

차동 입력단 구조를 이용한 비냉각형 적외선 센서용 신호 검출회로의 설계

홍승우, 황상준, 박상원, 정은식¹, 강이구², 성만영*
고려대학교, (주)오카스¹, 극동대학교²

The Design of a Read-Out Circuit for Uncooled Infrared Sensor by Using Differential Input Stage

Hong Seung Woo, Hwang Sang Joon, Park Sang Won, Jung Eun Sik¹, Kang Ey Goo², Sung Man Young*
KOREA Univ, OCAS Co.,Ltd¹, Fareast Univ²
*e-mail : semicad@korea.ac.kr

Abstract : 비냉각형 적외선 검출 회로 설계 시 공정상 변화에 의해 발생하는 센서의 저항값 변동이 크다. 본 논문에서는 이것을 해결하기 위해 차동적 입력 수신 구조를 이용한 방법을 제시하였다. 볼로미터 타입 비냉각형 적외선 영상 센서 회로는 입사된 적외선 에너지 양에 따라 센서의 저항값이 변하는 특성을 이용하며 그에 따른 전압 또는 전류의 변화를 측정하여 적외선의 파장을 알아내는 방식으로 검출회로 설계 시 가장 큰 문제점인 공정상의 변화 등으로 인한 신호검출 회로의 오동작을 개선하기 위하여 검출회로의 입력단을 차동적으로 받아들이도록 설계하였다.

Key Words : ROIC, Uncooled Infrared Bolometer Sensor, Differential Input

1. 서론

볼로미터형 비냉각형 적외선 센서에 적외선이 입사되면 적외선의 복사열 에너지가 볼로미터로 전달된다. 단위 시간동안 얻은 열에너지는 적외선 파장의 길이에 비례하므로, 전달된 에너지는 볼로미터의 저항을 변화시킨다. 볼로미터 저항 변화량은 적외선의 파장 길이의 함수가 되어 적외선 파장 길이를 전압의 신호로 검출한다.

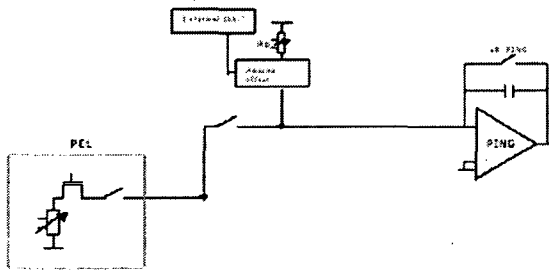


그림 1. 볼로미터형 비냉각형 ROIC Block Diagram

적외선 광원의 입력으로 저항변화가 일어난 볼로미터와 고정된 저항값을 가지는 참조 저항의 직렬 연결하여 양 노드에 V_{DD} 와 V_{SS} 전원을 가하게 되면, 두 저항의 저항비에 의한 전압 분배로 볼로미터와 참조 저항사이의 공통 모드 전압이 결정된다. 적외선에 의한 볼로미터의 저항 변화는 두 저항의 저항비를 변화시켜 볼로미터와 참조 저항사이의 전압이 변화한다. 기존의 적분기 입력단에 연결되는 셀 구조는 그림 1의 적분기의 입력단의 셀 구조와 같이 -입력단에 볼로미터와 저항이 연결되어 있고, 입력 신호의 공통 모드 전압과 같은 크기의 비교 전압을 +입력

단에 외부에서 인가하여, 그 차이를 비교함으로써 볼로미터의 저항 변화에 의한 전압변화량을 검출해 낸다. 그러나 이 방식은 공정상의 변동으로 인한 각 셀의 볼로미터의 저항들의 값이 각기 다르므로 -입력단에서 공통 모드 전압이 각 셀에 따라 다르게 된다. 셀들에 외부로부터 같은 크기의 비교 전압이 인가되면 적외선이 입사되지 않은 상태에서도 불구하고 각각의 셀들은 서로 다른 출력전압을 가진다.

2. 차동 입력을 위한 셀의 구조

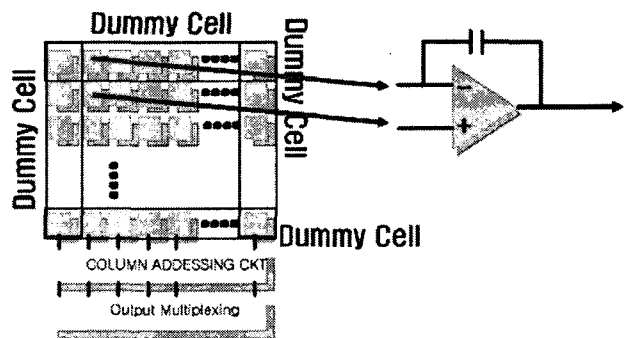


그림2. 차동적 입력 구조 구현을 위한 셀의 배열

그림 2는 차동적 입력을 받아들이는 셀의 배열을 나타내고 있다. 적외선 영상을 2차원적으로 받아들이는 방식으로 볼로미터 센서 배열의 열을 선택하여 검출회로로 읽어 들여 MUX로 셀의 값들을 순차적으로 출력해

내는 방식을 이용하였다. 그러므로 입력을 받아들이는 셀은 세로 방향의 행 셀을 두 개씩 선택하여 검출회로의 두 입력단에 인가한다.

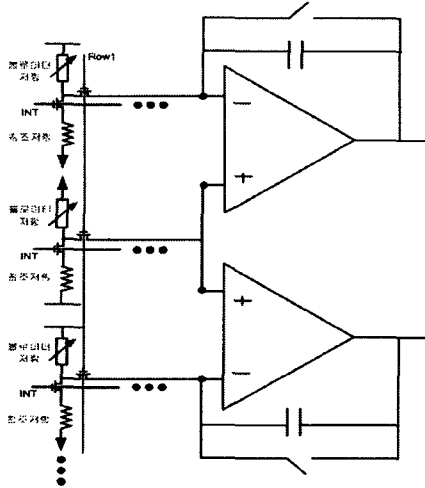


그림 3. 차동적 입력 구조의 Read-Out IC

그림 3에서는 차동 입력단을 가지는 비방각형 적외선 블로미터 센서의 셀과 적분기의 세부 연결 구조를 나타내었다. 가변저항으로 표시한 곳은 블로미터 저항을 의미하고, 고정 저항은 참조 저항을 의미한다. 적분기의 -입력단을 블로미터의 한 끝이 V_{DD} 와 연결된 셀로 선택하면, +입력단은 블로미터의 한 끝이 V_{SS} 와 연결된 구조의 셀로 선택한다. 이 구조로 한 쪽 입력단의 +변화는 다른 입력단의 -변화를 유발하여, 두 입력 신호는 기존의 적분기 방식인 single ended type 입력의 2배가 인가된다. 차동적 입력단 구조에서 셀의 면적을 가능한 작게 만들기 위해 +입력단에 연결되는 셀 구조를 두 개의 셀 검출 회로에서 공통으로 이용한다. 모든 적분기의 각 입력단들에서의 블로미터와 전압의 연결 구조가 같아야 하므로 열에서 열을 따라서 블로미터의 한 끝에 연결된 전압이 V_{DD} 와 V_{SS} 로 연속적으로 바뀌고, 그에 따라서 적분기의 입력 연결의 위치도 상하로 뒤바뀌도록 구성한다. 즉, 블로미터와 참조 저항의 전압 연결은 각 열에 따라 서로 반대가 되고, 블로미터와 참조저항의 사이 노드와 연결되는 검출회로의 입력단 위치도 +, - 순서가 뒤바뀌도록 하여 검출회로의 연결 구조가 같도록 한다.

3. 신호 검출 회로의 선형성 시뮬레이션

제안한 구조의 셀 배열에서 적외선 신호를 2배로 크게 받아들일 수 있지만, 공정 변화에 따른 저항값의 변동이 입력 신호를 적분하는 적분기의 공통 모드 전압을 변화시켜 오프셋 전압 차이도 2배로 커진다. 검출회로에 이용한 구조는 Switched Capacitor Integrator를 이용하였다. 사용되어지는 커패시터 값은 적분 시간, 입력 신호의 범위,

비중첩 클럭의 주파수 등을 고려하여 $1.37 \text{ pF} : 0.1 \text{ pF}$ 의 비율로 설계하였다. 비중첩 스위치의 주파수는 500 kHz 로 동작시켰다. 검출회로의 적분시간은 $67 \mu\text{S}$ 동안 동작하였다.

표1. 서로 다른 공통 모드 입력 전압으로 인한 검출회로의 출력전압 변화

V^+ \ V^-	1.15V	1.20V	1.25V	1.3V	1.35V
1.15V	0.23	0.11	-0.01	-0.13	-0.26
1.20V	0.4	0.28	0.17	0.04	-0.07
1.25V	0.57	0.45	0.33	0.22	0.1
1.30V	0.74	0.62	0.51	0.4	0.28
1.35V	0.93	0.81	0.7	0.58	0.47

위의 검출회로는 동작전압이 2.5 V 적용되는 공정이므로 입력전압의 공통모드 전압을 1.25 V 로 설계하였다. 표1은 입력단의 공통 모드 전압이 달라짐에 따른 검출회로의 출력단의 공통모드 출력전압으로부터 변화한 전압을 나타내었다. 이 검출 회로의 시뮬레이션 결과에서 오프셋 전압을 검출회로로 적분한 출력 전압값은 0.33 V 이다. 공정상의 변동으로 인해 생기는 저항 변화는 두 입력단의 공통 모드 입력 전압 차이를 일으킨다. 셀 구조의 특징을 고려하면 적외선 신호 검출시 +입력단의 입력 전압 증가는 -입력단의 입력 전압감소를 동시에 일으킨다. 이것으로 인한 검출회로 특성을 살펴보기 위해 각기 다른 공통 모드 전압에서 입력 전압 변화에 대한 출력 전압의 변화 비율을 표2에서 나타내었다.

표2. 다른 공통모드 전압에서 입력 전압의 변화에 대한 출력 전압의 변화율

V^+ \ V^-	1.15V	1.20V	1.25V	1.3V	1.35V
1.20V	5.8	5.8	5.8	5.9	5.8
1.25V	5.8	5.7	5.8	5.8	6
1.30V	5.8	6	5.9	6	6

표2의 결과에서 검출 회로의 입력 전압 변화에 대한 출력 전압의 변화율이 거의 $5.8 \sim 6$ 으로 큰 차이가 없다는 것을 알 수 있었다. 이것은 입력단에서 블로미터 저항의 공정상 변동에 의한 공통모드 전압의 변동에도 불구하고, -입력단에서 신호 증가와 +입력단에서 신호 감소의 입력 변화에 의한 출력 변화가 선형성을 유지한다는 것을 의미한다. 각 입력단의 공통 모드 전압이 변해도 입력 전압이 일정하다면 같은 출력 변화 비율로 출력전압이 변화할 것이다.

그림4는 양 입력단 공통모드 전압이 1.25 V 가 인가된 상

태에서, 입력단 전압의 변화에 대한 출력 전압을 나타낸 것이다. 그림에서 V_{in} 은 +입력단과 -입력단의 전압 차이를 의미하므로 V_{in} 이 0인 지점은 +입력단과 -입력단이 모두 공통 모드 전압 1.25 V를 나타낸다. 그림4에서 출력 신호의 변화는 검출회로의 입력 신호 변화에 일정하게 비례함을 알 수 있다. 즉, -단자의 공통 모드 입력신호 변화하여도 적분기 입력 전압과 출력 전압이 선형 관계를 가진다.

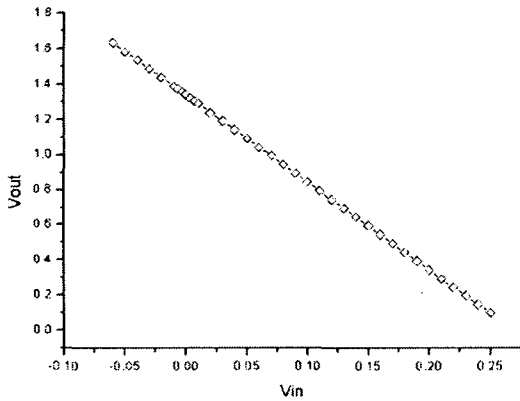


그림4. 출력의 공통 모드 전압이 1.25V인 적분기의 입력과 출력의 선형성 그래프

4. 결론

볼로미터 타입의 적외선 이미지 센서는 입사에 따른 저항 변화량이 매우 작아서 신호를 검출해 내기 어렵다. 적외선 복사열 에너지에 의한 볼로미터 저항 변화로 얻어지는 입력 신호를 2배로 받아들이기 위하여 + 입력단에 볼로미터 저항과 참조 저항을 - 입력단에서는 상하 반전하여 연속으로 연결한 차동적 구조로 적외선 이미지 센서의 검출 회로의 입력단을 구성하였다. 검출 회로의 출력이 공통 모드 전압과 관계없이 선형 특성이 유지됨을 확인하였다. 따라서 제안된 셀 구조가 신호 검출 회로와 연결하여 신호검출 특성 향상을 예측할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 (주)OCAS의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] Bruno Fieque, Arnaud Crastes, Jean-Luc Tissot, Jean-Pierre Chatard, and Sebastien Tinnes, "320x240 uncooled microbolometer 2D array for radiometric and process control applications", Proceedings of SPIE, Volume 5251 Detectors and Associated Signal Processing, February 2004, pp. 114-120
- [2] I. L.Fukimori, Charles G.Sodini, "P1.3: Temporal Noise in CMOS Passive Pixels"
- [3] I. L.Fujimori, C.C. Wang, and Charles G.Sodini, "A

256x256 CMOS Differential Passive Pixel Imager with FPN Reduction Techniques"

- [4] I.Inouemet al.: "Low Dark Current Pinned Photo-Diode for CMOS Image Sensor", 1000 Workshop on CCD and AIS, pp.25-28(1999)
- [5] S.Mendis, S.Kemeny, and E.Fossum, "CMOS active pixel image sensor," IEEE Trans.Electron Devices, vol. 41, pp. 452-453, Mar 1994.
- [6] M.gata, T. Nakamura, K. Matsumoto, R. Ohta, and R. Hyuga, "A small pixel CMD image sensor," IEEE Trans. Electron Devices, vol. 38, pp. 1005-1010, 1991.