

기준저항 보상회로를 이용한 비냉각형 볼로미터 검출회로의 설계에 관한 연구

A Study on the Design of a ROIC for Uncooled Bolometer Thermal Image Sensor using Reference Resistor Compensation

유승우¹, 광상현¹, 정은식¹, 성만영^{1,a}
(Seung Woo Yu¹, Sang-Hyeon Kwak¹, Eun Sik Jung¹, and Man Young Sung^{1,a})

Abstract

As infrared light radiates, the CMOS Readout IC (ROIC) for the microbolometer typed infrared sensor detects voltage or current which is caused by the variation of resistance in the bolometer sensor. A serious problem we may have in designing the ROIC is the value of bolometer and reference resistors will be changed due to process variation. Since each pixel does not have the same value of resistance, fixed pattern noise problems happen during the sensor operations. In this paper, we propose a novel technique to compensate the fluctuation of reference resistance with taking account of process variation. By using a comparator and a cross coupled latch, we will make the value of reference resistor same as the bolometer's.

Key Words : ROIC, Uncooled microbolometer, Focal plane array, Fixed pattern noise

1. 서론

적외선 영상 시스템에 활용되는 볼로미터형 열 영상 센서는 제작이 용이하고, 냉각형 적외선 센서와는 달리 센서의 냉각장치가 별도로 필요하지 않아서 가격이 저렴하다는 장점 때문에 민간 및 산업용으로 많이 활용되고 있다. 그러나 microelectromechanical systems (MEMS) 공정으로 제작하는 볼로미터는 사이즈를 크게 제작하는데 이는 볼로미터의 적외선 열에너지에 대한 검출능력을 향상시키고 정확한 저항값을 획득하기 위함이다. 그러므로 볼로미터의 저항이 커져 입력신호를 얻기 위해 비교되는 기준저항도 크게 설계된다. 보통 CMOS 공정에서 제작되는 기준저항은 설계값의 10~20 % 공정오차를 가지게 되며 이는 볼로미터

가 적외선 열에너지를 검출하는데 있어 입력신호의 왜곡으로 큰 고정패턴잡음을 발생시킨다. 적외선 열영상 센서 및 검출회로 관련 연구에서는 이러한 고정패턴잡음에 의한 신호 왜곡을 줄이고 기준저항의 변화를 보상하기 위한 연구가 매우 활발히 진행되고 있다[1-3].

본 논문에선 위에서 설명한 기준저항 변화를 검출회로 차원에서 보상하는 방법에 대하여 연구하였다.

2. 기준저항 보상회로를 활용한 검출회로

그림 1은 본 논문에서 제안하는 기준저항 보상회로로서 검출회로의 검출 능력을 향상시키고 센서를 구성하는 기준저항과 볼로미터 셀에서의 고정패턴잡음을 효과적으로 감소시키기 위한 회로이다. 1 MΩ으로 제작된 볼로미터 저항과 기준 저항의 저항값을 똑같이 맞추기 위해 저항 16개가 기준저항에 추가적으로 연결되므로 기준저항은 공정오차를 고려하여 800 KΩ으로 설계하였으며 추가

1. 고려대학교 전기공학과
(서울시 성북구 안암동 5가 1)
a. Corresponding Author : semicad@korea.ac.kr
접수일자 : 2008. 11. 10
1차 심사 : 2009. 1. 12
심사완료 : 2009. 1. 20

적으로 연결되는 저항은 기준저항 800 KΩ의 공정 오차를 고려한 최소 저항값이 640 KΩ이므로 보상 저항 16개의 합이 400 KΩ이 되게 구성하였다. 10 단위를 구성하기 위해 5, 3, 1, 1의 숫자 조합을 통하여 1부터 10까지의 모든 수의 조합이 가능하게 보상 저항을 표 1과 같이 설계 하였다.

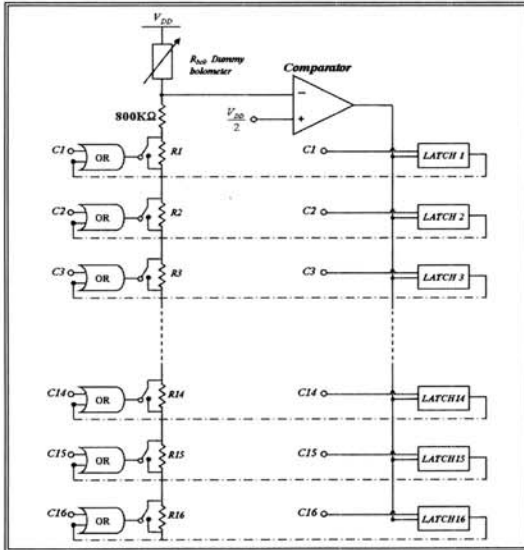


그림 1. 기준저항 보상회로.

Fig. 1. Reference resistor compensation circuit.

표 1. 기준저항에 보상되는 저항.

Table 1. Compensated resistor for reference resistor.

보상 저항	볼로미터 저항(Ω)	보상 저항	볼로미터 저항(Ω)
R1	200K	R9	1K
R2	100K	R10	1K
R3	50K	R11	500
R4	30K	R12	300
R5	10K	R13	100
R6	10K	R14	100
R7	5K	R15	50
R8	3K	R16	50

C1~C16 클럭은 디코더에서 나온 신호로 보상 저항 R1에서 R16을 순차적으로 기준저항에 연결시키며 1 MΩ으로 기준저항을 맞춘다. 볼로미터 저항과 기준 저항의 저항값이 같을 때 전압분배법칙에 의해 동작전압의 1/2이 기준전압이 되므로 비교기에서는 기준전압 1.65 V와 비교를 통해 기준 저항을 보상한다. 보상저항을 연결했을 때 비교기로 입력되는 전압이 1.65 V 이상이면 전압 분배법칙으로 기준저항 800 KΩ과 보상저항의 합이 1 MΩ을 넘은 것이므로 그때의 보상저항은 필요 없게 된다. 이를 저항 번호에 일치하는 래치에 0 값을 저장하고 기준저항 800 KΩ과 보상저항의 합이 1 MΩ을 넘지 않았을 때는 보상저항이 필요한 경우이므로 역시 저항 번호에 일치하는 래치에 1 값을 저장한다. 래치에 1의 값이 저장되면 이는 그때의 보상저항이 필요하므로 신호를 다시 귀환시켜 그때의 보상저항이 항상 연결되게 만들어준다. 이를 R1에서 R16까지 순차적으로 반복하여 각 래치에 셀들에 필요한 보상저항을 기억시킨다.

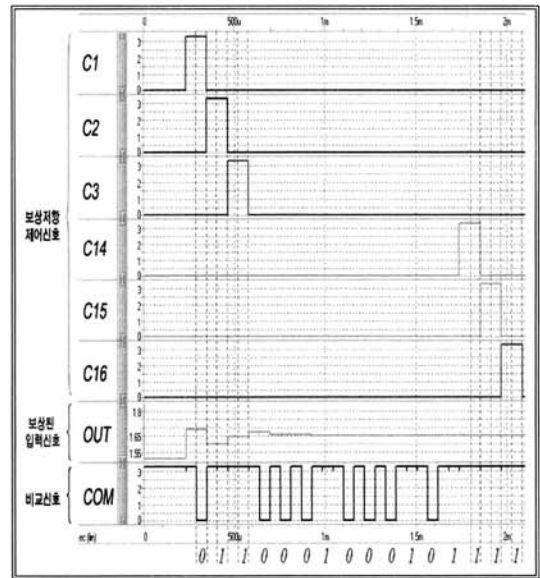


그림 2. 기준저항 보상회로 시뮬레이션 결과 값.

Fig. 2. Simulation results of compensation circuit.

그림 2는 기준저항 800 KΩ이 공정의 오차로 844 KΩ으로 제작되었다고 가정했을 때 시뮬레이션 결과이다. 보상 저항 제어신호 C1이 high일 때 비교기는 공정오차로 인한 기준저항 840 KΩ과 첫

번째 보상저항 R1(200 K Ω)의 합에서 생긴 입력전압과 기준전압 1.65 V를 비교한다. 기준저항 840 K Ω 과 첫 번째 보상저항 R1의 합이 1 M Ω 이상이므로 입력전압은 3.3 V 동작전압에서 볼로미터 저항 1 M Ω 과의 전압분배법칙으로 1.65 V 이상임을 알 수 있다. 이는 첫 번째 보상저항 R1이 필요 없는 것을 알 수 있으며 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 첫 번째 비교신호에서는 0이 나온다. 이를 첫 번째 메모리 셀인 래치 1에 0 값을 저장하며 이 값을 기준저항과 보상저항 R1을 연결해주는 스위치에 귀한 시켜 이후 항상 R1은 꺼진 상태로 유지된다. 보상저항 제어신호 C2가 high일 때는 기준저항 840 K Ω 과 두 번째 보상저항 100 K Ω 의 합이 940 K Ω 이므로 입력전압이 기준전압 1.65 V 보다 낮아 비교기에서는 1을 출력한다. 이는 두 번째 보상저항이 필요함을 나타내므로 이를 두 번째 셀인 래치 2에 1의 값을 저장하고 기준저항과 보상저항 R2를 연결해주는 스위치에 귀한 시켜 보상저항 R2를 항상 켜진 상태로 유지된다. R1에서 R16을 위와 같이 순차적으로 반복하면 그림 3에서와 같이 비교값은 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1로 나온다. 이를 필요한 저항으로 변환하면, 100 K Ω , 50 K Ω , 5 K Ω , 500 Ω , 100 Ω , 100 Ω , 50 Ω , 50 Ω 으로 155.8 K Ω 이 기준저항에 보상된다.

3. Full Chip 설계 및 특성 분석

16X16 볼로미터 센서의 중앙에서 가장자리로 갈수록 적외선 에너지를 약하게 받는 상황에서 각각의 기준저항에 10~20 % 공정오차가 있다고 가정하였다. 기준저항의 공정상 오차가 없다고 가정하여 시뮬레이션 결과를 그림 3(a)에 나타내었으며 기준저항의 오차가 20 % 이내로 발생했을 경우 시뮬레이션 결과를 그림 3(b)에 나타내었다. 출력 파형에서 볼 수 있듯이 제안한 검출회로는 fixed pattern noise (FPN)에 의한 왜곡 현상을 보상해주며 입사된 적외선 양에 비례하여 중앙부터 가장자리까지 출력값의 차이를 나타내 주는 것을 볼 수 있다.

기존 검출회로에서는 고정패턴잡음의 영향이 결과 출력 신호에 그대로 반영되어 신호의 왜곡이 심하게 발생하지만 본 논문에서 제안한 검출회로에서는 왜곡이 거의 발생하지 않는다[4]. 이는 그림 4에서 확인 할 수 있듯이 초기 왜곡돼있던 입력신호 값을 기준저항 보상회로를 통해 기준저항을 500 K Ω 로 보정시킴으로써 온전히 볼로미터 저항의 변화값만 검출하여 이상적인 검출회로의 결과값과 같은 파형이 나오는 것을 확인 할 수 있다.

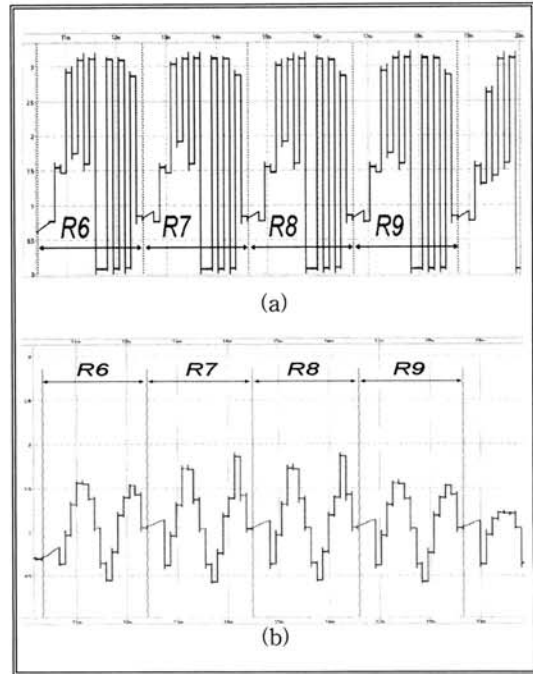


그림 3. 출력파형 비교 (a)기존 검출 회로, (b)제안한 검출회로.

Fig. 3. Comparison of output wave (a) Conventional circuit, (b)Proposed circuit.

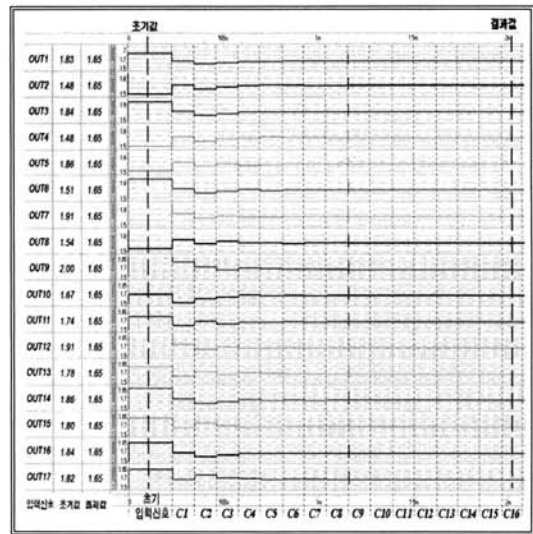


그림 4. 보상 입력신호 시뮬레이션 결과.

Fig. 4. Simulation result of compensated input signal.

4. 결 론

ROIC는 온도변화에 따라 저항이 변하는 볼로미터 감지 소자를 사용하여 적외선 입사 에너지를 검출하는 CMOS 검출회로이다. 검출회로에 사용되는 볼로미터 저항은 적외선 입사량에 따른 변화량이 미세하여 잡음의 영향을 크게 받는다. 본 논문에서는 검출회로 성능에 영향을 미치는 여러 잡음 중, 공정 변화에 의해 각 기준저항 셀의 저항 값이 일정하지 않아 발생하는 FPN의 보정 및 검출능력 향상 방안에 대하여 살펴보았다. 시뮬레이션을 통하여 FPN 보정효과를 확인 할 수 있었으며 영상 신호에 맞는 결과값을 얻을 수 있었다. 향후 추가적인 특성 향상을 위해서는 칩 자체의 온도 상승으로 인한 입력신호 왜곡을 보상회로를 적용함으로써 개선해야 할 것이다[5]. 또한 고해상도 영상 센서 적용을 위해서는 셀 배열의 크기를 늘려서 실제 영상으로 구현이 가능하도록 연구가 진행되어야 하며, 볼로미터와 검출회로를 하나의 완전한 시스템으로 구현하기 위해서 ADC 블록을 추가해야 한다.

감사의 글

본 연구는 고려대학교 특별연구비에 의해 수행되었고 IDEC MPW 칩제작 지원을 받았습니다.

참고 문헌

- [1] B. Fie'que, J. L. Tissot, C. Trouilleau, A. Crastes, and O. Legras, "Uncooled microbolometer detector: Recent developments at Ulis", *Infrared Physics & Technology*, Vol. 49, No. 3, p. 187, 2007.
- [2] S. J. Hwang, A. Shin, H. H. Shin, and M. Y. Sung, "A CMOS readout IC design for uncooled infrared bolometer image sensor application", *Proc. IEEE ISIE*, p. 2788, 2006.
- [3] H. H. Shin, S. J. Hwang, S. W. Yu, and M. Y. Sung, "A design of CMOS ROIC with reduced fixed pattern noise for infrared image sensor applications", *Proc. the KIEE Society of Electrophysics & Applications*, p. 16, 2006.
- [4] H. H. Shin, S. J. Hwang, E. S. Jung, S. W. Yu, and M. Y. Sung, "A readout IC design for the FPN reduction of the bolometer in an IR image sensor", *Trans. EEM*, Vol. 8, No. 5, p. 196, 2007.
- [5] S. G. Kang, D. H. Woo, and H. C. Lee, "Multiple integration method for a high signal-to-noise ratio readout integrated circuit", *IEEE Transactions on Circuits and Systems*, Vol. 52, No. 9, p. 553, 2005.