

## Voltage Clamp Bias를 사용한 고전압 LED Drive IC

김성남, 박시홍  
단국대학교

### A High-voltage LED Drive IC Using a Voltage Clamp Bias

Seong-nam Kim, Shihong Park  
dankook University

**Abstract :** Due to the enormous progress in light emitting diodes (LEDs), LEDs have been become a good solution for lightings. In LED driver for lighting applications, it is required a high input voltage to drive more LEDs. Therefore, a high-voltage should be changed to low-voltage to supply power for drive IC.

In this paper, a LED drive IC with hysteretic-buck converter topology using a voltage clamp bias circuit was proposed and verified through simulations.

**Key Words :** voltage clamp, bias, LED, driver, hysteretic, converter, switching regulator,

#### 1. 서론

LED가 발전함에 따라 낮은 전압을 사용하는 휴대용 기기에서부터 높은 전압을 사용하는 차량용, 가전용, 조명용까지 다양한 어플리케이션의 LED 드라이버가 개발되고 있다. 특히 조명용 LED driver의 경우 원가절감을 위해서 AC를 직접적으로 정류한 높은 DC 환경에서 LED를 구동하는 특성이 요구된다. 따라서 높은 DC 전압에서 low voltage의 drive IC의 전원을 공급하기 위해 레귤레이터가 필요하다. IC내부에 레귤레이터를 내장하는 것은 고전압 공정이 요구됨에 따라 용이하지 않고 외부의 discrete 소자를 사용하는 방법은 추가적인 비용이 고려되어야 한다.

본 논문에서는 높은 입력 전압을 voltage clamp 방식을 이용하여 IC의 전원을 공급하여 LED를 구동하는 LED driver 회로 및 IC를 제안하고 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 제안된 회로 및 IC는 고전압 공정이 필요하지 않으므로 생산비 절감과 공정에서의 유연성을 기대할 수 있다. LED drive 회로는 low side n-fet controller를 이용한 hysteretic converter로 설계되었다.

#### 2. 본론

##### 2.1 제안된 IC의 구조 및 동작

제안된 IC의 내부 블록 다이어그램은 그림 1에 나타내었다. VCC가 9.3V 일 때 최대 7.5mA의 sink current를 가지는 voltage clamp amplifier(zener block), bandgap 회로를 포함한 bias 블록과 제어 신호에 따라 스위칭 소자의 on/off를 결정하는 control block, 스위치를 구동하는 gate drive회로와 보호블록으로 구성되어 있다. 보호블록은 IC의 전원 전압이 동작전압 범위를 벗어나는 경우 오동작을 방지하기 위한 uvlo(under voltage lockout), IC의 과열을 보호하기 위한 thermal shutdown(threshold

temperature=142℃, hysteresis=8℃), gate drive단의 상/하측 단락을 방지하기 위한 deadtime 회로(40nsec)가 있다.

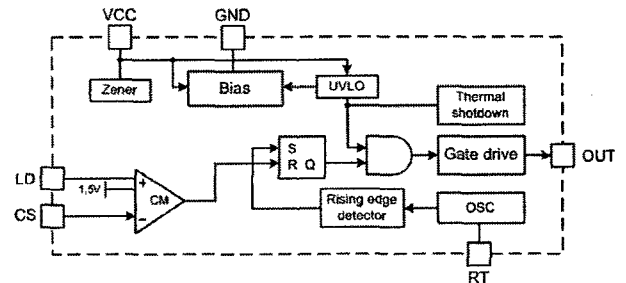


그림 1. 제안된 IC의 구조도

##### 2.2 제안된 IC의 전원 Bias 구조

본 논문에서 구현한 IC의 전원 bias 구조를 그림 2에 나타내었다. 정류기를 거친 높은 DC 전압이 입력 전압(VIN)이 된다. IC의 전원이 되는 캐패시터는 DC전압으로부터의 RC series network의한 충전과 IC로의 공급 전류에 의한 방전을 하게 된다. 그림과 같이 전원 전압을 clamp하기 위해 IC에 amplifier를 내장하여 전원전압이 임계값 이상 상승하지 않도록 전류를 sinking한다. 초기 동작에 대해 간략히 서술하면 다음과 같다. IC는 전원 전압이 바이어스되어 있지 않아 동작하지 않으며 전원단의 캐패시터는

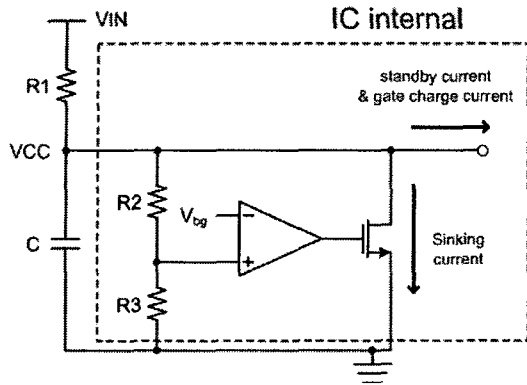


그림 2. IC의 전원 bias의 구조도

외부 입력 전압으로부터 IC의 시정수를 가지고 충전을 하게 된다. 전원 전압이 uvlo(under voltage lockout)의 임계값 이상이 되면 IC는 외부 스위칭 소자의 구동이 시작 된다. 전원 전압은 amplifier가 동작하여 VIN으로부터 공급되는 전류와, IC로 공급하는 전류가 같아 질 때까지 상승하게 된다. 이후 voltage clamp amplifier의 레귤레이션 동작을 통해 IC는 일정 전압을 유지하며 스위칭 소자를 구동한다.

외부 저항값은 DC전압으로부터 공급되는 전류와 IC로 공급하는 전류에 의해 결정된다. 각 전류는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$I_{IN} = (V_{IN} - V_{CC}) / R \quad (1)$$

$$I_{total} = I_{qcc} + I_{drive\_avg} \quad (2)$$

$I_{IN}$ 은 DC전압으로부터 공급되는 전류이며,  $I_{total}$ 은 IC로 공급하는 전류이다.  $I_{qcc}$ 는 IC의 standby 전류,  $I_{drive\_avg}$ 는 driving 전류의 평균값을 나타낸다.  $I_{IN}$ 이  $I_{total}$ 을 초과하지 않고 적당한 마진을 가지는 값이 되도록 저항을 선택하면 IC는 정상적으로 레귤레이션 될 것을 예상할 수 있다.

외부 캐패시터는 외부 스위칭 소자의 gate charge의 transient시간과 gate drive 전류, 허용되는 VCC 전압의 리플을 통해 결정할 수 있다.

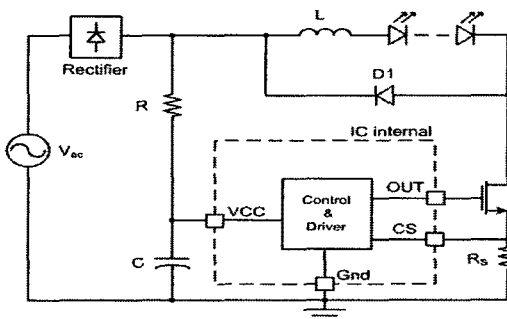


그림3. 제안된 low-side hysteretic LED drive topology

그림 3은 제안된 voltage clamp bias 구조 및 설계된 IC를 이용한 LED driver의 구조도이다. shunt 저항을 통해 스위칭소자의 전류를 센싱하여 low side n-fet 컨트롤러를 제어하는 hysteretic-buck converter를 구성하였다.

### 3. 시뮬레이션 결과 및 검토

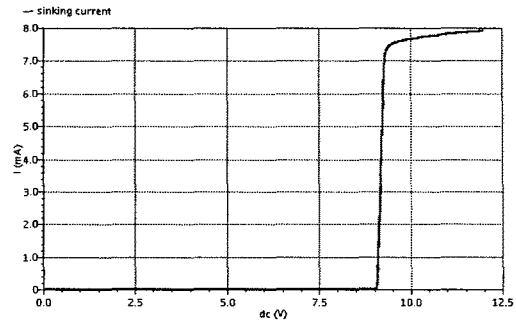


그림 4. zener block 시뮬레이션 결과

IC의 전원 전압에 따른 zener 블록의 시뮬레이션 결과를 그림 4에 나타내었다. 전원 전압이 9V를 초과하면 전류의 sinking이 시작되며 8mA의 최대 값을 가진다.

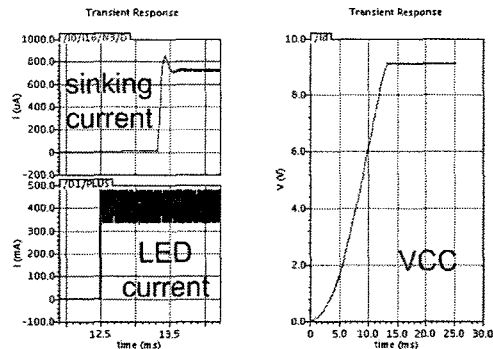


그림 5. full circuit 시뮬레이션 결과

그림 5는 설계된 IC의 full circuit 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션은 입력전압이 0에서 200V로 상승할 때의 전원단 및 IC의 동작을 확인하였으며 test condition은  $L=2mH$ ,  $R=150k\Omega$ ,  $C=1\mu F$ ,  $R_S=0.5\Omega$ ,  $R_T=84k\Omega$ ( $f=81.4kHz$ )로 선정하였다. VCC 전압이 상승하여 9V이상이 되면 zener 블록의 레귤레이션 동작을 통해 VCC가 일정 전압을 유지하며 LED를 정상적으로 구동하는 것을 확인하였다.

## 4. 결론

본 논문에서는 고전압 LED drive용 low-side hysteretic converter의 전원 Bias 구조 및 drive IC를 magnachip사의 HV60H16 공정을 사용하여 설계 및 제안하였다. 제안된 구동 IC는 고전압용으로서, voltage clamp 방법을 사용하여 전원을 바이어스 함으로써 고전압 공정을 사용하지 않아 IC의 생산비를 절감할 수 있다. IC는 회로의 신뢰성을 보장하기 위해 uvlo, thermal shutdown등의 protection block과 LED 구동을 위한 bias, output등의 driver 블록으로 구성되어 있다. 제안된 bias 구조 및 IC는 시뮬레이션을 통해 동작에 이상이 없음을 확인하였다.

## 감사의 글

본 연구는 단국대학교의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] H. Yamagata, N. Hoshimiya "voltage clamp processor system" IEEE transactions of biomedical engineering, vol. BME-30, NO.2, FEBRUARY 1983
- [2]R. Miftakhutdinov, in Proc."Analysis of synchronous buck converter with hysteretic controller at high slewrate load current transients" Conference,1999,pp.55-69,1999
- [3]A.R.Brown, R.D.Middlebrook, "sampled-Data Modeling of switching Regurator",pp.349-369,1981.
- [4]H. Broeck, G. Sauerländer "Power driver topologies and control schemes for LEDs"
- [5]K. Smedley and S. Cuk. IEEE Trans. Power Electron vol, 10, no 6,pp.625-633,Nov.1995