

# OLED 디스플레이 구동 IC 설계 및 구현

이 승 은, 오 원 석, 박 진, 이 성 철, 최 종 찬  
전자부품연구원 시스템 IC 연구센터  
전화 : 031-610-4330 / 핸드폰 : 011-9825-0372

## Design and Implementation of OLED Display Driver IC

Seung Eun Lee, Won Seok Oh, Jin Park, Sung Chul Lee, Jong Chan Choi  
System IC Research Center, KETI  
E-mail : selee@keti.re.kr

### Abstract

This paper proposes new driving methods for designing a driver independent of the current property of organic light emitting diodes (OLED) displays. The proposed methods are the Look-Up Table (LUT) and the Pulse Width Modulation (PWM). The LUT is used to handle the amount of the current for driving the OLED display panel and the PWM is applied to represent the gray scale on the OLED display panel. Segment and common drivers were implemented using delay circuits to prevent short-circuit current and a DC-DC converter was designed to supply the drivers with a power source. In particular, the proposed methods are used for the manufacturing of 1.8" 128×128 dot passive matrix OLED display panel. The designed circuit was fabricated using 0.6 $\mu$ m, 2-poly, 3-metal, CMOS process and applied to the Personal Communication System (PCS) phone successfully.

### I. 서론

21세기에 들어 고도 정보화 사회로의 움직임이 더욱 가속화 되고있으며, 문자, 음성, 화상정보를 시간과 장소의 제한 없이 주고받을 수 있는 정보 표시장치에 대한 중요성이 급격히 증대되고 있는 추세이다. 이에 고

휘도, 저전압 구동, 자기발광, 경량 박형, 광시야각, 그리고 빠른 응답속도의 장점을 가진 organic light emitting diodes (OLED) 디스플레이 장치는 차세대 평판 디스플레이 장치의 하나로서 최근 연구가 활발히 진행되고 있다[1].

OLED은 1960년대에 연구가 시작되어, 1987년 미국 Eastman Kodak사의 Tang에 의해 OLED의 고휘도화에 관한 논문이 발표된 이후 디스플레이 장치로서 본격적으로 검토되기 시작했다[2]. 발광 물질과 박막 구조에 관한 연구가 많이 진행되었으며[3], 이에 따라 효율적이고 일반적인 구동 방법에 관한 연구가 지속적으로 요구되고 있다[4].

본 연구에서는 OLED 구동 방법으로 gray scale 표시를 위한 펄스 폭 변조 (PWM) 방식과 Look Up Table (LUT)을 사용한 구동 전류 제어 방식을 제안한다. 또한 OLED 표시장치의 구동을 위한 CMOS 전류 구동 방식의 단일 칩을 구현하여, 그 성능을 검증한다.

### II. Driving Methods

#### 2.1 Pulse Width Modulation for Segment Driver

그림 1은 OLED의 gray scale 구현을 위한 PWM 신호를 나타낸다. 수직축(Y)은 common driver에 의해 선택된 라인에서의 각 픽셀의 열을 나타내고, 수평축(X)은 시간을 나타낸다. 각각의 어두운 부분은 선택된

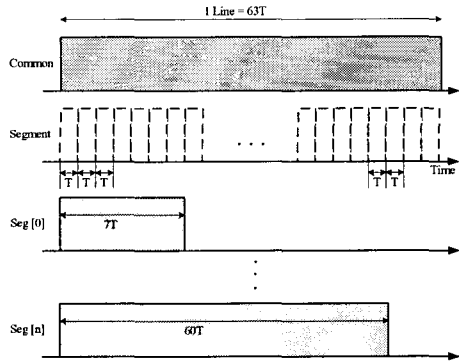


그림 3. PWM signals to achieve 64 gray scales

OLED 픽셀이 발광하는 시간을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 64 gray scale을 구현하기 위해 각 라인의 시간은 63개의 단위시간(T)으로 나누어져 있으며, 이때 segment 구동 신호의 폭은 각각 선택된 픽셀의 밝기를 나타낸다. 예를 들면, 그림 1의 seg[0]과 seg[n]은 다른 밝기의 결과를 내는 것이다. seg[0]의 경우는 7T/64T 기간동안 첫번째 픽셀을 발광하게 하며, seg[n]이 경우는 60T/64T시간동안 n번째의 픽셀을 발광하게 한다. 이렇게 seg[0]에서 seg[127]까지의 구동 신호를 각각의 gray 데이터에 따라 구동 신호의 폭을 조정함으로써 64 gray scale을 구현할 수 있다.

### 2.2 Look Up Table for Current Control

일반적인 표시장치들은 저장장치에 있는 화면 데이터의 값을 미리 결정된 전류/전압 레벨 값으로 출력하게 된다. 이는 구동 IC의 전류/전압 레벨이 특정 디스플레이 장치의 특성에 종속적이게 되는 단점이 있다.

본 연구에서는 이를 극복할 수 있는, 패널에 독립적인 구동 IC의 구현을 위한 Look Up Table 방식을 제안한다. 그림 2에서 알 수 있듯이 저장장치의 4bit (16 level) 데이터로부터 6bit (64 level) 데이터를 LUT를 참조해서 얻어내는 것이다. LUT는 각 레벨의 데이터를 64레벨 값 중의 하나로 일대일대응을 하게 되고, 이는 각 레벨에 따라 평균 전류량을 임의의 값으로 설정할 수 있게 한다. 즉 패널의 발광 특성에 따라 LUT의 값을 변화시킴으로써, 여러종의 패널에 적용 가능한 구동 IC를 구현 가능하도록 하여준다. 즉 패널의 특성에 따라 LUT를 최적화하여 고품질, 고선명의 화면을 얻을 수 있게 한다. 이렇게 얻어진 64 level의 값은 PWM 신호로 생성되어 구동 전류를 제어하게 된다.

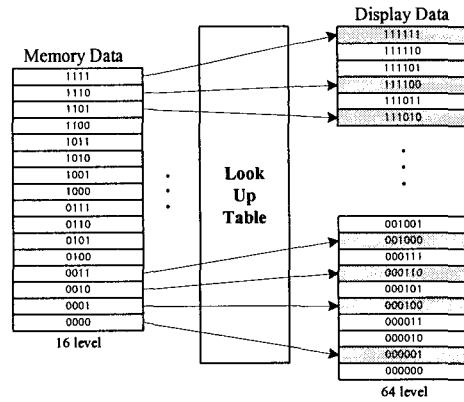


그림 4. Look Up Table (LUT) for current control

## III. Circuit Design for OLED Driver

### 3.1 Digital Control Circuit

구현된 OLED 구동 IC은 그림 3에서 볼 수 있듯이, 크게 디지털 기능 블록과 아날로그 기능 블록으로 나눌 수 있다.

디스플레이를 위한 데이터 및 제어 명령은 MCU로부터 전달된다. 이를 통해 전달된 명령은 내부 레지스터 블록으로 해석되어 전달되며, 화면 데이터는 레지스터를 통해 내부의 화면 저장장치(RAM)에 저장된다. 내부 레지스터는 16비트의 22개로 이루어져 있으며, OLED 구동을 위한 변수를 저장한다. 이는 전력 절약 모드 및 밝기/색조 제어를 위한 아날로그 변수 및, 화면 제어 및 기능 구현을 위한 디지털 변수로 이루어져 있다. 또한 상태 레지스터는 구동 IC의 현재 상태를 MCU가 읽어 모니터링 할 수 있도록 한다. 내부 그래픽

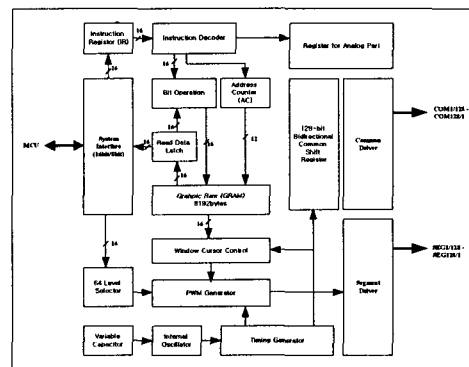


그림 5. Block diagram of driver IC

메모리는 전체 128×128 픽셀의 화면 데이터를 저장한다. 내부 레지스터를 통해 MCU가 읽고 쓸 수 있으며, 화면 표시를 위해 화면 제어 블록이 주기적으로 메모리의 데이터를 읽는다. 메모리에의 화면 데이터 저장에 있어 기존 저장 데이터와의 간단한 연산 (AND, OR, XOR)을 지원한다. 이는 시스템 엔지니어가 배경 화면 및 애니메이션의 구현을 쉽게 할 수 있도록 한다. 또한 화면 제어장치는 커서 제어 및 수직 스크롤, 그리고 부분 표시 기능을 지원한다.

LUT은 화면 제어 블록으로부터의 데이터를 6비트로 맵핑한다. 이렇게 얻어진 값을 이용해 PWM 발생기는 segment 출력 파형을 만들어 낸다. 타이밍 및 common 구동 파형은 내부 파형 발생기로부터의 클럭을 이용하여 만들어진다.

### 3.2 Segment and Common Drivers

OLED 픽셀의 발광은 양극과 음극에서 주입된 정공과 전자의 재결합에 의하여 이루어진다. 이러한 동작은 OLED 패널의 column과 row 라인에 위치한 segment 드라이버와 common 드라이버에 의해 가능하다.

Column 라인에 위치한 128개의 segment 드라이버는 전류원 M1과 스위치 M2, 싱크원 M3로 구성되며, 이를 그림 4에 나타내었다. 각각의 segment 드라이버의 출력단, seg는 128×128 OLED 픽셀의 에노드에 연결된다. Segment 드라이버의 입력신호, Vsels는 level shifter를 거쳐 M2로 인가되고, 지연회로 (delay circuit)를 거친 신호는 M3로 인가된다. M2가 turn-on 되면 픽셀로 전류가 흘러 발광하게 되고, M2가 turn-off 될 경우 전류가 차단된다. 이때 M3는 floating 상태가 되는 픽셀의 에노드단을 ground로 연결시켜 기생 전류의 흐름을 방지하는 역할을 한다. 또한 M2와 M3가 동시에 turn-on 되어 발생 할 수 있는 단락전류를 방지하기 위하여 지연회로를 설계하였다.

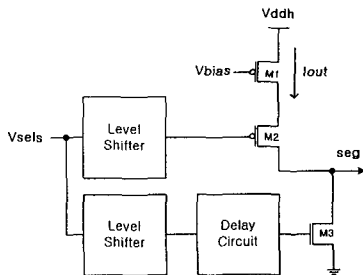


그림 4. Block diagram of segment driver

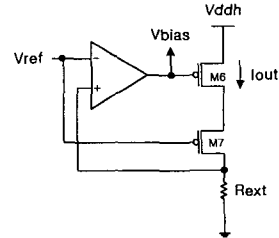


그림 5. Block diagram of bias circuit

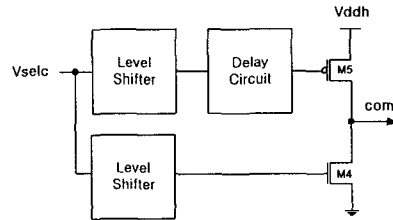


그림 6. Block diagram of common driver

픽셀을 발광시키는 전류,  $I_{out}$ 은  $V_{bias}$ 와 op-amp, 2개의 PMOS와 외부저항,  $R_{ext}$ 으로 구성된 바이어스 단으로부터 생성되며 이를 그림 5에 나타내었다.  $R_{ext}$ 를 조정함으로써 원하는 전류량을 조절 할 수 있도록 하였으며, 출력전류  $I_{out}$ 은 식 (1)에 의해 결정된다.

$$I_{out} = V_{bias} / R_{ref} \quad \text{식 (1)}$$

그림 6은 common 드라이버의 구조를 나타내고 있다. Row 라인에 위치한 128개의 common 드라이버는 스위치  $M4$ 와  $M5$ 로 이루어지며, 각각의 common 드라이버의 출력단,  $com$ 은 128×128 OLED 픽셀의 캐소드에 연결된다. 입력신호  $V_{selc}$ 는 level shifter와 지연회로를 거쳐  $M4$ 와  $M5$ 에 각각 인가되는데,  $M4$ 가 turn-on 될 경우 segment 드라이버로부터의 전류는 OLED 픽셀을 지나  $M4$ 를 통해 ground로 빠져나가게 되고, 이때 발광이 이루어진다.  $M4$ 가 turn-off 될 경우 전류의 흐름이 차단되는데, 이때  $M5$ 는 픽셀의 캐소드를  $V_{ddh}$ 로 연결하는 역할을 한다. Segment 드라이버에서와 마찬가지로 원리로  $M4$ 와  $M5$ 를 구동하는 신호에는 지연회로가 설계되었다.

### 3.3. Physical Implementation

본 연구에서 구현된 OLED 구동 IC는 하이닉스 0.6 $\mu$ m 16V, 2-poly, 3-metal CMOS 공정을 사용하여 제

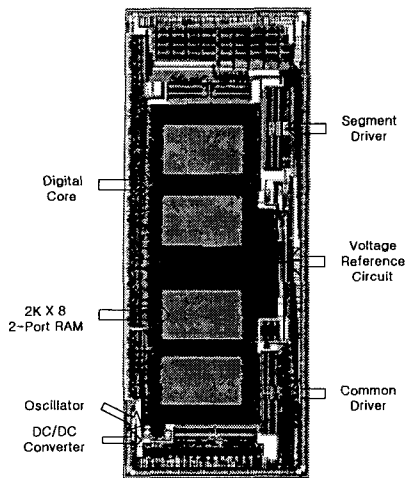


그림 7. Layout of the OLED driver IC

작되었다. 그림 7은 설계된 OLED 디스플레이용 구동 IC의 레이아웃을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 4개의 two port RAM과 segment/common 구동 회로 및 DC-DC 컨버터가 위치하고 있으며, 그 외 필요한 회로와 디지털 제어 회로가 위치하고 있다.

#### IV. Performances

구현된 OLED 디스플레이 구동 IC의 상세 특성은 표 1과 같다. 1.8인치 128 × 128의 해상도를 갖는 수동 매트릭스 녹색 패널을 이용해 모듈로 구현되었다. 또한, 구현된 모듈은 PSC 시스템에 적용되었으며, 그림 8은 제안된 방법으로 구현된 OLED 모듈의 최종 PSC phone 출력 화면으로 녹색 패널에 적용된 결과를 나타낸다. 이로부터 제안된 방법이 OLED의 고선명, 고화질의 gray scale 출력에 뛰어난 성능을 발휘함을 알 수 있다.

Display Area	1.8 Inch Diagonal
Pixel Number	128 × 128
Pixel Pitch	260 $\mu$ m
Gray Scale	64
Clock Frequency	10 MHz Internal OSC
Display Frequency	76Hz
Segment Driver	100 $\mu$ A @ 12V
Common Driver	12.8mA @ 12V
Driving Method	Current Driving
Color	Monochrome (Green)
Full COMS Chip Area	4600 × 13600 $\mu$ m <sup>2</sup>
Number of Pins	411 Pins
OSC, DC/DC Converter, Memory	On Chip

표 5. Specification of the OLED driver IC



그림 8. Display image of PCS phone display panel

#### V. 결론

OLED의 활용 분야는 현재 디스플레이가 사용되고 있는 대부분의 분야라고 볼 수 있으며, OLED의 최대 강점 중 하나인 쉘 수 있는 디스플레이 장치의 개발은 그 응용 분야를 한 층 더 확대할 수 있어 차세대 평판 디스플레이로서 주목받고 있다.

본 연구에서는 OLED 디스플레이 장치 구동에 있어, PWM 신호를 이용하여 gray scale을 표시하는 방식을 제안하였다. 또한 디스플레이 패널의 특성에 독립적인, 다양한 패널의 구동을 위한 방법으로, LUT을 이용하여 전류량을 제어하는 방식을 제안하였다. 이들 제안된 방법은 실제 OLED 표지장치를 위한 CMOS 전류 구동 IC로 구현되어, 제안된 방식이 OLED의 고선명, 고화질의 출력을 획득하는데 뛰어난 성능을 발휘함을 검증하였다.

#### 참고문헌

- [1] Mike Hack, R. Hewitt, "Performance of High Efficiency AMOLED Displays", *IDMC 2000*, pp.435.
- [2] C. W. Tang and S. A. Vanslyke, "Organic electroluminescent diodes", *Appl. Phys. Lett.*, vol51, pp.913-915, 1987.
- [3] T. Shomoda, R. H. Friend, "High resolution light emitting polymer display driven by low temperature polysilicon thin film transistor with integrated driver", *Proc. of the 18th IDRC*, pp.217, Seoul, 1998.
- [4] K. Inukai, M. Ymagata, "Late News Paper: 4.0-in TFT OLED Displays and a Novel digital Driving Method", *SID 00 DIGEST*, pp.924, 2000.