(19) Octrooiraad Nederland

(11) Publikatienummer: **9100066**

(12) A **TERINZAGELEGGING**

(21) Aanvraagnummer: 9100066

(22) Indieningsdatum: 16.01.91

(51) Int.Cl.[5]: **H03K 3/354**

(43) Ter inzage gelegd: **17.08.92 I.E. 92/16**

(71) Aanvrager(s):
N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven

(72) Uitvinder(s):
Wouter Maria Boeke te Hilversum. Franciscus Georgius Erftemeijer te Eemnes

(74) Gemachtigde:
Ir. J.E.M. Galama c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven

(54) **Oscillator**

(57) Een oscillator, omvattende een eerste en een tweede transistor, waarvan de sources via een condensator onderling verbonden zijn en waarvan elke gate met de drain van de andere transistor verbonden is, waarbij elke drain met een belastingcircuit bijvoorbeeld in de vorm van een weerstand verbonden is, vertoont een niet-linaire overdracht. Door elk belastingcircuit in de vorm van twee parallel geschakelde transistoren uit te voeren waarvan een eerste gate met de drain van de eerste transistor en waarvan een tweede gate met de drain van de tweede transistor verbonden is, wordt een oscillator verkregen met een meer lineaire overdracht. Met verschillende frequentie-instelcircuits kan deze overdracht in eerste orde benadering of zelfs volledig onafhankelijk van de threshold spanning van de gebruikte transistoren worden gemaakt.

NL A 9100066

De aan dit blad gehechte afdruk van de beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en) bevat afwijkingen ten opzichte van de oorspronkelijk ingediende stukken; deze laatste kunnen bij de Octrooiraad op verzoek worden ingezien.

Oscillator.

De uitvinding betreft een oscillator voorzien van een eerste en tweede transistor, elk met een eerste hoofdelektrode, welke eerste hoofdelektroden onderling via een condensator gekoppeld zijn, en elk met een tweede hoofdelektrode die met een stuurelektrode van de andere transistor gekoppeld is, waarbij de tweede hoofdelektrode van de eerste transistor met een eerste belastingcircuit gekoppeld is en waarbij de tweede hoofdelektrode van de tweede transistor met een tweede belastingcircuit gekoppeld is.

Een dergelijke oscillator is algemeen bekend. Indien elk belastingcircuit wordt gerealiseerd door een weerstand R en elke eerste hoofdelektrode wordt aangesloten op een stroombron die een stroom ter grootte I voortbrengt, genereert de oscillator een blokvormige uitgangsspanning tussen beide tweede hoofdelektroden met een frequentie $f_{osc} = I/(2C * V_c)$, waarbij C de waarde van de condensator voorstelt en V_c de spanning over deze condensator is. De gewenste f_{osc} wordt verkregen door een bijbehorende waarde voor de stroom I te kiezen.

Doordat de steilheid van een transistor evenredig is met de wortel uit de hoofdstroom door deze transistor en doordat de steilheid van een weerstand R constant is (= 1/R), wordt de spanning V_c (niet-lineair) afhankelijk van de stroom I. Hierdoor krijgt het verband tussen de frequentie f_{osc} en de stroom I een niet-lineair karakter. Dit is bijvoorbeeld in Phase Locked Loop applicaties waarin een dergelijke oscillator wordt toegepast ongewenst.

De uitvinding stelt zich ten doel een oscillator van de in de aanhef vermelde soort te verschaffen waarbij het verband tussen de frequentie f_{osc} en de stroom I lineair is.

De oscillator volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat het eerste belastingcircuit een parallelschakeling van een

derde en een vierde transistor omvat en het tweede belastingcircuit een parallelschakeling van een vijfde en een zesde transistor omvat, waarbij een stuurelektrode van de derde en van de vijfde transistor beide gekoppeld zijn met de tweede hoofdelektrode van de eerste transistor en waarbij een stuurelektrode van de vierde en van de zesde transistor beide gekoppeld zijn met de tweede hoofdelektrode van de tweede transistor.

Door elk belastingcircuit met transistoren te realiseren, zijn de steilheden van de belastingcircuits eveneens evenredig met de wortel uit de stroom. Hiermee krijgt het verband tussen de frequentie f_{osc} en de stroom I een meer lineair karakter.

Er zij opgemerkt dat het algemeen bekend is dat een weerstand op eenvoudige wijze door één transistor gerealiseerd kan worden, door van deze transistor de stuurelektrode met één der hoofdelektroden te verbinden. Een op deze wijze gerealiseerd belastingcircuit heeft echter het nadeel, dat de impedantie ervan gedurende de tijd dat er geen stroom door de transistor gaat, ongedefinieerd is. Dit is in de oscillator volgens de uitvinding ongewenst.

Een uitvoeringsvorm van de oscillator volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de verhoudingen W/L van de eerste en tweede transistor nagenoeg gelijk zijn, dat de verhoudingen W/L van de derde en de zesde transistor nagenoeg gelijk zijn en dat de verhoudingen W/L van de vierde en de vijfde transistor nagenoeg gelijk zijn, waarbij de verhoudingen W/L van de derde en de zesde transistor groter zijn dan de verhoudingen W/L van de vierde en de vijfde transistor.

Door de oscillator op deze wijze min of meer symmetrisch uit te voeren, wordt de gevoeligheid van de oscillator voor common mode stoorspanningen sterk gereduceerd. Het groter zijn van de verhoudingen W/L van de derde en de zesde transistor dan de verhoudingen W/L van de vierde en de vijfde transistor voorkomt dat de belastingcircuits op zich gaan oscilleren.

Een andere uitvoeringsvorm van de oscillator volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat de oscillator voorzien is

van een frequentie-instelcircuit dat een zevende, achtste en negende transistor omvat, van welke zevende transistor een stuurelektrode en een hoofdelektrode onderling en met een eerste hoofdelektrode van de achtste transistor gekoppeld zijn, van welke achtste transistor een stuurelektrode en een tweede hoofdelektrode onderling en met een stuurelektrode van de negende transistor gekoppeld zijn, waarbij de tweede hoofdelektrode van de achtste transistor koppelbaar is met een stroombron en waarbij de negende transistor gekoppeld is met een aansluitcircuit dat gekoppeld is met de eerste hoofdelektroden van de eerste en tweede transistor.

Van een dergelijke oscillator kan de frequentie op eenvoudige wijze ingesteld en gevarieerd worden. Het aansluitcircuit kan op voor de vakman bekende wijze gerealiseerd worden door een eerste aansluitcircuit-transistor serieel te koppelen met de eerste transistor en een tweede aansluitcircuit-transistor serieel te koppelen met de tweede transistor en stuurelektroden van beide genoemde aansluitcircuit-transistoren te verbinden met een stuurelektrode en met een hoofdelektrode van een derde aansluitcircuit-transistor, welke serieel gekoppeld dient te worden met de negende transistor. De waarde van de stroom gegenereerd door de stroombron is dan bepalend voor de hoofdstroom door de negende transistor en door de hiermee zich in serie bevindende derde aansluitcircuit-transistor en daarmee eveneens bepalend voor de hoofdstromen door de eerste en tweede aansluitcircuit-transistoren. Hiermee wordt de maximale frequentie van de oscillator vastgelegd, welke maximale frequentie op eenvoudige wijze verlaagd kan worden door tussen de derde aansluitcircuit-transistor en de negende transistor serieel een vierde aansluitcircuit-transistor te plaatsen, die met een regelspanning op zijn stuurelektrode dichtgeknepen kan worden, waarbij transistor 9 ook dichtgeknepen wordt, waardoor de hoofdstroom door de derde aansluitcircuit-transistor en de hiermee samenhangende frequentie van de oscillator verlaagd worden.

Een van een dergelijk frequentie-instelcircuit voorziene

oscillator volgens de uitvinding heeft het voordeel, dat de frequentie f_{osc} in eerste orde benadering onafhankelijk is van V_T (de threshold spanning) van de gebruikte transistoren. Daar de V_T van verschillende oscillatorexemplaren sterk verschillend kan zijn en sterk temperatuurafhankelijk is, is deze uitvoeringsvorm van de oscillator voordelig.

Een verdere uitvoeringsvorm van de oscillator volgens de uitvinding heeft het kenmerk, dat het frequentie-instelcircuit verder een tiende, elfde en twaalfde transistor en een converter omvat, van welke tiende transistor een hoofdelektrode en een stuurelektrode onderling en met een hoofdelektrode van de negende transistor en met een stuurelektrode van de elfde transistor gekoppeld zijn, van welke elfde transistor een hoofdelektrode gekoppeld is met een stuurelektrode en een hoofdelektrode van de twaalfde transistor, waarbij een eerste ingangsklem van de converter gekoppeld is met de stuurelektrode van de twaalfde transistor, waarbij een tweede ingangsklem van de converter gekoppeld is met de stuurelektrode van de zevende transistor en waarbij een uitgang van de converter gekoppeld is met het aansluitcircuit. Bij een van een dergelijk frequentie-instelcircuit voorziene oscillator volgens de uitvinding is de frequentie f_{osc} volledig onafhankelijk van V_T van de gebruikte transistoren. Daarmee is deze uitvoeringsvorm zeer voordelig.

De uitvinding betreft verder een belastingschakeling omvattende het eerste en tweede belastingcircuit geschikt voor toepassing in een oscillator volgens de uitvinding, en betreft verder een frequentie-instelcircuit geschikt voor toepassing in een oscillator volgens de uitvinding.

De uitvinding zal nader worden toegelicht aan de hand van in de figuren weergegeven uitvoeringsvoorbeelden, waarbij gelijke gedeelten met overeenkomstige verwijzingscijfers zijn aangeduid. Daarbij toont:

Figuur 1 de oscillator volgens de uitvinding voorzien van een eenvoudig frequentie-instelcircuit, en

Figuur 2 de oscillator volgens de uitvinding voorzien van

een meer gecompliceerd frequentie-instelcircuit.

De in Figuur 1 weergegeven oscillator omvat een eerste transistor 1 en een tweede transistor 2, waarvan de sources onderling via een condensator 20 verbonden zijn. De drain van transistor 1 is verbonden met de gate van transistor 2 en met een eerste belastingcircuit 21. De drain van transistor 2 is verbonden met de gate van transistor 1 en met een tweede belastingcircuit 22. Belastingcircuit 21 omvat een parallelschakeling van een derde transistor 3 en een vierde transistor 4, waarvan de sources aan aarde liggen en waarvan de drains verbonden zijn met de drain van transistor 1. De gate van transistor 3 is eveneens verbonden met de drain van transistor 1, terwijl de gate van transistor 4 is verbonden met de drain van transistor 2. Belastingcircuit 22 omvat een parallelschakeling van een vijfde transistor 5 en een zesde transistor 6, waarvan de sources aan aarde liggen en waarvan de drains verbonden zijn met de drain van transistor 2. De gate van transistor 6 is eveneens verbonden met de drain van transistor 2, terwijl de gate van transistor 5 is verbonden met de drain van transistor 1.

Indien er aan beide sources van de transistoren 1 en 2 een stroom I wordt toegevoerd, ontstaat er over de condensator 20 een driehoekspanning met een topamplitude gelijk aan $2V_c$. Tussen de beide drains van de transistoren 1 en 2 ontstaat dan een blokspanning met een frequentie $f_{osc} = I/(C * 2V_c)$. Deze stroom I wordt aan beide sources toegevoerd door een aansluitcircuit 25, dat is verbonden met een frequentie-instelcircuit 23. Hiermee kan de stroom I gevarieerd worden, waardoor de frequentie f_{osc} instelbaar is.

Het aansluitcircuit 25 omvat een

- eerste aansluittransistor 32 waarvan de source verbonden is met een positieve spanningsbron en waarvan de drain verbonden is met de source van transistor 1,
- tweede aansluittransistor 33 waarvan de source verbonden s met de spanningsbron en waarvan de drain verbonden is met de source van transistor 2,

- derde aansluittransistor 31 waarvan de source verbonden is met de spanningsbron en waarvan de gate en de drain onderling verbonden zijn en met de gates van aansluittransistoren 32 en 33 verbonden zijn, en een
- vierde aansluittransistor 30 waarvan de drain is verbonden met de drain van aansluittransistor 31 en waarvan de source is verbonden met het frequentie-instelcircuit 23.

De gate van aansluittransistor 30 is aangesloten op een regelbare bron voor het verkrijgen van een regelspanning, waarmee de mate van geleiding van deze aansluittransistor 30 en van transistor 9 ingesteld kan worden.

Het frequentie-instelcircuit 23 omvat een zevende transistor 7, een achtste transistor 8 en een negende transistor 9. De source van transistor 7 ligt aan aarde, en de gate en drain zijn onderling verbonden en met de source van transistor 8 verbonden, waarvan de gate en drain onderling en met de gate van transistor 9 zijn verbonden. De drain van transistor 8 is verder verbonden met stroombron 24 voor het genereren van een stroom I_{bias} door de hoofdstroombanen van transistor 7 en 8. De source van transistor 9 ligt aan aarde, en de drain is verbonden met de source van aansluittransistor 30, via welke verbinding het aansluitcircuit 25 en het frequentie-instelcircuit 23 dus onderling verbonden zijn.

De werking van de zojuist beschreven schakeling is als volgt. Stroombron 24 levert een stroom I_{bias}, die via de hoofdstroombanen van de transistoren 8 en 7 naar aarde vloeit. Hierbij ontstaat er op de gates van transistoren 8 en 9 een spanning, waardoor transistor 9 in geleiding raakt. De grootte van de stroom I, die via de hoofdstroombanen van achtereenvolgens de transistoren 31, 30 en 9 naar aarde vloeit, kan op eenvoudige wijze gevarieerd worden, door de regelspanning op de gate van transistor 30 te variëren, waarbij transistoren 30 en 9 dan meer of minder dichtgeknepen worden. Als gevolg van de stroomspiegelconstructie vloeit deze stroom I eveneens door de hoofdstroombanen van transistoren 32 en 33 en wordt de stroom I aldus aangeboden aan de sources van transistoren 1 en

2 van de eigenlijke oscillatorschakeling. Daarbij ontstaat er over condensator 20 een driehoekspanning met een toptopamplitude van $2V_c$ en ontstaat er tussen de drains van transistoren 1 en 2 een blokspanning met een frequentie $f_{osc} = I/(C * 2V_c)$. Doordat de stroom I via de regelspanning op de gate van transistor 30 variabel is, is de frequentie f_{osc} eveneens variabel (evenredig met de stroom I).

Zowel met metingen als door middel van een gecompliceerde berekening is het aantoonbaar dat de toptopamplitude $2V_c$ van de driehoekspanning over de condensator 20 evenredig is met $+V_T$ (de threshold spanning van de gebruikte transistoren). Een eenvoudige berekening toont aan dat voor de hoofdstroom door transistor 9 van het frequentie-instelcircuit in eerste orde benadering eveneens geldt dat deze evenredig is met $+V_T$. Doordat $f_{osc} = I/(C * 2V_c)$ en zowel V_c als I in eerste orde benadering evenredig zijn met $+V_T$, is f_{osc} in eerste orde benadering onafhankelijk van V_T. Zou daarentegen van een conventioneel frequentie-instelcircuit gebruik zijn gemaakt, in de vorm van één enkele als stroombron geschakelde transistor, waarvan de hoofdstroom evenredig is met $-V_T$, dan zou een variatie van x% van V_T een variatie van meer dan x% van f_{osc} tot gevolg hebben gehad, hetgeen zeer nadelig is.

De in Figuur 2 weergegeven oscillator verschilt alleen van de in Figuur 1 weergegeven oscillator voor wat betreft het gebruikte frequentie-instelcircuit. Verder zijn beide oscillatoren identiek.

Frequentie-instelcircuit 19 omvat evenals frequentie-instelcircuit 23 de transistoren 7, 8 en 9 en de stroombron 24, die allen op dezelfde wijze onderling verbonden zijn. De drain van transistor 9 is verbonden met de drain en gate van een tiende transistor 10 en met de gate van een elfde transistor 11, van welke beide transistoren 10 en 11 de sources met de spanningsbron verbonden zijn. De drain van transistor 11 is verbonden met de gate en drain van een twaalfde transistor 12, waarvan de source aan aarde ligt. Verder is de gate hiervan verbonden met een eerste ingangsklem 27 van een converter 26,

die een ingangsspanning in een stroom omzet. Een tweede ingangsklem 28 hiervan is verbonden met de drain en gate van transistor 7. Uitgangsklem 29 van converter 26 is verbonden met de source van aansluittransistor 30.

De werking van de in Figuur 2 weergegeven oscillator is identiek aan die weergegeven in Figuur 1, met uitzondering van de werking van het meer gecompliceerde frequentie-instelcircuit 19, en de gevolgen hiervan voor het overige gedeelte van de oscillator.

De werking van frequentie-instelcircuit 19 en de gevolgen hiervan voor de oscillator zijn als volgt. Stroombron 24 levert een stroom I_{bias}, die via de hoofdstroombanen van de transistoren 7 en 8 naar aarde vloeit. Hierbij ontstaat er op de gates van transistoren 7, 8 en 9 een spanning, waardoor transistor 9 in geleiding raakt. De stroom die door transistor 9 vloeit, vloeit eveneens door transistor 10 en als gevolg van de stroomspiegelconstructie vloeit er een stroom van ongeveer dezelfde grootte door transistor 11. Deze stroom veroorzaakt over de als diode geschakelde transistor 12 een spanning die eveneens op de ingang 27 van converter 26 aanwezig is. Het spanningsverschil tussen de drain van transistor 12 en die van transistor 7 wordt door converter 26 omgezet in een stroom, die door de hoofdstroombanen van de aansluittransistoren 31 en 30 vloeit. Als gevolg van de stroomspiegelconstructie in het aansluitcircuit 25 vloeien er door de hoofdstroombanen van de transistoren 32 en 33 stromen met dezelfde grootte, enz.

Door op eenvoudige wijze de verhoudingen van de transistoren 7-12 zodanig te kiezen, dat het spanningsverschil tussen de ingangsklemmen 27 en 28 evenredig is met V_T, en de converter 26 te laten functioneren volgens $I_{uit} = U_{in}/R$ met R constant, wordt bereikt dat de in Figuur 2 weergegeven oscillator een oscillatiefrequentie f_{osc} heeft, die onafhankelijk is van V_T.

Bijvoorbeeld indien de verhoudingen W/L van de transistoren 7 en 8 nagenoeg gelijk zijn, indien de verhoudingen W/L van de transistoren 10 en 11 nagenoeg gelijk zijn en indien de verhouding W/L van transistor 12 ongeveer 4x zo groot is als

de verhouding W/L van transistor 9, is er tussen de ingangsklemmen 27, 28 een spanningsverschil van $V_T/2$ aanwezig. De maximale waarde van de stroom I uit de vergelijking $f_{osc} = I/(C * 2V_c)$ is dan gelijk aan $V_T/2R$ en dus lineair evenredig met V_T bij constante R. Bijvoorbeeld, indien de verhoudingen W/L van de transistoren 1, 2 corresponderen met β_p, indien de verhoudingen W/L van de transistoren 3, 6 corresponderen met β_y en indien de verhoudingen W/L van de transistoren 4, 5 corresponderen met β_x en er bovendien geldt dat:

$$\frac{\sqrt{2\,\beta_p}}{\frac{1}{\alpha}+1}\cdot\left\{\frac{1}{\alpha\sqrt{2\,\beta_y}}+\frac{1}{\sqrt{A^2\,\alpha^2-2\,\beta_x}}\right\}=1$$

en dat:

$$\frac{(\alpha-1)^2}{\beta_p}=\frac{\alpha^2}{\beta_y}-\frac{1}{\beta_x}\ met\ \alpha=\frac{\sqrt{Ir}}{Il}\ en\ A=\frac{\beta_x}{\beta_y}\sqrt{2\,\beta_y}$$

waarbij Ir de hoofdstroom door transistor 2 is en Il de hoofdstroom door transistor 1 is in het geval dat één der transistoren 4, 5 zich in triode gebied bevindt en de ander zich in spertoestand bevindt of vice versa; dan wordt er voor V_c gevonden: $V_c = V_T$. In deze situatie geldt dus dat $I = V_T/2R$ en $V_c = V_T$, waarmee voor f_{osc} wordt gevonden: $f_{osc} = I/(C * 2V_c) = 1/4RC$. De frequentie f_{osc} is dan volledig onafhankelijk van V_T en heeft een maximale waarde van 1/4RC, waarbij door het aanbrengen van een lagere regelspanning op de gate van transistor 30 deze frequentie f_{osc} op lineaire wijze verlaagd wordt.

CONCLUSIES:

1. Oscillator voorzien van een eerste en tweede transistor, elk met een eerste hoofdelektrode, welke eerste hoofdelektroden onderling via een condensator gekoppeld zijn, en elk met een tweede hoofdelektrode die met een stuurelektrode van de andere transistor gekoppeld is, waarbij de tweede hoofdelektrode van de eerste transistor met een eerste belastingcircuit gekoppeld is en waarbij de tweede hoofdelektrode van de tweede transistor met een tweede belastingcircuit gekoppeld is, met het kenmerk, dat het eerste belastingcircuit een parallelschakeling van een derde en een vierde transistor omvat en het tweede belastingcircuit een parallelschakeling van een vijfde en een zesde transistor omvat, waarbij een stuurelektrode van de derde en van de vijfde transistor beide gekoppeld zijn met de tweede hoofdelektrode van de eerste transistor en waarbij een stuurelektrode van de vierde en van de zesde transistor beide gekoppeld zijn met de tweede hoofdelektrode van de tweede transistor.

2. Oscillator volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de verhoudingen W/L van de eerste en tweede transistor nagenoeg gelijk zijn, dat de verhoudingen W/L van de derde en de zesde transistor nagenoeg gelijk zijn en dat de verhoudingen W/L van de vierde en de vijfde transistor nagenoeg gelijk zijn, waarbij de verhoudingen W/L van de derde en de zesde transistor groter zijn dan de verhoudingen W/L van de vierde en de vijfde transistor.

3. Oscillator volgens conclusie 1 of 2, met het kenmerk, dat de oscillator voorzien is van een frequentie-instelcircuit dat een zevende, achtste en negende transistor omvat, van welke zevende transistor een stuurelektrode en een hoofdelektrode onderling en met een eerste hoofdelektrode van de achtste transistor gekoppeld zijn, van welke achtste transistor een stuurelektrode en een tweede hoofdelektrode onderling en met een stuurelektrode van de negende transistor gekoppeld zijn, waarbij de tweede hoofdelektrode van de achtste transistor koppelbaar is met een stroombron en waarbij de negende tran-

sistor gekoppeld is met een aansluitcircuit dat gekoppeld is met de eerste hoofdelektroden van de eerste en tweede transistor.

4. Oscillator volgens conclusie 3, met het kenmerk, dat het frequentie-instelcircuit verder een tiende, elfde en twaalfde transistor en een converter omvat, van welke tiende transistor een hoofdelektrode en een stuurelektrode onderling en met een hoofdelektrode van de negende transistor en met een stuurelektrode van de elfde transistor gekoppeld zijn, van welke elfde transistor een hoofdelektrode gekoppeld is met een stuurelektrode en een hoofdelektrode van de twaalfde transistor, waarbij een eerste ingangsklem van de converter gekoppeld is met de stuurelektrode van de twaalfde transistor, waarbij een tweede ingangsklem van de converter gekoppeld is met de stuurelektrode van de zevende transistor en waarbij een uitgang van de converter gekoppeld is met het aansluitcircuit.

5. Belastingschakeling omvattende het eerste en tweede belastingcircuit geschikt voor toepassing in een oscillator volgens conclusie 1 of 2.

6. Frequentie-instelcircuit geschikt voor toepassing in een oscillator volgens conclusie 3 of 4.

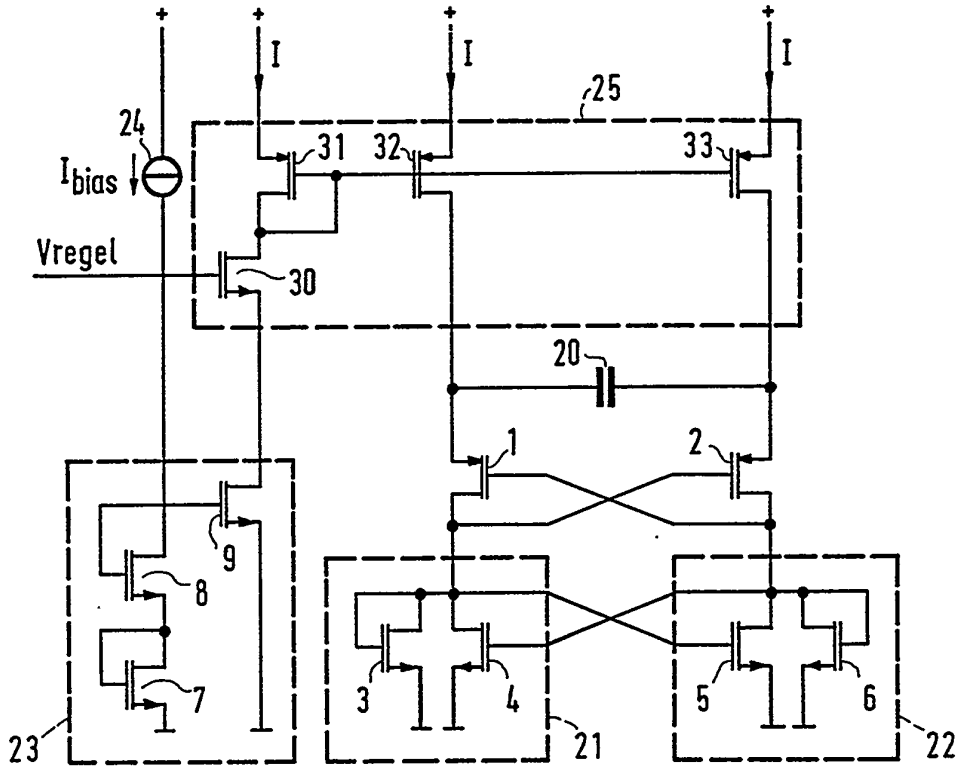

I
I
I
25
24
31
32
33
Ibias
Vregel
30
20
1
2
9
8
7
3
4
5
6
23
21
22

FIG.1

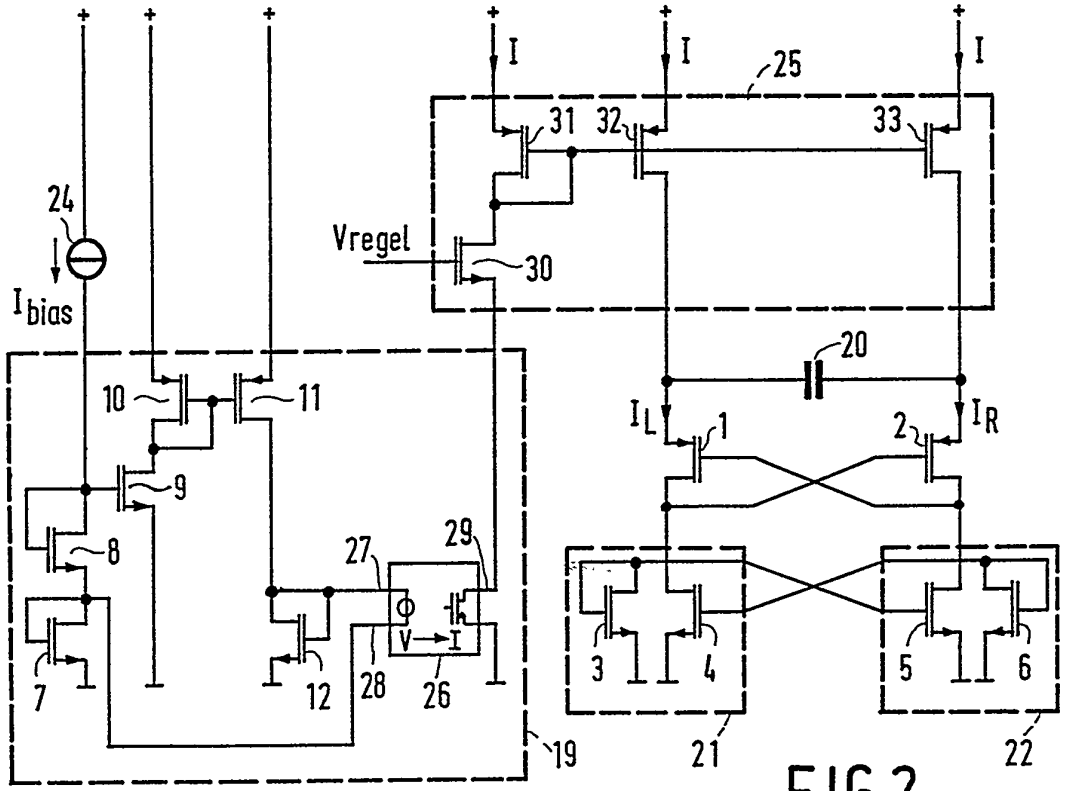

I
I
I
25
31
32
33
24
Vregel
30
Ibias
20
10
11
IL
1
2
IR
9
8
27
29
V→I
7
12
28
26
3
4
5
6
19
21
22

FIG.2