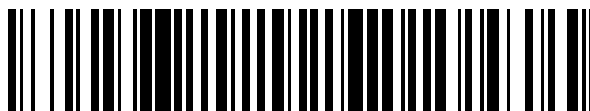


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 422 009**

51 Int. Cl.:

H04B 3/56 (2006.01)

H04B 5/00 (2006.01)

H01G 9/28 (2006.01)

A61N 1/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.06.2008 E 08772071 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2178599**

54 Título: **Sistema y método para el acoplamiento de señal y el bloqueo de corriente continua**

30 Prioridad:

27.06.2007 US 769176

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

06.09.2013

73 Titular/es:

**MEDRELIEF INC. (100.0%)
4800 Montgomery Lane, Suite 801
Bethesda, Maryland 20814, US**

72 Inventor/es:

KRONBERG, JAMES W.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 422 009 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y método para el acoplamiento de señal y el bloqueo de corriente continua

5 CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un método de acoplamiento de señal y a una clase de configuraciones de circuito. En particular, la presente invención se refiere a un método y sistema de acoplamiento de señal mediante la sustitución de condensadores de acoplamiento monolíticos de cerámica o de tipo de film en circuitos de acoplamiento por lo demás convencionales por condensadores simétricos de carbono de doble capa.

10

ANTECEDENTES

El fenómeno de la capacidad es conocido desde hace siglos. El dispositivo de almacenamiento eléctrico más antiguo, la botella de Leyden, era un simple condensador.

15 En su forma conceptual más simple, un condensador 10 según se muestra en la Figura 1 puede considerarse como dos placas 12a y 12b conductoras dispuestas en paralelo con un espacio 14 eléctricamente no conductor entre ellas. Si S es el área 16 de cada placa y d es la distancia 18 entre ellas, y si d es mucho menor que la raíz de S, entonces el valor de la capacidad C del condensador 10 está dado por:

20

$$C = \epsilon S/d$$

donde C se mide en faradios, que corresponden a coulombios almacenados por voltio aplicado, y ϵ es la constante dieléctrica del material que rellena el espacio 14. Para un espacio vacío (o aproximadamente para la mayoría de los gases) la constante dieléctrica es $\epsilon_0 = 8,849 \times 10^{-12}$ faradios por metro. Para otros materiales ϵ se expresa convenientemente como el producto de ϵ_0 por ϵ_R , donde ϵ_R es un número adimensional característico del material. ϵ_R típicamente varía desde alrededor de 2 para hidrocarburos perfluorados como el Teflon®, abarcando valores de 3 a 6 típicos de la mayoría de los plásticos y minerales, 8,8 para el óxido de aluminio, 30 para el óxido de tantalio y 80 para el agua destilada, hasta alrededor de 1200 para formas especialmente procesadas de titanato de bario.

25

30 La comunicación eléctrica entre un condensador 10 y el mundo exterior se realiza a través de dos conductores 20a y 20b conectados a las placas 12a y 12b respectivamente, como se ilustra en la Figura 1a. Como resultado, en los diagramas eléctricos un condensador es representado por medio del símbolo 22 de la Figura 1b que representa las dos placas, el espacio entre ellas y los conductores de salida. Casi invariablemente, un condensador en la práctica contiene además de aquellas, un recubrimiento o funda aislante para evitar un flujo de corriente o pérdidas, como indica la línea 24 discontinua de la Figura 1a.

35

Como se aprecia fácilmente a partir de la ecuación que se acaba de presentar, la capacidad puede aumentar bien aumentando S, aumentando ϵ , o disminuyendo d. Los primeros condensadores que utilizaban un espacio vacío (en la práctica aire) entre sus placas, como se indica mediante 30 en la Figura 2a, tenían valores muy pequeños de C, del orden de algunos picofaradios (10^{-12} faradios) hasta unos pocos cientos de picofaradios. Aunque eran útiles a frecuencias muy altas o voltajes de hasta muchos miles de voltios, tales condensadores tienen muy pocos usos en los dispositivos electrónicos modernos de bajo voltaje.

40

45 La siguiente generación de condensadores, que se ilustra en la Figura 2b, disponía las placas conductoras mucho más cerca, separadas por un film 32 delgado (típicamente de alrededor de 10^{-4} metros) de mica, papel encerado o plástico. Típicamente, las placas estaban formadas por una lámina metálica, y el film y la lámina se enrollaban para aumentar la compacidad. El aumento de S, disminución de d y aumento de ϵ combinados resultante hacían que los valores fuesen en la práctica entre dos y tres órdenes de magnitud más altos, desde alrededor de un nanofaradio (10^{-9} faradios) hasta algunos cientos de nanofaradios, aunque a voltajes de trabajo reducidos de normalmente unos pocos cientos de voltios.

50

El desarrollo de los materiales cerámicos ferroeléctricos, muchos de ellos basados en titanato de bario con un procesado especial, posibilitaron la aparición de otra generación de condensadores denominados monolíticos. Dicho condensador de "chip" se fabrica a partir de capas delgadas (alrededor de 10^{-4} metros) alternativas de cerámica 34 y un metal como el paladio, cocidas juntas en una única pieza cerámica, como se ilustra en la Figura 2c. Aunque en la práctica los dispositivos son pequeños, son más fáciles de fabricar que los condensadores de film y mucho más duraderos. El muy alto valor de ϵ_R de la cerámica 34, típicamente alrededor de 1200, compensa los valores de S necesariamente reducidos, proporcionando en la práctica valores desde unos pocos de nanofaradios hasta alrededor de un microfaradio (10^{-6} faradios) con voltajes de trabajo típicamente de diez hasta treinta voltios. También se puede utilizar cerámica ferroeléctrica en condensadores de "disco" donde la cerámica sustituye el material 32 del ejemplo previo, lo que proporciona menores valores de capacidad pero puede funcionar a mayores voltajes.

55

60

Otro desarrollo que permite una gran capacidad en un pequeño volumen a través de una S grande y una d muy pequeña fue el condensador electrolítico que se ilustra en la Figura 2s. Aquí, al menos una placa está hecha de un metal como el aluminio o el tantalio, bien grabados o procesados de otra manera para maximizar el área de su

65

superficie, y luego puestos en contacto con un electrolito 36. Mediante la aplicación de una corriente y voltaje controlados, se hace crecer una capa delgada (10^{-6} metros aproximadamente) de óxido 38 sobre la superficie y se forma el dieléctrico. Como ϵ_R es moderadamente elevado (aunque no tan elevado como en la cerámica ferroeléctrica) y d es órdenes de magnitud más delgado de lo que sería posible en una estructura construida mecánicamente, se consiguen fácilmente valores de capacidad desde un microfaradio (10^{-6} faradios) hasta muchos miles de microfaradios con voltajes de trabajo que oscilan desde algunos voltios hasta algunos cientos de voltios.

El desarrollo de condensadores electrolíticos revolucionó la electrónica consiguiendo valores relativamente altos de capacidad de un modo económico. Los condensadores electrolíticos tienen un inconveniente, sin embargo, ya que son inherentemente unidireccionales o polarizados. Esto es el resultado del proceso de fabricación y de la química del metal y el electrolito. Mientras que el voltaje aplicado tenga la misma polaridad que la utilizada para formar originalmente la capa de óxido, el condensador funciona normalmente. Sin embargo, si se invierte el voltaje, la capa de óxido se rompe y el condensador empieza a tener numerosas pérdidas, lo que da como resultado en la práctica un cortocircuito. Esto requiere especiales precauciones en el uso de los condensadores electrolíticos, limitando su utilidad a aplicaciones como el almacenamiento de energía en las que el voltaje aplicado siempre tiene la misma polaridad correcta.

Es necesario mencionar que procesando ambas placas de un condensador 40 electrolítico, en lugar de simplemente una sola, como se ilustra en la Figura 2e, puede dar como resultado un dispositivo con características aproximadamente simétricas. Tales condensadores electrolíticos simétricos se utilizan ocasionalmente en procesamiento de señal, por ejemplo en aplicaciones de audio de baja impedancia como filtros y equalizadores gráficos. Debido a su mayor complejidad de fabricación y el relativamente elevado coste resultante, sin embargo, los condensadores 40 electrolíticos simétricos son frecuentemente la última opción cuando no sirve nada más. Un método más común es simplemente disponer dos condensadores electrolíticos convencionales polarizados de igual valor en serie uno junto al otro. Las pérdidas a través de cada condensador en su dirección inversa carga rápidamente su punto común hasta un voltaje suficientemente alto como para evitar una polarización inversa mayor, y entonces el par funciona aproximadamente como lo haría un único condensador simétrico que tuviese la mitad del valor nominal de cada componente.

El desarrollo más nuevo en condensadores, que forma parte de la invención que se describe más adelante, es el denominado "ultracondensador", "supercondensador", condensador "electroquímico" ("EC") o de "doble-capa". Se trata de un dispositivo esencialmente similar a un condensador electrolítico como el que se ilustra en la Figura 2e, aunque en lugar de una capa de óxido metálico, depende para su parte "dieléctrica" de un potencial superficial de barrera que surge en cualquier unión entre un semiconductor como el carbono y otro material. Como se ilustra en la Figura 2f cuando el segundo material es un electrolito 36, esta barrera se crea a través de la formación espontánea de una denominada "doble-capa" en la que una capa está formada por electrones móviles en el carbono 42 y la otra por iones móviles en el electrolito 36. El voltaje que se aplica a través de esta doble capa fuerza separa las cargas opuestas, dejando una zona vacía delgada que constituye la capa dieléctrica.

Como esta capa es muy delgada, frecuentemente de menos de un nanómetro (10^{-9} metros), y debido a que el área S de un cuerpo de carbono activado o aerogel de carbono es extremadamente alta, en la práctica los valores de capacidad en dispositivos de este tipo varían desde un mínimo de alrededor de 0,05 faradios (50000 microfaradios) hasta muchos faradios. El inconveniente surge de esta misma delgadez: un único condensador de este tipo está limitado, dependiendo de su fabricación y del líquido que forma la parte dieléctrica, a un voltaje máximo de trabajo de no más de dos o tres voltios. Para voltajes mayores, se deben conectar varias unidades en serie.

En los condensadores de doble capa iniciales sólo se utilizaba un cuerpo de carbono 42 poroso, un cable conectado al mismo a través de una placa metálica que soporta el carbono, y el otro cable a una lata metálica recubierta con un níquel 44 especialmente procesado en contacto directo con el electrolito. Tal dispositivo, como se ilustra en la Figura 2f, tiene propiedades como las de un condensador electrolítico (ilustrado en la Figura 2e): funciona según una única polaridad, y puede sufrir daños o la destrucción completa si se aplica el voltaje en el sentido incorrecto. Su contenido en níquel 44 también lo hace relativamente costoso y requiere un manejo especial al desecharlo debido a la posible liberación de tóxicos.

Desde aproximadamente la entrada del siglo veintiuno, sin embargo, los avances tecnológicos han simplificado y hecho más económico la unión de carbono a ambas placas de un condensador 46 simétrico de doble capa en lugar de simplemente una. Tal condensador se ilustra en la Figura 2g. Los condensadores resultantes son adecuados para la producción en masa y los precios están cayendo rápidamente. El voltaje de trabajo por célula es típicamente de uno o dos voltios, siendo conseguibles voltajes más altos mediante la conexión de dos o más células en una pila 48 en serie, como se ilustra en la Figura 2h. Unidades pequeñas adecuadas para el montaje sobre placas de circuito impresas están ahora comercialmente disponibles por precios tan bajos como alrededor de 1,00 \$ en cada cantidad. Una de tales series de dispositivos es la serie ELNA "Dynacap" DX, que comprende dispositivos de 0,047, 0,1, 0,22, 0,33 y 1,0 faradios con un voltaje nominal de 5,5 voltios. Los documentos US 5 833 712, US 6 188 274, y EP 1 431 990 divulgan el uso de condensadores de doble capa como elementos de almacenamiento de energía.

No está generalmente reconocido, sin embargo, que las características simétricas nuevas de estos condensadores 48 de doble capa carbono-carbono permitan más usos además del almacenamiento de energía. Un motivo probable podría ser el hecho de que las generaciones previas de condensadores de altos valores, como los condensadores electrolíticos, eran casi exclusivamente unidireccionales y se dañaban fácilmente si se aplicaba una polaridad invertida. Como la doble capa eléctrica se hace posible con la unión carbono-electrolito, no está sujeta a dichos daños. Si se rompe de cualquier modo, se puede volver a formar virtualmente al instante. En un condensador 48 simétrico de doble capa moderno, al tener dos placas recubiertas con carbono poroso, una placa se activa y proporciona una elevada capacidad en una polaridad mientras que la otra actúa esencialmente como un cortocircuito, mientras que con la polaridad opuesta sus papeles se invierten.

Por ejemplo, la figura 3 ilustra las curvas de auto-descarga medidas para un condensador 48 típico ELNA DX-5R5V473 "Dynacap" (0,047 faradios, 5,5 voltios) en ambas direcciones marcadas como "directa" e "inversa". En cada caso, el condensador 48 fue cargado a partir de una batería de radio alcalina de 9 voltios a través de una resistencia de 100 ohmios hasta que un voltímetro conectado daba una lectura de 8,50 voltios, bastante por encima del voltaje máximo de trabajo nominal del Dynacap de 5,5 voltios, lo cual se indica mediante la línea 60 de la Figura 3a. Luego, se desconectó la batería. Se midió el voltaje del condensador según intervalos crecientes y se representó en función del logaritmo del tiempo. Las curvas suaves 62 y 64 se ajustaron luego según los puntos nominales "directo" e "inverso" que se ilustran respectivamente en la Figura 3a.

A partir del cambio en el voltaje entre puntos de datos sucesivos, se calculó entonces la corriente interna de pérdidas a partir de la expresión:

$$I_{\text{prd}} = C\Delta V/\Delta t = 0,047 \Delta V/\Delta t$$

y se representó logarítmicamente como una función del voltaje. Como se aprecia en la Figura 3b, las pérdidas caen desde valores relativamente altos cercanos al punto 70 (por encima de la línea 60 del voltaje nominal) hasta alrededor de cuarenta microamperios en el voltaje nominal, luego alcanza una meseta (cerca del punto 72) a alrededor de veinte microamperios por encima del rango de cuatro a cinco voltios. Por debajo de cuatro voltios, las pérdidas caen de nuevo hasta valores inferiores (alrededor del punto 74). Existe una diferencia entre los valores 76 marcados "directos" y los valores 78 marcados "inversos", pero esta diferencia nunca es más de un factor de dos a lo largo de todo el rango de voltaje nominal.

Una aplicación típica para los condensadores es el acoplamiento capacitivo. Específicamente, el acoplamiento capacitivo es la transferencia de energía eléctrica desde un elemento de circuito a otro elemento de circuito utilizando la capacitancia entre los elementos de circuito. El acoplamiento capacitivo se consigue típicamente colocando un condensador en serie con la señal que se desea acoplar. Tal condensador puede denominarse un condensador de acoplamiento. Se utiliza un condensador de acoplamiento para conectar dos circuitos de modo que sólo la señal de corriente alterna (AC) del primer circuito pueda pasar al siguiente, mientras que se bloquea la corriente continua (DC). Esta técnica se puede utilizar para evitar alterar los ajustes de polarización DC de cada circuito cuando se interconectan. Por tanto, el acoplamiento capacitivo también es conocido como acoplamiento AC.

Un condensador de acoplamiento puede ser conocido como un condensador de bloqueo DC. El acoplamiento capacitivo tiene la desventaja de degradar el rendimiento a bajas frecuencias de un sistema que contiene unidades acopladas capacitivamente, ya que cada condensador de acoplamiento junto con la impedancia de entrada en la siguiente etapa forma un filtro paso alto y cada filtro sucesivo da como resultado un filtro acumulado. Por tanto, para obtener una respuesta a baja frecuencia adecuada, el condensador de acoplamiento normalmente debe tener una capacidad suficientemente alta para que la reactancia (en la menor frecuencia de interés) sea mucho mayor que la impedancia de entrada de la siguiente etapa. Un rendimiento pobre a bajas frecuencias de un condensador de acoplamiento puede complicar la transferencia de señales eléctricas A/C con constantes de tiempo elevadas.

Los dispositivos de la técnica anterior, por ejemplo los estimuladores bioelectrónicos que se describen en las patentes US 5,217,009, 5,413,596, 6,011,994, 6,321,119, 6,535,767, 7,117,034, y la solicitud publicada US 20040267333, han requerido el uso de condensadores electrolíticos lado-a-lado para el bloqueo de la corriente continua de salida. Con condensadores de un tamaño práctico, sin embargo, un buen acoplamiento está limitado a señales que tengan un contenido de cargas desequilibradas bajo en todo momento. Aquellas que tengan un desequilibrio significativo, incluso durante un período de tiempo corto, pueden resultar distorsionadas.

Por tanto, existe una necesidad en la técnica de circuitos de acoplamiento capacitivo con un muy buen rendimiento a bajas frecuencias. Dicho rendimiento a bajas frecuencias puede mantener una propagación de señal eficiente cuando las señales tienen componentes de constantes de tiempo largas. También existe la necesidad de dicho acoplamiento capacitivo para bloquear sustancialmente la transferencia de componentes de señal de corriente continua a la vez que mantiene un rendimiento aceptable a bajas frecuencias. También, existe una necesidad en algunos casos, especialmente en aplicaciones médicas, de que dicho circuito de acoplamiento capacitivo contenga elementos redundantes en serie por motivos de seguridad.

COMPENDIO DE LA INVENCION

Se describen un método y clase de configuraciones de circuito para el acoplamiento de señales de baja frecuencia desde una etapa de un aparato electrónico a otra etapa, desde el mundo exterior hasta dicha etapa, o desde dicha etapa hasta el mundo exterior, a través del uso de uno o más condensadores de doble capa. Los condensadores de doble capa se pueden combinar con otros componentes de bajo coste y fácilmente disponibles utilizados en el diseño de circuitos electrónicos, como por ejemplo resistencias.

Una característica importante de la invención es el uso de condensadores simétricos de doble capa compactos y económicos para la transmisión de señal, a diferencia del almacenamiento de energía. El método puede ser beneficioso para introducir señales desde aparatos electrónicos a materiales biológicos, como el cuerpo humano o animal vivo, otros organismos, o células o tejidos en un cultivo. El uso de condensadores de doble capa, que proporcionan valores mayores de capacidad en dispositivos de tamaño y coste pequeños en la práctica, puede permitir la transmisión de un rango potencialmente mucho más amplio de señales con mucha menos distorsión a la vez que se sigue bloqueando cualquier corriente continua significativa.

Otra característica importante es que los condensadores de doble capa pueden conectarse en el camino del flujo de la señal con ambos terminales del condensador flotantes, en lugar de como es habitual, con los condensadores de doble capa con al menos un terminal conectado a tierra o a otro punto de voltaje fijo. Esto permite el paso de componentes de corriente alterna de una señal a través de los condensadores desde una etapa de un aparato eléctrico a otra etapa, desde el mundo exterior hasta dicha etapa, o desde dicha etapa hasta el mundo exterior, a la vez que se bloquea cualquier componente de corriente continua. Esta característica puede ser importante especialmente en estimuladores bioeléctricos y dispositivos médicos similares, en los que cualquier corriente continua neta aplicada a tejido vivo puede provocar reacciones electrolíticas dañinas.

Otra característica importante de la invención es el uso de múltiples dispositivos condensadores de doble capa discretos conectados en serie, independientemente de si tal dispositivo comprende una única célula o una pila de dos o más, a la vez que mantiene una capacidad adecuada para un buen acoplamiento. Por ejemplo, se podrían conectar dos de tales dispositivos en serie.

La nueva simetría de los condensadores de doble capa los abre a un nuevo campo de aplicaciones en el que los condensadores de doble capa, especialmente con valores de un faradio o menores, se pueden utilizar del mismo modo que otros condensadores no polarizados pero que tienen unas características de temporización excepcionalmente extendidas debido a sus valores más altos de órdenes-de-magnitud. Por ejemplo, tales condensadores pueden ser utilizados para acoplar señales de corriente alterna (A/C) de frecuencia excepcionalmente baja, como por ejemplo del orden de 20 Hz o menos a niveles de impedancia ordinarios, o frecuencias de audio bajas en el rango de 100 Hz cuando se utilizan impedancias inusualmente bajas o cuando se debe minimizar la distorsión para algunas aplicaciones médicas. Otras bajas frecuencias pueden incluir, aunque no se limitan a las mismas, una banda de 5-15 Hz, así como 0,00056 Hz (que se invierte cada 15 minutos, ciclo completo cada 30 -técnica de generación de señal a la que se hace frecuentemente referencia como aplicación de Borgens para el recrecimiento de nervio), una décima, tres décimas, una centésima, tres centésimas, una milésima, tres milésimas, una diez-milésima, y tres diez-milésimas de un hercio. Sin embargo, otras frecuencias bajas no están fuera del alcance de esta invención.

Los condensadores pueden acoplar estas señales A/C de baja frecuencia desde una etapa de un aparato electrónico hasta otra etapa, desde el mundo exterior a dicha etapa, o desde dicha etapa hacia el mundo exterior, a la vez que siguen bloqueando cualquier componente de corriente directa de dichas señales y sin la necesidad de asegurar que existe una polaridad específica invariable a través del condensador.

En particular, este campo de aplicaciones incluye el acoplamiento de señales de baja frecuencia entre aparatos electrónicos y el cuerpo humano o animal, células, tejidos u organismos completos en cultivo por motivos de diagnóstico, tratamiento, la aceleración del crecimiento o curación, u otros motivos en el campo de la electrobiología y la electroestimulación sin el riesgo de efectos electrolíticos por la exposición prolongada a señales que pueden contener inadvertidamente algún componente de corriente continua.

En cualquier dispositivo médico vendido en los EE.UU., la Administración de Comidas y Fármacos de los Estados Unidos requiere que se mantenga la seguridad independiente del fallo de cualquier componente individual. Un modo simple de satisfacer este requisito es la "regla de tres" según la cual cualquier componente crítico se hace triplemente redundante siendo cualesquiera dos de los tres subcomponentes suficientes para un funcionamiento seguro. Se pueden utilizar condensadores de salida triplemente redundantes colocados en serie para soportar el funcionamiento seguro de cualquier dispositivo médico a la vez que mantienen una baja distorsión de la señal.

Alternativamente, cuando las señales tienen un voltaje suficientemente alto como para requerirlo, se podrían utilizar más de tres dispositivos discretos de tal modo que todos ellos funcionen dentro de sus rangos de voltaje especificados.

Otra característica importante más de la invención es el uso de condensadores de doble capa junto con resistencias de un valor relativamente bajo para concordar con las impedancias de materiales biológicos típicos a las vez que mantienen constantes de tiempo largas, como por ejemplo dentro del orden de siete, dieciséis, treintaiséis, ciento veinte, ciento cincuenta, quinientos, mil doscientos, y mil quinientos segundos, por mencionar sólo algunos ejemplos. Otros valores de constantes de tiempo largas pueden incluir, aunque no se limitan a las mismas, constantes del orden de diez, treinta, cien, trescientos, mil, tres mil, o potencialmente tan largas como diez mil segundos.

Para un voltaje aplicado o paso de corriente acoplado capacitivamente a una carga resistiva, el tiempo de caída, o el tiempo en que la señal decae hasta 1/e o alrededor de un 36,8% de su valor original, está dado por:

$$T = (R_1 + R_2 + R_3 + \dots) / (1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots)$$

donde R1, R2, R3, etc. y C1, C2, C3, etc. son resistencias y capacidades conectadas en serie. Si todos los valores individuales de resistencia son sustituidos por una única resistencia R_S equivalente, y todas las capacidades individuales por una única capacidad D_S equivalente, el tiempo de caída está dado simplemente por:

$$T = R_S C_S$$

y por tanto para mantener un tiempo de caída deseado concreto, si R_S disminuye C_S debe aumentar proporcionalmente. Cuando R_S es pequeño, como ocurre en la mayoría de materiales o sistemas biológicos, es necesaria una C_S grande para una transmisión satisfactoria. El uso de condensadores de doble capa, especialmente en una configuración redundante "regla de tres", permite este mantenimiento de constantes de tiempo largas descrito anteriormente siempre que el valor de cada condensador sea suficientemente alto como para compensar la pérdida provocada por la conexión de varios condensadores en serie.

Por ejemplo, los circuitos de acoplamiento resultantes permiten conseguir de manera económica constantes de tiempo excepcionalmente largas (del orden de diez, treinta, cien, trescientos, mil, tres mil o potencialmente de hasta diez mil segundos) y grandes desplazamientos de carga (del orden de 0,25 culombios), y por tanto el acoplamiento de frecuencias excepcionalmente bajas o de señales que contienen tales componentes de baja frecuencia, especialmente aquellas por debajo de 20 Hz, por ejemplo en materiales biológicos para la diagnosis, tratamiento o aceleración del crecimiento o curación a la vez que se bloquea cualquier componente de corriente continua de las señales.

La descripción de los circuitos de acoplamiento capacitivo que se presentan en este compendio sólo son por motivos de ilustración. Varios aspectos de la presente invención pueden comprenderse y apreciarse más claramente a partir de una revisión de la siguiente descripción detallada de las realizaciones descritas y con referencia a las figuras y las reivindicaciones siguientes. Además, otros aspectos, sistemas, métodos, características, ventajas y objetos de la presente invención serán evidentes para una persona experta en la materia al examinar las siguientes figuras y la descripción detallada. Se pretende que todos dichos aspectos, sistemas, métodos, características, ventajas y objetos estén incluidos en esta descripción, estén dentro del ámbito de la presente invención, y estén protegidos por las reivindicaciones adjuntas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Las Figuras 1a y 1b son vistas esquemáticas de condensadores genéricos de acuerdo con la técnica anterior. Las Figuras 2a-2h son un grupo de secciones transversales esquemáticas de condensadores de la técnica anterior utilizando una variedad de tecnologías diferentes.

Las Figuras 3a y 3b son un par de gráficos que muestran las características de auto-descarga y las corrientes de pérdidas internas calculadas en un condensador de doble capa convencional disponible comercialmente.

La Figura 4 es el diagrama esquemático de la sección de salida de un estimulador bioelectrónico de la técnica anterior utilizando condensadores electrolíticos redundantes.

La Figura 5 es el diagrama esquemático de la misma sección de salida reconfigurada utilizando condensadores de doble capa siguiente la "regla de tres" de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención.

Las Figuras 6a-6c son comparaciones de formas de onda acopladas en un test de carga estándar, simulando la impedancia de un sistema biológico típico, utilizando los métodos de acoplamiento de las Figuras 4 y 5 de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención.

La Figura 7 ilustra un condensador de doble capa acoplado una señal entre un primer circuito y un segundo circuito de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención.

La Figura 8 ilustra tres condensadores de doble capa en serie acoplado una señal entre un primer circuito y un segundo circuito de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención.

La Figura 9 es un diagrama de flujo lógico de un proceso para acoplar una señal eléctrica A/C entre dos circuitos utilizando un condensador de doble capa de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención.

Muchos aspectos de la invención se pueden comprender más claramente haciendo referencia a las figuras anteriores. Los elementos y características que muestran las figuras no están a escala, habiéndose puesto el énfasis en ilustrar claramente los principios de los ejemplos de realización de la presente invención. Además,

ciertas dimensiones pueden estar exageradas para ayudar a presentar visualmente dichos principios. En las figuras, los números de referencia designan elementos similares o correspondientes, aunque no necesariamente idénticos, a lo largo de las diferentes vistas.

5 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERIDAS

La invención puede llevarse a la práctica de diferentes formas y no se debe interpretar que está limitada a las realizaciones que se presentan en este documento; por el contrario, estas realizaciones se proporcionan para que esta descripción sea exhaustiva y completa, y trasladará completamente el ámbito de la invención a aquellos que expertos en la materia. Además, todos los "ejemplos" o "ejemplos de realización" que se dan aquí están pensados para ser no-limitantes, y entre otros soportados por las representaciones de la presente invención.

15 La invención incluye un método y clase de configuraciones de circuito para acoplar señales de baja frecuencia desde una etapa de un aparato electrónico a otra etapa, desde el mundo exterior a dicha etapa, o desde dicha etapa al mundo exterior, a través del uso de uno o más, preferiblemente una pluralidad de condensadores de doble capa, combinados con otros componentes electrónicos de bajo coste y disponibles fácilmente, como resistencias. Los condensadores de doble capa pueden conectarse en el camino del flujo de una señal con ambos terminales del condensador flotantes, al contrario que el uso convencional de los condensadores de doble capa donde al menos un terminal se conecta a tierra u otro potencial de voltaje fijo. La invención puede aplicarse al campo de la estimulación bioelectrónica, en la que una señal de una fuerza y forma de onda específicas es aplicada a un material biológico para provocar una respuesta deseada, como la aceleración del crecimiento o la curación.

20 Un ejemplo de una sección de salida para un dispositivo de generación de señales bioeléctricas convencional se describe en la patente US 6,535,767, y se ilustra en la Figura 4.

25 Hay tres resistencias redundantes en serie que incluyen 100, 102, y una que se selecciona de un grupo de resistencias 104a, 104b y 104c según determina la posición del conmutador 106. Los valores de estas resistencias están calculados de modo que, si cualquiera de ellas falla como cortocircuito, las dos restantes junto con otras resistencias distribuidas en controladores 108 y en otros lugares del circuito, serán suficientes para limitar las corrientes en los terminales 110 de salida en niveles seguros. Las resistencias por sí solas, sin embargo, no pueden por sí mismas distinguir una señal de corriente alterna de una señal de corriente continua, y por tanto no pueden asegurar que las señales en los terminales 110 presentan cargas compensadas (es decir, no tienen componentes DC), lo que también es necesario para un uso seguro.

35 Los diodos 103 y 105 no son esenciales para el funcionamiento del circuito, pero proporcionan una indicación visual o electrónica de que la corriente está fluyendo. Al menos uno de estos diodos, que se muestran en la figura como 105, es un diodo emisor de luz (LED) que puede ser bien un LED visible, o bien el LED infrarrojo es un aislador óptico que proporciona una entrada electrónica, por ejemplo, a un microprocesador. Alternativamente, ambos diodos 103 y 105 pueden ser LEDs. Con los diodos dispuestos según un modo anti-paralelo (no paralelo) según se muestra (donde el ánodo de cada uno está unido al cátodo del otro), el par es capaz de dejar pasar una señal de alta frecuencia y emitir luz en proporción con la corriente que fluye. Esto proporciona una indicación simultáneamente de que la batería está proporcionando un voltaje de operación adecuado, de que todos los bloques de circuito que alimenta están funcionando correctamente, y de que la corriente está fluyendo adecuadamente a la carga conectada al terminal 110.

45 También en la Figura 4 están los condensadores 112a, 112b, 112c y 112d. Estos forman respectivamente dos pares lado-a-lado, de modo que si cualquiera de ellos falla, la otra unidad que está conectada con la misma polaridad todavía es suficiente para bloquear la corriente continua de la salida y así asegurar un funcionamiento seguro.

50 Desafortunadamente, cuando se conectan condensadores en serie de este modo la capacidad total está dada por:

$$CS = 1/(1/C1 + 1/C2 + 1/C3 + \dots)$$

55 donde C1, C2, C3, etc. son las capacidades individuales así conectadas. Cuando todas las unidades son del mismo valor, la expresión se reduce simplemente a:

$$CS = C/N$$

60 donde N es el número de unidades individuales y C es el valor de cada una. Para unidades de 10 microfaradios conectadas en una hilera de cuatro de este modo, el valor en serie resultante es por tanto sólo de 2,5 microfaradios. Con la hilera situada en serie con una carga biológica típica de 500 ohmios, la constante de tiempo de caída resultante es de sólo 1,25 milisegundos, limitando severamente el rango de las señales y frecuencias que se pueden aplicar. Se pueden conseguir constantes de tiempo más largas, y por tanto un rango de frecuencias de funcionamiento más amplio, utilizando condensadores de mayor valor, aunque a costa de penalizaciones en forma de mayor tamaño, volumen, coste y peso.

65

En la Figura 5, la misma sección de acoplamiento de salida de la Figura 4 se muestra redibujada utilizando condensadores de doble capa de acuerdo con la presente invención. Se utilizan al menos tres de tales condensadores 114a, 114b y 114c, satisfaciéndose así la "regla de tres". Se eligen los voltajes de trabajo de las unidades de tal modo que en caso de que se produzca un fallo de cualquier condensador, como un cortocircuito, unidades restantes podrán todavía bloquear de manera segura cualquier componente de señal de corriente continua sin superar sus valores nominales. Por ejemplo, con una señal aplicada máxima de 9 voltios, se pueden utilizar tres condensadores de doble capa de 5,5 voltios como los de la serie de condensadores ELNA DX, siendo dos suficientes para un funcionamiento seguro.

Utilizando el dispositivo de menor valor en la serie DX, el DX5R5V473 cuyas características se mostraron en la Figura 3, cada dispositivo tiene una capacidad de 0,047 faradios y por tanto la hilera de tres tiene una capacidad en serie de alrededor de 0,0157 faradios: 15700 microfaradios, o más de 6000 veces la de la hilera equivalente en la Figura 4. De nuevo al aplicar una señal a través hilera a una carga biológica típica de 500 ohmios, la constante de tiempo resultante es de 7,83 segundos. Se pueden conseguir fácilmente constantes de tiempo todavía más largas utilizando otros dispositivos de la misma serie o de otras similares que tengan unos valores estándar con un 10% e tolerancia, como se indica en la Tabla 1. Por ejemplo, las constantes de tiempo más largas pueden incluir, aunque no se limitan a las mismas, constantes del orden de siete, dieciséis, treintaiséis, ciento veinte, ciento cincuenta, quinientos, mil doscientos, y mil quinientos segundos (como se muestra en la Tabla 1), por mencionar sólo algunos ejemplos. Otros alores de constantes de tiempo largas pueden incluir, aunque no se limitan a las mismas, constantes del orden de diez, treinta, cien, trescientos, mil, tres mil, o potencialmente de hasta diez mil segundos. Por tanto, algunas constantes de tiempo soportadas por la invención pueden oscilar desde entre diez hasta diez mil segundos y, otras varían por ejemplo entre cien y mil segundos.

Esto abre un nuevo rango amplio de señalización A/C de baja frecuencia, como por ejemplo del orden de entre 20 Hz y 0,0001 Hz, lo que puede ser de gran valor en la estimulación bioelectrónica. Bajas frecuencias adicionales pueden incluir, aunque no se limitan a las mismas, un hercio (Hz), una décima, tres décimas, una centésima, tres centésimas, una milésima, tres milésimas, una diezmilésima, y tres diezmilésimas de un hercio. Sin embargo, otras frecuencias no están fuera del alcance de la invención.

Tabla 1 - Valores de condensador y constantes de tiempo correspondientes

Valor del condensador individual (faradios)	Valor de tres condensadores en serie (faradios)	Constante de tiempo con 500 ohmios en serie (segundos)
0,047	0,0157	7,83
0,10	0,0333	16,7
0,22	0,0733	36,7
0,33	0,110	50
1,0	0,333	150 (2,5 minutos)
3,3	1,10	500 (8,33 minutos)
10	3,33	1500 (25 minutos)

Por ejemplo, Richard Borgens, director del Centro Purdue para la Investigación en Parálisis, y otros, han demostrado que el crecimiento del nervio es estimulado por una onda cuadrada de muy baja frecuencia en la que la polaridad se invierte aproximadamente cada quince minutos. Utilizando tres condensadores de doble capa, cada uno de un valor de diez faradios y conectados en serie, permitiría la introducción de dicha señal en una carga biológica típica de 500 ohmios sin una distorsión de la señal inaceptable a la vez que sin exponer los tejidos tratados a efectos electrolíticos potencialmente dañinos.

Las bajas frecuencias producidas por la invención pueden incluir, aunque sin limitarse, una banda de 5-15 Hz, así como 0,00056 Hz (invirtiéndose cada 15 minutos, un ciclo completo cada 30, - haciéndose referencia a tal técnica de generación de señal como la aplicación Borgens para crecimiento de nervio), y frecuencias tan bajas como 0,0001 Hz. Frecuencias bajas adicionales pueden incluir, aunque no se limitan a las mismas, un hercio (Hz), una décima, tres décimas, una centésima, tres centésimas, una milésima, tres milésimas, una diezmilésima, y tres diezmilésimas de hercio. Sin embargo, otras frecuencias bajas no están fuera del alcance de la invención. Sin embargo, otras frecuencias bajas no están fuera del alcance de la invención.

La Figura 6 ilustra y compara las características de acoplamiento de la señal de la sección de salida de la técnica anterior en la Figura 4 con las de la Figura 5 de la invención. La línea 120 de la Figura 6a muestra el voltaje de salida diferencial de los controladores 108. La señal adopta la forma de un tren 122 de pulsos cortos asimétricos seguidos por un pulso 124 de eualización que, como se realiza aproximadamente igual que la diferencia entre los tiempos de estancia en las polaridades positivas y negativas dentro del tren 122, restaura el balance eléctrico para una carga neta de cero (sin contenido de DC). Como con componentes prácticos no se puede asegurar que ningún fallo o cambio de valor vaya a afectar a este balance, sin embargo, todavía es necesario un bloqueo DC por seguridad. Deseablemente, el mismo patrón de voltaje de la línea 120 se reproduciría casi invariable a lo largo del material biológico que se está tratando.

La línea 126 de la Figura 6b de la técnica anterior muestra la señal desde la sección de salida a través de una resistencia de 500 ohmios que representa una carga biológica típica, dispuesta entre los terminales 110. La distorsión producida por la combinación de condensadores 112a a 112d se aprecia claramente en la forma de la caída de voltaje a lo largo de la longitud del tren 122, lo que resulta en pulsos positivos que disminuyen de fuerza a lo largo del tiempo mientras que los pulsos negativos aumentan de fuerza. Todos los pulsos están tienen una forma visiblemente distorsionada también, más marcadamente en el pulso 124 de equalización.

La línea 128 de la Figura 6c de una realización de la invención muestra la misma señal cuando los condensadores 122a a 122d se han sustituido por tres condensadores 124a a 124 de doble capa, según se ha detallado anteriormente. Como se puede apreciar, no hay distorsión detectable entre el voltaje aplicado y el que aparece atravesando la carga.

Haciendo referencia ahora a las Figuras 7 y 8, la Figura 7 ilustra un condensador 46 de doble capa que acopla una señal 710 entre un primer circuito 700a y un segundo circuito 700b de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención. Los conductores 20a y 20b funcionan para interconectar el primer circuito 700a a los condensadores 46 de acoplamiento y los condensadores de acoplamiento al segundo circuito 700b. Esta interconexión proporciona un camino conductivo para las señales 710 eléctricas de corriente alterna (A/C) desde un circuito al otro a través de los condensadores 46 de doble capa.

El condensador 46 puede bloquear sustancialmente las componentes de corriente continua (DC) de cualquier señal 710 que acopla entre el primer circuito 700a y el segundo circuito 700b. Sin embargo, el condensador 46 puede acoplar una porción sustancial de la otra energía de baja frecuencia contenida dentro de las señales A/C 710 de modo que el condensador 46 funcione para acoplarse entre el primer circuito 700a y el segundo circuito 700b.

Los condensadores de doble capa pueden comprender cualquier condensador que presente características de doble capa simétricas, por ejemplo un súper condensador 46 de carbono de dos lados según se ilustra. Alternativamente, aunque normalmente es menos deseable, cada condensador mostrado puede sustituirse por dos supercondensadores simétricos idénticos según una configuración lado-a-lado análoga a la de un par de condensadores según se ilustra en la Figura 4. Como se ha descrito con relación a la Figura 2g, tal condensador puede conseguir la doble capa deseada cuando una capa está formada por electrones móviles en el carbono 42 y la otra por iones móviles en el electrolito 36. Un voltaje de la polaridad correcta aplicado a través de esta doble capa separa las cargas, dejando una delgada zona hueca que forma el dieléctrico del condensador. Más generalmente, el dieléctrico está basado en el potencial superficial de barrera que surge en cualquier unión entre un semiconductor como el carbono y otro material.

El condensador de doble capa también puede comprender un condensador 48 apilado según se describió con relación a la Figura 2h. También se pueden utilizar múltiples condensadores en serie, como se muestra en la Figura 8a. Los condensadores que se ilustran en la Figura 8a pueden ser cada uno una unidad 46 de condensador de capa dual como se muestra o bien pueden ser células 48 de condensador de doble capa apiladas con dos, tres, o más de tres células por condensador 48 apilado (ver la Figura 2h). Los condensadores en serie y/o apilados pueden proporcionar redundancia en el camino de la señal, protegiendo la carga del fallo de uno o más de los condensadores 46 individuales. Un ejemplo de dicha redundancia es la "regla de tres" que se describió anteriormente.

En un ejemplo de realización (no ilustrado), el circuito 700a puede acoplarse a unidades 46 de condensador de capa dual que están acoplados a material biológico. El material biológico puede comprender un organismo vivo. Por ejemplo, el organismo vivo puede comprender tejido, cultivos de células, un cuerpo humano vivo, un animal vivo diferente de un humano, y otros organismos vivos similares.

Aunque los condensadores que se ilustran en las Figuras 7 y 8 se ilustran como condensadores 12a y 12b de placas paralelas, pueden tener cualquier otra geometría o configuración electroquímica conocida en la técnica para conseguir un efecto de supercondensador o ultracondensador de doble capa. Ejemplos de otras geometrías pueden ser bobinas recubiertas, placas concéntricas, placas apiladas, placas intercaladas radialmente, placas con superficies tratadas o texturizadas para aumentar el área de la superficie. Los materiales de los condensadores 46 pueden incluir cualquier combinación de carbono, silicio, germanio, arsénico de galio, semiconductores dopados, combinaciones de los mismos, o cualquier otro semiconductor; líquidos electrolíticos, gases, geles electrolíticos, pastas electrolíticas, sólidos electrolíticos, matrices electrolíticas, o cualquiera de tales materiales electrolíticos; y capas de metal u óxido como el cobre, níquel, aluminio, aleaciones, cualesquiera otros conductores, óxidos metálicos, óxidos de silicio, o cualesquiera aleaciones o combinaciones de los mismos, como ejemplos.

Pasando ahora a la Figura 9, esta figura ilustra un diagrama 900 de flujo lógico de un proceso para acoplar una señal eléctrica A/C entre un circuito y un componente utilizando un condensador de doble capa de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención. El componente puede comprender otro circuito o material biológico. Ciertos pasos en los procesos o el flujo de proceso que se describe en todos los diagramas de flujo lógicos referidos

más abajo deben preceder a otros para que la invención funcione según se describe. Sin embargo, la invención no está limitada con relación al orden de los pasos descritos si dicho orden o secuencia no altera la funcionalidad de la invención. Esto es, se reconoce que algunos pasos deben ser llevados a cabo antes, después, o en paralelo con otros pasos sin salirse del ámbito o espíritu de la invención.

5 El método 900 que utiliza condensadores de doble capa para acoplar una señal A/C eléctrica entre un circuito y una componente puede comenzar con el paso 910 donde una señal 710 eléctrica A/C de un primer circuito 700a es suministrada a un primer conductor 20a.

10 A continuación, en el paso 920, la señal 710 eléctrica A/C se propaga a lo largo del primer conductor 20a. Este conductor puede estar eléctricamente comunicado entre el primer circuito 700a y el condensador 46 de acoplamiento de doble capa.

15 A continuación, en el paso 930, la señal 710 eléctrica A/C es conducida desde el primer conductor 700a hasta un condensador 46 de doble capa. Este condensador 46 es utilizado aquí como un condensador de acoplamiento. El condensador 46 de doble capa puede ser una célula de condensador solitaria que presenta características de condensador doble, o bien puede ser una conexión en serie de uno o más de tales condensadores, o bien puede ser uno o más condensadores 48 apilados. Tales condensadores de doble capa pueden ser también conocidos como supercondensadores o ultracondensadores.

20 A continuación, en el paso 940, la señal 710 eléctrica A/C se acopla a través del condensador 46 de doble capa. El acoplamiento de la señal eléctrica A/C a través del condensador 46 de doble capa puede considerarse como la propagación de los componentes de corriente alterna de la señal 710 eléctrica A/C.

25 En el paso 950, cualquier componente de corriente continua (DC) de la señal 710 eléctrica A/C es sustancialmente bloqueado para evitar su acoplamiento a través del condensador 46. En el paso 960, la señal eléctrica A/C es conducida desde el condensador 46 de doble capa hasta un segundo conductor 20b. El segundo conductor 20b puede estar en comunicación eléctrica con la segunda placa 12b del condensador.

30 A continuación, en el paso 970, la señal 710 eléctrica se propaga a lo largo del segundo conductor 20b. Finalmente, en el paso 980 la señal 710 eléctrica A/C es suministrada desde el segundo conductor 20b hasta un componente como el segundo circuito 700b de la Figura 8 o un componente como un material biológico. La señal suministrada debería ser sustancialmente similar a la señal originalmente suministrada en el paso 910, sin embargo, cualquier componente de corriente continua (DC) habrá sido sustancialmente bloqueada por el condensador 46 de doble capa. El envío de la señal A/C puede demostrar un excelente rendimiento a baja frecuencia y de ese modo ser
35 beneficiosas para conducir señales 710 con componentes de constantes de tiempo largas.

40 Por ejemplo, las constantes de tiempo más largas soportadas por la invención pueden incluir, aunque no se limitan a las mismas, constantes del orden de siete, dieciséis, treinta y seis, ciento veinte, ciento cincuenta, quinientos, mil doscientos, y mil quinientos segundos, por nombrar sólo algunos ejemplos, y otros rangos, como por ejemplo entre ciento cincuenta y mil doscientos segundos. Las señales A/C de baja frecuencia soportadas por la invención pueden incluir, aunque no se limitan a las mismas, señales con frecuencias del orden de entre 20 Hz y 0,0001 Hz.

45 Este paso de acoplar la señal eléctrica A/C a través del condensador 46 de doble capa puede acoplar componentes de baja frecuencia de la señal 710 eléctrica A/C más efectivamente de lo que un condensador 30 de capa simple acopla los componentes de baja frecuencia de la señal 710 eléctrica A/C.

50 La descripción anterior es considerada únicamente ilustrativa de los principios de la invención. Como al experto en la materia se le ocurrirán numerosas modificaciones y cambios, no se desea limitar la invención a la configuración y funcionamiento exactos que se han mostrado y descrito, y en consecuencia, se puede recurrir a todas las modificaciones y equivalentes adecuados, quedando éstos dentro del ámbito de la invención. Por tanto, será evidente para aquellos expertos en la materia que se pueden realizar numerosos cambios y sustituciones a la realización preferida descrita en el presente documento sin apartarse del ámbito de la presente invención según se define en las reivindicaciones adjuntas. Además, el ámbito de la presente invención debe considerarse limitado
55 únicamente por las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un circuito de acoplamiento que comprende:
- 5 un primer conductor (20a) en comunicación eléctrica con un primer circuito (700a) externo;
 un segundo conductor (20b) en comunicación eléctrica con un segundo circuito (700b) externo;
 un elemento (46, 48) capacitivo de doble capa entre el primer conductor y el segundo conductor y que acopla
 una señal eléctrica de corriente alterna (AC) entre el primer circuito externo y el segundo circuito externo,
 10 siendo además operable el elemento capacitivo de doble capa para bloquear sustancialmente una
 componente de corriente continua (DC) de la señal eléctrica AC; y
 una resistencia (104a-104c) en comunicación con el elemento capacitivo de doble capa, siendo la resistencia
 operable para mejorar el ajuste de la impedancia entre el primer circuito externo y el segundo circuito externo.
2. El circuito de acoplamiento de la reivindicación 1, donde el elemento capacitivo de doble capa comprende al
 15 menos uno de entre:
- a) un semiconductor en contacto con un material electrolítico;
 b) un primer semiconductor en contacto con un material electrolítico, y un segundo semiconductor en contacto
 con el material electrolítico;
 20 c) una pluralidad de condensadores de doble capa conectados en serie; o
 d) uno o más ultracondensadores.
3. El circuito de acoplamiento de la reivindicación 1, donde la señal eléctrica AC comprende cargas
 25 desequilibradas.
4. El circuito de acoplamiento de la reivindicación 1, que además comprende una resistencia en comunicación con
 el elemento capacitivo de doble capa, siendo la resistencia operable para mejorar el ajuste de la impedancia entre el
 primer circuito externo y el segundo circuito externo.
5. El circuito de acoplamiento de la reivindicación 1, que además comprende una resistencia, siendo la resistencia
 30 y el elemento capacitivo de doble capa operables para establecer una constante de tiempo mayor que al menos una
 de entre:
- a) diez segundos;
 35 b) treinta segundos;
 c) cien segundos; o
 d) mil segundos.
6. El circuito de acoplamiento de la reivindicación 1, que además comprende una resistencia, donde la resistencia
 40 y el elemento capacitivo de doble capa producen una frecuencia a aproximadamente o menos de entre:
- a) veinte Hz;
 b) cinco y quince Hz; o
 45 c) uno y tres diezmilésimas de Hz.
7. Un método para acoplar una señal entre un circuito y una carga con un elemento capacitivo de doble capa que
 comprende:
- 50 suministrar una señal que contiene ambos componentes de corriente alterna (AC) y de corriente continua
 (DC) en un primer conductor,
 propagar la señal a lo largo de dicho primer conductor hasta un elemento capacitivo de doble capa y una
 resistencia que está acoplada al elemento capacitivo de doble capa, siendo operable la resistencia para
 mejorar el ajuste de impedancia entre un circuito y una carga,
 55 acoplar la componente AC de la señal a través de dicho elemento capacitivo de doble capa, y
 bloquear la componente DC de la señal con dicho elemento capacitivo de doble capa, y
 propagar la señal que comprende sólo la componente AC desde dicho elemento capacitivo de doble capa
 hasta un segundo conductor, y
 suministrar la señal desde el segundo conductor a la carga.
8. El método de la reivindicación 7, donde propagar la señal a lo largo de dicho primer conductor hasta un
 60 elemento capacitivo de doble capa comprende además acoplar la señal a través de un único condensador de doble
 capa.
9. El método de la reivindicación 7, donde propagar la señal a lo largo de dicho primer conductor hasta un
 65 elemento capacitivo de doble capa comprende además acoplar la señal a través de una pluralidad de

condensadores de doble capa.

- 5 10. El método de la reivindicación 7, donde suministrar la señal desde el segundo conductor hasta una carga comprende además suministrar la componente AC de la señal el segundo conductor a otro circuito.
11. El circuito de acoplamiento de la reivindicación 1, donde una dirección del camino de flujo de la señal va desde un aparato electrónico hasta material biológico que consiste en células biológicas en cultivo o tejidos en cultivo.
- 10 12. El circuito de acoplamiento de la reivindicación 1, donde dichos elementos capacitivos de doble capa comprenden al menos uno de entre:
- a) una pluralidad de células conectadas en serie;
 - b) una pluralidad de células conectadas en serie;
 - c) tres condensadores de doble capa; o
 - 15 d) condensadores de doble capa que funcionan en sus rangos de voltaje especificados.

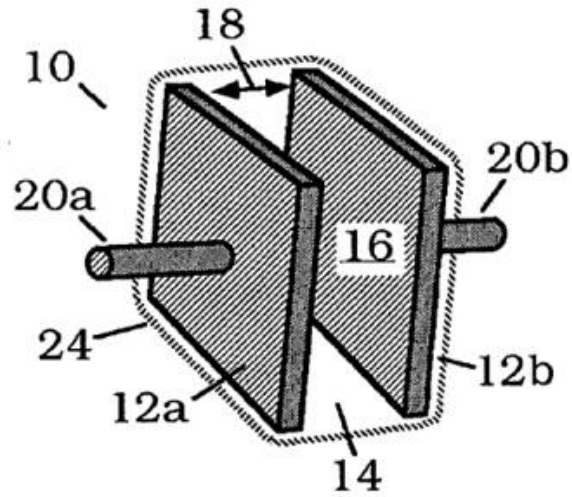


FIG. 1a
TÉCNICA ANTERIOR

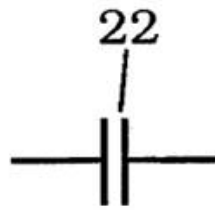


FIG. 1b
TÉCNICA ANTERIOR



FIG. 2a
TÉCNICA ANTERIOR

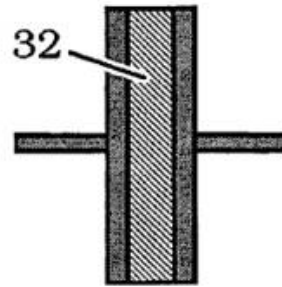


FIG. 2b
TÉCNICA ANTERIOR

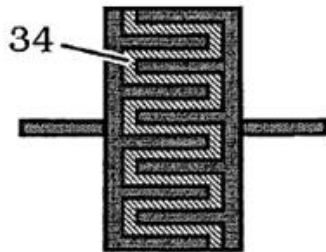


FIG. 2c
TÉCNICA ANTERIOR

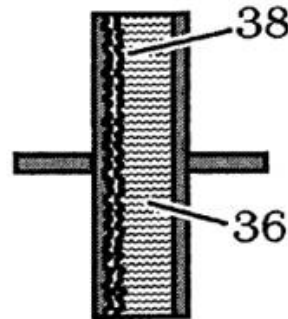


FIG. 2d
TÉCNICA ANTERIOR

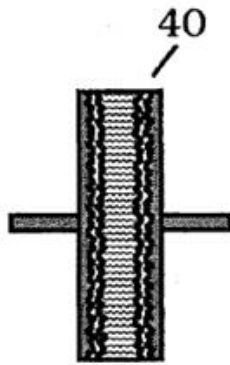


FIG. 2e
TÉCNICA ANTERIOR

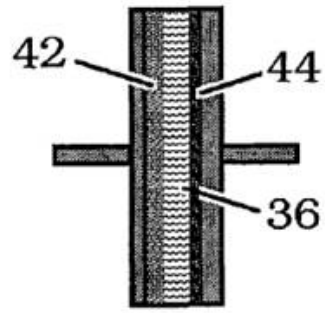


FIG. 2f
TÉCNICA ANTERIOR

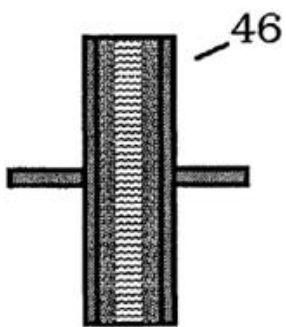


FIG. 2g
TÉCNICA ANTERIOR

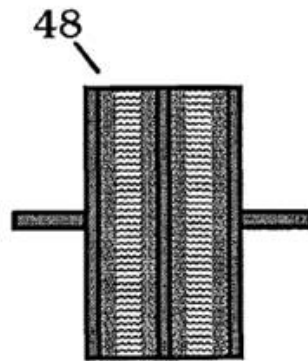


FIG. 2h
TÉCNICA ANTERIOR

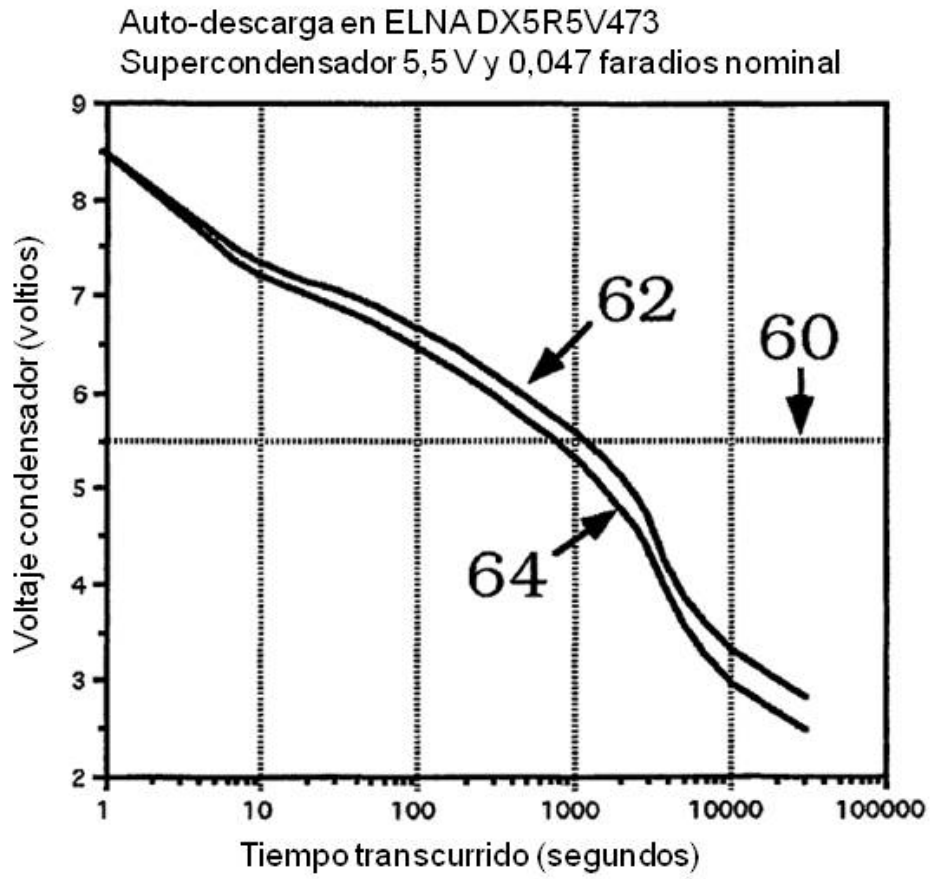


FIG. 3a -TÉCNICA ANTERIOR

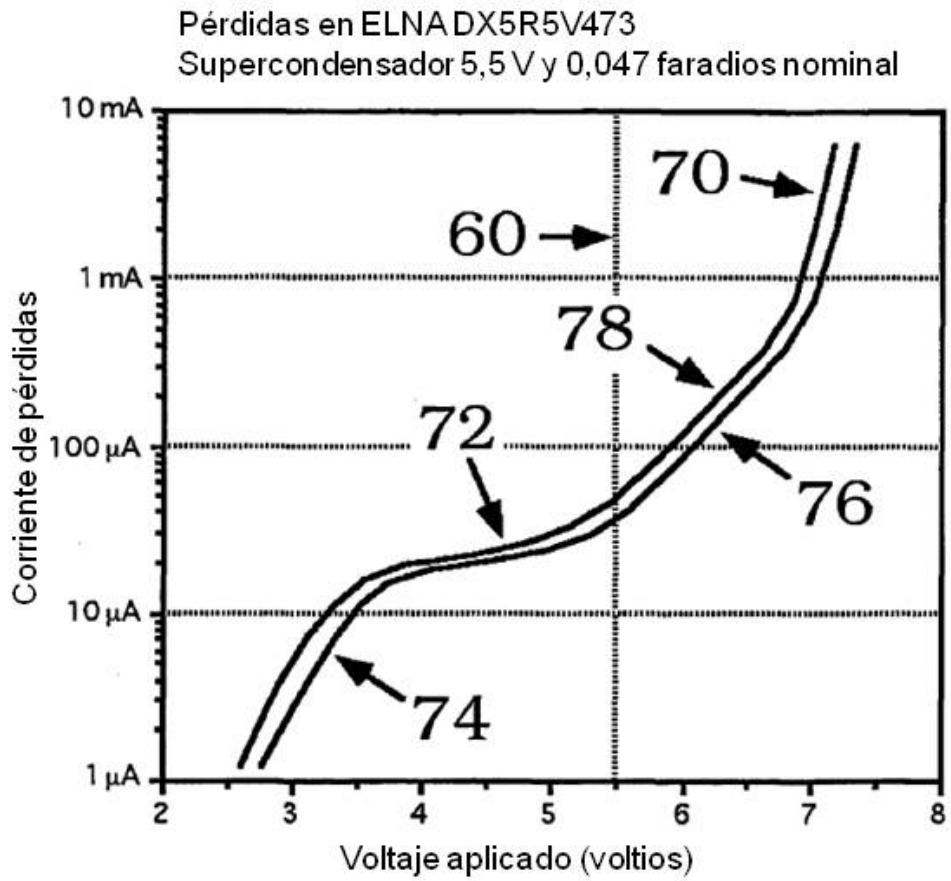


FIG. 3b -TÉCNICA ANTERIOR

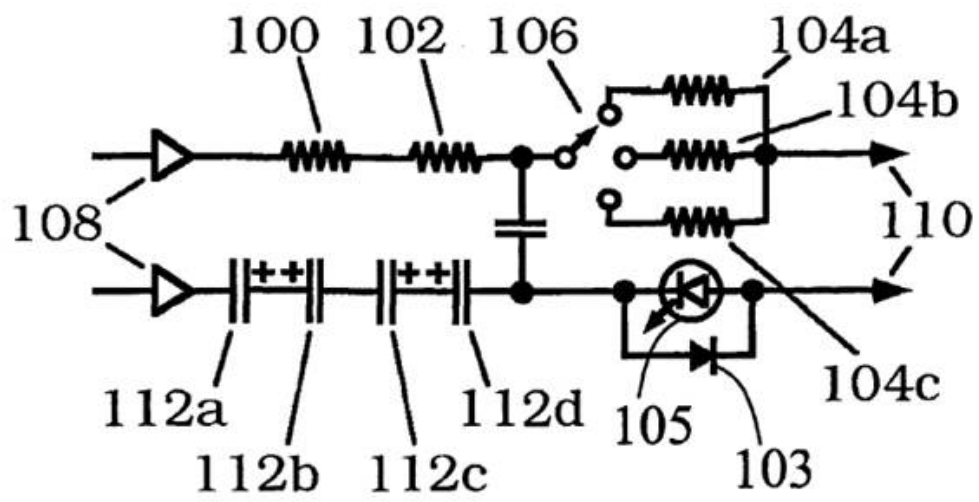


FIG. 4 -TÉCNICA ANTERIOR

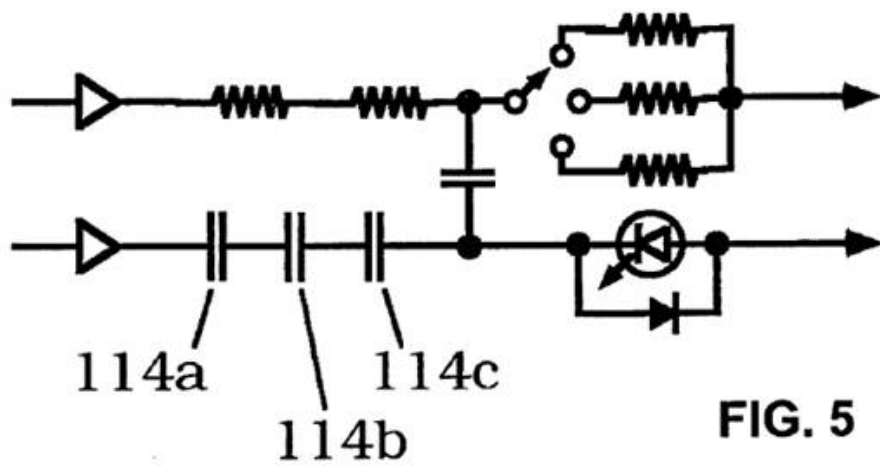


FIG. 6a -TÉCNICA ANTERIOR

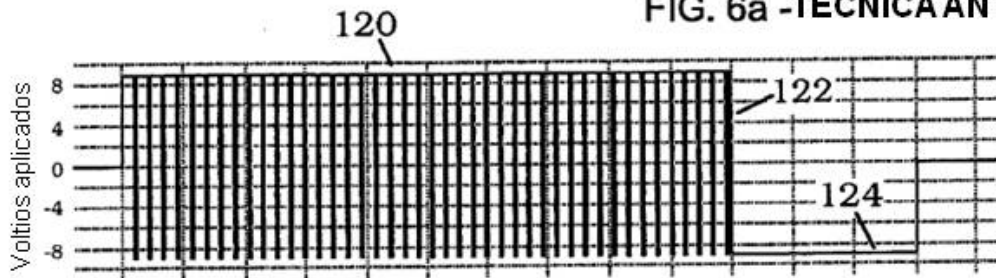


FIG. 6b -TÉCNICA ANTERIOR

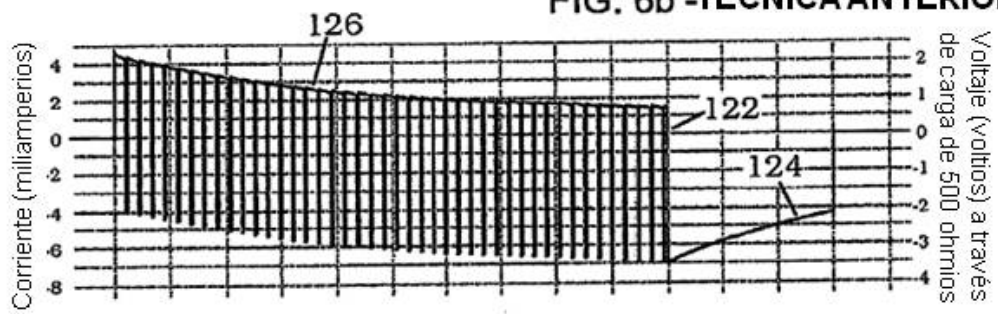


FIG. 6c

