

S/Ref.: A-2473

N/Ref.: O.G. 29.450.-NY.

PATENTE DE INVENCIÓN

Int. Cl.: G 21 C

22 JUN 1976

CONCEDIDA

MEMORIA DESCRIPTIVA

Sobre:

*APARATO QUE EMPLEA UN TRANSDUCTOR ULTRASONICO PARA EXAMINAR
UN ELEMENTO ESTRUCTURAL*

Solicitante: La Corporación del Estado de Delaware:
ROCKWELL INTERNATIONAL CORPORATION, con do-
micilio en: 1700 East Imperial Highway -
EL SEGUNDO, California (U.S.A.)

Inventor: Robert Edward McLain, norteamericano.

POOR
QUALITY

Esta invención se refiere a los sistemas de inspección ultrasónicos automatizados, y se destina particularmente a un aparato para pulsar un transductor piezoeléctrico desde una estación alejada mientras se realiza la inspección en servicio de los sistemas de refrigeración de reactores nucleares y similares.

Se ha desarrollado, en los últimos años, sistemas de inspección en servicio, ultrasónicos y automatizados para reactores nucleares rápidos regenerables así como para reactores de agua hirviendo y a presión. El acercamiento técnico que se ha seguido se caracteriza por comprender porta-instrumentos móviles controlados a distancia, y por la recogida y el almacenamiento computados de datos de inspección de tal modo que se proporcione una comparación de tiempo real con respecto a unas normas predeterminadas. Los niveles de radiación experimentados en los componentes distintos del reactor durante el examen en servicio hacen preciso que los sistemas de inspección automatizados sean accionados desde una consola de control principal que acciona un porta-instrumentos desde una posición alejada hasta unos 91,5 metros.

La filosofía adoptada para el porta-instrumentos controlado por calculadora ha consistido en mantener siempre que sea posible la electrónica de control de la calculadora en la consola alejada. En la práctica, el porta-instrumentos (comúnmente conocido por "patín") está provisto solamente de la estructura necesaria para permitir el posicionamiento del patín a lo largo de una pista preparada para adaptarse al contorno específico del generador de vapor, recipiente del reactor, y similares, a inspeccionar.

Con el fin de minimizar el tamaño y el peso del patín

se monta solamente el transductor piezoeléctrico del sistema de inspección ultrasónica sobre el patín. El transductor piezoeléctrico está conectado con la consola de control principal a través de una línea de transmisión flexible. El transductor es pul-

5. sado entonces periódicamente bajo el control de la calculadora a través de la línea de transmisión, y los ecos detectados por el transductor a continuación de cada impulso son devueltos a la consola calculadora principal a través de la misma línea de transmisión.
10. En el pasado, los sistemas de inspección ultrasónica automatizados han usado dos técnicas diferentes, pero similares para pulsar el transductor ultrasónico a través de la línea de transmisión. Según una de estas técnicas, se coloca la capacidad del transductor piezoeléctrico en paralelo con una bobina
15. de entrada para formar un circuito resonante en paralelo sintonizado a la frecuencia resonante del transductor. Este circuito sintonizado es accionado en resonancia a través de la línea de transmisión con un generador de impulsos de alto voltaje. Por ejemplo, en una disposición de pulsación del transductor, se car-
20. ga un condensador de hasta 2.400 picofaradios de capacitancia a 1.000 voltios en la consola alejada y se descarga el mismo a través de un tiratón dentro de la línea de transmisión. Según otra forma de realización, se carga tres condensadores de 330 picofaradios a 400 voltios en paralelo y se descarga los mismos
25. dentro de la línea de transmisión en serie.

- El problema presentado por estas técnicas ya conocidas es que se apoyan en un circuito sintonizado para aplicar un impulso de voltaje al transductor de una amplitud consistentemente elevada durante un período de tiempo consistente cada vez que
30. el transductor tiene que transmitir una onda ultrasónica. Si la amplitud y la duración del impulso aplicado no es consistente, la onda ultrasónica transmitida no será consistente, la conse-

5. frecuencia de lo cual es que los ecos recibidos por el transductor no serán tampoco consistentes para realizar la inspección de un cuerpo homogéneo. Es, por consiguiente, evidente que cualquier inconsistencia que aparezca en los ecos recibidos será interpretada como una variación en el cuerpo (pared del recipiente u otro elemento estructural) que esté siendo inspeccionado. Tal variación haría los datos de la inspección poco fiables.

10. En estas técnicas se presentan graves problemas para pulsar un circuito sintonizado a través de una línea de transmisión porque la sintonización precisa de la resonancia ha de tener en cuenta la capacitancia de la línea de transmisión, y por consiguiente su longitud. Cuando se utiliza un cable coaxial muy largo, se conecta una capacitancia muy grande en el cable al circuito resonante en paralelo sintonizado. Por ejemplo, 91,5 metros de RG59/U añaden 6.900 picofaradios de capacitancia al

15. circuito sintonizado. La bobina del circuito sintonizado debe ser sintonizada al azar a la frecuencia de resonancia del transductor, típicamente a 2,25 MHz. Este tipo de sintonización para el circuito resonante en paralelo sólo puede ajustar aproximadamente 1.500 picofaradios de capacitancia. El circuito resonante en paralelo puede ser ajustado también por un condensador variable dentro de la gama de ajuste de 7,5-100 picofaradios. En cualquier caso, el cable de entrada es tratado meramente como una

20. capacitancia, y la edición o sustracción de pequeñas longitudes de cable es tenida en cuenta por el ajuste de sintonización. No obstante, cuando se aumenta la longitud del cable de entrada por encima de un punto determinado (30,5 metros aproximadamente) ello ya no puede ser considerado como una simple capacitancia, sino como una línea de transmisión de 75 ohmios con un tiempo

25. de tránsito de 1,5 nanosegundos por cada 0,305 metros. En conse-

30.

cuencia, para un cable de 91,54 metros de longitud, el tiempo de tránsito para un impulso es de 450 nanosegundos, y cualquier desequilibrio en cualquier extremo de la línea puede causar reflexiones. Cualquier reflexión del extremo de transmisión devuelta al transductor interferiría las señales de eco en curso de recepción a través del transmisor.

5.

Según estas técnicas ya conocidas, el generador de impulsos transfiere la energía acumulada en un condensador en la estación alejada de la consola de control principal al cable y el circuito sintonizado en el patín portador del transductor piezoeléctrico. La eficacia de esta transferencia de energía depende de la transformación de impedancia del circuito. El cambio de los valores del circuito para aumentar el voltaje de excitación aplicado al transductor piezoeléctrico puede afectar de forma desfavorable a otras propiedades del circuito sintonizado, tal como la cadencia de repetición y la forma de los impulsos.

10.

15.

Para evitar estos problemas de la técnica anterior, parecería necesario colocar el generador de impulsos sobre el patín portador del transductor para longitudes del cable superiores a 30,5 metros aproximadamente. No obstante, esta solución no es factible ya que el generador de impulsos agregado aumentaría el tamaño y el peso de la carga ejercidos sobre el patín por lo que sería entonces necesario prever un patín de mayores dimensiones y sistemas de arrastre más pesados para el patín. Otra desventaja es que un operador no sería capaz de realizar los ajustes en el generador de impulsos para acomodar un cable de salida más largo para el transductor, y sería preciso realizar además un equilibrado de impedancias.

20.

25.

30.

Un objeto de esta invención es proporcionar un sis-

- tama de inspección ultrasónico automatizado con un transductor piezoeléctrico en un emplazamiento alejado de una consola principal en la que se genera un impulso de excitación para el transductor y es temporizado el mismo de una forma apropiada para su transmisión al transductor por una línea de transmisión, tal como un cable coaxial, de cualquier longitud entre la consola principal y el transductor. Otro objeto adicional de la invención es proporcionar un generador de impulsos regulable y una línea de transmisión para un transductor piezoeléctrico en una disposición que permite la máxima energía de excitación en el transductor con cualquier longitud razonable de línea de transmisión hasta llegar a varias decenas de metros. Otro objeto más es hacer posible la regulación de la anchura y la amplitud de los impulsos sin introducir ajuste alguno en el transductor piezoeléctrico en el extremo alejado de una línea de transmisión.
- 5.
- 10.
- 15.

- Estos y otros objetos de la invención son alcanzados acoplando un transductor ultrasónico a un generador de impulsos por una línea de transmisión y terminando la línea de transmisión por su impedancia característica con un resistor en el extremo de entrada de la línea de transmisión. Una capacitancia del extremo de la línea de transmisión alejado del transductor es cargada a un voltaje de alimentación, preferentemente a través de un emisor-seguidor para reducir el tiempo de carga. Para transmitir un impulso al transductor, se acopla el condensador con la línea de transmisión a través de un rectificador controlado por silicio accionado en el momento en que ha de comenzar el impulso de mando para el transductor. Un segundo rectificador controlado por silicio y conectado en paralelo con el condensador es accionado cuando debe terminar el impulso de mando, descargando así rápidamente el condensador y terminando el impulso de mando. El condensador y
- 20.
- 25.
- 30.

- la capacitancia distribuida de la línea de transmisión forman un reductor de voltaje en el extremo de la línea de transmisión alejado del transductor. En consecuencia, cuanto mayor sea el condensador, mayor será el voltaje aplicado a la línea de transmisión
5. por lo que el control preciso de la amplitud de los impulsos es determinado por el tamaño del condensador y la capacitancia de la línea de transmisión. En vista de lo que precede, puede modificarse la longitud de la línea de transmisión sin necesidad de efectuar ajustes más que en el tamaño del condensador para asegurar
10. un impulso de amplitud deseada que es temporizado de forma apropiada por el funcionamiento de los rectificadores controlados por silicio. A continuación de un impulso de mando para el transductor, las señales reflejadas captadas por el transductor son transmitidas a través de la misma línea de transmisión y detectadas
15. a través del resistor de terminación. El receptor de inspección está acoplado con el resistor de terminación por una disposición de limitador de diodo y resistor en serie.

- Los circuitos generadores de impulsos son, en sí, naturalmente bien conocidos. Véase, por ejemplo, las patentes estadounidenses: 3.324.313; 3.417.266; 3.518.455 y 3.657.564. No obstante, las nuevas características típicas de esta invención han quedado expuestas de manera detallada en las reivindicaciones adjuntas. Se comprenderá mejor la invención con ayuda de la descripción que sigue una vez leída a la vista de los dibujos que se acompañan.
- 20.
- 25.

La figura 1 es una vista isométrica de un sistema de inspección de acuerdo con la presente invención.

La figura 2 es un diagrama esquemático de la presente invención.

30. La figura 3 es un diagrama de la forma de las ondas

útil para comprender el funcionamiento de la presente invención.

Haciendo referencia a los dibujos, la figura 1 muestra un sistema de inspección ultrasónico automatizado que comprende un transductor piezoeléctrico 2 portado por un patín 4 provisto de ruedas 6 arrastrado por un motor 8 para hacer que el patín desplace el transductor a lo largo de una pista 10 para inspeccionar una pared 12 de un recipiente del reactor, o similar, o cualquier otro elemento estructural, tal como la estructura de acero de un puente, cuando se precisa efectuar una inspección periódica en servicio y no es posible llevar más parte del sistema electrónico de inspección que el transductor sobre el patín. En tal caso, es necesario conectar el transductor al resto del sistema de inspección ultrasónico, automatizado por una línea de transmisión, tal como un cable coaxial, incluido en un haz de líneas 14.

Los detalles del patín 4 y la pista 10, y el método de montaje de la pista sobre el elemento a inspeccionar, son descritos en la solicitud copendiente antes citada. La pista es construida, o adaptada de cualquier otro modo, de manera que se ajuste al contorno específico de la pared a inspeccionar, y luego es unida de forma permanente o fijada a la misma con imanes apropiados 15. Seleccionando y colocando de forma apropiada la pista, puede inspeccionarse cualquier configuración bajo el control de una consola de inspección emplazada a distancia 16. Al desplazarse el transductor 2 mediante el patín 4 a lo largo de un recorrido de inspección en respuesta a las señales controladas por la calculadora en una línea diferente del haz 14 conectada al motor 8, la información de inspección ultrasónica es recibida en la consola de inspección a través de la línea de transmisión. Para inspeccionar una superficie rectangular, se puede utilizar

patines adicionales en cada extremo de la pista 10 para mover cada extremo a lo largo de pistas paralelas (no representadas). En tal caso, se utiliza imanes solamente en las pistas paralelas adicionales en cada extremo de la pista 10 por lo que la pista 10 puede moverse libremente en una dirección vertical como se ha representado en la figura 1, mientras que el transductor puede desplazarse libremente sobre la pista 10 a lo largo de una dirección horizontal.

La consola de inspección principal emplazada a distancia está diseñada específicamente para la inspección en servicio. Mediante el uso de una línea de transmisión suficientemente larga, se puede usar el patín para llevar el transductor a zonas alejadas donde el acceso manual es imposible o demasiado limitado para efectuar operaciones de inspección fiables, o como se ha indicado anteriormente, para inspeccionar un elemento estructural que se halle en un emplazamiento donde no sería factible llevar ninguna parte de la consola de inspección principal, tal como para inspeccionar elementos estructurales de un puente de acero.

El concepto del patín ha sido empleado de forma extensiva, no sólo para la inspección ultrasónica, sino también para la soldadura automática, el mecanizado y la inspección por rayos X de grandes componentes. No obstante, lo que aquí nos interesa es solamente el uso del concepto del patín para la inspección ultrasónica. El problema que resuelve esta invención es el suministro de un impulso de voltaje al transductor piezoeléctrico 2 por una línea de transmisión usada para recibir los ecos de los impulsos ultrasónicos procedentes de los elementos de volumen desconectados cíclicamente de la pared. Antes de describir la solución única al problema, y la totalidad de las ventajas de tal solución, se va a describir primeramente la totalidad del sig

tema haciendo referencia a la figura 1.

La consola de control principal distinguida de un modo general por 16 incluye un convertidor analógico-numérico 18, una calculadora numérica 20, una unidad de memoria 20, una 5. unidad indicadora visual 24, un teletipo 26, un dispositivo de "copia dura" 28, tal como una impresora de cinta, un panel de control manual 30, y una unidad de inspección 32 para controlar la pulsación del transductor 2 y representar visualmente las se-
10. ñales de eco recibidas a partir del transductor 2. Típicamente, la unidad de inspección 32 puede ser un Reflectoscopio, Modelo UM771, fabricado por la División Sperry de Automation Industries.

Durante su utilización, el transductor 2 montado sobre el patín 4 es posicionado por órdenes procedentes de la calculadora 20 para hacer que el transductor explore a lo largo de un 15. recorrido predeterminado, determinado por la pista 10. Las señales de eco recibidas por el transductor 2 son transmitidas a la unidad de inspección 32 por la línea de transmisión y de ésta al convertidor analógico-numérico 18. El convertidor consiste en un circuito para desconectar cíclicamente muestras de la se-
20. ñal de eco para elementos de volumen sucesivos de la pared 12, medios para integrar cada muestra y medios para convertir la amplitud de la salida del integrador en forma numérica. El convertidor proporciona así la interfaz entre el transductor ultrasónico y la calculadora.

Un circuito que genera un impulso desconectado cíclicamente es accionado por un impulso de sincronización derivado de la unidad de inspección 32. El mismo pone en marcha un circui-
25. to temporizador. La duración del retardo es determinada por una orden numérica procedente de la calculadora 20 y puede ser ajus-
30. tada desde 0,1 a 300 microsegundos aproximadamente una vez que

el transductor ha sido excitado por un impulso procedente de un generador de impulsos conducido por la línea de transmisión. Al final de este período de retardo, la señal de video procedente de la unidad de inspección 32 es alimentada a un integrador durante un período de tiempo fijado, después del cual se mantiene constante la amplitud de la señal integrada mientras se realiza su conversión a la forma numérica.

La longitud de la compuerta es elegida por un panel frontal o control de calculadora de manera que corresponda a una longitud de recorrido sonoro, o incremento de distancia de 12,7 mm. aproximadamente. Se elige la duración del retardo por consideraciones de velocidad del sonido en la pared 12 para que corresponda a la distancia efectiva del transductor al elemento de volumen particular de la pared en curso de inspección.

La señal presentada al convertidor analógico-numérico corresponde a la señal de eco media que vuelve de un elemento de volumen de longitud y extensión predeterminadas, siendo la extensión un área de la sección transversal determinada por el diámetro del haz de impulsos ultrasónicos, siendo emplazado cada elemento de volumen a una distancia del transductor determinada por la regulación del retardo.

El ciclo de funcionamiento es como sigue: La calculadora 20 determina una regulación de retardo inicial correspondiente al primer elemento de volumen citado a inspeccionar, y regula la desconexión cíclica a este valor. Posteriormente es pulsado el transductor un cierto número de veces, y cada vez la desconexión cíclica proporciona la muestra del elemento de volumen a inspeccionar. Cuando se ha obtenido un número suficiente de muestras de este elemento de volumen, se manda el incremento siguiente del retardo y se obtiene un nuevo juego de muestras. Se continúa el proceso hasta que haya sido inspecciona-

do el elemento de volumen más distante de la posición del transductor de corriente. Luego se desplaza el transductor a una nueva posición y se repite el ciclo.

- Dado que la desconexión cíclica es temporizada por
5. el tiempo de excitación del transductor, es decir por el tiempo del impulso de mando aplicado al transductor, es importante que que la temporización del impulso de mando, y su anchura de impulso, sean mantenidas de forma precisa de impulso a impulso para la inspección de un elemento de volumen dado y para cada
10. elemento de volumen sucesivo. De otro modo, el retorno del eco no puede ser definido de forma precisa como procedente de un elemento de volumen particular. El retorno del eco será, para el material homogéneo de la pared a inspeccionar, de una amplitud constante. Cualquier variación con respecto a la amplitud
15. constante indica algún cambio en el material al progresar la inspección de elemento a elemento, y desde una posición del transductor a la siguiente, por lo que cualquier cambio puede indicar un defecto, dependiendo de si está presente o no un cambio como se ha indicado por comparación con los datos de inspección anteriores al servicio. Por ejemplo, en un recipiente de reactor
20. nuclear, se inspecciona todas las soldaduras antes de la instalación del recipiente, y los datos de la inspección ultrasónica completa son almacenados para su comparación con los datos de inspección en servicio.
25. Durante una inspección en servicio, la calculadora em- plaza los datos anteriores a la puesta en servicio almacenados y la señal de cada elemento de volumen es comprobada estadísticamente con los datos anteriores a la puesta en servicio. Si no hay indicaciones ultrasónicas notables de cambio, se imprime
30. los datos. Si existe un cambio importante con respecto a los da-

- tos anteriores a la puesta en servicio, la calculadora alerta al operador y dirige el patín para explorar los contornos del área afectada en pasadas de precisión. Las indicaciones de cambio son así trazadas y comparadas con los datos anteriores a la puesta en servicio. Los emplazamientos, dimensiones y la magnitud son impresos, y se exhibe un plano o mapa de sección a escala apropiada en un osciloscopio del que puede obtenerse un registro de película. Podría usarse también procedimientos de inspección adicionales, tal como para obtener datos de ensayo ultrasónico a partir de un bloque de calibración y comparar todas las mediciones de la pared en curso de inspección con respecto a tal bloque de calibración en su inspección tanto antes como después de la puesta en servicio para determinar si existe o no un cambio importante con respecto a tal bloque de calibración.
5. Dado que el sistema de inspección ultrasónico se basa en cualquier cambio de amplitud del eco recibido, cualquier cambio experimentado en la amplitud del impulso transmitido por el transductor afectará a la sensibilidad y a la precisión total del sistema de inspección. En consecuencia, es importante que el impulso de mando para el transductor sea controlado de forma precisa tanto en tiempo como en amplitud.
10. Como se ha indicado anteriormente, las técnicas para controlar tanto el tiempo como la amplitud del impulso de mando para el transductor ultrasónico se han limitado hasta ahora a las líneas de transmisión de longitudes relativamente cortas, del orden de los 30,5 metros, y resulta muy a menudo deseable colocar la consola principal a mayor distancia del transductor ultrasónico, tal como a una distancia de 91,5 metros o más. El modo en que la presente invención proporciona un control preciso tanto de la temporización como de la amplitud de
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

los impulsos de mando en una línea de transmisión de una longitud dada es limitado solamente por la atenuación consistente total de cada impulso en una longitud unitaria de la línea de transmisión. No obstante, ello no constituye una limitación grave porque, con razón, puede acomodarse una línea de transmisión más larga aumentando simplemente la amplitud del impulso de mando sin apartarse de las enseñanzas de la presente invención.

5.
10.
15.
20.
25.

Haciendo referencia ahora a la figura 2, se describe un generador de impulsos para accionar el transductor piezoeléctrico 2 a través de una línea de transmisión de cualquier longitud representada como un cable coaxial 14. La temporización de un impulso de mando es establecida por el borde anterior de un impulso de entrada sincronizador en un terminal 40. El impulso de entrada sincronizador es preferentemente un impulso de 3 microsegundos generado a una cadencia deseada de hasta 4 kilohertzios aproximadamente con un borde anterior cortante para accionar un par de multivibradores MV_1 y MV_2 . La anchura de impulso del impulso de mando suministrado al transductor 2 por la línea de transmisión es establecida de forma precisa por los circuitos temporizadores RC de los multivibradores. El período de temporización RC del multivibrador MV_1 es fijado en 150 nanosegundos por un resistor 43 y un condensador 44. El período de temporización RC del multivibrador MV_2 es establecido por un resistor variable 45 y un condensador 46 entre 150 nanosegundos y 1,5 microsegundos.

30.

El borde anterior del impulso sincronizador aplicado en el terminal 40 repone también un par de basculadores FF_1 y FF_2 . El borde posterior de los impulsos de salida procedentes de los multivibradores MV_1 y MV_2 dispone los basculadores FF_1 y FF_2 en tal orden, siendo establecido el basculador FF_1 a un

período fijo de 150 nanosegundos siguiendo al borde anterior del impulso de entrada sincronizador, mientras que el basculador FF_2 es establecido a un tiempo ajustable entre 150 nanosegundos y 1,5 microsegundos siguiendo al borde anterior del impulso

5. de entrada sincronizador.

Dado que los basculadores son regulados a diferentes tiempos por los multivibradores MV_1 y MV_2 , el tiempo al que se establece el basculador FF_1 puede ser usado para iniciar el impulso de mando para el transductor 2, y el tiempo al que se establece el basculador FF_2 puede ser usado para terminar el impulso de mando como puede verse en la figura 3, en la que un diagrama de temporización muestra formas de onda A a H en los respectivos puntos a a h de la figura 2. En cada caso, independientemente del período de temporización RC establecido para el multivibrador MV_2 , el impulso de mando comienza 150 nanosegundos después de aplicar el impulso sincronizador al terminal 40.

Sería posible usar el impulso sincronizador al terminal 40 para establecer directamente el basculador FF_1 , e iniciar de este modo el impulso de mando simultáneamente al impulso sincronizador. El período de temporización RC del multivibrador MV_2 podría ser entonces establecido para dar el ancho de impulso deseado. No obstante, el basculador FF_1 es establecido a través del multivibrador MV_1 , por lo que el recorrido de señal empleado para iniciar el impulso será idéntico al recorrido de señal usado para terminar el impulso, con excepción de una diferencia en los circuitos de temporización RC de los multivibradores, con el fin de que cualquier cambio en el período establecido por el multivibrador MV_2 ocasionado por cambios en la temperatura del ambiente afecte también a la temporización del comienzo de un impulso de mando. Por ejemplo, si un aumento de la temperatura

- reduce el período de temporización RC del multivibrador MV_2 , se producirá un descenso prácticamente igual en el período de temporización RC del multivibrador MV_1 . El resultado neto será que un impulso transmitido al transductor por la línea de transmisión 14° comenzará antes, pero será prácticamente de la misma anchura que antes de experimentar cualquier cambio en la temperatura. Si se detecta y utiliza posteriormente el borde anterior del impulso de mando transmitido al transductor 2 para temporizar las puertas de desconexión, cualquier cambio sufrido en el período de temporización RC de los multivibradores no tendrá efecto sobre la temporización de las puertas de desconexión que definen los elementos de volumen inspeccionados. No obstante, sería posible iniciar la temporización de las puertas de desconexión a través de otro circuito constituido por un multivibrador accionado por el borde anterior del impulso sincronizador y un basculador establecido, o repuesto, por la salida del multivibrador. Cualquier cambio en la temporización RC de los multivibradores MV_1 y MV_2 afectaría a la temporización RC de este tercer multivibrador y serviría para mantener la sincronización entre las puertas de desconexión y los impulsos de mando sin necesidad de detectar el borde anterior de los impulsos de mando.

- Las salidas (\bar{Q}) complementarias de los basculadores FF_1 y FF_2 son amplificadas e invertidas desde las ondas cuadradas negativas a las ondas cuadradas positivas por los amplificadores 49 y 50. Los escalones negativos de los bordes posteriores de las ondas cuadradas mostradas en las formas de onda D y E de la figura 3, son diferenciados por los circuitos de diferenciación 51 y 52 para proporcionar impulsos negativos agudos a los terminales de entrada de los amplificadores de inversión 53 y 54. Los impulsos de salida positivos de los amplificadores son apli-

- ados a los electrodos de base de los transistores NPN Q_1 y Q_2 . Los transistores invierten los impulsos para proporcionar impulsos negativos a través de los arrollamientos primarios de los transformadores de impulsos T_1 y T_2 , pero los transformadores son arrollados para reinvertir la polaridad de los impulsos, proporcionando así impulsos de puerta positivos a través de los transformadores para disparar los rectificadores controlados por silicio SCR_1 y SCR_2 en los tiempos respectivos de los impulsos mostrados en las formas de onda F y G de la figura 3 en los puntos f y g de la figura 2. El resultado es que se produce un impulso de mando en el punto h según se ha representado en la forma de onda H de la figura 3.
- 5.
- 10.

- El modo en que el impulso de mando es generado realmente será descrito ahora con más detalle. Dado que el multivibrador MV_1 será establecido siempre en primer lugar (150 nanosegundos a continuación del borde anterior del impulso sincronizador en el terminal de entrada 40), siempre será acoplado un impulso por el transformador T_1 para disparar el rectificador SCR_1 y hacer que se descargue un condensador cargado 55 a través de un diodo de unión p-n D_1 , el rectificador SCR_1 y un diodo generador D_2 . Estos diodos D_1 y D_2 , y el rectificador SCR_1 se hallan en polos apropiados, como se ha representado, para descargar el condensador 55 dentro de la línea de transmisión. A un tiempo posterior establecido por el período de temporización RC regulable del multivibrador MV_2 , el basculador FF_2 es establecido para disparar el rectificador SCR_2 a través del transformador T_2 . El rectificador SCR_2 está conectado con la tierra del circuito de manera que una vez que se dispara, la corriente para la línea de transmisión desde el condensador 55 al rectificador SCR_1 sea puentada a la tierra del circuito, terminando de este modo rá-
- 15.
- 20.
- 25.
- 30.

- pidamente el impulso de mando para el transductor. Una vez descargado el condensador 55 de manera suficiente, el voltaje que pasa a través de los rectificadores controlados por silicio no proporcionará una corriente de sustentación suficiente para mantenerlos en conducción. Una vez que se interrumpe la conducción, un transistor NPN Q_3 conectado como un emisor-seguidor, comenzará a conducir para recargar el condensador 55 hacia un voltaje positivo $+V_{cc}$ a través de los resistores 56 y 57. Un resistor 58 conectado a una unión entre los resistores 56 y 57 empuja la base del transistor Q_3 positiva con respecto a su emisor para hacerla conductora hasta que sea cargado el condensador a un nivel igual al voltaje de alimentación $+V_{cc}$ menos la caída de voltaje del recorrido de la corriente de carga. Es de destacar que la unión p-n entre la base y el emisor del transistor Q_3 es de polo opuesto a la unión p-n del diodo D_1 .

- La línea de transmisión 14' termina en su extremo de mando con su impedancia característica R_0 por un resistor 60 conectado a la tierra del circuito. Para un cable coaxial de 75 ohmios, tal como un cable RG59/U, el resistor de terminación 60 será un resistor de 75 ohmios. El extremo opuesto de la línea de transmisión podría ser terminado igualmente por la impedancia característica de la línea de transmisión. En tal caso, se impedirían las reflexiones en ambos extremos de la línea de transmisión. Para una transferencia más eficaz de la energía al transductor es deseable un equilibrio perfecto entre la línea y el transductor.

- En la realización ilustrada, solamente el extremo de entrada de la línea de transmisión termina con su impedancia característica porque una reflexión sencilla del impulso de mando de vuelta del transductor 2 no interferirá el transductor como un

- dispositivo captador de eco. Ello es así porque cualquier retorno del eco será recibido necesariamente por el transductor 2 una vez que el impulso reflejado comienza su vuelta a través de la línea de transmisión. En consecuencia, la reflexión sencilla de vuelta del transductor a la entrada de la línea de transmisión será disipada a través del resistor 60 durante el tiempo en que son recibidas las señales de eco en el extremo de entrada de la línea de transmisión (punto h). El diodo zener D_2 que acopla el rectificador SCR_1 con la línea de transmisión 14' impedirá que cualquier impulso reflejado deteriore uno cualquiera de los rectificadores controlados por silicio.
- 5.
- 10.

- Las señales de eco recibidas a partir del transductor 2 son acopladas a un preamplificador receptor 61 a través de resistores 62 y 63. Un limitador de diodo 64 está conectado entre la unión de los resistores 62 y 63 y la tierra del circuito. La función de tal limitador es limitar la amplitud de todo impulso de cualquier polaridad para el amplificador 61. Es decir con vistas a proteger el amplificador 61 de cualquier daño debido a la amplitud del impulso de mando. La salida del amplificador 61 está conectada a un receptor del sistema de inspección ultrasónica.
- 15.
- 20.

- De lo que precede se desprende de forma evidente que la amplitud de cada impulso de mando es mantenida de forma precisa por la carga que atraviesa el condensador 55, y que la anchura de cada impulso es mantenida de forma precisa por los multivibradores KV_1 y KV_2 . Como se ha indicado más arriba, cualquier variación en el período de temporización RC de un multivibrador tendrá lugar también en el otro de modo que el ancho de cada impulso de mando no se vea afectado por los cambios de la temperatura ambiente, ni del envejecimiento de los
- 25.
- 30.

componentes del circuito. Lo mismo es válido para el recorrido de la señal hasta la puerta del rectificador SCR₁ con respecto al recorrido de la señal para la puerta del rectificador SCR₂.

- Las ventajas de esta invención son: la facilidad para
5. mandar líneas de transmisión largas, y para modificar la longitud de la línea de transmisión sin tener que introducir cambios en el transductor; impulsos de mando más estables, tanto en amplitud como en anchura; impulsos de mando de mayor amplitud logrados más fácilmente seleccionando simplemente un condensador
 10. más grande para colocar en paralelo con la línea de transmisión por el accionamiento de los rectificadores controlados por silicio; y una relación más elevada señal-parásitos debido a la mayor estabilidad del impulso de mando tanto en anchura como en amplitud. Las ventajas más importantes son un impulso ajustable
 15. para la excitación del transductor ultrasónico con una longitud independiente y cambiabile de la línea de transmisión. La inclinación del impulso generado puede ser ajustada fácilmente para la acomodación de los transductores ultrasónicos comunes de 1 y 5 MHz, o cualquier otro transductor piezoeléctrico. Ello constituye
 20. también una ventaja importante de los numerosos transductores piezoeléctricos diferentes de que se dispone actualmente usando cerámicas ferroeléctricas tal como titanato de bario o circonato de titanato de plomo, como alternativa de los cristales piezoeléctricos.
 25. Aunque se ha descrito e ilustrado una realización particular de la invención, se comprenderá que pueden ocurrirse fácilmente modificaciones y variaciones a los especialistas en la materia. Por ejemplo, aunque los multivibradores, basculadores y amplificadores son ilustrados como elementos funcionales separados, los mismos podrían ser proporcionados como circuitos inte-
 - 30.

grados sobre una partícula semiconductora sencilla, y en la forma de realización preferida los mismos usarán los diseños de los circuitos disponibles que dan la velocidad óptima para conmutar los estados de las salidas de los circuitos funcionales.

5. Un sustrato común para todos los circuitos integrados proporcionaría el seguimiento óptimo de los dos canales con respecto a las variaciones de respuesta debidas a cambios en la temperatura del ambiente. Una buena solución sería un sustrato común para los multivibradores y un sustrato común para los basculadores, e por lo menos para los basculadores. Puede conseguirse fácilmente paquetes de basculadores dobles de los fabricantes de circuitos integrados. El funcionamiento de cada multivibrador es determinado en gran medida por su circuito de temporización RC que se fabrica generalmente a partir de elementos separados, incluso si se utiliza circuitos integrados, con el fin de poder seleccionar la constante de tiempo RC cambiando o modificando el resistor separado y el condensador. No obstante, montando ambos paquetes de circuitos integrados sobre una cavidad térmica común, y teniendo de otro modo cuidado de que ambos canales sean sometidos a la misma temperatura ambiente, puede esperarse un rendimiento satisfactorio. En consecuencia, se pretende que la invención sea interpretada de modo que incluya dichas modificaciones y variaciones y otras, y que su alcance sea determinado de acuerdo con las reivindicaciones que siguen.
- 10.
- 15.
- 20.
- 25.

N O T A

- La patente de invención que se solicita por veinte años para España, de acuerdo con la vigente legislación, deberá recaer sobre: "APARATO QUE EMPLEA UN TRANSDUCTOR ULTRASONICO PARA EXAMINAR UN ELEMENTO ESTRUCTURAL", con Prioridad
- 30.

de la Solicitud de Patente en U.S.A. Serial nº 433.036 de fecha 14 de enero de 1974, según las características esenciales de las siguientes

REIVINDICACIONES

5. 1ª.- Aparato que emplea un transductor ultrasónico para examinar un elemento estructural, comprendiendo dicho aparato un medio generador de impulsos y una línea de transmisión conectada entre dicho transductor y dicho medio generador de impulsos para transmitir los impulsos de mando de voltaje desde dicho medio a dicho transductor, comprendiendo dicho medio generador de impulsos: un condensador; medios para precargar dicho condensador antes de generar cada impulso; medios de temporización para descargar dicho condensador en dicha línea de transmisión en el momento que debe comenzar un impulso de mando; y medios de temporización para puentear la corriente de descarga desde dicho condensador lejos de dicha línea de transmisión cuando ha de terminar un impulso de mando, por lo que la longitud de dicha línea de transmisión puede ser modificada sin necesidad de cambiar dicho transductor en dicho elemento estructural.
- 10.
- 15.
20. 2ª.- Aparato que emplea un transductor ultrasónico para examinar un elemento estructural, según la reivindicación 1ª, en el que dicho medio de temporización para descargar dicho condensador en dicha línea de transmisión comprende un primer rectificador controlado por silicio y medios para disparar dicho primer rectificador controlado por silicio en respuesta a un impulso de sincronización; y dicho medio de temporización para puentear la corriente de descarga lejos de dicha línea de transmisión comprende un segundo rectificador controlado por silicio y medios para disparar dicho segundo rectificador controlado por silicio en respuesta a dicho impulso sincronizador.
- 25.
- 30.

- 3^a.- Aparato que emplea un transductor ultrasónico para examinar un elemento estructural, según la reivindicación 2^a, en el que dichos medios para disparar dicho primer y segundo rectificadores controlados por silicio están separados, y cada uno de ellos incluye un medio de retardo separado pero similar para disparar los rectificadores separados controlados por silicio, estando previsto el medio de retardo para cada rectificador controlado por silicio para comenzar la temporización con retardo sobre el mismo borde de dicho impulso de sincronización pero para un período de retardo diferente, por lo que la duración de un impulso de mando generado es determinada por la diferencia en los períodos de retardo de dichos medios separados de retardo, y cualquier cambio en el período de retardo de uno de ellos debido a condiciones cambiantes aparecerá prácticamente igual en el período de retardo del otro.
5.
10.
15.

4^a.- Aparato que emplea un transductor ultrasónico para examinar un elemento estructural, según la reivindicación 2^a, en el que dicho medio para precargar dicho condensador comprende un transistor emisor-seguidor.

20.
25.
30.
- 5^a.- Aparato que emplea un transductor ultrasónico para examinar un elemento estructural, según la reivindicación 4^a, en el que dicho transistor tiene su base conectada con su emisor por un diodo de polo opuesto a la unión base-emisor de dicho transistor, su emisor conectado a dicho condensador, su colector conectado a una fuente de voltaje colector por dos resistores de carga en serie, un resistor conectado entre dicha base y una unión entre dichos resistores de carga en serie, y su base está conectada a una unión entre dichos rectificadores controlados por silicio y dicho condensador, por lo que dicho condensador se recarga automáticamente cuando la conducción que

atraviesa dichos rectificadores controlados por silicio es extinguida debido a la descarga de dicho condensador por debajo de un nivel predeterminado.

- 6^a.- Aparato que emplea un transductor ultrasónico
5. para examinar un elemento estructural, según la reivindicación 1^a, que incluye medios para terminar dicha línea de transmisión con su impedancia característica en uno de sus extremos alejado de dicho transductor.
- 7^a.- Aparato que emplea un transductor ultrasónico
10. para examinar un elemento estructural, según la reivindicación 1^a, que incluye un patín controlado a distancia desde una consola principal para posicionar el transductor ultrasónico, y en el que dicho medio generador de impulsos está previsto en dicha consola para producir impulsos de mando sincronizados necesarios
15. para hacer que dicho transductor transmita una onda sónica, dicha línea de transmisión está conectada desde dicho medio generador de impulsos a dicho transductor sobre una distancia arbitraria, y dicho medio temporizador de puenteado puentea la corriente de descarga desde dicho condensador a tierra.
- 8^a.- Aparato que emplea un transductor ultrasónico
20. para examinar un elemento estructural, según la reivindicación 6^a, en el que dicho medio para la terminación comprende un resistor que remata el extremo de dicha línea alejado de dicho transductor con su impedancia característica.
- 9^a.- APARATO QUE EMPLEA UN TRANSDUCTOR ULTRASONICO
25. PARA EXAMINAR UN ELEMENTO ESTRUCTURAL.

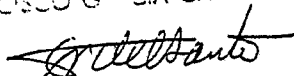
Según queda sustancialmente descrito en la presente memoria, que consta de veinticinco hojas, escritas a máquina por una sola cara, y acompañada de dibujos.

Madrid, 11 ENE. 1960

ROCKWELL INTERNATIONAL CORPORATION

P. R.

FRANCISCO GARCIA CABRERIZO
P. R.



Firmado: N. del Santo Abell

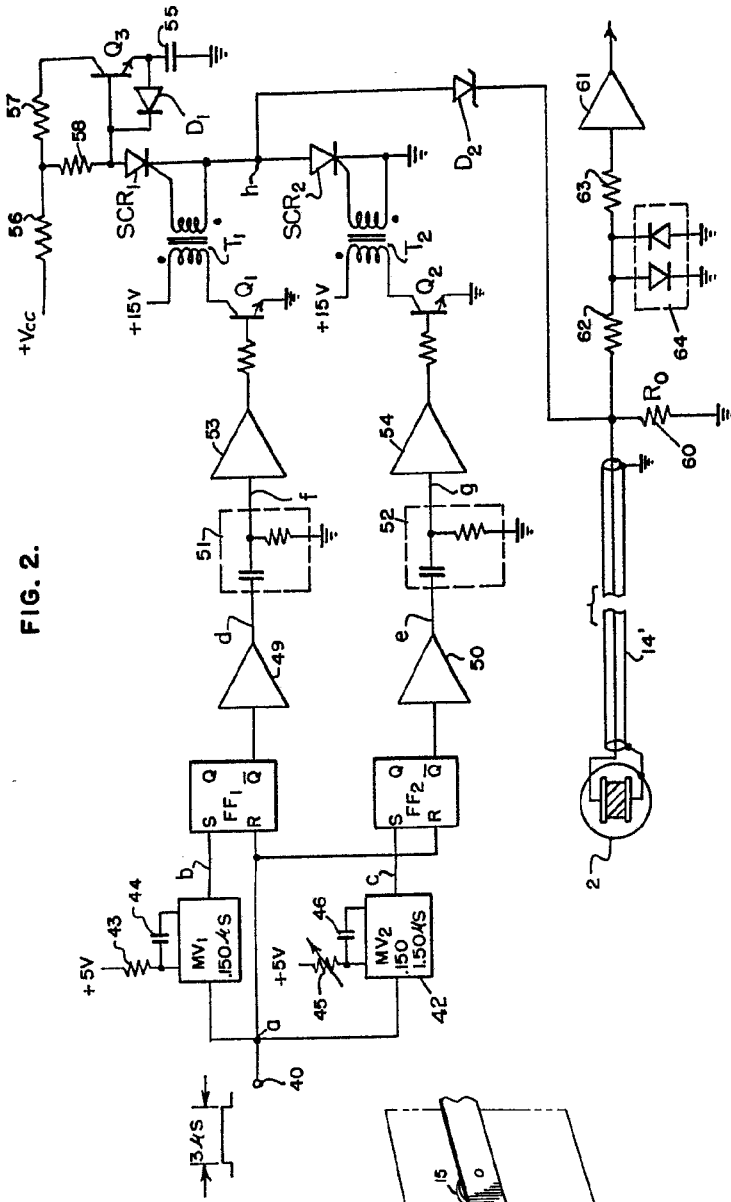


FIG. 2.

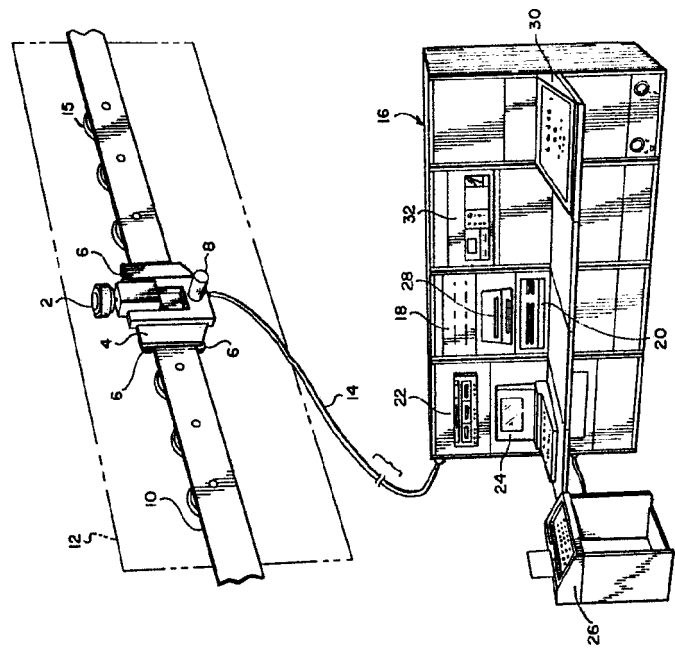


FIG. 1

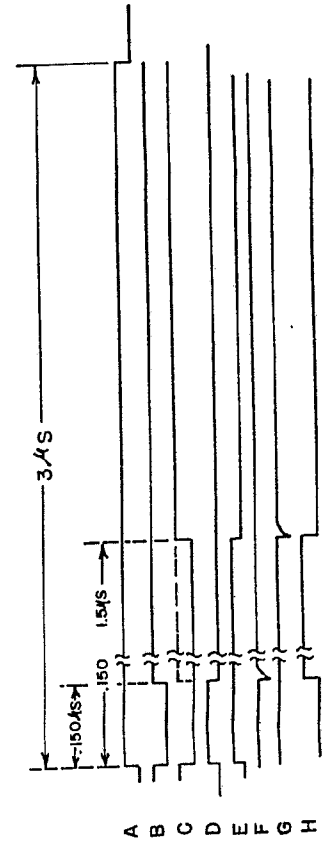
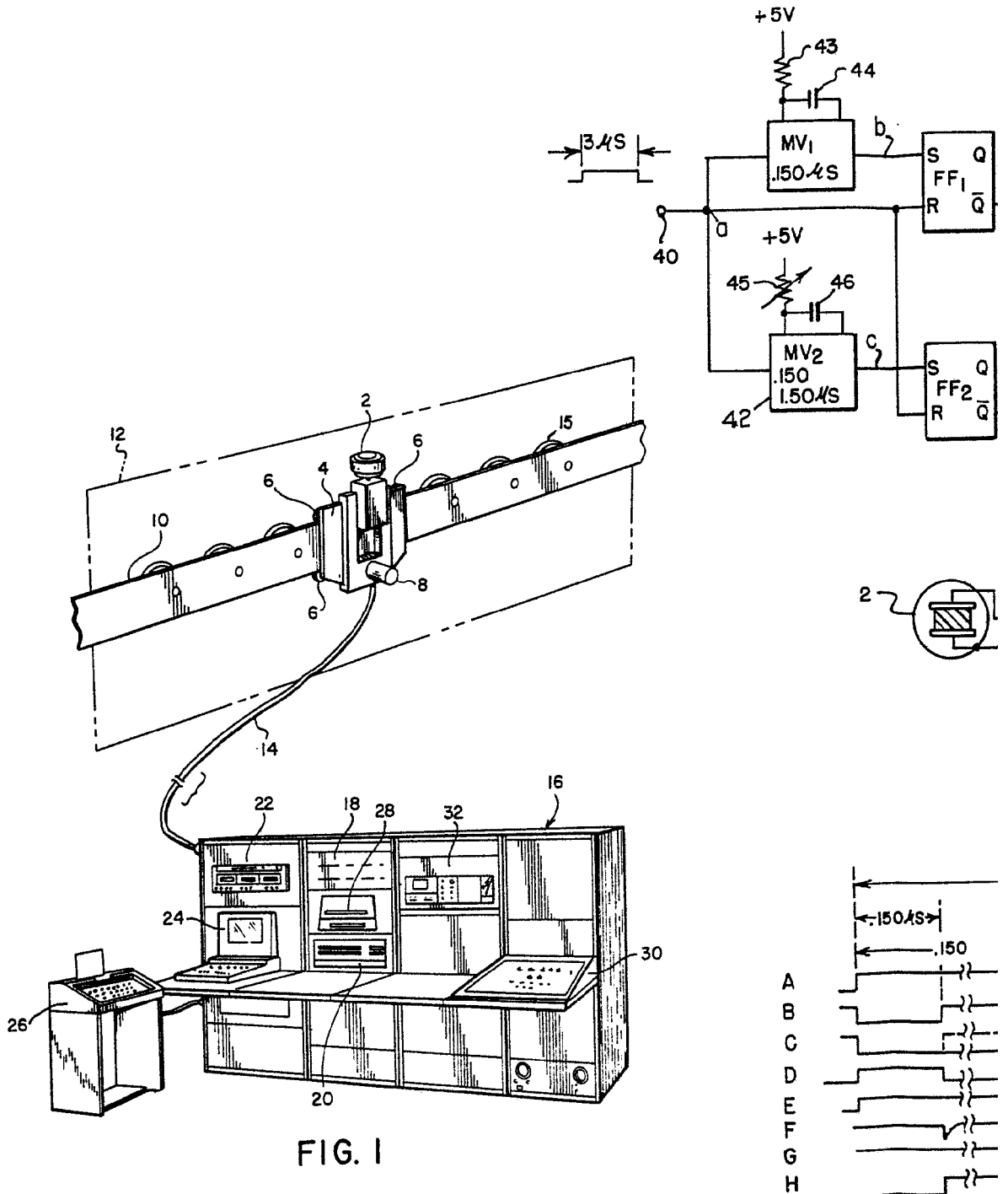


FIG. 3.

Madrid, P.R.



Escala variable

FIG. 2.

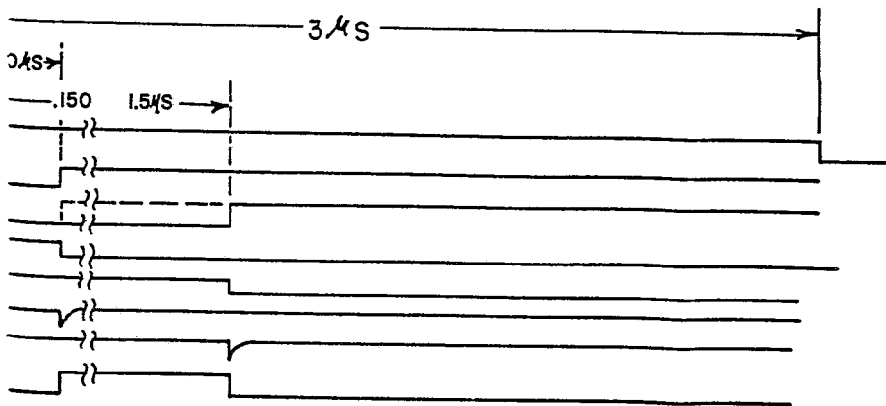
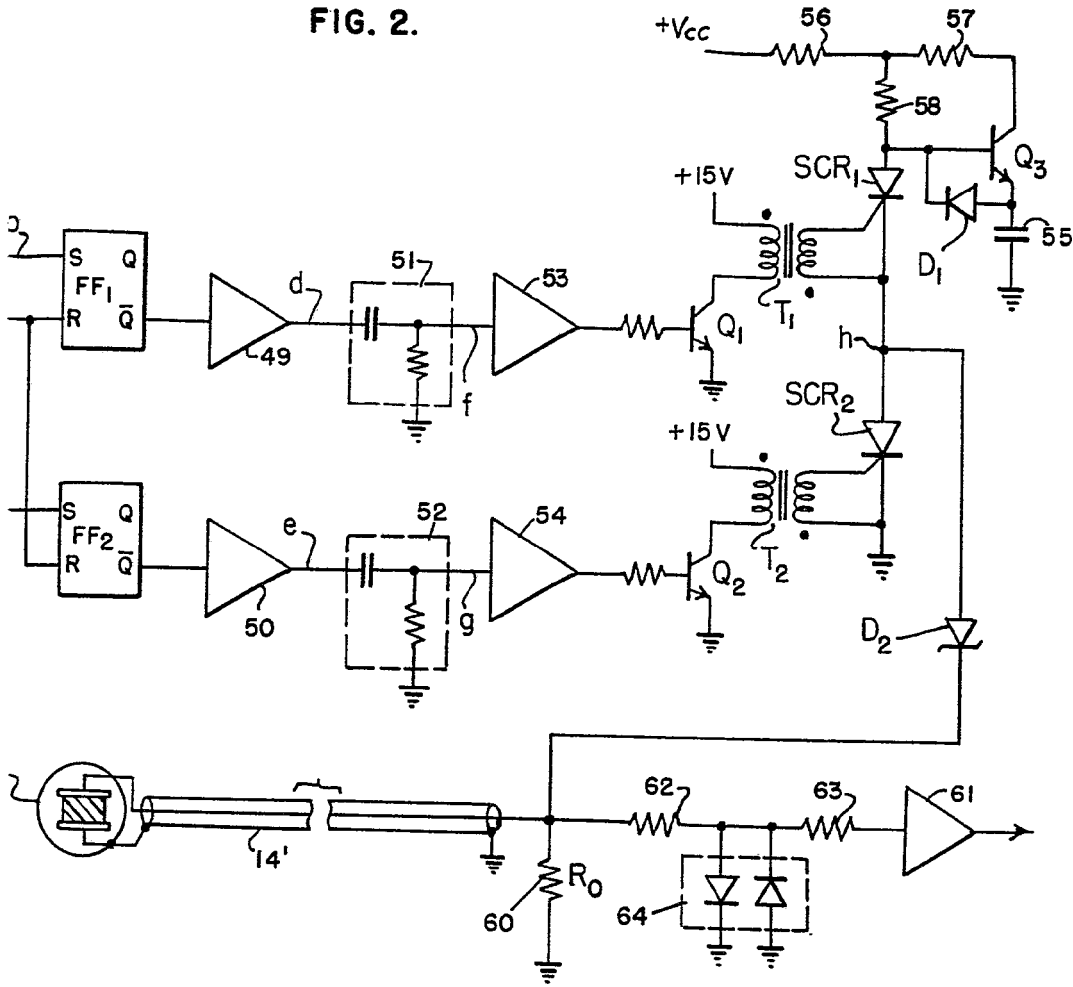


FIG. 3.

Madrid.
P.P.

Milán Sureda