

Concentrador Programable para Equipos de Laboratorio Clínico

Ariel V. Simón

CMDAT "Dr. Ernesto Che Guevara", arielsimoncutie@yahoo.com

Resumen— Se presenta el diseño de un concentrador para la conexión de equipos de laboratorio clínico a un servidor de base de datos. El prototipo sirve de interfase para automatizar la gestión y análisis de los resultados obtenidos en los Centros Médicos de Diagnóstico de Alta Tecnología. El volumen de muestras procesadas por los equipos de diferentes fabricantes, requiere de una plataforma única que garantice la calidad y fiabilidad de los resultados en el menor tiempo posible. Los equipos utilizan el estándar recomendado para la comunicación serie, este protocolo se programó en un microcontrolador de la compañía Microchip®. El uso de este dispositivo minimiza la complejidad y costos del diseño, comparado con las tarjetas multipuerto de propósito general existentes en el mercado. El prototipo garantiza el almacenamiento y control de las tramas de datos transmitida por los equipos. Dichas funciones no están implementadas en los diseños comerciales. Como resultado se obtiene un concentrador programable, adaptable a los estándares de comunicación de múltiples modelos de equipos de laboratorio clínico.

Palabras clave— laboratorio clínico, equipos, puerto serie, microcontrolador.

I. INTRODUCCIÓN

UN Centro Médico de Diagnóstico de Alta Tecnología (CMDAT) [1], cuenta con un laboratorio clínico equipado con modernos analizadores [2]-[5]. Estos equipos soportan el protocolo de comunicación Asíncrono por puerto serie RS232C [6]. Esta posibilidad permite automatizar el almacenamiento de los resultados en un servidor de base de datos, analizar estadísticamente los mismos y elevar el control de calidad de los procesos en el laboratorio clínico.

En algunos equipos la comunicación es bidireccional y de forma remota se puede configurar el análisis de las muestras y hacer peticiones de los datos almacenados en sus memorias internas.

Para conectar todos los equipos a un ordenador, se requiere de un concentrador multipuerto, tal como se muestra en la Fig.1, el concentrador debe manejar el protocolo serie RS232 que utilizan los equipos, y garantizar la comunicación bidireccional con estos y el servidor. La comunicación serie tiene la ventaja de reducir el número de líneas de conexión y su fácil implementación, la complejidad de esta aplicación surge cuando se desea multiplexar varios canales. Como se trata de una comunicación asincrónica los relojes de los equipos terminales deben operar a la misma velocidad de forma independiente, se puede decir que el sincronismo va incluido en los paquetes de datos.

Una forma de simplificar este inconveniente sería utilizar dispositivos programables que permitan a través de

software controlar el flujo de datos y reducir el uso de componentes electrónicos.



Fig. 1: Conexión de equipos de laboratorio clínico a un servidor de base de datos.

Las tarjetas comerciales de múltiples puertos serie utilizan canales independientes implementados por hardware para satisfacer toda la gama de velocidades y configuraciones posibles para los usuarios, estos diseños no controlan la información que contienen las tramas de datos de los equipos, pues sólo actúan como simples repetidores. Esta función es necesaria si se considera la variabilidad de la estructura y longitud de las tramas, la mayoría de los equipos no advierten el envío de datos y podrían saturar el buffer de lectura del ordenador, acarreando pérdidas de información. Por otra parte estas tarjetas requieren de su instalación en las placas madres de los ordenadores, aumentando la probabilidad de conflictos de interrupciones internas y limitando la flexibilidad de la interconexión, algunos equipos de laboratorio permiten sólo una distancia de 3m hasta el ordenador, en este caso el servidor tendría que estar en un departamento específico afectando la funcionalidad del departamento.

El presente trabajo describe la implementación de una tarjeta multipuerto serie basada en un microcontrolador PIC [7] (Programmable Intelligent Computer). El diseño reduciría la complejidad y costos comparado con los diseños comerciales, la utilización de un dispositivo programable, dedicado para esta aplicación, permite controlar y almacenar el flujo de información de forma bidireccional.

En el desarrollo del artículo se hace referencia al estándar de comunicación RS232C y al formato de las tramas de datos transmitida por los equipos. Más adelante se describe el diseño a partir de un esquema en bloque funcional y un resumen de los principales resultados.

II. DESARROLLO

La Fig. 2, muestra el estándar de comunicación RS232. Los bits de un carácter ASCII son transmitidos y recibidos sobre las líneas TxD y RxD respectivamente, comenzando por el bit menos significativo (LSB).

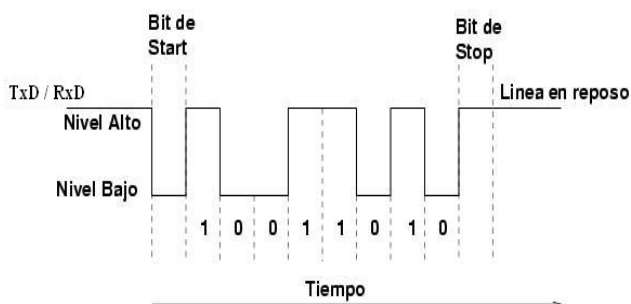


Fig. 2: Formato de transmisión serie asincrónica RS232.

El número de bits de datos y bits de Stop son unos de los parámetros configurables, así como el criterio de paridad para la detección de errores y la velocidad de comunicación: 9600, 4800, ..., 2400 bit/s.

Normalmente, las comunicaciones serie tienen los siguientes parámetros: 1 bit de Start, 8 bits de datos, 1 bit de stop y sin paridad. Otro de los parámetros configurables es el control de flujo, para el caso del analizador HITACHI® 902, el control de flujo será por hardware, y se utilizan dos señales adicionales CTS y RTS, otros equipos como el PENRA® 120 RETIC, permiten escoger el control de flujo por software o Xon/Xoff. Los niveles de tensión están comprendidos entre +15 y -15 Volt

En la Fig. 3 se presenta el formato general de la trama transmitida por uno de los equipos. Los datos de cabecera contienen información de identificación del equipo, tipo de trama y función. El campo de datos incluye información del paciente, resultados de los complementarios o de calibración del equipo. El bloque de chequeo para la detección de errores es opcional. La longitud y el formato de las tramas varían según el equipo, modelo y fabricante.

STX	INFORMACION DE CABECERA	DATOS (LONGITUD VARIABLE)	BCC	ETX
	CODIGO INICIO DE TRAMA (\$02) (1 CARACTER HEXADECIMAL)	BLOQUE CHEQUEO DE CARACTERES (DETECCION DE ERRORES)		
		CODIGO DE FIN DE TRAMA (\$03) (1 ó 2 CARACTERES HEXADECIMAL)		

Fig. 3: Formato general de la trama transmitida por el HITACHI® 902.

III. DISEÑO

El esquema en bloque de la Fig. 4 permite describir el funcionamiento del concentrador programable. El PIC escogido para la aplicación es el 16F877 [8]. Los adaptadores transforman los niveles de voltaje del estándar RS232 a los niveles TTL del PIC y viceversa, la frecuencia de reloj (F_{CLK}) es de 20 MHz pero el sistema trabajará con una resolución temporal de $0.2\mu s$ equivalente al periodo de ciclos de instrucción del microcontrolador (T_{CLC}):

$$T_{CLC} = 4 \frac{1}{F_{CLK}} \quad (1)$$

Como la comunicación es asíncrona y los equipos no advierten el envío de los paquetes de datos, el PIC los almacena temporalmente en la memoria SRAM. Una vez completada la trama, el PIC transmite al servidor los datos, añadiendo una cabecera de identificación del canal de entrada correspondiente al equipo conectado.

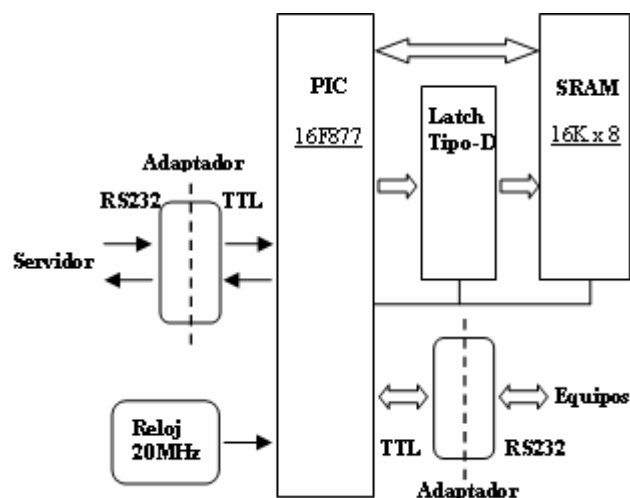


Fig. 4: Esquema en bloque funcional del concentrador programable.

La memoria es paginada dinámicamente para reservar el espacio ocupado por los diferentes canales. El registro tipo-D almacena eventualmente las direcciones de memoria, lo que permite utilizar uno de los puertos del PIC para direcciones y datos optimizando los recursos de hardware. La escritura y lectura en memoria, así como el acceso al registro de direcciones, se sincronizan a través de las líneas de control.

La configuración de los parámetros de comunicación puede ser ajustada mediante comandos creados para este fin, a través de la interfase de usuario.

En la Tabla I se especifican algunos de los recursos soportados por el PIC 16F877, la memoria de datos RAM es insuficiente para almacenar la longitud total de las tramas recibidas, la memoria externa SRAM resuelve esta limitación.

Los contadores programables son indispensables junto con las interrupciones, para generar las bases de tiempo necesarias en la comunicación asíncrona. El módulo USART es una de las ventajas de este microcontrolador, genera previa configuración el protocolo RS232, este recurso es reservado para simplificar la comunicación con el servidor. La memoria de datos EEPROM es utilizada para almacenar comandos internos de control y configuración.

TABLA I

RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PIC 16F877

Especificaciones	Unidades
Memoria de Programa (EEPROM)	8K x 14 word
Memoria de Datos (RAM)	368 x 8 bytes
Memoria de Datos (EEPROM)	256 x 8 bytes
Timer / Contador Programables	3
USART	1
Capacidad de Interrupciones	14 Fuentes

El algoritmo de control y comunicación se programó en la memoria de programa interna del PIC, esta memoria reprogramable eléctricamente, facilita la puesta a punto del diseño y permite incorporar futuras aplicaciones.

IV. EXPERIMENTACION

En la Tabla II se resumen las características del concentrador diseñado. El número de puertos está limitado por la capacidad de la memoria externa SRAM y el reloj del sistema. Una solución sería conectar en cascada dos de estos concentradores.

El rango típico de velocidad de transmisión de los equipos es de 1200 a 9600 bit/s, esta última es la máxima frecuencia establecida para el diseño, velocidades mayores comprometen la fiabilidad de los datos. Como los equipos transmiten en el intervalo entre el análisis de las muestra, este parámetro no es crítico.

El error corresponde al modulo interno USART del PIC y viene especificado por el fabricante, su valor es compatible para la aplicación.

TABLA II

RESUMEN DE LAS ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO

Frecuencia de trabajo (MHz)	20
Espacio Memoria de programa (%)	63
Número de Puertos	6
Protocolo RS232 configurable	Si
Velocidad de Transmisión (bit/s)	9600
Dirección de comunicación	Bidireccional
Error de comunicación (%)	1.75
Instalación	Externo

V. CONCLUSIONES

El concentrador programable permite conectar diferentes modelos de equipos de laboratorio clínico a un servidor de base de datos utilizando el protocolo RS232C.

Las características del PIC utilizado, simplifica la complejidad del hardware y reduce los costos de fabricación, comparado con los diseños comerciales.

Las funciones programadas en el PIC garantizan el control y almacenamiento de las tramas enviadas por los equipos. Una interfase con cierto nivel de decisión reduce la pérdida de información y permite notificar problemas de comunicación.

Este diseño ha contribuido a automatizar la gestión de los resultados en los CMDAT.

AGRADECIMIENTOS

A los colaboradores del CMDAT "Dr. Ernesto Che Guevara" que contribuyeron al desarrollo de este trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Y. Chaveco, "Normativas para Centros Médicos de Diagnóstico de Alta Tecnología. Una experiencia", *VII Congreso Sociedad Cubana de Bioingeniería*, artículo T082, 2007.
- [2] HITACHI, "Service Manual for Model 902 Automatic Analyzer", Sec 16-1, 1997.
- [3] HORIBA ABX Diagnostics, "Output format for haematology analyzers Pentra 120 Retic", 2005
- [4] Roche Diagnostics/ HITACHI, "Service Manual for Elecsys 2010", sec 9.1, 2002.

- [5] Diagnostica Stago, "Service Manual for Start 4", Sec 16-1, 2001.
- [6] M. Rodríguez, "Comunicaciones Serie en Windows", pp. 11-14. 2000.
- [7] R. Pallas, F. Valdes, "Microcontroladores: Fundamentos y Aplicaciones con PIC", Marcombo, Ediciones Técnicas, , 2007.
- [8] Microchip Technology Inc. PIC 16F87X Data Sheet Microcontrollers, 2001.