P.- 27.342

TI-511 Spain

302684

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud de

P A T E N T E D E I N T R O D U C C I O N

formulada el 31 de julio de 1.964, con el número 302.684

e n

E S P A Ñ A

por DIEZ años

a nombre de TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED, entidad norte americana, establecida en 13.500 North Central Expressway, Dallas, Tejas, E.U.A., por:

" UN APARATO PARA OBTENER DATOS SISMICOS DIGITALES "

La presente invención se refiere a un método y aparato para adquirir datos, y en particular a la adquisición de datos sísmicos. El aparato del presente invento constituye el equipo de campo a utilizar en unión de un sistema completo para el análisis digital (por dígitos) de datos sísmicos, denominado de exploración sísmica y expuesto en la solicitud de patente afín de Alexander R. Aitken, John A.F. Gerrard, Hal J. Jones y George P. Sarrafian, U.S. número 784.292, presentada el 31 de diciembre de 1958, en la actualidad patente U.S. 3.075.607 de fecha

29 de enero de 1963, solicitud que se incorpora a la presente como referencia.

En la prospección sísmica se suelen generar ondas sísmicas por detonación de una carga explosiva situada ya sea en o por encima de la superficie de la tierra, o bién en un agujero perforado en la tierra. Al detonar la carga, indicada con el número 131 en la fig. 1, las ondas por ella generadas se propagan en trayectorias múltiples, que incluyen unas trayectorias que penetran en la tierra. Las ondas que se propagan por la tierra son reflejadas y devueltas a la superficie de ésta desde unas capas 132 y 133, que pueden constituir sendas zonas interfaciales entre dos estratos diferentes de la tierra, siendo detectadas en la superficie por unos sismómetros, o geófonos, identificados colectivamente como despliegue o formación sismométrica 4. Los sismómetros convierten las ondas sísmicas detectadas en unas señales eléctricas, que luego se amplifican y registran. Cada reflexión va sumando ondas sinusoidales a la traza gráfica, normalmente horizontal, de la salida eléctrica del sismómetro por el cual es recibida; y de la inspección visual de estas trazas sinusoidales, los geólogos pueden obtener los datos de prospección deseados. La grabación o registro pueden ser inicialmente de tipo visible o bién, como se suele hacer actualmente, de tipo reproducible como, por ejemplo, en un medio magnético. El método de registro de tipo reproducible tiene la ventaja de que la señal puede reproducirse a voluntad, permitiendo el análisis de las señales y su corrección, estática o dinámicamente, antes de registrarlas en un medio visible.

A cada brigada de exploración de campo va adscri

 302684

to un grupo de personas dedicado al análisis de datos. Este grupo efectúa generalmente un análisis preliminar, bién en el campo mismo o cerca del lugar de exploración, del registro obtenido. El análisis incluye la eliminación de los efectos de emplazamiento de los sismómetros (deriva) en el tiempo de propagación de las señales, la interpretación del registro desde el punto de vista de la identificación de las señales sísmicas correspondientes, y la determinación de la profundidad y el declive de las caras divisorias litológicas por debajo del área experimental, efectuando ciertos cálculos y determinaciones sobre el tiempo de llegada de las señales sísmicas a los detectores. El procedimiento que antecede, desde luego, se viene poniendo en práctica desde hace muchos años, y la presente invención se deriva de esta técnica ya conocida.

Es muy conveniente efectuar un análisis más completo de los datos, en un breve período o lapso de tiempo, para dirigir la trayectoria de continuación de la exploración sísmica. Este análisis puede efectuarse del mejor modo en una central de tratamiento de datos. Un importante problema, que hasta ahora no ha sido resuelto con éxito por la técnica ya conocida, se presenta al querer habilitar medios satisfactorios para trasladar rápidamente los datos sísmicos analógicos a una central de tratamiento de los mismos, analizar los datos y pasar la información derivada de este análisis a la brigada sísmica del campo, con instrucciones de cómo se puede continuar la exploración sísmica del mejor modo.

El recurso de transmitir los datos analógicos directamente a la central de tratamiento es inconveniente,

302684

debido a las pérdidas sufridas al transmitir las señales analógicas. En cámbio, la transmisión de señales de información digital da lugar a que las pérdidas sean mucho más reducidas y es la que, por consiguiente, se ha incorporado a la presente invención.

Ahora bién, para lograr el fin buscado, de trasladar rápidamente los datos sísmicos a una central de tratamiento, analizarlos y pasárselos al equipo o brigada de campo en un brevísimo lapso de tiempo, había que idear una calculadora por dígitos (digital) de usos especiales, que ejecutara las operaciones matemáticas con extremada rapidez. Esta calculadora digital de usos especiales es objeto de una solicitud de patente afín a la presente, de George T. Baker, Charles L. Kettler y George P. Sarrafian, serie nº 784.358, titulada "Calculadora" y presentada en la misma fecha, que la presente solicitud que se incorpora a ésta como referencia.

En la práctica del presente invento, las salidas analógicas de los sismómetros individuales se amplifican al mismo tiempo y luego se "multiplan" o superponen en un solo canal de salida analógica, que se aplica a un conversor de analógico a digital, el cual cifra los datos en dígitos. Los datos son luego registrados en una cinta magnética de varias pistas. También se prevé el tratamiento inverso, que comienza con los datos pasados a dígitos en cinta magnética y termina con las señales analógicas multicanales, que pueden luego ser registrados en forma analógica normal utilizando una cámara fotográfica sísmica. El objeto de este tratamiento inverso es el de permitir que la brigada de campo observe y estudie los datos sísmicos inmediatamente -

después de hecho un registro.

Uno de los objetos importantes de esta invención consiste en un método de registrar datos sísmicos con mayor margen dinámico y en forma compatible con una calculadora por dígitos.

Otro objeto de la presente invención consiste en un sistema para aceptar datos de entrada en multicanal - (por varios canales), multiplarlos, poner en dígitos (digitificar) los resultados y finalmente registrar en un medio magnético los datos digitificados.

Los rasgos constitutivos de novedad, que se consideran como característicos del presente invento, tanto - por su organización como por su manera de funcionar, en - unión de otros objetos y ventajas del mismo, se irán desprendiendo de los dibujos adjuntos, tomados en unión de - esta Memoria descriptiva. Ahora bién, se entiende de modo expreso que los dibujos no tienen más objeto que el puramente ilustrativo y descriptivo y que, aunque representan una forma de realización preferida, no se pretenden dar como - definición de los límites del invento. En dichos dibujos:

- la figura 1 es un esquema funcional o de conjunto de un sistema completo, realizado conforme al presente - invento;

- la figura 2 es un esquema funcional que presenta una forma de realización preferida del sistema sísmico - analógico-digital directo e inverso;

- la figura 2a es la sección de traslación (salida de lectura) del sistema de la fig. 2;

- la figura 3 ilustra gráficamente de modo esquemático la operación de multiplar o superponer;

200694

- la figura 4 es un esquema de uno de los circuitos de control;

- la figura 5 es un esquema de los circuitos analógicos de conmutación y amplificación, y los multivibradores biestables ("flip-flops") de marcación cíclica;

- la figura 6 es un esquema de los circuitos para tomar la información digitificada y presentarla a unos medios de registro;

- la figura 7 es un esquema de detalle de los circuitos para la reproducción de los registros magnéticos digitificados y su reconversión a la forma analógica;

- la figura 8 es un esquema de detalle de uno de los circuitos biestables empleados en la cadena contadora binaria;

- la figura 9 es una vista esquemática de una de las secciones de la cinta de registro, que recibe la información digitificada en una de las etapas del sistema del presente invento;

- la figura 10 es una presentación gráfica del esquema de tiempos del sistema sísmico digital;

- la figura 11 es una representación gráfica del análisis binario de un solo valor analógico; y

- la figura 12 es una representación esquemática de los circuitos utilizados para obtener el resultado de la fig. 11.

Con referencia ahora a las figs. 1 y 3, se puede examinar el objeto y alcance generales de esta invención. La presente solicitud concierne a la adquisición de datos sísmicos en su forma analógica natural, y su conversión a la forma digital. En forma digital pueden ser examinados,

302684

y extraido su contenido de comunicación con rapidez y exactitud mediante sucesivo análisis en un aparato correspondiente al indicado en las mencionadas solicitudes de patente afines. En la práctica del presente invento, la salida eléctrica de cada uno de los doce sismómetros que comprende el despliegue 4 es dirigida a un preamplificador analógico indicado, en la fig. 1, por medio del recuadro o bloque 115. La traza o señal eléctrica procedente de cada sismómetro se lleva individualmente al amplificador 115, en el cual es identificada como correspondiente a uno de los canales 1 a 12, amplificada y enviada individualmente, en doce canales correspondientes, a la unidad multipladora indicada en forma de bloque 116, en la cual las doce entradas son examinadas y elegidas en sucesión y enviadas como se indica, en forma de canal único de salida de datos analógicos, al conversor de analógico a digital 117. Para mayor sencillez, en la fig. 3, sólo se ilustran los canales 1 a 3 inclusive; y como cada canal de entrada es una señal eléctrica correspondiente a una traza de perfil de onda sinusoidal, éstas se representan gráficamente en (A), con fines ilustrativos. Durante la "multiplación", la amplitud de cada curva 1, 2 y 3 se examina eléctricamente en sucesión, en una pluralidad de pequeñísimos intervalos de tiempo indicados por los tramos horizontales de las ordenadas, como se indica en (A), fig. 3. Estas curvas, después de seleccionadas o muestreadas en el multiplador 116, pueden representarse como tensión en función del tiempo, tal como se ilustra en (B) en la fig. 3. Estos datos se pueden trasladar luego al conversor 117 de analógico a digital, en el cual los resultados digitales pueden representarse mediante

302684

una serie de números binarios de 12 dígitos (conocidos - como números de 12 retazos o elementos), indicados en (C). Cada valor positivo de tensión $V^1_{(1)}$, $V^1_{(2)}$, etc. indicado en la gráfica (B) puede representarse mediante un número binario (tal como el 111010111111) comprendido entre el - binario de referencia (o valor de tensión cero) 100000000000 (o 011111111111) y el número binario máximo 111111111111 que corresponde al valor máximo de tensión positiva esperado. De igual modo, cada valor de tensión negativa indicado en (B) puede representarse mediante un número binario (tal como el 000000000100) comprendido entre el número - de referencia 100000000000 y el binario negativo mínimo - 000000000000. Estos valores, colocados en una cinta de papel, aparecerían como se indica en (C), y seguidos de un número binario que representa cada valor sucesivo de amplitud de tensión ($V^1_{(1)}$, $V^1_{(2)}$, $V^1_{(3)}$, $V^2_{(1)}$, etc.) tomado en cada intervalo de tiempo sucesivo.

Los datos así obtenidos en el conversor 117 son eléctricamente idóneos para su registro en una cinta magnética en la unidad 122, registro que puede describirse - como en forma de puntos de magnetización de la cinta, en los cuales el "0" y el "1" del número binario se guardan o almacenan como magnetización de polaridades negativas y positivas de la cinta, tal como se ilustra esquemáticamente en D, en la fig. 3. La pluralidad de números binarios obtenida de esta manera puede convertirse en señales de - radio, transmitidas por medio de un emisor 118 a un receptor distante 119, para su análisis. Como una de las formas en que esto podría hacerse, y ello se da a título meramente ilustrativo, está el empleo de una transmisión radiote

302084

legráfica en la cual el "1" binario vendría representado por un punto y el "0" binario por una raya. En la central de tratamiento de datos, los datos recibidos por el receptor 119 son analizados por medio de una calculadora digital de usos especiales, como se describe con todo detalle en la solicitud de patente afín, de referencia, titulada "Calculadora". La parte del sistema indicada en la fig. 1, que incluye el preamplificador analógico 115, el multiplador 116, el conversor 117 de analógico a digital y recíprocamente, y el registrador de cinta magnética 122, es reversible, y los datos recibidos de vuelta en el amplificador 115 pueden ser fotografiados por una cámara de registro de trazas sísmicas 104. Este proceso reversible viene indicado por las líneas de trazo interrumpido de la figura 1, en tanto que el sentido directo normal o regular está indicado por las líneas de circuito llenas de la misma figura.

Con referencia ahora a la fig. 2, un iniciador de tiempos 21, de previo ajuste, suministra un impulso positivo (con un incremento de tiempo antes de la detonación de la carga explosiva 131) a un circuito preparador 22, generador de impulsos de previo ajuste. Este impulso de previo ajuste es para asegurar un determinado estado de conducción en una pluralidad de circuitos multivibradores biestables. Así, el impulso de previo ajuste es dirigido por medio del conductor 88, desde el circuito preparador 22, a un biestable de inhabilitación 25, una serie de etapas contadoras binarias indicadas en general con el número 33, y un contador en anillo 47. Cada una de las unidades del contador en anillo designadas por un bloque o recuadro, es

302684

un circuito multivibrador biestable, y está identificada individualmente como R1, R2, etc. Un oscilador de cristal piezoeléctrico 24 de 32 kc/s sirve de regulador principal de tiempos, o reloj, para el sistema entero. Cuando se aplica energía al circuito, elreloj 24 empieza a trabajar a la frecuencia de 32 kc/s. Este reloj 24 controlado por cristal funcionará con independencia de todo el resto del equipo, hasta que se corta el suministro de energía al circuito. Un segundo elemento, en circuito con el iniciador de tiempos de ajuste previo 21, es una barrera ("gate") 23, que al recibir una señal del iniciador de ajuste previo, se abre durante un período de 5,5 segundos. Este intervalo de tiempo es suficiente para que la energía procedente de la carga explosiva se propague por el terreno a cualquier profundidad de interés, 132, 133, etc. y vuelva a los sismómetros individuales 151-162. La barrera 23 es activada por el impulso eléctrico que hace estallar la carga explosiva, por medio del conductor 80, y consta de un multivibrador monoestable o de disparo único cuya salida es suministrada a un circuito fijador ("clamp") 34, y al circuito biestable de inhabilitación 25, por medio del conductor 83. El fijador 34 sirve para reducir la amplitud de la salida del oscilador de 32 kc/s en un factor mayor de 50, sin destruir la oscilación de 32 kc/s. Al recibirse la señal de la barrera 23, el fijador 34 se libera dejando que la señal sinusoidal del reloj llegue, por el conductor 89, a un conformador o perfilador 35 de impulsos de reloj, en el cual se forma la cadena principal de impulsos de control. El perfilador 35 de impulsos de reloj es un circuito monoestable que se activa en la porción positiva de la onda

302684

sinusoidal de 32 kc/s. Este impulso de reloj alimenta, por sus conductores de salida 90, todos los controles, incluído el contador binario 33 que se compone de 18 etapas, y los multivibradores de retardo D1, D3 y D4, indicados por los bloques o recuadros 36, 26 y 31, respectivamente. Estos multivibradores de retardo, a su vez, controlan los tiempos de transmisión de datos en paralelo a una cinta magnética.

Una de las salidas del circuito de retardo D1, indicado con el bloque 36, se lleva por el conductor 81 a un excitador de anillo 37. Este excitador de anillo, como se indica en la fig. 4, consta de un amplificador por transistor PNP que trabaja con una tensión de colector mantenida a un valor constante de 4,9 voltios mediante el uso de un par de diodos Zener 71. Este colector 72 del excitador de anillo 37 está también en común, por el conductor 73, con la totalidad de los emisores de uno de los lados de un contador de anillo 47. Esta conexión de emisor constituye el lado de no conducción del anillo, cuando el anillo no produce ciclos. Encima del nivel de 4,9 voltios de corriente continua (c.c.) para el colector del excitador de anillo 37, se crea un impulso de 8 voltios suficiente para hacer funcionar el anillo. La salida del excitador de anillo 37 se toma por delante de la resistencia de colector 74 y es aplicada, por medio del conductor 73 al emisor 75 de cada uno de los multivibradores R1-R13 del anillo. El multivibrador biestable de inhabilitación 25, a través de su conductor de salida 84, regula el funcionamiento del contador de anillo 47. Inicialmente, el multivibrador de inhabilitación 25 se halla en condición tal que un impulso ne

gativo procedente de la barrera 23 a través del conductor 83 pone el multivibrador biestable de inhabilitación 25 - en el estado o modo contrario. Este cambio, al modo opuesto envía un impulso negativo, por medio del conductor 84, al multivibrador biestable R1 del anillo, activando así el contador de anillo 47. El funcionamiento cíclico del contador de anillo es efectuado por el impulso positivo de emisor que a través del conductor 73 pone fuera de conducción cualquiera de las etapas del contador de anillo - 47 que puede estar en el modo de conducción. Así, como - puede verse, el circuito biestable de inhabilitación 25 - pone inicialmente en conducción el multivibrador biestable R1 del contador de anillo 47. El impulso procedente del excitador de anillo 37, que tiene su origen en el oscilador 24 de 32 kc/s, pondrá fuera de su conducción el multivibrador R1 del anillo, que automáticamente envía un impulso a través del conductor 76 al multivibrador biestable R2 del anillo, llevándolo a la posición de conducción. Es ésta una condición estable para el anillo R2 hasta que del oscilador 24 de 32 kc/s llega el impulso siguiente, - por medio del fijador 34, el perfilador 35 de impulsos de reloj, el circuito de retardo D1 (36), y el excitador de anillo 37, haciendo que deje de conducir el multivibrador biestable R2 de anillo quien, a su vez, pondrá en conducción el biestable de anillo R3. Como puede verse, de esta manera el impulso va escalonado a lo largo del contador - de anillo, desde el primer estado estable al segundo estado estable, en cada uno de los multivibradores biestables R1 a R13 inclusive del contador de anillo 47. Y esta condición continúa hasta llegar al último multivibrador R13

302684

del anillo. En este momento, la salida procedente del excitador de anillo 37 hará que deje de conducir la primera mitad del último multivibrador biestable R13, pero este último multivibrador no tiene detrás ningún otro que acepte su impulso negativo. Por consiguiente, este impulso negativo de salida del último multivibrador biestable R13 es devuelto por el conductor 86, para preparar el multivibrador de inhabilitación 25, el cual cambia de nuevo al modo opuesto por cada 64 impulsos binarios de reloj que pasan por el conductor 87, lo cual inicia un nuevo ciclo del anillo. El proceso continúa mientras la barrera 23 y el circuito fijador 34 permiten que el perfilador 35 de impulsos de reloj siga suministrando impulsos.

El circuito de retardo D1 indicado en 36 crea un retardo de impulso de aproximadamente 12 microsegundos. Este retardo se necesita para que el multivibrador biestable de inhabilitación 25 pueda activar el contador de anillo 47 antes de que aparezca el impulso procedente del excitador de anillo 37, que excita el anillo a la frecuencia de reloj de 32 kc/s.

En la fig. 5 se ilustra con detalle un grupo o juego tipo de multivibradores de anillo R2 y R3. Estos se hallan inicialmente en el modo en que los impulsos recibidos del excitador 37 por el conductor 73 no le harán cambiar de estado o modo. El impulso negativo procedente de la salida (conductor 84) del biestable de inhabilitación 25 hace cambiar de modo al biestable de anillo R1 solamente, dejando sin cambiar los demás circuitos biestables. El impulso siguiente del excitador de anillo hace volver el biestable R1 de nuevo a su condición primitiva, y el impulso negativo

creado por el propio biestable de anillo R1, al cambiar a su modo primitivo, es transmitido por el conductor 76 para activar el biestable R2 cuya salida, a través de su conductor 76, activa R3, y así sucesivamente. Como ya se ha dicho, de esta manera es como el impulso se propaga por todo el contador de anillo 47 hasta producirse el disparo del último biestable R13, por su conductor de salida 86, lo que se utiliza para inhabilitar o desactivar el biestable 25.

Es objeto del circuito representado en conjunto o en forma de esquema funcional en la fig. 2, aceptar señales de entrada analógicas sísmicas por el bloque de entrada 54, digitificar estas entradas analógicas en sucesión para obtener la salida por dígitos en paralelo, y aplicar esta salida digital a una cabeza registradora 68 en cinta magnética. También es conveniente registrar en el aparato 122 de cinta magnética un tiempo de referencia para la salida digitificada. A este último fín, se utilizan el contador binario 33 y las barreras de coincidencia (AND) binarias 45, en unión de los mismos circuitos empleados para aplicar la información digital a la cabeza 68 de registro magnético. La manera de lograr este propósito general puede probablemente explicarse del mejor modo con respecto a una entrada por un solo canal. Por consiguiente, en este estudio se tendrá en cuenta el biestable R2 del contador de anillo 47, que corresponde a la unidad SD1 de barrera de interrupción y excitador 51, y al interruptor S1 del registro de conmutación 52, asícomo al amplificador analógico A1 y a la entrada del primer canal. Las entradas sísmicas aparecen continuamente en cada uno de los ca

nales del bloque 54 de entradas sísmicas, y cada uno de estos canales se está amplificando de modo continuo en el grupo de amplificadores 53, de manera ya conocida en esta técnica. Ahora bién, se están examinando o muestreando a razón de una vez cada 2 milisegundos en el registro de conmutación 52, cuyos elementos son puestos en conducción, según una secuencia determinada, por el grupo 51 de unidades de barrera de interrupción y excitador, cuyos circuitos individuales van siendo activados sucesivamente por el contador de anillo 47. El circuito de la barrera de interrupción del grupo 51 de unidades de este tipo se ilustra en una figura por separado (figura 5), en forma de multivibrador monoestable cuyo tiempo de interrupción se sitúa con exactitud para fijar el intervalo de tiempo en que se deja paso a la señal de entrada analógica, a través del interruptor 52 y por el conductor 82, hasta la entrada del conversor analógico-digital (CAD) 55. Cada uno de los excitadores de interrupción recibe una salida (por el conductor 79) procedente de la barrera de interrupción y que, a través del conductor 77 y por medio de un transformador de impulsos 69 lleva o cambia los transistores de interrupción desde el corte a la saturación en 0,15 microsegundos, durante el periodo de tiempo mandado por la barrera de interrupción 51.

Al ser trasladada cada señal analógica, desde los canales individuales de entrada sísmica y en sucesión hasta el conversor analógico-digital 55, se suministra también una entrada de disparador, procedente del circuito fijador 27 de CAD, al conversor analógico-digital 55. El circuito fijador 27 recibe la señal de apertura desde el bies

302684

table de anillo R1, dejando que los impulsos del retardo D3 pasen a través del fijador hasta la entrada del disparador de CAD.

El funcionamiento del conversor 55 analógico-digital (CAD) puede examinarse (con respecto a la conversión de analógico a digital que realiza) del modo siguiente. Inicialmente, la señal analógica es introducida en el conversor analógico-digital 55 en orden sucesivo desde el registro de conmutación 52. Asimismo, en el conversor analógico-digital se introduce una señal de disparo procedente del circuito fijador 27. Esta salida del fijador 27 inicia el funcionamiento del CAD 55. El registro de circuitos biestables del propio convertidor (que no se representa) está fijado a un valor centrado en el margen. En representación digital, esto corresponde a 011111111111 (ó 100000000000, como se utilizó antes en el análisis previo). Al ser aplicado el impulso de mando de digitificación, una representación del número en el registro de biestables (convertido a la forma analógica) es comparada con la salida del amplificador analógico. Esta comparación se hace, como se ilustra en la fig. 11, mediante un circuito amplificador diferencial y comparador, cuyo objeto es el de determinar cual de las dos señales es mayor. Si la mayor es la entrada analógica, el primer dígito se cambia de "0" a "1", y el segundo dígito es automáticamente cambiado de "1" a "0". En el análisis de tensiones que se efectúa en el circuito comparador, el valor de la tensión es modificado por pasos o escalones, en el registro de biestables, a partir de su valor inicial de 0 voltios hasta la mitad de la diferencia restante respecto al valor de la tensión de referencia (+ 3 V

302684

en este caso), de manera que dividiendo repetidamente la diferencia se llegará a un valor que coincide con la entrada analógica. Recíprocamente, si la entrada analógica es menor que el número que hay en el registro de biestables, el primer dígito sigue siendo "0", y el segundo dígito se cambia de "1" a "0". En la fig. 11 se verá que el valor de la tensión en el registro de biestables se cambia, en el primer paso o escalón, de la mitad a la cuarta parte del número total (+3 a -3 V) que puede representarse en el registro de biestables. Para obtener del registro digital un valor analógico se disponen unos manantiales de corriente a intensidad constante en la salida de cada uno de los circuitos biestables, cuyas corrientes se hacen pasar a través de un grupo de resistencias sumadoras (fig. 12) sopesadas de modo que sean proporcionales a los valores de los retazos o elementos del número binario. Una vez sumados al circuito el número y valor de resistencias sumadoras adecuados para equilibrar o compensar la entrada analógica, la posición de los biestables, al estado de "1" ó "0" (que controlan los interruptores representados en la fig. 12), producida la conmutación de la resistencia sumadora asociada a cada multivibrador (no representado) bién a la posición de +3 ó de -3 voltios, da la representación digital del número analógico. Este proceso se repite exactamente de la misma manera durante el siguiente impulso cíclico de control. Esta serie de impulsos de control es numéricamente igual al número de comparaciones efectuadas, que es igual al número de dígitos del registro de biestables. Del programador de tiempos del CAD 55 se toma un impulso de regulación de tiempo que permite a las barreras

302684

del CAD examinar los niveles de tensión que hay en el registro de biestables del CAD y leer o producir impulsos en paralelo indicando aquellos biestables en donde haya un "1".

La aproximación o comparación continuará hasta el final, de modo que el máximo error posible sólo implicará el retazo menos significativo. Hay un impulso final o de detención, que hace que las barreras se abran y permitan la toma o lectura en paralelo de la señal digitificada.

La salida digital del conversor analógico-digital se lleva a través de un grupo de barreras disyuntivas (OR) 61 y luego a un grupo de circuitos de coincidencia 63 y de circuitos de inhibición 65. Una salida procedente bién del circuito de coincidencia 63 o bién del de inhibición 65 se lleva al circuito 67 de excitación de cabezas, y luego a la propia cabeza 68 de registro magnético. Este mismo camino de paso de la corriente, por el circuito OR 61, por uno u otro de los circuitos AND 63 o NOT (inhibidor) 65, y por los circuitos de excitación 67 de la cabeza al circuito 68 del registrador en cinta magnética, se utiliza para la salida del circuito AND (de coincidencia) binario 45. El objeto de la salida desde el circuito AND binario 45 es el de registrar en la cinta magnética una indicación del tiempo (o del intervalo de tiempo, como se indica en el primer canal de la fig. 9). Este registro del tiempo puede utilizarse luego con fines de identificación. Para que no haya salida alguna del AND binario para el tiempo del primer vocablo registrado, es preciso prefijar todos los biestables binarios al modo de "1". El pri

302684

mer impulso de reloj cambiará entonces todos los biestables binarios al modo de "0" de manera que el retardo D2, que examina 27 microsegundos más tarde, verá un "0" en el registro, en lugar de un "1".

Los biestables 67 de excitación de las cabezas determinan el estado de magnetización de la cinta, con arreglo al control efectuado por los circuitos excitadores de la cabeza. Los biestables de excittación de la cabeza aceptan los impulsos de salida procedentes de los circuitos AND 63 e inhibidores 67, de manera que los impulsos de salida AND hacen que el sentido de magnetización de la cinta sea opuesto al de la magnetización producida por los impulsos de salida NOT (inhibidores). Cada biestable de excitación de la cabeza lleva detrás un seguidor de emisor, para tener la impedancia de excitación necesaria para hacer funcionar los transistores de excitación de la cabeza. El biestable de canal 7 de excitación de la cabeza recibe un impulso negativo de disparo procedente del retardo D5 indicado en 41. El retardo D5, a su vez, recibe su impulso del anillo R1. El circuito D5 proporciona un retardo de 27 microsegundos, de modo que la pista 7 (de bloques) de excitación de la cabeza registra simultáneamente con todas las demás pistas de la cinta magnética, lo que produce un cambio de corriente en la cabeza de registro a cada bloque de datos. El biestable de número o canal 8, de excitación de la cabeza cambia de estado a cada impulso de reloj, bajo el control de los impulsos negativos de salida del circuito de retardo D4, indicado en 31. El retardo D4 hace que los impulsos de reloj se retrasen 29 microsegundos, de manera que el biestable 8º de excitación de la cabeza quedará

302684

sincronizado con los datos de la adecuada entrada sísmica digitificada.

Los circuitos 67 de excitación de la cabeza , - asociados a cada una de las 14 pistas, controlan la corriente necesaria para excitar a saturación la cinta magnética.

Ha sido desarrollado un circuito de toma o lectura de la cinta magnética, que recrea los perfiles de onda digitales utilizados para magnetizar la cinta, y examina estos perfiles de onda para determinar sí, en un instante dado, los retazos digitales son "unos o "ceros". Estas decisiones o determinaciones se envían a un conversor digital-analógico (CDA), en el cual se activan unas barreras de interrupción de modo que, durante breves períodos o intervalos de tiempo, se desarrolla el equivalente analógico del número binario. Mediante una multiplación inversa y un filtraje de los datos del CDA, es posible lograr una conversión a datos analógicos en multicanal, y el registro simultáneo de estos datos de multicanal.

El sistema de lectura se destina a recuperar en forma analógica los datos registrados en dígitos binarios en la cinta magnética. El sistema amplifica los impulsos de tensión engendrados por los cambios de magnetización - que aparecen en la cinta, al moverse ésta respecto a las - cabezas de captación o lectura. Estas señales amplificadas se envían a unos circuitos perceptores o examinadores, en los cuales se decide si las señales reproducidas son positivas o negativas con respecto a un promedio de cero. Así, se desarrollan perfiles de onda idénticos al de la corriente excitadora que magnetiza la cinta. Un circuito AND examina luego estos perfiles de onda, que representan "unos"

y "ceros" de un número binario, para determinar si se ha de enviar a un conversor digital-analógico un impulso de activación para el desarrollo de impulsos de almacenamiento o registro de salida de 10 microsegundos. El sistema de multiplación utilizado para la primitiva conversión de analógico a digital de los datos en multicanal proporciona una tensión adecuada asociada a cada canal en el debido instante. Si esta tensión se transmite por los interruptores multiplados, cargando un condensador de acumulación de manera tal que el interruptor de un canal particular se cierra de 1 a 2 microsegundos después de efectuada la conversión de digital en analógico, y se abre antes de cesar la conversión de digital en analógico para cada canal, a cada instante que se cierre el interruptor se irá fijando la carga del condensador, escalonadamente, a un nuevo valor. A continuación, filtrando con un filtro apropiado, es posible obtener una representación suave (sin brusquedades) de la tensión analógica, idéntica a la que fué primitivamente digitificada.

El sistema de circuitos indicado en la fig. 2 de esta solicitud se completa con los circuitos de lectura de la cinta magnética (fig. 2a). Para lograr esto, es preciso efectuar una interrupción o conmutación en diversas partes del sistema, para hacer que la información de tiempos procedente de la cinta magnética gobierne todas las operaciones, y proporcione, por medio de la cámara fotográfica 104, una presentación analógica de los datos de la cinta digitificados, como se indica por medio de las líneas de trazo interrumpido de la fig. 1.

En la fig. 4, es preciso activar el conmutador

309054

228 desde el reloj interno de 32 kc/s, para aceptar los impulsos desarrollados por la lectura de la pista de reloj (conductor D-A 99). Es conveniente hacer que cada impulso de reloj controle el funcionamiento del biestable de inhabilitación 25, que regula el trabajo del multiplador, en lugar de confiar esta función al control de cómputo inverso binario. Confiando esta función últimamente indicada a dicho control de cómputo inverso binario, se podría dar lugar a un funcionamiento incorrecto en el caso de perderse un impulso de reloj al reproducir la cinta. Por consiguiente, el interruptor 229 impide que el binario 25 controle al biestable de inhabilitación. En cambio, el conmutador 230 permite que la pista de bloques active el biestable de inhabilitación y controle la operación de multiplar. El multivibrador de retardo D3 debe ser retirado del circuito, ya que el impulso principal de preparación que despeja el conversor digital-analógico debe comenzar en el instante cero para cada impulso de bloques de datos. Se prevén unos conmutadores similares (no representados) para retirar o eliminar el multivibrador D3 de retardo y controlar el impulso de disparo de CDA en el instante del impulso de reloj.

En el instante cero para cada vocablo registrado, el circuito perceptor de polaridad de lectura ha indicado, con su salida de tipo biestable, si en el número binario ha de haber un "1" ó un "0". El multivibrador de retardo D6 crea el disparo para un circuito AND que examina el nivel de corriente continua del biestable de percepción y determina si hay que enviar un impulso de activación al conversor digital-analógico. Al propio tiempo, el impulso de re

302684

loj desarrollado dispara el multivibrador de retardo D1, con su retardo de 12 microsegundos. Al final de este retardo, el adecuado biestable de anillo del contador de anillo 47 cambia a la tensión adecuada el condensador de acumulación de salida, tal como lo indique el conversor digital-analógico. Antes de cerrarse este interruptor, el conversor digital-analógico debe haber presentado la representación analógica de este número binario. Esta tensión convertida de digital en analógico tiene existencia hasta el siguiente impulso de reloj, que hace que un nuevo impulso de disparo reponga el conversor digital-analógico. Antes de este instante, debe abrirse el interruptor que transfiere a los condensadores de acumulación la tensión de CDA. Por consiguiente, es preciso cambiar el tiempo de la barrera de interrupción 52 de multivibrador monoestable de cada canal sísmico, desde su valor primitivo de 26 microsegundos a menos de 18 microsegundos. Este tiempo se fija en 10 microsegundos, añadiéndose unos conmutadores 250 para efectuar este cambio.

La función del circuito de lectura transistorizado puede apreciarse haciendo referencia a las figs. 2, 2a, 7 y 12. La cinta magnética tiene catorce cabezas de registro 168, cada una de las cuales necesita un amplificador 200 con una ganancia de alrededor de 1000 en la reproducción. La salida del amplificador está acoplada por transformador a un biestable 201 de percepción de polaridad, por medio de un circuito seguidor de emisor 251. El biestable 201 perceptor de la polaridad está excitado por medio de un transformador de gran inductancia con toma central, que da una anchura de banda comprendida entre 10 c/s y -

302064

100 kc/s en el punto de media potencia. El transformador está acoplado al circuito biestable por medio de diodos de silicio, en tanto que en el biestable se utilizan transistores de germanio. El funcionamiento es posible, ya que la caída de tensión en sentido directo, en una unión de silicio, es aproximadamente 0,4 voltios superior a la del germanio. Los condensadores normales de punto de cruce se eliminan cuando están controladas ambas bases, a fín de acelerar (reducir) tiempos de formación y caída del impulso.

La salida de los biestables 201 de percepción de polaridad se envía a una serie de circuitos AND (de coincidencia) 202. El circuito AND examina el nivel de c.c. (corriente continua) de un lado del biestable 201 perceptor de la polaridad. Estos niveles exiten, bién a +4 voltios, o bién a +12 voltios. El impulso de examen o muestreo del AND es de +8 voltios, limitado por un diodo Zener 252. Cuando el nivel de c.c. es de +4 voltios, no basta con un impulso de +8 V para hacer que el circuito AND dé origen a un impulso de salida. En cambio, si existen +12 V, un impulso de +8 V provoca la aplicación de un impulso a la base del amplificador de salida.

El multivibrador de retardo D6 es un multivibrador monoestable con un tiempo de retardo fijado en 11 microsegundos. El impulso de retardo se amplifica hasta +8 V, nivel fijado por el diodo Zener 252, y que se suministra al circuito AND.

El conversor 55 digital-analógico, incorporado en una sola unidad con el conversor analógico-digital, se utiliza cuando se desea invertir el sistema recién descri

302684

to y obtener datos, en forma analógica, de las pistas 68 del registrador de cinta magnética. El amplificador de excitación 253 del CDA acepta la salida de los impulsos de lectura del circuito AND y proporciona impulsos de 8 voltios con tiempos de iniciación o formación de menos de 1 microsegundo, que son enviados al conversor digital-analógico (CDA) para activar los adecuados circuitos de conversión de digital en analógico. Estas salidas existen para doce de las catorce pistas de reproducción de la cinta magnética. Para la pista 7ª o de bloques, indicada con el número 237, y la 8ª pista o de reloj, con el número de referencia 238, los biestables detectores de la polaridad van seguidos de circuitos diferentes. Las pistas 7ª y 8ª utilizan un seguidor de emisor 240 después de los biestables perceptores de polaridad 201. Los seguidores de emisor impiden que la carga constituida por los circuitos diferenciadores y perfiladores de impulsos afecte a los tiempos de formación y caída del biestable detector de polaridad 201. Después del seguidor de emisor de los canales 7º y 8º, el perfilador o conformador de impulsos 241 excita a un transformador de impulsos 242, en el cual pueden formarse impulsos de salida positivos y negativos de igual amplitud, mediante el ajuste de la resistencia R. El perfilador de impulsos 241 va seguido de un rectificador de onda completa en puente 243, que convierte los impulsos positivos y negativos en impulsos todos negativos para la pista 7ª y en impulsos todos positivos para la pista 8ª. Fundamentalmente, la presencia de un impulso negativo del circuito de lectura hace que el potencial de +3 ó -3 voltios sea pasado a un circuito de resistencias de precisión (fig.

302684

11), creando una tensión dada en el punto de empalme de sumación. Esto crea, durante un breve tiempo, el equivalente analógico del número binario presentado.

La salida del convertidor digital-analógico se lleva al multiplador 116 de manera inversa (a su salida normal). Este multiplador asigna el adecuado impulso de salida de conversión de digital a analógico a su condensador de acumulación o almacenaje. En éste, la carga se contiene en forma de función escalón, y es modificada de manera discontinua una vez por cada bloque de datos. A la salida de conversión digital-analógica (DA) de los multipladores es preciso añadir en serie una resistencia de 120 ohmios para amortiguar de modo crítico el circuito resonante constituído por el condensador de acumulación y la inductancia de las conexiones del circuito asociado.

El sistema de lectura descrito dará una reconstrucción muy precisa de los datos sísmicos digitificados, para frecuencias de menos de 250 c/s con regímenes de muestreo o examen de 2000 microsegundos, y a la frecuencia de menos de 500 c/s para regímenes de muestreo de 1000 microsegundos. Esta precisión, con el circuito de examen y retención utilizado en el proceso de digitificación para mantener constante la tensión analógica de entrada durante un ciclo de digitificación, ha de ser mayor de una parte en 2000, para un número binario de 12 retazos o elementos. Los registros analógicos obtenidos por este sistema son de calidad comparable a los obtenidos directamente de la reproducción de registros analógicos magnéticamente guardados.

El funcionamiento completo de un conversor analó

gico-digital y viceversa, no incluido en esta Memoria, se describe en el manual de instrucciones del conversor modelo B-611 de la EPSCO, Inc. (588 Commonwealth Avenue, Boston, Massachusetts, U.S.A.), el cual se incorpora a la presente Memoria como referencia.

Debido a la necesidad de localizar los diversos componentes y subconjuntos del sistema completo de circuitos indicados en las figuras 2 y 2a, será conveniente hacer una lista de los conductores de interconexión entre los circuitos que desempeñan las diferentes funciones, para seguir su funcionamiento y facilitar la referencia lateral entre documentos:

Nº de referencia	Nomenclatura de los conductores
73	Salida de excitador de anillos a todos los anillos
76	Anillo R1 a anillo R2; R2 a R3; etc.
77	Interruptor a barrera de interrupción
78	Circuito AND u OR binario
79	Barrera de interrupción a excitador de interrupción o conmutación
80	Iniciación de tiempos de preparación a barrera
81	Retardo D1 a excitador de anillos
82	Interruptor a entrada analógica del CAD
83	Barrera a circuito fijador 34
83a	Barrera a biestable de inhabilitación
84	Biestable de inhabilitación a anillo R1
85	Anillo R1 a todos los anillos

302684

Nº de referencia	Nomenclatura de los conductores
86	Anillo R13 a biestable de inhabilitación
87	Binario a biestable de inhabilitación
88	Preparador a biestable de inhabilitación
88a	Preparador a contador de anillos
88b	Preparador a binario
89	Circuito fijador a perfilador de impulsos de reloj
90	Perfilador de impulsos de reloj a binario
90a	Perfilador de impulsos de reloj a retardadores D1, D3, D4
91	Anillo R1 a retardo D5
92	Alimentación (preparador)
93	Anillo R1 a fijador de CAD
94	CAD a circuito OR
95	AND a OR binario
96	Retardador D4 a circuito AND
96a	Retardador D4 a circuito inhibidor
97	Alimentación
98	Impulsos de bloques de CAD a biestable de inhabilitación
99	Impulsos de reloj de CAD a perfilador de impulsos
220	Fijador CAD a CAD
221	Lectura a barrera
222	Lectura a circuito fijador
223	Lectura D6 a perfilador de impulsos de reloj

102684

En la fig. 10 se puede apreciar un resumen del método de funcionamiento del sistema ilustrado en la fig. 2. El eje central de esta representación gráfica es el de tiempos transcurridos. A partir de la izquierda, la primera línea vertical que cruza el eje de tiempos es el tiempo cero, o de iniciación de una operación completa. Los bloques o recuadros indicados encima de la línea en la parte superior izquierda incluyen las etapas o pasos que en sucesión se necesitan para poner en acción el circuito de tiempos (12 microsegundos después del tiempo cero) y a continuación (en las etapas indicadas en la parte superior central de la fig. 10) imprimir en la cinta magnética un número binario que representa el canal de tiempos iniciales, así como la información de bloques de datos y la de reloj, después de transcurrido un tiempo de trabjao pequeñísimo (aproximadamente de 31 microsegundos). Un instante antes de la impresión del canal de tiempos iniciales, se comienzan las operaciones indicadas debajo de la línea y a la izquierda en la fig. 10, para obtener un número binario correspondiente al primer canal analógico, lo cual da lugar a que el contenido de este canal se registre magnéticamente en la cinta al cabo de otro lapso de 31 microsegundos, del tiempo de trabajo. De igual modo se convierten en números por dígitos los canales analógicos 3º a 11º, y se colocan en la cinta en orden de secuencia y en paralelo; pero debido a la semejanza del funcionamiento no se llama la atención sobre ellos individualmente en el dibujo. A la impresión o grabación del canal 12º sigue un período o tiempo muerto, para permitir la sucesiva introducción de información en la cinta; y transcurrido un lapso de 2000 microse

302084

gundos se comienzan las operaciones indicadas bajo la línea, en el lado derecho de la figura, que repetirán entonces las etapas de obtención y grabación o registro de números binarios correspondiéndose con el tiempo y con cada uno de los doce canales analógicos.

La descripción que antecede abarca una forma preferida de realización del presente invento, en la que podrán efectuarse numerosas modificaciones sin salirse por ello del ámbito ni apartarse del espíritu de la invención, limitada tan sólo por lo que se define en las reivindicaciones que siguen.

N O T A

Los puntos de invención propia no nueva, pero no establecida, practicada ni divulgada en España, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Introducción, por DIEZ años, son los siguientes:

1.- Un aparato para obtener datos sísmicos digitales que comprenden: una unidad de multiplaje, un convertidor de analógico en digital, un medio magnético y una unidad de control de tiempo, medios para introducir canales múltiples de datos sísmicos analógicos en dicha unidad de multiplaje y sacar un único canal de datos analógicos, medios para convertir rápidamente este único canal de salida analógica desde la unidad de multiplaje en datos digitales y medios para registrar los datos digitales sobre dicho medio magnético y medios que incluyen dicha unidad

302684

de control para registrar señales de tiempo digitales sobre dicho medio magnético.

2.- Aparato para registrar datos sísmicos digitales sobre un medio magnético que comprende: medios para convertir una pluralidad de señales sísmicas eléctricas en una única señal eléctrica analógica correspondiente y medios para convertir esta única señal analógica en una pluralidad de datos digitales que contienen la información sísmica y medios para registrar los datos digitales en forma paralela sobre dicho medio.

3.- Aparato para registrar datos sísmicos digitales sobre un medio magnético que comprende: medios para convertir una pluralidad de señales sísmicas eléctricas en una única señal eléctrica analógica correspondiente que contiene información sísmica y medios para convertir esta única señal analógica en una pluralidad de datos digitales que contienen la misma información sísmica mencionada, medios para registrar los datos digitales en forma paralela sobre dicho medio y medios para registrar señales de tiempo digitales progresivas sobre dicho medio.

4.- Un aparato para obtener datos sísmicos digitales que comprende: a) una unidad de multiplaje y un convertidor analógico a digital; b) un medio magnético; c) medios para aplicar canales múltiples de datos sísmicos analógicos a dicha unidad de multiplaje; d) medios en dicha unidad de multiplaje sensibles a la aplicación de dichos datos sísmicos analógicos a dicha unidad de multiplaje para extraer todos los datos de dicha unidad de multiplaje en un solo canal de datos analógicos; e) medios para convertir el canal único de salida analógica en datos

302684

digitales codificados binariamente; f) medios para registrar dichos datos digitales codificados binariamente sobre dicho medio magnético; g) un dispositivo de control de tiempo sensible a una perturbación sísmica; y h) medios que incluyen dicho dispositivo de control para registrar palabras digitales de tiempo codificadas binariamente sobre dicho medio magnético.

5.- Aparato para registrar datos sísmicos digitales sobre un medio magnético que comprende: a) medios para convertir una pluralidad de señales sísmicas eléctricas en una única señal eléctrica analógica correspondiente que contiene información sísmica; b) medios para convertir dicha señal analógica en una pluralidad de datos digitales codificados binariamente que contienen dicha información sísmica; c) medios para registrar dichos datos digitales codificados binariamente en forma paralela sobre dicho medio; d) medios para registrar palabras digitales de tiempo progresivas codificadas binariamente en forma paralela sobre dicho medio; e) medios lógicos para colocar dichos datos digitales codificados binariamente en dicho medio entre dichas palabras digitales de tiempo codificadas binariamente; f) medios para reconvertir dichos datos digitales codificados binariamente y dichas palabras digitales de tiempo codificadas binariamente en datos analógicos; y g) medios para representar en forma visual dichos datos reconvertidos en una estación de campo.

6.- Un aparato para obtener datos sísmicos digitales.

302684

Tal y como se ha descrito en la Memoria que an

tecede, representado en los dibujos que se acompañan y con los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y tres hojas escritas a máquina por una sola de sus caras.

5 Madrid, 8 SEP. 1966.

P.A.

Alberto de Elzaburu
Por Poder

302684

RAP.

ESCALA

302684

302684

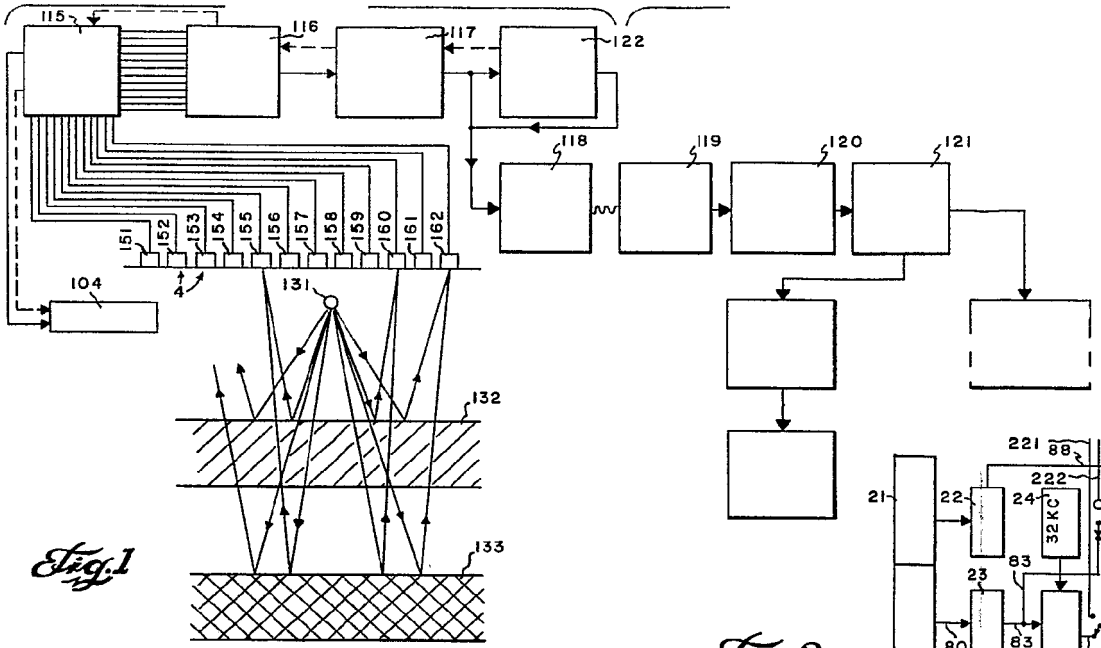


Fig.1

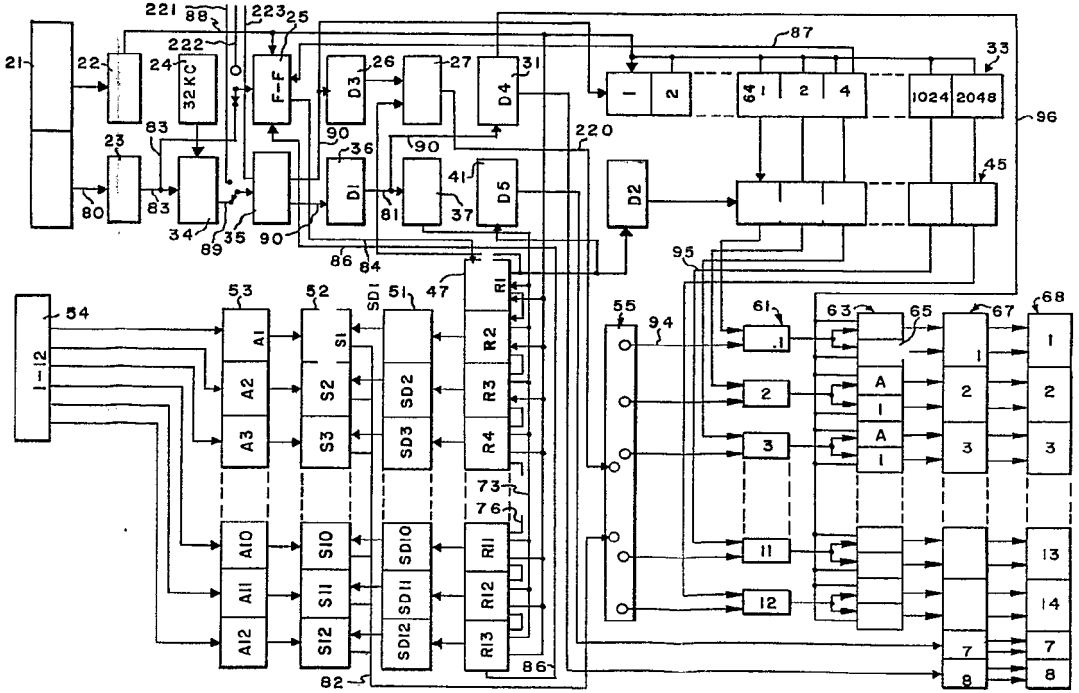


Fig.2

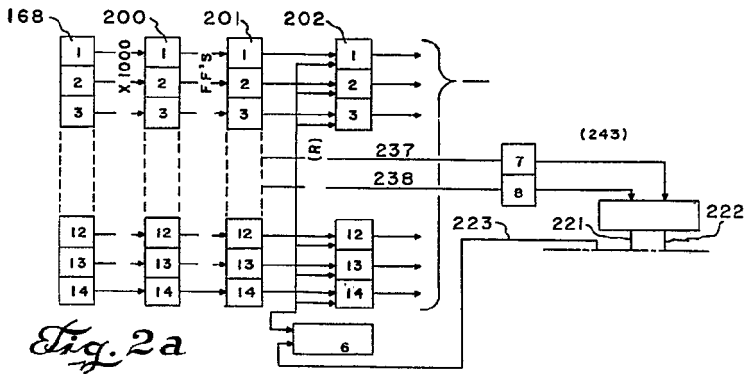


Fig.2a

ESCALA VARIABLE

302684

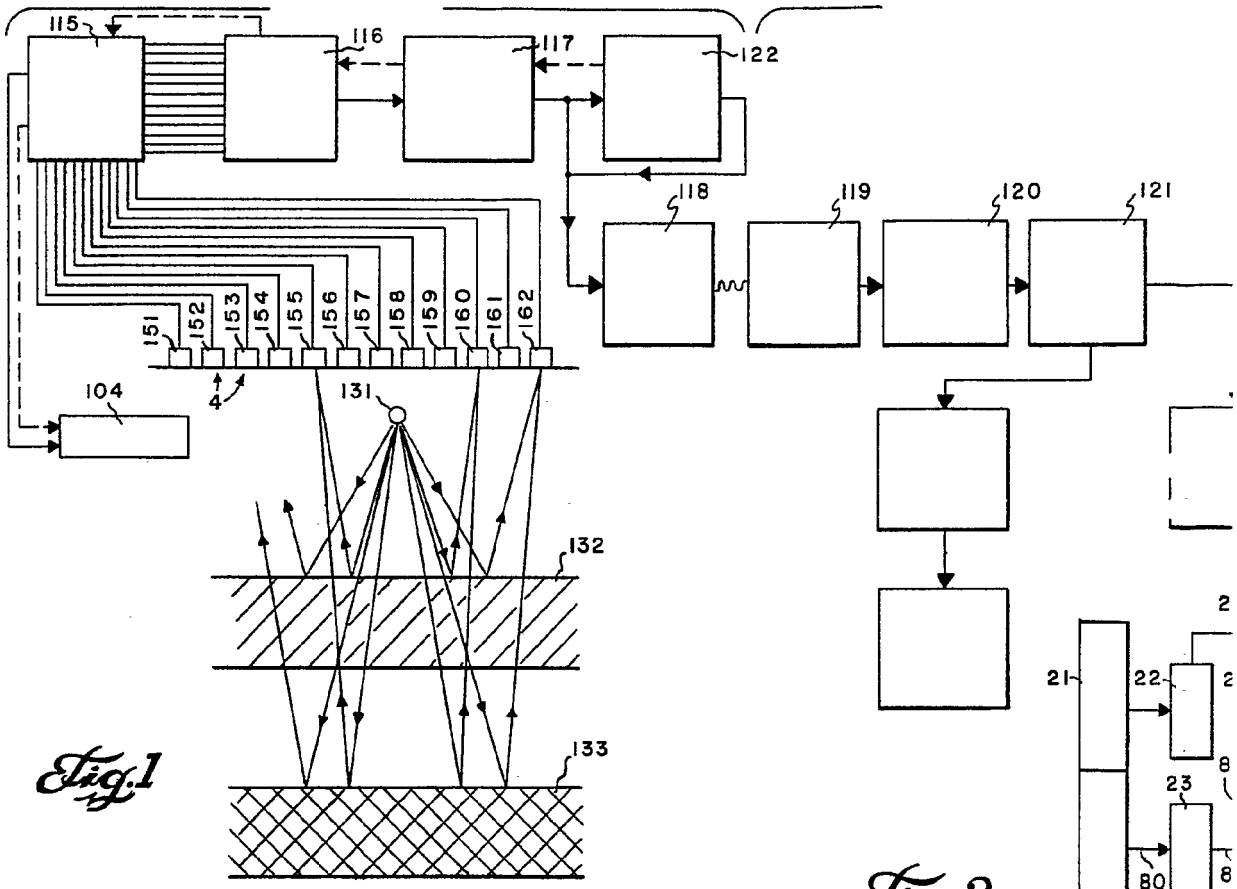


Fig.1

Fig.2

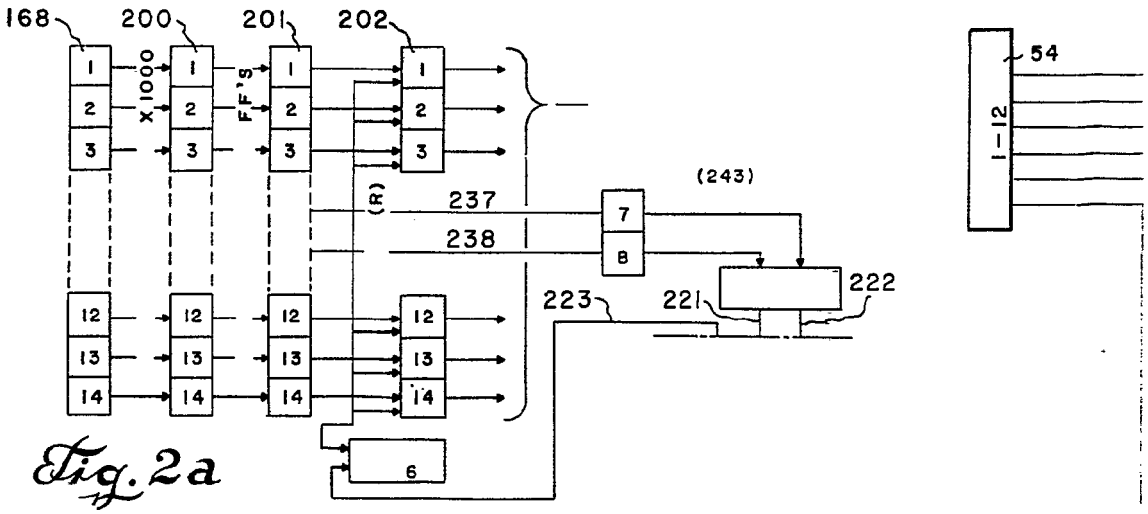
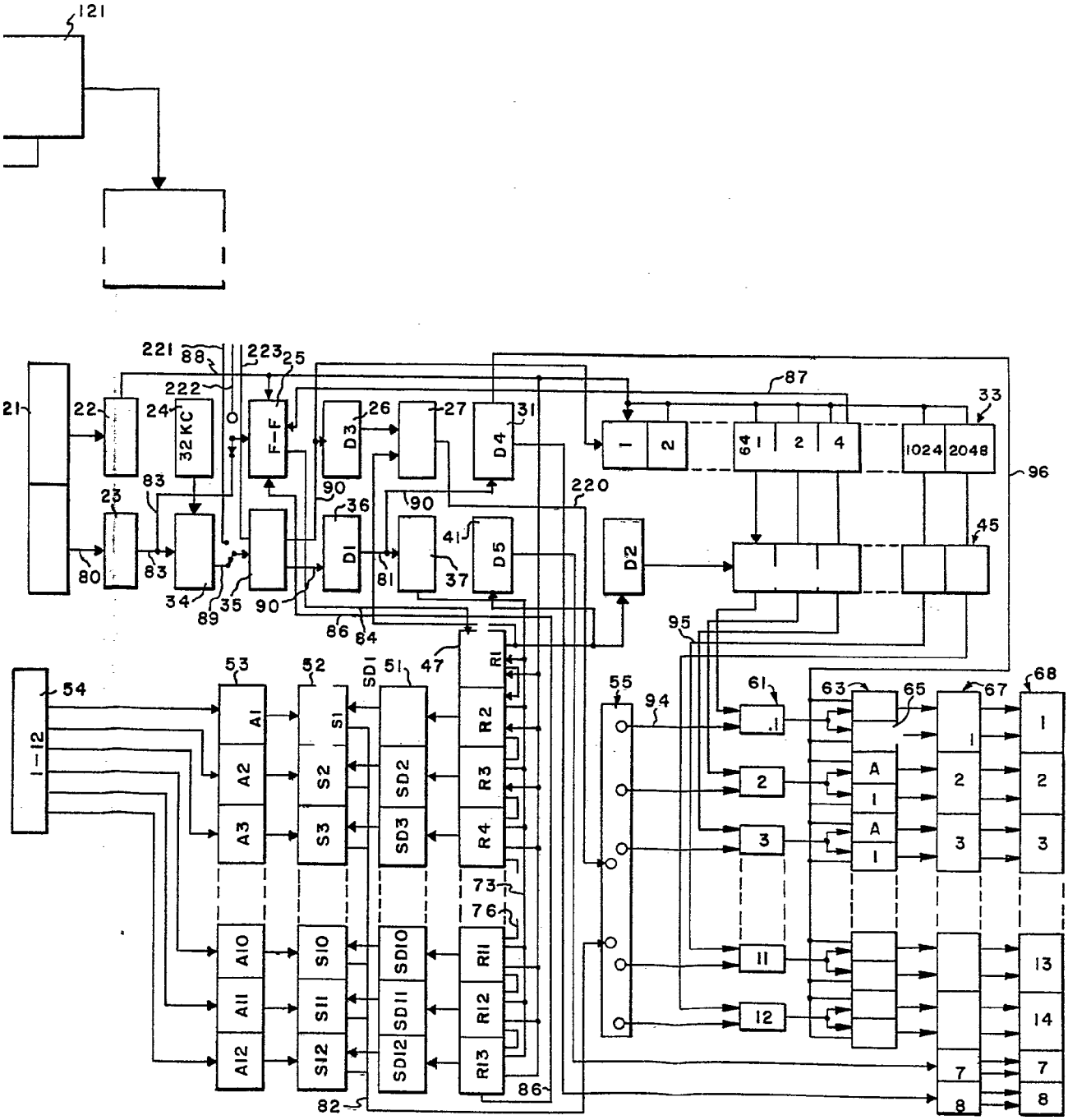


Fig.2a

302684


121
21
22
23
24
32 KC
F-F
D3
D4
D1
D5
D2
25
26
27
31
33
34
35
36
37
41
45
47
51
52
53
54
55
61
63
65
67
68
80
81
82
83
84
86
87
88
89
90
94
95
96
220
221
222
223
1-12
A1
A2
A3
A10
A11
A12
S1
S2
S3
S10
S11
S12
SD1
SD2
SD3
SD10
SD11
SD12
R1
R2
R3
R4
R11
R12
R13
73
76
1
2
4
64
1024
2048
A
11
12
13
14
7
8

302684

302684

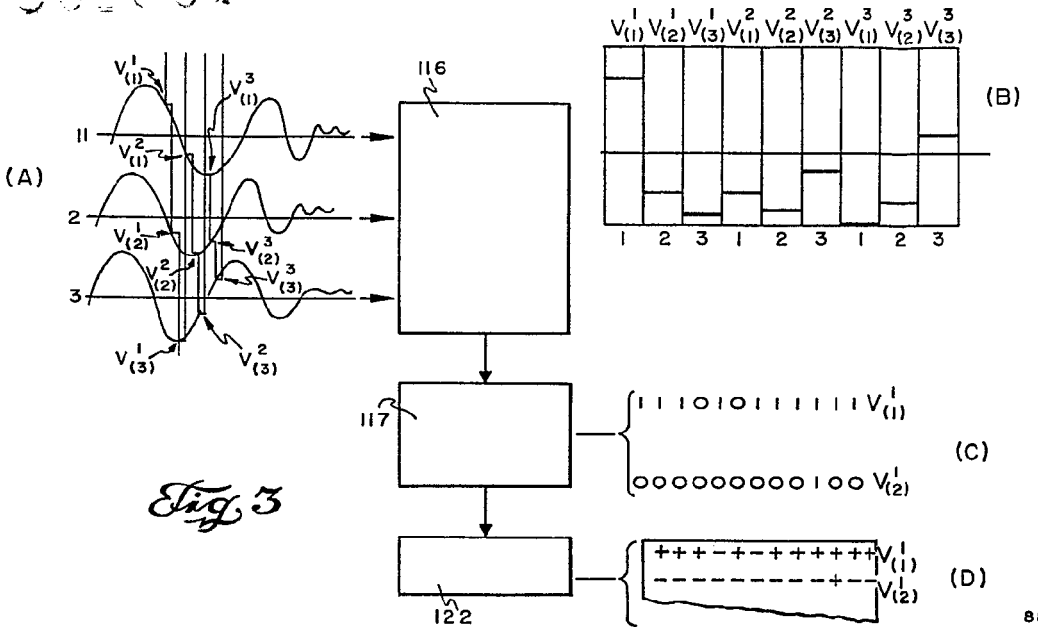


Fig. 3

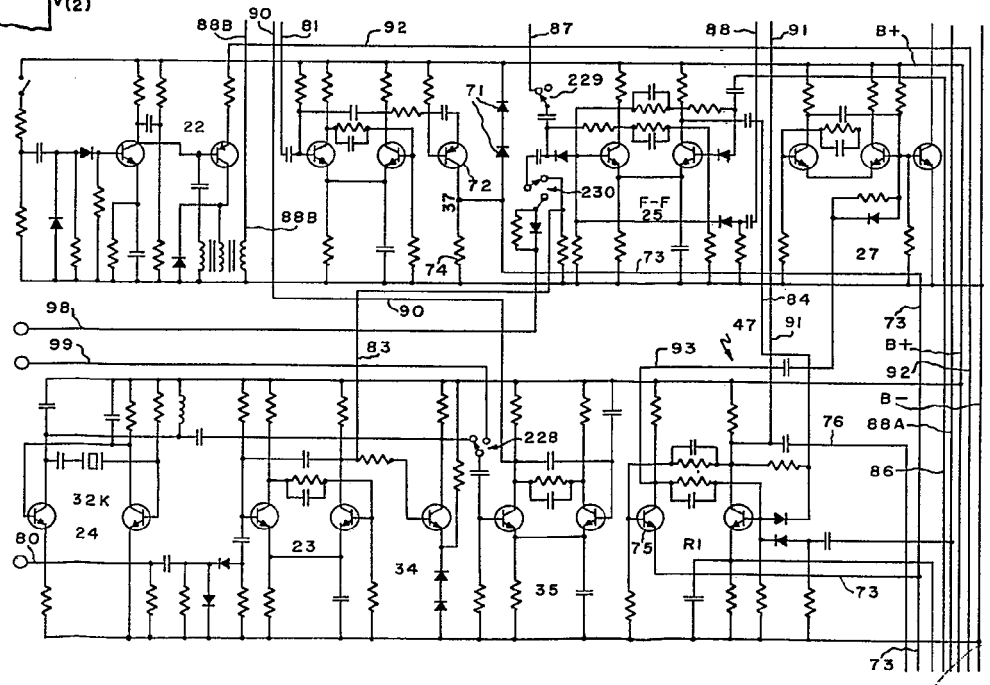


Fig. 4

302654

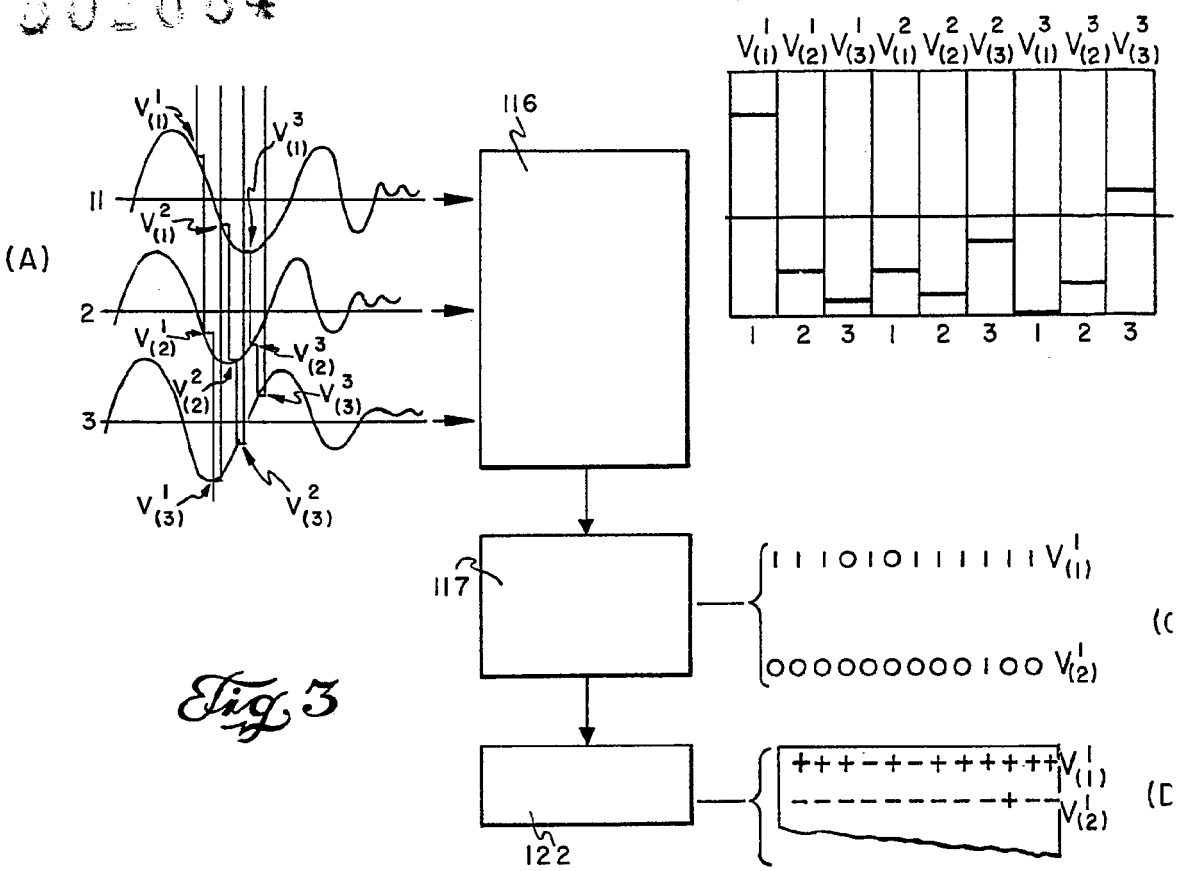


Fig. 3

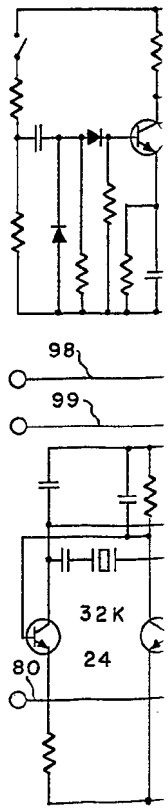
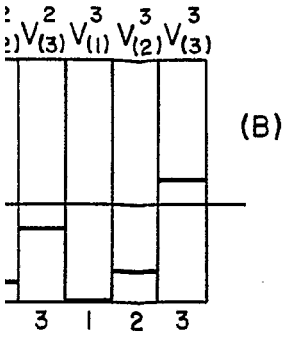
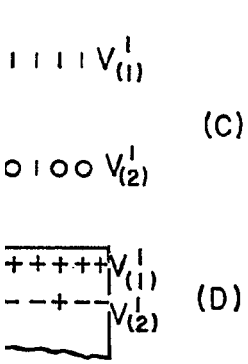
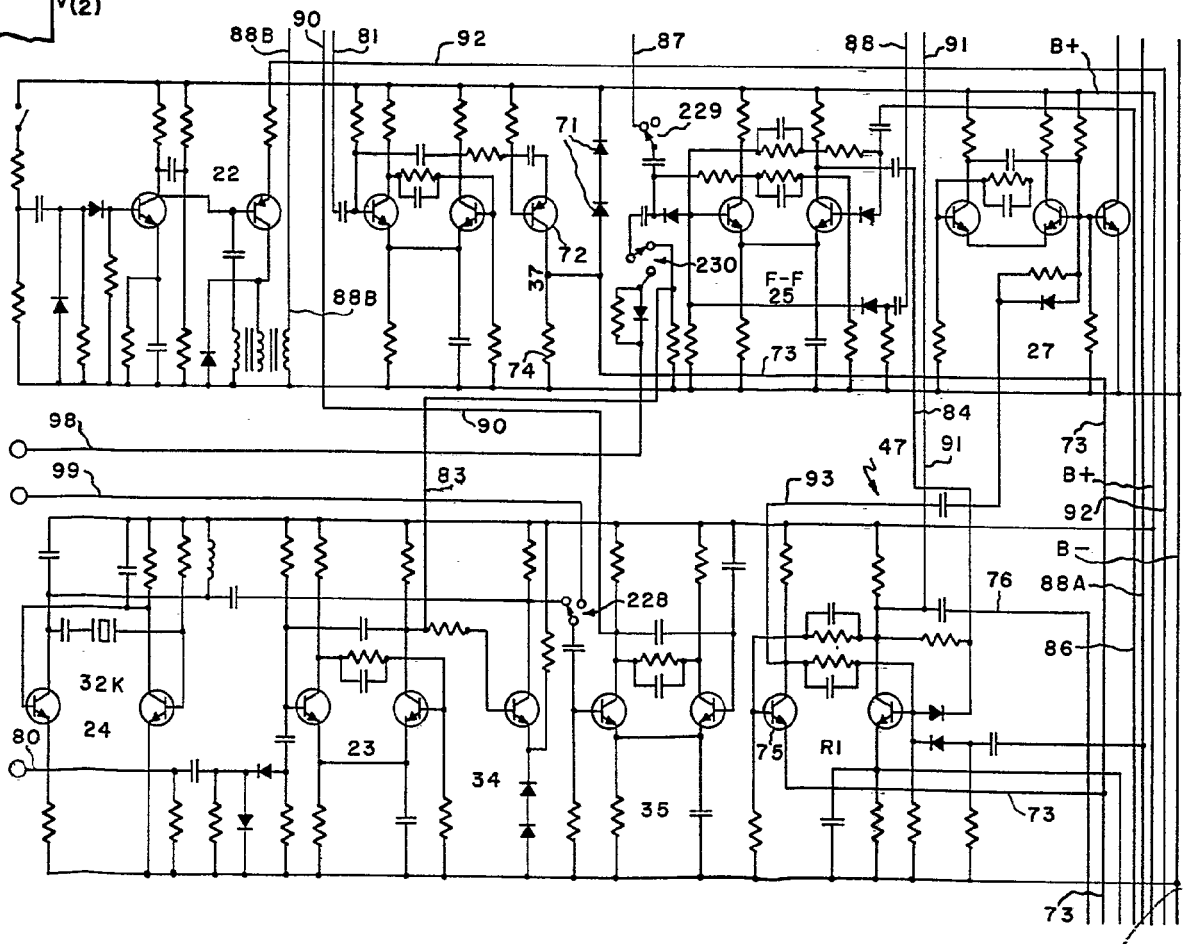


Fig. 4

302684


(B)
3 1 2 3


(C)
(D)


88B
90
81
92
87
88
91
B+
71
229
22
72
37
230
F-F
25
88B
74
73
27
98
90
84
47
91
73
99
83
93
B+
92
B−
76
88A
228
86
32K
24
80
23
34
35
75
R1
73
73

302684

302684

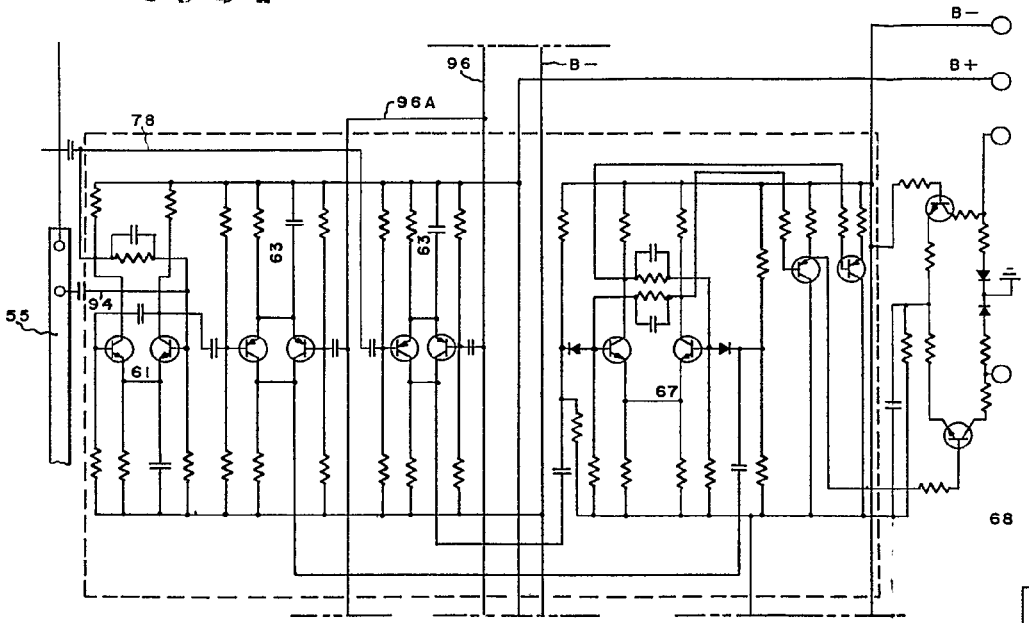


Fig. 6

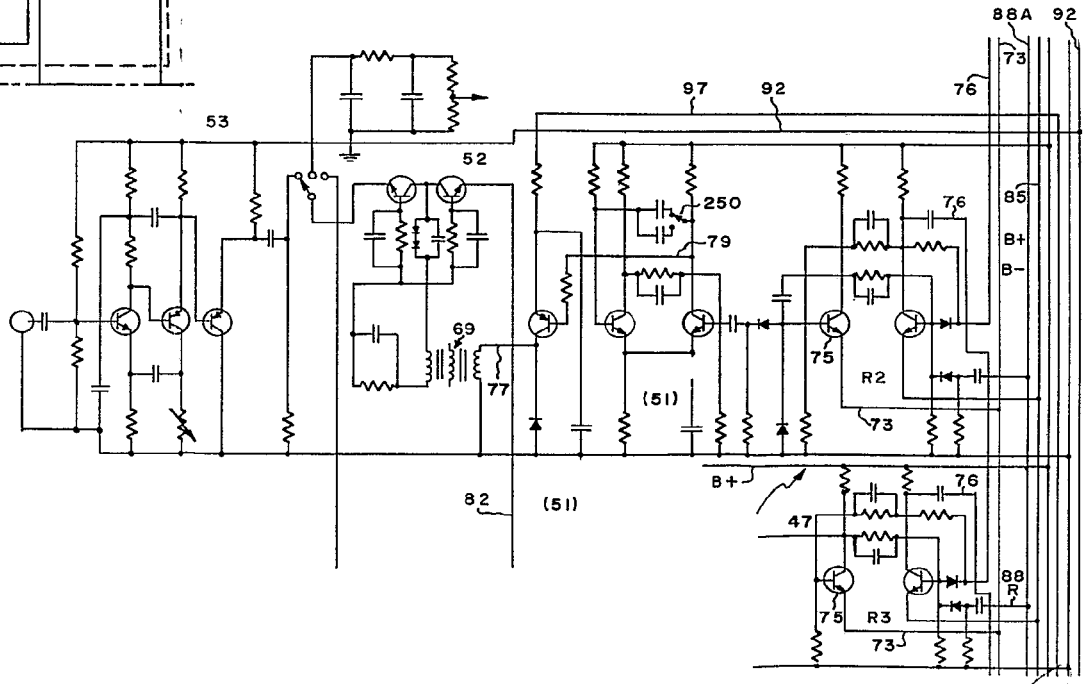
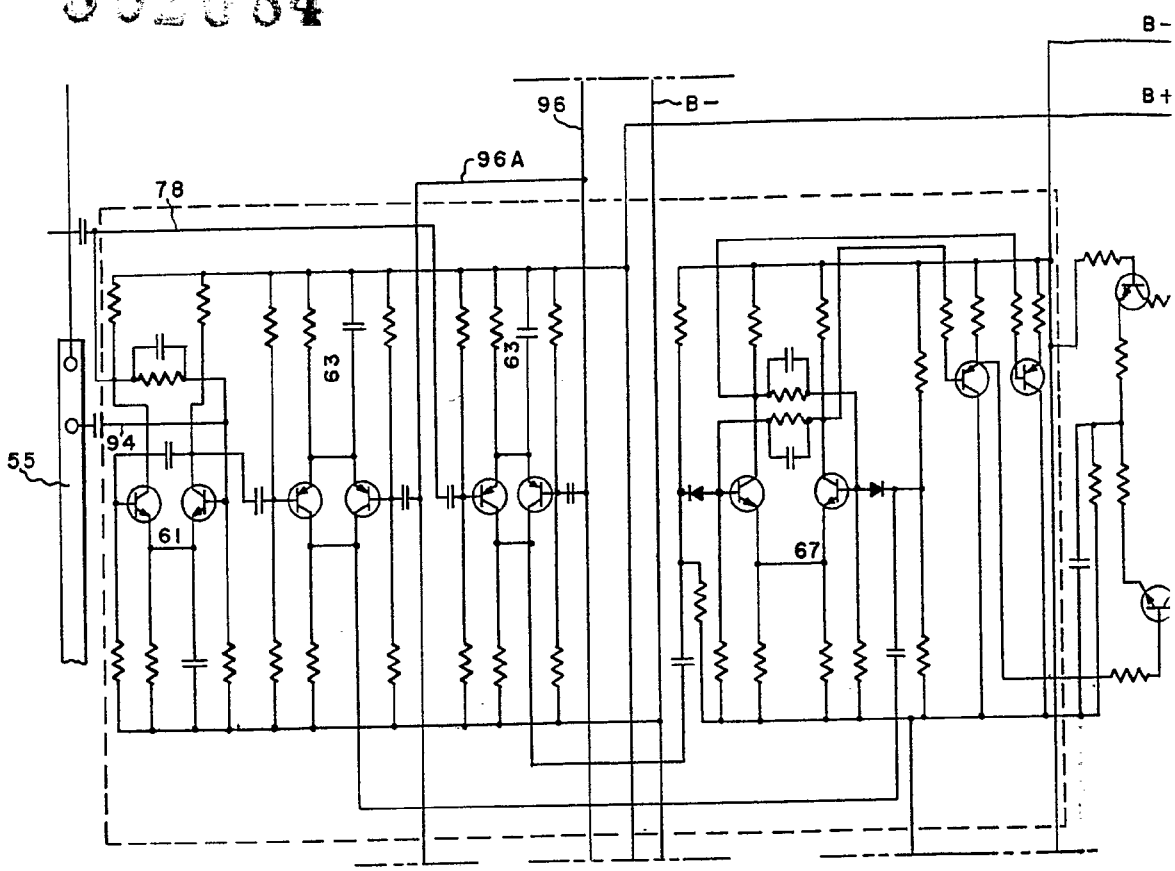


Fig. 5

302684



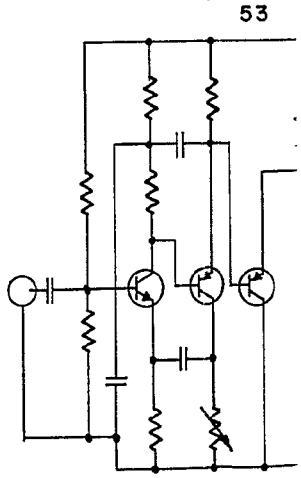
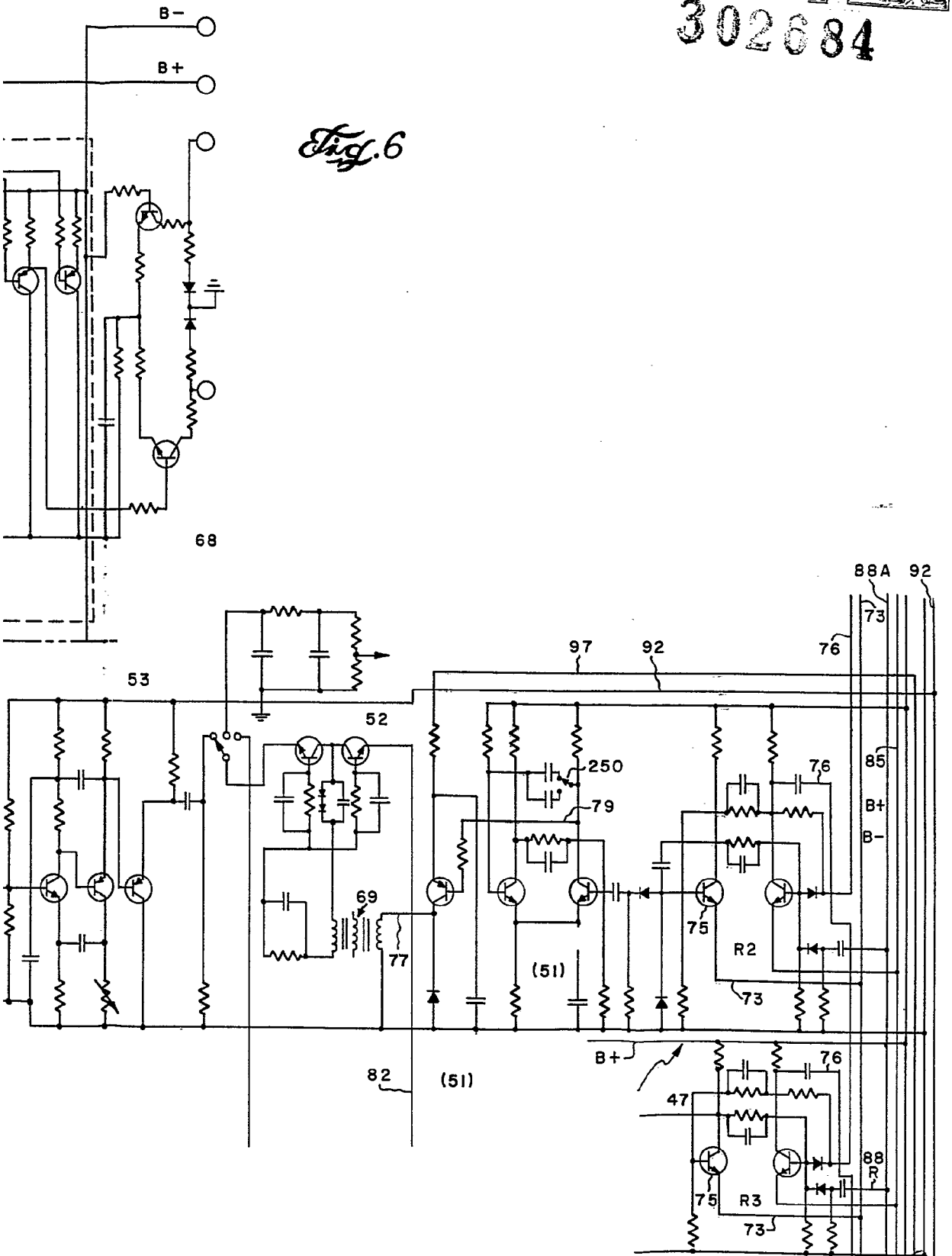


Fig. 5

3026684

Fig. 6



302684

302684

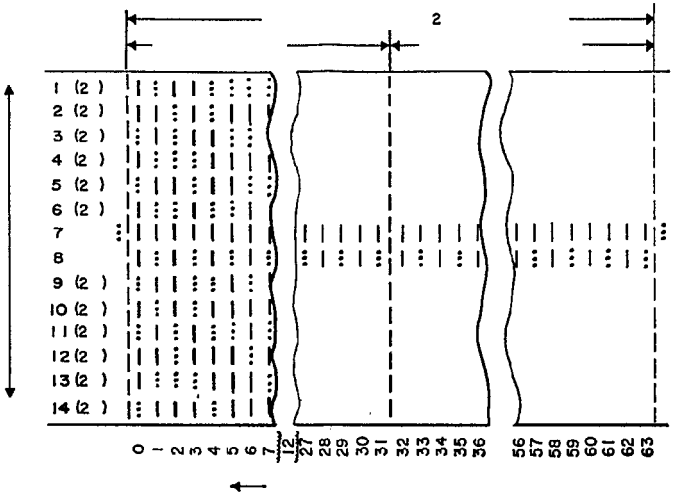


Fig. 9

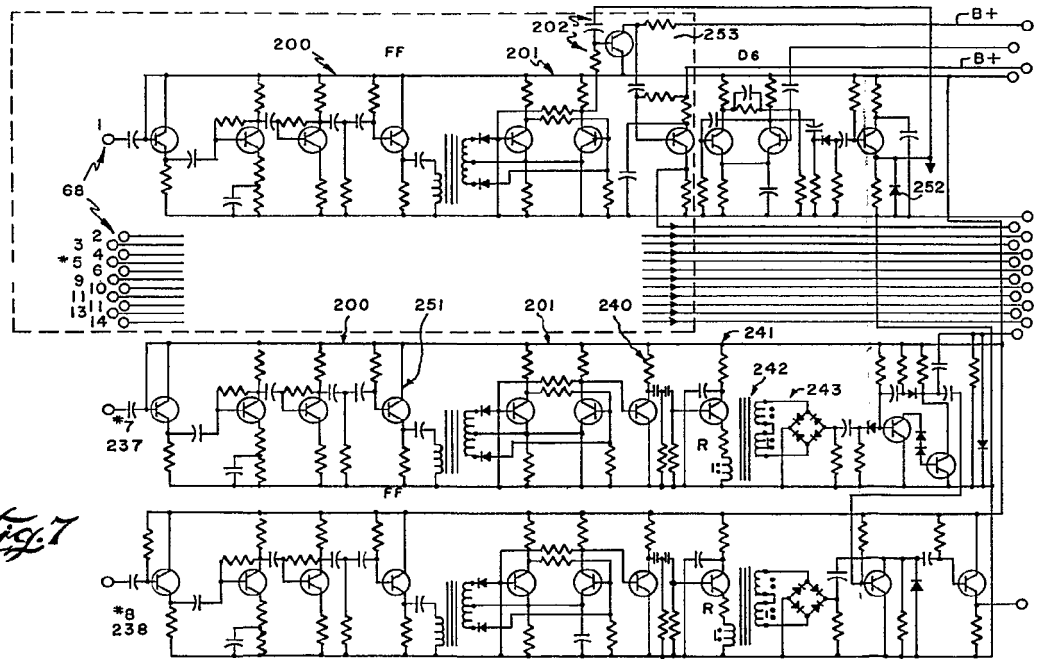


Fig. 7

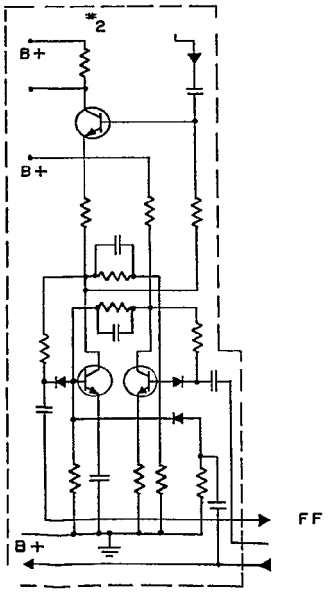


Fig. 8

302684

Fig.

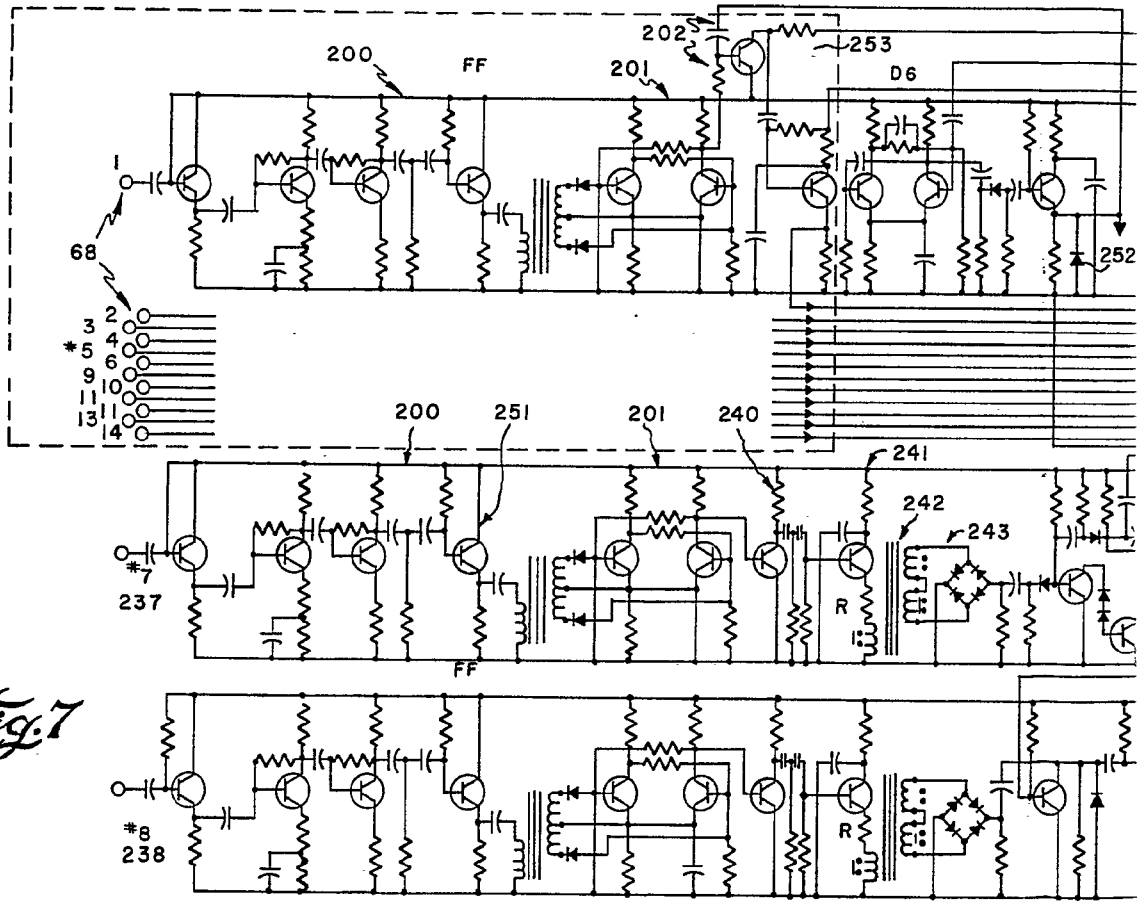
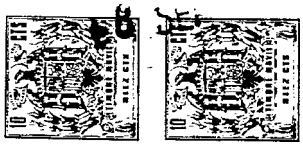


Fig.7

302684



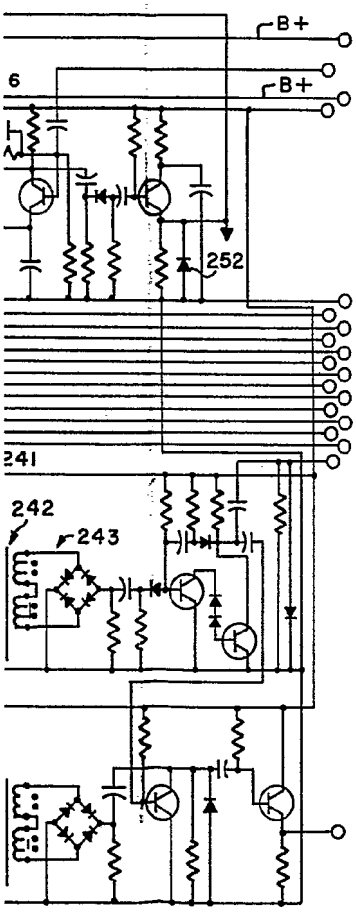


Fig. 9

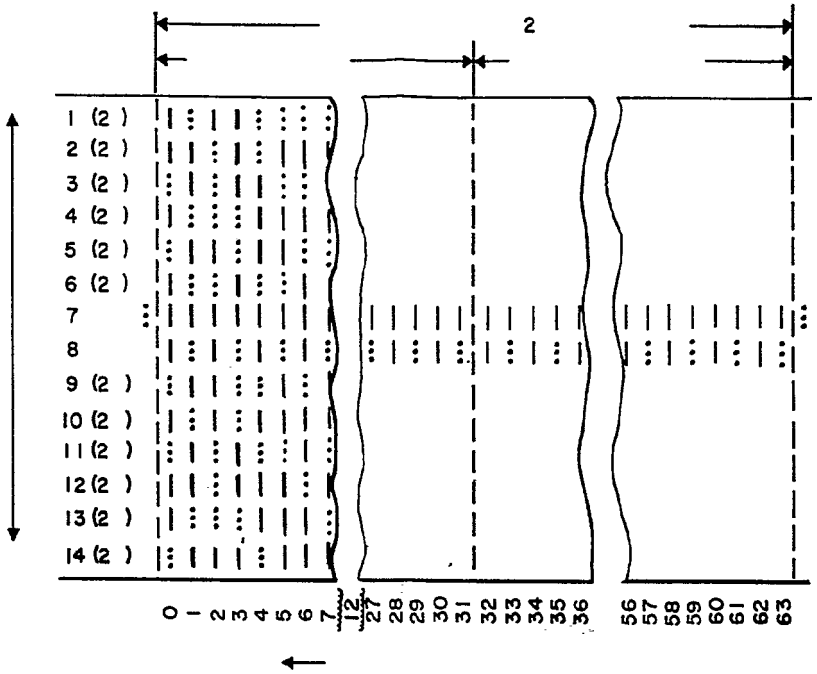
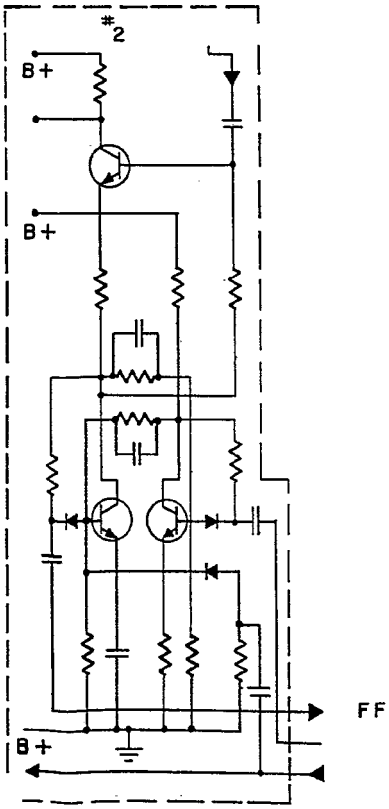


Fig. 8



302684

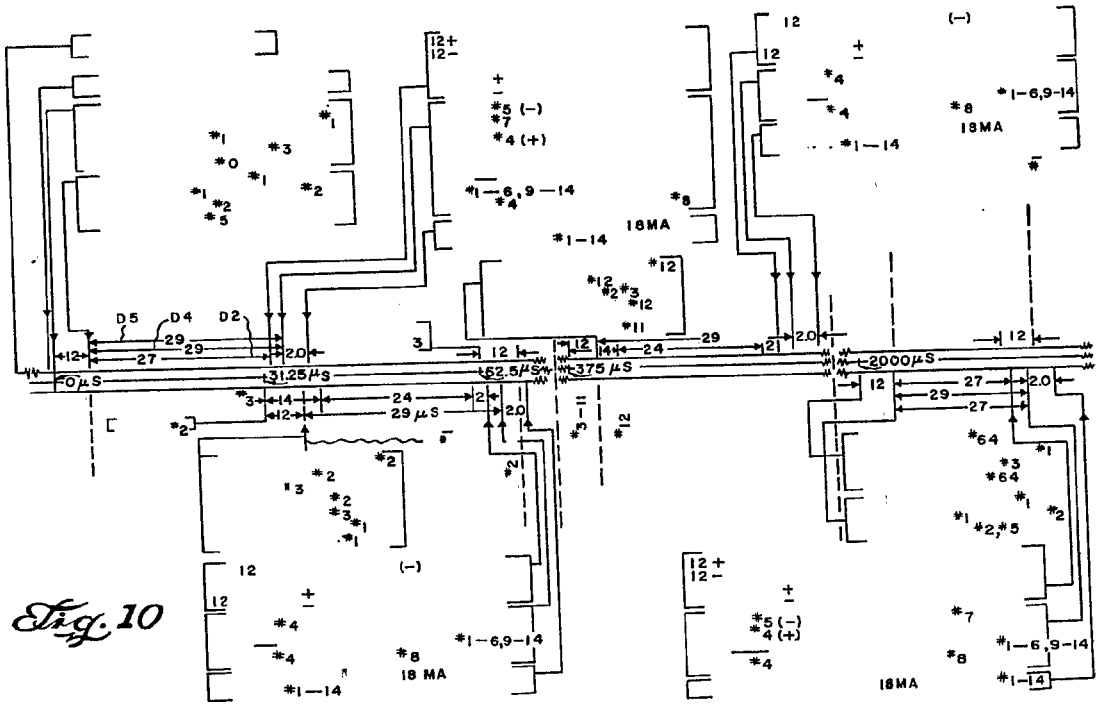


Fig. 10

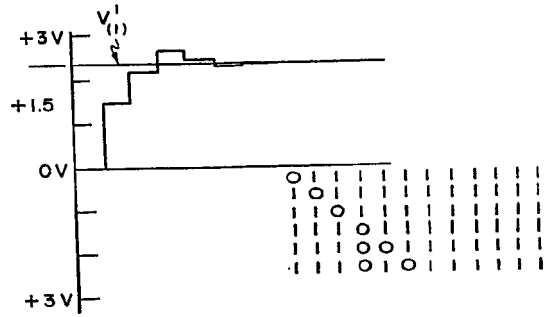


Fig. 11

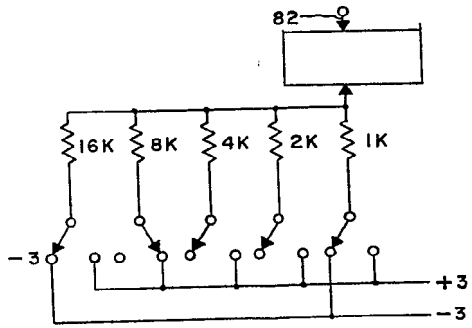


Fig. 12

302684

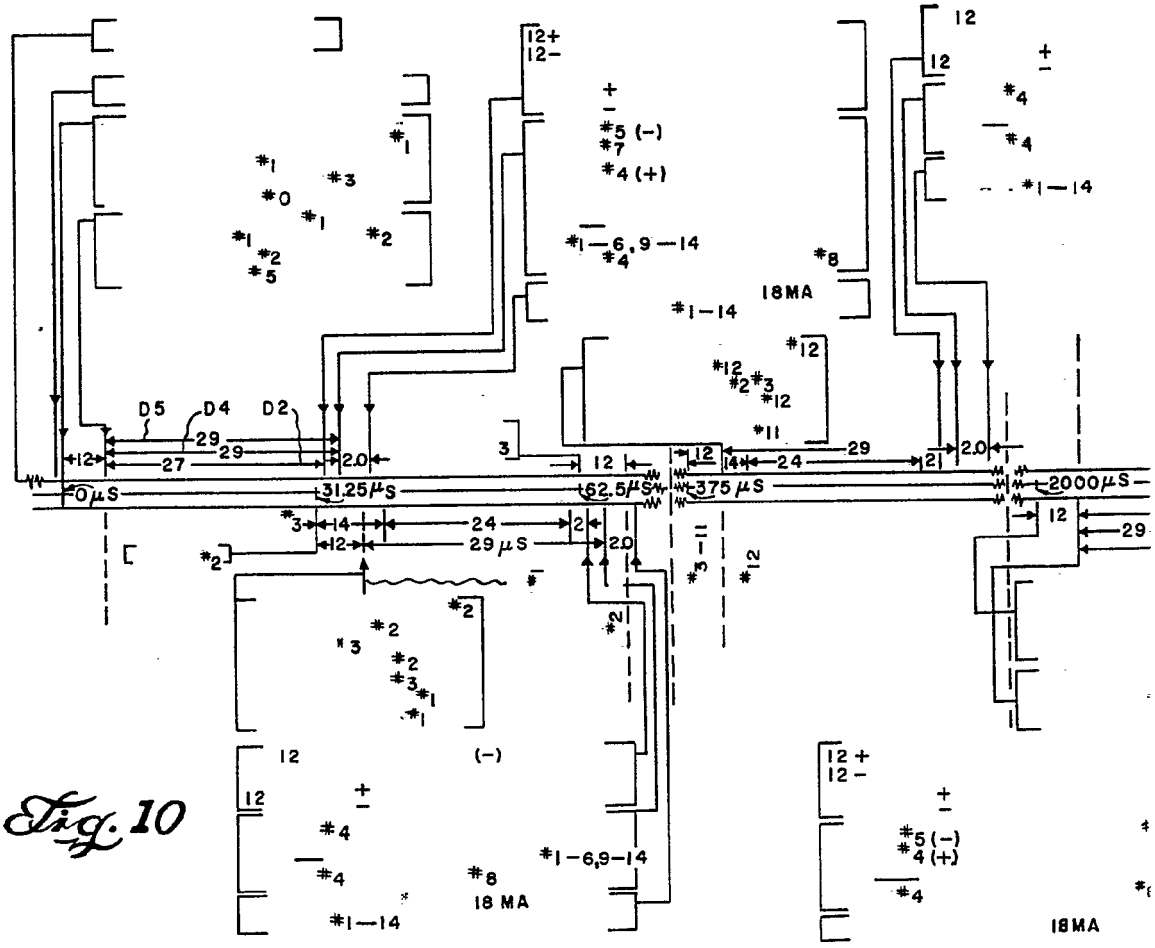
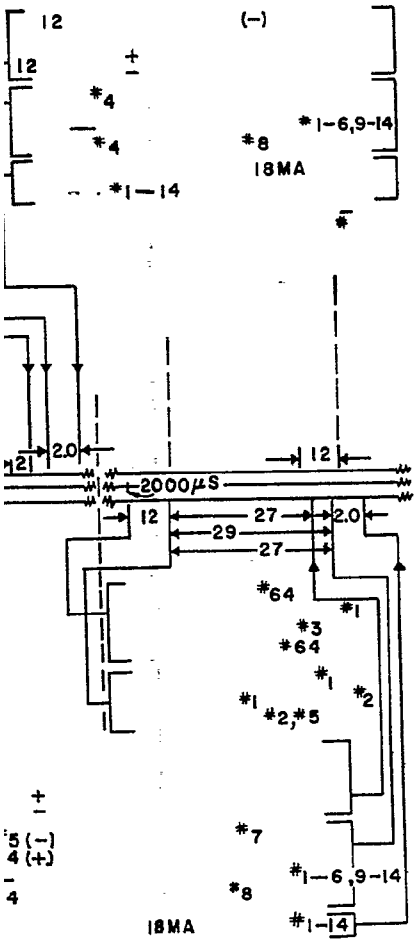


Fig. 10

302684



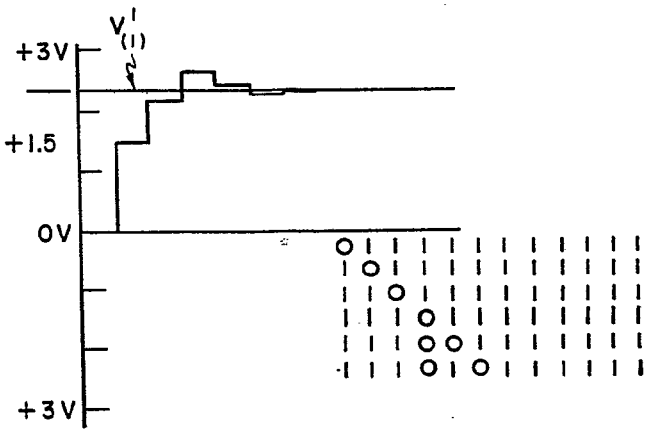


Fig. 11

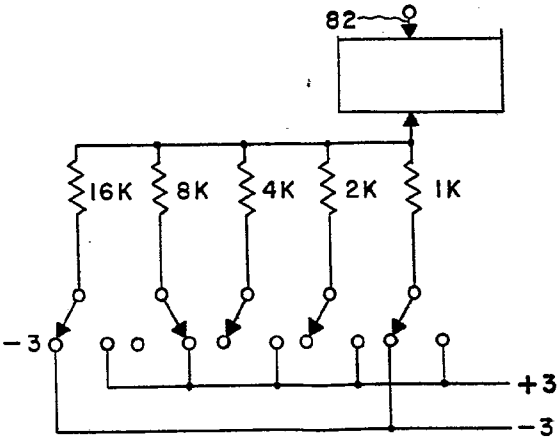


Fig. 12