

# 다중채널 LED 백라이트를 위한 Capacitor-Diode 전류평형 회로

박성한, 정영진, 홍성수, 한상규  
국민대학교 전력전자 연구소

## Capacitor-Diode Current-Balancing Circuit for Multi-Channel LED Backlight System

Sung-Han Park, Young-Jin Jung, Sung-Soo Hong, Sang-Kyoo Han  
Kookmin University Power Electronics Center

### ABSTRACT

최근 저전력 소모와 얇은 두께, 무 수은, 다양한 색 표현력, 빠른 응답 속도 등의 다양한 장점을 가진 LED(Light Emitting Diode)를 광원으로 이용하는 LCD(Liquid Crystal Display) TV가 큰 주목을 받고 있다. 이러한 LCD TV의 화면을 균등한 휘도로 표현하기 위해 기존의 구동회로는 다 채널의 LED를 정전류로 제어하는 DC/DC 컨버터가 채널마다 각각 적용되었고, 이는 원가 상승 및 효율 저하의 원인이 되었다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 각 LED 채널에 적용되는 DC/DC 컨버터 없이 트랜스포머, 커패시터, 다이오드를 이용하여 모든 LED 채널의 정전류 제어가 가능한 저가격형 구동회로를 제안한다. 이는 전력변환 효율과 전력밀도를 획기적으로 개선할 수 있고 수동소자만을 사용하므로 높은 신뢰성을 확보할 수 있다. 본 논문에서는 제안된 회로에 대한 이론적 해석과 실험을 통해 제안 회로의 타당성을 검증한다.

### 1. 서 론

최근 디지털 멀티미디어 시대를 맞이하여 Flat Panel Display(FPD) 시장은 급진적인 성장을 이루었다. 그 중에서도 편의성과 가격 대비 효율이 가장 우수한 LCD는 휴대폰, PDA, TV 등과 같이 다양한 분야에 활용되며 응용 시장을 넓혀가고 있다. LCD는 비(非)자발광 디스플레이로서, LCD 전 영역에 걸쳐 균일한 밝기의 빛을 공급하는 BLU (Backlight unit)사용이 필수적이다. BLU는 패널의 가격에 있어서 가장 큰 부분을 차지하고, LCD 패널에서 사용되는 소비전력의 약 90%를 소모한다. 이에 따라 LCD TV의 고화질화, BLU의 효율 향상 및 가격 경쟁력 확보 등에 관하여 다양한 연구가 이루어지고 있다. 최근에는 비 절연형 DC/DC 컨버터를 채용하여 정밀한 전류제어와 전력 변환효율을 향상 시킬 수 있었다. 하지만 상기의 방식은 각 LED 채널마다 DC/DC 컨버터단이 필요함에 따라 시스템 단가가 크게 증가하고 높은 전력변환 효율을 확보하지 못하는 문제점을 갖는다. 따라서 본 논문에서는 기존 LED BLU를 분석하고 그 문제점을 제시하며 새로운 구조의 고효율 및 획기적인 저 가격형 다채널 LED 구동 회로를 제안한다.

### 2. 본 론

#### 2.1 비 절연형 DC/DC 컨버터가 적용된 LED 구동회로

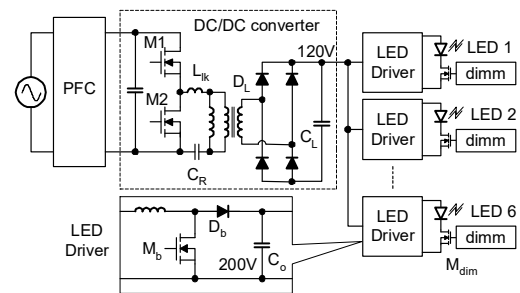


그림 1. 비 절연형 DC/DC 컨버터가 적용된 LED 구동 회로

그림 1.은 현재까지 가장 많이 사용 되고 있는 Boost Converter 를 적용한 LED 구동회로이다. 이 회로는 크게 PFC 단, 절연형 DC/DC단, 비 절연형 DC/DC 전류 제어단의 3단 구성으로 구성되어 있다. 절연형 DC/DC 단은 PFC단 출력 385V를 LED 채널 구동을 위한 120V로 강압하고 전류 제어단은 강압된 전압을 출력으로 각각의 LED 채널의 정전류 및 전류평형을 구동하고 있다. 이러한 방식은 각각의 LED 채널의 전류를 정밀하게 제어할 수 있는 장점이 있으나 LED 채널수와 비례하게 비 절연형 DC/DC 컨버터가 요구되므로 제작원가가 상승하게 되고 두 개의 DC/DC 컨버터단의 결합으로 인하여 전력변환 효율이 크게 감소하며, 다수의 Active 소자와 IC의 사용으로 신뢰성에 대한 문제점을 가지고 있다.

#### 2.2 다중 짝수 채널 LED 구동 회로

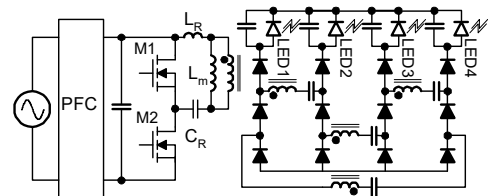


그림 2. 다중 짝수 채널 LED 구동 회로

그림 2.는 최근 제안된 바 있는 다중 채널 LED 전류 평형 회로이다. 이 회로는 기존의 PFC단, 절연형 DC/DC단, 정전류 제어단으로 구성되어있는 3단 구성을 커패시터의 전류평형 원리를 이용하여 PFC단, 절연형 DC/DC단의 2단 구성으로 간략화 시켰다. 2차측의 커패시터 전하 평형 원리를 적용하여 각각의 LED 채널을 제어하지 않아도 소자의 Tolerance에 관계없

이 정확한 전류평형을 유지할 수 있는 장점이 있다. 또한 고가의 IC와 비 절연형 DC/DC단을 제거할 수 있어서 제작단가의 획기적인 절감과 LED 구동회로의 부피를 감소시켜 전력밀도가 높아져 제품의 소형화에 유리하며 전력변환 효율을 개선할 수 있다는 장점이 있으나 LED램프의 수가 짝수인 2n개일 때만 구동시킬 수 있다는 단점을 가지고 있다.

### 3. 제안된 다중채널 LED 구동 회로

본 논문에서 제안된 다중 채널 LED 구동 회로는 기존에 제안된 바 있는 다중채널 LED 구동회로의 장점을 살리고 대신 단점을 보완한 것으로써 구성은 PFC단, 절연형 DC/DC단으로 동일하다. 정전류 제어 방식 또한 2차측 캐패시터 전하 평형 원리를 이용한 같은 방법을 취하고 있다. 하지만 앞선 회로에서는 N개의 LED Lamp 당 N개의 트랜스포머 2차측 권선이 필요하였다면 제안된 회로에선 N 개의 2차측 권선이 사용되며 다이오드의 개수 또한 절감하여 원가절감을 극대화 시켰다. 또한 2n개의 LED Lamp만을 구동시킬 수 있었던 종래의 단점을 보완시켜 Lamp 수에 구애 받지 않고 구동할 수 있다.

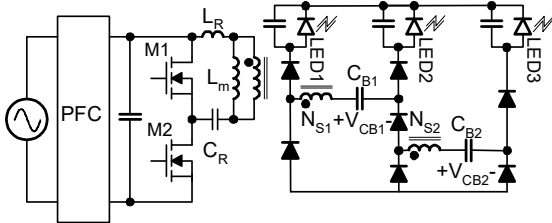


그림 3. 제안된 다중 채널 LED 구동 회로

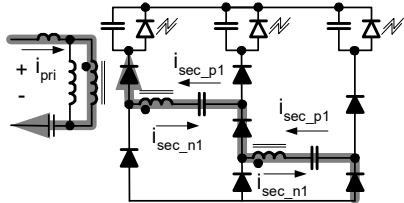


그림 4. 스위칭 주기의 양의 반주기 동안 도통 경로

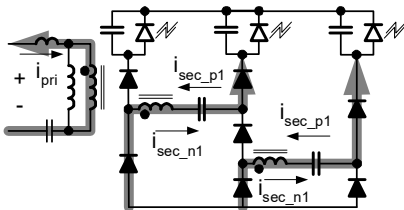


그림 5. 스위칭 주기의 음의 반주기 동안 도통 경로

### 3.1 제안된 다중 채널 LED 구동 회로

본 논문에서 제안하는 다중 채널 LED 구동 회로의 기본 동작원리는 그림 4 및 그림 5와 같다. 트랜스포머 1차 측 인버터단의 양의 반주기 동안 트랜스포머 1차 측 전류 도통 경로가 그림 4와 같이 형성되면 아래의 식(1)이 성립된다.

$$i_{sec\_P1} = i_{sec\_P2} = i_{LED1} \quad (1)$$

트랜스포머 1차 측 인버터 단의 음의 반주기 동안 트랜스포머 1차 측 전류 도통 경로가 그림 5와 같이 형성되면 아래의 식(2)가 성립된다.

$$i_{sec\_N1} = i_{LED2}, \quad i_{sec\_N2} = i_{LED4} \quad (2)$$

제안된 LED 구동회로의 트랜스포머 옆에 삽입된 DC blocking capacitor 의 전하 평형 원리(Charge balance law)에 의하여 식 (3)이 성립된다.

$$i_{sec\_P1} = i_{sec\_N1} \cdot i_{sec\_P2} = i_{sec\_N2} \quad (3)$$

따라서 식 (1), (2), (3) 으로부터 식 (4)와 같이 모든 LED 채널의 전류값이 동일하게 제어된다.

$$\langle i_{sec\_P1} \rangle = \langle i_{sec\_N1} \rangle = \langle i_{sec\_P2} \rangle = \langle i_{sec\_N2} \rangle \quad (4)$$

소자 스트레스를 살펴보면 모든 2차측 트랜스포머의 전압은 동일하며 Diode Voltage drop 을 0V로 가정 하였다. 또한 LED램프의 편차는 크지 않으므로 각 LED에 걸리는 전압은 동일하다고 가정하였다. 이러한 조건에서 DC Blocking Cap 의 Voltage stress는 식 (5)와 같다.

$$V_C = -\frac{1}{4}V_{LED} \quad (5)$$

### 3.2 실험을 통한 검증

앞서 고찰된 동작 해석을 바탕으로 제안 회로의 LED 전류 평형특성을 검증하기 위하여 Dimming 신호에 따른 각 LED 채널 전류를 측정하는 실험을 진행 하였다. 실험에 사용된 LED 구동회로의 입력전압 Vin은 385V, 3채널 LED의 각 출력전류는 100mA, 출력 캐패시터는 250V/22uF으로 46"LED TV의 출력사양에 맞추어 진행하였다. 그 결과는 표 1 에 나타내었다. 표에서 보듯이 제안 회로의 최대 전류편차는 0.42mA로 매우 우수한 전류 평형 특성을 가짐을 확인 할 수 있다.

	LED 1	LED 2	LED 3	오차
100%	100.81	101.10mA	100.91mA	0.29mA
80%	80.86	80.89	80.47	0.42mA
50%	49.94	50.06	49.96	0.12mA
20%	19.46	19.56	19.40	0.16mA
5%	4.62	4.65	4.56	0.09mA
3%	2.70	2.73	2.68	0.05mA
1%	0.8	0.81	0.8	0.01mA

표 1. 각 LED 전류파형 측정 및 오차

### 4. 결론

본 논문에서는 새로운 구조의 저 가격형 다채널 LED 전류평형 구동 회로를 제안하였다. 각 LED 채널별로 요구된 비 절연형 DC/DC 컨버터 대신 트랜스포머, 캐패시터, 다이오드와 같은 수동소자만을 이용하여 LED 전류평형을 획득함으로써 제조원가의 획기적인 절감과 제품의 소형화를 가능케 하였다. 또한 다수의 Active 소자와 IC를 제거하여 높은 신뢰성을 구축하였고 LED 램프의 수적 제한 없이 구동이 가능하여 높은 활용성을 확보하였다.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신 연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음  
(NIPA 2011 C1090 1121 0005)

### 참고 문헌

- [1] In Hwan Oh, "A single stage power converter for a large screen LCD back lighting", in *Proc. IEEE APEC*, 2006, pp.1058 1063
- [2] C. C. Chen, C. Y. Wu and T. F. Wu, "LED Back Light Driving System for LCD Panels", in *Proc. IEEE APEC*, 2006, pp.381 385