

SISTEMA WESTRONIC DE TELEMANDOS

Por JOSE M.^a PAUL DE GOYENA
Ingeniero.

Describe el autor un sistema electrónico muy moderno aplicado al telemando de las instalaciones de señales ferroviarias (C.T.C.) y que actualmente se halla instalado en muchas líneas inglesas.

El constante perfeccionamiento de los sistemas de mando que rigen el tráfico ferroviario, ha conducido al establecimiento de un modo de acción, basado en el uso de transistores, que proporciona un eficaz resultado en las instalaciones de señales en las que sea necesario el empleo de un mando centralizado (C.T.C.).

Este nuevo sistema, denominado Westronic, pre-

varios puntos un gran número de mandos y de comprobaciones.

Las transmisiones se efectúan por medio de una línea bifilar, utilizando un código en corriente alterna con variaciones bruscas de frecuencia.

Pueden ser mandados gran número de puestos satélites desde un central, bien sea multiplicando las fre-

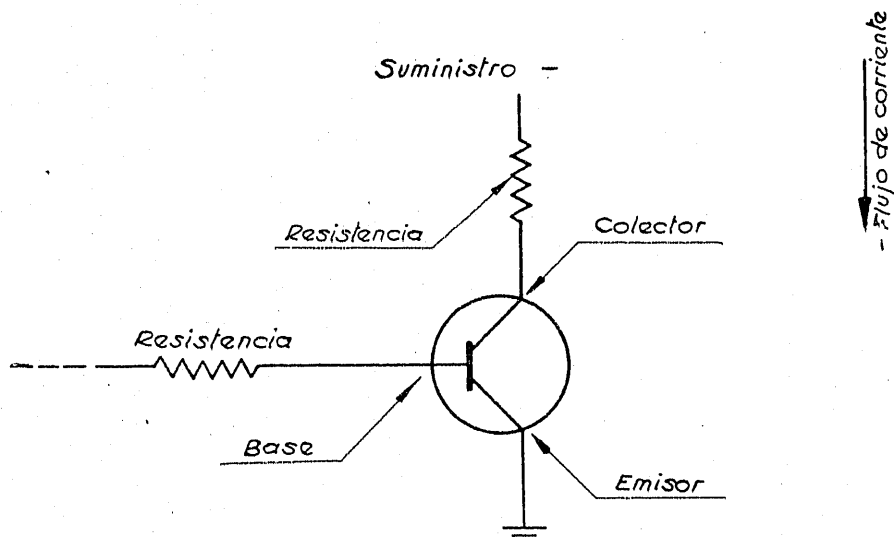


Fig. 1.^a -- Transistor.

senta la ventaja sobre los otros sistemas actuales de que la transmisión de los mandos y comprobaciones es rapidísima, casi instantánea, es pequeño el volumen ocupado por los aparatos y es mínimo el desgaste de los órganos que lo forman.

De todo ello se derivan las ventajas inherentes a la economía de tiempo, espacio y de los costos de instalación y entretenimiento de las instalaciones, ventajas todas muy apreciables en la explotación ferroviaria.

Fundamento del sistema.

Las características esenciales de este sistema son las siguientes:

En principio su objeto es el de transmitir entre

cuencias utilizadas o empleando más de dos hilos de línea. La primera de estas soluciones es la más aconsejable y económica.

La base del funcionamiento del sistema es el empleo de transistores formando parejas bi-estables con arreglo a los circuitos típicos que se describen a continuación:

Transistor. — Los transistores empleados en estas instalaciones están compuestos por cristales de silicón convenientemente montados.

El circuito de un transistor dispuesto en la forma indicada en la figura 1.^a puede ser considerado como una forma de conmutador extremadamente rápido en su acción.

Con un potencial positivo (con respecto al *emisor*) aplicado en la *base* del transistor, éste permanece in-

activo o abierto y no permite prácticamente el paso de corriente, apareciendo un potencial negativo en el *colector* del transistor. En cambio, con un potencial negativo aplicado a la *base*, el transistor toma el estado

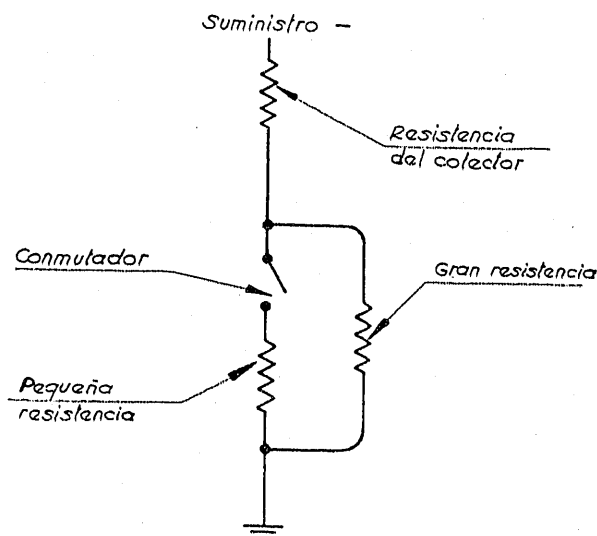


Fig. 2.^a — Circuito conmutador equivalente a un transistor.

de *cerrado*, o sea, que se hace conductor, y si el potencial negativo que se establece en la base alcanza un cierto valor, la corriente que pasa por el transistor está limitada solamente por la resistencia del *colector*. En estas condiciones se dice que el transistor está sa-

rado como un conmutador de corriente ligeramente imperfecto, como se indica en la figura 2.^a.

Su velocidad operativa para pasar de uno a otro estado conductor es sumamente rápida, por lo cual está especialmente indicado para las conmutaciones que exijan una gran velocidad de acción.

Circuito bi-estable de transistores. — En las operaciones de codificación, registro y circuitos con células en cadena, se emplea un conjunto bi-estable formado por dos transistores, cada uno de los cuales alterna con el otro en el *cierre* y *apertura* del circuito. Esto equivale en cierto modo a la acción de un relé electromagnético, que según se halle excitado o desexcitado, cierra o abre uno u otro de los dos circuitos que establecen sus contactos móviles.

La figura 3.^a representa la disposición del circuito bi-estable Eccles-Jordan, que constituye la base del funcionamiento de los circuitos Westronic.

En este circuito bi-estable, cuando el transistor TR 1 está *cerrado* al paso de corriente, su colector se encuentra al potencial cero y, por lo tanto, la base del transistor TR 2 se hallará al potencial positivo que resulta de la repartición del potencial positivo (+) de alimentación entre las resistencias R 3 y R 2.

El transistor TR 2 se hallará *abierto* al paso de corriente y en su colector aparecerá un marcado potencial negativo. Por lo tanto, en la base de TR 1 queda aplicado un potencial negativo resultante de la repartición de este potencial negativo entre las resistencias R 5 y R 6. El transistor TR 1 está *cerrado* en estas condiciones, permitiendo el paso de corriente a su través.

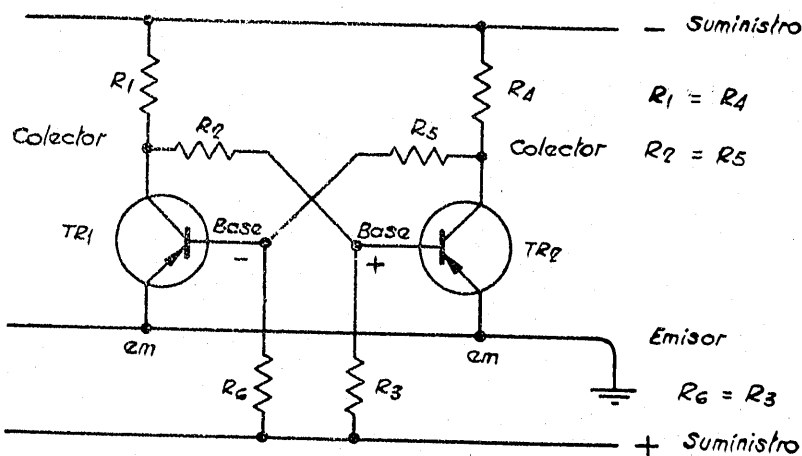


Fig. 3.^a — Circuito bi-estable Eccles-Jordan.

turado y la caída de tensión que se produce en el paso de corriente a través de él, es muy pequeña.

El colector de esta manera queda virtualmente al potencial cero o de tierra.

Por consiguiente, el transistor puede ser conside-

El estado estable así definido, puede pasar al estado inverso, en el cual el transistor TR 1 se hallará abierto y el TR 2 cerrado.

Este cambio de estado puede realizarse, entre otros medios, aplicando un impulso positivo a la base del

transistor *cerrado*, o un impulso negativo a base del transistor abierto, efectuándose este cambio en la mayoría de los casos en un lapso de tiempo del orden de algunos micro-segundos.

DISPOSICION GENERAL

El sistema en cuestión, de la Westinghouse Brake and Signal, de Londres, se compone de los elementos siguientes, representados en la figura 4.^a.

Puesto central (P.C.).

Un generador principal de progresión para el P.C. y los puestos satélites.

Un circuito de impulsión de progresión alimentado por el mismo generador de impulsión que alimenta los circuitos de los puestos satélites, los que, por lo tanto, reciben todos necesariamente señales de impulsión progresivas a cadencias absolutamente idénticas.

Un emisor de progresión único, instalado en el puesto central.

Un cuadro con los conmutadores o botones de mando de las funciones que hay que realizar en los puestos satélites y que encamina las impulsiones de energía hacia el circuito que las manda a los emisores del P.C.

Dos emisores de las frecuencias F_1 y F_2 que se emplean en la codificación de la retransmisión a un puesto satélite (puesto de vía o estación).

Una unidad de código formada por:

- Una cadena contadora sincrónica de progresión escalonada, formada por transistores, en la que el número de células que la componen es igual al número de aparatos de dos posiciones que se desean mandar o al de los aparatos que es necesario comprobar. Se elige el número que resulte mayor de ambos.
- Las células de registro en el puesto central, formadas por transistores, que preparan la información que ha de recibirse en el P.C. procedente de los satélites de acuerdo con el mando emitido desde el P.C.
- Una unidad de registro formada por relés que funcionan de acuerdo con las células de registro.

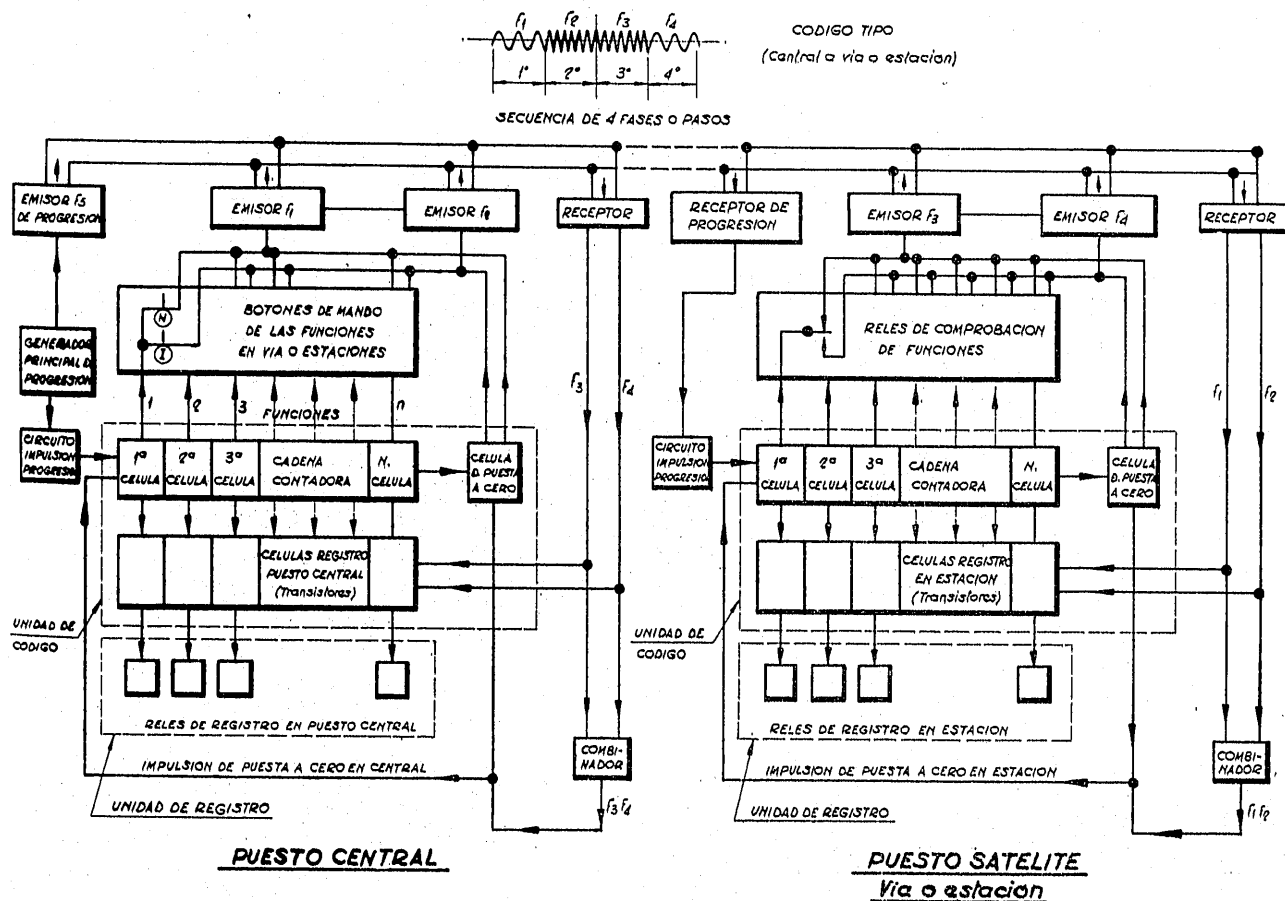


Fig. 4.^a — Mando centralizado electrónico, con transistores de función cíclica.

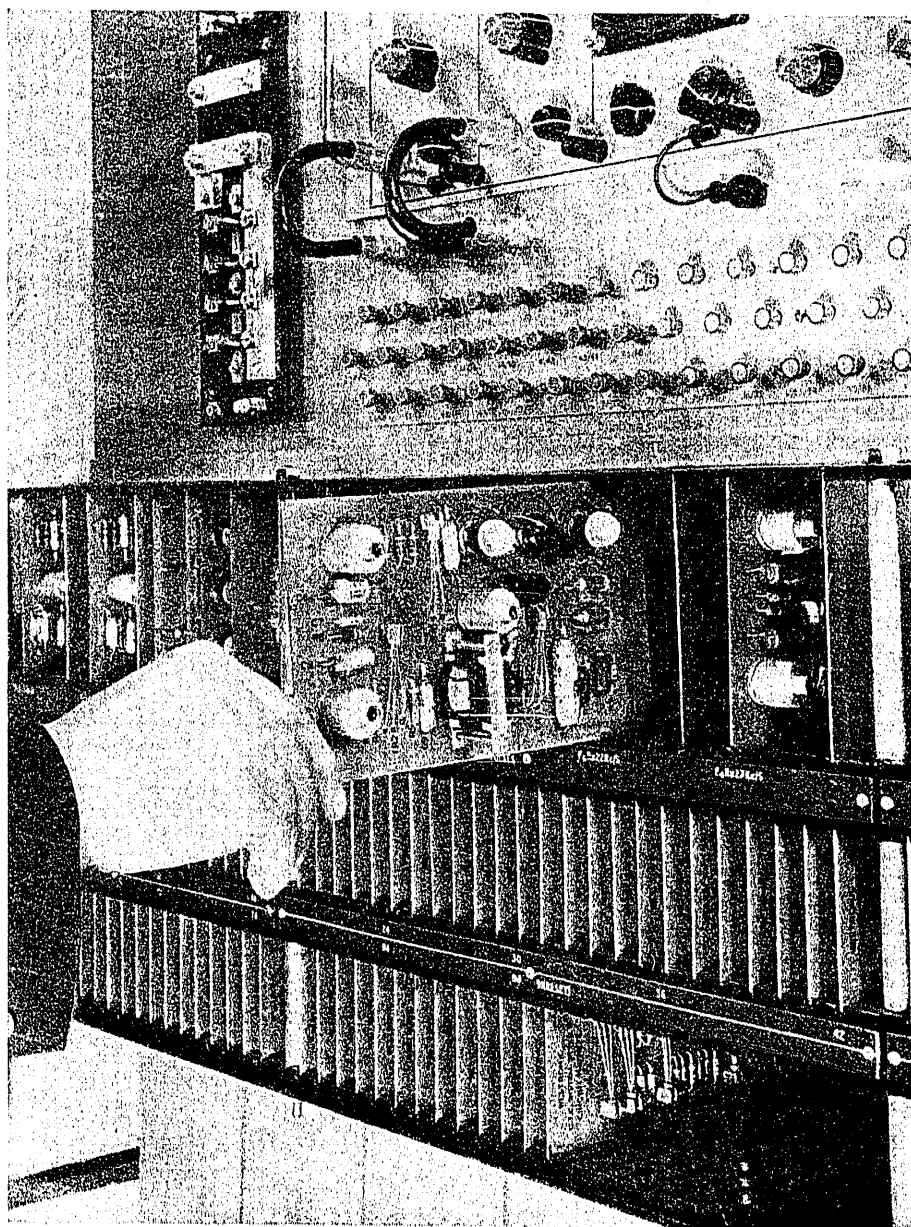
— Una célula de puesta a cero en el P.C., cuya función se describe más adelante.

Un receptor en el puesto central, que recibe las informaciones enviadas por los puestos satélites,

Un circuito de impulsiones que las recibe a cadencias iguales a las del P.C.

Una unidad de código compuesta de:

— Una cadena contadora formada por transisto-



Cuadro de botones y armario de aparatos.

Un combinador de fases recibidas, cuya función se describe más adelante.

Puesto satélite o estación receptora.

Un receptor de progresión, que recibe las emisiones del puesto central.

res que funcionan escalonadamente, en la cual el número de células es igual o mayor al de los aparatos de dos posiciones que se han de accionar en la recepción.

— Las células de registro en los puestos satélites formadas por transistores.

— Los relés de registro en el puesto satélite que forman la unidad de registro.

— Una célula de puesta a cero en el puesto satélite.

Los relés de comprobación de las funciones diversas en el mismo puesto.

Dos emisores de las frecuencias F_3 y F_4 , que emplea el puesto satélite para enviar las comprobaciones al P.C.

El receptor ligado a los escalones de registro y al combinador del satélite, que combina las frecuencias del puesto F_3 y F_4 .

Un combinador de fases recibidas, cuya función se explica en lo que sigue.

Principios del funcionamiento del sistema.

Para transmitir un mando o información desde el puesto central, basta con que el operador accione un botón pulsador o conmutador de la mesa de maniobra, a una posición determinada. La orden que así prepara será enviada automáticamente sin otra intervención por su parte. No es necesario, por lo tanto, el empleo de botones o conmutadores especiales para efectuar una transmisión codificada.

Se utilizan dos frecuencias, F_1 y F_2 , para los mandos. De ellas, la que se transmite a cada fase o paso de la secuencia queda fijada por la posición del botón pulsador o conmutador del cuadro de mando.

Para las comprobaciones se utilizan también otras dos frecuencias, que en la figura 1.^a son las F_3 y F_4 . De éstas, la que se transmite queda seleccionada por la posición del aparato mandado en el puesto satélite que está asociado a la fase de la secuencia.

Un cambio de la función que se produzca en el puesto satélite tiene como consecuencia el envío automático al P.C. de una información de comprobación con código diferente.

Todas las funciones (progresión, funcionamiento de cadenas y registros intermedios) se aseguran por medio de transistores; no se utilizan relés electromagnéticos, sino como relés autoexcitados al principio y al final del circuito transmisor, pero no juegan ningún papel en la transmisión de códigos. Por lo tanto, la vida de estos aparatos será de larga duración y sus revisiones periódicas pueden espaciarse a largos intervalos de tiempo.

El empleo de transistores permite un funcionamiento cíclico permanente, o sea, que se componen y emiten continua y sucesivamente secuencias de frecuencia convenientes, o sea, códigos completos de transmisión y recepción.

Siendo así que las cadenas contadoras sincrónicas no poseen ningún órgano móvil, es posible obtener una gran velocidad en su funcionamiento; sería factible el operar 500 mandos por segundo y los relés terminales de registro se excitarán y desexcitarán aun en estas condiciones de transmisión.

Las unidades de emisión y recepción resultan muy poco voluminosas por el hecho de estar formadas por transistores de muy reducido volumen.

Funcionamiento de las unidades de "códigos".

El funcionamiento de las cadenas contadoras que forman el corazón de las unidades de código en el P.C. y en los puestos satélites, es el siguiente:

Cada célula de esta cadena está constituida, en esencia, por una pareja de transistores montados en báscula biestable; cuando uno de ellos es conductor, el segundo no lo es.

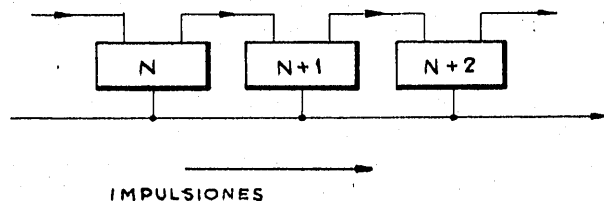
A la llegada de una impulsión de progresión, el segundo se hace conductor y el primero pierde su conductibilidad.

Así, por ejemplo, cuando en un puesto satélite se recibe la frecuencia portadora F_1 , la célula afectada se colocará en estado conductor, y cuando se reciba la frecuencia F_2 , pasará al estado no conductor.

Cuando una célula de transistores de la cadena pasa de su estado normal a su estado basculado, produce una doble acción: Primero produce una impulsión de energía que se encamina (bien sea por el botón de mando de la función interesada en el P.C. o por un contacto de un relé de comprobación en el puesto satélite) hacia un circuito que gobierna la emisión de la corriente portadora; esto tiene por efecto el dirigir la emisión sobre una u otra de las frecuencias de los emisores.

En segundo lugar envía una señal a la célula de registro que está asociado con la célula de transistores en cuestión, lo cual la hace sensible a la recepción simultánea procedente del puesto satélite.

Es esencial para el funcionamiento del sistema que las cadenas contadoras en el puesto central y en los satélites progresen paso a paso y simultáneamente por efecto de las impulsiones de progresión, y ello se obtiene según este esquema:



Las impulsiones de progresión que provienen de un circuito de impulsión llegan a la vez a todas las células de la cadena contadora, pero no son por sí mismas capaces de hacer bascular a una cualquiera de ellas. La disposición adoptada para impedir que basculen a la vez todas las células y lo hagan en orden determinado, consiste en crear un enclavamiento entre cada escalón y el que le sigue en orden de colocación: N , $N + 1$, $N + 2$, etc., del esquema anterior.

El enclavamiento de una célula sobre la siguiente impide a este último el bascular antes que haya basculado la primera y haya suprimido por este hecho el enclavamiento que imponía a la segunda.

Tan pronto como el enclavamiento de la segunda célula haya desaparecido, como consecuencia del basculado de la primera, esta segunda queda libre para bascular a la llegada de la primera impulsión de progresión.

Por este medio se realiza de un modo positivo el basculado sucesivo de todas las células de la cadena contadora y queda eliminado el peligro del basculado de las células fuera del orden de sucesión provisto.

Cuando el último escalón de la cadena contadora haya basculado, es necesario restablecer a su posición normal a todos ellos (posición de no basculado). Para ello se prevé, lo mismo en el P.C. que en los puestos satélites, una célula de retorno a cero.

Cuando esto ocurre en el P.C., la célula de retorno a cero provoca la emisión simultánea de las frecuencias F_1 y F_2 sobre la línea.

En los puestos satélites, cuando estas dos frecuencias se reciben simultáneamente, el combinador del puesto produce una impulsión que hace retornar a cero la cadena contadora del puesto. Al mismo tiempo, la célula de retorno a cero del puesto central produce una impulsión que localmente retorna a cero la cadena del mismo P.C.

De igual manera la célula de retorno a cero de un puesto satélite provoca el retorno a cero de la cadena del puesto satélite, así como el retorno a cero de la cadena del puesto central, pues las frecuencias F_3 y F_4 son recibidas simultáneamente por el combinador de este puesto, y emite una señal para retornar a cero la cadena contadora del mismo puesto.

De esta manera, lo mismo el puesto central que el puesto satélite, tienen la facultad de hacer retornar a cero a la vez su propia cadena contadora y la cadena simétrica; por lo tanto, un fallo de uno u otro de los circuitos de retorno a cero no provoca avería en el sistema.

Registro de las informaciones recibidas.

Cada célula de registro está asociada a una de las células de la cadena contadora y está constituida por elementos biestables formados por dos transistores semejantes a las de las células de las cadenas contadoras citadas antes.

Cada una de las células biestables de registro se coloca en una de sus posiciones, basculada o no, mediante la recepción de una información que proceda del otro extremo de la instalación. Pero no se hace receptora sino después que ha basculado la célula que la está asociada en la cadena contadora.

Cada una de las células o escalones de registro queda estable en la posición en que haya sido colocado,

hasta que por el funcionamiento cíclico del sistema se modifique la frecuencia para esta fase de la secuencia.

Para una de las posiciones de la célula de registro biestable, se excita un relé final de registro y se mantiene en autoexcitación; en la otra posición de la célula de registro, el referido relé se desexcita.

Se puede observar, por lo tanto, que para que un escalón de registro de transistores obedezca a un mando, es necesaria la coincidencia del funcionamiento de la célula de la cadena contadora con la recepción simultánea de la frecuencia que pertenece a la información. El relé correspondiente de registro recibirá también en ese instante los efectos del mando referido.

Se deduce de lo expuesto que la condición primordial del sistema consiste en un perfecto sincronismo de las cadenas contadoras en el puesto central y en los puestos satélites, si se quiere lograr que la emisión y la recepción de informaciones en los dos sentidos se llevan a cabo sobre las fases correspondientes de la secuencia de la corriente de transmisión.

Esta condición esencial se cumple con toda certeza gracias al empleo de un generador único de progresión para el puesto central y para los puestos satélites y por el sincronismo de las impulsiones de retorno a cero, lo mismo en el P.C. que en los puestos satélites.

Ventajas del presente sistema.

Las ventajas de este sistema sobre los que utilizan aparatos electromagnéticos funcionando en sincronismo, son las siguientes:

1.^a La codificación se lleva a cabo por medio de transistores, cuya vida es mucho más larga que la de los relés o disposiciones análogas que llenen las mismas funciones.

2.^a Es factible obtener una gran velocidad para la codificación. Por consecuencia, lo mismo para las estaciones alejadas que para las que necesiten recibir un gran número de mandos, el tiempo de funcionamiento es tan reducido que puede considerarse como despreciable si se lo compara con el tiempo de excitación o de caída de los relés de registro mandados por el sistema.

3.^a Siendo así, que los aparatos que intervienen en el código, no llevan ninguna parte móvil, se puede aplicar el principio de un funcionamiento cíclico permanente, lo cual presenta las ventajas siguientes:

La de realizar una verificación permanente del buen funcionamiento del conjunto del sistema, puesto que todo fallo en los aparatos de código o de la línea serían advertidos inmediatamente al operador por medio de una alarma acústica.

4.^a No es necesario ningún circuito para principio de la emisión del código ni en el P.C., ni en los puestos satélites, lo que representa una simplificación importante en la instalación.

5.^a Los transistores y los otros elementos que se emplean en todas las células son idénticos entre sí. Esto permite montarlos sobre circuitos de formación semejante, que se pueden aplicar sobre sus bases apropiadas. Esta disposición permite una gran flexibilidad en la provisión de los montajes para instalaciones de diferente importancia. Facilita mucho también la adición de nuevos equipos cuando se trata de ampliar las instalaciones existentes.

Algunos detalles del sistema.

Los circuitos en cadena. — La base del empleo de un sistema de mando remoto de pasos múltiples, es el formado por circuitos de células en cadena, que deben entrar en acción progresivamente para obtener una codificación correcta.

En el sistema Westronic se dispone de una cadena de transistores que se excitan sucesivamente por

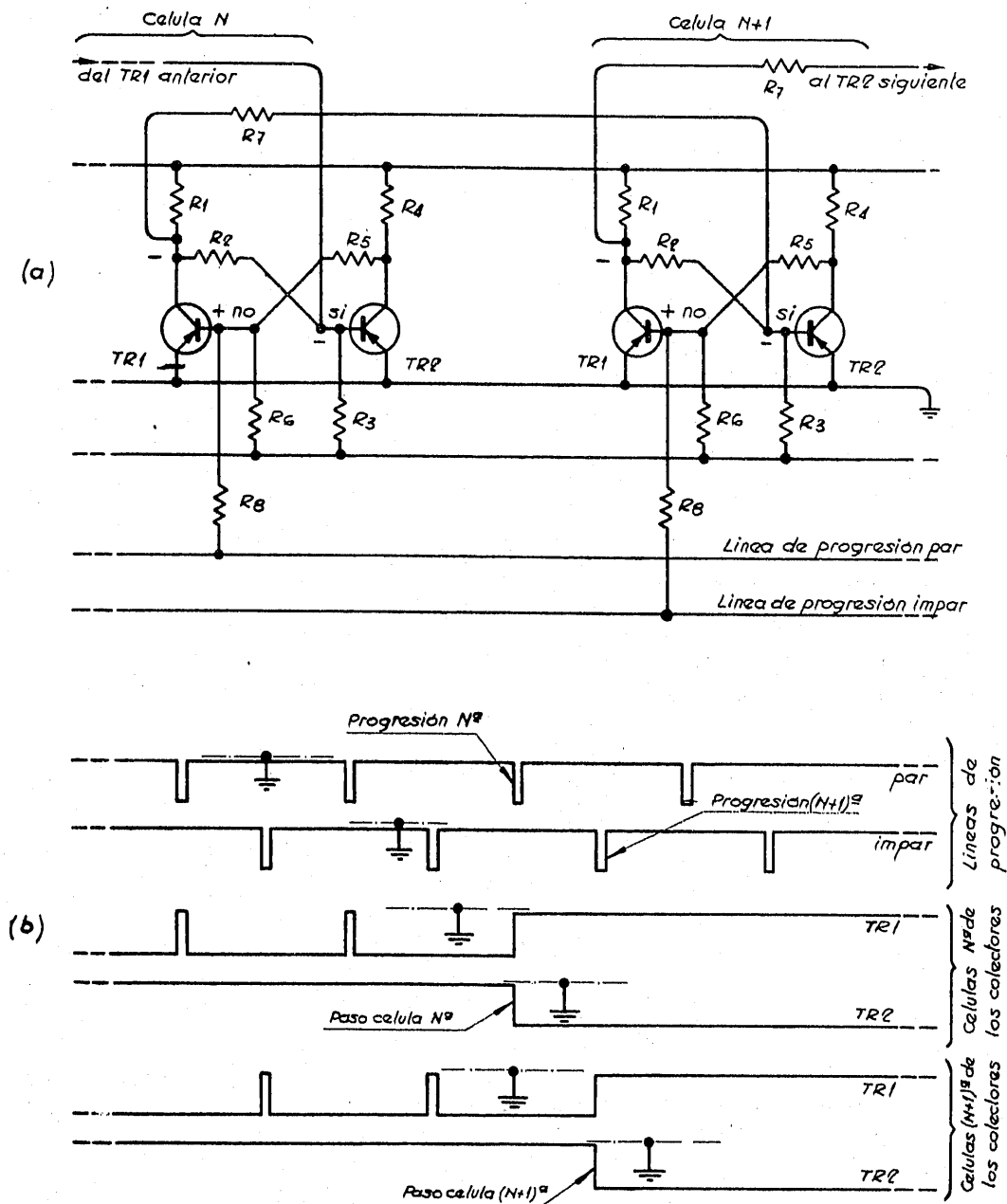
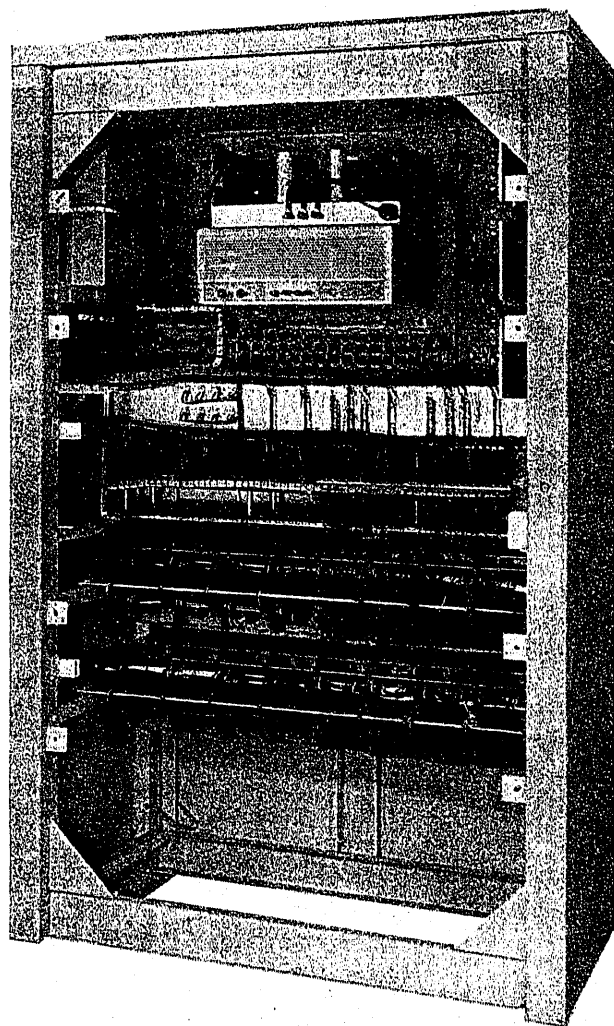


Fig. 5.^a — Cadena contadora y forma de las impulsiones.

un tren de impulsos emitidos por un generador, como se indicó en lo que antecede.

Los circuitos en cadena están formados por un cierto número de células idénticas colocadas sucesivamente, cuyo número depende del de funciones que se atribuyan a la instalación. Como se indicó anteriormente, para que cada una de las células entre en funcionamiento, es necesario que haya quedado liberada



Armario de células y aparatos.

por la anterior, para asegurar de este modo una perfecta secuencia en la progresión de las células de la cadena.

El circuito constituido por dos células sucesivas de la cadena se indica en la figura 5.^a, *a*, en la que se puede apreciar que cada célula es simplemente un circuito biestable Eccles-Jordan antes descrito, conectado a los adyacentes por intermedio de resistencias R.7. Estas resistencias se disponen entre el colector del transistor TR 1 de una célula y la base del transistor TR 2 de la célula próxima. Además, la base

de cada transistor TR 1 se halla alimentada en polaridad negativa por pulsaciones progresivas desde un conductor de la línea de progresión, alternativamente par e impar, con la interposición de las resistencias R.8.

Estas alimentaciones negativas originan la conductibilidad o cierre de los transistores indicados, alternativamente.

Para que produzca la debida secuencia en la progresión de las células de la cadena, es necesario que los dos trenes de pulsaciones de las líneas de alimentación, así como las pulsaciones en las células pares e impares, se hallen en correcto defasaje, como indica la figura 5.^a, *b*.

Esto se consigue con el empleo de circuitos de impulsión progresiva, característicos de este sistema.

Una vez que todas las células de la cadena han tomado su estado de cierre o apertura de acuerdo con el funcionamiento, es necesario que, antes de que comience una nueva etapa retornen a su estado primitivo, en el que los transistores TR 1 estén abiertos y los TR 2 se hallen cerrados.

Unidad transmisora.

Las unidades de esta clase que intervienen en las funciones transmisoras en el enlace entre el puesto central y los satélites y viceversa, actúan con frecuencias diferentes, con objeto de que queden bien separadas estas dos funciones, transmisora y receptora.

La constitución básica de todos los transmisores es idéntica para todas las frecuencias emitidas, diferenciándose sólo en los elementos que intervienen en su sintonía.

Las unidades transmisoras están constituidas, en esencia, por un circuito sintonizado que alimenta dos células amplificadoras, las que en unión de otras células alimentan la línea a través de un filtro. Se obtienen por este medio las ondulaciones necesarias para la transmisión de las pulsaciones emisoras.

Unidad receptora.

Las unidades receptoras están formadas por una serie de filtros sintonizados que seleccionan los impulsos recibidos. Su constitución es idéntica para todas ellas y sólo varían los elementos que intervienen en la sintonía.

Dos series de amplificadores, también debidamente sintonizados, y un sistema de rectificadores, llegan a producir el suministro de corriente continua en los receptores. Estos se enlazan en último término con los relés de seguridad que se relacionan con los aparatos de agujas y señales.

Circuitos de comprobación.

La instalación se completa con circuitos comprobadores, que proporcionan una permanente testificación de las faltas de alimentación positiva y negativa

del sistema, así como del fallo en el funcionamiento de las unidades de registro.

Cualquiera de estas faltas provoca la emisión de señales de alarma acústicas o luminosas que previenen al operador de tales posibles incidencias.

Instalaciones efectuadas con el sistema "Westronic".

Son las siguientes que funcionan actualmente en el Reino Unido:

A) REGIÓN SUR DE LA GRAN BRETAÑA.

Puesto de Wilmslow, desde el que se mandan cinco estaciones, a saber: Styal, Heald-Green, Chelford, Alderley Edge y Hanford.

El número de mandos transmitidos a cada una de ellas varía entre 28 y 100 y el número de comprobaciones recibidas de cada una de ellas es variable entre 35 y 130.

Puesto de Sandbach, desde el cual se mandan cuatro estaciones: Sydney Bridge, Rookery Bridge, Holmes Chapel y Goostrey. Los mandos transmitidos a cada una varían entre 50 y 100 y las comprobaciones de cada una entre 60 y 130.

Puesto de Manchester (London Road). — Se mandan desde este puesto tres estaciones, con número de mandos de 28 a 130 y de comprobaciones de 35 a 200 para cada estación.

B) REGIÓN ESTE.

Puesto de Hackney Downs, manda el enlace de Clapton con 115 mandos y 121 comprobaciones.

Puesto de Harlow Mill, manda la estación de Harlow Town, con 78 mandos y 85 comprobaciones. Distancia, 3,2 kilómetros.

C) REGIÓN NORTE.

Puesto de Thredmouth, que manda la estación de Berwick, con 98 mandos y 144 comprobaciones.

D) REGIÓN ESCOCESA.

Puesto de Cathcart, que manda a Kirknill, con 100 mandos y 160 comprobaciones.

E) F.C. DEL SUR DE AFRICA.

Puestos de Koedoespoort y de Pretoria, que manda cada uno otra estación, con 28 mandos y 70 comprobaciones cada una.

F) F.C. DE NUEVA ZELANDA.

C.T.C. entre trece estaciones de la sección Marton-Waiouru, con distancia total de 110 Km., con 128 mandos y 231 comprobaciones.

G) F.C. DE VICTORIA, AUSTRALIA.

C.T.C. entre 23 estaciones de la sección Dynon-Wodonga. Distancia total, 304 Km., con 322 mandos y 406 comprobaciones.

Puesto de Bacchus Marsh, que manda la estación de Bank Box, a 22 Km., con 15 mandos y 25 comprobaciones.