



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

(21) PV 8137-87.Y
(22) Přihlášeno 13 11 87

(40) Zveřejněno 11 04 89
(45) Vydáno 13 07 90

266 540

(11)

(13) B1

(51) Int. Cl.⁴
H 03 M 1/66

(75)

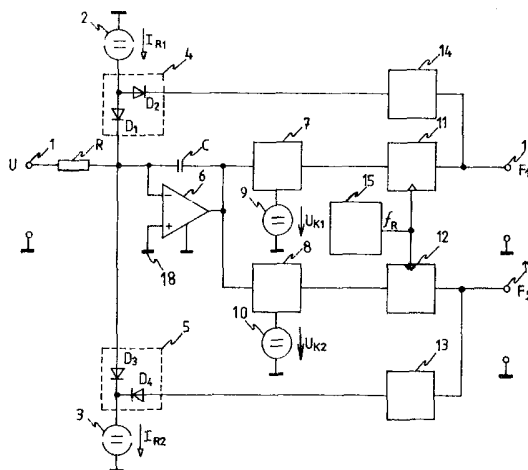
Autor vynálezu

VRBA KAMIL ml. doc. ing. CSc., MIŠUREC JIŘÍ ing., BRNO

(54)

Přesný převodník napětí na kmitočet s oddělenými výstupy
pro kladné a záporné vstupní napětí

(57) Zapojení se týká přesného převodníku napětí na kmitočet s oddělenými výstupy pro kladné a záporné vstupní napětí. Podstatou řešení je, že vstupní napětí se integruje v integrátoru s operačním zesilovačem. Je-li na vstupní svorku přivedeno záporné napětí, je v činnosti první komparátor, který při dosažení komparační úrovně uvolní blokovací vstup prvního časovacího obvodu. Po příchodu hrany signálu o referenčním kmitočtu, který je produkován zdrojem referenčního kmitočtu, se generuje impuls přesně definované délky. Po dobu trvání impulsu je pomocí prvního převodníku napětových úrovní sepnut první elektronický spínač tvořený diodami a integrační kapacitor se vybíjí konstantním proudem z prvního zdroje referenčního proudu. Celý proces se neustále opakuje, přičemž kmitočty impulsů na výstupu časovacího obvodu je přímo úměrný vstupnímu napětí. Podobně zapojení pracuje, přivedeme-li na vstupní svorku napětí kladné polarity. V činnosti je však nyní druhá větev tvořená druhým komparátorem, druhým časovacím obvodem, druhým převodníkem napětových úrovní, druhým elektronickým spínačem s diodami a druhým zdrojem referenčního proudu. Zapojení má obecné užití a lze ho aplikovat všude tam, kde je zapotřebí vysoce přesný převod napětí na kmitočet s výstupy oddělenými podle polarity vstupního napětí. Zejména je vhodné jako vstupní převodník v multimetrech, číslicových korelátoch či spektrálních analyzátoch, číslicových integrátorech apod.



CS 266 540 B1

Vynález se týká přesného převodníku napětí na kmitočet s oddělenými výstupy pro kladné a záporné vstupní napětí.

Je známo několik způsobů zapojení, které umožňují převést vstupní napětí na kmitočet a současně rozlišují, zda vstupní napětí je kladné nebo záporné polarity. Nejčastěji se používají dva komplementární převodníky, z nichž každý je určen pouze pro jednu polaritu vstupního napětí. Vlastní převodníky napětí na kmitočet pracují obvykle s řízením kmitočtu multivibrátoru pomocí proudu úměrného vstupnímu napětí, nebo pro přesnější účely se užívají převodníky se zpětnou vazbou obsahující integrátor, komparátor a časovací obvod, který určuje dobu vybíjení integračního kapacitoru definovaným proudem.

Nevýhodou je značná obvodová náročnost, protože každá větev obsahuje kompletní obvodové uspořádání převodníku napětí na kmitočet.

Jinou možností jak zpracovat vstupní napětí převodníku obou polarit, je přičíst ke vstupnímu signálu napětí větší než nejvyšší převáděné napětí a tak posunout převodní charakteristiku. Nulovému vstupnímu napětí pak odpovídá určitý střední kmitočet. Podle polarity vstupního napětí se kmitočet výstupního signálu vůči střednímu kmitočtu sníží nebo zvýší. Rozdělování výstupního signálu podle polarity pak provádí napěťový nebo kmitočtový komparátor, který přepíná demultiplexer zařazený za výstupem převodníku.

Nevýhodou je, že nulovému vstupnímu napětí odpovídá střední kmitočet, který je nutno obvykle před dalším zpracováním v dalších obvodech odečíst.

Nejjednodušší známé uspořádání převodníku napětí na kmitočet se dvěma samostatnými výstupy pro kladné a záporné vstupní napětí využívá integrace vstupního napětí v integrátoru. Výstupní napětí integrátoru se sleduje komparátory a podle toho zda je vstupní napětí převodníku kladné nebo záporné se do sčítacího bodu integrátoru připojí přes rezistor po definovanou dobu zdroj kladného či záporného referenčního napětí, čímž dojde k vybíjení nebo naopak při opačné polaritě vstupního napětí k nabíjení integračního kapacitoru definovaným proudem. Celý proces se neustále opakuje a jeho četnost je přímo úměrná vstupnímu napětí.

Nevýhodou je, že elektronické spínače používané pro připojování zdrojů referenčního napětí vykazují v sepnutém stavu nenulový odpor, který se navíc mění v závislosti na protékajícím proudu a okolní teplotě. Z důvodů vyšší rychlosti spínání se užívají diodové spínače, u kterých je zapotřebí ještě vykompenzovat tzv. prahové napětí. Teplotní závislost prahového napětí diod se obvykle beze zbytku vykompenzovat nedá. Stejně tak se při použití tranzistorových spínačů nedá zcela vykompenzovat teplotní závislost odporu sepnutého spínače.

Lepších výsledků se dosahuje u podobného zapojení, které však pro vybíjení či nabíjení integračního kapacitoru využívá přímo zdrojů referenčního proudu. Tím odpadají potíže s reálnými vlastnostmi spínačů.

Do popředí pak vystupuje jiná nevýhoda tohoto uspořádání a to, že přesnost převodu závisí na citlivosti použitých komparátorů a na stabilitě časové konstanty monostabilních klopných obvodů určujících dobu, po kterou se bude integrační kapacitor nabíjet či při opačné polaritě vstupního napětí vybíjet ze zdroje referenčního proudu.

Uvedené nevýhody do značné míry odstraňuje zapojení přesného převodníku napětí na kmitočet s oddělenými výstupy pro kladné a záporné vstupní napětí podle vynálezu, jehož podstatou je, že k invertujícímu vstupu operačního zesilovače je přes rezistor připojena vstupní svorka, dále tamtéž je připojena katoda první diody prvního elektronického spínače a anoda první diody druhého elektronického spínače a taktéž první konec integračního kapacitoru, který je svým druhým koncem spojen s výstupem operačního zesilovače. Neinvertující vstup operačního zesilovače je spojen se společným vodičem a výstup operačního zesilovače je spojen s prvním vstupem prvního komparátoru a rovněž s prvním vstupem druhého komparátoru. Přitom druhý vstup prvního komparátoru je

spojen se zdrojem prvního komparačního napětí a druhý vstup druhého komparátoru je spojen se zdrojem druhého komparačního napětí. Výstup prvního komparátoru je propojen s blokovacím vstupem prvního časovacího obvodu a obdobně výstup druhého komparátoru je propojen s blokovacím vstupem druhého časovacího obvodu, přičemž hodinové vstupy prvního a druhého časovacího obvodu jsou spojeny se zdrojem referenčního kmitočtu. Dále výstup prvního časovacího obvodu je spojen s první výstupní svorkou a rovněž se vstupem prvního převodníku napěťových úrovní, jehož výstup je propojen s katodou druhé diody prvního elektronického spínače. Anody obou diod prvního elektronického spínače jsou spojeny s prvním zdrojem referenčního proudu. Obdobně výstup druhého časovacího obvodu je spojen s druhou výstupní svorkou a rovněž se vstupem druhého převodníku napěťových úrovní, jehož výstup je propojen s anodou druhé diody druhého elektronického spínače. Katody obou diod druhého elektronického spínače jsou spojeny s druhým zdrojem referenčního proudu.

Výhody zapojení přesného převodníku napětí na kmitočty s oddělenými výstupy pro kladné a záporné vstupní napětí podle vynálezu spočívají zejména v tom, že se v něm neuplatňují nežádoucí vlastnosti elektronického spínače v sepnutém stavu jako je konečný odpor sepnutého spínače a jeho teplotní závislost, protože z hlediska spínání proudu příliš na těchto reálných vlastnostech spínače nezáleží. Další výhodou je, že elektronické spínače jsou realizovány velmi jednoduše pomocí diod, přičemž není zapotřebí kompenzovat jejich prahové napětí ani teplotní závislost prahového napětí. Tyto výhodné vlastnosti jsou dále umocněny tím, že vybíjení, resp. při opačné polaritě vstupního napětí nabíjení kapacitoru se provádí po zcela přesně definované době a to definovaným referenčním proudem. Přitom nezáleží příliš na citlivosti komparátorů, protože chyba každého převodu je zapamatována v kapacitoru a po překročení určité velikosti chyby provedena oprava výstupního kmitočtu.

Vynález bude dále blíže popsán podle přiloženého výkresu, na němž je znázorněno schéma zapojení příkladného provedení přesného převodníku napětí na kmitočty s oddělenými výstupy pro kladné a záporné vstupní napětí.

K invertujícímu vstupu operačního zesilovače 6 je přes rezistor R připojena vstupní svorka 1 a také katoda první diody D₁ prvního elektronického spínače 4 a anoda první diody D₃ druhého elektronického spínače 5. Mezi invertující vstup operačního zesilovače 6 a jeho výstup je zapojen integrační kapacitor C, když neinvertující vstup operačního zesilovače 6 je spojen se společným vodičem 18. Výstup operačního zesilovače 6 je spojen s prvním vstupem komparátoru 7 a s prvním vstupem druhého komparátoru 8. Druhý vstup prvního komparátoru 7 je připojen na zdroj 9 prvního komparačního napětí a druhý vstup druhého komparátoru 8 je připojen na zdroj 10 druhého komparačního napětí. Výstup prvního komparátoru 7 je propojen s blokovacím vstupem prvního časovacího obvodu 11 a výstup druhého komparátoru 8 je propojen s blokovacím vstupem druhého časovacího obvodu 12. Hodinové vstupy prvního a druhého časovacího obvodu 11, 12 jsou propojeny se zdrojem 15 referenčního kmitočtu. Výstup prvního časovacího obvodu 11 je spojen s první výstupní svorkou 16 a je rovněž spojen se vstupem prvního převodníku 14 napěťových úrovní, jehož výstup je spojen s katodou druhé diody D₂ prvního elektronického spínače 4. Anody obou diod D₁ a D₂ prvního elektronického spínače 4 jsou spojeny s prvním zdrojem 2 referenčního proudu. Podobně je výstup druhého časovacího obvodu 12 spojen s druhou výstupní svorkou 17 a rovněž je spojen se vstupem druhého převodníku 13 napěťových úrovní, jehož výstup je propojen s anodou druhé diody D₄ druhého elektronického spínače 5. Katody obou diod D₃ a D₄ druhého elektronického spínače 5 jsou spojeny s druhým zdrojem 3 referenčního proudu.

V činnosti je přesný převodník napětí na kmitočty osazen diferenčním operačním zesilovačem 6. Vstupní napětí, které se má převést na kmitočty, se přivádí proti společnému vodiči 18 na vstupní svorku 1. Vstupní napětí se integruje v integrátoru tvořeném operačním zesilovačem 6, rezistorem R a integračním kapacitorem C. Při provozu je výstupní napětí operačního zesilovače 6 sledováno prvním a druhým komparátorem 7, 8. První komparátor 7 má nastavenou první komparační úroveň U_{K1} zdrojem 9 prvního komparačního napětí. Druhý komparátor 8 má nastavenou druhou komparační úroveň U_{K2} zdrojem 10 druhého komparačního napětí. Přitom

první komparační úroveň je vyšší než druhá komparační úroveň, tj. $U_{K1} > U_{K2}$. První komparátor 7 pracuje při záporném vstupním napětí a druhý komparátor 8 pracuje při kladném vstupním napětí převodníku.

Přivedeme-li na vstupní svorku 1 záporné napětí, překlopí se komparátor 7 v tom okamžiku, kdy výstupní napětí operačního zesilovače 6 dosáhne komparační úrovně U_{K1} dané prvním zdrojem 9 komparačního napětí. Tím se připraví k činnosti první časovací obvod 11. Tento po příchodu hrany signálu o referenčním kmitočtu f_R , který je generován zdrojem 15 referenčního kmitočtu, generuje impuls přesně definované délky T_R . Doba trvání impulsu T_R je dána jednou nebo popř. několika periodami signálu o referenčním kmitočtu f_R . Výstupní signál prvního časovacího obvodu 11 je upraven prvním převodníkem 14 napěťových úrovní tak, aby elektronický spínač 4 s diodami D_1, D_2 pracoval ve spínacím režimu; obvykle dostačují pro spolehlivé přepínání diod úrovně cca $\pm 1,5$ V. Výstupním signálem prvního převodníku 14 napěťových úrovní se uzavře druhá dioda D_2 prvního elektronického spínače 4 a k invertujícímu vstupu operačního zesilovače 6 se připojí přes sepnutou první diodu D_1 prvního elektronického spínače 4 první zdroj 2 referenčního proudu. Tímto způsobem dojde k vybíjení integračního kapacitoru C referenčním proudem I_{R1} . Po uplynutí doby T_R se první časovací obvod dostane opět do klidového stavu a první zdroj 2 referenčního proudu se od invertujícího vstupu operačního zesilovače 6 odpojí. Kmitočet F_1 výstupního signálu odebíraného z první výstupní svorky 16 proti společnému vodiči 18 je, za předpokladu, že vstupní napětí $U < 0$, proto lineárně závislý na vstupním napětí podle vztahu

$$F_1 = - \frac{1}{I_{R1} T_R R} U.$$

Zde I_{R1} značí proud dodávaný prvním zdrojem 2 referenčního proudu, T_R dobu trvání impulsu, R odpor rezistoru R a U napětí přivedené na vstupní svorku 1.

Obdobně zapojení pracuje, přivedeme-li na vstupní svorku 1 napětí kladné polarity. V činnosti je však nyní druhá větev, tvořená druhým komparátorem 8, druhým časovacím obvodem 12, druhým převodníkem 13 napěťových úrovní, druhým elektronickým spínačem 5 s diodami D_3, D_4 a druhým zdrojem 3 referenčního proudu. Kmitočet F_2 výstupního signálu odebíraného z druhé výstupní svorky 17 proti společnému vodiči 18 je, za předpokladu, že vstupní napětí $U > 0$, dán vztahem

$$F_2 = \frac{1}{I_{R2} T_R R} U,$$

přičemž I_{R2} značí hodnotu proudu dodávaného zdrojem 3 referenčního proudu a ostatní veličiny mají shodný význam jako v předchozím.

Aby kmitočtový zdvih převodníku napětí na kmitočet byl pro obě polarity vstupního napětí shodný, volí se $I_{R1} = I_{R2}$. Obvykle se také volí $U_{K2} = -U_{K1}$. Jako diod je vhodné do elektrických spínačů 4 a 5 používat Schottkyho diod, protože se vyznačují velmi krátkou dobou zotavení v závěrném směru.

Poněkud složitější řešení generátoru vybíjecího resp. nabíjecího intervalu tvořeného prvním časovacím obvodem 11, druhým časovacím obvodem 12 a zdrojem 15 referenčního kmitočtu je dáno tím, že z důvodu vysoké přesnosti převodu je časový interval T_R odvozován od kmitočtu oscilátoru řízeného krystalem, který je součástí zdroje 15 referenčního kmitočtu. Okamžitý kmitočet výstupního signálu není z tohoto důvodu zcela přesně úměrný vstupnímu napětí. V integračním kapacitoru je však chyba každého převodu zapamatována a jakmile dojde k nahromadění chyby nad určitou mez, je převodníkem provedena oprava výstupního kmitočtu. V průběhu delšího časového intervalu je proto převod napětí na kmitočet velmi přesný.

Přesný převodník napětí na kmitočet s oddělenými výstupy pro kladné a záporné vstupní napětí podle vynálezu má obecné využití a je ho možno s výhodou aplikovat všude tam, kde je zapotřebí velmi přesný převod napětí na kmitočet s rozlišením polarity vstupního napětí.

Zejména lze přesný převodník podle vynálezu využít v měřicí technice a přístrojové technice, např. v přesných multimetrech, číslicových korelátorech, číslicových integrátorech apod.

PŘEDMĚT VYNÁLEZU

Přesný převodník napětí na kmitočty s oddělenými výstupy pro kladné a záporné vstupní napětí, vyznačující se tím, že k invertujícímu vstupu operačního zesilovače (6) je přes rezistor (R) připojena vstupní svorka (1), dále tamtéž je připojena katoda první diody (D_1) prvního elektronického spínače (4) a anoda první diody (D_3) druhého elektronického spínače (5) a taktéž první konec integračního kapacitoru (C), který je svým druhým koncem spojen s výstupem operačního zesilovače (6), když neinvertující vstup operačního zesilovače (6) je spojen se společným vodičem (18) a výstup operačního zesilovače (6) je spojen s prvním vstupem prvního komparátoru (7) a rovněž s prvním vstupem druhého komparátoru (8), přičemž druhý vstup prvního komparátoru (7) je spojen se zdrojem (9) prvního komparačního napětí a druhý vstup druhého komparátoru (8) je spojen se zdrojem (10) druhého komparačního napětí, když výstup prvního komparátoru (7) je propojen s blokovacím vstupem prvního časovacího obvodu (11) a výstup druhého komparátoru (8) je propojen s blokovacím vstupem druhého časovacího obvodu (12), přičemž hodinové vstupy prvního i druhého časovacího obvodu (11, 12) jsou spojeny se zdrojem (15) referenčního kmitočtu a dále výstup prvního časovacího obvodu (11) je spojen s první výstupní svorkou (16) a rovněž se vstupem prvního převodníku (14) napěťových úrovní, jehož výstup je propojen s katodou druhé diody (D_2) prvního elektronického spínače (4), zatímco anody obou diod (D_1 , D_2) prvního elektronického spínače (4) jsou spojeny s prvním zdrojem (2) referenčního proudu a obdobně výstup druhého časovacího obvodu (12) je spojen s druhou výstupní svorkou (17) a rovněž se vstupem druhého převodníku (13) napěťových úrovní, jehož výstup je propojen s anodou druhé diody (D_4) druhého elektronického spínače (5), přičemž katody obou diod (D_3 , D_4) druhého elektronického spínače (5) jsou spojeny s druhým zdrojem (3) referenčního proudu.

