



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT  
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 648 970 A5

⑤① Int. Cl.4: H 03 H 11/12  
G 01 G 23/42

**Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENT SCHRIFT** A5

⑳ Gesuchsnummer: 483/81

㉔ Anmeldungsdatum: 26.01.1981

㉓ Priorität(en): 02.02.1980 DE 3003874

㉒ Patent erteilt: 15.04.1985

④⑤ Patentschrift  
veröffentlicht: 15.04.1985

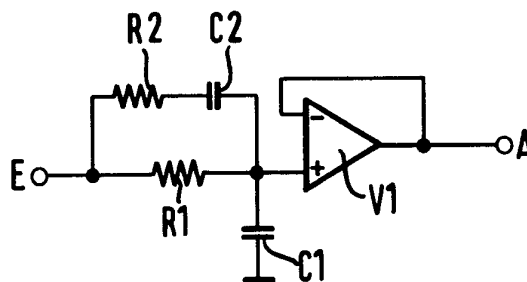
⑦③ Inhaber:  
Sartorius GmbH, Göttingen (DE)

⑦② Erfinder:  
Knothe, Erich, Bovenden (DE)  
Melcher, Franz-Josef, Hardegsen 3 (DE)  
Oldendorf, Christian, Göttingen (DE)

⑦④ Vertreter:  
A. Braun, Braun, Héritier, Eschmann AG,  
Patentanwälte, Basel

⑤④ **Tiefpass mit Kompensation der dielektrischen Nachwirkung, insbesondere zum Einsatz in elektronischen Waagen.**

⑤⑦ Dem Tiefpass (R1, C1) mit einem nachgeschalteten Operationsverstärker (V1) ist zur Kompensation der dielektrischen Nachwirkung des Tiefpass-Kondensators (C1) eine Serieschaltung aus einem weiteren Kondensator (C2) und einem Widerstand (R2) beigeschaltet. Das zweite RC-Glied (R2, C2) ist so dimensioniert, dass es in der Schaltung eine dem ersten entgegengesetzte Nachwirkung hervorruft, ohne das Zeitverhalten des Tiefpasses wesentlich zu beeinflussen, wobei für das Dielektrikum des weiteren Kondensators (C2) ein Material gewählt wird, das eine grössere dielektrische Nachwirkung zeigt als das Dielektrikum des Tiefpass-Kondensators (C1).



## PATENTANSPRÜCHE

1. Tiefpass, bestehend aus mindestens einem RC-Glied und einem nachgeschalteten Operationsverstärker, zur Glättung einer von Störsignalen überlagerten Gleichspannung, insbesondere in elektronischen Waagen, dadurch gekennzeichnet, dass zur Kompensation der dielektrischen Nachwirkung des Kondensators (C1) des Tiefpasses mindestens ein weiterer Kondensator (C2) und ein weiterer Widerstand (R2) vorhanden sind, die in der Schaltung eine entgegengesetzte Nachwirkung ergeben, ohne das Zeitverhalten des Tiefpasses wesentlich zu verändern.

2. Tiefpass nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere Kondensator (C2) und der weitere Widerstand (R2) parallel zum Widerstand (R1) des RC-Gliedes liegen.

3. Tiefpass nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere Kondensator (C2) und der weitere Widerstand (R2) in der Rückkopplungsschleife des nachgeschalteten Operationsverstärkers (V1) liegen.

4. Tiefpass nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der weitere Kondensator (C2) und der weitere Widerstand (R2) parallel zum Vorwiderstand (R4) eines zweiten, invertierenden Operationsverstärkers (V2) liegen.

5. Tiefpass nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass für das Dielektrikum des weiteren Kondensators (C2) ein Material mit grösserer dielektrischer Nachwirkung als für das Dielektrikum des Tiefpass-Kondensators (C1) eingesetzt ist.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Tiefpass, bestehend aus mindestens einem RC-Glied und einem nachgeschalteten Operationsverstärker, zur Glättung einer von Störsignalen überlagerten Gleichspannung, insbesondere in elektronischen Waagen.

Soll die Zeitkonstante eines solchen Tiefpasses im Bereich um eine Sekunde liegen, so sind verhältnismässig grosse Kondensatoren mit Kapazitäten von etwa 1  $\mu\text{F}$  notwendig. Bei diesen Kapazitäten macht sich bereits die dielektrische Nachwirkung des Dielektrikums bemerkbar. Diese dielektrische Nachwirkung ist beispielsweise in Grimsehl's Lehrbuch der Physik, herausgegeben von W. Schallreuter, Band II, 15. Auflage 1961 auf Seite 73 beschrieben. Da diese dielektrische Nachwirkung im allgemeinen mit einer Zeitkonstante von etwa 10 Sek. abklingt, macht sie sich als störende Änderung des Zeitverhaltens des Tiefpasses bemerkbar und führt z.B. nach einem Spannungssprung am Eingang des Tiefpasses noch zu geringen Spannungsänderungen am Ausgang des Tiefpasses zu einem Zeitpunkt, an dem der Einschwingvorgang des Tiefpasses gemäss seiner Zeitkonstante längst abgeschlossen sein sollte. Wird solch ein Tiefpass beispielsweise im Eingang eines hochauflösenden Analog/Digital-Wandlers einer elektronischen Waage eingesetzt, um die der zu messenden Gleichspannung überlagerten Störsignale zu unterdrücken, so tritt beim Belasten der Waage eine Anzeigeänderung noch zu einem Zeitpunkt auf, an dem der Einschwingvorgang des Tiefpasses längst abgeschlossen sein sollte.

Die Erfindung hat es sich daher zur Aufgabe gesetzt, einen Tiefpass, bestehend aus mindestens einem RC-Glied und einem nachgeschalteten Operationsverstärker, so weiterzuentwickeln, dass die dielektrische Nachwirkung keinen störenden Einfluss auf sein Ausgangssignal hat.

Erfindungsgemäss wird dies dadurch erreicht, dass zur Kompensation der dielektrischen Nachwirkung des Kondensators des Tiefpasses mindestens ein weiterer Kondensator und ein weiterer Widerstand vorgesehen sind, die in der

Schaltung eine entgegengesetzte Nachwirkung ergeben, ohne das Zeitverhalten des Tiefpasses wesentlich zu verändern.

Dabei liegt in einer vorteilhaften Ausgestaltung der weitere Kondensator und der weitere Widerstand parallel zum Widerstand des RC-Gliedes.

In einer anderen vorteilhaften Ausgestaltung liegt der weitere Kondensator und der weitere Widerstand in der Rückkopplungsschleife des nachgeschalteten Operationsverstärkers.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung liegt der weitere Kondensator und der weitere Widerstand parallel zum Vorwiderstand eines zweiten, invertierenden Operationsverstärkers.

Vorteilhafterweise wird in allen Ausgestaltungen für das Dielektrikum des weiteren Kondensators ein Material eingesetzt, das eine grössere dielektrische Nachwirkung zeigt als das Dielektrikum des Tiefpass-Kondensators.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von drei Schaltbildern und einem Spannungsdiagramm beschrieben. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine erste Variante des erfindungsgemässen Tiefpasses,

Fig. 2 eine zweite Variante des erfindungsgemässen Tiefpasses,

Fig. 3 eine dritte Variante des erfindungsgemässen Tiefpasses und

Fig. 4 den zeitlichen Verlauf der Spannung am Eingang und Ausgang des Tiefpasses.

Der Tiefpass in Fig. 1 wird durch das aus dem Widerstand R1 und dem Kondensator C1 bestehende RC-Glied gebildet. Der Operationsverstärker V1 bewirkt eine nichtinvertierende Entkopplung des Ausgangs A. Ohne den weiteren Kondensator C2 und den weiteren Widerstand R2 würde ein Spannungssprung am Eingang E der Tiefpass-Schaltung, wie er im ersten Diagramm der Fig. 4 dargestellt ist, am Ausgang A einen Spannungsverlauf erzeugen, wie er im zweiten Diagramm der Fig. 4 für das reale RC-Glied dargestellt ist. Der Unterschied zum idealen RC-Glied, der in Fig. 4 der Deutlichkeit halber übertrieben gross dargestellt ist, wird durch die dielektrische Nachwirkung des Kondensator C1 verursacht.

Der weitere Kondensator C2 und der weitere Widerstand R2 parallel zum Widerstand R1 sorgen nun dafür, dass die Spannung am Kondensator C1 und damit auch die Ausgangsspannung schneller ansteigen. Der Spannungsverlauf am Ausgang des so beschalteten Tiefpasses nähert sich also dem Spannungsverlauf eines idealen RC-Gliedes an. Dabei kann durch richtige Wahl der Grösse des zusätzlichen Widerstandes R2 das Verhalten unmittelbar nach dem Spannungssprung am Eingang optimal an den Idealverlauf angepasst werden, während das Verhalten einige Sekunden nach dem Spannungssprung am Eingang wesentlich von der Grösse des zusätzlichen Kondensators C2 und der dielektrischen Nachwirkung seines Dielektrikums bestimmt wird. Wird für das Dielektrikum des Kondensators C2 ein Material eingesetzt, das eine grössere dielektrische Nachwirkung zeigt als das Dielektrikum des Kondensators C1, so kann auch mit kleineren Kapazitätswerten C2 eine genügend grosse dielektrische Nachwirkung erreicht werden.

Durch richtige Wahl der Grösse des zusätzlichen Widerstandes R2, der Grösse des zusätzlichen Kondensators C2 und des Dielektrikums des Kondensators C2 ist es im allgemeinen möglich, den Spannungsverlauf am Ausgang des erfindungsgemässen Tiefpasses so gut an den Spannungsverlauf am Ausgang eines idealen RC-Gliedes ohne dielektrische Nachwirkung anzupassen, dass selbst bei sehr hochauflösenden Messgeräten kein störender Einfluss der dielektrischen Nachwirkung erkennbar ist.

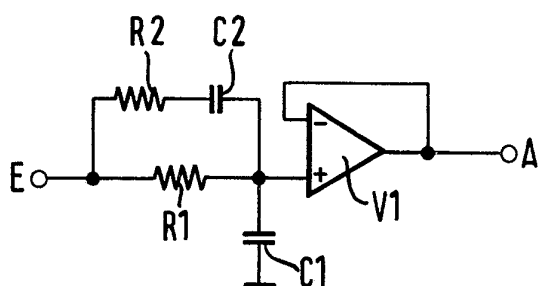
In Fig. 2 ist eine Variante des erfindungsgemässen Tief-

passes dargestellt. Der zusätzliche Kondensator C2 und der zusätzliche Widerstand R2 befinden sich zusammen mit einem weiteren Kondensator C3 in der Rückkopplungsschleife des Operationsverstärkers V1. Die Wirkungsweise entspricht der bei Fig. 1 beschriebenen:

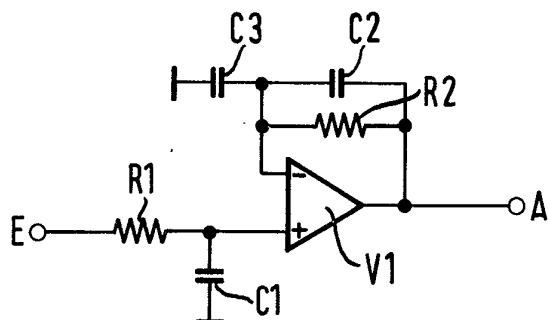
Unmittelbar nach einem Spannungssprung am Eingang E wird der zu geringe Spannungsanstieg des realen RC-Gliedes durch eine leicht über eins liegende Verstärkung des Operationsverstärkers V1 kompensiert, da durch den kapazitiven Spannungsteiler C2/C3 nur ein Teil der Ausgangsspannung des Operationsverstärkers auf seinen invertierenden Eingang zurückgekoppelt wird. Der zusätzliche Widerstand R2 und die Nachwirkung des Kondensators C2 bestimmen in dieser Schaltung das Verhalten längere Zeit nach einem Spannungssprung.

Die Fig. 3 zeigt eine andere Variante, die sich von der

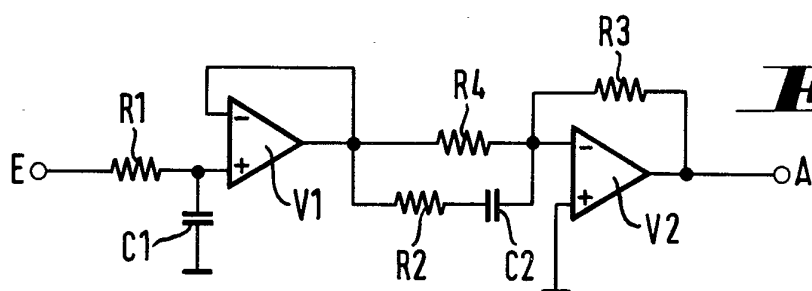
ersten dadurch unterscheidet, dass der zusätzliche Kondensator C2 und der zusätzliche Widerstand R2 parallel zum Vorwiderstand eines zweiten, invertierenden Operationsverstärkers V2 liegen, während in Fig. 1 der zusätzliche Kondensator C2 und der zusätzliche Widerstand R2 parallel zum Widerstand R1 des RC-Gliedes liegen. Der zweite Operationsverstärker V2 ist meist sowieso in der Schaltung vorhanden, beispielsweise als Messbereichsverstärker mit einstellbarem R3 oder als Integrator mit einem Kondensator C3 an Stelle von R3 in der Rückkopplung. Die zusätzliche Beschaltung parallel zu R4 wirkt genauso wie eine zusätzliche Beschaltung parallel zu R1. Da der Widerstand im allgemeinen niedriger ist als der Widerstand R1, hat diese Variante manchmal den Vorteil, dass auch der Widerstand R2 einen nicht zu hohen Wert haben muss.



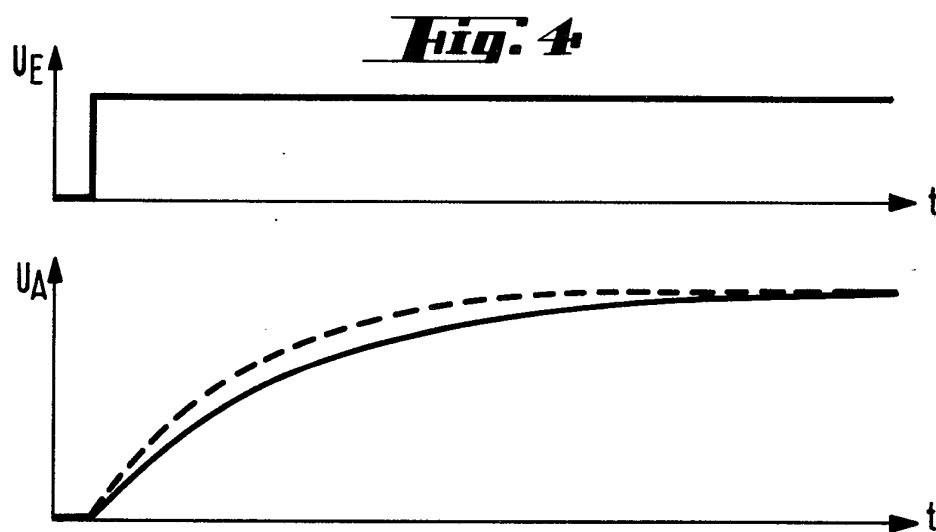
**Fig. 1**



**Fig. 2**



**Fig. 3**



**Fig. 4**