

(19)



Octrooi Centrum
Nederland

(11)

1027052(12) **C OCTROOI**²⁰(21) Aanvraag om octrooi: **1027052**

(51)

Int.Cl.:

H03F3/30 (2006.01)**H03F1/32** (2006.01)**H03F1/30** (2006.01)(22) Ingediend: **16.09.2004**(30) Voorrang:
13.10.2003 KR 2003-70964(41) Ingeschreven:
14.04.2005 I.E. 2005/06(47) Dagtekening:
14.02.2006(45) Uitgegeven:
03.04.2006 I.E. 2006/04

(73)

Octrooihouder(s):

**Samsung Electronics Co., Ltd. te Suwon,
Republiek van Korea (KR).**

(72)

Uitvinder(s):

Kyeon-Tae Moon te Suwon (KR).

(74)

Gemachtigde:

Ir. H.V. Mertens c.s. te 2280 GE Rijswijk.(54) **Operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB.**

(57) De statische voorstroom van de uitgangstrapschakeling van de operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB wordt bestuurd door de externe voorspanningbesturingsignalen. De operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB ontvangt de externe voorspanningbesturingsignalen en bestuurt de voorspanning van de uitgangstrapschakeling en aldus kan de statische voorstroom van de uitgangstrapschakeling worden bestuurd. De operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB kan verder een frequentiecompensatieschakeling bevatten voor het compenseren van de hoogfrequente karakteristieken van de operationele versterker.

NL C 1027052

De inhoud van dit octrooi wijkt af van de oorspronkelijk ingediende beschrijving met conclusie(s) en eventuele tekening(en). De oorspronkelijk ingediende stukken kunnen bij het Octrooi Centrum Nederland worden ingezien. Octrooi Centrum Nederland is het Bureau voor de Industriële Eigendom, een agentschap van het ministerie van Economische Zaken

Korte aanduiding: Operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB.

KRUIS-REFERENTIE NAAR VERWANTE AANVRAGEN

Deze aanvraag roept de prioriteit in van de Koreaanse octrooi-aanvraag nr. 2003-70964 die is ingediend op 13 oktober 2003, waarvan de inhoud hierin in zijn geheel door verwijzing is opgenomen.

5

ACHTERGROND VAN DE UITVINDING

1. Gebied van de uitvinding

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB.

10

2. Beschrijving van de stand van de techniek

Een operationele versterker heeft een eindige spanningsversterking, een eindig ingangsimpedantie en een uitgangsimpedantie die groter is dan nul.

15 In het algemeen moet de operationele versterker een hoge spanningsversterking hebben en de hoge spanningsversterking over een hoge frequentie handhaven. In het algemeen neemt de spanningsversterking van de operationele versterker af als de frequentie toeneemt.

De operationele versterker moet ook een hoge ingangsimpedantie en een lage uitgangsimpedantie hebben.

20

Een operationele versterker uit een complementaire metaal-oxide-halfgeleider (CMOS) met een rail-naar-rail-ingangstrap en een rail-naar-rail uitgangstrap is geopenbaard in US octrooi nr. 5 311 145. Volgens de CMOS operationele versterker van het US octrooi nr. 5 311 145 is een zwevende stroombron verbonden met een sommeringschakeling voor het toevoeren van een stroom aan de sommeringschakeling, en een voorstroom wordt toegevoerd aan de uitgangstransistoren van een uitgangstrap van klasse AB.

25

Volgens de CMOS operationele versterker van US octrooi nr. 5 311 145 kan het oppervlak van de operationele versterker toenemen omdat de zwevende stroombron een aantal transistoren heeft. Bovendien is het aantal transistoren opgesteld langs een signaalweg. Volgens de frequentiedomeinkarakteristiek van de spanningsversterking, heeft de spanningsversterking een aantal polen als gevolg van de transistoren en de bedradingen die zijn opgesteld begrenzend aan de signaalweg,

30

zodat de frequentiekarakteristiek van de operationele versterker kan zijn verslechterd.

Volgens de CMOS operationele versterker van US octrooi nr. 5 311 145 zijn twee voorspanningstransistoren Q_{D1} en Q_{D2} parallel aan elkaar geschakeld, en een uitgangsspanning van een diode-geschakelde schakeling wordt toegevoerd aan een poortelektrode van elk van de voorspanningbesturingstransistoren. De CMOS operationele versterker van US octrooi nr. 5 311 145 kan niet door een extern besturingssignaal worden bestuurd, en een poortspanning van de uitgangstrap varieert overeenkomstig verscheidene parameters die in een vervaardigingsproces van de operationele versterker zijn bepaald, en de statische voorstroom van de uitgangstrap kan afhangen van het vervaardigingsproces van de operationele versterker.

Dienovereenkomstig kunnen de frequentiekarakteristiek en de fasekarakteristiek van de operationele versterkers zijn verslechterd als gevolg van de transistoren en de bedradingen die grenzend aan de signaalweg zijn opgesteld.

SAMENVATTING VAN DE UITVINDING

Dienovereenkomstig wordt de onderhavige uitvinding verschaft voor het in hoofdzaak wegnemen van één of meer problemen als gevolg van beperkingen en de nadelen van de stand van de techniek.

De onderhavige uitvinding verschaft een operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB die een statische voorstroom van een uitgangstrapschakeling van de operationele versterker kan besturen gebruikmakend van externe besturingssignalen.

De onderhavige uitvinding verschaft ook een operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB die het verslechteren van een fasekarakteristiek van de operationele versterker als gevolg van transistoren en bedradingen die grenzend aan de signaalweg zijn opgesteld, kan verhinderen.

In overeenstemming met een aspect van de uitvinding bevat een operationele versterker van rail-naar-rail een differentiële ingangstrapschakeling, een stroomsommeringsschakeling, een uitgangstrapschakeling en een voorspanningbesturingschakeling. De differentiële ingangstrapschakeling bevat een eerste verschilversterker en een tweede verschilversterker. De eerste verschilversterker is verbonden met een negatieve voedingsrailspanning via een eerste stroombron, en de tweede verschilversterker is verbonden met een positieve

voedingsrailspanning via een tweede stroombron. De stroomsommerings-
schakeling bevat een stroomspiegelschakeling, een derde stroombron en
een vierde stroombron. De stroomsomringsschakeling is geschakeld
tussen de positieve en negatieve voedingsrailspanningen en ontvangt
5 een uitgangssignaal van de differentiële ingangstrapschakeling. De
uitgangstrapschakeling is verbonden met uitgangsklemmen van de
stroomsomringsschakeling voor het verschaffen van een versterkt
verschilsignaal. De uitgangstrapschakeling is geschakeld tussen de
positieve en negatieve voedingsrailspanningen. De voorspanningbestu-
10 ringsschakeling is verbonden met de uitgangsklemmen van de stroomsom-
meringsschakeling en is geschakeld tussen de stroomspiegelschakeling
en vierde stroombron. De voorspanningbesturingsschakeling ontvangt
ten minste een voorspanningbesturingssignaal voor het besturen van
een voorspanning van ingangsklemmen van de uitgangstrapschakeling, en
15 voor het besturen van een voorstroom van de uitgangstrapschakeling.

Bijvoorbeeld bevat de operationele versterker van rail-naar-
rail verder een frequentiecompensatieschakeling. De frequentiecompen-
satieschakeling is ingericht voor het compenseren van een frequentie-
karakteristiek van een uitgangssignaal van de uitgangstrapschakeling.
20 De frequentiecondensatieschakeling kan zijn geschakeld tussen een
uitgangsklem van de differentiële ingangstrapschakeling en een uit-
gangsklem van de uitgangstrapschakeling. De frequentiecompensatie-
schakeling kan een eerste condensator en een tweede condensator be-
vatten.

25

KORTE BESCHRIJVING VAN DE TEKENING

De voorafgaande en andere kenmerkend en voordelen van de
uitvinding zullen duidelijk worden uit de meer bijzonder beschrijving
van een uitvoeringsvorm van de uitvinding, zoals die in de bijgaande
30 tekening is geïllustreerd. De tekening is niet noodzakelijkerwijs op
schaal maar de nadruk is in plaats daarvan gelegd op het illustreren
van de principes van de uitvinding.

Figuur 1 is een schakelingschema dat een operationele verster-
ker van rail-naar-rail van klasse AB volgens een illustratieve uit-
35 voeringsvorm van de onderhavige uitvinding toont.

Figuur 2A en 2B zijn equivalente kleinsignalschakelingen die
de transistoren van de operationele versterker van rail-naar-rail van
klasse AB volgens een illustratieve uitvoeringsvorm van de onderha-
vige uitvinding, modelleren.

Figuur 3 is een equivalente kleinsignaalschakeling die transistoren in een uitgangstrapschakeling van de operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB volgens een illustratieve uitvoeringsvorm van de onderhavige uitvinding, modelleert.

5 Figuur 4 is een schakelingschema dat een operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB volgens een andere illustratieve uitvoeringsvorm van de onderhavige uitvinding toont.

 Figuren 5A en 5B zijn bodegrafieken die fasemarges van de operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB van de onderhavige uitvinding, tonen.

10

BESCHRIJVING VAN UITVOERINGSVORMEN

(Uitvoeringsvorm 1)

 Figuur 1 is een schakelingschema dat een operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB volgens een illustratieve uitvoeringsvorm van de onderhavige uitvinding toont.

15

 Onder verwijzing naar Figuur 1 bevat de operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB een differentiële ingangstrapschakeling 10, een stroomsommeringschakeling 20, een voorspanningbesturingschakeling 30 en een uitgangstrapschakeling 40.

20

 De differentiële ingangstrapschakeling 10 bevat eerste en tweede verschilversterkers 12 en 14 en een eerste en tweede stroombronnen 16 en 18.

 De eerste verschilversterker 12 bevat NMOS transistoren QN1 en QN2. De NMOS transistoren QN1 en QN2 kunnen een aangepast transistorpaar zijn. De NMOS transistoren QN1 en QN2 hebben een configuratie met gemeenschappelijke bron. Bronelektroden van elk van de transistoren QN1 en QN2 zijn verbonden met een gemeenschappelijk knooppunt N1, en een eerste stroombron 16 is geschakeld tussen het gemeenschappelijke knooppunt N1 en een negatieve voedingsrailspanning Vss. De eerste stroombron 16 bevat een NMOS transistor QC1, en neemt een voorstroom van de eerste verschilversterker 12 op zodat aan de transistoren QN1 en QN2 een in hoofdzaak constante voorstroom wordt toegevoerd. Een voorspanningbesturingsspanning VS1 die wordt ingevoerd in een poortelektrode van de transistor QC1 bestuurt de hoeveelheid voorstroom die aan de verschilversterker 12 wordt toegevoerd.

25

30

35

 De tweede verschilversterker 14 bevat PMOS transistoren QP1 en QP2. De PMOS transistoren QP1 en QP2 kunnen een aangepast transistorpaar zijn. De PMOS transistoren QP1 en QP2 hebben een configuratie

met een gemeenschappelijke bron. Bronelektroden van elk van de transistoren QP1 en QP2 zijn verbonden met een gemeenschappelijk knooppunt N2, en een tweede stroombron 18 is geschakeld tussen het gemeenschappelijke knooppunt N2 en de positieve voedingsrailspanning Vdd.

- 5 De tweede spanningsbron 18 bevat een PMOS transistor QC2 en neemt een voorstroom van de tweede verschilversterker 14 op zodat aan de transistoren QP1 en QP2 een in hoofdzaak constante voorstroom wordt toegevoerd. Een voorspanningbesturingspanning VS2 die wordt ingevoerd in een poortelektrode van de transistor QC2 bestuurt de hoeveelheid
10 voorstroom die aan de tweede verschilversterker 14 wordt toegevoerd.

Bijvoorbeeld heeft de voorstroom die wordt toegevoerd aan de eerster verschilversterker 2 in hoofdzaak dezelfde waarde als de voorstroom die aan de tweede verschilversterker 14 wordt toegevoerd. Dat wil zeggen dat de voorspanningbesturingspanningen VS1 en VS2
15 zodanig kunnen worden bestuurd dat de voorstroom die aan de eerste verschilversterker 12 wordt toegevoerd in hoofdzaak dezelfde waarde heeft als de voorstroom die aan de tweede verschilversterker 14 wordt toegevoerd.

Poortelektroden van de transistoren QP1 en QN1 zijn
20 gemeenschappelijk verbonden met een positieve ingangsklem POS, en poortelektroden van de transistoren QP2 en QN2 zijn gemeenschappelijk verbonden met een negatieve ingangsklem NEG.

Afvoerelektroden van de transistoren QN1 en QN2 zijn uitgangsklemmen (knooppunten N3, N4) van de eerste verschilversterker 12. In
25 het bijzonder is de afvoerelektrode van de QN1 een uitgangsklem (knooppunt N3) van de eerste verschilversterker 12 in een kleinsig-naalbedrijfswijze. Afvoerelektroden van de transistoren QP1 en QP2 zijn uitgangsklemmen (knooppunten N5, N6) van de tweede verschilversterker 14. In het bijzonder is de afvoerelektrode van de QP1 een
30 uitgangsklem (knooppunt N5) van de tweede verschilversterker 14 in een kleinsignaalbedrijfswijze.

De operationele versterker voert een rail-naar-rail-werking uit in de differentiële ingangstrapschakeling 10. Een ingangspanning in gemeenschappelijke mode op de differentiële ingangstrapschakeling
35 10 varieert over het bereik tussen de positieve voedingsrailspanning Vdd en de negatieve voedingsrailspanning Vss.

De stroomsommeringschakeling 20 bevat een stroomspiegelschakeling 22 en ten minste een stroombron. De stroomspiegelschakeling 22 is geschakeld tussen de positieve voedingsrailspanning Vdd en de ne-

gatieve voedingsrailspanning Vss. De ten minste ene stroombron is geschakeld tussen de voorspanningbesturingschakeling 30 en de negatieve voedingsrailspanning Vss.

De stroomspiegelschakeling 22 bevat de transistoren QS1, QS2, 5 QS3, QS4, QS5 en QS6. Bijvoorbeeld zijn de transistoren QS1 tot en met QS4 PMOS transistoren. Een eerste gemeenschappelijke-poortversterker bevat de transistoren QS3 en QS4, en een tweede gemeenschappelijke-poortversterker bevat de transistoren QS5 en QS6. Een poortelektrode van de transistor QS1 is gemeenschappelijk verbonden met een poortelektrode van de transistor QS2 en is verbonden met 10 een afvoerelektrode van de transistor QS3. Bovendien zijn bronelektroden van de transistoren QS1 en QS2 verbonden met de positieve voedingsrailspanning Vdd. Een afvoerelektrode van de transistor QS1 is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor QN2 van de eerste 15 verschilversterker 12 en is verbonden met een bronelektrode van de transistor QS3.

Een poortelektrode van de transistor QS2 is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor QS3. Een afvoerelektrode van de transistor QS2 is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor 20 QN1, een bronelektrode van de transistor QS4 en een bronelektrode van de transistor QB4.

Bronelektroden van de transistoren QS3 en QS4 zijn met elkaar verbonden, zijn gemeenschappelijk verbonden met een poortelektrode van de transistor QB4 van de voorspanningbesturingschakeling 30 en 25 ontvangen een tweede voorspanning VB2.

Een bronelektrode van transistor QS3 is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor QS1 en een afvoerelektrode van de transistor QN2. Een afvoerelektrode van de transistor QS3 is verbonden met poortelektroden van de transistoren QS1 en QS2 en is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor QS6. De transistoren 30 QS1 en QS3 vormen een negatieve terugkoppelschakeling die een klein signaal dat door de transistor QN2 van de eerste verschilversterker 12 wordt versterkt, regelt.

Een afvoerelektrode van de transistor QS4 verbonden met een 35 afvoerelektrode van de transistor QB1 van de voorspanningbesturingschakeling 30 en een poortelektrode van de transistor QL1 van de uitgangstrapschakeling 40. De transistor QS4 is gevouwen cascode-geschakeld met de transistor QN1 van de eerste verschilversterker 12 en vormt daardoor een hoofdsignaalweg in een kleinsignaalbedrijfswijze.

De stroomsommeringschakeling 20 bevat ten minste een stroombron bijvoorbeeld twee stroombronnen 24 en 26.

De derde stroombron 24 bevat een transistor QS7. Een poortelektrode van de transistor QS7 ontvangt de

5 voorspanningbesturingspanning VS1. Een bronelektrode van de transistor QS7 is verbonden met de negatieve voedingsrailspanning Vss, en een afvoerelektrode van de transistor QS7 is verbonden met een bronelektrode van de transistor QS6 en een afvoerelektrode van de transistor QP2 van de tweede verschilversterker 14.

10 De vierde stroombron 26 bevat een transistor QS8. Een poortelektrode van de transistor QS8 is gemeenschappelijk verbonden met de poortelektroden van de transistoren QS1 en QS7, en ontvangt de voorspanningbesturingspanning VS1. Een bronelektrode van de transistor QS8 is verbonden met de negatieve voedingsrailspanning
15 Vss, en een afvoerelektrode van de transistor QS8 is verbonden met een bronelektrode van de transistor QS5, een afvoerelektrode van de transistor QP1 van de tweede verschilversterker 14 en een bronelektrode van de transistor QB2 van de voorspanningbesturingschakeling 30.

20 Een poortelektrode van de transistor QS6 is gemeenschappelijk verbonden met poortelektroden van de transistoren QB2 en QS5. De poortelektrode van de transistor QS6 ontvangt een eerste voorspanning VB1.

Een signaalweg die is samengesteld uit de transistoren QS3 en
25 QS4 sommeert stromen. Als een klein spanningsignaal wordt aangelegd aan de NEG klem, stroomt een klein signaal dat wordt gegenereerd door de transistor QN2 in de transistor QS3, en een klein signaal dat wordt gegenereerd door de transistor QP2 stroomt in de transistor QS6. Aldus worden de kleine signalen bij elkaar opgeteld in de sig-
30 naalweg die is samengesteld uit de transistoren QS3 en QS6. Als de transconductantie (gm) en de kleinsignaaluitgangsweerstand (r0) van de transistor QN2 dezelfde zijn als die van de transistor QP2 en de transconductantie (gm) en de kleinsignaaluitgangsweerstand (r0) van de transistor QS3 dezelfde zijn als die van de transistor QS6 zijn de
35 gesommeerde kleine signalen 0 op de afvoer van de transistoren QS3 en QS6.

Een afvoerelektrode van de transistor QS5 is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor QB3 van de voorspanningbesturingschakeling 30 en een poortelektrode van de transistor QO2 van de uit-

gangstrapschakeling 40. De transistor QS5 is gevouwen cascode-geschakeld met de transistor QP1 van de tweede verschilversterker 14 en vormt daardoor een hoofdsignaalweg in een kleinsignaalbedrijfswijze.

De voorspanningbesturingschakeling 30 bevat een eerste
5 voorspanningbesturingschakeling 32 en een tweede voorspanningbesturingsschakeling 34. De eerste voorspanningbesturingsschakeling 32 is geschakeld tussen de transistoren QS4 en QS8. De tweede voorspanningbesturingsschakeling 34 is geschakeld tussen de transistoren QS2 en QS5.

10 De eerste voorspanningbesturingsschakeling 32 bevat voorspanningbesturingstransistoren QB1 en QB2. Een poortelektrode van de voorspanningbesturingstransistor QB1 ontvangt de eerste besturingsspanning VC1, en een bronelektrode van de voorspanningbesturingstransistor QB1 is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor QB2.
15

Een poortelektrode van de voorspanningbesturingsstransistor QB2 ontvangt de eerste voorspanning VB1.

Een poortvoorspanning van de transistor QO1 heeft een spanningsniveau dat van tevoren is bepaald door de signaalweg die is
20 samengesteld uit de transistoren QS4, QB1 en QB2. Een poortvoorspanning van de transistor QO1 wordt bestuurd door de tweede poortspanning VB2 en de eerste besturingsspanning VC1.

De tweede voorspanningbesturingsschakeling 34 bevat voorspanningbesturingsstransistoren QB3 en QB4. Een poortelektrode
25 van de voorspanningbesturingstransistor QB3 ontvangt de tweede besturingsspanning VC2, en een bronelektrode van de voorspanningbesturingstransistor QB3 is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor QB4.

Een poortelektrode van de voorspanningbesturingstransistor QB4
30 ontvangt de tweede voorspanning VB2.

Een poortvoorspanning van de transistor QO2 heeft een spanningsniveau dat van tevoren is bepaald door de signaalweg die is samengesteld uit de transistoren QS5, QB3 en QB4. Een poortvoorspanning van de transistor QO2 wordt bestuurd door de eerste voorspanning
35 VB1 en de tweede besturingsspanning VC2.

De uitgangstrapschakeling 40 bevat de transistoren QO1 en QO2.

Een bronelektrode van de transistor QO1 is verbonden met de positieve voedingsrailspanning Vdd, en een afvoerelektrode van de transistor QO1 is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor

Q02 en de uitgangsklem VOUT van de operationele versterker. Een poortelektrode van de transistor Q01 is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor QS4 van de stroomsommeringschakeling 20 en een afvoerelektrode van de transistor QB1 van de eerste voorspanningbesturingsschakeling 32.

Een bronelektrode van de transistor Q02 is verbonden met de negatieve voedingsrailspanning Vss, en een afvoerelektrode van de transistor Q02 is verbonden met een afvoerelektrode van de transistor Q01 en de uitgangsklem VOUT van de operationele versterker.

De transistoren Q01 en Q02 hebben een gemeenschappelijke-bronconfiguratie. De voorstroom van de transistoren Q01 en Q02 wordt bepaald door de voorspanning die wordt aangelegd aan de poortelektrode van de transistoren Q01 en Q02. De operationele versterker werkt dus als een operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB.

Hierna wordt de werking van de operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB volgens een illustratieve uitvoeringsvorm van de onderhavige uitvinding beschreven.

Onder verwijzing naar Figuur 1 vormen de transistors QN1 en QN2 van de eerste verschilversterker 12 een verschilpaar, en de transistoren QP1 en QP2 van de tweede verschilversterker vormen een verschilpaar.

Bijvoorbeeld is de eerste verschilversterker 12 samengesteld uit NMOS transistoren en is de tweede verschilversterker 14 samengesteld uit PMOS transistoren. De drempelspanningen van de transistoren QN1 en QN2 kunnen dezelfde zijn als de NMOS transistoren QN1 en QN2 een aangepast transistorpaar vormen. De drempelspanningen van de transistoren QP1 en QP2 kunnen dezelfde zijn als de PMOS transistoren QP1 en QP2 een aangepast transistorpaar vormen.

Hierna wordt aangenomen dat de transistoren van de differentiele ingangstrapschakeling 10 in een verzadigingsgebied werken, en het substraateffect van de transistoren wordt genegeerd.

Ten eerste ligt het ingangspanningsbereik van de eerste verschilversterker 12 tussen Vmin1 en Vmax1. Vmin1 is een minimale waarde van de ingangspanning van de eerste verschilversterker 12 en Vmax 1 is een maximale waarde van de ingangspanning van de eerste verschilversterker 12.

(Uitdrukking 1)

$$V_{min1} = V_{ss} + \Delta c1 + V_{gsn}$$

, waarin V_{ss} de negatieve voedingsrailspanning representeert, Δc_1 de afvoer-bronspanning in een verzadigingsmode ($|V_{ds,sat}|$) van transistor QC_1 , en V_{gsn} representeert een poort-bronspanning van de transistoren QN_1 en QN_2 .

Aangezien $V_{gsn} = \Delta n + V_{tn}$ (V_{tn} representeert een drempelspanning van de transistors QN_1 en QN_2 , Δn representeert $|V_{ds,sat}|$ van de transistoren QN_1 en QN_3), wordt de uitdrukking 2 verkregen.

10 (Uitdrukking 2)

$$V_{imin1} = V_{ss} + \Delta c_1 + \Delta n + V_{tn}$$

(Uitdrukking 3)

$$V_{imax1} = V_{dd} - \Delta s_1 + V_{gdn}$$

15

, waarbij V_{dd} de positieve voedingsrailspanning representeert, en Δs_1 $|V_{ds,sat}|$ van de transistoren QS_1 en QS_2 . Aangezien de transistoren QS_1 en QS_2 aan elkaar zijn aangepast en een stroomspiegel vormen. Aldus zijn de $|V_{ds,sat}|$ van de transistoren QS_1 en QS_2 dezelfde. V_{gdn} representeert een poort-afvoerspanning van de transistoren QN_1 en QN_2 . De maximale waarde van de V_{gdn} is V_{tn} die de poort-afvoerspanning van de transistoren QN_1 en QN_2 is op het moment van afknippen.

Aldus wordt de uitdrukking 3 uitgedrukt als uitdrukking 4.

25 (Uitdrukking 4)

$$V_{imax1} = V_{dd} - \Delta s_1 + V_{tn}$$

In het algemeen is $(V_{dd} - \Delta s_1 + V_{tn})$ groter dan V_{dd} , en ligt het ingangspanningsbereik in de gemeenschappelijke mode van de eerste verschilversterker 12 tussen $(V_{ss} + \Delta c_1 + \Delta n + V_{tn})$ en V_{dd} .

30 Het ingangspanningsbereik van de tweede verschilversterker 14 ligt tussen V_{min2} en V_{max2} . V_{min2} is de minimale waarde van de ingangspanning van de tweede verschilversterker 14 en V_{max2} is de maximale waarde van de ingangspanning van de tweede verschilversterker 14.

35

(Uitdrukking 5)

$$V_{imin2} = V_{ss} + \Delta s_2 + V_{gdp}$$

Δs_2 representeert $|V_{ds,sat}|$ van de twee aangepaste transistoren QS_7 en QS_8 . V_{gdp} representeert een poort-afvoerspanning van de

transistoren QP1 en QP2. Aangezien de minimale waarde van $V_{gdp} - |V_{tp}|$ is (V_{tp} representeert een drempelspanning van de transistoren QP1 en QP2), wordt de uitdrukking 5 uitgedrukt als uitdrukking 6.

5 (Uitdrukking 6)

$$V_{imin2} = V_{ss} + \Delta s2 - |V_{tp}|$$

(Uitdrukking 7)

$$V_{imax2} = V_{dd} - \Delta c2 + V_{gsp}$$

10 , waarbij $\Delta c2$ $|V_{ds,sat}|$ van transistor QC2 representeert. V_{gsp} representeert een poort-bronspanning van de transistoren QP1 en QP2. Aangezien V_{gsp} gelijk is aan $(-\Delta p - |V_{tp}|)$, wordt uitdrukking 7 uitgedrukt als uitdrukking 8. Δp representeert $|V_{ds,sat}|$ van de transistoren QP1 en QP2.

15

(Uitdrukking 8)

$$V_{imax2} = V_{dd} - \Delta c2 - \Delta p - |V_{tp}|$$

In het algemeen is $(V_{ss} + \Delta s2 - |V_{tp}|)$ lager dan V_{ss} , en ligt het ingangsspanningsbereik in de gemeenschappelijke mode van de
20 tweede verschilversterker tussen V_{ss} en $(V_{dd} - \Delta c2 - \Delta p - |V_{tp}|)$. De voorspanningbesturingspanning V_{S1} van de transistor QC1 is $(V_{ss} + V_{tn} + \Delta n)$ en de voorspanningbesturingspanning V_{S2} van transistor QC2 is $(V_{dd} - \Delta p - |V_{tp}|)$ zodat de eerste en tweede verschilversterker 12 en 14 aan de bovenstaande uitdrukkingen voldoen.

25 De differentiële ingangstrapschakeling 10 heeft drie werkgebieden.

In een eerste bedrijfswijze ligt de ingangsspanningsbereik tussen V_{ss} en $(V_{ss} + \Delta c1 + \Delta n + V_{tn})$, zijn de transistoren QN1 en QN2 van de eerste verschilversterker 12 uitgeschakeld, en is de tweede verschilversterker 14 aangeschakeld om te werken in de verzadigingsmode.
30 Als de uitgangsweerstand van de differentiële ingangstrap 10 R_0 is in een kleinsignaalbedrijfswijze, is de laagfrequente spanningsversterking in de verschilmode G_{mp} (een transconductantie van de transistoren QP1 en QP2) $\times R_0$.

35 In een tweede bedrijfswijze ligt het ingangsspanningsbereik tussen $(V_{ss} + \Delta c1 + \Delta n + V_{tn})$ en $(V_{dd} - \Delta c2 - \Delta p - |V_{tp}|)$, zijn de eerste en tweede verschilversterkers 12 en 14 aangeschakeld, en werken de transistoren van de eerste en tweede verschilversterkers 12 en 14 in de verzadigingsmode. Dus als een transconductantie van de tran-

sistoren QN1 en QN2 in de kleinsignaal bedrijfswijze (G_{mn} is; VERT.), is de laagfrequente spanningsversterking in de verschilmode ($G_{mn} + G_{mp}$) $\times R_0$.

In een derde bedrijfswijze ligt het ingangspanningsbereik tussen ($V_{dd} - \Delta c2 - \Delta p - |V_{tp}|$) en V_{dd} , is de eerste verschilversterker 12 aangeschakeld, werken de transistoren QN1 en QN2 in de verzadigingsmode, en is de tweede verschilversterker 14 uitgeschakeld. De laagfrequente spanningsversterking in de verschilmode is $G_{mp} \times R_0$.

De kleinsignaalspanningsversterking varieert afhankelijk van de ingangspanning in de gemeenschappelijke mode, en de kleinsignaalspanningsversterking heeft niet-lineaire karakteristieken. In het geval echter dat de operationele versterker wordt gebruikt in een negatieve terugkoppelschakeling, kan de niet-lineaire karakteristiek worden veranderd in een lineaire karakteristiek als de kleinsignaalspanningsversterking groot genoeg is door het geheel van het ingangspanningsbereik in de gemeenschappelijke mode.

De operationele versterker kan dus door het gehele ingangspanningsbereik in de gemeenschappelijke mode (van V_{ss} tot V_{dd}) werken.

De voorspanningbesturingschakeling 30 is geschakeld tussen de stroomspiegelschakeling 20 en de vierde stroombron 26. De voorspanning besturingschakeling 30 bestuurt de poortvoorspanning van de uitgangstrapschakeling 40 gebaseerd op externe voorspanningbesturingsignalen VC1 en VC2. De poortvoorspanning van de uitgangstrapschakeling 40 bepaalt de statische voorstroom van de uitgangstrapschakeling 40, en de statische voorstroom van de uitgangstrapschakeling 40 kan dus door de externe voorspanningbesturingsignalen VC1 en VC2 worden bestuurd.

De derde stroombron 24 heeft een stroomputfunctie. Een voorstroom die wordt verschaft door de positieve voedingsringspanning V_{dd} vloeit in de transistoren QS3 en QS6 via de transistor QS1 van de stroomspiegel 22, en de derde stroombron 24 neemt de stroom op die vloeit langs de signaalweg die is samengesteld uit de transistoren QC2 en QP2. De transistoren QC1, QS7 en QS8 kunnen een aangepast transistorpaar zijn en de poortelektroden van de transistoren QC1, QS7 en QS8 zijn met elkaar verbonden, en aldus zijn de voorstromen die vloeien door de eerste, derde en vierde stroombronnen 16, 24 en 26 in hoofdzaak dezelfde.

De transistor QS8 van de vierde stroombron 26 neemt een voorstroom op die vloeit door de voorspanningbesturingschakeling 30. Een

voorstroom die wordt verschaft door de positieve voedingsrailspanning Vdd via de transistor QS2 wordt in twee vertakkingstromen verdeeld, waarbij de vertakkingstromen respectievelijk in de eerste en tweede voorspanningbesturingschakelingen 32 en 34 stromen om te worden
5 gecombineerd bij de afvoerelektrode van de transistor QS8, en de gecombineerde stromen vloeien in de negatieve voedingsrailspanning Vss via de transistor QS8.

Bijvoorbeeld zijn de transistoren QS4 en QB4 een aangepast transistorpaar. De poortelektroden van de transistoren QS4 en QB4
10 zijn met elkaar verbonden. De voorstroom die vloeit door de transistor QS4 is dus in hoofdzaak dezelfde als de voorstroom die door de transistor QB4 vloeit.

Bijvoorbeeld zijn de transistoren QS5 en QB2 een aangepast transistorpaar. De poortelektroden van de transistoren QS5 en QB2
15 zijn met elkaar verbonden. De voorstroom die door de transistor QS5 vloeit is dus in hoofdzaak dezelfde als de voorstroom die door de transistor QB2 vloeit.

Hierna wordt aangenomen dat de transistoren van de stroomsommeringschakeling 20, de voorspanningbesturingschakeling 30 en de
20 uitgangstrapschakeling 40 in het verzadigingsgebied werken, en dat het substraateffect van de transistoren wordt genegeerd.

Allereerst ligt het poortspanningsbereik van de uitgangstrap-
schakeling 40 tussen Vomin1 en Vomax1. Vomin1 is minimale waarde van de poortspanning van de transistor QO1, en Vomax1 is de maximale
25 waarde van de poortspanning van de transistor QO1.

(Uitdrukking 9)

$$Vomin1 = VC1 - Vgdb1$$

, waarbij Vgdb1 een poort-afvoerspanning van transistor QB1 represen-
30 teert. Aangezien de maximale waarde van Vgdb1 Vtbl1 is (Vtbl1 representeert een drempelspanning van de transistor QB1), wordt de uitdrukking 9 uitgedrukt als uitdrukking 10.

(Uitdrukking 10)

$$35 \quad Vominh1 = VC1 - Vtbl1$$

De maximale waarde Vomax 1 van de poortspanning van de transistor QO1 wordt uitgedrukt als de uitdrukkingen 11 en 12.

(Uitdrukking 11)

$$V_{\text{omax1}} = V_{B2} - V_{\text{gds4}}$$

V_{gds4} representeert een poort-afvoerspanning van de transistor QS4. Aangezien de maximale waarde van $V_{\text{gds4}} - |V_{\text{ts4}}|$ is (V_{ts4} representeert een drempelspanning van transistor QS4), wordt de uitdrukking 11 uitgedrukt als uitdrukking 12.

(Uitdrukking 12)

$$V_{\text{omax1}} = V_{B2} + |V_{\text{ts4}}|$$

Aangezien de transistoren van de eerste
10 voorspanningbesturingsschakeling 32 in de verzadigingmode werken, is VC1 hoger dan ($V_{\text{ss}} + \Delta s8 + \Delta b2 + \Delta b1 + V_{\text{tb1}}$), en is V_{B2} lager dan ($V_{\text{dd}} - \Delta s2 - \Delta s4 - |V_{\text{ts4}}|$). $\Delta s8$ representeert $|V_{\text{ds,sat}}|$ van transistor QS8, $\Delta b2$ representeert $|V_{\text{ds,sat}}|$ van transistor QB2, en $\Delta b1$ representeert $|V_{\text{ds,sat}}|$ van transistor QB1. $\Delta s2$ representeert
15 $|V_{\text{ds,sat}}|$ van transistor QS2, en $\Delta s4$ representeert $|V_{\text{ds,sat}}|$ van transistor QS4.

De poortspanning van de transistor QO1 ligt dus in een bereik tussen ($V_{C1} - V_{\text{tb1}}$) en $V_{B2} + |V_{\text{ts4}}|$.

Het poortspanningsbereik van de transistor QO2 van de uit-
20 gangstrapschakeling 40 ligt tussen V_{omin2} en V_{omax2} . V_{omin2} is een minimale waarde van de poortspanning van de transistor QO2, en V_{omax2} is een maximale waarde van de poortspanning van de transistor QO2.

(Uitdrukking 13)

$$25 \quad V_{\text{omin2}} = V_{B1} - V_{\text{gds5}}$$

V_{gds5} representeert de poort-afvoerspanning van de transistor QS5. Aangezien de maximale waarde van $V_{\text{gds5}} - V_{\text{ts5}}$ is (V_{ts5} representeert een drempelspanning van de transistor QS5), wordt uitdrukking 13 uitgedrukt als uitdrukking 14.

30

(Uitdrukking 14)

$$V_{\text{omin2}} = V_{B1} - V_{\text{ts5}}$$

(Uitdrukking 15)

$$35 \quad V_{\text{omax2}} = V_{C2} - V_{\text{gdb3}}$$

V_{gdb3} representeert de poort-afvoerspanning van de transistor QB3. Aangezien de minimale waarde van $V_{\text{gdb3}} - |V_{\text{tb3}}|$ is (V_{tb3} representeert een drempelspanning van de transistor QB3), wordt uitdrukking 15 uitgedrukt als uitdrukking 16.

(Uitdrukking 16)

$$V_{\text{omax2}} = V_{C2} + |V_{\text{tb3}}|$$

5 Aangezien de transistoren van de tweede
voorspanningbesturingsschakeling 34 in de verzadigingsmode werken, is
VC2 lager dan $(V_{\text{dd}} - \Delta s_2 - \Delta b_4 - \Delta b_3 - |V_{\text{tb3}}|)$, en VB1 hoger dan
 $(V_{\text{ss}} - \Delta s_8 - \Delta s_5 - |V_{\text{ts5}}|)$. Δs_2 representeert $|V_{\text{ds,sat}}|$ van
transistor QS2, Δb_4 representeert $|V_{\text{ds,sat}}|$ van transistor QB4 en Δb_3
10 representeert $|V_{\text{ds,sat}}|$ van transistor QB3. Δs_8 representeert
 $|V_{\text{ds,sat}}|$ van transistor QS8, en Δs_5 representeert $|V_{\text{ds,sat}}|$ van
transistor QS5.

De poortspanning van de transistor QO2 ligt dus in een bereik
tussen $(VB1 - V_{\text{ts5}})$ en $(VC2 + |V_{\text{tb3}}|)$.

15 De voorspanningbesturingsschakeling 30 bestuurt de poortvoor-
spanning van de uitgangstrapschakeling 40 gebaseerd op de externe
voorspanningbesturingsignalen VB1 en VB2 en de poort-afvoerspanningen
van de transistoren QB1, QB2, QB3 en QB4. De poortvoorspanning van de
uitgangstrapschakeling 40 bepaalt de voorstroom van de uitgangs-
20 trapschakeling 40, en de voorstroom van de uitgangstrapschakeling 40
kan dus door de externe voorspanningbesturingsignalen VB1 en VB2
worden bestuurd.

Figuren 2A en 2B zijn equivalente kleinsignaalschakelingen die
transistoren van de operationele versterker van rail-naar-rail van
25 klassen AB volgens een illustratieve uitvoeringsvorm van de onderha-
vige uitvinding, modelleren.

Figuur 2A is een equivalente kleinsignaalschakeling die de
transistoren QN1 en QS4 die een hoofdsignaalweg van het aan de POS
klem toegevoerde kleine signaal samenstellen, modelleren. In Figuur
30 2A wordt de kleinsignaalweerstand van de transistoren QS2 en QB4 ge-
negeerd.

Onder verwijzing naar Figuur 2A werken de transistoren QN1 en
QS4 in de verzadigingsmode en als een kleinsignaal v_i wordt toege-
voerd aan de poortelektrode van de transistor QN1 wordt een span-
35 ningsgestuurde stroombron $g_{\text{mN1}} \times v_i$ gegenereerd tussen de afvoer- en
bronelektroden van de transistor QN1. Een kleinsignaalweerstand r_{ON1}
is geschakeld tussen de afvoer- en bronelektroden van de transistor
QN1. g_{mN1} representeert een transconductantie van de transistor QN1.
De transistor QS4 is in gevouwen cascode-schakeling verbonden met de

transistor QN1. Een spanningsgestuurde stroombron $g_{mS4} \times v_x$ wordt gegenereerd tussen de afvoer- en bronelektroden van de transistor QS4. De v_x is een kleinsignaaluitgangspanning van de transistor QN1 en een kleinsignaalingangspanning van de transistor QS4. Een kleinsignaalweerstand r_{oS4} is parallel geschakeld aan de spanningsgestuurde stroombron $g_{mS4} \times v_x$. Als een ingangsweerstand van de transistoren die zijn verbonden met de afvoerelektrode van de transistor QS4 R_{L1} is, is een kleinsignaalspanning aan beide einden van de weerstand R_{L1} v_{01} .

Een kleinsignaalspanning V_{01} die wordt ingevoerd in de poortelektrode van de transistor QO1 kan worden uitgedrukt door uitdrukking 17 die een benadering is gebruikmakend van de aanname dat $g_{mN1} \gg 1/r_{ON1}$ en $g_{mS4} \gg 1/r_{oS4}$.

(Uitdrukking 17)

$$V_{01} = -g_{mN1} \times \{r_{ON1} \times g_{mS4} \times r_{oS4} \parallel R_{L1}\} \times v_i$$

Figuur 2B is een equivalente kleinsignaalschakeling die de transistoren QN1 en QS4 de de hoofdsignaalweg van het aan de POS klem toegevoerde kleine signaal samenstellen, modelleert.

In Figuur 2B is de kleinsignaalweerstand van de transistoren QS8 en QB2 genegeerd.

Onder verwijzing naar Figuur 2B werken de transistoren QP1 en QS5 in de verzadigingsmode en als het kleine signaal v_i wordt toegevoerd aan de poortelektrode van de transistor QP1, wordt een spanningsgestuurde stroombron $g_{mP1} \times v_i$ is gegenereerd tussen de afvoer- en bronelektroden, van de transistor QP1. Een kleinsignaalweerstand r_{oP1} is geschakeld tussen de afvoer- en bronelektroden van de transistor QP1. g_{mP1} representeert een transconductantie van de transistor QP1. De transistor QA5 is in gevouwen cascode-schakeling verbonden met de transistor QP1. Een spanningsgestuurde stroombron $g_{mS5} \times v_y$ wordt gegenereerd tussen de afvoer- en bronelektroden van de transistor QS5. De v_y is een kleinsignaaluitgangspanning van de transistor QP1 en een kleinsignaalingangspanning van de transistor QS5. Een kleinsignaalweerstand r_{oS5} is parallel geschakeld aan de spanningsgestuurde stroombron $g_{mS5} \times v_y$. Als een ingangsweerstand van de transistoren die met de afvoerelektrode van de transistor QS5 zijn verbonden, R_{L2} is, is een kleinsignaalspanning aan beide einden van de weerstand R_{L2} v_{02} .

Een kleinsignaalspanning v_{02} die wordt ingevoerd in de poortelektrode van de transistor QO2 kan worden uitgedrukt door uitdrukking

18 die een benadering is gebruikmakend van de aanname dat $g_{mP1} \gg 1/r_{OP1}$
en $g_{mS5} \gg 1/r_{OS5}$.

5 (Uitdrukking 18)

$$V_{O2} = -g_{mP1} \times \{(r_{OP1} \times g_{mS5} \times r_{OS5} \parallel R_{L2}) \times V_1$$

Figuur 3 is een equivalente kleinsignaalshakeling die de
transistoren in een uitgangstrapschakeling van de operationele ver-
sterker van rail-naar-rail van klasse AB volgens een illustratieve
10 uitvoeringsvorm van de onderhavige uitvindingmodelleert.

Onder verwijzing naar Figuur 3 wordt, als het kleine signaal
 V_{O1} aan de poortelektrode van de transistor QO1 wordt toegevoerd, een
spanningsgestuurde stroombron $g_{mO1} \times V_{O1}$ gegenereerd tussen de afvoer-
en bronelektroden van de transistor QO1. Als het kleine signaal V_{O2}
15 wordt toegevoerd aan de poortelektrode van de transistor QO2 wordt
een spanningsgestuurde stroombron $g_{mO2} \times V_{O2}$ gegenereerd tussen de af-
voer- en bronelektroden van de transistor QO2. De spanningsgestuurde
stroombron $g_{mO2} \times V_{O2}$ is parallel geschakeld aan de spanningsgestuurde
stroombron $g_{mO1} \times V_{O1}$. De kleinsignaalweerstand r_{O1} en r_{O2} zijn paral-
20 lel geschakeld aan de spanningsgestuurde stroombron $g_{mO1} \times V_{O1}$ en $g_{mO2} \times$
 V_{O2} .

r_{O1} representeert een kleinsignaalweerstand van de transistor
QO1 en r_{O2} representeert een kleinsignaalweerstand van de transistor
QO2.

25 Een kleinsignaaluitgangsspanning V_0 van de operationele verster-
ker wordt uitgedrukt door uitdrukking 19.

(Uitdrukking 19)

$$V_0 = (g_{mO1} \times V_{O1} + g_{mO2} \times V_{O2}) \times (r_{O1} \parallel r_{O2})$$

30 Zoals hierboven is beschreven besturen de externe
voorspanningbesturingsignalen VB1 en VB2 de statische voorstroom van
de uitgangstrapschakeling 40 zodat de operationele versterker van
rail-naar-rail van klasse AB een geringe bedrijfsspanning en een hoge
kleinsignaalversterking kan hebben.

35 Het aantal transistoren dat wordt gebruikt in de
voorspanningbesturingsschakeling 30 kan worden verminderd en aldus
kan het chipoppervlak dat door de operationele versterker in beslag
wordt genomen, worden verminderd.

(Uitvoeringsvorm 2)

Figuur 4 is een schakelingschema dat een operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB volgens een andere illustratieve uitvoeringsvorm van de onderhavige uitvinding toont.

5 De elementen van de schakeling van Figuur 4 zijn dezelfde als die van Figuur 1 met uitzondering van een frequentiecompensatieschakeling 410. De beschrijving van deze zelfde elementen zal daarom niet worden herhaald.

Onder verwijzing naar Figuur 4 bevat de frequentiecompensatie-
10 schakeling 410 bijvoorbeeld een eerste condensator C1 en een tweede condensator C2. De eerste condensator C1 is geschakeld tussen de afvoerelektrode van de transistor QS2 van de stroomsommeringschakeling 20 en de uitgangsklem VOUT van de operationele versterker. De tweede condensator C2 is geschakeld tussen de afvoerelektrode van de tran-
15 sistor QS8 van de stroomsommeringschakeling 20 en de uitgangsklem VOUT van de operationele versterker.

Aangezien de operationele versterker gewoonlijk wordt gebruikt in een negatieve terugkoppelschakeling wordt vereist dat de operationele versterker niet op een stabiele wijze oscilleert. Aangezien een
20 algemene operationele versterker gebruik maakt van een verschilversterker met een gemeenschappelijke-bronconfiguratie als een ingangstrapschakeling, heeft de algemene operationele versterker een voordeel van een hoge kleinsignaalversterking, maar de frequentiekenmerken van de algemene operationele versterker zijn slechter.
25 De operationele versterker volgens de illustratieve uitvoeringsvormen van de onderhavige uitvinding verschaft de gevouwen cascode-schakeling waarin de verschilversterkers (QN1 en QN2, QP1 en QP2) met de gemeenschappelijke-bronconfiguratie zijn verbonden met de transistoren QS3, QS4, QS5, QS6 met de gemeenschappelijke-poortconfiguratie.

30 De condensatoren C1 en C2 verbeteren de hoogfrequente karakteristiek van de operationele versterker. Dat wil zeggen dat de condensatoren C1 en C2 de fasemarge in het hoogfrequentgebied verbeteren.

Figuren 5A en 5B zijn bodegrafieken die de fasemarges van de
35 operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB van de onderhavige uitvinding tonen.

Figuur 5A is een bodegrafiek die de fasemarge van de operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB van Figuur 1, waarin de condensatoren C1 en C2 niet worden gebruikt, toont.

Onder verwijzing naar Figuur 5A is de fase bij de frequentie waarbij de versterking 1 (of 0 dB) is ongeveer -143° (graden). De fasemarge is dus ongeveer 37° (dat wil zeggen $180^\circ - 143^\circ$).

5 Figuur 5B is een bodegrafiek die de fasemarge van de operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB van Figuur 4, waarin de condensatoren C1 en C2 worden gebruikt, toont.

10 Onder verwijzing naar Figuur 5B is de fase bij de frequentie waarbij de versterking 1 (of 0 dB) is ongeveer -103° (graden). De fasemarge is dus ongeveer 73° (dat wil zeggen $180^\circ - 103^\circ$). De fasemarge is dus toegenomen met ongeveer 36° als de condensatoren C1 en C2 in de operationele versterker worden gebruikt. De frequentiekenarakteristiek van de operationele versterkers kan worden verbeterd door gebruik te maken van de frequentiecompensatiecondensatoren C1 en C.

15 Volgens de bovenstaande illustratieve uitvoeringsvormen van de onderhavige uitvinding, wordt de voorstroom van de uitgangstrapschakeling van de operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB door de externe voorspanningbesturingsignalen bestuurd. De operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB verschaft dus een geringe bedrijfstromen en een hoge kleinsignaalversterking. Bovendien
20 is het aantal transistoren van de voorspanningbesturingschakeling verminderd en kan het chipoppervlak van de operationele versterker worden verminderd.

Bovendien kunnen de fasekarakteristieken van de operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB worden verbeterd.

25 Terwijl deze uitvinding in het bijzonder is getoond en beschreven onder verwijzing naar voorkeursuitvoeringsvormen daarvan, zal door de vakman worden begrepen dat verscheidene veranderingen in vorm en detail daarin kunnen worden uitgevoerd zonder af te wijken van het wezen en het kader van de uitvinding zoals die door de aange-
30 hechte conclusies zijn gedefinieerd.

C O N C L U S I E S

1. Een operationele versterker van rail-naar-rail bevattende:
 - een differentiële ingangstrapschakeling bevattende een eerste verschilversterker en een tweede verschilversterker, waarbij de eerst
 - verschilversterker is verbonden met een negatieve voedingsrailspan-
 - 5 ning via een eerste stroombron, en de tweede verschilversterker is
 - verbonden met een positieve voedingsrailspanning via een tweede
 - stroombron;
 - een stroomsommeringschakeling bevattende een
 - stroomspiegelschakeling, een derde stroombron en een vierde stroom-
 - 10 bron, waarbij de stroomsommeringschakeling is geschakeld tussen de
 - positieve en negatieve voedingsrailspanningen en een uitgangsignaal
 - van de differentiële ingangstrapschakeling ontvangt;
 - een uitgangstrapschakeling die is verbonden met uitgangsklem-
 - men van de stroomsommeringschakeling voor het verschaffen van een
 - 15 versterkt verschilsignaal, waarbij de uitgangstrapschakeling is ge-
 - schakeld tussen de positieve en negatieve voedingsrailspanningen; en
 - een voorspanningbesturingschakeling die is verbonden met de
 - uitgangsklemmen van de stroomsommeringschakeling en is geschakeld
 - tussen de stroomspiegelschakeling en de vierde stroombron, waarbij de
 - 20 voorspanningbesturingsschakeling ten minste een
 - voorspanningbesturingssignaal ontvangt voor het besturen van een
 - voorspanning van ingangsklemmen van de uitgangstrapschakeling, en
 - voor het besturen van een voorstroom van de uitgangstrapschakeling,
 - waarbij de voorspanningbesturingsschakeling een eerste
 - 25 voorspanningbesturingsschakeling en een tweede
 - voorspanningbesturingsschakeling bevat, waarbij de eerste
 - voorspanningbesturingsschakeling parallel is geschakeld aan de tweede
 - voorspanningbesturingsschakeling tussen de stroomspiegelschakeling en
 - de vierde stroombron, waarbij de eerste
 - 30 voorspanningbesturingsschakeling een eerste voorspanning-
 - besturingsstransistor en een tweede voorspanningbesturingstransistor
 - bevat, waarbij een besturingselektrode van de eerste
 - voorspanningbesturingstransistor een eerste externe
 - voorspanningbesturingstransistorvoorspanning ontvangt, en een
 - 35 besturingselektrode van de tweede voorspanningbesturingstransistor
 - een eerste voorspanningbesturingstransistorbesturingspanning
 - ontvangt.

2. De operationele versterker van rail-naar-rail volgens conclusie 1, waarbij de eerste voorspanningbesturingsschakeling een eerste ingangsklemvoorspanning toevoert aan een eerste ingangsklem van de
5 uitgangstrapschakeling, waarbij de eerste ingangsklemvoorspanning een spanningsniveau heeft tussen ongeveer de eerste voorspanningbesturingstransistorvoorspanning en ongeveer de eerste voorspanningbesturingstransistorbesturingspanning.

10 3. De operationele versterker van rail-naar-rail volgens conclusie 1, waarbij de tweede voorspanningbesturingsschakeling een derde voorspanningbesturingstransistor en een vierde voorspanningbesturingstransistor bevat, waarbij een
beturingselektrode van de derde voorspanningbesturingstransistor een
15 tweede voorspanningbesturingstransistor- voorspanning ontvangt, en een besturingselektrode van de vierde voorspanningbesturingstransistor een tweede voorspanningbesturingstransistorbesturingspanning ontvangt.

20 4. De operationele versterker van rail-naar-rail volgens conclusie 3, waarbij de tweede voorspanningbesturingschakeling een tweede ingangsklemvoorspanning toevoert aan een tweede ingangsklem van de uitgangstrapschakeling, waarbij de tweede ingangsklemvoorspanning een spanningsniveau heeft tussen ongeveer de tweede voorspanningbesturingstransistorvoorspanning en ongeveer de tweede voorspanningbesturingstransistorbesturingspanning.
25

5. De operationele versterker van rail-naar-rail volgens conclusie 1, waarbij de stroomspiegelschakeling is geschakeld tussen de
30 positieve en negatieve voedingsrailspanningen, en de vierde stroombron is geschakeld tussen de negatieve voedingsrailspanning en de voorspanningbesturingschakeling.

6. De operationele versterker van rail-naar-rail volgens conclusie 5, waarbij de stroomspiegel een eerste gemeenschappelijke-poort-
35 versterker bevat die in cascode-schakeling is verbonden met de eerste verschilversterker, en de eerste gemeenschappelijke-poortversterker een eerste versterkt signaal verschaft dat behoort bij een ingangssignaal van de eerste verschilversterker.

7. De operationele versterker van rail-naar-rail volgens conclusie 6, waarbij de stroomsommeringschakeling verder een tweede gemeenschappelijke-poortversterker bevat die in cascode-schakeling is verbonden met de tweede verschilversterker, waarbij de tweede gemeenschappelijke-poortversterker een tweede versterkt signaal verschaft dat behoort bij een ingangsignaal van de tweede verschilversterker.

8. De operationele versterker van rail-naar-rail van conclusie 7, waarbij de uitgangstrapschakeling bevat:

een eerste transistor die is verbonden met een uitgangsklem van de eerste gemeenschappelijke-poortversterker voor het ontvangen van het eerste versterkte signaal voor het verschaffen van het versterkte verschilsignaal; en een tweede transistor die is verbonden met een uitgangsklem van de tweede gemeenschappelijke-poortversterker voor het ontvangen van het tweede versterkte signaal voor het verschaffen van het versterkte verschilsignaal.

9. De versterker van rail-naar-rail volgens conclusie 8, waarbij de eerste transistor is geschakeld tussen de positieve voedingsrailspanning en een uitgangsklem van de uitgangstrapschakeling, de tweede transistor is geschakeld tussen de negatieve voedingsrailspanning en de uitgangsklem van de uitgangstrapschakeling, de eerste en tweede transistoren een gemeenschappelijke-bronconfiguratie hebben, en de eerste stroomelektroden van de eerste en tweede transistoren zijn verbonden met de uitgangsklem van de uitgangstrapschakeling.

10. De versterker van rail-naar-rail volgens conclusie 1, waarbij de operationele versterker van rail-naar-rail een operationele versterker van rail-naar-rail van klasse AB is.

11. De operationele versterker van rail-naar-rail volgens conclusie 1, verder bevattende een frequentiecompensatieschakeling die is ingericht voor het compenseren van een frequentiekaracteristiek van een uitgangsignaal van de uitgangstrapschakeling, waarbij de frequentiecompensatieschakeling is geschakeld tussen een uitgangsklem van de differentiële ingangstrapschakeling en een uitgangsklem van de uitgangstrapschakeling.

12. De operationele versterker van rail-naar-rail volgens conclusie 11, waarbij de frequentiecompensatieschakeling een eerste condensator en een tweede condensator bevat, waarbij de eerste condensator is geschakeld tussen een uitgangsklem van de eerste verschilversterker en de uitgangsklem van de uitgangstrapschakeling, en de tweede condensator is geschakeld tussen een uitgangsklem van de tweede verschilversterker en de uitgangsklem van de uitgangstrapschakeling.

-o-o-o-

10

1027052

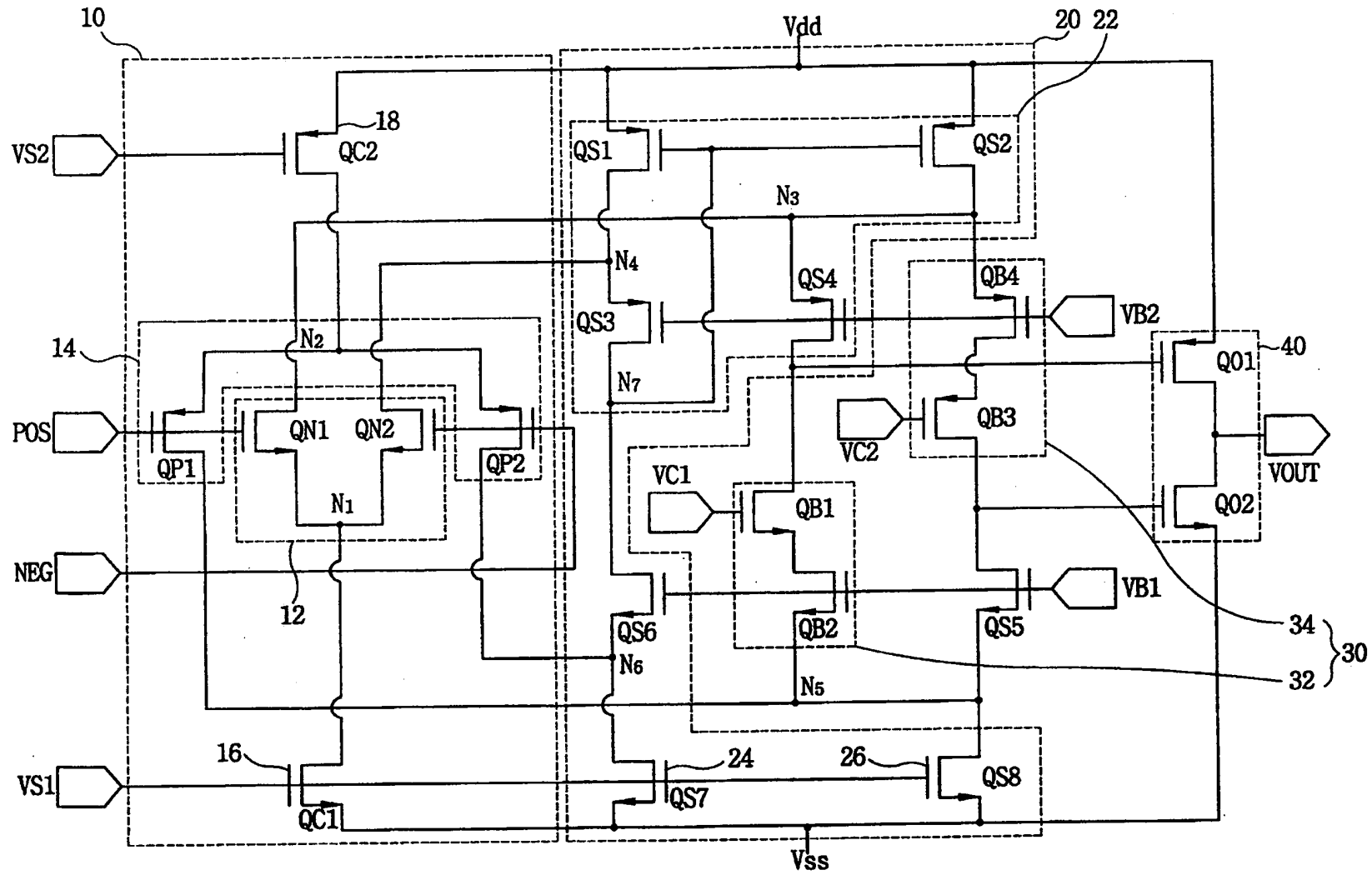


FIG. 1

FIG. 2A

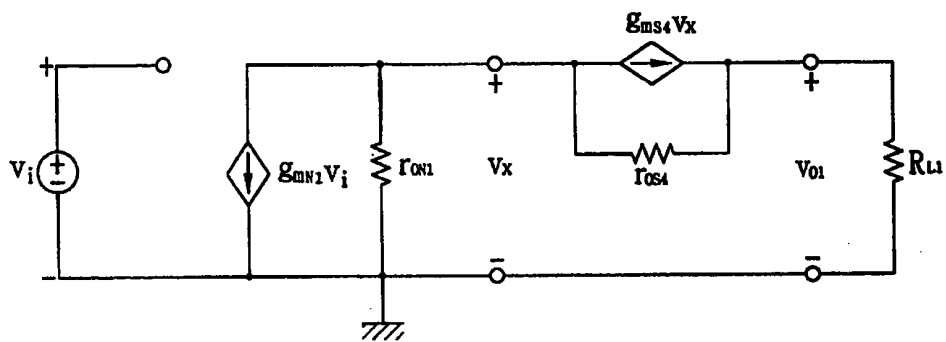


FIG. 2B

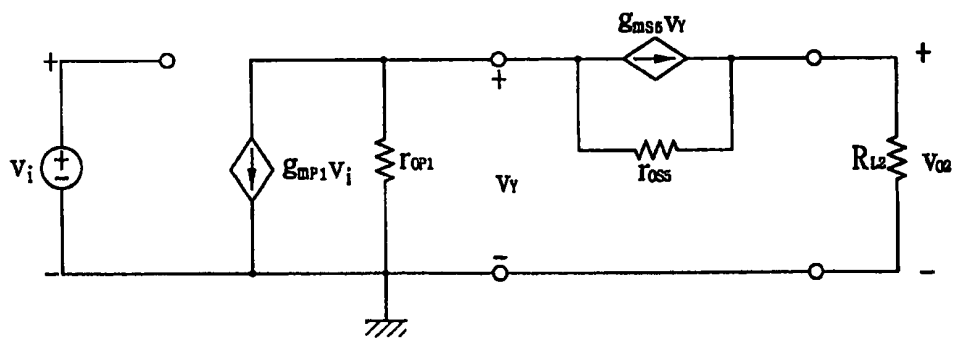


FIG. 2A

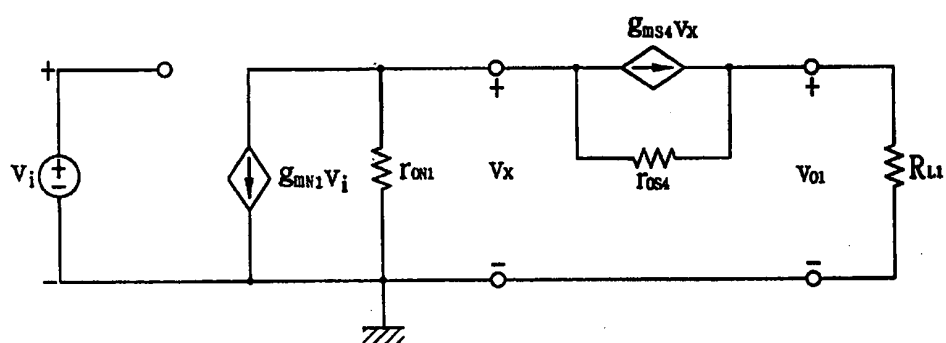


FIG. 2B

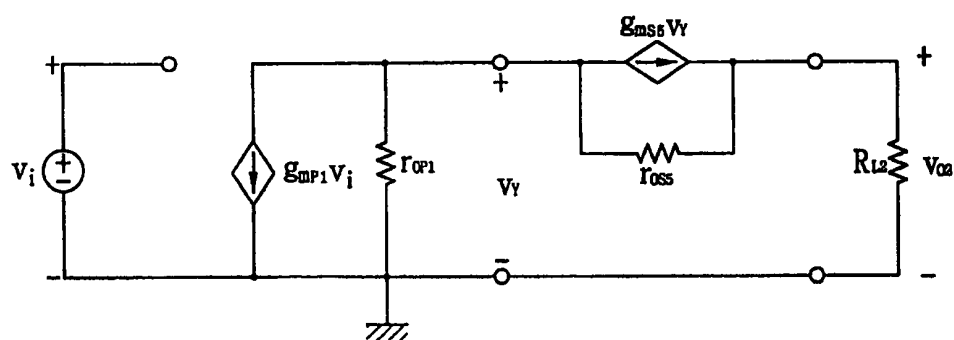
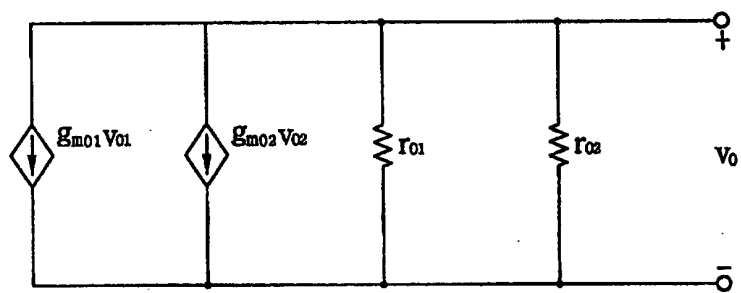


FIG. 3



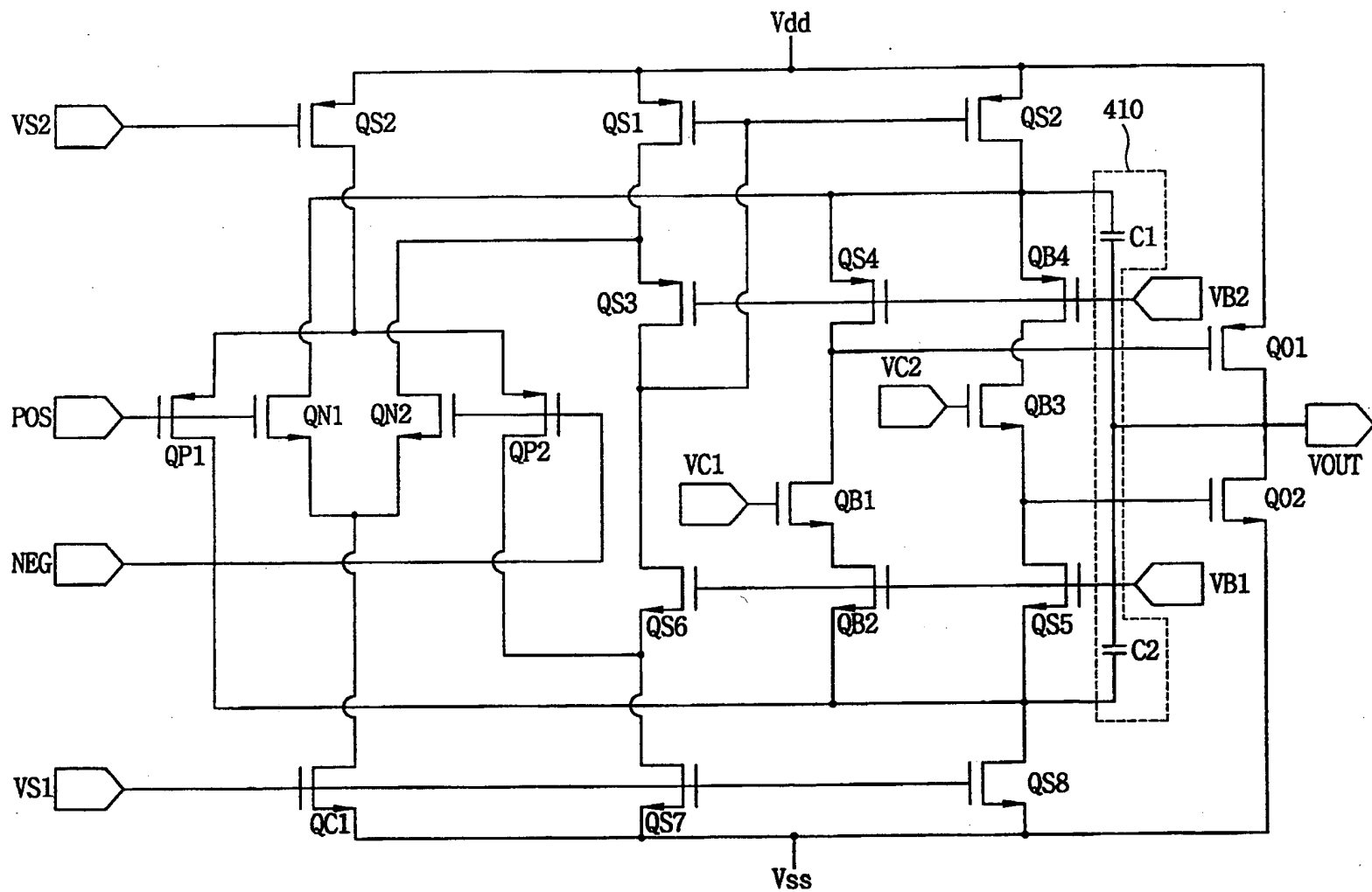


FIG. 4

1027052

FIG. 5A

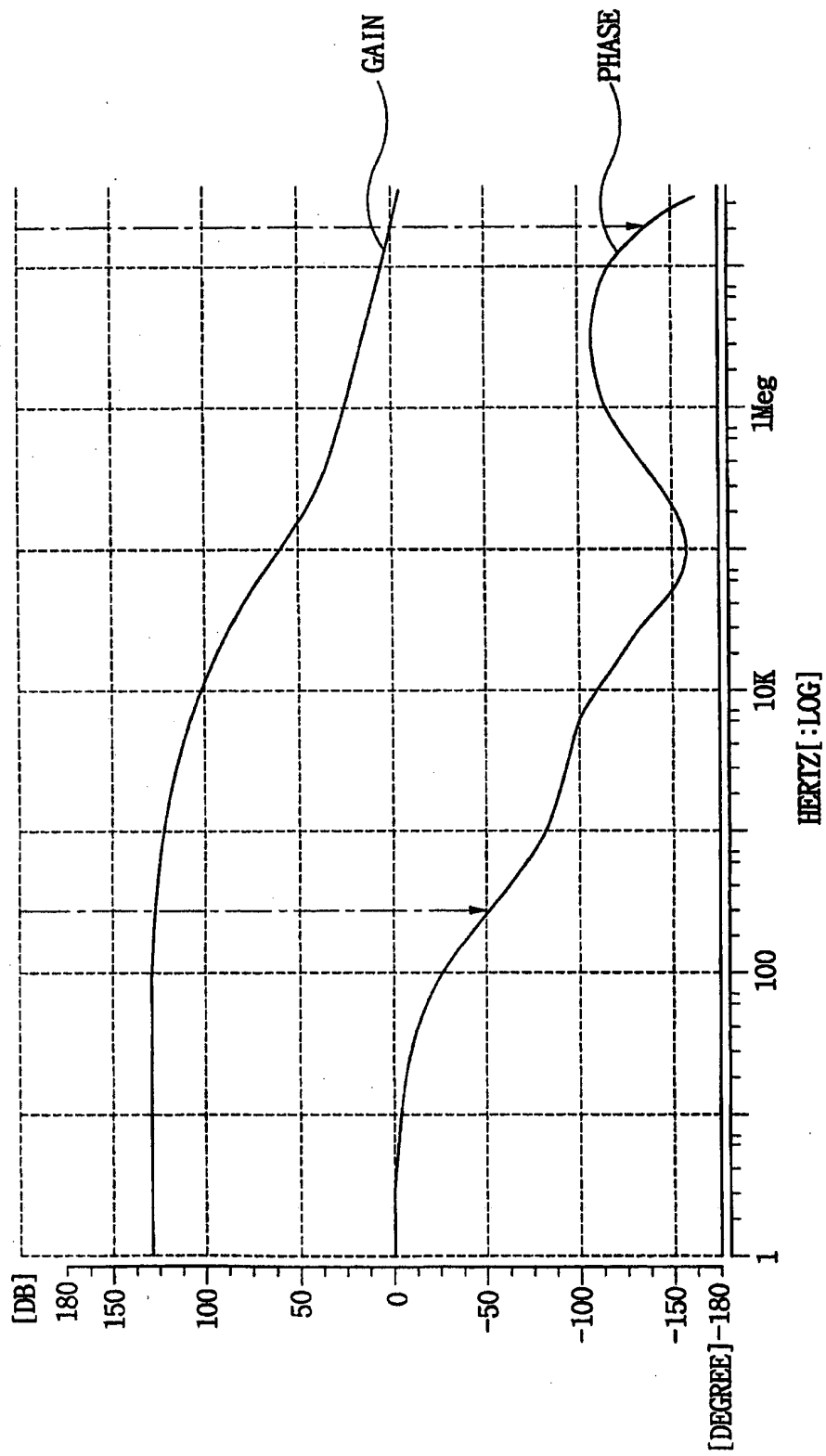
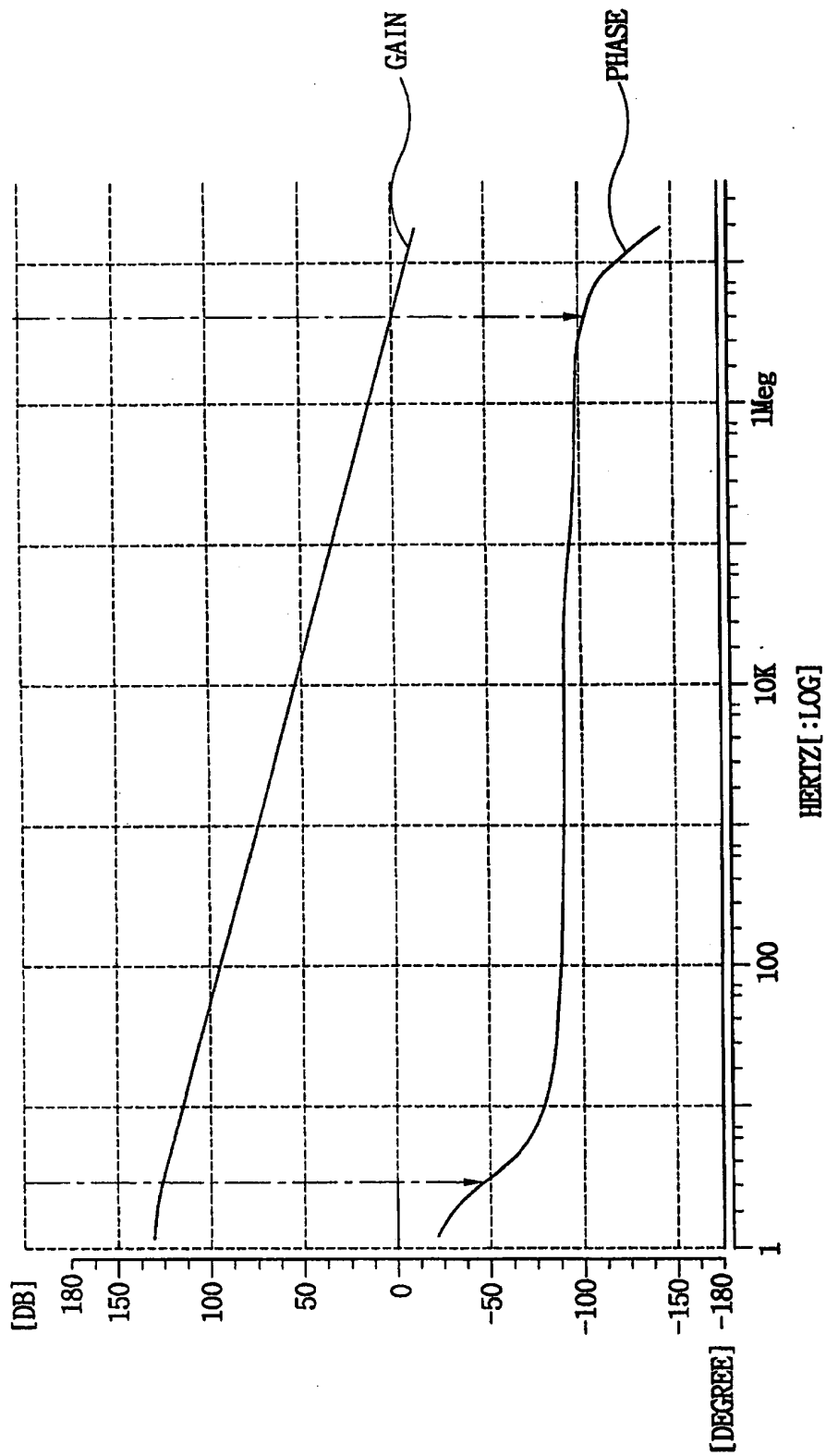


FIG. 5B





RAPPORT BETREFFENDE HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK

Octroolaanvraag Nr.:

NO 135567

NL 1027052

VAN BELANG ZIJNDE LITERATUUR			
Categorie	Vermelding van literatuur met aanduiding voor zover nodig, van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie(s)Nr.:	Internationale classificatie
X	LANGEN DE K-J ET AL: "COMPACT LOW-VOLTAGE POWER-EFFICIENT OPERATIONAL AMPLIFIER CELLS FORVLSI" IEEE JOURNAL OF SOLID-STATE CIRCUITS, IEEE INC. NEW YORK, US, deel 33, nr. 10, oktober 1998 (1998-10), bladzijden 1482-1496, XP000854248 ISSN: 0018-9200	1,2,7-12	H03F3/30 H03F1/32 H03F1/30
A	* bladzijde 1485, linker kolom, regel 24 - bladzijde 1494, rechter kolom, regel 3; figuren 4,8,13 *	3-6	
A	HOGERVORST R ET AL: "A COMPACT POWER-EFFICIENT 3V CMOS RAIL-TO-RAIL INPUT/OUTPUT OPERATIONAL AMPLIFIER FOR VLSI CELL LIBRARIES" IEEE INTERNATIONAL SOLID STATE CIRCUITS CONFERENCE, IEEE INC. NEW YORK, US, deel 37, 1 februari 1994 (1994-02-01), bladzijden 244-245,345, XP000507132 ISSN: 0193-6530 * bladzijde 244 - bladzijde 245; figuur 3 *	13,14	
			Onderzochte gebieden van de techniek
			H03F
Indien gewijzigde conclusies zijn ingediend, heeft dit rapport betrekking op de conclusies ingediend op :			
Plaats van onderzoek 's-Gravenhage		Datum waarop het onderzoek werd voltooid 22 September 2005	Vooronderzoeker (EOB) Tyberghien, G
CATEGORIE VAN DE VERMELDE LITERATUUR X : op zichzelf van bijzonder belang Y : van bijzonder belang in samenhang met andere documenten van dezelfde categorie A : achtergrond van de stand van de techniek O : verwijzend naar niet op schrift gestelde van de techniek P : literatuur gepubliceerd tussen voorrangs- en indieningsdatum T : niet tijdig gepubliceerde literatuur over theorie of principe ten grondslag liggend aan de uitvinding E : andere octroolpublicatie maar gepubliceerd op of na indieningsdatum D : in de aanvraag genoemd L : om andere redenen vermelde literatuur & : lid van dezelfde octroolfamilie, corresponderende literatuur document			

2

EOB FORM 02 83 (P0414)