power integrations™

이제 DC-DC 컨버터는 대체되는가?

독립적으로 레귤레이션되는 다중 출력을 갖춘 새로운 플라이백 제어 기술로 특정 애플리케이션에 DC-DC 컨버터가 필요하지 않게 됨

WHITEPAPER

ac-dc 컨버터

파워 아키텍처

현대 산업 및 소비자 제품의 파워 아키텍처에는 대체로 DC-DC 컨버터가 함께 제공되어 다양한 회로 하위 시스템에 point-of-load 레귤레이션을 제공하고 있습니다. 프런트 엔드 AC-DC 컨버터가 있는 제품에서도 전력 시스템은 출력 회로에 올바른 전압 및 전류를 뒷단에서 레귤레이션하고 제공하기 위해 다중 DC-DC가 필요합니다. 이것은 지금까지의 이야기입니다.

새로워진 전력 컨버터 아키텍처는 출력 부스트와 벅 컨버터의 헤게모니와, 경우에 따라서는 현재 널리 사용되고 있는 일반 선형 레귤레이터를 대체하고 있습니다. 파워 인테그레이션스(Power Integrations)의 InnoSwitch™3-MX 및 InnoMux™ 칩셋에서 사용하는 새로운 AC-DC 플라이백 토폴로지를 기반으로 하는 이 새로운 기술은 단일 마그네틱 부품으로부터 독립적으로 레귤레이션되는 다중 출력을 갖는 일체형 컨버터를 제공하므로 DC-DC 뒷단 레귤레이션이 필요하지 않게 되며 시스템 효율이 획기적으로 향상됩니다. 이 접근 방식은 이미 최신 컴퓨터 모니터를 생산하는 데 일부 사용되고 있습니다.

이 새로운 접근 방식의 영향력을 설명하기 위해, 그림 1에 가전제품 및 컴퓨터 모니터 등 LED 디스플레이가 장착된 최신 장비에 사용하는 기존 전력 시스템의 블록 다이어그램이 표시되어 있습니다. AC-DC 스테이지는 LED 디스플레이 백라이트, 오디오 및 아날로그 회로, 다운스트림 프로세서를 포함한 여러 출력에 공급할 수 있도록 뒷단 레귤레이션되는 중간 DC 출력을 제공합니다. 부스트 컨버터는 정전류(CC) 제어 LED 백라이트를 지원하기 위해 중간 레일을 가변 48V – 60V로 승압합니다. 벅 디바이스는 정전압(CV) 5V로 감압하고 이어 마이크로컨트롤러를 구동하기 위해 3.3V에 대한 추가 벅 또는 선형 레귤레이터(미표시)가 뒤따릅니다.

그림 2 는 InnoSwitch3-MX / InnoMux 칩셋 아키텍처 신제품으로 구현된 동일한 시스템을 보여줍니다. 부품 수와 PCB 공간이 절약될 뿐만 아니라 DC-DC 스테이지가 없어지면서 총 시스템 전력 손실이 최대 50%까지 줄어듭니다.

이 전례 없는 수준의 시스템 에너지 절약을 통해 미국 ENERGY STAR® 8, 일본의 Top Runner Program, 최근 발표된 전자 디스플레이 제품에 대한 유럽연합 지침 2009/125/EC를 비롯한 국제 표준에서 정의한 전력 소비 제한을 충족하면서 효율이 낮은 디스플레이를 사용할 수 있게 되어 시스템 비용이 크게 절감됩니다.

Power System Efficiency 78 – 80%

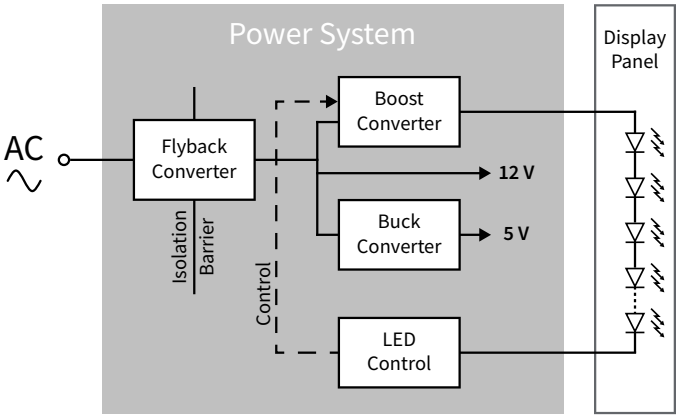

그림 1 일반적인 다중 스테이지 DC-DC 기반 시스템

Power System Efficiency 87 – 90%

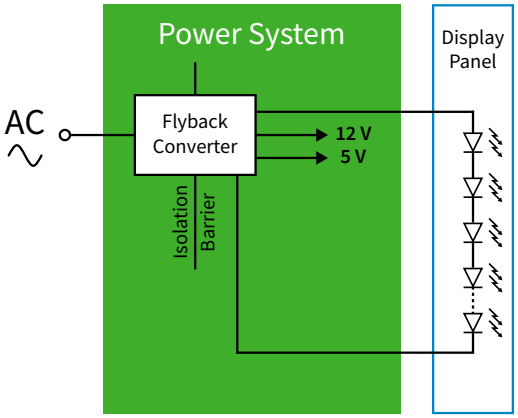

그림 2 InnoMux 기반 싱글 스테이지 시스템

자세히 알아보기

누군가는 다음과 같은 질문을 할 수도 있습니다. “확실한 이점이 있다면 어떻게 가능하며, 왜 이전에는 가능하지 않았습니까?” 이는 그림 3에 표시된 단순화된 시스템 회로도 설계를 참조하여 설명할 수 있습니다. 설명의 편의를 위해 출력이 2개만 표시되어 있지만, InnoMux 제품군에는 뒤에서 설명할 3개의 출력을 동시에 제어할 수 있는 디바이스가 포함되어 있습니다.

핵심 지원 기술은 FluxLink™라는 독점 절연 디지털 피드백 인터페이스입니다. FluxLink는 InnoSwitch3-MX IC에 통합되어 있으며 실시간 사이클별 출력 부하 정보를 컨버터의 절연 배리어를 통해 1차측 스위칭 스테이지로 전달할 수 있습니다. 피드백 정보를 제공하기 위해 일반적으로 절연 시스템에서 사용했던 옵토커플러와는 대조적입니다. 옵토커플러는 사이클별로 다중 출력에 정보를 전송할 때 충분히 빠르게 응답할 수 없는 아날로그 부품입니다. 따라서 FluxLink를 사용하면 플라이백 컨버터의 작동 주파수(일반적으로 70kHz – 100kHz 범위)에서 1차측 컨트롤러에 각 출력 상태에 대한 피드백을 사용할 수 있습니다.

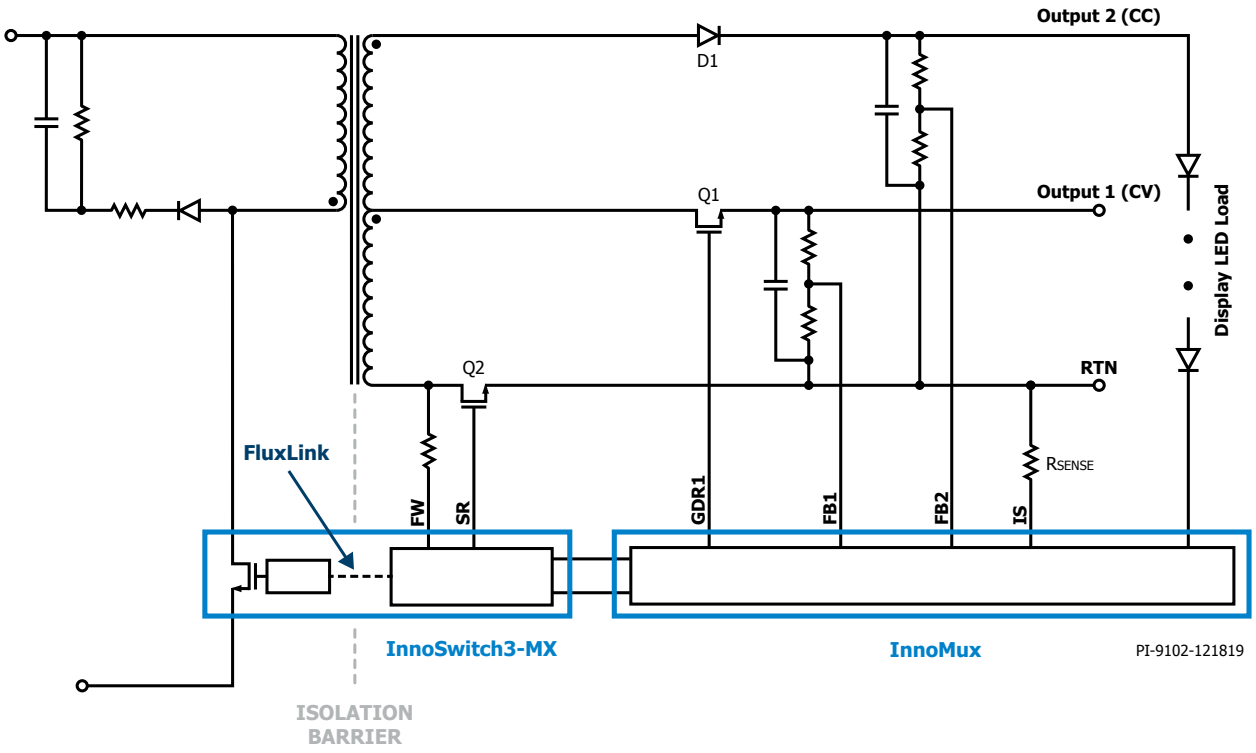

그림 3 InnoMux 기반 시스템의 단순 회로도

고대역폭 데이터를 전송하는 기능을 통해 InnoMux 기술과 기능을 보다 쉽게 이해할 수 있습니다. 핀 FB1, FB2 및 IS에 적용된 출력 피드백을 기반으로 InnoMux 컨트롤 IC는 각 출력을 지속적으로 모니터링하고 출력에 추가 전력이 필요할 때 FluxLink 통신 링크를 사용하여 사이클별 에너지를 1차측 컨트롤러에 요청합니다. 이러한 요청은 각 출력의 부하 조건에 따라 결정됩니다. 특정 사이클에 에너지가 필요하지 않으면 요청이 수행되지 않습니다. InnoMux가 특정 출력에 에너지가 필요하다고 확인한 사이클에서 FluxLink를 통해 에너지 요청이 이루어지며, 1차측 스위칭 회로는 트랜스포머에 에너지 패키지를 제공합니다. InnoMux 컨트롤러는 그림 3의 Q2와 같은 부하 스위치(FET)를 사용하여 저장된 트랜스포머 에너지를 이를 필요로 하는 출력으로만 보냅니다. 게이트 드라이버 출력(GDR1)은 독점 레벨 전환 기술을 통해 (비싼 p-채널이 아닌) n-채널 FET를 부하 스위치로 사용할 수 있습니다.

고장 보호와 최적의 효율을 유지하면서 멀티플렉싱 에너지 전달과 관련된 타이밍을 정확하게 맞추는 것은 FluxLink 통신 채널의 대역폭이 매우 높기 때문에 가능합니다. FluxLink로 달성한 정확한 타이밍을 통해 동기 정류(SR)를 사용할 수 있으며(그림 3의 Q1), 출력 정류 부품의 전압 강하를 줄여 시스템 효율을 더욱 향상시킬 수 있습니다.

언뜻 보기에 그림 3의 회로도는 일반적인 다중 출력 플라이백 컨버터와 비슷해 보입니다. 물론 완전히 새로운 것은 아닙니다. 그러나 기존의 다중 출력 플라이백에서는 출력 전압이 트랜스포머 출력 권선비를 통해 서로 간의 상관관계에 의해 고정됩니다. 단점은 출력 사이의 크로스 레귤레이션이 불량하다는 점입니다. 과부하 출력에서는 전압이 일반적으로 줄어드는 반면, 경부하 출력에서는 전압이 증가하거나 '피크 전하'를 나타내는 경향이 있습니다. 이러한 크로스 레귤레이션 문제 때문에 일반적으로 시스템 설계자는 DC-DC 컨버터를 사용하는 다중 스테이지 컨버터를 선택할 수밖에 없습니다.

반대로 그림 3의 시스템은 '에너지 멀티플렉싱'이라는 개념을 사용합니다(여기에서 InnoMux라는 이름이 만들어짐). 즉각적인 요구에 따라 개별 출력으로 멀티플렉싱 에너지 전달이 이루어지면 각 출력을 정밀하고 독립적으로 레귤레이션할 수 있습니다. 또한 이 기능을 사용하면 매우 독특한 여러 파워 서플라이 특성을 얻게 됩니다. 예를 들어, 일정한 출력 전압(그림 3의 CV 출력 1)을 제공하도록 일부 출력을 제어하는 동안, 일정한 출력 전류(그림 3의 CC 출력 2)를 위해 다른 출력을 제어할 수 있습니다(예: LED 디스플레이 조명 또는 배터리 충전 출력 제어). 일정한 부하 전류를 유지하기 위해 CV 출력 전압은 고정된 상태를 유지해야 하는 반면, CC 부하는 부하 조건에 따라 출력 전압을 변화시켜야 합니다. 이는 사이클별 에너지 멀티플렉싱을 통해 이루어지며, CC 출력에서의 2:1 전압 조정 및 각 개별 출력 전압/전류의 독립적인 레귤레이션뿐만 아니라 유동적 조정까지도 가능합니다. 이것은 다른 출력 레귤레이션에는 영향을 주지 않으면서 이루어집니다. 예를 들어, 대기 상태에서 또는 피크 부하 조건을 충족하기 위해 한 출력의 전압을 유동적으로 변경해야 하는 경우 해당 출력에 대한 저항 분배기 레귤레이션 대상을 변경하기만 하면 됩니다. 다른 출력으로의 에너지 전달과 그에 따른 레귤레이션은 영향을 받지 않습니다. 이들은 모두 다중 컨버터를 작동시키기 위해 이전에는 추가 DC-DC 뒷단 레귤레이션 스테이지를 사용해야 했던 기능의 예입니다.

동기 벅 DC-DC 컨버터는 일반적으로 2개의 저저항 FET, 파워 인덕터 및 여러 개별 부품으로 구성됩니다. 위에서 설명한 바와 같이, InnoMux 아키텍처는 트랜스포머 에너지를 원하는 출력으로 움직이기 위한 부하 스위치로서 FET 중 하나를 유지하며, 파워 인덕터는 완전히 제거됩니다. 더 정확하게 말하면, n개의 출력을 가진 InnoMux 컨버터에는 (n-1)개의 부하 스위치가 필요합니다. 이것은 저전압 출력이 부하 스위치가 ON일 때 에너지를 전환한다는 사실로 설명할 수 있습니다. 즉, 최고 출력 전압 레일은 1차측에 에너지를 요청하고 모든 출력 부하 스위치가 OFF인 경우에만 에너지를 수신할 수 있습니다. 따라서 최고 출력 전압 레일은 기존 다이오드 전용 구성을 유지할 수 있습니다.

DC-DC 컨버터를 없애는 것은 시스템 EMI 측면에서도 매력적입니다. DC-DC 컨버터는 일반적으로 200kHz – 500kHz 스위칭 주파수 범위에서 작동하여 자체 전도 및 방사 EMI 부품을 전력 시스템에 도입합니다. PCB 레이아웃 및 인덕터 설계와 관련된 EMI 설계 고려사항도 InnoMux 시스템에서 없어지게 됩니다.

InnoMux 시스템 작동 및 트랜스포머 설계에 대한 자세한 내용은 이 문서 범위에서는 다루지 않지만 무료 설계 소프트웨어 및 레퍼런스 디자인 보고서를 다운로드하면 지원받을 수 있습니다 [1]. 그림 4 는 1차측 스위치 드레인 전압 파형을 보여줍니다. 각 사이클에 대한 반사 전압은 유도되는 출력 에너지에 따라 달라집니다. 이는 각 스위칭 사이클에서 DCM 링 이전의 OFF 상태 VDS 전압 진폭의 변화로 명확하게 확인할 수 있습니다.

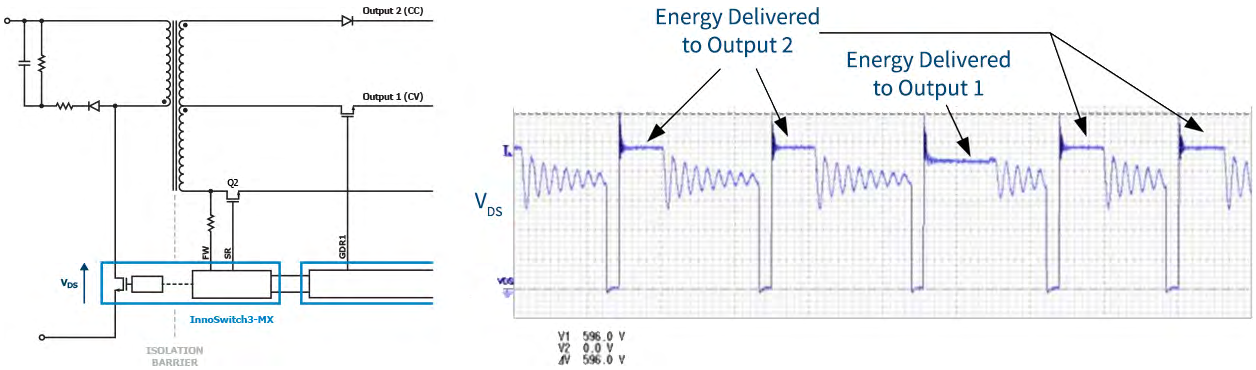

그림 4 다양한 반사 전압의 영향을 보여주는 일반적인 1차측 드레인 전압 파형

그림 5 는 2개의 정전압(CV) 출력과 제3의 정전류(CC) 출력이 있는 시스템에서 InnoMux 제품군의 모든 기능을 활용하는 완전한 2차측 회로도를 보여줍니다. 이 회로는 컴퓨터 모니터 전력 시스템을 대표하며, 여기서 2개의 CV 출력(일반적으로 12V와 5V)은 FB1 및 FB2 핀을 통해 레귤레이션되는 반면, 제3의 출력 VLED는 4채널 LED 백라이트에 공급됩니다. ICC1–ICC4 핀은 각 LED 스트링에서 부하 전류를 받고 내부 측정, 레귤레이션 및 VLED 조정을 수행하여 LED 스트링 전류를 3% 미만으로 정확하게 균형을 맞춥니다. 디밍 입력은 채널당 5mA LED 전류 또는 최대 2%까지 아날로그, PWM 또는 하이브리드 디밍을 제공합니다.

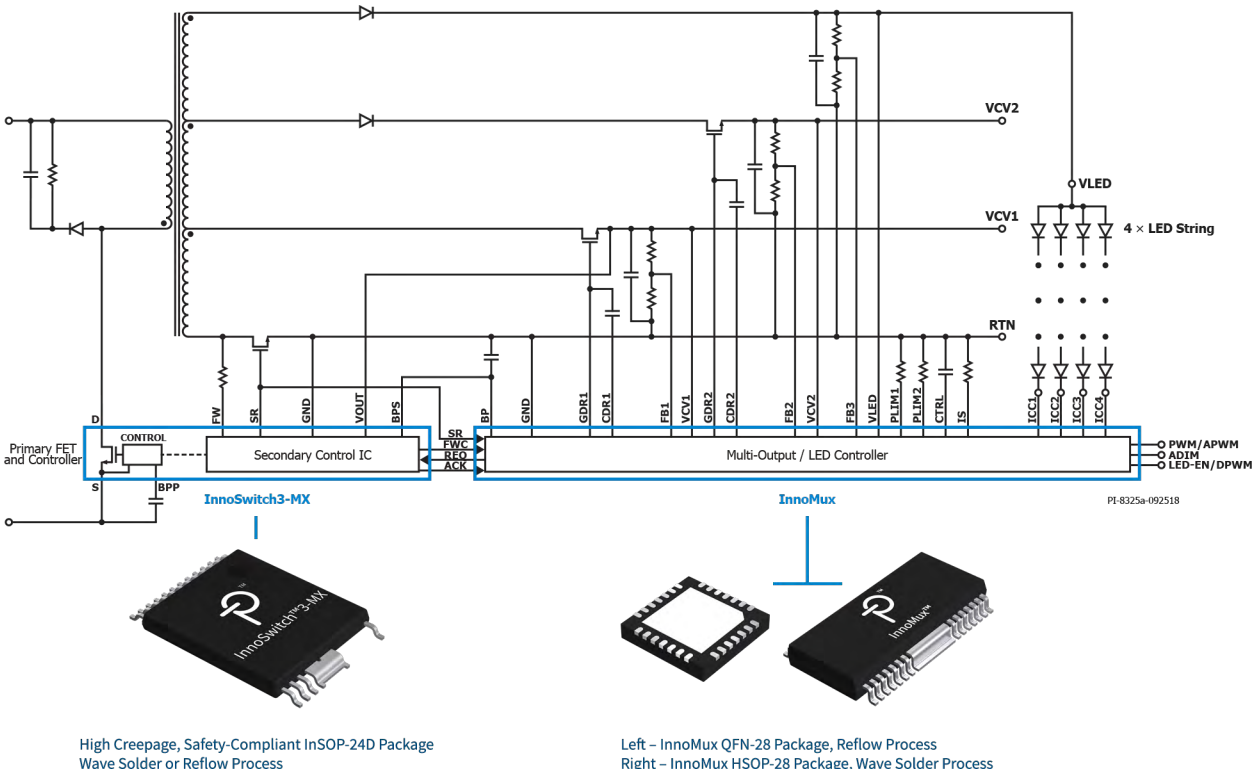

그림 5 4개의 스트링 LED 전류 밸런싱 및 CV 출력 전력 제한 설정을 보여주는 2개의 CV, 1개의 CC 회로도

멀티플렉스 파워 서플라이의 또 다른 특징은 시스템 설계자가 각 출력에 사용 가능한 과부하 전력을 선택할 수 있다는 것입니다. 그림 5에서 핀 PLIM1 및 PLIM2의 저항은 표 1에 표시된 값에 따라 각각 출력 VCV1 및 VLED에 에너지를 전달하기 위한 최대 주파수를 제어합니다. PLIM1 또는 PLIM2 핀에 추가 커패시터를 사용하는 새로운 방식을 통해 (표 2 참조) 출력 VCV2로의 에너지 전달을 위한 최대 주파수를 설정합니다. 이는 과부하 조건에서 일반적으로 각 출력의 부품이 1차측 제어 회로의 전체 출력 전력을 수신하도록 정격을 지정해야 하는 다중 출력 플라이백 컨버터보다 매우 유용한 이점을 제공합니다. InnoMux 설계에서 출력 부품은 특정 출력의 최대 전력 전달만을 지원하도록 표 1을 통해 크기를 조정할 수 있습니다.

주파수	CV1PLIM1	V_{LED}PLIM2
30kHz	5.1kΩ	5.1kΩ
41kHz	10kΩ	10kΩ
56kHz	22kΩ	22kΩ
78kHz	39kΩ	39kΩ

표 1 CV1 및 VLED 출력 과부하 선택

주파수	CV1PLIM1	V_{LED}PLIM2
30kHz	커패시터 없음	커패시터 없음
41kHz	커패시터	커패시터 없음
56kHz	커패시터 없음	커패시터
78kHz	커패시터	커패시터

표 2 CV2 출력 과부하 선택(표 1 저항 값에 따른 커패시터 값 [2])

그림 6 은 그림 5에 표시된 유형의 2 CV 및 1 CC 애플리케이션에서 측정된 출력 전류 파형을 보여줍니다.

이 부품은 에너지를 받는 출력에 관계없이 출력 전류를 전도하기 때문에 SR FET 전류 파형에는 모든 출력이 합성되어 있습니다. 상단 패턴은 개별 출력 전류 파형을 색상으로 구분한 버전을 보여줍니다. 표시된 부하 조건에서 에너지 요청의 약 50%는 LED 출력으로, 33%는 12V로, 나머지 ~17%는 5V 출력으로 라우팅됩니다. 각 출력에 대한 과부하 주파수 제한을 설정하기 위해 설계 스테이지 동안 그림 6에 표시된 것과 같은 풀부하 측정이 수행됩니다.

LED 출력의 피크 전류는 이 출력과 1차측 권선 간의 턴비가 모든 출력 중 가장 낮기 때문에 상대적으로 낮으며, 따라서 전류 증폭도 가장 낮습니다. 그러나 이것이 가장 높은 출력 전압이기 때문에 이 출력의 전력이 중요합니다. 낮은 전압 12V와 5V 출력에 대해 권선비가 증가함에 따라 피크 전류가 증가합니다. 1차측 FET가 켜지기 전에는 5V 출력의 전류가 0에 도달하지 않습니다. 이 경우 5V 출력 권선의 전류가 급격히 0으로 떨어집니다. 이 작동은 CCM (연속 모드) 작동이라고 하고, 12V 및 LED 출력의 전류 파형은 DCM(불연속 모드) 파형이라고 합니다(1차측 스위치가 켜지기 전에 전류가 0으로 강하). InnoSwitch3-MX 및 InnoMux IC 제품군은 모두 트랜스포머 설계의 유연성을 극대화하기 위해 DCM 또는 CCM 모드에서 작동하도록 설계되었습니다.

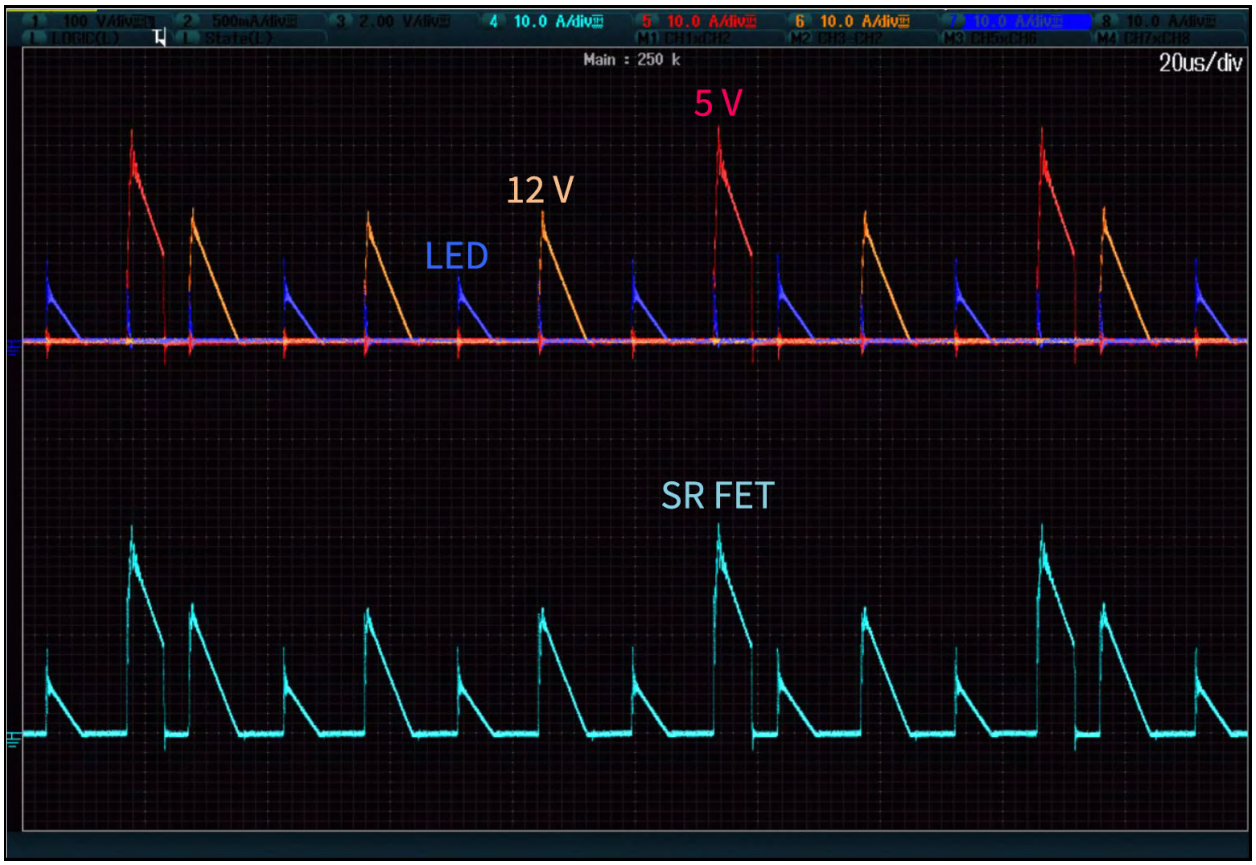

그림 6　　2 CV, 1 CC 파워 서플라이의 출력 전류 파형

다중 출력에 CV 출력 레귤레이션만 필요한 시스템에서 InnoMux 칩셋은 각 출력의 풀부하 범위에 정확한 레귤레이션을 제공하는 데 유용합니다. 앞서 언급했듯이, 기존의 다중 출력 플라이백은 출력 전압이 서로에 대한 출력의 트랜스포머 권선비에 의해 좌우되므로 크로스 레귤레이션이 열악합니다. 그림 7 은 InnoMux 기반 시스템에서 12V 및 5V 출력의 기존 다중 출력 플라이백을 비교하여 측정한 파형을 보여줍니다. 기존의 플라이백 컨버터를 사용하면 파워 서플라이 설계자는 그림 8에 나와있는 것처럼 두 출력의 피드백 정보를 단일 피드백 노드에 결합하여 하나의 출력 레귤레이션으로 절충하는 경우가 많습니다. 이러한 방식은 일반적으로 한 출력(일반적으로 5V)의 피드백이 주가 되도록 하며 이 출력이 가장 정확한 레귤레이션을 할 수 있도록 보장합니다. 그러나 이러한 방식은 각 출력의 전압 레귤레이션이 해당 출력의 부하뿐만 아니라 다른 출력의 부하에 의해서도 영향을 받는 경우 항상 문제가 됩니다. 이것은 그림 7에 표시되어 있습니다.

반면에 InnoMux를 사용하면 각 출력의 완전히 독립적인 피드백 및 레귤레이션이 개별 출력에 대한 전체 부하 범위에서 정확한 레귤레이션을 독립적으로 보장합니다. 앞서 언급했듯이, 필요한 경우 이러한 기능이 출력을 유동적으로 조정할 수도 있습니다.

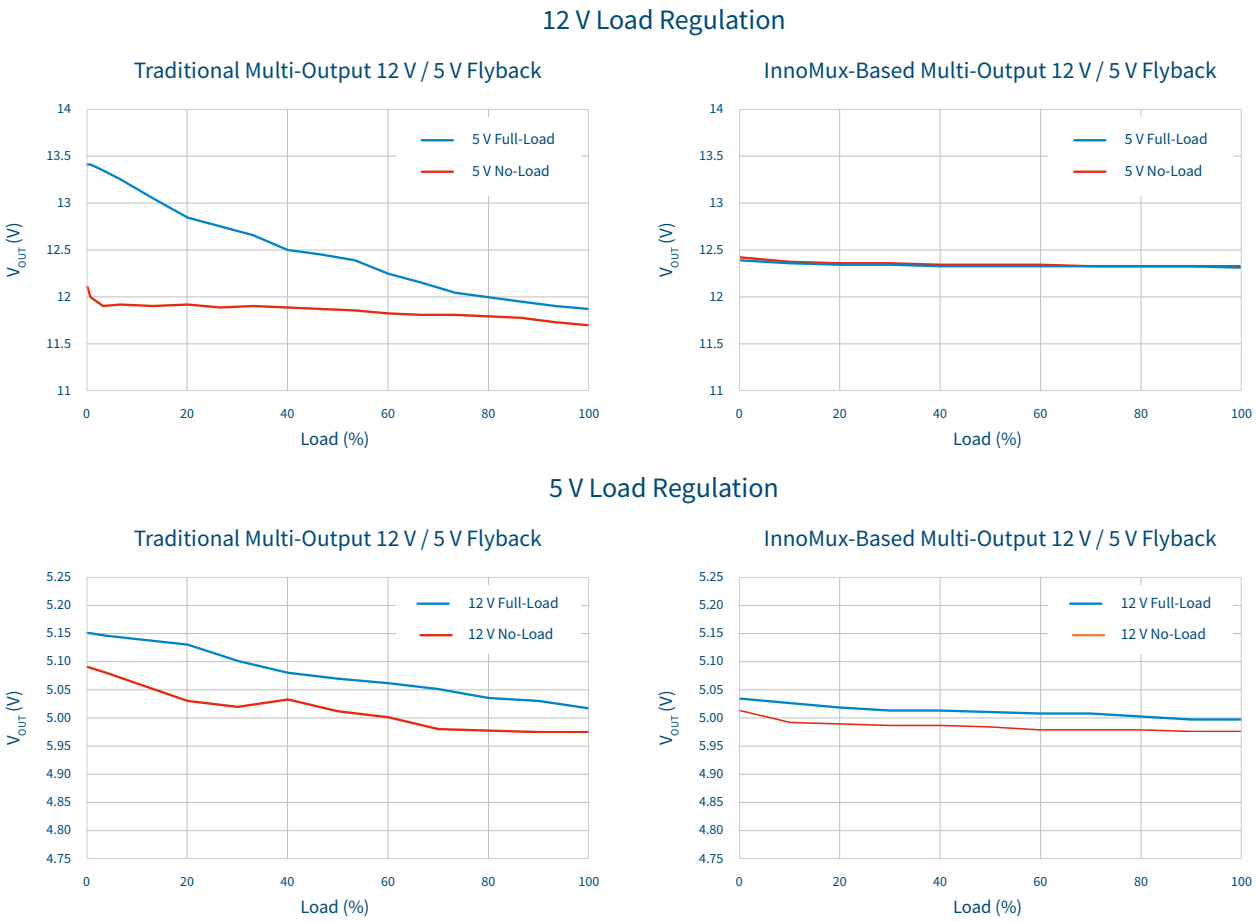

그림 7 기존의 다중 출력 플라이백을 사용한 12V/5V 파워 서플라이의 측정 부하 레귤레이션과 InnoMux 기반 시스템의 보다 정확한 레귤레이션 비교

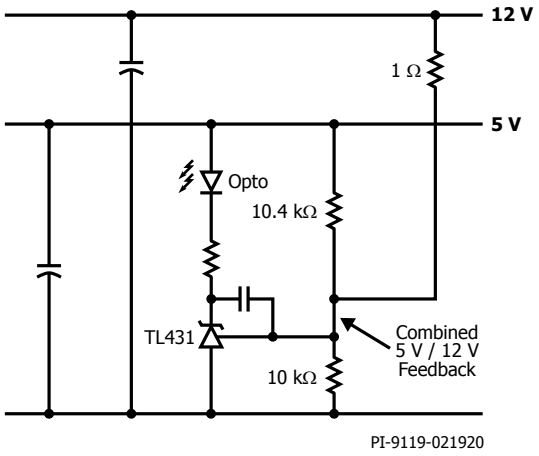

그림 8 12V 출력 레귤레이션을 개선하면 5V 출력 레귤레이션이 손상되는 다중 출력 플라이백의 기존 결합형 피드백 방식

새로운 기술이 전력 시스템에서 전체 변환 스테이지를 완전히 없애는 것이 자주 있는 일은 아니지만, InnoMux 아키텍처에서는 가능합니다. 전력 설계자는 다중 DC-DC 다운스트림 컨버터를 대체하는 단일 AC-DC 스테이지를 사용함으로써 처음으로 다중 스테이지 파워 아키텍처에 대한 대안을 갖게 되었습니다.

InnoMux를 사용하는 보다 에너지 효율적인 컴퓨터 모니터가 시장에 출시되고 TV 및 가전제품이 개발됨에 따라 이 기술은 이미 확립되고 있습니다. 기술이 발전함에 따라 미래의 전력 시스템에 훨씬 더 큰 효율성과 공간 절약 효과를 제공하는 새로운 애플리케이션과 향상된 제어 방식이 계속 등장할 것입니다.

레퍼런스

[1] InnoMux 제품 페이지

[2] InnoMux 데이터 시트

이전 페이지로 돌아가기

전 세계 판매 지원 지역

본사

5245 Hellyer Avenue
San Jose, CA 95138 USA

전화 +1 408 414 9200
팩스 +1 408 414 9201

고객 서비스

전화 +1 408 414 9520
이메일 usasales@power.com

미국 동부

7360 McGinnis Ferry Road, Suite 225
Suwanee, GA 30024 USA

전화 +1 678 957 0724
이메일 usasales@power.com

미국 중부

3100 Dundee Road, Suite 204
Northbrook, IL 60062 USA

전화 +1 847 721 6293
이메일 usasales@power.com

중국(상하이)

Room 1601-1603, Charity Plaza
No. 88 North Caoxi Road
Shanghai, China 200030

전화 +86 021 6354 6323
이메일 chinasales@power.com

중국(센젠)

17/F, Hivac Building, #2
Keji South 8th Road, Nanshan District
Shenzhen, China 518057

전화 +86 755 8672 8689
이메일 chinasales@power.com

독일(AC-DC/LED 판매)

Einsteinring 24
85609 Dornach / Aschheim
Germany

전화 +49 89 5527 39100
이메일 eurosales@power.com

독일(게이트 드라이버 판매)

HellwegForum 1
59469 Ense
Germany

전화 +49 29 3864 39990
이메일 gate-drivers.sales@power.com

인도(방갈로르)

Bangalore 560052 India

전화 1 +91 80 4113 8020
전화 2 +91 80 4113 8028
이메일 indiasales@power.com

인도(뭄바이)

Unit 106-107, Sagar Tech Plaza-B
Sakinaka, Andheri Kurla Road
Mumbai-400072, Maharashtra, India

전화 1 +91 22 4003 3700
전화 2 +91 22 4003 3600
이메일 indiasales@power.com

인도(뉴델리)

#45, Top Floor
Okhla Industrial Area, Phase-III
New Delhi, India
Pin-110020

전화 1 +91 11 4055 2351
전화 2 +91 11 4055 2353
이메일 indiasales@power.com

이탈리아

Via Milanese 20
20099 Sesto San Giovanni (MI)
Italy

전화 +39 02 4550 8708
이메일 eurosales@power.com

일본

Yusen Shin-Yokohama 1-chome Building
1-7-9, Shin-Yokohama, Kohoku-ku,
Yokohama-shi, Kanagawa
Japan 222-0033

전화 +81 45 471 1021
이메일 japansales@power.com

대한민국

대한민국 서울
강남구 테헤란로 87길 22
6층 602호

전화 + 82 2 2016 6610
이메일 koreasales@power.com

싱가포르

51 Newton Road
#20-01/03 Goldhill Plaza
Singapore 308900

전화 +65 6358 2160

고객 서비스

전화 +65 6356 4480
이메일 singaporesales@power.com

스위스

Johann-Renfer-Strasse 15
2504 Biel/Bienne, Switzerland

전화 +41 32 344 47 47
이메일 gate-drivers.sales@power.com

대만

5F, #318, NeiHu Road, Section 1
Neihu District
Taipei, Taiwan 114, ROC

전화 +886 2 26594570
이메일 taiwansales@power.com

영국

Building 5, Suite 21
The Westbrook Centre
Milton Road, Cambridge CB4 1YG

전화 +44 7823 557484
이메일 eurosales@power.com

파워 인테그레이션스(Power Integrations), 파워 인테그레이션스(Power Integrations) 로고, BridgeSwitch, CAPZero, ChiPhy, CHY, DPA-Switch, EcoSmart, E-Shield, eSIP, eSOP, FluxLink, HiperPLC, HiperPFS, HiperTFS, InnoMux, InnoSwitch, Innovation in Power Conversion, InSOP, LinkSwitch, LinkZero, LYTSwitch, SENZero, TinySwitch, TOPSwitch, PI, PI Expert, SCALE, SCALE-1, SCALE-2, SCALE-3, SCALE-iDriver 및 SCALE-iFlex는 Power Integrations, Inc.의 상표이며, 기타 상표는 각 회사의 재산입니다.
©2020, Power Integrations, Inc.