

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) Veröffentlichungsnummer: **0 645 785 A2**

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **94112865.4**

(51) Int. Cl.⁶: **H01C 17/22, H02H 3/00**

(22) Anmeldetag: **18.08.94**

(30) Priorität: **29.09.93 DE 4333065**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
29.03.95 Patentblatt 95/13

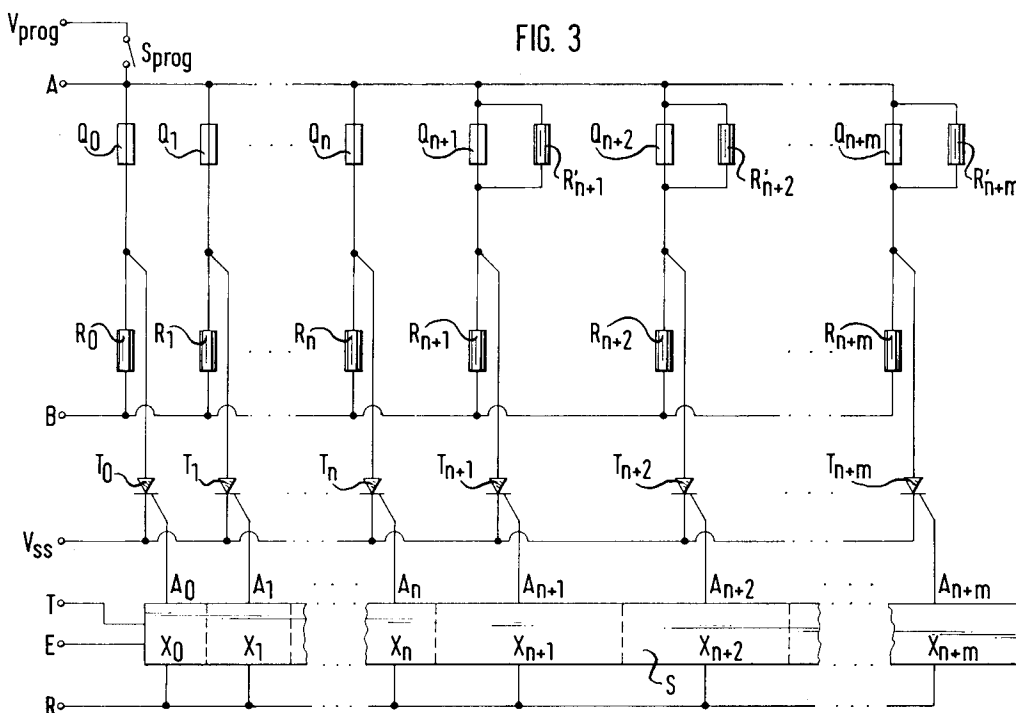
(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE ES FR GB IT

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
Postfach 30 02 20
D-70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: **Hilgenberg, Bernd**
Am Leisekueppel 5
D-34212 Melsungen (DE)
Erfinder: **Häckel, Klemens, Dipl.-Ing.**
Brühlstrasse 16
D-72770 Reutlingen (DE)

(54) **Elektronische Schaltung.**

(57) Es wird eine elektronische Schaltung vorgeschlagen, bei der mit Schmelzsicherungen $Q_0 \dots Q_{n+m}$ in Serie geschaltete Widerstände $R_0 \dots R_{n+m}$ vorgesehen sind, wobei wenigstens eine Schmelzsicherung $Q_0 \dots Q_{n+m}$ mittels eines Zusatzwiderstandes R_{n+1}' , R_{n+m}' überbrückt ist. Die Schmelzsicherungen $Q_0 \dots Q_{n+m}$ sind von einem leitenden in einen nicht leitenden Zustand bringbar. Dadurch ist der Gesamtleitwert Y_{gesamt} der elektronischen Schaltung über ein gezieltes Durchschmelzen einzelner Schmelzsicherungen $Q_0 \dots Q_{n+m}$ einstellbar.



EP 0 645 785 A2

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einer elektronischen Schaltung nach der Gattung des Hauptanspruchs. Es ist bereits bekannt, bei einer integrierten Schaltung eine elektronische Schaltung vorzusehen, die mehrere parallel geschaltete Widerstände aufweist, die je mit einer Schmelzsicherung, auch Brennstrecke genannt, in Serie geschaltet sind, so daß durch gezieltes Durchbrennen einzelner Brennstrecken ein einstellbarer Widerstand realisiert ist. Diese Schaltung ist insbesondere dort einsetzbar, wo erst bei Fertigstellung der kompletten integrierten Schaltung eine Festlegung eines bestimmten Widerstandswerts möglich ist. Um in einem großen Spielraum Widerstandswerte einstellen zu können, sind für diese elektronische Schaltung sehr große Widerstandswerte nötig, wodurch die Widerstände einen entsprechend großen Platz auf dem Substrat mit der integrierten Schaltung einnehmen. Weiter bekannt ist, die elektronische Schaltung als eine Serienschaltung von Widerständen mit kleineren Widerstandswerten auszuführen, die je mit einer Brennstrecke überbrückt sind, wobei aber ein erhöhter Schaltungsaufwand für die Brennstrecken und deren Beschaltung entsteht.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße elektronische Schaltung mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, daß ein geringer Schaltungsaufwand für Schmelzsicherungen und deren Beschaltung entsteht und gleichzeitig bereits kleine Widerstandswerte genügen, um einen einstellbaren Widerstand mit großer Variabilität zu realisieren.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der im Hauptanspruch angegebenen elektronischen Schaltung möglich. Besonders vorteilhaft ist es, die Schmelzsicherungen mittels Schaltern an eine Strom- oder Spannungsquelle anzuschließen, da durch die Schalterstellungen eine einfache Programmierung der Schmelzsicherungen zwischen leitendem und nicht leitendem Zustand realisiert ist und nur eine einzige Strom- oder Spannungsquelle benötigt wird. Weiter vorteilhaft ist es, die Schalter als Thyristoren auszubilden, da diese zum einen ebenfalls integrierbar sind, zum anderen keinen Abnutzungs- oder Alterungseffekten ausgesetzt sind. Die Ansteuerung der Thyristoren über Ausgänge eines Schieberegisters bringt den Vorteil mit sich, daß für eine parallele Ansteuerung einer großen Anzahl von Thyristoren nur ein einziger Eingang für die serielle Eingabe des Programmierdatenbitmusters vorgesehen ist, wodurch insbesondere bei bereits fertig montierten integrierten Schaltungen nur ein Pin für die Ansteuerung aller Thyristoren genügt. Die Ausführung der elektronischen Schaltung als integrierte Schaltung bietet den Vorteil, mit weiteren Schaltungen auf einem Halbleitersubstrat gemeinsam integrierbar zu sein, wodurch der Herstellungsaufwand minimiert ist. Außerdem können sich z.B. temperaturbedingte Effekte gleichermaßen auf die elektronische Schaltung und die weiteren Schaltungen auswirken, wodurch eine Kompensation erreichbar ist. Die elektronische Schaltung ist insbesondere für ohmsche Widerstände einsetzbar, da insbesondere bei diesen durch die elektronische Schaltung das Raumproblem verringert und das Verhalten der Widerstände im Vergleich zueinander verbessert wird. Zu diesem Verhalten sind insbesondere Abhängigkeiten von Temperatureffekten und piezoelektrischen Effekten als auch eine durch die Vorspannung des Substrats bewirkte Spannungsmodulation zu zählen. Es erweist sich außerdem als Vorteil, wenn die Widerstände voneinander abweichende Werte aufweisen, da so verschiedene Kombinationen von leitenden und nicht leitenden Schmelzsicherungen zu unterschiedlichen Gesamtwiderstandswerten führen, was die Variabilität der elektronischen Schaltung erhöht. Die Ausbildung der Widerstände in Form von diffundierten Widerständen verschiedener Länge und gleicher Breite und Tiefe führt zu dem Vorteil, daß für die Widerstände bezüglich der zur Herstellung verwendeten Photolithographie annähernd gleiche Belichtungsparameter wählbar sind, wodurch sich Vorteile bezüglich Maskenvielfalt, lateraler Diffusion und Layout ergeben. Außerdem ist der Vorteil vorhanden, daß annähernd gleiche Kontaktwiderstände zu anschließenden Kontakten vorliegen. Die Dimensionierungsvorschrift, in der Form, daß sich der Gesamtleitwert der elektronischen Schaltung, bei der alle Schmelzsicherungen im leitenden Zustand sind, vom Gesamtleitwert der elektronischen Schaltung, bei der genau eine Schmelzsicherung in nicht leitendem Zustand ist um eine Zweierpotenz eines Einheitswiderstandswerts unterscheidet und daß der Exponent, bei einer Durchnummerierung der Widerstände von 0 bis zur um 1 verminderten Anzahl der Widerstände gleich der negierten Nummer des mit der genau einen nicht leitenden Schmelzsicherung in Serie geschalteten Widerstands ist, birgt den Vorteil in sich, daß eine Umsetzung des Binärsystems auf die elektronische Schaltung erfolgt ist, wodurch zwischen niedrigstem und höchstem Gesamtleitwert ohne Lücke jede Stufe des Gesamtleitwerts mit einem Stufenabstand des Einheitsleitwerts auswählbar ist. Die Dimensionierung des Widerstands, der in Serie mit der Schmelzsicherung geschaltet ist, die dem Zusatzwiderstand parallel geschaltet ist mit dem Wert $1 / (1 / (2^i \times R_D) + 1 / (m$

x R_A) sowie des Zusatzwiderstands mit dem Wert $m \times R_A - 1 / (1 / (2^k \times R_D) + 1 / (m \times R_A))$ und des Widerstands der parallel zu der zum Widerstand in Serie geschalteten Schmelzsicherung keinen Zusatzwiderstand aufweist mit dem Wert $2^i \times R_D$ bringt den Vorteil mit sich, daß durch diese Formeln eine einfache Realisierung der binären Stufen erfolgt ist. Die Auswahl der Anzahl der Zusatzwiderstände in dem Umfang, daß $m \times R_A$ ungefähr gleich dem Wert des Widerstands ist der parallel zu der zum Widerstand in Serie geschalteten Schmelzsicherung keinen Zusatzwiderstand aufweist und die höchste Nummer aufweist, dient der vorteilhaften Dimensionierung der Schaltung, dergestalt, daß ein optimales Verhältnis von Zusatzwiderständen zu den Widerständen erzielt ist, dergestalt, daß die Widerstandswerte der einzelnen Widerstände und Zusatzwiderstände dabei nahe beieinander liegen, wodurch derselbe Aufbau und ähnliche geometrische Maße für die Widerstände und Zusatzwiderstände wählbar sind, wodurch sich der Vorteil ergibt, daß die Widerstände und Zusatzwiderstände, wenn sie als integrierte Widerstände ausgeführt sind, ähnliches Verhalten bezüglich Spannungsmodulation, Temperaturabhängigkeit, piezoelektrischen Effekten aufweisen.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen Figur 1 ein erstes Ausführungsbeispiel der elektronischen Schaltung mit vier Widerständen, Figur 2 ein zweites Ausführungsbeispiel der Schaltung mit einem Widerstand und zwei Schaltern, Figur 3 ein drittes Ausführungsbeispiel der Schaltung mit Thyristoren und einem Schieberegister.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 ist ein erstes Ausführungsbeispiel der elektronischen Schaltung dargestellt. Zwischen zwei Klemmen A, B ist eine Serienschaltung aus einer ersten Schmelzsicherung Q_0 und einem ersten Widerstand R_0 angeschlossen. Zu dieser Serienschaltung ist parallel eine weitere Serienschaltung aus einem weiteren Widerstand R_1 und einer weiteren Schmelzsicherung Q_1 parallel geschaltet. Weiter parallel geschaltet ist eine dritte Serienschaltung mit einer dritten Schmelzsicherung Q_2 und einem dritten Widerstand R_2 sowie eine vierte Serienschaltung mit einem vierten Widerstand R_3 und einer vierten Schmelzsicherung Q_3 . Die dritte Schmelzsicherung Q_2 ist mittels eines ersten Zusatzwiderstandes R_2' überbrückt. Ebenso ist die vierte Schmelzsicherung Q_3 mittels eines zweiten Zusatzwiderstandes R_3' überbrückt.

Diese Schaltung ist insbesondere als integrierte Schaltung vorgesehen, wobei durch gezieltes Durchschmelzen einzelner Schmelzsicherungen Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 unterschiedliche Werte für den zwischen den Klemmen A, B meßbaren Gesamtleitwert Y_{gesamt} einstellbar sind. Schaltungen dieser Art werden insbesondere dann eingesetzt, wenn ein genaues Einstellen eines Leitwerts bzw. Widerstands zum Zeitpunkt des Schaltungsentwurfs oder Schaltungsaufbaus noch nicht möglich ist. Vorzugsweise bei integrierten Schaltungen, die von einem Gehäuse umgeben sind, kann durch gezieltes Durchschmelzen einzelner Schmelzsicherungen Q_0, Q_1, Q_2, Q_3 noch nach bereits erfolgter Montage in ein Gehäuse ein Einstellen eines Widerstands erfolgen. Somit können z.B. durch das Gehäuse beeinflusste Schaltkreise so abgeglichen werden, daß der Einfluß des Gehäuses kompensiert oder minimiert ist.

Figur 2 zeigt die Darstellung einer elektronischen Schaltung mit zwei Schaltern. Zwischen den Klemmen A, B ist die Serienschaltung aus der ersten Schmelzsicherung Q_0 und dem ersten Widerstand R_0 angeschlossen. Zusätzlich ist die Klemme A über einen ersten Schalter N einen Anschluß an eine positive Programmierspannung V_{prog} angeschlossen, während der gemeinsame Anschluß von Schmelzsicherung Q_0 und Widerstand R_0 über einen weiteren Schalter M an das negative Betriebspotential V_{SS} gelegt ist.

Durch Schließen des weiteren Schalters M und des ersten Schalters N wird ein Strompfad vom positiven Programmierpotential V_{prog} zum negativen Betriebspotential V_{SS} über die erste Schmelzsicherung Q_0 hergestellt. Der dabei fließende große Strom I bewirkt ein Durchschmelzen der ersten Schmelzsicherung Q_0 , wodurch der Strompfad zwischen den Klemmen A, B unterbrochen wird. Durch das Schließen der Schalter M, N wurde somit eine Widerstandsänderung zwischen den Klemmen A, B bewirkt. Für die integrierte Form dieser Schaltung ist es vorgesehen, den ersten Schalter N nach dem weiteren Schalter M zu betätigen, um Schalterbetätigungen des weiteren Schalters M vor dem gewünschten Programmiervorgang unwirksam zu machen. Erst durch Schließen des ersten Schalters N ist die dann vorhandene Schalterstellung des weiteren Schalters M für die Programmierung relevant.

Die in Figur 3 dargestellte elektronische Schaltung weist ebenfalls die Klemmen A, B auf zwischen denen die erste Serienschaltung mit der ersten Schmelzsicherung Q_0 und dem ersten Widerstand R_0 angeschlossen ist. Parallel zu dieser Serienschaltung folgen weitere Serienschaltungen mit je einer weiteren

Schmelzsicherung $Q_1 \dots Q_{n+m}$ und mit je einem weiteren Widerstand $R_1 \dots R_{n+m}$, wobei einer Anzahl von m Schmelzsicherungen $Q_{n+1} \dots Q_{n+m}$ je ein Zusatzwiderstand $R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$ parallel geschaltet ist. Zwischen den Schmelzsicherungen $Q_0 \dots Q_{n+m}$ und den Widerständen $R_0 \dots R_{n+m}$ zweigt in jeder Serienschaltung ein Anschluß zu einem Thyristor $T_0 \dots T_{n+m}$ ab. Die Kathodenanschlüsse der Thyristoren $T_0 \dots T_{n+m}$ sind an das negative Betriebspotential V_{SS} angeschlossen. Zwischen einem positiven Programmierpotential V_{prog} und der Klemme A ist ein Programmierschalter S_{prog} angeordnet. Ein Schieberegister S weist einen Dateneingang E, einen Takteingang T sowie Reseteingänge $X_0 \dots X_{n+m}$ auf. Das Schieberegister S besitzt $n+m+1$ Stufen, deren Ausgänge $A_0 \dots A_{n+m}$ jeweils an Steuereingänge der Thyristoren $T_0 \dots T_{n+m}$ geführt sind. Eine Resetleitung ist mit jedem Reseteingang $X_0 \dots X_{n+m}$ verbunden.

Zur Einstellung einer Programmierung in Form einer bestimmten Folge von sich in leitendem oder nicht leitendem Zustand befindlichen Schmelzsicherungen $Q_0 \dots Q_{n+m}$ wird bei noch geöffnetem Programmierschalter S_{prog} ein Bitmuster über den Dateneingang E in das Schieberegister vom Takt T gesteuert geschoben. Zu Beginn dieses Schiebervorgangs wird ein Resetimpuls über den Reseteingang R an alle Reseteingänge $R_0 \dots R_{n+m}$ des Schieberegisters S geleitet. Dadurch wird der Inhalt des gesamten Schieberegisters auf logisch 0 gesetzt, wodurch alle Thyristoren $T_0 \dots T_{n+m+1}$ im gesperrten Zustand sind. Nach dem Einschieben des Bitmusters in das Schieberegister S wird der Programmierschalter S_{prog} geschlossen und das Programmierpotential V_{prog} liegt an der Klemme A an. Durch Zündung mittels der Programmierspannung V_{prog} und des Bitmusters gerät jeder der Thyristoren $T_0 \dots T_{n+m}$, an dem über einen der Ausgänge $A_0 \dots A_{n+m}$ eine 1 anliegt, in den leitenden Zustand. Dadurch ist ein leitender Pfad zwischen dem positiven Programmierpotential V_{prog} und dem negativen Betriebspotential V_{SS} über die Schmelzsicherungen $Q_0 \dots Q_{n+m}$ geschaltet, für die der zugehörige Thyristor $T_0 \dots T_{n+m}$ durch das Bitmuster des Datensignals gezündet wurde. Der dabei fließende Schmelzstrom bewirkt ein Durchschmelzen der ausgewählten Schmelzsicherungen $Q_0 \dots Q_{n+m}$. Es ist vorgesehen, die Programmiervoltage so langsam auf ihren Maximalwert hochzufahren, daß ein unbeabsichtigtes Überkopffünden vermieden wird. Um eine exakte Einstellung des Gesamtleitwerts Y_{gesamt} zwischen den Klemmen A, B zu ermöglichen weisen die Widerstände $R_0 \dots R_{n+m}$ folgende Werte auf: Jeder der Widerstände $R_0 \dots R_{n+m}$ die in Serie zu einer der Schmelzsicherungen $Q_0 \dots Q_{n+m}$ geschaltet sind, die nicht mittels eines Zusatzwiderstands $R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$ überbrückt ist weist den Wert $2^i \times R_D$ auf. Die restlichen Widerstände $R_{n+1} \dots R_{n+m}$ sind mit dem Wert $1 / (1 / (2^i \times R_D) + 1 / (m \times R_A))$ belegt. Dabei bezeichnet i den Index, d.h. die Nummer des Widerstands $R_0 \dots R_{n+m}$, wenn die Widerstände $R_0 \dots R_{n+m}$ von 0 ausgehend bis zur um 1 verminderten Anzahl der Widerstände $R_0 \dots R_{n+m}$ numeriert wurden. Die Zusatzwiderstände $R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$ sind mit dem Wert $1 / (1 / (m \times R_A - 2^i \times R_D) + 1 / (m \times R_A))$ versehen. m ist dabei die Anzahl der Zusatzwiderstände $R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$. Durch diese Dimensionierung ist gewährleistet, daß der minimal erreichbare Grenzwert Y_{min} für den Gesamtleitwert Y_{gesamt} , der zwischen den Klemmen A, B gemessen werden kann, gleich dem reziproken Wert von R_A ist. Der maximal erreichbare Grenzwert Y_{max} für den Gesamtleitwert Y_{gesamt} bei einer unendlichen Anzahl von Serienschaltungen beträgt $1 / R_A + 2 / R_D$. Durch die Vorgabe der gewünschten Werte für den maximal erreichbaren Grenzwert Y_{max} und den minimal erreichbaren Grenzwert Y_{min} sowie des gewünschten Maximalaufwandes in Form der Anzahl der Serienschaltungen $n+m+1$ dient somit der Festlegung der Werte für R_A , R_D und $n+m$. Außerdem ändert sich der Gesamtleitwert Y_{gesamt} beim Durchschmelzen der Schmelzsicherung Q_i um den Wert $1 / (2^i \times R_D)$. Eine Optimierung des Verhältnisses von n zu m erhält man vorzugsweise bei dem Verhältnis, bei dem der Wert des Widerstands $R_0 \dots R_{n+m}$, der parallel zu der zum Widerstand $R_0 \dots R_{n+m}$ in Serie geschalteten Schmelzsicherung $Q_0 \dots Q_{n+m}$ keinen Zusatzwiderstand $R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$ aufweist und der die höchste Nummer aufweist, gleich dem Wert $m \times R_A$ ist.

Bei ohmschen diffundierten Widerständen ist durch die Optimierung ein Layout erreichbar, bei dem die Widerstände $R_0 \dots R_{n+m}$ und Zusatzwiderstände $R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$ annähernd gleiche Größenordnungen aufweisen, wodurch ein identischer Aufbau der Widerstände $R_0 \dots R_{n+m}$ und Zusatzwiderstände $R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$ bezüglich Breite und Tiefe wählbar ist und die unterschiedlichen Werte lediglich durch Verändern der Länge erreicht werden. Dadurch ist das Verhalten der Widerstände $R_0 \dots R_{n+m}$ und Zusatzwiderstände $R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$ annähernd identisch, was für den Schaltungsentwurf von Vorteil ist. Dasselbe Schaltungsprinzip ist ebenfalls für komplexe Widerstände einsetzbar, also z.B. Kondensatoren oder auch Induktivitäten. Ein Beispiel für ein Einsatzgebiet der elektronischen Schaltung ist ein integrierter Drucksensor.

Patentansprüche

1. Elektronische Schaltung mit mehreren parallel geschalteten Serienschaltungen mit wenigstens je einem Widerstand und je einer Schmelzsicherung, die mittels eines daran angelegten Schmelzstromes in einen nicht leitenden Zustand bringbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens einer Schmelzsicherung ($Q_0 \dots Q_{n+m}$) wenigstens ein Zusatzwiderstand ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) parallel geschaltet ist.

2. Elektronische Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelzsicherungen ($Q_0 \dots Q_{n+m}$) über Anschlußleitungen an wenigstens eine Strom- oder Spannungsquelle (V_{DD} , V_{SS}) angeschlossen sind und in wenigstens einer der Anschlußleitungen jeder Schmelzsicherung ($Q_0 \dots Q_{n+m}$) wenigstens ein Schalter (M) vorgesehen ist, mit dem der Schmelzstrom ein- und ausschaltbar ist.
3. Elektronische Schaltung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schalter (M) Thyristoren ($T_0 \dots T_{n+m}$) sind.
4. Elektronische Schaltung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerung der Thyristoren über Ausgänge ($A_0 \dots A_{n+m}$) eines Schieberegisters (S) erfolgt.
5. Elektronische Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die elektronische Schaltung eine integrierte Schaltung ist.
6. Elektronische Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstände ($R_0 \dots R_{n+m}$) und der wenigstens eine Zusatzwiderstand ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) ohmsche Widerstände sind.
7. Elektronische Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstände ($R_0 \dots R_{n+m}$) voneinander abweichende Werte aufweisen.
8. Elektronische Schaltung nach den Ansprüchen 5, 6 und 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstände ($R_0 \dots R_{n+m}$) und der wenigstens eine Zusatzwiderstand ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) diffundierte Widerstände sind und sich nur in ihrer Länge unterscheiden.
9. Elektronische Schaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstände ($R_0 \dots R_{n+m}$) und der wenigstens eine Zusatzwiderstand ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) so dimensioniert sind, daß sich der Gesamtleitwert der elektronischen Schaltung, bei der alle Schmelzsicherungen ($Q_0 \dots Q_{n+m}$) im leitenden Zustand sind, vom Gesamtleitwert der elektronischen Schaltung, bei der genau eine Schmelzsicherung ($Q_0 \dots Q_{n+m}$) im nicht leitenden Zustand ist, um eine Zweierpotenz eines Einheitswiderstandswerts (R_D) unterscheidet und daß der Exponent, bei einer Durchnummerierung der Widerstände ($R_0 \dots R_{n+m}$) von Null bis zur um Eins verminderten Anzahl der Widerstände ($R_0 \dots R_{n+m}$) gleich der negierten Nummer des mit der genau einen nicht leitenden Schmelzsicherung ($Q_0 \dots Q_{n+m}$) in Serie geschalteten Widerstands ($R_0 \dots R_{n+m}$) ist.
10. Elektronische Schaltung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß
 - a) der wenigstens eine Widerstand ($R_0 \dots R_{n+m}$), der in Serie mit der wenigstens einen Schmelzsicherung ($Q_0 \dots Q_{n+m}$) geschaltet ist, die dem wenigstens einen Zusatzwiderstand ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) parallel geschaltet ist, den Wert

$$\frac{1}{\frac{1}{(2^i \times R_D)} + \frac{1}{(m \times R_A)}}$$

aufweist, wobei i die Nummer des Widerstands ($R_0 \dots R_{n+m}$) ist, m die gesamte Anzahl der Zusatzwiderstände ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) ist und R_A der Gesamtwiderstand der elektronischen Schaltung, bei der alle Schmelzsicherungen ($Q_0 \dots Q_{n+m}$) im nicht leitenden Zustand sind,

b) der wenigstens eine Zusatzwiderstand ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) den Wert

$$(m \times R_A) = \frac{1}{\frac{1}{(2^k R_D)} + \frac{1}{(m \times R_A)}}$$

aufweist, wobei k die Nummer des zum Zusatzwiderstand ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) in Serie geschalteten Widerstands ($R_0 \dots R_{n+m}$) ist,

c) der wenigstens eine Widerstand ($R_0 \dots R_{n+m}$) der parallel zu der zum Widerstand ($R_0 \dots R_{n+m}$) in Serie geschalteten Schmelzsicherung ($Q_0 \dots Q_{n+m}$) keinen Zusatzwiderstand ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) aufweist, den Wert $2^i \times R_D$ aufweist.

- 11.** Elektronische Schaltung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Anzahl der Zusatzwiderstände ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) so groß ist, daß $m \times R_A$ ungefähr gleich dem Wert des Widerstands ($R_0 \dots R_{n+m}$) ist, der parallel zu der zum Widerstand ($R_0 \dots R_{n+m}$) in Serie geschalteten Schmelzsicherung ($Q_0 \dots Q_{n+m}$) keinen Zusatzwiderstand ($R_{n+1}' \dots R_{n+m}'$) aufweist und die höchste Nummer aufweist.

