

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 519**

51 Int. Cl.:

H02M 7/00 (2006.01)

H01L 23/00 (2006.01)

H01L 25/00 (2006.01)

H01L 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2016** **E 16305057 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018** **EP 3197034**

54 Título: **Convertidor de potencia de corte configurado para controlar al menos una fase de un receptor eléctrico polifásico de al menos tres fases**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.03.2019

73 Titular/es:

THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem, Place des Corolles, Esplanade Nord
92400 Courbevoie, FR

72 Inventor/es:

GUILLAUME, MICHEL;
GLETON, LAURENT y
GOFFIN, BENOÎT

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 706 519 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

Convertidor de potencia de corte configurado para controlar al menos una fase de un receptor eléctrico polifásico de al menos tres fases

5 La invención trata sobre un convertidor de potencia configurado para controlar al menos una fase de un receptor eléctrico polifásico de al menos tres fases.

En el campo aeroespacial, la tendencia general es sustituir los accionadores hidráulicos por unos accionadores eléctricos con la finalidad de disminuir los costes, esto es, de poner en el mercado unas soluciones económicamente más competitivas.

10 En efecto, el concepto de avión eléctrico se convierte en una realidad con unas superficies de control que están accionadas por unos gatos eléctricos, asimismo, para el Ariane 6, los accionadores hidráulicos que, en el Ariane 5, controlan la trayectoria del lanzador orientando los divergentes de los impulsores de pólvora y del motor de la etapa principal criogénica se sustituirán por unos accionadores eléctricos de muy alta potencia.

15 El acceso a unos niveles de potencia de este tipo no puede obtenerse más que por la elevación de la tensión de alimentación. Por ejemplo, para la etapa superior del Ariane 5, la potencia eléctrica necesaria para cada uno de los dos ejes es del orden de 5 kW (con 150 V), mientras que para las etapas de pólvora del Ariane 6, la potencia eléctrica necesaria para cada eje será del orden de 70 kW (con 330 V).

Por otra parte, unas nuevas aplicaciones aeroespaciales, tales como el proyecto Stratobus, un dirigible autónomo que evoluciona justo por encima del tráfico aéreo, a 20 kilómetros de altitud, no pueden tener éxito más que en un contexto de "todo eléctrico".

20 La criticidad de las misiones en este momento conferidas a los accionadores eléctricos impone desarrollar unas soluciones que, siendo tolerantes al mismo tiempo a las averías, no perturben la misión durante el surgimiento de una avería.

Por otra parte, la competencia ejercida en los mercados aeroespaciales exige implementar unas soluciones siempre más competitivas económicamente.

25 En el núcleo de un accionador eléctrico se encuentra una unidad de control electrónica (ECPU: Electronic Control and Power Unit); la parte que pilota el motor eléctrico está constituida por un ondulator de potencia cuyos diferentes modos de avería no pueden afectar a la misión.

La electrónica de potencia en las aplicaciones de alta fiabilidad como la aeroespacial, tiene necesidad de arquitecturas capaces de cumplir la misión en caso de avería sencilla.

30 En otras palabras, es necesario aportar una solución competitiva que garantice una continuidad de servicio en caso de avería de un componente electrónico, sin reconfigurar y sin degradar las prestaciones del ondulator.

Se conocen, en concreto, dos familias de onduladores para realizar un ondulator tolerante a las averías.

35 Se conocen unos onduladores reconfigurables, en los que ya están añadidos en serie unos fusibles con los interruptores de potencia, incluso unos interruptores de potencia en las líneas de fase para forzar la fundición de los fusibles en algunos casos de avería, incluso unos interruptores de potencia para aislar la fase averiada y conmutarla sobre un brazo de ondulator de reserva.

40 Este tipo de arquitectura supone que una avería sencilla no ha arrastrado una propagación de avería sobre los otros componentes del ondulator, incluso de cortocircuito de la batería, que todas las averías potenciales pueden identificarse sin ambigüedad, que los fusibles se abren en todos los casos y que los interruptores de reconfiguración no necesitan una implantación más compleja que la redundancia de los brazos de ondulator.

Además, el funcionamiento de estos onduladores supone disponer de los medios de detección de la avería y llevar a cabo la acción apropiada de reconfiguración del ondulator que inhibe temporalmente su funcionamiento.

45 De este modo, las aplicaciones que piden una disponibilidad total del ondulator no podrán usar este tipo de arquitectura, ya que, desde el momento del surgimiento de una sencilla avería, el funcionamiento del ondulator se degrada, incluso se para y esta falta de disponibilidad dura el tiempo necesario para la detección de la avería, para la identificación de la acción correctora a llevar adelante y para llevar a cabo la acción correctora. En el caso del Ariane 6, la misión de una etapa de pólvora dura aproximadamente dos minutos y veinte segundos durante los que el lanzador abandona el paso de disparo para alcanzar una altitud de 70 kilómetros. Una misión de este tipo pide una disponibilidad permanente de los equipos.

50 Un medio conocido de gestión de los riesgos de avería consiste en diseñar unos onduladores con redundancia que se basan en la multiplicación de los componentes activos para que la avería de un componente se compense, de manera natural, por un componente redundante. Para precaverse de los diferentes casos de avería, este tipo de

arquitectura lleva a cuadruplicar los componentes:

- para evitar el efecto de la avería en cortocircuito de un componente, se añade en serie un segundo componente; si se trata de un componente controlado, el control se multiplica por dos igualmente.
- para evitar el efecto de la avería en circuito abierto de un componente, se añade en paralelo un segundo componente; si se trata de un componente controlado, el control se multiplica por dos igualmente.

Asimismo, en los convertidores de potencia de corte a bordo en los satélites, las arquitecturas de las células de conmutación deben poder compensar de manera natural la avería de un componente.

El fallo mayor de estas soluciones es la multiplicación de los componentes que aumenta los costes y, aumentando el tamaño de la implantación, aumentan, igualmente, sus inductancias parásitas que generan unas sobretensiones de conmutación.

La presente invención tiene como propósito mitigar los inconvenientes anteriormente citados y, particularmente, el problema de la tolerancia a las averías sin reconfiguración ni degradación de las prestaciones del ondulator.

Se propone, según un aspecto de la invención, un convertidor de potencia de corte (tal como un ondulator o un troceador) configurado para controlar al menos una fase de un receptor eléctrico polifásico de al menos tres fases (tal como un motor eléctrico o un transformador eléctrico), según la reivindicación 1.

De este modo, durante su funcionamiento, el medio brazo de ondulator está recorrido por la corriente de fase, alternativamente, en los interruptores en serie, luego, compartida en dos, en las dos series de diodos. La disposición de los interruptores entre los diodos permite crear un mismo trayecto medio de la corriente, ya circule esta corriente en la serie de interruptores o, compartida en dos, en las dos series de diodos. Por este hecho, el campo magnético desarrollado alrededor del medio brazo de ondulator por la circulación de la corriente, varía poco y, la inductancia parásita de conmutación se reduce, de este modo, al mínimo. Las sobretensiones al nivel de los diodos y de los interruptores se encuentran en ello, de este modo, reducidas al mínimo. De este modo, las conexiones de los medios brazos de ondulator se efectúan con un mínimo de inductancia parásita, de manera que se reduzcan las sobretensiones generadas durante la conmutación sobre los interruptores y los diodos. En efecto, el punto de suma de las corrientes conmutadas en la interfaz de potencia se centra con respecto a la conexión de los interruptores y de los diodos, estando el resto de la interfaz de potencia recorrido por la corriente de fase. Teniendo las líneas de alimentación coplanarias una muy escasa inductancia parásita, la alimentación de los medios brazos de ondulator está asegurada con un mínimo de sobretensión durante la conmutación.

Por otra parte, un receptor eléctrico polifásico que tiene como mínimo tres fases independientes posee, por naturaleza, una redundancia de fase.

También, es posible diseñar un convertidor de potencia que explote esta propiedad del receptor eléctrico, de tal manera que una avería en circuito abierto del convertidor o del receptor se compense por la naturaleza redundante del receptor; este enfoque permite limitar la redundancia, para el convertidor, a una redundancia serie que pide, por lo tanto, la mitad menos de componentes que una redundancia serie-paralelo convencional.

En un modo de realización, los interruptores del primer conjunto están alineados y/o los diodos del segundo conjunto están alineados y/o los diodos del tercer conjunto están alineados.

De este modo, la diferencia de trayecto medio de la corriente entre los interruptores y las dos series de diodos se minimiza, reduciendo al mínimo la inductancia parásita de conmutación y, por lo tanto, las sobretensiones al nivel de los diodos y de los interruptores.

En un modo de realización, dos medios brazos que forman un brazo de un bloque de dos brazos del convertidor, comprenden:

- un medio brazo positivo que comprende el conjunto de N interruptores en serie conectados entre la línea positiva de la alimentación eléctrica coplanaria y la interfaz de potencia correspondiente y los dos conjuntos de N diodos conectados entre la línea negativa de la alimentación eléctrica coplanaria y la interfaz de potencia correspondiente y
- un medio brazo negativo que comprende el conjunto de N interruptores en serie conectados entre la línea negativa de la alimentación eléctrica coplanaria y la interfaz de potencia correspondiente y los dos conjuntos de N diodos conectados entre la línea positiva de la alimentación eléctrica coplanaria y la interfaz de potencia correspondiente.

Según un modo de realización, un medio brazo positivo de un brazo de un bloque de dos brazos del convertidor está dispuesto frente por frente de un medio brazo negativo de otro brazo del convertidor, con respecto a la alimentación eléctrica coplanaria.

De este modo, durante la conmutación, estos dos medios brazos se intercambian corriente eléctrica, por una parte, la corriente de fase a través de sus interfaces de potencia y la fase del receptor y, por otra parte, unas corrientes

conmutadas a través de las líneas coplanarias de alimentación. La disposición frente por frente de los dos medios brazos de ondulator permite optimizar y reducir la longitud de la circulación de las corrientes conmutadas en las líneas coplanarias, de manera que se reduzcan las inductancias parásitas y las sobretensiones de conmutación que les están relacionadas.

- 5 En un modo de realización, cuando el número de brazos es impar, el convertidor comprende dichos bloques de dos brazos y un bloque de dos brazos provisto de un brazo adicional.

De este modo, la realización del ondulator de número de brazos impares se lleva a cabo de manera que se reduzcan las inductancias parásitas y las sobretensiones de conmutación relacionadas.

- 10 Según un modo de realización, dicho bloque de dos brazos está provisto de un brazo adicional que comprende dos medios brazos dispuestos a cada lado de la alimentación eléctrica coplanaria prolongada y una interfaz de potencia de dicho brazo adicional que comprende respectivamente, para cada uno de los dos medios brazos, una parte dispuesta de modo que el medio brazo correspondiente está situado entre la alimentación eléctrica coplanaria y dicha parte de la interfaz de potencia correspondiente.

- 15 De este modo, la realización del ondulator de número de brazos impar puede derivarse de una realización de dos brazos de onduladores; la añadidura del tercer brazo equivale a duplicar la implantación en una pareja de medios brazos frente por frente, permitiendo, de este modo, explotar unas herramientas de fabricación desarrolladas para una realización de dos brazos de onduladores.

- 20 Como variante, dicho bloque de dos brazos provisto de un brazo adicional comprende, además, una porción adicional de alimentación eléctrica coplanaria dispuesta en un extremo y en una dirección diferente del resto de la alimentación eléctrica coplanaria y una interfaz de potencia de dicho brazo adicional dispuesta de modo que dicho brazo adicional está situado entre dicha porción adicional de alimentación eléctrica coplanaria y dicha interfaz de potencia correspondiente.

De este modo, este modo de realización permite simplificar la interfaz de potencia del brazo adicional.

- 25 Por ejemplo, dicha porción adicional de alimentación eléctrica coplanaria es sustancialmente perpendicular al resto de la alimentación eléctrica coplanaria.

De este modo, los trayectos de circulación de las corrientes de conmutación de los dos medios brazos del brazo adicional en las líneas de alimentación coplanarias son simétricos, de manera que el funcionamiento del brazo ondulator sea independiente del sentido de la corriente de fase.

En un modo de realización, el convertidor de potencia de corte es híbrido.

- 30 De este modo, el uso de las tecnologías híbridas permite maximizar la compacidad del ondulator; una solución compacta, por la reducción de las longitudes, permite reducir fuertemente las inductancias parásitas y las sobretensiones que les están relacionadas. Por otra parte, el aumento de la compacidad de la realización permite reducir su masa y, usando menos espacio en el equipo final, permite reducir, igualmente, su masa.

- 35 Se entiende por convertidor híbrido, un módulo que comprende uno o varios sustratos aislados, generalmente de cerámica, sobre los que se interconectan unos componentes activos y pasivos con la finalidad de realizar una función eléctrica; pudiendo los componentes activos ser unos chips desnudos o unos componentes encapsulados, pudiendo imprimirse los componentes pasivos sobre el sustrato o ser unos componentes de montaje de superficie. En todos los casos, la incorporación de los componentes se hace en superficie. Los sustratos se encapsulan en una carcasa a través de la que unas interconexiones permiten acceder a la función eléctrica interna del módulo.

- 40 Según un modo de realización, los interruptores comprenden al menos un transistor bipolar de rejilla aislada y/o al menos un transistor de efecto de campo de rejilla aislada.

- 45 De este modo, el control del interruptor se simplifica; cuando la rejilla está polarizada, el interruptor está activo, cuando la rejilla está despolarizada, el interruptor está inhibido. Entonces, el circuito de control es bastante sencillo, puesto que debe inyectar unas cargas eléctricas en la rejilla para activar el interruptor y retirar estas cargas para inhibirlo. Por otra parte, no siendo la inhibición del interruptor más que función del control de la rejilla, al contrario del tiristor, por ejemplo, el interruptor puede usarse, de manera indiferente, en unas tipologías de conmutación naturales, es decir, aquellas donde el interruptor está abierto cuando la corriente que lo atraviesa se anula y en unas tipologías de conmutación forzada, es decir, aquellas donde el interruptor está abierto mientras que la corriente lo atraviesa.

En un modo de realización, N vale dos.

- 50 De este modo, la realización puede usarse en calidad de puente en H, es decir, una aplicación en la que una fase de un receptor eléctrico está alimentada, en oposición de fase, por dos brazos de onduladores, por oposición con una aplicación donde cada fase está conectada, por una parte, a un brazo de ondulator y, por otra parte, a un punto común a todas las fases del receptor eléctrico, llamado Neutro. La ventaja principal del puente en H es que se permite aplicar a la fase una gama de tensión media comprendida entre $+V_{CCBUS}$ y $-V_{CCBUS}$ cuando la tensión

continua de alimentación del ondulator vale V_{CCBUS} mientras que, en una aplicación con punto neutro, la gama de tensión media no está comprendida más que entre $+1/2 V_{CCBUS}$ y $-1/2 V_{CCBUS}$. Siendo el precio a pagar multiplicar por dos el número de brazos de ondulator entre una aplicación de puente en H y una aplicación con Neutro.

Por ejemplo, dicho convertidor es un ondulator o un troceador.

- 5 Según otro aspecto de la invención, se propone, igualmente, un sistema de control de al menos un gato eléctrico de un lanzador espacial que comprende al menos un convertidor de potencia de corte según una de las reivindicaciones anteriores, siendo el receptor eléctrico un motor eléctrico y siendo el convertidor de potencia un ondulator.

10 De este modo, el sistema de control permite una modulación fina de la potencia aplicada al gato. Por otra parte, siendo el ondulator reversible, permite volver a enviar hacia la batería la energía que se extrae del gato en lugar de perderla, como en un sistema hidráulico de aceite perdido usado actualmente en las etapas inferiores del Ariane 5.

Según otro aspecto de la invención, se propone, igualmente, un lanzador espacial provisto de un sistema tal como se ha descrito anteriormente.

15 De este modo, un sistema de este tipo permite liberar el operario del lanzador de las solicitudes de explotación generadas por las medidas de seguridad a implementar durante el uso de sistemas hidráulicos de aceite perdido en los que la fuente de energía está constituida por unos grandes depósitos de aceite puestos con alta presión por aire comprimido a 200 bar. Además, un sistema de este tipo puede alimentarse a partir de baterías térmicas que, teniendo la particularidad de que son inertes en tanto en cuanto que no están activadas, permiten que el operario del lanzador se libere, igualmente, de las solicitudes de explotación relacionadas con el uso de acumuladores eléctricos.

20 Según otro aspecto de la invención, se propone, igualmente, un sistema de control de al menos un dispositivo de orientación de antenas o de paneles solares de un satélite que comprende al menos un convertidor de potencia de corte tal como se ha descrito anteriormente, siendo el receptor eléctrico un motor eléctrico y siendo el convertidor de potencia un ondulator.

25 De este modo, los niveles de sobretensión en los terminales del convertidor pueden estar limitados con respecto a las inducidas por los otros sistemas, permitiendo un dimensionado del sistema más justo.

Según otro aspecto de la invención, se propone, igualmente, un satélite provisto de un sistema de control tal como se ha descrito anteriormente.

30 Según otro aspecto de la invención, se propone, igualmente, un sistema de alimentación de un satélite que comprende al menos un convertidor de potencia de corte tal como se ha descrito anteriormente, siendo el receptor eléctrico un transformador polifásico y siendo el convertidor de potencia un ondulator o troceador.

De este modo, los niveles de sobretensión en los terminales del convertidor pueden estar limitados con respecto a los inducidos por los otros sistemas, permitiendo un dimensionado del sistema más justo.

Según otro aspecto de la invención, se propone, igualmente, un satélite provisto de un sistema de alimentación tal como se ha descrito anteriormente.

35 Más generalmente, la presente invención puede aplicarse a cualquier aplicación donde se requiere el dominio de las sobretensiones, incluso una estación orbital. El documento WO 2015 008333 A1 divulga un convertidor de potencia que comprende unos brazos que incluyen en cada brazo un interruptor y dos diodos en paralelo entre sí y en serie con el interruptor. Los documentos de los Estados Unidos US 2009 285004 A1 y US 2015 340962 divulgan unos convertidores de potencia con redundancia que comprenden varios interruptores y/o diodos en serie en lugar de un interruptor o un diodo. El documento de los Estados Unidos US 2015 023084 divulga una conexión espacial de los elementos de un convertidor, con el fin de mejorar el dimensionado térmico del convertidor.

40

La invención se comprenderá mejor con el estudio de algunos modos de realización descritos a título de ejemplos de ninguna manera limitativos e ilustrados por los dibujos adjuntos en los que:

- 45
- las figuras 1a y 1b ilustran esquemáticamente los cinco periodos de la tensión eléctrica en el funcionamiento de un puente en H de ondulator para una corriente eléctrica de fase positiva de un receptor eléctrico;
 - las figuras 2a y 2b ilustran esquemáticamente los tres periodos de la tensión eléctrica en el funcionamiento de un puente en H de ondulator para una corriente eléctrica de fase negativa de un receptor eléctrico;
 - las figuras 3a y 3b ilustran esquemáticamente los siete periodos de la tensión eléctrica en el funcionamiento de un ondulator para un receptor eléctrico de tres fase y punto neutro;

50

 - las figuras 4a, 4b, 4c y 4d representan un medio brazo de un convertidor de potencia de corte, cuando $N=2$, según diversos aspectos de la invención;
 - las figuras 5a, 5b, representan un brazo de un convertidor de potencia de corte con $N=2$ y la figura 5c representa un bloque de dos brazos, que puede usarse, por ejemplo, como puente en H o como doble brazo de un convertidor de potencia de corte, cuando $N=2$, según unos aspectos de la invención;

- las figuras 6a y 6b representan unos ejemplos de realización de un bloque de dos brazos provisto de un brazo adicional para un número total de brazos impar, según diversos aspectos de la invención;
- las figuras 7a y 7b ilustran las circulaciones de las corrientes eléctricas en un bloque de dos brazos usado como puente en H para una fase de receptor eléctrico respectivamente para una corriente eléctrica positiva y una corriente eléctrica negativa;
- la figura 8a ilustra el caso de un número de fases impar, en este caso concreto, tres fases y un neutro del receptor eléctrico; y
- las figuras 8b y 8c ilustran las circulaciones de las corrientes eléctricas en un bloque de las figuras 6a y 6b con un receptor eléctrico de tres fases y neutro.

En las diferentes figuras, los elementos que tienen unas referencias idénticas son idénticos. En los ejemplos que siguen, N vale 2, pero, por supuesto, los ejemplos descritos se aplican como variante a cualquier valor de N.

Las figuras 1a y 1b representan los cinco periodos de la tensión eléctrica en el funcionamiento de un puente en H de ondulator para una corriente eléctrica de fase positiva de un receptor eléctrico. Se llama corriente eléctrica de fase positiva a una corriente entrante por el terminal Activo de la fase, referenciado por un punto grueso en las figuras y saliente por el terminal Retorno de la fase. La denominación Activo y Retorno de los terminales de la fase está determinada por el fabricante del receptor eléctrico en función del sentido del campo magnético desarrollado por la fase dentro del receptor eléctrico.

La figura 1a representa un puente en H de ondulator que controla una fase Fase de un receptor eléctrico tal como un motor eléctrico que comprende una alimentación eléctrica positiva CCBUS+ y una alimentación eléctrica negativa CCBUS- y los dos brazos del punto en H, Brazo_1 y Brazo_2.

El primer brazo Brazo_1 del puente en H comprende dos interruptores I_{1a} , I_{1b} y dos diodos D_{1a} , D_{1b} , y el segundo brazo Brazo_2 del puente en H comprende dos interruptores I_{2a} , I_{2b} y dos diodos D_{2a} , D_{2b} .

La figura 1b representa cinco tiempos de demora sucesivos T_1 , T_2 , T_3 , T_4 y T_5 de un periodo de conmutación de una corriente eléctrica de fase positiva en el puente en H, para las tensiones eléctricas medidas respectivamente en los puntos S1 y S2 con respecto a la línea de alimentación CCBUS- de los dos brazos Brazo_1, Bras_2.

Los tiempos de demora T_1 y T_5 corresponden a los casos de los interruptores I_{1a} del primer brazo Brazo_1 e I_{2a} del segundo brazo Brazo_2 cerrados o activos, en los que la corriente eléctrica de fase se vuelve a formar en bucle a través de la línea positiva de alimentación CCBUS+; estos tiempos de demora corresponden a una "rueda libre" positiva, como se ilustra por la flecha F1, en trazo de guiones.

Se entiende por "rueda libre" lo que sigue. Si se desea hacer pasar un cierto nivel de corriente eléctrica en una inductancia o autoinductancia a partir de una fuente de tensión eléctrica, el mejor medio es tomar un interruptor y suministrar a la inductancia unos impulsos de tensión regulares cuyo valor, en voltios, y la duración, en segundos, hacen aumentar la corriente eléctrica en la inductancia según la ley $\frac{di}{dt} = \frac{e}{L}$ en la que i representa la intensidad de la corriente eléctrica en amperios, L representa la inductancia en henrio y e representa la fuerza electromotriz, en voltios. El contratiempo, con una inductancia, es que la corriente eléctrica no puede interrumpirse bruscamente; en efecto, según la misma ley, anular rápidamente una corriente eléctrica existente pide desarrollar en los terminales de la inductancia una tensión infinita. Por otra parte, una inductancia recorrida por una corriente eléctrica i contiene una energía almacenada $W=1/2 Li^2$; en tanto en cuanto que la corriente eléctrica circula, esta energía permanece almacenada en la inductancia, incluido si se la cortocircuita; por el contrario, si un circuito externo la fuerza a desarrollar tensión eléctrica, su energía decrece. También, para alimentar una inductancia, es necesario alternar los periodos de alimentación de la inductancia con unos periodos denominados de "rueda libre", durante los que la corriente eléctrica que circulaba anteriormente en la inductancia se retiene por un circuito exterior, con una tensión lo más escasa posible, de forma que se conserve la energía en la inductancia.

La "rueda libre", un poco como en el caso de una bicicleta, es un periodo durante el que la corriente eléctrica circula sin arrastrar un aumento o una disminución notable de la energía almacenada en la inductancia.

Los tiempos de demora T_2 y T_4 corresponden a los casos de los interruptores I_{1a} del primer brazo Brazo_1 e I_{2b} del segundo brazo Brazo_2 cerrados o activos, en los que la corriente eléctrica de fase se deriva de la línea de alimentación positiva CCBUS+ hacia la línea de alimentación negativa CCBUS-; estos tiempos de demora corresponden a la transferencia de energía, como se ilustra por la flecha F2 en trazo de punteados.

El tiempo de demora T_3 corresponde a los casos de los interruptores I_{1b} del primer brazo Brazo_1 e I_{2b} del segundo brazo Brazo_2 cerrados o activos, en los que la corriente de fase se vuelve a formar en bucle a través de la línea negativa de alimentación CCBUS-; este tiempo de demora corresponden a una "rueda libre" negativa, como se ilustra por la flecha F3 en trazo macizo o continuo.

Las figuras 2a y 2b representan los cinco periodos de la tensión eléctrica en el funcionamiento de un puente en H de ondulator para una corriente eléctrica de fase negativa de un receptor eléctrico. Se llama corriente eléctrica de fase negativa a una corriente entrante por el terminal Retorno de la fase y saliente por el terminal Activo de la fase,

ES 2 706 519 T3

referenciado por un punto en el esquema. La denominación Activo y Retorno de los terminales de la fase está determinada por el fabricante del receptor eléctrico en función del sentido del campo magnético desarrollado por la fase dentro del receptor eléctrico.

5 La figura 2a representa un puente en H de ondulator que controla una fase Fase de un receptor eléctrico tal como un motor eléctrico que comprende una alimentación eléctrica positiva CCBUS+ y una alimentación eléctrica negativa CCBUS- y los dos brazos del punto en H, Brazo1 y Brazo2.

El primer brazo Brazo_1 del puente en H comprende dos interruptores I_{1a} , I_{1b} y dos diodos D_{1a} , D_{1b} , y el segundo brazo Brazo_2 del puente en H comprende dos interruptores I_{2a} , I_{2b} y dos diodos D_{2a} , D_{2b} .

10 La figura 2b representa cinco tiempos de demora sucesivos T_1 , T_2 , T_3 , T_4 y T_5 de un periodo de conmutación de una corriente eléctrica de fase negativa en el puente en H, para las tensiones eléctricas medidas respectivamente en los puntos S1 y S2 con respecto a la línea de alimentación CCBUS- de los dos brazos Brazo_1, Bras_2.

15 Los tiempos de demora T_1 y T_5 corresponden a los casos de los interruptores I_{1a} del primer brazo Brazo_1 e I_{2a} del segundo brazo Brazo_2 cerrados o activos, en los que la corriente eléctrica de fase se vuelve a formar en bucle a través de la línea positiva de alimentación CCBUS+; estos tiempos de demora corresponden a una "rueda libre" positiva, como se ilustra por la flecha F4 en trazo de guiones.

Los tiempos de demora T_2 y T_4 corresponden a los casos de los interruptores I_{1a} del primer brazo Brazo_1 e I_{2a} del segundo brazo Brazo_2 cerrados o activos, en los que la corriente eléctrica de fase se deriva de la línea de alimentación positiva CCBUS+ hacia la línea de alimentación negativa CCBUS-; estos tiempos de demora corresponden a la transferencia de energía, como se ilustra por la flecha F5 en trazo de punteados.

20 El tiempo de demora T_3 corresponde a los casos de los interruptores I_{1b} del primer brazo Brazo_1 e I_{2b} del segundo brazo Brazo_2 cerrados o activos, en los que la corriente eléctrica de fase se vuelve a formar en bucle a través de la línea negativa de alimentación CCBUS-; este tiempo de demora corresponden a una "rueda libre" negativa, como se ilustra por la flecha F6 en trazo macizo o continuo.

25 Las figuras 3a y 3b representan los siete periodos de la tensión eléctrica en el funcionamiento de un ondulator de tres brazos para un receptor eléctrico tal como un motor eléctrico de tres fases Fase1, Fase2, Fase3 y punto neutro Neutro.

La figura 3a representa un ondulator de tres brazos Brazo_1, Brazo_2 y Brazo_3 que comprenden una alimentación eléctrica positiva CCBUS+ y una alimentación eléctrica negativa CCBUS-.

30 El primer brazo Brazo_1 del ondulator comprende dos interruptores I_{1a} , I_{1b} y dos diodos D_{1a} , D_{1b} , el segundo brazo Brazo_2 del puente en H comprende dos interruptores I_{2a} , I_{2b} y dos diodos D_{2a} , D_{2b} , y el tercer brazo Brazo_3 comprende dos interruptores I_{3a} , I_{3b} y dos diodos D_{3a} , D_{3b} .

35 La figura 3b representa siete tiempos de demora sucesivos T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 , T_6 , y T_7 de un periodo de conmutación de una corriente eléctrica de fase positiva en el ondulator, para las tensiones eléctricas medidas respectivamente en los puntos S1, S2 y S3 con respecto a la línea de alimentación CCBUS- de los tres brazos Brazo_1, Brazo_2 y Brazo_3.

El funcionamiento de un ondulator de M fases se descompone en $2M+1$ periodos, en este caso concreto, en el caso descrito, descomponiéndose el funcionamiento de un ondulator de tres fases en siete periodos o siete tiempos de demora sucesivos T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 , T_6 , y T_7 .

40 La figura 3b de más abajo muestra el funcionamiento de un ondulator trifásico Fase1, Fase2, Fase3 de tres brazos Brazo_1, Brazo_2 y Brazo_3 que incluye siete periodos de funcionamiento T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5 , T_6 , y T_7 (para las necesidades de la explicación, su funcionamiento se fija a $+15^\circ$, lo que arrastra un reparto de las corrientes eléctricas según las proporciones respectivas de $+97\%$, -70% y -27% en su referencia trifásica de coseno).

45 Los tiempos de demora T_1 y T_7 corresponden a los casos de los interruptores I_{1a} del primer brazo Brazo_1, I_{2a} del segundo brazo Brazo_2 e I_{3a} del tercer brazo Brazo_3 cerrados o activos, en los que las corrientes eléctricas de fase se vuelven a formar en bucle a través de la línea positiva de alimentación CCBUS+, este tiempo corresponde a una "rueda libre" positiva, como se ilustra por las flechas F7, F8 y F9.

50 Los tiempos de demora T_2 y T_6 corresponden a los casos de los interruptores I_{1a} del primer brazo Brazo_1, I_{2a} del segundo brazo Brazo_2 e I_{3b} del tercer brazo Brazo_3 cerrados o activos, en los que la corriente eléctrica de la fase Fase3 se deriva de la alimentación CCBUS+, esto es una duración durante la que la transferencia de energía se opera mientras que la corriente eléctrica de la fase Fase2 todavía está en "rueda libre" positiva; la corriente eléctrica de la fase Fase1 es la suma de las otras dos corrientes, como se ilustra por las flechas F10, F8 y F12.

Los tiempos de demora T_3 y T_5 corresponden a los casos de los interruptores I_{1a} del primer brazo Brazo_1, I_{2b} del segundo brazo Brazo_2, e I_{3b} del tercer brazo Brazo_3 cerrados o activos, en los que las corrientes eléctricas de las fases Fase2 y Fase3 se derivan de la alimentación CCBUS+, esto es una duración durante la que la transferencia de

ES 2 706 519 T3

energía se opera; la corriente eléctrica de la fase Fase1 es la suma de las otras dos corrientes eléctricas, como se ilustra por las flechas F10, F11 y F12.

5 El tiempo de demora T_4 corresponde al caso de los interruptores I_{1b} del primer brazo Brazo_1, I_{2b} del segundo brazo Brazo_2, e I_{3b} del tercer brazo Brazo_3 cerrados o activos, en el que las corrientes eléctricas de fase de las fases Fase1, Fase2, Fase3 se vuelven a formar en bucle a través de la línea negativa de alimentación CCBUS-, este tiempo de demora corresponden a una "rueda libre" negativa, como se ilustra por las flechas F13, F14 y F15.

10 Las figuras 4a, 4b, 4c y 4d ilustran un medio brazo de un convertidor de potencia de corte, cuando $N=2$, como un ondulator, un troceador o un regulador, configurado para controlar al menos una fase de un receptor eléctrico polifásico de al menos tres fases, tal como un motor eléctrico o un transformador, que comprende al menos dos brazos de convertidor, según diversos aspectos de la invención.

15 Los interruptores pueden comprender al menos un transistor bipolar de rejilla aislada o IGBT para acrónimo de "Insulated Gate Bipolar Transistor" en lengua inglesa y/o al menos un transistor de efecto de campo de rejilla aislada o MOSFET para acrónimo de "Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor" en lengua inglesa. En los ejemplos descritos, los interruptores son unos transistores bipolares de rejilla aislada o IGBT, de manera no limitativa.

La figura 4a representa un medio brazo 50 de un convertidor de potencia de corte, cuando $N=2$, para un uso positivo, esto es, conectado a una línea positiva de alimentación CCBUS+, en una implantación a la izquierda.

20 Un medio brazo 50 de este tipo de un brazo de convertidor de potencia de corte comprende un primer conjunto CON1 de N interruptores ($N \geq 2$), en este caso concreto, dos interruptores $I1$, $I2$, dispuestos en serie y $2N$ diodos de potencia, en este caso concreto, cuatro diodos $D1$, $D2$, $D3$ y $D4$ dispuestos N a N , en este caso concreto, dos a dos, en serie y en paralelo, formando unos segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 de dos diodos que comprenden cada uno dos diodos en serie $D1$, $D2$ y $D3$, $D4$, estando los segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 montados en paralelo entre sí y en serie con los dos interruptores en serie $I1$, $I2$, estando el primer conjunto CON1 de dos interruptores en serie $I1$, $I2$ dispuesto entre los segundo y tercer conjuntos CON2 y CON3 de dos diodos en serie $D1$, $D2$ y $D3$, $D4$.

30 El convertidor de potencia de corte comprende una alimentación eléctrica coplanaria 51, provista de una línea positiva CCBUS+ y de una línea negativa CCBUS-, dispuesta de manera que se separen dos brazos del convertidor y comprendiendo una interfaz de potencia por brazo, como una barra omnibus o barra de distribución para "busbar" en lengua inglesa. Cada interfaz de potencia está dispuesta de modo que los dos medios brazos del brazo correspondiente estén situados entre la alimentación eléctrica coplanaria 51 y la interfaz de potencia correspondiente. Las diferentes conexiones están representadas por unos hilos de conexión 53a y representadas por unos hilos de conexión de bajo nivel 53b. En la presente implantación de un medio brazo a la izquierda está representada la interfaz de potencia 52.

35 Las conexiones de emisor $E1$, $E2$ de los interruptores $I1$, $I2$ correspondientes, se usan como retorno del control de los interruptores $I1$, $I2$.

Las conexiones $G1$, $G2$ de rejilla de los interruptores transistores $I1$, $I2$ se usan para el control de los interruptores $I1$, $I2$.

La conexión $C1$ de colector del interruptor transistor $I1$ puede servir para autopruueba.

El punto medio $DT1$ de la puesta en serie de los diodos puede servir para autopruueba.

40 La figura 4b representa un medio brazo 53 de un convertidor de potencia de corte, cuando $N=2$, para un uso positivo, esto es, conectado a una línea positiva de alimentación, en una implantación a la derecha.

45 Un medio brazo 53 de este tipo de un brazo de convertidor de potencia de corte comprende un primer conjunto CON1 de N interruptores ($N \geq 2$), en este caso concreto, dos interruptores $I3$, $I4$, dispuestos en serie y $2N$ diodos de potencia, en este caso concreto, cuatro diodos $D5$, $D6$, $D7$ y $D8$ dispuestos N a N , en este caso concreto, dos a dos, en serie y en paralelo, formando unos segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 de dos diodos que comprenden cada uno dos diodos en serie $D5$, $D6$ y $D7$, $D8$, estando los segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 montados en paralelo entre sí y en serie con los dos interruptores en serie $I3$, $I4$, estando el primer conjunto CON1 de dos interruptores en serie $I3$, $I4$ dispuesto entre los segundo y tercer conjuntos CON2 y CON3 de dos diodos en serie $D5$, $D6$ y $D7$, $D8$.

50 En la presente implantación de un medio brazo a la derecha está representada la interfaz de potencia 54.

Las conexiones de emisor $E3$, $E4$ de los interruptores $I3$, $I4$ correspondientes, se usan como retorno del control de los interruptores $I3$, $I4$.

Las conexiones $G3$, $G4$ de rejilla de los interruptores transistores $I3$, $I4$ se usan para el control de los interruptores $I3$, $I4$.

ES 2 706 519 T3

La conexión C3 de colector del interruptor transistor I3 puede servir para autopruueba.

El punto medio DT2 de la puesta en serie de los diodos puede servir para autopruueba.

La figura 4c representa un medio brazo 55 de un convertidor de potencia de corte, cuando $N=2$, para un uso negativo, esto es, conectado a una línea negativa de alimentación CCBUS-, en una implantación a la izquierda.

- 5 Un medio brazo 55 de este tipo de un brazo de convertidor de potencia de corte comprende un primer conjunto CON1 de N interruptores ($N \geq 2$), en este caso concreto, dos interruptores I5, I6, dispuestos en serie y $2N$ diodos de potencia, en este caso concreto, cuatro diodos D9, D10, D11 y D12 dispuestos N a N , en este caso concreto, dos a dos, en serie y en paralelo, formando unos segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 de dos diodos que comprenden cada uno dos diodos en serie D9, D10 y D11, D12, estando los segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 montados en paralelo entre sí y en serie con los dos interruptores en serie I5, I6, estando el primer conjunto CON1 de dos interruptores en serie I5, I6 dispuesto entre los segundo y tercer conjuntos CON2 y CON3 de dos diodos en serie D9, D10 y D11, D12.

En la presente implantación de un medio brazo a la izquierda está representada la interfaz de potencia 56.

- 15 Las conexiones de emisor E5, E6 de los interruptores I5, I6 correspondientes, se usan como retorno del control de los interruptores I5, I6.

Las conexiones G5, G6 de rejilla de los interruptores transistores I5, I6 se usan para el control de los interruptores I5, I6.

La conexión C5 de colector del interruptor transistor I5 puede servir para autopruueba.

El punto medio DT3 de la puesta en serie de los diodos puede servir para autopruueba.

- 20 La figura 4d representa un medio brazo 57 de un convertidor de potencia de corte, cuando $N=2$, para un uso negativo, esto es, conectado a una línea negativa de alimentación, en una implantación a la derecha.

- 25 Un medio brazo 57 de este tipo de un brazo de convertidor de potencia de corte comprende un primer conjunto CON1 de N interruptores ($N \geq 2$), en este caso concreto, dos interruptores I7, I8, dispuestos en serie y $2N$ diodos de potencia, en este caso concreto, cuatro diodos D13, D14, D15 y D16 dispuestos N a N , en este caso concreto, dos a dos, en serie y en paralelo, formando unos segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 de dos diodos que comprenden cada uno dos diodos en serie D13 D14 y D15, D16, estando los segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 montados en paralelo entre sí y en serie con los dos interruptores en serie I7, I8, estando el primer conjunto CON1 de dos interruptores en serie I7, I8 dispuesto entre los segundo y tercer conjuntos CON2 y CON3 de dos diodos en serie D13 D14 y D15, D16.

- 30 En la presente implantación de un medio brazo a la derecha está representada la interfaz de potencia 58.

Las conexiones de emisor E7, E8 de los interruptores I7, I8 correspondientes, se usan como retorno del control de los interruptores I7, I8.

Las conexiones G7, G8 de rejilla de los interruptores transistores I7, I8 se usan para el control de los interruptores I7, I8.

- 35 La conexión C8 de colector del interruptor transistor I8 puede servir para autopruueba.

El punto medio DT4 de la puesta en serie de los diodos puede servir para autopruueba.

Las figuras 5a, 5b, representan un brazo de un convertidor de potencia de corte con $N=2$ y la figura 5c representa un bloque de dos brazos, que puede usarse, por ejemplo, como puente en H o como doble brazo de un convertidor de potencia de corte, cuando $N=2$, según un aspecto de la invención.

- 40 La figura 5a representa un brazo de un convertidor de potencia de corte con $N=2$ de implantación a la izquierda está compuesta por dos medios brazos, uno según la figura 4a y el otro según la figura 4c. La interfaz de potencia 52 es la misma que la interfaz de potencia 56.

- 45 La figura 5b representa un brazo de un convertidor de potencia de corte con $N=2$ de implantación a la derecha está compuesta por dos medios brazos, uno según la figura 4b y el otro según la figura 4d. La interfaz de potencia 54 es la misma que la interfaz de potencia 58.

- 50 La figura 5c representa un bloque 60 de dos brazos, estando la combinación de un brazo implantado a la izquierda según la figura 5b y de un brazo implantado a la derecha según la figura 5b, que puede usarse, por ejemplo, como puente en H o como doble brazo de un convertidor de potencia de corte, cuando $N=2$, según un aspecto de la invención. Por supuesto, todos estos modos de realización no son limitativos, ya que pueden adaptarse a diferentes geometrías.

Las figuras 6a y 6b representan unos ejemplos de realización de un bloque 60 de dos brazos según la figura 5c, provisto de un brazo adicional para un número total de brazos impar, según dos modos de realización no limitativos.

5 El modo de realización de la figura 6a representa un bloque 60 de dos brazos, según la figura 5c, provisto de un brazo adicional 61 que comprende dos medios brazos 61a, 61b dispuestos a cada lado de la alimentación eléctrica coplanaria 51 prolongada. En el modo de realización, el brazo adicional 61 comprende un medio brazo positivo con implantación a la izquierda 61a y un medio brazo negativo con implantación a la derecha 61b. El brazo adicional 61 comprende, además, una interfaz de potencia 62 que comprende respectivamente, para cada uno de los dos medios brazos 61a, 61b, una parte 62a, 62b dispuesta de modo que el medio brazo correspondiente 61a, 61b está situado entre la alimentación eléctrica coplanaria 51 y la parte de la interfaz de potencia correspondiente o, en otras palabras, la prolongación de la interfaz de potencia 51. En este caso concreto, la interfaz de potencia 62 del brazo adicional 61, comprende, por lo tanto, tres partes 62a, 62b y 62c que forman una U.

15 El medio brazo 61a del brazo adicional 61 comprende un primer conjunto CON1 de N interruptores ($N \geq 2$), en este caso concreto, dos interruptores I9, I10, dispuestos en serie y 2N diodos de potencia, en este caso concreto, cuatro diodos D17, D18, D19 y D20 dispuestos N a N, en este caso concreto, dos a dos, en serie y en paralelo, formando unos segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 de dos diodos que comprenden cada uno dos diodos en serie D17 D18 y D19, D20, estando los segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 montados en paralelo entre sí y en serie con los dos interruptores en serie I9, I10, estando el primer conjunto CON1 de dos interruptores en serie I9, I10 dispuesto entre los segundo y tercer conjuntos CON2 y CON3 de dos diodos en serie D17 D18 y D19, D20.

20 Las conexiones de emisor E9, E10 de los interruptores I9, I10 correspondientes, se usan como retorno del control de los interruptores I9, I10.

Las conexiones G9, G10 de rejilla de los interruptores transistores I9, I10 se usan para el control de los interruptores I9, I10.

La conexión C9 de colector del interruptor transistor I9 puede servir para autopruueba.

El punto medio DT5 de la puesta en serie de los diodos puede servir para autopruueba.

25 El medio brazo 61b del brazo adicional 61 comprende un primer conjunto CON1 de N interruptores ($N \geq 2$), en este caso concreto, dos interruptores I11, I12, dispuestos en serie y 2N diodos de potencia, en este caso concreto, cuatro diodos D21, D22, D23 y D24 dispuestos N a N, en este caso concreto, dos a dos, en serie y en paralelo, formando unos segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 de dos diodos que comprenden cada uno dos diodos en serie D21 D22 y D23, D24, estando los segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 montados en paralelo entre sí y en serie con los dos interruptores en serie I11, I12, estando el primer conjunto CON1 de dos interruptores en serie I11, I12 dispuesto entre los segundo y tercer conjuntos CON2 y CON3 de dos diodos en serie D21 D22 y D23, D24.

30 Las conexiones de emisor E11, E12 de los interruptores 111, 112 correspondientes, se usan como retorno del control de los interruptores I11, I12.

35 Las conexiones G11, G12 de rejilla de los interruptores transistores I9, I10 se usan para el control de los interruptores I11, I12.

La conexión C12 de colector del interruptor transistor I12 puede servir para autopruueba.

El punto medio DT6 de la puesta en serie de los diodos puede servir para autopruueba.

40 El modo de realización de la figura 6b representa un bloque 60 de dos brazos, según la figura 5c, provisto de un brazo adicional 65. El bloque 60 comprende, además, una porción adicional 51a de alimentación eléctrica coplanaria 51 dispuesta en un extremo y en una dirección diferente del resto de la alimentación eléctrica coplanaria 51 y una interfaz de potencia 66 del brazo adicional 65 dispuesta de modo que el brazo adicional 65 está situado entre dicha porción adicional 51a de alimentación eléctrica coplanaria y dicha interfaz de potencia correspondiente 66.

La porción adicional 51a de alimentación eléctrica coplanaria puede ventajosamente ser sustancialmente perpendicular al resto de la alimentación eléctrica coplanaria 51.

45 El medio brazo 65a del brazo adicional 65 comprende un primer conjunto CON1 de N interruptores ($N \geq 2$), en este caso concreto, dos interruptores I13, I14, dispuestos en serie y 2N diodos de potencia, en este caso concreto, cuatro diodos D25, D26, D27 y D28 dispuestos N a N, en este caso concreto, dos a dos, en serie y en paralelo, formando unos segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 de dos diodos que comprenden cada uno dos diodos en serie D25 D26 y D27, D28, estando los segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 montados en paralelo entre sí y en serie con los dos interruptores en serie I13, I14, estando el primer conjunto CON1 de dos interruptores en serie I13, I14 dispuesto entre los segundo y tercer conjuntos CON2 y CON3 de dos diodos en serie D25 D26 y D27, D28.

50 Las conexiones de emisor E15, E16 de los interruptores I15, I16 correspondientes, se usan como retorno del control de los interruptores I15, I16.

ES 2 706 519 T3

Las conexiones G15, G16 de rejilla de los interruptores transistores I13, I14 se usan para el control de los interruptores I15, I16.

La conexión C15 de colector del interruptor transistor I15 puede servir para autopruueba.

El punto medio DT7 de la puesta en serie de los diodos puede servir para autopruueba.

- 5 El medio brazo 65b del brazo adicional 65 comprende un primer conjunto CON1 de N interruptores ($N \geq 2$), en este caso concreto, dos interruptores I15, I16, dispuestos en serie y 2N diodos de potencia, en este caso concreto, cuatro diodos D29, D30, D31 y D32 dispuestos N a N, en este caso concreto, dos a dos, en serie y en paralelo, formando unos segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 de dos diodos que comprenden cada uno dos diodos en serie D29 D30 y D31, D32, estando los segundo y tercer conjuntos CON2, CON3 montados en paralelo entre sí y en serie con los dos interruptores en serie I15, I16, estando el primer conjunto CON1 de dos interruptores en serie I15, I16 dispuesto entre los segundo y tercer conjuntos CON2 y CON3 de dos diodos en serie D29 D30 y D31, D32.

Las conexiones de emisor E13, E14 de los interruptores I13, I14 correspondientes, se usan como retorno del control de los interruptores I13, I14.

- 15 Las conexiones G13, G14 de rejilla de los interruptores transistores 113, 114 se usan para el control de los interruptores 113, 114.

La conexión C13 de colector del interruptor transistor I13 puede servir para autopruueba.

El punto medio DT8 de la puesta en serie de los diodos puede servir para autopruueba.

En este caso concreto, la alimentación eléctrica coplanaria 51, 51a forma una T al revés.

- 20 En el transcurso de conmutación, durante las fases denominadas de "rueda libre", las corrientes se intercambian entre los brazos de ondulator del puente en H a través de las líneas de alimentación CCBUS+, CCBUS-. Según la inductancia parásita de estas líneas, van a generarse ahí unas sobretensiones.

La presente invención propone colocar los brazos de ondulator dos a dos, de manera que los intercambios de corrientes entre los dos brazos de ondulator sean lo más directos posible, por lo tanto, lo menos inductivos posible.

- 25 La figura 7a ilustra las circulaciones de las corrientes eléctricas en un bloque 60 de dos brazos usado como puente en H para una fase de receptor eléctrico Fase, en el caso de una corriente eléctrica de fase positiva.

Para la "rueda libre" en la barra de alimentación positiva, la corriente sigue el trayecto indicado por las flechas en trazos de guiones.

Para la "rueda libre" en la barra de alimentación negativa, la corriente sigue el trayecto indicado por las flechas en trazos macizos o continuos.

- 30 Las flechas en trazos de punteados indican la circulación de la corriente, durante el periodo activo. Durante este periodo, la corriente procede de la fuente CCBUS con la tensión V_{CCBUS} , lo que corresponde a la energía suministrada por la fuente a la fase.

La figura 7b ilustra las circulaciones de las corrientes eléctricas en un bloque 60 de dos brazos usado como puente en H para una fase de receptor eléctrico Fase, en el caso de una corriente eléctrica de fase negativa.

- 35 Para la "rueda libre" en la barra de alimentación positiva, la corriente sigue el trayecto indicado por las flechas en trazos punteados.

Para la "rueda libre" en la barra de alimentación negativa, la corriente sigue el trayecto indicado por las flechas en trazos macizos o continuos.

- 40 Las flechas en trazos punteados indican la circulación de la corriente, durante el periodo activo. Durante este periodo, la corriente procede de la fuente CCBUS con la tensión V_{CCBUS} , lo que corresponde a la energía suministrada por la fuente a la fase.

La figura 8a ilustra el caso de un número impar ($2M+1$) de fases del receptor eléctrico, en este caso concreto, tres fases Fase1, Fase2, Fase3 y un neutro del receptor eléctrico.

- 45 El receptor eléctrico, por ejemplo, el motor eléctrico que gira sobre 360° , cada fase (tomemos el caso del trifásico) está defasada en 120° , pero cada fase ve una corriente de tipo $I = I_0 \cos(\omega t + \theta)$ donde θ vale respectivamente 0° , 120° y 240° .

Se pueden encontrar unos ángulos destacables (cada 60°) respetando la tabla de la figura 8a, por lo tanto, es posible estudiar más fácilmente la circulación de las corrientes conmutadas para los ángulos destacables.

Por otra parte, la conexión es de oficio con un neutro Neutro como se representa en el dibujo de la figura 8a.

Las figuras 8b y 8c ilustran las circulaciones de las corrientes eléctricas en un bloque de las figuras 6a y 6b con un receptor eléctrico de tres fases y neutro, en el caso del ángulo destacable 0° donde las tres corrientes tienen las proporciones respectivas: 1, -0,5, -0,5.

5 A la vista de las dos figuras 8a y 8b de circulación de corriente, las corrientes eléctricas de conmutación de la fase impar regresan a través de la busbar CCBUS (CCBUS+ y CCBUS-); si la busbar coplanaria es de buena calidad, la autoinductancia o inductancia es muy escasa, puesto que la diferencia de trayecto entre los trazados en trazos macizos o continuos, en trazos punteados y en trazos de guiones es mínima.

10 Por el contrario, se vislumbra que el dibujo T al revés de la figura 8c es preferible al dibujo U de la figura 8b, puesto que la diferencia de trayecto en el momento donde la corriente cambia de sentido (pasa del medio brazo de la derecha al de la izquierda) será más pequeña.

También, la presente invención responde a la exigencia de tolerancias a las averías, incluidas las de los circuitos de control.

15 Reduciendo a sus mínimos las inductancias parásitas, la solución permite usar unos componentes mejor dimensionados de tensión eléctrica, lo que arrastra menos pérdidas Joules en el convertidor de potencia, por lo tanto, un mejor rendimiento y un dimensionado térmico óptimo.

Reduciendo a sus mínimos las inductancias parásitas, la presente invención permite explotar mejor la tensión de alimentación.

20 Favoreciendo la compacidad de la solución, la invención reduce su masa, criterio importante en el mundo de los lanzadores y de los satélites.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor de potencia de corte configurado para controlar al menos una fase de un receptor eléctrico polifásico de al menos tres fases, que comprende al menos un bloque (60) de dos brazos de convertidor, en el que cada medio brazo de brazo de convertidor comprende un primer conjunto (CON1) de N interruptores, siendo N superior o igual a dos, dispuestos eléctricamente en serie y 2N diodos de potencia dispuestos N a N eléctricamente en serie y en paralelo, formando unos segundo y tercer conjuntos (CON2, CON3) de N diodos que comprenden cada uno N diodos eléctricamente en serie, estando los segundo y tercer conjuntos (CON2, CON3) montados eléctricamente en paralelo entre sí y en serie con los N interruptores en serie, estando el primer conjunto (CON1) de N interruptores en serie dispuesto físicamente entre los segundo y tercer conjuntos (CON2, CON3) de N diodos en serie; comprendiendo el bloque (60) de dos brazos una alimentación eléctrica coplanaria (51), provista de una línea positiva (CCBUS+) y de una línea negativa (CCBUS-), dispuesta físicamente de manera que se separen dos brazos del convertidor y comprendiendo una interfaz de potencia por brazo (52, 56, 54, 58), estando cada interfaz de potencia dispuesta físicamente de modo que los dos medios brazos del brazo correspondiente están situados entre la alimentación eléctrica coplanaria (51) y la interfaz de potencia correspondiente (52, 56, 54, 58).
2. Convertidor de potencia de corte según la reivindicación 1, en el que los interruptores del primer conjunto (CON1) están alineados y/o los diodos del segundo conjunto (CON2) están alineados y/o los diodos del tercer conjunto (CON3) están alineados.
3. Convertidor de potencia de corte según la reivindicación 2, en el que dos medios brazos que forman un brazo de un bloque (60) de dos brazos del convertidor, comprenden un medio brazo positivo (50, 57) que comprende el conjunto (CON1) de N interruptores en serie conectados entre la línea positiva (CCBUS+) de la alimentación eléctrica coplanaria (51) y la interfaz de potencia correspondiente (52, 56, 54, 58) y los dos conjuntos (CON2, CON3) de N diodos conectados entre la línea negativa (CCBUS-) de la alimentación eléctrica coplanaria (51) y la interfaz de potencia correspondiente (52, 56, 54, 58) y un medio brazo negativo (53, 55) que comprende el conjunto (CON1) de N interruptores en serie conectados entre la línea negativa (CCBUS-) de la alimentación eléctrica coplanaria (51) y la interfaz de potencia correspondiente (52, 56, 54, 58) y los dos conjuntos (CON2, CON3) de N diodos conectados entre la línea positiva (CCBUS+) de la alimentación eléctrica coplanaria (51) y la interfaz de potencia correspondiente (52, 56, 54, 58).
4. Convertidor de potencia de corte según la reivindicación 3, en el que un medio brazo positivo (50, 57) de un brazo de un bloque de dos brazos del convertidor está dispuesto frente por frente de un medio brazo negativo (53, 55) de otro brazo del convertidor, con respecto a la alimentación eléctrica coplanaria (51).
5. Convertidor de potencia de corte según una de las reivindicaciones anteriores, en el que, cuando el número de brazos es impar, el convertidor comprende dichos bloques (60) de dos brazos y un bloque (60) de dos brazos provisto de un brazo adicional (61, 65).
6. Convertidor de potencia de corte según la reivindicación 5, en el que dicho bloque (60) de dos brazos está provisto de un brazo adicional (61) que comprende dos medios brazos dispuestos a cada lado de la alimentación eléctrica coplanaria (51) prolongada y una interfaz de potencia (62) de dicho brazo adicional (61) que comprende respectivamente, para cada uno de los dos medios brazos, una parte (62a, 62b) dispuesta de modo que el medio brazo correspondiente está situado entre la alimentación eléctrica coplanaria (51) y dicha parte (62a, 62b) de la interfaz de potencia correspondiente (62).
7. Convertidor de potencia de corte según la reivindicación 5, en el que dicho bloque (60) de dos brazos provisto de un brazo adicional (65) comprende, además, una porción adicional (51a) de alimentación eléctrica coplanaria (51) dispuesta en un extremo y en una dirección diferente del resto de la alimentación eléctrica coplanaria y una interfaz de potencia (66) de dicho brazo adicional (65) dispuesta de modo que dicho brazo adicional (65) está situado entre dicha porción adicional (51a) de alimentación eléctrica coplanaria y dicha interfaz de potencia (66) correspondiente.
8. Convertidor de potencia de corte según la reivindicación 7, en el que dicha porción adicional (51a) de alimentación eléctrica coplanaria (51) es sustancialmente perpendicular al resto de la alimentación eléctrica coplanaria.
9. Convertidor de potencia de corte según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** es híbrido.
10. Convertidor de potencia de corte según una de las reivindicaciones anteriores, en el que los interruptores comprenden al menos un transistor bipolar de rejilla aislada y/o al menos un transistor de efecto de campo de rejilla aislada.
11. Convertidor de potencia de corte según una de las reivindicaciones anteriores, en el que N vale dos.
12. Convertidor de potencia de corte según una de las reivindicaciones anteriores, siendo dicho convertidor un ondulator o un troceador.
13. Sistema de control de al menos un gato eléctrico de un lanzador espacial que comprende al menos un convertidor de potencia de corte según una de las reivindicaciones anteriores, siendo el receptor eléctrico un motor

eléctrico y siendo el convertidor de potencia un ondulator.

14. Lanzador espacial provisto de un sistema según la reivindicación 13.

5 15. Sistema de control de al menos un dispositivo de orientación de antenas o de paneles solares de un satélite que comprende al menos un convertidor de potencia de corte según una de las reivindicaciones 1 a 14, siendo el receptor eléctrico un motor eléctrico y siendo el convertidor de potencia un ondulator.

16. Satélite provisto de un sistema de control según la reivindicación 15.

17. Sistema de alimentación de un satélite que comprende al menos un convertidor de potencia de corte según una de las reivindicaciones 1 a 12, siendo el receptor eléctrico un transformador polifásico y siendo el convertidor de potencia un ondulator o troceador.

10 18. Satélite provisto de un sistema de alimentación según la reivindicación 17.

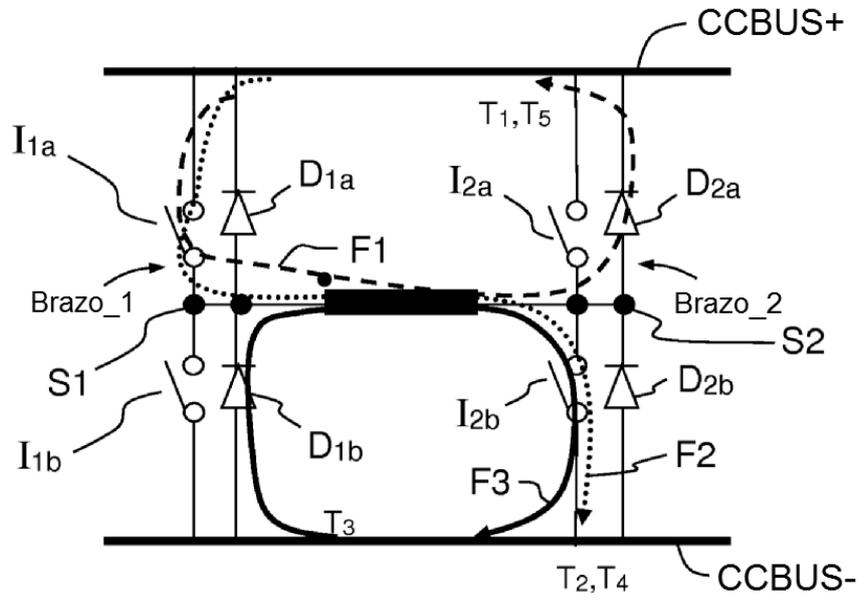


FIG.1a

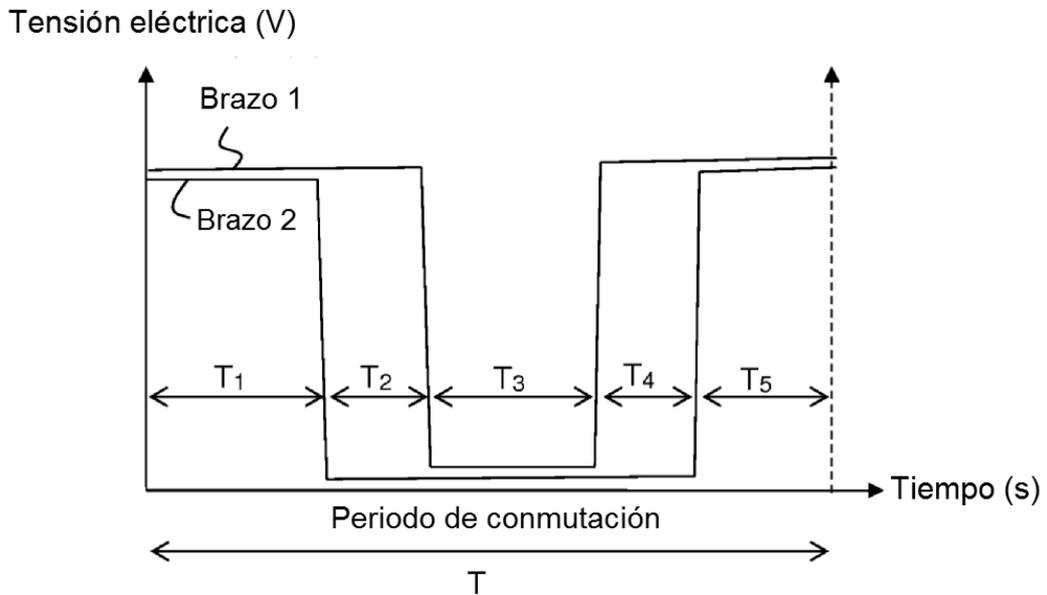


FIG.1b

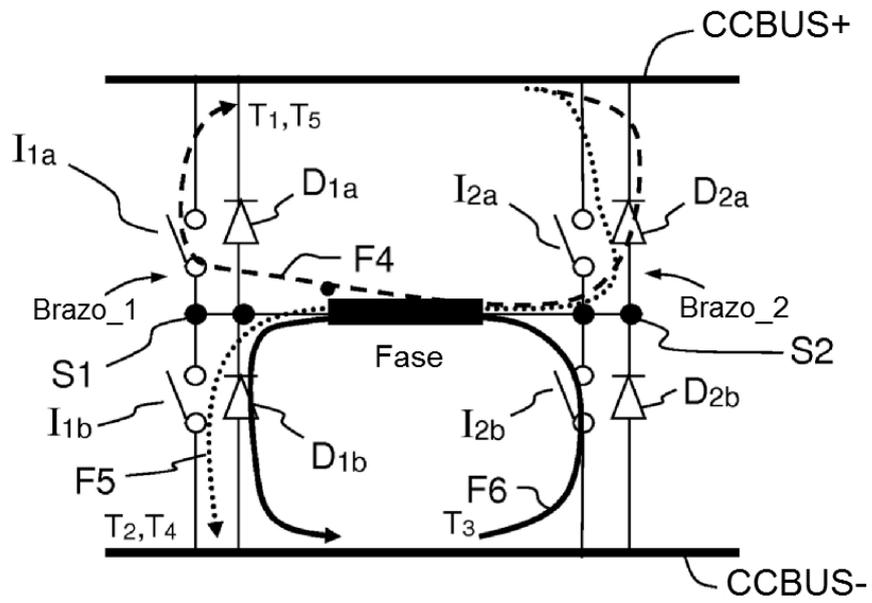


FIG.2a

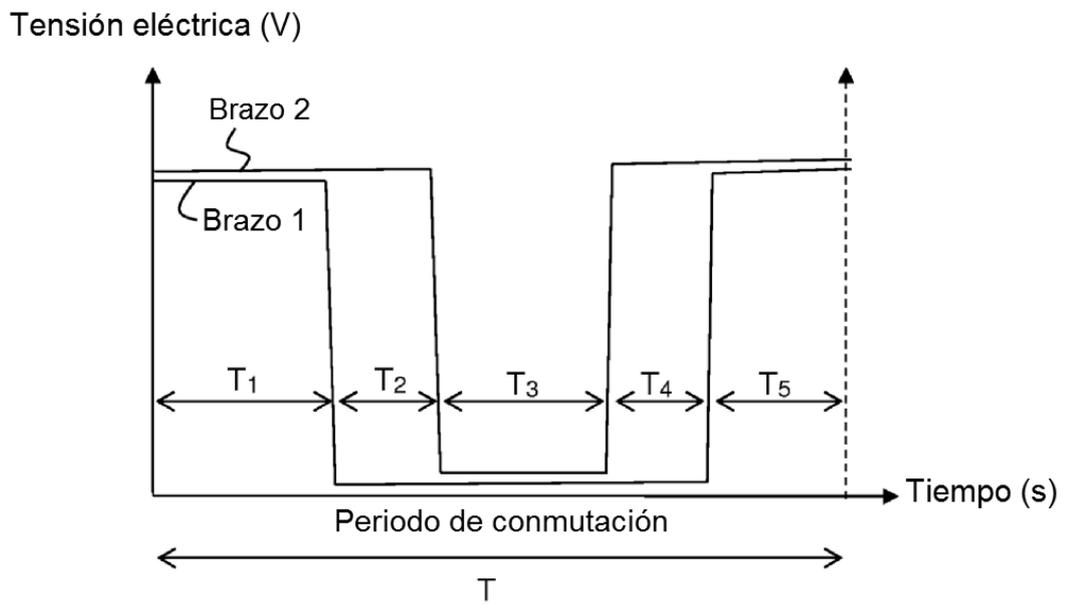


FIG.2b

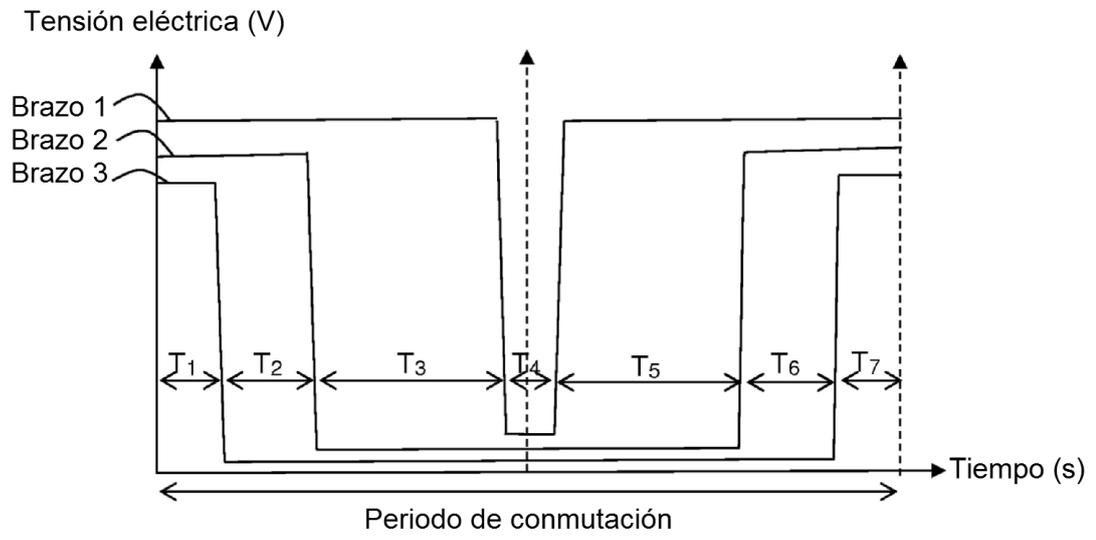


FIG.3b

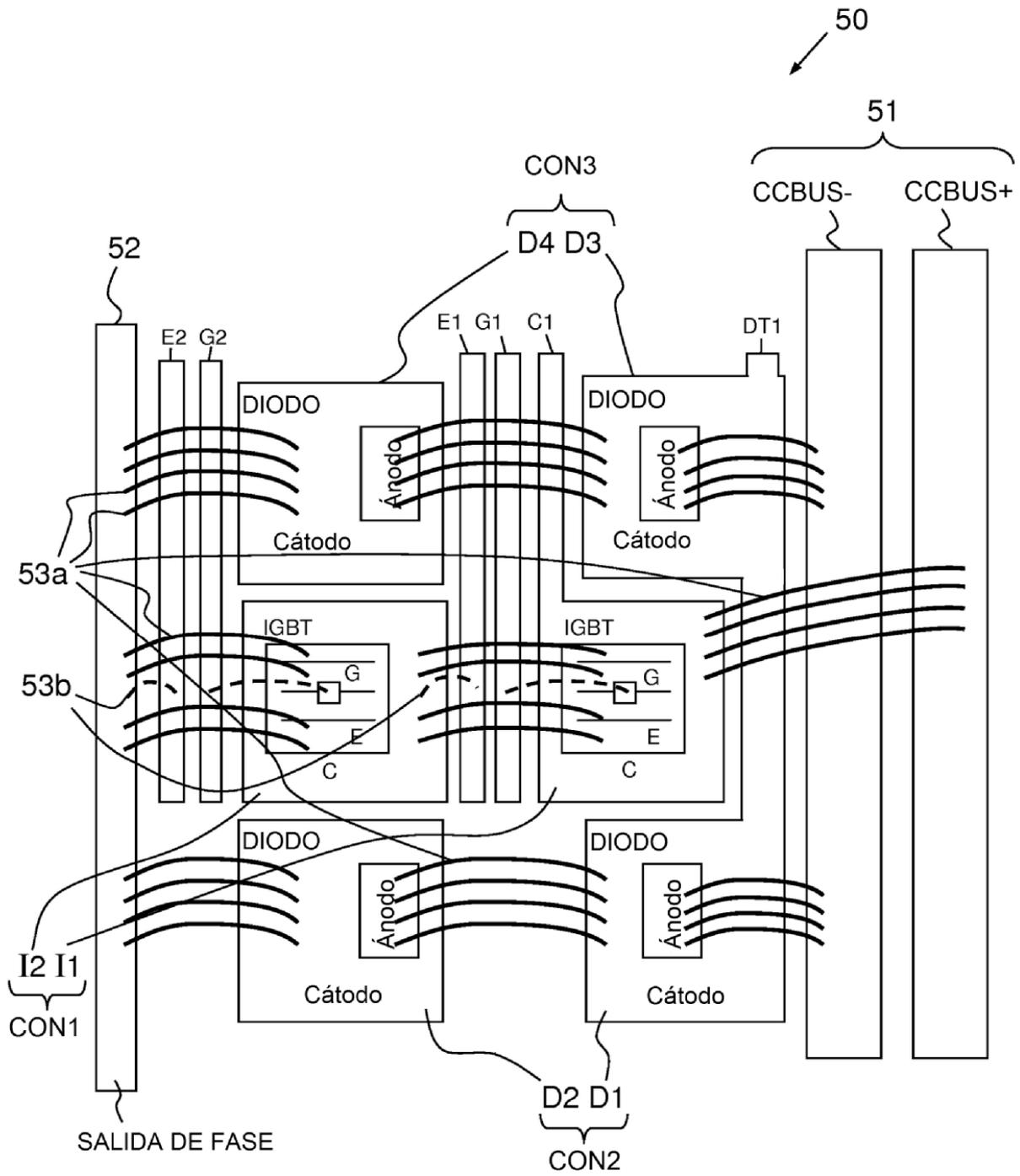


FIG.4a

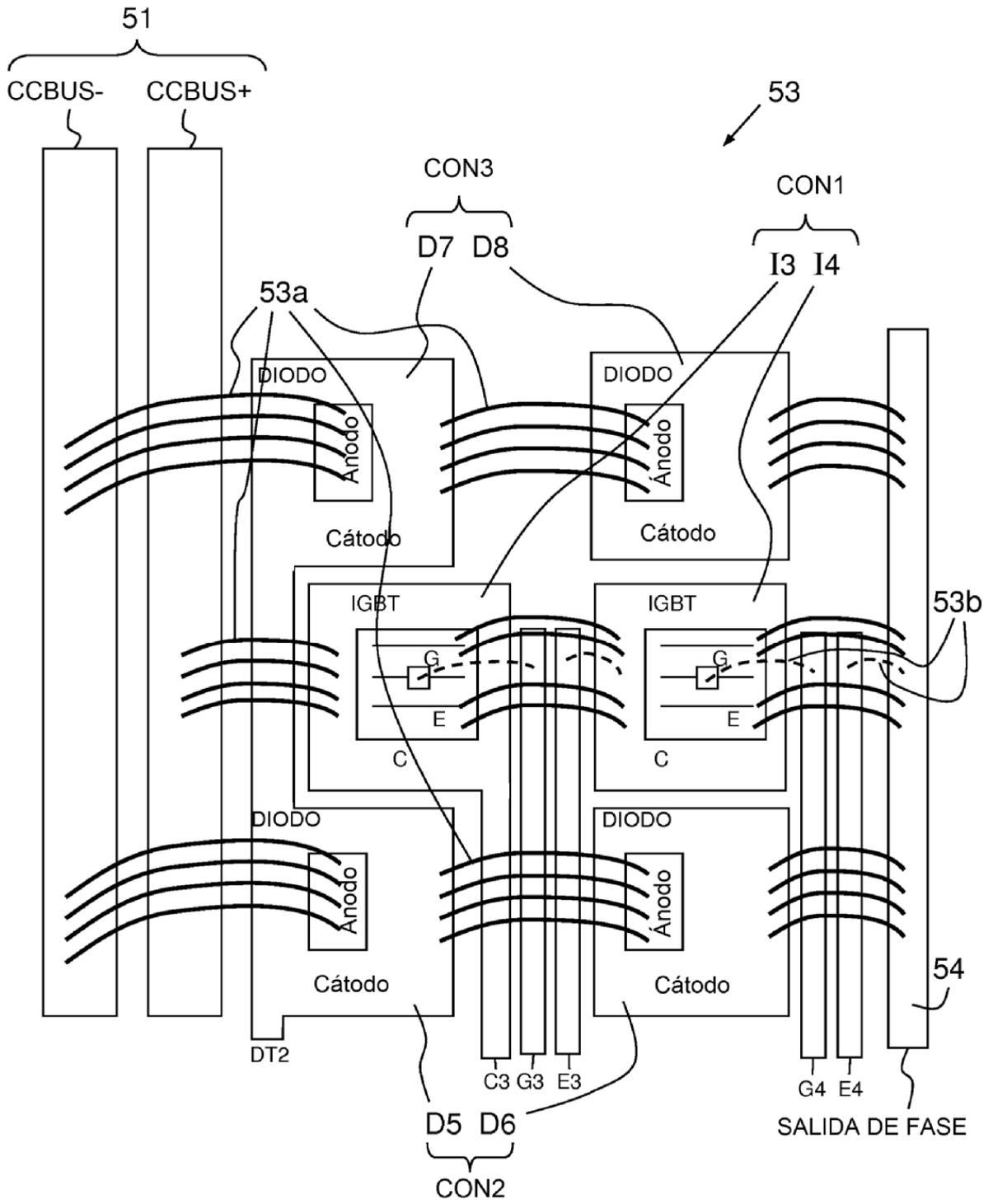


FIG.4b

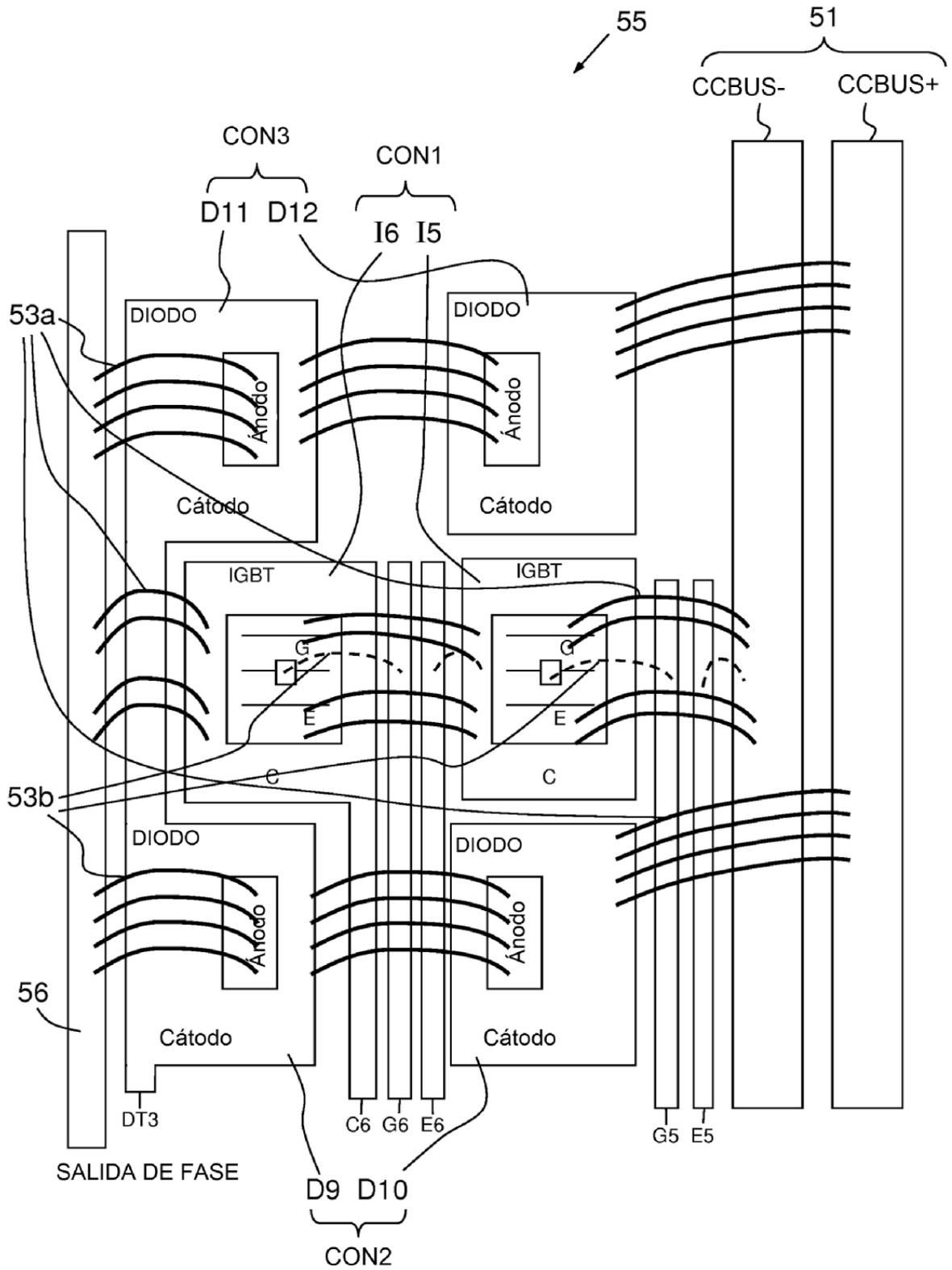


FIG.4c

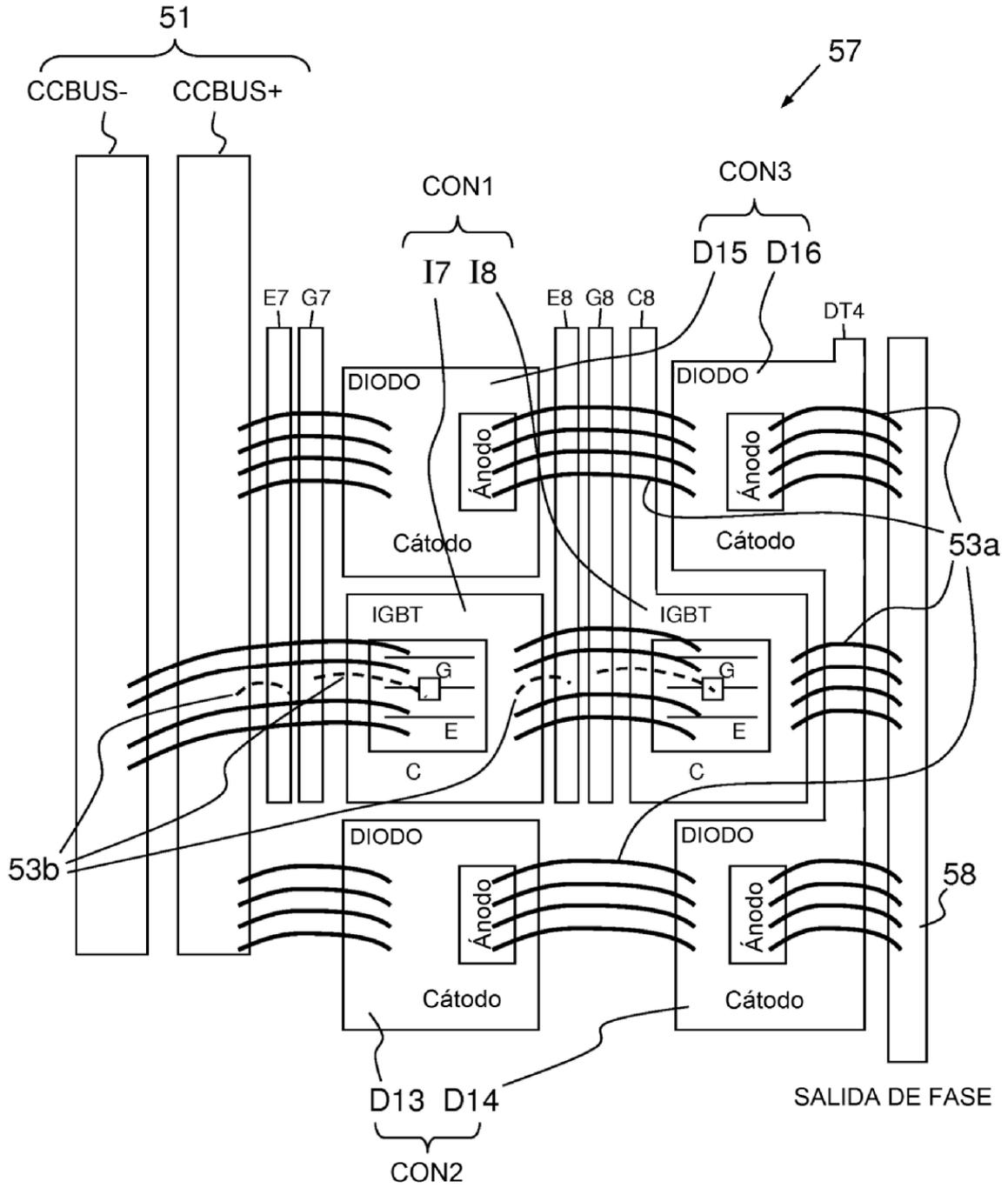


FIG.4d

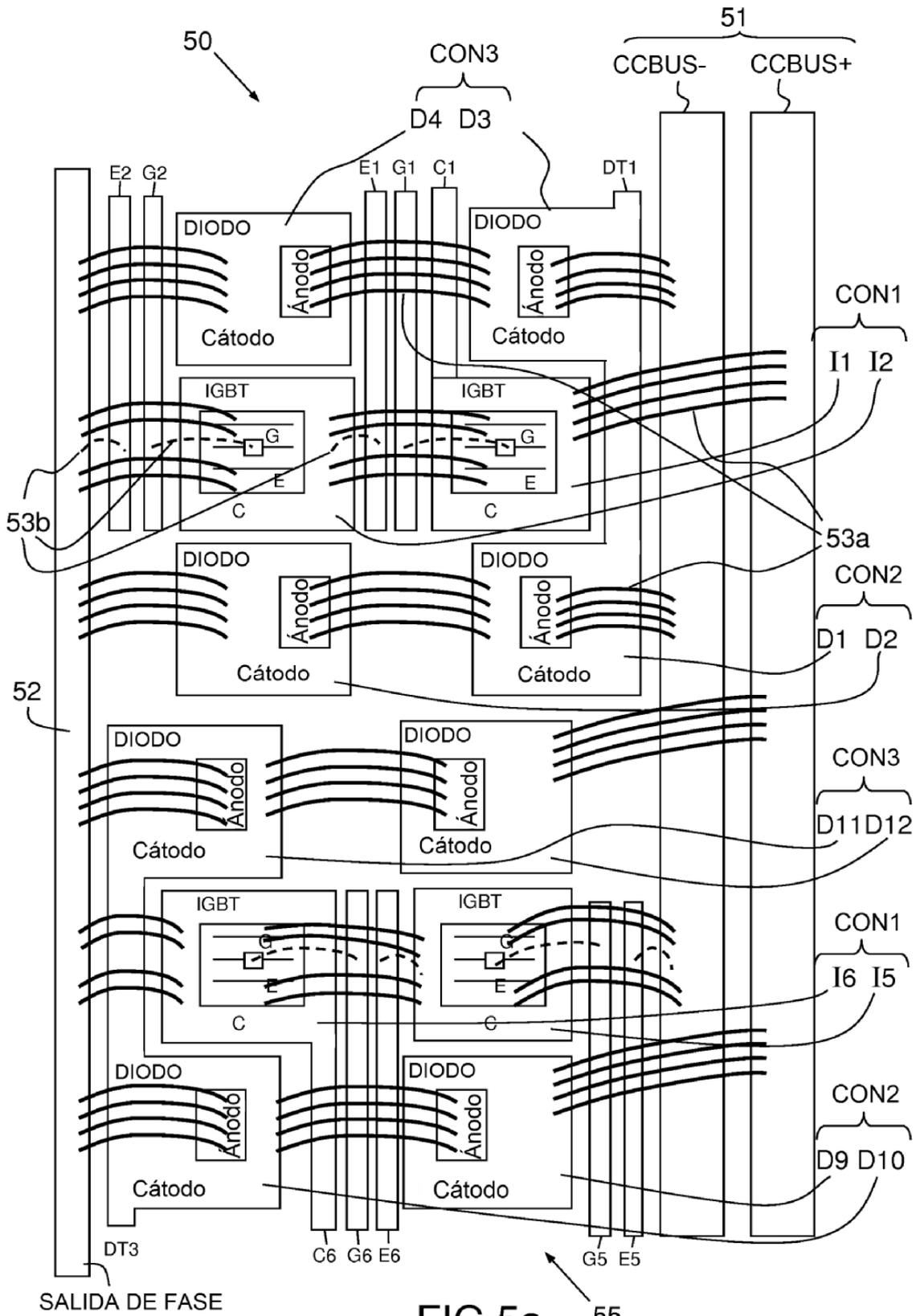
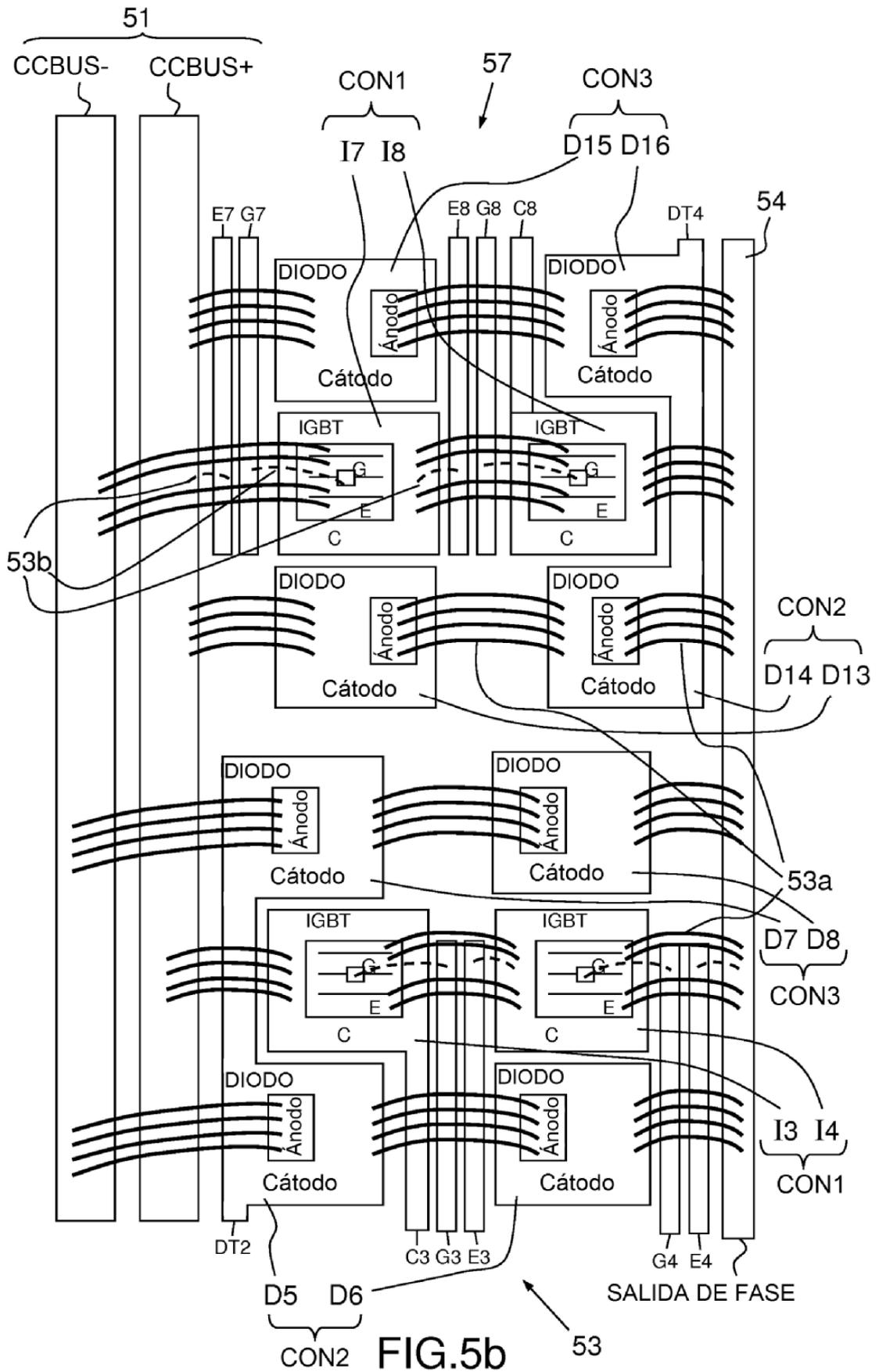


FIG.5a



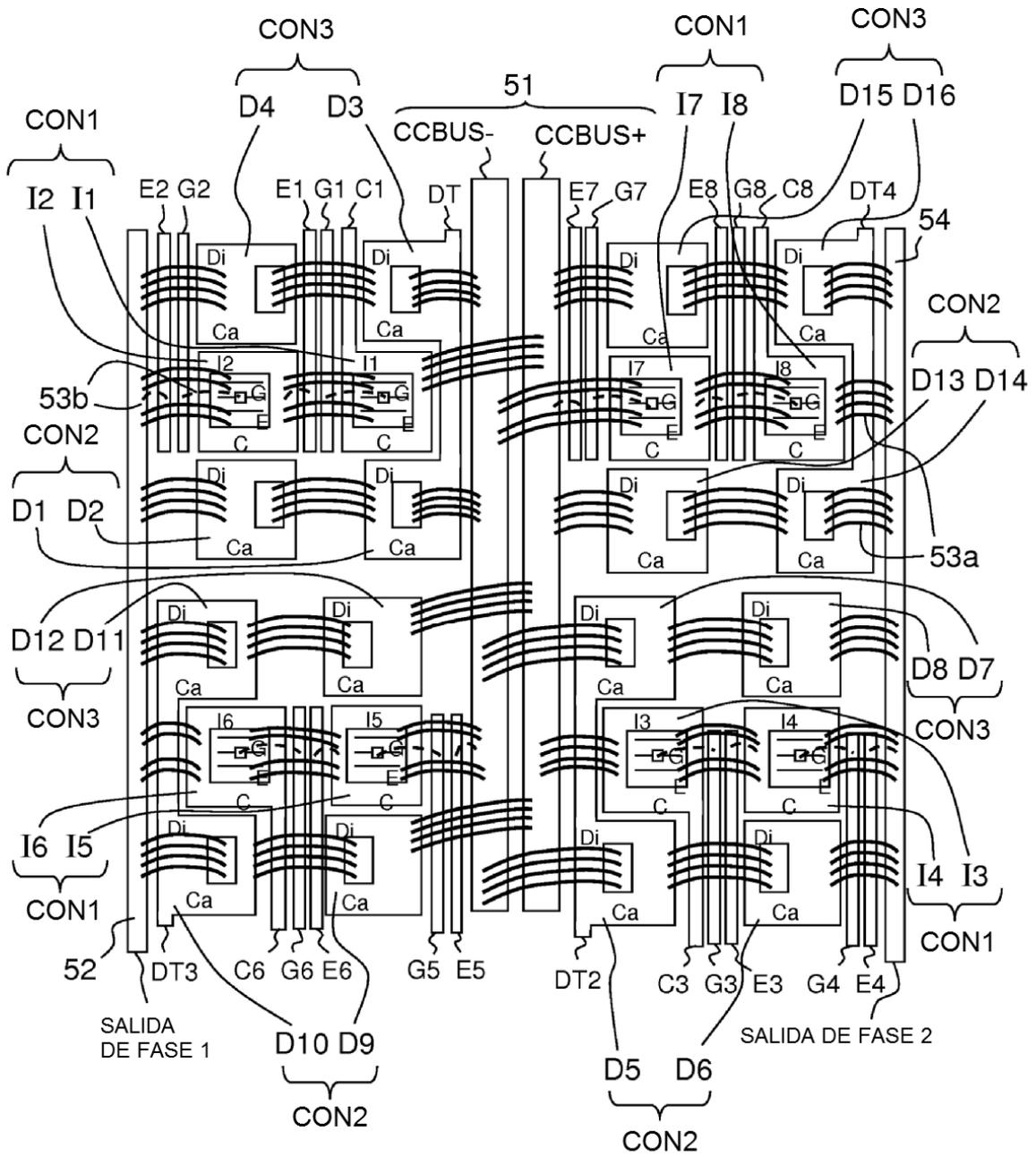


FIG.5c

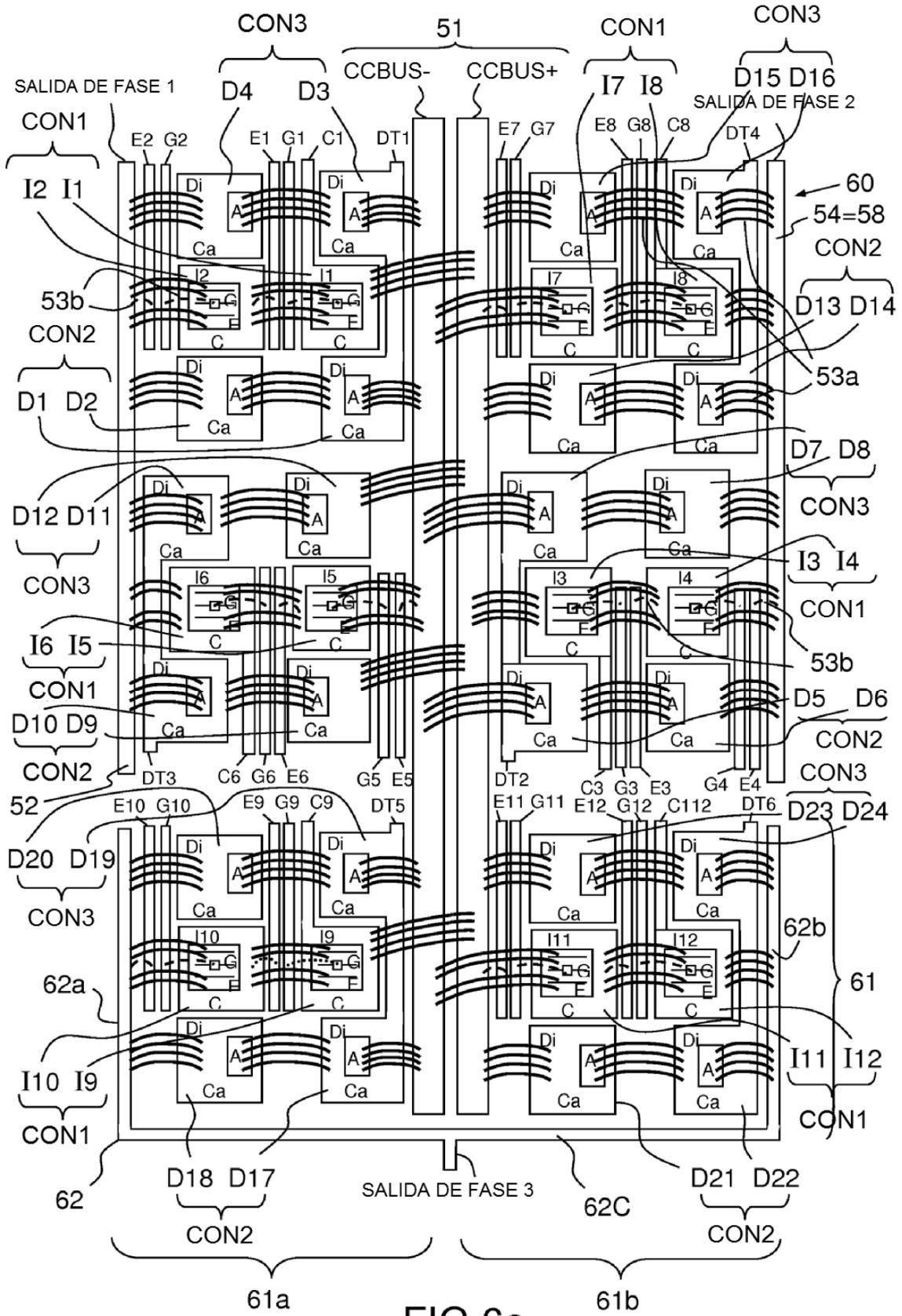
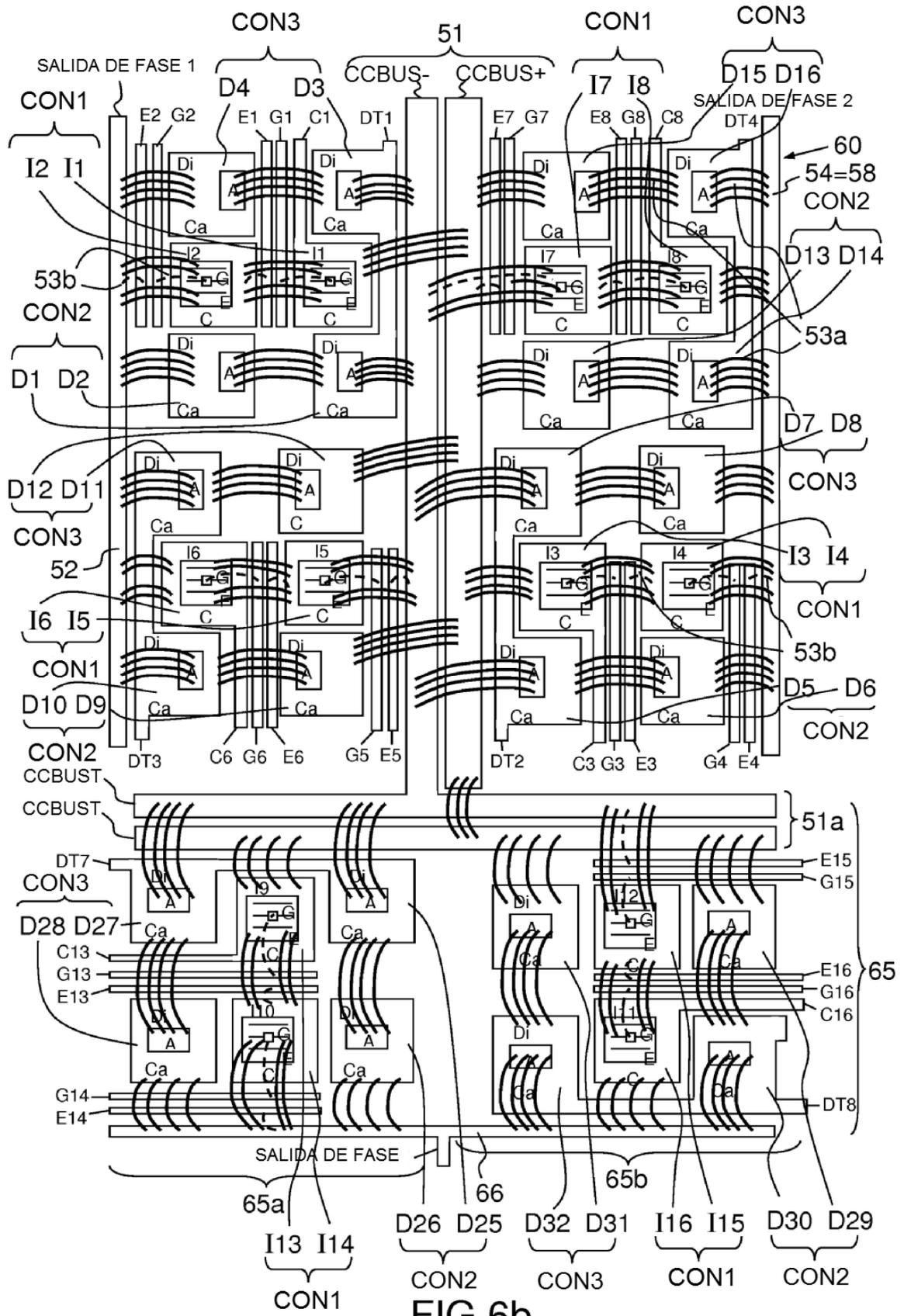


FIG.6a



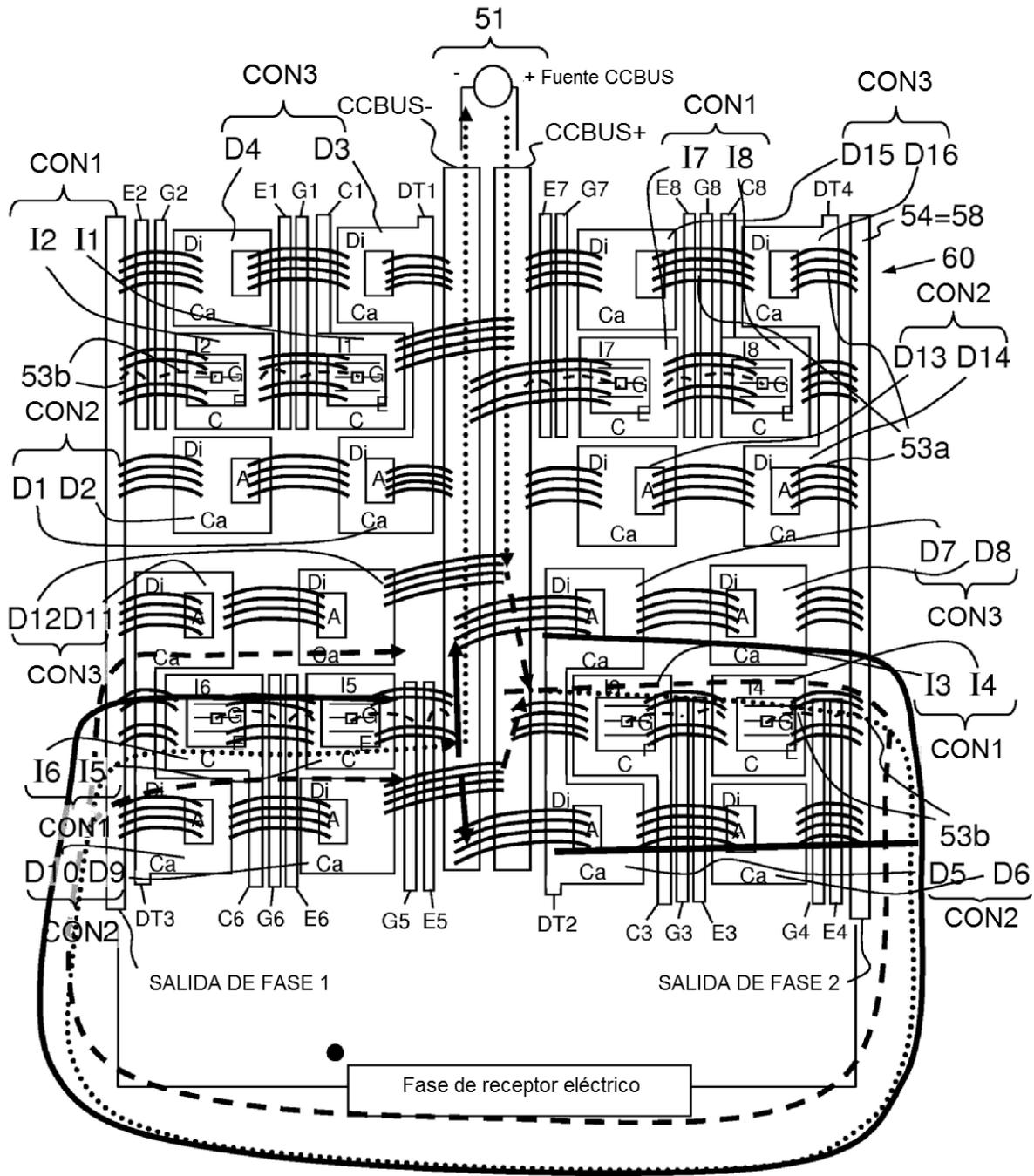


FIG.7b

ωt	I A	I B	I C
0°	1	-0,5	-0,5
120°	-0,5	1	-0,5
240°	-0,5	-0,5	1
180°	-1	0,5	0,5
300°	0,5	-1	0,5
60°	0,5	0,5	-1

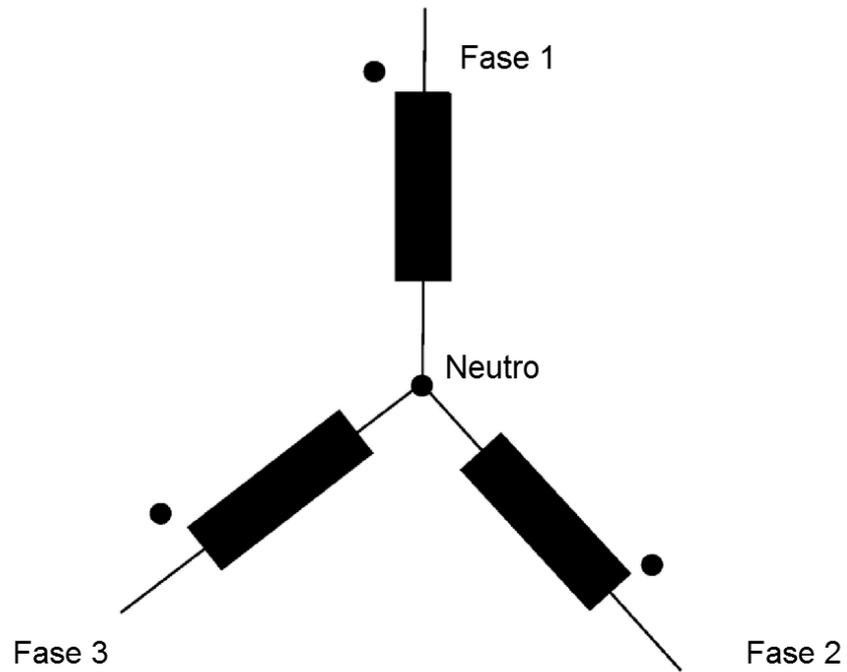


FIG.8a

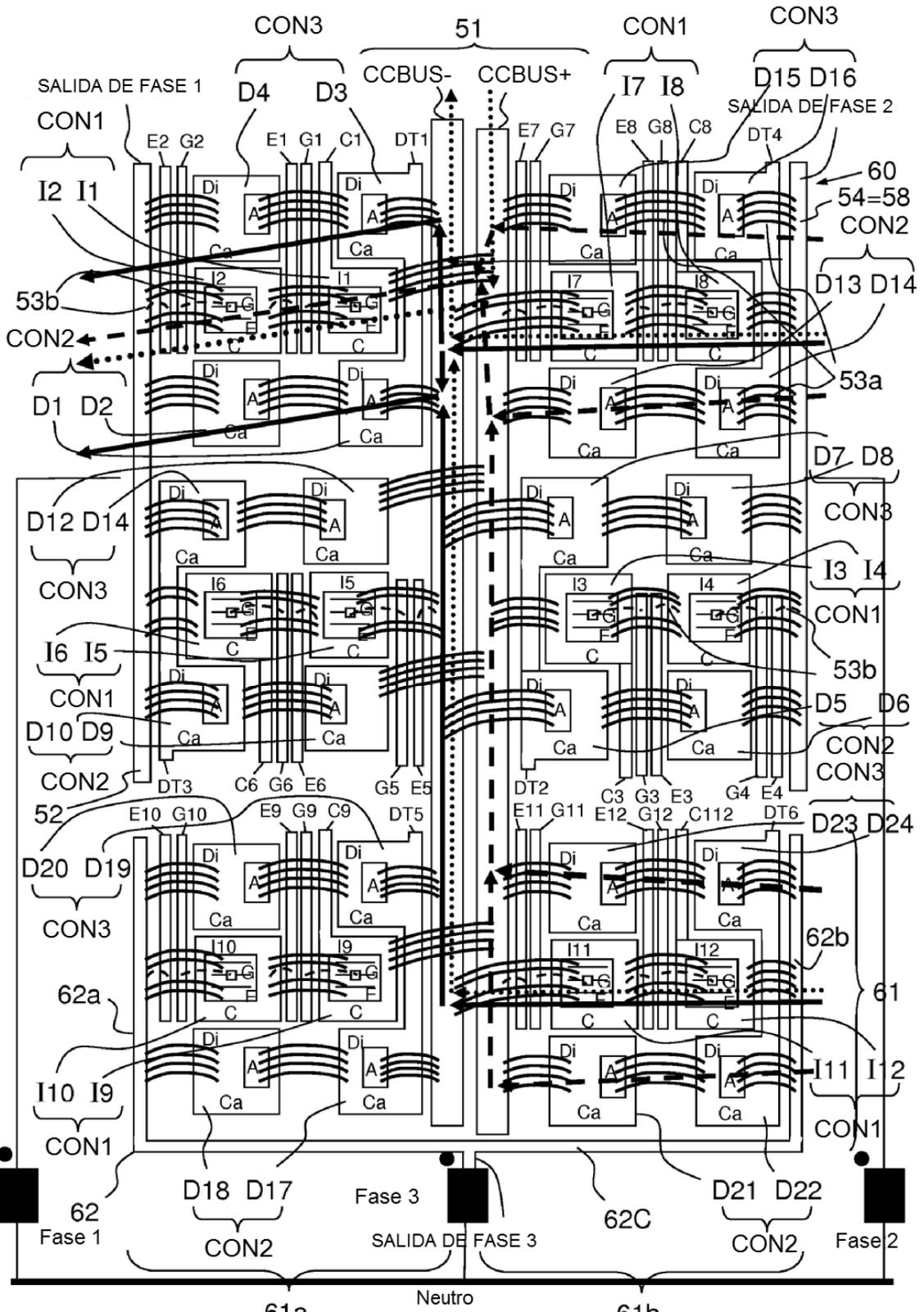


FIG.8b

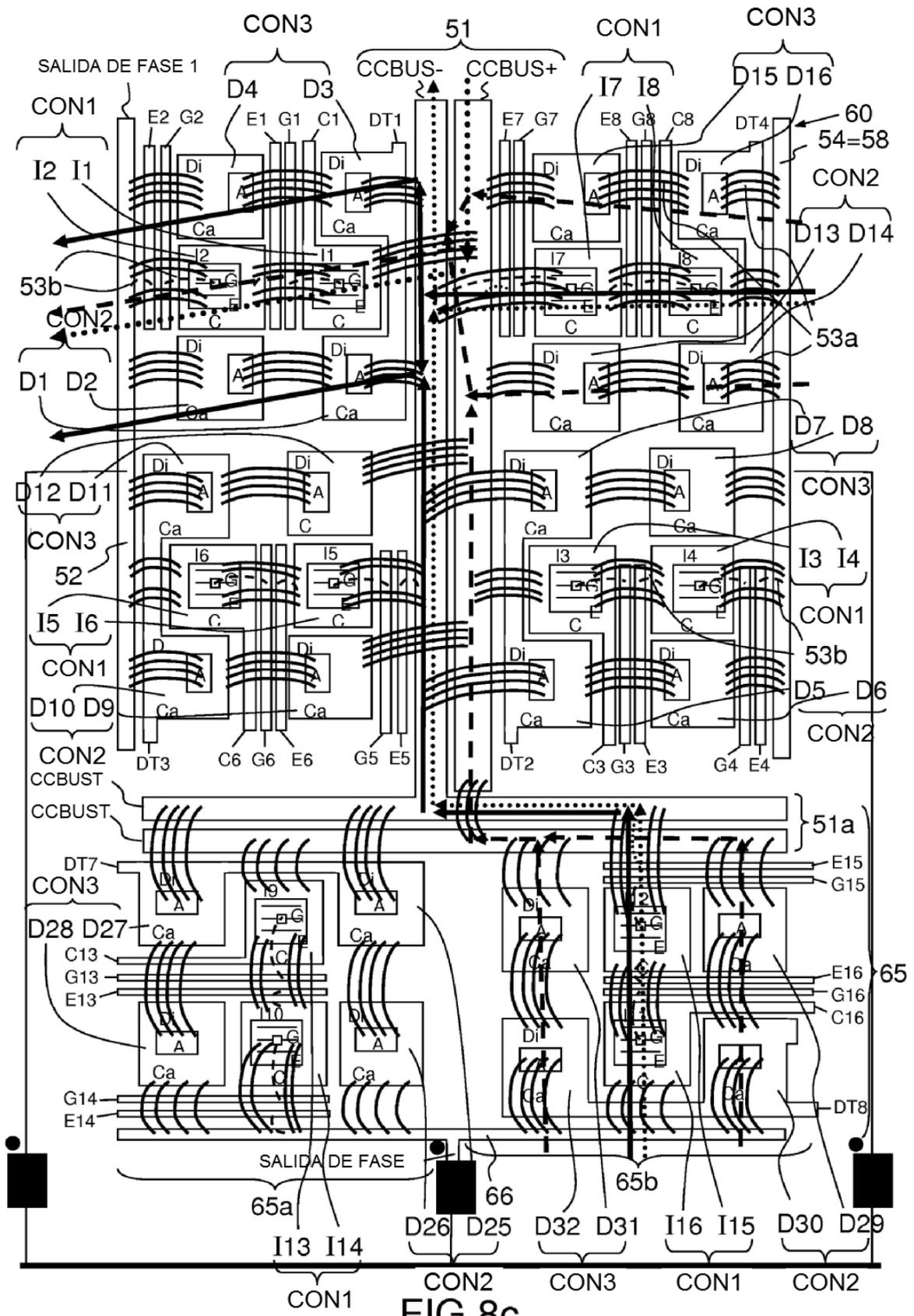


FIG.8c