

다분할 디밍구조를 갖는 LED BLU 구동회로에 관한 연구

論 文

58-2-12

Study on the LED BLU Driving Circuit with a Local-dimming Structure

朴 喩 鐵* · 金 熙 峻† · 蔡 均** · 白 周 元***
(Yu-Cheol Park · Hee-Jun Kim · Gyun Chae · Ju-Won Baek)

Abstract - This paper presents an LED BLU driving circuit with a local-dimming structure. The efficiency of the proposed LED driver has been improved by parallel driving 8 serial-connected LED arrays. It employed the soft-switching boost converter topology to reduce the switching power loss of the hard switching boost converter. Soft- and hard-switching converters have the same structure except that the free-wheeling diode in the hard-switching converter is replaced with the n-channel MOSFET in the soft-switching one. The proposed boost converter was compared with the hard switching converter. The soft-switching converter reveals superior ripple and efficiency. A smaller inductance can be used for the soft-switching converter contrasting to the hard-switching one. We also studied on an over-voltage protection circuit of the output of the driver at the no load condition. The protection circuit was applied to the proposed driver, and its operation was confirmed by experiment. Using a local-dimming technique, power consumption of LCD BLUs can be reduced as low as possible according to the brightness of its image.

Key Words : LED driving circuit, Local-dimmin, BLU, DC-DC converter, Boost converter

1. 서 론

자체적으로 발광이 불가능한 LCD(Liquid Crystal Display) 패널은 LCD 패널 뒷면에서 BLU(Back Light Unit)라고 하는 평면광원으로 빛을 비추어 주어야 영상을 관찰할 수 있으며, 이 광원의 성능이 영상에 직접적인 영향을 준다[1]. 기존에는 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)이 주로 LCD 패널의 BLU 광원으로 이용되었으나[2], 근래에 LED가 적용되기 시작했다.

LED는 우수한 내진동성, 고 신뢰성, 저 전력소모, 소형, 장수명, 고 색상효율을 가지며, 렌즈를 이용해 집속광을 만들 수 있고, 기존의 동급 램프보다 열 발생이 적은 것이 특징이다. 이러한 LED의 장점을 이용해 보다 창조적이고 다양한 조명 설계가 가능하며, LED의 저 전력소모로 에너지 절약, 장수명에 의한 유지보수 비용 절감 등의 경제적 효과를 얻을 수 있다[3],[4]. 최근 LED의 이러한 장점을 이용하여 LCD 패널용 BLU의 광원으로 적용하는 경우 BLU의 색역(Color Gamut) 개선 및 제어 방법에 대한 연구가 발표되고 있다[5],[6]. 또한 LED의 빠른 응답특성을 이용해 영상에 따라 다 영역으로 분할하여 디밍을 적용함으로써 에너지 소비를 더욱 감소하는 방안들이 연구되고 있다 [7]-[10]. 그러

나 이러한 연구들은 주로 영상을 분석해 디밍을 해야하는 부분과 디밍의 레벨을 결정하는 알고리즘 연구에 주로 집중되었다.

본 논문에서는 다분할 디밍 LED BLU를 위한 LED 구동 회로를 연구하였다. 기존의 구동회로로 널리 이용되어 왔던 펄스폭 변조 (Pulse width modulation : PWM) 방식의 부스트 컨버터는 구조가 간단하고 인덕터 전류와 입력전류가 동일하기 때문에 입력전류의 제어가 용이하다는 장점이 있으나, 스위칭 주파수가 높아질수록 주 스위치에서의 손실을 무시할 수 없다. 또한 주 스위치가 턴-온 되는 순간에 환류 다이오드는 출력 커패시터로부터 주 스위치로 역전류가 흐르지 않도록 정류작용을 해야 하지만, 환류 다이오드의 역회복 시간동안 높은 역 스파이크 전류가 흐르는 문제가 발생한다. 이러한 스파이크 전류는 전체 회로의 손상뿐만 아니라 전자파 장애를 일으키는 원인이 되기도 하며, 다이오드에서의 손실 증가뿐만 아니라 주 스위치도 역전류에 의한 턴-온 손실이 발생하게 된다[11]. 이러한 단점을 극복하고 스위칭 손실을 줄이기 위해 공진형 컨버터가 제안되었으나, 공진용 인덕터와 커패시터가 추가로 필요하고, 스위치의 전압 혹은 전류 스트레스가 커서 전도 손실이 증가했다[11],[12]. 따라서 고효율, 고전력 밀도를 실현하기 위해서는 기존의 PWM 컨버터와 전압 및 전류 스트레스가 같고, 공진형 컨버터와 같이 영전류 혹은 영전압 스위칭동작을 하며 기존의 PWM 컨버터와 동일한 방법으로 제어가 가능한 소프트 스위칭 컨버터가 효과적이다[12],[13].

본 논문에서 제안하는 다분할 디밍 LED BLU를 위한 구동회로는 소프트 스위칭 부스트 컨버터 토폴로지로 선정하고, 적색, 녹색, 청색의 LED를 사용해 구성된 LED 모듈을

* 準 會 員 : 한양대 전자전기제어계측공학과 석사과정

** 正 會 員 : (주)아크로텍 & LEDWOKRS 대표이사

*** 正 會 員 : 한국전기연구원 선임연구원 팀장

† 교신저자, 正 會 員 : 한양대 전자컴퓨터공학부 교수

E-mail : hjkim@hanyang.ac.kr

接受日字 : 2008年 11月 10日

最終完了 : 2008年 12月 29日

구동할 수 있도록 회로를 설계하였다. LED 모듈의 디밍은 LED에 흐르는 전류를 PWM 신호로 LED 모듈을 점멸해 제어하였다. 이때 LED 모듈을 소등하는 경우 부스트 컨버터가 무부하 상태가 되는 것과 동일한 조건이 되어 출력전압이 급격히 상승하게 된다. 이를 방지하기 위해 LED 모듈의 디밍 PWM 신호를 이용해 부스트 컨버터의 출력이 무부하 상태에서 급격히 상승하는 것을 방지하는 회로 또한 제안하였다. 2절과 3절에서 제안한 다분할 디밍 LED BLU 구동회로의 동작을 설명하고, 4절에서는 제안한 LED BLU 구동회로의 동작을 확인하기 위해 RGB LED 모듈용 LED 구동회로를 제작하고 실험한 결과를 제시하였다.

2. 다분할 디밍 LED BLU의 구성

그림 1에 42인치 LCD TV용 다분할 디밍 LED BLU의 구성도를 나타낸다. 총 8개의 LED 모듈로 구성되고 있으며, 또한 각 LED 모듈은 8개의 영역으로 구분되어 있으며 결과적으로 64개 영역으로 분할된 구조를 갖는다.

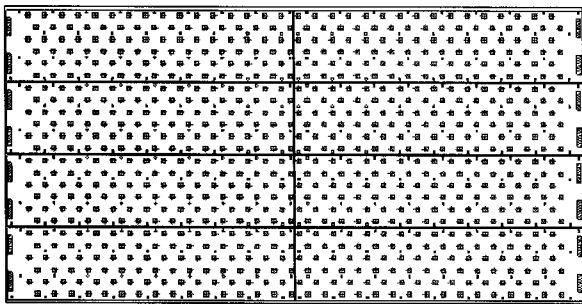


그림 1 42인치 LCD TV용 LED BLU 구성도
Fig. 1 LED BLU for 42 inch LCD TV

그림 2는 한 개의 LED 모듈을 확대해 나타내었다. 한 개의 LED 모듈의 크기는 가로 492mm, 세로 121mm 이며, 앞서 언급한 바와 같이 8개의 영역으로 구분되어 있다. 그림 3은 하나의 영역 내에서 각각의 색상별 LED 직렬 어레이들의 구성을 나타낸 것이다. 그림 내 연결을 보면 적색 LED는 직렬로 12개, 녹색 LED는 직렬로 24개, 청색 LED는 직렬로 12개로 연결되어 있다. 적색, 녹색, 청색의 세가지 색상의 LED에서 방출되는 빛이 혼합되어 백색광이 생성된다. 그림 2에 점선으로 분할해 나타낸 8개 영역은 각 영역별로 PWM 디밍 신호를 조정함으로써, 영역별 LED의 조도를 제어할 수 있다. LED 모듈 구성에 사용된 PCB는 방열을 고려하여 메탈 PCB를 사용하여 제작되었다.

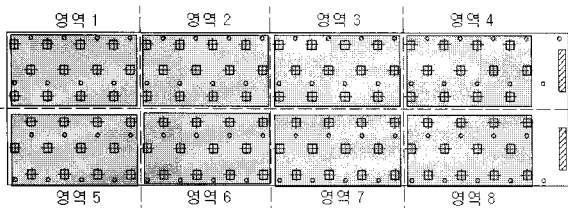


그림 2 하나의 LED 모듈
Fig. 2 One LED Module

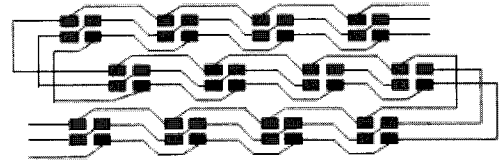
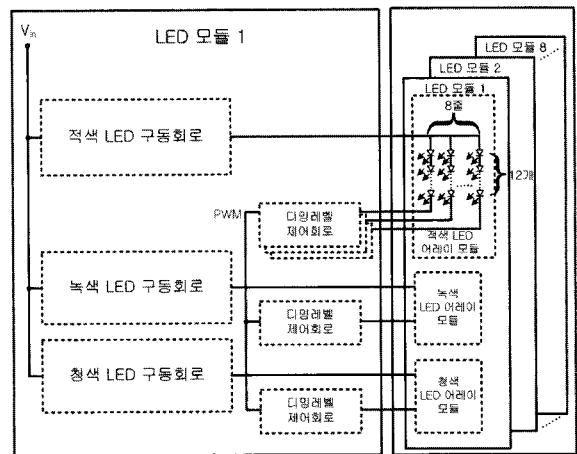


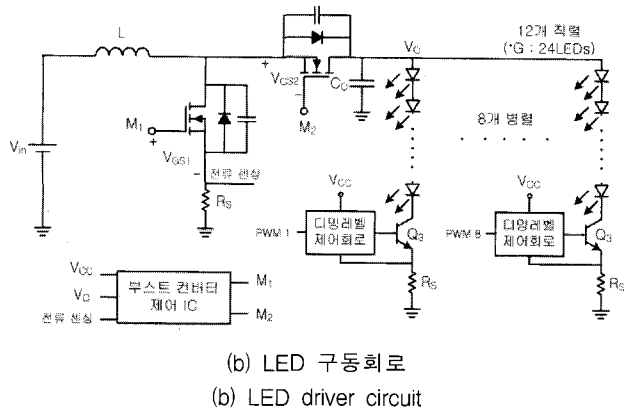
그림 3 하나의 영역 내 각 LED 어레이 연결 구성도
Fig. 3 Connection diagram of each LED array in an area

그림 2에 나타난 LED 모듈에 있어서 각각의 LED 어레이를 어떻게 구동하고 있는가에 대한 블록도 및 적, 녹, 청색 중 한색의 LED에 대한 구동회로를 나타내면 그림 4와 같다. 그림 4의 내용을 보면 LED 구동회로, LED 어레이 모듈, 외부에서 인가되는 PWM 신호에 따라 LED를 디밍하는 디밍레벨 제어회로로 구성되고 있다. LED 구동회로로서는 DC-DC 컨버터를 이용하며 이 컨버터의 스위칭 손실을 최소화하기 위해서 소프트 스위칭 부스트 컨버터 토폴로지를 채택하였다. LED의 종류에 따라 LED의 순방향 전압강하가 다르기 때문에, 적색, 녹색, 청색의 3가지 LED들로 구성된 LED 직렬 어레이 하나를 구동하려면 각 색상용 LED 구동회로 3개가 필요하다. 본 논문에서 제안하는 LED 구동용 컨버터는 8개의 LED 직렬 어레이를 병렬 연결해 구동함으로써 구동회로 구성에 필요한 부품 수량을 줄이고, LED 어레이 하나에 흐르는 전류가 LED의 종류에 따라 수십에서 수백 mA로 경부하로 동작해 효율이 저조해지는 문제를 개선하였다.

LED 모듈은 적색, 녹색, 청색 LED 어레이로 색을 혼합해 백색을 만들어 내도록 구성되어 있다. 한 개의 LED 모듈은 앞서 언급한 바와 같이 8개의 영역으로 나뉘어, 각각의 영역이 외부에서 인가되는 8개의 PWM 신호에 의해 디밍레벨이 독립적으로 제어된다. 이 디밍 PWM 신호의 시비율은 TV의 영상을 분석해 영역별 밝기에 따라 밝은 부분은 밝게 어두운 부분은 어둡게 되도록 영상처리 알고리즘에 의해서 조정된다. 이렇게 영상에 따라 LED 모듈의 밝기를 영역별로 조절함으로써, 기존의 전체 LED 모듈을 동일하게 최대 밝기로 고정하고 사용하는 방법 보다 에너지를 절약하는 한편, 영상의 화질 또한 선명하게 되도록 제어할 수 있다 [7]-[10].



(a) 블록도
(a) Block diagram



(b) LED 구동회로
(b) LED driver circuit

그림 4 다분할 디밍 LED BLU 구동회로 블록도
Fig. 4 Local dimming LED BLU driver

3. LED 모듈 구동회로

3.1 회로구성 및 동작원리

LED 구동회로로 채택된 소프트 스위칭 부스트 DC-DC 컨버터의 회로도에는 그림 5와 같다. 소프트 스위칭 부스트 컨버터는 기존의 부스트 컨버터의 환류다이오드가 n-채널 MOSFET M_2 로 바뀐 것을 제외하면 기존의 컨버터와 동일

하다. 또 각 스위치에 병렬로 연결되어 있는 커패시터 및 다이오드는 각각 MOSFET 스위치의 기생용량 및 바디 다이오드를 나타낸다

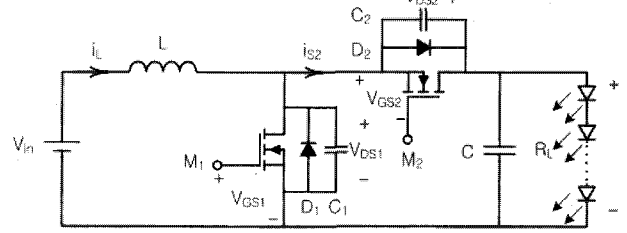


그림 5 소프트 스위칭 부스트 DC-DC 컨버터
Fig. 5 Soft-switching boost DC-DC converter

그림 6은 그림 5에 나타낸 회로의 동작 구간별로 전류가 흐르는 경로를, 그림 7은 동작파형을 보여준다. 그림 7에서 M_1 과 M_2 두 스위치가 동시에 차단되는 T_{d1} 과 T_{d2} 구간을 두고 있으며, 이 구간들은 M_1 과 M_2 스위치의 암단락 방지와 소프트 스위칭을 위해 필요하다. 각 구간별 동작을 상세히 설명하면 다음과 같다.

1) $T_0 \sim T_1$ 구간:

T_0 에서 스위치 M_1 이 턴-오프 되면 인덕터 전류 i_L 은 C_1

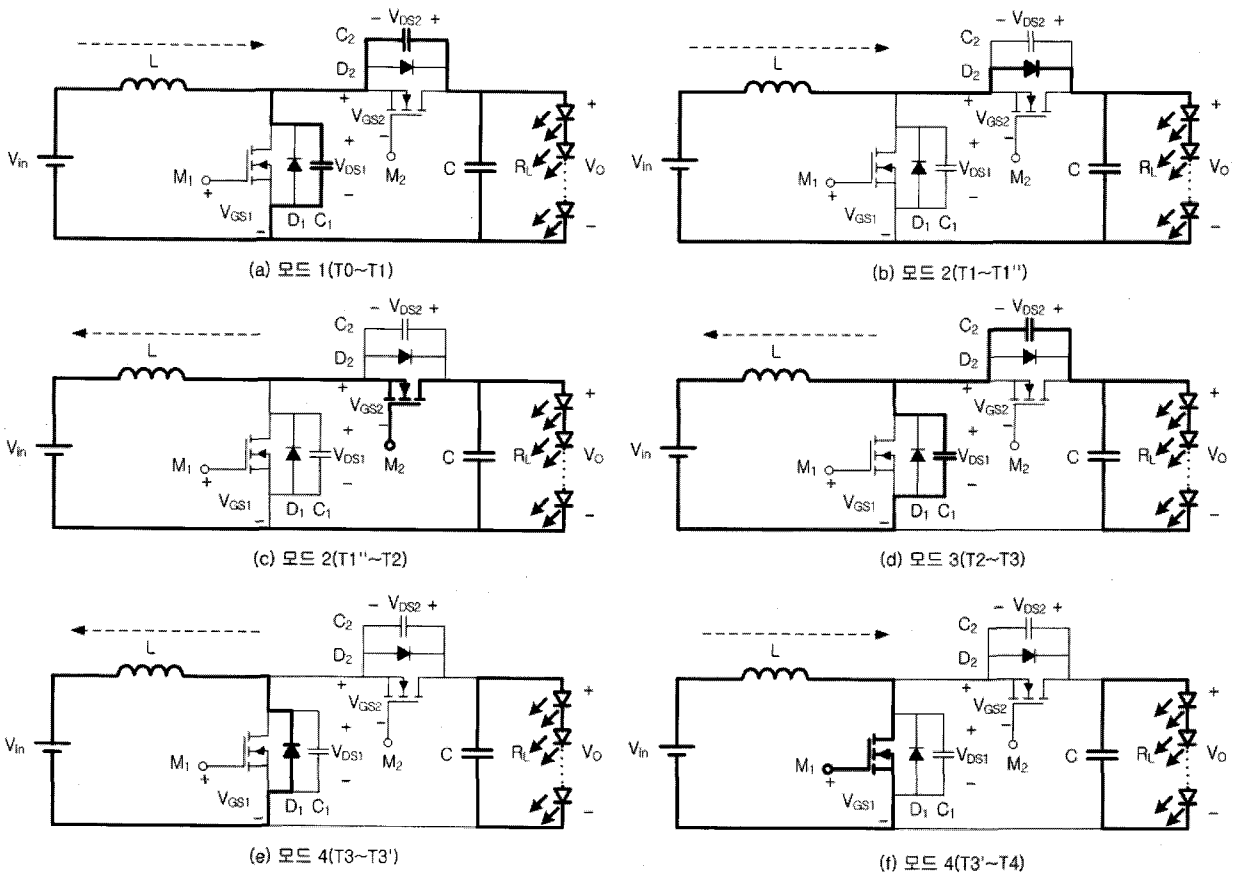


그림 6 각 동작 구간별 전류 경로

Fig. 6 Current path of each operating intervals

을 충전하고 동시에 C_2 를 방전한다. 이 충전방전의 동작에 의하여 T_1 의 시점에서 M_1 의 드레인-소스 전압 V_{DS1} 은 $0V$ 에서 V_O 으로 상승하고 M_2 의 드레인-소스 전압 V_{DS2} 는 반대로 V_O 에서 $0V$ 로 감소한다.

2) $T_1 \sim T_2$ 구간:

T_1 의 시점에서 V_{DS2} 는 영전압상태가 되지만 더 나아가서 그림 7에 나타난 것처럼 인덕터 전류 i_L 이 M_2 의 바디 다이오드를 통해 T'' 시점까지 계속 흐르게 되므로 $V_{DS2} = 0$ 의 영전압상태가 계속 유지된다. 이 때 M_2 를 턴 온 시켜줌으로써 영전압 스위칭이 이루어진다. C_1 의 충전시간(C_2 의 방전시간)을 T_{C1} 이라고 가정할 때 M_2 의 영전압 스위칭 조건은

$$T_{d1} \geq T_{C1} \quad (1)$$

이 된다.

3) $T_2 \sim T_3$ 구간:

T_2 에서 M_2 가 턴-오프 되면 인덕터 전류 i_L 은 C_2 를 충전하고 C_1 을 방전한다. 따라서 이 충전방전 동작에 의해 T_3 시점에서 M_2 의 전압 V_{DS2} 는 $0V$ 에서 V_O 으로 상승하고 M_1 의 전압 V_{DS1} 은 V_O 에서 $0V$ 로 감소한다.

4) $T_3 \sim T_4$ 구간:

T_3 에서 V_{DS1} 은 영전압상태가 되지만 더 나아가서 i_L 이 M_1 의 바디다이오드를 통해 T_3' 시점까지 계속 흐르게 되므로 $V_{DS1} = 0$ 의 영전압상태가 계속 유지된다. 이 때 M_1 을 턴 온 시켜줌으로써 영전압 스위칭이 이루어진다. C_2 의 충전시간(C_1 의 방전시간)을 T_{C2} 라고 가정할 때 M_1 의 영전압 스위칭 조건은

$$T_{d2} \geq T_{C2} \quad (2)$$

가 된다.

따라서 영전압 스위칭이 이루어지기 위한 조건은 T_{d1} 과 T_{d2} 가 C_1 및 C_2 의 충전방전 시간 T_{C1} 과 T_{C2} 보다 길거나 같고, 최대부하 상태에서도 인덕터 전류 i_L 이 음이 되는 구간이 존재해야 한다. 소프트 스위칭 부스트 컨버터의 인덕터는 이러한 조건을 만족하도록 설계되어야 한다. 연속모드와 불연속모드의 경계에서의 인덕터 전류의 리플 값 Δi_L 은 다음과 같이 구해진다.

$$\Delta i_L = \frac{V_i}{L} DT_s \quad (3)$$

이 식으로부터 출력전류의 최대값은

$$I_{omax} = \frac{V_o DD^2 T_s}{2L} \quad (4)$$

이 된다.

식(4)로부터 영전압 스위칭을 위한 인덕턴스 L 의 값은

$$L < \frac{V_o DD^2 T_s}{2I_{omax}} \quad (5)$$

를 만족하도록 설계해야 된다.

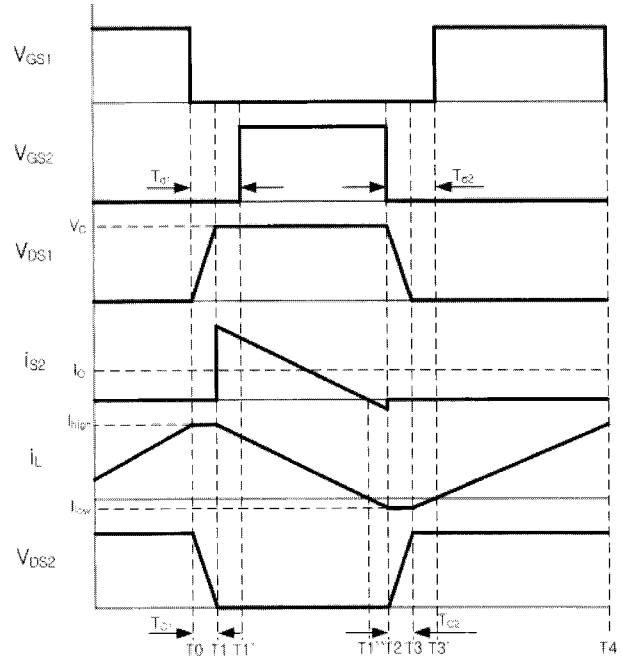


그림 7 소프트-스위칭 부스트 컨버터 동작파형

Fig. 7 Operation waveforms of the soft-switching boost converter

3.2 LED 디밍회로 및 과전압 보호회로

각 LED 직렬 어레이를 PWM 신호에 따라 온/오프하여 LED 모듈을 디밍하는 회로를 그림 8에 나타낸다. 이 회로는 LED 직렬 어레이를 온/오프하는 BJT 스위치, LED 어레이에 흐르는 전류를 검출하는 저항 R_S , R_S 를 통하여 검출된 LED전류를 일정하게 유지시키는 한편 PWM 디밍 신호에 따라 BJT 스위치를 제어하는 디밍레벨 제어회로를 통하여 구성된다.

그림 8(b)에 나타난 디밍레벨 제어회로에서 Q_1 및 Q_2 는 버퍼회로이고, 센싱저항 R_S 와 TL431의 정전압(2.5V) 특성을 이용하여 LED 어레이 전류 I_O 를 정전류로 제어하고 있다. 따라서 R_S 는 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$R_S = \frac{2.5V}{I_O} \quad (6)$$

적색, 녹색, 청색 LED 어레이에 흐르는 각각의 전류 I_O 는 다르기 때문에 식(6)으로부터 R_S 의 값을 구하여야 한다. 이 때 R_S 를 오차범위가 넓은 저항을 사용하면 각각의 영역의 LED어레이에 흐르는 전류의 값이 미세하게 오차가 발생하여 전체 LED BLU에 영향을 미치므로 R_S 는 정밀저항을 선택하여야 한다.

만일의 경우 LED 어레이가 전부 오프 됐을 때, 부스트 컨버터가 무부하 상태가 되어 출력 전압이 급격하게 상승하게 되고, 이 고전압은 그림 8(a)에 나타낸 디밍 제어회로의 BJT 스위치를 파손시킬 수 있다. 따라서 부스트 컨버터가 무부하 상태 시에 출력에 나타나는 과전압으로부터 회로를 보호하는 방법이 필요하며 이 보호회로를 그림 9와 같이 제안하였다. 제안된 보호회로는 제너다이오드, 다이오드, 저항, 커패시터, OR게이트, BJT로 구성되어 있다. 과전압상태가 되면 이 보호회로가 작용하여 V_{CC} 를 거의 0전압으로까지 강하시키고 이로 인하여 제어용 IC의 전원을 차단시키는 작용을 함으로써 구동회로 및 디밍제어 회로를 보호한다.

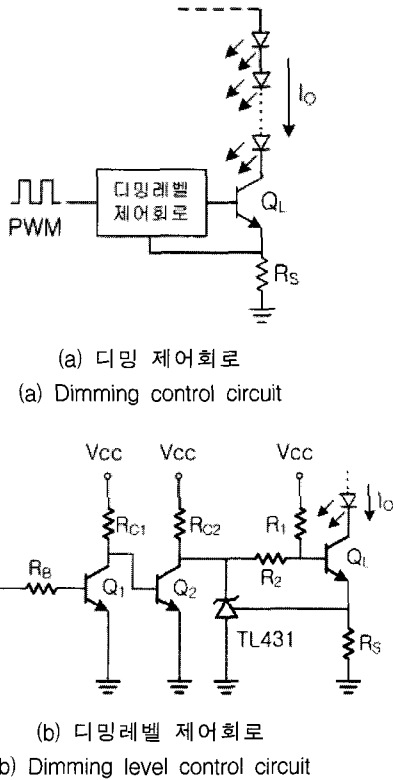


그림 8 LED 디밍 회로
Fig. 8 LED dimming circuit

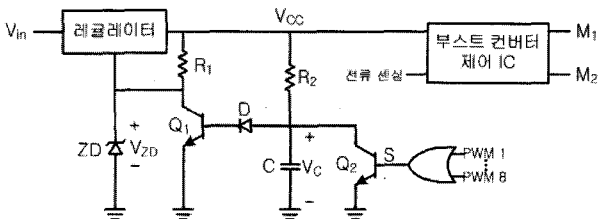


그림 9 LED 구동회로의 출력 과전압 보호회로
Fig. 9 Over voltage protection circuit of the LED driver

그림 10에 제안된 출력 과전압 보호회로의 동작파형을 나타내었다. 컨버터의 스위칭 주파수가 LED를 디밍하는 PWM 신호의 주파수보다 훨씬 크다고 가정하고, 조광레벨 제어회로의 펄스에 따른 각 구간의 동작 파형을 나타내었다. 그림 10의 PWM 1에서 PWM 8은 하나의 LED 모듈 내의

8개 영역을 각각 디밍하는 제어신호를 나타내며, 이를 OR게이트한 출력 S, 커패시터 C의 전압 V_C , 제너다이오드의 전압 V_{ZD} , 소프트 스위칭 부스터 컨버터 제어 IC의 V_{CC} 전압의 동작 파형을 차례로 나타내었다. 그림 10의 파형을 참고로 하여 과전압 보호회로의 동작은 다음과 같이 설명할 수 있다.

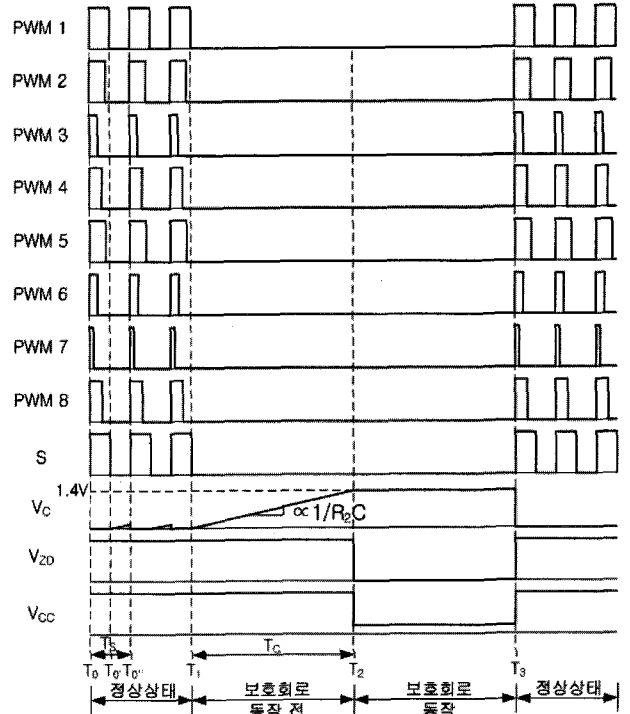


그림 10 LED 구동회로의 출력 과전압 보호회로의 동작파형
Fig. 10 Operation waveforms of a high output voltage protection circuit of the LED driver

$T_0 \leq t < T_1$ 구간은 정상상태 구간이다. $t = T_0$ 에서 조광레벨 제어회로의 PWM 펄스는 각 영역의 밝기에 따라 시비율이 다르다. PWM 1은 시비율이 50%로 PWM 3의 시비율 10%에 비해 상대적으로 밝은 부분에 해당하며 영상의 밝기에 따라 각 LED그룹에 분할 디밍하여 밝은 부분은 시비율을 크게 어두운 부분은 시비율을 작게 조절하여 에너지를 절약한다. $t = T_0'$ 에서 모든 펄스가 턴-오프 되어 OR게이트의 출력은 '0'이 되지만 V_C 가 일정전압 이상으로 상승하기 전에, $t = T_0''$ 에서 조광레벨 제어회로의 펄스가 턴-온 되어 커패시터 C가 방전해 V_C 의 전압이 다시 하강한다.

T_1 에서 디밍레벨 제어회로의 모든 펄스가 0이 되어 모든 LED 어레이가 오프되면 OR게이트의 출력이 0이 되고 이로 인해 Q_2 가 오프되면 커패시터 C가 선형적으로 충전된다.

T_2 에서 V_C 의 충전전압이 임계전압(약1.4V)까지 도달하면 Q_1 이 턴-온 됨과 동시에 V_{ZD} 의 전압은 Q_1 에 의해 거의 0전압으로 하강하게 된다. 따라서 부스트 컨버터 제어IC의 V_{CC} 가 UVLO(Under Voltage Lock Out)전압 이하가 되므로 부스트 컨버터가 동작을 멈추어 출력전압이 하강함으로써 보호회로의 동작이 마무리된다. 또한 제어회로 IC의 동작이

정지함으로써 전력소비가 감소되는 효과도 얻을 수 있다. 부스트 컨버터의 보호회로가 동작을 하기 위해서는 그림 10과 같이 V_C 가 임계전압까지 상승하는 시간 T_C 가 LED 디밍 PWM 신호의 한 주기 시간 T_s 보다 길게 R_2 와 C 의 값을 조절해야 한다.

4. 실험결과

본 논문에서 제안한 소프트 스위칭 부스트 컨버터로 구성되는 분할 디밍 LED BLU 구동회로의 성능을 확인하기 위해서, 그림 11에 제작된 총 60W급 분할 디밍 LED BLU 구동회로의 사진을 나타내었다. 그림 11의 왼쪽에서부터 적색, 녹색, 청색의 구동회로를 나타낸다. 적색, 녹색, 청색 LED 구동용 컨버터의 인덕턴스는 각각 $405\mu H$, $1.26mH$, $1.35mH$, 출력 커패시터는 $20\mu F$, 입력전압은 $24V$ 이고, 출력전압은 각각 $28.75V$, $73.01V$, $42.5V$ 이다. 컨버터의 스위칭 주파수는 $100kHz$, 디밍레벨 제어회로 주파수는 $600Hz$ 로 하였다. 각각의 컨버터 최대 출력전류는 $657mA$, $273mA$, $489mA$ 이다.

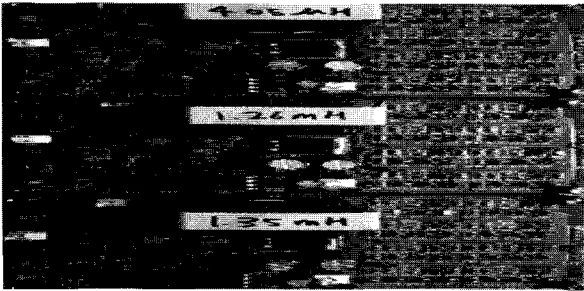
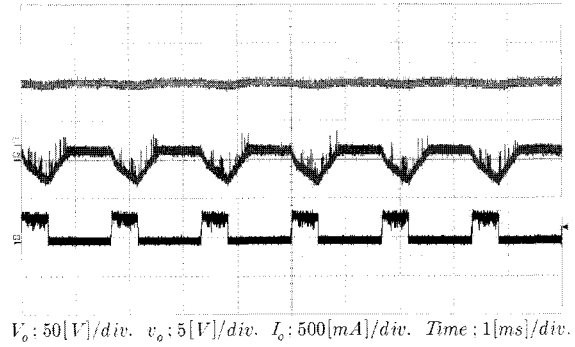


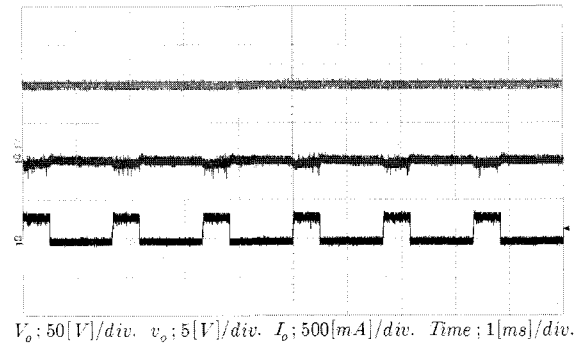
그림 11 분할 디밍 LED BLU 구동회로
Fig. 11 LED BLU driving circuit with a local-dimming structure

그림 12는 제안된 소프트 스위칭 방식 LED BLU 구동회로의 동작을 입증하기 위하여 각 디밍레벨의 변화에 대한 실험 파형이며 3색의 LED구동 중 대표적으로 녹색 LED의 구동에 대한 결과를 나타내었다. 또한 제안된 방식의 구동회로가 기존방식의 구동회로보다 더 우수하다는 점을 나타내기 위하여 기존의 하드 스위칭 방식의 구동회로의 결과도 함께 나타내었다. 파형은 위로부터 출력전압 파형, 출력전압리플 및 부하전류를 나타낸다.

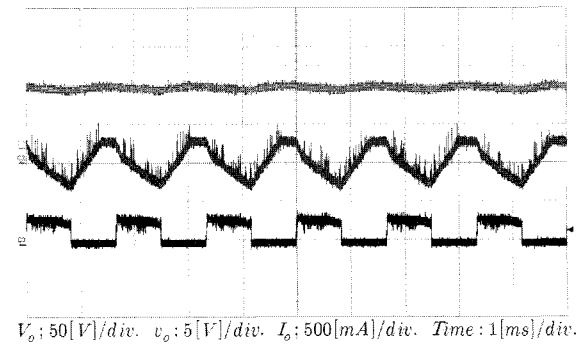
이 그림의 출력전압 리플을 보면 하드 스위칭 컨버터의 경우 디밍레벨이 30%일때는 최대 전압 리플이 5V, 50%일때는 8V, 80%일때는 4V로 측정되었고, 반면 소프트 스위칭 컨버터는 디밍레벨에 관계없이 최대 전압 리플이 0.5V이하로 측정되었다. 그리고 소프트 스위칭 컨버터의 노이즈 크기가 하드 스위칭 컨버터보다 작은 것을 그림 12에서 확인할 수 있다. 위 실험으로부터 소프트 스위칭 컨버터의 출력 전압 과도응답(출력 전압 리플) 및 노이즈 특성이 하드 스위칭 컨버터보다 월등히 우수한 것을 확인할 수 있다. LED BLU를 다분할 디밍 하기 위해서는 과도응답 특성이 우수한 컨버터를 사용하여야 하는데 그림 12의 결과로부터 소프트 스위칭 방식이 하드 스위칭 방식보다 LED BLU에 사용하기 적합한 것을 확인할 수 있었다.



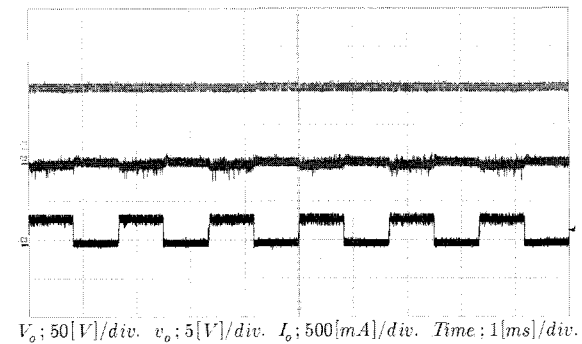
(a) 하드스위칭, 30% 디밍레벨
(a) Hard-switching, 30% dimming level



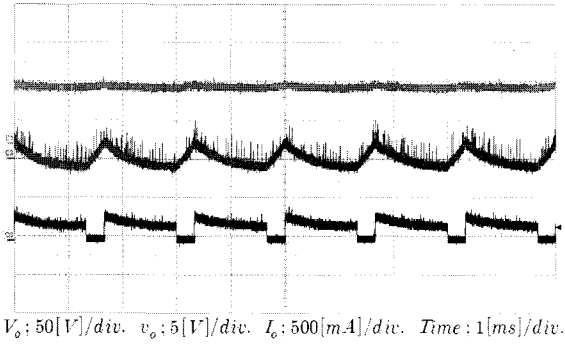
(b) 소프트 스위칭, 30% 디밍레벨
(b) Soft-switching, 30% dimming level



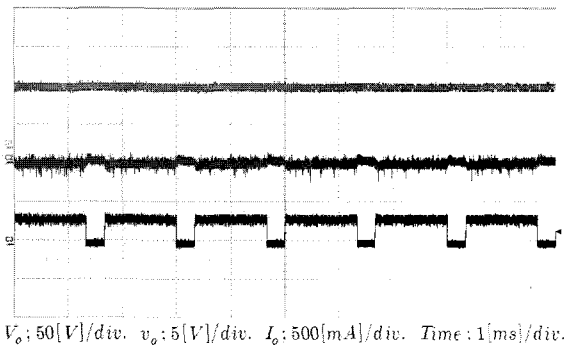
(c) 하드스위칭, 50% 디밍레벨
(c) Hard-switching, 50% dimming level



(d) 소프트 스위칭, 50% 디밍레벨
(d) Soft-switching, 50% dimming level



(e) 하드스위칭, 80% 디밍레벨
(e) Hard-switching, 80% dimming level

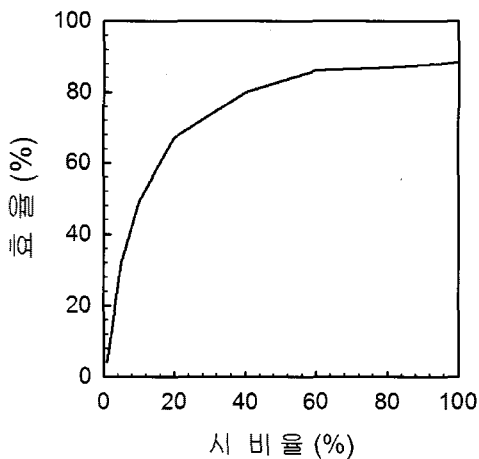


(f) 소프트 스위칭, 80% 디밍레벨
(f) Soft-switching, 80% dimming level

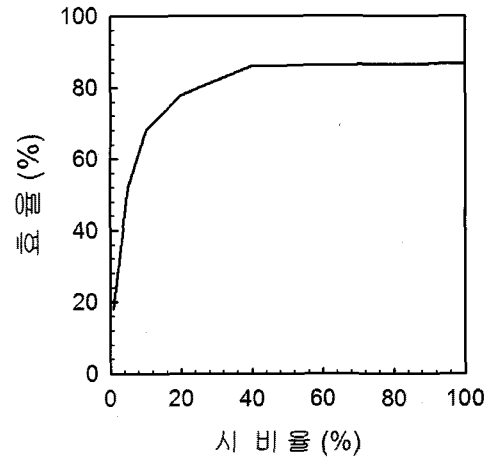
그림 12 측정된 녹색 LED 컨버터 출력 전압, 출력 전압 리플, 부하 전류

Fig. 12 Measured output voltage, ripple, and load current of the green LED converters

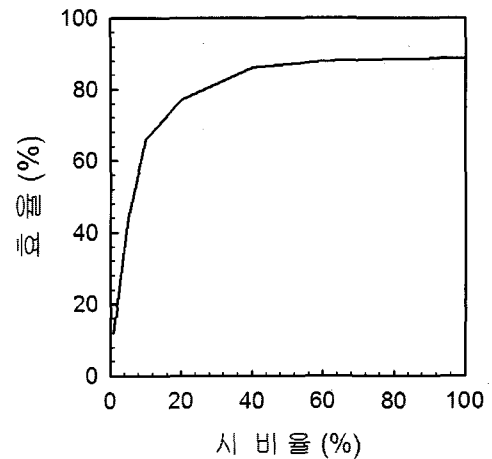
그림 13은 LED 디밍 시비율 변화에 따른 분할 디밍 LED BLU 구동회로의 측정된 효율을 보여준다. 적색 LED의 최대효율은 88.3%, 녹색 LED의 최대효율은 86.86%, 청색 LED의 최대효율은 88.73%로서 만족할 만한 고효율을 얻고 있음을 알 수 있다.



(a) 적색 LED 구동용 컨버터
(a) RED LED converter



(b) 녹색 LED 구동용 컨버터
(b) GREEN LED converter



(c) 청색 LED 구동용 컨버터
(c) BLUE LED converter

그림 13 그림 11에 나타낸 컨버터들의 측정된 시비율 변화에 대한 효율

Fig. 13 Measured efficiency versus duty cycle variation of the converters shown in Fig. 11

또한 본 논문에서 제안한 보호회로의 타당성을 확인하기 위하여 그림 14에 대표적으로 녹색 LED 구동회로의 무부하시 보호회로를 적용하지 않은 경우 및 보호회로를 적용한 실험결과를 나타내고 있다. 이 파형은 위로부터 입력전류, 입력전압, 출력전압을 나타내고 있다. 보호회로를 적용하지 않은 경우 입력전류 및 출력전압의 값은 각각 72.15mA와 103.19V를 나타내는데, 보호회로를 적용하면 이 값이 각각 13.86mA, 21.60V로 떨어지면서 디밍 BJT를 확실히 보호해 줄 수 있고 무부하시 대기전력을 절약할 수 있다는 점을 알 수 있었다. 다른 색 LED에 관련된 결과를 표 1에 정리하여 나타내었다

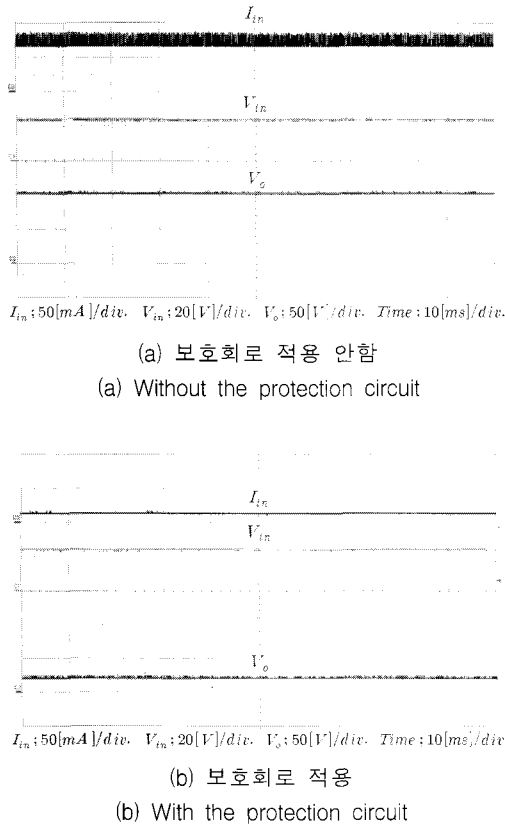


그림 14 녹색 LED 구동회로의 무부하시 입력전류, 입력전압, 출력전압 측정

Fig. 14 Measured input current, input voltage, and output voltage

그림 15는 LED BLU의 밝기를 조광레벨 제어회로의 시비율을 변화해가면서 측정한 결과이다. 그림 15를 보면 시비율이 1%일 때는 8.1 lux로 가장 낮았고, 시비율이 100%일 때는 1648 lux로 가장 높게 측정되었다. 시비율이 증가함에 따라 조도가 일정하게 증가하는 하므로, 조광레벨 제어회로의 시비율을 영상의 밝기에 따라 화면의 각 영역별로 조도를 조정함으로써 상시 BLU를 점등시키는 기존의 방식보다 에너지를 절약할 수 있다.

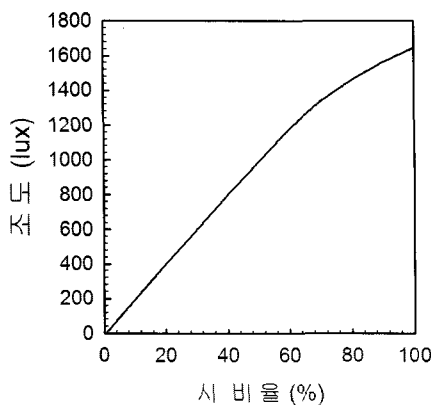


그림 15 측정된 시비율 변화에 대한 조도

Fig. 15 Measured illuminance versus duty cycle variation

표 1 보호회로의 실험결과

Table 1 Experimental results of the protection circuit

변수		전압	단위	
보호회로 적용 안함	출력 전압	적색 LED 컨버터	28.95	V
		녹색 LED 컨버터	103.19	
		청색 LED 컨버터	43.40	
	입력 전류	적색 LED 컨버터	58.22	mA
		녹색 LED 컨버터	72.15	
		청색 LED 컨버터	62.45	
보호회로 적용	출력 전압	적색 LED 컨버터	21.52	V
		녹색 LED 컨버터	21.60	
		청색 LED 컨버터	21.67	
	입력 전류	적색 LED 컨버터	13.35	mA
		녹색 LED 컨버터	13.86	
		청색 LED 컨버터	14.03	

5. 결 론

본 논문에서는 다분할 디밍구조를 갖는 LED BLU 시스템에 있어서 LED 구동회로로 소프트 스위칭 부스트 DC-DC컨버터를 제안하여 기존의 하드 스위칭 부스트 컨버터와 비교 검토하였다. 제안된 컨버터는 하드 스위칭 컨버터보다 출력 전압 과도응답 특성이 우수하여 분할 디밍에 매우 적합함을 알 수 있었다.

또 본 논문에서는 무부하시 출력 전압의 과전압 보호회로를 제안하였다. 제안된 보호회로는 무부하시 출력 전압을 입력전압에 가까운 값으로 낮춰 줌으로써 LED의 디밍 BJT를 과전압으로부터 보호할 수 있고, 또 무부하시 대기전력을 절약 할 수 있다는 점을 밝혔다.

본 논문에서 연구된 결과를 적용하는 경우 LED BLU의 개발에 있어서 효율 및 성능의 개선을 통한 제품 전체의 신뢰성 향상, 안정된 색재현 및 휘도 구현을 통한 양산성의 개선, 구동 모듈의 수입 대체 효과 등의 여러 가지 이점을 얻을 수 있을 것으로 예상 된다. 또한 영상기술과 구동 방식과의 결합을 통해 저전력의 BLU를 개발하여 HDTV 및 디지털 TV형 광원 모듈로의 활용이 가능하고, 여기서 파생된 구동 모듈 기술은 고급 조명 연출용 구동 모듈로의 응용 개발 및 활용이 가능할 것으로 기대 된다.

참 고 문 헌

- [1] 천우영, 송상빈, 김진홍, 김기훈, “적하형 LED BLU의 구동 및 제어회로에 관한 연구”, 한국조명·전기설비학회 추계 학술대회 논문집, pp.119-124, 2007.11.02
- [2] S.M.Chen, T.J.Liang, and J.F. Chen, “single DC/DC CCFL Inverter for Large Size LCD TV with Burst Control”, IEEE APCCAS, 4-7, pp.844-847, Dec. 2006
- [3] 김래현, 이주성, 장우진, 정봉만, 한수빈, 홍창의, 황명근, “고출력 LED 및 고채광원 조명기술”, 아진, pp.19-23, 129-142, 2006
- [4] 박갑중, 강신조, 정선오, “LED제조설비 제어기술”, 성학당, pp. 15-18, 2007
- [5] C.-C. Chen, C.-Y. Wu, and T.-F. Wu, “LED Back-Light Driving System for LCD Panels”, IEEE APEC 2006, pp.381-385, March.19, 2006
- [6] A. Konno, Y. Yamamoto and T. Inuzuka, “RGB Color Control System for LED Backlights in IPS-LCD TVs”, in proc. SID, pp.1380-1383, 2005
- [7] Sang-Yun Lee, Hyung-Suk Kim, Jae-Wook Kwon, Choul-Ho Lee, Myoung-Soo Choi and Bang-Won Oh, “New Design of Integrated Power and Integrated Driver with LED Module (IP-IDLM) Driving system for LED Backlight in LCD”, IEEE Trans. on Industrial Electronics, pp.584-587, June 2007
- [8] T.-F. Wu, C.-C. Chen, C.-Y. Wu, P.-C. Lu and Y.-R. Chen, “Sequential Color LED Backlight Driving System for LCD Panels with Area Control”, Power Electronics Specialists Conference 2007, pp.2947-2952, June 2007
- [9] Huang-Jen Chiu and Shih-Jen Cheng, “LED Backlight Driving System for Large-Scale LCD Panels”, IEEE Trans. on Industrial Electronics, pp.2751-2760, Oct. 2007
- [10] Won-Sik Oh, Kyu-Min Cho, Daeyoun Cho, Gun-Woo Moon, Byungchoon Yang, and Taeseok Jang, “A Novel Adaptive Dimming Technique with X-Y Channels for LED Backlight System of LCD TVs”, The 7th International Conference on Power Electronics, pp.710-713, October 2007
- [11] 최현철, “스위칭 손실없는 보조회로를 이용한 고효율 부우스트 컨버터 설계”, 전력전자학회 논문지, pp.149-158, 2006.04
- [12] 광동걸, “소프트 스위칭형 벽-부우스트 DC-DC 컨버터에 관한 연구”, 전력전자학회, pp.394-399, 2007.10
- [13] 강찬호, 김희준, 코스케 하라다, 히로시 사카모토, “포화자심을 이용한 하프브릿지 컨버터의 소프트 스위칭에 관한 연구”, 대한전자공학회 논문지, pp.71-78, 2002.11

저 자 소 개



박 유 철 (朴 喩 鐵)

1983년생. 2007년 한양대학교 전자컴퓨터공학부 전자전기공학전공 졸업. 2007~현재 동 대학원 전자전기제어계측공학과 석사과정
E-mail : cjswodbcjf@hanyang.ac.kr



김 희 준 (金 熙 峻)

1954년생. 1876년 한양대학교 전자공학과 졸업. 1978년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1986년 일본 큐슈대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박). 1986년~현재 한양대학교 전자컴퓨터공학부 교수.
Tel : 031-400-5164
Fax : 031-407-9930
E-mail : hjkim@hanyang.ac.kr



채 균 (蔡 均)

1968년 8월 6일생. 1994년 경북대 공대 전자공학과 졸업. 1996년 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원(공학박). 2000년 오리온전기 선임연구원. 2001년~2002년 (주)UPD 책임연구원. 2002년~현재 (주)아크로텍 & LEDWORKS 대표이사
Tel : 031-267-1694
Fax : 031-267-1291
E-mail : gchae@acrotech.co.kr



백 주 원 (白 周 元)

1967년 1월 2일생. 1990년 경북대 공대 전기공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 2004년 Virginia Tech 방문연구원 IEEE 정회원. Reviewer of IEEE Trans. of P.E., V.T., I.A., and P.S. 현재 한국전기연구원 전력시스템연구본부 책임연구원. 팀장. 전력전자학회 평의원
Tel : 055-280-1432
Fax : 055-280-1436
E-mail : jwbaek@keri.re.kr