

P.- 35.306

B. 2374.3 RO/LD



27 JUN

341497

Memoria descriptiva

para solicitar PATENTE DE INVENCIÓN por 20 años

a nombre de COMMISSARIAT A L' ENERGIE ATOMIQUE

entidad / ~~delimitada~~ francesa

con domicilio en 29, rue de la Fédération, París, Francia

por: "UNA DISPOSICION DE CIRCUITO LOGICO DE UMBRAL CON N
ENTRADAS, QUE PUEDE RECIBIR DOS SEÑALES DISTINTAS
DE NIVEL ELECTRICO".



El presente invento de Michel Henry y Jacques
Lacono se refiere a un circuito lógico de umbral, con n
entradas, que produce un cierto número de funciones lógicas
de las magnitudes de entradas por medio de una adapta-
ción a cada una de estas funciones.

La mayoría de los circuitos lógicos conocidos
ofrecen a la salida una función de Boole elemental de las
magnitudes de entrada, siendo obtenidas las otras funcio-
nes, en general, por combinación de circuitos elementales.
Puede ser interesante poder realizar, con ayuda de un mismo
circuito, numerosas funciones lógicas diferentes por medio
de una adaptación de este circuito a estas funciones. El
presente invento, que proporciona un proceso de adaptación
particularmente sencillo, hace esta solución viable.

Se definirá, en primer lugar, la función lógica
de umbral, función realizada por el circuito según el in-
vento.

Sean x_1, x_2, \dots, x_n , las variables lógicas de
entrada que pueden tomar los dos valores binarios $+1$ y -1
Se pone $x_0 = +1$.

Sean $a_0, a_1, a_2 \dots a_n$ coeficientes analógicos
de ponderación que son números reales, positivos o negati-
vos.

La salida S del circuito de umbral es tal que
 $S = 1$, si $\sum_{i=0}^n a_i x_i > 0$ y $S = -1$, si $\sum_{i=0}^n a_i x_i < 0$; $-a_0$ representa el umbral.

Todas las funciones de Boole no son funciones de
umbral, pero el estudio matemático muestra que se puede,
modificando los diferentes coeficientes a_i , realizar con
ayuda de un mismo circuito de umbral un número N importante



de funciones de Boole, número que crece rápidamente con el número n de variables de entradas, aproximadamente como

$$\frac{n^2}{22}$$

5 El presente invento, que permite modificar fácilmente los coeficientes a_i , ofrece, pues, una posibilidad de normalización de los circuitos lógicos capaz de simplificar considerablemente los esquemas lógicos.

10 Se refiere a un circuito lógico de umbral, tal como el anteriormente definido, provisto de n entradas aptas para recibir dos niveles de potencial eléctrico iguales en valor absoluto pero opuestos en signo con relación a un potencial de referencia, caracterizado porque incluye: $2n + 2$ elementos fotosensibles, estando recorrido cada uno de estos elementos por una corriente, de intensidad función de flujo luminoso recibido cuando se aplica a sus
15 bornes una tensión de valor absoluto determinado, y de sentidos que dependen de la polaridad de esta tensión, repartiéndose estos $2n + 2$ elementos en $n + 1$ elementos de un primer grupo y $n + 1$ elementos de un segundo grupo, estando conectados el p ésimo elemento del primer grupo y el p ésimo elemento del segundo grupo a la misma entrada de orden, p , y estando conectados el $(n + 1)$ ésimo elemento del grupo y el $(n + 1)$ ésimo elemento del segundo grupo, a un punto llevado a un potencial fijo igual al nivel de potencial de entrada positivo con relación al potencial de referencia;
20

por lo menos una fuente luminosa;

25 $2n + 2$ transmisores ópticos que permiten dirigir a cada uno de dichos elementos fotosensibles una fracción determinada, caracterizada por un coeficiente de trans-
30



misión, del flujo luminoso procedente de la o de dichas fuentes luminosas;

un circuito de adición apto para efectuar la suma de las corrientes que circulan en un sentido en los $n + 1$ elementos fotosensibles del segundo grupo y en hacer la diferencia de estas dos sumas;

y un circuito accionado con el disparador, apto para suministrar una señal característica del signo de dicha diferencia.

Según una característica importante del invento, dicho circuito lógico de umbral puede ser conectado a un operador denominado dispositivo de aprendizaje capaz de modificar, según un algoritmo conocido, dichos coeficientes de los transmisores ópticos, con objeto de que la respuesta del circuito corresponda a una función boólica preestablecida en dicho dispositivo de aprendizaje.

Según una variante importante del invento, los $2n + 2$ elementos fotosensibles, el circuito de adición y el circuito accionado (disparador) forman un circuito integrado.

Dichos transmisores ópticos están constituidos, de preferencia, por zonas mas o menos opacas de una misma pantalla interpuesta entre la o las fuentes luminosas y los elementos fotosensibles, constituyendo cada una de las pantallas el elemento de adaptación del circuito lógico a una función lógica determinada. En este caso, la pantalla podrá ser realizada por fotografía de una distribución luminosa obtenida a la salida del dispositivo de aprendizaje, por medio de una red de diodos fotoemisores, por ejemplo.

Dichos $2n + 2$ elementos fotosensibles son, por



por ejemplo, o bien transistores fotosensibles, de características tan simétricas como sea posible, o bien fotorresistencias, o bien, finalmente, el conjunto de dos diodos o transistores fotosensibles de tipo conocido, de características sensiblemente idénticas, y agrupados de manera que reciben el flujo luminoso procedente de la o de dichas fuentes luminosas, por medio del mismo transisor óptico. Los dos diodos fotosensibles están montados entonces en serie y en oposición. Los dos transistores fotosensibles están montados entonces en paralelo, estando unido el colector de uno al emisor de otro, y recíprocamente.

Dicho circuito de adición es, de preferencia, un amplificador diferencial, una de cuyas entradas está unida a dichos $n + 1$ elementos fotosensibles del primer grupo, y la otra a dichos $n + 1$ elementos fotosensibles del segundo grupo.

Haciendo referencia a los dibujos adjuntos, se describirá a continuación un ejemplo, dado a título no limitativo, de puesta en práctica de un circuito lógico adaptativo de umbral, objeto del invento. Las disposiciones de realización que serán descritas a propósito de este ejemplo deberán ser consideradas como formando parte del invento, sobreentendiéndose que cualesquiera disposiciones equivalentes podrán ser utilizadas igualmente sin salir del marco del invento.

Solo han sido representados en las figuras los elementos necesarios para la comprensión del invento, llevando los elementos correspondientes de estas figuras números de referencia idénticos.

La figura 1 ofrece el esquema eléctrico de un cir-

27 JUN



cuito de umbral con dos entradas, según el invento.

La figura 2 representa esquemáticamente un modo de realización de una máquina de aprendizaje que permite adaptar este circuito.

5 La figura 3 ofrece un detalle de realización de otro ejemplo de circuito de umbral según el invento.

El circuito de umbral con dos entradas representado en la figura 1, incluye dos bornes de entrada 1, 2 y un borne 3 de referencia. Los bornes 1, 2 y 3 están reunidos, por una parte, por los transistores fotosensibles simétricos 10, 20 y 30, a la primera entrada 40 de un amplificador diferencial 4 y, por otra parte, por los transistores fotosensibles simétricos 11, 21 y 31, a la segunda entrada 41 de este amplificador.

15 La salida 5 del amplificador 4 está conectada a la entrada 41 por una resistencia 6, y la entrada 40 está unida a la masa eléctrica del conjunto por la resistencia 7, de igual valor que la resistencia 6.

20 La salida 5 del amplificador 4 está unida igualmente a la entrada de un circuito accionado por disparador 8, cuyo borne de salida 9 produce la señal lógica de salida.

Las entradas ópticas de los transistores fotosensibles reciben flujos luminosos esquematizados por las flechas designadas por 12 y 13 para los transistores 10, y 11, respectivamente, 22 y 23 para los transistores 20 y 21, respectivamente, 32 y 33 para los transistores 30 y 31, respectivamente.

30 En la figura 2, el circuito de umbral está esquematizado en la parte superior del dibujo, estando representada solo una de las entradas, o sea la entrada 1.

27 JUL



5 El órgano esencial de la máquina de aprendizaje es el bloque de aprendizaje simbolizado en 50. Incluye dos entradas 51 y 52 de introducción de las variables, una salida 53 que proporciona la respuesta deseada correspondiente a las entradas introducidas en 51 y 52, y conectada a un comparador 60 que recibe igualmente la señal procedente de 9. Otra entrada 54 del bloque 50 está unida a la salida del comparador 60 y recibe la señal de error. El bloque 50 posee igualmente tres salidas 71, 72, y 73, conectadas cada una a un circuito de mando, de los cuales solo el primero 81, relativo a la entrada 1, está representado.

10 Este circuito de mando 81 comprende esencialmente entre dos bornes 100 y 110, llevados, respectivamente, a potenciales negativos y positivos, una resistencia 91 y dos ramas en paralelo que contienen, la primera, un transistor con efecto de campo 14 y un diodo 16 asociado en serie, y la segunda, un transistor con efecto de campo 15 y un diodo 17 asociados en serie. La base del transistor 14 está conectada a la masa eléctrica; la del transistor 15 está unida, por una parte, al borne 71, y, por otra parte, a la masa, por medio de un condensador de memoria 101.

25 El funcionamiento del circuito de umbral es el siguiente.

30 Se sabe que el fototransistor es un transistor mandado, no ya por una señal eléctrica aplicada al circuito de base, sino por un flujo luminoso enviado a su unión, con ayuda de una pequeña lente óptica en general. Su base está, o bien polarizada a un potencial fijo, o bien dejada

19.6.67

341497



27

libre, siendo entonces la polarización automática. La corriente que el fototransistor deja pasar a su circuito emisor colector es proporcional al flujo luminoso recibido por lo menos en un cierto ámbito del funcionamiento. Este elemento desempeña la misma misión que un fotodiodo, pero su rendimiento cuántico es netamente superior al de este último.

Sea I'_1 la corriente que circula en el fototransistor 10, desde 1 hacia 40, I''_1 la corriente que circula en el fototransistor 11, desde 1 hacia 41. Sean I'_2 e I''_2 las magnitudes análogas relativas a la entrada 2; sean I'_3 e I''_3 las magnitudes análogas relativas a la entrada 3.

En primera aproximación, I'_1 e I''_1 son proporcionales a los flujos luminosos ψ_{12} y ψ_{13} recibidos por los transistores idénticos 10 y 11 simbolizados por las flechas 12 y 13: $I'_1 = k \psi_{12} x_1$ $I''_1 = k \psi_{13} x_1$.

Siendo los transistores simétricos, las corrientes toman ciertamente valores opuestos cuando la variable de entrada x_1 toma valores opuestos $+1$ y -1 , es decir, cuando el nivel de entrada toma valores opuestos $+V$ y $-V$ con relación al potencial de la masa. Se tiene, pues, $I'_1 - I''_1 = k(\psi_{12} - \psi_{13}) x_1$

Si $\psi_{12} - \psi_{13}$ es proporcional a a_1 , $I'_1 - I''_1$ es ciertamente proporcional a $a_1 x_1$. El circuito según el invento realiza esta condición de proporcionalidad así como las condiciones análogas para las entradas 2 y 3. Se tiene, pues: $I'_2 - I''_2$ proporcional a $a_2 x_2$ e $I'_3 - I''_3$ proporcional a $a_3 x_3$.

El amplificador diferencial 4 recibe en su entrada 40 una corriente $I' = \sum I'_i$ y en su entrada 41 una



27 JUN 67

corriente $I'' = I''_i$. Suministra una tensión U en su salida.

5 Si G designa la ganancia del amplificador diferencial 4 y R el valor común a las resistencias 6 y 7, se puede escribir:

$$U \left(1 + \frac{1}{G}\right) = R (I' - I'')$$
 si se suponen las impedancias de entrada de 4 infinitas en 40 y 41 ó

$$U \left(\frac{e}{e+R} + \frac{1}{G}\right) = \frac{Re}{R+e} (I' - I'')$$
 si se supone que estas últimas son iguales a la resistencia e .

10 La tensión de salida U del amplificador diferencial 4 es, pues, proporcional a $\sum a_i x_i$.

El circuito de umbral está completado por el circuito de báscula disparado 8 que suministra una señal de tensión del mismo signo que esta suma.

15 Los bornes 1 y 2 constituyen las dos entradas del circuito y son, pues, aptos para recibir los dos niveles de potencial $+V$ y $-V$. El borne 3 está conectado con permanencia a un punto llevado al potencial $+V$. Puede ser considerado, pues, como una tercera entrada que recibe una variable x_3 siempre igual a $+1$.

20 Recogiendo las notaciones de la introducción, $x_3 = x_0 = +1$, $a_3 = a_0$ y el umbral es $-a_3$.

25 Así, los coeficientes de ponderación a_1 y a_2 y el umbral $-a_3$ son modificables si se regulan las diferencias de flujo luminoso $\varphi_{12} - \varphi_{13}$, $\varphi_{22} - \varphi_{23}$ y $\varphi_{32} - \varphi_{33}$.

30 Estas variaciones de flujo luminoso se obtienen por variaciones de los coeficientes de transmisión de las diferentes zonas de una pantalla. Los fototransistores están dispuestos según una red; sobre esta red viene a colo-

20.6.67

341497



5 carse una pantalla E que lleva zonas claras y opacas E_{12} ,
 $E_{13} \dots E_{32}$, E_{33} que transmiten a los fototransistores una
fracción determinada del flujo emitido por una fuente lu-
minosa que alumbra la pantalla. Es esta pantalla solo, fa-
cilmente intercambiable, la que constituye el elemento de
adaptación del circuito de umbral a una función lógica par-
ticular.

10 Se puede considerar calcular los coeficientes a_i
y realizar la pantalla a partir de estos cálculos. Es pre-
ferible pasar por medio de la máquina de aprendizaje es-
quematizada en la figura 2.

15 En esta máquina se señala la función de Boole
que se desea ver realizada por el circuito de umbral, es
decir, que para un cierto número de puntos de funcionamien-
to que corresponden a las combinaciones posibles de los va-
lores binarios aplicados a las entradas 51 y 52, la máqui-
na suministra en 53 la señal deseada; esta señal es compa-
rada en 60 con la señal procedente de 9 y una señal de
error es reinyectada en 54 en la máquina. Esta va a reac-
20 cionar por sus salidas 71, 72 y 73 para modificar los coe-
ficientes a_i , es decir, las iluminaciones de los fototran-
sistores, las tensiones correctoras que aparecen en estas
salidas conducen, según un algoritmo convergente, a ajus-
tar los coeficientes para anular la señal de error al cabo
25 de un número reducido de repeticiones. La tensión correcto-
ra procedente de 71 manda el circuito 81 por medio del con-
densador de memoria 101 que memoriza los coeficientes. Ha-
ce variar los flujos luminosos generados por los diodos 15
y 17 de mando eléctrico. Estos son diodos con arseniuro de
30 galio, por ejemplo, cuya salida está unida, durante todo el



proceso de aprendizaje, a la lente de mando del transistor fotosensible correspondiente por una fibra óptica que permite canalizar el flujo luminoso.

5 Cuando la máquina de aprendizaje ha conducido a adaptar los diferentes flujos luminosos recibidos por los transistores fotosensibles, se realiza una fotografía de la distribución luminosa obtenida. Esta fotografía constituirá la pantalla apta para adaptar el circuito de umbral. Bastará una fuente luminosa adecuada que ilumine
10 esta pantalla para obtener el circuito de umbral adaptado.

Conviene subrayar la importancia de la realización integrada del circuito, sobre todo en lo que concierne a los transistores fotosensibles: es mucho más fácil
15 integrar sobre una misma plaquita elementos de características idénticas que efectuar una selección con elementos discretos. Además la integración permite realizar matrices que comprenden un gran número de circuitos de umbral unidos de manera normalizada y a pesar de esto de una gran
20 versatilidad gracias a la utilización de la fotografía que define los coeficientes; el coste de tal matriz es netamente inferior al producto del coste de una función por el número de funciones.

Se puede prescindir de utilizar transistores fotosensibles de características simétricas: cada uno de los fototransistores de la figura 1 es sustituido entonces por
25 el montaje de la figura 3, que asocia en paralelo dos fototransistores clásicos, que reciben en su entrada óptica el mismo flujo luminoso.

30 Se pueden utilizar igualmente fotodiodos o foto-



rrresistencias, pero el rendimiento cuántico de estos elementos es inferior.

Esta solicitud que corresponde a la presentada en Francia el 8 de junio de 1.966, con el número P.V. 64.584, se acoge a los beneficios del artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

10

N O T A

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

15

1.- Una disposición de circuito lógico de umbral con n entradas que puede recibir dos señales distintas de nivel eléctrico, de valor absoluto igual pero de signos contrarios, caracterizada porque incluye: a) dos grupos de $n + 1$ elementos fotosensibles, estando conectados los $p^{\text{ésimo}}$ elementos de cada uno de los dos grupos a la misma entrada de orden P , mientras que los $n + 1^{\text{ésimo}}$ elementos de los dos grupos están llevados a un potencial fijo que corresponde al nivel positivo del potencial de entrada, b) al menos una fuente luminosa, c) $2n + 2$ transmisores ópticos de coeficiente de transmisión determinado destinados a dirigir una parte del flujo luminoso procedente de la o de dichas fuentes luminosas hacia los $2n + 2$ elementos fotosensibles, d) un operador que añade, por una parte, las corrientes que circulan en los $n + 1$ elementos fotosensibles

20

25

30

341497

27 JUN 67



del primer grupo y, por otra parte, las corrientes que circulan en los $n + 1$ elementos fotosensibles del segundo grupo y que sustrae estas dos sumas, e) un circuito disparado que suministra la señal característica del signo de dicha diferencia.

5
2.- Una disposición de circuito lógico de umbral según la reivindicación 1, caracterizada porque está asociada a una máquina de aprendizaje que comprende un bloque de aprendizaje el cual, según un algoritmo convergente y las tensiones de entrada que le son aplicadas, calcula el valor correcto de la tensión producida por el circuito de umbral, un comparador de este valor correcto y el valor real, produciendo una señal de error y circuitos correctores de los fototransistores mandados por el bloque de aprendizaje.

10
15
3.- Una disposición de circuito lógico de umbral según la reivindicación 1, caracterizada porque los $2n + 2$ elementos fotosensibles, el operador y el circuito disparado constituyen un circuito integrado.

20
4.- Una disposición de circuito lógico de umbral según la reivindicación 1, caracterizada porque los $2n + 2$ transmisores ópticos están constituidos por zonas con coeficientes de transmisión diferentes, de una misma pantalla dispuesta entre la o dichas fuentes luminosas y los elementos fotosensibles.

25
30
5.- Una disposición de circuito lógico de umbral según la reivindicación 4, caracterizada porque el transmisor óptico es realizado por fotografía de las fuentes reguladas de los flujos luminosos que alumbran los fototransistores.

341497

21.6.67



5 6.- Una disposición de circuito lógico de umbral según la reivindicación 1, caracterizada porque el transmisor se obtiene a partir de una distribución luminosa calculada por medio de un operador con ayuda de una red de diodos fotoemisores, por ejemplo.

7.- Una disposición de circuito lógico según la reivindicación 1, caracterizada porque los $2n + 2$ elementos fotosensibles son transistores fotosensibles de características sensiblemente simétricas.

10 8.- Una disposición de circuito lógico de umbral según la reivindicación 1, caracterizadas porque los $2n + 2$ elementos fotosensibles son fotorresistencias.

15 9.- Una disposición de circuito lógico de umbral según la reivindicación 1, caracterizada porque los $2n + 2$ elementos fotosensibles están constituidos por el conjunto de dos diodos fotosensibles de características sensiblemente idénticas montados en serie-oposición y agrupados de manera que reciben el flujo luminoso procedente de la o de dichas fuentes luminosas por medio del mismo transmisor óptico.

20 10.- Una disposición de circuito lógico según la reivindicación 1, caracterizada porque los $2n + 2$ elementos fotosensibles están constituidos por el conjunto de dos transistores fotosensibles de características sensiblemente idénticas montados en paralelo, estando unido el colector de uno al emisor del otro y reciprocamente asociados a las fuentes luminosas por medio de un solo transmisor óptico.

25 30 11.- Una disposición de circuito lógico de umbral según la reivindicación 1, caracterizada porque una



de las entradas del circuito de adición-sustracción está unida a los $n + 1$ elementos fotosensibles del primer grupo, mientras que la otra entrada está unida a los $n + 1$ elementos fotosensibles del otro grupo.

5 12.- Una disposición de circuito lógico de umbral con n entradas, que puede recibir dos señales distintas de nivel eléctrico.

 Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en el dibujo que se acompaña y para
10 los fines que se han especificado.

 Esta Memoria consta de quince hojas escritas a máquina por una sola cara.

Madrid, 27 JUN 1967

P.A.

Alberto de Ezaburo
Por Poder

341497

341497

27

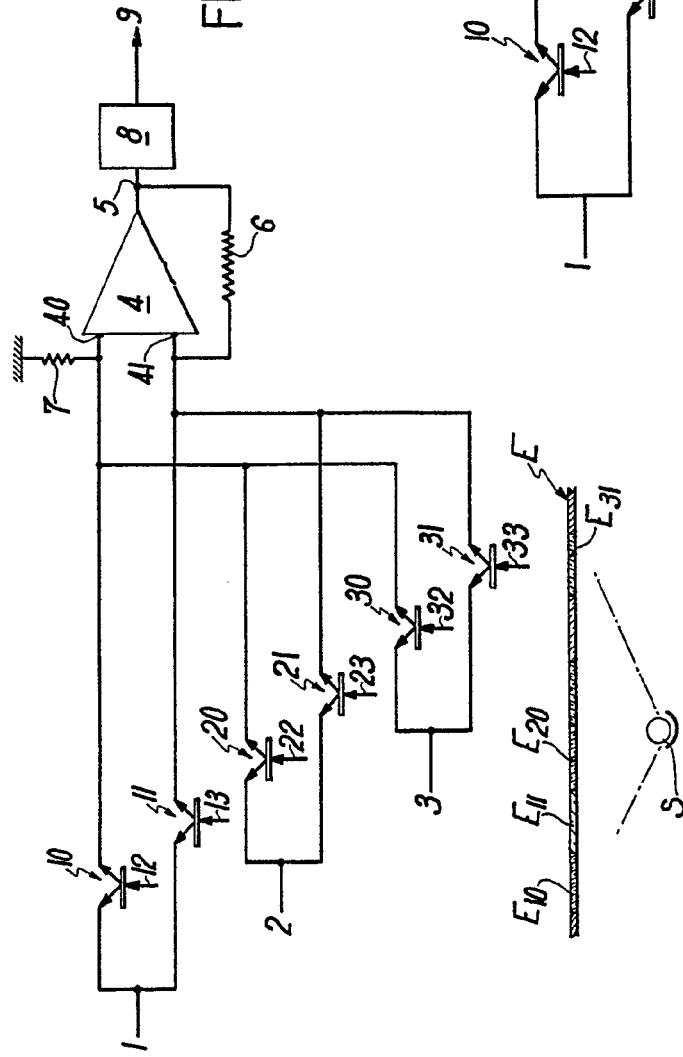


FIG. 1

341497

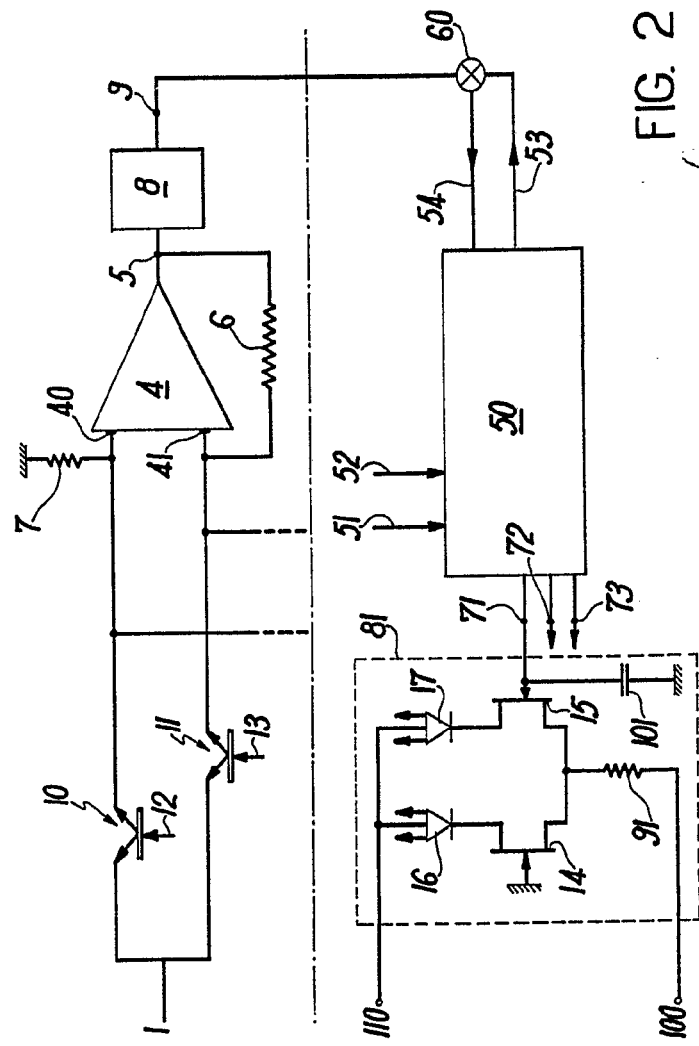


FIG. 2

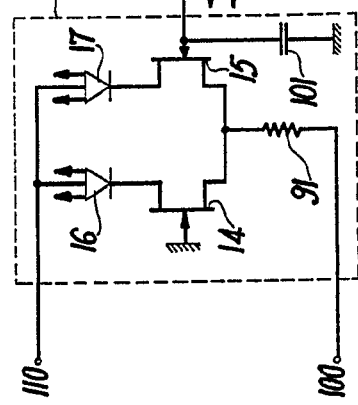


FIG. 3

Alberto de la...
per...

341497

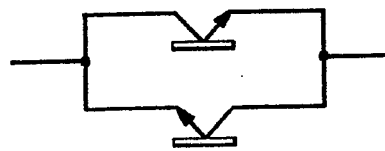
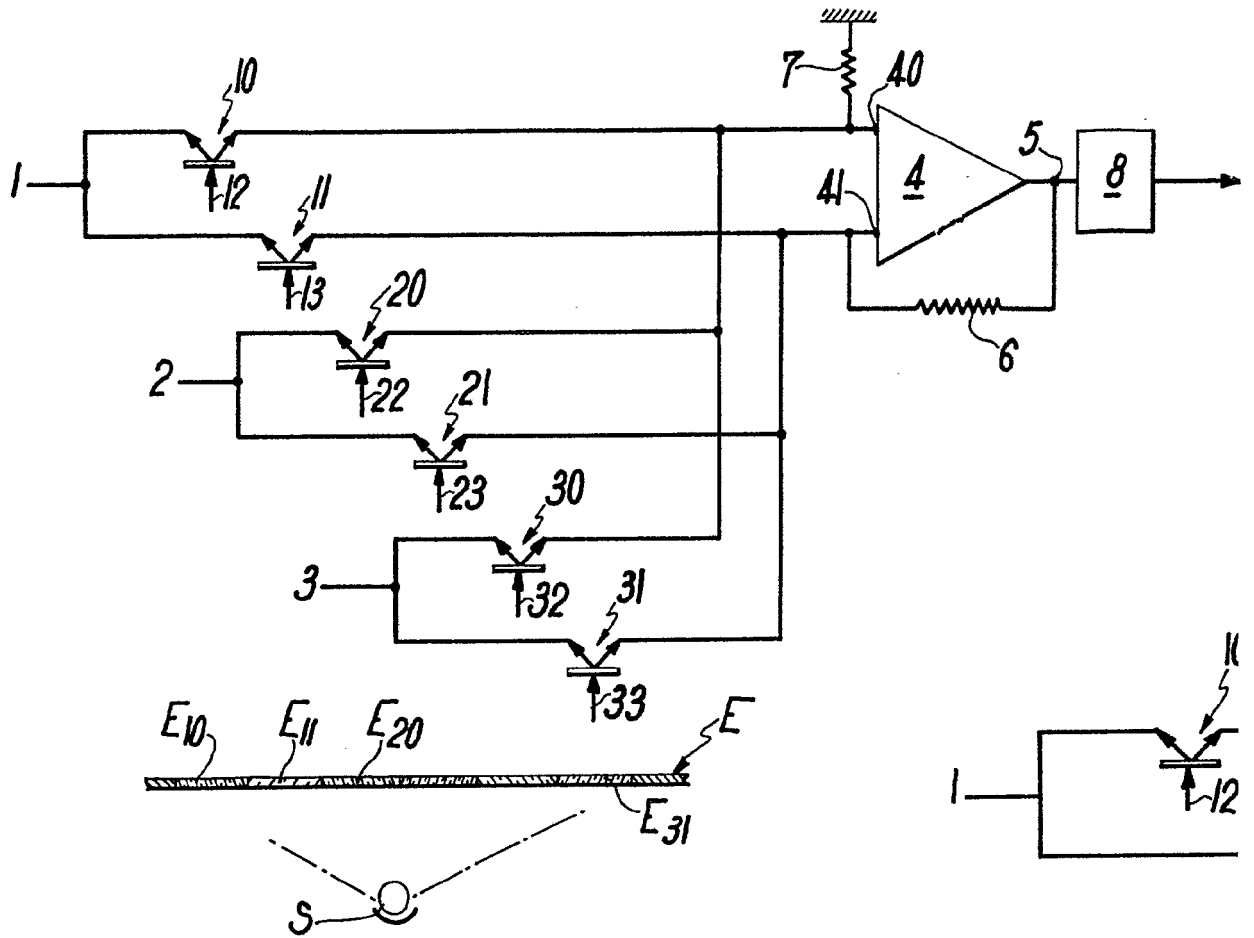
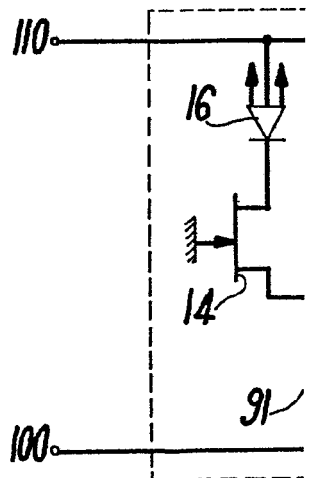
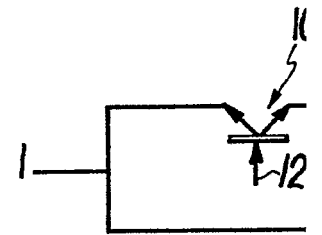


FIG. 3



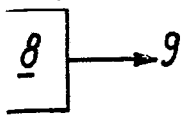


FIG. 1

341497

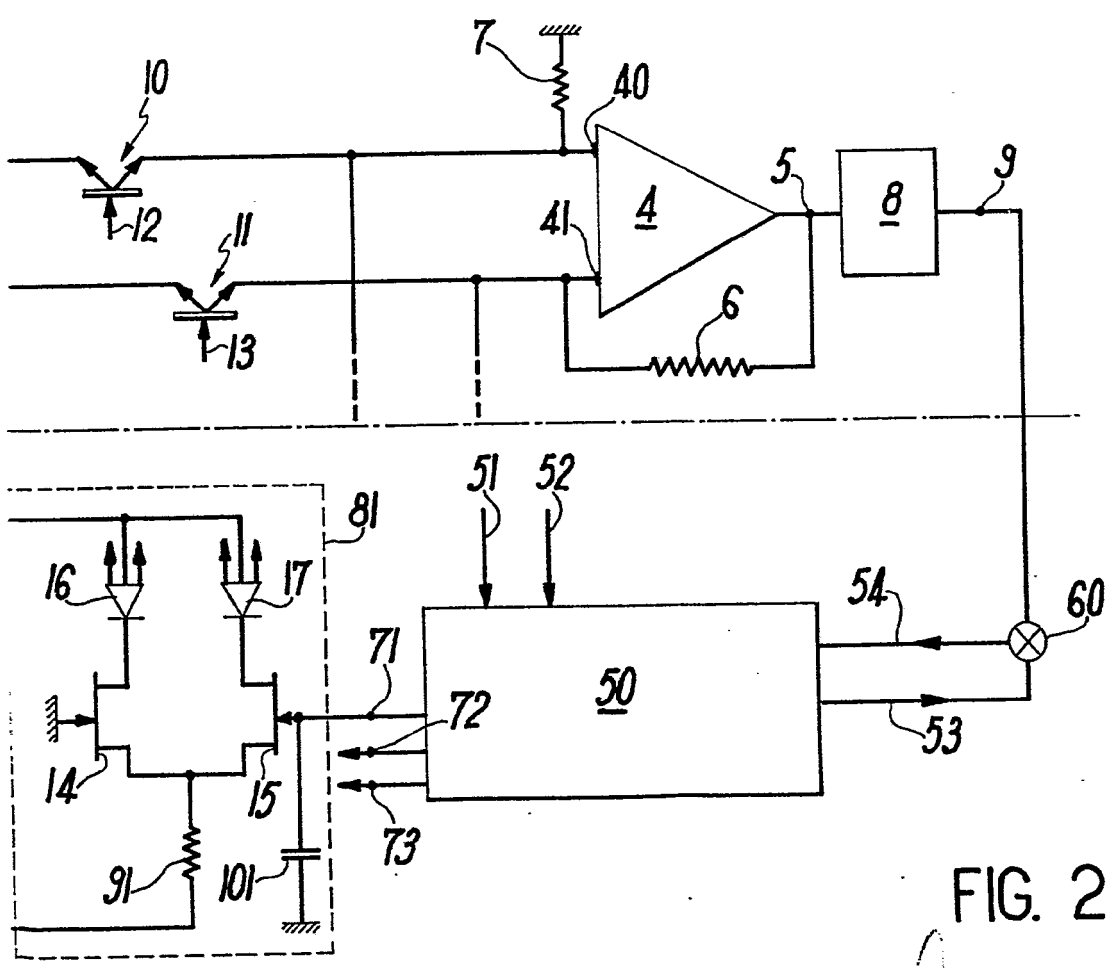


FIG. 2

Alberto de Ezequiel
Por Favor