

온도 특성을 제어하기 위한 링 발진기 회로

최진호

부산외국어대학교

Ring Oscillator Circuit for Controlling Temperature Characteristics

Jin Ho Choi

Busan University of Foreign Studies

E-mail : jhchoi@bufs.ac.kr

요 약

본 논문에서는 온도 변화에 따라 출력특성을 제어할 수 있는 링 발진기 회로를 살펴보고자 한다. 제어 가능한 온도특성을 가지는 링 발진기는 온도 측정이 필요한 다양한 시스템에서 응용될 수 있다. 이러한 링 발진기는 온도에 따라 바이어스 전류를 제어할 수 있는 전류원과 NOT 게이트를 이용하여 구성하였다.

ABSTRACT

In this paper, a ring oscillator circuit having controllable output characteristics with temperature is introduced. The ring oscillator can be used in the various system to require temperature measurement. The ring oscillator is comprised of a current source and a number of NOT gates and the bias current of the current source is controlled with temperature.

키워드

링 발진기, 온도 특성, 자기바이어스, 바이어스 전류

1. 서 론

온도변화에 따라 제어 가능한 출력주파수를 가지는 발진기는 온도 신호를 사용하는 다양한 시스템에서 응용될 수 있다. 예를 들어 그림 1과 같이 주파수 변조를 이용하는 온도센서의 경우 온도 변화에 따라 선형적으로 주파수가 변화하는 발진기와 동작온도에 무관한 발진기가 사용되어진다. 이처럼 시스템의 구성 및 용도에 따라 온도특성을 제어할 수 있는 발진기는 필수적으로 요구되어진다. 본 논문에서는 온도변화에 따라 주파수를 제어 할 수 있는 링 발진기를 설계하고, 온도에 따른 특성을 살펴보고자 한다. 일반적인 링 발진기는 온도가 증가하면 구동전류가 감소하여 충·방전 시간이 증가하고 이로 인해 동작속도는 느려진다. 그리고 온도가 감소하면 구동전류가 증가하여 충·방전 시간이 짧아지고 이로 인해 동작속도는 빨라진다. 그러므로 동작온도에 따라 원하는 링 발진기의 출력 특성을 얻기 위해서는 링 발진기의 구동전류를 온도에 따라 변화시키면 된

다, 이를 위해 전류원에 의해 구동되도록 링 발진기를 구성하고, 전류원의 크기는 온도에 따라 제어 가능하도록 구성하였다. 그리고 설계되어진 회로는 HSPICE 시뮬레이션을 통하여 회로의 동작을 살펴보았다.

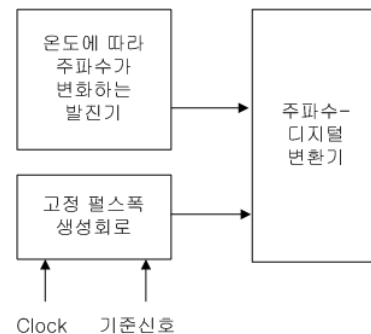


그림 1. 주파수변조를 이용하는 온도센서

II. 본 론

NOT 게이트를 연결하여 구성된 링 발진기의 경우 동작온도가 증가하면 NOT 게이트의 PMOS와 NMOS를 통하여 흐르는 전류가 감소하고, 이로 인해 링 발진기의 동작속도는 느려진다. 반대로 동작온도가 감소하면 PMOS와 NMOS의 구동전류가 증가하여 링 발진기의 동작속도는 빨라진다.

그림 2는 온도변화에 따라 출력특성을 제어하기 위한 전류원에 의해 구동되는 링 발진기 회로이다. 링 발진기 회로에서 트랜지스터 MP1, MN1, MN2에 흐르는 전류는 I_{CC} 이다. 그러므로 인버터로 구성된 링 발진기의 출력이 high 및 low로 변화할 때 흐르는 전류의 크기는 I_{CC} 이다. 즉, 링 발진기의 주기 T 는 $C\Delta V/I_{CC}$ 로서 C 는 인버터의 출력단에 연결된 커패시터 성분이며, ΔV 는 high와 low 전압 값의 차이이다. 여기서 I_{CC} 의 크기가 크면 충·방전 시간이 짧아지고 I_{CC} 의 크기가 작으면 충·방전 시간은 길어질 것이다.

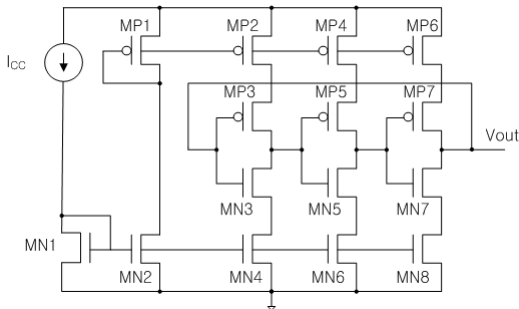


그림 2. 링 발진기 회로

그림 3은 그림 2의 회로에서 일정한 I_{CC} 전류원을 사용하여 온도 변화에 따른 링 발진기의 출력특성을 시뮬레이션한 것이다. 시뮬레이션 결과로부터 I_{CC} 가 증가하면 링 발진기의 충·방전 시간이 짧아져 주기는 짧아지고, I_{CC} 가 감소하면 링 발진기의 주기는 길어짐을 알 수 있다. 그리고 I_{CC} 가 일정할 때 회로의 동작온도가 증가하면 주기는 길어지고, 회로의 동작온도가 감소하면 주기는 감소함을 알 수 있다.

그림 3으로부터 회로가 동작해야 할 온도 영역이 주어지면, 원하는 온도 영역에서 원하는 온도 변화를 얻기 위해 온도에 따른 바이어스 전류의 변화를 구할 수 있다. 예를 들어 -30°C 에서 90°C 까지 온도가 변화할 때 주기가 15nsec.이고 동작온도에 무관한 링 발진기를 설계하고자 한다. 이러한 조건을 그림 3에 표시하면 온도에 따른 특성은 점선과 같다. 즉, 그림 3으로부터 주기가 15nsec.인 동작온도에 무관한 링 발진기를 설계하기 위해서는 온도가 -30°C 일 때 I_{CC} 는 약 $0.92\mu\text{A}$ 이어야 하며, 90°C 일 때는 $2\mu\text{A}$ 가 되어야 한다.

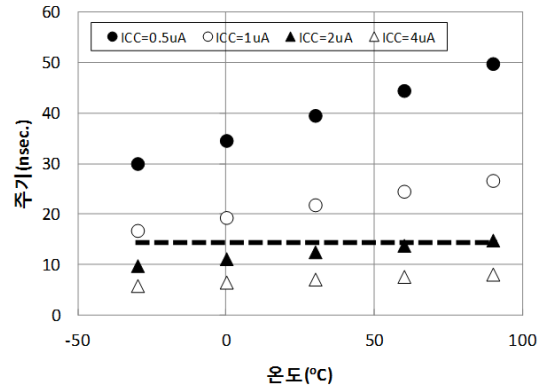


그림 3. I_{CC} 값이 변화할 때 온도에 따른 링 발진기의 출력 특성

회로의 온도 변화에 따라 바이어스 전류를 제어하기 위해 자기바이어스 회로를 사용하였다[1]. 자기바이어스 회로에서 모든 트랜지스터의 채널 길이가 동일하다고 가정하면 바이어스 전류 I_{CC} 는 식 (1)과 같다[1].

$$I_{CC} \propto \frac{V_T}{R1} \times \ln\left(\frac{W_{P1} W_{M2}}{W_{P2} W_{M1}}\right) \quad (1)$$

여기서 V_T 는 열전압이다. 식 (1)에서 V_T 는 온도에 따라 증가하는 항이므로 저항 $R1$ 과 트랜지스터의 채널 폭을 조절하면 온도 변화에 따라 원하는 기울기를 가지는 전류원을 구성할 수 있다.

III. 결 론

본 논문에서는 원하는 온도특성을 가지는 링발진기를 설계하기 위한 방법을 살펴하였다. 이러한 설계방법은 온도에 무관한 특성 뿐 아니라 온도에 따라 일정한 특성의 변화를 원할 경우에도 적용 가능할 것이다. 그리고 발진기의 이러한 특성은 온도분석 시스템이나 온도 측정을 통하여 결과의 보정이 필요한 시스템 등에 응용 가능할 것이다.

참고문헌

- [1] Shi-Wen Chen, Ming-Hung Chang, Wei-Chih Hsieh and Wei Hwang, "Fully On-Chip Temperature, Process, and Voltage Sensors," in *Proceedings of International Symposium on Circuits and Systems*, pp.2617-2620, 2013.