



ÚŘAD PRO VYNÁLEZY
A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

215510 ✓
(11) (B1)

[51] Int. Cl.³
H 03 K 13/02

[22] Přihlášeno 12 06 78
[21] (PV 3812-78)
[32] [31] [33] Právo přednosti od 13 06 77
(WP H 03 K/199 444)
Německá demokratická republika
[40] Zveřejněno 30 11 81
[45] Vydáno 15 10 84

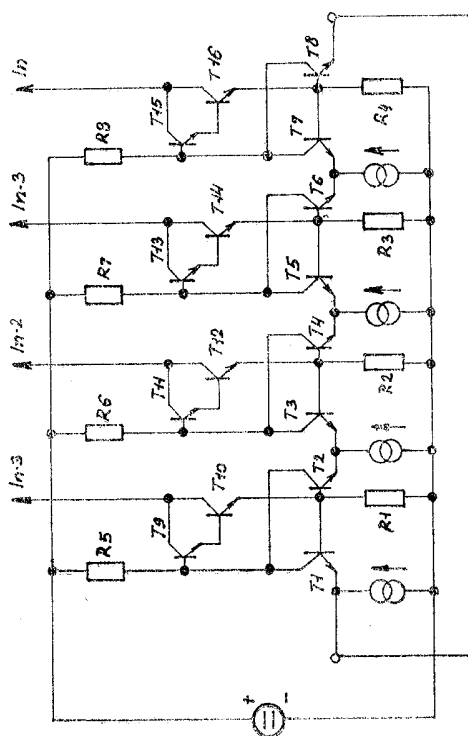
[75]
Autor vynálezu STORCH KLAUS dipl. ing., HERMSDORF (NDR)

(54) Zapojení s alespoň dvěma navzájem vedle sebe uspořádanými proudovými generátory

1

Vynález je zejména určen pro číslicově-analogové převodníky, kde je důležité, aby každý proudový generátor dodával přesně stejný proud. Oproti stavu techniky, kde každý proudový generátor buď je regulován jen sám pro sebe, nebo regulační veličina jednoho slouží jako řídicí veličina pro ostatní, se provádí regulace zde tak, že proudové rozdíly sousedních proudových generátorů jsou vyregulovány přísně symetrickými rozdílovými zesilovači a že poslední polovina rozdílového zesilovače je spojena s první polovinou zapojení, takže se provádí vzájemné ovlivňování všech proudových generátorů s tendencí vyrovnávat proudy. V důsledku toho tekou jen velmi nepatrné proudy rozdílovými zesilovači, takže malá chybová napětí se převedou na proudové rozdíly.

2



Vynález se týká zapojení s více navzájem vedle sebe uspořádanými proudovými generátory, které je především určeno pro číslicově — analogové převodníky. Rozdíly v proudech jednotlivých proudových generátorů mají být proto co nejmenší. Dále je žádoucí, aby vnitřní odpor proudových generátorů byl co největší.

Je známo zapojení s více stejnými tranzistory zapojenými se společným emitorem jako proudovými generátory, z nichž jeden je řízen napětím, odebíraným z měřicího odporu a prostřednictvím operačního zesilovače, přičemž druhé tranzistory jsou řízeny ze společné přípojnice, na které je potenciál báze. Toto řešení může při výhodném uspořádání tranzistorů zmenšit teplotní drift, avšak příslušná absolutní hodnota proudů je určena tolerancemi emitorového napětí U_{BE} a rozdílového proudového zesílení. Rozšíření na Darlingtonovo zapojení zvětšuje absolutní chybu, která se vyvolá tolerancemi emitorového napětí U_{BE} a která je při středních proudech již podstatná. Komplementární Darlingtonovo zapojení zlepšuje tuto vlastnost jen nepatrně. Jestliže se uvedená chyba odstraní výběrem transitorů, pak zůstane poměrně malý vnitřní odpor jednoduchého proudového zdroje.

Osvědčilo se, jestliže se teplotní drift u takovýchto zapojení kompenzuje regulačním způsobem, přičemž se teplotě, jako nezávislé proměnné přiřadí odpovídající průběh referenčního napětí. Toto je však s úspěchem použitelné jen u malých proudových generátorů s přísně identickým průběhem chybových teplot, tedy u monolitických zapojení.

Každý jednotlivý proudový generátor se může opatřit regulačním obvodem. Použije-li se k tomu operační zesilovač s nepatrným řídicím napětím a dodatečným zesílením, pak jako hlavní nedostatek se jeví jen vysoké náklady na realizaci. Jestliže se použije jednoduchý rozdílový zesilovač, pak při provozních praktických podmínkách není přesnost příliš vysoká. Příčina spočívá v nesyntetizovatelnosti rozdílového stupně, vznikající v důsledku regulace, což se projeví také jako chybové napětí, jestliže oba tranzistory jsou absolutně stejné.

Cílem vynálezu je vytvořit nenákladné zapojení s více stejnými proudovými generátory, zejména pro číslicově-analogové převodníky.

Úkolem vynálezu je, vyrovnat proudy více navzájem vedle sebe uspořádaných identických proudových generátorů i při rozptylu charakteristických hodnot konstrukčních prvků, pomocí zvláštního zapojení s využitím té skutečnosti, že u různých mikroelektronických technologií lze relativní chyby snadněji zvládnout než-li absolutní chyby.

Výše uvedené nedostatky odstraňuje zapojení s alespoň dvěma navzájem vedle sebe uspořádanými proudovými generátory s měřicími odpory, na kterých je snímán na-

pětí, úměrné proudu a se vstupy pro řízení tohoto proudu pomocí napětí, řešen tím, že první tranzistory zapojené ve dvojicích tvoří rozdílové zesilovače, přičemž vždy báze dvou sousedních prvních tranzistorů rozdílových zesilovačů jsou společně připojeny na měřicí odpor a příslušné kolektory prvních tranzistorů jsou společně připojeny na bázi druhých tranzistorů, které společně s třetími tranzistory tvoří proudové generátory a vnější první tranzistory rovněž tvoří rozdílový zesilovač.

Podstatná výhoda pro funkci tohoto zapojení spočívá v tom, že předně každý proudový generátor není zapojen na referenční napětí a přitom každá chyba se nemusí udržovat malá jako absolutní problém při přeměně napětí — proud, nýbrž že se proud porovnává vždy se stejným dalším proudem a tento rozdíl se regulováním vyrovnává. Jestliže je požadovaná kromě relativní přesnosti také stabilní absolutní hodnota proudu, pak postačí jako obvykle, porovnat proud s rozdílovým prvkem. K tomu potřebný jediný rozdílový zesilovač musí mít dostatečně malý vstupní proud, aby se neporušila symetrie zapojení.

Vynález bude v dalším textu blíže vysvětlen na příkladu provedení, znázorněném na výkresu.

Na výkresu je znázorněno zapojení se čtyřmi proudovými generátory, uspořádanými podle vynálezu navzájem vedle sebe. Je zřejmé, že jejich počet se může libovolně rozšířit, aniž by tím utrpěla přesnost zapojení. Proudové generátory pro proudy I_{n-3} až I_n jsou tvořeny tranzistory T_9 až T_{15} vodičového typu npn v Darlingtonově zapojení. Proud I_{n-3} až I_n jsou řízeny pomocí napětí z úbytku na odporech R_5 až R_8 a na měřicích odporech R_1 až R_4 jsou měřitelné jako napětí. Pomocí prvních tranzistorů $T_2 + T_3$ až $T_8 + T_1$ zapojených ve dvojicích jako symetrické rozdílové zesilovače jsou vytvářeny regulační obvody, které však neregulují v závislosti na referenčním napětí, nýbrž regulují vždy tak, aby proudová difference vždy dvou sousedních proudových generátorů byla nula. Protože zapojení je v důsledku obou vnějších prvních tranzistorů T_1 a T_8 kruhově uzavřeno, přičemž oba vnější první tranzistory T_1 a T_8 vytvářejí rovněž kompletní symetrický rozdílový zesilovač, existuje mezi všemi proudovými generátory regulující funkce s tendencí, vyrovnávat proudové rozdíly na nulu. První tranzistory $T_2 + T_3$ až $T_8 + T_1$ zapojené ve dvojicích jako symetrické rozdílové zesilovače, jsou přitom symetricky zatěžovány a to i tehdy, jestliže by se mělo měnit provozní napětí nebo referenční napětí jako absolutní hodnoty. Této relativní souhlasnosti proudů se dosáhne následujícími vlastnostmi:

1. Přísná symetrie zapojená u všech proudových generátorů s regulačním stupněm.
2. Pro stejné odpory R_1 až R_4 by se prou-

dový rozdíl mezi dvěma stupni bez rozdílových zesilovačů určil jako obvykle pomocí rozdílů emitorového proudu U_{BE} Darlingtonova stupně. Tyto jsou při jmenovitém proudu příliš vysoké. Prvními tranzistory **T2** + **T3** až **T8** + **T1** zapojenými ve dvojicích jako symetrické rozdílové zesilovače protéká podstatně menší proud, čímž dochází jen k nepatrné chybě. Pomocí zesílení, které je v podstatě určeno odpory **R5** až **R8**, se tato malá napěťová chyba převede, až na malou regulační odchylku, na proudové rozdíly. Tím je odstraněna nevýhoda Darlingtonova

uspořádání a může se využít velké proudové zesílení, případně větší vnitřní odpor.

V důsledku použití tranzistorů vodivostního typu npn je zapotřebí vhodné pro provedení integrovanou technikou mimo měřících odporů **R1** až **R4**, které se pro větší přesnost mohou realizovat pomocí tenkovrstvé techniky.

Při menších požadavcích na shodnost proudů je možné, zařadit, při zachování principu vzájemné stabilizace, vždy dva proudové generátory do regulačního obvodu rozdílového zesilovače.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Zapojení s alespoň dvěma navzájem vedle sebe uspořádanými proudovými generátory s měřicími odpory, na kterých je odebíratelné napětí, úměrné proudu a se vstupy pro řízení tohoto proudu prostřednictvím napětí, zejména pro číslicově-analogové převodníky, vyznačující se tím, že první tranzistory (**T1** až **T8**) zapojené ve dvojicích tvoří rozdílové zesilovače, přičemž vždy báze dvou sousedních prvních tranzistorů (**T1** až **T8**) roz-

dílových zesilovačů jsou společně připojeny na měřicí odpor (**R1**, **R2**, **R3**, **R4**) a příslušné kolektory prvních tranzistorů (**T1** až **T8**) jsou společně připojeny na bázi druhých tranzistorů (**T9**, **T11**, **T13**, **T15**), které společně s třetími tranzistory (**T10**, **T12**, **T14**, **T16**) tvoří proudové generátory a vnější první tranzistory (**T1** a **T8**) rovněž tvoří rozdílový zesilovač.

1 list výkresů

