

SISTEMAS EMPOTRADOS

3º de graduado en Ingeniería Informática

Guía de usuario de la placa MCB300 de Keil

Profesor: Carlos Diego Moreno Moreno

Dpto. de Ingeniería Electrónica y de Computadores.
Área de Arquitectura y Tecnología de Computadores.
Escuela Politécnica Superior. Universidad de Córdoba.

Objetivos.

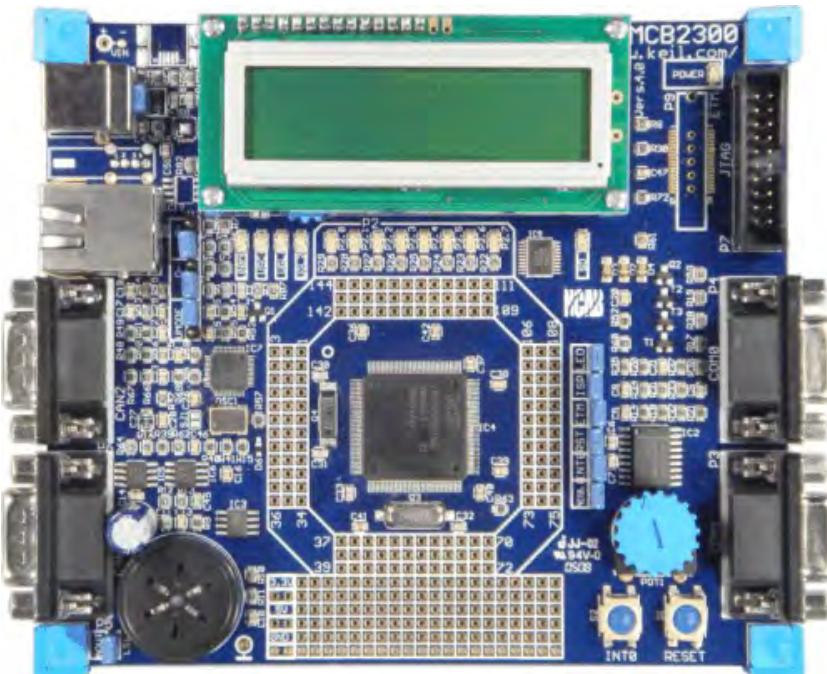
- El objetivo principal de esta guía es describir al alumnado las características básicas que tiene la placa MCB2300 de *Keil* con el microcontrolador de NXP LPC2378.
- Deberemos de aprender a configurarla correctamente además de los requisitos *hardware* y *software* necesarios para poder ejecutar un programa de aplicación.
- Se van a describir todos los componentes *hardware* de la placa, así como el depurador ULINK2 que utilizamos para cargar y depurar el programa.
- A continuación, se describe el *software* de desarrollo que vamos a utilizar *Keil MDK–ARM*. Veremos cómo utilizar *μVision5 IDE* para crear, compilar, cargar, depurar y ejecutar un programa en dicha placa.

Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

- 1.- Introducción: contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.
- 2.- Configuración:
 - 2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.
 - 2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.
 - 2.3.- Componentes de la placa MCB2300.
 - 2.4.- Conexión con ULINK2.
- 3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.
- 4.- *Software* de desarrollo:
 - 4.1.- Keil MDK-ARM.
 - 4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.
 - 4.3.- Programación de la memoria Flash.
 - 4.4.- Depuración de un programa.
 - 4.5.- Programas ejemplo.

1.– Introducción.

- La placa de evaluación *Keil* MCB2300 permite generar y probar programas de aplicación para dispositivos de la familia NXP LPC23xx. Con este práctico proceso se pueden determinar los requerimientos *hardware* y *software*, para el desarrollo de productos actuales y futuros.
- La placa de que disponemos es la MCB2300 que utiliza el microcontrolador NXP LPC2378:



1.– Introducción: contenido del *kit*.

El *kit* MCB2300 incluye los siguientes componentes:

- La placa de evaluación MCB2300.
- Una guía rápida de *μVision IDE*.
- Herramientas de desarrollo ARM.
- Los programas de ejemplo para esta placa están en la carpeta KEIL_v5\ARM\BOARDS\KEIL\MCB2300. Todos los ejemplos pueden ser compilados y depurados utilizando la *Lite Edition*.

1.- Introducción: características.

Los conectores de la placa de evaluación MCB2300 proporcionan un acceso fácil a muchos de los periféricos actuales:

- ✓ **Interfaz USB 2.0:** Conectores estándar USB para dispositivos USB (USB–OTG, USB Host) y UART vía USB disponibles en la placa para aplicaciones que necesiten comunicaciones USB.
- ✓ **Dos puertos serie:** Conectores estándar DB9 (COM0 y COM1) para los dos puertos serie de que dispone el microcontrolador LPC2378. Las aplicaciones pueden utilizar cualquiera de estos puertos.
- ✓ **Dos puertos CAN:** Conectores estándar DB9 para aplicaciones que requieran comunicaciones CAN. Las aplicaciones pueden utilizar cualquiera o ambos de estos dos puertos, o pueden ser desactivados con la configuración de los *jumpers*.
- ✓ **Puerto Ethernet 100/10M:** Un conector estándar RJ45 para conectar a un transceptor en la placa para aplicaciones que requieran comunicaciones *Ethernet*.

1.- Introducción: características.

- Los conectores de la placa de evaluación MCB2300 proporcionan un acceso fácil a muchos de los periféricos actuales:
 - Display LCD:** Un *display LCD* de 8 bits, de dos líneas de 16 caracteres, que puede ser utilizado para mostrar la depuración en tiempo real o mensajes de estado de los programas.
 - Amplificador LF:** Un amplificador LF en la placa MCB2300 conecta la salida D/A del microcontrolador LPC2300 a un altavoz, que puede ser utilizado para generar sonido.
 - Controlador de voltaje analógico para la entrada ADC:** Una fuente de tensión analógica ajustable sirve para probar la función de salida A/D. Los *jumpers* se pueden configurar para deshabilitar esta función.
 - Depurador y cargador JTAG:** Un interfaz JTAG junto con el adaptador ULINK USB-JTAG, permite la programación rápida (*flash*). El interfaz de depuración puede realizar la emulación en circuito en tiempo real del dispositivo LPC2300. Para una comunicación rápida con el PC se debe utilizar el puerto USB del ordenador.

1.– Introducción: requisitos *hardware*.

❖ Para poder utilizar el *kit* de evaluación MCB2300 se necesita:

- La placa de evaluación MCB2300.
- Un ordenador personal con cualquiera de los siguientes componentes:
 - Dos puertos USB disponibles: uno para suministrar energía a la placa y otro para cargar y depurar el programa (es la opción que tomaremos).
 - Un puerto libre RS–232 COM para programar por *Flash In–System Programming* (ISP) por medio del interfaz serie.

❖ Para poder ejecutar el depurador *Keil* utilizando el emulador JTAG *emulation*, se necesita:

- El adaptador ULINK USB–JTAG.
- Dos cables USB.

1.– Introducción: requisitos *software*.

- ❖ El *software* necesario para poder ejecutar y depurar programas es *Keil µVision 5* bajo sistema operativo *Microsoft Windows*.
- ❖ Para compilar, enlazar y ejecutar aplicaciones en la placa de evaluación se debe instalar los siguientes productos de *Keil*:
 - ✓ *Keil MDK–ARM Evaluation Tools*.
 - ✓ Fichero de instalación de la herramienta *software Keil µVision5*: *mdk525.exe* y el *software pack mdk79v525.exe* para nuestra placa.
 - ✓ Programas de ejemplo escritos para esta placa que están incluidos en los *kits* de evaluación MDK–ARM, DB–ARM de *Keil*.

Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.

2.- Configuración:

2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.

2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.

2.3.- Componentes de la placa MCB2300.

2.4.- Conexión con ULINK2.

3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.

4.- *Software* de desarrollo:

4.1.- Keil MDK-ARM.

4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.

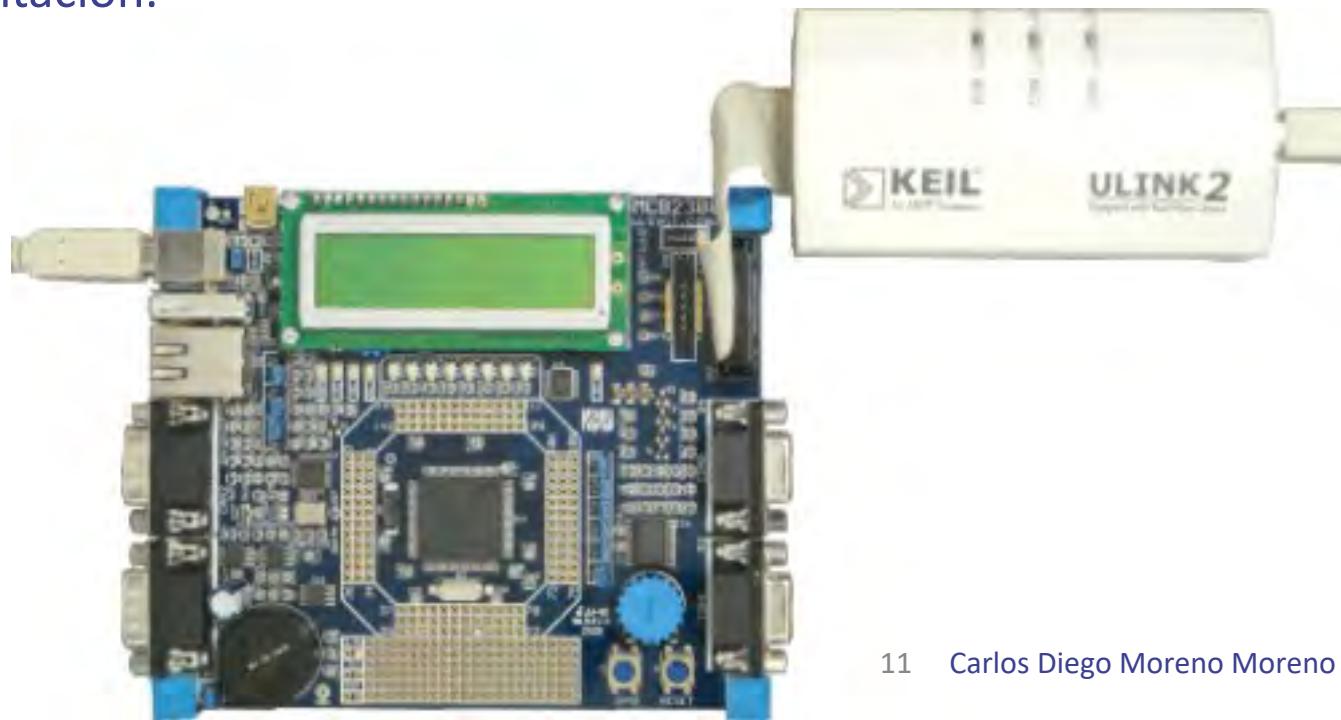
4.3.- Programación de la memoria Flash.

4.4.- Depuración de un programa.

4.5.- Programas ejemplo.

2.1.– Configuración: Alimentación de la placa MCB2300.

- La placa MCB2300 necesita una conexión USB para alimentación y otra conexión USB para el adaptador ULINK–USB entre el ordenador personal y el conector JTAG.
- La placa se conecta directamente al depurador de *Keil µVision* utilizando el adaptador *Keil ULINK USB–JTAG*, por lo que no es necesario *software* adicional en la placa. La placa se conecta al PC con un cable USB estándar que le proporciona alimentación.



Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.

2.- Configuración:

2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.

2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.

2.3.- Componentes de la placa MCB2300.

2.4.- Conexión con ULINK2.

3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.

4.- Software de desarrollo:

4.1.- *Keil MDK-ARM*.

4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.

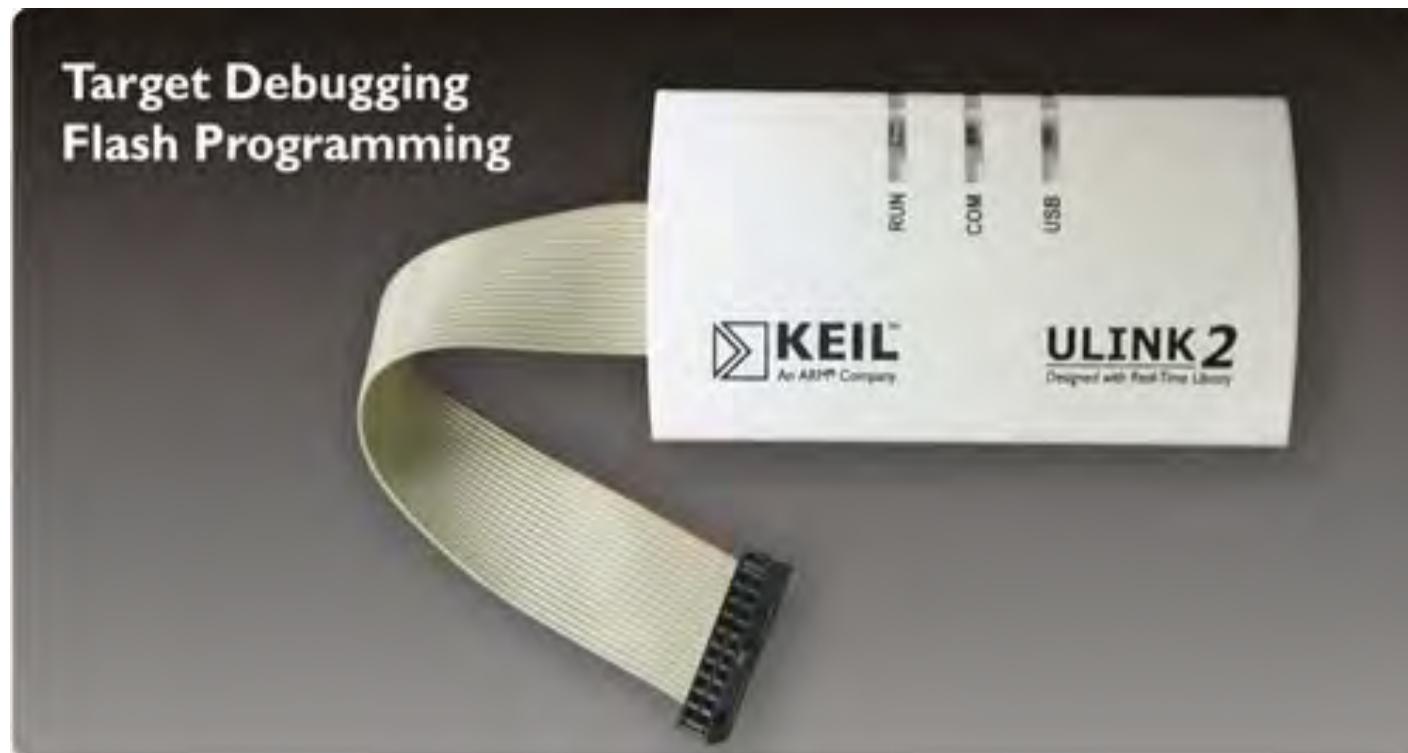
4.3.- Programación de la memoria *Flash*.

4.4.- Depuración de un programa.

4.5.- Programas ejemplo.

2.2.– Configuración: Adaptador de depuración ULINK2.

- El adaptador de depuración *Keil ULINK2* conecta el puerto USB del PC al sistema (por medio de JTAG, SWD, o OCDS) y permite programar y depurar programas empotrados en el *hardware*.



2.2.– Configuración: Adaptador de depuración ULINK2.

- Soporta varios dispositivos: ARM7, ARM9, Cortex–M, 8051, y C166.
- JTAG con velocidad hasta 10MHz.
- *Serial Wire Debug (SWD)* con soporte para dispositivos basados en ARM Cortex–M.
- *Serial Wire Viewer (SWV) Data Trace* para Cortex–M hasta 1Mbit/s (modo UART).
- Herramienta en tiempo real con memoria de lectura/escritura durante la ejecución, emulación y salida serie del depurador.
- Integración transparente con el *Keil µVision IDE & Debugger*.
- Amplio rango de voltaje: 2.7V – 5.5V
- Alimentación por USB (no necesita alimentación adicional).
- Instalación de los *drivers* USB estándar de Windows (*Plug-and-Play*).
- *Target Connectors:*
 - 10–pin (0.05") – Conectores de depurador de Cortex.
 - 20–pin (0.10") – Conector ARM JTAG estándar.

2.2.– Configuración: Adaptador de depuración ULINK2.

- ◆ ULINK2 se puede utilizar para:
 - ◆ Depuración en el circuito (utilizando *on-chip* JTAG, SWD, o SWV),
 - ◆ Programación en memoria *Flash* (utilizando algoritmos de programación *Flash* configurables por el usuario).
- ◆ Utilizando el adaptador ULINK2 junto con el depurador *Keil µVision IDE*, podemos fácilmente crear, cargar y probar aplicaciones empotradas en el *hardware*.

Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.

2.- Configuración:

2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.

2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.

2.3.- Componentes de la placa MCB2300.

2.4.- Conexión con ULINK2.

3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.

4.- Software de desarrollo:

4.1.- *Keil MDK-ARM*.

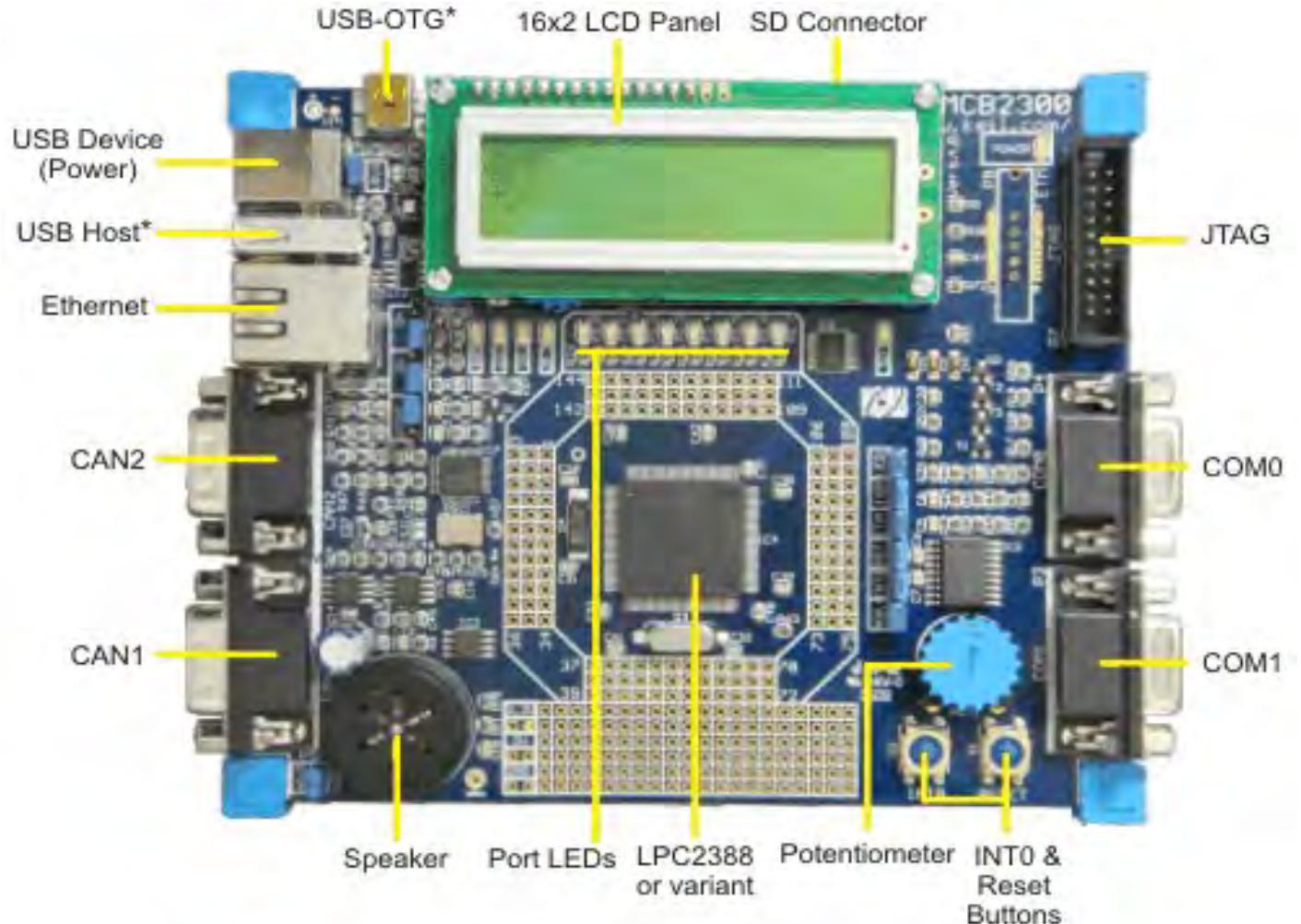
4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.

4.3.- Programación de la memoria *Flash*.

4.4.- Depuración de un programa.

4.5.- Programas ejemplo.

2.3.– Configuración: Componentes de la placa MCB2300.



* MCB2388 and later MCB2387 boards only

17 Carlos Diego Moreno Moreno

Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.

2.- Configuración:

- 2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.
- 2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.
- 2.3.- Componentes de la placa MCB2300.

2.4.- Conexión con ULINK2.

3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.

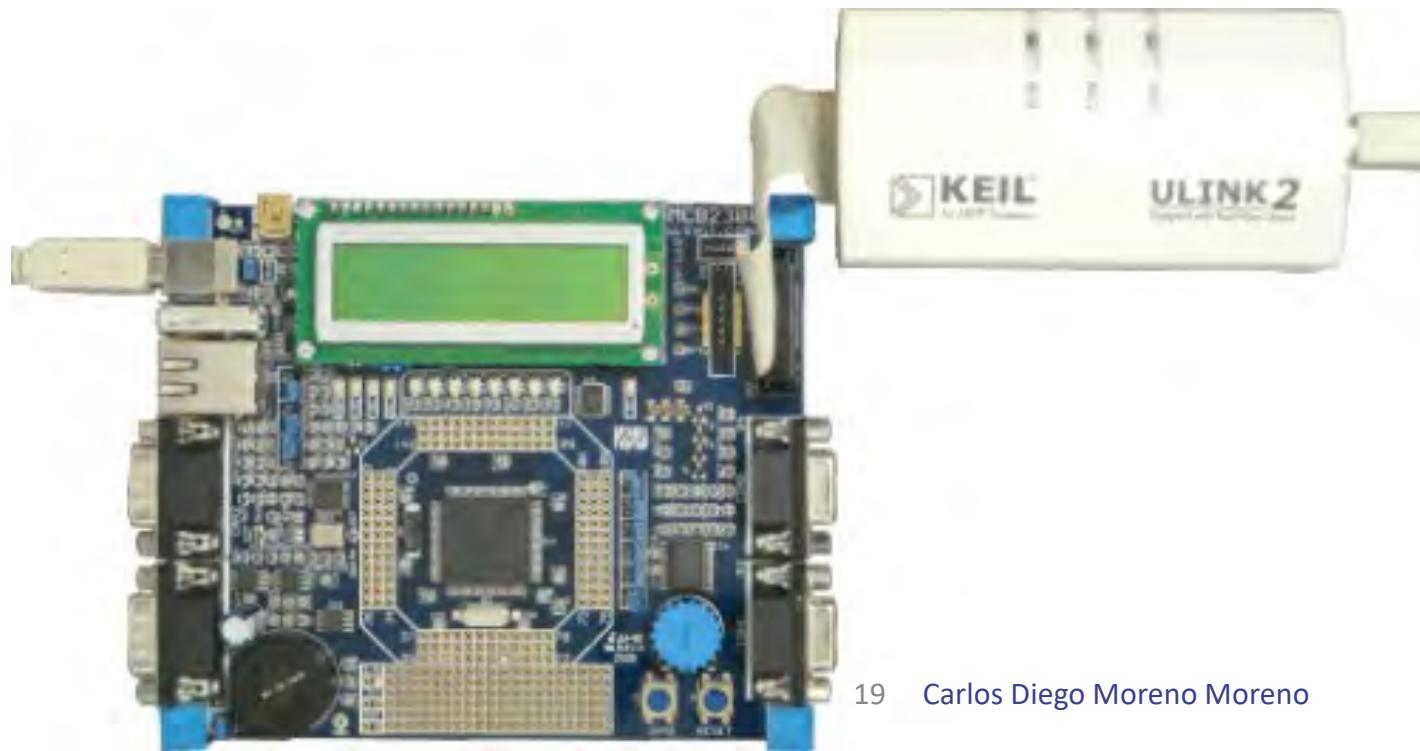
4.- Software de desarrollo:

- 4.1.- *Keil MDK-ARM*.
- 4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.
- 4.3.- Programación de la memoria *Flash*.
- 4.4.- Depuración de un programa.
- 4.5.- Programas ejemplo.

2.4.– Configuración: Conexión con ULINK2.

Para utilizar la placa de evaluación MCB2300 con ULINK2, debemos:

- ✓ Unir el conector del ULINK2 al conector JTAG de la placa MCB2300.
- ✓ Conectar el ULINK2 al PC con un cable USB A/B estándar.
- ✓ Dar alimentación a la placa con un cable USB A/B estándar.



Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.

2.- Configuración:

- 2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.
- 2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.
- 2.3.- Componentes de la placa MCB2300.
- 2.4.- Conexión con ULINK2.

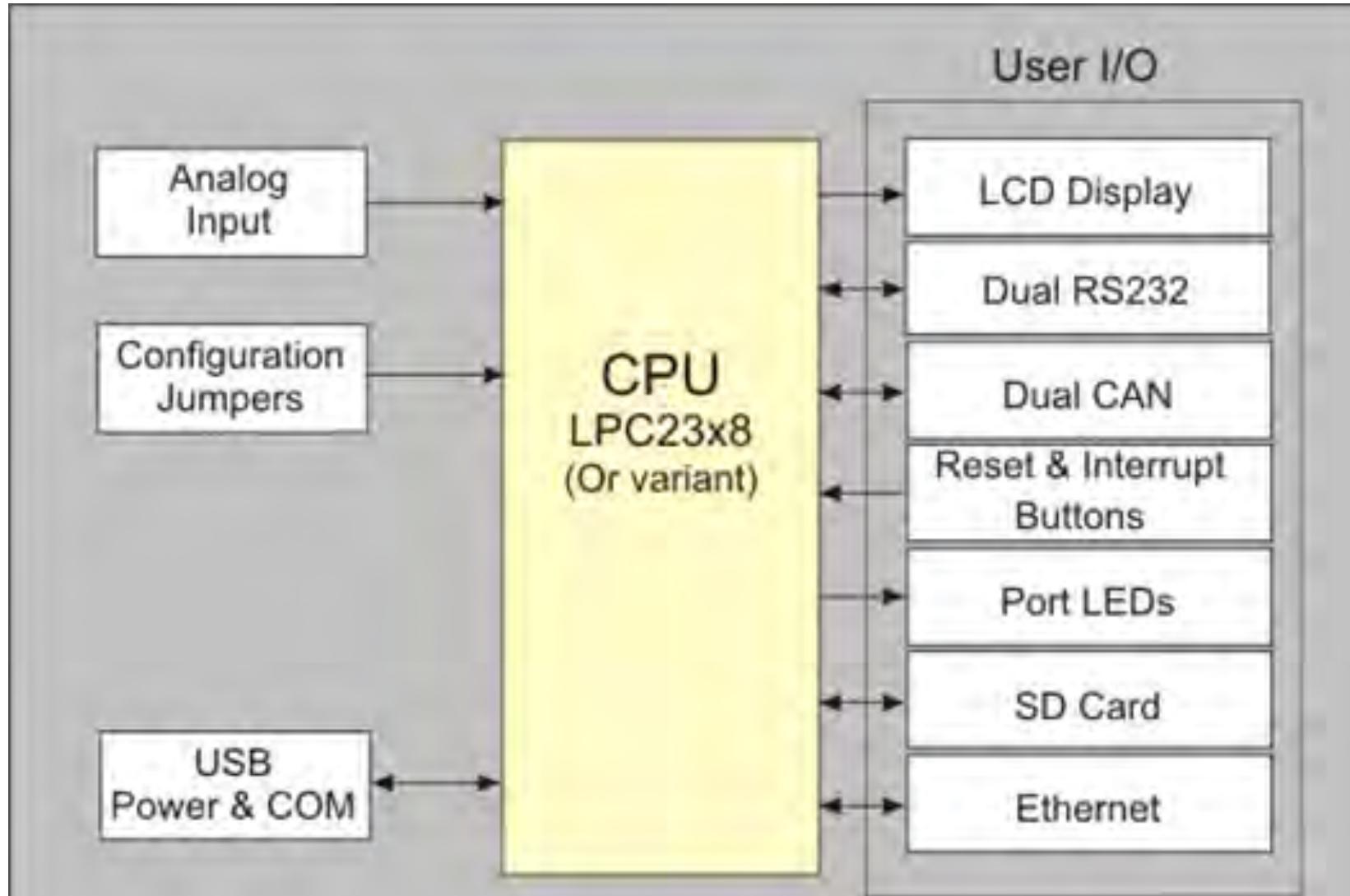
3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.

4.- *Software* de desarrollo:

- 4.1.- Keil MDK-ARM.
- 4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.
- 4.3.- Programación de la memoria Flash.
- 4.4.- Depuración de un programa.
- 4.5.- Programas ejemplo.

3.- Descripción del hardware de la placa MCB2300: diagrama de bloques.

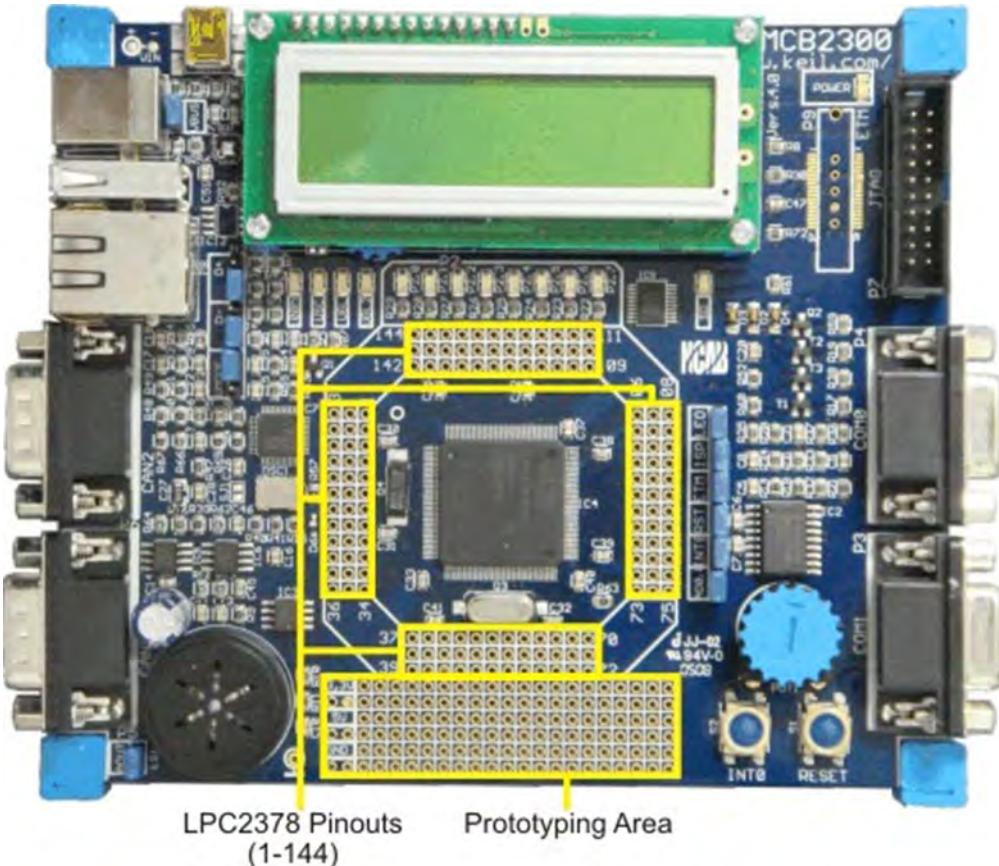
- Esta placa está diseñada para ser una placa de evaluación muy flexible para la familia de microcontroladores NXP LPC2300. Además, puede ser ampliada para construir prototipos hardware.



3.- Descripción del *hardware* de la placa

MCB2300: área de prototipos.

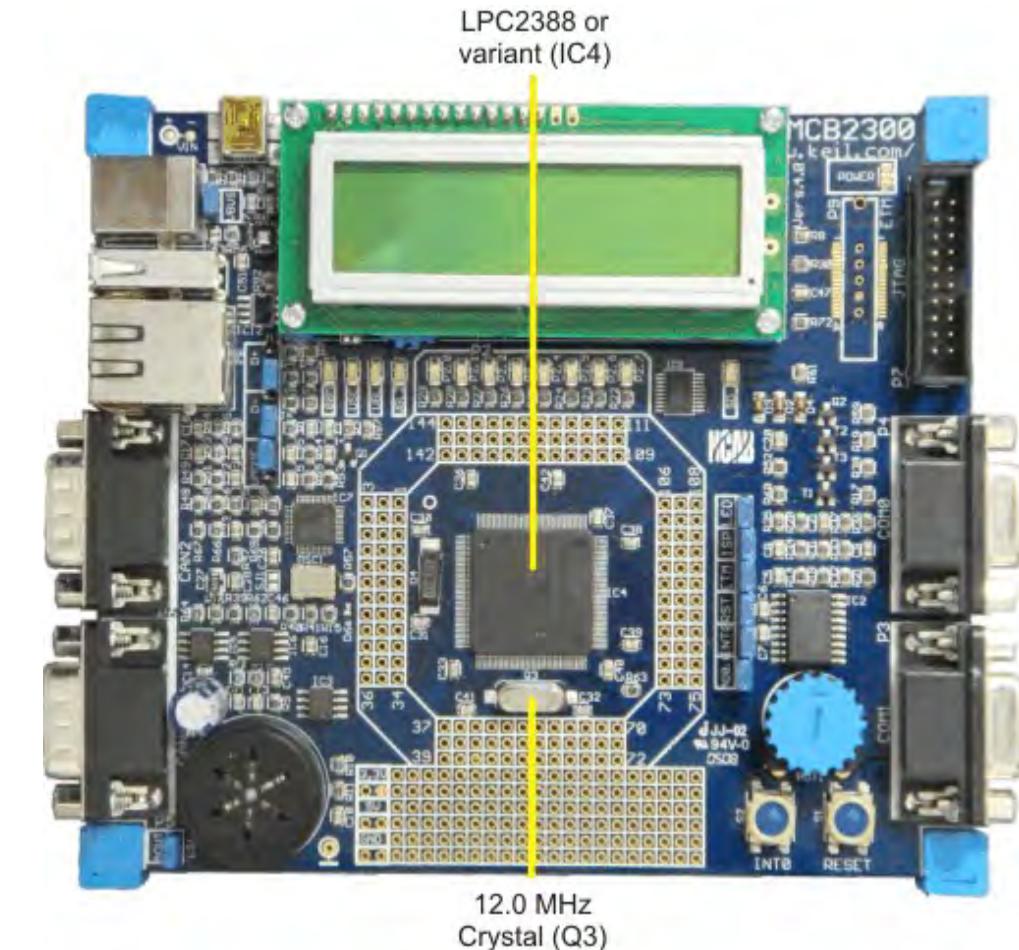
- La zona de prototipos ofrece bloques para añadir componentes y la conexión de direcciones, datos y puertos de entrada/salida. Los 144 pines del microcontrolador LPC2378 son accesibles en este área para la construcción de prototipos.
- Todas las señales del microcontrolador están en los pines y las maneja directamente el propio microcontrolador. Hay que tener precaución para evitar la sobrecarga de estas líneas de señal, ya que se podría dañar la placa.



3.– Descripción del *hardware* de la placa

MCB2300: microcontrolador.

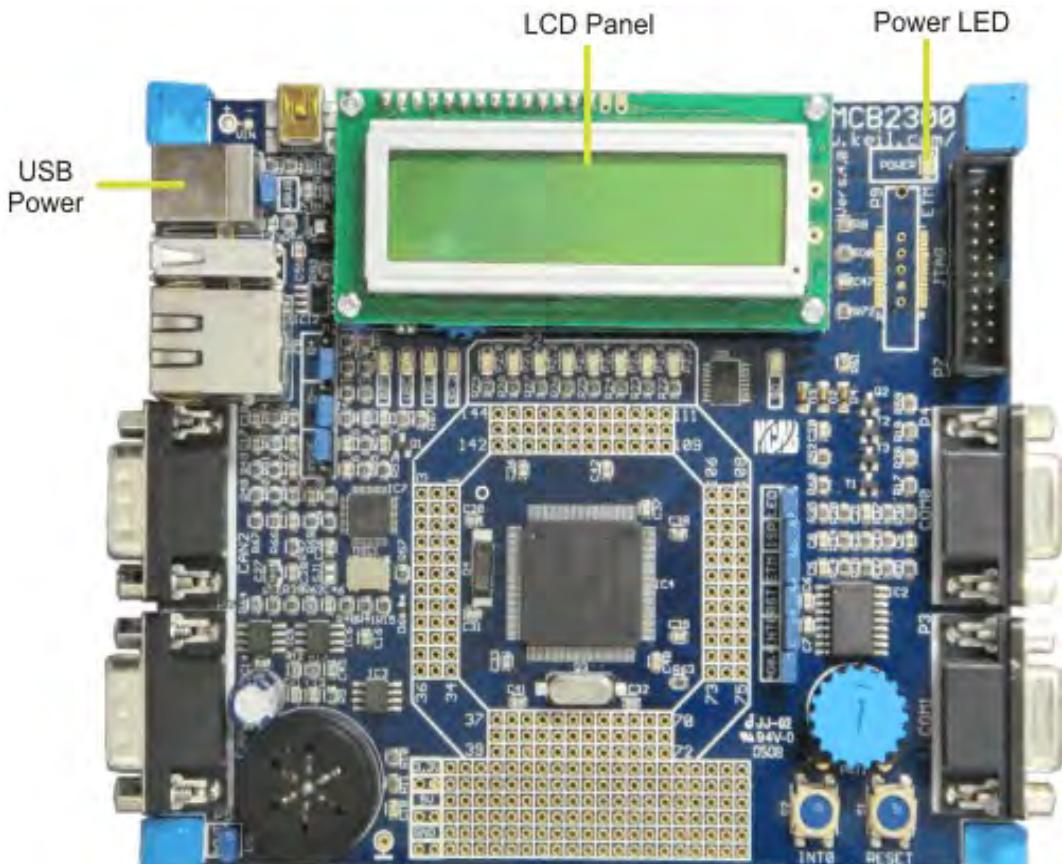
- Los microcontroladores NXP LPC2368, LPC2378, LPC2387 o LPC2388 (IC4) incluidos en la placa MCB2300 son unos dispositivos LPC23xx con capacidades avanzadas de USB, ADC y DAC. Un cristal de 12.0 MHz (Q3) proporciona la señal de reloj a la CPU.



3.– Descripción del *hardware* de la placa

MCB2300: fuente de alimentación.

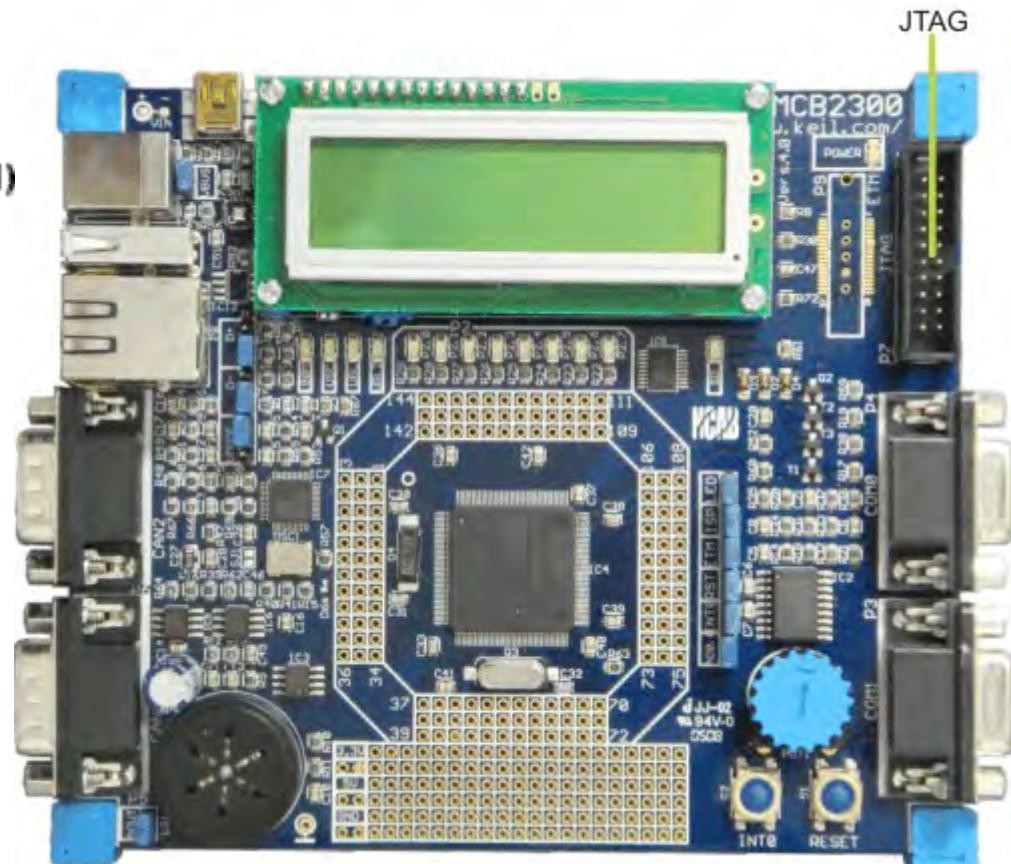
- La alimentación se suministra a la placa a través de un conector USB tipo B estándar conectado al PC.
- Los reguladores de tensión (IC1) y (IC8) generan una alimentación DC de 3.3 Volts DC y 5.0 Volts DC, respectivamente. El LED *power* indica cuando se está aplicando alimentación a la placa.
- Precaución: No conectar fuentes de alimentación adicionales (tales como baterías) cuando el cable USB esté alimentando a la placa, puede dañar el PC.



3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: interfaz JTAG.

- El conector de interfaz JTAG permite la depuración y emulación para los dispositivos NXP LPC23xx, de aplicaciones y programación de dispositivos *Flash on-chip* y *off-chip*.
- El conector estándar JTAG de 20 pines trabaja con el adaptador ULINK2 y con los de otros muchos proveedores.

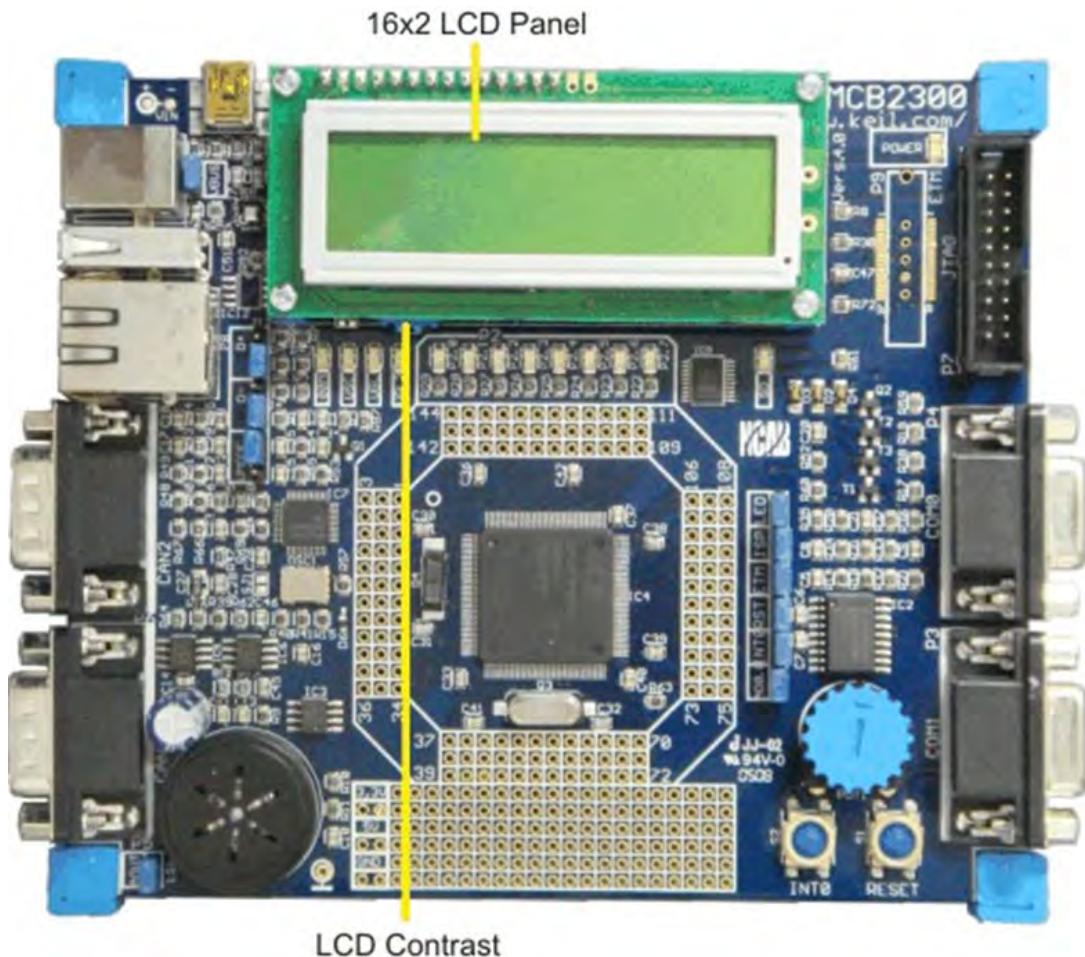
VCC	1	2	VCC (optional)
TRST	3	4	GND
TDI	5	6	GND
TMS	7	8	GND
TCLK	9	10	GND
RTCK	11	12	GND
TDO	13	14	GND
RESET	15	16	GND
N/C	17	18	GND
N/C	19	20	GND



3.– Descripción del *hardware* de la placa

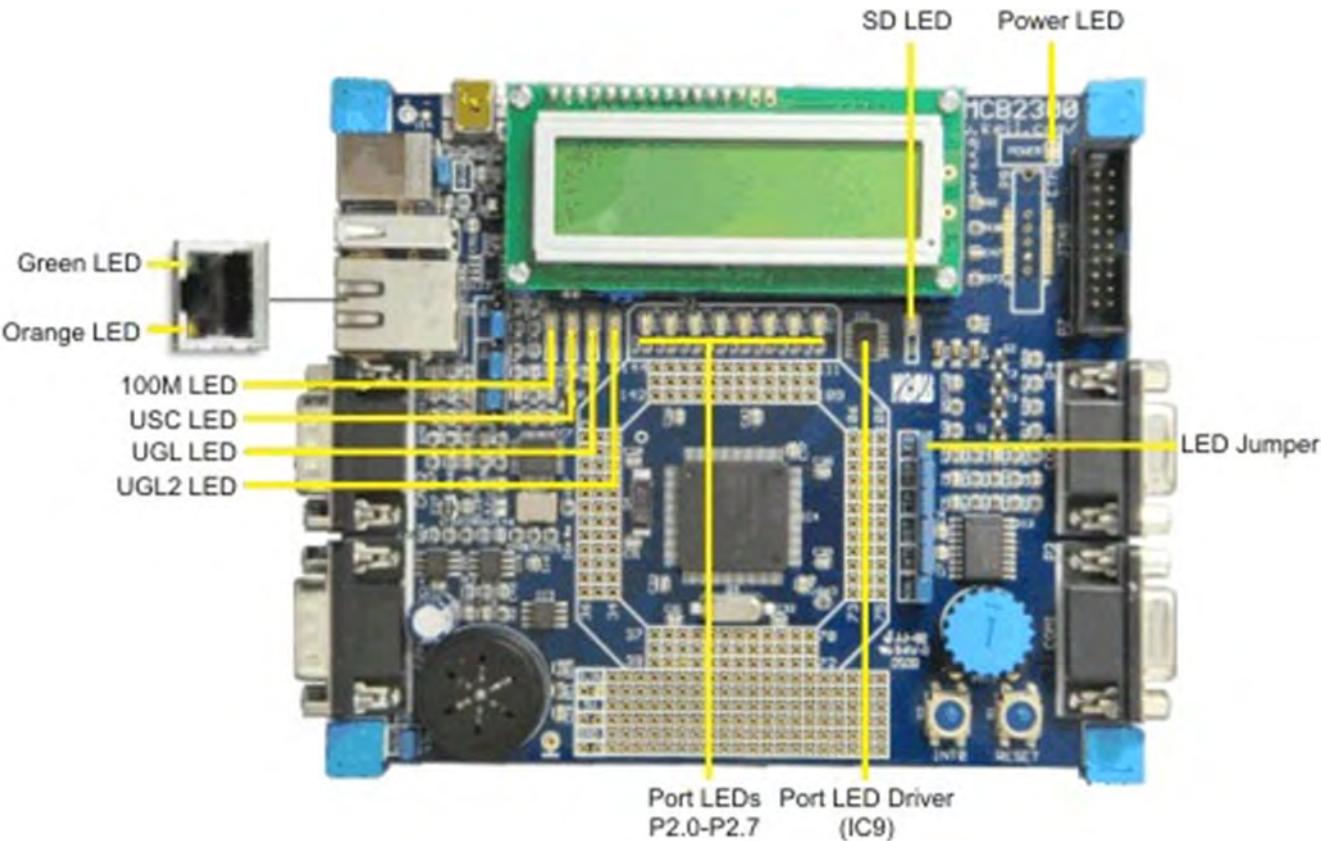
MCB2300: display LCD.

- El display LCD de 2 líneas x 16 caracteres se conecta utilizando un interfaz de 8 bits.
- El controlador de contraste LCD ajusta el brillo y el contraste de la pantalla LCD.



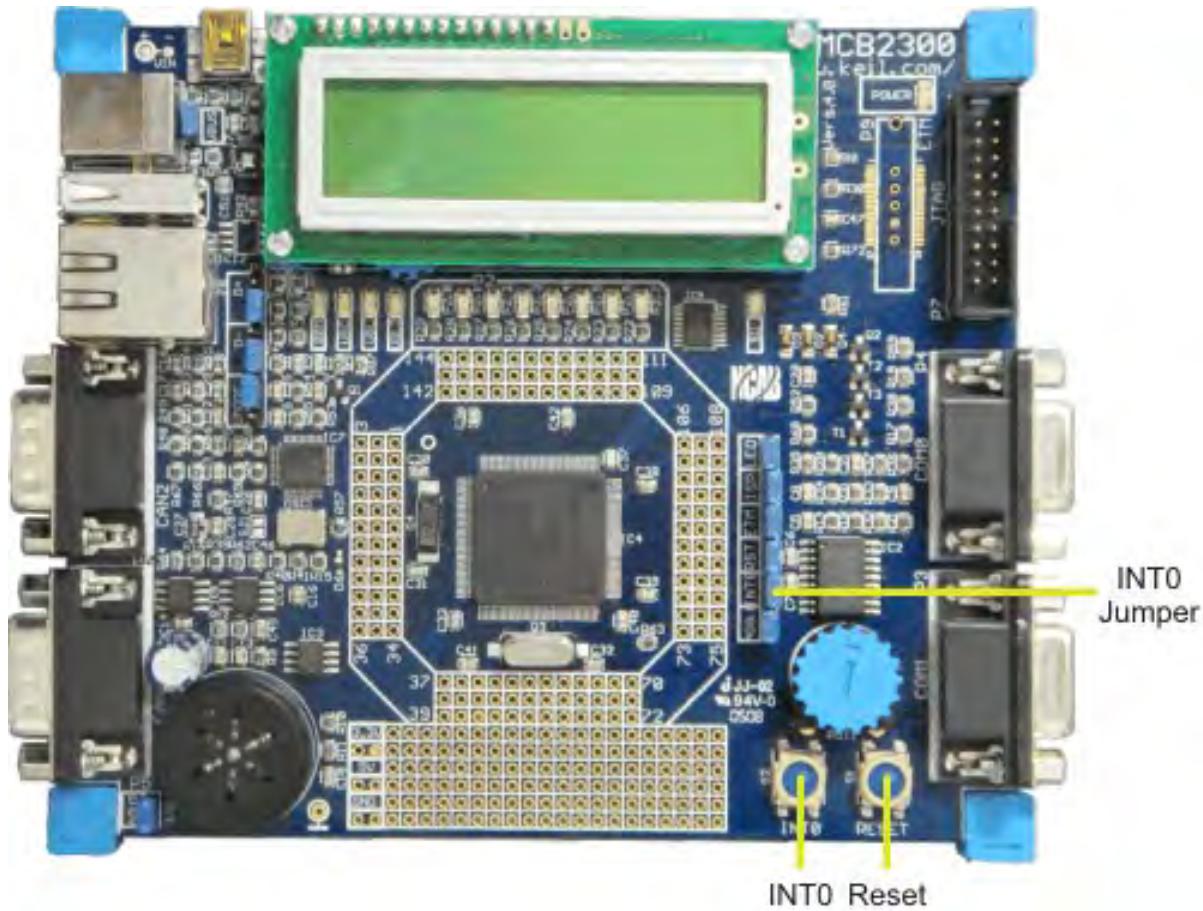
3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: LEDs.

- El indicador LED *Power* indica que la energía está presente en la placa.
- P2.0–P2.7 están conectados a los 8 pines del puerto 2 cuando está instalado el *jumper* 11. Estos LEDs son útiles para indicar el estado del programa, cuando se están probando las aplicaciones. Si quitamos el *jumper* 11 se desactiva el *chip* controlador del puerto LED (IC9).
- El LED 100M indica una conexión LAN tipo *Ethernet* de 100Mbit.
- El LED naranja (inferior/derecha) del conector *Ethernet* indica tráfico en la LAN.
- El LED verde (superior/izquierda) del conector *Ethernet* indica una correcta conexión a la LAN.
- El USC LED indica un *software* USB conectado al pin P0.14.
- El UGL LED indica un correcto enlace USB.
- El SD LED indica que ha sido detectada una tarjeta SD.



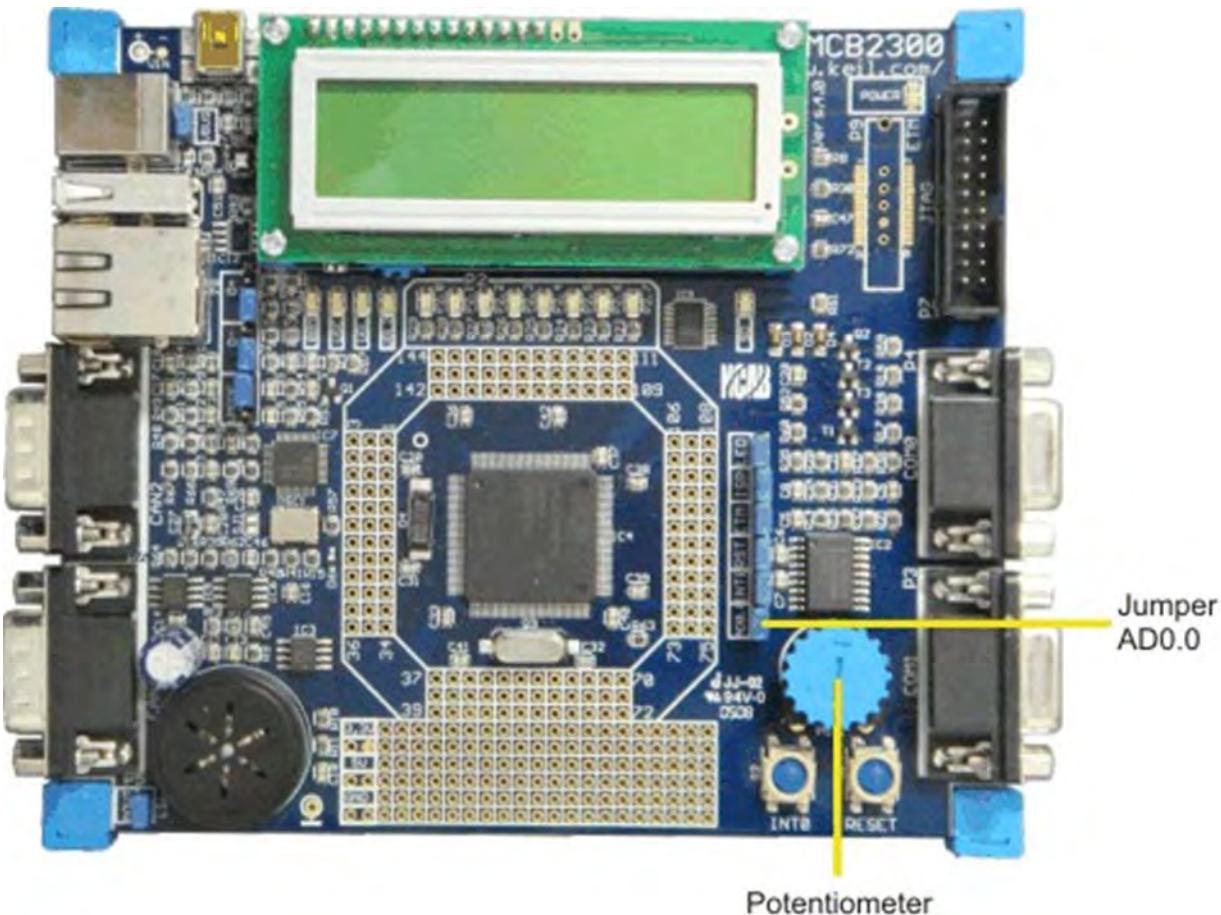
3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: pulsadores.

- El pulsador RESET está conectado al circuito de *reset* del microcontrolador.
- El pulsador INT0 está conectado a la interrupción externa INT0 del microcontrolador. Si quitamos el *jumper* INT0 se deshabilita este pulsador.



3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: potenciómetro.

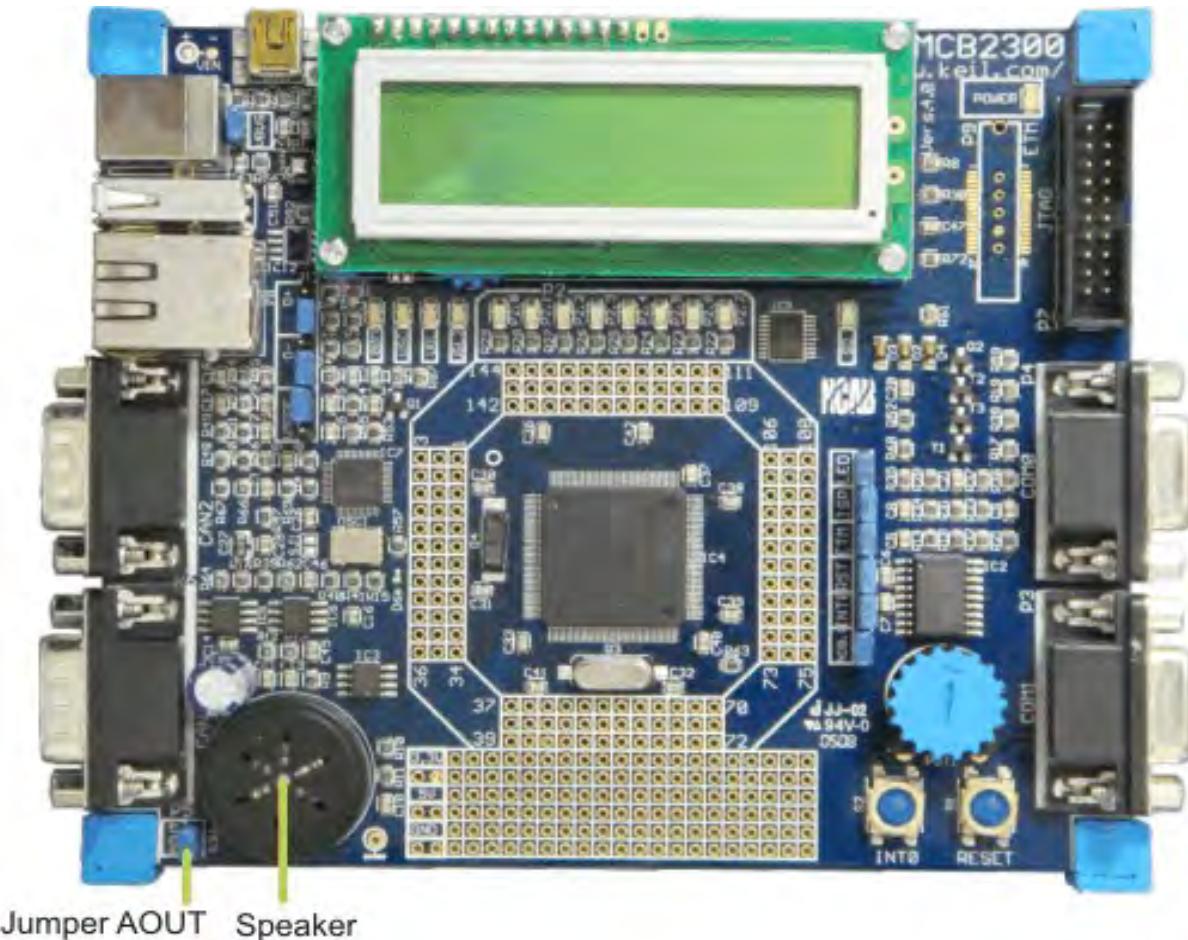
- El potenciómetro de la placa MCB2300 está conectado al puerto 0.23 (AD0.0) cuando el jumper AD0.0 está habilitado.
- El rango de tensión es 0.0–3.3 V.



3.- Descripción del *hardware* de la placa

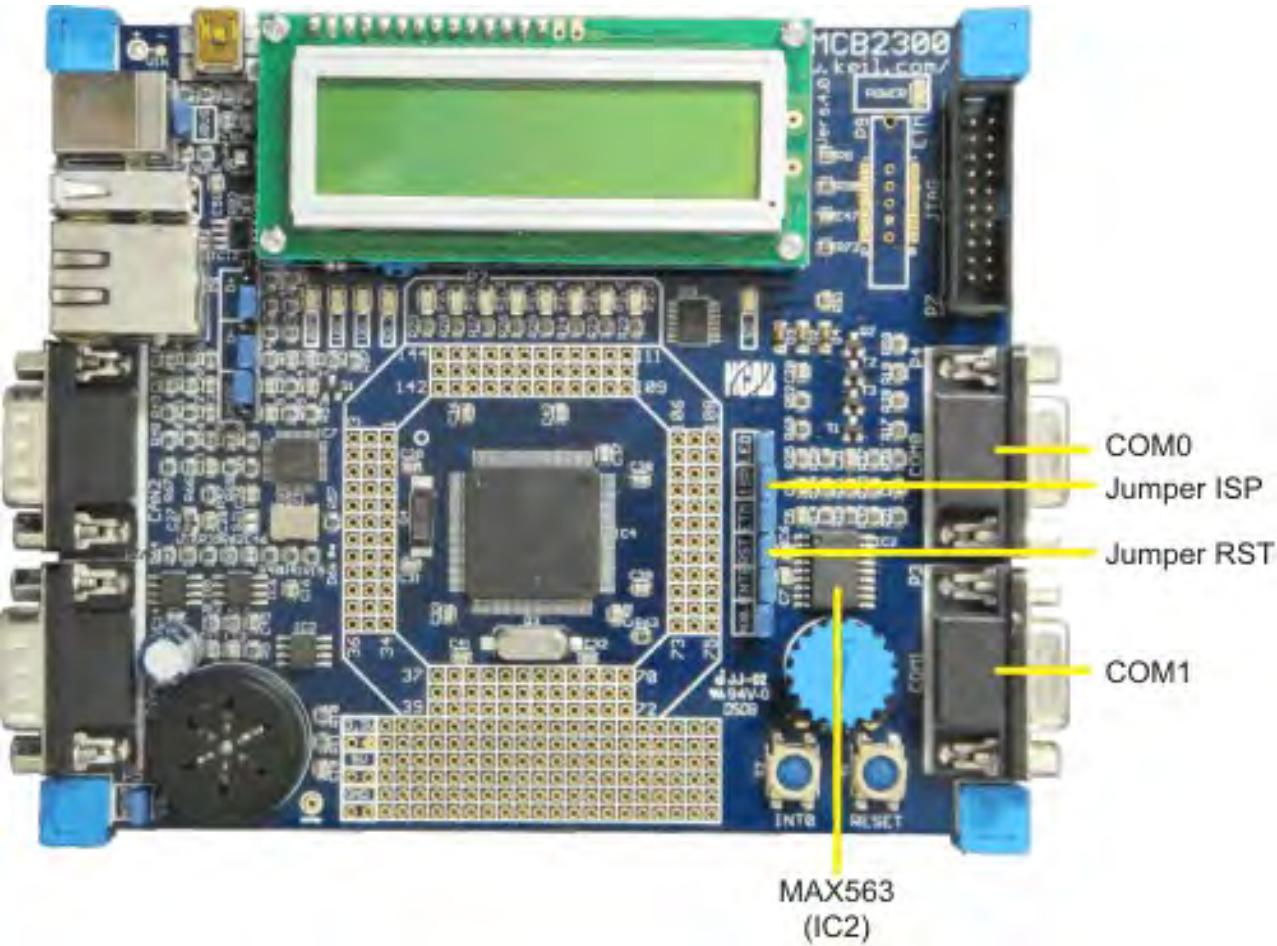
MCB2300: altavoz.

- La placa MCB2300 contiene un altavoz controlado por la salida de un conversor D/A. El amplificador de potencia de baja tensión LM386M (IC3) amplifica la salida D/A para controlar el altavoz.
- El *jumper* J3 conecta la salida D/A (Port 0, pin 26, P0.26/AOUT) a la entrada del amplificador LM386M. Si quitamos este *jumper* deshabilitamos el altavoz.



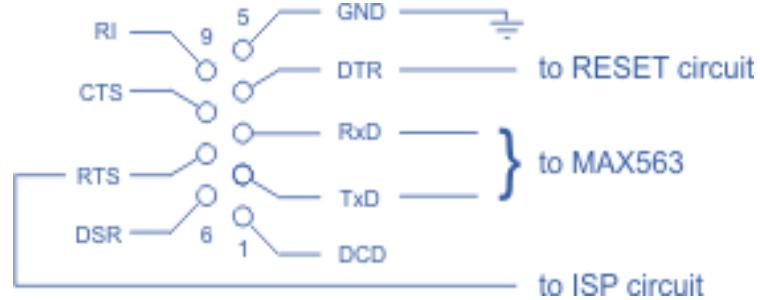
3.– Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: puertos serie.

- La placa MCB2300 conecta el puerto serie UART *on-chip* ASC0 al MAX563 (IC2), que convierte las señales lógicas a niveles de voltaje RS-232. La UART ASC0 se puede utilizar en modo arranque para descargar otras utilidades para la depuración o la programación de la *Flash*.

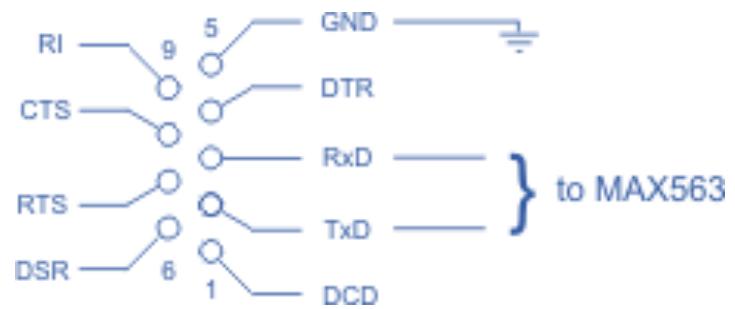


3.– Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: puertos serie.

- Además del interfaz estándar de tres líneas, el conector DB9 COM0 está cableado para permitir un *reset* de la tarjeta a través del pin DTR, y habilitar la programación dentro del sistema (*In-System Programming*, ISP) por medio del pin RTS.
- El conector DB9 COM1 utiliza el interfaz estándar de tres hilos pero no está conectado a los pines DTR o RTS ni a ningún otro componente de la tarjeta.



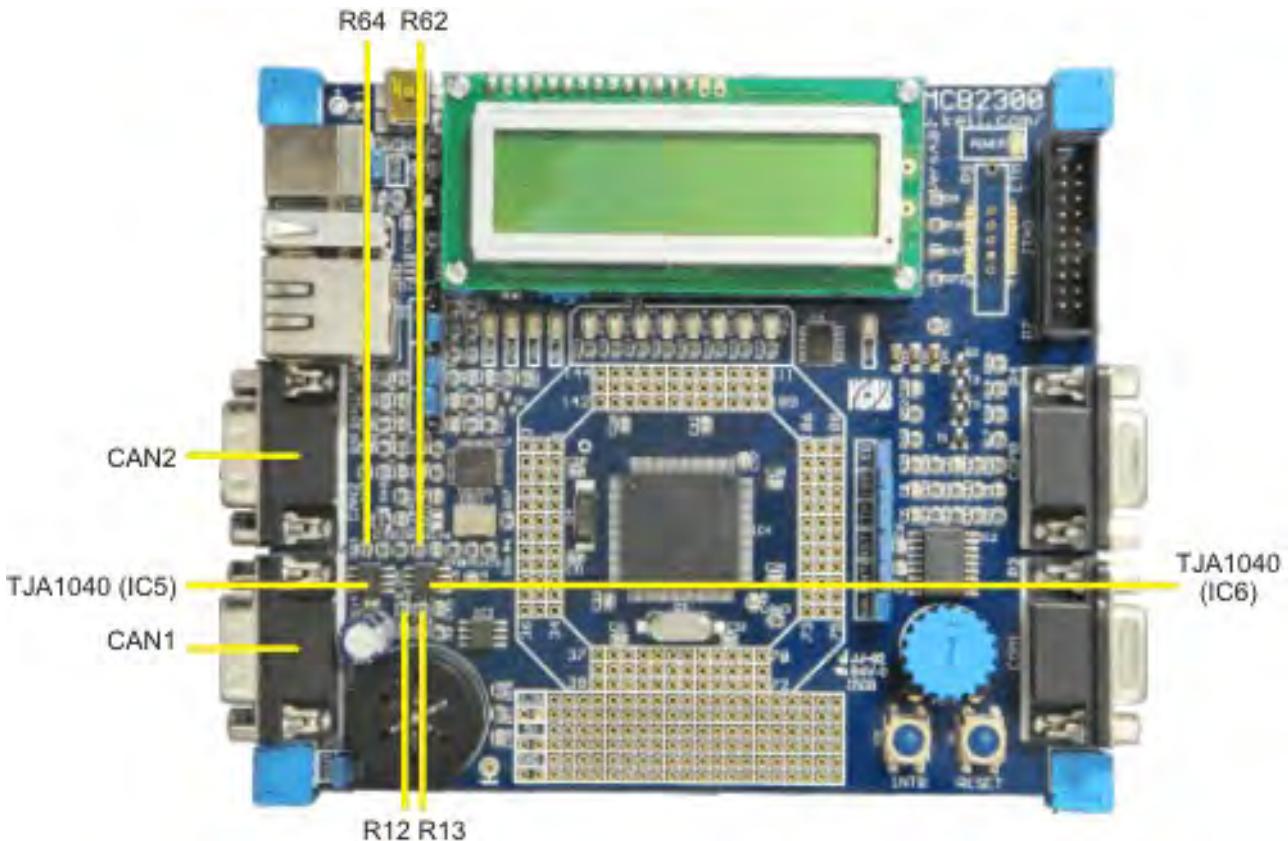
Conecotor DB9 del puerto serie COM0



Conecotor DB9 del puerto serie COM1

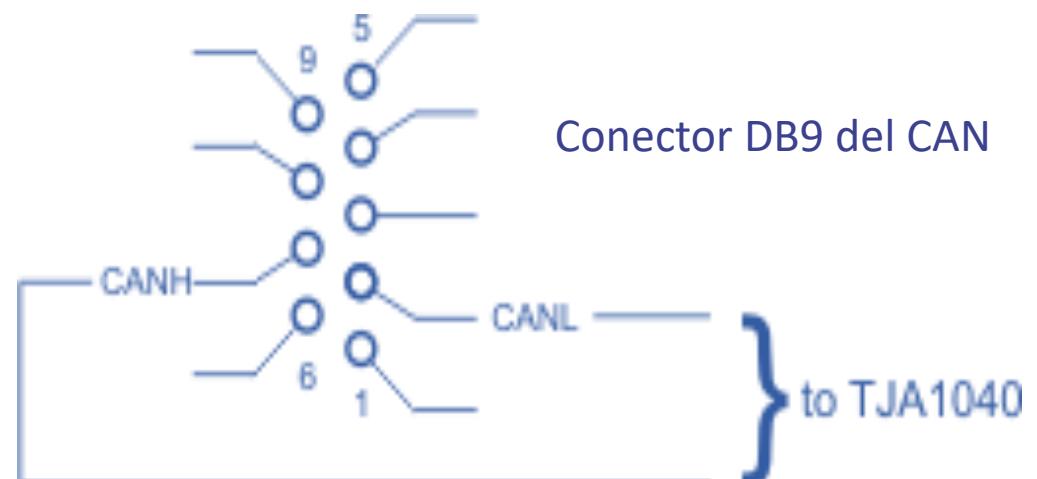
3.– Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: interfaz CAN.

- Los dos interfaces CAN utilizan el *driver* CAN TJA1040 (IC5 para CAN1 e IC6 para CAN2) y las resistencias terminales (R12 y R13 para CAN1 y R62 y R64 para CAN2) de la placa MCB2300.
- La configuración de estos *drivers* se puede cambiar mediante los *jumpers*.



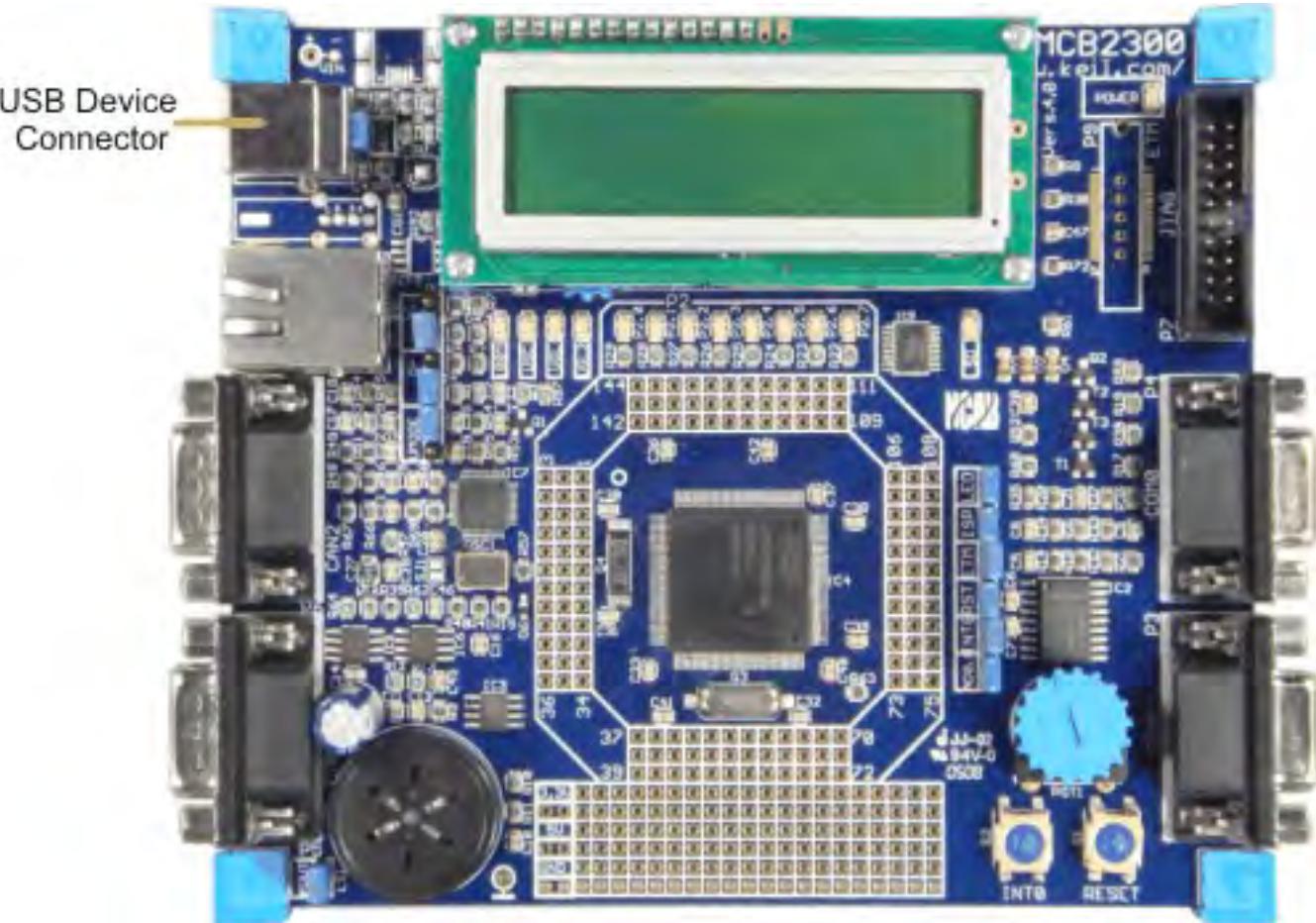
3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: interfaz CAN.

- Los conectores DB9 CAN1 y CAN2 están cableados de forma idéntica (El pin 2 proporciona la señal CANL y el pin 7 suministra la señal CANH) y cada uno de ellos está conectado a un driver CAN TJA1040.
- Las resistencias terminales CAN permiten conectar fácilmente la placa a la red CAN, aunque no siempre son necesarias. Al conectar la placa MCB2300 a una red CAN, es posible que sea necesario quitar estas resistencias terminales.



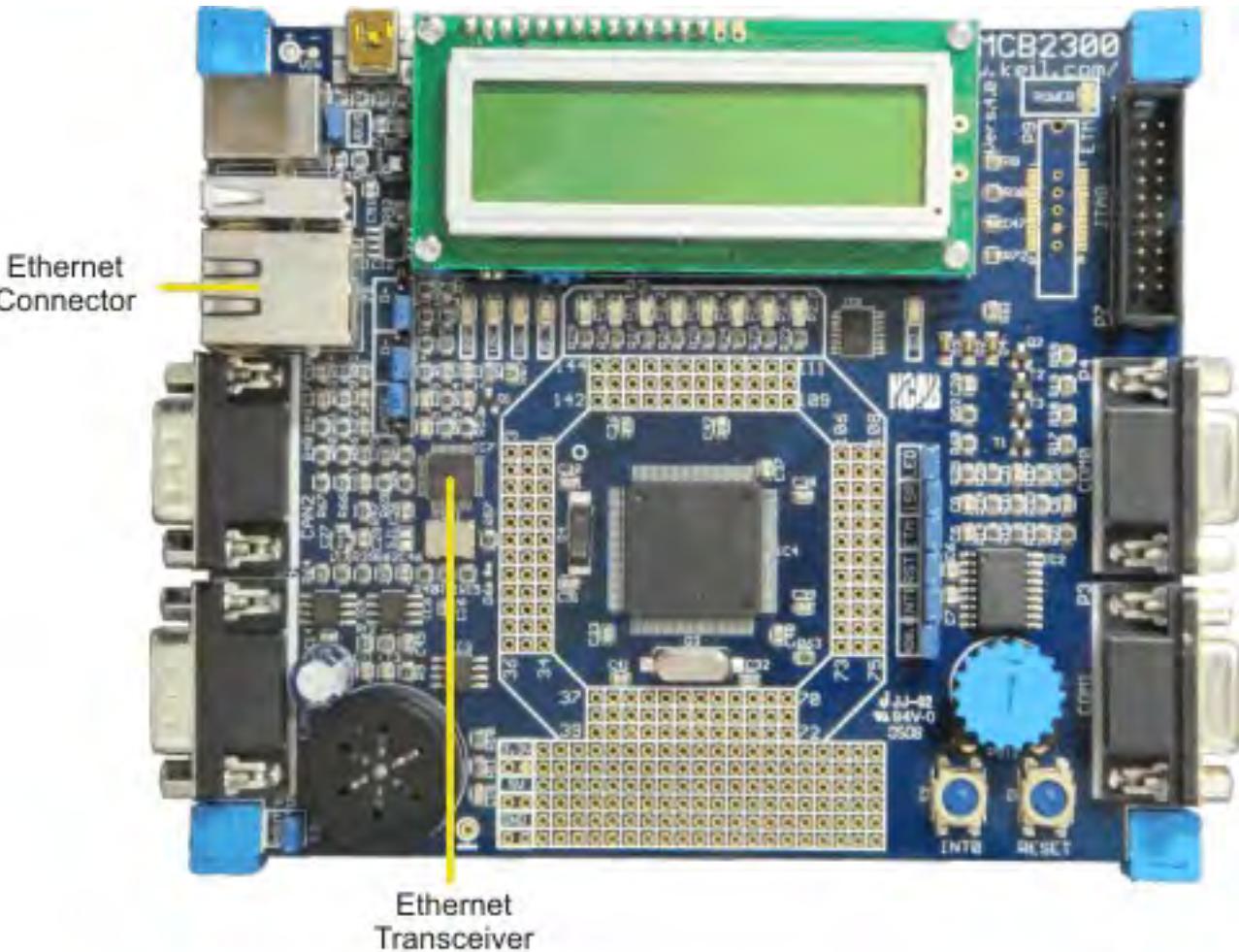
3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: interfaz USB.

- ◆ Todas las placas MCB2300 contienen un conector USB tipo B estándar que suministra alimentación a la placa y permite ser configurada como un dispositivo USB.



3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: interfaz *Ethernet*.

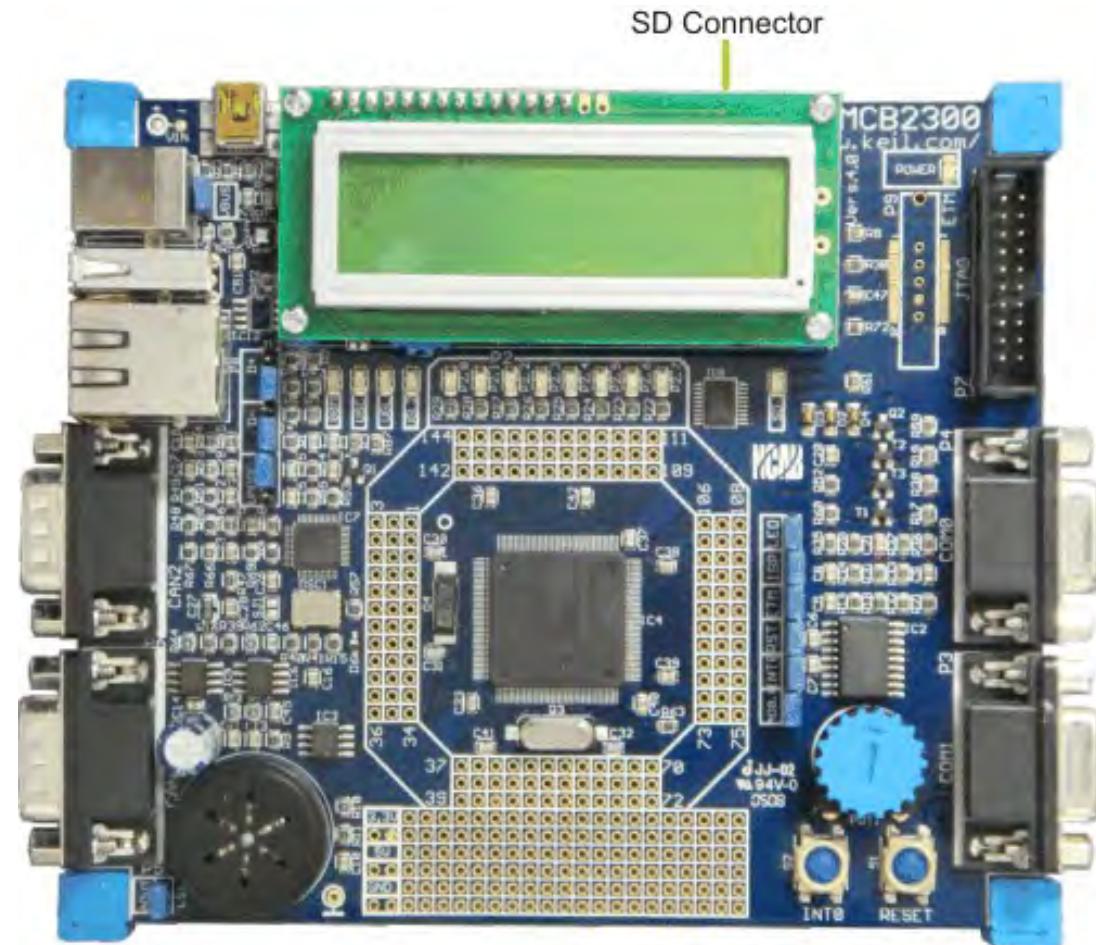
- El interfaz *Ethernet* de la placa MCB2300 utiliza el 10/100 Fast Ethernet 3.3V National Semiconductor DP83848 (IC2).



3.- Descripción del *hardware* de la placa

MCB2300: conector SD.

- La placa MCB2300 dispone de un conector de tarjeta de memoria SD que le permite conectarse a una amplia gama de tarjetas de memoria. Este conector está situado debajo del display LCD.



Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

- 1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.
- 2.- Configuración:
 - 2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.
 - 2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.
 - 2.3.- Componentes de la placa MCB2300.
 - 2.4.- Conexión con ULINK2.
- 3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.
- 4.- *Software* de desarrollo:
 - 4.1.- Keil MDK-ARM.
 - 4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.
 - 4.3.- Programación de la memoria *Flash*.
 - 4.4.- Depuración de un programa.
 - 4.5.- Programas ejemplo.

4.– *Software de desarrollo:*

- ❖ En este apartado vamos a dar una pequeña introducción a las herramientas de desarrollo de *Keil* y a mostrar paso a paso el proceso para poder utilizarlas en la placa MCB2300. Veremos como utilizar *µVision5 IDE* para crear, compilar, cargar, depurar y ejecutar un programa en dicha placa.
- ❖ Podemos dividir este proceso en tres apartados:
 - ✓ Crear el programa de aplicación utilizando *µVision IDE* y el compilador ARM C/C++.
 - ✓ Cargar el programa en la memoria *Flash* de la placa MCB2300.
 - ✓ Depurar el programa por medio de *µVision Debugger* y ULINK2.

Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

- 1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.
- 2.- Configuración:
 - 2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.
 - 2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.
 - 2.3.- Componentes de la placa MCB2300.
 - 2.4.- Conexión con ULINK2.
- 3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.
- 4.- *Software* de desarrollo:
 - 4.1.- **Keil MDK-ARM.**
 - 4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.
 - 4.3.- Programación de la memoria *Flash*.
 - 4.4.- Depuración de un programa.
 - 4.5.- Programas ejemplo.

4.1.– Keil MDK–ARM.

- ❖ Vamos a utilizar ***μVision5 Keil MDK–ARM Lite Edition***. Para poder trabajar con la placa debemos disponer de *Lite Edition of the Keil Microcontroller Development Kit (MDK–ARM)*.
- ❖ Podemos descargarla en la página de Keil: <https://www.keil.com/demo/eval/arm.htm>. Incluye:
 - Herramienta potente y de fácil uso *μVision IDE* que incluye editor, manejador de proyectos, etc.
 - Depurador *μVision* para muchas CPU, simulación de periféricos y *driver* para el adaptador de *Keil USB–JTAG*.
 - Herramientas de compilación para ARM que incluyen el compilador ANSI C/C++ y utilidades relacionadas.
 - RTX RTOS Kernel para el ARM Compiler.
 - Amplios tutoriales y demás documentación.

4.1.– Keil MDK–ARM.

❖ Las restricciones de *MDK–ARM Lite Edition* son:

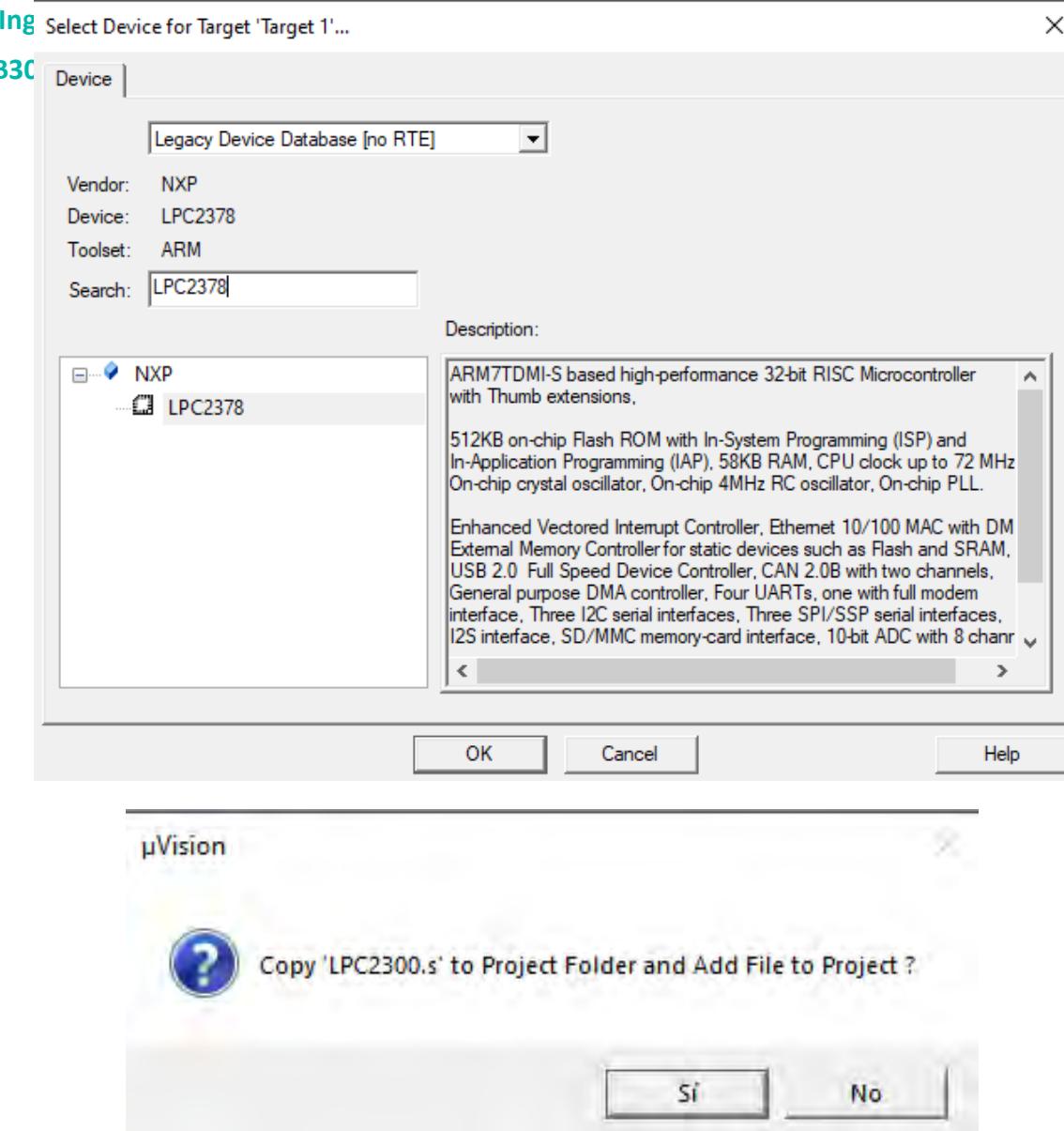
- ✓ El tamaño de la imagen del programa en la ROM está limitado a un máximo de 32 KB.
- ✓ La dirección base para código o constantes está restringido a 0xXX000000, 0xXX800000, ó 0x00080000 donde XX puede ser 00, 01, ..., FF. Esto permite que la dirección de inicio en memoria sea 0x00000000, 0x12800000 y así sucesivamente.
- ✓ No es posible generar posiciones de memoria independientes para código o datos.
- ✓ El compilador no genera un listado de ficheros.

Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

- 1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.
- 2.- Configuración:
 - 2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.
 - 2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.
 - 2.3.- Componentes de la placa MCB2300.
 - 2.4.- Conexión con ULINK2.
- 3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.
- 4.- *Software* de desarrollo:
 - 4.1.- Keil MDK-ARM.
 - 4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.
 - 4.3.- Programación de la memoria Flash.
 - 4.4.- Depuración de un programa.
 - 4.5.- Programas ejemplo.

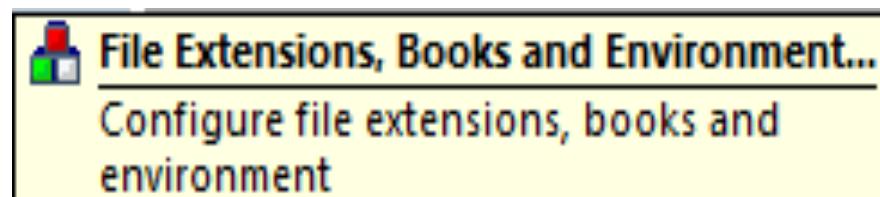
4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto.

- Crear un nuevo proyecto con el comando del menú de *μVision Project* → *New Project*. Seleccione un microcontrolador de *Legacy Device Database*®. La placa MCB2300 de que disponemos viene con el microcontrolador **LPC2378**, sin embargo, también se puede utilizar para desarrollar código para otras variantes de dispositivos LPC23xx.
- Agregar código de inicio de la carpeta ... \ARM\TABLAS\KEIL\MCB2300\ a su proyecto. Después de la selección, *μVision* mostrará el siguiente cuadro de diálogo:
- Responda Sí, ya que este código de inicio trabaja con la mayoría de los dispositivos LPC23xx.



4.2.– Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto.

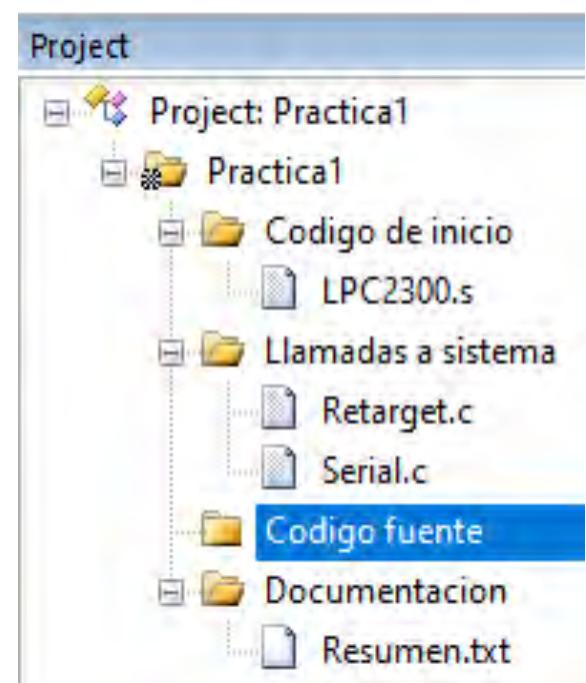
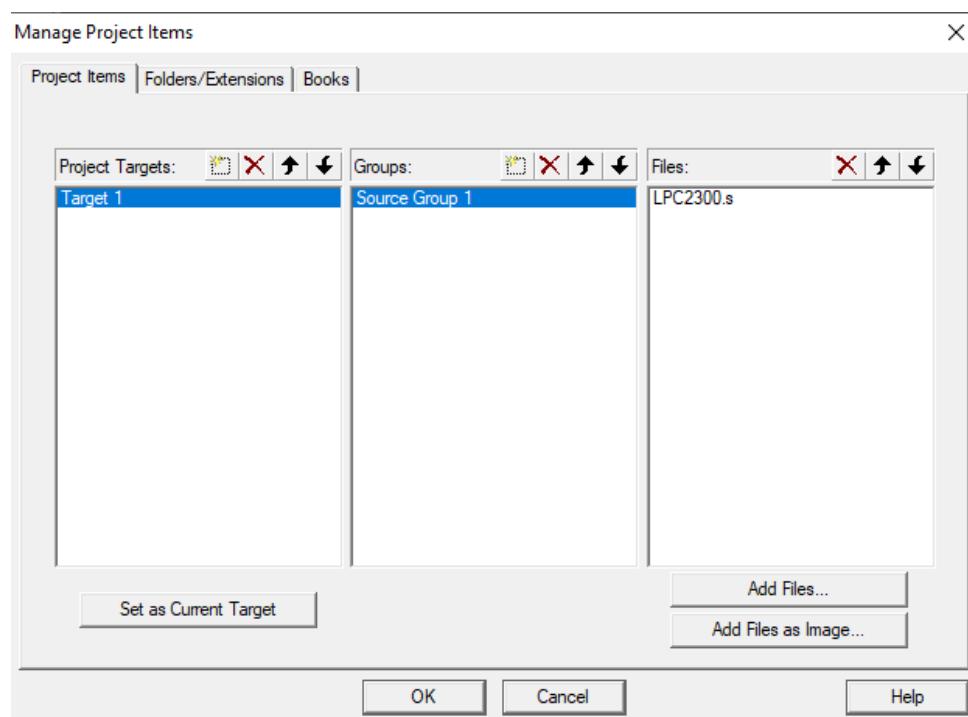
- Añada su propio código fuente al proyecto usando el editor *μVision* (o cualquier otro editor) por cualquiera de estos métodos: haciendo clic con el botón derecho del ratón en la ventana del proyecto en un grupo y seleccione *Add Files to Group* en el menú; o bien, abriendo en *Project → Manage → Component, Environment, Books; o simplemente pulsando la herramienta:*



- Dentro de este cuadro de diálogo, puede crear y organizar ficheros en grupos, o modificar otros objetivos del proyecto con diferentes configuraciones de la herramienta.

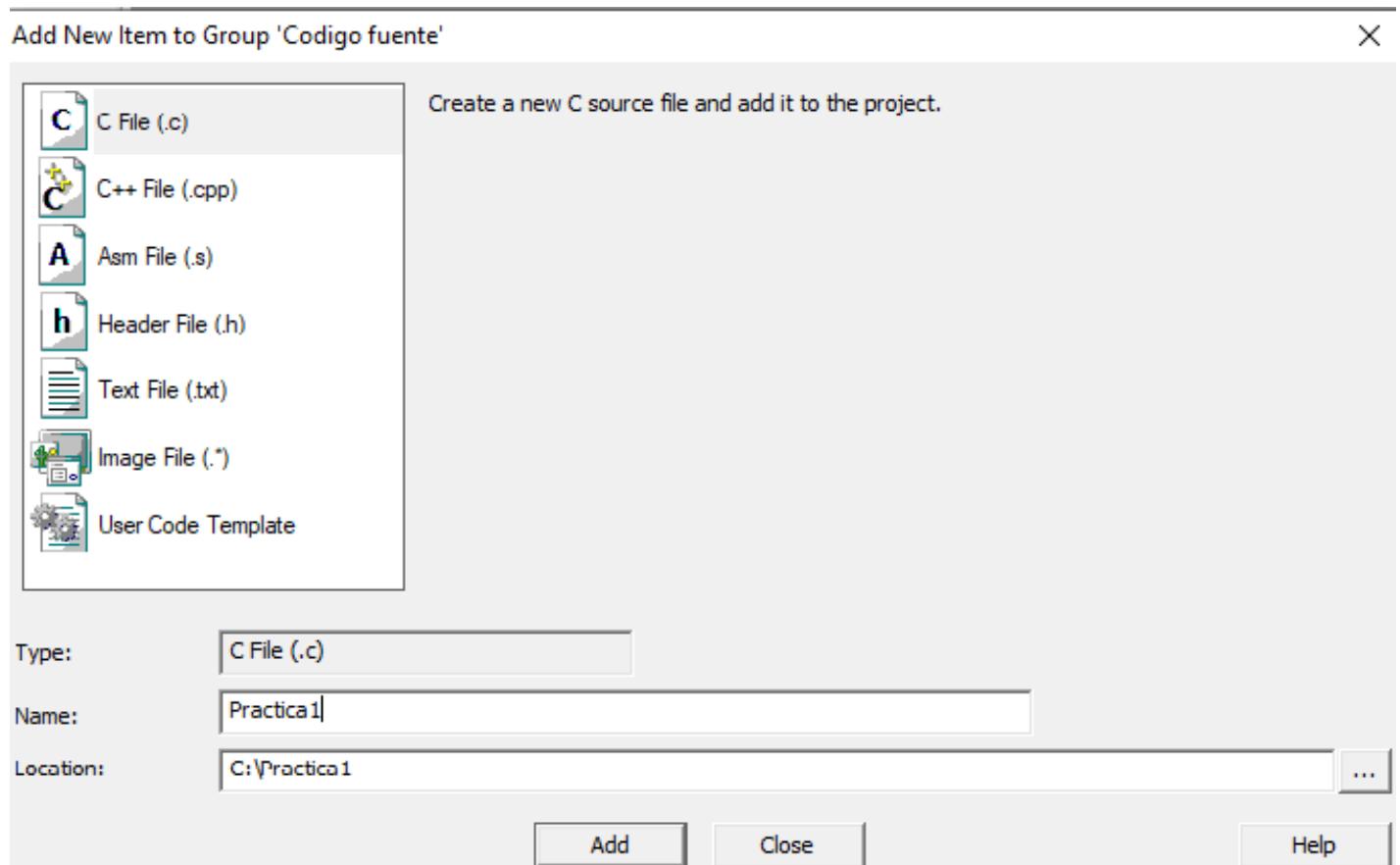
4.2.– Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto.

- En la carpeta que hemos creado el proyecto copiaremos los ficheros *retarget.c* y *serial.c* de cualquiera de los ejemplos que vienen incluidos con el *software*, por ejemplo de la carpeta C:\Keil_v5\ARM\Boards\Keil\MCB2300\Blinky.
- El manejador de proyectos podría quedar de la forma siguiente:



4.2.– Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto.

- Al pulsar el botón derecho del ratón en el grupo Código fuente y seleccionar *Add New Item* nos saldrá el siguiente cuadro de diálogo, donde añadiremos nuestro código fuente en un fichero C.



4.2.– Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto.

- Vamos a añadir algunas líneas de código en C para compilar y construir nuestro programa con el típico ejemplo de “Hola mundo”. El entorno de Keil *μVision5* quedaría de la forma siguiente:

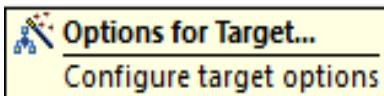
The screenshot shows the Keil μVision5 IDE interface. The title bar reads "C:\Practica1\Practica1.uvproj - μVision". The menu bar includes File, Edit, View, Project, Flash, Debug, Peripherals, Tools, SVCS, Window, and Help. The toolbar has various icons for file operations like Open, Save, and Build. The left sidebar displays the project structure under "Project: Practica1":

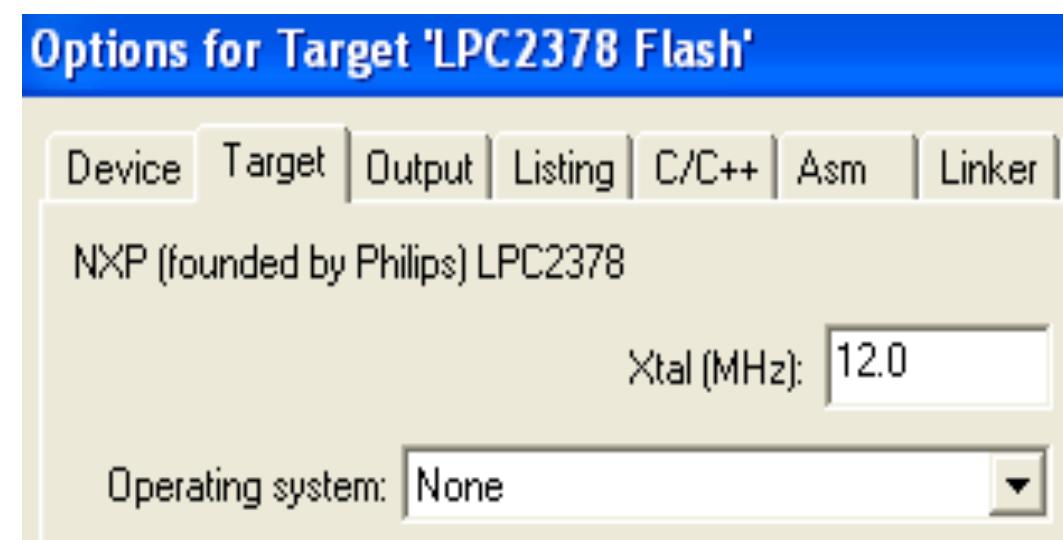
- Practica1
 - Código de inicio
 - LPC2300.s
 - Llamadas a sistema
 - Retarget.c
 - Serial.c
 - Código fuente
 - Practica1.c
 - Documentación
 - Resumen.txt

The main code editor window shows the file "Practica1.c" with the following C code:

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <LPC2300.h>
3 extern void init_serial (void);
4
5 int main (void) {
6     int n=8;
7     n = 8;
8     init_serial ();
9     printf("hola mundo");
10    n=n+1;
11    n=n-4;
12    while (1);
13 }
14
```

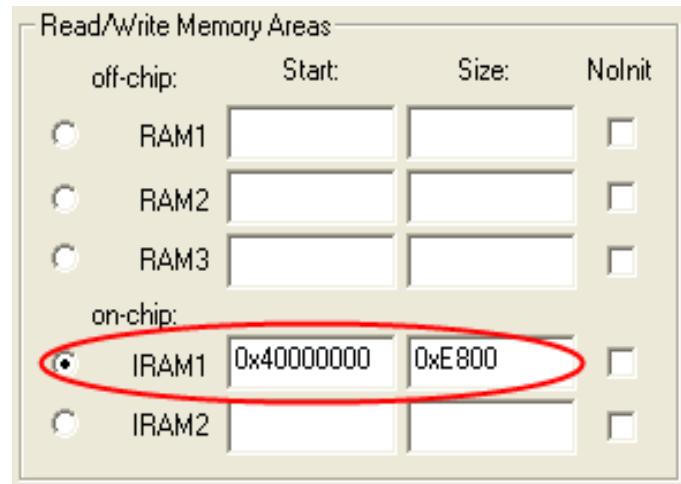
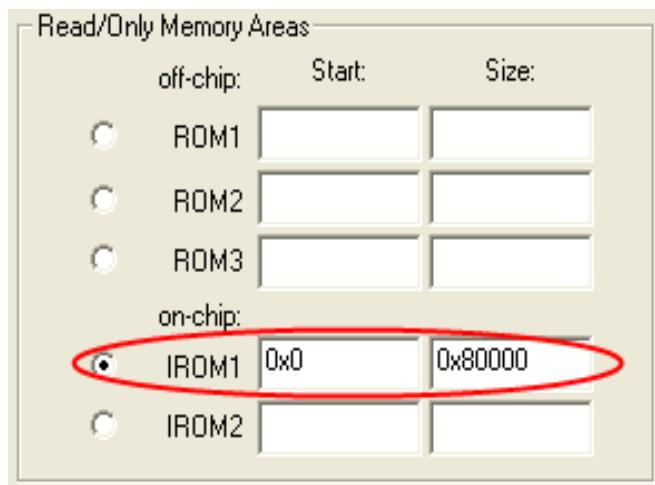
4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: configuración del *target*.

- La velocidad y configuración de la memoria debe establecerse para el *hardware* del *target*. La herramienta software *μVision5* encontrará automáticamente los valores correctos cuando se seleccione un nuevo dispositivo de su base de datos.
- Pulsamos la herramienta  o bien con el menú *Project → Options for Target* donde dentro de la pestaña *Target* nos aseguraremos (o cambiaremos) la velocidad del reloj a 12 MHz. (12.0 en XTAL (MHz))



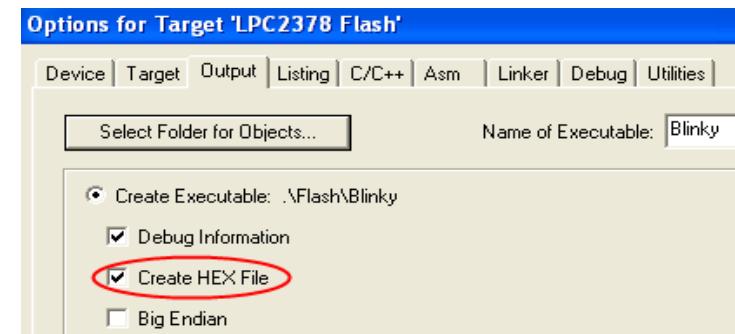
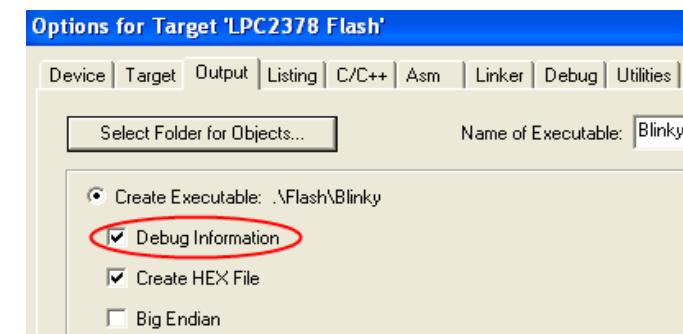
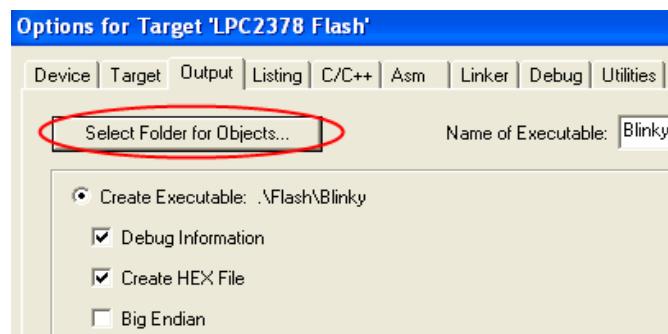
4.2.– Pasos para crear un programa de aplicación: configuración del *target*.

- Escriba o compruebe el área de memoria ROM para el *target* en IROM1. Introduzca en *Start* la dirección de comienzo 0x0, y como tamaño 0x80000 en *Size*. La tarjeta MCB2300 dispone en el integrado desde 0x0 a 0xFFFF de ROM para un total de 0x80000 bytes.
- Introduzca el área de memoria RAM para su *target* en IRAM1. La placa MCB2300 puede ser configurada con varios dispositivos, que se pueden consultar en el manual del dispositivo para el tamaño correcto de IRAM. Por defecto tiene una RAM en el *chip* desde 0x40000000 a 0x4000FFFF para un total de 0x10000 bytes. Introduzca la dirección de comienzo de 0x40000000 en *Start* y el tamaño de 0xE800 en *Size*.

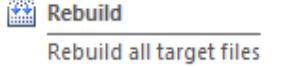


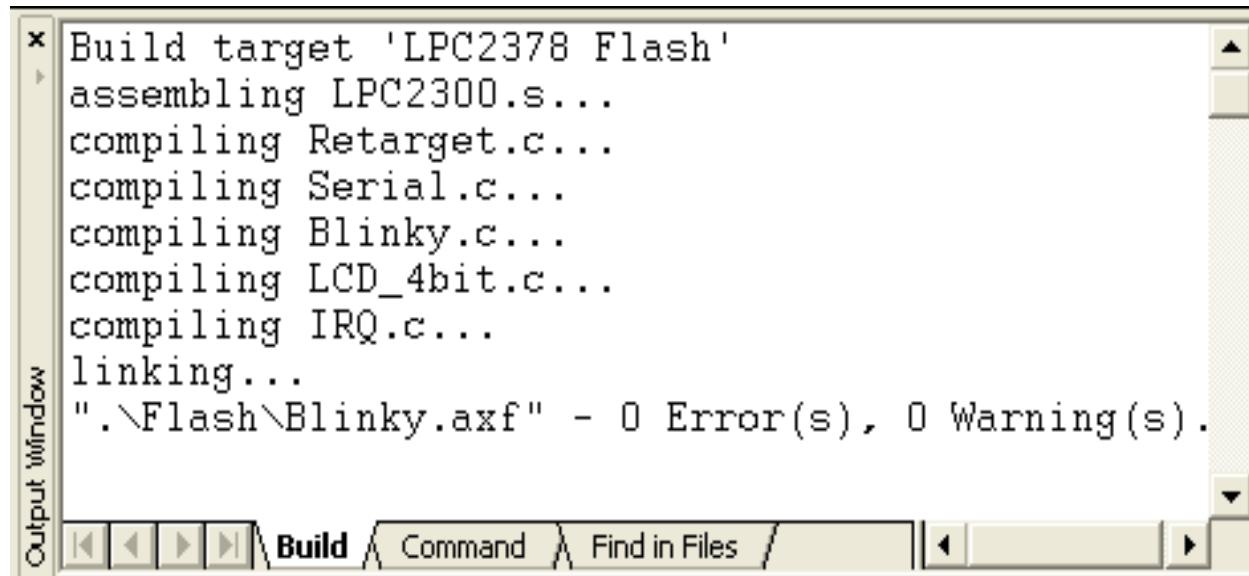
4.2.– Pasos para crear un programa de aplicación: configuración de los ficheros de salida.

- Esto lo haremos en la pestaña *Output* del mismo menú anterior: menú *Project* → *Options for Target* o bien con la herramienta:
- Para especificar la carpeta de los ficheros de salida pulsar en *Select Folder for Objects...*
- Para almacenar información del depurador dentro del archivo ejecutable del programa fuente con el depurador de *μVision* habilitaremos *Debug Information*.
- Habilitar *Create HEX File* permite generar un fichero *Intel HEX* para la programación de la *Flash* con otras utilidades externas.



4.2.– Pasos para crear un programa de aplicación: construcción del programa.

- Comienzo de la construcción: Click en el botón *Build* () o con  de la barra de herramientas para generar el programa de aplicación. La herramienta *μVision5* traduce todos los ficheros fuente y enlaza el proyecto.
- Monitorización del progreso: El progreso de la construcción del programa (ensamblaje, compilación y enlace) se muestra en la ventana de comandos de *μVision5*. Los errores o avisos detectados durante el proceso de construcción también se muestran en esta ventana.

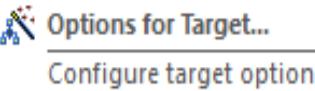


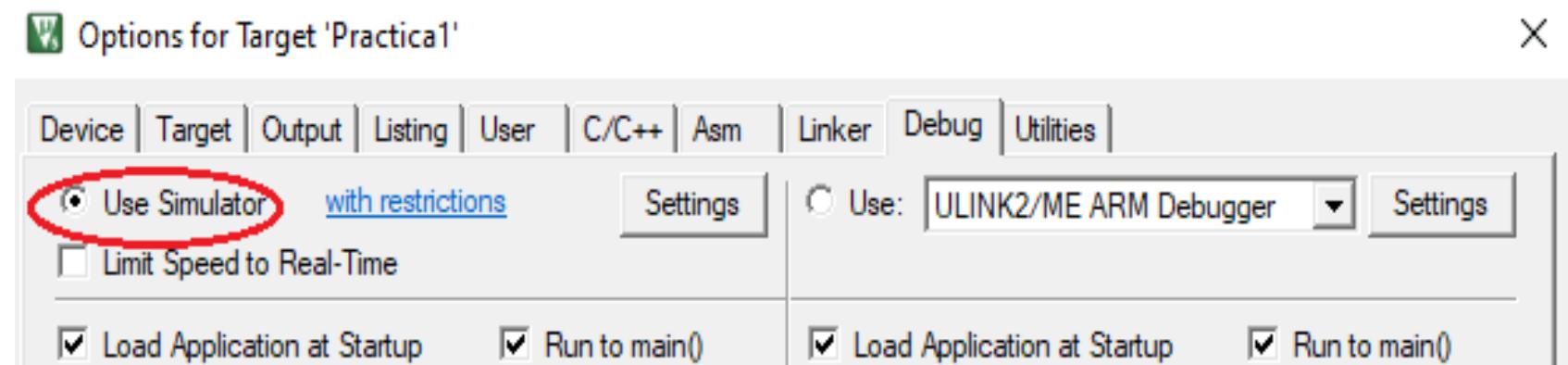
The screenshot shows the 'Output Window' of the Keil μVision5 IDE. The window displays the build process for a target named 'LPC2378 Flash'. The log output is as follows:

```
Build target 'LPC2378 Flash'  
assembling LPC2300.s...  
compiling Retarget.c...  
compiling Serial.c...  
compiling Blinky.c...  
compiling LCD_4bit.c...  
compiling IRQ.c...  
linking...  
.\\Flash\\Blinky.axf" - 0 Error(s), 0 Warning(s).
```

The window has a toolbar at the bottom with buttons for Back, Forward, Build, Command, Find in Files, and other navigation functions.

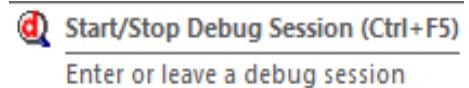
4.2.– Pasos para crear un programa de aplicación: simulación del programa.

- ◆ Ficheros de programa: La construcción crea un fichero ejecutable en formato ELF en la carpeta de salida seleccionada anteriormente. El adaptador ULINK USB–JTAG necesita este fichero para descargarlo en la placa MCB2300 utilizando el JTAG. El proceso de construcción (*Build*) crea un fichero *Intel HEX* para descargarlo en la placa a través del puerto serie con la utilidad *Flash Magic*.
- ◆ Para poder simularlo, en la pestaña *Debug* de  , seleccionaremos la opción *Use simulator* como se indica en la figura siguiente:



4.2.– Pasos para crear un programa de aplicación: simulación del programa.

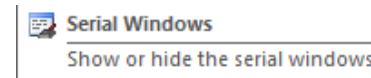
- Arrancamos el simulador/depurador con el menú *Debug* → *Start/Stop Debug Session*:



- Ejecutamos el programa: *Debug* → *Start*

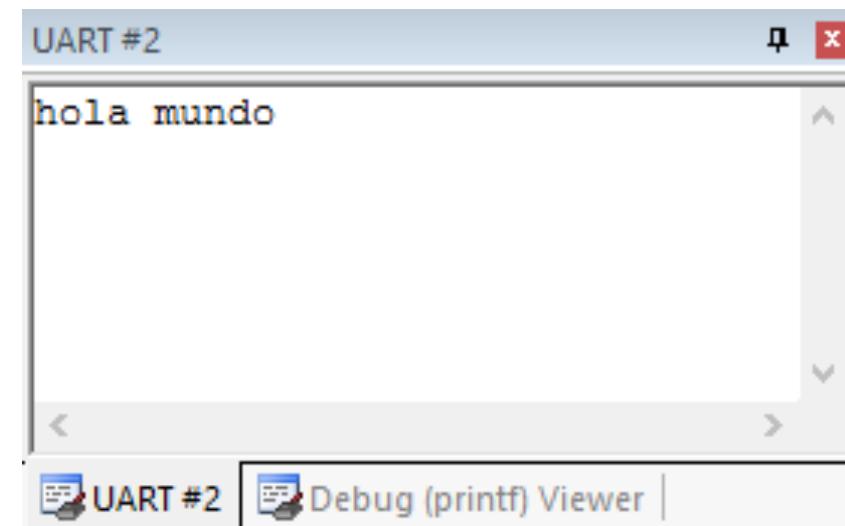


- En el menú *View* → *Serial Windows* o también con la herramienta



seleccionaremos la UART #2.

- La ventana del resultado de la simulación en Keil *μVision 5* sería como la siguiente:



Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

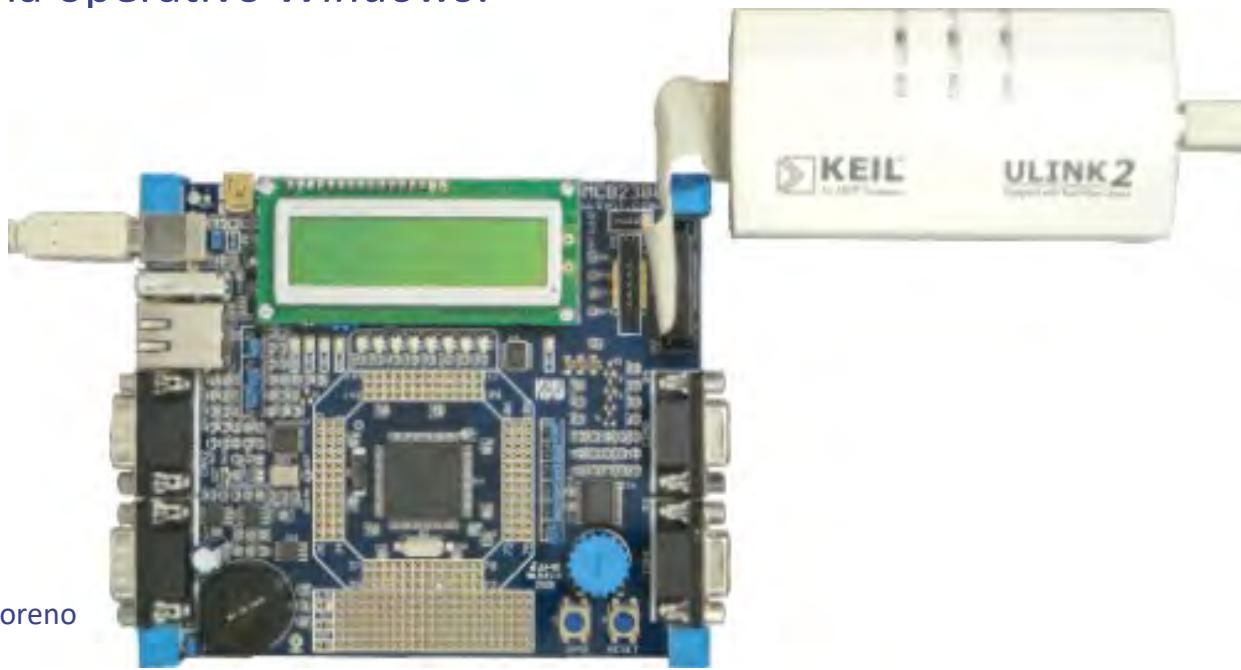
- 1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.
- 2.- Configuración:
 - 2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.
 - 2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.
 - 2.3.- Componentes de la placa MCB2300.
 - 2.4.- Conexión con ULINK2.
- 3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.
- 4.- *Software* de desarrollo:
 - 4.1.- Keil MDK-ARM.
 - 4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.
 - 4.3.- Programación de la memoria *Flash*.
 - 4.4.- Depuración de un programa.
 - 4.5.- Programas ejemplo.

4.3.– Programación de la memoria *Flash* EPROM.

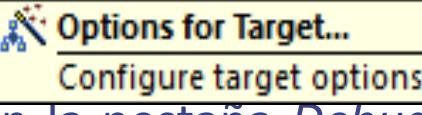
- ❖ La placa MCB2300 soporta programas de descarga a la memoria *Flash* utilizando el adaptador ULINK–JTAG. Este adaptador conecta el puerto USB del PC al puerto JTAG de la placa. Soporta programación de la *Flash*, emulación y dispone de capacidades de depuración.
- ❖ El adaptador ULINK USB–JTAG permite depurar y probar programas, además de programar la memoria *Flash* en la placa de evaluación MCB2300. Para configurar ULINK para la programación *Flash* con µVision IDE, debemos seguir los pasos siguientes:
 - Conexión de los componentes *hardware*.
 - Configurar el reloj del adaptador JTAG.
 - Configuración de la programación de la memoria *Flash*.
 - Descargar la aplicación a la memoria *Flash*.

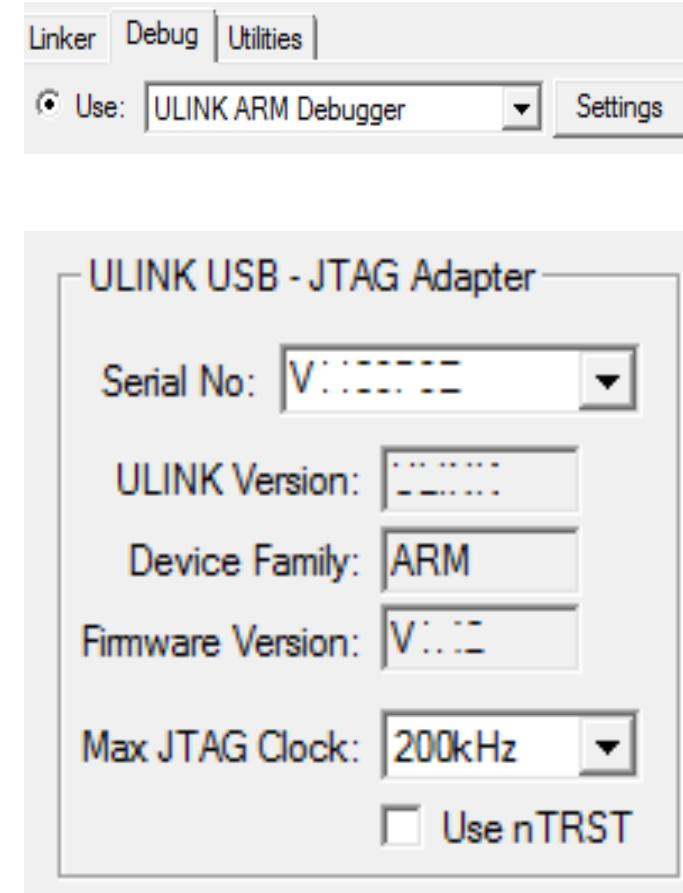
4.3.– Programación de la memoria *Flash EPROM*: Conexión de los componentes *hardware*.

- 💡 Conectar el adaptador ULINK al conector JTAG de la placa (El cable rojo corresponde al pin número 1 del conector JTAG).
- 💡 La placa MCB2300 necesita una conexión USB para alimentación y otra conexión USB para el adaptador ULINK–USB entre el ordenador personal y el conector JTAG. Conectaremos los dos cables USB a dos puertos disponibles de un PC con sistema operativo *Windows*.



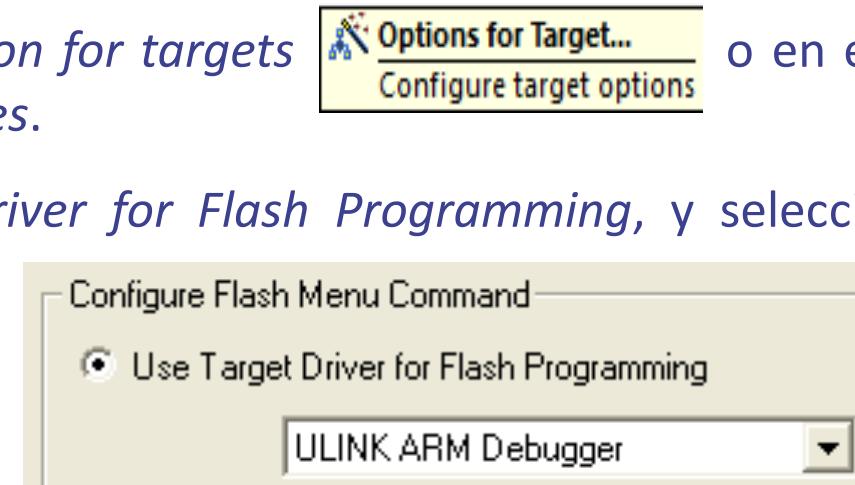
4.3.– Programación de la memoria *Flash* EPROM: Configuración del reloj del adaptador JTAG.

- ✿ Pulsamos la herramienta  o bien con el menú *Project* → *Options for Target* y click en la pestaña *Debug*. En *Use* seleccione ULINK ARM Debugger en el menú desplegable para elegir el mismo adaptador ULINK USB–JTAG que en la herramienta de depuración. Si solamente vamos a realizar una simulación, marcaremos en esta pestaña *Use Simulator*.
- ✿ Pulse en el botón *Settings* para abrir el *ARM Target Driver Setup*. El menú desplegable *Max JTAG Clock* establece la frecuencia de reloj máxima para comunicarse con la placa MCB2300. Cuando usamos un adaptador ULINK, la mayor frecuencia posible es 200kHz. Los adaptadores ULINK2 JTAG soportan el pin *Return Clock* (RTCK) disponible en la placa MCB2300. La señal RTCK ajusta la velocidad de reloj del JTAG a la velocidad más alta para este dispositivo. Si disponemos de un adaptador ULINK2 podemos establecerlo a 200 KHz o RTCK indistintamente.



4.3.– Programación de la memoria *Flash* EPROM: Configuración de la programación de la memoria *Flash*.

- De nuevo en la herramienta *Option for targets* o en el menú *Project → Options for Target* seleccionaremos la pestaña *Utilities*.
- Marque la opción *Use Target Driver for Flash Programming*, y seleccione *ULINK ARM Debugger* como la herramienta de programación.

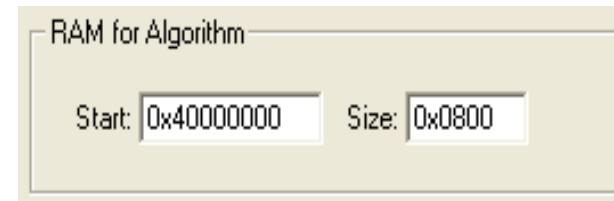


- Marcar la opción *Update Target before Debugging* para asegurarse de que la memoria *Flash* EPROM se programa siempre al iniciarse el depurador.
- A continuación pulse *Settings* para abrir el diálogo *Flash Download Setup*.



4.3.– Programación de la memoria *Flash* EPROM: Configuración de la programación de la memoria *Flash*.

- En la sección *RAM for Algorithm*, establezca el parámetro *Start* en 0x40000000 y el parámetro *Size* en 0x0800.



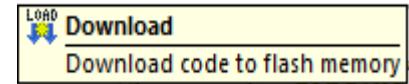
- Para seleccionar el algoritmo de programación de la memoria *Flash* pulse el botón *Add* y seleccione el algoritmo *LPC2000 IAP2 512kB Flash*.

Programming Algorithm			
Description	Device Type	Device Size	Address Range
LPC2000 IAP2 512kB Flash	On-chip Flash	500k	00000000H - 0007CFFFH

- Finalmente, pulse OK para grabar las opciones de la programación de la *Flash* EPROM.

4.3.– Programación de la memoria *Flash* EPROM: Descargar la aplicación a la memoria *Flash*.

- ❖ Finalmente utilizamos el botón de la caja de herramientas *Download to Flash* () en el menú *Flash* → *Download*, para descargar el programa de aplicación en el dispositivo LPC2300.
- ❖ El adaptador ULINK–JTAG también puede ser utilizado para descargar y depurar código de la aplicación en memoria *Flash* ROM o RAM del microcontrolador LPC2300.



o bien

Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

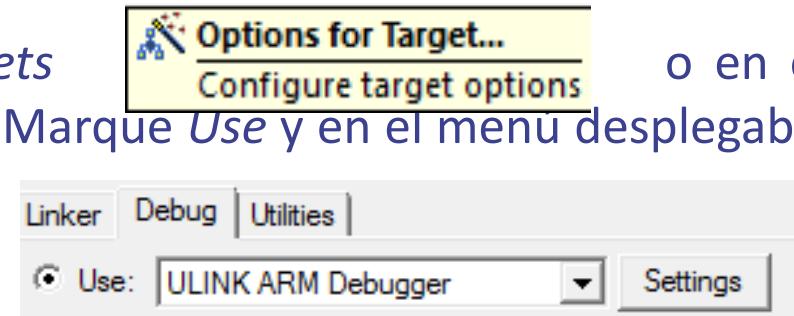
- 1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.
- 2.- Configuración:
 - 2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.
 - 2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.
 - 2.3.- Componentes de la placa MCB2300.
 - 2.4.- Conexión con ULINK2.
- 3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.
- 4.- *Software* de desarrollo:
 - 4.1.- Keil MDK-ARM.
 - 4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.
 - 4.3.- Programación de la memoria *Flash*.
 - 4.4.- Depuración de un programa.
 - 4.5.- Programas ejemplo.

4.4.– Depuración de un programa.

- ❖ La herramienta *software μVision* IDE ofrece un conjunto de herramientas de depuración muy potente y completo diseñado para probar los programas y reducir el tiempo necesario para el desarrollo de una aplicación.
- ❖ Utilizando el depurador de *μVision* y la capacidad para sistemas empotrados ICE de la MCB2300, se pueden establecer puntos de ruptura y recorrer el código, así como observar el estado de los periféricos dentro del *chip* utilizando los diálogos de periféricos personalizados para el dispositivo LPC23xx.
- ❖ A continuación se describen los pasos necesarios para configurar el depurador en la placa MCB2300.
- ❖ Se puede encontrar información más detallada en la guía de usuario de *μVision* (en los tópicos de depuración) y en la guía de usuario *Getting Started* (..\Keil\ARM\HLP\GSA.CHM) en el capítulo *Testing Programs*.

4.4.– Depuración de un programa.

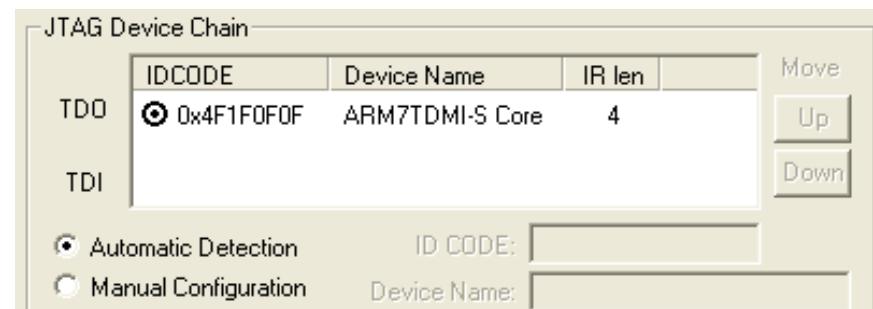
- En la herramienta *Option for targets* o en el menú *Project → Options for Target* seleccionaremos la pestaña *Debug*. Marque *Use* y en el menú desplegable escoja el adaptador ULINK USB–JTAG como herramienta de depuración.



- Comprobar que están marcadas las opciones *Load Application at Startup* y *Run to main()* para cargar la aplicación y ejecutar el código desde el comienzo de la función *main()* al arrancar el depurador.

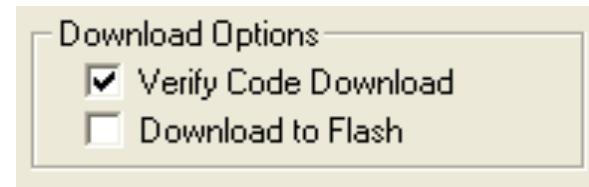


- Pulse el botón *Settings* para abrir el diálogo *ARM Target Driver Setup*. Éste muestra IDCODE del dispositivo ARM en la placa MCB2300.

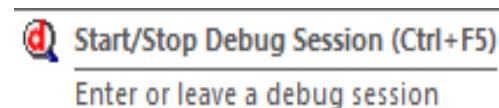


4.4.– Depuración de un programa.

- 💡 Marque la opción *Verify Code Download* en *Download Options* para comparar el programa de aplicación cargado con el contenido de la memoria *Flash* EPROM. Se puede desactivar esta opción para acelerar la depuración.

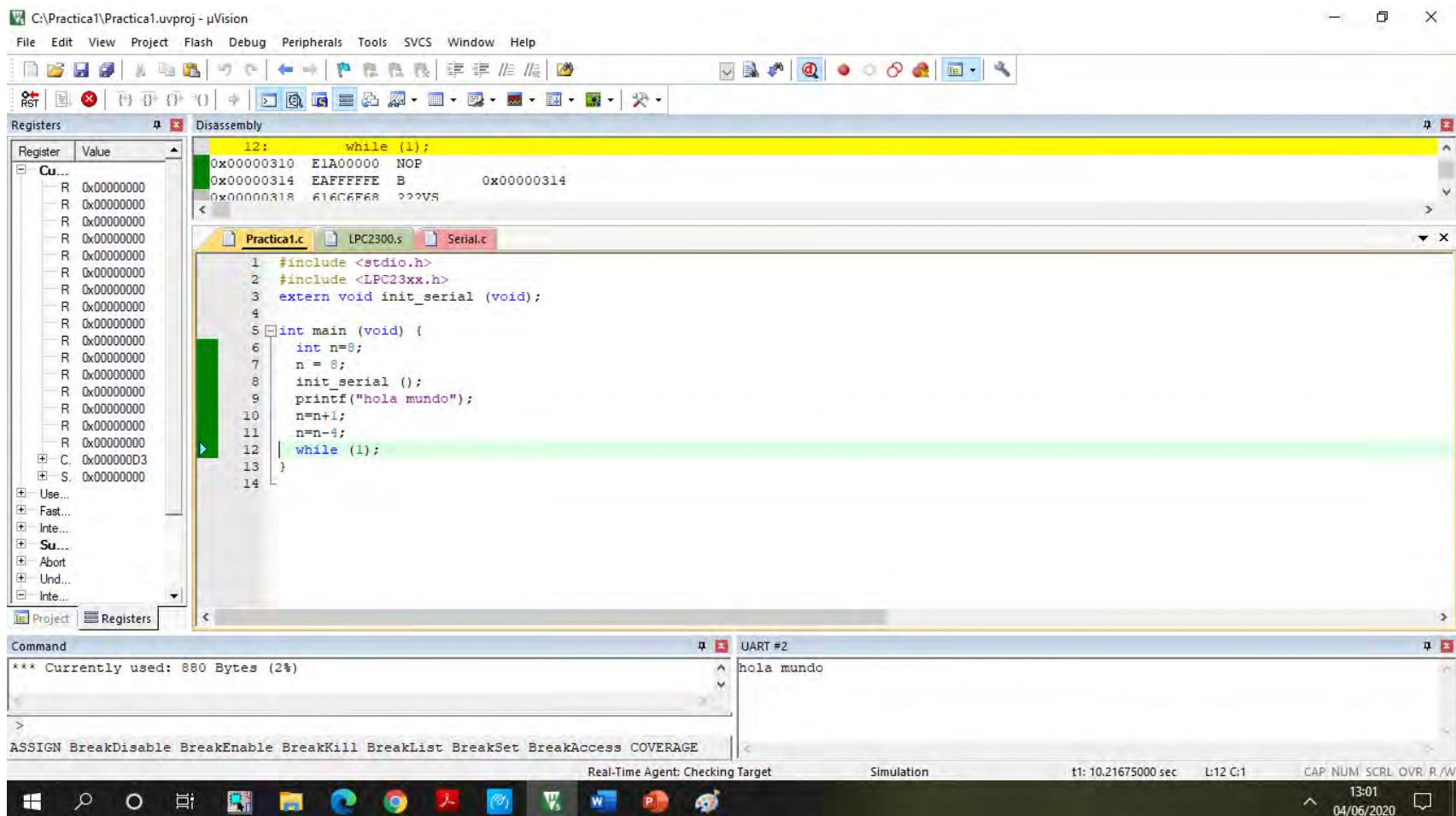


- 💡 Para arrancar el depurador pulse el botón de la barra de herramientas *Start/Stop Debug Session* (🔍) para comenzar a depurar el programa, o bien el comando de *µVision Debug* → *Start/Stop Debug Session* (Ctrl+F5).



4.4.– Depuración de un programa.

Una vista previa del simulador/depurador de *μVision* podría ser la siguiente:



Guía de usuario de la placa MCB2300 de Keil.

- 1.- Introducción: Contenido del *kit*, características, requisitos *hardware* y *software*.
- 2.- Configuración:
 - 2.1.- Alimentación de la placa MCB2300.
 - 2.2.- Adaptador de depuración ULINK2.
 - 2.3.- Componentes de la placa MCB2300.
 - 2.4.- Conexión con ULINK2.
- 3.- Descripción del *hardware* de la placa MCB2300: área de prototipos, microcontrolador, fuente de alimentación, interfaz JTAG, *display LCD*, LEDs, pulsadores, potenciómetro, altavoz, puertos serie, interfaz CAN, interfaz USB, interfaz Ethernet, conector SD.
- 4.- *Software* de desarrollo:
 - 4.1.- Keil MDK-ARM.
 - 4.2.- Pasos para crear un programa de aplicación: creación de un proyecto, configuración de las opciones del *target*, configuración de los ficheros de salida, construcción de un programa.
 - 4.3.- Programación de la memoria *Flash*.
 - 4.4.- Depuración de un programa.
 - 4.5.- Programas ejemplo.

4.5.– Programas ejemplo.

- ❖ La herramienta de desarrollo *Keil* MDK–ARM incluye varios programas de ejemplo configurados para la placa MCB2300. Cada programa ejemplo está almacenado en diferentes carpetas en \KEIL_v5\ARM\BOARDS\KEIL\MCB2300\ junto con los archivos de proyecto que le permiten construir rápidamente el proyecto y ejecutar el programa.
- ❖ Los siguientes programas de ejemplo son instalados por defecto en la aplicación:
 - **BLINKY:** Este proyecto utiliza los LEDs y el display LCD para mostrar el valor actual del convertidor A/D de la entrada AD0.0 controlada por el potenciómetro de la placa.
 - **RTX BLINKY:** Este proyecto utiliza el *kernel* RTX para simular la activación de las cuatro etapas de salida de un controlador de un motor paso a paso.
 - **EASYWEB:** Este proyecto es un pequeño servidor *web* que muestra los valores de dos entradas analógicas (AD0 and AD1) en una página *web*.
- ❖ Más ejemplos de proyectos y programas están disponibles en:

<http://www.keil.com/download/list/arm.htm>

Bibliografía consultada.

 Este documento ha sido traducido y extraído íntegramente de la siguiente página de *Keil*:



<http://www.keil.com/support/man/docs/mcb2300/>

¡Muchas gracias por su atención!

Carlos Diego Moreno Moreno



Área de Arquitectura y Tecnología de Computadores
Departamento de Ingeniería Electrónica y Computadores.

Escuela Politécnica Superior. Universidad de Córdoba