RZECZPOSPOLITA POLSKA

Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **229373** (13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **417535**

(22) Data zgłoszenia: **10.06.2016**

(51) Int.Cl.
H04L 25/03 (2006.01)

(54) **Sposób rekonstruowania sygnału zakodowanego metodą level-crossing**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
18.12.2017 BUP 26/17

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.07.2018 WUP 07/18

(73) Uprawniony z patentu:
AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE, Kraków, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
DARIUSZ KOŚCIELNIK, Kraków, PL
MAREK MIŚKOWICZ, Kraków, PL
DOMINIK RZEPKA, Tarnów, PL

PL 229373 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób rekonstruowania sygnału zakodowanego metodą level-crossing, znajdujący zastosowanie w przetwarzaniu sygnałów dolnopasmowych o zmiennej intensywności oraz systemach kontrolno-pomiarowych.

Znany z publikacji: Shu-jen Yeh i Henry Stark, „Iterative and one-step reconstruction from nonuniform samples by convex projections", IEEE Transactions on Medical Imaging 1989, vol. 8, is. 1, str. 16–31 sposób rekonstruowania sygnału analogowego spróbkowanego nierównomiernie wykorzystuje metodę projekcji na zbiory wypukłe – POCS. Generowany lokalnie sygnał jest poddawany filtracji dolnopasmowej. Filtrowany sygnał porównuje się z wartościami próbek dostarczanymi przez układ kodujący, poprzez odjęcie jego wartości od wartości tych próbek. Wyznaczony w ten sposób błąd sygnału wygenerowanego względem sygnału źródłowego poddaje się kolejno: próbkowaniu i filtracji dolnopasmowej. Uzyskany w ten sposób przebieg dodaje się do filtrowanego dolnopasmowo sygnału wygenerowanego lokalnie, przybliżając tym samym jego kształtu do kształtu sygnału źródłowego. Otrzymany sygnał traktuje się następnie jako nową wersję przebiegu generowanego lokalnie i poddaje się kolejny raz tym samym operacjom. Każda kolejna iteracja przybliża kształt uzyskiwanego sygnału wyjściowego do kształtu rekonstruowanego sygnału źródłowego.

Z publikacji: Yannis Tsividis, „Mixed-domain systems and signal processing based on input decomposition", IEEE Transactions on Circuits and Systems 2006, vol. 53, is. 10, str. 2145–2156 znany jest sposób przetwarzania sygnału w czasie ciągłym. W sposobie tym wartość sygnału źródłowego poddaje się kwantyzacji bez przeprowadzania operacji próbkowania. Tym samym przebieg prostokątny będący wynikiem kwantyzacji sygnału źródłowego może zmieniać swą wartość w dowolnych, nieskwantowanych chwilach czasowych. Zaniechanie próbkowania sygnału źródłowego poprawia właściwości szumowe przebiegu skwantowanego dzięki wyeliminowaniu zjawiska aliasingu. Skwantowany i przedstawiony w zapisie binarnym przebieg poddaje się następnie dekompozycji na poszczególne bity, z których każdy może być przetwarzany niezależnie od pozostałych.

Z publikacji: Christos Vezyrtzis i Yannis Tsividis, „Processing of signals using level crossing sampling", IEEE International Symposium on Circuits and Systems 2009, str. 2293–2296 znany jest sposób rekonstruowania sygnału zakodowanego metodą level-crossing. Sposób ten bazuje na uogólnionej teorii rekonstruowania sygnałów spróbkowanych nierównomiernie i w całości polega na matematycznym przetwarzaniu dostarczonych danych. Na podstawie wartości i położenia w dziedzinie czasu skończonego zestawu próbek sygnału źródłowego wyznacza się wpierw macierz odpowiednio przesuniętych względem siebie funkcji sinc. Następnie macierz pseudoodwrotną do wyznaczonej poprzednio przemnaża się przez wektor pobranych próbek otrzymując wektor wag dla funkcji sinc. Ostatecznie oblicza się sumę funkcji sinc przemnożonych przez wyznaczone wagi i ulokowanych w dziedzinie czasu zgodnie z momentami, w których pobrano próbki rekonstruowanego sygnału źródłowego.

Sposób rekonstruowania sygnału zakodowanego metodą level-crossing, według wynalazku, polega na iteracyjnym kształtowaniu sygnału rekonstruowanego za pomocą ogniw kształtowania połączonych posobnie w łańcuch. Wyjściowy sygnał rekonstruowany każdego ogniwa kształtowania, o ile nie jest to ostatnie ogniwo kształtowania w łańcuchu, podaje się, za pomocą wyjścia sygnałowego tego ogniwa kształtowania, na wejście sygnałowe następnego w kolejności ogniwa kształtowania. Sygnał zrekonstruowany otrzymuje się na wyjściu sygnałowym ostatniego ogniwa kształtowania w łańcuchu. Do kształtowania sygnału za pomocą danego ogniwa kształtowania wykorzystuje się dostarczane z kodera typu level-crossing numery progów kwantyzacji przekraczanych przez sygnał źródłowy i wartości momentów, w których sygnał źródłowy przekroczył te progi kwantyzacji.

Istotą rozwiązania jest to, że wartość momentu przekroczenia progu kwantyzacji przez sygnał źródłowy porównuje się, za pomocą komparatora, z rosnącą wartością czasu, generowaną za pomocą zegara. W chwili wykrycia, za pomocą komparatora, zrównania się wartości czasu z wartością momentu, za pomocą dekodera, na podstawie sygnału wyjściowego komparatora oraz numeru przekroczonego progu kwantyzacji i poprzedniego stanu dekodera, generuje się pierwotny sygnał sterujący. Pierwotny sygnał sterujący wskazuje przedział kwantyzacji, w którym znalazła się wartość sygnału źródłowego. Pierwotny sygnał sterujący podaje się, za pomocą wyjścia dekodera, na wejście generatora. Wówczas, za pomocą generatora, generuje się pierwotny sygnał rekonstruowany i jednocześnie sygnał ten filtruje się za pomocą filtru ogniwa generacji i podaje się, za pomocą wyjścia sygnałowego ogniwa generacji, na wejście sygnałowe pierwszego ogniwa kształtowania. W każdym ogniwie kształtowania wartość wej-

ściowego sygnału rekonstruowanego ogranicza się za pomocą ogranicznika danego ogniwa kształtowania, a następnie filtruje się za pomocą filtru tego ogniwa kształtowania. Jednocześnie pierwotny sygnał sterujący opóźnia się, za pomocą układu opóźniającego ogniwa generacji i podaje się, za pomocą wyjścia sterującego ogniwa generacji, na wejście sterujące pierwszego ogniowa kształtowania. W każdym ogniwie kształtowania położenie dolnego progu ograniczania ogranicznika danego ogniwa kształtowania i położenie górnego progu ograniczania ogranicznika tego ogniwa kształtowania określa się na podstawie przedziału kwantyzacji wskazywanego za pomocą wejściowego sygnału sterującego tego ogniwa kształtowania. Jednocześnie wejściowy sygnał sterujący każdego ogniwa kształtowania, o ile nie jest to ostatnie ogniwo kształtowania w łańcuchu, opóźnia się, za pomocą układu opóźniającego tego ogniwa kształtowania i podaje się, za pomocą wyjścia sterującego tego ogniwa kształtowania, na wejście sterujące następnego w kolejności ogniwa kształtowania.

Korzystne jest, gdy wartość opóźnienia układu opóźniającego ogniwa generacji jest równa wartości opóźnienia wprowadzanego przez filtr ogniwa generacji dla pierwotnego sygnału rekonstruowanego. Natomiast wartość opóźnienia układu opóźniającego danego ogniwa kształtowania jest równa wartości łącznego opóźnienia wprowadzanego przez ogranicznik tego ogniwa kształtowania oraz filtr tego ogniwa kształtowania dla wejściowego sygnału rekonstruowanego tego ogniwa kształtowania.

Korzystne jest, gdy położenie dolnego progu ograniczania ogranicznika danego ogniwa kształtowania i położenie górnego progu ograniczania ogranicznika tego ogniwa kształtowania pokrywają się, odpowiednio, z dolną i górną granicą przedziału kwantyzacji, który wskazuje się w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego tego ogniwa kształtowania.

Korzystne jest, gdy w pierwszym ogniwie kształtowania różnica położenia górnego progu ograniczania ogranicznika pierwszego ogniwa kształtowania i położenie dolnego progu ograniczania ogranicznika pierwszego ogniwa kształtowania jest najmniejsza w stosunku do szerokości przedziału kwantyzacji, który wskazuje się w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego pierwszego ogniwa kształtowania. Dla każdego kolejnego ogniwa kształtowania różnica ta jest coraz większa w stosunku do szerokości przedziału kwantyzacji, który wskazuje się w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego tego ogniwa kształtowania. Jednak w żadnym ogniwie kształtowania położenie dolnego progu ograniczania ogranicznika danego ogniwa kształtowania i położenie górnego progu ograniczania ogranicznika tego ogniwa kształtowania nie wykraczają poza dolną i górną granic przedziału kwantyzacji, który wskazuje się w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego tego ogniwa kształtowania.

Korzystne jest, gdy pierwotny sygnał rekonstruowany generuje się za pomocą generatora w postaci przebiegu schodkowego o wartości leżącej w połowie szerokości przedziału kwantyzacji, który wskazuje się w danej chwili za pomocą pierwotnego sygnału sterującego.

Korzystne jest, gdy pierwotny sygnał rekonstruowany generuje się, za pomocą generatora, w postaci ciągłego przebiegu analogowego.

Korzystne jest też, gdy pierwotny sygnał rekonstruowany generuje się, za pomocą generatora, w postaci słowa cyfrowego o zmiennej wartości, wskazującego aktualną wartość pierwotnego sygnału rekonstruowanego. Sygnał ten następnie filtruje się za pomocą cyfrowego filtru ogniwa generacji, ogranicza się za pomocą cyfrowego ogranicznika każdego kolejnego ogniwa kształtowania i filtruje się za pomocą cyfrowego filtru tego ogniwa kształtowania.

Zaletą rozwiązania jest możliwość rekonstruowania sygnału źródłowego SS zakodowanego metodą level-crossing w sposób całkowicie sprzętowy. Tym samym eliminuje się konieczność wykonywania w tym celu skomplikowanych i czasochłonnych obliczeń matematycznych, które można przeprowadzać w czasie rzeczywistym wyłącznie przy użyciu procesorów o dużej mocy obliczeniowej.

Rozwiązanie pozwala na rekonstruowanie sygnału źródłowego SS na bieżąco (on line) i w sposób ciągły. Dzięki temu opóźnienie rekonstruowania sygnału jest stosunkowo niewielkie, a rekonstruowany sygnał nie jest dzielony na fragmenty, na końcach których dokładność rekonstruowania zwykle znacząco maleje.

Dobierając odpowiednią liczbę N ogniw kształtowania C_1, ..., C_N w łańcuchu można osiągnąć kompromis pomiędzy wielkością i ceną układu przeprowadzającego rekonstrukcję sygnału źródłowego a dokładnością tej rekonstrukcji.

Przedmiot wynalazku jest objaśniony w przykładach wykonania na rysunku, gdzie przedstawiono:

Fig. 1 – kodowanie informacji o sygnale źródłowym SS metodą level-crossing,

Fig. 2 – generowanie pierwotnego sygnału rekonstruowanego RS_0.

Fig. 3 – schemat blokowy układu rekonstruowania sygnału zakodowanego metodą level-crossing,

Fig. 4 – schemat ogniwa generacji C_0,

Fig. 5 – schemat ogniwa kształtowania C_1, ..., C_{N-1},

Fig. 6 – schemat ostatniego ogniwa kształtowania w łańcuchu C_{N-1}.

Zgodnie z wynalazkiem sposób rekonstruowania sygnału zakodowanego metodą level-crossing polega na generowaniu pierwotnego sygnału rekonstruowanego RS_G za pomocą generatora G, filtrowaniu tego sygnału RS_G za pomocą filtru F_0 ogniwa generacji C_0 oraz naprzemiennym ograniczaniu i filtrowaniu wyjściowego sygnału rekonstruowanego RS_0 ogniwa generacji C_0 za pomocą łańcucha połączonych posobnie ogniw kształtowania C_1, ..., C_N o długości N=5. Każde kolejne ogniwo kształtowania C_x w łańcuchu ogranicza wejściowy sygnał rekonstruowany RS_{x-1} za pomocą ogranicznika L_x tego ogniwa kształtowania C_x i filtruje go za pomocą filtru F_x tego ogniwa kształtowania C_x.

Proces rekonstruowania kolejnego fragmentu sygnału źródłowego SS rozpoczyna się od podania na pierwsze wejście Cmp_{In1} komparatora Cmp, za pomocą wejścia momentu t_{In}, wartości momentu t_i, w którym sygnał źródłowy SS przekroczył próg kwantyzacji (fig. 1). Wartość momentu t_i porównuje się, za pomocą komparatora Cmp, z rosnącą wartością czasu t, wskazywaną za pomocą zegara Clk i podawaną, za pomocą wyjścia zegara Clk_{In}, na drugie wejście Cmp_{In2} komparatora Cmp. W chwili wykrycia, za pomocą komparatora Cmp, zrównania się wartości czasu t z wartością momentu t_i na wejście progu kwantyzacji T_{In} podaje się numer progu kwantyzacji T_i przekroczonego przez sygnał źródłowy SS (fig. 1), a na wejście momentu t_{In} podaje się wartość kolejnego momentu t_{i+1}. Jednocześnie, za pomocą dekodera D, na podstawie sygnału wyjściowego komparatora Cmp podawanego na drugie wejście D_{In2} dekodera D i na podstawie numeru progu kwantyzacji T_i, podawanego za pomocą wejścia progu kwantyzacji T_{In} na pierwsze wejście D_{In1} dekodera D oraz na podstawie poprzedniego stanu dekodera D, generuje się pierwotny sygnał sterujący CS_D. Sygnał ten wskazuje przedział kwantyzacji P_0, w którym znalazła się wartość sygnału źródłowego SS (fig. 1). Pierwotny sygnał sterujący CS_D podaje się, za pomocą wyjścia dekodera D, na wejście generatora G. Za pomocą generatora G generuje się pierwotny sygnał rekonstruowany RS_G w postaci ciągłego przebiegu analogowego o wartości leżącej w połowie szerokości przedziału kwantyzacji P_0, wskazywanego w danej chwili za pomocą pierwotnego sygnału sterującego CS_D (fig. 1). Pierwotny sygnał rekonstruowany RS_G filtruje się za pomocą filtru F_0 ogniwa generacji C_0 i podaje się, za pomocą wyjścia sygnałowego $S_{Out,0}$ ogniwa generacji C_0 na wejście sygnałowe $S_{In,1}$ pierwszego ogniwa kształtowania C_1. W każdym kolejnym ogniwie kształtowania C_x wartość wejściowego sygnału rekonstruowanego RS_{x-1} ogranicza się za pomocą ogranicznika L_x tego ogniwa kształtowania C_x (fig. 2), a następnie filtruje się za pomocą filtru F_x tego ogniwa kształtowania C_x. Wyjściowy sygnał rekonstruowany (RS_x) danego ogniwa kształtowania C_x, o ile nie jest to ostatnie ogniwo kształtowania C_N w łańcuchu, podaje się, za pomocą wyjścia sygnałowego $S_{Out,x}$ tego ogniwa kształtowania C_x, na wejście sygnałowe $S_{In,x+1}$ następnego w kolejności ogniwa kształtowania C_{x+1} (fig. 3). Sygnał zrekonstruowany otrzymuje się na wyjściu sygnałowym $S_{Out.N}$ ostatniego ogniwa kształtowania C_N w łańcuchu.

Wygenerowany za pomocą dekodera D pierwotny sygnał sterujący CS_D opóźnia się za pomocą układu opóźniającego Del_0 ogniwa generacji C_0, tworząc w ten sposób wyjściowy sygnał sterujący CS_0 ogniwa generacji C_0. Opóźnienie $t_{D,0}$ układu opóźniającego Del_0 ogniwa generacji C_0 jest równa wartości opóźnienia wprowadzanego przez filtr F_0 ogniwa generacji C_0 dla pierwotnego sygnału rekonstruowanego RS_G. Wyjściowy sygnał sterujący CS_0 ogniwa generacji C_0 podaje się, za pomocą wyjścia sterującego $C_{Out.0}$ ogniwa generacji C_0, na wejście sterujące $C_{In,1}$ pierwszego ogniowa kształtowania C_1. W każdym ogniwie kształtowania C_x położenie dolnego progu ograniczania $L_{L,x}$ ogranicznika L_x tego ogniwa kształtowania C_x i położenie górnego progu ograniczania $L_{H,x}$ ogranicznika L_x tego ogniwa kształtowania C_x określa się na podstawie przedziału kwantyzacji P_x wskazywanego w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego CS_{x-1} tego ogniwa kształtowania C_x. W tym przykładowym rozwiązaniu sposobu położenie dolnego progu ograniczania $L_{L,x}$ ogranicznika L_x danego ogniwa kształtowania C_x pokrywają się z dolną granicą wskazywanego w danej chwili przedziału kwantyzacji P_x (fig. 2). Położenie górnego progu ograniczania $L_{H,x}$ ogranicznika L_x danego ogniwa kształtowania C_x pokrywają się z górną granicą wskazywanego w danej chwili przedziału kwantyzacji P_x (fig. 2).

Wejściowy sygnał sterujący CS_{x-1} każdego ogniwa kształtowania C_x, o ile nie jest to ostatnie ogniwo kształtowania C_N w łańcuchu, opóźnia się, za pomocą układu opóźniającego Del_x danego ogniwa kształtowania C_x i podaje się, za pomocą wyjścia sterującego $C_{Out,x}$ tego ogniwa kształtowania C_x, na wejście sterujące $C_{In,x+1}$ następnego w kolejności ogniowa kształtowania C_{x+1} (fig. 3). Wartość opóźnienia $t_{D,x}$ układu opóźniającego Del_x danego ogniwa kształtowania C_x jest równa wartości łącznego

opóźnienia wprowadzanego przez ogranicznik L_x tego ogniwa kształtowania C_x oraz filtr F_x tego ogniwa kształtowania C_x dla wejściowego sygnału rekonstruowanego RS_{x-1} tego ogniwa kształtowania C_x.

Drugie przykładowe rozwiązanie sposobu różni się od pierwszego tym, że w pierwszym ogniwie kształtowania C_1 różnica położenia górnego progu ograniczania $L_{H,1}$ ogranicznika L_1 pierwszego ogniwa kształtowania C_1 i położenie dolnego progu ograniczania $L_{L,1}$ ogranicznika L_1 pierwszego ogniwa kształtowania C_1 wynosi 20% szerokości przedziału kwantyzacji P_1, który wskazuje się w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego CS_0 pierwszego ogniwa kształtowania C_1. Dla każdego kolejnego ogniwa kształtowania C_x różnica ta jest o kolejne 20% większa w stosunku do szerokości przedziału kwantyzacji P_x, który wskazuje się w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego CS_{x-1} danego ogniwa kształtowania C_x. W ostatnim ogniwie kształtowania C_N łańcucha położenie dolnego progu ograniczania $L_{L,N}$ ogranicznika L_N ostatniego ogniwa kształtowania C_N pokrywają się z dolną granicą wskazywanego w danej chwili przedziału kwantyzacji P_N, natomiast położenie górnego progu ograniczania $L_{H,N}$ ogranicznika L_N ostatniego ogniwa kształtowania C_N pokrywają się z górną granicą wskazywanego w danej chwili przedziału kwantyzacji P_N.

Trzecie przykładowe rozwiązanie sposobu różni się od pierwszego tym, że pierwotny sygnał rekonstruowany RS_G generuje się, za pomocą generatora G, w postaci słowa cyfrowego o zmiennej wartości, wskazującego aktualną wartość pierwotnego sygnału rekonstruowanego RS_G. Sygnał ten filtruje się za pomocą cyfrowego filtru F_0 ogniwa generacji C_0, ogranicza się za pomocą cyfrowego ogranicznika L_x każdego kolejnego ogniwa kształtowania C_x i filtruje się za pomocą cyfrowego filtru F_x każdego kolejnego ogniwa kształtowania C_x.

Układ do rekonstruowania sygnału zakodowanego metodą level-crossing, w pierwszym przykładowym rozwiązaniu, zawiera ogniwo generacji C_0 oraz zestaw ogniw kształtowania $C_{1, ..., C_N}$ połączonych posobnie w łańcuch, którego długość N=5 (fig. 3). Ogniwo generacji C_0 jest wyposażone w wejście momentu t_{In}, wejście progu kwantyzacji T_{In} oraz wejście zegara Clk_{In}, połączone z wyjściem zegara Clk. Wyjście sygnałowe $S_{Out.0}$ ogniwa generacji C_0 jest połączone z wejściem sygnałowym $S_{In,1}$ pierwszego ogniwa kształtowania C_1, zaś wyjście sterujące $C_{Out.0}$ ogniwa generacji C_0 jest połączone z wejściem sterującym $C_{In,1}$ pierwszego ogniwa kształtowania C_1. Wyjście sygnałowe $S_{Out,x}$ każdego ogniwa kształtowania C_x, o ile nie jest to ostatnie ogniwo kształtowania C_N w łańcuchu, jest połączone z wejściem sygnałowym $S_{In,x+1}$ następnego w kolejności ogniwa kształtowania C_{x+1}. Wyjście sygnałowe $S_{Out,N}$ ostatniego ogniwa kształtowania C_N w łańcuchu jest wyjściem sygnału zrekonstruowanego. Wyjście sterujące $C_{Out,x}$ każdego ogniwa kształtowania C_x, o ile nie jest to ostatnie ogniwo kształtowania C_N w łańcuchu, jest połączone z wejściem sterującym $C_{In,x+1}$ następnego w kolejności ogniwa kształtowania C_{x+1} (fig. 3).

Ogniwo generacji C_0 (fig. 4) zawiera komparator Cmp, którego pierwsze wejście Cmp_{In1} jest połączone z wejściem momentu t_{In}, a drugie wejście Cmp_{In2} komparatora Cmp jest połączone z wejściem zegara Clk_{In}. Wyjście komparatora Cmp jest połączone z drugim wejściem D_{In2} dekodera D. Pierwsze wejście D_{In1} dekodera D jest połączone z wejściem progu kwantyzacji T_{In}. Wyjście dekodera D jest połączone z wejściem generatora G oraz wejściem układu opóźniającego Del_0 ogniwa generacji C_o. Wyjście układu opóźniającego Del_0 ogniwa generacji C_0 jest połączone z wyjściem sterującym $C_{Out.0}$ ogniwa generacji C_0. Wyjście generatora G jest połączone z wejściem filtru F_0 ogniwa generacji C_0. Wyjście filtru F_0 ogniwa generacji C_0 jest połączone z wyjściem sygnałowym $S_{Out.0}$ ogniwa generacji C_0.

Każde ogniwo kształtowania C_x (fig. 5 i fig. 6) zawiera ogranicznik L_x danego ogniwo kształtowania C_x, wyposażony w wejście sygnałowe $L_{S,In,x}$ organicznik L_x tego ogniwa kształtowania C_x, połączone z wejściem sygnałowym $S_{In,,x}$ tego ogniwa kształtowania C_x. Wejście sterujące $L_{C,In,x}$ ogranicznika L_x danego ogniwa kształtowania C_x jest połączone z wejściem sterującym $C_{In,x}$ tego ogniwa kształtowania C_x. Wyjście organicznika L_x danego ogniwo kształtowania C_x jest połączone z wejściem filtru F_x tego ogniwo kształtowania C_x. Wyjście filtru F_x ogniw kształtowania C_x jest połączone z wyjściem sygnałowym $S_{Out,x}$ tego ogniwa kształtowania C_x.

Każde ogniwo kształtowania C_x, za wyjątkiem ostatniego ogniwa kształtowania C_N w łańcuchu (fig. 5 i fig. 6) zawiera układ opóźniający Del_x tego ogniwa kształtowania C_x, którego wejście jest połączone z wejściem sterującym $C_{In,x}$ tego ogniwa kształtowania C_x, a wyjście jest połączone z wyjściem sterującym $C_{Out,x}$ tego ogniwa kształtowania C_x.

W tym przykładowym rozwiązaniu układu generator G jest podzespołem z wyjściem analogowym. Wejście filtru F_0 ogniwa generacji C_0, wejścia filtrów F_1, ..., F_N ogniw kształtowania, odpowiednio, C_1, ..., C_N oraz wejścia sygnałowe $L_{S,In,1}$, ..., $L_{S.In.N}$ ograniczników L_1, ..., L_N ogniw kształtowania, odpowiednio, C_1, ..., C_N są wejściami analogowymi. Wyjście filtru F_0 ogniwa generacji C_0, wyjścia filtrów F_1, ..., F_N

ogniw kształtowania, odpowiednio, C_1, ..., C_N oraz wyjścia ograniczników L_1, ..., L_N ogniw kształtowania, odpowiednio, C_1, ..., C_N są wyjściami analogowymi.

Drugie przykładowe rozwiązanie układu różni się od pierwszego tym, że generator G jest podzespołem z wyjściem słowa cyfrowego o zmiennej wartości. Wejście filtru F_0 ogniwa generacji C_0, wejścia filtrów F_1, ..., F_N ogniw kształtowania, odpowiednio, C_1, ..., C_N oraz wejścia sygnałowe $L_{S,In,1}$,..., $L_{S,In,N}$ ograniczników L_1, ..., L_N ogniw kształtowania, odpowiednio, C_1, ..., C_N są wejściami cyfrowymi. Wyjście filtru F_0 ogniwa generacji C_0, wyjścia filtrów F_1, ..., F_N ogniw kształtowania, odpowiednio, C_1, ..., C_N oraz wyjścia ograniczników L_1, ..., L_N ogniw kształtowania, odpowiednio, C_1, ..., C_N są wyjściami cyfrowymi.

Rekonstruowanie sygnału zakodowanego metodą level-crossing realizowane, według wynalazku, w pierwszym przykładowym układzie (fig. 3) przebiega następująco. Proces rekonstruowania kolejnego fragmentu sygnału źródłowego SS rozpoczyna się od podania na wejścia momentu t_{in}, wartości momentu t_i, w którym sygnał źródłowy SS przekroczył jeden z progów kwantyzacji (fig. 1). Wartość ta została dostarczona przez koder typu level-crossing. Wartość momentu t_i porównuje się za pomocą komparatora Cmp, z rosnącą wartością czasu t, wskazywaną za pomocą zegara Clk i podawaną na wyjście zegara Clk_{In}. Podczas porównywania obu wartości komparator Cmp może uwzględniać dodatkowe stałe przesunięcie jednej z nich.

W chwili wykrycia, za pomocą komparatora Cmp, zrównania się rosnącej wartości czasu t z wartością momentu t_i na wejście progu kwantyzacji T_{In} podaje się numer progu kwantyzacji T_i przekroczonego przez sygnał źródłowy SS (fig. 1). Numer ten został dostarczony przez koder typu level-crossing. Jednocześnie na wejście momentu t_{In} podaje się wartość kolejnego momentu t_{i+1}. Następnie, za pomocą dekodera D, wyznacza się przedział kwantyzacji P_0, w którym znalazł się sygnał źródłowy SS (fig. 1). Przedział ten określa się na podstawie numeru progu kwantyzacji T_i podawanego na pierwsze wejście D_{In1} dekodera D oraz na podstawie poprzedniego stanu dekodera D, określanego przez przedział kwantyzacji, w którym poprzednio znajdował się sygnał źródłowy SS. Następnie, za pomocą dekodera D, generuje się pierwotny sygnał sterujący CS_D, wskazujący przedział kwantyzacji P_0, w którym znajduje się rekonstruowany aktualnie fragment sygnału źródłowego SS (fig. 1). Pierwotny sygnał sterujący CS_D podaje się, za pomocą wyjścia dekodera D, na wejście generatora G. Na tej podstawie generuje się, za pomocą generatora G, pierwotny sygnał rekonstruowany RS_G. Sygnał ten ma postać ciągłego przebiegu analogowego, leżącego w połowie szerokości przedziału kwantyzacji P_0, wskazywanego w danej chwili za pomocą pierwotnego sygnału sterującego CS_D (fig. 2). Wyjście generatora utrzymuje się w tym stanie aż do chwili wykrycia za pomocą komparatora Cmp, iż rosnąca wartość czasu t, wskazywana za pomocą zegara Clk jest równa wartości kolejnego momentu t_{i+1}. Wówczas za pomocą dekodera D wyznaczy się nowy przedział kwantyzacji.

Pierwotny sygnał rekonstruowany RS_G filtruje się wstępnie za pomocą filtru F_0 ogniwa generacji C_0 i podaje się, za pomocą wyjścia sygnałowego $S_{Out,0}$ ogniwa generacji C_0 na wejście sygnałowe $S_{In,1}$ pierwszego ogniwa kształtowania C_1. W ten sposób rozpoczyna się iteracyjne kształtowanie sygnału rekonstruowanego, którego kształt stopniowo zbliża się do kształtu sygnału źródłowego SS.

W każdym kolejnym ogniwie kształtowania C_x wartość wejściowego sygnału rekonstruowanego RS_{x-1} ogranicza się (fig. 2), za pomocą ogranicznika L_x danego ogniwa kształtowania C_x tak, aby wartość ta nie wykraczała poza przedział definiowany położeniem dolnego progu ograniczania $L_{L,x}$ ogranicznika L_x danego ogniwa kształtowania C_x i górnego progu ograniczania $L_{H,x}$ ogranicznika L_x tego ogniwa kształtowania C_x. Sygnał wyjściowy każdego ogranicznika L_x filtruje się następnie za pomocą filtru F_x tego ogniwa kształtowania C_x. Wyjściowy sygnał rekonstruowany (RS_x) danego ogniwa kształtowania C_x, o ile nie jest to ostatnie ogniwo kształtowania C_N w łańcuchu, podaje się, za pomocą wyjścia sygnałowego $S_{Out.x}$ tego ogniwa kształtowania C_x, na wejście sygnałowe $S_{In,x+1}$ następnego w kolejności ogniwa kształtowania C_{x+1} (fig. 3). Sygnał zrekonstruowany otrzymuje się na wyjściu sygnałowym $S_{Out.N}$ ostatniego ogniwa kształtowania C_N w łańcuchu.

Równolegle do sygnału rekonstruowanego przenoszonego przez wejścia sygnałowe $S_{In,1}$, ..., $S_{In.N}$ i wyjścia sygnałowe $S_{Out,x}$, ..., $S_{Out.N}$ ogniw kształtowania, odpowiednio, C_1, ..., C_N porusza się sygnał sterujący, przenoszony przez wejścia sterujące $C_{In,1}$, ..., $C_{In.N}$ i wyjścia sterujące C_{Outx}, ..., $C_{Out.N}$ ogniw kształtowania, odpowiednio, C_1, ..., C_N. Aby zapewnić współbieżne propagowanie się obu sygnałów pierwotny sygnał sterujący CS_D wygenerowany za pomocą dekodera D opóźnia się za pomocą układu opóźniającego Del_0 ogniwa generacji C_0. Opóźnienie $t_{D,0}$ układu opóźniającego Del_0 ogniwa generacji C_0 jest przy tym równe wartości opóźnienia wprowadzanego przez filtr F_0 ogniwa generacji C_0 dla pierwotnego sygnału rekonstruowanego RS_G. Wyjściowy sygnał sterujący CS_0 ogniwa generacji C_0 podaje się, za pomocą wyjścia sterującego $C_{Out.0}$ ogniwa generacji C_0 na wejście sterujące $C_{In,1}$ pierwszego

ogniwa kształtowania C_1. W każdym ogniwa kształtowania C_x, o ile nie jest to ostatnie ogniwo kształtowania C_N w łańcuchu, wejściowy sygnał sterujący CS_{x-1} opóźnia się, za pomocą układu opóźniającego Del_x danego ogniwa kształtowania C_x (fig. 5). Wartość opóźnienia $t_{D,x}$ układu opóźniającego Del_x danego ogniwa kształtowania C_x jest przy tym równa wartości łącznego opóźnienia wprowadzanego przez ogranicznik L_x tego ogniwa kształtowania C_x oraz filtr F_x tego ogniwa kształtowania C_x dla wejściowego sygnału rekonstruowanego RS_{x-1} tego ogniwa kształtowania C_x. Jednocześnie w każdym ogniwie kształtowania C_x wykorzystuje się wejściowy sygnał serujący CS_{x-1}, wskazujący przedziału kwantyzacji P_x, do określenia aktualnego położenia dolnego progu ograniczania $L_{L,x}$ ogranicznika L_x tego ogniwa kształtowania C_x i położenie górnego progu ograniczania $L_{H,x}$ ogranicznika L_x tego ogniwa kształtowania C_x. W tym przykładzie w każdym ogniwie kształtowania C_x dolny próg ograniczania $L_{L,x}$ ogranicznika L_x danego ogniwa kształtowania C_x umieszcza się na dolnej krawędzi wskazywanego w danej chwili przedziału kwantyzacji P_x (fig. 2). Górny próg ograniczania $L_{H,x}$ ogranicznika L_x danego ogniwa kształtowania C_x umieszcza się na górnej krawędzi wskazywanego w danej chwili przedziału kwantyzacji P_x (fig. 2).

Inny przykład działania różni się od pierwszego tym, że w pierwszym ogniwie kształtowania C_1 dolny próg ograniczania $L_{L,1}$ ogranicznika L_1 pierwszego ogniwa kształtowania C_1 umieszcza się o 40% szerokości wskazywanego w danej chwili przedziału kwantyzacji P_x powyżej dolnej krawędzi tego przedziału kwantyzacji P_x. Jednocześnie górny próg ograniczania $L_{H,1}$ ogranicznika L_1 pierwszego ogniwa kształtowania C_1 umieszcza się o 40% szerokości wskazywanego w danej chwili przedziału kwantyzacji P_x poniżej górnej krawędzi tego przedziału kwantyzacji P_x. W każdym kolejnym ogniwie kształtowania (C_x) dolny próg ograniczania $L_{L,x}$ ogranicznika L_x danego ogniwa kształtowania C_x umieszcza się o 10% szerokości wskazywanego w danej chwili przedziału kwantyzacji P_x bliżej dolnej krawędzi tego przedziału kwantyzacji P_x. Jednocześnie w każdym kolejnym ogniwie kształtowania (C_x) górny próg ograniczania $L_{H,x}$ ogranicznika L_x danego ogniwa kształtowania C_x umieszcza się o 10% szerokości wskazywanego w danej chwili przedziału kwantyzacji P_x bliżej górnej krawędzi tego przedziału kwantyzacji P_x.

Rekonstruowanie sygnału zakodowanego metodą level-crossing realizowane, według wynalazku, w drugim przykładowym układzie różni się od realizowanego w pierwszym przykładowym układzie tym, że pierwotny sygnał rekonstruowany RS_G generuje się, za pomocą generatora G, w postaci słowa cyfrowego o zmiennej wartości, wskazującego aktualną wartość pierwotnego sygnału rekonstruowanego RS_G. Sygnał ten filtruje się za pomocą cyfrowego filtru F_0 ogniwa generacji C_0, ogranicza się za pomocą cyfrowego ogranicznika L_x każdego kolejnego ogniwa kształtowania C_x i filtruje się za pomocą cyfrowego filtru F_x każdego kolejnego ogniwa kształtowania C_x.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób rekonstruowania sygnału zakodowanego metodą level-crossing polegający na iteracyjnym kształtowaniu sygnału rekonstruowanego za pomocą zestawu ogniw kształtowania połączonych posobnie w łańcuch tak, że wyjściowy sygnał rekonstruowany każdego ogniwa kształtowania, o ile nie jest to ostatnie ogniwo kształtowania w łańcuchu, podaje się, za pomocą wyjścia sygnałowego tego ogniwa kształtowania, na wejście sygnałowe następnego w kolejności ogniwa kształtowania, zaś sygnał zrekonstruowany otrzymuje się na wyjściu sygnałowym ostatniego ogniwa kształtowania w łańcuchu, przy czym do kształtowania sygnału za pomocą danego ogniwa kształtowania wykorzystuje się dostarczane z kodera typu level-crossing numery progów kwantyzacji przekraczanych przez sygnał źródłowy i wartości momentów, w których sygnał źródłowy przekroczył te progi kwantyzacji, **znamienny tym**, że wartość momentu (t_i) przekroczenia progu kwantyzacji przez sygnał źródłowy (SS) porównuje się, za pomocą komparatora (Cmp), z rosnącą wartością czasu (t), wskazywaną za pomocą zegara (Clk), a w chwili wykrycia, za pomocą komparatora (Cmp), zrównania się wartości czasu (t) z wartością momentu (t_i), za pomocą dekodera (D), na podstawie sygnału wyjściowego komparatora (Cmp) oraz numeru przekroczonego progu kwantyzacji (T_i) i poprzedniego stanu dekodera (D), generuje się pierwotny sygnał sterujący (CS_D), wskazujący przedział kwantyzacji (P_0), w którym znalazła się wartość sygnału źródłowego (SS) i podaje się ten pierwotny sygnał sterujący (CS_D), za pomocą wyjścia dekodera (D), na wejście generatora (G), a wówczas, za pomocą generatora (G), generuje się pierwotny sygnał rekonstruowany (RS_G) i jednocześnie sygnał ten filtruje się za pomocą filtru (F_0) ogniwa generacji (C_0) i podaje się, za pomocą wyjścia sygnałowego ($S_{Out.0}$) ogniwa generacji (C_0), na wejście sygnałowe ($S_{In,1}$)

pierwszego ogniwa kształtowania (C_i), natomiast w każdym ogniwie kształtowania (C_x) wartość wejściowego sygnału rekonstruowanego (RS_{x-1}) ogranicza się za pomocą ogranicznika (L_x) danego ogniwa kształtowania (C_x), a następnie filtruje się za pomocą filtru (F_x) tego ogniwa kształtowania (C_x), jednocześnie pierwotny sygnał sterujący (CS_D) opóźnia się za pomocą układu opóźniającego (Del_0) ogniwa generacji (C_0) i podaje się, za pomocą wyjścia sterującego ($C_{Out,0}$) ogniwa generacji (C_0), na wejście sterujące ($C_{In,1}$) pierwszego ogniowa kształtowania (C_1), zaś w każdym ogniwie kształtowania (C_x) położenie dolnego progu ograniczania ($L_{l,x}$) ogranicznika (L_x) danego ogniwa kształtowania (C_x) i położenie górnego progu ograniczania ($L_{H,x}$) ogranicznika (L_x) tego ogniwa kształtowania (C_x) określa się na podstawie przedziału kwantyzacji (P_x) wskazywanego za pomocą wejściowego sygnału sterującego (CS_{x-1}) tego ogniwa kształtowania (C_x), przy czym wejściowy sygnał sterujący (CS_{x-1}) tego ogniwa kształtowania (C_x), o ile nie jest to ostatnie ogniwo kształtowania (CN) w łańcuchu, opóźnia się, za pomocą układu opóźniającego (Del_x) tego ogniwa kształtowania (C_x) i podaje się, za pomocą wyjścia sterującego ($C_{Out,x}$) tego ogniwa kształtowania (C_x), na wejście sterujące ($C_{In,x+1}$) następnego w kolejności ogniowa kształtowania (C_{x+1}).

2. Sposób, według zastrz. 1, **znamienny tym**, że wartość opóźnienia ($t_{D,0}$) układu opóźniającego (Del_0) ogniwa generacji (C_0) jest równa wartości opóźnienia wprowadzanego przez filtr (F_0) ogniwa generacji (C_0) dla pierwotnego sygnału rekonstruowanego (RS_G), natomiast wartość opóźnienia ($t_{D,x}$) układu opóźniającego (Del_x) danego ogniwa kształtowania (C_x) jest równa wartości łącznego opóźnienia wprowadzanego przez ogranicznik (L_x) tego ogniwa kształtowania (C_x) oraz filtr (F_x) tego ogniwa kształtowania (C_x) dla wejściowego sygnału rekonstruowanego (RS_{x-1}) tego ogniwa kształtowania (C_x).
3. Sposób, według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że położenie dolnego progu ograniczania ($L_{L,x}$) ogranicznika (L_x) danego ogniwa kształtowania (C_x) i położenie górnego progu ograniczania ($L_{H,x}$) ogranicznika (L_x) tego ogniwa kształtowania (C_x) pokrywają się, odpowiednio, z dolną i górną granicą przedziału kwantyzacji (P_x), który wskazuje się w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego (CS_{x-1}) tego ogniwa kształtowania (C_x).
4. Sposób, według zastrz. 1 lub 2, **znamienny tym**, że w pierwszym ogniwie kształtowania (C_1) różnica położenia górnego progu ograniczania ($L_{H,1}$) ogranicznika (L_1) pierwszego ogniwa kształtowania (C_1) i położenie dolnego progu ograniczania ($L_{L,1}$) ogranicznika (L_1) pierwszego ogniwa kształtowania (C_1) jest najmniejsza w stosunku do szerokości przedziału kwantyzacji (P_1), który wskazuje się w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego (CS_0) pierwszego ogniwa kształtowania (C_1), zaś dla każdego kolejnego ogniwa kształtowania (C_x) różnica ta jest coraz większa w stosunku do szerokości przedziału kwantyzacji (P_x), który wskazuje się w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego (CS_{x-1}) tego ogniwa kształtowania (C_x), przy czym w żadnym ogniwie kształtowania (C_x) położenie dolnego progu ograniczania ($L_{L,x}$) ogranicznika (L_x) danego ogniwa kształtowania (C_x) i położenie górnego progu ograniczania ($L_{H,x}$) ogranicznika (L_x) tego ogniwa kształtowania (C_x) nie wykraczają poza dolną i górną granicę przedziału kwantyzacji (P_x), który wskazuje się w danej chwili za pomocą wejściowego sygnału sterującego (CS_{x-1}) tego ogniwa kształtowania (C_x).
5. Sposób, według zastrz. 1, 2, 3 lub 4, **znamienny tym**, że pierwotny sygnał rekonstruowany (RS_G) generuje się za pomocą generatora (G) w postaci przebiegu schodkowego o wartości leżącej w połowie szerokości przedziału kwantyzacji (P_0), który wskazuje się w danej chwili za pomocą pierwotnego sygnału sterującego (CS_D).
6. Sposób, według zastrz. 1, 2, 3, 4 lub 5, **znamienny tym**, że pierwotny sygnał rekonstruowany (RS_G) generuje się, za pomocą generatora (G), w postaci ciągłego przebiegu analogowego.
7. Sposób, według zastrz. 1, 2, 3, 4 lub 5, **znamienny tym**, że pierwotny sygnał rekonstruowany (RS_G) generuje się, za pomocą generatora (G), w postaci słowa cyfrowego o zmiennej wartości, wskazującego aktualną wartość pierwotnego sygnału rekonstruowanego (RS_G), którą następnie filtruje się za pomocą cyfrowego filtru (F_0) ogniwa generacji (C_0), ogranicza się za pomocą cyfrowego ogranicznika (L_x) każdego kolejnego ogniwa kształtowania (C_x) i filtruje się za pomocą cyfrowego filtru (F_x) tego ogniwa kształtowania (C_x).

Rysunki

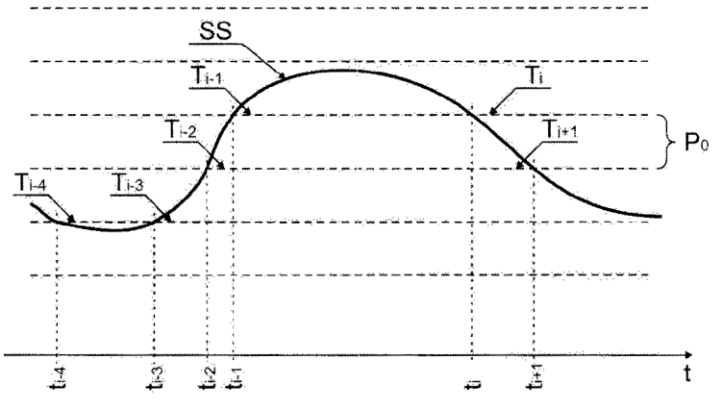

Fig. 1

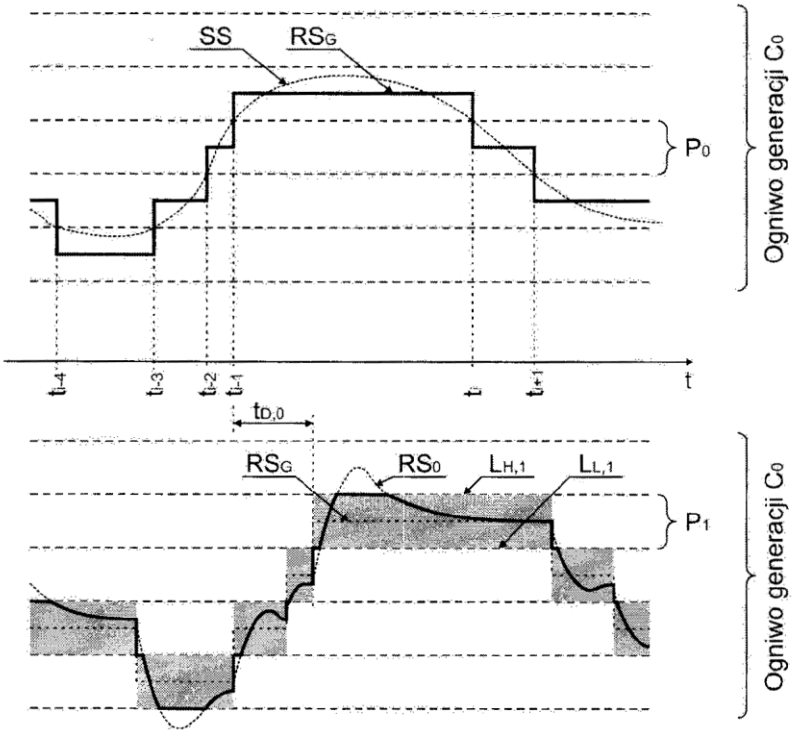

Fig. 2

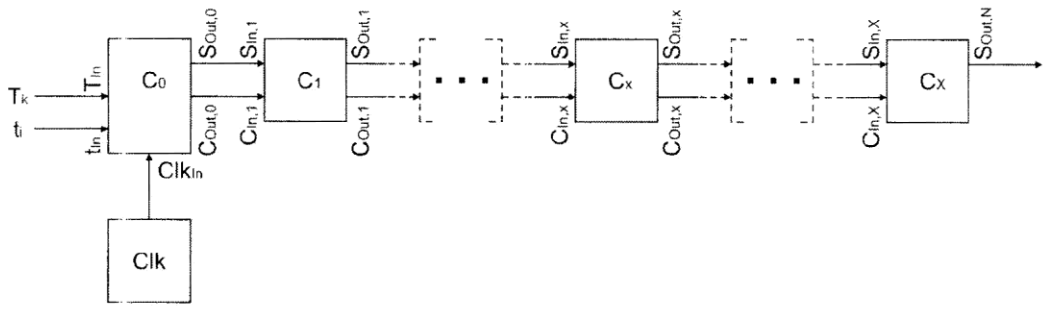
Tk
ti
Tin
tin
C0
SOut,0
COut,0
SIn,1
CIn,1
C1
SOut,1
COut,1
SIn,x
CIn,x
Cx
SOut,x
COut,x
SIn,X
CIn,X
CX
SOut,N
ClkIn
Clk

Fig. 3

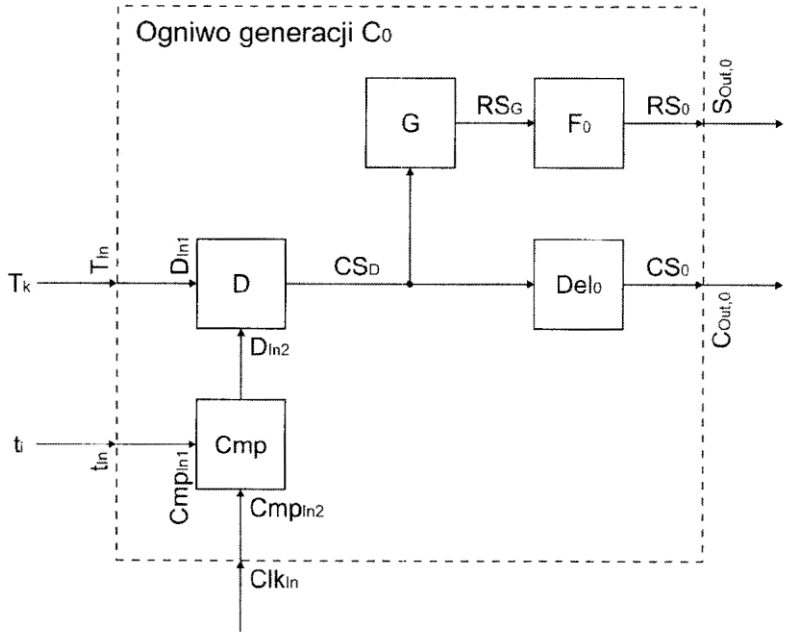
Ogniwo generacji C0
G
RSG
F0
RS0
SOut,0
Tk
Tin
DIn1
D
CSD
Del0
CS0
COut,0
DIn2
ti
tin
Cmp
CmpIn1
CmpIn2
ClkIn

Fig. 4

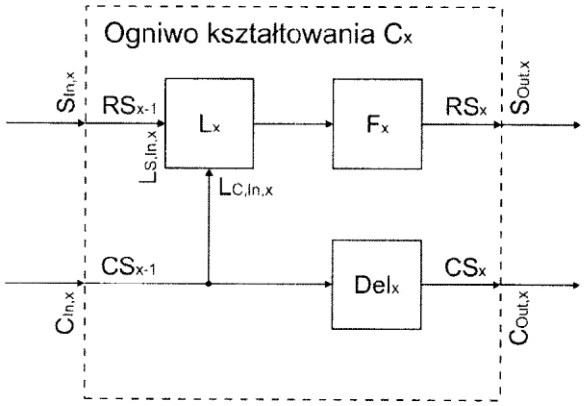
Ogniwo kształtowania Cx
SIn,x
RSx-1
Lx
Fx
RSx
SOut,x
LS,In,x
LC,In,x
CSx-1
Delx
CSx
CIn,x
COut,x

Fig. 5

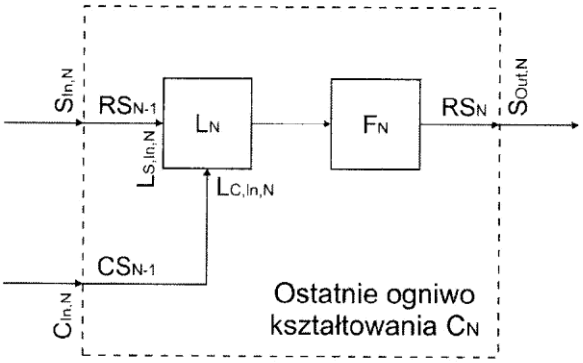
SIn,N
RSN-1
LN
FN
RSN
SOut,N
LS,In,N
LC,In,N
CSN-1
CIn,N
Ostatnie ogniwo
kształtowania CN

Fig. 6

Wykaz oznaczeń na rysunku

C_0	ogniwo generacji
$C_1, \ldots, C_N$	ogniwa kształtowania
$C_{In,1}, \ldots, C_{In,N}$	wejścia sterujące ogniw kształtowania, odpowiednio, $C_1, \ldots, C_N$
$C_{Out.0}$	wyjście sterujące ogniwa generacji C_0
$C_{Out,1}, \ldots, C_{Out.N}$	wyjścia sterujące ogniw kształtowania, odpowiednio, $C_1, \ldots, C_N$
Clk_{In}	wejście zegara
$Cmp_{In,1}$	pierwsze wejście komparatora Cmp
Cmp_{In2}	drugie wejście komparatora Cmp
D_{In1}	pierwsze wejście dekodera D
D_{In2}	drugie wejście dekodera D
$S_{In,1}, \ldots, S_{In,N}$	wejścia sygnałowe ogniw kształtowania, odpowiednio, $C_1, \ldots, C_N$
$S_{Out.0}$	wyjście sygnałowe ogniwa generacji C_0
$S_{Out,1}, \ldots, S_{Out,N}$	wyjścia sygnałowe ogniw kształtowania, odpowiednio, $C_1, \ldots, C_N$
t_{In}	wejście momentu
T_{In}	wejście progu kwantyzacji
Clk	zegar
Cmp	komparator
D	dekoder
G	generator
F_0	filtr ogniwa generacji C_0
$F_1, \ldots, F_N$	filtr ogniw kształtowania, odpowiednio, $C_1, \ldots, C_N$
$L_1, \ldots, L_N$	ograniczniki ogniw kształtowania, odpowiednio, $C_1, \ldots, C_N$
$L_{H,x}$	górny próg ograniczania ogranicznika L_x
$L_{L,x}$	dolny próg ograniczania ogranicznika L_x
$T_{D,0}$	opóźnienie układu opóźniającego Del_0 ogniwa generacji C_0
$T_{D,1}, \ldots, T_{D,N-1}$	opóźnienia układów opóźniających, odpowiednio, $Del_1, \ldots, Del_{N-1}$ ogniw kształtowania, odpowiednio, $C_1, \ldots, C_{N-1}$
t_i	wartość momentu
t_{i+1}	wartość kolejnego momentu
T_i	numer próg kwantyzacji
CS_0	wyjściowy sygnał sterujący ogniwa generacji C_0
$CS_1, \ldots, CS_{N-1}$	wyjściowy sygnał sterujący ogniwa kształtowania, odpowiednio, $C_1, \ldots, C_{N-1}$
CS_D	pierwotny sygnał sterujący
RS_0	wyjściowy sygnał rekonstruowany ogniwa generacji C_0
$RS_1, \ldots, RS_N$	wyjściowy sygnał rekonstruowany ogniwa kształtowania, odpowiednio, $C_1, \ldots, C_N$
RS_G	pierwotny sygnał rekonstruowany
SS	sygnał źródłowy

Departament Wydawnictw UPRP
Cena 4,92 zł (w tym 23% VAT)