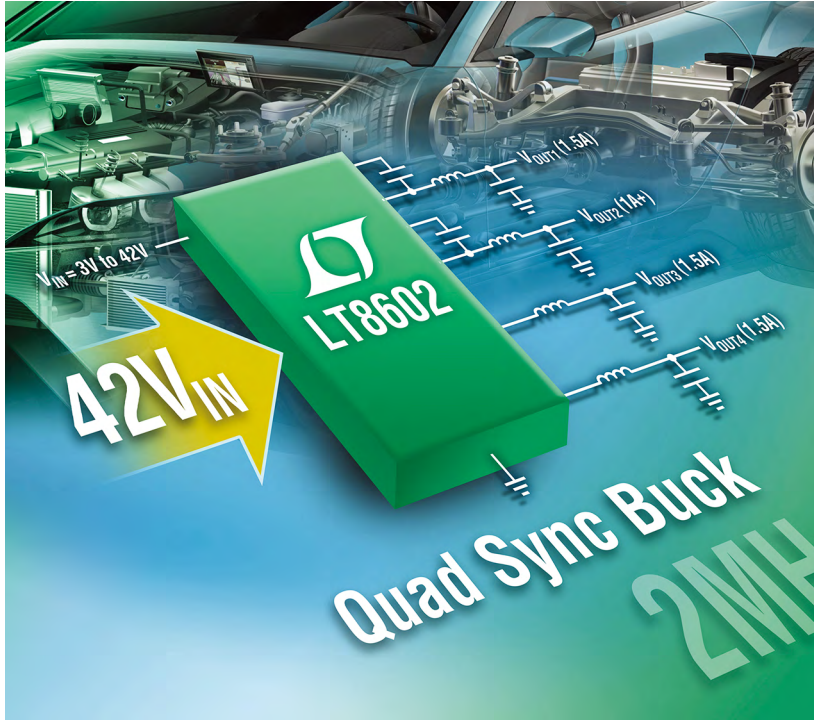


## 다채널 동기식 벅 컨버터 수요를 견인하는 전장 시스템



자동차의 전장 시스템 수와 복잡도가 빠르게 증가하면서 전력관리 IC 성능에 대한 요구도 더욱 높아지고 있다. 쿼드 출력 전력 IC를 사용하면 자동차 설계자는 전력 변환 회로에 필요한 공간을 획기적으로 줄일 수 있다.



글 | 제프 그루터(Jeff Gruetter)  
제품 마케팅 엔지니어  
리니어 테크놀로지  
(Linear Technology Corporation)

자동차는 안전, 편의성, 효율 및 성능을 향상시키기 위해 더 많은 전자 시스템을 계속해서 추가하고 있다. 이제 더 작은 크기에 더 높은 성능을 갖는 전력 변환 솔루션을 요구하는 것은 놀랄 일이 아니다. 이러한 새로운 다채널 전력 관리 솔루션은 통상 마이크로프로세서 구동에 필요한  $V_{CORE}$ ,  $V_{I/O}$ ,  $V_{MEM}$ 에 전력을 공급하기 위해 최대 4개의 독립적인 전원 레일을 제공해야 하며, 보통 4번째 5V 레일은 CAN 트랜시버에 전력을 공급한다. 미국 시장조사기관 스트래티지 애널리틱스(Strategy Analytics)에 따르면, “이를 구현하는

반도체 소자에 대한 수요가 다음 7년에 걸쳐 연평균 성장률 5%를 기록하면서 전체 시장 규모가 2014년 300억 달러에서 2021년에는 410억 달러를 넘어설 것”으로 전망했다. 또 스트래티지 애널리틱스는 마이크로컨트롤러와 전력 반도체에 대한 수요가 매출의 40% 이상을 차지할 것으로 분석했다.

스트래티지 애널리틱스는 자동차에 들어가는 전자장치의 성장을 수치로 예측하고 있지만, 보다 흥미를 끄는 것은 이러한 성장에서 전력 IC가 담당하는 핵심적인 역할이다. 이와 같은 새로운 전력 IC 설계는 다음의 특성들을 제

공해야 한다.

- 1) 단일 전력 관리 IC로 다중 전압 레일을 관리해야 한다.
- 2) 4V 이하의 콜드크랭크 및 스톱-스타트 경우에서부터 36V 이상의 로드 덤프 과도 전압을 포함해 넓은 범위의 전압에 걸쳐 안정된 성능을 보장해야 한다.
- 3) 5V에서부터 1V 미만의 출력 범위를 제공해야 한다.
- 4) 전자기 간섭(EMI) 방사가 극히 낮아야 한다.
- 5) 가능한 최고 효율로 열 문제를 최소화하고 배터리 가동 시간을 최적화해야 한다.

6) 엔진(교류 발전기)이 시동 중이 아닐 때 시스템이 자동차 배터리를 소모하지 않으면서 작동 상태를 유지하고 보안, 환경 제어 및 인포테인먼트 시스템과 같은 상시 동작 시스템을 작동할 수 있도록 무부하 전류가 극히 낮아야 한다(채널당 10  $\mu$ A 미만).

7) 최소형 솔루션 풋프린트를 구현해야 한다. 종종 다중 전압 레일을 필요로 하지만 전력 변환 회로에 요구되는 공간을 최소화해야 한다.

8) 스위칭 잡음을 AM 라디오 대역을 피하게 하면서 솔루션 풋프린트를 매우 작게 유지하기 위해서는 스위칭 주파수가 2 MHz 이상이 되어야 한다.

전력 IC의 증가된 성능 레벨의 목표는 자동차에 점점 더 많아지고 복잡해지는 전자 시스템의 설계를 구현하는데 있다. 자동차에서 전자장치의 성장을 촉발하는 애플리케이션들은 자동차의 모든 곳에서 확인할 수 있다. 예를 들면, 차선 모니터링, 적응형 안전 제어, 전조등 자동 회전 및 밝기 조절을 비롯한 새로운 안전 시스템이 있으며, 더욱 많은 기능을 좁은 공간에 집어넣어야 하는 끊임없이 발전하는 인포테인먼트 시스템(텔레매틱스)이 있다. 이제 인포테인먼트 시스템은 점점 더 늘어나는 클라우드 기반 애플리케이션까지 지원해야 한다. 또한 스톱/스타트 시스템과 전자적으로 제어하는 트랜스미션 및 엔진 제어를 갖춘 첨단 엔진 관리 시스템, 그리고 성능과 안전, 편의성 향상을 동시에 추구하는 드라이브 트레인과 새시 관리 등이 있다. 몇 년 전만 해도 이러한 시스템은 고급형

차량에만 볼 수 있었지만, 지금은 모든 제조업체의 거의 전 차종에 흔히 들어 가면서 자동차 전력 IC 성장을 더욱 가속화하고 있다.

## 더 작아지는 전력 변환 회로

전력 변환 회로를 더 작게 만드는 몇 가지 방법이 있다. 일반적으로 회로에서 가장 큰 부품은 전력 IC가 아니라 외부 인덕터와 커패시터이다. 전력 IC의 스위칭 주파수를 400 kHz에서 2 MHz로 높이면, 이들 외부 부품의 크기를 극적으로 줄일 수 있다. 그러나 이를 효과적으로 수행하려면 전력 IC는 높은 주파수에서 높은 효율을 제공해야 하는데, 이는 전통적으로 실현 불가능했다. 그러나 최근 새로운 공정과 설계 기법을 이용해 90% 이상의 효율을 제공하면서 2 MHz에서 스위칭하는 동기식 전력 IC가 개발됐다. 고효율 동작은 전력 손실을 최소화해 히트 싱크의 필요를 없애주고 스위칭 잡음을 AM 라디오 대역에서 피하게 한다. 이는 잡음에 민감한 많은 전자 시스템에서 매우 중요한 이점이다.

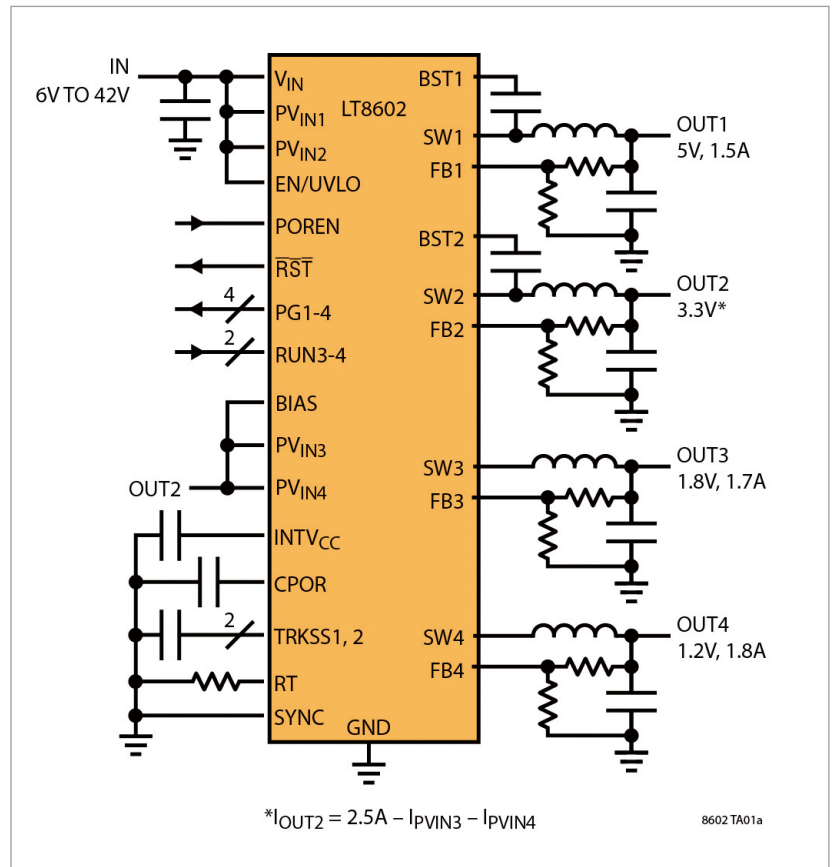
전력 변환 회로를 획기적으로 작게 만드는 또 다른 방법은, 여러 개의 고유 출력 전압 레일이 필요한 경우, 단일 디바이스를 여러 개 사용하는 대신 다중 출력 컨버터를 이용하는 것이다. 예를 들어, 마이크로프로세서에 전력을 공급할 때 대부분의 설계는 3개의 독립적인 출력을 이용해 마이크로프로세서에 필요한  $V_{CORE}$ ,  $V_{I/O}$ ,  $V_{MEM}$ 에 전력을 공급하고, 4번째 5 V 레일은 마이크로컨트롤러가 시스템의 나머지 전자

장치와 통신할 수 있게 하는 CAN 트랜시버에 전력을 공급한다. 적절히 설계된 쿼드 컨버터 IC는 등가의 단일 컨버터보다 조금 클 뿐이지만 솔루션 풋프린트는 4개의 단일 컨버터 크기의 절반이 되지 않는다. 이러한 크기 향상은 2 MHz 스위칭 주파수를 사용하는 쿼드 출력 레귤레이터와 500 KHz에서 동작하는 4개의 단일 컨버터와 비교할 때 특히 두드러진다. 이밖에 쿼드 출력 컨버터는 채널 간 원하지 않는 크로스토크를 최소화하도록 설계되는 반면, 4개의 인접한 단일 컨버터 간 크로스토크는 공통 클록에 모두 동기화하지 않을 경우 문제가 될 수 있다. 외부 클록과 동기화를 추가하는 것은 회로에 크기와 복잡도, 그리고 비용을 추가한다.

## 낮은 EMI 동작

자동차의 전기적 환경은 본질적으로 잡음이 존재하며, 많은 애플리케이션은 전자기 간섭(EMI)에 민감하므로 스위칭 레귤레이터는 EMI 문제를 악화시키지 않아야 한다. 스위칭 레귤레이터는 보통 입력 전력 버스 라인에서 가장 우선적인 능동 부품이기 때문에 다운스트림 컨버터와 관계없이 전체 컨버터의 EMI 성능에 많은 영향을 미친다. 따라서 EMI 최소화가 필수적이다. 전통적으로, 솔루션은 EMI 차폐 박스를 이용하는 것이었지만, 이 방법은 솔루션 풋프린트에 적지 않은 비용과 크기를 추가하고 열 관리와 테스트, 제조 가능성을 복잡하게 만든다. 전력 관리 IC 내의 또 다른 가능한 솔루션은 내부 MOSFET의 스위칭 에지 속도를

낮추는 것이다. 그러나 이것은 효율을 떨어뜨리고 최소 온-시간을 증가시키는 바람직하지 못한 영향을 미친다. 최소 온-시간은 2 MHz 이상 스위칭 주파수에서 낮은 듀티 사이클을 제공하는 IC 성능과 관련된다. 고효율과 소형 솔루션 풋프린트를 모두 구현하는 것은 바람직하지만, 이는 실현 가능한 솔루션이 아니다. 다행히 최근 빠른 스위칭 주파수, 높은 효율 동작, 낮은 최소 온-시간을 동시에 구현하는 몇몇 전력 IC 설계가 등장했다. 이러한 설계는 일반적으로 2 MHz 스위칭 주파수에서도 낮은 EMI 방사를 달성하고, 90% 이상 효율을 제공한다. 이러한 성능 레벨은 추가적인 부품이나 차폐를 사용하지 않고 달성되므로, 스위칭 레귤레이터 설계에 중요한 혁신을 제공한다.



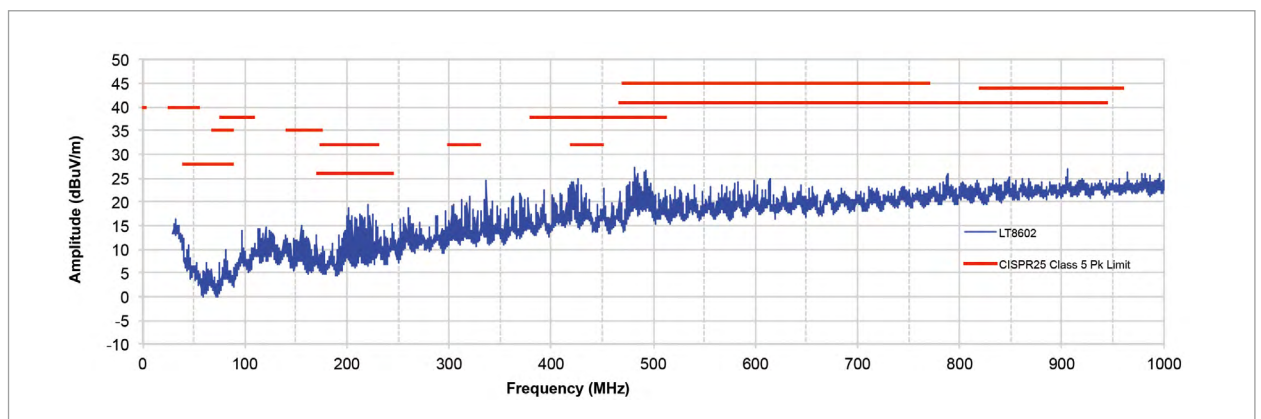
[그림 1] 5V, 3.3V, 1.8V, 1.2V 출력을 제공하는 LT8602 회로도

### 새로운 대안

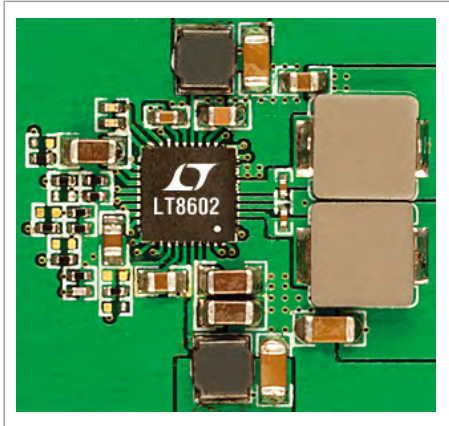
리니어 테크놀로지의 LT8602는 42 V 볼트 입력 지원, 고효율, 쿼드 출력 모놀리식, 동기식 스텝다운 스위칭 레귤레이터이다. LT8602는 3 V ~ 42 V 입력 전

압 범위를 가지므로, 콜드 크랭크 및 스톱-스타트 시 3 V의 낮은 최소 입력 전압과 로드 덤프 과도 전압에서 40 V 이상으로 조절해야 하는 자동차 애플리케이션에 이상적이다.

그림 1에서 보듯이 레귤레이터의 쿼드 채널 설계는 2개의 고전압 2.5 A와 1.5 A 채널을 2개의 저전압 1.8 A 채널과 결합해 4개의 독립적



[그림 2] LT8602 방사 EMI 성능  
(CISPR25 방사 방출 테스트, 클래스 5 피크 제한)



[그림 3] LT8602 쿼드 출력 솔루션 풋프린트  
(실제 크기의 2배)

인 출력을 제공하므로, 현재 나와 있는 가장 낮은 전압의 마이크로프로세서를 구동할 수 있는 0.8 V의 낮은 전압을 공급할 수 있다. 디바이스의 동기식 정류 토폴로지는 최대 94% 효율을 제공하며, 버스트 모드 동작은 무부하 대기 조건에서 (모든 채널 ON 상태에서) 무부하 전류를 30  $\mu$ A 미만으로 유지하므로 상시 동작 시스템에 이상적이다.

잡음에 민감한 애플리케이션을 위해 소형 외부 필터를 제공하는 LT8602는 펄스 스키핑 모드를 이용해 스위칭 잡음을 최소화하고 CISPR25, 클래스 5 EMI 요구사항을 만족한다(그림 2 참조).

LT8602의 스위칭 주파수는 250 kHz에서 2 MHz까지 프로그래밍 할 수 있으며, 전체 범위에서 동기화할 수 있다. 디바이스의 60 ns 최소 온-시간은 2 MHz 스위칭 주파수를 갖는 고전압 채널에서 16  $V_{IN}$  ~ 2.0  $V_{OUT}$  스텝다운 변환할 수 있게 한다. 고전압  $V_{OUT2}$  채널이 2개의 저전압 채널( $V_{OUT3}$  및  $V_{OUT4}$ )에 전력을 공급하므로, 이들 저전압 채널은 0.8 V의 낮은 출력을 제

공하면서 2 MHz에서 스위칭할 수 있다. 따라서 그림 3에서 보듯이 초소형의 (~25mm x 25mm) 쿼드 출력 솔루션을 구현한다.

LT8602의 2 MHz 스위칭 주파수는 솔루션 풋프린트를 최소화하는 외에도, 설계자가 AM 라디오 같은 잡음에 민감한 중요한 주파수 대역을 피할 수 있게 한다. LT8602의 각 채널은 모든 조건에서 단 200 mV(@1A)

의 최소 전압 강하를 유지하므로 자동차 콜드 크랭크와 같은 조건에서도 정상 동작이 가능하다. 각 채널에 대한 프로그래밍 가능한 파워 온 리셋 및 전력 양호(power good) 표시는 전체 시스템 신뢰성을 보장하도록 도와준다. LT8602는 40-lead 열 강화 6mm x 6mm QFN 패키지로 제공되며, 높은 스위칭 주파수는 외부 인덕터와 커패시터를 작게 유지할 수 있게 하므로 초소형의 열 효율적인 풋프린트를 제공한다.

LT8602는 내부에 쿼드 상단 및 하단 고효율 전력 스위치와 필요한 모든 부스트 다이오드, 발진기, 제어 및 로직 회로를 단일 다이로 통합하고 있다. 채널 1/3과 채널 2/4의 180도 위상차 스위칭은 출력 리플을 감소시킨다. 각 채널은 개별적인 입력을 가지므로 추가적인 설계 유연성을 제공하지만, 대부분의 애플리케이션은 2개의 고전압 채널로부터 직접 2개의 저전압 전압 채널을 실행하므로, 매우 단순하고 효율 높은 쿼드 출력 설계를 제공한다. 낮은 리플의 버스트 모드 동작은 낮은 출

력 전류에서 높은 효율을 제공하면서 출력 리플을 15 mV<sub>PK-PK</sub> 미만으로 유지한다. 고유 설계 기법과 새로운 고속 프로세스는 넓은 입력 전압 범위에서 높은 효율을 달성하며, LT8602의 전류 모드 토폴로지는 빠른 과도 응답과 탁월한 루프 안정성을 제공한다. 그밖의 기능으로는 내부 보상, 전력 양호 플래그, 출력 소프트 스타트/트래킹, 단락 회로 및 열 보호 등이 있다.

## 결론

자동차의 전자 시스템 수와 복잡도가 빠르게 증가하면서 전력 관리 IC 성능에 대한 요구도 더욱 높아지고 있다. 쿼드 출력 전력 IC를 사용하면 자동차 설계자는 전력 변환 회로에 필요한 공간을 획기적으로 줄일 수 있다. 2 MHz의 스위칭 주파수와 결합하면 외부 부품인 인덕터와 출력 커패시터의 크기를 크게 줄여 매우 작은 초소형의 쿼드 레일 솔루션 풋프린트를 제공할 수 있다. 이러한 초소형 설계는 매우 견고해, 스톱-스타트, 콜드 크랭크 및 로드 덤프 조건에 요구되는 과도 특성을 견딜 수 있으며, 모든 출력을 정확히 조절한다. 또한 극히 낮은 무부하 전류는 상시 동작 시스템에 이상적이다. 점점 더 많은 전자 시스템이 갈수록 줄어드는 공간에 추가됨에 따라 솔루션 풋프린트를 최소화하는 동시에 효율을 극대화해야 한다. 다행히 이러한 요구를 만족하는 새로운 세대의 다중 출력 전력 IC가 이미 나오므로써 미래의 자동차에 탑재될 더욱 많은 전자장치에 새로운 길을 열어주고 있다. ES