

저가형 스마트 LED 조명 구동을 위한 다수의 전류-전압 동시 제어 방법

김태훈*, 이상훈*, 양준현*, 임창순, 현동석, 김래영
 한양대학교, (주) 삼성전자*

A Low Cost Multiple Current-Voltage Concurrent Control for Smart Lighting Applications

Tae hoon kim*, Sang hoon Lee*, Joon hyun yang*, Chang soon Im, Dong seok Hyun,
 Rae young Kim

Hanyang University, Samsung Electronics Corporation*

ABSTRACT

This paper focuses on the Current Voltage concurrent control method devoted to the multiple LED (light emitting diode) string driver. Isolated DC to DC converter with cascaded chopping switch is proposed for smart lighting system such as light with sensor or back light unit of display, which need to control the current of parallel connected multiple LED strings and regulate DC voltage for micro controller for brightness control. The proposed circuit regulates the current of parallel connected multiple LED strings and additional DC voltage output simultaneously. To verify the performance, experimental results are presented based on the prototype board. 5V, 1A voltage mode electric load and two LED strings with different forward voltages are used for output loads. 23W output power is achieved and measured efficiency is in the range of 85% 87%

1. 서론

최근 긴 수명 시간, 높은 발광 효율, 빠른 응답 속도와 같은 다양한 장점으로 인해 LED(Light Emitting Diode)가 친환경 광원으로 각광 받고 있으며 이러한 장점들은 형광등과 백열등과 같은 기존의 광원들을 LED로 빠르게 전환시키고 있다. 일반적으로 일정한 전류를 제어해 주어야 하는 LED의 구동 특성에 따라 병렬 접속된 다수의 LED를 구동할 때에는 각각의 병렬 접속된 LED 마다 하나씩의 구동회로를 사용해야 하는 문제가 있었다.^[1] 또한 LED의 휘도 제어를 위해 일반적으로 MCU(Micro Processor Unit)가 사용되는데 이를 구동하기 위한 정전압 또한 LED 구동회로의 출력에 포함된다. 본 논문에서는 다수의 병렬 접속된 LED를 구동하면서 동시에 MCU를 위한 DC 전압을 동시에 제어해주는 회로를 제안하였다. 제안된 회로는 기존 병렬 접속된 LED 마다 사용되었던 DC/DC 컨버터를 삭제함으로써 삭제된 수동소자에 따른 손실을 저감시켜 효율을 상승시켰으며 이에 따른 재료비를 개선시켰다.

2. 동작 원리

2.1 제안된 구동회로의 동작 원리

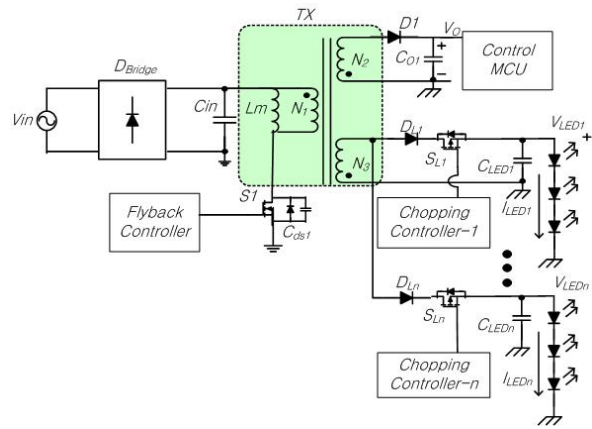


그림 1 제안된 전류 전압 동시 제어회로
 Fig. 1 Proposed current voltage concurrent control scheme

그림 1은 제안된 구동회로를 나타낸다. 제안된 회로는 플라이백 회로에 전류 초핑 스위치를 단계적으로 연결한 구조를 이루고 있으며 MCU를 위한 정전압 출력을 위한 변압기 권선과 LED 전류 출력을 위한 권선, 그리고 초핑 스위치를 제어하기 위한 제어 회로로 구성된다. 플라이백 제어기는 출력되는 전체 에너지를 제어하고 초핑 스위치 제어기는 각각의 LED 전류를 제어한다. 그림 2와 3은 제안된 회로의 모드별 등가회로와 각 소자의 파형을 나타낸다.

그림 3에서와 같이 초핑 스위치는 D1이 도통된 이후에 ON

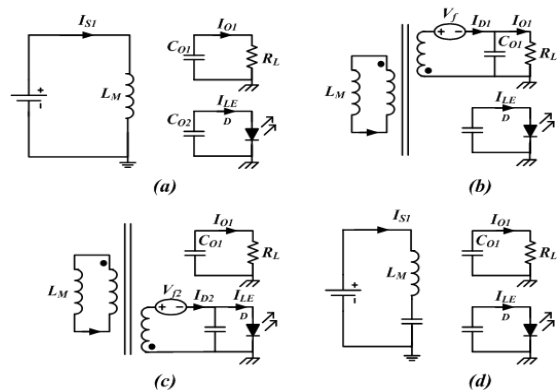


그림 2 모드별 등가회로
 Fig. 2 Equivalent circuits of four topological stages

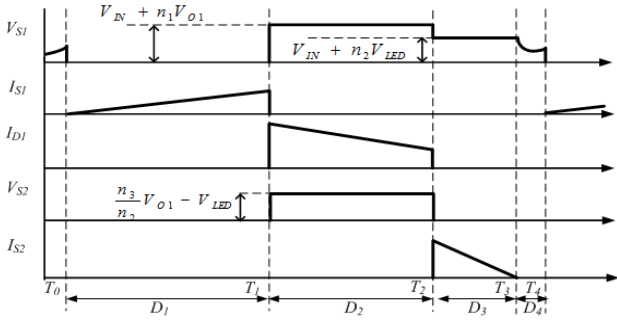


그림 3 구동 파형
Fig. 3 Key waveform of the circuit

되며 플라이백 컨버터의 DCM(Discontinuous Current Mode) 동작으로 인해 ZCS(Zero Current Switching) 상태에서 OFF하게 된다. 정전압 출력 V_o 는 인덕터 Voltage Second Balance 공식에 의해 다음과 같이 나타내어진다.

$$V_o = \sqrt{\frac{R_o T_s}{2L_M} \left((V_{IN} D_1)^2 - \left(\frac{V_{LED} D_3}{n_2} \right)^2 \right)} \quad (1)$$

식 (1) 과 같이 V_o 는 D_1 과 D_3 의 함수로 나타남을 알 수 있으며 LED 전류제어를 위해 초핑 스위치 제어가 D_3 를 증가시킬 경우 메인 플라이백 제어가 D_1 을 증가시킴으로서 V_o 를 일정한 전압으로 유지시키는 동작을 한다.

2.2 제어 회로

그림 4는 초핑 스위치를 제어하기 위한 회로를 나타내며 이는 삼각파 발생기, 게이트 구동회로, 그리고 비교기와 보상으로 구성 된다. 메인스위치 S1 이 OFF 되면 삼각파 발생기로 변압기의 권선 비에 따른 전압이 인가되고 Cr1의 전압이 일정한 기울기로 상승한다. 스위칭 주기가 끝나고 S1이 다시 ON 되면 Cr1 은 방전되고 이 동작의 반복을 통해 삼각파를 만들어 낸다. 그리고 비교기와 보상은 LED 의 출력 전류를 감지하여 기준 전류치와 비교하여 제어 전압을 출력한다. 그리고 출력된 제어전압 V_c 와 삼각파 출력 전압을 비교하여 초핑 스위치의 게이트 제어 펄스를 출력한다.

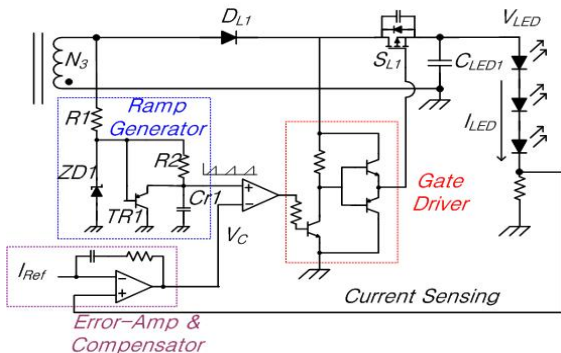


그림 4 초핑 스위치 제어회로
Fig. 4 Chopping switch control circuit

3. 실험 결과

그림 5, 6, 7은 제안된 회로의 실험 파형을 나타내고 있

며 실험은 8V 1A, 10V 1A의 병렬 연결된 LED 2개와 1개의 5V 1A 정전압 출력으로 진행하였다.

그림 5는 각 LED 의 출력 전류와 전압을 나타내며 병렬 접속된 2개의 다른 V_f 를 가지는 LED 전류가 각각 1A 로 잘 제어됨을 확인할 수 있다.그림 6은 변압기 권선 N2 의 전압과 두 개의 LED 전류 제어를 위한 초핑 스위치 SL1과 SL2 의 파형을 나타내며 그림 7은 초핑 스위치 제어를 위한 삼각파와 제어 전압 V_c 를 나타낸다.

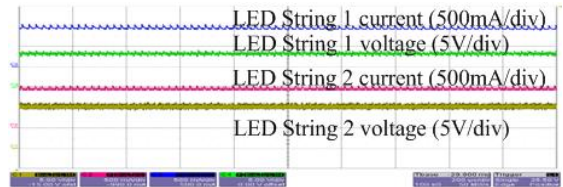


그림 5 LED 출력 전류/전압 (200us/div)
Fig. 5 LED String Current and voltage (200us/div)

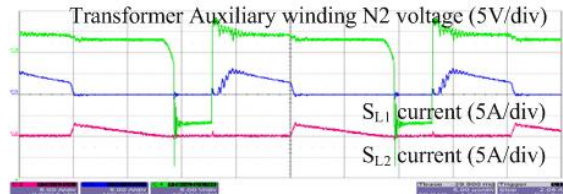


그림 6 변압기 권선 N2 전압 및 초핑 스위치 전류파형 (5us/div)
Fig. 6 Transformer winding N2 and chopping switch current (5us/div)

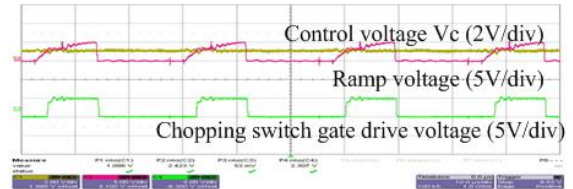


그림 7 초핑 스위치 제어 전압
Fig. 7 The chopping switch control waveform

4. 결론

본 논문에서는 디스플레이의 백라이트, 센서 조명 등의 스마트 LED 광원 구동회로에 있어 MCU 구동을 위한 정전압 출력과 다수의 LED 출력 전류를 동시에 제어하는 회로를 제안하였다. 제안된 회로는 별도의 LED 구동용 DC/DC 컨버터가 없기 때문에 기존 방법에 비해 저가의 회로구현이 가능하고 시스템 효율을 향상시킬 수 있다. 제안된 방법의 검증을 위해 2개의 LED 와 1개의 정전압 출력을 가지는 시작품을 구현하여 성능을 평가하였다.

참고 문헌

- [1] Steigerwald, D.A.; Bhat, J.C.; Collins, D.; Fletcher, R.M.; Holcomb, M.O.;Ludowise, M.J.; Martin, P.S.; Rudaz, "Illumination with solid state lighting technology" IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics Vol. 8, no. 2,pp. 310 320, Mar Apr 2002