

## 포워드 컨버터방식의 RGB LED 드라이브에 관한 연구

박정국\*, 최문한\*\*, 김용재\*\*\*, 김현철\*\*\*\*, 조금배\*\*\*  
 기영미다스\*, 기람엔지니어링\*\*, 조선대학교\*\*\*, 광주기능대학\*\*\*\*

### A Study on the RGB LED Drive of Forward Converter

Z.G. Piao\*, M.H. Choi\*\*, Y.J. Kim\*\*\*, H.C. Kim\*\*\*\*, G.B Cho\*\*\*

Kiyong midas\*, Kiram Engineering\*\*, Chosun University\*\*\*, Korea Poly-technic Colleges\*\*\*\*

**Abstract** - 본 논문에서는 RGB 멀티칩 LED모듈을 구성하고 포워드 컨버터 방식의 Red LED의 구동전압인 13V 및 Green과 Blue LED의 구동전압인 21V의 다중출력 SMPS를 설계하였다.

설계 제작된 SMPS로 RGB 멀티칩 LED 모듈을 구동하였으며 21V 및 13V의 전압 출력이 안정적으로 구동됨을 확인하였으며 Red, Green, Blue 각각의 LED는 안정적으로 구동됨을 확인하였다. 또한 구동용 SMPS는 역률제어를 통하여 안정성을 향상시켰다.

#### 1. 서 론

고출력 LED의 전원구동장치는 선형레귤레이터방식, 펄스구동방식에서 평균전압에 의한 전류제어방식, 그리고 가장 효율을 좋고 제어성이 우수하여 광범위하게 사용되고 있는 스위칭 모드 전원공급장치(Switching Mode Power Supply : SMPS) 등의 다양한 전류제어용 고출력 LED 드라이브가 연구되고 있다.[1]

SMPS는 디지털 전자제품 산업의 발전과 함께 소형, 경량화에 알맞은 스위칭 모드형 제품이 생활 가전의 주력 전원공급장치로 자리매김한 상태이고 새로운 파워 컨트롤 방식과 이를 지원하는 컨트롤러 칩이 잇따라 개발되고 있고 자체 부가기능도 다양해지고 있다는 점이 SMPS 제품의 최근 동향이다.

조명용 SMPS의 경우 출력전압이 5V, 12V, 24V, 48V로 전류용량은 응용장치에 따라 각각 다르다. 또한 조명용 SMPS는 사이즈가 작고 개발기간이 짧은 데다 온도와 진동, 먼지 등 외부 환경의 영향을 최소화할 수 있도록 내구성을 갖추는 것이 필수적이다. 여기에 램프나 인버터의 고장 유무를 컨트롤러가 파악할 수 있도록 자가진단(Self-Test) 기능이 탑재된 지능형 제품이 등장하고 있으며, 프리볼티지(Free Voltage) 기능에 방수, 방열은 물론 안전회로를 내장하는 등 부가기능이 확대되는 추세이다.

본 논문에서는 포워드 컨버터를 이용하여 RGB 멀티칩(Multi-chip) LED 드라이브를 구현함으로써 고출력 LED의 드라이브의 구현과 전류피드백회로를 보상회로로 적용함으로써 안정적인 드라이브회로의 구현이 가능하고 적용된 방식으로 LED 모듈을 드라이브하고자 한다.

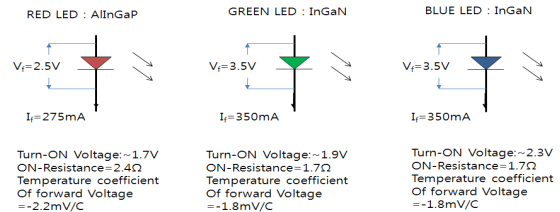
#### 2. 본 론

##### 2.1 RGB 멀티칩 LED 특성

RGB 멀티칩 LED를 혼합한 광색가변회로는 각각의 RGB를 제어하여 광색을 가변하고 제어되는 특성으로 인해 제어가 간편한 백색 LED보다 부품개수가 증가하고 회로가 복잡해진다는 단점이 있다. 또한 반도체소자로서 과전압 및 과전류, 온도 등에 의해 특성이 쉽게 변화하는 안정성이 떨어지는 큰 단점이 있다. 따라서 백색 LED보다 입력전류에 대한 광출력의 변화폭도 크다. 그러나 RGB 멀티칩 LED의 경우는 광색을 가변하는 기능을 가져 경관조명에 적용하기가 쉽고 연색성이 높아 가로등, 보안등에 적용할 경우, 사물의 색차를 인식하는데 매우 우수한 광학적 특성을 가지고 있어 고출력 LED 등장으로 조명시장은 백색 LED 뿐만 아니라 삼색혼합형 LED인 RGB 멀티칩 LED에 대한 관심이 증가하고 있다.

RGB 멀티칩 LED의 경우 제어특성이 복잡한 단점 가지고 있어 고효율 LED 드라이브를 구현하고 고출력 LED가 정격동작이 이루어지도록 구동회로 LED의 외부 파라미터의 보상이 이루어지는 보상회로를 부가한다면 안정되고 다양한 광색을 가변할 수 있는 어플리케이션에 적용할 수 있다.[2]

혼색 LED 구동을 위해 광출력과 열특성과의 관계 및 색 분류에 따른 LED 구동 특성 차이에서 기인한 혼색 배합의 특성, 입력전압의 크기에 따른 스위칭 회로의 고려, 그리고 LED 어레이의 구성 방법 등을 고려해야 한다. LED는 제작을 위한 재료에 따라 전류-전압 특성이 각각 다르다. 그림 1은 RGB LED의 각각의 특성을 나타내고 있다.



〈그림 1〉 RGB LED의 각각의 특성

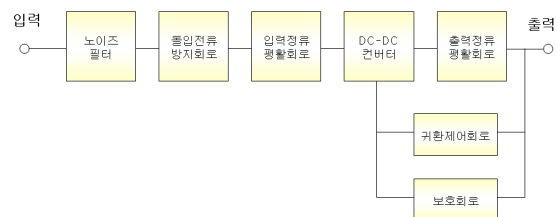
표 1은 RGB LED의 물리적 성질을 나타내었다. 특히, 녹색 LED는 청색 LED와 비교할 때, 그 전기적인 특성이 매우 유사하지만 광량이 높게 나타나고 적색 LED의 경우는 전반적으로 낮은 특성을 가지고 있다.

〈표 1〉 RGB LED의 물리적 성질

Parameters	Symbol	Red	Green	Blue
Luminous intensity	Iv	5.0~7.5cd	12.0~18.0cd	2.0~3.0cd
Forward voltage	Vf	2.0~2.8V Typical 2.5V	3.0~4.0V Typical 3.6V	3.0~4.0V Typical 3.6V
Color coordinates	Wd	620~630nm Typical 625	520~530nm Typical 525	460~470nm Typical 465
Thermal resistance	Rθj-c	3.8C/W	5.8C/W	5.8C/W

##### 2.2 LED 구동드라이브

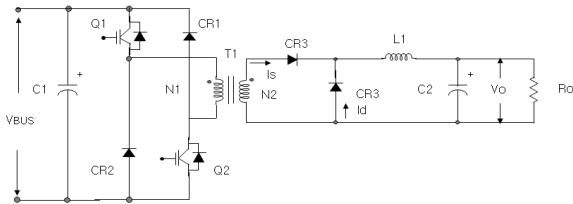
SMPS의 기본구성은 교류 입력 전압으로부터 입력 정류 평활 회로를 통해 얻은 직류 입력 전압을 직류출력 전압으로 변화하는 DC-DC 컨버터, 출력 전압을 안정화시키는 폐환 제어 회로, 과전압, 과전류 보호회로 등으로 구성된다. 그림 2는 SMPS의 기본구성을 나타낸다.



〈그림 2〉 SMPS의 기본구성

포워드컨버터방식의 SMPS는 상대적으로 간단한 제어방식으로 절연된 출력을 얻을 수 있는데 이러한 토폴로지의 단순함은 기본적으로 한 개의 그라운드 기준의 트랜지스터 스위치를 통해 트랜스포머의 1차 측을 구동한다는 점에 기인한다. 그러나 이러한 토폴로지의 단점은 한 개의 트랜지스터 스위치에 직류버스전압의 합, 트랜스포머전압의 반영, 그리고 턴 오프 누설 인덕턴스의 스파이크와 같은 스트레스가 가해진다는 점으로 만약 2차 측 하이사이드 트랜지스터 스위치가 더해진다면 전압 스트레스는 직류버스 전압만 가해지는 것으로 감소될 수 있다.

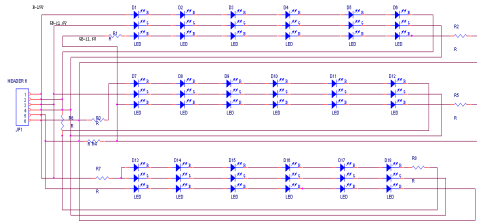
그림 3과 같이 두 개의 스위치 포워드 컨버터는 원래의 트랜지스터 스위치 Q1을 트랜스포머의 로우사이드와 그라운드에 직렬로 연결되어 있다. 두 번째 트랜지스터 Q2는 직렬로 VBUS와 트랜스포머의 1차측의 하이사이드사이에 직렬로 연결되어 있으며 Q1과 동기로 턴 온 오프를 수행한다. 트랜지스터가 턴 오프 될 때, D1과 D2는 1차측 권선의 전압을 그라운드와 VBUS로 각각 클램프 하며 각각의 트랜지스터는 VBUS의 턴 오프 전압의 스트레스를 갖는다.



**<그림 3> 이중 스위치 포워드 컨버터**

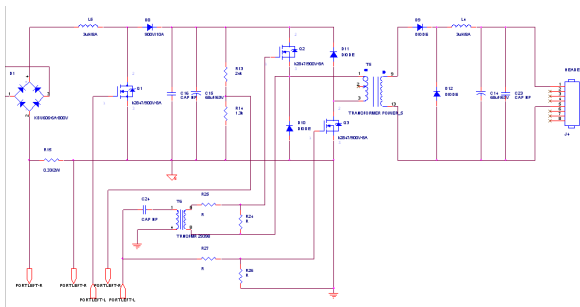
### 3. 실험

일반적으로 조명용 LED의 경우, 1W 이상의 고효율 LED를 사용하며 스트링 개수가 많아질수록 일정량의 광출력을 확보하기가 어려워 6개의 고효율 LED를 적용하도록 하였다. 그림 4는 RGB 멀티칩의 회로구조를 나타낸다.



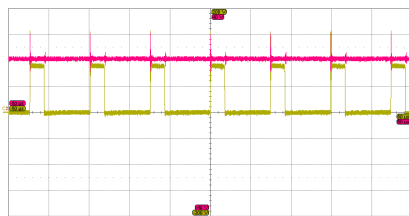
**<그림 4> RGB 멀티칩 LED의 회로 구성도**

그림 5는 본 논문에서 설계한 포워드 방식의 SMPS 회로도이다. 두 개의 스위치를 이용하여 스위칭부담을 경감시킨 구조이며 이를 위해서 두 개의 다이오드가 추가된 형태이다. 또한 부스트 컨버터방식의 PFC를 채택함으로써 역률을 향상시킨 구조이다. 이를 위해 전류와 전압을 각각 검출하여 제어용 IC에 피드백하는 구조를 갖는다.

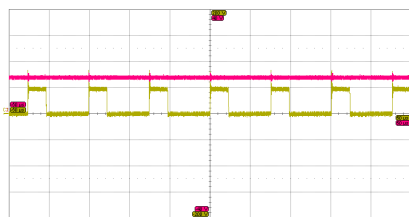


**<그림 5> 포워드 방식의 SMPS 회로도**

그림 6은 본 논문에서 설계 제작한 LED 구동드라이브의 21V, 13V 다중출력 전압 및 2차측 다이오드 출력파형을 나타내고 그림 7은 RGB 멀티칩 LED의 각각의 출력특성을 나타낸다.

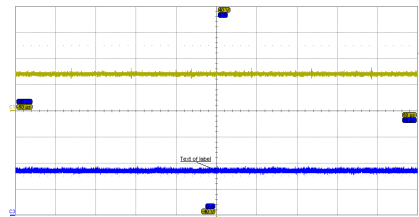


(a) 21V

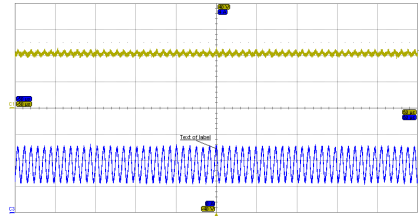


(b) 13V

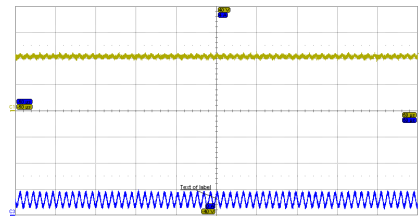
**<그림 6> 2차측 다이오드 및 출력 전압파형**



(a) Red LED



(b) Green LED



(c) Blue LED

**<그림 7> LED 출력파형**

### 4. 결론

본 논문에서는 RGB 멀티칩 LED모듈을 구성하고 포워드 컨버터 방식의 Red LED의 구동전압인 13V 및 Green과 Blue LED의 구동전압인 21V의 다중출력 SMPS를 설계하였다. 실제 제작된 SMPS로 RGB 멀티칩 LED 모듈을 구동하였으며 21V 및 13V의 전압 출력이 안정적으로 구동됨을 확인하였으며 Red, Green, Blue 각각의 LED는 안정적으로 구동됨을 확인하였다. 또한 구동용 SMPS는 역률제어를 통하여 안정성을 향상시켰다.

향후 고효율 확보를 위한 공진형 스위칭방식에 대한 연구를 지속적으로 진행하여 성능시험을 통한 인증 획득이 필요하다.

### [참고 문헌]

- [1] Alliance for Solid-State Illumination Systems and Technologies (AS-SIST). (2005) ASSIST Recommends: LED Life for General Lighting [Online] Available: <http://www.lrc.rpi.edu/programs/solidstat/assist/recommends.asp>.
- [2] Kelvin Shih, "LED Junction Temperature Measurement and its Applications to Automotive Lamp Design," SPE international, pp.25-28, 2004.