



SUOMI-FINLAND
(FI)

Patentti- ja rekisterihallitus
Patent- och registerstyrelsen

(B) (11) KUULUTUSJULKAISU
UTLAGNINGSSKRIFT

87028

C (45) Patentti myönnetty
Patent mottaget 10 11 1992

(51) Kv.1k.5 - Int.c1.5

H 03G 3/30, H 04B 1/02

(21) Patenttihakemus - Patentansökning	896266
(22) Hakemispäivä - Ansökningsdag	22.12.89
(24) Alkupäivä - Löpdag	22.12.89
(41) Tullut julkiseksi - Blivit offentlig	23.06.91
(44) Nähtävaksipanon ja kuul.julkaisun pvm. - Ansökan utlagd och utl.skriften publicerad	31.07.92

(71) Hakija - Sökande

1. Nokia Matkapuhelimet, PL 86, 24101 Salo, (FI)

(72) Keksijä - Uppfinnare

1. Väisänen, Risto, Vähäsillankatu 10 B 5, 24100 Salo, (FI)

(74) Asiamies - Ombud: Berggren Oy Ab

(54) Keksinnön nimitys - Uppfinningens benämning

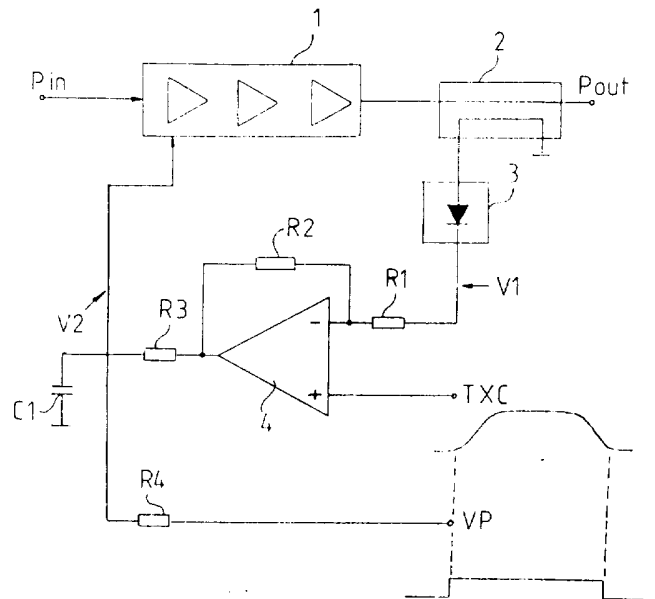
Jänniteohjatun tehovahvistimen tehonsäätömenetelmä ja menetelmässä käytettävä kytkentä
Metod för att reglera effekt hos en spänningsstyrd effektförstärkare och koppling för
användning i metoden

(56) Viitejulkaisut - Anförda publikationer

US A 4602218 (H 03G 3/30), US A 4613990 (H 04B 7/00), US A 4870698 (H 04B 17/00)

(57) Tiivistelmä - Sammandrag

Digitaalisen radiopuhelimen lähettimessä muodostetaan reunoiltaan esim. \cos^2 -muotoinen lähtöpulssi jännitesäädetyllä tehovahvistimella (4). Tunnettuja säätöpiirikytkentöjä käyttäen lähtöpulssin teho (P_{out}) nousee lähes askelmaisesti pulssin alkupäässä, mikä aiheuttaa spektrin leviämistä, ja eri tehotasojen välillä on lähtötehoalla nousuviivettä ohjauspulssiin (TXC) nähden. Keksinnön mukaisesti saadaan aikaan lähtöpulssin (P_{out}) hyvä \cos^2 -muoto ja lähes viiveetön ohjauspulssin (TXC) seuraaminen siten, että tehovahvistimen (4) säätöjännitteen (V_2) summataan kantiaaltopulssi (V_p), joka alkaa ja loppuu olennaisesti samalla hetkellä kuin ohjauspulssi (TXC). Edullisessa suoritusmuodossa kantiaaltopulssia (V_p) summataan vain sinä aikana, jona säätöjännite (V_2) on alempi kuin se jännitearvo, jolla säätöpiiri alkaa toimia.



Med en spänningsstyrd effektförstärkare (4) bildas i sändaren av en digital radiotelefon en utgångspuls som har sidor av t.ex. \cos^2 -form. Genom användning av tidigare kända styrkretskopplingar stiger utgångspulsens effekt (P_{out}) tillnärmelsevis stegvis i början av pulsen, vilket förorsakar spektralutbredning och mellan olika effektnivåer uppvisar utgångseffekten fördröjning i förhållande till en styripuls (TXC). Enligt uppfinningen åstadkoms utgångspulsens (P_{out}) bra \cos^2 -form och efterföljd av styripulsen (TXC) nästan utan fördröjning så, att i effektförstärkarens (4) styvspänning (V_2) summeras en rektangelpuls (V_p), som börjar och slutar väsentligen i samma moment som styripulsen (TXC). Enligt en föredragen utföringsform summeras rektangelpulsen (V_p) endast under den tid då styvspänningen (V_2) är lägre än det spänningsvärde, vid vilket regleringskretsen börjar fungera.

Jänniteohjatun tehovahvistimen tehonsäätömenetelmä ja menetelmässä käytettävä kytkentä - Metod för att reglera effekt hos en spänningsstyrd effektförstärkare och koppling för användning i metoden

5

Keksintö koskee menetelmää ja kytkentää, jolla tehovahvistimen lähtöpulssin muoto pysyy samanmuotoisena ohjauspulssin muodon kanssa eri tehotasoilla ja etenkin pulssin alussa.

10

Digitaalisissa radiopuhelimissa lähetys suoritetaan purskeina, jolloin lähetettävä signaali muodostuu peräkkäisistä pulsseista. Lähetyspulssin nousu ja lasku ei saa olla askelmainen, vaan nousun ja laskun täytyy olla hallittu, jotta lähetyspektri ei leviäisi liikaa, mutta kuitenkin nousu- ja laskuaikojen tulisi olla mahdollisimman lyhyet. Sopivaksi nousevaksi ja laskevaksi pulssimuodoksi on usein katsottu \cos^2 -aalto muoto. Lähetyspulssin ajoituksen täytyy lisäksi olla riippumaton lähettimen tehotasosta. Tehonsäädöllä pyritään laskemaan verkon häiriötaso ja pienentämään puhelimen tehonkulutusta ja säätö perustuu esim. GSM-järjestelmässä tukiaseman tekemiin mittauksiin. Säätöalue on mainittu järjestelmässä 30 dB ja muodostuu 16 kpl:sta tehotaso- ja välillä +43 dBm...+13 dBm.

25

Tässä selostuksessa käytetään esimerkkinä GSM-järjestelmän radiopuhelinta, mutta esitys pätee myös muihin digitaalisiin järjestelmiin, joissa lähetettävän pulssin nousun ja laskun muoto on \cos^2 tai vastaava. Tunnettu digitaalisen radiopuhelimen lähtöteho käsittää jänniteohjatun RF-tehovahvistimen, jota ohjaa säätövahvistin tehovahvistimen lähtötehon ja ohjauslogiikan mukaan. Tyypillinen tällainen GSM-radiopuhelimen lähettimen lohko kaavio on esitetty kuvassa 1. Siinä tulevat kanttiaaltopulssit P_{in} vahvistetaan halutusti ja nousultaan ja laskultaan \cos^2 -muotoon muutettuna lähtötehoiksi pulsseiksi P_{out} useampiasteisessa tehovahvistimessa 1. Lähtötehoa mitataan suuntakytkimen 2 ja tehoanturin 3 avulla, jolta saadaan tehoon verrannollinen jännite V_1 .

35

Tämä jännite viedään säätövahvistimelle 4, joka voi olla operaatiovahvistin ja säätövahvistimen toiseen tuloon tulee D/A-muuntimelta ohjauspulssi TXC. Ohjauspulssin avulla muodostetaan halutun tehoisen lähetyspulssin P_{out} amplitudi ja nousu- ja laskureunojen aaltomuodot. Jos jännite V_1 on suurempi kuin jännite TXC, säätyy tehovahvistimen 4 lähtöjännite pienemmäksi, jolloin lähtöteho luonnollisesti pienenee. Täten säätösilmukka pyrkii pitämään lähetyspulssin samanmuotoisena kuin ohjauspulssi.

10

Käytännössä tilanne on kuitenkin huomattavasti monimutkaisempi ja vaikeampi. Säätösilmukan rajataajuus ja avoimen silmukan vahvistus, jotka määräytyvät pääasiassa komponenteista R_1 , R_2 , R_3 ja C_1 , pitäisi olla suhteellisen suuret, jotta säätöpiiri ehtisi pysyä mukana myös silloin, kun ohjauspulssi TXC on pieni. Rajataajuutta ja avoimen silmukan vahvistusta ei kuitenkaan useimmiten pystytä kasvattamaan tarpeeksi suureksi, koska säätövahvistimessa 4 ja tehovahvistimessa 1 esiintyy viivettä, joka näkyy mm. avoimen silmukan vaihevasteessa. Näin ollen riittävän nopeaksi tehty säätösilmukka on yleensä käytännössä epästabiili, eli värähtelee joko vaimenevasti tai pahimmassa tapauksessa vaimenemattomasti. Jos silmukan rajataajuutta tai vahvistusta pienennetään, hidastuu säätö, eikä teho ennätä pienimmillä tehotasoilla nousta vaaditussa ajassa. Kuvissa 2a ja 2b on esitetty jännitteet V_{out} ($\approx P_{out}$), TXC ja ohjausjännite V_2 tilanteessa, jossa pulssi lähtee nousemaan kohti huippuarvoa ja jossa säätösilmukka on saatu stabiiliksi hidastamalla sitä joko rajataajuutta tai vahvistusta pienentämällä. Kuva 2a esittää tilannetta suurella tehotasolla ja kuvassa 2b pienellä tehotasolla. Jännite TXC on skaalattu samansuuriseksi tehovahvistimen lähtöjännitteen V_{out} kanssa, vaikka todellisuudessa TXC on tietysti hyvin pieni. Kuvissa jännitetaso V_3 on se säätöjännitteen V_2 arvo, jolla tehovahvistimelta 1 alkaa tulla tehoa ulos. Vuototehoa tulee jossain määrin myös tätä pienemmillä jännitearvoilla ja siksi jännitteen V_2 on lähdettävä nousemaan selvästi jännitetasoa V_3 alemmaa. Jännite V_3 riippuu myös lämpötilasta ja kanava-

35

taajuudesta. Kuvasta 2a nähdään, että tehovahvistimen lähtöpulssi ei lähde nousemaan loivahkosti nollasta ajanhetkellä $T=0$, vaan tehoa alkaa tulla vasta ajanhetkellä T_3 , jolloin teho nousee lähes askelmaisesti, kunnes säätöpiiri alkaa toimia. Maksimiteho saavutetaan hetkellä T_1 . Kuva 2b esittää tilannetta, jossa ohjauspulssin TXC taso on huomattavasti pienempi kuin kuvassa 2a. Jännitteen V_3 paikka on tällä asteikolla huomattavasti ylempänä, vaikka V_3 :n absoluuttinen arvo on sama kuin kuvassa 2a. Tehovahvistimen 1 lähtöteho alkaa nousta vasta ajan hetkellä T_4 ja on nähtävissä, ettei lähtöjännitteen V_{out} aaltomuoto juurikaan noudata ohjauspulssin TXC aaltomuotoa kuten pitäisi. Maksimiteho saavutetaan ajan ΔT myöhemmin, hetkellä T_2 , kuin suuremmilla tehotasoilla.

15

Tämän tunnetun lähettimen haittoina on edellä kuvatun mukaisesti tehovahvistimen tehon lähes askelmainen nousu pulssin alkupäässä, joka aiheuttaa spektrin leviämistä, ja tehon nousuviive (ΔT) eri tehotasojen välillä.

20

Mainitut haitat voidaan poistaa keksinnön mukaisesti siten, että tehovahvistimen säätöjännitteeseen summataan kanttiaaltopulssi, joka alkaa ja loppuu olennaisesti samalla hetkellä kuin säätövahvistimelle tuleva ohjauspulssi. Erittäin edullisessa suoritusmuodossa kanttiaaltopulssi kytkeytyy pois silloin, kun tehovahvistimen säätöpiiri alkaa toimia.

25

Keksinnön perusajatuksena on, että kanttiaaltopulssilla nostetaan tehovahvistimen säätöjännitteen arvo nopeasti heti ohjauspulssin TXC alkaessa lähelle kynnystasoa V_3 , jolla tehovahvistin alkaa toimia. Tällöin säätöpiiri pystyy toimimaan heti, kun tehovahvistimelta alkaa tulla tehoa. Mitään merkittävää viivettä ei tällöin synny eikä lähetystehon P_{out} nousu pulssin alkupäässä ole askelmainen. Kanttiaaltopulssin ja säätöjännitteen summauksesta johtuen syntyy tehovahvistimen säätösilmukan kannalta säätövahvistimen ulostuloon jännitejako, joka pienentää avoimen silmukan vahvistusta. Tämän estämiseksi on edullista järjestää asia

30

35

niin, ettei kanttiaaltopulssia V_p enää summata säätöjännitteeseen sen jälkeen, kun säätöpiiri on alkanut toimia. Keksinnön edullisessa suoritusmuodossa esitetään kytkentä, jolla tämä on järjestetty.

5

Keksintöä selostetaan yksityiskohtaisemmin viittaamalla oheisiin kuviin, jotka esittävät:

- kuva 1 tekniikan tason mukainen radiopuhelimen lähettimen periaatekaavio;
 10 kuvat 2a ja 2b jännitemuodot eri pisteissä kuvan 1 lähettimessä suurella ja pienellä tehotasolla;
 kuva 3 keksinnön mukaisen kytkennän periaate;
 kuvat 4a ja 4b jännitemuodot eri pisteissä keksinnön mukaisella kytkennällä suurella ja vast. pienellä tehotasolla; ja
 15 kuva 5 keksinnön mukaisen kytkennän edullinen suoritusmuoto.

20 Kuvia 1-2 on referoitu jo edellä tekniikan tason kuvauksen yhteydessä.

Kuvan 3 keksinnön mukaisessa kytkennässä summataan säätövahvistimen lähtöjännitteeseen V_s vastuksen R_3 jälkeen kanttiaaltopulssi V_p , jonka korkeus on suunnilleen sama kuin se jännite V_3 , jonka jälkeen tehovahvistimelta 1 alkaa tulla tehoa. Kanttiaaltopulssi alkaa olennaisesti samalla hetkellä kun ohjauspulssi TXC alkaa nousta. Tällöin kondensaattori C_1 latautuu vastuksen R_4 kautta nopeasti lähelle kynnystasoa V_3 ja tehovahvistimen säätöpiiri pystyy toimimaan heti, kun tehovahvistimelta tulee tehoa. Jos kanttiaaltopulssin V_p jännitetaso on suurempi kuin V_3 , kumoaa säätöpiiri pulsin vaikutuksen tason V_3 yläpuolella siten, että säätövahvistimen 4 lähtöjännite V_s alkaa pienentyä, kunnes kanttiaaltopulssin vaikutus säätöjännitteessä V_2 on kumottu, minkä jälkeen säätöjännite jatkaa nousuaan. Järjestely toimii, vaikka V_p ei ylittäisikään arvoa V_3 ja silloin säätövahvis-

timen lähtöjännite V_S ei tee edellä esitettyä "mutkaa" V_2 :n ylittäessä kynnystason.

5 Kuvassa 4a on esitetty vastaavat jännitekäyrät kuin kuvassa 2a. Havaitaan, että kun ohjauspulssiin TXC summataan heti sen alussa ajanhetkellä T_3 kanttiaaltopulssi V_p , nousee säätöjännite V_2 nopeasti arvoon V_3 pysyen siinä vähän aikaa, jona aikana tehovahvistin ja säätösilmukka alkavat toimia, ja lähtee sitten nousemaan säätövahvistimen 4 ulostulojännitettä noudattaen. Kuvan 4b pieniä tehotasoja esittävässä 10 käyrissä toiminta on samanlainen. Verrattaessa kuvia 4a, 4b kuviin 2a, 2b on selvästi havaittavissa, että summattaessa kanttiaaltopulssi säätöjännitteeseen V_2 ei tehovahvistimen lähtöjännitteen V_{out} alussa ole askelmaista nousua, 15 vaan jännite lähtee nousemaan ilman mitään merkittävää viivettä noudattaen hyvin TXC:n käyrämuotoa ja siis haluttua \cos^2 -käyrämuotoa. Vastaavalla tavalla lähetyspulssin lopussa kanttiaaltopulssin V_p vaikutuksesta pulssinmuoto säilyy \cos^2 -muotoisena.

20

Edellä on esitetty keksinnön peruseriaate. Käytännössä voi tietyissä tilanteissa olla haitallista käyttää kanttiaaltopulssia V_p , jonka pituus on sama kuin ohjauspulssin TXC pituus: yksinkertaisesta kanttiaaltopulssin ja säätöjännitteen vastussummauksesta johtuen syntyy tehovahvistimen 25 säätösilmukan kannalta säätövahvistimen ulostuloon jännitejako, joka pienentää avoimen silmukan vahvistusta. Tämä voitaisiin luonnollisesti kumota lisäämällä säätövahvistimen 4 vahvistusta. Se on kuitenkin mahdollista vain silloin, 30 kun säätövahvistimen vaihevara sallii vahvistuksen lisäämisen. Näin ei kuitenkaan aina ole, jolloin voidaan käyttää kuvassa 5 esitettyä keksinnön edullisen suoritusmuodon mukaista periaatteellista kytkentää. Siinä kanttiaaltopulssi V_p irrotetaan summauksesta kytkimen 5 avulla heti, kun 35 säätöpiiri alkaa toimia. Tällöin avoimen silmukan vahvistus voidaan pitää ennallaan, joten tehon säätö on nopeampi ja tarkempi kuin edellä esitettyssä peruskytkenässä. Kytkenän mukaan kanttiaaltopulssi V_p summataan säätöjännitteeseen

V_2 transistorin Q_1 avulla. Kun pulssi V_p tulee transistorin kannalle, latautuu kondensaattori C_1 nopeasti vastuksen R_4 kautta ja jännite V_2 saavuttaa nopeasti kynnsarvon, jolla tehovahvistin 1 alkaa toimia, aivan kuten aiemmin on jo esitetty. Kun nyt säätövahvistimelta 4 vastuksen R_3 kautta tuleva TXC-ohjauspulssi jatkaa nousuaan, pienenee transistorin Q_1 kannan ja emitterin välinen jännite, koska kantajännite pysyy vakiona eli jännitteenä V_p ja emitterijännite nousee. Näin ollen emitterijännitteen saavuttaessa kantajännitteen transistori lakkaa johtamasta ja vastus R_4 kytkeytyy tavallaan irti ko. kytkennästä. Ohjauspulssin TXC lopussa transistori alkaa johtaa jännitteen V_2 laskettua kynnsarvon V_3 alapuolelle, jolloin kanttiaaltopulssi V_p summautuu taas säätöjännitteeseen johtaen hallittuun lähetyspulssin muotoon.

Kynnsarvon V_3 yläpuolella silmukan vahvistus ei siis pienene summauskytkennän takia ja säätösilmukka toimii nopeasti ja tarkasti. Transistorikytkennän takia voidaan vastus R_4 mitoittaa huomattavasti pienemmäksi kuin pelkkää summauskytkentää käyttäen, minkä seurauksena voi säätöjännitteen V_2 nousu kynnsarvon V_3 tapahtua huomattavan nopeasti. Kanta-emitterijännitteen lämpötilariippuvuuden kompensoimiseksi voidaan käyttää kantajännitteen lämpökompensointikytkentää esim. tunnetulla tavalla diodin D_1 ja vastusten R_5 ja R_6 avulla.

Keksinnön mukaisella tavalla saadaan aikaan tehovahvistimen lähetyspulssin hyvä \cos^2 -muoto heti pulssin alussa ja lähes viiveetön TXC-ohjauspulssin seuraaminen. Esitetty tapa on käyttökelpoinen kaikilla tarvittavilla tehotasoilla. Käytettäessä edullisen suoritusmuodon mukaisesti summauskytkennän kytkemistä irti kynnsarvon saavuttamisen jälkeen on mahdollista päästä nopeaan ja tarkkaan tehonsäätöön. Alan ammattimiehelle on selvää, että summauskytkennän irtikytkeminen voidaan toteuttaa lukuisin eri tavoin pysyen vaatimusten suojapiirin sisällä. Kanttiaaltopulssi voidaan muodos-

taa esim. radiopuhelimen logiikkaosassa tai myös komparaattorin avulla TXC-pulssista.

5 Edellä on selostettu keksintöä sovellettuna radiopuhelimen tehovahvistimen kuvatun mukaiseen säätöpiiriin, mutta on selvää, että sitä voidaan soveltaa myös muilla tavoilla toteutettuihin säätöpiireihin.

Patenttivaatimukset

1. Menetelmä jännitesäädetyin tehovahvistimen (4) lähtöpulssin nousevan ja laskevan reunan säätämiseksi seuraamaan ohjauspulssin (TXC) käyrämuotoa, kun tehovahvistinta ohjataan säätöpiirillä, joka tuottaa lähtöpulssin tehoon (P_{Out}) verrannollisen jännitteen (V_1) avulla sekä nousevalta että laskevalta reunaltaan esim. \cos^2 -muotoisen ohjauspulssin (TXC) avulla tehovahvistimen säätöjännitteen (V_2), **tunnettu** siitä, että säätöjännitteeseen (V_2) summataan kanttiaaltopulssi (V_p), joka alkaa ja loppuu olennaisesti samalla hetkellä kuin ohjauspulssi (TXC).
2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kanttiaaltopulssin (V_p) jännitetaso on suunnilleen sama kuin se säätöjännitteen (V_2) arvo, jolla säätöpiiri alkaa toimia.
3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, **tunnettu** siitä, että kanttiaaltopulssia (V_p) summataan säätöjännitteeseen (V_2) ainoastaan sinä aikana, jona säätöjännite (V_2) on alempi kuin se jännitearvo (V_3), jolla säätöpiiri alkaa toimia.
4. KytKentä jännitesäädetyin tehovahvistimen (4) lähtöpulssin nousevan ja laskevan reunan säätämiseksi seuraamaan ohjauspulssin (TXC) käyrämuotoa, kun tehovahvistinta ohjataan säätöpiirillä, joka tuottaa lähtöpulssin tehoon (P_{Out}) verrannollisen jännitteen (V_1) avulla sekä nousevalta että laskevalta reunaltaan esim. \cos^2 -muotoisen ohjauspulssin (TXC) avulla tehovahvistimen säätöjännitteen (V_2), **tunnettu** siitä, että siihen kuuluu summauskytkentä, jossa säätöjännitteeseen (V_2) summataan kanttiaaltopulssi (V_p), joka alkaa ja loppuu olennaisesti samalla hetkellä kuin ohjauspulssi (TXC).
5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen kytkentä, **tunnettu** siitä, että siihen kuuluu kytkinelin (5), joka kytkee kant-

tiaaltopulssin (V_p) irti summauskytkennästä sinä aikana, kun säätöpiiri toimii.

5 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen kytkentä, tunnettu siitä, että kytkinelin (5) on transistorikytkentä.

10 7. Patenttivaatimuksen 4 mukainen kytkentä, tunnettu siitä, että kanttiaaltopulssin jännite (V_p) on suunnilleen sama kuin se säätöjännitteen arvo (V_3), jolla säätöpiiri alkaa toimia.

15 8. Patenttivaatimuksen 4 mukainen kytkentä, tunnettu siitä, että summauskytkentä käsittää summausvastukset (R_3 ja R_4).

Patentkrav

1. Förfarande för styrning av den stigande och sjunkande kanten av en utgångspuls från en spänningsstyrd effektförstärkare (4) att följa styrpulsens (TXC) kurvform, då
20 effektförstärkaren styrs av en styrkrets, som producerar med hjälp av en mot utgångspulsens effekt (P_{Out}) proportionell spänning (V_1) och en både vid sin stigande och sjunkande kant t.ex. \cos^2 -formad styrpuls (TXC) styrspänningen (V_2) för effektförstärkaren, kännetecknat av att i
25 styrspänningen (V_2) summeras en rektangelpuls (V_p), som börjar och slutar väsentligen i samma moment som styrpulsen (TXC).

2. Förfarande enligt patentkravet 1, kännetecknat av att
30 rektangelpulsens (V_p) spänningsnivå är ungefär densamma som det styrspänningsvärde (V_2), vid vilket styrkretsen börjar fungera.

3. Förfarande enligt patentkravet 1 eller 2, kännetecknat
35 av att rektangelpulsen (V_p) summeras i styrspänningen (V_2) endast under den tid då styrspänningen (V_2) är lägre än det spänningsvärde (V_3), vid vilket styrkretsen börjar fungera.

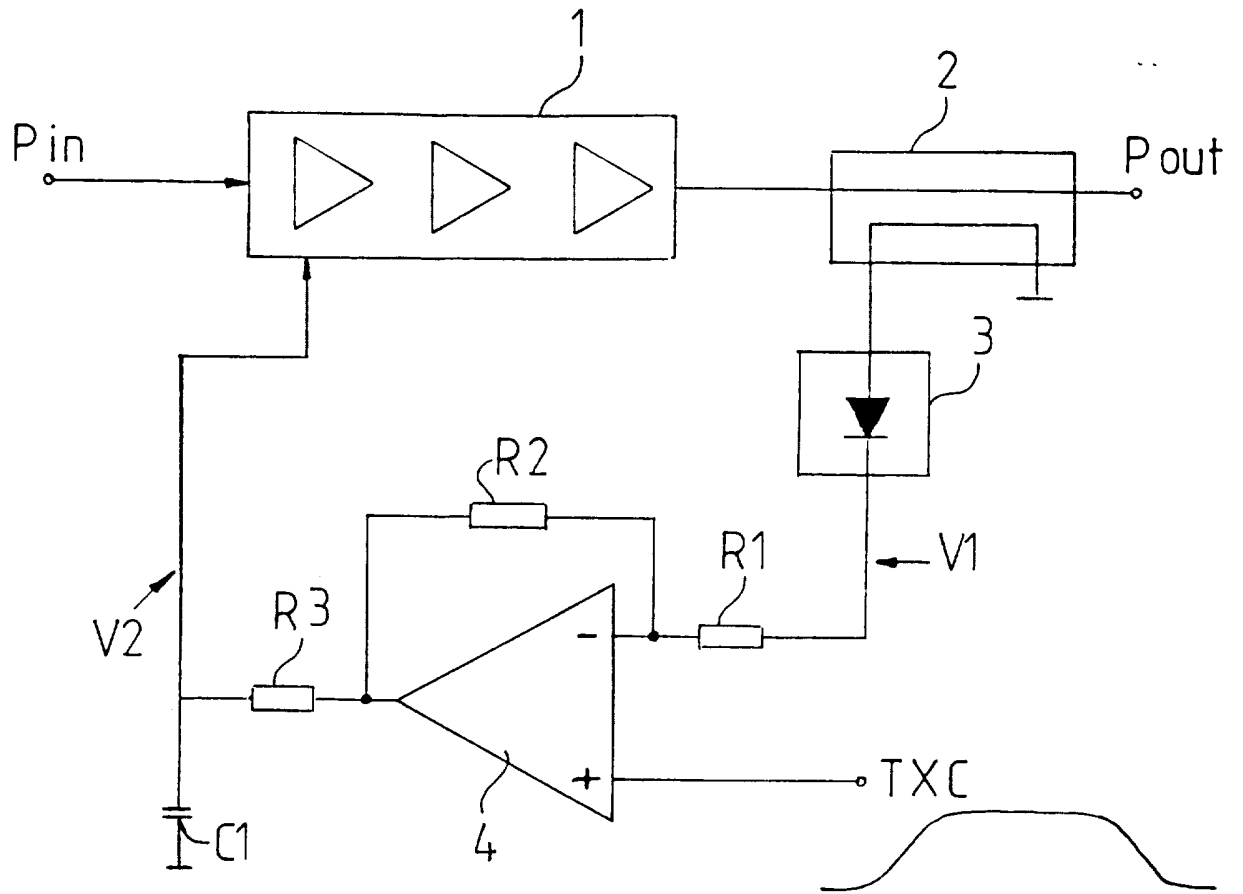
4. Koppling för styrning av den stigande och sjunkande kanten av en utgångspuls från en spänningsstyrd effektförstärkare (4) att följa styrpulsens (TXC) kurvform, då effektförstärkaren styrs av en styrkrets, som producerar med
5 hjälp av en mot utgångspulsens effekt (P_{Out}) proportionell spänning (V_1) och en till både sin stigande och sjunkande kant t.ex. \cos^2 -formad styrpuls (TXC) styrspänningen (V_2) för effektförstärkaren, kännetecknad av att den omfattar
10 en summeringskoppling, i vilken i styrspänningen (V_2) summeras en rektangelpuls (V_p), som börjar och slutar väsentligen i samma moment som styrpulsen (TXC).

5. Koppling enligt patentkravet 4, kännetecknad av att den omfattar ett kopplingsdon (5), som frånkopplar rektangelpulsen (V_p) från summeringskopplingen under den tid då
15 styrkretsen fungerar.

6. Koppling enligt patentkravet 5, kännetecknad av att kopplingsdonet (5) är en transistorkoppling.
20

7. Koppling enligt patentkravet 4, kännetecknad av att rektangelpulsens spänning (V_p) är ungefär densamma som det styrspänningsvärde (V_3), vid vilket styrkretsen börjar fungera.
25

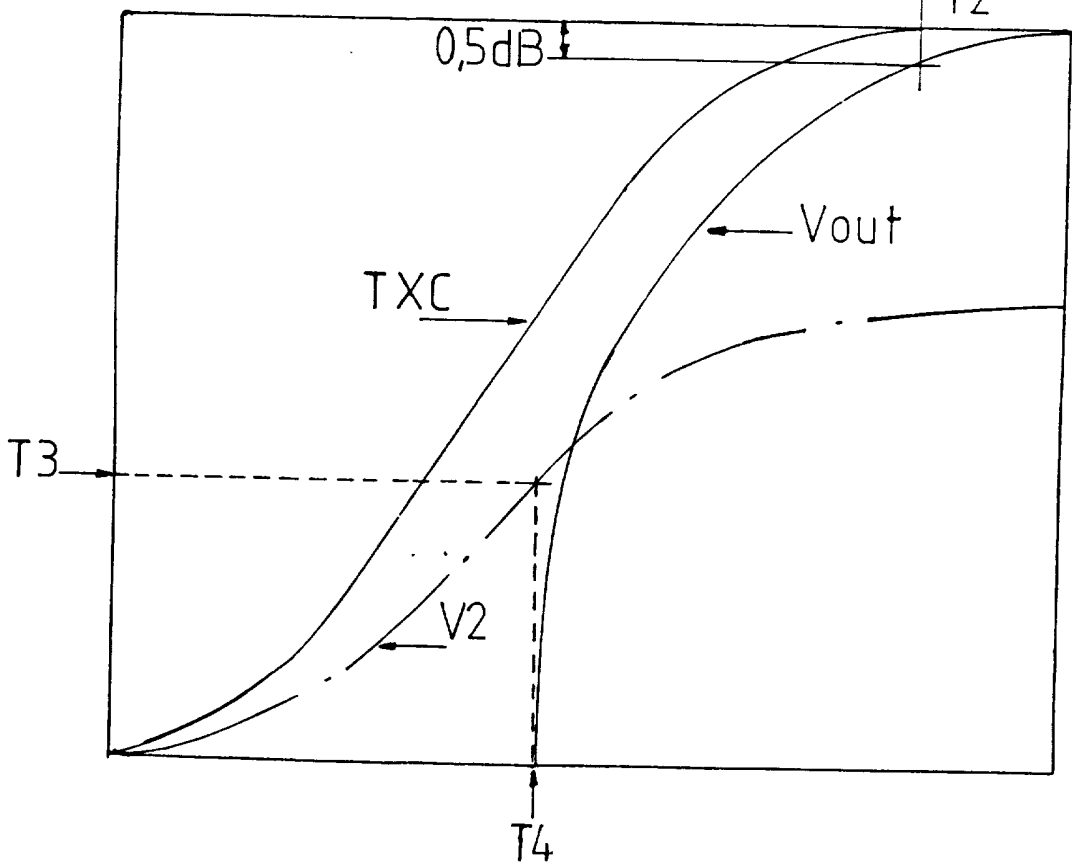
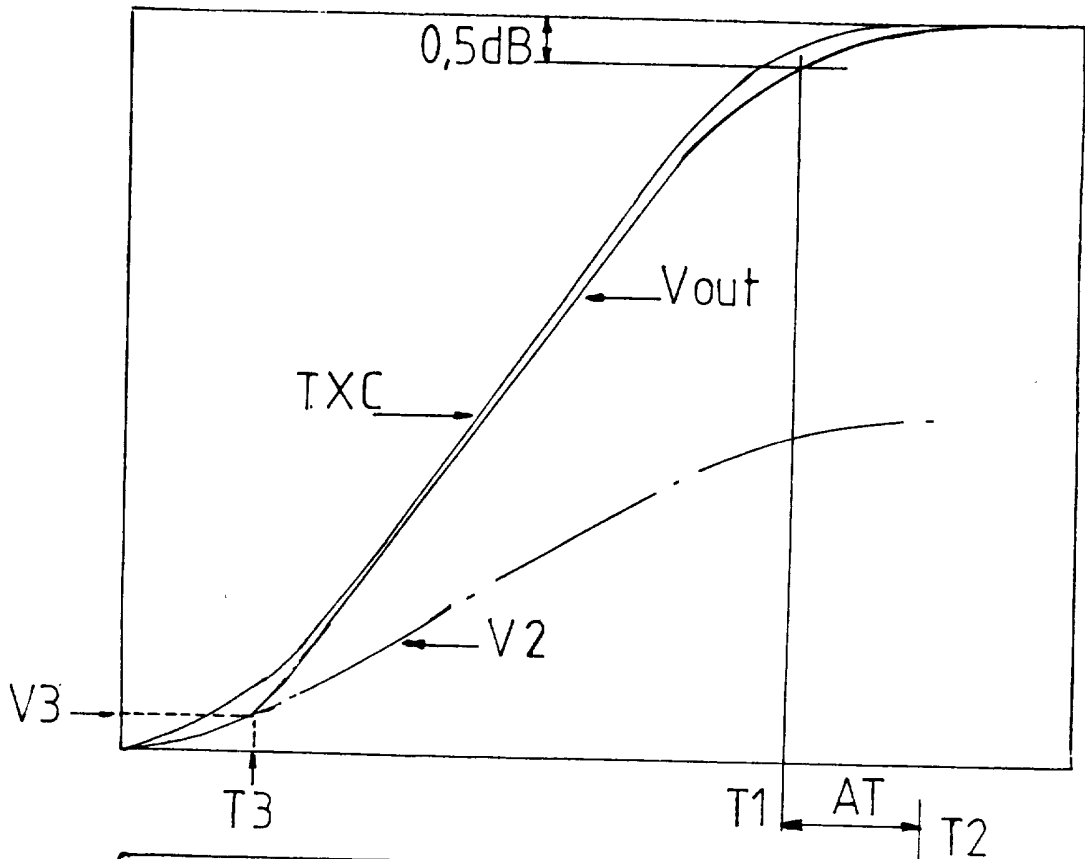
8. Koppling enligt patentkravet 4, kännetecknad av att summeringskopplingen utgöres av summeringsresistanser (R_3 och R_4).



KUVA 1

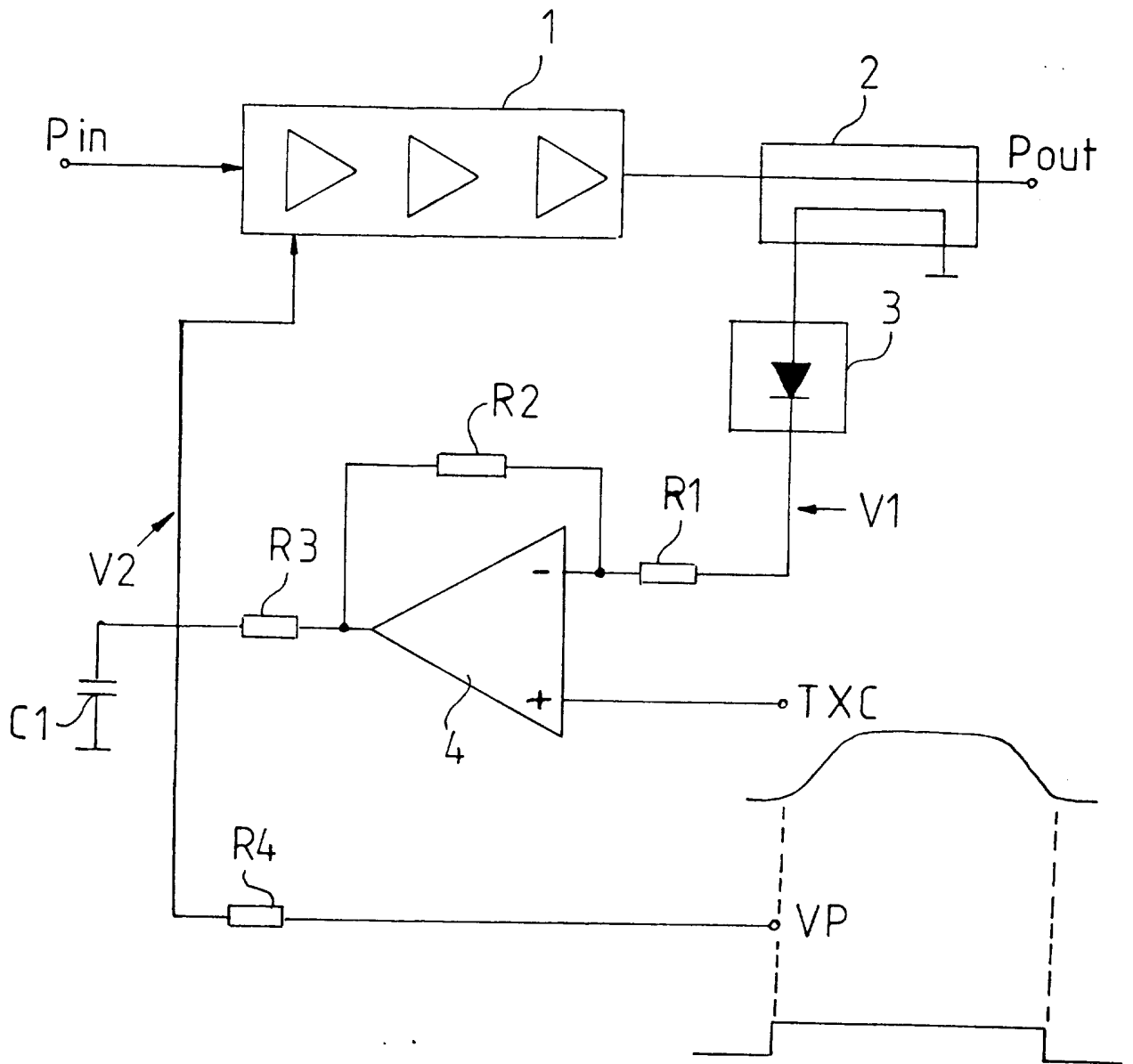
KUVA 2A

87028



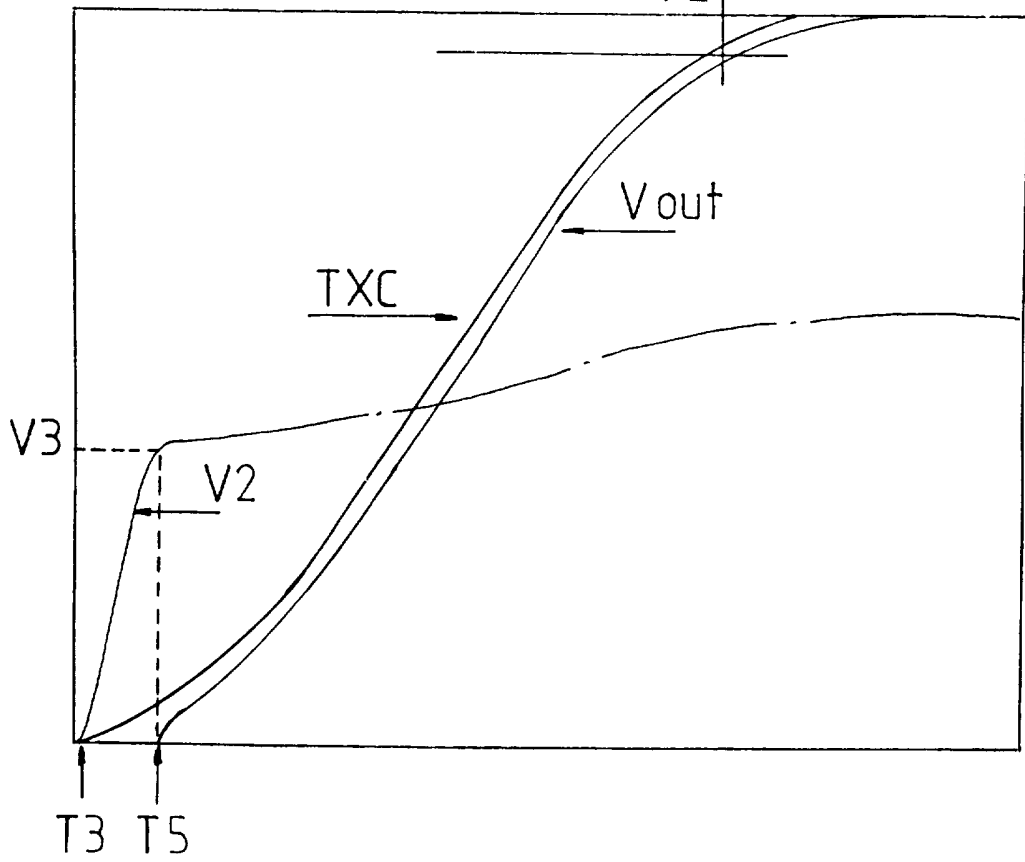
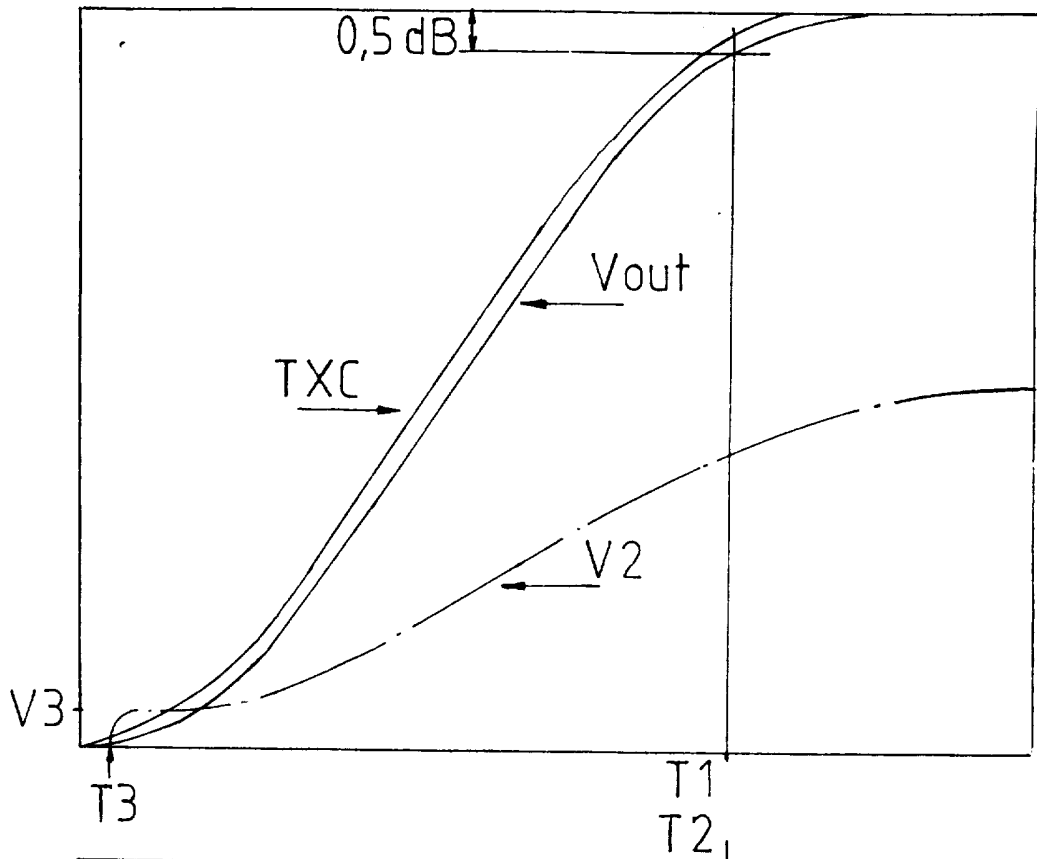
KUVA 2B

87028

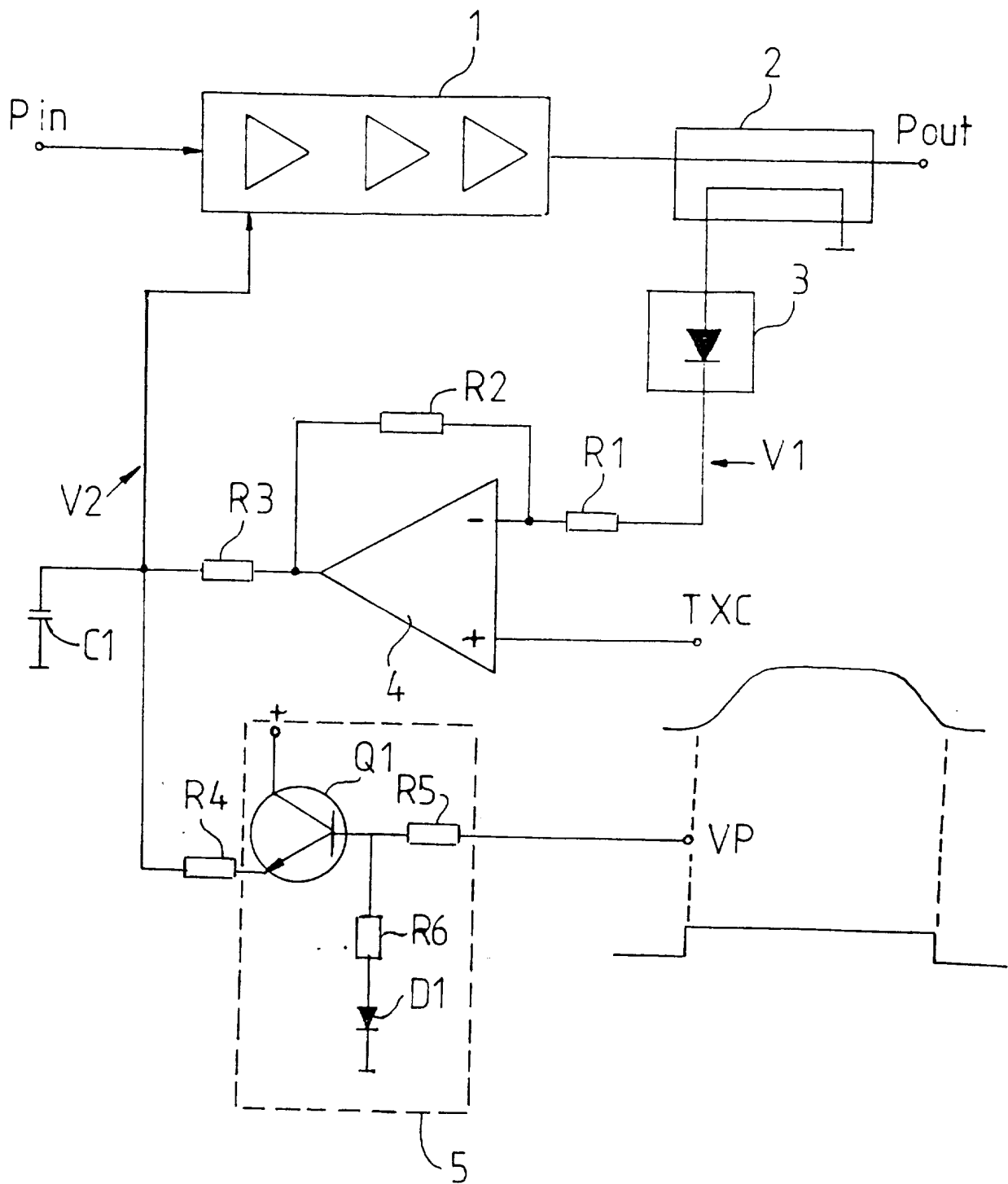


KUVA 3

KUVA 4A



KUVA 4B



KUVA 5