

POWER LED 구동을 위한 디지털 제어시스템 설계

김배성, 손영대  
동서대학교

Design of Digital Control System for Driving POWER LED

BAE-SUNG KIM, YOUNG-DAE SON  
Dongseo University

**Abstract** - 본 논문에서는 원칩 마이크로컨트롤러를 사용한 파워 LED 구동제어 시스템의 설계 및 구현에 대해 증점적으로 기술한다. 파워 LED의 조광제어 및 특정 조도에서의 정전류 구동을 위해 전류피드백을 통한 디지털 PI 전류제어 및 PWM 구동방식을 행하였고, 시각적인 깜박거림 없는 충분한 주파수의 스위칭을 통해 부스트 컨버터를 연속도통모드로 동작시켰다. 본 논문에서 제시한 파워 LED 구동을 위한 디지털 제어시스템은 최근의 에너지 및 환경규제에 적합한 조명관련 응용분야에서 다양하게 적용될 것으로 판단된다.

1. 서 론

최근, 반도체 기술발전에 따라 조명용 광원으로 주목을 받고 있는 LED는 기존의 전구 램프처럼 눈이 부시거나 소자가 단락되는 경우가 없어 소형으로 제작되어 각종 표시장치로 폭넓게 사용되고 있으며, 반영구적인 수명을 가지므로 그 활용도가 높다. 또한, LED의 특성상 기존 전구의 1/20~1/50 정도의 저전력 소비와 RoHS와 같은 전기전자제품의 폐기물 처리에 관한 환경규제에 부합하는 특징을 가지므로 다양한 영역으로 그 응용분야가 확대되고 있다. LED는 현재 차세대 후보광원으로 평가받고 있으며 에너지 고갈 및 환경오염의 위기에 대응하는 미래 성장동력산업의 하나이며, 에너지 변환효율이 높아 전기에너지 절감에 유리하여 조명을 필요로 하는 곳에 빠르게 적용되고 있다. 이미 휴대 가전기구나 신호등, 전광판, 자동차 내장 램프 등은 이미 LED로 교체되었거나 교체중이며 LCD 백라이트 및 자동차 전조등에는 상용화가 이루어지고 있다. 최근 들어서는 해상용 등명기, 오징어 채취기 집어등과 가로등, 그리고 고속도로 급 LED램프도 상용화 단계에 있다. 더불어, LED는 형광등에서 사용하는 수은이 필요 없고 폐기물 처리가 간편하여 환경친화적인 광원이며 차가운 광원이므로 조명 등 표면에서 먼지의 열분해에 의해 발생하는 이산화탄소가 없으므로 온실효과 방지에 기여를 한다. 마지막으로, 기존의 CCFL과 같은 형광등의 인버터 구동시스템에 비해 기동회로가 불필요하고 안전한 저전압으로 구동되므로 한층 구동시스템이 간편해 지는 장점이 있다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 장점들을 갖는 LED에 디지털 조도제어 시스템을 접목한다면 한층 더 에너지 절약에 기여할 것으로 판단하여, 저가형 원칩 마이크로컨트롤러를 이용한 디지털 구동제어 시스템을 설계하였고, 파워 LED의 전류값을 피드백하여 특정 조도에서 정전류제어가 이루어질 수 있도록 PI전류제어를 통한 PWM 구동방식을 적용하였다. 또한, 연속도통모드 전류동작의 부스트 컨버터를 설계하여 파워 LED의 구동전원으로 사용하였는데 파워 LED 9개를 직렬 연결하여 조명등으로 활용할 수 있도록 시스템을 설계하였다.

2. 본 론

2.1 파워 LED 구동시스템 구성

본 논문에서 제안한 고효율 파워 LED 구동제어 시스템은 조명등이나 비상등에 적용될 수 있도록 설계 목표를 잡았다. 즉, 평소에는 상용전원으로 구동되고, 정전후 비상시에는 약 1시간 가량 특정 조도를 유지해야 한다. 이는 지하철에서 볼 수 있는 바닥매립형 비상유도등에도 적용되며 시스템의 부분적인 설계사양 수정에 따라 다양하게 응용될 수 있다. 즉, 기존의 형광등에서 CCFL로, 그리고 파워 LED로 광원이 변화되고 있는 현 추세에 비추어 볼 때 본 연구에서 제안한 구동시스템의 적용범위는 그만큼 넓다고 볼 수 있다. 본 연구에서 적용대상으로 삼은 파워 LED는 서울반도체의 Z-POWER LED 시리즈의 Pure White LED인 W42182(P4/1W/Star) 모델을 사용하였으며, 정격 순전압 및 순전류 값은 각각 3.25V 와 350mA이며, 이때 광속은 100[lm]을 가진다. 그림 1은 25℃일 때의 LED 스펙트럼을 나타내며, 555[nm]의 파장이 눈에 가장 밝은 느낌을 주는 것을 나타내는 比視感度 곡선과 대비한 파워 LED의 스펙트럼 분포를 나타낸다. 가시광선의 좁은 파장대를 발광하는 LED 광원은 적외선과 자외선 방출에 의한 대기오염의 열전달은 거의 없는 반면 접합부에서 큰 열이 발생한다. 즉, 파워 LED에 입력되는 에너지 85% 정도가 불필요한 열에너지와 손실로서 방출되고 15% 정도만이 빛으로 변환되므로 장시간 구동시 LED 발열에 따른 조도감소를 막기 위해서는 정전류제어가 필수적이며, 이렇게 해야 만이 일정 조도를 얻을 수 있다. 그림 2는 본 연구에서 제시한 파워 LED 구동제어를 위한 부스트 컨버터부와 구동회로부, 파워 LED 전류피드백 회로부, 그리고 전류 PI제어기 연산 및 PWM 출력, A/D 변환기능을 갖는 마이크로컨트롤러부를 결부한 전체 제어시스템 구성도를 나타낸다.

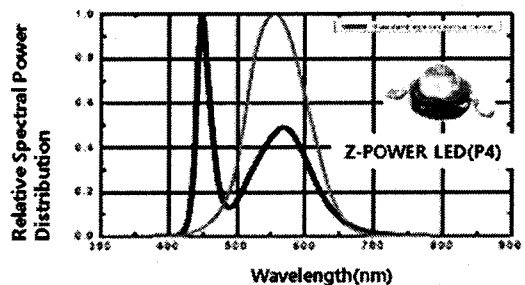


그림 1. 파워 LED의 스펙트럼 분포

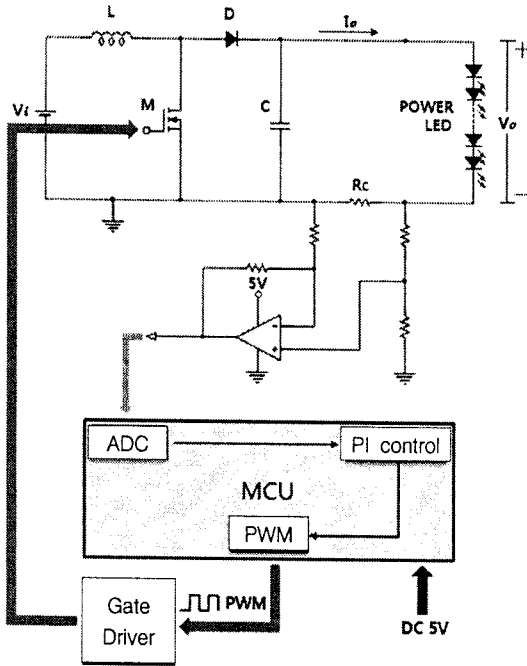


그림 2. 전체 시스템 구성도

### 2.2 설계 과정

본 연구에서 적용한 파워 LED는 그림 2에서 알 수 있듯이 총 9개가 직렬로 연결되어 있고 입력전압은 12V로 설정되어 있으므로, 입력전압과 LED 순전압 강하값을 고려하여 입력력의 전기적 절연이 필요 없고 설계가 상대적으로 간단한 부스트 컨버터를 적용하였으며 전류연속모드(CCM)로 동작시켰다. 그림 2에 제시한 부스트 컨버터의 설계과정을 아래에 나타낸다.

<1단계> 일단, 마이크로컨트롤러의 PWM포트에서 출력할 수 있는 PWM 주파수를 결정하고 주어진 입력전압과 출력전압, 그리고 LED 순전류값을 고려하여 전류연속모드로 부스트 컨버터가 동작하기 위한 인덕터값은 다음 조건식에서 결정한다.

$$L \geq \frac{V_i}{2I_o} D(1-D)T \quad (1)$$

여기서,  $D$ 는 듀티비,  $V_i$ 는 입력전압,  $V_o$ 는 출력전압,  $I_o$ 는 LED 순전류,  $T$ 는 PWM 스위칭 주기이다.

<2단계> 1단계에서 인덕터값이 결정되고 나면, 부스터 컨버터의 출력전압 리플사양을 만족하는 커패시터값을 결정해야 하는데 다음 식을 이용하여 결정한다.

$$C = \frac{DT}{\Delta v_o} I_o \quad (2)$$

여기서,  $\Delta v_o$ 는 출력전압 리플값이다.

### 2.3 실험 시스템 구성 및 결과

본 연구의 파워 LED 구동제어 시스템에 적용한 부스트 컨버터 회로 파라미터와 소자 모델은 표 1과 같다. 그림 3은 파워 LED를 구동하고 있는 실험 시스템, 그림 4는 PWM 게이트 구동신호와 CCM 동작의 인덕터 전류를 나타내며, 파워 LED 전류는 약 350[mA]로 구동되고 있다.

표 1. 회로 파라미터 및 소자 모델

파라미터	값	소자	모델
$L$	100[ $\mu$ H]	$M$	IRF740B
$C$	22[ $\mu$ F]	$D$	1N5819
$V_i$	12[V]	Gate Driver	TC4420CPA
$V_o$	29.25[V]	OP-Amp.	LM358
$D$	0.6	Power LED	W42182(P4)
$T$	33.3[ $\mu$ s]	MCU	ATmega128
$I_o$	350[mA]		

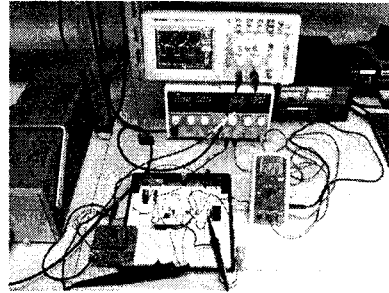


그림 3. 실험 시스템

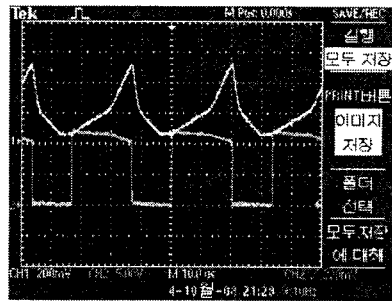


그림 4. 실험 파형

## 3. 결 론

본 연구에서는 지난 수년간 3배 이상의 광효율이 증가된 파워 LED의 구동제어를 위해 원칩 마이크로컨트롤러를 이용한 디지털 구동제어 시스템을 설계하였고, 파워 LED의 전류값을 피드백하여 특정 조도에서 정전류제어가 이루어질 수 있도록 PI전류제어를 통한 PWM 구동방식을 적용하였다. 조도제어를 위한 전류제어 영역은 시스템의 안전성과 조도의 규정값 이내에서 동작시켰다. 또한, 연속도통모드 전류동작의 부스트 컨버터를 설계하는 과정을 제시하고 이를 이용하여 파워 LED의 구동전원으로 사용하였으며, 파워 LED 9개를 직렬 연결하여 조명등 또는 비상등으로 활용할 수 있도록 시스템을 설계하였다. 실험결과를 토대로 본 시스템의 타당성을 입증했으며 향후 다양한 응용분야에 적용가능 할 것으로 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 서울반도체, "Z-POWER LED Series Technical Data sheet for W4218X", www.zled.com, 2007.3.
- [2] 김래원 외 6인 공저, 고효율 LED 및 고출광원 조명기설, 도서출판 아진, 2006.4.
- [3] 윤덕용, AVR ATmega128 정복, OHM사, 2006.
- [4] 김희준, 스위칭 전원의 기본 설계, 성안당, 2002.
- [5] A.J.Calleja 외 5인, "Evaluation of Power LEDs Drivers with Supercapacitors and Digital Control", *IEEE IAS*, pp.1129~1134, Sept., 2007.