

CMOS 공정을 이용하는 동작온도에 무관한 펄스폭 변조회로 설계

김 도우, 최 진호*

한국폴리텍여자대학, *부산외국어대학교

Design of Temperature Stable Pulse Width Modulation Circuit Using CMOS Process Technology

Do-Woo Kim, *Jin-HO Choi

Korea Women's Polytechnic College, *Pusan Univ. of Foreign Studies

Abstract : In this work, a temperature stable PWM(pulse width modulation) circuit is proposed. The designed PWM circuit has a temperature dependent current source and a temperature independent voltage to compensate electrical characteristics with operating temperature. The variation of driving current is from about 4% to -6% in the temperature range 0°C to 70°C compared to the current at the room temperature. The variation of bandgap voltage reference is from about 1.3% to -0.2% with temperature when the supply voltage is 3.3 volts. From simulation results, the variation of output pulse width is less than from 0.86% to -0.38% in the temperature range 0°C to 70°C.

Key Words : PWM, bandgap voltage reference, temperature

1. 서 론

PWM(Pulse Width Modulation) 회로는 입력 신호의 진폭 정보를 펄스폭으로 정보 변환하는 회로이다[1]. PWM 신호는 계측과 통신 등의 분야에서 전력제어와 변환 등 광범위한 영역에서 사용되고 있다[2, 3]. 그러나 시스템의 온도가 변화하면 동일한 입력신호에 대해서 출력 펄스폭이 변화하게 되어 정확한 제어를 할 수 없는 문제점이 있다. 본 논문에서는 회로의 동작온도가 변화하더라도 입력신호에 대한 일정한 출력 신호를 발생시키는 동작온도에 무관한 PWM 제어기를 제안하고자 한다.

2. PWM 회로

그림 1은 PWM 제어기의 개략도이다. 회로의 동작온도 변화에 무관한 PWM 제어기를 설계하기 위해 먼저, 동작 온도에 따라 원하는 기울기로 변화하는 기준전압 회로를 구성하고 이를 이용하여 동작온도에 따라 변화하는 전류원을 구성한다. 이 전류원은 삼각파 발생기의 커패시터를 충전·방전하는 전류원이다. 즉, 회로의 동작온도에 따라 전류원의 크기를 조절하여 동작 온도에 무관한 특성을 가지는 삼각파 발생기를 구성한다. 이렇게 구성된 삼각파 발생기의 출력은 입력 신호와 비교하여 PWM 신호를 출력한다.

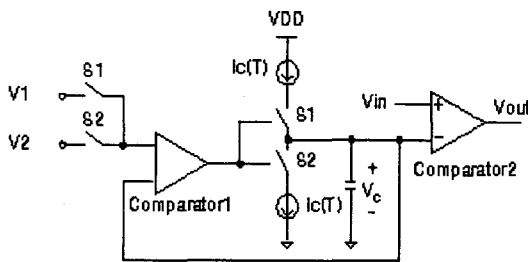


그림 1. PWM 제어기의 개략도

입력 신호와 삼각파를 비교하는 비교기는 동작온도에 따라 특성의 변화가 없도록 동작온도에 무관한 전압원을 이용하여 구성한다.

그림 2는 밴드갭 기준전압회로이다. 그림 2에서 사용된 바이폴라 트랜지스터의 경우 CMOS 공정에서 well 공정을 이용한 수직형 바이폴라 트랜지스터로 구성하면 되므로 CMOS 공정에서 추가 공정 없이 제작할 수 있다. 그림 2에서 V_{BG1} 과 V_{BG2} 는 수식 (1)과 같이 표현된다[4].

$$V_{BG1} = V_{DD} - V_{BE} - (R2/R1)(2V_T \ln n) \quad (1)$$

$$V_{BG2} = V_{DD} - V_{BE} - (R3/R1)(2V_T \ln n) \quad (2)$$

수식 (1)과 수식 (2)에서 V_{DD} 는 공급 전압이다. 수식 (1)과 (2)에서 보면, V_{BE} 는 온도가 증가하면 감소하는 항이고, V_T 는 온도의 증가에 따라 증가하는 항이다. 그러므로 수식 (1)에서 V_{BG1} 의 경우 저항 $R1$ 과 $R2$ 그리고 n 을 조절하면 동작온도에 따라 원하는 기울기로 변화하는 기준 전압을 얻을 수 있다. 그리고 수식 (2)으로부터 저항 $R1$ 과 $R3$ 그리고 n 을 조절하면 동작온도에 무관한 기준 전압을 얻을 수 있다.

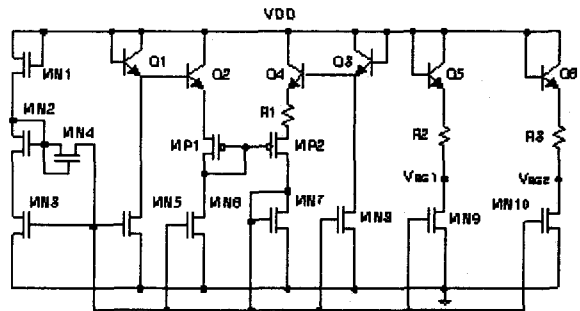


그림 2. 밴드갭 기준전압 회로

설계되어진 회로는 3.3V 공급전압을 사용하였고, MOS는 P-well 공정의 0.25 μ m MOSIS사의 모델 파라미터를 사용하였다. 그리고 회로의 시뮬레이션은 HSPICE를 사용하였다[5]. 회로 시뮬레이션 시 사용되어진 기준전압 V1과 V2는 각각 1.1volt와 2.5volt이며, 삼각파의 주파수는 약 1MHz이다. 그림 3은 상온에서 시간에 따른 Vc의 전압파형, 입력신호 그리고 PWM 제어기의 출력 Vout이다. 입력전압이 변화함에 따라 PWM 제어기의 출력신호에서 펄스폭이 변화하는 것을 알 수 있다.

그림 4는 그림 2의 회로에서 회로의 동작 온도가 변화할 때 25 $^{\circ}$ C를 기준으로 V_{BG1}과 V_{BG2}의 변화량을 나타낸 것이다. V_{BG2}의 경우 온도의 변화에 따라 변화량이 최소화 되도록 설계하였으며, V_{BG1}의 경우 온도변화에 따라 V_C의 출력 특성을 고려하여 변화하도록 설계하였다. 회로의 동작온도가 0 $^{\circ}$ C에서 70 $^{\circ}$ C까지 변화할 때 V_{BG1}은 상온에 비하여 온도에 따라 약 3.5%에서 -5.9% 정도 변화하며, V_{BG2}의 변화는 -0.2%에서 1.3% 정도 변화하였다.

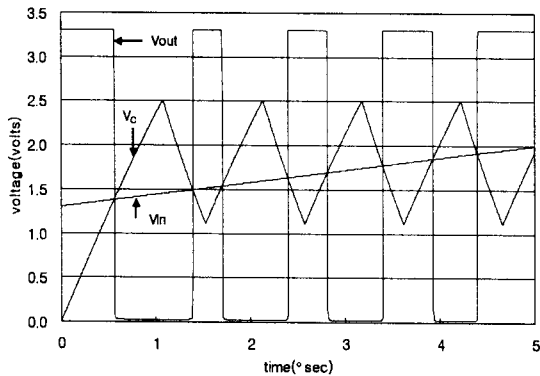


그림 3. 상온에서의 PWM 제어기 출력 특성

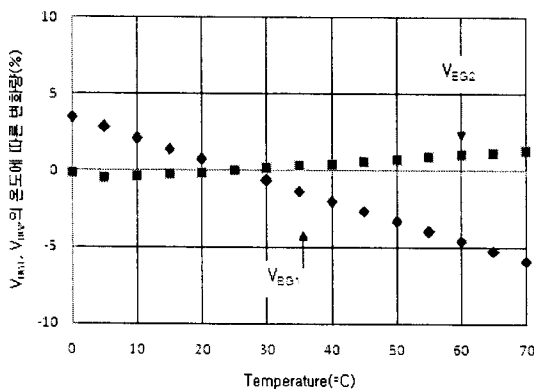


그림 4. 온도 변화에 따른 V_{BG1}, V_{BG2}의 변화량

그림 5는 펄스 폭 변화를 시뮬레이션 한 것이다. 상온에서의 PWM 펄스폭에 대한 온도 변화에 따른 펄스폭의 변화는 수식 (3)에 따라 계산하였다. 출력 주파수 및 출력 펄스폭의 변화량은 회로의 동작온도가 0 $^{\circ}$ C에서 70 $^{\circ}$ C까지 변화할 때 +0.86%에서 -0.38% 정도였다.

$$W_{error} [\%] = \frac{W_{25^{\circ}C} - W_{temp}}{W_{25^{\circ}C}} \times 100 \quad (3)$$

수식 (3)에서 W는 펄스폭이다.

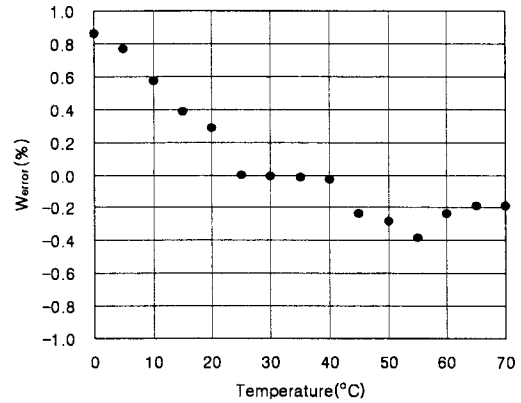


그림 5. 온도 변화에 따른 Werror

3. 결 론

본 논문에서는 계측과 통신 등의 분야에서 널리 사용되어지는 펄스폭변조회로를 설계하였다. 설계된 펄스폭변조회로의 경우 시스템의 동작온도가 변화하더라도 온도변화에 안정된 특성을 얻을 수 있도록 설계하였다. 이를 위하여 동작온도에 따라 원하는 기율기로 변화하는 전류원과 동작온도에 무관한 기준전압을 구성하였다. 회로의 시뮬레이션 결과 회로의 동작온도가 0 $^{\circ}$ C에서 70 $^{\circ}$ C까지 변화할 때 출력 주파수의 변화 및 출력 펄스폭의 변화는 상온에 비하여 1%이내로서 온도 변화에 매우 안정된 특성을 보여주었다.

참고문헌

- [1] Sidney Soclof, "Applications of analog integrated circuit," Printice-Hall, 1985.
- [2] 전응련, 전홍우, 송성해, 정금섭, "펄스폭변조 기법을 이용한 신경망회로 설계," 한국해양정보통신학회, 제6권 1호, pp.14-24, 2002.
- [3] 권윤중, 이성창, "PWM 전압제어로 생체에 필요한 알칼리 이온수의 농도(ph) 변화에 관한 연구," 전자공학회지-SC, 제41권 6호, pp. 37-42, 2004.
- [4] 최진호, "BiCMOS를 이용한 온도센서 시스템의 설계," 대한전기학회지, 제52C권 8호, pp. 330-334, 2003.
- [5] SPICE user's manual