

## **GP\_BOT: PLATAFORMA HARDWARE PARA LA ENSEÑANZA DE ROBÓTICA EN LA TITULACIÓN DE INGENIERÍA INFORMÁTICA**

G. GONZÁLEZ DE RIVERA, S. LÓPEZ-BUEDO, I. GONZÁLEZ,  
C. VENEGAS, J. GARRIDO y E. BOEMO  
*E.T.S. Ingeniería Informática, Universidad Autónoma de Madrid*  
*www.ii.uam.es/~gdrivera*

*En este artículo se resumen las principales características de unas tarjetas basadas en el microcontrolador MC68HC908GP32 de Motorola, que se utilizan en el Laboratorio de la asignatura Robótica Autónoma en la carrera de Ingeniería Informática de la Universidad Autónoma de Madrid.*

### **1. Introducción**

Los microcontroladores de bajo coste han facilitado en los últimos años la realización de prácticas de laboratorio. Permiten a los estudiantes disponer de su propio equipo de desarrollo, crear un hardware a medida del problema y montar un pequeño sistema desde el diseño PCB hasta la programación. Dentro del ámbito español, varias universidades se han ido volcando hacia esta opción [1]-[8]. Paralelamente, la utilización de microcontroladores ha conducido a cursos sobre robótica, donde se proyectan y construyen pequeños robots que pueden seguir una línea, realizar combates de sumo, etc. [9]-[13].

El sistema presentado en este artículo ha sido desarrollado para su utilización en las prácticas de la asignatura Robótica Autónoma, impartida en la ETS de Informática de la Universidad Autónoma de Madrid. Tal como ocurre en otros proyectos educativos, se optó por un desarrollo propio, con el objeto de reducir costos y facilitar las tareas de reparación de los equipos.

Como especificación inicial se estableció que el sistema debería ser flexible, de propósito general y bajo costo. Debería contar con los recursos suficientes para el control de los elementos de un robot básico, tales como motores, sensores de infrarrojos, pulsadores, etc. Y por otro lado debería tener potencia de cálculo y memoria suficiente para gestionar algoritmos de inteligencia artificial, creación de mapas de entorno, etc. Se debía estudiar cuidadosamente este último objetivo, pues de lo contrario, llevaría a complicar el diseño y encarecer el sistema.

La solución adoptada ha sido combinar la versatilidad, tamaño y bajo costo de un microcontrolador con la potencia de un ordenador personal tipo PC. El lazo de unión entre ambos es un módulo de radio que permite una comunicación bidireccional entre los procesadores. De esta forma, la potencia de cálculo corre a cargo del PC, que funciona como

estación base, mientras que el microcontrolador, a bordo del robot, se dedica a controlar motores y atender a los sensores. De todos modos, el sistema permite el uso autónomo del microcontrolador, en aquellos casos que no se requiere gran potencia de cálculo. Información detallada sobre este sistema se puede consultar en [14].

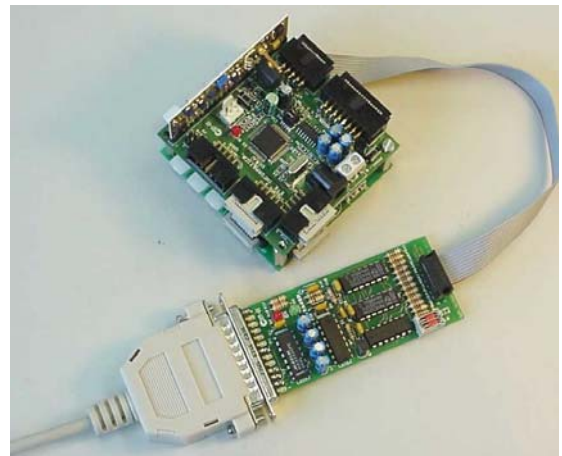
El módulo de radio es un circuito híbrido de la empresa Aurel [18] para transmisión y recepción de datos digitales con antena única. Permite comunicación “*half duplex*”. Utiliza el rango de frecuencia para radiomandos y radiocontrol de 433,92 MHz. La antena está formada por un hilo de cable conductor de 17 cm, con un alcance de unos 200 metros sin obstáculos.

## 2. CPU: La Tarjeta GP\_Bot

La tarjeta GP\_Bot es una placa de desarrollo de propósito general basada en el microcontrolador de 8 bits MC68HC908GP32 de Motorola [15]. Su arquitectura basada en la familia M68HC08 [16] está optimizado para compiladores C y aplicaciones de control. Es completamente estático e incluye opciones de diseño de bajo consumo. Puede trabajar en modo Monitor, a través del cual se puede acceder desde un PC a todos los recursos internos, registros y contenidos de memoria, tanto ROM (*Flash*) como RAM, permitiendo incluso la ejecución paso a paso del programa almacenado.

Se eligió un encapsulado QFP (*quad flat pack*) de 44 *pin*s, que ha permitido que la tarjeta tenga unas reducidas dimensiones (70 x 65 mm) y el máximo número de E/S de usuario. A partir de este microcontrolador, se construyó una tarjeta con las siguientes características:

- Microcontrolador MC68HC908GP32 con un cristal de 9.8304 MHz.
- Señales de *reset* y entrada de interrupción.
- Pulsadores de *Reset* y *Power-On*.
- *Driver* serie tipo RS-232 (MAX232 [17]).
- Módulo para transmisión-recepción por radio, en la banda de los 433 MHz. [18]
- Fuente de alimentación regulada de 5v.
- Entrada de cable monitor para la conexión desde PC, según las especificaciones del software de desarrollo utilizado [19].
- Acceso externo a todos los *pin*s del microcontrolador: Puerto A (8 bits de E/S o conexión de un teclado), Puerto B (8 bits E/S o canales al conversor Analógico-Digital), Puerto C (7 bits E/S), Puerto D (8 bits E/S o temporizadores y puerto serie síncrono) y Puerto E (2 bits de E/S o puerto serie asíncrono).



**Fig.1:** Tarjetas GP\_Bot y GP\_Mon.

## 3. Interfase Modo Monitor: Tarjeta GP\_Mon

El sistema se programa desde un PC, mediante el puerto serie, accediendo al potente Modo Monitor del microcontrolador, permitiendo programar y depurar cualquier aplicación.

Para utilizar las funciones del Monitor se ha desarrollado una segunda tarjeta, llamada *GP\_Mon*, que contiene los circuitos necesarios para la adaptación de niveles del puerto serie, y los circuitos necesarios para forzar la entrada del microcontrolador en dicho modo.

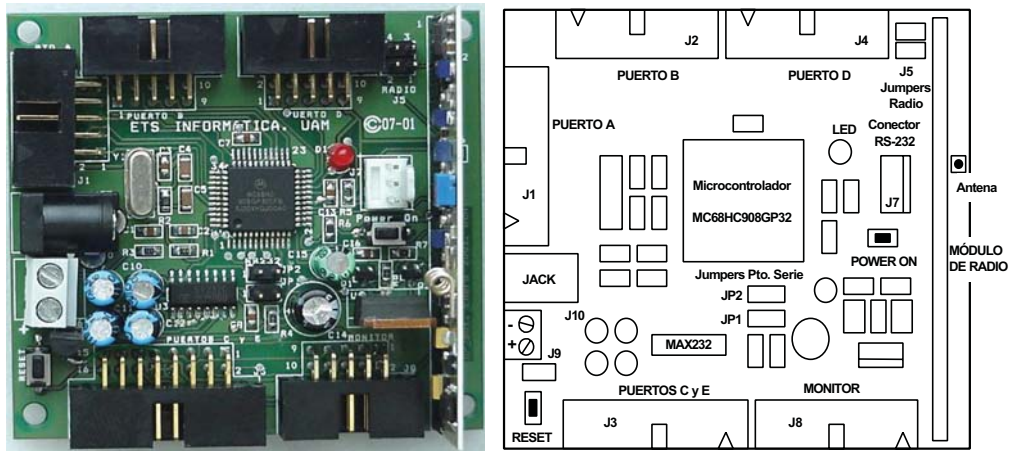


Fig.2: Foto de la Tarjeta *GP\_Bot* y su distribución de componentes.

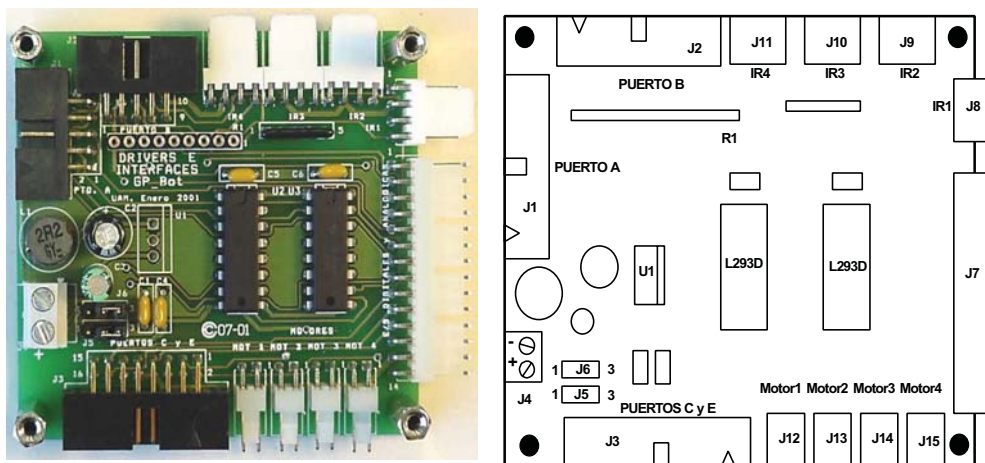


Fig.3: Foto de la Tarjeta *GP\_Bot\_Ifaz* y su distribución de componentes.

#### 4. Interfase: Tarjeta *GP\_Bot\_Ifaz*

Esta tarjeta ha sido diseñada para actuar como interface entre la tarjeta *GP\_Bot* y cierto tipo de actuadores, tales como motores, sensores de infrarrojos y pulsadores. También dispone de una serie de *pins* de E/S para otras aplicaciones del diseñador. El tamaño de esta tarjeta es idéntico al de la *GP\_Bot* y la colocación de los conectores coincide entre ambas tarjetas, permitiendo crear un conjunto pequeño y compacto. Sus características principales son:

- Manejo de hasta 4 motores de corriente continua o dos motores paso a paso.
- Conexión directa para 4 sensores de infrarrojos, incluyendo su polarización
- 8 entradas analógicas que también pueden configurarse como E/S digitales.
- 4 señales de E/S digital.
- Permite alimentar los motores con tensiones diferentes a la de la lógica.
- Fuente de alimentación regulada, con filtro LC.

El *driver* de motores está basado en dos integrados tipo L293D [20], mientras que el *driver* de infrarrojos está diseñado para conectar hasta cuatro sensores CNY70 [21] o equivalentes. Incluye las resistencias de excitación de los emisores de infrarrojos y las de *pull-up* (internas al microcontrolador). Cada sensor de infrarrojo se puede leer desde un puerto digital o desde uno analógico. Esto último permite al sistema distinguir entre varios colores.

## 5. Conclusiones

El sistema de desarrollo descrito cumple con los requisitos necesarios para llevar a cabo un completo curso de robótica, destacando su uso en temas de cooperación entre robots debido al sistema de comunicaciones que incorpora. La versatilidad y el bajo coste permite que cada alumno pueda disponer de su propio sistema completo, con las ventajas que ello conlleva.

## Referencias

- [1] A. Santos, E. Boemo, J. Faura, y J. Meneses, "Microcontrollers in Education", *Proc. IEEE 24th Frontiers on Education Conference*, San Jose, 1994. Disponible en <http://www.ii.uam.es/~ivan>.
- [2] M. Barrón y J. Martínez, "Equipo Didáctico para la Familia de uC 8051", *Actas TAAE'98*, Publicaciones UPM, 1998.
- [3] J. De la Casa, J. Piñar, J. Linares y P. Casanova, "Simulador Emulador del Microcontrolador 65C01", *ibid*.
- [4] B. Martín y C. Bernal, "Visual 11 y Kit11: Herramientas para el aprendizaje del MC86HC11 de Motorola", *ibid*
- [5] G. Aranguren y L. Nozal, "Prácticas con Microcontroladores PIC", *Actas TAAE'96*, Universidad de Sevilla, 1996.
- [6] A. Aledo y J. Sáenz, "Placas didácticas para el estudio de los microcontroladores de la Familia MC-51 y MC-96", *ibid*.
- [7] R. Millán y M. Perera, "... sistema de desarrollo del microcontrolador 80C32", *ibid*.
- [8] J. Gutierrez y M. Gil, "Microcontroladores: Simulador y Emulador del microcontrolador ST6225", *ibid*.
- [9] Microbótica: <http://www.microbotica.es/>
- [10] <http://www.ii.uam.es/~ivan/m-news.htm>
- [11] <http://www.depeca.alcala.es/alcabot/>
- [12] J. Ramón, A. Figueres, A. Oller y J. De la Rosa, "Plataforma Docente de robots móviles, cooperantes y autónomos", *Proc. TAAE'98*, Publicaciones UPM, 1998.
- [13] J. De la Rosa, J. Ramón y A. Figueres, "Laboratorio docente de robots móviles, cooperantes y autónomos", *Actas TAAE 2000*, UAB, Septiembre 2000.
- [14] <http://www.ii.uam.es/~gdrivera/robotica/inicio.htm>
- [15] MC68HC908GP32, HCMOS Microcontroller Unit. Technical Data, v4. <http://www.mot-sps.com>.
- [16] "Embedded Microcontroller Products": <http://www.motorola.com/mcu/>.
- [17] Maxim: <http://www.maxim-ic.com>
- [18] Aurel: <http://www.aurel.it>
- [19] P&E Microcomputer Systems. <http://www.pemicro.com>
- [20] SGS Thomson Microelectronics. *Power Devices Databook*, 1996.
- [21] Telefunken Semiconductors, *Optoelectronics Data Book*. 1997.