

인덕터를 필요로 하지 않는 전원 IC

No Inductors Required

EMI 요건을 충족하기 위해서는 설계 작업의 초기 단계에서부터 신중하게 고려를 해야 한다. 이렇게 해서 시스템이 완성되었을 때 EMI 테스트를 통과할 수 있게 해야 한다. 지금까지는 극저전력 시스템 말고는 적합한 전원 IC를 선택하는 것으로서 이를 손쉽게 달성할 수 있는 확실한 방법이 없었다. 하지만 이제 LTC3256 고전압 차지 펌프 제품 같이 EMI가 낮은 레귤레이터 제품이 출시됨으로써 이 문제를 해결할 수 있게 되었다.

글/Tony Armstrong/Director of Product Marketing Power Products
Linear Technology Corporation

스위칭 전원장치로 요구되는 가장 중요한 원칙은 잡음을 많이 발생시키지 않아야 한다는 것이다. 많은 회로 애플리케이션에서 성능을 극대화하기 위해서는 조용하면서 잘 레귤레이트 된 전원을 필요로 하기 때문이다. 그러므로 이와 같은 성능을 달성하기 위해서는 변환 과정에서 발생하는 잡음을 완화해야 한다. 이를 달성하기 위한 가장 간단한 방법은 선형 레귤레이터를 사용하는 것이다. 하지만 선형 레귤레이터는 조용한 전원 레일을 제공하는 하나 높은 스탭다운 비율에서는 변환 효율이 떨어진다. 그러므로 높은 출력 전류를 사용하는 애플리케이션에서는 열 문제로 이어질 수 있다.

자기(magnetic) 기반 스위칭 레귤레이터를 사용하면 통상적인 열 문제를 완화할 수 있다. 대체로 변환 효율이 높기 때문이다. 그러므로 최종 애플리케이션으로 높은 출력 전류를 필요로 하는 경우에 열 설계를 단순화할 수 있다. 소자 부품의 선택과 회로 보드 레이아웃이 거의 모든 전원장치의 성공과 실패를 좌우하는 결정적인 역할을 한다는 것은 잘 인식되고 있다. 이러한 측면들이 기능적인 EMI와 열 동작을 결정한다. 초보 디자이너들에게 스위칭 전원장치 레이아웃은 일종의 '마술'처럼 보일 수도 있을 텐데, 실제로는 설계 작업의 초기 단계에서 고려되어야 할 기본 문제임에도 불구하고 흔히 간과되고 있다. 기

A fundamental axiom for switching power supplies is that they must not generate a lot of noise. Accordingly, quiet, well-regulated power supplies are important for optimum performance in many circuit applications. In order to attain this level of performance it is critical to be able to mitigate any noise generated as part of this conversion process. An obvious way to attain this is to simply use a linear regulator. However, although they supply quiet power supply rails, their conversion efficiencies are poor at high step-down ratios and this can lead to thermal issues with the design in high output current applications.

Of course, magnetic-based switching regulators can alleviate the usual thermal issues since they generally have high efficiency of conversion, leading to simpler thermal design when high output currents are required by the end application. It is well understood that component selection and circuit board layout can play a significant role in determining the success or failure of virtually all power supplies. These aspects set their functional EMI and thermal behavior. For the uninitiated, switching power supply layout may seem like

능 EMI 요건은 언제나 준수되어야 하는 것이다. 전원 장치의 기능 안정성에 좋은 것이면 EMI 방사와 관련해서도 좋은 것이 일반적이다. 뿐만 아니라 시작 단계에서부터 우수한 레이아웃은 추후에 비용을 추가하지 않으며 EMI 필터, 기계 차폐, EMI 테스트 시간, 여러 번의 보드 개정을 필요하지 않게 하므로 실제적으로 비용을 절감한다.

뿐만 아니라 어떤 디자인으로 다중의 레일을 제공하거나 또는 병렬로 연결해서 전류 공유를 해서 더 높은 출력 전력을 제공하고자 다중의 DC/DC 스위치 모드 레귤레이터를 사용하면 잡음으로 인한 간섭 문제가 악화될 수 있다. 이들 모든 레귤레이터를 비슷한 주파수로 동작(스위칭)하면 회로 내의 다중의 레귤레이터들이 발생시키는 결합적인 에너지가 한 주파수로 집중될 수 있다. 이러한 에너지가 존재하면 문제가 될 수 있다. 특히 PCB 상의 다른 IC들이나 또는 다른 시스템 보드 상의 장치들이 인접해 있고 이와 같은 복사 에너지에 취약할 때는 더 그렇다. 산업용이나 자동차 시스템에서는 장치들이 밀집되게 탑재되고 기계식 스위치드 인덕티브 부하, PWM 구동 전력 출력, 마이크로프로세서 클럭, 접촉 스위칭 같이 전기 잡음을 발생시키는 요인과 인접해 있기 때문에 더 문제가 될 수 있다. 또한 서로 다른 주파수로 스위칭 할 때는 혼변조 성분이 민감한 주파수 대역으로 유입될 수 있다.

스위칭 레귤레이터 방사

낮은 열 발생과 효율을 중요하게 요구하는 경우에 스위칭 레귤레이터가 선형 레귤레이터를 대체하고 있다. 또한 스위칭 레귤레이터는 입력 전력 버스 라인 상에서 가장 먼저 활성화되는 장치이므로 전체적인 제품 디자인의 EMI 성능에 중대하게 영향을 미친다.

전도 방사는 제품으로 연결된 와이어와 트레이스를 통해서 전달된다. 이 잡음은 특정한 단자나 커넥터로 한정해서 국소적이므로 전도 방사 요건을 충족하는 것은 우수한 레이아웃이나 필터 디자인을 사용해서 개발 작업의 초기 단계에 확실하게 할 수 있다. 하지만 복사 방사는 전혀 다른 문제이다. 보드 상에서 전류를 전달하는

a “black” art, but it is in fact a basic aspect of a design often overlooked in the early stages of the process. Since functional EMI requirements always have to be met, what is good for functional stability of the power supply is also usually good for its EMI emissions, too. Furthermore, good layout from the beginning does not add any cost to the design and can actually provide cost savings by eliminating the need for EMI filters, mechanical shielding, EMI test time and numerous board revisions.

Moreover, the potential problems of interference due to noise can be exacerbated when multiple DC/DC switchmode regulators are used in a design to generate multiple rails of if they are paralleled for current sharing and higher output power. If all are operating (switching) at a similar frequency, the combined energy generated by multiple regulators in a circuit is then concentrated at one frequency. Presence of this energy can become a concern, especially if the rest of the ICs on the printed circuit boards (PCBs), as well as other system boards are close to each other and susceptible to this radiated energy. This can be particularly troubling in industrial and automotive systems that are densely populated and are often in close proximity to electric noise generating sources, such as mechanically switched inductive loads, PWM drive power outputs, microprocessor clocks and contact switching. Furthermore, if switching at different frequencies, intermodulation products can alias into sensitive frequency bands.

Switching Regulator Emissions

Switching regulators usually replace linear regulators in areas where low heat dissipation and efficiency are valued. Moreover, the switching regulator is typically

모든 것이 전자기장을 방사한다. 보드 상의 모든 트레이스가 안테나이며 모든 구리 면이 공진기이다. 순수한 사인파나 DC 전압을 제외하고는 모든 것이 전체적인 신호 스펙트럼에 걸쳐서 잡음을 발생시킨다. 설계를 아무리 신중하게 하더라도 디자이너는 전체적인 시스템을 테스트할 때까지는 복사 방사가 얼마나 나쁘게 될지 알 수 없다. 그리고 복사 방사 테스트는 디자인이 기본적으로 완성될 때까지는 정식으로 실시할 수가 없다.

흔히 필터를 사용해서 특정 주파수 또는 주파수 범위에 걸쳐서 강도를 감쇠시킴으로써 EMI를 감소시킬 수 있다. 금속 또는 자기 차폐를 추가함으로써 이 에너지 중에서 공간으로 전달되는 부분(복사)을 감쇠시킬 수 있다. PCB 트레이스를 통해서 전달되는 부분(전도)은 페라이트 비드나 여타 필터를 추가해서 억제할 수 있다. EMI는 제거할 수는 없으나, 다른 통신, 신호 프로세싱, 디지털 장치들이 허용할 수 있는 수준으로 감쇠시킬 수 있다. 또한 많은 규제 기관들에서 산업용 및 자동차 시스템 용으로 적합성을 달성하도록 표준 규격을 시행하고 있다.

표면실장 기술을 적용한 최근의 입력 필터 부품들은 쓰루홀 부품에 비해서 더 우수한 성능을 달성한다. 그렇기는 하나 오늘날 고주파 스위칭 레귤레이터의 요구는 이보다 더 빠르게 높아지고 있다. 높은 동작 주파수로 낮은 최소 온 및 오프 시간을 요구함으로써 더 빠른 스위칭 전이로 인해서 더 높은 고조파 성분을 발생시키며, 이로 인해 복사 잡음을 증가시킨다. 하지만 더 높은 변환 효율을 달성하기 위해서는 이와 같은 높은 스위치 에지 레이트를 필요로 한다. 스위치드 커패시터 차지 펌프는 이러한 동작을 나타내지 않는다. 훨씬 더 낮은 스위칭 주파수로 동작하며, 그리고 무엇보다 중요한 점으로서, 효율을 떨어트리지 않으면서 더 느린 스위칭 전이를 허용할 수 있기 때문이다.

경험 많은 PCB 디자이너라면 핫 루프를 되도록 작게 하고 동적 층에 되도록 가깝게 차폐 접지 층을 사용할 것이다. 그렇다 하더라도 디커플링 소자로 적절한 에너지 저장을 위해서 필요로 하는 디바이스 핀아웃, 패키지 구조, 열 설계 요구, 패키지 크기 면에서 최소한의 핫 루프

the first active component on the input power bus line, and therefore has a significant impact on the EMI performance of the entire product design.

Conducted emissions ride on the wires and traces that connect up to a product. Since the noise is localized to a specific terminal or connector in the design, compliance with conducted emission requirements can often be assured early in the development process with a good layout or filter design. Radiated emissions are a different matter altogether. Everything on the board that carries current radiates an electromagnetic field. Every trace on the board is an antenna and every copper plane is a resonator. Anything, other than a pure sine wave or DC voltage, generates noise all over the signal spectrum. Even with careful design, a power supply designer never really knows how bad the radiated emissions are going to be until the system is tested. And radiated emissions testing cannot be formally performed until the design is essentially complete.

Filters are often used to reduce EMI by attenuating the strength at a certain frequency or over a range of frequencies. A portion of this energy that travels through space (radiated) is attenuated by adding metallic and magnetic shields. The part that rides on PCB traces (conducted) is tamed by adding ferrite beads and other filters. EMI cannot be eliminated but can be attenuated to a level that is acceptable by other communication, signal processing and digital components. Moreover, several regulatory bodies enforce standards to ensure compliance in both industrial and automotive systems.

Modern input filter components in surface mount technology have better performance than through-hole parts. However, this improvement is outpaced by the increased demands created by today's high frequency switching regulators. The low minimum on

크기는 필요로 한다. 그런데다가 문제를 더 복잡하게 하는 점은, 통상적인 평면 PCB에서는 30MHz 이상으로 트레이스들 간의 자기 또는 트랜스포머 형식의 결합으로 인해서 모든 필터 작업의 효과를 떨어트린다는 것이다. 고조파 주파수가 높을수록 원치 않는 자기 결합이 증가하기 때문이다.

스위치드 커패시터 차지 펌프

차지 펌프는 수십 년 동안 사용되고 있으며, 스위치 네트워크를 사용해서 2개 혹은 그 이상의 커패시터를 충전 및 방전해서 DC/DC 전압 변환을 제공한다. 기본 차지 펌프 스위치 네트워크는 커패시터를 충전하고 방전하는 상태를 번갈아 한다. 그림 1에서 보듯이 C1 ‘플라이잉 커패시터’는 전하를 전달하고, C2 ‘저장 커패시터’는 전하를 유지하고 출력 전압을 필터링한다. 추가 ‘플라이잉 커패시터’와 스위치 어레이를 사용함으로써 다중의 이득이 가능하다.

스위치 S1 및 S3이 온(on) 다시 말해서 닫히고 스위치 S2 및 S4가 오프(off) 다시 말해서 열리면 입력 전원이 C1을 충전한다. 다음 사이클에는 S1과 S3이 오프가 되고 S2와 S4는 온이 되어서 전하가 C2로 전달됨으로써 $V_{OUT} = -(V_+)$ 를 발생시킨다.

그런데 최근까지만 하더라도 차지 펌프는 입력 및 출력 전압 범위가 제한적이어서, 최대 40V 이상의 입력을 흔하게 사용하는 산업용 및 자동차 애플리케이션에 사용하기가 제한적이었다.

Linear Technology가 최근에 출시한 LTC3256은 바로 이와 같은 문제를 해결한다. LTC3256은 고도로 통

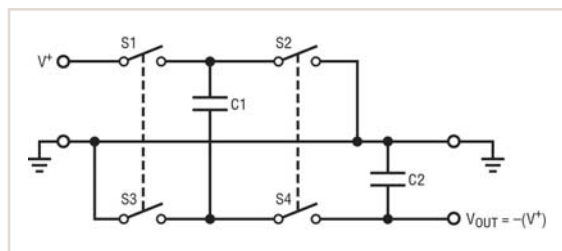


그림 1. 전압 인버터의 개략적인 차지 펌프 블록 다이어그램

and off times required at higher operating frequencies result in higher harmonic content due to the faster switch transitions, thereby increasing radiated noise. However, these high switch edge rates are needed to get higher conversion efficiencies. A switched capacitor charge pump does not exhibit this behavior since it operates at much lower switching frequencies and most importantly can tolerate slower switching transitions without degradation in efficiency.

Savvy PCB designers will make the hot loops small and use shielding ground layers as close to the active layer as possible. Nevertheless, device pin-outs, package construction, thermal design requirements and package sizes needed for adequate energy storage in decoupling components dictate a minimum hot loop size. To further complicate matters, in typical planar printed circuit boards, the magnetic or transformer style coupling between traces above 30MHz will diminish all filter efforts since the higher the harmonic frequencies are, the more effective unwanted magnetic coupling becomes.

Switched Capacitor Charge Pumps

Charge pumps have been around for decades, and they provide DC/DC voltage conversion, using a switch network to charge and discharge two or more capacitors. The basic charge pump switch network toggles between charge and discharge states of the capacitors. As shown in Figure 1, C1 the “flying capacitor” shuttles charge, and C2 the “reservoir capacitor” holds charge and filters the output voltage. Additional “flying capacitors” and switch arrays enable multiple gains.

When switches S1 and S3 are on, or closed, and switches S2 and S4 are off, or open, the input power

합적인 고전압 저잡음 듀얼 출력 전원 디바이스로서, 단일 양의 입력을 사용해서 5V 및 3.3V 스텝다운 전원을 제공하며 높은 효율을 달성하고 인덕터를 필요로 하지 않는다. 또한 5.5V~38V의 넓은 입력 전압 범위를 수용하며 개별적으로 작동할 수 있는 듀얼 출력을 제공한다. 5V 100mA 전원과 250mA 3.3V LDO(low-dropout) 레귤레이터를 제공하므로 총 350mA의 출력 전류를 제공한다. 이와 같은 레귤레이터 조합으로 듀얼 LDO 솔루션에 비해서 전력 소모를 훨씬 낮출 수 있다. 12V 입력으로 양쪽 출력으로 최대 부하라고 할 때 LTC3256을 사용하면 듀얼 LDO를 사용하는 것에 비해서 전력 소모를 2W 이상 줄일 수 있다. 그러므로 열 손실과 입력 전류를 낮출 수 있다. 그림 2는 전체적인 회로도를 보여준다.

또한 LTC3256은 ISO26262 시스템 용으로 포괄적인 진단 커버리지를 제공하며 다수의 안전성 및 시스템 모니터링 기능을 포함한다. 이 디바이스 제품은, 자동차 ECU/CAN 트랜시버 전원, 산업용/텔레콤 하우스킵핑 전원, 범용 저전력 변환을 포함해서, 고전압 입력으로 저잡음 저전력 레일을 필요로 하는 다양한 애플리케이션에 사용하기에 적합하다.

LTC3256은 되도록 넓은 동작 범위에 걸쳐서 차지 펄프를 2:1 모드로 실행함으로써 효율을 극대화하며 필요하면 V_{IN} 과 부하 조건에 따라서 자동으로 1:1 모드로 전환한다. 입력 전류 제어와 소프트 스위칭은 전도 및 복사 EMI를 최소화한다. 또한 이 디바이스는 양쪽 출력으로 레귤레이션을 유지하면서(무부하) 20 μ A의 낮은 정지

supply charges C1. During the next cycle, S1 and S3 are off, S2 and S4 are on, and charge transfers to C2, generating $V_{OUT} = - (V+)$.

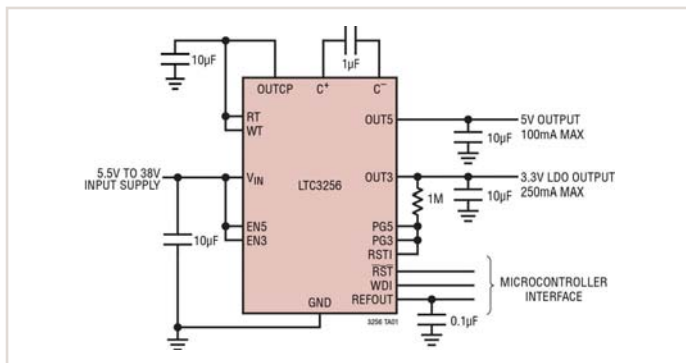
However, until recently, charge pumps have had limited input and output voltage ranges, which has limited their use in industrial and automotive applications where inputs up to 40V or greater are commonplace.

A recent introduction in this area is Linear Technology's LTC3256. It is a highly integrated, high voltage low noise dual output power supply, which takes a single positive input and generates 5V and 3.3V step-down supplies with high efficiency and no inductors. The device features a wide 5.5V to 38V input voltage range and includes independently enabled dual outputs: a 5V 100mA supply, and a 250mA 3.3V low-dropout (LDO) regulator, for a total of 350mA output current. This combination of regulators offers much lower power dissipation than a dual-LDO solution. For example, with a 12V input and a maximum load on both outputs, power dissipation is decreased by over 2W with the LTC3256 vs. a dual LDO, thus reducing the heat loss and input current. See Figure 2 for its complete schematic.

The LTC3256 has been engineered for diagnostic coverage in ISO26262 systems and incorporates numerous safety and system monitoring features. The device is well-suited for a variety of applications requiring low noise, low power rails from high voltage inputs such as automotive ECU/CAN transceiver supplies, industrial/telecom housekeeping supplies, and general-purpose low-power conversion.

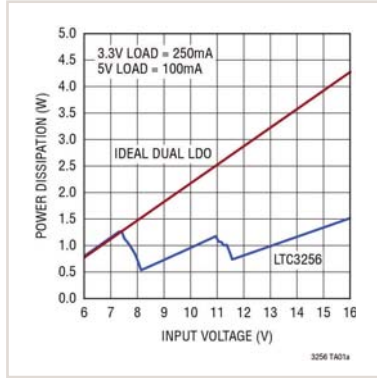
The LTC3256 maximizes efficiency by running the charge pump in 2:1 mode, over as wide an operating range as possible, and automatically switches to 1:1 mode as needed, consistent with V_{IN} and load

그림 2. LTC3256을 사용해서 5V/100mA 출력과 3.3V/250mA 출력 제공



전류와 섀다운 시에 $1\mu\text{A}$ 만을 소모한다. 또한 워치도그 타이머, 개별 power good 출력, 리셋 입력력을 포함하므로 신뢰할 수 있는 시스템 동작을 달성하

그림 3. LTC3256과 듀얼 LDO를 사용할 때의 전력 소모



고 결합 모니터링을 할 수 있다. 버퍼드 1.1V 레퍼런스 출력은 안전성을 중요하게 요구하는 애플리케이션으로 시스템 셀프 테스트 진단을 할 수 있다. 또한 LTC3256은 과전류 결합 보호, 과열 보호, 38V 입력 트랜션트 허용 같은 추가적인 안전성 기능들을 포함한다.

그림 3의 그래프는 LTC3256의 전력 소모 특성이 얼마나 우수한지를 보여준다. $12V_{IN}$ 일 때 LTC3256은 3.3V @ 250mA 및 5V @ 100mA 출력으로 약 750mW를 소모한다. 반면에 동일한 조건으로 듀얼 LDO는 거의 3W를 소모한다. 이것은 LTC3256이 2.25W를 덜 소모하는 것으로서, 그러면 디자인의 열 설계 측면에서 훨씬 더 유리하다.

맺음말

EMI 요건을 충족하기 위해서는 설계 작업의 초기 단계에서부터 신중하게 고려를 해야 한다. 이렇게 해서 시스템이 완성되었을 때 EMI 테스트를 통과할 수 있게 해야 한다. 지금까지는 극저전력 시스템 말고는 적합한 전원 IC를 선택하는 것으로서 이를 손쉽게 달성할 수 있는 확실한 방법이 없었다. 하지만 이제 LTC3256 고전압 차지 펌프 제품 같이 EMI가 낮은 레귤레이터 제품이 출시됨으로써 이 문제를 해결할 수 있게 되었다. LTC3256은 선형 레귤레이터에 비해서 훨씬 더 높은 효율과 낮은 전력 손실을 달성하며 스위칭 레귤레이터를 사용할 때의 보정, 레이아웃, 자기 소자, EMI 문제를 제거한다. **SN**

conditions. Controlled input current and soft switching minimize conducted and radiated EMI. The device offers low quiescent current of only $20\mu\text{A}$ with both outputs in regulation (no load) and $1\mu\text{A}$ in shutdown. The integrated watchdog timer, independent power good outputs and reset input ensure reliable system operation and enable fault monitoring. A buffered 1.1V reference output enables system self-testing diagnostics for safety critical applications. The LTC3256 also has additional safety features including overcurrent fault protection, over temperature protection and tolerance of 38V input transients.

The graph of **Figure 3** below highlights the LTC3256's good power dissipation characteristics. At $12V_{IN}$, the LTC3256 with 3.3V @ 250mA and 5V @ 100mA outputs dissipates about 750mW, while under these same conditions, a dual LDO would dissipates almost 3W. That's 2.25W less for LTC3256, which is a huge benefit for the thermal aspect of the design.

Conclusion

It is well known that EMI considerations require careful attention during the initial design process in order to ensure that they will pass EMI testing once the system is completed. Until now, there has been no sure fire way to guarantee that this could easily be attained with the right power IC selection for all but very low power systems. However, with the recent introductions of low EMI regulators, such as the LTC3256 high voltage charge pump, an alternative choice is now available. It provides much higher efficiency and lower power loss when compared to linear regulators and do not require the compensation, layout, magnetics and EMI issues associated with a switching regulator. **SN**