



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 291 143**

⑫ Número de solicitud: 200702109

⑬ Int. Cl.:
G01R 31/30 (2006.01)

⑭

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑮ Fecha de presentación: **27.07.2007**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **16.02.2008**

Fecha de la concesión: **30.06.2008**

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **16.07.2008**

⑱ Fecha de publicación del folleto de la patente:
16.07.2008

⑲ Titular/es: **Universidad Politécnica de Madrid
c/ Ramiro de Maeztu, 7
28040 Madrid, ES**

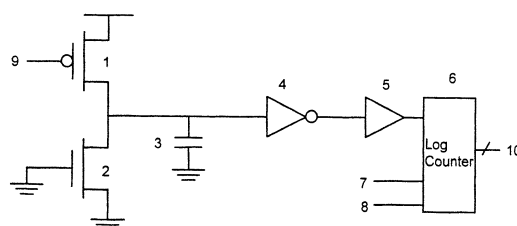
⑳ Inventor/es: **Ituero Herrero, Pablo;
Ayala Rodrigo, José Luis y
López Vallejo, Marisa**

㉑ Agente: **No consta**

㉒ Título: **Aparato para la medida de temperatura y corriente de fugas en un chip.**

㉓ Resumen:

Aparato para la medida de temperatura y corriente de fugas en un chip que proporciona una salida que varía linealmente con la temperatura. El aparato comprende un inversor de fugas y un módulo electrónico que digitaliza y linealiza la salida no lineal del inversor de fugas. Al proporcionar una respuesta lineal se reducen las necesidades de almacenamiento e interconexión de los datos, además se facilita la representación numérica de los mismos. El aparato se puede usar para medir variaciones de temperatura dentro de un chip y también para medir variaciones de la corriente de fugas, lo que a su vez conlleva medir variaciones de potencia estática dentro de un chip.



ES 2 291 143 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Aparato para la medida de temperatura y corriente de fugas en un chip.

5 Sector técnico

La invención se encuadra en el sector técnico de los sistemas integrados y más concretamente de la medida de temperatura y corrientes de fugas dentro del chip.

10 Estado de la técnica

En un circuito integrado cuando un transistor de tecnología de semiconductor de óxido metálico (MOS) polarizado se apaga, una pequeña corriente de fugas fluye desde su drenador hacia su fuente y su sustrato. Esto ocurre incluso cuando no hay diferencia de potencial entre la puerta y la fuente. En los procesos tecnológicos actuales que emplean transistores con anchuras de puerta inferiores a una micra, las corrientes de fugas han dejado de tener un valor despreciable. En el caso de los circuitos de muy alto nivel de integración (VLSI) que emplean lógica complementaria de semiconductor de óxido metálico (CMOS), estas corrientes de fugas son una fuente de corriente estática constante lo que supone un consumo de potencia estática permanente.

20 Las corrientes de fugas de un transistor MOS se pueden caracterizar con el siguiente modelo matemático:

$$I_{FUGAS} = I_{S0} e^{\frac{V_{GS} - V_{TH}}{nkT/q}} (1 - e^{-\frac{V_{DS}}{kT/q}}) \quad [1]$$

25 donde kT/q (mV) es el voltaje térmico; n es el factor de no idealidad (adimensional); V_{GS} y V_{DS} (V) denotan las diferencias de potencial entre la puerta y la fuente y entre el drenador y la fuente, respectivamente; I_{S0} (A) es un factor tecnológico dado por:

$$I_{S0} = \mu_0 C_{ox} \frac{W}{L} e^{1.8} (kT/q)^2 \quad [2]$$

35 donde μ_0 (m²/s) es la movilidad de los portadores; C_{ox} (F/m²) es la capacidad del óxido de la puerta; W (m) es la anchura del transistor; y L (m) es la longitud efectiva de la puerta del transistor; finalmente el parámetro V_{TH} (V) de la ecuación [1] representa el voltaje umbral del transistor y viene descrito por la siguiente ecuación:

$$V_{TH} = V_{TH0} + K(T - T_0) \quad [3]$$

40 donde V_{TH0} (V) es el voltaje umbral a una temperatura nominal T_0 (°K) y K (V/°K) es el coeficiente de temperatura del voltaje umbral.

45 Las corrientes de fugas pueden variar significativamente de una parte a otra de un chip VLSI debido a variaciones del proceso de fabricación. El conocimiento de estas variaciones puede ayudar a los diseñadores a reducir los efectos de las corrientes de fugas donde sea necesario. También ayudaría a la detección de errores y tolerancias en el proceso de fabricación.

50 En los últimos años la densidad de potencia en los circuitos integrados y especialmente en los sistemas procesadores se ha incrementado notablemente. Este crecimiento se acentuará aún más en el futuro ya que el tamaño de los transistores y las frecuencias de funcionamiento varían más rápidamente que el voltaje de alimentación.

55 El crecimiento de la densidad de potencia conlleva un incremento en la temperatura del chip que, si no se controla, puede causar serios problemas. Por lo tanto es interesante, desde el punto de vista del diseño, el test y la operación de un chip VLSI, obtener un perfil de las variaciones de temperatura que se producen dentro de la oblea durante su funcionamiento. Con este perfil se podrían identificar, por ejemplo, incrementos excesivos de temperatura en determinados puntos ("puntos calientes").

60 En el documento de patente US 2004/0263192 A1 se propone un método y un aparato para medir variaciones dentro de la oblea en la corriente de fugas y/o en la temperatura mediante el uso de un inversor de fugas o un oscilador en anillo de fugas. En este documento se presenta el concepto de inversor de fugas como un aparato que comprende:

65 - un dispositivo de tipo n y un dispositivo de tipo p que forman un camino entre dos voltajes de alimentación interconectándose a través de un terminal común, y

- un nodo de salida conectado al terminal común de los dos dispositivos que, durante el uso del aparato, proporciona una señal cuyo tiempo de conmutación en una sola dirección es directamente proporcional a la corriente de fugas de uno de los dispositivos p y n.

5 También se presenta el concepto de oscilador en anillo de fugas como un aparato que proporciona una señal oscilante a su salida y que comprende un oscilador en anillo que incluye:

- al menos un inversor de fugas que proporciona una señal de salida cuyo tiempo de conmutación en una sola dirección es directamente proporcional a la corriente de fugas de un dispositivo del primer inversor de fugas, y
- una o más etapas estáticas.

15 Por otro lado, en la literatura científica hay numerosos documentos que describen módulos electrónicos que realizan la operación logaritmo. La realización de un contador logarítmico también ha sido objeto de diversas publicaciones científicas y patentes.

Descripción detallada de la invención

20 La presente invención se refiere a un aparato integrado en un chip que mide variaciones en la temperatura o en las corrientes de fugas y que proporciona una señal cuya función de transferencia aproxima una tendencia lineal con las variaciones de temperatura.

25 Teniendo en cuenta las ecuaciones [1-3] y suponiendo que $V_{DS} \gg kT/q$, se puede establecer la relación entre la corriente de fugas y la temperatura de la siguiente manera:

$$I_{FUGAS}(T) = K_1 T^2 e^{-\frac{K_2}{T}} \quad [4]$$

30 por lo tanto, para una temperatura T_A dada, se puede establecer el tiempo de conmutación de un inversor de fugas como el tiempo de descarga de un condensador de capacidad C a través de una fuente de corriente de intensidad $I_{FUGAS}(T_A)$, cuando sufre una variación en el voltaje ΔV , es decir:

$$t_{con}(T_A) = \frac{C \cdot \Delta V}{I_{FUGAS}(T_A)} = \frac{C \cdot \Delta V}{K_1} \frac{e^{\frac{K_2}{T_A}}}{T_A^2} \quad [5]$$

40 Esta expresión establece una relación compleja entre la magnitud proporcionada por el inversor de fugas o el oscilador en anillo de fugas y la temperatura, la Fig. 2 ilustra esta relación. Esta expresión también es válida para el período de oscilación de un oscilador en anillo de fugas que será directamente proporcional al tiempo de conmutación de uno de sus inversores de fugas.

45 Son varias las razones que justifican la búsqueda de una salida lineal en la función de transferencia de un sensor. En particular, la salida lineal permite un tratamiento homogéneo de los datos, facilitando su posterior procesamiento. Es decir, es suficiente un muestreo homogéneo de los valores de salida de la función, sin necesidad de recurrir a complejos sistemas adaptativos que incrementen la frecuencia de muestreo en aquellas zonas de la función donde se encuentra un mayor conjunto de valores representativos de salida. Esto facilita un alto grado de compatibilidad con los sistemas de control y acceso a los datos.

50 Por otro lado, la representación numérica de los datos se ve también beneficiada por la linealidad de la salida del sensor. Esta salida lineal permite reducir el número de bits asociados a cada dato numérico y el empleo de codificación en punto fijo, al contar todos los operandos con la misma precisión. La reducción del número de bits a su vez conlleva una reducción en el número de interconexiones para transmitir los datos y por lo tanto reducción en el consumo de potencia. Además si los datos van a ser almacenados, la reducción en el número de bits implica también una reducción en los requerimientos de almacenamiento.

60 Finalmente, si la salida del sensor es susceptible de ser realimentada a cualquier dispositivo de transducción si éste cuenta con una señal de entrada lineal, ofrecerá una respuesta óptima y un amplio margen de operación.

Sería por tanto deseable para el sensor obtener una función de transferencia lineal o lo más próxima a la linealidad como sea posible. Para ello, la presente invención se refiere a un aparato que comprende:

- un inversor de fugas que proporciona una señal cuyo tiempo de conmutación, t_{con} , en una sola dirección es directamente proporcional a la corriente de fugas de uno de los dispositivos p y n que lo forman; y

- un módulo electrónico que digitalice t_{con} o un tiempo proporcional a éste y que aplique una transformación matemática que produzca una función de transferencia lineal del tiempo digitalizado con la temperatura.

La digitalización de t_{con} se puede realizar mediante un contador que cuente el número de ciclos de reloj que dura

t_{con} .

Bajo ciertos valores de las constantes K1 y K2, dados por la tecnología que se vaya a emplear en la fabricación del chip, la operación logaritmo aplicada a t_{con} representa una aproximación muy cercana a una función de transferencia lineal en el intervalo de temperaturas que opera un circuito electrónico. La Fig. 3 ilustra la relación entre el logaritmo de t_{con} y la temperatura mostrando un alto grado de linealidad.

La operación logaritmo se puede realizar sobre la salida digitalizada del contador mediante un módulo electrónico que calcule el logaritmo. También se puede realizar con un contador logarítmico, que calcula el logaritmo de la cuenta mientras ésta se realiza, con lo cual en lugar de dos módulos independientes tendremos sólo uno.

El aparato de la presente invención se puede utilizar para medir corrientes de fugas ya que la relación entre t_{con} y las corrientes de fugas es bien conocida. Esto implica que se puede emplear para medir el consumo de potencia estática ya que este consumo también tiene una relación bien conocida con la corriente de fugas.

Por otro lado el aparato de la presente invención se puede utilizar para medir variaciones de temperatura, ya que la relación entre t_{con} y la temperatura es también bien conocida.

Breve descripción de los dibujos/figuras

En la Fig. 1 se presenta un modo de realización de la invención. El dispositivo de tipo p (1) y el dispositivo de tipo n (2) forman un inversor de fugas cuyo terminal de salida va conectado a la capacidad C_L (3) y al inversor (4). Después de una etapa de búferes (5), un contador logarítmico (6) recibe la señal que le permitirá medir el tiempo de conmutación del inversor fugas para ello hace uso de una señal de reloj (7) y una señal de control (8). La señal de entrada (9) activa o desactiva el dispositivo de tipo p (1). La señal de salida (10) proporciona la cuenta del contador logarítmico y, por lo tanto, la salida del circuito.

La Fig. 2 ilustra la función de transferencia del tiempo de conmutación de un inversor de fugas con la temperatura. La figura se ha obtenido mediante simulación informática de un circuito real.

La Fig. 3 ilustra la función de transferencia del tiempo de conmutación de un inversor de fugas con la temperatura cuando se ha aplicado la operación logaritmo. La figura se ha obtenido mediante simulación informática de un circuito real.

Modo de realización de la invención

La presente invención se ilustra mediante el circuito electrónico de la Fig. 1, que no pretende ser limitativo de su alcance.

Como el dispositivo por el que se van a producir las fugas del inversor de fugas va a ser solamente el dispositivo de tipo n (2), el tamaño de la anchura de su puerta hay que calcularlo de tal manera que el valor de la corriente de fugas del dispositivo de tipo p (1) sea despreciable frente al valor de la corriente de fugas del dispositivo de tipo n(2).

Cuando la señal de entrada (9) activa el dispositivo de tipo p (1), la capacidad C_L (3) se carga. Cuando la señal de entrada (9) desactiva el dispositivo de tipo p (1), el terminal de salida del inversor de fugas queda flotante y la descarga de la capacidad C_L (3) a través del dispositivo de tipo n (2) comienza. Además, en el momento que la señal de entrada (9) desactiva el dispositivo de tipo p (1), la señal de control (8) activa el contador logarítmico y comienza su cuenta. Cuando, debido al proceso de descarga, el voltaje en bornes de la capacidad C_L (3) es inferior al umbral del inversor (4), el contador logarítmico recibe un pulso a su entrada y detiene la cuenta. La cuenta del contador logarítmico proporciona la salida del circuito (10).

A continuación se exponen los parámetros circuitales de desarrollar un modo de realización:

- Tecnología de fabricación: CMOS 0,35 μm
- Dispositivo de tipo p (1): $W = 0.8 \mu m$ y $L = 0.35 \mu m$
- Dispositivo de tipo n (1): $W = 60 \mu m$ y $L = 0.35 \mu m$
- Capacidad C_L (3): 100 fF
- Frecuencia del reloj (7): 300 KHz.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para la medida de temperatura y corriente de fugas en un chip **caracterizado** porque comprende un inversor de fugas, que proporciona una señal cuyo tiempo de conmutación, t_{con} , en una sola dirección es directamente proporcional a la corriente de fugas de uno de los dispositivos p y n que lo forman; y uno o más módulos electrónicos, que digitalicen t_{con} o un tiempo proporcional a éste y que apliquen una transformación matemática que produzca una función de transferencia lineal del tiempo digitalizado con la temperatura.

2. Aparato para la medida de temperatura y corriente de fugas en un chip, según reivindicación 1, **caracterizado** porque para la digitalización se emplea un contador que cuenta el número de ciclos de reloj que dura t_{con} o un tiempo proporcional a éste; y que para la transformación matemática que produzca una función de transferencia lineal del tiempo digitalizado con la temperatura se emplea un módulo electrónico que realiza la operación logaritmo sobre la salida del contador.

3. Aparato para la medida de temperatura y corriente de fugas en un chip, según reivindicación 1, **caracterizado** porque un único módulo electrónico que digitaliza y linealiza que consiste en un contador logarítmico que realiza una cuenta logarítmica sobre t_{con} o un tiempo proporcional a éste.

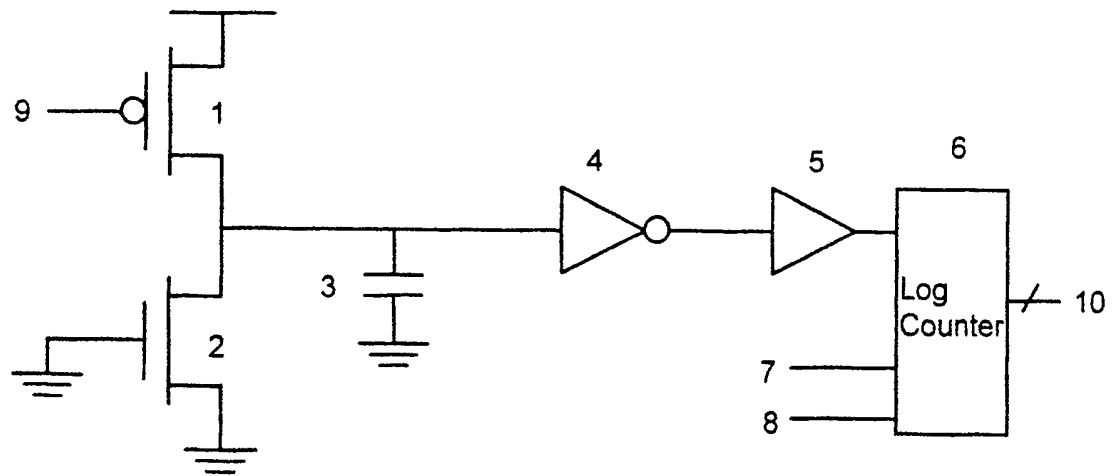


Fig.1

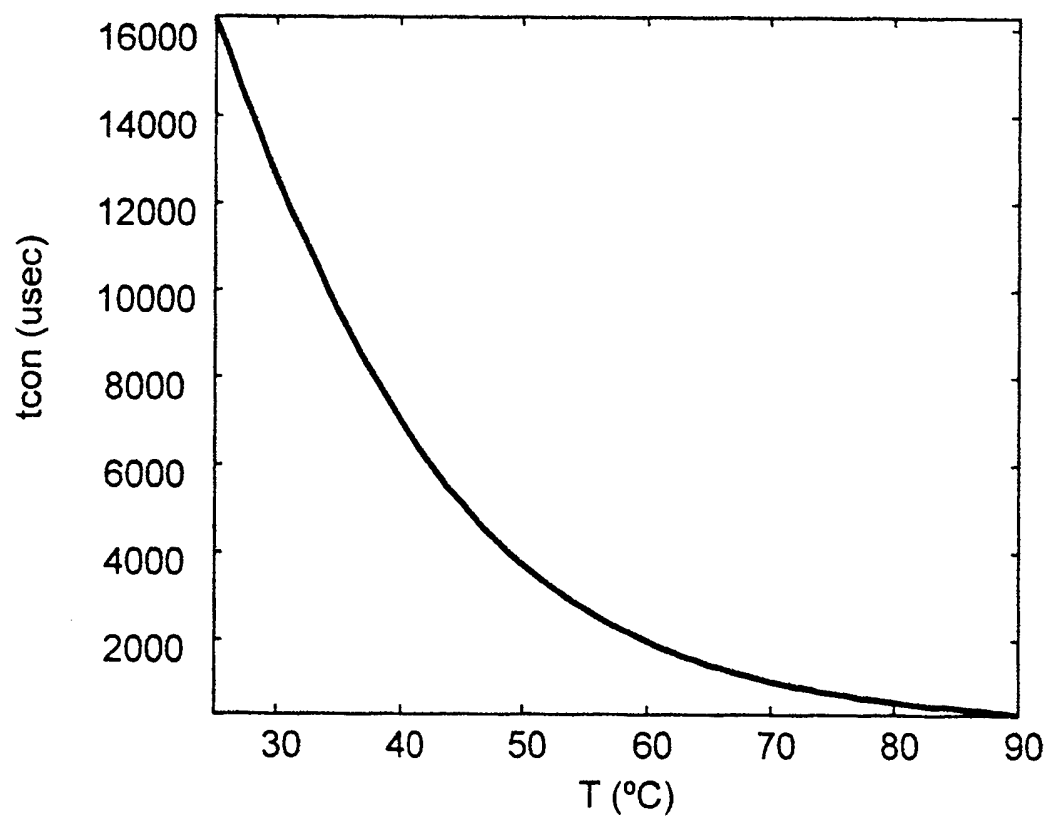


Fig.2

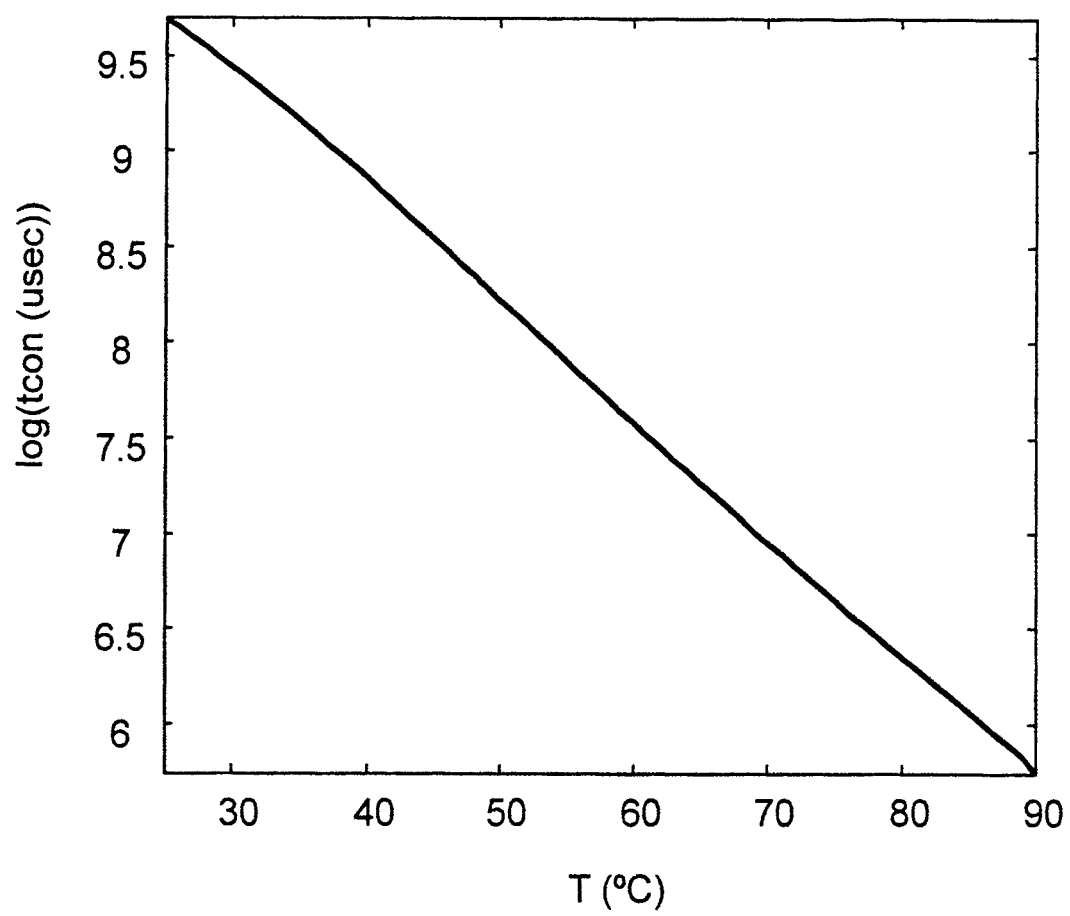


Fig.3



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ ES 2 291 143

⑫ Nº de solicitud: 200702109

⑬ Fecha de presentación de la solicitud: **27.07.2007**

⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑮ Int. Cl.: **G01R 31/30** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 6882172 B1 (SUZUKI et al.) 19.04.2005	
A	US 2004263192 A1 (PERSUN et al.) 30.12.2004	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

23.01.2008

Examinador

J. Botella Maldonado

Página

1/1