

최소한의 외부 소자만을 사용한 절연형 이산 포워드 DC/DC 컨버터 설계

Isolated Discrete Forward DC/DC Requires Minimal External Components

토폴로지 전용 컨트롤러, 규격형 평면 자기 소자, 애플리케이션 디자인, 데모 보드, Gerber 파일들이 제공됨으로써 디자이너들이 이제 전원 변환 디자인을 작성하기 위해서 모든 필요한 것들을 갖추게 되었으며, 그럼으로써 자체적인 절연형 DC/DC 컨버터를 그 어느 때보다 더 간단하고 쉽게 설계할 수 있게 되었다.

글/Bruce Haug, Sr. Product Marketing Engineer, Power Products, Linear Technology

머리말

고밀도 절연형 DC/DC 컨버터는 지난 25년을 거쳐오면서 많은 변화를 겪었다. 이 당시에 풀 브릭(full-brick) 및 하프 브릭(half-brick) 폼팩터가 도입되었다. 그러면서 원격통신, 데이터통신, 산업용, 의료용 시스템 등에서 버스 전압을 사용해서 시스템 내의 모든 보드로 공급하고 각기 보드 상에서 각자 절연형 DC/DC 컨버터를 사용하는 분산 전력 아키텍처로 이들 브릭의 사용이 빠르게 확대되었다. 이러한 많은 브릭 모듈은 수백 개의 소자들로 이루어졌으며, PCB 상에 이산적(discrete) 전원장치를 설계하는 것보다 이들 브릭을 사용하는 것이 훨씬 더 간편한 방법이었다. 많은 전원장치 업체들이 서둘러서 이 시장에 뛰어 들었으며 시장의 중견 업체들을 따라잡으려고 애썼다. 많은 업체들이 시장에 제품을 내놓기 위해서 여러 해 동안 고생스러운 개발 기간을 거쳐야 했으며 경쟁사 제품을 능가하는 제품을 내놓고자 자체적인 자기 소자, 토폴로지, 제어 기법들을 도입하였다. 그럼으로써 동일한 풋프린트로 그리고 또 각기 독자적인 특허기술 크기 및 핀아웃으로 다수의 제품들이 쏟아져 나왔다. 그럼으로써 폼팩터가 1/4, 1/8, 1/16 브릭을 포함하도록 확대되었으며 그 외에도 필요한 출력 전력에 따라서 무수히 다양한 변형적인 크기가 가능하게 되었다.

Introduction

High density isolated DC/DC converters have significantly changed during the course of the past 25 years. The introduction of the full and half-brick form factors back then created a rush to use them in distributed power architectures in telecom, datacom, industrial and medical systems where a bus voltage is routed to every board within a system and each board had its own isolated DC/DC converter. Many of these bricks incorporated several hundred parts making it much easier to utilize them instead of designing a discrete supply on the PCB. At the time, there was much haste by several power supply companies to get into this market and catch up with the leaders in the field. Many went through several years of painstaking development to bring their products to market, creating their own magnetics, topologies and control schemes, always trying to outperform the competitive offerings. Many came out with the same footprint and others with their own patented sizes and pin-outs. Consequently, these footprints were expanded to include 1/4, 1/8 and 1/16 bricks, along with countless variations of other sizes depending on the output power required.

그런데 특정 애플리케이션용 DC/DC 컨트롤러와 모노리틱 디바이스가 등장하고 규격형 평면 전력 트랜스포머 및 인덕터가 등장함에 따라서 이산적 디자인을 설계하기가 훨씬 더 수월하게 되었다. 실제로 플라이백은 15개 소자와 포워드 컨버터는 20개 소자만을 사용해서 절연형 디자인을 설계할 수 있게 되었다. 특정 애플리케이션용 컨트롤러와 모노리틱 디바이스가 등장함으로써 디자이너들이 절연형 DC/DC 컨버터를 개발하는 작업을 전혀 새로운 차원에서 접근할 수 있는 새로운 시대가 열리게 되었다. MOSFET 스위칭, V_{DS} 정격, $R_{DS(ON)}$ 의 향상 역시 이산적 디자인을 설계하는 데에 훨씬 더 도움이 되고 있다. 또 어떤 디자인은 피드백 루프로 더 이상 옵토커플러나 신호 트랜스포머를 필요로 하지 않게 되었으며, $-55^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 의 동작 온도로 운용 애플리케이션에 사용할 수 있는 제품들도 다수가 등장해 있다.

절연 출력은, 원격통신 및 데이터통신 애플리케이션에서 48V 절연을 필요로 하는 것뿐만 아니고 다양한 유형의 DC/DC 컨버터 애플리케이션에서 필요로 한다. 잡음에 민감한 장치는 자동차 배터리, 중간 버스, 산업용 입력 같이 잡음이 심한 입력 전압으로부터 접지 차단을 하기 위해서 절연을 필요로 할 수 있다. 디스플레이, 프로그래머블 로직 컨트롤러(PLC), GPS 시스템, 의료용 모니터링 장비 등등이 모두 잡음이 심한 버스 전압으로 인해서 부정적으로 영향을 받을 수 있다. 검사용 카메라, 치과용 장비, 수면 및 생체 신호 모니터링 장비 모두가 디스플레이를 사용하므로 잡음이 심한 소스 전압으로 인해서 해로운 영향을 받을 수 있다. 절연형 전원은 접지 분리를 제공함으로써 잡음으로 인한 디스플레이 이상을 막을 수 있다.

Linear Technology는 절연형 고밀도 DC/DC 컨버터에 사용하도록 플라이백, 포워드, 푸쉬-풀, 풀-브리지 토폴로지 용으로 포괄적인 유형의 전용적인 컨트롤러 제품들을 내놓고 있다. 제품에 따라서 동기 정류를 사용하거나 사용하지 않으며, 대다수 제품이 옵토커플러를 필요로 하지 않고, 어떤 제품은 신호 트랜스포머를 사용해서 피드백 루프를 폐쇄하고 또 어떤 제품은 일차 트랜스포머 권선으로부터 출력 전압을 검출하는 방식을 쓴다. 또한 이들 제품은 기본적으로 산업용 시장(9V~32V)과

However, with the introduction of application specific DC/DC controllers and monolithic devices, along with off-the-shelf planar power transformers and inductors have made it much simpler to produce discrete designs. In fact, an isolated design can be done with 15 parts for a flyback and 20 parts for a forward converter. This new era of application specific controllers and monolithic devices has given designers a different avenue for the development of isolated DC/DC converters. Improved MOSFET switching, V_{DS} ratings and $R_{DS(ON)}$ have also helped to make it easier to do discrete designs. Some designs also no longer require an opto coupler or signal transformer in the feedback loop, and many can be used for military applications with operation from -55°C to 150°C .

Isolated outputs are required for a broad range of DC/DC converter applications - not just the telecom and datacom mandated 48V isolation requirements. Isolation can be necessary for noise sensitive devices needing ground separation from a noisy input voltage, such as a car battery, intermediate bus and industrial inputs. Displays, programmable logic controllers, GPS systems and some medical monitoring devices can all be negatively affected by a noisy bus voltage. Examination cameras, dental instruments, sleep and vital sign monitors all use displays that can be adversely affected by a noisy source voltage. Nevertheless, an isolated power supply provides ground separation which can eliminate the noise causing display irregularities.

Linear Technology has a full line of topology specific controllers that can be used in isolated high-density DC/DC converters for flyback, forward, push-pull, full-bridge topologies. Some versions exist with or without synchronous rectification, most without optocouplers, some with a signal transformer to close the feedback loop and others sensing the output voltage from the primary side transformer winding. They consist of two two fundamental input voltage ranges, one for the Industrial market (9-32V) and the other for the Telecom/Datacom (36-75V) market,

원격통신/데이터통신(36V~75V)에 사용하기 위한 두 가지 입력 전압 범위로 구성되었으며, 일부 제품은 18V~75V 입력 전압 범위로 동작하는 제품도 있다. 또한 Linear Technology는 이들 모든 토폴로지로 1.2V~48V에 이르는 입력 전압 및 출력 전압 범위로 사전에 설계된 디자인들을 제공한다. 또한 사용자들을 위해서 각기 디자인에 대해서 데모 보드, 전기 회로도, BOM(bill of materials), Gerbers 파일을 제공한다. 또한 킷스타트 가이드를 제공하므로 부하/라인 레귤레이션, 리플과 잡음, 효율, 트랜션트 응답 등의 성능 곡선을 확인할 수 있다.

절연형 파워드 컨버터

절연형 고밀도 DC/DC 컨버터에 가장 널리 사용되고 있는 토폴로지는 파워드 컨버터이다. Linear Technology는 다양한 유형의 파워드 컨트롤러 제품을 제공한다. 어떤 제품들은 제어를 위해서 단일의 일차 IC로 동작하고, 또 어떤 제품들은 동기 MOSFET의 제어, 타이밍, 구동을 위해서 일차 및 이차 IC 둘 다를 사용한다. 벡 컨버터 디자이너들은 동기 정류와 다위상 인터리빙 전력 스테이지를 채택한 최신 컨트롤러 IC를 사용함으로써 단순성, 높은 효율, 신속한 트랜션트 응답이라는 측면에서 유리함을 누리고 있다. 그런데 이제 파워드 컨버터로도 바로 이러한 이점들이 가능하게 되었다. 최근에 출시된 LT8310이 바로 그러한 제품으로서 적은 수의 소자만을 필요로 한

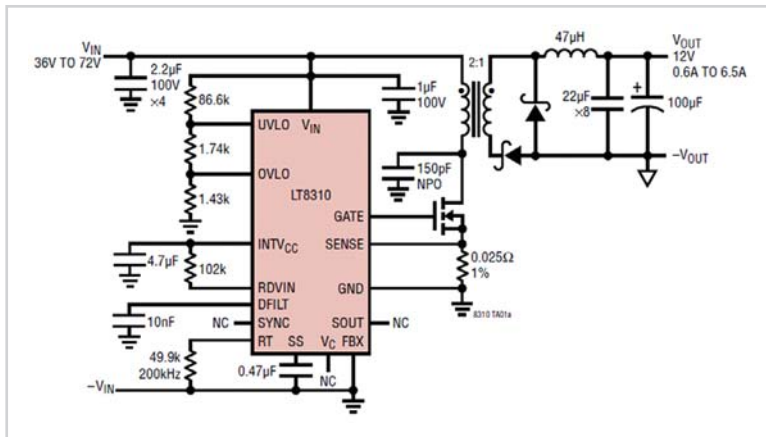
along with some that operate over an 18V to 75V input voltage range. Linear Technology has pre-fabricated designs for all of these topologies and input voltage and outputs voltages ranging from 1.2V to 48V. Users can have access to demonstration boards, electrical schematics, and bill of materials and Gerbers files for each design. A quick start guide provides performance curves, including load/line regulation, ripple & noise, efficiency and transient response.

Isolated Forward Converters

One of the most popular topology's used in isolated high-density DC/DC converters is the forward converter. Linear Technology offers several types of forward controllers, some of which operate with a single primary ICs for control. Others have both a primary and secondary IC's for control, timing and the driving of synchronous MOSFETs. Buck converter designers have long benefited from their simplicity, high efficiency and fast transient response; made possible by the latest controller ICs featuring synchronous rectification and multiphase interleaved power stages. However, these same features are now available in forward converters and the recently released LT8310 is an example of a device that can be used in a low parts count application. In fact, the LT8310 schematic below in figure 1, uses only 20 parts to complete an isolated forward converter with an output power of up to 78 watts.

This circuit produces a 12V output at up to 6.5A from a nominal 48V input with efficiencies as high as 92%. This primary-side forward controller, with resonant reset operates, over an input voltage range of 6V to 100V and is targeted for power levels up to 200W. This device can be used in either synchronous or non-synchronous applications. For synchronous operation, the LT8310

Figure 1. LT8310 Isolated Forward Delivers 78W Output with Only 20 Parts



다. 실제로 **그림 1**의 LT8310 회로는 20개 소자만을 사용해서 최대 78와트 출력 전력의 절연형 파워 컨버터를 완성할 수 있다.

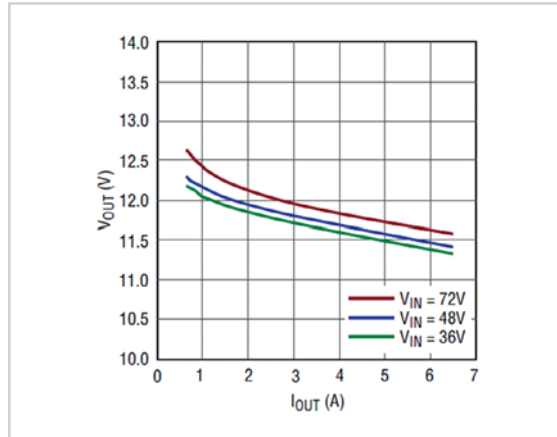
이 회로는 공칭 48V 입력으로 최대 6.5A로 12V 출력을 제공하며 최대 92퍼센트에 이르는 효율을 달성한다. 이 일차측(primary-side) 파워 컨트롤러는 6V~100V 입력 전압 범위로 동작하며 최대 200W에 이르는 전력을 제공할 수 있다. 이 디바이스 제품은 동기 애플리케이션과 비동기 애플리케이션에 사용할 수 있다. 동기 동작의 경우에는, LT8310이 동기 정류 타이밍으로 펄스 트랜스포머를 통해서 이차측 MOSFET 드라이버로 제어 신호를 전송한다. 동기 디자인은 전력이 높거나 출력 전압이 낮은 애플리케이션에 사용하기에 유리하다. **그림 2**에서 보는 것과 같이 옵토커플러를 사용하지 않고서 $\pm 8\%$ 의 출력 전압 레귤레이션을 달성할 수 있다.

옵토커플러를 사용하면 $\pm 1.5\%$ 의 레귤레이션을 달성할 수 있다. 프로그래머블 볼트-초 클램프 기능이 트랜스포머 리셋에 대해서 보호 기능을 제공함으로써 포화를 방지하고 MOSFET을 보호한다. 이 기능이 트랜스포머와 MOSFET을 최적화하고 전반적인 솔루션 크기를 줄일 수 있도록 한다. LT8310은 고전압 핀 간격의 TSSOP-20 패키지로 제공된다.

플라이백 컨버터 디자인

낮은 전력으로 좀더 단순한 절연형 DC/DC 컨버터 솔루션을 원할 때는 플라이백 토폴로지를 사용할 수 있다. 플라이백 컨버터는 여러 해 전부터 절연형 DC/DC 애플리케이션에 널리 사용되고 있다. 하지만 디자이너들이 반드시 이 토폴로지를 가까이 선택하는 것은 아니다. 전 원장치 디자이너들이 플라이백 컨버터를 선택하는 것은 설계하기가 쉬워서가 아니라 낮은 수준의 절연형 전력을 필요로 하기 때문에 어쩔 수 없이 그렇게 하는 것이다. 플라이백 컨버터는 제어 루프 상의 'right-half-plane zero' 문제 때문에 안정성 문제를 겪을 수 있을 뿐만 아니라, 옵토커플러의 노후화와 이득 변동으로 인해서 문제를 악화시킬 수 있다. 그러므로 플라이백 컨버터는 트랜스포머와 관련해서 상당한 작업 시간을 필요로 하는

Figure 2. LT8310 Output Voltage Regulation of figure 1 Schematic



sends a control signal via a pulse transformer to a secondary-side MOSFET driver for synchronous rectification timing. Synchronous designs are most advantageous for higher power or lower output voltage applications. An output voltage regulation of $\pm 8\%$ can be attained without the use of an opto-coupler as shown in **figure 2**.

When an opto-coupler is used, $\pm 1.5\%$ regulation can be realized. A programmable volt-second clamp provides a safeguard for transformer reset that prevents saturation and protects the MOSFET. This function optimizes the transformer and MOSFET, reducing overall solution size. The LT8310 is available in a TSSOP-20 package with several pins removed for high voltage spacing.

Flyback Converter Design

For an even simpler isolated DC/DC converter solution at lower power levels, the flyback topology could be used. Flyback converters have been widely used in isolated DC/DC applications for many years; however, they are not necessarily a designer's first choice. Power supply designers unwillingly select a flyback converter out of necessity for lower power isolated requirements, not because they are easier to design. The flyback converter has stability issues due to the right-half-plane zero in the control loop which is further complicated by the aging and

데다가, 또 다른 문제는 규격형 자기 소자를 선택할 수 있는 선택 폭이 제한적이고 그림으로써 주문형 트랜스포머를 필요로 할 수 있다는 것이다. 그런데 최근에는 전력 변환 기술이 발전함에 따라서 절연형 컨버터를 설계하기가 훨씬 더 쉬워졌다. Linear Technology의 LT8302 절연형 플라이백 컨버터는 플라이백 디자인을 설계할 때의 이와 같은 많은 문제들을 해결한다.

LT8302는 옵토커플러, 이차측 레퍼런스 전압, 추가적인 삼차 권선을 필요로 하지 않으며 일차측과 이차측 사이에 절연 벽을 가로질러서 절연을 유지하기 위해서 필요한 소자로서 전력 트랜스포머 하나만을 필요로 한다.

LT8302는 일차측 검출 기법을 채택함으로써 플라이백 일차측 스위칭 노드 파형으로부터 출력 전압을 검출할 수 있다. 스위치 오프 시간에는 출력 다이오드가 출력으로 전류를 공급하고 출력 전압은 플라이백 트랜스포머의 일차측으로 반사된다. 스위치 노드 전압의 크기는 입력 전압과 반사된 출력 전압의 합이다. 이것을 LT8302가 복원할 수 있다. 이러한 출력 전압 피드백 기법을 사용함으로써 전체적인 라인, 부하, 온도 범위에 걸쳐서 전 반적으로 $\pm 5\%$ 이내의 레귤레이션을 달성한다. **그림 3**은 LT8302를 사용한 플라이백 컨버터 회로로서 14개 외부 소자만을 필요로 한다.

LT8302는 8리드 열 향상 SO-8 패키지로 제공되며 2.8V~42V의 입력 전압을 수용할 수 있다. 견고한 온보드 3.6A 65V 내부 DMOS 전력 스위치를 통해서 최대 18W에 이르는 출력 전력을 공급할 수 있다.

또한 LT8302는 경부하 시에 저-리플 Burst Mode로 동작함으로써 정지 전류를 단 106 μ A로 낮출 수 있다. 그

gain variation of an optocoupler. A flyback converter requires a significant amount of time devoted to the design of the transformer, a task further complicated by the normally limited selection of off-the-shelf magnetics and the possible necessity for a custom transformer. Recent advances in power conversion technology have made isolated converters much easier to design. Linear Technology's LT8302 isolated flyback converter solves many of these flyback design obstacles.

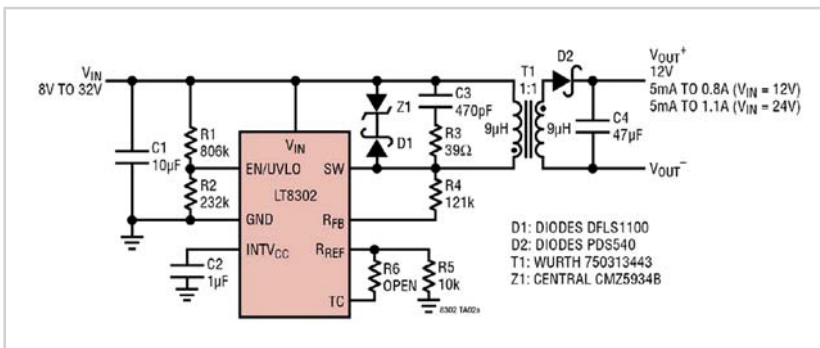
The LT8302 eliminates the need for an optocoupler, secondary-side reference voltage and extra third winding off the power transformer, all while maintaining isolation between the primary and secondary-side with only one part, the power transformer, having to cross the isolation barrier. The LT8302 employs a primary-side sensing scheme which is capable of sensing the output voltage through the flyback primary-side switching node waveform. During the switch off-period, the output diode delivers the current to the output and the output voltage is reflected to the primary-side of the flyback transformer. The magnitude of the switch node voltage is the summation of the input voltage and reflected output voltage, which the LT8302 is able to reconstruct. This output voltage feedback technique results in better than $\pm 5\%$ total regulation over the full line, load, and temperature range. **Figure 3** shows a flyback converter schematic using the LT8302 with only 14 external components.

The LT8302 is available in an 8-lead thermally enhanced

SO-8 package and accepts an input voltage from 2.8V to 42V. Its onboard 3.6A, 65V rugged internal DMOS power switch allows it to deliver up to about 18W of output power.

Furthermore, the LT8302 runs in a low-ripple Burst Mode Operation at light load

Figure 3. LT8302 Flyback Converter with Primary Side Output Voltage Sensing



럼으로써 슬립 모드로 출력 전압 레귤레이션을 유지하면서 배터리 사용 시간을 늘릴 수 있다. 그 밖의 특징적인 점으로서 내부 소프트 스타트와 저전압 록아웃 기능을 포함한다. 출력 전압을 설정하기 위해서 트랜스포머 권선 비율을 조정하고 1개의 외부적 저항만 있으면 된다.

일차측 출력 전압 검출

절연형 컨버터의 출력 전압 검출을 위해서는 통상적으로는 옵토커플러와 이차측 레퍼런스 전압을 필요로 한다. 옵토커플러가 절연 벽을 유지하면서 광 링크를 통해서 출력 전압 피드백 신호를 전송한다. 그런데 옵토커플러는 온도에 따라서 그리고 노후화로 인해서 권선 비율이 변화함으로써 정확도를 떨어뜨릴 수 있다. 또한 옵토커플러는 유닛마다 변동적임으로써 회로마다 이득/위상 특성이 달라지게 할 수 있다. 또한 플라이백 디자인으로 전압 피드백을 위해서 피드백 루프를 폐쇄하기 위해서 추가적인 트랜스포머 권선을 사용할 수 있다. 이러한 추가적인 트랜스포머 권선은 트랜스포머의 크기와 비용을 늘리고 출력 전압 레귤레이션이 떨어질 수 있다.

LT8302는 트랜스포머 일차측으로부터 출력 전압을 검출함으로써 옵토커플러나 추가적인 트랜스포머 권선을 필요로 하지 않는다. **그림 4**에서 보듯이 전력 트랜지스터의 오프 시간에 일차측 스위칭 노드 파형으로부터 출력 전압을 정확하게 측정할 수 있는 것이다. 여기서 N 은 트랜스포머 권선 비율이고, V_{IN} 은 입력 전압이고, V_C 는 최대 클램프 전압이다.

LT8302의 트랜스포머 선택 및 설계 고려사항

트랜스포머 사양과 디자인이 아마도 LT8302를 사용한 설계 작업에서 가장 중요한 부분일 것이다. 누설 인덕턴스가 낮고 긴밀한 결합을 이루는 고주파 절연형 전원장치 트랜스포머 디자인을 다룰 때의 통상적인 주의사항들에 대해서 트랜스포머 권선 비율을 엄격하게 조정해야 한다.

Linear Technology는 LT8302에 사용하도록 잘 설계된 플라이백 트랜스포머를 제공하기 위해서 많은 자기 소자 업체들과 협력하고 있다. **표 1**은 LT8302 데이터

which reduces the quiescent current to only 106 μ A, a feature that increases the battery run-time during sleep mode with the output voltage in regulation. Other features include internal soft-start and undervoltage lockout. The transformer turns ratio and 1 external resistor are all that is needed to set the output voltage.

Primary-Side Output Voltage Sensing

Output voltage sensing for an isolated converter normally requires an optocoupler and secondary side reference voltage. An optocoupler transmits the output voltage feedback signal through the optical link while maintaining the isolation barrier. However, an optocoupler transfer ratio changes with temperature and aging, degrading its accuracy. Optocouplers also can be nonlinear from unit to unit which causes different gain/phase characteristics from circuit to circuit. A flyback design employing an extra transformer winding for voltage feedback can also be used to close the feedback loop. However, this extra transformer winding increases the transformer's size cost and does not provide very good output voltage regulation.

The LT8302 eliminates the need for an optocoupler or extra transformer winding by sensing the output voltage on the primary-side of the transformer. The output voltage is accurately measured at the primary-side switching node waveform during the off time of the power transistor as shown in **figure 4**, where N is the turns ratio of the

Figure 4. Typical Switch Node Waveform

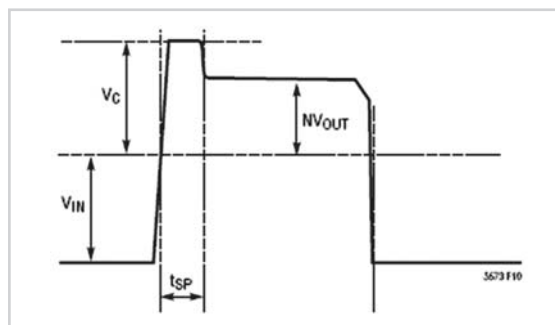



Table 1. LT8302 Off-the-Shelf Transformers

Target Application	Supplier	Part Number
8V - 32Vin to 3.3V @ 2.1A	Würth Elektronik	750311625
8V - 32Vin to 5V @ 1.5A	Würth Elektronik	750311564
8V - 32Vin to 8V @ 0.9A	Würth Elektronik	750311624
8V - 32Vin to ±12V @ 0.3A	Würth Elektronik	750311624
8V - 32Vin to 24V @ 0.3A	Würth Elektronik	750313445
8V - 32Vin to 48V @ 0.15A	Würth Elektronik	750313457
4V - 18Vin to 5V @ 0.9A	Würth Elektronik	750313460
4V - 18Vin to 12V @ 0.4A	Würth Elektronik	750311342
18V - 42Vin to 3.3V @ 2.1A	Würth Elektronik	750313439
18V - 42Vin to 5V @ 1.6A	Würth Elektronik	750313442

시트에서 확인할 수 있는 것으로서 Würth Elektronik에서 제공하고 있는 권장 트랜스포머 목록이다. 이들 트랜스포머 제품은 일차측에서 이차측으로 1분 동안 1,500VAC의 항복 전압을 견딜 수 있다. 더 높은 항복 전압과 주문형 트랜스포머 제품을 사용할 수도 있다.

맺음말

토폴로지에 따라서 전용적인 제어 IC들이 다양하게 제공됨으로써 몇 년 전까지만 해도 긴 개발 시간이 걸렸던 것과 달리 디자이너들이 자체적인 고밀도 DC/DC 컨버터를 훨씬 더 수월하게 설계할 수 있게 되었다. 디자이너들이 자신이 선택하고자 하는 디자인과 소자 부품들에 대해서 좀더 자유롭게 통제가 가능하게 됨에 따라서 표준형 제품으로는 이용할 수 없는 특정한 기능들을 설계할 수 있을 뿐만 아니라 경우에 따라서는 전반적인 비용을 낮출 수도 있게 되었다. 토폴로지 전용 컨트롤러, 규격형 평면 자기 소자, 애플리케이션 디자인, 데모 보드, Gerber 파일들이 제공됨으로써 디자이너들이 이제 전원 변환 디자인을 작성하기 위해서 모든 필요한 것들을 갖추게 되었으며, 그럼으로써 자체적인 절연형 DC/DC 컨버터를 그 어느 때보다 더 간단하고 쉽게 설계할 수 있게 되었다. 

transformer, V_{IN} is the input voltage and V_C is the maximum clamped voltage.

Transformer Selection and Design Considerations for the LT8302

The transformer specification and design is probably the most critical part of successfully applying the LT8302. In addition to the usual list of caveats dealing with high frequency isolated power supply transformer design of having a low leakage inductance and close coupling, the transformer turns ratio must be tightly controlled.

Linear Technology has worked with several magnetic component manufactures to produce pre-designed flyback transformers for use with the LT8302. **Table 1** shows a list of recommended off-the-shelf transformers from Würth Elektronik that can be found in the LT8302 data sheet. These transformers typically withstand a 1,500VAC breakdown voltage for one minute from the primary to secondary. Higher breakdown voltages and custom transformers can also be utilized.

Conclusion

The widely available application specific control ICs have allowed companies to design their own high density DC/DC converters without having to go through long development cycles that designers faced just a few years ago. Companies allow their designers to have complete control over the design and components used, enabling them to design specific functions that may not be available in standard products and oftentimes allows them to realize a lower overall cost. With the advent of topology specific controllers, off-the-shelf planar magnetics, application specific circuits, demonstration boards and Gerber files users now have a complete line-up of power conversion designs, making it easier and simpler to produce their own isolated DC/DC converters. 