



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101996900491671
Data Deposito	19/01/1996
Data Pubblicazione	19/07/1997

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
A	61	B		
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
G	01	K		

Titolo

DISPOSITIVO CON PICCOLA CAPACITA' TERMICA PER SPIROMETRIA PORTABILE DI PRECISIONE E PER ALTRE APPLICAZIONI

PD 96 A 0 0 0 0 4

**DISPOSITIVO CON PICCOLA CAPACITA' TERMICA PER SPIROMETRIA
PORTABILE DI PRECISIONE E PER ALTRE APPLICAZIONI**

5 depositata il 19 gennaio 1996
a nome di BIOMEDIN s.r.l. - Piazza Insurrezione 1 - 35137 Padova
Inventore designato Torresin Giuseppe - Biomedin

Riassunto

10 Viene descritto un dispositivo basato su almeno un elemento attivo (1) di piccola
capacità termica che può monitorare e/o controllare la temperatura di un determinato
ambiente. L'elemento viene alimentato con tecnica a modulazione di impulsi e l'analisi
del rilassamento termico tra impulsi di riscaldamento adiacenti viene eseguita sullo
15 stesso elemento attivo (1). Quando adattato per la spirometria e termostato a
temperatura corporea il dispositivo porta a uno strumento tascabile di alta precisione
e basso consumo. Con opportuni adattamenti l'apparecchio può essere facilmente
impiegato sia per la flussometria di precisione sia per la calorimetria ad alta
sensibilità.

20 Ambito tecnico

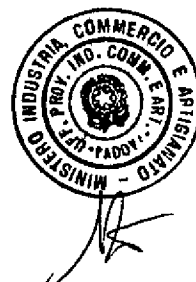
L'invenzione riguarda il campo della spirometria e in particolare quello della
termostatazione dei pneumotacografi.

Inoltre può essere utilizzata bene sia nella microcalorimetria che nella misura del
flusso di un fluido in un condotto.

25

Stato dell'arte

E' pratica comune monitorare la funzionalità respiratoria attraverso l'analisi di tratti
di respiro. Dato che l'uomo vive respirando può essere facile pensare che non tutti i
respiri sono uguali e che anche la funzionalità polmonare può variare a seconda di molti
30 fattori. Questo diventa drammaticamente vero nel caso di particolari condizioni
ambientali o di particolari reazioni ad agenti volatili o sospesi, o di evidenti patologie
respiratorie in corso: naturalmente sarebbe inutile monitorare queste situazioni
quando non si verificassero.



Uno dei dati più importanti che si ottengono da un respiro corretto è il volume polmonare le cui variazioni possono dare molte informazioni sulla loro origine e sul livello dei gradini successivi, cioè sul profilo della funzionalità polmonare, permettendo così di intervenire con una cura adeguata.

5

Dato che il volume polmonare è di vari litri, si può anche misurare il flusso invece del volume e cioè la caduta di pressione dovuta al passaggio dell'aria attraverso una resistenza. Quando lo strumento è lineare il segnale può essere semplicemente integrato rispetto al tempo per ottenere i volumi (volume tidale, volume ventilato al minuto eccetera).

10

Se da un lato la misura del flusso permette di ridurre al minimo il peso e il volume degli apparecchi spirometrici, dall'altro apre una serie di specifici problemi tecnici legati principalmente alla termostatazione del dispositivo di misura che esamineremo più avanti.

15

Uno dei modi più accurati di eseguire la spirometria suggerito da Fleisch nel 1925 è la misura di un flusso laminare. Per ottenere un flusso laminare A. Fleisch suggerì una struttura a nido d'ape che nella forma più diffusa consiste in un cilindro ottenuto da due lamiere sottili, una zigrinata ed una liscia, accoppiate e arrotolate intorno ad un perno. Le lamiere sono d'ottone e le dimensioni del cilindro che ne risulta possono essere (es.: Fleisch n. 4): diametro = 42 mm e altezza = 32 mm; mentre la caduta di pressione è misurata sulla corona più esterna ad una distanza di 20 mm..

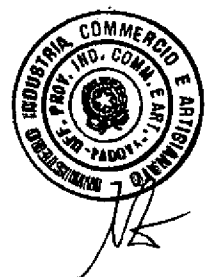
20

La struttura a nido d'ape è uno dei vari possibili filtri fisici capaci di mantenere il flusso laminare in un condotto in modo che la caduta di pressione e il flusso siano correlati linearmente. Dopo Fleisch sono state usate strutture diverse. La più conosciuta è la struttura a retina a trama fine. Questa è più leggera della struttura a nido d'ape ma "necessita di pulizia e calibrazioni frequenti per mantenere l'accuratezza della misura"⁽¹⁾.

25

Notes:

¹⁾ Office Spirometry, P.L. Enright, R.E. HyattLea & Febiger, 1987



lt

L'aria nei polmoni è a 37°C e satura in vapor d'acqua. Quando viene espirata, condensa e libera l'entalpia di vaporizzazione.

Per mantenere la temperatura a 37°C, Fleisch e i successori riscaldarono elettricamente le strutture con un riscaldatore esterno. In realtà i circa 6.5 W di potenza necessari per termostatare un classico cilindro di Fleisch n. 4, che sono dovuti ad inefficienze termiche e all'alta inerzia termica dell'insieme, hanno ostacolato finora la produzione di pneumotacografi riscaldati leggeri e realmente portatili.

Negli ultimi anni sono stati proposti molti strumenti non riscaldati dato che gli strumenti portatili non possono avere consumi così alti.

Un problema serio sorto con il diffondersi di trasduttori di flusso non riscaldati è quello dalle condensa di vapore.

Questo influisce poco sul raffreddamento del flusso quando il vapore condensandosi libera l'entalpia di vaporizzazione, tuttavia il vero problema è che si verificano turbolenze e il flusso non è più lineare. Poiché le turbolenze implicano una relazione quadratica tra la caduta di pressione e il flusso, i valori di flusso che ne risultano presentano grandi incertezze. Questa fonte di errore rende inaffidabili i sistemi attuali non riscaldati in maniera molto subdola.

La spirometria è un test composto di diversi tentativi ripetuti e per ogni tentativo il vapore condensandosi libera l'entalpia di vaporizzazione. Nell'esecuzione di un test dopo poche manovre del paziente lo strumento accumula vapore acqueo, il flusso tende a mostrare turbolenze e cresce la sovrastima della misura. Secondo le normative dell'American Thoracic Society e della European Respiratory Society il risultato spirometrico è il valore più alto di manovre diverse. Ogni errore di sovrastima durante il test porta a risultati del tutto errati. Il recente aumento di risultati spirometrici non affidabili è fortemente correlato alla diffusione di pneumotacografi non riscaldati.



IT—

Il problema non è stato risolto dalle strutture a nido d'ape ceramiche che assorbono vapore acqueo⁽²⁾. Sono pesanti, la temperatura deve essere misurata con elementi leggeri e fragili, la disinfezione è difficile.

5 Lo stato dell'arte mostra quindi un'ampia gamma di soluzioni problematiche che hanno ritardato pesantemente l'uscita di un sistema pneumotacografico realmente portatile, semplice, affidabile, piccolo, leggero, a basso consumo, facile da pulire.

10 Problemi analoghi si incontrano con gli strumenti che misurano gli scambi di calore nei processi fisici (moto di un fluido) e/o chimici, specialmente nelle interazioni solido-gas.

Tecniche di misura dirette e continue del moto di un fluido risultano poco precise quando la velocità del fluido varia rapidamente e la sua temperatura non è costante (ad esempio: velocità del sangue in un vaso in vivo ⁽³⁾). D'altra parte i metodi che separano la sorgente di calore (emettitore) dal misuratore hanno svantaggi che dipendono dalla
15 piccola frazione di segnale raccolto dal sensore.

Nei processi di interazione Palladio-Idrogeno, il rilascio di entalpia che accompagna l'assorbimento di Idrogeno in uno strato di Palladio e la determinazione (sulla base dei
20 dati di letteratura) della quantità di Idrogeno assorbito dal campione ⁽⁴⁾ rappresenta un tipico problema di misura. In questo caso, un calorimetro che racchiuda l'ambiente in cui avviene la reazione è ingombrante, risponde lentamente e ha un costo proporzionale all'accuratezza richiesta. D'altro lato l'uso di microcalorimetri costruiti secondo le tecniche di micromachining mostra problemi dovuti all'esigua superficie su
25 cui avviene la reazione. Mancano le soluzioni nel caso ci sia bisogno di una grande superficie con inerzia termica particolarmente bassa dove il sensore di temperatura sia integrato sulla superficie senza i limiti di superficie degli elementi ottenuti per micromachining.

2) U.S. Patent Documents, 5.277.196 - 1/1994 Hankinson et al. 128/725

3) WO 94/28788 - 12/1994, Baxter Int. Inc.

4) The Palladium Hydrogen System. F.A. Lewis, Academic Press 1967



La presente invenzione ha lo scopo di creare un dispositivo con almeno un elemento attivo di piccola capacità termica che sia utilizzabile soprattutto come strumento di ingombro ridotto per la misura e la regolazione di scambi di calore.

5 L'invenzione riguarda un dispositivo basato su un elemento attivo di piccola capacità termica che può monitorare o controllare la temperatura di un determinato ambiente. L'elemento viene alimentato con tecnica a modulazione di impulsi e l'analisi del rilassamento termico tra impulsi di riscaldamento adiacenti viene eseguita sullo stesso elemento attivo.

10 Se viene adattato per la spirometria e termostato a temperatura corporea il dispositivo porta a uno strumento tascabile di alta precisione e a basso consumo. Con opportuni adattamenti l'apparecchio può essere facilmente impiegato sia per la flussometria di precisione sia per la calorimetria ad alta sensibilità.

15 Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'oggetto dell'invenzione appaiono dalla descrizione seguente.

20 Di seguito l'invenzione viene spiegata in dettaglio in base a più esempi di attuazione con riferimento ai disegni acclusi.

Mostrano:

- 25 Figura 1 un nido d'ape secondo l'invenzione che viene costruito con l'avvolgimento di due diverse lamine
- Figura 2 uno schema elettrico preferito con un microcontrollore e un interruttore digitale per riscaldare il nido d'ape di figura 1
- 30 Figura 3 mostra il funzionamento del sistema secondo l'invenzione
- Figura 4 mostra un circuito elettrico con transistori mosfet per la termostatazione del nido d'ape
- 35 Figura 5 mostra un circuito per l'esperimento dell'interazione tra Palladio e Idrogeno
- Figura 6 mostra un circuito per un misuratore di flusso



11

Descrizione dell'invenzione

5 Fondamentalmente viene usato come substrato, una striscia di lamina d'acciaio inossidabile di spessore 5-20 micron della forma più opportuna in base all'applicazione.

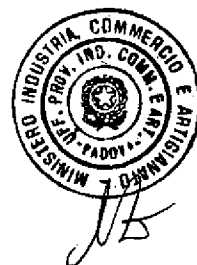
10 Questo viene eccitato attraverso una tecnica di modulazione di impulsi e vengono eseguite delle misure della temperatura dell'apparecchio di riscaldamento durante il rilassamento termico tra impulsi adiacenti.

La figura 1 mostra una struttura composta a nido d'ape di Fleisch (1) secondo la presente invenzione.

15 Consiste di una struttura ottenuta arrotolando due lamine sovrapposte (2), (3), una delle quali è zigrinata per ottenere una struttura a nido d'ape; la lamina ondulata (2) è conduttrice (es. acciaio inossidabile di spessore da 0.01 a 0.05 mm, preferibilmente 0.02 mm) e ha una resistenza adatta per essere riscaldato velocemente fino al raggiungimento della temperatura operativa per mezzo di batterie a basso consumo portatili (2-3 ohm).

20 L'altra lamina è isolante (3), a prova di corrosione per quanto riguarda la disinfezione e può sopportare sovraccarichi termici fino a 120°C.

25 La figura 2 mostra uno schema elettrico preferito secondo l'invenzione, per riscaldare il nido d'ape di Fleisch illustrato nella figura 1 e per altre applicazioni. Consiste di un microcontrollore (4), un ponte (5) con l'elemento riscaldante/sensore (6) in un ramo e i resistori (7), (8) e (9) insensibili alla temperatura negli altri rami, un interruttore (10) che connette l'alimentazione di corrente all'elemento riscaldante/sensore (6) per il riscaldamento, un doppio interruttore (11) per fornire
30 corrente al ponte (5) per la misura del rilassamento termico dello stesso elemento riscaldante/sensore (6), quando il riscaldamento non è attivo, un amplificatore da



strumentazione (12) per raccogliere il segnale del ponte, connesso al convertitore analogico/digitale (13) del microcontrollore (4).

5

La figura 3 aiuta a capire come funziona il sistema. L'interruttore di corrente digitale viene acceso per 150 microsecondi, mentre si ha rilassamento termico dell'elemento per i successivi 850 microsecondi. Durante i 150 microsecondi di corrente l'elemento diventa caldo. L'andamento della temperatura dipende dalla tensione e dal tempo. I 150 microsecondi possono aumentare o diminuire a seconda che ci sia bisogno di più o meno calore, mentre il tempo di 1 millisecondo tra impulsi viene mantenuto costante.

10

Alla fine dell'impulso di riscaldamento comincia la fase di misura. Questa consiste di una o più misure durante il rilassamento termico: come esempio sono state indicate due misure all'inizio e alla fine della fase di rilassamento (Cfr. fig. 3). Il microcontrollore (4) manda un impulso di misura lungo abbastanza da assicurare la stabilizzazione dell'amplificatore operativo (12) per la misura (20 microsec). A questo punto lo stesso impulso, ritardato del tempo di regolazione dell'amplificatore (12), viene rispedito dal microcontrollore stesso (4) al sample&hold del convertitore analogico digitale a 10 bits (13) integrato nel microcontrollore (4). L'energia di alimentazione del ponte termina 10 microsec. dopo l'impulso S/H che ha permesso l'acquisizione del segnale dell'amplificatore del ponte. Va notato che l'alimentazione del ponte viene mantenuta breve confrontata al tempo totale di rilassamento per ridurre l'interferenza nell'elemento riscaldante/sensore.

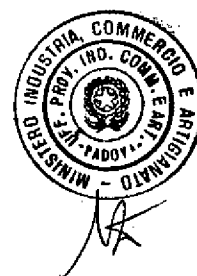
15

20

25

La figura 4 mostra il circuito elettrico effettivo per la termostatazione del nido d'ape di Fleisch. In questo caso gli interruttori digitali vengono sostituiti da transistori mosfet (19), (20). L'alimentazione del Fleisch avviene come se fosse un interruttore come si vede in figura 2, mentre l'alimentazione del ponte avviene con un secondo mosfet. Un diodo veloce (21) in cima al ponte verso il ramo del Fleisch completa la funzione del

30



doppio interruttore poiché impedisce alla corrente di passare attraverso altri rami del ponte quando il Fleisch (1) è alimentato.

Un secondo diodo (22) veloce come il primo viene posto in cima al ponte verso l'altro ramo per assicurare la stessa caduta di tensione nei due rami quando il ponte è alimentato. L'amplificatore (23) è programmabile nel guadagno. Questo si può aumentare quando il segnale è basso e la definizione a 10 bits del convertitore non assicura misure abbastanza accurate.

La figura 5 mostra un circuito per l'esperimento dell'interazione Palladio-Idrogeno. Il circuito ha una valvola solenoide che viene usata per introdurre 200 mbar di idrogeno nel calorimetro. Il ponte ha due rami opposti (27, 28) alimentati con tempi di riscaldamento che possono essere diversi in modo da tenere il ponte in equilibrio come viene spiegato più avanti in dettaglio.

Il circuito mostrato in figura 6 è uguale a quello in figura 4 ad eccezione dell'elemento di riferimento (26) che sostituisce il resistore non sensibile alla temperatura nel ramo del ponte dove c'è l'elemento riscaldatore/sensore, raccoglie la temperatura del fluido e permette di avere un segnale di uscita già ripulito dall'effetto della temperatura.

Per quanto riguarda il filtro a nido d'ape di Fleisch della figura 1 è chiaro che l'inerzia termica della lamina conduttrice (2) è bassa (il peso è meno di 10 gr.) e permette un riscaldamento rapido fino a temperatura corporea. La regolazione dello strumento a freddo può essere fatta in 30 secondi per un Fleisch di misura 4, e la termostatazione si può fermare subito dopo il test come anche l'alimentazione relativa che può essere ridotta secondo la nuova tipologia ad inerzia termica bassa.

In pochi secondi il trasduttore di flusso può essere pulito dal vapore acqueo condensato (l'aria respirata è satura di vapore acqueo) quando viene usato per esami intensivi o in



condizioni particolari. Inoltre può essere sterilizzato in loco riscaldandolo fino a 120°C. per poco tempo o può essere rimosso per la pulizia con disinfettante.

Quanto affermato per il filtro a nido d'ape può valere anche per la rete a maglia sottile con la sola differenza che in questo caso ci sono fili invece di lamine.

5

Un'altra realizzazione preferenziale adattata a misure calorimetriche molto sensibili (come illustrato nella figura 5), come l'esperimento di interazione tra palladio e idrogeno, viene sottolineata dal seguente esperimento.

1 0 L'elemento riscaldatore/sensore è stato inserito in una camera reattiva equipaggiata con valvole di entrata e uscita permettendo o l'evacuazione della camera o l'immissione del gas scelto. L'elemento sensore è una lamina di acciaio inossidabile con uno spessore di 5 micron. Per questo considerando un peso di 10 gr/cm³ e una capacità termica specifica di 0,1 cal/gr °C ($\cong$ 0,42 J/gr) che si riferisce ad un'unità di area di 1 cmq abbiamo

1 5 una capacità termica $\cong$ 500 μ cal/°C cmq ($\cong$ 2,1 mJ/K cmq).

Riferendoci alla stessa area (ricordando che la superficie di scambio della lamina è due volte l'unità dell'area) abbiamo un flusso termico in atmosfera di azoto a 60°C di 2.4 mW/°C cmq $\cong$ 576 μ cal/°C cmq sec (e questo dà un flusso termico attraverso la

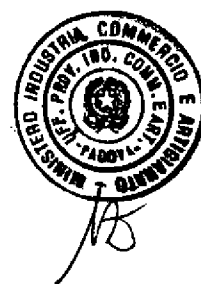
2 0 superficie di scambio di 288 μ cal/°C cmq sec).

La perdita di radiazione per cmq considerando un fattore di radianza per una superficie lucida del 4% è $5.67 \cdot 10^{-12} \times 0.04 \times 333^4 \cong 27.89 \cdot 10^{-4} \text{ W} \cong 669.31 \text{ } \mu\text{cal/sec}$.

2 5 Si termostata (in ambiente controllato a 25°C) il sensore di riscaldamento (fase solido-gas) a 60°C con tecnica pwm usando una frequenza tra 1 - 10 KHz e si accetta un'ondulazione inferiore a 1°C intorno al valore medio di 60°C.

3 0

Con una lamina rivestita di uno strato di palladio di 0,1 micron otteniamo 0,12 mg/cmq di peso e 12 microcalorie/°C cmq di capacità termica. Una volta raggiunta la condizione



di stabilità si introducono nella camera 200 mbar di idrogeno e si monitorizza la temperatura campione secondo il procedimento descritto. Dato che 0,12 mg di Palladio corrispondono a $1,12 \times 10^{-6}$ mol e l'entalpia di assorbimento dell'idrogeno è di circa 9 Kcal/mol un'entalpia misurata di 3000 microcalorie permette di determinare che il rivestimento di Pd è stato trasformato in idruro di Pd con formula stechiometrica Pd H_{0.6}. La rapidità con cui avviene il processo si accorda con le caratteristiche geometriche del campione secondo la formula approssimata.

$$\text{Tempo di diffusione} = \frac{(\text{spessore del Pd})^2 \{ \text{cm} \}}{(\text{Diff coeff.}) \{ \text{cm}^2 \text{ sec}^{-1} \}} = \frac{(1 \times 10^{-5})^2}{\approx 10^{-7}} \approx 1 \text{ msec}$$

Questo permette anche di comprendere i benefici dell'apparecchio usato che può monitorare un'evoluzione così rapida.

Si può ottenere un ulteriore miglioramento nell'accuratezza della misura usando il dispositivo in maniera differenziale come indicato in figura 5 dove due lamine, una rivestita di palladio (27) e una di riferimento (28), vengono alimentate con pwm con circuiti indipendenti contemporaneamente. La frequenza di pwm è nel range del KHz e il rilassamento termico viene misurato due volte all'inizio e alla fine dell'evoluzione termica libera dell'elemento.

Il segnale differenziale raccolto dà la variazione di calore in un ramo del ponte con alta sensibilità. Comunque questa tecnica può essere migliorata con un asservimento (loop) attraverso un procedimento opportuno del microcontrollore. In questo caso il ciclo di lavoro del pwm alla lamina rivestita di palladio viene continuamente regolato per mantenere il ponte in equilibrio e le differenze di alimentazione tra i due pwm danno immediatamente il calore scambiato.

Il dispositivo proposto è anche particolarmente utile per una versatile flussimetria di precisione. Si consideri per semplicità la sola perdita di calore convettivo in un condotto di misura da una lamina posta trasversalmente e orientata secondo la direzione



17

del fluido. Questa, come noto, dipende dalla velocità del fluido e dal gradiente di temperatura tra la lamina e il fluido.

$$5 \quad Q/S = k (1 + 0,002 \, t_f) u (t_{pl} - t_f)$$

Q = perdita di calore; S = superficie u = velocità in cm/sec

10 t_{pl}, t_f = temperatura della lamina e del fluido

$k \cong 2 \cdot 10^{-6}$ cal/°C cmq sec cm/sec (per acqua)

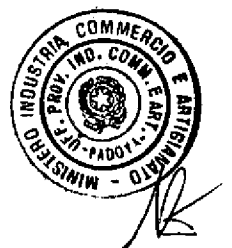
15 Da calcoli semplici risulta che in condizioni limite tipiche di $t_{pl} = 47^\circ\text{C}$, $t_f = 37^\circ\text{C}$ la velocità del fluido da 10 a 1000 cm/sec porta ad uno scambio termico da 219 to 21900 microcalorie per secondo per cm quadrato . Uno scambio di calore così grande consente al progettista una grande flessibilità nell'affrontare molti problemi reali diversi agendo sia per la frequenza pwm che per la dimensione del substrato.

20 Ovviamente il calcolo può essere semplificato sostituendo semplicemente un resistore insensibile alla temperatura sullo stesso lato della striscia riscaldata con una striscia identica che partecipa solo al processo di misura ma non al processo di riscaldamento, come in figura 6.

25

30

35



Rivendicazioni

5 1) Dispositivo basato su elemento/i attivo/i (1, 25) di capacità termica piccola che può sia monitorare che controllare la temperatura di un dato ambiente, detto/i elemento/i (1, 25) essendo alimentato/i con tecnica di pwm alla temperatura richiesta, permettendo il rilassamento termico tra gli impulsi pwm la misura e il controllo della temperatura di detto ambiente.

10 2) Un dispositivo secondo il punto 1) in cui la temperatura dell'elemento/i attivo/i (1, 25) e il rilassamento di temperatura tra gli impulsi pwm vengono misurati confrontando la resistenza elettrica dell'elemento/i attivo/i (1, 25) con quella dei resistori non sensibili alla temperatura attraverso tecniche di ponte (5).

15 3) Un dispositivo secondo i punti 1) e 2) adottato per la spirometria termostata a temperatura corporea dove l'elemento sensore riscaldatore è costituito da una struttura composita, tale struttura ottenuta accoppiando strati isolanti (3) con strati conduttivi (2) con opportuna resistenza elettrica.

20 4) Un dispositivo secondo i punti 1) e 2) adottato per misurare la velocità del flusso di un fluido in un condotto, in cui con la velocità di flusso viene misurata da un elemento/i sensore e di controllo costituito da lamine sottili alimentate con tecnica di pwm, e in cui la velocità di flusso è misurata dal rilassamento termico tra impulsi di pwm.

25 5) Un dispositivo secondo i punti 1) e 2) adattato per misure calorimetriche di scambi dovuti a scambi di calore dovuti a reazioni di gas-solido dove l'elemento/i sensore/i è/sono costituito/i di lamina/e di capacità termica molto bassa ricoperta da un film sottile del solido scelto; l'elemento/i viene alimentato con tecnica di pwm e l'entalpia di reazione del gas-solido scelto viene misurata dal rilassamento termico tra gli impulsi di pwm.



IT

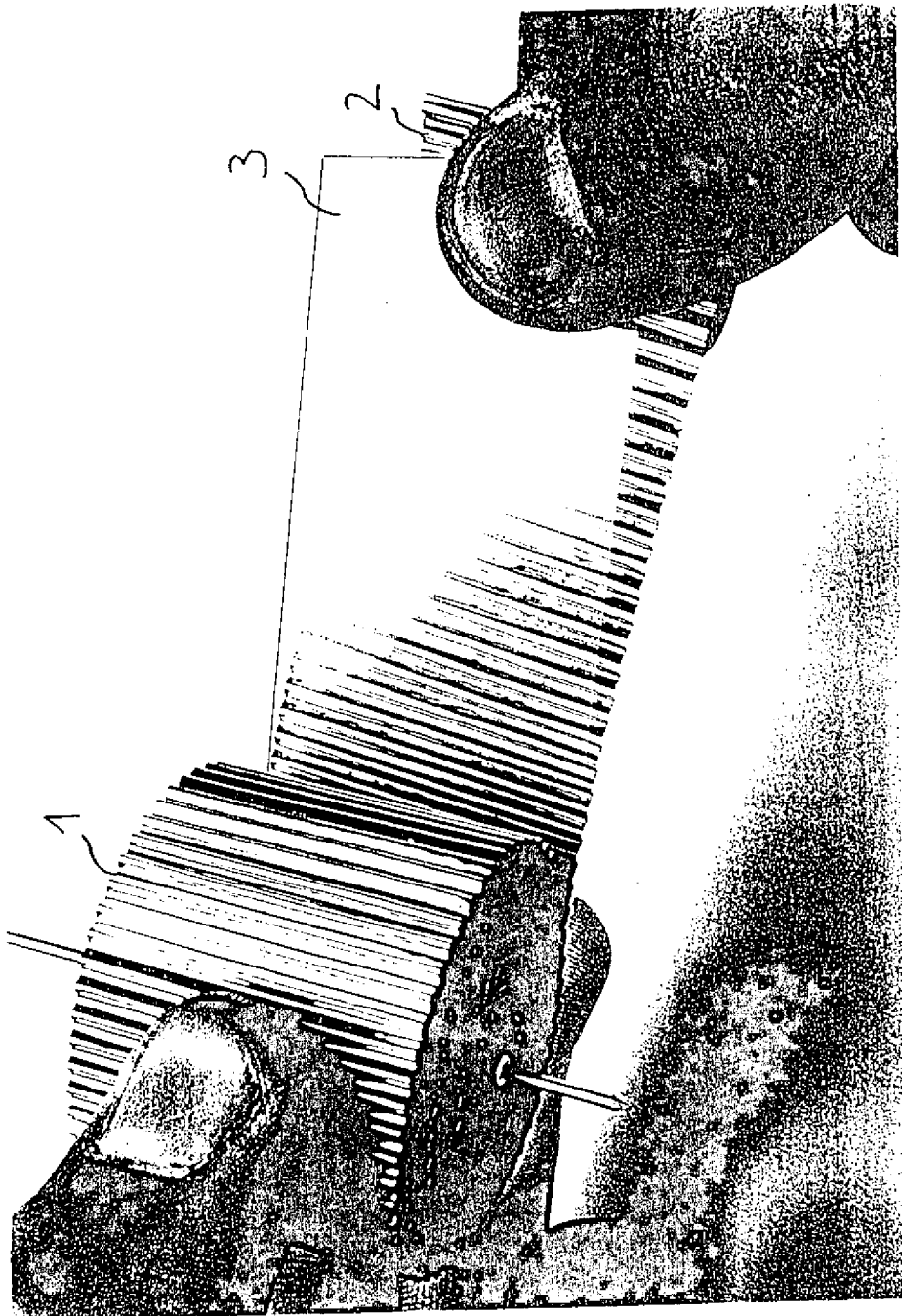
6) Dispositivo completo:

un elemento (1) costituito da una pluralità di scanalature parallele, che presenta due lamine (2, 3) accostate e avvolte insieme, una delle quali (2) è zigrinata, piegata o ondulata, l'altra è liscia, in cui una delle lamine (3) è elettricamente non conduttiva e l'altra (2) è conduttiva e presenta una resistenza che permette un veloce riscaldamento dell'elemento (1) ad una temperatura di funzionamento regolabile con l'uso di batterie a secco di capacità ridotta e/o accumulatori ricaricabili e

un circuito in cui l'elemento (1) viene riscaldato e regolato con tecnica pwm alla temperatura di funzionamento e viene misurata la temperatura dell'elemento stesso(1) nel rilassamento di temperatura tra gli impulsi del pwm, confrontando la resistenza elettrica della lamina conduttiva (2) attraverso tecniche di ponte (5) con quella di resistori non sensibili alla temperatura.



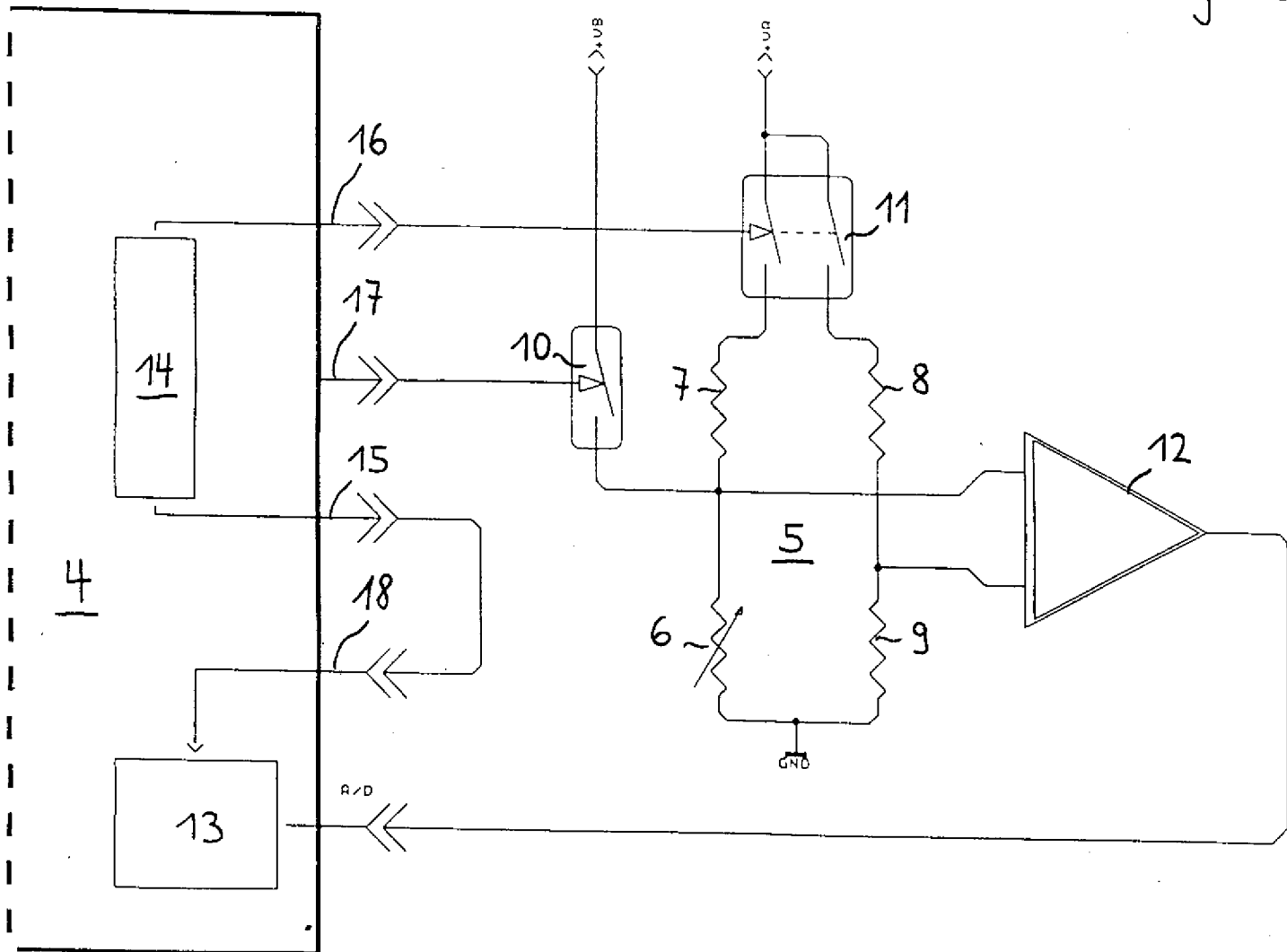
Fig. 1



Wm. H. Tamm



Fig. 2



PD 96 A 0 0 0 0 0 4



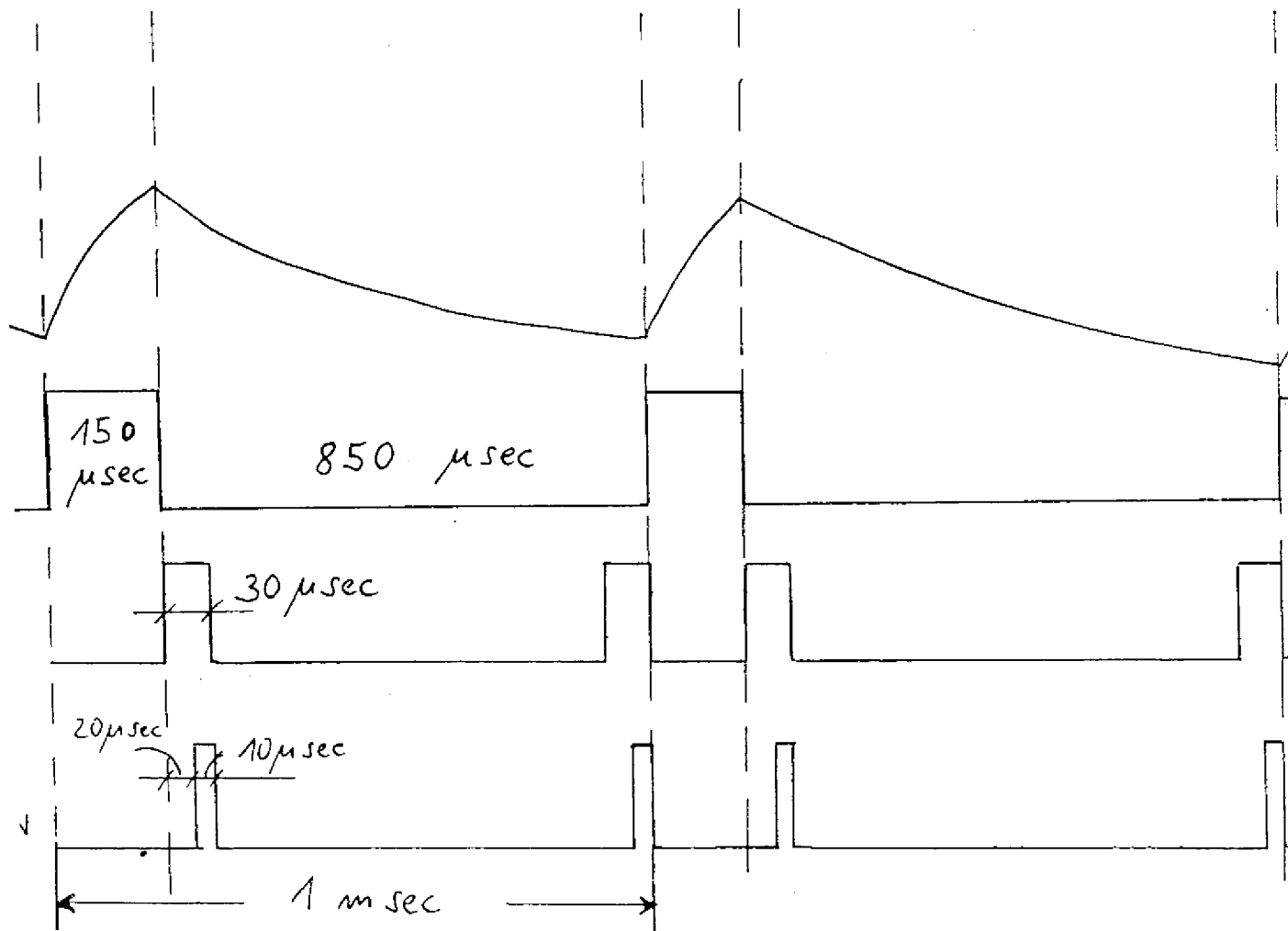
Fig. 3

ELEMENTO
RISCALDATORE/
SENSORE

MODULAZIONE DI
LARGHEZZA
DI IMPULSI

IMPULSI DI
MISURA

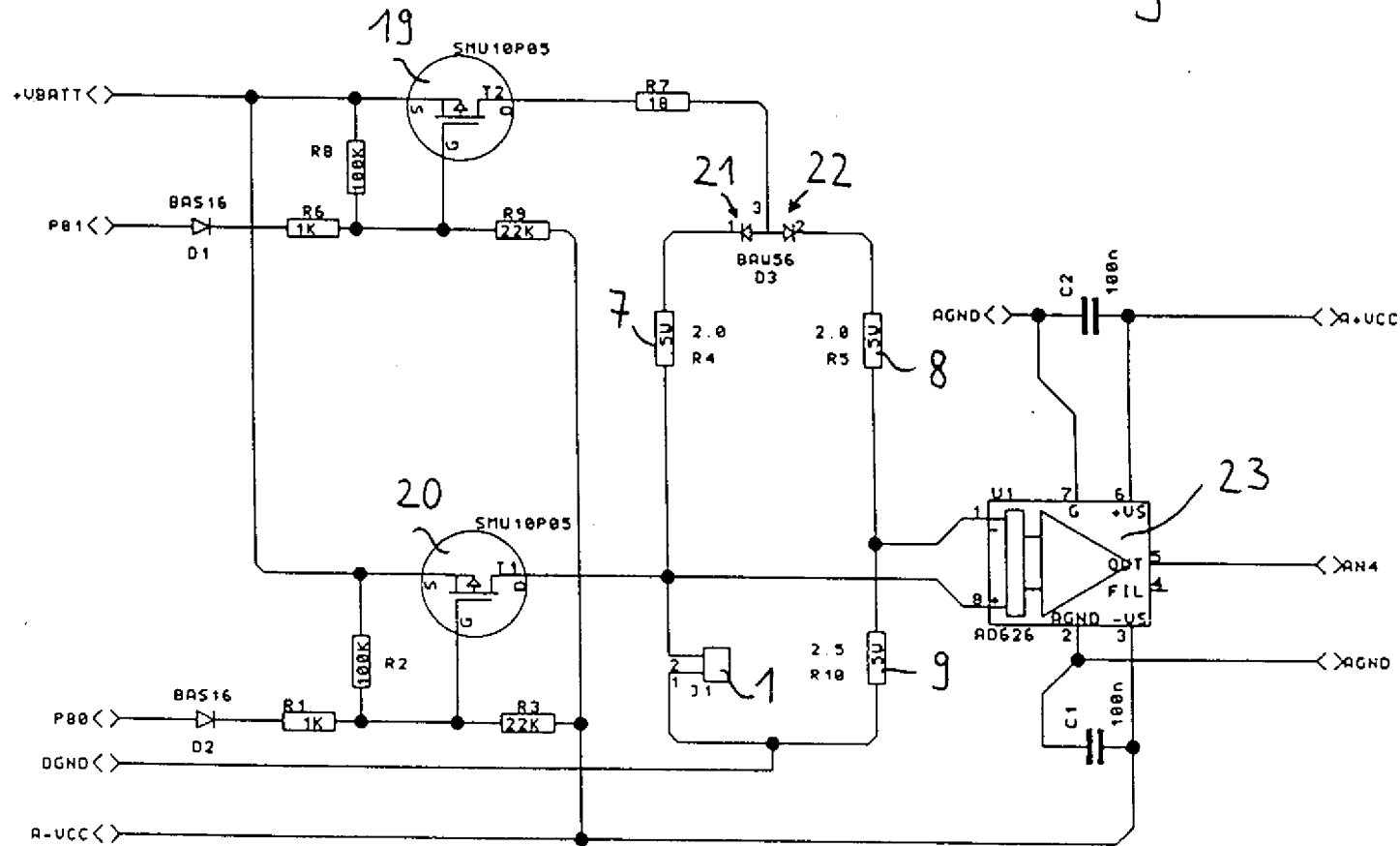
TRIGGER DEL
SAMPLE&HOLD PER
IL CONVERTITORE
ANALOGICO DIGITALE



PD 96 A 0 0 0 0 0 4



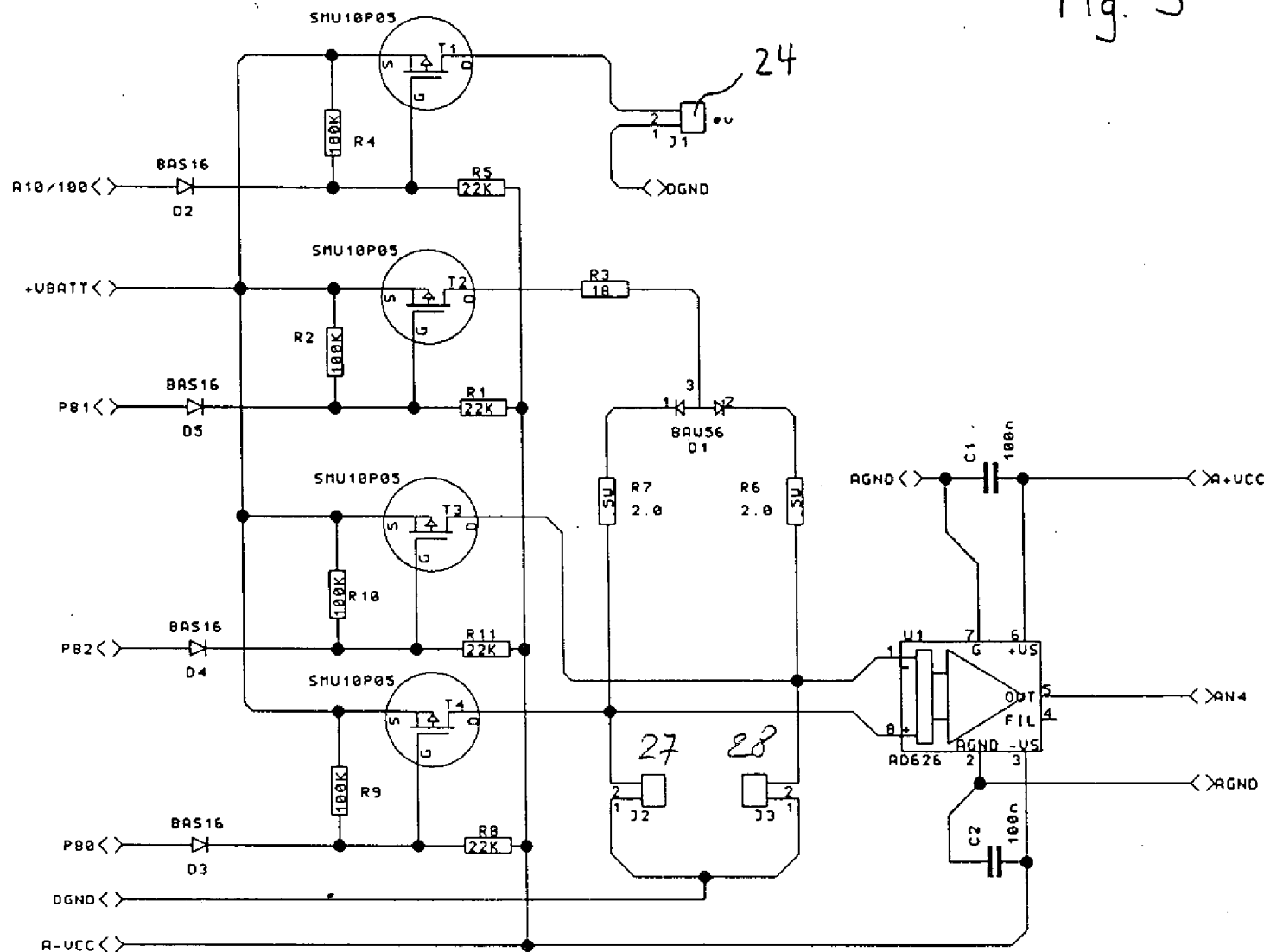
Fig. 4



PD96A000004



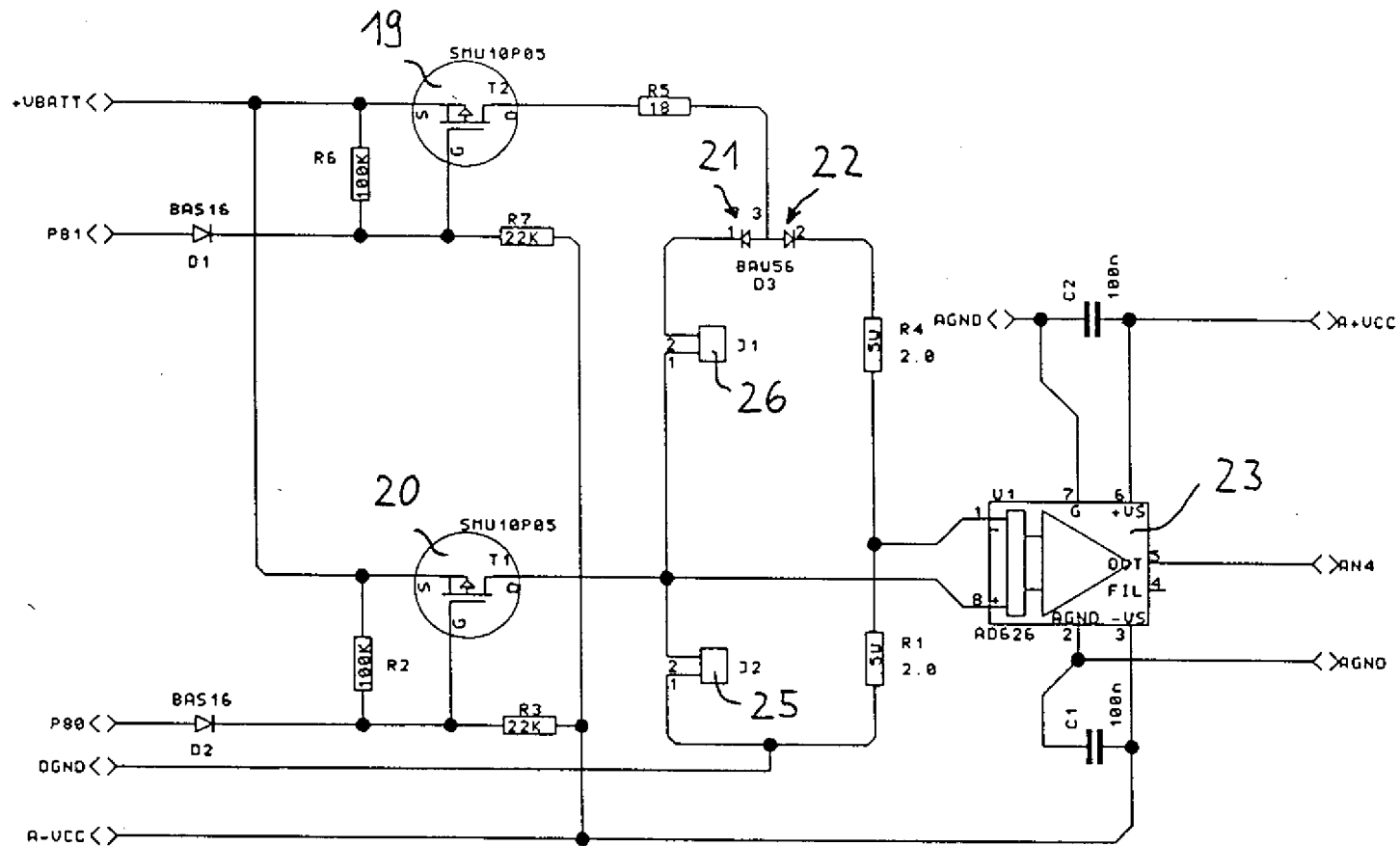
Fig. 5



PD96A000004



Fig. 6



PD 96A 000004

