

차량용 애플리케이션의 중복 전원 공급 장치 - 올바른 우선순위 스위칭

Björn Görner

Systems engineer, power design services

소개

차량용 애플리케이션에서 안전이 중요한 시스템은 필요한 자동차 안전 무결성 수준을 달성하기 위해 중복 전원 공급 장치를 사용하는 경우가 많습니다. 자율 주행을 위해 특별히 설계된 시스템은 적어도 차량이 안전한 상태에 도달할 수 있는 정도까지는 모든 상황에서 작동해야 합니다. 중복 전원 공급 장치의 경우 설계자는 일반적으로 ORing 또는 우선순위 스위칭 구현 중 하나를 사용합니다. 두 구현은 거의 동일하지만 적절히 다루지 않으면 문제를 일으킬 수 있는 몇 가지 세부 사항이 있습니다.

ORing과 우선순위 스위칭의 차이점

ORing 애플리케이션은 시스템에 더 높은 전력이 필요한 경우 다이오드, 이상적인 다이오드 또는 ORing 컨트롤러를 사용하여 두 개 이상의 입력을 연결합니다. **그림 1**은(는) 이러한 ORing 구성의 일반적인 구현을 보여줍니다. 이 구현은 가장 높은 입력 전압을 출력으로 전달합니다. 동일한 입력 전압은 모두 비교적 균등하게 부하를 받습니다.

ORing 방식은 구현이 쉬우며 사용 가능한 공급 장치가 동일한 시스템에 적합합니다. 전압 레벨이 서로 가까울 때 두 전원 공급 장치가 동시에 부하를 받기 때문에 하나의 공급 장치에서 다른 공급 장치로의 전환이 다소 부드럽게 이루어집니다. 하나 또는 두 개의 전원 소스를 분리할 필요가 없는 한, 이 구현에서는 역병렬 FET(전계 효과 트랜지스터)의 사용이 선택 사항입니다.

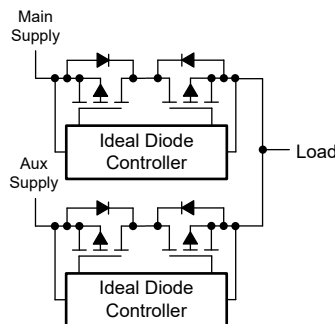


그림 1. 입력 ORing

강력한 스텝다운 컨버터와 소형 12V 또는 48V 보조 배터리를 갖춘 고전압 트랙션 배터리가 있는 전기 자동차의 경우 표준 ORing 접근 방식이 적합하지 않을 수 있습니다. 이는 비상 작동 전용으로만 설계된 보조 배터리와 충전 회로의 용량이 낮기 때문입니다. 이러한 경우 우선순위 스위칭 접근 방식은 소형 보조 배터리에 불필요한 부하를 주지 않고 중복 상태를 달성합니다.

그림 2에서 볼 수 있듯이 우선순위 스위칭은 보조 공급 장치의 이상적인 다이오드 컨트롤러를 통해 주 전원 공급 장치를 모니터링하고, 주 공급 장치가 특정 임계값 아래로 떨어지는 경우에만 보조 공급 장치로 전환합니다. 이상적인 다이오드 컨트롤러는 과전압 보호 기능을 지원해야 하며, 이 경우 주 전원 공급 장치의 저전압 이벤트를 감지하는 데 사용됩니다.

LM74900-Q1 장치 제품군은 과전압 보호 기능이 있는 이상적인 다이오드 컨트롤러의 예입니다. 비활성화된 소스에서 전류를 끌어오는 것을 방지하기 위해 이 애플리케이션에서는 역병렬 FET를 사용하는 것이 필수적입니다.

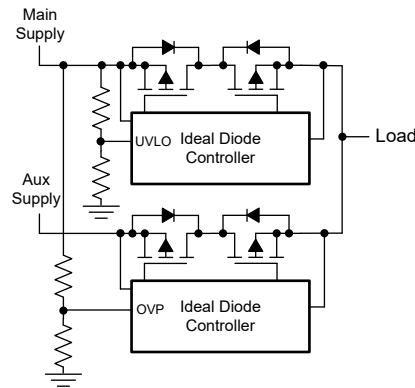


그림 2. 우선순위 스위칭

우선순위 스위칭 세부 사항

일반적으로 ORing과 우선순위 스위칭에 사용되는 회로는 서로 크게 다르지 않지만, 우선순위 스위칭 구현의 동작에는 세부적인 부분에 대한 주의가 필요합니다.

ORing 솔루션은 두 전원 경로가 다소 동일하면 두 전원 경로를 모두 활성화하는 반면, 우선순위 스위칭 방식은 주 전원 경로의 전압이 특정 임계값 아래로 떨어질 때까지 보조 전원 경로를 비활성화 상태로 유지합니다. 이 임계값에 도달하면 주 전원 경로가 비활성화되고 보조 전원 경로가 활성화되어 한 공급 장치에서 다른 공급 장치로 갑작스러운 부하 이동이 발생하고, 두 공급 장치 모두에서 갑작스러운 전압 단차가 생성됩니다. 이러한 갑작스러운 부하 이동으로 인해 주 전원 공급 장치의 전압은 완전히 붕괴하기 전에 짧은 시간 동안 갑작스러운 변화가 발생하는 경우가 많으며, 그 정도는 초기 강하를 일으키는 고장에 따라 달라집니다.

보조 공급 장치는 주 공급 장치의 전압을 기준으로 스위칭되므로 전압 스파이크로 인해 시스템이 주 공급 장치로 다시 전환될 수 있으며, 이는 주 전압을 즉시 낮추고 시스템이 보조 공급 장치로 되돌아가게 만듭니다. 이는 두 전원 공급 장치 사이에서 제어되지 않는 진동을 일으키고 출력에 큰 리플을 생성하여 시스템 기능을 방해할 수 있습니다. 각 전원의 전압 변화를 일으키는 원인은 인쇄 회로 보드 트레이스, 배선, MOSFET 드레인-소스 온 저항($R_{DS(on)}$)과 같은 전원 경로 내 모든 기생 저항과 인덕턴스의 합입니다.

그림 3은(는) 이러한 동작의 예를 보여줍니다. 주 전원 공급 장치가 분리되는 동안 입력 전압이 전환 임계값 아래로 떨어지는 바로 그 시점에 짧은 버스트가 발생합니다. 그림 3의 채널 1은 보조 공급 장치의 전압을 나타내고 채널 3은 출력 전압을 나타냅니다. 이 시나리오에서 보조 공급 전압은 주 공급 전압보다 낮은 값을 가지며 전환 임계값은 보조 공급 장치의 전압 레벨 바로 위에 설정됩니다.

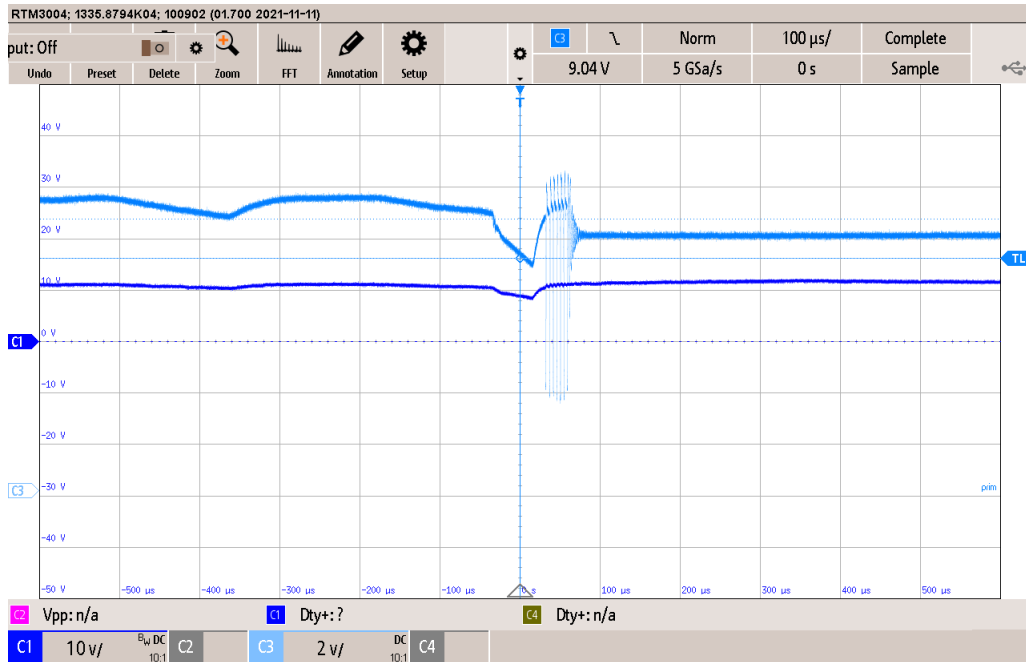


그림 3. 우선순위 스위칭 시스템의 입력 스위칭 중 진동

주 전원 공급이 떨어지는 원인에 따라 진동이 지속될 수도 있습니다. 예를 들어 주 전원의 케이블 일부가 손상되어 완전한 연결 해제가 아닌 큰 전압 강하가 발생하는 경우가 있을 수 있습니다. 많은 경우 이상적인 다이오드 컨트롤러에 내장된 히스테리시스와 충분히 높은 입력 커패시턴스로 이 동작을 억제할 수 있습니다. 그러나 어떤 경우에는 히스테리시스가 충분하지 않아 입력 커패시터가 불필요하게 커질 수 있습니다.

내부 히스테리시스를 변경하는 것은 불가능하지만, 일부 장치에는 이를 외부에 추가하는 간단한 솔루션이 있습니다. LM74910H-Q1과 같은 많은 장치는 최소한의 부품 수로 외부 히스테리시스를 추가하는 데 사용할 수 있는 오류 출력을 제공합니다. LM74910H-Q1에서 오류 핀은 과전압 조건 및 기타 오류가 발생했을 때 로우 상태로 구동되는 오픈 드레인 출력입니다. 이 출력은 과전압 입력에 대한 피드백 분배기를 변경하는 외부 트랜지스터를 제어할 수도 있습니다. 그림 4은(는) 일반적인 구현 방식을 보여줍니다.

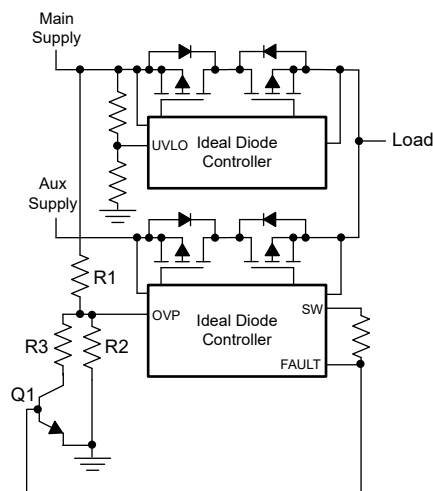


그림 4. 외부 히스테리시스

오류 출력은 오픈 드레인 출력이므로 양극 접합 트랜지스터를 켜기 위한 바이어스 저항이 필요합니다. 이 저항은 집적 회로의 소프트웨어 핀에 연결되며, 이 핀은 입력까지 가는 전환 가능한 저전류 경로를 제공하고, 이 경로는 시스템이 종료될 때 비활성화되어 대기 전류를 최소화합니다.

주 전원 공급이 전환 임계값보다 높은 한, 보조 컨트롤러는 과전압 오류 상태에 있으므로 전원 스위치를 비활성화하고 오류 출력을 로우 상태로 구동합니다. 오류 출력을 로우 상태로 구동하면 트랜지스터 Q1이 비활성화되므로 과전압 입력에 대한 피드백 분배기는 R1과 R2로만 구성됩니다. 그 결과 **방정식 1**에서 보드시피 두 저항의 비율과 전환 임계값에 의해 정의되는 과전압 피드백 전압이 발생합니다.

$$V_{ov_falling} = V_{sense_falling} \frac{R1}{R2} \quad (1)$$

주 공급 전압이 이 과전압 임계값 아래로 떨어지자마자 오류 출력은 더 이상 로우 상태로 구동되지 않고 트랜지스터가 켜지며, R3를 R2와 병렬로 연결하여 과전압 입력에 나타나는 전압을 줄입니다. **방정식 2**은(는) 상승 임계값의 새로운 값을 나타냅니다.

$$V_{ov_rising} = V_{sense_rising} \frac{R1}{\frac{R2 \cdot R3}{R2 + R3}} \quad (2)$$

R3의 값을 변경하면 결과 히스테리시스가 쉽게 조정되어 더욱 유연한 설계가 가능합니다.

결론

중복 전원 솔루션에서 ORing과 우선순위 스위칭 중 무엇을 선택할지는 시스템 설계에 따라 달라집니다. 두 설계는 동일한 기능을 가지지만, 실제 하드웨어 측면에서는 ORing 구현이 덜 까다롭습니다. 보드 인덕턴스, 보드 저항, 전원 트랜지스터의 $R_{DS(on)}$, 그리고 케이블 저항과 같은 기생 효과는 우선순위 스위칭 구현의 스위칭 동작에 부정적인 영향을 줄 수 있습니다. 경우에 따라 컨트롤러의 내부 히스테리시스만으로 기생 요소의 영향을 상쇄하기에 충분한 경우도 있지만 항상 그렇지 않습니다.

이 문서에서 설명하는 회로는 최소한의 부품으로 외부 히스테리시스를 추가하는 간단한 해결책을 보여줍니다. 유일한 요구 사항은 두 전압 레벨 간의 스위칭에 적합한 신호를 제공하는 컨트롤러입니다. 이 컨트롤러는 깨끗한 전환에 필요한 공급 입력의 커패시턴스를 줄여 안정적인 시스템 및 비용 절감을 이끌어냅니다.

작성자 소개

전력 설계 서비스 팀의 일원인 Björn Görner는 차량용 애플리케이션에 중점을 두고 맞춤형 전원 솔루션과 레퍼런스 설계를 설계한 8년의 경력을 가지고 있습니다. Björn은 텍사스 인스트루먼트가 전력 변환에 관심이 있는 엔지니어를 교육하고 지원하기 위해 매년 두 번 제공하는 TI의 전원 공급 장치 설계 세미나의 정기 발표자이기도 합니다.

중요 알림: 이 문서에 기술된 텍사스 인스트루먼트의 제품과 서비스는 TI의 판매 표준 약관에 의거하여 판매됩니다. TI 제품과 서비스에 대한 최신 정보를 완전히 숙지하신 후 제품을 주문해 주시기 바랍니다. TI는 애플리케이션 지원, 고객의 애플리케이션 또는 제품 설계, 소프트웨어 성능 또는 특허권 침해에 대해 책임을 지지 않습니다. 다른 모든 회사의 제품 또는 서비스에 관한 정보 공개는 TI가 승인, 보증 또는 동의한 것으로 간주되지 않습니다.

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you fully indemnify TI and its representatives against any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on [ti.com](#) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025