
Octrooiraad



Nederland

⑩ A Terinzagelegging ⑪ 8301065

⑲ NL

⑤4 Versterkerketen.

⑤1 Int.Cl³: H03F 3/45, H03F 1/26, H03F 3/347, H03F 1/34.

⑦1 Aanvrager: Victor Company of Japan Limited te Yokohama, Japan.

⑦4 Gem.: Ir. H.M. Urbanus c.s.
Vereenigde Octrooibureaux
Nieuwe Parklaan 107
2587 BP 's-Gravenhage.

②1 Aanvraag Nr. 8301065.

②2 Ingediend 25 maart 1983.

③2 Voorrang vanaf 25 maart 1982.

③3 Land van voorrang: Japan (JP).

③1 Nummer van de voorrangsaanvraag: 42267/82 .

⑥2 - -

④3 Ter inzage gelegd 17 oktober 1983.

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.

Betr.: Versterkerketen.

De uitvinding heeft in het algemeen betrekking op een versterkerketen en meer in het bijzonder op een versterkerketen van het type, waarbij gebruik wordt gemaakt van een differentiaalversterker of een operationele versterker en welke geschikt is voor integratie.

- 5 Een operationele versterker vertoont in het algemeen een hoog ruisniveau ten gevolge van de inherente opwekprocedure, welk niveau zelfs $3 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ tot $20 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ kan bedragen. Dit leidt tot een slechte signaal-ruis- of S/N-verhouding wanneer het signaalniveau gering is. Verder is het versterking-bandbreedte- of GB-product van een operationele versterker in het algemeen klein. Men kan geen groot GB-product verkrijgen
10 tenzij de ketenconstructie onevenredig ingewikkeld en derhalve duur wordt.

- Teneinde deze problemen op te lossen, heeft men een keten voorgesteld, waarin in de initiële ingangstrap daarvan gebruik wordt gemaakt van een differentiaalversterker en waarbij de uitgang van de differentiaalversterker met een operationele versterker is gekoppeld. Men verkrijgt bij deze bekende keten een ruis spanning in termen van een ingangssignaal, welke bijvoorbeeld $3\text{--}4 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ bedraagt, hetgeen neerkomt op een grote verbetering ten opzichte van een versterkerketen, welke slechts een operationele versterker omvat. Een andere verbetering is, dat het
15 GB-product ongeveer tienmaal zo groot is als het GB-product van de versterkerketen met slechts een operationele versterker.
20

De uitvinding beoogt te voorzien in een versterkerketen, waarbij een verdere verlaging van de ruis spanning en derhalve een gewenste S/N-verhouding wordt verwezenlijkt.

- 25 Een ander doel van de uitvinding is het verschaffen van een versterkerketen, waarbij men een verdere toename van het GB-product verkrijgt voor het verzekeren van een bijzonder goede versterkingskarakteristiek.

- Een ander doel van de uitvinding is het verlagen van de ruis spanning en het vergroten van het GB-product door middel van een eenvoudige schakeling, welke voor integratie gewenst is.
30

Een ander oogmerk van de uitvinding is het onderdrukken van de vervorming van een signaal.

- Een verder doel van de uitvinding is het verschaffen van een versterkerketen, waarbij de bovengestelde oogmerken met gering kosten wor-
35

den verkregen.

Een verder doel van de uitvinding is het verschaffen van een in het algemeen verbeterde versterkerketen.

Daartoe voorziet de uitvinding in een versterkerketen met een differentiaalversterker, waaraan een signaal wordt toegevoerd, en een operationele versterker, waaraan het uitgangssignaal van de differentiaalversterker wordt toegevoerd. De versterkerketen is voorzien van een terugkoppellement om een gedeelte van het uitgangssignaal van de operationele versterker negatief naar een van de ingangen van de differentiaalversterker terug te koppelen.

De uitvinding voorziet voorts in een versterkerketen met een eerste differentiaalversterker, waaraan een signaal wordt toegevoerd, een tweede differentiaalversterker, waaraan het uitgangssignaal van de eerste differentiaalversterker wordt toegevoerd, en een operationele versterker, waaraan het uitgangssignaal van de tweede differentiaalversterker wordt toegevoerd. De versterkerketen is voorzien van een terugkoppellement teneinde een gedeelte van het uitgangssignaal van de operationele versterker negatief naar een van de ingangen van de tweede operationele versterker terug te koppelen.

De uitvinding zal onderstaand nader worden toegelicht onder verwijzing naar de tekening. Daarbij toont :

fig. 1 een schema van een bekende versterkerketen;

fig. 2 een blokschema van een basisconstructie van een versterkerketen volgens de uitvinding;

fig. 3 een schema van een versterkerketen volgens de uitvinding;

fig. 4 een vervangingsschema van de in fig. 3 afgebeelde versterkerketen;

fig. 5 een diagram van een bij wijze van voorbeeld gekozen, gesloten-lusfrequentiekarakteristiek van een operationele versterker, die bij de versterkerketen volgens de uitvinding wordt toegepast;

fig. 6 een diagram, dat een bij wijze van voorbeeld gekozen versterking-frequentiekarakteristiek toont, welke met de versterkerketen volgens de uitvinding kan worden verkregen;

fig. 7 een diagram van een bij wijze van voorbeeld gekozen uitgangsspanning/frequentiekarakteristiek van een versterkerketen volgens de uitvinding ten aanzien van de voedingsspanningszwaai; en

fig. 8 een schema van een andere uitvoeringsvorm volgens de uit-

vinding.

Ofschoon de versterkerketen volgens de uitvinding op een groot aantal verschillende wijzen kan worden uitgevoerd, afhankelijk van de omgeving en de bedrijfseisen, zijn grote aantallen van de hier afge-
5 beelde en beschreven uitvoeringsvormen vervaardigd, beproefd en gebruikt en het is gebleken, dat deze alle op een bijzonder bevredigende wijze werken.

Teneinde een juist begrip van de uitvinding te vereenvoudigen, zal in het kort worden verwezen naar een bekende versterkerketen, welke
10 is weergegeven in fig. 1. De versterkerketen volgens fig. 1 is bestemd voor het verkrijgen van een groter GB-product en een lagere ruisspanning in termen van een ingangssignaal.

In fig. 1 omvat een dubbele veldeffecttransistor (FET) de FETs 12 en 14, die een differentiaalversterker vormen. De FETs 12 en 14 kunnen van het P-kanaalttype of van het N-kanaalttype zijn. Wanneer bij wijze van voorbeeld wordt aangenomen, dat gebruik wordt gemaakt van een N-kanaalttype, is de afvoerelektrode van de FET 12 verbonden met een weer-
15 stand 16 en de niet-inverterende ingang van een operationele versterker 18. De afvoerelektrode van de FET 14 is met een weerstand 20 en de in-
20 verterende ingang van de operationele versterker 18 verbonden. De weerstanden 16 en 20, welke voor voorspanningsdoeleinden worden gebruikt, zijn tezamen verbonden met een klem 22, waaraan een voorspanning +V wordt aangelegd. De toevoerelektrode van de FET 12 is verbonden met een weer-
stand 24, die op zijn beurt is verbonden met een weerstand 28. Op een
25 soortgelijke wijze is de toevoerelektrode van de FET 14 verbonden met een weerstand 26, welke is verbonden met de weerstand 28.

Een dubbeltransistor 30 dient als een tweede differentiaalversterker en omvat de transistoren 32 en 34. De transistor 32 is bij de collector met de weerstanden 24 en 28 en bij de emitter met de weerstand
30 36 verbonden. De transistor 34 is bij de collector met de weerstanden 26 en 28 en bij de emitter met de weerstand 38 verbonden. De basis van de transistor 34 is verbonden met weerstanden 40 en 42, terwijl de weerstand 42 is geaard. De basis van de transistor 32 is verbonden met weerstanden 44 en 46 en de weerstand 46 is verbonden met een uitgangsklem
35 48 van de operationele versterker 18. De weerstanden 36, 38, 40 en 44 zijn tezamen verbonden met een klem 50, waaraan een voorspanning -V wordt aangelegd.

Ingangssignalen VA en VB worden aan de versterkerketen toegevoerd bij ingangsklemmen 52 en 54, die respectievelijk met de poortelektroden van de FETs 12 en 14 zijn verbonden. Het uitgangssignaal VC van de versterkerketen treedt aan de uitgangsklem 48 van de operationele versterker 18 op. De ingangssignalen VA en VB worden door de FETs 12 en 14 respectievelijk versterkt, verder door de operationele versterker 18 versterkt en daarna als het uitgangssignaal VC aan de uitgangsklem 52 toegevoerd. Het signaal VC wordt door de weerstanden 46 en 44 gedeeld om aan de basis van de transistor 32 te worden toegevoerd.

10 Wanneer wordt aangenomen, dat de toevoerelektrodestromen van de FETs 12 en 14 respectievelijk IA en IB zijn, de stroom door de weerstand 28 gelijk is aan IS, de weerstandswaarde van de weerstanden 42 en 46 gelijk is aan Ra, de weerstandswaarde van de weerstanden 40 en 44 gelijk is aan Rb, de weerstandswaarde van de weerstanden 36 en 38 gelijk is aan Rc, en de weerstandswaarde van de weerstand 28 gelijk is aan Rs, gelden
15 de volgende vergelijkingen :

$$IA = \frac{Rb(V + VC)}{(Ra + Rb) Rc} \quad (1)$$

$$IB = \frac{Rb \cdot V}{(Ra + Rb) Rc} \quad (2)$$

$$IA - IB = 2IS \quad (3)$$

$$20 \quad IS = \frac{2(VB - VA)}{Rs} \quad (4)$$

In de vergelijkingen (1) - (4) wordt aangenomen, dat de gesloten-lusversterking van de schakeling voldoende groot is. De vergelijkingen (1) - (4) leren, dat de toevoerelektrodestroom van de FET 14 slechts afhankelijk is van de weerstand en de voorspanning en constant blijft.
25 De toevoerelektrodestroom IA an de FET 12 wordt beïnvloed door het uitgangssignaal VC van de operationele versterker 18, ofschoon de stroom in wezen constant blijft als de toevoerelektrodestroom IB. De stroom IS, welke over de weerstand 28 vloeit, is een stroom, welke evenredig is met het verschil tussen de ingangssignalen VA en VB. Het blijkt derhalve,
30 dat de door de dubbeltransistor 30 gevormde differentiaalversterker als een constante-stroomketen voor de differentiaalversterker werkt, die door de dubbele FET 10 en tevens een deel van de terugkoppelketen

voor het uitgangssignaal VC wordt gevormd.

Uit de vergelijkingen (1) - (4) kan de versterkingsgraad A_v worden uitgedrukt als :

$$A_v = K \cdot \frac{1}{R_s} \quad (5)$$

5 waarbij K gelijk is aan

$$K = 2R_c(R_a + R_b)/R_b \quad (6)$$

Wanneer de versterkingsgraad A_v van de versterkerketen bijvoorbeeld 60 dB bedraagt, is het GB-product in hoofdzaak tienmaal zo groot als het GB-product, dat kan worden verkregen met een versterkerketen, die slechts de operationele versterker 18 omvat.

Het is bekend, dat wanneer de operationele versterker 18 een ruisspanning van $15 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ heeft en de dubbele FET 10 en de dubbeltransistor 30 een gemeenschappelijke ruisspanning van $1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ hebben, de gehele versterkerketen een ruisspanning opwekt, welke varieert van $3 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ tot $4 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$. Zoals algemeen wordt aangenomen, wordt de ruisspanning die in een versterkerketen wordt opgewekt, bepaald door de hoeveelheid ruis, die in het element van de eerste ingangstrap wordt opgewekt. In verband daarmee is te verwachten, dat de ruisspanning van de versterkerketen, weergegeven in fig. 1, wordt bepaald door de ruisspanning ($1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$) in de dubbele FET 10, welke de eerste ingangstrap van de versterkerketen vormt. In de praktijk evenwel ligt de ruisspanning van de versterkerketen in het gebied van $3 - 4 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$, zoals boven is vermeld. Deze ruisspanning is enige malen zo groot als de ruisspanning van de dubbele FET 10 ($1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$) en derhalve niet bevredigend ofschoon beter dan bij de versterkerketen, die slechts de operationele versterker 18 omvat.

In fig. 2 is een versterkerketen volgens de uitvinding afgebeeld, welke bij de eerste ingangstrap daarvan een differentiaalversterker 200 omvat. De differentiaalversterker 200 is verbonden met een tweede differentiaalversterker 202, die op zijn beurt is verbonden met een operationele versterker 204. In de schakeling is een terugkoppелеlement 206 opgenomen en wel zodanig, dat het uitgangssignaal van de operationele versterker 204 negatief naar de differentiaalversterker 202 kan worden teruggekoppeld.

35 Ofschoon de differentiaalversterker 200 bij de eerste ingangstrap

niet essentieel is, wordt aan de aanwezigheid daarvan de voorkeur gegeven, omdat het gemis aan signaalversterking door de versterker 200 de versterking zou verlagen en het mogelijk zou maken, dat de ingangsimpedantie door de terugkoppeling werd beïnvloed. Meer in het bijzonder zal door
5 het gebruik van een FET of dergelijke voor de versterker 200 de ingangsimpedantie van de gehele versterkerketen worden verbeterd.

Het terugkoppellement 206 is bestemd voor de negatieve terugkoppeling van een deel van het uitgangssignaal van de operationele versterker 204 naar de differentiaalversterker 202 van de tweede trap. De mate
10 van terugkoppeling en de faze zijn afhankelijk van de constructie van het terugkoppellement 206. Gewoonlijk bestaat het terugkoppellement 206 uit een weerstand, een condensator, een spoel en andere passieve elementen, zoals bekend. Bij de hierna te beschrijven uitvoeringsvorm wordt slechts een weerstand gebruikt voor het vormen van het terugkoppellement 206.
15

In fig. 3 is een praktische uitvoeringsvorm van de in fig. 2 afgebeelde versterkerketen weergegeven. Een dubbele FET 300 omvat een paar FETs 302 en 304, welke als een monolithische geïntegreerde keten, op een gemeenschappelijke substraat zijn gevormd en in een gemeenschappelijk
20 pakket zijn ondergebracht. Derhalve zijn de karakteristieken van de FETs 302 en 304 goed aan elkaar aangepast en kunnen deze in de constante van een vervangingsschema als in hoofdzaak identiek worden beschouwd.

De poortelektrode van de FET 302 is verbonden met een ingangsklem TA en een weerstand 306, terwijl de poortelektrode van de FET 304 is
25 verbonden met een ingangsklem TB en een weerstand 308. De afvoerelektroden van de FETs 302 en 304 zijn respectievelijk verbonden met de weerstanden 310 en 312 en de toevoerelektroden zijn gemeenschappelijk verbonden met een weerstand 314.

De tot dusver beschreven constructie vormt de differentiaalversterker 200 van de eerste trap, weergegeven in fig. 2.
30

Een tweede dubbele FET 320, overeenkomende met de eerste 300, omvat een paar FETs 322 en 324, die dezelfde karakteristieken hebben. De poortelektroden van de FETs 322 en 324 zijn respectievelijk verbonden met condensatoren 326 en 328, die op hun beurt respectievelijk zijn ver-
35 bonden met de afvoerelektroden van de FETs 302 en 304 van de dubbele FET 300. De afvoerelektroden van de FETs 322 en 324 zijn respectievelijk verbonden met weerstanden 330 en 332, terwijl de toevoerelektroden gemeen-

schappelijk zijn verbonden met de weerstand 334. Dit deel van de constructie vormt de differentiaalversterker 202 van de tweede trap, aangegeven in fig. 2. Opgemerkt wordt, dat de condensatoren 326 en 328 dienen om de twee differentiaalversterkers met elkaar te koppelen en, indien nodig, kunnen worden weggelaten.

De toevoerelektrode van de FET 322 is verbonden met de niet-inverterende ingang van een operationele versterker 340 en de afvoerelektrode van de FET 324 is verbonden met de inverterende ingang van de operationele versterker 340. De uitgang van de versterker 340 is verbonden met een uitgangsklem TC, welke is verbonden met een weerstand 342. Deze weerstand 342 is verbonden met de poortelektrode van de FET 322 en vervult de functie van het terugkoppellement 206.

De weerstanden 310, 312, 330 en 332 en de operationele versterker 340 zijn alle tezamen verbonden met een klem QA, waaraan van buitenaf een voorspanning +V wordt aangelegd. Voorts zijn de weerstanden 314 en 334 en de operationele versterker 340 verbonden met een klem QB, waaraan van buitenaf een voorspanning -V wordt aangelegd. De weerstanden 306, 308 en 336 zijn individueel geaard.

Tijdens het bedrijf worden de spanningen VA en VB aan de respectieve ingangsklemmen TA en TB toegevoerd. De ingangssignalen VA en VB worden door de dubbele FET 300 versterkt, bij de afvoerelektroden van de FETs 302 en 304 afgenomen en daarna via de condensatoren 326 en 328 toegevoerd aan de poortelektroden van de FETs 322 en 324, die de dubbele FET 320 vormen. De signalen worden door de dubbele FET 320 versterkt en respectievelijk vanuit de afvoerelektroden van de FETs 322 en 324 toegevoerd aan de operationele versterker 340. De versterker 340 verwerkt deze ingangssignalen om een uitgangssignaal VC daarvan aan de uitgangsklem TC toe te voeren. Een gedeelte van dit uitgangssignaal VC wordt via de weerstand 342 naar de FET 323 teruggevoerd.

Thans zal worden verwezen naar fig. 4 om de bovengenoemde terugkoppelwerking toe te lichten. In fig. 4, welke een vervangingsschema van de dubbele FET 320, inclusief de operationele versterker 340 toont, zijn de poorten van de FETs 302 en 304 respectievelijk aangeduid met EGA en EGB en zijn de afvoerelektroden respectievelijk aangeduid met EDA en EDB. De toevoerelektroden van de FETs 302 en 304 zijn gemeenschappelijk aangeduid met ES tengevolge van hun gemeenschappelijke verbinding.

Tussen de poortelektrode en de toevoerelektrode van elk van de FETs 302 en 304 is een capaciteit aanwezig. In verband hiermede is tussen de poortelektrode EGA en de toevoerelektrode ES een condensator 400 verbonden en is tussen de poortelektrode EGB en de toevoerelektrode ES 5 een condensator 402 verbonden. Omdat tussen de poortelektrode en de afvoerelektrode van elke FET 302 of 304 een capaciteit en een weerstand parallel aanwezig zijn, is een parallelverbinding van een condensator 404 en een weerstand 406 tussen de poort EGA en de afvoerelektrode EDA verbonden en is een parallelverbinding van de condensator 408 en de 10 weerstand 410 tussen de poortelektrode EGB en de afvoerelektrode EDB verbonden. Op een soortgelijke wijze bevindt zich tussen de afvoerelektrode en de toevoerelektrode van elke FET 302 of 304 een capaciteit en een weerstand en deze wordt voorgesteld door een parallelverbinding van een condensator 412 en een weerstand 414 tussen de afvoerelektrode EDA en de 15 toevoerelektrode ES, en een parallelverbinding van de condensator 416 en de weerstand 418 tussen de afvoerelektrode EDB en de toevoerelektrode ES. Een stroombron 420 is tussen de afvoerelektrode EDA en de toevoerelektrode ES verbonden, terwijl een stroombron 422 tussen de afvoerelektrode EDB en de toevoerelektrode ES is verbonden. Wanneer wordt aangenomen, dat 20 de mutuele geleiding van de FETs 302 en 304 gelijk is aan G_m , is de waarde van de stroom, die door de stroombron 420 wordt geleverd, gelijk aan $G_m V_A$ en die van de stroom, welke door de andere stroombron 422 wordt geleverd, gelijk aan $G_m V_B$. De richting van elke stroom is afhankelijk van de polariteit van het ingangssignaal V_A of V_B .

25 Zoals aangegeven in fig. 3, zijn de weerstanden 310 en 312 respectievelijk verbonden met de afvoerelektroden EDA en EDB van de FETs 302 en 304. Deze weerstanden 310 en 312 zijn verbonden met de klem QA en verder met een (niet afgebeelde) voorspanningsbron en derhalve in een vervangingsschema met aarde. Derhalve is tussen de afvoerelektrode EDA 30 en aarde een weerstand 310 verbonden en is tussen de afvoerelektrode EDB en aarde een weerstand 312 verbonden, als aangegeven in fig. 4.

De condensatoren 326 en 328, aangegeven in fig. 3, zijn in fig. 4 weggelaten, omdat hun impedantie klein is voor een signaal. Derhalve is de afvoerelektrode EDB van de FET 304 met de weerstand 336 verbonden en 35 is de weerstand geaard.

De operationele versterker, gevormd door de dubbele FET 320 en de operationele versterker 340 worden beschouwd als een enkele operationele

versterker te werken. Het vervangingsschema is voorgesteld door een nullator 424 en een norator 426. De nullator 424 is tussen de afvoerelektroden EDA en EDB van de FETs 302 en 304 verbonden, terwijl de norator 426 is verbonden tussen de uitgangsklem TC en aarde. Ofschoon
5 bij een normale operationele versterker tussen een nullator en een norator in het vervangingsschema daarvan niets is verbonden, is bij de afgebeelde uitvoeringsvorm daartussen een terugkoppelweerstand 342 verbonden.

Bij het afgebeelde en beschreven vervangingsschema, kan het uitgangssignaal VC worden uitgedrukt door :

$$VC = Z_f \cdot G_m(V_A - V_B) + R_{\ell} \cdot G_m \cdot V_A \quad (7)$$

waarbij R_{ℓ} de weerstandswaarde van de weerstanden 310 en 312 is en Z_f de weerstandswaarde is van de weerstand 342.

Wanneer wordt aangenomen, dat $Z_f \gg R$, dan geldt :

$$VC = Z_f \cdot G_m(V_A - V_B) \quad (8)$$

Derhalve wordt de versterkingsgraad Av_1 van de in fig. 3 afgebeelde versterkerketen gegeven door :

$$Av_1 = \frac{VC}{V_A - V_B} = G_m \cdot Z_f \quad (9)$$

Hieruit volgt, dat de versterkingsgraad van de versterkerketen
20 afhankelijk is van de mutuele geleiding G_m van de dubbele FET 300, welke de differentiaalversterker van de initiële trap is, en de weerstandswaarde van de terugkoppelweerstand 342.

De operationele versterker 340 van de in fig. 3 afgebeelde keten kan de in fig. 5 afgebeelde operationele versterker omvatten, die een
25 gesloten-lusfrequentiekaracteristiek, een GB-product van in hoofdzaak 20 MHz, en een ruisspanning van $15 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ heeft. De dubbele FETs 300 en 320 kunnen dié met een ruisspanning van $1 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ omvatten.

Wanneer de versterkingsgraad Av_1 volgens vergelijking (9) bijvoorbeeld 80 dB is, onder de bovenomschreven omstandigheden, zal de versterking-frequentiekaracteristiek van de in fig. 3 afgebeelde versterkerketen de kromme volgen, welke is uitgezet in fig. 6. Zoals aangegeven
30 blijft de kromme vlak tot een frequentie van 2 MHz en is het GB-product gelijk aan 20 GHz. Uit metingen blijkt, dat de ruisspanning in hoofdzaak wordt bepaald door de dubbele FET 300 van de eerste trap en
35 bij benadering gelijk is aan $0,6 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$. Een dergelijke ruisspanning

is veel kleiner dan de ruisspanning ($3-4 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$) van de in fig. 1 afgebeelde bekende keten, waardoor men een gewenste verlaging van ruis verkrijgt.

In fig. 7 stelt de kromme een uitgangsspanningszwaai-frequentiekarakteristiek van de in fig. 3 afgebeelde versterkerketen voor, welke wordt verkregen door aan de klemmen QA en QB respectievelijk voorspanningen van +15 V en -15 V aan te leggen. Uit de kromme blijkt, dat een uitgangsspanning, welke in hoofdzaak identiek is aan de bronspanning, over het frequentiegebied van 0 Hz tot in hoofdzaak 2 MHz wordt verkregen. Uit werkelijke metingen is gebleken, dat het uitgangssignaal VC op de uitgangsklem TC in hoofdzaak vrij is van vervorming.

Bij de in fig. 6 afgebeelde versterkings-frequentiekarakteristiek wordt de versterking kleiner aan de laagfrequentiezijde en dit is een gevolg van de koppelcondensatoren 326 en 328. De mate van een dergelijke spanningsdaling is afhankelijk van de tijdconstante, bepaald door de condensator 326 en de weerstand 310 of de tijdconstante, bepaald door de condensator 328 en de weerstand 312. Indien gewenst kunnen de condensatoren 326 en 328 worden weggelaten om de afvoerelektroden van de dubbele FET direkt met de poortelektroden van de dubbele FET 320 te verbinden.

In fig. 8 is een andere uitvoeringsvorm volgens de uitvinding weergegeven. Zoals reeds is vermeld, is het uit metingen gebleken, dat de ruisspanning van de in fig. 3 afgebeelde versterkerketen in hoofdzaak afhankelijk is van de ruisspanning in de differentiaalversterker van de eerste trap. Dit impliceert, dat het verlagen van de ruisspanning in de differentiaalversterker van de eerste trap effectief is om de ruisspanning van de gehele schakeling te reduceren. De constructie, weergegeven in fig. 1, vormt een realisatie van deze conceptie. In fig. 8 zijn dezelfde constructieve elementen als die van de eerste uitvoeringsvorm van dezelfde verwijzingen voorzien en zullen deze terwille van de eenvoud niet verder worden toegelicht.

In fig. 8 omvat een dubbele FET 800 een eerste groep van FETs 810 en een tweede groep van FETs 830, die tezamen als de differentiaalversterker van de eerste trap dienen. De FET-groep 810 omvat een parallelverbinding van FETs 812, 814, 816, 818 en 820 en de FET-groep 830 een parallelverbinding van FETs 832, 834, 836, 838 en 840. De in fig. 8 afgebeelde constructie komt in hoofdzaak overeen met die volgens fig. 3, behalve wat betreft de uitvoering van de dubbele FET van de eerste trap.

De klemmen QC en QD zijn respectievelijk met de poortelektroden van de dubbele FET 320, weergegeven in fig. 3, verbonden.

Zoals algemeen bekend, zal de versterkerketen, weergegeven in fig. 8, de ruisspanning daarvan verlagen tot $1/\sqrt{5}$. De versterkingsgraad
5 Av_2 wordt verkregen uit vergelijking (9) en wel als volgt :

$$Av_2 = Gm_2 \cdot Z_f \quad (10)$$

In het algemeen zal de ruisspanning worden verlaagd tot $1/\sqrt{n}$, indien elk van de FET-groepen 810 en 830 is opgebouwd uit "n" FETs.

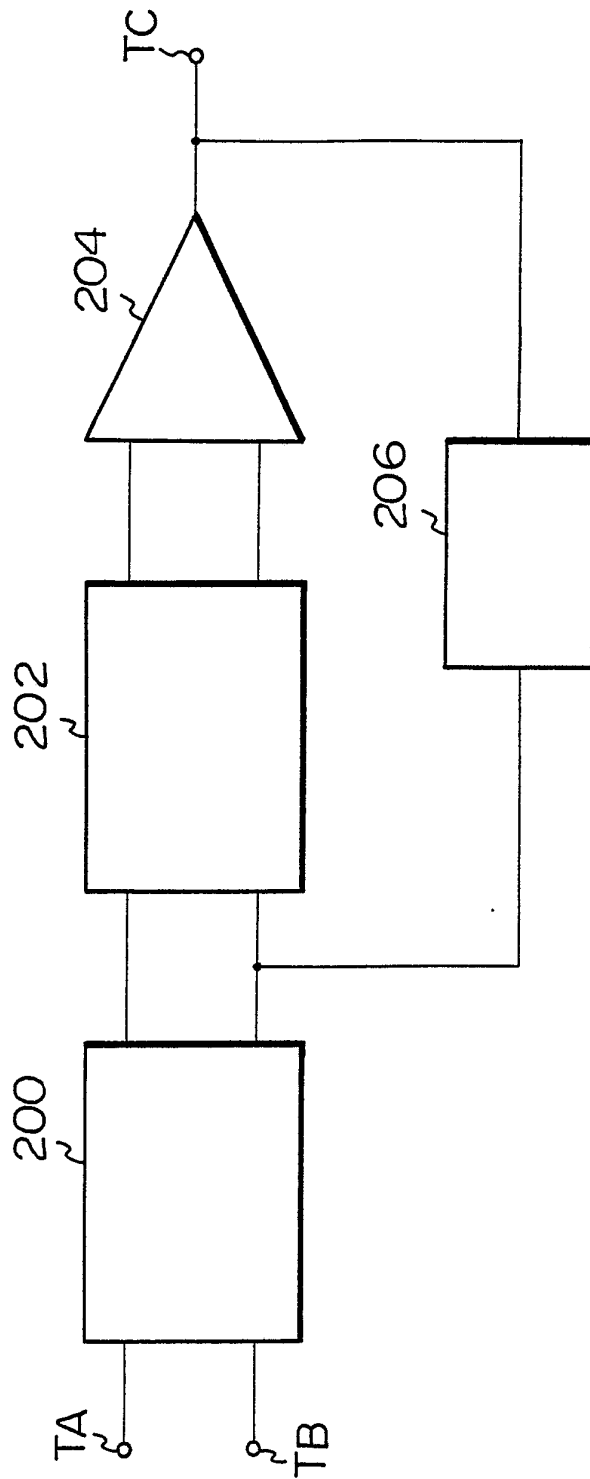
Resumerende blijkt, dat volgens de uitvinding op een gewenste
10 wijze de ruisspanning wordt gereduceerd, het GB-product wordt vergroot en de vervorming van het signaal wordt gereduceerd, onder gebruik van een eenvoudige en economische schakeling, die geschikt is voor integratie.

Het is duidelijk, dat binnen het kader van de uitvinding verschil-
15 lende modificaties mogelijk zijn. Zo kunnen bijvoorbeeld de actieve elementen, waaruit de differentiaalversterkers zijn opgebouwd, bestaan uit bipolaire elementen, zoals transistoren van het junctietype, in plaats van uit de weergegeven en beschreven unipolaire elementen. Ofschoon weerstanden, condensatoren en voedingsbronnen een bron van ruis naast
20 de actieve elementen kunnen vormen, heeft de ruis, die een gevolg is van deze elementen, een zeer laag niveau en kan deze ruis in de praktijk worden verwaarloosd.

C O N C L U S I E S :

1. Versterkerketen gekenmerkt door een differentiaalversterker, waaraan een signaal wordt toegevoerd, een operationele versterker, waaraan het uitgangssignaal van de differentiaalversterker wordt toegevoerd, en een terugkoppелеlement om een gedeelte van het uitgangssignaal van de operationele versterker aan een van de ingangen van de differentiaalversterker negatief terug te koppelen.
2. Versterkerketen volgens conclusie 1 met het kenmerk, dat een actief element, dat de differentiaalversterker vormt, een grote ingangsimpedantie heeft.
- 10 3. Versterker volgens conclusie 1 met het kenmerk, dat het actieve element, dat de differentiaalversterker vormt, bestaat uit een actieve-elementgroep, welke is opgebouwd uit een aantal parallelle, actieve elementen.
- 15 4. Versterker volgens conclusie 2 met het kenmerk, dat het actieve element, dat de differentiaalversterker vormt, een actief-elementgroep omvat, welke is opgebouwd uit een aantal parallelle, actieve elementen.
5. Versterkerketen gekenmerkt door een eerste differentiaalversterker, waaraan een signaal wordt toegevoerd, een tweede differentiaalversterker, waaraan het uitgangssignaal van de eerste differentiaalversterker wordt toegevoerd, een operationele versterker, waaraan het uitgangssignaal van de tweede differentiaalversterker wordt toegevoerd, en een terugkoppелеlement om een gedeelte van het uitgangssignaal van de operationele versterker negatief naar een van de ingangen van de tweede operationele versterker terug te koppelen.
- 20 6. Versterkerketen volgens conclusie 5 met het kenmerk, dat het actieve element, dat elk van de eerste en tweede differentiaalversterkers vormt, een grote ingangsimpedantie heeft.
- 25 7. Versterkerketen volgens conclusie 5 met het kenmerk, dat het actieve element, dat de eerste differentiaalversterker vormt, een actief-elementgroep omvat, welke is opgebouwd uit een aantal parallelle, actieve elementen.
- 30 8. Versterkerketen volgens conclusie 6 met het kenmerk, dat het actieve element, dat de eerste differentiaalversterker vormt, een actief-elementgroep omvat, welke is opgebouwd uit een aantal parallelle, actieve elementen.
- 35

Fig. 2



8301065



Fig. 3

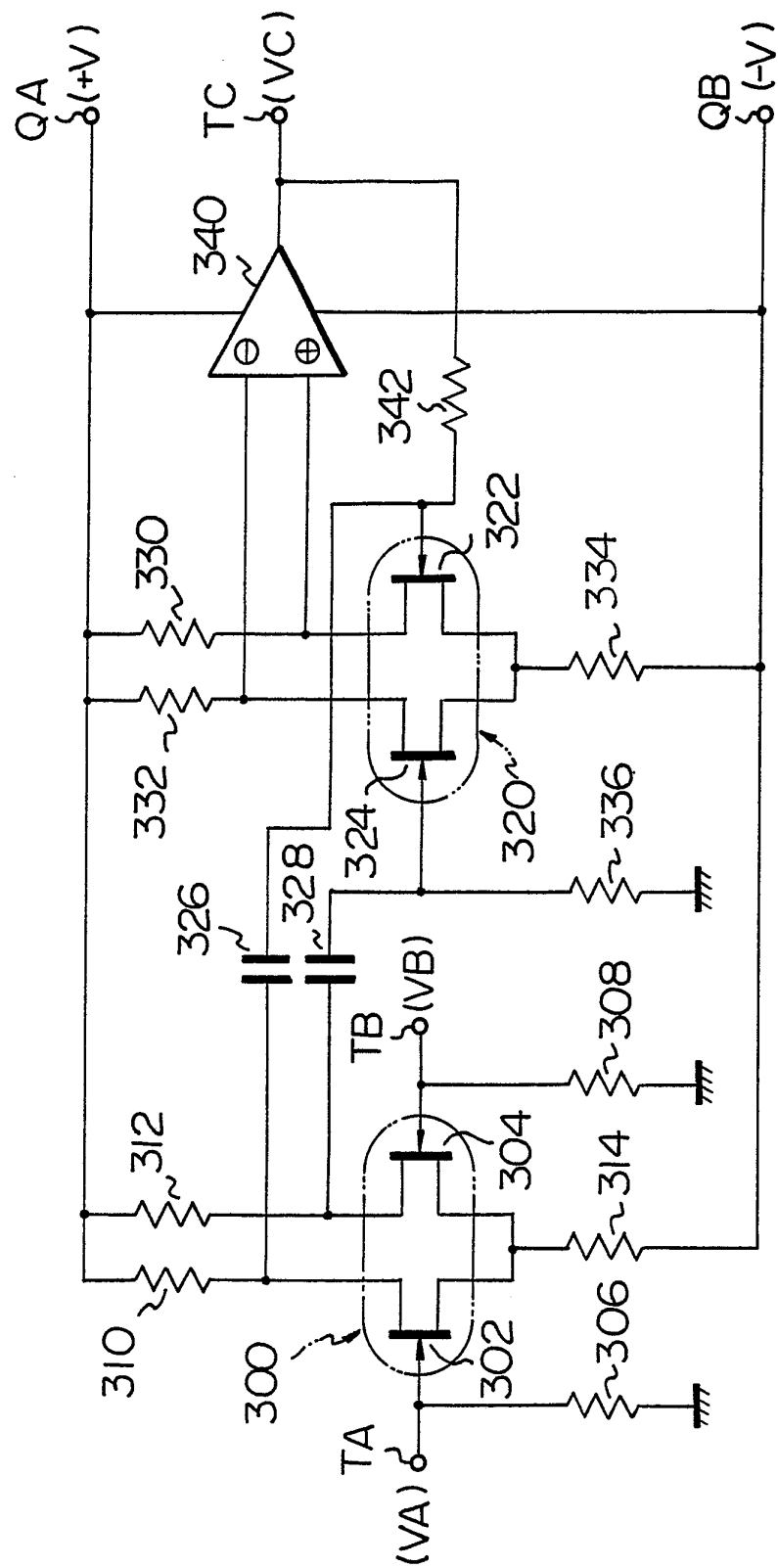
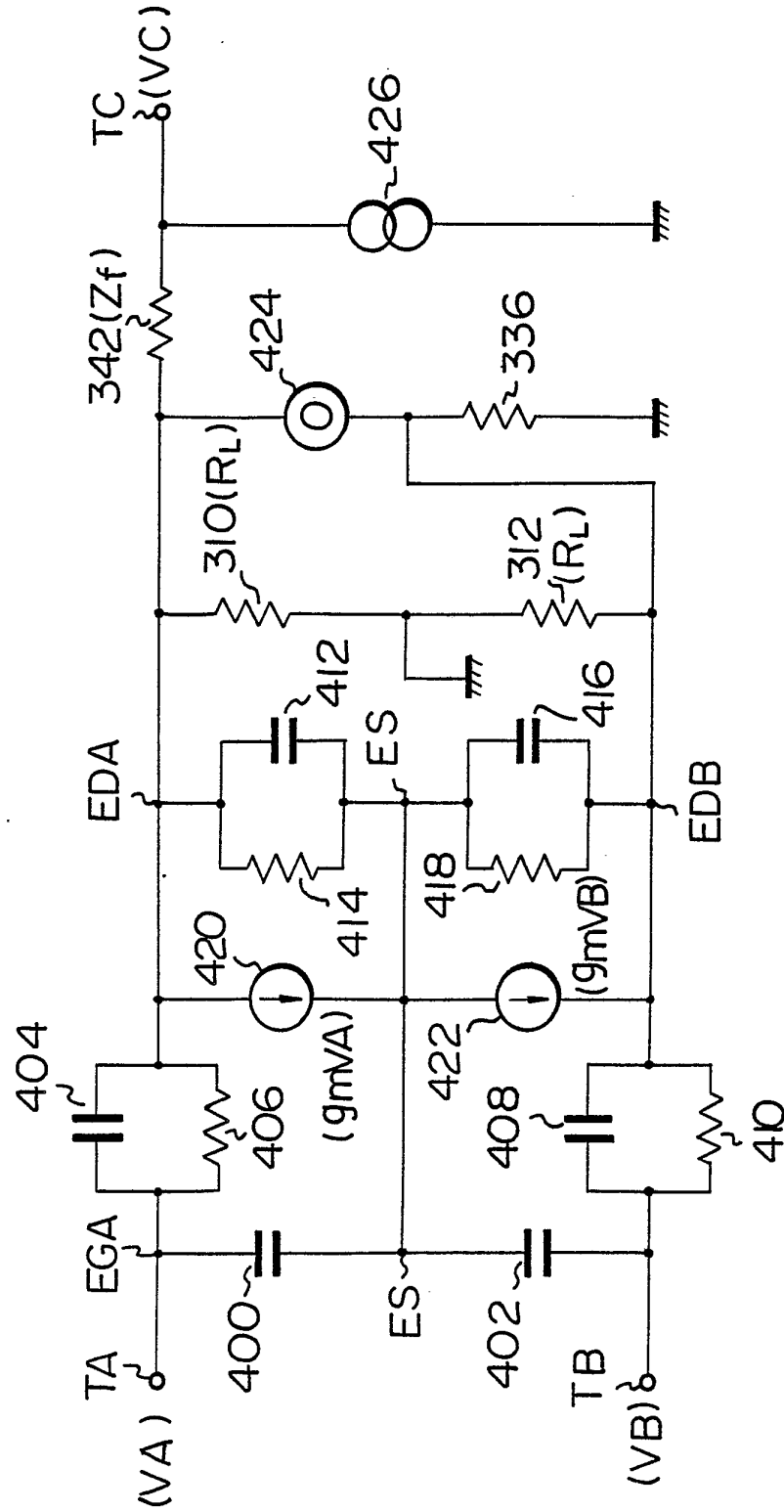
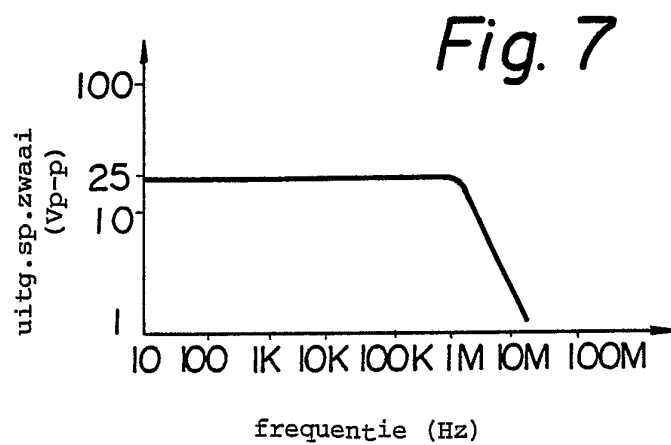
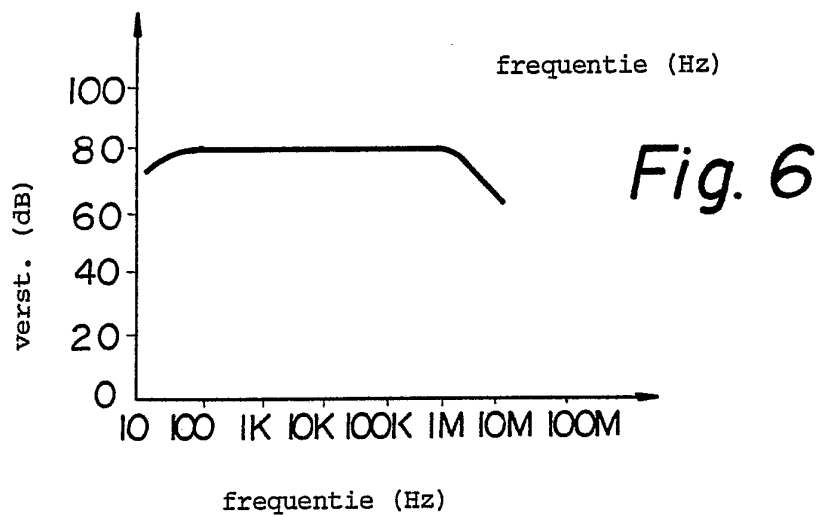
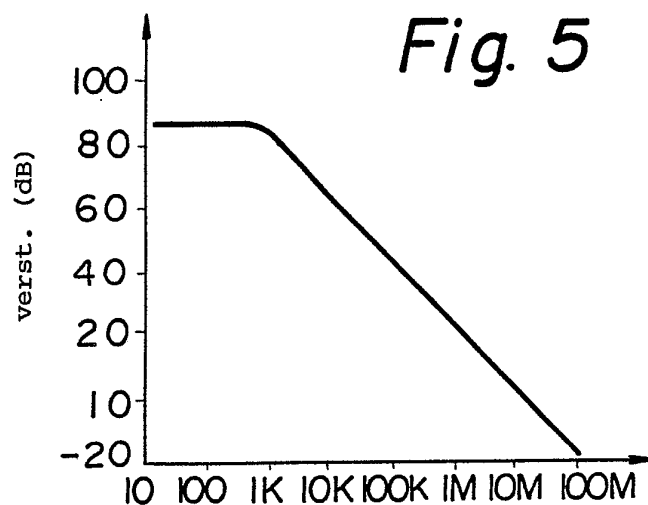


Fig. 4



8301065



8301065

8301065

Fig. 8

