

## Propuesta de diseño de una bomba cloradora para el servicio de nefrología del municipio de Bayamo en Granma

### Design proposal for a chlorinator pump for the nephrology service of the municipality of Bayamo in Granma

R. Martinez Segura<sup>1</sup>, R. Rivero Labrada<sup>1</sup>, S. Escobar Yero<sup>1</sup>, A. Giralt<sup>2</sup>, Y. Andrial Mora<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Departamento de Biomédica, FITIB, Universidad de Oriente, roger.rivero@uo.edu.cu

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Automática, FIE, Universidad de Oriente, angelagiralt@uo.edu.cu

<sup>3</sup>Departamento de Biomédica, FITIB, Universidad de Oriente, yolandaandrial@uo.edu.cu

Recibido: 01/12/2021 Aceptado: 29/12/2021

**Resumen**— El tratamiento de Hemodiálisis se ha convertido en los últimos años en una solución temporal para todos aquellos pacientes que padecen de insuficiencia renal crónica, patología que surge luego de que los riñones pierden su completa o parcial funcionalidad, la cual está en aumento en Cuba y en toda Latinoamérica. En el presente proyecto se propone el diseño de una tarjeta electrónica para una bomba cloradora para la planta de agua del servicio de Hemodiálisis en el municipio de Bayamo, provincia Granma. La tarjeta fue concebida para una implementación fija en el área de la planta de agua del hospital Carlos Manuel de Céspedes, utilizando un Microcontrolador Pic de la serie 18f4685, un display LCD para la visualización, una memoria externa, un COR para la interacción usuario-tarjeta.

**Palabras claves:** hemodiálisis, terapia, diálisis, insuficiencia renal tarjeta.

**Abstract**— Hemodialysis treatment has become in recent years a temporary solution for all those patients who suffer from chronic renal failure, a pathology that arises after the kidneys lose their complete or partial functionality, which is increasing in Cuba and throughout Latin America. This project proposes the design of an electronic card for a chlorination pump for the water plant of the Hemodialysis service in the municipality of Bayamo, Granma province. The card was conceived for a fixed implementation in the area of the water plant of the Carlos Manuel de Céspedes hospital, using a Pic Microcontroller of the 18f4685 series, an LCD display for visualization, an external memory, a COR for user-interaction. card.

**Key words:** hemodialysis, therapy, dialysis, kidney failure card

#### INTRODUCCIÓN

Los riñones son los órganos más importantes del sistema urinario, se encargan de la filtración, absorción y reabsorción del agua, sales e iones que llegan para la producción de orina; son órganos pares, filtran la sangre del aparato circulatorio y eliminan los desechos.

Durante muchos años, los métodos para la eliminación extrarrenal de sustancias difusibles de la sangre han atraído el interés de los investigadores. El primer riñón artificial usado experimentalmente en animales, fue empleado por Abel, Rowntree y

Turner, quienes publicaron sus trabajos en 1913. A partir de aquí empezaron a aparecer trabajos relacionados con este tema cada vez con mayor frecuencia y calidad, hasta inventar finalmente un aparato que ha sido fabricado en gran escala como el "Twin coil artificial kidney". El aparato de Skeggs y Leonards fue considerado como muy eficaz tanto como dializador y ultrafiltro. La industria de la fabricación de riñones artificiales ha evolucionado admirablemente, diseñando equipos sofisticados, que permiten realizar el tratamiento del agua, el control computarizado, la ultra filtración, etc. Otorgando mayor seguridad y confianza a los pacientes que requieren de este tratamiento.

La calidad en el tratamiento que reciben los pacientes en Hemodiálisis (HD) es cada vez mejor. En la actualidad se corrige en gran medida la anemia, se previene la osteodistrofia renal, se preocupan de la nutrición de los pacientes y del riesgo cardiovascular de los mismos. En esta situación, empieza a emerger como problema importante la biocompatibilidad. Una parte fundamental de la biocompatibilidad en hemodiálisis la constituye el líquido de diálisis (LD) y de ahí la importancia y necesidad de tratar adecuadamente el agua utilizada en su fabricación y de alcanzar un adecuado nivel de calidad.

El LD es un elemento fundamental de la hemodiálisis. Es un medio líquido que se pone en contacto con la sangre a través de la membrana semipermeable del dializador durante la sesión de hemodiálisis. Permite el intercambio de sustancias, fundamentalmente solutos, con la sangre de forma bidireccional.

La calidad y pureza del líquido de diálisis es uno de los principales requisitos de la técnica de hemodiálisis. De hecho, la presencia de contaminantes en el líquido de diálisis expone al paciente a un riesgo de acumular sustancias tóxicas, dando lugar a complicaciones. La pureza y calidad del concentrado es la consecuencia de una compleja cadena de procesos en la que cualquier error tiene un gran impacto en el producto final. Es por tanto necesario cuidar todos los elementos y pasos necesarios para la producción del mismo. Las condiciones de preparación, distribución y almacenamiento deben estar diseñadas para minimizar el riesgo de contaminación química y microbiológica.

El agua potable empleada para consumo humano no sirve para la fabricación de líquido de diálisis, es imprescindible purificarlo. La situación del paciente en hemodiálisis es muy diferente dado que su sangre se pone en contacto con aproximadamente 360 litros de agua a la semana. La exigencia de la calidad del agua y del líquido de diálisis ha ido aumentando a lo largo de la historia. Al principio se trataba de prevenir el síndrome de agua dura y las contaminaciones bacterianas (descalcificadores). Posteriormente hubo que enfrentarse a diferentes contaminantes difíciles de eliminar; entre ellos se incluyen distintos iones

metálicos como el aluminio, cuya intoxicación produce encefalopatía y osteomalacia, cuando el contenido de magnesio es muy alto, llega a propiedades laxantes que pueden afectar su potabilidad.

Tan importante como contar con la mejor Planta de tratamiento, es conseguir y mantener el grado de pureza alcanzado en el agua hasta el momento de su empleo. Al llegar el agua al tanque de sedimentación es clorada hasta lograr obtener un nivel de cloro en parámetros ya preestablecidos (de 0.05ppm hasta 0.08ppm), que no los posee, porque el sistema de abastecimiento de agua del hospital en cuestión después de clorar el agua la almacena en tanques elevados, donde es expuesta a la radiación solar; la cuál degrada el cloro presente en el agua impidiendo esto que llegue con los niveles de cloro necesarios para poder producirse el líquido de diálisis, dando lugar a diferentes problemas como la interrupción de la Planta por proliferación de bacterias y virus en el agua; lo que a su vez ocasiona la interrupción de la terapia en todos los pacientes necesitados de la misma teniendo en ocasiones que trasladarse hasta otros municipios para ser atendidos. Debido a dicha situación.

El hospital “Carlos Manuel de Céspedes” en la ciudad de Bayamo, provincia Granma plantea la posibilidad de diseñar una bomba cloradora para el servicio de nefrología.

## MATERIALES Y MÉTODOS.

La HD es la terapia más asequible y efectiva que tienen los pacientes que sufren de IRC, padecimiento que va en aumento en todo el continente americano y también en Cuba. Siendo así, es una tarea de singular importancia que se intente conseguir el mejor tratamiento posible para las personas afectadas, el cual depende en gran medida de los Monitores de Hemodiálisis y a su vez estos del líquido de diálisis. Para conseguir dicha meta se planea el diseño de una cloradora de agua apoyados en las herramientas de diseño y de programación que será la encargada de clorar el agua en un nivel correcto y estable para así permitir el flujo constante e ininterrumpido del agua clorada por los diferentes filtros y de esta forma que recorra toda la planta de agua permitiéndose obtener los parámetros establecidos para la misma.

## **HERRAMIENTA PROTEUS**

Para la simulación del funcionamiento de los diferentes elementos electrónicos se empleó el Laboratorio Virtual PROTEUS.

- ✓ El PROTEUS es una aplicación CAD, compuesto de tres módulos:
- ✓ ISIS (Intelligent Schematic Input System): es el módulo de captura de esquemas.
- ✓ VSM (Virtual System Modelling): es el módulo de simulación, incluyendo PROSPICE.

- ✓ ARES (Advanced Routing Modelling): es el módulo para la realización de circuitos impresos (PCB).

El PROTEUS es una herramienta utilizada en la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción. Sin esta valiosa herramienta realizar el diseño electrónico para realizar las simulaciones y finalizar en la construcción de un proyecto sería extremadamente complejo. El depurado de errores puede convertirse en una labor ardua en tiempo y recursos, lo que conlleva un alto coste económico. Con PROTEUS las fases de prueba no suponen la necesidad de volver a construir nuevos prototipos, con el ahorro de costos y tiempo que ello supone.

Los diferentes módulos que componen Proteus se pueden adquirir de forma independiente añadiendo nuevas funcionalidades a medida que aumentan las necesidades de desarrollo y producción. Además, la capacidad de simular cada una de las familias de microprocesadores también es objeto de principal importancia. De esta manera se puede empezar a implementar unas funcionalidades básicas e ir añadiendo progresivamente nuevas características aprovechando al máximo las ventajas en la herramienta y asegurar al máximo el éxito del proyecto.

### ***HERRAMIENTA CCS COMPILER***

El CCS Compiler es una herramienta útil para programar microcontroladores PIC, en la cual están incluidas muchas librerías para el manejo de puertos, Drivers o librerías de código fuente para manejo de pantallas LCD, teclados, sensores, protocolos de comunicación, memorias, conversión analógica a digital entre otros. Es un compilador de alto nivel que permite realizar las mismas tareas y en un menor tiempo de desarrollo y con una mucha mayor facilidad en la programación en comparación al lenguaje ensamblador. Se integra al módulo de desarrollo IDE del MPLAB (software de desarrollo de MICROCHIP) y a otros simuladores y editores del código fuente.

### ***DISEÑO ELECTRÓNICO DE LA TARJETA.***

En este capítulo se propone el diseño de una tarjeta electrónica de una cloradora, para mantener el correcto nivel de cloro en agua para la planta en un hospital, y específicamente para el servicio de hemodiálisis. Se plantean las principales especificaciones técnicas y funcionales de la tarjeta además de las soluciones de diseño del circuito electrónico.

### **CRITERIOS Y ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO**

Ante la necesidad surgida fue necesario definir criterios bases para el diseño de la tarjeta electrónica. Estos son:

1. Ser una tarjeta compacta con capacidad de operación en modo continuo.
2. Tener una interfaz de usuario sencilla con LCD para la interacción con el usuario.
3. Implementar un Reloj en Tiempo Real (RTC) para el control de todas las acciones realizadas por el usuario.
4. Tener capacidad de almacenamiento en memoria externa (128 kB) de todos los cambios efectuados por el usuario.
5. Poseer capacidad para acceder y descargar desde una PC los datos procesados (almacenados en memoria externa y en tiempo real) por medio de conexión RS 232.

El diseño del esquema electrónico y las simulaciones gráficas e interactivas se realizaron por medio del IDE (del inglés, *Integrated Development Environment*) Proteus 8 Professional (Labcenter Electronics Ltd, versión 8.12 SP2 (compilación 30713), Reino Unido, 2021).

En las diferentes etapas del diseño se emplearon algunos de los módulos especializados implementados en Proteus.

El módulo ISIS (del inglés, *Intelligent Schematic Input System*) se utilizó para el diseño electrónico.

El programa fue escrito en lenguaje C y se empleó el PIC CCS C COMPILER® (versión 5.015, 2020) y el compilador PCWHD, ambos de la compañía Microchip (Microchip Technology, Inc., Arizona, EE. UU.).

### **DESCRIPCIÓN DEL DISEÑO ELECTRÓNICO**

Las partes funcionales en las que se dividió la tarjeta se muestran en la Figura 1. La cual cuenta con un sensor que capta la señal analógica, dicha señal pasa al bloque de procesamiento y cálculo en el que se hace la conversión analógica digital y se calcula el caudal volumétrico que será la salida de esta área. Luego pasa a la etapa de control y visualización, donde se chequea continuamente y se visualiza en una pantalla LCD el flujo de agua que va teniendo la planta y si alcanza el valor establecido dará un pulso en nivel alto al bloque de activación de la bomba, que cuenta con un componente eléctrico que es el que alimentará la bomba para que inyecte el cloro. Los datos de la etapa de control y visualización son almacenados en una memoria externa que mediante la comunicación tipo UART se pueden acceder

mediante una PC. Para alimentar esta tarjeta se requiere de una fuente de alimentación externa que proporcione +12 V y +5 V.

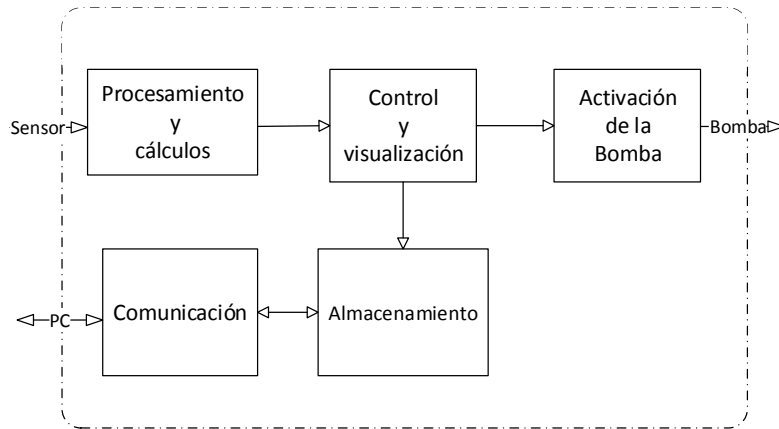


Figura 1. Diagrama en bloques funcional de la tarjeta electrónica propuesta

En la Figura 2 se puede observar la relación de comunicación direccional del microcontrolador PIC 18F4685 mientras que en la Figura 3 tenemos la conexión con todos los dispositivos periféricos con los que interactúa, siendo este el centro de control de todo lo que ocurre en el prototipo. El sensor mantiene una comunicación unidireccional hacia el PIC entregando los niveles de tensión variables. Estos niveles de tensión son convertidos a caudal mediante operaciones matemáticas que se realizan internamente, dicho caudal es visualizado en el LCD, donde el usuario también va a poder ver y seleccionar las cantidades de cloro a inyectar al agua mediante la interacción con el COR. Dependiendo de estas cantidades el PIC dará pulsos al Driver para mediante este activar la bomba. Todos estos datos son almacenados en la memoria externa de manera continua y en orden cronológico gracias a la interacción del micro y el Reloj en Tiempo Real. Estos datos se pueden leer y modificar de forma externa mediante la utilización de una computadora.

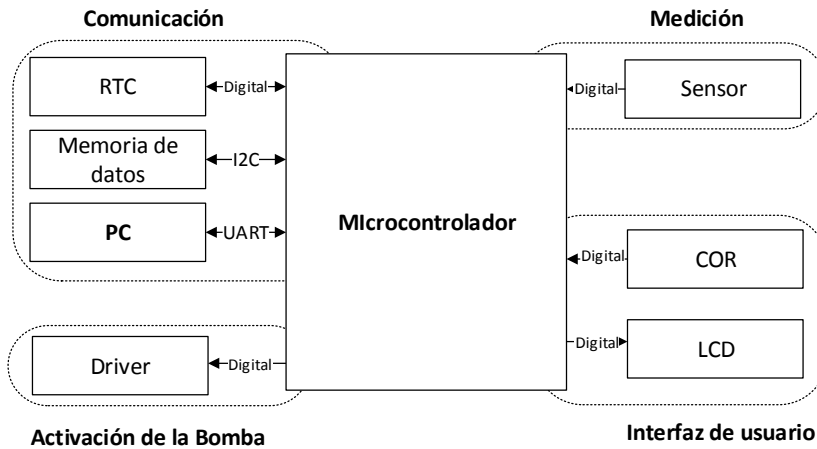


Figura 2. Relación del microcontrolador con los periféricos

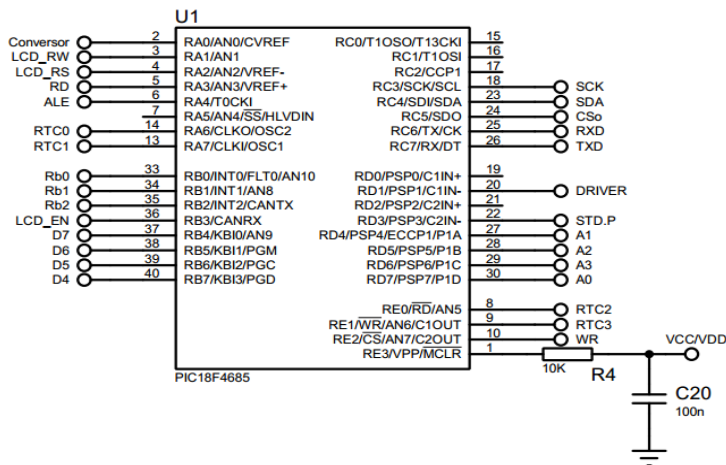


Figura 3. Asignación de terminales del microcontrolador.

### **FUNCIÓN DE CONTROL**

La función de control se realiza completamente por el microcontrolador. En este residirán los algoritmos que permiten controlar la bomba, la interfaz de usuario, la comunicación en general, todo lo que sucede en la tarjeta.

Se escogió un microcontrolador de bajo consumo de la gama alta PIC18F4685-I/P del fabricante Microchip. El mismo incorpora una memoria de programa de 96 kB y memoria de acceso aleatorio de 3328 bytes de capacidad, respectivamente. Mientras que la capacidad de datos no volátil es de 1 Kb. Posee 40 terminales de ellos 36 de entrada-salida, convertidor A/D de 10 bits, módulos de comunicación SPITM, I2CTM (del inglés, Inter-Integrated Circuit), y hasta 4 temporizadores [7].

Por el canal analógico AN0 (terminal 2) se obtiene la tensión proveniente del Amplificador Operacional encargado de acondicionar la tensión obtenida del sensor de presión diferencial. La activación de la bomba se realizará por un pulso alto que energizará un transistor Mosfet de potencia conectado al pin RD1 (terminal 20) y este producirá la activación de la bomba.

La interfaz gráfica mediante LCD estará conectada por los puertos A y B utilizando los terminales (3,4,35,36,37,38, 39,40) y el COR para la interacción con las diferentes opciones será por RB0, RB1, RB2 en los terminales (33, 34, 35) respectivamente. El RTC estará repartido por los puertos A, C, D y E en los terminales (8,9,13,14,18,22 al 30) y la EEPROM externa para almacenar todos los datos conectada por RC3 y RC4 terminales (18 y 23) respectivamente.

El bloque de estimulación es el encargado de realizar la inyección de cloro mediante una bomba y este a su vez lanzará un disparo de cloro que suministra 1 mL de cloro al agua. La misma dará tantos disparos como sea ordenado por el bloque de control, después de ser calculado y procesado el caudal volumétrico de forma tal que se mantenga el nivel de cloro desde 0.08 a 0.09 ppm, parámetros establecidos para que la concentración de cloro sea la correcta.

### **DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL**

La estructura del programa principal se representó en la Figura 2.4. En la inicialización se configuraron los terminales del microcontrolador, se inicializaron las variables globales, la EEPROM externa, el LCD y se esperó un tiempo para que el micro configurara todos sus protocolos internos, además, se configuran y habilitan las interrupciones globales y las externas. Durante la inicialización se muestra en pantalla la marca del prototipo durante alrededor de 4 segundos (ver Figura 2.5) donde se puede visualizar el nombre del prototipo y la versión del mismo. Inmediatamente va a comenzarse a verificar si el botón del COR se presiona durante 3 segundos en caso tal de que sea así, el usuario va a poder establecer la cantidad de disparos a realizar por la bomba, de tal forma de que esto no sucediera o luego de establecidos los disparos por el usuario y de que no se vuelva a presionar el botón el sensor realiza la medición de presión que irá al conversor del micro, para que con este valor se proceda a calcular el caudal. Este valor se podrá visualizar en el LCD del prototipo, seguidamente se comparará el valor obtenido con el dato preestablecido por el programador a su conveniencia. En caso de que el valor obtenido sea mayor que el preestablecido, el PIC ordenará que se bombeen la cantidad de disparos fijadas por el usuario y se verifica nuevamente si se ha presionado el botón del COR para así iniciar nuevamente el proceso. En caso de que esto no sucediera se comprueba nuevamente el botón del COR, se realiza una nueva medición y se siguen los pasos anteriormente descritos hasta que el valor del caudal sea mayor que el prefijado. El equipo se encuentra constantemente verificando si se presiona el botón del COR y obteniendo el valor de la presión para determinar el caudal y así realizar correctamente las acciones anteriormente descritas.



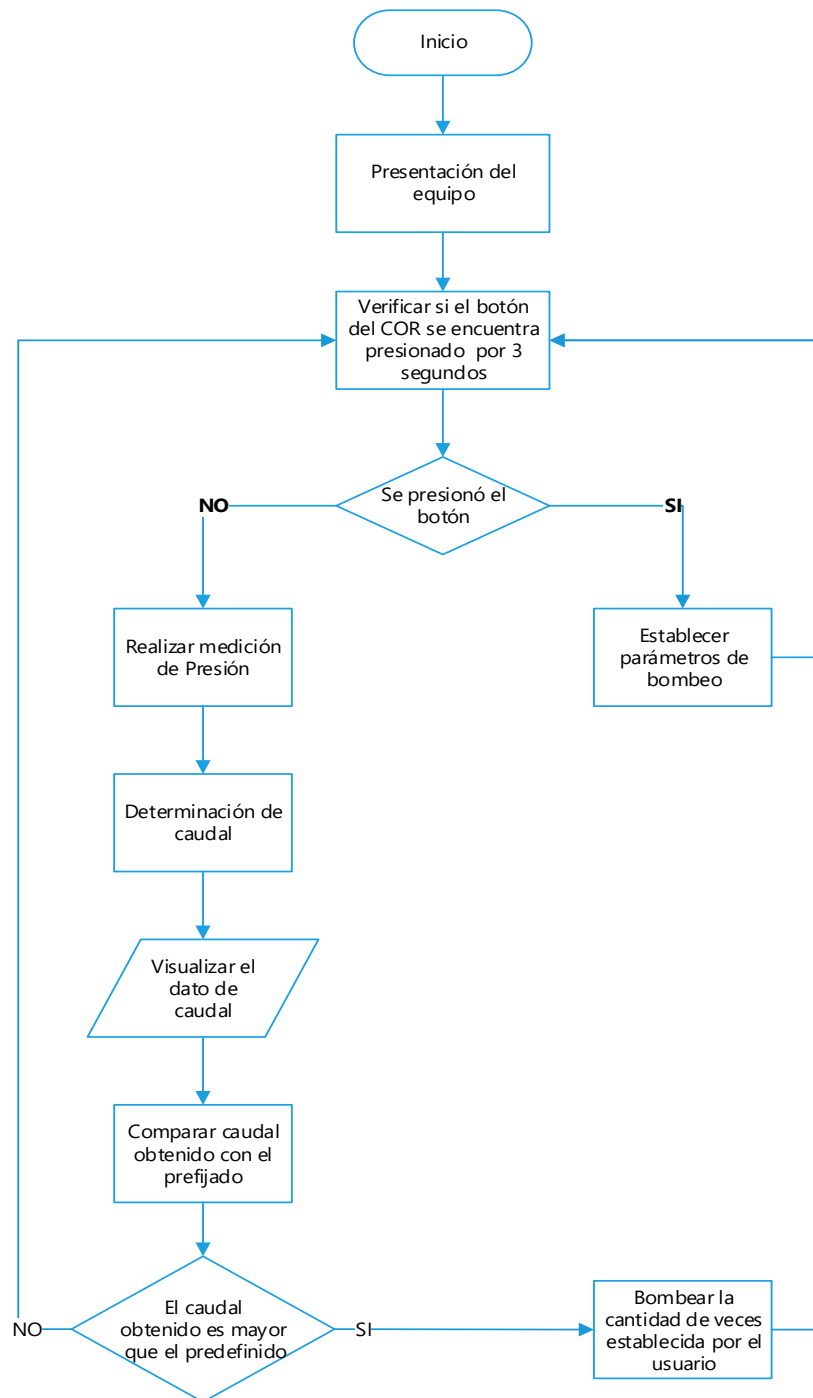


Figura 4 Diagrama de flujo del programa principal

**SECUENCIA DE INTERFAZ GRÁFICA**

Después de que el microprocesador configure todos sus parámetros internos, procederá a comenzar con la visualización de la marca y versión del prototipo (ver Figura 5) de una manera sencilla.

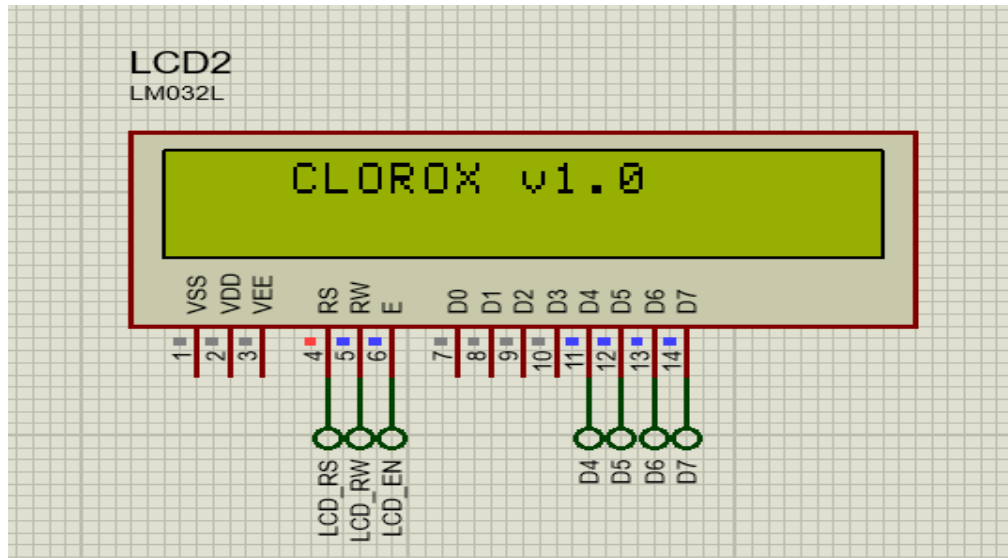


Figura 5 Inicialización del prototipo CLOROX V1.0

Cuando el botón del COR es presionado durante 3 segundos se accede al menú donde el usuario puede seleccionar el número de disparos a realizar por la bomba (ver Figura 6, opción” STROCS”), luego teniendo la cantidad seleccionada, en el momento que se cumpla la condición que analiza el caudal, el PIC activará la bomba mediante un Driver (ver Figura 7).

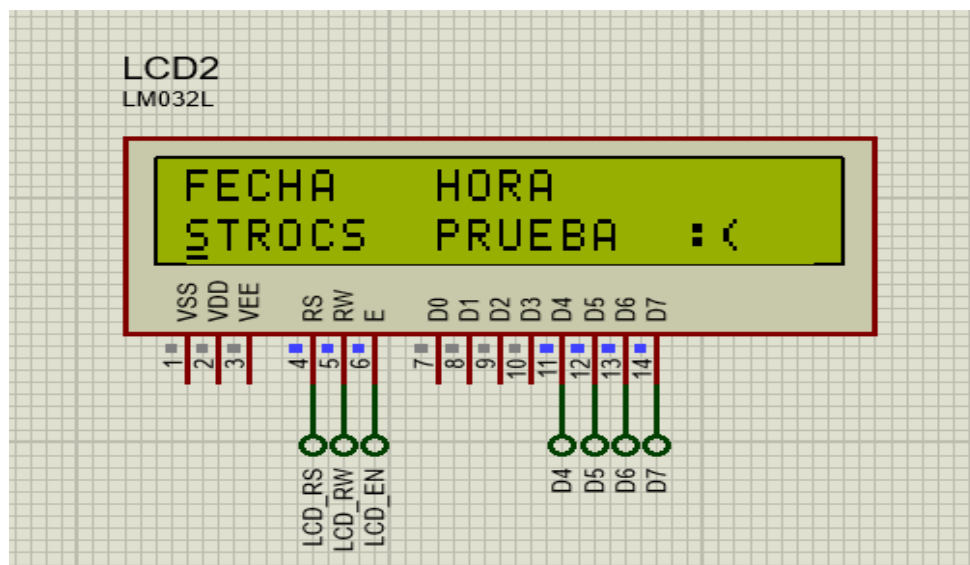


Figura 6 Interfaz del menú de la tarjeta

Para el manejo de la bomba se utiliza un transistor Mosfet de canal N, activado por un pulso proporcionado por el PIC al gate del transistor, la resistencia que se encuentra entre el pin del micro y el transistor no es necesario calcularla debido a que este transistor es gobernado por tensión. En este caso se utiliza un Led simbólicamente para simular la bomba.

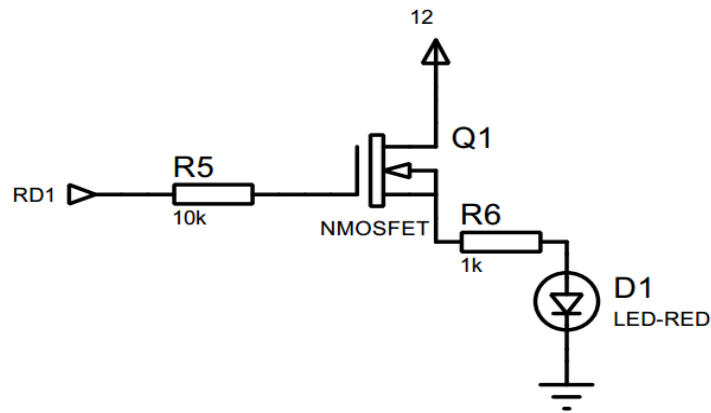


Figura 7 Driver para manejar la bomba

Para escoger el valor de la resistencia se procedieron a realizar los siguientes cálculos.

$$R = \frac{(V_a - V_r)}{I_{rl}}$$

$$R = \frac{(12\text{ V} - 2\text{ V})}{10\text{ mA}}$$

$$R = 1\text{ k}\Omega$$

Siendo  $V_r$  e  $I_{rl}$  la tensión y la corriente de la carga respectivamente, que en este caso corresponden al consumo del Led, y  $V_a$  la tensión que llega al drain del transistor Mosfet

Una vez seleccionado el número de disparos a realizar por la bomba, en el LCD se podrá visualizar la cantidad fijada, acompañado del caudal (en pantalla “FLJ”) en tiempo real que se está midiendo y del acumulado históricamente (ver Figura 8).

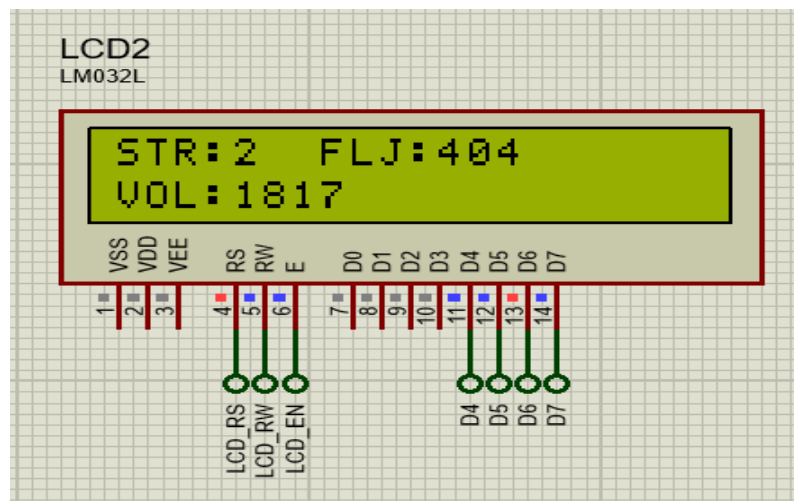


Figura 8 Visualización de los parámetros del prototipo CLOROX V 1.0

### **FUNCIÓN DE VISUALIZACIÓN EN EL LCD**

El LCD es del tipo transmisivo con retroalimentación modelo LM032L del fabricante HITACHI el cual dispone de 20 caracteres por 2 líneas. Se emplea para la visualización de los datos en pantalla en un ambiente orientado al trabajo con menús.

Se configuró para utilizar las dos líneas de datos y la comunicación con el microcontrolador la establece por pines en dos de sus puertos a través de las instrucciones existentes en el lenguaje de programación para hacerlo. En la Figura 9 se pueden visualizar las conexiones realizadas.

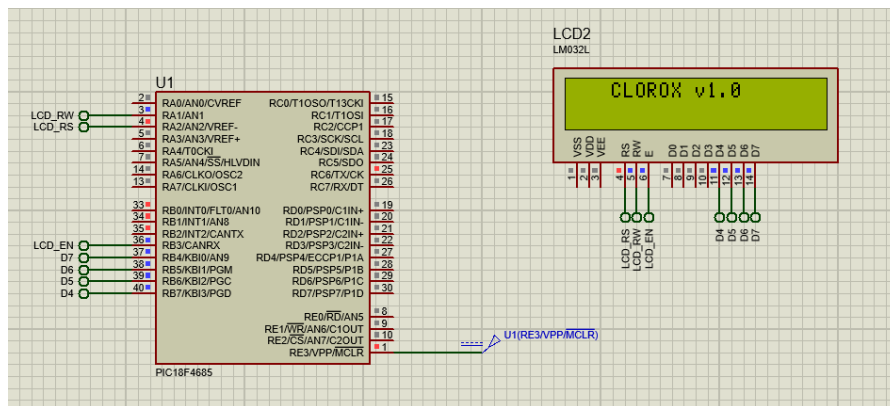


Figura 9 Conexión del LCD con el PIC

Para visualizar se pueden utilizar diferentes comandos a elección del programador y según las necesidades, ejemplo de uno de estas líneas de códigos es el siguiente:

```
lcd_putc(" CLOROX v1.0"); //muestra en el LCD la presentación del equipo con la versión
delay_ms(3800);           //espera de aproximadamente 4 segundos....
```

### **CODIFICADOR ÓPTICO ROTATORIO(COR)**

La navegación, a través de las opciones del menú y el ajuste de las variables de la tarjeta, se efectúa por medio de un COR modelo KY-040 (Quianxin, Shanghái, China). Los canales A y B proporcionan una salida en cuadratura y soporta una velocidad de hasta 120 r/min. Este COR fue diseñado especialmente para equipos portátiles que necesiten COR de larga durabilidad [8]. Se muestra en la Figura 10 la imagen real del COR utilizado.



Figura 10 Imagen del COR modelo KY-040

La conexión de este con el micro se establece por los pines de interrupciones externas RB0, RB1 y RB2 respectivamente, de esta forma cada vez que ocurre un movimiento es atendido inmediatamente y se entra al sub-programa de la interrupción correspondiente. Luego mediante la comprobación de los estados en que estaban estos pines y en los que se encuentren se puede saber el tipo de movimiento (horario o anti horario y si se presiona el botón) y dependiendo de la acción realizada lo visualizaremos en el LCD. Para atender estas interrupciones se utiliza la etiqueta (*#INT\_EXT*) acompañado del número de la interrupción y del sub-programa a realizar.

### BLOQUE DE ALMACENAMIENTO

Se usa una unidad de memoria no volátil modelo 24AA128 del fabricante Microchip. Tiene una capacidad de 128 kb. La misma en modo escritura, son accesibles en páginas de hasta 32 bytes o en bytes individuales y en modo lectura, pueden ser accesibles de forma aleatoria o secuencial. En la Figura 11 se muestra la conexión de esta memoria externa con el microcontrolador.

La interfaz de comunicación se realiza por medio del protocolo I2C™. Para la lectura y la escritura (*read\_ext\_eeprom* y *write\_ext\_eeprom*) y de esa forma se pueden escribir y leer los datos que se necesiten.

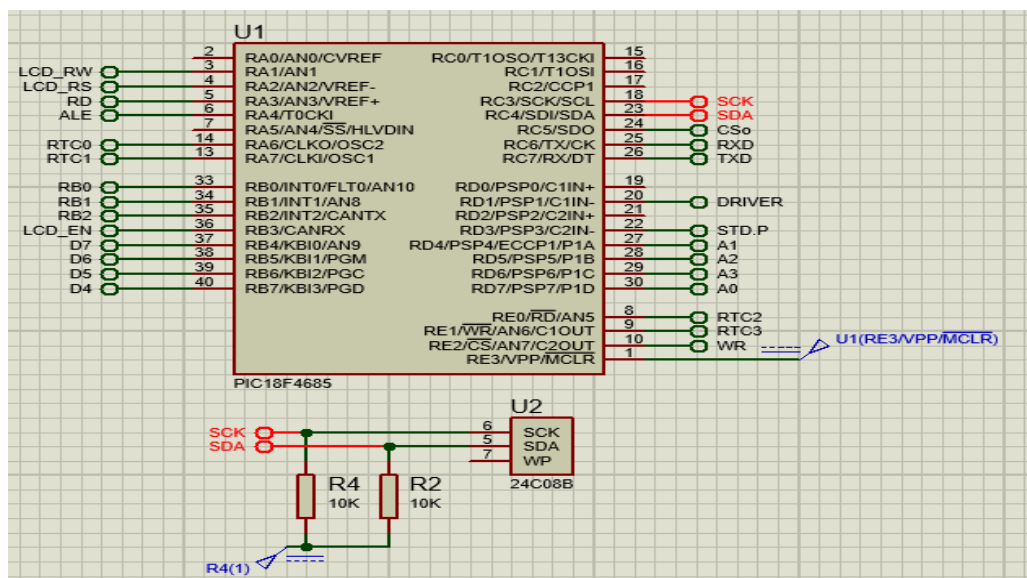


Figura 11 Conexión del PIC con la EEPROM (destacados en rojo)

### BLOQUE DE COMUNICACIÓN

Los datos pueden ser enviados a una PC, a voluntad del usuario, gracias a la habilitación de la interrupción de recepción del UART. El estándar USB (del inglés, *Universal Serial Bus*) se usa como medio de comunicación entre el prototipo y la PC (ver Figura 12). Como el microcontrolador escogido no incorpora el estándar USB se emplea un CI USB-UART modelo FT232BL/TR (Future Technology

Devices Intl. Ltd, Glasgow, Reino Unido). La interfaz UART admite transferencias en formato de 7 u 8 bits, con 1 o 2 bits de parada y con velocidades de 300 a 1 MBd. Este Circuito Integrado (CI) incorpora un buffer de recepción de 256 bytes y uno de transmisión de 128 bytes. El controlador de dispositivos (o *driver* en inglés) es compatible con los sistemas operativos más empleados (Windows, Linux y MAC) y se encuentra disponible en la página *web* del fabricante (<http://www.ftdichip.com>).

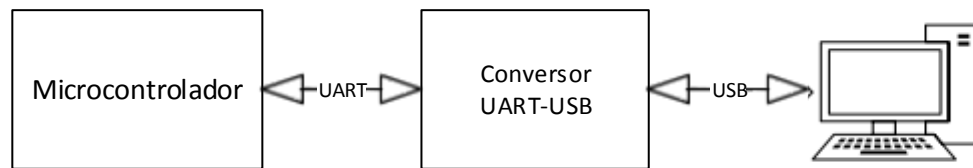


Figura 12 Esquema en bloques de la comunicación del PIC con la PC.

### CONCLUSIÓN.

En lo abordado en el presente trabajo se propuso el diseño de una tarjeta para una cloradora de agua, utilizando un microcontrolador PIC de altas prestaciones programado en un lenguaje de alto nivel, en busca de evitar importaciones. Este prototipo permite la automatización de la cloración del agua lo que se traduce en mejor calidad para el líquido de diálisis y a su vez en mejor calidad de vida para las personas dependientes del tratamiento de Hemodiálisis.

El software del programa le permite establecer al técnico de la planta la cantidad de disparos de cloro según sea la necesidad y está diseñado para mantenerse funcionando en un ciclo infinito.

### REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. *Anatomía Renal* 1. p. 52.
2. Available from: <https://www.muysaludable.cl/muysaludable/prevencion-y-cuidados/tendencias-mundiales/las-4-enfermedades-mas-comunes-que-afectan-a-nuestros-rinones>.
3. Elena, N.C.M. and M.G.N. Lorenzo, *Temas de Medicina Interna*, ed. t. Edición. 2017: Editorial de Ciencias Medicas. 560.
4. Enrique, A.R., *Fisiopatología de la insuficiencia renal crónica*. 2004: p. 63.
5. *TRATAMIENTO DIALÍTICO NORMATIVA DE COBERTURA FONDO NACIONAL DE RECURSOS*. julio de 2006: p. 23.
6. Ines, T., P. Angel, and G. Manuel, *Tratamiento del agua para hemodiálisis*. 1998. XVIII: p. 8.

7. PIC18F2682/2685/4682/4685, Data Shet. Enhanced Flash Microcontrollers with ECAN™ Technology, 10-Bit A/D and nano Watt Technology.
8. KY-040 Arduino Rotary Encoder User Manual.
9. Microstructure Pressure Sensors, Honeywell SCX Series.
10. National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, Insuficiencia renal,