

# Conecte sus productos con Bluetooth

Ignacio Angulo, Mikel Etxebarria y J. M<sup>a</sup> Angulo



Figura 3. Un receptor GPS dotado de Bluetooth que puede proporcionar información a cualquier PDA o PC.

Figura 1. Típica situación de un PC atrapado entre los cables que le unen a los periféricos.



Figura 4. PDA con Bluetooth

Figura 5. El clásico ratón para el PC funcionando sin cables al integrar Bluetooth.

Figura 2.- Un dispositivo usual basado en Bluetooth.

*Bluetooth es un protocolo de comunicaciones destinado a conectar entre sí dispositivos de consumo reducido mediante ondas electromagnéticas de radiofrecuencia y sin cables. Es un intento de evitar la situación que muestra el PC de la Figura 1 que se halla rodeado de cables por todos los costados. Al menos existe un cable para cada periférico.*

Si el PC y los periféricos de la Figura 1 tuviesen integrado Bluetooth, sería suficiente con mantenerlos en esas distancias que se muestran en la fotografía para evitar todos los cables, excepto el de la alimentación.

Los dispositivos Bluetooth utilizan una frecuencia de RF libre comprendida entre 2,4 y 2,48 GHz y su alcance depende de la potencia que establezca su categoría. La categoría llamada "clase 1" admite una potencia máxima de 100 mW y alcanza los 100 metros. Los dispositivos de la "clase 2", que son los más populares, alcanzan los 10 metros con una potencia máxima de 25 mW. Finalmente, los de la "clase 3" llegan hasta 1 metro con una potencia de 1 mW. En cuanto a la velocidad de transmisión, los elementos correspondientes a la versión Bluetoothv.2.0, que aplica la técnica EDR, llegan a los 3 Mbps.

La idea inicial que desembocó en Bluetooth fue de Ericsson, que en 1994 comenzó a investigar una solución de bajo coste y consumo, que eliminase los cables de interconexión entre los dispositivos. En 1999 se creó el gru-

po SIG (Special Interest Group) con 5 grandes empresas: Ericsson, Nokia, IBM, Intel y Toshiba. Su objetivo era desarrollar una normativa hardware y software para conseguir que los métodos empleados en la intercomunicación entre productos de las empresas mencionadas fuesen compatibles. El éxito fue tan grande que en 2007 ya existían 9.000 empresas adheridas al SIG, que se encuadraban en áreas tan variadas como la telefonía, la informática, la automoción, la electromedicina, etc.

A nivel hardware un dispositivo Bluetooth consta de dos bloques principales:

#### Emisor de RF

Encargado de modular y transmitir la señal al espacio exterior

#### Sistema computacional

En base a un procesador digital tipo DSC ó dsPIC, se encarga del procesamiento de las señales y sus protocolos. También ejecuta el programa Link Manager para comunicar mediante el protocolo LMP, con otros dispositivos a su alcance.

Aunque el WiFi es parecido al Bluetooth tiene otras características y otros campos de aplicación. También utiliza el WiFi el mismo espectro de frecuencias libres que el Bluetooth, pero para establecer comunicación entre dos dispositivos se precisa una configuración previa. El WiFi tiene mayor potencia y mayor alcance, aportando un rendimiento óptimo en redes de propósito general más grandes, rápidas y seguras que las que utilizan Bluetooth.

## Aplicaciones Bluetooth



Una clásica aplicación de Bluetooth es la que elimina los cables entre el PC y los periféricos típicos, como el teclado, el ratón y la impresora.



También suelen tener integrado Bluetooth los teléfonos móviles para su empleo con auricular y micrófono sin cables. Otro ejemplo conocido son los equipos de "manos libres" en los automóviles. También se utiliza en la transferencia de ficheros entre PDA y portátiles.



Los altavoces que incluyen esta tecnología al no requerir cables pueden situarse en puntos estratégicos. En automoción es frecuente conectar el PDA al computador de viaje del vehículo para conocer valiosas informaciones. Los videojuegos con sus periféricos auxiliares, los aparatos usados en medicina,

la automatización industrial, la robótica, los sistemas de telemetría, el control de la iluminación a distancia, son algunas de las posibilidades del Bluetooth.

### El interface serie Bluetooth "eb301"

El sistema "eb301" es una solución Bluetooth completa que hace posible la transferencia punto a punto de todo tipo de información, mediante enlace por RF, evitando la conexión por cables. Está basado en el módulo "eb101" de la firma A7 Engineering, Inc. y dispone de una antena integrada en el propio circuito impreso, pudiéndose conectar con cables USB-Serie estándar al dispositivo que se quiere incluir Bluetooth.

Otras características interesantes del módulo eb301 son:

- Conectividad con cualquier dispositivo Bluetooth
- Velocidad de transferencia hasta 250 K baudios
- Bajo consumo que permite alimentación con baterías
- Alimentación a 3,3 V y a 5 V
- Conector de 2x6 pines con paso 2,54 mm para simplificar su conexión con la aplicación.
- Potencia máxima del transmisor de +6 dBm
- Sensibilidad del receptor: -85 dBm
- Consumo: 125  $\mu$ A – 60 mA
- Bluetooth versión 2.00

En la Figura 6 se puede apreciar las dimensiones del módulo eb301, así como sus 12 pines de conexión. La Figura 7 contiene una tabla que describe la función de cada pin de conexionado.

### Modos de funcionamiento

El módulo eb101 contiene un firmware que permite el manejo de sencillos comandos, mediante los cuales el diseñador se olvida del protocolo Bluetooth y se asegura una correcta configuración y conexión con otro dispositivo basado en el eb101 ó cualquier otro basado en el estándar Bluetooth. Este firmware soporta dos modos básicos de funcionamiento: modo DATOS y modo COMANDOS.

#### Modo datos

Se emplea generalmente para la transferencia de datos entre dos equipos ya conectados por RF, sin cables.

#### Modo comandos

Proporciona un conjunto de comandos que permiten realizar una serie de funciones prácticas concretas y configuraciones.

La Figura 8 muestra diferentes escenarios donde se puede aplicar la tecnología Bluetooth con los dispositivos eb101/eb301.

### Adaptación serie - USB

Para simplificar la utilización del módulo eb101/eb301 en Ingeniería de Microsistemas Programados se recomienda su adaptación con el cable adaptador USB – 232 TTL (referencia TTL-232R5V) de la empresa FTDI Chip, que convierte las señales serie que genera el módulo eb101 en señales USB, fácilmente conectables a un PC. Figura 9.

En la Figura 10 se muestra la descripción de las líneas del cable USB – 232 TTL. En uno de sus extremos se conecta a un puerto USB del PC y en el extremo opuesto (izquierda) con las 6 señales típicas de un interface RS232.

En la Figura 11 se muestra una fotografía del conexionado de los pines 1, 3, 5, 7, 9 y 11 del módulo eb101 con las líneas RS232 del cable TTL-232R5V.

Al insertar el extremo USB del cable conectado en un puerto USB del PC, inmediatamente Windows lo reconoce como un puerto serie USB. Es posible que el PC disponga de los drivers de adaptación al proceder de la popular firma FTDI. Si no se hallan instalados se pueden descargar del sitio:

[www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm](http://www.ftdichip.com/Drivers/VCP.htm)

Para comunicarse con el dispositivo eb101/eb301 a través del canal serie virtual creado con la instalación del cable TTL-232R5V, se puede utilizar el programa HyperTerminal residente en el propio sistema Windows. El canal serie a utilizar puede ser el COM9 y sus propiedades deben coincidir con las del eb101/eb301, que son las que se indican en la ventana mostrada en la figura 12.

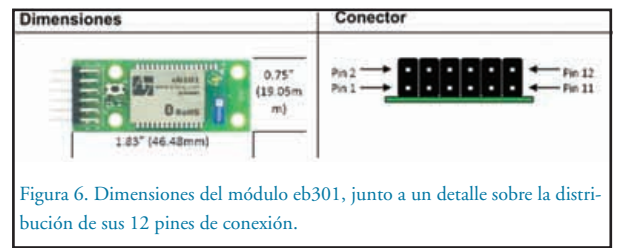


Figura 6. Dimensiones del módulo eb301, junto a un detalle sobre la distribución de sus 12 pines de conexión.

Pin	Dirección	Nombre	Descripción
1	Entrada	GND	Tierra de alimentación
2	Entrada	RMT_SWITCH	Activa a nivel bajo. Tiene la misma función que el pulsador de la tarjeta y sirve para realizar el procedimiento de conexión rápida (EasyConnect)
3	Salida	RTS	Request to send
4	Salida	RMT_LED	Activa a "0". Tiene el mismo significado que el led de la tarjeta y representa conexión
5	Entrada	VCC	Alimentación: +3.3V si se emplean niveles de 3.3V o de +5V se emplean niveles de 5V
6	Entradas	BREAK	Activa por "0" selecciona el modo comando y retorna al modo datos de funcionamiento
7	Entrada	RXD	Recepción de datos serie
8	Entrada	WAKEUP	Futura implementación
9	Salida	TXD	Transmisión de datos serie
10	Salida	STATUS	Activa por "0" indica una conexión activa
11	Entrada	CTS	Clear to Send
12	Salida	H_WAKEUP	Futura implementación

Figura 7. Tabla con la descripción de las patitas de conexionado del módulo eb301.

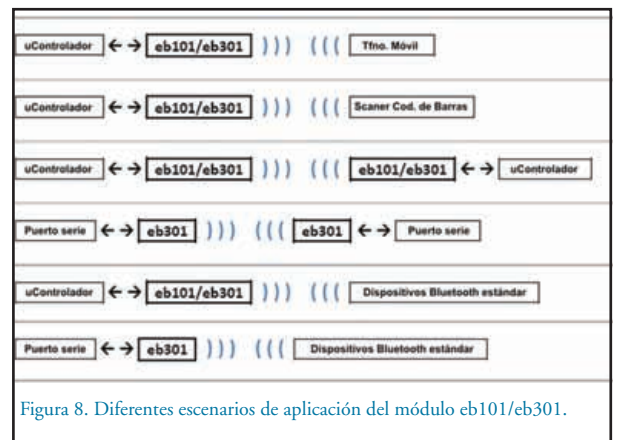


Figura 8. Diferentes escenarios de aplicación del módulo eb101/eb301.

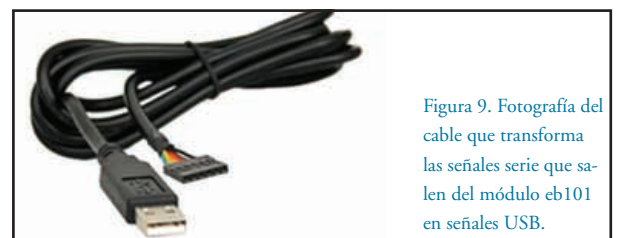


Figura 9. Fotografía del cable que transforma las señales serie que salen del módulo eb101 en señales USB.

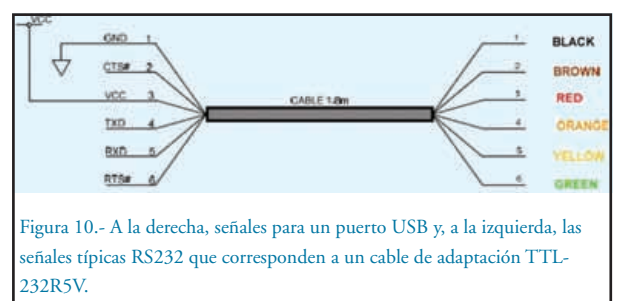


Figura 10.- A la derecha, señales para un puerto USB y, a la izquierda, las señales típicas RS232 que corresponden a un cable de adaptación TTL-232R5V.



Figura 11. Fotografía que muestra la conexión del cable adaptador TTL-RS232R5V con las patitas 1, 3, 5, 7, 9 y 11 del módulo eb301.

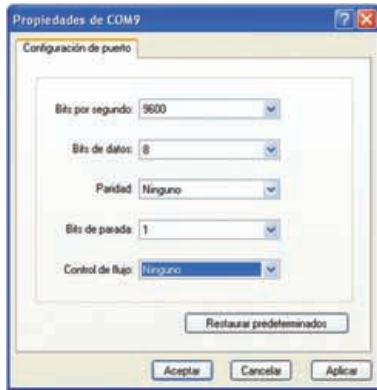


Figura 12. Ajuste de las propiedades del puerto COM9.



Figura 13. Configuración ASCII.

Finalmente se ajustan las propiedades ASCII como se muestra en la Figura 13.

### Experimentación y puesta a punto

Para permitir a los usuarios experimentar el comportamiento de los comandos y aplicaciones Bluetooth, Ingeniería de Microsistemas Programados ha preparado el kit de referencia EB301-3V/5V-KIT, que se compone de dos módulos EB301-3V/5V y dos cables de adaptación TTL-232R5V. Además se precisan dos PC que al menos dispongan de un puerto USB libre cada uno, los drivers VCP ya comentados y el programa de comunicaciones HyperTerminal. Con dicho material se conecta en ambos ordenadores el cable TTL-232R5V y se configura el programa HyperTerminal.

A uno de los PC se denomina LOCAL y al otro REMOTO, y entre ellos se crea la conexión Bluetooth para la transferencia de datos.

Se podría utilizar un único PC con dos puertos USB y se crearían dos puertos COM virtuales para los dos cables. La transferencia de datos Bluetooth se realiza entre los dos puertos COM, con sus correspondientes programas de comunicación HyperTerminal para cada uno de ellos.

### Comandos

Los módulos eb101 tienen un firmware que soporta una serie de comandos incluidos en el interface eb301 en su versión 1.0.025. Se puede probar cada comando conectando el eb301 con el canal serie de un PC dotado del programa HyperTerminal. Cada comando consta de una serie de caracteres ASCII y se envían al módulo sólo cuando funciona en modo COMANDO. Cuando el módulo recibe un comando completo, analiza su sintaxis y si es correcta responde con ACK y comienza la ejecución del mismo. Si no es correcta la sintaxis devuelve NACK. Los parámetros expresados entre corchetes [] son opcionales.

### Comandos de control

**VERSIÓN:** Devuelve la versión del firmware interno del módulo  
`ver [all] <CR>`

**LISTADO:** Devuelve una lista de los dispositivos Bluetooth visibles que se encuentren en el radio de acción del módulo eb101/eb301.

`lst visible | trusted [name] [timeout] <CR>`

**BORRADO DE DISPOSITIVOS:** Borra de la lista de dispositivos remotos permitidos aquellos que deseamos prohibir su comunicación  
`del trusted all address <CR>`

**CONECTAR:** Permite establecer conexión entre nuestro dispositivo y otro dispositivo Bluetooth remoto  
`con address [profile] <CR>`

**SECUENCIA DE ESCAPE:** Para pasar del modo datos al modo comandos. Se mandan tres caracteres + y el dispositivo devuelve el prompt.

```
Hola mundo <1seg>
+++<1seg>
>
```

**RETORNAR:** Para pasar del modo comando al modo datos.  
`ret <CR>`

**DESCONECTAR:** Sirve para cancelar la conexión con el dispositivo remoto.  
`dis <CR>`

**RESETEAR:** Con este comando se reinicia el dispositivo LOCAL.  
`rst [factory] <CR>`

**OBTENER DIRECCIÓN:** Averigua la dirección correspondiente a un dispositivo local o remoto.  
`get address [local] [remote] <CR>`

**OBTENER CONECTIVIDAD:** Averigua si nuestro dispositivo local está habilitado o no para ser vinculado con otro dispositivo remoto.  
`get connectable <CR>`

**OBTENER ESTADO DE ENCRIPCIÓN:** Permite conocer el estado de encriptación del dispositivo eb101/eb301.  
`get encrypt <CR>`

**OBTENER SECUENCIA DE ESCAPE:** Averigua el carácter empleado en la secuencia de escape.  
`get eschar <CR>`

**ESTADO DEL CONTROL DE FLUJO:** Informa sobre el estado del sistema para el control de flujo entre el dispositivo eb101/eb301 local y el PC host.  
`get flow <CR>`

### Otros comandos de interés

- OBTENER EL VALOR DEL TIMER-OUT
- OBTENER EL NOMBRE
- CONOCER EL TIPO DE PARIDAD EMPLEADA
- OBTENER EL ESTADO DE LA SEGURIDAD
- OBTENER EL ESTADO DEL MODO SLEEP
- OBTENER EL ESTADO DE LA CONEXIÓN
- OBTENER EL ESTADO DE LA LISTA
- OBTENER EL VALOR DE LA POTENCIA DE TRANSMISIÓN
- OBTENER EL ESTADO DE LA VISIBILIDAD

- AJUSTAR LOS BAUDIOS
- AJUSTAR LA CONEXIÓN
- AJUSTAR LA ENCRIPCIÓN
- ESTABLECER EL CARACTER DE ESCAPE
- ESTABLECER EL TIPO DE CONTROL DE FLUJO
- AJUSTAR EL TIMEROUT
- ESTABLECER EL NOMBRE
- ESTABLECER LA PARIDAD
- ESTABLECER LA CLAVE
- AJUSTE DE LA SEGURIDAD
- AJUSTE DEL MODO SLEEP
- AJUSTE DEL ESTADO DE LA LISTA
- AJUSTE DE LA POTENCIA DE TRANSMISIÓN
- AJUSTE DE LA VISIBILIDAD

### Conexión rápida y códigos del LED indicador

Para conseguir una conexión muy rápida entre dos módulos eb101/eb301 el fabricante ha preparado un procedimiento que se basa en el firmware interno y basta con hacerlo una sola vez. Se supone que los dispositivos a enlazar tienen los ajustes y configuraciones originales de fábrica.


Hay que seguir los siguientes pasos:

- 1.- Mientras se mantiene activado el pulsador del eb301 conectar la alimentación del dispositivo a enlazar.
- 2.- Cuando se enciende el LED soltar el pulsador.
- 3.- Repetir los dos pasos anteriores con el otro dispositivo que se quiera enlazar.
- 4.- Activar y desactivar (un pulso) el pulsador de uno de los dispositivos.
- 5.- Esperar un instante para que ambos dispositivos se vinculen.
- 6.- Los dos LED de ambos dispositivos parpadearán a intervalos de unos dos segundos. La conexión se ha completado.
- 7.- Cada vez que se conecten a la alimentación ambos dispositivos se enlazarán por RF automáticamente.

Finalmente, en la tabla de la Figura 14 se presenta una tabla de las señales que genera el LED del dispositivo eb101/eb301 según las circunstancias que desee informar.

SEÑALES	DESCRIPCION
Parpadea una vez al conectar la alimentación	Modo comando; el dispositivo puede controlarse a través de una conexión serie y un programa de comunicaciones (p.e. HyperTerminal)
Parpadea dos veces al conectar la alimentación	El dispositivo se encuentra en el modo EasyConnect (Conexión rápida) y tratará de realizar automáticamente una conexión en el modo de datos
Encendido	El dispositivo está esperando para vincularse con otro durante el procedimiento de EasyConnect
Intermitencia rápida (2Hz)	El procedimiento EasyConnect se ha iniciado y está buscando la pareja con la que vincularse
Intermitencia lenta (0.5Hz)	Conexión establecida en el modo de datos
Apagado	El dispositivo se encuentra en el modo comando o si se halla en el modo EasyConnect está a la espera de una conexión. También puede representar que no hay alimentación.

### Conclusiones

El bajo precio de los módulos Bluetooth comentados, unido a su facilidad de conexión y configuración, el reducido consumo y su pequeño tamaño, permiten comunicar a los elementos que nos interesan sin hilos y con seguridad. Es una opción muy interesante en muchos productos y que ahora está al alcance de la mano. 

### Bibliografía

1. "Microcontroladores PIC. Diseño Práctico de Aplicaciones. PIC16F87X y PIC18FXXX" Segunda Parte, 2ª edición, Angulo, J.Mª, Romero, S. y Angulo, I., ISBN: 84-481-4627-1, Mc Graw-Hill.
2. "Microcontroladores PIC. La clave del diseño", E. Martín, J. Mª Angulo e I. Angulo. ISBN: 84-9732-199-5. Editorial Thomson-Paraninfo.
3. "MICROBÓTICA", Angulo, J. Mª, Romero, S. y Angulo, I., ISBN: 84-9732-143-X, Editorial Thomson-Paraninfo.
4. "dsPIC. Diseño Práctico de Aplicaciones", Angulo, J. Mª, Etxebarria, A., Angulo, I. Y Trueba, I. Editorial Mc Graw-Hill, ISBN: 84-481-5156-9
5. Información Técnica, tutoriales y programas ejemplo contenidos en el apartado del módulo "eb301.

Interface serie Bluetooth" del sitio de Ingeniería de Microsistemas Programados S.L., [www.microcontroladores.com](http://www.microcontroladores.com)

6. Documentación técnica [www.a7eng.com](http://www.a7eng.com)

7. Documentación técnica [www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com)

Figura 14.- Tabla que describe el comportamiento del LED del dispositivo eb101/eb301 para informar del estado que quiere reflejar.