

(19)



(11)

EP 1 995 744 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.11.2008 Patentblatt 2008/48

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

(21) Anmeldenummer: **08007491.7**

(22) Anmeldetag: **16.04.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA MK RS

(71) Anmelder: **Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG 81671 München (DE)**

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

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

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

(54) **Miniaturrelais-Schalter**

(57) Bei einem Miniaturrelais-Schalter, insbesondere einem MEMS-Schalter, ist zum Schutz gegen Hot Switching ein Schutzwiderstand (W) vorgesehen, der

durch einen zusätzlichen Schalter (B) bis zum erfolgten Gleichspannungs-Potentialausgleich an den Kontakten des Schalters (A) in Reihe oder parallel zum Schalter (A) schaltbar ist.

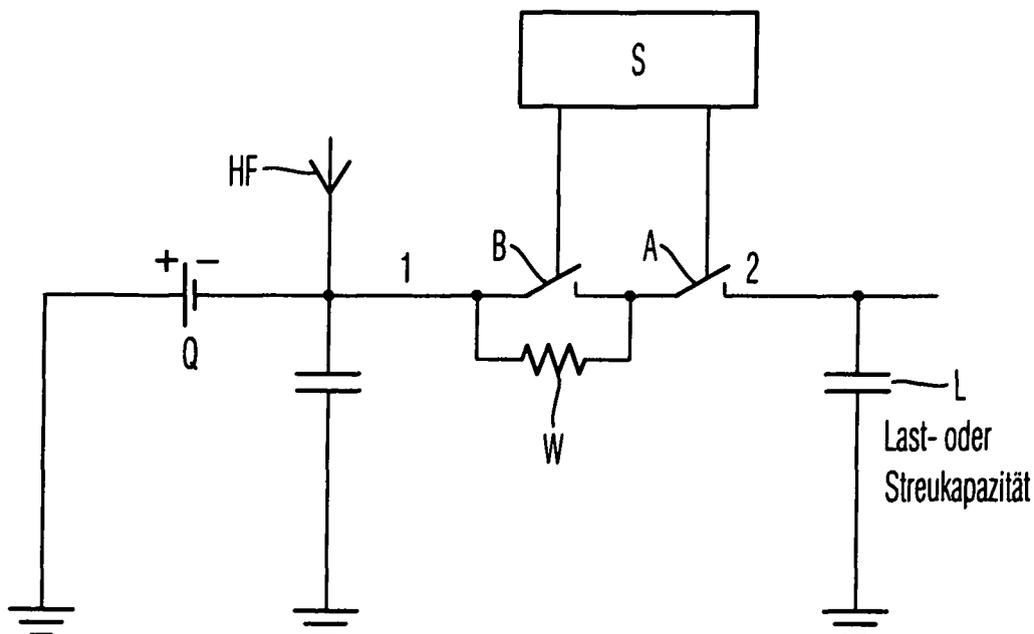


Fig. 2

EP 1 995 744 A2

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 Gleichspannungspotenzialen 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 Schaltbeispiels 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] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, einen Miniaturrelais-Schalter, insbesondere MEMS-Schalter, zu schaffen, der diesen Nachteil vermeidet und der ohne Gefahr von Hot Switching als Hochfrequenzschalter einsetzbar ist.

[0006] Diese Aufgabe wird gelöst durch einen Miniaturrelais-Schalter laut Hauptanspruch 1. Vorteilhafte Weiterbildungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0007] Durch den erfindungsgemäßen Schutzwiderstand, der beim Schließen des Schalters in Reihe zum Schalter liegt oder der vor dem Schließen des Schalters parallel zu diesem geschaltet ist, erfolgt der Gleichspannungs-Potentialausgleich zunächst über diesen Schutzwiderstand und der Schalter wird dadurch vor Beschädigung geschützt. Erst wenn der Gleichspannungspotenzialausgleich 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.

[0008] 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

Fig. 3 wiederum an einem vergleichbaren Prinzipschaltbild wie Fig. 1 ein zweites erfindungsgemäßes Ausführungsbeispiel mit einem parallel zum Schalter liegenden, abschaltbaren Schutzwiderstand.

[0009] 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.

[0010] Der Schalter A kann ohne Gefährdung sofort geschlossen werden. Erst nach erfolgtem Gleichspan-

nungs-Potenzialausgleich 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.

[0011] Die Steuerung der beiden Schalter A und B kann über die Steuereinrichtung S entweder zeitabhängig oder gesteuert über eine Messeinrichtung erfolgen, wie dies im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 näher beschrieben wird.

[0012] Fig. 3 zeigt wieder einen MEMS-Schalter A gesteuert über eine Steuereinrichtung S zum Durchschalten eines HF-Signals HF zu einer Last L. Zusätzlich zeigt Fig. 3 die Möglichkeit einer Steuerung der Schalter über eine Spannungsmesseinrichtung. Außerdem liegt am Schalter A eine Gleichspannungs-Potentialdifferenz Q.

[0013] Um eine Beschädigung des Schalters A durch diese Potentialdifferenz zu vermeiden, ist im Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 parallel zum Schalter A die Serienschaltung eines Widerstandes W und eines ebenfalls über die Steuereinrichtung S gesteuerten zusätzlichen Schalters B angeordnet. Zum Durchschalten des HF-Signals HF wird gesteuert über die Steuereinrichtung S zunächst der Schalter B geschlossen und es wird damit über den Parallelzweig mit dem Widerstand W das Gleichspannungspotenzial am Ein- und Ausgang des Schalters A ausgeglichen. Nach erfolgtem Potenzialausgleich wird dann der Schalter A über die Steuereinrichtung S ohne Gefahr einer Beschädigung geschlossen.

[0014] Zur Verminderung parasitärer Effekte kann anschließend der Schalter B wieder geöffnet werden. Nach der kurzen Schaltzeit von nur einigen μsec zwecks Potenzialausgleich wird das Hochfrequenzsignal ausschließlich über den Schalter A zur Last durchgeschaltet. Daher sind an den zusätzlichen Schalter B geringere Anforderungen bezüglich Übertragungseigenschaften zu stellen als bei der Serienschaltung nach Fig. 2. Der zusätzliche Schalter B kann daher auch in einer völlig anderen Technologie realisiert werden, beispielsweise als Feldeffekttransistor-Schalter oder als einfacher mechanischer Relaischalter.

[0015] Die Dimensionierung des Widerstandes W im Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 richtet sich nach der maximalen zulässigen Stromdichte am Kontakt des Schalters B.

[0016] Die Steuerung beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 kann wieder zeitabhängig oder gesteuert über eine Messeinrichtung erfolgen. Am einfachsten ist es, den zeitlichen Ablauf der beiden Schalter A und B in den Ausführungsbeispielen nach Fig. 2 und 3 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:

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

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

[0017] Anstelle einer zeitabhängigen Steuerung könnte die Steuerung der Schalter A und B auch über eine die Potentialdifferenz messende Messeinrichtung erfolgen, wie dies schematisch in Fig. 3 dargestellt ist. In der Steuereinrichtung S ist 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 im Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 der Schalter A geschlossen und der Schalter B gegebenenfalls geöffnet. Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 wird die Potentialdifferenz wieder an den Schaltpunkten 1 und 2 gemessen und wenn Potentialausgleich erreicht ist, wird der Schalter B geschlossen.

[0018] Die beschriebenen Maßnahmen können sowohl mit eigenständigen Bauteilen realisiert werden oder in integrierter Technik beispielsweise im MEMS-Schalter. Alle beschriebenen und/oder gezeichneten Merkmale sind im Rahmen der Erfindung beliebig miteinander kombinierbar.

40 Patentansprüche

1. Miniaturrelais-Schalter, insbesondere MEMS-Schalter, mit einem Schutzwiderstand (W), der durch einen zusätzlichen Schalter (B) bis zum erfolgten Gleichspannungs-Potentialausgleich an den Kontakten des Schalters (A) in Reihe oder parallel zum Schalter (A) schaltbar ist.
2. Miniaturrelais-Schalter nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Schutzwiderstand (W) in Reihe zum Schalter (A) angeordnet und mittels des zusätzlichen Schalters (B) überbrückbar ist und 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 Potential-

- ausgleich der Schutzwiderstand (W) durch den zusätzlichen Schalter (B) überbrückt wird.
3. Miniaturrelais-Schalter nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, 5
dass der zusätzliche Schalter (B) von gleicher Technologie wie der Schalter (A) ist, insbesondere beide Schalter MEMS-Schalter sind.
4. Miniaturrelais-Schalter nach Anspruch 2 oder 3, 10
dadurch gekennzeichnet,
dass parallel zum Schalter (A) die Serienschaltung von Schutzwiderstand (W) und zusätzlichem Schalter (B) angeordnet ist und die beiden Schalter (A, B) so gesteuert sind, dass zunächst nur die Serienschaltung von Schutzwiderstand und zusätzlichem Schalter eingeschaltet wird und der Schalter (A) erst nach erfolgtem Potentialausgleich geschlossen wird. 15
20
5. Miniaturrelais-Schalter nach Anspruch 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass nach erfolgtem Potenzialausgleich und Schließen des Schalters (A) der zusätzliche Schalter (B) wieder geöffnet wird. 25
6. Miniaturrelais-Schalter nach Anspruch 4 oder 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der zusätzliche Schalter (B) von anderer Technologie wie der Schalter (A) ist, insbesondere ein FET-Schalter ist. 30
7. Miniaturrelais-Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, 35
dass die Schaltfolge der beiden Schalter (A, B) zeitgesteuert ist.
8. Miniaturrelais-Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche, 40
dadurch gekennzeichnet,
dass dem Schaltkontakt (A) eine Gleichspannungspotential-Messvorrichtung zugeordnet ist und die Schaltfolge der beiden Schalter (A, B) in Abhängigkeit von der gemessenen Potentialdifferenz am Schalter (A) gesteuert ist. 45
9. Miniaturrelais-Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, 50
dass der Schutzwiderstand (W) so groß gewählt ist, dass die maximal zulässige Stromdichte des Schalters (A) und/oder des Schalters (B) nicht überschritten wird. 55
10. Miniaturrelais-Schalter nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,

dass die Schutzschaltung einschließlich Schutzwiderstand (W) und/ oder zusätzlichem Schalter (B) und/ oder einer Steuereinrichtung (S) in den Miniaturrelais-Schalter integriert ist.

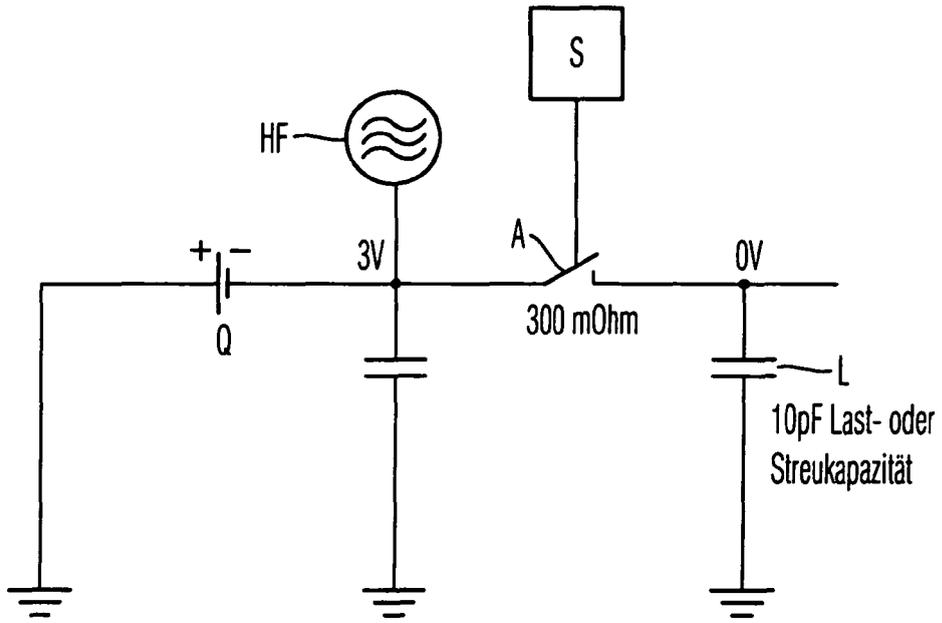


Fig. 1

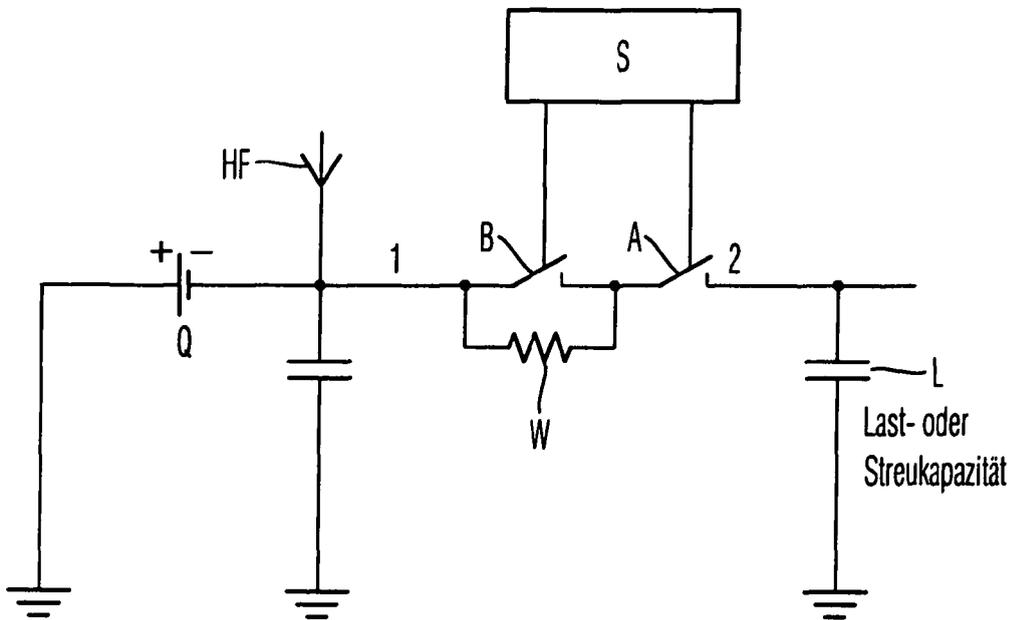


Fig. 2

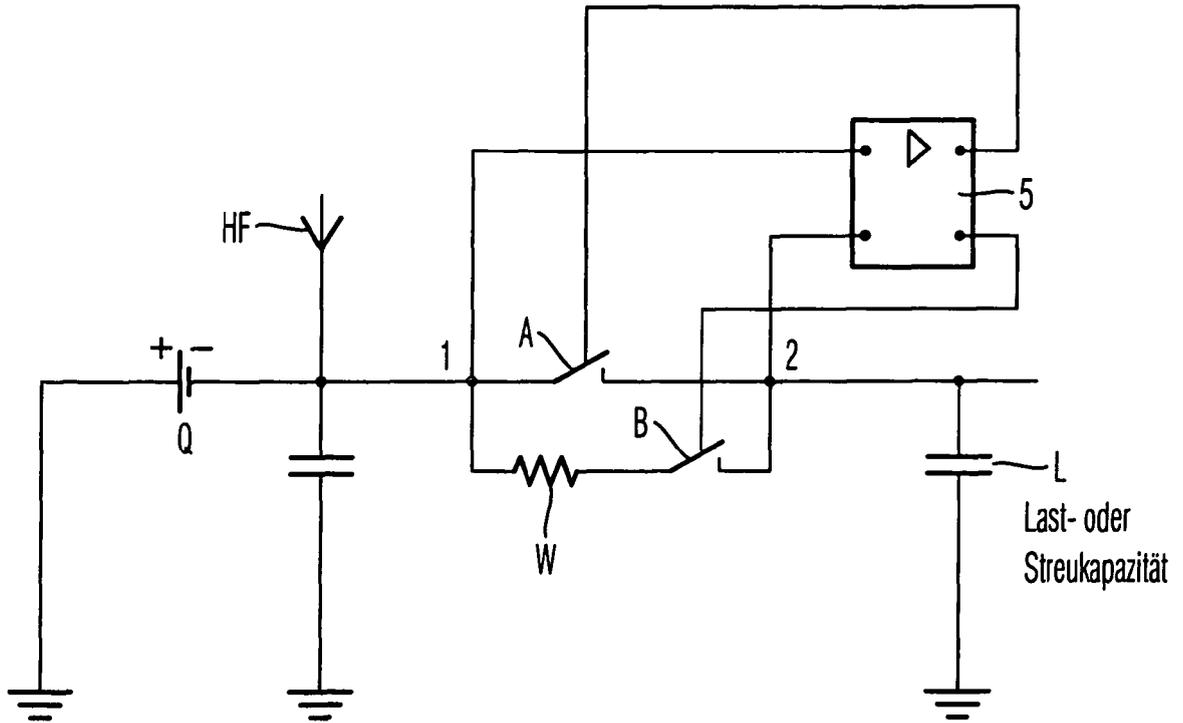


Fig. 3

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]