

## Testfähigkeiten und Testsystemproduktivität mit neuen MEMS-Schaltern erweitern



**Bild 1:** Bediener installiert ein Load-Board auf einem Tester zur Prüfung von digitalen SoCs

Wechselschalter ADGM1001 (single pole, double throw) eine Prüfung sowohl von DC-Parametern als auch schnellen digitalen Signalen mit nur einem Testadapter (One-Pass-Single-Insertion-Test) ermöglicht, was die Testkosten reduziert und die Logistik für den Test von digitalen/HF-Systemen in einem Chip (SoC) vereinfacht.

### Herausforderungen beim Testen

Der Halbleitermarkt entwickelt sich hin zu immer schnelleren Datenraten und höheren Schaltdichten für die Chip-interne Kommunikation bei hochentwickelten Prozessoren wie 5G-Modem- und Grafik-ICs sowie zentralen Recheneinheiten.

Inmitten dieser Komplexität und dem Bedarf nach steigendem Durchsatz ist die Qualitätssicherung die größte Herausforderung für die Entwickler heutiger automatischer Testsysteme (ATE). Ein wichtiger Aspekt dabei ist die steigende Anzahl an Übertragungs-(Tx)-/Empfänger-(Rx)-Kanälen, die sowohl schnelle digitale als auch DC-Parameter-

Tests erfordern. Diese Herausforderungen treiben die Komplexität im Halbleitertest in die Höhe und führen, wenn man dieses Problem nicht löst, zu längeren Testzeiten, erhöhter Komplexität des Testboards und reduziertem Testdurchsatz. Dies treibt wiederum die Betriebskosten (OPEX) in die Höhe und senkt die Produktivität in einer modernen Testumgebung.

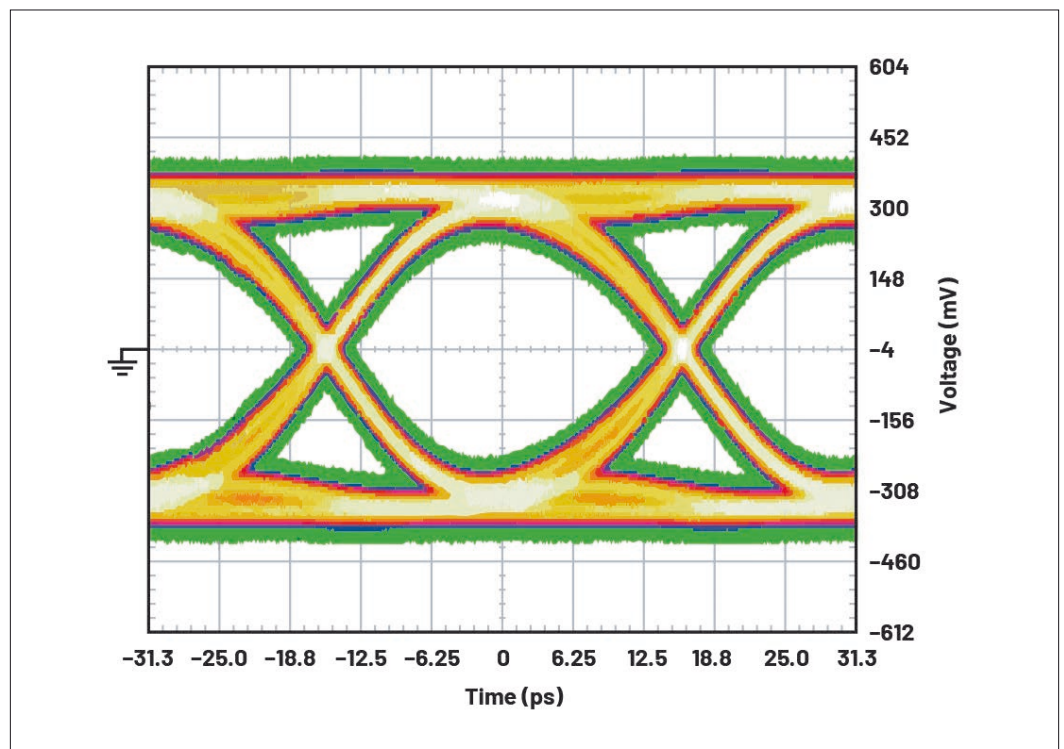
### „Eintest“-Plattform

Um diese Herausforderungen im Test zu lösen ist ein Schalter nötig, der sowohl bei DC als auch hohen Frequenzen arbeitet. Der ADGM1001 kann sowohl echte Gleichspannungssignale (0 Hz) als auch schnelle Signale bis zu 64 Gbit/s handhaben. Dies ermöglicht eine effiziente „Eintest“-Plattform (nur ein Testadapter bzw. Load-Board), die so konfiguriert werden kann, dass sie sowohl DC-Parameter als auch schnelle digitale Kommunikationsstandards wie PCIe Gen 4/5/6, PAM 4 und USB 4 prüfen kann. Bild 2 zeigt das Augendiagramm des ADGM1001 bei 32 Gbit/s.

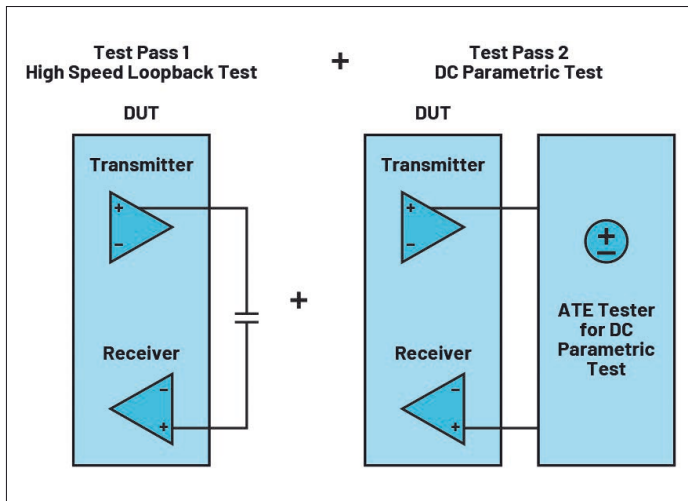
Hochentwickelte digitale Prozessoren benötigen zur Qualitätssicherung separates automatisches Testequipment (ATE) für parametrische DC-Prüfungen und schnelle digitale Tests. Dies bringt signifikante Kosten und logistische Herausforderungen mit sich. Dieser Artikel beschreibt, wie der SPDT-MEMS-



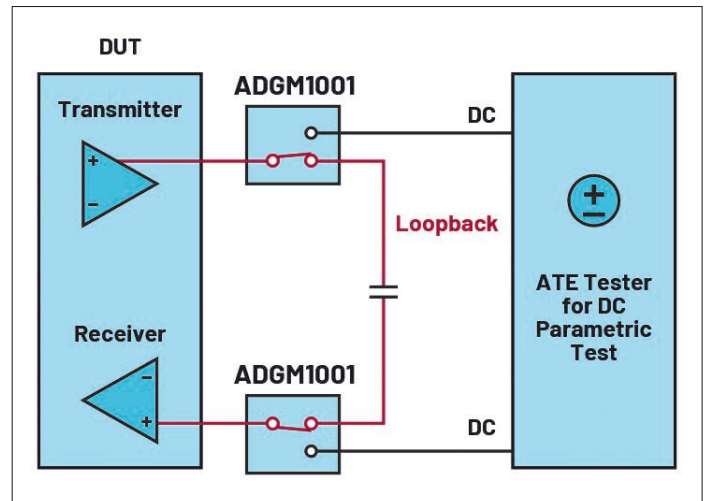
Autoren:  
Richard Houlian (oben),  
Product Marketing Manager  
Naveen Dhull (Mitte),  
Product Applications Engineer  
Padraig Fitzgerald (unten),  
Principal IC Design Engineer  
Analog Devices  
www.analog.com



**Bild 2:** Augendiagramm des ADGM1001 bei 32 Gbit/s (HF1 bis HFC mit Referenzkurve, Pattern nutzt PRBS 2<sup>15</sup>-1)



**Bild 3: Illustration einer Testmethode mit zwei Testadaptern**



**Bild 4: Der MEMS-Schalter ADGM1001 ermöglicht sowohl schnelle Digital- als auch DC-Tests (es ist hier nur der P-Kanal dargestellt)**

## Wie werden HSIO-Pins getestet?

Der Test von schnellen Ein-/Ausgangs-Schnittstellen (HSIO = High Speed Input Output) in einer Großserien-Produktionsumgebung ist eine riesige Herausforderung. Eine gängige Methode ein HSIO-Interface zu validieren ist eine Testarchitektur mit einer schnellen Rückkopplungsschleife zu implementieren. Diese beinhaltet in einer einzigen Konfiguration sowohl schnelle digitale als auch DC-Testpfade.

Um schnelle Rückkopplungstests auszuführen, wird generell eine pseudzufällige Bit-Sequenz (PRBS) mit hoher Geschwindigkeit vom Transmitter übertragen und auf der Empfangsseite aufgenommen, nachdem sie an das Load- oder Test-Board rückgekoppelt wurde, wie in Bild 3 (linke Seite) zu sehen. Auf der Empfangsseite wird diese Sequenz analysiert, um die Bit-Fehlerrate (BER) zu berechnen.

## Funktion sicherstellen

Parametrische DC-Tests, wie Durchgangsprüfung und Lecktest, werden an den Ein-/Ausgangs-Pins durchgeführt, um die Funktion des Prüflings sicherzustellen. Um diese Tests durchzuführen, müssen die Pins direkt mit einem DC-Messgerät verbunden werden, mit dem ein Strom eingepreßt und eine Spannung gemessen wird, um Fehler zu entdecken.

Um sowohl einen schnellen Rückkopplungstest als auch einen parametrischen DC-Test an den Ein-/Ausgängen des Prüflings (DUT) auszuführen,

gibt es mehrere Methoden, die man nutzen kann, um das digitale SoC zu testen. Beispielsweise kann man MEMS-Schalter, Relais oder zwei unterschiedliche Load-Boards einsetzen, eines für den schnellen digitalen und das andere für den DC-Test, was allerdings zwei unterschiedliche Testadapter erfordert.

## Relais nur bedingt geeignet

Das Durchführen von schnellen digitalen und parametrischen DC-Tests mit Relais ist eine Herausforderung, weil die meisten Relais nicht über 8 GHz arbeiten, sodass die Anwender Kompromisse bei der Signalgeschwindigkeit und Testabdeckung eingehen müssen. Zudem sind Relais groß und belegen eine große Fläche auf der Leiterplatte, was die Ausmaße der Gesamtlösung insgesamt erhöht. Die zuverlässige Lebensdauer ist bei Relais ebenfalls immer ein Thema, denn sie arbeiten üblicherweise nur bis zu 10 Millionen Schaltzyklen, was die Betriebsdauer des Systems und die Lebenszeit des Load-Boards begrenzt.

## Zwei Testadapter für schnelle Rückkopplung

Bild 3 zeigt ein Prüfverfahren mit zwei Testadaptern, um einen schnellen Rückkopplungstest und einen parametrischen DC-Test durchzuführen. In diesem Bild ist auf der linken Seite der Aufbau für den schnellen digitalen Rückkopplungstest dargestellt, in dem der Transmitter des Prüflings über einen Koppelkondensator auf den Empfänger zurück

gekoppelt ist. Auf der rechten Seite in Bild 3 ist der Aufbau des parametrischen DC-Tests zu sehen, für den die Prüflings-Pins für Parametertests direkt mit dem Testsystem verbunden sind. Bis jetzt war es aufgrund von Einschränkungen der verfügbaren Komponenten nicht möglich mit demselben Load-Board schnelle Rückkopplungstest und DC-Tests auszuführen.

## Herausforderungen beim Testen mit zwei Testadaptern

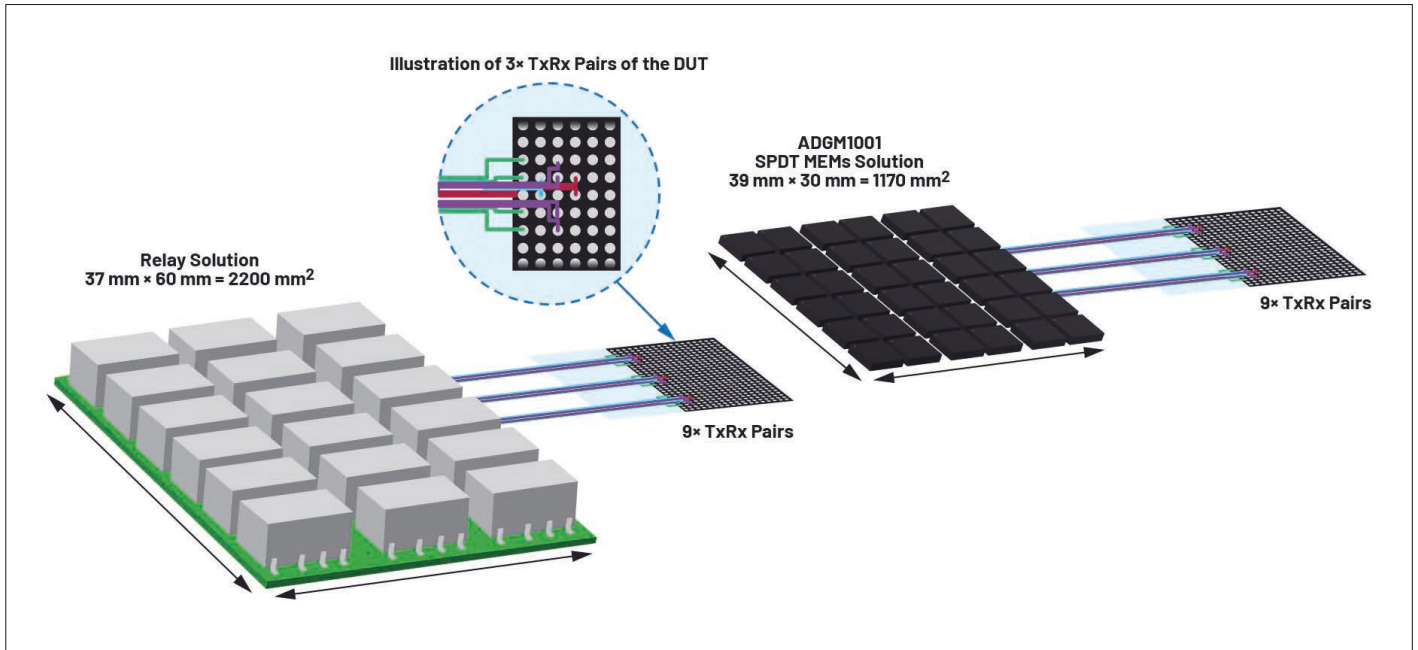
- Handhaben von zwei Hardware-Sätzen: Die Anwender müssen zwei unterschiedliche Load-Boards für den DC- und Rückkopplungstest handhaben und warten. Dies bringt einen signifikanten Mehraufwand mit sich, besonders, wenn man hohe Prüflingsstückzahlen testet.
- Längere Testzeiten und höhere Testkosten: Zwei unterschiedliche Testadapter bedeuten auch, dass jeder Prüfling zweimal geprüft werden muss, wodurch sich die Umrüstzeit (indexing time) während jedes Tests verdoppelt, was letztlich die Testkosten steigert und den Testdurchsatz signifikant verringert.
- Optimierung der Testzeit: Die Testzeit lässt sich nicht optimieren, wenn zwei unterschiedliche Hardware-Sätze beteiligt sind. Höhere Kosten entstehen auch, wenn ein Bauteil im zweiten Test ausfällt. Der erste Test ist somit verschwendete Testzeit.
- Anfälliger für menschliche Fehler: Da jeder Prüfling zweimal getestet

wird, verdoppelt sich auch das Risiko von menschlichen Fehlern.

- Doppelter Testaufbau: Die Testmethode mit zwei Testadaptern erfordert zwei Hardware-Sätze, wodurch sich auch die Zeit für den Hardwareaufbau verdoppelt.
- Logistischer Mehraufwand: Die Testmethode mit zwei Testadaptern erfordert mehr Prüflingstransporte. Es müssen Komponenten zwischen unterschiedlichen Testern und potenziell sogar zwischen Testhäusern befördert werden, was eine Herausforderung für die Planung und Logistik mit sich bringt.

## Lösung: 34-GHz-Schalttechnik

Die 34-GHz-MEMS-Schalttechnik von ADI bietet mit herausragender Schaltdichte in einem kleinen LGA-Gehäuse mit 5 x 4 x 0,9 mm Kantenlänge, wie in Bild 4 gezeigt, die Möglichkeit zur Durchführung sowohl von schnellen Digital- als auch DC-Tests. Um einen schnellen Digitaltest durchzuführen werden schnelle Signale von einem Transmitter durch den Schalter und zurück auf einen Empfänger geführt, wo nach dem Dekodieren die BER analysiert wird. Für parametrische DC-Tests verbindet der Schalter die Pins mit dem DC-Tester, auf dem Parametertests wie Durchgangs- und Lecktests ausgeführt werden, um die Funktion des Prüflings sicherzustellen. Während des parametrischen DC-Tests bieten die MEMS-Schalter auch die Option mit hoher Frequenz mit dem



**Bild 5: Vergleich der Ausmaße einer Rückkoppellösung mit Relais mit dem ADGM1001**

Testsystem zu kommunizieren, was in manchen Applikationen nötig ist.

## Vergleich

Bild 5 zeigt die Lösung für einen schnellen Digitaltest und vergleicht eine davon mit Einsatz von Relais mit einer mit den ADGM1001-MEMS-Schaltern. Die Lösung mit den MEMS-Schaltern ist nahezu 50 % kleiner als die Relaislösung, da der ADGM1001 in ein LGA-Gehäuse mit 5 x 4 x 0,9 mm Kantenlänge eingebaut und damit typischerweise 20mal kleiner als ein Relais ist. Die hochfrequenten Kommunikationsstandards PCIe, PAM4, USB 4 und SerDes treiben multiple Übertragungs- und Empfangskanäle, was eine intensive Verdichtung ohne ein kompliziertes Layout der Baugruppe erfordert, um die Variationen von Kanal zu Kanal zu mindern. Um die Anforderungen dieser aufkommenden hochfrequenten Kommunikationsstandards abzudecken, bieten MEMS-Schalter eine hohe Schaltdichte und einen erweiterten Funktionsumfang im Load-Board-Design für den Digitaltest.

Relais sind üblicherweise groß und in ihrem Frequenzumfang begrenzt. Sie können Kommunikationsstandards mit höheren Frequenzen wie PCIe Gen 4/5, PAM4, USB 4 und SerDes mit erhöhter Schaltdichte nicht unterstützen. Denn die Mehrzahl der Relais arbeitet nicht über 8 GHz und ihre schlechte Ein-

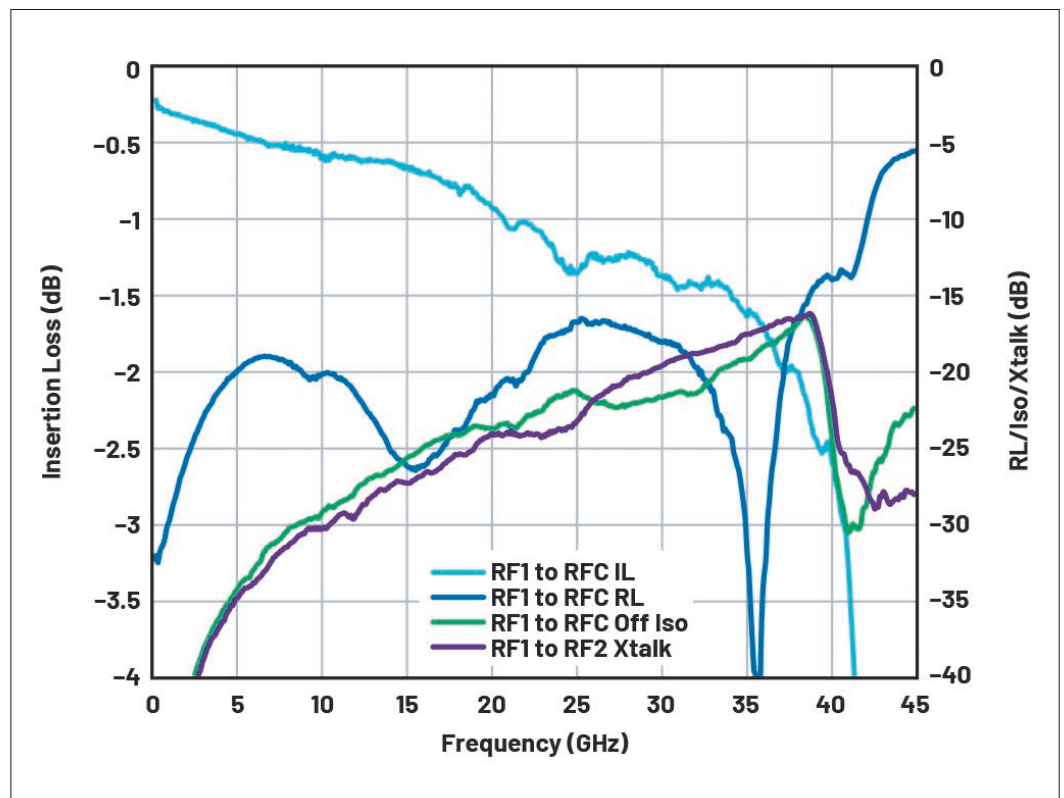
fügungsdämpfung beeinträchtigt die Signalintegrität und schränkt die Testabdeckung ein.

## Der ADGM1001

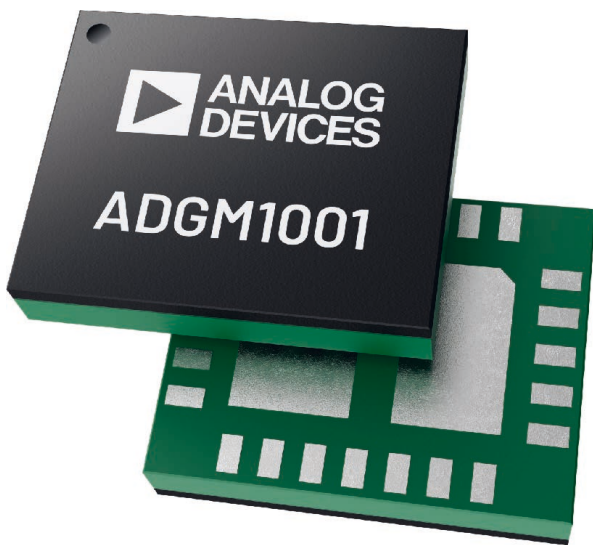
Der SPDT-MEMS-Wechselschalter (single pole, double throw) ADGM1001 von ADI bietet eine klassenbeste Leistung von DC bis

34 GHz. Wegen seiner extrem geringen parasitären Effekte und weiten Technologiebandbreite, hat der Schalter nur minimale Auswirkungen auf Signale bis zu 64 Gbit/s und minimalen Kanal-Skew, Jitter und Laufzeitverzögerung. Dies erlaubt eine qualitativ hochwertige Datenübertragung. Er zeigt eine geringe

Einfügungsdämpfung von 1,5 dB bei 34 GHz und einen kleinen RON von typisch 3 Ω. Zudem hat der Baustein eine exzellente Linearität von 69 dBm und kann eine hohe HF-Leistung von 33 dBm handhaben. Er ist in ein kleines Plastik-SMD-Gehäuse eingebaut, hat eine einfache Niederspannungs-Steuer-



**Bild 6: HF-Eigenschaften des ADGM1001**



**Bild 7: Das LGA-Gehäuse mit 24 Anschlüssen und 5 x 4 x 0,9 mm Kantenlänge**

schnittstelle und benötigt 3,3 V Versorgungsspannung. Alle diese Eigenschaften machen den ADGM1001 zu einem idealen Kandidaten für ATE-Anwendungen, denn er eröffnet die Fähigkeit, sowohl schnelle Digital- als auch parametrische DC-Tests mit nur einem einzigen Testadapter durchzuführen. Dies ist in Bild 4 dargestellt. Bild 6 zeigt die HF-Eigenschaften des ADGM1001. Bild 7 zeigt das LGA-Gehäuse mit 24 Anschlüssen.

## Einfache Anwendung

Der ADGM1001 ist einfach anzuwenden. Er kann betrieben werden, indem eine  $V_{DD}$  von 3,3 V an Pin 23 angelegt wird.  $V_{DD}$  kann jedoch zwischen 3,0 V und 3,6 V liegen. Der Schalter wird dann normalerweise über die logische Steuerschnittstelle (Pin 1 bis Pin 4) oder das SPI-Interface gesteuert. Alle für die Funktion des Schalters nötigen passiven Komponenten sind für die einfache Anwendung und Platzersparnis auf der Leiterplatte im Gehäuse integriert. Bild 8 illustriert das Blockdiagramm der Funktion des ADGM1001.

## Vorteile für den Test mit nur einem Testadapter

- Hervorragende Leistung im schnellen Digital- und im DC-Test: Das Bereitstellen einer Bandbreite von DC bis 34 GHz ist heute die große Herausforderung für die Industrie. Der ADGM1001 bietet

equipment investieren, was in einer deutlichen Verringerung der Betriebskosten resultiert.

2. Tester-Verfügbarkeit: Der ADGM1001 bietet mit 100 Millionen Schaltzyklen eine im Vergleich zu Relais ausgezeichnete zuverlässige Langlebigkeit und verbessert damit die Verfügbarkeit der Tester, was letztlich wieder die Betriebskosten senkt.

- Erhöhter Testdurchsatz: Der ADGM1001 erlaubt den Test mit nur einem Testadapter, was die Umrüstzeiten halbiert. Dies verkürzt die Testzeit signifikant, erhöht den Testdurchsatz und ergibt eine bessere Ausnutzung der Testsysteme.
- Dicht gepackte und zukunftsichere Lösung: Der ADGM1001 ermöglicht eine höhere Packungsdichte und einen erweiterten Funktionsumfang. Die MEMS-Schaltechnik hat eine glänzende Zukunft, da sie Schalter liefert, die von DC bis zu hohen Frequenzen arbeiten. Sie erfüllen damit die Anforderungen der gerade aufkommenden neuen Kommunikationstechnologien.
- Reduzierte Logistikkosten: Das Testverfahren mit einem Testadapter benötigt weniger Prüflingstransporte, was die Logistikkosten senkt

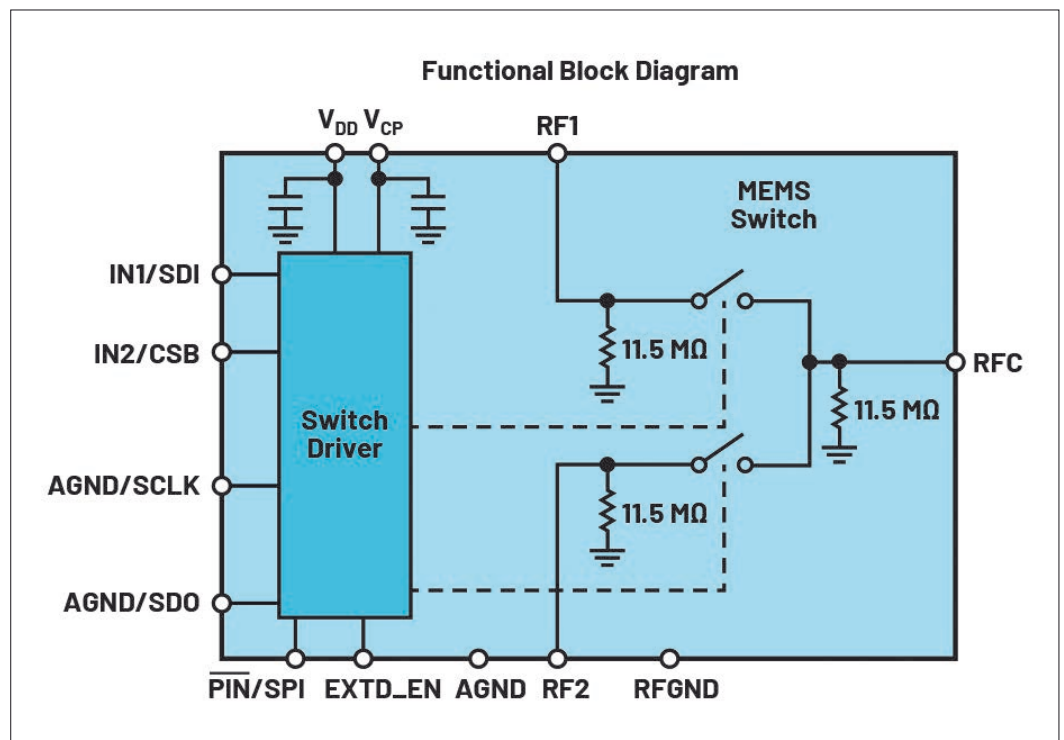
und einen Mehraufwand bei der Planung vermeidet.

- Weniger Prüflingsbewegungen: In der Testmethode mit einem Testadapter wird der Prüfling auf nur einem Adapter getestet, was die Prüflingstransporte und letztlich auch das Risiko menschlicher Fehler reduziert.

## Zusammenfassung

Der ADGM1001 hat eine fortschrittliche Schalttechnik von DC bis 34 GHz, was eine Kombination von schnellen Digital- und parametrischen DC-Tests für SoCs ermöglicht. Seine Fähigkeiten erlauben die Testzeit zu verkürzen, Verbesserungen bei der Ausnutzung der Leiterplattenfläche (was zu größeren Prüflingsstückzahlen und damit höherem Testdurchsatz führt) und eine gesteigerte Verfügbarkeit (erhöhte Zuverlässigkeit) zu erreichen.

Er ist die jüngste Erweiterung zur MEMS-Schalter-Familie von ADI, die auch weiterhin die Anforderungen an einen schnellen SoC-Test erfüllen werden. Die MEMS-Schaltechnik hat eine glänzende Zukunft, da sie Schalfunktionen von DC bis zu hohen Frequenzen ermöglicht und damit auch die Anforderungen künftiger Kommunikationstechnologien erfüllt. ◀



**Bild 8: Blockdiagramm des ADGM1001**