

Int. Cl. :
G06F, H03K

38857

MEMORIA DESCRIPTIVA.

PATENTE DE INVENCION.

PAIS : ESPAÑA.

DURACION : 20 AÑOS.

OBJETO : "PROCEDIMIENTO DE MULTIPLICACION RAPIDA
"DE DOS MAGNITUDES CONIFICADAS EN SISTE-
"MA BINARIO Y DISPOSITIVO NUMERICO PARA
"SU PUESTA EN PRACTICA".

CONCEDIDA
A nombre de : JEUMONT-SCHNEIDER. 19 ENE. 1977
Residente en : PUTEAUX (Hauts de Seine) Francia,
31-32, Quai National.

Nacionalidad : FRANCESA.

El presente invento se refiere a un multiplicador numérico rápido, susceptible de multiplicar entre sí dos números codificados en sistema binario. Se refiere igualmente a los multiplicadores adicionadores numéricos capaces de

- 5.- calcular funciones del tipo $y_0 = A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2 + \dots + A_1 \cdot Y_1 + \dots + A_n \cdot Y_n$, formadas por la suma de n productos de dos números A_i e Y_i , siendo i un entero comprendido entre 1 y n . Además, el invento tiene por objeto filtros numéricos que incluyen tales multiplicadores-adicionadores.
- 10.-

Se sabe que el número de cifras o bits que pueden contener una magnitud codificada en sistema binario puede ser muy grande y que, en los circuitos multiplicadores conocidos, el tiempo de ejecución de una multiplicación es

- 15.- tanto mayor cuanto mayor es el número de cifras de las magnitudes a multiplicar entre sí. Además, cuando se necesita buena precisión es necesario que el número de cifras de estas magnitudes sea grande. El funcionamiento de los circuitos multiplicadores conocidos, por tanto, es relativamente
- 20.- lento, a causa del gran número de cifras de dichas magnitudes.

El presente invento tiene por objeto remediar este inconveniente y crear un multiplicador rápido.

- 25.- La idea de partida del invento es la de reducir todo lo posible el número de las cifras de las magnitudes a multiplicar al tiempo que se conserva una precisión relativa sa-

- satisfactoria y, a este efecto, se eliminan, por una parte, las cifras menos significativas, es decir, de poco peso y, por otra parte, las cifras más significativas, es decir, de gran peso, iguales a cero y cuyo peso sea superior a la primera cifra de gran peso igual a uno. Naturalmente, es necesario indicar cuantas cifras poco significativas del lado de los pesos pequeños han sido suprimidas en la nueva representación de la magnitud, lo que permite así conocer el peso de las diferentes cifras. Cada magnitud se presenta entonces bajo la forma:
- 30.- - de un número, con su signo, que comprende las principales cifras significativas, la primera de las cuales, que tiene el mayor peso, es diferente de cero. Este número representa la amplitud de la magnitud;
 - 35.- - de un número, con su signo, que indica, con relación a la magnitud inicial, el peso de la nueva unidad. El signo indica si el peso de esta unidad en la nueva representación es superior o inferior al de la unidad en la antigua representación.
 - 40.- El número indica el factor multiplicativo que permita pasar de una unidad a la otra, es decir, el desplazamiento o diferencia de peso entre la nueva y la antigua unidad. En otras palabras, este número y su signo indican, de modo proporcional, la amplitud y el sentido del desplazamiento o diferencia a efectuar para ordenar las diferentes cifras de una magnitud en la columna que representa su propio peso. En lo que sigue, este número se denominará "número de desplazamiento".

Así, según el invento, el procedimiento de multiplicación rápida de dos magnitudes codificadas en sistema binario

55.-

- y que comprenden cada una una pluralidad de cifras, se caracteriza porque cada una de las dos magnitudes es transformada de modo que se le dé una nueva representación de la cual se excluyen, por una parte, todas las cifras nulas de gran peso cuyo peso es superior a la primera cifra de gran peso igual a uno y, por otra parte, ciertas cifras de los pesos menores, estando así cada una de dichas magnitudes, después de transformación, representada por un primer número de amplitud con su signo, que comprende las principales cifras significativas la primera de las cuales, que tiene ahora el mayor peso, es diferente de cero, y por un segundo número de desplazamiento que indica, por su amplitud, el desplazamiento de peso entre las unidades de las representaciones inicial y nueva de la magnitud y, por su signo, el sentido de este desplazamiento, después de lo cual, de modo conocido, los números de amplitud de las dos magnitudes son multiplicados, al paso que dichos números de desplazamiento son sumados algebricamente, siendo luego el resultado de esta última multiplicación desplazado hacia los pesos menores o hacia los pesos mayores en concordancia con las indicaciones dadas por la suma algebrica de los números de desplazamiento para proporcionar el resultado en representación normal de la multiplicación de las dos magnitudes iniciales.
- 60.-
- 65.-
- 70.-
- 75.-

Se ve que el procedimiento según el invento permite, cuando es admisible la pérdida de precisión, multiplicar mucho más rápidamente dos magnitudes. Por ejemplo, magnitudes de doce o dieciseis cifras pueden ser llevadas, de acuerdo con el invento, a ocho cifras.

Para poner en práctica el procedimiento de acuerdo con el invento, un multiplicador numérico rápido de dos magnitu-

85.-

- des codificadas en sistema binario y que comprenden cada una una pluralidad de cifras, se caracteriza porque tiene medios para transformar cada una de las dos magnitudes en un primer número de amplitud, con un signo, que comprende
- 90.- las principales cifras significativas, la primera de las cuales, que tiene el mayor peso, es diferente de cero, y en un segundo número de desplazamiento que indica por su amplitud el desplazamiento de peso entre las unidades de la magnitud antes y después de la transformación y por su
- 95.- signo el sentido de este desplazamiento, medios para multiplicar los números de amplitud de las dos magnitudes, medios para sumar algebricamente los números de desplazamiento de las dos magnitudes, y medios para desplazar el resultado de la multiplicación de los dos números de amplitud
- 100.- hacia los pesos pequeños o hacia los pesos grandes, de acuerdo con las indicaciones dadas por la suma algebrica de los números de desplazamiento.

- Los medios de transformación de tal magnitud pueden comprender un detector y un orientador, cada uno de los cuales
- 105.- recibe simultáneamente dicha magnitud, determinando dicho detector, por comparación, el peso de la primera cifra de los pesos grandes de la magnitud, que es diferente de cero, y mandando al orientador para que, a la salida de éste, este peso represente el peso más grande de la magnitud
- 110.- transformada. Así, si dicho orientador está previsto para tratar magnitudes de un número de cifras o formato determinado, la eliminación de las cifras de los pesos menores se hace automáticamente, siendo el número de cifras de peso pequeño eliminadas igual a la diferencia entre el número
- 115.- de cifras inicial de la magnitud y el formato del orienta-

dor, disminuída en el desplazamiento debido a la supresión de los pesos grandes. Tal orientador puede estar constituido por un registro de desplazamiento o un multipléxador. Lo mismo puede decirse de los medios previstos para desplazar
120.- el resultado de la multiplicación de los dos números de amplitud de las magnitudes.

El presente invento se aplica muy particularmente a la realización de multiplicadores-adicionadores numéricos rápidos susceptibles de calcular funciones de la forma

$$125.- y_0 = A_1 \cdot y_1 + A_2 \cdot y_2 + \dots + A_1 \cdot y_1 + \dots + A_n \cdot y_n.$$

En los multiplicadores-adicionadores conocidos de este tipo, los cálculos de los diferentes productos $A_1 \cdot y_1$ se efectúan simultáneamente por n circuitos de multiplicación distintos, después de lo cual los n resultados son sumados
130.- entre sí, en un adicionador con n entradas, en cuya salida aparece el resultado y_0 buscado. El presente invento permite acelerar el funcionamiento de tal multiplicador-adicionador conocido, con la condición de que los n multiplicadores que calculan los productos $A_1 \cdot y_1$ sean del tipo descri-
135.- to más arriba.

Por lo demás, se sabe que un multiplicador-adicionador de este tipo es particular, aunque no exclusivamente, apropiado para ser utilizado en la realización de filtros numéricos en los cuales el efecto de filtrado de una señal se
140.- obtiene por muestreo de ésta a una frecuencia determinada, y luego por adición a una muestra actual, de ciertas frecuencias de muestras anteriores. Filtros numéricos de este tipo han sido descritos, por ejemplo, en el artículo titulado "Recent Advances in the Synthesis of Comb Filters" (1957,
145.- I.R.E. Nat. Conv. Rec., páginas 186 a 199) y en el artículo

titulado "Digital Filter Design Techniques in the Frequency Domain", de Charles M. Raden y Bernard Gold (Proceedings of the I.E.E.E., Febrero de 1967). El interés de tales filtros numéricos es grande, en especial en las técnicas del
150.- radas y de la transmisión de informaciones, por ejemplo en telefonía.

Estos filtros numéricos conocidos presentan en líneas generales la misma estructura que dichos multiplicadores-adicionadores. Sin embargo, además, su salida está bucleada
155.- a una entrada de cada circuito de multiplicación distinto por dispositivos de retardo, por ejemplo, memorias de desplazamiento, porque entonces las diferentes magnitudes y_1 , y_2 , y_n son respectivamente los valores de y_0 en los instantes $-T$, $-2T$, ... $-nT$, siendo T el período de muestreo
160.- de la señal a filtrar. De etto resulta que es suficiente prever, para el conjunto de las magnitudes y_0 , y_1 , y_n , medios de transformación conocidos, dispuestos en dicho bucle. A las magnitudes A_1 , A_2 , A_n están asociados medios de transformación semejantes a los previstos en los multi-
165.- plicadores-adicionadores según el invento.

Las figuras del dibujo anejo permitirán comprender mejor cómo puede realizarse el invento.

La figura 1 muestra esquemáticamente un multiplicador según el invento.

170.- La figura 2 es el esquema de los medios de transformación de las magnitudes a multiplicar según el invento.

La figura 3 da el esquema sinóptico de un multiplicador-adicionador según el invento.

La figura 4 muestra un filtro numérico de frecuencias
175.- conforme al invento.

En estas figuras, los números de referencia idénticos indican elementos semejantes.

El multiplicador según el invento mostrado en la figura 1 tiene una memoria M (X) y una memoria M (Y) en las
180.- cuales son respectivamente almacenadas las magnitudes X e Y a multiplicar. Estas magnitudes se presentan cada una en forma de un primer número, con su signo, que representa la amplitud de la magnitud correspondiente, y en segundo número, igualmente con su signo, que indica el desplazamiento experimentado por dicha magnitud. Con relación a la fi-
185.- gura 2, se explicará luego como las magnitudes X e Y pueden ser transformadas para que estén representadas por un número de amplitud y un número de desplazamiento.

El multiplicador de la figura 1 tiene, además, una unidad de multiplicación M, de cualquier tipo conocido, a las
190.- entradas de multiplicando y de multiplicador de la cual son aplicados respectivamente, a partir de las memorias M (X) y M (Y), los números de amplitud de las magnitudes X e Y. A la salida de la unidad de multiplicación M aparece, pues,
195.- el producto de estos dos números, producto que es transmitido a un orientador A G R.

Por lo demás, el multiplicador de la figura 1 tiene una unidad de cálculo de signo S que recibe, respectivamente, de las memorias M (X) y M (Y), los signos Sx y Sy de
200.- las magnitudes X e Y. El signo resultante de la multiplicación de las magnitudes X e Y es proporcionado por la unidad de cálculo S a un terminal g.

Las memorias M (X) y M (Y) proporcionan, además, a una unidad de cálculo F, los números de desplazamiento de
205.- las magnitudes X e Y y sus signos. En la unidad de cálculo

F, los dos números de desplazamiento son sumados algebraicamente, y el resultado de la adición indica, por su amplitud, el desplazamiento resultante y, por su signo, el sentido de este desplazamiento. El orientador A G R recibe esta suma
210.- y su signo y desplaza el producto X.Y, procedente de M, en el sentido indicado por este signo y en el número de cifras indicado por esta suma. Así, en la salida e del orientador A G R aparece el producto reordenado de las magnitudes X e Y.

215.- Así, el dispositivo de la figura 1 permite efectuar la multiplicación de las magnitudes X e Y en su forma simplificada (números de amplitud), lo que acelera esta multiplicación, al tiempo que proporciona en su salida el resultado exacto del producto calculado, salvo la pérdida de precisión.
220.- La multiplicación de las magnitudes X e Y, pues, se efectúa con coma flotante.

La transformación de cada una de las dos magnitudes X e Y en dos números, a saber, un número de amplitud y un número de desplazamiento, tales como se han definido más
225.- arriba, puede obtenerse con ayuda del dispositivo mostrado en la figura 2. Este dispositivo tiene un detector DT y un orientador A G T. Las magnitudes a transformar y sus signos están contenidos en una memoria M_m , al paso que las magnitudes transformadas, es decir, los números de amplitud y
230.- de desplazamiento y sus signos, son almacenadas, después de su obtención, en la memoria M (X) o M (Y), para su utilización posterior.

La amplitud de una magnitud a transformar, por ejemplo X, almacenada en la memoria M_m , es aplicada simultáneamente
235.- al detector DT y al orientador A G T, al paso que el signo

de la magnitud correspondiente es transferido directamente a la memoria $M(X)$. El detector DT determina, por comparación la cifra de mayor peso de la magnitud X que es diferente de cero y transmite al orientador A G T una dirección, o número de desplazamiento, correspondiente al peso de esta cifra. En el orientador A G T, la magnitud X sufre un desplazamiento de acuerdo con esta dirección, lo que da el número de amplitud. El detector DT y el orientador A G T transmiten entonces respectivamente el número de desplazamiento y el número de amplitud a la memoria $M(X)$ que contiene ya el signo de X .

Se observará que, en el caso que el número de cifras máximo que el orientador A G T permite asignar a los números que trata es inferior al número de cifras que compone cada número procedente de la memoria M_n , la eliminación de las cifras de los pesos menores se hace automáticamente. Además, si se supone, ya que los números son enteros, ya que tienen una coma, pero que son superiores a uno. entonces el desplazamiento es siempre del mismo sentido. El signo del número de desplazamiento pierde entonces su interés.

La figura 3 da un ejemplo de realización de un multiplicador-adicionador conforme al invento. Este multiplicador-adicionador tiene, por una parte, un conjunto de adición AD con n grupos de entradas de señales e_1 a e_n , estando una entrada de signo s_1 a s_n asociada a cada grupo de entradas de señal e_1 a e_n y, por otra parte, n conjuntos de multiplicación E_1 a E_n idénticos. Los grupos de entradas e_1 a e_n reciben respectivamente las señales de salida de los conjuntos E_1 a E_n , al paso que en las entradas s_1 a s_n se aplican respectivamente los signos de estas señales de

salida.

Así, cuando se desea obtener una función del tipo

$$Y_0 = A_1 \cdot Y_1 + A_2 \cdot Y_2 + \dots + A_n \cdot Y_n$$

270.- las entradas e_1 y s_1 reciben respectivamente la amplitud y el signo del producto $A_1 \cdot Y_1$, las entradas e_2 y s_2 , la amplitud y el signo del producto $A_2 \cdot Y_2$ al paso que las entradas e_n y s_n son alimentadas, respectivamente, por la amplitud y el signo del producto $A_n \cdot Y_n$.

275.- Por ser todos los conjuntos de multiplicación E_1 a E_n idénticos y de estructura semejante a la del multiplicador de la figura 1, bastará describir uno solo, por ejemplo el de rango 1.

280.- Cada conjunto de multiplicación E_1 tiene una memoria $M(Y_1)$ y una memoria $M(A_1)$ en las cuales son almacenadas respectivamente las magnitudes A_1 e Y_1 . Estas se presentan en la forma antes indicada, es decir que cada una de ellas tiene un primer número, con su signo, que representa la amplitud de la magnitud, y un segundo número, igualmente con su signo, que indica su desplazamiento. Las magnitudes A_1 e Y_1 han sido introducidas en las memorias $M(Y_1)$ y $M(A_1)$, por ejemplo con ayuda del dispositivo mostrado en la fig. 2.

290.- El conjunto de multiplicación E_1 tiene una unidad de multiplicación M_1 que recibe en sus entradas de multiplicando el número que representa la amplitud de Y_1 y, en sus entradas de multiplicador, el número que representa la amplitud de A_1 . Así, a la salida de la unidad M_1 aparece el resultado del producto de estos dos números.

295.- De modo conocido, las unidades de multiplicación M_1 a M_n pueden estar formadas por circuitos de multiplicación elementales que permitan realizar la multiplicación de un multiplicando de p cifras por un multiplicador de q cifras

- y añadir al resultado el valor de un número aplicado a entradas denominadas "de constante". Siendo fijos los números \underline{p} y \underline{q} y, por tanto, limitados, el agrupamiento de varios
- 300.- circuitos de multiplicación de este tipo permite aumentar el número de las cifras de las entradas hasta poder aplicar, en las respectivas entradas del agrupamiento, la totalidad de las cifras del multiplicando y del multiplicador. Estos dos números son así recortados en tramos respectivos
- 305.- de \underline{p} y \underline{q} cifras, siendo aplicado cada uno de estos tramos sobre un cierto número de circuitos de multiplicación elementales. Cada uno de éstos proporciona un resultado parcial cuya unidad es el producto de las unidades del tramo del multiplicando y del del multiplicador aplicados en entrada.
- 310.- Estos diferentes resultados parciales deben ser sumados entre sí teniendo en cuenta sus pesos respectivos. Para ello, cada uno de los productos parciales es aplicado a las entradas de constante de otro multiplicador elemental, cuyo peso de las cifras en salida es igual al del número
- 315.- aplicado en la entrada de la constante. Cada circuito de multiplicación elemental efectúa así la multiplicación de los dos números aplicados a las entradas de multiplicando y de multiplicador y añade al resultado el valor del número aplicado sobre la entrada de la constante. De este modo, las
- 320.- multiplicaciones y adiciones se desarrollan simultáneamente.
- Cada conjunto de multiplicación E_1 incluye una unidad de cálculo de signo S_1 relativo a la amplitud del producto, que recibe de las memorias $M(y_1)$ y $M(A_1)$ los signos respectivos relativos a las amplitudes de y_1 y A_1 .
- 325.- Una unidad de cálculo F_1 recibe respectivamente de

$M(y_1)$ y de $M(A_1)$ los números de desplazamiento de y_1 y de A_1 y realiza su suma algebraica para obtener el número de desplazamiento resultante y su signo.

Así, en las salida de S_1 , F_1 y M_1 aparecen respectivamente el signo, el número de desplazamiento y el número de amplitud del producto $A_1 \cdot y_1$.

Los n resultados de las multiplicaciones deben, por mediación del conjunto AD, ser sumados entre sí. Es, pues, necesario, llevar estos n productos a una misma unidad, es decir, cuadrar los formatos. A este efecto, cada conjunto E_1 incluye un orientador AG 1 que permite desplazar cada productos $A_1 \cdot y_1$ en el sentido indicado por el signo de su número de desplazamiento y con una amplitud de desplazamiento igual a dicho número. Los orientadores A G 1 tienen su entrada unida a la salida de la unidad de multiplicación M_1 correspondiente y su salida (que forma la del conjunto E_1 correspondiente), reunida con la entrada e_1 asociada del conjunto de adición AD. Además, tienen una entrada de mando unida a la salida de la unidad de cálculo F_1 correspondiente. Así, cada orientador A G 1 permite aplicar al conjunto AD, en correspondencia con su peso, cada una de las cifras del producto que recibe de la unidad M_1 asociada.

Cada orientador A G 1 puede estar constituido por un registro de desplazamiento que permita desplazar las cifras del producto que le es aplicado en el sentido y en una cantidad indicados por el número de desplazamiento de dicho producto. Puede estar constituido igualmente por un circuito multiplexador que permita a cada entrada de un grupo de entradas e_1 del conjunto de adición AD elegir en las cifras del producto aplicado a dicho grupo la que corresponde

- a su peso. En este caso, las diferentes salidas de los multiplexadores A G i, hacia las cuales son orientadas las cifras de dichos productos $A_1 \cdot Y_1$, pueden estar unidas de modo rígido a las entradas del grupo de entradas c_1 correspondientes del conjunto AD. Naturalmente, la orientación en el interior del multiplexador es mandada igualmente por el número de desplazamiento correspondiente. Así, un número de desplazamiento igual a cero hará aplicar la cifra de menor peso de la salida de la unidad de multiplicación M_1 sobre la entrada unidad del grupo de entradas e_1 , sufriendo todas las otras cifras un desplazamiento semejante. Un número de desplazamiento igual a -1 hará aplicar la segunda cifra de los pesos pequeños de la salida de la unidad de multiplicación M_1 a esta misma entrada unidad del grupo e_1 .
- 360.- Un número de desplazamiento igual a +1 hará efectuar un desplazamiento de la misma amplitud, pero de sentido inverso.

El conjunto de adición AD recibe, pues, en sus diferentes entradas, los diferentes productos $A_1 \cdot y_1$ llevados al mismo formato. Hace, pues, la adición de esta n magnitudes teniendo en cuenta sus signos y da en sus salidas, respectivamente, el producto y_0 (salidas a y b) y su signo (salida c), apareciendo las cifras de gran peso en a y las de peso pequeño en b.

- 375.- Por ciertas aplicaciones, por ejemplo, utilización de la magnitud y_0 en circuitos análogos a los que acaban de ser descritos, puede ser ventajoso que y_0 sea transformado, como se ha indicado para A_1 e y_1 en dos números:
- un número que representa la magnitud de y_0 con su signo,
 - 380.- - un número que indique el desplazamiento (y su signo) de

y_0 . Esto puede efectuarse de manera semejante a la ilustrada en la figura 1.

A este efecto, las cifras de gran peso de y_0 son aplicadas a un circuito detector DT susceptible de determinar cual
390.- es la cifra de mayor peso de él, diferente de cero. El circuito detector DT compara entonces con cero la cifra de mayor peso de y_0 ; si el resultado de la comparación indica que hay diferencia, el detector DT detiene su comparación y transmite a un orientador AG y a una memoria M (y) una dirección
395.- o número de desplazamiento que designa el peso de esta cifra. Si el resultado de la comparación indica que la cifra de mayor peso es igual a cero, el circuito detector DT compara la cifra de peso inmediatamente inferior con cero etc....
400.- Si k es el número de cifras con coma fija y h el número de cifras con coma flotante, esta comparación recae sobre las $k - h$ cifras de mayor peso.

El detector DT da así el peso de la cifra de y_0 de mayor peso diferente de cero. Si no encuentra ninguna, proporciona una dirección igual al rango de la última cifra que
405.- ha analizado, aumentado en 1.

En el orientador AG al cual se transmite la totalidad de las cifras de y_0 , se hace sufrir a esta magnitud un desplazamiento, mandado por la dirección que el detector DT acaba de calcular, de modo que el orientador AG proporciona el número de amplitud de y_0 . El número de desplazamiento,
410.- el número de amplitud y el signo de y_0 son almacenados entonces en la memoria M (y).

Como antes, el orientador AG puede ser un registro de desplazamiento o un multiplicador.

415.- La figura 4 ilustra la aplicación del multiplicador-

adicionador según el invento a la realización de un filtro numérico rápido de dos pasos. Tal filtro tiene dos conjuntos E_1 y E_2 idénticos a los conjuntos E_1 antes descritos, unidos a los grupos de entrada $s_1, e_1, y s_2, e_2$ de un conjunto de adición AD con tres grupos de entradas. El tercer grupo de entradas s_0, e_0 , está unido a una memoria M_0 que contiene una magnitud x_0 . Aguas abajo del conjunto de adición AD se encuentra de nuevo la disposición DT, AG y M (y).

Además, el filtro numérico de la figura 4 contiene dos memorias de desplazamiento MD1 y MD2, montadas de modo que MD1 reciba las informaciones contenidas en M (y), siendo MD1 susceptible de transmitir informaciones que contiene, de una parte a M (y_1) y por otra parte a MD2. Igualmente esta última es susceptible de transmitir sus informaciones a M (y_2).

A partir de muestras de señal de amplitud x_0 , que lleguen a M_0 a un ritmo de período T, tal filtro permite calcular la función: $y_0 = A_1 \cdot y_1 - A_2 \cdot y_2 + x_0$, siendo y_1 e y_2 , respectivamente, los valores de y_0 en los instantes $-T$ y $-2T$ si y_0 se calcula en el tiempo 0, al paso que A_1 y A_2 son coeficientes.

Las magnitudes y_1 e y_2 aparecen respectivamente en la salida de las memorias MD1 y MD2, la primera de las cuales recibe, de M (y), la magnitud y_0 en su entrada. Las memorias MD1 y MD2 efectúan cada una un ciclo completo de desplazamiento en el tiempo T.

Como se ha explicado antes, los coeficientes A_1 y A_2 aparecen, en su forma transformada definida anteriormente, en la salida de las memorias permanentes M (A_1) y M (A_2) pertenecientes respectivamente a, los conjuntos E_1 y E_2 , e

y_1 y A_1 , por una parte, y_2 y A_2 , de otra parte, son aplicados sobre las entradas de multiplicando y de multiplicador de su unidad de multiplicación M_1 o M_2 , respectiva. Las señales en la salida de estas unidades de multiplicación son

450.- aplicadas a las entradas de los dos orientadores AG1 y AG2, cuya orientación es mandada por el número de desplazamiento de cada producto $A_1 \cdot y_1$ y $A_2 \cdot y_2$ (por mediación de las unidades de cálculo F_1 y F_2). Las tres magnitudes x_0 , $A_1 \cdot y_1$ y $A_2 \cdot y_2$ son sumadas en AD teniendo en cuenta su signo. El resultado y_0 es luego analizado por el detector DT que determina

455.- el rango de la cifra de mayor peso diferente de cero y, por tanto, el desplazamiento a aplicar. La magnitud y_0 recorre entonces el circuito de orientación AG, mandado por el valor de desplazamiento antes determinado, cuyas salidas son

460.- aplicadas, a través de M (y), en la entrada de la memoria de desplazamiento MD1 proporcionando y_1 . Se observa en esta misma memoria el valor del desplazamiento.

Con el fin de hacer comprender bien el modo de funcionamiento del filtro numérico de la figura 3 va a suponerse

465.- que:

- a) en salida de AD, y_0 tiene dieciséis cifras de magnitud y una cifra de signo, lo que, suponiendo una precisión sobre ocho cifras satisfactoria, entraña un desplazamiento máximo de ocho cifras,
 - 470.- b) en salida de M_0 , x_0 tiene diez cifras, más una cifra de signo,
 - c) en salida de MD1 y MD2, y_1 e y_2 tienen cada uno doce cifras, a saber, ocho cifras para el número de amplitud, una cifra para el signo y tres cifras para el número de desplazamiento.
- 475.-

Por lo demás, el sentido del desplazamiento se supone siempre el mismo, mientras que A_1 es inferior a 2 y A_2 está comprendido entre 0,5 y 1.

480.- Las ocho cifras de y_1 e y_2 , procedentes respectivamente de MD1 y MD2 a través de $M(y_1)$ y $M(y_2)$, son aplicadas sobre la unidad de multiplicación M_1 o M_2 asociada, que recibe igualmente A_1 o A_2 , que se presentan ellos también en forma de un vocablo de ocho cifras, o menos si la precisión resultara suficiente.

485.- Se observará que, si A_2 puede ser cuantificado y escrito en la forma $A_2 = 1 - 1/2^m$, siendo m entero positivo ≥ 1 , se puede simplificar el conjunto E_2 y hacer igual la multiplicación de y_2 por A_2 a una sustracción:

$$A_2 \cdot y_2 = y_2 - \frac{y_2}{2^m}$$

490.- Por ejemplo, si $A_2 = 0,984$, se puede escribir $A_2 = 1 - 1/2^6 = 1 - 1/64$, de donde $A_2 \cdot y_2 = y_2 - \frac{y_2}{64}$. Esto equivale a sustraer de y_2 , y_2 mismo desplazado en m veces hacia los pesos pequeños (en el ejemplo, $m = 6$) y, por tanto, dividido por $2^m = 2^6 = 64$.

495.- Por el hecho de la representación de y_2 con ayuda de ocho cifras, no quedan en este ejemplo más que $8 - 6 = 2$ cifras, la primera de las cuales puede ser 0 (véase luego) para representar $\frac{y_2}{64}$; hay, pues, pérdida de los pesos pequeños y disminución de este último número. Se sustrae así

500.- de y_2 una fracción menor que $\frac{y_2}{64}$; el coeficiente A_2 toma pues un valor un poco más cercano de 1 que el valor teórico tomado como ejemplo.

El producto $A_2 \cdot y_2$ aparece así muy rápidamente, lo que permite, después de orientación, adicionar este producto a

505.- x_0 , que está disponible desde el comienzo del cálculo.

Así, cuando el resultado de la multiplicación de A_1 por y_1 aparece en la salida de E_1 , no hay más que añadirlo al resultado de la adición precedente para obtener y_0 .

A fin de simplificar el material, los orientadores AG1
510.- y AG2 pueden efectuar cinco desplazamientos posibles, a saber, 0, 2, 4, 6 u 8 cifras, cuantificados por pasos de dos cifras. También, estas orientadoras permiten, a cada una de las cifras en entrada del adicionador AD, ser elegida "una entre cinco" cifras de la salida de las unidades de multi-
515.- plicación M_1 y M_2 .

Por el hecho de la cuantificación de los desplazamientos por grupos de dos cifras, la cifra de mayor peso tenida en cuenta en coma flotante puede ser 0, si la que le sigue es un 1. En efecto, un desplazamiento suplementario de dos
520.- cifras eliminaría esta segunda cifra. En el caso en que el número es pequeño (desplazamiento nulo), puede, evidentemente, haber varios ceros del lado de los pesos grandes.

Teniendo los grupos de entradas e_1 y e_2 del sumador AD, por ejemplo, dieciseis cifras cada uno, los orientadores
525.- AG1 y AG2 tienen, pues, treinta y dos circuitos de orientación, cada uno de los cuales efectúa una selección de "uno entre cinco". El sumador AD da en su salida una representación de y_0 en dieciseis cifras.

Las ocho cifras de mayor peso de y_0 son aplicadas al
530.- detector DT que determina el rango de la cifra de mayor peso diferente de cero. Este detector DT da tres cifras de dirección (número de desplazamiento) al orientador AG, cuya entrada recibe y_0 . El orientador AG efectúa una selección de "uno entre cinco", permitiendo un desplazamiento que puede
535.- variar de cero a ocho cifras.

Las ocho cifras que representan la magnitud de y_0 a la salida del orientador AG, la cifra de signo de y_0 y las tres cifras de desplazamiento son introducidas en la memoria de desplazamiento MDL.

540.- Se observará que, en el modo de realización de la figura 4, la memoria M (y) puede carecer de existencia material pudiendo las doce cifras de y_0 introducirse directamente en MDL, a partir de la salida del detector DT, de la salida del orientador AG y de la salida de signo b del adicionador
545.- AD.

Puede ser interesante hacer admitir al filtro de la figura 4 números cuyo número de cifras (o formato) sea superior al de la salida del adicionador AD. En el ejemplo antes descrito, se desea, por ejemplo, tratar números de die-
550.- ciocho cifras, en lugar de dieciseis.

Al nivel de las unidades de multiplicación M_1 y M_2 , no existe dificultad puesto que éstas trabajan con coma flotante; basta poder disponer de un desplazamiento de amplitud suficiente, en el caso presente 18-8-10 cifras, es de-
555.- cir de un desplazamiento suplementario de dos cifras. Al nivel del adicionador AD, donde habitualmente se trabaja en formato normal, es preciso conservar un desplazamiento residual de dos cifras para los tres números x_0 , $A_1 \cdot y_1$ y $A_2 \cdot y_2$, lo que permite eliminar, sobre las dieciocho cifras,
560.- dos cifras del lado de los pesos pequeños. Así, para los números, por ejemplo, y_1 e y_2 , que desbordan el formato susceptible de ser aceptado por el adicionador AD (dieciseis cifras), la amplitud del reordenamiento efectuado por los orientadores AG1 y AG2 se elige para que estos números ten-
565.- gan el formato aceptable: es decir, que la amplitud de tal

reordenamiento es inferior a la amplitud del reordenamiento que debería efectuarse normalmente y que el peso menor del número reordenado no corresponde al peso de las unidades, sino a un peso superior.- Por ejemplo, como se ha visto en 570.- el ejemplo anterior, con números de dieciocho cifras, sería preciso normalmente prever un reordenamiento de diez cifras. En realidad, no serán reordenadas más que ocho cifras y el peso menor equivaldrá a un peso de 2^2-4 . Inversamente, para el o los números (por ejemplo x_0) que no desbordan el formato susceptible de ser aceptado por el adionador AD, se procede a un desplazamiento (por medio de un orientador no representado) cuya amplitud es tal que su cifra de peso menor corresponda al mismo peso que la cifra de peso menor de los números que desbordan el formato. Así, 575.- en el ejemplo precedente, x_0 será desplazado en dos cifras para que su cifra de peso menor tome el peso 4. 580.-

Naturalmente, los dos conjuntos de multiplicación E_1 y E_2 deben ser acoplados para que los reordenamientos de los orientadores AG1 y AG2 sean los mismos.

585.- N O T A.-

Los puntos de invención propia y nueva que se presenten para que sean objeto de esta Patente de Invención en España, por veinte años, son los siguientes:

12.- Procedimiento de multiplicación rápida de dos 590.- magnitudes codificadas en sistema binario y que comprenden cada una una pluralidad de cifras, caracterizado porque cada una de las dos magnitudes es transformada, de modo que se le dé una nueva representación de la cual se excluyen, de una parte, todas las cifras nulas de pesos grandes cuyo 595.- peso sea superior a la primera cifra de peso grande igual

a uno y, por otra parte, ciertas cifras de los pesos menores, estando así cada una de dichas magnitudes, después de la transformación, representada por un primer número de amplitud con su signo, que comprende las principales cifras significativas la primera de las cuales, que tiene ahora el mayor peso, es diferente de cero, y por un segundo número de desplazamiento que indica, por su amplitud, el desplazamiento de peso entre las unidades de las representaciones inicial y nueva de la magnitud, y por su signo, el sentido de este desplazamiento, después de lo cual, de manera conocida, los números de amplitud de las dos magnitudes son multiplicados, mientras que dichos números de desplazamiento son sumados algebricamente, siendo luego el resultado de esta última multiplicación desplazado hacia los pesos menores o hacia los pesos mayores de acuerdo con las indicaciones dadas por la suma algebrica de los números de desplazamiento para proporcionar el resultado en representación normal de la multiplicación de las dos magnitudes iniciales.

22.- Un dispositivo numérico que comprende por lo menos un multiplicador, que pone en práctica el procedimiento del punto 12, para multiplicar dos magnitudes codificadas en sistema binario, formadas cada una por una pluralidad de cifras, caracterizado porque dicho multiplicador tiene medios para transformar cada una de las dos magnitudes en un primer número de amplitud, con un signo, que comprende las principales cifras significativas, la primera de las cuales, que tiene el mayor peso, es diferente de cero, y en un segundo número de desplazamiento que indica, por su amplitud, el desplazamiento de pesos entre las unidades de la magnitud antes y después de la transformación, y, por su signo, el

sentido de este desplazamiento, medios para multiplicar los números de amplitud de las dos magnitudes, medios para sumar algebraicamente los números de desplazamiento de las dos magnitudes, y medios para desplazar el resultado de la multiplicación de los dos números de amplitud hacia los pesos pequeños o hacia los pesos grandes, en concordancia con las indicaciones dadas por la suma algebraica de los números de desplazamiento.

32.- Un dispositivo según el punto 22, caracterizado porque los medios de transformación de tal magnitud a multiplicar comprenden un detector y un orientador que reciben cada uno simultáneamente dicha magnitud, determinando dicho detector, por comparación, el peso de la primera cifra de los pesos grandes de la magnitud que es diferente de cero y mandando al orientador para que, a la salida de éste este peso represente el peso mayor de la magnitud transformada.

42.- Un dispositivo según uno de los puntos 22 o 32, caracterizado porque, entre dicho orientador y dichos medios para desplazar el resultado de la multiplicación de los dos números de amplitud, al menos uno de los dos sistemas tiene un registro de desplazamiento.

52.- Un dispositivo según uno de los puntos 22 o 32, caracterizado porque, entre dicho orientador y dichos medios para desplazar el resultado de la multiplicación de los dos números de amplitud, al menos uno de los dos sistemas tiene un multiplexador.

62.- Un dispositivo según cualquiera de los puntos 22 a 52, caracterizado porque tiene, de manera en sí conocida, por una parte, una pluralidad de n multiplicadores numéricos que efectúan cada uno la multiplicación de dos magnitu-

des A_i e y_i , como i entero comprendido entre 1 y $\frac{n}{y}$, y, por otra parte, un adicionador que efectúa la suma $\sum_{i=1}^{\frac{n}{y}} A_i \cdot y_i$ de los diferentes productos $A_i \cdot y_i$ obtenidos a la salida de dichos multiplicadores.


- 660.- 7a.- Un dispositivo según el punto 6a, que funciona como filtro numérico de frecuencias que, a partir de muestras de señal de amplitud x_0 que llegan a dicho adicionador a un ritmo fijo de período T , permite calcular la magnitud $y_0 = x_0 + \sum_{i=1}^{\frac{n}{y}} a_i \cdot y_i$, en la cual los diferentes A_i son coeficientes y los diferentes y_i son los valores de y_0 en los instantes $-iT$, estando bucleada la salida de dicho dispositivo a una entrada de cada multiplicador distinto por un dispositivo de retardo, caracterizado porque tiene, en dicho bucle, medios de transformación comunes a todos los y_i .
- 665.- 8a.- Un dispositivo según uno cualquiera de los puntos 6a o 7a, destinado al tratamiento de números cuyo formato excede del susceptible de ser aceptado por dicho adicionador, caracterizado porque tiene medios suplementarios para desplazar los diferentes números introducidos en el adicionador, estando mandados dichos medios de modo que, para los números que desbordan del formato de dicho adicionador, el peso menor de este último corresponda a un peso superior al de la unidad de dichos números, al paso que, para los números que no desbordan de este formato, el peso menor corresponda al mismo peso que la cifra de peso menor de los números que desbordan del formato.
- 670.- 9a.- Un dispositivo según el punto 8a, caracterizado porque, para los números que representan el resultado de la multiplicación disponible a la salida de los multiplicadores, los medios suplementarios de desplazamiento están for-
- 675.-
- 680.-
- 685.-

mados por los medios de desplazamiento de estos multiplicadores.

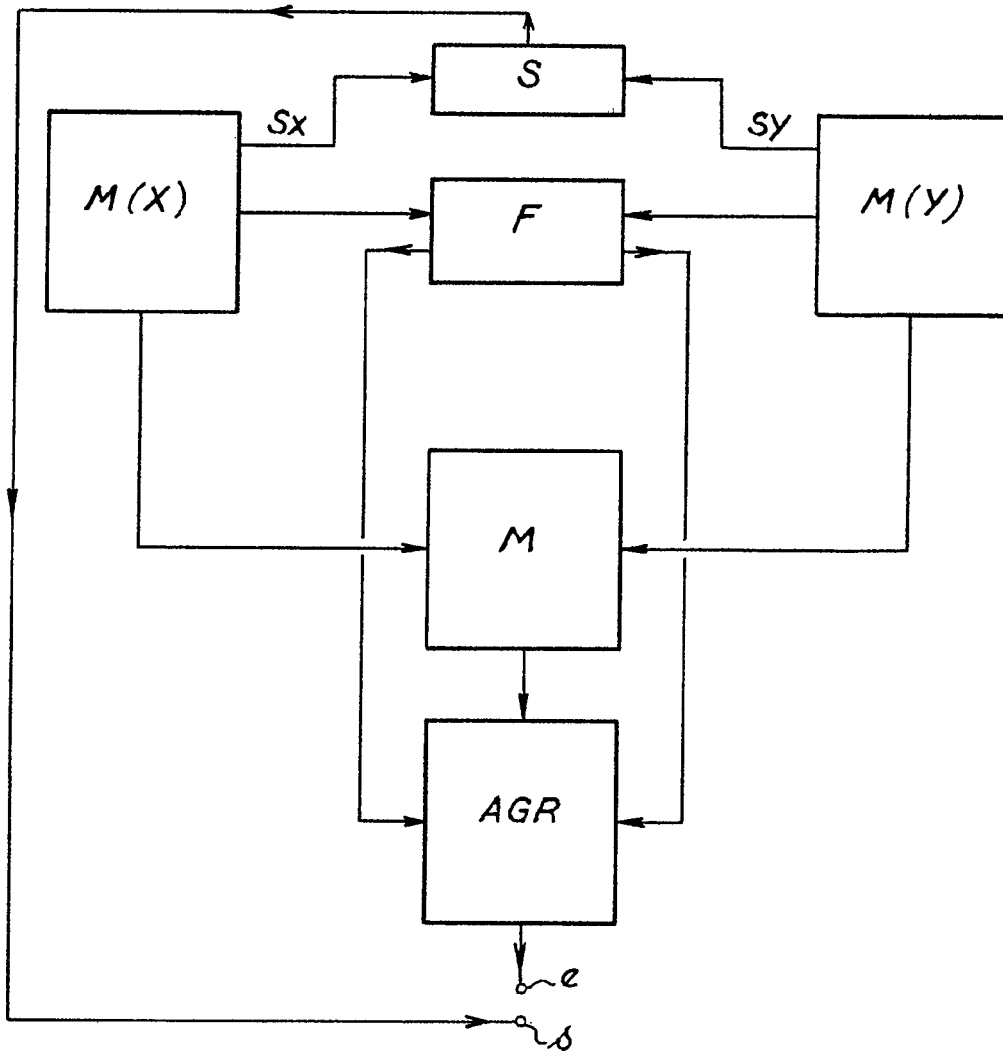
102.- Un dispositivo según cualquiera de los puntos 82 a 92, caracterizado porque los diferentes medios suplementarios de desplazamiento están acoplados para que dichos desplazamientos sean los mismos.

112.- "PROCEDIMIENTO DE MULTIPLICACION RAPIDA DE DOS MAGNITUDES CODIFICADAS EN SISTEMA BINARIO Y DISPOSITIVO NUMERICO PARA SU PUESTA EN PRACTICA", todo tal y conforme se describe en la presente Memoria, la cual consta de 697 líneas y a título de ejemplo se representa en los adjuntos dibujos.

Madrid, 25 JUN. 1975



ESCALA VARIABLE



Madrid, 25 JUN. 1975

FIG. 1

ESCALA VARIABLE.

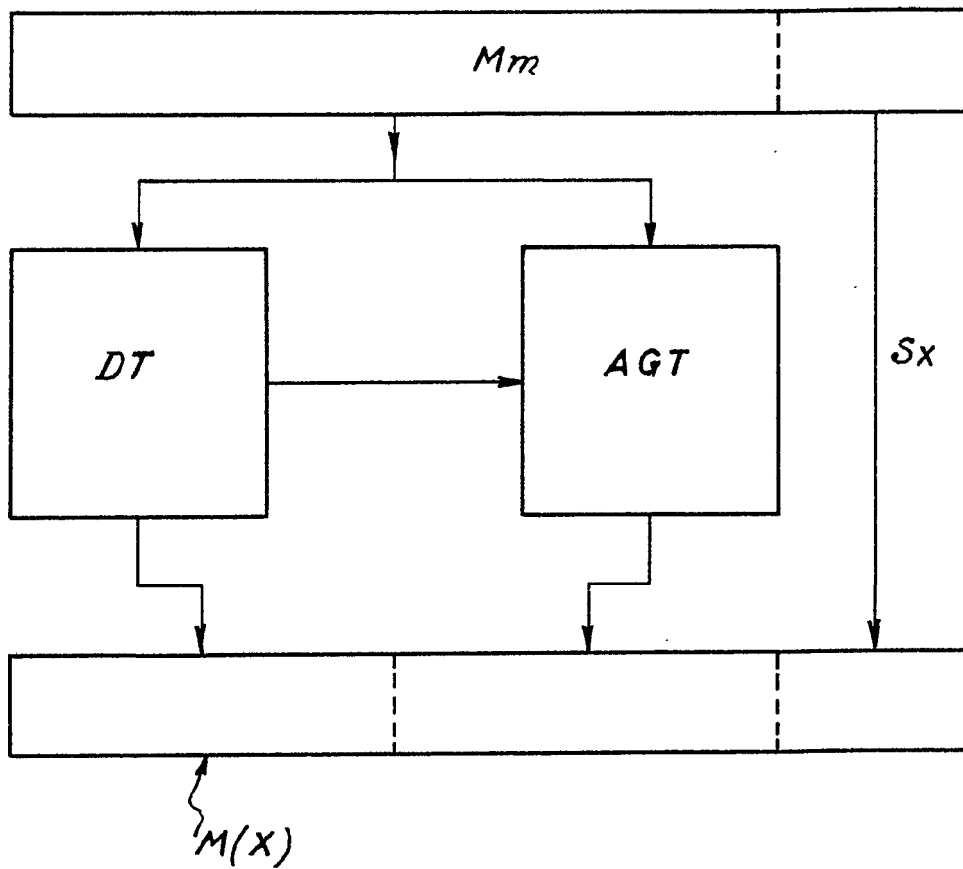


FIG.2

Madrid, 25 JUN 1975

ESCALA VARIABLE.

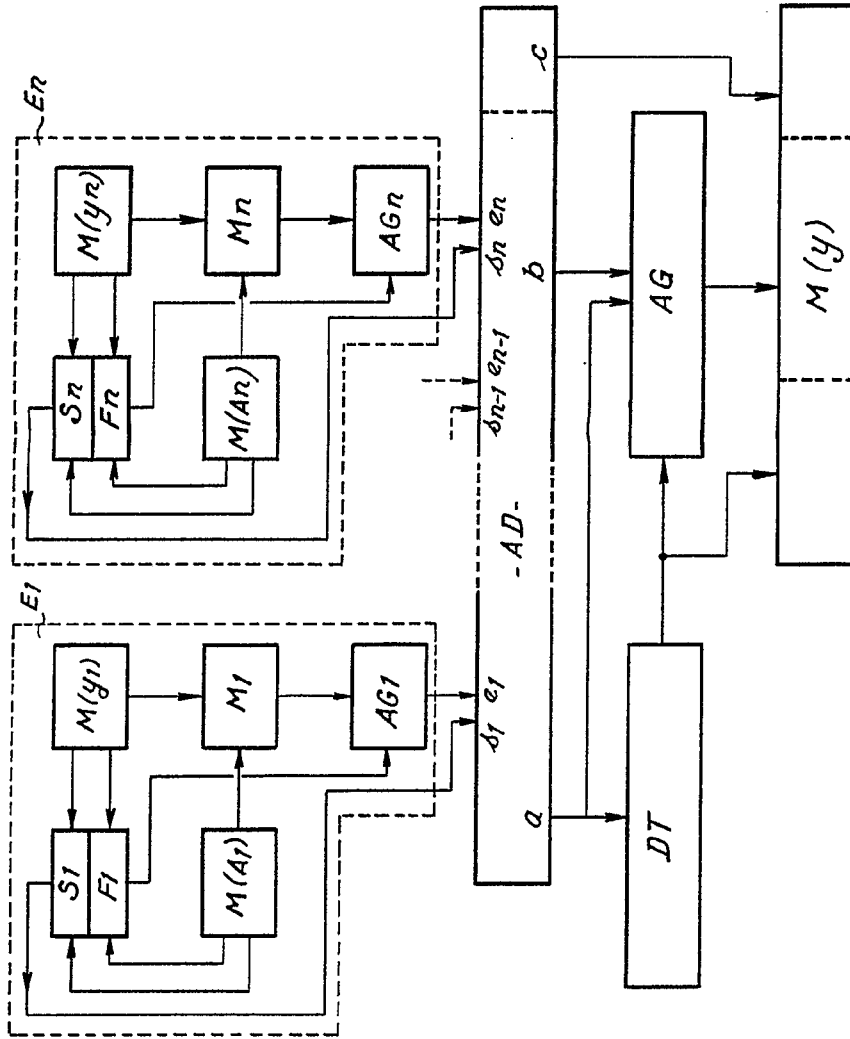
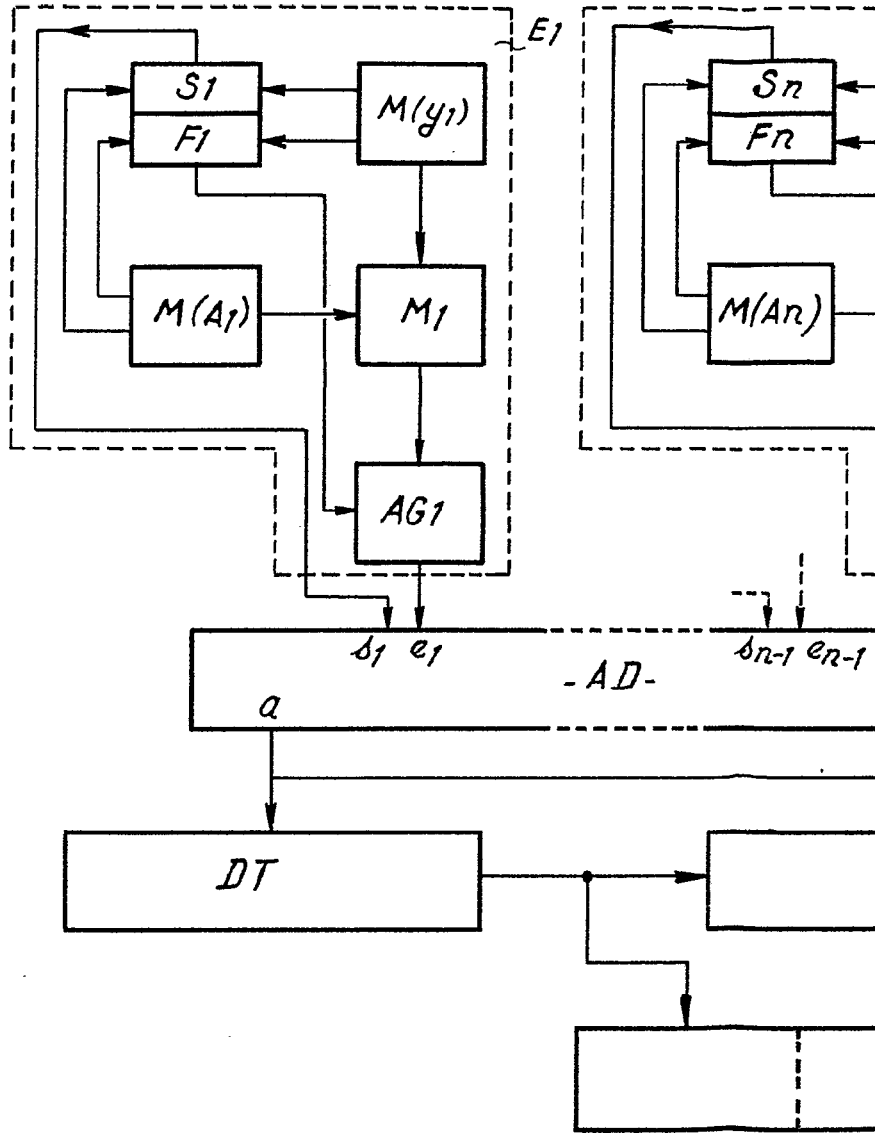


FIG. 3

Madrid, 25 JUN 1975

ESCALA VARIABLE.



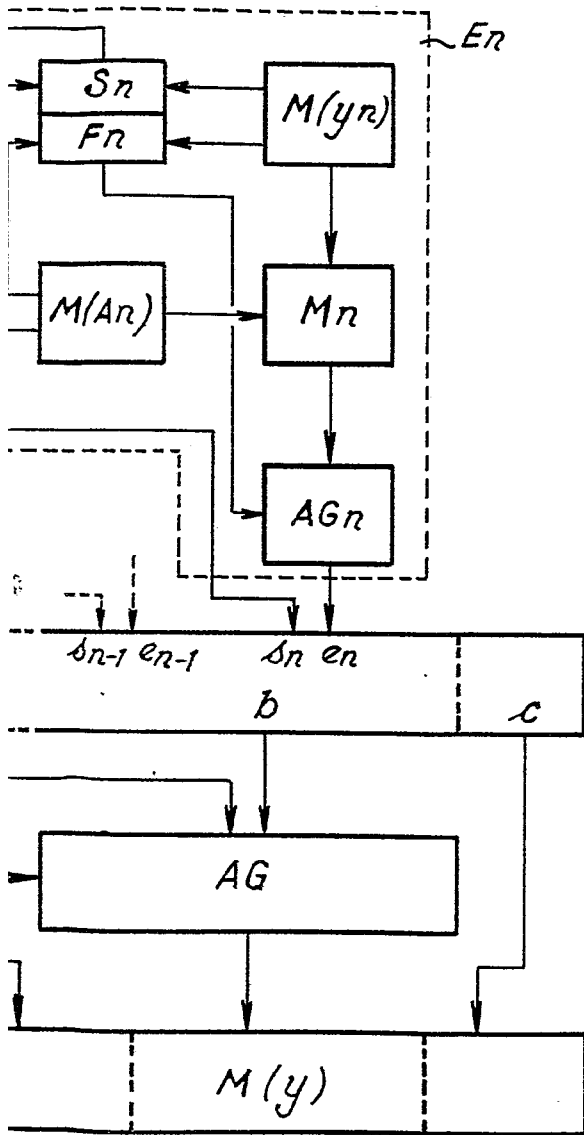


FIG. 3

Madrid, 25 JUN 1975

ESCALA VARIABLE.

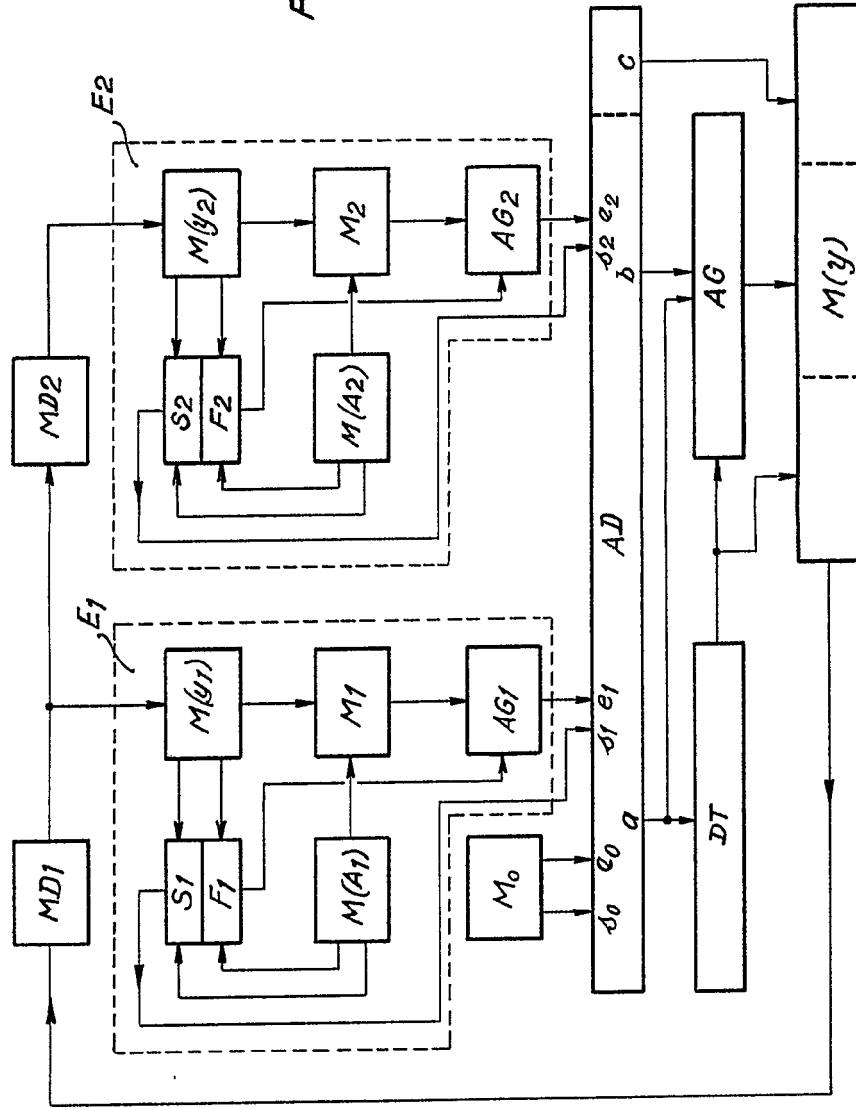
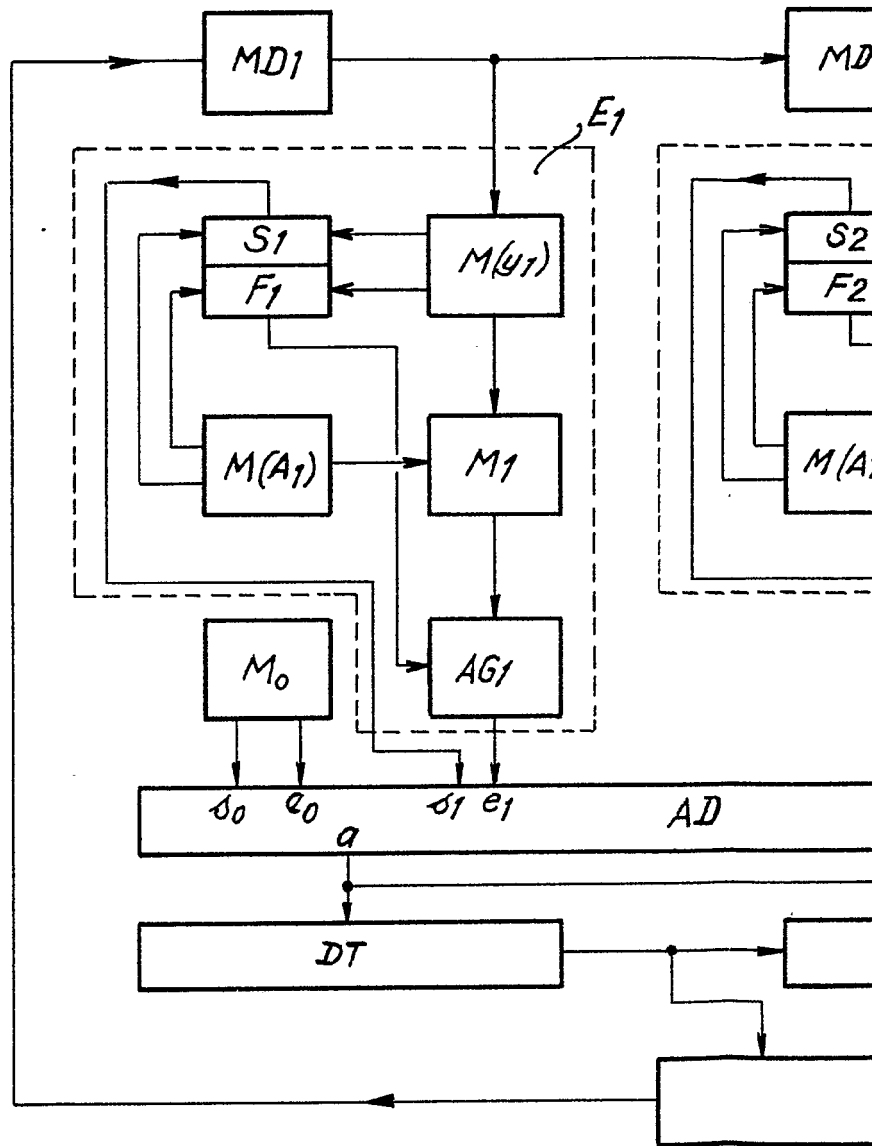


FIG. 4

Madrid, 25 JUN. 1975

ESCALA VARIABLE.



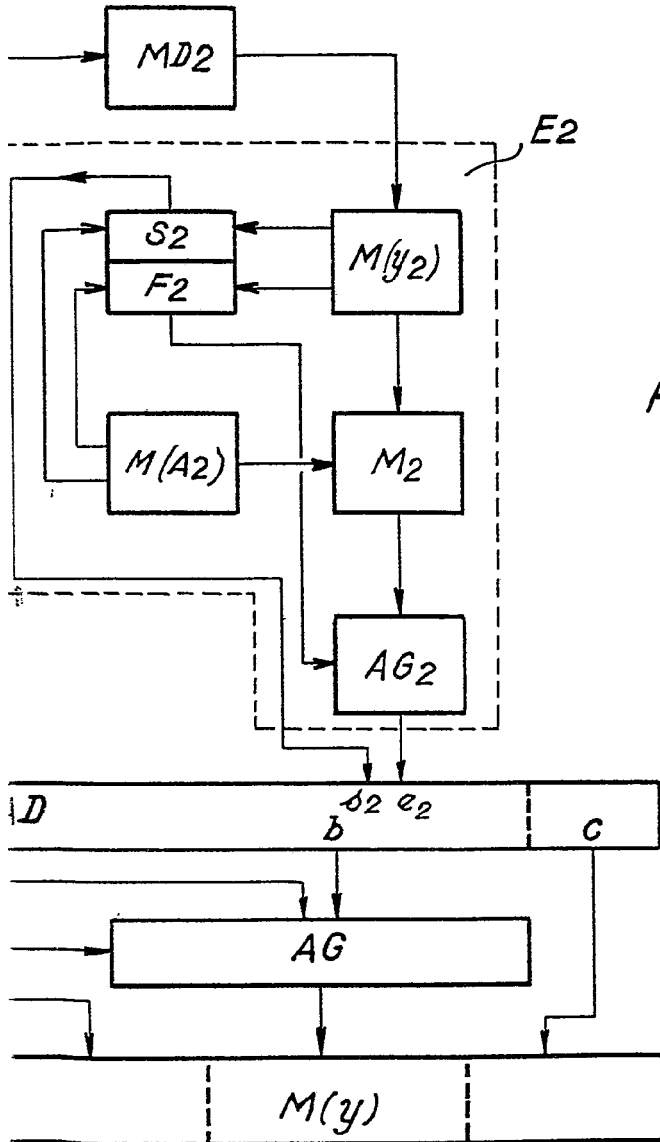


FIG. 4

Madrid, 25 JUN. 1975