

MINISTERIO DE INDUSTRIA
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



⑩ ES	⑪ NUMERO 456.847	⑩ A 1
	⑫ FECHA DE PRESENTACION 15-3-1977	

P.- 65.342
2 38709
CASE 5729

PATENTE DE INVENCION

③① PRIORIDADES: ③② NUMERO	③③ FECHA	③④ PAIS
667.631	17-3-76	E.U.A.

④⑦ FECHA DE PUBLICIDAD	⑤① CLASIFICACION INTERNACIONAL G01V	⑤② PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

⑥④ TITULO DE LA INVENCION "UNA DISPOSICION DETECTORA DE CENTELLEO PERFECCIONADA"

⑦① SOLICITANTE (S) GEORGETOWN UNIVERSITY

DOMICILIO DEL SOLICITANTE 37th and O Streets, N.W., Washington, D.C., Estados Unidos de América
--

⑦② INVENTOR (ES) James B. Wilson

⑦③ TITULAR (ES)

⑦④ REPRESENTANTE DON OSCAR DE ELZABURU FERNANDEZ

1 La presente invención se refiere a una disposición de detector de centelleo.

5 Las imágenes tomográficas obtenidas mediante la exploración de cuerpos con un haz de radiación de alta energía y mediante la detección de la absorción con un detector de cen-
telleo por cristal no vienen siendo completamente nítidas y
claras, especialmente en los límites o bordes de las mismas. Ya antes de ahora se ha intentado mejorar la definición de
10 la imagen, especialmente en los límites, mediante el recurso de rodear el cuerpo explorado de una bolsa de agua, o el de emplear un obturador para suprimir la radiación de alta ener-
gía cuando el haz de exploración abandona el borde del cuer-
po que se está explorando. Sabido es que una porción de la
radiación de alta energía incidente sobre un cristal de cen-
15 telleo se convierte en radiación fosforescente de aproxima-
damente la misma longitud de onda que la radiación fluores-
cente obtenida como parte principal, lo cual podría presen-
tar problemas. Para un cristal de centelleo, de yoduro de so-
dio impurificado con telurio, el 91% de la radiación absorbi-
20 da de alta energía se convierte en radiación fluorescente y el 9% se convierte en radiación fosforescente. (Véase S. Koički, A. Koički y V. Ajdacić "The Investigation of the 0.15
s Phosphorescent Component of NaI (Te) and Its Application
in Scintillation Counting" [La investigación de la compo-
25 nente fosforescente de 0,15 s del NaI (Te) y su aplicación en el recuento de centelleo"], Nuclear Instruments and Methods, 108: 198-9, 1973). La producción de radiación fosfo-
rescente perturba la medición de la intensidad de la radia-
ción de alta energía. Con arreglo al artículo de Koički y col.,
30 el tiempo de extinción o persistencia fluorescente de 225

1 nanosegundos para un cristal de yoduro de sodio impurifica-
do con telurio contrasta con el tiempo de extinción o persisten-
5 cia fosforescente de 150 milisegundos para el mismo cris-
tal. Al incidir en el cristal los fotones, con frecuencia re-
lativamente alta, la fosforescencia producida por los foto-
nes que lleguen antes persistirá y perturbará a la detec-
ción y resolución de los sucesos fluorescentes, más o menos
instantáneos.

10 Cuando las componentes fluorescente y fosforescien-
te de la radiación luminiscente que proviene del cristal de
centelleno son de aproximadamente las mismas frecuencia y
longitud de onda, un tubo fotomultiplicador (PMT) situado en
posición para detectar la radiación luminiscente de baja ener-
15 gía producida por el cristal no es capaz de distinguir fácil-
mente el suceso fluorescente del suceso fosforescente. La se-
ñal eléctrica de salida del PMT, por lo tanto, es la suma
de la fluorescencia producida por los fotones inmediatos y la
fosforescencia producida por los fotones anteriores.

20 Ahora bien, hasta ahora no se comprendió o apreció
que la persistencia o luminosidad residual fosforescente es
la causa principal de la mala definición de imagen de las
imágenes tomográficas, especialmente en los límites o bor-
des de la imagen. Esta invención tiende, por lo tanto, a ha-
bilitar unos medios sencillos e económicos para reducir al
25 mínimo el efecto de una persistencia fosforescente en un de-
tector de centelleo, de modo que es posible obtener una de-
finición nítida de imágenes tomográficas partiendo de la ex-
ploración tomográfica y la detección por contador de cente-
lleo.

30 Con arreglo a la presente invención, se habilita

1 una disposición de detector de centelleo que incluye un cris-
tal de centelleo el cual, al incidir sobre él la radiación de
alta energía, produce una radiación luminiscente que tiene
5 una componente fosforescente minoritaria no deseada y una com-
ponente fluorescente principal o mayoritaria deseada, y un
transductor fotoeléctrico que recibe la radiación luminiscen-
te y en respuesta a ella produce una señal de salida; dispo-
sición en la cual, para alterar la señal de salida en el sen-
tido de compensar la componente fosforescente no deseada re-
10 cibida por el transductor, se prevé un circuito compensador
que comprende una primera resistencia ajustable (R_1), una
segunda resistencia ajustable (R_2) y un condensador (C), es-
tando la primera resistencia ajustable conectada en paralelo
con la salida del transductor, en el lado de entrada del cir-
15 cuito, y estando conectada en serie con la combinación en pa-
ralelo de la segunda resistencia ajustable y el condensador,
en el lado de salida del circuito.

Las resistencias ajustables se ajustan en el uso,
para una exploración tomográfica, hasta que la imagen se agu-
20 diza o sale nítida al máximo. El condensador, que es lo ma-
yor posible (por ejemplo, de 10 microfaradios), es preferi-
blemente de un tipo no electrolítico, de bajo factor de di-
sipación o bajo factor de pérdida. Los tamaños respectivos de
las resistencias dependen de las características de fosfores-
25 cencia del cristal de centelleo. Para un cristal de NaI es
adecuada una relación o razón de resistencias de alrededor
de 10:1, para las resistencias primera y segunda; y de alre-
dedor de 100:1 es la adecuada para un cristal de CaF. Los ta-
30 maños relativos aproximados pueden predecirse sobre poco más
o menos por medio de un análisis matemático basado en funcio-

1 nes de transferencia.

Con el fin de que la presente invención pueda comprenderse de modo más completo, se describirá en lo que sigue haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

5 - la figura 1 es un esquema funcional o por bloques de una disposición de detector de centelleo realizada conforme a este invento; y

10 - las figuras 2a, 2b y 2c ilustran unos circuitos compensadores que pueden usarse como parte de la disposición de la fig. 1.

En la fig. 1, el número 10 designa una disposición de detector de centelleo. Una radiación 12 de alta energía incide en un cristal 14 de centelleo, donde produce un destello de luz detectado por un transductor fotoeléctrico 16, que es un tubo fotomultiplicador (PMT). La señal de salida del PMT se hace pasar por un circuito compensador 18 que comprende un circuito o malla de compensación de la persistencia. La señal de salida, alterada por el circuito 18 en el sentido de compensar la fosforescencia detectada del centellador, se hace pasar a un amplificador 20 de baja impedancia, que amplifica la señal hasta un nivel detectable por medio de un contador o un detector de intensidad 22.

25 Las figs. 2a, 2b y 2c ilustran tres mallas sencillas para el circuito 18, dotadas de unas funciones de transferencia a las que es posible aproximarse mediante el uso de los cálculos matemáticos y las ecuaciones que se describen más adelante.

30 El efecto de persistencia puede describirse matemáticamente de la siguiente manera. El rendimiento de conver-

1 sión para la mayoría de los centelladores es de alrededor del
 100%. Ahora bien, debido a las pérdidas en el sistema óptico
 y en la respuesta del detector, la energía realmente detecta-
 da es sólo una fracción de la energía incidente. A los fi-
 5 nes prácticos, la energía detectada es una proporción cons-
 tante de la energía incidente. Representando la función del
 tiempo de un haz de radiación incidente de alta energía con
 la expresión $w_{in}(T)$, la energía detectable $w_{det}(T)$ es una
 fracción constante k de la radiación incidente, o sea w_{det}
 10 $(T) = kw_{in}(T)$. De la energía detectable, una fracción g cons-
 tante se convierte en energía fluorescente $w_{fl}(T)$, y el res-
 to $(1-g)$ se convierte en energía fosforescente $w_{ph}(T)$. Por
 lo tanto, para cada fotón incidente se tiene $w_{det}(T) = w_{fl}(T)$
 + $w_{ph}(T)$, siendo $w_{fl}(T) = gw_{det}(T)$ y $w_{ph}(T) = (1-g)w_{det}(T)$.

15 Como el tiempo de extinción de la fosforescencia
 es relativamente grande respecto al tiempo de extinción de la
 fluorescencia, la energía fosforescente se almacena efectiva-
 vamente en el centellador, como energía potencial $w_{st}(T)$. La
 energía potencial almacenada en el centellador se ve incre-
 mentada en una cantidad de energía $w_{ph}(T)$ por cada fotón
 20 absorbido, y va reduciéndose continuamente por la liberación
 de energía fosforescente a una tasa o velocidad proporcional
 a la magnitud de la energía fosforescente almacenada. Por lo
 tanto, el aumento de energía potencial respecto al tiempo vie-
 ne representado por la siguiente ecuación diferencial:

25
$$\frac{dw_{st}(T)}{dT} = \frac{dw_{ph}(T)}{dT} - \frac{w_{st}(T)}{u} = (1-g) \cdot \frac{dw_{det}(T)}{dT} - \frac{w_{st}(T)}{u}$$

ECUACION 1

en la que u es una constante de tiempo. Representando la po-
 tencia P como dw/dT se tiene, de la ecuación 1,

30
$$\frac{dw_{st}(T)}{dT} = (1-g)P_{det}(T) - \frac{w_{st}(T)}{u} \quad \text{ECUACION 2}$$

1 La potencia liberada por el centellador en un punto en el tiempo, P_{out} , es necesariamente la suma de la potencia fluorescente P_{fl} y la potencia fosforescente almacenada, emitida simultáneamente. Por tanto, la potencia $P_{out}(T)$ del centellador puede representarse así:

$$P_{out} = P_{fl}(T) + \frac{W_{st}(T)}{u} = g \cdot P_{det}(T) + \frac{w_{st}(T)}{u} \quad \text{ECUACION 3}$$

10 Tomando una transformación laplaciana de la ecuación 2 y la ecuación 3, en la que la transformación laplaciana viene definida por:

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(T) e^{-sT} dT, \quad \text{ECUACION 4}$$

se tiene:

$$sW_{st}(s) = (1-g)P_{det}(s) - \frac{W_{st}(s)}{u} \quad \text{ECUACION 5}$$

$$P_{out}(s) = g \cdot P_{det}(s) - \frac{W_{st}(s)}{u} \quad \text{ECUACION 6}$$

20 Combinando estas dos ecuaciones de transformación de Laplace, la ecuación 5 y la ecuación 6, se obtiene una función de transferencia para la potencia liberada respecto a la potencia detectable:

$$\frac{P_{out}}{P_{det}} = g \left(s + \frac{1}{gu} \right) / \left(s + \frac{1}{u} \right) \quad \text{ECUACION 7}$$

25 Así, el efecto de la fosforescencia persistente puede compensarse incorporando a la circuitería del detector una malla de circuito dotada de una función de transferencia cuya parte compleja, en la que entra g , sea la recíproca de la parte compleja de la ecuación 7 derivada, o sea:

30

$$\frac{s + 1/u}{s + 1/gu}$$

Con referencia ahora al circuito ilustrado en la fig. 2a, en el que R_1 y R_2 son unas resistencias y L es una inductancia, la función de transferencia de corriente/corriente es:

$$\frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{s + R_1/L}{s + (R_1 + R_2)/L}$$

Si los elementos de circuito se eligen de modo que sean $L/R_1 = u$ y $R_2 = R_1 \cdot (1-g)/g$, la función de transferencia se convierte entonces en :

$$\frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{s + 1/u}{s + 1/gu}$$

La función de transferencia de tensión/corriente del circuito ilustrado en la fig. 2b es:

$$\frac{V_{out}}{I_{in}} = R_2 \left(s + \frac{R_1}{L} \right) / \left(s + \frac{R_1 + R_2}{L} \right)$$

y con elementos elegidos como antes se ha dicho, para la fig. 2a, la función de transferencia se convierte en:

$$\frac{V_{out}}{I_{in}} = R_2 \left(s + \frac{1}{u} \right) / \left(s + \frac{1}{gu} \right)$$

La función de transferencia de corriente/corriente del circuito ilustrado en la fig. 2c es:

$$\frac{I_{out}}{I_{in}} = \left(\frac{s + 1}{R_2 C} \right) / \left(\frac{s + 1}{R_1 C + (1/R_2 C)} \right)$$

1 donde R_1 y R_2 son unas resistencias y C es un condensador.
Si los elementos de circuito se eligen de modo que sean $R_2 C$
= u y $R_1 = R_2 \cdot g / (1-g)$, la función de transferencia se con-
vierte entonces en:

$$\frac{I_{out}}{I_{in}} = \frac{s + 1/u}{s + 1/gu}$$

5
10 Es de notar que, si los parámetros u y g no se conocen con exactitud, los elementos de circuito de la fig. 2 pueden entonces hacerse variables y ajustarse a unos valores óptimos con el detector en funcionamiento.

15 Para un cristal de centelleo de NaI, los valores para el circuito preferido de la fig. 2c son los siguientes: El condensador C es de 10 microfaradios y está constituido por un condensador no electrolítico, tal como un condensador de Mylar, que tiene un factor de disipación o de pérdida reducido, tal como de 0,1%. El Mylar es una marca registrada de E.I. DuPont DeNemours & Co., de Wilmington, Delaware, EE.UU. para una película hidrófuga, transparente y de gran duración, de resina de poli(tereftalato de etileno), uno de cuyos usos es como aislante eléctrico para condensadores.

20
25 Mediante cálculo y ensayos empíricos se obtiene para R_1 un valor comprendido entre aproximadamente 50 kilohmios y 250 kilohmios, y para R_2 un valor que oscila entre aproximadamente 5 kilohmios y 15 kilohmios. Los cálculos matemáticos únicamente proporcionan un punto de arranque para resolver la malla de circuito de modo que se anule la persistencia fosforescente. Los valores operativos se obtienen sólo ajustando empíricamente las resistencias hasta
30 obtener la imagen óptima y más nítida.

1

REIVINDICACIONES

5

10

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 que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

15

20

25

30

1ª.- Una disposición detectora de centelleo perfeccionada, que incluye un cristal de centelleo, el cual, al incidir sobre él una radiación de alta energía, produce una radiación luminiscente que tiene una componente fosforescente minoritaria no deseada y una componente fluorescente principal o mayoritaria deseada, y un transductor fotoeléctrico que recibe la radiación luminiscente y en respuesta a ella produce una señal de salida, caracterizada dicha disposición por el hecho de que, para alterar la señal de salida en el sentido de compensar la componente fosforescente no deseada recibida por el transductor, se prevé un circuito compensador que comprende una primera resistencia ajustable (R_1), una segunda resistencia ajustable (R_2) y un condensador (C), estando la primera resistencia ajustable conectada en paralelo con la salida del transductor, en el lado de entrada del circuito, y estando conectada en serie con la combinación en paralelo de la segunda resistencia ajustable y el condensador, en el lado de salida del circuito.

2ª.- La disposición de la reivindicación 1ª, carac-

1 terizada por el hecho de que el condensador (C) tiene una
capacidad aproximada de 10 microfaradios y un factor de di-
sipación de aproximadamente 0,1%.

5 3ª.- La disposición de la reivindicación 1ª o la
2ª, caracterizada por el hecho de que el condensador (C) es
de tipo no electrolítico.

10 4ª.- La disposición de cualquiera de las reivindi-
caciones 1ª a 3ª, caracterizada por el hecho de que la pri-
mera resistencia ajustable (R_1) es ajustable a un valor de
resistencia sustancialmente mayor que aquel al que puede
ajustarse la segunda resistencia ajustable (R_2).

15 5ª.- La disposición de la reivindicación 4ª, en la
cual el cristal de centelleo es de NaI, caracterizada por el
hecho de que la primera resistencia ajustable (R_1) es ajus-
table a un valor de resistencia aproximadamente diez veces
mayor que aquel al que puede ajustarse la segunda resisten-
cia ajustable (R_2).

20 6ª.- La disposición de la reivindicación 4ª, en la
cual el cristal de centelleo es de CaF, caracterizada por el
hecho de que la primera resistencia ajustable (R_1) es ajus-
table a un valor de resistencia aproximadamente cien veces ma-
yor que aquel al que puede ajustarse la segunda resistencia
ajustable (R_2).

25 7ª.- Una disposición detectora de centelleo perfec-
cionada.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede,
representado en los dibujos que se acompañan y con los
fines que se han especificado.

30 Esta Memoria consta de DOCE hojas escritas a má-

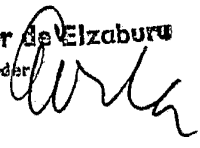
1 quina por una sola cara.

Madrid, 20. MAR. 1977

P.A.

5

Oscar de Elizaburu
For Poder



10

15

20

25

30

VAL.-



Fig. 1.

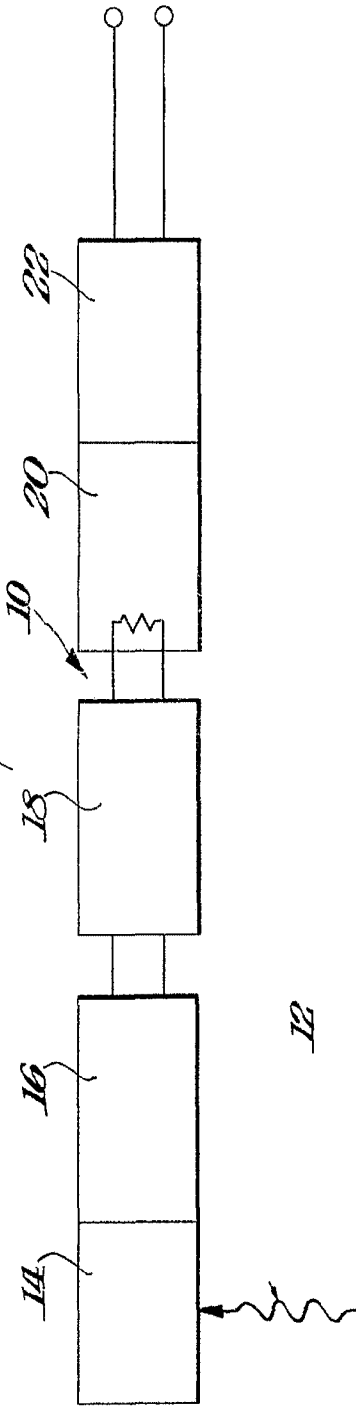


Fig. 2a.

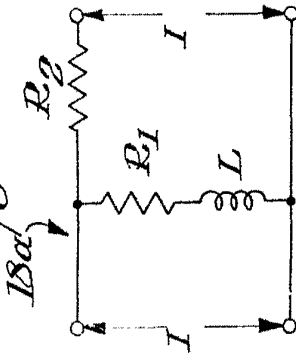


Fig. 2b.

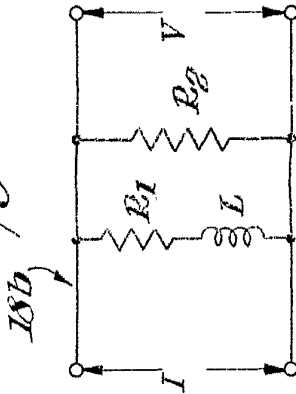
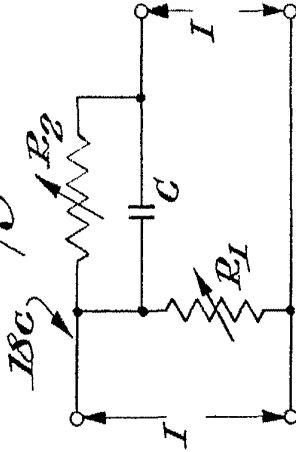


Fig. 2c.



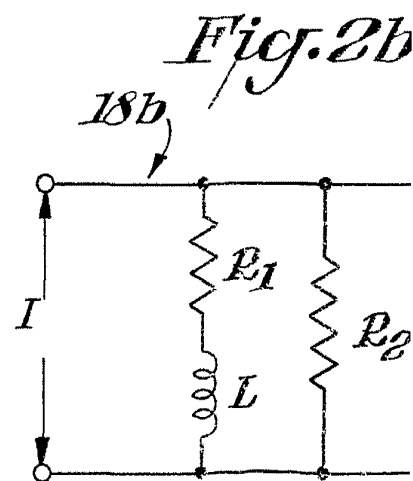
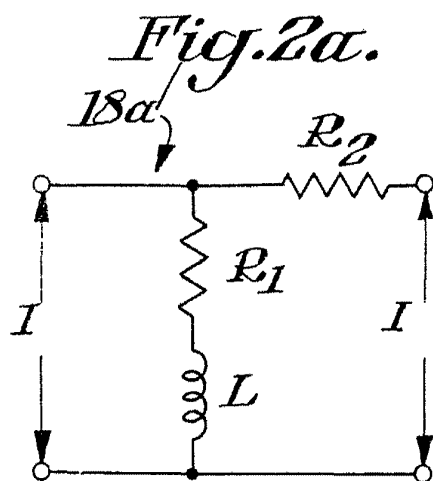
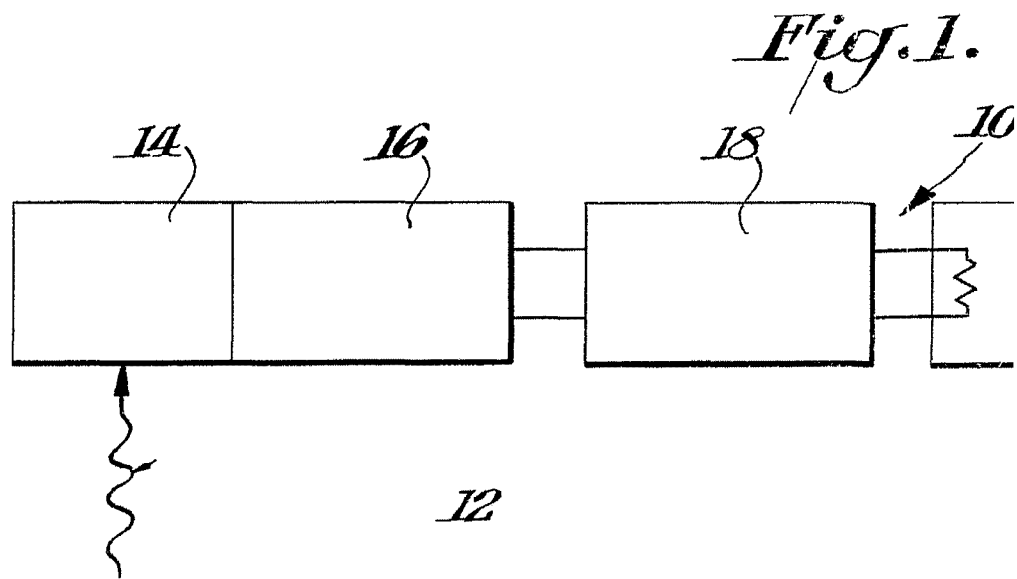


Fig. 1.

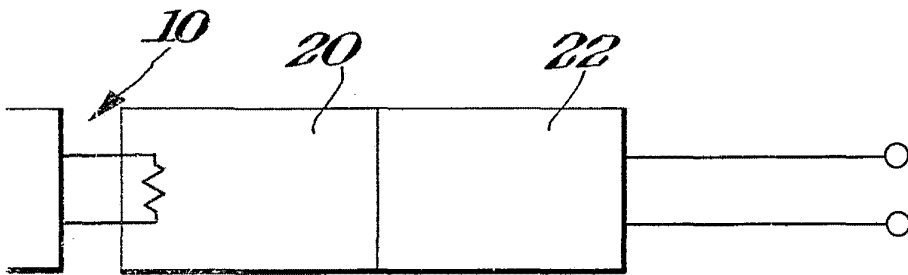


Fig. 2b.

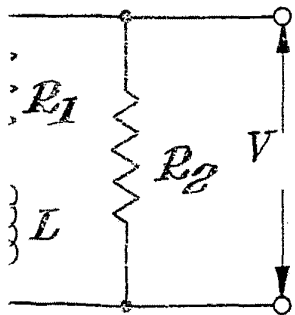
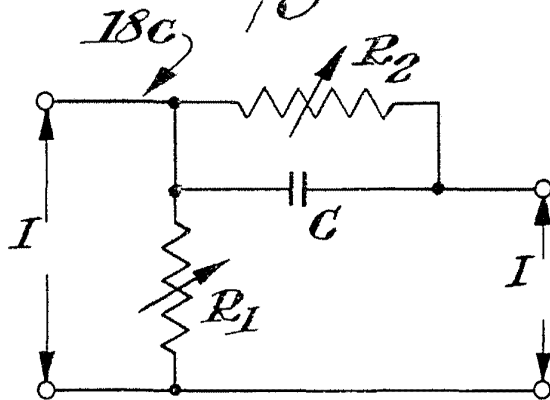


Fig. 2c.



Oscar de Elzaburu
Por Poder.