



# Tarjetas de Desarrollo: Herramientas para el diseño

**Cristian David Palma Castro**  
**Stephanie Rodríguez Osorio\***

## Development boards: Tools for Design

---

### **Resumen**

Este escrito presenta algunos referentes respecto a las tarjetas de desarrollo, como una de las herramientas de la electrónica que permite desde su diseño, montaje y uso con medios periféricos hacer prácticas pedagógicas en el área de mecatrónica. Se hace una aproximación al concepto de las tarjetas, los componentes elementales para su funcionamiento, las marcas comerciales más conocidas y su aplicación en temas como efectos de audio, scanner de frecuencia y control digital de robot.

**Palabras clave:** *ARM, tarjeta de desarrollo, microelectrónica, microcontroladores.*

---

### **Abstract**

This paper presents some references about the development boards as one of electronic tools that allow its design, assembly and use with peripheral means to make pedagogical practices in the area of mechatronics. There is an approach to the concept of the cards, elemental components for its operation, the best known trademarks and their application in areas such as audio effects, scanner frequency and digitally controlled robot.

**Key words:** *ARM, development boards, microelectronics, microcontroller.*

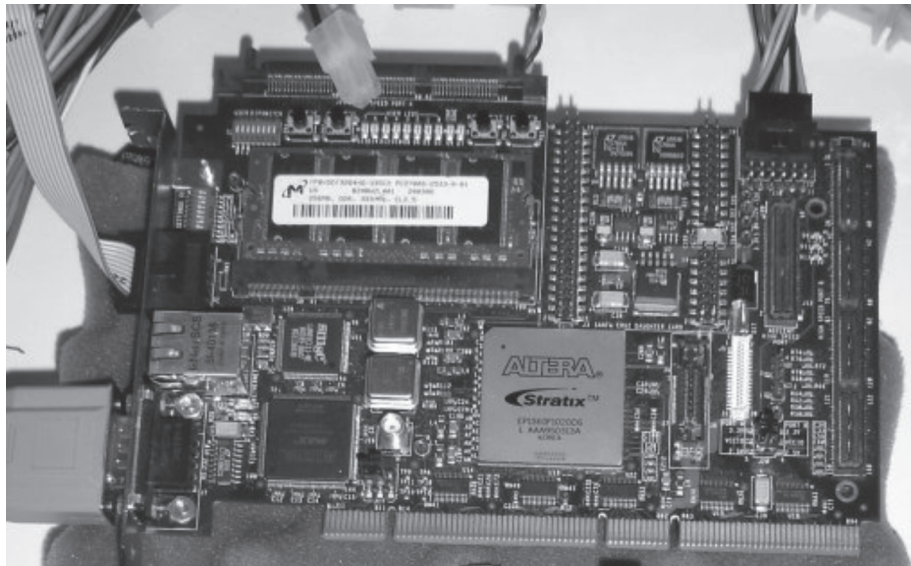
---

Fecha de recepción: Octubre 14 de 2011

Fecha de aprobación: Noviembre 24 de 2011

---

\* Tecnólogos en Mecatrónica, estudiantes de ingeniería mecatrónica Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. Integrantes del grupo de investigación en microelectrónica GRIDME. e-mail: cristiandavidpalma@gmail.com, stephanie.rodriguez@gmail.com.



## 1. Introducción

Esta reflexión es el resultado de la revisión bibliográfica sobre los componentes de una tarjeta de desarrollo con microcontrolador ARM, las marcas más comunes en el mercado y sus aplicaciones, realizada con el objeto de tener un referente respecto a su estructura y usos reales para plantear a futuro una metodología que permita el diseño, estructuración, montaje y programación de una nueva tarjeta con varias aplicaciones con fines pedagógicos como práctica de investigación de ingeniería Mecatrónica del Grupo de Investigación en Desarrollo de la Microelectrónica de la Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central.

El estudio de las tarjetas de desarrollo busca desarrollar placas que permitan el diseño de sistemas reales, fortaleciendo la programación de tal manera que se integren los conocimientos de electrónica, electricidad y sistemas con la praxis a través de dispositivos especialmente diseñados para actividades académicas.



## 2. Tarjetas de Desarrollo con Microcontrolador ARM

Una “tarjeta de desarrollo” es un circuito electrónico que contiene un microcontrolador o dispositivo lógico y elementos como puertos, conectores y reguladores que les permita a los usuarios acceder fácil y rápidamente a los periféricos para realizar aplicaciones y pruebas.

Los elementos primordiales para el funcionamiento de la tarjeta son microcontrolador, puerto JTAG, conectores como USB, Jack DC, I/O o memoria MicroSD y un regulador (Ver figura 1).

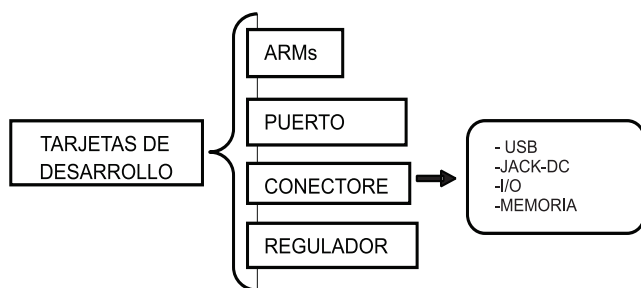


Figura 1. Elementos comunes en las tarjetas

### Microcontrolador ARM

Los microcontroladores ARM fueron diseñados en 1987 por “Acorn Computers” y licenciadas a fabricantes como Texas Instruments, Analog Devices, Freescale, ST Microelectronics, entre otros. Se basan en la arquitectura RISC pero con modificaciones que le permiten optimizar el uso de memorias y periféricos, logrando reducir el consumo energético y aumentar la capacidad de procesamiento, es decir la cantidad de instrucciones por segundo; lo cual ha hecho que se convierta en una opción rentable al diseñar dispositivos específicos como sistemas embebidos y de uso general como celulares o consolas de juegos.

Las arquitecturas ARM optimizan el uso de los recursos, por medio de su procesador “core”, el cual ha evolucionado siendo cada vez más pequeño y con mayor velocidad de procesamiento.

Las tres primeras generaciones están obsoletas y actualmente se utilizan las versiones desde la cuarta etapa. (Ver tabla 1).

Arquitectura ARM	Procesador core
ARMv1	ARM1
ARMv2	ARM2 y ARM3
ARMv3	ARM6 y ARM7
ARMv4	StrongARM, ARM7TDMI y ARM9TDMI,
ARMv5	M7EJ, ARM9E, ARM10E, XScale
ARMv6	ARM11
ARMv7	Cortex.

Tabla 1. Evolución de las arquitecturas ARM y sus procesadores

El procesador Core Cortex tiene varias referencias así: Cortex Mx usado para un microcontrolador común, pero con mayor velocidad y menor consumo, Cortex-Rx para aplicaciones embebidas que deban ejecutarse en tiempo real y Cortex-Ax se usan para aquellas que requieran la implementación de sistemas operativos embebidos y trabajar a altas velocidades (cerca de los 2GHz).

### Puerto JTAG

El protocolo JTAG o “Joint Test Action Group”, nombrado por la norma IEEE 1149.1 utilizada para testear circuitos lógicos, probar los submódulos de circuitos integrados y como mecanismo para depuración de aplicaciones embebidas.

## Reguladores

Los reguladores de voltaje se encargan de reducir la tensi3n de alimentaci3n hasta los valores adecuados para los componentes, para una tarjeta de desarrollo pueden ser de voltaje de 5V (est3ndar TTL), 3.3V que es con el que operan los ARM, y en algunos casos de 2.5V y 1.8V para otro tipo de l3gica.

## Conectores

Los conectores m3s empleados para las tarjetas de desarrollo son: USB, mini USB, Jack- DC, I/O y memoria MicroSD.

**USB y mini USB:** USB significa “Universal Serial Bus”, permite transmitir datos a velocidades de 12 Mbps para conectar perif3ricos, para las tarjetas de desarrollo se usa el conector Mini-USB en modo Device y USB-A en Host.

**JACK- DC:** Este conector es empleado para la alimentaci3n externa de las tarjetas, en caso de no requerir la conexi3n a un computador.

**Conectores I/O:** Tambi3n conocidos como regletas, usualmente est3n conectados a cada uno de los pines del ARM haciendo posible unirlos con otro tipo de circuito.

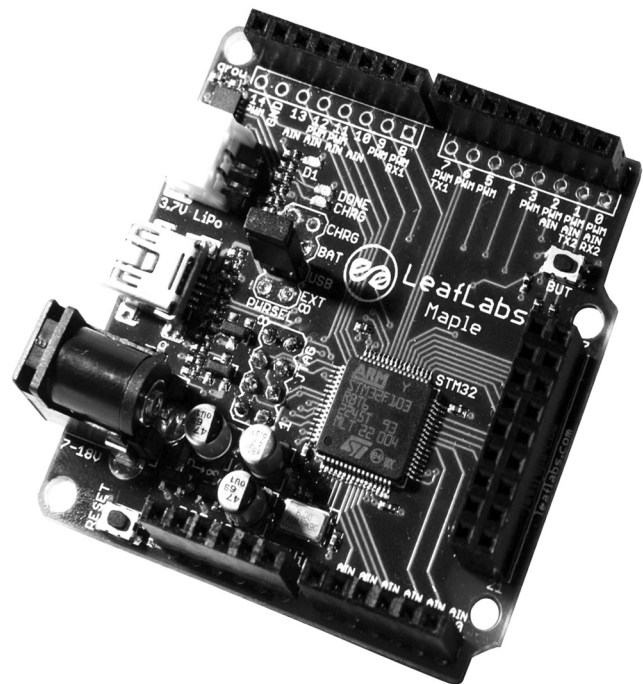
**Conector para memoria MicroSD:** La mayor3a de placas de desarrollo tiene interfaces SPI, haciendo posible que soporten tarjetas de memoria SD, MMC o MicroSD, estas 3ltimas son las m3s comunes porque son m3s sencillas de utilizar, ocupan menos espacio y son menos costosas, por lo tanto para facilitar la comunicaci3n entre el ARM y la tarjeta se implementa un conector.

## 3. Tarjetas de desarrollo comerciales y sus aplicaciones

En el mercado actual existe una amplia gama de tarjetas de desarrollo que utilizan microprocesador ARM entre ellas se pueden destacar the Maple, Beagle Board, mbed, LPC1769 LPCxpresso Board, Netduino, FEZ Domino.

### 3.1 The Maple

Esta tarjeta es fabricada por LeafLabs y se basa en un microcontrolador ARM Cortex M3 STM32F103RB a 72MHz, la distribuci3n de sus entradas y salidas es compatible las tarjetas Arduino y su entorno de programaci3n es similar, utilizando el lenguaje Processing y el compilador de c3digo abierto “avr-gcc” y “arm-non-eabi-gcc”. (Ver figura 2)



**Figura 2.** The Maple. Fuente: <http://leaflabs.com/docs/hardware/maple.html>

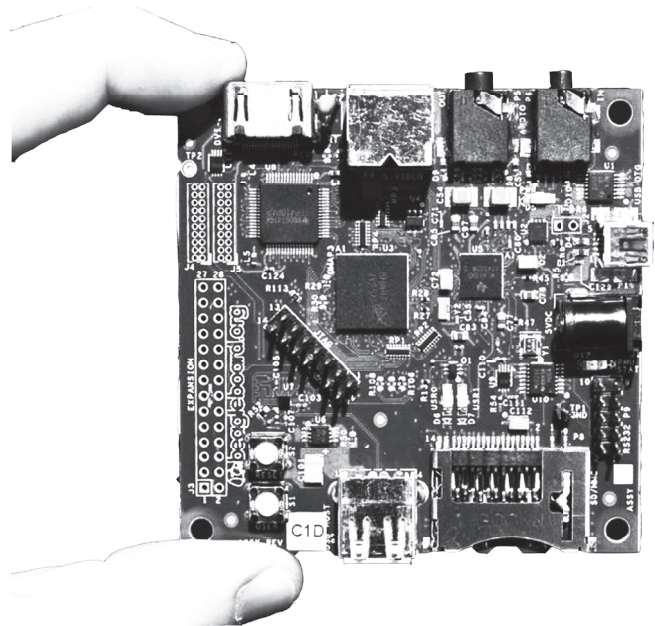
La tarjeta Maple se caracteriza porque tiene un Microcontrolador ARM Cortex M3 (STM32 F103RB) a 72MHz, Memoria Flash de 128 KB, RAM (SRAM) de 20KB, 43 pines de entrada y salida digitales, 16 entradas análogas con resolución de 12bit, 15 salidas PWM con resolución de 16bit. Como periféricos tiene puerto serial SPI, I2C, USART, USB para comunicación y programación, puerto JTAG para programación, controlador de interrupción (incluyendo externas), puertos de acceso directo a la memoria (DMA), voltaje de operación de 3.3V y de alimentación entre 4 y 12V, sus dimensiones son de 5.21 x 5.33cm.

En la página oficial de Maple se publican los archivos fuente para su construcción. Esta tarjeta se aplica en proyectos como “efectos de audio” donde se emplea la capacidad de los ADC del ARM para adquirir una señal de audio producida por una guitarra, le aplican un filtro digital para distorsionarla y luego es transmitida a un amplificador utilizando los PWM para recrear las frecuencias de la señal. (LeafLabs, 2010)

### 3.2 Beagle Board

Esta tarjeta nació como resultado de un desarrollo realizado con la colaboración conjunta de un grupo de diseñadores de hardware de Texas Instruments e independientes que buscaban crear una herramienta que les permitiera trabajar con sistemas embebidos, se basa en un procesador ARM Cortex A8 OMAP3530 a 600MHz, posee una cantidad importante de periféricos y además del software del fabricante, se puede programar con el compilador “arm-non-eabi-gcc”. (Ver figura 3)

La tarjeta Beagle Board tiene un procesador ARM Cortex A8 (OMAP3530) a 600MHz, memoria Flash de 256MB, RAM (MDDR) de 512MB, codec TPS65950 para entrada y salida de audio, entra-



**Figura 3.** Beagle Board. Fuente: <http://beagleboard.org/hardware>

das análogas de 10bit. Como periféricos tiene puerto serial SPI, I2C, USART puertos USB para comunicación, programación y Host, conectores para entrada y salida de audio estéreo, S-Video, DVI-D, LCD, memoria microSD y puerto JTAG para programación. Su voltaje de operación es de 3.3V y 5V para algunos periféricos y entre 5 a 10V de alimentación y tiene una dimensión de 7.87 x 7.62cm, además se caracteriza porque su programación se puede hacer en el sistema Linux.

Algunas de las aplicaciones más comunes de las tarjetas Beagle Board son el scanner de frecuencias y el control de procesos así:

#### BeagleScan

Con la Beagle Board y algo de circuitería extra lograron crear un scanner de frecuencias entre 1.8MHz y 30MHz, y un analizador de espectro entre 50MHz a 800MHz, utilizan un sintonizador digital controlado por I2C. (Lewis, 2011).

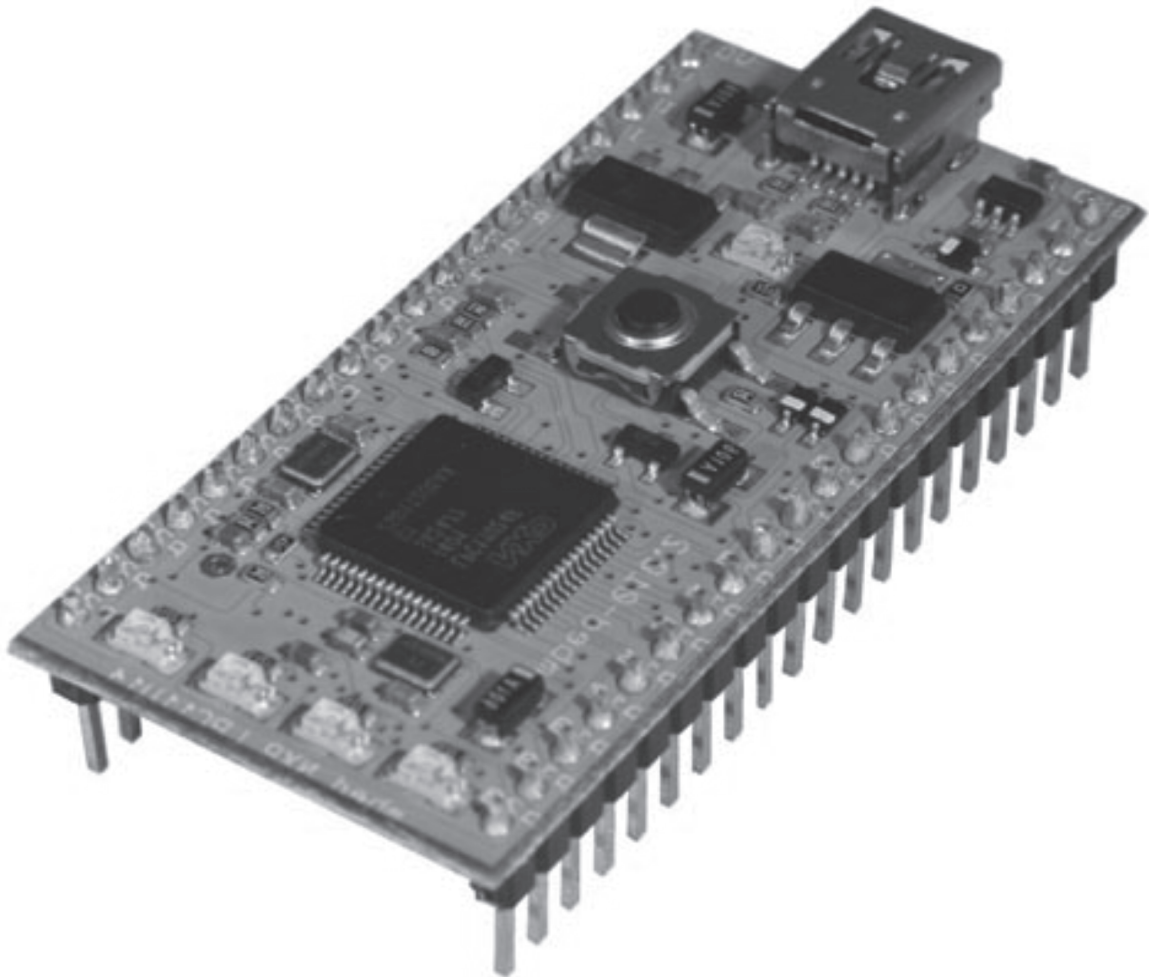


## Beagle PLC

Este proyecto plantea la conexión entre la Beagle Board y algunos módulos que contengan entradas y salidas con protocolo industrial, es decir 24V DC, por medio de un puerto SPI para controlar procesos como: activar una válvula, contactores y otros equipos industriales, lo cual representa una buena alternativa para la automatización ya que no requiere el uso de hardware y software propietario. (BeagleBoard, 2010)

## 3.3 mbed

Esta tarjeta es fabricada por Embedded Artists y NXP, se basa en un microcontrolador ARM Cortex M3 NXP LPC1768 a 100MHz, la distribución de sus pines es similar a la de un integrado de 40 pines haciéndola ideal para proyectos sencillos utilizando una protoboard, su compilador funciona en nube, es decir que se encuentra en un servidor y para usarlo solo se requiere de conexión a internet. (Ver figura 4)



**Figura 4.** mbed. Fuente: [http://www.seeedstudio.com/depot/mbed-nxp-lpc1768-prototyping-board-p-933.html?cPath=132\\_137](http://www.seeedstudio.com/depot/mbed-nxp-lpc1768-prototyping-board-p-933.html?cPath=132_137)



La tarjeta mbed tiene un microcontrolador ARM Cortex M3 (NXP LPC176) a 100MHz, memorias Flash de 512KB y RAM (SRAM) de 64KB, pines de entrada y salida digital, entradas análogas con resolución de 12bit, salidas PWM con resolución de 12bit. Como periféricos tiene 2 de SPI, 2 de I2C, 3 de USART (puerto serial), CAN, puerto de USB para comunicación, programación y Host y un Ethernet. Su voltaje de alimentación está entre 5 y 9V y las dimensiones son de 5.4 x 2.6cm.

Aplicaciones más comunes de la tarjeta mbed tienen que ver con el control de un brazo robótico y mantener su centro de equilibrio.

### *Mbed-controlled*

En este proyecto se controla un brazo robótico basado en motores servo, a través de los PWM del ARM, el control de movimientos se hace con comandos de caracteres usando un puerto USART. (Valentin, 2011).

### *Two*

Utilizando teorías de control digital y a mbed como controlador, logran mantener el centro de equilibrio de un robot que solo se “sostiene” sobre dos ruedas, los datos de inclinación y aceleración se

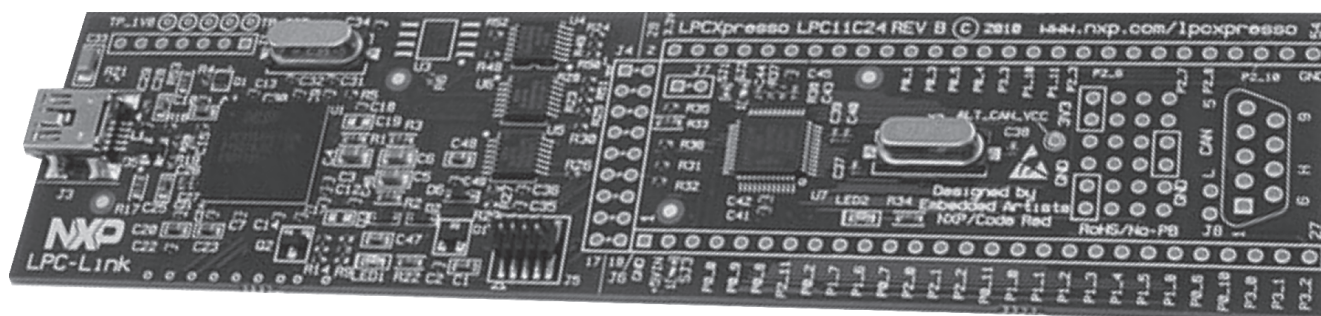
leen desde un giroscopio y un acelerómetro respectivamente, conectados a uno de los puertos SPI de la tarjeta; luego de aplicar un filtro digital sobre las mediciones y determinar el error, estos datos se procesan con un controlador PID que genera una respuesta traducida en el movimiento de los motores. (Crim, 2010)

### *RSS*

Utilizando el módulo Ethernet de la mbed crean una conexión a internet, específicamente a una fuente RSS y luego muestran los datos adquiridos en un LCD. (Ainapure, 2010)

## 3.4 LPC1769 LPCxpresso Board

Desarrollada en conjunto por NXP, Code Red y Embedded Artists, esta tarjeta utiliza un ARM Cortex M3 NXP LPC1769 a 120MHz, que tiene incluido el programador y depurador JTAG (LPC Link) no requiriendo componentes externos y además le permite programar otros microcontroladores soportados por el LPC Link. También se ha diseñado la tarjeta “LPCxpresso Base Board” en la que se puede conectar la LPC1769 LPCxpresso Board simplificando aun más la conexión con otros periféricos. (Ver figura 5)



**Figura 5.** LPC1769 LPCxpresso Board.  
Fuente: <http://www.lpc tools.com/lpc1768.lpcxpresso.aspx>



La tarjeta LPC1769 LPCxpresso Board tiene un microcontrolador ARM Cortex M3 (NXP LPC1769) a 120MHz, memoria Flash de 512KB y RAM (SRAM) de 64KB, entradas análogas con resolución de 12bit, salidas PWM y análogas de 10bit. Entre los periféricos cuenta con SPI, I2C, USART (puerto serial), CAN, I puerto Ethernet, USB para comunicación, programación y Host. Su voltaje de operación es de 3.3V y de alimentación entre 2.4 y 3.6V, sus dimensiones son de 3.5 x 14cm.

### 3.5 Netduino

Netduino es una tarjeta de software y hardware libre, utiliza un ARM/TDI a 48MHz que trabaja con .NET Micro Framework, haciendo que la programación sea de alto nivel, similar a utilizar Visual C# o Visual C++. (Ver figura 6).

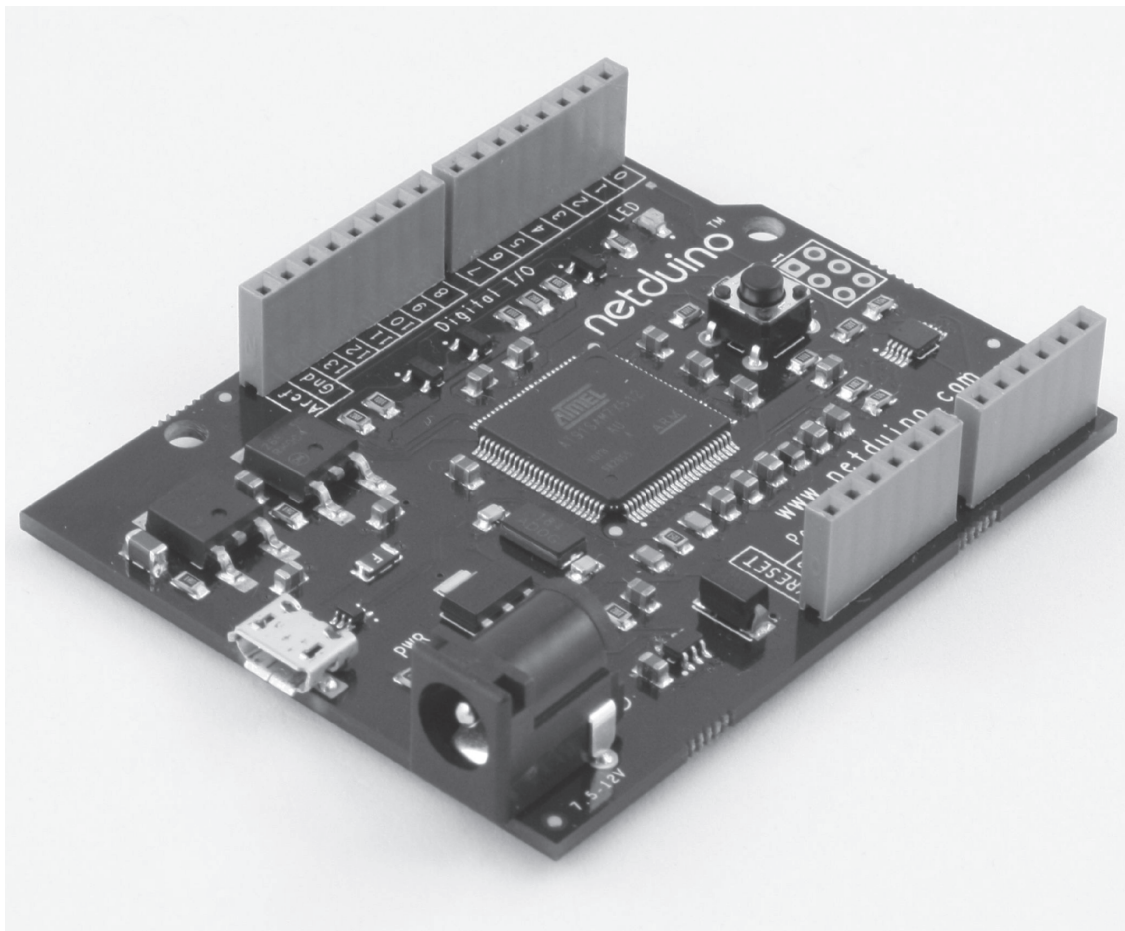


Figura 6. Netduino. Fuente: <http://www.netduino.com/netduino/specs.htm>





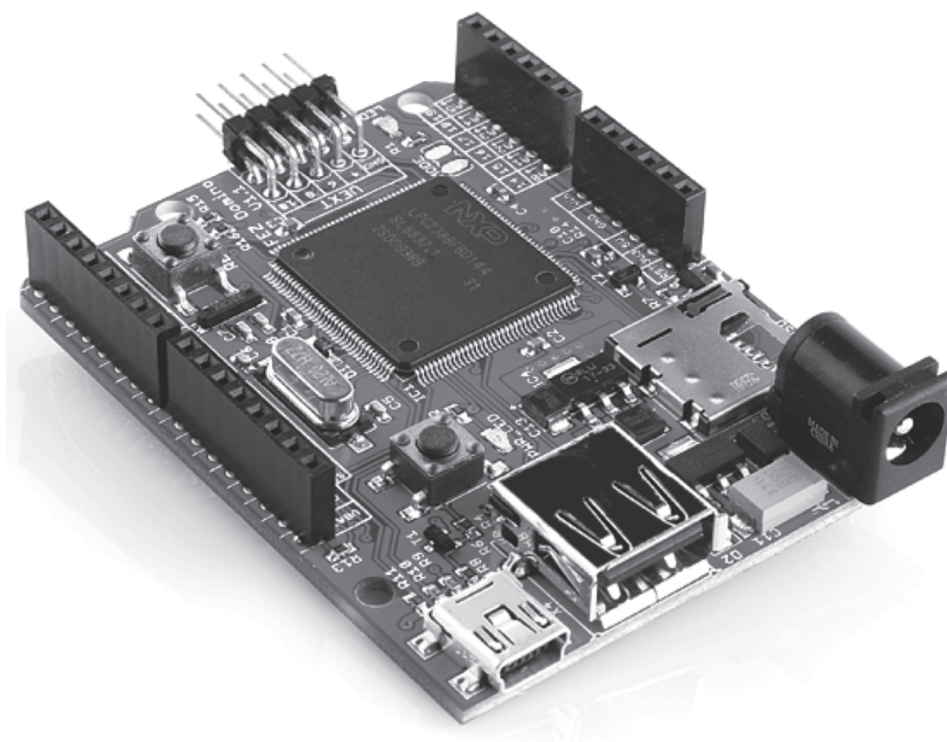
La tarjeta Netduino tiene un microcontrolador ARM7TDMI 48 MHz, memoria Flash de 128KB y RAM (SRAM) de 60KB, pines de entrada y salida digital y entradas análogas con resolución de 10bit, salidas PWM con resolución de 16bit. En sus periféricos tiene SPI, I2C, USART (puerto serial) y puerto USB para comunicación y programación, el voltaje de operación es de 3.3V y 5V para algunos periféricos y de alimentación entre 7.5V y 12V, sus dimensiones son de 5.33 x 7.11cm.

### 3.6 FEZ Domino

La FEZ Domino hace parte de una familia de tarjetas desarrollada por TinyCLR, está basada en un microcontrolador ARM7TDMI NXP LPC2388 a 72MHz, que contiene el software USBizi144 que le permite funcionar con .NET Micro Framework, facilitando la

programación para quienes estén relacionados con ambientes como Visual C# o Visual C++, la distribución de pines se asemeja a la que tiene la tarjeta Arduino Duemilanove. (Ver figura 7).

La tarjeta FEZ Domino tiene un microcontrolador ARM7TDMI (NXP LPC2388) a 72MHz, memoria Flash de 148KB y RAM (SRAM) de 62KB, pines de entrada y salida digital, entradas análogas y salidas PWM con resolución de 10bit. Los periféricos son SPI, I2C, USART (puerto serial), CAN, puerto USB para comunicación, programación y Host, conector para memoria microSD, soporte para protocolo Ethernet, voltaje de operación de 3.3V y 5V para algunos periféricos y entre 7V y 12V de alimentación y sus dimensiones son de 6.7 x 5.34cm.



**Figura 7.** FEZ Domino. Fuente: [http://wiki.tinyclr.com/index.php?title=FEZ\\_Domino](http://wiki.tinyclr.com/index.php?title=FEZ_Domino)



#### 4. Conclusiones

Las “tarjetas de desarrollo” utilizadas como elementos did3cticos y pr3cticos se convierten en recursos que permiten fortalecer las habilidades de diseo y programaci3n de los estudiantes de Mecatr3nica

Las Tarjetas de Desarrollo que cuenta con un microcontrolador ARM se caracterizan por que tienen menos consumo de energa lo que les genera mayor velocidad y eficiencia, por lo tanto, son las m3s recomendadas en aplicaciones de dispositivos portables como celulares.

En el mercado se encuentran m3ltiples clases de tarjetas de desarrollo, algunas utilizan para su programaci3n software propietario como mbed y LPC1769 LPCxpresso Board, y otras permiten el uso de software libre como Beagle Board y Maple, y en general todas tienen publicados sus proyectos en internet, donde tambi3n las comercializan, no obstante los usuarios que desean adquirirlas deben estar sujetos a los costos y tiempos de entrega, factores que hacen m3s difcil su compra.

De las tarjetas encontradas al realizar la revisi3n bibliogr3fica, es posible hallar una que cumpla con los requerimientos espec3ficos para un proyecto de aplicaci3n real, como en el caso de efectos de audio, control rob3tico y procesos de automatizaci3n, de igual manera, se pueden analizar los diferentes diseos y prototipos para adaptarlos a una nueva tarjeta de aplicaci3n pedag3gica.

#### 5. Bibliograf3a

Ainapure, A.( 2010). RSS News Reader. <http://mbed.org/users/amli1016/notebook/rss-news-reader/>

BeagleBoard (2010). Beagle PLC <http://beagle-board.org/project/BeaglePLC/>

Crim, J (2010). Two-Wheeled Balancing Robot

LeafLabs. (2010). <http://leaflabs.com/docs/hardware/maple.html>

Lewis, D. (2011). ScanSpec <http://djlewis.us/files/projects/beagleScanSpec/>

Valentin, G. (2011). mbed-controlled Robotic Arm.

<http://mbed.org/users/gvalentin3/notebook/mbed-controlled-robotic-arm/>

#### Infografia

<http://leaflabs.com/docs/hardware/maple.html>

<http://beagleboard.org/hardware>

[http://www.seeedstudio.com/depot/mbed-nxp-lpc1768-prototyping-board-p-933.html?cPath=132\\_137](http://www.seeedstudio.com/depot/mbed-nxp-lpc1768-prototyping-board-p-933.html?cPath=132_137)

Fuente: <http://www.lpc tools.com/lpc1768.lpcxpresso.aspx>

<http://www.netduino.com/netduino/specs.htm>