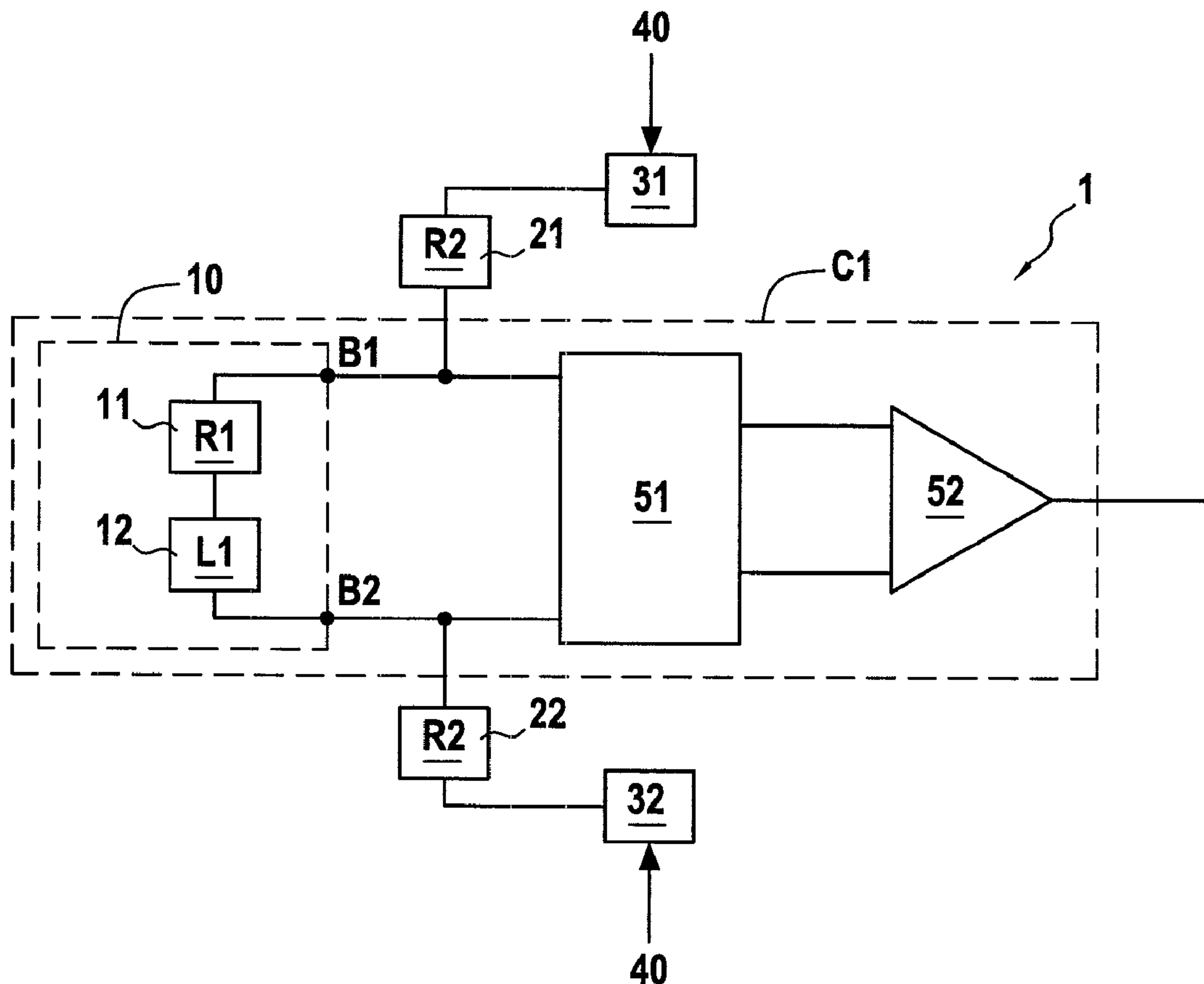




(86) **Date de dépôt PCT/PCT Filing Date:** 2012/04/04
(87) **Date publication PCT/PCT Publication Date:** 2012/10/11
(45) **Date de délivrance/Issue Date:** 2015/11/24
(85) **Entrée phase nationale/National Entry:** 2013/09/25
(86) **N° demande PCT/PCT Application No.:** FR 2012/050727
(87) **N° publication PCT/PCT Publication No.:** 2012/136931
(30) **Priorité/Priority:** 2011/04/05 (FR1152936)

(51) **Cl.Int./Int.Cl.** *G01R 31/02* (2006.01),
G01R 27/14 (2006.01), *G01R 31/28* (2006.01)
(72) **Inventeurs/Inventors:**
LACOMBE, BERTRAND, FR;
GENESTE, NICOLAS, FR
(73) **Propriétaire/Owner:**
SAGEM DEFENSE SECURITE, FR
(74) **Agent:** GOUDREAU GAGE DUBUC

(54) **Titre : PROCÉDE ET SYSTÈME DE DÉTECTION D'UN COURT-CIRCUIT AFFECTANT UN CAPTEUR**
(54) **Title: METHOD AND SYSTEM FOR DETECTING A SHORT-CIRCUIT AFFECTING A SENSOR**



(57) **Abrégé/Abstract:**

Procédé et système de détection d'un court-circuit affectant un capteur Conformément à l'invention, le procédé de détection d'un court-circuit affectant un capteur (10,110), au moins une borne (B1,B2) de ce capteur étant reliée à une résistance de tirage



(57) Abrégé(suite)/Abstract(continued):

(21,22,121), consiste à; appliquer, à au moins une résistance de tirage (21,22,121), une tension de polarisation de test comprenant au moins une caractéristique prédéfinie différente d'une caractéristique correspondante d'une tension de polarisation nominale de cette résistance; mesurer la tension différentielle résultante aux bornes du capteur; et en fonction d'au moins une caractéristique de la tension différentielle mesurée correspondant à la caractéristique prédéfinie des tensions de polarisation de test, déterminer si le capteur présente un court-circuit.

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
11 octobre 2012 (11.10.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/136931 A1(51) Classification internationale des brevets :
G01R 31/02 (2006.01) *G01R 31/28* (2006.01)
G01R 27/14 (2006.01)(74) Mandataires : BOURA, Olivier et al.; Cabinet Beau De
Loménie, 158 Rue de l'Université, F-75340 Paris Cedex 07
(FR).(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/050727(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.(22) Date de dépôt international :
4 avril 2012 (04.04.2012)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
1152936 5 avril 2011 (05.04.2011) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : SA-
GEM DEFENSE SECURITE [FR/FR]; Le Ponant de Pa-
ris, 27 Rue Leblanc, F-75015 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

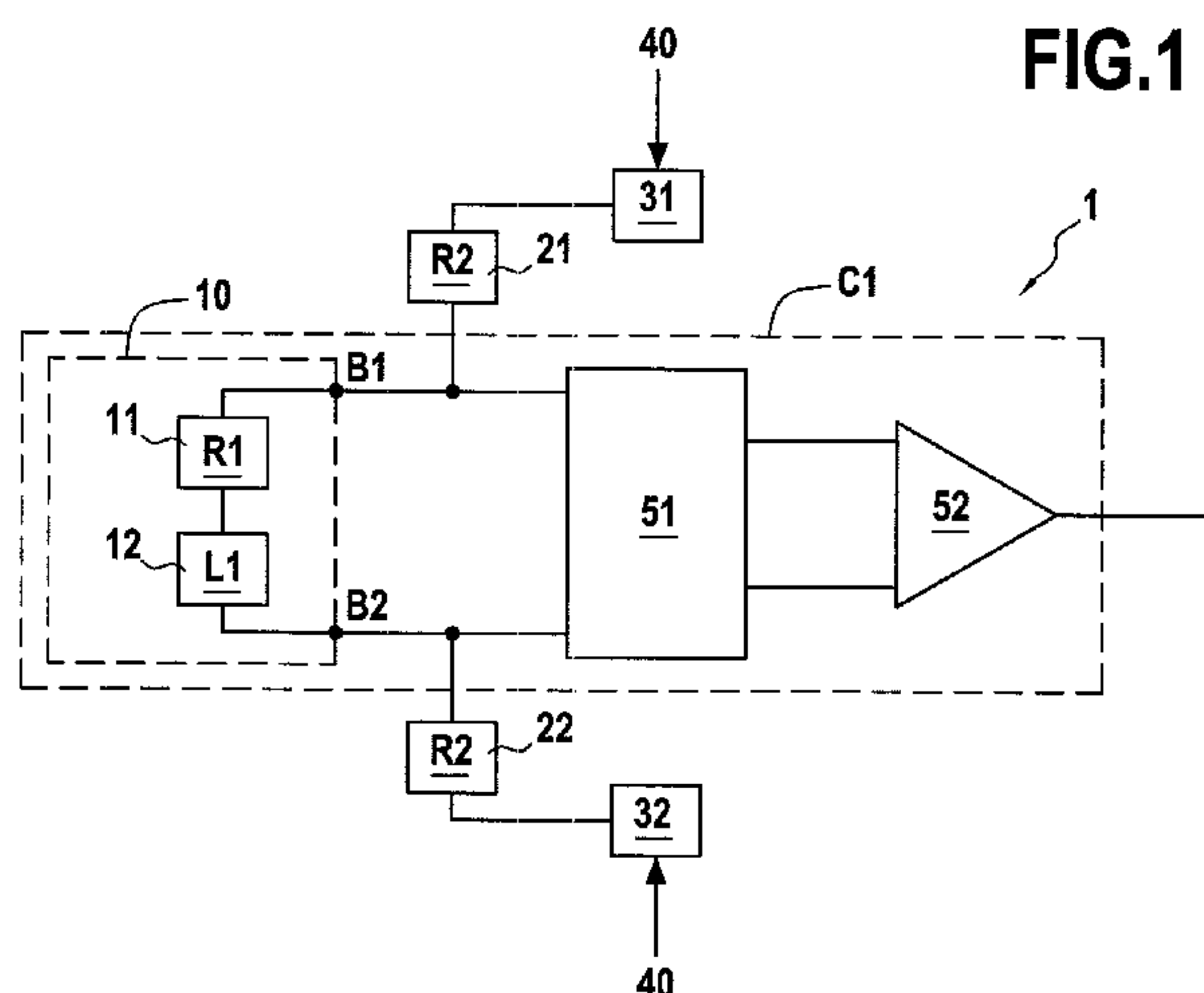
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : LA-
COMBE, Bertrand [FR/FR]; c/o Sagem Defense Sécurité,
Le Ponant de Paris, 27 Rue Leblanc, F-75015 Paris (FR).
GENESTE, Nicolas [FR/FR]; c/o Sagem Defense Sécuri-
té, Le Ponant de Paris, 27 Rue Leblanc, F-75015 Paris
(FR).(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : METHOD AND SYSTEM FOR DETECTING A SHORT-CIRCUIT AFFECTING A SENSOR

(54) Titre : PROCEDE ET SYSTEME DE DETECTION D'UN COURT-CIRCUIT AFFECTANT UN CAPTEUR



(57) Abstract : Method and system for detecting a short-circuit affecting a sensor. In accordance with the invention, the method of detecting a short-circuit affecting a sensor (10, 110), at least one terminal (B1,B2) of this sensor being linked to a pulling resistor (21,22,121), consists in: applying, to at least one pulling resistor (21,22,121), a test bias voltage comprising at least one predefined characteristic different from a corresponding characteristic of a nominal bias voltage of this resistor; measuring the resulting differential voltage across the terminals of the sensor; and as a function of at least one characteristic of the differential voltage measured corresponding to the predefined characteristic of the test bias voltages, determining whether the sensor exhibits a short-circuit.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2012/136931 A1

WO 2012/136931 A1

Procédé et système de détection d'un court-circuit affectant un capteur Conformément à l'invention, le procédé de détection d'un court-circuit affectant un capteur (10,110), au moins une borne (B1,B2) de ce capteur étant reliée à une résistance de tirage (21,22,121), consiste à; appliquer, à au moins une résistance de tirage (21,22,121), une tension de polarisation de test comprenant au moins une caractéristique prédéfinie différente d'une caractéristique correspondante d'une tension de polarisation nominale de cette résistance; mesurer la tension différentielle résultante aux bornes du capteur; et en fonction d'au moins une caractéristique de la tension différentielle mesurée correspondant à la caractéristique prédéfinie des tensions de polarisation de test, déterminer si le capteur présente un court-circuit.

Procédé et système de détection d'un court-circuit affectant un capteur

Arrière-plan de l'invention

L'invention se rapporte au domaine général des capteurs, tels
5 que par exemple des capteurs de température, de pression, de déplacement, etc.

Elle concerne plus particulièrement la détection d'un court-circuit affectant un capteur dans une chaîne d'acquisition.

L'invention a ainsi une application privilégiée mais non limitative
10 dans le domaine de l'aéronautique, où de nombreux capteurs sont utilisés (par exemple, à bord d'un aéronef).

Il existe, dans l'art antérieur, des techniques permettant de détecter un court-circuit affectant un capteur résistif simple à un potentiel connu, tel que par exemple un court-circuit à la masse ou à la tension
15 d'alimentation. Pour ce type de capteur, un court-circuit à la masse ou à la tension d'alimentation se traduit par une mesure nulle de la résistance du capteur.

Un exemple de mise en œuvre d'une telle technique est décrit dans le document US 2006/0036381. Dans ce document, la présence d'un
20 court-circuit affectant un capteur résistif est déterminée en fonction de la valeur du rapport entre la somme des tensions aux bornes du capteur et la tension d'alimentation du capteur.

De telles techniques permettent avantageusement d'améliorer les mesures réalisées par des capteurs résistifs simples, tels que
25 notamment des capteurs résistifs de température, du fait d'une fiabilité accrue de ces capteurs.

Toutefois pour des capteurs plus complexes, tels que des capteurs à ponts de jauge, des capteurs inductifs ou des capteurs capacitifs, de telles techniques de détection ne peuvent être appliquées.

30 Il existe donc un besoin d'un mécanisme simple de détection d'un court-circuit affectant un capteur dans une chaîne d'acquisition, qui puisse être appliqué à une plus large catégorie de capteurs.

Objet et résumé de l'invention

35 La présente invention répond à ce besoin en proposant un procédé de détection d'un court-circuit affectant un capteur, au moins une

borne de ce capteur étant reliée à une résistance de tirage, ce procédé consistant à :

- appliquer, à au moins une résistance de tirage, une tension de polarisation de test comprenant au moins une caractéristique prédéfinie
5 différente d'une caractéristique correspondante d'une tension de polarisation nominale de cette résistance ;
- mesurer la tension différentielle résultante aux bornes du capteur ; et
- en fonction d'au moins une caractéristique de la tension différentielle mesurée correspondant à la caractéristique prédéfinie des tensions de
10 polarisation de test, déterminer si le capteur présente un court-circuit.

Ainsi, l'invention permet de détecter un court-circuit affectant un capteur en faisant varier les tensions de polarisation des résistances de tirage classiquement connectées à ce capteur (aussi connues sous le nom de résistance de « pull-up »), par exemple à l'aide d'un convertisseur
15 numérique-analogique commandé par un cœur numérique d'un système électronique.

Cette variation est mise en œuvre par application d'une tension de polarisation de test à la résistance de tirage qui comprend au moins une caractéristique prédéfinie différente d'une caractéristique
20 correspondante de la tension de polarisation nominale de cette résistance. On entend ici par tension de polarisation nominale, la tension de polarisation usuellement appliquée à la résistance de tirage pour garantir un fonctionnement « normal » du capteur.

Diverses caractéristiques peuvent différencier la tension de polarisation de test appliquée à la résistance de tirage de sa tension nominale. Ainsi, la nature du signal appliqué peut être différente : par exemple, la tension de polarisation nominale peut correspondre à un signal continu tandis que la tension de polarisation de test comprend une
25 composante de signal alternative à une fréquence prédéterminée. En variante, la tension de polarisation de test peut se distinguer de la tension de polarisation nominale par la valeur de certains de leurs paramètres tels que l'amplitude.
30

Ainsi, en injectant une tension de polarisation de test appropriée aux résistances de tirage, l'invention permet de différencier des pannes de
35 type court-circuit d'autres configurations du capteur à l'origine de tensions différentielles nulles aux bornes de celui-ci. L'invention permet donc

avantageusement de détecter un court-circuit affectant divers types de capteurs, tels que notamment des capteurs résistifs mais également des capteurs plus complexes comme des capteurs inductifs (ex. capteurs LVDT, resolver ou à roue phonique), capacitifs, des capteurs à pont de
5 jauge, à thermocouple, etc.

En outre, il est possible de détecter différents types de court-circuit, à savoir notamment des court-circuits à la masse mécanique (et dont le potentiel électrique peut être inconnu) mais également des court-circuits dits différentiels (c'est-à-dire entre deux fils électriques du
10 capteur).

Plus précisément, dans un mode particulier de réalisation de l'invention on détermine que le capteur présente un court-circuit si la caractéristique de la tension différentielle mesurée est différente d'une caractéristique correspondante attendue pour une tension différentielle
15 mesurée aux bornes du capteur lorsque celui-ci ne présente pas de court-circuit.

On notera que par tension différentielle aux bornes du capteur, on entend ici la différence de potentiels existant entre les deux bornes du capteur. Par souci de simplification, on utilisera également cette
20 terminologie lorsque l'une des bornes du capteur est reliée à la masse.

Selon une première variante de réalisation de l'invention :

- chaque borne du capteur est reliée à une résistance de tirage ;
- pour appliquer la tension de polarisation de test à chaque résistance, on applique aux deux résistances de tirage, un signal alternatif à une
25 fréquence prédéterminée différente d'une fréquence utile du capteur ;
et
- on détermine que le capteur présente un court-circuit si la tension différentielle résultante comporte une composante alternative à cette fréquence prédéterminée.

30 Cette première variante permet avantageusement de détecter un court-circuit à la masse mécanique affectant le capteur considéré. Elle ne nécessite qu'une seule mesure de la tension différentielle, qui peut être réalisée par exemple à l'aide de la chaîne d'acquisition du capteur. Ainsi, cette première variante s'applique à des capteurs dits « flottants » par
35 rapport à la masse, c'est-à-dire, dont le mode commun n'est pas imposé

par une excitation ou par un autre dispositif, et sur lequel il est donc possible d'agir.

Dans cette première variante, la fréquence à laquelle le signal alternatif est émis pourra être avantageusement déterminée en fonction
5 des caractéristiques des résistances du tirage ainsi que des contraintes de la chaîne d'acquisition, afin notamment que la tension différentielle puisse être mesurée par celle-ci.

Selon une seconde variante de l'invention, le procédé de
détection d'un court-circuit consiste en outre à mesurer une tension
10 différentielle nominale aux bornes du capteur lorsque les résistances de tirage sont alimentées par les tensions de polarisation nominales. Par ailleurs, on détermine que ce capteur présente un court-circuit si la tension différentielle résultante mesurée après application des tensions de polarisation de test est sensiblement égale à la tension différentielle
15 nominale.

Cette seconde variante permet de détecter un court-circuit de type différentiel affectant le capteur.

Dans cette seconde variante, pour appliquer la tension de polarisation de test, on pourra notamment appliquer, à chaque résistance,
20 un signal continu. Ce signal continu aura par exemple une amplitude différente de l'amplitude de la tension de polarisation nominale de la résistance.

Pour appliquer la tension de polarisation de test, on pourra également appliquer, à chaque résistance, un signal alternatif à une
25 fréquence prédéterminée différente d'une fréquence utile du capteur.

Lorsque chaque borne du capteur est reliée à une résistance de tirage, les signaux alternatifs appliqués aux résistances pourront être notamment des signaux sinusoïdaux en opposition de phase.

L'utilisation de signaux alternatifs sinusoïdaux en opposition de
30 phase présente pour avantage de faciliter la détection d'un court-circuit.

L'invention vise également un système de détection d'un court-circuit affectant un capteur, au moins une borne de ce capteur étant reliée à une résistance de tirage, ce système comportant :

– des moyens pour appliquer, à au moins une résistance de tirage, une
35 tension de polarisation de test comprenant au moins une caractéristique

prédéfinie différente d'une caractéristique correspondante d'une tension de polarisation nominale de cette résistance ;

– des moyens pour mesurer la tension différentielle résultante aux bornes du capteur ; et

- 5 – des moyens pour déterminer, en fonction d'au moins une caractéristique de la tension différentielle mesurée correspondant à la caractéristique prédéfinie des tensions de polarisation de test, si le capteur présente un court-circuit.

10 Dans un mode particulier de réalisation de l'invention, les moyens pour appliquer les tensions de polarisation de test comprennent un convertisseur numérique analogique.

Brève description des dessins

15 D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description faite ci-dessous, en référence aux dessins annexés qui en illustrent des exemples de réalisation dépourvus de tout caractère limitatif. Sur les figures :

– la figure 1 représente dans son environnement, un système de détection conforme à l'invention en mode différentiel, dans un mode particulier de
20 réalisation ;

– les figures 2A et 2B représentent un exemple d'application du système de détection représenté sur la figure 1 pour la détection d'un court-circuit différentiel affectant un capteur ;

– la figure 3 représente les principales étapes d'un procédé de détection d'un court-circuit conforme à l'invention, lorsqu'il est mis en œuvre par
25 le système représenté sur les figures 2A et 2B ;

– la figure 4 représente un exemple d'application du système de détection représenté sur la figure 1 pour la détection d'un court-circuit à la masse mécanique affectant un capteur ;

30 – la figure 5 représente les principales étapes d'un procédé de détection d'un court-circuit conforme à l'invention, lorsqu'il est mis en œuvre par le système représenté sur la figure 4 ; et

– la figure 6 représente un système de détection conforme à l'invention, en mode commun, dans un mode particulier de réalisation.

35 Description détaillée d'un mode de réalisation

La **figure 1** représente, dans son environnement, un système 1 de détection d'un court-circuit, conforme à l'invention, dans un mode particulier de réalisation.

5 Dans ce mode de réalisation, on envisage de déterminer si un court-circuit affecte un capteur 10 d'une chaîne d'acquisition C1 en mode différentiel. Toutefois, l'invention s'applique également à une chaîne d'acquisition en mode commun, comme décrit ultérieurement en référence à la figure 6.

10 Le capteur 10 est par exemple un capteur inductif de position ou de déplacement, comprenant au moins un élément résistif 11, caractérisé par une résistance R1, et un élément inductif 12 caractérisé par une inductance L1. Les valeurs de R1 et de L1 peuvent être mesurées au cours d'une étape préalable de calibration du capteur.

15 Dans la suite de la description, les valeurs minimales des résistances R1 et L1 seront notées L1min et R1min. Ces valeurs dépendent du capteur considéré et sont fournies par le fabricant.

20 Ces hypothèses ne sont bien entendu pas limitatives, le capteur 10 pouvant être également un capteur résistif ou capacitif, permettant de mesurer d'autres paramètres, telles que la température, la pression, la vitesse, etc.

Les bornes B1 et B2 du capteur 10 sont reliées respectivement à deux résistances dites de tirage 21 et 22, connues de l'homme du métier. La résistance de tirage 21 correspond à un niveau de potentiel haut (en anglais « pull-up resistor »), tandis que la résistance de tirage 22
25 correspond à un niveau de potentiel bas (en anglais « pull-down resistor »).

Dans l'exemple envisagé ici, les résistances de tirage 21 et 22 sont identiques, et ont une valeur R2. La valeur minimale de la résistance R2 est notée, dans la suite de la description, R2min. En outre, on désigne
30 par Vmax la tension de polarisation maximale pouvant être appliquée aux résistances de tirage 21 et 22 sans endommager le capteur 10. Les valeurs R2min et Vmax dépendent des résistances de tirage considérées et du capteur 10, et sont connues du constructeur.

35 En variante, des résistances de tirage ayant des valeurs distinctes et supportant des tensions de polarisation maximales et minimales différentes peuvent être considérées. L'homme du métier

saurait bien entendu adapter les calculs présentés dans la suite de la description à de tels cas de figure.

On notera que par souci de simplification, dans la suite de la description, les mêmes notations seront utilisées pour désigner
5 indifféremment une tension en régime alternatif (AC pour Alternating Current) ou une tension en régime permanent (DC pour Direct Current), selon les cas envisagés.

Les résistances de tirage 21 et 22 sont connectées respectivement à deux convertisseurs numérique-analogique, 31 et 32,
10 aptes à faire varier leurs tensions de polarisation respectives. Les convertisseurs numérique-analogique 31 et 32 sont eux-mêmes commandés par un cœur numérique 40.

La chaîne d'acquisition C1 du capteur 10 est en outre constituée, de façon connue en soi, d'un filtre mode commun/mode
15 différentiel 51, suivi d'un amplificateur 52, permettant d'améliorer le rapport signal-à-bruit du signal de mesure délivré par le capteur 10. Les éléments constituant une chaîne d'acquisition ainsi que leurs principes de fonctionnement sont connus de l'homme du métier et ne seront pas détaillés davantage ici.

20 Nous allons maintenant décrire, en référence aux figures **2A**, **2B et 3**, un premier exemple d'utilisation du système 1 représenté sur la figure 1 en vue de détecter si un court-circuit différentiel affecte le capteur 10. On entend ici par court-circuit différentiel un court-circuit présent entre deux fils électriques du capteur.

25 En référence à la figure 2A, on suppose qu'une première mesure V1 de la tension différentielle aux bornes du capteur inductif 10, alors que les résistances de tirage 21 et 22 sont alimentées respectivement par des tensions de polarisation nominales Vnom_h et Vnom_l, donne une valeur proche de 0 Volt (étape E10).

30 Cette première mesure V1 constitue une tension différentielle nominale au sens de l'invention. Elle est réalisée à l'aide de la chaîne d'acquisition C1 du système 1, de façon connue en soi et non décrite ici.

Les tensions nominales Vnom_h et Vnom_l sont des tensions continues. Elles sont appliquées aux résistances de tirage 21 et 22 par
35 l'intermédiaire des convertisseurs numérique-analogique 31 et 32

respectivement, ces convertisseurs étant commandés par le cœur numérique 40.

5 Ces tensions nominales représentent les tensions usuellement appliquées aux bornes des résistances de tirage de façon à garantir un fonctionnement normal du capteur 10. Elles dépendent de façon connue des caractéristiques du capteur 10, et peuvent être aisément déterminées par l'homme du métier.

10 Suite à la détection d'une première mesure différentielle V1 nulle aux bornes du capteur, on applique respectivement aux bornes des résistances de tirage 21 et 22 des tensions de polarisation de test Vtest_h et Vtest_l, par l'intermédiaire des convertisseurs 31 et 32 (étape E20). Conformément à l'invention, les tensions Vtest_h et Vtest_l ont au moins une caractéristique prédéfinie différente d'une caractéristique correspondante des tensions nominales Vnom_h et Vnom_l.

15 L'application des tensions de polarisation de test Vtest_h et Vtest_l aux résistances de tirage 21 et 22 vise à permettre de déterminer si un court-circuit aux bornes du capteur 10 existe en réalisant une seconde mesure V2 de la tension différentielle résultante aux bornes du capteur. Plus précisément, dans l'exemple envisagé ici, si la caractéristique
20 prédéfinie précédemment mentionnée de la tension différentielle V2 est différente de la caractéristique correspondante attendue pour une tension différentielle mesurée aux bornes du capteur 10 lorsque celui-ci ne présente pas de court-circuit, alors on détermine que le capteur 10 est affecté par un court-circuit.

25 De façon connue en soi, les résistances de tirage 21 et 22 n'ont pas en principe vocation à perturber le fonctionnement du capteur 10, y compris lors d'un changement d'une ou plusieurs caractéristiques de leurs tensions de polarisation. Aussi, de façon avantageuse dans l'invention, afin d'identifier si un court-circuit différentiel existe, les tensions de test
30 Vtest_h et Vtest_l vont être dimensionnées de sorte à tirer profit d'un défaut des résistances de tirage 21 et 22.

Ce défaut conduit en fait à obtenir une seconde mesure différentielle V2 identique ou quasiment identique (i.e. à un seuil $\varepsilon > 0$ près) à la première mesure différentielle V1 lorsqu'un court-circuit
35 différentiel affectant le capteur 10 existe.

Inversement, si une différence est détectée entre la première mesure différentielle V1 et la seconde mesure différentielle V2, alors cela signifie que, bien qu'une valeur nulle de la tension différentielle V1 ait été mesurée, le capteur 10 se comporte normalement, i.e., il ne présente pas
5 de court-circuit différentiel.

Deux cas de figure sont envisagés pour le dimensionnement des tensions Vtest_l et Vtest_h en fonction de la valeur de l'impédance DC minimale du capteur 10, autrement dit de R1min.

10 1^{er} cas : L'impédance DC du capteur 10 vérifie l'inégalité suivante :

$$R1min \geq \frac{\frac{Vacq_min}{Vmax} \times R2min}{1 - \frac{Vacq_min}{2 \times Vmax}} \quad (1),$$

dans laquelle Vacq_min désigne la valeur de la tension DC minimale
15 pouvant être mesurée par la chaîne d'acquisition C1, et Vmax la tension DC de polarisation maximale pouvant être appliquée aux résistances de tirage 11 et 12. Ces valeurs sont prédéterminées et connues.

Dans ce premier cas, l'impédance DC du capteur 10 (i.e. R1) est suffisamment importante pour qu'en appliquant comme tensions de
20 polarisation de test Vtest_l et Vtest_h, des signaux continus d'amplitudes supérieures à celles des tensions nominales Vnom_l et Vnom_h, on puisse détecter, à l'aide de la chaîne d'acquisition C1, une différence entre les mesures V1 et V2 lors d'un comportement normal du capteur 10.

Ainsi, dans ce premier cas, la caractéristique prédéfinie de la
25 tension de polarisation de test différente de la caractéristique correspondante de la tension de polarisation nominale au sens de l'invention est l'amplitude.

Préférentiellement, on choisira comme amplitudes des tensions de polarisation de test, des amplitudes proches des valeurs maximales
30 Vmax de tensions de polarisation des résistances de tirage 21 et 22 que le capteur 10 peut supporter sans être endommagé ou détérioré.

La différence entre les mesures V1 et V2 ne doit pas être nécessairement très élevée pour être représentative d'un comportement normal du capteur 10. Une différence même faible est suffisante, dès lors
35 qu'elle est supérieure à la tension Vacq_min minimale pouvant être

mesurée par la chaîne d'acquisition C1. Autrement dit, compte tenu de l'inégalité (1) si :

$$V2 - V1 > \frac{R1_{\min}}{R1_{\min} + 2R2_{\min}} \times 2V_{\max}$$

5

le capteur 10 est considéré comme ayant un comportement normal.

A titre d'exemple numérique, pour un capteur de type « strain-gauge », dont l'impédance $R1_{\min}$ est de $2k\Omega$ (ohms), et sous les hypothèses suivantes :

10

$$V_{acq_min}=20mV, R2_{\min} = 1M\Omega, V_{\max}=20V$$

une différence de tension ($V2-V1$) supérieure à environ 40mV est représentative d'un comportement normal du capteur.

15

On notera que la différence $V2-V1$ dépend de l'impédance minimale du capteur ainsi que de l'impédance maximale qui sera considérée comme symptomatique d'un court-circuit.

A titre d'exemple, les capteurs à pont de jauge, qui présentent généralement une impédance DC importante par rapport aux impédances des résistances de tirage habituellement utilisées, entrent dans ce premier cas de figure.

20

2nd cas : Lorsque l'impédance DC du capteur 10 ne vérifie pas l'inégalité (1), l'utilisation de signaux continus pour les tensions de polarisation de test V_{test_l} et V_{test_h} ne permet pas de détecter, à l'aide de la chaîne d'acquisition C1, une différence même faible entre les mesures $V1$ et $V2$ pour un comportement normal du capteur 10. A titre d'exemple, une roue phonique ou un capteur résolveur entrent généralement dans ce second cas de figure.

25

Dans un tel cas, pour appliquer les tensions de polarisation de test V_{test_l} et V_{test_h} , on superpose ici aux tensions nominales continues V_{nom_l} et V_{nom_h} , des signaux de tension $S1$ et $S1'$ alternatifs sinusoïdaux et en opposition de phase, à une fréquence prédéterminée f_1 distincte de la fréquence utile f_0 du capteur 10. Les signaux $S1$ et $S1'$ sont par exemple de la forme :

30

$$S1(f_1)=V_{\max} \cos(2\pi f_1 t) \text{ et } S1'(f_1)=V_{\max} \cos(2\pi f_1 t + \pi).$$

On notera que d'autres types de signaux peuvent être superposés aux tensions nominales, tels que par exemple des signaux en créneaux ou en triangles.

On entend ici par fréquence utile f_0 du capteur la fréquence usuelle de fonctionnement du capteur, qui est prédéfinie et indiquée par le constructeur du capteur.

Ainsi, dans ce second cas, la caractéristique prédéfinie de la tension de polarisation de test différente de la caractéristique correspondante de la tension de polarisation nominale au sens de l'invention est la nature du signal et plus précisément sa composante alternative.

La fréquence f_1 est choisie de sorte à obtenir une impédance équivalente minimale Z_{1eq} du capteur 10 suffisamment importante pour permettre la détection d'une différence par la chaîne d'acquisition C1, même faible, entre les mesures V1 et V2 pour un comportement normal du capteur 10. A cette fin, on choisit ici une fréquence f_1 comprise entre la fréquence maximale acceptable par la chaîne d'acquisition C1 (prédéterminée), notée f_{max} , et une fréquence minimale f_{min} calculée de la façon suivante :

20

$$f_{min} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\|Z_{1eq}\|^2 - R_{1min}^2}{L_{1min}^2}} \quad (2)$$

avec

$$Z_{1eq} = \frac{\frac{V_{acq_min}}{V_{max}} \times R_{2min}}{1 - \frac{V_{acq_min}}{2 \times V_{max}}} \quad (3),$$

25

les tensions considérées dans les équations (2) et (3) désignant les amplitudes des tensions alternatives.

En variante, on peut utiliser dans l'équation (2) les valeurs R1 et L1 à la place des valeurs R1min et L1min, afin d'avoir une estimation plus précise de la fréquence f_{min} . Comme mentionné précédemment, ces valeurs peuvent être déterminées au cours d'une étape de calibration du capteur 10, connue de l'homme du métier.

30

A la suite de la l'application des tensions de test V_{test_h} et V_{test_l} sur les résistances de tirage 21 et 22 respectivement, une seconde

mesure V2 de la tension différentielle résultante aux bornes du capteur 10 est réalisée à l'aide de la chaîne d'acquisition C1 (étape E30).

Cette seconde mesure V2 est alors comparée à la première mesure différentielle nominale V1, par exemple par le cœur numérique (étape E40).

Si on détermine au cours de cette comparaison que les tensions nominale et résultante, V1 et V2, sont sensiblement égales, autrement dit qu'elles sont nulles ou quasi-nulles, alors on en déduit qu'un court-circuit différentiel affecte le capteur 10 (étape E50).

En d'autres mots, cela signifie :

- pour les capteurs se trouvant dans le 1^{er} cas envisagé précédemment : que l'amplitude mesurée de la tension différentielle V2 est différente de l'amplitude attendue aux bornes du capteur en l'absence de court-circuit (on s'attend en effet à une amplitude différente de l'amplitude de V1 lors d'un comportement normal du capteur, c'est-à-dire en l'absence de court-circuit) ; et
- pour les capteurs se trouvant dans le 2nd cas envisagé précédemment : que la tension différentielle V2 ne comporte pas de composante à la fréquence f1, contrairement à la tension différentielle qui devrait être mesurée aux bornes du capteur si celui-ci n'était pas affecté par un court-circuit.

Inversement, si on détermine au cours de cette comparaison que les tensions nominale et résultante V1 et V2 ne sont pas égales (à un seuil ε près), alors on en déduit que le capteur 10 se comporte normalement lorsqu'une tension différentielle V1 est mesurée à ses bornes, autrement dit qu'il n'est pas affecté d'un court-circuit différentiel (étape E60).

Dans ce premier exemple d'utilisation du système 1, les inégalités (1), (2) et (3) ont été dérivées pour un capteur inductif. Toutefois, l'invention ne se limite pas à ce type de capteur, et s'applique également à des capteurs résistifs ou capacitifs.

On notera d'ailleurs que les inégalités (1), (2) et (3) sont également valables pour un capteur résistif. L'homme du métier n'aurait par ailleurs aucune difficulté à adapter ces inégalités pour un capteur capacitif.

Nous allons maintenant décrire, en référence aux **figures 4 et 5**, un second exemple d'utilisation du système 1 représenté sur la figure 1, en vue cette fois-ci de détecter si un court-circuit à la masse mécanique affecte le capteur 10. On entend ici par court-circuit à la masse mécanique un court-circuit affectant l'un des fils du capteur 10 relié à un potentiel inconnu, l'autre fil étant relié à la masse.

A cette fin, on injecte en mode commun aux résistances de tirage 21 et 22, par l'intermédiaire des convertisseurs numérique-analogique 31 et 32, un signal de tension sinusoïdal S2 à une fréquence f_2 (étape F10). Le signal S2 est par exemple de la forme :

$$S2(f_2) = V_{\max} \cos(2\pi f_2 t).$$

Ce signal vient, dans l'exemple décrit ici, se superposer aux tensions de polarisation nominales de sorte que :

$$V_{\text{test_h}} = V_{\text{nom_h}} + V_{\max} \cos(2\pi f_2 t) \quad \text{et} \\ V_{\text{test_l}} = V_{\text{nom_l}} + V_{\max} \cos(2\pi f_2 t),$$

$V_{\text{nom_h}}$ et $V_{\text{nom_l}}$ désignant des tensions de polarisation nominales des résistances de tirage 21 et 22 en régime permanent.

La fréquence f_2 est choisie de sorte à respecter les contraintes suivantes :

- le signal injecté ne doit pas générer de perturbation dans le signal à la fréquence utile f_0 du capteur ; et
- en cas de court-circuit, on souhaite pouvoir observer un signal à une fréquence autre que la fréquence utile f_0 du capteur 10, et que ce signal soit mesurable à l'aide de la chaîne d'acquisition C1.

Plus précisément, comme décrit précédemment pour la fréquence f_1 pour le premier exemple d'application, la fréquence f_2 est choisie inférieure à la fréquence maximale acceptable $f_{\max}$ par la chaîne d'acquisition C1 et supérieure à la fréquence minimale $f_{\min}$ donnée par les équations (2) et (3) précédemment définies.

Ainsi, dans cet exemple, la caractéristique prédéfinie de la tension de polarisation de test différente de la caractéristique correspondante de la tension de polarisation nominale au sens de l'invention est la nature du signal, et plus précisément sa composante alternative, si les tensions $V_{\text{nom_h}}$ et $V_{\text{nom_l}}$ sont des tensions continues.

On notera par ailleurs que d'autres types de signaux peuvent être superposés aux tensions nominales, tels que par exemple des signaux en créneaux ou en triangles.

5 La tension différentielle V_3 résultant de l'application des tensions de polarisation de test V_{test_h} et V_{test_l} sur les résistances de tirage 21 et 22 est alors mesurée à l'aide de la chaîne d'acquisition C1 (étape F20). Puis les caractéristiques de cette tension différentielle V_3 sont observées (étape F30).

10 On notera que pour ces étapes, on utilise avantageusement ici la chaîne d'acquisition C1 du capteur 10, ce qui permet de mettre en œuvre l'invention de façon simple, sans nécessiter l'utilisation d'équipements supplémentaires. Toutefois, en variante, on pourrait également envisager l'utilisation d'un oscilloscope.

15 Les tensions de polarisation de test V_{test_h} et V_{test_l} correspondant à des signaux de même fréquence f_2 injectés en mode commun aux deux résistances de tirage 21 et 22, on s'attend, pour un comportement normal du capteur 10, à n'observer aucun signal à la fréquence f_2 en sortie du capteur 10.

20 Ainsi, si l'on observe dans la tension V_3 une composante à la fréquence f_2 , on en déduit alors qu'un court-circuit à la masse mécanique affecte le capteur 10 (étape F40).

Inversement, si aucune composante alternative à la fréquence f_2 n'est présente dans la tension V_3 , on en déduit alors que le capteur 10 a un comportement normal, autrement dit qu'il n'est pas affecté par un court-circuit à la masse mécanique (étape F50).

25 Il convient de noter que dans les exemples décrits précédemment, les tensions différentielles V_1 , V_2 , V_3 établies à l'aide la chaîne d'acquisition C1 sont des tensions établies en sortie du filtre 51. Or, de façon connue, la tension différentielle établie en sortie du filtre 51 par la chaîne d'acquisition C1 est l'image de la tension différentielle en entrée du filtre 51 après stabilisation, autrement dit, de la tension différentielle aux bornes du capteur 10 après stabilisation. Les tensions V_1 , V_2 et V_3 établies à l'aide de la chaîne d'acquisition C1 sont donc représentatives des tensions différentielles aux bornes du capteur 10.

35 Les exemples précédents ont été décrits pour une chaîne d'acquisition en mode différentiel. Toutefois, comme mentionné

précédemment, l'invention s'applique également à une chaîne d'acquisition en mode commun.

La **figure 6** représente, dans un mode particulier de réalisation de l'invention, un système de détection 101 d'un court-circuit affectant un capteur 110 d'une chaîne d'acquisition C2 en mode commun.

Le capteur 110 est par exemple un capteur inductif de position ou de déplacement, comprenant au moins un élément inductif 111 et un élément résistif 112. Ces hypothèses ne sont bien entendu pas limitatives, le capteur 110 pouvant être en variante un capteur résistif ou capacitif, permettant de détecter d'autres variables, telles que la température, la pression, la vitesse, etc.

En mode commun, l'une des bornes B2 du capteur 110 est reliée à la masse M, tandis que l'autre borne B1 est reliée à une résistance de tirage 121.

La résistance de tirage 121 correspond à un niveau de potentiel haut. Elle est connectée à un convertisseur numérique-analogique 131 apte à faire varier sa tension de polarisation. Le convertisseur numérique-analogique 131 est commandé par un cœur numérique 140.

La chaîne d'acquisition C2 du capteur 110 est en outre constituée, de façon connue en soi, d'un amplificateur 152, permettant d'améliorer le rapport signal-à-bruit du signal de mesure délivré par le capteur 110.

Une telle chaîne d'acquisition C2 en mode commun est souvent considérée lorsque les masses mécanique et électrique sont reliées. Dans ce contexte, un seul cas de court-circuit peut être rencontré au niveau du capteur 110, à savoir un court-circuit différentiel. Ainsi, le système 101 peut être utilisé de façon similaire au système de détection 1 décrit précédemment pour la détection d'un court-circuit différentiel dans le cas où une chaîne en mode différentiel est considérée. Toutefois, le système de détection 101 ne comprenant qu'une seule tension de polarisation, la valeur de l'amplitude de la tension de polarisation de test V_{test_h} appliquée devra être deux fois plus importante que dans le cas du système 101 pour permettre une détection d'un court-circuit.

L'invention s'applique de façon privilégiée mais non limitative dans le domaine de l'aéronautique. Elle permet notamment de détecter des court-circuits susceptibles d'affecter les nombreux capteurs présents à

bord d'un aéronef, tels que par exemple les capteurs de température, de déplacement, de pression, etc.

- On notera qu'en fonction du capteur considéré et de son impédance, ainsi que du type de court-circuit que l'on souhaite détecter, le procédé et le système de détection selon l'invention peuvent être mis en œuvre lors d'un test en cours d'essai en vol ou au sol, ou en variante, au cours d'un auto-test, notamment lorsqu'un signal de tension alternatif est injecté pour appliquer les tensions de polarisation de test.

REVENDICATIONS

1. Procédé de détection d'un court-circuit affectant un capteur (10,110), au moins une borne (B1,B2) de ce capteur étant reliée à une résistance de tirage (21,22,121), ledit procédé comprenant :

appliquer (E20,F10), à au moins une résistance de tirage (21,22,121), une tension de polarisation de test (V_{test_h} , V_{test_l}) comprenant au moins une caractéristique prédéfinie différente d'une caractéristique correspondante d'une tension de polarisation nominale (V_{nom_h} , V_{nom_l}) de cette résistance;

mesurer (E30,F20) la tension différentielle (V_2 , V_3) résultante aux bornes du capteur; et

en fonction d'au moins une caractéristique de la tension différentielle mesurée correspondant à la caractéristique prédéfinie des tensions de polarisation de test (E40,F30), déterminer (E50,E60,F40,F50) si le capteur présente un court-circuit,

dans lequel on détermine que le capteur présente un court-circuit si la caractéristique de la tension différentielle mesurée est différente d'une caractéristique correspondante attendue pour une tension différentielle mesurée aux bornes du capteur lorsque celui-ci ne présente pas de court-circuit.

2. Procédé de détection d'un court-circuit selon la revendication 1, dans lequel :

chaque borne (B1,B2) du capteur (10) est reliée à une résistance de tirage (21,22);

pour appliquer la tension de polarisation de test (V_{test_h} , V_{test_l}) à chaque résistance, on applique aux deux résistances de tirage (21,22), un signal alternatif à une fréquence prédéterminée différente d'une fréquence utile du capteur ; et

on détermine que le capteur présente un court-circuit si la tension différentielle résultante comporte une composante alternative à cette fréquence prédéterminée.

3. Procédé de détection d'un court-circuit selon la revendication 1 ou 2, comprenant en outre de mesurer une tension différentielle nominale (V_1) aux bornes du capteur (B_1, B_2) lorsque les résistances de tirage ($21, 22, 121$) sont alimentées par les tensions de polarisation nominales (V_{nom_h}, V_{nom_l}), et l'on détermine (E50) que ce capteur présente un court-circuit si la tension différentielle résultante mesurée après application des tensions de polarisation de test est sensiblement égale à la tension différentielle nominale.

4. Procédé de détection d'un court-circuit selon la revendication 3, dans lequel, pour appliquer la tension de polarisation de test, on applique, à chaque résistance, un signal continu.

5. Procédé de détection d'un court-circuit selon la revendication 4, dans lequel, le signal continu a une amplitude différente de l'amplitude de la tension de polarisation nominale de la résistance.

6. Procédé de détection d'un court-circuit selon la revendication 3, dans lequel, pour appliquer la tension de polarisation de test, on applique, à chaque résistance, un signal alternatif à une fréquence prédéterminée différente d'une fréquence utile du capteur.

7. Procédé de détection d'un court-circuit selon la revendication 6, dans lequel chaque borne du capteur est reliée à une résistance de tirage et, pour appliquer la tension de polarisation de test, les signaux alternatifs appliqués aux résistances sont des signaux sinusoïdaux en opposition de phase.

8. Système (1,101) de détection d'un court-circuit affectant un capteur (10,110), au moins une borne (B1,B2) de ce capteur étant reliée à une résistance de tirage (21,22,121), ledit système comprenant :

des moyens pour appliquer, à au moins une résistance de tirage (21,22,121), une tension de polarisation de test (V_{test_h} , V_{test_l}) comprenant au moins une caractéristique prédéfinie différente d'une caractéristique correspondante d'une tension de polarisation nominale de cette résistance;

des moyens (C1,C2) pour mesurer la tension différentielle résultante aux bornes du capteur; et

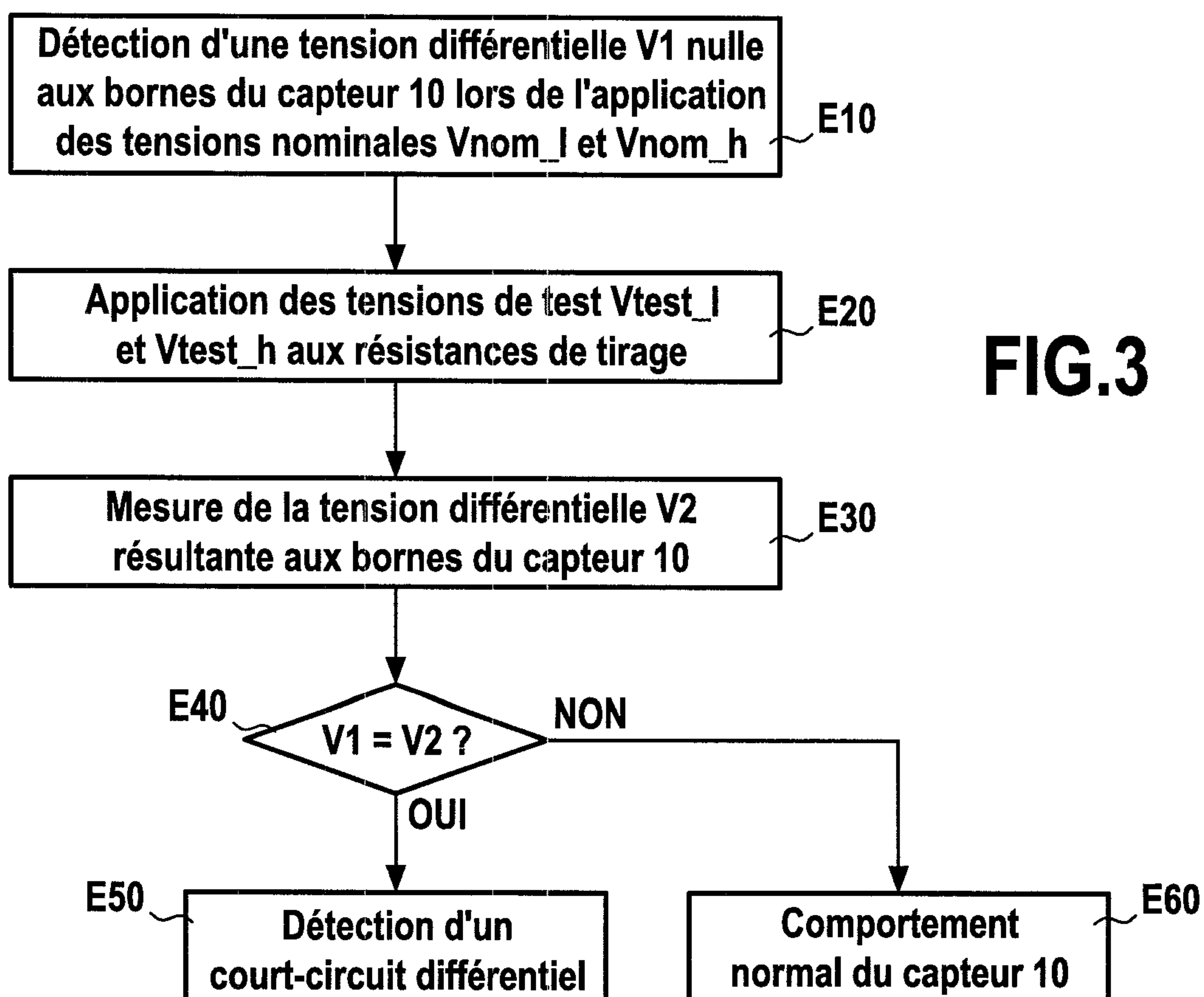
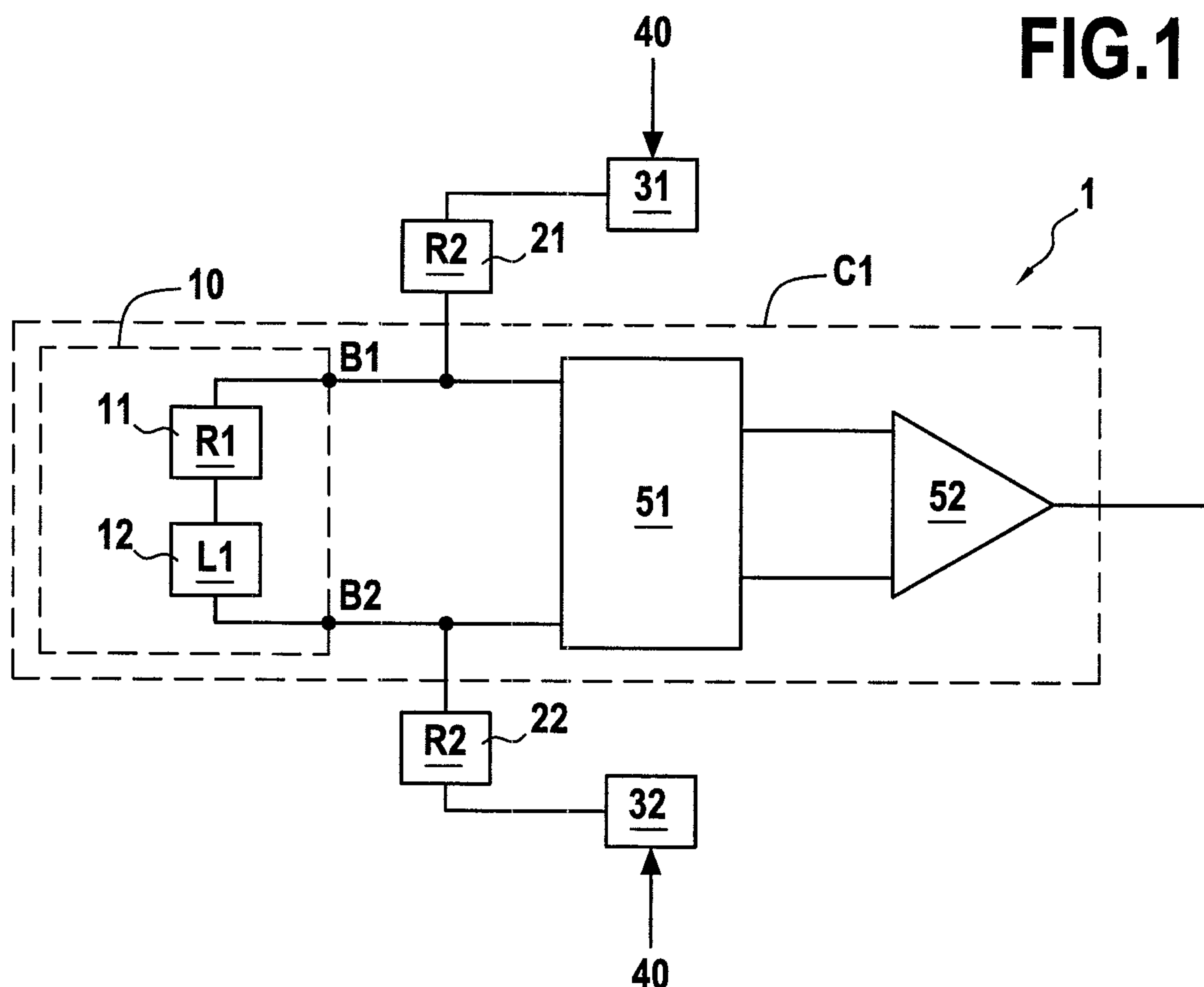
des moyens pour déterminer, en fonction d'au moins une caractéristique de la tension différentielle mesurée correspondant à la caractéristique prédéfinie des tensions de polarisation de test, si le capteur présente un court-circuit,

dans lequel on détermine que le capteur présente un court-circuit si la caractéristique de la tension différentielle mesurée est différente d'une caractéristique correspondante attendue pour une tension différentielle mesurée aux bornes du capteur lorsque celui-ci ne présente pas de court-circuit.

9. Système de détection d'un court-circuit selon la revendication 8, dans lequel les moyens pour appliquer les tensions de polarisation de test comprennent un convertisseur numérique analogique (31,32).

1/4

FIG.1



2/4

FIG.2A

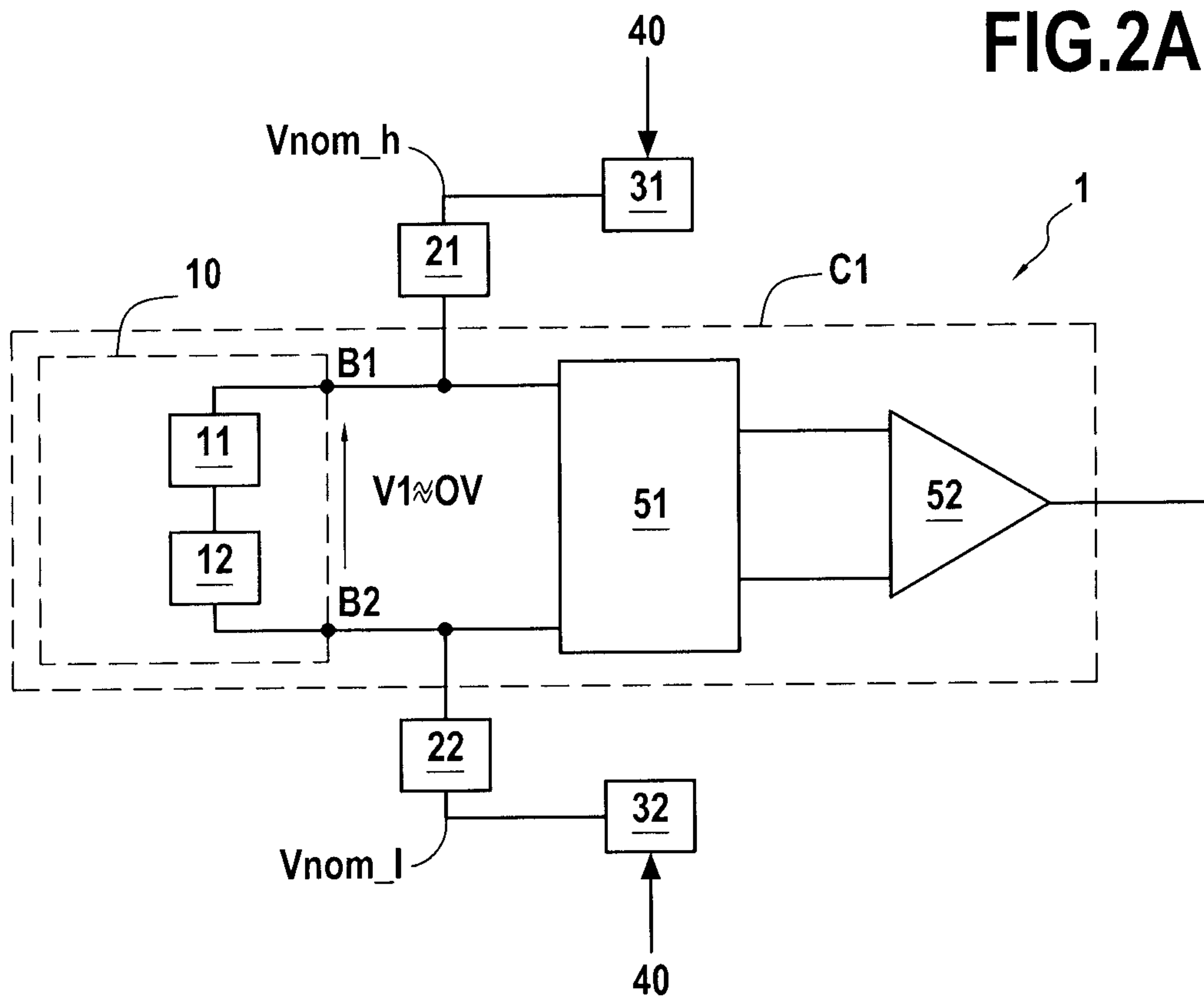
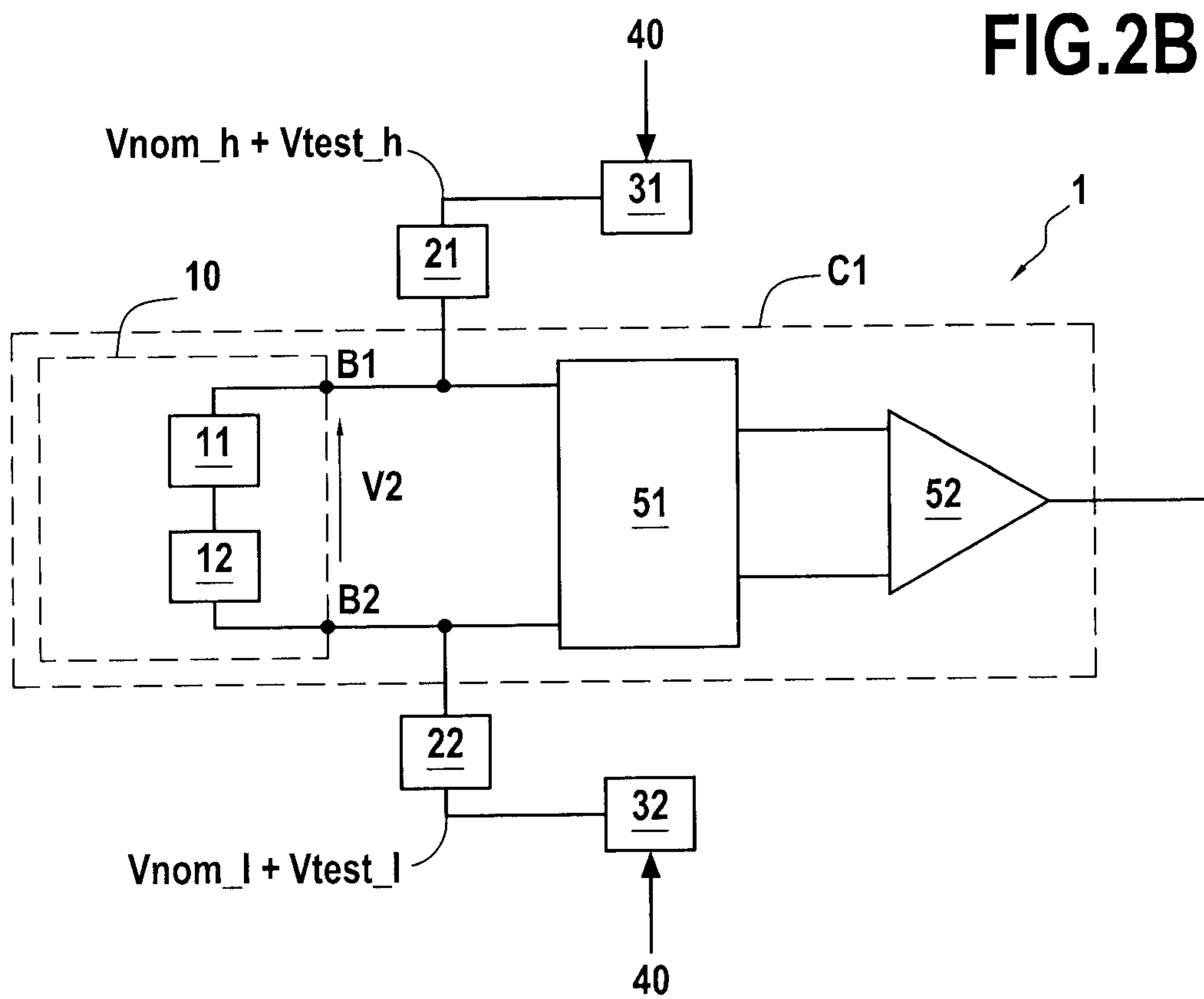


FIG.2B



3/4

FIG.4

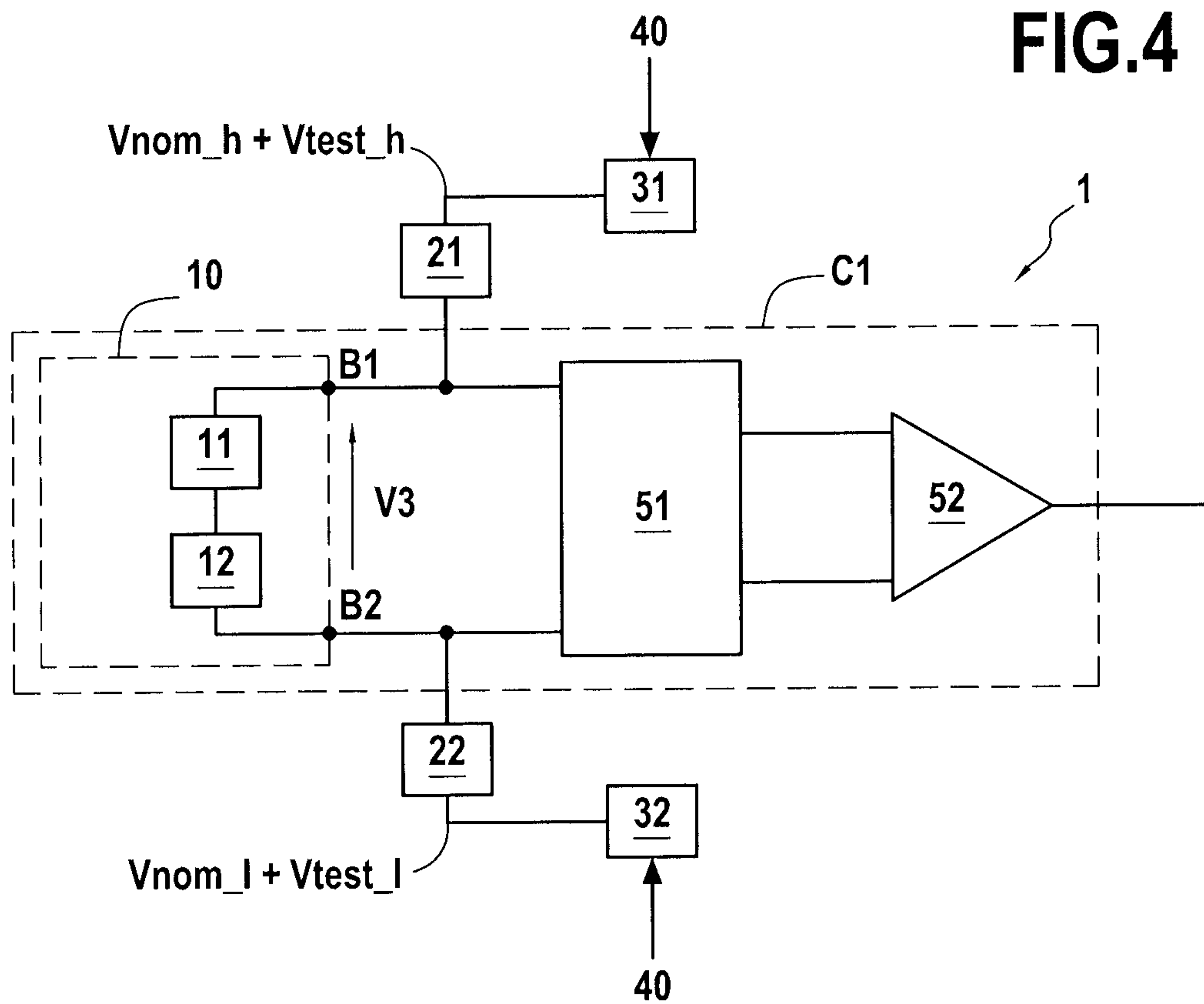
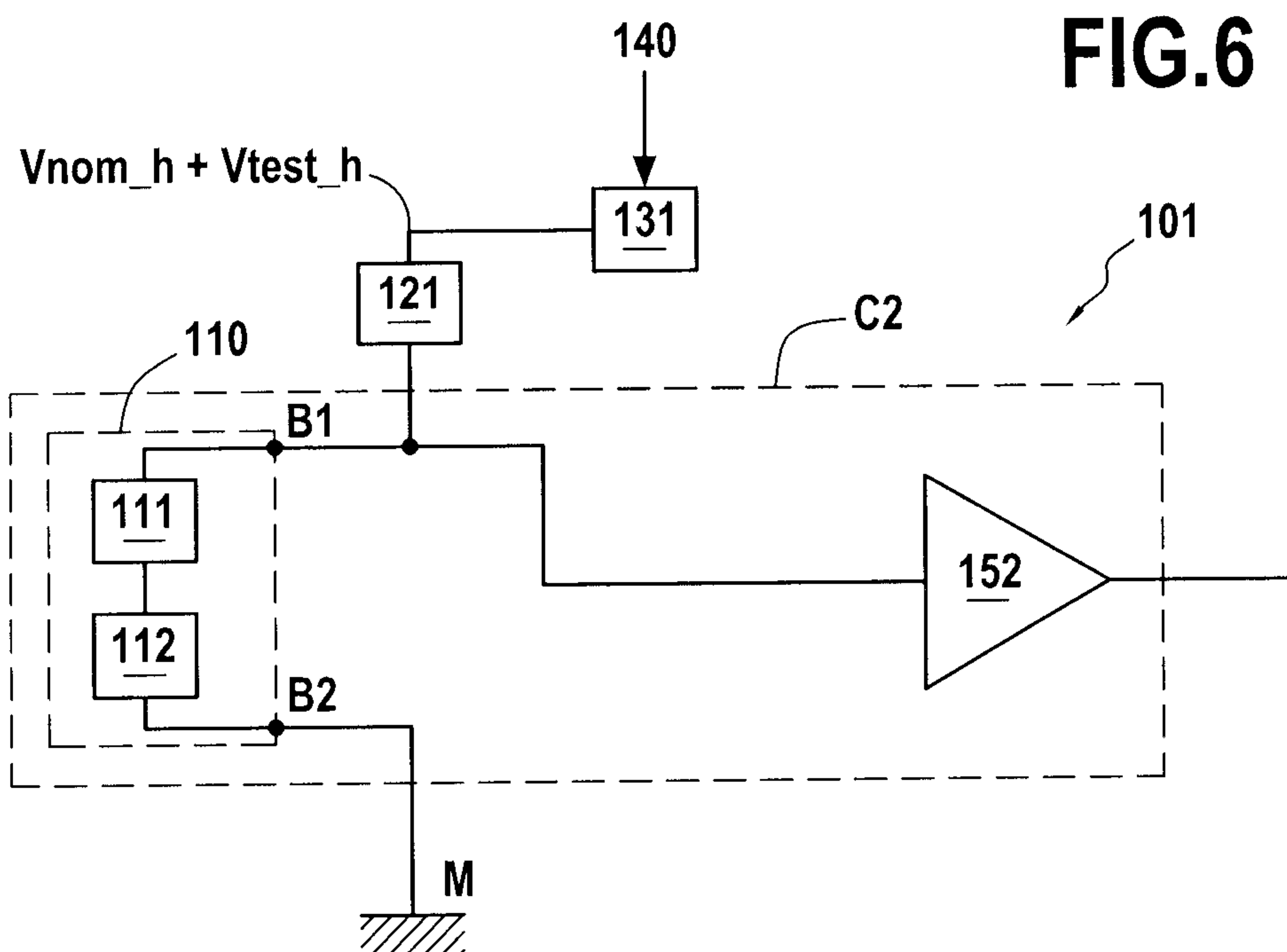


FIG.6



4/4

