



⑫ A **Terinzagelegging** ⑪ **8402541**

Nederland

⑲ NL

⑤4 **Versterkerschakeling.**

⑤1 Int.Cl⁴.: H03F 3/187, H03F 3/195, H03F 3/347, H03F 1/34.

⑦1 Aanvrager: N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

⑦4 Gem.: Ir. P.J.P.G. Simons c.s.
Internationaal Octrooibureau B.V.
Prof. Holstlaan 6
5656 AA Eindhoven.

②1 Aanvraag Nr. 8402541.

②2 Ingediend 20 augustus 1984.

③2 --

③3 --

③1 --

⑥2 --

④3 Ter inzage gelegd 17 maart 1986.

De aan dit blad gehechte stukken zijn een afdruk van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en).

N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken te Eindhoven.

Versterkerschakeling.

De uitvinding heeft betrekking op een versterkerschakeling bevattende:

- een eerste en een tweede transistor, die elk een stuurklem voor het toevoeren van een ingangssignaal, een eerste hoofdklem en een tweede hoofdklem bevatten, waarbij de eerste hoofdklemmen met een gemeenschappelijk aansluitpunt zijn gekoppeld, en
- middelen voor het toevoeren van een van het ingangssignaal afhankelijke instelstroom aan het gemeenschappelijke aansluitpunt, welke middelen zijn voorzien van een derde en een vierde transistor, waardoor een stroom vloeit die een maat is voor de respectievelijk door de eerste en de tweede transistor vloeiende stroom.

In deze beschrijving en bijbehorende conclusies is de eerste en de tweede hoofdklem in het geval van uni-polaire transistors gelijk aan respectievelijk de aanvoer- en afvoerelektrode en in het geval van bi-polaire transistors gelijk aan respectievelijk de emitter en de kollektor.

Een dergelijke schakeling is algemeen toepasbaar in geïntegreerde schakelingen en kan in het bijzonder worden toegepast in filterschakelingen met geschakelde condensatoren.

In geïntegreerde schakelingen is het van belang de vermogensdissipatie van de daarin voorkomende versterkerschakelingen klein te houden. Dit kan worden bewerkstelligd door de instelstroom van de versterkerschakeling klein te kiezen. Een kleine instelstroom beperkt echter de zogenaamde "slew-rate" van de versterkerschakeling. Onder de slew-rate wordt de maximale snelheid verstaan, waarmee het uitgangssignaal zich bij capacitieve belasting van de versterkerschakeling kan wijzigen. Deze slew-rate is evenredig met de instelstroom van de versterkerschakeling. Om toch een kleine vermogensdissipatie en een grote slew-rate te verkrijgen, is het bekend om de instelstroom van de versterkerschakeling toe te laten nemen bij toenemend ingangssignaal. Een dergelijke oplossing is onder meer bekend uit het artikel "Adaptive Biasing CMOS Amplifiers" IEEE Journal of Solid-State Circuits Vol SC-17, No 3, June 1982 pp 522-528. Daarbij wordt een signaalafhankelijke

stroom, die evenredig is met de absolute waarde van het verschil van de door de transistoren van de versterkerschakeling vloeiende stromen, opgeteld bij een kleine konstante instelstroom. Het betreft bij deze schakeling een meekoppeling van de instelstroom met de uitgangsverschil-
5 stroom van de versterkerschakeling. De instelstroom is echter niet nauwkeurig vastgelegd, doordat ten gevolge van de meekoppeling de instelstroom meer toeneemt dan nodig is. Hierdoor is de dissipatie ook groter dan nodig is. Het is dan ook het doel van de uitvinding een versterkerschakeling met een signaalafhankelijke instelstroom aan te geven die
10 een zeer kleine vermogensdissipatie bezit. Een versterkerschakeling van een in de aanhef genoemde soort wordt volgens de uitvinding gekenmerkt, doordat de middelen voorts zijn voorzien van:

- middelen voor het opwekken van een regelsignaal, dat een maat is voor het verschil van een referentiestroom en de kleinste van de door de
15 derde en de vierde transistor vloeiende stroom, en
- tegenkoppelmiddelen, die door het regelen van de aan het gemeenschappelijke aansluitpunt toegevoerde instelstroom het regelsignaal van de regelsignaalopwekmiddelen minimaliseren.

Bij de schakeling volgens de uitvinding wordt gebruik gemaakt
20 van een tegenkoppeling waarmee de instelstroom bij elke ingangsspanning zo wordt geregeld dat de kleinste van de twee door de derde en de vierde transistor vloeiende stromen gelijk wordt gemaakt aan de referentiestroom. Hieruit volgt dat bij toenemend ingangssignaal de grootste stroom steeds verder toeneemt, zodat dus ook de instelstroom steeds verder toeneemt.
25 De instelstroom neemt niet meer toe dan nodig is, omdat de kleinste van de door de derde en vierde transistor vloeiende stromen steeds gelijk wordt geregeld aan de referentiestroom, die erg klein gekozen kan worden. Deze regeling kan erg snel en nauwkeurig werken bij een grote rondgaande versterking in de tegenkoppellus.

30 Volgens een geschikte uitvoeringsvorm zijn de stuurklemmen van de derde en de vierde transistor gekoppeld met de stuurklem van respectievelijk de eerste en de tweede transistor en zijn de eerste hoofdklemmen van de derde en vierde transistor gekoppeld met het gemeenschappelijke aansluitpunt. Door de derde en de vierde transistor op
35 deze wijze in de schakeling aan te brengen voeren deze transistoren hetzelfde ingangssignaal als de eerste en de tweede transistor, zodat de stromen door de derde en vierde transistor evenredig zijn met de stromen door de eerste en tweede transistor, waarbij de evenredigheids-

faktor wordt bepaald door de geometrische verhoudingen van de transistoren. In het geval de eerste en tweede transistor elk door een belastingstransistor worden belast kunnen volgens een verdere uitvoeringsvorm de derde en vierde transistor ook parallel aan deze belastingstransistoren worden geschakeld.

Volgens een verdere uitvoeringsvorm kunnen de middelen voor het opwekken van het regelsignaal zijn voorzien van een selectieschakeling voor het toevoeren van de kleinste van de door de derde en de vierde transistor vloeiende stromen aan een uitgang en zijn voorzien van een stroombron voor het toevoeren van de referentiestroom aan de uitgang, waarbij het regelsignaal aan de uitgang wordt gevormd door het verschil van de aan de uitgang toegevoerde stromen. De selectieschakeling kan op verschillende wijzen worden uitgevoerd. Een geschikte uitvoeringsvorm daarvan wordt gekenmerkt, doordat de selectieschakeling wordt gevormd door een vijfde, een zesde, een zevende en een achtste transistor, die elk zijn voorzien van een stuurklem, een eerste en een tweede hoofdklem, waarbij de vijfde en de zesde transistor in serie zijn geschakeld, de stuurklemmen van de vijfde en de zesde transistor zijn verbonden met respectievelijk de stuurklem en de eerste hoofdklem van de zevende transistor, waarvan de eerste hoofdklem voorts is gekoppeld met de tweede hoofdklem van de derde transistor, waarbij de stuurklem en de eerste hoofdklem van de achtste transistor zijn verbonden met respectievelijk de tweede hoofdklem en de eerste hoofdklem van de zesde transistor, waarvan de eerste hoofdklem voorts met de tweede hoofdklem van de vierde transistor is gekoppeld en waarbij de tweede hoofdklem van de achtste transistor met de uitgang van de selectieschakeling is verbonden.

De tegenkoppelmiddelen kunnen volgens weer een verdere uitvoeringsvorm worden gekenmerkt, doordat de tegenkoppelmiddelen zijn voorzien van een stroomversterker waarvan een ingang met de uitgang van de selectieschakeling is gekoppeld en waarvan de uitgang met het gemeenschappelijke aansluitpunt is gekoppeld. De stroomversterker zorgt voor een grote rondgaande versterking in de tegenkoppellus, waardoor de tegenkoppeling snel en effectief werkt. Als stroomversterker kan een willekeurige, bekende stroomversterker worden toegepast, die in velerlei vormen voor geïntegreerde schakelingen beschikbaar zijn. Een eenvoudige en geschikte stroomversterker kan volgens een nadere uitvoeringsvorm worden gekenmerkt, doordat de stroomversterker wordt gevormd door een negende transistor met een stuurklem, een eerste en

een tweede hoofdklem, waarbij de stuurklem is gekoppeld met de uitgang van de selectieschakeling, de tweede hoofdklem is gekoppeld met het gemeenschappelijke aansluitpunt en waarbij tussen de stuurklem en de eerste hoofdklem een stroombron is opgenomen.

- 5 De uitvinding wordt nader toegelicht aan de hand van bijgaande tekening, waarin:
figuur 1 een principe-schema van de versterkerschakeling volgens de uitvinding weergeeft,
figuur 2 een eerste uitvoeringsvorm van de versterkerschakeling
10 volgens de uitvinding weergeeft,
figuur 3 een tweede uitvoeringsvorm van een versterkerschakeling volgens de uitvinding weergeeft.

In figuur 1 is het principe-schema van de versterkerschakeling volgens de uitvinding weergegeven. De versterkerschakeling
15 bevat twee als verschilpaar geschakelde transistoren T_1 en T_2 , waarvan de bronelektroden met een gemeenschappelijk aansluitpunt 2 voor het toevoeren van een instelstroom I_t zijn verbonden. Tussen de stuurlektroden 3 en 4 van de transistoren T_1 en T_2 kan een ingangssignaal V_i worden aangelegd. Opgemerkt wordt dat in plaats van een symmetrische
20 aansturing de versterkerschakeling ook asymmetrisch aangestuurd kan worden. Het ingangssignaal V_i heeft een stroom I_1 door transistor T_1 en een stroom I_2 door transistor T_2 tot gevolg. Parallel aan transistor T_1 is een transistor T_3 en parallel aan transistor T_2 is een transistor T_4 geschakeld. Tussen de stuurlektroden van deze
25 transistoren is dan eveneens de ingangsspanning V_i aanwezig, zodat de verhouding van de stromen I_3 en I_4 door respectievelijk transistor T_3 en T_4 gelijk is aan de verhouding van de stromen I_1 en I_2 door de transistoren T_1 en T_2 . De verhouding van de stromen I_3 en I_1 en dus ook I_4 en I_2 wordt bepaald door de geometrische verhouding van de
30 transistoren, dat wil zeggen de lengte-breedte verhouding van de kanalen van de transistoren. In het algemeen wordt deze verhouding zo gekozen, dat de stromen I_3 en I_4 kleiner zijn dan de stromen I_1 en I_2 . Het is echter ook mogelijk deze stromen even groot te kiezen. De transistoren T_3 en T_4 maken deel uit van een schakeling, die
35 de aan het gemeenschappelijke aansluitpunt 2 toegevoerd instelstroom I_t laat toenemen bij een toenemend ingangssignaal V_i en wel zodanig dat een hoge slew-rate wordt gekombineerd met een zeer lage vermogensdissipatie van de versterkerschakeling. De

stromen I_3 en I_4 van de transistoren T_3 en T_4 worden toegevoerd aan de ingangen 6 en 7 van een selectieschakeling 5, die telkens de kleinste van de twee stromen I_3 en I_4 toevoert aan een uitgang 8 van deze schakeling. Aan de uitgang 8 wordt tevens een door de stroombron 9 gele-

5 verde referentiestroom I_0 toegevoerd. Het verschil van deze referentiestroom I_0 en de kleinste van de stromen I_3 en I_4 vormt een regelsignaal, dat toegevoerd wordt aan de ingang 11 van een stroomversterker 10, die aan de uitgang 12 de instelstroom I_t voor de versterkerschakeling levert. De regeling van de instelstroom I_t als functie van de ingangsspanning V_i

10 werkt als volgt. Indien geen ingangssignaal tussen de stuurklemmen 3 en 4 aanwezig is, zal de instelstroom I_t zich over de transistors T_1 , T_2 en T_3 , T_4 verdelen in een verhouding die bepaald wordt door de geometrische verhouding van de transistors. De stroom I_1 is daarbij gelijk aan de stroom I_2 evenals de stroom I_3 gelijk is aan de stroom I_4 . In dat

15 geval zal steeds één van de stromen I_3 en I_4 aan de uitgang 8 van de selectieschakeling 5 verschijnen. Indien de uitgangsstroom van de selectieschakeling bijvoorbeeld kleiner is dan de referentiestroom I_0 van stroombron 9, dan wordt het verschil van deze stromen als regelstroom toegevoerd aan de ingang 11 van de stroomversterker 10, waardoor

20 de instelstroom I_t en dus ook de stromen I_3 en I_4 toenemen. De instelstroom I_t neemt nu zolang toe, totdat de evenwichtssituatie is bereikt waarin de stromen I_3 en I_4 gelijk zijn aan de referentiestroom I_0 . Deze referentiestroom I_0 kan zeer klein worden gekozen, zodat bij afwezig-

25 heid van een ingangssignaal de stromen I_3 en I_4 en dus ook de stromen I_1 en I_2 zeer klein kunnen zijn. Wordt een ingangssignaal V_i aangelegd dan neemt bijvoorbeeld de stroom I_3 toe en de stroom I_4 af. Aan de uitgang 8 van de selectieschakeling 5 verschijnt dan een stroom I_4 die kleiner is dan de referentiestroom I_0 , zodat aan de stroomversterker 10 een regelstroom wordt toegevoerd. Hierdoor neemt de instelstroom I_t weer

30 toe, totdat de stroom I_4 weer gelijk is geworden aan de referentiestroom I_0 en daarmee de regelstroom naar nul is teruggeregeld. Op deze wijze wordt bij toenemend ingangssignaal V_i de kleinste van de twee stromen I_3 en I_4 steeds gelijk gemaakt aan de referentiestroom I_0 . Door de vaste verhouding tussen de stromen I_1 en I_3 en tussen de stromen I_2

35 en I_4 worden de stromen I_1 en I_2 op dezelfde wijze geregeld. Doordat de kleinste stroom steeds gelijk wordt gemaakt aan een vaste stroom, wordt tevens de toename van de grootste van de twee stromen bepaald, zodat deze stroom niet méér toeneemt dan nodig is voor het verkrijgen van een

grote slew-rate. Bovendien wordt hierdoor bewerkstelligd dat de vermogensdissipatie van de versterkerschakeling zo klein mogelijk is.

Een eerste uitvoeringsvorm van versterkerschakeling volgens de uitvinding wordt nader toegelicht aan de hand van figuur 2 waarin

5 gelijke onderdelen met dezelfde verwijzingscijfers als in figuur 1 zijn weergegeven. De versterkerschakeling is hierbij uitgevoerd als transconductantieversteker, doordat de afvoerelektrode van transistor T_1 door middel van een stroomspiegel met transistors T_5 en T_6 is verbonden met de afvoerelektrode van transistor T_2 , die de uitgang 15 van

10 de schakeling vormt. Van deze uitgang 15 kan de verschilstroom van de transistoren T_1 en T_2 worden afgenomen. De selectieschakeling 5 wordt gevormd door een transistor T_7 waarvan de bronelektrode met de afvoerelektrode van transistor T_3 en de stuur- en afvoerelektrode met de positieve voedingsklem zijn verbonden. De bronelektrode van transistor

15 T_7 is voorts verbonden met de stuuerelektrode van een transistor T_9 , die in serie is geschakeld met een transistor T_8 . De bronelektrode van transistor T_9 is verbonden met de afvoerelektrode van transistor T_4 . De stuur- en afvoerelektrode van transistor T_8 zijn respectievelijk verbonden met de stuur- en afvoerelektrode van transistor T_7 . Met het

20 verbindingspunt van de afvoerelektrode van transistor T_9 en de bronelektrode van transistor T_8 is de stuuerelektrode van een transistor T_{10} verbonden, waarvan de bronelektrode met de afvoerelektrode van transistor T_4 is verbonden. De afvoerelektrode van transistor T_{10} is verbonden met de uitgang 8 van de selectieschakeling. Transistor T_{10}

25 is gelijk aan transistor T_7 , terwijl transistor T_8 gelijk is aan T_9 . De selectieschakeling werkt als volgt. De stuur-bronelektrode overgangen van de transistors T_7 , T_9 , T_{10} en T_8 vormen een gesloten lus, zodat de som van de stuurbronspanningen van deze transistors gelijk aan nul is. De stuurbronspanningen van de transistors T_8 en T_9 zijn gelijk, daar

30 door deze gelijke transistoren dezelfde stroom I_5 vloeit. Dientengevolge zijn ook de stuur-bronspanningen van de transistoren T_7 en T_{10} gelijk, zodat de stroom door transistor T_{10} gelijk is aan de stroom I_3 . Daar de stroom I_4 gelijk is aan de som van de stromen I_3 en I_5 en dus groter is dan de stroom I_3 verschijnt aan de uitgang van de selectieschakeling

35 5 dus de kleinste van de stromen I_3 en I_4 . Wanneer de stroom I_4 afneemt ten opzichte van de stroom I_3 zal de stroom I_5 afnemen totdat deze gelijk aan nul is geworden. De stromen I_3 en I_4 zijn dan aan elkaar gelijk. De stroom I_4 vloeit dan volledig door transistor T_{10} . Bij een verdere

- afname van de stroom I_4 ten opzichte van de stroom I_3 neemt de uitgangsstroom van de selectieschakeling 5 af. Dus ook als de stroom I_4 kleiner is dan de stroom I_3 verschijnt aan de uitgang 8 van de selectieschakeling 5 de kleinste van de stromen I_3 en I_4 . De regelstroom wordt via een
- 5 volgertransistor T_{11} toegevoerd aan de stroomversterker 10. De stuur-elektrode van transistor T_{11} voert een referentieafspanning V_R en houdt daardoor de spanning op de uitgang 8 van de selectieschakeling constant. De stroomversterker 10 wordt gevormd door een transistor T_{12} waarbij tussen de stuur- en bronelektrode een stroombron 16 is geschakeld.
- 10 De stroom die deze stroombron vraagt wordt geleverd door stroombron 9, die ook de referentiestroom I_0 levert. De afvoerelektrode van transistor T_{12} levert de instelstroom I_t aan het gemeenschappelijke aansluitpunt 2. De regelstroom heeft een sterke verhoging van de spanning op de stuur-elektrode van transistor T_{12} tot gevolg, waardoor de stroom door deze
- 15 transistor sterk toeneemt. Opgemerkt wordt dat in plaat van de getoonde stroomversterker ook elke andere stroomversterker kan worden toegepast. Bij de uitvoeringsvorm van figuur 2 kunnen natuurlijk alle PMOS- door NMOS-transistoren worden vervangen en omgekeerd, waarbij verder alle stroombronnen van richting moeten worden omgekeerd.
- 20 Een tweede uitvoeringsvorm van een versterkerschakeling volgens de uitvinding wordt toegelicht aan de hand van figuur 3, waarin gelijke onderdelen met dezelfde verwijzingscijfers zijn weergegeven als in figuur 2. De stroom I_2 door transistor T_2 wordt met behulp van een stroomspiegel met transistoren T_6 en T_{18} naar de uitgang 15 toegevoerd
- 25 en de stroom I_1 door transistor T_1 wordt met behulp van een eerste stroomspiegel met transistoren T_5 en T_{15} en een tweede stroomspiegel met transistoren T_{16} en T_{17} naar de uitgang 15 gevoerd, zodat aan de uitgang 15 weer het verschil van de stromen door transistors T_1 en T_2 ter beschikking komt. Parallel aan transistor T_5 is een transistor T_{19}
- 30 geschakeld, waarvan de geometrische afmetingen ten opzichte van die van transistor T_5 zodanig zijn, dat transistor T_{19} een stroom I_3 voert die gelijk is aan of evenredig is met de stroom I_1 door transistor T_1 . Evenzo is parallel aan transistor T_6 een transistor T_{20} geschakeld, die een stroom I_4 voert die gelijk is aan of evenredig is met de stroom
- 35 I_2 door transistor T_2 . De stromen I_3 en I_4 worden toegevoerd aan de ingangen 6, 7 van de stroomselectieschakeling 5, die op dezelfde wijze maar nu echter met N-MOS- in plaats van P-MOS transistoren is opgebouwd als de selectieschakeling van figuur 2. Het regelsignaal wordt weer toege-

voerd aan de ingang van een stroomversterker, die aan de uitgang weer de instelstroom I_t voor de versterkerschakeling levert. De stroomversterker bevat een stroomspiegel met transistoren T_{21} en T_{22} , waarvan de bronelektroden een gemeenschappelijke referentiespanning V_R voeren, die de regelstroom spiegelt. De uitgangsstroom van de stroomspiegel T_{21} , T_{22} wordt weer toegevoerd aan de stuur-elektrode van een transistor T_{12} , waarvan de afvoerelektrode de instelstroom I_t aan het gemeenschappelijke aansluitpunt 2 levert.

Ook bij deze uitvoeringsvorm kunnen de P-MOS transistoren door N-MOS transistoren worden vervangen en omgekeerd, waarbij dan tevens de stroombronnen van richting moeten worden omgekeerd.

De uitvinding is niet beperkt tot bovengenoemde uitvoeringsvoorbeelden. Binnen het kader van de uitvinding zijn er voor de vakman veel variaties te bedenken voor bijvoorbeeld de selectieschakeling en de stroomversterker. De getoonde uitvoeringsvoorbeelden betreffen alle MOS-transistoren maar kunnen echter ook met bi-polaire transistoren of met een combinatie van MOS- en bi-polaire transistoren worden uitgevoerd. In het geval van MOS-transistoren werkt de schakeling niet alleen voor MOS-transistoren die in het nominale werkingsgebied (strong-inversion) bedreven worden maar ook die in het gebied van de zeer lage stromen (weak-inversion) bedreven worden.

25

30

35

Conclusies:

1. Versterkerschakeling bevattende:

- een eerste en een tweede transistor, die elk een stuurklem voor het toevoeren van een ingangssignaal, een eerste hoofdklem en een tweede hoofdklem bevatten, waarbij de eerste hoofdklemmen met een gemeenschappelijk aansluitpunt zijn gekoppeld, en
- middelen voor het toevoeren van een van het ingangssignaal afhankelijke instelstroom aan het gemeenschappelijke aansluitpunt, welke middelen zijn voorzien van een derde en een vierde transistor, waardoor een stroom vloeit die een maat is voor de respectievelijk door de eerste en de tweede transistor vloeiende stroom,

met het kenmerk, dat de middelen voorts zijn voorzien van:

- middelen voor het opwekken van een regelsignaal, dat een maat is voor het verschil van een referentiestroom en de kleinste van de door de derde en de vierde transistor vloeiende stromen, en
- tegenkoppelmiddelen, die door het regelen van de aan het gemeenschappelijke aansluitpunt toegevoerde instelstroom het regelsignaal van de regelsignaalopwekmiddelen minimaliseren.

2. Versterkerschakeling volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de stuurklem van de derde en de vierde transistor is gekoppeld met de stuuarelektrode van respectievelijk de eerste en de tweede transistor en dat de eerste hoofdklemmen van de derde en de vierde transistor zijn gekoppeld met het gemeenschappelijke aansluitpunt.

3. Versterkerschakeling volgens conclusie 1, met kenmerk, dat de eerste en tweede transistor worden belast door respectievelijk een eerste en een tweede belastingstransistor van een geleidingstype tegengesteld aan dat van de eerste en tweede transistor en die elk een stuurklem, een eerste en een tweede hoofdklem bevatten, waarbij van de eerste belastingstransistor de stuurklem met de tweede hoofdklem en met de tweede hoofdklem van de eerste transistor is gekoppeld en waarbij van de tweede belastingstransistor de stuurklem met de tweede hoofdklem en met de tweede hoofdklem van de tweede transistor is gekoppeld en dat de stuurklem van de derde en vierde transistor is gekoppeld met respectievelijk de stuurklem van de eerste en tweede belastingstransistor en dat de eerste hoofdklem van de derde en vierde transistor met de eerste hoofdklem van respectievelijk de eerste en tweede belastingstransistor is gekoppeld.

4. Versterkerschakeling volgens conclusie 1, 2 of 3, met het kenmerk, dat de middelen voor het opwekken van het regelsignaal zijn voorzien

van een selectieschakeling voor het toevoeren van de kleinste van de door de derde en de vierde transistor vloeiende stromen aan een uitgang en van een stroombron voor het toevoeren van de referentiestroom aan de uitgang, waarbij het regelsignaal aan de uitgang wordt gevormd door het verschil van de aan de uitgang toegevoerde stromen.

5 5. Versterkerschakeling volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat de selectieschakeling wordt gevormd door een vijfde, een zesde, een zevende en een achtste transistor, die elk zijn voorzien van een stuurklem, een eerste en een tweede hoofdklem, waarbij de vijfde en de 10 zesde transistor in serie zijn geschakeld, de stuurklemmen van de vijfde en de zesde transistor zijn verbonden met respectievelijk de stuurklem en de eerste hoofdklem van de zevende transistor, waarvan de eerste hoofdklem voorts is gekoppeld met de tweede hoofdklem van de derde transistor, waarbij de stuurklem en de eerste hoofdklem van de achtste 15 transistor zijn verbonden met respectievelijk de tweede hoofdklem en de eerste hoofdklem van de zesde transistor, waarvan de eerste hoofdklem voorts met de tweede hoofdklem van de vierde transistor is gekoppeld en waarbij de tweede hoofdklem van de achtste transistor met de uitgang van de selectieschakeling is verbonden.

20 6. Versterkerschakeling volgens conclusie 1, 2, 3, 4, of 5, met het kenmerk, dat de tegenkoppelmiddelen zijn voorzien van een stroomversterker waarvan een ingang met de uitgang van de selectieschakeling is gekoppeld en waarvan de uitgang met het gemeenschappelijke aansluitpunt is gekoppeld.

25 7. Versterkerschakeling volgens conclusie 6, met het kenmerk, dat de stroomversterker wordt gevormd door een negende transistor met een stuurklem, een eerste en een tweede hoofdklem, waarbij de stuurklem is gekoppeld met de uitgang van de selectieschakeling, de tweede hoofdklem is gekoppeld met het gemeenschappelijke aansluitpunt en waarbij 30 tussen de stuurklem en de eerste hoofdklem een stroombron is opgenomen.

1/2

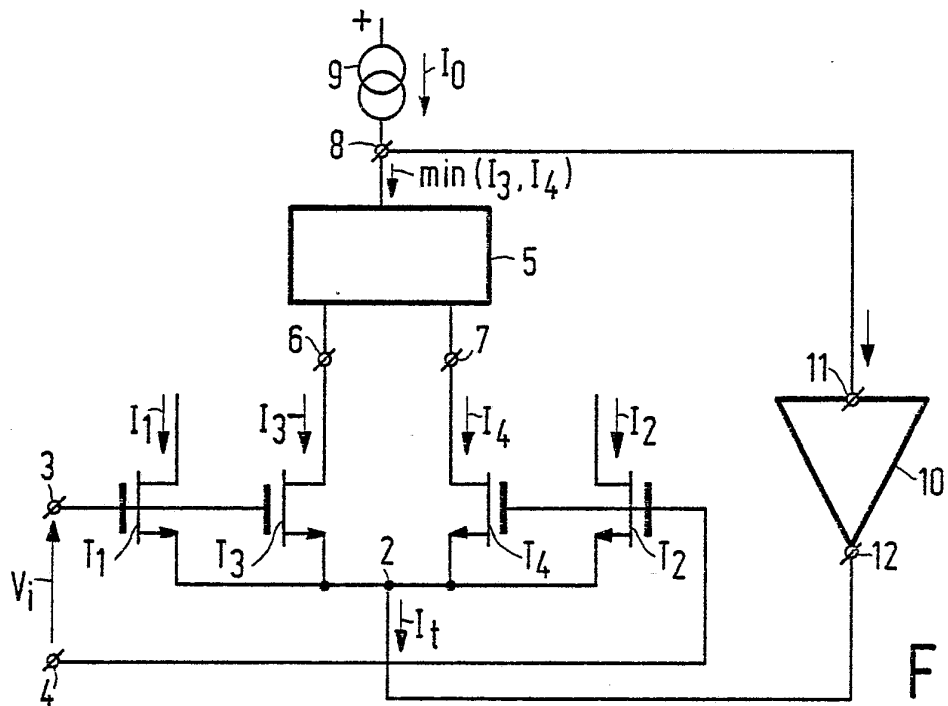


FIG. 1

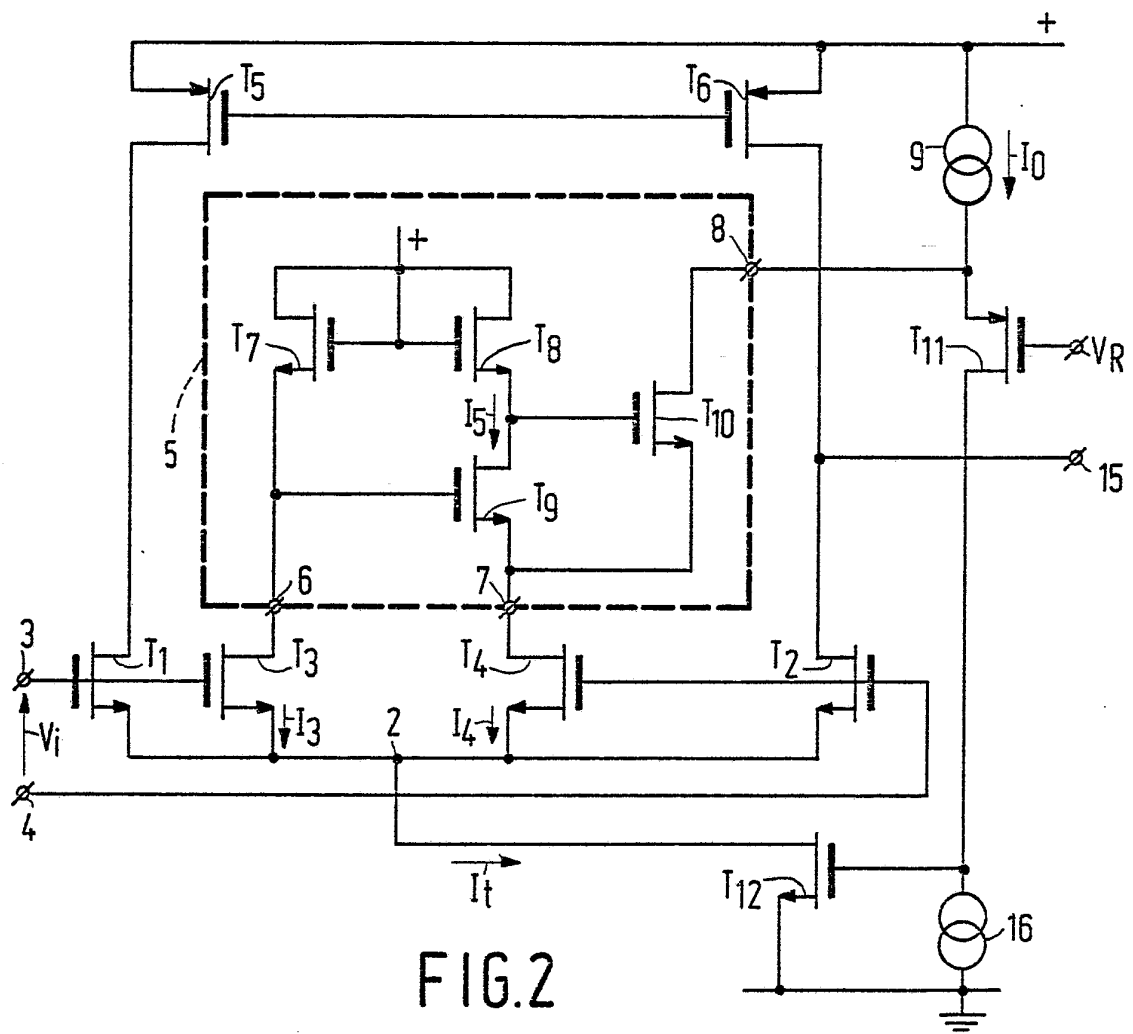


FIG. 2

