

Technical Article

다이오드 강하 변화 보상



John Betten

다이오드의 정류 속성만큼 유용한 순방향 전압 강하는 온도에 따라 크게 다를 수 있습니다. 이렇게 하면 손실이 증가하고 전원 공급 장치에 공차 오류가 발생할 수 있습니다.

손실을 제거할 수 없지만 특정 애플리케이션에서 공차 오류를 줄일 수 있는 방법으로 다이오드를 사용할 수 있습니다. 이 문서에서는 이를 달성하는 방법을 보여 주는 세 가지 예를 제공합니다.

저항과 제너 다이오드에서 간단한 저전류 전압 레귤레이터를 구축할 수 있습니다. 이러한 유형의 레귤레이터는 내부 바이어스 전압과 같은 중요하지 않은 애플리케이션에 적합한 경우가 많습니다. 회로는 일반적으로 출력 전압을 약 $\pm 10\%$ 의 허용 오차로 조정합니다. 하지만 직렬로 다이오드를 추가하여 조절을 개선할 수 있습니다.

그림 1은 제너 다이오드와 직렬로 다이오드의 다이오드 추가를 보여줍니다. 그림 1의 곡선은 다양한 제너 전압의 온도 계수를 플롯합니다. 값이 4.7V 이상이 되면 온도 계수가 점점 양수가 되므로 작동 온도가 높아질수록 제너 다이오드에 걸리는 전압이 증가합니다. 다이오드의 부 온도 계수와 짝을 이루어 사용하면 제너 전압 증가는 다이오드 순방향 전압 감소에 의해 부분적으로 오프셋되어 온도 오류가 취소됩니다.

4.7V 미만의 제너 값은 음의 온도 계수를 가지므로 다이오드를 직렬로 추가하면 실제로 조절 오류가 증가합니다.

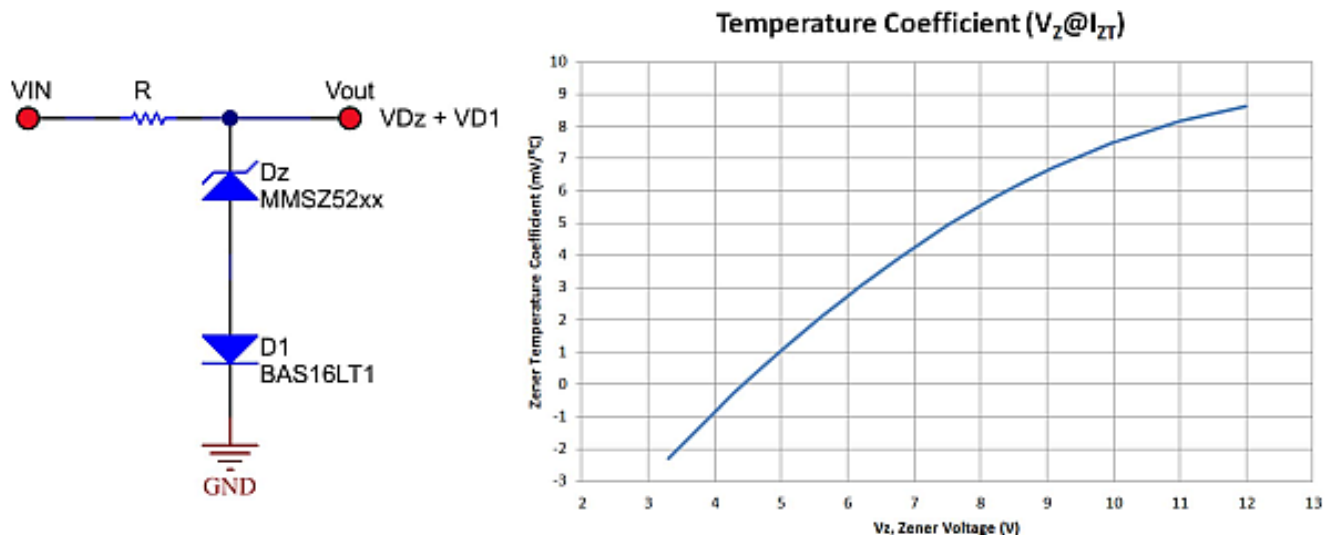


그림 1. 음극 온도 계수 다이오드와 직렬로 양극 온도 계수 제너 다이오드를 사용하면 온도 오류를 줄일 수 있습니다.

예를 들어, 7.5V 제너 다이오드는 $+5\text{mV}/^\circ\text{C}$ 의 온도 계수를 나타내며, 기존의 다이오드(BAT16)는 10mA에서 약 $-1.6\text{mV}/^\circ\text{C}$ 입니다. 이 값은 다이오드 전류가 매우 작을수록 점점 더 음수($-3\text{mV}/^\circ\text{C}$)가 되므로 제너 다이오드의 전류 레벨에서 확인해야 합니다. 두 온도 계수가 완벽하게 상쇄되는 것이 이상적이지만, 이는 현실적으로 불가능하거나 항상 필요한 것은 아니며 간단한 개선으로 충분할 수 있습니다. 양수 온도 계수가 더 높은 고전압 제너 다이오드의 경우 다이오드를 2개(또는 그 이상)로 사용하면 제거 성능이 향상될 수 있습니다.

그림 2은 25°C ~ 100°C 사이에서 작동하는 다양한 제너 값(직렬 다이오드 없음, 직렬 다이오드 1개 포함, 직렬 다이오드 2개 포함)에 대한 출력 전압 대비 그림 1의 계산된 전압 조정 오류를 보여줍니다. 그림 2의 세로선은 직렬 다이오드를 추가하면 7.5V 출력의 온도 의존 오류를 3~5%까지 줄일 수 있음을 보여 줍니다.

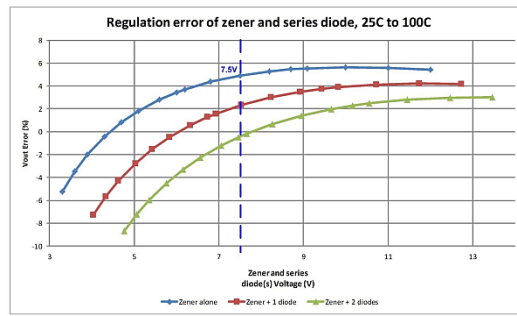


그림 2. 4.7V를 초과하는 제너 값과 직렬로 하나 이상의 다이오드를 추가하면 전압 조정 오류가 줄어듭니다.

두 번째 예로, 출력 전압 정보를 제어 회로로 전송하기 위해 레벨 시프터가 필요한 컨버터가 포함됩니다.

그림 3은 양극 출력 인버팅 벅-부스트에 대한 음극 입력입니다. 제어 회로는 Vin 레일로 참조되지만 출력 전압은 GND로 참조됩니다. 제어 회로가 출력 전압을 정확하게 조정하기 위해 레벨 시프터는 "FB와 -VIN" 사이에서 차동 "Vout-GND" 전압을 다시 생성합니다. 이 구현에서 거의 $(V_{out} - V_{be Q1})/R$ 과 같은 전류 소스는 Vout에서 -Vin으로 흐릅니다. 이 전류는 낮은 저항으로 흘러 VIN으로 참조되는 출력 전압을 다시 구성합니다. 다이오드로 구성된 Q2를 추가하면 Q1에서 VBE 강하가 복원됩니다. 이제 FB 핀의 레벨 시프트 전압은 베타 관련 작은 오류를 제외하고는 Vout과 GND 사이의 전압과 거의 유사합니다.

"다이오드" Q2를 추가할 때 얻을 수 있는 한 가지 이점은 거의 동일한 전류가 두 개를 통해 흐르기 때문에 순방향 전압이 Q1과 상당히 비슷하다는 것입니다. Q2에서 최고의 전압 정합을 보장하려면 Q1과 동일한 트랜지스터를 사용해야 합니다. 또 다른 이점은 두 트랜지스터의 온도 계수가 동일하므로 순방향 전압이 서로 더 정확하게 추적할 수 있다는 것입니다. Vbe 변화와 관련된 온도 오차는 서로 상쇄되기 때문에 크게 감소합니다 ($V_{FB} \sim V_{out} - V_{be Q1} + V_{be Q2}$). Q1과 Q2를 서로 가깝게 배치하여 동일한 온도에 노출되거나 가능한 경우 듀얼 트랜지스터 패키지를 사용하는 것이 중요합니다.

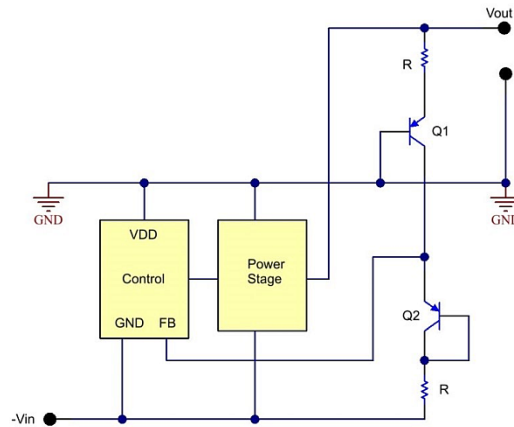


그림 3. 레벨 시프터는 Q2를 구현하여 Q1과 관련된 변형을 취소합니다.

그림 4에 나와 있는 세 번째 예는 일련의 충전 펌프 단계를 가진 부스트 컨버터를 보여줍니다. 여기서 각 단계 "n"은 "VN+1"에서 총 출력에 약 "V1"을 더합니다. 전압 멀티플라이어 작동에 대한 자세한 내용은 "전원 팁: 출력 전압 곱하기"를 참조하십시오.

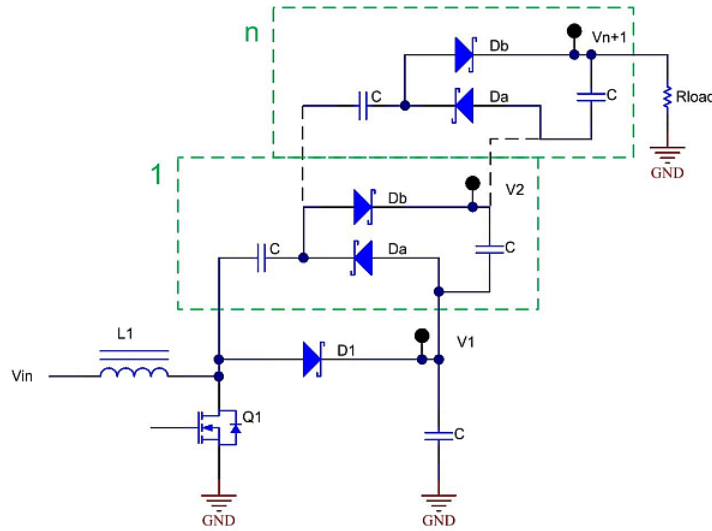


그림 4. 충전 펌프 다이오드 강하가 서로 오프셋할 수 있습니다.

방정식 1은 다음과 같이 총 출력 전압을 근사시킵니다.

$$V_{n+1} \sim (n+1) \times V1 + n \left(V_{D1} - V_{Da} - V_{Db} - \frac{I_{load}}{f_{sw} \times C} \right), n = \text{charge pump stages} \quad (1)$$

방정식 1에서 V_{n+1} 은 주로 V_{n+1} 은 주로 n 의 배수에 의해 결정되지만 다이오드 순방향 강하 및 전하 펌프 전송 커패시터의 리플 전압과 관련된 '오류 항'에 의해 감소한다는 것을 알 수 있습니다. 모든 다이오드는 유형과 순방향 전압이 동일하다고 가정했을 때:

$V_{D1} = V_{Da} = V_{Db}$ 이고, 따라서 방정식 2은:

$$V_{n+1} \sim (n+1) \times V1 - n \left(V_{D1} + \frac{I_{load}}{f_{sw} \times C} \right) \quad (2)$$

방정식 2에서 오른쪽의 '오차 항'은 출력을 이상적인 $n+1$ 배수 아래로 감소시킵니다. 이를 개선하기 위해 V_{Da} 및 V_{Db} 에는 쇼트키 다이오드를 사용하고 V_{D1} 에는 기존 다이오드를 사용하고 순방향 전압 강하는 다음과 같습니다.

$V_{Da} = V_{Db} = V_{D1} / 2$ 이고, 따라서 방정식 3은:

$$V_{n+1} \sim (n+1) \times V1 - n \left(\frac{I_{load}}{f_{sw} \times C} \right) \quad (3)$$

방정식 3에서 다이오드 강하와 관련된 오차 항을 줄여 출력 전압을 더 높일 수 있음을 알 수 있습니다. 방정식 3은 여전히 근사치이지만 출력 전압이 올라가라는 개념은 유효합니다.

다이오드 순방향 전압 및 온도 변화로 회로 성능이 저하되는 경우가 많지만, 이러한 경우가 항상 있지는 않습니다. 이 설계 예제는 다이오드의 온도 종속 특성을 취소하거나 최소화할 수 있는 방법을 보여줍니다.

Power House에서 TI의 [전원 팁 블로그 시리즈](#)를 확인해 보세요.

참고:

- [다이오드 커패시턴스 및 역복구를 쉽게 측정](#)
- [전원 팁 #79: 높은 회전율로 부하 과도 테스트](#)

이전에 [EDN.com](#)에 게시됨 .

중요 알림 및 고지 사항

TI는 기술 및 신뢰성 데이터(데이터시트 포함), 디자인 리소스(레퍼런스 디자인 포함), 애플리케이션 또는 기타 디자인 조언, 웹 도구, 안전 정보 및 기타 리소스를 "있는 그대로" 제공하며 상업성, 특정 목적 적합성 또는 제3자 지적 재산권 비침해에 대한 묵시적 보증을 포함하여(그러나 이에 국한되지 않음) 모든 명시적 또는 묵시적으로 모든 보증을 부인합니다.

이러한 리소스는 TI 제품을 사용하는 숙련된 개발자에게 적합합니다. (1) 애플리케이션에 대해 적절한 TI 제품을 선택하고, (2) 애플리케이션을 설계, 검증, 테스트하고, (3) 애플리케이션이 해당 표준 및 기타 안전, 보안, 규정 또는 기타 요구 사항을 충족하도록 보장하는 것은 전적으로 귀하의 책임입니다.

이러한 리소스는 예고 없이 변경될 수 있습니다. TI는 리소스에 설명된 TI 제품을 사용하는 애플리케이션의 개발에만 이러한 리소스를 사용할 수 있는 권한을 부여합니다. 이러한 리소스의 기타 복제 및 표시는 금지됩니다. 다른 모든 TI 지적 재산권 또는 타사 지적 재산권에 대한 라이선스가 부여되지 않습니다. TI는 이러한 리소스의 사용으로 인해 발생하는 모든 청구, 손해, 비용, 손실 및 책임에 대해 책임을 지지 않으며 귀하는 TI와 그 대리인을 완전히 면책해야 합니다.

TI의 제품은 ti.com에서 확인하거나 이러한 TI 제품과 함께 제공되는 [TI의 판매 약관](#) 또는 기타 해당 약관의 적용을 받습니다. TI가 이러한 리소스를 제공한다고 해서 TI 제품에 대한 TI의 해당 보증 또는 보증 부인 정보가 확장 또는 기타의 방법으로 변경되지 않습니다.

TI는 사용자가 제안할 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

주소: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265

Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), 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 will 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](#) or other applicable terms available either on [ti.com](https://www.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.

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

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024, Texas Instruments Incorporated