

PWM을 이용한 LED 구동회로 설계

(Design of LED driving circuits using the PWM control)

구성모* · 진상민* · 김현중* · 이진우*

(Sung-Mo Ku · Sang-Min Jin · Hyun-Joong Kim · Chin-Woo Yi)

호서대학교*

요약

최근 에너지 절감과 환경규제에 따른 방전등의 대체 조명으로 각광 받고 있는 LED를 사용할 경우 LED의 높은 전력효율에 의한 에너지 절감과, 긴 수명으로 유지보수비용을 절감할 수 있다. 따라서 LED 광원의 가장 큰 문제점인 온도상승을 해결하기 위하여 PWM제어를 통하여 일정한 온도 이상의 상승을 방지하는 구동 회로를 설계하였다.

1. 서 론

과거 두 차례의 에너지 파동을 겪으면서 다양한 에너지 절약 대책이 발표되고 실행되었다. 그중에서도 “한등 끄기”, “네온싸인 소등”, “심야 사무실 조명 소등”과 같은 조명 부분에서의 에너지 절약 활동이다. 이와 같은 조명 부분에서의 에너지 절약은 확실한 효과를 가지며, 지금도 일부 지방 자치단체에서는 간선도로의 가로등 소등과 같은 대책을 내놓고 있는 실정이다. 그러나 이와 같이 소등에 의하여 조명 에너지를 절약하게 되면, 사무실이나 공장에서는 작업능률의 저하, 기기의 오작동, 불량률 증가 등의 현상이 나타나고 네온싸인이나 심야 사무실 소등 등은 건물의 인지도 저하 및 광고 효과 저하를 가져오게 되며, 도로에서 가로등의 소등은 교통사고 증가, 범죄의 증가를 가져오게 되어서 이로 인한 경제적 손실은 훨씬 더 크게 된다. 따라서 조명 부분의 에너지 절감과 그에 따른 부작용을 방지하는 방법으로 고효율 조명 기기의 사용이 최적의 방안이 되고 있다. 에너지 절감에 이어서 최근 유럽 등의 선진국을 중심으로 가장 큰 관심을 끄는 것이 친환경제품의 개발이다.

유럽연합은 WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment)의 부속서인 RoHS(Restriction of Hazardous Substances)를 두어 환경에 영향을 주는 6개 물질로서 납, 수은, 카드뮴, 6가크롬, PBB(Polybrominated Biphenyls), PBDE(polybrominated diphenyl ethers)의 사용을 금지하고 예외 조항을 두어 규제하고 있다.

이와 같이 환경규제와 에너지 절감의 차원에서 LED 광원이 최근에 각광을 받고 있다. 특히 에너지 절감의

차원에서는 전력의 소비가 적고 방전관에 비교하여 진동과 충격에 강하며 수명이 길어 저소비 전력, 장 수명 및 낮은 유지보수 비용에 의하여 높은 경제적 효과를 얻을 수 있다. 또한 반도체 소자로서 수은과 납이 포함되지 않기 때문에 환경적인 측면에서도 친환경적인 광원임을 알 수 있다.

이에 따라서 본 논문에서는 LED를 보다 안정적이고 효과적으로 사용하기 위하여 PWM제어를 통한 고효율 LED 구동 회로를 설계하였다.

2. 본 론

2.1.LED의 동작 특성

LED는 발광 다이오드(Light Emitting Diode)의 약자로서 고체 발광 소자이고 일반적으로 PN 접합의 다이오드이다. 실리콘의 PN 접합이 전자 정보 혁명의 주역이었다면 III-V족 화합물 반도체의 PN 접합을 이용하여 발광 효과를 낼 수 있다.

이러한 LED의 장점으로는

- LED는 백열전구보다 efficacy가 높음
- LED는 컬러필터를 사용하지 않고 원하는 색의 광을 발산
- 조광하는 경우 LED는 흐르는 전류가 감소하더라도 색조의 변화 없음
- LED는 반도체 소자이므로 외부 충격에 강함
- LED는 장 수명. EMTF 100,000~1,000,000시간
- LED는 시간이 지남에 따라 점차 어두워지면서 끊어짐
- LED는 점등속도가 매우 빠름

- LED는 초소형 제작 가능. PCB 위에 쉽게 실장 등이 있다.

<3W - POWER LED의 특성 곡선>

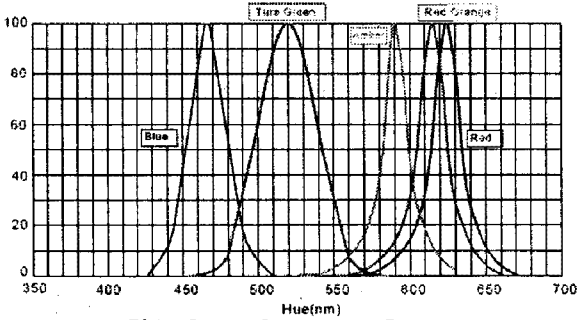


그림1. Color Spectrum Curves

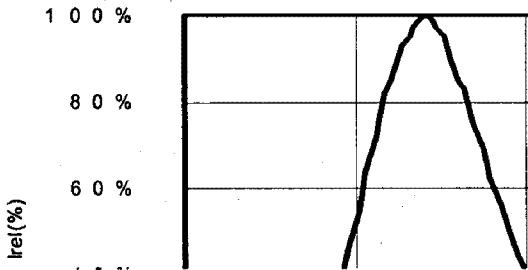


그림2. Wavelength spectrum

2.2. PWM 제어의 원리

PWM의 장점은 시리즈방식의 연속제어(아날로그 전류제어라고도 부르기도.)에 비해 전력낭비를 줄일 수 있으며, 관성을 갖는 기계적 구조물에 응용하기 쉽다. PWM은 회로구현이 쉽고, Duty_ratio에 비례하는 선형적인 전류의 출력을 기대할 수 있기 때문에 제어성 측면에서 편리합니다.

아래 그림은 제어회로 모듈을 구성하는 블록도를 나타내며 각 블록별 회로의 동작원리의 해설 및 설계는 다음과 같이 수행할 수 있다.

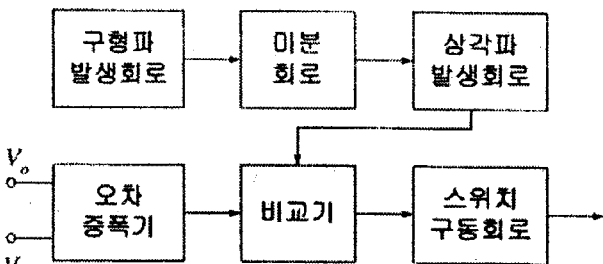


그림3. PWM 제어 회로 모듈의 블록도

1. 구형파 발생회로

그림4는 구형파 발생회로를 나타낸다. 이 회로는 2개의 인버터로 구성된 비 안정 멀티 바이브레이터로서 인버터는 74AC04를 사용하였다.

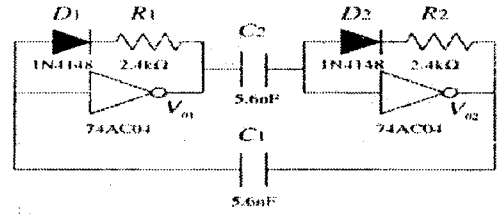


그림4. 구형파 발생 회로 및 파형

2. 미분회로

구형파 발생회로에서 출력된 구형파를 그림5의 미분 회로에 가하여 폭이 좁은 임펄스 파형으로 전환 한다.

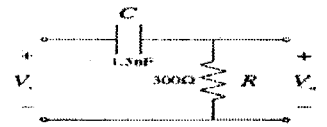


그림5. 미분 회로 및 파형

3. 삼각파 발생 회로

그림6은 삼각파 발생 회로를 나타낸다. 미분회로의 출력을 삼각파 발생 회로에 입력하면 BTJ의 베이스-이미터간의 증가 다이오드에 의해 정류된다.

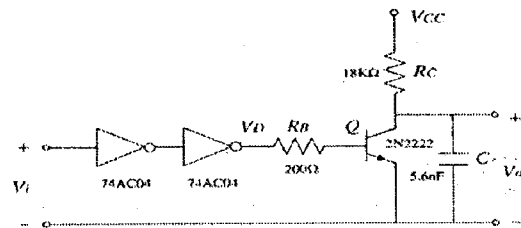


그림6. 삼각파 발생 회로

4. 오차증폭기

이 회로는 오차증폭기를 나타내는데, R₁, R₂에서 분압된 출력 전압 V₁이 기준전압 V_{ref}와 비교되고 그 오차가 증폭되는 형태로 동작 한다.

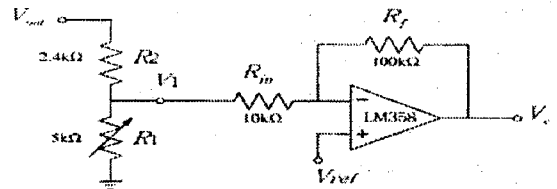


그림7. 오차 증폭기 회로

5. 비교기

비교기에서 반전 입력 단자에는 앞서 회로에서 구해진 삼각파가, 비반전 입력 단자에는 오차 증폭기의 출력 V_c가 가해진다. 두 입력이 비교되어 그림에서와 같이 스위치를 구동하기 위한 구형파 펄스를 출력한다. V_c의 레벨이 상승하는 경우 펄스 폭이 넓어지고 V_c의 레벨이 감소하는 경우 펄스 폭은 좁아진다.

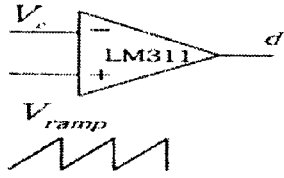


그림8. 비교기 회로

6. 스위치 구동회로

스위칭 전원의 스위치의 구동을 원활히 하기 위하여 그림9과 같이 주로 전류 증폭 기능을 중심으로 한 2단의 증폭 회로로 구성되고 있다.

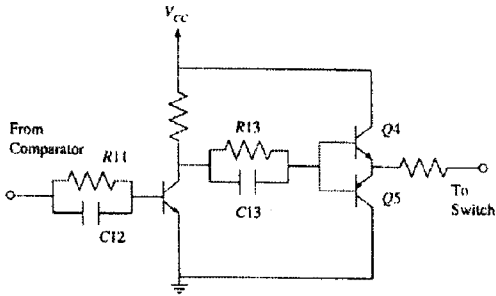


그림9. 스위치 구동 회로

그림 10은 지금까지 설계된 전체 회로를 접속한 PWM 제어 회로 모듈의 구성을 나타내며 이 모듈을 이용하여 스위칭 전원의 출력 전압을 제어 할 수 있다.

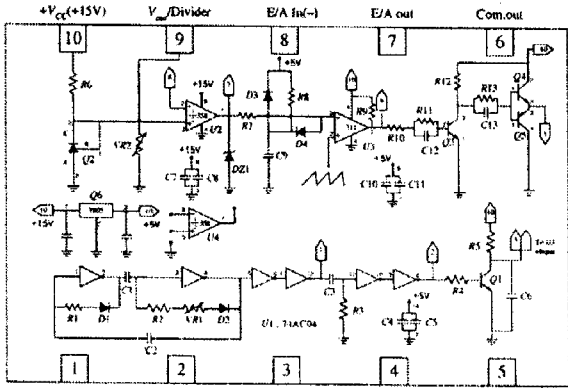


그림10. PWM 제어 회로 모듈의 전체 구성도

2.3. 구동 회로 및 동작 특성

LED의 효과적인 온도 제어를 하기 위하여 40kHz의 높은 주파수 주기를 주고 이를 PWM제어를 통하여 LED의 온도에 따라서 ON - OFF 시간을 제어 하였다. 예를 들어 LED의 온도가 상승할 경우 ON 시간을 줄여주어 OFF 시간을 길게 하고 LED의 온도가 떨어질 경우 ON 시간을 길게 하고 OFF 시간을 짧게 함으로서 LED의 온도가 일정하게 유지될 수 있도록 회로를 구성 하였다.

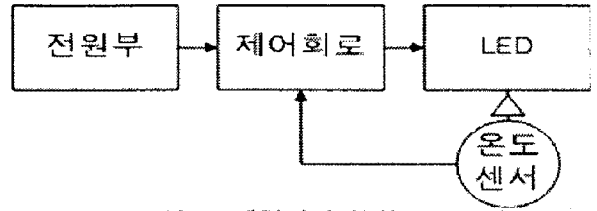


그림11. 개략적인 구성도

1. 제어 회로

PWM 제어를 하기 위하여 가장 널리 사용되고 있는 TL494 소자를 이용하여 MOSFET의 스위칭 소자를 ON - OFF 하였다. RT - CT 값에 의하여 다음의 식으로 주파수 값이 결정되고

$$f = \frac{1.1}{RT \times CT}$$

소자의 COMP에 전압 값에 의하여 통류율(duty ratio)값이 변화 하게 되므로 COMP 단자에 온도 센서와 가변 저항을 연결하여 통류율을 변화 시킬 수 있다.

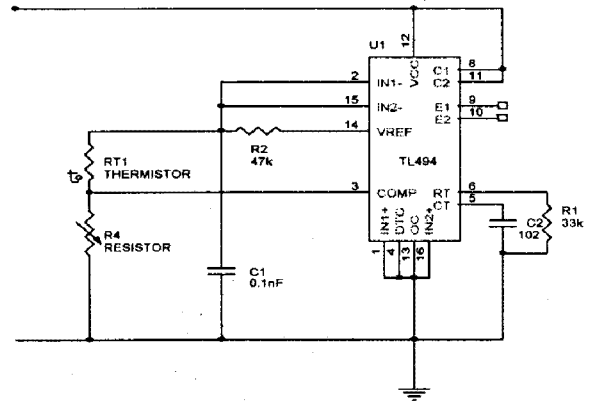


그림12. 제어 회로도

2. 온도 센서

온도 센서는 가장 일반적으로 사용되고 손쉽게 구할 수 있는 온도에 따라서 저항의 값이 변화하는 온도 센서를 사용하였다. 일반적으로 온도가 상승함에 따라서 저항의 값이 일정하게 적어지게 되는 특성을 가지고 있으므로 일정 전압을 가해준 상태에서 온도를 변화 시키면 온도 센서에 걸리는 전압은 낮아지게 된다. 이러한 특성을 이용하여서 다음과 같이 회로를 구성하면 온도 변화에 따른 일정한 전압 값을 얻을 수 있다. 여기서 가변저항은 온도변화에 따른 값을 보정해줄 수 있다.

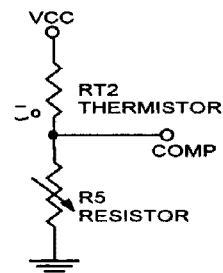


그림13. 온도 센서 회로

3. 스위칭

LED의 PWM 구동을 위하여 스위칭 소자로서는 빠른 응답속도와 안정적인 스위칭을 할 수 있고 간편하게 동작할 수 있는 IRF840인 MOSFET를 사용하였다. TL494의 출력단에 MOSFET의 게이트 단을 연결하여 ON - OFF의 신호를 주고 소스단은 접지, 드레인단에 LED를 연결 하였다.

완성된 회로도를 다음 그림에서 나타내었다.

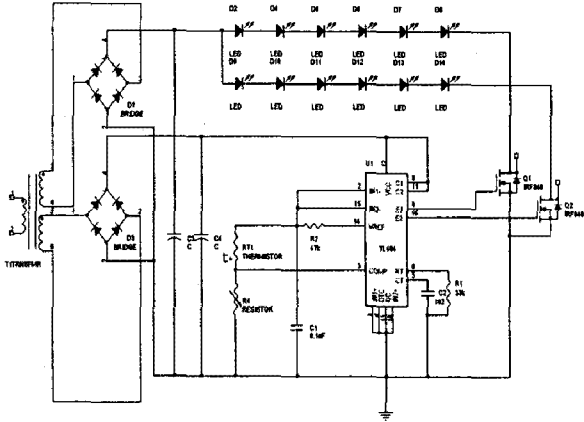
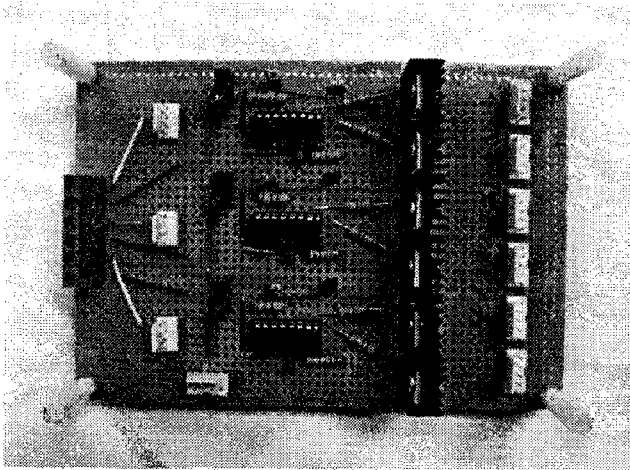


그림14. 완성된 회로도



1W power LED 80개를 사용하여 80W 광원을 설계 하였다. LED는 10개를 직렬로 8개를 구성하여 병렬로 연결하였고 TL494 1개의 소자에서 2개의 MOSFET를 제어 하였다. 따라서 총 4개의 회로를 구성하고 각각의 LED 온도에 따른 독립적인 온도 제어가 가능하게 설계 하였다.

3. 결론

기대효과 및 응용분야

LED는 우수한 에너지 절감 효과로 기후 변화 및 국제 환경규제 대응을 위한 각국의 중요 정책 수단으로 급부상 할 것이다. 이에 따라서 LED조명의 큰 문제인 온도와 배광을 보완하여야 한다.

이번 연구에서 온도에 대한 문제를 PWM제어를 통하여

안정온도를 유지해 주어 안정적인 구동을 할 수 있도록 구현 하였다. 이번 연구를 활용하여 기존의 조명을 대체하여 다양한 분야에서 활용할 수 있다.

정보통신	초슬림형 휴대폰 (Key-Pad, 디스플레이 BLU用), LED 가시광 무선통신
디지털 가전	고품격 가진 (슬림형 LCD TV, PC모니터, 향균·맛지킴 냉장고)
조명	고효율·친환경 조명, 지능·감성 조명 (Colorful 광색 제어)
자동차	고품격 자동차조명 (LED 전조등, 후방신호등, 내부조명)
의료	UV 살균조명, 초소형 내시경, 수술·회복용 특수조명
농수산	생태환경조명, 작물·재배용 조명, 오징어집어등 (수확·어획량 증대)

참고문헌

- (1) 지철근, 이진우, 장우진, 여인선, 김 훈, 엄정덕, 김수길 "최신 조명환경원론", 2008, 2.
- (2) 노의철, 정규범, 최남섭 "전력전자공학" 1997.2
- (3) 社団法人 照明學會 照明普及會 "照明教室67 광원-日本-" 1989