

Technical Article

Der Hall-Effekt: Wie ein Schalter auf gleicher Ebene die Empfindlichkeit erhöht und die Designkosten senkt



Rishi Ramabadran

Geräte mit intelligenten magnetischen Positionssensoren sind alle auf kleine, energieeffiziente Schalter angewiesen. Dazu gehören Tür- und Fenstersensoren, elektronische intelligente Schlössern (gezeigt in [Abbildung 1](#)), Laptops, Kopfhörer, Tablets, Smartphones sowie Wasser- und Gaszähler. Magnetschalter müssen Magnetfelder häufig parallel oder horizontal zur Leiterplatte (PCB) erkennen. Diese Art der Sensorausrichtung wird als „auf gleicher Ebene“ oder „In-Plane“ bezeichnet.



Abbildung 1. Elektronische Schlösser basieren auf Magnetsensorschaltern

Die beliebtesten Magnetschalter auf einer Ebene sind Schalter mit anisotroper Magnetoresistanz (AMR), Schalter mit Tunnelmagnetwiderstand (TMR) und Reed-Schalter. Die Funktionsweise von AMR und TMR basiert auf sich änderndem Widerstand auf Grund des Winkels und der Größe des Magnetfelds. Reed-Schalter bestehen aus zwei in einem Glasrohr verkapselten ferromagnetischen Metallen. Die Teile kommen in Kontakt, wenn ein ausreichend starkes Magnetfeld zwischen ihnen kanalisiert wird.

Obwohl AMR-, TMR- und Reed-Schalter die etablierten Lösungen auf dem Markt sind, bringen sie auch Nachteile mit sich. Reed-Schalter müssen in einem Glasrohr oder einem anderen hermetisch abgedichteten Gehäuse eingeschlossen sein. Dieses Gehäuse ist groß, teuer und empfindlich gegenüber dem Drehmoment, wenn es neben einem Magneten platziert wird (siehe [Abbildung 2](#)). Die Gehäuse können auch leicht zwischen 100.000 und 1 Million Schaltzyklen brechen, was die Technologie weniger langlebig und zuverlässig macht. Außerdem sind Reed-Schalter nicht in der Lage, Magnetfelder mit einem hohen Maß an Genauigkeit zu erkennen.

Eine weitere Herausforderung bei der Ausführung mit Reed-Schaltern ist, dass sie Entprellung ausgesetzt sein können. Dies ist das Ergebnis eines elastischen Zusammenstoßes, bei dem sich die beiden Schaltungen trennen, nachdem sie miteinander in Kontakt kommen. Die Entprellung verlängert die Einschwingzeit des Signals und kann die Integrität der Übertragung beeinträchtigen, wenn sie nicht ordnungsgemäß gehandhabt wird.

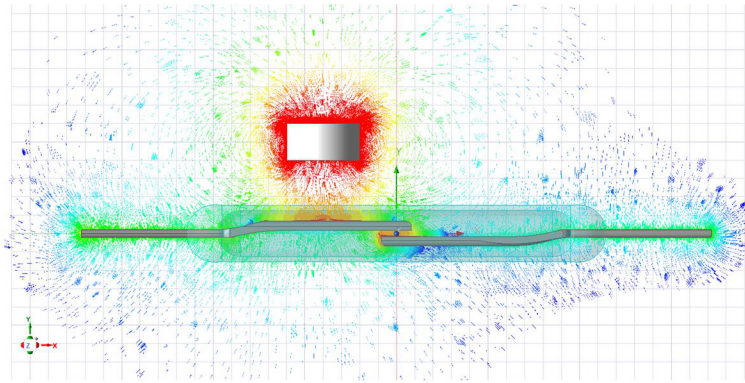


Abbildung 2. Simulierte Reaktion eines Reed-Schalters mit konzentrierter magnetischer Flussdichte zwischen den Spitzen der beiden Schaltungen

Die Herstellung von Sensoren des Typs AMR und TMR ist aufgrund ihres komplexen Stapels von Metallschichten teuer. Bei der Erstellung dieser Metallschichten sind spezielle Abscheideanlagen erforderlich, die nicht einfach zu erwerben sind und zu Versorgungsbeschränkungen führen können. Außerdem müssen die Schichten magnetisiert werden.

Eine neue Ära der Magnetsensorik

Die Nachfrage nach Hall-Effekt-Technologie steigt rasant, da sie die gleiche Empfindlichkeit und den gleichen Stromverbrauch wie die gängigen Schaltertypen bietet, aber gleichzeitig skalierbar und wirtschaftlicher ist. Die Funktionsweise der Hall-Effekt-Schalter beruht auf der Überwachung von Spannungsänderungen basierend auf der Größe des Magnetfelds.

Der auf gleicher Ebene konzipierte Hall-Effekt-Schalter [TMAG5134](#) von TI (Abbildung 3) verfügt über einen integrierten magnetischen Konzentrador, der aus zwei über dem Sensorelement positionierten Metallplatten besteht. Der Konzentrador fokussiert das Magnetfeld über dem Sensorelement, verstärkt das Magnetfeld und ermöglicht die Erkennung von Magnetfeldern, die zu schwach sind, um allein mit Hall-Effekt-Sensoren effektiv gemessen zu werden. Die Fähigkeit des TMAG5134, Magnetfelder mit einer Stärke von nur 1 mT zu erkennen, ermöglicht den Einsatz kleiner Magneten und senkt so die Kosten auf Systemebene.

Die Leistung des integrierten Magnetkonzentrators des TMAG5134 und die Fertigungskosten der Hall-Effekt-Technologie machen diese Lösung zu einem angemessenen Konkurrenten von AMR-, TMR- und Reed-Schaltern – und das bei erheblich geringeren Systemkosten.

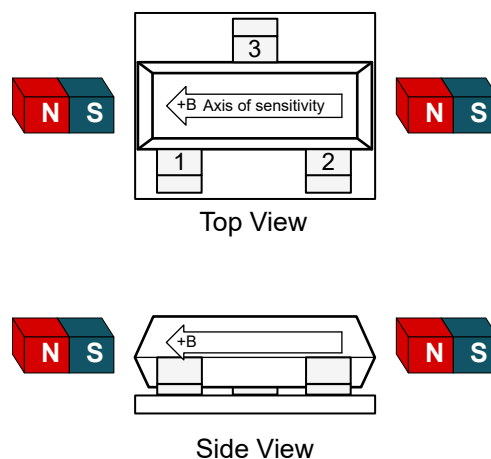


Abbildung 3. In-Plane-Positionsdesign des Hall-Effekt-Schalters TMAG5134

Der integrierte magnetische Konzentrador reduziert den Stromverbrauch im Vergleich zu Standard-Hall-Effekt-Sensoren, da er das Signal verstärkt und deshalb die Notwendigkeit entfällt, den Sensor mit hohem Strom zu belasten. Der TMAG5134 kann mit nur 0,6 μA Strom betrieben werden.

Darüber hinaus bietet die Sensorausrichtung des TMAG5134 auf gleicher Ebene mehr Flexibilität bei der Entwicklung Ihres Systems, wenn Sie Magnetfelder parallel oder horizontal zur Leiterplatte erfassen. Es ist möglich, diese Herausforderung zu lösen, indem ein Hall-Effekt-Schalter in einem Transistor-Outline (TO)-92-Gehäuse verwendet wird. Dazu wird allerdings mehr Platz auf der Leiterplatte benötigt. Da der TMAG5134 ein Hall-Effekt-Schalter ist, erfasst er Magnetfelder kontaktlos, wodurch Verschleiß reduziert und die Zuverlässigkeit und Widerstandsfähigkeit im Vergleich zu mechanischen Schaltern erhöht wird.

TI verfügt über ein magnetisches Simulationstool namens [Texas Instruments Magnetsensor-Simulator \(TIMSS\)](#), mit dem Sie das Magnetfeld und den Sensorausgang basierend auf der Sensormagnetisierung simulieren können. Das TIMSS-Tool reduziert die Änderungen von System- und Endproduktausführungen und ermöglicht schnelle Experimente mit verschiedenen Systemtoleranzen. Sie können den TMAG5134 in TIMSS auswählen und eine 3D-Visualisierung des Magnetfelds und der Bausteinausgabe erhalten, die in Ihrem System auftreten würde.

Entwicklungsingenieure müssen bei der Auswahl der richtigen Technologie die Kosten-, Leistungs- und Betriebsschwellenwerte berücksichtigen (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1. Der Hall-Effekt-Schalter TMAG5134 im Vergleich zu anderen Sensortechnologien auf gleicher Ebene

Parameter	TMAG5134	AMR-Schalter	TMR-Schalter	Reed-Schalter
Sensorausrichtung	In-Plane (X-Achse)	In-Plane (X-Achse)	In-Plane (X-Achse)	In-Plane (X-Achse)
Kosten	Niedrig	Hoch	Hoch	Hoch
Stromverbrauch	Bereits ab 0,6 μ A	<0,1 μ A	<0,05 μ A	0
Typischer Betriebsschwellenwert (Bop)	Bereits ab 1 mT	Ca. 3 mT	So niedrig wie 0,3 mT	<5 mT

Intelligenter Sensoranwendungen

Die Funktionalität von Hall-Effekt-Schaltern auf gleicher Ebene, wie TMAG5134, umfasst folgende Beispiele:

1. In Smart-Home-Systemen wie Tür- und Fenstersensoren und elektronischen intelligenten Schlössern:
2. Erkennen, wenn Benutzer eine Tür oder ein Fenster öffnen oder schließen.
3. Überwachung der Türriegelposition zur Bestimmung des Zustands einer Tür.
4. Verlängerung der Batterielebensdauer.
5. In Unterhaltungselektronik wie Notebooks, Tablets und Kopfhörern:
 - a. Erkennen, wenn Benutzer einen Notebook-Deckel oder eine Tablet-Abdeckung öffnen oder schließen, sowie erkennen, wenn Benutzer ein Notebook um 360 Grad falten. Bei Notebooks und Tablets wird der Bildschirm je nach Status „Öffnen“ und „Schließen“ ein- oder ausgeschaltet.
 - b. Ermitteln, ob der Benutzer einen Deckel der Ladetasche für Kopfhörer öffnet oder schließt sowie ob Kopfhörer in die Tasche gesteckt oder aus ihr heraus genommen werden. Jede dieser Aktionen bestimmt den Ladestatus der Kopfhörer.
6. In Energieinfrastrukturen:
 - a. Erkennen des Einlesens eines Magneten in Wasser- und Gaszählern, um das Messgerät in den Diagnosemodus zu versetzen.
 - b. Erkennen der Platzierung eines externen Magneten auf dem Messgerät zur Unterbrechung der Zählermessung.

Fazit

In-Plane-Hall-Effekt-Schalter wie der TMAG5134 gestalten die Zukunft der magnetischen Positionserfassung. Zukünftig könnten sich Bausteine wie der TMAG5134 gut für Produkte wie Augmented oder Virtual Reality-Headsets und Smart-Brillen eignen. Die Kombination aus guter Leistung und niedrigen Kosten macht den Hall-Effekt-Schalter TMAG5134 auf gleicher Ebene zu einer attraktiven Wahl.

Weitere Ressourcen

- Beginnen Sie mit dem [Evaluierungsmodul für Hall-Effekt-Breakout-Adapter](#).
- Sie können das Hall-Effekt-Schalterdesign mit dem TMAG5134EVM schnell evaluieren.
- Sehen Sie sich unsere [Videoreihe „TI Precision Labs“](#) über Magnetsensoren an.

Marken

Alle Marken sind Eigentum der jeweiligen Inhaber.

WICHTIGER HINWEIS UND HAFTUNGSAUSSCHLUSS

TI STELLT TECHNISCHE UND ZUVERLÄSSIGKEITSDATEN (EINSCHLIESSLICH DATENBLÄTTER), DESIGNRESSOURCEN (EINSCHLIESSLICH REFERENZDESIGNS), ANWENDUNGS- ODER ANDERE DESIGNBERATUNG, WEB-TOOLS, SICHERHEITSINFORMATIONEN UND ANDERE RESSOURCEN „WIE BESEHEN“ UND MIT ALLEN FEHLERN ZUR VERFÜGUNG, UND SCHLIESST ALLE AUSDRÜCKLICHEN UND STILLSCHWEIGENDEN GEWÄHRLEISTUNGEN AUS, EINSCHLIESSLICH UND OHNE EINSCHRÄNKUNG ALLER STILLSCHWEIGENDEN GEWÄHRLEISTUNGEN DER MARKTGÄNGIGKEIT, DER EIGNUNG FÜR EINEN BESTIMMTEN ZWECK ODER DER NICHTVERLETZUNG VON RECHTEN.

Diese Ressourcen sind für qualifizierte Entwickler gedacht, die mit TI-Produkten entwickeln. Sie allein sind verantwortlich für (1) die Auswahl der geeigneten TI Produkte für Ihre Anwendung, (2) das Design, die Validierung und den Test Ihrer Anwendung und (3) die Sicherstellung, dass Ihre Anwendung die geltenden Normen sowie alle anderen Sicherheits-, regulatorischen und sonstigen Vorgaben erfüllt.

Diese Ressourcen können jederzeit und ohne Vorankündigung geändert werden. Sie erhalten von TI die Erlaubnis, diese Ressourcen ausschließlich für die Entwicklung von Anwendungen mit den in der Ressource beschriebenen TI-Produkten zu verwenden. Jede andere Vervielfältigung und Darstellung dieser Ressourcen ist untersagt. Es wird keine Lizenz für andere Rechte am geistigen Eigentum von TI oder an Rechten am geistigen Eigentum Dritter gewährt. TI übernimmt keine Verantwortung für und Sie schützen TI und seine Vertreter gegen Ansprüche, Schäden, Kosten, Verluste und Verbindlichkeiten, die sich aus Ihrer Nutzung dieser Ressourcen ergeben.

Produkte von TI werden gemäß den [Verkaufsbedingungen von TI](#) oder anderen geltenden Bedingungen bereitgestellt, die entweder auf [ti.com](#) verfügbar sind oder in Verbindung mit diesen TI-Produkten bereitgestellt werden. Durch die Bereitstellung dieser Ressourcen durch TI werden die geltenden Garantien oder Gewährleistungsausschlüsse von TI für TI-Produkte weder erweitert noch verändert.

TI widerspricht allen zusätzlichen oder abweichenden Bedingungen, die Sie möglicherweise vorgeschlagen haben, und lehnt sie ab.

Postanschrift: 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](#) 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