

BECARIOSINFORMES PRESENTADOS POR EL EQUIPO: FRANCISCO SANCHEZ MARTINEZ  
Y CARLOS SANCHEZ MAGRO (OBSERVATORIO DEL TEIDE)Informe del mes de agosto1.- Ordenadores en sistemas de control

La utilización de ordenadores en sistemas de control constituye una técnica nueva que, por sus notables ventajas, se está imponiendo a ritmo creciente.

Así lo demuestra el haber sido lanzados al mercado, a partir de 1963, gran número de ordenadores, especialmente adecuados para este fin, que junto con instrumentación convencional de tipo digital están cambiando las técnicas de diseño y métodos operativos.

Se trata de sistemas de relativamente reducido tamaño, gracias al empleo de circuitos electrónicos compactos, con módulos integrados. No obstante, su estructura básica es la de un ordenador convencional y admiten en su programación lenguas superiores, aunque en el caso de su adaptación a sistemas de control, el método más apropiado de programación es el de utilizar un lenguaje simbólico o lenguaje de máquina adecuado al tipo de ordenador en cuestión.

Se están desarrollando actualmente lenguajes superiores (1) y (2), con vistas a facilitar el empleo de ordenador por el usuario.

- 
- (1) RTL A Real-Time Language for computer control software Systems Research Center/Case Western Reserve University.
- (2) A Language for Real-Time System. The Computer Bulletin.

Por su mayor simplicidad y versatilidad respecto a los ordenadores destinados a usos científicos o de gestión y por su fabricación en series mayores, su precio ha ido disminuyendo notablemente en los últimos años, siendo en la actualidad del orden del millón de pesetas, lo que ha abierto para tales máquinas campos de aplicación anteriormente prohibitivos (3) (4) (5) (6) (7).

Una idea de la tremenda expansión de estos ordenadores se la proporciona su volumen de venta en los Estados Unidos, que fue de 80 millones de dólares (unas 5.000 unidades) en 1968 y que se ha planificado en 250 millones (más de 15.000 unidades) para 1970. Esta creciente y acelerada incorporación de los ordenadores digitales en el sistema de control, concentración y transmisión de datos, sistemas de conmutación y otros campos, está influyendo en forma creciente sobre múltiples aspectos técnicos.

En el desarrollo de sistemas experimentales facilitan la labor del investigador mediante una puesta en operación programada de un sistema experimental con adquisición automática y proceso de datos en tiempo real y finalmente presentación adecuada, tanto de los datos primarios como de los resultados de cálculo.

Las principales ventajas que han derivado de la implantación de sistemas experimentales controlados por ordenadores pueden resumirse en los siguientes puntos:

- a) Se recoge información automáticamente sobre un soporte adecuado para un fácil tratamiento posterior.
- b) Se pueden asociar los datos con parámetros representativos del experimento y hacer un tratamiento en tiempo real.
- c) Se pueden suministrar al experimentador resultados inmediatos que le proporcionan una idea sobre la evolución del experimento, lo que le permite modificarlo sobre la marcha para que se ajuste a las mejores condiciones.

- 
- (3) J. Sánchez Izquierdo. Supervisión y control con ordenadores en operación simultánea ("on line"). Energía Nuclear n° 61, 1969.
  - (4) Barron, R. Multiprocessor Computers for Better on line Control "Control Engineering", V. 15, n° 2, 1968.
  - (5) A. Tanarro Sanz y J. Sánchez Izquierdo. Ordenadores en procesos industriales. IEEE, Electrolatina. Junio 1970.
  - (6) D.J. Theis, y L. C. Jobbs. Minicomputers for real time applications. Datamation. Marzo 1969, pág. 39.
  - (7) A Saff Survey. On line Computer Scorecard updated. Control Engineering. Julio 1968, pág. 79.

d) La presentación de resultados puede ser muy versátil, adoptando todas las posibles formas de salida de elementos de comunicación, tales como forma impresa, visualización en pantallas, representación gráfica, etc.

e) El sistema se puede programar para operación continua de forma que se modifiquen automáticamente las condiciones experimentales según la secuencia conveniente.

Estos aspectos han hecho que consideremos como muy conveniente el diseño de un sistema con ordenador para el control automático y adquisición de datos de un telescopio para fotometría y polarimetría de luz zodiacal y otras fuentes difusas, lo que permitirá la eficaz utilización del mismo, a la par que representará una aportación de interés en montajes experimentales con telescopio.

## 2.- Sistema de control para Telescopio

Se pretende pues diseñar un sistema que, en líneas generales asuma las siguientes funciones de un modo automático y según un programa.

- 1º Control de posición del telescopio.
- 2º Control de diversos parámetros experimentales, como posición de los polaroides, etc.
- 3º Adquisición de datos y archivo en soporte automático.
- 4º Cálculo en tiempo real.
- 5º Presentación de información en forma adecuada, en tiempo real.

## 3.- Diagrama bloque de la instrumentación

En la figura 1 se ha dibujado el esquema bloque simplificado de la futura instrumentación.

Las señales generadas en los fotomultiplicadores y polaroides convenientemente adaptadas, se acoplan a las entradas de un selector de transmisión lineal que lleva asociado un con versor analógico digital, el cual proporciona por su salida la información, en forma digital, correspondiente a cada uno de los canales de medida.

Esta información digital, junto con la procedente de los encoders de posición del telescopio, se conecta a las líneas de entrada del ordenador a través de la llamada interfase de entrada constituida por el conjunto de puertas, elementos biestables de memoria, registros, etc., que forman el elemento lógico de comunicación entre el ordenador y el sistema externo.

Una vez la información en el ordenador se procede, mediante el programa adecuado, a efectuar comparaciones y cálculos relacionados con la dinámica del telescopio, a fin de obtener, junto con el listado de valores de toma directa, la información que nos indica el estado del sistema y los resultados de los cálculos efectuados en tiempo real.

La información numérica escrita será suministrada automáticamente a través de un teletipo en forma periódica. Se estudia la posible inclusión de otros métodos de representación de la información, tales como pantalla de TV o sistemas numéricos.

El programa será conversacional de forma que, a través del teletipo, se interaccione con el sistema según será detallado más adelante.

Además de la información numérica escrita a través del teletipo, se ordenarán los datos y resultados convenientemente en la memoria para almacenar adecuadamente éstos en un soporte magnético.

Para seguir de un modo sinóptico la evolución dinámica espacio temporal de alguna de las variables, se prevé la inclusión en el sistema de un registrador de dos variables o registrador incremental X Y. El usuario tendrá opción a través del teletipo de solicitar el registro de la variable deseada.

El reloj astronómico es un auxiliar indispensable tratándose de sistema astronómico. Irá acoplado y sincronizado con el propio reloj del ordenador y suministrará información temporal con la precisión requerida en este tipo de sistemas. La presentación de esta información será o bien en la pantalla de TV o bien en un conjunto de indicadores numéricos gaseosos.

Las señales de control de posición se generan en el ordenador mediante la comparación de los datos que provienen de los "encoders", con los datos de referencia de posición previamente almacenados. Se generan así las señales oportunas de posicionamiento del telescopio y acoplo de los polaroides.

De esta manera se cierra el lazo de toma de datos de posición, cálculo de error y actuación sobre el sistema de posición a través de la interfase de salida.

#### 4.- Interfase de entrada

En la figura 2 se ha designado con la denominación "interfase de entrada", al conjunto de circuitos que acoplan el selector de transmisión lineal (escrutador) y conversor analógico-digital (ESCO) al ordenador. Sus misiones principales consisten en asegurar el debido sincronismo de operación entre los dos citados equipos, presentar en forma conveniente la información de salida el (ESCO) a las 16 líneas de entrada del ordenador, identificar en cuanto sea preciso y entre los diversos órganos periféricos a aquel que ha generado una señal de petición de servicio o interrupción y controlar seguidamente el estado y función a realizar por el referido órgano periférico.

Para el diseño lógico de esta interfase y su realización se utilizarán módulos integrados de estado sólido, del mismo tipo, que los empleados en el ordenador, con lo que su estructura física y lógica es análoga a la del propio ordenador.

En la figura 2 se ha representado un diagrama bloque muy esquematizado de la interfase de entrada, cuyos elementos fundamentales son:

1. Decodificador de función.
2. Decodificador de dirección.
3. Lógicas de prueba y comando.
4. Lógica de estado de los periféricos y ESCO.
5. Lógica de interrupción.

El funcionamiento de todo este conjunto viene a ser en líneas generales como sigue. Cuando ha finalizado la conversión de la señal analógica correspondiente a un determinado canal, la información digital se encuentra en el registro de salida del conversor analógico-digital.

La señal que identifica este estado, a la que ya hemos llamado impulso fin de conversión, sirve para iniciar la transferencia de dicha información al registro de entrada del ordenador o registro A.

Para ello, su primera función es situar en estado 1 un biestable, al que llamaremos biestable "dispuesto" (biestable "ready" en la literatura anglosajona) que forma parte de la lógica de este estado, con lo cual se deja constancia de que la información está lista para pasar al ordenador. El estado de este biestable es investigado a través de la lógica de prueba por las instrucciones de entrada y salida, durante su ejecución.

El cambio de estado del biestable dispuesto activa la línea de interrupción standard actuando así sobre la lógica de interrupción.

Si el biestable de "marca" está en estado 1 (indicando que se desea permitir las interrupciones de este terminal), la lógica de interrupción genera una señal que lleva el programa a la rutina de entrada de información.

Dado que existen diversos terminales en comunicación con el ordenador y cada uno con diversas funciones, se hace preciso su identificación, de forma que se pueda actuar, por programa, sobre cada uno de ellos, bien con las instrucciones de entrada-salida, bien con las de prueba o con las de control, completadas cada una con la dirección oportuna.

La identificación de direcciones y de las funciones a realizar por cada una de las instrucciones mencionadas se realiza en el decodificador de dirección y en el decodificador de función. Al ejecutarse una instrucción de comunicación, aparecen en las 10 líneas de dirección la distribución de dígitos correspondientes al terminal que hemos de identificar y su función. Esta distribución es decodificada y las líneas correspondientes de dirección del terminal especificado y de la función a realizar son situadas en estado 1. Con esto los impulsos procedentes del ordenador encaminados a un tipo de prueba o a una cierta operación de comando se dirigen en la lógica de prueba o de comando a la realización de esta función por parte del equipo al que se refieren.

En la figura 2 se representan las líneas de comunicación del ordenador y las del selector-convertor. Se ha desdoblado la lógica de estado del sistema en dos biestables, el ya mencionado biestable dispuesto y el biestable "ocupado" (biestable "busy").

La unidad de acoplamiento no es más que el conjunto de circuitos necesarios para acomodar los niveles lógicos del ordenador y la interfase a los niveles de las señales del ESCO.

Se continúa con el desarrollo de la interfase y se ha iniciado el estudio del programa del sistema que será motivo del informe del próximo mes de setiembre.

## Informe del mes de setiembre

Durante este mes se ha estudiado la estructura del sistema desde el punto de vista de operación y funciones a realizar y se ha obtenido el "Flow chart" correspondiente según el esquema que se adjunta.

Se acompaña el diagrama de una descripción del mismo; para facilitar su comprensión los números que inician los párrafos están correlacionados con los incluidos en los bloques.

### (1) Inicia Parámetros

En este bloque el programa prepara toda una serie de registros generales que tienen interés en la ejecución del mismo.

Así, tal vez sería interesante borrar los datos que pueda tener almacenados del día anterior y que pudiesen interferir con los obtenidos en las tomas del día actual.

Es en este subprograma donde se prepararían banderas e índices que fuesen necesarios para una perfecta ejecución del programa en general, tales como por ejemplo la bandera de inicio de barrido cuyo interés explicaremos más tarde.

### (2) Iniciar parámetros relativos al barrido

El operador especificará mediante un programa conversacional los parámetros que definen el número de barridos que desea se hagan durante el tiempo previsto para la experiencia, así como los parámetros relativos a cada uno de ellos y la secuencia en que quiere se realicen.

Se introducen tecleando sobre el teletipo y con el formato que especificaremos más adelante los siguientes datos:

- a) Fecha
- b) Número de barridos a realizar durante la experiencia
- c) A continuación y para cada uno de los barridos:

- 1.- Coordenadas de los vértices de la diagonal principal de la zona del cielo que se quiere barrer.
- 2.- Tipo de barrido; es decir, si por puntos o continuo.
- 3.- Si se trata de barrido por puntos, las magnitudes y ne-

cesarias para definir la cuadrícula.

4.- Si no es continuo tiempo de estancia en cada punto.

d) La hora a la que quiere iniciar el primer barrido.

e) Por último la hora actual. Con este dato y el anterior el ordenador calculará el tiempo que falta para iniciar el barrido y comprobará si es suficiente para llevar el telescopio a la posición inicial. En caso de que el tiempo sea insuficiente el teletipo dará un mensaje de aviso y proporcionará al operador la posibilidad de corregir el dato anterior.

Como el sistema se para durante el día hay que tomar este dato para actualizar el tiempo sidereo y el tiempo universal, y ejecutar la operación de actualizar la hora cada vez que se ponga en operación el sistema.

Una vez iniciado el sistema, el programa da una orden de acción y el telescopio se mueve a la posición especificada como origen. Otra orden hace lo propio con los polaroides, establece las tensiones oportunas en los instrumentos de medida y vuelve a las posiciones iniciales el escrutador, el conversor A/D, etc.

### (3) ¿Es hora de iniciar el barrido?

Cuando todo esté preparado, es decir cuando los relojes estén puestos en hora y funcionando, cuando el telescopio haya alcanzado su posición inicial y todo el equipo esté listo para tomar medidas, el programa investigará el estado de la bandera de iniciar el barrido.

Cuando llegue la hora especificada de antemano en el programa conversacional, la rutina INTR hará pasar la bandera al estado lógico y el barrido podrá ser iniciado.

Más adelante explicaremos el funcionamiento de la rutina INTR.

### (4) ¿Barrido continuo?

Antes de iniciar el barrido el programa pregunta a qué tipo corresponde el que hay que realizar para seleccionar el camino a seguir:

#### 1.- Barrido continuo.

Se pone en marcha el telescopio y van tomando datos de forma periódica a la velocidad que convenga para no perder información. Se estima que esta velocidad debe ser siempre superior a las 10 muestras por seg.



Los datos se almacenarán en un buffer y de él se trasfieren, para ser procesados posteriormente por los programas de cálculo, bien en el propio ordenador o en otros de mayor potencia, tal como el IBM 7090.

## 2.- Barrido por puntos.

Antes de iniciar el movimiento del telescopio, el ordenador tomo como punto de referencia las coordenadas del primer punto de retícula.

Durante el movimiento obtiene la señal de error comparando el valor de referencia con la posición instantánea que calcula a partir de las señales recibidas de los encoders. Cuando la señal de error es cero el telescopio se detiene y después de un retardo adecuado que se estima comienza la operación de muestreo de los diversos canales.

Dado que el objetivo del barrido por puntos es el estudio de la polarización de la luz, en cada punto será necesario realizar varias medidas según va variando el ángulo de los polaroides. M. Bien.

Una vez finalizadas las medidas se calculan las coordenadas del siguiente punto y se da orden de llevar el telescopio al lugar calculado.

Durante el movimiento de aquel el ordenador calcula los valores de las variables no medidas directamente; tal puede ser el factor de rizado, el valor medio de la senoide y el ángulo de polarización.

Tanto de los datos medidos directamente como de los obtenidos por cálculo se hará al final del barrido un listado informativo cuya estructura se está estudiando.

### (5) ¿Hay que iniciar otro barrido?

Una vez finalizado el listado, el programa analiza la información recibida en el programa de iniciación para determinar si hay que realizar algún nuevo barrido. Si la respuesta es afirmativa toma la acción de hacerlo con la secuencia ya explicada. Si la respuesta es negativa lleva el telescopio al origen de coordenadas y para el sistema.