

PROYECTO
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MONITOR DE SIGNOS VITALES
BASADO EN UN COMPUTADOR PORTÁTIL

PRODUCTO INTERMEDIO P12
MÓDULO DIGITALIZACIÓN

ACTIVIDADES:

- A12 – 1: Diagrama a bloques del Módulo de Digitalización**
- A12 – 2: Determinación de los espectros de frecuencia para la conversión Análoga Digital**
- A12 – 3: Estructuración del protocolo de comunicación entre la tarjeta de digitalización y el Computador.**
- A12 – 4: Diseño y montaje en protoboard del módulo**
- A12 – 5: Pruebas y ajustes en protoboard del módulo**
- A12 – 6: Acompañamiento en el desarrollo del módulo**



Proyecto de Investigación y Desarrollo Diseño y Construcción de un Monitor de Signos Vitales basado en un Computador Portátil



Alexis Meneses Arévalo
alexismeneses@dalcame.com

Daissy Carola Toloza Cano
daissytoloza@dalcame.com

INFORME MÓDULO DIGITALIZACIÓN

Una conversión analógica-digital consiste en la transcripción de señales analógicas en señales digitales, con el propósito de facilitar su procesamiento (encriptación, compresión, etc.) y hacer la señal resultante (la digital) más inmune al ruido y otras interferencias a las que son más sensibles las señales analógicas.

Una señal analógica es aquella que puede tomar una infinidad de valores (frecuencia y amplitud) dentro de un límite superior e inferior.

En cambio, una señal digital es aquella señal cuyos valores (frecuencia y amplitud) no son continuos si no discretos, lo que significa que la señal necesariamente ha de tomar unos determinados valores fijos predeterminados. Estos valores fijos se toman del sistema binario, lo que significa que la señal va a quedar convertida en una combinación de ceros y unos, que ya no se parece en nada a la señal original. Precisamente, el término digital tiene su origen en esto, en que la señal se construye a partir de números (dígitos).

Ventajas de la señal digital

- La señal digital es más resistente al ruido. La señal digital es menos sensible que la analógica a las interferencias, etc.
- Ante la pérdida de cierta cantidad de información, la señal digital puede ser reconstruida gracias a los Sistema de regeneración de señales (usados también para amplificarla, sin introducir distorsión). También cuenta, con sistemas de detección y corrección de errores que, por ejemplo, permiten introducir el valor de una muestra dañada, obteniendo el valor medio de las muestras adyacentes (interpolación).
- Facilidad el procesamiento de la señal. Cualquier operación está al alcance de un clic.
- La señal digital permite la multigeneración infinita sin pérdidas de calidad. Esta ventaja sólo es aplicable a los formatos de disco óptico, la cinta magnética digital, aunque en menor medida que la analógica (que sólo soporta como mucho 4 o 5 generaciones), también va perdiendo información con la multigeneración.

Inconvenientes de la señal digital

- La señal digital requiere mayor ancho de banda para ser transmitida que la analógica.
- Se necesita una conversión analógica-digital previa y una decodificación posterior, en el momento de la recepción.
- La transmisión de señales digital requiere una sincronización precisa entre los tiempos del reloj de transmisor, con respecto a los del receptor. Un desfase, por mínimo que sea, cambia por completo la señal.

La digitalización o conversión analógica-digital (conversión A/D) consiste básicamente en realizar de forma periódica medidas de la amplitud de la señal y traducirlas a un lenguaje numérico. La conversión A/D también es conocida por el acrónimo inglés ADC (analogic to digital conversion).

En esta definición están patentes los cuatro procesos que intervienen en la conversión analógica-digital:

Muestreo

El muestreo (en inglés, sampling) consiste en tomar muestras periódicas de la amplitud de onda. La velocidad con que se toman esta muestra, es decir, el número de muestras por segundo, es lo que se conoce como frecuencia de muestreo. El intervalo de tiempo entre cada 2 instantes de muestreo consecutivos es igual a " T_s " segundos y se le denomina PERIODO DE MUESTREO (T_s). (Figura 1)

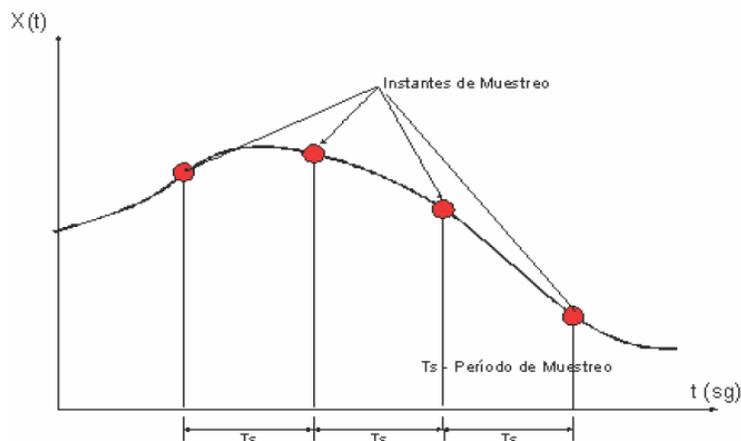


Figura 1 Período de Muestreo de una Señal Analógica

El muestreo digital es uno de los procesos que permite la digitalización de las señales. Consiste en tomar muestras periódicas de la amplitud de la señal analógica. Estas muestras (samples) no se toman de forma aleatoria, al azar, sino que se toman intervalos fijos de tiempo (de ahí que hayan quedado definidas como periódicas).

Cada muestra debe durar el mismo tiempo y efectuarse en el mismo intervalo. La velocidad a la que se hace este muestreo, es decir, el número de muestras que se toman por segundo es lo que se conoce como frecuencia de muestreo

Por muy eficaz que sea el muestreo realizado, por muy alta que sea la frecuencia de muestreo, hay que tener presente que siempre que haya un muestreo va a haber una cierta pérdida de calidad de la señal. Siempre habrá matices de la señal que no van a ser tenidos en cuenta, dado que no han sido muestreados. (Figura 2)

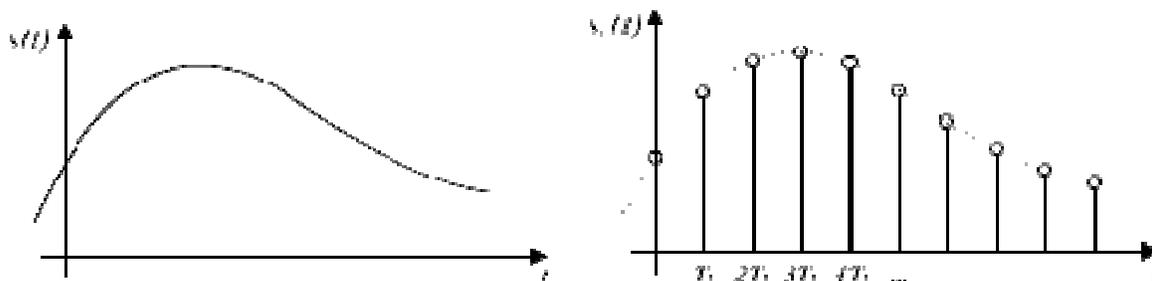


Figura 2 Señal Analógica y Señal Digital

Retención (En inglés, Hold)

Las muestras tomadas han de ser retenidas (retención) por un circuito de retención (Hold), el tiempo suficiente para permitir evaluar su nivel (cuantificación). Es el que se emplea en la práctica consiste en tomar la muestra y retener el valor un cierto tiempo hasta que comience el próximo período de muestreo. (Figura 3)

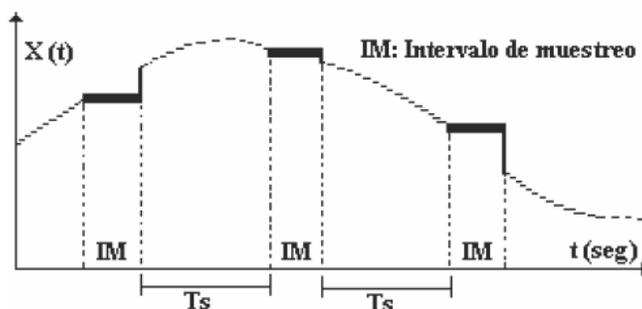


Figura 3 Retención

Cuantificación

En el proceso de cuantificación se mide el nivel de voltaje de cada una de las muestras. Consiste en asignar un margen de valor de una señal analizada a un único nivel de salida.

El proceso de cuantificación es uno de los pasos que se sigue para lograr la digitalización de una señal analógica. Básicamente, la cuantificación lo que hace es convertir una sucesión de muestras de amplitud continua en un sucesión de valores de amplitudes discretas o lo que es lo mismo, una señal digital, aunque no binaria.

Durante el proceso de cuantificación se mide el nivel de voltaje de cada una de las muestras, obtenidas en el proceso de muestreo, y se les atribuye a un valor finito (discreto) de amplitud, seleccionado por aproximación dentro de un margen de niveles previamente fijado.

Los valores preestablecidos para ajustar la cuantificación se eligen en función de la propia resolución que utilice el código empleado durante la codificación. Si el nivel obtenido no coincide exactamente con ninguno, se toma como valor el inferior más próximo.



Proyecto de Investigación y Desarrollo Diseño y Construcción de un Monitor de Signos Vitales basado en un Computador Portátil



Alexis Meneses Arévalo
alexismeneses@dalcame.com

Daissy Carola Toloza Cano
daissytoloza@dalcame.com

En este momento, la señal analógica (que puede tomar cualquier valor) se convierte en una señal digital, ya que los valores que están preestablecidos, son finitos.

No obstante, todavía no se traduce al sistema binario. La señal ha quedado representada por un valor finito que durante la codificación (siguiente proceso de la conversión analógico digital) será cuando se transforme en una sucesión de ceros y unos.

Así pues, la señal digital que resulta tras la cuantificación es sensiblemente diferente a la señal eléctrica analógica que la originó, por lo que siempre va a existir una cierta diferencia entre ambas que es lo que se conoce como error de cuantificación que se produce cuando el valor real de la muestra no equivale a ninguno de los escalones disponibles para su aproximación y la distancia entre el valor real y el que se toma como aproximación es muy grande. Un error de cuantificación se convierte en un ruido cuando se reproduzca la señal tras el proceso de decodificación digital.

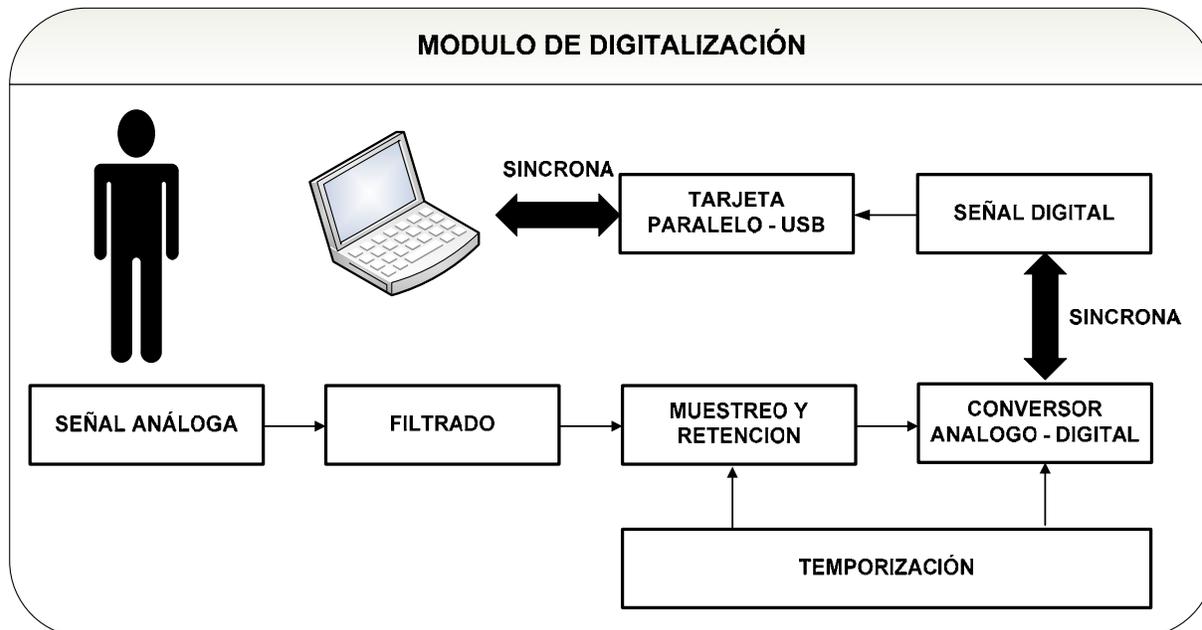
Codificación

La codificación consiste en traducir los valores obtenidos durante la cuantificación al código binario. Durante el muestreo y la retención, la señal aun es analógica puesto que aún puede tomar cualquier valor. No obstante, a partir de la cuantificación, cuando la señal ya toma valores finitos, la señal ya es digital.

La codificación es el último de los procesos que tiene lugar durante la conversión analógica-digital. La codificación consiste en la traducción de los valores de tensión eléctrica analógicos que ya han sido cuantificados (ponderados) al sistema binario, mediante códigos preestablecidos. La señal analógica va a quedar transformada en un tren de impulsos digital (sucesión de ceros y unos).

La codificación que se realiza mediante el sistema binario esta basada en el álgebra de Boole.

DIAGRAMA A BLOQUES



El proceso básico en la digitalización de señales son el filtrado para limitar la señal en banda (espectro finito), el muestreo y retención de la señal a través del circuito correspondiente a mas de dos veces la frecuencia máxima y cuantificación y codificación mediante un convertidor analógico-digital (PIC 16F877) con un tiempo de adquisición inferior al tiempo de retención y con la resolución en número de bits adecuada de acuerdo con la precisión que necesitemos. Tanto el muestreador como el convertidor serán controlados por el circuito de temporización (o control) que generan la señal muestreadora y las temporizaciones para generar la palabra código correspondiente a cada muestra, e inicio y finalización de la conversión.

Las principales características de los PIC son:

- Arquitectura Harvard: Consiste en la existencia de dos memorias independientes, una de datos y otra de instrucciones, con sus respectivos buses. Esto permite el acceso simultáneo al programa y los datos, y solapar algunas operaciones para mejorar el proceso.
- Segmentación de instrucciones: Consiste en dividir la ejecución de las instrucciones en varias fases, en el caso concreto de los PIC dos fases, de manera que se realizan simultáneamente distintas fases de distintas instrucciones. Así cada instrucción se ejecuta en un ciclo de instrucción (4 ciclos de reloj), excepto las de salto que ocupan tantos ciclos de instrucción como necesite para calcular la dirección de salto.
- Formato de instrucciones de longitud constante: Permite optimizar la memoria de instrucciones y el diseño de ensambladores y compiladores.
- RISC (computador de reducido juego de instrucciones)

- Instrucciones ortogonales: Todas las instrucciones pueden manejar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o destino.
- Arquitectura basada en un banco de registros: Todos los objetos del sistema se encuentran implementados físicamente como registros.
- Gran variedad de microcontroladores y muchas herramientas de soporte.

El microcontrolador, típicamente consta de:

- CPU o procesador: Es el cerebro del sistema que procesa todos los datos que viajan a lo largo del bus.
- Memorias: Está formada por una no volátil (ROM, EEPROM, FLASH) donde se almacenan los programas y una volátil (RAM) donde se almacenan los datos.
- Reloj principal: Normalmente todos los microcontroladores tienen incorporados circuitos osciladores para el funcionamiento de éstos.
- Puertos E/S (Entrada/Salida): Soportan las líneas que comunican al microcontrolador con los periféricos externos.
- Perro guardián o Watchdog: Contador que resetea al microcontrolador cada vez que rebosa. Sirve para evitar fallos de funcionamiento, por lo que hay que inicializarlo periódicamente antes de que rebose.
- Protección ante fallo de alimentación o Brownout: Circuito que resetea al microcontrolador cuando la tensión de alimentación baja de un cierto límite.
- Temporizadores: Para controlar periodos de tiempo.
- Convertidores A/D y D/A. (Analógico/Digital y Digital/Analógico)
- Comparadores analógicos
- Moduladores de anchura de impulsos.
- Puertos de comunicación: Tanto serie como paralelo.
- Control de interrupciones

Los PIC se clasifican en distintas gamas atendiendo a los recursos disponibles en cada uno de ellos. El Microcontrolador que se utilizó pertenece a la Gama Media. Esta gama es más variada y completa de los PIC, con encapsulados desde 18 a 68 pines. Tiene un conjunto de 35 instrucciones de 14 bits de ancho. Permite además características importantes que no soportaban los anteriores como son:

- Interrupciones
- Pila de 8 niveles que permite anidamiento de subrutinas.
- Memoria no volátil de programa de hasta 8K x 14 de tamaño, direccionada por el contador de programa (PC) de 13 bits.
- Memoria RAM de datos de hasta 368 x 8 de tamaño, direccionada por el código de operación o por el registro FSR y parte del registro STATUS.
- Unidad aritmético-lógica de 8 bits con un registro acumulador de trabajo asociado también de 8 bits. Realiza operaciones aritméticas y lógicas utilizando siempre como operando el registro acumulador y otro dato perteneciente a cualquier registro. Realiza operaciones de suma, resta y desplazamiento. Opera en complemento a 2 (C'2). Dependiendo del resultado, afecta a algunos bits del registro de estado.

- Oscilador encargado de las generaciones de tiempo del sistema.
- Circuitos controladores del RESET.
- Puertos E/S. Existen hasta 7 puertos de E/S, aunque no existe ningún dispositivo que los implemente todos. Además se multiplexan con distintos elementos del sistema.
- Módulos periféricos. Son la característica que diferencia a los distintos microcontroladores. Éstos facilitan la comunicación con el mundo exterior, tal como las E/S de propósito general, y tareas internas tal como puede ser la generación de las distintas bases de tiempo. Los periféricos sobre los que se está hablando son; E/S de propósito general, hasta tres temporizadores, módulo de captura, comparación, y PWM (CCP), puerto serie síncrono (SSP), USART (SCI), módulo para generación de voltajes de referencia, módulos comparadores analógicos, conversores analógico digital (A/D), módulo para control de Display de cristal líquido (LCD) y puerto paralelo esclavo (PSP).
- Registros generales del sistema.

Las características del juego de instrucciones vienen determinadas por el tipo de arquitectura que tienen los PIC:

- La arquitectura Harvard,
- Conjunto de instrucciones reducido (RISC).

Esto implica que:

- Normalmente el bus de instrucciones es mayor que el de datos. De esta forma se obtiene una mayor eficiencia adaptando los anchos de los buses a los requerimientos de la arquitectura y, por tanto, se optimiza el funcionamiento.
- Las instrucciones son de una única palabra. Debido a lo anterior se diseñarán memorias de un ancho igual al código de operación de las instrucciones, pudiendo acceder a su lectura en un solo ciclo. Además el tamaño de la memoria coincidirá con el número de instrucciones que podemos almacenar, a diferencia de la arquitectura Von Neumann, en donde suele existir, de forma general, un ratio de 2:1 (siendo la memoria de 4Kbytes, aproximadamente 2Kbytes son instrucciones).
- Segmentación de instrucciones. Esto consiste en ejecutar las instrucciones en distintas fases, unas con acceso a memoria de instrucciones y otras con acceso a memoria de datos. Al poder realizarse accesos simultáneos a ambas memorias, podemos ejecutar las instrucciones en un único ciclo de instrucción.
- El hecho de tener pocas instrucciones facilita el aprendizaje.
- Arquitectura basada en registros. Todos los elementos de la arquitectura, incluido el contador de programa (PC), se encuentran mapeados en la memoria de datos, que a su vez está implementada físicamente como registros.
- Instrucciones ortogonales: Son aquellas que permiten trabajar con todos los registros del sistema y con todos los direccionamientos existentes. Esta simetría permite una programación más eficiente. En la gama media existen únicamente dos instrucciones no orientadas a registros, que son las instrucciones CLRWDT y SLEEP.

Una vez realizada la conversión análoga – digital se deben enviar los datos al PC; para esto se utiliza una tarjeta que convierte las señales Serial a USB (Figura 4). Esta herramienta de desarrollo ofrece dos formas de uso UART/FIFO que se pueden configurar individualmente

de diversos modos. Ofrece una variedad de modos de operación incluyendo una interfaz serial síncrona.

Con las siguientes características:

- Se puede configurar para puerto Serial o Puerto Paralelo
- No requiere de ninguna programación en protocolo USB
- La interfaz UART soporta 7/8 bits de datos, ½ bit de parada.
- Transferencia de datos a una tasa de 1 a 300 Mega Baudios (RS232)
- Transferencia de datos a una tasa de 3 a 300 Mega Baudios (TTL and RS422 / RS485)
- Transferencia de datos a una tasa de 1 MegaByte por Segundo.
- Rango de Voltaje de operación de 4.35V a 5.25V
- Velocidad del USB 2.0
-

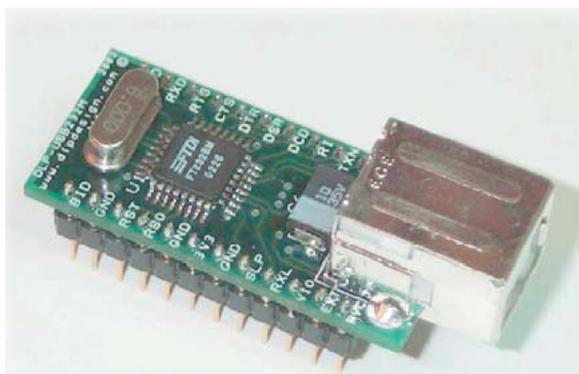


Figura 4 Tarjeta conversión a USB

Áreas de aplicación:

- Conversor dual del puerto RS232 a USB
- Conversor dual del puerto RS422 / RS485 a USB
- Instrumentación
- Control Industrial
- Aislamiento galvánico con la interfaz USB

Diagrama a bloques

- Oscillator: El oscilador genera una entrada de referencia 6MHz al reloj. (Figura 5)
- Multi-propose UART/FIFO Controllers: Los controladores multi-propósitos del UART/FIFO manejan una transferencia de datos dual entre Rx y Tx registrando la transmisión y el envío. Cuando está configurado como UART maneja asíncronamente 7/8 bit de paralelo a serial o de serial a paralelo en la conversión de datos de la interfaz RS232 (RS422 y RS485). (Figura 6)
- EEPROM Interface: La EEPROM permite que cada uno de los canales del módulo sea configurado independientemente como serial UART o paralelo FIFO.

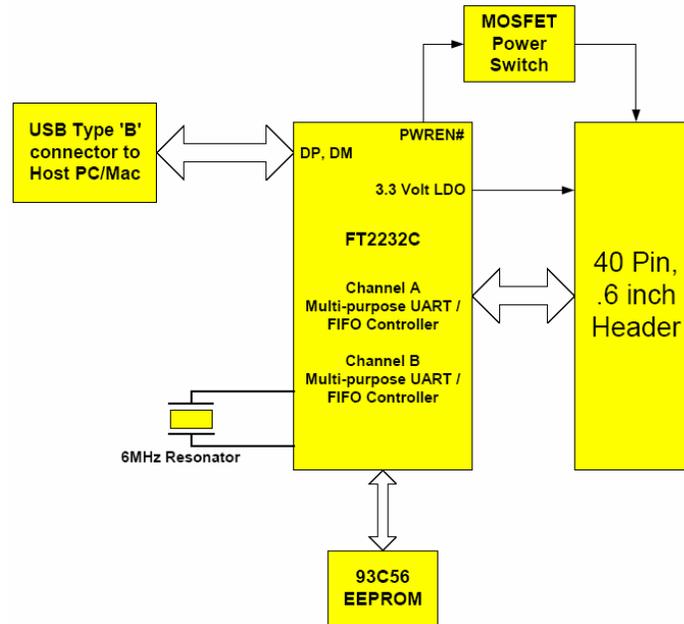


Figura 5 Diagrama a bloques

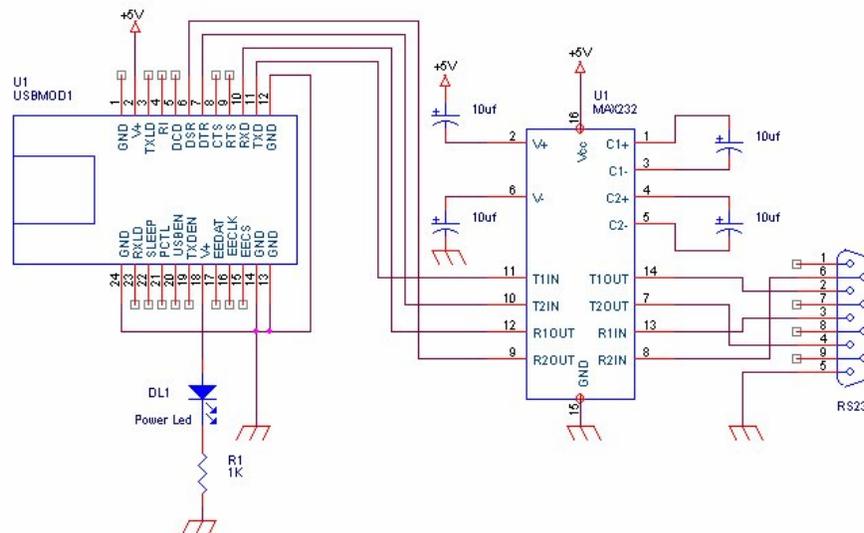


Figura 6 Interfaz USB – RS232

DAISSY CAROLA TOLOZA CANO
Director del Proyecto