

David Galante Sempere

Francisco Javier del Pino Suárez

Máster Universitario en Ingeniería de Telecomunicación, Junio 2024

Introducción

Se diseña un sensor de temperatura compacto utilizando un proceso BiCMOS SiGe de 0.13 μm utilizando una topología CMOS. Según los resultados de las simulaciones posteriores al layout, el sensor de temperatura logra un coeficiente de temperatura de $-2.05 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ en el rango de 0°C a 100°C con una inexactitud mejor que $\pm 3^\circ\text{C}$. El sensor tiene un consumo de energía por debajo de $85 \mu\text{A}$ con una fuente de alimentación de CC de 1.2 V en el peor caso. Presenta una huella de chip muy baja, con un tamaño total de solo $31 \times 14 \mu\text{m}^2$. Se utilizan dos capacitancias de compensación con un tamaño de $10 \times 10 \mu\text{m}^2$, estos dos elementos pueden ser suprimidos cuando el sensor se integra en un sistema real, lo que resulta en un área efectiva de solo $9 \times 12 \mu\text{m}^2$ para el núcleo del sensor.

Objetivos

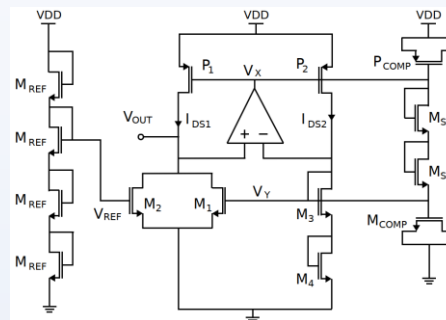
El objetivo técnico de este proyecto se centra en el estudio de un sensor de temperatura integrado para la monitorización térmica en chip con el objetivo de desarrollar el sensor desde el esquemático hasta el layout para la fabricación y su medición:

01. Obtención del diseño completo del esquemático y layout de un sensor de temperatura integrado para la monitorización térmica en chip.
02. Asegurar el correcto funcionamiento del sensor en el rango de -55°C a 125°C .
03. Desarrollar el sensor utilizando el kit de diseño SG13S y obtener una solución exclusivamente CMOS.

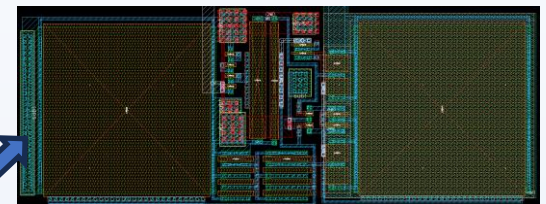
Metodología

Para cubrir estos objetivos, el diseño del circuito implica algunas tareas fundamentales:

1. Revisión del estado del arte: antes del desarrollo del sensor, se necesita un estudio de las posibilidades disponibles para decidir la topología del circuito
2. Diseño esquemático: esta etapa comienza con algunas pruebas de concepto (POC) que permiten al diseñador verificar la funcionalidad básica del circuito
3. Diseño de Layout: formado por diferentes formas geométricas que definen las máscaras de fabricación
4. Extracción de parásitas y Simulaciones post-layout.
5. Estudio estadístico: se verifica que el sensor cumple las especificaciones para todas las muestras y corners del proceso de fabricación



Topología del sensor completo



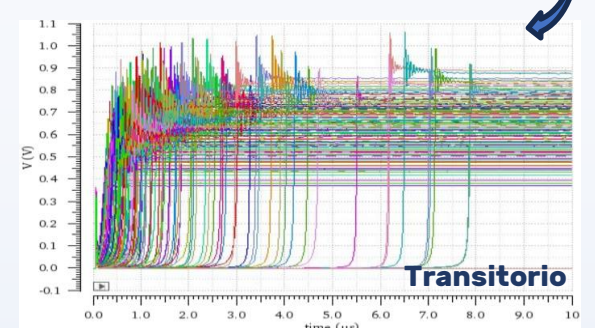
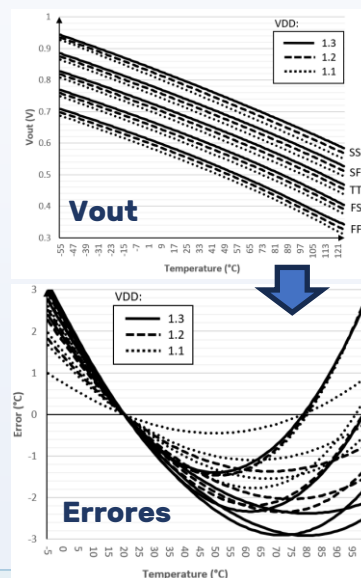
Layout básico



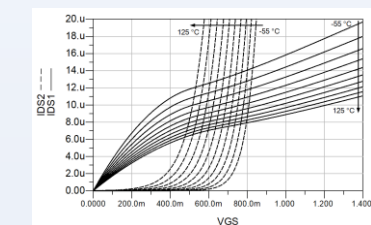
Layout final del sensor

Resultados

El sensor se caracteriza por una sensibilidad a la temperatura de $-2.05 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ con un consumo de energía por debajo de $85 \mu\text{A}$ desde una fuente de alimentación de CC de 1.2 V. Los errores resultantes después del ajuste lineal de la respuesta del sensor se muestran en la Figura 6, mostrando una inexactitud de $\pm 3^\circ\text{C}$ de 0°C a 100°C . Esta situación se debe principalmente a una curvatura en la dependencia voltaje-temperatura. Mediante técnicas de corrección de curvatura, esta inexactitud podría compensarse. La respuesta transitoria del sensor para varias condiciones de suministro y esquinas de 0°C a 100°C en pasos de 20°C se muestra en la Figura 7, mostrando que la ondulación producida por un paso en el voltaje de suministro desde tierra hasta 1.2 V es efectivamente suprimida por el circuito



Transitorio



Puntos de polarización en DC

Conclusiones

El sensor está diseñado en un proceso de BiCMOS SiGe de 0,13 μm de IHP, utilizando exclusivamente transistores MOS. Basado en simulaciones posteriores al layout, el sensor de temperatura logra un coeficiente térmico de $-2,05 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ en el rango de 0 a 100°C con un error mejorado de $\pm 3^\circ\text{C}$. El sensor consume $85 \mu\text{A}$ de una fuente de 1,2 V en el peor de los casos, con un área total de $31 \times 14 \mu\text{m}^2$. Se necesitan dos condensadores de compensación de $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ para la medición autónoma del sensor, aunque pueden ser eliminados si el sensor se integra en un sistema real. En este caso, el sensor ocuparía un área de solo $9 \times 12 \mu\text{m}^2$. Se ha presentado el proceso de diseño, comenzando desde el estudio del estado del arte, la prueba de concepto y los diseños iniciales, el diseño del núcleo del sensor y los diversos elementos involucrados, y finalmente, el diseño del sensor a nivel de layout.

Referencias

M. Sasaki, M. Ikeda, and K. Asada, "A Temperature Sensor With an Inaccuracy of $-1/+0.8 \text{ }^\circ\text{C}$ Using 90-nm 1-V CMOS for Online Thermal Monitoring of VLSI Circuits," IEEE Trans. Semicond. Manuf., vol. 21, no. 2, pp. 201–208, May 2008, doi: 10.1109/TSM.2008.2000424.