

고전력 LED 구동장치의 전류제어 정밀도 향상에 관한 연구

A Study on the improvement of Current Control Accuracy of High Power LED Driver

*박정훈, *서강면 **김진근, ***홍성훈, ****강문성

Park Jeong Hoon, Seo Kang Myun, Kim Jin Keun, Hong Sung Hoon, Kang Moon Sung

Abstract - In this paper, we have studied for the current control method with high accuracy for the high power LED driver that is necessary to the lighting system using LEDs. The control performance of LED driver can be improved with the adjustment of current control boundary by introducing D/A converters for setting high-offset and low-offset. And microprocessor (ATmega128) and D/A converter with 8 bits resolution are used in the proposed driver so that LED's illumination can be remotely controlled by serial communication on the spot or by key input. In the results of performance tests, we confirmed that the proposed control method is superior to the conventional control method using op-amps.

Key Words : High Power LED, Current Control Accuracy, LED Driver

1. 서론

최근 수요가 급증하고 있는 LED는 기존의 단순한 디스플레이 용도에서 벗어나 점차 조명시스템분야로 그 시장이 확대되고 있다. 고휘도 발광 다이오드(HB LED)는 2004년 기준 120억 달러 규모인 세계 조명시장에 투입되어 백열등이나 형광등 등의 기존 기술들을 대체할 것으로 예상되며, 향후 HB LED의 가격이나 성능개선을 응용분야는 더욱 다양해 질 전망이다. 현재 휴대폰의 키패드(Keypad), 소형 LED 백라이트유닛(BLU), 교통신호등, 카메라플래시 등에 적용되고 있으며 앞으로 고휘도화를 통해 중대형 LCD TV 백라이트유닛, 자동차 응용 및 직/간접 조명 등에 확대 적용될 것이다. 또한 기존 백열등·할로겐램프가 장악해왔던 자동차 조명도 고휘도 LED로 대체되고 있는 실정이며, LCD 패널 검사장비에 필수적인 점등장치의 백라이트 광원의 경우 기존에 사용하던 형광램프를 고휘도 LED로 대체하기 위한 연구가 활발해지고 있다.^[1]

본 논문에서는 이러한 고휘도 LED를 이용한 조명시스템에 필수적인 고전력 LED 구동회로의 전류 제어 정밀도를 향상시키기 위한 연구를 수행하였다. 고전력 LED는 제조회사별 또는 발광색별로 바이어스 전압이 다를 뿐만 아니라, 동일한 제조회사의 동일한 발광색의 LED일지라도 미세한 바이어스 전압차가 존재한다. 따라서 이들을 직렬회로로 구성하는 조명시스템의 구동회로는 항상 일정한 조도를 유지하기 위한

전류제어가 정밀하게 이루어져야 한다.^[2]

이를 위해 사용자가 현장에서의 key 입력이나 원격지에서 직렬통신을 통해 제어할 수 있도록 마이크로프로세서(ATmega128)와 8bit 분해능의 D/A 컨버터를 사용하였으며, 정밀도 향상을 위해 High offset, Low offset용의 D/A 컨버터를 추가하였다. 또한 프로그램에 의해 D/A 컨버팅 구간을 조정할 수 있도록 하여 특정구간에 대해서 8bit의 분해능으로도 정밀제어가 가능하도록 설계하였다. 그리고 본 논문에서 제시한 방식을 구현하여 성능 시험을 통해 기존의 op-amp를 이용한 하드웨어적 제어방식에 비해 제어성능이 개선되었음을 검증하고자 한다.

2. 고정밀 LED 구동 회로 설계

2.1 LED를 이용한 조명시스템

기존의 램프를 사용한 조명시스템을 대체하여 고휘도 LED를 광원으로 사용한 새로운 조명 시스템의 수요가 급격히 증가하고 있는 실정이다. 시장 주도권을 놓고 조명·LED 기술·디스플레이 분야의 세계적인 기업들 간에 합종연횡이 본격화되고 있으며, 국내기업들도 삼성·LG 등 대기업을 필두로 강력한 내수시장을 기반으로 LED 사업을 차세대 수종 사업으로 집중 육성시키려 하고 있다. 이에 우리 정부도 최근 LED를 4대 중점 전략사업 중 하나로 지정하고 국책과제로 조명용 백색 LED의 기술개발을 추진하고 있다. 이러한 고휘도 LED를 이용한 조명시스템의 장점은 다음과 같다.

- 환경 친화적이고 안전한 새로운 교체소자 광원
- 높은 광변환 효율에 의한 낮은 소비전력
- 소형화, 박형화, 경량화에 용이
- 예열시간의 불필요로 빠른 점등·소등속도
- 점동회로, 구동장치 등의 기구 간소화

저자 소개

- *清州大學校 電子情報工學部 兼任教授
- **清州大學校 電子工學科 碩士課程
- ***清州大學校 電子工學科 博士課程
- ****清州大學校 電子情報工學部 教授·工博

- Gas, filament를 사용하지 않으므로 충격에 강하고 안전
- Intelligent 조명광원으로 시신경의 피로 감소
- 안정적인 직류 점등방식 및 반영구적 수명

따라서 이러한 고휘도 LED를 이용한 조명시스템의 성능은 LED 구동회로의 전류제어 정밀도와 밀접한 연관이 있으며 이를 향상시키기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

특히 LCD 패널의 검사장비에 사용되는 점등광원의 경우, 카메라를 통해 유리 기판의 이물질 또는 얼룩 현상을 세밀하게 관찰하여 불량여부를 자동 검출하기 위해서는 항상 일정한 조도를 유지하는 것이 필수적이다. 기존의 형광램프를 사용한 점등장치의 경우 광원자체의 짧은 수명으로 인한 잦은 교체작업으로 유지보수에 상당한 어려움을 겪고 있다. 또한 광원의 특성상 시간이 지남에 따라 열화현상이나 조도의 감소로 인해 패널 전체에 균일한 빛을 조사하지 못해 카메라를 이용한 불량화소 자동검출 기능 구현에 상당한 애로사항이 발생하고 있으며, 자동화된 장비라 할지라도 오동작할 여지가 적지 않아 대부분 육안검사에 의존하는 수동모드로 사용하는 실정이다. 따라서 차세대(7세대 이후) 대형 사이즈의 TFT LCD 패널 생산라인에는 균일한 빛을 조사할 수 있는 광원이 개발되어 카메라를 이용한 불량화소 자동검출 등 검사장비의 완전 무인 자동화가 실현될 것으로 전망하고 있다.^[3-5]

2.2 정밀도를 향상시킨 LED 구동회로

조명시스템에서 널리 사용되는 고휘도 LED는 순방향 바이어스시 순간 전압강하(V_f)가 제조회사별 또는 발광색별로 다를 뿐만 아니라, 동일 제조회사의 동일한 발광색의 LED라 하더라도 제조 공정상 미세한 바이어스 전압차가 존재한다. 따라서 조명시스템의 구동회로는 항상 일정한 조도를 유지하기 위하여 직렬로 연결된 LED 채널별로 전류제어가 정밀하게 이루어져야 한다.

따라서 본 논문에서는 기존의 op-amp와 가변저항을 이용한 하드웨어적 제어방식에 비해 제어 정밀도를 향상시키고, 간단한 key 조작이나 원격 제어에 의하여 소프트웨어적으로 손쉽게 제어할 수 있는 새로운 방식을 제안하였다. 이를 위해 마이크로프로세서(ATmega128)와 D/A 컨버터를 사용하였고, 제어 정밀도를 향상시키기 위하여 High offset용과 Low offset용의 D/A 컨버터를 추가하였다. 그리고 소프트웨어적으로 D/A 컨버팅 구간을 조정할 수 있도록 하여 사용자가 선택한 특정구간에 대해서 8bit의 분해능으로도 정밀제어가 가능하도록 설계하였다. 다음 그림1.에 LED 구동장치의 전류제어 정밀도를 향상시키기 위하여 본 논문에서 제안한 제어 방식의 블록도를 나타내었다.

전류제어를 위해 마이크로프로세서에 탑재된 제어 알고리즘에 의해 계산된 제어값이 8비트 분해능의 D/A 컨버터를 거쳐 구동회로에 전달되는데, 이 때 D/A 컨버터에서는 전류제어의 전 구간에서 걸쳐 256단계의 아날로그값으로 decoding 되므로 정밀한 제어가 어렵게 된다. 이의 해결을 위해 일반적으로 높은 분해능을 가진 고가의 D/A 컨버터를 사용하게 되는데, 이 경우라도 사용자가 원하는 정밀한 제어성능을 충분히 기대하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 그림1.에서 보는 바와 같이 High offset 용도와 Low offset 용도의 8비트 분해능을 가진 D/A 컨버터를 앞단에 추가하여 전류제어 구간을 간단한 조작에 의해 조정할 수 있게 설계하였다. 이에

따라 사용자가 원하는 전류제어 구간 내에서 8비트 분해능을 발휘할 수 있으므로 정밀한 제어가 가능해져 항상 일정한 조도를 유지할 수 있으며, 또한 원하는 조도대로 정밀하게 제어할 수 있게 된다.

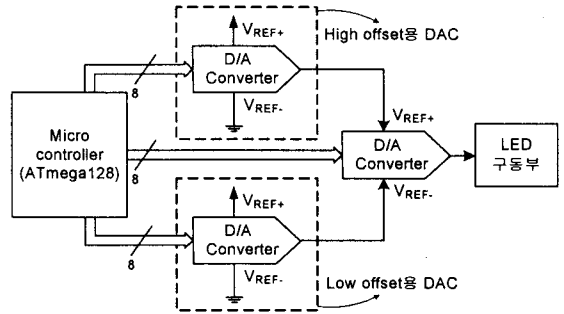


그림 1. 정밀도를 향상시킨 제어방식

3. 고정밀 LED 구동장치 구현

다음 그림 2.에 본 논문에서 구현한 고정밀 고전력 LED 구동장치의 구성도를 나타내었다.

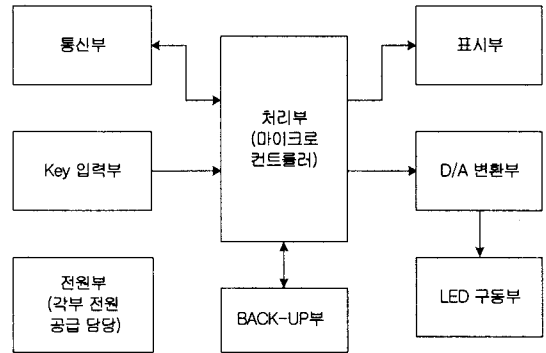


그림 2. 고정밀 LED 구동장치의 구성도

-전원부

AC전원을 입력받아 구동장치에 DC전원을 자체적으로 공급하는 역할을 하며 DC $\pm 12V$, DC 5V를 생성하여 각 부에 공급한다. 또한 직렬 연결된 각 채널별 LED 구동회로의 인가전압을 공급하기 위하여 DC/DC 컨버터의 스위칭 레귤레이터로 LM2576을 사용하여 설계하였다.

-처리부

128Kbytes의 FLASH 메모리와 EEPROM 및 SRAM을 각각 4Kbytes씩 내장한 고성능 마이크로컨트롤러인 ATMEL사의 ATmega128을 사용하였다.

원격지에서의 제어명령이나 현장에서의 제어명령이 소프트웨어적으로 처리되도록 제어 알고리즘을 구현한 펌웨어를 탑재하였다. 또한 현재의 전류제어값과 설정값, 그리고 각종 이상 신호를 처리하고 표시부로 출력하며, key 입력부에서 설정한 전류제어값을 받아 이전 설정값과 비교한 후 일치하지

않으면 이를 back-up부로 보내어 저장하도록 하였다.

-D/A 변환부

처리부에서 출력된 디지털 제어값을 아날로그 신호로 변환시켜 구동부로 전달하기 위하여 8bit 분해능을 가진 4채널 D/A 컨버터인 MAX506을 각각 High offset용과 Low offset용으로 사용하였다. 또한 이들 offset값의 구간 내에서 정밀한 전류제어가 가능하도록 채널당 각각의 기준전압을 설정할 수 있는 8bit 분해능의 4채널 D/A 컨버터인 MAX505소자를 사용하여 구현하였다.

- LED 구동부

처리부에서 계산된 제어값이 D/A 변환부를 통해 구동부로 입력되어 사용자가 원하는 구간범위 내에서 정밀한 전류제어가 이루어지도록 설계하였다. 각 부하 LED의 바이어스 전압을 정확히 계측하여 피드백 시킬 수 있도록 전류감지용 저항과 차동증폭용 OP Amp(LM6134)를 사용하였고, 필요한 조도에 맞는 전류를 공급하여 LED 채널을 구동할 수 있도록 다알링톤 트랜지스터를 사용하였다.

-BACK-UP부

각 구동장치 모듈별 고유 어드레스를 저장하며, 또한 key 입력부에서 설정된 전류제어값을 이전 설정값과 비교하여 다르면 새로운 값들을 저장할 수 있도록 EEPROM을 사용하였다. 전원 게투입시나 리셋시에 이곳에 저장된 값들을 읽어와 전류제어가 자동으로 이루어지도록 하였다.

-통신부

LED 구동장치간에 서로의 정보를 주고받을 수 있으며, 원격지의 메인장치에서도 제어가 가능하도록 비동기 반이중 시리얼 통신방식을 취하였다. 또한 전송거리를 늘리기 위해 RS-485 규격을 만족하는 MAX-487소자를 사용하였다.

-Key 입력부

원격지에서의 제어뿐만 아니라 현장에서 직접 LED의 조도를 제어할 수 있도록 총 4개의 key를 사용하여 구성하였으며, 또한 3초 이상 key 입력이 없으면 데이터를 내부 메모리에 자체 저장하여 통신시에 사용하고, back-up부에 저장된 데이터와 비교하도록 프로그램하였다.

-표시부

구동장치의 key 입력부에서 설정된 전류제어값을 LCD 모듈에 표시하며, 이상 발생시 LED로 표시하는 기능을 수행한다. 또한 선택적으로 장착되는 각종 센서의 계측 값을 표시할 수 있도록 구성하였다.

다음 그림3.에 본 연구에서 구현한 고정밀 LED 구동장치의 사진을 나타내었다.

4. 결 론

본 논문에서 제안한 high offset, low offset 개념을 도입한 전류제어 방식의 고정밀 LED 구동장치를 구현하여 실험한 결과 각 채널별 전류제어 정밀도가 향상되었음을 알 수 있었다. 특히 기존의 op-amp와 가변저항을 이용한 하드웨어적 제어방식보다 우수한 제어성능을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.

다만 DC/DC 컨버터의 특성상 제안된 LED 구동회로의 출력 파형에서 극히 미세한 오실레이션 현상이 관측되었지만 LED의 조도에는 영향을 미치지 않는 것으로 확인되었다.

따라서 LED를 이용한 조명시스템에 본 연구에서 구현된 구동장치를 적용할 경우, 마이크로컨트롤러를 사용한 회로의 특성상 조각의 편리성과 정밀한 제어성능을 갖춘 고효율의 조명시스템이 될 것으로 사료된다.

또한 본 논문에서 제안한 전류제어 방식의 고정밀 LED 구동장치를 LCD 패널 검사장비에 사용되는 LED Back-light 컨트롤러에 응용할 경우, 기존장비의 문제점인 조도의 불균일성으로 인한 카메라 영상의 일그러짐이 해소될 수 있을 뿐 아니라, 무인 자동검사 기능을 갖춘 장비의 개발도 가능할 것으로 기대된다.

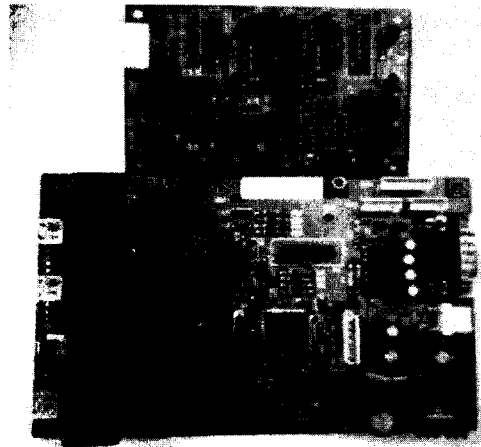


그림 3. 제안된 LED 구동장치

※ 본 연구는 산업자원부·산업기술평가원 지정 청주대학교 정보통신연구센터의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

- [1] 여인선, "반도체 조명의 시대를 여는 LED," 대한전기학회지, 제51권1호, pp. 24-32, 2002.
- [2] 유용수, 송상빈, 여인선, "고휘도 LED의 광색가변 회로에 관한 연구" 대한전기학회논문지, 제51권8호, pp. 390-396, 2002.
- [3] 강원석, 안태영, "PDP용 전원장치를 위한 고효율 DC-CD 컨버터" 대한전기학회 하계학술대회논문집, pp. 1272-1274, 2004.
- [4] Sung-Joon Park, Ok-Tae Kim, Hee-Je Kim, "Electrode Thickness Optimization at Full Color LED and Analysis of Power Consumption," KIEE International Transactions on Electrophysics and Applications, 제4_C권3호, pp. 106-110, 2004.
- [5] P. E. Burrows, G. Gu, V. Bulovic, Z. Shen, S. R. Forrest, M. E. Thompson, "Achieving Full-Color Organic Light-Emitting Devices for Lightweight Flat-Panel Displays", IEEE Trans. Electron Device, Vol44. pp. 1988-1998, 1987.