

마이크로컨트롤러를 이용한 고휘도 LED의 광색가변 회로에 관한 연구

유용수*, 송상빈, 궤재영, 여인선
전남대학교 전기공학과 · HECS · POTRI

A study on the microcontroller-based color control circuit for high brightness LEDs

Yong-Su Yu*, Sang-Bin Song, Jae-Young Gwark, In-Seon Yeo
Dept. of Electrical Engineering · HECS · POTRI, Chonnam National University

Abstract - This paper presents a microcontroller-based control circuit for color variation of high brightness RGB LEDs in 8x8 matrix array. The control circuit is comprised of an AT89C52 chip, D Flip-flops, and transistors for switching, and is used to adjust the number of LEDs operated for color variation. For a stable operation, it is required that the input current to each LED should be maintained to a normal value irrespective of the number of LEDs operated.

1. 서 론

고휘도 LED는 차세대 광원으로서 다른 광원보다 고 효율 및 저손실과 장수명의 특징을 가지고 있다. 이러한 잠재력의 개발과 연구가 진행되어 실용화 및 제품화가 진행되고 있다. 특히 그 동안 고휘도 청색 및 백색 LED는 저휘도와 제조상의 문제점 때문에 이에 대한 실용화가 매우 어려웠으나, 최근 고휘도 LED가 개발되면서 RGB를 이용한 광색가변이나 광원으로서 각광을 받고 있는 실정이다.⁽¹⁾⁽²⁾

그러나 이러한 고휘도 LED의 광색가변이나 광원은 공급되는 전압과 전류의 특성에 많은 영향을 받을 뿐만 아니라, 반도체소자로서 과전압 및 과전류, 온도에 민감하게 반응하여 LED의 파괴 및 수명이 짧아지는 단점이 있다. 또한, 고휘도 LED는 일반 LED보다 높은 전압과 전류에서 동작되기 때문에 LED동작개수에 따라 전류나 전압을 보상을 해주어야 한다. 특히 RGB를 이용한 구동회로는 각각의 LED를 제어하는 경우 회로의 크기가 커지게 되는 문제점 때문에, LED를 matrix형태로 제어한다. 그러나 고휘도 LED를 matrix형태로 제어하는 경우에는 동작개수에 따라 LED에 흐르는 전류를 조정하여 주어야한다. 이러한 고휘도 LED제어의 단점 때문에 LED의 특성을 감안한 회로의 구현이 매우 어렵고 그 구조가 매우 복잡하다는 단점이 있다.⁽³⁾

따라서 이 논문에서는 마이크로 컨트롤러를 사용하여 고휘도 LED를 제어하고, 고휘도 RGB LED의 스펙트럼분석에 의한 개수선정과 조합을 통하여 다양한 광색가변을 구현하는 회로를 구성하는 데 있다. 이를 위하여 고휘도 RGB LED의 특성에 따라 공급되는 전압 및 전류를 조절하여 여러 개의 LED가 조합될 경우에 발생하는 저전류 및 과전류를 방지하고, 최적의 휘도를 발생시킬 수 있는 마이크로 컨트롤러를 사용한 제어회로를 개발하였다. 또한 RGB LED를 조합하여 안정적이고 다양한 광색가변을 구현하였다.

2. 본 론

2.1 고휘도 LED의 특성

고휘도 LED는 최근 발광재료의 눈부신 발달로 인하여 높은 휘도와 높은 효율, 높은 동작특성을 나타내고

있으며, 또한 고휘도 LED의 방사각의 범위도 매우 넓어지고 있으며, 그 응용분야의 확대가 예상된다. 최근에는 고휘도 LED를 이용한 신호등이나 장식용의 광원으로 제품화되고 있으며, 특히 백열전구 대응으로 사용되고 있다.⁽⁴⁾

2.2 고휘도 LED를 이용한 광색가변

최근 고휘도 청색 LED의 개발로 광색가변에 의한 고휘도 Full Color 구현이 가능해지면서 고휘도 RGB LED의 활용이 광범위하게 확대되고 있다. 색도 좌표를 x,y의 직교 좌표로 나타낸 것을 색도도라고 하며, 스펙트럼 색 궤적을 나타내는 말굽형 곡선과 적색 스펙트럼과 청자색 스펙트럼 혼합색의 궤적을 연결한 직선을 그린 그림으로 그림 1에 나타내었다. 색도도에 표시된 네모는 실험에 사용된 RGB LED의 색좌표를 표시한다. 표 1은 실험에 사용된 고휘도 LED의 전기적·광학적 특성을 나타내고 있다.

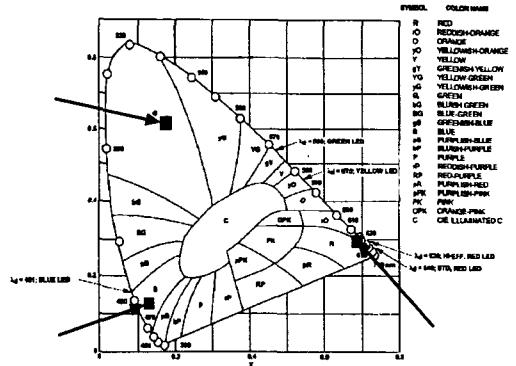


그림 1. CIE 색도도
Fig. 1. CIE chromaticity diagram.

표 1. 사용된 고휘도 LED의 전기적·광학적 특성
Table 1. Electrical and optical characteristics of high brightness LEDs.

방사색	방사 파장 [nm]	방사 재료	I _F	V _F
파란색	469	GaN/SiC	20mA	3.5
녹색	542	GaP	20mA	3.5
빨간색	639	AlInGaP	20mA	3.3

2.3 고휘도 LED의 스펙트럼

광색 가변을 위한 RGB LED의 스펙트럼은 스펙트럼 분석기(Princeton Instruments, Model ST-121)를 사용하여 분석하였으며, 그림 1은 RGB LED에 대한 스펙트럼 분석결과를 나타내고 있다. 고휘도 LED의 스펙트럼 분석 결과는 20개의 고휘도 LED의 스펙트럼을 측정하여 스펙트럼특성이 양호한 5개의 스펙트럼 결과를 선정하고, 5개의 스펙트럼값 중에서 최대값과 최소값을 제외한 중간값을 선정하였다. 측정조건은 Blue LED와 Green LED는 20mA를 동작전류로 선정하였고, RED LED는 정격전류에서 스펙트럼결과값이 측정 범위를 초과하여 15mA를 동작전류로 선정하였다.

이러한 스펙트럼분석 결과에 따라 LED의 개수선정과

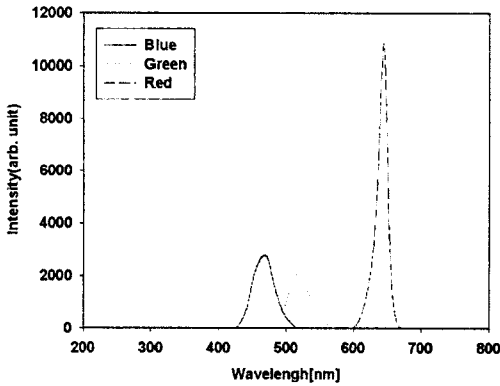


그림 2. RGB LED의 스펙트럼 분석
Fig. 2. Spectrum analysis of the RGB LED.

2.4 LED를 이용한 광색가변회로의 특성

광색 가변회로의 구성을 크게 제어신호를 발생하는 마이크로컨트롤러부와 래치기능을 가진 D Flip-Flop, LED matrix를 스위칭 신호에 의하여 제어하는 스위칭부, 입력전류를 변환하는 입력전류 제어부, 그리고 LED matrix로 구성되어 있다.

디스플레이용이나 광색가변으로 사용되는 LED의 경우에 있어서, 마이크로컨트롤러로 각각의 LED를 직접 제어할 수 있으나, LED 개수의 증가에 따라 회로의 크기가 커져야 하는 문제점이 있기 때문에 적은 소자로 많은 LED를 각각 제어할 수 있는 matrix제어방식이 주로 사용되고 있다. 그러나 matrix형태를 이용한 고휘도 LED 제어는 LED의 점등 개수 변화가 심한 경우에 부하의 입력을 조절해 주어야 하는 단점이 있다.

2.4.1 광색가변 제어회로의 구성

고휘도 LED의 광색 가변을 위한 회로의 구성은 LED를 matrix형태로 구성하였으며, 이에 따라 사용된 D Flip-Flop의 칩 사용을 줄일 수 있었다. 제어회로는 먼저 AT89C52 마이크로컨트롤러 1개와 D Flip-Flop 3개, 스위칭에 필요한 PNP 트랜지스터 16개로 구성하였으며, LED matrix는 8×8 matrix로 총 64개를 제어할 수 있다.

1) 마이크로컨트롤러부

마이크로컨트롤러 AT89C52는 8 Kbyte의 ROM과 256×8bit RAM이 내장되어 있어서 외부 ROM이나 RAM이 필요하지 않고 기능과 space면에서도 많은 장점을 가지고 있다. 또한 통신포트를 이용하여 컴퓨터와 직접 interface를 할 수 있다.

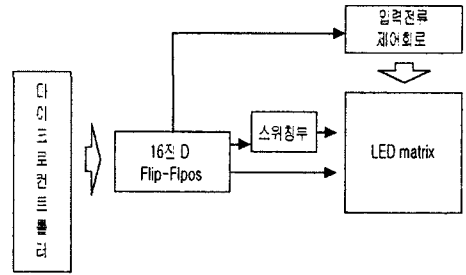


그림 3. 마이크로컨트롤러를 이용한 LED 제어 회로 다이어그램

Fig. 3. LED control circuit diagram using the microcontroller.

2) D Flip-Flop부

AT89C52의 P0포트는 모두 래치 특성을 갖는 모든 D Flip-Flop의 입력 핀과 연결되어 있고, P2포트 중 3개의 포트가 D Flip-Flop을 직접 선택하기 위하여 각각의 D Flip-Flop에 연결되어 있다.

3) 스위칭부

마이크로컨트롤러의 신호에 의하여 LED matrix의 수직축을 제어하기 위하여 LED matrix의 수직 입력측과 D Flip-Flop 사이에 스위칭을 할 수 있는 트랜지스터를 연결하였고, LED matrix의 수평축은 다른 D Flip-Flop의 출력 핀에 각각 연결되어 있다. 스위칭에 필요한 트랜지스터는 LED matrix의 부하 변화를 고려하여 PNP 트랜지스터를 사용하였다.

4) 입력전류 제어부

입력제어부의 디지털 입력은 나머지 D Flip-Flop에 연결되어 신호 따라 입력전류를 제어한다.

2.4.2 입력 전류특성

입력저항이 고정되어 있을 때, 고휘도 청색 LED의 동작 개수의 증가에 따른 고휘도 청색 LED의 동작 전류는 그림 4과 같다. 그림 4에서 LED개수가 증가함에 따라 LED에 흐르는 동작 전류는 급격히 감소하고, LED의 밝기도 현저하게 감소한다. 입력전류를 보상해 주기 위하여 동작하는 LED의 개수의 증가에 따른 입력 저항을 조절하여 입력전류를 보상하는 입력전류제어회로를 구성하였으며, 그 구성을 그림 5에 나타내었다.

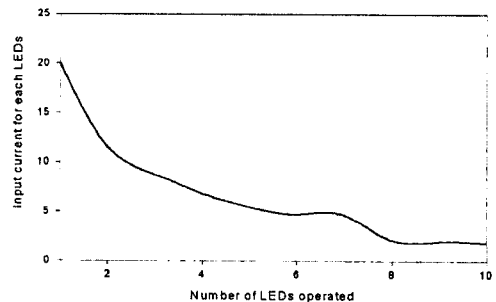


그림 4. LED 동작개수에 따른 LED 전류의 감소

Fig. 4. Reduction of LED current according to the numbers of the operation.

사용된 입력전류제어회로는 입력되는 디지털신호에 따라 LED 전류를 보상할 수 있으며, 입력전류 제어용 저항값은 동작하는 LED의 개수를 증가시키면서 LED에 흐르는 전류를 가변저항을 사용하여 일정하게 조정하는 실험을 통하여 각각의 점등되는 LED의 개수에 대한 최적값을 선정하였다.

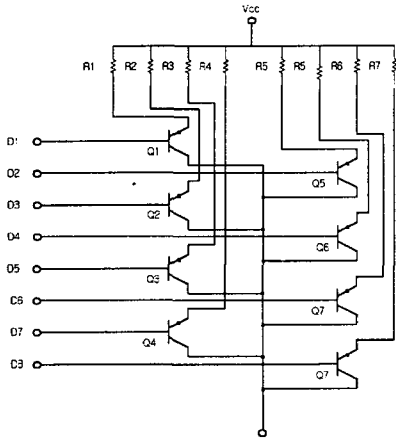


그림 5. 입력전류 제어회로
Fig. 5. Control circuit for Input current.

입력전류 제어회로는 수평축에 사용된 트랜지스터 앞단에 각각의 점등되는 LED의 개수에 따라서 입력 저항값을 변경하는 회로로서, LED 점등 개수에 따라 LED에 흐르는 동작 전류의 변화를 최소화하여 안정적인 휘도가 나타나도록 하였다. 선정된 각각의 저항값은 마이크로컨트롤러의 스위칭 트랜지스터에 의하여 선택되어지고, 이러한 회로에 의하여 동작하는 LED의 증가에 따른 동작전류 감소를 보상하였다.

2.5 광색가변회로의 제어프로그램

광색 가변 프로그램은 LED를 각각 제어하기 위하여 matrix 형태로 LED matrix의 수평축과 수직축을 제어하도록 구성하였다. 수평축 신호는 같은 색의 LED를 제어하고, 수직축 신호는 같은 색 8개의 LED에 대하여

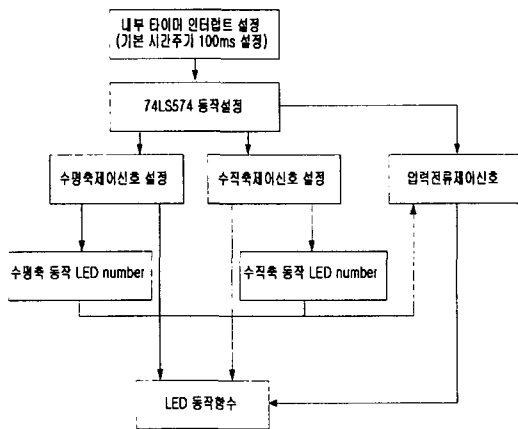


그림 6. 제어프로그램의 구성도
Fig. 6. Diagram of the control program.

각각의 LED 동작을 제어한다. 또한 동작되는 LED의 개수에 따라 입력전류가 조절되도록 입력전류를 보상해주는 신호를 입력전류 제어회로에 공급하였다.

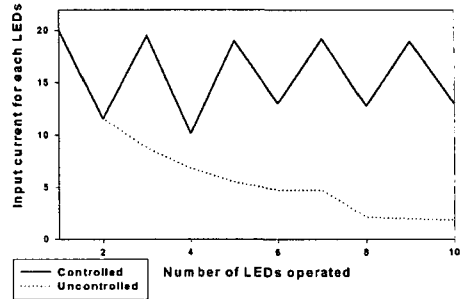


그림 7. 사용된 제어회로를 이용한 LED의 동작 개수에 따른 입력전류 비교
Fig. 7. Comparison of the magnitude of input current according to the operation number.

그림 7은 제안한 제어회로를 사용하여 LED의 개수에 따른 고휘도 LED 동작전류의 변화를 나타내고 있으며, 제안된 제어회로는 LED 개수의 변화에도 LED의 동작 전류의 변화가 매우 적음을 알 수 있다.

3. 결론

이 논문에서는 최근 활발히 개발되고 있는 고휘도 LED를 이용하여 RGB LED를 조합함으로써 다양한 광색 가변을 할 수 있는 제어회로를 연구한 결과, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 마이크로컨트롤러와 LED matrix 구동회로를 사용하여, 간단하면서도 다양한 광색을 표현할 수 있는 LED 광색가변 제어회로를 구성할 수 있었다.
2. 이러한 matrix 구조를 사용할 경우에 있어서 LED의 동작 개수에 따라 LED 동작전류가 변화하는 단점이 있었으나, LED의 동작 개수에 따라 입력전류 제어회로의 저항값을 변경하여 입력전류를 제어함으로써 LED의 양호한 동작전류 특성이 나타남을 알 수 있었다.

앞으로 이러한 고휘도 LED의 세밀한 제어 및 간단한 설계와 LED의 광학적 배치 및 개수 선정 등에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

[참고 문헌]

- (1) D. Braun, "Crosstalk in passive matrix polymer LED displays," *Synthetic Metals*, 92, pp.107-113, 1992.
- (2) R.F. Karlicek, JR., M.G. Brown, I. Eliashevich, A. Gurary, M. Schurman, and R. Stall, "Mass Production of High Brightness Blue and Green LEDs by MOCVD," pp. 91-98, 1999.
- (3) 이정욱, 한달영, 김훈, "LED를 이용한 가변색 광원의 개발," *한국조명·전기설비학회 학술대회 논문집*, pp. 213-216, 1999.
- (4) R.T. Huang, and P. Holm, "Design and fabrication of AlGaInP LED array with integrated GaAs decode circuits," *Ieee Transactions on Electron Devices*, 45(11), pp. 2283-2290, 1998.