

LA AUTOMATIZACION EN METEOROLOGIA

Por JOSE LUIS DE BRIONES VIEJOBUENO

Meteorólogo

Una de las características más notables de la tecnología actual es la introducción de las calculadoras electrónicas en los Laboratorios de cálculo y proyecto, al principio y más tarde, aprovechando las extraordinarias posibilidades que proporciona su funcionamiento ultrarrápido, en los puestos de mando y coordinación de las fábricas y, finalmente, en los despachos de nóminas y centros de inspección de Entidades en las cuales el volumen de datos analizables se ha vuelto ingente debido al desarrollo de aquéllas y en donde las decisiones que deban tomarse pueden deducirse automáticamente del resultado de los análisis previos de datos.

Para lograr una mejor comprensión de las posibilidades de los ordenadores electrónicos actuales, debemos exponer algunos detalles de la teoría de funcionamiento de los tipos fundamentales que existen, aun corriendo el riesgo de que el lector esté mejor informado (pero el autor espera que para alguno de sus lectores será útil la exposición).

Unas máquinas son esencialmente sumadoras gigantescas y velocísimas: los números, transformados convenientemente en impulsos eléctricos (en el sistema binario de numeración: $23 = 10111$) pueden ser tratados electrónicamente, aprovechando los circuitos multivibradores pasivos, que disponen de dos estados de equilibrio estable: conducción eléctrica, bloqueo, y que gozan de la notabilísima propiedad que el mismo impulso que hace cambiar de conducción a bloqueo, repetido, hace pasar de bloqueo a conducción; y así se puede repetir indefinidamente el fenómeno. A su vez, a cada segundo cambio de estado, el multivibrador emite un impulso que cambia el estado del circuito siguiente y éste, a su vez, a un tercer multivibrador, etc. Estas «contadoras de impulsos» son los **COMPUTADORES NUMERICOS** (mal llamados digitales con lastimoso e inculto barbarismo).

Otras máquinas aprovechan la igualdad formal entre un sinnúmero de fenómenos físicos, representados por ecuaciones diferenciales idénticas, en las que cambia solamente el valor y significado de los parámetros y de las variables, pero no las relaciones mutuas entre ellos. Estas máquinas son los **COMPUTADORES ANALOGICOS**, así llamados porque en ellos, los números y las variables son representadas por magnitudes eléctricas de va-

riación análoga a la de aquellos (por ejemplo, en un potenciómetro con cursor movido por un eje roscado, la diferencia de potencial entre un extremo y el cursor es proporcional al giro del eje que desplaza el cursor; así, sumar tres números equivale a girar tres veces sucesivas este eje). En estos ordenadores electrónicos son fundamentales las constantes de proporcionalidad entre los fenómenos eléctricos variables y los valores de las funciones introducidas.

Considerando desde este punto de vista, la mayoría de los instrumentos empleados en el Laboratorio de Física, éstos son, casi todos, medidores analógicos y la calibración inicial representa la determinación del valor de la constante de proporcionalidad. Por otro lado, las ecuaciones de la Física teórica son simples «representaciones analógicas» de los fenómenos reales y podríamos decir que el físico estudiaba la naturaleza analógicamente desde mucho antes de descubrir este concepto.

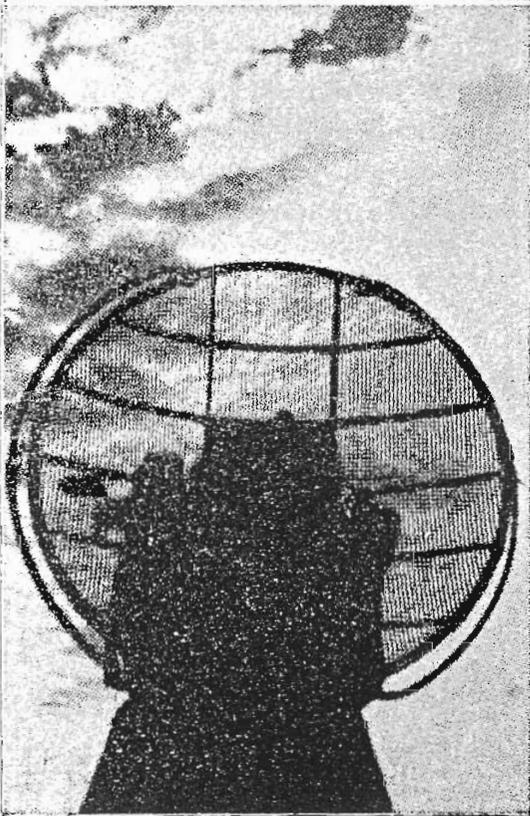
El hecho de que en las diferencias entre dos números se obtengan uno u otro de tres resultados: positivo, nulo o negativo, llevó al genio humano, siempre inquieto, a descubrir la posibilidad de hacer que la calculadora *tomase decisiones*, hasta entonces patrimonio exclusivo del cerebro inteligente y libre del hombre.

Consideremos el número anterior, escrito en sistema binario, que completamos con el signo: $+ 23 = 010111$; $- 23 = 110111$; supongamos un parámetro físico que puede variar desde 10 hasta 30, pero no queremos, por otras razones, que pase de 23; entonces el computador efectúa la resta $23 - N$ (siendo N el valor de este parámetro): mientras N es igual o menor que 23, la diferencia empieza por cero ($23 - 22 = 010111 - 010110 = 000001$; $23 - 24 = 010111 - 011000 = 010111 + 100111 = 111110$; este número es el complemento a $31 = 2^5 - 1$ del número dado); si N es mayor que 23, el número empieza por un 1; al registrar este número, el impulso «1» de la izquierda da lugar a una salida eléctrica que corta un circuito eléctrico o mecánico, hace sonar una alarma, etc.

Este es un ejemplo muy simple para demostrar la «capacidad de decisión» del computador numérico, ante una situación variable; el lector comprenderá fácilmente que, por la acumulación de elementos de decisión triple (+, 0, —), efectuadas en lapsos de tiempo del orden del nanosegundo (10^{-9} seg) se pueden obtener máquinas con una capacidad de decisión asombrosa (y previamente programada por el conductor de la máquina).

La estación meteorológica automática.

Para que las calculadoras electrónicas puedan reemplazar a los observadores meteorológicos, es necesario que dispongan de «elementos táctiles» capaces de reemplazar a los ojos del observador; los instrumentos deberán, también, estar adaptados de modo que la máquina pueda «leerlos». A con-



tinuación vamos a describir un medidor electrónico de presión y otro de visibilidad; análogamente pueden adaptarse (con gran facilidad) los anemómetros y veletas para la lectura electrónica, los termómetros para la determinación de temperatura y humedad relativa del aire y aun un nefoscopio de nubosidad baja total.

Supongamos un barómetro de mercurio que tiene, en la parte superior, a un lado una lámpara de iluminación de filamento lineal y enfrente, al otro lado del tubo, una célula fotoeléctrica (del tipo fotorresistente, por ejemplo), al subir o bajar el menisco de mercurio, pasa una menor o mayor cantidad de luz a través de la cámara barométrica, dando lugar a que la célula fotorresistente experimente variaciones en su resistencia eléctrica, que resultan «proporcionales» a las alturas barométricas.

Para evitar errores debidos a variaciones en la intensidad luminosa de la lámpara, ésta ilumina en realidad, un espejo diédrico, el cual produce dos focos virtuales igualmente intensos; uno ilumina la célula fotorresistente, como ya hemos indicado; el otro ilumina una célula fotorresistente idéntica, que sirve de referencia; la diferencia de resistencia eléctrica entre ambas células, transformada en una diferencia de potencial continuo,

es la señal que aprecia el Observador electrónico de la estación.

El barómetro físico está gobernado por una cabeza electrónica de mando, que se pone en marcha unos minutos antes del instante de la observación, se encarga de encender la luz y, finalmente, mediante un amplificador adecuado obtiene la tensión de señal barométrica que transmite al ordenador electrónico principal.

Para las medidas de visibilidad se emplea un diafanímetro de célula

fotoeléctrica, en el cual se envía un haz cilíndrico de luz azulada a una cierta distancia; allí una cuña o prisma de vidrio óptico hace girar 180° el haz y lo devuelve, ligeramente desviado, hacia un departamento contiguo al del foco luminoso en donde está, debidamente protegida contra la luminosidad ambiente, una célula fotoeléctrica, que da una corriente de salida proporcional a la energía luminosa recibida por el cátodo fotosensible. Una segunda célula idéntica recibe algo de luz del foco luminoso, a través de los filtros adecuados y de nuevo es, ya sea la diferencia entre las corrientes emitidas por ambas células, ya sea el espesor del filtro intercalado en el circuito óptico de la segunda célula que da lugar a una igualdad en las corrientes de salida, lo que produce una señal eléctrica función de la transparencia del aire.

También aquí es necesaria una cabeza de mando del diafanómetro, para gobernar los diversos parámetros materiales del instrumento y amplificar las tensiones eléctricas.

Si los focos luminosos están alimentados con corrientes alternas de características convenientes, las tensiones de salida serán alternativas y su amplificación será más fácil; sin embargo, esto son ya refinamientos de detalle, que no tienen que ver con los principios de funcionamiento.

Cifrado y transmisión de las medidas.

El computador central tiene una primera misión: transformar las señales recibidas de los medidores meteorológicos en señales numéricas que puedan ser transmitidas y recibidas fielmente en la Central Sinóptica, a pesar de las perturbaciones eléctricas y ruidos parasitarios que puedan afectar los valores obtenidos. Con objeto de que el lector no especializado pueda comprender cómo se hace esto, consideremos el equipo traductor «analógico/numérico» siguiente:

Una válvula electrónica (que puede ser un transistor) oscila a una frecuencia invariable; una segunda válvula electrónica puede desbloquearse y amplificar las semiondas positivas del oscilador, al recibir una tensión positiva en su electrodo de mando; una tercera válvula electrónica tiene la misión de bloquear la segunda cuando su electrodo de mando recibe una tensión predeterminada. El funcionamiento es el siguiente: El selector de lecturas conecta la salida del medidor barométrico (por ejemplo), con la reja de mando de la válvula compuerta; ésta inmediatamente conduce y un circuito contador comienza a contar el número de crestas positivas de la oscilación que pasan a través de esta válvula; a cada cresta pasada y contada, una cierta cantidad de electricidad es enviada a un condensador, con lo cual la diferencia de potencial entre las armaduras aumenta linealmente con el tiempo; cuando esta d.d.p. adquiere un valor igual al preestablecido por el selector de lecturas en la rejilla de mando de la tercera válvula (este

valor de umbral es variable, según el parámetro meteorológico que se vaya a traducir), ésta se dispara y bloquea la segunda, interrumpiendo la cuenta de ondulaciones.

De este modo, se transforman las tensiones continuas proporcionadas por los medidores meteorológicos en números que, transmitidos por teletipo o radiotelegrafía, contienen la información necesaria sobre el estado atmosférico en la estación en el momento de hacer las medidas.

En la Central de Análisis estos números son descifrados y reducidos a los valores correspondientes de presión, temperatura, humedad, viento, visibilidad y nubosidad total.

Esta visión esquemática de las posibilidades que el inmenso desarrollo de la electrónica aplicada ofrece para ampliar el sistema de recogida de informaciones meteorológicas y para acelerar su concentración en los Centros de análisis, permite sospechar, al mismo tiempo la inextricable complejidad de los modernos equipos electrónicos, capaces de hacer maravillas cuando están sabiamente programados.

