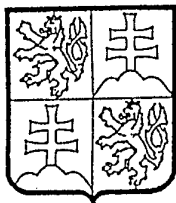


ČESKÁ A SLOVENSKÁ
FEDERATIVNÍ
REPUBLIKA
(19)



FEDERÁLNÍ ÚŘAD
PRO VYNÁLEZY

PATENTOVÝ SPIS

276 581

(21) Číslo přihlášky : 1781-83.0

(22) Přihlášeno : 15 03 83

(30) Prioritní data :

(40) Zveřejněno : 19 02 92

(47) Uděleno : 20 05 92

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku : 15 07 92

(13) Druh dokumentu : B6

(51) Int. Cl.⁵ :

H 03 M 3/02

H 03 K 7/06

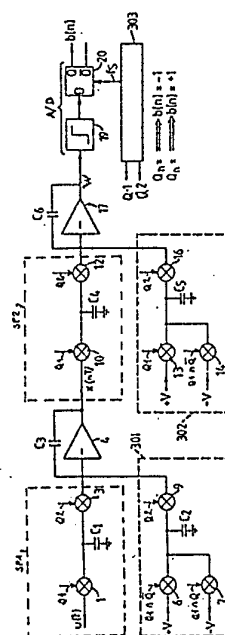
(73) Majitel patentu : ALCATEL N. V., AMSTERDAM (NL)

(72) Původce vynálezu : SHENOI KISHAN, FAIRFIELD, CONNECTICUT,
AGRAWAL BHAGWATI PRASAD, SHELTON, CONNECTICUT (US)

(54) Název vynálezu : Delta-sigma modulátor

(57) Anotace :

Zapojením se provádí analogově číslicová přeměna telefonního hovorového signálu do číslicového tvaru. Výstup prvního tvarovacího obvodu /SP1/ a prvního referenčního ústrojí /301/ je spojen se vstupem prvního integračního ústrojí /C3,4/, jehož výstup je připojen na vstup druhého vzorkovacího obvodu /SP2/. Výstup druhého vzorkovacího obvodu /SP2/ a druhého referenčního ústrojí /302/ je spojen se vstupem druhého integračního ústrojí /C6,17/, jehož výstup je připojen k převodníku /19,20/, k jehož řídicímu vstupu je připojen výstup /f/ obvodu /303/ časového referenčního signálu. Zapojením je hovorový signál u/t/ vzorkován rychlostí, která je vysoká ve srovnání s nejvyšší kmitočtovou složkou hovorového signálu u/t/. Vzorkované okamžité hodnoty signálu se integrují, znovu vzorkují a znovu integrují pro snížení šumu při zakódování. Nakonec dvouúrovňový identifikační obvod /19/ spojí výstup druhého integrátoru /C6,17/ s klopným obvodem /20/ typu D, dávajícím jednobitový zakódovaný výstup b/n/.



Vynález se týká delta-sigma modulátoru, obsahujícího hodiny s výstupem pro časový referenční signál, s výstupem pro nabíjecí hodinový signál a s výstupem pro vybíjecí hodinový signál.

Moderní soustavy pro přenos informací jsou často založeny na převodu analogových vstupních signálů na číslicové signály pro přenos přes diskrétní kanál. Jak analogově-číslcová přeměna, tak i následující číslicově-analogová rekonstrukce jsou vystaveny omylům, protože spojitý sled možných vstupních hodnot musí být představován diskrétními sestavami hodnot v přenosovém kanálu. Tato chyba je všeobecně známa jako kvantovací šum a tvoří jeden z hlavních zdrojů nepřesností v těchto soustavách.

V technické práci (zde označované "práce č. 1" s názvem "Snížení kvantovacího šumu použitím zpětné vazby" autorů H. A. Spand III a P. M. Schulteiss) byl analyzován problém kvantovacího šumu a bylo navrženo použití kvantovací zpětné vazby jako prostředek pro zlepšení nepřesností vyvolaných tímto kvantovacím šumem. Tato práce byla uveřejněna v IRE Transactions on Communication Systems, sv. CS-10, str. 373 až 380 (prosinec 1962). Byl tam diskutován a analyzován obecný případ delta-sigma modulátoru, který má víceúrovňové kvantovací vlastnosti. Pravděpodobně pro jednoduchost analýzy se autoři této technické práce rozhodli považovat vzorkovací a kvantovací části delta-sigma modulátoru za odlišné celky. Fyzikální konfigurace tohoto typu nemůže být konstrukčně realizována běžnými analogovými obvody. Příklad běžného analogového delta-sigma modulátoru je znázorněn a popsán v práci, nadále označované "práce č. 2", s názvem "Dálkoměrná soustava kódovou modulací - modulací delta-sigma" s autory H. Inose, Y. Yasuda a J. Murakami. Tato práce byla uveřejněna v IRE Transactions Space Electronics Telemetry, sv. SEI-8, str. 204-209, září 1962. V této práci je popisován dosavadní stav techniky, v zásadě analogový delta-sigma modulátor, jakož i jeho užitečnost jako zlepšení dosavadních delta modulátorů.

Autoři této druhé práce zdůraznili, že u ještě dřívější soustavy, tzv. soustavy modulační delta, jsou posílány impulsy po přenosové lince a tyto impulsy nesou informaci odpovídající derivaci amplitudy vstupního signálu. Na přijímacím konci jsou tyto impulsy integrovány pro získání původního tvaru vlny. Poruchy přenosu, jako šum atd., vedou ke kumulativní chybě, protože přenesený signál je na přijímacím konci integrován.

Tak zvaná soustava delta-sigma modulace provádí integraci vstupního signálu dříve, než vstoupí do samotného modulátoru, takže výstupní přenesené impulsy nesou informaci odpovídající amplitudě vstupního signálu.

V zásadě analogovém zařízení závisí chování delta-sigma modulátoru na absolutní hodnotě kondenzátoru a odporů v obvodech a v důsledku toho na citlivosti vůči škodlivým účinkům stárnutí a teplotě. Kromě toho musí mít operační zesilovače použité v analogových zařízeních, znamenitou jakost a zisk a šířka pásma takových zesilovačů nesmí být taková, aby měla vliv na přenosovou funkci integrátoru uvnitř vstupního obvodu zařízení. Kromě toho v analogovém zařízení musí být tvar vlny na výstupu číslicově-analogového převodníku přesný a nesmí být citlivý na zkreslení, to znamená, že impuls pro izolovanou hodnotu "1" musí být v podstatě identický s impulsy zahrnutými v sérii většího počtu hodnot "1". Obtíže, s nimiž se setkáváme v obvodech, analogových zařízeních pro delta-sigma modulátory jsou často výsledkem tohoto požadavku.

Způsob, jakým se vynález vypořádává s těmito nevýhodami dřívějšího stavu techniky, bude zřejmý v průběhu popisu. Podrobný popis číslicového delta - sigma modulátoru může být zjištěn v patentovém spise US č. 4 270 0270 s názvem "Jednotka telefonní účastnické linky se sigma delta číslicově analogovým převodníkem".

Vzhledem k nevýhodám zásadně analogového delta-sigma modulátoru podle dřívějšího stavu techniky je obecným účelem vynálezu vytvořit delta-sigma modulátory, u kterého výkon nezávisí na absolutní hodnotě kondenzátorů a odporů, jak tomu je u analogových zařízení dřívějšího stavu techniky, ale spíše závisí na poměrech kondenzátorů. Tyto poměry nejsou poměrně ovlivňovány změnami teploty a stárnutím. Kromě toho u zařízení podle vynálezu s přepínaným kondenzátorem je pouze zapotřebí, aby použité operační zesilovače byly schopny nabíjet a vybíjet kondenzátor obvodu ve jmenovité době, řádu jedné poloviny vzorkovacího intervalu. To vede k necitlivosti vůči kolísání elementárních hodnot vyvolaného teplotou a stárnutím.

Podstata delta-sigma modulátoru podle vynálezu spočívá v tom, že jeho první vzorkovací obvod zahrnuje první spínač, který je připojen ke vstupu modulátoru pro kódový analogový signál a jehož řídicí vstup je spojen s výstupem nabíjecího hodinového signálu, první kondenzátor, zapojený paralelně k výstupu prvního spínače, druhý spínač, který je spojen s prvním kondenzátorem a jehož řídicí vstup je připojen k výstupu vybíjecího hodinového signálu a výstup je spojen se vstupem prvního integračního ústrojí, jeho druhý vzorkovací obvod obsahuje třetí spínač, který je připojen k výstupu prvního integračního ústrojí a jehož řídicí vstup je spojen s výstupem nabíjecího hodinového signálu, přičemž s výstupem třetího spínače je paralelně spojen druhý kondenzátor, k němuž je připojen čtvrtý spínač, jehož řídicí vstup je spojen s výstupem vybíjecího hodinového signálu a k jehož výstupu je připojeno druhé integrační ústrojí, dále jednobitový analogově-číslíkový převodník, jehož řídicí vstup je spojen s výstupem časového referenčního signálu a který má jeden negovaný a jeden nenegovaný výstup, dále první referenční ústrojí, zahrnující pátý spínač, spojený se svorkou kladného referenčního napětí, přičemž jeho řídicí vstup je spojen s negovaným výstupem převodníku a s výstupem nabíjecího hodinového signálu na svorku záporného referenčního napětí je připojen šestý spínač, jehož řídicí vstup je spojen s nenegovaným výstupem převodníku a s výstupem nabíjecího hodinového signálu, třetí kondenzátor, zapojený paralelně k oběma výstupům pátého a šestého spínače a sedmý spínač, spojený s třetím kondenzátorem a svým řídicím vstupem připojený na výstup vybíjecího hodinového signálu, přičemž jeho výstup je spojen se vstupem prvního integračního ústrojí, a konečně obsahuje druhé referenční ústrojí, zahrnující osmý spínač, připojený na svorku kladného referenčního napětí a svým řídicím vstupem spojený s nenegovaným výstupem převodníku a s výstupem nabíjecího hodinového signálu, devátý spínač, připojený na svorku záporného referenčního napětí a svým řídicím vstupem spojený s negovaným výstupem převodníku a s výstupem nabíjecího hodinového signálu, přičemž k oběma výstupům osmého spínače a devátého spínače je paralelně připojen čtvrtý kondenzátor, s nímž je spojen desátý spínač a jehož řídicí vstup je spojen s výstupem vybíjecího hodinového signálu a jeho výstup se vstupem druhého integračního ústrojí.

Podle výhodného provedení vynálezu jsou poměr kapacity prvního kondenzátoru ke kapacitanci třetího kondenzátoru a poměr kapacity třetího kondenzátoru ke kapacitanci pátého kondenzátoru přibližně $1/2$, a že poměr kapacity druhého kondenzátoru ke kapacitanci šestého kondenzátoru a poměr kapacity čtvrtého kondenzátoru ke kapacitanci šestého kondenzátoru jsou $1/1$.

Delta - sigma modulátor s přepínaným kondenzátorem je založen na operačním sledu střídavého nabíjení a vybíjení kondenzátorů v navzájem se nepřekrývajících časových intervalech, takže číslíkový delta - sigma modulátor typu popsaného v patentovém spisu US č. 4 270 027 je zásadně necitlivý na vzorky. To znamená, že izolovaná logická hodnota "1" je ekvivalentní logické hodnotě "1" v řadě logických hodnot "1", pokud jde o přenos náboje.

Absolutní hodnoty kondenzátorů mohou být zvoleny tak, že konstrukce operačních zesilovačů je pružnější. Delta-sigma modulační vlastnosti jsou ovlivňovány pouze poměrem kondenzátorů. Například, čím větší je hodnota kondenzátoru, tím větší je požadavek na rychlost snímání nebo obratu na operačním zesilovači, který nabíjí kondenzátor. Avšak rozptylová kapacitance bude účinněji kompenzována. Obráceně malá kapacitance se snadněji nabije, avšak účinek rozptylové kapacitance je vyjádřenější. Ponecháme-li absolutní hodnotu kondenzátoru jako konstrukční parametr, je možný větší rozsah konstrukce v celkové konstrukci delta-sigma modulátoru.

Kromě toho přepínaný kondenzátor má na svém vstupu vlastní vzorkovací a udržovací funkci. Ve skutečnosti signály ve všech uzlech obvodu se mění v diskrétních časových okamžicích. V důsledku toho je vstup ke komparátoru obvodu stabilní, když komparátor provádí rozhodnutí.

Základní obvody, identifikace parametrů a operační úvahy jsou uvedeny v následujícím podrobném popisu výhodného provedení vynálezu.

Obr. 1 je schematický blokový diagram představující typické analogové vybavení podle dosavadního stavu techniky.

Obr. 2 je schematický blokový diagram znázorňující zásadu vybavení zařízení s přepínaným kondenzátorem.

Obr. 3 je schematický diagram vybavení delta-sigma modulátoru podle vynálezu za použití referenčních napětí $+V$ a $-V$.

Obr. 4 je znázornění časového vlnotvaru pro obvod podle obr. 3.

Obr. 5 znázorňuje část obvodu podle obr. 4, jehož obvod byl přizpůsoben pro použití jediného referenčního napětí $+V$.

Z počátku je třeba zdůraznit, že výraz "delta-sigma modulátor" je často nahrazován výrazem "sigma-delta modulátor", protože přehození poukazuje na sigma a delta je záležitostí rozhodnutí příslušného autora, takže jedno a totéž zařízení může být nazýváno kterýmkoliv názvem.

Obr. 1 znázorňuje dřívější stav techniky, jak byl shora uveden a v podstatě nepotřebuje vysvětlení. Podle obr. 1 je číslicově-analogový převodník tvarovačem impulsů, který vytváří jeden nebo dva odlišné impulsy podle toho, je-li číslicový signál vysoký nebo nízký, matematicky $+A$ nebo $-A$, přičemž veličina A je vztažena na převod mezi číslicí a napětím. Integrační zařízení, představující v zásadě dolní propust a označené $H(s)$, určuje řád delta-sigma modulátoru. $H(s)$ je typicky filtr prvního řádu, jestliže $H(s) = \frac{g}{s}$ a je filtrem nebo propustí druhého řádu, jestliže

$$H(s) = \frac{g(s+C)}{(s+a)(s+b)}$$

Lze říci, že snížení šumu modulátoru, nepřesnost převodu vstupní funkce na číslicový signál, dosažené delta-sigma modulátorem, je výsledkem toho, že se shromažďují nebo sledují všechny předešlé chyby v převodu a že se tato informace, jako signál vztažený na chybu, přivádí nazpět za účelem korekce příštího převodu. V tomto procesu se modulátor prvního řádu

snaží vynulovat průměrnou chybu v určitém časovém období, zatímco modulátor druhého řádu nejen udržuje tuto průměrnou chybu na nulové hodnotě, avšak udržuje také na nule první derivaci chybového signálu.

V soustavě prvního řádu bude číslicově přesně znázorněn pouze stejnosměrný vstupní signál. Avšak v soustavě druhého řádu se zvětší šířka pásma signálu, který může být plynule představován číslicově.

Podle známé teorie filtrů, může být integrační filtr $H(s)$ popsán pro delta-sigma modulátor prvního řádu jako:

$$H(s) = \frac{\alpha + \beta s}{1 + \epsilon s} \quad a$$

podobně pro filtr druhého řádu jako:

$$H(s) = \frac{\alpha + \beta s + \delta s^2}{1 + \epsilon s + s^2} \quad 2 \text{ gamma}$$

Hodnoty kondenzátorů a jiných složek se zvolí tak, aby daly vhodné hodnoty pro koeficienty. Delta-sigma modulační výkon, vyjádřený jako šum a stabilita, je ve vztahu k těmto koeficientům.

Práce "Snížení kvantovacího šumu použitím zpětné vazby" (první práce) je teoretická práce, která dává základ pro delta-sigma modulaci. Druhá práce "Dálkoměrná soustava kódovou modulací - delta-sigma modulací" udává přístrojové vybavení a základní analýzu delta-sigma modulátoru "prvního řádu". Obr. 1 druhé práce znázorňuje "chybový signál", $S(t) - P(t)$ je přiváděn na integrátor, který má přenosovou funkci prvního řádu a v důsledku toho je to delta-sigma modulátor prvního řádu. Obr. 1 první práce vykresluje nejobecnější případ delta-sigma modulátoru, ve kterém každé H_i , tj. přenosová funkce filtru, může být řádu vyššího než 1 a dále uvažuje obecné, mnohaúrovňové kvantovací vlastnosti. Autoři první práce se pravděpodobně pro jednoduchost analýzy rozhodli znázornit vzorkovač a kvantovač jako rozlišené celky. Tato konfigurace nemůže být přístrojově realizována obvyklými analogovými obvody; jak je například popsáno v druhé práci. Vzorkovač a kvantovač mohou však být odděleny v přístrojovém vybavení s přepínaným kondenzátorem podle vanáliezu.

Podle obr. 1 druhé práce tvoří generátor vzorkovacího impulsu a modulátor impulsu společně analogově-číslíkovou + číslicově-analogovou operaci. Modulátor impulsů vydává impuls známého tvaru, jehož polarita je určena polaritou analogového signálu na vstupu impulsového modulátoru v okamžiku zjištění vzorkovacího impulsu.

Dosavadní publikace z největší části popisují obvody získané experimentálně, což znamená, že se zvolí konfigurace obvodu, provede se počáteční odborný odhad hodnot jednotlivých složek a obvod se potom zdokonalí v laboratoři.

Delta-sigma modulátory vyššího řádu mají v zásadě možnost lepšího chování v ohledu šumu, avšak jsou notoricky nestabilní a v důsledku toho je nelze doporučit. Provedení druhého řádu zde popisované je považováno za optimální.

Všechna přístrojová vybavení s přepínanými kondenzátory jsou zevšeobecněna v obr. 2 a mohou být matematicky redukována na níže uvedený tvar.

$H(z)$ je přenosová funkce diskrétního času tvaru (pro delta-sigma modulátor "druhého řádu"):

$$H(z) = z^{-1} \left[\frac{\alpha + \beta z^{-1} + \gamma z^{-2}}{1 + \delta z^{-1} + z^{-2}} \right] \gamma$$

kde z^{-1} je operátor jednotkového zpoždění, přičemž jednotkové zpoždění je doba jednoho vzorkovacího intervalu. Pro vzorkovací rychlost 1 MHz bude vzorkovací interval 1 μ s koeficienty, které určují šumový výkon a stabilitu, jsou funkcemi poměrů kondenzátorů. Absolutní hodnota každého kondenzátoru může být zvolena konstruktérem pro optimalizování výkonu zesilovače, pro kompenzování rozptalové kapacity, atd.

Delta-sigma modulátor s přepínaným kondenzátorem podle vynálezu bude nejlépe vysvětlován postupně. Zásada, na jejímž základě pracuje kterýkoliv delta-sigma modulátor, záleží v provedení analogově-číslicového převodu, u kterého je velikost číslicového slova malá, avšak vzorkovací frekvence je daleko vyšší než nejvyšší signální, tj. hovorová frekvence.

Uvažujme nejdříve vzorkovací hodiny, které ovládají klopný obvod 20 na obr. 3, typu D, spouštěný hranou signálu. Tyto hodiny vytvářejí časovou referenční hodnotu f_s a také dva jiné hodinové vlnotvary se vzorkovací frekvencí, avšak s pracovním cyklem menším než 50 %. Tato období jsou označována Q_1 pro nabití a Q_2 pro vybití. Obr. 4 znázorňuje tyto vlnotvary v typickém vzájemném vztahu.

Uvažujme nejdříve úsek obr. 3 sestávající z prvního spínače 1 a druhého spínače 3, kondenzátoru C_1 , zesilovače 4 a kondenzátoru C_3 . Zde období Q_1 z obvodu 303 časového referenčního signálu - vzorkovacích hodin, řídí první spínač 1 a období Q_2 řídí druhý spínač 3. Když Q_1 je nízké, je první spínač 1 rozpojen - otevřený obvod a když Q_1 je vysoké, je první spínač 1 spojen - zkratovaný obvod. Podobně tomu je s obdobím Q_2 a druhým spínačem 3. Nepřekrývání hodnot Q_1 a Q_2 zajišťuje, že první a druhý spínač 1 a 3 nebudou nikdy spojeny oba. Za předpokladu, že vstupní signál $u(t)$ zůstane konstantní v rozmezí intervalu $[(n-1)T, (n+1)T]$, nabije se první kondenzátor C_1 v období Q_1 na napětí rovné $u(nT)$.

Za předpokladu, že zesilovač 4 je ideální operační zesilovač, bude v období Q_2 všechen náboj na prvním kondenzátoru C_1 přenesen na pátý kondenzátor C_3 a vyvolá v napětí na pátém kondenzátoru C_3 změnu o hodnotě:

$$-\left(\frac{C_1 u(nT)}{C_3}\right).$$

V důsledku toho při $t = (n+1)T$, bude výstupní napětí X zesilovače operačního rovno

$$x[(n+1)T] = x(nT) - \left(\frac{C_1}{C_3}\right) u(nT),$$

negativní přírůstek vzniká, protože se zesilovač obrací.

Nyní uvažujeme přidání spínačů, pátého spínače 6, šestého spínače 7, sedmého spínače 9 a třetího kondenzátoru C₂. Jestliže $b(n)$ je rovno $+1$, tj. $Q_n = \text{vysoko}$, potom v období Q_1 třetí kondenzátor C₂ se nabije na hodnotu $-b(n) \cdot V$. V období Q_2 bude tento náboj přenesen na pátý kondenzátor C₃. Celková činnost prvního, druhého, pátého a šestého spínače 1, 3, 6, 7, 9 a prvního, třetího a pátého kondenzátoru C₁, C₂, C₃ a zesilovače 4 může být popsán rovnicí:

$$x \left[(n+1)T \right] = x(nT) - \frac{C_1}{C_3} U(nT) + b(n) \cdot V \cdot \left(\frac{C_2}{C_3} \right);$$

podobně

$$W(n+1)T = W(nT) - \left(\frac{C_4}{C_6} \right) x(nT) - b(n) \cdot V \cdot \left(\frac{C_5}{C_6} \right)$$

Čárkované rámečky 301 a 302 mohou být nazvány referenční přepínací ústrojí. Činnost komparátoru a klopného obvodu D lze získat z

$$b(n+1) = \left\{ W \left[(n+1)T \right] \right\}^2$$

Šumový výkon a stabilita delta-sigma modulátoru je řízena poměry kondenzátorů

$$\left(\frac{C_1}{C_3} \right), \left(\frac{C_2}{C_3} \right), \left(\frac{C_4}{C_6} \right), \left(\frac{C_5}{C_6} \right)$$

Napětí V se nazývá "referenční napětí" a normálně všechna napětí jsou vyhodnocována jako jeho frakce. V je někdy označováno jako "havarijní bod" kodéru a je to maximální amplituda vstupního signálu. Vstupní amplituda větší než V vyvolá přetížení.

Bylo zjištěno, že pro typický delta-sigma modulátor jsou vyhovující následující poměry kondenzátorů, popřípadě kapacit.

$$\left(\frac{C_1}{C_2} \right) = \left(\frac{C_2}{C_3} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\left(\frac{C_4}{C_6} \right) = \left(\frac{C_5}{C_6} \right) = 1$$

U této obměny a v průběhu každého vzorkovacího intervalu se desátý kondenzátor C₈ nabije na V v období Q_1 a v období Q_2 vyvolá změnu $-\frac{C_8}{C_3} V$ ve výstupu zesilovače 4. V průběhu období Q_1 se sedmý kondenzátor C₇ nabije na V voltů s polaritou naznačenou na obr. 5. Kdyby Q_n bylo "vysoko", tj. $b(n) = +1$, třetí přídavný spínač 23 a druhý přídavný spínač 22 by se uzavřely v období Q_2 a v důsledku obrácení polarit by vyvolaly změnu

$+ \left(\frac{C_7}{C_3} \right) V$ ve výstupu zesilovače 4. Jestliže $b(n) = -1$, potom kondenzátor C₇ se nevybíje do C₃. Výsledný účinek je tedy:

$$\text{jestliže } b_n = +1 \quad \Delta x = \left(\frac{C_7}{C_3} - \frac{C_8}{C_3} \right) V - \left(\frac{C_1}{C_3} \right) U(nT)$$

$$\text{nebo jestliže } b_n = -1 \quad \Delta x = - \left(\frac{C_8}{C_3} \right) V - \left(\frac{C_1}{C_3} \right) U(nT)$$

Jestliže $C_7 = 2C_8$, potom celková činnost obvodu na obr. 5 může být popsána jako

$$x(n+1)T = x(nT) - \left(\frac{C_1}{C_3} \right) U(nT) + b(n)V \cdot \left(\frac{C_8}{C_3} \right)$$

podobně

$$W(n+1)T = W(nT) - \left(\frac{C_4}{C_6} \right) x(nT) - b(n)V \cdot \left(\frac{C_{10}}{C_6} \right)$$

Vzorkovací rychlost musí být daleko vyšší než je největší frekvenční složka vstupního signálu $u(t)$. Vynález je zvláště užitečný pro číslicové zakódování signálů telefonního, hovorového pásma pro přenos diskretním telefonním kanálem. Protože takové signály vyžadují pouze málo kHz šířky pásma, splňuje vzorkovací rychlost 1 MHz, typická pro modulátor podle vynálezu, shora uvedený požadavek.

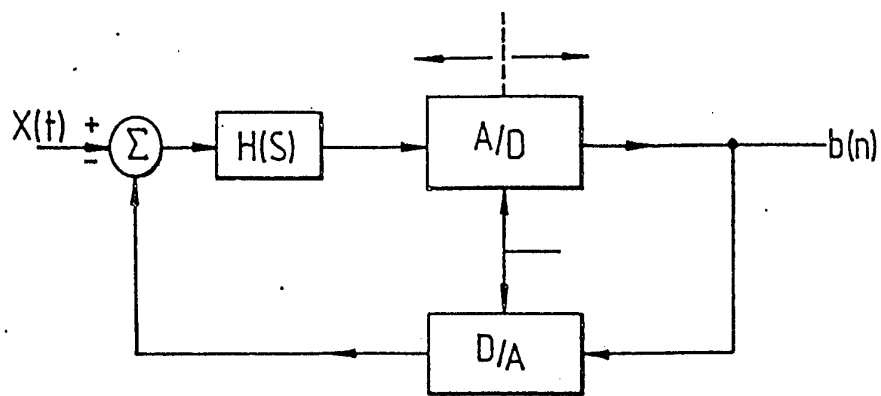
Delta - sigma modulátor druhého řádu může být považován za konstruovaný z delta - sigma modulátoru prvního řádu, uloženého ve zpětnovazební smyčce. Obráceně lze mít za to, že delta - sigma modulátor prvního řádu je dílčí soustava delta - sigma modulátoru druhého řádu získaná odstraněním nebo "stažením" delta-sigma modulátoru druhého řádu. Konfigurace znázorněná na vyobrazení může být omezena za vytvoření přepínaného kondenzátoru prvního řádu pro delta-sigma modulátor. Jestliže se odstraní zesilovač 4, kondenzátory C₃, C₁, C₂ a jejich přiřazené spínače, zbude delta-sigma modulátor prvního řádu, který přeměňuje analogový signál v místě $u(t)$ na číslicový signál $b(n)$.

Je možné přenášet bitový proud $\{b(n)\}$ tak, jak je, a na přijímacím konci mít jednoduchý číslicově-analogový převodník, který obsahuje tvarovač impulsů, který vydává rozdílné vlnotvary v bitovém intervalu podle toho, je-li $b(n) = \text{"Vysoko"}$ nebo $b(n) = \text{"Nízko"}$, potom následuje jednoduchá analogová dolní propust pro vyhlazení vlnotvaru. To by však znamenalo přímý přenos $\{b(n)\}$ což je přibližně 1 megabit/s, což je značně vysoké. Jiným možným postupem je použít sled číslicových dolních propustí, které provádějí "vyhlazování" při podržení číslicové povahy signálu. V důsledku toho se zvyšuje počet bitů na jedno slovo, to znamená diskretnost úrovně, jež může být znázorněna, se zjemní. V linkovém obvodu, například podle pat. spisu US č. 4 270 027, jak shora uvedeno, umožňují dolní propusti zpětné vzorkování číslicového signálu při 8 tisících slov za sekundu s diskretností odpovídající 13 bitů na jedno slovo v rovnoměrném kódu. Každé kódové slovo může být přeměněno na 8-bitový kód, je-li žádáno, což odpovídá formátu buď podle zákona podle A, nebo zákonu u. 1-bitové zařízení v tomto smyslu představuje velkou škálu vzorkových hodnot od $u(nT)$. 1-bitové slovo, proud 1 Mslov/s tj. proud 1-Megabitů/s, je někdy označováno jako ta verze komplexního hovorového signálu, jež je modulována vysokou hustotou impulsů.

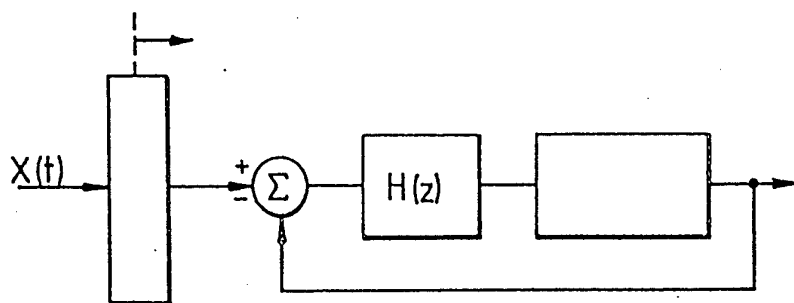
I když vynález byl popsán ve spojení s jeho výrobním provedením, není omezen na vybavení telefonních soustav, přičemž další provedení obměny a použití jsou v rámci možnosti odborníka.

PATENTOVÉ NÁROKY

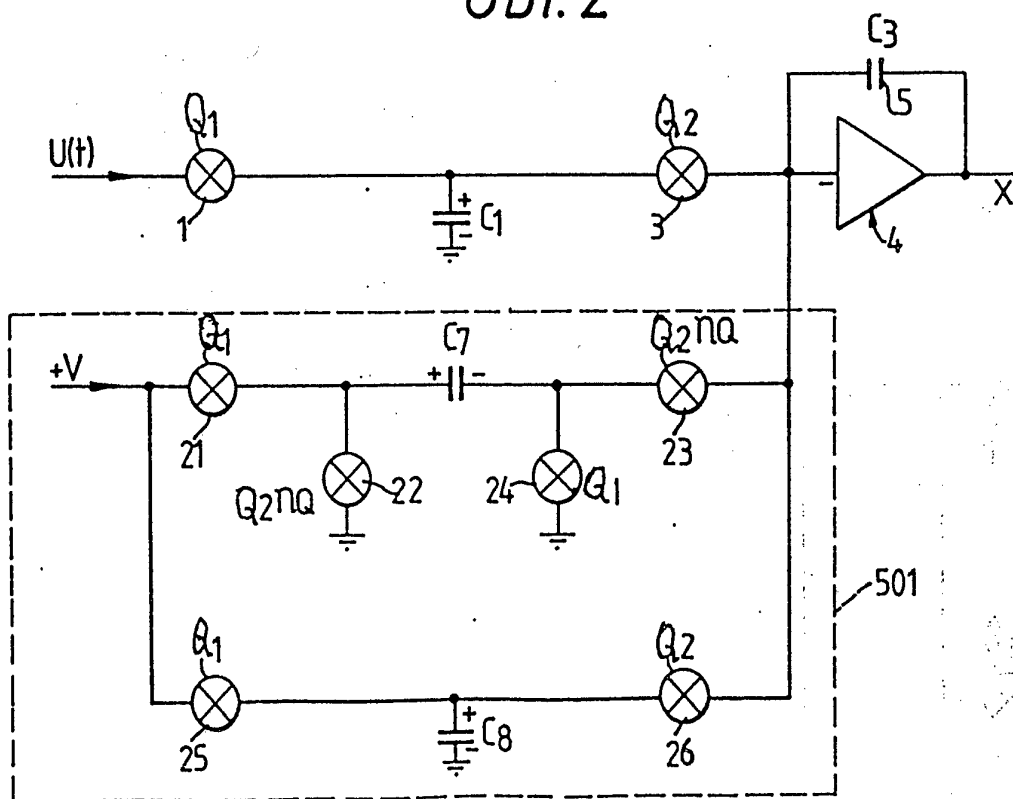
1. Delta-sigma modulátor, obsahující hodiny s výstupem pro časový referenční signál, s výstupem pro nabíjecí hodinový signál a s výstupem pro vybíjecí hodinový signál, vyznačující se tím, že jeho první vzorkovací obvod (SP1) zahrnuje první spínač (1), který je připojen ke vstupu modulátoru pro kódovaný analogový signál a jehož řídicí vstup je spojen s výstupem (Q_1) nabíjecího hodinového signálu, první kondenzátor (C_1), zapojený paralelně k výstupu prvního spínače (1), druhý spínač (3), který je spojen s prvním kondenzátorem (C_1) a jehož řídicí vstup je připojen k výstupu (Q_2) vybíjecího hodinového signálu a výstup je spojen se vstupem prvního integračního ústrojí (4, C_3), jeho druhý vzorkovací obvod (SP2) obsahuje třetí spínač (10), který je připojen k výstupu prvního integračního ústrojí (4, C_3) a jehož řídicí vstup je spojen s výstupem (Q_1) nabíjecího hodinového signálu, přičemž s výstupem třetího spínače (10) je paralelně spojen druhý kondenzátor (C_4), k němuž je připojen čtvrtý spínač (12), jehož řídicí vstup je spojen s výstupem (Q_2) vybíjecího hodinového signálu a k jehož výstupu je připojeno druhé integrační ústrojí (17, C_6), dále jednobitový analogově číslicový převodník (19,20), jehož řídicí vstup je spojen s výstupem (f_s) časového referenčního signálu a který má jeden negovaný a jeden nenegovaný výstup ($\bar{Q}$ a Q), dále první referenční ústrojí (301), zahrnující pátý spínač (6), spojený se svorkou (+V) kladného referenčního napětí, přičemž jeho řídicí vstup je spojen s negovaným výstupem ($\bar{Q}$) převodníku (19,20) a s výstupem (Q_1) nabíjecího hodinového signálu, na svorku (-V) záporného referenčního napětí je připojen šestý spínač (7), jehož řídicí vstup je spojen s nenegovaným výstupem (Q) převodníku (19,20) a s výstupem (Q_1) nabíjecího hodinového signálu, třetí kondenzátor (C_2), zapojený paralelně k oběma výstupům pátého a šestého spínače (6,7) a sedmý spínač (9), spojený s třetím kondenzátorem (C_2) a svým řídicím vstupem připojený na výstup (Q_2) vybíjecího hodinového signálu, přičemž jeho výstup je spojen se vstupem prvního integračního ústrojí (4, C_3), a konečně obsahuje druhé referenční ústrojí (302), zahrnující osmý spínač (13), připojený na svorku (+V) kladného referenčního napětí a svým řídicím vstupem spojený s výstupem (Q_1) nabíjecího hodinového signálu, devátý spínač (14), připojený na svorku (-V) záporného referenčního napětí a svým řídicím vstupem spojený s negovaným výstupem ($\bar{Q}$) převodníku (19,20) a s výstupem (Q_1) nabíjecího hodinového signálu, přičemž k oběma výstupům osmého spínače (13) a devátého spínače (14) je paralelně připojen čtvrtý kondenzátor (C_5), s nímž je spojen desátý spínač (16) a jehož řídicí vstup je spojen s výstupem (Q_2) vybíjecího hodinového signálu a jeho výstup se vstupem druhého integračního ústrojí (17, C_6).
2. Delta-sigma modulátor, podle bodu 1, vyznačující se tím, že poměr kapacity prvního kondenzátoru (C_1) ke kapacitanci třetího kondenzátoru (C_3) a poměr kapacity třetího kondenzátoru (C_3) ke kapacitanci pátého kondenzátoru (C_5) jsou přibližně 1/2, a že poměr kapacity druhého kondenzátoru (C_2) ke kapacitanci šestého kondenzátoru (C_6) a poměr kapacity čtvrtého kondenzátoru (C_4) ke kapacitanci šestého kondenzátoru (C_6) jsou 1/1.



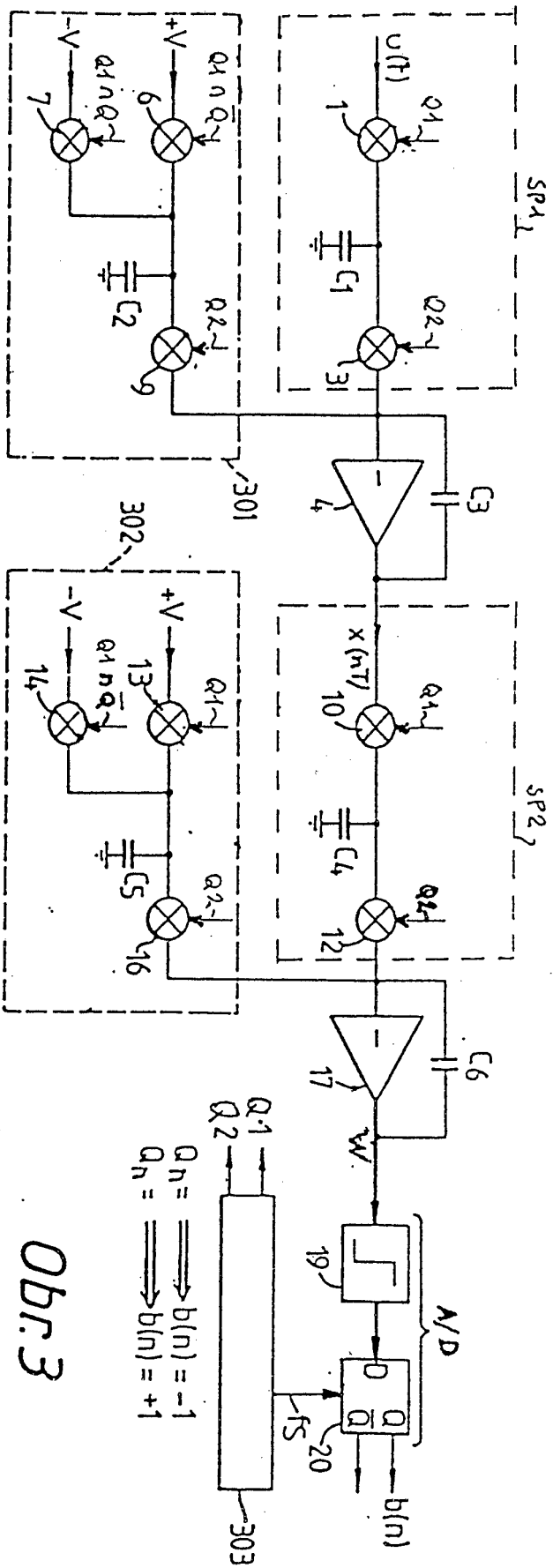
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 5



Obkr. 3

Obkr. 4