

**“EQUIPO DIDÁCTICO PARA SIMULACIÓN DE
PROCESOS INDUSTRIALES CONTROLADO POR PLC Y
MONITOREADO POR ORDENADOR”**

Autores

Carlos Alberto Pérez Icaza¹

Ing. Alberto Larco Gómez²

¹Egresado de Ingeniería Eléctrica, 1998

²Director de Tópico, Ingeniero Electrónico, Escuela Superior Politécnica del Litoral Guayaquil, 1982. Profesor de ESPOl desde 1982

RESUMEN

El presente proyecto fue diseñado para estudiar un proceso que se da en cualquier planta industrial donde tratan variables que muchas veces presentan un cierto grado de complejidad medirlas y tratarlas, las distintas teorías y clases de control se hacen presentes de una manera combinada cuando se usa herramientas como los controladores programables lógicos y programas de computadores para labores de monitoreo del proceso.

El conjunto diseñado consta de un bloque de campo y una estación de control y monitoreo, en el campo se encuentran todas las variables físicas que se medirán; nivel de líquidos, peso, temperatura. Para esto se ha diseñado toda la instrumentación de campo, que consta de circuitos electrónicos que detectan y miden las variables de proceso.

El equipo mecánico de campo consta de un tanque de almacenamiento de sólidos, un pequeño tanque que retiene la cantidad de sólido que se pesa, un tanque mezclador y los actuadores de compuerta de cada tanque, todo el conjunto se monta sobre una torre de 1 metro con 20 centímetros.

Las leyes de control establecidas son convertidas en un listado de instrucciones con el uso del software Micro-Win 7.0 las cuales son ejecutadas por el Micro-PLC S7-200 Simatic de Siemens, el visualizador de procesos InTouch nos

permite simular un monitoreo de la secuencia de trabajo programada, ayudándonos a detectar alguna falla.

INTRODUCCIÓN

Existen en la actualidad muchas herramientas para analizar y ejecutar diversas tareas en el área de control la misma que en los últimos años ha experimentado mejoras en el área del control informático, el equipo didáctico muestra esta nueva herramienta que junto a los controladores programables lógicos presentan una alternativa de mucha productividad para el área de automatismos.

El proceso industrial simulado presenta variables físicas importantes que se manejan en el mundo real, la medición e interpretación de cada una de estas señales sirven para la pronunciación de leyes de control, las mismas que sirven para el diseño de un programa de control con el uso de el software de programación Microwin de siemens que es el indicado para programar la unidad de control S7-200 de la misma marca, la utilidad de estas estrategias se complementan y mejoran con el uso del visualizador de procesos Intouch que para labores de monitoreo presenta una pantalla en el computador personal con símbolos que pueden ser creados y editados los mismos que representan la realidad de lo que sucede con el equipo. Hay que acotar que debidos a problemas no del orden técnico la pantalla del visualizador presente en este trabajo simula la realidad de lo que pasa con el equipo.

CONTROL SOBRE PROCESOS INDUSTRIALES

INTRODUCCION

El termino genérico “Proceso” puede significar cualquier situación evolutiva, más para razones que se atañen a este artículo proceso es un conjunto de equipos destinado a realizar una serie de transformaciones físicas, químicas o térmicas de unas materias primas o brutas para convertirlas en productos de mayor valor o utilidad.

El control de un proceso industrial (fabricación, producción, y otros) por medios automáticos en vez de humanos se conoce frecuentemente como automatización. La automatización es frecuente en las industrias químicas, de generación de electricidad, papelera, automotriz y siderúrgica, entre otras las máquinas automáticas se usan para aumentar la producción de una planta por trabajador.

Los sistemas de control se emplean para conseguir: 1) un incremento de la productividad y 2) un mejor rendimiento de un aparato o sistema. La automatización es la operación o el control automático de un proceso, aparato o sistema..

MODELO DE PROCESO

Para representar un proceso se necesita modelarlo de tal forma que al ser identificado, pueda aplicársele un control adecuado, el modelo o representación matemática del proceso puede obtenerse por medios teóricos o experimentales con esto se trata de determinar su estructura y los valores de los parámetros. En cualquier caso se precisa de un modelo del sistema, por razones de este tipo se considera a los modelos como los puentes entre la teoría y la práctica. Existe una definición muy amplia en la cual caben diversos tipos de modelos usados en ingeniería, el modelo al cual nos sujetamos para este proyecto debido a las herramientas con que contábamos era el de procedimiento.

El Modelo de Procedimiento.- describe el procedimiento de la operación del proceso físico, de las materias, del personal, de la información consta de un conjunto de instrucciones, o estrategia, para realizar una serie de pasos en situaciones determinadas. Es apropiado para los arranques y paros, y automatismos secuenciales.

Debido a que nuestro trabajo se desarrolla en un ambiente de automatismo secuencial escogimos este modelo dictando un conjunto de instrucciones que serán ejecutadas por el controlador lógico programable.

ESQUEMA GENERAL DEL PROCESO

Basados en el modelo de procedimiento describiremos pasos para ejecutar las leyes de control que se ejecutarán en el equipo de campo, las leyes de control no son otra cosa que una serie de enunciados que regirán la vida del proceso, donde para ejecutar cualquier intervención, esta pueda ser del tipo todo o nada típicas del control no lineal u otra acción del tipo continuo, durante el desarrollo de las leyes de control que se desarrolla en este equipo didáctico es necesario tomar en cuenta todos los conceptos que anteriormente hemos mencionado.

La figura 1 muestra un esquema general de las partes que conforman el equipo didáctico, las leyes de control se enunciarán a continuación.

1. Antes de iniciarse el proceso los tanques de sólido y de calor deben estar llenos eso se averiguará con los sensores en el caso de el tanque de calor mientras que para el tanque de sólido un temporizador siempre está listo para que dejado de correr 1 minuto y no registra lectura la balanza no continúe con el proceso.
2. Se inicia el calentamiento en el tanque conectándose las resistencias en serie la resistencia su resultado es producir un bajo calentamiento esto se desarrolla hasta obtener 35° Centígrados.
3. Se procede a conectar una sola resistencia eléctrica para producir mayor calor y elevar la temperatura hasta 70° Centígrados.

4. Luego de llegar a la segunda temperatura de tope se conectan las resistencias en paralelo para generar el máximo de calor.
5. Se abre la compuerta de descarga del tanque de sólido y se registra una lectura en la balanza el controlador al igual que con la temperatura debe calibrar sus entradas.
6. Si la lectura registrada en la balanza es igual a la fijada, se acciona la segunda compuerta evacuándose el sólido y depositándolo en el tanque mezclador.
7. En este momento se descarga un cuarto de tanque de la capacidad del tanque de calor y se reduce la temperatura hasta 35 °C, para no consumir líquido ni energía .
8. Se envía una señal de 2 a 8 V DC al motor del tanque mezclador para producir la mezcla, la señal irá en aumento ,produciéndose su aumento en pasos de 2 Voltios.
9. El proceso puede repetirse en modo manual como automático, además existe un interruptor que simula la alimentación de energía a todo el sistema.

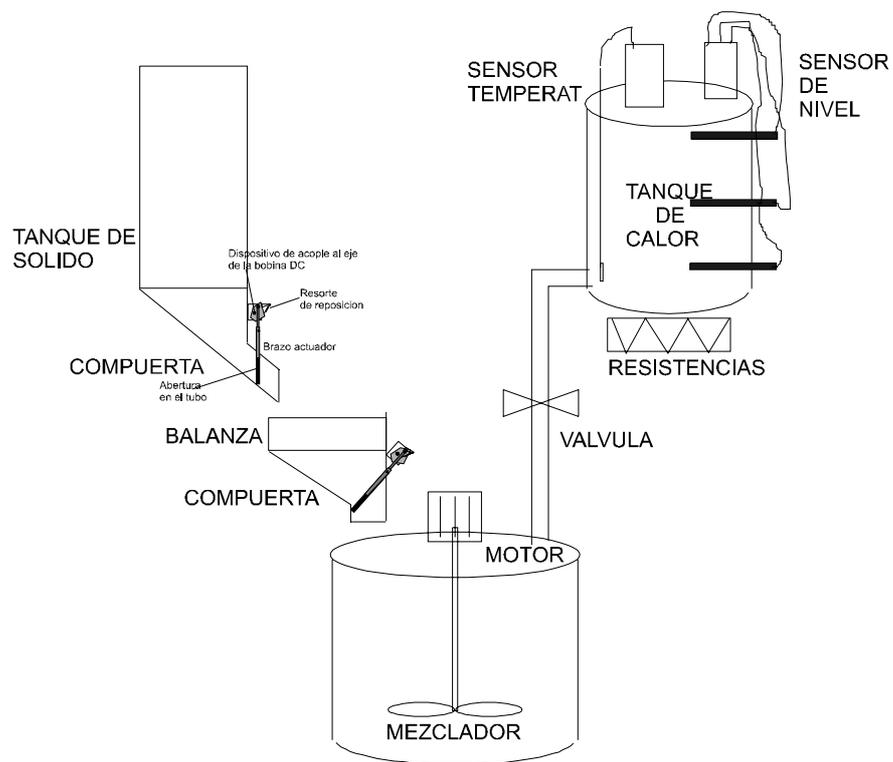


Figura 1 Esquema general del proyecto

LA INSTRUMENTACION DE CAMPO

CIRCUITO PARA DETECTAR NIVEL

Para detectar el nivel en el tanque de calor se ha diseñado un circuito que consta básicamente de comparadores contruidos con amplificadores operacionales y un flotador que es una resistencia que varía su magnitud de acuerdo al nivel del tanque, este tipo de sensores se halla en los tanques de gasolina de los automóviles.

Conectamos una fuente de voltaje a la resistencia del flotador, para captar una variación dentro de un rango de 0 - 1 V, seleccionamos la tensión de disparo de los operacionales de acuerdo a este rango provisto por el flotador y la fuente. Los comparadores de voltaje del detector son preseleccionados por las resistencias divisoras de tensión, cuando a la entrada del comparador el voltaje es igual o mayor al voltaje de encendido del circuito, a la salida de dicho comparador se tendrá el voltaje máximo de la fuente figura 2.

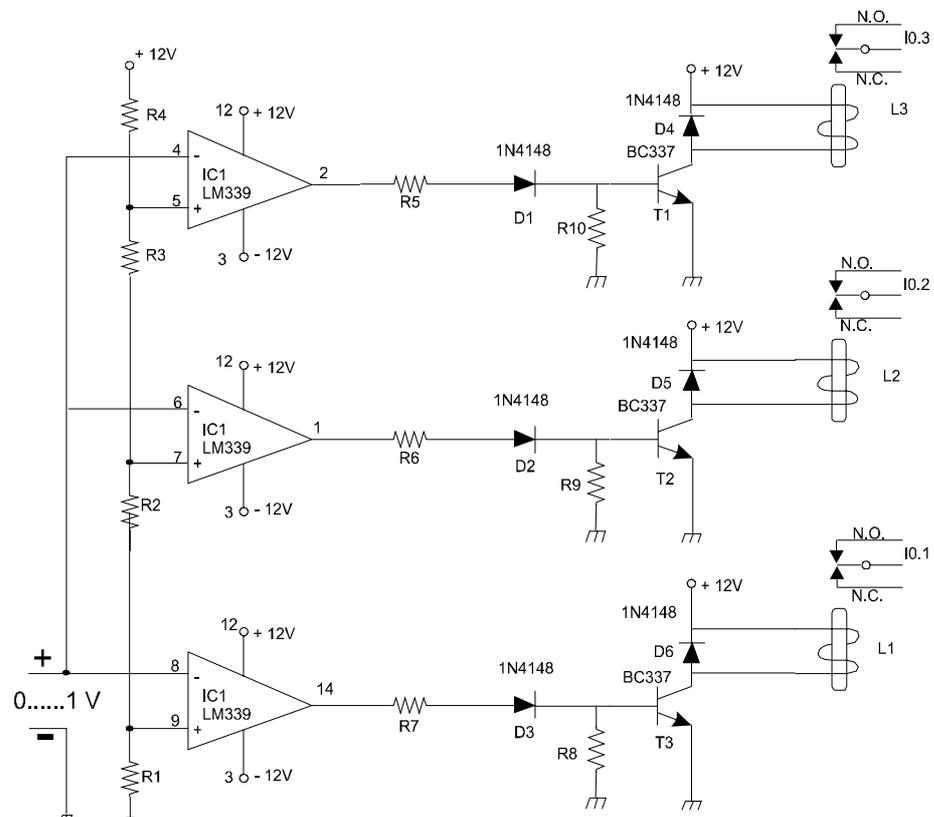


Figura 2 Circuito para detectar nivel

Para llevar la señal binaria al controlador lógico programable (PLC), se conecta la salida de cada comparador con una etapa compuesta de transistores, resistencias y relés, esta etapa inyecta una señal DC de 24 V provista por la

fuente externa del mismo PLC a través de los contactos de los reles L1, L2, y L3, todo el circuito esta alimentado con una fuente externa de 12 VDC .

CIRCUITO ELECTRÓNICO PARA LA BALANZA

La función de este bloque es entregarnos una lectura de la cantidad de sólido que se vaya a mezclar de acuerdo a lo programado en el controlador de campo. Este circuito consta de dos bloques, una celda de carga y un circuito amplificador que entrega una señal DC en un rango de 0 - 10 voltios. La señal de la salida del circuito es conectada a la entrada del canal analógico marcado como B+, B- del módulo analógico.

CELDA DE CARGA

Nuestra celda de carga esta basada en un conjunto de sensores de deformación (Strain gaige). El Strain gaige es un sensor de deformación compuesto por un alambre conductor cuya resistencia cambia en una pequeña cantidad cuando se alarga o se acorta, el cambio en longitud es pequeño, unas pocas millonésima de pulgada. El sensor de deformación esta ligado con una estructura, de modo que los porcentajes de cambio de longitud del sensor y la estructura son idénticos.

BLOQUE AMPLIFICADOR DE LA SEÑAL DE PESO

La señal tomada del puente de sensores, es amplificada a través de un circuito que hace uso de un amplificador de instrumentación IA AD521 de la casa

Analog Device una de las más importantes características es proveer de una máxima flexibilidad y un alto desempeño en ambientes ruidosos, y la amplificación de niveles de señal muy bajo que es la característica por la cual escogemos este integrado, a continuación presentamos el circuito amplificador de señal en la figura 4 que además muestra los sensores de defromación de 120Ω SR\$ del tipo hojuela.

La figura 4 muestra los sensores de deformación que son de 120Ω SR4 del tipo hojuela las resistencias necesarias para calibrar el AD521 a continuación listamos los pasos adecuados para calibrar el circuito:

1. Resistencias de ganancia: seleccione las resistencias Rescala (R_s) y Rganancia (R_G) para tener una ganancia de 1000 en nuestro circuito, se establece por la razón R_s/R_G .
2. Ajuste la desviación de voltaje: con R_5 y R_G instalados conéctese a tierra las entradas 1 y 3. Ajústese el potenciómetro de desviación de voltaje del IA para $V_0 = 0$ V.
3. Medición de ganancia: conecte una señal de 5mV al divisor de voltaje de $150K\Omega$ y 50 mV como E1-E2 a las terminales 1 y 3, medimos V_o ; la ganancia se calcula $ganancia = V_o / (E1 - E2)$
4. Ajuste de cero del puente: conecte E1 y E2 a las terminales 1 y 3 del IA ajuste R_{B1} para $V_o = 0$ V cuando los sensores no están sometidos a deformación.

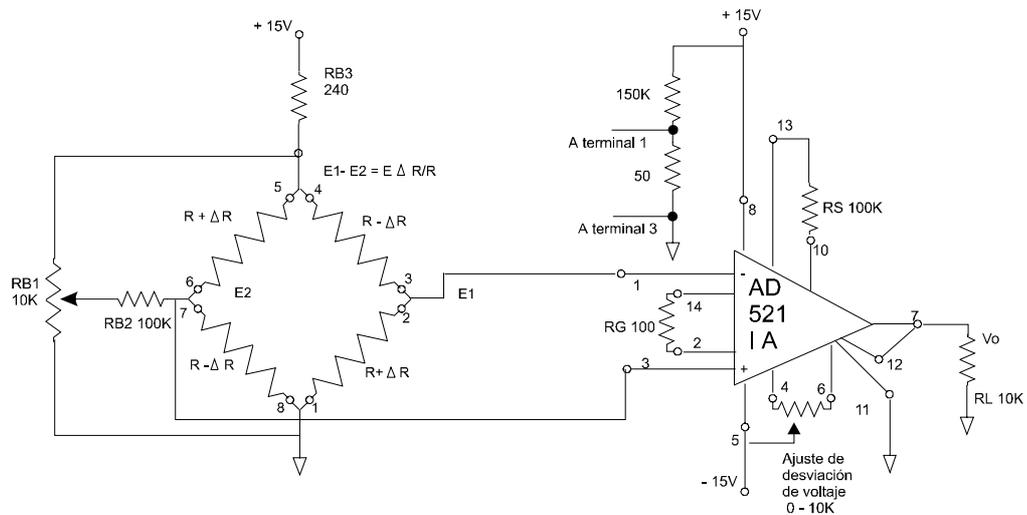


Figura 3 Circuito amplificador de señal conectado al puente de sensores

Las ecuaciones se combinan para hallar la fuerza aplicada a la barra que es el peso, la barra es de acero y el módulo de elasticidad del acero es $\epsilon = 30 \times 10$ EXP 6, además el factor de calibre de los sensores es 2.

CIRCUITO SENSOR DE TEMPERATURA

El amplificador utilizado es el LM741 el cual como se podrá ver en la figura , funciona como un amplificador diferencial este circuito está diseñado con ganancia igual a 4,5 ($R1/R2 = 4,5$). Los potenciómetros P1 y P2 y el LM335 permiten la calibración del circuito Como resultado de esta calibración se tendrá a una temperatura mayor a 0°C en la entrada inversora (-) del amplificador operacional, un voltaje de referencia que será restado del voltaje en la entrada no inversora (+) el cual corresponde a la señal de temperatura sensada por el circuito integrado figura 4.

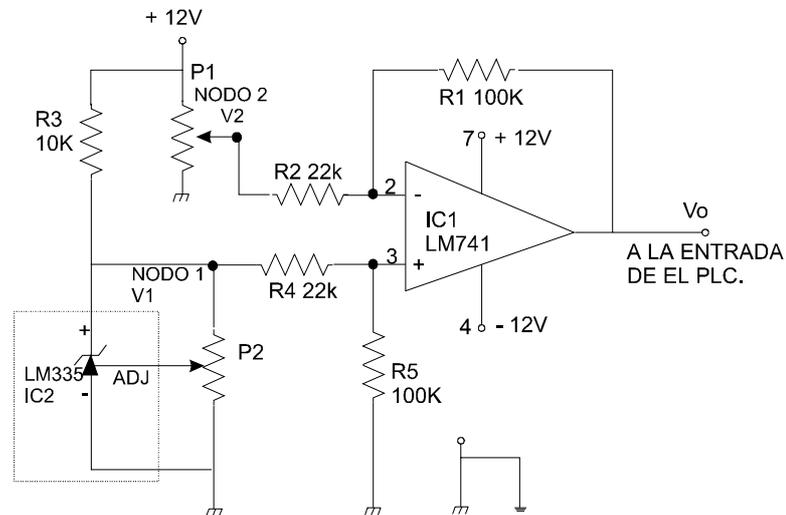


Figura 4 Circuito amplificador del LM335

CIRCUITO PARA CONTROLAR LA TEMPERATURA

Para mantener e incrementar la temperatura de cualquier liquido que se esté manejando en el equipo didáctico se cuenta con el diseño de un tanque llamado tanque de calor, para generar calor a través de elementos de calefacción del tipo resistivo, dos resistencias de 30 y 25 ohmios respectivamente, pueden ser conectadas en serie ó paralelo dependiendo de la manera que se encuentran conectados se genera una potencia calorífera en watt, los cuales pueden ser clasificados en baja, media, y alta potencia figura 5.

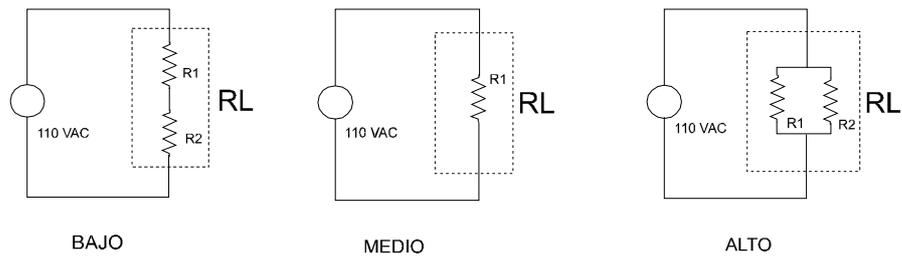


Figura 5 Conexión de las resistencias electricas

La corriente se incrementa a medida que se disminuye la resistencia de carga, la resistencia de carga, es aquella que da como resultado de conectar a las dos resistencias R1 y R2 .

Si $RL = R1 // R2 = 13.62 \Omega$; $IL = 8.070 \text{ A}$; $W = 887.7 \text{ w}$

Si $RL = R1 = 25 \Omega$; $IL = 4.4 \text{ A}$; $W = 484 \text{ w}$

Si $RL = R1 + R2 = 55 \Omega$; $IL = 2 \text{ A}$; $W = 220 \text{ w}$

CONTROL SOBRE EL MOTOR DC DEL TANQUE MEZCLADOR

Para controlar la velocidad del motor DC en el tanque mezclador se ha diseñado un pequeño circuito con dos circuitos integrados 555, la primera etapa funciona como un circuito oscilador, mientras que el otro es un circuito de un solo disparo con modulación por ancho de pulso.

La figura 6 muestra la primera etapa del circuito la etapa osciladora para producir oscilaciones se necesita de dos resistores de temporización, y un capacitor de temporización, para explicar como funciona nos referiremos al esquema básico del 555, cuando el voltaje esta por debajo de $1/3$ de V_{cc} es decir $+4\text{V}$, se dispara el flip - flop al estado HI, este es el instante $t = 0$, la

corriente fluye a través de RT1 y CT1 debido al diodo D1 la corriente no pasa por la resistencia RT2, además por el terminal de descarga el transistor se encuentra en corte, el tiempo de carga es

$$\tau = RT1 \times CT1$$

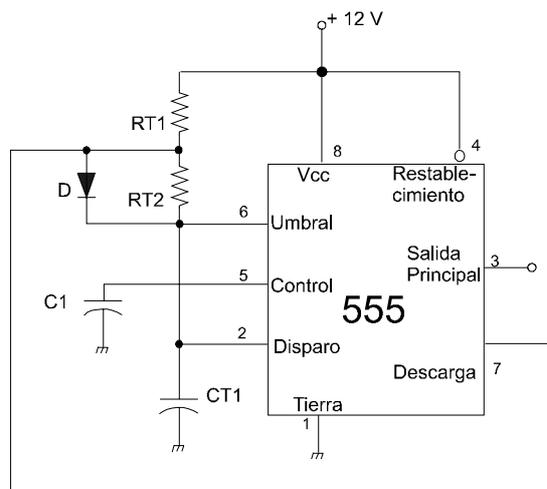


Figura 6 Circuito oscilador

El capacitor empieza a cargarse dirigiéndose hacia 12V, ya que CT1 esta conectada a este voltaje, a mitad del camino el voltaje es $2/3$ de Vcc eso es + 8 V, este voltaje es aplicado tanto al terminal 2 como al terminal 6, este ultimo sensa + 8V y conmuta su amplificador operacional interno restableciendo el flip - flop interno, por tanto la salida principal cae a LO (tierra), activando la base del transistor haciendo un camino a tierra produciendo una descarga del capacitor CT1 a través de RT2, la intención original de CT1 de cargarse hasta + 12 V ha sido interrumpida, la interrupción ocurrió exactamente a la mitad del proceso de carga. Para las curvas transitorias de curvas de tiempo se requiere un tiempo transcurrido de 0.7τ para estar a la mitad del camino del proceso de

carga , por tanto la cantidad de tiempo que permanece encendida la terminal principal del 555 está dada por;

$$T_{enc} = 0.7 \times \tau_{carga} = 0.7 \times R_{T1} \times C_{T1}$$

El tiempo de descarga es igual al tiempo de carga $\tau_{des} = R_{T2} \times C_{T1}$, al igual que en el proceso de carga se requiere un tiempo de 0.7τ debido a que también el transitorio de capacitancia completa sólo la mitad de su intención original; $T_{apg} = 0.7 \times R_{T2} \times C_{T1}$.

Por lo tanto el período es igual a $T = T_{enc} + T_{apg}$; $T = 0.7 \times 1\mu F \times 20K = 14$ ms. El período de trabajo de este circuito será de 14ms haciendo uso de Microsim desiglab 8 procedimos a simular la primera etapa que se puede ver en la figura 10, en esta figura se puede ver dos señales la del capacitor C_{T1} y la de salida del 555.

El circuito completo para controlar el motor del tanque mezclador se halla en la figura 7 Para conseguir la operación de circuito de un solo disparo, nótese en la segunda etapa del circuito la separación de la terminal 2 de disparo y la terminal 6 de umbral, un tren de pulsos del circuito oscilador con un período $T = 14$ ms pasa por un capacitor C_{dif} de $0.1\mu F$ esto disminuye el ancho de los pulsos proporcionando una señal de disparo para la segunda etapa.

Los pulsos en el sentido negativo que se inyectan en el siguiente integrado, por el terminal 2 disparan el flip-flop interno con su salida principal en alto y su negada en bajo de esta manera inhibe el terminal de descarga, el terminal 3 presenta un pulso cuyo ancho es de aproximadamente $1.1 * \tau$ carga, y el capacitor CT2 empieza a cargarse, cuando por el terminal 6 el capacitor CT2 se carga al voltaje de umbral, se restablece la salida principal y la terminal de descarga conecta a tierra a RT3 como a CT2, hay que acotar que debido a la estructura interna del 555 el terminal de control es un nuevo limitante al período de carga del capacitor CT2 esto hace a un lado la operación normal, de división de tercios obligando a que el voltaje crítico de umbral sea igual al de control y que el voltaje crítico de disparo sea igual a $1/2$ de V control como ya dijimos en lugar de que CT2 tenga que cargarse a $2/3$ de Vcc para terminar el pulso de salida, ahora tiene que cargarse al mismo valor de V control dado que no se permite que V control sea mayor que $2/3$ de Vcc la duración del ancho de pulso será igual o menor que su valor normal de $t_p = 1.1 RT3 * CT2$ (2 - 27).

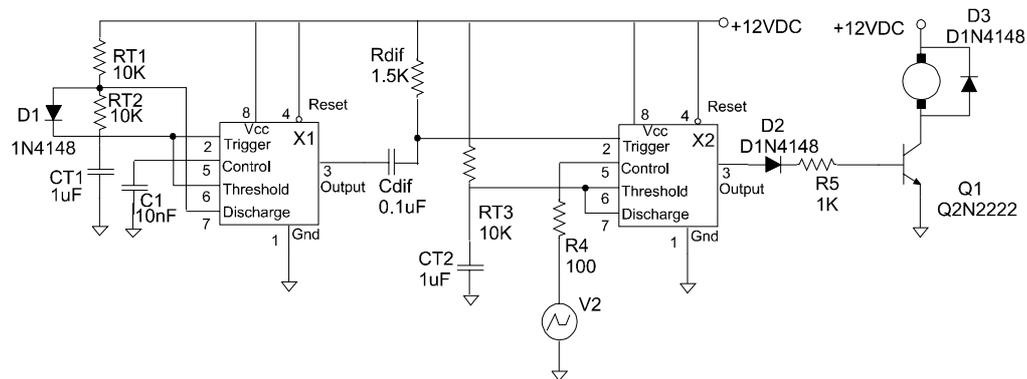


Figura 7 Control de velocidad del motor DC

DESCRIPCION DE LOS ACTUADORES ELECTRICOS.

Los actuadores para este trabajo son un motor DC de imán permanente, un relevador con un diseño mecánico especial para abrir las compuertas y una electroválvula. En su forma más sencilla el motor contiene imanes permanentes que están magnetizados radialmente, el flujo magnético emerge de la cara del polo norte, el flujo pasa a través del entrehierro a través del núcleo convencional del motor y vuelve a entrar por la cara del polo sur. La trayectoria del flujo se completa a través del armazón de acero del motor, igual que lo haría en una máquina de campo devanado. Para variar la velocidad del motor variamos el voltaje de alimentación a la armadura de esta manera controlamos la velocidad dentro del tanque.

Para la válvula se cuenta con un dispositivo que funciona igual que los relés en decir una bobina que al ser excitada con una señal de voltaje de 110 AC, desarrolla un campo magnético este campo magnético pone en movimiento una pieza metálica que adherida a una pieza mecánica permite el paso del fluido.

Para las compuertas se tiene el mismo funcionamiento pero una diferencia es que la señal de excitación es de 12 V DC el movimiento lineal es convertido en movimiento giratorio el cual se fija mediante resortes para que una vez desenergizado vuelva a su posición original abriendo y cerrando las compuertas.

DESCRIPCION DEL EQUIPO MECANICO DE CAMPO

TORRE DE SOPORTE

El equipo consta de pequeños tanques y piezas mecánicas como brazos para abrir compuertas situadas en las bases de los tanques, aspas sobre el tanque mezclador acopladas al eje de un motor DC los cuales ensamblados ponen en funcionamiento el proceso, la disposición de los tanques para lograr utilizar al máximo el espacio, se logra con el diseño de una torre que permite un ensamblaje de los elementos en una posición vertical. La torre de soporte tiene una estructura de vigas cruzadas lo que le da estabilidad y su diseño permite un mejor uso del espacio para cada tanque que posee medidas específicas, la torre tiene una altura de 120 centímetros y posee una base cuadrada de 30 centímetros.

PROGRAMADOR DE CAMPO

PROGRAMA DE CONTROL

El controlador de campo, es quien se encarga de ejecutar las instrucciones de control, el controlador al cual nos referiremos de ahora en adelante es el Simatic S7 200 de Siemens el cual presenta una robusta estructura que comprende 8 entradas digitales I0.0, I0.1, I0.2, I0.3, I0.4, I0.5, I0.6, I0.7 y 6 salidas digitales Q0.0, Q0.1, Q0.2, Q0.3, Q0.4, Q0.5 su servicio puede ser expandido con módulos adicionales de entradas y salidas tanto digitales como analógicas, figura 8.

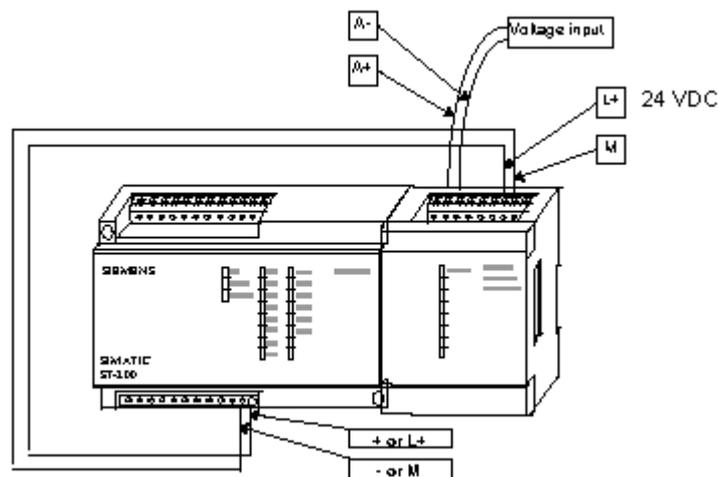


Figura 8 Módulo Analógico conectado al CPU

El programa de control para el proceso consta principalmente de un programa principal y 5 subrutinas las cuales se encargan de las tareas de inicialización variables, chequeo de funcionamiento del módulo analógico, adquisición y procesamiento de la señal de peso, adquisición procesamiento y control de temperatura y control de la velocidad del motor figura 9.

Los Requerimientos de hardware. necesario fijar valores de referencia para los canales de entrada analógicos, para la operación a realizar manipulamos los interruptores DIP y los potenciómetros OFFSET y GAIN para calibrar ambos canales a un rango de voltaje de entrada de 0 - 10 V.

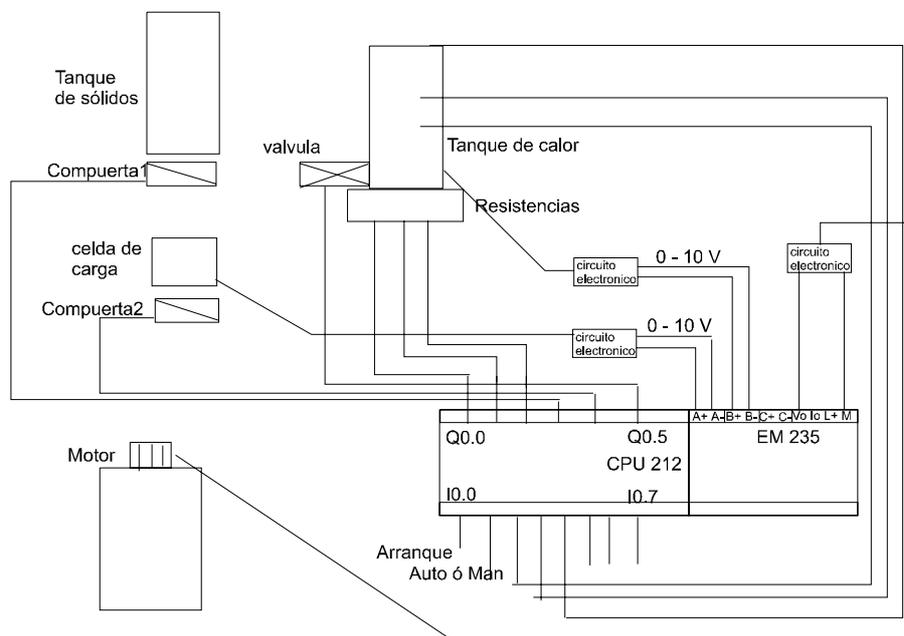


Figura 9 Diagrama de bloques

DESCRIPCION DEL PROGRAMA

El programa hace uso de 5 subrutinas que hacen cosas específicas dentro del programa de control, el programa principal espera desde el campo por una señal de arranque indicando que se da inicio a la secuencia de trabajo, inmediatamente se llama a la primera subrutina etiquetada con el número 0,

esta subrutina inicializa todas las variables con los datos de inicio de cada una de estas, luego la subrutina 1 haciendo uso de los registros especiales SMB8 que es un registro identificador del módulo 0 y de SMB9 que es un registro de errores del módulo 0, compara los valores almacenados en este registro por la CPU con los valores de referencia deseados. Si no existe error alguno se espera hasta que los tanques de calor y de sólidos sean llenados para continuar, la compuerta 1 de salida del tanque de sólidos puede ser activada en forma automática o manual I0.5, se llama entonces a la subrutina 2 ella compara el valor que obtiene del módulo con una fórmula que incrementa el valor en cada vez que vuelva a pesar en 25 unidades, al termino de su operación fija dos valores uno de error si el valor que sensa es siempre 0, VB0.2 y otro valor que significa que ha culminado su trabajo, VB0.1. Si registra el valor de error el programa no continúa sino que termina.

La subrutina 3 es llamada, ella realiza un calentamiento progresivo del tanque de calor el calentamiento se produce de acuerdo al valor que sense conectando así las resistencias de calor Q0.0, Q0.1, Q0.2, desde la que produce una temperatura hasta la mayor, termina esperando entregar el líquido a la temperatura más alta.

El programa principal continúa abriendo la compuerta 2 así mismo de forma manual o automática, también la válvula de salida del tanque de calor hasta que el nivel descienda en un 75 ó 50 % I0.3, I0.2 respectivamente. Al final el programa principal llama a la subrutina 4, esta subrutina pone en una palabra

de salida AQW0 señales de voltaje desde 2 hasta 8 V DC, en incremento de 2 unidades, cuando se llega al valor tope se apaga el motor.

SOFTWARE DE MONITOREO

RESUMEN DE FUNCIONES

Este software tiene capacidad gráfica debido que está basado en graficadores de cuarta generación y orientado a objeto, por lo tanto cada objeto desarrollado posee características de animación y que acuerdo a las reglas de control del autómeta. Como una característica propia el sistema es capaz de ejecutar una serie de comandos lógicos definidos por el usuario, los comandos lógicos se crean en un ambiente de programación basado en declaraciones. No se requiere de compiladores ni de encadenadores. Efectúa funciones automáticamente tales como incrementar los puntos de consigna, efectuar totalización y verificar el estado de los puntos de consigna del proceso para tomar acciones. Controla y ejecuta otros programas de aplicación que deban correr en un ambiente compartido, el programa llama a esta característica, Scripts.

El sistema lógico puede monitorear el estado de cada variable del proceso dentro del sistema y efectuar funciones. El sistema tiene la capacidad de efectuar control de la aplicación para poner o sacar de servicio puntos discretos, mostrar ventanas, descargar recetas, etc. Esta lógica de la aplicación puede también arrancar y detener otros programas de aplicación en el ambiente multitarea, incluyendo hojas electrónicas, programas de base de datos y programas de almacenamiento de recetas. La lógica condicional tiene una

capacidad hasta de 32767 bytes de memoria y soporta varios tipos de funciones:

LOGICA DE CONTROL CONDICIONAL.- el sistema tiene la capacidad de efectuar un control de la aplicación con base en un estado definido por el usuario de una variable del proceso o el resultado de una expresión que encierre múltiples variables del proceso. Esto incluye el estado ON/OFF de una variable discreta, estados de alarma como alto-alto o bajo- bajo, o la equivalencia a un valor específico. Cada listado de instrucciones para la determinación de una condición lógica puede soportar hasta 32767 bytes de memoria y soporta la ejecución y el control de la lógica que se ha descrito. Se puede definir un juego de comandos lógicos los cuales se deberán ejecutar una vez que la tome el valor falso, o cuando la condición sea verdadera o cuando la condición sea falsa, con tiempo de que el usuario puede escoger.

CONCLUSIÓN

Los sistemas Scada tienen apertura para el área de automatismos y control el software ahora es una nueva herramienta que nos permite desarrollar una mayor productividad y un mejor en este trabajo la simulación de lo que sucede en la planta se logra programando en este software las reglas de control aplicada al controlador programable herramientas como la instrumentación, son importantes a la hora de simular el comportamiento de las variables.

La instrumentación desarrollada no es muy compleja es más bien un poco simple pero importante para resaltar las bondades de un controlador que como el Simatic S7-200 de siemens muestran robustez, y su software de programación un ambiente amigable.

REFERENCIAS

Joaquim Corominas Viñas. Introducción al Control de Proceso. (5ta Edición, España: Editorial Marcombo de Boixereau ,1976), pp. 26-45, 75-83.

Douglas A Cassell. Microcomputers and Modern Control Engineering. (4ta edición Virginia: Editorial Publishing Company Resten, 1983), pp. 30-60.

Robert F. Coughlin Frederick F. Driscoll. Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales. (1era. Edición, México: Prentice Hall 1993)

Timothy J. Maloney. Electronics Industrial Modern. (3era. Edición, México : Editorial Prentice Hall, 1997), pp 50-65, 80-95.

Siemens Simatic Manual del sistema de automatización.. (S7- 200 1997), pp 45-60.

Wonderware . Basic Training Course Manual of Intouch . (Irvine USA onderware Corporation 1996), pp 43-58