

Controlador Remoto MIDI

Melczarsky, Ariel

Universidad Nacional de Mar del Plata
Facultad de Ingeniería
Director de Proyecto: Ing. Raúl Rivera
- 2004 -



RINFI es desarrollado por la Biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Tiene como objetivo recopilar, organizar, gestionar, difundir y preservar documentos digitales en Ingeniería, Ciencia y Tecnología de Materiales y Ciencias Afines.

A través del Acceso Abierto, se pretende aumentar la visibilidad y el impacto de los resultados de la investigación, asumiendo las políticas y cumpliendo con los protocolos y estándares internacionales para la interoperabilidad entre repositorios



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Controlador Remoto MIDI

Melczarsky, Ariel

Universidad Nacional de Mar del Plata
Facultad de Ingeniería
Director de Proyecto: Ing. Raúl Rivera
- 2004 -

AGRADECIMIENTOS

Gracias a mis padres, Mónica y Luis, por acompañarme, alentarme y brindarme constantemente todo su apoyo.

Gracias a mis hermanos, Ilán y Martín, y a mi cuñada Fernanda por preocuparse y estar siempre dispuestos a ayudarme en todo lo que esté a su alcance.

Gracias a mi director de proyecto por ofrecerme su tiempo y guiarme para la realización de este proyecto.

Gracias a todos mis amigos y amigas por estar siempre presentes para alentarme a seguir adelante y concretar mis objetivos.



Contenidos

INTRODUCCIÓN	1
ANTEPROYECTO	3
¿QUÉ ES EL MIDI?	3
BREVE HISTORIA DEL MIDI	3
POSIBILIDADES DEL MIDI	5
INTRODUCCIÓN AL PROTOCOLO MIDI	6
¿POR QUÉ CREAR UN CONTROLADOR REMOTO MIDI?	7
PANORÁMICA SOBRE LOS PRODUCTOS EXISTENTES EN EL MERCADO	8
JLCooper CS-32	8
Mackie Contol Surface	9
Sac-2.2	9
Houston VST Studio Controller	10
ANÁLISIS DE NECESIDADES	10
ENCODERS	11
Encoders ópticos	11
Principio de funcionamiento	11
Encoders incrementales	12
Encoders mecánicos	13
PROYECTO - 'CONTROLADOR REMOTO MIDI'	14
DISEÑO DEL PROTOTIPO	14
DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PARA EL DISEÑO	14
CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES PIC	14
ESTRUCTURA Y ELEMENTOS DE LOS MICROCONTROLADORES	15
El procesador	15
La Memoria	16
Puertos de Entrada y Salida	18
Reloj principal	19
LA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES PIC	19
Gama enana	19



Gama baja o básica	20
Gama media	20
Gama alta	21
FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL CONTROLADOR MIDI	21
DIAGRAMA EN BLOQUES GENERAL	22
CIRCUITO ESQUEMÁTICO PRINCIPAL	23
FUNCIONAMIENTO DE CADA CANAL	23
CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE CADA CANAL	24
FUNCIONAMIENTO DE LOS DISPLAYS	24
CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE LOS DISPLAYS	25
CIRCUITO DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN	26
DISEÑO DEL SOFTWARE	27
Diagramas de Flujo	27
Diagrama de flujo para cada Canal	28
Diagrama de flujo de la rutina de Recepción de datos	31
Diagrama de flujo de la rutina de Transmisión de datos	33
MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO	35
INSTALACIÓN	35
CONFIGURACIÓN DEL CONTROLADOR DENTRO DEL SOFT CUBASE Sx	35
POSIBILIDADES DE CONTROL DEL SOFT CUBASE Sx	37
TABLA DE ASIGNACIÓN DEL NÚMERO DE CANAL MIDI Y NÚMERO DE CONTROLADOR	38
MANTENIMIENTO	39
Fallas en los encoders	39
Circuito impreso	40
Fallas en el oscilador	41
Testeo del decodificador de direcciones	42
RESULTADOS Y CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	44



INTRODUCCIÓN

El presente informe describe la actividad realizada para la asignatura Proyecto Final de la carrera de Ingeniería Electrónica, de la Universidad Nacional de Mar del Plata. El objetivo del Proyecto consiste en el diseño, desarrollo y la construcción de un prototipo de un Controlador Remoto para ser utilizado con el protocolo digital de comunicaciones MIDI (Musical Instrument Digital Interface). El Controlador desarrollado utiliza como componente principal un microcontrolador digital PIC.

El estándar MIDI, concebido originalmente para la comunicación entre instrumentos musicales, es hoy en día el protocolo de comunicación más difundido en el campo de la grabación y edición de audio digital. Actualmente la grabación y edición de audio profesional se realiza de forma digital utilizando computadoras con programas que emulan a las antiguas consolas analógicas de grabación.

La utilización de un controlador remoto se origina en la necesidad de facilitar y agilizar la operación de estas consolas virtuales de grabación, sustituyendo total o parcialmente el uso del mouse y del teclado con, por ejemplo, potenciómetros rotativos o deslizables, encoders, interruptores, conmutadores, botones, etc. Los controladores remotos no procesan en modo alguno los datos, sino que actúan como una interfaz de control, muy versátil, sobre la consola virtual implementada en la computadora. Además, estos controladores pueden ser utilizados para el manejo de consolas de iluminación y de instrumentos musicales, entre otras aplicaciones.

El presente informe está dividido en tres secciones principales. En el Anteproyecto, luego de una breve introducción al protocolo MIDI, se fundamenta la necesidad de desarrollar un Controlador Remoto con ciertas características, en función de los productos disponibles en el mercado. Se incluye y justifica también la selección de determinadas tecnologías para la realización del proyecto.

Posteriormente, en la sección titulada Proyecto, se describen en detalle las tareas realizadas desde el diseño hasta la construcción del prototipo. En la primera parte se describen las principales características para el diseño. A continuación, se hace una introducción a los microcontroladores PIC y se describen algunos de los componentes



que los conforman. Luego se presenta una descripción del funcionamiento general del Controlador y de cada una de sus partes. Finalmente se describe a partir de diagramas de flujo el programa que controla el funcionamiento del Controlador Remoto.

Como última sección, se presentan los resultados y conclusiones del proyecto donde se enumeran los pasos realizados para alcanzar los objetivos deseados y se presentan algunas posibilidades para desarrollos futuros del Controlador Remoto MIDI.



ANTEPROYECTO

¿QUÉ ES EL MIDI?

Para comprender el funcionamiento y las utilidades de un Controlador Remoto MIDI es necesario primero conocer qué es el MIDI.

El MIDI (Musical Instruments Digital Interface) es un protocolo de comunicación digital entre instrumentos musicales que ya hace tiempo está consolidado como la interfaz entre instrumentos musicales por excelencia. El MIDI es equivalente a otros protocolos de comunicación existentes para distintas actividades específicas, por ejemplo, el DMX en iluminación, el RS-232 en computación y el SMPTE en video.

Lo que se envía por MIDI no es el sonido que producen los instrumentos, sino los eventos, por ejemplo cuando se pulsa una nota (Note On) o cuando se varía un control (Control Change). El MIDI también permite sincronizar y secuenciar instrumentos o almacenar una interpretación para su posterior edición y reproducción.

BREVE HISTORIA DEL MIDI

A principios del siglo veinte Thaddeus Cahill crea el primer instrumento musical electrónico, el Dynamophone. Este aparato estaba construido por un grupo de dínamos que producían corrientes alternas de diferentes frecuencias. Luego de este instrumento, se realizan nuevos prototipos pero la investigación no se ve apoyada por la tecnología y no se producen avances relevantes.

En 1964 aparece el primer sintetizador de interés para los músicos, el Moog, construido por R.A. Moog y basado en el principio de los osciladores controlados por tensión (VCO). La estructura de algunos modelos era modular, y cada usuario los podía configurar según sus necesidades. Luego del Moog vinieron el ARP, el Buchla y el EMS.



La evolución electrónica posibilita la polifonía y el control digital. En los años '80 surge una gran cantidad de aparatos digitales (samplers, sintetizadores, secuenciadores, procesadores, etc.) y con ellos el problema de hacer que se comuniquen entre sí. Oberheim y Roland desarrollaron sus propias familias de equipos MIDI, cada una con su respectivo y exclusivo protocolo de comunicación.

En 1981, Dave Smith y Chet Wood proponen un protocolo de comunicación basado en una interfaz serie a una velocidad de 19.2 Kbauds, el protocolo USI (Universal Sintetizer Interface). El sintetizador Propet 600 de Sequential Circuit es el primero en usar este protocolo. En 1982 entran a colaborar en el proyecto de Sequential Circuit, Roland, Korg, Yamaha, Kawai y Oberheim. Se realizan algunas modificaciones y se publica "The Complete SCI MIDI". Tras unos meses de experimentación, surge "MIDI Specification 1.0" donde se definen los mensajes y las características físicas y lógicas de la transmisión MIDI. En principio la norma completa era sólo una recomendación, aunque sí se exigía el uso de optoacoplador, conector DIN de cinco contactos y respetar la velocidad de transmisión.

En la NAMM (Convención Americana de Fabricantes de Instrumentos Musicales) de 1983 se conectaron por primera vez dos productos de distinto fabricante, un módulo de sonido Oberheim y un sintetizador Roland. Así surgen los primeros sintetizadores con puertos MIDI, y a continuación se desdoblaron los sintetizadores en teclados maestro y en módulos de sonido. También aparecen algunos software y su posibilidad de uso en la música. Tres organizaciones que concentran a varias empresas del sector y sirven de foro de discusión de ideas, proyectos y estándares, surgen en 1984. Éstas son la americana MMA (MIDI Manufacturer Association), la IMA (International MIDI Association) y el JMSC (Japanese MIDI Standard Committee), siendo las encargadas de publicar y difundir la norma y especificaciones MIDI.

A partir de marzo de 1984, los fabricantes que incorporan MIDI están obligados a respetar sus normas para asegurar la compatibilidad. Desde entonces se han implantado modificaciones (sin afectar la compatibilidad) y extensiones para ampliar su campo de acción y operatividad. No obstante se espera que el MIDI se enriquecerá con nuevas extensiones y pequeños cambios, no parece, por ahora, estar próximo un cambio drástico del protocolo.



POSIBILIDADES DEL MIDI

A través del MIDI se pueden manejar las características propias de los instrumentos musicales. En general, permite actuar en todo, o casi todo, ajuste o posibilidad que posea un aparato. Existen dos formas de manejar dicho aparato: manipulando sus controles o a través del MIDI, ejerciendo los mismos controles pero a distancia y con posibilidades de automatización. Incluso existen equipos que son cajas sin mando alguno, únicamente controlables externamente mediante MIDI.

Algunas funciones que permite el MIDI en los instrumentos musicales son:

- *Registrar la ejecución del músico sobre su instrumento.* Recoge las ejecuciones sobre un teclado u otro elemento. También almacena el uso de pedales o mandos especiales como el Pitch o la Modulación.
- *Seleccionar el timbre y la afinación con la que escuchar lo tocado.* Los instrumentos electrónicos suelen tener timbres de varios instrumentos acústicos y se puede seleccionar con cuál de ellos sonará lo que hemos tocado.
- *Ajustar todos los comandos que incorpora un instrumento digital.* Éstos pueden ser volumen, paneo, ecualización, controles sobre efectos (reverberancia, chorus o vibrato).
- *Sincronizar equipos.* Mediante el manejo de un solo aparato podemos controlar toda una cadena aun cuando cada aparato tenga su propia información y cometido específico.
- *Transferir configuraciones de dispositivos.* Cualquiera de las configuraciones anteriores, incluso los setups de un aparato, pueden ser enviadas por MIDI para ser almacenadas y crear bibliotecas de sonidos o efectos.
- *Entendimiento con otros equipos que no sean MIDI.* El MIDI puede sincronizarse con otros protocolos referentes a otras materias como la iluminación y el video, directamente o a través de una interfaz.



➤ *Comunicaciones específicas.* Mediante el MIDI se puede automatizar completamente un estudio de grabación de audio y los diversos aspectos de un show. El MIDI permite enviar toda esta información entre distintos equipos, incluyendo cualquier computadora.

INTRODUCCIÓN AL PROTOCOLO MIDI

El MIDI es un protocolo de comunicación serie, asíncrono sin control de paridad, lo que implica la existencia de dos bits extra: un bit de Start (valor 0) y un bit de Stop (valor 1) añadidos al comienzo y al final de cada byte MIDI respectivamente. Una palabra MIDI tiene entonces 10 bits en total. Los mensajes MIDI se transmiten a una velocidad de 31,25 Kbaudios ($\pm 1\%$) lo que es equivalente a enviar un bit cada 32 micro segundos.

El circuito que utiliza el protocolo MIDI es un circuito de corriente de 5 mA. A la entrada de todos los equipos que reciben mensajes MIDI se utiliza un optoacoplador lo que permite evitar bucles de masa y aislar eléctricamente un aparato de otro.

El protocolo MIDI está formado por mensajes. Un mensaje consiste en una cadena de bytes. En el MIDI existen muchos mensajes ya definidos. Algunos mensajes están formados por un solo byte, otros por dos bytes y en su mayoría poseen tres bytes. Un mensaje MIDI puede tener un número indefinido de bytes. Lo que tienen en común todos los mensajes MIDI es que el primer byte de cada mensaje es un byte de Estado. Estos bytes tienen la característica de ser los únicos que tienen el bit #7 en estado alto. Cualquier otro byte dentro de un mensaje MIDI tiene el bit #7 en estado bajo y es esta característica de los bytes de Estado lo que permite identificar el comienzo de cada mensaje. Como resultado de todo esto, un byte de Estado sólo puede estar dentro del rango 80h a FFh y el resto de los bytes están en el rango de 00h a 7Fh.

Los bytes de Estado que van desde el 80h a EFh son para mensajes que están asociados a alguno de los 16 canales que permite el protocolo MIDI, por eso se los denomina mensajes de Voz. Los bytes de Estado pertenecientes a la categoría de mensajes de Voz, pueden dividirse en dos partes de cuatro bits cada una. Los cuatro bits



más significativos determinan el tipo de mensaje MIDI y los cuatro menos significativos a qué canal corresponde.

A continuación se presentan los posibles valores que pueden tomar los bits más significativos del byte de Estado y qué tipo de mensaje representa cada uno:

8 = Note Off

9 = Note On

A = After Touch

B = Control Change

C = Program Change

D = Channel Pressure

E = Pitch Wheel

Los bytes de Estado comprendidos entre F0h y FFh pertenecen a mensajes que no van dirigidos a ningún canal en particular. Estos mensajes se utilizan para mandar información de interés para todos los dispositivos que están conectados, como puede ser la sincronización de todos los dispositivos para reproducir simultáneamente un archivo.

Estos bytes de estado pueden dividirse en dos categorías. Los que están comprendidos entre F0h y F7h se denominan "System Common" y los comprendidos entre F8h y FF se denominan "System Realtime".

Algunos bytes de estado no están definidos por las especificaciones del protocolo y se los reserva para aplicaciones futuras. Por ejemplo los bytes F4h F5h F9h FDh no están definidos y si un dispositivo MIDI los recibe, simplemente ignora ese mensaje.

¿POR QUÉ CREAR UN CONTROLADOR REMOTO MIDI?



En los últimos años, los grandes avances en la velocidad y capacidad de procesamiento de audio digital han llevado a cambiar totalmente las técnicas de grabación y edición de audio.

A pesar de los avances que se producen año tras año y de las posibilidades casi ilimitadas que permite esta nueva metodología de trabajo, el diseño de la interfaz gráfica de las consolas virtuales de mezcla se ha mantenido. El diseño de estas mesas de mezcla trata de emular al de las consolas reales. Lamentablemente, un teclado de computadora y un mouse no son las herramientas más cómodas ni prácticas para operar una consola virtual. Una solución a este problema parece ser la utilización de los Control Surface o Controladores Remotos, los cuales utilizando al MIDI como protocolo de comunicación permiten una manera más eficiente e intuitiva para operar las consolas virtuales.

Los controladores remotos no procesan el audio. Su función es la de enviar y recibir comandos a través del protocolo MIDI para manejar los distintos parámetros de las consolas virtuales. Existen en el mercado una gran variedad de controladores, desde algunos muy sencillos, los cuales poseen sólo algunas perillas, hasta otros bastante más interesantes que parecen verdaderas consolas de mezcla.

PANORÁMICA SOBRE LOS PRODUCTOS EXISTENTES EN EL MERCADO

En la actualidad existe gran diversidad en controladores y otros dispositivos que operan utilizando al MIDI como protocolo de comunicación. En esta sección se describirán las principales características de algunos de los controladores remotos MIDI más populares del mercado.

JLCooper CS-32

Este controlador se caracteriza principalmente por su tamaño compacto y su gran capacidad de control. Otra característica importante es que posee treinta y dos faders deslizables de 20 mm, lo que permite trabajar simultáneamente con un gran número de
MELCZARSKY, ARIEL





canales. También posee seis encoders rotativos asignados para el envío de efectos de cada canal y un display de siete segmentos de dos dígitos.

Ventajas: tamaño compacto y gran cantidad de canales.

Desventajas: los faders de cada canal no son motorizados y son muy cortos, lo que dificulta realizar pequeñas variaciones.

Mackie Contol Surface

En este tipo de controlador aparecen los faders motorizados. Esta característica permite que al modificar con el mouse el valor de los faders de la consola virtual se actualice la posición de los faders del controlador, lo que resulta de gran importancia para que no se produzcan saltos en los controles cuando se alterna entre el uso del mouse y el del controlador remoto.



Como características principales, este controlador posee 9 faders motorizados de 100mm, uno de los cuales se utiliza como master. Además posee un encoder rotativo por cada canal, al cual se pueden asignar distintas funciones y un único display LCD de dos líneas.

Ventajas: posee faders motorizados y tiene una capacidad de control muy eficiente.

Desventajas: tiene un solo encoder rotativo por canal y no posee indicador de posición para estos encoders.

Sac-2.2

El Controlador Sac-2.2 (Software Assigned Controller) al igual que el anterior posee nueve faders motorizados. También dispone de doce encoders asignables y tres display LCD de dos líneas y cuarenta caracteres cada uno.





Houston VST Studio Controller

El Houston es un Controlador Remoto diseñado especialmente para controlar el software de grabación y edición “Cubase”, ya que fue diseñado por la misma empresa que dicho soft.

Como características principales posee ocho encoders rotativos con indicadores de posición con leds. Además dispone de nueve faders motorizados de 100mm y un importante display LCD.



Ventajas: posee faders motorizados y una gran capacidad de control sobre el software “Cubase” y otros de la misma empresa.

Desventajas: posee un solo encoder rotativo por cada canal. Los indicadores con leds para los encoders no brindan una gran resolución.

Todos los controladores mencionados anteriormente poseen además botones específicos para el control de la reproducción (Play), grabación (Rec), avance (FF) y retroceso (RW) entre otros.

ANÁLISIS DE NECESIDADES

A partir del estudio de los controladores del mercado surge la necesidad de crear un Controlador Remoto MIDI versátil, de bajo costo y con una capacidad de control eficiente e intuitivo. Para ello es importante reconocer las características más importantes de cada uno de los controladores ya existentes y tratar de implementarlas de forma más económica.



Como resultado del análisis de las características más significativas se reconoce la necesidad de disponer al menos de ocho canales con faders motorizados. El problema de utilizar los faders motorizados es el costo de cada uno de ellos y es por eso que se debe encontrar una forma de reemplazarlos sin perder su característica fundamental. Esta característica es la de poder actualizar su estado cuando los parámetros de la consola virtual son modificados con el mouse. La mejor alternativa para reemplazar a los faders motorizados parece ser el uso de encoders incrementales.

ENCODERS

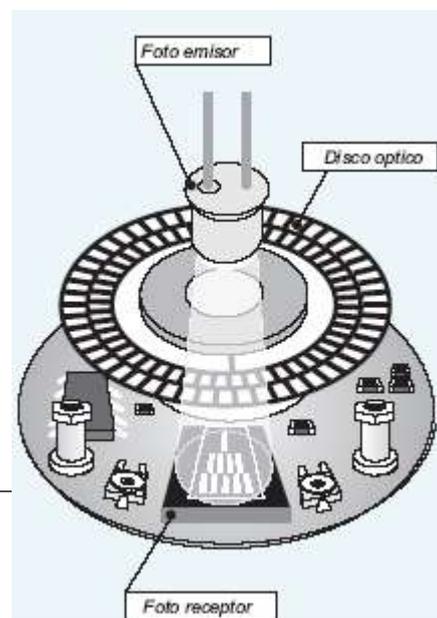
Los encoders son transductores rotativos que transforman un movimiento angular en una serie de impulsos digitales. Estos impulsos generados, pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos de tipo angular o lineal. Las aplicaciones principales de estos transductores están en las máquinas, los robots, en los sistemas con motores, en aparatos de medición, en electrodomésticos, instrumentos musicales electrónicos, etc.

Existen diferentes tipos de encoders los cuales pueden clasificarse en dos grupos principales: encoders ópticos y encoders mecánicos (contact encoders).

Encoders ópticos

Principio de funcionamiento

En este tipo de encoders, la detección del movimiento angular se ejecuta en base al principio de exploración fotoeléctrica. El sistema de lectura se basa en la rotación de un disco graduado con un reticulado radial formado por líneas opacas alternadas con espacios transparentes. Este conjunto está iluminado de modo perpendicular por una fuente de rayos infrarrojos. El disco proyecta de este modo su imagen sobre la superficie de varios



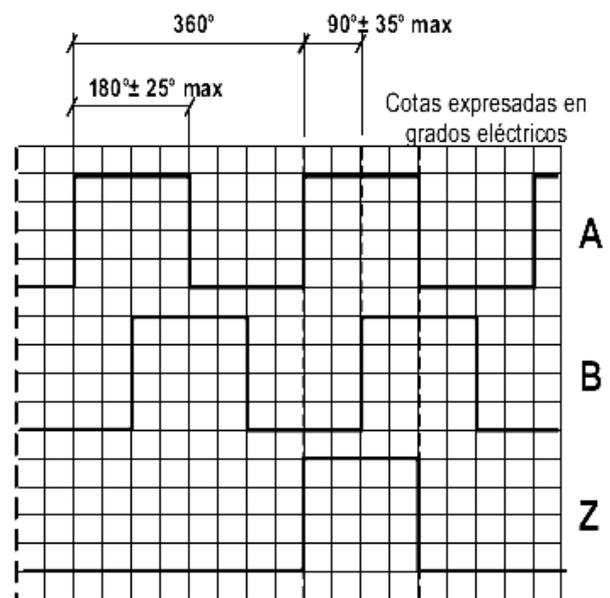


receptores. Los receptores tienen la función de detectar las variaciones de luz que se producen con el desplazamiento del disco convirtiéndolas en las correspondientes variaciones eléctricas

La señal eléctrica detectada, para generar impulsos correctamente escuadrados y sin interferencias, debe ser procesada electrónicamente. Para incrementar la calidad y estabilidad de las señales, el sistema de lectura se efectúa generalmente de manera diferencial, comparando dos señales casi idénticas, pero desfasadas 180° eléctricos. Su lectura se efectúa en base a la diferencia de las dos señales, eliminando de este modo las interferencias definidas “de modo común” porque están superpuestas de igual manera en las dos señales.

Encoders incrementales

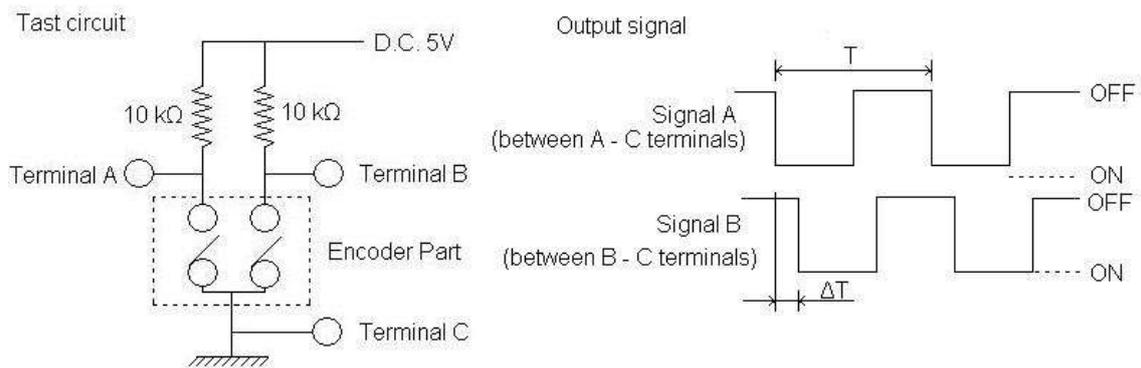
El encoder incremental proporciona normalmente dos formas de onda cuadradas y desfasadas entre sí en 90° eléctricos, los cuales por lo general son “canal A” y “canal B”. Con la lectura de un solo canal se dispone de la información correspondiente a la velocidad de rotación y también permite contar los pulsos generados en ese canal. Si se capta también la señal del segundo canal es posible detectar el sentido de rotación en base a la secuencia de datos que producen ambas señales. Algunos encoders tienen disponible además otra señal llamada “canal Z” o “Cero”, que proporciona la posición absoluta de cero del eje del encoder. Esta señal se presenta bajo la forma de impulso cuadrado con fase y amplitud centrada en el canal A



Representación gráfica de las señales incrementales A, B, y Z.

Encoders mecánicos

Este tipo de encoder también genera señales de salida cuadradas y desfasadas en 90° entre los canales A y B. La diferencia con los encoders ópticos está en el modo de generación de dichas señales. En los encoders mecánicos podría pensarse en dos llaves que se cierran y se abren desfasadas una de la otra en $\pm 90^\circ$ según el sentido de giro.





PROYECTO - 'CONTROLADOR REMOTO MIDI'

DISEÑO DEL PROTOTIPO

Para poder empezar el diseño y la construcción del Controlador Remoto es necesario que se definan primero algunas de las características que éste deberá tener. Además de estas características es necesario definir cual será el principio de funcionamiento del Controlador para así poder ir diseñando las distintas partes que lo conforman.

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PARA EL DISEÑO

A partir del análisis de los controladores existentes en el mercado se concluye que para que el Controlador a diseñar sea eficiente y competitivo, éste debe tener al menos ocho canales. Cada uno de estos canales debe tener su propio display de tres dígitos cada uno. Además la comunicación del Controlador con la computadora, o el dispositivo al que esté conectado, debe ser full duplex. Esto quiere decir que el Controlador debe no sólo transmitir datos sino que también los debe poder recibir en forma simultánea para poder actualizar sus displays.

La idea original para el diseño y la implementación del Controlador es utilizar un Microcontrolador PIC como componente central e implementar ocho canales independientes, con sus correspondientes displays, conectados todos a un único bus de datos. Además del bus de datos se necesita un bus de direccionamiento con el cual direccionar cada canal y a cada uno de los displays.



CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROCONTROLADORES PIC

Los circuitos integrados programables (Programmable Integrated Circuits) se podrían definir en una primera aproximación, como “un chip que permite obtener un circuito integrado a medida”.

Los microcontroladores Pic son en el fondo procesadores similares a otros tipos, como por ejemplo la familia de los microprocesadores X86, 80486, Pentium y muchos otros. En realidad un microprocesador y un microcontrolador no son la misma cosa. Los PICS son microcontroladores, es decir, una unidad que posee en su interior al microprocesador y a los elementos indispensables para que pueda funcionar como una mini computadora en un solo circuito integrado. Un microprocesador en cambio, es solamente la unidad central de proceso o CPU; la memoria, los puertos y todos los demás periféricos son exteriores. La programación de un microprocesador es, por lo tanto, una tarea más compleja porque deben controlarse todos estos dispositivos externos.

Un microcontrolador integra la CPU y todos los periféricos en un mismo chip. El programador se desentiende de una gran cantidad de dispositivos y se concentra fundamentalmente en el programa de trabajo.

ESTRUCTURA Y ELEMENTOS DE LOS MICROCONTROLADORES

A continuación pasamos a describir los elementos más comunes en todo tipo de microcontroladores.

El procesador

Es el elemento más importante del microcontrolador y determina sus principales características, tanto a nivel hardware como software. Se encarga de direccionar la memoria de instrucciones, recibir el código OP de la instrucción en curso, su



decodificación y la ejecución de la operación que implica la instrucción, así como la búsqueda de los operandos y el almacenamiento del resultado.

Existen tres orientaciones en cuanto a la arquitectura y funcionalidad de los procesadores actuales:

- *CISC*. Un gran número de procesadores usados en los microcontroladores están basados en la filosofía CISC (Computadores de Juego de Instrucciones Complejo). Disponen de más de 80 instrucciones de máquina, algunas de las cuales son muy sofisticadas y potentes, requiriendo muchos ciclos para su ejecución.

Una ventaja de los procesadores CISC es que ofrecen al programador instrucciones complejas que actúan como macros, permitiendo realizar operaciones dificultosas de implementar si se dispusiera solamente de instrucciones básicas.

- *RISC*. Tanto la industria de los computadores comerciales como la de los microcontroladores están orientándose hacia la filosofía RISC (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido). En estos procesadores el set de instrucciones de máquina es muy reducido y las instrucciones son simples y, generalmente, se ejecutan en un solo ciclo de clock.

La sencillez y rapidez de las instrucciones permiten optimizar el hardware y el software del procesador.

- *SISC*. En los microcontroladores destinados a aplicaciones muy concretas, el juego de instrucciones, además de ser reducido, es “específico”, o sea, las instrucciones se adaptan a las necesidades de la aplicación prevista. Esta filosofía se ha bautizado con el nombre de SISC (Computadores de Juego de Instrucciones Específico).

La Memoria

En los microcontroladores la memoria de instrucciones y datos está integrada en el propio chip. Una parte debe ser no volátil, tipo ROM, y se destina a contener el programa de instrucciones que gobierna la aplicación. Otra parte de memoria será del tipo RAM, volátil, y se destina a guardar las variables y los datos.



Hay dos peculiaridades que diferencian a los microcontroladores de los computadores personales:

1. No existen sistemas de almacenamiento masivo como disco duro o disquetes.
2. Como el microcontrolador sólo se destina a una tarea, en la memoria ROM sólo hay que almacenar un único programa de trabajo.

La memoria RAM en estos dispositivos es de poca capacidad pues sólo debe contener las variables y los cambios de información que se produzcan en el transcurso del programa. Por otra parte, como sólo existe un programa activo, no se requiere guardar una copia del mismo en la RAM pues se ejecuta directamente desde la ROM.

Los usuarios de computadores personales están habituados a manejar Megabytes de memoria, pero los diseñadores con microcontroladores trabajan con capacidades de ROM comprendidas entre 512 bytes y 8 k bytes y de RAM comprendidas entre 20 y 512 bytes.

Según el tipo de memoria ROM que dispongan los microcontroladores, la aplicación y utilización de los mismos es diferente. A continuación se describen las cinco versiones de memoria no volátil que se pueden encontrar en los microcontroladores del mercado:

- *ROM con máscara.* Es una memoria no volátil de sólo lectura cuyo contenido se graba durante la fabricación del chip
- *OTP.* El microcontrolador contiene una memoria no volátil de sólo lectura “programable una sola vez” - OTP (One Time Programmable) - por el usuario. Es el usuario quien puede escribir el programa en el chip mediante un sencillo grabador controlado por un programa desde una PC.

La versión OTP es recomendable cuando es muy corto el ciclo de diseño del producto, o bien, en la construcción de prototipos y series muy pequeñas.

- *EPROM.* Los microcontroladores que disponen de memoria EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) pueden borrarse y grabarse muchas veces. La grabación se realiza, como en el caso de los OTP, con un grabador gobernado desde una PC. Si, posteriormente, se desea borrar el contenido, disponen de una ventana de cristal en su superficie por la que se somete a la EPROM a rayos ultravioleta durante varios minutos. Las cápsulas son de material cerámico y son



más caros que los microcontroladores con memoria OTP que están hechos con material plástico.

- *EEPROM, E2PROM o E²PROM.* Se trata de memorias de sólo lectura, programables y borrables eléctricamente - EEPROM (Electrical Erasable Programmable Read Only Memory) - . Tanto la programación como el borrado, se realizan eléctricamente desde el propio grabador y bajo el control programado de una PC. Es muy cómoda y rápida la operación de grabado y la de borrado. No disponen de ventana de cristal en la superficie.

Los microcontroladores dotados de memoria EEPROM una vez instalados en el circuito, pueden grabarse y borrarse cuantas veces se quiera sin ser retirados de dicho circuito. Para ello se usan “grabadores en circuito” que confieren una gran flexibilidad y rapidez a la hora de realizar modificaciones en el programa de trabajo.

El número de veces que puede grabarse y borrarse una memoria EEPROM es finito, por lo que no es recomendable una reprogramación continua. Se va extendiendo en los fabricantes la tendencia de incluir una pequeña zona de memoria EEPROM en los circuitos programables para guardar y modificar cómodamente una serie de parámetros que adecuan el dispositivo a las condiciones del entorno.

- *FLASH.* Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar. Funciona como una ROM y una RAM pero consume menos y es más pequeña.

A diferencia de la ROM, la memoria FLASH es programable en el circuito. Es más rápida y de mayor densidad que la EEPROM.

La alternativa FLASH está recomendada frente a la EEPROM cuando se precisa gran cantidad de memoria de programa no volátil. Es más veloz y tolera más ciclos de escritura/borrado.

Las memorias EEPROM y FLASH son muy útiles al permitir que los microcontroladores que las incorporan puedan ser reprogramados “en circuito”, es decir, sin tener que sacar el circuito integrado de la plaqueta.

Puertos de Entrada y Salida



Los puertos de Entrada y Salida (E/S) permiten comunicar al procesador con el mundo exterior, a través de interfaces, o con otros dispositivos. Según los controladores de periféricos que posea cada modelo de microcontrolador, las líneas de E/S se destinan a proporcionar el soporte a las señales de entrada, salida y control.

Reloj principal

Todos los microcontroladores disponen de un circuito oscilador que genera una onda cuadrada de alta frecuencia, que configura los impulsos de reloj usados en la sincronización de todas las operaciones del sistema. Esta señal del reloj es el motor del sistema y la que hace que el programa y los contadores avancen.

Generalmente, el circuito de reloj está incorporado en el microcontrolador y sólo se necesitan unos pocos componentes exteriores para seleccionar y estabilizar la frecuencia de trabajo. Dichos componentes suelen consistir en un cristal de cuarzo junto a elementos pasivos o bien un resonador cerámico o una red R-C.

Aumentar la frecuencia de reloj supone disminuir el tiempo en que se ejecutan las instrucciones pero lleva aparejado un incremento del consumo de energía y de calor generado.

LA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES PIC

Esta familia, desarrollada por la empresa Microchip, se divide en cuatro gamas: gama enana, baja, media y alta. Las principales diferencias entre estas gamas radica en el número de instrucciones y su longitud, el número de puertos y funciones, lo cual se refleja en el encapsulado, la complejidad interna y de programación, y en el número de aplicaciones. A continuación se describen brevemente las cualidades de cada una de estas gamas.



Gama enana

Su principal característica es su reducido tamaño, al disponer todos sus componentes de 8 pines. Se alimentan con un voltaje de corriente continua comprendido entre 2,5 V y 5,5 V, y consumen menos de 2 mA cuando trabajan a 5 V y 4 MHz. El formato de sus instrucciones puede ser de 12 o de 14 bits y su set de instrucciones es de 33 o 35 instrucciones, respectivamente.

Aunque los PIC “enanos” sólo tienen 8 patas, pueden destinar hasta 6 como líneas de E/S para los periféricos porque disponen de un oscilador interno R-C, lo cual es una de sus principales características.

Gama baja o básica

Se trata de una serie de PIC de recursos limitados, pero con una de las mejores relaciones costo/prestaciones. Sus versiones están encapsuladas con 18 y 28 pines y pueden alimentarse a partir de una tensión de 2,5 V, lo que las hace ideales en las aplicaciones que funcionan con pilas teniendo en cuenta su bajo consumo (menos de 2 mA a 5 V y 4 MHz). Tienen un set de 33 instrucciones cuyo formato consta de 12 bits. No admiten ningún tipo de interrupción y la Pila (Stack) sólo dispone de dos niveles.

Al igual que todos los miembros de la familia PIC16/17, los componentes de la gama baja se caracterizan por poseer los siguientes recursos: Sistema “Power On Reset”, Perro guardián (Watchdog o WDT), Código de protección, etc.

Sus principales desventajas o limitaciones son que la pila sólo tiene dos niveles y que no admiten interrupciones.

Gama media

Es la gama más variada y completa de los PIC. Abarca modelos con encapsulado desde 18 patitas hasta 68, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos. En esta gama sus componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de la gama baja, haciéndolos más adecuados en las aplicaciones complejas.

Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores.



El set de instrucciones es de 35, de 14 bits cada una y compatible con el de la gama baja. Sus distintos modelos contienen todos los recursos que se precisan en las aplicaciones de los microcontroladores de 8 bits. También dispone de interrupciones y una Pila de 8 niveles que permite la utilización de subrutinas. El temporizador TMR1 que hay en esta gama tiene un circuito oscilador que puede trabajar asincrónicamente y que puede incrementarse aunque el microcontrolador se halle en el modo de reposo (“sleep”), posibilitando la implementación de un reloj en tiempo real. Las líneas de E/S presentan una carga “pull-up” activada por software.

Gama alta

Se alcanzan las 58 instrucciones de 16 bits en el set de instrucciones y sus modelos disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potente. También incluyen variados controladores de periféricos, puertas de comunicación serie y paralelo con elementos externos, un multiplicador hardware de gran velocidad y mayores capacidades de memoria, que alcanza las 8k palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos.

Quizás la característica más destacable de los componentes de esta gama es su arquitectura abierta, que consiste en la posibilidad de ampliación del microcontrolador con elementos externos. Para este fin, las patitas sacan al exterior las líneas de los buses de datos, direcciones y control, a las que se conectan memorias o controladores de periféricos. Esta facultad obliga a estos componentes a tener un elevado número de pines comprendido entre 40 y 44. Esta filosofía de construcción del sistema es la que se empleaba en los microprocesadores y no suele ser una práctica habitual cuando se emplean microcontroladores.

FUNCIONAMIENTO GENERAL DEL CONTROLADOR MIDI

El Controlador Remoto está conformado básicamente por cuatro bloques diferentes. Consta de ocho canales todos iguales, ocho displays también iguales entre sí, la plaqueta central donde se encuentra el microcontrolador y el decodificador de direcciones y por último el bloque de transmisión y recepción.

Los ocho canales, con sus respectivos displays, están todos conectados a un único bus de datos, al cual también se encuentra conectado el microcontrolador. El

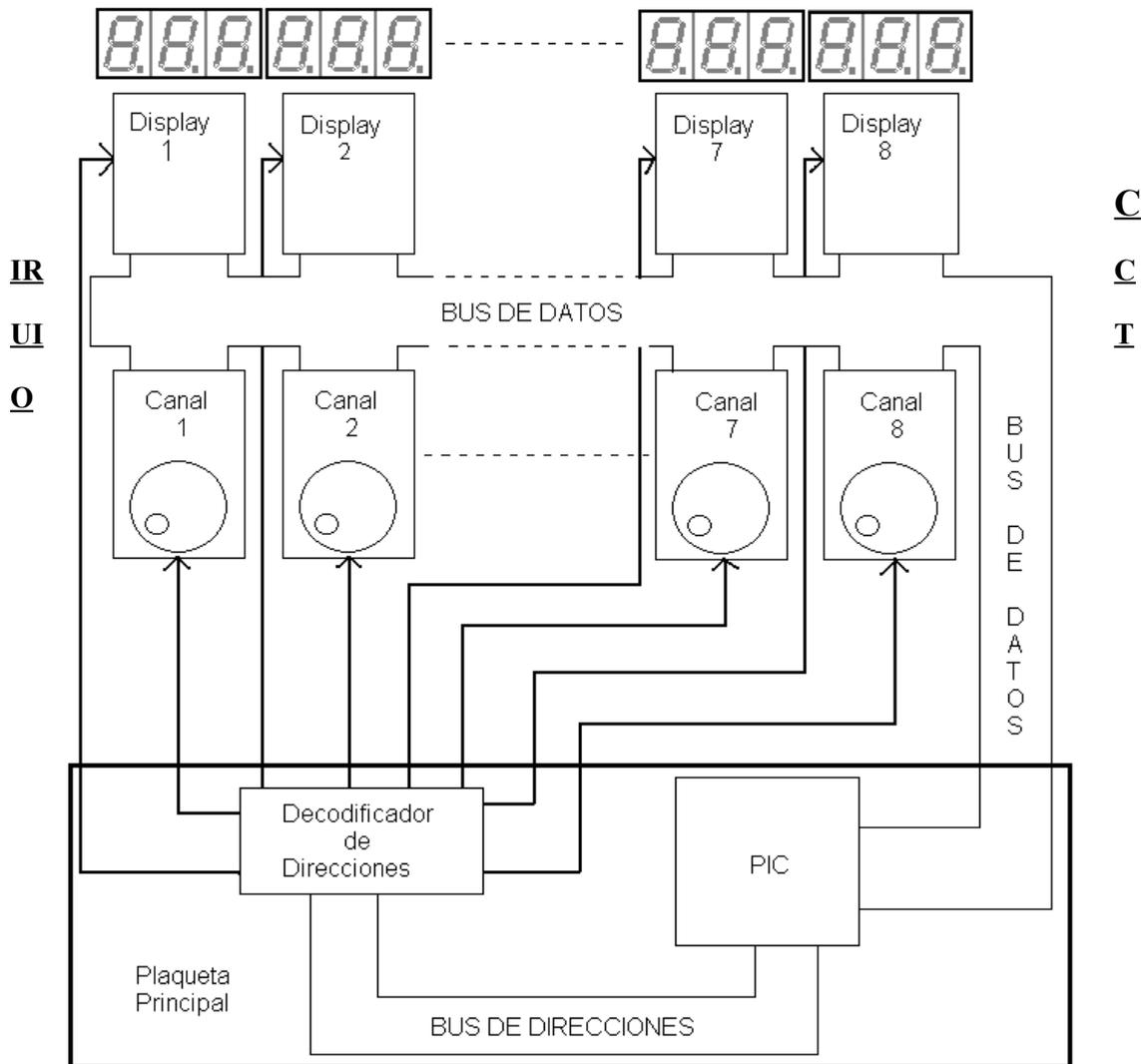


microcontrolador a su vez se conecta al bus de direcciones, el cual a través de un decodificador de direcciones se utiliza para direccionar a cada canal y a su correspondiente display. Los displays se encuentran conectados al bus de datos a través de decodificadores de BCD a 7 Segmentos.

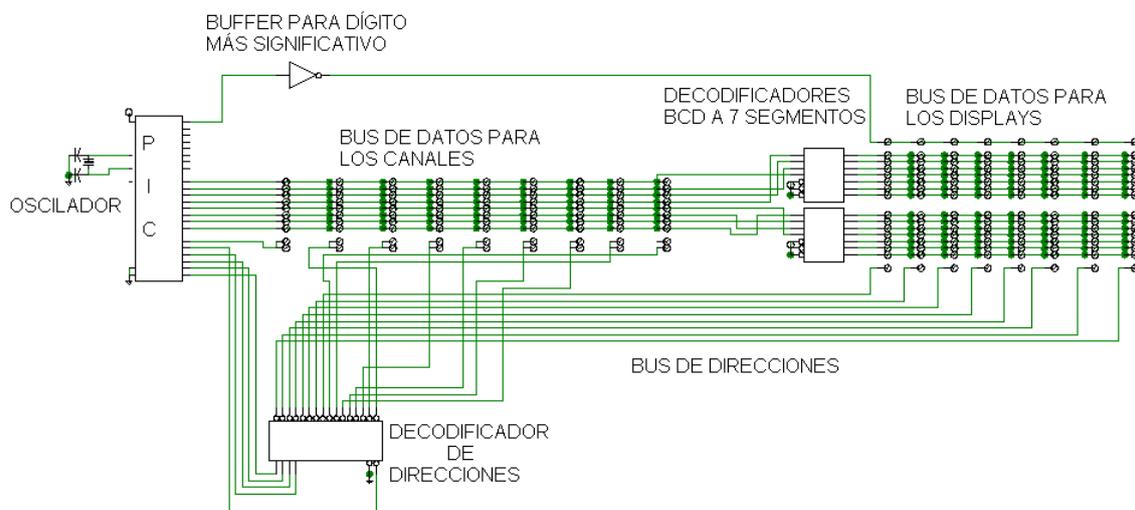
El microcontrolador, por medio del decodificador de direcciones, lee el estado de cada canal. Al efectuar la lectura, compara el valor leído con el último valor que tiene registrado de ese canal. Si estos valores son iguales el microcontrolador pasa al canal siguiente; si los valores leídos no son iguales el PIC calcula el incremento o decremento que se produjo en el valor de dicho canal y actualiza el estado del display correspondiente. Además de la actualización de los displays, el microcontrolador debe transmitir los nuevos valores de cada canal al dispositivo al cual está conectado el Controlador Remoto.

Cuando el microcontrolador recibe un dato proveniente de otro dispositivo, identifica si ese dato está dirigido a alguno de los canales pertenecientes al controlador. Si el mismo corresponde a uno de ellos, el micro actualiza el display correspondiente; caso contrario, ignora el dato.

DIAGRAMA EN BLOQUES GENERAL



ESQUEMÁTICO PRINCIPAL





FUNCIONAMIENTO DE CADA CANAL

Cada canal está compuesto por un encoder, un bloque para el acondicionamiento de las señales generadas por aquél, un contador y un latch con salida de tercer estado que permite la conexión al bus de datos.

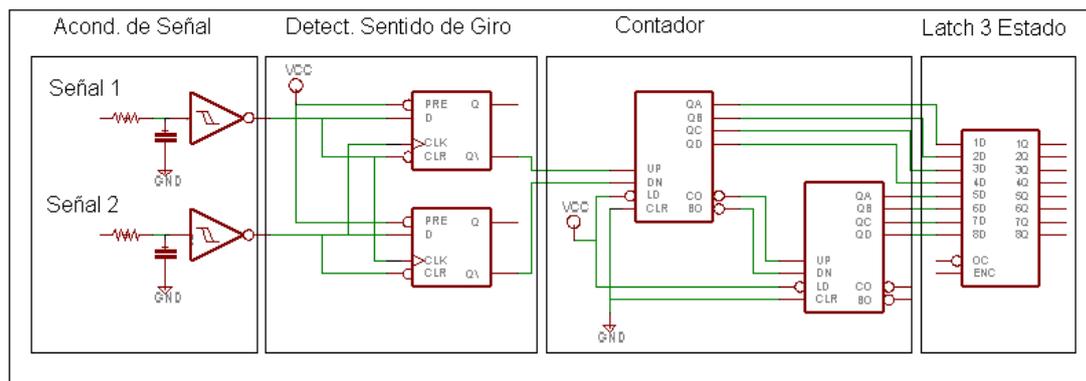
A la salida del encoder se tienen dos señales cuadradas desfasadas en +/- 90° una de otra, dependiendo del sentido de rotación. Como los encoders son del tipo mecánico, estas señales cuadradas suelen tener “glitches”, que son pequeños rebotes característicos de los conmutadores mecánicos. Es por esto que es necesario acondicionar las señales antes de utilizarlas mediante el bloque denominado “Acondicionamiento de señal” consistente en un filtro pasa bajos y un comparador del tipo Schmitt.

Una vez que las señales cuadradas se encuentran libres de “glitches”, actúa un detector de sentido de giro, el cual está implementado con dos flip flops D. Este bloque permite tener un nivel alto de tensión (5 Volts) en una de sus dos salidas según el sentido de giro que se le esté dando al encoder.

La función del contador es la de registrar el movimiento del encoder; para ello se utiliza una de las dos señales cuadradas que están a la salida del acondicionador de señal. Por medio de las salidas del detector de sentido de giro se controla al contador para que cuente de forma ascendente o descendente dependiendo del sentido en que se esté rotando el encoder. El contador tiene un módulo de cuenta de 256 pulsos y está compuesto de dos contadores de cuatro bits cada uno puestos en cascada.

Finalmente, la salida del contador está conectada a un latch de 8 bits con salida de tercer estado. La función del latch es conectar el contador al bus de datos.

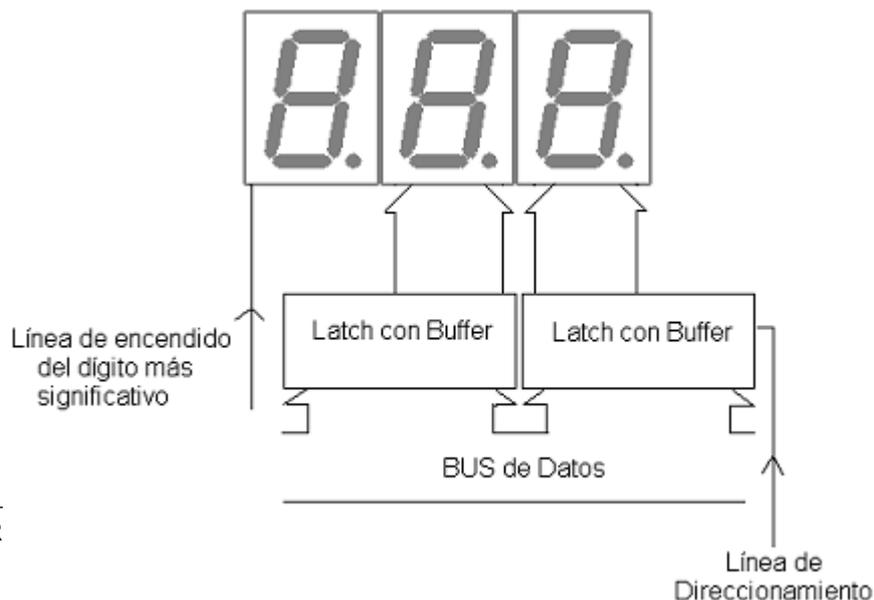
CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE CADA CANAL



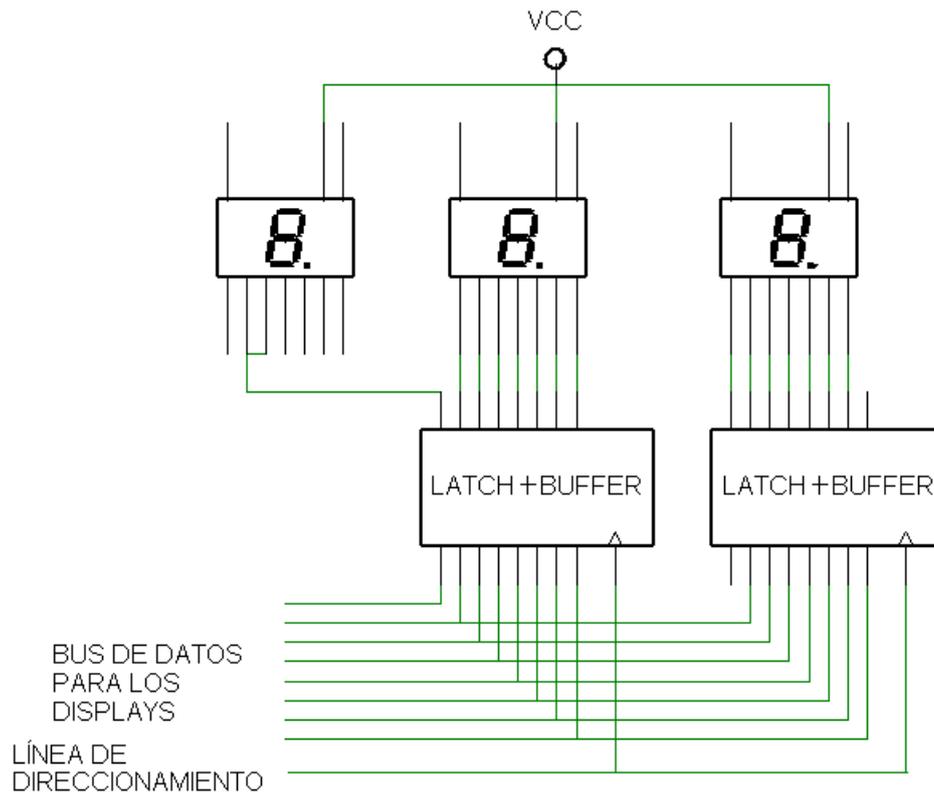
FUNCIONAMIENTO DE LOS DISPLAYS

Los displays de cada canal están constituidos cada uno con tres dígitos de displays del tipo de siete segmentos. Estos displays, están conectados al bus de datos a través de latches con buffer y de decodificadores BCD a 7-segmentos. Cada vez que el microcontrolador debe actualizar el display de un canal, pone en el bus de datos el valor correspondiente en código BCD. Los decodificadores BCD a 7-segmentos están directamente conectados al bus de datos y a la salida de aquéllos se encuentran los latches. Una vez que el micro puso los datos en el bus, direcciona al display correspondiente y es en ese momento cuando se actualizan.

Para manejar los tres dígitos, se utilizan solamente dos decodificadores de BCD a 7-segmentos. Con éstos se manejan los dos dígitos menos significativos. Para el dígito de las centenas, que sólo se enciende para valores entre 100 y 127, se utiliza directamente un puerto del PIC.



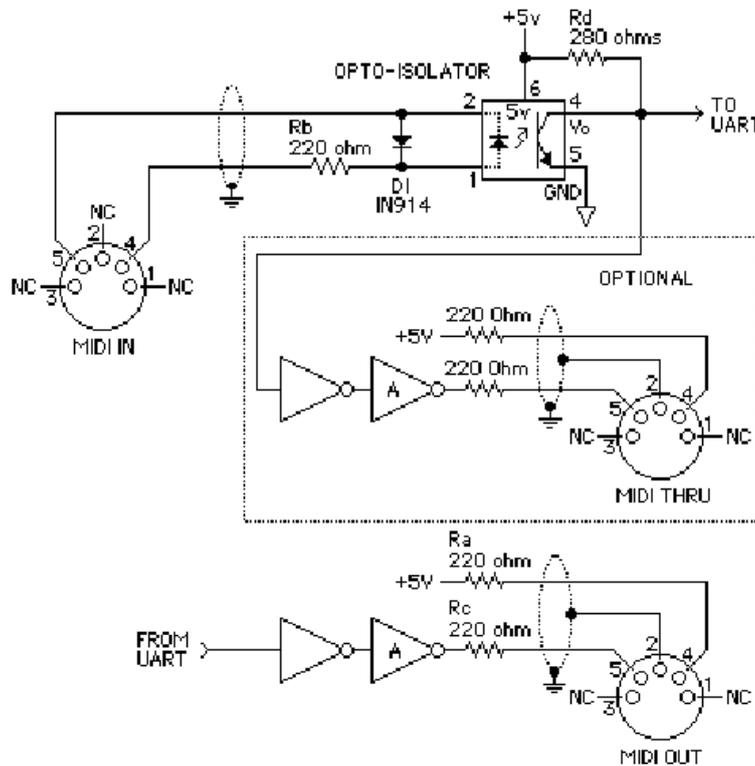
CIRCUITO ESQUEMÁTICO DE LOS DISPLAYS



CIRCUITO DE TRANSMISIÓN Y RECEPCIÓN

El circuito para la transmisión y recepción de datos del controlador, está basado principalmente en la USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter). Este dispositivo que viene integrado al PIC nos permite la comunicación en formato serie con otros dispositivos. En el caso del Controlador Remoto, que utiliza para la comunicación el protocolo MIDI, se usa la USART en el modo asincrónico y a una velocidad de transmisión de 31.25 kbaudios.

Para cumplir con los requisitos que impone el protocolo MIDI se debe implementar para la transmisión y la recepción de los datos el siguiente circuito:



Copyright 1985 MIDI Manufacturers Association

El circuito que figura como opcional permite la conexión de varios dispositivos MIDI en cascada. La única función de éste es la de re-emitir los datos recibidos.

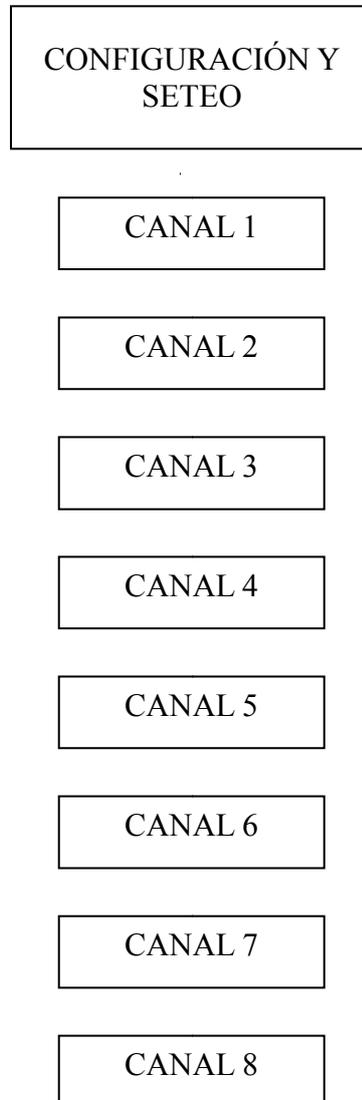
Como se puede ver, todo equipo que funcione con el protocolo MIDI debe tener a la entrada del circuito para la recepción un optoacoplador, el cual permite mantener aislados eléctricamente a los equipos que se encuentran conectados.

DISEÑO DEL SOFTWARE

Diagramas de Flujo



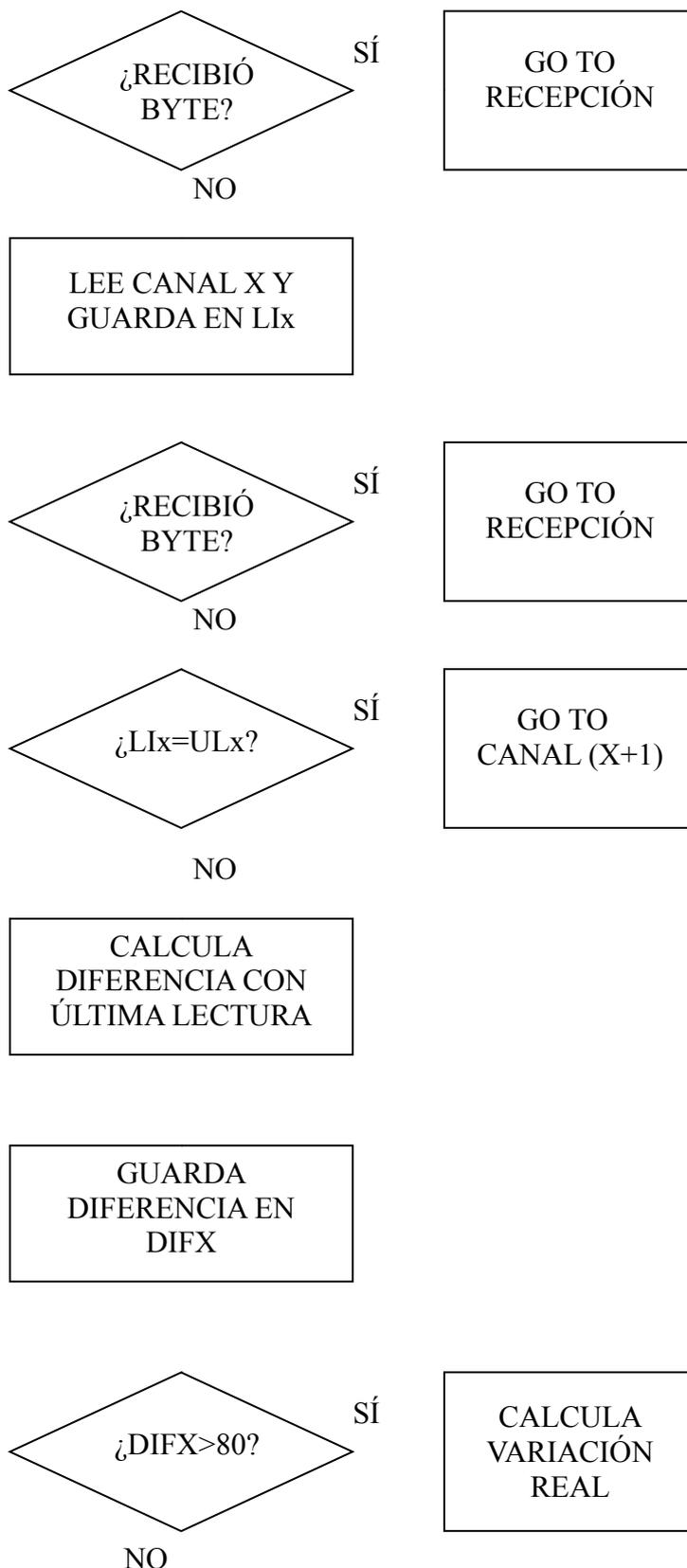
A continuación se presentan los diagramas de flujo correspondientes a las distintas partes del programa cargado en el microcontrolador, con sus respectivas descripciones de funcionamiento.

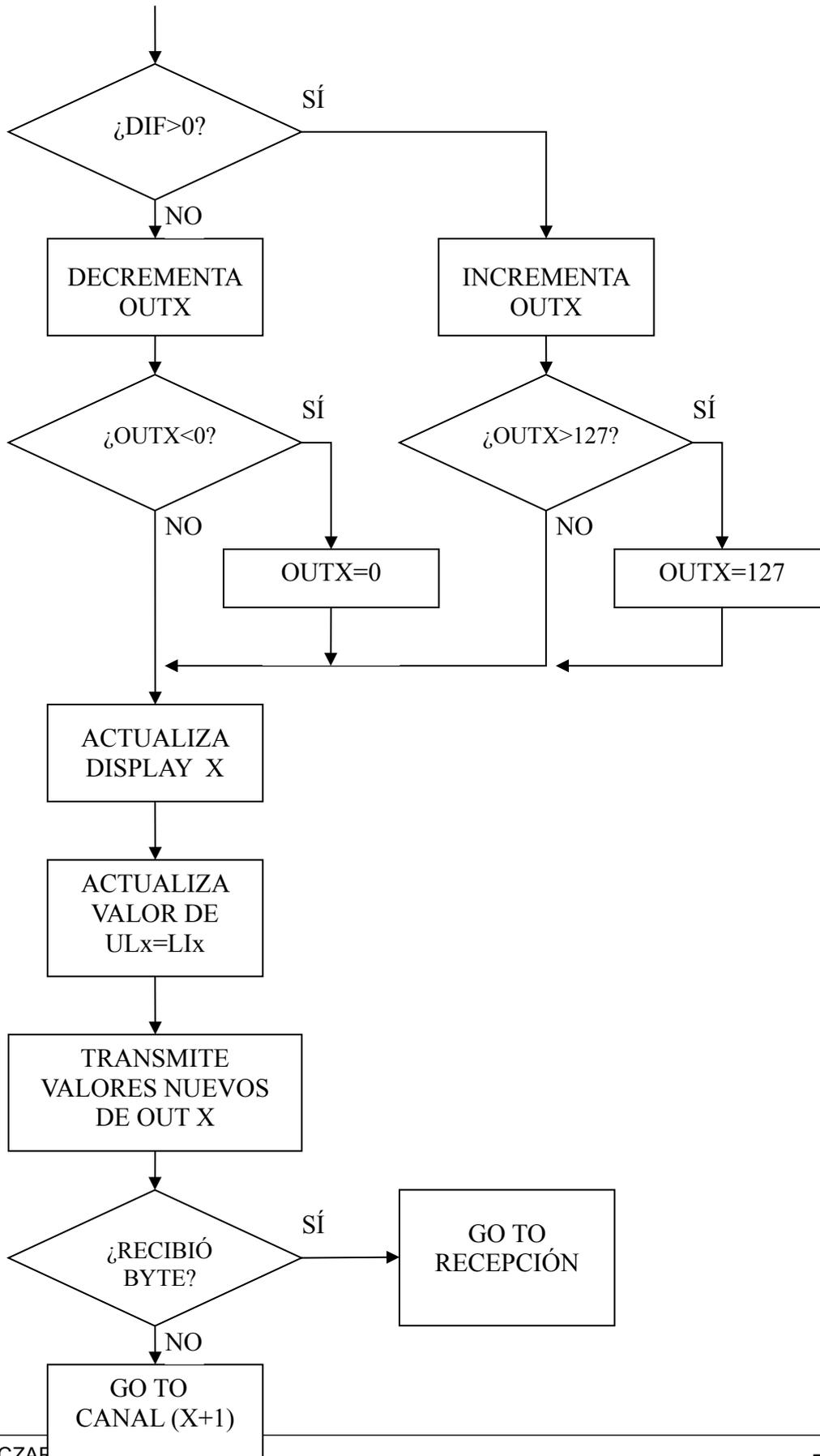


El funcionamiento del programa principal es muy simple. Primero se inicializan todas las variables y se setean los parámetros necesarios. A continuación se hace una encuesta o lectura del estado de cada canal y según cada situación se va llamando a distintas subrutinas. El programa principal es cíclico, por lo tanto una vez que se encuesta al último canal, se vuelve a leer el primero.



Diagrama de flujo para cada Canal



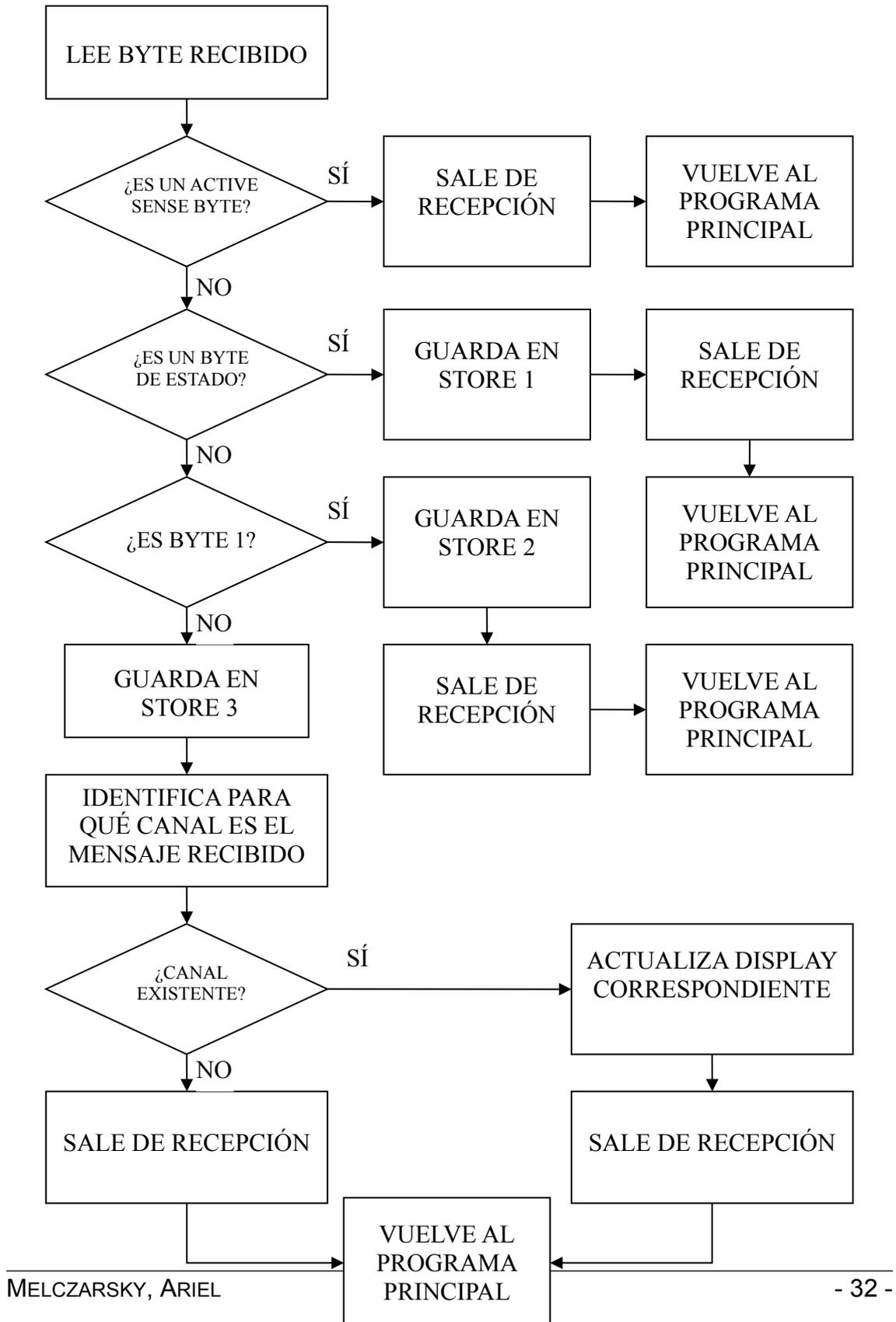




Antes de realizar la lectura de cada canal se verifica si la USART tiene algún byte disponible para ser leído. De ser así, se llama a la rutina de recepción de datos, caso contrario se procede a la lectura del canal. Durante la lectura de cada canal, se lee el estado de los contadores del mismo y se lo almacena con el nombre de L_x (Lectura Instantánea del canal x). A continuación vuelve a revisarse si hay datos disponibles en la USART. Una vez que se tiene almacenada L_x, se compara su valor con el de la última lectura realizada a ese canal, almacenada con el nombre de U_{Lx} (Última Lectura del canal x). Si de la comparación surge que no hubo cambios, se procede a leer el siguiente canal. Si se produjeron cambios desde la última lectura se calcula el incremento o decremento correspondiente y se lo almacena con el nombre de DIF_x (Diferencia del canal x). Para ello debe tenerse en cuenta si se produjo un overflow o un underflow en los contadores; esto se realiza comparando módulo y signo de la diferencia entre la lectura instantánea y la última lectura. El programa considera que si el módulo de la diferencia es mayor que 80, se produjo un overflow o un underflow (dependiendo del signo) y se debe tener en cuenta en el cálculo de la diferencia. Una vez calculada dicha diferencia se incrementa o decremента, según corresponda, el valor del registro OUT_x que es el que contiene el valor que se está mostrando en el display. Antes de actualizar el display, se verifica si el nuevo valor de OUT_x es mayor que 127 o menor que 0; de ocurrir uno de estos dos casos se lo reemplaza por 127 ó 0 respectivamente. Cuando se tiene el nuevo valor de OUT_x, se actualiza el display del canal “x”, luego se reemplaza el valor de U_{Lx} por el de L_x y finalmente se llama a la rutina de transmisión de datos. Luego de la transmisión y antes de pasar a la lectura del siguiente canal, se vuelve a revisar si hay algún byte disponible en la USART y en caso afirmativo se llama a la rutina de recepción de datos.



Diagrama de flujo de la rutina de Recepción de datos



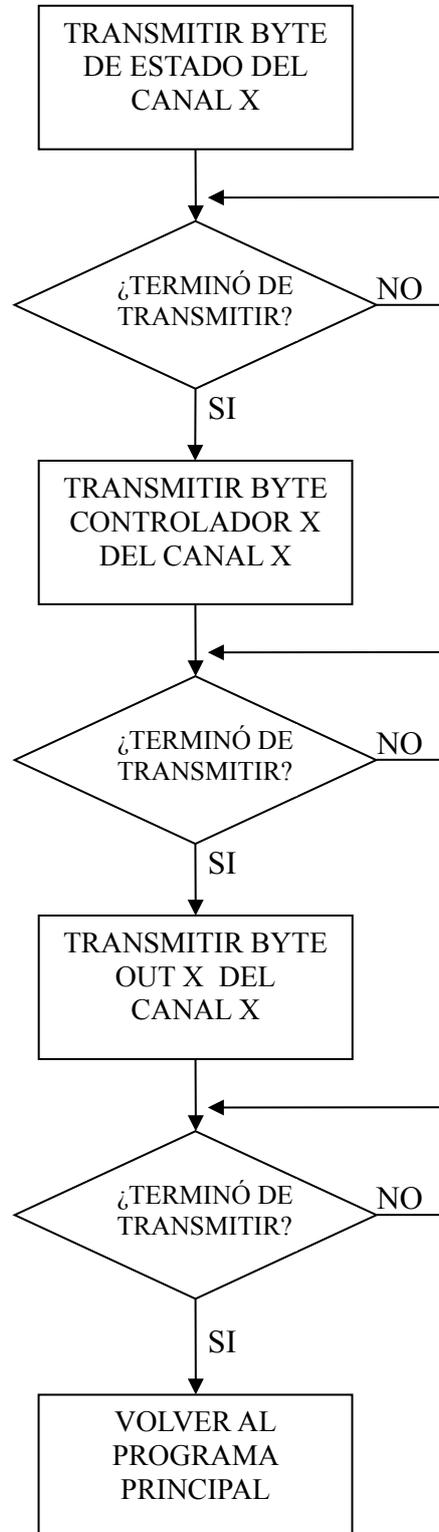


La rutina de recepción de datos comienza por leer el byte que está disponible en la USART. A continuación verifica si el byte recibido es un byte de Active Sense ⁽¹⁾. Si es un Active Sense, simplemente lo ignora. Si el byte recibido no es un Active Sense, verifica si es un byte de Estado o si es el primer o segundo byte de datos y lo almacena con el nombre Store1, Store2 o Store3, según corresponda. Luego de almacenar el byte recibido se sale de la rutina de Recepción, salvo que aquél haya sido el segundo byte de datos. Si el byte recibido fue el segundo byte de datos se pasa a un proceso de identificación. En el proceso de identificación, se analizan el byte de Estado y el primer byte de datos, que se encuentran almacenados bajo el nombre de Store1 y Store2 respectivamente, para determinar a qué canal corresponde el mensaje recibido. Si se determina que no pertenece a ningún canal del controlador, se sale de la rutina de recepción. Si el mensaje recibido está dirigido hacia alguno de los canales del controlador, se procede a actualizar el display del canal correspondiente y luego se sale de la rutina de recepción.

¹ Algunos equipos que utilizan el protocolo MIDI, cuando el Bus de datos está inactivo por alrededor de 300 mseg, transmiten un byte denominado Active Sense. Este Byte es utilizado para verificar que el canal de transmisión se encuentra funcionando.



Diagrama de flujo de la rutina de Transmisión de datos





Cuando desde el programa principal se llama a la rutina de transmisión de datos, es porque hay tres bytes disponibles para ser transmitidos. Estos bytes se encuentran almacenados con los nombres de “Estadox”, “Controladorx” y “Outx”, donde la “x” representa el número de canal. En la rutina de transmisión, se comienza por cargar el byte “Estadox” en la USART para iniciar la transmisión. Cuando empieza la transmisión del primer byte, la USART es encuestada permanentemente hasta verificar que la transmisión del byte haya terminado. Una vez concluida la misma, se carga el byte “Controladorx” y se reitera el proceso hasta finalmente cargar el byte “Outx”. Se sale de la rutina de transmisión, únicamente cuando termina la del último byte.

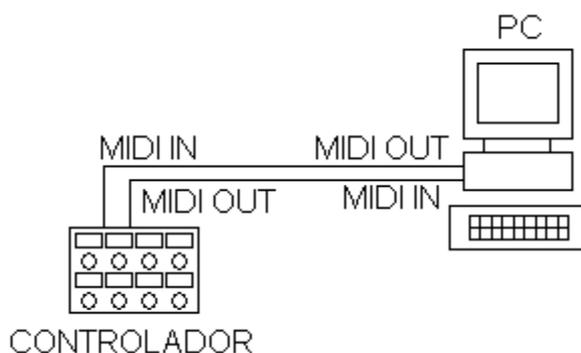
Los bytes Estado y Controlador son fijos para cada canal y sólo se pueden modificar reprogramando al PIC.



MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO

INSTALACIÓN

Para poder conectar el Controlador Remoto MIDI a la computadora es necesario disponer de un cable MIDI estándar. Se conecta el extremo de los conectores del tipo DIN de 5 pines al Controlador, de la forma que se muestra en la siguiente figura. El otro extremo del cable se conecta directamente al puerto MIDI de la PC.



CONFIGURACIÓN DEL CONTROLADOR DENTRO DEL SOFT CUBASE SX

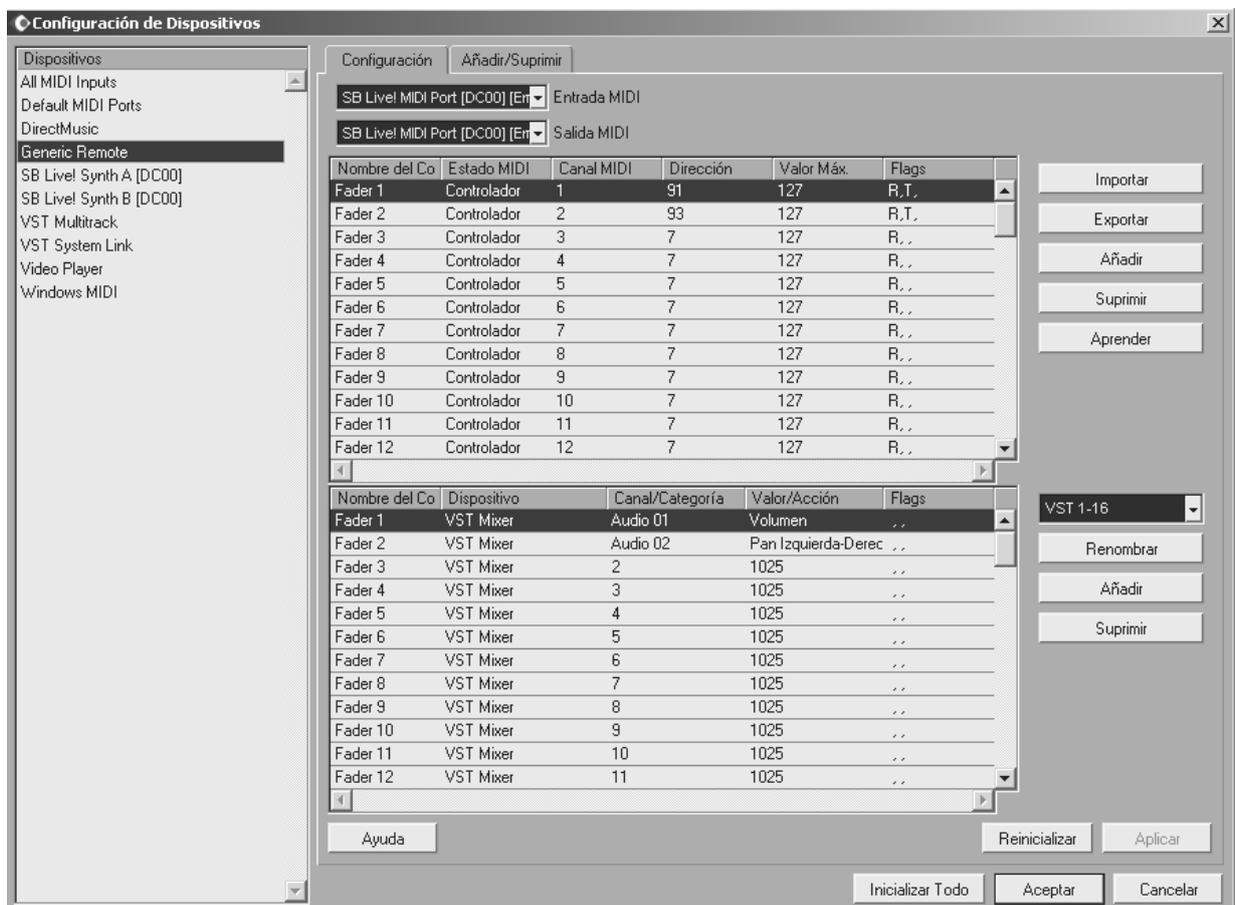
- 1) Abrir un proyecto nuevo.
- 2) Entrar a la “Configuración de dispositivos” dentro del menú “Dispositivos”
- 3) Añadir el dispositivo “Generic Remote” desde la pestaña “Añadir/Suprimir”.

Para configurar cada uno de los canales del controlador y asignarlos al parámetro de control deseado se deben realizar los siguientes pasos:

- 1) Ir a la pestaña de “Configuración” dentro de la ventana “Configuración de Dispositivos”.
- 2) Seleccionar de la tabla superior, un nombre de controlador para el primer canal a configurar del Controlador Remoto
- 3) Presionar el botón “Aprender” y simultáneamente mover el encoder deseado de su Controlador Remoto.
- 4) En la columna “Flags” seleccionar “Recibir” y “Transmitir”.
- 5) Seleccionar de la tabla inferior, el mismo nombre de controlador que en el paso 2).

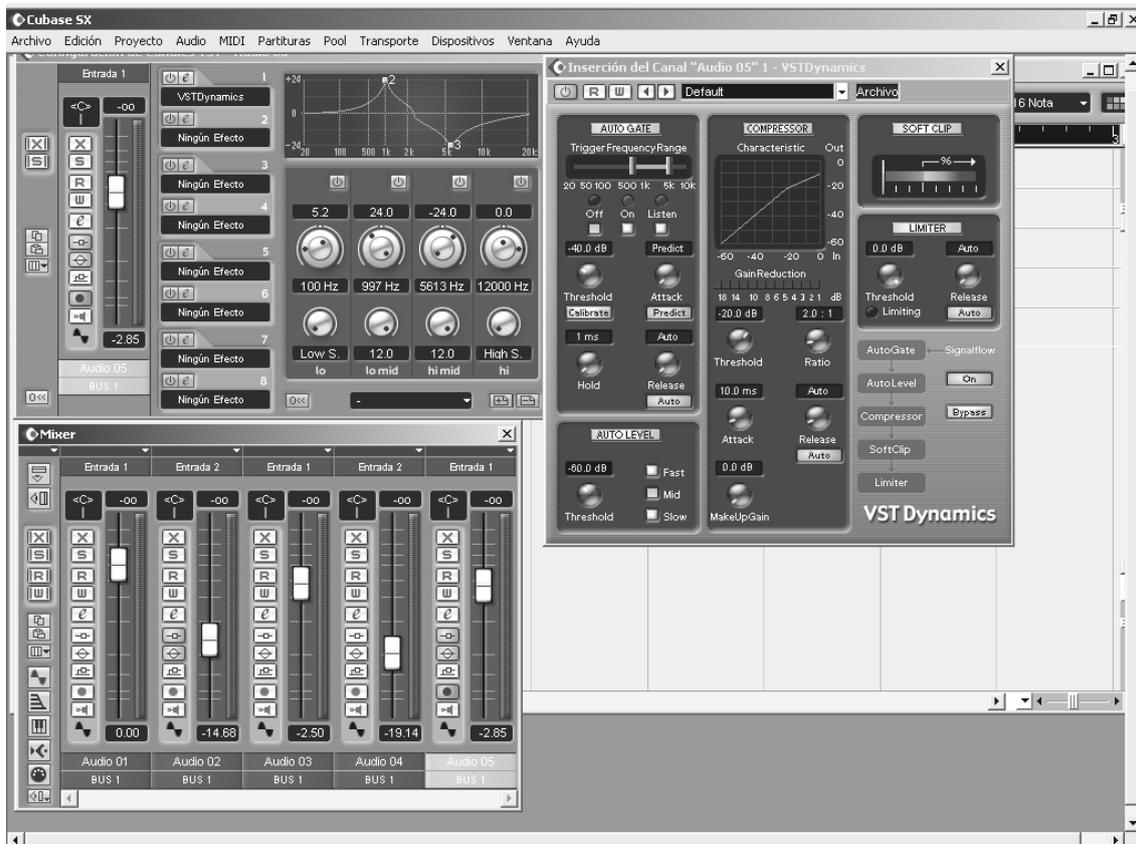


- 6) Asignar el “Canal y Categoría” donde se encuentra el parámetro que desea controlar.
- 7) Asignar el parámetro que desea controlar, eligiéndolo en la columna denominada “Valor/Acción”.
- 8) Repetir los pasos 1) a 7) para los ocho canales del Controlador Remoto
- 9) Finalmente seleccionar los puertos de entrada y salida MIDI a los que está conectado el Controlador Remoto desde la parte superior de la ventana.



POSIBILIDADES DE CONTROL DEL SOFT CUBASE SX

Utilizando el Controlador Remoto es posible controlar cualquier parámetro para la grabación o edición de audio que dispone el soft Cubase Sx. En la figura que se muestra a continuación se observan algunas de las posibilidades de control:



Entre estos parámetros se pueden enumerar por ejemplo: control de volumen, paneo, frecuencia ó ganancia del ecualizador . También se pueden asignar los canales del Controlador a los envíos de efectos de cada canal y al seteo de los mismos.



TABLA DE ASIGNACIÓN DEL NÚMERO DE CANAL MIDI Y NÚMERO DE CONTROLADOR

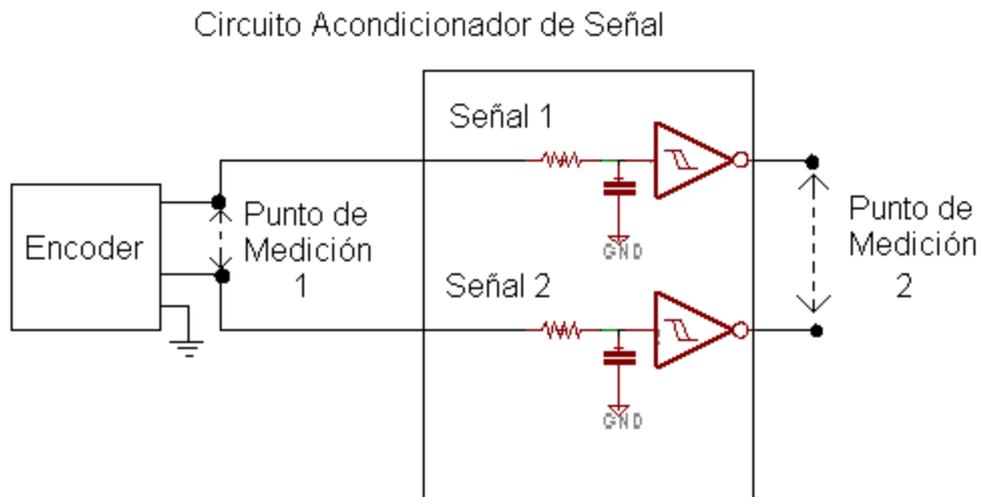
Canal	Nro. De Canal MIDI	Nro. De Controlador
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
6	6	6
7	7	7
8	8	8

Esta tabla muestra el número de controlador y el número de canal que tienen asignados cada uno de los ocho canales del Controlador Remoto. Estos valores son fijos y no pueden ser modificados por el usuario.

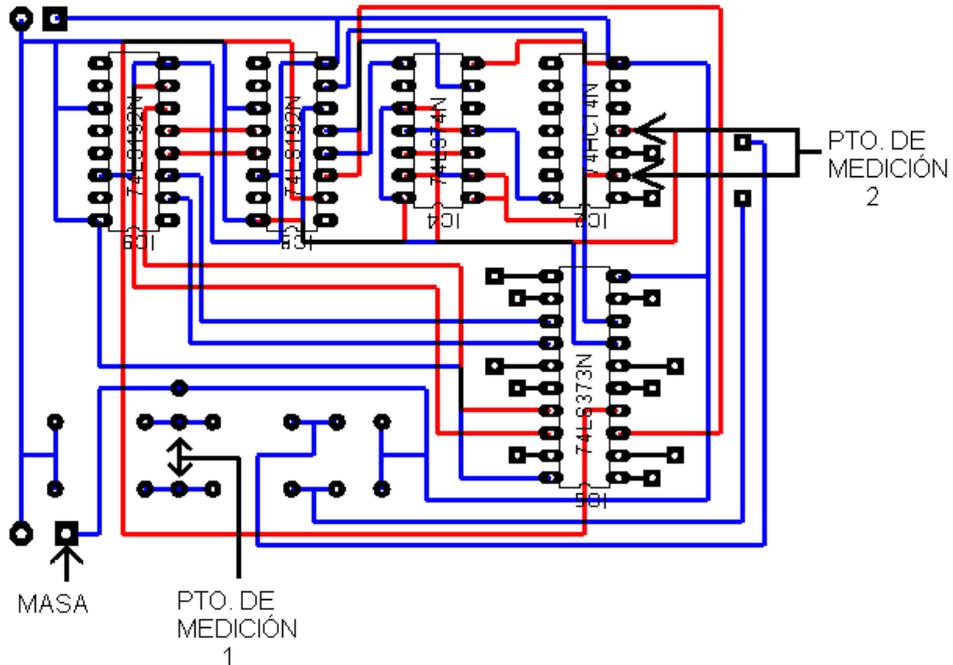
MANTENIMIENTO

FALLAS EN LOS ENCODERS

Los encoders incrementales poseen una vida útil limitada. A medida que su vida útil se va agotando es posible que generen "glitches" que no sean filtrados por el circuito destinado a tal fin, o también puede ocurrir que los encoders generen menos pulsos por cada rotación. Una forma de verificar su funcionamiento, es observar con el osciloscopio las señales generadas por cada encoder y las salidas del circuito acondicionador de señal. La única alternativa para la solución de esta falla es el reemplazo del encoder defectuoso.

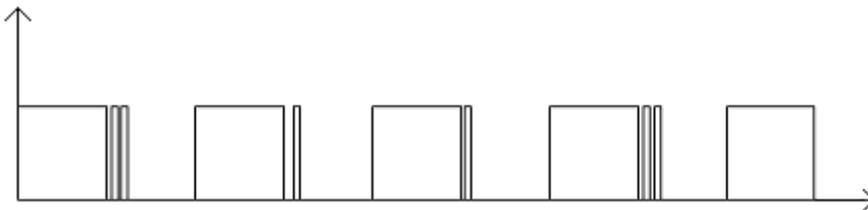


CIRCUITO IMPRESO

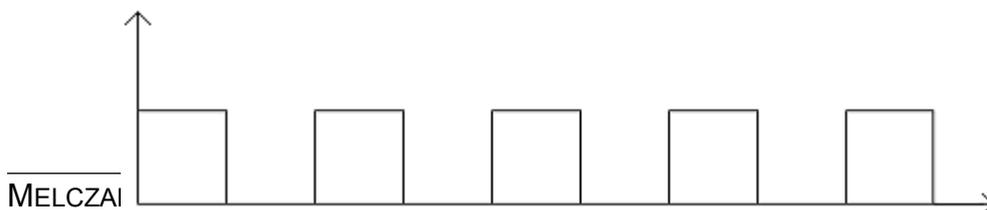


Si los encoders funcionan correctamente deberían verse las siguientes señales:

Punto de medición 1



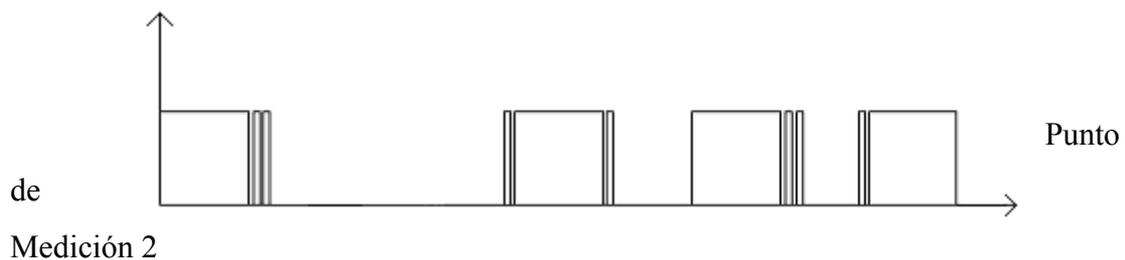
Punto de Medición 2





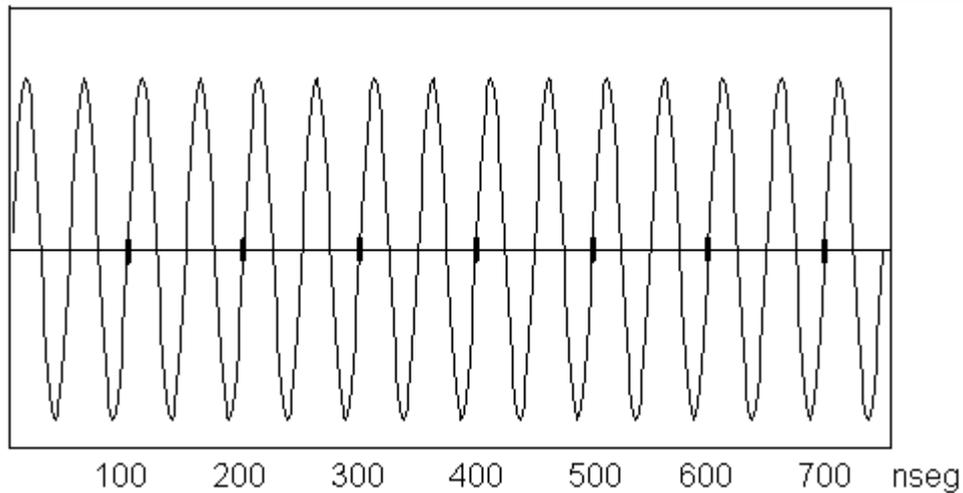
Si los encoders tienen algún problema, es posible que se observen señales del siguiente tipo:

Punto de Medición 1



FALLAS EN EL OSCILADOR

En el caso que el controlador no responda a ningún movimiento de los encoders, es posible que el oscilador no esté funcionando. Para verificar esto, se debe observar con el osciloscopio la señal entre los pines 9 y 10 del PIC. En caso que el oscilador funcione correctamente debería observarse la siguiente señal:



Si ocurriese que el Controlador se reinicia erráticamente es posible que esto se deba a interrupciones en el oscilador. Una causa posible para esta falla del oscilador es que la fuente de alimentación del Controlador no funcione correctamente.

TESTEO DEL DECODIFICADOR DE DIRECCIONES

Una forma de verificar que el microcontrolador este ejecutando el programa que tiene cargado, es observar las distintas patas de salida del decodificador de direcciones. Si el PIC está funcionando normalmente deberían observarse pulsos medianamente regulares en todas sus salidas (pin 1 al 17 excepto el pin 12 que es masa).



RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como resultado de este proyecto, se construyó el prototipo de un Controlador Remoto MIDI de ocho canales implementados con ocho encoders incrementales y un display de 3 dígitos del tipo siete segmentos para cada canal. Como componente central del Controlador, se utilizó el PIC 16F873 de Microchip. La utilización de estos componentes permitió cumplir con el objetivo planteado de obtener un Controlador Remoto MIDI eficiente, versátil y de bajo costo que pueda competir con otros ya existentes en el mercado. Esto se logró reemplazando los faders motorizados por los encoders incrementales y los displays individuales para cada canal.

Para obtener los resultados deseados, se debió pasar por diferentes etapas. En primera instancia se realizó una investigación acerca del protocolo MIDI y de los



distintos Controladores Remotos existentes en el mercado. De esta investigación surgieron las principales características que debía tener el controlador. A continuación se realizó un estudio de las distintas tecnologías aplicables a la construcción del dispositivo.

Una vez elegidos los componentes principales se pasó al diseño de los circuitos que compondrían las distintas partes del Controlador utilizando para esto un soft especializado. Finalizados los diseños, se hicieron imprimir las plaquetas y se construyó el prototipo. Con el prototipo armado comenzó el diseño del soft para el microcontrolador y se llevaron a cabo las pruebas correspondientes hasta que se obtuvo el perfecto funcionamiento del Controlador.

Como conclusión final se pueden plantear algunas posibilidades para desarrollos futuros sobre el controlador. Una de las más interesantes que se perfila, sería la de agregar 8 controladores del tipo ON/OFF con switches y leds para indicar su estado. Esta posibilidad ya fue tenida en cuenta en el diseño de la plaqueta principal donde se dejó disponible una dirección y un espacio en el bus de datos. Otra variante sería agregar algún fader no motorizado para aplicaciones donde no se requiera actualizar la posición del mismo, como podría ser el uso del controlador como consola para iluminación.

Finalmente podría implementarse la opción de reasignar el número del canal MIDI y número de controlador que tiene asignado cada canal del Controlador Remoto, sin necesidad de reprogramar el microcontrolador.

BIBLIOGRAFÍA

- Ronald J. Tocci. Sistemas Digitales – Principios y aplicaciones. Ed. Prentice Hall.
- Vokimon. Cursillo de Introducción a la Informática Musical. La Salle unoversitat Ramon Llull. Material obtenido vía Internet (<http://www.salleurl.edu/~is04069/Modders/Docs/mididoc.html>)
- Phil Kerr, Karen McCabe. Standard to Open Creative Possibilities for Musical Composition and Performance. IEEE. Material obtenido vía Internet (<http://standards.ieee.org/announcements/p1639app.html>)



-
- Chuck McManis. Using Mechanical Rotary Encoders. Material obtenido vía Internet
(<http://www.mcmanis.com/chuck/robotics/projects/lab-x3/quadratrak.html>)
 - Robert M. Setbacken. Application of Rotary Optical Encoders and Resolvers in Brushless Servo Motors. Material obtenido vía Internet
(<http://www.renco.com/106014.htm>)
 - Bonny Gijzen. IC-Prog Prototype Programmer. Material obtenido vía Internet
(<http://www.ic-prog.com/>)
 - National Instruments. Linear and Rotary Encoders. Material obtenido vía Internet
(<http://zone.ni.com/devzone/conceptd.nsf/webmain/9BCCE7934DACF1298625680700573BC0>)
 - MIDI Tools And Resources. Material obtenido vía Internet
(<http://www.harmony-central.com/MIDI/>)
 - MIDI manufacturers association. Material obtenido vía Internet
(<http://www.midi.org/>)
 - Technical Information about the MIDI Protocol. Material obtenido vía Internet
(<http://www.midi.com>)
 - Microprocessor and microcontroller. Epanorama.net. Material obtenido vía Internet (<http://www.epanorama.net/links/microprocessor.html>)
 - TTL Data Book Material obtenido vía Internet
(<http://upgrade.cntc.ac.kr/data/ttl/>)
 - TTL DATASHEET Material obtenido vía Internet
(http://www.dainau.com/ttl_datasheet.htm)
 - Microchip Material obtenido vía Internet
(http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=64)