



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 658 314 A5

⑤① Int. Cl.4: G 01 C 9/18

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ **FASCICULE DU BREVET** A5

⑳ Numéro de la demande: 1990/84

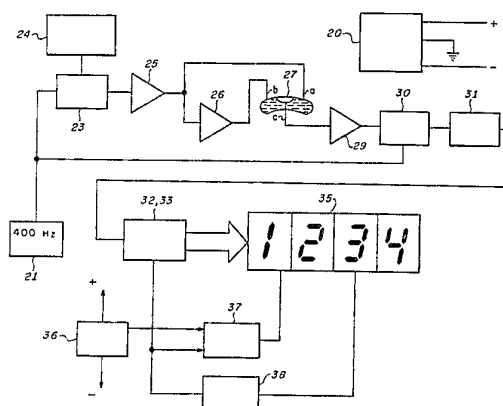
㉔ Date de dépôt: 19.04.1984

㉔ Priorité(s): 20.04.1983 US 486631

㉔ Brevet délivré le: 31.10.1986

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 31.10.1986㉔ Titulaire(s):
Sperry Corporation, New York/NY (US)㉔ Inventeur(s):
Swartz, Harold Lee, Glendale/AZ (US)
Hoogervorst, Thomas Richard, Scottsdale/AZ
(US)
Lane, Lynn R., Phoenix/AZ (US)㉔ Mandataire:
Kirker & Cie SA, Genève⑤④ **Circuit pour un inclinomètre produisant une lecture numérique.**

⑤⑦ L'inclinomètre comprend un capteur de niveau (27) sensible à une inclinaison et des éléments (29-32) pour assurer l'activation d'un visualiseur à cristaux liquides (35) servant à indiquer l'inclinaison d'une surface avec un haut degré de précision; en outre, il est prévu des éléments établissant une haute stabilité lors de changements de la tension de batterie et de la température environnante, un contrôleur (36) de la condition de batterie; également, il est inutile d'effectuer des réglages après l'étalonnage initial et un effacement partiel du visualiseur avertit l'utilisateur que la limite d'inclinaison linéaire a été atteinte; le système à lecture numérique directe facilite l'utilisation de l'appareil et permet d'obtenir un haut degré de précision et de reproductibilité et le circuit est conçu en particulier pour une faible consommation de courant.



REVENDECATIONS

1. Circuit pour un inclinomètre produisant une lecture numérique, caractérisé en ce qu'il comprend une source de courant (20) pour alimenter le circuit, un capteur (27) réagissant à l'influence de la force de gravité terrestre et agencé pour produire un premier signal représentatif de l'inclinaison du capteur par rapport à l'horizontale, un générateur de signaux relié au capteur (27) pour activer le capteur afin qu'il produise ledit premier signal, des moyens détecteurs (29-32) réagissant audit premier signal de manière à produire un second signal quand le capteur est incliné par rapport à l'horizontale, et un indicateur numérique (35) relié aux moyens détecteurs pour produire une sortie numérique proportionnelle à l'inclinaison captée.

2. Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend une source de tension alternative (21) pour activer des moyens modulateurs (23) qui sont adaptés pour produire une tension de crête sensiblement constante par rapport à des variations de ladite source en fonction du temps et de l'environnement et fournie au capteur (27) pour que le capteur délivre le premier signal, proportionnel à l'inclinaison du capteur par rapport à l'horizontale, un moyen (26) pour coupler différenciellement par rapport à la masse la tension de crête sensiblement constante afin d'activer le capteur, un démodulateur (30) synchronisé avec la source de tension alternative pour la détection du second signal d'inclinaison, un convertisseur analogique-numérique (32) réagissant au second signal pour transformer ledit signal de forme analogique en un signal équivalent de forme numérique binaire, et un moyen de commande d'affichage (33) relié au convertisseur et réagissant au signal sous forme numérique binaire pour exciter le visualiseur numérique (35), ce visualiseur étant construit et adapté pour produire une valeur numérique d'affichage représentant le sens et la grandeur de l'inclinaison du capteur par rapport à l'horizontale.

3. Circuit selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'il produit des tensions de sortie sensiblement égales et de polarités opposées à partir d'une seule source d'alimentation, comprenant un diviseur de tension (R_1 , R_2) comportant un point de jonction disposé entre les tensions de sortie, un amplificateur opérationnel (U_1) comportant des entrées disposées différenciellement, une des entrées étant reliée audit point de jonction, tandis que l'autre entrée est reliée à la masse, l'amplificateur comportant une sortie également reliée à la masse.

4. Circuit selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens passifs de filtrage (C_1 , C_2) qui reçoivent lesdites tensions de sortie.

5. Circuit selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le capteur (27) comprend un niveau à liquide, comportant un carter incurvé étanche au fluide, partiellement rempli d'un liquide conducteur approprié, et pourvu d'une pluralité de contacts électriques (a , b , c) pour entrer en contact avec ledit liquide, au moins deux des contacts (a , b) étant adaptés pour être reliés à la source de signaux, et au moins un contact (c) autre que les deux contacts précités étant disposé centralement entre les deux contacts précités et étant adapté pour être relié aux moyens détecteurs (29, 32).

6. Circuit selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le capteur (27) comprend un capteur électrolytique toroïdal comportant un carter contenant un fluide électrolytique dans lequel sont immergées au moins partiellement une pluralité d'électrodes de forme incurvée disposées à l'intérieur du carter.

7. Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce que le capteur (27) comprend un élément à pendule et des moyens électriques de captage, lesdits moyens de captage fournissant un signal fonction de l'inclinaison du pendule.

8. Circuit selon la revendication 7, caractérisé en ce que les moyens de captage sont inductifs, capacitifs ou résistifs.

9. Circuit selon la revendication 1, caractérisé en ce que le capteur comprend un élément à pendule et des moyens de captage optique.

10. Circuit selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un moyen (36) de contrôler si la source de courant est suffisante ou non, un moyen d'activation de visualiseur (37), répondant au moyen de contrôle pour exciter un élément d'indication de source de courant insuffisante dans l'indicateur numérique (35) quand la source de courant fournit une tension qui a diminué en dessous d'une valeur prédéterminée.

11. Circuit selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que le capteur (27), la source de signaux, les moyens détecteurs (29-32) et l'indicateur numérique (35) sont construits et agencés de façon à produire un fonctionnement sensiblement linéaire dans une gamme prédéterminée.

12. Circuit selon la revendication 11, caractérisé en ce qu'il est étalonné pour produire une lecture numérique sensiblement linéaire de pente en unités de déplacement vertical en fonction d'une distance horizontale, ou bien en unités angulaires.

13. Circuit selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'indicateur numérique comprend un visualiseur à cristaux liquides (35) ou bien plusieurs diodes émettrices de lumière ou bien des moyens de mesure analogiques.

14. Circuit selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que l'indicateur numérique (35) comprend plusieurs chiffres décimaux et des moyens pour supprimer au moins un des chiffres en réponse à une non-linéarité ou à un dépassement de gamme dans le capteur.

15. Circuit selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce qu'il est pourvu d'une source de courant de référence (24) stabilisée par rapport à la température.

16. Circuit selon la revendication 15, caractérisé en ce que la source de courant est pourvue d'un moyen de référence à diode Zener (Z_1) pour stabiliser la tension entre approximativement 0° C et 43° C.

17. Circuit selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que le moyen de fourniture de courant produit en outre des tensions de sortie sensiblement égales et de polarités opposées à partir d'une seule source d'alimentation.

18. Inclinomètre produisant une lecture numérique comprenant un circuit selon l'une des revendications 1 à 17 et un carter (10) comportant au moins une surface de référence (11), le capteur (27) du circuit étant monté dans le carter pour produire une sortie numérique proportionnelle à l'inclinaison de la surface de référence par rapport à l'horizontale.

19. Inclinomètre selon la revendication 18, caractérisé en ce qu'il comprend en outre un moyen pour polariser la source de signaux de façon que le capteur (27) puisse être étalonné pour des erreurs nulles en orientation par rapport à la surface de référence (11).

La présente invention concerne un appareil de nivellement et plus particulièrement un circuit pour un inclinomètre pour afficher avec un haut degré de précision une valeur numérique de l'écart par rapport à l'horizontale ou à la verticale d'un capteur. Elle concerne aussi un inclinomètre contenant ce circuit.

On connaît dans l'art antérieur des dispositifs de nivellement dans lesquels l'élément de détection est un niveau à bulle incurvé classique. Le niveau à bulle comprend une ampoule de verre partiellement remplie d'un liquide et comportant un intervalle d'air dont la position réagit à l'inclinaison du niveau. Une application spécifique est son utilisation courante comme un niveau de charpentier où une ampoule est noyée dans un élément linéaire qui définit le plan de référence et qui est aligné avec la surface à niveler. Un autre dispositif de ce genre utilise un niveau à bulle accroché à un câble tendu entre deux points pour établir un niveau ou une pente. Un voyant pouvant être tenu à la main a également été utilisé en combinaison avec un niveau à bulle gradué pour des observations rapides sur

chantier. Dans de tels dispositifs connus, des graduations peuvent être gravées pour définir l'écart par rapport à des surfaces horizontales ou verticales auxquelles le niveau est appliqué. Cependant, ces dispositifs sont relativement imprécis à cause de l'absence de sensibilité à un déplacement angulaire, de l'absence d'étalonnage angulaire précis et du fait qu'ils nécessitent une interprétation visuelle par l'observateur de la position de la bulle par rapport aux graduations. Il est clair que cette interprétation peut varier d'un observateur à un autre, et également au cours du temps. D'autres moyens de mesure d'un niveau, ou du réglage d'une surface à une pente ou angle désiré, comprennent des instruments géométriques, tels que des lunettes optiques de géomètre, mais de tels dispositifs sont encombrants et prennent beaucoup de temps lors de leur utilisation, bien qu'ils soient capables de fonctionner avec un haut degré de précision. En outre, de tels instruments nécessitent une expérience qui n'est pas possédée par le profane ou tout au moins par le spécialiste ordinaire. En outre, des échelles telles que celles utilisées sur une lunette sont sujettes à une erreur humaine de lecture du fait qu'elles sont d'une nature essentiellement analogique et qu'elles peuvent nécessiter une interpolation par vernier.

Conformément à la présente invention, le circuit est défini par la revendication 1 et l'inclinomètre par la revendication 18.

De préférence, l'inclinomètre utilise comme capteur un niveau à bulle du type électrolytique, partiellement rempli d'un liquide conducteur approprié et pourvu de contacts électriques. Dans ce cas, un signal pulsatoire est appliqué différenciellement au capteur pour activer le dispositif. La sortie du capteur est convertie numériquement et elle est utilisée pour commander un dispositif d'affichage numérique, comme un dispositif d'affichage à cristaux liquides. Un circuit de stabilisation du signal appliqué au détecteur fournit une lecture qui est essentiellement linéaire et indépendante de variations du courant d'alimentation en fonction du temps et de la température dans une large gamme. Dans le mode préféré de réalisation, un circuit et des composants sont sélectionnés de façon à avoir une grande stabilité pour une dissipation minimale d'énergie, ce qui permet par conséquent d'obtenir une longue durée de service sur chantier lors d'une alimentation par batterie.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mis en évidence, dans la suite de la description, donnée à titre d'exemple non limitatif, en référence aux dessins annexés dans lesquels:

la figure 1 est une vue en perspective de principe de l'inclinomètre emballé,

la figure 2 est un schéma bloc du mode préféré de réalisation de l'invention,

la figure 3 est un schéma montrant la source de courant, le circuit d'excitation de capteur et le circuit détecteur du mode préféré de réalisation,

la figure 4 est un schéma montrant un circuit de commande d'un visualiseur à cristaux liquides (LCD) pour lecture numérique, et

la figure 5 est un schéma représentant un circuit correspondant aux caractéristiques d'affichage de virgule décimale et de batterie faible du visualiseur à cristaux liquides LCD.

En référence à la figure 1, la vue en perspective montrant la structure de principe de l'inclinomètre met en évidence un capteur 10 comportant deux faces parallèles 11 et 11' adaptées pour la mesure de l'inclinaison de surfaces essentiellement horizontales, et une seconde paire de faces parallèles 12 et 13' perpendiculaires aux faces 11 et 11', adaptées pour une mesure de surfaces essentiellement verticales. Un dispositif d'affichage numérique 13 fournit une valeur numérique d'une pente avec quatre chiffres significatifs, bien que d'autres visualiseurs comportant plus ou moins de chiffres puissent être utilisés. Dans le mode préféré de réalisation, le visualiseur établit une gamme correspondant approximativement à $\pm 10^\circ$, ou plus précisément $9,45^\circ$ d'inclinaison correspondant à 16,5 cm par mètre. Cela représente la gamme essentiellement linéaire de l'élément de détection. Pour des inclinaisons supérieures à cette gamme, des chiffres décimaux du visualiseur sont automatiquement supprimés pour alerter l'observateur que la gamme linéaire a été dépassée. Des

unités angulaires telles que des degrés et minutes d'arc ou des micro-radians peuvent aussi être affichées avec un étalonnage approprié du circuit. Bien qu'on ait représenté un visualiseur à cristaux liquides (LCD), on peut utiliser d'autres dispositifs d'affichage, tels que des diodes émettrices de lumière ou même un appareil de mesure analogique à échelle expansée, par une adaptation appropriée du circuit d'activation, avec pour conséquence une augmentation de la consommation de courant. Bien qu'il soit prévu un interrupteur de courant 14, le dispositif comprend un circuit pour réduire au minimum la consommation de courant.

La figure 2 représente un schéma bloc du mode préféré de réalisation de l'invention. Une batterie, non représentée, de préférence une batterie de type miniature de neuf volts, excite une source de courant 20. La source de courant 20 produit à sa sortie des courants équilibrés +DC et -DC de polarités égales et opposées par rapport à la masse, dérivée de la batterie (+4,5 et -4,5 pour une batterie de neuf volts). Un oscillateur 21 produit une onde carrée d'approximativement 9,0 volts de crête à crête et de 400 Hz, qui excite un modulateur 23. Une référence de tension de précision 24 fournit une tension réglée dérivée de la source de courant 20, qui est «hachée» par le modulateur 23 en concordance avec l'impulsion d'activation. Cela permet d'obtenir une impulsion de 400 Hz d'amplitude de crête essentiellement constante, cette impulsion étant appliquée à un amplificateur 25 qui excite un inverseur 26 et un capteur 27, en produisant ainsi une excitation en opposition de phase par rapport à la masse des électrodes de contact *a* et *b* du capteur 27. Une électrode neutre *c* est reliée à un amplificateur 29. Quand le capteur 27 est incliné, un signal différentiel est engendré entre les contacts *a-c* et *b-c*, dont l'amplitude et la phase sont déterminées par l'angle d'inclinaison. Le signal résultant obtenu au contact de *c* est appliqué à l'amplificateur 29 qui excite un démodulateur 30, synchronisé avec le système d'excitation du modulateur 23 par l'oscillateur 21, de manière à produire à la sortie une impulsion de courant continu redressé. Après filtrage par un filtre 31, le courant analogique de sortie est appliqué à un convertisseur analogique-numérique 32 et les signaux numériques de sortie sont utilisés pour activer un pilote d'affichage 33, également prévu dans le même circuit intégré que le convertisseur 32, par l'intermédiaire d'un bus à lignes multiples 34 afin d'exciter un visualiseur LCD 35 et de fournir une lecture en concordance avec la grandeur et la direction d'inclinaison du capteur 27. Les blocs 36 et 37 représentent respectivement un élément de contrôle de tension de batterie, et un élément de commande d'un indicateur de source de courant insuffisante prévu sur le visualiseur LCD lorsque la tension de batterie tombe en dessous d'une valeur prédéterminée, de préférence de l'ordre de 7 volts pour une batterie de 9 volts. Un signal pulsatoire produit par le pilote d'affichage 33 excite une porte décimale 38 de façon continue afin de faire apparaître la virgule décimale sur le visualiseur LCD.

Bien que le mode préféré de réalisation soit représenté avec un capteur incurvé de niveau de liquide 27, d'autres capteurs électrolytiques sont également appropriés. Ceux-ci comprennent des capteurs toroïdaux, tels que ceux décrits dans les brevets U.S. Nos 3 823 486, 3 992 951 et 4 028 815. D'autres types de capteurs qui peuvent être adaptés à ce mode de réalisation peuvent être composés d'un pendule associé à des capteurs inductifs, capacitifs ou optiques.

On va maintenant décrire en détail le fonctionnement du circuit. En référence à la figure 3, une source de courant 40 est excitée par une batterie à courant continu 41, qui peut être une batterie de 9 volts du type couramment utilisé dans des appareils de radio portatifs. Le courant fourni par la batterie 41, après avoir passé par un interrupteur de commande 14, est appliqué à un réseau diviseur R_1 , R_2 , qui est de préférence composé de résistances égales de valeur relativement élevée afin de réduire au minimum la consommation de la batterie. Un amplificateur U_1 est constitué par une partie d'un circuit intégré à quatre amplificateurs opérationnels linéaires, qui comporte également les amplificateurs U_2 - U_4 qui seront décrits dans la suite. La jonction des résistances R_1 et R_2 est reliée à l'entrée positive de l'amplificateur U_1 . L'entrée négative de l'amplificateur U_1

et la sortie de l'amplificateur constituent la référence de masse pour le circuit électronique. On peut voir que le réseau résistif symétrique produit une tension de point-milieu de 4,5 volts en courant continu à l'entrée positive de l'amplificateur U_1 , qui est câblé comme un suiveur de tension, la tension de sortie suivant la tension d'entrée positive et correspondant à un gain égal à l'unité. Dans des conditions équilibrées, aucun courant ne passe dans le conducteur de retour à la masse et, en conséquence, l'amplificateur U_1 n'est pas sollicité pour fournir du courant. S'il se produit un déséquilibre dans les demandes de courant entre les branches positive ou négative et la masse, l'amplificateur U_1 fournit le courant de différence, en rééquilibrant ainsi les tensions de sortie sans prendre un courant additionnel par l'intermédiaire de R_1 ou R_2 .

Ce circuit fournit ainsi un moyen très efficace de produire des tensions positives et négatives de valeurs égales au moyen d'une alimentation commune possédant une faible impédance de source qui nécessiterait autrement des valeurs relativement faibles pour R_1 et R_2 , avec pour conséquence une augmentation de la consommation de la batterie ou bien l'obligation de prévoir un régulateur actif qui se traduirait par des pertes de courant correspondantes. Les condensateurs C_1 et C_2 , ayant également de préférence des valeurs égales, établissent une capacité additionnelle de stockage pour uniformiser le courant d'alimentation fourni par des rapports à une variation des demandes de courant.

La figure 3 représente également le circuit d'activation 50 du capteur électrolytique 27. L'oscillateur 21 fournit une onde carrée de 9,0 volts de crête à crête et de 400 Hz à un modulateur Q_1 à transistor à effet de champ et une résistance R_3 produit une réduction de la tension positive d'alimentation, qui est de l'ordre de 4,5 volts en courant continu, jusqu'à 2,5 volts en courant continu. Une diode Zener D_1 doit être d'un type à compensation appropriée de la température pour assurer un fonctionnement précis de l'inclinomètre dans une large gamme de températures. De préférence, elle doit être appropriée pour être utilisée dans la gamme comprise entre 0° C et 43° C, comme le type LM 236 fabriqué par National Semiconductor Corporation, Santa Clara, Californie, U.S.A.

La tension réglée fournie par R_3 est appliquée par l'intermédiaire d'une résistance de charge R_4 au modulateur Q_1 qui est excité par l'oscillateur 21 de façon à produire à sa sortie une tension pulsatoire réglée avec précision, de 2,5 volts de crête à crête, au condensateur C_3 et à la résistance R_5 , le premier composant assurant une isolation en courant continu et transmettant seulement la composante de courant alternatif de l'onde carrée d'entrée. La tension alternative sortant du condensateur C_3 est ensuite appliquée à l'amplificateur Q_2 qui amplifie le signal de façon à engendrer une tension correspondant à une faible impédance de 2,5 volts de crête à crête pour exciter le contact *a* du capteur 27. L'amplificateur U_2 excite également un inverseur U_3 qui produit un signal d'une amplitude égale et d'une phase opposée, ce signal étant appliqué au contact *b* du capteur 27. Des résistances R_5 , R_6 , R_7 et R_8 sont utilisées pour établir une impédance d'entrée et une optimisation de gain.

Des résistances R_9 et R_{13} sont utilisées pour appliquer une polarisation de correction en courant alternatif à l'amplificateur Q_4 afin de corriger des irrégularités dans le montage du capteur électrolytique 27, qui auraient un effet perturbateur sur la précision de réponse à une inclinaison zéro.

Comme indiqué sur la figure 3, un signal est appliqué au capteur 27 par l'intermédiaire des contacts *a* et *b*. Le capteur 27 peut être un niveau électrolytique, tel que celui du type CG-57S avec électrolyte MKI, qui est fabriqué par SPECTRON Glass and Electronics Inc., Uniondale, New York, U.S.A. L'électrolyte est d'une composition spéciale pour obtenir une faible viscosité et une résistivité relativement grande pour cette application. Quand le capteur 27 est horizontal, l'électrolyte contenu dans celui-ci établit des voies de résistances égales entre les électrodes *a-c* et *b-c*. Puisque les tensions appliquées à *a* et *b* sont de phases opposées, leur somme est égale à zéro et on n'obtient en *c* aucune tension de sortie par rapport à la masse. Quand le capteur 27 est incliné, une tension différentielle est

engendrée entre l'électrode *c* et la masse, à cause des voies résistives différentes de l'électrolyte, ce qui provoque ainsi l'application d'un courant alternatif d'excitation à l'amplificateur U_4 .

La tension de sortie produite à l'électrode commune *c* du capteur de niveau 27 est engendrée aux bornes d'une résistance R_{10} et elle est ensuite appliquée à l'amplificateur U_4 par l'intermédiaire d'un condensateur C_6 et d'une résistance R_{11} branchés en série. Des condensateurs de blocage de courant continu C_4 , C_5 et C_6 servent à empêcher le passage d'un courant continu U_2 , U_3 ou U_4 vers l'arrière en direction du capteur électrolytique 27 qui pourrait être endommagé par précipitation d'ions dans l'électrolyte, ou bien par génération de gaz qui changeraient les dimensions de la bulle. R_{11} sert à étalonner la tension d'entrée par rapport à l'entrée négative de l'amplificateur U_4 . L'entrée positive de l'amplificateur U_4 est définie en référence à la masse par l'intermédiaire d'une résistance R_{12} et d'une résistance R_{13} en combinaison avec la tension de polarisation provenant de R_9 et qui exerce une correction en courant alternatif sur la borne négative de l'amplificateur U_4 . La résistance R_{14} détermine le gain de l'amplificateur U_4 qui amplifie la tension de sortie variable du capteur et qui l'applique à un condensateur C_7 qui supprime une tension continue apparaissant à la sortie de l'amplificateur U_4 . La tension d'excitation est appliquée par l'intermédiaire d'une résistance R_{15} à un modulateur Q_2 à transistor à effet de champ qui est commandé, par l'intermédiaire de la résistance R_{16} , par l'oscillateur 21 en synchronisme avec Q_1 , qui est commandé par l'intermédiaire de R_{17} , en assurant ainsi une démodulation et en produisant une onde carrée avec redressement d'une seule alternance. Une résistance R_{18} et un condensateur C_8 filtrent la sortie du modulateur Q_2 de manière à obtenir à la sortie une tension continue filtrée qui est proportionnelle à l'angle d'inclinaison du capteur et qui a une polarité positive ou négative en fonction de la direction d'inclinaison. Le courant continu filtré de sortie est ensuite appliqué au convertisseur analogique-numérique 32.

En considérant maintenant la figure 4, on voit qu'une pastille à circuit intégré U_5 comporte un circuit de conversion analogique/numérique et d'excitation du visualiseur LCD 35. Une tension analogique d'entrée provenant du modulateur Q_2 (cf. figure 3) est appliquée à une fiche 31 de U_5 . La partie de conversion analogique/numérique de la pastille U_5 convertit numériquement le signal analogique et produit un chiffre décimal correspondant codé en binaire à un instant donné. La partie d'excitation de visualiseur convertit l'information binaire en un code de sortie de 7 bits approprié pour l'excitation d'une partie d'affichage numérique à sept segments. Ces fonctions sont disponibles sur une seule pastille MSI telle que la pastille INTERSIL 7126, fabriquée par Intersil, Sunnyvale, Californie, U.S.A.

Des résultats semblables peuvent être obtenus par utilisation de circuits intégrés individuels pour une conversion analogique/numérique, un codage BCD, et pour une activation du visualiseur à sept segments. Il est reconnu que les connexions de fiches représentées sur la figure 4 peuvent être modifiées pour les circuits logiques et d'affichage particuliers choisis, qui ne sont pas critiqués pour l'invention. Les résistances R_{19} - R_{21} et les condensateurs C_9 - C_{12} sont choisis de façon à établir les valeurs appropriées de constante de temps d'intégration, de vitesse d'échantillonnage d'affichage et de fréquence d'impulsions de base, suivant ce qui est recommandé par le fabricant des composants. Pour le circuit considéré, la fréquence de base est de 50-60 Hz et l'affichage est mis à jour à une vitesse de 3 cps.

Avantageusement, le circuit de conversion analogique/numérique INTERSIL 7126 comporte des moyens pour effectuer une suppression automatique des trois chiffres décimaux de l'affichage lorsque la lecture dépasse respectivement 1,999 ou -1,999. L'inclinomètre utilise avantageusement cette caractéristique pour empêcher l'utilisateur d'enregistrer des lectures imprécises sous l'effet d'une saturation du circuit ou du capteur. La gamme du capteur, l'étalonnage du circuit et la position de la virgule décimale sont choisis de telle sorte qu'il se produise un effacement dans le visualiseur juste à

l'intérieur de la gamme linéaire du capteur et du circuit électronique. Il est clair pour un spécialiste en la matière que, bien que des tolérances de composants individuels ne soient généralement pas critiques, un équilibrage judicieux et une sélection correcte des composants d'un inclinomètre permettent d'utiliser la caractéristique importante de suppression du circuit tout en obtenant un capteur ayant une gamme appropriée.

En considérant maintenant la figure 5, on voit que le contrôleur de source de courant insuffisante est composé d'une diode Zener D_2 , d'une diode D_3 , d'un transistor Q_3 , et de résistances associées. Le contrôleur de source de courant insuffisante fonctionne de la manière suivante. Lorsque la tension primaire de batterie est de 7 volts en courant continu ou plus, la diode D_2 , qui est sélectionnée de manière à être conductrice pour une tension continue de 6,2 à 6,8 volts, est mise en conduction par l'intermédiaire des résistances R_{30} et R_{31} . Cela produit une polarisation directe de la jonction collecteur-base du transistor Q_3 . Puisque la jonction émetteur-base est polarisée en sens inverse par l'alimentation négative et la chute de potentiel aux bornes de R_{31} , le transistor Q_3 devient conducteur. S'il y a polarisation jusqu'à saturation, la chute de tension entre collecteur et émetteur devient faible et en conséquence un potentiel négatif fourni par l'alimentation de -4,5 volts en courant continu est appliquée à la diode D_3 qui est alors bloquée. La diode D_3 est utilisée pour protéger contre une surexcitation une porte V_6 , de façon que le potentiel négatif maximal de 4,5 volts ne soit jamais appliqué à l'entrée associée de V_6 , puisque la voie de retour à R_{33} passe par la pastille d'affichage U_5 au lieu d'aboutir à la masse commune. V_6 est une porte OU-exclusif et en conséquence, lorsque la tension d'entrée précitée à la diode est verrouillée à une valeur faible, V_6 fournit une tension de sortie correspondant à la forme d'onde de l'impulsion d'activation provenant de l'affiche 21 de U_5 et qui est appliquée à la seconde entrée. Cette tension de sortie constitue la tension de base de 5 volts et, puisqu'il n'existe aucune différence de potentiel entre l'impulsion de base et la tension appliquée à la borne source de courant insuffisante de LCD, l'indicateur de source de courant insuffisante n'est pas activé. Dans la condition où la tension primaire de batterie est faible, ce qui correspond de préférence à une tension inférieure à 7 volts, la diode D_2 est alors bloquée. Le circuit base-collecteur est ouvert et le transistor Q_3 est par conséquent bloqué, ce qui permet la transmission de la tension positive de batterie, par l'intermédiaire de R_{32} et D_3 à une entrée de V_6 . Puisque la tension de base de forme d'onde carrée est appliquée à la seconde entrée, et puisque la porte OU-exclusif V_6 ne fournit pas une tension de sortie lorsque les deux entrées sont excitées, l'effet obtenu consiste en une inversion de la tension de base et en l'application d'un potentiel de 5 volts par rapport à la tension de base à la borne de source de courant insuffisante, ce qui produit l'activation de l'élément associé d'affichage.

L'élément d'affichage de «virgule décimale» opère suivant un principe semblable. Une tension continue positive constante de 4,5 volts est appliquée à une entrée d'une porte OU-exclusif V_7 . L'impulsion de base est appliquée à la seconde entrée de V_7 et la tension de base est par conséquent inversée dans la porte de façon à produire une impulsion de sortie de 4,0 volts à chaque fois que l'impulsion de base est au zéro, en établissant ainsi un affichage continu

de la virgule décimale à chaque fois que du courant est appliqué au système.

A nouveau en référence aux figures 3 et 4, les potentiomètres R_9 et R_{22} sont utilisés respectivement pour un réglage à zéro et pour un réglage du facteur d'échelle. R_9 additionne une partie des tensions d'excitation du capteur avec la tension de sortie du capteur soit pour une addition, soit pour une soustraction dans la position de nivellement, en vue d'assurer ainsi un réglage précis de zéro sans qu'il soit nécessaire d'équilibrer mécaniquement le support du capteur. R_{22} applique la tension de référence au convertisseur analogique/numérique U_5 pour ajuster le gain ou le facteur d'échelle se rapportant à l'inclinaison par rapport à la sortie étalonnée du visualiseur LCD.

L'inclinomètre de la présente invention procure de nombreux avantages par rapport à l'art antérieur, comme indiqué dans la suite:

1. Il fournit une lecture numérique de précision avec une grande stabilité et une insensibilité à des variations dues à la température environnante et à un affaiblissement de la batterie au bout d'un usage prolongé.
2. Les composants sont sélectionnés de façon à avoir une très faible consommation de courant, ce qui permet une longue durée de service de la batterie. Le convertisseur analogique/numérique et les portes OU-exclusif sont des dispositifs CMOS de très faible consommation de courant et les amplificateurs sont également des amplificateurs opérationnels de très faible puissance. Les résistances sont étalonnées à des valeurs aussi élevées que possible, en relation avec les impératifs opérationnels afin de réduire au minimum la dissipation d'énergie. Dans le capteur de niveau à liquide, on utilise également un fluide de haute impédance pour réduire au minimum l'écoulement de courant dans les attitudes actives.
3. En utilisant une technique de division active de tension, une seule batterie est nécessaire pour produire des tensions d'alimentation positives et négatives. En étant activé seulement lorsqu'il se produit un déséquilibre entre les consommations de courant par les sources d'alimentation en courant fort et en courant faible, le circuit fournit du courant seulement à la demande et il est par conséquent très économique.
4. Après des réglages initiaux d'étalonnage concernant le gain et le réglage de zéro, aucun autre réglage d'étalonnage ou de fonctionnement n'est nécessaire. Ce résultat est obtenu en utilisant une référence extrêmement stable pour produire des tensions alternatives d'excitation qui sont indépendantes de la température.
5. Le système de modulation d'impulsion permet d'utiliser des amplificateurs à courant alternatif et de réduire des erreurs dues à un glissement et à un décalage en courant continu.
6. Le haut degré de miniaturisation obtenu avec des composants électroniques intégrés permet de loger l'appareil dans un emballage compact pouvant être tenu à la main. Les deux surfaces horizontale et verticale peuvent être mesurées avec un seul dispositif et sans aucune modification de réglage de fonctionnement.
7. L'appareil est à lecture directe et ne nécessite pas une spécialisation technique pour être actionné.
8. Le visualiseur de l'inclinomètre assure une suppression automatique de chiffres décimaux avant le dépassant de la gamme linéaire afin d'empêcher l'utilisateur de se baser sur des indications de pentes angulaires qui pourraient être imprécises.

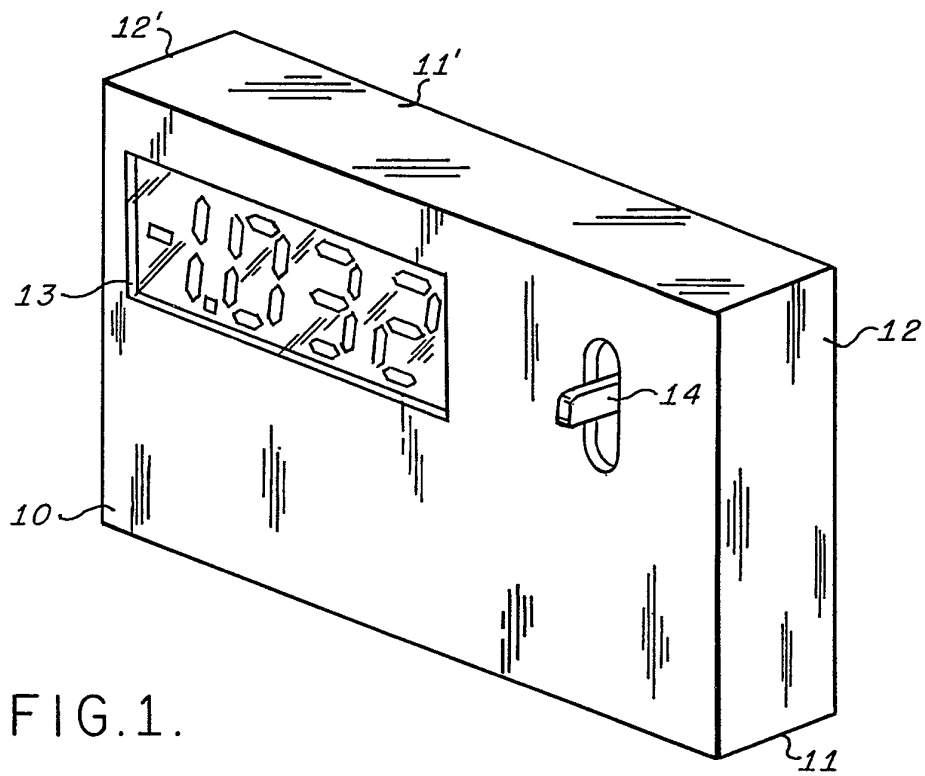


FIG. 1.

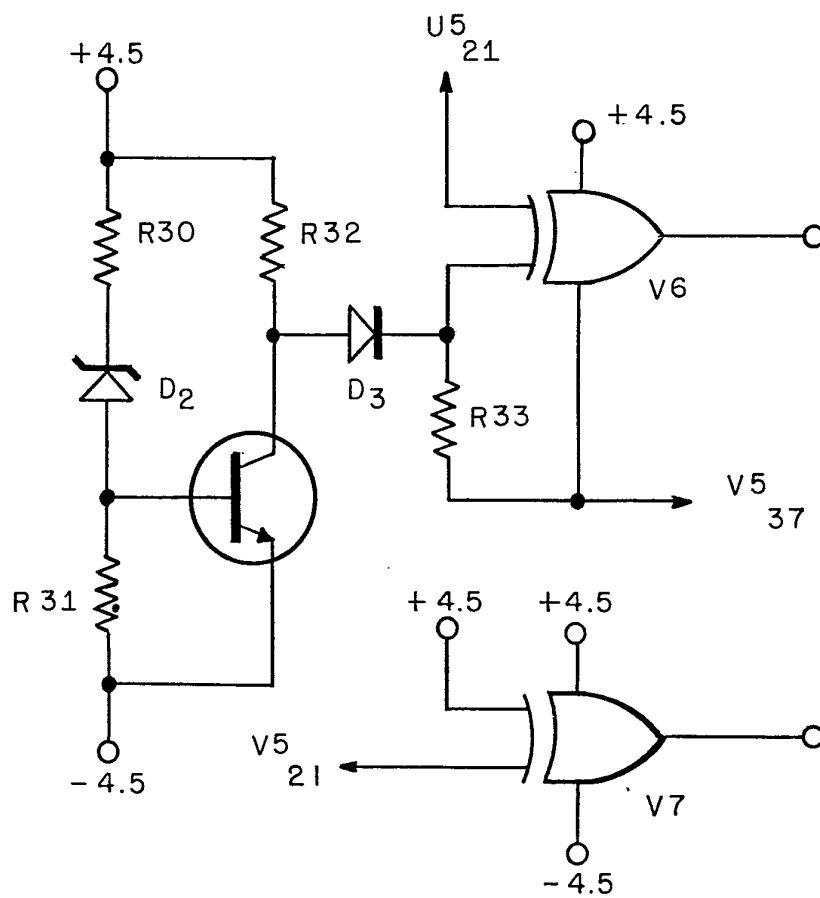


FIG. 5.

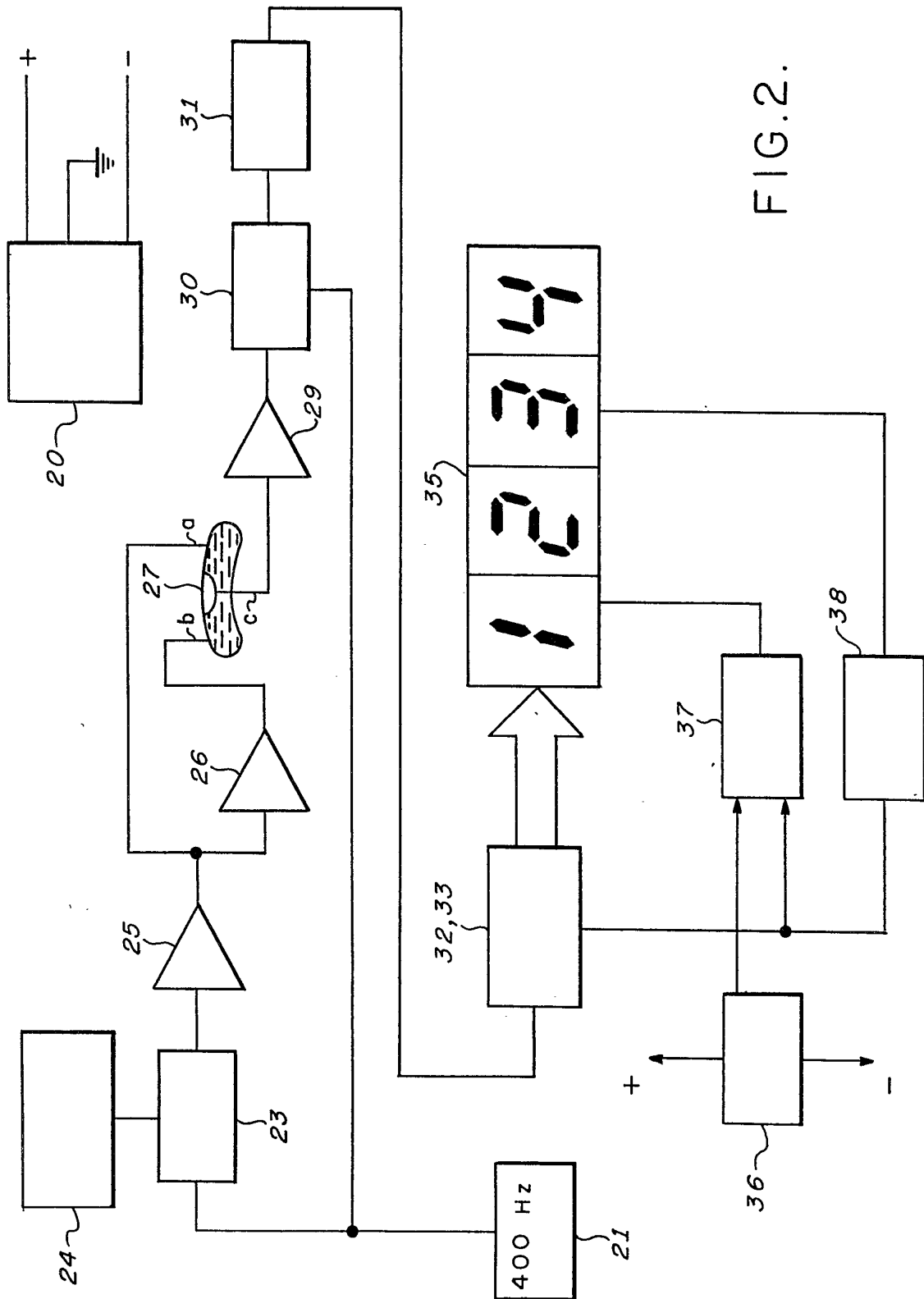


FIG. 2.

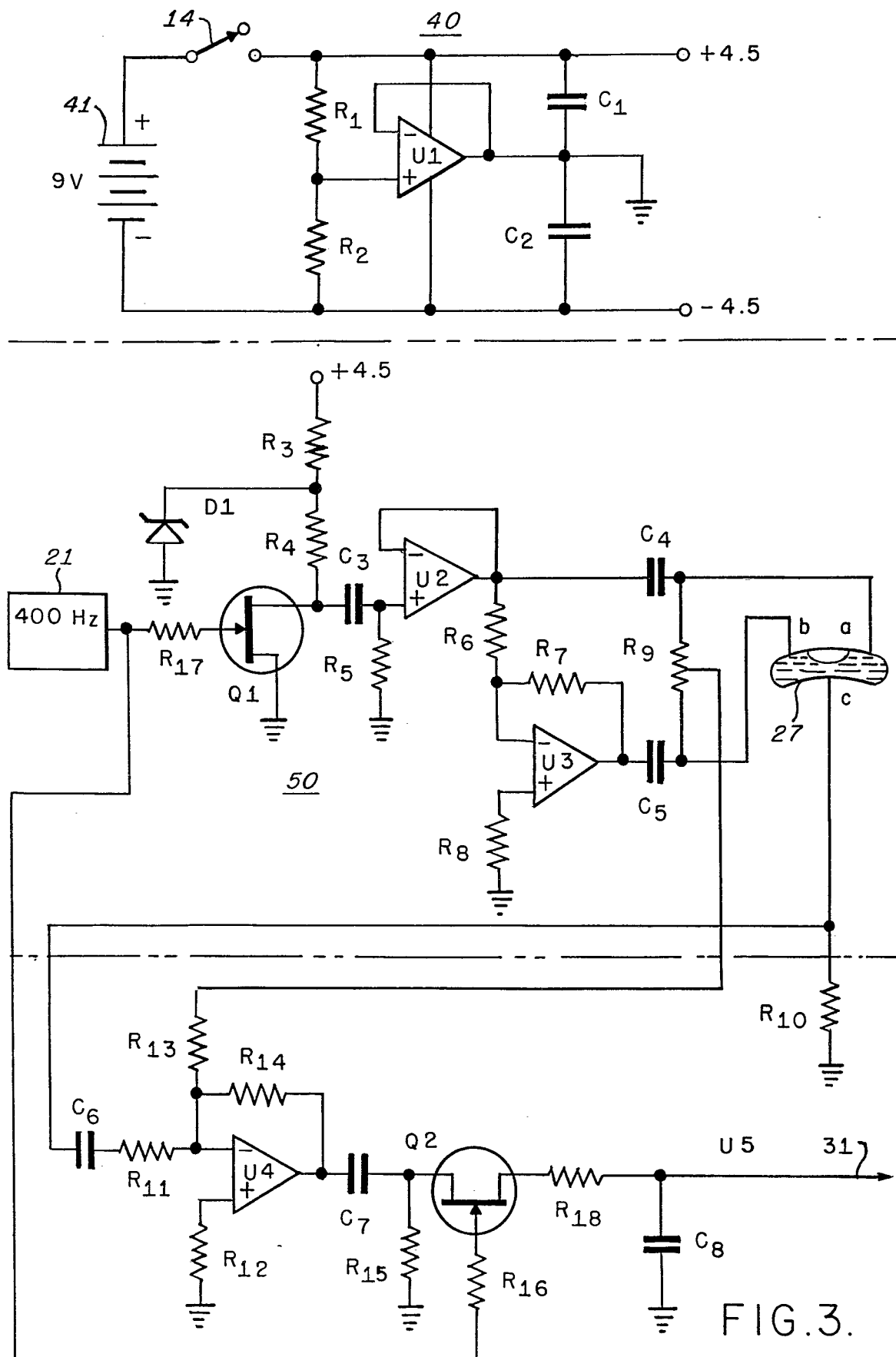


FIG.3.

