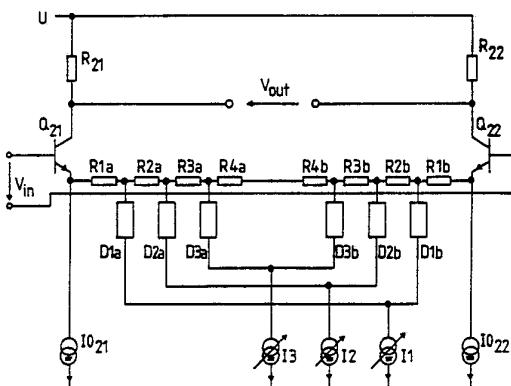


(51) Internationale Patentklassifikation 5 : H03G 1/00, 7/06		A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 92/20148 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 12. November 1992 (12.11.92)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP92/00912			(74) Gemeinsamer Vertreter: DEUTSCHE THOMSON-BRANDT GMBH; Patent- und Lizenzabteilung, Göttinger Chaussee 76, D-3000 Hannover 91 (DE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 25. April 1992 (25.04.92)			
(30) Prioritätsdaten: P 41 13 498.2 25. April 1991 (25.04.91) DE			(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CA, CH (europäisches Patent), CS, DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FI, FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), HU, IT (europäisches Patent), JP, KR, LU (europäisches Patent), MC (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), PL, RU, SE (europäisches Patent), US.
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): DEUTSCHE THOMSON-BRANDT GMBH [DE/DE]; Hermann-Schwer-Str. 3, D-7730 Villingen-Schwenningen (DE).			(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : ITRI, Sossio [IT/DE]; Bromer Str. 11, D-3180 Wolfsburg 11 (DE). RIEGER, Martin [DE/DE]; Zepfenthaler Str. 15, D-7210 Rottweil-Neukirch (DE).
			Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht.
(54) Title: CIRCUIT FOR CONTROLLABLE AMPLIFIER			
(54) Bezeichnung: SCHALTUNG FÜR EINEN REGELBAREN VERSTÄRKER			
(57) Abstract			
<p>Controllable amplifiers for regulating for example the amplitude of I.F. signals are known. Such an amplifier is contained for example in the TDA 4443 type integrated circuit. However, these known amplifiers have not a low noise level or have limited linearity or their regulation characteristic is not dB-linear. In order to improve the regulation characteristic, the negative feedback network in a differential amplifier (Q21, Q22) is subdivided in individual networks supplied each with its own control current (I1...I3). In order to reduce distortion caused by non-linear sections contained in the networks or to increase intermodulation resistance, the individual control currents (I1...I3) are reduced with an increasing input voltage. In order to obtain a dB-linear regulation characteristic, the control currents may include for example tangential-hyperbolic characteristic curves. In addition, such an amplifier has a relatively low noise level.</p>			
(57) Zusammenfassung			
<p>Es sind regelbare Verstärker bekannt, die z.B. zur Amplitudenregelung von ZF-Signalen verwendet werden. Ein solcher Verstärker ist beispielsweise in dem integrierten Schaltkreis vom Typ TDA 4443 enthalten. Diese bekannten Verstärker sind aber nicht rauscharm oder haben eine eingeschränkte Linearität oder die Regelcharakteristik ist nicht dB-linear. Um eine verbesserte Regelungscharakteristik zu erhalten, wird in einem Differenzverstärker (Q21, Q22) das Gegenkopplungs-Netzwerk aufgeteilt in einzelne Netzwerke, die jeweils mit einem eigenen Steuerstrom (I1...I3) versorgt werden. Um Verzerrungen durch in den Netzwerken enthaltene nichtlineare Strecken gering zu halten bzw. die Intermodulationsfestigkeit zu erhöhen, werden die einzelnen Steuerströme (I1...I3) mit ansteigender Eingangsspannung verringert. Zur Realisierung einer dB-linearen Regelcharakteristik können die Steuerströme z.B. tanh-förmige (tangens hyperbolicus) Kennlinien erhalten. Außerdem ist ein solcher Verstärker relativ rauscharm.</p>			



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FI	Finnland	MN	Mongolei
AU	Australien	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BB	Barbados	GA	Gabon	MW	Malawi
BE	Belgien	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GN	Guinea	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	GR	Griechenland	PL	Polen
BJ	Benin	HU	Ungarn	RO	Rumänien
BR	Brasilien	IE	Irland	RU	Russische Föderation
CA	Kanada	IT	Italien	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SE	Schweden
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SU	Soviet Union
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	TD	Tschad
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TG	Togo
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DE*	Deutschland	MC	Monaco		
DK	Dänemark	MG	Madagaskar		
ES	Spanien	ML	Mali		

Schaltung für einen regelbaren Verstärker

Die Erfindung betrifft eine Schaltung für einen regelbaren Verstärker.

Stand der Technik

Es sind regelbare Verstärker bekannt, die z.B. zur Amplitudenregelung von ZF-Signalen verwendet werden. Ein solcher Verstärker ist beispielsweise in dem integrierten Schaltkreis vom Typ TDA 4443 enthalten. Diese bekannten Verstärker sind aber nicht rauscharm oder haben eine eingeschränkte Linearität oder die Regelcharakteristik ist nicht dB-linear.

Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltung für einen regelbaren Verstärker mit erhöhter Linearität und verbessertem Rauschverhalten anzugeben. Diese Aufgabe wird durch die in Anspruch 1 angegebene erfindungsgemäße Schaltung gelöst.

Im Prinzip ist die erfindungsgemäße Schaltung versehen mit einem Differenzverstärker für eine Eingangsspannung, der einen ersten Transistor und einen zweiten Transistor enthält, die durch eine Serienschaltung von mindestens drei Widerständen verbunden sind, wobei zwischen diesen Widerständen jeweils mindestens ein Bauelement abzweigt, welches jeweils mit mindestens einer Stromquelle verbunden ist und wobei der Strom dieser Stromquellen in Abhängigkeit von der Eingangsspannung veränderbar ist.

Vorteilhaft ist dabei insbesondere bei einer dB-linearen Regelung der Strom der Stromquellen zusätzlich von einer Referenzspannung abhängig, wobei die jeweilige Referenzspannung

- 2 -

für die in der Mitte der Serienschaltung liegenden Bauelemente am niedrigsten und für die am nächsten zu den Enden der Serienschaltung liegenden Bauelemente am höchsten ist. Vorteilhaft bei einer linearen Regelung ist, daß die Ströme der Stromquellen proportional zueinander sind und von der Mitte zu den Enden der Serienschaltung hin kleiner werden.

Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Schaltung ergeben sich aus den entsprechenden Unteransprüchen.

In einem Differenzverstärker wird das Gesamt-Gegenkopplungsnetzwerk aufgeteilt in einzelne Netzwerke, die jeweils mit mindestens einem eigenen Steuerstrom versorgt werden. Um Verzerrungen durch in den Netzwerken enthaltene nichtlineare Bauelemente, z.B. Diodenstrecken, gering zu halten bzw. die Intermodulationsfestigkeit zu erhöhen, werden die einzelnen Steuerströme mit ansteigender Eingangsspannung kleiner. Zur Realisierung einer dB-linearen Regelcharakteristik können die Steuerströme z.B. tanh-förmige (tangens hyperbolicus) oder ähnliche Kennlinien erhalten. Außerdem ist ein solcher Verstärker aufgrund seiner Struktur und seines Funktionsprinzips relativ rauscharm.

Zeichnungen

Anhand der Zeichnungen werden Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Die Zeichnungen zeigen in:

- Fig. 1 bekannte Schaltung für einen regelbaren Verstärker;
- Fig. 2 erfindungsgemäße Schaltung für einen regelbaren Verstärker;
- Fig. 3 Steuerstrom-Kennlinien für den Verstärker nach Fig. 2;
- Fig. 4 Steuerstrom-Kennlinien für eine dB-lineare Regelcharakteristik;

- Fig. 5 Schaltung zur Erzeugung von Kennlinien nach Fig. 4;
- Fig. 6 Verstärker-Block aus mehreren Einzelverstärkern;
- Fig. 7 Steuerstrom-Kennlinien für eine lineare Regelcharakteristik;
- Fig. 8 eine weitere erfindungsgemäße Schaltung für einen regelbaren Verstärker.

Ausführungsbeispiele

Fig. 1 enthält einen ersten Transistor Q_{11} und einen zweiten Transistor Q_{12} , die als Differenzverstärker geschaltet sind. Die Kollektoren dieser Transistoren sind über einen ersten Widerstand R_{11} bzw. zweiten Widerstand R_{12} an die Versorgungsspannung U angeschlossen. Die Emitter dieser Transistoren sind über eine erste Stromquelle $I_{O_{11}}$ bzw. zweite Stromquelle $I_{O_{12}}$ an Masse angeschlossen. Den Basen der beiden Transistoren wird die Eingangsspannung V_{in} zugeführt. Zwischen den Kollektoren der beiden Transistoren ist die Ausgangsspannung V_{out} abgreifbar. Zwischen den Emittern der beiden Transistoren ist ein regelbarer Widerstand R_{10} angeschlossen, mit dem die Verstärkung der Schaltung eingestellt werden kann. Für $R_{11} = R_{12} = R$ und $I_{O_{11}} = I_{O_{12}} = I_0$ gilt:
 $V_{out} = V_{in} * R / R_{10}$

Fig. 2 enthält ein Netzwerk aus acht in Reihe geschalteten Widerständen R_{1a} - R_{4a} und R_{1b} - R_{4b} , aus sechs jeweils zwischen diesen Widerständen abgehenden Bauelementen D_{1a} - D_{3a} und D_{1b} - D_{3b} und aus drei einseitig an Masse liegenden und an diese Bauelemente angeschlossenen Stromquellen I_1 - I_3 , das den regelbaren Widerstand R_{10} aus Fig. 1 ersetzt.

Im Fall einer Bipolar-Schaltung können die sechs Bauelemente Dioden sein, deren Durchlaßrichtung zu den Stromquellen I_1 - I_3 zeigt. Der Wechselstromwiderstand dieser Dioden ist dabei gleich V_T/I , wobei V_T die Temperaturspannung und I der durch die Diode fließende Strom ist.

Im Fall einer MOS-Schaltung können die sechs Bauelemente als einstellbare Widerstände ausgebildete FET-Transistoren sein. Besonders lineare Widerstände dieser Art lassen sich durch die Kombination von N-MOS- und P-MOS-Transistoren erreichen.

Die Schaltungsteile Q_{21} , Q_{22} , R_{21} , R_{22} , $I_{O_{21}}$ und $I_{O_{22}}$ entsprechen den Schaltungsteilen Q_{11} , Q_{12} , R_{11} , R_{12} , $I_{O_{11}}$ und $I_{O_{12}}$ aus Fig. 1.

Die Anzahl der den Widerstand R_{10} ersetzen Schaltungsteile bzw. die Anzahl der hintereinandergeschalteten Teilerstufen kann entsprechend den Erfordernissen für den Regelumfang unter Berücksichtigung der zur Verfügung stehenden Betriebsspannungshöhe variiert werden.

Wenn beginnend bei einem kleinen Pegel die Eingangsspannung V_{in} ansteigt, wird zunächst der Strom in der Stromquelle I_1 zurückgenommen. Dadurch wird das Bauelement (die Diode) D_{1a} bzw. D_{1b} hochohmig, der Einfluß eventueller, durch große Pegel an D_{1a} bzw. D_{1b} bedingter Verzerrungen auf die Gesamtverzerrungen des Verstärkers wird vernachlässigbar und die Verstärkung wird entsprechend verringert. Die Bauelemente R_{1a} und R_{1b} bzw. R_{2a} und R_{2b} wirken nun für das Bauelement D_{2a} bzw. D_{2b} wie ein Spannungsteiler mit vergrößertem Teilverhältnis, sodaß für die Eingangsspannung V_{in} in Bezug auf D_{2a} bzw. D_{2b} größere Pegel zulässig sind. Dieser Vorgang setzt sich für weiter ansteigende Eingangsspannungen für die entsprechenden folgenden Bauelementen fort.

Es kann beispielsweise folgende Dimensionierung vorgenommen werden:

$$R_{21} = R_{22} = 3.9 \text{ k}\Omega$$

$$R_{1a} = R_{1b} = 100 \text{ }\Omega$$

$$R_{2a} = R_{2b} = 1.38 \text{ k}\Omega$$

$$R_{3a} = R_{3b} = 1.26 \text{ k}\Omega$$

$$R_{4a} = R_{4b} = 1.26 \text{ k}\Omega$$

In Fig. 3 ist der Amplitudenverlauf A der Steuerströme der Stromquellen I_1 , I_2 und I_3 über der Verstärkung G aufgetragen. Bei großer Verstärkung (d.h. kleiner Eingangsspannung

V_{in}) haben alle Steuerströme ihren Maximalwert. Bei steigender Eingangsspannung (d.h. sinkender Verstärkung) wird zunächst Steuerstrom der Stromquelle I1 zurückgenommen. Spätestens wenn dieser Steuerstrom zu Null geworden ist, fällt der Steuerstrom der Stromquelle I2. Spätestens wenn dieser Steuerstrom zu Null geworden ist, fällt der Steuerstrom der Stromquelle I3. Wenn dieser Steuerstrom zu Null geworden ist, liegt die Minimal-Verstärkung vor. Entsprechendes gilt für eventuelle weitere Steuerströme.

Auf diese Weise kann die Ausgangsspannung V_{out} innerhalb des Verstärker-Regelbereichs unabhängig vom Pegel der Eingangsspannung V_{in} konstant gehalten werden, wobei die Linearität innerhalb dieses Regelbereichs gegenüber dem bekannten Regelverstärker deutlich erhöht ist.

Durch den Verlauf der Steuerströme der Stromquellen I1-I3 kann die Regelcharakteristik des Verstärkers in Fig. 2 entsprechend beeinflußt werden. Durch einen höheren Steuerstrom kann auch eine höhere Maximalverstärkung erreicht werden. Die Anzahl der Steuerströme kann den jeweiligen Erfordernissen an den Gesamt-Regelbereich und an die Linearität angepaßt werden, jedoch ist bei steigender Anzahl von Steuerströmen oder bei steigendem Betrag der Steuerströme auch eine entsprechend erhöhte Betriebsspannung U erforderlich. Der Verstärkungs-Faktor 30 an der Stelle, wo der Steuerstrom der Stromquelle I2 zu Null geworden ist und der Steuerstrom der Stromquelle I3 gerade mit der Absenkung beginnt sowie die entsprechenden Verstärkungsfaktoren für die anderen Steuerströme, lassen sich durch Referenzspannungen festlegen, die der jeweiligen Stromquelle I1, I2 und I3 zugeführt werden.

Ein ZF-Verstärker hat z.B. einen Regelumfang von 60dB. Wenn mit einer Kontrollspannung V_{AGC} beispielsweise eine Verstärkung von 6dB eingestellt werden soll, ergibt sich bei einer linearen Regelungscharakteristik diese Kontrollspannung zu nur

$$V_{AGC6dB} = (2/1000) * V_{AGCmax} \quad (6dB = \text{Faktor } 2, \quad 60dB = \text{Faktor } 1000).$$

Bei einer dB-linearen Regelungscharakteristik ergäbe sich dagegen eine Kontrollspannung von

$$V_{AGC6dB} = (6/60) * V_{AGCmax}.$$

Darum hat eine dB-lineare Regelungscharakteristik Vorteile bezüglich der Einfachheit der Regelung, der Regelgeschwindigkeit und der Regelstabilität (Regelsprünge).

Mit der erfindungsgemäßen Schaltung lässt sich vorteilhaft leicht eine solche dB-lineare Regelungscharakteristik erreichen. In Fig. 4 ist ein entsprechend verbesserter Amplitudenverlauf A der Steuerströme der Stromquellen I1, I2 und I3 über der Verstärkung G aufgetragen. Die einzelnen Kennlinien haben einen tanh-ähnlichen Verlauf. Die Aussagen zu Fig. 3 gelten hier entsprechend.

Mit einer Stromquellen-Schaltung nach Fig. 5 lässt sich eine Stromquelle I1, I2, oder I3 realisieren, die eine der Fig. 4 entsprechende Kennlinie hat.

Den drei Stromquellen-Schaltungen wird die gemeinsame Kontrollspannung V_{AGC} und jeweils eine individuelle Referenzspannung V_{ref} zugeführt. Die Kontrollspannung V_{AGC} und die Referenzspannung V_{ref} gelangen zu zwei Differenzverstärker-Transistoren Q_{51} bzw. Q_{52} , deren Emitter mit einem Widerstand R_{50} untereinander und jeweils über eine Stromquelle I_{O51} bzw. I_{O52} mit Masse verbunden sind. Der Kollektor von Q_{51} ist über zwei Dioden D_{51} und D_{52} und der Kollektor von Q_{52} ist über zwei Dioden D_{53} und D_{54} mit der Betriebsspannung U verbunden. Die Spannungsdifferenz zwischen den beiden Kollektoren wird auf die Basisanschlüsse eines weiteren Differenzverstärker-Transistorenpaars Q_{53} und Q_{54} gegeben und somit in Abhängigkeit vom Differenzverstärker mit den Transistoren Q_{51} und Q_{52} gesteuert. Die Emitter von Q_{53} und Q_{54} sind über eine dritte Stromquelle I_{50} mit der Betriebsspannung verbunden. Der Kollektor von Q_{53} liegt an Masse. Der Kollektor von Q_{54} ist mit Basis und Kollektor eines fünften Transistors Q_{55} verbunden, dessen Emitter über einen zweiten Widerstand R_{51} an Masse liegt und dessen Basis an die Basis

eines sechsten Transistors Q_{56} angeschlossen ist. Der Emitter des sechsten Transistors liegt über einen dritten Widerstand R_{52} an Masse. Am Kollektor ist der jeweilige Steuerstrom der Stromquelle I_1 , I_2 oder I_3 abgreifbar.

Es sei $v = (V_{AGC} - V_{ref})$, I_0 der von den Stromquellen I_{051} und I_{052} und I_{050} der von der Stromquelle I_{50} eingeprägte Strom. Dann ergibt sich der jeweilige Ausgangstrom I_{out} zu

$$I_n = C * I_{050} * [1 / (1 + ((I_0 + v / R_{50}) / (I_0 - v / R_{50}))^k)],$$

wobei n der Index der jeweiligen Kennlinie ($n = 1, 2, 3$), k die Anzahl der hintereinandergeschalteten Dioden und C eine Konstante ist, z.B. $C = 3$. In der Stromquellen-Schaltung nach Fig. 5 ist daher $k = 2$. Die jeweilige Steilheit der Steuerstrom-Kennlinien ist durch R_{50} und das Verhältnis I_{050} / I_0 und der jeweilige Maximalwert des Steuerstroms durch I_{050} gegeben.

Es kann beispielsweise für den in Fig. 6 beschriebenen ersten Stromquellenblock 61 folgende Dimensionierung vorgenommen werden:

$$U = 7.7V$$

Stromquelle I_1 :

$$R_{50} = 8.0k\Omega$$

$$R_{51} = R_{52} = 2.7k\Omega$$

$$I_0 = 167\mu A$$

$$\text{Strom von } I_{50} = 103\mu A$$

$$V_{ref} = 3.624V$$

Stromquelle I_2 :

$$R_{50} = 10.0k\Omega$$

$$R_{51} = R_{52} = 2.25k\Omega$$

$$I_0 = 50.6\mu A$$

$$\text{Strom von } I_{50} = 103\mu A$$

$$V_{ref} = 2.676V$$

Stromquelle I_3 :

$$R_{50} = 4.0k\Omega$$

$R_{51} = R_{52} = 1.5\text{k}\Omega$
 $I_0 = 50.5\mu\text{A}$
Strom von $I_{50} = 103\mu\text{A}$
 $V_{\text{ref}} = 2.179\text{V}$

Für den in Fig. 6 beschriebenen zweiten Stromquellenblock 63 ergibt sich folgende abweichende Dimensionierung:

Stromquelle I1:

$I_0 = 169\mu\text{A}$
 $V_{\text{ref}} = 5.67\text{V}$

Stromquelle I2:

$I_0 = 51.4\mu\text{A}$
 $V_{\text{ref}} = 4.766\text{V}$

Stromquelle I3:

$I_0 = 51.3\mu\text{A}$
 $V_{\text{ref}} = 4.326\text{V}$

Der ZF-Verstärker-Block in Fig. 6 enthält vier Einzelverstärker V1-V4, die jeweils einem regelbaren Verstärker nach Fig. 2 entsprechen. Die von diesen Regelverstärkern benötigten Steuerströme liefern sechs Stromquellen-Schaltungen gemäß Fig. 5, von denen die ersten drei zu einem ersten Stromquellen-Block 61 und die anderen drei zu einem zweiten Stromquellen-Block 62 zusammengefaßt sind. Der erste Stromquellen-Block 61 steuert den ersten V1 und zweiten V2 Einzelverstärker und der zweite Stromquellen-Block 63 den dritten V3 und vierten V4 Einzelverstärker. Die Anzahl der Stromquellen-Blöcke kann je nach verlangter Regelqualität zwischen eins und vier liegen.

Ein Stromquellen-Block entspricht jeweils drei Stromquellen-Schaltungen nach Fig. 5. Die Stromquellen-Blöcke erhalten die gemeinsame Kontrollspannung V_{AGC} , aber individuelle Referenzspannungen aus dem Referenzspannungsblock 62.

Vorteilhaft können die hintereinandergeschalteten Regelverstärker den wesentlichen Anteil eines integrierten ZF-Verstärker-Schaltkreises bilden.

Bei einer Ansteuerung mit nur zwei Steuerströmen entsprechend Fig. 7 kann man eine lineare Regelcharakteristik erhalten. Dazu kann in Fig. 2 beispielsweise folgende Dimensionierung vorgenommen werden:

$$R_{21} = R_{22} = 3.0 \text{ k}\Omega$$

$$R_{1a} = R_{1b} = 100 \quad \Omega$$

$$R_{3a} = R_{3b} = 2.486 \text{ k}\Omega$$

$$R_{4a} = R_{4b} = 158 \quad \Omega$$

R_{2a}, R_{2b} und I₂ entfallen.

Anstelle des Netzwerks aus den acht in Reihe geschalteten Widerständen R_{1a}-R_{4a} und R_{1b}-R_{4b}, aus sechs jeweils zwischen diesen Widerständen abgehenden Bauelementen D_{1a}-D_{3a} und D_{1b}-D_{3b} und aus drei einseitig an Masse liegenden und an diese Bauelemente angeschlossenen Stromquellen I₁-I₃ in Fig. 2 kann auch das in Fig. 8 dargestellte Netzwerk verwendet werden.

Es sind jeweils in Serie zwischen den Emittern der den Transistoren Q₂₁ und Q₂₂ entsprechenden Transistoren Q₈₁ und Q₈₂ angeordnet:

- die Widerstände R_{81a}, R₈₀₁, R_{81b} mit den zwischen ihnen abzweigenden Dioden D_{81a} und D_{81b}, die an Stromquellen I₁ angeschlossen sind;
- die Widerstände R_{83a}, R₈₀₃, R_{83b} mit den zwischen ihnen abzweigenden Dioden D_{83a} und D_{83b}, die an Stromquellen I₃ angeschlossen sind;
- die Widerstände R_{82a}, R₈₀₂, R_{82b} mit den zwischen ihnen abzweigenden Dioden D_{82a} und D_{82b}, die an Stromquellen I₂ angeschlossen sind, wobei die Widerstände R_{82a} und R_{82b} statt an die Emitter der beiden Transistoren an die Widerstände R_{81a}-R₈₀₁ bzw. R_{81b}-R₈₀₁ angeschlossen sind.

Parallel zu R₈₀₂ können weitere entsprechende Bauelemente und Stromquellen angeschlossen sein.

Patentansprüche

1. Schaltung für einen regelbaren Verstärker, versehen mit einem Differenzverstärker für eine Eingangsspannung (V_{in}), der einen ersten Transistor (Q_{21}) und einen zweiten Transistor (Q_{21}) enthält, deren Emitter durch eine Serienschaltung von mindestens drei Widerständen (Rla-R4a, Rlb-R4b) verbunden sind, wobei zwischen diesen Widerständen jeweils ein in seinem Widerstand steuerbares Bauelement (Dla-D3a, Dlb-D3b) abzweigt, welches jeweils mit einer Stromquelle (I1, I2, I3) verbunden ist und wobei der Strom dieser Stromquellen in Abhängigkeit von der Eingangsspannung (V_{in}) veränderbar ist.
2. Schaltung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom der Stromquellen (I1, I2, I3) zusätzlich von einer Referenzspannung (V_{ref}) abhängig ist, wobei die jeweilige Referenzspannung für die in der Mitte der Serienschaltung liegenden Bauelemente (D3a, D3b) am niedrigsten und für die am nächsten zu den Enden der Serienschaltung liegenden Bauelemente (Dla, Dlb) am höchsten ist.
3. Schaltung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (Dla-D3a, Dlb-D3b) Dioden und/oder als stromsteuerbare Widerstände ausgebildete FET-Transistoren sind, wobei insbesondere N-MOS- und P-MOS-Transistoren kombiniert werden.
4. Schaltung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennlinien (Fig. 3) der Ströme der Stromquellen (I1, I2, I3) in der Form 'Stromamplitude in Abhängigkeit von Verstärkung des Regelverstärkers' jeweils aus einem ansteigenden und aus einem flachen Anteil bestehen, wobei jeweils spätestens am Ende des ansteigenden Teils einer Kennlinie der ansteigende Teil der nächsten Kennlinie beginnt und wobei

die jeweilige Referenzspannung (V_{ref}) Anfang und/oder Ende des ansteigenden Teils der Kennlinie festlegt.

5. Schaltung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Kennlinien (Fig. 4) der Ströme der Stromquellen (I_1 , I_2 , I_3) im wesentlichen jeweils eine tangens-hyperbolicus-ähnliche Form haben.
6. Schaltung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Regelcharakteristik für den regelbaren Verstärker im wesentlichen dB-linear oder linear ist.
7. Schaltung nach einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der flache Teil der Kennlinie für die in der Mitte der Serienschaltung liegenden Bauelemente (D_{3a} , D_{3b}) am niedrigsten ist und jeweils für die näher zu den Enden der Serienschaltung hin liegenden Bauelemente (D_{1a} , D_{1b}) höher liegt.
8. Schaltung nach einem oder mehreren der Ansprüche 4 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere erfindungsgemäße Regelverstärker hintereinandergeschaltet sind, wobei die Referenzspannungen (V_{ref}) für nachfolgende Regelverstärker jeweils höher sind als bei dem vorhergehenden.
9. Schaltung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß jeweils ein entsprechendes Bauelement (D_{1a} - D_{3a} , D_{1b} - D_{3b}) aus mindestens zwei aufeinanderfolgenden Regelverstärkern an eine gemeinsame Stromquelle (I_1 , I_2 , I_3) angeschlossen ist.
10. Schaltung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die hintereinandergeschalteten Regelverstärker den wesentlichen Anteil eines integrierten ZF-Verstärker-Schaltkreises bilden.

11. Schaltung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Serienschaltung aus mindestens drei Widerständen aus mehreren Serienschaltungen von Widerständen (R_{81a} , R_{801} , R_{81b} , R_{82a} , R_{802} , R_{82b} , R_{83a} , R_{803} , R_{83b}) besteht, wobei zwischen diesen Widerständen jeweils ein in seinem Widerstand steuerbares Bauelement (D81a-D83a, D81b-D83b) abzweigt, welches jeweils mit einer Stromquelle ($I1$, $I2$, $I3$) verbunden ist und wobei der Strom dieser Stromquellen in Abhängigkeit von der Eingangsspannung (V_{in}) veränderbar ist, wobei mindestens eine dieser Serienschaltungen aus mindestens drei Widerständen (R_{82a} , R_{802} , R_{82b}) statt an den ersten und zweiten Transistor an Widerstände (R_{81a} bzw. R_{81b}) einer der anderen Serienschaltungen angeschlossen ist.

1/5

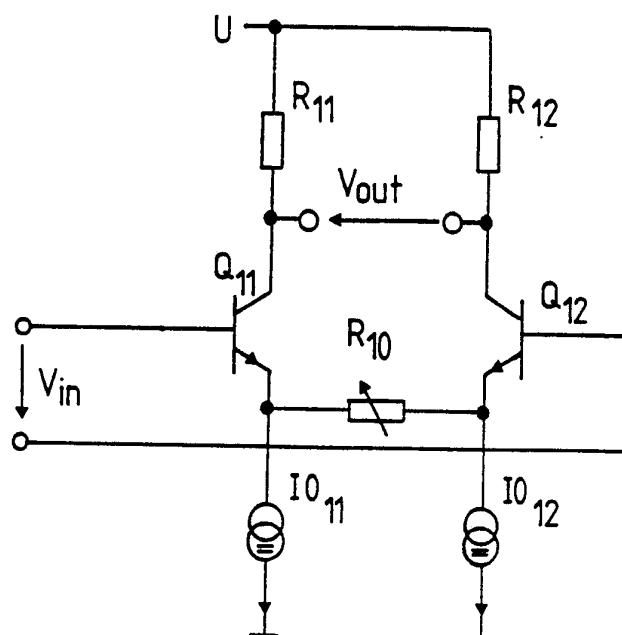


FIG.1

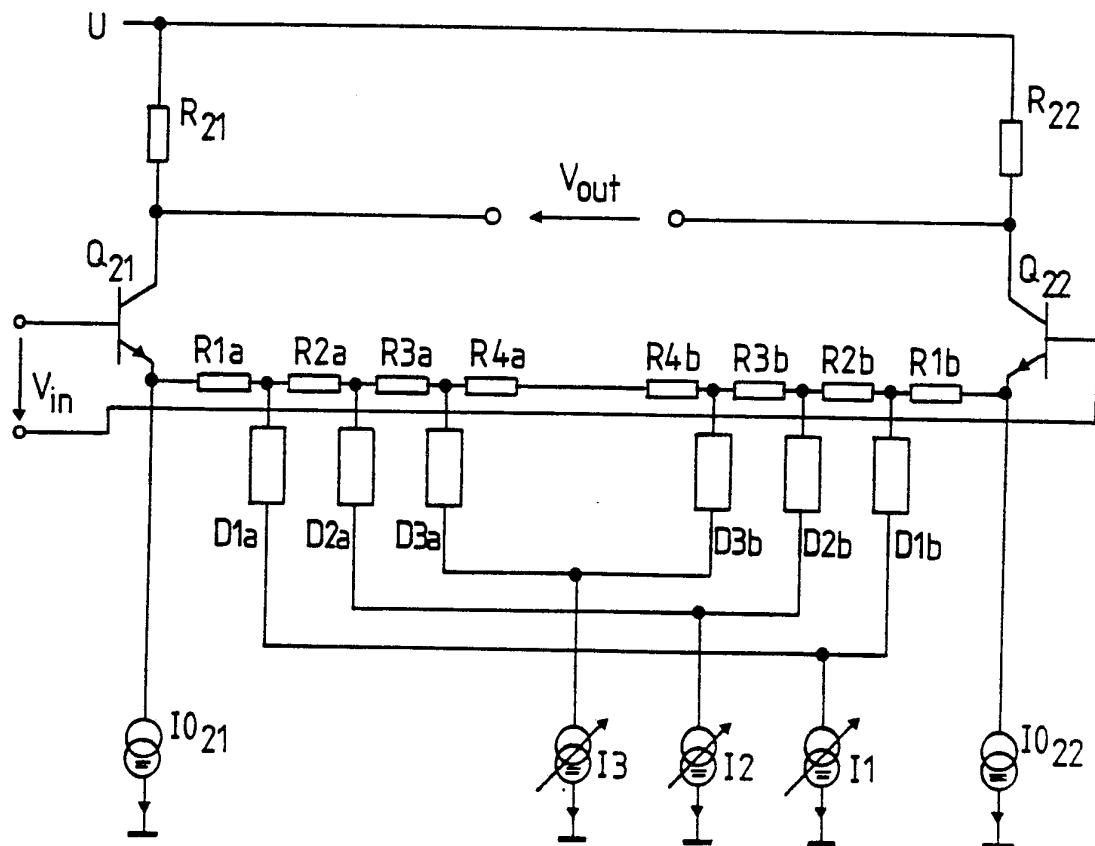


FIG.2

2/5

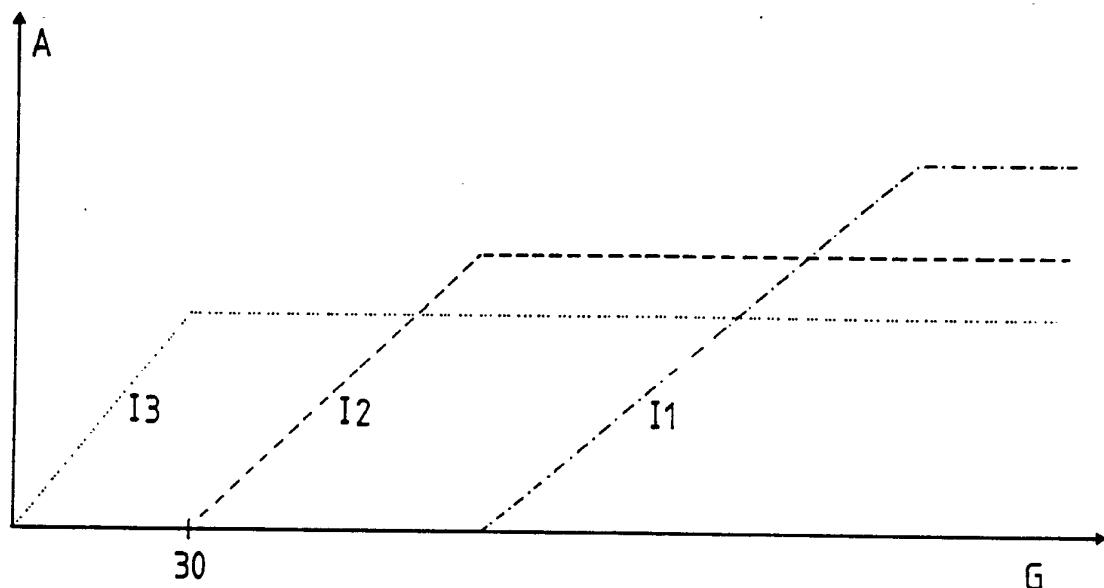


FIG.3

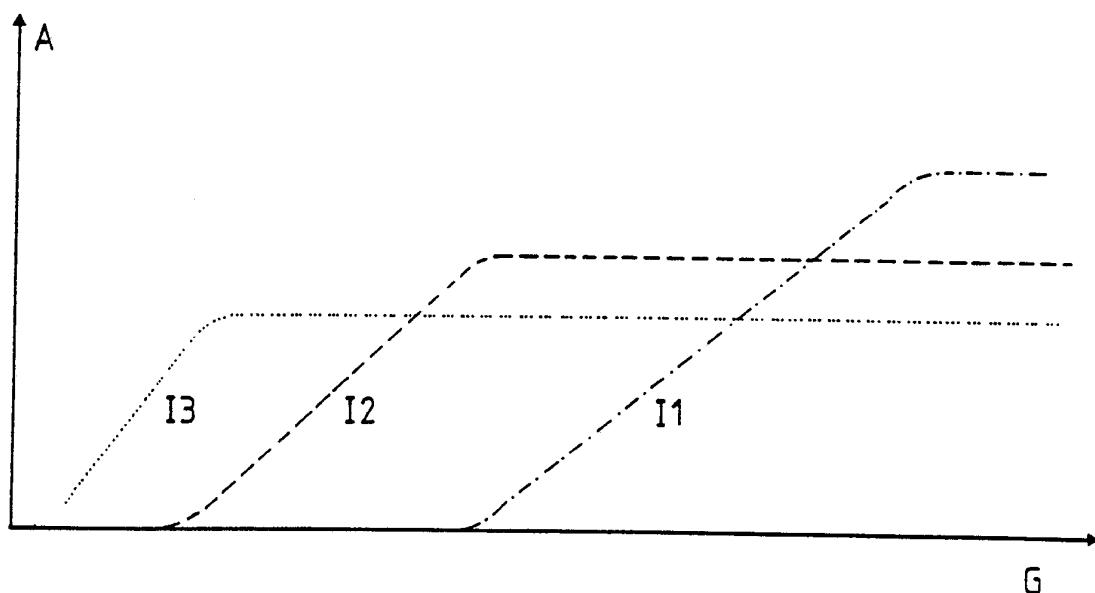


FIG.4

3/5

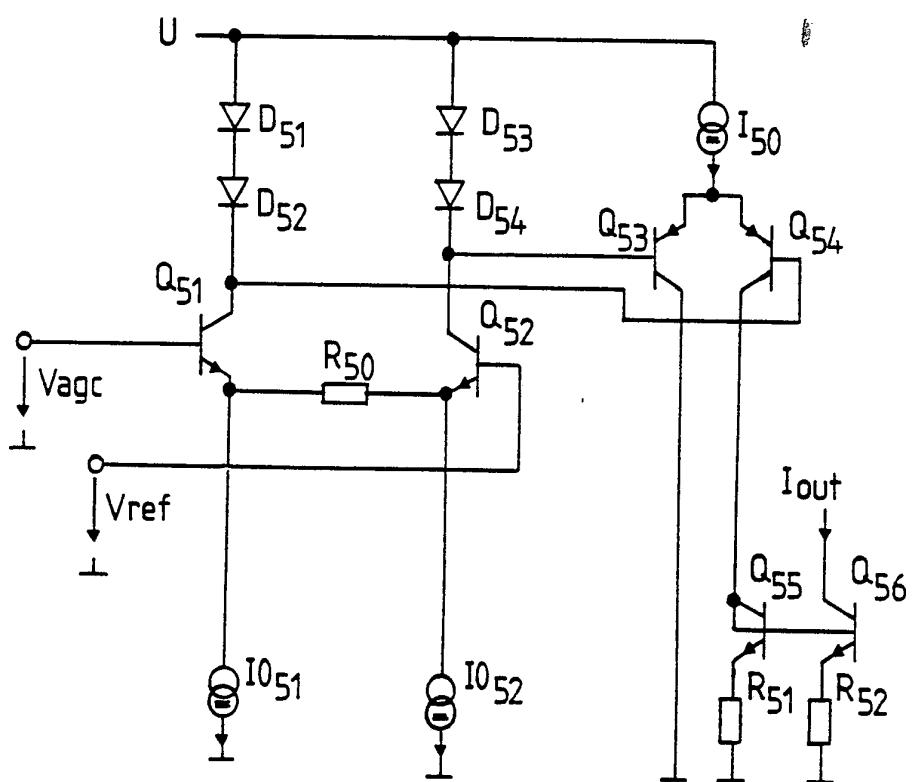
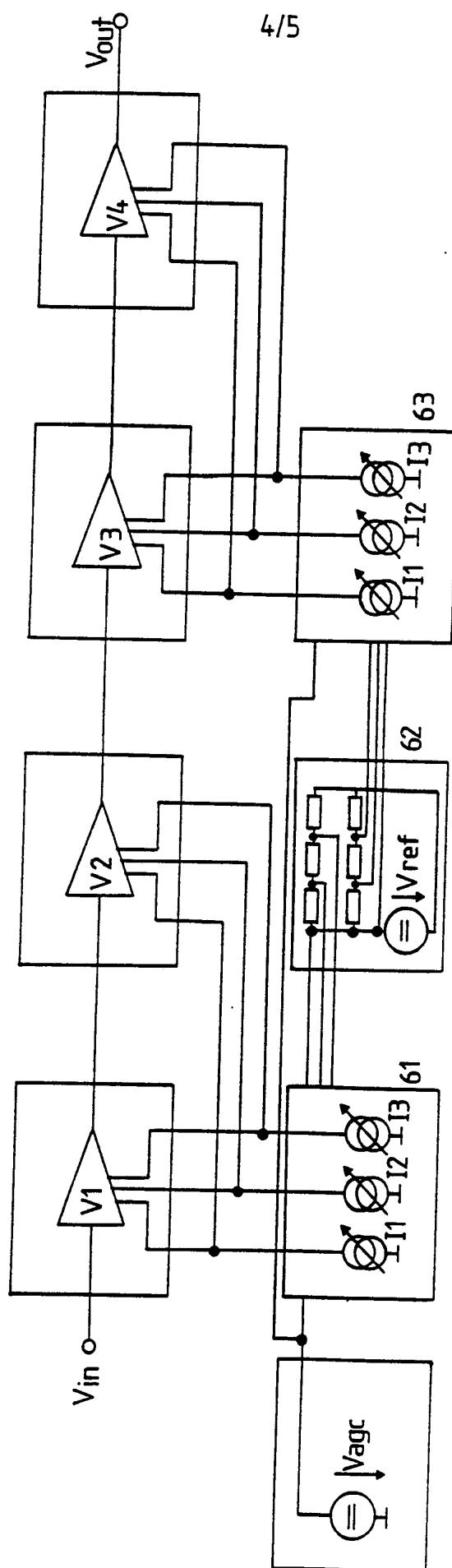


FIG.5

4/5



5/5

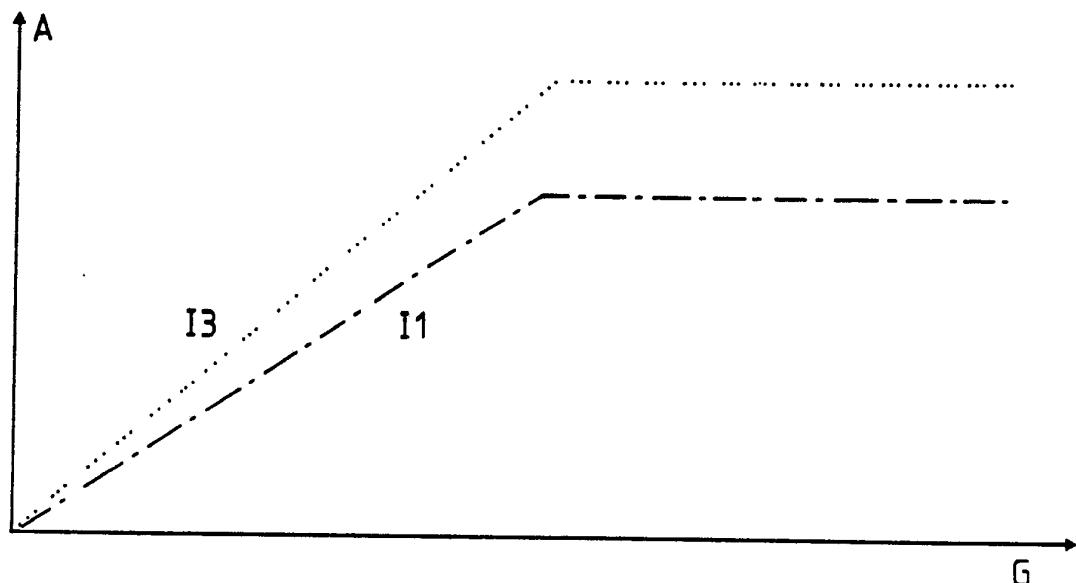


FIG.7

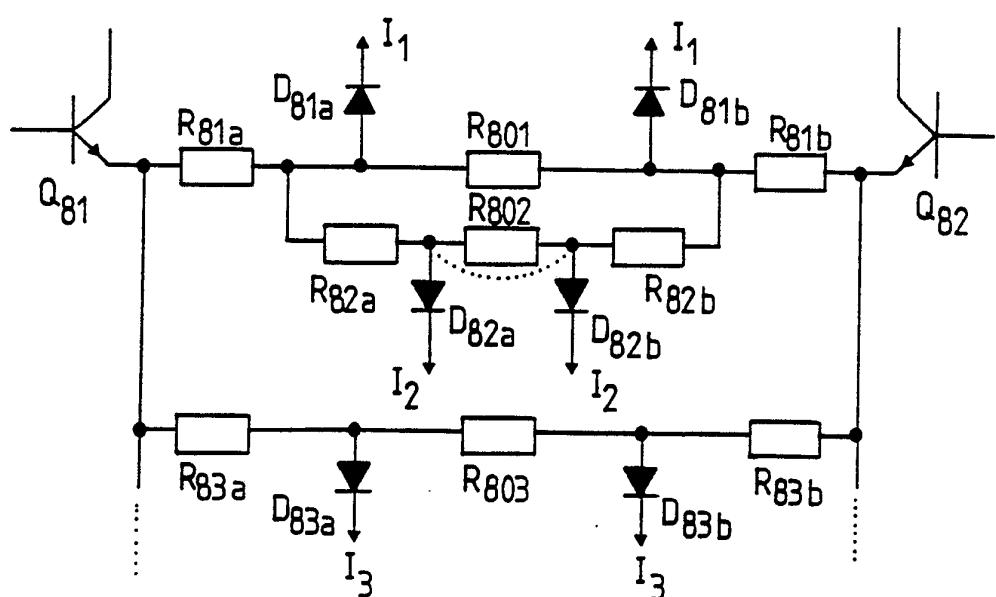


FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP 92/00912

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. ⁵ H03G1/00; H03G7/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. ⁵ H03G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE, A, 3522416 (STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG) 2 January 1987 see the whole document --	1
A	US, A, 4429416 (R.W. PAGE) 31 January 1984 see figures and abstract --	1,4-6

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 28 July 1992 (28.07.92)	Date of mailing of the international search report 5 August 1992 (05.08.92)
Name and mailing address of the ISA/ EUROPEAN PATENT OFFICE Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT
ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. EP 9200912
SA 58790

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information. 28/07/92

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE-A-3522416	02-01-87	None	
US-A-4429416	31-01-84	None	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 92/00912

I. KLASSEKIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)⁶

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.K1. 5 H03G1/00; H03G7/06

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestpräfstoff⁷

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int.K1. 5	H03G

Recherchierte nicht zum Mindestpräfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen⁸III. EINSCHLAGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN⁹

Art. ¹⁰	Kennzeichnung der Veröffentlichung ¹¹ , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile ¹²	Betr. Anspruch Nr. ¹³
A	DE,A,3 522 416 (STANDARD ELEKTRIK LORENZ AG) 2. Januar 1987 siehe das ganze Dokument ---	1
A	US,A,4 429 416 (R.W. PAGE) 31. Januar 1984 siehe die Abbildung und die Zusammenfassung ---	1,4-6

⁶ Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen¹⁰:

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erforderlicher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
3 28.JULI 1992	05.08.92
Internationale Recherchenbehörde EUROPAISCHES PATENTAMT	Unterschrift des bevoilichtigten Bediensteten DECONINCK E.

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

EP 9200912
SA 58790

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

28/07/92

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE-A-3522416	02-01-87	Keine	-----
US-A-4429416	31-01-84	Keine	-----