

낮은 무부하 전류 서지 스토퍼: ISO 7637-2 및 ISO 16750-2 준수하는 견고한 자동차 전원 보호

Low Quiescent Current Surge Stopper: Robust Automotive Supply Protection for ISO 7637-2 and ISO 16750-2 Compliance

최근에 자동차 제조업체는 자체적인 노력과 국제표준화기구(ISO)의 ISO 7637-2 및 ISO 16750-2 표준을 결합하고 있는데, 이 표준은 발생 가능한 과도전압을 설명하고, 이를 시뮬레이트 하는 테스트 방법을 규정한다.

글/덴 에들먼(Dan Eddleman), 혼합 신호 제품 수석 애플리케이션 엔지니어, 리니어 테크놀로지(Linear Technology)

자동차 전원장치는 노출된 온보드 전자장치에 쉽게 손상을 줄 수 있는 상당히 높은 과도전압을 발생시킨다. 자동차에 탑재되는 전자장치들이 갈수록 증가하면서 전원장치의 과도전압으로 인해 많은 고장이 발생하고 있으며, 이에 따라 자동차 제조업체는 전원장치의 과도전압으로부터 민감한 전자장치의 고장을 방지하기 위해 독자적인 표준과 테스트 절차를 만들어 시행해 왔다. 최근에 자동차 제조업체는 자체적인 노력과 국제표준화기구(ISO)의 ISO 7637-2 및 ISO 16750-2 표준을 결합하고 있는데, 이 표준은 발생 가능한 과도전압을 설명하고, 이를 시뮬레이트 하는 테스트 방법을 규정한다.

ISO 7637-2 및 ISO 16750-2 표준

ISO 7637은 '도로 차량 — 전도 및 결합에 의한 전기 장애'라는 표제로 전자기 적합성(EMC) 규격을 다룬다. 이 글에서는 3부로 구성된 문서의 두 번째 부분인 ISO 7637-2 '제2부: 전원선에서의 전기 과도 전도'를 살펴보기로 한다. ISO 7637은 주로 EMC 규격을 다루고 있다. 2011년 이전 문서에는 전원 품질과 관련된 과도 전압이 포함돼 있었지만 2011년에 EMC를 제외한 전원 품질 관련 부분이 ISO 16750 '도로 차량 — 전기 및 전자 장치를

Automotive power supplies produce formidable transients that can readily destroy exposed onboard electronics. Over time, as electronics have proliferated in vehicles, automotive manufacturers have duly noted failures, compiling a rogues' gallery of the responsible power supply transients. Manufacturers have independently created standards and test procedures in an effort to prevent sensitive electronics from falling prey to these events. Recently, though, automotive manufacturers have combined efforts with the International Organization for Standardization (ISO) to develop the ISO 7637-2 and ISO 16750-2 standards, which describe the possible transients and specify test methods to simulate them.

ISO 7637-2 AND ISO 16750-2 STANDARDS

ISO 7637 is entitled 'Road vehicles — Electrical disturbances from conduction and coupling' and is an electromagnetic compatibility (EMC) specification. This article addresses the second of the three parts of this document, ISO 7637-2 'Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only.'

위한 환경 조건과 테스트'문서의 총 5부 중 두 번째 부분인 '제2부: 전기 부하'로 이동되었다.

대부분의 제조업체들이 ISO 7637-2 및 ISO 16750-2를 그대로 따르는 대신 여전히 자체적인 규격과 요구사항을 유지하지만, 이와 함께 국제 표준을 따르면서 약간 변경한 제조업체의 규격을 시행함으로써 ISO 표준에 보다 부합하려는 경향이 있다. ISO 7637-2 및 ISO 16750-2는 12V 및 24V 시스템에 대한 규격을 모두 제공한다. 단순화를 위해 이 글에서는 12V 규격만 다루기로 하고, 자동차 12V 전원에 연결되는 전자장치를 보호하는 회로를 살펴보기로 한다.

로드 덤프

로드 덤프는 전원장치의 과도전압이 발생할 경우 높은 에너지가 발생하므로 가장 까다로운 문제이다. 로드 덤프는 교류발전기가 배터리를 충전하는 도중에 배터리 연결이 끊어지는 경우 발생한다.

내부에서 전압 클램프 되지 않는 교류발전기

처음 자동차에 사용된 교류발전기는 클램프 기능이 없어 12V 시스템의 경우 로드 덤프 시 약 100V에 달하는 매우 높은 전압을 발생시켰다. 보다 새로운 교류발전기는 내부에서 클램프 되어 로드 덤프 시 최대 전압을 더 낮은 전압으로 제한한다. 하지만 여전히 이전의 교류발전기와 내부에서 클램프 되지 않는 일부 최신 교류발전기가 사용되고 있기 때문에 ISO 16750-2의 로드 덤프 규격은 '테스트 A—중앙집중식 로드 덤프 억제 비적용' 및 '테스트 B—중앙집중식 로드 덤프 억제 적용'으로 나뉜다.

그림 1은 교류발전기의 3상 고정자 권선과 고정자의 AC 출력을 배터리 충전 DC로 변환하는 6다이오드 정류기로 구성된 회로도를 보여준다. 배터리 연결이 끊어지면, 그 결과 그림 2에서 보는 것과 같은 전류 흐름이 나타난다. 배터리가 고정자 전류를 흡수하지 않으면, ISO 16750-2 규격의 그림 3에서 볼 수 있듯이 클램프 되지 않는 로드 덤프

Although ISO 7637 is primarily an EMC specification, prior to 2011 it also included transients related to power supply quality. In 2011, those portions related to power supply quality and not EMC were moved to ISO 16750, 'Road vehicles — Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment' in the second of five parts, 'Part 2: Electrical Loads.'

While most manufacturers still maintain their own specifications and requirements rather than adopt ISO 7637-2 and ISO 16750-2 verbatim, there is a trend toward more closely conforming to the ISO standards, with manufacturer specifications following the international standards with minor variations.

ISO 7637-2 and ISO 16750-2 provide specifications for both 12V and 24V systems. For simplicity, this article only describes 12V specifications and presents a circuit for protecting electronics connected to an automotive 12V power supply.

LOAD DUMP

Load dump is the most challenging of the power supply transients because of the substantial energy in the event. It occurs when the alternator is charging a battery, and the battery connection is lost.

Alternators without Internal Voltage Clamps

Originally, alternators in cars were unclamped and could produce extraordinarily large voltages during load dump, about 100V for 12V systems. Newer alternators are

그림 1. DC 출력 전압을 생성하는 표준 교류발전기의 3상 고정자 권선과 6다이오드 정류기

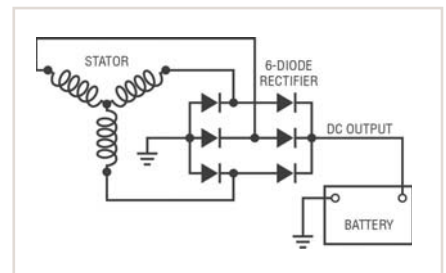


그림 2. 클램프 되지 않는 로드 덤프: 충전 중 배터리 연결이 끊어지는 경우 교류발전기의 출력 전압이 100V까지 급상승할 수 있다.

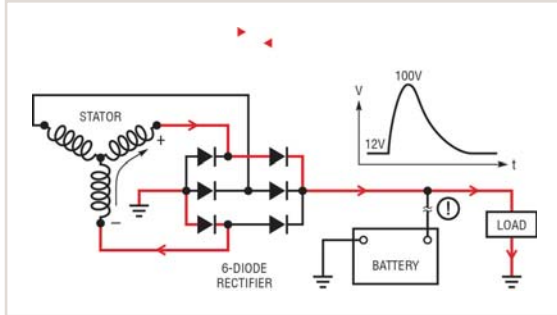
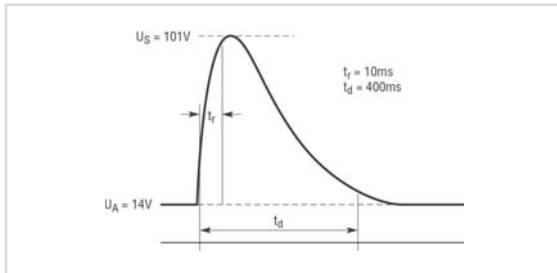


그림 3. ISO 16750-2 규격('테스트 A')에 명시된 클램프 되지 않는 로드 덤프 펄스 형태



가 발생할 경우 출력 전압이 매우 높은 전압으로 급상승한다. 이것은 '테스트 A—중앙집중식 로드 덤프 억제 비적용'의 클램프 되지 않는 교류발전기 경우에 해당된다.

내부에서 전압 클램프 되는 교류발전기

보다 새로운 교류발전기는 로드 덤프가 발생할 경우 최대 전압을 제한하도록 적합하게 지정된 역 항복전압을 갖는 제너 다이오드를 사용한다. 그림 4는 6다이오드 정류기에 정격 제너 다이오드를 사용하는 클램프 된 교류발전기에서 로드 덤프 장애가 발생할 경우 전류 흐름을 보여준다. 자동차 제조업체에서 클램프 되는 교류발전기를 의무적으로 규정할 경우 '테스트 B—중앙집중식 로드 덤프 억제 적용'을 사용한다. 그림 5는 ISO 16750-2의 테스트 B로부터 클램프 되는 파형을 보여준다. ISO 16750-2는 클램프 되는 경우에 35V의 최대 전압을 지정하고 있지만, 많은 제조업체들이 ISO 16750-2를 그대로 따르는 대

clamped internally to limit the maximum voltage to a lower value during load dump. Because older alternators, and some modern alternators, do not include internal clamps, the load dump specification in ISO 16750-2 is split into 'Test A—without centralized load dump suppression' and 'Test B—with centralized load dump suppression.'

Figure 1 shows a schematic of an alternator's 3-phase stator windings and the 6-diode rectifier that converts the stator's AC output to the DC that charges the battery. When the battery connection is lost, the resulting current flow is as shown in Figure 2. Without the battery to absorb the stator's current, the output voltage surges to the very high voltages seen during unclamped load dump, as shown in Figure 3 from the ISO 16750-2 specification. This corresponds to the unclamped alternator scenario in 'Test A—without centralized load dump suppression.'

Alternators with Internal Voltage Clamps

Newer alternators use avalanche diodes that have well specified reverse breakdown voltages which limit the maximum voltage during load dump. Figure 4 shows current flow during a load dump fault in a clamped alternator that uses avalanche rated diodes in the six diode rectifier. When a clamped alternator

그림 4. 클램프 되는 로드 덤프: 내부에서 클램프 되는 교류발전기는 로드 덤프 시 출력 전압을 35V로 제한하는 잘 지정된 역 항복전압을 갖는 다이오드를 포함한다.

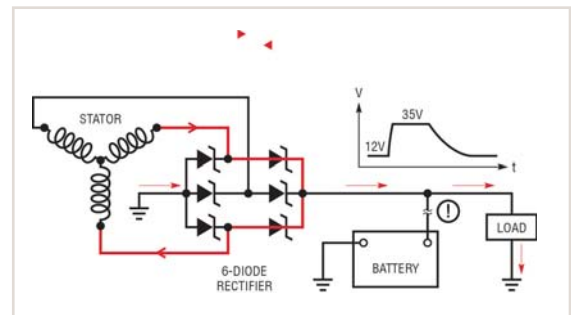


그림 5. 클램프 되는 교류발전기 로드 덤프 펄스 형태

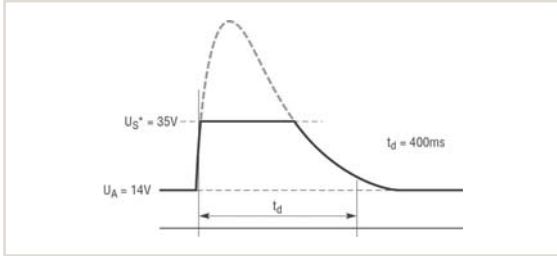
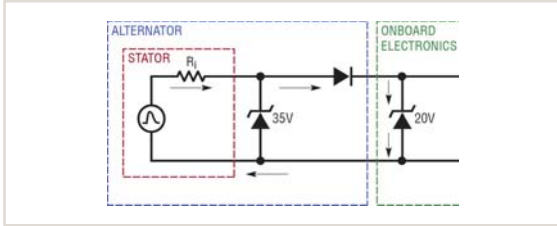


그림 6. 온보드 전자장치가 교류발전기의 클램프 되는 전압보다 더 낮은 전압에서 단락 되는 TVS 다이오드에 의해 보호되는 경우 TVS 다이오드는 교류발전기의 모든 에너지를 흡수해야 한다.



신 자체적인 최대 전압 규격을 제공하고 있다.

또한 로드 덤프가 ISO 7637-2에 속해 있을 때는 단일 펄스만 지정되었지만, 2011년에 로드 덤프 규격이 ISO 16750-2로 이동되면서 펄스 간 1분 간격으로 다중 펄스를 포함하도록 최소 테스트 요구사항이 강화되었다.

TVS 보호 문제

ISO 16750-2에서 테스트 A 및 테스트 B는 모두 교류발전기의 내부 저항 R_i 을 $0.5\Omega \sim 4\Omega$ 사이에 있도록 지정한다. 이것은 보호 회로에 공급되는 최대 에너지를 제한한다.

그러나 ISO 16750-2 로드 덤프 과도전압으로부터 보호를 구현하는 경우 흔히 간과되는 한 가지 사실이 있다. 내부 저항 R_i 은 35V의 클램프 되는 전압과 직렬로 나타나지 않는다. 그림 6에서 보듯이 실제로 R_i 은 제너 다이오드 앞에 나타난다.

온보드 전자장치를 35V 미만의 항복 전압을 갖는 과도 전압 억제(TVS) 다이오드와 같은 션트 디바이스로 국지적으로 보호할 경우, TVS는 교류발전기의 에너지를 흡수해야 한다. 이러한 경우 교류발전기의 내부 클램프

is mandated by the automotive manufacturer, ‘Test B —with centralized load dump suppression’ applies. Figure 5 shows the clamped waveform from Test B in ISO 16750-2. Although ISO 16750-2 specifies a 35V maximum voltage for this clamped scenario, be aware that many manufacturers deviate from ISO 16750-2 by providing their own maximum voltage specification.

Also, be aware that when load dump was part of ISO 7637-2, only one pulse was specified, but when the load dump specification moved to ISO 16750-2 in 2011, the minimum test requirements increased to include multiple pulses with a one minute interval between pulses.

TVS Protection Problems

The internal resistance, R_i , of the alternator in both Test A and Test B is specified to be between 0.5Ω and 4Ω in ISO 16750-2. This limits the maximum energy that is delivered to protection circuits.

Nevertheless, one fact is frequently overlooked by those implementing protection from the ISO 16750-2 load dump transient: the internal resistance, R_i , does not appear in series with the 35V clamped voltage. R_i actually appears before the avalanche diode, as shown in Figure 6.

If the onboard electronics are locally protected by a shunt device such as a TVS (transient voltage suppressor) diode with a breakdown voltage less than 35V, the TVS may be forced to absorb the alternator’s energy. In this scenario, the internal clamps in the alternator are of little benefit. The entire load dump energy is delivered to the TVS in the onboard electronics.

Sometimes a series resistor is placed in front of the electronics and the TVS diode, but unfortunately this introduces a voltage drop and extra power dissipation

는 아무런 도움이 되지 못한다. 전체 로드 덤프 에너지는 온보드 전자장치에서 TVS로 공급된다.

때때로 직렬 저항을 전자장치와 TVS 다이오드 앞에 두지만, 유감스럽게도 이 방법은 정상 동작 중에도 저항에서 전압 강하와 추가적인 전력 소모를 발생시킨다.

서지 스토퍼를 이용한 능동 보호의 이점

보다 우수한 솔루션은 LTC4380 낮은 무부하 전류 서지 스토퍼와 같은 직렬 능동 보호 디바이스를 사용하는 것

그림 7. LTC4380 서지 스토퍼의 블록 다이어그램

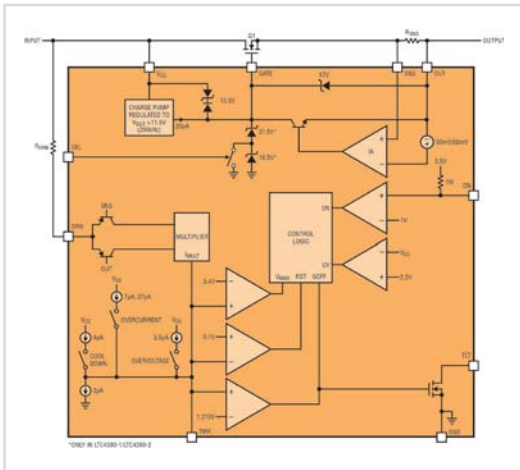
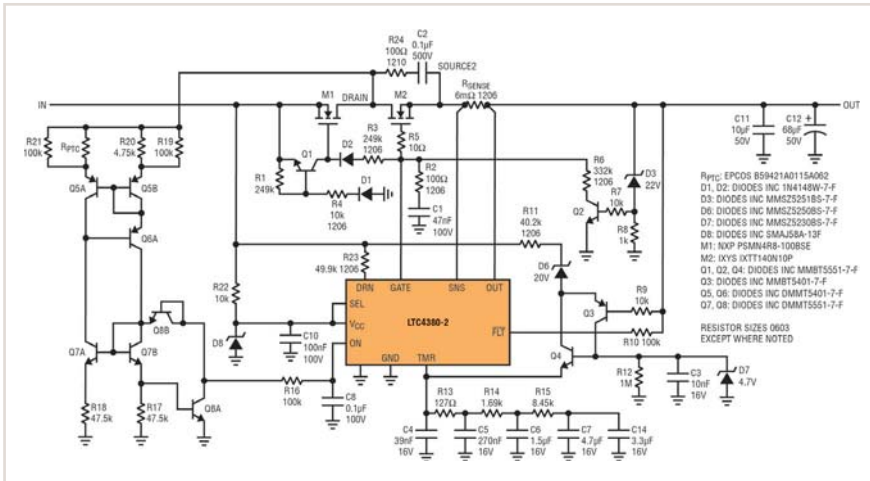


그림 8. LTC4380 기반 회로는 ISO 16750-2 및 ISO 7637-2 과도전압으로부터 다운스트림 전자장치를 보호하면서 최대 4A의 출력 전류를 공급한다.



OPERATION OF THE SURGE STOPPER PROTECTION SOLUTION

The design in Figure 8 protects downstream electronics from ISO 16750-2 and ISO 7637-2 transients while providing up to 4A of output

in the resistor even during normal operation.

ADVANTAGES OF ACTIVE PROTECTION WITH A SURGE STOPPER

A better solution is to use a series active protection device, such as the LTC4380 low quiescent current surge stopper. The LTC4380 block diagram is shown in Figure 7. A complete automotive protection solution is shown in Figure 8.

이다. LTC-4380 블록 다이어그램은 그림 7에서 볼 수 있다. 완벽한 자동차 보호 솔루션은 그림 8에서 볼 수 있다.

서지 스토퍼는 본질적

By its very nature, a surge stopper protects the downstream electronics from load dump as well as the other conditions in ISO 16750-2 and ISO 7637-2 without relying on the internal resistance of the alternator. The surge stopper solution shown in Figure 8 provides uninterrupted power while operating from a clamped alternator. Furthermore, if it is subjected to load dump from an unclamped alternator, it will not be damaged. In the unclamped scenario, it may shut off to protect itself and then automatically reapply power to the load after a cool-down period. It is important to note that power is only shut off in the presence of

multiple simultaneous faults: an improper unclamped alternator is installed and the battery connection is lost during charging.

인 특성으로 교류발전기의 내부 저항에 의존하지 않으면서 ISO 16750-2 및 ISO 7637-2에 지정된 로드 덤프뿐 아니라 다른 조건에서도 다운스트림 전자장치를 보호한다. 그림 8에 보이는 서지 스톱퍼 솔루션은 클램프 되는 교류발전기로부터 동작하는 동안 무정전 전원을 제공한다. 뿐만 아니라 클램프 되지 않는 교류발전기로부터 로드 덤프가 발생하는 경우에도 손상을 입지 않는다. 클램프 되지 않는 경우 전원을 차단하여 안전하게 자체 보호하고, 냉각 시간을 거쳐 자동으로 부하에 전원을 재인가한다. 이때 전원 차단은 클램프 되지 않는 부적절한 교류발전기가 설치되고 충전 중 배터리 연결이 끊어지는 경우와 같이 여러 가지 동시적인 장애가 존재하는 경우에만 적용된다는 점에 주의한다.

서지 스톱퍼 보호 솔루션의 동작

그림 8의 설계는 ISO 16750-2 및 ISO 7637-2 과도 전압으로부터 다운스트림 전자장치를 보호하면서 최대 4A 출력 전류를 공급한다. 동시에 이 설계는 다운스트림 전자장치에서 단락 회로 장애와 같은 조건으로 인한 과전류 발생으로부터 업스트림 시스템을 보호한다. 이러한 보호를 수행하는 동안 디바이스는 35 μ A의 극히 낮은 무부하 전류를 소비한다. 이와 같이 낮은 전류 소비는 자동차가 주행하지 않는 동안에도 배터리를 사용하는 수많은 부하를 갖는 최근의 자동차에서 중요한 고려사항이다.

이 보호 솔루션은 LTC4380 낮은 전원 전류 서지 스톱퍼를 기반으로 하며, 입력에서 100V의 높은 입력 전압으로부터 출력 전압을 22.7V로 제한한다. 이는 ISO-16750-2 로드 덤프는 물론 ISO 7637-2 펄스 1, 2a, 2b, 3a, 3b에 대한 충분한 보호를 제공한다. 또한 역 배터리 조건에서 전류가 흐르지 못하도록 방지하며, 피크-투-피크 AC 전압이 1V인 심각도 수준 1에서 ISO 16750-2의 중첩된 교류 전압 테스트 동안 연속적인 전원을 제공한다. (더 큰 AC 전압이 존재할 경우 일시적으로 전원을 차단할 수 있다.) 솔루션은 입력 전압이 4V까지 내려가더라도 부하에 연속적인 전원을 제공함으로써 ISO

current. At the same time, it protects the upstream system from overcurrent events caused by conditions such as short-circuit faults in the downstream electronics. As it does this, it consumes a miserly 35 μ A of quiescent current, an important consideration in modern automobiles featuring countless battery-draining loads while the vehicle is not running.

This protection solution is based on the LTC4380 low supply current surge stopper, limiting the output voltage to 22.7V from input voltages as high as 100V at the input?sufficient protection against an ISO-16750-2 load dump as well as ISO 7637-2 pulses 1, 2a, 2b, 3a, and 3b. It also prevents current flow during reverse battery conditions, and provides continuous power during the ISO 16750-2 superimposed alternating voltage test at severity level 1 where the peak-to-peak AC voltage is 1V. (It may temporarily shut off power in the presence of larger AC voltages.) Continuous power is provided to the load when the input voltage drops as low as 4V to satisfy the minimum supply voltage requirements of ISO 16750-2.

The MOSFETs in this circuit are protected by limiting the time spent in high power dissipation conditions, such as when the input voltage surges high during load dump or when the output is shorted to ground. If a fault exceeds the conditions specified in ISO 16750-2 and ISO 7637-2, MOSFET M2 shuts off to protect the circuit, reapplying power after an appropriate delay.

For example, a sustained 100V input voltage, or a downstream short-circuit fault causes the surge stopper to self-protect by limiting the current in M2 and then completely shutting off if the fault persists. This method has a distinct advantage over shunt-type protection, which must dissipate continuous power—blowing fuses in the best case; lighting fires in the worst.

16750-2의 최소 전원 전압 요구사항을 만족한다.

또한 로드 덤프 시 입력 전압이 크게 상승하거나 출력이 접지로 단락 하는 경우와 같이 높은 전력소모 조건에 있는 시간을 제한함으로써 회로의 MOSFET을 보호한다. 장애가 ISO 16750-2 및 ISO 7637-2에 지정된 조건을 초과할 경우 MOSFET M2의 전원이 차단되어 회로를 보호하며, 적절한 지연 후 전원이 재인가 된다.

예를 들어 지속되는 100V 입력 전압 또는 다운스트림 단락 회로 장애가 발생하면 서지 스토퍼는 M2의 전류를 제한하고, 그 후 장애가 지속되면 완전히 전원을 차단함으로써 안전하게 보호한다. 지속적으로 전력을 소모하면서 경미하게는 퓨즈 단락에서부터 최악의 경우 발화할 수 있는 선트 방식 보호에 비해 이 방법은 명백한 이점을 갖는다.

로드 덤프와 과전압 보호

그림 8에 나와 있는 회로의 동작을 이해하기 위해 LTC4380을 간단히 살펴보기로 하자. 정상 동작 시 LTC4380의 내부 차지 펌프는 M2를 동작 시키기 위한 GATE 핀 전압을 구동한다. GATE는 SEL = 0V일 때 접지 위에서 최대 35V로 클램프 된다. 따라서 M2 소스에 서의 출력 전압이 35V 미만으로 제한된다.

그림 8의 회로는 22V 제너 다이오드 D3과 함께 R6, R7, R8 및 Q2를 추가하여 출력 전압을 제너 다이오드의 최대 전압인 22V로 레귤레이트 하고, Q2의 베이스-이미터 전압을 약 0.7V로 레귤레이트 함으로써 전압 제한을 더욱 향상시킨다. 출력 전압이 $22V + 0.7V = 22.7V$ 를 초과할 경우, Q2는 M2의 GATE에서 약하게 풀다운 하여 M2의 소스가 22.7V가 되도록 출력 전압을 레귤레이트 한다.

역 보호

MOSFET M1은 D1, D2, R1, R3, R4, Q1과 함께 역전압 조건으로부터 회로를 보호한다. 입력이 접지 미만으로 떨어지면, Q1은 M1 게이트를 네거티브 입력 전압으로

Load Dump and Overvoltage Protection

To understand the operation of the circuit in Figure 8, consider a simplified description of the LTC4380. During normal operation, the LTC4380's internal charge pump drives the GATE pin to enhance M2. The voltage at GATE is clamped to a maximum of 35V above ground (when the SEL = 0V), thereby limiting the output voltage at M2's source to less than 35V.

The circuit in Figure 8 further improves on that voltage limit by adding a 22V avalanche diode D3, in combination with R6, R7, R8, and Q2 to regulate the output voltage to a maximum of the avalanche diode voltage, 22V, plus the base-emitter voltage of Q2, roughly 0.7V. When the output voltage exceeds $22V + 0.7V = 22.7V$, Q2 weakly pulls down on M2's GATE to regulate M2's source and the output voltage at 22.7V.

Reverse Protection

MOSFET M1, in conjunction with D1, D2, R1, R3, R4, and Q1, protects the circuit from reverse voltage conditions. When the input falls below ground, Q1 pulls M1's gate down to the negative input voltage, keeping the MOSFET off. This prevents reverse current flow when the battery is connected backward and protects the output from the negative input voltages.

D2 and R3 allow the LTC4380's internal charge pump to enhance M1 during normal operation when the input is positive so that M1 is effectively a simple pass-through device, dissipating less than $I^2R = (4A)^2 \cdot 4.1m\Omega = 66mW$ of power in the NXP PSMN4R8-100BSE.

SOA Limit

When the input voltage is high, the output voltage

로 풀다운 하여 MOSFET을 오프 상태로 유지한다. 이것은 배터리 극성을 반대로 연결할 경우 역 전류 흐름을 방지하고 네거티브 입력 전압으로부터 출력을 보호한다.

D2 및 R3는 입력이 양의 값일 때 정상 동작 시 LTC4380의 내부 차지 펌프가 M1을 동작할 수 있게 하므로 M1은 사실상 단순한 패스루 디바이스로서 NXP PSMN4R8-100BSE에서 $I^2R = (4A)^2 \cdot 4.1m\Omega = 66mW$ 미만의 전력을 소비한다.

SOA 제한

입력 전압이 높을 경우 MOSFET M2를 제어하여 이 회로의 출력 전압을 안전한 레벨로 제한한다. 이렇게 하면 전류가 출력에서 부하에 공급되는 동안 M2의 전압이 강하하면서 상당한 전력 소산이 발생한다.

지속되는 과전압 조건에 입력이 노출되거나 온보드 전자장치의 회로의 출력에서 과전류 오류 조건이 발생할 경우 R13, R14, R15, C4, C5, C6, C14로 구성된 타이머 네트워크에 의해 설정된 지속시간 후 전원을 차단함으로써 M2를 보호한다. M2의 전류가 제한되는 동안 LTC4380의 TMR 핀에서 출력 전류는 MOSFET M2의 전압에 비례한다.

실질적으로 TMR 전류는 MOSFET M2에서 소모하는 전력에 비례한다. TMR 핀에서 저항/커패시터 네트워크는 MOSFET의 과도 열 임피던스의 전기 모델과 유사하다. 이것은 MOSFET의 최대 온도 상승을 제한해 정격 지정된 안전한 동작 범위 내로 유지한다.

허용 가능한 MOSFET SOA 전류는 높은 드레인-소스 전압에서 떨어지므로 입력-출력 전압이 20V + Q3의 베이스-이미터 전압을 초과하는 경우 20V 제너 다이오드 D6은 R9, R11, Q3과 함께 타이머 네트워크에 여분의 전류를 공급한다. 4.7V 제너 다이오드 D7은 Q4, R12, C3과 함께 동작하면서 이러한 여분의 전류가 TMR 핀을 최대 정격 전압 5V 이상으로 구동하지 못하도록 방지한다.

이 SOA 트래킹 회로는 입력이 높은 전압으로 상승할

of this circuit is limited to a safe level by controlling MOSFET M2. This results in significant power dissipation as voltage is dropped across M2 while current is delivered to the load at the output.

If the input is subjected to a sustained overvoltage condition, or an overcurrent fault condition occurs in the onboard electronics at the circuit's output, M2 is protected by shutting off after a duration configured by the timer network made up of R13, R14, R15, C4, C5, C6, and C14. The output current at the LTC4380's TMR pin is proportional to the voltage across MOSFET M2 while M2 is in current limit.

Effectively, the TMR current is proportional to the power dissipated in MOSFET M2. The resistor/capacitor network at the TMR pin is similar to an electrical model of the MOSFET's transient thermal impedance. This serves to limit the maximum temperature rise of the MOSFET to keep it within its rated safe operating area.

Because allowable MOSFET SOA current falls off at high drain-to-source voltages, the 20V avalanche diode D6, in conjunction with R9, R11, and Q3 provides extra current into the timer network when the IN-to-OUT voltage exceeds 20V plus Q3's base-emitter voltage. The 4.7V avalanche diode D7 works with Q4, R12, and C3 to prevent this extra current from pulling the TMR pin above its maximum rated voltage of 5V.

This SOA tracking circuit allows the output to remain safely powered when the input rises to a high voltage. But, if a sustained high power fault condition lasts too long, the circuit self-protects by shutting off M2.

Thermal Protection

The resistor/capacitor network on the LTC4380's TMR pin protects against events that are faster

때도 출력이 안전하게 전력을 공급받을 수 있게 유지한다. 하지만 지속되는 고전력 장애 조건이 너무 오래 계속되면 회로는 M2를 전원 차단하여 안전하게 자체 보호한다.

열 보호

LTC4380의 TMR 핀에서 저항/커패시터 네트워크

than about one second. For slower events, the case temperature of M2 is limited by the circuit connected to the LTC4380's ON pin.

The thermistor, R_{PTC} , is a small surface mount 0402-size component with a resistance of 4.7k at 115°C. Above 115°C, its resistance rises exponentially with temperature. To prevent the timer network from

SIDEBAR 1

일반적으로 로드 덤프는 ISO 16750-2에 명시된 가장 까다로운 조건이지만, 이 밖에도 많은 요구사항들이 있다.

역 삽입 배터리

ISO 16750-2의 4.7은 '역 전압' 또는 자동차 엔지니어들이 흔히 사용하는 표현으로 '역 배터리'를 설명한다. 예상하듯이 이 규격은 사용자가 실수로 배터리 극성을 반대로 연결하는 경우를 다룬다. 이러한 역 삽입은 적절한 보호가 제공되지 않을 경우 심각한 손상을 초래할 수 있다.

ISO 16750-2는 손상 없이 견디는 시스템 내성을 보장하기 위해 14V의 역 테스트 전압을 모든 입력에 60초 동안 인가하도록 규정하고 있다. 또한 ISO 16750-2에서는 교류발전기와 직렬 연결된 퓨즈가 없으면서 교류발전기의 정류기 다이오드가 극성이 반대로 연결된 배터리에 의해 공급되는 상당한 양의 전류를 전도함으로써 전압을 제한하는 경우를 위해 4V 역 전압에 대한 다른 테스트 조건도 허용하고 있다.

최소 및 최대 전원 전압

최소 및 최대 전원 전압은 섹션 4.2 '직접 전류 전원 전압'에 규정돼 있다. 12V 시스템에 대한 최대 전원 전압은 16V이며, 최소 전압은 최저 6V이다. 6V의 낮은 전압에서 동작할 수 없는 하드웨어를 위해 ISO 16750-2에서는 다른 코드를 지정해 디바이스의 최소 동작 전압을 분류하고 있다. 이 요구사항에서 장치는 지속적으로 동작한다.

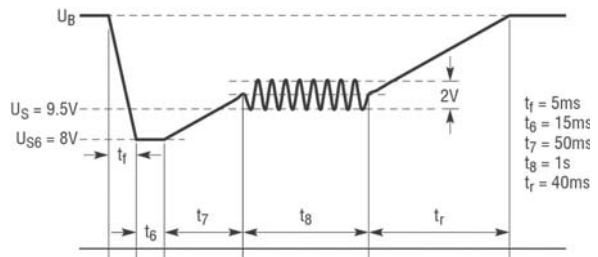
과전압

ISO 16750-2의 섹션 4.3은 '과전압' 요구사항을 설명한다. 첫 번째 요구사항은 전압 레귤레이터가 실패한 조건을 시뮬레이션 한다. 이 테스트에서 18V를 60분 동안 인가한다. 애플리케이션에 따라 테스트를 시행하는 동안 장치가 정상적으로 동작할 필요는 없지만, 테스트 조건이 제거된 후에는 정상 동작으로 돌아와야 한다.

두 번째 테스트 조건은 24V를 60초 동안 인가하여 점프 스타트를 시뮬레이션 한다. 여기에서도 테스트 동안 장치는 정상적으로 동작할 필요는 없다.

중첩된 교류 전압

섹션 4.4.2는 '직접 전류 전원에 잔류하는 교류 전류를 시뮬레이션 하는' 테스트 조건을 제공한다. 1V, 2V 또는 4V('심각도 수준'으로 지정)의 피크-투-피크 AC 전압은 50Hz에서 25kHz로 여러 번 스위칭 한다. 전압의 상당 피크는 16V 이고, 직렬 임피던스는 50mΩ ~ 100mΩ 사이이다.



전원 강화

ISO 16750-2의 섹션 4.5 및 4.6은 배터리 방전, 자동차의 다른 디바이스 고장 및 퓨즈 단락이 발생하거나 스타터로 인해 전원 전압이 강화할 때 입력 전원이 강화하는 조건을 다룬다.

섹션 4.5 '전원 전압의 느린 감소 및 증가'는 느리게 방전된 다음 재충전되는 배터리를 시뮬레이션 한다. 전원 전압은 몇 분에 걸쳐 0V로 방전된 다음 느리게 백업된다. 지속적으로 동작할 필요는 없지만, 이 테스트는 하드웨어가 파괴적인 방식으로 고장 나지 않으며 전원이 복구되면 정상적으로 동작한다는 것을 검증한다.

이와 반대로 섹션 4.6 '전원 전압의 불연속성'은 훨씬 빠른 조건에서 다른 회로의 퓨즈가 단락 돼 개방될 때까지 전원 강화를 초래하는 또 다른 회로에서의 고장을 시뮬레이션 한다. 이 경우 전원은 100ms 동안 4.5V로 강하한 다음 10ms 보다 빠른 상승 시간과 하강 시간으로 회복한다.

섹션 4.6의 다음 부분은 각각의 펄스가 이전 펄스보다 낮은 전압에서 발생하도록 하면서 일련의 5초 전원 강화를 지정한다. 이 테스트의 목적은 디바이스가 전원 강화 후 적절히 리셋 되는지 검증하는 데 있다.

섹션 4.6의 세 번째 및 마지막 부분은 자동차의 시작 프로파일을 나타내는 파형을 지정한다. 이것은 테스트되는 디바이스에 10번 인가된다. 요구되는 정확한 전압과 지속 시간은 애플리케이션에 의해 결정되는 바람직한 레벨 I, II, III, IV에 따라 달라진다. 레벨 I의 제한은 아래 그림에서 볼 수 있다.

개방 회로와 단락 회로 보호

섹션 4.9는 '라인 인터럽션' 테스트를 다루고, 연결을 제거한 다음 복구한 후 디바이스가 정상 동작을 재개하도록 보장하는 절차를 설명한다. 섹션 4.10은 '단락 회로 보호' 테스트를 설명하며, 각각의 입력과 출력을 최대 전원 전압과 접지에 60초 동안 연결하도록 요구한다.

는 약 1초보다 빠른 이벤트에 대해 보호를 제공한다. 보다 느린 경우 M2의 케이스 온도는 LTC4380의 ON 핀에 연결된 회로에 의해 제한된다.

서미스터 R_{PTC} 은 표면 실장 0402 크기 부품으로 115°C에서 4.7k 저항을 갖는다. 115°C 이상에서 이 저항은 온도와 함께 기하급수적으로 증가한다. 타이머 네트워크가 파워 멀티플라이어에서 오프셋을 잘못 통합하지 않도록 하기 위해 LTC4380은 M2의 드레인-소스 전압이 0.7V에 도달할 때까지 TMR 핀에서 타이머 전류를 발생시키지 않는다. 4A 및 0.7V에서 MOSFET

falsely integrating offsets in the power multiplier, the LTC4380 does not generate timer current at the TMR pin until M2's drain-to-source voltage reaches 0.7V. With 4A and 0.7V, the MOSFET could dissipate $0.7V \cdot 4A = 2.8W$ continuously without the TMR network detecting the MOSFET's temperature rise. The PTC resistor, R_{PTC} , in conjunction with resistors R17 • R21 and transistors Q5A, Q5B, Q6A, Q7A, and Q7B shuts down the circuit if MOSFET M2's case temperature exceeds 115°C.

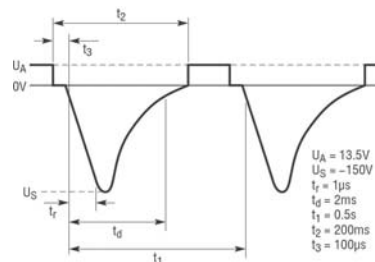
SIDEBAR 2

ISO 7637-2 요구사항

ISO 7637-2의 전원 품질 부분은 2011년에 ISO 16750-2로 이동되었지만, 펄스 1, 2a, 2b, 3a, 3b는 여전히 ISO 7637-2에 포함되어 있다.

펄스 1

펄스 1은 전원에 대한 연결이 인터럽트 될 때 유도 부하와 병렬 연결된 전자장치에서 관찰되는 네거티브 과도 전압을 설명한다. 펄스 1은 전원 전압이 제거될 때 전원 전압이 0V로 붕괴하면서 시작한다. 곧바로 -150V 펄스를 2ms 붕괴 시간으로 인가한다. 네거티브 펄스의 에너지는 10Ω 직렬 저항에 의해 제한된다.



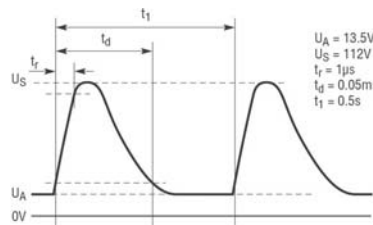
펄스 2A

펄스 2a는 전류가 테스트되는 전자장치와 병렬 연결된 회로로 인터럽트 될 때 발생할 수 있는 포지티브 전압 스파이크를 설명한다. 전류가 배선 하네스에서 증가된다면, 디바이스가 갑자기 전류 싱킹을 멈출 경우 배선 하네스 인덕턴스에 저장된 에너지가 전압 스파이크를 일으킬 수 있다. 이러한 포지티브 스파이크

의 에너지는 2Ω 직렬 저항에 의해 제한된다.

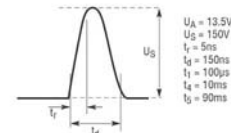
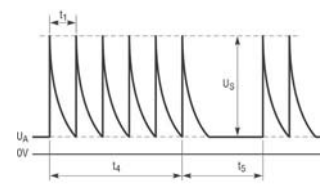
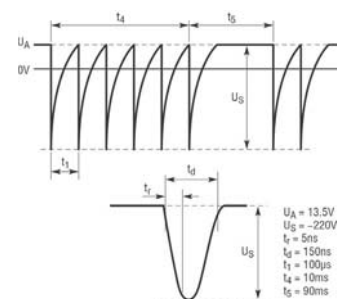
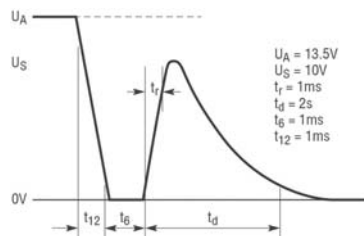
펄스 2B

펄스 2b는 접화가 스위치 오프되고 DC 모터가 발전기로 동작할 때 발생하는 상황을 정의한다. 예를 들어 드라이버가 자동차를 턴오프 할 때 히터가 작동하고 있다면, 모터가 스핀 다운하는 동안 블로워 모터가 짧은 시간 동안 DC 전력을 시스템에 공급할 수 있다.



펄스 3A 및 3B

펄스 3a 및 3b는 스위치와 릴레이에서 발생하는 아크를 포함하여 스위칭 과정의 결과로 발생할 수



는 네거티브 및 포지티브 스파이크이다. 이 규격에서 에너지는 50Ω 직렬 저항에 의해 제한된다.


독립적인 테스트 보고서

LTC4380은 독립적인 테스트 시설에 의해 ISO 7637-2 및 ISO 16750-2 준수에 대해 테스트되었다. 완전한 테스트 보고서는 www.linear.com/docs/56650에서 확인할 수 있다.

은 TMR 네트워크에서 MOSFET의 온도 상승 감지 없이 $0.7V \cdot 4A = 2.8W$ 를 지속적으로 소모할 수 있다. MOSFET M2의 케이스 온도가 $115^{\circ}C$ 를 초과하면 PTC 저항 R_{PTC} 은 저항 R17-R21 및 트랜지스터 Q5A, Q5B, Q6A, Q7A, Q7B와 함께 회로의 전원을 차단한다.

열 보호 회로의 부품 수에 대해 걱정할 필요는 없다. 전체 솔루션은 구현이 비교적 용이하며, 보드 공간을 거의 차지하지 않는 소형 부품으로 구성된다. 또한 솔루션은 자체 바이어스 회로로서 R_{PTC} 이 R20의 저항 값인 $4.75k\Omega$ 값과 같을 때 평형을 이룬다. M2에 가까이 배치되는 R_{PTC} 의 온도가 $115^{\circ}C$ 를 초과하면 저항이 증가하고 Q5A보다 더 많은 전류가 Q5B를 통과하게 된다. 그로 인해 R18보다 더 많은 전류가 R17를 통과하므로 Q8A의 베이스 전압이 상승하고 Q8A의 콜렉터가 LTC4380의 ON 핀을 로우로 구동하여 M2를 끈다. 더 낮은 온도에서는 Q5A의 전류가 Q5B보다 크고 Q8A가 오프 상태를 유지하기 때문에 ON 핀의 내부 풀업이 ON 핀을 하이로 유지할 수 있게 한다. ON 핀 전류는 다이오드가 연결된 디바이스 Q8B를 통해 이 자체 바이어스 회로의 시동 전류로 사용된다는 점에 주의한다.

결론

ISO 16750-2 및 ISO 7637-2 규격은 자동차 시스템에서 발생할 수 있는 까다로운 전기 과도전압을 설명한다. LTC4380 낮은 무부하 전류 서지 스톱퍼는 클램프되거나 클램프 되지 않는 로드 덤프 펄스를 모두 포함하여 이러한 과도전압으로부터 온보드 전자장치를 보호하는데 사용할 수 있다. 이 글에 제시된 회로는 최신 클램프 되는 교류발전기로부터 로드 덤프 펄스가 발생하는 경우 무정전 동작을 제공한다. 더 극한적인 클램프 되지 않는 로드 덤프 펄스에 노출되는 경우, LTC4380은 전원을 차단하여 다운스트림 전자장치를 보호한다. 디바이스는 최대 4암페어 전원 전류를 소비하는 전자장치를 위한 ISO 16750-2 및 ISO 7637-2를 준수하는 견고한 솔루션을 구현한다. 

Do not be dismayed by the number of components in the thermal protection circuit. The overall solution is relatively easy to implement and consists of small components that consume little board area. It is a self-biased circuit that is balanced when R_{PTC} equals R20's $4.75k\Omega$ value. When the temperature of R_{PTC} , which is placed in close proximity to M2, exceeds $115^{\circ}C$, its resistance grows and causes more current to flow through Q5B than Q5A. Because that results in more current through R17 than R18, Q8A's base voltage rises and Q8A's collector pulls the ON pin of the LTC4380 low, turning off M2. At lower temperatures, Q5A's current is greater than Q5B's, and Q8A remains off, allowing the ON pin's internal pull-up to keep the ON pin high. Note that the ON pin current is used as the start-up current of this self-biased circuit through the diode-connected device Q8B.

CONCLUSION

The ISO 16750-2 and ISO 7637-2 specifications describe the challenging electrical transients that can occur in automotive systems. The LTC4380 low quiescent current surge stopper can be used to protect the onboard electronics from these transients, including both the clamped and unclamped load dump pulses. The circuit presented in this article provides uninterrupted operation when faced with load dump pulses from a modern, clamped alternator. When faced with more extreme unclamped load dump pulses, it shuts off to protect the downstream electronics. The result is a robust solution for ISO 16750-2 and ISO 7637-2 compliance for electronics that draw up to 4 amps of supply current. 