



# Manual de Usuario

## Primeros pasos

Este documento describe brevemente cuáles son las características de la DSC\_Board además de las herramientas de PC necesarias para su programación.



## Tabla de contenido

DSC_Board Overview .....	4
Contenido .....	6
Características .....	6
Diagrama en bloques .....	7
Especificaciones .....	7
Descripción de Hardware .....	8
MC56F8037 .....	8
Características .....	8
Núcleo del DSC .....	9
Interfaz de programación .....	10
Alimentación eléctrica .....	10
Puerto de propósito general (GPIO) .....	11
Indicador alfanumérico (LCD) .....	12
Memoria serial externa .....	12
Expansión .....	13
Entradas ADC .....	13
Salidas DAC .....	14
Entorno de desarrollo .....	15
Configuración entorno .....	15
Índice de videos de ejemplos .....	17
Proj1 – Configuración del IDE .....	17
Proj2 – Interrupción de pulsadores .....	17
Proj3 – Usando timers .....	17
Proj4 – Usando PWM .....	17
Proj5 – Instanciando LCD .....	17
Proj6 – Inicializando ADC .....	17
Proj7 – Configuración del DAC .....	17
Proj8 – Filtro FIR .....	17
Proj9 – Transformada Rápida de Fourier .....	18
Referencias .....	19
Referencias de libros sobre DSP .....	20



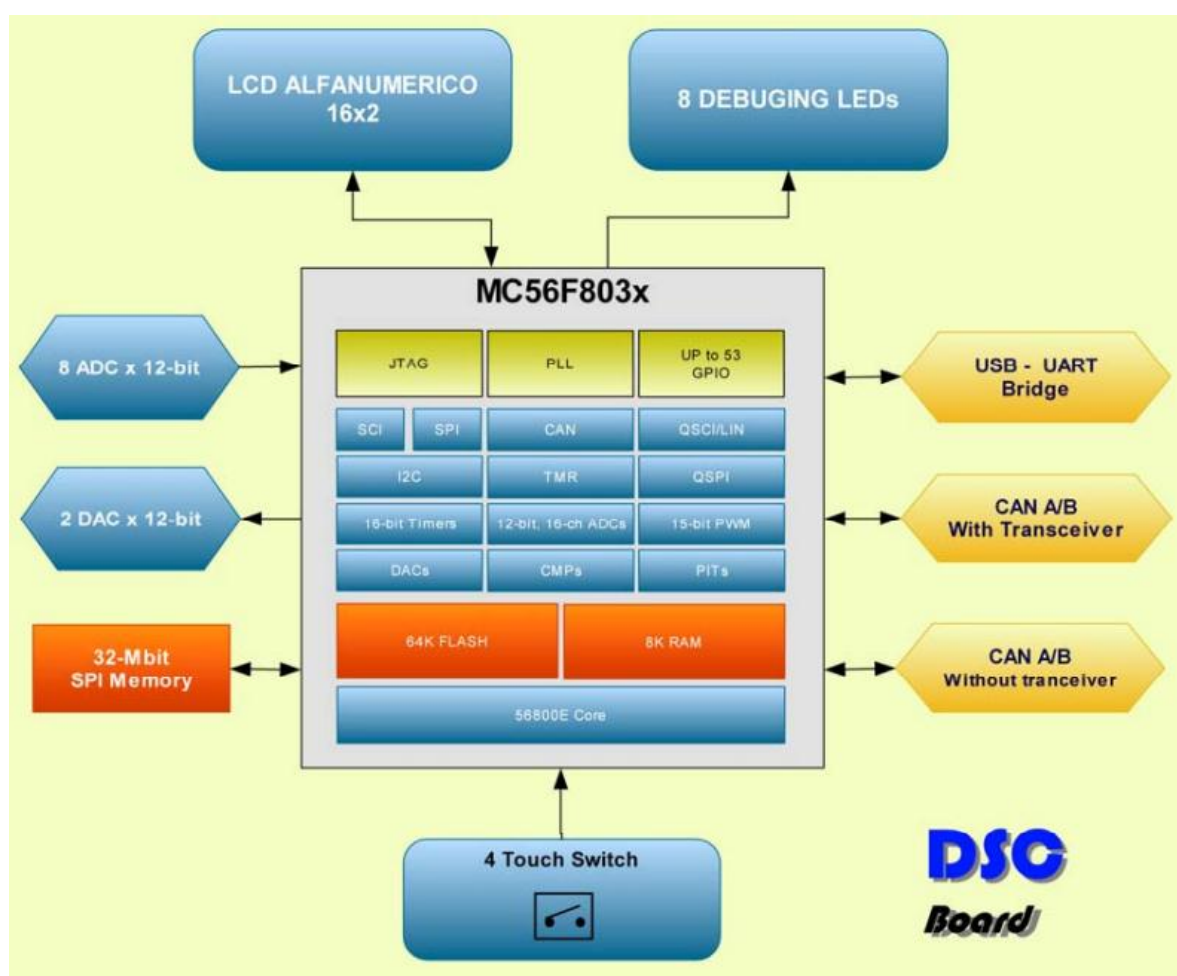
## Revisiones

Revisión	Fecha	Cambios
1.0	18/11/11	Revisión inicial
1.1		Agregado de: <ul style="list-style-type: none"><li>• Alcances de la placa</li><li>• Diagrama en bloques</li><li>• Índice de videos de referencia</li></ul>

## DSC\_Board Overview

DSC\_Board es una pequeña herramienta de desarrollo que nos permite acceder al mundo del procesamiento digital de señales de una manera más fácil y práctica. Equipada con un poderoso y sencillo DSC de Freescale Semiconductor (Ref. [1]), ésta nos permite integrar en una misma plataforma aplicaciones de control típicas de un MCU junto con aplicaciones del mundo del DSP (Digital Signal Processing).

El core 56F800E puede correr hasta 32MHz de velocidad con una capacidad de 64K de memoria flash, permitiéndonos ejecutar instrucciones de un ciclo de clock como la instrucción MAC (Multiplicación y acumulación de dos variables) muy útil en aplicaciones de DSP. También poseemos instrucciones típicas de un MCU, como lo es las operaciones de desplazamiento, que en este caso puede ser de “n” bits hacia izquierda o derecha, todo en un ciclo de máquina.



Dentro de las bondades de la placa poseemos una interfaz de comunicación USB muy requerida en estos tiempos donde el puerto serial está dejando paso a esta tecnología. Para utiliza esta interfaz no hace falta más que configurar un puerto serial dentro del DSC, ya que la placa posee el bridge USB-UART integrado. Como HMI (Interfaz hombre-máquina) disponemos de 4 tact

switches y un display grafico de 2 lineas por 16 caracteres de muy bajo consumo con un backlight de alto brillo.

Por otra parte y continuando con el mundo del DSP, disponemos de 8 entradas analógicas (ADC) configurables de 12-bits de resolución y una tasa de muestreo máxima de arriba de 2MHz. Esto nos permite censar el mundo exterior de una manera más rápida y precisa. Sumado a esto y para cerrar el círculo, poseemos 2 salidas Digital-Analógico (DAC), una con un rango de 0-3.3V y la otra 0-5V con una resolución de 12-bit. Las mismas poseen la capacidad de generar señales básicas automáticamente como ondas cuadas, triangulares y diente de sierra.

Para interactuar con otros dispositivos poseemos 2 interfaces CAN (muy útil en el mundo automotriz) del tipo A/B, lo que nos permite integrar la placa en una red de este tipo. Una de las salidas ya posee integrado el driver de adaptación de norma, lo que no requiere más que realizar el conexionado de la línea. Poseemos la capacidad de configurar la placa como final de línea por software y conectar la resistencia de terminación.

## Contenido

El kit de desarrollo DSC\_Board viene con los siguientes elementos:

- ❖ Kit de desarrollo DSC\_Board (Placa base + LCD alfanumérico).
- ❖ CD de instalación y ejemplos.
- ❖ Cable USB.
- ❖ Manual de instalación.

## Características

La DSC\_Board posee las siguientes características:

- ❖ Procesador MC56F8037
  - Up to 32 MIPS at 32MHz core frequency
  - 56F8037 offers 64KB (32K x 16) Program Flash
  - 56F8037 offers 8KB (4K x 16) Unified Data/Program RAM
- ❖ Ocho LEDs para debugging (LED1-8). Los indicadores lumínicos pueden deshabilitarse a través de jumpers y utilizar sus salidas para propósito general.
- ❖ Cuatro pulsadores (SW1-4).
- ❖ Ocho entradas analógica de 12-Bits (3.3V fondo de escala) + Filtro pasabajos de 4.5MHz.
- ❖ Dos salidas analógicas de 12-Bits (3.3V y 5V fondo de escala).
- ❖ LCD alfanumérico 16x2 de bajo consumo.
- ❖ Interface USB-UART para programación y uso particular.
- ❖ Memoria flash serial externa de 32MBits (4MBytes).
- ❖ Un puerto CAN con transceiver incorporado.
- ❖ Puerto de expansión con múltiples protocolos (SCI, CAN, I2C, SPI).
- ❖ Alimentación a través de USB o fuente de poder externa.
- ❖ Interfaz de conexión JTAG y bootloader USB precargado.

## Diagrama en bloques

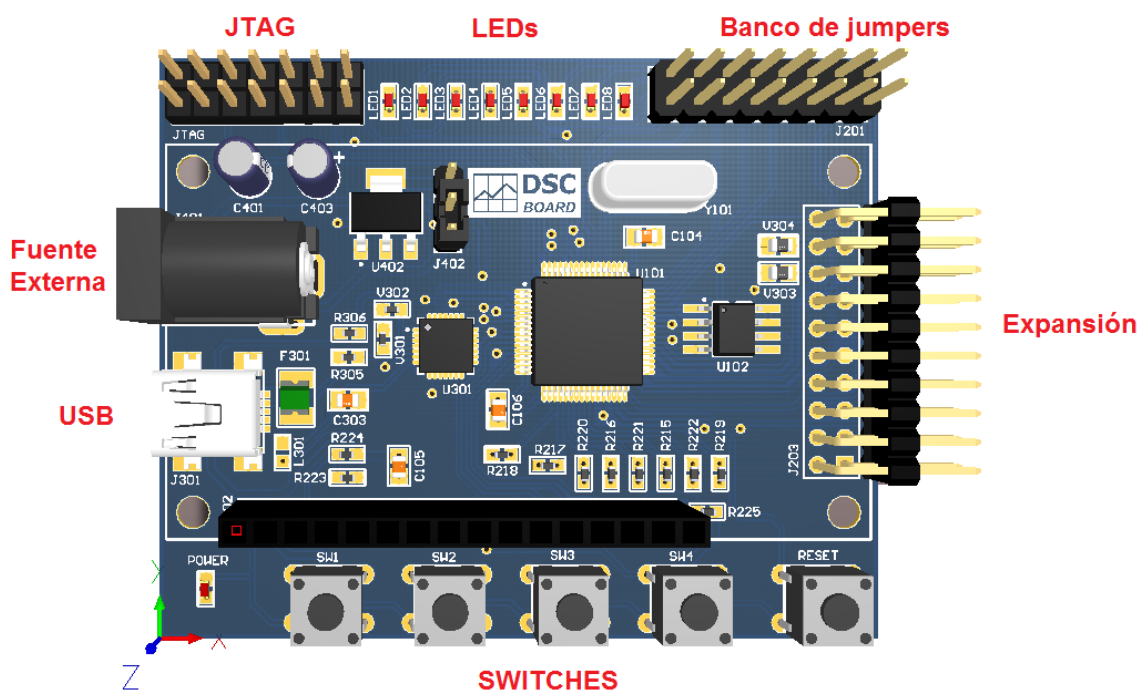


Figura 1 - Descripción DSC\_Board

## Especificaciones

En la siguiente tabla se ilustra las especificaciones máximas, típicas y mínimas de los módulos de la DSC\_Board.

	Mínimo	Típico	Máximo	Unidad
<b>Fuente externa</b>				
Tensión		9		V
Corriente		100		mA
<b>GPIO</b>				
Tensión	3	3,2	3,3	V
Corriente			4	mA
<b>Entradas ADC</b>				
Tensión			3,3	V
<b>Salidas DAC</b>				
DAC0	3,1	3,25	3,3	V
DAC1	4,7	4,8	5	V

Tabla 1 - Especificaciones DSC\_Board



## Descripción de Hardware

---

### MC56F8037

MC56F8037 es miembro de la familia de core 56800E (Ref. [2]). Este combina el poder de un DSP y la funcionalidad de un microcontrolador junto con un set flexible de periféricos de bajo del mismo encapsulado. MC56F8037 posee una gran cantidad de periféricos orientados especialmente al ambiente del control industrial, inversores para control de motores y paneles solares, fuentes switching, etc.

El core 56800E (Ref. [3] ) está basado en un arquitectura del tipo Harvard Dual con tres unidades operando en paralelo, permitiendo más de seis operaciones por ciclo de instrucción. El set de instrucciones es altamente eficiente para su uso con compiladores C, permitiendo acelerar el tiempo de desarrollo.

### Características

MC56F8037 posee las siguientes características y módulos:

- ❖ Up to 32 MIPS at 32MHz core frequency
- ❖ DSP and MCU functionality in a unified, C-efficient architecture
- ❖ 56F8037 offers 64KB (32K x 16) Program Flash
- ❖ 56F8037 offers 8KB (4K x 16) Unified Data/Program RAM
- ❖ One 6-channel PWM module
- ❖ Two 8-channel 12-bit Analog-to-Digital Converters (ADCs)
- ❖ Two 12-bit Digital-to-Analog Converters (DACs)
- ❖ Two Analog Comparators
- ❖ Three Programmable Interval Timers (PITs)
- ❖ Two Queued Serial Communication Interfaces (QSCIs) with LIN slave functionality
- ❖ Two Queued Serial Peripheral Interfaces (QSPIs)
- ❖ Freescale's scalable controller area network (MSCAN) 2.0 A/B Module
- ❖ Two 16-bit Quad Timers
- ❖ One Inter-Integrated Circuit (I2C) port
- ❖ Computer Operating Properly (COP)/Watchdog
- ❖ On-Chip Relaxation Oscillator
- ❖ Integrated Power-On Reset (POR) and Low-Voltage Interrupt (LVI) module
- ❖ JTAG/Enhanced On-Chip Emulation (OnCE™)

## Núcleo del DSC

El core de la DSC\_Board posee las siguientes características:

- ❖ Efficient 16-bit 56800E family Digital Signal Controller (DSC) engine with dual Harvard architecture
- ❖ As many as 32 Million Instructions Per Second (MIPS) at 32MHz core frequency
- ❖ Single-cycle 16  $\times$  16-bit parallel Multiplier-Accumulator (MAC)
- ❖ Four 36-bit accumulators, including extension bits
- ❖ 32-bit arithmetic and logic multi-bit shifter
- ❖ Parallel instruction set with unique DSP addressing modes
- ❖ Hardware DO and REP loops
- ❖ Three internal address buses
- ❖ Four internal data buses
- ❖ Instruction set supports both DSP and controller functions
- ❖ Controller-style addressing modes and instructions for compact code
- ❖ Efficient C compiler and local variable support
- ❖ Software subroutine and interrupt stack with depth limited only by memory
- ❖ JTAG/Enhanced On-Chip Emulation (OnCE) for unobtrusive, processor speed-independent, real time debugging

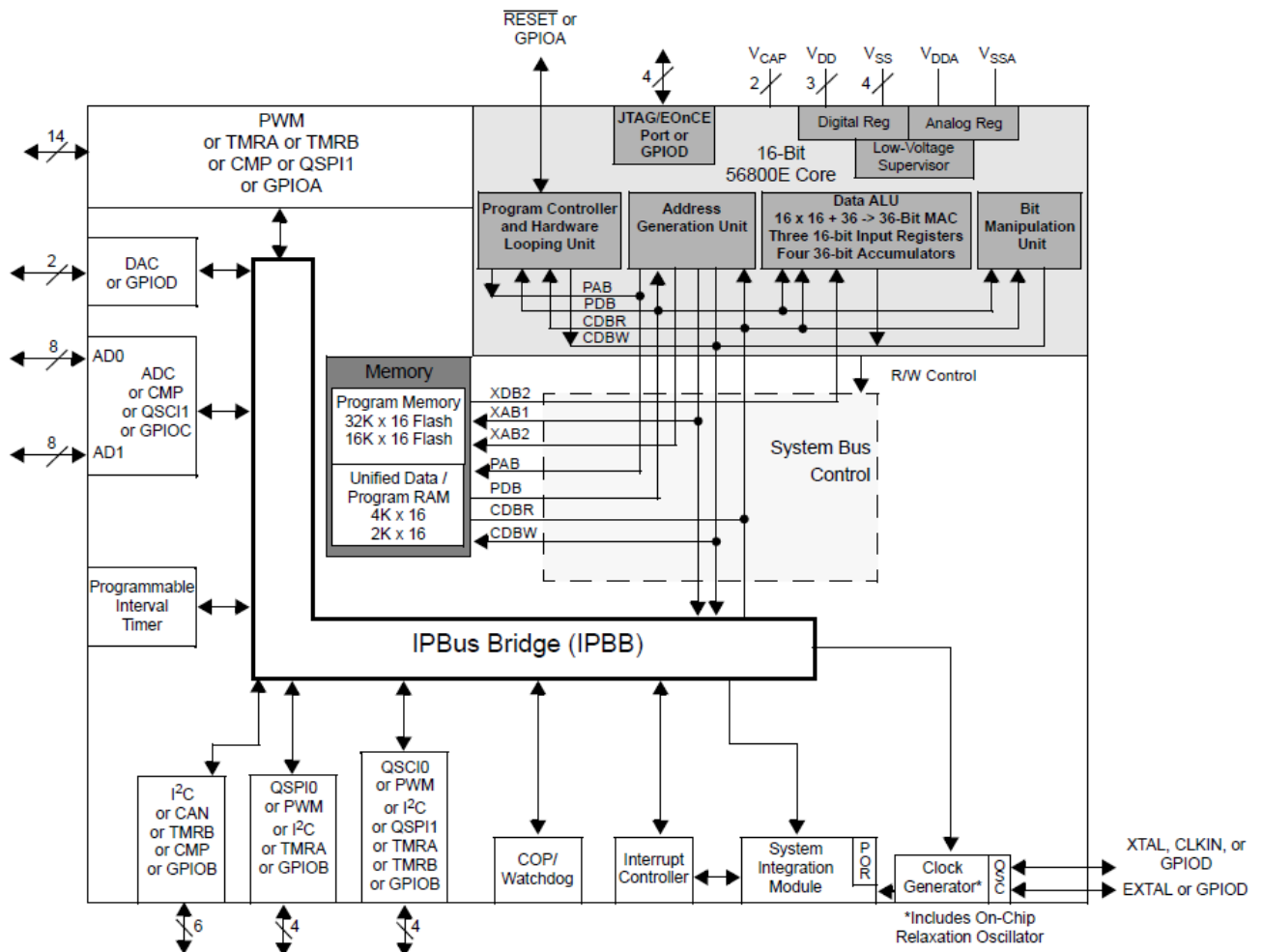


Figura 2 - Arquitectura del chip

## Interfaz de programación

La interfaz de programación por defecto del chip DSC es JTAG. Dentro de las herramientas que ofrece Freescale Semiconductor para realizar esta tarea, disponemos del USB-TAP y el nuevo UBDM. La DSC\_Board además de la interfaz por defecto, disponible en el conector (JTAG), posee un programa pre- cargado que permite su grabado a través del puerto USB. A este último se lo conoce como bootloader.

Para utilizar la interfaz del bootloader se debe configurar el entorno de desarrollo de manera que no utilice la herramienta de programación por defecto, sino una herramienta externa que en combinación con el programa pre-cargado en el DSC permite su programación a través del puerto USB.

**El programa pre-cargado se encuentra alocado desde la posición de memoria 0x7C80 hasta la posición 0x7FFF, por lo que no está permitido realizar grabaciones dentro de esta zona de memoria. Cualquier acción sobre la misma puede llegar a dañar este programa. En caso que se produzca lo anteriormente mencionado, este programa deberá volverse a grabar a través de la interface JTAG.**

## Alimentación eléctrica

La alimentación del circuito puede configurarse de dos maneras:

- USB
- Fuente de poder externa

La selección de la alimentación se hace mediante el jumper (J402). A continuación se ilustra en la imagen las distintas configuraciones.

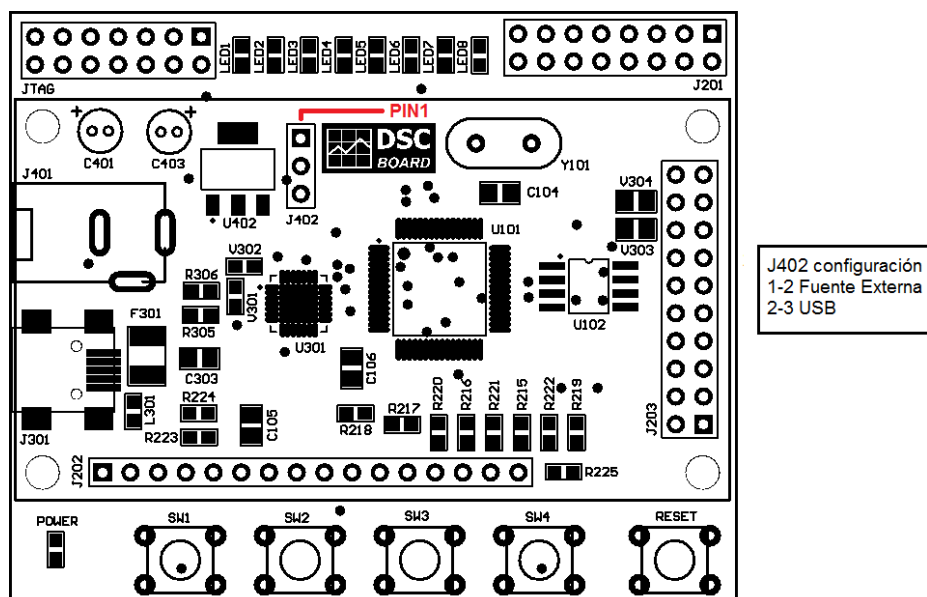


Figura 3 - Configuración de jumper de alimentación

Tener en cuenta que al momento de utilizar una fuente de poder externa, ésta debe ser de 9V 100mA como mínimo.

## Puerto de propósito general (GPIO)

La DSC\_Board posee 8 indicadores lumínicos (LED) para debugging. Además de estos indicadores lumínicos, dispone de 4 pulsadores (Tact Switch) para permitir la interacción del usuario con la placa. En la siguiente figura se detalla la asignación de pines de los LEDs como tact switches.

LED	GPIO
LED1	GPIOA6
LED2	GPIOA10
LED3	GPIOA5
LED4	GPIOA2
LED5	GPIOA3
LED6	GPIOA4
LED7	GPIOA1
LED8	GPIOA0

Tabla 1 – Asignación LEDs

Switch	GPIO
SW1	GPIOC15
SW2	GPIOC14
SW3	GPIOB5
SW4	GPIOA9

Tabla 2 – Asignación Switches

Debemos aclarar que los LEDs están conectados en lógica negada por lo que con un “1” lógico en su pin, este se apagará y con un “0” lógico se encenderá. Por el lado, los switches están conectados a través de un pull-up a VCC y cuando se presionan la línea es llevada a GND.

Asociado a cada GPIO que drivea los LEDs existen otras funcionalidades como son la PWM (Ver Ref. [4] para más detalle). Estas funcionalidades extras nos permiten hacer efectos lumínicos usando el PWM.

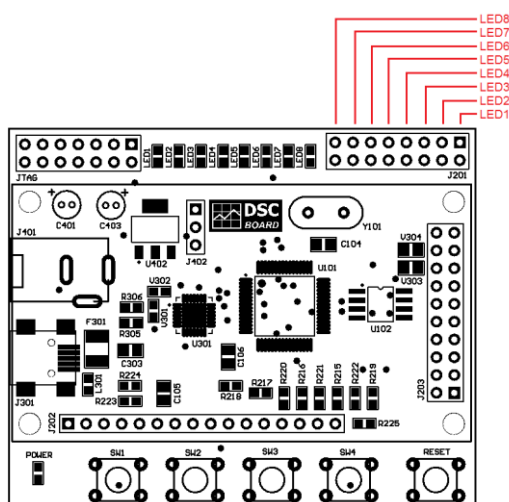


Figura 4 - Configuración de jumpers de LEDs

En serie con cada uno de los LEDs, poseemos el banco de jumpers (J201). Cada uno de éstos nos permite comandar un LED. En el caso que necesitemos utilizar estas señales para comandar algún dispositivo externo, podemos remover los LED y utilizar el conector (J201), como una expansión. Las pistas provenientes desde el DSC se encuentran en la fila de mines inferior del conector, las pistas que llegan a los LEDs se encuentran en la fila de pines superior (Figura 4)

### Indicador alfanumérico (LCD)

A la hora de probar y corregir algoritmos es muy útil poseer un display para presentar valores, por eso es que la DSC\_Board viene equipada con un display alfanumérico de 16x2 caracteres. El mismo tiene la particularidad de ser de bajo consumo; su backlight consume solamente 30mA.

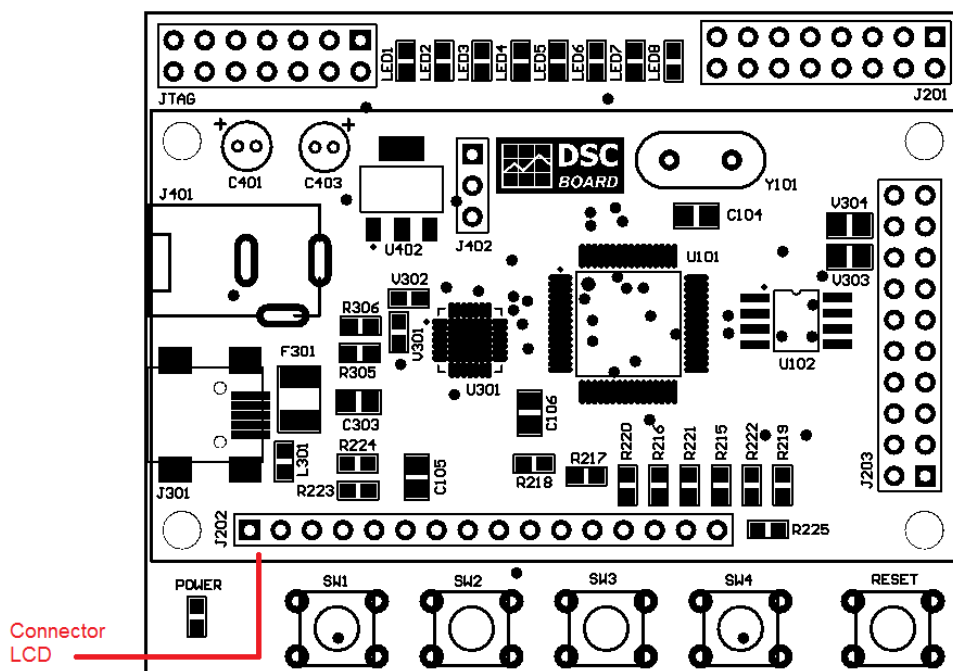


Figura 5 - Conector LCD

Las especificaciones para funcionamiento son iguales que las de un display alfanumérico de 16x2 estándar (Ref. [6])

### Memoria serial externa

En muchas de las aplicaciones de procesamiento de señales se requiere de guardar una gran cantidad de valores, como respuestas de filtros o sistemas. Para todo ello la DSC\_Board posee una memoria flash de 32MBits (4MBytes) externa. Esta memoria es accesible a través del puerto serial síncrono (SPI1).

## Expansión

Además de todos los periféricos soportados por el hardware de la DSC\_Board, poseemos un conector de expansión, que nos facilita la interconexión con placas desarrolladas particularmente. El pin-out de este conector se esquematiza en la siguiente tabla.

20 – GPIOB9	19 – GPIOB8
18 – CANL	17 – GND
16 – CANH	15 – GPIOB1
14 – GPIOB2	13 – GPIOB10
12 – GPIOB0	11 – GPIOB3
10 – DAC1	9 – DAC0
8 – ANA4	7 – ANA7
6 – ANA0	5 – ANA6
4 – ANA1	3 – ANA5
2 – ANA2	1 – ANA3

Tabla 3 – Detalle J203

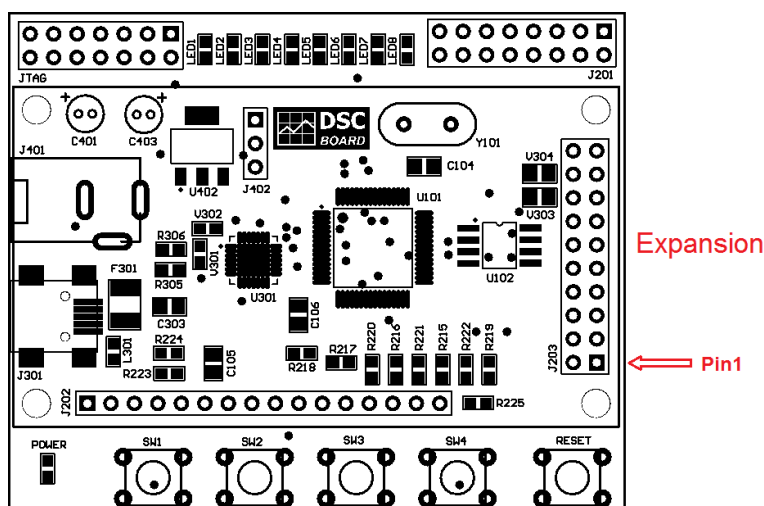


Figura 6 - Descripción del conector de expansión

Podemos observar que en el conector de expansión se encuentran las 8 entradas analógicas, las señales de los conversores DAC y la salida del transceiver del bus CAN. Además de todas éstas, se detallan señales del tipo GPIO. Las mismas, además de funcionar como GPIO, poseen funciones especiales como comunicaciones seriales, puertos de bus CAN, etc. (Ver Ref. [4] para más detalles)

## Entradas ADC

Para poder censar señales del mundo exterior la DSC\_Board posee 8 entradas analógicas. Éstas poseen una resolución de 12-Bit y una velocidad de muestreo de más de 2MS/s, pudiendo funcionar de manera individual o diferencial. La tensión de excursión de la señal de entrada debe ir desde 0 a 3.3V. Las señales están disponibles en el conector de expansión (J203).

Como aclaración para el uso de estas entradas analógicas, es que cada una de ellas posee un filtro pasabajos del tipo RC antes del conversor ADC, eliminando componentes por encima de la frecuencia de muestreo máxima del conversor, evitando así el efecto de aliasing.

### Salidas DAC

Para interactuar con el mundo exterior muchas veces hace falta, no solo señales digitales, sino señales analógicas. La DSC\_Board posee dos salidas DAC de 12-bits de resolución. Una de estas salidas (DSC0) tiene una excursión de tensión que va desde 0 a 3.3V. La otra salida (DSC1), posee un preamplificador logrando una excursión de 0 a 5V. Ambas no poseen filtro pasabajos de salida por lo que es recomendable anexárselo exteriormente. Estas salidas están disponibles en el conector de expansión.

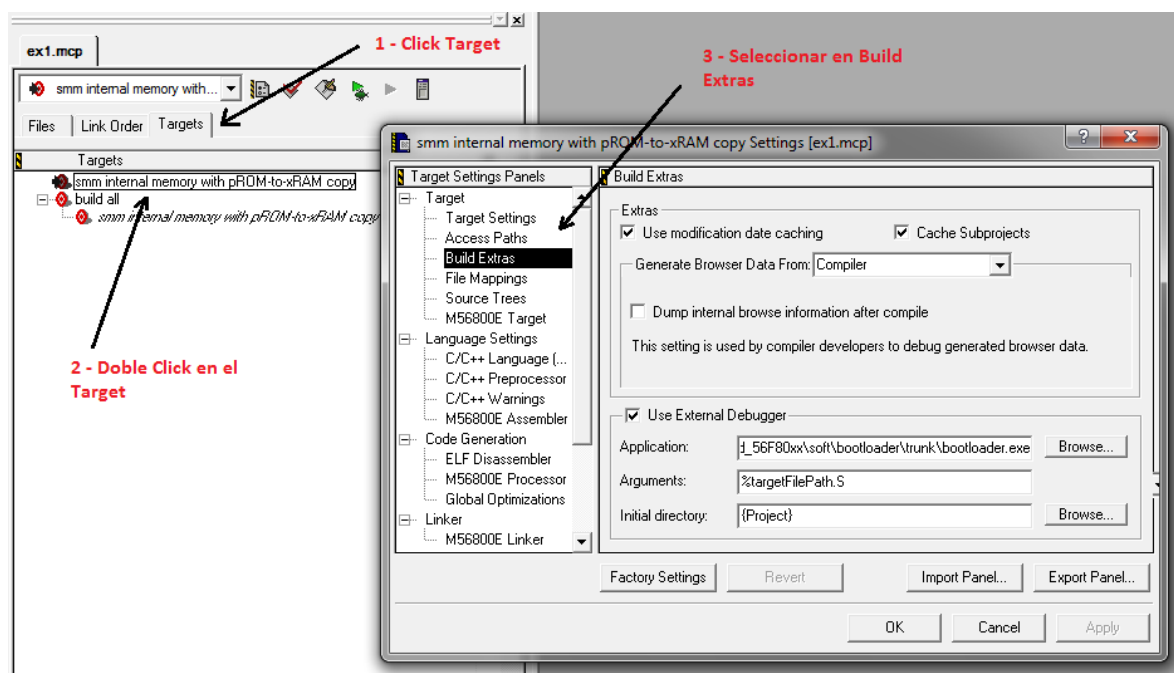
## Entorno de desarrollo

Como entorno de desarrollo se utiliza CodeWarrior 8.3 (Ref. [5]). Este es el entorno que provee Freescale Semiconductor. Además de instalar el entorno de desarrollo se debe copiar el programa “bootloader.exe” que se adjunta en el CD para poder cargar el programa a través de USB.

### Configuración entorno

Para poder hacer uso de la interfaz USB para programar la DSC\_Board se debe configurar el entorno de desarrollo para que llame a una interfaz externa, la cual realizará la programación del nuevo firmware.

La configuración del entorno se deberá realizar de la siguiente manera:



**Figura 7 - Configuración del bootloader**

Una vez realizado los tres pasos que se indican en la imagen anterior, debemos configurar el programador externo:

- Seleccionar la opción “Use External Debugger”.
- Ubicar la ruta del software “bootloader.exe” copiado previamente, seleccionando en la opción “Browse” a la derecha de “Application”
- Completar el casillero “Arguments” con **%targetFilePath.S**



Una vez configurado el software para programación externa, debemos ir a la opción “M56800E Linker..” y configurar la ventana como se ilustra en la siguiente imagen,

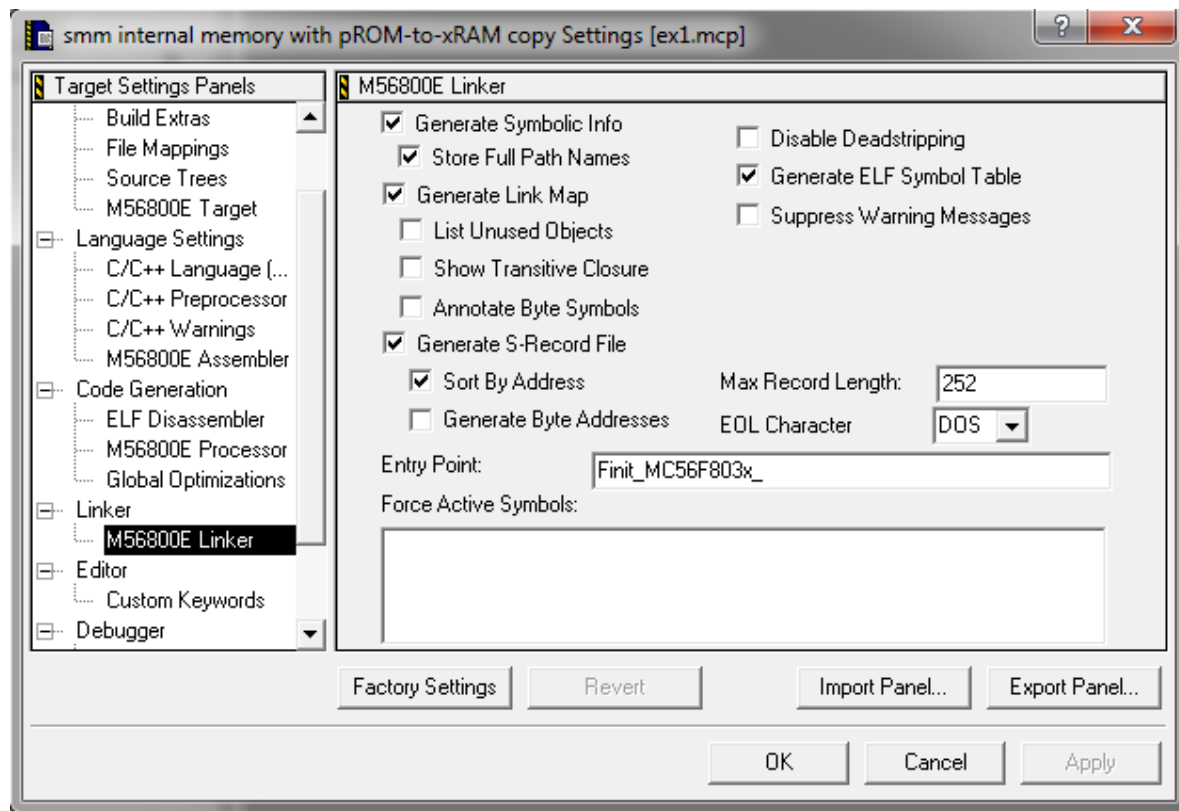


Figura 8 - Configuración del linker

**NOTA:** Codewarrior y los driver de la DSC\_BOARD deben ser utilizados en Windows XP. Se han hecho pruebas en Windows 7 verificando que ciertas oportunidades el software no funcionaba correctamente.

## Índice de videos de ejemplos

---

La siguiente lista de videos se podrá encontrar dentro de la carpeta “examples”

### Proj1 – Configuración del IDE

En este capítulo se explica cómo configurar el entorno de desarrollo para poder descargar nuestras aplicaciones a través de la interface USB. Para ello, realizaremos un pequeño ejemplo.

### Proj2 – Interrupción de pulsadores

En este ejemplo utilizaremos unas de las herramientas para interactuar con la persona que dispone de la placa. Cada uno de los GPIO del DSC se puede configurar como entrada por interrupción, siendo muy útil a la hora de detectar eventos externos. En este caso se realizara un ejemplo con los pulsadores de la placa.

### Proj3 – Usando timers

La configuración, versatilidad y capacidad de los timers del DSC en uno de los puntos interesantes del mismo. Realizaremos un ejemplo utilizando el timer como una base de tiempo estable para hacer destellar un LED.

### Proj4 – Usando PWM

Además de los timer y como parte de ellos, el módulo de PWM es muy importante. El mismo posee una muy buena resolución, sumado a una gran flexibilidad de configuración. Veremos como variar la intensidad de un LED variando el ciclo útil (duty cycle) del PWM.

### Proj5 – Instanciando LCD

En el Proj2 vimos una de las herramientas para interactuar con la persona. En este proyecto veremos otra de esas herramientas que son muy útiles para mostrar estados de funcionamiento. La DSC\_Board viene equipada con un display alfanumérico de muy bajo consumo. En este capítulo veremos como instanciar el mismo en nuestras aplicaciones.

### Proj6 – Inicializando ADC

El mundo que nos rodea, es un mundo analógico, es un mundo continuo. El DSC posee un poderoso ADC que nos permite obtener una frecuencia de muestreo arriba de los 2MHz con una resolución de 12-bit permitiéndonos censar el mundo casi de manera continua. En este ejemplo configuraremos el ADC para censar señales analógicas externas.

### Proj7 – Configuración del DAC

Para interactuar con el mundo exterior muchas veces es muy útil disponer de una señal que varíe de forma analógica. En este ejemplo veremos como configurar el DAC para generar señal internas o automáticas.

### Proj8 – Filtro FIR

Cualquier aplicación, de control o que requierese de censar el mundo exterior requiere de realizar un filtrado, ya que existen muchas fuentes de ruido junto con la señal de entrada. En este ejemplo veremos como instanciar un filtro de respuesta finita (FIR) y configurarlo con la poderosa herramienta QEDesign que viene con Codewarrior.

### **Proj9 – Transformada Rápida de Fourier**

La FFT (Fast Fourier Transform en Ingles), es una de las herramientas más útiles en el mundo del procesamiento digital de señales. Son muchísimas las aplicaciones que utilizan a esta transformada como base de funcionamiento, compresión de audio, video, análisis de armónicos etc. Por ello es que en este ejemplo veremos cómo utilizar la librería de DSP que posee Codewarrior para realizar la FFT.

## Referencias

- [1] Freescale Semiconductor Inc. (<http://www.freescale.com>)
- [2] MC56F803x Digital Signal Controller – Core 56800E  
([http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod\\_summary.jsp?code=56F803X&webpageId=122652837720370134582B&nodeId=0127956292582B&fromPage=tax](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=56F803X&webpageId=122652837720370134582B&nodeId=0127956292582B&fromPage=tax))
- [3] DSP56800E and DSP56800EX DSC Cores Reference Manual – DSP56800ERM.
- [4] 56F802x and 56F803x Peripheral Reference Manual – MC56F80XXRM
- [5] CodeWarrior Development Studio for 56800/E Digital Signal Controllers  
([http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod\\_summary.jsp?code=CW-56800E-DSC](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=CW-56800E-DSC))
- [6] Como manejar un display LCD inteligente  
([http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/accesoporcatedras/sistemdigdocs/Control\\_Display\\_LCD.pdf](http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/accesoporcatedras/sistemdigdocs/Control_Display_LCD.pdf))

## Referencias de libros sobre DSP

- [1] ["Digital Signal Processing" John G. Proakis & Dimitris K. Manolakis](#)
- [2] ["Understanding Digital Signal Processing"](#)
- [3] ["Digital Signal Processing with Students"](#)
- [4] ["Digital Signal Processing"](#)
- [5] ["Discrete-Time Signal Processing"](#)