

LED 백라이트 모듈의 정전류 구동 전원공급 장치

유두희*, 박종문*, 정강률*
 *순천향대학교 전자정보공학과
 e-mail : toto200044@naver.com

DC Power Supply for Constant Current Drive of LED Backlight Module

Doo-Hee Yoo*, Jong-Moon Park*, Gang-Youl Jeong*
 *Dept. of Electronic Information Engineering, SoonChunHyang University

요 약

본 논문은 LCD LED 백라이트의 정전류 구동 전원공급 장치를 제안한다. 백라이트로 이용되는 LED의 밝기는 LED로 흐르는 전류에 거의 선형적으로 비례하기 때문에 일정한 밝기를 얻기 위해서는 LED에 정전류가 공급되어야 한다. 제안된 전원공급 장치는 구현이 용이하며 간단한 LED 전류제어 방식을 이용하였으며, 200V의 직류 최대 출력전압과 20W의 최대출력전력을 가진다. 그리고 제안된 회로는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 회로 동작의 정확함을 보인다.

1. 서론

최근 대표적인 평판디스플레이 장치로 LCD가 널리 사용되고 있다. 그러나 LCD는 자체적인 발광을 할 수 없기 때문에 별도의 광원을 필요로 하게 된다. 기존에는 CCFL이 광원으로 널리 사용되었지만 최근에는 CCFL에 포함된 수은으로 인한 환경문제가 부각되면서 CCFL을 대체할 광원으로 수명이 길고 에너지 절감효과까지 뛰어난 LED가 주목받고 있다^[1-2].

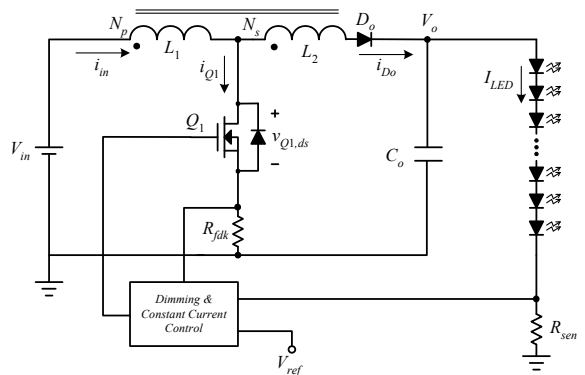
본 논문에서는 LED 백라이트 모듈의 정전류 구동 전원공급 장치를 제안한다. LED의 밝기는 LED로 흐르는 전류에 거의 선형적으로 비례하기 때문에 일정한 밝기를 위해서는 정전류를 공급해야한다. 아울러, 이것은 LED의 최대정격전류를 넘지 않음으로써 소자의 신뢰성을 확보하는 것이기도 하다. 제안된 전원공급 장치는 구현이 용이하며 간단한 LED 전류제어를 함으로써 시스템의 소형화와 가격적인 면에서 장점을 가진다. 또한 LED의 밝기를 선형적으로 제어할 수 있는 아날로그 디밍(dimming)방식을 이용한 디밍제어회로를 구현하였다.

제안된 전원공급 장치는 최대용량 20W(200V/100mA)이며, 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 시스템의 성능을 확인하였다.

2. 제안된 정전류 용 전원공급 장치

2.1 회로구성

그림 1은 제안된 LED 백라이트 모듈의 정전류 구동 전원공급 장치의 회로도를 보인다. 제안된 전원공급 장치로는 전통적으로 입력전압을 승압하기 위해 널리 사용되고 있는 간단한 구조의 부스트 컨버터를 사용하게 되는데 전압전달비(voltage-transfer ratio)를 높이기 위해 기존의 구조인 단일 인덕터 대신 인덕터를 커플링(coupling) 한 구조를 이용한다. 그래서 커플링 된 인덕터의 턴비(N)만큼 전압전달비가 높아지는 효과를 얻는다. 이것은 주 스위치가 작은 듀티비(duty ratio)에서도 높은 전압전달비를 가지는 것을 의미한다.



[그림 1] 제안된 정전류 용 전원공급 장치 회로도

전압전달을 위한 L_1 과 L_2 는 커플링 한 인덕터이며, 전력반도체스위치 MOSFET Q_1 은 PWM(Pulse Width Modulation) 방식으로 동작한다. R_{fkk} 는 스위치를 위한 전류피드백저항이며, R_{sen} 은 정전류 제어를 위한 LED 전류센싱저항이다. D_o 와 C_o 는 각각 출력다이오드와 출력커패시터이다. 커플링 인덕터의 턴비에 의한 전압전달비는 다음과 같다.

$$\frac{V_o}{V_{in}} = \frac{1 + N \cdot D}{1 - D} \quad (1)$$

여기서, D 는 스위치 Q_1 의 듀티비이며, 턴비 N 은 $N = N_s / N_p$ 이다^[3].

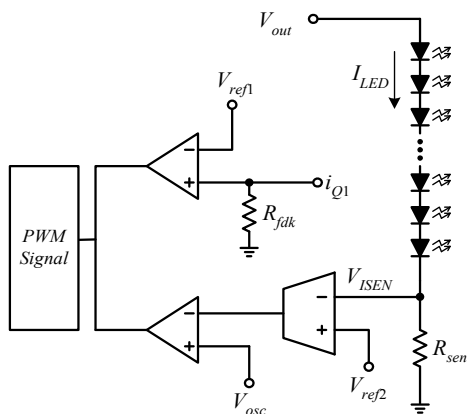
제안된 컨버터는 간략하게 스위치의 턴온/턴오프에 따라 2가지 모드로 동작한다. 우선 모드 1은 스위치 Q_1 이 턴온되는 모드로서 입력전압이 인덕터 L_1 에 저장된다. 출력다이오드 D_o 는 턴오프상태이다. 그 동안 출력측에는 출력커패시터 C_o 에 저장되었던 에너지가 전달된다. 모드 2는 스위치 Q_1 이 턴오프되는 구간으로써 커플드 인덕터(L_1, L_2)에 저장되었던 에너지가 출력측으로 전달된다. 이 구간에는 출력다이오드 D_o 가 순방향 바이어스가 인가되어 턴온되어 출력커패시터 C_o 를 충전시킨다. 스위치 Q_1 의 드레인-소스 전압 $v_{Q1,ds}$ 는 다음과 같이 계산된다.

$$v_{Q1,ds} = V_{in} + \frac{N_p}{N_s} V_o \quad (2)$$

2.2 정전류 제어회로

그림 2는 LED에 일정한 전류를 공급하기 위한 간단한 정전류 제어회로를 나타내며 LED로 흐르는 전류 I_{LED} 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

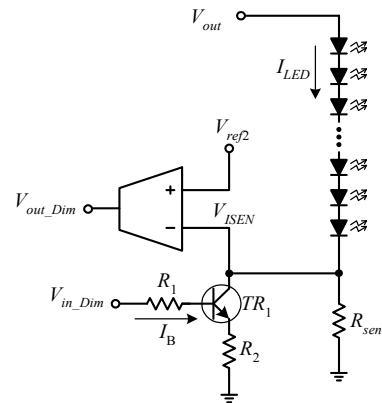
$$I_{LED} = \frac{V_{ref2}}{R_{sen}} \quad (3)$$



[그림 2] 정전류 제어를 위한 회로

그림 2에서 LED에 흐르는 전류 I_{LED} 가 R_{sen} 을 통해 전압으로 변환되고 기준전압인 V_{ref2} 와 비교하여 발생한 오차와 스위치 Q_1 으로 흐르는 전류 i_{Q1} 이 피드백저항 R_{fkk} 으로 인해 변환된 피드백 전압과 기준 전압 V_{ref2} 를 비교하여 발생한 오차들에 의하여 PWM 신호의 듀티비(D)가 제어가 된다. 회로의 간략한 동작원리는 스위치로 흐르는 전류 i_{Q1} 이 저항 R_{fkk} 로 인해 전압으로 변환된 피드백 전압은 선형적으로 증가하다가 고정된 기준전압 V_{ref2} 보다 커지는 순간 스위치 턴오프신호가 출력된다. 그리고 LED로 흐르는 전류가 R_{sen} 인해 전압으로 인해 변환되고 그 전압이 V_{ref2} 보다 작은 경우는 양(+)의 오차가 발생하므로 PWM의 듀티비가 증가하게 되어 결과적으로는 출력전압이 높아지게 된다. 반면에 변환된 전압이 V_{ref2} 보다 클 경우는 두 전압간의 음(-)의 오차가 발생하여 PWM 듀티비가 감소하게 되고 결과적으로 출력전압이 낮아지는 효과가 나타난다. 이와 같은 신호들로 인해 스위치 듀티비가 변화되고 그것에 따라 출력전압이 변동된다. 동시에 LED 백라이트의 흐르는 전류의 크기가 가변되면서 결과적으로 LED에 흐르는 전류가 일정하게 유지될 수 있다.

2.3 LED 디밍 제어



[그림 3] 아날로그 디밍 회로

LED 디밍(dimming)은 턴온 시 LED의 밝기를 조절하는 것으로서, LED 디밍 방식에는 PWM 디밍과 아날로그 디밍 방식이 있다. 두 방식 모두 LED를 통해 흐르는 시간 평균전류를 제어한다. PWM 디밍은 짧은 시간동안 반복적으로 LED를 턴온/턴오프시키는 방식이다. 하지만 PWM 디밍 방식은 PWM 턴온/턴오프 신호를 공급하는 회로에 전원공급원을 별도로 내장해야 되기 때문에 가격상승과 회로의 크기가 커지는 단점을 가진다^[4].

그러므로 본 논문에서는 아날로그 디밍 방식을 사용하였다. 아날로그 디밍 방식은 일정한 LED의 전류를 일정하게 조정하는 것으로서 회로구조가 간단한 장점을 가진다.

그림 3은 LED 밝기를 제어하기 위한 아날로그 디밍 회로를 보인다. 외부에서 인가하는 DC 전압 V_{in_dim} 과 디밍제어 저항인 R_1 과 R_2 의 크기에 따라 LED에 흐르는 전류의 양이 제어된다. 우선 트랜지스터 TR_1 의 베이스단에 유입되는 전류 I_B 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$I_B = \frac{V_{in_dim} - V_{BE} - V_{R2}}{R_1} \quad (4)$$

여기서 V_{BE} 는 TR_1 의 베이스-이미터 순방향 바이어스의 전압강하이다. 식 (4)와 같이 V_{in_dim} 에 비교적인 값이 인가되어 TR_1 의 베이스단에 유입되는 전류가 증가되면 상대적으로 V_{ISEN} 의 크기가 줄어들게 되므로 $V_{reL} = V_{ISEN}$ 을 만족하기 위해 출력전압을 증가시켜 LED에 흐르는 전류의 양을 높인다. 반면에 V_{in_dim} 에 비교적 작은 값이 인가되면 V_{ISEN} 이 증가되므로 출력전압을 낮추어 LED에 흐르는 전류의 양을 낮추게 된다. LED 디밍전압으로 입력되는 V_{ISEN} 은 다음과 같이 근사화 할 수 있다.

$$V_{ISEN} = I_{LED} \cdot (R_{sen} \parallel R_2) \quad (5)$$

3. 시뮬레이션 결과

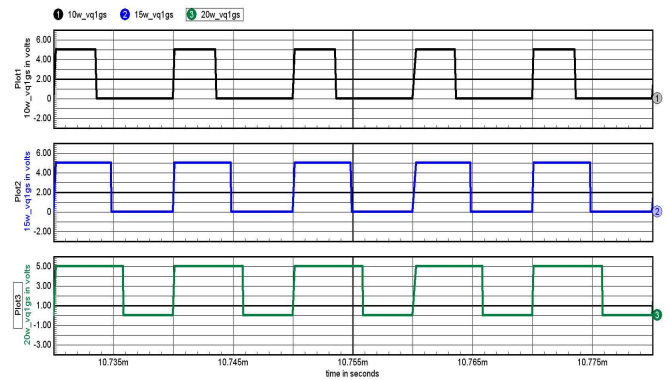
제안한 시스템의 우수한 동작특성을 확인하기 위해 다음과 같은 조건으로 INTUSOFT사의 IsSPICE를 사용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

[표 1] 제안된 시스템의 설계사양

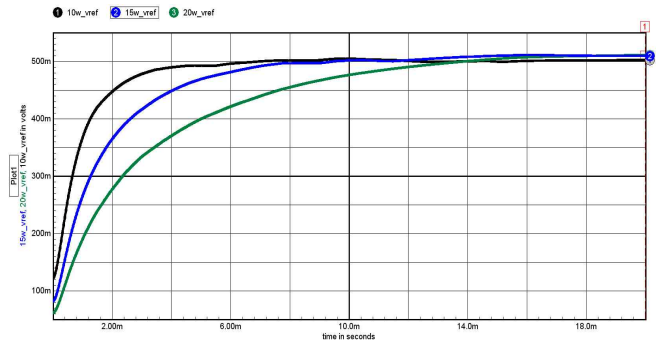
항목	값
DC 입력전압 V_{in}	24V
최대출력전압 $V_{o,max}$	200V
최대출력전류 $i_{o,max}$	100mA
턴비 $N (=N_s/N_p)$	6(90T/15T)
최대 듀티비(D_{max})	52%
스위칭 주파수 f_s	100kHz

그림 4는 정전류 제어회로에 의한 피드백 전압에 따라 스위치 Q_1 의 게이트-소스 전압인 $v_{Q1,gs}$ 의 시뮬레이션 파형을 보인다. 각기 다른 LED 부하에 따라

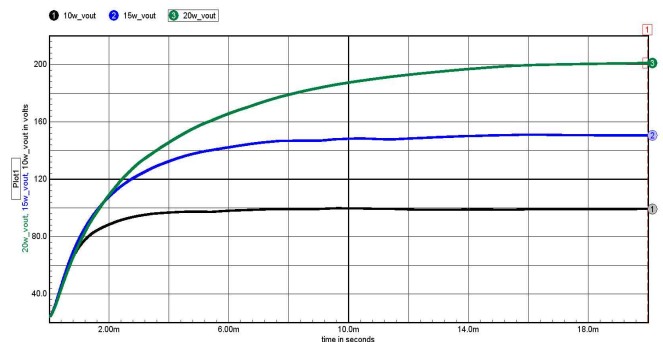
$v_{Q1,gs}$ 의 듀티비가 변화하는 것을 알 수 있다. 그림 5는 서로 다른 LED 부하에 따라 고정된 기준전압 V_{reL} 에 LED 전류센싱저항을 통해 변환된 전압 V_{ISEN} 이 어느 정도의 지연시간을 보이며 수렴하는 것을 보인다. 그림 6은 각기 다른 LED 부하에 따른 출력전압 시뮬레이션 파형이다. 그림 7은 서로 다른 LED 부하에 대해서도 LED에 흐르는 전류는 항상 약 100mA 정도로 일정하게 공급됨을 보인다. 그림 4-7을 통해 제안된 LED 정전류 제어회로가 양호하게 동작함을 알 수 있다.



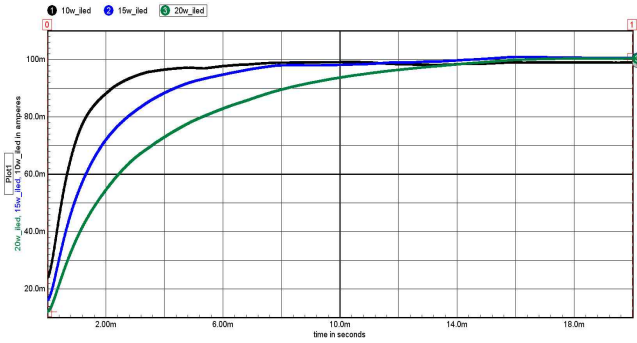
[그림 4] 각기 다른 LED 부하에 따른 스위치의 게이트-소스 전압의 시뮬레이션 파형: ① 10W, ② 15W, ③ 20W



[그림 5] 각기 다른 LED의 부하에 대해서도 기준전압 V_{reL} 에 수렴하는 V_{ISEN} 의 시뮬레이션 파형: ① 10W, ② 15W, ③ 20W



[그림 6] 각기 다른 LED의 부하에 따른 출력전압의 시뮬레이션 파형: ① 10W, ② 15W, ③ 20W



[그림 7] 각기 다른 LED의 부하에 따른 LED에 흐르는 전류 I_{LED} 의 시뮬레이션 과정: ① 10W, ② 15W, ③ 20W

4. 결론

본 논문은 LED 백라이트 모듈의 정전류 구동 전원공급 장치를 제안하였다. LED를 광원으로 사용할 경우 LED의 신뢰도와 일정한 밝기를 내기 위해서는 LED에 정전류가 공급되어야 한다. 제안된 LED 정전류 제어회로는 간단한 구조를 가져 구현하기 용이한 장점을 가진다. 그리고 LED의 선형적 밝기제어를 위해 제어가 간단한 아날로그 디밍 방식을 이용하였다. 설계된 사양을 이용하여 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여 제안한 시스템의 성능을 증명하였다. 시스템의 최대용량은 20W(200V/100mA)이다.

참고문헌

[1] 박종하, 김훈, 김희준, 채균, 강의병 "고효율 정전류 다채널 LED 구동회로", 대한전자공학회, pp. 1226-1227, 2009. 7.

[2] W. Y. Leung, T. Y. Man, M. Chan, "A high-power-LED Driver with power efficient LED-current sensing circuit", in Proc. the 34th European Solid-State Circuits Conf., pp. 354-357, 2008.

[3] Y. Hu and M. M. Jovanovic, "LED driver with self-adaptive drive voltage", IEEE Trans. Power Electron, vol. 23, No. 6, pp. 3116-3125, 2008

[4] Thomas J. Ribarich and Cecilia Contenti, "Analog and Digital Fluorescent Lighting Dimming Systems", International Rectifier, Oct. 2002.