

플라이백 컨버터를 이용한 조명용 LED Driver의 모듈화 연구

崔珍鳳[†], 金冠佑^{*}, 鄭榮國^{**}, 任永徹^{***}

A Study on the Modularization of LED Driver for Illumination Using a Fly-Back Converter

Jin-Bong Choi, Kwan-Woo Kim, Young-Gook Jung, and Young-Cheol Lim

요 약

본 논문에서는 조명용 LED 구동 장치를 위한 새로운 방식의 LED 구동 모듈화 방법을 제안한다. 제안된 LED 구동 회로는 플라이백 컨버터를 이용하여 교류 입력 전원의 핫 접지와 LED 구동부의 콜드 접지를 절연한다. LED 전류 제어를 용이하게 하기위해 플라이백 컨버터를 동특성이 뛰어난 불연속 모드로 동작시키고, KIA2431을 이용하여 귀환 루프 제어를 한 후, 그에 대한 특성을 파악한다. 제안된 LED 구동 모듈은 폭넓은 교류 전원 입력 범위와 PWM 제어 IC를 직접 제어하여 버스트 디밍을 구현하고 넓은 범위의 LED 밝기 조절이 가능하게 하였다. 본 논문에서는 제안된 LED 구동 모듈에 대한 동작 원리를 설명하고 LED 구동 모듈을 실제로 구현 및 적용하여 제안된 구동 모듈의 유용성을 입증하였다. 또한, 소형화와 모듈화 된 LED 구동 모듈을 병렬로 연결한 다 채널 LED 구동 장치를 제안하고 그 타당성을 검증하였다.

ABSTRACT

This paper proposes the new type LED driver modularization for illumination LED driver. The proposed LED driver circuit insulates a hot GND of AC input power and a cold GND of LED driver part by using a fly-back converter. In order to control easily the current of the LED, the fly-back converter is operated in the discontinuous mode with excellent dynamic characteristics, and the characteristics of the LED are verified after the closed loop control is performed using a KIA2431. The LED driver module allows the wide AC power input ranges and realizes the burst dimming function which directly regulates a PWM control IC. This paper describes the operation principle of the LED driver module and it is proved the usefulness through the real model with experimentation. Besides, this paper proposes the multi-channel LED driver which the miniaturized and modularized LED driver module are connected by parallel, and verified its propriety by experiments.

Key Words : LED, Fly-back converter, Multi-channel LED driver, Modularization, Burst dimming, Analogue dimming

1. 서 론

[†]교신저자 : 학생회원, 지에프텍(주) 기술연구소 책임연구원

E-mail : jbchoi@gftek.com

^{*}학생회원, 지에프텍(주) 기술연구소 책임연구원

^{**}정회원, 대불대 융합기술학부 부교수

^{***}정회원, 전남대 전기공학과 교수

접수일자 : 2009. 8. 18

1차 심사 : 2009. 9. 11

2차 심사 : 2009. 10. 6

심사완료 : 2009. 11. 9

기존의 조명인 백열등, 형광등은 전력 소비, 납과 수은에 의한 환경오염, 짧은 수명 등의 문제로 새로운 조명용 램프가 요구되고 있다. 최근 LED는 휘도 및 발광 효율이 크게 개선되면서 다양한 분야에 적용되고, 다양한 파장의 LED를 이용하여 색 온도 제어로

다양한 종류의 조명기구에 적용이 가능하고, 높은 수준의 조명 디자인이 가능하다. 또한 이산화탄소, 수은 등의 유해 물질의 발생이 없어 친환경적이고, 5만 시간 이상 장 수명, 기존 광원에 비해 빠른 응답시간 등의 특성으로 다양한 분야에 적용되고 있다. 특히 기존의 조명용 광원을 대체하는 수단으로 많은 주목을 받고 있다^[1]. LED는 다이오드 특성과 동일하며, LED에 흐르는 전류량과 LED에서 출력되는 광량이 비례하는 특성을 가지고 있다^[2-4].

LED 전원 구동 장치의 제어 방식에는 정전압 제어 구동 방식과 정전류 제어 방식이 있는데, 정전압 제어 방식은 정전압에 “저항”과 LED를 직렬로 연결하여 LED에 흐르는 전류를 “저항”으로 제어하는 방식이다. 그리고 정전류 제어 방식은 LED에 흐르는 전류를 검출하여 제어하는 방식이다. 일반적으로 정전압 제어 방식은 “저항”에서 소비되는 전력으로 효율이 떨어지는 문제가 있어 정전류 제어 방식이 많이 적용되고 있다. LED는 전류에 비례하여 광량이 비례하므로 LED 구동 장치는 출력 전류 제어가 요구되고 있다^[4-5]. LED의 밝기를 제어하는 방식에서 출력 전류의 크기를 제어하는 아날로그 디밍 제어 방식과 출력 전류의 크기를 일정하게 하고 LED에 전류가 흐르는 시간을 제어하는 버스트 디밍 제어 방식이 있다^[6-7]. LED 구동 장치는 직류전원을 다른 직류 전압 전류 형태로 바꾸어 주는 DC/DC 컨버터와 교류 전원을 직류 전원으로 바꾸어 주는 AC/DC 컨버터로 구분된다. 조명용에는 주로 AC/DC 컨버터를 사용하게 된다.

본 논문에 제안한 LED 구동 모듈은 플라이백 컨버터를 이용하여 교류 전원을 직류 전원으로 변환한다. 플라이백 컨버터는 전류 제어에 용이한 불연속 모드로 동작시키고, KIA2431의 특성을 이용하여 LED 출력 전류 귀환 루프를 형성하여 LED 정전류 제어를 한다. 종전의 버스트 디밍은 LED 출력단의 온 오프에 의해 기능을 구현했지만 본 논문에서 제안한 LED 구동 모듈은 PWM 제어 IC의 직접 온 오프에 의해 버스트 디밍 기능을 구현하고 LED 모듈의 소형화, 표준화된 회로로 LED 구동 장치 모듈화를 제안하였다. 또한 제안된 LED 모듈들을 서로 병렬 연결한 다 채널 LED 구동 장치를 제안하고 실험하였으며 유용성을 입증하였다.

2. 본 론

2.1 LED의 기본 특성

LED는 기본적으로 소자에 가해지는 전압에 따라 전

류가 흐르는 소자로서 다이오드와 동일한 특성을 가지고 있다. 표 1은 1W급 LED의 V_F 전압을 나타내며, 표 2는 LED의 전기적인 특성을 나타낸다.

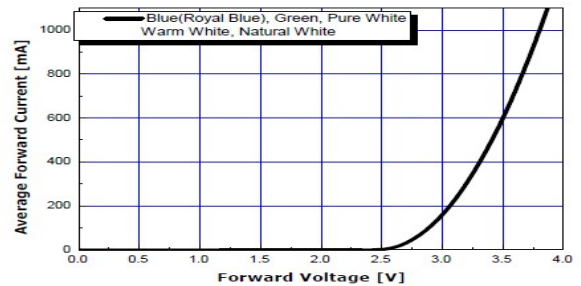
표 1 350mA LED의 V_F 전압
Table 1 V_F voltage of LED at the I_F 350mA

	V_F	I_F
White, Blue, Green	3.25Vdc	350mA
Red, Amber	2.3Vdc	

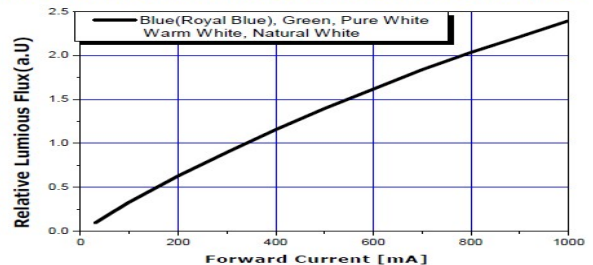
LED의 양단에 임계 전압 이상의 전압이 인가 될 때 LED 양단에 전류가 흐른다.

표 2 LED의 전기적인 특성
Table 2 Electrical table of LED

전류와 전압 관계	전압의 작은 변화는 전류의 큰 변화를 일으킴
전류와 광량 관계	LED의 밝기와 전류의 양과 비례
온도와 전압 관계	온도가 올라감에 따라 순방향 전압 낮아 짐



(a) Electrical characteristic curve of LED V_F-I_F



(b) Forward current vs. normalized relative luminous flux

그림 1 LED 전기적인 특성 그래프
Fig. 1 LED electrical characteristic graphs

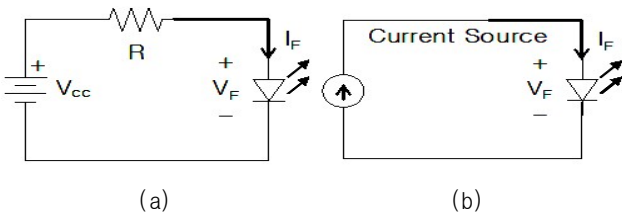


그림 2 (a)정전압 방식과 (b)정전류 방식에 의한 LED구동
Fig. 2 (a) Constant voltage method (b) current source method for LED driver

표 3 정전압과 정전류 방식에 따른 장단점
Table 3 The advantage and disadvantage in the constant voltage and current source method

	정전압 방식	정전류 방식
장점	- 구동 회로 간단 - 원가 절감	- LED 안정적 구동 - 일정한 LED 밝기
단점	- 낮은 효율	- 회로 복잡

그리고 LED는 특히 전류를 고정시켜 동작시켜야 하는 이유가 두 가지 있는데, 첫째는 LED의 광량은 전류에 비례하고, 둘째는 LED는 전류보다 전압에 더 민감하게 동작하기 때문이다^[2-5]. 그림 1은 LED의 순방향 전압과 전류, 순방향 전류와 광량 관계를 나타내고 있다.

2.2 LED 구동 기본 원리

LED 구동의 기본 원리는 그림 2에서 나타내는 것과 같이 LED 순방향 전류 I_F 를 제어하여 LED에 일정한 전류를 공급하는 것이다. 그림 2는 직류전원을 인가하여 LED를 구동하는 기본적인 회로를 나타낸다.

표 3은 LED에 전류를 인가하는 방식에 따른 장단점을 표시한 것이다.

2.3 제안된 LED 구동모듈

그림 3은 본 논문에서 제안된 LED 구동 모듈의 병렬 연결 구성도이다. 제안된 LED 구동 모듈은 플라이백 컨버터를 이용하여 모듈화 한 것으로, 조명용 LED 수가 증가함에 따라 모듈화 된 LED 구동 모듈을 병렬로 연결하여 쉽게 구현이 가능하다.

2.3.1 LED구동 모듈

그림 4는 LED 구동 모듈의 내부 블록도이다. 입력 필터를 지난 교류 전원은 브리지 다이오드를 사용하여 전파 정류한 직류 전압이 모듈의 입력 전압으로 인가

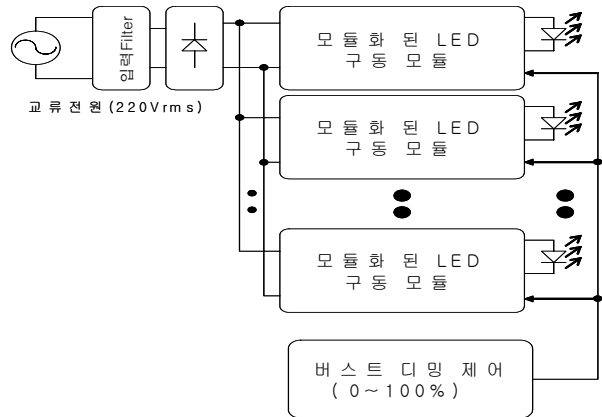


그림 3 제안된 LED 구동 모듈의 병렬 구성도
Fig. 3 Parallel block diagram of the proposed LED driver modules

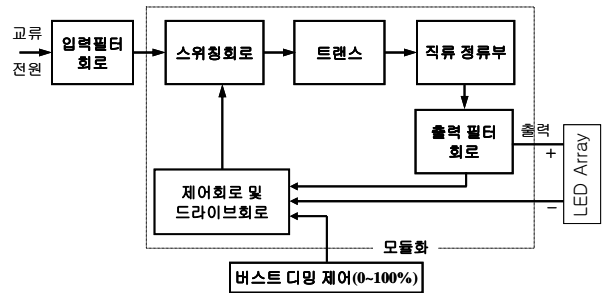


그림 4 LED 구동 모듈의 구성도와 주변 연결도
Fig. 4 Block diagram of LED driver module and peripheral connection

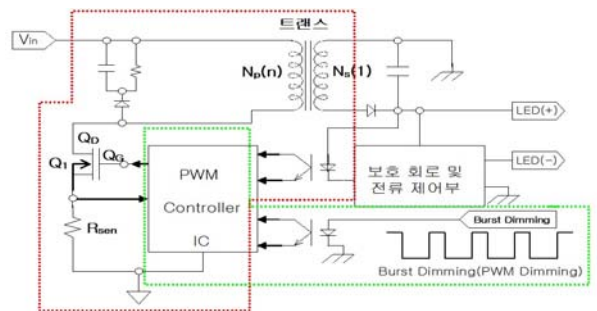


그림 5 제안된 LED 구동 모듈의 회로
Fig. 5 Circuit of the proposed LED driver module

된다. 그림 5는 본 논문에서 제안한 LED 구동 모듈의 회로도로서 SMPS 토폴로지의 플라이백 컨버터를 이용한 모듈 회로도이다^[12-15]. 기존의 SMPS에서 플라이백 컨버터는 정전압 출력을 제어하지만, 제안된 LED

구동 모듈에서는 정전류 출력 제어를 한다. 이러한 정전류 출력 제어를 위하여 플라이백 컨버터는 불연속 모드로 동작시킨다^[11].

2.3.2 플라이백 컨버터의 설계

본 논문에서 제안한 LED 구동 모듈에 대한 그림 6은 플라이백 컨버터의 설계 순서도이다. 제안한 LED 구동 모듈은 플라이백 컨버터를 이용하여 교류 전원 접지와 LED 구동부의 LED의 밝기를 조절하는 접지를 절연한다. 플라이백 컨버터를 설계할 때 고려해야 할 사항으로 교류 전원을 전과 정류한 모듈의 입력 전압 V_{in} , PWM 제어 IC 스위칭 주파수 f_s 등이 있다.

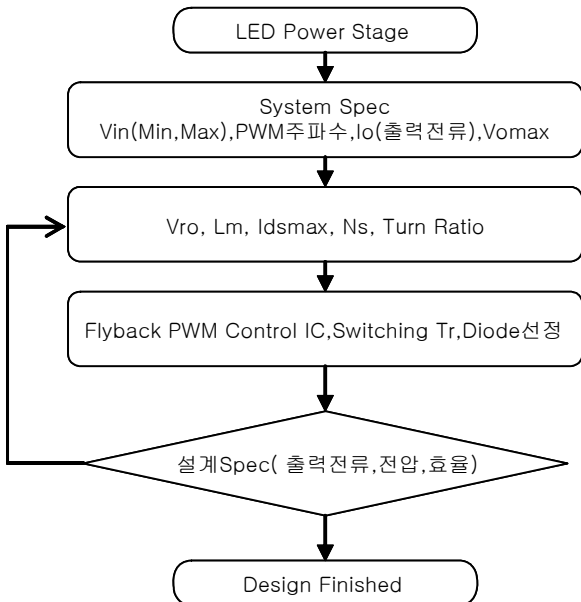


그림 6 플라이백 컨버터의 설계 순서도
Fig. 6 Flow chart of fly-back converter design procedure

아래 그림 7에서 모드 1의 시간 T_{on} , 모드 2의 시간 T_{*off} , 트랜스포머의 1차 측 턴 수 N_p , 2차 측 턴 수 N_s 라고 하면, 트랜스포머의 턴 비 n , 시비율 D , 모드 2의 시비율 $\Delta 1$, 트랜스포머의 1차 측 인덕턴스 L_m , 최대 전류 I_{Lpk} 는 다음의 식과 같다^[7-9].

$$n = \frac{N_p}{N_s} \tag{1}$$

$$\frac{T_{ON}}{T_{OFF}^*} = \frac{\Delta_1 + D}{\Delta_1} \tag{2}$$

$$L_m = \frac{(V_{in}^{min} D_{max})^2}{2P_{in} f_s} \tag{3}$$

$$I_{Lpk} = \frac{V_{in}^{peak}}{L_m} D_{min} \frac{1}{f_s} \tag{4}$$

플라이백 컨버터의 출력전압은

$$V_o = \eta \frac{N_s}{N_p} \frac{D}{1-D} V_{in} \tag{5}$$

η 는 플라이백 컨버터의 효율이다.

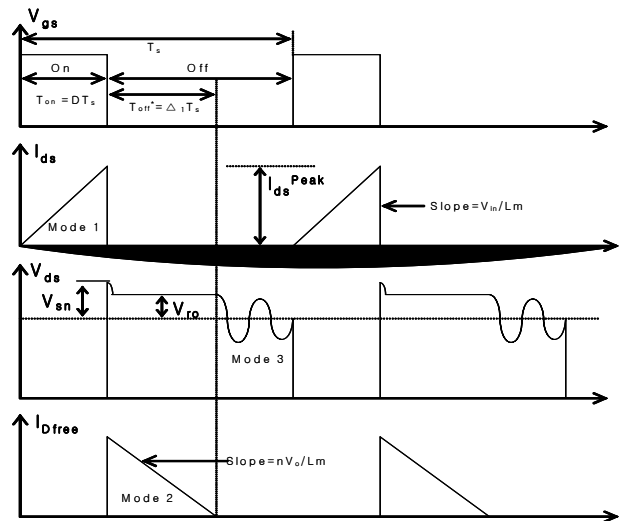


그림 7 불연속모드에서 각각 모드별 전압 및 전류파형
Fig. 7 Each mode voltage and current in discontinues mode

제안된 LED 구동 모듈의 정전류 제어에 용이하게 하기 위해 플라이백 컨버터 불연속 동작 모드는 그림 7과 같다^[14-17]. 그림 7을 살펴보면 모드 1은 MOSFET가 턴 온 되었을 때 트랜스포머의 1차 측 권선 인덕턴스에 에너지가 충전되고, 모드 2는 충전된 에너지를 트랜스포머 2차 측 측, LED에 에너지를 전달한다. 모드 3은 1차 측 인덕터에 충전된 전류가 모두 전달되고 트랜스포머의 전류가 흐르지 않는 구간이다. 모드 1일 때 MOSFET의 드레인 전류 I_{ds} 및 최대 전류 I_{ds}^{peak} , 모드 2일 때 출력전압에 의해 반영된 전압을 V_{ro} , 트랜스포머 1차 측 누설 인덕턴스 L_{ik1} 로 하면, MOSFET 드레인의 스트레스 전압 V_{sn} 각각의 식은 다음과 같다.

$$I_{ds} = \frac{V_{in}}{L_m} DT_s \quad (6)$$

$$I_{ds}^{peak} = 0.25 R_s \quad (7)$$

$$V_{ro} = n V_o \quad (8)$$

$$V_{sn} = n V_o - L_{lk1} \frac{di_{sn}}{dt} \quad (9)$$

위의 식(7)에서 I_{ds}^{peak} 의 최대치는 검출 저항에서 검출된 전압이 Max 0.25Vdc이고, 식(6)에서 최대 시비율은 모듈 입력 전압이 최소에서 최대 시비율 임을 확인할 수 있다.

2.3.3 출력 전류 검출 제어 분석

제한된 모듈의 LED 출력 전류 검출 회로도 는 아래 그림 8과 같다.

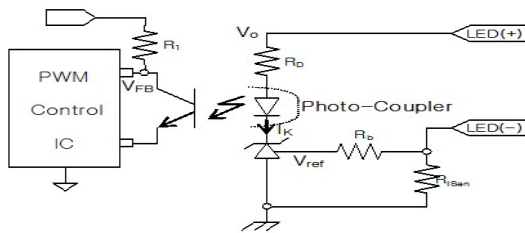


그림 8 출력 전류 검출 회로
Fig. 8 Output current sensing circuit

그림 9는 KIA2431의 캐소드 전류와 캐소드 전압의 관계그래프이다. 그림 9를 보면 기준 전압이 0.6V에 도달되면 캐소드 전류는 수uA 흐르기 시작하여 기준 전압이 1.25V로 되면 캐소드 전류는 급증하여 흐른다. 기준 전압이 임계 전압 1.25V에 도달하더라도 기준 전압과 캐소드 전류는 기울기가 높은 관계를 유지한다. 즉, 캐소드 전류는 기준 전압이 미세하게 변하여도 캐소드 전류는 크게 변화한다. 제한된 모듈의 출력 전류는 그림 8과 같이 검출 저항에 의해 검출된다. KIA2431의 기준전압 $V_{LED(-)}$ 은 다음 식(10)과 같다.

$$V_{LED(-)} = R_{ISEN} \times I_{LED} \quad (10)$$

기준 전압에 의하여 그림 9의 그래프에 따라 캐소드 전류 I_k 가 유도된다. 이때 캐소드 전류 I_k 는 아래의 식(11)와 같다^[6-7]. 그림 9에서 캐소드 전류는 포토커플러의 포토다이오드 전류이다.

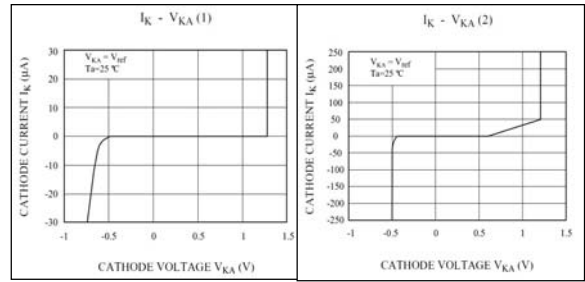


그림 9 KIA2431 캐소드 전압과 캐소드 전류
Fig. 9 KIA2431 cathode current and cathode voltage

$$I_k = \frac{V_o - V_k - V_f}{R_D} \quad (11)$$

여기서 V_k 는 KIA2431의 캐소드 전압이다. 포토커플러의 입력 출력 전달 비율을 100%로 하면 포토커플러의 포토다이오드의 전류 I_k 와 동일한 전류를 출력에 전달한다. 그림 8의 PWM 제어 IC에 V_{FB} 는 선형 디밍 단자로서 LED에 검출된 전류는 포토커플러의 콜렉터와 이미터의 전압으로 변환되어 V_{FB} 단자 전압을 제어함으로써 LED 전류를 일정하게 정전류 제어를 한다. 이때 LED 전류 I_{LED} 는 식(12)과 같다.

$$I_{LED} = \frac{1.25}{R_{ISEN}} \quad (12)$$

전체적인 주요 제어 인자로서는 KIA2431의 캐소드 전류로서 포토커플러의 입력 출력 전달 비율이 제품에 따라 온도에 따라 조금 변화하더라도 전체적인 전류는 LED의 검출 전류와 KIA2431의 캐소드 전류에 의해 제어된다. LED 구동 모듈의 출력 전압은 LED 순방향 전압 V_{fLED} 와 직렬로 연결된 LED 수를 따라 달라짐으로 출력 전압은 다음 식(13)과 같다.

$$V_o = V_{fLED} \times n_{LED} \quad (13)$$

2.3.4 버스트 디밍을 통한 LED밝기 조절 분석

제한된 LED 구동 모듈은 LED의 밝기를 조절하기 위하여 LED에 흐르는 전류를 턴 온 턴 오프를 한다^[6]. 그림 10은 버스트 디밍을 구현하는 회로도이다. 버스트 디밍 신호의 온 오프 신호에 의해 PWM 제어 IC의 인에이블 단자를 턴 온 턴 오프 함으로써 버스트 디밍을 수행한다. 그림 11은 버스트 디밍의 모드별 LED 전류, 전압, 디밍 제어 신호 파형을 나타낸다. 버스트 디밍 동작을 수행하기 위하여 플라이백 컨버터의

PWM 제어 IC를 온 오프 제어 한다. 버스트 디밍 신호가 온 될 때 PWM 제어 IC는 정상적인 동작을 하여 LED에 정전류 제어를 한다. 버스트 디밍 신호가 오프 일 때 PWM 제어 IC의 동작을 정지시켜 LED에 전류가 흐르지 않는다. 그리고 LED의 턴 온 전압보다 낮아지면 LED는 오프으로 동작한다. 버스트 디밍할 때 전체적인 출력이 온 오프 됨으로써 트랜스포머에서 소음이 발생할 수 있다.

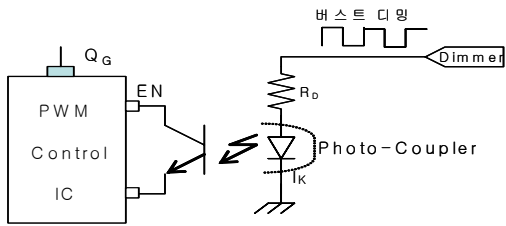


그림 10 버스트 디밍 회로
Fig. 10 Burst dimming circuit

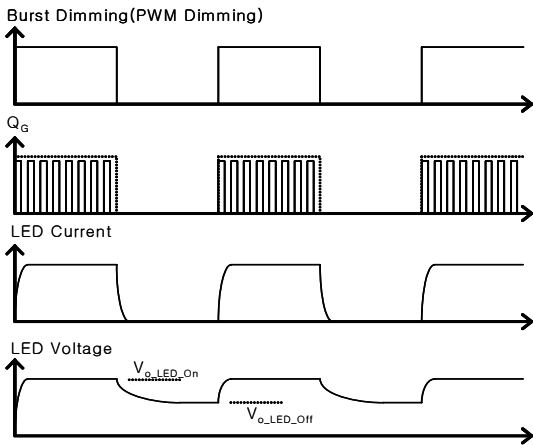


그림 11 제안된 LED 구동 모듈의 버스트 디밍
Fig. 11 Burst dimming of the proposed LED driver module

이 소음의 원인은 트랜스포머의 권선 떨림과 트랜스포머 코어의 부딪침에 의해 발생한다. 트랜스포머를 함침 함으로서 권선 떨림을 방지할 수 있고, 코어와 보빈을 고정하고, 그리고 공극을 형성할 때 부드러운 실리콘을 주입하여 코어의 부딪침을 방지하여 전반적인 소음을 제거할 수 있다.

3. LED구동 모듈의 실험 결과

제안된 모듈의 실험을 수행하기 위한 전기적인 특성은 표 4와 같다.

표 4 제안된 LED구동 모듈의 전기적 특성
Table 4 Electrical characteristics of the proposed driver module

	Spec	단위
교류 입력 전원	99~240	Vrms
출력 전류	350	mA
출력 전압	3 ~ 15	Vdc
전력변환 효율	80이상	%
출력 리플 전압	0.5 이하	Vpp
버스트 디밍	1 ~ 100	%

제안된 LED 구동 모듈에 적용되는 주요 적용 소자는 표 5와 같다.

표 5 제안된 LED 구동 모듈의 주요 적용 소자
Table 5 Main devices of the proposed LED driver module

	Part Name	제 조 사
PWM 제어 IC	HV9910	Supertex
Transformer	EFD1515	
환류 Diode	1SR154-600	Rohm
Photo-Coupler	SPC717	광전자
MOSFET	2SK3050	Rohm
Shunt Regulator	KIA2431	KEC
Shortky Diode	RB160L-60	Rohm

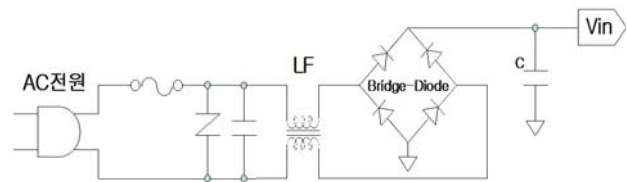


그림 12 입력 필터 회로
Fig. 12 Input filter circuit

그림 12는 교류 전원에서 LED 구동 모듈의 입력 전압까지의 입력 필터 회로부이다. 표 6은 LED 구동 모듈의 일정한 출력 전류에 대한 입력 전압, 출력 전압, PWM IC 시비율을 나타낸 표이다.

표 6 제안된 LED 구동 모듈의 입력 출력 전압, 시비율

Table 6 In-out voltages and duty ratios of the proposed LED driver module

출력부하	입력전압	PWM IC시비율	출력전류	출력전압
1W White LED 1개	99Vrms	19.42%	343.3mA	3.31Vdc
	165Vrms	12.64%	343.5mA	
	242Vrms	8.60%	343.3mA	
1W White LED 3개	99Vrms	30.77%	342.6mA	9.75Vdc
	165Vrms	18.00%	342.7mA	
	242Vrms	12.60%	343.2mA	
1W White LED 5개	99Vrms	39.92%	342.5mA	16.0Vdc
	165Vrms	23.58%	342.1mA	
	242Vrms	14.83%	341.4mA	

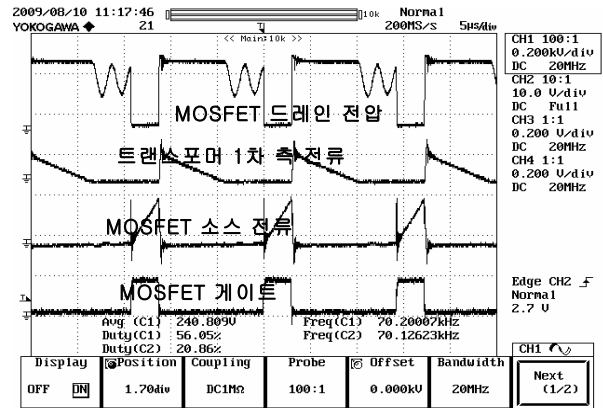


그림 14 MOSFET 드레인 전압과 소스 전류, 트랜스포머 1차 전류 파형

Fig. 14 MOSFET drain voltage and source current, the primary current of transformer waveforms

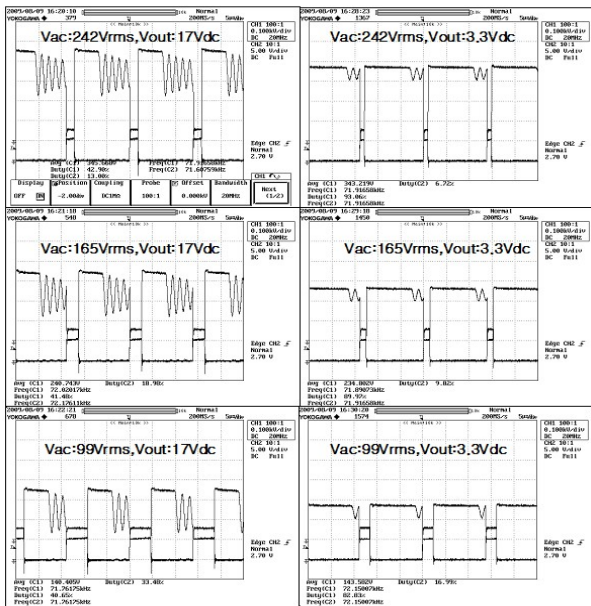
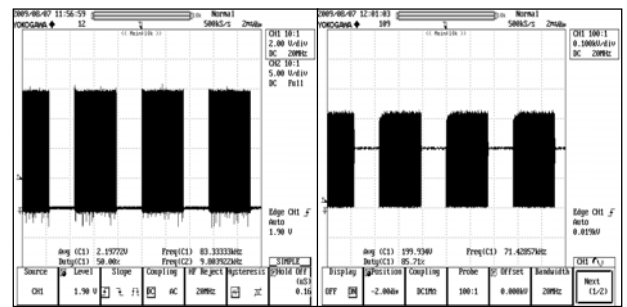


그림 13 제안된 LED 구동 모듈의 MOSFET 게이트와 드레인 전압 파형

Fig. 13 MOSFET gate and drain voltage waveforms of the proposed LED driver module

그림 13은 입력 출력 전압의 변동에 따른 플라이백 컨버터의 MOSFET 게이트와 드레인 전압 파형이다. 그림 15는 버스트 디밍 제어 할 때 (a) MOSFET 게이트, (b) 드레인 파형이다.



(a) (b)

그림 15 버스트 디밍 할 때 MOSFET의 (a)게이트 및 (b)드레인 전압 파형

Fig. 15 (a) Gate and (b) drain voltage waveforms of MOSFET during burst dimming

그림 14는 MOSFET의 드레인 전압, 소스 전류, 게이트 전압, 트랜스포머 1차 측 전류 파형이다. 그림 16은 플라이백 컨버터 PWM 제어 IC의 온 오프에 의한 버스트 디밍할 때 LED의 출력 전압 파형이다. 그림 17은 버스트 디밍 시비율에 따른 LED에 흐르는 평균 전류를 나타낸 것이다. 버스트 시비율의 변경에 따른 평균 출력 전류는 선형적으로 동작하고 있다. 제안된 모듈의 버스트 디밍으로 제어 가능한 최소 시비율은 1%까지 제어 가능함을 그림 18로 확인 할 수 있다. 그리고 2장에서 이미 설명한 것과 같이 LED의 턴 온 전압보다 낮아지면 LED는 오프로 동작하여 LED 양단에 전류가 흐르지 않음을 확인할 수 있다.

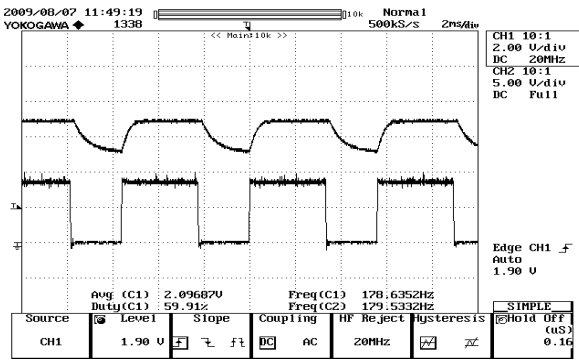


그림 16 버스트 디밍 파형과 LED 출력 전압 파형
Fig. 16 Burst dimming waveform and LED output voltage waveform

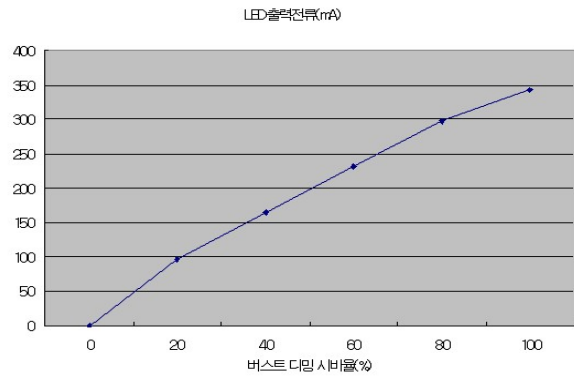


그림 17 버스트 디밍 시비율과 출력 전류
Fig. 17 Burst dimming duty ratio vs. output current

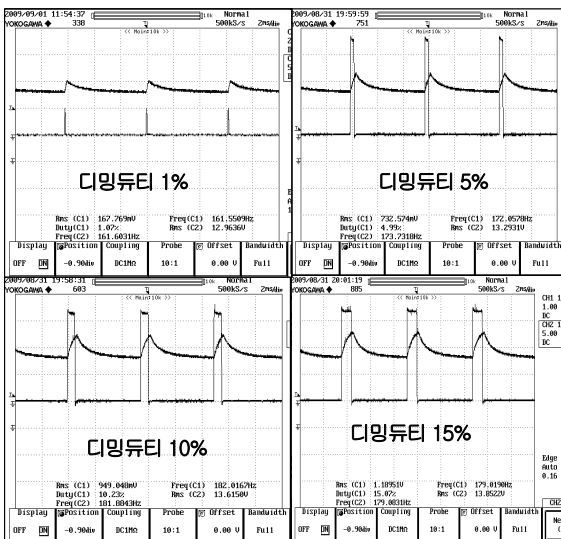
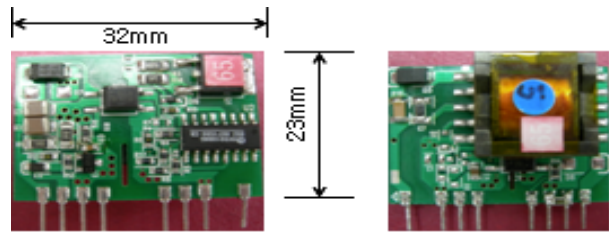


그림 18 디밍 시비율 20%이하의 출력 전압 파형
Fig. 18 Output voltage waveforms of the burst dimming duty ratio under 20%



(a) 전면 (b) 후면

그림 19 제안된 LED 구동 모듈 사진
Fig. 19 Photographs of the proposed LED driver module

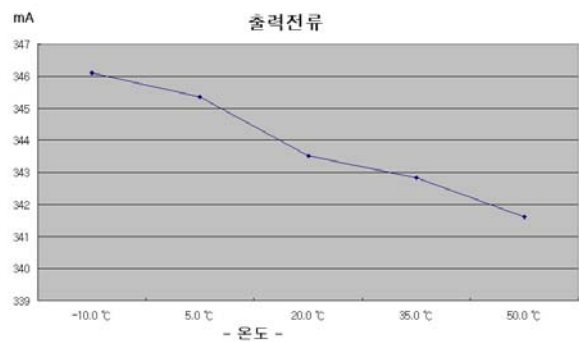


그림 20 제안된 LED 구동 모듈의 온도 변화에 따른 출력 전류

Fig. 20 Output current that follows in temperature changes in the proposed LED driver module

아래의 표 7은 제안된 모듈의 역률과 효율이다.

표 7 제안된 LED 모듈의 효율 및 역률
Table 7 Efficiency and power factor of the proposed LED driver module

교류 전압	출력 전류	역률	효율
220Vrms	350mA	0.60727	77.949%

그림 20은 LED 구동 모듈의 온도에 변화에 따른 출력전류를 나타낸 차트로써 온도상승에 따라 미세하게 출력전류 낮아짐을 알 수 있다. 다 채널 LED 구동 장치는 그림 4에서 교류 전원을 전파 정류한 전압을 제안된 LED 구동 모듈의 입력 전압으로 병렬로 연결된 LED 구동 모듈을 연결함으로써 그림 21과 같이 실제로 구현하고 검증하였다. 그림 19는 소형화, 모듈화를 위해 제안된 LED 구동 모듈의 전면 및 후면의 사진이다. 제안된 LED 구동 모듈은 소형화, 모듈화로 구현되고 LED 구동에 필요한 전류 제어, LED 밝기 조절 즉, 버스트 디밍 등 설계 규격을 만족함을 확인하였다.

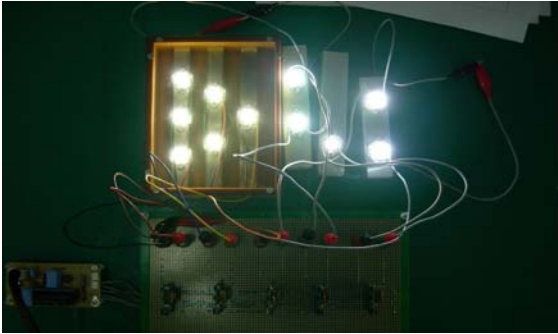


그림 21 제안된 LED 구동 모듈을 이용한 다 채널 LED 구동장치

Fig. 21 Multi-channel LED driver that uses the proposed LED driver modules

병렬로 연결한 제안된 각각의 LED 구동 모듈의 출력 전류는 식(12)에서와 같으며, 각각의 모듈의 출력 전류는 거의 일정하다. LED의 출력 전류는 출력 광량에 비례함으로써 LED에 일정한 전류를 인가하면 각각의 LED 구동 모듈은 동일한 출력 광량이 출력된다. 그리고 모듈화 된 LED 구동 모듈은 환경시험 결과 규격을 만족했다.

4. 결 론

본 논문에서는 플라이백 컨버터를 이용한 LED 구동 모듈화를 제안하였다. 플라이백 컨버터의 전류 제어에 용이한 불연속 모드 적용, PWM 제어 IC의 직접 제어를 통한 버스트 디밍을 구현한 LED 구동 회로를 모듈화 하였다. 버스트 디밍 시비율 변화에 따른 출력 전류 제어가 선형적으로 동작하고, 버스트 디밍 시비율이 1%까지 광 출력이 안정적으로 제어됨으로써 기존의 방식에 비해 우수하였다. 모듈화 된 LED 구동 모듈을 이용하여 모듈을 병렬로 연결함으로써 다 채널 LED 구동장치를 실제 제작하였으며 타당성을 검증하였다. 본 논문에서 제안한 방법은 LED 구동 모듈을 표준화, 모듈화 함으로써 LED 구동장치 응용의 다양성 및 부품의 소형화, 공용화를 통한 원가 절감 효과가 예상된다.

이 논문은 교육과학기술부(지역거점연구단육성사업/바이오하우징연구사업단) 및 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.

참 고 문 헌

- [1] 윤연주, “에너지 절약적인 직류 LED 조명과 조명제어”, *전력전자학회지*, 제14권 제2호, pp. 32-35, 2009.4
- [2] E. Fred Schubert, “LIGHT-Emitting DIODES”, pp. 89-93, 2003.
- [3] 임성무, 권영석, 송상빈, 여인선, “고출력 발광다이오드 구동 전압 유형에 따른 특성”, *한국조명전기설비학회 학술대회 논문집*, pp. 169-173, 2003. 11.
- [4] 이상훈, “LED조명 시스템을 위한 LED 및 직류전원 기술”, *전력전자학회지*, 제14권 제3호, pp. 29-35, 2009. 6
- [5] R. Mueller-Mach, and G.O. Mueller, “White light emitting diodes for illumination”, *SPIE Proc.*, 3938, pp. 30-41, 2000.
- [6] 신성대, 정영진, 한상규, 홍성수, 이일운, 오동성, 이효범, 노정욱, “LLC 공진형 컨버터를 이용한 고효율 조명용 LED 구동시스템”, *2009년 전력전자기술대회 논문집*, pp. 450-452, 2009. 7.
- [7] 송상빈, “방열특성과 구동방식을 고려한 다운라이트용 LED전구의 개발”, 전남대학교 박사학위논문, 2006.
- [8] Fairchild Semiconductor, “Application Note AN4141, Troubleshooting and design Tips for Fairchild Power Switch Flyback Application”, 2006. 5.
- [9] Fairchild Semiconductor, “Application Note AN4147, Design Guidelines for RCD Snubber of Flyback Converters”, 2006.
- [10] Kelvin Shih, “LED Junction Temperature Measurement and its Application to Automotive Lamp Design”, *SPE international*, pp. 25-28, 2004.
- [11] 강필순, 김원호, 박성준, 김철우, “전류 불연속 모드로 동작하는 1단 방식의 역률보상 AC/DC포워드 컨버터”, *전력전자기술대회 논문집*, pp. 319-322, 1999.
- [12] Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic, “Fundamental of Power Electronics : Second Edition”, Springer, 2001.
- [13] Muhammad H. Rashid “Power Electronics Third Edition”, pp. 710-715, 2004.
- [14] R. Erockson, M. Madigan and S. Singer, “Design of a Simple High-Power-Factor Rectifier Based on the Flyback Converter”, *IEEE Applied Power Electronics Conference, Conference Proceedings*, pp. 792-80, 1990.
- [15] S. Freeland, “Input Current Shaping for single Phase AC-DC Power Converters.”, Ph. D. thesis, part 2, California Institute of Technology, October 1987.

저 자 소 개



최진봉(崔珍鳳)

1966년 6월 7일생. 1991년 전남대 공대 전자공학과 졸업. 2007년~현재 지에프텍(주) 기술연구소 책임연구원, 현재 전남대 대학원 전기공학과 석사과정.



김관우(金冠佑)

1966년 6월 9일생. 1991년 조선대 공대 전자공학과 졸업. 2006년~현재 지에프텍(주) 기술연구소 책임연구원, 현재 전남대 대학원 전기공학과 석사과정.



정영국(鄭榮國)

1963년 11월 10일생. 1986년 전남대 전기공학과 졸업. 1988년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 2000년 일본 오카야마대학 연구방문. 현재 대불대 융합기술학부 부교수, 당 학회 학술위원.



임영철(任永徹)

1953년 4월 23일생. 1975년 전남대 전기공학과 졸업. 1977년 고려대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 1997년 호주 모나시대학교 Visiting Scholar. 1998년~2007년 산업자원부 지정 전남대 고품질 전기전자부품 및 시스템 연구센터(RRC)소장. 현재 전남대 전기공학과 교수, 당 학회 회장.