



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Medición y Control de Nivel con Aplicación a dsPIC.

Abarca Coloma Sebastián Humberto⁽¹⁾, Loor Flores Oscar Alberto⁽²⁾, Robalino Gallo Samuel Elías⁽³⁾, Ing. Carlos Valdivieso⁽⁴⁾

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Campus Gustavo Galindo Km. 30.5 Vía Perimetral, Apartado 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador
sabarca@espol.edu.ec⁽¹⁾, oloor@espol.edu.ec⁽²⁾, srobalin@espol.edu.ec⁽³⁾, c_valdiv@yahoo.es⁽⁴⁾

Resumen

El control de sistema ha evolucionado de forma manual a automatizada. Para realizar un control automatizado se requiere de un controlador que de forma autónoma realice las funciones previamente establecidas para obtener el proceso deseado. La electrónica brinda soluciones para desarrollar un control automático mediante microcontroladores. El problema a resolver es controlar el nivel de líquido según el valor deseado mediante el controlador digital de señal dsPIC's. El control se realiza con la adquisición del nivel líquido mediante un sensor donde la información es digitalizada y linealizada para ser utilizada en los cálculos de control automático. El valor deseado del nivel de líquido se ingresa mediante la digitación del nivel de referencia, a través de un teclado. El controlador se encarga de comparar el valor medido por el sensor con el valor ingresado del nivel de referencia para realizar la corrección según el error obtenido. La acción correctiva se realiza con los actuadores que pueden ser la bomba o la electroválvula según el signo del error. Además se tiene una visualización de los valores de nivel de líquido actual y el valor de referencia ingresado.

Palabras Claves: Controlador, dsPIC's, nivel, sensor, actuador.

Abstract

The control of systems has evolved from a manual to an automatic status. In order to create an automatic control, a controller is needed to perform pre-established functions in an automatic to perform any desired processes. Electronics gives us solutions to develop automatic control systems using micro controllers. In this case, the problem is to control the liquid's level according to the desired value using a digital signal controller "dcPIC's". The control process is made by acquiring the liquid's level using a sensor. This value is then digitalized and linearized in order to be used in automatic control calculus. The desired value is input trough a keyboard. The controller compares the actual measured value by the sensor and the input reference value in order to perform the correction according to the existing error. The process of correction is performed trough the actuators which can be the pump or the electro valve depending on the error signal swing. A visualization of both the current liquid's level and the input reference value is also presented.

1. Introducción

El proyecto consiste en llenar un tanque de agua según el nivel deseado por el usuario y llegar a dicho valor en forma automática mediante un controlador.

El controlador utiliza un dsPIC30F4011, que tiene integrado un convertidor análogo a digital que se encarga de digitalizar la señal del sensor de nivel y un módulo de comunicación serial asíncrona para enviar datos de nivel del líquido a un computador [1].

En el controlador se embebe un programa de control de los periféricos y realiza los cálculos tomando su mejor decisión a tomar para conseguir el nivel deseado del líquido.

La interfaz de usuario consiste de un teclado con el cual se ingresa el valor de nivel deseado y una pantalla de cristal líquido para la visualización del nivel deseado y el nivel medido.

Los actuadores son manejados mediante una señal de control que el dsPIC envía a los drivers de potencia para suministrar la potencia requerida por dichos actuadores.

2. Diagrama De Bloques Del Sistema

Para realizar el sistema de medición y control de nivel nos basamos en el siguiente diagrama de bloques:

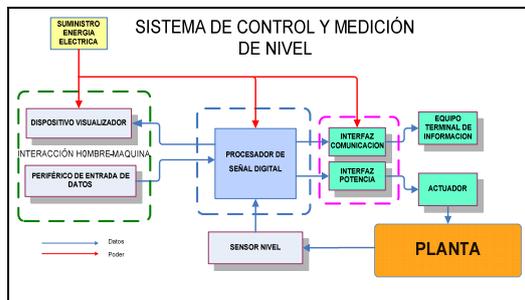


Figura 1. Diagrama de Bloque del Sistema.

En el diagrama de bloques se pueden observar las partes que conforman el proyecto; el dsPIC30F4011 es el que se encarga de las funciones de control del sistema, la interfaz hombre máquina es la que permite la interacción del usuario con el proyecto, la interfaz de potencia es la que permite el control sobre los actuadores de la planta, y, la interfaz de comunicación es la que nos permite visualizar los datos relevantes del proyecto en un equipo terminal.

3. Planta

La planta consta básicamente de dos contenedores de líquido a diferentes alturas: un recipiente donde se almacena el líquido denominado reservorio y el tanque de suministro el cual se llena mediante tuberías. Es de resaltar que en el tanque reservorio es donde se va a realizar el control de nivel.

4. Adquisición De Nivel del Líquido

La adquisición del nivel del líquido se realiza mediante el sensor infrarrojo GP2D12.



Figura 2. Sensor GPD2D12.

Los valores de nivel son adquiridos hacia el controlador mediante el módulo analógico de 10 bits; la señal que entrega el sensor es de tipo analógica con valores entre 1.25 y 2.75 para una medición de 10 a 80 cm [5].

4.1. Linealización de la señal de medición de nivel

La información que entrega el sensor no permite un control de fácil manejo, para eso se recurre a la linealización del mismo para obtener una respuesta proporcional del nivel del líquido según el valor medido por el sensor. Se lo realiza de la siguiente manera: se toman dos mediciones a diferentes alturas como puntos de referencia para obtener la pendiente lineal de una recta. Los valores obtenidos mediante la experimentación son los que se muestran en la tabla.

Tabla 1. Tabla Experimentación.

Parámetros Experimentación		
Voltaje Salida (V)	Distancia L(cm.)	Distancia Inversa X(1/cm)
2.517	9.88	0.09708
2.04	12.88	0.07518

Con los valores obtenidos en la tabla se procede a calcular la ecuación de la curva.

$$Y = 21.78 * X + 0.402$$

Donde y es el voltaje de salida del sensor, x es el inverso de la distancia medida en centímetros y b es una constante de experimentación.

La cual se procesará por software para la respectiva lectura de nivel a través del módulo de conversión analógico del dsPIC.

5. Controlador

La característica más importante del proyecto es la utilización del dsPIC30F4011 en el cual se embebe un programa de control que realiza la adquisición de datos para el procesamiento, control y transmisión de datos entre los diferentes componentes del sistema.

Entre las tareas que realiza el dsPIC30F4011 para el sistema tenemos: controlar la velocidad de la bomba cierre y apertura de la electroválvula mediante su módulo interno de modulación de ancho de pulso (PWM), establece una comunicación serial de datos por medio del módulo de comunicación universal de transmisión y recepción asincrónica (UART), adquiere los datos de nivel del tanque mediante el módulo de conversión analógica a digital (ADC), y, controla la interfaz con el usuario para permitir el ingreso y visualización de datos.

5.1. Programa de Control

La estrategia del programa de control esta basada en técnicas de control automático, el control proporcional.

Con los datos obtenidos del sensor y el valor de referencia ingresado por el usuario se obtiene el error del sistema [4]. Cualquier valor del nivel del tanque diferente al valor deseado produce un error que es corregido mediante la manipulación automática de la bomba o electroválvula a fin de que el error tienda a cero; en este sistema el signo del error determina cual de los dos elementos actuadores se encenderá es decir si el error es positivo actuará la bomba mediante la utilización del módulo PWM del dsPIC30F4011 [6][7] o la electroválvula si el error es negativo.

Por medio del módulo PWM del dsPIC30F4011 se controla la variación de voltaje de la bomba y como consecuencia se controla la velocidad de rotación, es decir que la tensión aplicada al motor de la bomba será de 0 voltios a 12 voltios de manera periódica.

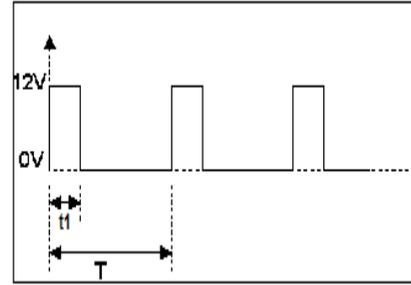


Figura 3. Modulación de ancho de pulso.

El valor promedio de voltaje que la bomba recibe se determina mediante la variación del ciclo de trabajo según la ecuación [2]:

$$V_{rms} = DC * V_{max}$$

Donde DC es el ciclo de trabajo y esta dado por la ecuación:

$$DC = (t1/T) * 100\%$$

T es el periodo de la señal generada por el PWM y t1 es el tiempo de duración del ancho de pulso en nivel alto. Con un valor de DC = 0 la bomba está apagada, con DC = 100% la bomba recibe un voltaje neto de 12 voltios. El valor DC varía según la utilización de una constante proporcional K por el error del sistema según la ecuación:

$$DC = K * error$$

En base a experimentación se determinó que para el tipo de bomba utilizada el valor mínimo del ciclo de trabajo es de 23% para que pueda arrancar.

El valor del nivel del tanque y el valor de referencia son enviados a una computadora por su puerto serial mediante la utilización del módulo UART.

El lazo de control para el sistema desarrollado puede ser bosquejado según el siguiente diagrama en bloque:

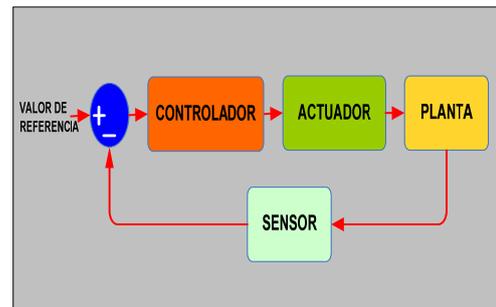


Figura 4. Modelo de Control de la Planta.

6. Diseño Interfaz Comunicación Serial

Para el diseño de nuestra interfaz de comunicación serial utilizamos el integrado SP233AEP y el módulo

de comunicación universal de transmisión y recepción asincrónica (UART) del dsPIC30F4011.

7. Diseño Interfaz De Usuario

Para interactuar con el proyecto se cuenta con la interfaz hombre máquina, mediante la cual el operador o usuario puede ingresar, ajustar y visualizar el valor de nivel deseado. La interfaz de usuario se realiza mediante un teclado matricial 4x3 y una pantalla de cristal líquido 2x16 los cuales son usados para ajustar y visualizar los valores de referencia respectivamente.

8. Diseño Circuito de Potencia

Para suplir con la corriente y voltajes necesarios para la electroválvula y bomba es necesaria la utilización de una circuitería con semiconductores de potencia denominado driver que para nuestro caso se compone de un amplificador operacional OPA548T mostrado en la figura:

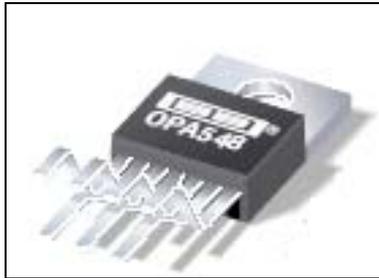


Figura 5. Amplificador Operacional OPA548T [3].

La necesidad de utilizar el driver es debido a que las señales de control proporcionadas por el dsPIC son de baja potencia, pueden entregar máximo 20 mA de salida, pero la utilización de la bomba y electroválvula demandan 2,5 y 0,45 A respectivamente a 12 V DC. Por lo tanto el driver traduce los niveles TTL de 0 a 5 voltios del dsPIC a niveles de 0 a 12 V de DC con la corriente necesaria para alimentar electroválvula y la bomba. Además se tiene un disipador de calor para evitar el excesivo calentamiento del OPA548T a fin de que no se dañe debido a la exigencia de corriente demandada por la bomba y la electroválvula.

9. Actuadores

Los actuadores son los elementos mediante los cuales se efectúa la acción de control a la planta. Nuestros elementos actuadores son:

La bomba que es el elemento encargado en transformar la energía eléctrica en energía hidráulica imprimiendo presión al líquido para trasladarlo desde el depósito hacia el tanque reservorio.



Figura 6. Bomba de Agua.

La presión que suministra la bomba depende de la velocidad a la que gira la cual es regulada por el nivel de voltaje que le entrega el circuito de potencia el cual es controlado por el que es el dsPIC.

La electroválvula es un dispositivo electromecánico para regular el paso del fluido mediante la excitación de una bobina de 12 V continuos a 450 mA. La interacción entre la electroválvula y el dsPIC se realiza mediante un circuito de potencia que abastece con la corriente requerida a la electroválvula.



Figura 7. Electroválvula.

10. Agradecimientos

Agradecemos a la Escuela Superior Politécnica del Litoral que nos acogió y brindó el conocimiento formándonos como profesionales, al Ing. Carlos Valdivieso que con sus enseñanzas nos facilitó el camino hacia la graduación, y finalmente agradecemos a nuestras familias por su apoyo incondicional.

11. Conclusión y resultados.



Los dsPIC's a diferencia de los microcontroladores comunes cuentan con un juego de instrucciones muy potente, incluye multiplicadores por hardware que lo hace mas rápida al realizar los cálculos y una arquitectura de memoria de acceso múltiple que permite leer varios datos a la vez con todo esto útil el dsPIC30F4011 para el tipo de aplicación de medición y control de nivel debido que al linealizar la curva se utiliza mucho las instrucciones de multiplicación y acumulación (MAC) y además se interactúa con diversos módulos (ADC, UART, MC PWM) lo cual lo hace versátil frente a microcontroladores comunes.

La clave de implementar este control es tener una comprensión básica del sistema físico e identificar la constante proporcional para la estabilización del sistema mediante forma experimental ya que es muy complicado modelar nuestro sistema matemáticamente mediante ecuaciones que represente a dicha planta.

Es de resaltar que en el desarrollo de las pistas de la tarjeta se debe tener en cuenta disposición de los elementos y grosor de las pistas para un correcto diseño.

Si utiliza un cable de comunicación serial asegúrese de instalar los controladores en su computadora y verificar el número de puerto para configurar el programa de aplicación.

En caso de no apreciar los valores en la pantalla de cristal líquido, ajuste el potenciómetro ubicado en la tarjeta Interfaz Hombre-Máquina.

12. Referencias

- [1] ANGULO USATEGUI JOSÉ, Microcontroladores avanzados dsPIC 1º Edición; Thomson; Madrid-España, 2006; pp 3-495.
- [2] MALONEY J. TIMOTHY, Electrónica industrial moderna 3º Edición; Prentice Hall; Naulcalpan de Juárez-México, 2007; pp 4-530.
- [3] Hojas de Datos Técnico del OPA 548T :
<http://www.ti.com>
- [4] Implementaciones de controles PID
<http://www.automatas.org/hardware/teoria/pid.htm>
- [5] Hoja del fabricante para las especificaciones de los integrados utilizados en la implementación de las tarjetas <http://datasheetcatalog.com>
- [6] Hojas del fabricante de especificaciones del dsPIC30f4011
<http://microchip.com>
- [7] Manual de mickoBasic para dsPIC
<http://www.mikroe.com>