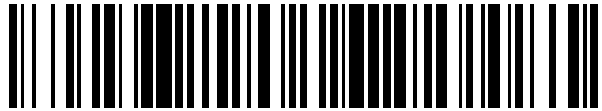


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 756 325**

51 Int. Cl.:

H03K 17/10 (2006.01)

H03K 17/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2015 PCT/US2015/054887**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.07.2016 WO16111732**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2015 E 15784874 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 3243276**

54 Título: **Interruptor de alto voltaje**

30 Prioridad:

08.01.2015 US 201514592542

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

27.04.2020

73 Titular/es:

**UNITED SILICON CARBIDE INC. (100.0%)
7 Deer Park Drive, Suite E.
Monmouth Junction, NJ 08852, US**

72 Inventor/es:

LI, XUEQING

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 756 325 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

Interrupor de alto voltaje

5 REFERENCIA CRUZADA A APLICACIONES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de Patente de Estados Unidos N° 14/592.542, presentada el 8 de enero de 2015.

10 ANTECEDENTES

La materia en general se refiere a interruptores semiconductores que usan múltiples dispositivos semiconductores, y particularmente a interruptores de cascodo de alto voltaje que usan múltiples dispositivos en serie.

15 La WO 2010/088783 A1 describe un dispositivo de conmutación para conmutar una corriente entre una primera conexión y una segunda conexión, que comprende una conexión en serie de por lo menos dos JFET, de los cuales un JFET más bajo está conectado a la primera conexión, o el JFET más bajo está conectado en un circuito en cascado con la primera conexión a través de un interruptor de control, y por lo menos un JFET adicional, que está conectado en serie con el JFET más bajo, en donde el JFET más alejado del JFET más bajo es referido como el JFET más alto y está conectado con la conexión de drenaje a la segunda conexión, y en donde se conecta un circuito de estabilización entre las conexiones de compuerta de los JFET y la primera conexión para estabilizar los voltajes de compuerta de los JFET. Un circuito adicional, que extrae el potencial en la conexión de compuerta del JFET más alto al potencial en la conexión de drenaje del JFET más alto, se conmuta entre la conexión de compuerta y el JFET más alto en la segunda conexión.

La WO 2011/123962 A1 describe un dispositivo de conmutación para conmutar una corriente entre una primera conexión y una segunda conexión que comprende un circuito en serie de por lo menos dos JFET, con JFET adicionales, que están conectados en serie a un JFET más bajo, y en donde una red de cableado para estabilizar los voltajes de compuerta de los JFET está conectada entre la segunda conexión y la primera terminación. Un circuito adicional está conectado entre cada conexión de compuerta de los JFET adicionales y las conexiones de cátodos asociados de los diodos de la red de cableado.

35 Biela J et al.: "Balancing circuit for a 5kV/50ns pulsed power switch based on SiC-JFET Super Cascode", IEEE, páginas 635-640, XP031615057, describe un circuito de balanceo.

SUMARIO

40 Un dispositivo de conmutación de alto voltaje puede formarse: conectando una serie de transistores normalmente encendidos, como los transistores de efecto de campo de unión (JFET), en serie entre sí, donde el drenaje de cada transistor está conectado a la fuente del siguiente; conectando la cadena de transistores normalmente encendidos en serie con un componente de interruptor normalmente apagado, como un transistor de efecto de campo de metal-óxido (MOSFET), donde el drenaje del componente de interruptor normalmente apagado está conectado a la fuente del primer transistor en la cadena y para cada transistor, conectando un dispositivo de sujeción de voltaje, como un diodo, con el ánodo del dispositivo de sujeción de voltaje conectado a la fuente del transistor y el cátodo del dispositivo de sujeción de voltaje conectado a la compuerta del siguiente transistor en la cadena. Esta disposición ayuda a garantizar que: las corrientes de polarización (o fuga) se distribuyan uniformemente entre los transistores y no dependan de los parámetros de los transistores; y que la corriente de polarización total, que es la fuga adicional provocada por la polarización de los circuitos, sea solo el doble de la corriente de polarización de un único diodo de sujeción de voltaje y no dependa del número de transistores conectados en serie.

55 Este resumen se proporciona para introducir una selección de conceptos en una forma simplificada que se describen adicionalmente a continuación en la Descripción Detallada. No se pretende que este Resumen identifique características clave o características esenciales de la materia reivindicada, ni se pretende que se use para limitar el alcance de la materia reivindicada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

60 Una comprensión más detallada puede obtenerse a partir de la siguiente descripción, dada a modo de ejemplo junto con los dibujos acompañantes.

La FIG. 1 es un esquema eléctrico de un interruptor de ejemplo de circuito que incluye una cadena de JFET y un MOSFET junto con varios diodos de sujeción de voltaje.

65 La FIG. 2 muestra el circuito de FIG. 1 con la adición de circuitos de carga.

La FIG. 3 muestra un ejemplo de circuito de carga.

La FIG. 4 muestra el circuito de ejemplo de la FIG. 2 más circuitos de balanceo dinámico.

La FIG. 5 muestra el circuito de ejemplo de la FIG. 2 más circuitos de balanceo dinámico en una configuración alternativa.

5 La FIG. 6 es un esquema eléctrico de otro interruptor de ejemplo de circuito que incluye una cadena de JFET y un MOSFET junto con varios diodos de sujeción de voltaje.

La FIG. 7 es un esquema eléctrico de otro interruptor de ejemplo de circuito más que incluye una cadena de JFET y un MOSFET junto con varios diodos de sujeción de voltaje.

10 La FIG. 8 muestra el circuito de ejemplo de la FIG. 7 con tanto circuitos de carga como circuitos de balanceo dinámico añadidos.

La FIG. 9 muestra el circuito de ejemplo de la FIG. 7 con tanto circuitos de carga como circuitos de balanceo dinámico añadidos en una configuración alternativa.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES ILUSTRATIVAS

15 Un dispositivo de conmutación de alto voltaje puede estar formado de muchos componentes: conectando una serie de transistores normalmente encendidos, como JFET, en serie entre sí y con un componente de conmutación normalmente apagado como un MOSFET, donde el drenaje de cada uno el dispositivo está conectado a la fuente del siguiente; y conectando un dispositivo de sujeción de voltaje, como un diodo para cada transistor, con el ánodo del diodo conectado a la fuente del transistor y el cátodo del diodo conectado a la compuerta del siguiente transistor en la cadena. El componente de conmutación se coloca en serie antes del primer transistor en la cadena.

20 Esta disposición ayuda a garantizar que: las corrientes de polarización (o fuga) se distribuyan uniformemente entre los transistores y no dependan de los parámetros del transistor; y que la corriente de polarización total, que es la fuga adicional provocada por la polarización de los circuitos, sea solo el doble de la corriente de polarización de un diodo de sujeción de voltaje individual y no dependa del número de transistores conectados en serie.

30 El componente de conmutación puede ser un dispositivo de alto voltaje o de bajo voltaje. Cuando se usa un componente de conmutación de semiconductor normalmente apagado de bajo voltaje, puede ser, por ejemplo, un MOSFET, JFET, un transistor de inducción estático (SIT), BJT, o un transistor bipolar de compuerta aislada (IGBT). Los MOSFET de silicio normalmente apagados de bajo voltaje, con voltajes nominales típicos de 15 voltios a 50 voltios, son adecuados para su uso como componentes de conmutación de los dispositivos de conmutación de alto voltaje descritos en la presente. El componente de conmutación también puede ser un MOSFET de alto voltaje, JFET, BJT, IGBT o un dispositivo similar.

40 Los transistores pueden ser JFET o MOSFET normalmente encendidos, por ejemplo. Los JFET normalmente encendidos de SiC son fiables y están disponibles comercialmente a un voltaje de bloqueo por encima de 1000 voltios. Los JFET de SiC con voltajes de bloqueo en el intervalo de 1000 voltios a 5000 voltios son útiles para crear dispositivos de conmutación de alto voltaje. En la práctica, los transistores y el dispositivo componente de conmutación pueden ser dispositivos de canal n o canal p, aunque es más probable que se usen dispositivos de canal n. Pueden añadirse circuitos de carga, como resistencias, y circuitos de balanceo dinámico, como condensadores, para mejorar el rendimiento.

45 Un dispositivo de sujeción de voltaje puede ser cualquier dispositivo o bloque de circuito que conduce una corriente de fuga muy pequeña cuando el voltaje está por debajo del voltaje de sujeción deseado, y conduce una corriente sustancial cuando el voltaje alcanza el voltaje de sujeción deseado. Por ejemplo, los diodos de avalancha funcionan bien en esta función, al igual que los MOSFET de SiC que tienen una ruptura de avalancha fiable y estable al voltaje de sujeción deseado.

50 Los dispositivos de conmutación de alto voltaje de este tipo pueden proporcionar una corriente de fuga relativamente baja, corriente de alta saturación, voltaje nominal alto y bajo coste. Estos dispositivos pueden ser útiles en aplicaciones como conversión de energía de alto voltaje, como aplicaciones que requieren dispositivos de energía de 3 kilovoltios a 15 kilovoltios. Otros usos incluyen, por ejemplo: accionamientos de motor y sistemas de tracción de alto voltaje; generadores de pulsos de alto voltaje; sistemas de transmisión de corriente continua de alto voltaje (HVDC); sistemas flexibles de transmisión de corriente alterna flexibles (FACTS); carga de condensadores de ultra alto voltaje; potencia pulsada; generadores de pulso; y equipos de prueba, etc.

60 La FIG. 1 es un esquema de un interruptor de alto voltaje 10 ejemplar. El interruptor 10 incluye un dispositivo de conmutación, MOSFET M1, que puede ser un dispositivo normalmente apagado de bajo voltaje. De nuevo, en la práctica este podría ser cualquier tipo de componente de conmutación, como MOSFET, JFET, BJT o IGBT. El interruptor 10 también incluye una pluralidad de transistores, JFET J1-Jn, que pueden ser dispositivos normalmente encendidos de alto voltaje. De nuevo, en la práctica, los transistores también podrían ser MOSFET, por ejemplo. Los transistores están conectados en una cadena en drenaje en serie con la fuente.

65

La fuente del primer transistor en la cadena J1 está conectada al drenaje del dispositivo de conmutación, MOSFET M1. La compuerta del primer transistor J1 está conectada a la fuente del dispositivo de conmutación, MOSFET M1. Por tanto, el JFET J1 y el MOSFET M1 están conectados en una configuración de cascodo. El MOSFET M1 y la cadena de transistores J1 a Jn están conectados en serie para formar una ruta de corriente entre el drenaje del último transistor Jn en un terminal 100 y la fuente del MOSFET M1 en un terminal 300. La compuerta del MOSFET M1 está conectada con un terminal 200.

Para cada transistor en la cadena, excepto el primer transistor en la cadena J1, hay un dispositivo de sujeción asociado con el transistor, D2 a Dn, donde un ánodo del dispositivo de sujeción está conectado con la fuente del transistor anterior en la cadena y un El cátodo del dispositivo de sujeción está conectado con la compuerta del transistor. Cada transistor, excepto el primer transistor en la cadena J1, tiene una corriente de polarización asociada, IB2 a IBn, que fluye desde la compuerta del transistor asociado, J2 a Jn.

El interruptor de alto voltaje 10 se controla a través de un terminal de compuerta 200, que está acoplado al terminal de compuerta del MOSFET M1. Cuando se aplica una señal de alto nivel de voltaje (típicamente de +5 voltios a +15 voltios) al terminal de compuerta 200, el MOSFET M1 se enciende y el JFET J1 también se enciende de acuerdo con el método de funcionamiento del circuito de cascodo. El encendido del JFET J1 reduce una caída de voltaje VDS1 entre los terminales de drenaje y de fuente del JFET J1 a un valor muy pequeño, típicamente menor de 2 voltios, que, a su vez, reduce una caída de voltaje VSG2 entre la fuente y los terminales de compuerta del JFET J2 a un valor muy pequeño porque la caída de voltaje VDS1 es igual a una suma de la caída de voltaje VSG2 y una caída de voltaje VKA2 entre los terminales de cátodo y ánodo del dispositivo de sujeción de voltaje D2. Como resultado, el voltaje de la fuente de compuerta del JFET J2, que es igual a - VSG2, se incrementa a un valor por encima del voltaje umbral del JFET J2, que típicamente tiene un valor de -5 voltios a -15 voltios, por tanto, el JFET J2 se enciende. El encendido del JFET J2 hace que los JFET J3-Jn se enciendan de igual manera.

Cuando se aplica una señal de bajo nivel de voltaje (típicamente de 0 voltios a -5 voltios) al terminal de compuerta 200, el MOSFET M1 se apaga y el JFET J1 también se apaga de acuerdo con el método de funcionamiento del circuito de cascodo. A medida que el JFET J1 se apaga, ambas caídas de voltaje VDS1 y VKA2 aumentan hasta que la caída de voltaje VKA2 alcanza el voltaje de sujeción del dispositivo de sujeción de voltaje D2 y se sujeta al voltaje de sujeción del dispositivo de sujeción de voltaje D2. Un aumento adicional de VDS1 no aumenta la caída de voltaje VKA2 pero aumenta la caída de voltaje VSG2 y disminuye el voltaje de la fuente de compuerta del JFET J2, que es igual a -VSG2. Cuando el voltaje de la fuente de compuerta del JFET J2 se reduce a un valor por debajo del voltaje umbral del JFET J2, el JFET J2 se apaga y comienza a soportar un aumento de voltaje adicional entre el terminal de drenaje 100 y el terminal de fuente 300. Después de que se ha apagado el JFET J2, la caída de voltaje VDS1 se sujeta a un valor igual a la suma del voltaje de sujeción del dispositivo de sujeción de voltaje D2 y un voltaje de compuerta de fuente de apagado del JFET J2, lo que implica una especificación de dimensionamiento para seleccionar un dispositivo de sujeción de voltaje. El apagado del JFET J2 hace que los JFET J3-Jn se apaguen de la misma manera.

En el dispositivo de conmutación de alto voltaje 10 en la FIG. 1, las corrientes de fuga para polarizar los dispositivos de sujeción de voltaje D2-Dn son proporcionadas por las corrientes de fuga de drenaje a compuerta de los JFET J2-Jn, respectivamente. En esta disposición, la corriente de fuga de cada uno de los dispositivos de sujeción de voltaje D2-Dn está determinada solo por los transistores asociados J2 a Jn. Idealmente, si cada uno de los transistores J2-Jn tiene la misma corriente de fuga de drenaje a compuerta de IB (lo que significa que, $IB2 = IB3 = \dots = IBn = IB$), entonces el último transistor en la cadena Jn tendrá que proporcionar una corriente de fuga de $IBn + IBn-1 = 2 \times IB$ para polarizar los dispositivos de sujeción de voltaje Dn-1 y Dn, y los transistores J2-Jn-1 tendrán que proporcionar una corriente de fuga de IB para polarizar sus dispositivos de sujeción de voltaje asociados. El primer transistor en la cadena J1 tendrá que hundir la corriente de fuga de IB3 para polarizar el dispositivo de sujeción de voltaje D3. En el ejemplo de la FIG. 1, las corrientes de fuga de los JFET J2-Jn pueden cambiar con el tiempo y la temperatura de funcionamiento. Esto a su vez puede afectar al funcionamiento de los dispositivos de sujeción de voltaje D2-Dn.

La FIG. 2 ilustra una forma de hacer que las corrientes para polarizar los dispositivos de sujeción D2 a Dn sean independientes de las corrientes de fuga de los JFET J2 a Jn. La FIG. 2 representa un interruptor de alto voltaje 20 compuesto por todos los dispositivos mostrados en la FIG. 1 más una pluralidad de circuitos de carga R2 a Rn. Cada circuito de carga R2 a Rn está conectado entre los terminales de drenaje y compuerta de un JFET correspondiente J2-Jn. Cada uno de los circuitos de carga R2-Rn podría ser solo una resistencia con un valor predeterminado de resistencia.

Cada uno de los circuitos de carga R2-Rn podría ser una resistencia dinámica que tiene una resistencia aumentada con un voltaje terminal aumentado para proporcionar una corriente de fuga controlada a un voltaje terminal alto y una impedancia baja a un voltaje terminal bajo. La FIG. 3 muestra un ejemplo no limitativo de una resistencia dinámica 30 que incluye un transistor normalmente encendido 31 que tiene un terminal de drenaje, un terminal de compuerta y un terminal de fuente, y una resistencia de retroalimentación 32. Los terminales de drenaje y compuerta del transistor normalmente encendido 31 están conectados a un terminal de entrada 33 y un terminal de

salida 34 de la resistencia dinámica en la FIG. 3, respectivamente. La resistencia 32 está conectada entre los terminales de fuente y de compuerta del transistor normalmente encendido 31 y está en la ruta de corriente de drenaje a fuente del transistor normalmente encendido 31.

5 En referencia de nuevo a la FIG. 2, con la disposición de los circuitos de carga R2-Rn como se presenta en la FIG. 2, los circuitos de carga R2-Rn proporcionarán las corrientes de fuga requeridas durante el estado apagado para polarizar los dispositivos de sujeción D2-Dn, respectivamente. Por lo tanto, las operaciones de los dispositivos de sujeción D2-Dn no dependerán de las corrientes de fuga y los parámetros de los JFET J1-Jn, lo que significa que no se requiere una preselección de los JFET J1-Jn. Si los dispositivos de sujeción D2-Dn están polarizados con la misma corriente de polarización IB, entonces las corrientes de fuga adicionales totales introducidas para polarizar los dispositivos de sujeción D2-Dn son como máximo dos veces la corriente de polarización IB y no dependen del número de JFET. Otra ventaja de la disposición de los circuitos de carga R2-Rn en la FIG. 2 es que, durante el estado encendido, los circuitos de carga R2-Rn extraen el potencial en el terminal de compuerta y desvían hacia adelante la unión p-n de la fuente de la compuerta de cada uno de los JFET J2-Jn, lo que aumenta sustancialmente las corrientes de saturación de los JFET J2-Jn y aumenta la capacidad de manejo de corriente de pulso del dispositivo de conmutación de alto voltaje 20 en la FIG. 2.

20 En el dispositivo de conmutación de alta tensión 20 de la FIG. 2, durante el transitorio de encendido, los JFET J1-Jn pueden no encenderse al mismo tiempo. El primer JFET en la cadena J1 puede encenderse primero y el último JFET en la cadena Jn puede encenderse al final. Esto podría provocar un problema de fiabilidad porque el que se enciende al final tendría que soportar un voltaje de bloqueo completo durante un corto período de tiempo. Para resolver este problema, podrían usarse uno o más circuitos de balanceo dinámico C2-Cn, como se ilustra en la FIG. 4, para sincronizar un proceso de encendido y un proceso de apagado de los JFET J1-Jn durante los transitorios de conmutación.

25 La FIG. 4 muestra un dispositivo de conmutación de alto voltaje 40 que es similar al dispositivo de conmutación de alto voltaje 20 de la FIG. 2. La diferencia es que el interruptor 40 incluye circuitos de balanceo dinámico C2-Cn. Cada uno de los circuitos de balanceo dinámico C2-Cn está conectado entre el terminal de compuerta de uno de los JFET J2-Jn y el terminal fuente del MOSFET M1. Cada uno de los circuitos de balanceo dinámico C2-Cn tiende a mantener un potencial en el terminal de compuerta del JFET normalmente encendido de alto voltaje correspondiente durante los transitorios de conmutación que ayuda a reducir los tiempos de retardo y sincronizar el proceso de encendido y el proceso de apagado de los JFET J2-Jn. Cada uno de los circuitos de balanceo dinámico C2-Cn podría ser un condensador o un condensador y una resistencia conectados en serie. Los circuitos de balanceo dinámico C2-Cn pueden provocar una distribución de voltaje desequilibrada de los JFET J1-Jn si las capacitancias de los circuitos de balanceo dinámico C2-Cn son demasiado grandes. Por lo tanto, las capacitancias de los circuitos de balanceo dinámico C2-Cn deberían optimizarse para alcanzar tanto la sincronización del proceso de encendido y del proceso de apagado como la distribución de voltaje equilibrada de los JFET J1-Jn.

40 La FIG. 5 muestra un dispositivo de conmutación de alto voltaje 50 que es una modificación del interruptor 40 de la FIG. 4. Al contrario que la FIG. 4, en la FIG. 5 cada uno de los circuitos de balanceo dinámico C2a-Cna está conectado en paralelo con uno de los dispositivos de sujeción de voltaje D2-Dn. Sin embargo, esto no cambia nada del método fundamental de funcionamiento de los circuitos de balanceo dinámico C2a-Cna. Una ventaja del dispositivo de conmutación de alto voltaje 50 en la FIG. 5 es que cada uno de los circuitos de balanceo dinámico C2a-Cna soporta un voltaje en el estado apagado que es el mismo que el voltaje de sujeción del dispositivo de sujeción de voltaje correspondiente. Por tanto, los circuitos de balanceo dinámico C2a-Cna en el dispositivo de conmutación de alto voltaje 50 en la FIG. 5 requiere un voltaje nominal mucho más bajo que los circuitos de balanceo dinámico C2-Cn en el dispositivo de conmutación de alto voltaje 40 en la FIG. 4.

50 La FIG. 6 muestra un ejemplo de dispositivo de conmutación de alto voltaje 60 que se basa sustancialmente en el interruptor 10 de la FIG. 1. La diferencia es que el terminal del ánodo del dispositivo de sujeción de voltaje D2 ahora está ahora conectado al terminal fuente del MOSFET M1. Esta modificación no cambia nada del método fundamental de funcionamiento del dispositivo de sujeción de voltaje D2. El primer JFET en la cadena J1 y el MOSFET M1 forman un circuito de cascodo que tiene un modo de funcionamiento normalmente apagado y una capacidad de bloqueo aproximadamente igual que la del JFET J1. Este circuito de cascodo puede reemplazarse con un único dispositivo normalmente apagado de alto voltaje, como un JFET normalmente apagado de alto voltaje, un MOSFET normalmente apagado de alto voltaje, o un IGBT normalmente apagado de alto voltaje, como se ilustra en la FIG. 7.

60 La FIG. 7 muestra un dispositivo de conmutación de alto voltaje 70 que es similar al interruptor 60 de la FIG. 6. La diferencia es que en la FIG. 7 un MOSFET M2 normalmente apagado de alto voltaje que tiene un terminal de compuerta, un terminal de drenaje, y un terminal fuente se usa para reemplazar el cascodo formado por el JFET J1 y el MOSFET M1 de la FIG. 6. También pueden usarse otros tipos de dispositivos semiconductores normalmente apagados de alto voltaje en lugar de M2 en la configuración mostrada en la FIG. 7. Por ejemplo, además de un MOSFET, también funcionaría un JFET, MOSFET, BJT o IGBT normalmente apagado de alto voltaje. En la

configuración ilustrada en la FIG. 7, el dispositivo normalmente apagado de alto voltaje seleccionado y los dispositivos de transistor normalmente encendidos de alto voltaje deberían tener aproximadamente la misma capacidad de bloqueo.

5 El interruptor 70 funciona de manera similar al interruptor 60 de la FIG. 6. Se pueden añadir circuitos de carga y circuitos de balanceo dinámico adicionales al interruptor 70 para controlar las corrientes de fuga de los dispositivos de sujeción de voltaje D2-Dn y sincronizar los procesos de encendido y apagado de los JFET J2-Jn, como se ilustra en la FIG. 8 y la FIG. 9.

10 La FIG. 8 muestra un dispositivo de conmutación de alto voltaje 80 que se basa en el interruptor 70 de la FIG. 7. La diferencia es que el interruptor 80 de la FIG. 8 incluye circuitos de carga adicionales R2-Rn, cada uno de los cuales está conectado entre los terminales de drenaje y compuerta de uno de los JFET J2-Jn, y circuitos de balanceo adicionales C2-Cn, cada uno de los cuales está conectado entre el terminal de compuerta de uno de los JFET J2-Jn y el terminal fuente del MOSFET M2 normalmente apagado de alto voltaje.

15 La FIG. 9 muestra un dispositivo de conmutación de alto voltaje 90 que también se basa en el interruptor 70 de la FIG. 7. Como el interruptor 80 de la FIG. 8, el interruptor 90 incluye circuitos de carga R2-Rn, cada uno de los cuales está conectado entre los terminales de drenaje y compuerta de uno de los JFET J2-Jn. El interruptor 90 también incluye circuitos de balanceo dinámico C2a-Cna, pero en la presente cada uno está conectado en paralelo con uno de los dispositivos de sujeción de voltaje D2-Dn.

20 Al describir las realizaciones de la materia de la presente divulgación, como se ilustra en las figuras, se emplea una terminología específica en aras de la claridad. Sin embargo, no se pretende que la materia reivindicada se limite a la terminología específica así seleccionada, y debe entenderse que cada elemento específico incluye todos los equivalentes técnicos que funcionan de manera similar para lograr un propósito similar.

25 Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la elaboración y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier método incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones.

30

REIVINDICACIONES

1. Un interruptor de alto voltaje, que comprende:

5 un dispositivo de conmutación, el dispositivo de conmutación siendo un dispositivo de canal n normalmente apagado que tiene un terminal de compuerta (200), un terminal de drenaje y un terminal de fuente (300); una cadena de transistores, los transistores siendo JFET de canal n normalmente encendidos cada uno con un terminal de compuerta, un terminal de drenaje y un terminal de fuente, en donde los transistores están conectados en serie de drenaje a fuente, en donde la fuente del primer transistor en la cadena está conectada al drenaje del dispositivo de conmutación;

10 para cada transistor en la cadena desde el segundo transistor en la cadena hasta el penúltimo transistor en la cadena, hay un dispositivo de sujeción asociado con el transistor, en donde un ánodo del dispositivo de sujeción está conectado a la fuente del transistor, y un cátodo del dispositivo de sujeción está conectado a la compuerta del siguiente transistor en la cadena;

15 un dispositivo de sujeción adicional, donde un ánodo del dispositivo de sujeción adicional está conectado a la fuente del primer transistor en la cadena y un cátodo del dispositivo de sujeción adicional está conectado a la compuerta del segundo transistor en la cadena, donde la compuerta del primer transistor en la cadena está conectada a la fuente del dispositivo de conmutación; y

20 para cada transistor en la cadena desde el segundo transistor en la cadena hasta el último transistor en la cadena, un circuito de carga que comprende una resistencia, el circuito de carga estando conectado entre el drenaje del transistor y la compuerta del transistor.

2. Un interruptor de alto voltaje, que comprende:

25 un dispositivo de conmutación, el dispositivo de conmutación siendo un dispositivo de canal n normalmente apagado que tiene un terminal de compuerta (200), un terminal de drenaje, y un terminal de fuente (300); una cadena de transistores, los transistores siendo JFET de canal n normalmente encendidos cada uno con un terminal de compuerta, un terminal de drenaje y un terminal de fuente, en donde los transistores están conectados en serie de drenaje a fuente, en donde la fuente del primer transistor en la cadena está conectada al drenaje del dispositivo de conmutación;

30 para cada transistor en la cadena desde el segundo transistor en la cadena hasta el penúltimo transistor en la cadena, hay un dispositivo de sujeción asociado con el transistor, en donde un ánodo del dispositivo de sujeción está conectado a la fuente del transistor, y un cátodo del dispositivo de sujeción está conectado a la compuerta del siguiente transistor en la cadena;

35 para cada transistor en la cadena desde el segundo transistor en la cadena hasta el último transistor en la cadena, un circuito de carga que comprende una resistencia, el circuito de carga estando conectado entre el drenaje del transistor y la compuerta del transistor;

40 un primer dispositivo de sujeción adicional, en donde un ánodo del primer dispositivo de sujeción adicional está conectado a la fuente del dispositivo de conmutación, y un cátodo del primer dispositivo de sujeción adicional está conectado a la compuerta del primer transistor en la cadena;

un segundo dispositivo de sujeción adicional, en donde un ánodo del segundo dispositivo de sujeción adicional está conectado a la fuente del primer transistor en la cadena, y un cátodo del segundo dispositivo de sujeción adicional está conectado a la compuerta del segundo transistor en la cadena; y

45 un circuito de carga adicional, el circuito de carga adicional estando conectado entre el drenaje del transistor y la compuerta del primer transistor en la cadena.

3. El interruptor de alto voltaje de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de conmutación es un MOSFET, JFET o SIT de n canales.

4. El interruptor de alto voltaje de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de conmutación tiene un voltaje nominal de 50 V o menos.

5. El interruptor de alto voltaje de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada circuito de carga comprende además un transistor.

6. El interruptor de alto voltaje de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, para cada transistor en la cadena desde el segundo transistor en la cadena hasta el último transistor en la cadena, un circuito de balanceo dinámico que comprende un condensador, el circuito de balanceo dinámico estando conectado entre la compuerta del transistor y la fuente del dispositivo de conmutación.

7. El interruptor de alto voltaje de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, para cada transistor desde el primer transistor en la cadena hasta el penúltimo transistor en la cadena, un circuito de balanceo dinámico que comprende un condensador, el circuito de balanceo dinámico estando conectado entre la fuente del transistor y la compuerta del siguiente transistor en la cadena.

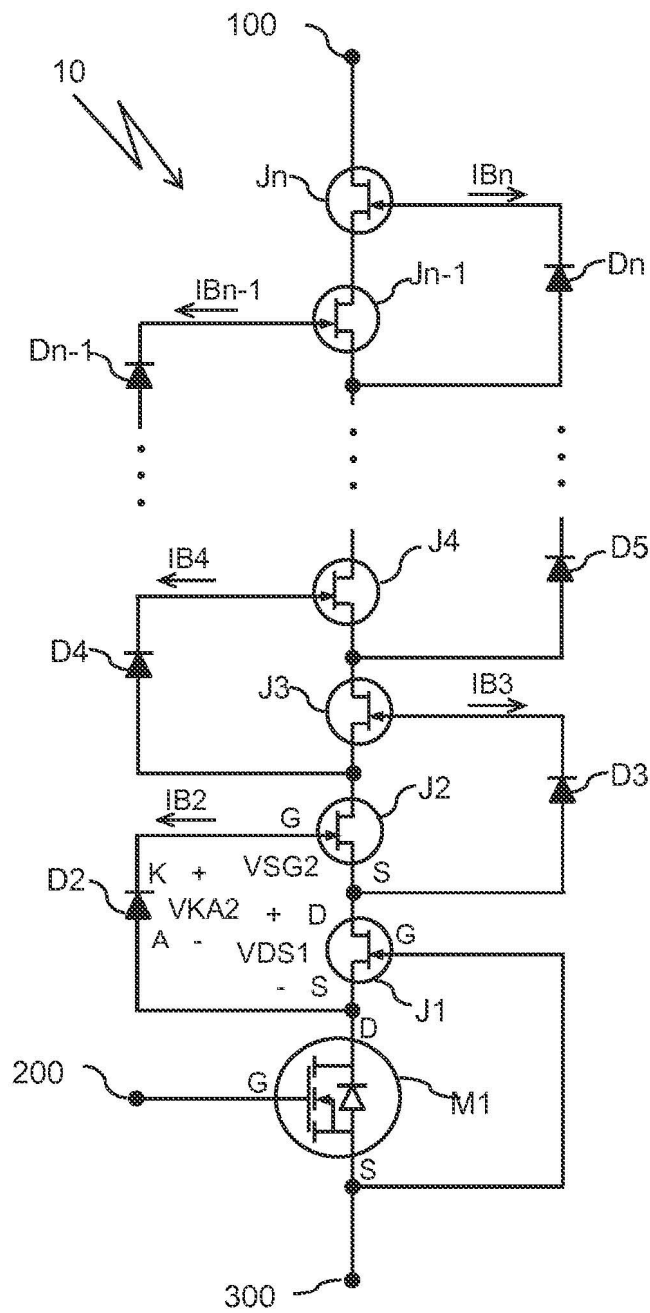


FIG. 1

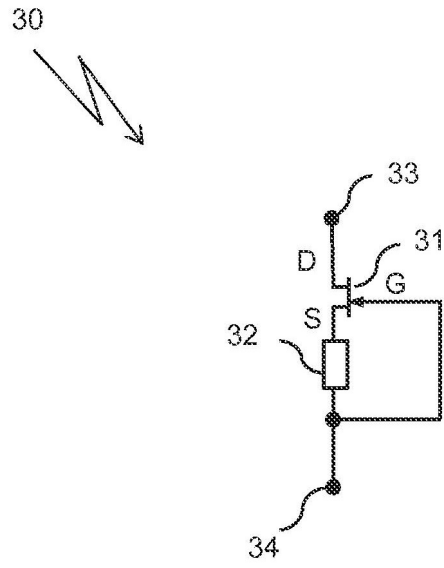


FIG. 3

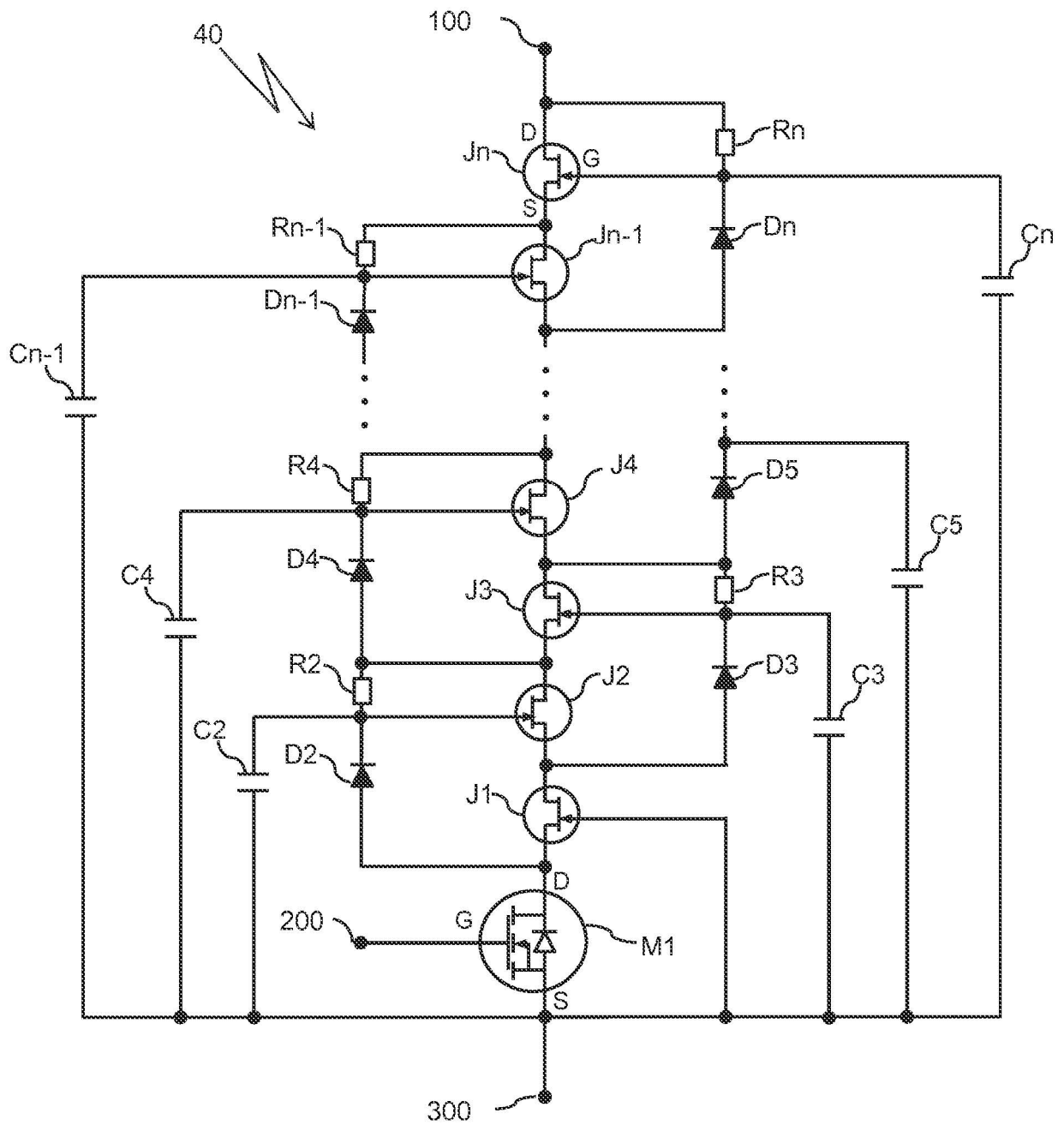


FIG. 4

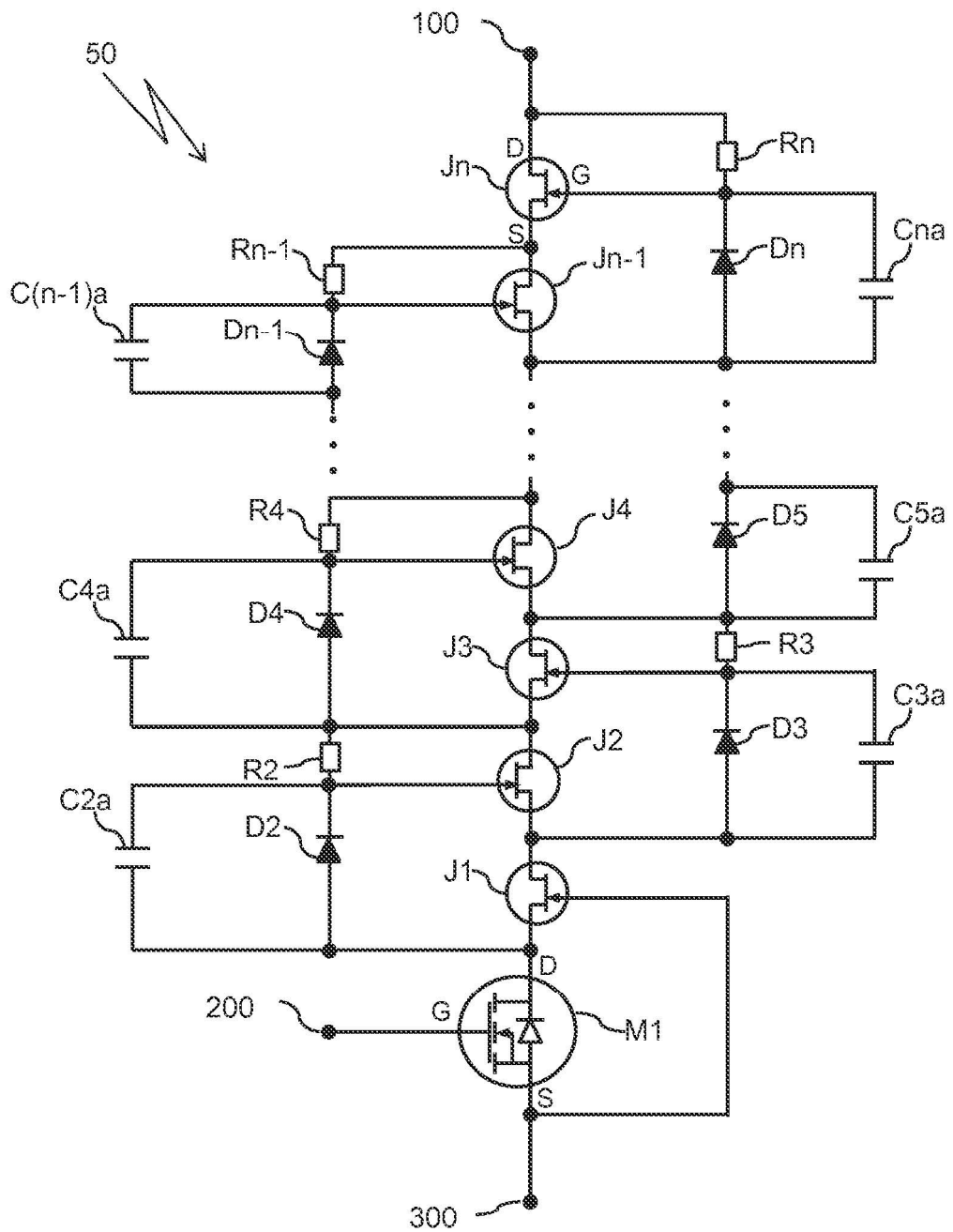


FIG. 5

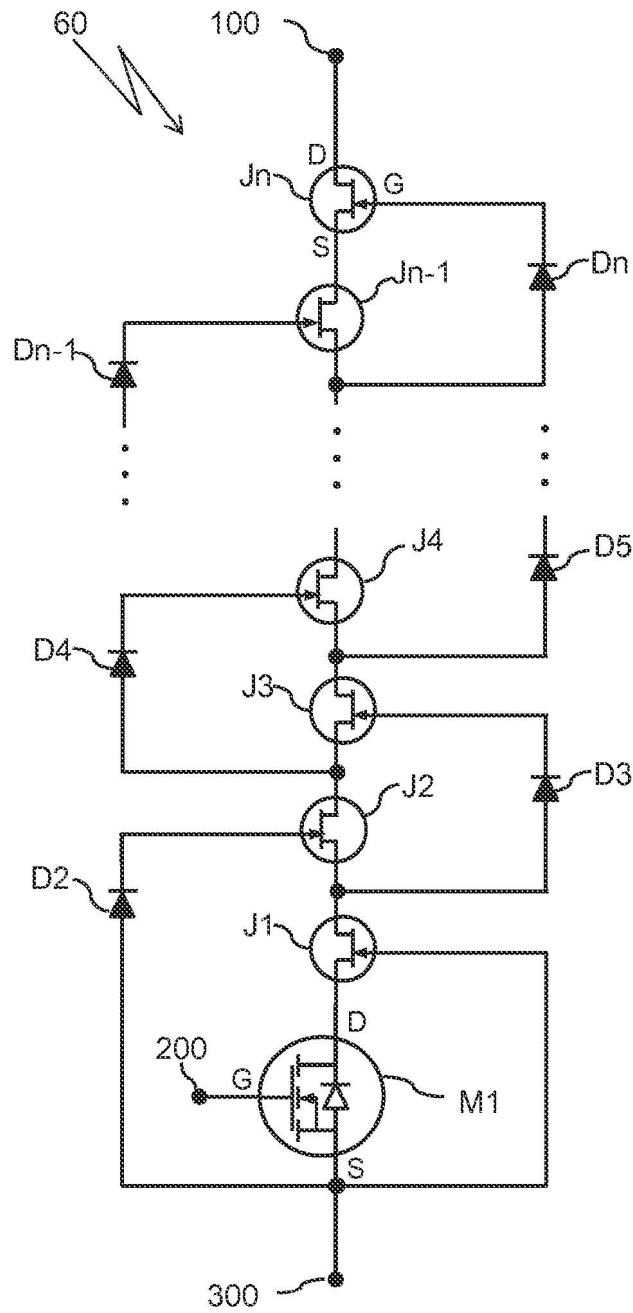


FIG. 6

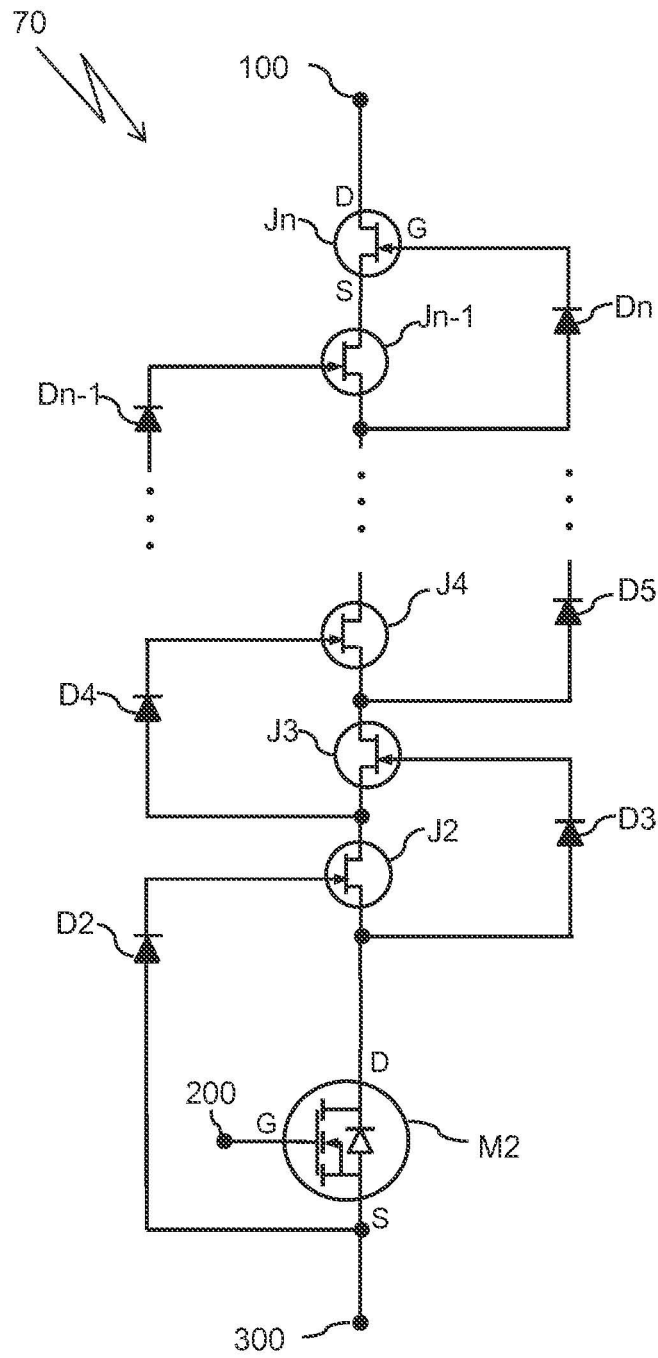


FIG. 7

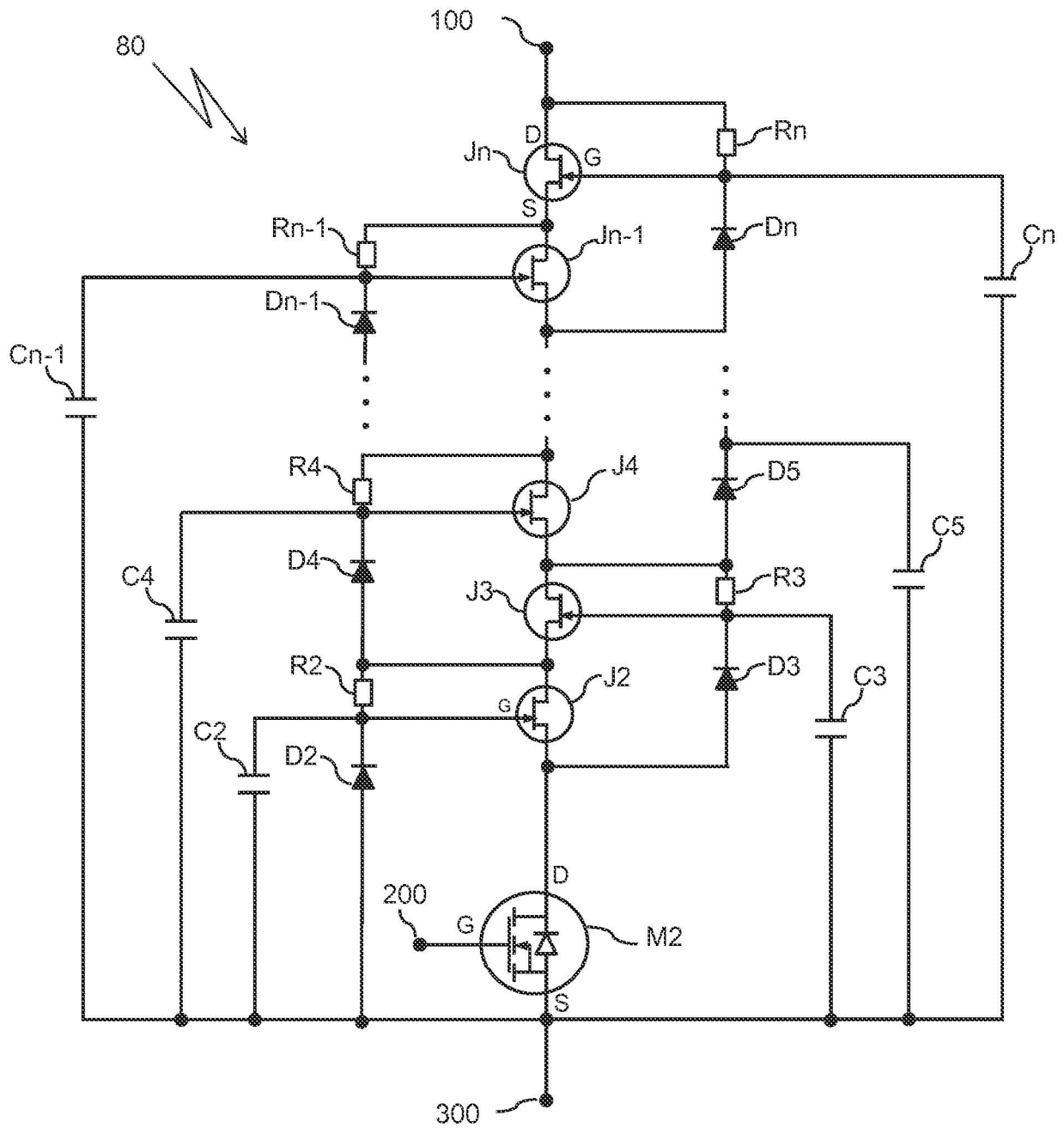


FIG. 8

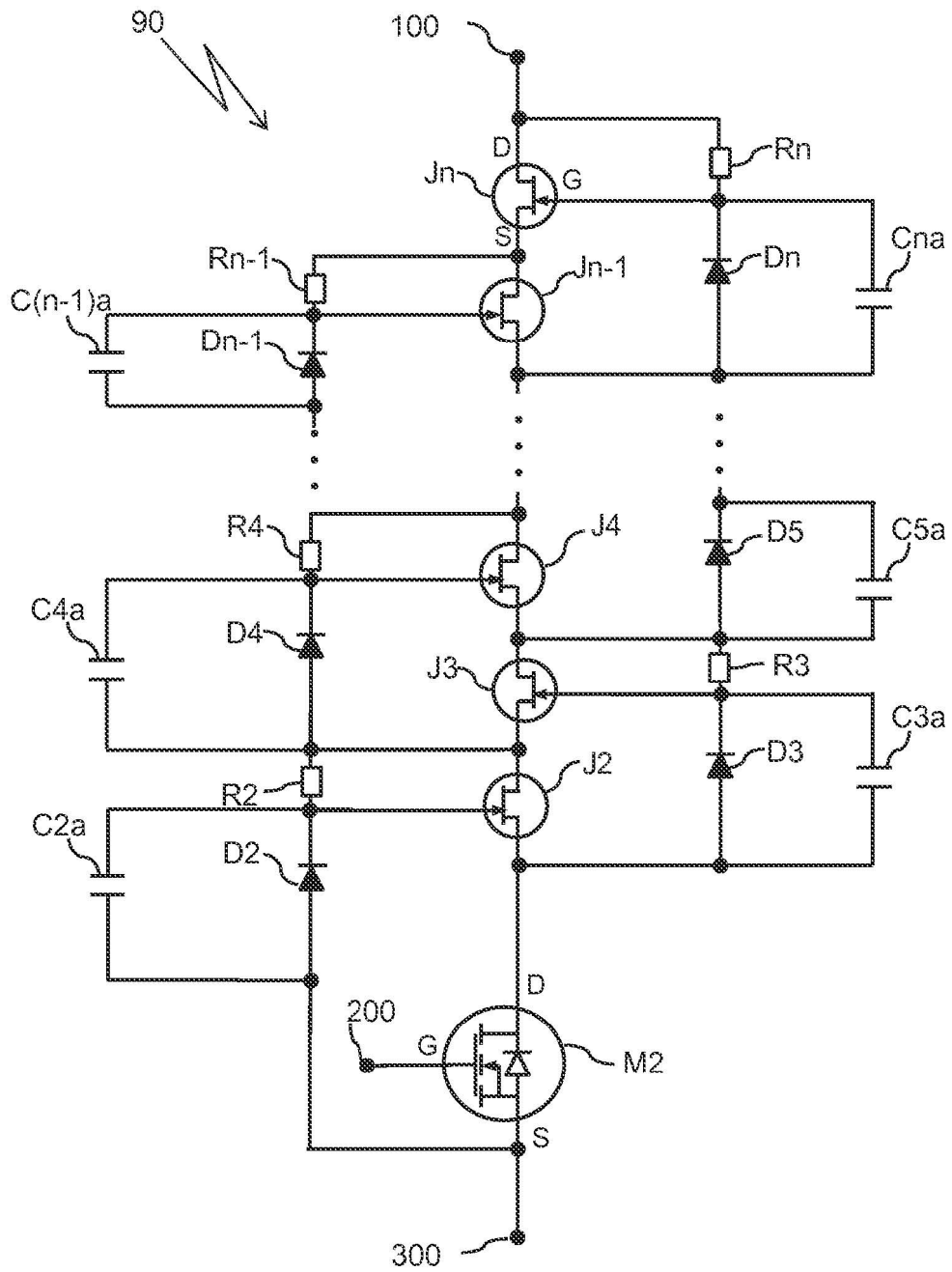


FIG. 9