

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 964 859**

51 Int. Cl.:

H04L 25/02 (2006.01)

H04L 25/49 (2006.01)

H04L 25/08 (2006.01)

H04L 5/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.12.2018** **E 18210231 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.10.2023** **EP 3495839**

54 Título: **Sistema de transmisión de una señal eléctrica**

30 Prioridad:

07.12.2017 IT 201700141773

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

09.04.2024

73 Titular/es:

MARELLI AUTOMOTIVE LIGHTING ITALY S.P.A.
(100.0%)
Via Cavallo, 18
10078 Venaria Reale (TO), IT

72 Inventor/es:

BRISOTTO, ALESSANDRO;
CODUTTI, GIANCARLO;
ENGLARO, ANDREA y
IELLINA, MATTEO

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 964 859 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 de transmisión de una señal eléctrica

- 5 La presente invención se refiere a un sistema de transmisión de una señal eléctrica que va a transmitirse entre dos dispositivos electrónicos, donde la señal eléctrica tiene un espectro de frecuencia que comprende una componente de ruido formada por armónicos adecuados para generar perturbaciones electromagnéticas.
- 10 Por ejemplo, la señal eléctrica que va a transmitirse es una señal que tiene al menos una componente variable en el tiempo.
- En una realización particular, la señal eléctrica es una señal de datos de un bus digital.
- 15 Como es sabido, un bus de comunicación digital está formado por varios cables o hilos de una longitud determinada, que pueden adoptar dos valores de tensión diferentes correspondientes a dos estados lógicos, por ejemplo "0" y "1". Por ejemplo, el estado lógico "0" está representado por una tensión de 0 V, mientras que el estado lógico "1" está representado por una tensión de 5 V.
- 20 En términos generales, un bus de comunicación digital comprende un cable de alimentación, que adopta una tensión constante, un cable de tierra, que también es una tensión constante, al menos una línea de datos, cuya señal de tensión es una onda, tal como una onda cuadrada, variable dependiendo de la información que va a transmitirse. Algunos buses de comunicación digitales también incluyen una línea de reloj, cuya señal de tensión es una onda cuadrada constante.
- 25 Por ejemplo, las ondas cuadradas de la línea de reloj y de la línea de datos conmutan entre una tensión positiva, por ejemplo 5 V, y la tensión de tierra, que sirve como referencia común para las tensiones de los dispositivos electrónicos.
- 30 Como es sabido, las señales que varían en el tiempo tienen un espectro que contiene armónicos de alta frecuencia que pueden generar ruido electromagnético que puede interferir con el funcionamiento de dispositivos electrónicos cercanos.
- Una posible solución a este problema está representada por el filtrado de estos armónicos. Sin embargo, en algunos casos, tal como en una luz de vehículo con fuentes de luz LED, el uso de filtros da como resultado un
- 35 aumento inaceptable de los costes.
- Otra solución conocida es dividir la señal que va a transmitirse en dos componentes opuestas, que corresponden a los respectivos conductores de transmisión, de modo que las emisiones generadas por cada componente compensen las emisiones generadas por la otra componente. Las dos componentes de la señal deben
- 40 recombinarse en el dispositivo receptor para obtener la señal original.
- Esta solución, también conocida como "comunicación diferencial", tiene la evidente desventaja de una duplicación exacta de las líneas que generan ruido. El documento US2001004558A1 tiene como objetivo proporcionar una reducción dentro de niveles aceptables del efecto de "ruido" de una señal que pasa a lo largo de al menos una
- 45 línea de un cable de cinta; el documento US5915989A da a conocer conectores diseñados para reducir la diafonía de extremo cercano que se genera cuando el conector se acopla a un receptáculo correspondiente.
- El objeto de la presente invención es proponer un sistema de transmisión de una señal eléctrica que tenga un espectro de amplitud limitado en las frecuencias o intervalos de frecuencias que generan perturbaciones electromagnéticas, y que al mismo tiempo no tenga las desventajas mencionadas en relación con las soluciones
- 50 anteriores.
- Tal objeto se logra mediante un sistema de transmisión según la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones preferidas de la invención.
- 55 La reivindicación 1 se refiere a un sistema de transmisión de al menos una señal eléctrica que va a transmitirse por un dispositivo electrónico de transmisión al menos a un dispositivo electrónico de recepción, donde cada señal eléctrica contiene toda la información utilizable por el dispositivo electrónico de recepción y tiene un espectro de frecuencia que comprende una componente de ruido formada por armónicos adecuados para generar perturbaciones electromagnéticas. El sistema de transmisión comprende al menos una línea de señal que conecta
- 60 el dispositivo electrónico de transmisión con el al menos un dispositivo electrónico de recepción y que es adecuada para transmitir la señal eléctrica respectiva que va a transmitirse, y una unidad de generación de señal, configurada para generar la señal eléctrica que va a transmitirse en cada línea de señal.
- 65 El sistema de transmisión comprende además al menos una línea de compensación de ruido, y un circuito de compensación de ruido configurado para generar en cada línea de compensación de ruido una señal de

compensación de ruido que tiene al menos una componente variable que corresponde, dejando de lado un factor de multiplicación, a la inversa de al menos una porción de la señal eléctrica o de la suma de las señales eléctricas que van a transmitirse.

- 5 La señal de compensación de ruido así generada emite una radiación electromagnética alrededor de la línea de compensación de ruido que anula o compensa al menos en parte, la radiación electromagnética producida por la(s) señal(es) eléctrica(s) que va(n) a transmitirse.

- 10 Por consiguiente, el sistema de transmisión según un aspecto de la invención comprende, además de las líneas de señal, al menos una línea de compensación de ruido. Tal línea de compensación de ruido, sin embargo, no porta ninguna señal útil para componer el contenido de información utilizable por el/los dispositivo(s) de recepción. Todo el contenido de información, de hecho, está contenido en la(s) línea(s) de señal.

- 15 Por consiguiente, según un aspecto de la invención, la línea de compensación de ruido no está conectada necesariamente al dispositivo electrónico de recepción y puede extenderse incluso sólo parcialmente a lo largo de la al menos una línea de señal.

- 20 Por ejemplo, la línea de compensación de ruido puede tener una longitud más corta que la línea de señal. En este caso, la señal de compensación de ruido tiene una amplitud mayor que la señal eléctrica o la suma de las señales eléctricas que van a transmitirse.

Dicho de otro modo, la al menos una línea de compensación de ruido es una línea en alta impedancia desconectada de cada dispositivo electrónico de recepción.

- 25 En una realización, la al menos una línea de compensación de ruido está compuesta por una antena, por ejemplo, confinada en dicho dispositivo transmisor.

- 30 Por tanto, según un aspecto de la invención, el circuito de compensación de ruido puede estar posicionado externamente con respecto tanto al dispositivo electrónico de transmisión como al menos a un dispositivo electrónico de recepción.

- 35 Según la invención, la señal de compensación de ruido incluye una componente constante positiva cuyo valor se elige de tal manera que la señal de compensación de ruido nunca adopta un valor negativo. De este modo, se simplifica enormemente la realización del circuito de compensación de ruido.

- 40 El circuito de compensación de ruido comprende al menos un circuito inversor de transistores que recibe en entrada la señal eléctrica que va a transmitirse y suministra en salida una señal de salida eléctrica y una señal de compensación de ruido del circuito inversor correspondiente a la inversa de la señal de salida eléctrica. De este modo, no hay retraso, o hay un retraso insignificante, entre la transmisión de la señal eléctrica que va a transmitirse y su inversa que se transmite en la línea de compensación de ruido.

- 45 En una realización, el sistema de transmisión comprende al menos dos líneas de señal para transmitir señales eléctricas respectivas que van a transmitirse, y un circuito de compensación de ruido que comprende un circuito inversor de transistores para cada señal eléctrica que va a transmitirse, en el que la señal de compensación de ruido viene dada por la suma de las señales de compensación de ruido del circuito inversor presentes en salida de los circuitos inversores respectivos.

- 50 Como resultado, ventajosamente, una única línea de compensación de ruido anula o compensa al menos parcialmente el ruido generado por dos o más líneas de señal.

- 55 En una realización, tal circuito de compensación de ruido está conectado a un dispositivo de amplificación de tensión adecuado para generar una tensión de alimentación amplificada capaz de polarizar en zona lineal los transistores de los circuitos inversores de transistores, incluso cuando las señales eléctricas que van a transmitirse adoptan simultáneamente su nivel más alto.

Por ejemplo, el dispositivo de amplificación de tensión se implementa con una bomba de carga.

- 60 En una realización, la línea de señal es una línea de datos de un bus digital, siendo la unidad de generación de señal una unidad de control de bus.

- 65 En una realización, por ejemplo en relación con el bus de comunicación "IC2", también se usa una línea de reloj del bus digital, estando configurada la unidad de control de bus para generar en la línea de datos una señal de datos que conmuta entre un nivel lógico bajo y un nivel lógico alto en función de los datos que van a transmitirse y para generar en la línea de reloj una señal de reloj que conmuta con frecuencia constante entre el nivel lógico bajo y el nivel lógico alto.

En este caso, el circuito de compensación de ruido recibe la señal de datos y la señal de reloj generada por la unidad de control de bus y dota a la línea de datos del bus digital de una señal de salida de datos y a la línea de reloj del bus digital de una señal de salida de reloj, teniendo dichas señales de salida de datos y de reloj un nivel lógico correspondiente al nivel lógico de la señal de datos y la señal de reloj respectivas. El circuito de compensación de ruido está alimentado por una tensión de fuente de alimentación constante y comprende:

a. un circuito inversor de transistores unidireccional que recibe la señal de reloj y proporciona en salida la señal de salida de reloj y una señal de compensación de ruido de línea de reloj correspondiente a la inversa de la señal de salida de reloj a la que se añade la tensión de alimentación constante;

b. un circuito inversor de transistores bidireccional que recibe la señal de datos y proporciona en salida la señal de salida de datos y una señal de compensación de ruido de línea de datos correspondiente a la inversa de la señal de salida de datos a la que se añade la tensión de alimentación constante,

estando dada la señal de compensación por la suma de la señal de compensación de ruido de la línea de reloj con la señal de compensación de ruido de la línea de datos.

En cualquier caso, las características y ventajas adicionales del sistema de transmisión según la invención serán evidentes a partir de la descripción facilitada a continuación de sus realizaciones preferidas, realizada a modo de ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

a. La figura 1 muestra la tendencia en el tiempo de una señal eléctrica variable en función de la información que va a transmitirse, por ejemplo, una señal de PWM o una señal de datos SDA presentes en una línea de datos de un bus de comunicación digital;

b. la figura 1a ilustra la tendencia en el tiempo de una señal de onda cuadrada constante, por ejemplo, la señal de reloj SCL presente en una línea de reloj de un bus de comunicación digital;

c. la figura 2 representa un modelado de un bus de comunicación digital para el fin de generación de ruido electromagnético;

d. la figura 3 es un dibujo de circuito del modelado en la figura 2;

e. la figura 4 es un diagrama de circuito de un circuito de compensación de ruido para una señal eléctrica que va a transmitirse del tipo unidireccional, por ejemplo, una señal de reloj SCL;

f. la figura 5 es un diagrama de circuito de un circuito de compensación de ruido para una señal eléctrica que va a transmitirse del tipo bidireccional, tal como una señal de datos SDA;

g. la figura 6 es un diagrama de circuito de un sistema de transmisión de una señal eléctrica que va a transmitirse por un dispositivo electrónico de transmisión a dispositivos electrónicos de recepción, o viceversa, que usa el circuito de compensación de ruido en la figura 5, en una realización;

h. la figura 7 es un diagrama de circuito de una variante de realización del sistema de transmisión en la figura 6;

i. la figura 8 es un diagrama de circuito de un sistema de transmisión de una señal de datos y de una señal de reloj de un bus digital según la invención, en una realización que usa dos líneas de compensación de ruido;

j. la figura 9 es un diagrama de circuito de un circuito de compensación de ruido para una línea de datos y para una línea de reloj de un bus de comunicación digital, que usa una única línea de compensación de ruido;

k. la figura 10 es un diagrama de circuito de un bus digital que comprende una línea de datos y una línea de reloj y que usa el circuito de compensación de ruido en la figura 9, en una realización;

l. la figura 11 es un diagrama de circuito de una variante de realización del bus de comunicación digital en la figura 10;

m. la figura 12 es un diagrama de circuito de otra realización alternativa del bus de comunicación digital en la figura 10;

n. la figura 13 es un diagrama de circuito de una variante de realización adicional del bus de comunicación digital en la figura 10;

o. la figura 14 es una tabla de los estados del circuito de compensación de ruido en la figura 9;

p. la figura 15 es un diagrama de circuito de una bomba de carga utilizable en un bus de comunicación digital según

la invención; y

q. la figura 16 muestra esquemáticamente una luz de vehículo que comprende dispositivos electrónicos conectados entre sí a través del bus de comunicación digital según la invención.

5

En el resto de la descripción, los elementos comunes a las diversas realizaciones de la invención se indican usando los mismos números de referencia.

Además, en la descripción que sigue se han utilizado los términos "dispositivo electrónico de transmisión" y "dispositivo electrónico de recepción" para indicar que la transmisión de una señal se lleva a cabo por un dispositivo (transmisor) a otro (receptor) (o varios dispositivos de recepción). Esto no implica, sin embargo, que un dispositivo electrónico esté configurado únicamente para transmitir o únicamente para recibir una señal; por el contrario, en algunas realizaciones descritas a continuación, una línea de transmisión puede ser bidireccional, en el sentido de que un dispositivo indicado como receptor puede, a su vez, transmitir una señal al dispositivo especificado como transmisor (como en el caso de un bus de comunicación digital de señal de datos).

10

15

A continuación, se describirán ejemplos de implementación de la invención en sistemas de transmisión de los cuales, por motivos de simplicidad, sólo se considerarán las líneas que generan ruido.

20

Por ejemplo, la figura 1 representa una señal de onda cuadrada variable, por ejemplo, en función de la información que va a transmitirse, que puede ser por ejemplo una línea de datos SDA de un bus de comunicación digital, tal como por ejemplo el bus "IC2" o el bus "Lyn", o una señal de PWM (señal de "modulación por ancho de pulso").

25

En cambio, la figura 1a muestra una señal de onda cuadrada constante, por ejemplo, la señal portadora o de reloj SCL de un bus de comunicación digital.

30

En el caso de un bus digital, la línea de fuente de alimentación y la línea de tierra, cuyas tensiones son sustancialmente constantes en el tiempo, no generan ningún campo electromagnético variable en el tiempo, no contribuyen a la formación de perturbaciones y, por tanto, no se tendrán en cuenta.

35

Considerando, por ejemplo, un bus digital que comprende la línea de datos SDA y la línea de reloj SCL tal como se ilustra en la figura 2, con el fin de generar ruido electromagnético, el bus puede modelarse mediante un circuito que comprende una antena 10 conectada por medio de una capacitancia parásita C1; C2 a cada una de las líneas SDA y SCL.

40

Por consiguiente, en las líneas SDA y SCL existen dos fuentes de ruido respectivas VSDA y VSCL, representadas por generadores de tensión variable, con respecto a tierra, diferentes entre sí. Como resultado, las fuentes de ruido VSDA y VSCL generan ruido durante las variaciones de tensión, es decir, de los estados lógicos, en las líneas SDA y SCL, respectivamente.

45

Además, las líneas SDA y SCL terminan con dos impedancias respectivas Z1 y Z2, que representan, para cada frecuencia del espectro de ruido, las impedancias escuchadas desde el circuito al que está conectado el bus digital.

La antena puede modelarse como una impedancia R de tipo resistivo, normalmente normalizada a 50Ω , conectada a tierra.

50

También puede suponerse que las capacitancias parásitas C1 y C2 son iguales, dado que la distancia entre las líneas SDA y SCL y la antena es sustancialmente igual.

55

Las tensiones de ruido VSDA y VSCL varían, por ejemplo, entre 0 y 5 voltios, mientras que las impedancias Z1 y Z2 pueden identificarse como un circuito abierto, dado que las frecuencias implicadas son bajas, las corrientes en las líneas SDA y SCL son muy bajas (del orden de μA) y los circuitos de entrada a los que están conectadas las líneas SDA y SCL, por ejemplo, los circuitos de entrada de amplificadores operacionales, normalmente tienen una alta impedancia a baja frecuencia.

60

Por consiguiente, las líneas SDA y SCL se cierran en la antena por medio de la capacitancia parásita C ($= C1 = C2$), 21, siendo $Z2 \gg C$. La corriente en las líneas fluye por tanto a través de la antena.

A la luz de lo anterior, el circuito generador de ruido del bus digital puede modelarse con el circuito eléctrico de la figura 3.

Habiendo definido como VA la tensión detectada por la antena 10, se resuelve tal circuito con el principio de superposición de efectos:

$$I_A = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} \cdot I_1 + \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} \cdot I_2 = \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} \cdot (I_1 + I_2) = K \cdot (I_1 + I_2)$$

Cabe señalar que las líneas SDA y SCL también están conectadas a la antena a través de un componente inductivo, además del capacitivo C; sin embargo, a bajas frecuencias, la componente del campo eléctrico es mucho mayor que la del campo magnético y, por tanto, la componente inductiva puede ignorarse.

La idea subyacente a la presente invención es hacer que la tensión VA que detecta la antena sea igual a 0, para cancelar la corriente que fluye en la antena.

En particular, la invención se basa en la introducción de una línea adicional en el sistema de transmisión, por ejemplo en el bus digital, alimentada a través de una fuente de tensión de compensación VOUT adecuada para generar un campo electromagnético capaz de compensar el campo electromagnético generado por la primera y la segunda fuente de ruido VSDA y VSCL en las líneas SDA y SCL, de modo que la antena no detecte ninguna tensión en sus extremos, es decir VA = 0.

Por consiguiente, la fuente de tensión de compensación VOUT debe elegirse de modo que:

$$V_A = K \cdot (V_{SDA} + V_{SCL} + V_{OUT}) = 0,$$

a partir de lo cual

$$V_{OUT} = - (V_{SDA} + V_{SCL}).$$

Según un aspecto de la invención, para evitar que la tensión de compensación VOUT adopte valores negativos, con la consiguiente complicación del circuito, se añade a VOUT un equilibrio constante, definido por una tensión continua VBATT. Por consiguiente,

$$V_{OUT} = - (V_{SDA} + V_{SCL}) + V_{BATT}$$

Por ejemplo, suponiendo que VSDA y VSCL varían entre un valor mínimo de 0 V y un valor máximo de 5 V, y VBATT es igual a 10 V, en tales valores mínimo y máximo de las tensiones de ruido en las líneas SDA y SCL, la tensión de compensación VOUT adoptará los siguientes valores:

VSDA	VSCL	VOUT (con VBATT=10V)
0	0	10
0	5	5
5	0	5
5	5	0

Tal como se explicará más adelante, a diferencia de un bus diferencial, la línea de compensación de ruido que se introduce tiene como único objetivo compensar el efecto de una o más líneas de señal responsables del ruido y, por tanto, no porta ninguna señal útil para los fines del contenido de información que va a transmitirse al dispositivo de recepción.

Dicho de otro modo, la señal o señales que generan ruido portan toda la información que debe transmitirse al dispositivo electrónico de recepción.

Por tanto, tal como se describirá con más detalle a continuación, no es necesario que la línea de compensación de ruido esté conectada tanto a los dispositivos de transmisión como a los de recepción, sino que puede ser más corta que las líneas de señal que generan ruido o incluso tener la forma de una antena.

Además, aunque la comunicación diferencial implica necesariamente la generación de tensiones de equilibrio negativas, el sistema de transmisión según la invención puede diseñarse para funcionar sólo con tensiones mayores que o iguales a cero.

En la invención, de hecho, el sistema de transmisión según la invención transmite, junto con la señal o señales que van a transmitirse que generan ruido, al menos una señal de compensación de ruido que tiene al menos una componente variable que corresponde, dejando de lado un factor de multiplicación, a la inversa de al menos una porción de la señal o suma de señales que van a transmitirse, a la que se añade una tensión constante.

Es evidente que la atenuación máxima del ruido se logra con una señal de compensación de ruido que tiene al menos una componente variable que corresponde, dejando de lado un factor de multiplicación, a la inversa de toda la señal o de la suma de señales que van a transmitirse.

En algunas aplicaciones, sin embargo, puede ser suficiente atenuar parte del ruido, por ejemplo, un porcentaje igual al 70-80 % del ruido generado por las señales eléctricas que van a transmitirse. En estos casos, la señal de compensación de ruido se obtiene mediante la inversión de una porción de la señal o de la suma de las señales que van a transmitirse. Por ejemplo, para construir la señal de compensación de ruido, el sistema de transmisión se limita a elaborar la señal o la suma de las señales que van a transmitirse dentro de una porción temporal del intervalo de tiempo en el que se generan tales señales que van a transmitirse. Por ejemplo, en el caso de generación de la señal de compensación de ruido por medio de un microprocesador, el microprocesador puede realizar un muestreo de las señales que van a transmitirse, por ejemplo aleatoriamente, para obtener una porción de las mismas a partir de la cual obtener la señal inversa.

Ahora se describirán algunas realizaciones prácticas de la invención. Cabe señalar que la implementación de circuito de la idea subyacente a la invención requiere resolver el problema, nada fácil, de generar la señal VOUT de manera perfectamente síncrona con la señal que va a transmitirse, por ejemplo V SDA+ VSCL. Dicho de otro modo, las señales que van a transmitirse y la(s) señal(es) de compensación de ruido debe(n) transmitirse en el sistema de transmisión de manera síncrona, es decir, sin que la señal de compensación tenga ni siquiera un retraso mínimo con respecto a las señales de generación de ruido.

Según una realización, adecuada en particular para compensar el ruido generado por una señal unidireccional, por ejemplo una señal de reloj SCL, se usa un circuito de compensación de señal unidireccional 20, conocido como "desfasador", capaz de generar una señal inversa sin ningún retraso con respecto a la señal de entrada no inversa.

En la figura 4 se muestra un ejemplo de tal circuito aplicado a la señal de reloj SCL.

A continuación, se muestra una tabla de los estados de las señales implicadas en tal circuito:

V _{SCL} (Voltio)	V _{BE} (Voltio)	V _{SCL_OUT} (Voltio)	Transistor Q
0	0	0	Cortado
5	0,7	4,3	Polarizado en zona lineal

donde $V_{SCL_OUT} = V_{SCL} - V_{BE}$, habiendo considerado V_{Rb} despreciable.

Cuando el transistor Q está polarizado en la región lineal, la corriente de emisor IE es sustancialmente igual a la corriente de colector IC. Por tanto:

$$V_{OUT} \approx V_{BATT} - V_{SCL_OUT}$$

Por tanto, VOUT es la inversa de VSCL_OUT, dejando de lado la tensión constante VBATT.

Obsérvese que la señal VSCL_OUT tiene un valor de 4,3 V, pero esta aproximación está dentro de las tolerancias establecidas para el bus digital.

Sin embargo, el circuito "desfasador" descrito anteriormente no es adecuado para transmitir una señal también en la dirección opuesta, por lo que no puede usarse, por ejemplo, para la señal VSDA de una línea de datos a un bus de comunicaciones digitales.

Por tanto, para una señal bidireccional se usa el circuito de compensación de ruido de la señal bidireccional 30 mostrado en la figura 5.

Si VSDA es igual a cero, el transistor Q2 está cortado y por tanto VBE = 0 y VSDA_OUT = 0.

Si V SDA = 5 V, el transistor Q2 está polarizado en la región lineal. Por consiguiente, la tensión base-emisor VBE es igual a 0,7 V y V SDA_OUT = 5 V.

La corriente de emisor IE es igual a:

$$I_E = (V_{SDA} - 0,7 \text{ V})/R$$

5 por tanto:

$$\begin{aligned} V_{OUT} &= V_{BATT} - R \cdot I_C \approx V_{BATT} - R \cdot I_E - (V_{SDA} - 0,7) = \\ &\approx (V_{BATT} - 0,7) - V_{SDA} \end{aligned}$$

10 donde VOUT es la tensión en el terminal de salida OUT del circuito de compensación de ruido 30, concretamente en la línea donde está presente la fuente de tensión de compensación.

Dicho de otro modo, VOUT es la inversa de VSDA, dejando de lado una tensión constante VBATT.

15 La figura 6 es un diagrama de circuito de un sistema de transmisión según la invención, en una realización. La señal que va a transmitirse en la línea de señal SDA se genera por una unidad de generación de señal 50, por ejemplo un microcontrolador, dentro del dispositivo de transmisión 60, por ejemplo una unidad de control de un bus de comunicación digital.

20 La señal eléctrica que va a transmitirse se transmite a través de la línea de señal SDA que está conectada a uno o más dispositivos de recepción 70, en el ejemplo ilustrado una pluralidad de fuentes de iluminación LED y controladores LED 70' relacionados.

25 En este ejemplo, la línea de señal SDA para la señal que va a transmitirse es una línea bidireccional y, por tanto, se usa el circuito de compensación de ruido de la señal bidireccional 30, descrito anteriormente e ilustrado en la figura 5.

Por tanto, el sistema de transmisión comprende, además de la línea de señal SDA, una línea de compensación de ruido de señal bidireccional 302, conectada a la salida OUT del circuito de compensación de ruido de la señal bidireccional 30.

30 Según un aspecto de la invención, esta línea de compensación de ruido de señal bidireccional 302 es una línea de alta impedancia. Por ejemplo, tal línea de compensación de ruido 302 descarga a tierra a través de una gran impedancia R6, R7, R8. Como resultado, la señal de compensación de ruido presente en el terminal de salida OUT del circuito de compensación de ruido de la señal bidireccional 30 es una señal de tensión que genera una radiación electromagnética en el espacio circundante que anula o compensa la interferencia electromagnética generada por la línea de señal SDA.

40 Dado que la línea de compensación de ruido 302 no está conectada a los dispositivos de recepción 70, una línea de este tipo puede tener una extensión diferente, y en particular menor, que la línea de señal. Para tal fin, la amplitud de la señal de compensación de ruido puede multiplicarse por un factor que depende de la longitud de la línea de compensación de ruido.

45 En el ejemplo de la figura 7, la línea de compensación de ruido está compuesta por una antena 304, que puede confinarse, por ejemplo, incluso al dispositivo de transmisión 60 (si la distancia de los dispositivos de recepción desde el dispositivo de transmisión es limitada).

50 En la realización de la figura 8, el sistema de transmisión es un bus digital 80, por ejemplo el bus "I2C", que comprende una línea de datos SDA y una línea de reloj SCL. Las señales eléctricas que van a transmitirse en tales líneas se generan por la unidad de generación de señal 50, por ejemplo un microcontrolador, dentro de la unidad de control 60 del bus de comunicación digital. La unidad de control 60 controla los dispositivos electrónicos periféricos 70 o los dispositivos de recepción, conectados al bus de comunicación digital, en el ejemplo ilustrado una pluralidad de fuentes de iluminación LED y controladores LED 70' relacionados.

55 En este ejemplo, la línea de datos SDA es una línea bidireccional. Por tanto, para compensar la interferencia generada por dicha línea se usa el circuito de compensación de ruido de la señal bidireccional 30. La línea de reloj SCL es una línea unidireccional y, por tanto, para compensar el ruido generado por tal línea se usa el circuito de compensación de ruido de señal unidireccional 20.

60 En este caso, el bus de transmisión digital 80 comprende, además de la línea de datos SDA y la línea de reloj SCL, dos líneas de compensación de ruido 202; 302, cada una conectada al terminal de salida OUT1; OUT2 del circuito de compensación de ruido 20; 30 respectivo.

También en este caso, cada línea de compensación de ruido 202, 302 es una línea de alta impedancia no conectada a los dispositivos de recepción 70 y, por tanto, de longitud variable según sea necesario. Como en el

ejemplo ilustrado, cada línea de compensación de ruido también puede estar constituida por una antena, por ejemplo, confinada al dispositivo de transmisión 60 (si la distancia de los dispositivos de recepción desde el dispositivo de transmisión es limitada).

- 5 En una realización, el circuito de compensación de ruido de señal unidireccional 29 y el circuito de compensación de datos de señal bidireccional 30 se combinan para formar un único circuito de compensación de ruido combinado 40 capaz de generar la tensión de compensación adecuada para compensar el ruido general dado por las dos señales SDA y SCL. Tal circuito de compensación de ruido combinado 40 se muestra en la figura 9 y en los diagramas de circuito de las figuras 10 a 13.

10 La tabla de la figura 14 muestra los valores de las señales de reloj SCL_OUT y las señales de datos SDA_OUT transmitidas en el bus, junto con la señal de compensación de ruido VOUT capaz de compensar las fuentes de ruido asociadas con las señales SCL_OUT y SDA_OUT.

- 15 Si VSDA y VSCL son iguales a 0, los dos transistores Q1 y Q2 están cortados, de modo que VOUT = VBATT y VSCL_OUT = VSDA_OUT = 0.

Si V SDA = 0 y V SCL = 5 V, la corriente de emisor IE1 del transistor Q1 de la señal de reloj es:

20
$$IE1 = (VSCL - VBE1) / R = (VSCL - 0,7) / R;$$

por consiguiente, la tensión de compensación VOUT es:

$$\begin{aligned} VOUT &= VBATT - R \cdot IC1 \approx VBATT - R \cdot IE1 = VBATT - (VSCL - VBE1) = \\ &= VBATT - VSCL + 0,7, \end{aligned}$$

25 mientras que

$$VSCL_OUT = VSCL - VBE1 = VSCL - 0,7$$

- 30 y VSDA_OUT = VSDA. Si VSDA = 5 V y VSCL = 0, la corriente de emisor IE2 del transistor Q2 del circuito de compensación de la señal de la línea de datos es:

$$IE2 = (VSDA - VBE2) / R = (VSDA - 0,7) / R.$$

- 35 Por consiguiente, la tensión de compensación VOUT es:

$$\begin{aligned} VOUT &= VBATT - R \cdot IC2 \approx VBATT - R \cdot IE2 = VBATT - (VSDA - VBE2) = \\ &= VBATT - VSDA + 0,7, \end{aligned}$$

mientras que

40
$$VSCL_OUT = VSCL = 0$$

y VSDA_OUT = VSDA = 5V.

- 45 Si VSDA = 5 V y VSCL = 5 V, ambos transistores de los dos circuitos de compensación están encendidos y polarizados en el área lineal. Aplicando el principio de superposición de efectos:

$$IE1 = (VSCL - VBE1) / R = (VSCL - 0,7) / R;$$

50
$$IE2 = (VSDA - VBE2) / R = (VSDA - 0,7) / R,$$

a partir de lo cual

$$IR = IC1 + IC2 \approx IE1 + IE2 = (VSCL - 0,7) / R + (VSDA - 0,7) / R,$$

55 a partir de lo cual

$$VOUT = VBATT - R \cdot IR = VBATT - VSCL - VSDA + 1,4,$$

60

mientras que

$$VSCL_OUT = VSCL - VBE1 = VSCL - 0,7$$

5 y

$$VSDA_OUT = VSDA = 5V.$$

10 Por tanto, la compensación del ruido del bus viene dada por la suma de las contribuciones de las fuentes de ruido $VSDA_OUT + VSCL_OUT$ con la tensión de compensación $VOUT$, dejando de lado una tensión constante $VBATT$.

15 Gracias a este circuito de compensación, la tensión en el nodo A en los extremos de la antena no varía sustancialmente (dejando de lado las tensiones de polarización de los componentes semiconductores). Dicho de otro modo, la tensión en el nodo A es sustancialmente igual a 0.

20 El bus de transmisión digital 80a ilustrado en el diagrama de circuito de la figura 10 muestra el uso de un circuito de compensación de ruido combinado 40 en lugar de los dos circuitos de compensación 20, 30 descritos anteriormente. En este caso, por tanto, el bus de comunicación digital 80a comprende la línea de salida de datos SDA_OUT (que coincide con la línea de datos SDA en la salida desde la unidad de generación de señal 50), la línea de salida de reloj SCL_OUT , y una única línea de compensación de ruido 404, conectada al terminal de salida OUT del circuito de compensación de ruido combinado 40.

25 En la realización ilustrada en la figura 10, el circuito de compensación de ruido combinado 40 reside en la unidad de control electrónico 60.

30 Sin embargo, una de las ventajas de la presente invención es que dicho circuito de compensación de ruido 40 también podría implementarse indistintamente en uno de los dispositivos periféricos 70 controlados por la unidad de control electrónico 60 a través del bus de comunicación digital, o a lo largo del propio bus, en una posición entre el dispositivo de transmisión y los dispositivos de recepción.

35 Por ejemplo, en la realización ilustrada en la figura 11, el circuito de compensación de ruido 40 está realizado de manera externa tanto al dispositivo electrónico de transmisión 60 (la unidad de control) como a los dispositivos electrónicos de recepción (los dispositivos periféricos 70).

40 En la realización ilustrada en la figura 12, el circuito de compensación de ruido 40 está realizado dentro de uno de los dispositivos periféricos 70.

45 Naturalmente, esta flexibilidad en el posicionamiento del circuito de compensación de ruido se aplica a todos los sistemas de transmisión descritos anteriormente.

50 Cabe señalar que el circuito de compensación 40 descrito antes funciona correctamente cuando la tensión nominal $VBATT$ que alimenta el circuito y proporciona el valor de equilibrio para la señal de compensación es de un nivel suficiente para polarizar los transistores $Q1$ y $Q2$ en la zona lineal.

55 Por ejemplo, cuando $VSCL$ y $VSDA$ varían entre 0 y 5 V, la tensión de fuente de alimentación $VBATT$ debe ser de al menos 13,5 V, con el fin de tener todavía 3,5 V para polarizar los transistores.

60 Para tensiones de fuente de alimentación más bajas, entre el suministro de la tensión de fuente de alimentación $VBATT$ y el circuito de compensación de ruido 40, debe introducirse un dispositivo de amplificación de tensión 80 adecuado para mantener la tensión de fuente de alimentación $VBATT$ en un valor tal que polarice los transistores $Q1$ y $Q2$ del circuito de compensación.

65 Por ejemplo, tal dispositivo de amplificación puede realizarse con un convertidor CC/CC o, más preferentemente, con una bomba de carga, del tipo ilustrado en el diagrama de circuito de la figura 15.

La bomba de carga sería preferible con respecto a la CC/CC, ya que esta última a su vez introduce ruido.

La bomba de carga duplica sustancialmente la tensión de entrada.

En el ejemplo ilustrado, la bomba de carga comprende un transistor MOS-FET $Q2$ que duplica la tensión de entrada en su terminal de fuente S. La puerta G del MOS-FET está conectada a la fuente a través de una resistencia R y al drenaje a través de un condensador de almacenamiento de energía C.

El MOS-FET está controlado por una señal de PWM, por ejemplo, a través de un transistor controlador $Q1$, cuyo colector está conectado a la puerta G del MOS-FET.

Cuando el transistor controlador Q1 está saturado, el colector C se lleva a tierra y luego el MOS-FET Q2 se lleva a saturación y el condensador C se carga mediante un diodo D, a la tensión de entrada, por ejemplo 5 V.

5 Cuando la base del transistor controlador Q1 tiene una señal baja, este transistor se corta, al igual que el MOS-FET Q2. Luego, la tensión de entrada se aplica al potencial negativo del condensador C, que se carga a la tensión de entrada (5 V). Como resultado, en salida, la bomba de carga tendrá una tensión de salida igual al doble de la tensión de entrada, en este caso 10 V.

10 Conectando varias bombas de carga en cascada pueden obtenerse los valores deseados de VBATT. Por ejemplo, con dos bombas de carga en cascada pueden obtenerse 20V.

El bus de comunicación digital de la figura 10 usa un circuito de compensación 40 equipado con un bloque de
15 ampliación 90 de la tensión de alimentación VBATT, capaz por ejemplo de elevar la tensión desde 13,5 V hasta 15 V.

Cabe señalar que en las realizaciones que usan en cambio una línea de compensación de ruido para cada línea que genera ruido, cada una conectada al terminal de salida del circuito de compensación de ruido respectivo, como
20 en el ejemplo de la figura 8, no hay problemas de polarización de los transistores de los circuitos de compensación de ruido y, por tanto, de los dispositivos de amplificación de tensión descritos anteriormente.

En una realización variante adicional representada esquemáticamente en la figura 13, el circuito de compensación de ruido puede implementarse con un microcontrolador 50' configurado para generar, además de las señales que van a transmitirse, por ejemplo, las señales de reloj SCL y de datos SDA, también la(s) señal(es) de compensación
25 de ruido.

Puesto que todo está integrado en el microcontrolador 50', no hay retrasos entre las señales.

30 Por ejemplo, para las señales tanto SDA como SCL, puede usarse un desfasador integrado en el microcontrolador.

Un objeto adicional de la presente invención se refiere a un dispositivo de iluminación, tal como una luz de vehículo 100, que comprende una unidad de control electrónico 60, uno o más circuitos periféricos 70 que comprenden cada uno una pluralidad de fuentes de iluminación LED controladas por un controlador LED respectivo, por ejemplo,
35 pero no necesariamente, residente en las respectivas placas de circuitos electrónicos, donde la unidad de control electrónico 60 controla los circuitos periféricos por medio de un bus de comunicación digital 80; 80a realizado según una de las posibles realizaciones descritas anteriormente.

Un experto en la técnica puede realizar modificaciones y adaptaciones al sistema de transmisión según la invención, reemplazando elementos por otros funcionalmente equivalentes con el fin de satisfacer necesidades
40 contingentes, al tiempo que sigue estando dentro del alcance de protección de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de transmisión de al menos una señal eléctrica que va a transmitirse por un dispositivo electrónico de transmisión al menos a un dispositivo electrónico de recepción, donde cada señal eléctrica contiene toda la información que debe transmitirse al dispositivo electrónico de recepción y tiene un espectro de frecuencia que comprende una componente de ruido formada por armónicos adecuados para generar perturbaciones electromagnéticas, comprendiendo el sistema de transmisión:
5
- al menos una línea de señal (SCL; SDA) que conecta el dispositivo electrónico de transmisión con el al menos un dispositivo electrónico de recepción y que es adecuada para transmitir la señal eléctrica respectiva que va a transmitirse;
10
- una unidad de generación de señal (50), configurada para generar la señal eléctrica que va a transmitirse en cada línea de señal;
15
- al menos una línea de compensación de ruido (202; 302; 404);
- un circuito de compensación de ruido (20; 30; 40) configurado para generar en cada línea de compensación de ruido (302) una señal de compensación de ruido que tiene al menos una componente variable que corresponde, dejando de lado un factor de multiplicación, a la inversa de al menos una porción de la señal eléctrica o de la suma de las señales eléctricas,
20
en el que el circuito de compensación de ruido (20; 30; 40) comprende al menos un circuito inversor de transistores que recibe en entrada la señal eléctrica que va a transmitirse y suministra en salida una señal de salida eléctrica y una señal de compensación de ruido del circuito inversor correspondiente a la inversa de la señal de salida eléctrica, y en el que el circuito de compensación de ruido (20; 30; 40) está alimentado por una tensión de fuente de alimentación constante (VBATT) y en el que la señal de compensación de ruido se añade a la tensión de fuente de alimentación constante.
25
2. Sistema según la reivindicación 1, en el que la al menos una línea de compensación de ruido (202; 302; 404) se extiende al menos parcialmente a lo largo de la al menos una línea de señal (SCL; SDA).
30
3. Sistema de transmisión según la reivindicación 2, en el que la línea de compensación de ruido (202; 302; 404) tiene una longitud menor que la línea de señal (SCL; SDA).
35
4. Sistema según la reivindicación anterior, en el que cada señal de compensación de ruido tiene una amplitud mayor que la señal eléctrica o la suma de las señales eléctricas que van a transmitirse.
5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la al menos una línea de compensación de ruido (202; 302; 404) es una línea en alta impedancia desconectada de cada dispositivo electrónico de recepción.
40
6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la al menos una línea de compensación de ruido está constituida por una antena (304).
45
7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el circuito de compensación de ruido (20; 30; 40) está posicionado externamente con respecto tanto al dispositivo electrónico de transmisión como al menos a un dispositivo electrónico de recepción.
- 50 8. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de generación de señal (50) está configurada para transmitir una onda cuadrada.
9. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la señal de compensación de ruido (20; 30; 40) incluye una componente constante positiva cuyo valor se elige de tal manera que la señal de compensación de ruido nunca adopta un valor negativo.
55
10. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende al menos dos líneas de señal (SCL, SDA) para transmitir señales eléctricas respectivas que van a transmitirse, un circuito de compensación de ruido que comprende un circuito inversor de transistores (20; 30) para cada señal eléctrica que va a transmitirse, en el que la señal de compensación de ruido viene dada por la suma de las señales de compensación de ruido del circuito inversor presentes en salida de los circuitos inversores respectivos.
60
11. Sistema según la reivindicación anterior, en el que el circuito de compensación de ruido (20; 30) está conectado a un dispositivo de amplificación de tensión adecuado para generar una tensión de alimentación amplificada capaz de polarizar en zona lineal los transistores de los circuitos inversores de
65

transistores incluso cuando las señales eléctricas que van a transmitirse adoptan simultáneamente su nivel más alto.

- 5 12. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la línea de señal es una línea de datos (SDA) de un bus digital (80) y en el que la unidad de generación de señal es una unidad de control de bus, comprendiendo además el sistema una línea de reloj (SCL) del bus digital (80), estando configurada la unidad de control de bus para generar en la línea de datos una señal de datos que conmuta entre un nivel lógico bajo y un nivel lógico alto en función de los datos que van a transmitirse y para generar en la línea de reloj una señal de reloj que conmuta con frecuencia constante entre el nivel lógico bajo y el nivel lógico alto.
10
13. Sistema según la reivindicación anterior, en el que el circuito de compensación de ruido (30) recibe la señal de datos y la señal de reloj generadas por la unidad de control de bus y dota a la línea de datos (SDA) del bus digital (80) de una señal de salida de datos y a la línea de reloj (SCL) del bus digital de una
15 señal de salida de reloj, teniendo dichas señales de salida de datos y de reloj un nivel lógico correspondiente al nivel lógico de la señal de datos y la señal de reloj respectivas y en el que el circuito de compensación de ruido está alimentado por una tensión de fuente de alimentación constante y comprende:
20 - un circuito inversor de transistores unidireccional que recibe la señal de reloj y proporciona en salida la señal de salida de reloj y una señal de compensación de ruido de línea de reloj correspondiente a la negación de la señal de salida de reloj a la que se añade la tensión de alimentación constante;
25 - un circuito inversor de transistores bidireccional que recibe la señal de datos y proporciona en salida la señal de salida de datos y una señal de compensación de ruido de línea de datos correspondiente a la negación de la señal de salida de datos a la que se añade la tensión de alimentación constante,
estando dada la señal de compensación por la suma de la señal de compensación de ruido de la línea de
30 reloj con la señal de compensación de ruido de la línea de datos.
14. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 12-13, en el que la unidad de control de bus es una
35 unidad de microcontrolador, y en el que el circuito de compensación de ruido se implementa dentro o fuera del microcontrolador.
15. Conjunto que comprende un primer dispositivo electrónico (60), al menos un segundo dispositivo
40 electrónico (70) y un sistema de transmisión de una señal eléctrica que va a transmitirse entre el primer dispositivo electrónico y el al menos un segundo dispositivo electrónico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
16. Conjunto según la reivindicación anterior, en el que la línea de compensación de ruido está desconectada
45 del segundo dispositivo electrónico y/o del primer dispositivo electrónico.
17. Conjunto según la reivindicación 15 o 16, en el que tanto la unidad de generación de señal (50) como el
circuito de compensación de ruido (20; 30; 40) están realizados en el primer dispositivo electrónico (60).
18. Conjunto según la reivindicación 15 o 16, en el que el circuito de compensación de ruido está realizado
50 en un segundo dispositivo electrónico (70) o en un punto intermedio de la línea de compensación de ruido.
19. Luz de vehículo (100) que comprende una unidad de control electrónico (60), uno o más circuitos
55 periféricos (70) que comprenden cada uno una pluralidad de fuentes de iluminación LED controladas por un controlador LED respectivo, en el que la unidad de control electrónico incluye un sistema de comunicación de señal según cualquiera de las reivindicaciones 1-14, y controla los circuitos periféricos a través de un bus de comunicación digital (80) basado en el sistema de comunicación de señal según cualquiera de las reivindicaciones 1-14.

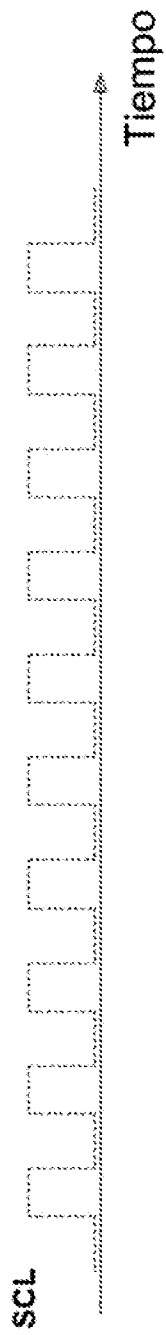


FIG.1a

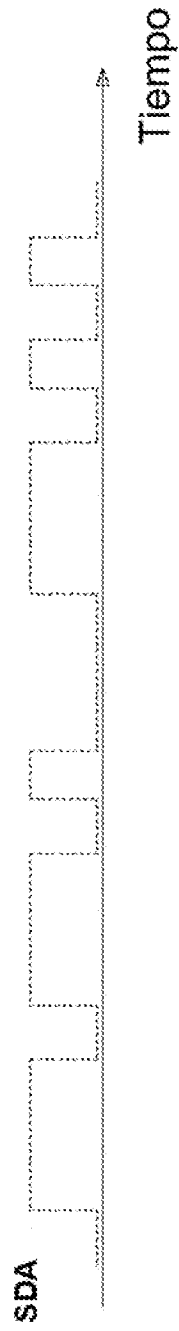


FIG.1

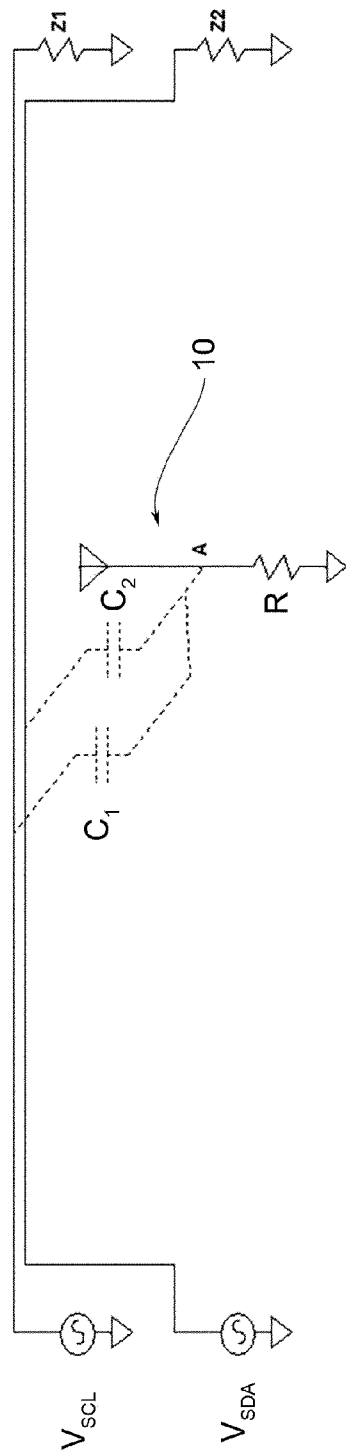


FIG.2

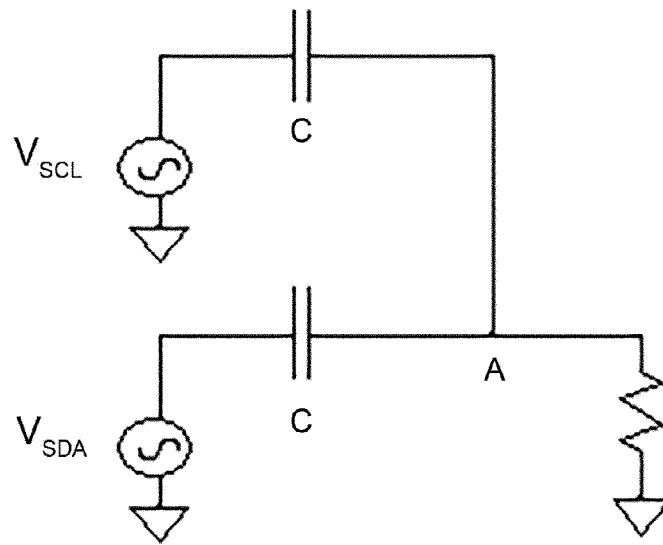


FIG.3

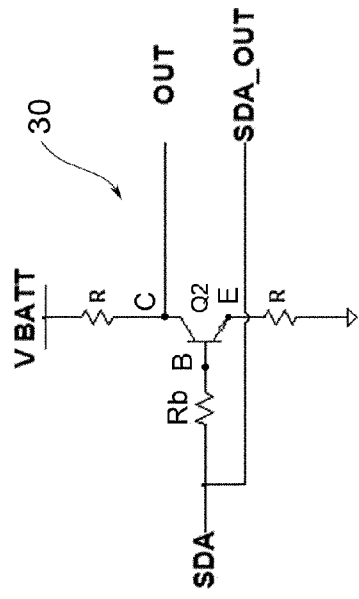


FIG.5

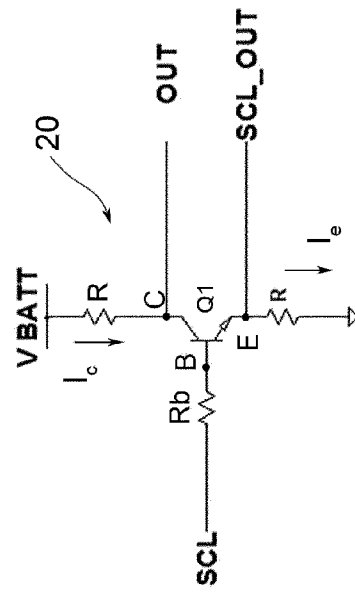


FIG.4

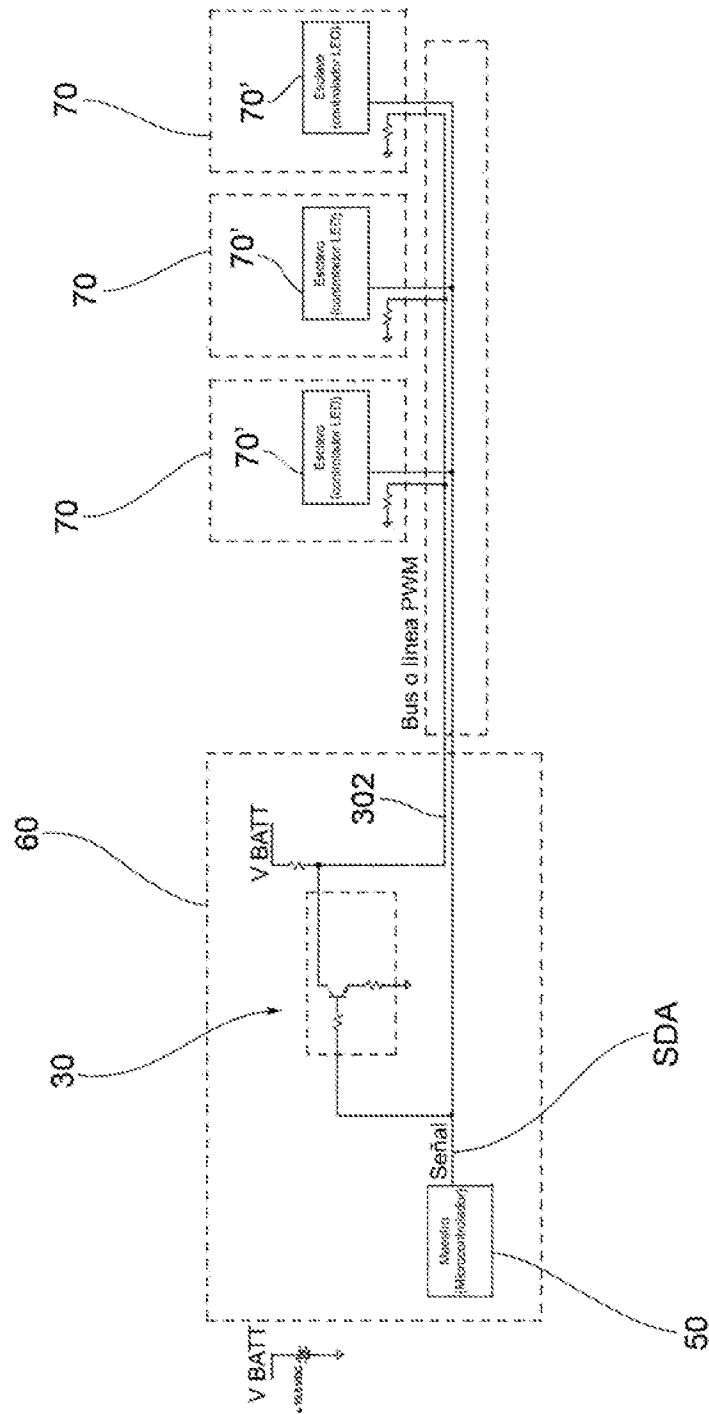


FIG.6

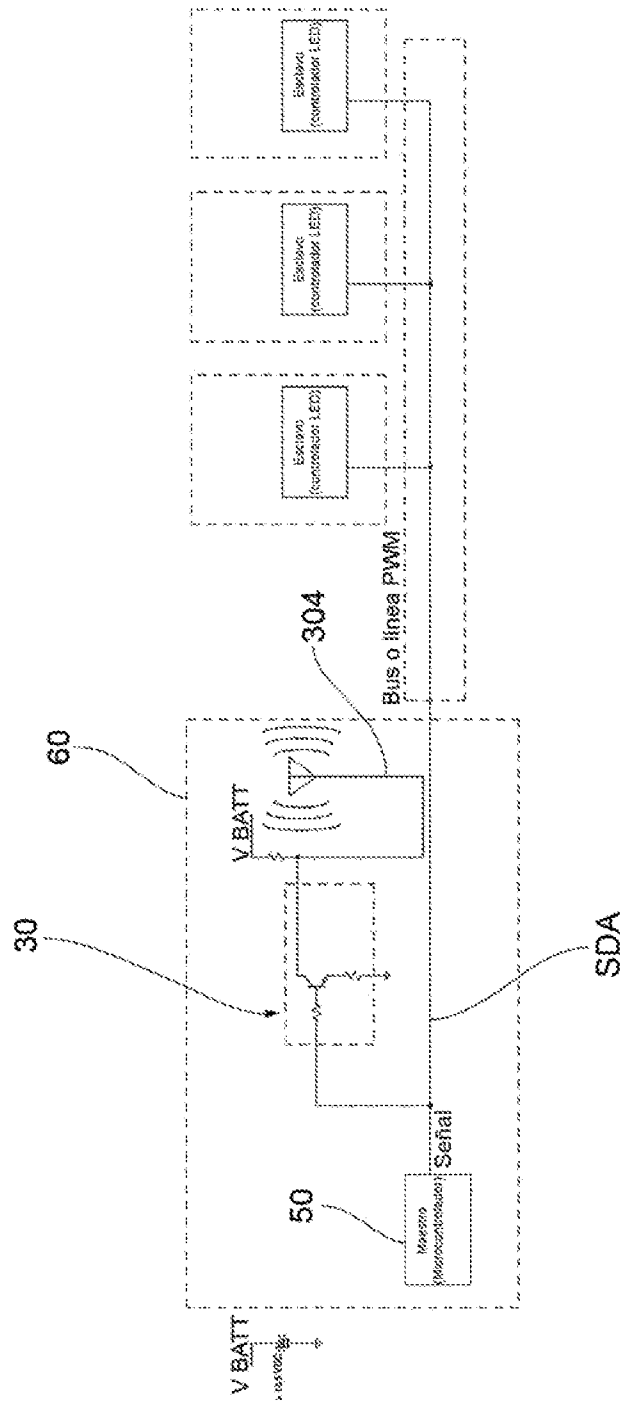


FIG.7

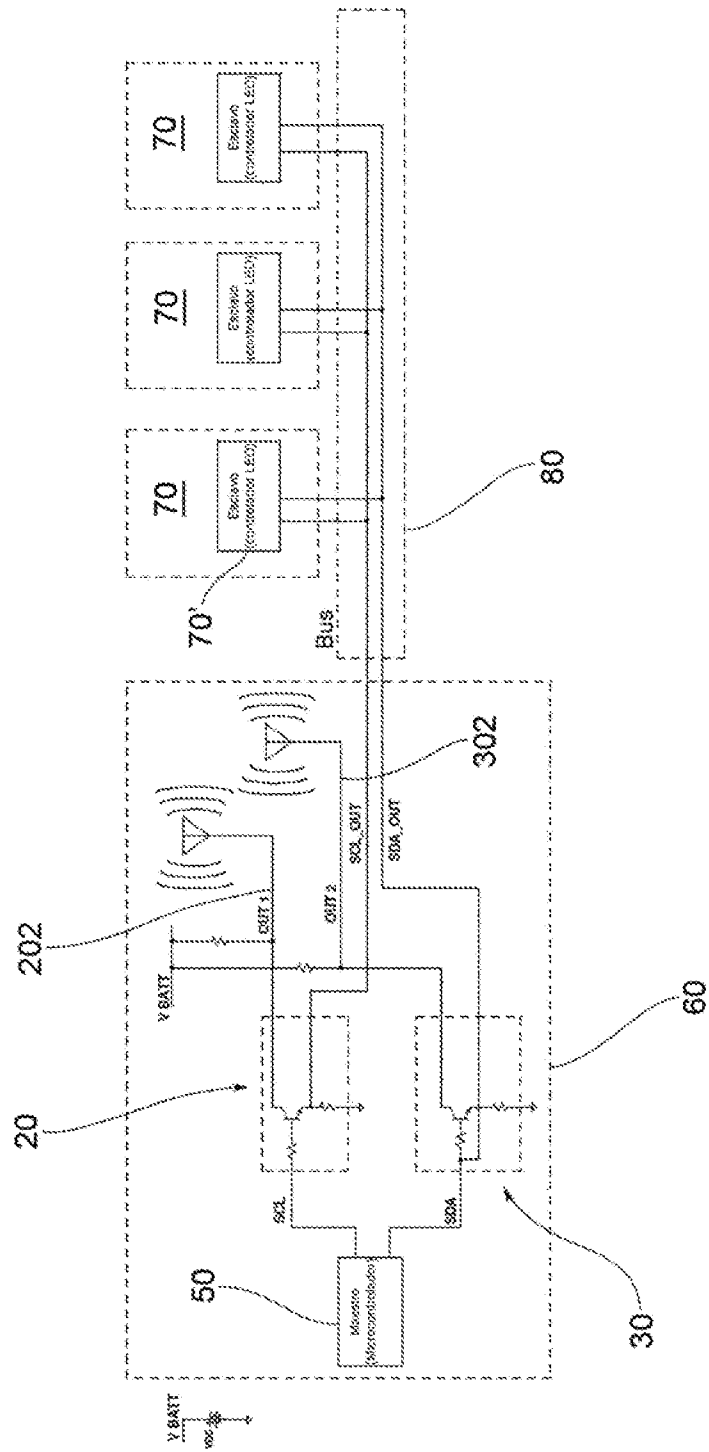


FIG.8

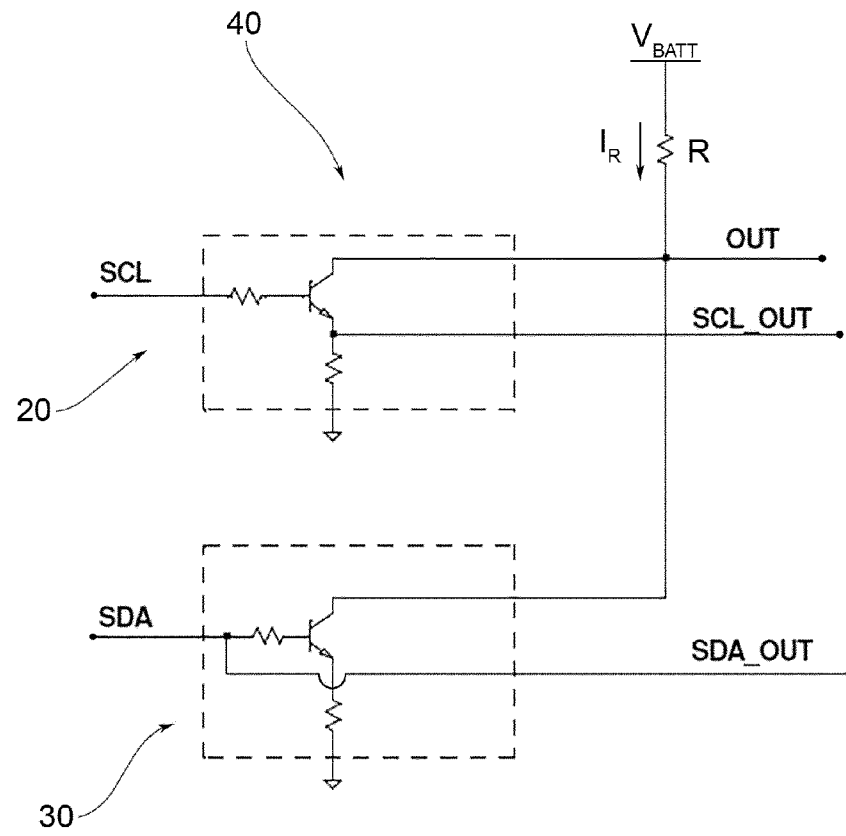


FIG.9

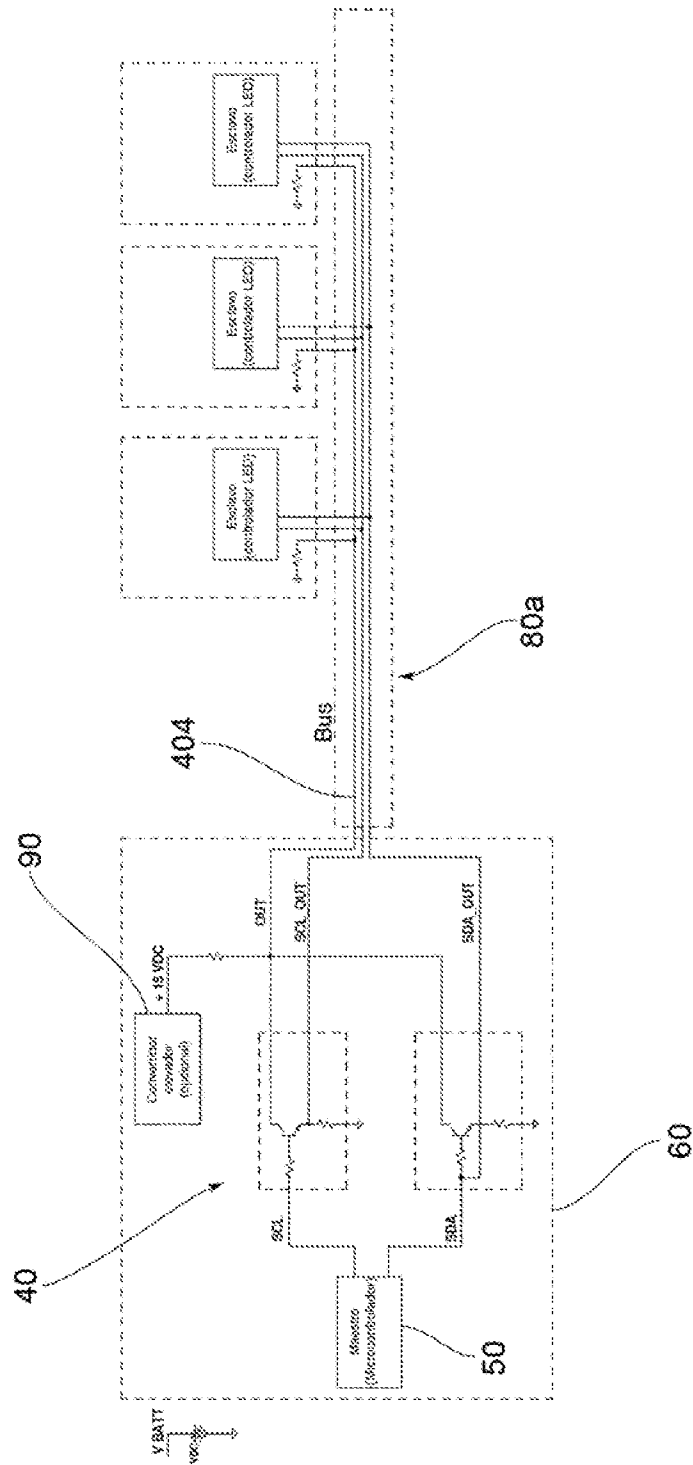


FIG.10

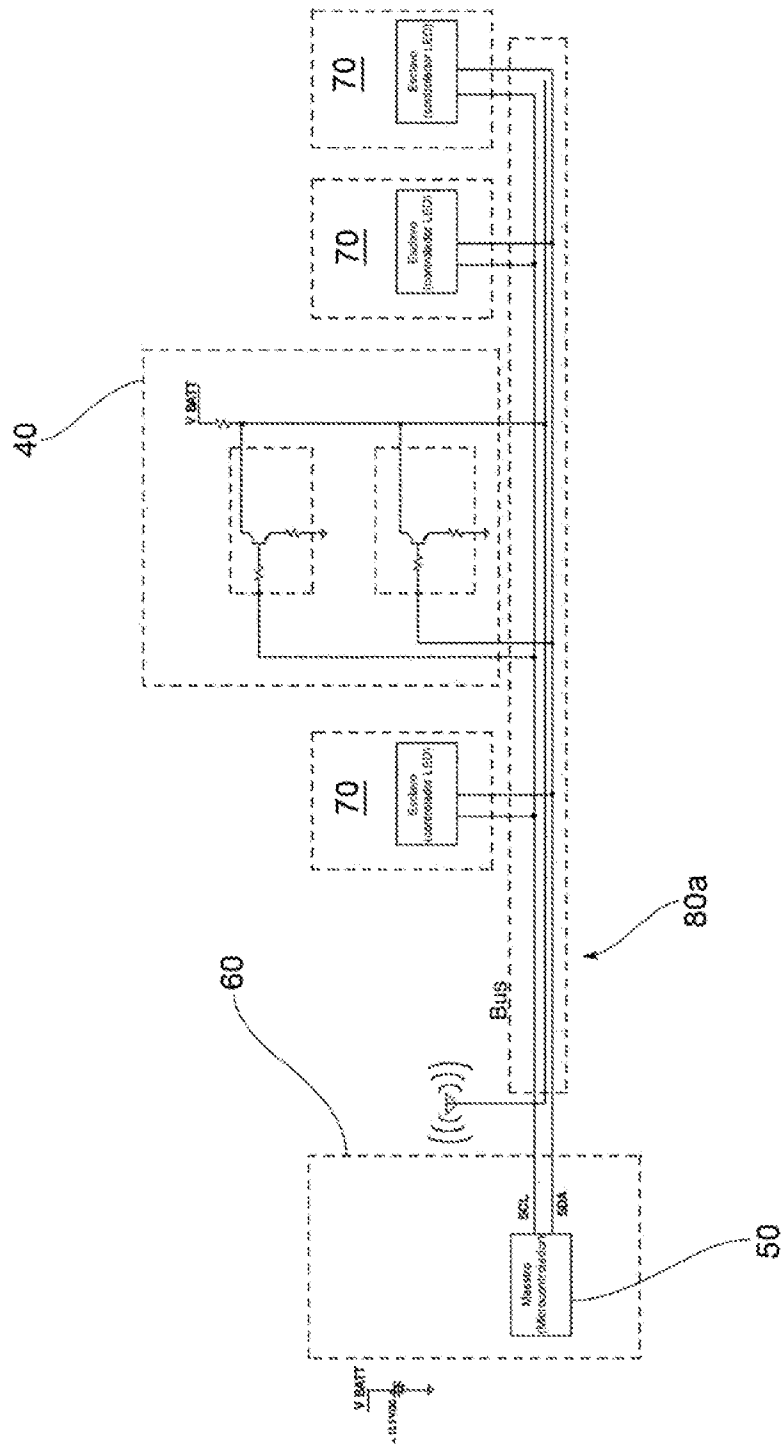


FIG.11

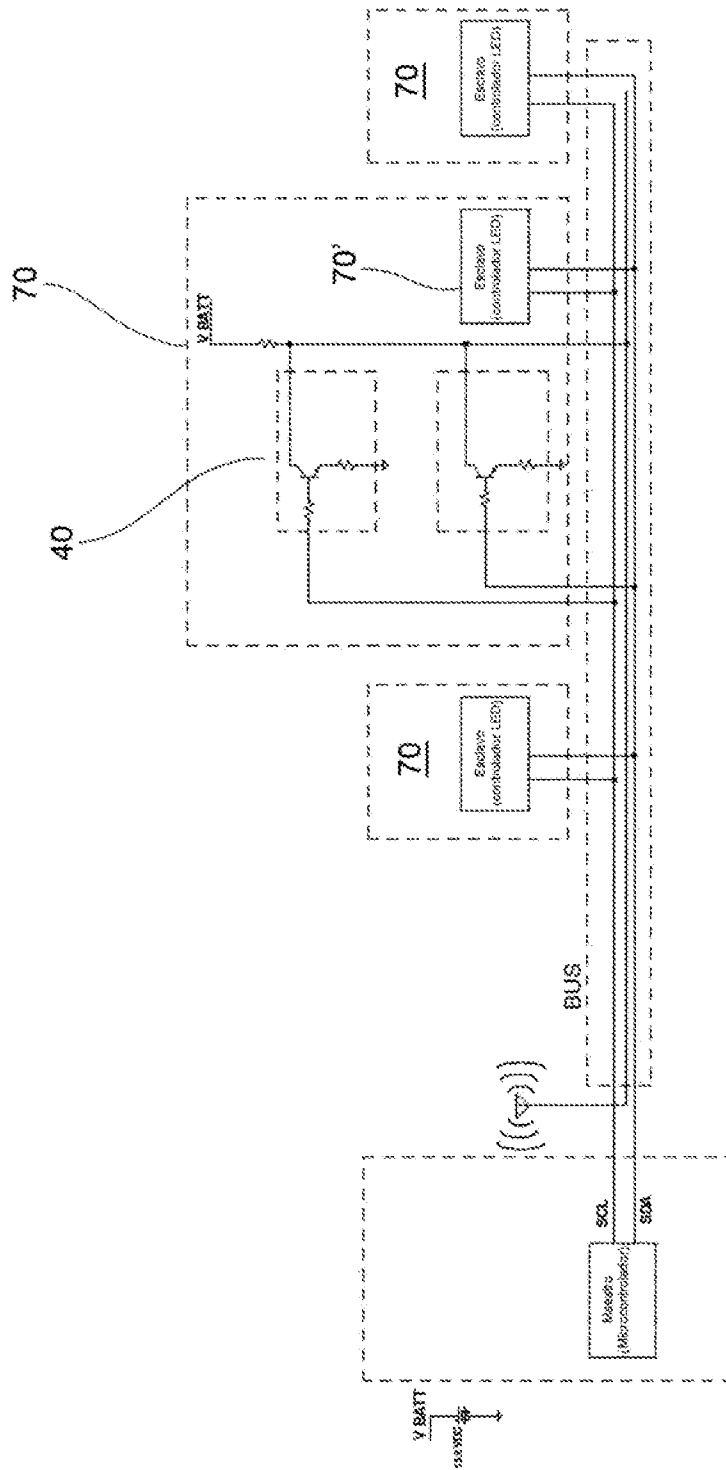


FIG.12

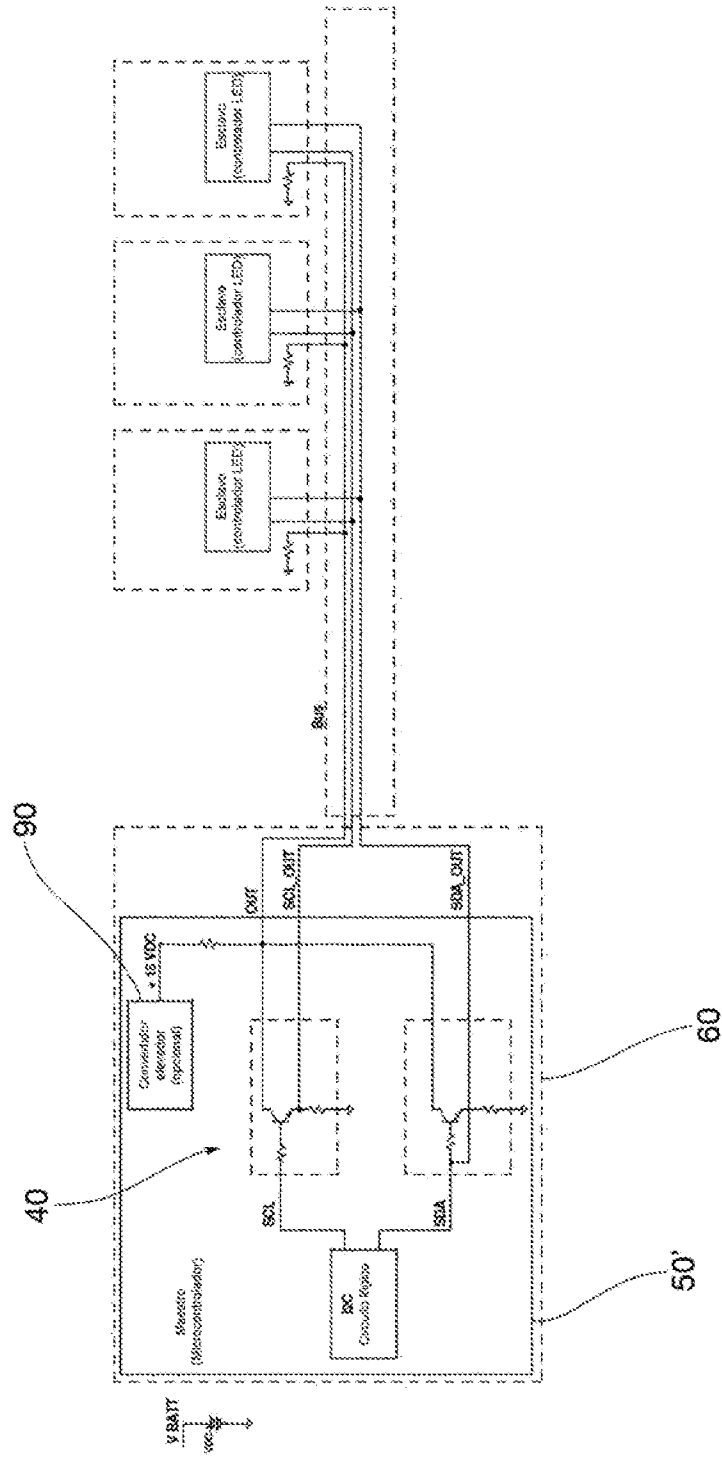


FIG.13

V_{SDA}	V_{SCL}	Q1	Q2	V_{OUT}	V_{SCL_OUT}	V_{SDA_OUT}
0	0	Cortado	Cortado	V_{BATT}	0	0
0	5	Región lineal	Cortado	$V_{BATT}-V_{SCL}+0.7$	$V_{SCL}-0.7$	0
5	0	Cortado	Región lineal	$V_{BATT}-V_{SDA}+0.7$	0	5
5	5	Región lineal	Región lineal	$V_{BATT}-V_{SCL}-V_{SDA}+1.4$	$V_{SCL}-0.7$	5

FIG.14

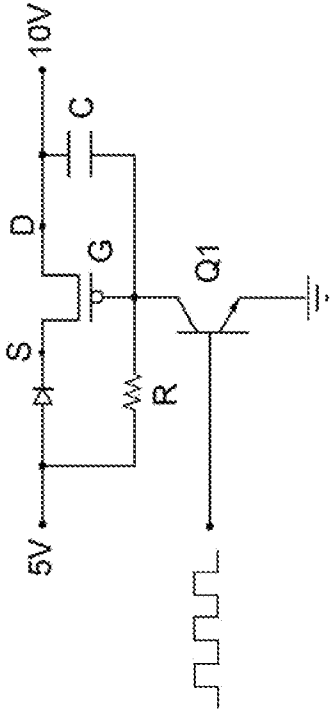


FIG.15

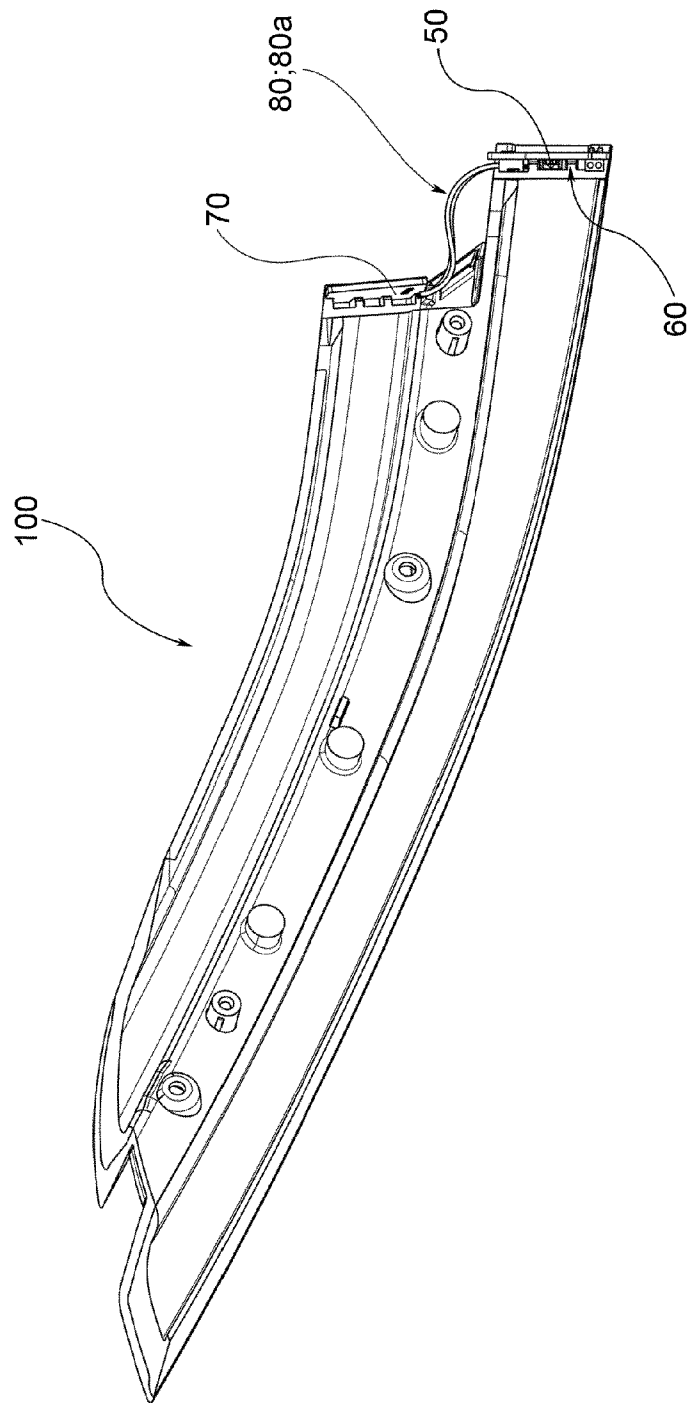


FIG.16