

# 동기식 벅 LED 드라이버를 부스트 모드 컨버터로 사용함으로써 전력 손실 제한 가능

## Limit Power Losses by Using a Synchronous Buck LED Driver as a Boost Mode Converter

동기 정류는 고전력 LED 드라이버에서 전력 손실을 제한하기 위해서 흔히 사용되는 기능이다. 고성능 벅 레귤레이터 IC가 제공하는 폭넓은 범용성을 활용함으로써 동기 벅 LED 드라이버를 부스트 모드 컨버터로 사용할 수 있다.

글/Keith Szolusha, Applications Engineering Section Leader, Power Products, Linear Technology

10A~40A 프로젝터 LED 같은 고전력 LED로 필요로 하는 애플리케이션에서는 비동기식 컨버터를 사용하면 외부 소자 부품이 과도한 스트레스를 받을 수 있으므로 동기식 벅 컨버터 드라이버를 흔히 사용한다. 동기 정류는 컨버터 스위치의 높은 전류로 인한 전력 손실과 열 상승을 제한할 수 있다. 그런데 고전력 스텝업(부스트) LED 드라이버에서도 1A~3A LED라 하더라도 동기 정류를 이용함으로써 동일한 효과를 거둘 수 있다. 벅 컨버터와 달리 부스트 컨버터는 피크 스위치 전류가 LED 전류보다 훨씬 높을 수 있으며, 특히나 출력 전류는 높고 입력 전압은 낮을 때는 더욱 그렇다.

그런데 특정한 애플리케이션에 따라서는 동기 부스트 LED 드라이버를 사용할 수 없는 경우가 많이 있다. 바로 이러한 경우에 동기 벅 LED 드라이버 IC를 사용하되, 스텝다운 컨버터로 작동하는 것이 아니라 스텝업 다시 말해서 부스트 모드 LED 드라이버로 작동할 수 있다.

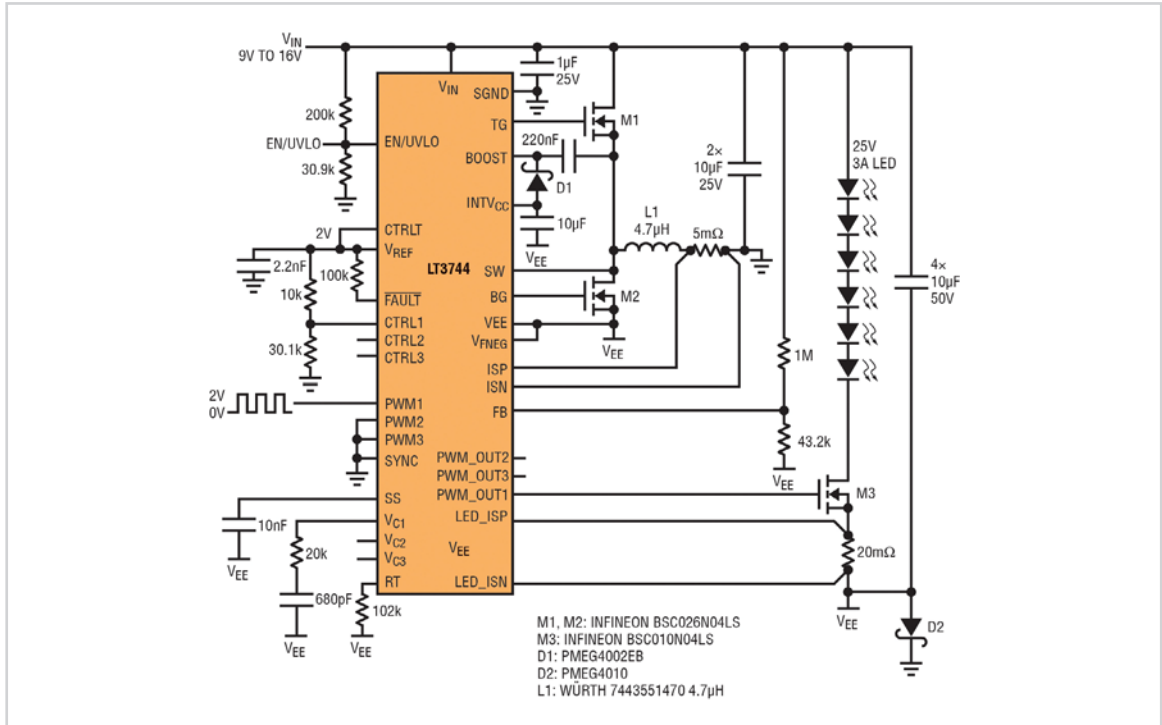
이러한 제품이 바로 Linear Technology의 LT3744 40V 동기 벅 LED 드라이버이다. LT3744는 프로젝터용으로 고전류 LED를 구동하도록 설계되었다. 이 IC 제품은 범용적인 부동  $V_{EE}$  출력을 제공하므로, 고전류 벅 애플리케이션에도 이용할 수 있고 양-대-음(벅-부스트) 토폴로지로도 이용할 수 있다. 다만 벅-부스트 토폴로지로 이용할 때는 히트 싱크 요구를 충족하기 위해서 고전

Synchronous buck converter drivers are commonly used when the current required for high power LEDs, such as 10A-40A projector LEDs, would overstress the components in a nonsynchronous converter. Synchronous rectification limits power losses and thermal rise due to high current in the converter switches. Synchronous rectification can offer the same benefits in high power step-up (boost) LED drivers—even with 1A to 3A LEDs. In contrast to a buck converter, the peak switch current of a boost can be much higher than the LED current, especially when output power is high and the input voltage is low.

There are a number of situations where a synchronous boost LED driver is not available for a particular application. For some of these cases, a synchronous buck LED driver IC can be used, but instead of operating as a step-down converter, it operates as a step-up, or boost mode LED driver.

For instance, take the LT3744 40V synchronous buck LED driver, which is designed to drive high current LEDs for projectors. It features a versatile, floating  $V_{EE}$  output that allows it to be used in both high current buck applications and positive-to-negative (buck-boost) topologies where the anode of the high current LED is connected to ground to

Figure1. Boost mode 9V-16V input to 25V, 3A LED driver with 98% efficiency



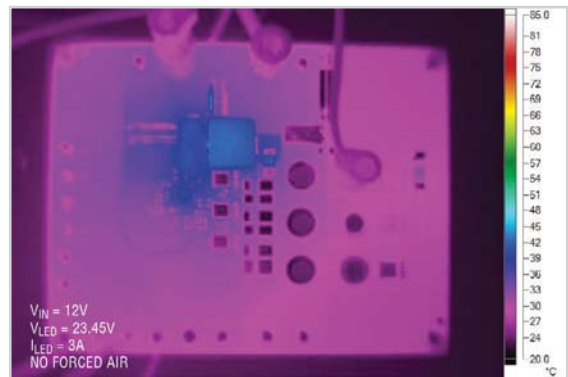
류 LED의 애노드를 접지로 연결해야 한다. 이 부동  $V_{EE}$  기능을 활용함으로써 원래 벽 애플리케이션에 사용하도록 설계된 이 디바이스를 동기 부스트 모드 LED 드라이버로 효과적으로 사용할 수 있는 것이다.

### LT3744 부스트 모드 LED 드라이버

그림 1의 LT3744 동기 부스트 모드 LED 드라이버는 자동차 입력(9V~16V)으로 3A 25V(75W) LED 스트링을 레귤레이트 하면서 98퍼센트 효율을 달성하고 있다. 이와 같은 전력 수준으로도 그림 2에서 보는 것과 같이 12V 입력을 이용해서 최대 소자 온도 상승이 45°C라는 것을 알 수 있다. 또한 이 IC는 LED 스트링이나 PWM 디밍 MOSFET을 GND로 연결하지 않고서도 접지 참조 입력 신호를 이용해서 120Hz로 10:1 아날로그 및 100:1 PWM 디밍을 수월하게 구현할 수 있다.

이 애플리케이션에서는 5mΩ 검출 저항을 이용해서 10A 피크 스위치 전류로 설정하고 있는데, 적절한 값의 인덕터와 더 낮은 값의 저전압 록아웃을 이용함으로써

Figure2. Boost mode LED thermal scan shows cool operation.



satisfy heat-sinking requirements. It is the floating  $V_{EE}$  feature that allows us to effectively use this part, originally designed for buck applications, as a synchronous boost mode LED driver.

### LT3744 BOOST MODE LED DRIVER

The LT3744 synchronous boost mode LED driver

이 솔루션을 단지 6V 입력만으로 15A 피크 스위치 전류로 동작하도록 조절할 수 있다.

LT3744의 음의  $V_{EE}$  레일은 -21V에 이를 수 있다. LT3744가 접지 참조 입력 제어 신호의 레벨 쉬프팅을 처리함으로써 설계를 간소화한다. 간편하게 접지 참조 PWM 입력 신호를 PWMOUT으로 레벨 쉬프팅 함으로써, PWM MOSFET을 제어하기 위해서 추가적인 레벨 쉬프팅 회로를 필요로 하지 않기 때문이다. 마찬가지로 LED 전류 설정 검출 저항을 -21V에 이르기까지 음의  $V_{EE}$  레일로 곧바로 연결할 수 있다.

### GND 및 $V_{EE}$ 레벨 쉬프팅

LT3744 LED 드라이버의 레벨 쉬프팅 기능(양-대-음 변환)은 고전류 접지-애노드 LED 드라이버를 지원하기 위한 것이다. 그런데 이 동일한 기능을 부스트 모드 애플리케이션에 사용할 수 있다. 이 때는  $V_{IN}$ 과 음의  $V_{EE}$  전위 사이에 LED 스트링을 연결한다. LED 검출 저항과 PWM 디밍 MOSFET 둘 다 LED 스트링의 하단에 배치함으로써, 접지 참조 PWM 입력으로부터 PWMOUT 신호로 레벨 쉬프트 하므로 기존의 부스트 PWM 디밍 셋업보다 결코 더 복잡하지 않은 토폴로지를 가능하게 한다. 입력 측은 간단한 LED 드라이버처럼 보이는 것으로서, 음의  $V_{EE}$ 가 어디에 배치되어 있던지 상관없이 CTRL, 아날로그 디밍, SYNC 입력, 인에이블 입력 모두를 신호 GND로 참조시킨다.

LT3744의  $V_{EE}$ 는 가장 낮게는 -21V까지 이를 수 있다. 25V  $V_{LED}$  애플리케이션일 때 개방 LED 과전압 보호를 약 26.5V로 설정할 수 있다. 일정 정도의 개방 LED 오버슈트를 염두에 둔 이 수치는 25V  $V_{LED}$  부스트 모드 애플리케이션으로 음의  $V_{EE}$ 가 -21V 한계를 넘게 되기까지  $V_{IN}$  최소값을 약 6V로 제한한다. 최소값인 6V 입력으로 동작하기 위해서는 그림 1의 솔루션으로 더 낮은 저전압 록아웃과 15A 피크 스위치 전류 한계를 수용할 수 있는 검출 저항 및 인덕터를 필요로 한다. 더 낮은  $V_{LED}$  스트링(전류 레벨은 상관 없이)일 때는 간단한 조절만으로 최소 입력 전압을 4V  $V_{IN}$ 으로까지 낮출 수 있다.

shown in Figure 1 regulates a 3A, 25V (75W) LED string from an automotive input (9V-16V) at 98% efficiency. Even at this power level, the maximum component temperature rise is 45°C with a 12V input, as shown in Figure2. The IC enables easy implementation of both 10:1 analog and 100:1 PWM dimming at 120Hz with ground-referred input signals, even though neither the LED string nor the PWM dimming MOSFET are connected to GND.

Although the 5mΩ sense resistor sets a 10A peak switch current in this application, the solution can be altered to operate with a 6V input and a 15A peak switch current; with an appropriately valued inductor and a lowered undervoltage lockout.

The negative  $V_{EE}$  rail on the LT3744 can reach -21V. The LT3744 simplifies design by handling the level-shifting of ground referenced input control signals. A simple ground referenced PWM input signal is level shifted to PWMOUT, so no additional level shifting circuitry is required to control the PWM MOSFET. Likewise, the LED current-setting sense resistor can be tied directly to the negative  $V_{EE}$  rail, all the way down to -21V.

### LEVEL-SHIFTED GND AND $V_{EE}$

The level-shifting, positive-to-negative conversion, feature of the LT3744 LED driver is designed to support high current grounded-anode LED drivers. Nevertheless, the same feature can be used for boost mode applications where the LED string is connected between  $V_{IN}$  and a negative  $V_{EE}$  potential. Because the LED sense resistor and PWM dimming MOSFET are both located at the bottom of the LED string, the level-shifted PWMOUT signal from the ground-referred PWM input yields a topology that looks no more complicated than a traditional boost PWM dimming setup. The input side looks like a straightforward LED driver, with CTRL analog dimming, SYNC input and enable inputs all referred to signal GND, no matter where negative  $V_{EE}$  lies.

### 부스트 모드 설명

부스트 모드 컨버터는 전통적인 부스트 레귤레이터와 많은 점에서 동일하다. 그림 3에서 보는 것과 같이 보통과 다른 배선과 하측 스위치가 아니라 상측 스위치 S1이 메인 제어를 한다는 점을 제외하고는, 이 부스트 모드 컨버터는 기존의 부스트 컨버터와 동일한 듀티 사이클, 리플 전류, 전압 스트레스를 나타낸다. 동기 정류가 필요하지 않을 때는, 전통적인 부스트 레귤레이터에서처럼 S2를 통상적인 캐치 다이오드 D1으로 교체함으로써 동기식 벅 레귤레이터를 부스트 모드 드라이버로 사용할 수 있다.

그림 4의 이득 위상 보드 플롯(bode plot)을 보면 부스트 모드 컨버터의 제어 루프도 전통적인 부스트 레귤레이터처럼 동작한다는 것을 알 수 있다. 10kHz 크로스오버 주파수, 60°C 위상 마진, -15dB 이득 마진으로서 그림 1의 LED 드라이버가 안정적이고 신뢰할 수 있게 동작한다는 것을 알 수 있다.

The LT3744's  $V_{EE}$  can go all the way down to -21V. Open LED overvoltage protection is set at about 26.5V for the 25V  $V_{LED}$  application. With some open LED overshoot in mind, this limits the  $V_{IN}$  minimum to about 6V for a 25V  $V_{LED}$  boost mode application before negative  $V_{EE}$  goes beyond the -21V limit. To operate at the minimum 6V input, the solution in Figure 1 requires a lower undervoltage lockout and a sense resistor and inductor that can accommodate 15A peak switch current limit. With lower  $V_{LED}$  strings (at any current level), the minimum input voltage can be dropped to 4V  $V_{IN}$  with some simple adjustments.

### MORE ABOUT BOOST MODE

A boost mode converter has many of the same properties of traditional boost regulators. As shown in Figure 3, with the exception of the unusual topological hookup and the main control of high side switch S1

Figure3. Boost mode current ripple, duty cycle and voltage stress are the same as those of traditional boost regulators.

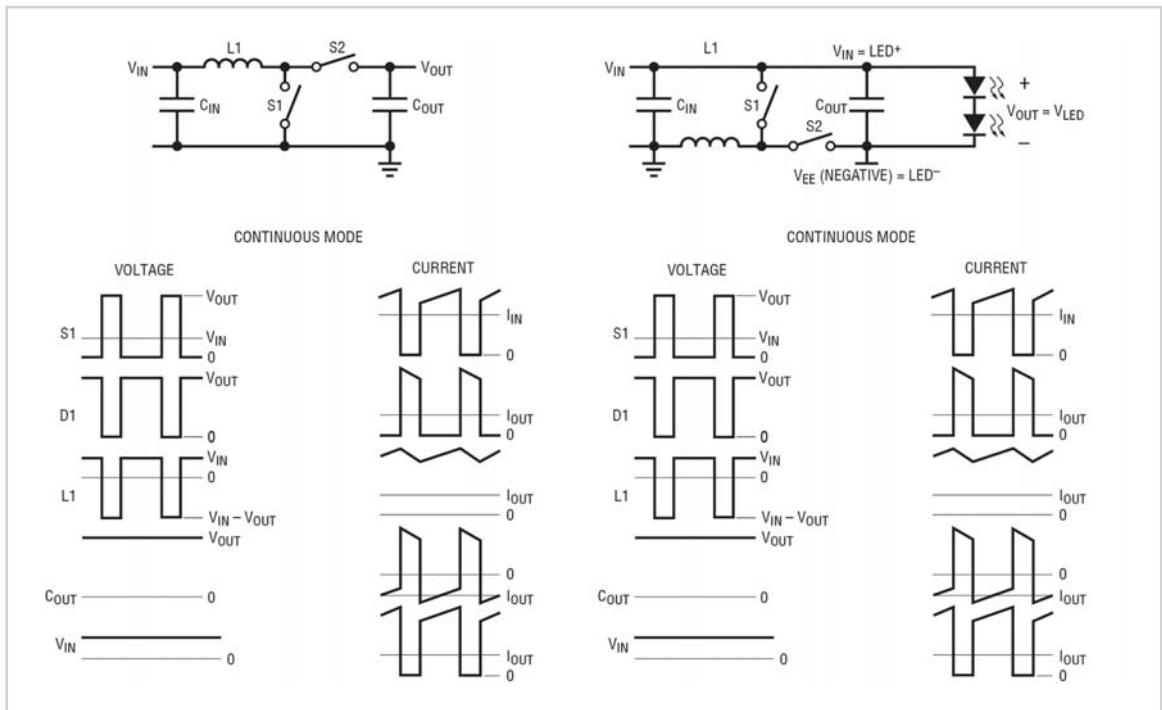
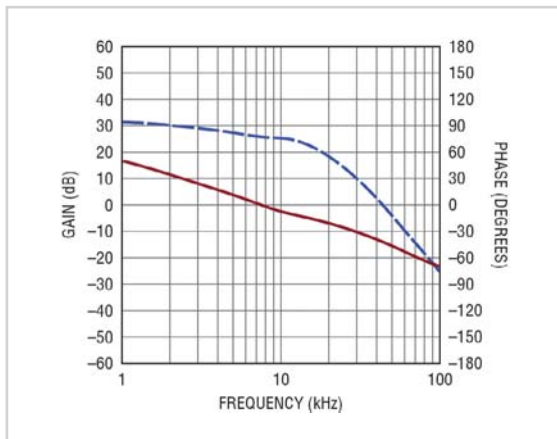


Figure4. Boost mode control loop gain and phase shows typical bandwidth.



## 요약

동기 정류는 고전력 LED 드라이버에서 전력 손실을 제한하기 위해서 흔히 사용되는 기능이다. 이 글에서 살펴본 바와 같이 고성능 벡 레귤레이터 IC가 제공하는 이 기능의 폭넓은 범용성을 활용함으로써 동기 벡 LED 드라이버를 부스트 모드 컨버터로 사용할 수 있다. 이러한 예로서 LT3744 동기 벡 LED 드라이버를 고효율 9V~16V 입력 대 25V LED 3A 부스트 모드 LED 드라이버로 사용할 수 있으며 75W 컨버터로 98퍼센트 효율을 달성할 수 있다. 또한 이 IC의 특징적인 점으로서 필요에 따라서 SGND에서  $-V_{EE}$ 로 제어 신호를 레벨 쉬프트할 수 있으며 통상적인 부스트에 필요로 하는 것보다 결코 더 많지 않은 소자 부품을 사용해서 부동 부스트 모드 토폴로지를 구현할 수 있다. **SN**

instead of a low side switch, this boost mode converter features the same duty cycle, ripple current and voltage stress that a tradition boost converter would. If synchronous rectification is not required, a nonsynchronous buck regulator can be used as a boost mode driver, with S2 replaced by a typical catch diode D1, as in a traditional boost regulator.

The gain-phase Bode plot in Figure 4 shows that even the control loop of boost mode converter acts like a traditional boost regulator. With a 10kHz crossover frequency,  $60^\circ$  of phase margin, and -15dB of gain margin, the LED driver shown in Figure 1 is stable and reliable.

## CONCLUSION

Synchronous rectification is a feature commonly called on to limit power losses in high power LED drivers. As shown here, a synchronous buck LED driver can be used as boost mode converter, capitalizing on the wide availability of this feature in high performance buck regulator ICs. Specifically, the LT3744 synchronous buck LED driver can be used as a high efficiency 9V-16V input, 25V LED 3A boost mode LED driver, yielding 98% efficiency for a 75W converter. The unique ability of this IC to level shift control signals as needed from SGND to  $-V_{EE}$  makes it possible to produce a floating boost mode topology with no more components than needed in a traditional boost. **SN**

## 바로잡습니다

반도체네트워크 6월호 Special Report에 게재 된 <MCU 특성과 기능 이해>의 자료제공을 ST마이크로일렉트로닉스로 바로잡습니다.