

저소비 전력 OLED 디스플레이 구동 회로 설계

신홍재, 이재선, 최성욱, 꺾계달
한양대학교 전자전기컴퓨터공학부
전화 : 02-2291-6398 / 팩스 : 02-2291-6399

Design of Low Power OLED Driving Circuit

Hong-Jae Shin, Jae-Sun Lee, Sung-Wook Choi, Kae-Dal Kwack
Division of Electrical and Computer Engineering, Hanyang University, Seoul, Korea
E-mail : hjshin89@ihanyang.ac.kr

Abstract

This paper presents a novel low power driving circuit for passive matrix organic lighting emitting diodes (OLED) displays. The proposed driving method for a low power OLED driving circuit which reduce large parasitic capacitance in OLED panel only use current driving method, instead of mixed mode driving method which uses voltage pre-charge technique. The driving circuit is implemented to one chip using 0.35 μ m CMOS process with 18V high voltage devices and it is applicable to 96(R-G-B)X64, 65K color OLED displays for mobile phone application. The maximum switching power dissipation of driving power dissipation is 5.7mW and it is 4 % of that of the conventional driving circuit.

I. 서론

정보화 사회로의 움직임이 더욱 가속화됨에 따라 휴대용 정보 표시장치에 대한 중요성이 급격히 증대되고 있는 추세이다. 이러한 장치의 경우, 무게와 크기를 줄이고 1 회 충전으로 사용 가능한 시간을 늘이기 위해서는 저소비 전력화 기술이 절대적으로 요구된다. 현재 가장 널리 사용되는 평판 디스플레이 소자인 LCD는 화면이 어둡고, 느린 응답 속도로 인해 동영상 구현이 완벽하지 못하다는 단점이 있다. 이에 반해 1987년에 KODAK사의 C. W. Tang 박사에 의해서 개발된 OLED(Organic Light Emitting Diode)는 고휘도, 저전압 구동, 자체 발광, 넓은 시야각, 그리고 빠른 응답속도 등의 우수한 표시 특성을 가지고 있기 때문에, 향후 LCD의 강력한 경쟁 상대가 될 수 있는 가장 유망한 디스플

레이 소자로 주목받고 있다[1]. OLED는 유기 ELD (Organic Electro-Luminescent Display)로 불리기도 한다. OLED는 전류 구동 표시 소자로서, 양극(anode)과 음극(cathode)으로 이루어진 2 전극 구조이며 양극에 인가되는 전류원의 전류양이나 전압원의 전압 인가 시간을 제어하여 밝기를 제어하는 방식으로 구동되고 있다. 그러나, 패널 전체에 걸쳐 픽셀(pixel)의 전압-전류 특성이 다르기 때문에 OLED 패널의 불균일성 문제점과 각 픽셀의 양극과 음극 사이에 존재하는 기생 커패시턴스로 인하여 OLED 디스플레이 구동시 큰 커패시턴스를 충전, 방전하는데 소비전력이 크게 되고 이 커패시턴스 때문에 픽셀이 선택된 시간 동안, 계조 레벨에 해당하는 전류를 OLED 패널에 공급하게 되면 적은 양의 전류를 공급하는 낮은 계조레벨의 화면은 원하는 밝기의 화면이 표시되지 않아서 계조 특성이 저하되는 문제점을 가지고 있다. 현재까지는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 프리차지(pre-charge) 기법을 사용해서 구동을 하고 있지만 프리차지시 공급되는 많은 양의 전류로 인해서 구동회로의 소비전력은 더욱 커지게 된다[2].

본 논문에서는 OLED 구동에 적합한 저소비 전력 구동 방식에 대해서 제안하고 이 방식을 적용한 전류 제어 방식의 OLED 구동회로를 설계하였다.

II. OLED의 구조 및 구동 방식

OLED 소자는 발광층을 이루고 있는 유기재료가 두 개의 전극 사이에 적용되어 있는 구조로 이루어져 있으며 그림 1의 (a)에 나타내었다[3]. 그림 1의 (b)는 OLED에 대한 회로 등가 모델을 나타내고 있으며 다이오드와 기생 커패시턴스로 모델링되어 있다.

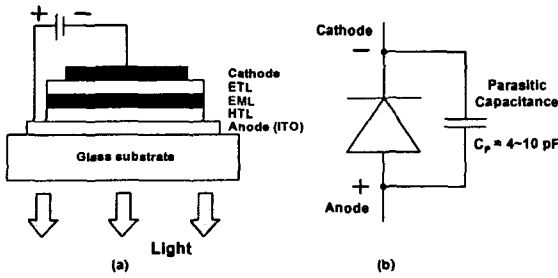


그림 1 (a) OLED의 구조, (b) 회로 등가 모델

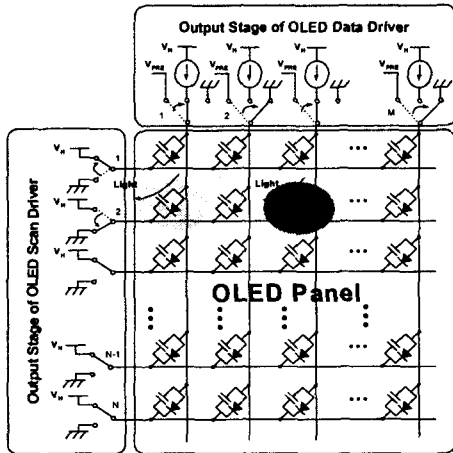


그림 2 PM OLED 패널 및 구동회로의 등가회로

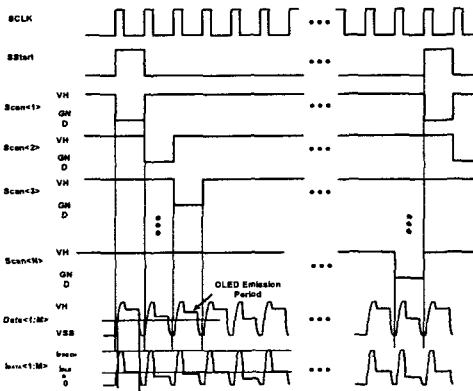


그림 3 Pre-charge 기법을 사용한 OLED 구동회로의 파형

그림 2는 수동형(Passive Matrix) OLED 패널과 구동회로의 등가회로를 나타내고 있다. OLED 패널의 캐소드 라인에는 캐소드 라인의 수에 해당하는 커패시턴스가 병렬로 연결되어 있고 큰 값으로 존재한다. 본 연구에서 사용한 96x64 color OLED 패널의 경우, C_p 는 4pF이고 애노드라인에 병렬로 연결된 커패시턴스는 256pF 정도의 값을 나타냈다. 그림 3은 일반적인 프리차지 기법을 사

용한 OLED 구동 방식에 대한 파형을 나타내고 있다. 캐소드 라인에 연결된 스캔 구동회로(scan driver)는 선택된 라인을 V_{SS} 로 유지하고 선택되지 않은 라인은 V_H 상태로 유지시키는 동작을 프레임(frame) 주파수에 맞추어 반복적으로 수행한다. 데이터 구동회로(data driver)는 애노드 라인에 병렬로 연결된 큰 값의 커패시턴스를 빠른 시간안에 충전하기 위해서 많은 양의 전류를 공급하여 애노드 라인을 OLED의 턴온 전압 이상으로 프리차지한 후, 화소 마다 gray scale에 해당하는 값의 전류를 공급하고 선택된 캐소드 라인의 화소들만 발광을 하게 된다. 이 캐패시턴스는 매우 큰 값이기 때문에 구동시 소비전력은 크게 된다. 이 때 발광을 위해 공급되는 전류 값은 0 ~ 200 μ A 정도로 작은 값이지만 프리차지시 공급되는 전류 값은 1 ~ 2mA 정도로 큰 값이기 peak 소비전력 문제도 발생할 수 있다. OLED구동시의 소비전력은 커패시터 충전에 소모되는 스위칭(switcing) 소비전력과 OLED발광에 필요한 발광(emission) 소비전력의 합으로 이루어지며 수식 (1)과 같다.

$$P_{DRIVING} = N \cdot M \cdot C_{PIXEL} \cdot V_H^2 \cdot f + M \cdot V_H \cdot I_{PIXEL} \dots\dots(1)$$

(Switching Power + Emission Power)

여기서 C_{PIXEL} 은 OLED 픽셀의 기생 커패시턴스, M은 애노드 라인수, N은 캐소드 라인수, V_H 는 구동전압, f는 line 주파수, I_{PIXEL} 은 화소 전류를 나타내고 있다.

III. OLED 구동회로의 설계

3.1 저소비 전력 OLED 구동 방식

본 연구에서 제안한 구동 방식을 그림 4에 나타내었다. 이 구동방식은 OLED 캐소드 라인의 스캔 구동회로의 출력 상태를 3 상태 출력을 갖도록 하여, 스캔 구동회로가 스캔 동작을 할 때, 선택된 캐소드 라인을 V_{SS} 로 유지하여 gray scale에 해당하는 전류가 공급된 OLED는 발광을 시킨 후, V_H 상태로 스위칭시켜 픽셀 양단에 존재하는 전하를 초기화하는 리프레시 동작 후, 하이임피던스(high impedance) 상태를 유지하는 동작을 프레임 주파수에 맞추어 반복적으로 수행한다. 제안한 구동 방식은 선택되지 않은 캐소드 라인을 하이임피던스 상태로 하여 기생 캐패시턴스 성분을 제거하여 OLED의 애노드 라인에 연결된 데이터 구동회로의 부하로 작용하는 기생 커패시턴스 성분을 $2/N$ (N은 캐소드 라인 수)로 낮출 수 있다. 이 결과 OLED 데이터 구동회로의 소비 전력 성분 중에 스위칭 소비전력을 기존의 구동 방식에 비해 $2/N$ 로 낮출 수 있으며 수식 (2)와 같

이 나타낼 수 있다. 이 경우, 충전해야 할 애노드 라인의 커패시턴스가 8pF로 작은 값이기 때문에 프리차지 기법을 사용하지 않고도 OLED의 발광에 필요한 발광 전류만으로도 애노드 라인을 짧은 시간 안에 충전할 있어 peak 소비전력 문제도 해결 할 수 있고, OLED 구동 회로의 동작 속도가 증가되어 낮은 gray 표현이 가능해 고화질 구현이 가능하다.

$$P_{DRIVING} = 2 \cdot M \cdot C_{PIXEL} \cdot V_H^2 \cdot f + M \cdot V_H \cdot I_{PIXEL} \dots\dots (2)$$

(Switching Power + Emission Power)

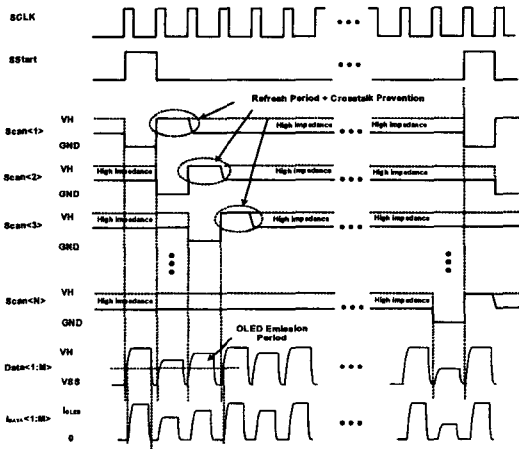


그림 4 제안한 저소비 전력 OLED 구동 방식

3.2 OLED 구동 회로 설계

본 연구에서 설계한 저소비 전력 OLED 구동 회로는 mobile phone용 96(R.G.B)x64 해상도를 갖는 65K color OLED 디스플레이에 적합하도록 one chip으로 설계되어 있다. 그림 5는 설계된 OLED 구동 칩과 OLED 패널의 블록도를 나타내고 있다. 구동 칩은 64 채널의 scan driver, 64 gray scale 구현이 가능한 전류 출력력을 갖는 288 채널의 data driver와 CPU interface를 갖는 controller로 구성되어 있다. 설계된 구동 칩은 0.35μm 18V 공정을 이용하여 설계되었고 scan driver 부분의 출력단은 제안된 구동 파형 구현이 가능하도록 3 상태의 고전압 출력 형태를 갖도록 되어 있다. 또한 data driver 출력단은 64 gray scale이 구현이 가능한 전류 DAC 구조의 전류 출력단으로 pre-charge를 위한 전압원이 없는 구조로 설계되어 있다. 기존의 각 채널 마다 전류 미리 형태의 전류원을 사용하여 설계하는 방식의 단점인 전력 소모와 채널 간 offset 전류를 최소화 하기 위해서, 메인 전류 바이어스로 1개의 reference cell을 두고 288 채널의 전류원이 copy하는 방식을 제안하여 설계하였다.

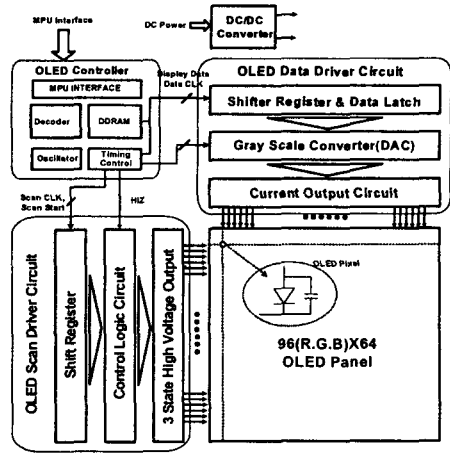


그림 5 설계된 OLED 구동 칩과 패널의 블록도

그림 6은 OLED scan driver의 고전압 출력회로를 나타내며 제안한 구동방식에 적합하도록 3 상태의 출력을 갖도록 설계되어 있다. 이 회로는 2개의 레벨슈프터와 버퍼로 구성되어 있다. High impedance 제어 신호인 HIZ에 "H" 상태 신호가 인가되면 고전압 출력단은 high impedance를 유지하고 HIZ에 "L" 신호가 되면 S_n에 인가된 로직 전압레벨로 인가된 신호에 따라서 출력단의 출력전류를 높여 고전압 V_H와 V_{SS}를 출력한다. 그림 7은 data driver의 전류 출력단을 나타내고 있으며 6 bit 전류 DAC(digital to analog converter), 레벨슈프터와 스위치단으로 구성되어 있다.

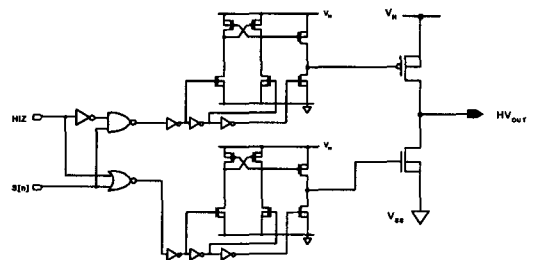


그림 6 Scan driver의 고전압 출력단 회로

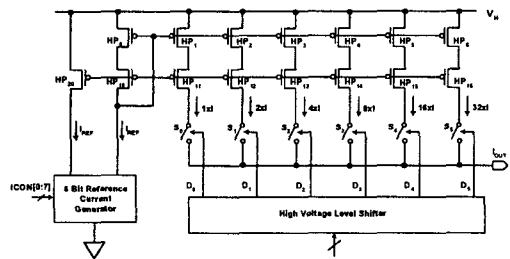


그림 7 Data driver의 전류 출력단 회로

IV. OLED 구동 칩의 구현 및 성능

본 연구에서 설계한 OLED 구동회로는 one chip으로 구현되었고 그림 8은 설계된 구동 칩의 layout을 나타내고 있다. 그림 9는 설계된 OLED 구동칩에 모델링된 OLED 패널을 부하로, 출력 전류를 100 μ A로 설정한 조건의 HSPICE 모의 실험 결과를 나타내고 있다. 기존의 구동회로는 pre-charge가 없을 경우, 애노드 라인을 충전하는데 100 μ s 이상의 시간이 걸리지만 설계된 구동회로는 5.5 μ s 이내에 충전하므로 pre-charge 기법을 사용하지 않고 발광전류만으로도 구동이 가능하다. 그림 10은 설계된 OLED 구동칩의 소비전력 분석 결과를 나타내고 있다.

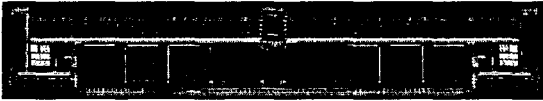


그림 8 OLED 구동칩의 Layout

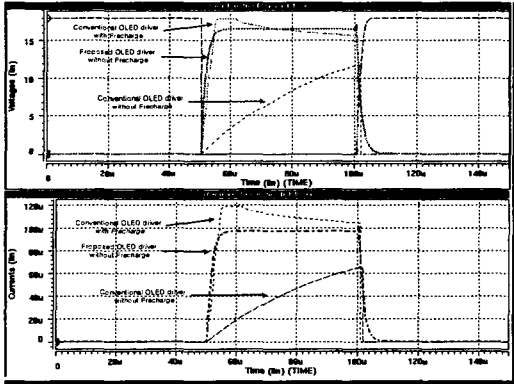


그림 9 OLED 구동 칩의 HSPICE 모의 실험 결과

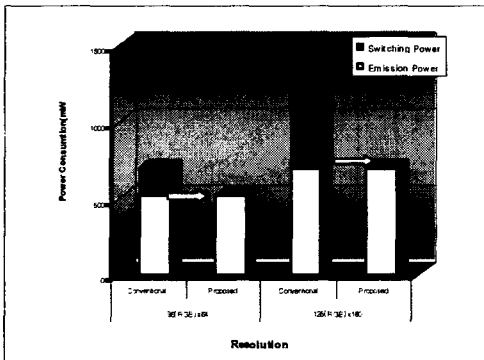


그림 10 OLED 구동 칩의 소비전력 특성비교

Full white 조건에서, 96x64 해상도를 갖는 OLED의 경우, 구동시의 총 소비전력 중에 발광 소비전력은 518mW로 기존의 구동 방식과 같게 나타났고, 스위칭 소비전력은 기존의 경우 183mW이었고, 제안한 구동회로는 5.7mW로 96 % 정도의 스위칭 소비전력을 줄일 수 있었다. 이 결과 OLED 구동시 총 소모 전력을 26 % 정도 낮출 수 있었다. 또한 128x 160 해상도를 갖는 OLED에 적용할 경우, 47% 정도의 구동시 소모전력을 줄일 수 있다. 표 1은 구현된 OLED 구동칩의 특성표를 나타내고 있다.

표 1 OLED 구동칩의 특성표

Display Area	96(R.G.B)x64
Display Color	65,000
Driving Method	Current PAM
Process technology	0.35 μ m 2poly 3metal 18V
Max. output current of the data driver	191.25 μ A(0.75 μ A steps)
R _{ON} of the scan driver	10 Ω (at V _{DS} =1V)
Number of pins	638
Chip size	16,880 μ m x 2,840 μ m

V. 결론

본 연구에서는 저소비 전력 수동형 OLED 구동회로 설계에 관한 연구를 하였다. 저소비 전력 OLED 구동 회로는 mobile phone 용 96(R.G.B) x 64 해상도를 갖는 65K color OLED 디스플레이에 적합하도록 one chip으로 구현되었다. 제안된 구동방식은 OLED 패널에 존재하는 큰 값의 기생커패시턴스 성분을 낮추어 발광전류만으로도 구동이 가능하도록 설계되어 구동시 소모되는 전력을 최소화 시키면서 동작 속도를 증가시켜 고화질 구현이 가능하도록 되어 있다. 96x64 OLED 디스플레이에 적용 결과, OLED 구동회로의 스위칭 소모전력을 기존의 방식에 비해서 96 % 낮추어 구동시 총 소모 전력을 26 % 정도 낮출 수 있었다.

감사의 글

본 연구를 수행하는데 많은 지원을 해주신 하나마이 크론(주)의 최 창호 대표님과 장 영훈 상무님께 감사드립니다.

참고 문헌

[1] Y. Fukuda et. al., SID99, pp 430 - 433, 1999.
 [2] Y.S Na et. al., SID02, pp 1178 - 1181, 2002.
 [3] G. Gu et. al., IEEE J. STIQE, vol. 4, pp83-99, Jan. 1998.