

## Technical Article

**홀 효과: 평면 내 스위치가 감도를 높이고 설계 비용을 절감하는 비결**

Rishi Ramabadran

도어 및 창문 센서, 전자식 스마트 잠금장치(그림 1 참조), 랩톱, 이어버드, 태블릿, 스마트폰, 수도 및 가스계량기 등 스마트 자기 위치 센서가 내장된 장치는 모두 더 작고 전력 효율이 더 우수한 스위치에 의존합니다. 자기 스위치는 종종 PCB(인쇄 회로 기판)에 평행 또는 수평인 자기장을 감지해야 하는데, 이러한 감지 방향 유형을 '평면 내(in-plane)'라고 합니다.



그림 1. 전자 잠금장치는 자기 센서 스위치에 의존

가장 잘 알려진 평면 내 자기 스위치로는 AMR(이방성 자기저항), TMR(터널 자기저항) 및 리드 스위치가 있습니다. AMR과 TMR은 자기장의 각도와 규모에 따라 저항성을 변경하는 방식으로 작동합니다. 리드 스위치는 유리관에 강자성 금속 조각이 두 개 담긴 형태로 구성됩니다. 충분히 강한 자기장이 두 조각 사이에 가해지면 서로 접촉하게 됩니다.

AMR, TMR, 리드 스위치는 시중에서 통용되는 솔루션이지만 단점도 있습니다. 리드 스위치는 유리관이나 기타 밀봉 처리된 인클로저 안에 담겨 있으므로 패키지가 크고 비싸며, 자석 옆에 배치하면 토크의 영향을 받기 쉽습니다(그림 2 참조). 또한 인클로저는 스위치 사이클 10만~100만 회 사이에 손쉽게 파손될 수 있어서 기술의 내구성과 안정성이 떨어집니다. 그리고 리드 스위치로는 높은 정확도로 자기장을 감지할 수 없습니다.

리드 스위치를 사용하여 설계할 때의 또 다른 문제점은 디바운스를 경험할 수 있다는 것입니다. 이는 두 리드가 접촉했다가 분리되는 탄성 충돌의 결과입니다. 디바운스가 발생하면 신호 정착 시간이 연장되고, 이를 처리하지 않으면 전송 무결성에 영향을 미칠 수 있습니다.

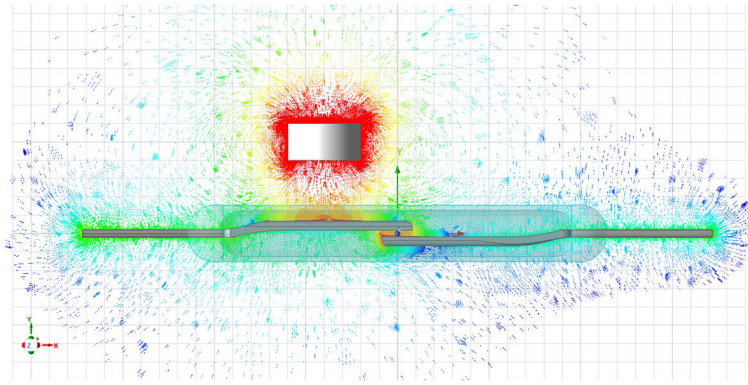


그림 2. 리드 두 개의 팁 사이에 자속 밀도가 집중된 것을 표시한 리드 스위치의 시뮬레이션된 응답

AMR 및 TMR 센서는 금속 레이어가 복잡한 스택을 이루고 있어 제조 비용이 많이 듭니다. 이런 금속 레이어를 제작하려면 구하기 쉽지 않은 전문 증착 장비가 있어야 하고, 공급 제한을 초래할 수 있으며 레이어를 자화해야 하는 추가 요구사항도 있습니다.

### 자기 감지의 새로운 시대

홀 효과 기술은 대중적인 스위치 유형과 유사한 감도와 소비 전력을 지원하는 동시에, 확장 가능하고 더 경제적이어서 점점 수요가 증가하고 있습니다. 홀 효과 스위치는 자기장의 규모에 따른 전압 변동을 모니터링하는 방식으로 작동합니다.

TI의 **TMAG5134** 평면 내 홀 효과 스위치(그림 3)에는 감지 요소 위에 배치된 금속판 두 개로 구성된 자속 집중기가 통합되어 있습니다. 이 집중기는 감지 요소 전체에 자기장을 집중시켜 자기장을 증폭하고, 너무 약해서 홀 효과 센서만으로는 효과적으로 계측하기 어려운 자기장을 감지할 수 있게 해줍니다. TMAG5134는 1mT 정도의 약한 자기장도 감지할 수 있어서 작은 자석의 사용을 지원하므로, 시스템 수준 비용을 절감합니다.

TMAG5134는 통합형 자기 집중기의 우수한 성능과 홀 효과 기술의 낮은 제조 비용 덕분에, 대폭 절감된 시스템 비용으로 AMR, TMR, 리드 스위치와 대등하게 경쟁할 수 있습니다.

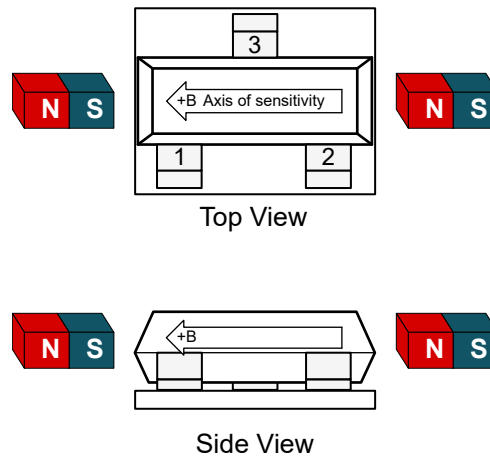


그림 3. TMAG5134 홀 효과 스위치의 평면 내 위치 설계

통합형 자기 집중기는 표준 홀 효과 센서에 비해 전력 소비를 줄입니다. 신호를 증폭하므로 센서에 많은 전류로 바이어스를 걸 필요가 없기 때문입니다. TMAG5134의 소비 전류는 최소 0.6 $\mu$ A까지 가능합니다.

또한 TMAG5134의 평면 내 감지 방향 덕분에 PCB에 평행 또는 수평인 자기장을 감지할 때 시스템 설계의 유연성이 향상됩니다. 이 문제는 TO(트랜지스터 아웃라인)-92 패키지의 홀 효과 스위치를 사용하여 해결할 수 있지만, 이는 더 많은 보드 공간을 차지합니다. TMAG5134는 홀 효과 스위치라서 무접촉 방식으로 자기장을 감지하므로 기계식 스위치 대비 마모가 적고 안정성과 회복력이 높습니다.

TI에는 TIMSS(Texas Instruments Magnetic Sense Simulator)라는 자기 시뮬레이션 도구가 있어 센서 자석 배치를 기준으로 자기장과 센서 출력을 시뮬레이션해 볼 수 있습니다. TIMSS를 이용하면 시스템 및 전체 제품 설계 수정을 줄이고 다양한 시스템 허용 오차를 이용해 신속하게 실험해 볼 수 있습니다. TIMSS에서 TMAG5134를 선택하면 시스템에서 발생할 자기장과 장치 출력을 3D로 시각화할 수 있습니다.

설계 엔지니어는 적절한 기술을 선택할 때 비용, 전력 및 작동 임계값을 고려해야 할 때가 많습니다(표 1 참조).

**표 1. TMAG5134 홀 효과 스위치와 다른 평면 내 감지 기술 비교**

매개 변수	TMAG5134	AMR 스위치	TMR 스위치	리드 스위치
감지 방향	평면 내(X축)	평면 내(X축)	평면 내(X축)	평면 내(X축)
비용	낮음	높음	높음	높음
소비 전류	최소 0.6 $\mu$ A	0.1 $\mu$ A 미만	0.05 $\mu$ A 미만	0
일반 작동 임계값(Bop)	최저 1mT	약 3mT	최저 0.3mT	<5mT

### 더 스마트한 감지 애플리케이션

TMAG5134와 같은 평면 내 홀 효과 스위치에는 다음과 같은 기능이 있습니다.

1. 도어 및 창문 센서와 전자식 스마트 잠금장치를 포함한 스마트 홈 시스템:
2. 사용자가 문이나 창문을 열고 닫을 때 감지합니다.
3. 데드볼트 위치를 모니터링하여 문 상태를 파악합니다.
4. 배터리 수명을 늘립니다.
5. 노트북, 태블릿, 이어버드와 같은 소비자 가전제품:
  - a. 사용자가 노트북 뚜껑이나 태블릿 커버를 열고 닫을 때 감지하고, 노트북을 360도 접었을 때 이를 감지합니다. 노트북과 태블릿의 경우, 열고 닫힌 상태에 따라 화면이 켜지고 꺼집니다.
  - b. 사용자가 이어버드 충전 케이스 뚜껑을 열고 닫을 때, 또는 케이스에 이어버드를 넣거나 케이스에서 꺼낼 때 이를 감지합니다. 두 동작 중 하나가 이어버드의 충전 상태를 결정합니다.
6. 에너지 인프라:
  - a. 수도 및 가스계량기에서 자석 스와이프를 감지하여 계량기를 진단 모드로 전환하는 것을 감지합니다.
  - b. 계량기 측정을 방해하려는 외부 자석의 배치를 감지합니다.

### 결론

TMAG5134와 같은 평면 내 홀 효과 스위치는 자석 위치 감지의 미래를 만들어 나가고 있습니다. 앞으로는 TMAG5134와 같은 장치가 증강 현실 또는 가상 현실 헤드셋과 스마트 안경과 같은 제품에도 적합할 수 있습니다. TMAG5134 평면 내 홀 효과 스위치는 우수한 성능과 저비용으로 인해 매력적인 선택지입니다.

### 추가 리소스

- [홀 효과 브레이크아웃 어댑터 평가 모듈](#) 시작하기.
- TMAG5134EVM을 사용해 홀 효과 스위치 설계를 신속하게 평가합니다.
- 자기 센서를 다룬 [TI Precision Labs 비디오 시리즈](#) 시청.

### 상표

모든 상표는 각 소유권자의 자산입니다.

## 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 침해에 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.com](https://www.ti.com)에서 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 제안했을 수 있는 추가 또는 기타 조건을 반대하거나 거부합니다.

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

Copyright © 2025, 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 © 2025, Texas Instruments Incorporated