

저 전압스트레스를 갖는 floating 전압 스택형 LED 구동회로

주형익, 류동균*, 최홍균*, 김희욱*, 한상규†
국민대학교 POESLA, 삼성전기*

The LED Driver with Low Voltage Stress Using stacked floating voltage

Hyung ik Joo, Dong Kyun Ryu*, Heung Kyun Choi*, Hugh Kim*, Sang Kyoo Han†
Power Electronic System Laboratory, Kookmin University, Samsung Electro-mechanics.*

ABSTRACT

본 논문에서는 저 전압스트레스를 갖는 LED 구동회로를 제안한다. 기존 회로는 높은 출력 전압 사양의 LED 모듈을 구동하기 위하여 부스트 컨버터를 사용하며, 이에 따라 반도체 소자들의 전압스트레스가 높다. 반면, 제안된 회로는 높은 LED 출력전압을 구동하기 위하여 백 컨버터의 출력전압에 Floating 된 보조전압을 더해 LED를 구동하기 때문에 반도체 소자의 전압스트레스를 현저히 줄일 수 있으며, 별도의 dimming 스위치가 필요 없는 장점이 있다. 본 논문에서 제안된 회로의 우수성을 검증하기 위하여 이론적 분석과 210W급 55인치 4 Channel LED 구동회로에 적용하여 실험결과를 제시한다.

1. 서론

최근 디지털 멀티미디어 방송 시대를 맞이하여 첨단 디스플레이 전자 장치들에 대한 많은 연구 개발이 진행되고 있다. 그 중 FPD(Flat Panel Display)시장은 급진적인 성장을 하고 있고, 현재 LED가 확고한 시장을 확보하고 있으며 대화면 LCD TV가 계속적으로 증가 및 발전하는 추세이다.^[1] 이러한 대화면 TFT LCD의 발전과 함께 핵심 부품인 Backlight의 발전도 동시에 진행되고 있으며, 아울러 200W급 이상의 대용량 경량/박형의 SMPS도 꾸준히 요구되고 있다. 한편, LCD는 비자발광 디스플레이로써, BLU(Backlight Unit) 사용이 필수적이다. BLU는 패널의 가격에 있어서 가장 큰 부분을 차지함과 동시에 LCD패널 소비전력의 약 90%를 소비하기 때문에 LCD TV의 고화질화, BLU의 효율 향상 및 가격 경쟁력 확보 등을 위하여 이에 따른 다양한 연구가 이루어지고 있다. 뿐만 아니라, 현재는 TFT LCD의 크기가 점차 늘어남에 따라 BLU의 중요성이 점차 증가하고 있다. 따라서 본 논문에서는 BLU의 높은 전력밀도와 경쟁력 확보를 위하여 Floating 전압을 이용한 저 전압스트레스를 갖는 LED 구동회로를 제안한다.

2. 기존 LED 구동회로

그림 1의 기존 LED 구동회로는 역률 개선을 위한 PFC단과 일정한 DC전압 생성 및 절연을 위한 LLC DC/DC 컨버터단, 그리고 LED Driver단으로 구성되어 있다.^[2] LED Driver단은 트랜스포머의 턴 비에 의해 cross regulation 된 DC전압을 post regulator인 부스트 컨버터를 사용하여 제어하고 있다. 기존 방식의 경우 LED를 구동하기 위한 높은 출력전압이 요구되므로 입력전압이 반도체소자의 전압스트레스로 인가되는 강압형 컨버터인 백 컨버터는 대형인치의 LED 구동회로에 적용이 어렵다. 따라서 기존 회로는 post regulator로써 부스트 컨버터를 사용한다. 이에 따라 부스트 컨버터의 반도체 소자는 출력전압이 전압스트레스로 인가되므로 높은 전압스트레스를 갖으며,

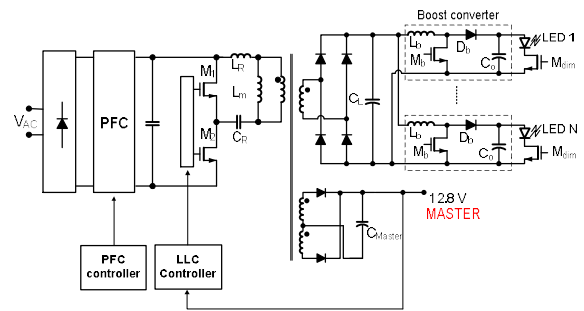


그림 1 기존 LED 구동회로
Fig. 1 Circuit of conventional LED Driver

별도의 dimming 스위치를 필요로 하므로 제작단가가 상승하는 단점이 있다. 반면 제안 회로는 앞서 언급한 기존 회로의 단점을 극복하기 위해 LED 구동회로의 전압스트레스를 기존대비 대폭 감소시킴으로써 백 컨버터를 대형인치 TV에도 적용할 수 있는 방안에 대해서 제안한다.

3. 제안된 LED 구동회로

제안된 LED 구동회로는 아래 그림 2와 같이 기존 LED 구동회로와 같이 역률 개선을 위한 PFC단과 일정한 DC전압 생성 및 절연을 위한 LLC DC/DC 컨버터단, 그리고 LED Driver단으로 구성되어 있다. 하지만 기존과는 달리 2차 측에 Floating capacitor C_H 를 추가하여 LLC 컨버터의 cross regulation을 통해 Floating 전압 V_H 가 스택되므로 post regulator인 백 컨버터 출력전압 V_b 에 더하여 LED를 구동한다. 그러므로 백 컨버터의 낮은 출력전압만으로도 큰 전압을 요구하는 LED를 구동할 수 있으며, post regulator로 사용되는 백 컨버터의 모든 반도체 소자의 전압스트레스 또한 낮은 입력전압 V_L 로 대폭 저감할 수 있다.

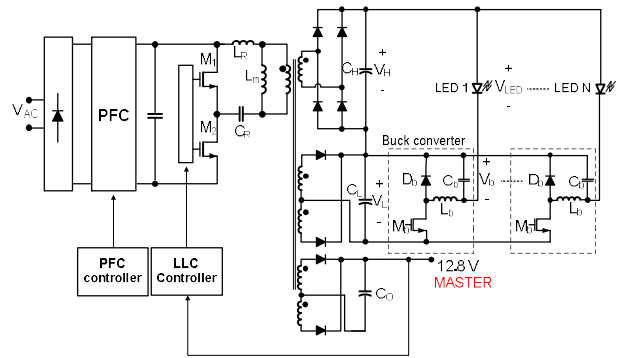


그림 2 제안 LED 구동회로
Fig. 2 Circuit of proposed LED Driver

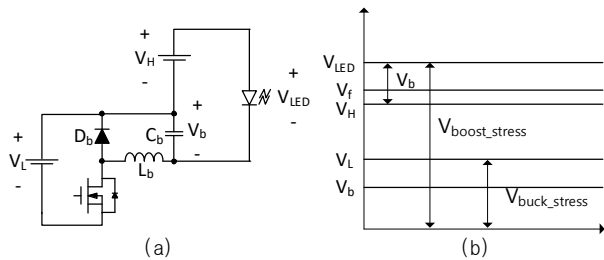


그림 3 제안된 LED 구동회로의 동작원리와 동작전압 레벨
 Fig. 3 The operation principle and voltage level of proposed LED Driver

이로 인해, 높은 출력전압을 요구하는 대형인치 LED 구동 회로에도 백 컨버터를 적용할 수 있다. 또한 부스트 컨버터를 사용한 기존 LED 구동회로와 달리 제안회로는 별도의 dimming 스위치 없이 메인 스위치만으로 LED의 전류 및 휘도를 제어하므로, 각 채널당 1개씩 추가적으로 사용되는 dimming 스위치를 제거하여 채널 수 만큼의 스위치를 저감할 수 있다.

3.1 제안된 LED 구동회로의 동작원리

그림 3(a)와 같이 제안된 LED 구동 회로는 LLC 컨버터의 cross regulation을 통해 capacitor C_H 에 Floating 전압 V_H 을 생성하며 LED 구동전압 V_{LED} 은 아래 식 (1)과 같다.

$$V_{LED} = V_H + V_b \quad (1)$$

$$V_b = V_{LED} - V_H \quad (2)$$

따라서 백 컨버터의 출력전압 V_b 는 위 식 (2)를 만족하면 되므로 백 컨버터의 입력은 V_b 보다 높으나 V_{LED} 보다는 매우 낮은 V_L 의 전압을 갖는다. 따라서 V_b 가 0V일 경우 LED는 전류가 흐르지 않고, V_b 가 $V_{LED} - V_H$ 의 출력전압을 가질 때 LED에 전류가 흐르게 되어 LED가 동작한다. 위의 그림 3(b)는 백 컨버터와 부스트 컨버터의 반도체소자에 인가되는 전압스트레스를 나타낸다. 기존의 부스트 컨버터의 전압스트레스는 V_{boost_stress} 로써 높은 출력 전압 V_{LED} 를 갖지만 제안된 백 컨버터의 전압스트레스는 V_{buck_stress} 로써 매우 낮은 전압 V_L 을 갖는다.

4. 실험결과

제안 LED 구동회로의 타당성 검증을 위해 210W급 55인치 4 Channel LED 구동회로에 적용하여 실험하였다. 제안 회로의 사양은 아래 표1과 같다. 그림 4는 앞서 제시한 제안 구동회로의 동작전압 레벨을 제시하며 앞서 제안한 바와 같이 전압스트레스가 저감됨을 확인하였다. 이때 전압스트레스는 기존 부스트 컨버터의 경우 194V를 갖게 되지만, 제안된 백 컨버터의 경우 129V로써 약 70V 감소됨을 확인하였다. 또한 그림 5는 각 dimming에 따른 LED 전류파형의 실험 결과를 제시하였으며 full load시 100%부터 1%까지 dimming을 하여 제안 LED 구동회로 동작을 검증하였다.

표 1 제안 회로의 사양
 Table 1 Specification of proposed LED Driver

Item	Values
Input Voltage V_{DC}	390 V
Master output Voltage V_o	12.8V
Rated voltage and current of LED	62V/ 155mA
Magnetizing inductance of transformer L_m	370uH
Leakage inductance of transformer L_K	50uH
Resonant capacitor C_r	33nF
Master output capacitor C_o	390uF
output capacitor of Buck converter C_b	220nF

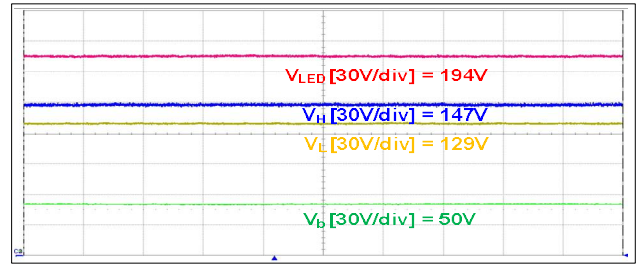
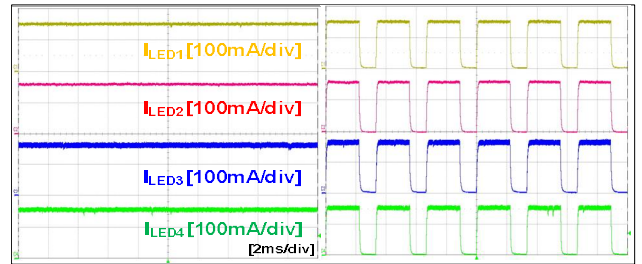
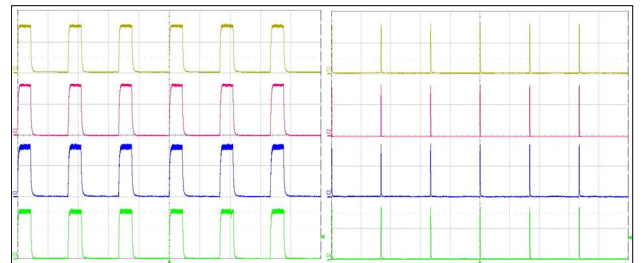


그림 4 제안 회로의 동작전압 레벨
 Fig. 4 Voltage level of proposed LED Driver



(a) Full load / 100% Dimming (b) Full load / 60% Dimming



(c) Full load / 20% Dimming (d) Full load / 1% Dimming

그림 5 Dimming 정도에 따른 LED 전류
 Fig. 5 Full load LED current of changing dimming

5. 결론

본 논문은 새로 추가된 capacitor의 floating 전압을 이용하여 저 전압스트레스를 갖는 LED 구동회로를 제안하였다. 기존 회로의 분석 후 제안된 회로의 동작원리와 전압스트레스 등을 제시하였으며 실험을 통하여 제안된 회로의 타당성을 검증하였다. 기존 회로는 대용량 55인치 4 Channel LED 구동회로에 post regulator로써 부스트 컨버터를 사용하여 반도체 소자들의 높은 전압스트레스와 각 채널마다 별도의 dimming 스위치를 필요로 하지만 제안회로는 백 컨버터를 적용함으로써, 기존회로에서 각 채널마다 사용되는 별도의 dimming 스위치를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 낮은 전압스트레스로 인하여 낮은 내압의 반도체 소자사용으로 제작단가 측면에서 매우 유리한 장점을 갖는다. 따라서 제안된 회로를 대형인치 LED 구동 회로에 적용함으로써 기존 구동회로보다 더 높은 전력밀도와 가격 경쟁력 확보를 기대할 수 있다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학ICT연구센터육성 지원사업의 연구 결과로 수행되었음 (NIPA 2014 H0301 14 1005)

참고 문헌

- [1] L. Y. Pan, S. C. Chang, M. Y. Liao, and Y. T. Lin, "The future development of global LCD TV industry," in Proceeding of PICMET, pp. 1818~1821, Aug. 2007.
- [2] Van der Broeck, Heinz, Georg Sauerlander, and Matthias Wendt. "Power driver topologies and control schemes for LEDs." Applied Power Electronics Conference, APEC 2007 Twenty Second Annual IEEE. IEEE, 2007.