

고출력 Power LED 드라이브 기술 현황

한수빈 <한국에너지기술연구원 책임연구원>

1 서론

고출력 Power LED 기술은 최근에 가장 주목받는 기술 중 하나로 LED가 단순 신호용에서 출발하여 디스플레이용, 경관 조명용, 신호등용에서 폭 넓게 적용되고, 향후 일반 조명용 광원으로 진입할 수 있도록 기여하고 있는 핵심 기술이다. LED용 광원이 완성되기 위해서는 LED의 전기적 구동 특성과 열적 특성, 그리고 광학적 특성이 모두 잘 관리되어야 한다. 이들은 서로 다른 특성에 따라 상호 연관관계를 갖게 되며, 특히 전기적 구동과 열 특성은 매우 밀접한 관계를 갖는다.

LED의 전기적 구동은 단순히 보면 LED가 발광할 수 있도록 적절한 전압범위에서 전류를 공급하는 역할을 의미한다. 그러나 LED에 흐르는 전류에 의해서 광출력과 소비 전력이 결정되고 수명이 영향 받으므로 LED 구동 회로를 설계하는 것은 결국은 LED 광원 시스템이 제품의 용도에 적합하도록 최적의 광출력, 신뢰성, 수명, 전력소비 등을 만족시키는 역할을 하게 된다.

LED에 대한 적합한 전기적 구동을 위해서는 사용되는 LED의 특성을 잘 이해해야 한다. 현재 판매되고 있는 LED는 일반용 및 고출력용 등 출력 용량면에서 다양해지고 발광색도 적색, 황색, 청색, 백색 등 여러 가지이며 용량 및 색에 따라 전기적으로 구동해

야 하는 특성이 모두 다르게 되므로 신뢰성 확보를 위해서는 설계시 LED 소자의 특성이 필수적으로 고려되어야 한다.

본 고에서는 고출력 LED를 중심으로 드라이브 기술이 현재 어떻게 구현되는 지에 대해 정리하여 보았다. 모든 드라이브 기술을 상세히 소개하기에는 지면에 한계가 있으므로 고출력 LED에서 필히 고려해야 할 특성을 점검하고, IC에 의한 구동 및 일부 개발에 유용할 수 있는 사항에 대해서 소개하기로 한다. 저출력 LED 등 일반적인 드라이브 기술에 대한 내용은 예전에 학회지를 통해 소개한 문헌 [1]을 참조하기 바란다.

2 전력용량에 따른 LED의 구분

2.1 일반 LED

예전부터 사용되었던 LED는 적색, 황색, 녹색/청색 등의 신호용 LED들로서 1W미만의 저출력 LED들이다. 이들은 대부분 정격 전류가 10[mA] 또는 20[mA]를 기준으로 동작한다.

2.2 Power LED

Power LED는 고휘도(High bright) LED라고도 불리며 1[W]이상의 LED로 분류한다. 휴대용 전

기술해설

자기기 및 조명용으로 사용되고 정격전류는 30 [mA], 75[mA], 150[mA] 등이며 제조회사에 따라 차이가 있다.

2.3 High Power LED

초고광도(Ultra bright) LED라고도 불리우며, 3(W)이상으로 정격전류는 350[mA]에서부터 최근에는 출력이 계속 증가함에 따라 제조회사에 따라 다르지만 750[mA], 1000[mA] 등 높아지고 있다. 그림 1과 같은 Lumileds(www.lumileds.com)사의 Luxeon 제품이 대표적인 고출력 LED에 해당된다.

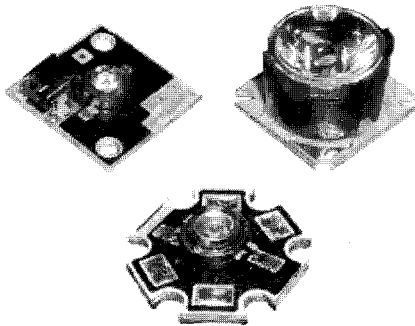


그림 1. 고출력 파워 LED Luxeon 제품

3. 외로 구현과 함께 고려해야 하는 광학 및 열 특성

LED 광원을 실용화하는 데 있어서 기본적으로 중요한 것은 구현하고자 하는 광학적 성능을 만족시키는 것이다. 목표로 하는 총 광속이 결정되면 이에 따라 사용되는 LED의 개수가 정해지는데 통상 LED의 정격 전류에서의 광속을 참고하여 결정된다.

Luxeon LED중 적색 및 황색 LED의 경우 전압-전류 특성은 그림 2와 같고 정격 전류는 350[mA]로 동작되며 이 때 LED의 전압강하는 약 3[V]가 걸리게 된다. 전류에 대한 출력 광속은 그림 3과 같이 비

례 관계로 전류가 증가하면 역시 광속도 증가한다.

LED의 경우 주의할 특성은 온도가 상승할 때 광출력이 감소하게 되는 특성이다. 그림 4의 경우 온도에 대한 광속의 변화특성을 보여주는 것으로 LED 내부의 PN 접합부의 온도가 상온 25[°C]일 때는 정격 광속을 출력하지만 온도가 증가하여 80[°C]가 되면 광출력이 60[%] 수준으로 감소하는 것을 알 수 있다. 따라서 LED광원이 동작할 경우 예상되는 주변온도를 미리 고려하지 않고는 잘못된 설계가 될 수 있음을 유념해야 한다.

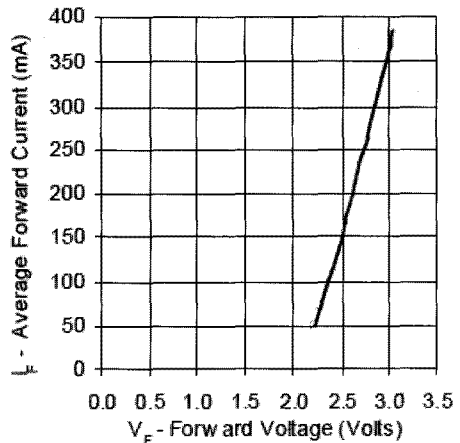


그림 2. Luxeon 제품의 전압, 전류 특성

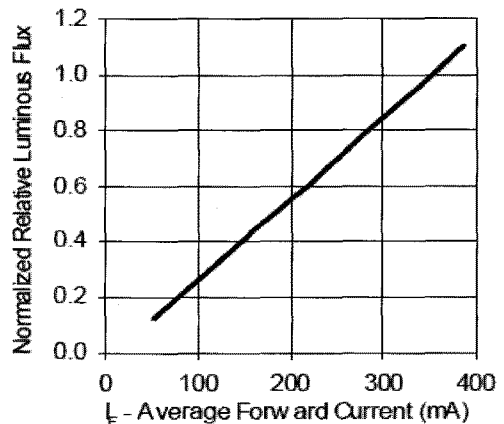


그림 3. Luxeon 제품의 전류에 대한 광출력 특성

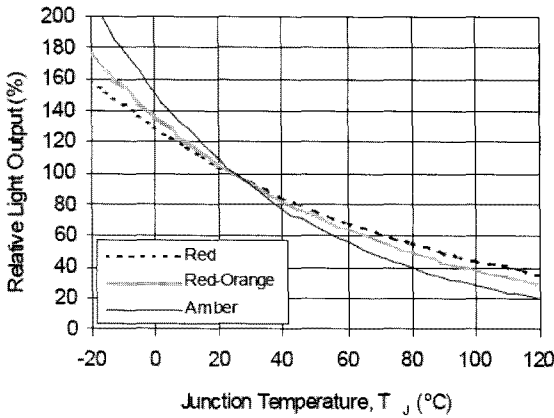


그림 4. Luxeon 제품의 접합부 온도에 대한 광 출력 특성 변화

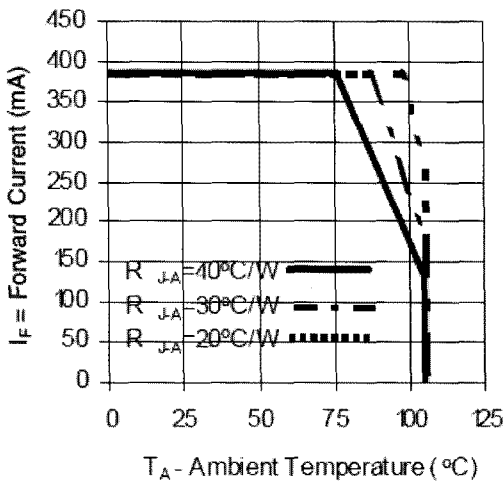


그림 5. Luxeon 제품의 주변온도와 방열특성에 따른 전류 한계

동시에 주의해야 할 사항은 그림 4의 경우 온도는 접합부의 온도이며 이는 주변온도와 LED 패키지의 방열 열저항에 따라 결정된다는 것이다. 통상 다이오드는 접합부 온도가 120(°C)가 될 때까지 동작을 허용하는 것으로 본다. 이 접합부 온도는 LED의 전류와 열저항으로 제어하게 되는데 그림 5에서 알 수 있듯이 주변온도가 상승할수록 그리고 열저항이 클수록

흐를 수 있는 전류는 작아지며, 따라서 발생할 수 있는 광 출력이 감소하게 된다. 결론적으로 원하는 광속이 유지될 수 있도록 주변온도를 예측하고 LED의 수를 결정하는 것이 적절한 방열 용량을 고려한 제작과 함께 이루어져야 한다.

4. 정전류 IC의 종류 및 디밍

정전류를 구현하는 방법으로는 charge pump 방식, 전류원 방식 또는 switch mode 방식이 존재한다. switch mode 방식은 또 buck, boost, buck-boost 형태를 포함한 여러 구조로 구현되고 있으며 정보통신기와 같이 축전지를 이용하는 경우는 대부분 전압을 증폭할 수 있는 boost 회로 방식을 이용한다. 이들은 모두 개별소자로 구성할 수 있지만 National Semiconductor(www.national.com), Linear Technology(www.linear.com), On Semiconductor(www.onsemi.com), Fairchild(www.fairchildsemi.com), Maxim(www.maxim-ic.com), TI(www.ti.com) 등 대부분의 주요 반도체 회사에서 모두 상용화하여 IC로 제공하고 있다. 특히 National사의 경우 LED 설계에 특화된 서비스가 강화되어 있으므로 참조하기 바란다. 이제 IC 제어 방식에 대해 상세히 살펴보기로 한다.

4.1 전류 제어 기능의 Charge pump 방식 IC

LED 전원의 궁극적 목적은 LED를 구동할 수 있는 충분히 높은 전압을 공급하고 또 병렬 또는 직렬로 연결된 LED에 동일한 전류를 공급하는 것이다. Charge pump 방식은 Switched capacitor를 이용하여 입력의 전압을 출력에서 1.5배 또는 2배 증폭하는 것이다. 예로서 그림 6과 같이 Sipex의 SP7685의 경우는 출력이 입력의 2배의 증폭을 하도록 되어 있고 입력전압은 2.7~5.5(V)이며 출력 전류는 최대

1.2[A]까지 가능하다. 이 IC의 경우 Flash 모드와 Torch 모드의 2가지 모드로 동작을 하는데 Flash 모드일 경우는 Rset가 전류 제어에 기여하고 Torch 모드인 경우는 Rset, 와 Rsense가 복합적으로 전류 제어에 기여한다.

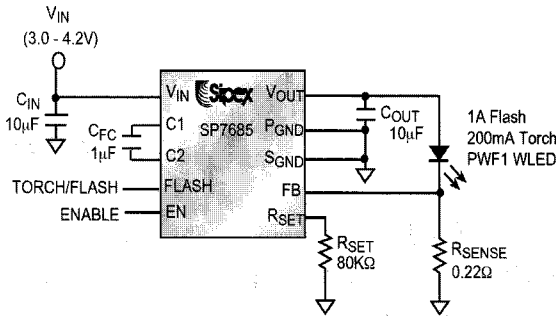


그림 6. Charge pump형 SP7685의 고출력 LED 구동

4.2 전류원 제어 방식 IC

백색 LED는 순전압보다 매우 높은 전압을 전원시스템이 공급하면 쉽게 동작이 가능하다. 이 경우 공급 전압이 충분한 여유가 있으므로 전압을 증폭하는 boost 기능이 필요 없고 선형회로 방식에 의한 Current mirror 회로를 이용해서 전류원으로 동작하도록 하면 된다. 그림 7과 같이 OnSemi의 NUD4001의 경우 12[V]기준으로 Luxon LED를 3개를 직렬로 연결할 수 있고 저항 R2의 값을 변경해서 연결된 LED를 공급하는 전류를 결정하게 된다.

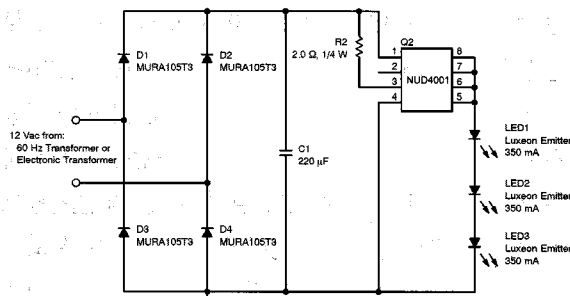


그림 7. 전류원 방식의 NUD4001의 고출력 LED 구동

이 IC는 입력전압은 최대 30[V]까지 가능하며 전류는 500[mA]까지 구동할 수 있다.

그러나 점차 이 방식을 사용하는 IC는 스위치 모드 방식에 밀려서 감소하고 있다.

4.3 스위치 모드 전류 제어 방식 IC

현재 가장 많이 사용되는 방식이며 출력전압은 입력전압의 임의의 배수로 증폭 또는 감소가 가능하다. 출력전압과 입력 전압의 상대적 크기에 따라 회로 topology가 달라져야 하므로 사용하는 IC도 스위치 모드 방식에서도 여러 가지로 나누어진다. 다음이 대표적인 회로 topology이므로 잘 구별해서 사용해야 한다. 이들 회로 구조는 그림 8을 참조하기 바람 flyback, SEPIC 등 보다 다양한 회로구조는 문헌 [2]를 참조하기 바람.

(1) Boost 방식

입력전압이 출력전압보다 항상 낮은 경우 사용한다. 주로 battery가 에너지원이 되어 LED를 구동할 때 사용한다.

(2) Buck 방식

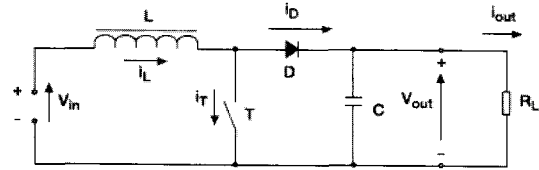
입력전압이 출력전압보다 항상 높은 경우 사용한다. 여러 고출력 LED를 사용할 때 사용된다.

(3) Buck-Boost 방식

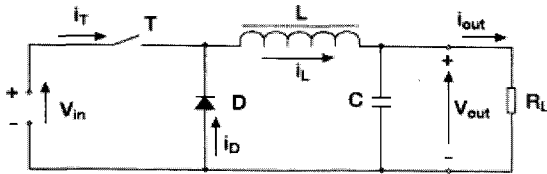
입력전압이 출력전압보다 높을 때도 있고 낮을 때도 있는 경우 사용한다. 다만 출력전압은 입력전압의 극성과 반전되어 출력되지만 LED 구동에서는 문제가 되지 않는다.

고출력 LED 구동 IC에서 사용되는 예를 boost 방식의 경우에 대해서 소개하기로 한다. 다른 방식의 IC도 같은 원리로 동작이 된다. Boost방식의 IC는 그림 9와 같이 National사의 LM3410를 포함하여 많은 IC가 존재한다. 스위치를 IC내에서 내장하여 제어할 뿐 그림 8 (a)와 동일한 boost 구조로 구성되

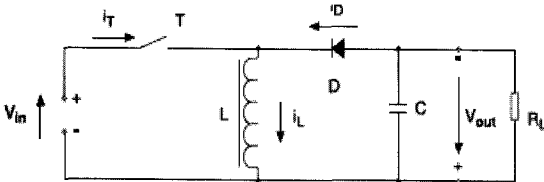
어 있음을 알 수 있다. 이 IC는 입력은 2.7~5.5[V]를 허용하고 출력은 3~24[V]까지 가능하다. 전류는 2.8[A]까지 출력할 수 있다. 통상적인 전류 제어 방식과 같이 저항 R1의 전류를 감지해서 제어한다.



(a) Boost형



(b) Buck형



(c) Buck-Boost형

그림 8. Switch mode 방식의 회로 구조

(T는 MOSFET 또는 Power Tr 등 반도체 스위치)

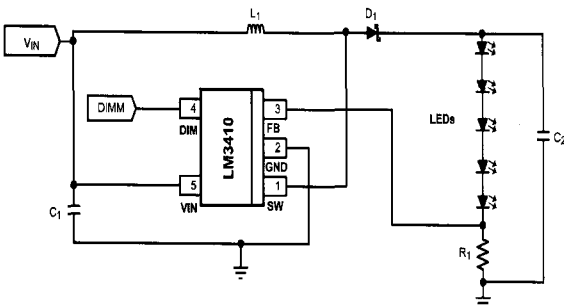


그림 9. Boost 방식의 고출력 LED 제어 IC LM3410

(4) Dimming control

휴대용 기기 및 조명용 LED 전구 등 필요에 따라 밝기를 조절할 필요가 존재한다. 이러한 기능을 하는 것을 조광(dimming)이라고 하며 조광의 경우도 백라이트의 경우는 특별히 색좌표 변화가 없도록 각 순전류를 잘 조절해야 한다. LED 광원의 경우는 다른 방전등과 달리 조광이 매우 쉬우며 앞에서의 상용 IC를 사용하면 조광이 모두 가능하다.

대부분의 LED 구동 IC는 Enable 또는 Dimmig 관련 입력 핀이 있으며 여기에 PWM 신호를 주게 되면 듀티비에 따라 LED의 광이 비례해서 조광이 되게 된다.

5. LED 전용 안정기의 사용

휴대용 기기등 낮은 전압이 필요한 용도에서는 많은 상용 IC를 이용하여 LED구동 전원을 구성할 수 있지만 높은 전압이 요구되는 경우, 그리고 교류를 사용해야 하는 경우 등은 원천적으로 구동기기를 개발해야 될 경우가 빈번히 발생된다. 따라서 LED 구동 IC의 경우 출력 용량면에서는 한계가 존재하므로 높은 출력으로 LED를 구동하기 위해서는, 이미 상품화된 전용 안정기를 구입하여 사용하거나 아니면 자체 개발하여 사용해야 한다.

수년전만 해도 저출력 IC를 사용할 수 없는 사양에 대해서는 관련 회로를 개발해야 했지만 최근에는 형광등 안정기와 같이 LED 구동 전용의 안정기 모듈이 다수의 회사에 의해 개발되어 출시되고 있어 적용 사양에만 맞으면 편리하게 이용할 수 있다. 예로서 그림 10과 같이 미국의 Advance transformer사의 Xitanium 안정기 시리즈는 3개에서 6개의 Luxeon LED를 직렬로 연결할 수 있고, 또한 이들은 5개의 열까지 병렬로 사용할 수 있다. 각 열은 350(mA)의 정전류가 흐르도록 설계되어 있다. 이 안정기의 외관은 그림 11과 같고 0-10VDC로 조광이 가능한 제품

기술해설

도 출시되고 있다. 효율은 80[%]대를 보장하고 외함의 온도는 90[°C]까지 동작을 보장하고 있다.

상용 전원을 사용하여 LED array들에 대한 전원을 구성하는 경우는 정류회로, DC-DC 컨버터회로를 기본으로 하여 구성될 수 밖에 없고 입력측에서 고조파와 역율을 강화하는 경우는 입력단에 EMI필터가 필요하고 또한 역율보상장치가 요구된다. 역율보상의 경우는 능동소자를 이용한 방식의 경우는 역율이 99[%]이상 조절이 가능하지만 가격이 상승하는 것을 감수하여야 한다. 수동소자를 사용하는 경우는 정류기 출력에 valley-fill회로를 사용하거나 입력측에

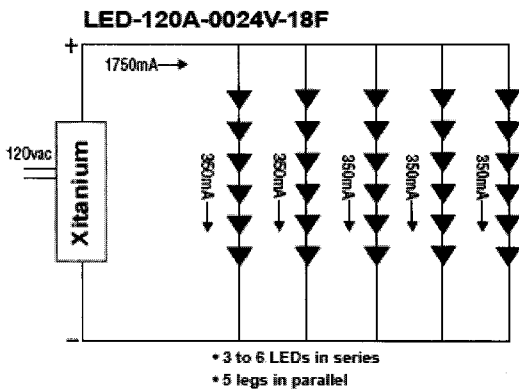


그림 10. Xitanium LED 안정기의 사용

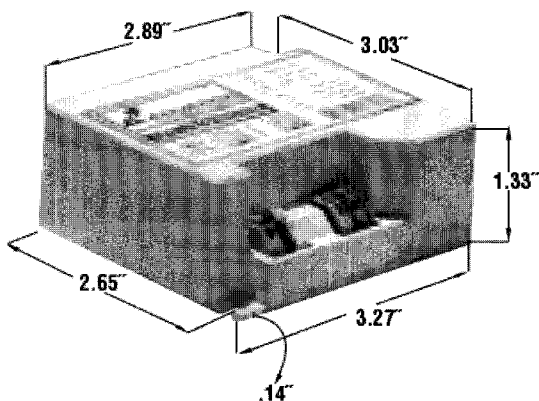


그림 11. Xitanium LED 안정기의 외관

LC filter를 사용하는 방법이 있다. 이 경우는 설계가 잘되는 경우 90~93[%]정도까지 역율이 가능하게 된다.

고출력 LED 구동을 위해서 용도에 따라서 적절히 사용될 수 있는 제어 IC가 최근에도 계속 개발되고 있다. 이들은 저출력용 IC와 달리 내부에 반도체 스위치를 포함하지 않고 용량에 맞게 선정된 별개의 반도체 스위치를 LED가 정전류로 구동될 수 있도록 제어해 주도록 설계된다. 그 중 하나로 Supertex사에서 공급하고 있는 IC를 들 수가 있다. Supertex의 HV9910의 경우는 입력전압이 8~400[V]의 직류전압, 교류로는 85~265[V]의 넓은 영역에서 동작이 가능하다. 이를 이용하여 높은 입력전압의 경우 buck을 구현하여 LED를 구동할 수 있고 낮은 입력전압의 경우 boost 등을 구현하여 LED를 구동할 수 있는 등 상당한 융통성을 보여주고 있다. 그림 12의 경우는 교류 전원에서 정류회로를 거쳐서 Flyback으로 절연된 형태의 전원을 구성하여 4~16[V]로 변화하는 LED Flyback 회로 구조를 사용하여 LED array에 350[mA]를 공급해주는 구동 회로의 사례를 보여주고 있다.

6. 맺음말

LED의 경우는 모두 다 해당이 되지만 특히 고출력 LED 구동용 전원의 신뢰성을 확보하기 위해서는 사용 LED 소자의 정확한 사양을 숙지하는 것이 가장 기본이 된다. 전류, 전압의 한계값을 넘지 않으면서 온도에 따른 광학적 특성을 잘 이해해야지만 적절한 전원의 설계가 가능하다. 다음으로 용도에 따라 어떠한 회로 구조를 사용할 것인지를 결정하는 것이며, 또한 상용 IC를 충분히 이용할 수 있는지를 확인하여야 할 것이다.

구체적인 전원의 구현은 용도에 따라 다를 수 밖에 없으며 사용 전원이 교류냐 직류냐 하는 문제에도 많

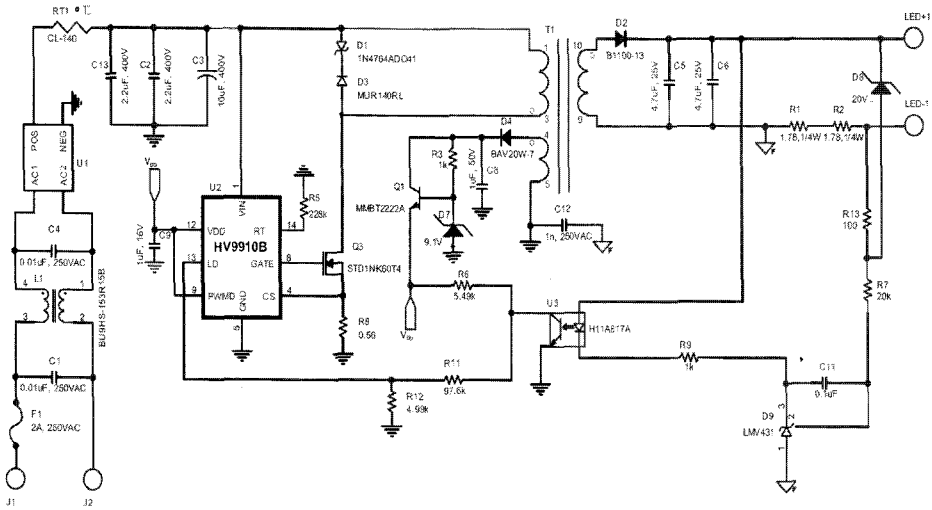


그림 12. HV 9910을 사용한 LED 구동 전원 예

은 차이가 있게 된다. 백라이트용의 경우는 개별 LED에 가능한 편차가 적도록 전류를 공급함으로써 정밀한 광학적 특성을 유지하는 것을 필요로 하지만 LED 신호등과 같은 경우는 개별의 오차는 어느 정도 허용이 되며 전체 LED array에서의 광도 등을 우선하는 등 차이가 있다.

또한 많은 LED가 개발되면서 일반용, 고휘도용과 고광속용이 차별화되는 등의 다양성이 있기 때문에 LED의 선별도 초기 설계에서 중요하다. 최근에 대부분의 반도체 회사에서 LED 드라이브 설계에 도움이 되도록 온라인 상에서 많은 도움을 주고 있다. 특별히 National사에서는 대부분의 LED에 대한 DB를 구축하고 설계 파라미터를 입력하면 추천 IC 및 개략적인 회로를 제공하고 있으므로 적절히 활용할 경우 매우 유용한 정보를 얻을 수 있다.

참고문헌

- [1] 한수빈, "LED 조명용 전원의 설계기술 현황", 조명전기설비학회지 제17권 제2호, 2003.
- [2] R. Erickson, "Fundamentals of Power Electronics" Springer, 2001.
- [3] "LED Lighting Management Solutions", National Semiconductor, 2008.

◇ 저 자 소 개 ◇



한수빈 (韓秀彬)
 1958년 6월 9일생. 1981년 한양대학교 전자공학과 졸업. 1986년 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(석사). 1997년 KAIST 전기 및 전자공학과 졸업(박사). 2001~2007년 한국에너지기술연구원 전기·조명연구센터장. 현재 한국에너지기술연구원 책임연구원. 한국조명·전기설비학회 편수위원. 전력전자학회 편집이사. KISTEP, ITEP, 한국산업기술재단, 에너지관리공단 과제 심의위원.