Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Eingangsspannung U_E eine Differenz der auf $-U_{S2}$ bezogenen Spannungen an den Steuereingängen der OTAs erzwingt. Die folgende Rechnung zeigt, daß der erzeugte Ausgangsstrom I_A dieser Spannungsdifferenz exponential proportional ist.

■ Gleichungen

Setzt man $I_{STN1.1} = I_{REF} = U_{REFN3}/R11$, so ergibt sich aus der Gleichung (1) für die Spannungsdifferenz $U_{STN1.1} - U_{STN1.2}$:

$$U_{STN1.1} - U_{STN1.2} = -2 \cdot U_{T} \cdot \ln \left(\frac{I_{STN1.2}}{I_{REF}} \right).$$
 (2)

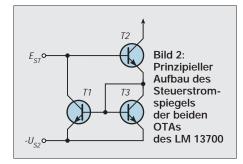
Benennt man die Differenzeingangsspannung des OTAs N1.1 mit $U_{EN1.1}$, dann gilt für seinen Ausgangsstrom $I_{AN1.1}$:

$$I_{AN1.1} = I_{REF} \cdot \tanh\left(\frac{U_{EN1.1}}{2 \cdot U_{T}}\right). \tag{3}$$

Mit $v'_{N2.3} = v'_{N2.4} = 2$ und unter Einbeziehung des Spannungsteilers R2, R5 und R6 liefert dann das Einsetzen von (2) in die Gleichung (3):

$$\begin{split} &I_{AN1.1} = \\ &-I_{REF} \cdot tanh \left(\frac{2 \cdot R2}{(R2 + R5 + R6)} \cdot ln \left(\frac{I_{STN1.2}}{I_{REF}} \right) \right). \ (4) \end{split}$$

Im Bereich kleiner Argumente, auf die Gleichung (3) bezogen, bedeutet das $U_{EN1.1}\!<\!U_{T},$



stimmen der tanh(x) und das Argument x mit guter Genauigkeit überein. Unter dieser Voraussetzung folgt schließlich mit $I_{STN1.2} = |I_A|$ für die Abhängigkeit des Ausgangsstrombetrags $|I_A|$ von der den Stromgenerator steuernden Eingangsspannung U_{EST} :

$$\frac{U_{EST}}{(R3 + R7)} + I_{AN1.1} = 0$$
 (5)

$$|I_{A}| = I_{REF} \cdot exp\left(\frac{U_{EST} \cdot (R2 + R5 + R6) \cdot R11}{U_{REF} \cdot 2 \cdot R2 \cdot (R3 + R7)}\right).$$

Der Ausgangsstrom ist also in der gewünschten Weise exponentiell von der Eingangsspannung abhängig. Die Temperaturspannung ist in der Übertragungsgleichung (5) eliminiert. Entsprechende Kompensationsmaßnahmen entfallen deshalb.

Diesen Vorteil hat die bekannte Lösung, sie verwendet einen Dual-Transistor als aktives Bauelement, für eine Stromquelle mit exponentieller Übertragungskennlinie nicht.

Ein Nachteil soll nicht unerwähnt bleiben. Bei der Ableitung von (5) wurde eine linear verlaufende Übertragungskennlinie unterstellt und deshalb mit konstanter und ihrem Extremwert entsprechenden Steilheit des OTAs gerechnet.

Das ist aber in der Realität nicht der Fall. Vielmehr sinkt die Steilheit eines OTAs mit zunehmender Eingangsdifferenzspannung in Richtung niedrigere Werte. Diese Tatsache erzwingt den Spannungsteiler mit R2, R5 und R6. Er garantiert, daß die Differenzspannung von N1.1 im gesamten Bereich der Steuerspannung +U_{EST} = 5 V maximal $|U_{EN1.1}| < U_T/2$ erreicht und dadurch die Abweichung des Istwertes vom Sollwert des Ausgangsstroms des Steuerbereichs hinreichend klein bleibt.

Die beiden Trimmpotentiometer R1 und R7 dienen der Kalibrierung des Stromgenerators. Zuerst erfolgt bei $U_{EST}=0~V$ und $U_P=5~V$ mit R1 die Einstellung $I_A=50~\mu A$. Anschließend werden mit R7 und $+U_{EST}=5~V$ die Endpunkte $I_A=5~\mu A$ bzw. $I_A=500~\mu A$ festgelegt.

Literatur

[1] Linear Databook 1 (1988). National Semiconductor Corporation

Indikator für durchgebrannte Sicherungen

Sicherungen schützen u.a. funkelektronische und Starkstromgeräte vor Stromüberlastungen: Beim Durchbrennen der Sicherung wird der Stromfluß durch die Last unterbrochen. Die beschriebene Vorrichtung (siehe Stromlaufplan) signalisiert das Durchbrennen bzw. die Abschaltung der Sicherung, was schnelle Reaktionen auf die jeweilige Ausfallsituation ermöglicht.

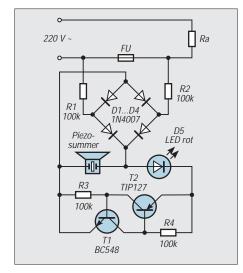
Der Indikator stellt einen Impulsrelaxationsgenerator dar, der auf Basis der beiden Transistoren VT1, VT2 arbeitet und parallel zur Sicherung FU angeschlossen ist. Die Widerstände R1 und R2 fungieren als "Zeitgeberwiderstände" des Generators, aus denen sich in Verbindung mit einer Kapazität eine Zeitkonstante ergibt.

Die Rolle der "Zeitgeberkapazität" erfüllt der Piezo-Schallwandler BQ1. Für die Lichtsignalisierung ist im "Entladezweig" des Kondensators die Leuchtdiode VD5 angeschlossen.

Die Diodengleichrichterbrücke aus VD1 ... VD4 ist für die Erzeugung der notwendigen Betriebsgleichspannung des Impulsgenerators aus der Netzwechselspannung vorgesehen.

Die Vorrichtung arbeitet folgendermaßen: Beim Durchbrennen der Sicherung FU wird über die Diodenbrücke VD1...VD4 durch die Widerstände R1 und R2 die Generator-Betriebsspannung geliefert. Dabei muß berücksichtigt werden, daß der Lastwiderstand des angeschlossenen Verbrauchers den Wert von ca. $1~\mathrm{M}\Omega$ nicht überschreitet.

Somit wird die Kapazität des Piezosummers BQ1 aufgeladen. Wenn die Spannung an dieser Kapazität mit der Durchbruchsspannung des aus VT1 und VT2 gebildeten analogen Dynistors gleich ist bzw. diese über-



schreitet, öffnet der Strompfad der Transistorstrecke, und es entlädt sich die Kapazität von BQ1 schlagartig über die LED VD5. Gleichzeitig mit dem Aufblitzen der LED durch den Entladeimpuls generiert der Schallwandler des Piezosummers ein Tonsignal. Danach sperren die Transistoren wieder, und das Aufladen beginnt erneut. Dieser Vorgang des Auf- und Entladens des Kondensators BQ1 wiederholt sich nun so lange, bis entweder eine neue Sicherung den Schaltungseingang quasi wieder "kurzschließt", oder die Last vom Netz getrennt wird.

Die akustische Signalisierung kann mit dem Ersatz des Piezo-Schallwandlers BQ1 durch einen Kondensator mit der Kapazität von etwa $0,02...0,5~\mu F$ unterbunden werden. Mit der Erhöhung der Kondensatorkapazität wird die Helligkeit der Lichtblitze, den die LED abgibt, ebenfalls erhöht.

Der "Durchbrenn-Indikator" wird parallel zur zu überwachenden Sicherung ohne Beachtung der Polarität angeschlossen und kann sowohl an Gleich- als auch an Wechselstromnetzen mit Spannungen zwischen 10 und 1000 V sowie bei Frequenzen bis 1 kHz oder höher benutzt werden. Der Reststrom, der durch den Indikator bei einer Spannung von 220 V fließt, ist nicht größer als 1 mA.

Michail A. Schustow, Andrej M. Schustow