

StartStack.dev

Herramienta de desarrollo modular multiplataforma para sistemas embebidos

Gustavo Murias

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Mar del Plata

Mar del Plata – Argentina

murias@ieee.org

Resumen—Se presenta el diseño e implementación de una herramienta de hardware modular y multiplataforma para el desarrollo de sistemas embebidos, dirigida a estudiantes de universidades y escuelas técnicas. El sistema consta de una placa principal que puede ser usada en forma aislada, y un conjunto de placas de aplicación específica que aportan un valor agregado al conjunto, permitiendo la configuración de diferentes escenarios tecnológicos con total flexibilidad.

Palabras clave: desarrollo; didáctica; FPGA; microcontrolador; microelectronica.

I. INTRODUCCIÓN

Las herramientas de desarrollo son fundamentales en el proceso de aprendizaje de diseño de sistemas embebidos. Los estudiantes adquieren los conocimientos prácticos más rápidamente con la utilización de placas construidas para aplicaciones específicas, pero su costo suele ser muy elevado.

StartStack.dev brinda una alternativa más que interesante, debido a que se construye con componentes fáciles de conseguir en el mercado local, e incluso, algunos de ellos son parte de los programas de muestras gratis de las firmas Texas Instruments y Freescale, dándoles a los usuarios la opción de construir sus propias herramientas.

Otro punto de interés es su habilidad para configurar diferentes entornos de manera modular, ya que, incluyendo los módulos insertables, el usuario puede configurar la mejor combinación para desarrollar su sistema embebido.

A. Características generales

Aquí se presentan algunos de los detalles de diseño que debieron tomarse en cuenta con el fin de brindar soporte para ampliaciones futuras, y para las diferentes combinaciones de placas que el usuario requiera. Bajo éstas premisas se define un esquema general de conexiones entre placas, que de acuerdo a las características que tenga el *dispositivo activo* (denominando de esta manera al microcontrolador, microprocesador, o FPGA con que está equipada la placa principal o placa activa) estará implementado como puerto de uso específico, o como conexión de entrada/salida de uso general. Así, como muestra la figura 1, se encontrará una sección de 8 entradas analógicas, una sección para las salidas PWM, una para diferentes formatos de comunicación, como SPI, I²C, SCI, superpuesto con éstas, una sección de *datos y direcciones* para aplicaciones

de bus paralelo, entradas para los comparadores incluidos en algunos microcontroladores, etc.

La longitud de los terminales de expansión es de 29 pines por cada lado de la placa, tanto en la cara superior como en la inferior, donde además de las conexiones descritas, se encuentran también conexiones de masa y de alimentación, con valores diferentes, separando tensión de placa (5Volts) y tensión de dispositivo. De esta manera se garantiza compatibilidad para dispositivos que funcionan con tensiones de alimentación menores a 5V.

FUNCIONES		PIN	FUNCIONES	
Alimentación dispositivo		L-01	R-01	Alimentación periféricos
GND		L-02	R-02	GND
		L-03	R-03	
		L-04	R-04	
		L-05	R-05	
		L-06	R-06	
		L-07	R-07	
Chip Select	Teclados	L-08	Entradas y salidas digitales	Sensores Touch
		L-09		
Compara- dores	Entradas y salidas digitales	L-10	Entradas y salidas digitales	COM PORT
		L-11		
		L-12		
		L-13		
		L-14		
		L-15		
		L-16		
		L-17		
MASA		L-18	I ² C	Direccio- nes
		L-19		
		L-20	INT	
		L-21	GND	
		L-22		
Entradas analógi- cas	Entradas y salidas digitales	L-23	Entradas y salidas digitales	SPI
		L-24		
		L-25		
		L-26		
		L-27		
		L-28		
		L-29		
		L-29		

Figure 1. Descripción de los puertos de expansión

Los puertos de expansión permiten conectarse directamente con el mundo exterior usando cables, sin embargo, el mérito está en la posibilidad de conectar una o varias *placas de aplicación especial*, formando una pila o *stack* de hardware, combinando las características entre la placa principal y una o varias placas de aplicación compatibles, en forma simultánea.

Para lograr la interconexión de placas, los terminales de la cara superior son de tipo macho y en la cara inferior se colocaron tipo hembra. Utilizando el mismo esquema en las placas de aplicación es como se logra encastrar varias de ellas.

B. Sistema multiplataforma

Este concepto da lugar a un sistema de desarrollo más libre, ya que cuidando el diseño de los puertos de expansión, se pueden construir placas activas con dispositivos de diferentes

marcas o tecnologías, entre las que se pueden nombrar microcontroladores de las firmas Atmel, Freescale, Microchip, Texas Instruments, y otros, tanto en 8 como en 16 o 32 bits, brindando versatilidad en el desarrollo de aplicaciones [1] [2] [3].

Como plan de expansión a corto plazo se está trabajando en la construcción de una placa basada en la FPGA Spartan-3A de la firma Xilinx, y en una que aloja un DSP de tecnología ARM Cortex-M4, ambas compatibles con el sistema, haciendo de *StartStack.dev* la primera plataforma de desarrollo que combina microcontroladores y FPGAs aprovechando todos los periféricos del sistema [4] [5].

C. Interfaz de programación y debug

Debido a los requisitos y posibilidades particulares de cada línea, la conexión para programación, que puede ser JTAG, ICSP, BGD, u otro dependiendo del fabricante, es parte de la placa principal, de esta manera, no existe límite para la diversificación tecnológica.

D. Características especiales del dispositivo

Algunos dispositivos cuentan con periféricos particulares, como por ejemplo Ethernet, CAN, OTG-USB, Touch, etc, que no forman parte de la oferta masiva, por lo tanto, la implementación de éstas características se incluye en la placa base que contiene al dispositivo en cuestión. También se integra en la propia placa a los reguladores de tensión adecuados y, en los casos en que es necesario, la interfaz con los puertos de expansión se hace a través de buffers conversores de tensión multinivel.

II. PLACA ACTIVA

La placa principal o *activa* está basada en la implementación de un microcontrolador o *componente activo*, componentes adicionales, LEDs, puertos de comunicación, y todos los terminales del *dispositivo* dispuestos en tiras de postes a los bordes de la placa, denominados *puertos de expansión*.

Se describe una de las placas principales, la *StartStack.dev* PIC18F67J50, que incorpora como dispositivo principal el microcontrolador PIC nombrado, de la firma Microchip Inc. [3].

Éste dispositivo de 64 pines, con encapsulado TQFP, es un ejemplo representativo de una línea de microcontroladores, que incluye como característica principal un puerto USB 2.0 con 3.9KB de memoria RAM de doble puerto que puede ser dedicada al módulo, y entre sus otros periféricos se cuenta con 2 UART mejoradas, 1 puerto SPI, 1 puerto I²C, 1 convertor A/D de 10 bits con 8 entradas multiplexadas, 2 comparadores analógicos, 2 módulos PWM con varias salidas y funciones de captura y comparación, entre otros.

Parte de las características de éste microcontrolador están implementadas en la placa *StartStack.dev* PIC18F67J50, como son el módulo USB, al que se accede a través de un conector estándar USB-B, con el que también se puede dar alimentación

a la placa, un puerto RS-232 con su correspondiente conector DB-9, y una memoria EEPROM 24LC1025 de 1Mb conectada al bus I²C.



Figure 2. Aspecto de la placa *StartStack.dev* PIC18F67J50

La tensión de alimentación es de 3.3V, pero admite en sus puertos digitales entradas de 5V, haciéndolo directamente compatible con el resto del sistema. En la placa se incluye un regulador de tensión LDO de 3.3V y un conector ICSP para programación y depuración *In-Circuit*, compatible con los programadores que ofrece Microchip, Pickit 2, Pickit 3, y MPLab ICD2/ICD3 [6].

En la placa también se incluye un cristal de 4MHz para el oscilador principal, que excitando al PLL incorporado en el microcontrolador, es capaz de generar hasta 48MHz de frecuencia de reloj, y otro cristal, de frecuencia 32768 Hz, conectado a un oscilador independiente, para ser usado con los timers de sistema para propósitos de temporización.

III. MÓDULOS DE APLICACIÓN ESPECÍFICA

Como se dijo antes, las placas de aplicación específica otorgan al sistema una elevada complejidad, permitiendo el desarrollo de aplicaciones muy diversas, la combinación de diferentes aplicaciones, y si fuera necesario, la migración de plataforma con la mínima dificultad y a bajo costo.

Algunas propuestas de placas de aplicación se detallan en los siguientes apartados, siendo las aplicaciones más comunes:

A. Control de motores

Las técnicas de control de velocidad de motores requieren de componentes de potencia y sensores, estos se integran en una placa con una fuente de alimentación adecuada para los motores a utilizar.

Un interés bastante común radica en el control de motores paso a paso, por eso el primer desarrollo apunta a esta tecnología, incorporando *drivers* [7] integrados para manejar simultáneamente dos motores, utilizando las salidas PWM, accesibles desde los puertos de expansión del sistema.

Para realizar un control de velocidad a lazo cerrado es posible conectar *encoders* incrementales a entradas especiales disponibles en la placa de aplicación, a la que también pueden

conectarse otros sensores, como interruptores o fotodiodos para indicar las condiciones de punto de inicio, fin de carrera, etc. Otra posibilidad es la de medir corriente en los motores, y para esto se incluyen en placa resistencias *shunt* con sus respectivos amplificadores y conexasión para los ADC [8].

B. Placa multimedia básica

Esta placa contiene un conjunto de elementos de entrada y salida típicos de la mayoría de las aplicaciones básicas, con sus respectivos drivers y selectores de habilitación. Dada la cantidad y similitud de los elementos, éstos están multiplexados, pudiendo elegir cuál de ellos estará conectado a una determinada zona del puerto de expansión. El contenido de esta placa es:

- Módulo de display LCD retroiluminado.
- Zócalo para tarjeta de memoria SD.
- Receptor de control remoto estándar de 38KHz.
- Displays de LED de 7 segmentos.
- LEDs de propósito general.
- Pulsadores conectados en matriz.
- Buzzer auto oscilante, y transductor.
- Potenciómetro de carbón y digital.
- Encoder rotativo para comando.
- Comando Joystick analógico de dos ejes.
- Conector PS/2 para teclado/mouse.

C. Instrumentación y sensado

Siguiendo la línea de diseño antedicha, se propone un conjunto de sensores, amplificadores, y redes de acondicionamiento de señal, pensados especialmente para el diseño de instrumentos de medición y control, entre los que se encuentran:

- Sensor digital de temperatura.
- Sensor de aceleración de 3 ejes.
- Sensor de presión barométrica.
- Sensor de presión diferencial (opcional).
- Amplificador para termocupla J/K/PT-100.
- Amplificador diferencial para instrumentación.
- Excitador para puente Wheatstone.
- Termistor PTC.
- Sensor LDR, fotodiodo IR.
- Fotodiodo de precisión BPW-21.
- Terminales para conexión de sensores exteriores.
- Terminal/es BNC 1MΩ.
- Filtros antialiasing de frecuencia ajustable.

D. Placa de Audio digital

Originada por interés personal del autor, la placa de aplicación de audio digital enmarca los elementos necesarios para que el usuario, entusiasta audiófilo, encuentre un ambiente dedicado al procesamiento de señales de alta definición, con componentes especialmente seleccionados entre las líneas SoundPlus™ de Texas Instruments, LME de National Semiconductor, y otras.

Si bien el módulo es compatible con la totalidad de los componentes del sistema, se ve beneficiado al ser montado

sobre un DSP o una FPGA, debido a su mejor desempeño en el manejo de señales de estas características.

Los elementos más importantes que incluye son:

- Amplificador de micrófono de bajo ruido.
- Alimentación *phantom* para mic. de condensador.
- Amplificador de auriculares clase D.
- Amplificador de auriculares clase A puro.
- Amplificador de potencia para parlantes.
- Entradas de línea.
- Conversores AD y DA de 24 bits 96KHz.
- Codec de 24bits.
- Filtros analógicos programables.
- Conexiones de entrada y salida balanceadas.

IV. SOPORTE

Para cada parte del sistema se escribió un manual de uso, en el que se adjunta el esquema eléctrico de la placa, se describe cada componente instalado, y se incluyen sus hojas de datos. Para facilitar la tarea de programación, también se escribieron archivos de encabezado para lenguaje C (.h) que hace referencia al hardware de manera uniforme, con etiquetas identificatorias de los elementos principales y de los terminales de cada placa, de esta manera, cuando se escribe el código, solo será necesario acceder al elemento por su nombre relativo al sistema, y no relativo al pin del dispositivo al que se haya conectado, p. e. se puede escribir en el código de la aplicación: Led1On en lugar de output_low(PIN_B3), en caso de usar el compilador CCS [9]. Esto hace independiente al usuario de la forma en que se haya conectado el LED, es decir, a VDD o a VSS.

V. CONCLUSIONES

Se diseñó e implementó un paquete de hardware didáctico reconfigurable, logrando un alto grado de independencia de marca y de tecnología. Con el fin de generar un espacio de trabajo versátil a un costo relativamente bajo, en el que se pueden ensayar soluciones tanto en el campo de los microcontroladores como en el de los procesadores digitales de señal (DSP), e incluso de las más modernas tecnologías de diseño de hardware digital, FPGA.

REFERENCIAS

- [1] AT89C5131A-M 8-bit Microcontroller Datasheet, Atmel Corporation, 2008.
- [2] MC9S08AW60 Advance Information Data Sheet, Freescale Semiconductor, 2006.
- [3] PIC18F87J50 Family Datasheet, Microchip Technology Inc. 2007.
- [4] LM3S8938 Microcontroller Datasheet, Texas Instruments, 2007.
- [5] Spartan-3A FPGA Family Datasheet, Xilinx Inc. 2010.
- [6] "In-Circuit Serial Programming™ Guide", Tim Wilmshurs, Microchip Technology Inc. 2003.
- [7] "LB1845, PWM Current Control Stepping Motor Driver", Sanyo Electric Co. Ltd. 1996.
- [8] AN894 "Motor Control Sensor Feedback Circuits", Microchip Technology Inc. 2003.
- [9] CCS C Compiler, Custom Computer Services Inc. www.ccsinfo.com