

모바일용 White-LED Driver IC

고영석, 박시홍
단국대학교

A White-LED Driver IC for Mobile Applications

Young-Seok Ko, Shihong Park
Dankook University

Abstract : This paper presents a white-LED driver IC for a mobile application. It uses a high efficiency current mode boost converter method for a low voltage application. For a LED drive, it provides a PWM(Pulse Width Modulation) and analog dimming function. The device was designed and fabricated using 0.35um BCD process. The evaluated waveforms for an implemented IC show promising results.

Key Words : WLED driver, mobile application, boost converter, switching regulator, current mode

1. 서론

최근에 LED가 광도 향상과 가격 하락으로 경쟁력을 갖추어 그 응용 분야가 넓어짐에 따라 다양한 Application에 요구되는 LED Driver가 많이 개발되고 있다[1]. 그 중 mobile applications에서는 낮은 입력 전압과 높은 효율을 요구하므로 대부분 Boost converter를 이용하여 구동하게 된다. Boost converter는 Feedback loop의 형태에 따라 voltage-mode control과 current-mode control로 나뉜다. 본 논문에서는 current-mode control 방식 boost converter를 이용한 모바일용 White-LED driver IC에 대해 설계 및 제작 검증하였다.

2. 본론

본 논문에서 구현한 1 MHz switching LED driver IC는 7 개의 White-LED를 30 mA까지 구동하며 PWM & Analog Dimming이 가능하다. 그림 1은 설계한 Driver IC의 application circuit이다. 입력 전압은 mobile 기기의 Battery 전원으로 2.6~5.5 V이며 출력 전압은 LED 개수에 따라 입력 전압에서부터 30 V까지 이다.

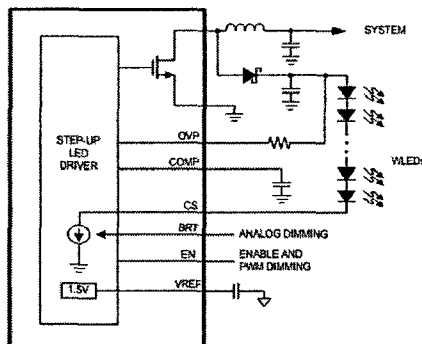


그림 1. White-LED Driver의 응용 회로

설계한 IC에 적용된 Current-mode control 방식은 입력 전압의 변화에 빠른 응답 특성을 가지고 single pole

feedback loop가 형성되므로 compensation이 쉽고 높은 Gain Bandwidth를 가진다. 또한 Current-mode control 방식은 기본적으로 Pulse-by-pulse current limiting을 포함하고 있어 별도의 current limiting circuit이 필요 없다[2]. 하지만 switching duty가 50 % 이상이 되면 sub-harmonic oscillation이 발생하므로 slope compensation이 요구되고 feedback loop는 출력 전류에 의해 형성되므로 power stage의 switching noise에 노출되어 있다[2-3].

그림 2는 설계한 IC의 내부 블록도이다. 설계한 IC는 functional 측면에서 봤을 때 크게 Bias & OSC block, Drive block, control block, protection block, PWM LED drive block 으로 나뉜다.

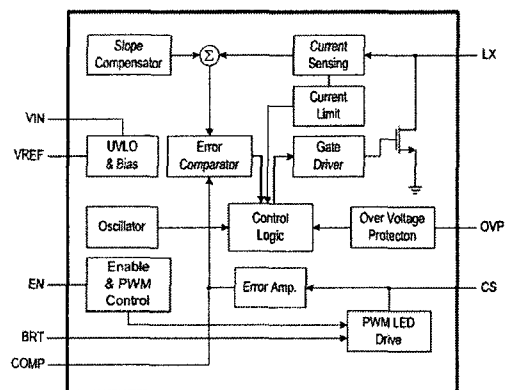


그림 2. 설계한 IC의 내부 블록도

설계한 IC의 블록별 구조 및 동작

a) Bias & OSC Block

입력 전압으로부터 BGR(Bandgap Reference)를 형성하며, 형성된 BGR은 current bias와 voltage bias를 제공하게 된다. Oscillator는 1 MHz switching과 soft-start 기능을 가능하도록 clock을 제공한다.

b) Drive Block

Boost converter의 power switch는 30 V 0.6 Ω DMOSFET을 사용하였다.

c) 출력 전류 sensing

Sense MOSFET을 이용하여 출력 전류를 2500 : 1의 비율로 sensing하여 current-mode control과 current limiting 동작을 할 수 있게 하였다.

d) Control Block

Current-mode control 방식을 적용하였으며 Error Amplifier와 Current sensing block, Error comparator로 구성되어 있다. Error Amp.의 출력과 Current Sensing block의 출력이 Error comparator에서 비교되어 power switch의 duty를 결정하게 된다.

e) Protection Block

Current Limit block은 출력 전류가 제한한 전류 이상일 경우 switch를 off시켜 과전류를 방지하고 또한 인덕터의 saturation을 방지하는 한다. UVLO(Under Voltage Lock-out) block은 입력 전압이 2.4 V이하에서 회로를 차단하고 Thermal shutdown block은 IC의 온도가 165 °C 이상일 때 회로를 차단한다. OVP(Over Voltage Protection) block은 출력 전압이 설정한 전압보다 높을 경우 switching 동작을 차단하여 원하는 출력 전압이상으로 올라가지 못하도록 설계되었다. soft-start 블록은 IC가 초기 동작 시 흐를 수 있는 inrush current를 줄여 IC를 보호하도록 하였다.

f) PWM LED drive block

Voltage equator를 이용한 matched MOS current source형태로 구성하였다. Current source의 gate를 Direct PWM switching하여 resolution 및 Linearity를 높였다.

PWM 입력과 동기되어 LED가 동작하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 4의 우측은 PWM 입력에 따른 LED current의 resolution을 측정된 파형이다. 측정 조건은 PWM freq.는 10 kHz이고 Duty는 50 %이다.

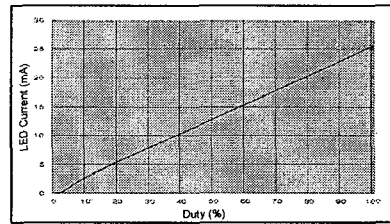


그림 5. PWM Duty & LED 평균 전류

그림 5는 PWM 입력의 duty를 변경하였을 때 LED에 흐르는 평균 전류를 측정된 그래프이다. duty와 평균 전류간의 선형성을 확인하였다.

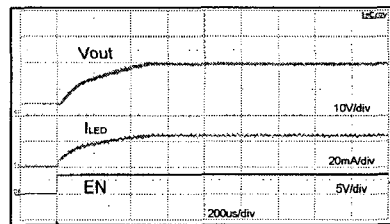


그림 6. Soft-start 동작 측정 파형

그림 6는 출력 전압의 soft-start 동작을 측정된 파형이다. Enable 신호이후 약 600 us의 시간을 가지고 출력 전압이 상승하는 것을 확인하였다.

3. 측정 결과 및 검토

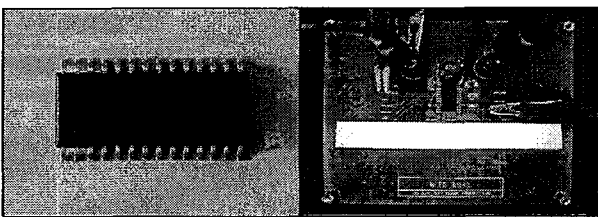


그림 3. 설계한 IC와 Application PCB에서 동작 모습

그림 3은 설계한 IC와 application PCB에서 동작하는 모습을 나타낸다. 측정 조건은 입력 전압은 4 V, LED current는 25 mA, White-LED의 개수는 7 개이다.

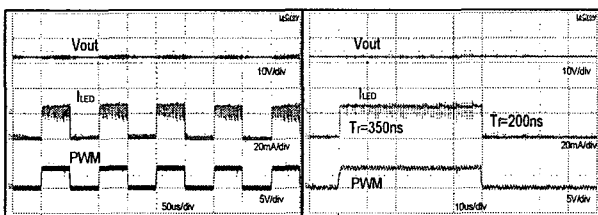


그림 4. PWM Dimming 측정 파형

그림 4의 좌측은 PWM Dimming 시에 입력 신호와 그에 따른 LED Current, 출력 전압을 측정된 파형이다.

4. 결론

본 연구에서는 mobile용 White-LED driver용 IC를 동부 하이텍 사의 BD350BA 공정을 사용하여 설계하였다. 제작된 구동 IC는 동작 입력 전압 범위에서 Boost 동작과 LED전류의 PWM & Analog Dimming 동작을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 SYSTEMIC2010의 연구비 지원에 의한 것입니다.

참고 문헌

- [1] Chia-Lin Chiu and Ke-Horng Chen. "A High Accuracy Current-Balanced Control Technique for LED Backlight", Power Electronics Specialists Conference, 2008. IEEE, p. 4202, 2008
- [2] Rovert Mammano, "Switching Power Supply Topology Voltage Mode vs. Current Mode", Unitrode Design Note, DN-62, p. 2, 1999.
- [3] Sanzaya Maniktala, "Switching Power Supplies A to Z", Newnes, p. 313, 2006