(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 995 744 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
19.03.2014 Patentblatt 2014/12

(51) Int Cl.:
H01H 1/00 *(2006.01)* ***H01H 9/42*** *(2006.01)*
H01H 9/30 *(2006.01)* *H01H 9/40* *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **08007491.7**

(22) Anmeldetag: **16.04.2008**

(54) **Miniaturrelais-Schalter**

Miniature relay switch

Commutateur à relais miniature

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **25.05.2007 DE 102007024458**
28.06.2007 DE 102007029874

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.11.2008 Patentblatt 2008/48

(73) Patentinhaber: **Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG**
81671 München (DE)

(72) Erfinder: **Beutelspacher, Werner**
82064 Straßlach (DE)

(74) Vertreter: **Körfer, Thomas**
Mitscherlich & Partner
Patent- und Rechtsanwälte
Sonnenstrasse 33
80331 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A-97/10636
WO-A-99/19974
DE-A1- 10 029 853
DE-A1- 19 927 762
US-A1- 2002 089 804
US-A1- 2003 107 859
US-A1- 2006 269 186
US-A1- 2007 009 202
US-A1- 2007 057 746
US-A1- 2007 080 764

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 1 995 744 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Miniaturrelais-Schalter, insbesondere einen sogenannten MEMS-Schalter (Micro Electro Mechanical System), der extrem kleine Kontaktflächen aufweist.

[0002] Miniaturrelais-Schalter dieser Art werden bevorzugt zum breitbandigen Schalten von Hochfrequenzsignalen eingesetzt, da sie in einem großen Frequenzbereich von Gleichstrom bzw. kHz bis in den GHz-Bereich lineare Schalteigenschaften besitzen. Sie haben jedoch das Problem, dass sie sehr leicht beschädigt oder zerstört werden, wenn sie zwischen zwei verschiedenen Gleichspannungs-Potenzialen schalten. Dieser Effekt wird als Hot Switching bezeichnet. Da solche Schalter sehr niederohmig sind genügen bereits sehr kleine Spannungsdifferenzen von beispielsweise nur 1 V und sehr geringe Lastkapazitäten von beispielsweise nur wenigen pF, um an den sehr kleinen Kontaktflächen sehr hohe Impulsströme bzw. Impulsstromdichten zu erzeugen. Daher sind solche Schalter beispielsweise in Eingangsstufen von Empfängern extrem gefährdet und konnten aus diesem Grunde für viele mögliche Anwendungsfälle nicht eingesetzt werden.

[0003] Das Problem des Hot Switching ist z.B. in der DE 103 40 619 A1 beschrieben.

[0004] Fig. 1 zeigt anhand eines Schaltbeispieles diesen Effekt. Mit dem dargestellten MEMS-Schalter A, der über eine Steuereinrichtung S mittels elektrostatischer oder magnetischer Kräfte ein- und ausschaltbar ist, soll ein Hochfrequenzsignal HF zu einer Last L durchgeschaltet werden. Der MEMS-Schalter A besitzt beispielsweise einen sehr kleinen Durchgangswiderstand von 300 mOhm, die Last L ist beispielsweise nur eine kleine Lastkapazität von 10 pF. Am Eingang des Schalters A liegt neben dem HF-Signal auch noch ein Gleichspannungspotenzial von beispielsweise 3 V an, das schematisch durch die Gleichspannungsquelle Q angedeutet ist. Bei offenem Schalter A liegt also an einem Schaltkontakt ein Gleichspannungspotenzial von 3 V, am anderen Schaltkontakt ein Gleichspannungspotenzial von 0 V. Beim Schließen des Schalters A durch die Steuereinrichtung S liegt am niederohmigen Schalter A eine Spannungsdifferenz von 3 V und es würde hierdurch kurzzeitig ein Impulsstrom von bis zu 10 A über die Kontaktflächen des Schalters A fließen, die extrem klein sind und nur wenige μm groß sind. Durch diese Gleichspannungsdifferenz am Schalter A würde dieser beschädigt oder sogar zerstört.

[0005] Um dieses Hot Switching zu vermeiden ist es bekannt, parallel zu den Kontakten des MEMS-Schalters eine Ausgleichseinrichtung in Form eines oder mehrerer parallel zum MEMS-Schalter angeordneten Transistoren vorzusehen (US 2007/0009202). Diese Transistoren der Ausgleichseinrichtung sind zusammen mit dem MEMS-Schalter so gesteuert, dass zunächst nur die Transistoren eingeschaltet sind und so über deren Kanalwiederstand ein Potentialausgleich erfolgen kann und erst nach erfolgtem Potentialausgleich der MEMS-Schalter geschlossen wird. Es ist auch schon bekannt, in Reihe zu diesen Transistoren für die HF-Entkopplung Wiederstände anzuordnen. Diese bekannte Parallelschaltungslösung besitzt den Nachteil, dass sie die kompensierte Grenzfrequenz des MEMS-Schalters stark herabsetzt.

[0006] DE 10029853 A1 offenbart die Merkmale des Oberbegriffs von Anspruch 1.

[0007] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen Miniaturrelais-Schalter mit zugeordneter Ausgleichseinrichtung zum Gleichspannungs-Potentialausgleich zu schaffen, bei dem dieser Nachteil der eingeschränkten Grenzfrequenz vermieden ist und der ohne Gefahr von Hot Switching als Hochfrequenzschalter einsetzbar ist.

[0008] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Miniaturrelais-Schalter laut Hauptanspruch, vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0009] Durch die Realisierung der Ausgleichseinrichtung zum Potentialausgleich als in Reihe zum Schalter angeordneten Wiederstand, der nach erfolgtem Potentialausgleich durch einen zusätzlichen Schalter überbrückt wird, ist die kompensierte Grenzfrequenz wesentlich geringer eingeschränkt als bei der bekannten Parallelschaltungslösung und ein erfindungsgemäßer Miniaturrelais-Schalter besitzt daher eine wesentlich höhere Grenzfrequenz und kann bis höchste Frequenzen im Gigahertz eingesetzt werden. Gemäß der Erfindung erfolgt der Gleichspannungs-Potentialausgleich zunächst über den Wiederstand und der Schalter wird dadurch vor Beschädigung geschützt. Erst wenn der Gleichspannungs-Potentialausgleich erreicht ist, wird über den zusätzlichen Schalter der Schutzwiderstand wieder ausgeschaltet und das Hochfrequenzsignal wird über den nunmehr wieder allein wirksamen Miniaturrelais-Schalter mit seinen vorteilhaften Hochfrequenz-Schalteigenschaften durchgeschaltet. Der geringe Schaltzeitverlust bis zum Gleichspannungspotenzialausgleich, der in der Größenordnung von Mikrosekunden liegen kann, ist verglichen mit dem großen Vorteil, dass damit erstmals auch solche MEMS-Schalter als Hochfrequenzschalter ohne der Gefahr einer Beschädigung oder Zerstörung eingesetzt werden können, vernachlässigbar.

[0010] Die Erfindung wird im Folgenden anhand schematischer Zeichnungen an Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 an einem Prinzipschaltbild den sogenannten Hot Switching Effekt eines MEMS-Schalters;

Fig. 2 an einem vergleichbaren Prinzipschaltbild wie Fig. 1 ein erstes erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel mit in Reihe zum Schalter liegenden, überbrückbaren Schutzwiderstand und

[0011] Fig. 2 zeigt einen MEMS-Schalter A, der durch eine Steuereinrichtung S ein- und ausschaltbar ist. In Reihe zu diesem MEMS-Schalter A ist ein Schutzwiderstand W geschaltet, der über einen ebenfalls mittels der

Schalteinrichtung S betätigbaren zusätzlichen Schalter B überbrückbar ist. Zum Durchschalten des HF-Signals zur Last L wird zunächst gesteuert über die Steuereinrichtung S der Schalter A geschlossen, der Schalter B bleibt offen. Der Potentialausgleichsstrom zwischen der Gleichspannungsquelle Q und der Lastkapazität wird durch den Widerstand W für den Schalter A auf ein erlaubtes Maß begrenzt und dieser damit geschützt. Der Wert des Widerstandes W wird so groß gewählt, dass die vom Hersteller angegebene maximale Stromdichte an den Schaltkontakten des MEMS-Schalters A nicht überschritten wird. In der Praxis wird dies mit einem Widerstand von einigen kOhm, beispielsweise 10 kOhm erreicht. Der Widerstand W ist vorzugsweise ein rein Ohm'scher Widerstand.

[0012] Der Schalter A kann ohne Gefährdung sofort geschlossen werden. Erst nach erfolgtem GleichspannungsPotenzialausgleich an den Kontakten des Schalters A wird dieser Widerstand W durch den zweiten zusätzlichen Schalter B überbrückt. Der über die Steuereinrichtung S gesteuerte Schalter B ist vorzugsweise in gleicher Technologie aufgebaut wie der Schalter A, also beispielsweise ebenfalls ein MEMS-Schalter. Da das Hochfrequenzsignal nach Abschluss des Potenzialausgleiches über beide Schalter A und B zur Last durchgeschaltet wird, müssen an diese beiden Schalter hohe Anforderungen bezüglich der Übertragungseigenschaften gestellt werden.

[0013] Am einfachsten ist es, den zeitlichen Ablauf der beiden Schalter A und B zeitabhängig über die Steuereinrichtung S zu steuern. Da die Dimensionierung des Schutzwiderstandes W und die zu erwartende Gleichspannungs-Potenzialdifferenz am Schalter A und auch die angrenzenden Kapazitäten am Schalter bzw. an der Last in der Regel bekannt sind, kann die Wartezeit, die zum Potentialausgleich erforderlich ist, berechnet werden. Z. B. gilt:

$$t = 5 \cdot \tau = 5 \cdot R_{Schutz} \cdot C_{Last}$$

mit τ = Zeitkonstante, R_{Schutz} =Widerstandswert von W, C_{Last}=Kapazität von L.

[0014] Anstelle einer zeitabhängigen Steuerung könnte die Steuerung der Schalter A und B auch über eine die Potentialdifferenz messende Messeinrichtung erfolgen. In der Steuereinrichtung S ist dazu eine hochohmige Spannungsmesseinrichtung vorgesehen, beispielsweise eine Spannungskomparatorschaltung, die die Gleichspannungsdifferenz zwischen den Schaltpunkten 1 und 2 des Schalters A erfasst. Wenn die Potentialdifferenz zwischen diesen Schaltpunkten 1 und 2 einen vorgegebenen Minimalwert erreicht, also ausreichender Potentialausgleich erreicht ist, wird gesteuert über diese Messeinrichtung der Steuereinrichtung S der Schalter B geschlossen.

[0015] Die beschriebenen Maßnahmen können in integrierter Technik beispielsweise im MEMS-Schalter realisiert werden. Alle beschriebenen und/oder gezeichneten Merkmale sind im Rahmen der Erfindung beliebig miteinander kombinierbar.

Patentansprüche

1. Miniaturrelais-Schalter, insbesondere MEMS-Schalter, mit einer Ausgleichseinrichtung zum Gleichspannungs-Potentialausgleich an den Kontakten des Schalters, wobei die Ausgleichseinrichtung einen in Reihe zum Schalter (A) angeordneten Schutzwiderstand (W) aufweist, der mittels eines zusätzlichen Schalters (B) überbrückbar ist, und eine Steuereinrichtung (S) aufweist, die derart ausgebildet ist, dass die beiden Schalter (A, B) so gesteuert sind, dass bis zum Gleichspannungs-Potenzialausgleich am geschlossenen Schalter (A) bei zunächst offenem zusätzlichem Schalter (B) der Schutzwiderstand (W) in Reihe zum Schalter (A) geschaltet ist und erst nach Potentialausgleich der Schutzwiderstand (W) durch den zusätzlichen Schalter (B) überbrückt wird,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass die Ausgleichseinrichtung einschließlich Schutzwiderstand (W) und zusätzlichem Schalter (B) und der Steuereinrichtung (S) in den Miniaturrelais-Schalter integriert ist.

2. Miniaturrelais-Schalter nach Anspruch 1,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass der zusätzliche Schalter (B) von gleicher Technologie wie der Schalter (A) ist, insbesondere beide Schalter MEMS-Schalter sind.

3. Miniaturrelais-Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass die Schaltfolge der beiden Schalter (A, B) zeitgesteuert ist.

4. Miniaturrelais-Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass dem Schaltkontakt (A) eine Gleichspannungs-Potential-Messvorrichtung zugeordnet ist und die Schaltfolge der beiden Schalter (A, B) in Abhängigkeit von der gemessenen Potentialdifferenz am Schalter (A) gesteuert ist.

5. Miniaturrelais-Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
   dadurch gekennzeichnet,
   dass der Schutzwiderstand (W) so groß gewählt ist, dass die maximal zulässige Stromdichte des Schalters (A) und/oder des Schalters (B) nicht überschritten wird.

Claims

1. Miniature relay switch, in particular MEMS switch, having a compensation device for DC voltage potential compensation at the contacts of the switch, wherein the compensation device has a protective resistor (W) arranged in series with the switch (A), it being possible for said protective resistor to be bridged by means of an additional switch (B), and has a control device (S), which is designed such that the two switches (A, B) are controlled in such a way that the protective resistor (W) is connected in series with the switch (A) with the additional switch (B) open prior to the DC voltage potential compensation at the closed switch (A), and the protective resistor (W) is only bridged by means of the additional switch (B) after potential compensation,
characterized
in that the compensation device including protective resistor (W) and additional switch (B) and the control device (S) is integrated in the miniature relay switch.

2. Miniature relay switch according to Claim 1,
characterized
in that the additional switch (B) uses the same technology as the switch (A), in particular both switches are MEMS switches.

3. Miniature relay switch according to either of the preceding claims,
characterized
in that the switching sequence of the two switches (A, B) is time-controlled.

4. Miniature relay switch according to one of the preceding claims,
characterized
in that a DC voltage potential measuring unit is assigned to the switch contact (A) and the switching sequence of the two switches (A, B) is controlled on the basis of the measured potential difference across the switch (A).

5. Miniature relay switch according to one of the preceding claims,
characterized
in that the protective resistor (W) is selected to have a resistance high enough that the maximum permissible current density of the switch (A) and/or of the switch (B) is not exceeded.

Revendications

1. Commutateur à relais miniature, en particulier un commutateur MEMS, comportant un dispositif de compensation pour compenser le potentiel de tension continue aux contacts du commutateur, dans lequel le dispositif de compensation présente une résistance de protection (W) disposée en série par rapport au commutateur (A), qui peut être pontée grâce à un commutateur supplémentaire (B), et un dispositif de commande (S), qui est réalisé de telle sorte que les deux commutateurs (A, B) sont commandés de sorte que la résistance de protection (W) est connectée en série par rapport au commutateur (A) jusqu'à la compensation du potentiel de tension continue au commutateur fermé (A) dans le cas du commutateur supplémentaire d'abord ouvert (B) et, seulement après la compensation de potentiel, la résistance de protection (W) est pontée par le commutateur supplémentaire (B),
caractérisé en ce que
le dispositif de compensation, y compris la résistance de protection (W) et le commutateur supplémentaire (B) et le dispositif de commande (S), est intégré dans le commutateur à relais miniature.

2. Commutateur à relais miniature selon la revendication 1, **caractérisé en ce que**
le commutateur supplémentaire (B) est de la même technologie que le commutateur (A), les deux commutateurs étant en particulier des commutateurs MEMS.

3. Commutateur à relais miniature selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
la séquence de commutation des deux commutateurs (A, B) est contrôlée dans le temps.

4. Commutateur à relais miniature selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**un dispositif de mesure du potentiel de tension continue est associé au contact à fermeture (A) et la séquence de commutation des deux commutateurs (A, B) est commandée conformément à la différence de potentiel mesurée au commutateur (A).

5. Commutateur à relais miniature selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que**
la résistance de protection (W) est choisie si grande que la densité de courant admissible maximale du commutateur (A) et/ou du commutateur (B) ne sera pas dépassée.

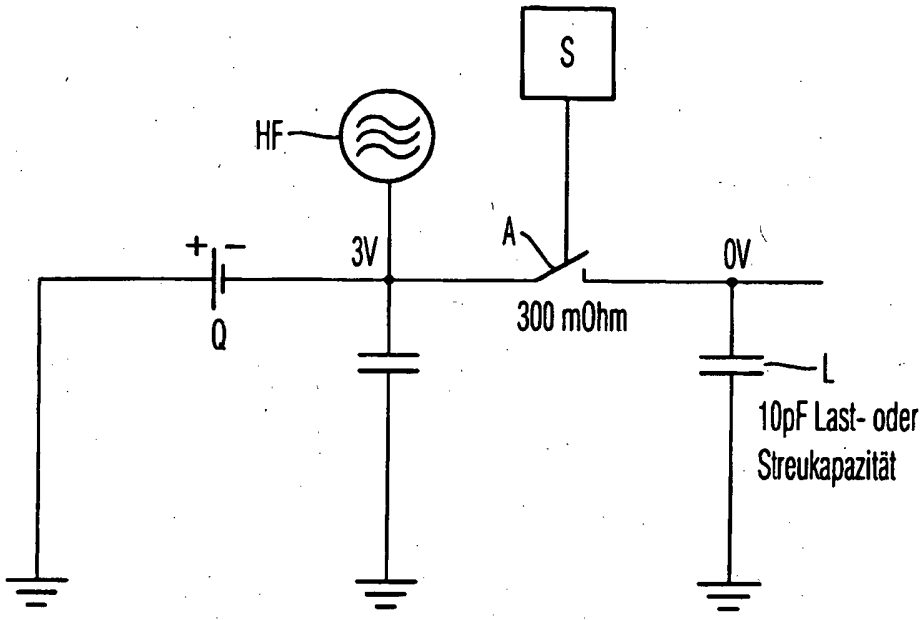

S
HF
A
3V
0V
300 mOhm
Q
L
10pF Last- oder
Streukapazität

Fig. 1

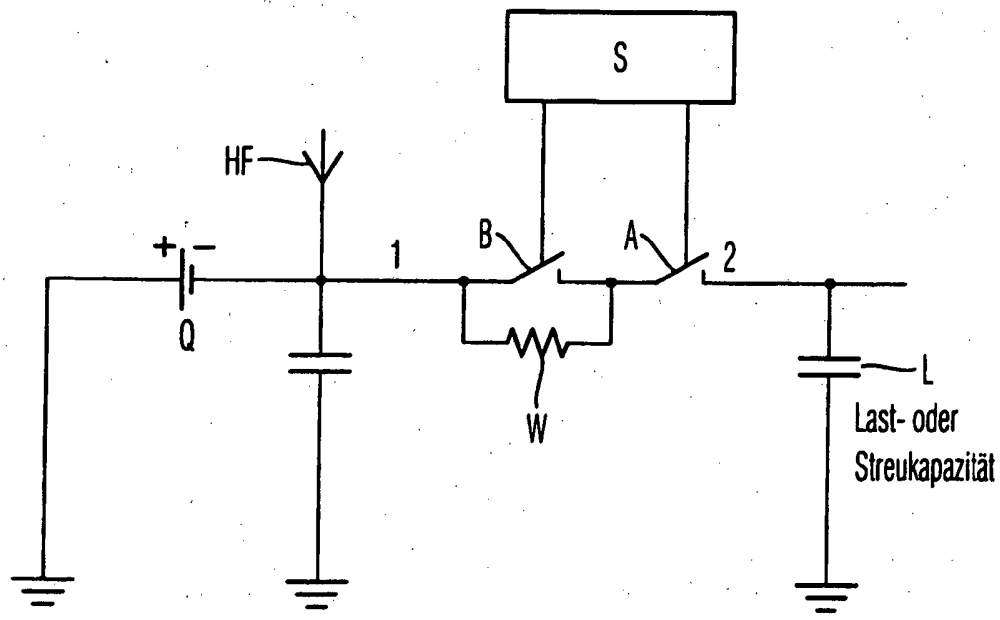

S
HF
B
A
1
2
Q
W
L
Last- oder
Streukapazität

Fig. 2

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 10340619 A1 **[0003]**
- US 20070009202 A **[0005]**
- DE 10029853 A1 **[0006]**