

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
11. April 2024 (11.04.2024)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2024/074275 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:  
G01R 19/00 (2006.01) G01R 19/165 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2023/075216

(22) Internationales Anmeldedatum:  
14. September 2023 (14.09.2023)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2022 210 524.9  
05. Oktober 2022 (05.10.2022) DE

(71) Anmelder: VITESCO TECHNOLOGIES GERMANY GMBH [DE/DE]; Siemensstraße 12, 93055 Regensburg (DE).

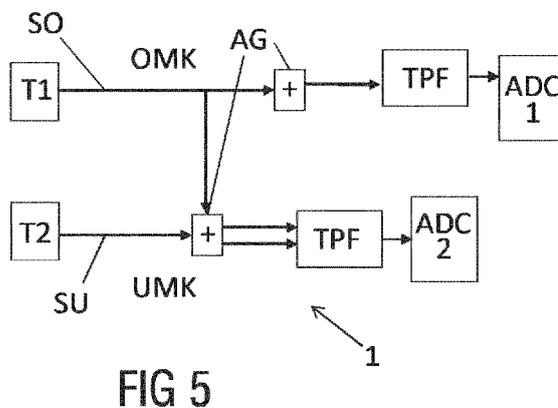
(72) Erfinder: SCHUBERT, Göran; c/o Vitesco Technologies GmbH, Landsberger Straße 187 - Haus D, 80687 München (DE). ANTONGIROLAMI, Diego; c/o Vitesco Technologies GmbH, Landsberger Straße 187 - Haus D, 80687 München (DE). JOSEPH, Sahaya Kulandai Raj; c/o Vitesco Technologies GmbH, Landsberger Straße 187 - Haus D, 80687 München (DE).

(74) Anwalt: VITESCO TECHNOLOGIES - ASSOCIATION NO. 1137; Landsberger Straße 187 - Haus D, 80687 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO,

(54) Title: MEASUREMENT STRUCTURE AND METHOD FOR MEASURING A CURRENT

(54) Bezeichnung: MESSAUFBAU UND VERFAHREN ZUM MESSEN EINES STROMS



(57) Abstract: The invention relates to a measurement structure and to a method for measuring a current (I) from a center tap (M) between two transistors (T1, T2) of a half-bridge (HB) through a load (L), wherein the measurement structure is configured, for each of the two transistors (T1, T2), to measure a voltage across a channel resistance of the transistor (T1, T2) in separate measuring channels (OMK, UMK) when the relevant transistor (T1, T2) is conductive, wherein each of the measuring channels (OMK, UMK) comprises an addition member (AG), a low pass filter (TPF) and an analog to digital converter (ADC1, ADC2) such that, in each measuring channel (OMK, UMK), signals (SO, SU) of the voltage drop across the addition member (AG) and the low pass filter (TPF) can be supplied to the analog to digital converter (ADC1, ADC2), wherein the addition member (AG) of each of the measuring channels (OMK, UMK) is configured to additively add the signals (SO, SU) of one measuring channel (OMK, UMK) to the signals (SO, SU) of the other measuring channel (OMK, UMK).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft einen Messaufbau und ein Verfahren zum Messen eines Stroms (I) aus einem Mittelabgriff (M) zwischen zwei Transistoren (T1, T2) einer Halbbrücke (HB) durch einen Verbraucher (L), wobei der Messaufbau dazu konfiguriert ist, bei beiden Transistoren (T1, T2) in separaten Messkanälen (OMK, UMK) jeweils eine Spannung über einem Kanalwiderstand des Transistors (T1, T2) zu messen, wenn der jeweilige Transistor (T1, T2) leitend ist, wobei jeder der Messkanäle (OMK, UMK) ein Additionsmitglied (AG), einen Tiefpassfilter (TPF) und einen Analog-Digital-Wandler (ADC1, ADC2) aufweist, so dass in jedem Messkanal (OMK, UMK) Signale (SO, SU) des



WO 2024/074275 A1

JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR,  
LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY,  
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST,  
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

**(84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

jeweiligen Spannungsabfalls über das Additionsglied (AG) und den Tiefpassfilter (TPF) dem Analog-Digital-Wandler (ADC1, ADC2) zuführbar sind, wobei das Additionsglied (AG) jedes der Messkanäle (OMK, UMK) dazu konfiguriert ist, zu den Signalen (SO, SU) des jeweiligen Messkanals (OMK, UMK) die Signale (SO, SU) des jeweils anderen Messkanals (OMK, UMK) additiv hinzuzufügen.

## Beschreibung

### Messaufbau und Verfahren zum Messen eines Stroms

5 Die Erfindung betrifft einen Messaufbau zum Messen eines Stroms aus einem Mittelabgriff zwischen zwei Transistoren einer Halbbrücke durch einen Verbraucher gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zum Messen eines Stroms aus einem Mittelabgriff zwischen zwei Transistoren einer Halbbrücke durch einen Verbraucher gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 5.

10

Um Messkanäle in elektronischen Schaltungen gegen die Einkopplung von Störungen zu schützen, verwendet man üblicherweise Tiefpassfilter TPF, meist ausgeführt als RC-Glied erster oder höherer Ordnung gemäß Figur 1. Der Tiefpassfilter TPF ist parallel zu einem Shunt SH geschaltet.

15

Voraussetzung bei dem in Figur 1 gezeigten Messaufbau ist, dass das zu messende Signal einen kontinuierlichen Verlauf hat. Dies ist für den Strom  $I$  aus einem Mittelabgriff einer Halbbrücke aus zwei Transistoren T1, T2 durch den Shunt SH, der in diesem Beispiel die Messung des Stromes  $I$  mittels eines Voltmeters V erlaubt, der Fall. Somit kann das Voltmeter V durch einen Tiefpassfilter TPF gegen höherfrequente Störungen geschützt werden. Die Messkonfiguration in Figur 2 erfüllt diese Voraussetzung nicht.

20

Im Beispiel in Figur 2 wird der Spannungsabfall über einem Kanalwiderstand eines jeweils leitenden Transistors T1, T2 der Halbbrücke gemessen und wiederum mit einem Voltmeter ausgewertet. In Figur 2 ist diese Kombination vereinfacht als Amperemeter A dargestellt. Folglich kann der Strom  $I$  nur gemessen werden, solange der jeweilige Transistor T1, T2 leitend ist. Daraus ergeben sich zwei Teilstrommessungen, die in den Figuren 3 und 4 dargestellt sind. Dabei zeigt Figur 3 einen Verlauf des Stroms  $I$  durch den oberen Transistor T1 über der Zeit  $t$  und Figur 4 einen Verlauf des Stroms  $I$  durch den unteren Transistor T2. Da ein Tiefpassfilter TPF ab etwa dem zehnfachen der Eckfrequenz nur noch den Mittelwert des Messsignals anzeigt, kann er nicht zum Schutz des

25

30

Amperemeters A gegen Störungen am Messeingang genutzt werden. Dadurch wird der zur Messsignalaufnahme übliche Analog-Digital-Wandler ADC1, ADC2 nicht geschützt und das Auftreten von Schwebungen ist die Folge. Anders ausgedrückt, Störsignale im höherfrequenten Bereich, beispielsweise  
5 Signalsprünge, werden wegen der Verletzung des Nyquist-Shannon-Theorems in den funktionalen Bereich moduliert und als Messsignal interpretiert.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen neuartigen Messaufbau und ein  
10 neuartiges Verfahren zum Messen eines Stroms aus einem Mittelabgriff zwischen zwei Transistoren einer Halbbrücke durch einen Verbraucher anzugeben.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Messaufbau mit den  
15 Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 5.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Erfindungsgemäß wird ein Messaufbau zum Messen eines Stroms aus einem  
Mittelabgriff zwischen zwei Transistoren einer Halbbrücke durch einen  
20 Verbraucher vorgeschlagen, wobei der Messaufbau dazu konfiguriert ist, bei beiden Transistoren in separaten Messkanälen jeweils eine Spannung über einem Kanalwiderstand des Transistors zu messen, wenn der jeweilige Transistor leitend ist. Erfindungsgemäß weist jeder der Messkanäle ein Additionsglied, einen  
25 Tiefpassfilter und einen Analog-Digital-Wandler auf, so dass in jedem Messkanal Signale des jeweiligen Spannungsabfalls über das Additionsglied und den Tiefpassfilter dem Analog-Digital-Wandler zuführbar sind, wobei das Additionsglied jedes der Messkanäle dazu konfiguriert ist, zu den Signalen des jeweiligen Messkanals die Signale des jeweils anderen Messkanals additiv  
30 hinzuzufügen.

Auf diese Weise wird der diskontinuierliche Signalverlauf in jedem der Messkanäle in einen kontinuierlichen Signalverlauf überführt und damit die Filterbarkeit ermöglicht.

In einer Ausführungsform ist der Tiefpassfilter ein Tiefpassfilter erster oder höherer Ordnung.

- 5 Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung vorgeschlagen, umfassend einen Messaufbau wie oben beschrieben und eine Halbbrücke, umfassend zwei Transistoren, sowie einen aus einem Mittelabgriff zwischen den beiden Transistoren gespeisten Verbraucher.
- 10 In einer Ausführungsform sind die Transistoren als Feldeffekttransistoren ausgebildet, wobei Source des oberen Transistors mit Drain des unteren Transistors verbunden ist.

- Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Messen  
15 eines Stroms aus einem Mittelabgriff zwischen zwei Transistoren einer Halbbrücke durch einen Verbraucher vorgeschlagen, wobei bei beiden Transistoren in separaten Messkanälen jeweils eine Spannung über einem Kanalwiderstand des Transistors gemessen wird, wenn der jeweilige Transistor leitend ist.
- Erfindungsgemäß werden in jedem Messkanal Signale des jeweiligen  
20 Spannungsabfalls über ein Additionsglied und einen Tiefpassfilter einem Analog-Digital-Wandler zugeführt, wobei im Additionsglied jedes der Messkanäle zu den Signalen des jeweiligen Messkanals die Signale des jeweils anderen Messkanals additiv hinzugefügt werden. Auf diese Weise wird der diskontinuierliche Signalverlauf in jedem der Messkanäle in einen kontinuierlichen Signalverlauf  
25 überführt und damit die Filterbarkeit ermöglicht.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im Folgenden anhand von Zeichnungen näher erläutert.

30

Dabei zeigen:

- Figur 1 eine schematische Ansicht einer Halbbrücke mit einem Messaufbau zur Messung eines Stroms aus der Halbbrücke durch einen Verbraucher gemäß dem Stand der Technik,
- 5 Figur 2 eine schematische Ansicht einer Halbbrücke mit einem weiteren Messaufbau zur Messung des Stroms aus der Halbbrücke durch einen Verbraucher gemäß dem Stand der Technik,
- Figur 3 einen Verlauf eines Stroms durch einen oberen Transistor des  
10 Messaufbaus gemäß dem Stand der Technik,
- Figur 4 einen Verlauf eines Stroms durch einen unteren Transistor des Messaufbaus gemäß dem Stand der Technik,
- 15 Figur 5 eine schematische Ansicht eines erfindungsgemäßen Messaufbaus zur Messung des Stroms aus der Halbbrücke durch einen Verbraucher,
- Figur 6 ein schematisches Diagramm eines Verlaufs des Stroms in einem  
20 unteren Messkanal des Messaufbaus gemäß Figur 5,
- Figur 7 eine weitere schematische Ansicht des Messaufbaus gemäß Figur 5, und
- 25 Figur 8 ein schematisches Diagramm eines Verlaufs des Stroms in einem oberen Messkanal des Messaufbaus gemäß Figur 5 und 7.

Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen  
30 Bezugszeichen versehen.

Figur 1 ist eine schematische Ansicht einer Halbbrücke HB, umfassend zwei Transistoren T1, T2, insbesondere Feldeffekttransistoren, wobei Source S des oberen Transistors T1 mit Drain D des unteren Transistors T2 verbunden ist. Um

einen Strom  $I$  zu messen, der aus einem Mittelabgriff  $M$  zwischen den beiden Transistoren  $T1$ ,  $T2$  durch einen Verbraucher  $L$  fließt, ist ein Messaufbau vorgesehen, der einen Shunt  $SH$  zwischen dem Verbraucher  $L$  und dem Mittelabgriff  $M$  aufweist. Durch Messung des Spannungsabfalls über dem Shunt  $SH$  mittels eines Voltmeters  $V$  kann in Kenntnis des Widerstands des Shunts  $SH$  der Strom  $I$  bestimmt werden. Um Messkanäle in elektronischen Schaltungen gegen die Einkopplung von Störungen zu schützen, verwendet man üblicherweise Tiefpassfilter TPF, meist ausgeführt als RC-Glied erster oder höherer Ordnung. Der beispielhaft dargestellte Tiefpassfilter TPF umfasst eine zum Shunt  $SH$  parallel geschaltete Reihenschaltung aus einem Widerstand  $R$  und einem Kondensator  $C$ , zu dem das Voltmeter  $V$  parallel geschaltet ist.

Das zu messende Signal soll einen kontinuierlichen Verlauf aufweisen. Dies ist für den Strom  $I$  aus dem Mittelabgriff  $M$  der Halbbrücke  $HB$  aus zwei Transistoren  $T1$ ,  $T2$  durch den Shunt  $SH$ , der in diesem Beispiel die Messung des Stromes  $I$  mittels eines Voltmeters  $V$  erlaubt, der Fall. Somit kann das Voltmeter  $V$  durch den Tiefpassfilter TPF gegen höherfrequente Störungen geschützt werden.

Figur 2 ist eine schematische Ansicht einer Halbbrücke  $HB$ , umfassend zwei Transistoren  $T1$ ,  $T2$ , insbesondere Feldeffekttransistoren, wobei Source  $S$  des oberen Transistors  $T1$  mit Drain  $D$  des unteren Transistors  $T2$  verbunden ist. Um einen Strom  $I$  zu messen, der aus einem Mittelabgriff  $M$  zwischen den beiden Transistoren  $T1$ ,  $T2$  durch einen Verbraucher  $L$  fließt, ist ein alternativer Messaufbau vorgesehen, bei dem der Spannungsabfall über einem Kanalwiderstand eines jeweils leitenden Transistors  $T1$ ,  $T2$  der Halbbrücke gemessen und wiederum mit einem Voltmeter  $V$  ausgewertet wird. In Figur 2 ist diese Kombination als Amperemeter  $A$  dargestellt. Folglich kann der Strom  $I$  nur gemessen werden, solange der jeweilige Transistor  $T1$ ,  $T2$  leitend ist, beispielsweise bei Ansteuerung der Gates  $G$  der Transistoren  $T1$ ,  $T2$  mit pulsweitenmodulierten Signalen. Daraus ergeben sich zwei Teilstrommessungen, die in den Figuren 3 und 4 dargestellt sind. Dabei zeigt Figur 3 einen Verlauf des Stroms  $I$  durch den oberen Transistor  $T1$  über der Zeit  $t$  und Figur 4 einen Verlauf des Stroms  $I$  durch den unteren Transistor  $T2$ . Da ein Tiefpassfilter TPF ab etwa

dem zehnfachen der Eckfrequenz nur noch den Mittelwert des Messsignals anzeigt, kann er beim Messaufbau gemäß Figur 2 nicht zum Schutz gegen Störungen am Messeingang genutzt werden. Dadurch wird ein zur Messsignalaufnahme üblicher Analog-Digital-Wandler ADC1, ADC2 nicht geschützt und das Auftreten von Schwebungen ist die Folge. Anders ausgedrückt, Störsignale im höherfrequenten Bereich, beispielsweise Signalsprünge, werden wegen der Verletzung des Nyquist-Shannon-Theorems in den funktionalen Bereich moduliert und als Messsignal interpretiert.

Figur 5 ist eine schematische Ansicht eines Messaufbaus 1 mit einem oberen Messkanal OMK für Signale SO des Spannungsabfalls über dem Kanalwiderstand des oberen Transistor T1 gemäß Figur 2 und mit einem unteren Messkanal UMK für Signale SU des Spannungsabfalls über dem Kanalwiderstand des unteren Transistor T2 gemäß Figur 2. In jedem der Messkanäle OMK, UMK werden die Signale SO, SU des jeweiligen Spannungsabfalls über ein Additionsglied AG und einen Tiefpassfilter TPF einem Analog-Digital-Wandler ADC1, ADC2 zugeführt.

In Figur 5 werden dem unteren Messkanal UMK über das Additionsglied AG die Signale SO des oberen Messkanals OMK additiv hinzugefügt. Dabei ergibt sich unter Berücksichtigung des Kanalwiderstands ein Verlauf des Stroms I vor dem Tiefpassfilter TPF wie schematisch in Figur 6 gezeigt.

Figur 7 eine schematische Ansicht des Messaufbaus 1 gemäß Figur 5, wobei dem oberen Messkanal OMK über das Additionsglied AG die Signale SU des unteren Messkanals UMK additiv hinzugefügt werden. Dabei ergibt sich unter Berücksichtigung des Kanalwiderstands ein Verlauf des Stroms I vor dem Tiefpassfilter TPF wie schematisch in Figur 8 gezeigt.

In den Figuren 6 und 8 wird deutlich, dass Signalsprünge durch diese Addition vermieden werden. Daher ist Filtern mittels des Tiefpassfilters TPF beim Messaufbau gemäß den Figuren 6 und 8 möglich.

Misst man weiterhin nur im jeweils aktiven Zeitfenster, das heißt während der jeweilige Transistor T1, T2 leitend ist, dann können wie bisher weitere angestrebte Informationen ausgewertet werden, beispielsweise Stromeckpunkte.

## Bezugszeichenliste

	1	Messaufbau
	A	Amperemeter
5	ADC1, ADC2	Analog-Digital-Wandler
	AG	Additionsglied
	C	Kondensator
	D	Drain
	G	Gate
10	HB	Halbbrücke
	I	Strom
	L	Verbraucher
	M	Mittelabgriff
	OMK	oberer Messkanal
15	R	Widerstand
	S	Source
	SH	Shunt
	SO, SU	Signale
	t	Zeit
20	T1, T2	Transistor
	TPF	Tiefpassfilter
	UMK	unterer Messkanal
	V	Voltmeter

25

## Patentansprüche

1. Messaufbau zum Messen eines Stroms (I) aus einem Mittelabgriff (M) zwischen  
5 zwei Transistoren (T1, T2) einer Halbbrücke (HB) durch einen Verbraucher (L),  
wobei der Messaufbau dazu konfiguriert ist, bei beiden Transistoren (T1, T2) in  
separaten Messkanälen (OMK, UMK) jeweils eine Spannung über einem  
Kanalwiderstand des Transistors (T1, T2) zu messen, wenn der jeweilige  
Transistor (T1, T2) leitend ist,  
10 dadurch gekennzeichnet, dass jeder der Messkanäle (OMK, UMK) ein  
Additionsglied (AG), einen Tiefpassfilter (TPF) und einen Analog-Digital-  
Wandler (ADC1, ADC2) aufweist, so dass in jedem Messkanal (OMK, UMK)  
Signale (SO, SU) des jeweiligen Spannungsabfalls über das Additionsglied (AG)  
und den Tiefpassfilter (TPF) dem Analog-Digital-Wandler (ADC1, ADC2) zuführbar  
15 sind, wobei das Additionsglied (AG) jedes der Messkanäle (OMK, UMK) dazu  
konfiguriert ist, zu den Signalen (SO, SU) des jeweiligen Messkanals (OMK, UMK)  
die Signale (SO, SU) des jeweils anderen Messkanals (OMK, UMK) additiv  
hinzuzufügen.
- 20 2. Messaufbau nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass der Tiefpassfilter (TPF) ein  
Tiefpassfilter (TPF) erster oder höherer Ordnung ist.
3. Vorrichtung, umfassend einen Messaufbau nach Anspruch 1 oder 2,  
25 dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ferner eine  
Halbbrücke (HB), umfassend zwei Transistoren (T1, T2), sowie einen aus einem  
Mittelabgriff (M) zwischen den beiden Transistoren (T1, T2) gespeisten  
Verbraucher (L) aufweist.
- 30 4. Vorrichtung nach Anspruch 3,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Transistoren (T1, T2) als  
Feldeffekttransistoren ausgebildet sind, wobei Source (S) des oberen  
Transistors (T1) mit Drain (D) des unteren Transistors (T2) verbunden ist.

5. Verfahren zum Messen eines Stroms (I) aus einem Mittelabgriff (M) zwischen zwei Transistoren (T1, T2) einer Halbbrücke (HB) durch einen Verbraucher (L), wobei bei beiden Transistoren (T1, T2) in separaten Messkanälen (OMK, UMK) jeweils eine Spannung über einem Kanalwiderstand des Transistors (T1, T2) gemessen wird, wenn der jeweilige Transistor (T1, T2) leitend ist, dadurch gekennzeichnet, dass in jedem Messkanal (OMK, UMK) Signale (SO, SU) des jeweiligen Spannungsabfalls über ein Additionsglied (AG) und einen Tiefpassfilter (TPF) einem Analog-Digital-Wandler (ADC1, ADC2) zugeführt werden, wobei im Additionsglied (AG) jedes der Messkanäle (OMK, UMK) zu den Signalen (SO, SU) des jeweiligen Messkanals (OMK, UMK) die Signale (SO, SU) des jeweils anderen Messkanals (OMK, UMK) additiv hinzugefügt werden.

15

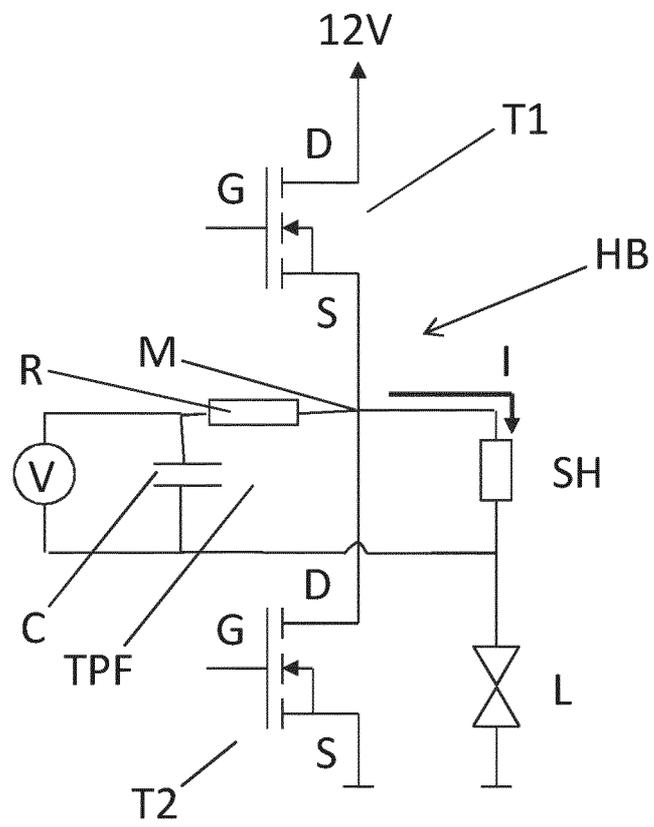


FIG 1

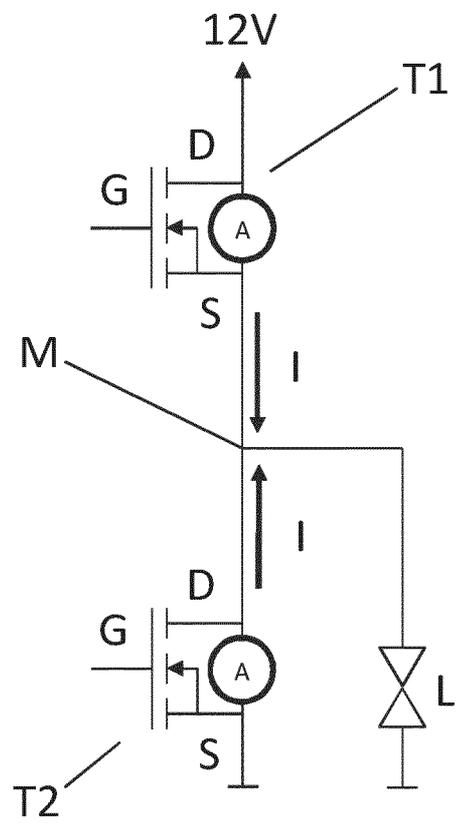


FIG 2

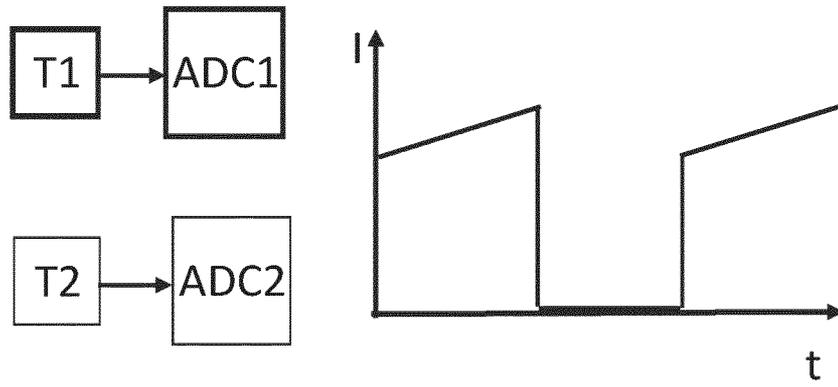


FIG 3

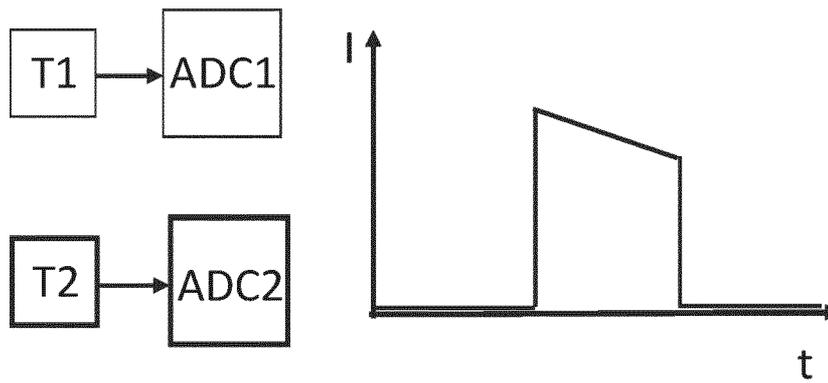
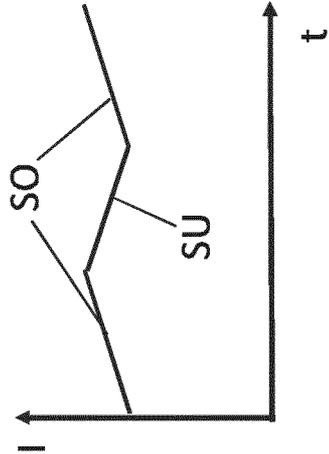
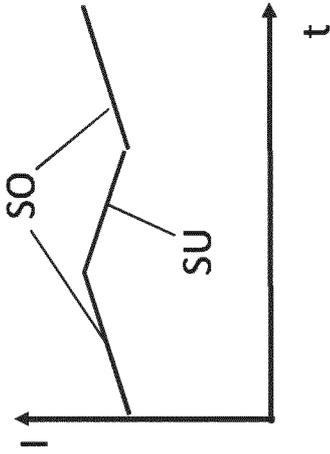
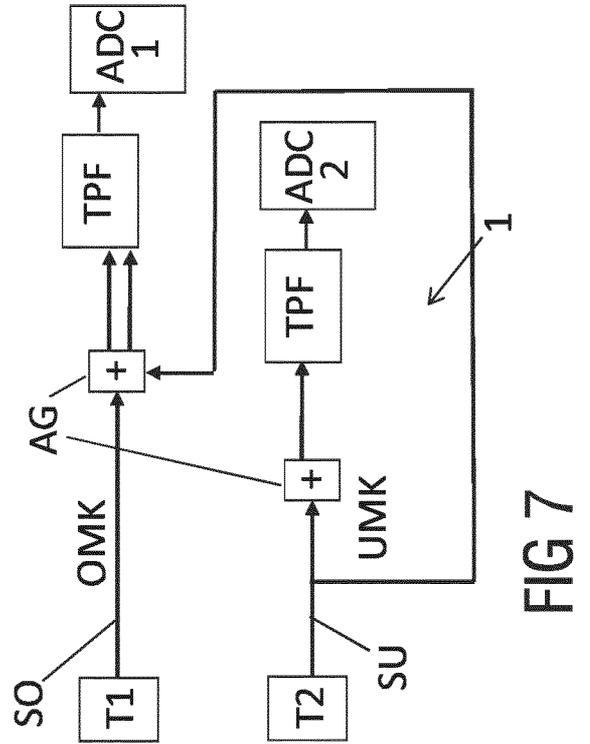
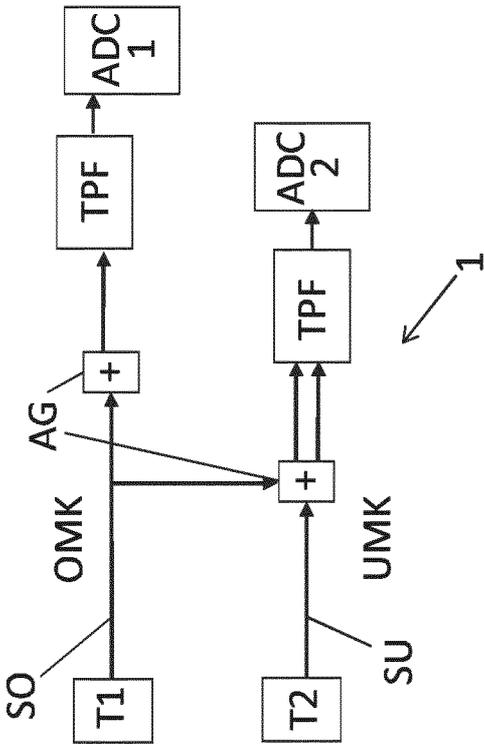


FIG 4



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2023/075216

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>G01R 19/00</i> (2006.01)i; <i>G01R 19/165</i> (2006.01)i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01R  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2015261248 A1 (SAMBUCCO ADRIANO [AT]) 17 September 2015 (2015-09-17) paragraphs [0013] - [0031]; figures 1, 2	1-5
Y	DE 102008044634 B4 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 21 December 2017 (2017-12-21) paragraphs [0011], [0014]; figures 1B, 1C	1-5
Y	DE 102019204134 A1 (VITESCO TECHNOLOGIES GERMANY GMBH [DE]) 01 October 2020 (2020-10-01) paragraphs [0036] - [0037]; figures 5a, 5b	1-5
A	US 10454465 B2 (RENESAS ELECTRONICS CORP [JP]) 22 October 2019 (2019-10-22) column 8, line 19 - column 12, line 62; figure 3	1-5
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>08 December 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>15 December 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Jedlicska, István</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/EP2023/075216</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2015261248	A1	17 September 2015	CN	104914912	A	16 September 2015
				DE	102015103134	A1	17 September 2015
				US	2015261248	A1	17 September 2015
-----							
DE	102008044634	B4	21 December 2017	DE	102008044634	A1	04 March 2010
				US	2010052637	A1	04 March 2010
-----							
DE	102019204134	A1	01 October 2020	DE	102019204134	A1	01 October 2020
				WO	2020193284	A1	01 October 2020
-----							
US	10454465	B2	22 October 2019	CN	110095647	A	06 August 2019
				JP	7004585	B2	21 January 2022
				JP	2019132618	A	08 August 2019
				US	2019238124	A1	01 August 2019
-----							

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b>		
INV. G01R19/00 G01R19/165		
ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole )		
G01R		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2015/261248 A1 (SAMBUCCO ADRIANO [AT]) 17. September 2015 (2015-09-17) Absätze [0013] - [0031]; Abbildungen 1, 2 -----	1-5
Y	DE 10 2008 044634 B4 (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG [DE]) 21. Dezember 2017 (2017-12-21) Absätze [0011], [0014]; Abbildungen 1B, 1C -----	1-5
Y	DE 10 2019 204134 A1 (VITESCO TECHNOLOGIES GERMANY GMBH [DE]) 1. Oktober 2020 (2020-10-01) Absätze [0036] - [0037]; Abbildungen 5a, 5b ----- -/--	1-5
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist		"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
8. Dezember 2023		15/12/2023
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Jedlicska, István

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
<b>A</b>	<b>US 10 454 465 B2 (RENESAS ELECTRONICS CORP [JP]) 22. Oktober 2019 (2019-10-22) Spalte 8, Zeile 19 - Spalte 12, Zeile 62; Abbildung 3</b>  -----	<b>1-5</b>

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2023/075216**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
<b>US 2015261248 A1</b>	<b>17-09-2015</b>	<b>CN 104914912 A</b>	<b>16-09-2015</b>
		<b>DE 102015103134 A1</b>	<b>17-09-2015</b>
		<b>US 2015261248 A1</b>	<b>17-09-2015</b>
-----			
<b>DE 102008044634 B4</b>	<b>21-12-2017</b>	<b>DE 102008044634 A1</b>	<b>04-03-2010</b>
		<b>US 2010052637 A1</b>	<b>04-03-2010</b>
-----			
<b>DE 102019204134 A1</b>	<b>01-10-2020</b>	<b>DE 102019204134 A1</b>	<b>01-10-2020</b>
		<b>WO 2020193284 A1</b>	<b>01-10-2020</b>
-----			
<b>US 10454465 B2</b>	<b>22-10-2019</b>	<b>CN 110095647 A</b>	<b>06-08-2019</b>
		<b>JP 7004585 B2</b>	<b>21-01-2022</b>
		<b>JP 2019132618 A</b>	<b>08-08-2019</b>
		<b>US 2019238124 A1</b>	<b>01-08-2019</b>
-----			