



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 029 495 A1** 2006.12.28

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 029 495.2**

(22) Anmeldetag: **24.06.2005**

(43) Offenlegungstag: **28.12.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 23/58** (2006.01)

(71) Anmelder:

**Texas Instruments Deutschland GmbH, 85356
Freising, DE**

(74) Vertreter:

Prinz und Partner GbR, 80335 München

(72) Erfinder:

Winkler, Anton, 84034 Landshut, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 100 64 478 A1

US 66 12 738 B2

US 57 93 126 A

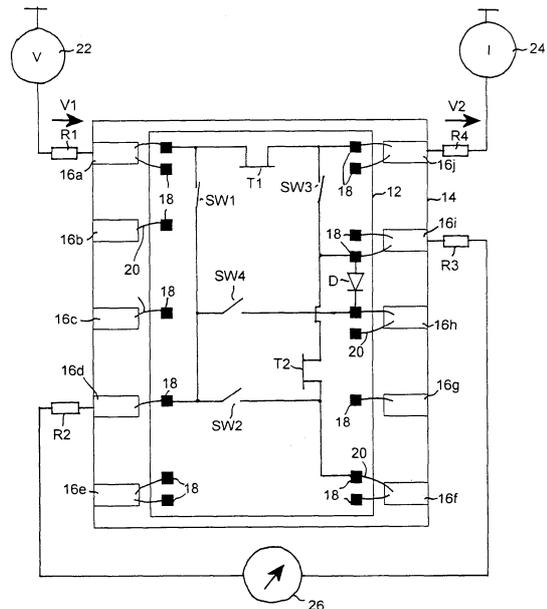
US 55 65 787 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Integrierter Leistungsschaltkreis**

(57) Zusammenfassung: Ein integrierter Leistungsschaltkreis (12), der externe Anschlüsse (16a-16j), interne Anschlüsse (18), die durch Bonddrähte (20) mit entsprechenden externen Anschlüssen (16a-16j) verbunden sind, und ein Leistungsbauelement (T1) mit Leistungsanschlüssen, die mit ersten internen Anschlüssen (18) verbunden sind, die mit ersten externen Anschlüssen (16a, 16j) verbunden sind. Der Leistungsschaltkreis umfasst ferner interne Schalter (SW1, SW3) zur wahlweisen Verbindung der Leistungsanschlüsse des Leistungsbauelements (T1) mit zweiten internen Anschlüssen (18), die lediglich in einem ersten Testmodus mit zweiten externen Anschlüssen (16d, 16f) verbunden sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen integrierten Leistungsschaltkreis, umfassend externe Anschlüsse, interne Anschlüsse, die über Bondleiter mit entsprechenden externen Anschlüssen verbunden sind, und ein Leistungsbauelement mit Leistungsanschlüssen, die mit ersten internen Anschlüssen verbunden sind, die mit ersten externen Anschlüssen verbunden sind.

Stand der Technik

[0002] Nachdem der Chip in seinem Gehäuse angebracht und die Chip-Pads über Bonddrähte mit den entsprechenden Ein-/Ausgängen des Gehäuses verbunden wurden, müssen mehrere Kenngrößen von integrierten Leistungsschaltkreisen gemessen werden. Da die Chip-Pads nicht mehr direkt kontaktiert werden können, beeinflussen die Bonddrähte alle Messungen durch ihre Widerstandswerte und/oder ihre Induktivitäten. Eine industrielle Messausrüstung umfasst normalerweise Messfühler („measuring probes“) oder Kontaktgeber („contactors“), die gegen die externen Anschlüsse gedrückt werden, um das Bauelement, das getestet wird, mit der erforderlichen Stromversorgung und den Messinstrumenten zu verbinden. Der elektrische Kontakt zwischen den Messfühlern und den Ein-/Ausgängen ist nicht optimal. Er kann durch Schmutz oder auf dem Anschlussmetall gebildetes Oxid beeinträchtigt werden. Des Weiteren hängt der elektrische Kontakt von der Kontaktkraft ab. Dies führt zu einem Kontaktwiderstand zwischen dem Fühler und dem Anschluss, der zwischen 10 mOhm und 5 Ohm schwankt.

[0003] Eine in einem Leistungs-MOS-FET zu messende, wichtige Kenngröße stellt der Drain-Source-Widerstand dar, wenn der MOS-FET sich in seinem leitenden Zustand befindet. Dieser Drain-Source-Widerstand R_{DSon} liegt in der Größenordnung von einigen Dutzend mOhm. Zur Messung dieses Widerstands wird ein definierter Strom zwischen Drain und Source eines Leistungs-MOS-FET, der sich in einem leitenden Zustand befindet, angelegt. Die Drain-Source-Spannung wird gemessen, und der Drain-Source-Widerstand R_{DSon} wird mittels des ohmschen Gesetzes berechnet. Aber der relativ hohe Strom, der durch den Transistor fließt, fließt auch durch die Bonddrähte und die Kontaktwiderstände an dem Eingangs- und an dem Ausgangsanschluss. Deshalb führt der Spannungsabfall an den Bonddrahtwiderständen und an den Kontaktwiderständen zu einem beträchtlichen Messfehler bei der Messung des Spannungsabfalls zwischen den Anschlüssen.

[0004] Um dieses Problem zu lösen, ist es nach dem Stand der Technik bekannt, eine den hohen Strom leitende separate starke Stromleitung („force line“) und eine separate hochohmige Messleitung („sensing line“) für die Spannungsmessung zu ver-

wenden. So genannte Kelvin-Klemmen („Kelvin probes“) sind Messfehler, die zwei nebeneinander angeordnete Leiter bereitstellen. Mit einer Kelvin-Klemme werden eine starke Stromleitung und eine Messleitung mit den externen Anschlüssen verbunden, wobei einer der Leiter als Belastungskontakt zur Lieferung des Stroms und der andere hochohmige Leiter als Messkontakt verwendet werden. Somit wird der Spannungsabfall an dem Kontaktwiderstand auf Grund des hohen Stroms nicht von dem Messkontakt bemerkt, aber der Spannungsabfall an den Bonddrähten bleibt noch immer als Fehlerquelle übrig. Eine Kelvin-Klemme wird in US 5,565,787 beschrieben. Leider sind Kelvin-Klemmen sehr teuer und lösen das Problem des Spannungsabfalls an den Bonddrähten nicht. Zur Verringerung des Bonddrahtwiderstands können zwei Bonddrähte parallel verwendet werden, aber bei Hochstrommessungen bleibt der Messfehler auf Grund des Bonddrahtwiderstands noch immer erheblich. Deshalb ist ein anderer Weg zur Messung des Drain-Source-Widerstands vorzuziehen.

[0005] In einem alternativen Ansatz sind die Drain- und die Source-Anschlüsse eines in einem integrierten Schaltkreis integrierten Leistungs-MOS-FET jeweils mit zwei separaten Anschlüssen des Gehäuses verbunden, oder anders gesagt, mit einem Belastungsanschluss und einem Messanschluss. Somit werden beide Fehlerquellen, der Spannungsabfall an den Kontaktwiderständen und an den Bonddrahtwiderständen, beseitigt. Aber heutzutage sind Bauteile mit einer niedrigen Anzahl von Anschlüssen gefordert, und es ist nicht möglich, zwei separate Messanschlüsse für jedes zu testende Leistungsbauelement zu reservieren.

Aufgabenstellung

[0006] Deshalb wird ein integrierter Leistungsschaltkreis mit einer geringen Anzahl von Anschlüssen benötigt, der keine Kelvin-Klemmen für solche Messungen, die separate starke Strom- und Messleitungen benötigen, erfordert. Des Weiteren sollte die Fehlerquelle auf Grund der Bonddrähte beseitigt werden.

[0007] Die Erfindung stellt einen integrierten Leistungsschaltkreis bereit, der ein Leistungsbauelement mit Leistungsanschlüssen umfasst, die mit ersten internen Anschlüssen verbunden sind, die mit ersten externen Anschlüssen verbunden sind. Der integrierte Leistungsschaltkreis umfasst ferner interne Schalter zur wahlweisen Verbindung der Leistungsanschlüsse des Leistungsbauelements mit zweiten internen Anschlüssen lediglich in einem ersten Testmodus, wobei die zweiten internen Anschlüsse mit zweiten externen Anschlüssen verbunden sind. Die internen Schalter ermöglichen es, separate Messanschlüsse für die Messung zu haben, ohne die Ge-

samtanzahl der Anschlüsse zu erhöhen. Sobald die Schalter geöffnet werden, können die externen Anschlüsse, die als Messanschlüsse verwendet wurden, mit einer anderen Funktionalität in einem Betriebsmodus verwendet werden.

[0008] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen enthalten.

Ausführungsbeispiel

[0009] Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden nun unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren beschrieben, in denen

[0010] [Fig. 1](#) schematisch einen Leistungsschaltkreis gemäß der Erfindung zeigt; und

[0011] [Fig. 2](#) die Messanordnung zur Messung des Drain-Source-Widerstands R_{DSon} eines Leistungs-MOS-FET zeigt.

[0012] [Fig. 1](#) zeigt einen integrierten Leistungsschaltkreis **12** in seinem Gehäuse **14**. Das Gehäuse **14** umfasst zehn externe Anschlüsse **16a–16j**, auf jeder Seite fünf, während der integrierte Schaltkreis interne Anschlüsse **18** umfasst, die über Bondleiter **20** mit entsprechenden externen Anschlüssen verbunden sind. Die Anzahl von Bondleitern pro Anschluss hängt von der Funktion des entsprechenden Anschlusses und von der Menge des durchfließenden Stroms ab. Bei dem integrierten Leistungsschaltkreis **12** kann es sich um einen DC-DC-Wandler handeln. Der integrierte Leistungsschaltkreis **12** umfasst zwei Leistungs-MOS-FETs T1 und T2, sowie eine Diode D und vier interne Schalter SW1 bis SW4. Dies sind die Bauelemente, die zum Verständnis der Erfindung erforderlich sind. Natürlich umfasst der integrierte Schaltkreis weitere Bauelemente und Schaltungen, die nicht abgebildet sind.

[0013] Einer der Leistungsanschlüsse des MOS-FET T1, der Drain, ist über einen internen Anschluss **18** und eine Bondleitung **20** mit dem externen Anschluss **16a** verbunden, und der andere Leistungsanschluss des MOS-FET T1, die Source, ist über einen anderen internen Anschluss **18** und eine Bondleitung mit dem externen Anschluss **16j** verbunden. Der Drain ist ferner mit einer Seite des Schalters SW1 verbunden, dessen andere Seite mit dem externen Anschluss **16d** verbunden ist. Die Source des MOS-FET T1 ist über den Schalter SW3 mit dem externen Anschluss **16i** verbunden.

[0014] Der Drain des zweiten MOS-FET-Transistors T2 ist über einen internen Anschluss **18** und eine Bondleitung **20** mit dem externen Anschluss **16i** und über den Schalter SW3 mit dem externen Anschluss **16j** verbunden. Die Source des MOS-FET T2 ist über einen anderen internen Anschluss **18** und eine Bond-

leitung **20** mit dem externen Anschluss **16f** verbunden. Sein Drain ist ferner mit einer Seite eines Schalters SW2 verbunden, dessen andere Seite mit dem externen Anschluss **16d** verbunden ist.

[0015] Die Diode D ist zwischen die externen Anschlüsse **16i** und **16h** geschaltet. Ihre Anode ist ferner über den Schalter SW3 mit dem externen Anschluss **16j** verbunden, während ihre Kathode über den Schalter SW4 mit dem externen Anschluss **16d** verbunden ist.

[0016] [Fig. 1](#) zeigt die Konfiguration zur Messung des Drain-Source-Widerstands R_{DSon} des Transistors T1. Der externe Anschluss **16a** ist über einen Kontaktgeber mit einer Spannungsquelle **22** verbunden. Der Kontaktwiderstand des Kontaktgebers ist als R1 gezeigt. Wenn durch den MOS-FET T1 ein Strom fließt, gibt es einen Spannungsabfall V1 an dem Widerstand R1, und einen Spannungsabfall, der nicht angezeigt wird, an dem Bondleiterwiderstand. Der externe Anschluss **16j** ist über einen anderen Kontaktgeber mit einer Stromquelle **24** verbunden, die einen Feststrom bereitstellt. Der Kontaktwiderstand dieses Kontaktgebers ist als Widerstand R4 mit einem Spannungsabfall V2 gezeigt. Wiederum gibt es auch einen Spannungsabfall an dem Bondleiterwiderstand. Die beiden externen Anschlüsse **16a** und **16j** werden in dieser Messung als Stromversorgungsanschlüsse oder Belastungsanschlüsse verwendet. Deshalb fließt der durch den MOS-FET T1 fließende hohe Strom durch die Widerstände R1 und R4, sowie durch die Bondleiter, die die externen Anschlüsse **16a** und **16j** mit den internen Anschlüssen verbinden, und mit einem hohen Strom sind die Spannungen V1 und V2 relativ hoch, ebenso wie die Spannungsabfälle an den Bondleiterwiderständen.

[0017] Die internen Schalter SW1 und SW3 werden geschlossen und verbinden den Drain des MOS-FET T1 mit dem externen Anschluss **16d** und dessen Source mit dem externen Anschluss **16i**. Die externen Anschlüsse **16d** und **16i** werden als Messanschlüsse verwendet und sind beide mit einem Voltmeter **26** verbunden. Da diese Verbindungen durch Messfühler bewerkstelligt werden, gibt es einen Kontaktwiderstand R2 an dem externen Anschluss **16d** und einen Kontaktwiderstand R3 an dem externen Anschluss **16i**. Ein Voltmeter ist ein Gerät mit einer hohen Impedanz, deshalb fließt lediglich ein geringer Strom durch den Widerstand R2 und den Widerstand R3 und durch die entsprechenden Bondleiter, und somit ist der Spannungsabfall an den Widerständen R2 und R3 und an den Bondleiterwiderständen vernachlässigbar.

[0018] [Fig. 2](#) veranschaulicht die Messanordnung gemäß [Fig. 1](#) im Detail. Ein Messstrom I_{measure} fließt durch den Kontaktwiderstand R1, durch den Bondleiterwiderstand R_{B1} , durch den MOS-FET T1 mit des-

sen Drain-Source-Widerstand R_{DSon} , durch den Bondleiterwiderstand R_{B4} und durch den Kontaktwiderstand R_4 . Es gibt die Spannung V_1 an dem Widerstand R_1 , eine Spannung V_{B1} an dem ersten Bondleiter, eine Spannung V_{T1} an dem Drain-Source-Widerstand R_{DSon} , eine Spannung V_{B4} an dem zweiten Bondleiter und die Spannung V_2 an dem Widerstand R_4 . Das Voltmeter ist zwischen den Widerstand R_{B1} und den Drain-Source-Widerstand R_{DSon} geschaltet, und daher wird zwischen dem Drain-Source-Widerstand R_{DSon} und dem Widerstand R_{B4} lediglich die Spannung V_{T1} durch das Voltmeter gemessen. Die Kontaktwiderstände R_2 und R_4 und die Bondleiterwiderstände an diesen Anschlüssen können vernachlässigt werden, da der hohe Strom I_{measure} nicht durch diese fließt.

[0019] Sobald die Messung erzielt wurde, werden die Schalter SW_1 und SW_3 in [Fig. 1](#) geöffnet, und die externen Anschlüsse **16d** und **16i** werden von den Drain- und Source-Transistorleistungsanschlüssen des MOS-FET T_1 getrennt. Deshalb können diese externen Anschlüsse in dem Betriebsmodus für andere Zwecke verwendet werden, in einem DC-DC-Wandler zum Beispiel als Rückkopplungsanschluss oder als Schalteranschluss.

[0020] [Fig. 1](#) veranschaulicht auch, dass die Erfindung nicht auf lediglich ein Leistungsbauteil in dem integrierten Schaltkreis begrenzt ist. Zur Messung des Drain-Source-Widerstands des MOS-FET T_2 werden die Schalter SW_2 und SW_3 geschlossen. Die externen Anschlüsse **16i** und **16f** werden dann als Belastungsanschlüsse verwendet, an die die Stromversorgung angeschlossen wird, und die externen Anschlüsse **16j** und **16d** werden als Messanschlüsse verwendet. In diesem Fall wird der externe Anschluss **16i**, der in einem ersten Testmodus als Messanschluss zur Messung von MOS-FET T_1 verwendet wurde, nun als Belastungsanschluss in einem zweiten Testmodus verwendet und kann z.B. als Schalteranschluss in dem Betriebsmodus verwendet werden. Der Widerstand einer Leistungsdiode kann auch gemessen werden. Um den Widerstand der Diode D zu messen, müssen die Schalter SW_3 und SW_4 geschlossen sein. Die externen Anschlüsse **16h** und **16i** werden dann als Belastungsanschlüsse verwendet, und die externen Anschlüsse **16d** und **16j** werden als Messanschlüsse verwendet.

[0021] Der erfindungsgemäße Schaltkreis ermöglicht es nicht nur, den Durchlasswiderstand von Leistungsbauteilen zu messen, sondern auch die sich tatsächlich auf dem Chip befindliche Eingangsspannung zu verifizieren. Wenn der Eingangsstrom z.B. 200 mA beträgt, und es einen mit einem Bondleiterwiderstand kombinierten Kontaktwiderstand von zusammen 5 Ohm gibt, gibt es an diesen Widerständen einen Spannungsabfall von 1 Volt. Messfehler können auftreten, wenn die Spannung an den Eingangs-

anschlüssen eine niedrigere Spannung darstellt, als von der Testerquelle an die externen Anschlüsse angelegt wird.

Patentansprüche

1. Integrierter Leistungsschaltkreis (**12**), umfassend:

- externe Anschlüsse (**16a–16j**);
- interne Anschlüsse (**18**), die durch Bondleiter (**20**) mit entsprechenden externen Anschlüssen (**16a–16j**) verbunden sind;
- ein Leistungsbauelement (T_1) mit Leistungsanschlüssen, die mit ersten internen Anschlüssen (**18**) verbunden sind, die mit ersten externen Anschlüssen (**16a, 16j**) verbunden sind;
- interne Schalter (SW_1, SW_3) zur wahlweisen Verbindung der Leistungsanschlüsse des Leistungsbauelements (T_1) mit zweiten internen Anschlüssen (**18**) lediglich in einem ersten Testmodus, wobei die zweiten internen Anschlüsse (**18**) mit zweiten externen Anschlüssen (**16d, 16f**) verbunden sind.

2. Leistungsschaltkreis gemäß Anspruch 1, bei dem in dem Testmodus die ersten externen Anschlüsse (**16a, 16j**) als Belastungsanschlüsse verwendet werden, und die zweiten externen Anschlüsse (**16d, 16f**) als Messanschlüsse verwendet werden.

3. Leistungsschaltkreis gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei dem die zweiten externen Anschlüsse (**16d, 16f**) als Messanschlüsse in dem Testmodus und in einer unterschiedlichen Funktionalität in einem Betriebsmodus verwendet werden.

4. Leistungsschaltkreis gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Leistungsbauelement ein Leistungs-MOS-FET ist, der einen Drain-Source-Widerstand R_{DSon} aufweist, wobei der Drain-Source-Widerstand R_{DSon} in dem Testmodus gemessen wird.

5. Leistungsschaltkreis gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem das Leistungsbauelement eine Diode (D) ist, wobei der Durchlasswiderstand der Diode (D) in dem Testmodus gemessen wird.

6. Leistungsschaltkreis gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Leistungsschaltkreis ein DC-DC-Wandler ist.

7. Leistungsschaltkreis gemäß Anspruch 1, ferner umfassend:

- ein zweites Leistungsbauelement (T_2) mit Leistungsanschlüssen, die mit dritten internen Anschlüssen (**18**) verbunden sind, die mit dritten externen Anschlüssen (**16i, 16f**) verbunden sind;
- interne Schalter (SW_2, SW_3) zur wahlweisen Verbindung der Leistungsanschlüsse des Leistungsbau-

elements (T2) mit vierten internen Anschlüssen (**18**) lediglich in einem zweiten Testmodus, wobei die vierten internen Anschlüsse (**18**) mit vierten externen Anschlüssen (**16d**, **16j**) verbunden sind, wobei zumindest einer der internen Schalter (SW2) in dem ersten und in dem zweiten Testmodus verwendet wird, und zumindest einer der ersten externen Anschlüsse (**16j**) einer der vierten externen Anschlüsse ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

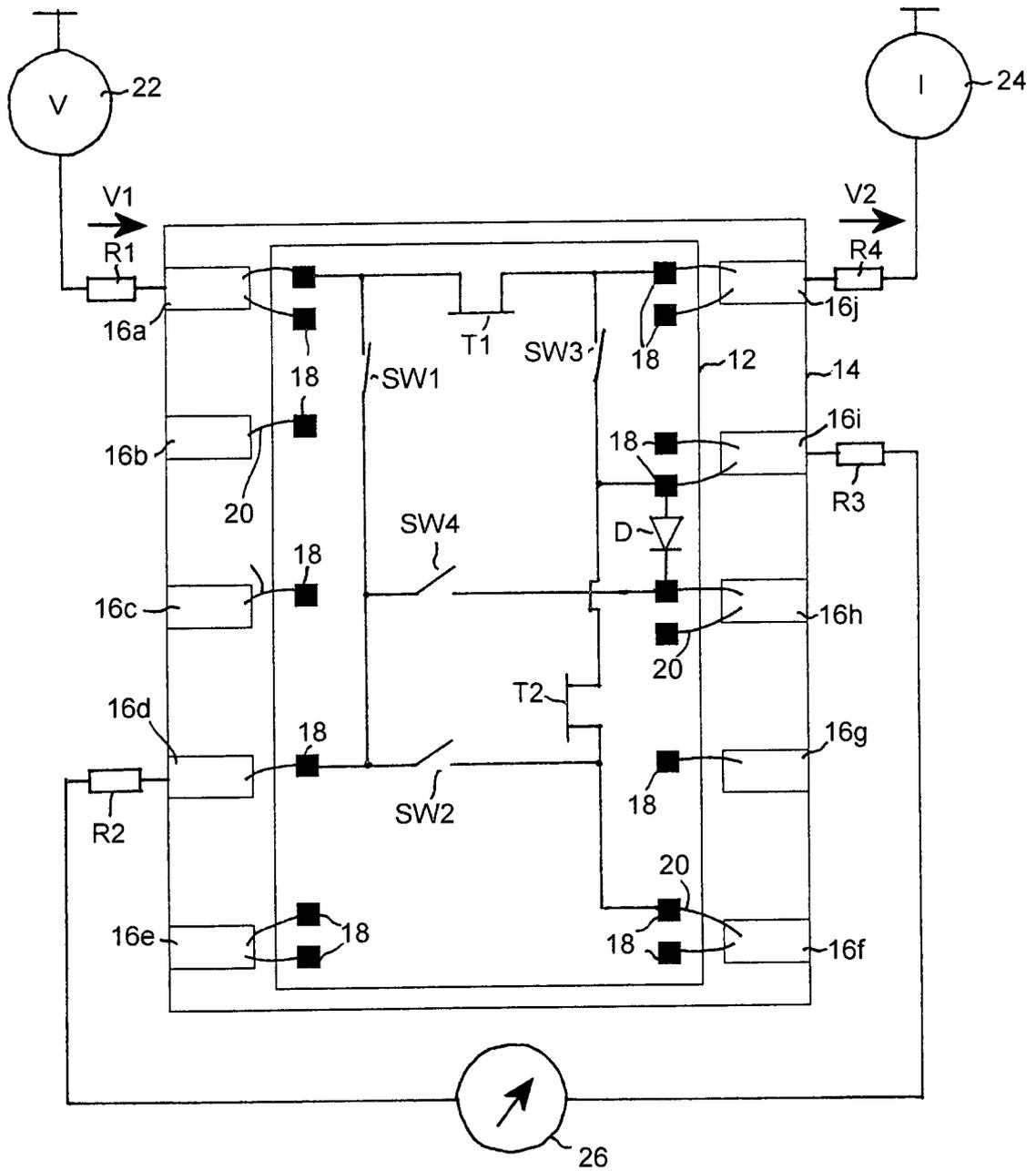


Fig. 1

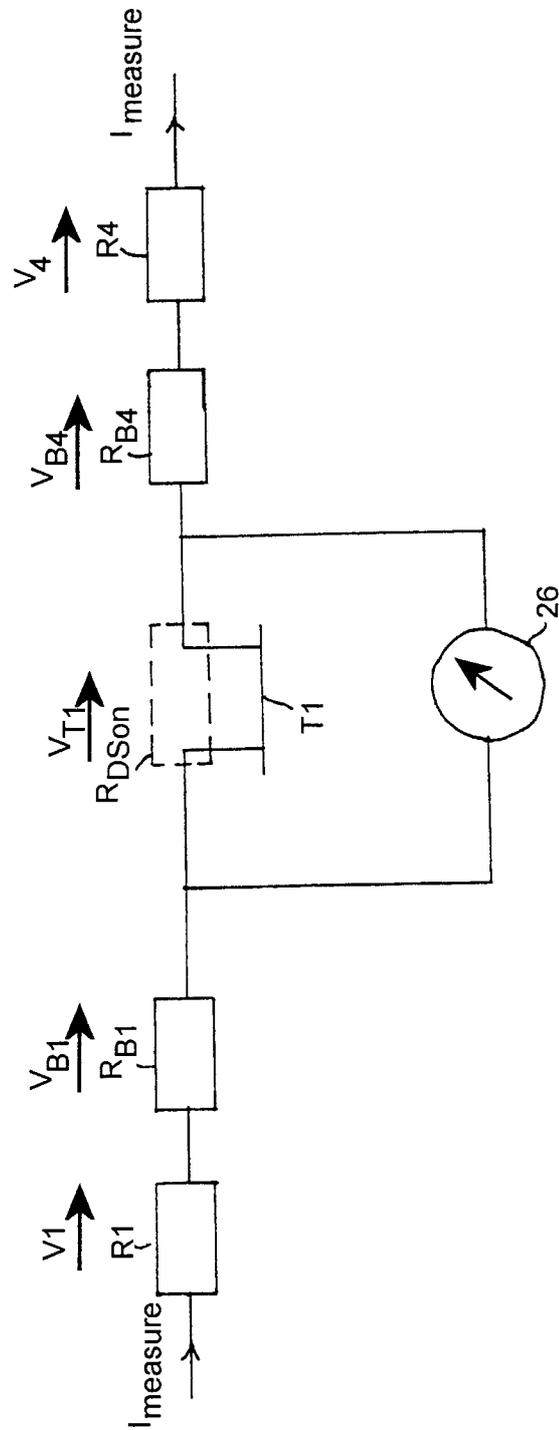


Fig. 2