

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 4 novembre 1986.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
 demande : BOPi « Brevets » n° 18 du 6 mai 1988.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
 rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Dennis J. HEGYI. — US.

⑦2 Inventeur(s) : Dennis J. Hegyi.

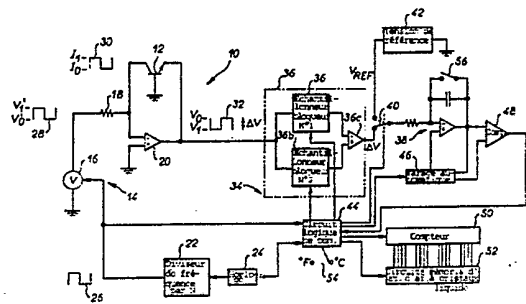
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : G. Foldès et Cabinet Bonnet-Thirion.

⑤4 Thermomètre à diode.

⑤7 L'invention concerne la thermométrie.

Un thermomètre à diode comprend notamment un capteur de température à semiconducteurs 12 dans lequel une source de courant 14 fait circuler des courants à des premier et second niveaux. Les tensions que produit le capteur à ces deux niveaux de courant sont appliquées à un intégrateur 38 par l'intermédiaire de circuits échantillonneurs-bloqueurs 36a, 36b. Un compteur 50 compte un nombre d'impulsions d'horloge qui représente la durée nécessaire pour ramener la tension de sortie de l'intégrateur de la valeur atteinte en fin d'intégration jusqu'à une valeur de référence et le signal de sortie du compteur représente ainsi la température détectée.
 Application aux thermomètres médicaux.



FR 2 606 144 - A1

La présente invention concerne de façon générale la thermométrie, et elle porte plus particulièrement sur des perfectionnements relatifs à un dispositif couramment appelé thermomètre à diode, et sur des circuits associés.

5 Les composants de circuits électriques présentent de façon générale des caractéristiques électriques qui sont fonction de la température. Il est donc possible d'utiliser un composant de circuit électrique ou électronique en tant que capteur de température, et de réaliser une mesure de tem-
10 pérature à partir du composant, en contrôlant la variation d'une caractéristique électrique, à condition de connaître la corrélation entre la caractéristique électrique et la température. Un exemple d'un dispositif de ce type constitue ce qu'on appelle couramment un thermomètre à diode.

15 Dans une diode à semiconducteurs, des matières semiconductrices sont disposées de façon à procurer une caractéristique électrique qui présente une conductivité très élevée en sens direct et une conductivité extrêmement faible en sens inverse. Dans le thermomètre à diode classique qui fonc-
20 tionne à courant constant, la tension développée aux bornes de la diode est liée à la température. Les thermomètres à diode classiques ont plusieurs inconvénients :

1) la tension de la diode n'est pas liée de façon exactement linéaire à la température, même pour une diode
25 parfaite ;

2) au même courant et à la même température, des diodes différentes produisent des tensions différentes, au point que les diodes utilisées dans des thermomètres à diode classiques doivent être étalonnées individuellement, et des
30 variations de $\pm 50^\circ$ sont courantes ; et

3) les propriétés électriques et donc l'étalonnage de thermomètres à diode classiques changent au cours du temps et en fonction de l'historique thermique.

Le brevet des E.U.A. n° 3 430 077 décrit une struc-
35 ture de transducteur de température connue qui résout un cer-

tain nombre des problèmes de l'art antérieur. Ce document montre un dispositif à semiconducteurs comportant plus d'une jonction et qui est alimenté par un courant ayant une caractéristique alternative. De cette manière, les effets des courants de fuite et des courants de recombinaison sont réduits. De plus, si on fait fonctionner la jonction en polarisation en sens direct, avec une tension directe supérieure à environ 0,1 volt, la variation de tension qui résulte des divers niveaux de courant est mathématiquement directement proportionnelle à la température absolue.

Le brevet des E.U.A. n° 4 165 642 décrit un circuit intégré CMOS monolithique qui fournit sur sa sortie un signal numérique sensible à la température. Cette structure de détection de température connue est du type à référence de bande interdite bipolaire, dans la mesure où elle nécessite deux transistors bipolaires appariés. De tels transistors doivent être appariés en ce qui concerne les aires des jonctions, les densités de dopage, les profils de dopage, les effets de vieillissement et les températures des transistors. Des systèmes disponibles dans le commerce qui utilisent ce principe connu produisent de façon caractéristique des variations d'une puce à une autre qui entraînent des variations de $\pm 5^\circ\text{C}$ sur les mesures de température. Il est évidemment nécessaire de disposer d'un système de mesure de température ayant une plus grande précision.

Le brevet des E.U.A. n° 4 370 070 décrit un système dans lequel un signal numérique est pondéré de façon à correspondre sélectivement à des valeurs Celsius et Fahrenheit. Conformément à ce qu'indique ce brevet, la conversion de valeurs Fahrenheit en valeurs Celsius s'effectue en éliminant quatre signaux de comptage sur neuf dans les signaux appliqués à un compteur d'accumulation. Ceci revient à multiplier par $5/9$. On obtient de tels signaux de comptage à partir d'un oscillateur de mesure de température qui génère un train d'impulsions à une fréquence qui est liée à la température détectée. Le

Le système décrit dans ce document assure également la linéarité du signal de sortie d'une thermistance en fonction de la température.

L'invention a donc pour but de procurer un dispositif de mesure de température simple et économique.

L'invention a également pour but d'améliorer la précision avec laquelle la température est mesurée.

L'invention a également pour but de procurer un dispositif de mesure de température qu'on puisse fabriquer aisément sous la forme d'un circuit intégré.

L'invention a également pour but de procurer un système de détection de température qui ne nécessite pas d'apparier des dispositifs à semiconducteurs dans le capteur pour obtenir une précision élevée.

L'invention a également pour but de procurer un système de détection de température à circuit intégré qui utilise des valeurs de courant différentielles pour effectuer des mesures de température.

L'invention a également pour but de procurer un système qui génère des courants différentiels extrêmement précis.

L'invention a également pour but de procurer un dispositif de mesure de température dans lequel les effets du bruit sont notablement réduits.

L'invention a également pour but de procurer un circuit intégré CMOS dans lequel le bruit en 1/f soit considérablement réduit.

L'invention a également pour but de procurer un système de mesure de température qui utilise un intégrateur fonctionnant en sens décroissant et ayant une dynamique étendue.

L'invention a également pour but de procurer un système de mesure de température permettant d'obtenir une précision et une résolution élevées, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer un étalonnage au moyen de bains d'eau.

L'invention a également pour but de procurer un système de mesure de température de grande précision qui ne né-

cessite pas un amplificateur ayant un gain prédéterminé de façon précise.

L'invention atteint les buts précédents, ainsi que d'autres, et elle procure un système de détection de température comportant un capteur de température à semiconducteurs qui comporte une jonction destinée à produire une tension de jonction à ses bornes. La tension de jonction est fonction d'un courant qui traverse le capteur, et elle dépend au moins partiellement de la température du capteur. Une source ou un générateur de courant génère le courant avec des premier et second niveaux de courant, de façon que la tension de jonction varie de manière correspondante. Un dispositif de mémorisation de valeurs de tension mémorise au moins deux valeurs de tension de jonction, dans un mode de réalisation. Un dispositif de mesure reçoit de telles valeurs de tension de jonction mémorisées, et il produit un signal qui est fonction des valeurs de tension de jonction et de la température du capteur.

Dans un mode de réalisation de l'invention, les valeurs de tension de jonction sont mémorisées dans des dispositifs échantillonneurs-bloqueurs qui sont commandés par un système de commande qui peut être un système programmable, tel qu'un micro-ordinateur. Les valeurs mémorisées dans les dispositifs échantillonneurs-bloqueurs sont converties en un signal de différence qui est ensuite intégré par un intégrateur. Dans un mode de réalisation préféré, l'intégrateur est du type qui intègre de façon bidirectionnelle. On mesure la durée de l'intégration dans un sens, soit à titre d'exemple l'intégration en sens décroissant. Ceci donne un signal de temps qui correspond de façon précise à la température du capteur de température à semiconducteurs.

Un système de tarage ou de zéro automatique est connecté à l'intégrateur pour faciliter l'établissement d'une valeur de référence pour l'intégration. Ce système compense en outre toute tension de décalage des circuits. Ainsi, si la tension de différence de la jonction est égale à zéro, le cir-

cuit de tarage automatique fait en sorte que le signal de sortie de l'intégrateur ne change pas au cours du temps.

Selon un mode de réalisation supplémentaire de l'invention, on utilise un comparateur qui reçoit sur ses entrées 5 respectives des signaux provenant de l'intégrateur et du système de tarage automatique. Le signal de sortie du comparateur est dirigé vers le système de commande pour indiquer à ce dernier la durée de l'intervalle de temps mesuré. De plus, le système de commande comporte des moyens destinés à pondérer le 10 nombre d'impulsions d'horloge qui sont accumulées dans un compteur, de façon à fournir des valeurs de comptage qui correspondent à des mesures de valeurs Fahrenheit et Celsius.

Dans des modes de réalisation très avantageux de l'invention, on améliore la précision des mesures de tempéra- 15 ture en utilisant un dispositif de commutation dans lequel on réduit des erreurs d'appariement mineures dans un ensemble de sources de courant qui fournissent le courant à plusieurs niveaux, en faisant une moyenne entre ces sources. On réalise ceci en établissant n sources de courant de ce type, chacune 20 d'elles comportant un élément de commutation associé qui peut être commandé par le système de commande. Lorsqu'on doit faire circuler un courant de niveau élevé, on ferme l'ensemble des n éléments de commutation. Lorsqu'on doit faire circuler un courant de niveau faible, on ferme un seul élément de commuta- 25 tion, ce qui maintient un rapport de courant de $n/1$ entre les niveaux élevé et faible. Il est préférable de fermer séquentiellement divers éléments de commutation parmi les n , pendant la circulation d'un courant de niveau faible, pour faire en sorte que des discordances entre les valeurs des courants pro- 30 duits par les diverses sources de courant s'éliminent par moyenne.

Selon un aspect de l'invention portant sur un procédé, on effectue une mesure de température en faisant circuler 35 alternativement un courant dans un capteur à semiconducteurs avec des premier et second niveaux de courant ; en échantil-

lonnant et en mémorisant des tensions produites de façon correspondante par le capteur à semiconducteurs ; en produisant un signal qui correspond à la différence entre les tensions produites de façon correspondante ; et en intégrant le signal
5 de différence.

Dans un mode de réalisation, on mesure au moins une partie de la durée pendant laquelle l'intégration a lieu, pour produire un signal de temps qui correspond à la température du capteur. Dans un exemple de réalisation spécifique de l'invention,
10 tion, on effectue une telle mesure de temps en employant les opérations qui consistent à appliquer sélectivement un signal d'horloge à un compteur, afin de compter des impulsions d'horloge, et à pré-charger le compteur avec des valeurs qui dépendent de l'échelle, Fahrenheit ou Celsius, avec laquelle on désire mesurer la température.
15

Dans un mode de réalisation de l'invention se présentant sous la forme d'un circuit intégré, un système de mesure de température capable d'effectuer un affichage par incréments de $0,1^\circ$ seulement nécessiterait un amplificateur opérationnel ayant un gain prédéterminé de façon précise. Conformément à l'invention, on peut atteindre une telle précision en commutant des résistances identiques, de façon que toutes ces résistances soient utilisées pour la boucle d'entrée et de réaction pendant chaque cycle de mesure. Selon une variante,
20 on peut utiliser une telle commutation pour des condensateurs. Ainsi, les discordances éventuelles sont éliminées par moyenne, d'une manière similaire à celle décrite ci-dessus en ce qui concerne les sources de courant.

Selon un aspect important de l'invention, on réduit
30 notablement les effets défavorables de divers types de bruit. Il y a essentiellement trois types de bruit qui affectent la précision avec laquelle on peut mesurer la température. Il s'agit du bruit synchrone, du bruit blanc et du bruit en $1/f$. Le bruit synchrone résulte de signaux parasites provenant de
35 l'horloge et d'éléments de circuit quelconques qui sont dé-

clenchés par celle-ci. Pour éliminer le bruit synchrone, il est essentiel que l'horloge et ses circuits synchrones associés passent par les divers états logiques aussi simultanément que possible. Par exemple, la phase de tarage automatique doit être identique à la phase de mesure. Ainsi, la sortie de l'amplificateur différentiel qui combine de façon soustractive les signaux de sortie des dispositifs échantillonneurs-bloqueurs, annulera le bruit synchrone.

On peut réduire le bruit blanc à un niveau relativement bas en échantillonnant la différence de tension pendant une durée suffisamment longue. On doit donc prendre en considération ce type de bruit dans la détermination de la cadence maximale d'échantillonnage lorsqu'on met en oeuvre l'invention.

Le troisième type de bruit, c'est-à-dire le bruit en $1/f$, est plus complexe que les deux autres, et il se manifeste de façon particulièrement importante dans des modes de réalisation de l'invention utilisant des circuits intégrés CMOS. La contribution du bruit en $1/f$ ne dépend pas de la durée de l'intervalle de temps d'échantillonnage, mais de Q , c'est-à-dire le rapport entre l'intervalle de temps séparant la fin et le début de fenêtres temporelles d'échantillonnage-blocage consécutives, et l'intervalle de temps total qui commence au début d'une première fenêtre d'échantillonnage-blocage et se termine à la fin d'une seconde fenêtre de ce type. En d'autres termes, le bruit en $1/f$ dépend du rapport entre la durée séparant deux échantillons et la durée d'échantillonnage totale qui englobe la durée entre les deux échantillons. On suppose pour les besoins de cette description que la valeur de sortie du processus d'échantillonnage-blocage est la valeur moyenne de la tension d'entrée pendant la fenêtre d'échantillonnage. On peut montrer que la quantité plus fondamentale, c'est-à-dire le rapport signal à bruit, est proportionnelle au carré de la quantité $1-Q$, pour des valeurs faibles de Q . Par conséquent, pour éviter que le rapport signal à bruit soit dégradé d'environ 50 %, il est nécessaire de

maintenir Q à une valeur inférieure à 0,25. Il est donc nécessaire que le circuit échantillonneur bloqueur soit conçu de façon que Q soit inférieur à 0,25, et de préférence aussi faible que possible, du fait de la contribution du bruit en $1/f$ à la tension échantillonnée de façon différentielle, qui donne la valeur de température mesurée, dépend de l'amplitude du bruit en $1/f$ et de Q . Il faut noter qu'on ne peut pas maîtriser aisément l'amplitude du bruit en $1/f$ dans la mise en oeuvre de l'invention. Cependant, pour une amplitude donnée de bruit en $1/f$, si le fait de réduire Q à une valeur voisine de zéro ne réduit pas le bruit dans la mesure de la température à une valeur suffisamment faible pour obtenir la précision de mesure désirée, il est néanmoins possible de réduire le bruit à un niveau acceptable en ajoutant les uns aux autres plusieurs échantillons différentiels de la température. Le bruit diminue comme l'inverse de la racine carrée du nombre d'échantillons de la température qui sont additionnés ensemble. Par exemple, le fait d'additionner 100 échantillons réduit le bruit en $1/f$ par un facteur de 10, par rapport à un seul échantillon différentiel. On peut aisément effectuer un tel calcul de moyenne pendant l'intégration en sens croissant dans un intégrateur à deux pentes. On peut également l'effectuer de façon numérique en calculant la moyenne entre les températures numérisées finales. Un tel calcul de moyenne réduira presque tous les types de bruit.

Selon un aspect supplémentaire de l'invention, un troisième dispositif échantillonneur-bloqueur est connecté à la sortie de l'amplificateur différentiel pour mémoriser la tension de différence pendant que les premier et second dispositifs échantillonneurs-bloqueurs mémorisent des valeurs pour la période d'échantillon suivante. L'efficacité du fonctionnement du système de mesure de température est ainsi accrue.

Dans un cycle fonctionnel d'un exemple de réalisation spécifique de l'invention, la première étape consiste à déterminer la valeur de tarage ou de zéro automatique du sys-

tème, de façon à corriger des erreurs telles que les erreurs des amplificateurs opérationnels et les défauts de linéarité de divers composants de circuit qui font qu'une tension de signal égale à zéro conduit à une valeur différente de zéro
5 pour la température. Un tel tarage automatique est effectué pendant une durée qui est une fraction notable d'un cycle de mesure complet, soit à titre d'exemple $1/3$ à $1/2$ du cycle complet. Avant que les premiers échantillons de la tension soient prélevés par les dispositifs échantillonneurs-bloqueurs,
10 l'intégrateur doit être initialisé. Dans un but de simplicité, on considère que l'intégrateur est conçu de façon à n'accepter que des valeurs positives. Cette initialisation est nécessaire du fait que le signal de sortie de l'amplificateur de différence peut être positif ou négatif. On peut effectuer une tel-
15 le initialisation en forçant l'intégrateur à intégrer en sens croissant sur une tension positive qui est supérieure à la totalité de la charge susceptible d'être introduite par les tensions de décalage qui peuvent apparaître dans le système, et qui est stable pendant au moins un cycle de mesure.

20 Après l'initialisation précédente, le plus faible des deux niveaux de courant est établi dans le capteur et les premier et second dispositifs échantillonneurs-bloqueurs sont actionnés de leur manière normale de façon que Q soit inférieur à $0,25$. Pendant le cycle de tarage automatique, le cou-
25 rant du capteur n'est pas commuté. La valeur de différence résultante est ensuite chargée dans le troisième dispositif échantillonneur-bloqueur, qui est connecté à l'intégrateur, jusqu'à la phase de fonctionnement suivante des premier et second dispositifs échantillonneurs-bloqueurs. Le cycle se
30 poursuit pendant le reste du cycle de tarage automatique. Pour un mode de réalisation à tarage analogique, on règle la tension qui est appliquée à l'entrée positive de l'intégrateur jusqu'à ce que le signal de sortie de l'intégrateur ne varie pas au cours du temps, et on règle le comparateur de façon
35 qu'il change d'état à cette tension. De plus, on maintient la

même tension sur la borne positive de l'intégrateur ainsi que du comparateur pendant la période de mesure de température. Pour un circuit de tarage automatique numérique, l'étape finale du cycle de tarage automatique consiste à effectuer une 5 intégration en sens décroissant, sur la tension de référence, de la manière normale. On enregistre pour une utilisation ultérieure le nombre d'impulsions d'horloge qui apparaissent pendant l'intégration en sens décroissant.

L'étape suivante du cycle consiste à mesurer la 10 température. On fait circuler dans le capteur le courant de niveau faible, et on actionne le premier dispositif échantillonneur-bloqueur. Ensuite, on fait circuler le courant de niveau élevé et on actionne le second dispositif échantillonneur-bloqueur, après la disparition du transitoire de commu- 15 tation. On charge ensuite l'échantillon différentiel dans le troisième dispositif échantillonneur-bloqueur et on le transmet à l'intégrateur. On répète le cycle pendant la durée de l'intégration en sens croissant. Du fait que les premier et second dispositifs échantillonneurs-bloqueurs se chargent ra- 20 pidement jusqu'à leurs états finals, en supposant que la température ne change pas rapidement, le transitoire ne sera pas important et on peut prendre une valeur très courte pour la durée entre des échantillons successifs.

Dans un mode de réalisation supplémentaire, on aug- 25 mente la dynamique de l'intégrateur. La dynamique d'un intégrateur à deux pentes est déterminée par le rapport entre la tension maximale à ses bornes et la valeur du bit de moindre poids. Dans l'art antérieur, on rencontre des difficultés pour réaliser un intégrateur ayant une dynamique supérieure à 30 1000, soit une résolution supérieure à 10 bits. Dans l'invention, on augmente la dynamique de l'intégrateur en intégrant plusieurs fois en sens croissant et en sens décroissant au cours d'un même cycle, et en comptant séparément le nombre total d'impulsions d'horloge pour les intégrations en sens 35 croissant et en sens décroissant. La dynamique est donc mul-

tipliée par un facteur correspondant au nombre d'intégrations.

Comme indiqué, l'invention porte sur un système de thermomètre à semiconducteurs nouveau et original dans lequel la mesure de la température détectée est effectuée d'une manière qui est pratiquement exempte des propriétés défavorables qui affectent les systèmes connus. L'invention procure ainsi un signal de température qui indique la température vraie seule, et qui est pratiquement exempt d'autres influences qui affectent les caractéristiques électriques d'une diode, et en outre ce signal est une fonction linéaire de la température. Ceci présente des avantages importants non seulement pour le thermomètre à diode lui-même, mais également pour son procédé de fabrication. Du fait qu'un thermomètre à diode qui met en oeuvre les principes de l'invention élimine l'effet de ces autres influences, il n'est pas nécessaire d'adapter les diodes au circuit associé, ni de prévoir un réglage dans le circuit pour compenser la caractéristique particulière d'une diode qui est utilisée avec le circuit. De plus, le circuit destiné à corriger le défaut de linéarité d'un thermomètre à diode classique est inutile. Par conséquent, la fiabilité, la précision et la simplification des procédures de fabrication constituent quelques-unes des caractéristiques importantes de l'invention.

L'invention convient également bien pour la fabrication sous forme de circuit intégré, par l'utilisation de la technologie de fabrication des circuits intégrés. Ceci signifie qu'un mode de réalisation commercial de l'invention peut être présenté sous la forme d'une "puce" de circuit intégré, ce qui est une autre caractéristique très intéressante de l'invention.

On peut cependant appliquer les principes de l'invention à des circuits qui sont réalisés sous une forme autre qu'un circuit intégré. L'invention perfectionne ainsi un thermomètre à diode sur un certain nombre de points importants concernant plus particulièrement la linéarité, la précision,

12.

la fiabilité, la forme de présentation et la fabrication.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description détaillée qui va suivre de modes de réalisation et en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

5 La figure 1 est une représentation schématique d'un dispositif de mesure de température réalisé conformément aux principes de l'invention ;

La figure 2 est une représentation schématique d'un autre mode de réalisation de l'invention ;

10 La figure 3 est une représentation schématique simplifiée d'une structure de circuit destinée à fournir des niveaux de courant ayant un rapport d'amplitude prédéterminé de façon précise ;

La figure 4 est une représentation schématique sim-
15 plifiée d'une autre structure de commutation de courants ; et

Les figures 5A, 5B et 5C sont des représentations graphiques utiles à la description de l'amélioration de la dynamique d'un intégrateur.

La figure 1 représente un mode de réalisation pré-
20 féré d'un thermomètre à diode 10 qui met en oeuvre les principes de l'invention. Le dispositif de détection de température préféré qui est utilisé dans le thermomètre 10 est un transistor 12. On sait que le transistor est constitué par des matières semiconductrices qui définissent une caractéris-
25 tique de diode, ce qui fait que dans le cadre de l'invention, on considèrera en fait le transistor comme une diode. L'utilisation d'un transistor, au lieu d'une diode, est préférable du fait que le transistor présente une caractéristique qui est une meilleure approximation de celle d'une diode idéale,
30 que la caractéristique d'une diode à semiconducteurs à deux bornes elle-même.

Le thermomètre 10 comprend en outre un circuit d'entrée, désigné de façon générale par la référence 14, qui est associé fonctionnellement au transistor 12. Ce circuit
35 d'entrée forme une source de courant pour le transistor 12

et, pendant le fonctionnement du thermomètre, cette source commute entre deux niveaux de courant, qui diffèrent de façon caractéristique d'un rapport de dix.

Le circuit d'entrée 14 qui est représenté comprend
5 une source de tension 16 et une résistance série 18 connectées fonctionnellement au transistor 12 de la manière représentée schématiquement sur la figure. Un amplificateur opérationnel 20 est également incorporé de façon à coopérer avec ces composants, de la manière représentée.

10 La source de tension 16 coopère avec un circuit diviseur de fréquence 22 et un circuit d'horloge 24. Le circuit diviseur de fréquence 22 produit un signal de sortie carré qui est représenté par un signal 26. Ce signal agit sur la source de tension 16 pour que cette dernière produise une.
15 tension qui est représentée par un signal 28. On notera à titre explicatif que le signal 28 est un signal carré ayant la même fréquence que le signal 26, qui commute entre des niveaux de tension V'_0 et V'_1 .

L'application du signal de tension 28 dans le circuit
20 d'entrée 14 fait circuler un courant dans le circuit collecteur-émetteur du transistor 12, qui commute entre des niveaux de courant I_0 et I_1 . Le signal de courant, qui a donc la même fréquence que les signaux 26 et 28, est désigné par la référence 30.

25 Du fait du fonctionnement du circuit d'entrée 14, un signal de tension qui apparaît au point de connexion entre la sortie de l'amplificateur opérationnel 20 et l'émetteur du transistor 12 se présente sous la forme d'un signal 32 qui commute entre des niveaux de tension V_0 et V_1 . Du fait que
30 c'est la différence de tension qui présente un intérêt pour obtenir la mesure de température, on désigne commodément ce paramètre par la référence ΔV .

Le signal ΔV est proportionnel à la mesure de température absolue et il représente donc cette mesure. Le reste
35 du circuit est un convertisseur analogique-numérique (A-N)

particulier qui est capable de présenter la mesure de température de manières particulières.

Le signal ΔV 32 est appliqué au circuit convertisseur A-N, désigné par la référence générale 34. Plus précisément, le signal 32 est appliqué en tant que signal d'entrée à un circuit 36 qui est un double circuit échantillonneur-bloqueur, avec un amplificateur de différence. Les deux circuits échantillonneurs-bloqueurs sont désignés par les références 36a et 36b, tandis que l'amplificateur de différence est désigné par la référence 36c. Pendant le fonctionnement, un circuit échantillonneur-bloquer mémorise V_1 et l'autre mémorise V_0 . Le signal de sortie de l'amplificateur 36c est la différence $V_1 - V_0$.

Un circuit intégrateur à deux pentes 38 est connecté fonctionnellement au circuit 36 par l'intermédiaire d'un commutateur bipolaire 40. Lorsque le commutateur 40 est dans la position représentée sur la figure, le signal ΔV qui provient du circuit 36 est appliqué au circuit intégrateur à deux pentes 38. Lorsque le commutateur 40 est amené dans la position représentée en pointillés, une référence de tension 42 est connectée au circuit intégrateur à deux pentes, à la place du signal provenant du circuit 36. La référence de tension consiste en une tension de valeur constante V_{ref} .

Le commutateur 40 est commandé par un circuit logique de commande 44. Ainsi, le signal d'entrée du circuit intégrateur 38 à un instant donné quelconque est soit le signal de sortie ΔV du circuit 36, soit la tension V_{ref} provenant de la référence de tension 42, selon la position à laquelle le circuit logique de commande 44 place le commutateur 40. On notera à cet égard que le commutateur 40 peut être constitué par n'importe quel dispositif approprié, électromécanique ou électronique, ce dernier type étant préférable. Le circuit intégrateur 38 travaille sur les signaux d'entrée qui lui sont appliqués, d'une manière qu'on décrira ultérieurement en détail. On décrira également un circuit de tarage automatique

46 qui est associé fonctionnellement au circuit intégrateur 38.

Le signal de sortie du circuit intégrateur 38 est appliqué à une entrée d'un comparateur 48. Le signal de sortie 5 du comparateur 48 est appliqué à son tour au circuit logique de commande 44. Le circuit logique de commande 44 reçoit également le signal d'horloge qui provient du circuit d'horloge 24.

Le circuit logique de commande 44 est connecté fonctionnellement au compteur 50. Des circuits de mémorisation et d'attaque d'afficheur à cristaux liquides, désignés de façon générale par la référence 52, sont associés fonctionnellement au compteur 50 et au circuit logique de commande 44, pour mémoriser une mesure obtenue à partir du compteur 50. Le compteur 50 fournit la mesure de température. Dans le mode de réalisation qui est représenté sur le dessin, on utilise le circuit de mémorisation et d'attaque d'afficheur à cristaux liquides 52 pour attaquer un afficheur (non représenté). On notera cependant que la mesure qui est représentative de la 20 température détectée peut être utilisée dans un ou plusieurs buts particuliers désirés, comprenant des fonctions d'affichage et/ou de commande.

En ayant à l'esprit cette description générale du thermomètre à diode 10, le lecteur peut maintenant diriger 25 son attention vers des détails plus spécifiques.

Le circuit 36 a pour but de fournir un signal de sortie ΔV . Le circuit de tarage automatique 46 est conçu de façon à effectuer un étalonnage pour compenser les caractéristiques imparfaites du dispositif électronique, et ce circuit de tarage est actionné lorsque la tension de sortie ΔV du circuit 36 est égale à zéro et lorsque le commutateur 40 est dans la position qui connecte la sortie du circuit 36 au circuit intégrateur 38, pour faire en sorte que le signal de sortie du circuit intégrateur 38 soit constant. En d'autres 35 termes, pour $\Delta V = 0$ ($I_1 = I_2$), le circuit de tarage automa-

tique fait en sorte que le signal de sortie du circuit intégrateur 38 ne varie pas.

De cette manière, le courant I_1 , correspondant au niveau de tension V_1 du signal 32, constitue une référence.
 5 La commutation du courant du transistor de I_2 à I_0 provoque un changement du signal de tension de V_1 à V_0 .

Le circuit logique de commande 44 actionne les deux circuits échantillonneurs-bloqueurs 36a et 36b de façon que lorsque le courant du transistor est égal à I_1 , la tension V_1
 10 soit échantillonnée par les deux circuits 36a et 36b. Par conséquent, le signal de sortie de l'amplificateur de différence 36c est égale à zéro. A ce moment, le circuit de tarage automatique 46 est actionné de la manière décrite ci-dessus.

Ensuite, lorsque le signal de tension 32 commute de
 15 V_1 à V_0 , le circuit échantillonneur-bloqueur 36b conserve le signal V_1 , tandis que le circuit échantillonneur-bloqueur 36a échantillonne et bloque le niveau V_0 . Dans ces conditions, le signal de sortie de l'amplificateur de différence 36c, c'est-à-dire ΔV , est égal à $V_1 - V_0$. On peut employer des structures
 20 de circuit classiques pour donner lieu à ce mode de fonctionnement. On notera que ce qui précède décrit une procédure pour établir un point de référence, et qu'on peut employer d'autres procédures qu'on juge appropriées pour n'importe quelle forme de réalisation donnée. Le circuit convertisseur
 25 A-N 34 numérise le signal ΔV .

Au moment où le signal $V_1 - V_0$ apparaît à la sortie du circuit 36, le circuit intégrateur 38 commence immédiatement à intégrer ce signal. On appelle commodément ceci l'intégration en sens croissant. La durée d'intégration est éta-
 30 blie par le circuit logique de commande 44 d'une manière qu'on expliquera ultérieurement de façon plus détaillée.

L'intégration en sens croissant se poursuit pendant l'intervalle de temps qui est établi par le circuit logique de commande 44, et à l'achèvement de cet intervalle le cir-
 35 cuit logique de commande 44 actionne le commutateur 40 pour

l'amener dans la position représentée en pointillés. Simultamment, le signal de sortie du circuit intégrateur 38 se trouve à un niveau haut qui est proportionnel à la valeur du signal $V_1 - V_0$ et qui est donc représentatif de la température 5 détectée.

En effectuant ensuite une intégration dans le sens opposé (intégration en sens descendant), et en mesurant l'intervalle de temps nécessaire pour retourner à la référence zéro, on obtient une mesure d'intervalle de temps qui représente la température. 10

Le circuit décrit procure un moyen commode pour obtenir la mesure de température avec une échelle de température désirée, Celsius ou Fahrenheit. Du fait que la mesure de la température détectée que procure le signal ΔV représente 15 la température détectée exprimée en température absolue, c'est-à-dire en degrés Kelvin, la présentation de la température avec une échelle Celsius ou Fahrenheit exige au moins l'introduction d'un décalage de température. Dans le cas de l'échelle Fahrenheit, une conversion de facteur d'échelle est 20 en outre nécessaire.

Le circuit logique de commande 44 est associé à un commutateur de sélection 54 qu'on peut actionner pour sélectionner l'expression de la mesure avec l'échelle Fahrenheit ou Celsius. Le circuit logique de commande 44 mémorise les 25 facteurs de décalage appropriés pour chacune de ces deux échelles. Le circuit logique de commande fonctionne de manière à introduire le décalage dans le circuit compteur 50, sous la forme d'une valeur de prépositionnement, en préparation à l'intégration en sens décroissant.

30 La conversion A-N du signal de sortie de l'intégrateur fait intervenir la transmission sélective par le circuit logique de commande 44 d'impulsions provenant de l'horloge 24 et appliquées au circuit compteur 50, pendant le déroulement de l'intégration en sens décroissant. Du fait que la durée de 35 l'intégration en sens décroissant est représentative de la

température détectée, le nombre d'impulsions d'horloge que compte le circuit compteur 50 pendant cet intervalle de temps est représentatif de la température.

Pour donner une mesure par comptage telle que les 5 impulsions comptées correspondent au facteur d'échelle correct, le circuit logique de commande 44 commande la durée pendant laquelle l'intégration en sens croissant est effectuée. Plus précisément, dans le cas d'une mesure avec une échelle Fahrenheit, l'intégration en sens croissant est auto-
10 risée à se poursuivre pendant une durée correspondant à un nombre donné d'impulsions d'horloge, soit par exemple N_1 , choisi de manière que pendant l'intégration en sens décroissant, le nombre réel d'impulsions d'horloge N_F que compte le circuit additionneur 50, additionné au décalage pré-chargé
15 pour cette échelle de température, soit tel que le compteur 50 fournisse une mesure exprimée en degrés Fahrenheit.

De façon similaire, dans le cas de l'échelle Celsius, on laisse l'intégration en sens croissant se poursuivre pendant une durée correspondant à un nombre prédéterminé d'impulsions d'horloge, soit par exemple N_2 , de façon
20 que pendant l'intégration en sens décroissant, le nombre d'impulsions d'horloge N_C que compte le circuit compteur 50, additionné au décalage pré-chargé pour cette échelle, donne la température Celsius.

25 On peut noter que du fait que les facteurs d'échelle des échelles Celsius et Fahrenheit sont dans le rapport de cinq à neuf, le rapport des nombres respectifs N_2 et N_1 aura cette même valeur. Les intervalles de temps que le circuit logique de commande 44 établit pour commander les durées
30 respectives des intégrations en sens croissant peuvent être obtenus par le comptage d'impulsions d'horloge. La commande du commutateur 40 et du pré-chargement et de l'application sélective d'impulsions au circuit compteur 50 s'effectue également sous la dépendance de circuits classiques du circuit
35 logique de commande.

Le circuit de tarage automatique 46 est un circuit de conception classique qui est associé à l'amplificateur opérationnel du circuit intégrateur 38 pour éliminer pratiquement l'effet de décalages, aussi bien dans les circuits 5 échantillonneurs-bloqueurs que dans l'intégrateur. Du fait que dans la condition de démarrage, c'est-à-dire lorsque $\Delta V=0$, la sortie du circuit intégrateur 38 est au niveau de référence, et du fait que c'est également le retour à ce niveau qui est détecté pendant l'intégration en sens décroissant pour arrêter le compteur 50, le circuit de tarage automatique comporte une mémoire destinée à mémoriser cette référence et à la maintenir à l'entrée de référence du comparateur 48. Le circuit intégrateur est également associé à un circuit de restauration 56 que le circuit logique de commande 44 actionne temporairement juste avant le commencement d'une opération de numérisation, pour que l'intégrateur soit effectivement restauré.

Une fois que le compte correspondant à la mesure est mémorisé par le circuit 52, il est possible de répéter la mesure par la même procédure. Le circuit logique de commande peut déterminer la cadence à laquelle la mesure de température est mise à jour. Lorsque la température doit être mise à jour, le compteur est restauré et la procédure décrite ci-dessus est répétée.

Le principe de fonctionnement suivant illustre comment l'invention élimine les effets de diverses influences extérieures, autres que la température.

Pour le niveau de courant I_1 , on a :

$$I_1 = C T^n \exp \frac{e(V_1 - V_g)}{KT}$$

en désignant par K la constante de Boltzmann, par T la température Kelvin, par e la valeur de la charge de l'électron, par C un facteur qui dépend des mobilités des porteurs, du

dopage, etc, et des détails du semiconducteur particulier, et par V_g la tension de bande interdite.

Pour le niveau de courant I_0 , on a :

$$I_0 = C T^n \exp \frac{e(V_0 - V_g)}{KT}, \text{ à la même tempé-}$$

5 rature.

V_1 et V_0 sont les tensions respectives aux bornes de la diode :

$$V_1 - V_0 = \Delta V,$$

$$I_1/I_0 = \exp \frac{e \Delta V}{KT}$$

10 et $\Delta V = \frac{KT}{e} \ln (I_1/I_0)$

Toutes les particularités d'un dispositif spécifique (à l'exception de la résistance en volume du semiconducteur), comprenant de nombreux effets de vieillissement, s'annulent dans la division.

15 Comme on peut le voir, la quantité mesurée ΔV est fonction du rapport I_1/I_0 , et elle varie selon une fonction linéaire de la température absolue. De plus, les caractéristiques d'une diode ou d'un transistor particulier quelconque sont éliminées, ce qui permet de fabriquer des dispositifs en
20 production industrielle, sans aucune procédure spéciale pour l'étalonnage des capteurs et des circuits. En fait, du fait que certains paramètres changent avec le vieillissement, l'invention élimine également de nombreux effets de vieillissement qui apparaîtraient par ailleurs. L'invention procure donc un
25 perfectionnement significatif dans des thermomètres à diode.

La figure 2 est une représentation schématique d'un mode de réalisation supplémentaire de l'invention, qui présente une configuration d'éléments constitutifs différente de celle du mode de réalisation représenté sur la figure 1. Les

éléments constitutifs analogues qui se correspondent dans les deux figures portent les mêmes désignations.

La figure 2 montre un troisième dispositif échantillonneur-bloqueur 36d dont une entrée est connectée à la 5 sortie de l'amplificateur différentiel 36c. Comme décrit précédemment, pendant la mesure de la température, le courant de faible niveau circule dans le transistor 12, qui est le capteur de température. Dans ce mode de réalisation, le circuit échantillonneur-bloqueur 36b prélève un échantillon lorsque 10 le niveau de courant élevé circule et le circuit échantillonneur-bloqueur 36a prélève un échantillon lorsque le niveau de courant faible circule. L'amplificateur différentiel 36c est ensuite validé et le signal de sortie du circuit échantillonneur-bloqueur 36d est alors appliqué à l'intégrateur à deux 15 pentes 38. La caractéristique de charge rapide des circuits échantillonneurs-bloqueurs 36a et 36b supprime la nécessité de prolonger la durée entre échantillons.

La figure 2 montre en outre que la référence de tension 42 peut être connectée sélectivement aux circuits 20 échantillonneurs-bloqueurs 36a et 36b sous la commande du circuit logique de commande 44. Ainsi, l'initialisation de l'intégrateur à deux pentes est réalisée au moins partiellement par l'application de la tension de référence, en tant que tension échantillonnée par les circuits échantillonneurs- 25 bloqueurs.

La figure 3 est une représentation schématique simplifiée d'un mode de réalisation spécifique d'un aspect de l'invention portant sur la commutation de courant. Les éléments constitutifs qui correspondent à ceux décrits précédemment 30 sont désignés de façon similaire. Comme il est représenté, une structure de commutation constituée essentiellement par dix résistances 60-69 et dix interrupteurs associés respectifs 70-79, est intercalée électriquement entre la source de tension 16 et la combinaison du transistor 12 et de l'amplificateur opérationnel 20. Lorsqu'on désire faire circuler 35

un courant de niveau élevé dans le transistor de détection de température 12, on ferme tous les interrupteurs 70-79. Cependant, lorsqu'on désire faire circuler un courant de niveau faible, on ne ferme pas tous ces interrupteurs. Dans le mode 5 de réalisation présent dans lequel on désire avoir un rapport de 10/1 entre les courants de niveau élevé et de niveau faible, un seul de ces interrupteurs, soit à titre d'exemple l'interrupteur 70, est fermé pendant la circulation d'un courant de niveau faible.

10 Conformément à l'invention, on obtient un rapport de courant de 10:1 prédéterminé de façon précise, en fermant séquentiellement des interrupteurs distincts 70-79 pendant la circulation d'un courant de niveau faible. De cette manière, les écarts entre les divers interrupteurs 70-79 et les diver-
15 ses résistances 60-69 sont éliminés par moyenne. On peut bien entendu utiliser n'importe quel autre rapport (N/1) dans la mise en oeuvre de l'invention.

La figure 4 est une représentation schématique simplifiée d'un autre mode de réalisation de l'aspect de commu-
20 tation de courant de l'invention. Sur cette figure, un ensemble de transistors 100-109 sont branchés en sources de courant et leurs collecteurs sont respectivement connectés à des interrupteurs associés parmi les interrupteurs 110-109. Chacun des interrupteurs est connecté à une diode 120 qui, dans ce
25 mode de réalisation, remplit la fonction de capteur de température. Il existe en outre un transistor 123 qui a pour but de minimiser la variation du courant traversant un transistor 122 qui détermine le courant de polarisation dans les transistors 100-109, lorsque des nombres variables de ces tran-
30 sistors sont commutés à l'état conducteur et à l'état bloqué. Une borne d'une résistance 124 est connectée à la borne de base du transistor 123 et à la borne de collecteur du transistor 122, et l'autre borne de cette résistance est connectée
à un potentiel de référence. Comme décrit ci-dessus en rela-
35 tion avec la figure 3, les différents interrupteurs sont fer-

més séquentiellement pendant la circulation d'un courant de niveau faible, pour éliminer par moyenne tous les écarts éventuels. On notera à cet égard que du fait que les tensions base-émetteur des transistors sont toutes identiques, les 5 courants respectifs qui circulent dans ces transistors sont pratiquement égaux.

Le principe qui est à la base des modes de réalisation des figures 3 et 4 est le suivant. Même en effectuant des efforts raisonnables pour apparier les composants de circuit, leurs caractéristiques s'écarteront pendant les unes des autres d'une faible quantité, qu'on désignera ici par +/- delta. Si on utilise chaque élément une seule fois dans un cycle constitué par dix sous-cycles, avec un élément de circuit commuté à l'état conducteur pendant chaque sous-cycle, 15 et si on commute ensuite tous les éléments de commutation à l'état conducteur, pour faire circuler un courant dix fois plus élevé, dans les modes de réalisation décrits, la moyenne des dix sous-cycles ne s'écartera du rapport désiré de dix que par un facteur égal à delta au carré. Ainsi, si delta est 20 égal à 2 % (0,02), ce qui est tout à fait compris dans la plage correspondant à l'état actuel de la technique pour des transistors ou des résistances appariés, le rapport désiré entre les amplitudes des courants sera obtenu avec une tolérance correspondant à un facteur de delta au carré, soit dans 25 ce cas 0,04 %. Pour un rapport de courants égal à 10:1, ceci conduira à un pourcentage d'erreur pour la température de $0,04/2,3$ (delta au carré/ $\ln(10)$). A une température de 23°C, qui correspond à 300° Kelvin, qui est l'échelle intrinsèque avec laquelle le thermomètre fonctionne, ceci conduirait à 30 une erreur d'environ 0,05°C. Ainsi, à une température donnée, il est possible de prédéterminer la tension qu'on obtiendrait en commutant les courants. Inversement, en mesurant la tension avec un intégrateur étalonné de façon précise, comme décrit ci-dessus, on peut déterminer la température de façon 35 précise. Ainsi, dans l'état actuel de la technique des compo-

sants de circuit, on peut réaliser un système de détection de température ayant une résolution d'au moins 1° Fahrenheit ou Celsius, sans qu'il soit nécessaire d'employer un bain d'eau de référence pour l'étalonnage.

5 Les figures 5A, 5B et 5C sont des représentations graphiques qui sont utiles pour décrire un système permettant d'augmenter la dynamique d'un intégrateur pour lui donner une valeur plusieurs fois supérieure. La figure 5A représente la
10 caractéristique normale d'un intégrateur et elle montre la tension de sortie de l'intégrateur en fonction du temps, exprimé en cycles d'horloge. La figure 5B montre les intégrations alternées en sens croissant et en sens décroissant, et la figure 5C montre la caractéristique de l'intégration à deux pentes unique équivalente de la figure 5B.

15 Bien qu'il ne soit pas très grave, le principal problème que soulève une dynamique accrue consiste en ce que le temps que nécessite l'intégration est plus long, ce qui fait que des courants de fuite présents dans le condensateur d'intégration ont un plus grand effet. Il semblerait que la
20 solution de ce problème réside dans l'utilisation d'un condensateur plus grand et ayant une plus faible fuite. Il n'y a cependant en réalité aucun problème, du fait que l'intégration à deux pentes alternées réduit les fuites. Ceci résulte du fait que la tension moyenne présente aux bornes du conden-
25 sateur d'intégration est réduite. Outre le fait que la fuite interne est réduite, la linéarité de l'intégrateur est également améliorée.

La seule chose nécessaire pour mettre en oeuvre la technique d'intégration alternée en sens croissant et en sens
30 décroissant, consiste à sélectionner une méthode pour commuter de l'intégration en sens croissant vers l'intégration en sens décroissant. Une première méthode possible utilise un comparateur qui commute lorsque la tension de sortie de l'intégrateur dépasse une valeur fixée à l'avance. Le bruit pré-
35 sent sur le comparateur ne constitue pas un problème, du fait

que si l'intégration en sens croissant est raccourcie d'une période d'horloge pendant une intégration en sens croissant, elle sera allongée d'une période au cours de l'intégration suivante. Une seconde méthode possible qu'on peut utiliser 5 lorsqu'il est possible d'estimer la valeur approximative du signal (ou dans ce cas la plage de température), consiste à fixer à l'avance le nombre de cycles d'horloge utilisés pour chaque intégration en sens croissant, ainsi que le nombre total de cycles d'horloge utilisés pour l'intégration en sens 10 décroissant. Dans les deux méthodes, on obtient des facteurs d'échelle corrects en fixant à l'avance le nombre total de périodes d'horloge. De plus, on réalise la conversion correcte entre les échelles de mesure Fahrenheit et Celsius en fixant respectivement un rapport de 9/1 ou de 5/1 pour le nombre 15 total de périodes d'horloge pour l'intégration en sens croissant. Comme décrit précédemment, les décalages entre les deux échelles de température sont fixés par des valeurs préchargées dans le compteur.

Dans un exemple de réalisation spécifique de l'invention qui est utilisé en tant que thermomètre médical, on 20 peut utiliser dans le système une tension de décalage qui soustrait en fait l'extrémité inférieure de la plage de température, qui n'est pas réellement utilisée pour l'affichage. Ceci a également pour effet de réduire la dynamique de l'in- 25 tégrateur. Plus précisément, si on utilise le thermomètre en instrument médical dans la plage de 32°C à 42°C, on peut soustraire la tension qui équivaut à 273° + 32° Kelvin, en tant que décalage d'amplificateur opérationnel.

Il va de soi que de nombreuses modifications peuvent 30 être apportées au dispositif et au procédé décrits et représentés, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de détection de température, caracté-
risé en ce qu'il comprend : des moyens de détection de tempé-
rature à semiconducteurs (12), comportant au moins une jonc-
5 tion qui fait apparaître à ses bornes une tension de jonction
sous l'effet d'un courant traversant les moyens de détection
de température à semiconducteurs (12), cette tension étant
déterminée au moins partiellement par la température des
moyens de détection de température à semiconducteurs (12) ;
10 une source de courant (14) destinée à générer le courant qui
circule dans les moyens de détection de température à semi-
conducteurs (12), ce courant circulant avec des premier et
second niveaux de courant ; des premiers et seconds moyens
de mémorisation de valeur de tension (36a, 36b) destinés à
15 mémoriser des valeurs de la tension de jonction apparaissant
respectivement sous l'effet des premier et second niveaux de
courant ; des moyens intégrateurs (38) destinés à recevoir un
signal sous la dépendance des tensions de jonction qui sont
mémorisées dans les premiers et seconds moyens de mémorisa-
20 tion de valeur de tension (36a, 36b), et à intégrer ce signal
dans un premier sens pour produire sur une sortie des moyens
intégrateurs (38) un signal d'intégration proportionnel à la
différence entre les tensions de jonction ; et des moyens
(48, 50, 52) qui réagissent au signal d'intégration en produi-
25 sant un signal de température qui est représentatif de la
température détectée par les moyens de détection de tempéra-
ture (12).

2. Dispositif de détection de température selon la
revendication 1, caractérisé en ce que les premiers et seconds
30 moyens de mémorisation de valeur de tension sont respective-
ment constitués par des premiers et seconds moyens échantil-
lonneurs-bloqueurs (36a, 36b).

3. Dispositif de détection de température selon la
revendication 2, caractérisé en ce qu'il comprend en outre
35 des moyens de commande (44) destinés à commander les moyens

intégrateurs (38) et les premiers et seconds moyens échantillonneurs-bloqueurs (36a, 36b), de façon que les premiers moyens échantillonneurs-bloqueurs (36a) mémorisent la tension de jonction lorsque le courant circule à un premier niveau de 5 courant, et les seconds moyens échantillonneurs-bloqueurs (36b) mémorisent la tension de jonction lorsque le courant circule avec le second niveau de courant.

4. Dispositif de détection de température selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre 10 des moyens de référence de tension (42) destinés à produire une tension de référence par rapport à laquelle on mesure des variations de la tension de jonction.

5. Dispositif de détection de température selon la revendication 3, caractérisé en ce que les moyens intégrateurs (38) sont conçus de façon à intégrer dans un second 15 sens à partir du signal d'intégration, et en ce qu'il existe en outre des moyens (50) destinés à mesurer la durée d'intégration dans le second sens, ces moyens de mesure de durée fonctionnant sous la dépendance des moyens de commande (44).

20 6. Dispositif de détection de température selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de tarage automatiques (46) qui sont connectés aux moyens intégrateurs (38) de façon à compenser des tensions de décalage.

25 7. Dispositif de détection de température selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens comparateurs (48) ayant une sortie destinée à transmettre un signal vers les moyens de commande (44), et ce signal varie sous la dépendance des moyens intégrateurs 30 (38) et des moyens de tarage automatiques (46).

8. Dispositif de détection de température selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de sélection incorporés dans les moyens de commande (44), pour sélectionner pour un signal correspondant à la 35 température une pondération donnant soit une mesure avec

l'échelle Fahrenheit, soit une mesure avec l'échelle Celsius.

9. Dispositif de détection de température du type utilisant une caractéristique thermique d'un élément à semi-conducteurs (12) pour mesurer la température, caractérisé en 5 ce qu'il comprend : des moyens de commutation (70-79) destinés à commuter un courant circulant dans l'élément à semiconducteurs (12), d'un premier niveau de courant pour lequel une première tension apparaît aux bornes de l'élément à semiconducteurs, vers un second niveau de courant pour lequel une 10 seconde tension apparaît aux bornes de l'élément à semiconducteurs (12) ; des moyens intégrateurs (38) destinés à effectuer une intégration entre les première et seconde tensions aux bornes de l'élément à semiconducteurs (12) ; et des moyens de mesure de temps (50) destinés à mesurer la durée de 15 l'intégration, cette durée d'intégration, qui dépend de la température mesurée, étant utilisée pour produire un signal correspondant à la température détectée.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de commande de courant (44) destinés à maintenir une relation prédéterminée entre les premier et second niveaux de courant (n/1). 20

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens de commande de courant (44) sont conçus de façon à maintenir un rapport de 10/1 entre les premier et second niveaux de courant, et en ce qu'il comporte en 25 outre un ensemble d'éléments de commutation (70-79) destinés à commuter des composantes respectives du courant qui circule dans l'élément à semiconducteurs (12).

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé en ce que les moyens de commande de courant (44) comprennent en outre des moyens séquenceurs sous l'action desquels 30 les éléments de commutation (70-79) de l'ensemble d'éléments de commutation sont commandés séquentiellement, de façon à réduire par moyenne des erreurs d'intensité sur les composantes des courants précités, de façon à obtenir une précision 35

élevée pour le rapport de 10/1.

13. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens d'intégrateurs (38) sont des moyens d'intégration bidirectionnels conçus pour intégrer dans des premier et second sens, et les moyens de mesure de temps (50) mesurent la durée de l'intégration dans un sens prédéterminé parmi les premier et second sens.

14. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens amplificateurs (20) qui ont un gain prédéterminé et qui sont connectés à l'élément à semiconducteurs (12).

15. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des premiers et seconds moyens de mémorisation (36a, 36b), destinés à mémoriser des tensions sélectionnées parmi les première et seconde tensions qui apparaissent aux bornes de l'élément à semiconducteurs (12).

16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des troisièmes moyens de mémorisation (36d) destinés à mémoriser une valeur de tension qui correspond à une différence entre les tensions mémorisées dans les premiers et seconds moyens de mémorisation (36a, 36b).

17. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens amplificateurs (36c) qui sont connectés aux premiers et seconds moyens de mémorisation (36a, 36b), pour améliorer la résolution du dispositif de détection de température.

18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'il comprend en outre des moyens de commutation destinés à commuter des éléments d'entrée et de réaction connectés aux moyens amplificateurs (36c).

19. Procédé de mesure de température, caractérisé en ce qu'il comprend les opérations suivantes : on fait circuler alternativement un courant à des premier et second niveaux de courant dans un capteur de température à semiconducteurs (12); on échantillonne et on mémorise une tension qui apparaît dans

le capteur de température à semiconducteurs à des instants qui correspondent à la circulation du courant aux premier et second niveaux de courant ; on produit un signal de mesure correspondant à une différence de ladite tension pendant la
5 circulation du courant aux premier et second niveaux de courant ; on intègre ce signal de mesure sur un intervalle de temps prédéterminé ; et on mesure la durée d'une partie au moins de cette intégration, pour produire un signal de temps qui correspond à une température détectée du capteur de tem-
10 pérature à semiconducteurs.

20. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'opération de mesure de temps comprend les opérations supplémentaires qui consistent à appliquer sélectivement un signal d'horloge à un compteur (50) ; et à pré-charge
15 ger une valeur dans ce compteur.

21. Procédé selon la revendication 19, caractérisé en ce que l'opération d'intégration comprend en outre les opérations suivantes : on intègre en sens croissant pendant une durée qui a été prédéterminée sous la dépendance d'une
20 échelle de mesure de température sélectionnée ; et on intègre en sens décroissant pendant un intervalle de temps de mesure qui se prolonge jusqu'à ce qu'une tension de référence d'intégration présélectionnée soit atteinte, cet intervalle de temps de mesure ayant une durée qui est fonction de la tempé-
25 rature mesurée.

FIG. 1

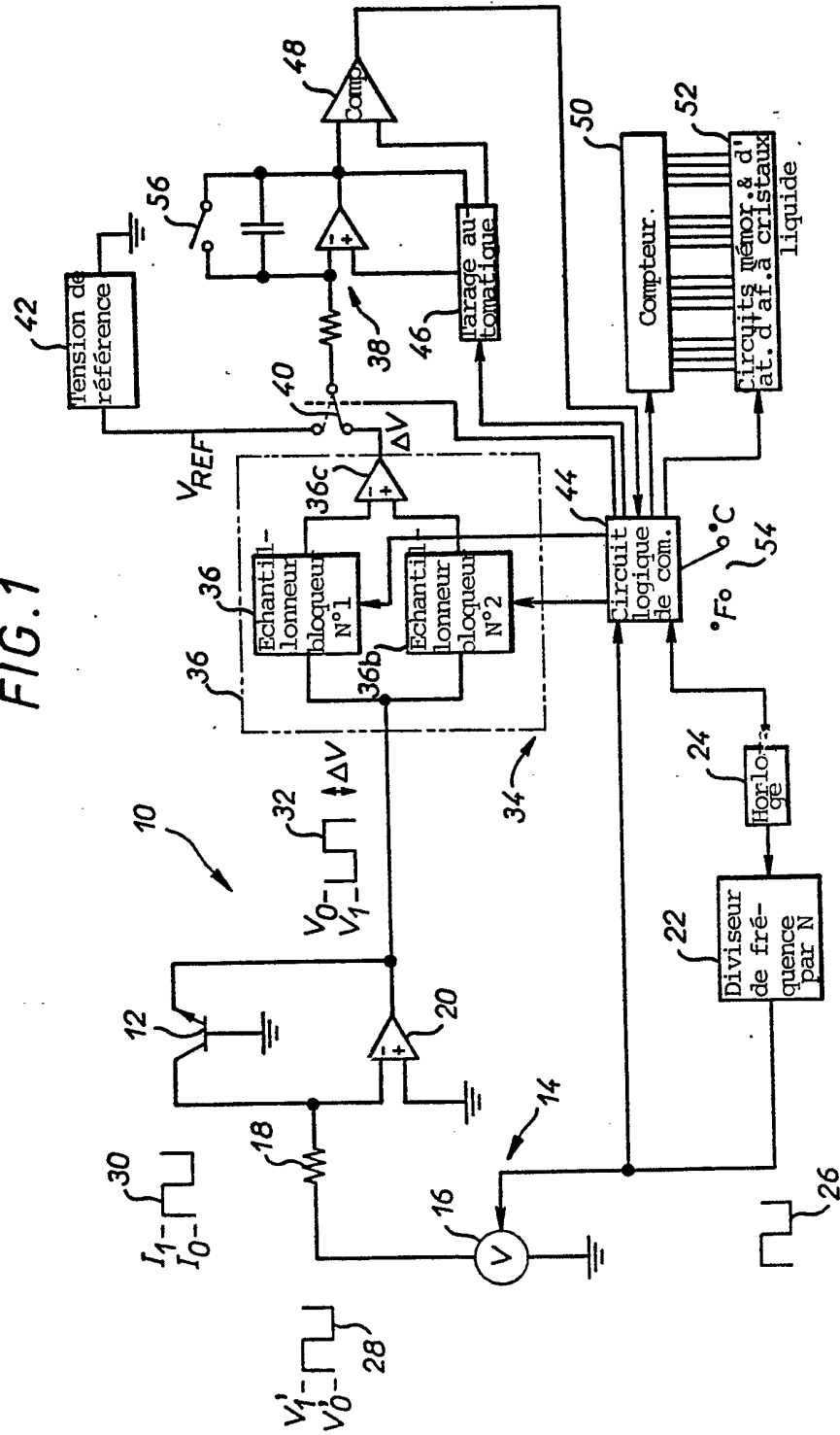


FIG. 2

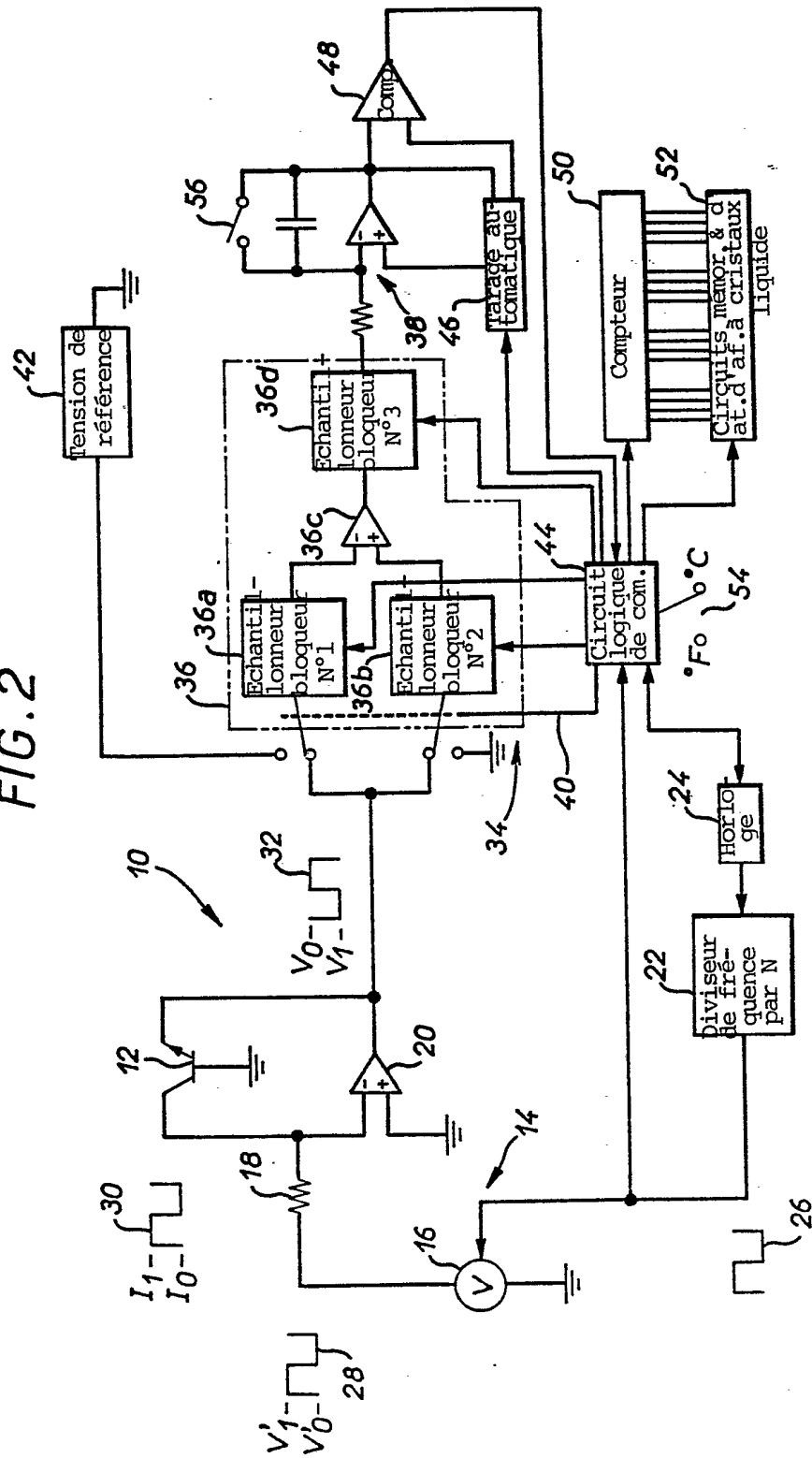


FIG. 3

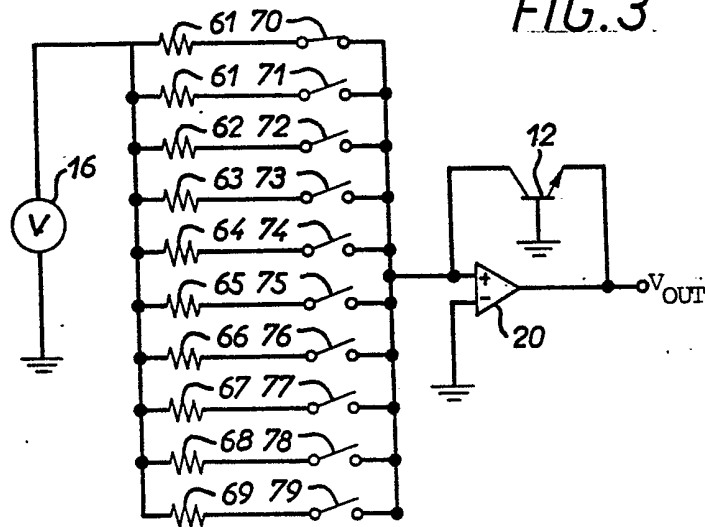


FIG. 4

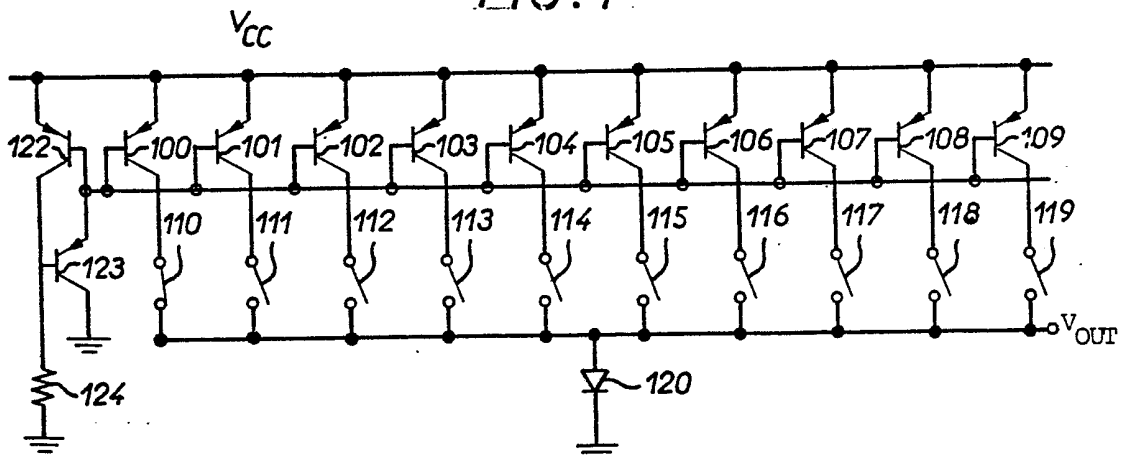


FIG. 5A

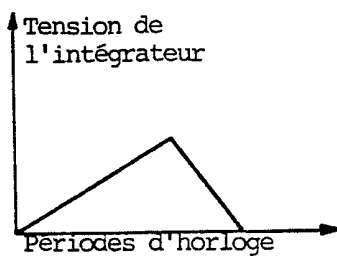


FIG. 5B

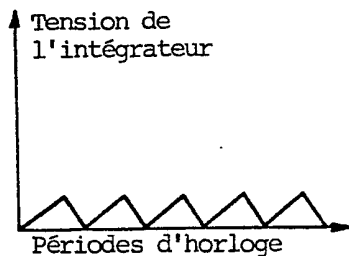


FIG. 5C

