



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

265 459

(11) (B1)
(13)

(51) Int. Cl.⁴
H 03 M 1/60

(22) Přihlášeno 15 03 86

(21) PV 1798-86.A

(40) Zveřejněno 10 02 89

(45) Vydáno 15 12 89

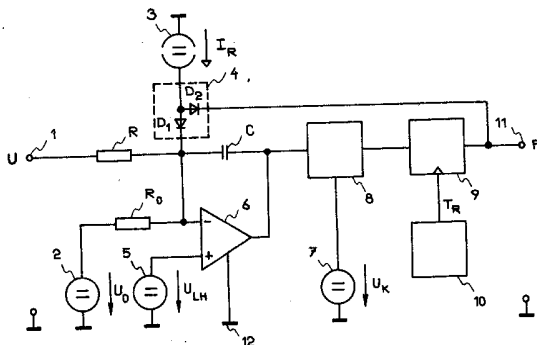
(75)

Autor vynálezu

VRBA KAMIL ml. doc. ing. CSC., BRNO

(54) Přesný převodník napětí na kmitočet

(57) Přebodník napětí na kmitočet sestává z operačního zesilovače, k jehož invertujícímu vstupu je připojena jednak přes rezistor vstupní svorka, jednak přes pomocný rezistor referenční zdroj napětí, dále pak katoda první diody elektronického spínače a také první konec integračního kapacitoru, jehož druhý konec je spojen s výstupem operačního zesilovače. neinvertující vstup operačního zesilovače je spojen s pomocným zdrojem napětí a výstup je spojen s prvním vstupem komparátoru, jehož druhý vstup je spojen se zdrojem komparačního napětí. Výstup komparátoru je propojen s blokovacím vstupem klopného obvodu, jehož hodinový vstup je spojen se zdrojem referenčního časového intervalu a výstup s výstupní svorkou. Výstupní svorka je také spojena s katodou druhé diody elektronického spínače. Anody obou diod elektronického spínače jsou spojeny se zdrojem referenčního proudu.



Vynález se týká přesného převodníku napětí na kmitočet.

Je známo několik zapojení převodníků napětí na kmitočet. Nejjednodušší převodníky napětí na kmitočet pracují na principu integrování vstupního napětí v integrátoru, přičemž výstupní napětí integrátoru se sleduje komparátorem, který po dosažení komparační úrovně způsobí vynulování integrátoru. Protože četnost nabíjení a nulování integrátoru závisí na velikosti vstupního napětí, je kmitočet výstupního signálu z komparátoru přímo úměrný vstupnímu napětí.

Hlavní nevýhodou tohoto uspořádání je konečná doba vybíjení integračního kapacitoru integrátoru pomocí paralelně připojeného elektronického spínače. Protože při okamžitém vybití by v integračním kapacitoru vznikaly nevratné změny, provádí se vybíjení přes rezistor připojený do série s elektronickým spínačem. Odpor sepnutého spínače je však nenulový a navíc se jeho odpor mění v závislosti na protékajícím proudu. Proto vybíjení integračního kapacitoru není zcela přesně definováno jen rezistorem připojeným do série se spínačem, ale i proměnným odporem sepnutého spínače. Tento nedostatek vyčleňuje použití tohoto typu převodníku jen pro nenáročné aplikace.

Poněkud lepších výsledků se dá docílit uspořádáním, kdy před vlastní integrátor se zapojí střídač s přenosem ± 1 . Za integrátor se zařadí srovnávací obvod, který při dosažení kladné komparační úrovně nastaví přenos střídače na $+1$ a při dosažení záporné komparační úrovně změní přenos střídače na -1 . Kmitočet nabíjení a následného vybíjení integračního kapacitoru integrátoru je proto přímo úměrný vstupnímu napětí.

Nevýhodou tohoto uspořádání je, že vybíjení integračního kapacitoru integrátoru je prováděno přímo vstupním napětím a záleží tedy velice na tom, aby se během převodu vstupní napětí nezměnilo. Další problém způsobuje realizace přesného střídače, který musí být předřazen integrátoru.

Nejlepších výsledků se v současnosti dosahuje u převodníků, u kterých se stejně jako v předchozích případech integruje vstupní napětí a komparátorem se srovnává výstupní napětí integrátoru s komparační úrovní. Po dosažení komparačního napětí je však k rezistoru zapojenému do sčítacího bodu integrátoru připojen po přesně definovanou dobu zdroj referenčního napětí, čímž dojde k vybíjení integračního kapacitoru.

Nevýhodou je, že elektronické spínače používané pro připojování zdroje referenčního napětí vykazují v sepnutém stavu nenulový odpor, který se navíc opět mění v závislosti na protékajícím proudu a okolní teplotě. Protože se nejčastěji z důvodu vyšší rychlosti spínání užívají diodové spínače, je zapotřebí dále kompenzovat jejich tzv. prahové napětí. Teplotní závislost prahového napětí diod se však obvykle beze zbytku vykompenzovat nedá. Stejně tak se při použití tranzistorových spínačů nedá zcela vykompenzovat teplotní závislost odporu sepnutého spínače.

Jiné uspořádání převodníku využívá k vybíjení integračního kapacitoru integrátoru zdroje referenčního proudu, čímž se potlačí reálné vlastnosti diodového spínače. K výstupu integrátoru je přímo připojen číslicový obvod, který řídí připojování zdroje referenčního proudu diodovým spínačem do sčítacího bodu integrátoru.

Nevýhodou tohoto uspořádání je, že se výstupním napětím integrátoru ovládá přímo číslicový obvod, který vykazuje obvykle vstupní necitlivost až 1,4 V. Další nevýhodou je, že v činnosti může dojít velice snadno ke zkreslení výstupního napětí integrátoru vlivem vstupních obvodů číslicového obvodu a tím i ke značnému snížení přesnosti převodu.

Uvedené nevýhody do značné míry odstraňuje zapojení přesného převodníku napětí na kmitočet podle vynálezu, sestávající z operačního zesilovače, k jehož invertujícímu vstupu je přes rezistor připojena vstupní svorka. Přitom tamtéž je přes pomocný rezistor připojen referenční zdroj napětí a také katoda první diody elektronického spínače a první konec integračního

kapacitoru, který je svým druhým koncem spojen s výstupem operačního zesilovače. Neinvertující vstup operačního zesilovače je připojen k pomocnému zdroji napětí. Dále zapojení obsahuje klopný obvod, opatřený blokovacím a hodinovým vstupem a výstupem, přičemž hodinový vstup je spojen se zdrojem referenčního časového intervalu a výstup s výstupní svorkou a současně s katodou druhé diody elektronického spínače. Anody obou diod elektronického spínače jsou spojeny se zdrojem referenčního proudu. Podstatou vynálezu je, že výstup operačního zesilovače je spojen s prvním vstupem komparátoru, přičemž druhý vstup komparačního napětí a výstup komparátoru je spojen s blokovacím vstupem klopného obvodu.

Výhody zapojení přesného převodníku napětí na kmitočet podle vynálezu spočívají zejména v tom, že se v něm neuplatňuje vstupní necitlivost klopného obvodu a současně se při použití vhodného komparátoru odstraní možné zkreslení výstupního napětí operačního zesilovače vlivem vstupních obvodů klopného obvodu. Přitom jsou zachovány všechny výhody vybíjení integračního kapacitoru ze zdroje referenčního proudu po přesně definovanou dobu.

Vynález bude dále blíže popsán podle připojeného obrázku, na němž je znázorněno schéma zapojení příkladného provedení přesného převodníku napětí na kmitočet podle vynálezu.

K invertujícímu vstupu operačního zesilovače 6 je přes rezistor R připojena vstupní svorka 1, dále tamtéž je přes pomocný rezistor R₀ připojen referenční zdroj 2 napětí a také katoda diody D₁ elektronického spínače 4. Mezi invertující vstup operačního zesilovače 6 a jeho výstup je zapojen integrační kapacitor C, když neinvertující vstup operačního zesilovače 6 je připojen k pomocnému zdroji 5 napětí. Výstup operačního zesilovače 6 je spojen s prvním vstupem komparátoru 8, přičemž druhý vstup komparátoru 8 je připojen na zdroj 7 komparačního napětí. Výstup komparátoru 8 je propojen s blokovacím vstupem klopného obvodu 9. Hodinový vstup klopného obvodu 9 je přitom spojen se zdrojem 10 referenčního časového intervalu. Výstup klopného obvodu 9 je současně výstupní svorkou 11 celého uspořádání. Výstupní svorka 11 je také spojena s katodou druhé diody D₂ elektronického spínače 4. Anody obou diod D₁, D₂ elektronického spínače 4 jsou spojeny se zdrojem 3 referenčního proudu.

V činnosti je přesný převodník napětí na kmitočet osazen diferenčním operačním zesilovačem 6. Vstupní napětí, které se má převést na kmitočet, se přivádí proti společnému vodiči 12 na vstupní svorku 1. Vstupní napětí se integruje v integrátoru tvořeném operačním zesilovačem 6, rezistorem R a integračním kapacitorem C. Navíc se do invertujícího vstupu operačního zesilovače 6 zavádí prostřednictvím pomocného rezistoru R₀ a referenčního zdroje 2 napětí přídatný proud, který umožňuje posunout převodní charakteristiku celého převodníku napětí na kmitočet tak, aby bylo možno zpracovávat obě polarity vstupního napětí. Pomocný zdroj 5 napětí připojený k neinvertujícímu vstupu operačního zesilovače 6 umožňuje napětové posunutí invertujícího vstupu operačního zesilovače 6 tak, aby se nacházel na potenciálu příznivém pro činnost elektronického spínače 4. Při provozu je výstupní napětí operačního zesilovače 6 sledováno komparátorem 8, který se překlápí v tom okamžiku, kdy výstupní napětí operačního zesilovače 6 dosáhne komparační úrovně dané zdrojem 7 komparačního napětí. Tím se uvolní blokovací vstup klopného obvodu 9. Ten se však překlápí až po příchodu nástupné hrany impulsu dodávaného ze zdroje referenčního časového intervalu 10. Výstupním signálem klopného obvodu 9 se uzavře druhá dioda D₂ elektronického spínače 4 a k invertujícímu vstupu operačního zesilovače 6 se připojí přes sepnutou první diodu D₁ elektronického spínače 4 zdroj 3 referenčního proudu. Tímto způsobem dojde k vybíjení integračního kapacitoru C referenčním proudem. Sestupná hrana referenčního časového intervalu způsobí překllopení klopného obvodu 9 do původního stavu a zdroj 3 referenčního proudu se odpojí od invertujícího vstupu operačního zesilovače 6. Četnost nabíjení a vybíjení integračního kapacitoru C je lineárně úměrná hodnotě vstupního napětí. Kmitočet výstupního signálu odebíraného z výstupní svorky 11 proti společnému vodiči 12 je proto lineárně závislý na vstupním napětí podle vztahu

$$F = F_0 - F \cdot U,$$

kde U značí vstupní napětí přivedené na vstupní svorku 1, F je kmitočet signálu na výstupní svorce 11 převodníku, F₀ je střední kmitočet převodníku při U = 0

$$F_O = - \frac{1}{I_R T_R} \frac{U_O}{R_O} - U_{LH} \left(\frac{1}{R} + \frac{1}{R_O} \right)$$

a F je kmitočtový zdvih převodníku

$$F = \frac{1}{I_R T_R R},$$

přičemž I_R značí proud dodávaný zdrojem 3 referenčního proudu, T_R dobu trvání impulsu dodávaného zdrojem referenčního časového intervalu 10, U_O napětí referenčního zdroje 2 napětí, R_O odpor pomocného rezistoru R_O , U_{LH} napětí pomocného zdroje napětí 5, R odpor rezistoru R .

V případě, že bude splněna podmínka $U = 0$, $I_R = 0$ je možno volit $U_O = 0$ a $R_O = \infty$. Jestliže výstup klopného obvodu 9 pracuje v úrovních TTL, je zapotřebí, aby pomocný zdroj napětí 5 vykazoval napětí cca 1,5 V. Je-li však výstup klopného obvodu 9 upraven pomocí převodníku napěťových úrovní tak, že na jeho výstupu je napětí v úrovních cca $\pm 1,5$ V, je možno volit napětí pomocného zdroje 5 nulové. Jako diod je vhodné do elektronického spínače 4 používat Schottkyho diod, protože se vyznačují velmi krátkou dobou zotavení v závěrném směru.

Poněkud složitější řešení generátoru vybíjecího časového intervalu tvořeného klopným obvodem 9 a zdrojem referenčního časového intervalu 10 je dáno tím, že z důvodu vysoké přesnosti převodu je časový interval odvozován od kmitočtu krystalem řízeného oscilátoru, který je součástí zdroje referenčního časového intervalu 10. 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 podle vynálezu má obecné využití a je ho možno s výhodou aplikovat všude tam, kde je zapotřebí velmi přesný převod napětí na kmitočet. Zejména lze přesný převodník napětí na kmitočet podle vynálezu využít v měřicí a přístrojové technice, např. v přesných číslicových voltmetrech a ampérmetrech, dále v číslicových korelátorech či v zařízeních pro harmonickou analýzu signálu pracujících na principu modifikované Fourierovy analýzy.

Vzhledem k tomu, že obvodové řešení převodníku podle vynálezu není příliš složité, je obvod vhodný pro realizaci hybridních technologií.

P R E D M Ě T V Y N Á L E Z U

Přesný převodník napětí na kmitočet sestávající z operačního zesilovače, k jehož invertujícímu vstupu je jednak přes rezistor připojena vstupní svorka, jednak je přes pomocný rezistor připojen referenční zdroj napětí a jednak katoda první diody elektronického spínače a první pól integračního kapacitoru, který je svým druhým pólem spojen s výstupem operačního zesilovače, zatímco neinvertující vstup operačního zesilovače je připojen k pomocnému zdroji napětí a dále sestávající z klopného obvodu, opatřeného blokovacím a hodinovým vstupem a výstupem, kde hodinový vstup je spojen se zdrojem referenčního časového intervalu a výstup s výstupní svorkou a současně s katodou druhé diody elektronického spínače, přičemž anody obou diod elektronického spínače jsou spojeny se zdrojem referenčního proudu, vyznačující se tím, že výstup operačního zesilovače (6) je spojen s prvním vstupem komparátoru (8), přičemž druhý vstup komparátoru (8) je spojen se zdrojem (7) komparačního napětí a výstup komparátoru (8) je spojen s blokovacím vstupem klopného obvodu (9).

