

논문 2016-53-11-7

저 전력 휴대용 디스플레이를 위한 패널 일체형 광 센서 시스템

(Monolithic Ambient-Light Sensor System on a Display Panel for Low Power Mobile Display)

우 두 형*

(Doo Hyung Woo[©])

요 약

노트북, 테블릿 PC 및 스마트폰 등의 휴대 기기를 위한 디스플레이의 전력소모를 낮추기 위해, 주변 밝기에 따라서 디스플레이의 밝기를 조절할 수 있는 광 센서 시스템을 연구하였다. 또한, 휴대 기기의 복잡도와 비용에 크게 영향을 주지 않도록, 광 센서 시스템을 디스플레이 패널에 일체형으로 구현하고자 했으며, 이를 위해서 저온 다결정 실리콘 박막트랜지스터를 이용하여 패널에 광 센서와 신호취득 회로를 집적하고자 했다. 주변 밝기를 감지하는 광 센서의 패널 간 편차를 별도의 공정 설비 없이 신뢰성 있게 보정할 수 있도록, 새로운 보정 방식을 제안하였다. 이와 더불어 최종 데이터를 디지털화하기 위한 아날로그-디지털 변환기를 포함한 신호취득 회로를 제안하고 검증하였다. 제안하는 회로는 집적하기에 적합하도록 간단한 구동 신호로 동작되며, 인식 가능한 입력 밝기는 10에서 10,000 lux까지이다. 제안하는 신호취득 회로의 신호취득 주파수는 100Hz이며, 20개의 출력 레벨에 대한 최대 차등 불균일 오차는 0.5 LSB 이하이다.

Abstract

Ambient-light sensor system, which changes the brightness of a display as ambient light change, was studied to reduce the power consumption of the mobile applications such as note PC, tablet PC and smart phone. The ambient-light sensor system should be integrated on a display panel to improve the complexity and cost of mobile applications, so the ambient-light sensor and readout circuit was integrated on a display panel using low-temperature poly-silicon thin film transistors (LTPS-TFT). We proposed the new compensation method to correct the panel-to-panel variation of the ambient-light sensors, without additional equipment. We designed and investigated the new readout circuit with the proposed compensation method and the analog-to-digital converter for the final digital output of ambient light. The readout circuit has very simple structure and control timing to be integrated with LTPS-TFT, and the input luminance ranges from 10 to 10,000 lux. The readout rate is 100 Hz, and maximum differential non-uniformity with 20 levels of the final output below 0.5 LSB.

Keywords : ambient light sensor system, readout circuit, non-uniformity correction, LTPS-TFT, mobile display

* 정회원(교신저자), 가톨릭대학교 정보통신전자공학부
(School of Information, Communications & Electronic Engineering, The Catholic University of Korea)

© Corresponding Author (E-mail : cowpox@catholic.ac.kr)

※ 본 연구는 2016년도 가톨릭대학교 교비연구비의 지원으로 이루어졌음.

※ 이 논문은 2016년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입(No. NRF-2014R1A1A1004456)

Received ; September 6, 2016 Revised ; September 26, 2016

Accepted ; October 17, 2016

I. 서 론

노트북, 테블릿 PC 및 스마트폰 등의 휴대 기기 시장이 크게 성장함에 따라, 이를 위한 디스플레이 패널에 대한 관심도 함께 높아지게 되었다. 현재 휴대 기기를 위한 디스플레이로 액정 디스플레이(LCD)가 여전히 많이 사용되고 있으며, 유기 발광 다이오드(OLED)를 이용한 디스플레이 또한 그 영역을 확대하고 있다. 능동형 매트릭스(AM) 디스플레이 패널을 구현하기 위해,

뛰어난 이동도와 안정성을 보이는 저온 다결정 실리콘 박막 트랜지스터(LTPS-TFT)를 사용할 수 있다. LTPS-TFT를 사용하면 디스플레이 패널에 다양한 회로를 집적할 수 있으며, 이에 따라 디스플레이 구동회로, 메모리 및 광 센서 등을 집적하는 다양한 연구가 진행되었다.^[1-2]

LCD는 스스로 빛을 내지 못하기 때문에, 백라이트 시스템을 사용하는 투과형 디스플레이 형태로 많이 사용한다. 이를 휴대용 기기를 위해 사용할 경우, 백라이트 시스템에서 소모하는 소비전력은 전체 패널에서 상당 부분을 차지한다. 휴대 기기에서 소비전력을 낮추는 것은 매우 중요한 과제이므로, 백라이트 시스템의 소비전력을 낮추고 영상의 질을 개선하기 위해서, 주변 밝기에 따라 디스플레이의 밝기를 조정하는 방법(Ambient-light sensor system, ALS 시스템)을 사용할 수 있다.^[3-5] 즉, 주변이 밝을 때는 백라이트를 밝게 하고, 어두울 때는 백라이트의 밝기를 단계적으로 낮추어서, 영상의 질은 높이고 백라이트의 전력소모는 줄이는 방법이다. OLED 디스플레이는 별도의 백라이트 시스템을 사용하지 않지만, 영상의 밝기에 따라서 소비전력이 증가한다. 따라서, 주변 밝기에 대해 전체 영상의 밝기를 조정하면, LCD와 마찬가지로 영상의 질과 패널의 소비전력을 크게 개선할 수 있다.

일부 연구에서는 패널 외부의 칩에서 ALS 시스템을 구현하기도 했다.^[3] 그러나, 이를 디스플레이 패널의 유리 기판 위에서 일체형으로 구현한다면, 디스플레이 모듈의 가격과 복잡도를 크게 개선할 수 있다. LTPS-TFT를 이용하여 광 센서, 신호취득 회로 및 아날로그-디지털 변환기(ADC)를 한 유리 기판 위에서 구현하면, 효과적인 패널 일체형 ALS 시스템이 가능하다.^[4-5]

일반적인 LTPS-TFT 공정을 사용하여 PIN 구조의 광 센서를 제작하였고, 이에 대한 광 특성 곡선을 측정하였다.^[5] LTPS 광 센서는 비교적 좋은 안정성을 보이지만 패널 간 편차가 매우 크므로, 아무런 보정 과정 없이 이를 이용하여 주변 밝기를 측정하면, 기기 간에 측정 오차가 크게 발생한다. 따라서, 별도의 표준 광원으로 각 패널의 광 센서에 대한 광 특성을 측정하여 이를 표준 특성 곡선으로 보정해야 한다. 그림 1에 두 패널의 광 센서에 대한 특성 편차와 이에 대한 보정 과정을 나타내었다. 선형성을 갖는 특성 곡선을 보정하려면 2점 데이터를 이용한 2점 보정(오프셋 보정 및 이득 보정)을 수행하는 것이 일반적이다. 그러나, 제작한 LTPS 광 센서의 측정 결과를 통해 알 수 있듯이,^[5] 일반적인 가시광 센서는 빛이 없는 상태에서 발생하는 암전류가

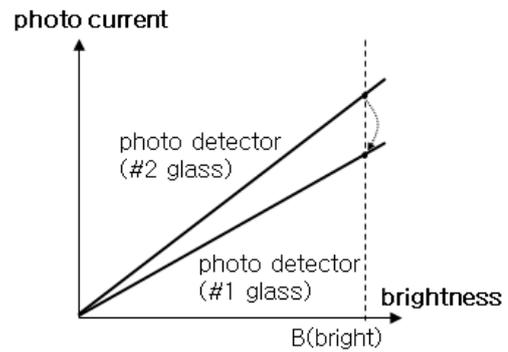


그림 1. 광 센서의 광 특성 편차와 이득 보정
Fig. 1. The variation of two photo detectors and gain correction.

매우 작다. 따라서 표준 밝기 B에서 측정된 값만 이용하여 1점 보정(이득 보정)을 하면, 패널 간의 편차를 충분히 보정할 수 있다. 그러나, 실제 ALS 시스템을 동작하는 중에 표준 밝기 B를 구현하기는 어려우므로, 일반적으로 패널을 제작하는 과정에서 별도의 보정 공정이 필요하고, 각 패널의 보정 데이터는 메모리에 저장해야 한다.

II. 제안하는 ALS 시스템

1. 개요

그림 2에 제안하는 ALS 시스템의 동작 원리를 나타내었다. 일반적인 방법과는 달리 제안하는 방법에서는 별도의 공정 및 설비가 없어도 LTPS 광 센서의 패널 간 편차를 보정할 수 있다. 사용자가 휴대 기기를 사용하면 동시에 보정이 이루어지기 때문에, 시간이 지남에 따라 LTPS 광 센서의 특성이 변하더라도, 신뢰성 있게 주변 밝기를 측정할 수 있다. 제안하는 보정 방법을 LCD에 적용하는 경우, 표준 밝기를 구현하기 위해 백라이트를 사용하고, 한 패널에 두 개의 LTPS 광 센서(PD1, PD2)를 사용한다. 동일한 패널 위에서 인접한 LTPS 광 센서 간의 특성 편차는 패널 간 특성 편차에 비해 매우 작다. 그림 2(a)의 오른쪽 센서 PD1은 외부 광을 차단하기 위한 black matrix(BM)를 제거하여 외부 광을 감지하며, 왼쪽 센서 PD2는 백라이트를 차단하기 위한 BLU 테이프를 제거하여 백라이트의 광을 감지한다. 즉, 백라이트와 PD2를 사용하여 표준 밝기 B에 대한 정보를 구하고, 이를 이용한 이득 보정을 통해 PD1의 광 특성을 표준화 하면, 휴대 기기를 사용하는 단계에서 실시간 보정이 가능하게 된다. 백라이트가 없는 OLED 디스플레이에 제안하는 보정 방법을 적용하

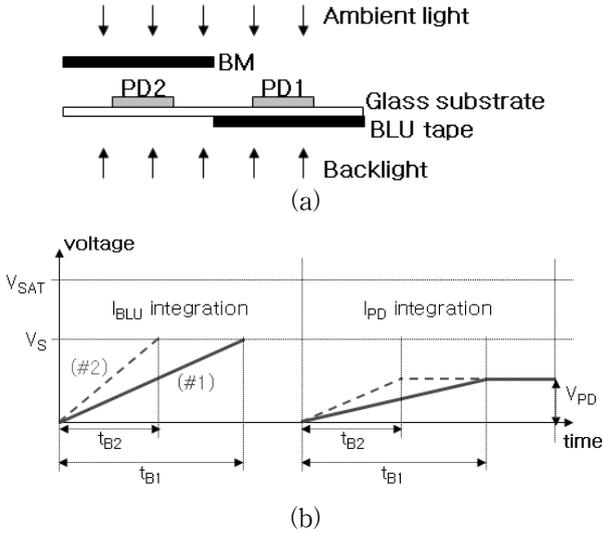


그림 2. 백라이트를 이용하여 실시간 보정이 가능한 ALS 시스템: (a) LTPS 광 센서의 구성 단면도, (b) 신호 적분에 대한 타이밍도

Fig. 2. Proposed ALS system with startup correction: (a) Cross-sectional view of the LTPS photo detector, (b) Timing diagram for signal integration.

는 경우, 일정한 전류 입력으로 일정한 밝기를 제공하는 OLED를 사용하고, 이 표준 밝기를 PD2로 감지하면 된다.^[6~7]

물론 표준 밝기를 구현하기 위해 사용한 백라이트나 OLED 또한 패널 간 편차가 존재하지만, 이는 일반적으로 수 % 이내이다. 또한, 각 패널의 표준 밝기와 실제 주변 밝기의 상대적인 차이를 반영하여 디스플레이의 밝기를 조정하므로, 일반 휴대 기기가 가지고 있는 제품 간 차이를 오히려 줄일 수 있다.

그림 2(a)의 구조를 통해 LTPS 광 센서의 패널 간 편차를 보정하고 주변 밝기에 대한 정보를 디지털화하는 과정은 그림 2(b)를 통해 설명할 수 있다. 그림 2(b)는 서로 다른 두 패널의 LTPS 광 센서가 적분기를 통해 적분되는 과정을 나타낸다. 우선, 적분 구간은 크게 두 구간으로 나뉜다. 첫 번째 구간에서 백라이트는 정해진 표준 밝기(L_{BLU})를 제공하고, 각 패널의 PD2에서 이를 감지하여 전류(I_{BLU})를 발생한다. 이 때, 각 패널의 적분기는 I_{BLU} 를 적분하고, 적분기의 출력은 비교기를 통해 정해진 전압 레벨(V_S)과 비교된다. 별도의 디지털 카운터와 메모리를 사용하여 적분기의 출력이 V_S 에 도달하는 시간을 디지털화하여 저장한다. 그림 2(b)에서 예시한 바와 같이 두 패널 상의 광 센서 특성에 따라 V_S 도달 시간(t_{B1} , t_{B2})이 다르게 나타난다. 적분기의 정전용량을 C_{INT} 라고 하면, V_S 도달 시간(t_B)은 다음 식과

같이 광 센서 감지도(k)의 함수가 된다.

$$t_B = \frac{C_{INT} \cdot V_S}{k \cdot L_{BLU}} \tag{1}$$

각 패널의 PD1은 휴대 기기의 사용 환경에서 주변 밝기(L_{PD})를 감지하여 이에 대한 전류(I_{PD})를 발생한다. 두 번째 적분 구간에서 각 패널의 적분기는 I_{PD} 를 적분하며, 각각의 적분 시간은 첫 번째 구간에서 결정한 t_B 값으로 한다. 이 때, 동일한 패널 위에서 인접한 광 센서(PD1, PD2) 간의 특성 편차를 무시하면, 최종적으로 얻어지는 적분 값 V_{PD} 는 다음 같은 식으로 주어진다.

$$V_{PD} = \frac{k \cdot L_{PD} \cdot t_B}{C_{INT}} = \frac{L_{PD} \cdot V_S}{L_{BLU}} \tag{2}$$

즉, 최종 적분 값 V_{PD} 는 주변 밝기에 대해 표준화된 측정 결과를 제공하며, LTPS 광 센서의 감지도와 거의 무관한 값을 나타낸다. 그림 2(b)에서 예시한 바와 같이 두 패널 상의 광 센서가 큰 편차를 보이더라도, 동일한 주변 밝기에 대해 동일한 V_{PD} 를 나타내고 있다.

실제 적용에서는 디스플레이가 동작을 시작할 때만 첫 번째 적분 구간이 나타나고, 그 이후에는 디스플레이가 꺼질 때까지 두 번째 구간이 지속적으로 반복된다. 그림 2의 V_S 는 적분기 출력의 최대 포화 레벨을 의미하며, V_S 는 이보다 낮게 설정하였다. 광 센서의 패널 간 편차에 관계없이 적분기의 출력 레벨을 제한할 수 있기 때문에, 전체 동작 전압을 낮게 하여 저 전력 설계가 가능하다.

2. 신호취득 회로 구현

그림 3과 그림 4는 제안하는 ALS 시스템을 위한 신호취득 회로의 블록도와 타이밍도를 각각 나타낸다. 제안하는 신호취득 회로의 주요 구성은 크게 적분기(A1, CINT), 비교기(A2), 디지털 비교기, 카운터 및 ADC로 나눌 수 있다. 적분기의 입력단은 두 개의 광 센서로 구성되며, 앞에서 설명한 바와 같이 시간을 나누어 둘 중 하나를 입력으로 사용한다. 적분기는 광 센서의 DC 바이어스를 결정하고, 리셋 후에 입력 전류를 적분하여 전압으로 변환한다. 비교기, 디지털 비교기 및 카운터는 광 센서의 패널 간 편차를 보상하기 위한 최적의 적분 시간을 결정한다. 마지막으로 ADC는 최종 적분 전압을 디지털 값으로 바꾸어 주는 역할을 한다.

제안하는 신호취득 회로에 대한 보다 구체적인 설명

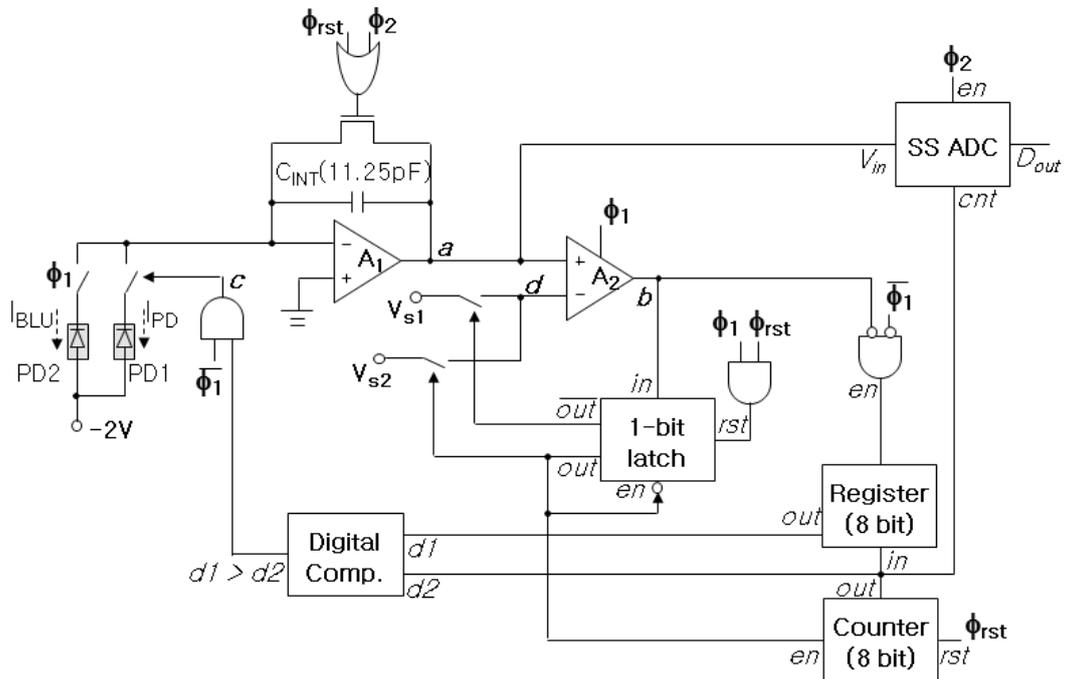


그림 3. 패널 일체형 ALS 시스템을 위한 신호취득 회로의 블록도
Fig. 3. Block diagram of the readout circuit for monolithic ALS system on a display panel.

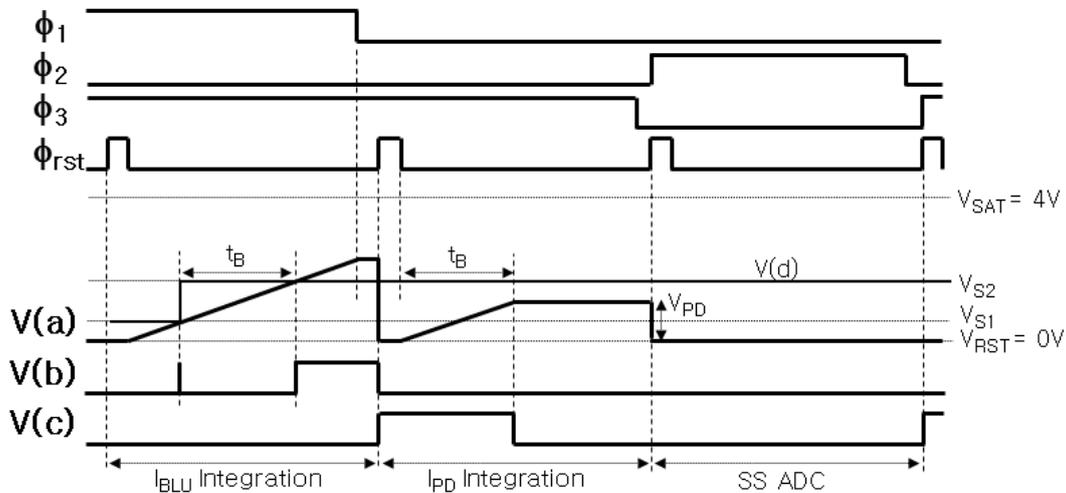


그림 4. 그림 3의 회로에 대한 타이밍도
Fig. 4. Timing diagram of the readout circuit shown in Fig. 3.

은 그림 4의 타이밍도를 참조하여 설명하겠다. LTPS-TFT를 사용하여 복잡한 타이밍 도를 구현하기는 어렵기 때문에, 제어 신호를 가급적 간단하게 구성했다. 제어신호는 모두 네 개(ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 , ϕ_{rst})이며, 동작 구간은 ϕ_1 과 ϕ_2 신호에 의해 크게 세 구간으로 나뉜다. ϕ_1 신호가 논리 '1' 값인 첫 번째 구간에서 적분기의 입력은 표준 밝기에 대한 광 전류인 IBLU이다. ϕ_{rst} 를 이용하여 적분기, 카운터 및 1-bit latch가 리셋 된 후에 각각 동작을 시작한다. 초기에 비교기는 고정 전압 V_{S1} 과 적분기

의 출력 $V(a)$ 를 비교하고, $V(a)$ 가 V_{S1} 를 넘어서는 시점을 감지하여 1-bit latch의 상태를 바꾸어 다음 주기까지 고정시킨다. 이 때, 비교기의 반전 입력 $V(d)$ 는 V_{S2} 로 바뀌고 카운터는 카운팅을 시작한다. 다음으로 비교기는 $V(a)$ 가 고정 전압 V_{S2} 를 넘어서는 시점을 감지하고, 비교기의 출력 전압 $V(b)$ 를 이용하여 이 순간의 카운팅 값을 8-bit 레지스터에 저장한다. 이 때 저장된 디지털 값은 표준 밝기에 대한 광 전류가 정해진 전압 차 ($V_{S2}-V_{S1}$) 만큼 적분되는 데 필요한 시간으로, $\Pi-1$

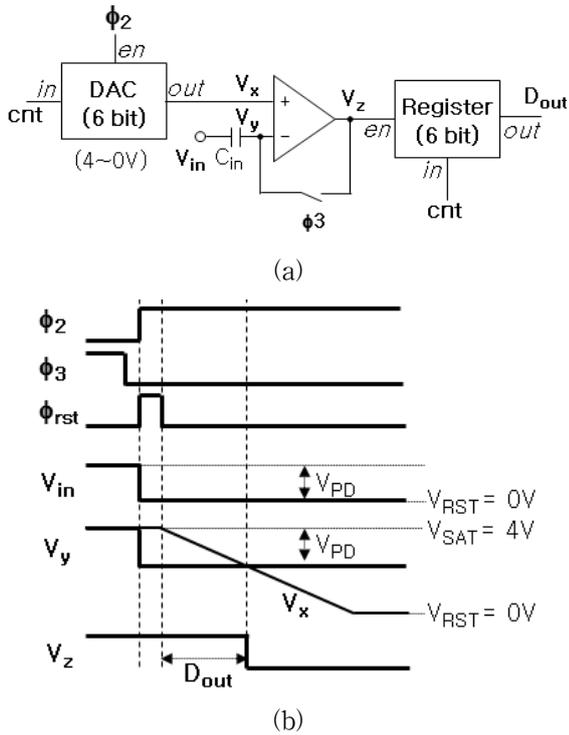


그림 5. 6-bit single-slope ADC: (a) 회로도, (b) 타이밍도
 Fig. 5. 6-bit single-slope ADC: (a) Schematic diagram, (b) Timing diagram.

절에서 설명한 t_b 를 의미한다. 증폭기 A1의 입력 오프셋 및 $1/f$ 잡음 등에서 발생하는 문제를 제거하기 위해, 카운팅의 시작 기준으로 리셋 전압 V_{RST} 대신에 고정 전압 V_{S1} 을 사용하였다.

ϕ_1 및 ϕ_2 신호 모두 논리 '0' 값인 두 번째 구간에서, ϕ_{rst} 를 이용하여 적분기 및 카운터를 다시 리셋한다. 이 때 디지털 비교기는 첫 번째 구간에서 저장된 t_b 와 카운터의 출력을 비교하여 t_b 가 크면 논리 '1' 값을 출력한다. 따라서, 리셋 후에 적분기에는 $V(c)$ 로 인해 I_{PD} 가 입력되기 시작한다. 이 후 $V(c)$ 의 상태가 바뀌는 시점, 즉, 카운팅 값이 t_b 와 같아지는 시점에서 적분이 종료되어, 최종적으로 표준화 된 주변 밝기 정보(V_{PD})를 얻을 수 있다. 마지막 세 번째 동작 구간에서 아날로그 전압 V_{PD} 는 ϕ_2 와 ϕ_3 신호를 이용하여 디지털 값으로 변환된다. 세 번째 구간이 끝나면, 디스플레이가 꺼질 때까지 두 번째와 세 번째 구간이 주기적으로 반복되면서 주변 밝기의 변화를 감지한다.

세 번째 구간의 동작을 보다 구체적으로 설명하기 위해서, 그림 3의 ADC에 대한 회로도 및 타이밍도를 그림 5에 나타냈다. 사용한 ADC는 6-bit single-slope ADC (SS ADC)로서, 저항열 방식의 디지털-아날로그 변환기(DAC), 비교기 및 레지스터로 구성된다. 먼저, ϕ_2 신

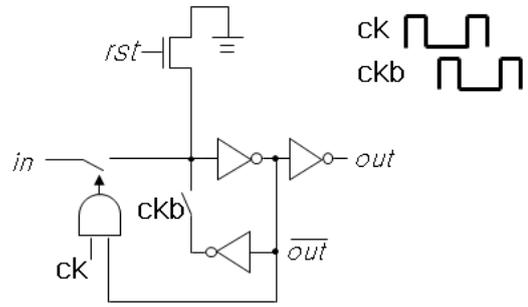


그림 6. 1-bit latch의 회로도
 Fig. 6. Schematic diagram of the 1-bit latch.

호가 논리 '0' 값을 유지하는 동안 DAC의 출력 V_x 는 최대전압 V_{SAT} 로 고정되며, ADC의 입력 V_{in} 은 그림 4의 두 번째 구간에서 결정된 V_{PD} 값을 가진다. 이 때, ϕ_3 신호에 의해 비교기의 반전 입력 V_y 는 비교기의 입력 오프셋 전압을 포함하여 V_{SAT} 로 리셋된다. 다음으로 ϕ_2 신호의 상태가 바뀌면, 그림 3의 적분기가 리셋되면서 V_{in} 이 리셋되고, 이에 따라 V_y 값이 V_{PD} 만큼 변한다. ϕ_{rst} 신호 이후로부터 카운터가 동작을 시작하면 V_x 는 V_{SAT} 에서 V_{RST} 까지 ramp 신호를 발생하며, 이 신호가 V_y 에 도달하는 시점의 카운팅 값을 저장하여 V_{PD} 에 대한 디지털 신호를 얻는다.

그림 6은 그림 3의 1-bit latch를 나타낸 것으로, 일반적인 SRAM 구조에 리셋 스위치를 추가한 것이다. 리셋 후에 1-bit latch는 입력을 받을 수 있는 상태가 되고, 이후에 입력에 따라 상태가 변하면, 입력을 차단하여 다음 리셋까지 그 상태를 유지하도록 했다.

제안하는 신호취득 회로에서 설계한 연산증폭기는 크기가 큰 TFT를 사용하면서 common-centroid 레이아웃 기법을 사용했다. 그럼에도 불구하고, LTPS TFT 간의 특성 편차가 심각하기 때문에 증폭기의 입력 오프셋(VOS)은 수백 mV 정도로 다소 큰 편이다. 따라서, 제안하는 신호취득 회로는 앞에서 설명한 설계 방법들을 이용하여 최종 디지털 값이 VOS의 영향을 거의 받지 않도록 했다.

III. 실험 결과

제안하는 신호취득 회로를 설계하기 위해서, top 게이트 구조의 $4\text{-}\mu\text{m}$ 1-poly 1-metal LTPS-TFT 공정을 사용했으며, 그림 7은 전체 회로에 대한 마스크 레이아웃을 나타낸다. 레이아웃 면적은 $900\mu\text{m}\times 3800\mu\text{m}$ 이며, 이는 휴대 기기의 베젤 부에 충분히 들어갈 수 있는 작은 크기이다. 모의실험을 위해서 사용할 n형 및 p형

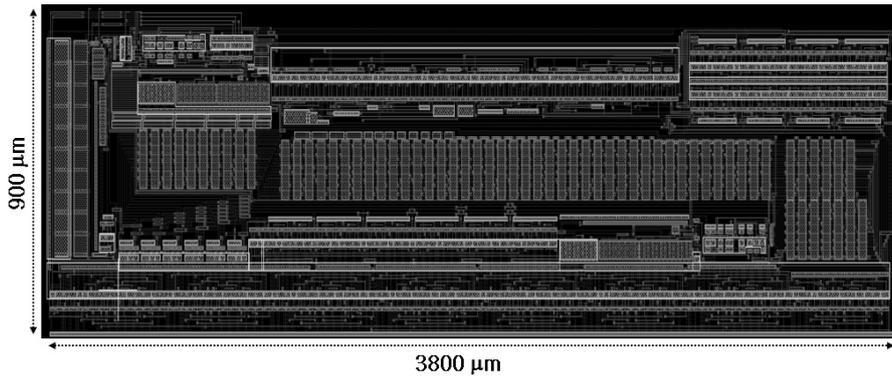


그림 7. 제안하는 신호취득 회로에 대한 마스크 레이아웃
Fig. 7. Mask layout of the proposed readout circuit.

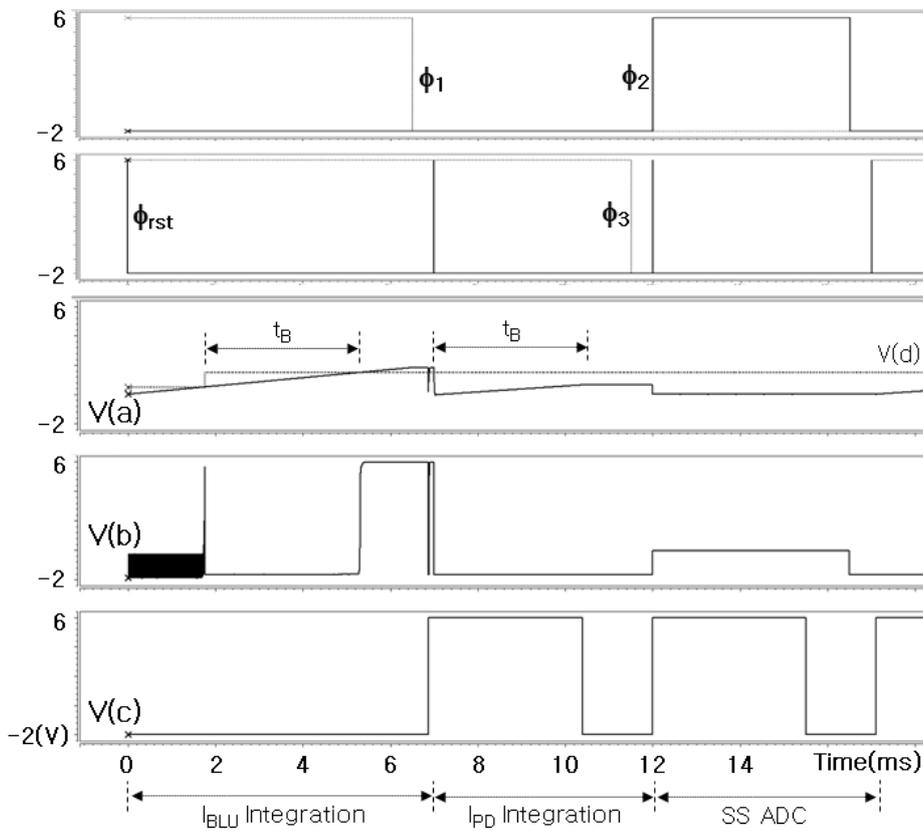


그림 8. 제안하는 신호취득 회로에 대한 모의실험 파형
Fig. 8. Simulated voltage waveform of the proposed readout circuit.

TFT의 이동도(μ)와 문턱전압(V_{TH}) 등은 제작된 LTPS-TFT의 측정 데이터를 이용해 모델링했다. 이에 대한 μ_n , μ_p , V_{THn} 및 V_{THp} 의 평균값은 각각 $120 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$, $80 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$, $+1.5\text{V}$ 및 -1.5V 이다. 전원은 6V 와 -2V 를 사용했고, 전력소모는 $150\mu\text{W}$ 이하가 되도록 설계했으며, 신호취득 주파수와 최대 적분 시간은 각각 100Hz 및 5ms 로 설계했다.

RPI(Rensselaer Polytechnic Institute) 다결정 실리콘 TFT 모델을 사용한 HSPICE 모의실험을 통해 제안하

는 회로를 검증하였다. 그림 8은 그림 3의 회로에 대한 모의실험 파형을 나타내며, 그림 4의 타이밍도와 동일한 동작을 확인할 수 있다. 일반적인 휴대 기기에서 사용할 수 있는 표준 밝기의 세기와 적분 캐패시터 CINT의 용량을 고려하여, 첫 번째 구간은 7ms 로 하고 나머지 구간은 각각 5ms 로 설정했다. 세 번째 구간에서 $V(c)$ 신호는 회로 동작에 영향을 미치지 않는다. 그림 9는 그림 5(a)의 ADC에 대한 모의실험 파형을 나타내며, 그림 5(b)의 타이밍도와 동일한 동작을 확인할 수 있다.

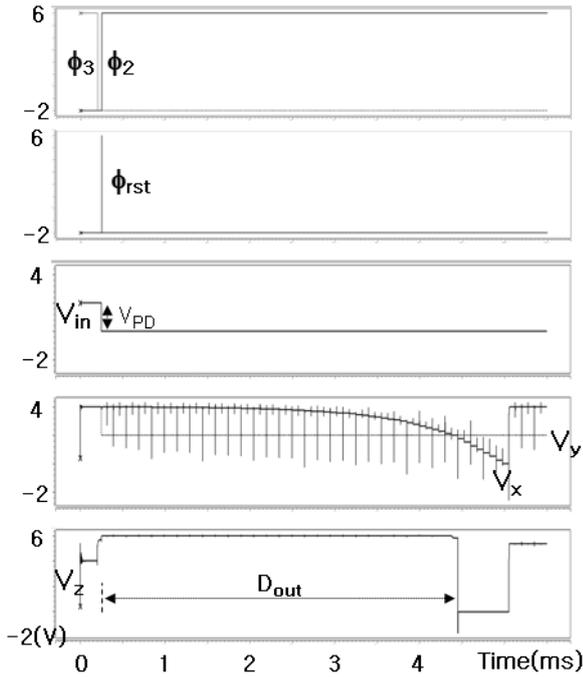


그림 9. 6-bit single-slope ADC에 대한 모의실험 파형
Fig. 9. Simulated voltage waveform of the 6-bit single-slope ADC.

실제 빛의 세기에 대해 우리 눈에서 느끼는 정도는 로그함수의 특성을 갖기 때문에, 본 연구에 대한 응용을 위해서는 감지하는 주변 밝기의 구간을 로그축에서 일정한 간격으로 나누는 것이 바람직하다. 따라서, V_x 파형은 그림 5(b)처럼 선형의 ramp 신호를 나타내는 것이 아니라, 그림 9와 같이 시간에 따라 지수함수 형태로 변화하도록 했다. 이를 위해, 그림 5(a) DAC의 저항열을 조정하여, DAC의 전체 출력 구간(4V)을 서로 다른 크기를 갖는 8 구간(2, 1, 2-1, 2-2, 2-3, 2-4, 2-5, 2-5V)으로 나누고, 다시 각 구간마다 동일한 크기로 8개의 구간을 갖도록 했다. 즉, 제한된 6-bit 디지털 해상도 내에서 VPD 신호가 작은 경우에 대해 보다 많은 디지털 레벨을 할당할 것이다.

주변 밝기에 따른 최종 ADC 출력의 특성 곡선을 모의실험을 통해 그림 10에 나타내었다. 이 때 가정한 주변 밝기의 범위는 실제 휴대 기기의 사용 환경을 반영한 것이다. 우선, 같은 패널 상에서 인접한 두 LTPS 광 센서의 광 반응 차이(photo-response non-uniformity, PRNU)를 최대 5% 또는 10%로 가정했고, 패널 간 PRNU의 차이는 100%로 가정했으며, 이는 실제 광 센서 제작을 통해 실험적으로 얻은 수치이다. 그림 10의 기준(reference) 데이터는 최소 광 반응을 갖는 광 센서에 대한 특성을 나타낸다. 나머지 세 개의 데이터는 패

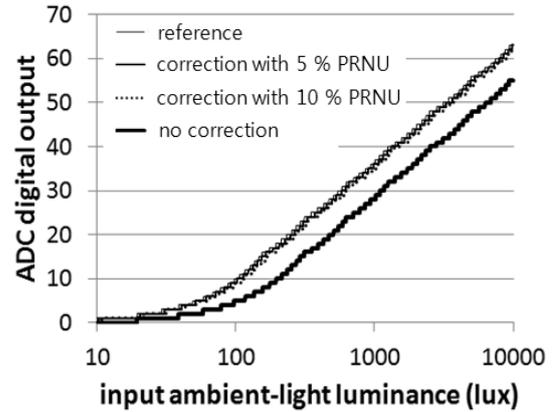


그림 10. 주변 밝기에 따른 최종 ADC 출력의 특성 곡선
Fig. 10. Transfer characteristic of the final ADC output versus the input ambient-light luminance.

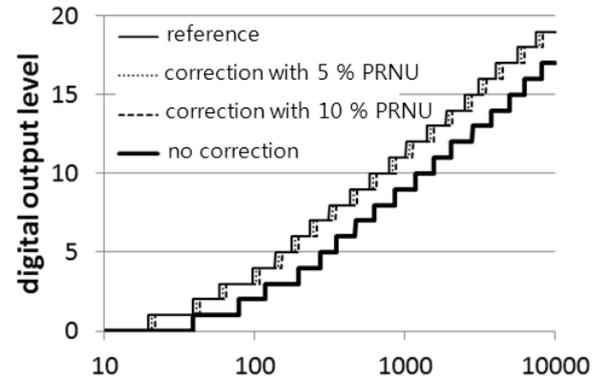


그림 11. 그림 10의 데이터를 이용하여 입력 구간을 20개의 레벨로 재설정
Fig. 11. Modified transfer characteristic of the Fig. 10 for the 20 level of input ambient-light luminance.

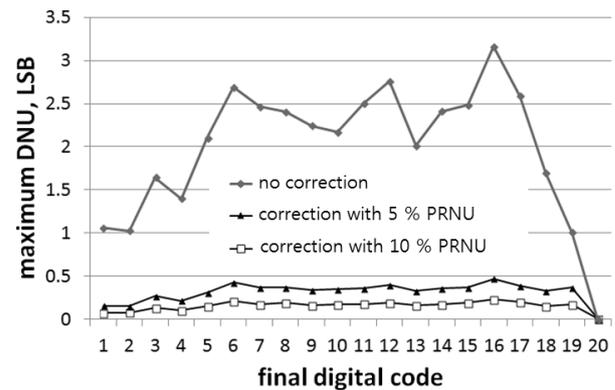


그림 12. 그림 10의 데이터를 이용하여 입력 구간을 20개의 레벨로 재설정
Fig. 12. Modified transfer characteristic of the Fig. 10 for the 20 level of input ambient-light luminance.

널 간 PRNU가 기준으로부터 100% 차이나는 광 센서를 가정하여 얻은 것이다. 제한하는 신호취득 회로를 사용하여 보정하는 경우, 보정 과정이 없는 경우에 비

해서 기준 특성과 크게 차이 없는 표준화된 특성을 보이고 있다. 실제 목표로 하는 응용에서 입력 밝기에 대한 해상도 조건이 그다지 높지는 않으며, 휴대 기기 응용의 목적에 맞추어 최종 ADC 출력에 대해 해상도를 낮게 조정하여 사용하는 것이 일반적이다. 일반적인 휴대 기기의 사용 조건을 고려하여, 입력 구간을 그림 11과 같이 10에서 10,000 lux까지 20 개의 레벨로 재설정했다.

제안하는 신호취득 회로의 보정 효과를 정량화하기 위해, ADC의 차등 비선형 오차(Differential non-linearity error, DNL)와 유사한 개념을 갖는 최대 차등 불균일 오차(Differential non-uniformity error, DNU)를 사용하고자 한다. 최종적으로 얻어진 각 20 개의 레벨에 대해서 패널 간 오차를 고려할 때 실제 가능한 입력 범위와 이상적인 범위의 차이를 DNU로 정의한다. 즉, 최종적으로 얻어진 디지털 레벨 값을 얼마나 신뢰할 수 있는지, DNU를 통해서 예측할 수 있다. 패널 간 PRNU가 매우 큼에도 불구하고, 제안하는 신호취득 회로는 0.5 LSB 이하의 낮은 최대 DNU를 보이고 있음을 그림 12를 통해 알 수 있다.

IV. 결 론

휴대 기기를 위한 디스플레이의 전력소모를 낮추고 영상의 질을 개선하기 위해, 패널 일체형 ALS 시스템을 연구하였다. 제안하는 ALS 시스템은 주로 LCD 응용에 맞추어 검증했지만, 논문에 제시한 바와 같이 AMOLED 디스플레이에도 충분히 적용될 수 있다. 제안하는 ALS 시스템을 위해 실시간 보정 방식을 제안하고, 이를 구현할 수 있는 신호취득 회로를 제안하여 검증하였다. 제안하는 신호취득 회로를 통해서, 추가적인 비용 또는 시간을 들이지 않고 신뢰성 있게 주변 밝기를 감지하여 휴대 기기의 성능을 높이는 데 기여할 수 있을 것이다. 본 연구에서 CAD 툴과 칩 제작은 IDEC의 지원을 받았다.

REFERENCES

[1] M. Karube, et al., "Low power consumption for circuits integration of low temperature poly-Si TFT-LCDs", IDW Digest, pp. 1229-1230, 2005.
[2] T. Nishibe, and H. Nakamura, "Value-added circuit and function integration for SOG base on LTPS technology", SID symposium Digest, pp.

1091-1094, 2006.
[3] J. F. Wu, et al., "Integrated ambient light sensor on a LED driver chip", IEEE PEDS Digest, pp. 944-947, 2011.
[4] K. Maeda, et al., "The system-LCD with monolithic ambient-light sensor system", SID symposium Digest, pp. 356-359, 2005.
[5] H. S. Park, T. J. Ha, Y. Hong, M. K. Han, D. H. Woo, K. S. Shin, and C. W. Kim, "A self-reset ambient-light sensor system for low-temperature polycrystalline-silicon active-matrix displays", Journal of the SID, pp. 889-893, 2008.
[6] D. Fish, et al., "Improved optical feedback for AMOLED display differential ageing compensation", SID symposium Digest, pp. 1120-1123, 2004.
[7] Y. Vygranenko, M. Fernandes, A. Sazonov, and M. Vieira, "Driving scheme using MIS photosensor for luminance control of AMOLED pixel", Journal of display technology, pp. 1-5, 2013.

저 자 소 개

우 두 형(정회원)-교신저자

1999년 연세대학교 전자공학과 학사 졸업.

2001년 한국과학기술원 전자전산학과 석사 졸업.

2005년 한국과학기술원 전자전산학과 박사 졸업.

2005년~2008년 삼성전자 LCD총괄 책임연구원

2008년~현재 가톨릭대학교 정보통신전자공학부
부교수

<주관심분야: 아날로그 VLSI 설계, 신호취득회로, AMOLED/AMLCD 구동회로>