

DISEÑO DE UN SISTEMA MODULAR DE ADQUISICIÓN DE DATOS PARA SU USO CON INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL

Pastrano Balderas J. Manuel, Méndez Gerardo Maximiliano,
Terven Salinas J. Ramón, Rojas Estrada J. Antonio.
Instituto Tecnológico de Nuevo León
División de Estudios de Posgrado e Investigación
Av. Eloy Cavazos No. 2001, Col. Tolteca, Guadalupe, Nuevo León, México.
Tel. (81) 81570500 ext. 159, Fax (81) 81570505
manuel_pastrano@hotmail.com, gmm_paper@yahoo.com.mx,
jrterven@hotmail.com, jarojas2001@yahoo.com.mx

RESUMEN

Se presenta el diseño de un sistema modular de adquisición de datos para su utilización mediante instrumentación virtual. Por ser modular, tiene la ventaja de configurarse de acuerdo a las necesidades de la aplicación pudiendo ensamblar al modulo central indistintamente hasta tres de los seis módulos de función específica desarrollados. El sistema utiliza comunicación USB para el intercambio de información entre la computadora personal y el modulo central y comunicación SPI para comunicar al modulo central con los módulos de función específica.

1. INTRODUCCIÓN

Los continuos avances en la tecnología han venido diversificando las opciones disponibles para implementar aplicaciones de automatización. Inicialmente se utilizaron circuitos magnéticos, posteriormente analógicos y finalmente digitales [1]. Los Controladores Lógicos Programables o PLC son ejemplo de esta última tecnología, sus ventajas los han posicionado en el mercado actual. Del mismo modo, el avance en los sistemas de cómputo ha dado como resultado el nacimiento de la instrumentación virtual. Actualmente está siendo utilizada por una gran cantidad de industrias y su número y variedad de aplicaciones está aumentando [4]. Este intercambio de información entre el mundo físico y la computadora personal con software de instrumentación virtual, necesita de tarjetas electrónicas de adquisición de datos. National Instruments es líder mundial en el desarrollo de estos productos; a la fecha cuenta con 96 modelos y el software más popular llamado LabVIEW [12]. Existen otros fabricantes de tarjetas de adquisición de datos, pero la mayoría ofrecen tarjetas con entradas y salidas de uso

general con funciones definidas que no pueden modificarse.

Se propone aquí el diseño de un sistema modular de adquisición de datos con la posibilidad de poder ensamblarle módulos diversos para el manejo de datos digitales, analógicos y de potencia, así como para controlar motores de pasos y servomotores, haciendo uso de instrumentos virtuales.

2. DESARROLLO

2.1. Hardware del sistema

El sistema modular de adquisición de datos, o Sistema MDAQ, se compone de un modulo central y seis módulos de función específica que se pueden conectar en cualquiera de los slots del modulo central. Cada uno de ellos tiene una dirección que lo identifica y cinco incorporan SPI para comunicarse con el modulo central.

Tabla 1. Módulos del Sistema MDAQ

NOMBRE	DESCRIPCIÓN
MMAIN	Modulo central
MVANALOG	Salidas y entradas analógicas de voltajes (0 – 10 VCD)
MIANALOG	Salidas y entradas analógicas de corriente (4 – 20 mA)
MDIGITAL	Salidas y entradas digitales
MPOWER	Salidas y entradas de potencia
MMSTEP	Control motor de pasos
MMSERVO	Control servomotor

El sistema completo se alimenta con 5 VCD suministrados ya sea por el puerto USB de la computadora personal o por una fuente externa. La fuente de alimentación se selecciona a través de un jumper que se encuentra en el modulo central.

2.1.1. Módulo central

El módulo central o MMAIN está compuesto por un microcontrolador PIC18F4550, tres slots para la interconexión de cualquiera de los seis módulos de función específica desarrollados, un puerto USB full – speed para establecer comunicación con una computadora personal y un jumper para seleccionar la fuente de alimentación (externa o interna – del bus USB), ver Figura 1.

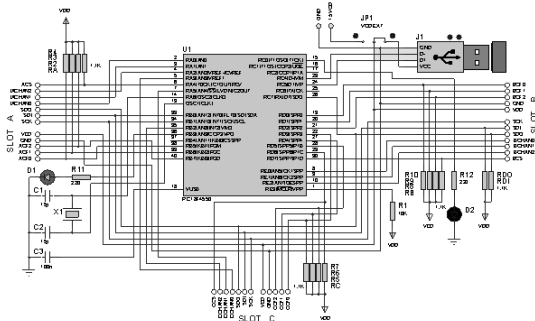


Figura 1. Diagrama del módulo central

Cada slot está formado por un conector de doce terminales que reciben el código del módulo conectado, lo alimentan, ingresan voltajes analógicos y transfieren información a través de un bus SPI, como se muestra a continuación:

T5	T4	T3	T2	T1	T0
SCK	VDD	Vss	xCF2	xCF1	xCF0

T11	T10	T9	T8	T7	T6
xCS	IxCHAN2	IxCHAN1	IxCHAN0	SDO	SDI

Figura 2. Configuración de los slots

xCF2, xCF1, xCF0: Reciben el código del módulo conectado.

Vss, VDD: Alimentan al módulo conectado.

SCK, SDI, SDO: Bus de comunicación SPI.

IxCHAN2, IxCHAN1, IxCHAN0: Canales de entradas analógicas.

xCS: Inicia la comunicación SPI.

2.1.2. Módulos de función específica

Los módulos de función específica están hechos de manera que cumplen con una tarea en particular y puedan ser conectados al MMAIN en cualquiera de los tres slots existentes. Tienen una dirección física que les permite identificarse de tal manera que los tres primeros bits de cada slot de MMAIN reciben del módulo conectado un código binario para cumplir con tal propósito.

En la Tabla 2 se aprecia la dirección física de cada módulo de función específica. La literal x puede tomar los valores A, B o C, dependiendo del slot que se esté utilizando. Cuando en MMAIN los bits xCF2,xCF1,xCF0 = 111, se entiende que en ese slot en particular no existen ningún módulo de función específica conectado, mientras que la dirección física xCF2,xCF1,xCF0 = 100 no se está utilizando, pero pudiera reservarse para un módulo cuya función específica sería determinada en una etapa posterior.

Tabla 2. Dirección física de los módulos de función específica

xCF2	xCF1	xCF0	FUNCIÓN
0	0	0	MV ANALOG
0	0	1	MI ANALOG
0	1	0	MDIGITAL
0	1	1	MPower
1	0	0	N.U
1	0	1	MMSTEP
1	1	0	MMSERVO
1	1	1	M.N.C

Los módulos MVANALOG y MIANALOG tienen como función específica manejar señales analógicas de voltaje y corriente respectivamente. Se comunican con el MMAIN a través de una interfaz SPI y cuentan con dos salidas y tres entradas analógicas.

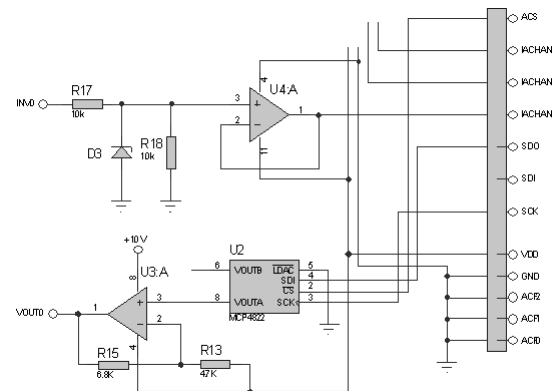


Figura 3. Una entrada y una salida de MVANALOG

MVANALOG maneja voltajes en un rango de 0 a 10 V; como se muestra en la figura 3, utiliza un circuito acondicionador de entrada compuesto por tres divisores de tensión con seguidores de emisor que aseguran que las entradas analógicas IxCHAN2, IxCHAN1 e IxCHAN0 reciban un

voltaje que varíe de 0 a 5 V. Como el dato digital leído por el ADC del microcontrolador varía linealmente desde 0 hasta 1023, entonces se puede establecer la siguiente ecuación que sirve para definir el voltaje presente en el canal de entrada del modulo a partir de la lectura obtenida Din.

$$V_i = 9.77 \times 10^{-3} D_{in} \quad (1)$$

El circuito acondicionador de salida se compone de un convertidor digital – analógico de dos canales, MCP4822, con un amplificador no inversor en las salidas alimentado con +10 V generados por un MC34063 a partir de VDD.

Si el voltaje de salida del MCP4822 está definido por la ecuación [8]:

$$V_{out} = \frac{2.048 G D_N}{2^n} \quad (2)$$

Y encontramos que la ganancia del amplificador de salida es de 2.4449, entonces la ecuación que define el voltaje a la salida es

$$V_o = 2.4449 \times 10^{-3} D_N \quad (3)$$

Donde DN representa el valor digital de entrada.

MIANALOG trabaja con señales analógicas de corriente en un rango de 4 a 20 mA; basa su funcionamiento en los circuitos integrados transmisor y receptor de corriente XTR110 y RCV420, como se observa en la figura 4.

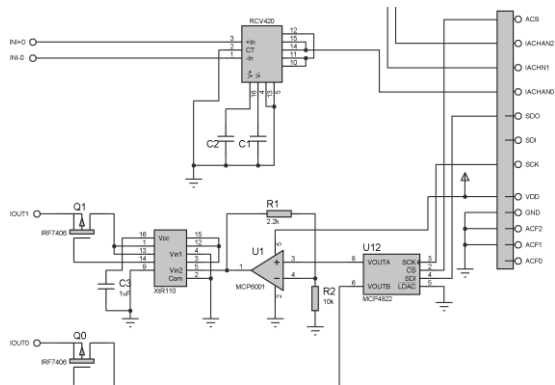


Figura 4. Una entrada y una salida de MIANALOG

En el caso de las entradas, el RCV420 se configura para funcionar en el modo diferencial. Este circuito integrado recibe de 4 a 20 mA y los convierte de 0 a 5 V.

En el caso de las salidas se utiliza el DAC MCP4822 para generar un voltaje de entre 0 y 4.096 V a partir del dato digital recibido a través de la interfaz SPI. Este voltaje se amplifica y se aplica al XTR110 quien lo convierte en una señal de corriente de 4 a 20 mA de acuerdo a la configuración mostrada en la figura 4.

Los circuitos receptores y transmisores de corriente del modulo MIANALOG necesitan de una fuente bipolar de ± 15 V; como la alimentación del sistema es de +5 V, entonces se utilizaron dos circuitos MC34063 configurados como elevador para generar +15 V e inversor de voltaje para generar -15 V; ambos se muestran en la figura 5.

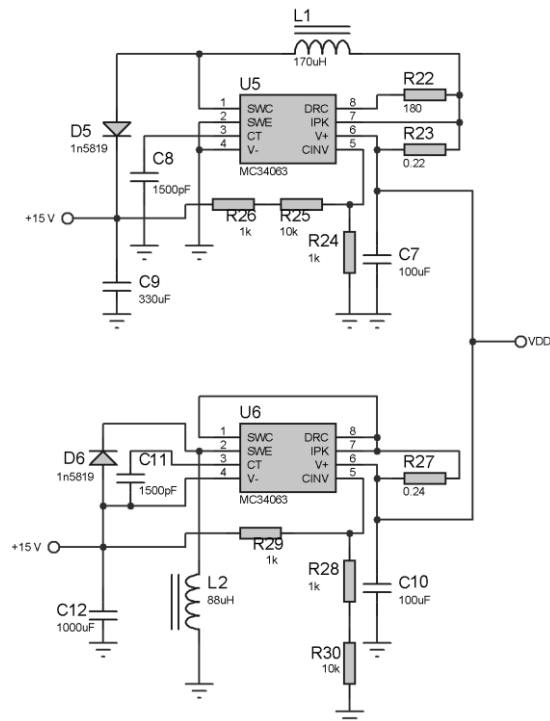


Figura 5. Generación de los voltajes para MIANALOG

Los módulos MDIGITAL y MPOWER funcionan de manera muy similar; la principal diferencia tiene que ver con los niveles de voltaje en las entradas y las salidas. Así, mientras MDIGITAL funciona con niveles TTL (0 – 5 V), MPOWER funciona con la presencia o ausencia de 120 VCA. Ambos módulos se comunican con MMAIN a través de una interfaz SPI.

MDIGITAL tiene ocho líneas de entrada y ocho de salida, utiliza al puerto A del expansor MCP23S17 como salida y al puerto B como entrada con las

resistencias pull up internas habilitadas. La figura 6 muestra a MDIGITAL.

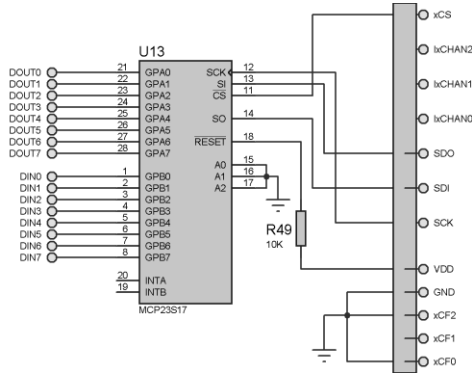


Figura 6. Modulo MDIGITAL

MPOWER tiene seis entradas y seis salidas de potencia que basan su funcionamiento en el modulo MDIGITAL con circuitos añadidos que acoplan y convierten las señales digitales TTL en señales de potencia de C.A. y viceversa. La transferencia de información de un nivel a otro se lleva a cabo con optoacopladores con salida a transistor BJT, en el caso de las entradas, y a TRIAC, en el caso de las salidas.

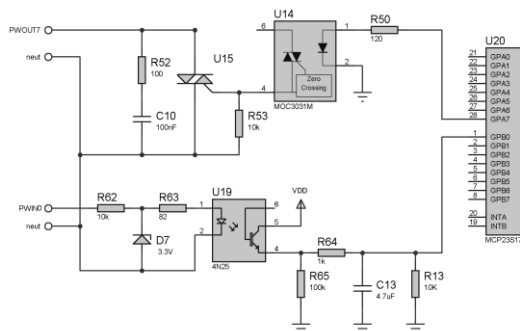


Figura 7. Una entrada y una salida de MPOWER

En cada entrada del módulo se utiliza un circuito rectificador – recortador que fija la señal de potencia de C.A. en una señal digital; de tal manera que si la señal de potencia se encuentra presente, se transferirá un uno lógico a una de las entradas del puerto B del MCP23S17, en caso contrario se transferirá un cero lógico.

En cada salida del módulo se utiliza un TRIAC Q8015L5 para manipular cargas de hasta 15 A y 800 V como máximo. Para evitar la destrucción del TRIAC cuando estos valores son superados, se incorporó un circuito RC, conocido comúnmente como “snubber”, con la intención de reducir las perturbaciones durante la conmutación, asegurar un

régimen de trabajo seguro, amortiguar las posibles resonancias parásitas y controlar la derivada de la tensión en el dispositivo de potencia.

Los módulos MMSTEP y MMSEVO sirven para controlar los parámetros de un motor de pasos y un servomotor respectivamente para aplicaciones donde el control de posición es requerido.

MMSTEP funciona con los circuitos integrados L97 y L98 controlados con una interfaz SPI a través del expansor de puertos de ocho bits MCP23S08. Es posible manipular la cantidad de pasos que tiene que avanzar el motor, su velocidad de rotación y el sentido de giro.

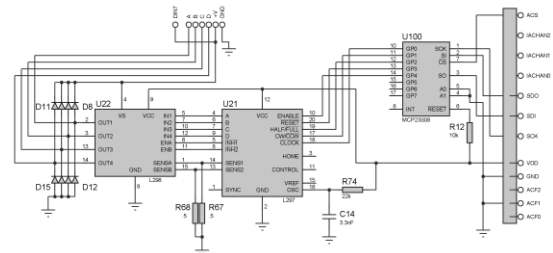


Figura 8. Modulo MMSTEP

MMSEVO tiene una salida PWM de 50 Hz para controlar la posición de un servomotor. La duración del pulso generado puede variar de 544 μ S a 2.04 mS para ubicar al servomotor en alguna posición comprendida de 0° a 180°.

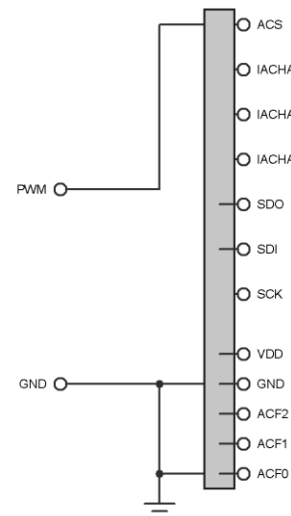


Figura 9. Modulo MMSEVO

2.2. Software del sistema

Se escribió un programa para el procesador central del Sistema MDAQ utilizando el compilador

MPLAB C18 y se crearon 12 subVI's en LabVIEW para ser utilizados en aplicaciones personalizadas. Además, se crearon 11 VI's para realizar las simulaciones y pruebas de funcionamiento del sistema.

La comunicación con la computadora se realiza a través de una interfaz USB en modo full – speed. Por esta vía MMAIN recibe comandos provenientes de la PC para enviar o solicitar información hacia o desde los módulos de función específica.

Tabla 3. Comandos enviados por el host

COMANDO	BYTE				
	0	1	2	3	4
VAN_OUT	0	Slot	Canal	Dato	
VAN_IN	1	Slot	Canal	0	0
IAN_OUT	2	Slot	Canal	Dato	
IAN_IN	3	Slot	Canal	0	0
DIG_OUT	4	Slot	0	Dato	0
DIG_IN	5	Slot	0	0	0
PW_OUT	6	Slot	0	Dato	0
PW_IN	7	Slot	0	0	0
MSTEP	8	Slot	Parámetros		
MSERVO	9	Slot	0	Ind. de Mod.	

Cuando uno de los instrumentos virtuales se ejecuta y el MMAIN se encuentra conectado, el host envía periódicamente algún comando mostrado en la Tabla 3. Todos los comandos están formados por un paquete de cinco bytes, donde invariablemente, el primero indica la acción a ejecutar y el segundo el slot donde debe estar conectado el módulo que llevará a cabo la tarea solicitada; los demás tres bytes dependerán de la acción a ejecutar, de tal manera que si se trata de un comando que implique operaciones de escritura estos contienen la dirección del destino final (canal) y la información a enviar, pero si se trata de un comando que implique operaciones de lectura, entonces se envían ceros y el host queda en modo de espera hasta que el MMAIN devuelva dos bytes con los datos provenientes de la fuente solicitada.

La parte del programa del microcontrolador que efectúa la comunicación USB está basada en el USB Device Firmware Framework proporcionado por Microchip [7]. Se utilizó la clase USB CDC (Communications Device Class) en el microcontrolador porque permite a la PC comunicarse con el MMAIN vía puerto serie emulado.

3. RESULTADOS

Se realizó la simulación del sistema MDAQ con ProSPICE y VSM de Proteus mediante conexiones virtuales entre los circuitos obtenidos y los VI's a través del puerto USB virtual del simulador y se implementó el sistema en su totalidad. Se realizaron las siguientes pruebas, tanto de forma virtual como de forma física, para comprobar el funcionamiento del sistema:

- MMAIN conectado a la PC funcionando sin módulos de aplicación específica conectados.
- MMAIN conectado a la PC funcionando con cada uno, dos y tres módulos de función específica funcionando.
- MMAIN conectado a la PC con módulos de función específica conectados y envío de comandos erróneos.

Se ajustaron las bases de tiempo generadas mediante interrupciones de los timers 0 y 3 para la operación de los LED indicadores, del motor de pasos conectado al MMSTEP y del servomotor conectado al MMSEVERVO.

La figura 10 muestra una fotografía del modulo central obtenido, la figura 11 muestra la operación de este con el modulo del servomotor conectado y la figura 12 es un VI que controla la posición del servomotor conectado MMSEVERVO a partir de un dato digital leído con MDIGITAL.



Figura 10. Modulo MMAIN desarrollado

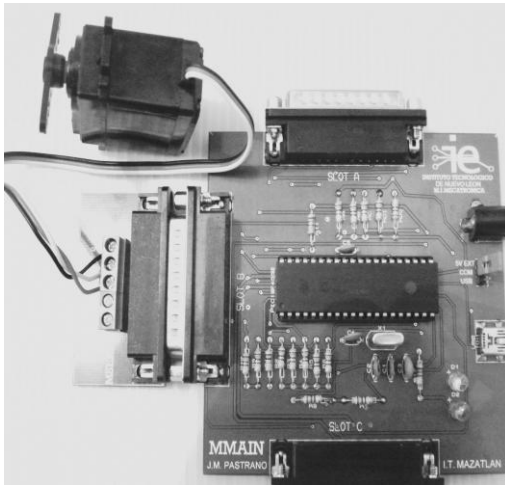


Figura 11. Módulos MMAIN y MMSERVO en operación



Figura 12. VI funcionando con MDIGITAL y MMSERVO conectados a MMAIN

4. CONCLUSIONES

El sistema MDAQ diseñado e implementado, representa una herramienta con capacidades que los sistemas actuales no poseen.

Se propuso el diseño de un sistema modular de adquisición de datos que tuviera la posibilidad de poder ensamblarle otros módulos, según la necesidad de la aplicación, para el manejo de datos digitales, analógicos y de potencia. Tiene también funciones para controlar motores de pasos y servomotores haciendo uso de instrumentos virtuales.

El hecho de que los módulos pueden ser instrumentos virtuales hace que las aplicaciones del

sistema se multipliquen y su conectividad con una computadora personal, desde donde es posible manejar las operaciones de los módulos conectados al modulo central, representa una ventaja más.

El uso de instrumentos virtuales interactuando con el sistema es ventajoso dado la diversidad de instrumentos virtuales de los que se dispone en la actualidad.

Aunque se sabe de la existencia de tarjetas comerciales, se puede concluir que la que se presenta en este trabajo proporciona ventajas importantes en relación a ellas.

5. REFERENCIAS

- [1] Clark Cory L. LabVIEW: Digital Signal Processing and Digital Communications", New York, pp 13-35 y 95-112, 2005.
- [2] D. Ibrahim. "Advanced PIC Microcontroller Projects in C", Massachusetts, U.S.A., pp 409-464 Elsevier, 2008.
- [3] E. García. "Compilador C CCS y simulador Proteus para Microcontroladores PIC", Mexico, Alfaomega, pp 213-238 y 251-263, 2008.
- [4] M. A. Lázaro, J Del Rio Fernández, "LabVIEW 7.1 Programación gráfica para el control de instrumentación", Thomson, pp 168-190, 2004.
- [5] Microchip Technology Inc., "MPLAB C18 C Compiler libraries", U.S.A., Microchip Technology Incorporated, pp. 13-78, 2005.
- [6] Microchip Technology Inc., "MPLAB C18 C Compiler user's guide", U.S.A., Microchip Technology Incorporated, 2005.
- [7] Microchip Technology Inc.. "Microchip USB Device Firmware Framework User's Guide", U.S.A., Microchip Technology Incorporated, 2008.
- [8] Microchip Technology Inc.. "MCP4821/MCP4822 Data Sheet, U.S.A., Microchip Technology Incorporated, pp 14-16 2005.
- [9] Microchip Technology Inc.. "PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet", U.S.A., Microchip Technology Incorporated, 2006.
- [10] Universal Serial Bus Specification, Revisión 2.0, U.S.A., 2000.
- [11] Omega.com, "Transaction in measurements and control: Data acquisition", Putman Publishing Company and OMEGA Press LLC, pp 1998.
- [12] <http://www.ni.com/signalconditioning>