



# PATENTSCHRIFT 131 702

Wirtschaftspatent

Teilweise aufgehoben gemäß § 6 Absatz 1 des Änderungsgesetzes  
zum Patentgesetz

**Bibliothek  
: AIEP**

Int.Cl.<sup>3</sup>

(11) 131 702 (45) 13.02.80 3(51) H 03 K 13/02  
(21) WP H 03 K / 199 444 (22) 13.06.77  
(44)<sup>1</sup> 12.07.78

---

(71) siehe (72)

(72) Storch, Klaus, Dipl.-Ing., DD

(73) siehe (72)

(74) Kombinat VEB Keramische Werke Hermsdorf, Büro für  
Schutzrechte, 653 Hermsdorf, Friedrich-Engels-Straße 79

---

(54) Schaltung für Digital-Analog-Wandler mit einer Vielzahl  
nebeneinander angeordneter Stromgeneratoren

---

<sup>1)</sup> Ausgabebetrag der Patentschrift für das gemäß § 6 Absatz 1 AndG zum PatG erteilte Patent

Klaus Storch

WP H 03 K/199 444

P 571

IPK: H 03 K, 13/02

12.2.1978

Titel der Erfindung

Schaltung für Digital-Analog-Wandler mit einer Vielzahl nebeneinander angeordneter Stromgeneratoren

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren für Digital-Analog-Wandler mit einer Vielzahl nebeneinander angeordneter Stromgeneratoren. Die Unterschiede in den Strömen der einzelnen Stromgeneratoren sollen darum so klein wie möglich gehalten werden. Weiter ist ein hoher Innenwiderstand der Stromgeneratoren erwünscht.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist eine Schaltung mit einer Vielzahl identischer Transistoren in Emitterschaltung als Stromgeneratoren bekannt, deren einer über die von einem Meßwiderstand abgegriffene Spannung und einem Operationsverstärker geregelt und die anderen über eine gemeinsame Basispotentialschiene ge-

steuert werden (GB-PS 1.266.886). Diese Lösung kann bei günstiger Anordnung der Transistoren zwar die Temperaturdrift reduzieren, jedoch wird der jeweilige Absolutwert der Ströme von den  $U_{BE}$ -Toleranzen und Stromverstärkungsdifferenzen bestimmt. Eine Erweiterung auf eine Darlingtonschaltung vergrößert den Absolutfehler, der durch  $U_{BE}$  hervorgerufen wird und der bei mittleren Strömen beachtlich ist. Eine komplementäre Darlingtonschaltung verbessert diese Eigenschaft nur gering. Wird der beschriebene Nachteil durch ausgewählte Transistoren beseitigt, so bleibt der verhältnismäßig zu kleine Innenwiderstand der einfachen 'Stromquelle.

Es ist weiter denkbar, die Temperaturdrift bei solchen Schaltungen steuernd zu kompensieren, indem man der Temperatur als unabhängiger Variabler einen entsprechenden Referenzspannungsverlauf zuordnet. Dies ist nur bei kleinen, thermisch und im Temperaturfehlerverlauf streng identischen Stromgeneratoren, also bei monolithischen Schaltungen erfolgversprechend anwendbar.

Man kann auch jeden einzelnen Stromgenerator mit einem Regelkreis versehen (radio, fernsehen, elektronik", 1977/8, S. 266 ff.). Verwendet man dazu einen Operationsverstärker und hat dieser eine geringe Offsetspannung und eine ausreichende Verstärkung, so ist als Hauptnachteil nur der hohe Aufwand zu nennen. Wird ein einfacher Differenzverstärker benutzt, so ist die Genauigkeit unter praktischen Betriebsbedingungen nicht hoch. Die Ursache ist eine durch Regelung entstehende Unsymmetrie der Differenzstufe, die als Fehlspannung auch wirksam ist, wenn beide Transistoren absolut gleich sind.

#### Ziel der Erfindung

Es ist Ziel der Erfindung, wenig aufwendige Schaltungen mit einer Vielzahl identischer Stromgeneratoren für Digital-Analog-Wandlung zu schaffen.

### Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Ströme einer Vielzahl nebeneinander angeordneter identischer Stromgeneratoren trotz der Streuung der Bauelementekenndaten durch Schaltungsmaßnahmen unter Nutzung der Tatsache, daß bei verschiedenen mikroelektronischen Technologien Relativfehler leichter als Absolutfehler beherrschbar sind, einander möglichst weit anzugleichen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei Stromgeneratoren mit Meßwiderständen, an denen der jeweilige Strom als Spannung abgreifbar ist und mit Eingängen zur Steuerung dieses Stromes mittels einer Spannung dadurch gelöst, daß paarweise symmetrische Differenzverstärker vorgesehen sind, wobei jeweils ein Eingang zweier benachbarter Differenzverstärker gemeinsam an einen Meßwiderstand und die jeweils zugehörigen invertierenden Ausgänge gemeinsam an den Eingang des gleichen Stromgenerators angeschlossen sind und daß eine Ringschaltung derart vorgesehen ist, daß der erste und der letzte halbe der nebeneinander angeordneten Differenzverstärker zu einem kompletten symmetrischen Differenzverstärker verbunden ist. Wesentlich für die Funktion dieser Schaltung ist, daß zunächst nicht mehr jeder Stromgenerator an die Referenzspannung angeschlossen ist und dabei die Fehler als absolutes Problem bei der Spannungs-Strom-Wandlung klein gehalten werden müssen, sondern daß ein Strom jeweils mit einem gleichberechtigten weiteren Strom verglichen und diese Differenz ausgeregelt wird. Wünscht man neben der Relativgenauigkeit einen stabilen Absolutwert der Ströme, so genügt es wie üblich, einen Strom mit einem Referenzelement zu vergleichen. Der einzige dazu benötigte Differenzverstärker muß einen ausreichend kleinen Input Bias-Strom haben, um die Symmetrie der Schaltung nicht zu stören. Weitere Einzelheiten der Schaltung werden an Hand des Ausführungsbeispiels erläutert.

### Ausführungsbeispiel

Die beigelegte Zeichnung stellt eine Schaltung mit vier erfindungsgemäß nebeneinander angeordneten Stromgeneratoren dar, die aber, wie leicht einzusehen ist, ohne Einbuße an Genauigkeit beliebig erweitert werden kann. Die Stromgeneratoren für die Ströme  $I_{n-3} \dots I_n$  werden durch Darlingtonschaltungen von npn-Transistoren  $T_9 \dots T_{16}$  gebildet. Die Ströme  $I_{n-3} \dots I_n$  sind durch den Spannungsabfall an den Widerständen  $R_5 \dots R_8$  steuerbar und an den Meßwiderständen  $R_1 \dots R_4$  als Spannung meßbar. Über die Differenzverstärker  $T_2+T_3 \dots T_8+T_1$  werden Regelkreise gebildet, die aber nicht in bezug auf eine Referenzspannung ausregeln, sondern die Stromdifferenz jeweils zweier benachbarter Stromgeneratoren gegen Null gehen lassen. Da die Schaltung durch Verbindung der beiden halben Differenzverstärker  $T_8$  und  $T_1$  ringartig geschlossen ist, besteht eine regelnde Funktion zwischen allen Stromgeneratoren mit der Tendenz, die Stromdifferenzen Null werden zu lassen. Die Differenzverstärker  $T_2+T_3 \dots T_8+T_1$  werden dabei symmetrisch belastet, auch wenn sich die Betriebsspannung oder die Referenzspannung als Absolutwerte ändern sollten. Diese relative Übereinstimmung der Ströme wird durch folgende Eigenschaften erreicht:

1. Strenge Symmetrie der Schaltung über alle Stromgeneratoren mit Regelstufe.
2. Für gleiche Widerstände  $R_1$  bis  $R_4$  würde die Stromdifferenz zwischen 2 Stufen ohne die Differenzverstärker wie üblich durch die  $U_{BE}$ -Differenzen der Darlingtonstufe bestimmt werden. Diese sind bei Nennstrom zu hoch. Durch die Differenzverstärker  $T_2+T_3 \dots T_8+T_1$  fließt ein bedeutend geringerer Strom, wodurch ein kleiner Offsetfehler entsteht. Über die Verstärkung, die im wesentlichen durch die Widerstände  $R_5$  bis  $R_8$  bestimmt ist, wird dieser kleine Offsetfehler bis auf eine geringe Regelabweichung auf die Stromdifferenzen übertragen. Damit ist der Nachteil der Darlingtonanordnung beseitigt und die große Stromverstärkung bzw. der größere Innenwiderstand können

genutzt werden.

Durch die Verwendung von npn-Transistoren ist die Schaltung integrationsfreudig außer den Meßwiderständen  $R_1$  bis  $R_4$ , die für höhere Genauigkeiten sinnvoll in Dünnschichttechnik realisiert werden können.

Bei geringeren Anforderungen an die Gleichheit der Ströme ist es möglich, unter Beibehaltung des Prinzips der gegenseitigen Stabilisierung jeweils zwei Stromgeneratoren in den Regelkreis eines Differenzverstärkers einzubeziehen.

Erfindungsanspruch

Schaltung für Digital-Analog-Wandler mit einer Vielzahl nebeneinander angeordneter Stromgeneratoren mit Meßwiderständen, an denen der jeweilige Strom abgreifbar ist und mit Eingängen zur Steuerung dieses Stromes mittels einer Spannung, gekennzeichnet dadurch, daß paarweise symmetrische Differenzverstärker ( $T_2+T_3$ ;  $T_4+T_5$ ;  $T_6+T_7$ ;  $T_8+T_1$ ) vorgesehen sind, wobei jeweils ein Eingang zweier benachbarter Differenzverstärker gemeinsam (Basis von  $T_1+T_2$ ;  $T_3+T_4$ ; ...) an einen Meßwiderstand ( $R_1$ ;  $R_2$ ;  $R_3$ ;  $R_4$ ) und die jeweils zugehörigen invertierenden Ausgänge (Kollektor von  $T_1+T_2$ ;  $T_3+T_4$ ; ...) gemeinsam an den Eingang ( $R_5$ ;  $R_6$ ;  $R_7$ ;  $R_8$ ) des gleichen Stromgenerators ( $T_9+T_{10}$ ;  $T_{11}+T_{12}$ ;  $T_{13}+T_{14}$ ;  $T_{15}+T_{16}$ ) angeschlossen sind und daß eine Ringschaltung derart vorgesehen ist, daß der erste ( $T_1$ ) und der letzte halbe ( $T_8$ ) der nebeneinander angeordneten Differenzverstärker zu einem kompletten symmetrischen Differenzverstärker ( $T_1+T_8$ ) verbunden ist.

Hierzu / Seite Zeichnung

