파워 스위칭 디바이스

드라이버 소스 단자의 접속 방법

최근 MOSFET 나 IGBT 와 같은 파워 스위칭 디바이스의 스위칭 손실을 작게 하는 방법 중 하나로 드라이버 소스 단자 (Kelvin source 단자)가 있는 4pin 패키지나 7pin 패키지가 증가하고 있습니다. 그러나, 바르게 접속하지 못할 경우 드라이버 소스 단자가 있는 파워 스위칭 디바이스의 성능을 최대화시킬 수 없을 뿐만 아니라, 파워 스위칭 디바이스의 고장으로 연결될 가능성이 있습니다. 본 어플리케이션 노트는 드라이버 소스 단자의 올바른 접속 방법에 대해 가이드라인을 제시하기 위한 목적으로 작성하였습니다. 파워 스위칭 디바이스에서의 드라이버 소스 단자 유무에 따른 효과와 사용 상의 주의점에 대해서는 어플리케이션 노트「드라이버 소스 단자에 의한 스위칭 손실의 개선」[1]을 참조하여 주십시오.

대상 패키지

TO-247-4L

TO-263-7L

드라이버 소스 단자의 접속

드라이버 소스 단자가 있는 파워 스위칭 디바이스는 MOSFET 이외에도 존재하지만, 본 어플리케이션 노트에서는 MOSFET 를 예로 들어 설명하겠습니다. Figure. 1 는 드라이버 소스 단자가 있는 MOSFET 의 회로 기호, Figure. 2 는 TO-247-4L 의 내부 구조도입니다.

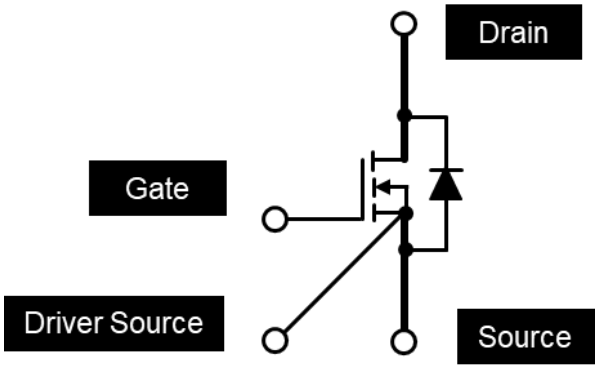


Figure 1. MOSFET 회로 기호

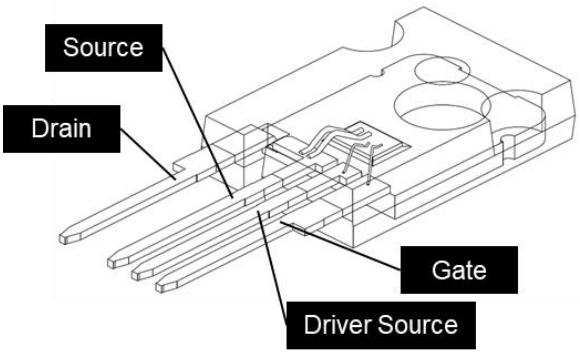


Figure 2. TO-247-4L 의 내부 구조도

Figure. 3 은 드라이버 소스 단자가 있는 MOSFET 의 접속 회로 예입니다. 게이트 구동 회로는 게이트 단자, 드라이버 소스 단자에 접속합니다. 드레인 전류 (I_D)가 흐르는 파워 회로는 드레인 단자, 소스 단자 (이후, 파워 소스 단자)에 접속하는 것이 바람직합니다.

© 2024 ROHM Co., Ltd.

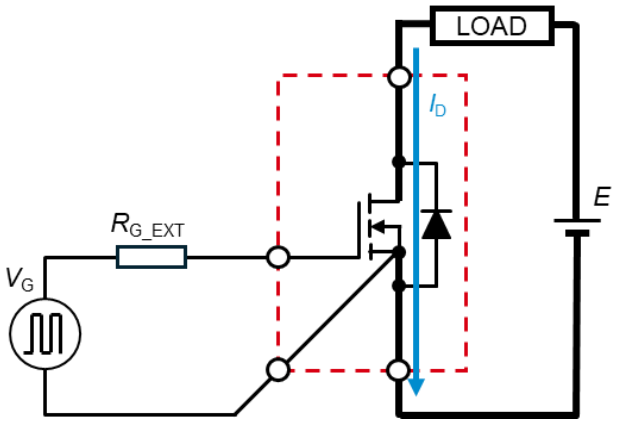


Figure 3. 드라이버 소스 단자가 있는 MOSFET 의 접속 회로

리스크가 동반되는 사용 방법

드라이버 소스 단자의 경우 칩 내부에서 파워 소스 단자와 전위적으로는 접속되어 있지만, 하기와 같은 방법으로 사용하면 리스크가 동반됩니다.

1. 드라이버 소스 단자와 파워 소스 단자를 직접 접속한다.
2. 드라이버 소스 단자를 오픈 상태로 사용한다.

1. 드라이버 소스 단자와 파워 소스 단자를 직접 접속한다.

Figure. 4 는 드라이버 소스 단자와 파워 소스 단자를 직접 접속한 경우의 회로도입니다.

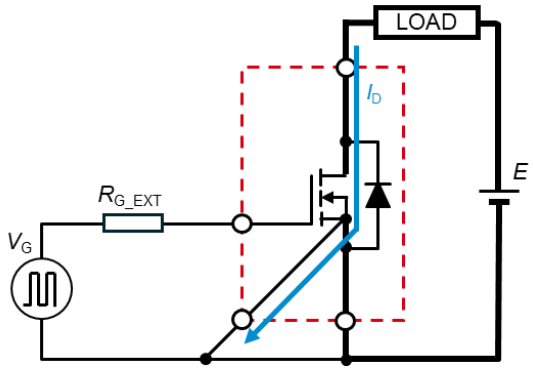


Figure 4. 드라이버 소스 단자와 파워 소스 단자를 직접 접속

이 경우, 드라이버 소스 단자에도 드레인 전류가 흐르게 됩니다. 드라이버 소스 측의 와이어와 파워 소스 측의 와이어는 두께나 개수가 다른 경우가 있으므로, 정격전류 내에서 사용하더라도 드라이버 소스 측의 와이어가 녹아서 끊어지거나 파손될 가능성이 있습니다. 또한, PAD 메탈 내부에서 수평 방향으로 드라이버 소스와 파워 소스 간의 전류가 흘러, 의도하지 않은 칩의 발열이 발생할 가능성도 있습니다.

2. 드라이버 소스 단자를 오픈 상태로 사용한다.

드라이버 소스 단자를 오픈 상태로 하고, 게이트 구동을 파워 소스 단자로 실행하면 Figure. 5 의 회로도와 같아집니다.

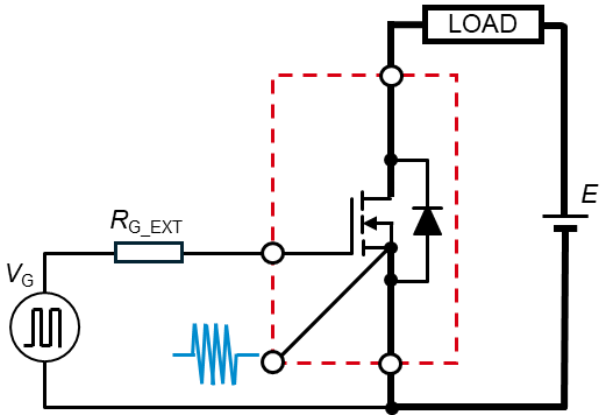


Figure 5. 드라이버 소스 단자를 오픈 상태로 사용

이 경우, 드라이버 소스 단자가 하이 임피던스 상태가 되어 스위칭 노이즈를 방사하기 때문에, 주변에 의도하지 않은 영향을 미칠 리스크가 있습니다. 또한 노이즈의 영향으로 인해 게이트 - 소스 신호가 오동작하는 원인으로 작용할 가능성도 있습니다.

게이트 드라이버 IC 에 따른 접속 방법

앞서 설명한 접속 방법의 위험성을 해소하기 위해, 4 종류의 게이트 드라이버 IC 에 따른 접속 방법에 대해 설명하겠습니다.

1. 절연 1ch 게이트 드라이버 IC

Figure. 6 은 브릿지 구성에서 High-side, Low-side 모두 절연 1ch 의 게이트 드라이버 IC (ROHM : BM61x4x 2 개 사용) 사용 시의 회로도를 나타낸 것입니다. 먼저 Figure. 6 과 같이 High-side, Low-side 모두 절연 게이트 드라이버를 사용하는 것이 좋습니다.

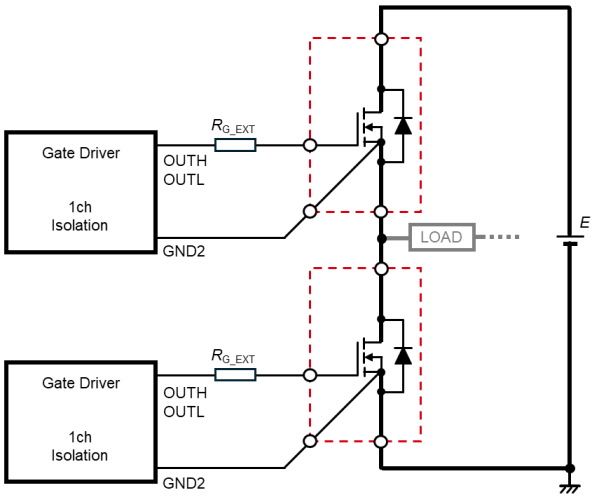


Figure 6. ROHM : BM61x4x 사용 시의 회로도

© 2024 ROHM Co., Ltd.

2. Low-side 비절연, GND 가 게이트 구동용 GND 와 전원용 GND 로 분리된 2ch 게이트 드라이버 IC

Figure. 7 은 브릿지 구성에서 부트 스트랩 방식을 통해 High-side 절연, Low-side 비절연으로, GND 가 게이트 구동용 GND 와 파워 GND 로 분리된 2ch 게이트 드라이버 IC (ROHM : BM60213FV-C) 사용 시의 회로도입니다.「1. 절연 1ch 게이트 드라이버 IC」와 마찬가지로 드라이버 소스 단자가 있는 파워 스위칭 디바이스의 성능을 최대화시킬 수 있는 구동 회로입니다.

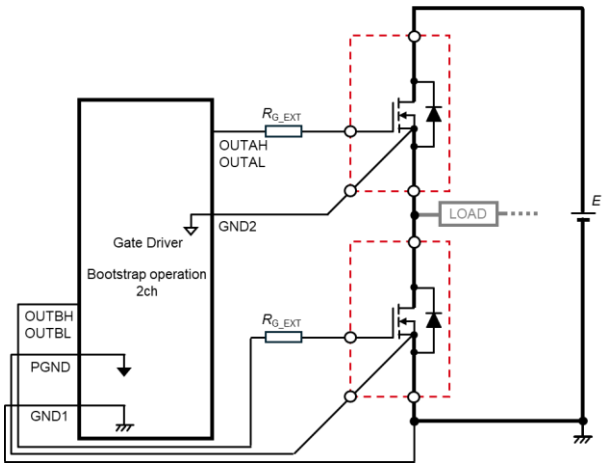


Figure 7. ROHM : BM60213FV-C 사용 시의 회로도

ROHM : BM60213FV-C 는 밀러 클램프 기능이 없으므로 밀러 클램프 기능이 필요한 경우, 어플리케이션 노트「Comparator-less 밀러 클램프의 설계 방법」[2]을 참조하여 디스크리트 구성으로 밀러 클램프를 구성할 수 있습니다.

3. Low-side 비절연, GND 가 게이트 구동용 GND 와 전원 GND 로 분리되지 않은 2ch 게이트 드라이버 IC

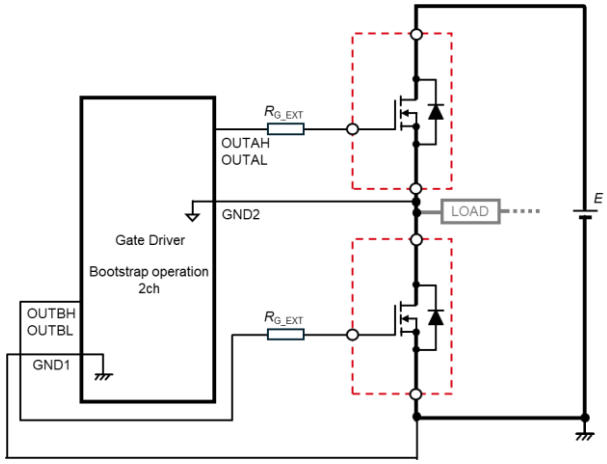
Figure. 8 은 브릿지 구성에서 부트 스트랩 방식을 통해 High-side 절연, Low-side 비절연으로, GND 가 게이트 구동용 GND 와 파워 GND 로 분리되지 않은 2ch 게이트 드라이버 IC (ROHM : BM60212FV-C) 사용 시의 회로도입니다. 게이트 드라이버 IC 로 1, 2 를 선택할 수 없는 경우에는 먼저

(a) 의 드라이버 소스 단자가 없는 파워 스위칭 디바이스를 사용하는 방법을 검토하여 주십시오.

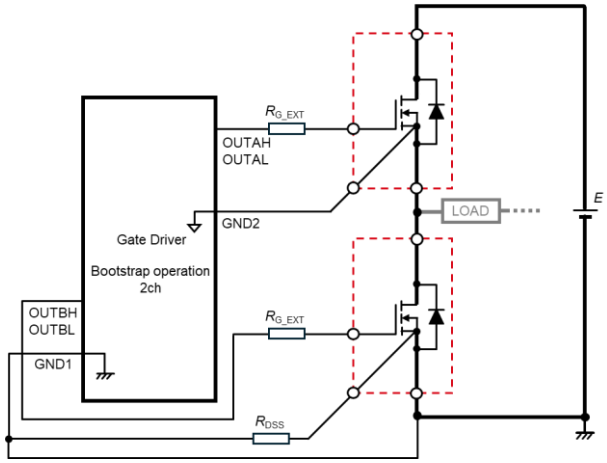
TO-247N (3pin)을 사용함으로써 리스크가 동반되는 사용 방법을 회피할 수 있습니다.

만약 드라이버 소스 단자가 있는 파워 스위칭 디바이스를 반드시 사용해야 하는 경우, 드라이버 소스 단자가 없는 패키지와 동일한 스위칭 손실이 발생하게 되는데, 이를 해소하기 위한 방법으로

(b) 와 같이 파워 소스 단자와 드라이버 소스 단자 사이에 저항 (R_{DSS})을 삽입하는 방법을 사용합니다.



(a) 드라이버 소스 단자가 없는 파워 스위칭 디바이스 사용



(b) 파워 소스 단자와 드라이버 소스 단자 사이에 저항 (R_{DSS}) 삽입

Figure 8. ROHM : BM60212FV-C 사용 시의 회로도

Figure. 9 의 회로에서 드라이버 소스 단자 측에 흐르는 전류 (I_{DRV})를 시뮬레이션으로 검증해보았습니다. 파워 소스 단자의 기판 패턴 등으로 인한 기생 인덕턴스를 L_{SOURSE} 로 합니다. Figure.10 은 L_{SOURSE} =30nH, R_G=2.2ohm 일 때,

(x) 파워 소스 단자와 드라이버 소스 단자를 분리하여 접속

(y) R_{DSS} = 0ohm

(z) R_{DSS} = 1ohm

인 경우의 I_D, I_{DRV} 의 시뮬레이션 파형입니다.

L_{SOURSE} 가

(b-1) L_{SOURSE} =0nH

(b-2) L_{SOURSE} =10nH

(b-3) L_{SOURSE} =20nH

(b-4) L_{SOURSE} =30nH

인 조건에서 R_{DSS} 와 dI_D/dt 를 변화시킬 때 I_{DRV} 의 최대치 (I_{DRV_peak})를 Figure. 11 의 그래프로 나타내었습니다.

© 2024 ROHM Co., Ltd.

시뮬레이션 조건

SiC MOSFET : SCT4062KR (1200V 62mohm TO-247-4L)

HV dc 전압 : E=800V

드레인 전류 : I_D=40A (Pulse)

게이트 전압 : V_{GS}=18V/0V

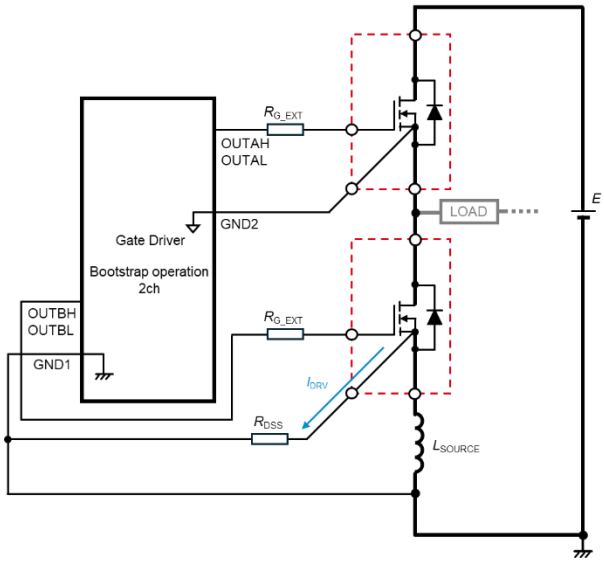
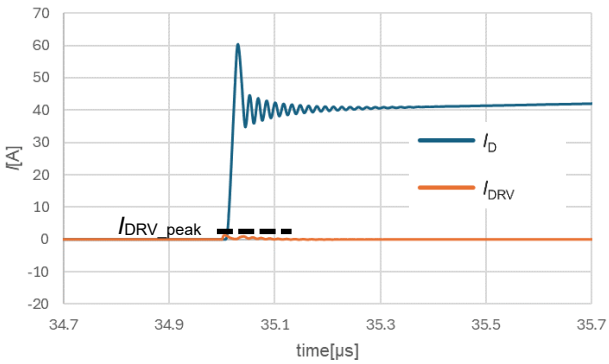
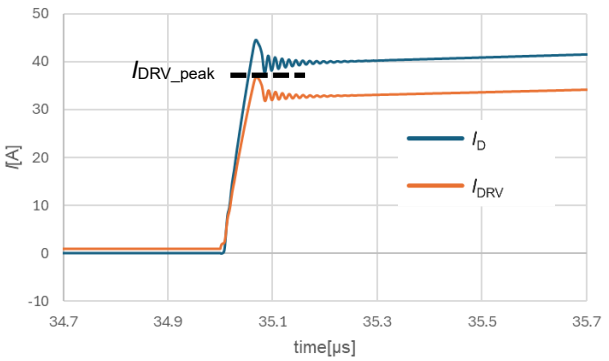


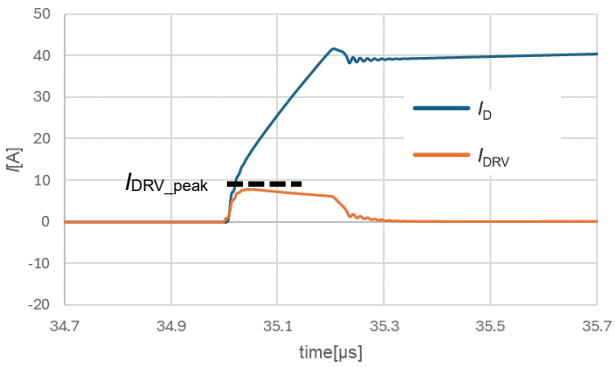
Figure 9. 시뮬레이션 회로



(x) L_{SOURSE}=30nH, R_G=2.2ohm, 파워 소스 단자와 드라이버 소스 단자를 분리하여 접속

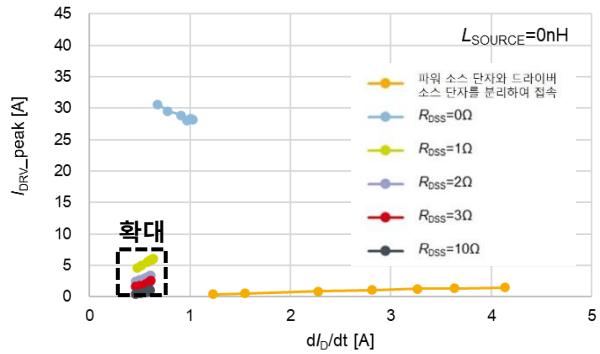


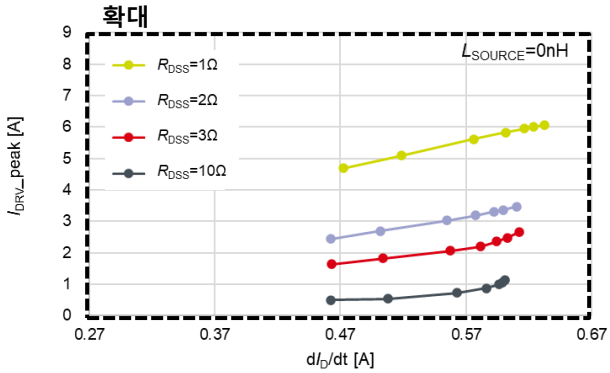
(y) L_{SOURSE} =30nH, R_G=2.2ohm, R_{DSS} = 0ohm



(z) L_{SOURSE} =30nH, R_G=2.2ohm, R_{DSS} = 1ohm

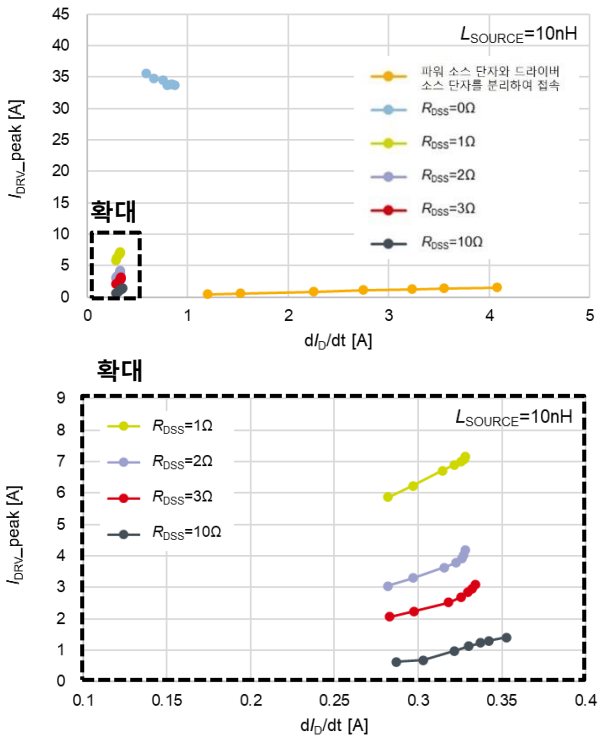
Figure10. 시뮬레이션 파형



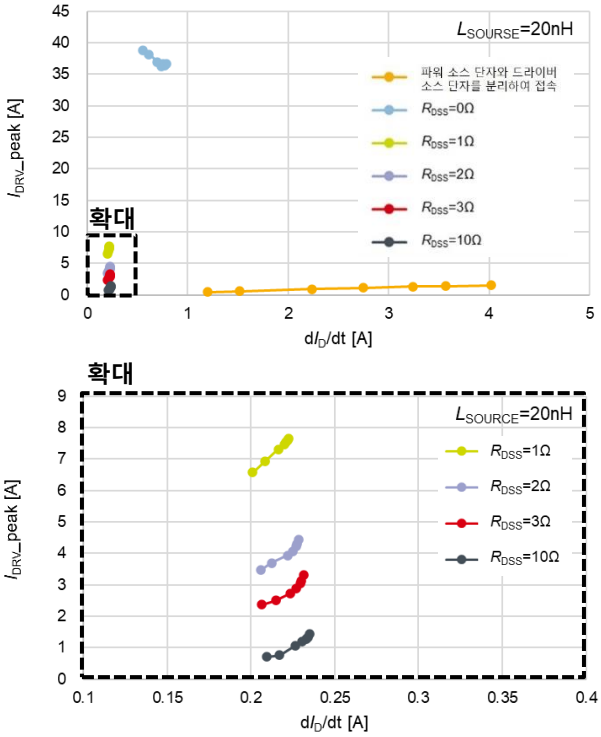


(b-1) L_{SOURCE}=0nH

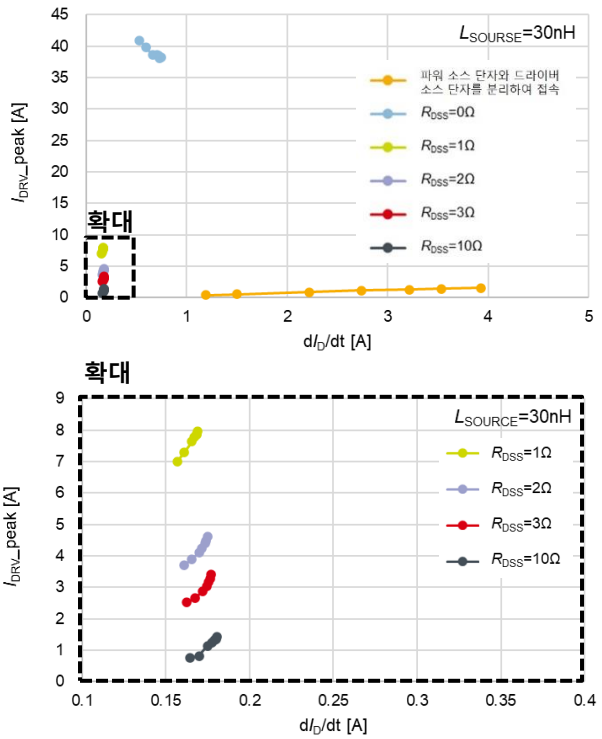
© 2024 ROHM Co., Ltd.



(b-2) L_{SOURCE}=10nH



(b-3) L_{SOURCE}=20nH



(b-4) L_{SOURCE}=30nH

Figure 11. 시뮬레이션 결과※1

※1 본 시뮬레이션 결과는 고객 장치에서의 특성 및 동작을 보증하는 것은 아닙니다. 사용 시에는 충분한 검토 및 평가 후에 최종적인 회로 및 정수 선정을 해야 합니다.

파워 소스 단자와 드라이버 소스 단자를 접속하면 dI_D/dt 가 감소합니다. 이번 시뮬레이션에서는 dI_D/dt 가 1A/ns~4A/ns (파워 소스 단자와 드라이버 소스 단자를 분리하여 접속)에서 0.1A/ns~0.4A/ns (파워 소스 단자와 드라이버 소스 단자를 직접 또는 R_{DSS} 를 삽입하여 접속)로 1/10 감소하여, 스위칭 손실이 증가하였습니다.

시뮬레이션 결과에서 R_{DSS} 가 없으면 대부분의 드레인 전류가 드라이버 소스 단자에 흐르는 것을 알 수 있습니다. R_{DSS} 는 소비전력도 고려하여 수 ohm 이상의 제품을 삽입해야 합니다. 또한, 파워 소스 단자의 기생 인덕턴스 L_{SOURSE} 에 축적된 에너지가 R_{DSS} 에 흐르기 때문에 기생 인덕턴스가 커지게 되어, dI_D/dt 가 클수록 저항치를 크게 할 필요가 있습니다.

션트 저항 접속 시에는 하기의 사항에 주의해야 합니다. Figure 7 (a)에서 드라이버 소스 단자가 없는 파워 스위칭 디바이스 사용 시 션트 저항 (R_{shunt})을 Figure. 12 과 같이 게이트 구동 회로 안쪽에 접속하면, Low-side 의 게이트 구동 전압은 식 (1)만큼 감소합니다.

$$V_{GS_DOWN} = R_{shunt} \times I_D \qquad (1)$$

© 2024 ROHM Co., Ltd.

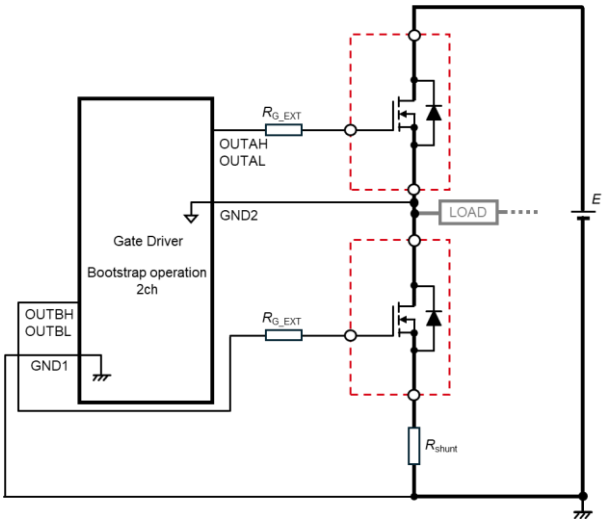


Figure 12. R_{shunt} 를 게이트 구동 회로 안쪽에 접속

게이트 구동 전압이 감소하면 R_{ON} 이 상승하므로 MOSFET 의 손실이 증가하여 효율이 악화될 뿐만 아니라 MOSFET 의 ON 저항이 높은 영역에서 사용하는 경우 열 파괴의 위험성도 있습니다. R_{shunt} 를 게이트 구동 회로의 안쪽에 접속하는 경우에는 이러한 리스크에 충분히 주의하여, 반드시 실장 상태에서 열적으로 문제가 없는지 검증해야 합니다.

R_{shunt} 를 GND 측에 접속하는 경우, GND1 은 파워 회로의 GND 이므로 R_{shunt} 가 단락되고, 게이트 구동 패턴에 파워 전류가 흐르게 되어 R_{shunt} 가 션트 저항으로서 기능할 수 없게 됩니다.

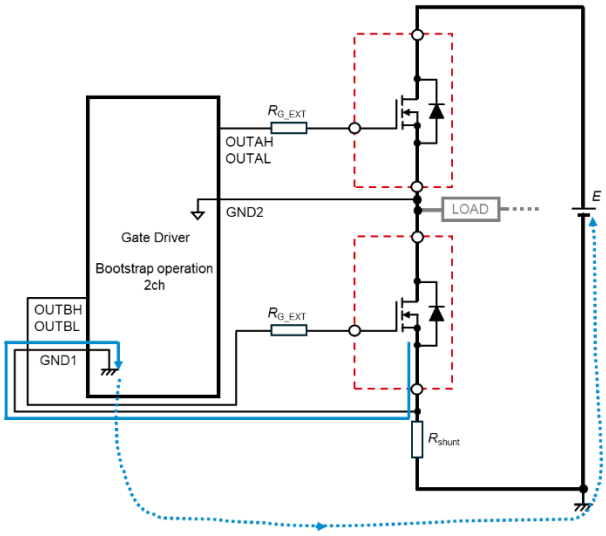


Figure 13. R_{shunt} 를 게이트 구동 회로보다 GND 측에 접속

따라서, 드라이버 소스 단자가 없는 파워 스위칭 디바이스를 사용할 때에는 Figure. 13 의 접속 방법은 사용할 수 없으므로 Figure. 12 의 접속 방법을 선택하여, 실제 기기 상에서 열적으로 문제가 없는지를 검증하면서 설계를 진행해야 합니다.

정리

드라이버 소스 단자가 있는 파워 스위칭 디바이스를, 사용하는 드라이버 IC 에 적합한 방법으로 접속하여 사용하기 위해서는 가능한 절연 게이트 드라이버 IC 를 사용하는 것이 좋습니다. Low-side 비절연 게이트 드라이버 IC 를 사용하는 경우에는 GND 가 게이트 구동용 GND 와 파워 GND 로 분리된 게이트 드라이버 IC 의 사용을 권장합니다.

GND 가 분리되지 않은 게이트 드라이버 IC 를 꼭 사용해야 하는 경우에는 드라이버 소스 단자가 없는 파워 스위칭 디바이스로 변경하는 것이 좋습니다. 단, 이러한 경우에는 션트 저항과 게이트 전압에 주의해야 합니다.

최후 수단으로서 파워 소스 단자와 드라이버 소스 단자 사이에 저항을 삽입하는 방법도 소개했지만, 본 어플리케이션 노트에서는 권장하지 않는 방법입니다.

참고 자료 :

[1]「드라이버 소스 단자에 의한 스위칭 손실의 개선」
어플리케이션 노트 (No. 63AN047K Rev.001)
로옴 주식회사, 2020 년 9 월
드라이버 소스 단자에 의한 스위칭 손실의 개선 (rohm.com)

[2]「Comparator-less 밀러 클램프의 설계 방법」
어플리케이션 노트 (No. 65AN013K Rev.002)
로옴 주식회사, 2022 년 5 월
Comparator-less 밀러 클램프의 설계 방법 (rohm.com)

© 2024 ROHM Co., Ltd.

노 트

1) 본 자료의 기재 내용은 로옴 그룹 (이하,「로옴」) 제품 소개를 목적으로 합니다. 로옴 제품 사용 시에는, 별도로 최신 데이터시트 또는 사양서를 반드시 확인하여 주십시오.

2) 로옴 제품은 일반적인 전자기기 (AV 기기, OA 기기, 통신기기, 가전제품, 오락기기 등) 또는 데이터시트에 명시되어 있는 용도로 사용하는 것을 의도하여 설계 · 제조되어 있습니다. 따라서, 매우 고도의 신뢰성이 요구되고, 고장 및 오동작이 인명, 신체에 대한 위험 또는 손해, 또는 기타 중대한 손해의 발생으로 이어지는 기기 또는 장치 (의료기기, 수송기기, 교통기기, 항공우주기기, 원자력 제어 장치, 연료 제어, 자동차 액세서리를 포함한 자동차기기, 각종 안전 장치 등) (이하,「특정 용도」)에 로옴 제품의 사용을 검토하는 경우, 사전에 로옴 영업으로 상담하여 주십시오. 로옴의 문서에 의한 사전 승낙 없이 특정 용도에 로옴 제품을 사용함에 따라 고객 또는 제3자에게 발생한 손해 등에 대해 로옴은 일절 책임을 지지 않습니다.

3) 반도체를 포함하는 전자부품은 일정한 확률로 오동작이나 고장이 발생하는 경우가 있습니다. 만일의 경우 오동작이나 고장이 발생하더라도, 인명, 신체, 재산에 대한 위험 또는 손해가 발생하지 않도록 고객의 책임하에 Fail-safe 설계 등 안전 대책을 실시하여 주십시오.

4) 본 자료에 기재된 응용 회로 예나 정수 등의 정보는, 로옴 제품의 표준적인 동작이나 사용 방법을 설명하기 위한 것으로, 실제로 사용하는 기기에서의 동작을 명시적으로나 묵시적으로 보증하는 것은 아닙니다. 따라서, 고객의 기기 설계에 있어서, 회로나 정수 및 관련 정보를 사용하는 경우에는 외부 제반 조건을 고려하여 고객의 판단과 책임하에 실시하여 주십시오. 이러한 정보의 사용으로 기인하여 고객 또는 제3자에게 발생한 손해에 대해 로옴은 일절 책임을 지지 않습니다.

5) 로옴 제품 및 본 자료에 기재된 기술을 수출 또는 국외에 제공하는 경우에는,「외국 외환 및 외국 무역법」,「미국 수출 관리 규정」 등 적용되는 수출 관련 법령을 준수하여 필요한 절차에 따라 실시하여 주십시오.

6) 본 자료에 기재된 응용 회로 예 등 기술 정보 및 관련 데이터는 어디까지나 일례를 나타낸 것으로, 이에 관련된 제3자의 지적재산권 및 기타 권리에 대해 권리 침해가 없음을 보증하는 것은 아닙니다. 또한, 로옴은 본 자료에 기재된 정보에 대해 로옴 또는 제3자가 소유 또는 관리하고 있는 지적재산권 및 기타 권리의 실시, 사용 또는 이용을 명시적이나 묵시적으로 고객에게 허락하는 것은 아닙니다.

7) 본 자료의 전부 또는 일부를 로옴의 문서에 의한 사전 승낙 없이 전재 또는 복사하는 행위는 금지합니다.

8) 본 자료에 기재된 내용은 본 자료 발행 시점의 내용이며, 예고 없이 변경되는 경우가 있습니다. 로옴 제품의 구입 및 사용 시에는 사전에 로옴 영업에 최신 정보를 확인하여 주십시오.

9) 로옴은 본 자료에 기재된 정보에 오류가 없음을 보증하지 않습니다. 만일 본 자료에 기재된 정보의 오류로 인해 고객 또는 제3자에게 손해가 발생한 경우, 로옴은 일절 책임을 지지 않습니다.

ROHM SEMICONDUCTOR

Thank you for your accessing to ROHM product informations.
More detail product informations and catalogs are available, please contact us.

ROHM Customer Support System

https://www.rohm.co.kr/contactus

© 2023 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.