

29/29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**SISTEMA DE PRUEBA PARA CONTROLADORES
ANALOGICOS CON BASE EN UNA COMPUTADORA
PERSONAL Y MICROPROCESADORES**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN COMPUTACION**

P R E S E N T A

JOSE DE JESUS ISLAS FERRER

**DIRECTOR DE TESIS ING. AMBERTO BAUTISTA B.
 ING. ALBERTO TEMPLOS C.**



MEXICO, D. F.

1989

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION	1
I GENERALIDADES	8
1.1 Antecedentes	8
1.2 Controlador analogico tipico	12
1.2.1 Descripción general	12
1.2.2 Elementos de un lazo de control tipico	13
1.2.3 Representación de los elementos de campo	17
1.3 Configuración del sistema de prueba	20
1.4 Funciones y alcances del sistema	24
1.5 Beneficios del sistema de pruebas	29
II CONSIDERACIONES DE DISEÑO	31
11.1 Controlador de nivel	31
11.1.1 Algoritmo del controlador	32
11.1.2 Algoritmo de los elementos de campo	37
11.2 Funciones por equipo	42
11.3 Pruebas a realizar	45

III	" HARDWARE " DEL SISTEMA	48
III.1.	Configuración del equipo	48
III.2.	Computadora personal	51
III.3.	Equipo SAC (Sistema de Adquisición y Control)	52
III.4.	Interfaz de comunicación	61
IV	" SOFTWARE " DEL SISTEMA	63
IV.1	En computadora personal	64
IV.2	En equipo SAC	81
IV.3	Comunicaciones	90
IV.4	Pruebas funcionales	95
	CONCLUSIONES	99
	APENDICE A LINEA SAC	102
	BIBLIOGRAFIA	116

I N T R O D U C C I O N

INTRODUCCION

El control automático ha sido de suma importancia para el avance de la ingeniería en aplicaciones tales como: vehículos espaciales, guiado de proyectiles, sistemas de pilotaje de aviones, etc.; así el control automático se ha vuelto parte fundamental de los procesos industriales modernos. Por ejemplo, el control automático resulta pieza fundamental en operaciones industriales como el control de nivel, presión, temperatura, humedad, viscosidad y flujo.

Por lo tanto, es indudable la importancia del diseño y desarrollo de sistemas tendientes a mejorar la eficiencia y operación de procesos tales como los de la industria eléctrica, papelera, química, etc.; entre los que destacan los de control lógico programable, los de adquisición de datos, los de control distribuido (consistente en la optimización al máximo de los métodos de control, lo cual consiste en evitar la centralización del total de las funciones en un solo equipo y buscar que las tareas se distribuyan entre los diversos equipos que integran al sistema) etc.

Al observar la problemática (corrección de fallas y realización de pruebas al instalar el sistema, traslado de

equipo y gente especializada, etc.) durante la puesta en servicio de los sistemas anteriores, surge la necesidad de desarrollar "Sistemas de Prueba" con el objeto de verificar la funcionalidad y estabilidad de estos sistemas. Con esta nueva herramienta se puede someter a los sistemas de control a condiciones reales de proceso, con lo que se efectúan las pruebas necesarias.

En México, existen equipos de prueba para sistemas de adquisición de datos y de control lógico programable, los que consisten en generar las señales correspondientes a campo (con lo que se realizan las pruebas de aceptación de estos sistemas). Basándose en este tipo de sistemas surge la necesidad de diseñar un equipo de prueba para controladores analógicos, el cual además de generar las señales correspondientes de campo, las reciba directamente de este, las procese y las devuelva para así observar su comportamiento.

El objetivo de esta tesis es contar con una herramienta que nos permita comprobar la funcionalidad y estabilidad del equipo, además de los programas involucrados en un sistema de control, a través de la realización de una serie de pruebas apegadas en gran parte a la forma en la cual operará el sistema. De esta forma se logra contribuir con el IIE y la

industria, en una área en la que resulta de suma importancia tener un buen control en los procesos industriales.

Gracias a la innovación de los sistemas de prueba, para los sistemas de control con entradas y salidas se logra minimizar los problemas que pueden surgir al momento de la instalación.

Es así como se presenta en esta tesis la filosofía de diseño en la que se basará el "Sistema de Prueba para Controladores Analógicos". Esta filosofía por sus características es nueva dentro del ámbito nacional, ya que como se ha comentado, sólo existen un cierto tipo de equipos y no con las características adecuadas, como son el contar con señales de entrada y salida, para lograr la minimización de problemas al momento de la instalación.

Luego entonces, el objetivo de esta tesis es ayudar a mejorar la realización de pruebas a sistemas de control. Para así aumentar la confiabilidad y disponibilidad de estos. A partir de lo anterior se desprenden algunos beneficios tales como la reducción del tiempo de puesta en servicio del sistema de prueba, evitar el traslado de equipo y personal para la corrección de discrepancias en planta y disminución de los gastos involucrados para llevar a cabo lo anterior.

Para lograr nuestro proposito el trabajo se divide en cuatro capitulos, los cuales se describen a continuacion:

- En el capitulo I se presenta un panorama general de los sistemas de control existentes, los tipos de pruebas que realizan y su aceptacion. Como se encuentra intimamente ligado al sistema de control, se presenta la descripcion de un controlador analogico, sus elementos y representacion. Ademàs se muestra de manera general la configuracion del sistema de prueba, sus funciones, alcances y beneficios.

- En el capitulo II se muestra al controlador de nivel dividido en sus algoritmos del controlador y de los elementos de campo, los cuales son la parte interesante del capitulo ya que sobre ellos se programa el equipo de prueba. Aqui tambien se muestran las funciones del equipo (computadora personal, tarjetas SAC), resaltando la linea SAC (Sistema de Adquisición y Control). Finalmente se presentan las pruebas a las que se someterá al equipo, para lograr un fin deseado.

- En el capitulo III se detalla el "hardware" del sistema, comenzando por su configuracion, posteriormente la computadora personal, el equipo SAC (con relevancia en la tarjeta maestra) y la interfaz usada para lograr la comunicacion de la computadora con la canasta SAC.

- Por último en el capítulo IV (el de mayor relevancia), describe como se implementará tanto en computadora personal, como en equipo SAC los algoritmos de campo, las pruebas que se efectuarán al sistema, problemas al momento de realizar estas pruebas, como es que se checará la verificación de los resultados obtenidos para su aprobación. En última instancia se muestran todas las estructuras de los mensajes de transmisión, tipos de errores, protocolo y filosofía.

C A P I T U L O I

G E N E R A L I D A D E S

GENERALIDADES

I-1. Antecedentes

Todo Sistema de Adquisición de Datos (SAD) o de control con base en microprocesadores o computadoras, está integrado principalmente de equipo (hardware), programas y estructuras de datos (software).

Este tipo de sistemas, deben ser sometidos por etapas a pruebas en cada una de sus partes (hardware y software).

En lo referente a equipo (hardware) se llevan a cabo una gran variedad de pruebas, entre las que resaltan las de: vibración, ruido eléctrico, humedad, temperatura, pruebas de disponibilidad, pruebas de robustez, etc.; de esta forma se garantiza que el equipo estará en condiciones aceptables de operación. Ahora bien, las pruebas que se efectúan al software desarrollado, nos aseguran que cada módulo involucrado trabaje de acuerdo a los requerimientos especificados y al diseño establecido. Aquí es donde se identifican errores de especificación, de concepto, de diseño, de estructuras de datos, programación inadecuada, rigidez, etc., los cuales se corrigen durante este proceso.

Ya que se realizaron las pruebas y se corrigieron las discrepancias encontradas al hardware y el software, se procede a integrarlos como sistema y así realizarse pruebas funcionales. Durante este proceso se somete al sistema a condiciones lo más reales posibles a las que encontrara en el lugar a instalarse. Estas pruebas sirven de base para la aceptación del sistema por parte del usuario.

En la actualidad se encuentra instalado y en operación un SAD, en la Unidad I de la Central Termoeléctrica (CTE) Francisco Pérez Ríos de Tula, Hgo., el cual se desarrolló en el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

Al ver las dificultades que se suscitaron durante la puesta en servicio del SAD, surgió la necesidad de desarrollar un **Sistema de Pruebas** con el objeto de verificar la funcionalidad y estabilidad del equipo de adquisición (hardware) como la del software desarrollado para el proceso y despliegue de información de los Sistemas de Adquisición y Control. Dicho equipo permite someter a un SAD a condiciones reales de proceso.

Una vez terminado el desarrollo del probador, este se utilizó para realizar pruebas funcionales al SAD de las Unidades I y II de la CTE Manzanillo II y al sistema de

Registro y Análisis de Transitorios para la planta Nucleoelectrica de Laguna Verde, Veracruz. Posteriormente, se realizaron modificaciones al software del probador, utilizando para esto la facilidad de generar señales binarias para verificar el Control Lógico Programable (CLP) de la Unidad IV de la CTE Valle de Mexico, el que actualmente está instalado y en operación.

Los equipos de prueba que se habían desarrollado hasta el momento tienen la característica de generar señales correspondientes a campo, que es como se realizan las pruebas de aceptación de los equipos antes mencionados. Además, por su configuración el probador no recibe señales, lo cual es una limitante para verificar la funcionalidad de sistemas completos de control, ya que se requiere manejo de señales de entrada y salida. Gracias al excelente resultado que presentaron estos equipos (reducción en tiempo de puesta en servicio, gastos de instalación y facilidad de probar el sistema en el lugar de desarrollo), se está desarrollando en el Departamento de Instrumentación y Control del IIE, un sistema que contendrá tres módulos principales: Adquisición de Datos, Control Analógico y Control Logico, que permitirán verificar sistemas de control distribuido.

Esta tesis presenta la filosofía de diseño en la que se basará el sistema de pruebas para controladores analógicos, el cual estará compuesto de una computadora personal y de unidades de entrada/salida con microprocesadores. La filosofía se podrá utilizar para realizar equipos de prueba para controladores analógicos pequeños o grandes, cambiando para esto solo la aplicación en particular, ya que las funciones con que contará serán las mismas. Con objeto de mostrar prácticamente esto, se diseñará y construirá un sistema para probar funcionalmente un controlador de nivel sencillo.

El equipo de pruebas consta básicamente de hardware, programas y estructuras de datos que al ser integrados como sistema realicen las funciones previamente determinadas (comportamiento del proceso, generación de disturbios, configuración de control, inicialización y modificación de parámetros, alarmamiento del sistema bajo prueba, etc.). Las pruebas de aceptación se llevan a cabo tanto al equipo como a las funciones que realiza el sistema de control.

Las pruebas al controlador analógico deben ser tales que se cumplan todas las funciones especificadas previamente y en caso de encontrar discrepancias deberán hacerse los cambios correspondientes ya sea en ajustes al controlador,

adquisición de señales de campo, escalamientos manejados, etc.

El objetivo de la realización de estas pruebas es disminuir los problemas que surgen al momento de instalarse. Con esto no se garantiza que los problemas desaparezcan, pero si que se reduzcan al mínimo.

Este sistema de pruebas para controladores analógicos, por su configuración y funciones, es nuevo en México, ya que es capaz de recibir señales del controlador, y generar como resultado de la solución de un modelo matemático, las señales correspondientes que se enviarán al controlador.

Por campo entenderemos aquellos elementos que no forman parte del controlador y que normalmente se encuentran en el lugar donde se está llevando el proceso (tanque, válvula, sensor y transmisor, en nuestro caso).

1.2. Controlador analógico típico

1.2.1. Descripción general

Los sistemas de control de circuito cerrado, son aquellos en los cuales la salida del controlador toma en cuenta la variable de salida o controlada. A este tipo de

control también se le conoce como de retroalimentación, y donde la variable a controlar se compara con un valor deseado y al resultado de esa comparación (error) se le aplican acciones de control (proporcional, integral o derivativo) que generan una salida hacia la válvula, la cual corregirá la desviación. Este proceso se lleva a cabo continuamente.

Este tipo de sistema es el más utilizado en la industria de control de proceso, así, un controlador automático es un instrumento que mide el valor de una variable, la compara con un valor de referencia y actúa de manera tal que la variable se mantenga en ese valor.

1.2.2. Elementos de un lazo de control típico

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, en la figura 1.1, se muestra un lazo de control automático de retroalimentación básico. Los elementos de este circuito de control son:

Elemento primario de medición: es aquel que detecta el valor de la variable, o sea, es la porción de los medios de medición que primero utiliza o transforma la energía del medio controlado, para producir un efecto que esta en función de la variable controlada. Los elementos primarios de medición más comunes son: (para temperatura)

termómetros ,bimetálicos de vástago, de vidrio,etc.; tubo bourdon, tubo espiral o helicoidal, etc. (para presión); placa de orificio, tubo venturi, tubo pitot, etc. (para flujo); y flotadores, desplazadores, medidores de presión diferencial, etc. (para nivel).

Elemento secundario de medición y transmisión: es el encargado de amplificar la señal proveniente del elemento primario de medición, o bien, transformar esa función en una señal útil, fácilmente medible, como una señal eléctrica o una presión neumática.

La señal detectada y transmitida por los medios de medición (elemento primario y secundario) esta en función de la variable controlada, es decir, la cantidad o condición que es medida y/o controlada y se representa con la letra "E".

La señal de la variable controlada ya sea eléctrica, neumática, hidráulica, electrónica, etc., es transmitida simultáneamente a un dispositivo de indicación y/o registro y a un controlador.

La señal que va al elemento de indicación y/o registro es transformada a unidades de variable controlada (grados centígrados, pulgadas, etc.), o bien, a porcentaje de escala o puntos (decimales), que multiplicados por un factor, dan el valor en unidades de la variable medida.

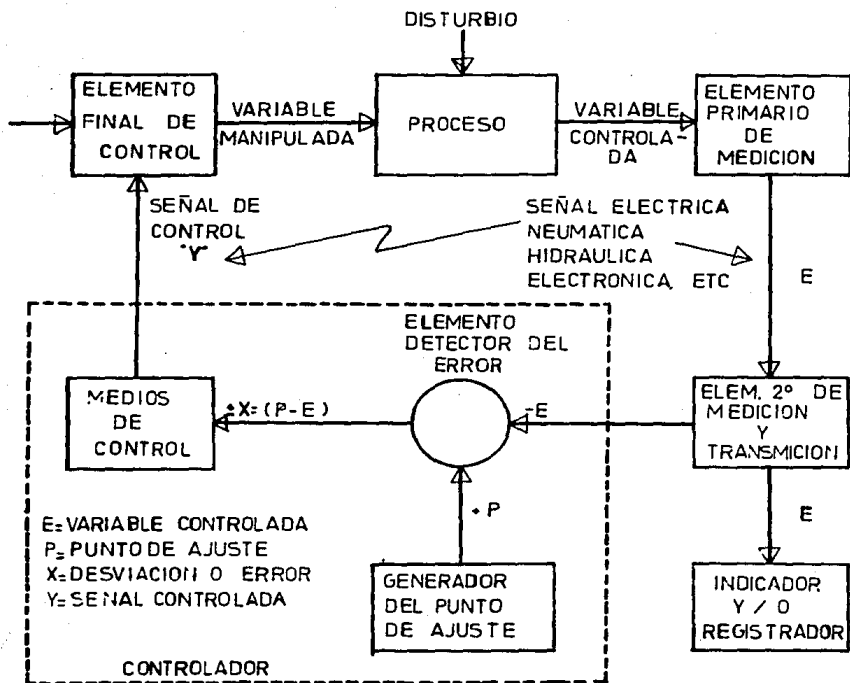


FIG.1.1 CIRCUITO DE CONTROL AUTOMATICO

Elemento detector del error y controlador: la señal de la variable que va al controlador (constituido este por dos partes: elemento detector del error y medios de control) llega al elemento detector del error, donde se compara con una referencia seleccionada llamada punto de ajuste o "set-point" representado por la letra "P"; encontrándose una diferencia o error ($X = P - E$). Esta señal es enviada a los medios de control, donde se realizan las acciones de control (proporcional, integral, derivativo), o sea, cuenta con los medios necesarios para corregir la desviación, mandando una señal correctiva ("Y") a un elemento final de control que generalmente es una válvula operada automáticamente, también podría ser un motor, relevador o cualquier dispositivo similar capaz de cambiar la variable manipulada de un proceso.

Elemento final de control: sirve para convertir variaciones en la señal de salida del controlador, en variaciones correspondientes a la variable manipulada, cuyos cambios afectan el valor de la variable controlada.

1.2.3. Representación de los elementos de campo

Para poder representar los elementos de campo, se debe mencionar que se está trabajando con un controlador de nivel de un líquido en un recipiente con una área de sección transversal constante. Los elementos que conforman a este sistema son: el tanque o proceso, válvula de control, transmisor de nivel y el controlador automático. Esta representación se ve más clara en la figura 1-2 en la que se aprecia el sistema de control de nivel y a cada uno de sus elementos.

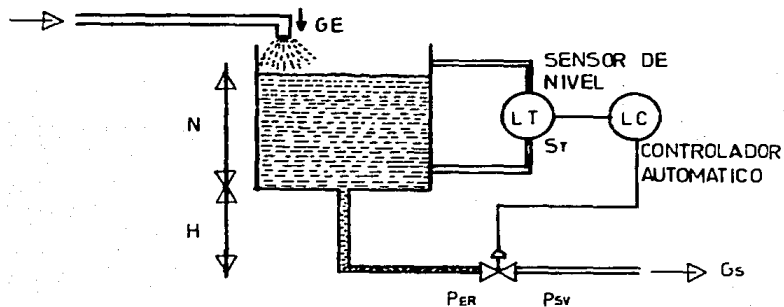


Figura 1-2 Sistema de control de nivel de líquido

Como se ha mencionado el "campo" esta integrado por aquellos elementos que no corresponden al controlador. De aquí que para someter a prueba al controlador de nivel detemos contar con una representación del campo. Es necesaria la representación de estos elementos, ya que así podremos saber como interviene cada uno de ellos en el proceso de control. La figura 1.3 nos muestra el diagrama de bloques del controlador de nivel, donde se aprecian mas detalladamente los bloques correspondientes a campo y controlador, a partir de los cuales realizaremos un modelo matematico simple.

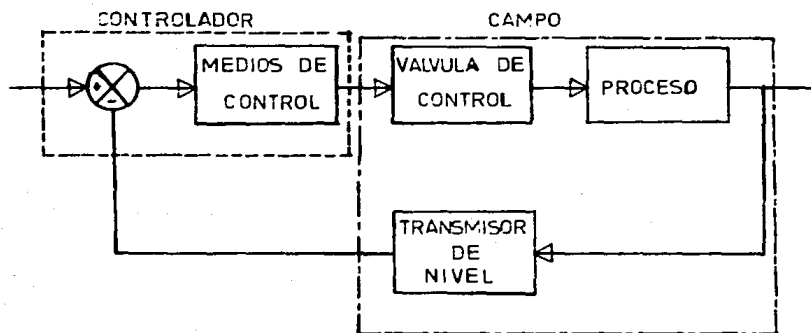


Figura 1.3 Diagrama de bloques del controlador de nivel (Circuito de control)

Desglosando cada uno de los bloques tenemos la siguiente distribución:

- Proceso: consiste del nivel de un líquido en un recipiente (tanque) con área de sección transversal constante. De aquí se toman las señales que se han de procesar en los diferentes bloques del circuito de control. De esta forma se podrá establecer el control deseado sobre el proceso.

- Elemento de medición y transmisión: una vez que la celda de presión diferencial registra un valor de nivel se le envía al transmisor de nivel (elemento secundario) el cual convierte la señal de presión diferencial a señal eléctrica (voltaje), la cual se envía al controlador pasando antes por el comparador (elemento detector del error).

Cabe aclarar que en este circuito de control el elemento primario y secundario es el mismo, ya que se trata de un transmisor de nivel del tipo celda de presión diferencial. Esto no causa problema, ya que existen muchos otros circuitos en los que se presenta el mismo caso.

- Elemento final de control: una vez que el controlador ha procesado la señal, recibida del transmisor de nivel, la envía a la válvula de control (elemento final de control).

donde el controlador le indica en que posición se debe colocar -abierta, cerrada o en un valor intermedio- para dejar pasar la cantidad exacta de líquido y de esta forma controlar y evitar que el tanque (proceso) se derrame o en su defecto se quede vacío. De esta forma se cierra el ciclo de control y se vuelven a repetir cada uno de los bloques tal y como lo muestra la figura 1.3.

Finalmente, podemos mencionar que es de suma importancia para todos y cada uno de los elementos de campo, como es que se lleva a cabo el control y que elementos intervienen en cada bloque, ejecutando una tarea específica.

1.3. Configuración del sistema de prueba

El sistema de prueba es un equipo electrónico que se basa en un esquema de tareas jerarquizadas y distribuidas. El sistema de prueba consta básicamente de una computadora personal (PC) y una canasta ("rack" en inglés, en el IIE se le denominó canasta) la que posee ranuras ("slots") en las cuales se insertan las tarjetas correspondientes a la línea SAC (línea para Sistemas de Adquisición y Control, desarrollada por el Departamento de Electrónica de la División de Equipos del IIE); el propósito de la línea SAC es

ofrecer un equipo de cómputo que monitoree y maneje dispositivos del mundo real. La línea SAC permite conectar una computadora a los dispositivos a controlar (Módulo de Control Analógico). Su función principal se enfoca al control automático industrial. Por ello sus características físicas le permiten soportar condiciones ambientales difíciles. En nuestro caso la línea SAC está compuesta de las siguientes tarjetas:

- Una de comunicación (SAC-810), la cual se encarga de recibir los mensajes que envía la computadora personal a la tarjeta maestra y a su vez envía información de la tarjeta maestra a la computadora personal y a las demás tarjetas de la canasta.

- Una de procesamiento de información (SAC-1100); conocida como tarjeta maestra, ya que se encarga del procesamiento de toda la información proveniente de la computadora personal y de las otras tarjetas conectadas.

- Una de entradas analógicas (SAC-710/10); esta tarjeta toma las señales de campo en forma diferencial o simple y en compañía de la tarjeta de conversión A/D acondicionan la variable analógica en cuestión y la convierten a su equivalente digital.

- Una de salidas analógicas (SAC-510), recibe los datos de la tarjeta maestra para que sean entregados a campo.

- Una de conversión analógica/digital (SAC-710/01), actúa como controladora de la conversión A/D, opera en compañía de la tarjeta de entradas analógicas

La computadora personal es la encargada de suministrar la información necesaria para ejecutar tareas preestablecidas en los demás módulos, así también genera los comandos para el control y ejecución de dichas tareas.

El control de las pruebas se lleva a cabo desde la computadora personal, donde existen diferentes programas para ejecutar, mediante diálogos con el usuario, por ejemplo: pruebas funcionales al sistema, entre las que figuran principalmente las de control analógico (programación y control de pruebas).

El sistema de prueba tiene la capacidad de adquirir señales analógicas y digitales provenientes del sistema bajo prueba (controlador analógico) y a su vez es capaz de proporcionar las señales correspondientes a las variables de proceso que requiere el controlador para realizar sus funciones. Dependiendo de los requerimientos y necesidades, el sistema de prueba podrá operar con "N" señales de entrada analógica, "X" de entrada digital y "Z" de salida analógica.

En nuestro caso no utilizaremos señales de entrada digital. La figura 1.4 nos muestra la configuración completa del sistema de pruebas, el cual incluye los tres módulos: Adquisición de Datos, Control Lógico y Control Analógico.

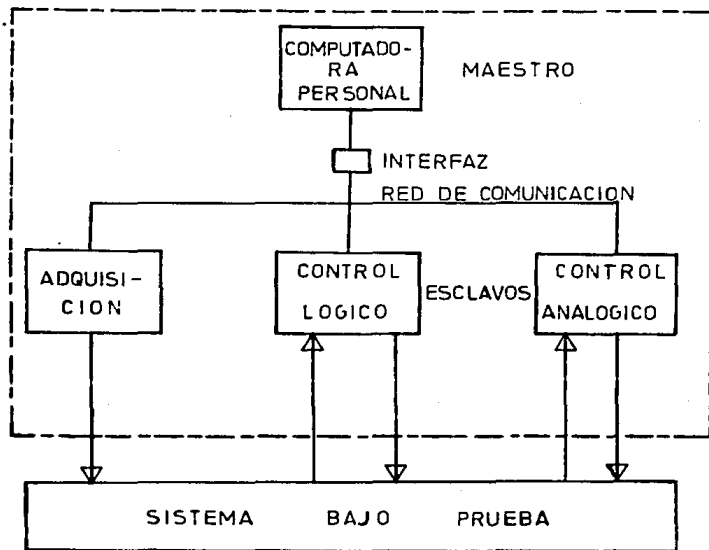


Figura 1.4 Configuración del sistema de pruebas

I-4. Funciones y alcances del sistema

Como ya se ha mencionado, el sistema de prueba consta de tres módulos principales: Adquisición de Datos, Control Analógico, Control Lógico. Esta tesis se enfoca sobre el módulo de Control Analógico el cual está compuesto a su vez por "hardware" y "software".

Dentro de las pruebas a realizar al sistema bajo prueba destacan las siguientes:

- Lograr un ambiente lo mas cercano a la realidad que es en el que se va a encontrar el controlador (respuesta característica de los elementos involucrados en el lazo de control: tanque, válvula, sensor y transmisor).
- Proporcionar los medios necesarios para una operación normal.
- Generar disturbios al controlador. Por ejemplo: cambios en el flujo de entrada al tanque o en el flujo de salida, fallas en la válvula, fallas en el transmisor.
- Permitir al controlador poder ajustar su ganancia proporcional, integral y derivativa, ya que se podrá observar la respuesta del proceso para diferentes valores de ganancias, y con base en estos datos y a la forma de respuesta se encuentra el valor más adecuado.

En lo que respecta al "hardware" este está constituido por la línea SAC, la cual adquiere dentro del equipo de pruebas y del sistema de control funciones especiales que la hacen confiable. Por tal motivo, ya se han mencionado algunas de ellas (plantas termoelectricas, ingenios azucareros, control de situaciones anormales, etc.), esta enumeración no es exhaustiva, por el contrario, es importante destacar que la línea SAC puede aplicarse a todo tipo de equipos y sistemas de control industrial.

En un sistema de control, constantemente se adquieren las variables de un proceso. Cada variable adquirida por el sistema se compara con el valor anterior obtenido. Si se detecta un cambio fuera de la referencia de la variable, se procede a normalizar la misma y se compara con los valores de operación confiables que se han fijado previamente.

Las funciones que se encarga de realizar la línea SAC son las siguientes:

- Inicialización de la canasta; en la cual se efectúa un autodiagnóstico de la canasta, verifica que cada una de las tarjetas que utilizamos se encuentren en su lugar y además tengan su código de identificación correcto; esta función se lleva a cabo al momento de encender la canasta o dar "reset" manual a la tarjeta de procesamiento.

- Interpretación y ejecución de comandos; permiten el control de pruebas; tales comandos son: inicio de pruebas, programación de un parámetro específico, retorno a condiciones iniciales, restablece canal a operación normal, envía cero volts a un canal analógico específico.
- Comunicación con la tarjeta SAC-810; esta función se encarga de verificar (vía interrupción) si existe información a enviar o recibir de la computadora personal, en el momento que esto ocurre se le da mayor prioridad a la comunicación.
- Ejecución del algoritmo que representa los elementos de campo; aquí es donde se simulan dichos elementos (transmisor de nivel, válvula de control y tanque) y se observa como se comporta el proceso.
- Monitoreo y actualización de las señales de entrada y salida; consiste en verificar que es lo que se manda y recibe del controlador (sistema bajo prueba) y dependiendo de la situación se actualiza la variable.

En lo que corresponde al "software" este se encuentra estructurado por los programas residentes en la computadora personal; con los cuales es posible someter al sistema bajo prueba a diferentes condiciones reales de operación.

Gracias a que el "software" se halla modularizado es posible realizar pruebas modulares como las ya mencionadas. Así, desde la computadora personal se puede estar monitoreando las diferentes etapas o resultados que presenta nuestro sistema bajo prueba, y en su defecto alterarlos por un valor mayor o menor según se desee.

Las funciones que se realizan desde la computadora personal son las siguientes:

- Programación de pruebas: donde se dan los valores de los parámetros manejados (presión, Cv máx, altura máxima de la columna, área del tanque) y en el transcurso de la ejecución de dichos parámetros se modifican o bien se reinstalan.
- Control de pruebas: podemos decir que es la parte fundamental, ya que en el se generan disturbios para observar el comportamiento del controlador, además se activan comandos (ejecución de rutinas) y se puede tener un restablecimiento general si es que se desea. En este módulo, se ejecuta el algoritmo de los elementos de campo, que es en el que se ajustan los parámetros programados.
- Consultas de control analógico: donde se accesa a una base de datos para recibir información de las variables.

Tanto las funciones del "software" como del "hardware" se hayan sumamente relacionadas, esto es, para obtener una mayor funcionalidad del equipo de prueba sobre el sistema bajo prueba.

En lo que ha alcances se refiere, este sistema de prueba sólo se limita por capacidades o restricciones del "hardware" que se usa ya que es sumamente versátil, es decir, se puede tener un sistema muy sencillo (controlador de nivel) o uno muy complejo (controlador de una planta termoeléctrica), esto se debe a la compatibilidad del software con el hardware, además se presenta el manejo de señales de entrada y salida al sistema de prueba. Gracias a esto se logra reducir al mínimo los errores que se presentaban en el equipo al momento de su instalación en campo.

Así el alcance de este sistema de prueba depende de la necesidad que deba de solventar. Por lo pronto sus alcances ayudarán bastante a la industria eléctrica en lo que a control analógico e instrumentación se refiere, ya que a pesar de ser tan sencillo el lazo de control, resulta ser la base para sofisticados circuitos de control de características similares.

I-5. Beneficios del sistema de pruebas

El enfoque principal de este equipo es ayudar en la realización de pruebas a sistemas de control. A partir de aquí se desprenden algunos beneficios tales como reducciones del tiempo de puesta en marcha del sistema, evitar traslado de equipos y personas para correcciones de discrepancias en planta y disminuir los gastos involucrados para llevar a cabo lo anterior.

Por otro lado, se ha logrado un importante avance ya que las pruebas no se realizan directamente en planta, es decir, no se experimente con ella para realizar pruebas al equipo; aunado a esto, se encuentra que la corrección de errores ahora es más rápida ya que el sistema permite detectarlos más efectivamente, es decir, si ocurre un error, ahora es más pronta su localización, ya que se trata de errores específicos y no generales como ocurría anteriormente.

En resumen, este nuevo sistema de prueba ofrece bastantes beneficios y primordialmente una cantidad mínima de fallas.

C A P I T U L O I I

C O N S I D E R A C I O N E S D E D I S E N O

CONSIDERACIONES DE DISEÑO

II-1. Controlador de nivel

El nivel es un sistema integrador de capacidad simple. La capacidad del tanque es directamente proporcional a su diámetro. Los tanques de gran diámetro con poco gasto no presentan mayor problema de control; pero los recipientes de pequeño diámetro y gran gasto son más difíciles de controlar aunque este caso no es muy común.

Aquí nos enfocaremos a un controlador de nivel sencillo, que consiste de: control de nivel de un líquido en un recipiente con un área de sección transversal constante. La figura 1.2 nos representa el sistema del controlador de nivel, tal como se mencionó en el capítulo I.

II.1-1. Algoritmo del controlador

La acción de control proporcional-integral-derivativo (PID) es la más utilizada por los controladores industriales. Sin embargo, sus usos son diferentes dependiendo de la aplicación del controlador. Las acciones de control son:

- Acción proporcional: Para un control de acción proporcional, la relación entre la salida del controlador $m(t)$ y la señal de error actuante $e(t)$ es:

$$m(t) = K_p * e(t)$$

donde K_p se denomina sensibilidad proporcional o ganancia. Cualquiera que sea el mecanismo en sí, y sea cual fuere la potencia que lo alimenta, el control proporcional esencialmente es un amplificador con ganancia ajustable.

- Acción Integral: En un control con acción integral, el valor de la salida del controlador varía proporcionalmente a la señal de error actuante $e(t)$. Es decir,

$$\frac{dm(t)}{dt} = K_i * e(t)$$

o

$$m(t) = K_i \int_0^t e(t) dt$$

donde K_i es una constante regulable. La acción de control integral recibe a veces el nombre de control de reposición.

- Acción derivativa: Esta acción agregada a un control proporcional brinda un medio de obtener control con alta sensibilidad. Una ventaja de usar acción de control derivativa es que responde a la velocidad de variación del error actuante y puede producir una corrección significativa antes que el valor del error actuante se haga excesivo. De este modo, el control derivativo se anticipa al error actuante, inicia una acción correctiva temprana y tiende a aumentar la estabilidad del sistema. Como el control derivativo actúa con la velocidad de variación del error actuante, y no con el error actuante en sí, este modo nunca es empleado solo. Se le usa siempre en combinación con acción proporcional o proporcional e integral.

Además se usan las acciones de control resultantes de la combinación de estos, las cuales son: acción proporcional e integral, acción de control proporcional y derivativa, acción proporcional-integral-derivativa (en la que está basado nuestro algoritmo PID).

La combinación de los efectos de acción proporcional, acción de control derivativa y acción de control integral, se le llama acción de control PID. Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. De esta manera tenemos a continuación el

desarrollo del algoritmo digital que se utiliza en un controlador general.

Partiendo de la salida que proporciona el controlador la cual involucra las tres acciones o modos de control, tenemos:

$$M(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right]$$

donde:

$U(t)$ = salida del controlador (S_c)

K_p = ganancia o sensibilidad proporcional

$e(t)$ = error

t = tiempo T_d = tiempo derivativo

T_i = tiempo integral o de reajuste

y el error está constituido por la diferencia entre la variable de referencia ("set-point") y la variable controlada (salida del transmisor), así:

$$e(t) = r(t) - y(t)$$

$r(t)$ = variable de referencia o punto de ajuste

$y(t)$ = variable controlada

si para un periodo de muestreo T , se tiene:

$$e_k = e(kT); \quad M_k = M(kT); \quad r_k = r(kT); \quad y_k = y(kT)$$

donde: $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

$$U_k = K_p \left[e_k + \frac{1}{T_i} \left(\frac{e_0 + e_1}{2} + \dots + \frac{e_{k-1} + e_k}{2} \right) T + T_d \frac{e_k - e_{k-1}}{T} \right] \dots \quad (1)$$

En donde la integración (2o. término) se ha reemplazado por una operación de suma del área de trapecios; y la derivación (3er. término) mediante una aproximación por diferencias.

El algoritmo de control normalmente aceptado en la práctica maneja la diferencia:

$$-\Delta U_k = U_k - U_{k-1} \quad \dots (II)$$

como la salida del controlador (S_c), que a su vez es la variable controlada y la que está en función de lo ocurrido un intervalo de tiempo antes de obtener la nueva salida.

De modo que si desarrollamos (II) a partir de (I) en sus respectivos tiempos tenemos:

$$\Delta U_k = K_p \left[e_k + \frac{1}{T_i} \left(\frac{e_0 + e_1}{2} + \frac{e_{k-1} + e_k}{2} \right) T + T_d \frac{(e_k - e_{k-1})}{T} - \left(e_{k-1} + \frac{1}{T_i} \left(\frac{e_1 + e_2 + \dots + e_{k-2} - e_{k-1}}{2} \right) T + \frac{T_d}{T} (e_{k-1} - e_{k-2}) \right) \right]$$

agrupando y eliminando términos:

$$\Delta U_k = K_p \left[(e_k - e_{k-1}) + \frac{1}{T_i} \left(\frac{e_{k-1} + e_k}{2} \right) + \frac{T_d}{T} (e_k - 2e_{k-1} + e_{k-2}) \right]$$

sustituyendo el error como:

$$e_k = r_k - y_k \quad \Delta U_k = K_p \left[(r_k - y_k - r_{k-1} + y_{k-1}) + \frac{1}{T_i} \left(\frac{r_k - y_k + r_{k-1} - y_{k-1}}{2} \right) T + \frac{T_d}{T} (r_k - y_k - 2(r_{k-1} - y_{k-1}) + r_{k-2} - y_{k-2}) \right]$$

eliminando términos y suponiendo que

$$r_k = r_{k-1} = r_{k-2} \quad \Delta U_k = K_p \left[(y_{k-1} - y_k) + \frac{T}{T_i} \left(r_k - \frac{(y_{k-1} + y_k)}{2} \right) + \frac{T_d}{T} (2y_{k-1} - y_{k-2} - y_k) \right]$$

agrupando:

$$\Delta U_k = K_p \left[\left(y_{k-1} - \frac{T}{2T_i} y_{k-1} \right) - \left(y_k \frac{T}{2T_i} y_k + \frac{T}{2T_i} r_k \right) + \frac{T_d}{T} (2y_{k-1} - y_{k-2} - y_k) \right]$$

$$\Delta U_k = K_p \left(1 - \frac{T}{2T_i} \right) y_{k-1} - K_p \left(1 - \frac{T}{2T_i} \right) y_k + \frac{K_p T}{T_i} (r_k - y_k) + \frac{K_p T_d}{T} (2y_{k-1} - y_{k-2} - y_k)$$

Los parámetros de control —proporcional (K_p), integral (T_i) y derivativo (T_d)— del algoritmo PID discreto está dado por:

$$K_p = \frac{K_p * T}{T_i} \quad \Rightarrow \text{constante de proporcionalidad}$$

$$K_d = \frac{K_p * T_d}{T} \quad \Rightarrow \text{constante de derivabilidad}$$

$$K_i = K_p \left(1 - \frac{T}{2T_i} \right) \quad \Rightarrow \text{constante de integración}$$

así tenemos que:

$$\Delta U_k = K_p (y_{k-1} - y_k) + K_i (r_k - y_k) + K_d (2y_{k-1} - y_{k-2} - y_k)$$

es la ecuación del algoritmo de control PID discreto, que utilizaremos en el presente trabajo.

II.1-2. Algoritmo de los elementos de campo

La figura 1-2 ilustra un sistema de control de nivel de un líquido. En el que nuestros elementos de campo son: el tanque, el transmisor de nivel y la valvula de control; empecemos por el tanque. Así en el estado estable, el gasto de entrada es igual al gasto de salida ($G_e = G_s$), por lo que el nivel del líquido es constante ($N = cte$). Cuando ocurre algún disturbio, bajo o alto nivel en el recipiente, pasamos de un estado estable a uno dinámico, en el cual el gasto de entrada menos el gasto de salida nos da la rapidez de acumulación de material en el recipiente, esto es:

$$G_e - G_s = \frac{dV}{dt} \quad \begin{array}{l} \text{Rapidez de acumulación de} \\ \text{material en el tanque} \end{array}$$

$$G_e - G_s = \frac{\rho dM}{dt} \quad \dots(1)$$

dimensionalmente:

$$G_e \text{ [kg/s]} - G_s \text{ [kg/s]} = \frac{\rho dM}{dt} \quad \text{[kg/s]}$$

donde:

$$M = A_t * N \quad \dots(2)$$

M = masa

A_t = Area del tanque

ρ = Densidad

ya que A_t y $@$ son constantes y sustituyendo (2) en (1):

$$G_e - G_s = A_t * @ \frac{dN}{dt}$$

$$\frac{dN}{dt} = \frac{G_e - G_s}{A_t * @}$$

integrando tenemos:

$$N = \int_0^t \frac{G_e - G_s}{A_t * @} dt$$

$$N = \frac{1}{A_t * @} \int_0^t (G_e - G_s) dt$$

suponiendo: $G_e - G_s = \text{cte.} = K$

$$N = \frac{K}{A_t * @} \int_0^t dt$$

$$N = \frac{K}{A_t * @} * t + C.I.$$

C.I. = constante de integración

para las condiciones iniciales en $t = 0$

$$N = C.I. \quad \text{y} \quad C.I. = N_i$$

N_i = nivel inicial
en el sistema

así:

$$N = N_i$$

y para cualquier instante de tiempo:

$$N = \frac{K}{At * @} * t + Ni$$

o de otra manera:

$$N = \frac{Ge - Gs}{At * @} * t + Ni \quad \dots(A)$$

que es la ecuación que nos da el valor del nivel del líquido en un instante "t".

Transmisor de Nivel

Para conocer el nivel se emplea una celda de presión diferencial, cuya salida es manejada por el transmisor de nivel, el cual entrega una señal en porcentaje (0% - 100%).

De lo anterior tenemos que la salida del transmisor está dada de la siguiente forma:

St : salida del transmisor

$$St = \frac{N - No}{R} * 100 \quad \dots(B)$$

Nm : nivel máximo

No : nivel mínimo

R : rango ==> R = Nm - No

si:

St > 100 ==> St = 100

St < 0 ==> St = 0

Ahora bien, si el nivel que estamos midiendo es el mínimo:

$$St = \frac{No - No}{R} * 100\% = 0\%$$

por el contrario, si el nivel medido es el máximo:

$$St = \frac{Nm - No}{R} * 100\%$$

$$St = \frac{(R + No) - No}{R} * 100\% = 100\%$$

En caso de que el nivel se encuentre por debajo del valor mínimo el transmisor nos entregara como valor 0%, y si ocurre al contrario, el nivel rebasa al valor máximo, entonces el transmisor entregara el valor de 100%. Con lo anterior aseguramos que la señal entregada por el transmisor siempre este en el rango de 0% a 100%.

Válvula de control

Se divide en actuador y cuerpo, si del actuador se desprecia el retraso de tiempo, es decir, en la válvula no se está considerando retraso de tiempo la respuesta es inmediata, y del cuerpo, la posición de la válvula es igual a la salida del controlador, entonces

$$Xv = Sc \quad \dots(3)$$

Xv : posición de la válvula

Sc : salida del controlador

por lo tanto el gasto de salida es:

$$G_s = C_v * \text{SGP}(A_p/G) \quad \dots(4)$$

donde:

C_v : característica de flujo de la válvula

G : gravedad específica

A_p : diferencia de presión ($P_{ev} - P_{sv}$)

considerando una válvula de característica lineal:

$$C_v = C_{vm} * X_v$$

C_{vm} : característica de la válvula dada por el fabricante

y sustituyendo en (4):

$$G_s = C_{vm} * X_v \text{SGP}((P_{ev} - P_{sv})/G) \quad \dots(5)$$

la presión de entrada a la válvula (P_{ev}) es:

$$P_{ev} = (H + N) * \rho * g + P_{atm}$$

$$P_{sv} = P_{atm}$$

$$P_{ev} - P_{sv} = (H + N) * \rho * g \quad \dots(6)$$

donde:

H : altura máxima de la columna

N : nivel del líquido

ρ : densidad

g : gravedad

sustituyendo (6) y (3) en (5):

$$G_s = C_{vm} * X_v \text{SGP}(((N + H) * \rho * g)/G) \quad \dots(C)$$

que es la ecuación que nos brinda el gasto a la salida de la válvula en función de la salida del controlador.

Con todo lo anterior tenemos completos nuestros elementos de campo, con los cuales podemos dar solución a nuestro problema del nivel, el cual esta representado por la ecuación

$$\frac{dN}{dt} = \frac{Ge - Gs}{At * @}$$

a su vez dicha ecuación se resuelve empleando el método de Euler para ecuaciones como la que estamos trabajando. Su programación en el microprocesador se detalla más claramente en el capítulo IV sección 2 (línea SAC).

II-2. Funciones por equipo

El diseño del sistema de prueba para controladores analógicos se basa en la configuración maestro-esclavo, donde se considera a la computadora personal como el maestro y a las unidades de entrada/salida como los esclavos.

La computadora personal cuenta con programas de aplicación necesarios para interactuar con el usuario a través de diálogos, al igual que con los comandos que permiten realizar el control de las pruebas. Así, el maestro brinda la información necesaria para llevar a cabo las tareas en la canasta.

Las funciones que efectúa la línea SAC se logran mediante tarjetas electrónicas que realizan diferentes operaciones con el propósito de monitorear variables físicas, controlar variables continuas o para que el sistema de prueba se comunique con otro similar, con una computadora externa o con un monitor. Así se llevan a cabo las siguientes funciones:

- Mantener comunicación constante con la computadora personal, para informar del estado de las señales del sistema de prueba; y además para poder recibir información proveniente de la computadora personal (orden de generar disturbios o cambiar valores de algún parámetro).
- Procesamiento de la información recibida del controlador PID (posición de válvula), para ejecutar el algoritmo de campo y sus rutinas, así obtenemos la correspondiente salida (nivel), la cual a su vez se envía al controlador, con lo que se cierra el lazo de retroalimentación (control).

Las funciones que se pueden realizar con los programas de aplicación, presentan la flexibilidad necesaria, para que, dependiendo de la información y comandos que envíe el maestro durante el proceso de pruebas, se lleven a cabo tareas específicas; por ejemplo:

- Configuración del sistema: aquí intervienen tanto la computadora como la línea SAC, ya que mediante la primera se alimenta de información a la línea SAC y quedando así configurado el sistema de prueba. Esta consiste en proporcionar la identificación del conector del sistema bajo prueba que se haya conectado al probador; con estos datos y con el modelo matemático se obtiene la información para elaborar y transmitir el mensaje de configuración.
- Ejecución de un grupo de comandos para el control de pruebas: con este comando se permite realizar distintas pruebas a nuestro sistema. Tales comandos son: inicio de pruebas, programación de un parámetro específico (los cuales se localizan en el algoritmo de los elementos de campo), retorno a condiciones iniciales, envía cero volts a un canal analógico especificado (para simular pérdida de señal temporal) y restablecimiento de canal a operación normal.
- Ejecución del algoritmo de los elementos de campo: previa configuración de parámetros se ejecuta el algoritmo el cual nos dará el valor correspondiente al nivel del tanque en un instante dado.

II-3. Pruebas a realizar

Como se ha mostrado, este sistema de prueba efectúa muy variadas tareas que dependen de la aplicación que se lleve a cabo. En nuestro caso las pruebas a realizar son específicamente sobre el controlador de nivel (sistema bajo prueba). Dentro de las pruebas que se efectúan, a este, destacan las siguientes:

- Generar disturbios: en esta prueba se modifican los valores de los parámetros (dados con anterioridad). La finalidad es provocar alteraciones o disturbios bruscos en las condiciones del sistema y observar como es su comportamiento y como el controlador trata de llevar el proceso a un estado estable.
- Ajuste del controlador o pruebas de entonamiento: dichas pruebas consisten en encontrar los valores adecuados (ajustar y desajustar) de cada una de las ganancias proporcionales (K_p), integral (K_i) y derivativa (K_d) del controlador, ya que es de suma importancia, que se nos permita verificar su correcta operación del sistema de prueba. Estos ajustes son al algoritmo (PID) y el que responde es el sistema de prueba.
- Verificación de un control adecuado y veraz sobre el sistema bajo prueba, es decir, verificar que esté controlando correctamente. Este control adecuado,

implica que el sistema tenga las características básicas de control: exactitud, velocidad de respuesta y estabilidad. Esta prueba es básica para cualquier sistema.

- Otro tipo de pruebas que se realizan son las de verificar las funciones de alarma e indicación del sistema, transferencias suaves de manual-automático, de automático a manual, adopción de un estado seguro en caso de pérdida de señales de campo, etc.

El objetivo de estas pruebas consiste en detectar el máximo de errores del sistema bajo prueba; corregirlos, para que al momento de ser instalado, los problemas se minimicen al entrar en funcionamiento.

C A P I T U L O . I I I

" H A R D W A R E " D E L S I S T E M A

HARDWARE DEL SISTEMA

III-1 Configuración del equipo

La arquitectura completa y representativa del equipo de prueba con sus tres módulos principales (Adquisición de Datos, Control Lógico y Control Analógico) se muestra en la figura 3-1.a. El equipo con que cuenta el sistema de prueba se compone de lo siguiente: una computadora personal (PC), una canasta SAC que contiene tarjetas de procesamiento, de comunicaciones, de entradas analógicas, de salidas analógicas (línea SAC) y una tarjeta de conversión analógica/digital, una interfaz de comunicación Computadora Personal-Canasta SAC (RS232/RS422), cables y conectores para enlazarse con el sistema de control.

La figura 3-1.b nos muestra la interacción del sistema de prueba; esta figura nos da una idea más clara de cada una de las partes que representa el equipo de prueba; esto es: la computadora personal nos brinda las opciones que se realizan desde un gabinete de control el cual puede poner en automático o manual al sistema; además, se pueden cambiar los valores de los parámetros, se pueden generar disturbios, reinicializar el sistema, etc..

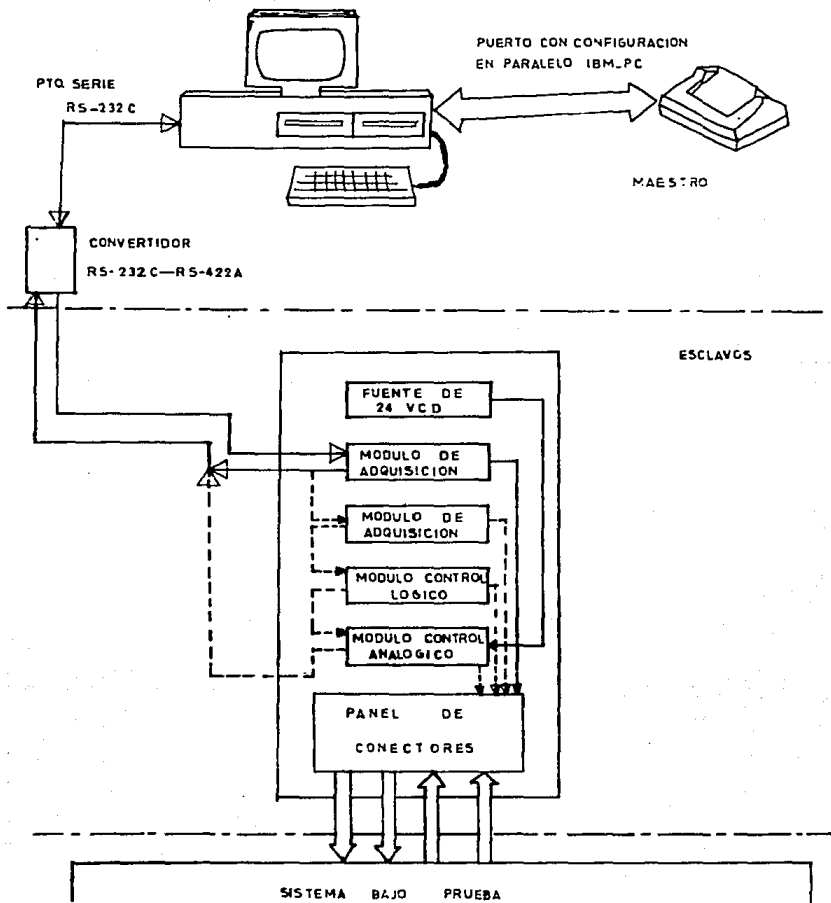


FIGURA 31a ARQUITECTURA DEL PROBADOR DE SISTEMAS

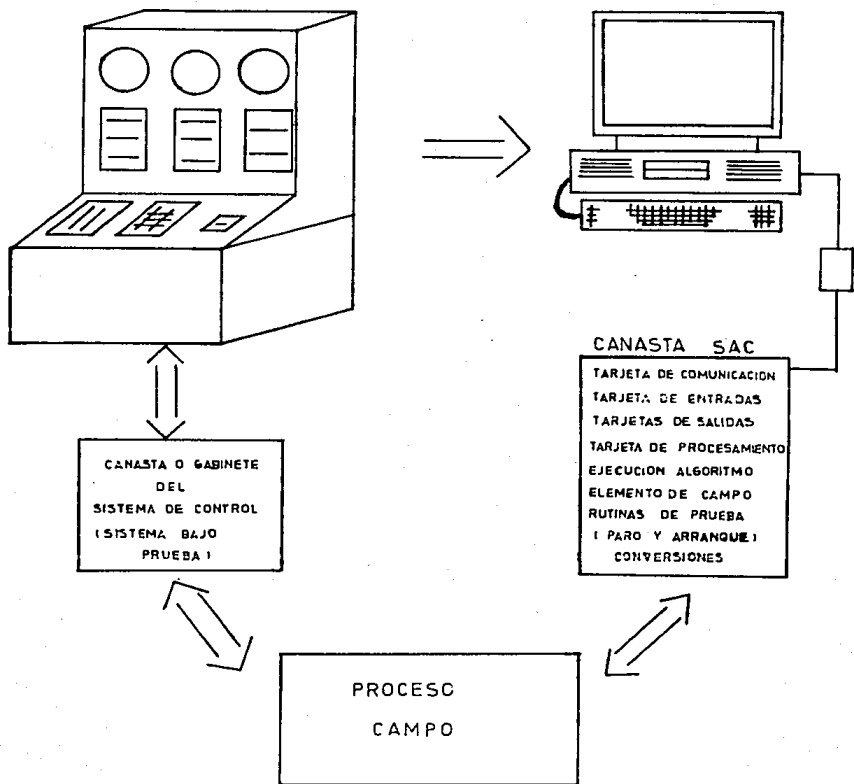


FIGURA 3.1.b INTERACCION DEL SISTEMA DE PRUEBA

El proceso (campo) se lleva a cabo en la tarjeta maestra (SAC-1100) de la línea SAC, en dicha tarjeta se encuentran los programas para la ejecución del algoritmo de campo, rutinas de activación y ejecución de comandos, programas de comunicación entre tarjetas, etc.; gracias a estos programas se pueden realizar las pruebas convenidas con anterioridad al controlador, que es el sistema bajo prueba.

III.2 Computadora personal

La computadora personal puede ser cualesquiera que sea compatible con los equipos IBM. Para el desarrollo del proyecto se cuenta con una computadora personal modelo AT de la marca TeleVideo, la cual cuenta con un disco duro de 43 Megabytes, particionado en dos unidades (disco C de 33 Megabytes y disco D con 10 Megabytes); la memoria de la computadora personal es de 640 Kbytes con una tarjeta de expansión de 1 Megabyte, en la que se ha instalado un disco virtual; además posee una unidad de disco flexible de 5 1/4"; un monitor ergodinámico de color. Para la comunicación se utilizará el puerto serie (RS-232C) de la computadora personal.

III.3 Equipo SAC (Sistema de Adquisición y Control)

En la línea SAC, la unidad de manejo es la canasta, la que posee 18 ranuras ("slots") o conectores; uno es para la fuente de poder; otro, para un microprocesador denominado CPU, que es la unidad de proceso basada en el microprocesador 8085A (SAC-1100); otro, para la tarjeta de comunicaciones (SAC-810) y 15 esclavas. En estas ranuras restantes se localizan "N" tarjetas para entradas analógicas (SAC-710/10); "X" tarjetas para salidas analógicas (SAC-510) y una tarjeta de conversión analógica/digital (SAC-710/01). Si se requiere de mayor capacidad el sistema está dispuesto para colocar una tarjeta más de expansión y tener otra canasta con 15 esclavas. En forma opcional aunque de menos uso, puede haber tarjetas de memoria. La figura 3.2 nos muestra la configuración de la canasta con sus tarjetas.

El sistema de prueba posee un panel de conectores de entrada/salida, al cual están alambreadas las señales con que opera la canasta. La distribución de los conectores en el panel se muestra en la figura 3.3.

En seguida se presentan las características de cada una de las tarjetas usadas por el sistema:

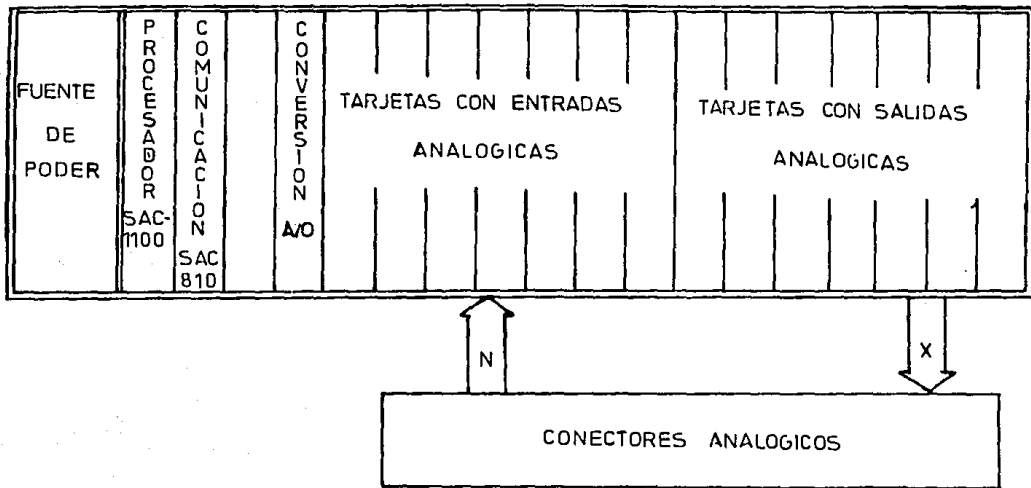


FIGURA 3.2 DISTRIBUCION DE SEÑALES ANALOGICAS DE ENTRADA/ SALIDA

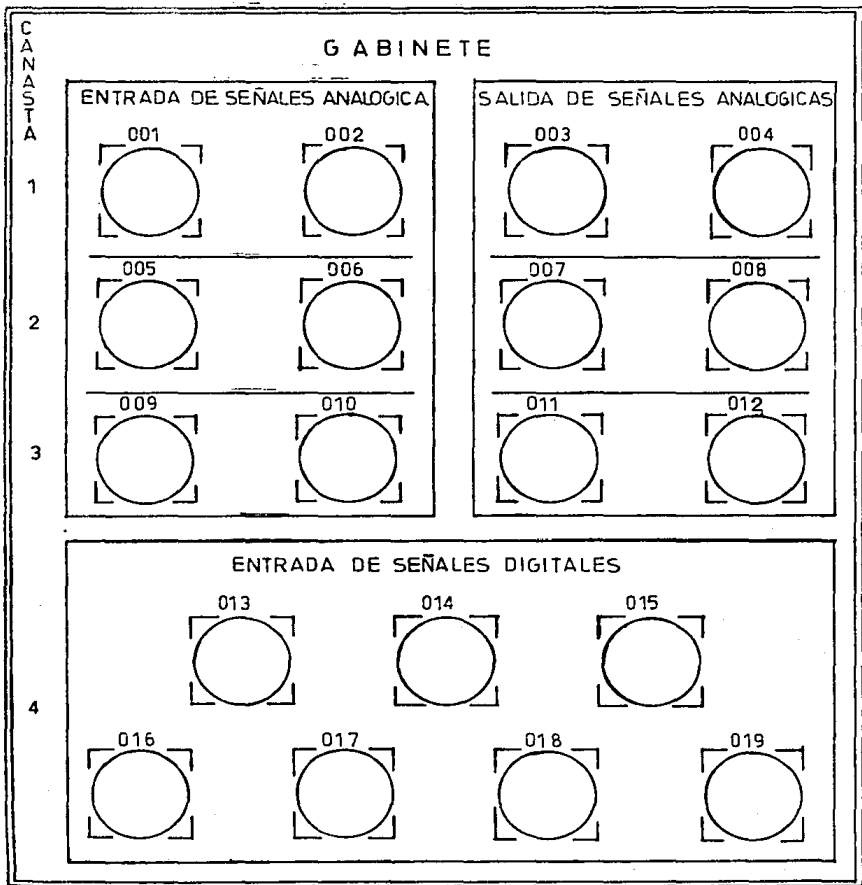


FIGURA 3.3. PANEL DE CONECTORES

- Tarjeta de procesamiento SAC-1100

La tarjeta de procesamiento (SAC-1100) es la responsable de procesar la información recibida; operando en sistemas de un sólo maestro basados en IBUS-II, así se generan diferentes tareas para atender a las tarjetas restantes. Algunas de sus funciones son: el manejo de interrupciones, donde la configuración se realiza a través de puentes alambrados ("jumpers"), mediante interrupciones se atienden a cada una de las tareas del microprocesador (8085). Se maneja además la comunicación serie, la que también se realiza por programa, este enlace se realiza con la tarjeta de comunicaciones (SAC-810). Además chequea que los comandos recibidos sean los correctos. Posee lógica de direccionamiento interno y externo.

- Tarjeta de comunicaciones SAC-810

La tarjeta de comunicaciones (SAC-810) es la encargada de avisar a la tarjeta de procesamiento si existe información procedente de la computadora personal a la tarjeta de proceso o viceversa. La transmisión de información es "full-duplex", esta se realiza dependiendo del formato que se programe en la tarjeta, de igual manera ocurre con el protocolo de comunicaciones previamente establecido. Por otro lado, la tarjeta de comunicación chequea el CRC

(código cíclico redundante) y lo genera en caso de ser necesario para cada uno de los mensajes que recibe y además lo envía.

Funcionalmente, la tarjeta de comunicaciones responde a una dirección base, la que depende del "slot" donde sea insertada; al igual que la tarjeta de procesamiento, posee una lógica de direccionamiento interno y externo para ejecutar diferentes funciones como son: lectura/escritura de una memoria de tipo FIFO, reset de tarjeta, lectura de identificación del código de la tarjeta, etc.; la comunicación con el bus se realiza usando memorias FIFO; el puerto que se utiliza para la comunicación con la computadora personal es el RS-422A.

- Tarjeta de entradas analógicas de voltaje SAC-710/10

La tarjeta de entrada analógica de voltaje (SAC-710/10) se usa junto con la tarjeta de conversión analógica/digital (SAC-710/01), de esta forma se logra un esquema completo de adquisición de datos analógicos. La tarjeta de entradas analógicas toma las señales de campo en forma diferencial o simple, lo cual se selecciona por medio de puentes y así se enrutan a través de un multicanalizador a las etapas de amplificación de ganancia variable y muestreo que se proveen en la misma tarjeta para acondicionar la variable analógica

en cuestión y poder convertirla a su equivalente digital. Las características sobresalientes de esta tarjeta (SAC-710/10) son: excelente rechazo y rango modo común, ganancia variable de 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 200 programable en forma independiente para cada canal, acceso aleatorio o secuencial, filtraje opcional de un polo; en especial para las entradas de voltaje se manejan los siguientes rangos de entrada (al convertidor): unipolar 0 a 10 volts o bipolar -10 a 10 volts seleccionable; además posee 8 canales diferenciales ó 16 simples.

- Tarjeta controladora de conversión A/D SAC-710/01

La tarjeta controladora de conversión analógica/digital (SAC-710/01) es un sistema para controlar conversión analógica-digital, con un esquema distribuido de aproximaciones sucesivas. Se conecta, vía IBUS-II, a tarjetas de procesamiento (SAC-1100) para transmitirles información relativa a las variables analógicas del sistema y recibir, según el caso, datos de configuración, ganancia por canal y límites de operación normal. Además, genera y controla el bus auxiliar de conversión, IBUS-IIA, que se utiliza para efectuar la conversión A/D por aproximaciones sucesivas interactuando con la tarjeta SAC-710/10.

Esta tarjeta contiene además de la lógica necesaria para interfases a IBUS-II e IBUS-IIA, un microprocesador con RAM, EPROM y temporizadores asociados, para preprocesar las señales analógicas, de tal manera que el procesador central, tarjeta Sac-1100, quede descargado de funciones tales como filtrado y comparación contra límites preestablecidos.

El bus auxiliar IBUS-IIA se genera en esta tarjeta, y aunque físicamente comparte la misma tarjeta de trasplano con el bus principal IBUS-II, funciona independiente y asincrónicamente respecto de él, de tal forma que mientras hay comunicación entre esta tarjeta y la tarjeta de procesamiento a través de IBUS-II, el bus auxiliar para conversión A/D funciona independientemente y controlado por esta tarjeta. El IBUS-IIA maneja únicamente información digital.

- Tarjeta salidas analógicas de voltaje SAC-510

La tarjeta de salidas analógicas de voltaje (SAC-510) se encarga de la reconstrucción de datos, entregando cuatro señales analógicas a partir de la información digital que se le envíe a través del IBUS-II. Sus características principales son: cuatro canales analógicos, acceso aleatorio, doce bits de resolución, registro de identificación, salidas con sensado remoto. La función

primordial de esta tarjeta consiste basicamente de un ciclo de escritura de un dato sobre alguno de los registros dedicados a cada convertidor D/A. Una vez que se ha cumplido el ciclo de escritura, el tiempo de asentamiento de los dispositivos será el único lapso que se espere para validar la salida deseada. El sensado remoto consiste en evitar errores en cuanto al cableado del sistema y así minimizar las caídas de voltaje parásitas debido a las resistencias no nulas de los elementos de conexión.

- Bus de datos IBUS-II

Es el bus principal de información, el cual contiene líneas de datos, señales de control, alimentación (+5V, +12V, +24V) y líneas de direccionamiento. Este bus está localizado en el trasplano de la canasta.

La figura 3.4 nos muestra el diagrama de conexiones de las tarjetas SAC al IBUS-II, y este a su vez de la tarjeta de comunicación (SAC-810) a la computadora personal. Además, se agrega el lugar por el cual salen las señales del sistema bajo prueba. Por otro lado, se presentan brevemente las funciones de cada tarjeta.

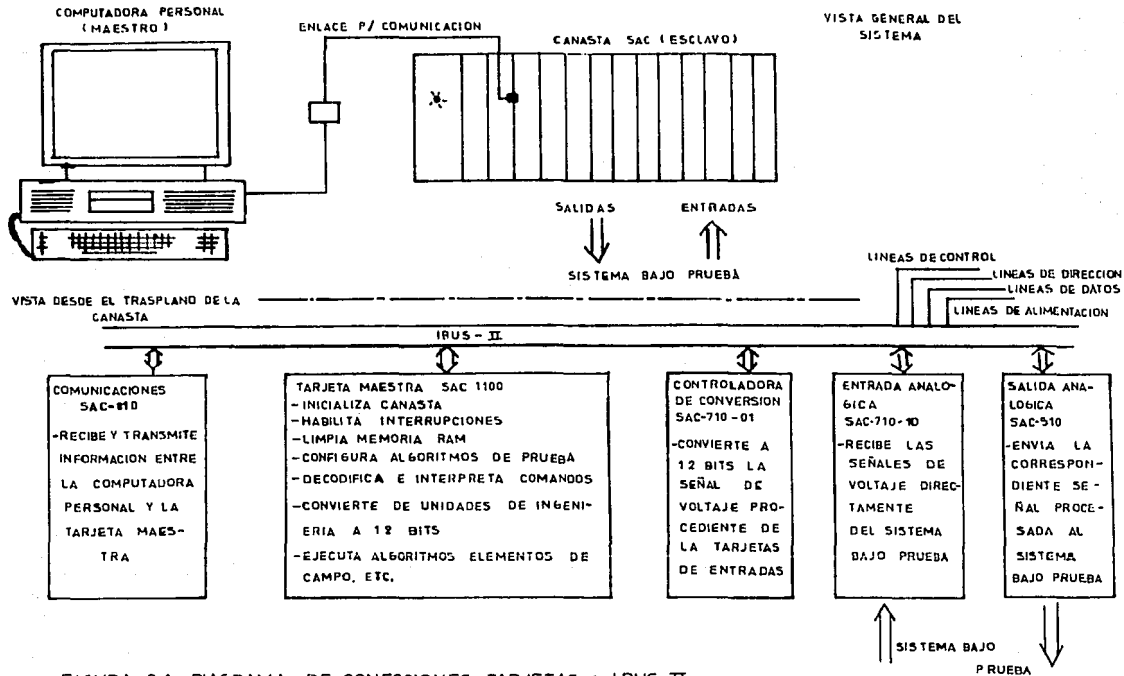


FIGURA 3.4. DIAGRAMA DE CONECCIONES TARJETAS / IBUS II

III-4 Interfaz de comunicaci6n

La comunicaci6n entre la computadora personal y la canasta SAC se efectúa a trav6s de la interfaz RS-232 a RS-422, la cual fue desarrollada por personal del Departamento de Ingenieria del IIE. Esta interfase facilita la adaptabilidad de niveles de voltaje manejados por el puerto serie de la computadora personal (RS-232) y el puerto serie de la tarjeta de comunicaci6n (RS-422).

Los niveles de voltaje que maneja cada uno de los puertos es +5 Volts para RS232C y +12 Volts para RS422A. La finalidad de la interfase, es lograr un acoplamiento de los voltajes para así poder comunicar la computadora personal a la línea SAC (en este caso específico).

En la figura 3.1.a se observa la topología de la comunicaci6n "daisy-chain".

C A P I T U L O I V

" S O F T W A R E " D E L S I S T E M A

"SOFTWARE" DEL SISTEMA

Con base en la filosofía establecida, la programación del sistema de prueba se divide en:

- Programación en la computadora personal (maestr), donde se tienen todos los programas de aplicación que permiten la realización de pruebas (programación y control de pruebas, generación de disturbios, modificación de parámetros del modelo y consultas) al sistema de control bajo verificación.

- Programación en línea SAC de las funciones necesarias para el procesamiento de la información proveniente del maestro y del sistema de control y para la comunicación entre la canasta SAC y la computadora personal.

La programación en computadora personal se realizó en Pascal y la de la canasta SAC en lenguaje ensamblador del microprocesador 8085A, donde se utiliza el paquete AVSIM85 que es un simulador del microprocesador 8085, y nos permite probar nuestros programas antes de grabarlos en la memoria correspondiente.

IV-1 En computadora personal

Con el objeto de ubicar el módulo para probar controladores analógicos dentro del equipo completo para realizar pruebas funcionales al sistema de adquisición de datos y de control se muestra en la figura 4-1 la estructura general del "software" desarrollado para las funciones que se realizan en la computadora personal. Cabe mencionar que los módulos para: Adquisición de Datos, Revisión de Canasta, Control Lógico, Utilerías y Ayuda se desarrollaron por investigadores del Departamento de Instrumentación y Control del IIE. El módulo para Control Analógico se desarrolló en el mismo departamento, donde tuve la oportunidad de participar. Las diferentes opciones que presenta el sistema de prueba son a través de un diálogo con el usuario por medio de menús. En forma general cada opción se encarga de realizar lo siguiente:

Módulo de ayuda:

Este módulo nos presenta un texto en el cual se explica de manera global la forma de utilizar el equipo de pruebas.

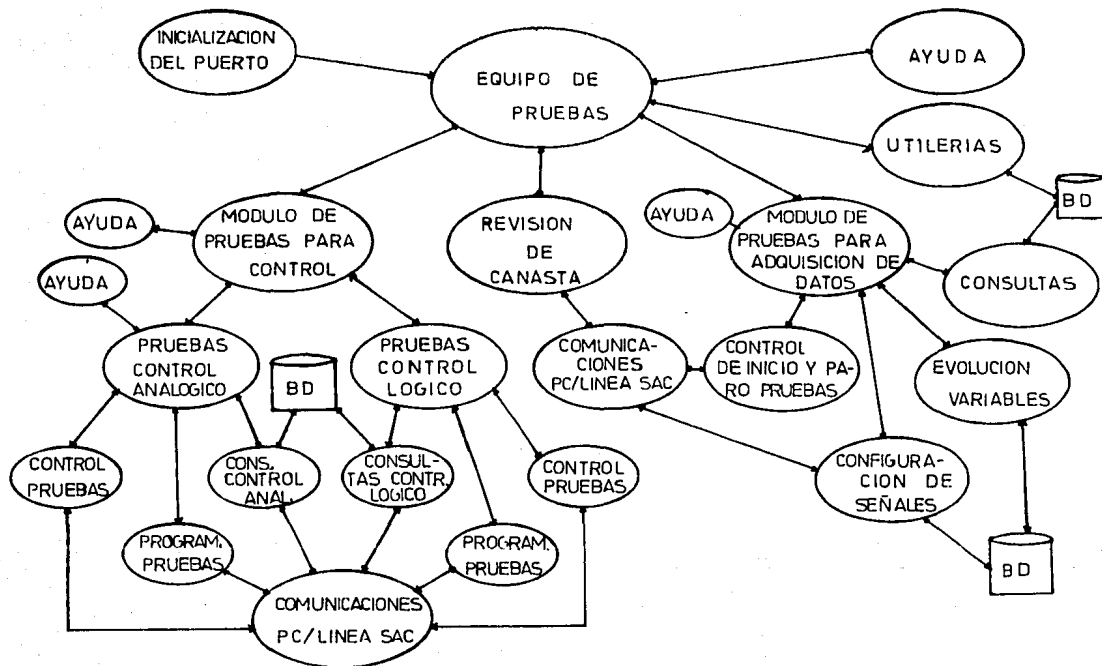


FIGURA 4.1 ESTRUCTURA GENERAL DEL "SOFTWARE" EN LA PC

Módulo de revisión de canastas:

Este módulo proporciona información (en pantalla), a través del envío y recepción de mensajes entre la computadora personal y la canasta, sobre el estado de cada una de las tarjetas conectadas; así podemos conocer su localización dentro de la canasta (slot o ranura en que se localiza); de esta forma se revisa la presencia, ausencia o falla de la tarjeta. Si se detecta presencia de la tarjeta se puede señalar su tipo: de proceso, de comunicación, analógica de entrada y analógica de salida. Además al llevarse a cabo la revisión de la canasta, se verifica que la comunicación computadora personal-canasta SAC se esté realizando correctamente; esto es, que durante la transmisión o recepción no existan errores de encimarse los datos en la localidad correspondiente a la zona de lectura ("overrun"), de paridad ("frame") o sencillamente que la canasta no conteste.

Módulo de pruebas para control:

Este módulo permite realizar, a través de diálogos con el usuario las pruebas al controlador (sistema bajo prueba) tanto analógico como lógico. Con el fin de facilitar las pruebas. Este módulo se divide en dos partes: "Módulo de

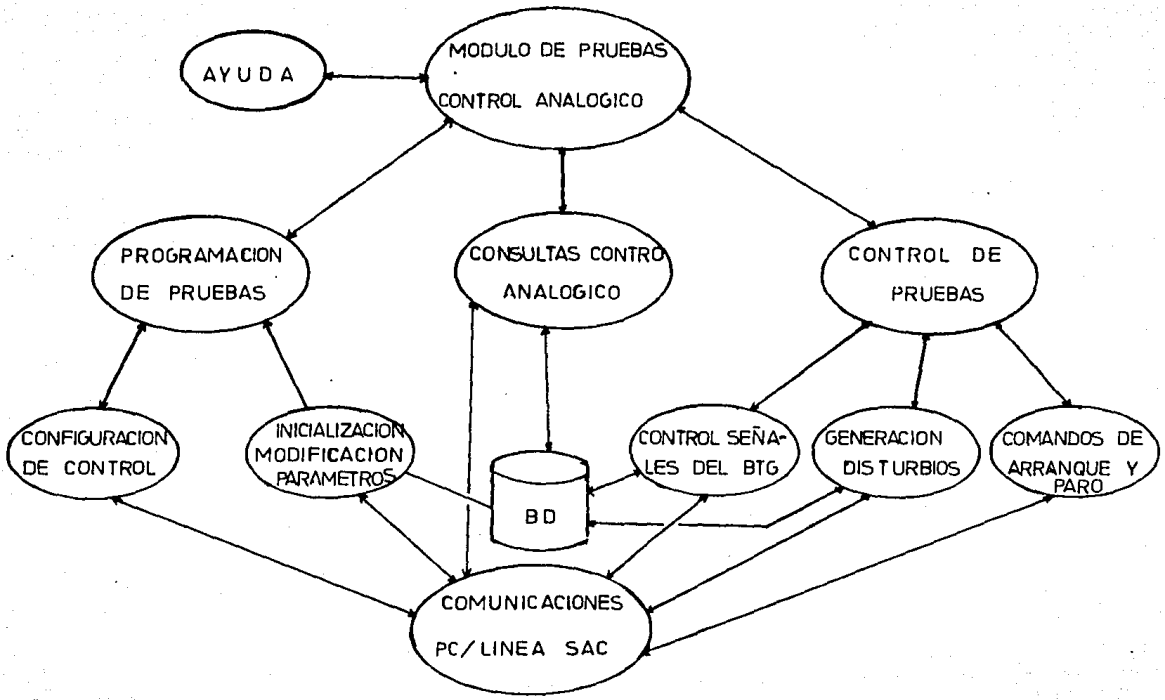


FIGURA 4.3. MODULO DE PRUEBAS CONTROL ANALOGICO

Pruebas Control Analógico" y Módulo de Pruebas Control Lógico. En la figura 4-2, se muestra la estructura del módulo completo, donde se aprecia en forma más clara cada uno de sus sub-módulos.

Cabe mencionar que el enfoque primordial de la tesis está en el Módulo de Pruebas para Control Analógico; la figura 4-3 nos muestra en forma detallada la estructura que posee dicho módulo y sobre la cual va nuestro enfoque.

Así pues, nos dedicaremos exclusivamente al software desarrollado para el Módulo de Pruebas para Control Analógico. En dicho módulo se cuenta con cuatro opciones:

1. Ayuda
2. Consultas
3. Programación de Pruebas
4. Control de Pruebas

de esta forma, cada opción realiza las siguientes funciones:

Ayuda: En esta opción, se presenta un texto el cual explica en forma general-simplificada el uso de cada uno de los submódulos de pruebas de control analógico. Además orienta al usuario en cuanto a que debe hacer en cada opción.

Consultas control analógico: En esta opción se cuenta con información que sirve de referencia y consulta durante la preparación y el proceso de pruebas. La información de

referencia, es la que se dio como parametros de inicio (valores iniciales) y que son con los que el sistema comienza a funcionar. Dichos parámetros en nuestro caso son: la altura, el área del tanque, el "Cv" máximo de la válvula, el flujo de agua de entrada, esta información puede modificarse cuando se desee a través de la opción correspondiente y consultarse en cualquier momento en esta parte. Por otro lado, en el modulo se presenta la opción de brindar información correspondiente al valor de una variable de entrada o de salida al equipo de pruebas, la cual se solicita a la canasta a través del comando adecuado. Esta información puede ser accesada tantas veces como el usuario lo desee. La figura 4-4 nos muestra el pseudocódigo de este módulo.

```
Procedure Consultas_Control_Analogico;
```

```
  Procedure Parametros_Inicio;
  Begin
    Write(Los valores de los parametros de inicio son)
    Write(Altura,H)
    Write(Area del tanque,At)
    Write(Nivel Inicial,Ni)
    Write(Posicion de la valvula,Xv)
  End
```

```
  Procedure Variable_Especificas;
  Begin
    Repeat
      Repeat
        Write(De que variable desea informacion)
        Read(Variable)
      Until ...
    Until ...
  End
```

Figura 4-4 Pseudocódigo Consultas Control Analógico

```

Repeat
  Read(Variable_buscada)
Until(Variable = Variable_buscada) or EOF
If EOF then
Begin
  Write(Variable erronea, de la correcta)
  Salida := False
End
Else
Begin
  Elabora mensaje a la canasta para solicitar
  la información y recibe información de la
  canasta; posteriormente los despliega.
  Write(Los datos de la variable son)
  Write(DATOS) Salida := True
End
Until Salida
Write(Desea información de otra variable ?)
Read(Respuesta)
Until Respuesta
End;

BEGIN (* Programa Principal del Módulo *)
Repeat
  Write(Que consulta desea efectuar:
    < 1 > Parametros de inicio
    < 2 > Variable especifica
  Repeat
    Case Tipo_Consulta of
      1 : Parametros_Inicio
        Seleccion := True
      2 : Variable_Especificas
        Seleccion := True
    Else
      Begin
        Write(Selección erronea,
          Salida := False
        End
      End
    Until Seleccion
  Write(Desea realizar otra consulta ?)
  Read(Respuesta)
  Until Respuesta = 'N'
END;

```

Figura 4.4 Pseudocódigo Consultas Control Analógico
Continuación

Programación de pruebas: Esta función permite la programación de la canasta, es decir, aquí se elaboran y transmiten a la canasta los mensajes con la información proporcionada en los submódulos que se explican a continuación (Configuración de control e Inicialización y modificación de parámetros); la figura 4.5 muestra el pseudocódigo general de este módulo.

```

Procedure Programacion_de_Pruebas;
BEGIN
  Repeat
    Write(Que opcion desea elegir :
          < 1 > Configuracion de Control
          < 2 > Inicializacion y Modificacion de
            Parametros)
    Repeat
      Read(Opcion)
      Case Opcion of
        1 : Configuracion_Control
          Seleccion := True
        2 : Inicialization_Modificacion
          Seleccion := True
      Else
        Begin
          Write(Seleccion erronea)
          Seleccion := False
        End
      End
    Until Seleccion
    Write(Desea continuar en el modulo ?)
    Read(Respuesta)
  Until Respuesta = 'N'
END;

```

Figura 4.5 Pseudocódigo Programación de Pruebas

- Configuración de control: En este punto se realiza la configuración de la canasta, la cual consiste en dar valores de configuración (gasto de entrada, nivel, presión, "Cv" máximo, o las condiciones iniciales) y a partir de ellos el modelo matemático nos entrega las señales requeridas para el control de las pruebas y al mismo tiempo nos permite conocer sus variaciones.

Con el objeto de probar el equipo de pruebas se podrá configurar en la canasta el controlador, es decir, las funciones del controlador se podrán generar con la misma canasta, para lo cual debemos decir que tipo de acción (PID) se va a utilizar y que valores de ganancia se van a proporcionar para observar con esto el comportamiento del controlador.

Para llevar a cabo la configuración de la canasta, es necesario que el usuario proporcione la identificación del conector del sistema bajo prueba que se vaya a conectar o "empatar" al conector del probador (fig. 3-3 "Panel de Conectores"). Con los datos anteriores y con la utilización del modelo matemático, se obtiene la información para elaborar y transmitir a la canasta el mensaje de configuración. Este mensaje contiene la información necesaria para modificar la señal según las necesidades y el tipo de pruebas que se deseen realizar.

Esta información se debe suministrar a la canasta antes de enviar cualquier comando con el objeto de que esta posea los datos que le permitan conocer el valor que tomarán las señales en cada tarjeta. La figura 4.6 nos muestra el pseudocódigo utilizado para esta rutina.

```

Procedure Configuración_de_Control;

  Procedure Elabora_Mensaje;
  Begin
    Vector_Transmision[1] := Bandera (Flag)
    Vector_Transmision[2] := Dirección (Dir)
    Vector_Transmision[3] := Control (Ctrl)
    Vector_Transmision[4] := Cantidad de Información
    Vector_Transmision[5] := 2 "bytes"
    For i := 6 to Cantidad de Información do
      Vector_Transmision[i] := Información[i]
    Vector_Transmision[510] := Código Cíclico (CRC)
    Vector_Transmision[511] := 2 "bytes"
    Vector_Transmision[512] := Bandera (Flag)
  End;

  Procedure Transmite_Mensaje_a_Canasta;
  Begin
    Limpiar Puerto
    Enviar Mensaje
  End;

BEGIN
  Write(De identificación del conector que se va a
        instalar)
  Read(Identificación)
  Elabora_Mensaje
  Transmite_Mensaje_a_Canasta
END;

```

Figura 4.6 Pseudocódigo Configuración de Control

- Inicialización o modificación de parámetros: En este punto se da al sistema los valores iniciales nuestros parámetros de trabajo (altura, "Cv" máximo de la válvula, área del tanque, gasto de entrada -Ge-) los cuales son grabados en una variable creada para este fin, por si es que son requeridos más adelante, es decir, que después de un cierto periodo de pruebas (sobre el modelo matemático) se desee reinicializar los parámetros (anteriores), llamamos a esta opción y logramos nuestro propósito. Además si durante la ejecución se desea cambiar el valor de un parámetro esta opción nos permite hacerlo y una vez hecho podemos proseguir con el control sobre el "modelo matemático" o sobre la señal de salida del tanque (señal del transmisor). La figura 4.7 nos presenta el pseudocódigo de este módulo.

Por otro lado, en este módulo se verifica que el valor de los datos sea acorde entre sí, es decir, no se permiten valores alejados o fuera de la realidad, es decir, mezclar valores positivos con negativos (ejemplo: altura = 2 m y área del tanque = -6 m cub.), para lo cual el sistema está protegido y no permite errores de este tipo; incluso al cambiar el valor de un parámetro, el sistema primero valida el dato, en caso de ser correcto lo acepta, de otra manera espera para pedir un valor acorde.

```

Procedure Inicializacion_y_Modificacion_de_Parametros;

  Procedure Inicializacion;
  Begin
    Write(De los valores iniciales de los siguientes
           parametros:);
    Write(Altura) Read(H);
    Write(Cv máximo de la valvula) Read(Xv);
    Write(Area del tanque) Read(At);
    Write(Gasto de entrada) Read(Ge);
    Elaborar_Mensaje;
    Transmite_Mensaje_a_Canasta;
  End;

  Procedure Modificacion_Parametros;
  Begin
    Repeat
      Write(Diga que parametro desea modificar);
      Read(Parametro);
      Write(De los nuevos valores del parametro);
      Read(Valores);
      Elaborar_Mensaje;
      Transmite_Mensaje_a_Canasta;
    Until Respuesta = 'N';
  End;

BEGIN
  Repeat
    Repeat
      Write(Que opcion elige :
            < 1 > Inicializacion
            < 2 > Modificacion_Parametros);
      Read(Opcion);
      Case Opcion of
        1 : Inicializacion
            Seleccion := True;
        2 : Modificacion_Parametros
            Seleccion := True;
      Else
        Begin
          Write(Opcion incorrecta, vuelva a intentar);
          Seleccion := False;
        End;
      End;
    Until Seleccion;
    Write(Desea continuar en este modulo ?);
    Read(Respuesta);
  Until Respuesta = 'N';
END;

```

Figura 4.7 Pseudocódigo Inicialización o Modificación de Parámetros

Control de pruebas: Antes de poder hacer uso de esta función, se verifica que exista una programación previa, ya que de no existir, no se podrá llevar a cabo el control de pruebas. Esta función permite el control de las pruebas que se deseen realizar con las señales conectadas. Activar o desactivar la generación de disturbios, ajustes al controlador, verificación de las funciones de alarma del sistema bajo prueba. La figura 4.8 nos presenta el pseudocódigo general de este módulo.

```

Procedure Control_de_Pruebas;
Begin
  If Programacion then
    Repeat
      Write('Que opcion desea elegir :
      < 1 > : Generacion de Disturbios
      < 2 > : Comandos de Arranque y Paro
      < 3 > : Senales del BTG (tablero)');
      Repeat
        Read(Opcion);
        Case Opcion of
          1 : Generacion_Disturbios;
              Seleccion := True;
          2 : Arranque_y_Paro;
              Seleccion := True;
          3 : Tablero; Seleccion := True;
        Else
          Begin
            Write(Seleccion erronea);
            Seleccion := False;
          End;
        Until Seleccion;
        Write('Desea continuar en el modulo ? ');
        Read(Respuesta);
        Until Respuesta = 'Si'
      Else
        Write('Se requiere programacion previa');
    End;
  End;

```

Figura 4.8 Pseudocódigo Control de Pruebas

Para llevar a cabo esta función se cuenta con las siguientes opciones:

- Generación de disturbios: La generación de disturbios se realiza modificando los valores de los parámetros programados anteriormente. Un disturbio ocurre cuando el valor de una señal se desvía o "dispara" después de haber observado un comportamiento normal (constante). La finalidad es provocar cambios bruscos en las condiciones del sistema y observar su comportamiento. Los ajustes al controlador consisten en dar valores adecuados a las ganancias del controlador (proporcional, integral y derivativo), la ganancia se observa en la señal de salida del controlador; dependiendo del tipo de respuesta de acuerdo con los datos proporcionados. La verificación de las funciones de alarma (del sistema bajo prueba) se lleva a cabo después de haber generado un disturbio, esto es, después del disturbio se debe encender una señal de alarma (proveniente del sistema bajo prueba) en nuestro monitor de la computadora y se escuchará además el sonido de un sirena, lo cual nos indicará que el sistema (bajo prueba) está en alarma por algún cambio brusco.

Otro disturbio que se puede ocasionar consiste en enviar cero volts a un canal, lo cual nos representa una caída de la señal, y que es una prueba más para el controlador. En la figura 4.9 se presenta el pseudocódigo de esta rutina.

ESTA TESIS DE GRADO
FORMA PARTE DE LA BIBLIOTECA

Procedure Generacion de Disturbios;

```
Procedure Cambia_Valores_Parametros;  
{ En forma aleatoria se generan los disturbios,  
es decir, el valor que se ha de colocar en los  
parametros seleccionados o bien se coloca la  
información para enviar 0 volts a un canal  
seleccionado }
```

```
Begin  
  For i := 1 to 505 do  
    Informacion[i] := Cargado de datos p/generar;  
  End;
```

```
Begin  
  Cambia_Valores_Parametros;  
  Elabora_Mensaje;  
  Transmite_Mensaje_a_Canasta;  
End;
```

Figura 4.9 Pseudocódigo Generación de Disturbios

- Comandos de arranque y paro: Estos comandos se emplean para iniciar o continuar la generación de disturbios o para restablecer las condiciones de operación del sistema (restablecimiento a operación normal), antes de la generación de un nuevo disturbio. Si estos se envían sin haber transmitido la programación de pruebas, el acceso a las pruebas será rechazado por el sistema, ya que carece de una programación previa. El restablecimiento general consiste exclusivamente en llevar al sistema a la condición antes de generar algún disturbio ("disparo") en el sistema. La figura 4.10 muestra el pseudocódigo de esta rutina.

```

Procedure Arranque_y_Paro;
Begin
  If Existe_Programacion_Pruebas then
  Repeat
    Write('Que opcion desea elegir :
    < 1 > : Iniciar Generacion de eventos
    < 2 > : Continuar Generacion de eventos
    < 3 > : Restablecimiento del sistema ');
    Read(Opcion);
    Case Opcion of
      1 : Write('Se inicia generacion ?');
          Read(Respuesta);
          If Respuesta then
            Genera_Disturbios
          Else
            Regresar menu anterior ;

      2 : Write('Continua generacion ');
          Read(Respuesta);
          If Respuesta then
            Repeat
              Write('De los parametros a modificar)
              Read(Parametros);
              Genera_Disturbios;
              Write('Desea continuar la generacion);
              Read(Decision);
            Until Decision = 'No'
            Else
              Regresar menu anterior;

      3 : Cargar datos de condiciones iniciales;
          Elaborar_Mensaje;
          Transmite_Mensaje_a_Canasta;

    End;
    Write('Desea continuar en el modulo);
    Read(Decision);
  Until Decision = 'No'
  Else
    Write('Favor de programar previamente las pruebas)
End;

```

Figura 4.10 Pseudocódigo Comandos de Activación y Restablecimiento General

- Control de señales del tablero BTG (Boiler Turbine Generator). En el tablero BTG se encuentran los instrumentos por medio de los cuales se proporciona y se recibe información al o del sistema de control (botones, switches, etc.). En nuestro caso se trata de un pequeño tablero de control, a través del cual, se envía al sistema bajo prueba, información de como debe operar, por ejemplo: modo manual o automático, y ajuste de las ganancias y del punto deseado ("set point"). Para sistemas más grandes la cantidad de señales para establecer la configuración de control es mayor.

IV-2 En equipo SAC

Como ya se ha mencionado, la canasta cuenta con una tarjeta de procesamiento, una de comunicaciones y tarjetas para el manejo de señales de entrada analógica y salida analógica. El "software" desarrollado para llevar a cabo las funciones que realiza la línea SAC, se halla en una memoria "EPROM" dentro de la tarjeta de procesamiento y comunicaciones.

Los programas de la tarjeta de comunicaciones son una serie de rutinas que ya han sido desarrolladas y que se usan como utilerías, para así lograr un buen enlace entre la tarjeta de procesamiento (SAC-1100) y la computadora personal; la canasta (esclavo) trabaja ejecutando una serie de comandos que le envía la computadora personal. Es importante remarcar, que la parte principal de la tesis, es decir, en la que se enfocó para su desarrollo, consiste de la programación de la canasta; la cual se realiza desde la tarjeta de procesamiento (también conocida como tarjeta maestra); además de que esta tarjeta es la que posee al microprocesador 8085 (que es el maestro).

Así que, en la tarjeta de procesamiento se encuentra el sistema operativo y los programas de aplicación, los cuales nos permiten llevar a cabo las siguientes funciones:

- Inicialización de la canasta: Esta función se encarga de ejecutar automáticamente en la canasta (al encender el equipo o al dar un "reset") las siguientes rutinas: primeramente la memoria "RAM" se "limpia", es decir, la información que pudiera contener se destruye (esto consiste en leer la información de las localidades de memoria especificadas y en su lugar colocar un "cero") quedando así lista para recibir nueva información. Posteriormente, se colocan los datos en

el vector de interrupción y se habilita la "mascara" (señal) para que cuando se genere la señal de interrupción, se cargue al acumulador con una palabra de control, luego hay que esperar a que la interrupción sea atendida. La figura 4.11 muestra el Pseudocódigo de dicha rutina.

```

Procedure Inicializa_Canasta:
Begin
  { Limpia la memoria RAM de las localidades 2000H a
    3FFFH, que es el área reservada para el manejo
    de datos }

  For i := 2000H to 3FFFH do
    Read(Localidad de memoria);
  For i := 1 to 16 do
    If Posicion_Tarjeta[i] = OK then
      Write(Tarjeta en posición Correcta)
      Tarjeta := True;
    Else
      Write(Tarjeta en posición Incorrecta);
  If Tarjeta then
    Acumulador := Palabre_de_Control;
    Interrupcion := Habilitada;
    Repeat Until Recibe_Interrupcion;
  Else
    Exit;
End;

```

Figura 4.11 Pseudocódigo inicializa canasta

- Interpretación y ejecución de un grupo de comandos que permitan el control de las pruebas: Aquí la tarjeta (SAC-1100) recibe el comando que le indica que tarea realizar: algunas ejemplos de tareas son: retorno a condiciones

iniciales, restablecimiento ("reset") de canasta, configuración de canasta, programa parámetros especificados, inicia ejecución de algoritmo, configuración de canales analógicos, envía cero (0) volts a un canal analógico. La figura 4.11 muestra el pseudocódigo de esta rutina.

```
Procedure Interpreta_y_Ejecuta_Comandos:
Begin
  Read(Comando proveniente de PC);
  Case Comando proveniente de PC of
  { Retorno a condiciones iniciales }
    1 : Se toman los valores dados al momento de
        configurar el sistema y se transmiten, -
        lograndose asi, el retorno a condiciones
        iniciales.

  { Restablecimiento "reset" de canasta }
    2 : Se limpian los datos existentes en las
        localidades de memoria de trabajo (2000H
        a 3FFFH) y el sistema nos queda como si
        apenas fuéramos a entrar a operarlo.

  { Configuración de canasta }
    3 : Se leen los registros de cada una de las
        tarjetas conectadas, con lo que obtenemos
        la configuración de la canasta.

  { Programa parámetros especificados }
    4 : Cuando se desea cambiar algún parámetro
        en especial, la opción nos brinda la posi-
        bilidad de programar un nuevo valor de alguno
        de los parámetros de trabajo.

  { Inicia Ejecución de Algoritmo }
    5 : Automáticamente se brinca a la localidad a
        partir de la cual se inicia la ejecución del
        modelo.
```

Figura 4.11 Pseudocódigo Interpreta y ejecuta comandos


```

{ Configuración de canales analógicos }
6 : Se presenta la facilidad de conocer que
    conectores estan trabajando con el sis-
    tema, lo cual es muy importante.

{ Envia cero volts a canal analógico }
1 : Para desear conocer como se comporta
    el sistema cuando tiene una falla de
    energia, se mandan cero volts y
    el sistema lo ve como caída de señal.

```

Figura 4.11 Pseudocódigo Interpreta y ejecuta comandos
Continuación

- Programas para la comunicación con la tarjeta SAC-810:
La estructura de estos programas es la siguiente: una vez que el vector de interrupción ha sido habilitado y se presenta la interrupción de comunicaciones, se procede a leer la información que se encuentra en la tarjeta de comunicaciones (SAC-810); esta información se va colocando en la memoria "RAM" de la tarjeta de procesamiento (SAC-1100); una vez que se ha leído completamente la información la tarjeta de procesamiento envia a la tarjeta de comunicación una señal, con la que le indica que el mensaje (información) fue recibido correctamente (libre de error). así la tarjeta de comunicación avisa a la computadora personal que la transmisión fue correcta. En caso de que hubiese existido un error en la transmisión, la tarjeta de procesamiento lo

indica a comunicaciones y pide dos transmisiones más del mensaje. en caso de proseguir el error se cancela la transmisión y se avisa al usuario mediante un desplegado en la computadora personal. La figura 4.13 muestra el pseudocódigo de esta rutina.

```

Procedure Comunicacion_Tarjeta_SAC-810;
Begin
  Repeat
    If Interrupcion = OK then
      Pasa := True
    Else
      Pasa := False;
    Repeat
      Read(Informacion);
    Until Ultimo_Dato = "Si";
    If Recepcion = OK then
      Verificacion_p/SAC-810 := True
    Else
      Begin
        Repeat
          Read(Informacion);
        Until Ultimo_Dato = "Si";
        If Recepcion = OK then
          Verificacion_p/SAC-810 := True
        Else
          Verificacion_p/SAC-810 := False;
        End;
      Until Pasa or KeyPressed;
    End;
  End;
End;

```

Figura 4.13 Pseudocódigo comunicación con tarjeta SAC-810

La adquisición de señales se realiza a través de la tarjeta SAC-710/10 en colaboración con la tarjeta SAC-710/01, que es la encargada de la conversión de voltajes a señal digital, y de ahí la convierte de 12 bits a unidades de ingeniería; estas rutinas se encuentran residentes en cada una de las tarjetas y se utilizan como programas de utilería. Cuando se desea mandar una señal fuera de la canasta, se efectúa la operación al revés, de unidades de ingeniería a 12 bits.

- Solución del algoritmo que representa los elementos de campo del sistema bajo prueba (controlador de nivel): Al ejecutarse esta rutina, automáticamente comienza la ejecución del algoritmo que está simulando nuestro sistema de prueba (campo). El valor obtenido en cada iteración se manda al sistema bajo prueba mediante alguna de las señales habilitadas al panel de conectores. Es conveniente mencionar que ya se contaba con rutinas para: suma, resta, multiplicación, división y raíz cuadrada, todas en punto flotante; con la ayuda de esta herramienta fue más sencillo lograr la implantación del modelo matemático en la canasta SAC. La figura 4.14 muestra el pseudocódigo del algoritmo elementos de campo.

```

Procedure Algoritmo_Elementos_de_Campo:
Begin
  Read(Parametros de entrada); {Condiciones Iniciales}
  N := N; {Nivel inicial}
  m := 0;
  St := (N - No) / R; {Salida Transmisor}
  B := B - 1;
  Repeat
    Gs := (Cv * Sc) * SQR(((H + N) * @q) / G);
    N := N * H * m;
    St := (N - No) / R;
    B := B - 1;
  Until (B = 0) or KeyPressed;
  Write(En las localidades reservadas de memoria);
End;

{ Gs = Gasto de Salida
  N = Valor de nivel en cada iteracion
  St = Salida del transmisor }

```

Figura 4.14 Pseudocódigo algoritmo elementos de campo

- Monitoreo y actualización de las señales de entrada y salida respectivamente: En esta rutina se están monitoreando a cada una de las señales de entrada/salida, así se logra conocer que es lo que ocurre en el sistema de prueba y en el sistema bajo prueba; en caso de que alguna señal se desee modificar, aquí es donde se puede modificar su valor y posteriormente observar su desarrollo. La figura 4.15 presenta su pseudocódigo respectivo.

```

Procedure Monitoreo_y_Actualizacion_Señales;
Begin
  Repeat
    Repeat
      Read(Valores);
      If Valor_Checado = Ok then
        Valor := True
      Else
        Valor := False
    Until Valor = False;
    Señal := Señal_Actualizada;
    Write(Desea reiniciar el monitoreo);
    Read(Respuesta);
  Until Respuesta;
End;

```

Figura 4.15 Pseudocódigo monitorea y actualiza

En la tarjeta de comunicaciones se cuenta con un sistema operativo y programas de aplicación que permitan la transmisión y recepción de mensajes con la computadora personal: elaboración de mensajes de acuerdo al formato establecido, generación del código de redundancia cíclica (CRC) para la detección de errores y comunicación con la tarjeta de procesamiento.

IV-3 Comunicaciones

Especificaciones de la red de comunicación.

La red de comunicación posee una topología "DAISY-CHAIN" interconectando la canasta SAC con la computadora personal.

La comunicación se lleva a cabo bajo los siguientes términos:

- Filosofía maestro-esclavo.
- Comunicación asincrónica.
- La computadora personal transmite y recibe por el puerto serie (RS-232C).
- La canasta SAC se comunica a través del puerto serie de la tarjeta SAC-810 (RS-422A).
- Se cuenta con una interfaz RS-232C <=> RS-422A para el acoplamiento en las líneas.
- Los parámetros de transmisión son: 1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1 bit de paro, sin paridad y velocidad de 9600 bauds.

Protocolo de comunicaciones computadora_personal-canasta SAC.

El protocolo de comunicaciones es del tipo "PAR" (Positive Acknowledge with Retransmission), es decir, de reconocimiento positivo con retransmisión. En este tipo de protocolo el receptor envía un reconocimiento al transmisor únicamente cuando el mensaje es recibido sin errores. Cuando

no existe reconocimiento se retransmite completamente el mensaje.

El formato de transmisión de mensajes es el que se presenta a continuación:

! FLAG ! DIR ! CNTRL ! CNT ! INF ! CRC ! FLAG !

- FLAG = Caracter de sincronía (7FH), 1 byte
- DIR = Dirección de canasta, 1 byte
- CNTRL = Comando, 1 byte
- CNT = Número de bytes de datos, 2 bytes
- INF = Datos, 0-504 bytes
- CRC = Código de seguridad, 2 bytes

El formato para el reconocimiento de mensajes es el siguiente:

! FLAG ! DIR ! CNTRL ! FLAG !

- CNTRL = 5AH, para los reconocimientos

Los comandos que se pueden enviar en el campo "CNTRL" son los siguientes:

CODIGO	FUNCIÓN
40	Retorno a condiciones iniciales
41	Restablecimiento ("RESET") de canasta
42	Configuración de canasta
43	Programa parámetros especificados
44	Inicia ejecución de algoritmo
45	Configuración de canales analógicos
46	Envía cero (0) volts a un canal analógico.

Los códigos anteriores se encuentran en formato hexadecimal.

Manejo de errores en el protocolo.

Cuando el sistema operativo de la tarjeta SAC-810 detecta algún error en el manejo del protocolo, transmite por el canal HCMOS el código ASCII de un número indicando el tipo de error ocurrido. Los tipos de errores son:

- 1 = Mas de tres retransmisiones de un mensaje
- 2 = Error en sincronia inicial del reconocimiento
- 3 = Dirección errónea de reconocimiento
- 4 = Byte de control erróneo en reconocimiento
- 5 = Error en sincronia final del reconocimiento
- 6 = Error en sincronia inicial del mensaje (FLG)
- 7 = Error en sincronia final del mensaje (FLG)

Dirección de canasta.

La dirección de la canasta a la que se dirige o de la que proviene el mensaje se especifica en el campo "DIR" del protocolo.

Códigos del campo DIR.

CODIGO	DESCRIPCION
01H - FFH	Dirección de canasta SAC

Para nuestro caso DIR = 01H

Número de bytes de datos.

El campo "CNT" contador de número de bytes de datos de información consiste de dos bytes (0-504). Para la transmisión de este campo se envía primero el byte alto y en seguida el byte bajo.

Código de detección de errores (CRC).

Para la detección de errores se emplea el código de redundancia ciclica (CRC). En la generación de los dos bytes del CRC se utiliza el polinomio CRC-16:

$$(X^{**16}) + (X^{**15}) + (X^{**2}) + 1 \quad (\text{CRC-16})$$

En la transmisión de este campo se envía primero el byte alto y a continuación el byte bajo del CRC.

Comunicación con tarjeta maestra SAC-1100.

La comunicación entre las tarjetas SAC-810 (comunicaciones) y SAC-1100 (procesamiento) se efectúa bajo los siguientes términos:

- El formato de mensajes es el siguiente:

----- ! CNTRL ! INF ! -----	Formato para mensajes de SAC-1100 a SAC-810
-----------------------------------	--

----- ! CNTRL ! CNT ! INF ! -----	Formato para mensajes de SAC-810 a SAC-1100
---	--

Sistema operativo SAC-810.

El sistema operativo de la tarjeta SAC-810 funciona en modo "pooling"; busca la existencia de mensajes provenientes de la tarjeta de procesamiento o de la computadora personal.

La tarjeta SAC-810 utiliza la línea de interrupción INT 5.5 para avisar a la tarjeta de procesamiento la existencia de un mensaje validado. Esta última indica la lectura completa del mensaje limpiando la línea de salida de interrupción de la tarjeta de comunicaciones.

El reconocimiento de los mensajes lo realiza la tarjeta de comunicaciones hasta que la de procesamiento lea el mensaje en su totalidad.

La tarjeta SAC-810 utiliza el bit 5 del registro de identificación y "status" para indicar a la de procesamiento su estado de operación (un "0" significa disponibilidad para recibir mensaje de SAC-1100 y un "1" indica que se está transmitiendo el mensaje anterior).

IV-4 Pruebas funcionales

Como en todos los equipos y sistemas, una vez que se han desarrollado, se les debe probar para verificar si realmente están operando correctamente, esto es, que realice las tareas encomendadas durante su programación.

Algunas pruebas que se deben realizar para checar la correcta operación del equipo de prueba, son las siguientes:

-En la tarjeta maestra (SAC-1100) se coloca un programa "monitor" el cual opera como si se tratase de un "Starter-Kit" (como los conocidos en el Laboratorio de Memorias y

Perifericos) así, probamos paso a paso las rutinas de esta tarjeta, y se observan donde existen errores, tales como dirección de memoria errónea y dirección de tarjeta traslapada. Con esta herramienta, fue posible depurar al máximo cada una de dichas rutinas.

- Una forma muy sencilla de probar que la comunicación entre la computadora personal y la tarjeta es correcta, consiste en transmitir el mensaje con la canasta apagada, en ese momento, en la computadora personal se advierte que la canasta no contesta y termina de transmitir; en la canasta, para determinar el error de la información mal recibida, esta se coloca en el campo "Control" o "CPC" un valor inexistente, así la tarjeta detecta el error porque desconoce el destino de la información. Lo mismo ocurre cuando no hay sincronía en la transmisión Computadora Personal-Canasta

- Otra prueba muy interesante, consiste en verificar que realmente se están mandando señales al controlador, para esto, a la salida de la SAC-510 se colocó un multímetro, con el cual se verifica la presencia o ausencia de la señal (si hay voltaje, hay señal de salida; si no hay voltaje, no hay señal respectiva).

- Para registrar la generación de disturbios se coloca un osciloscopio a la señal de salida; así, cuando se genere un

disturbio o un cambio en los parámetros de configuración, instantáneamente es registrado en el osciloscopio, con lo cual podemos verificar las señales respectivas de un disturbio (disparo de la señal en cualquier cambio brusco de la misma), el retorno a condiciones iniciales o el envío de cero volts a un canal dado.

- Una prueba más consiste en conectar la salida del sistema de prueba a su entrada, esto es, no conectar al controlador (sistema bajo prueba), lo que ocurre, es que por un lado tenemos nuestra señal de salida (la que va al controlador) y por otra parte tenemos la señal de entrada (la que proporciona el controlador); el objetivo de esta prueba es checar que tanto nuestros datos de salida como de entrada sean los mismos; así se checa que las tarjetas de salida y entrada estén realizando adecuadamente las conversiones de 12 bits a unidades de ingeniería y al contrario.

Con la realización de estas pruebas se puede comprobar que tanto el "software" como el "hardware" diseñado y desarrollado se encuentra operando correctamente.

C O N C L U S I O N E S

CONCLUSIONES

Es agradable que al evaluar las ventajas y desventajas de un equipo, resulte satisfactorio saber que las ventajas son enormes, los beneficios bastantes y lo más grato el lograr el objetivo propuesto al inicio de este trabajo: reducir en buena medida los problemas de los sistemas de control al momento de ser instalados.

Dentro de los beneficios que nos da este sistema de prueba, está la reducción del tiempo de puesta en marcha del sistema, evitar trasladar equipo extra y personal especializado para la corrección de discrepancias en la planta y sobre todo la disminución de gastos no necesarios.

Algunos problemas que se presentaron, ocurrieron al momento de la realización de pruebas, esto es, problemas con el equipo SAC, ya que al no dominarlo en un principio dió origen a errores de interpretación de datos, los que se detectaron con cierta rapidez y con base en las correcciones necesarias fué posible conocer y manejar adecuadamente este equipo utilizado para el sistema de pruebas.

Este trabajo surgió de la necesidad de disminuir al mínimo los problemas que pueden presentar los sistemas de control y en especial de introducir al mercado nacional

equipo de prueba que maneja señales de entrada y salida, lo que a nivel nacional representa una novedad, ya que actualmente sólo se generan señales de salida para el sistema de control. Con esta nueva opción, podemos decir que cerramos el lazo y nuestro sistema nos queda completo. Es así, como se vió la necesidad de desarrollar este nuevo tipo de equipo de prueba para controladores.

Aún cuando este trabajo es muy pequeño en cuanto a las señales que maneja (1 de entrada y 1 de salida), ha sido tomado como base para poder desarrollar sistemas que manejan una cantidad considerable de señales de entrada y salida. Como ejemplo se puede mencionar el equipo de pruebas que se requiere para probar el sistema de control de la planta termoeléctrica Dos Bocas, Ver., el cual, es de gran magnitud y resulta ser más sofisticado.

Por todo lo anterior, el trabajo fué muy significativo y representa a futuro la base para el desarrollo y perfeccionamiento de nuevos equipos de éste tipo.

Por otro lado, gracias al IIE se logra la integración de tecnología nacional y la supresión de tecnología extranjera, que resulta ser de un costo muy elevado.

A P E N D I C E A

L I N E A S A C

SAC-1100 " PROCESAMIENTO "

1. DESCRIPCION GENERAL

SAC-1100 es una tarjeta de procesamiento de 8 bits basada en el microprocesador 8085, con 16 Kbytes de memoria interna configurable en rangos de 2 y 4 Kbytes simultáneamente, 2 temporizadores de propósito general programables, 1 temporizador programable para ciclos de espera, 4 niveles de interrupciones, 2 indicadores luminosos de propósito general y un canal de comunicación serie con niveles CMOS.

Utilizada en un sistema con IBUS-II tiene capacidad de direccionar 16 Kbytes de memoria general, 32 Kbytes de memoria de selección por posición más 128 bytes.

2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES

- Microprocesador 8085.
- 16 Kbytes de memoria interna (ROM ó RAM) configurable en rangos de 2 y 4 Kbytes simultáneamente.
- 8 Kbytes de memoria incluidos.
 - 4 Kbytes EPROM (2732).
 - 2 Kbytes EPROM (2716).
 - 2 Kbytes RAM (HM6116).

- 2 temporizadores de 16 bits de propósito general programables.
- 4 niveles de interrupción.
- 1 canal de comunicación serie con niveles CMOS.
- Temporizador programable para ciclos de espera.
- Operación con +5 volts.
- Ciclos de reloj de 400 nseg.
- Logica HCMOS.

En la figura A.1 se muestra el diagrama de bloques de SAC-1100

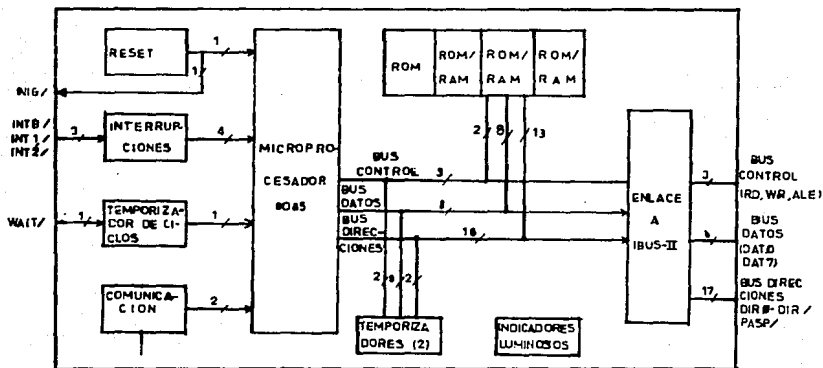


FIG. A1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE SAC-1100

SAC-810 " COMUNICACION "

1. DESCRIPCION GENERAL

La tarjeta programable de comunicaciones SAC-810, está provista de tres canales serie tipo UART (UNIVERSAL ASYNCHRONOUS RECEIVER/TRANSMITTER): dos "full duplex" de alta velocidad (hasta 38.4 Kb) RS422A y un "half duplex" de baja velocidad (1200 BAUDS) CMOS. Las características físicas y funcionales de sus "UART'S" RS422A le permiten soportar los más comunes arreglos topológicos de redes de comunicación (estrella, lazo, etc.). También la hacen adaptables a esquemas de funcionamiento jerárquico ("multi-drop"). Su canal CMOS proporciona la flexibilidad adecuada en funciones como diagnóstico local. Para enlace con módulos maestros a través del bus, cuenta con memorias tipo "FIFO" de 512 Kbytes y acceso simultáneo e independiente. Adicionalmente cuenta con un reloj de tiempo real programable para el registro de decimas de segundo hasta decenas de año.

2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Dos canales "UART" RS422A funcionalmente independientes, con las siguientes características:

- "Full duplex".

- Cuatro registros de datos tipo "FIFO" para los canales receptores y dos para los transmisores.
- Razón de bauds programable independientemente para cada transmisor y receptor.
- Formato de datos programable:
 - 5-8 bits de paro.
 - paridad par, impar, no paridad o paridad forzada.
 - 1, 1 1/2 ò 2 bits de paro programable.
- Modos de operación programable para cada canal:
 - Normal ("full duplex")
 - Eco normal
 - Lazo normal
 - Lazo remoto
- Detección de error de paridad, de marco ("frame"), de sobreflujo y de bit de arranque falso.
- Detección y generación de "line break".
- Detección de "break" en el centro de un caracter.

Un canal "CMOS" con las siguientes características:

- "Half duplex".
- 1200 bauds.
- 8 bits de datos.
- No paridad.
- 1 bit de arranque.
- 1 bit de paro.

Enlace a bus a través de memorias tipo "FIFO" de 512 bytes de capacidad. Procesador 8035, de 64 bytes de RAM y 4 kbytes de ROM. Reloj de tiempo real programable.

La figura A.2 nos muestra el diagrama de bloques de SAC-810.

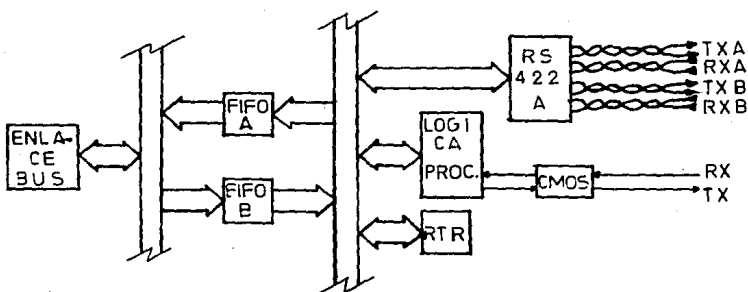


FIGURA A.2 DIAGRAMA DE BLOQUES SAC-810

SAC-710/10 " ENTRADAS ANALOGICAS DE VOLTAJE "

1. DESCRIPCION GENERAL

La tarjeta SAC-710/10 se debe usar junto con la SAC-710/01 para así lograr el esquema completo para la adquisición de datos analógicos.

La tarjeta SAC-710/10 toma las señales de campo en forma diferencial o simple, lo cual se selecciona por medio de puentes ("jumpers"), y enrutar estas a través de un multicanalizador a las etapas de amplificación de ganancia variable y muestreo que se proveen en la misma tarjeta para acondicionar la variable analógica en cuestión y poder convertirla a su equivalente digital por medio de un esquema de aproximaciones sucesivas "distribuido".

2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Entre las características sobresalientes de la tarjeta se encuentran las siguientes:

- Excelente rechazo y rango de modo común.
- Ganancia variable de 1,2,5,10,20,50,100,200 programable en forma independiente para cada canal.
- Acceso aleatorio o secuencial.
- Filtrado opcional de un polo.

- Rangos de entrada (al convertidor) Unipolar (0 a 10 volts) o Bipolar (-10 a 10 volts) seleccionable.
- 8 canales diferenciales o 16 simples.

En la figura A-3 se muestra el diagrama de bloques, en el que se observa un DAC y un comparador enmarcados en línea punteada. Estos elementos forman parte de un convertidor A/D de aproximaciones sucesivas "distribuido", el cual está localizado en el registro de aproximaciones sucesivas de la tarjeta SAC-710/01.

El objetivo de este esquema es efectuar el intercambio de información en la conversión A/D, vía IBUS IIA, en forma digital exclusivamente, con lo que se logra un óptimo funcionamiento del sistema.

Dentro de las aplicaciones más frecuentes de la tarjeta SAC-710/10, encontramos las entradas de voltaje y su conexión:

- Entradas de voltaje: el rango de voltaje de entrada varía en función de la ganancia global del sistema, esto es:

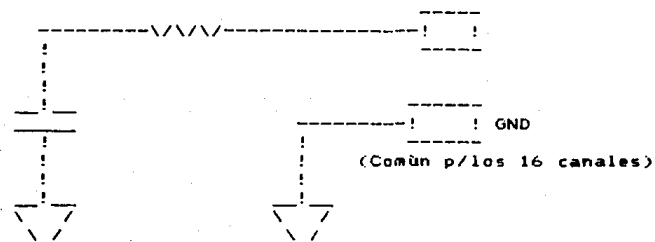
$$R_{Ve} = R_{ADC} / G$$

donde:

- R_{Ve} : Rango de voltaje de entrada
- R_{ADC} : Rango de voltaje de entrada al DAC
- G : Ganancia programable

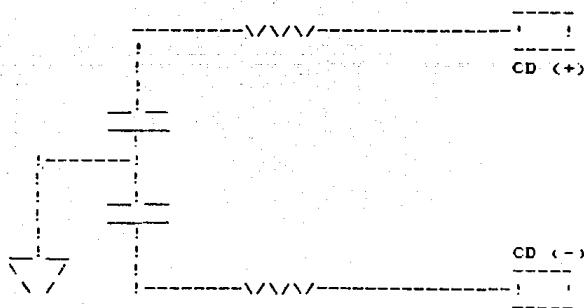
Las configuraciones de entrada en modo simple o diferencial se muestra en la figura A.4 a) y b) respectivamente.

(Condensador P/filtraje opcional)



a)

(Condensador p/filtraje opcional)



b)

FIGURA A.4

- Conexión de entradas de voltajes:

a) Sensores locales con modo común reducido: En estos casos se presentan líneas de conexión reducidas (distancia) y sin restricciones graves en cuanto al voltaje de modo común existente. La conexión adecuada es la mostrada en la figura A-5, donde se nota que el retorno de cada señal de entrada es común a todas las demás.

b) Sensores remotos con voltajes de modo común significativos: Aquí se usa una entrada diferencial, ya que así se resuelve el problema de modo común que se presenta en la mayoría de las aplicaciones de comunicación entre equipos que se encuentran alejados (transductores y equipo de adquisición de datos). La figura A-6 muestra este tipo de configuración. En las aplicaciones más críticas se puede usar un par trenzado blindado para cada señal a manejar, respetando las condiciones de ambiente electromagnético para realizar el aterrizamiento del blindaje en la localidad más apropiada.

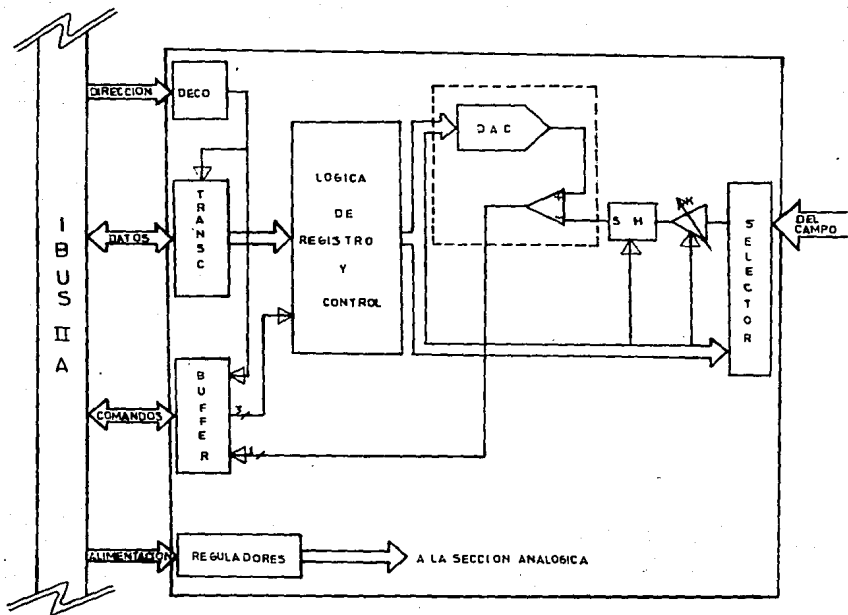


FIGURA A.3 DIAGRAMA DE BLOQUES SAC-710/10

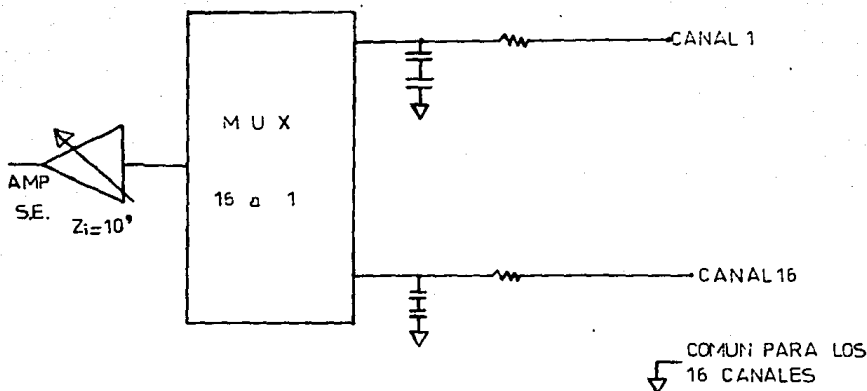


FIGURA A.5 SENSORES LOCALES MODO COMUN REDUCIDO

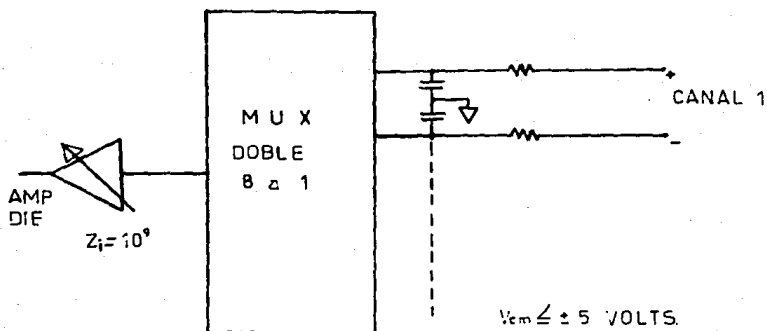


FIGURA A.6 SENSORES REMOTOS

SAC-710/01 " CONVERSION A/D "

1. DESCRIPCION GENERAL

La tarjeta SAC-710/01 es un sistema para controlar conversión analógica-digital, con un esquema distribuído de aproximaciones sucesivas. Se conecta, via IBUS-II, a la tarjeta de procesamiento (SAC-1100), para transmitirle información relativa a las variables analógicas del sistema y recibir los datos de configuración, ganancia por canal y límites de operación normal. Además, genera y controla el bus auxiliar de conversión, IBUS-IIA, que se utiliza para efectuar la conversión A/D por aproximaciones sucesivas, en iteración con tarjetas de campo para entradas analógicas.

La tarjeta contiene además de la lógica necesaria para interfase a IBUS-II e IBUS-IIA, un microprocesador con RAM, EPROM y temporizadores asociados, para preprocesar las señales analógicas, de tal manera que el procesador central (SAC-1100), quede descargado de funciones tales como filtrado y comparación contra límites preestablecidos.

El bus auxiliar IBUS-IIA se genera en esta tarjeta, y aunque físicamente comparte la misma tarjeta de trasplano con el bus principal IBUS-II, funciona independiente y asincrónicamente de él, de tal forma que mientras hay

comunicación entre esta tarjeta y la de procesamiento a través de IBUS-II, el bus auxiliar para conversión A/D funciona independientemente y controlado por esta tarjeta.

El IBUS-IIA maneja únicamente información digital. A través de él la tarjeta controladora de conversión A/D (SAC-710/01) puede acceder hasta 16 tarjetas (256 canales analógicos), aunque por limitaciones físicas este número se reduce a 14 tarjetas (224 canales analógicos).

2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES

Dentro de las características de la tarjeta de conversión A/D destacan las siguientes:

- Sistema de procesamiento con procesador 8085, 4 Kbytes de ROM, 8 Kbytes de RAM y 3 temporizadores programables de 16 bits.
- Acceso por tarjeta de procesamiento (SAC-1100), via IBUS-II.
- Generación de IBUS-IIA para acceder hasta 16 tarjetas de campo del tipo SAC-710/10 o SAC-710/20.
- Enlace a IBUS-II a través de memorias tipo FIFO de 512 bytes de capacidad.

En la figura A-7 se muestra el diagrama de bloques de esta tarjeta.

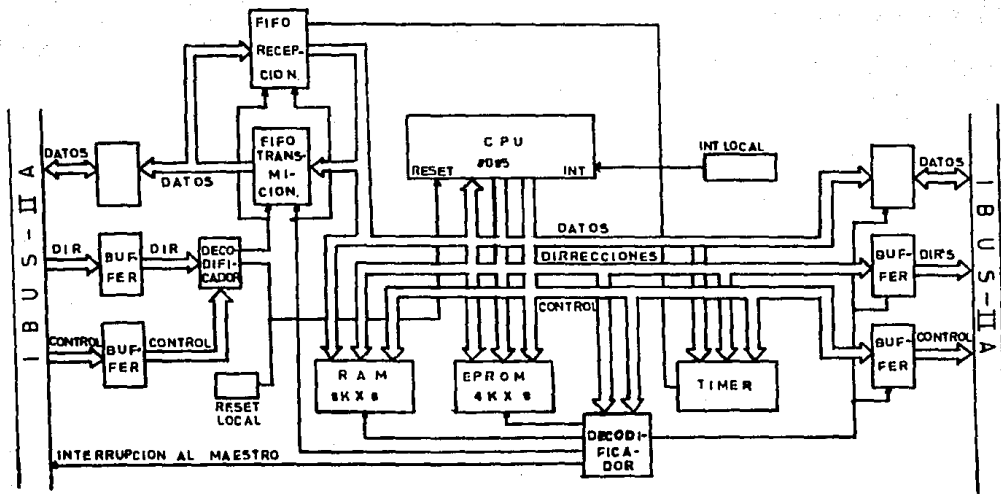


FIGURA A 7 DIAGRAMA DE BLOQUES SAC-710/01

BIBLIOGRAFIA

B I B L I O G R A F I A

1. INGENIERIA DE CONTROL MODERNO
Katsuhiko Ogata
Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.
México, 1985
2. INSTRUMENTACION INDUSTRIAL
Antonio Creus
Ed. Marcombo, 1979
3. TEMAS DE MICROCOMPUTACION
Juan B. Mtz. García
Facultad de Ingeniería, UNAM
4. SISTEMAS DE COMUNICACION
Simon Haykin
Ed. Interamericana, 1985
5. PRINCIPLES OF COMMUNICATION SYSTEMS
Herbert Taub & Donald L. Scilling
Ed. Mc Graw-Hill
6. SYSTEMS PROGRAMMING
John J. Donovan
Ed. Mc Graw-Hill
7. COMPUTER ARCHITECTURE AND ORGANIZATION
John P. Hayes
Ed. Mc Graw-Hill
8. APUNTES DE MICROPROCESADORES Y SISTEMAS DIGITALES
Juan B. Mtz. García
facultad de Ingeniería, UNAM
9. COMPUTER NETWORKS
Andrew Tandenbaum
Ed. Prentice-Hall
10. MS-DOS VERSION 2.1
Columbia Date Products, Inc., 1984
11. TURBO PASCAL VERSION 3.0
Manual de Referencia
Borland International, 1985

12. MPC OPERATIONS GUIDE
Columbia Data Products Inc., 1984
13. TARJETA DE PROCESAMIENTO SAC-1100
Manual del Usuario
Instituto de Investigaciones Electricas
Septiembre de 1985
14. TARJETA DE COMUNICACIONES SAC-810
Manual del Usuario
Instituto de Investigaciones Electricas
IIE/33/1878/F/1, Mayo de 1985
15. TARJETA DE ENTRADAS ANALOGICAS DE VOLTAJE SAC-710/10
Manual del Usuario
Instituto de Investigaciones Electricas
16. TARJETA DE CONVERSION ANALOGICA/DIGITAL SAC-710/01
Manual del Usuario
Instituto de Investigaciones Electricas
Mayo de 1985
17. TUNING OF PID CONTROL OF DIFFERENT STRUCTURES
A. Kaya and T. J. Scheib
Control Engineering
Julio 1988
18. EQUIPO DE PRUEBA PARA SISTEMAS DE ADQUISICION DE DATOS Y CONTROL
Carlos Hernández, Amerto Bautista, Miguel Madinaveitia, Cristina Leon, Juan Cruz.
Boletín IIE
Julio/Agosto, 1987
19. LINEA SAC: SISTEMA DE ADQUISICION Y CONTROL
Boletín IIE
Noviembre/Diciembre
Vol. 11, Num. 6
20. FIND OUT HOW GOOD THAT PID TUNING REALLY IS
John P. Gerry
Control Engineering
Julio 1988
21. REDESIGNED DCS PROVIDES IMPROVED OPERATOR AND ENGINEERING INTERFACE
Michael Babb
Control Engineering
Julio 1988

22. DESARROLLO Y ADMINISTRACION DE PROGRAMAS DE
COMPUTADORA ("SOFTWARE")
Victor Gerez, Mauricio Mier, Rolando Nieva,
Guillermo Rodriguez
Ed. C.E.C.S.A.
Mexico 1985
23. 101 MICROPROCESSOR SOFTWARE & HARDWARE PROJECT
Frank P., Tedeschi & Gary Kueck
Ed. Tab