



### 경부하를 위한 비동기식 벡 레귤레이터 설계

by 글/ 저스틴 라슨(Justin Larson), 프랭크 콜란코(Frank Kolanko), 온세미컨덕터 EDN

벡 레귤레이터는 연속 모드 동작을 위해 설계되는 경우가 빈번한데 이를 통해 출력 전압을 쉽게 계산하고 시스템을 쉽게 설계할 수 있다. 하지만 비동기식 경부하로 동작할 필요가 있는 시스템에서는 상황이 더 복잡해진다. 이러한 조건 하에서는 동작이 불연속 모드로 바뀔 수 있다. 듀티 사이클은  $V_{out}$  대  $V_{in}$ 의 비율에서 인덕터 값, 입력 전압, 스위칭 주파수, 출력 전류의 복잡한 함수로 바뀐다. 또한, 불연속 모드에서는 제어 루프의 응답 시간이 크게 느려진다.

이 기사에서는 하이 사이드 스위칭 NFET를 구동시키는데 사용되는 외부 부스트 커패시터를 고려하면서 그다지 명백하게 드러나지 않는 효과들에 초점을 맞추려고 한다. 이는 특히 비동기식 컨트롤러로 사용하도록 설계된 벡 레귤레이터 컨트롤러나 플로팅 게이트(Floating Gate) 드라이버를 이용하는 경우와 관계가 있다.

#### 정상 동작

그림 1은 시스템 전원이 켜졌을 때 벡 레귤레이터의 벡 컨트롤러에서의 플로팅 게이트 드라이버 출력 드라이버 단을 보여 준다. 기준 전압  $V_{ref}$ (여기서는 효율 목적으로 별도의 서플라이가 사용됨)는 드라이버가 완전한 동작을 하도록 하면서 기준전압 아래의 다이오드 전압강하까지 NFET 게이트 드라이버에 전력을 공급한다. 초기 조건이 출력이 0V가 되도록 하고 그 결과 FET(Q1)의 소스(S)도 0V가 되도록 하기 때문에 FET의 게이트를 구동시키기에 충분한 전압이 있다.

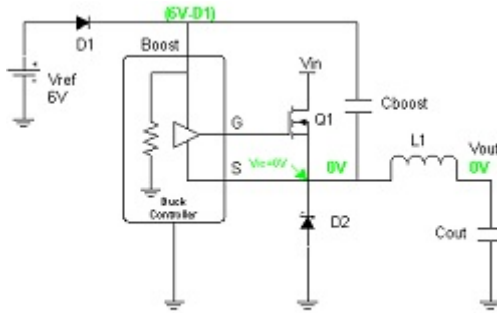


그림 1. 전원이 들어갈 때의 벡 레귤레이터

#### 연속 및 불연속 동작 모드

아래의 그림 A와 그림 B는 50mA 부하로 동작하는 동기식 회로 및 비동기식 회로로 구성된 벡 스위칭 레귤레이터의 출력을 설명하고 있다. 두 전류 파형(그림 C 및 D)의 스케일이 동일함에 주목하자.

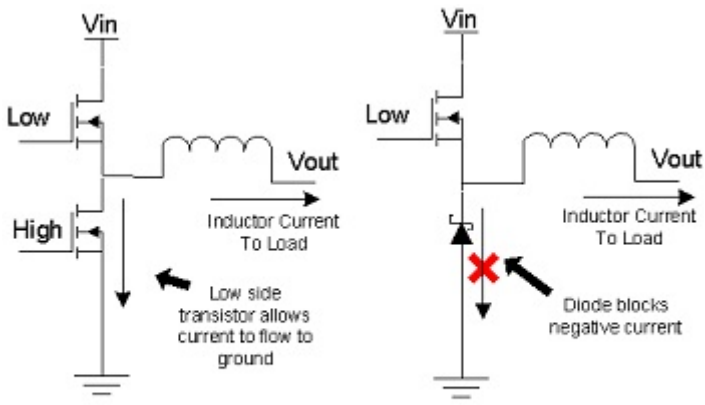


그림 A. 연속 모드 동기식 설계도

그림 C. 불연속 모드 비동기식 설계도

동기식 회로(그림 A)는 교류 전류 펄스로 서플라이( $V_{in}$ )에서 NFET 소자를 관통하며, 그런 다음 그라운드 노드에서 두 번째 NFET 소자를 관통하여 전류가 흐를 수 있도록 해준다. 인덕터를 통해 출력으로 항상 전류가 흐를 때 우리는 연속 모드에서 동작한다고 말한다. 그림 B는 인덕터의 일반적인 전류 파형을 보여준다.

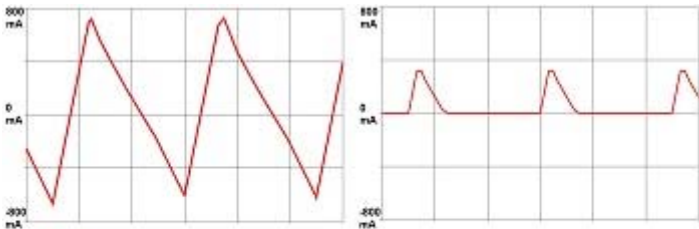


그림 B. 부하로 가는 연속 인덕터 전류 흐름

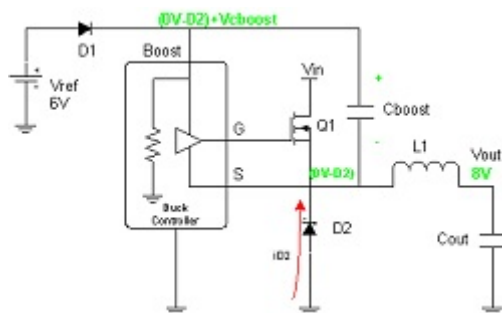
그림 D. 부하로 가는 불연속 인덕터 전류 흐름

양(+)의 기울기는 [배터리](#)에서 상단의 NFET 소자를 통과해 흐르는 전류이다. 역으로, 음(-)의 기울기는 아래쪽 NFET 소자를 통과해 그라운드로 흐르는 전류이다. 이때 전류는 음전류로서  $V_{out}$ 에서부터 그림 B에 나와있는 인덕터를 통해 그라운드로 흐르도록 되어 있다는 것에 주목하자.

비동기식 회로(그림 C)는 역방향 다이오드 차단 전류 때문에 전류가 그라운드로 흐르지 않도록 한다. 그림 D의 양(+) 전류 기울기는 상부 NFET를 통해 흐르는 전류이고 그림 D의 음(-) 전류 기울기는 그라운드로부터 아래쪽 샷키 다이오드를 통해 흐르는 전류이다. 전류 파형이 0mA에 도달하면 전류가 흐르지 않는다는 점에 주목하자.

### 플라이백

충분한 부하는 연속 모드에서 시스템이 적절하게 동작할 수 있도록 해준다. FET가 오프 상태로 전환됨으로 인해 생기는 플라이백에서는 외부 FET를 통한 것이 아니라  $D2$ 를 통한 항상 인덕터를 통해 흐르는 전류의 흐름이 있을 것이다.(그림 2 참조)



플라이백 이벤트는  $Q1$ 의 소스에  $D2$  양단의 전압 강하에 의해 제한받는 전압을 생성해 그라운드에 대하여 음 전압이 된다. 다시 말해 게이트 전압은  $C_{boost}$  커패시터의 스위칭에 의하여 승압되어 부스트 핀에 높은 전압이 되돌아가며, 이로 인해  $Q1$ 의 소스(S)는 음 전압을 갖게 되므로  $Q1$ 을 구동시키기에 충분한 전압이 있게 된다.

## 변환

평균 전류 수요가 전류 리플의 절반보다 적을 정도로 경부하가 걸리는 동안 시스템은 불연속 모드에 들어간다. 이는 다이오드(D2)의 존재로 인해 제한을 받는 출력 전류를 음전류로 구동시키고자 하는 환경에 의해 일어난다. 출력은 더 높은 전압으로 인한 수요의 부족으로 오버슈팅하는데(제어 루프의 응답 시간이 더 느려짐으로 인함), 그 오버슈팅 값에 머물러 고전압에 의한 수요 감소로 인해 펄스들을 놓치기 쉬우며, 일반적으로 다소 예측 불가능하게 동작한다.

이슈

그러나 우리가 조사해온 회로 셋업에서 더 고려해야 할 것이 있다. Q1이 오프 상태로 전환된 후에는 그림 3에 나와있는 것처럼 Cboost가 부스트 핀(Iboost)을 통해 방전되기 시작하는데 이는 모든 보조 회로에 전류를 공급하고 D1(leakage)을 통해 누설 전류를 내보낸다.

불연속 모드에서 Q1의 늘어난 오프타임(off time)은 충분한 전압 강하가 허용된 경우 Cboost 커패시터에 쌓인 전하를 임계 레벨로 방출하기 시작한다. 이 임계 레벨에 일단 도달하면 Q1 FET는 온 상태로 전환되지 않는다.(임계 레벨은 부품에 따라 다르지만 보통 Cboost 양단에서 3V 정도) FET의 소스는 대략 레귤레이팅된 전압 근처의 전압을 유지한다.(출력 부하와 Cout 커패시터 값에 좌우됨. 그림 3에서는 8V) Q1은 Cout이 적당히 방출되어 D1을 통과하는 부스트 핀 전압(6V-D1)에 비해 충분히 낮은 전압이 Q1의 소스에 공급되기 전에는 온 상태로 전환되지 않는다.

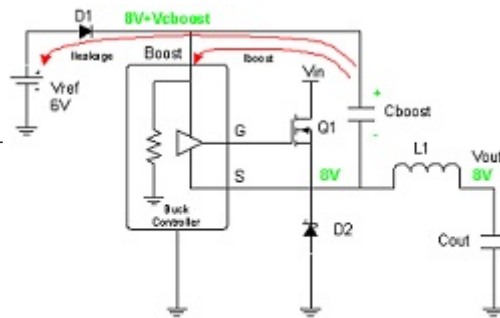


그림 3. Cboost 방전

결론

스위칭 파워 서플라이 설계를 모든 부하 조건에서 평가하기 위해서는 세심한 주의를 기울여야 하는데 여기에는 과열도 포함된다. 높은 온도는 누설 전류가 더 많아지는 상황을 만들 것이다. 부스트 핀에 들어가는 전류의 온도 계수는 알려져 있지 않으므로 차가운 온도에서도 당연히 확인을 해야 한다. 가장 작은 커패시터 값을 결정하기 위한 시스템 평가 또한 최악의 경우에도 평가 시뮬레이션에서 이 결과를 이용해 완성되어야 한다. 신중히 설계를 하려면 기술적 버퍼도 계산해야 한다.

이 기사에서 집중 조명된 문제들에 대한 해법으로는 다음과 같은 것들이 있다:

- 1) Cboost 값을 증가시켜 낮은 전압에서의 방전을 없앤다.
- 2) 그라운드 값 참조용 게이트 드라이버를 사용하는 부품으로 전환한다.
- 3) 동기식으로 동작하도록 설계를 수정한다.
- 4) D1이 연결될 기준 전압을 (더 높게) 바꾼다.
- 5) D1을 누설이 적은 쏘키 다이오드로 교체한다.

Print

All rights reserved. Use of this web site is subject to its Terms and Conditions of Use. View our [Privacy Policy](#).