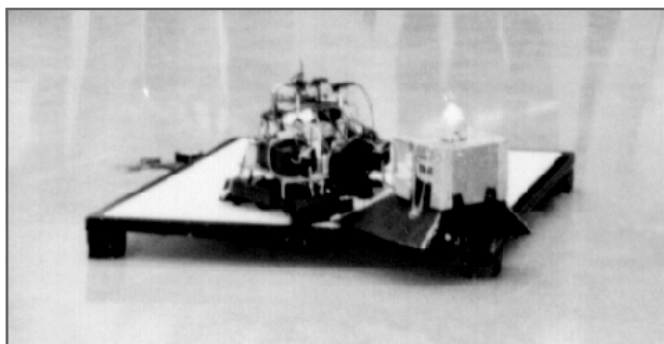


Figura 7 - Fotografía que recoge el momento en que un prototipo del microbot TRITT saca del tatami a su contricante en el I Certamen de Microbótica de ESIDE.

ESIDE, celebrado el 21 de Diciembre de 1998 en la Universidad de Deusto, hubo una confrontación durísima entre 19 microbots en diversas pruebas y torneos. En dicho acontecimiento un prototipo experimental del PICBOT-1 quedó campeón en la competición de microbots exploradores, que consistía en describir una trayectoria de un dodecaedro de 20 centímetros de lado y que realizó con una precisión asombrosa y en un tiempo impresionante. Así mismo, un prototipo del microbot TRITT, preparado al efecto, quedó campeón absoluto en el torneo de sumo (figura 7). En la figura 8, un alumno de la Universidad de Deusto prepara su microbot rastreador, basado en un PIC16F84, que en esta ocasión engalanó como Papá Noel, para desarrollar un recorrido, a una velocidad vertiginosa, siguiendo una raya negra llena de complicadas trayectorias, trampas y obstáculos.

Una de las mejores cualidades de estos dos microbots es que tanto su estructura mecánica, como su configuración electrónica, permiten intro-

ducir fácilmente nuevos sensores y recursos, pudiendo soportar sensores de visión artificial, sonar, radar, RF, infrarrojos, etc. Todo lo que dé de sí la imaginación de los diseñadores y su presupuesto.

Existen numerosos centros de investigación de Microbótica al amparo de las subvenciones que reciben las Universidades americanas y japonesas principalmente. Esto permite realizar diseños de microbots de altas prestaciones, basados en sistemas con microprocesador, como los que utilizan los Pentium apoyados con grandes discos duros, bajo sistemas operativos UNIX y Linux.

Los microbots comerciales, además de ser una fuente inagotable de estímulo para estudiantes, profesionales e investigadores, van a significar la resolución de un cúmulo de tareas que potenciarán industrialmente su desarrollo.

Desde estas líneas, y tomando como referencia nuestra experiencia perso-

nal, animamos a todos los educadores a utilizar los microbots como herramientas didácticas, altamente productivas tanto en el ámbito de la propia educación como en el de la investigación y la experiencia profesional. De esta forma, poco a poco nos iremos viendo las caras los que trabajamos en Microbótica y ganemos o perdamos, siempre aprenderemos y disfrutaremos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- «MICROCONTROLADORES PIC. Diseño Práctico de aplicaciones», Angulo & Angulo, 2ª reimpresión, Mc Graw-Hill, 1998.
- 2.- «MICROCONTROLADORES PIC. La solución en un chip», Martín, Angulo & Angulo, 2ª edición, Editorial ITP Paraninfo, 1998.
- 3.- «Manual de Microbótica», Microsystems Engineering, Bilbao, E-mail: msyseng@arrakis.es, 1999.
- 4.- Internet : a) www.microchip.com; b) www.mot.com; c) www.arrakis.es/~msyseng
- 5.- «ROBOTS. Sueño inalcanzable», EL SEMANAL, 10 Enero 1999.
- 6.- «ROBÓTICA PRÁCTICA», Angulo, 4ª edición, ITP Paraninfo.



Figura 8 - Un alumno de ESIDE prepara su microbot rastreador, en esta ocasión engalanado con atuendos navideños, para hacer un recorrido marcado con una raya negra, llena de trampas, obstáculos y vicisitudes.