

Diseño y Construcción de un Sistema de Control de Nivel y Calefacción de Agua Utilizando Plataforma LabView de National Instruments

Roy Jesús Maiguasca Nieves⁽¹⁾

Ing. Holger Cevallos Ulloa⁽²⁾

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
rmaiguas@fiee.espol.edu.ec⁽¹⁾
hcevallos@espol.edu.ec⁽²⁾

Resumen

En este artículo se describe un prototipo para observar y controlar las variables de nivel y de temperatura mediante control ON/OFF con una interfaz de LabView. El diseño y construcción de este prototipo académico se fundamenta en una aplicación específica de control, que es el control de dos variables físicas como son la temperatura y nivel de un líquido, en este caso agua que será depositada en un reservorio o tanque. Aquí se hará uso de una resistencia eléctrica que será sumergida en el reservorio que contiene agua con el fin de calentarla, lo que nos permitirá tener el líquido a la temperatura deseada lista para ser usada en cualquier proceso posterior. Una vez que se tenga el líquido a la temperatura deseada, se abre la llave del tanque y baja el nivel del agua. El objetivo del proyecto es verificar y controlar en cada instante el nivel del agua y temperatura que deberán ser mantenidos dentro de cierto rango preestablecido. Se desea que la bomba no sobrepase un nivel prefijado de agua. Verificar y controlar el encendido o apagado de la bomba, así como, el control de potencia a través de la carga resistiva para calentar el agua a temperatura deseada.

Palabras Claves: LabView, microchip, control, FIRMWARE, programación, VISA.

Abstract

In this paper, a prototype is described to monitor and control the level variables and temperature by ON / OFF control with LabView interface described. The design and construction of the academic prototype is based on a specific application control, which is control of two physical variables such as temperature and liquid level, in this case water will be deposited in a reservoir or tank. This will make use of an electrical resistance which is submerged in the reservoir containing water in order to heat it, this we will allow us to have the liquid to the desired temperature ready for use in any subsequent process. Once the liquid is taken to the desired temperature, the key opens the tank and lower the water level. The project aims to monitor and control every moment the water level, and temperature that must be kept within a certain predetermined range. It is desired that the pump does not exceed a predetermined level of water. Verify and control the switching on or off the pump and the power control through the resistive load to heat water to desired temperature.

Keywords: LabView, microchip, control, FIRMWARE, programming, VISA.

1. Introducción

El propósito fundamental de nuestro proyecto es automatizar el proceso de calefacción de agua para ser usada en varios procesos industriales, sin el manejo del operador, para que logre esta función, el hombre únicamente interviene en el proceso mediante una interfaz, siempre y cuando sea necesario realizar algún cambio en el ajuste de cualquiera de las variables de proceso, de lo contrario el sistema solamente recabará información de la planta con esto se hará mucho más fácil la detección de fallas y su rápida solución.

Como objetivos principales serán verificar y controlar en cada instante el nivel y temperatura del agua, los cuales deben ser mantenidos dentro de cierto rango preestablecido. Se desea que la bomba no sobrepase un nivel prefijado de agua.

Verificar y controlar el encendido o apagado de la bomba, así como, el control de potencia a través de la carga resistiva para calentar el agua a temperatura deseada.

Otro objetivo importante de este proyecto es diseñar e implementar un sistema de control de temperatura a través de la comunicación entre el sensor inteligente DS18B20 con su protocolo de comunicación One-wire y el microcontrolador 16F886 instalado en la tarjeta de adquisición de datos, el cual maneja los datos proporcionados por el sensor para mostrarlos por la pantalla del computador.

En el mundo actual se utilizan varios software para el control de procesos industriales, pero la plataforma LabView es para nosotros la más completa y compatible.

2. Metodología y justificación

Este proyecto fue construido con varios tipos de materiales, desde vidrio, plástico, hasta silicón, etc. El mismo que consta primeramente en un reservorio que fue armado con 5 piezas de vidrio de 10 mm de espesor cuyas piezas fueron ensambladas con silicón y montado sobre una base de acrílico para así lograr ubicar los equipos de control, adquisición, actuadores tanto en la parte superior, inferior e interior del tanque.

En la parte superior se instaló el sensor SRF05 para medir el nivel del agua sostenido firmemente por un brazo soporte de acrílico. Por este mismo brazo se adhiere la manguera que proviene de la bomba de 12 Vdc, que nos sirve para el llenado del tanque.

En la parte inferior del tanque tenemos la pequeña bomba de 12Vdc, el depósito de reserva, los actuadores y la tarjeta de adquisición de datos. En el interior del tanque hemos colocado la resistencia que nos servirá para calentar el agua. En la Figura 3.1 podemos observar la ubicación física de los equipos de control y demás accesorios de la planta.

El control de las variables físicas (temperatura y nivel) sobre el líquido a utilizarse en procesos posteriores, se realizara a través de una PC que tendrá como software LabView 2010 como controlador digital.

3. Hardware y Software a utilizar

Los componentes eléctricos y electrónicos que utilizamos en el desarrollo de nuestro proyecto son:

- Recipiente de vidrio de 15x15x25 cm³.
- Computador presario CQ43 de HP.
- Bomba de 12 Vdc.
- Resistencia de 600 W.
- Sensor de sonido SFR05.
- Sensor de temperatura DSB18B20.

Se utilizan los módulos de Ideas&tecnologías que constituyen también parte del Hardware de la planta [1]:

- Módulo adquisición de datos M.E.I&T 04.
- Módulo Control AC carga resistiva.
- Módulo P.H. 2A I&T.

3.1. Recipiente de vidrio

El reservorio que utilizamos en el proyecto es el que se muestra en la Figura 2.1, es un envase de vidrio realizado en un taller de la ciudad. El cristal tiene un espesor de 6mm, y sus lados son 15X15X25 cm dando un volumen total de 5625 cm³.

Así mismo se le realizo a dicho recipiente tres agujeros circulares de 1cm de diámetro, los mismos que sirven para instalar la resistencia en el fondo del tanque. El otro agujero sirve para evacuar el agua caliente a través de una manguera hacia otro tanque donde se colocara el agua caliente.



Figura 3.1 Recipiente de vidrio

3.2. Computador presario CQ43-HP

Nuestra computadora que utilizamos para el desarrollo de nuestro proyecto, es una Laptop de HP.

3.3. Bomba de 12 V dc

Para este proyecto la carga es un pequeño motor DC de 12 V que utilizamos para los limpia parabrisas de automóviles.

3.4. Resistencia de 600 W

En el desarrollo de este proyecto, estamos tomando como carga AC una resistencia de 600W para calentar el agua del reservorio.

Para poder elegir la resistencia adecuada que caliente una cierta cantidad de agua que se almacena en el tanque, se realizó un análisis para saber de cuantos watts debe ser la resistencia.

El cálculo que se realizó esta basado en los principios de transferencia de calor, ya que existen diferentes tipos de transferencia de calor [2]. Como ya se decidió anteriormente cuanto es el volumen de agua, se puede realizar el siguiente cálculo.

La ecuación de energía calorífica es:

$$\Delta Q = mc\Delta T \quad (3.1)$$

ΔQ : Variación de energía calórica.

m: Masa del agua.

c: Calor específico del agua.

ΔT : Variación de temperatura.

Por otro lado conocemos que:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (3.2)$$

Dónde:

m: Masa del agua.

ρ : Densidad del agua.

v: Volumen del agua.

Despejando m queda:

$$m = \rho v \quad (3.3)$$

$$m = \left(1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right) \times (3375 \text{cm}^3)$$

$$m = 3375 \text{ gr}$$

$$\Delta Q = (3375 \text{gr}) \times \left(1 \frac{\text{cal}}{\text{grK}}\right) \times (45^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C})$$

$$\Delta Q = 60750 \text{ Calorias}$$

Convirtiendo de calorías a joule nos queda [2]:

$$1 \text{ caloría} = 4.186 \text{ Joule}$$

$$\text{Energía} = (60750 \text{cal}) \times (4.186 \text{J/1cal})$$

$$\text{Energía} = 254299.5 \text{ J}$$

Finalmente tenemos que:

$$\text{Potencia} = \text{Energía} / \text{Tiempo}$$

$$\text{Potencia} = 254299.5 \text{J} / 732 \text{ seg.}$$

$$\text{Potencia} = 347.166 \text{ watts.}$$

Como se observa la potencia de la resistencia salió aproximadamente de 350 W, el tiempo que se utilizó para llevar una temperatura de 27 grados a 47 grados fue de aproximadamente 12 minutos.

La resistencia es de tipo tubular y sumergible, en este proyecto está siempre debe estar cubierta por el agua, porque si esta no se encuentra en esas condiciones se podría dañar.

3.5. Sensor de sonido SFR05

El SRF05 es un sensor de distancias pensado para ser una actualización del clásico SRF04 con el que es compatible, pero además añadiendo nuevas funciones y características. En el modo estándar, el SRF05 se comporta igual que el SRF04 con la diferencia de que el rango de trabajo se ha aumentado de 3 a 4 metros. Esto significa que todo el software que funciona con el SRF04, funciona con el SRF05. Por otro lado, el SRF05 cuenta con un nuevo modo de trabajo que emplea un solo pin para controlar el sensor y hacer la lectura de la medida. Lo que se hace es mandar un impulso para

iniciar la lectura y luego poner el pin en modo entrada. Después basta con leer la longitud del pulso devuelto por el sensor, que es proporcional a la distancia medida por el sensor. El SRF05 es mecánicamente igual al SRF04, por lo que puede ser un sustituto de este.



Figura 3.2 Sensor SRF05

El sensor SRF05 tiene dos modos de funcionamiento, según como se realicen las conexiones. La Figura 3.2 muestra al sensor SRF05.

3.6. Sensor de temperatura DS18B20

Para realizar el proyecto utilizamos el sensor inteligente DS18B20 el cual nos va a permitir obtener las lecturas de la temperatura del sistema, mediante su protocolo ONE-WIRE, este protocolo de Comunicación es en un bus, un maestro y varios esclavos de una sola línea de datos en la que se alimentan.

El sensor de temperatura DS18B20 impermeabilizado. Es bastante utilizado para medir en sitios lejanos, o en condiciones húmedas. Mientras que el sensor es apto hasta los 125 °C, el cable tiene una cubierta de PVC por lo que se sugiere mantenerlo debajo de 100 °C. Como es digital, no hay ninguna degradación de la señal incluso a largas distancias. El DS18B20 proporciona lecturas de la temperatura de 9 a 12 bits (configurable) sobre una interfaz "1-Wire", con sólo un cable de señal (y tierra) estando conectado a un microprocesador central. Utilizable con voltajes de 3.0-5.5V.

Como cada DS18B20 contiene un número de serie único, pueden existir varios DS18B20s en el mismo bus 1-Wire. Esto permite colocar sensores de temperatura en diferentes lugares.

Entre las aplicaciones donde esta característica es útil, se incluyen controles ambientales de HVAC, sensor de temperatura interior de edificios, equipo o maquinaria, monitoreo de procesos y control.



Figura 3.3 Sensor de temperatura DS18B20

Como sabemos que se debe sensar la temperatura del agua, el DS18B20 puede ser sumergido siempre y cuando sus pines no estén en contacto con el agua, por esta razón al sensor se lo cubrió con silicón y con masilla, tapado con cinta Scott.

Las características más importantes del DS18B20 son:

- Interfaz de 1-Wire® para comunicación.
- Cada dispositivo tiene un código serial único de 64-bit guardado en una memoria ROM interna.
- No requiere componentes externos.
- Puede ser alimentado a través de la línea de datos. El rango de voltajes de alimentación es de 3V a 5.5V
- Realiza mediciones desde -55°C hasta $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F hasta $+257^{\circ}\text{F}$)
- Tiene $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ de exactitud desde -10°C hasta $+85^{\circ}\text{C}$
- Resolución seleccionable de 9 a 12 bits.
- Convierte la temperatura a una palabra digital de 12 bits en 750ms (máx.)
- Alarmas configurables por el usuario en memoria no volátil.

Aplicaciones de control térmico, sistemas industriales, productos finales, termómetros y cualquier otro sistema que sea sensible térmicamente.

3.6. Módulos de Ideas&tecnologías

El módulo de control de temperatura se muestra en la figura 3.4 y contiene tanto el sensor de temperatura DS18S20, la resistencia de 600W y el actuador que maneja la resistencia calefactora. Este Módulo se activa de forma manual y automática .

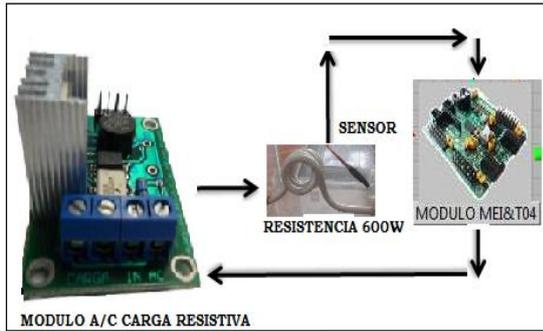


Figura 3.4 Módulo de Temperatura

Tanto el sensor de temperatura DS18S20 de DALLAS/MAXIM el Módulo/actuador carga resistiva tienen comunicación con el Módulo de entrenamiento para adquisición y envío de datos ME I&T04.

Módulo control de nivel, este Módulo consta de la bomba de 12 Vdc, el sensor de nivel SFRO5 y el actuador P.H.2A I&T 03 , que es un módulo para el control de dirección y velocidad de motores DC.

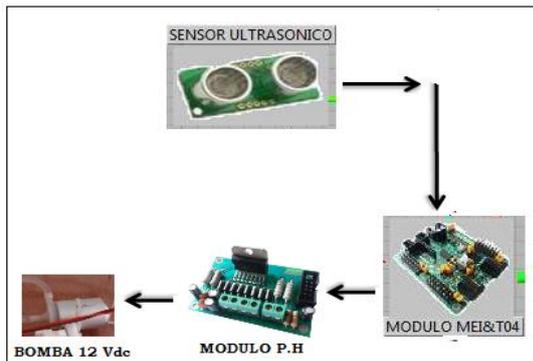


Figura 3.5 Módulo de Nivel

Este Módulo se muestra en la Figura 3.5. Aquí el sensor SFRO5 envía señales de nivel al Módulo de entrenamiento, el mismo que envía señales al Módulo puente H para el encendido de la bomba de 12Vdc. En nuestro proyecto hemos previsto conectar un sensor de nivel, el SRF05 que nos indica exactamente la cantidad de agua del reservorio, las entradas a las que conectaremos los sensores son convertidores A/D por lo que simplemente con un sensor que nos proporcione una salida proporcional al nivel de agua tendremos un control mucho más preciso.

4. Montaje y operación de la planta

El reservorio en el cual se va a realizar el control de nivel y calefacción del agua es llenado con agua mediante el uso de una pequeña bomba de 12 Vdc, la cual está conectada con un actuador que es un driver puente H que permite controlar la velocidad de la bomba DC que a su vez permite variar el caudal

que esta bomba entrega al tanque. La medición del nivel de líquido en el tanque es realizada a través de un sensor de sonido, la señal emitida por el sensor se realimenta al controlador que está instalado en la PC.

En la Figura 3.6 podemos observar la ubicación física de los equipos de control y demás accesorios de la planta.



Figura 4.1 Montaje de la Planta

El controlador al recibir la señal de medición de nivel compara el valor de esta señal con una señal de referencia establecida por el usuario mediante software, realiza la operación de control necesaria de acuerdo al resultado obtenido por la comparación y envía una señal de control hacia el actuador de la planta. El actuador de la planta está representado por la combinación de la bomba con el controlador de velocidad, es así que el controlador actúa directamente sobre la bomba para de este modo variar el caudal de entrega al tanque y por consiguiente el nivel de líquido en el mismo.

5. Arquitectura de Software

La arquitectura de software para el control de instrumentos usando LabView es similar a la arquitectura para DAQ [3]. Las interfaces de instrumentos tales como GPIB incluyen un conjunto de controladores [4]. Use MAX para configurar la interfaz. VISA, Virtual Instruments Software Architecture, es un API común para comunicarse con los controladores de interfaz y es el método preferido que se usa cuando se programa el control de instrumentos en LabView, ya que VISA abstrae el tipo de interfaz usada. Muchas Vis de LabView usadas para control de instrumentos usa el API de VISA. Por ejemplo, el Instrument I/O Assistant es un VI Express de LabView que puede usar VISA para comunicarse con instrumentos basados en mensajes y convierte la respuesta desde datos en bruto a una representación ASCII. Use el Instrument I/O

Assistant cuando un controlador de instrumentos no esté disponible. En LabView, un controlador de instrumentos es un conjunto de Vis especialmente escrito para comunicarse con un instrumento.

6. VISA

La Arquitectura de Software para Instrumento Virtual (VISA) es la capa más baja de funciones en los Vis controladores de instrumentos de LabView que se comunica con el software controlador. VISA en sí misma no provee capacidades de Programación de instrumentos. VISA es un API de alto nivel que llama controladores de bajo nivel. VISA puede controlar el VIX, GPIB, Serial o instrumentos basados en computador y realiza los llamados apropiados de controlador dependiendo del tipo de instrumento usado. Cuando se depuran problemas con VISA, recuerde que un aparente problema en VISA puede ser un problema de instalación con uno de los controladores que VISA llama.

En LabView, VISA es una sola librería de funciones que usted usa para comunicación GPIB, serial, VIX e instrumento basados en computador. Usted no requiere usar paletas separadas de E/S para programar un instrumento. Por ejemplo, algunos instrumentos le dan la opción de tipo de interfaz. Si el controlador de instrumentos LabView estuviera escrito con funciones de la paleta Functions>>All Functions>>Instrument I/O>>GPIB, esos Vis controladores de instrumentos no trabajarían para el instrumento con interfaz de puerto serial. VISA soluciona este problema entregando un único conjunto de funciones que trabajan para cualquier tipo de interfaz. Por tanto muchos controladores de instrumentos LabView usan VISA como lenguajes E/S.

7. Software LabView

LabView es un software suministrado por la empresa National Instruments orientado a la programación de instrumentos virtuales en un entorno gráfico.

A estos instrumentos virtuales los podemos definir como módulos de software que simulan el funcionamiento de uno o varios instrumentos físicos.

Este software debe poseer un hardware controlado por una computadora que le permita acceder a los datos externos al instrumento. Este hardware en nuestro proyecto son la tarjeta de adquisición de datos, los actuadores, sensores de nivel y temperatura, bomba DC y resistencia de calefacción. En otros pueden ser una tarjeta DSP o un instrumento controlado mediante GPID (Global Purpose Interface Bus), mediante RS-232 o mediante el bus XVI.



Figura 6.1 Inicialización en LabView

De este modo el usuario del instrumento virtual puede observar en la pantalla de un computador los datos recibidos por el instrumento. Al mismo tiempo puede analizarlos con un programa realizado por el mismo LabView. De los resultados del análisis de los datos y mediante el hardware el programador de LabView puede llegar a controlar un sistema, en este caso, nuestro calentador de agua.

8. Identificación y pruebas del sistema

En control automático existen dos métodos principales para obtener el modelo de un sistema [6]:

- Modelado teórico.- Se trata de un método analítico, en el que se recurre a leyes básicas de la física para describir el comportamiento dinámico de un fenómeno o proceso.
- Identificación del sistema.- Se trata de un método experimental que permite obtener el modelo de un sistema a partir de datos reales recogidos de la planta bajo estudio.

El modelado teórico tiene un campo de aplicación restringido a procesos sencillos de modelar, o a aplicaciones en que no se requiera gran exactitud en el modelo obtenido [6]. En muchos casos, además, la estructura del modelo obtenido a partir del conocimiento físico de la planta posee un conjunto de parámetros desconocidos y que sólo se pueden determinar experimentando sobre el sistema real. De ahí la necesidad de recurrir a los métodos de identificación de sistemas.

En la construcción y desarrollo de nuestro trabajo hemos realizado la identificación de la planta mediante software LabView, y la experimentación, además de un modelado teórico analizando el comportamiento de la misma. Al estar la identificación de la planta ligada con la experimentación, se hace uso de las herramientas de adquisición de datos, acondicionamiento de señales, uso de equipos de medición, y aplicación de teoría de control moderno.

Para la identificación de la planta de control de nivel y calefacción de agua se tuvo que llevar a cabo el diseño de una etapa de experimentación, en la cual se definió las variables a medirse, la señal estímulo a ser aplicada al sistema, el periodo de experimentación, las asunciones a realizarse, en fin las condiciones bajo las cuales se realizaría el experimento.

Nosotros esperamos con la identificación de la planta es obtener un modelo matemático que represente las características de la misma para las condiciones en las cuales esta va a operar. Una vez hallado un modelo matemático se procederá a trabajar con este para así predecir el comportamiento de la planta.

Modelo teórico de planta de control de nivel y calefacción de agua;

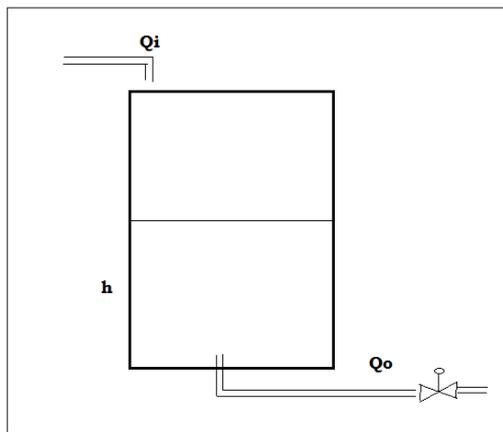


Figura 8.1 Diagrama para control de nivel

No importa la geometría que tenga el tanque, el caudal a través de la válvula de salida será proporcional a la raíz cuadrada del nivel del líquido directamente sobre la válvula. De este modo el caudal de salida del tanque, Q_o , será:

$$Q_o = d\sqrt{h} \quad (8.1)$$

Donde:

d es una constante que involucra el coeficiente de la válvula que esta relacionado con la apertura y cierre de la misma, h es el nivel de líquido en el tanque.

De esta manera tenemos que el modelo del proceso de nivel en un tanque es como se expresa a continuación:

$$\frac{\partial V(t)}{\partial t} = Q_i(t) - Q_o(t) \quad (8.2)$$

$$V(t) = Ah(t) \quad (8.3)$$

$$A \frac{\partial h(t)}{\partial t} = Q_i(t) - d\sqrt{h} \quad (8.4)$$

Donde:

A es el área del tanque y es uniforme.

Q_i es el Caudal de entrada de líquido al tanque.

La no linealidad es debido a la presencia del término de raíz cuadrada en la ecuación 8.4. Una opción para poder trabajar con este modelo es linealizar el término no lineal de dicha ecuación. La función no lineal queda definida como:

$$Q(h) = \sqrt{h} \quad (8.5)$$

$$Q(h_s) = h_s^{1/2} \quad (8.6)$$

$$\frac{dQ(h)}{dh} = \frac{1}{2}h^{-1/2} \quad (8.7)$$

La ecuación 8.8 indica el valor de la derivada en el punto de estado estable:

$$Q'(h_s) = \frac{1}{2}h_s^{-\frac{1}{2}} \quad (8.8)$$

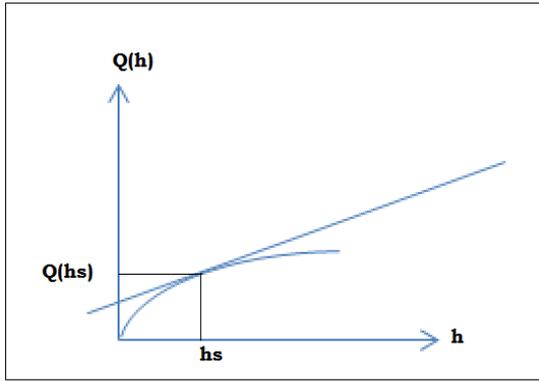


Figura 8.2 Gráfica para aproximación lineal

Observando la figura 8.2 obtenemos una aproximación de la pendiente de la curva en el punto de interés, la cual es la ecuación 8.9 [7]:

$$Q'(h_s) = \frac{Q(h) - Q(h_s)}{h - h_s} \quad (8.9)$$

$$Q(h) - Q(h_s) = Q'(h_s)(h - h_s) \quad (8.10)$$

$$Q(h) = Q(h_s) + Q'(h_s)(h - h_s) \quad (8.11)$$

$$Q(h) = h_s^{1/2} + \frac{1}{2}h_s^{-1/2}(h - h_s) \quad (8.12)$$

$$h^{1/2} = h_s^{1/2} + \frac{1}{2}h_s^{-1/2}(h - h_s) \quad (8.13)$$

Donde:

h_s es el valor de h en estado estable.

Entonces reemplazando la ecuación 8.13 en la ecuación 8.4 obtenemos:

$$A \frac{\partial h}{\partial t} = Q_i - d \left[h_s^{1/2} + \frac{1}{2}h_s^{-1/2}(h - h_s) \right] \quad (8.15)$$

Así en la ecuación 4.15 tenemos la ecuación del modelo de nivel del tanque linealizada en un punto de estado estable h_s . Ahora definiremos la variable

$y = h - h_s$ e introduciremos la variable

$$x = Q_i - Q_{is}$$

Así:

Q_{is} es el valor de caudal de entrada en estado estable.

Adicionalmente debemos recordar que en estado estable $\frac{dh}{dt} = 0$, entonces aplicando esta condición a la ecuación 4.4 tenemos que:

$$Q_{is} = d\sqrt{h_s} \quad (8.16)$$

De esta forma la ecuación 8.15 se convierte en:

$$\tau \frac{\partial y}{\partial t} = Kx - y \quad (8.17)$$

Así τ y K tienen los siguientes valores:

$$\tau = \frac{2Ah_s^{1/2}}{d} \quad (8.18)$$

$$K = \frac{2h_s^{1/2}}{d} \quad (8.19)$$

La constante τ es denominada constante de tiempo mientras que la constante K es la ganancia de estado estable. Aplicando a la ecuación 8.17 la transformada de Laplace obtenemos la siguiente función de transferencia, la cual representa teóricamente el modelo del nivel del tanque en un punto de estado estable h_s .

$$Y(S) = \frac{K}{(\tau S + 1)} X(S) \quad (8.20)$$

Debemos recordar que la ecuación 8.20 es válida solo para el punto de estabilización h_s , para un nuevo punto de estabilización h_{s2} los valores de las constantes τ y K serán diferentes.

Para la experimentación utilizaremos una señal de estímulo que se aplicara a la planta en lazo abierto, y la lectura de la señal de respuesta de la planta hacia esa señal estímulo. La señal estímulo se aplica al actuador de la bomba de 12 Vdc y luego de igual forma al actuador de la resistencia eléctrica, y la respuesta de la planta se mide en la salida del sensor de temperatura. Además observaremos el efecto de la no linealidad de la planta de control de nivel y temperatura. La etapa del software consiste en la programación adecuada en LabView para la realización de la generación de datos, y adquisición de los datos, y la etapa de hardware se refiere a la planta en sí.

Debemos tener en cuenta el efecto de la no linealidad de la planta de control de nivel y temperatura. Sin embargo dentro de las asunciones realizadas para la implementación de este experimento tenemos que:

Se escogerá un rango alrededor de un punto de operación, rango sobre el cual se tomaran las mediciones. La apertura de la válvula de salida se mantendrá constante a lo largo de la realización del experimento.

9. Firmware

El Firmware es un bloque de instrucciones de máquina para propósitos específicos, grabado en una memoria de tipo solo lectura (ROM, EEPROM, flash), que establece la lógica de más bajo nivel que controla los circuitos electrónicos de un dispositivo de cualquier tipo [8]. Está fuertemente integrado con la electrónica del dispositivo siendo el software que tiene directa interacción con el hardware: es el encargado de controlarlo para ejecutar correctamente las instrucciones externas.

El Firmware de nuestro proyecto está desarrollado en MicroC [8], perteneciente a MIKROELECTRONICA, muy formal y estructurado con un entorno de trabajo más elaborado, en este lenguaje podemos destacar el uso de la librería del protocolo one-wire para nuestro proyecto.

A continuación se muestra parte inicial del Firmware de nuestro proyecto:

SOFTWARE DE COMUNICACIÓN

PROYECTO_ROY_interrupt:

```

MOVWF R15+0
SWAPF STATUS+0,0
CLRF STATUS+0
MOVWF __saveSTATUS+0
MOVF PCLATH+0,0
MOVWF __savePCLATH+0
CLRF PCLATH+0

; PROYECTO_ROY.mbas,20 ::      sub procedure interrupt()
; PROYECTO_ROY.mbas,22 ::      if(PIR1.RCIF=1)then

        BTFSF PIR1+0,5
        GOTO L_PROYECTO_ROY_interrupt2

; PROYECTO_ROY.mbas,23 ::      if UART1_Data_Ready = 1 then

        CALL _UART1_Data_Ready+0
        MOVF R0+0,0
        XORLW 1
        BTFSF STATUS+0,2
        GOTO L_PROYECTO_ROY_interrupt5
    
```

10. Estructura de la trama de comunicación

En la transferencias de datos serie en modo asíncrono, el dispositivo transmisor envía una señal que se conoce como “marca”, usualmente de nivel alto, mientras no contenga un dato para transmitir, para indicar que comienza a transmitir un dato válido, el transmisor envía un bit 0, el cual se conoce como señal o “bit de arranque” ó “bit de inicio”, después del bit de arranque el transmisor envía un dato compuesto de una cantidad predefinida de bits.

Para indicar que se termina la transmisión de un dato, el transmisor envía una señal que se conoce como señal de paro, ésta señal de paro consiste de uno, uno y medio o dos “bits de paro” con nivel alto.

Cada dato en la transmisión asíncrona tiene los formatos que se muestran en las figuras 10.1 y figura 10.2.

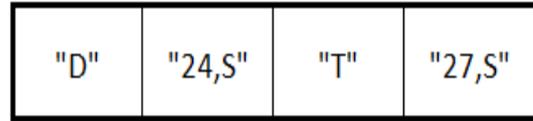


Figura 10.1 Trama de datos de sensores

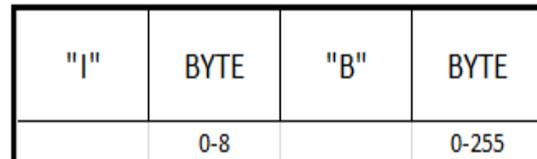


Figura 10.2 Trama de datos de actuadores

11. Bloques LabView utilizados

El panel frontal de nuestro proyecto se muestra en la figura 11.1 el mismo que contiene en primer plano la configuración de la Comunicación serial, es decir, porque puerto de la PC se va a comunicar el Software con el Hardware, la velocidad de comunicación y los datos.

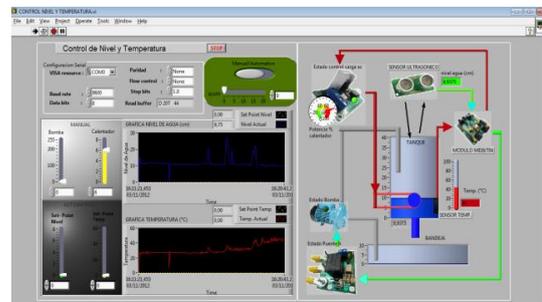


Figura 11.1 Panel frontal

Indicadores, en la Figura 11.2 se muestra las conexiones de los indicadores en el panel frontal.

Aquí se muestran las partes más importantes de la planta de nivel y temperatura, como son la bomba, actuadores, sensores, tanques, etc.

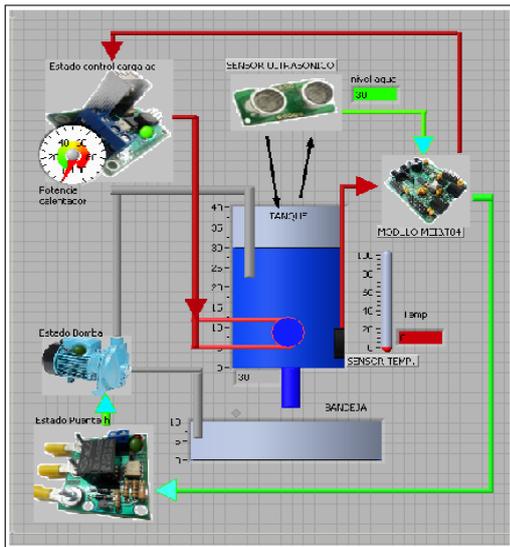


Figura 11.2 Diagrama de conexiones de indicadores

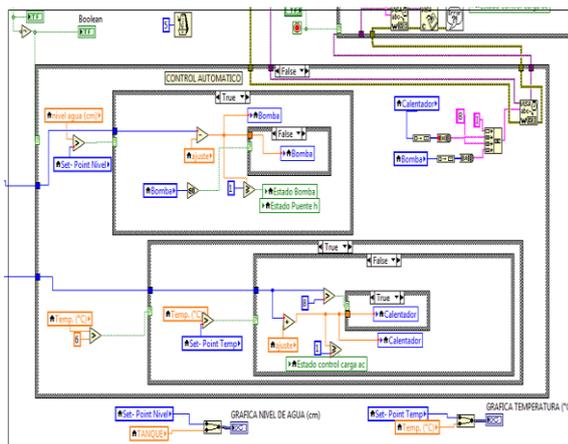


Figura 11.3 Diagrama de bloques

Diagrama de Bloques, es el diagrama que muestra el programa en sí, del proceso a controlar, este es un programa grafico como sabemos que es LabView.

12. Conclusiones y Recomendaciones

Hemos desarrollado el FIRMWARE en lenguaje Microbasic Pro, el cual nos sirve para la comunicación entre el Hardware y Software del proyecto desarrollado [8].

Se diseñó en LabView el programa de control para nivel y temperatura. Para este programa se utilizó VISA, que establece la comunicación entre el módulo de entrenamiento, los sensores, actuadores y PC.

Las rutinas del protocolo one-wire proporcionadas por el programa Mikroc pro for pic nos permiten convertir los datos proporcionados por el sensor DS18B20 de bits a valores tipo char, para estos poder enviar a las funciones que permiten la visualización de los datos en pantalla.

Logramos construir un sistema que permite el control de la temperatura de un líquido gracias a la utilización del sensor inteligente DS18B20, a través de dispositivos como los microcontroladores y software para mostrar los datos obtenidos.

El protocolo de programación ICSP se trata de un sistema con un set de comandos muy reducido y sencillo de utilizar. Se puede acceder indistintamente a cualquiera de los tipos de memoria de los dispositivos y modificar una parte concreta de los mismos sin variar el resto. Esto es muy útil a la hora de depurar programas con gran cantidad de líneas de código, reduciendo el tiempo de programación del dispositivo.

El sistema posee un único comando de incremento de posición por lo que si queremos acceder a un byte de memoria situado en la última posición debemos recorrer toda la memoria hasta llegar a esa posición. Mejoraría el sistema un comando de acceso a memoria que permitiese mandar la posición de la memoria a la que se desea acceder.

Crear un modelo adecuado de comandos para que la comunicación entre el sensor y el microcontrolador 16F886 sea eficiente, esto es respetando el tiempo que el sensor necesita para la captura de datos.

Cuando se ingresa los valores de los rangos máximos y mínimo de temperatura por el panel frontal de LabView, se debe procurar que estos valores sean acordes a los parámetros del sensor de temperatura DS1820 que solo soporta valores de temperatura entre -55 oC y +125 oC para que el sistema tenga un perfecto funcionamiento [9].

Verificar que el microcontrolador trabaje con una frecuencia de al menos 4Mhz, debido que las rutinas de la librería one-wire requiere ese parámetro para la utilización de termómetros digitales[10].

Se recomienda en este proyecto instalar un sistema agitador para calentar el agua en el menor tiempo posible, ya que así se obtiene una temperatura igual en toda la masa de agua.

Una desventaja es la utilización de un voltaje de programación distinto al de funcionamiento del dispositivo. Esto provoca el tener que utilizar un

sistema de alimentación algo más complejo para generar dos tensiones de 5 y 14 voltios.

13. Referencias

[1] www.ideastechnology.com

[2] O'Connell J. *Heating water: Rate correction due to Newtonian cooling*. The Physics Teacher Vol 37, December 1999, pp. 551-552.

[3] COSS BU, RAÚL. (2003) Simulación. Un Enfoque Práctico. ISBN: 968-18-1506-8. Editorial: LIMUSA, 11 - 12.

[4] LÁZARO, ANTONIO M. (2001). LabView Programación Gráfica para el Control de Instrumentación, Paraninfo, España.

[5] LABVIEW, GETTING STARTED WITH LABVIEW, gtstrtlv.pdf, (2003) Ed., U. S.

[6] Dorf-Bishop (2005) Sistemas de control moderno, Editorial Pearson.

[7] HIMMELBLAU DAVID Y KENNETH BISCHOFF (2004). Análisis y Simulación de Procesos, ISBN 84-291-7235-1. Editorial: Reverté S.A., 2 - 5.

[8] www.microchip.com

[9] Krupska A., Krupski M., Konarski J. *Phase delay effect in a thermally homogeneous system heated periodically*. Eur. J. Phys. 22 (2001) pp. 133-138.

[10] www.dspace.espol.edu.ec TESIS DE GRADO "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MODULO ORIENTADO AL DESARROLLO DE PRÁCTICAS DE INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL BAJO LA PLATAFORMA DE LABVIEW" Leyes-Navarrete 2007.