

기준저항 보상회로를 이용한 비냉각형 볼로미터 검출회로의 설계에 관한 연구

유승우, 곽상현, 정은식, 황상준, 성만영*

고려대학교 전기공학과 반도체 및 CAD 연구실 (*semicad@korea.ac.kr)

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

Seung Woo Yu, Sang-Hyeon Kwak, Eun Sik Jung, Sang Jun Hwang, Man Young Sung*

Semiconductor & CAD Lab., Department of Electrical Engineering, Korea Univ. (*semicad@korea.ac.kr)

Abstract : As infrared light is radiated, the CMOS Readout IC (ROIC) for the microbolometer type infrared sensor detects voltage or current when the resistance value in the bolometer sensor varies. One of the serious problems in designing the ROIC is that resistances in the bolometer and reference resistor have process variation. This means that each pixel does not have the same resistance, causing serious fixed pattern noise problems in sensor operations. In this paper, Reference resistor compensation technique was proposed. This technique is to compensate the reference resistance considering the process variation, and it has the same reference resistance value as a bolometer cell resistance by using a comparator and a cross coupled latch.

Key Words : ROIC, uncooled microbolometer, focal plane array, fixed pattern noise

1. 서론

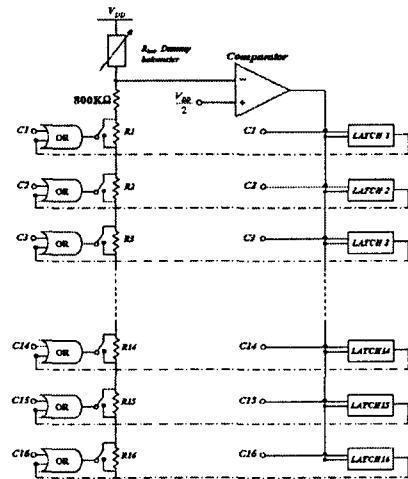
적외선 영상 시스템에 활용되는 볼로미터형 열영상 센서는 제작이 용이하고, 냉각형 적외선 센서와는 달리 센서의 냉각장치가 별도로 필요하지 않아서 가격이 저렴하다는 장점 때문에 민간 및 산업용으로 많이 활용되고 있다. 그러나 MEMS 공정으로 제작하는 볼로미터는 사이즈를 크게 제작하는데 이는 볼로미터의 적외선 열에너지에 대한 검출 능력을 향상시키고 정확한 저항값을 획득하기 위함이다. 그러므로 볼로미터의 저항이 커져 입력신호를 얻기 위해 비교되는 기준저항도 크게 설계된다. 보통 CMOS 공정에서 제작되는 기준저항은 설계 값의 10~20% 공정오차를 가지게 되며 이는 볼로미터가 적외선 열에너지를 검출하는데 있어 입력신호의 왜곡으로 큰 고정패턴잡음을 발생시킨다. 적외선 열영상 센서 및 검출회로 관련 연구에서는 이러한 고정패턴잡음에 의한 신호 왜곡을 줄이고 기준저항을 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 구조

[그림 1] 은 본 논문에서 제안하는 기준저항 보상 회로로서 검출회로의 검출 능력을 향상 시키고 센서를 구성하는 기준저항과 볼로미터 셀에서의 고정패턴잡음을 효과적으로 감소시키기 위한 회로이다. 1MΩ으로 제작된 볼로미터 저항과 기준 저항의 저항값을 똑같이 맞추기 위해 저항 16개가 기준저항에 추가적으로 연결되므로 기준저항은 공정오차를 고려하여 800KΩ으로 설계하였으며 추가적으로 연결되는 저항은 기준저항 800KΩ의 공정오차를 고려한 최

소 저항값이 640KΩ이므로 보상 저항 16개의 합이 400KΩ이 되게 구성하였다. 10단위를 구성하기 위해 5, 3, 1, 1의 숫자 조합을 통하여 1부터 10까지의 모든 수의 조합이 가능하게 보상 저항을 [표 1] 과 같이 설계 하였다.

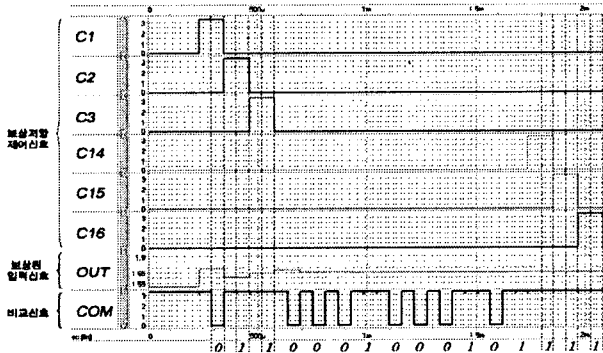


[그림 1]. 기준저항 보상회로.

[표 1]. 기준저항에 보상되는 저항.

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 1MΩ으로 기준저항을 맞춘다. 볼로미터 저항과 기준 저항의 저항값이 같을 때 전압분배법칙에 의해 동작전압의 1/20이 기준전압이 되므로 비교기에서는 기준전압 1.65V와 비교를 통해 기준저항을 보상한다. 보상저항을 연결했을 때 비교기로 입력되는 전압이 1.65V 이상이면 전압 분배법칙으로 기준저항 800KΩ과 보상저항의 합이 1MΩ을 넘은 것이므로 그때의 보상저항은 필요 없게 된다. 이를 저항 번호에 일치하는 래치에 0 값을 저장하고 기준저항 800KΩ과 보상저항의 합이 1MΩ을 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.



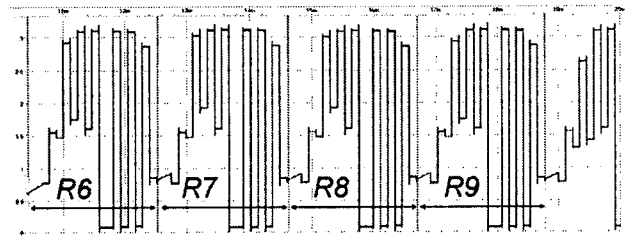
[그림 2]. 기준저항 보상회로 시뮬레이션 결과 값.

[그림 2] 는 기준저항 800KΩ이 공정의 오차로 844KΩ으로 제작되었다고 가정했을 때 시뮬레이션 결과이다. 보상 저항 제어신호 C1이 high일 때 비교기는 공정오차로 인한 기준저항 840KΩ과 첫 번째 보상저항 R1(200KΩ)의 합에서 생긴 입력전압과 기준전압 1.65V를 비교한다. 기준저항 840KΩ과 첫 번째 보상저항 R1의 합이 1MΩ 이상이므로 입력전압은 3.3V 동작전압에서 볼로미터 저항 1MΩ과의 전압분배법칙으로 1.65V 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 래치1에 0값을 저장하며 이 값을 기준저항과 보상저항 R1을 연결해주는 스위치에 귀한 시켜 이후 항상 R1은 꺼진 상태로 유지된다. 보상저항 제어신호 C2가 high일 때는 기준저항 840KΩ과 두 번째 보상저항 100KΩ의 합이 940KΩ이므로 입력전압이 기준전압 1.65V보다 낮아 비교기에서는 1을 출력한다. 이는 두 번째 보상저항이 필요함을 나타내므로 이를 두 번째 셀인 래치2에 1의 값을 저장하고 기준저항과 보상저항 R2를 연결해주는 스위치에 귀한 시켜 보상저항 R2를 항상 켜진 상태로 유지된다. R1에서 R16을 위와 같이 순차적으로 반복하면 [그림 3] 에서와 같이 비교값은 0, 1, 1, 0,

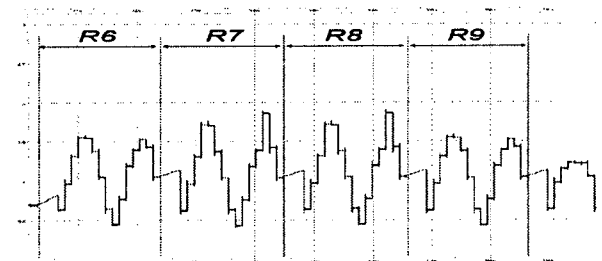
0, 0, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 1, 1, 1, 1로 나온다. 이를 필요한 저항으로 변환하면, 100KΩ, 50KΩ, 5KΩ, 500Ω, 100Ω, 100Ω, 50Ω, 50Ω으로 155.8KΩ이 기준저항에 보상된다.

3. Full Chip 설계 및 특성 분석

16X16 볼로미터 센서의 중앙에서 가장자리로 갈수록 적외선 에너지를 약하게 받는 상황에서 각각의 기준저항에 1~20% 공정오차가 있다고 가정하여 HSPICE 시뮬레이션을 통한 검출회로 시뮬레이션 결과는 [그림 3]에 나타내었다. 출력 파형에서 볼 수 있듯이 제안한 검출회로는 FPN에 의한 왜곡 현상을 보상해주며 입사된 적외선양의 비례하여 중앙부터 가장자리까지 출력값의 차이를 나타내 주는 것을 볼 수 있다.



(a) 기존 검출 회로



(b) 제안한 검출회로

[그림 3]. 기존 및 제안한 검출회로의 출력파형 비교

4. 결론

본 논문에서는 적외선 이미지 센서의 FPN을 보정 및 검출능력 향상 방안에 대하여 살펴보았다. 시뮬레이션을 통하여 FPN 보정효과를 확인 할 수 있었으며 영상신호에 맞는 결과값을 얻을 수 있었다.

참고 문헌

1. B. Fie'que, J.L. Tissot, C. Trouilleau, A. Crastes, O. Legras, *Infrared Physics & Technology*, 49 (3), pp187, 2007.
2. S. J. Hwang, A. Shin, H. H. Shin, M. Y. Sung, *Proc. of IEEE ISIE 2006*, pp2788, 2006.
3. H. H. Shin, S. J. Hwang, S. W. Yu, M. Y. Sung, *Proc. of the KIEE Society of Electrophysics & Applications*, pp16, 2006.