

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 870 226**

(51) Int. Cl.:

G05F 1/575 (2006.01)

G05F 1/46 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2013 E 18190338 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.03.2021 EP 3422135**

(54) Título: **Procedimiento y aparato de polarización y compensación de regulador de tensión de baja caída (LDO) con velocidad de encendido reducida**

(30) Prioridad:

06.11.2012 US 201261722876 P
07.03.2013 US 201313788115

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.10.2021

(73) Titular/es:

QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive, R-132D
San Diego, California 92121-1714, US

(72) Inventor/es:

KOLLA, YESHWANT NAGARAJ;
PRICE, BURT L. y
SHAH, DHAVAL R.

(74) Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 870 226 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

Procedimiento y aparato de polarización y compensación de regulador de tensión de baja caída (LDO) con velocidad de encendido reducida

5 Campo de la divulgación

El campo técnico de la divulgación se refiere a reguladores de tensión y, más concretamente, a reguladores de baja caída (LDO).

10 Antecedentes

Un regulador LDO es un regulador de tensión lineal de corriente continua (CC) que puede funcionar con una caída muy baja, donde "caída" (también denominada "tensión de caída") significa la diferencia entre la tensión de entrada (p.ej., tensión de línea de alimentación de energía recibida) y la tensión de salida regulada. Como es sabido en la técnica convencional de reguladores LDO, una tensión de baja caída puede proporcionar, por ejemplo, una mayor eficiencia y una reducción concomitante de calor generado, así como una tensión de funcionamiento mínima más baja. El documento US2008/061881 describe un tipo de regulador de tensión. El documento US2006/0108993 describe un regulador con corriente de reposo baja.

20 Resumen

El siguiente resumen no es una visión general amplia de todos los aspectos contemplados. Su único propósito es presentar algunos conceptos de uno o más aspectos de una forma simplificada como preludio a la descripción más detallada que se presenta después.

25 Un ejemplo de regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo puede incluir una puerta de paso que acopla de manera ajustable, en respuesta a una señal de control de puerta de paso, una línea de tensión a una salida del regulador. En un aspecto, la señal de control de puerta de paso se genera mediante un amplificador diferencial con variación de tensión ajustable, que puede cambiar entre un estado de variación reducida de tensión y un estado de variación total de tensión. Además de este aspecto, el amplificador diferencial con variación de tensión ajustable está configurado para recibir una realimentación desde la salida del regulador y para generar la señal de control de puerta de paso, basándose en una tensión de referencia y en la realimentación, con una velocidad de variación total de tensión en el estado de variación total de tensión, y con una velocidad de variación reducida de tensión en el estado de variación reducida de tensión.

30 Un ejemplo de regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo puede incluir además un circuito de desactivación de la puerta de paso configurado para anular de manera selectiva la señal de control de puerta de paso y apagar la puerta de paso (OFF).

35 En un aspecto, el amplificador diferencial con variación de tensión ajustable de un ejemplo de regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo puede incluir una fuente de corriente de cola comutable que puede cambiar entre una corriente de polarización de variación reducida de tensión y una corriente de polarización de variación total de tensión. En un aspecto relacionado, el amplificador diferencial con variación de tensión ajustable puede configurarse para generar la señal de control de puerta de paso con una velocidad de variación total de tensión con la corriente de polarización de variación total de tensión, y con una velocidad de variación reducida de tensión con la corriente de polarización de variación reducida de tensión. En un aspecto adicional, la fuente de corriente de cola comutable puede incluir una fuente de corriente de polarización de variación total de tensión comutable entre encendido (ON) y apagado (OFF) configurada para suministrar la corriente de polarización de variación total de tensión cuando está encendida, en paralelo con una fuente de corriente de polarización de variación reducida de tensión configurada para suministrar la corriente de polarización de variación reducida de tensión.

40 Un ejemplo de regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo puede incluir, además, en un aspecto, un circuito de control de corriente de cola configurado para comutar de la fuente de corriente de cola comutable a la corriente de polarización de variación reducida de tensión en respuesta a una transición de encendido a apagado de una señal de encendido-apagado del sistema (ST_ON/OFF). En un aspecto adicional, el circuito de control de corriente de cola puede configurarse para comutar la fuente de corriente de cola comutable, con un retraso DLY después de una transición de apagado a encendido de la ST_OFF, de la corriente de polarización de variación reducida de tensión a la corriente de polarización de variación total de tensión.

45 En un aspecto relacionado, el amplificador diferencial con variación de tensión ajustable puede configurarse para variar rápidamente, en respuesta a la transición de apagado a encendido de la ST_ON/OFF, desde una tensión inicial nula hasta aproximadamente Vref, con una velocidad de variación reducida de tensión, en un tiempo de duración aproximadamente igual a DLY.

En otro aspecto, en un ejemplo de regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo, el circuito de control de corriente de cola puede incluir un condensador de retardo y un circuito de carga configurado para cargar el condensador de retardo, en respuesta a la transición de apagado a encendido de la ST_ON/OFF, desde una tensión nula hasta una tensión umbral de comutación de fuente de corriente de cola, en un tiempo de carga que tiene una duración aproximadamente igual a DLY.

En un aspecto, un ejemplo de regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo puede incluir además una línea de control de puerta de paso, que lleva la señal de control de puerta de paso a una puerta de control de la puerta de paso. En un aspecto relacionado, el circuito de desactivación de puerta de paso puede comprender un conmutador de dos posiciones, teniendo el conmutador de dos posiciones una posición de desactivación y una posición de funcionamiento, configurado de modo que la posición de desactivación provoca un cortocircuito de la puerta de control a una tensión que desactiva la puerta de paso, y la posición de funcionamiento no provoca el cortocircuito de la puerta de control. En otro aspecto relacionado, el conmutador de dos posiciones puede configurarse para ser móvil, o moverse, entre la posición de desactivación y la posición de funcionamiento basándose en un estado de encendido-apagado de la ST_OFF/ON.

Un ejemplo de regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo puede incluir además un elemento de realimentación que puede acoplarse a la salida del regulador y a una entrada del amplificador diferencial para proporcionar la realimentación, y una red de compensación que acopla la línea de control de puerta de paso al elemento de realimentación. En un aspecto adicional, la red de compensación puede tener un condensador de compensación y una resistencia de compensación, y el circuito de desactivación de puerta de paso puede configurarse además para cargar el condensador de compensación cuando el conmutador de dos posiciones está en la posición de desactivación.

En otro aspecto, en un ejemplo de regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo, el circuito de desactivación de puerta de paso puede configurarse además para permitir que el condensador de compensación descargue la línea de control de la puerta de paso hasta una tensión a la que la puerta de paso esté operativa, en respuesta a la comutación del conmutador de dos posiciones desde la posición de apagado hasta la posición de funcionamiento. En un aspecto relacionado, una velocidad de la velocidad de variación reducida de tensión puede basarse, al menos en parte, en al menos una de una capacitancia del condensador de compensación, o una resistencia de la resistencia de compensación, o ambas.

Un ejemplo de procedimiento de acuerdo con una o más formas de realización a modo de ejemplo puede proporcionar una baja caída con variación de tensión de encendido reducida (LDO) regulando con una puerta de paso controlada por un amplificador diferencial que tiene entradas diferenciales, y un transistor controlado por una de las entradas diferenciales. Procedimientos de ejemplo de acuerdo con varias formas de realización a modo de ejemplo pueden incluir polarizar el transistor con una corriente de polarización, siendo la corriente de polarización una corriente de polarización de variación total de tensión, y proporcionando una tensión de referencia y una realimentación de una salida de la puerta de paso a las entradas diferenciales. En un aspecto, los procedimientos de ejemplo pueden proporcionar, además, en respuesta a una transición de encendido a apagado de una señal de encendido/apagado del sistema (ST_ON/OFF), desactivar la realimentación y conmutar la corriente de polarización a una corriente de polarización de variación reducida de tensión, menor que la corriente de polarización de variación total de tensión. En un aspecto relacionado, los procedimientos de ejemplo pueden incluir, además, en respuesta a una transición de apagado a encendido de la ST_ON/OFF, activar la realimentación al amplificador diferencial y, después de un tiempo de retardo desde la transición de apagado a encendido, durante un tiempo de variación reducida de tensión, conmutar la corriente de polarización a corriente de polarización de variación total de tensión.

En un procedimiento de ejemplo de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo, la comutación de la polarización para polarizar el transistor con la corriente de polarización de variación total de tensión puede incluir empezar, en respuesta a la transición de apagado a encendido de la ST_ON/OFF, una carga de un condensador de retardo y, en respuesta a que el condensador de retardo alcanza un nivel de tensión umbral dado, realizar la comutación de la polarización para polarizar el transistor con la corriente de polarización de variación total de tensión.

Un ejemplo de regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con varias formas de realización a modo de ejemplo puede incluir un amplificador diferencial que tenga entradas de diferencia, una salida y un transistor que tenga una puerta acoplada a una de las entradas de diferencia, en combinación con una puerta de paso controlada por la salida del amplificador diferencial. La puerta de paso puede incluir una entrada de la puerta de paso para acoplarse a una línea de energía y una salida de la puerta de paso, combinada además con medios para recibir una señal de encendido/apagado del sistema (ST_ON/OFF) y, en respuesta a una transición de apagado a encendido de la ST_ON/OFF, establecer una realimentación desde la salida de la puerta de paso hasta una de las entradas de diferencia y polarizar el transistor con una corriente de polarización de variación total de tensión, y en respuesta a una transición de encendido a apagado de la ST_ON/OFF, desactivar la realimentación y conmutar la polarización del transistor a una corriente de polarización de variación reducida de tensión.

5 Descripción breve de los dibujos

Los dibujos adjuntos que se encuentran en los anexos se presentan para ayudar en la descripción de las formas de realización de la invención y se proporcionan únicamente para ilustrar las formas de realización y no para limitar las mismas.

10 La FIG. 1 muestra una topología para un ejemplo de unidad reguladora LDO.

La FIG. 2 muestra una topología de un ejemplo de regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo.

15 La FIG. 3 muestra una topología de una red de distribución de energía que tiene una pluralidad de unidades de regulación LDO con variación de tensión de encendido reducida como la de la FIG. 2 conectadas en paralelo, siendo a modo de ejemplo elementos parásitos de la red de distribución de energía que los interconecta.

La FIG. 4 muestra un diagrama de sistema de un sistema de comunicación inalámbrica que tiene, soporta, integra y/o utiliza unidades LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una o más formas de realización a modo de ejemplo.

15 Descripción detallada

20 En la siguiente descripción se divultan aspectos de la invención y dibujos relacionados dirigidos a formas de realización específicas de la invención. Se pueden concebir formas de realización alternativas sin alejarse del alcance de la invención. Adicionalmente, los elementos bien conocidos de la invención no se describirán en detalle o se omitirán para no ocultar los detalles relevantes de la invención.

25 El término “a modo de ejemplo” se usa aquí con el significado de “servir como un ejemplo, caso o ilustración”. Cualquier forma de realización acompañada de “a modo de ejemplo” no debe interpretarse necesariamente como preferida o ventajosa sobre otras formas de realización. Del mismo modo, el término “formas de realización de la invención” no requiere que todas las formas de realización de la invención incluyan la característica, la ventaja o el modo de funcionamiento discutido.

30 La terminología que aquí se utiliza tiene únicamente como propósito describir ejemplos particulares de acuerdo con las formas de realización, y no pretende limitar las formas de realización de la invención. El uso aquí de las formas singulares “un”, “una”, “el” y “la” pretenden incluir también las formas plurales a no ser que el contexto claramente lo indique de otro modo. El uso aquí de los términos “comprende”, “comprendiendo”, “incluye” y/o “incluyendo” especifican la presencia de las características, pasos, operaciones, elementos y/o componentes estructurales y funcionales que se indican, pero no impiden la presencia o adición de una o más características, pasos, operaciones, elementos y/o componentes funcionales y estructurales adicionales y/o agrupaciones de los mismos.

35 Los expertos en la materia apreciarán que la información y las señales puede representarse usando cualquiera de una variedad de diferentes tecnologías y técnicas. Por ejemplo, los datos, instrucciones, comandos, información, señales, bits, símbolos y chips a los que uno puede referirse a lo largo de la descripción anterior pueden representarse mediante tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticas, campos ópticos, partículas con espín electrónico, electrospines o cualquier combinación de los mismos.

40 El término “topología” como se utiliza aquí se refiere a interconexiones de componentes de circuito y, a no ser que se indique de otra forma, no evidencia nada de la distribución física de los componentes o de las localizaciones físicas de los unos respecto a los otros. Las figuras que describan o que se identifique de otra manera que muestren una topología no son más que una representación gráfica de la topología y no describen necesariamente nada relacionado con la distribución física o las localizaciones relativas de los componentes.

45 La FIG. 1 muestra una topología para un ejemplo de regulador LDO 100, que tiene un amplificador diferencial 104 y una puerta de paso M9 que proporciona un acoplamiento ajustable de resistencia (o conductancia) entre una línea de energía de tensión externa Vdd (en adelante “línea Vdd”) y un terminal de tensión de salida regulada Vout. En el ejemplo de la FIG. 1, la puerta de paso M9 es un transistor PMOS. El amplificador diferencial 104 recibe una tensión de referencia Vref y una realimentación de Vout (a través del elemento de realimentación o camino de realimentación 110) como sus entradas diferenciales. El amplificador diferencial 104 genera, basándose en la diferencia entre Vref y la realimentación Vout, una señal de control de puerta de paso a una tensión Vhg (en adelante denominada “señal de control de puerta de paso Vhg”) que está acoplada, mediante la línea de control de puerta de paso 160, a la puerta de control (mostrada pero no numerada de forma separada) de la puerta de paso M9. Mediante el funcionamiento de la realimentación, la señal de control de puerta de paso Vhg lleva a la resistencia de la puerta de paso M9 a un valor en el que Vout es, en este ejemplo, aproximadamente igual a Vref. Se entenderá que el hecho de que Vout sea aproximadamente igual a Vref es únicamente a modo de ejemplo. Por ejemplo, un divisor de tensión (no mostrado) puede incluirse para generar un Vout mayor que Vref.

50 En referencia a la FIG. 1, el amplificador diferencial 104 está formado por dos ramas paralelas (mostradas, pero no numeradas de forma separada) que se extienden desde la línea Vdd hasta un nodo común (mostrado, pero no numerado separadamente). Una fuente de corriente de cola 106 lleva una corriente de polarización 15 desde el nodo común hasta una línea de referencia de Vss. Una de las dos ramas comprende un transistor de carga interno M5 en

serie con un transistor de entrada M4, la otra comprende un transistor de carga interno M6 en serie con un transistor de entrada M2. La corriente 15 de la fuente de corriente de cola 106 establece la polarización de los transistores de entrada M2 y M4. 15 está fija. La puerta (mostrada pero no numerada de forma separada) del transistor de entrada M4 funciona como una de las entradas del amplificador diferencial 104 (mostrada pero no etiquetada de forma separada) y recibe Vref. La puerta (mostrada pero no etiquetada de forma separada) del transistor de entrada M2 recibe funciones como la otra de las entradas del amplificador diferencial 104 mediante la recepción de Vout a través del camino de realimentación 110. Las entradas del amplificador diferencial 104 pueden denominarse de forma colectiva "entradas diferenciales" o "entradas de diferencia".

5 10 Refiriéndose a la FIG. 1, los transistores M3, M7, M8 y M10 forman una etapa de separación intermedia (mostrada pero no numerada de forma separada). El drenaje de M8 acciona la línea de control de puerta 160 con la señal de control de puerta de paso Vhg. M8 puede por lo tanto considerarse como un transistor de accionamiento para la señal de control de puerta de paso Vhg.

15 20 25 Los expertos medios en la materia entenderán, habiendo visto esta divulgación, que el lazo de realimentación comprende el amplificador diferencial 104, el transistor de accionamiento de control de paso M8, la puerta de paso M9, el camino de realimentación 110 y la red de compensación de realimentación de Miller 150. La red de compensación de realimentación de Miller 150 puede estar formada por la resistencia R1 y el condensador C1. La red de compensación de realimentación de Miller 150 produce un polo dominante junto con un cero en la respuesta de realimentación del lazo de realimentación, lo que aporta estabilidad. El funcionamiento general de compensación de realimentación de Miller es conocido por los expertos medios en la materia y, por lo tanto, se omite una mayor descripción de su funcionamiento excepto de forma incidental al describir otros funcionamientos.

30 35 Pueden utilizarse una pluralidad de reguladores LDO incluyendo, pero no limitándose al regulador LDO 100 del ejemplo de la FIG. 1, para suministrar tensión de alimentación regulada en chips de circuito integrado (IC) (no mostrados) que tiene una pluralidad de bloques de circuito (no mostrados), como por ejemplo núcleos con múltiples procesadores. Dichos chips IC pueden incluir, en varias aplicaciones, características de encendido selectivas como por ejemplo encendido y apagado selectivo de bloques de circuito individuales o subconjuntos de los bloques de circuito. En algunas aplicaciones, si el encendido de bloques de circuitos individuales (p.ej. núcleos de procesador) simplemente incluye encender y apagar un regulador LDO como el regulador LDO 100 del ejemplo de la FIG. 1, pueden aparecer corrientes de irrupción elevadas como resultado. Las corrientes de irrupción elevadas, si no se mitigan, pueden provocar incidentes no deseados de cambios muy rápidos de corriente, es decir, di/dt altos en las líneas de alimentación de energía. En consecuencia, se puede incurrir en costes, como por ejemplo costes de hardware añadidos debido a un mayor tamaño del regulador LDO 100 para mantener los pulsos de corriente elevados en dichos incidentes. Otro efecto potencial de las corrientes de irrupción elevadas, que en algunas aplicaciones puede acarrear mayores costes que un alto di/dt por sí solo, es un aviso acústico en las líneas de alimentación de energía.

40 Una técnica convencional conocida dirigida a reducir la corriente de irrupción, y así evitar los efectos descritos anteriormente, consiste en mantener el Vref del regulador LDO 100 a tensión muy baja o nula hasta que los bloques de circuito que alimenta se enciendan, y luego aumentar Vref hasta su valor de funcionamiento.

45 Sin embargo, esta técnica convencional conocida puede introducir efectos no deseados y/o incurrir en costes adicionales y, por lo tanto, puede no ser preferible. Por ejemplo, un mecanismo que puede representar o provocar ciertos efectos no deseados es el que al empezar con un Vref a una tensión muy baja (o nula) puede hacer que la operación de realimentación, que es crucial para el regulador LDO 100, quede inoperativa.

50 La FIG. 2 muestra una topología de un ejemplo de regulador LDO 200 con velocidad de variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo que puede proporcionar, entre otras características, velocidad de variación de encendido reducida en combinación con una transición estable. Entre varios beneficios adicionales se puede encontrar una reducción sustancial o total de di/dt alto, o aviso acústico, o ambos, en las líneas de energía.

55 60 Por brevedad, el término "regulador LDO con velocidad de variación de tensión de encendido reducida 200" se denominará de forma alternativa "regulador LDO con SSR reducida 200". Se entenderá que "SSR" no tiene significado inherente y que no tiene ningún significado fuera de esta divulgación; es simplemente una abreviatura de "velocidad de variación de tensión de encendido".

65 El regulador LDO con SSR reducida 200 de la FIG. 2 se muestra como un ejemplo de implementación adaptado a, o utilizando partes de la topología LDO 100 de la FIG. 1. Este ejemplo de implementación se lleva a cabo por conveniencia y para enfocar la descripción de conceptos de variación de tensión de encendido reducida sin introducir, y por tanto tener que describir totalmente, todas las estructuras de una topología de regulador LDO al completo. Se entenderá que el ejemplo de la FIG. 2 no pretende, sin embargo, limitar el alcance de ninguna de las formas de realización a modo de ejemplo a estructuras o usos empleando topologías LDO como se muestra en la FIG. 1. Por ejemplo, los expertos medios en la materia apreciarán rápidamente al leer esta divulgación que una velocidad de variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con una o más formas de realización a modo de ejemplo puede llevarse a cabo con otras topologías de amplificador diferencial y con varias topologías LDO diferentes de las

del ejemplo 100 de la FIG. 1.

En referencia a la FIG. 2, el regulador LDO con SSR reducida 200 comprende una puerta de paso M9 que tiene una resistencia o conductancia controlada por un amplificador diferencial 204 con variación de tensión ajustable, para aplicar una caída de tensión entre el raión de Vdd y Vout, que en este ejemplo mantiene Vout a Vref. Se entenderá que las formas de realización no se limitan a mantener Vout a Vref. Por ejemplo, Vout puede hacerse proporcional a Vref mediante modificaciones que los expertos medios en la materia pueden implementar fácilmente habiendo visto esta divulgación.

El amplificador diferencial con variación de tensión ajustable 204 controla la puerta de paso M9 basándose en la tensión de referencia dada Vref y en una realimentación recibida de Vout, por ejemplo, a lo largo del camino de realimentación 110 previamente descrito. El amplificador diferencial con variación de tensión ajustable 204 alimenta, en el ejemplo de la FIG. 2, una segunda etapa, o etapa intermedia de separación (mostrada pero no numerada de manera separada) formada, por ejemplo, por los M3, M7, M8 y M10 descritos previamente. En el ejemplo de implementación de la FIG. 2, M8 le envía la señal de control de puerta de paso Vhg a una línea de control de puerta de paso 240 que está acoplada a la puerta de control (entrada mostrada, pero no numerada de manera separada) de la puerta de paso M9.

De acuerdo con una forma de realización a modo de ejemplo, el amplificador diferencial con variación de tensión ajustable 204 incluye una fuente de corriente de cola de modo comutable 250. En un aspecto, la fuente de corriente de cola de modo comutable 250 está configurada para conmutar en respuesta a (o en respuesta a una señal de activación que está asociada a) una señal dada de encendido/apagado u on/off del sistema, etiquetada como "ST_ON/OFF". En un aspecto, la fuente de corriente de cola de modo comutable 250 se puede configurar para conmutar, en respuesta a transiciones en ST_ON/OFF, entre una variación total de tensión o un modo de funcionamiento normal en el que suministra una corriente de polarización de funcionamiento normal, y un modo de variación de tensión reducida en el que suministra una corriente de polarización de variación reducida de tensión mucho menor.

En referencia a la FIG. 2, en un aspecto la fuente de corriente de cola de modo comutable 250 puede incluir una fuente de corriente comutable de encendido-apagado, como la fuente de corriente de polarización de variación total de tensión comutable 252, en paralelo con una fuente de corriente de polarización de variación reducida de tensión 254 menor, que puede estar siempre en un estado encendido. Adicionalmente a este aspecto, la fuente de corriente de polarización de variación total de tensión comutable 252 puede suministrar, en su estado encendido, una corriente de variación total de tensión, denominada arbitrariamente I_ON y, en su estado apagado, una corriente nula o aproximadamente nula. La fuente de corriente de polarización de variación reducida de tensión 254 puede configurarse para suministrar una corriente de polarización mucho menor que I_ON, llamada arbitrariamente I_SB. La magnitud de I_SB, en un aspecto, puede ser suficiente para permitir que el amplificador diferencial con variación de tensión ajustable 204 varíe rápidamente en un determinado intervalo, pero con una velocidad mucho menor con la que lo haría si la fuente de corriente de polarización de variación total de tensión comutable 252 estuviera encendida.

En lo que se refiere a la magnitud propiamente dicha de I_ON e I_SB, los expertos medios en la materia apreciarán, viendo esta divulgación, que estas magnitudes pueden ser específicas según la aplicación. Sin embargo, los expertos medios en la materia pueden determinar fácilmente I_ON e I_SB para una aplicación dada, por ejemplo, aplicando técnicas convencionales de selección de corrientes de polarización, a la divulgación actual. En consecuencia, se omite una descripción más detallada de la magnitud propiamente dicha de I_ON e I_SB.

En lo que respecta a topologías y tecnologías para implementar la fuente de corriente de polarización de variación total de tensión comutable 252 y la fuente de corriente de polarización de variación reducida de tensión 254, en un aspecto éstas pueden ser de acuerdo con técnicas convencionales conocidas generales para fuentes de corriente y fuentes de corriente comutables. Por lo tanto, se omite una descripción más detallada.

En un aspecto, el regulador LDO con SSR reducida 200 puede incluir una característica de control de variación de tensión, descrita en mayor detalle en secciones posteriores, que proporciona un retardo temporal, denominado arbitrariamente "DLY" en esta divulgación, antes de que la fuente de corriente de cola de modo comutable 250 comute a un estado de polarización de encendido después de una transición de apagado a encendido de la ST_OFF/ON. Esta comutación retardada de la fuente de corriente de cola de modo comutable 250 puede generarse, por ejemplo, al generar, en respuesta a una transición de apagado a encendido de la ST_OFF/ON, un aumento o un incremento de tensión con el tiempo equivalente en la entrada del separador 256. El separador 256 puede tener su salida acoplada, por ejemplo, mediante una línea de control de fuente de corriente 257, a una entrada de control (mostrada pero no etiquetada de forma separada) de la fuente de corriente de polarización de variación total de tensión comutable 252. En un aspecto relacionado, una señal de salida del separador 256 puede denominarse señal de control de fuente de corriente de polarización (BCS). En un aspecto adicional, cuando la tensión de entrada del separador 256 alcanza lo que se puede llamar un umbral de comutación lógico de apagado a encendido, el separador 256 comuta para generar una BCS en un nivel encendido, donde "encendido" significa que la fuente de corriente de polarización de variación total de tensión comutable 252 comuta a un estado encendido.

En un aspecto, el retardo temporal DLY puede generarse al configurar una circuitería que carga la entrada al separador 256 para aumentar la tensión y alcanzar el umbral de conmutación del separador 256 a DLY después de la transición de apagado a encendido de la ST_OFF/ON. Por ejemplo, en el regulador LDO con SSR reducida 200 de la FIG. 2, el DLY se implementa cargando la fuente de corriente 260 que, bajo el control del transistor de conmutador de carga M20, carga un condensador de retardo C2 que está acoplado a la entrada del separador 256. El valor de DLY es la duración del tiempo de carga, empezando en una transición de apagado a encendido de la ST_OFF/ON y acabando cuando la carga del condensador de retardo C2 alcanza la tensión umbral de apagado-encendido del separador 256. Esa tensión umbral de apagado-encendido del separador 256 puede denominarse "el umbral de conmutación de modo de fuente de corriente de cola". En un aspecto, el valor de DLY, es decir, la duración de la carga de C2, puede fijarse mediante la capacitancia de C2, junto con la capacidad de accionamiento de la fuente de corriente de carga 260 y el umbral de apagado-encendido del separador 256. En un aspecto, la selección de DLY puede basarse, al menos en parte, en la constante de tiempo RC de un camino de descarga formado por el condensador de compensación C1 previamente descrito y la resistencia de compensación R1 de la red de compensación de realimentación de Miller 150, descrita con mayor detalle en secciones posteriores.

- 5 En un aspecto, el retardo temporal DLY puede generarse al configurar una circuitería que carga la entrada al separador 256 para aumentar la tensión y alcanzar el umbral de conmutación del separador 256 a DLY después de la transición de apagado a encendido de la ST_OFF/ON. Por ejemplo, en el regulador LDO con SSR reducida 200 de la FIG. 2, el DLY se implementa cargando la fuente de corriente 260 que, bajo el control del transistor de conmutador de carga M20, carga un condensador de retardo C2 que está acoplado a la entrada del separador 256. El valor de DLY es la duración del tiempo de carga, empezando en una transición de apagado a encendido de la ST_OFF/ON y acabando cuando la carga del condensador de retardo C2 alcanza la tensión umbral de apagado-encendido del separador 256. Esa tensión umbral de apagado-encendido del separador 256 puede denominarse "el umbral de conmutación de modo de fuente de corriente de cola". En un aspecto, el valor de DLY, es decir, la duración de la carga de C2, puede fijarse mediante la capacitancia de C2, junto con la capacidad de accionamiento de la fuente de corriente de carga 260 y el umbral de apagado-encendido del separador 256. En un aspecto, la selección de DLY puede basarse, al menos en parte, en la constante de tiempo RC de un camino de descarga formado por el condensador de compensación C1 previamente descrito y la resistencia de compensación R1 de la red de compensación de realimentación de Miller 150, descrita con mayor detalle en secciones posteriores.
 - 10
 - 15
 - 20
 - 25
 - 30
- En referencia a la FIG. 2, en un aspecto, el regulador LDO con SSR reducida 200 puede incluir una característica de desactivación de puerta de paso que genere una conmutación de la puerta de paso M9 a un estado apagado en repuesta a la conmutación de la ST_OFF a un estado apagado. El ejemplo del regulador LDO con SSR reducida 200 de la FIG. 2 incluye un ejemplo de implementación de esta característica, utilizando un conmutador de desactivación de puerta de paso 270 acoplado a la señal de la ST_OFF/ON mediante, por ejemplo, una línea de señal de desactivación de puerta de paso 262, en combinación con el condensador de compensación C1. Aspectos de la característica de desactivación de la puerta de paso se entenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada de ejemplos de funcionamientos.

- 35
 - 40
 - 45
 - 50
 - 55
 - 60
 - 65
- A continuación, se describirán ejemplos de funcionamientos que demuestran, para el regulador LDO con SSR reducida 200 de la FIG. 2, conceptos de acuerdo con varias formas de realización. Como cuestión preliminar, se entenderá que al describir transiciones de la ST_OFF/ON, las frases "transición (o transicionando) de encendido a apagado" se usan, por brevedad, en lugar de "transición (o transicionando) de un estado encendido a un estado apagado". Del mismo modo, las frases "transición (o transicionando) de apagado a encendido" se usan en lugar de "transición (o transicionando) de un estado apagado a un estado encendido".

En referencia aún a la FIG. 2, un ejemplo de funcionamiento puede empezar con un evento seleccionado arbitrariamente de una transición de encendido a apagado de la ST_OFF/ON que corresponde a un nivel "alto" en este ejemplo. La transición ST_OFF/ON provoca que el conmutador de desactivación de la puerta de paso 270 se mueva a la posición de funcionamiento, es decir, "cerrada" o "LDO_OFF". La posición LDO_OFF funciona para cortocircuitar la puerta de control de la puerta de paso M9 a la línea de Vdd, es decir, cortocircuita la línea de control de puerta de paso 160 a la línea de Vdd. En un aspecto, la transición de encendido a apagado de la ST_OFF/ON anula la señal de control de puerta de paso Vhg con la tensión de línea Vdd. A su vez, Vdd mantiene la puerta de paso M9 en un estado apagado. En referencia a la FIG. 2, se ve que un terminal de C1, que se puede apreciar que es un condensador de la red de compensación de realimentación de Miller 150, también está conectado a la línea de Vdd a través del conmutador de desactivación de puerta de paso 270. El otro terminal de C1, a través de la resistencia R1, se lleva a la baja por la carga (no mostrada) acoplada al puerto o línea de Vout. Dado que la puerta de paso M9 está apagada, la tensión Vout es aproximadamente 0 voltios. El transistor de entrada M2 del amplificador diferencial de variación de tensión ajustable 204 recibe los aproximadamente 0 voltios a través del camino de realimentación 110 y está por tanto apagado. Al mismo tiempo, o prácticamente al mismo tiempo, la tensión en el condensador de retardo C2 se descarga a través de M20 a la línea dada de Vss, que en este ejemplo se puede asumir como 0 voltios. La tensión en el condensador de retardo C2, siendo de 0 voltios, provoca que la fuente de corriente de polarización de variación total de tensión conmutable 252 comute a su estado apagado.

Como se ha descrito previamente, el ejemplo de regulador LDO con SSR reducida 200 de la FIG. 2 tiene una fuente de corriente de cola de modo conmutable 250 que incluye una fuente de corriente de polarización de variación total de tensión conmutable 252 y una fuente de corriente de polarización de variación reducida de tensión 254. Por lo tanto, mientras la fuente de corriente de polarización de variación total de tensión conmutable 252 está en su estado apagado, la fuente de corriente de polarización de variación reducida de tensión 254 suministra un flujo continuado de una corriente de polarización muy pequeña I_SB. Como también se ha descrito previamente, en un aspecto, I_SB es suficiente para permitir que el amplificador diferencial de variación de tensión ajustable 204 varíe rápidamente con una velocidad de variación de tensión reducida o limitada. Cuando ocurre una transición de apagado a encendido de ST_ON/OFF (es decir, cuando ST_ON/OFF transiciona de alto a bajo, usando las polaridades de ejemplo), hay dos acciones resultantes. Una es que el conmutador de desactivación de puerta de paso 270 pasa a la posición LDO_ON, es decir, el conmutador de desactivación de puerta de paso 270 se abre. La otra es que el conmutador de activación M20 de la ST_ON/OFF se apaga, permitiendo a su vez que la fuente de corriente 260 cargue el condensador de retardo C2. Cuando el condensador de retardo C2 alcanza la tensión umbral de apagado-encendido del separador 256, el separador 256 emite la señal de control de fuente de corriente de polarización BCS en el nivel encendido. La fuente de corriente de polarización de variación total de tensión conmutable 252 se enciende.

En un aspecto, antes de que el condensador de retardo C2 alcance el umbral de apagado-encendido del separador

256, el regulador LDO con SSR reducida 200 varía rápidamente a Vref con una velocidad de variación de tensión reducida o limitada. La velocidad de variación reducida de tensión se establece, al menos en parte, por la corriente I_SB y por la resistencia de R1 y la capacitancia de C2. En un aspecto, la velocidad de variación reducida de tensión se establece de modo que la tensión en C2 encienda la fuente de corriente de polarización de variación total de tensión ON-OFF justo después, o sustancialmente al mismo tiempo, de que Vout alcance Vref.

Se entenderá que la baja velocidad de respuesta del regulador LDO con SSR reducida 200 descrita anteriormente está activada y que empieza, cuando la señal ST_ON/OFF, abre el conmutador de desactivación de puerta de paso 270. La apertura permite que el condensador C1 descargue la tensión Vdd previamente en la línea de control de la puerta de paso 240 a través de la resistencia R1. La descarga de la línea Vhg, a su vez, permite que el amplificador diferencial con variación de tensión ajustable 204 y que el accionador de la puerta de paso M8 empiecen a variar rápidamente la tensión en la línea de control de la puerta de paso 240. La variación, sin embargo, está limitada por la pequeña corriente I_SB suministrada por la fuente de corriente de polarización de variación reducida de tensión 254 en combinación con el condensador de compensación C1.

Mientras la tensión en Vhg está variando con una velocidad reducida limitada por la I_SB de la fuente de corriente de polarización de variación reducida de tensión 254, así como por la capacitancia de C1 y la resistencia de R1, la tensión del condensador de retardo C2 también está aumentando, como se ha descrito anteriormente. En un aspecto, la capacitancia de C2, la capacitancia de C1 y la resistencia de R1 pueden configurarse con el siguiente objetivo temporal: preferiblemente al mismo tiempo o poco después de que Vout alcance Vref, que la tensión en el condensador de retardo C2 alcance el valor (p. ej., la tensión de encendido del separador 256) que provoca un encendido de la fuente de corriente de polarización de variación total de tensión comutable 252. Los expertos medios en la materia, a la vista de la presente divulgación, pueden configurar rápidamente la resistencia de R1 y las capacitancias respectivas de C1 y C2 de modo que el regulador LDO con SSR reducida 200 de la FIG. 2 o su implementación equivalente, cumplan este objetivo temporal sin experimentación indebida. Por ejemplo, sin limitación, dichas personas pueden implementar condensadores C1 y C2 utilizando el mismo tipo de proceso, o derivar fuentes de corriente 252 y 254 a partir del mismo generador de polarización.

En referencia a la FIG. 2, en un aspecto, la señal de control de fuente de corriente de polarización BCS, que es la salida del separador 256, puede comunicarse también como una señal de regulación de estado "RG_ON", por ejemplo, en la línea del indicador de estado del regulador 258, a un controlador del sistema de alto nivel (no mostrado).

Se entenderá que los funcionamientos descritos anteriormente proporcionan un procedimiento para la regulación LDO con variación de tensión de encendido reducida que incluye polarizar el amplificador diferencial con variación de tensión ajustable 204, durante un funcionamiento de encendido normal, con la corriente de polarización de variación total de tensión I_ON. También se entenderá que los funcionamientos descritos anteriormente proporcionan un procedimiento para la regulación LDO con variación de tensión de encendido reducida que incluye, en respuesta a una transición de encendido a apagado de una señal de encendido/apagado del sistema ST_ON/OFF, mover el conmutador de desactivación de puerta de paso 270 a la posición de desactivación. El cambio resultante de la línea de control de puerta de paso 240 a Vdd anula la señal de control de puerta de paso Vhg y apaga, es decir, desactiva, la puerta de paso M9. La desactivación de la puerta de paso M9 desactiva de forma efectiva una realimentación del amplificador diferencial con variación de tensión ajustable 204. La transición de encendido a apagado de la ST_ON/OFF también enciende el transistor de conmutador de carga M20, que lleva la entrada del separador 256 a un nivel que causa que este genere la señal de control de fuente de corriente de polarización BCS en un nivel apagado, en el que la fuente de corriente de cola de modo comutable 250 suministra sólo la corriente de polarización de variación reducida de tensión I_SB. Luego, en respuesta a una transición de apagado a encendido de la ST_ON/OFF, el conmutador de desactivación de puerta de paso 270 se mueve a una posición de funcionamiento, activando la puerta de paso M9, permitiendo la descarga de C1 y permitiendo la realimentación del amplificador diferencial con variación de tensión ajustable 204. Estos funcionamientos, a su vez, permiten que el amplificador diferencial con variación de tensión ajustable 204 varíe rápidamente hacia Vref. Sin embargo, el condensador de retardo C2 provoca un retraso, DLY, en la comutación de la fuente de corriente de cola de modo comutable 250 a la corriente de polarización de variación total de tensión I_ON. Hasta que el retraso DLY después de la transición de apagado a encendido de la ST_ON/OFF se acaba, el amplificador diferencial de variación de tensión ajustable 204 varía rápidamente con una velocidad de variación reducida de tensión impuesta por la corriente de polarización de variación reducida de tensión I_SB. Una vez que el retraso DLT ha finalizado, el condensador de retardo C2 alcanza el umbral de cambio del separador 256, provocando que éste emita la señal de control de corriente de polarización BCS a la fuente de corriente de cola de modo comutable 250 en el nivel de encendido. La I_ON resultante polariza el amplificador diferencial de variación de tensión ajustable 204 a un funcionamiento de variación total de tensión.

Como los expertos medios en la materia aprecian rápidamente a partir de la presente divulgación, características de un regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con las formas de realización a modo de ejemplo incluyen, pero no están limitadas a, un encendido con velocidad reducida, o "lenta", de la salida del LDO desde un colapso de energía hasta Vref, mientras que reduce de forma sustancial problemas asociados a la corriente de irrupción. Otra de las varias características de los reguladores LDO con variación de tensión de encendido reducida de acuerdo con las formas de realización a modo de ejemplo es un coste añadido mínimo, si es que hay alguno, en comparación con un regulador LDO convencional de capacidad comparable (p.ej. el de la FIG. 1) conociendo los

costes generales de diseño y hardware convencionales. Por ejemplo, el regulador LDO de SSR reducida 200 de la FIG. 2 reutiliza un condensador de compensación existente, como se muestra por su reutilización del C1 de la red de compensación de realimentación de Miller 150, para asistir en el encendido de velocidad de variación reducida de tensión. Como otro ejemplo, el regulador LDO con SSR reducida 200 de la FIG. 2 requiere únicamente un condensador adicional, el condensador de retardo C2. Como otro ejemplo más, el regulador LDO con SSR reducida 200 de la FIG. 2 no requiere circuitería de control añadida para activar o suministrar el aumento suave de tensión. En su lugar, todo el "control" puede obtenerse simplemente seleccionando valores relativos de componentes apropiados, por ejemplo, las capacitancias C1 y C2, o la resistencia R1, o ambos.

- 5 10 Se entenderá que la topología de la fuente de corriente de cola de modo comutable 250 del ejemplo de la FIG. 2 descrita anteriormente no tiene intención de limitar el alcance de las formas de realización. Por ejemplo, en un aspecto alternativo la fuente de corriente de polarización de variación reducida de tensión 254 puede configurarse de modo que, después de encenderse en respuesta a una commutación de apagado a encendido de la ST_OFF, se queda encendida hasta que el regulador LDO con SSR reducida 200 varíe rápidamente a un estado de funcionamiento, y 15 luego se apaga.

La FIG. 3 muestra una topología 300 con un ejemplo de seis reguladores LDO con compensación y polarización adaptables, ilustrados con etiquetas abreviadas LDO1, LDO2 ... LDO6, conectados en paralelo y que muestran elementos parásitos (mostrados, pero no etiquetados de forma separada) de la red de distribución de energía que los interconecta. Puede asumirse que cada regulador LDO con compensación y polarización adaptables LDO1, LDO2 ... LDO6 está de acuerdo con el regulador LDO de SSR reducida 200 del ejemplo de la FIG. 2. Puede asumirse que cada uno de los reguladores LDO LDO1, LDO2 ... LDO6 tiene una entrada Vref (no mostrada) y que cada entrada Vref está conectada a una fuente de Vref (no mostrada). En un aspecto, al menos una fuente de Vref (no mostrada) puede compartirse por dos o más reguladores LDO con compensación y polarización adaptables LDO1, LDO2 ... LDO6. Se entenderá que los condensadores de la FIG. 3 (mostrados, pero no etiquetados de manera separada) pueden representar capacitancias de carga colocadas de forma explícita, así como capacitancias parásitas.

30 La FIG. 4 ilustra un sistema de comunicación inalámbrico 400 a modo de ejemplo, en el que una o más formas de realización de la divulgación pueden utilizarse de manera ventajosa. Con propósito ilustrativo, la FIG. 4 muestra tres unidades remotas 420, 430 y 450, y dos estaciones base 440. Se reconocerá que sistemas de comunicación inalámbrica convencionales pueden tener muchas más unidades remotas y estaciones base. Las unidades remotas 420, 430 y 450 incluyen circuitos integrados u otros dispositivos semiconductores 425, 435 y 455 (incluyendo reguladores de tensión en chips, como se ha divulgado aquí), que están entre las formas de realización de la divulgación como se discute adicionalmente más adelante. La FIG. 4 muestra señales de enlace directo 480 desde las estaciones base 440 y las unidades remotas 420, 430 y 450, y señales de enlace inverso 490 desde las unidades remotas 420, 430 y 450 hacia las estaciones base 440.

40 En la FIG. 4, la unidad remota 420 se muestra como un teléfono móvil, la unidad remota 430 se muestra como un ordenador portátil y la unidad remota 450 se muestra como una unidad remota de localización fija en un sistema de bucle local inalámbrico. Por ejemplo, las unidades remotas pueden ser una cualquiera o una combinación de un teléfono móvil, una unidad de sistemas de comunicación personal (PCS) de mano, una unidad de datos portátil como un asistente de datos portátil (PDA), un dispositivo de navegación (como dispositivos con GPS), un decodificador de televisión, un reproductor de música, un reproductor de vídeo, una unidad de entretenimiento, una unidad de datos de localización fija como un equipo de lectura de contadores, o cualquier otro dispositivo que almacene o recupere datos 45 o instrucciones de ordenador, o cualquier combinación de los mismos. Aunque la FIG. 4 ilustra unidades remotas de acuerdo con las enseñanzas de la divulgación, la divulgación no está limitada a estas unidades ilustradas de ejemplo. Formas de realización de la divulgación pueden utilizarse de manera adecuada en cualquier dispositivo que tenga circuitería integrada activa, incluyendo circuitería de memoria y en chip para hacer pruebas y caracterización.

50 Los dispositivos y funcionalidades divulgados anteriormente (como los dispositivos de las FIG. 2, 3 o 4 o cualquier combinación de los mismos) pueden diseñarse y configurarse en archivos de ordenador (p.ej., RTL, GDSII, GERBER, etc.) almacenados en medios leíbles por ordenador. Algunos o todos los dichos archivos pueden entregarse a responsables de fabricación que fabriquen dispositivos basados en dichos archivos. Productos resultantes incluyen placas semiconductoras que luego se cortan en trozos más pequeños y se empaquetan en un chip semiconductor. 55 Los chips semiconductores pueden emplearse en dispositivos, como los descritos más arriba.

60 Los procedimientos, secuencias y/o algoritmos descritos en relación con las formas de realización divulgadas aquí pueden incorporarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador, o en una combinación de ambos. Un módulo de software puede residir en una memoria RAM, una memoria flash, una memoria ROM, una memoria EEPROM, una memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM, o cualquier otro medio de almacenamiento conocido en la técnica. Un medio de almacenamiento de ejemplo está acoplado al procesador de modo que el procesador pueda leer información desde, y escribir información en, el medio de almacenamiento. Alternativamente, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador.

65 En consecuencia, una forma de realización de la invención puede incluir un medio leíble por ordenador incorporando un procedimiento de implementación. Por lo tanto, la invención no está limitada a los ejemplos ilustrados y cualquier

medio para llevar a cabo la funcionalidad descrita aquí está incluido en las formas de realización de la invención.

- Los dispositivos y funcionalidades divulgados anteriormente pueden diseñarse y configurarse en archivos de ordenador (p.ej., RTL, GDSII, GERBER, etc.) almacenados en medios leíbles por ordenador. Algunos o todos los dichos archivos pueden entregarse a responsables de fabricación que fabriquen dispositivos basados en dichos archivos. Productos resultantes incluyen placas semiconductoras que luego se cortan en trozos más pequeños y se empaquetan en un chip semiconductor. Los chips semiconductores después se emplean en los dispositivos descritos aquí más arriba.
- 5
- 10 Mientras que la divulgación precedente muestra formas de realización de la invención, debe notarse que pueden hacerse varios cambios y modificaciones sin alejarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas. Las funciones, pasos y/o acciones de las reivindicaciones de procedimiento de acuerdo con las formas de realización de la invención descritas aquí no necesitan llevarse a cabo en un orden particular. Más aún, aunque elementos de la invención puedan describirse o reivindicarse en singular, el plural está contemplado a no ser que la limitación al singular se enuncie explícitamente.
- 15

REIVINDICACIONES

1. Un regulador de tensión de baja caída, LDO, con variación de tensión de encendido reducida, que comprende:

- 5 una puerta de paso (M9) que acopla de forma ajustable, en respuesta a una señal de control de puerta de paso, Vhg, una línea de tensión, Vdd, a una salida del regulador, Vout;
 - 10 un amplificador diferencial con variación de tensión ajustable (204), comutable entre un estado de variación reducida de tensión y un estado de variación total de tensión, configurado para recibir una realimentación desde la salida del regulador, y para generar la señal de control de puerta de paso, basándose en una tensión de referencia, Vref, y en la realimentación, con una velocidad de variación total de tensión en el estado de variación total de tensión, y con una velocidad de variación reducida de tensión en el estado de variación reducida de tensión;
 - 15 un circuito de desactivación de puerta de paso (270) configurado para anular de manera selectiva la señal de control de puerta de paso y apagar la puerta de paso,
 - 20 en el que el amplificador diferencial con variación de tensión ajustable incluye una fuente de corriente de cola comutable (250) que es comutable entre el suministro de una corriente de polarización de variación reducida de tensión, I_sb, y el suministro de una corriente de polarización de variación total de tensión, I_on, y está configurado para generar la señal de control de puerta de paso con una velocidad de variación total de tensión con la corriente de polarización de variación total de tensión, y con la velocidad de variación reducida de tensión con la corriente de polarización de variación reducida de tensión; y caracterizado por que:
 - 25 un circuito de control de corriente de cola (256, 260, M20, C2) configurado para comutar (M20, 256) la fuente de corriente de cola comutable a la corriente de polarización de variación reducida de tensión en respuesta a una transición de encendido a apagado de una señal ON_OFF del sistema, ST_ON/OFF, y, después de un retardo DLY tras una transición de apagado a encendido de la ST_ON/OFF, para comutar la fuente de corriente de cola comutable desde la corriente de polarización de variación reducida de tensión hasta la corriente de polarización de variación total de tensión,
 - 30 en el que el circuito de control de corriente de cola incluye un condensador de retardo (C2) y un circuito de carga configurado para cargar el condensador de retardo, en respuesta a la transición de apagado a encendido de la ST_ON/OFF, desde una tensión nula hasta un umbral de comutación de modo de fuente de corriente de cola, durante un tiempo de carga de duración aproximadamente igual a DLY.
2. El regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de la reivindicación 1, en el que la fuente de corriente de cola comutable incluye una fuente de corriente de polarización de variación total de tensión comutable (252) configurada para suministrar la corriente de polarización de variación total de tensión, I_on, cuando está encendida, en paralelo con una fuente de corriente de polarización de variación reducida de tensión (254) configurada para suministrar la corriente de polarización de variación reducida de tensión, I_sb.
3. El regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de la reivindicación 1, en el que el circuito de carga incluye un conmutador de activación acoplado a una fuente de corriente de carga.
- 40 4. El regulador LDO con velocidad de variación de tensión de encendido reducida de la reivindicación 1, que comprende además: una línea de control de puerta de paso (257) que transporta la señal de control de puerta de paso a una puerta de control de la puerta de paso, en el que el circuito de desactivación de la puerta de paso comprende un conmutador de dos posiciones (270), el conmutador de dos posiciones teniendo una posición de desactivación y una posición de funcionamiento, en el que la posición de desactivación provoca un cortocircuito de la puerta de control a una tensión, Vdd, desactivando la puerta de paso, y en el que la posición de funcionamiento no provoca el cortocircuito de la puerta de control, y en el que el conmutador de dos posiciones está configurado para comutar entre la posición de desactivación y la posición de funcionamiento basándose en un estado de encendido-apagado de la ST_ON/OFF.
- 50 5. El regulador LDO con velocidad de variación de tensión de encendido reducida de la reivindicación 4, comprendiendo, además un elemento de realimentación que está acoplado a la salida del regulador y a un amplificador diferencial con variación de tensión ajustable para proporcionar la realimentación y una red de compensación que acopla la línea de control de puerta de paso al elemento de realimentación, teniendo la red de compensación un condensador de compensación y una resistencia, en el que el circuito de desactivación de puerta de paso está configurado, además, para cargar el condensador de compensación cuando el conmutador de dos posiciones está en la posición de desactivación
- 55 6. El regulador LDO con variación de tensión de encendido reducida de la reivindicación 5, en el que la velocidad de variación reducida de tensión se basa, al menos en parte, en al menos una de una capacitancia del condensador de compensación, o una resistencia de la resistencia de compensación, o ambas.

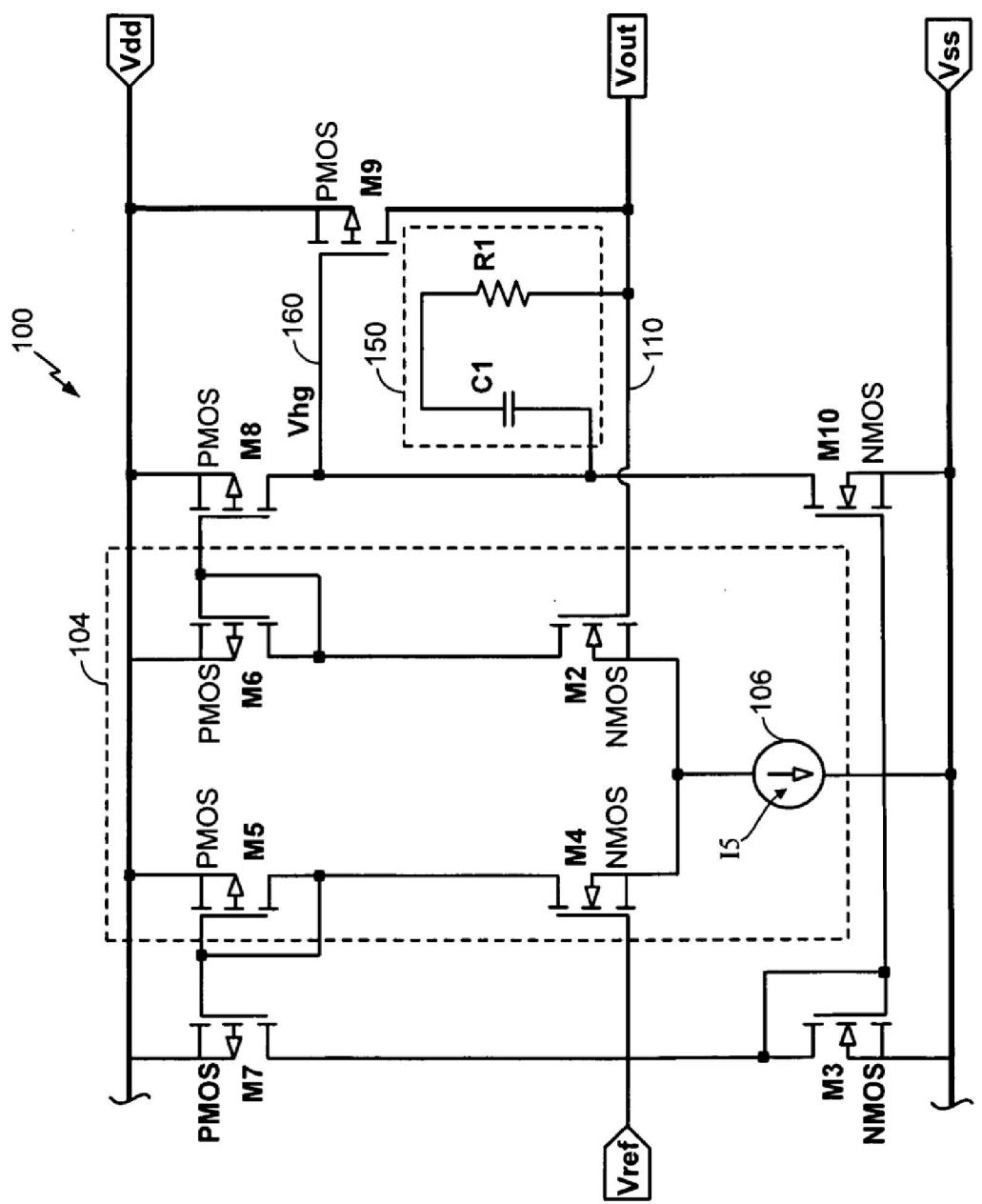


FIG. 1

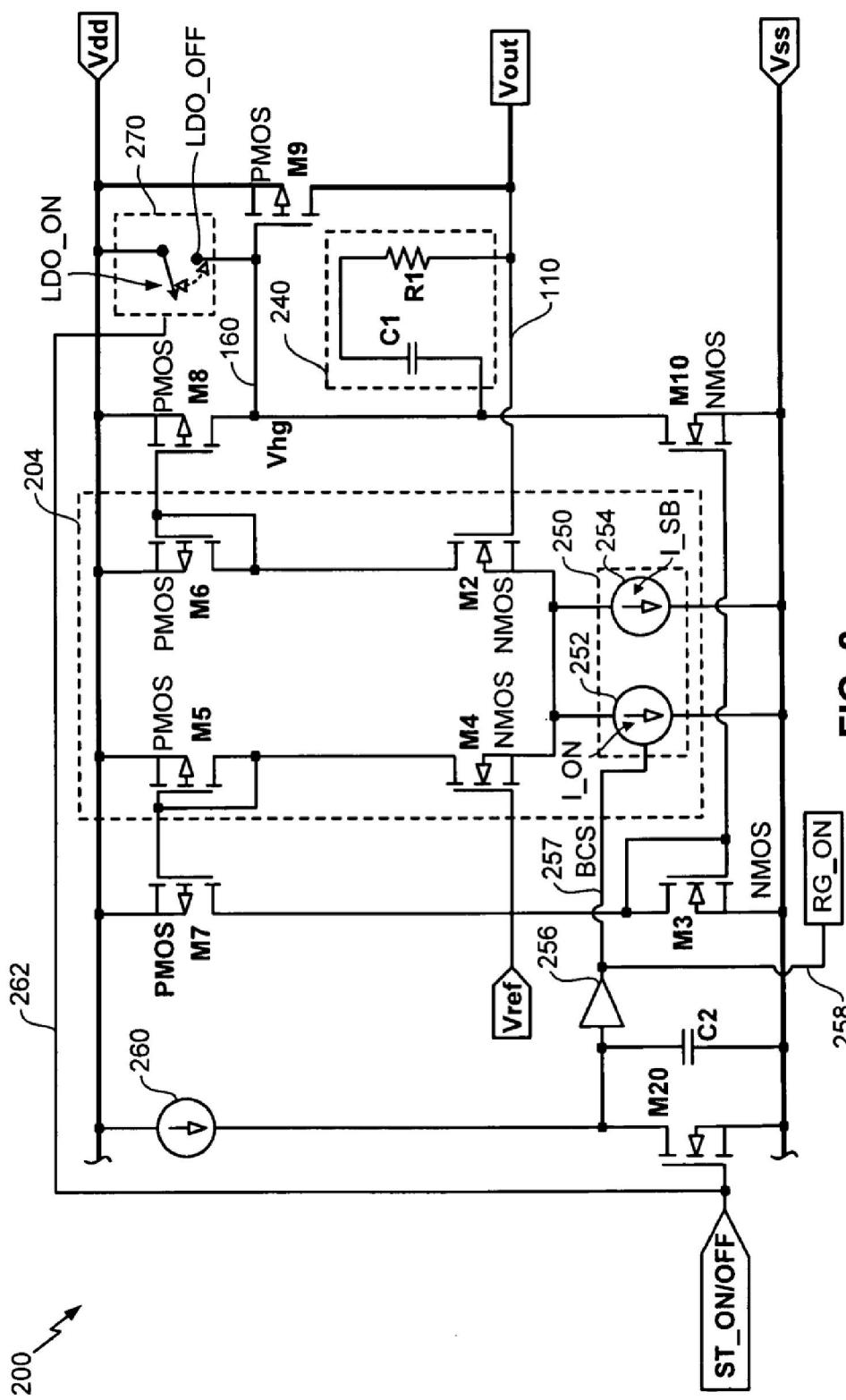


FIG. 2

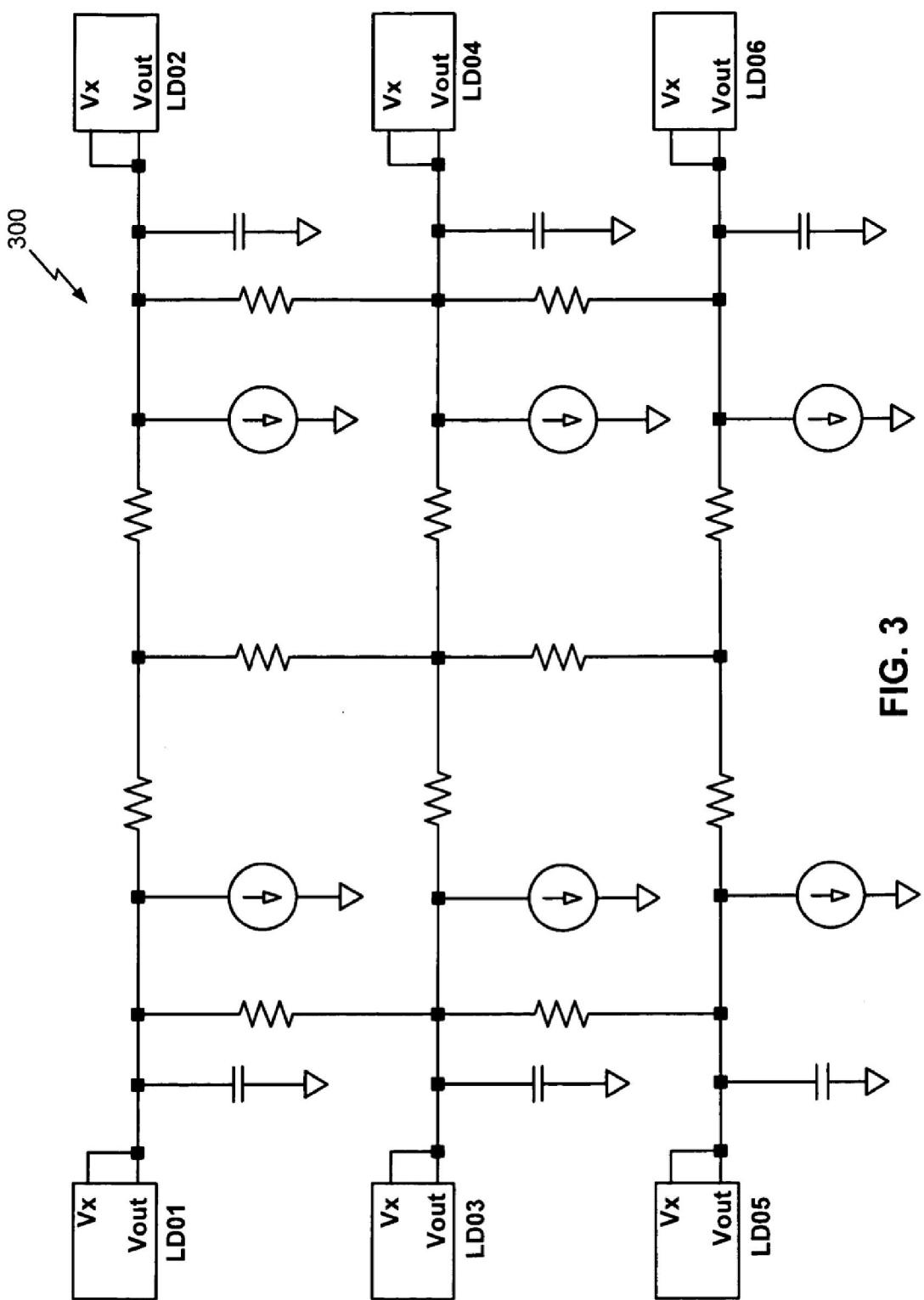


FIG. 3

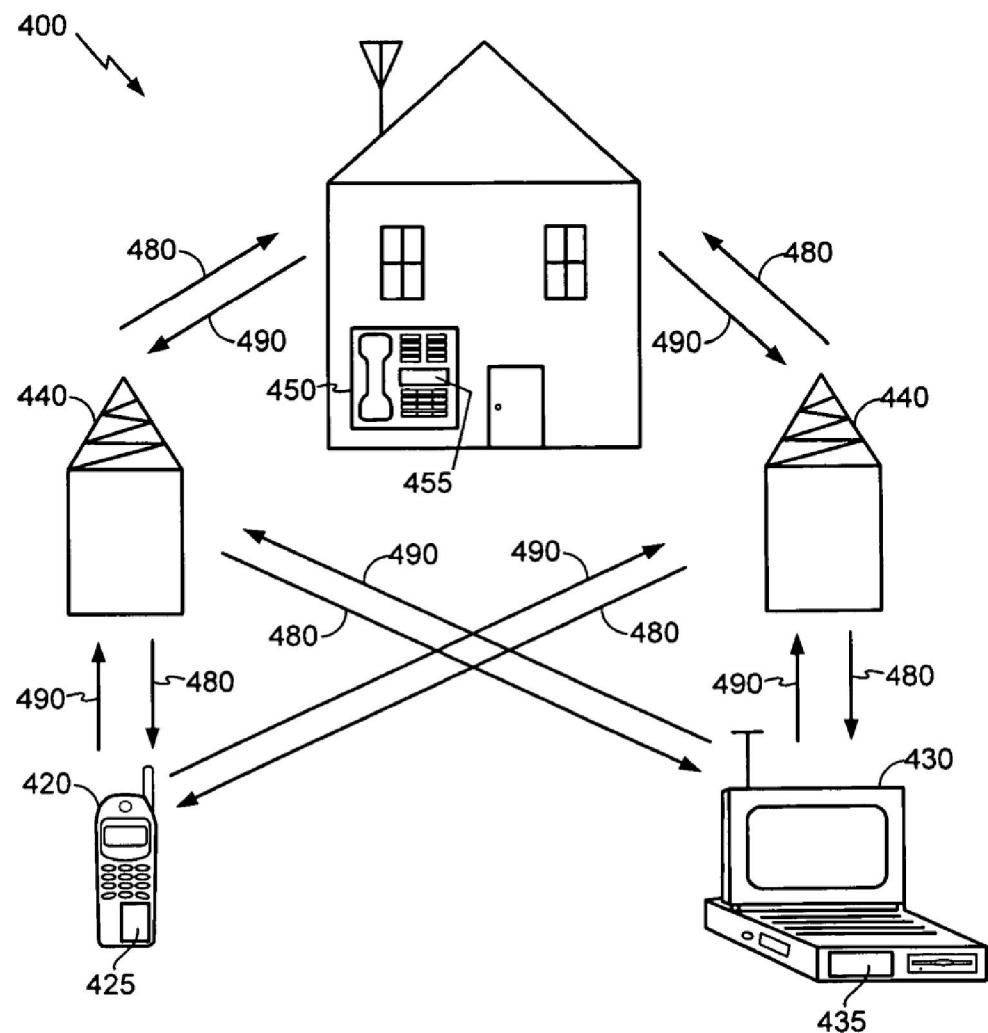


FIG. 4