

## 링 오실레이터를 가진 CMOS 온도 센서

김찬경<sup>1,2</sup>, 이재구<sup>1</sup>, 공배선<sup>1</sup>, 전영현<sup>2</sup>  
성균관대학교 정보통신공학부 전자전기공학과

### CMOS Temperature Sensor with Ring Oscillator for Mobile DRAM Self-refresh Control

Chan-kyung Kim<sup>1,2</sup>, Jae-Goo Lee<sup>1</sup>, Bai-Sun Kong<sup>1</sup>, Young-Hyun Jun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

<sup>2</sup>DRAM Design, Memory Division, Samsung Electronics

E-mail : cckim7@skku.edu

#### Abstract

This paper proposes a novel low-cost CMOS temperature sensor for controlling the self-refresh period of a mobile DRAM. In this temperature sensor, ring oscillators composed of cascaded inverter stages are used to obtain the temperature of the chip. This method is highly area-efficient, simple and easy for IC implementation as compared to traditional temperature sensors based on analog bandgap reference circuits. The proposed CMOS temperature sensor was fabricated with 80 nm 3-metal DRAM process. It occupies a silicon area of only about less than 0.02 mm<sup>2</sup> at 10°C resolution with under 5uW power consumption at 1 sample/s processing rate. This area is about 33% of conventional temperature sensor in mobile DRAM.

#### I. 서론

CMOS 칩의 동작 온도는 전체 칩의 전류 소모와 동작 속도, 성능 등에 영향을 미치는 중요한 요소 중의 하나이다. 최근 모바일 제품의 저전력에 대한 요구가 높아지면서, 칩 내부 동작 온도를 측정하고, 이를 바탕으로 칩의 전류 소모를 조절하는 기능이 사용되고 있다. 예를 들어, 저전력 모바일 DRAM의 경우 온도 센서를 함께 구현하여 DRAM의 self refresh 주기를 온도에 따라서 적당한 값으로 바꾸어 전류 소모를 줄이는 방법 등이 사용되고 있다. 기존의 칩 동작 온도를 측정

하기 위해서는 NPN 또는 PNP 다이오드와 bandgap 기준 전압 회로를 이용하는 방법이 사용되어 왔다. 그러나, 이는 과도한 칩 면적, 기준 전압의 정확도 등의 단점이 있다. 본 논문에서는 이러한 아날로그 bandgap 기준 전압 회로를 사용하지 않고, 온도에 따라서 선형적인 특성을 나타내는 전류 조절형 링 오실레이터 및 온도에 무관한 거의 일정한 특성을 나타내는 링 오실레이터의 주기를 이용하여 칩의 온도를 측정하는 방법을 제안하고자 한다.

#### II. 본론

본 논문에서 제안하는 새로운 온도 센서의 전체적인 블록도는 그림 1에 나타나 있다. 그림에서 보는 바와 같이 제안된 온도 센서는 온도에 따라 선형적인 주기를 갖는 전류 조절형 링 오실레이터와 이 오실레이터에 바이어스(bias) 전류를 공급하는 바이어스 전류 발생기, 펄스 폭을 확대하기 위한 2분주기, 주기적인 링 오실레이터 신호에서 한 주기 신호만을 얻기 위한 펄스 발생기와 온도에 무관한 주기를 갖는 링 오실레이터로 구성되어 있다. 본 논문에서 제안하는 온도 센서에 사용된 링 오실레이터 바이어스 전류 발생 회로는 그림 2에 나타나 있다. 그림 2(a)의 바이어스 전류 발생기에서 온도가 올라가면 plate ploy로 이루어진 저항 RS 값이 올라가게 되고, Ilinear 전류는 줄어들게 되어서, 이 줄어

든 전류가 전류 거울(current mirror)을 통해서 모든 링 오실레이터의 인버터 단을 구동하게 됨으로써, 링 오실레이터의 주기가 늘어나게 된다. 그림 2(b)의 바이어스 전류 발생기는 링 오실레이터에 온도에 무관한 일정한 전류를 공급함으로써, 일정한 주기를 가진 링 오실레이터를 동작시킨다. 제안하는 온도 센서는 외부에서 측정을 시작하는 start 신호를 기준으로 온도에 따라 선형적인 펄스 폭을 만들어내고, 이 펄스 폭이 유지되는 동안 온도에 무관한 일정한 주기를 가진 링 오실레이터의 주기 신호로 디지털 카운터를 동작시킴으로써 칩의 동작 온도를 디지털 코드 값으로 변환하게 된다.

### III. 구현

제안하는 온도 센서의 성능은 온도에 따라 선형적인 펄스 폭을 만들어 내는 전류 조절형 링 오실레이터 주기의 선형성과 온도에 무관하게 일정한 주기를 만들어 내는 링 오실레이터의 특성에 달려 있다. 이 두 특성은 이 두 개의 링 오실레이터에 전류를 공급하는 바이어스 전류 발생기의 특성으로 결정된다. 삼성전자 80nm 3-metal DRAM 공정으로 HSPICE 모의실험 결과, 35 단의 인버터 단으로 이루어진 온도에 선형적인 전류 조절형 링 오실레이터의 주기는 0°C~100°C 의 온도 변화에 2.09  $\mu$ s 정도의 펄스 폭 변화를 보였다. 온도에 일정한 시간 지연을 가진 링 오실레이터 주기의 변화는 1%내외로 10-bit 카운터의 카운팅을 2 회 진행하는 2048 번 동안 0°C ~100°C 의 온도 변화에 약 0.406 ns 내외의 변화를 가졌다. 그림 3 은 실제 측정된 온도 센서의 결과를 나타내었다. 4 개 칩의 측정 결과 10°C 해상도를 가진 온도 선형성을 확보할 수 있었다.

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 기존의 bandgap 기준 전압 회로에 기초한 온도 센서가 아닌 인버터로 구성된 링 오실레이터의 주기가 바이어스 전류에 따라 온도에 linear 한 특성을 이용하여 온도 센서를 구현한 방법을 제시하였다. 이는 아날로그 bandgap 회로를 사용하는 것보다 훨씬 간단하고, 작은 면적에 구현하기 쉬운 장점이 있다. 향후 측정 온도 값의 보정을 위한 장치를 구비하면 모바일 DRAM 의 self refresh 주기 조절을 위한 온도 센서로 사용될 수 있다.

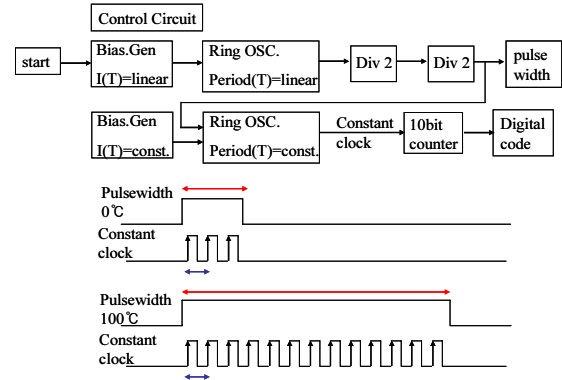


그림 1 제안하는 온도 센서의 블록도

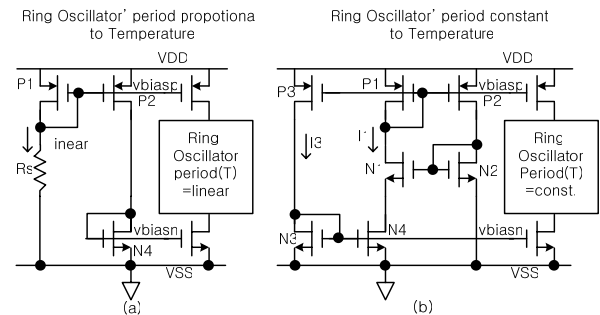


그림 2 링 오실레이터 바이어스 전류 발생 회로

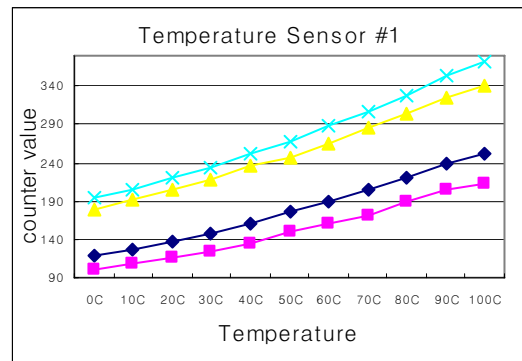


그림 3 제안하는 온도 센서의 측정 결과

### 참고문헌

[1] Jae-Yoon Sim, et al., "Double Boosting Pump, Hybrid Current Sensor Amplifier, and Binary Weighted Temperature Sensor Adjustment Schemes for 1.8V 128Mb Mobile DRAMs," 2002 Symposium on VLSI Circuits Digest of Technical Papers, 2002.

[2] Henri J. Oguey and Daniel Aebischer, "CMOS Current Reference Without Resistance", IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 32, no. 7, pp. 1132-11135, July 1997.