

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **220358**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **397950**

(22) Data zgłoszenia: **31.01.2012**

(51) Int.Cl.

H03M 1/00 (2006.01)

H03M 1/38 (2006.01)

H03M 1/14 (2006.01)

(54) **Sposób i układ do bezzegarowego przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego
na słowo cyfrowe**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
05.08.2013 BUP 16/13

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.10.2015 WUP 10/15

(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**

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Andrzej Kacperski

PL 220358 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i układ do bezzegarowego przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe, znajdujący zastosowanie w systemach kontrolno-pomiarowych.

Znany z polskiego zgłoszenia patentowego nr P-392924 sposób asynchronicznego przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe polega na odwzorowaniu tego napięcia proporcjonalną do niego wielkością ładunku elektrycznego. Ładunek ten dostarcza się za pomocą źródła prądowego i gromadzi się w kondensatorze próbkującym. Gromadzenie ładunku realizuje się do chwili, gdy napięcie narastające na kondensatorze próbkującym jest równe napięciu przetwarzanemu. Wówczas, zgromadzony ładunek elektryczny poddaje się procesowi redystrybucji, rozmieszczając go w kondensatorach zespołu kondensatorów, przy czym pojemność każdego kondensatora o kolejnym indeksie jest dwukrotnie większa od pojemności kondensatora bezpośrednio go poprzedzającego. W trakcie procesu redystrybucji zgromadzony ładunek elektryczny tak rozmieszcza się w kondensatorach zespołu kondensatorów, aby na każdym z nich, ewentualnie za wyjątkiem jednego uzyskać napięcie równe zero lub równe napięciu odniesienia. Przebieg procesu redystrybucji nadzoruje się za pomocą modułu sterującego na podstawie sygnałów wyjściowych pierwszego komparatora i drugiego komparatora. Ładunek elektryczny dostarcza się w trakcie procesu jego gromadzenia za pomocą pierwszego źródła prądowego oraz przenosi się pomiędzy kondensatorami w trakcie procesu jego redystrybucji za pomocą drugiego źródła prądowego. Bitom słowa cyfrowego, przyporządkowanym kondensatorom zespołu kondensatorów, na których uzyskano napięcie równe napięciu odniesienia przypisuje się za pomocą modułu sterującego wartość jeden, a pozostałym bitom tego słowa przypisuje się wartość zero. W jednym z wariantów tego rozwiązania ładunek elektryczny gromadzi się jednocześnie w kondensatorze próbkującym i łączonym z nim równolegle kondensatorze o największej pojemności w zespole kondensatorów.

Również z opisu polskiego zgłoszenia P-392924 znany jest układ do asynchronicznego przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe. Układ ten zawiera zespół kondensatorów, którego wejścia sterujące są połączone z zestawem wyjść sterujących modułu sterującego. Moduł sterujący jest wyposażony w wyjście słowa cyfrowego, wyjście zakończenia przetwarzania, wejście wyzwalające oraz dwa wejścia sterujące. Pierwsze wejście sterujące jest połączone z wyjściem pierwszego komparatora, którego wejścia są połączone z jedną parą wyjść zespołu kondensatorów, a drugie wejście sterujące jest połączone z wyjściem drugiego komparatora, którego wejścia są połączone z drugą parą wyjść zespołu kondensatorów. Ponadto do zespołu kondensatorów jest podłączone źródło napięcia przetwarzanego, źródło napięcia zasilania, źródło napięcia pomocniczego i źródło napięcia odniesienia, dwa sterowane źródła prądowe, których wejście sterujące są połączone odpowiednio z wyjściami sterującymi modułu sterującego oraz kondensator próbkujący.

Zespół kondensatorów zawiera łączniki, przełączniki oraz zestaw kondensatorów, których liczba jest równa liczbie bitów słowa cyfrowego, a pojemność każdego kondensatora o kolejnym indeksie jest dwukrotnie większa od pojemności kondensatora bezpośrednio go poprzedzającego. Górna okładka kondensatora próbkującego i każdego kondensatora zespołu kondensatorów jest łączona z pierwszą szyną, poprzez pierwszy łącznik i/lub z drugą szyną, poprzez drugi łącznik, a dolna okładka, poprzez przełącznik, jest łączona z masą układu lub ze źródłem napięcia pomocniczego. Pierwsza szyna jest łączona z masą układu poprzez łącznik pierwszej szyny oraz jest połączona z wejściem nieodwracającym drugiego komparatora, którego wejście odwracające, poprzez przełącznik napięcia jest łączone ze źródłem napięcia przetwarzanego lub ze źródłem napięcia odniesienia. Druga szyna jest połączona z wejściem odwracającym pierwszego komparatora, którego wejście nieodwracające jest połączone ze źródłem napięcia pomocniczego.

Wejścia sterujące pierwszych łączników i przełączników zespołu są ze sobą sprzężone, odpowiednio, i są połączone, odpowiednio, z wyjściami sterującymi modułu sterującego, a wejścia sterujące drugich łączników oraz łącznika pierwszej szyny są połączone odpowiednio z wyjściami sterującymi modułu sterującego. Wejścia sterujące przełącznika napięcia są połączone z wyjściem sterującym modułu sterującego.

Pierwszy biegun pierwszego źródła prądowego jest połączony ze źródłem napięcia zasilającego, a drugi biegun pierwszego źródła prądowego jest połączony z pierwszą szyną, z którą jest połączony również drugi biegun drugiego źródła prądowego. Pierwszy biegun drugiego źródła prądowego jest połączony z drugą szyną.

W jednym z wariantów tego układu kondensator próbkujący o pojemności nie mniejszej od pojemności kondensatora o największej pojemności w zespole kondensatorów, jest łączony równolegle z kondensatorem o największej pojemności w zespole kondensatorów. Przetwarzanie wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe jest realizowane za pomocą modułu sterującego, przez zmiany stanów sygnałów z odpowiednich wyjść sterujących.

Zgodnie z wynalazkiem sposób bezzegarowego przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe polega na wykrywaniu za pomocą modułu sterującego sygnału wyzwalającego i odwzorowywaniu wielkości napięcia przetwarzanego proporcjonalną do niej wielkością ładunku elektrycznego. Ładunek ten dostarcza się za pomocą źródła prądowego i gromadzi się w kondensatorze próbkującym, lub w kondensatorze próbkującym i łączonym z nim równolegle kondensatorze o największej pojemności w zespole redystrybucji, aż do chwili, gdy porównywane równocześnie za pomocą komparatora napięcie narastające na kondensatorze próbkującym, jest równe napięciu przetwarzanemu. Następnie realizuje się w zespole redystrybucji proces redystrybucji zgromadzonego ładunku elektrycznego, w znany sposób, za pomocą modułu sterującego, przez zmiany stanów sygnałów z odpowiednich wyjść sterujących oraz przypisuje się za pomocą modułu sterującego, odpowiednie wartości bitom słowa cyfrowego. Zespół redystrybucji zawiera zestaw łączników, przełączników i kondensatorów, takich, że pojemność każdego kondensatora o kolejnym indeksie jest dwukrotnie większa od pojemności kondensatora bezpośrednio go poprzedzającego.

Istotą sposobu według wynalazku jest to, że po zakończeniu gromadzenia ładunku elektrycznego w kondensatorze próbkującym, lub w kondensatorze próbkującym i łączonym z nim równolegle kondensatorze o największej pojemności w zespole redystrybucji, oraz wykryciu za pomocą modułu sterującego sygnału wyzwalającego, ładunek elektryczny dostarcza się za pomocą źródła prądowego i gromadzi się w dodatkowym kondensatorze próbkującym. Następnie realizuje się proces redystrybucji ładunku elektrycznego zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym oraz przypisuje się za pomocą modułu sterującego odpowiednie wartości bitom słowa cyfrowego. Gromadzenie ładunku elektrycznego w dodatkowym kondensatorze próbkującym, proces redystrybucji ładunku elektrycznego zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym oraz przypisywanie odpowiednich wartości bitom słowa cyfrowego realizuje się tak, jak dla kondensatora próbkującego.

W sposobie tym możliwe jest to, że po zakończeniu gromadzenia ładunku elektrycznego w dodatkowym kondensatorze próbkującym oraz wykryciu za pomocą modułu sterującego sygnału wyzwalającego, rozpoczyna się kolejny cykl, a ładunek elektryczny dostarcza się za pomocą źródła prądowego i gromadzi się ponownie w kondensatorze próbkującym lub w kondensatorze próbkującym i łączonym z nim równolegle kondensatorze o największej pojemności w zespole redystrybucji.

W sposobie tym możliwe jest to, że w okresie, gdy ładunek elektryczny dostarcza się za pomocą źródła prądowego i gromadzi się w dodatkowym kondensatorze próbkującym, to jednocześnie część dostarczanego ładunku elektrycznego gromadzi się w dodatkowym kondensatorze o największej pojemności w zespole redystrybucji, łączonym równolegle z dodatkowym kondensatorem próbkującym. Pojemność dodatkowego kondensatora o największej pojemności w zespole redystrybucji jest równa pojemności kondensatora o największej pojemności w zespole redystrybucji.

W sposobie tym możliwe jest również to, że po zakończeniu procesu redystrybucji w ostatnim z kondensatorów, na którym podczas realizowania procesu redystrybucji nie uzyskano napięcia odniesienia, pozostawia się zgromadzony tam ładunek elektryczny. Ładunek ten jest uwzględniany podczas realizowania następnego procesu redystrybucji.

Układ, według wynalazku, zawiera zespół redystrybucji, którego wejścia sterujące są połączone z wyjściami sterującymi modułu sterującego. Moduł sterujący jest wyposażony w wyjście słowa cyfrowego, wyjście zakończenia przetwarzania, wejście wyzwalające oraz pierwsze wejście sterujące, połączone z wyjściem pierwszego komparatora i drugie wejście sterujące, połączone z wyjściem drugiego komparatora. Do zespołu redystrybucji jest podłączone źródło napięcia pomocniczego, sekcja kondensatora próbkującego i drugie sterowane źródło prądowe, którego wejście sterujące jest połączone z wyjściem sterującym drugim źródłem prądowym. Pierwszy biegun drugiego źródła prądowego jest połączony z szyną źródłową, a drugi biegun drugiego źródła prądowego jest połączony z szyną docelową. Źródło napięcia zasilającego jest połączone z pierwszym biegunem pierwszego źródła prądowego, którego wejście sterujące jest połączone z wyjściem sterującym pierwszym źródłem prądowym. Zespół redystrybucji zawiera sekcje, których liczba jest równa liczbie bitów słowa cyfrowego. Sekcja kondensatora próbkującego i każda sekcja zespołu redystrybucji zawiera łącznik źródłowy, łącznik docelowy, przełącznik masy i co najmniej jeden kondensator. Górna okładka kondensatora próbkują-

cego i każdego kondensatora zespołu redystrybucji jest łączona z szyną źródłową, poprzez łącznik źródłowy i/lub z szyną docelową, poprzez łącznik docelowy, a dolna okładka, poprzez przełącznik masy, jest łączona z masą układu lub ze źródłem napięcia pomocniczego. W zespole redystrybucji pojemność każdego kondensatora o kolejnym indeksie jest dwukrotnie większa od pojemności kondensatora bezpośrednio go poprzedzającego. Szyna docelowa jest łączona z masą układu poprzez łącznik szyny docelowej oraz jest połączona z wejściem nieodwracającym drugiego komparatora, którego wejście odwracające jest połączone ze źródłem napięcia odniesienia. Szyna źródłowa jest połączona z wejściem odwracającym pierwszego komparatora, którego wejście nieodwracające jest połączone ze źródłem napięcia pomocniczego. Wejścia sterujące łączników źródłowych oraz łącznika szyny docelowej są połączone, odpowiednio, z wyjściami sterującymi modułu sterującego. Wejścia sterujące łączników docelowych i przełączników masy są ze sobą sprzężone, odpowiednio, i są połączone, odpowiednio, z wyjściami sterującymi modułu sterującego.

Istotną nowością układu jest to, że moduł sterujący jest wyposażony w trzecie wejście sterujące, połączone z wyjściem trzeciego komparatora, którego wejście odwracające jest połączone ze źródłem napięcia przetwarzanego. Wejście nieodwracające trzeciego komparatora jest połączone z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego i sekcją kondensatora próbkującego, która zawiera dodatkowy kondensator próbkujący oraz przełączniki górnych okładek i przełączniki dolnych okładek. Górne okładki kondensatora próbkującego i dodatkowego kondensatora próbkującego są łączone poprzez przełączniki górnych okładek z łącznikiem źródłowym i łącznikiem docelowym lub z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora. Dolne okładki kondensatora próbkującego i dodatkowego kondensatora próbkującego są łączone poprzez przełączniki dolnych okładek z przełącznikiem masy lub z masą układu. Wejścia sterujące przełączników górnych okładek oraz przełączników dolnych okładek są ze sobą sprzężone i są połączone z wyjściem sterującym przełącznikami okładek.

Korzystne jest, jeżeli co najmniej jedna sekcja zespołu redystrybucji zawiera dodatkowy kondensator oraz przełączniki górnych okładek i przełączniki dolnych okładek. Górne okładki kondensatora i dodatkowego kondensatora takiej sekcji są łączone poprzez przełączniki górnych okładek z łącznikiem źródłowym i łącznikiem docelowym lub z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora. Dolne okładki kondensatora i dodatkowego kondensatora takiej sekcji są łączone poprzez przełączniki dolnych okładek z przełącznikiem masy lub z masą układu. Wejścia sterujące przełączników górnych okładek i przełączników dolnych okładek są ze sobą sprzężone i są połączone z wyjściem sterującym przełącznikami okładek.

Korzystne jest, jeżeli pojemności kondensatora próbkującego i dodatkowego kondensatora próbkującego są nie mniejsze od pojemności kondensatora o największej pojemności w zespole redystrybucji.

Korzystne jest także, jeżeli dodatkowy kondensator zespołu redystrybucji ma pojemność równą, odpowiednio, pojemności kondensatora zespołu redystrybucji.

Zastosowanie dodatkowego kondensatora próbkującego umożliwia wykonywanie dwóch kolejnych faz próbkowania napięcia przetwarzanego bez konieczności wprowadzania pomiędzy nie przerw służącej do realizowania procesu redystrybucji zgromadzonego ładunku elektrycznego oraz fazy relaksacji. Gromadzenie w dodatkowym kondensatorze próbkującym porcji ładunku elektrycznego odwzorowującej wielkość drugiej z przetwarzanych próbek jest wykonywane równocześnie z realizowaniem procesu redystrybucji porcji ładunku zgromadzonej w kondensatorze próbkującym i reprezentującej pierwszą próbkę. Dzięki temu wyniki każdego z pomiarów są podawane z minimalnym opóźnieniem, równym czasowi realizowania procesu redystrybucji. Ponadto, wykonywanie czynności związanych z przetwarzaniem obu próbek napięcia przez ten sam moduł sterujący, zespół redystrybucji oraz zestaw komparatorów i źródeł prądowych przyczynia się do zredukowania ilości energii pobieranej przez układ w przeliczeniu na pojedynczy proces przetwarzania, podnosząc jego sprawność energetyczną.

Rozpoczynanie nowej fazy próbkowania napięcia elektrycznego po każdym zakończeniu aktualnej fazy próbkowania umożliwia osiągnięcie maksymalnej częstotliwości pobierania i przetwarzania szeregu próbek za pomocą jednego układu. Unika się bowiem konieczności wprowadzania pomiędzy kolejne fazy próbkowania przerw potrzebnych do realizowania procesów redystrybucji zgromadzonych porcji ładunku elektrycznego oraz fazy relaksacji.

Zastosowanie dodatkowego kondensatora o największej pojemności w zespole redystrybucji umożliwia dwukrotne zmniejszenie wymaganej pojemności dodatkowego kondensatora próbkującego

i tym samym istotne ograniczenie powierzchni zajmowanej przez przetwornik wykonany w postaci monolitycznego układu scalonego. Dzięki równoległemu łączeniu dodatkowego kondensatora próbkującego z dodatkowym kondensatorem o największej pojemności w zespole redystrybucji maksymalna wielkość napięcia pojawiającego się na dodatkowym kondensatorze próbkującym o zredukowanej pojemności nie ulega zwiększeniu. Ponadto, czas realizowania procesu redystrybucji ładunku elektrycznego zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym i łączonym z nim równolegle dodatkowym kondensatorze o największej pojemności w zespole redystrybucji jest krótszy o co najmniej 25%.

Dzięki wyposażeniu układu w trzeci komparator jest możliwe realizowanie procesu redystrybucji zgromadzonej wcześniej porcji ładunku elektrycznego oraz jednoczesne kontrolowanie procesu gromadzenia następnej porcji ładunku elektrycznego, reprezentującej wielkość następnej próbki.

Zaletą jest także pozostawianie w układzie tej części ładunku elektrycznego, która nie została uwzględniona w wartości wygenerowanego słowa cyfrowego. Uwzględnienie jej podczas procesu redystrybucji następnej porcji zgromadzonego ładunku elektrycznego powoduje, iż wartość średnia otrzymanych wyników reprezentuje, z dokładnością do błędu kwantyzacji, wartość średnią wielkości pobranych próbek.

Przedmiot wynalazku jest objaśniony w przykładach wykonania na rysunku, na którym przedstawiono układ w różnych etapach procesu przetwarzania, a zatem różnych stanach łączników i przełączników:

- Fig. 1 – schemat układu w stanie relaksacji, przed rozpoczęciem procesu przetwarzania
- Fig. 2 – schemat układu podczas gromadzenia ładunku w kondensatorze próbkującym C_n
- Fig. 3 – schemat układu w chwili rozpoczęcia redystrybucji ładunku zgromadzonego w kondensatorze próbkującym C_n
- Fig. 4 – schemat układu podczas przenoszenia ładunku z kolejnego kondensatora źródłowego C_i do kondensatora docelowego C_k
- Fig. 5 – schemat układu w chwili rozpoczęcia redystrybucji ładunku zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA}
- Fig. 6 – schemat układu w stanie relaksacji przed rozpoczęciem procesu przetwarzania
- Fig. 7 – schemat układu podczas gromadzenia ładunku w kondensatorze próbkującym C_n i łączonym z nim równolegle kondensatorze C_{n-1}
- Fig. 8 – schemat układu w chwili rozpoczęcia redystrybucji ładunku zgromadzonego w kondensatorze próbkującym C_n i kondensatorze C_{n-1}
- Fig. 9 – schemat układu w chwili rozpoczęcia redystrybucji ładunku zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} i dodatkowym kondensatorze C_{n-1A}

Zgodnie z wynalazkiem sposób bezzegarowego przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe polega na wykrywaniu za pomocą modułu sterującego CM sygnału wyzwalającego i odwzorowywaniu wielkości napięcia przetwarzanego proporcjonalną do niej wielkością ładunku elektrycznego. Ładunek ten dostarcza się za pomocą pierwszego źródła prądowego I i gromadzi się w kondensatorze próbkującym C_n , aż do chwili, gdy porównywane równocześnie za pomocą trzeciego komparatora K_3 napięcie U_n na kondensatorze próbkującym, jest równe napięciu przetwarzanemu U_{IN} . Następnie realizuje się w zespole redystrybucji A proces redystrybucji zgromadzonego ładunku elektrycznego, za pomocą modułu sterującego CM, przez zmiany stanów sygnałów z odpowiednich wyjść sterujących oraz przypisuje się za pomocą modułu sterującego CM odpowiednie wartości bitom b_{n-1} , b_{n-2} , ..., b_1 , b_0 słowa cyfrowego. Zespół redystrybucji A zawiera zestaw łączników, przełączników i kondensatorów, takich, że pojemność każdego kondensatora o kolejnym indeksie jest dwukrotnie większa od pojemności kondensatora bezpośrednio go poprzedzającego.

Po zakończeniu gromadzenia ładunku elektrycznego w kondensatorze próbkującym C_n oraz wykryciu za pomocą modułu sterującego CM sygnału wyzwalającego ładunek elektryczny dostarcza się za pomocą pierwszego źródła prądowego I i gromadzi się w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} . Następnie realizuje się proces redystrybucji ładunku elektrycznego zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} oraz przypisuje się za pomocą modułu sterującego CM odpowiednie wartości bitom b_{n-1} , b_{n-2} , ..., b_1 , b_0 słowa cyfrowego. Gromadzenie ładunku elektrycznego w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} , proces redystrybucji ładunku elektrycznego zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} oraz przypisywanie odpowiednich wartości bitom b_{n-1} , b_{n-2} , ..., b_1 , b_0 słowa cyfrowego realizuje się tak, jak dla kondensatora próbkującego C_n .

Inne przykładowe rozwiązanie charakteryzuje się tym, że po zakończeniu gromadzenia ładunku elektrycznego w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} oraz wykryciu za pomocą modułu sterującego CM sygnału wyzwającego, rozpoczyna się kolejny cykl, a ładunek elektryczny dostarcza się za pomocą pierwszego źródła prądowego I i gromadzi się ponownie w kondensatorze próbkującym C_n .

Inne przykładowe rozwiązanie charakteryzuje się tym, że gdy ładunek elektryczny dostarcza się za pomocą pierwszego źródła prądowego I i gromadzi się w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} , to w tym przykładzie, jednocześnie część dostarczanego ładunku elektrycznego gromadzi się w dodatkowym kondensatorze C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji, łączonym równolegle z dodatkowym kondensatorem próbkującym C_{nA} . Pojemność dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji jest równa pojemności kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji.

Inne przykładowe rozwiązanie charakteryzuje się tym, że po zakończeniu procesu redystrybucji w ostatnim z kondensatorów, na którym podczas realizowania procesu redystrybucji nie uzyskano napięcia odniesienia U_L pozostawia się zgromadzony tam ładunek elektryczny.

Szczegółowo, w przykładowym rozwiązaniu, powołany proces redystrybucji przebiega w niżej opisany sposób. Po zakończeniu gromadzenia ładunku elektrycznego w kondensatorze próbkującym C_n , kondensatorowi próbkującemu C_n przypisuje się, za pomocą modułu sterującego CM, funkcję kondensatora źródłowego C_i , którego indeks jest określany zawartością rejestru indeksu źródłowego, wpisując do tego rejestru wartość indeksu kondensatora próbkującego C_n , a jednocześnie kondensatorowi C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji przypisuje się funkcję kondensatora docelowego C_k , którego indeks jest określany zawartością rejestru indeksu docelowego, wpisując do tego rejestru wartość indeksu kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji. Następnie realizuje się proces redystrybucji zgromadzonego ładunku elektrycznego przenosząc ładunek z kondensatora źródłowego C_i do kondensatora docelowego C_k za pomocą drugiego źródła prądowego J o wydajności dwukrotnie większej od wydajności pierwszego źródła prądowego I. Równocześnie, za pomocą drugiego komparatora K2, porównuje się napięcie U_k narastające na kondensatorze docelowym z napięciem odniesienia U_L oraz kontroluje się za pomocą pierwszego komparatora K1 napięcie U_i na kondensatorze źródłowym. Gdy w trakcie przenoszenia ładunku napięcie U_i na kondensatorze źródłowym, kontrolowane za pomocą pierwszego komparatora K1, jest równe zero, wówczas, na podstawie sygnału wyjściowego pierwszego komparatora K1, za pomocą modułu sterującego CM, aktualnemu kondensatorowi docelowemu C_k przypisuje się funkcję kondensatora źródłowego C_i wpisując do rejestru indeksu źródłowego aktualną zawartość rejestru indeksu docelowego, a funkcję kondensatora docelowego C_k przypisuje się kolejnemu kondensatorowi zespołu redystrybucji A, o pojemności dwukrotnie mniejszej od pojemności kondensatora, który pełnił tę funkcję bezpośrednio wcześniej, zmniejszając o jeden zawartość rejestru indeksu docelowego i kontynuuje się przenoszenie ładunku za pomocą drugiego źródła prądowego J z nowego kondensatora źródłowego C_i do nowego kondensatora docelowego C_k . Gdy natomiast w trakcie przenoszenia ładunku z kondensatora źródłowego C_i do kondensatora docelowego C_k , porównywane równocześnie za pomocą drugiego komparatora K2, napięcie C_k na kondensatorze docelowym jest równe napięciu odniesienia U_L , wówczas na podstawie sygnału wyjściowego drugiego komparatora K2 funkcję kondensatora docelowego C_k przypisuje się, za pomocą modułu sterującego CM, kolejnemu kondensatorowi zespołu redystrybucji A, o pojemności dwukrotnie mniejszej od pojemności kondensatora, który pełnił tę funkcję bezpośrednio wcześniej, zmniejszając o jeden zawartość rejestru indeksu docelowego i kontynuuje się przenoszenie ładunku z kondensatora źródłowego C_i do nowego kondensatora docelowego C_k . Proces redystrybucji nadzoruje się za pomocą modułu sterującego CM na podstawie sygnałów wyjściowych pierwszego komparatora K1 i drugiego komparatora K2 aż do momentu, gdy podczas pełnienia funkcji kondensatora docelowego C_k przez kondensator C_0 o najmniejszej pojemności w zespole redystrybucji, kontrolowane równocześnie za pomocą pierwszego komparatora K1, napięcie U_i na aktualnym kondensatorze źródłowym jest równe zero albo porównywane równocześnie za pomocą drugiego komparatora K2 napięcie U_0 , narastające na kondensatorze o najmniejszej pojemności w zespole redystrybucji, jest równe napięciu odniesienia U_L . Bitom słowa cyfrowego, przyporządkowanym kondensatorom zespołu redystrybucji, na których uzyskano napięcie o wartości napięcia odniesienia U_L przypisuje się za pomocą modułu sterującego CM wartość jeden, zaś pozostałym bitom słowa cyfrowego przypisuje się wartość zero.

Zgodnie z wynalazkiem układ do bezzegarowego przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe zawiera zespół redystrybucji A, którego wejścia sterujące są połączone z wyj-

ściami sterującymi modułu sterującego CM. Moduł sterujący CM jest wyposażony w wyjście słowa cyfrowego B, wyjście zakończenia przetwarzania OutR, wejście wyzwalające InS oraz pierwsze wejście sterujące In1, połączone z wyjściem pierwszego komparatora K1, drugie wejście sterujące In2, połączone z wyjściem drugiego komparatora K2 i trzecie wejście sterujące In3, połączone z wyjściem trzeciego komparatora K3.

Do zespołu redystrybucji A jest podłączone źródło napięcia pomocniczego U_H , sekcja kondensatora próbkującego A_n i drugie sterowane źródło prądowe J o wydajności dwukrotnie większej od wydajności pierwszego źródła prądowego I. Wejście sterujące drugiego źródła prądowego J jest połączone z wyjściem sterującym drugim źródłem prądowym A_J . Pierwszy biegun drugiego źródła prądowego J jest połączony z szyną źródłową H, a drugi biegun drugiego źródła prądowego J jest połączony z szyną docelową L. Źródło napięcia zasilającego U_{DD} jest połączone z pierwszym biegunem pierwszego źródła prądowego I, którego wejście sterujące jest połączone z wyjściem sterującym pierwszym źródłem prądowym A_I . Zespół redystrybucji zawiera sekcje, których liczba n jest równa liczbie bitów słowa cyfrowego. Sekcja kondensatora próbkującego A_n i sekcje zespołu redystrybucji A zawierają łączniki źródłowe S_{Hn} , S_{Hn-1} , S_{Hn-2} , ..., S_{H1} , S_{H0} , łączniki docelowe S_{Ln} , S_{Ln-1} , S_{Ln-2} , ..., S_{L1} , S_{L0} , przełączniki masy S_{Gn} , S_{Gn-1} , S_{Gn-2} , ..., S_{G1} , S_{G0} , i kondensatory C_n , C_{n-1} , C_{n-2} , ..., C_1 , C_0 . Górne okładki kondensatorów C_{n-1} , C_{n-2} , ..., C_1 , C_0 zespołu redystrybucji są połączone z szyną źródłową H, poprzez łączniki źródłowe S_{Hn-1} , S_{Hn-2} , ..., S_{H1} , S_{H0} i z szyną docelową L, poprzez łączniki docelowe S_{Ln-1} , S_{Ln-2} , ..., S_{L1} , S_{L0} , a dolne okładki tych kondensatorów, poprzez przełączniki masy S_{Gn-1} , S_{Gn-2} , ..., S_{G1} , S_{G0} , są połączone z masą układu oraz ze źródłem napięcia pomocniczego U_H . W zespole redystrybucji A pojemność każdego kondensatora C_{n-1} , C_{n-2} , ..., C_1 , C_0 o kolejnym indeksie jest dwukrotnie większa od pojemności kondensatora bezpośrednio go poprzedzającego. Pojemność kondensatora próbkującego C_n jest dwukrotnie większa od pojemności kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji. Każdemu kondensatorowi C_{n-1} , C_{n-2} , ..., C_1 , C_0 zespołu redystrybucji jest przyporządkowany, odpowiednio, bit b_{n-1} , b_{n-2} , ..., b_1 , b_0 słowa cyfrowego. Szyna docelowa L jest połączona z masą układu poprzez łącznik szyny docelowej S_{Gall} oraz z wejściem nieodwracającym drugiego komparatora K2, którego wejście odwracające jest połączone ze źródłem napięcia odniesienia U_L . Szyna źródłowa H jest połączona z wejściem odwracającym pierwszego komparatora K1, którego wejście nieodwracające jest połączone ze źródłem napięcia pomocniczego U_H . Wejścia sterujące łączników źródłowych S_{Hn} , S_{Hn-1} , S_{Hn-2} , ..., S_{H1} , S_{H0} , oraz łącznika szyny docelowej S_{Gall} są połączone, odpowiednio, z wyjściami sterującymi D_n , D_{n-1} , D_{n-2} , ..., D_1 , D_0 , D_{all} . Wejścia sterujące łączników docelowych S_{Ln} , S_{Ln-1} , S_{Ln-2} , ..., S_{L1} , S_{L0} , i przełączników masy S_{Gn} , S_{Gn-1} , S_{Gn-2} , ..., S_{G1} , S_{G0} są ze sobą sprzężone, odpowiednio, i są połączone odpowiednio z wyjściami sterującymi I_n , I_{n-1} , I_{n-2} , ..., I_1 , I_0 .

Wejście odwracające trzeciego komparatora K3 jest połączone ze źródłem napięcia przetwarzanego U_{IN} . Wejście nieodwracające trzeciego komparatora K3 jest połączone z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego i sekcją kondensatora próbkującego A_n , która zawiera dodatkowy kondensator próbkujący C_{nA} oraz przełączniki górnych okładek S_{Tn} , S_{TnA} i przełączniki dolnych okładek S_{Bn} , S_{BnA} . Pojemność dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} jest równa pojemności kondensatora próbkującego C_n . Górne okładki kondensatora próbkującego C_n i dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} są połączone, poprzez przełączniki górnych okładek S_{Tn} , S_{TnA} z łącznikiem źródłowym S_{Hn} i łącznikiem docelowym S_{Ln} oraz z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3. Dolne okładki kondensatora próbkującego C_n i dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} są połączone, poprzez przełączniki dolnych okładek S_{Bn} , S_{BnA} z przełącznikiem masy S_{Gn} oraz z masą układu. Wejścia sterujące przełączników górnych okładek S_{Tn} , S_{TnA} oraz przełączników dolnych okładek S_{Bn} , S_{BnA} są ze sobą sprzężone i są połączone z wyjściem sterującym przełącznikami okładek A_C . Łącznik źródłowy S_{Hn} jest połączony z szyną źródłową H, łącznik docelowy S_{Ln} jest połączony z szyną docelową L, a przełącznik masy S_{Gn} jest połączony z masą układu oraz ze źródłem napięcia pomocniczego U_H .

W innym przykładowym rozwiązaniu sekcja kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji zawiera dodatkowy kondensator C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji oraz przełączniki górnych okładek S_{Tn-1} , S_{Tn-1A} i przełączniki dolnych okładek S_{Bn-1} , S_{B1A} . Dodatkowy kondensator C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji ma pojemność równą pojemności kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji. Górne okładki kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji i dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji są połączone, poprzez przełączniki górnych okładek S_{Tn-1} , S_{Tn-1A} z łącznikiem źródłowym S_{Hn-1} i łącznikiem docelowym S_{Ln-1} oraz z drugim biegunem pierw-

szego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3. Dolne okładki kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji i dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji są połączone, poprzez przełączniki dolnych okładek S_{Bn-1} , S_{Bn-1A} z przełącznikiem masy S_{Gn-1} oraz z masą układu. Wejścia sterujące przełączników górnych okładek S_{Tn-1} , S_{Tn-1A} i przełączników dolnych okładek S_{Bn-1} , S_{Bn-1A} są ze sobą sprzężone i są połączone z wyjściem sterującym przełącznikami okładek A_C .

Sposób przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe realizowany, według wynalazku, w pierwszym przykładowym układzie jest następujący. Przed rozpoczęciem pierwszego procesu przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe o liczbie bitów równej n moduł sterujący CM wprowadza wyjście zakończenia przetwarzania OutR w stan nieaktywny. Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego pierwszym źródłem prądowym A_1 moduł sterujący CM powoduje wyłączenie pierwszego źródła prądowego I, zaś przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego drugim źródłem prądowym A_J powoduje wyłączenie drugiego źródła prądowego J. Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego przełącznikami okładek A_C moduł sterujący CM powoduje przełączenie przełączników górnych okładek S_{Tn} , S_{TnA} oraz przełączników dolnych okładek S_{Bn} , S_{BnA} i połączenie górnej okładki kondensatora próbkującego C_n z łącznikiem źródłowym S_{Hn} i łącznikiem docelowym S_{Ln} , połączenie górnej okładki dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3, połączenie dolnej okładki kondensatora próbkującego C_n z przełącznikiem masy S_{Gn} oraz połączenie dolnej okładki dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} z masą układu. Następnie moduł sterujący CM wprowadza układ w stan relaksacji, pokazany na fig. 1. W tym celu moduł sterujący CM, przy pomocy sygnałów z wyjść sterujących D_{n-1} , D_{n-2} , ..., D_1 , D_0 ; powoduje otwarcie łączników źródłowych S_{Hn-1} , S_{Hn-2} , ..., S_{H1} , S_{H0} . Przy pomocy sygnałów z wyjść sterujących I_n , I_{n-1} , I_{n-2} , ..., I_1 , I_0 moduł sterujący CM powoduje zamknięcie łączników docelowych S_{Ln} , S_{Ln-1} , S_{Ln-2} , ..., S_{L1} , S_{L0} i połączenie górnych okładek kondensatora próbkującego C_n i wszystkich kondensatorów C_{n-1} , C_{n-2} , ..., C_1 , C_0 zespołu redystrybucji z szyną docelową L oraz przełączenie przełączników masy S_{Gn} , S_{Gn-1} , S_{Gn-2} , ..., S_{G1} , S_{G0} i połączenie dolnych okładek kondensatora próbkującego C_n i wszystkich kondensatorów C_{n-1} , C_{n-2} , ..., C_1 , C_0 zespołu redystrybucji z masą układu. Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego D_{all} moduł sterujący CM powoduje zamknięcie łącznika szyny docelowej S_{Gall} i połączenie szyny docelowej L z masą układu, wymuszając całkowite rozładowanie kondensatora próbkującego C_n i wszystkich kondensatorów C_{n-1} , C_{n-2} , ..., C_1 , C_0 zespołu redystrybucji. Jednocześnie, moduł sterujący CM powoduje przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego D_n zamknięcie łącznika źródłowego S_{Hn} i połączenie szyny źródłowej H z szyną docelową L i z masą układu, uniemożliwiając pojawienie się na szynie źródłowej H potencjału o przypadkowej wielkości.

W chwili wykrycia przez moduł sterujący CM sygnału wyzwalającego, podanego na wejście wyzwalające InS, moduł sterujący CM wprowadza układ w stan pokazany na fig. 2. W tym celu moduł sterujący CM powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego przełącznikami okładek A_C , przełączenie przełączników górnych okładek S_{Tn} , S_{TnA} oraz przełączników dolnych okładek S_{Bn} , S_{BnA} i połączenie górnej okładki kondensatora próbkującego C_n z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3, połączenie górnej okładki dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} z łącznikiem źródłowym S_{Hn} i łącznikiem docelowym S_{Ln} , połączenie dolnej okładki kondensatora próbkującego C_n z masą układu oraz połączenie dolnej okładki dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} z przełącznikiem masy S_{Gn} , wymuszając całkowite rozładowanie dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} . Następnie moduł sterujący CM powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego pierwszym źródłem prądowym A_1 , włączenie pierwszego źródła prądowego I. Ładunek elektryczny dostarczany za pomocą pierwszego źródła prądowego I jest gromadzony w kondensatorze próbkującym C_n , który, jako jedyny, jest wówczas połączony z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3 poprzez przełącznik górnej okładki S_{Tn} . Napięcie U_n narastające na kondensatorze próbkującym jest porównywane, za pomocą trzeciego komparatora K3, z napięciem przetwarzanym U_{IN} .

W chwili osiągnięcia przez napięcie U_n na kondensatorze próbkującym wielkości napięcia przetwarzanego U_{IN} , moduł sterujący CM, na podstawie sygnału wyjściowego trzeciego komparatora K3, wprowadza układ w stan pokazany na fig. 3. W tym celu moduł sterujący CM powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego D_{all} , otwarcie łącznika szyny docelowej S_{Gall} i odłączenie szyny docelowej L od masy układu. Przy pomocy sygnałów z wyjść sterujących I_n , I_{n-2} , ..., I_1 , I_0 moduł sterujący CM powoduje otwarcie łączników docelowych S_{Ln} , S_{Ln-2} , ..., S_{L1} , S_{L0} , i odłączenie górnych okładek dodat-

kowego kondensatora próbkującego C_{nA} i kondensatorów $C_{n-2}, \dots, C_1, C_0$ zespołu redystrybucji od szyny docelowej L oraz przełączenie przełączników masy $S_{Gn}; S_{Gn-2}, \dots, S_{G1}, S_{G0}$ i połączenie dolnych okładek dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} i kondensatorów $C_{n-2}, \dots, C_1, C_0$ zespołu redystrybucji ze źródłem napięcia pomocniczego U_H . Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego przełącznikami okładek A_C moduł sterujący CM powoduje przełączenie przełączników górnych okładek S_{Tn}, S_{TnA} oraz przełączników dolnych okładek S_{Bn}, S_{BnA} i połączenie górnej okładki kondensatora próbkującego C_n z łącznikiem źródłowym S_{Hn} i łącznikiem docelowym S_{Ln} , połączenie górnej okładki dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3, połączenie dolnej okładki kondensatora próbkującego C_n z przełącznikiem masy S_{Gn} oraz połączenie dolnej okładki dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} z masą układu.

W przypadku, gdy w chwili osiągnięcia przez napięcie U_n na kondensatorze próbkującym wielkości napięcia przetwarzanego U_{IN} moduł sterujący CM nie wykryje jednocześnie sygnału wyzwalającego podanego na wejście wyzwalające InS, moduł sterujący CM, na podstawie sygnału wyjściowego trzeciego komparatora K3, powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego pierwszym źródłem prądowym A_1 , wyłączenie pierwszego źródła prądowego I. W chwili wykrycia przez moduł sterujący CM sygnału wyzwalającego podanego na wejście wyzwalające InS, moduł sterujący CM powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego pierwszym źródłem prądowym A_1 , ponowne włączenie pierwszego źródła prądowego I. Ładunek elektryczny dostarczany za pomocą pierwszego źródła prądowego I jest gromadzony w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} , który, jako jedyny jest wówczas połączony z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3 poprzez przełącznik górnej okładki S_{TnA} . Napięcie U_{nA} narastające na dodatkowym kondensatorze próbkującym jest porównywane, za pomocą trzeciego komparatora K3, z napięciem przetwarzanym U_{IN} .

W przypadku, gdy w chwili osiągnięcia przez napięcie U_n na kondensatorze próbkującym wielkości napięcia przetwarzanego U_{IN} moduł sterujący CM wykryje jednocześnie sygnał wyzwalający podany na wejście wyzwalające InS, ładunek elektryczny dostarczany nadal za pomocą pierwszego źródła prądowego I jest gromadzony w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} , który, jako jedyny, jest wówczas połączony z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3 poprzez przełącznik górnej okładki S_{TnA} . Napięcie U_{nA} narastające na dodatkowym kondensatorze próbkującym jest porównywane, za pomocą trzeciego komparatora K3, z napięciem przetwarzanym U_{IN} .

W obu przypadkach moduł sterujący CM wprowadza wyjście zakończenia przetwarzania OutR w stan nieaktywny oraz przypisuje wszystkim bitom $b_{n-1}, b_{n-2}, \dots, b_1, b_0$ słowa cyfrowego wartość początkową zero. Następnie moduł sterujący CM przypisuje funkcję kondensatora źródłowego C_i kondensatorowi próbkującemu C_n przez wpisanie do rejestru indeksu źródłowego wartości indeksu kondensatora próbkującego. Jednocześnie moduł sterujący CM przypisuje funkcję kondensatora docelowego C_k kondensatorowi C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji przez wpisanie do rejestru indeksu docelowego wartości indeksu kondensatora o największej pojemności w zespole redystrybucji. Następnie moduł sterujący CM rozpoczyna realizowanie procesu redystrybucji zgromadzonego ładunku elektrycznego. W tym celu moduł sterujący CM powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego drugim źródłem prądowym A_2 włączenie drugiego źródła prądowego J. Ładunek elektryczny zgromadzony w kondensatorze źródłowym C_i jest przenoszony za pomocą drugiego źródła prądowego J poprzez szynę źródłową H i szynę docelową L do kondensatora docelowego C_k , przy czym w trakcie przenoszenia ładunku napięcie U_i na kondensatorze źródłowym stopniowo maleje i jednocześnie napięcie U_k na kondensatorze docelowym stopniowo rośnie.

W przypadku, gdy podczas przenoszenia ładunku elektrycznego napięcie U_k na aktualnym kondensatorze docelowym osiągnie wielkość napięcia odniesienia U_L , wówczas, na podstawie sygnału wyjściowego drugiego komparatora K2, moduł sterujący CM przypisuje odpowiedniemu bitowi b_k słowa cyfrowego wartość jeden. Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego U_k moduł sterujący CM powoduje otwarcie łącznika docelowego S_{Lk} i odłączenie górnej okładki kondensatora docelowego C_k od szyny docelowej L oraz równoczesne przełączenie przełącznika masy S_{Gk} i połączenie dolnej okładki kondensatora docelowego C_k ze źródłem napięcia pomocniczego U_H . Następnie moduł sterujący CM przypisuje funkcję kondensatora docelowego C_k następnemu w kolejności kondensatorowi zespołu redystrybucji A o pojemności dwukrotnie mniejszej od pojemności kondensatora, który pełnił tę funkcję bezpośrednio wcześniej, przez zmniejszenie o jeden zawartości rejestru indeksu docelowego. Przy

pomocy sygnału z wyjścia sterującego I_k moduł sterujący CM powoduje zamknięcie łącznika docelowego S_{Lk} i połączenie górnej okładki nowego kondensatora docelowego C_k z szyną docelową L oraz równoczesne przełączenie przełącznika masy S_{Gk} i połączenie dolnej okładki kondensatora docelowego C_k z masą układu.

W przypadku, gdy podczas przenoszenia ładunku elektrycznego napięcie U_i na kondensatorze źródłowym osiągnie wartość zero, wówczas, na podstawie sygnału wyjściowego pierwszego komparatora K1, moduł sterujący CM, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego D_i , powoduje otwarcie łącznika źródłowego S_{Hi} i odłączenie górnej okładki kondensatora źródłowego C_i od szyny źródłowej H. Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego I_k moduł sterujący CM powoduje otwarcie łącznika docelowego S_{Lk} i odłączenie górnej okładki kondensatora docelowego C_k od szyny docelowej L oraz równoczesne przełączenie przełącznika masy S_{Gk} i połączenie dolnej okładki kondensatora docelowego C_k ze źródłem napięcia pomocniczego U_H . Następnie moduł sterujący CM przypisuje funkcję kondensatora źródłowego C_i kondensatorowi, który do tej pory pełnił funkcję kondensatora docelowego C_k przez wpisanie aktualnej zawartości rejestru indeksu docelowego do rejestru indeksu źródłowego. Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego D_i moduł sterujący CM powoduje zamknięcie łącznika źródłowego S_{Hi} i połączenie górnej okładki nowego kondensatora źródłowego C_1 z szyną źródłową H. Następnie moduł sterujący CM zmniejsza o jeden zawartość rejestru indeksu docelowego i przypisuje funkcję kondensatora docelowego C_k kolejnemu kondensatorowi zespołu redystrybucji A o pojemności dwukrotnie mniejszej od pojemności kondensatora, który pełnił tę funkcję bezpośrednio wcześniej. Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego I_k moduł sterujący CM powoduje zamknięcie łącznika docelowego S_{Lk} i połączenie górnej okładki nowego kondensatora docelowego C_k z szyną docelową L oraz równoczesne przełączenie przełącznika masy S_{Gk} i połączenie dolnej okładki nowego kondensatora docelowego C_k z masą układu. Opisany powyżej stan układu pokazano na fig. 4.

W obu przypadkach moduł sterujący CM kontynuuje proces redystrybucji ładunku elektrycznego na podstawie sygnałów wyjściowych pierwszego komparatora K1 i drugiego komparatora K2. Każde pojawienie się stanu aktywnego na wyjściu drugiego komparatora K2 powoduje przypisanie funkcji kondensatora docelowego C_k następnemu w kolejności kondensatorowi zespołu redystrybucji A o pojemności dwukrotnie mniejszej od pojemności kondensatora, który pełnił tę funkcję bezpośrednio wcześniej. Każde pojawienie się stanu aktywnego na wyjściu pierwszego komparatora K1 powoduje przypisanie funkcji kondensatora źródłowego C_1 kondensatorowi zespołu redystrybucji A, który aktualnie pełnił funkcję kondensatora docelowego C_k i jednocześnie przypisanie funkcji kondensatora docelowego C_k następnemu w kolejności kondensatorowi zespołu redystrybucji A o pojemności dwukrotnie mniejszej od pojemności kondensatora pełniącego tę funkcję bezpośrednio wcześniej. Proces redystrybucji ładunku zostaje zakończony w chwili, gdy funkcję kondensatora docelowego C_k przestaje pełnić kondensator C_0 o najmniejszej pojemności w zespole redystrybucji. Sytuacja taka występuje, gdy podczas przenoszenia ładunku do kondensatora C_0 o najmniejszej pojemności w zespole redystrybucji na wyjściu pierwszego komparatora K1 albo na wyjściu drugiego komparatora K2 pojawia się stan aktywny. Gdy stan aktywny pojawia się na wyjściu drugiego komparatora K2, moduł sterujący CM przypisuje bitowi b_0 wartości jeden.

Po zakończeniu procesu redystrybucji ładunku elektrycznego zgromadzonego w kondensatorze próbkującym C_n oraz przypisaniu odpowiednich wartości bitom b_{n-1} , b_{n-2} , ..., b_1 , b_0 słowa cyfrowego, moduł sterujący CM wprowadza wyjście zakończenia przetwarzania OutR w stan aktywny. Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego drugim źródłem prądowym A_j moduł sterujący CM powoduje wyłączenie drugiego źródła prądowego J. Następnie moduł sterujący CM wprowadza układ w stan relaksacji, pokazany na fig. 1.

Po osiągnięciu przez napięcie U_{nA} na dodatkowym kondensatorze próbkującym wielkości napięcia przetwarzanego U_{IN} , moduł sterujący CM, na podstawie sygnału wyjściowego trzeciego komparatora K3, wprowadza układ w stan pokazany na fig. 5. W tym celu moduł sterujący CM, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego D_{all} powoduje otwarcie łącznika szyny docelowej S_{Gall} i odłączenie szyny docelowej L od masy układu. Przy pomocy sygnałów z wyjść sterujących I_n , I_{n-2} , ..., I_1 , I_0 moduł sterujący CM powoduje otwarcie łączników docelowych S_{Ln} , S_{Ln-2} , ..., S_{L1} , S_{L0} , i odłączenie górnych okładek kondensatora próbkującego C_n i kondensatorów C_{n-2} , ..., C_1 , C_0 zespołu redystrybucji od szyny docelowej L oraz przełączenie przełączników masy S_{Gn} , S_{Gn-2} , ..., S_{G1} , S_{G0} i połączenie dolnych okładek kondensatora próbkującego C_n i kondensatorów C_{n-2} , ..., C_1 , C_0 zespołu redystrybucji ze źródłem napięcia pomocniczego U_H . Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego przełącznikami okładek A_c moduł sterujący CM powoduje przełączenie przełączników górnych okładek S_{Tn} , S_{TnA} oraz przełączników

dolnych okładek S_{Bn} , S_{BnA} i połączenie górnej okładki kondensatora próbkującego C_n z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3, połączenie górnej okładki dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} z łącznikiem źródłowym S_{Hn} i łącznikiem docelowym S_{Ln} , połączenie dolnej okładki kondensatora próbkującego C_n z masą układu oraz połączenie dolnej okładki dodatkowego kondensatora próbkującego C_{nA} z przełącznikiem masy S_{Gn} .

W przypadku, gdy w chwili osiągnięcia przez napięcie U_{nA} na dodatkowym kondensatorze próbkującym wielkości napięcia przetwarzanego U_{IN} moduł sterujący CM nie wykryje jednocześnie sygnału wyzwalającego podanego na wejście wyzwalające lnS , moduł sterujący CM, na podstawie sygnału wyjściowego trzeciego komparatora K3, powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego pierwszym źródłem prądowym A_i , wyłączenie pierwszego źródła prądowego I. W chwili wykrycia przez moduł sterujący CM sygnału wyzwalającego podanego na wejście wyzwalające lnS , moduł sterujący CM powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego pierwszym źródłem prądowym A_i , ponowne włączenie pierwszego źródła prądowego I. Ładunek elektryczny dostarczany za pomocą pierwszego źródła prądowego I jest gromadzony w kondensatorze próbkującym C_n , który, jako jedyny, jest wówczas połączony z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3 poprzez przełącznik górnej okładki S_{Tn} . Napięcie U_n narastające na kondensatorze próbkującym jest porównywane, za pomocą trzeciego komparatora K3, z napięciem przetwarzanym U_{IN} .

W przypadku, gdy w chwili osiągnięcia przez napięcie U_{nA} na dodatkowym kondensatorze próbkującym wielkości napięcia przetwarzanego U_{IN} moduł sterujący CM wykryje jednocześnie sygnał wyzwalający podany na wejście wyzwalające lnS , ładunek elektryczny dostarczany nadal za pomocą pierwszego źródła prądowego I jest gromadzony w kondensatorze próbkującym C_n , który, jako jedyny, jest wówczas połączony z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3 poprzez przełącznik górnej okładki S_{Tn} . Napięcie U_n narastające na kondensatorze próbkującym jest porównywane, za pomocą trzeciego komparatora K3, z napięciem przetwarzanym U_{IN} .

W obu przypadkach moduł sterujący CM wprowadza wyjście zakończenia przetwarzania $OutR$ w stan nieaktywny oraz przypisuje wszystkim bitom b_{n-1} , b_{n-2} , b_1 , b_0 słowa cyfrowego wartość początkową zero. Następnie moduł sterujący CM przypisuje funkcję kondensatora źródłowego C_i dodatkowemu kondensatorowi próbkującemu C_{nA} przez wpisanie do rejestru indeksu źródłowego wartości indeksu kondensatora próbkującego C_n . Jednocześnie, moduł sterujący CM przypisuje funkcję kondensatora docelowego C_k kondensatorowi C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji przez wpisanie do rejestru indeksu docelowego wartości indeksu kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji. Następnie moduł sterujący CM powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego drugim źródłem prądowym A_j , włączenie drugiego źródła prądowego J i rozpoczyna realizowanie procesu redystrybucji ładunku elektrycznego zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} . Proces ten dobiega końca w chwili, gdy funkcję kondensatora docelowego C_k przestaje pełnić kondensator C_0 o najmniejszej pojemności w zespole redystrybucji.

Po zakończeniu procesu redystrybucji ładunku elektrycznego zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} oraz przypisaniu odpowiednich wartości bitom b_{n-1} , b_{n-2} , ..., b_1 , b_0 słowa cyfrowego moduł sterujący CM wprowadza wyjście zakończenia przetwarzania $OutR$ w stan aktywny. Przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego drugim źródłem prądowym A_j moduł sterujący CM powoduje wyłączenie drugiego źródła prądowego J. Następnie moduł sterujący CM wprowadza układ w stan relaksacji, pokazany na fig. 2.

Sposób przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe realizowany, według wynalazku, w drugim przykładowym układzie jest następujący. Przed rozpoczęciem pierwszego procesu przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe o liczbie bitów równej n moduł sterujący CM powoduje dodatkowo, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego przełącznikami okładek A_c , przełączenie przełączników górnych okładek S_{Tn-1} , S_{Tn-1A} oraz przełączników dolnych okładek S_{Bn-1} , S_{Bn-1A} i połączenie górnej okładki kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji z łącznikiem źródłowym S_{Hn-1} i łącznikiem docelowym S_{Ln-1} , połączenie górnej okładki dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora K3, połączenie dolnej okładki kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji z przełącznikiem

masy S_{Gn-1} oraz połączenie dolnej okładki dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji z masą układu. Opisany powyżej stan układu pokazano na fig. 6.

W chwili wykrycia przez moduł sterujący CM sygnału wyzwalającego, podanego na wejście wyzwalające InS , moduł sterujący powoduje dodatkowo, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego przełącznikami okładek A_C , przełączenie przełączników górnych okładek S_{Tn-1} , S_{Tn-1A} oraz przełączników dolnych okładek S_{Bn-1} , S_{Bn-1A} i połączenie górnej okładki kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora $K3$, połączenie górnej okładki dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji z łącznikiem źródłowym S_{Hn-1} i łącznikiem docelowym S_{Ln-1} , połączenie dolnej okładki kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji z masą układu oraz połączenie dolnej okładki dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji z przełącznikiem masy S_{Gn-1} , wymuszając całkowite rozładowanie dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji. Ładunek elektryczny dostarczany za pomocą pierwszego źródła prądowego I jest gromadzony jednocześnie w kondensatorze próbkującym C_n oraz łączonym z nim równolegle kondensatorze C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji, które, jako jedyne, są wówczas połączone z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora $K3$ poprzez przełączniki górnych okładek S_{Tn} , S_{Tn-1} . Opisany powyżej stan układu pokazano na fig. 7.

Po osiągnięciu przez napięcie U_n na kondensatorze próbkującym wielkości napięcia przetwarzanego U_{IN} , moduł sterujący CM, na podstawie sygnału wyjściowego trzeciego komparatora $K3$, powoduje dodatkowo, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego przełącznikami okładek A_C , przełączenie przełączników górnych okładek S_{Tn-1} , S_{Tn-1A} oraz przełączników dolnych okładek S_{Bn-1} , S_{Bn-1A} i połączenie górnej okładki kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji z łącznikiem źródłowym S_{Hn-1} i łącznikiem docelowym S_{Ln-1} , połączenie górnej okładki dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora $K3$, połączenie dolnej okładki kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji z przełącznikiem masy S_{Gn} oraz połączenie dolnej okładki dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji z masą układu. Opisany powyżej stan układu pokazano na fig. 8.

Po wykryciu przez moduł sterujący CM sygnału wyzwalającego, podanego na wejście wyzwalające InS , ładunek elektryczny dostarczany za pomocą pierwszego źródła prądowego I jest gromadzony jednocześnie w dodatkowym kondensatorze próbkującym C_{nA} oraz łączonym z nim równolegle dodatkowym kondensatorze C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji, które, jako jedyne, są wówczas połączone z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora $K3$ poprzez przełączniki górnych okładek S_{TnA} , S_{Tn-1A} .

Po osiągnięciu przez napięcie U_{nA} na dodatkowym kondensatorze próbkującym wielkości napięcia przetwarzanego U_{IN} , moduł sterujący CM, na podstawie sygnału wyjściowego trzeciego komparatora $K3$, powoduje dodatkowo, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego przełącznikami okładek A_C , przełączenie przełączników górnych okładek S_{Tn-1} , S_{Tn-1A} oraz przełączników dolnych okładek S_{Bn-1} , S_{Bn-1A} i połączenie górnej okładki kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego I i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora $K3$, połączenie górnej okładki dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji z łącznikiem źródłowym S_{Hn-1} i łącznikiem docelowym S_{Ln-1} , połączenie dolnej okładki kondensatora C_{n-1} o największej pojemności w zespole redystrybucji z masą układu oraz połączenie dolnej okładki dodatkowego kondensatora C_{n-1A} o największej pojemności w zespole redystrybucji z przełącznikiem masy S_{Gn-1} . Opisany powyżej stan układu pokazano na fig. 9.

Inny sposób przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe realizowany, według wynalazku, w przykładowym układzie różni się od poprzednich tym, że po każdym zakończeniu procesu redystrybucji zgromadzonego ładunku elektrycznego moduł sterujący CM pozostawia w ostatnim z kondensatorów, na którym podczas realizowania procesu redystrybucji nie uzyskano napięcia odniesienia U_L zgromadzony tam ładunek elektryczny.

W przypadku, gdy moduł sterujący CM podczas realizowania procesu redystrybucji przypisał bitowi b_0 wartość zero, moduł sterujący CM, wprowadzając układ w stan relaksacji powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego I_0 , otwarcie łącznika docelowego S_{L0} i odłączenie górnej okładki kondensatora C_0 o najmniejszej pojemności w zespole redystrybucji od szyny docelowej L oraz prze-

łączenie przełącznika masy S_{G0} i połączenie dolnej okładki kondensatora C_0 o najmniejszej pojemności w zespole redystrybucji ze źródłem napięcia pomocniczego U_H .

W przypadku, gdy moduł sterujący CM podczas realizowania procesu redystrybucji przypisał bity b_0 wartość jeden, moduł sterujący CM, wprowadzając układ w stan relaksacji powoduje, przy pomocy sygnału z wyjścia sterującego I_i , otwarcie łącznika docelowego S_{Li} i odłączenie górnej okładki kondensatora źródłowego C_i od szyny docelowej L oraz przełączenie przełącznika masy S_{Gi} i połączenie dolnej okładki kondensatora źródłowego C_i ze źródłem napięcia pomocniczego U_H .

Wykaz oznaczeń na rysunku

A	zespół redystrybucji
A_n	sekcja kondensatora próbkującego
CM	moduł sterujący
K1	pierwszy komparator
K2	drugi komparator
K3	trzeci komparator
I	pierwsze źródło prądowe
J	drugie źródło prądowe
U_H	napięcie pomocnicze
U_L	napięcie odniesienia
U_{IN}	napięcie przetwarzane
U_{DD}	napięcie zasilania
InS	wejście wyzwalające
In1	pierwsze wejście sterujące
In2	drugie wejście sterujące
In3	trzecie wejście sterujące
B	wyjście słowa cyfrowego
OutR	wyjście zakończenia przetwarzania
H	szyna źródłowa
L	szyna docelowa
C_n	kondensator próbkujący
$C_{n-1}, C_{n-2}, \dots, C_1, C_0$	kondensatory zespołu redystrybucji
C_{n-1}	kondensator o największej pojemności w zespole redystrybucji
C_0	kondensator o najmniejszej pojemności w zespole redystrybucji
C_{nA}	dodatkowy kondensator próbkujący
C_{n-1A}	dodatkowy kondensator o największej pojemności w zespole redystrybucji
C_i	kondensator źródłowy
C_k	kondensator docelowy
$U_{n-1}, U_{n-2}, \dots, U_1, U_0$	napięcie na kondensatorach zespołu redystrybucji
U_n	napięcie na kondensatorze próbkującym
U_{nA}	napięcie na dodatkowym kondensatorze próbkującym
U_i	napięcie na kondensatorze źródłowym
U_k	napięcie na kondensatorze docelowym
$b_{n-1}, b_{n-2}, \dots, b_i, \dots, b_k, \dots, b_1, b_0$	bity słowa cyfrowego
$S_{Hn}, S_{Hn-1}, S_{Hn-2}, \dots, S_{Hi}, \dots, S_{Hk}, \dots, S_{H1}, S_{H0}$	łączniki źródłowe
$S_{Ln}, S_{Ln-1}, S_{Ln-2}, \dots, S_{Li}, \dots, S_{Lk}, \dots, S_{L1}, S_{L0}$	łączniki docelowe
$S_{Gn}, S_{Gn-1}, S_{Gn-2}, \dots, S_{Gi}, \dots, S_{Gk}, \dots, S_{G1}, S_{G0}$	przełączniki masy
$S_{Tn}, S_{Tn-1}, S_{TnA}, S_{Tn-1A}$	przełączniki górnych okładek
$S_{Bn}, S_{Bn-1}, S_{BnA}, S_{Bn-1A}$	przełączniki dolnych okładek
S_{Gall}	łącznik szyny docelowej
A_C	wyjście sterujące przełącznikami okładek
A_I	wyjście sterujące pierwszym źródłem prądowym
A_J	wyjście sterujące drugim źródłem prądowym
$I_n, I_{n-1}, I_{n-2}, \dots, I_i, \dots, I_k, \dots, I_1, I_0$	wyjścia sterujące
$D_n, D_{n-1}, D_{n-2}, \dots, D_i, \dots, D_k, \dots, D_1, D_0, D_{all}$	wyjścia sterujące

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób bezzegarowego przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe, polegający na wykrywaniu za pomocą modułu sterującego sygnału wyzwalającego i odwzorowywaniu wielkości napięcia przetwarzanego proporcjonalną do niej wielkością ładunku elektrycznego, który dostarcza się za pomocą źródła prądowego i gromadzi się w kondensatorze próbkującym, lub w kondensatorze próbkującym i łączonym z nim równolegle kondensatorze o największej pojemności w zespole redystrybucji, aż do chwili, gdy porównywane równocześnie za pomocą komparatora napięcie narastające na kondensatorze próbkującym jest równe napięciu przetwarzanemu, a następnie realizowaniu w zespole redystrybucji procesu redystrybucji zgromadzonego ładunku elektrycznego, w znany sposób, za pomocą modułu sterującego, przez zmiany stanów sygnałów z odpowiednich wyjść sterujących, przy czym zespół redystrybucji zawiera zestaw łączników, przełączników i kondensatorów, takich, że pojemność każdego kondensatora o kolejnym indeksie jest dwukrotnie większa od pojemności kondensatora bezpośrednio go poprzedzającego oraz przypisaniu za pomocą modułu sterującego, odpowiednich wartości bitom słowa cyfrowego, **znamienny tym**, że po zakończeniu gromadzenia ładunku elektrycznego w kondensatorze próbkującym (C_n), lub w kondensatorze próbkującym (C_n) i łączonym z nim równolegle kondensatorze (C_{n-1}) o największej pojemności w zespole redystrybucji, oraz wykryciu za pomocą modułu sterującego (CM) sygnału wyzwalającego, ładunek elektryczny dostarcza się za pomocą źródła prądowego i gromadzi się w dodatkowym kondensatorze próbkującym (C_{nA}), a następnie realizuje się proces redystrybucji ładunku elektrycznego zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym (C_{nA}) oraz przypisuje się za pomocą modułu sterującego (CM) odpowiednie wartości bitom (b_{n-1} , b_{n-2} , ..., b_1 , b_0) słowa cyfrowego, przy czym gromadzenie ładunku elektrycznego w dodatkowym kondensatorze próbkującym (C_{nA}), proces redystrybucji ładunku elektrycznego zgromadzonego w dodatkowym kondensatorze próbkującym (C_{nA}) oraz przypisywanie odpowiednich wartości bitom (b_{n-1} , b_{n-2} , ..., b_1 , b_0) słowa cyfrowego realizuje się tak, jak dla kondensatora próbkującego (C_n).

2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że po zakończeniu gromadzenia ładunku elektrycznego w dodatkowym kondensatorze próbkującym (C_n) oraz wykryciu za pomocą modułu sterującego (CM) sygnału wyzwalającego, rozpoczyna się kolejny cykl, a ładunek elektryczny dostarcza się za pomocą źródła prądowego i gromadzi się ponownie w kondensatorze próbkującym (C_n) lub w kondensatorze próbkującym (C_n) i łączonym z nim równolegle kondensatorze (C_{n-1}) o największej pojemności w zespole redystrybucji.

3. Sposób według zastrz. 1 i 2, **znamienny tym**, że gdy ładunek elektryczny dostarcza się za pomocą źródła prądowego i gromadzi się w dodatkowym kondensatorze próbkującym (C_{nA}), to jednocześnie część dostarczanego ładunku elektrycznego gromadzi się w dodatkowym kondensatorze (C_{n-1A}) o największej pojemności w zespole redystrybucji, łączonym równolegle z dodatkowym kondensatorem próbkującym (C_{nA}), przy czym pojemność dodatkowego kondensatora (C_{n-1A}) o największej pojemności w zespole redystrybucji jest równa pojemności kondensatora (C_{n-1}) o największej pojemności w zespole redystrybucji.

4. Sposób według zastrz. 1, 2 i 3, **znamienny tym**, że po zakończeniu procesu redystrybucji, w ostatnim z kondensatorów, który podczas realizowania procesu redystrybucji nie został naładowany do napięcia odniesienia (U_L), pozostawia się zgromadzony tam ładunek elektryczny.

5. Układ do bezzegarowego przetwarzania wielkości napięcia elektrycznego na słowo cyfrowe, zawierający zespół redystrybucji, którego wejścia sterujące są połączone z wyjściami sterującymi modułu sterującego, a moduł sterujący jest wyposażony w wyjście słowa cyfrowego, wyjście zakończenia przetwarzania, wejście wyzwalające oraz pierwsze wejście sterujące, połączone z wyjściem pierwszego komparatora i drugie wejście sterujące, połączone z wyjściem drugiego komparatora, zaś do zespołu redystrybucji jest podłączone źródło napięcia pomocniczego, sekcja kondensatora próbkującego i drugie sterowane źródło prądowe, którego wejście sterujące jest połączone z wyjściem sterującym drugim źródłem prądowym, przy czym pierwszy biegun drugiego źródła prądowego jest połączony z szyną źródłową, a drugi biegun drugiego źródła prądowego jest połączony z szyną docelową, zaś źródło napięcia zasilającego jest połączone z pierwszym biegunem pierwszego źródła prądowego, którego wejście sterujące jest połączone z wyjściem sterującym pierwszym źródłem prądowym, przy czym zespół redystrybucji zawiera sekcje, których liczba jest równa liczbie bitów słowa cyfrowego, a sekcja kondensatora próbkującego i każda sekcja zespołu redystrybucji zawiera łącznik źródłowy, łącznik docelowy, przełącznik masy i co najmniej jeden kondensator, którego górna okładka jest łą-

czona z szyną źródłową, poprzez łącznik źródłowy i/lub z szyną docelową, poprzez łącznik docelowy, a dolna okładka, poprzez przełącznik masy, jest łączona z masą układu lub ze źródłem napięcia pomocniczego, przy czym w zespole redystrybucji pojemność każdego kondensatora o kolejnym indeksie jest dwukrotnie większa od pojemności kondensatora bezpośrednio go poprzedzającego, a ponadto szyna docelowa jest połączona z masą układu poprzez łącznik szyny docelowej oraz z wejściem nieodwracającym drugiego komparatora, którego wejście odwracające jest połączone ze źródłem napięcia odniesienia, zaś szyna źródłowa jest połączona z wejściem odwracającym pierwszego komparatora, którego wejście nieodwracające jest połączone ze źródłem napięcia pomocniczego, natomiast wejścia sterujące łączników źródłowych oraz łącznika szyny docelowej są połączone, odpowiednio, z wyjściami sterującymi modułu sterującego, a wejścia sterujące łączników docelowych i przełączników masy są ze sobą sprzężone, odpowiednio, i połączone, odpowiednio, z wyjściami sterującymi modułu sterującego, **znamienny tym**, że moduł sterujący (CM) jest wyposażony w trzecie wejście sterujące (I_{n3}), połączone z wyjściem trzeciego komparatora (K3), którego wejście odwracające jest połączone ze źródłem napięcia przetwarzanego (U_{IN}), a wejście nieodwracające trzeciego komparatora (K3) jest połączone z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego (I) i sekcją kondensatora próbkującego (A_n), która zawiera dodatkowy kondensator próbkujący (C_{nA}) oraz przełączniki górnych okładek (S_{Tn} , S_{TnA}) i przełączniki dolnych okładek (S_{Bn} , S_{BnA}), przy czym górne okładki kondensatora próbkującego (C_n) i dodatkowego kondensatora próbkującego (C_{n-1}) są łączone poprzez przełączniki górnych okładek (S_{Tn} , S_{TnA}) z łącznikiem źródłowym (S_{Hn}) i łącznikiem docelowym (S_{Ln}) lub z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego (I) i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora (K3), natomiast dolne okładki kondensatora próbkującego (C_n) i dodatkowego kondensatora próbkującego (C_{nA}) są łączone poprzez przełączniki dolnych okładek (S_{Bn} , S_{BnA}) z przełącznikiem masy (S_{Gn}) lub z masą układu, zaś wejścia sterujące przełączników górnych okładek (S_{Tn} , S_{TnA}) oraz przełączników dolnych okładek (S_{Bn} , S_{BnA}) są ze sobą sprzężone i są połączone z wyjściem sterującym przełącznikami okładek (A_C).

6. Układ według zastrz. 5, **znamienny tym**, że co najmniej jedna sekcja zespołu redystrybucji (A) zawiera dodatkowy kondensator (C_{n-1A} , C_{n-2A} , ..., C_{1A} , C_{0A}) oraz przełączniki górnych okładek (S_{Tn-1} , S_{Tn-2} , ..., S_{T1} , S_{T0} ; S_{Tn-1A} , S_{Tn-2A} , ..., S_{T1A} , S_{T0A}) i przełączniki dolnych okładek (S_{Bn-1} , S_{Bn-2} , ..., S_{B1} , S_{B0} ; S_{Bn-1A} , S_{Bn-2A} , ..., S_{B1A} , S_{B0A}), przy czym górne okładki kondensatorów (C_{n-1} , C_{n-2} , ..., C_1 , C_0) i dodatkowych kondensatorów (C_{n-1A} , C_{n-2A} , ..., C_{1A} , C_{0A}) są łączone, odpowiednio, poprzez przełączniki górnych okładek (S_{Tn-1} , S_{Tn-2} , ..., S_{T1} , S_{T0} ; S_{Tn-1A} , S_{Tn-2A} , ..., S_{T1A} , S_{T0A}) z łącznikami źródłowymi (S_{Hn-1} , S_{Hn-2} , ..., S_{H1} , S_{H0}) i łącznikami docelowymi (S_{Ln-1} , S_{Ln-2} , ..., S_{L1} , S_{L0}) lub z drugim biegunem pierwszego źródła prądowego (I) i wejściem nieodwracającym trzeciego komparatora (K3), natomiast dolne okładki kondensatorów (C_{n-1} , C_{n-2} , ..., C_1 , C_0) i dodatkowych kondensatorów (C_{n-1A} , C_{n-2A} , ..., C_{1A} , C_{0A}) są łączone, odpowiednio, poprzez przełączniki dolnych okładek (S_{Bn-1} , S_{Bn-2} , ..., S_{B1} , S_{B0} ; S_{Bn-1A} , S_{Bn-2A} , ..., S_{B1A} , S_{B0A}) z przełącznikami masy (S_{Gn-1} , S_{Gn-2} , ..., S_{G1} , S_{G0}) lub z masą układu, zaś wejścia sterujące przełączników górnych okładek (S_{Tn-1} , S_{Tn-2} , ..., S_{T1} , S_{T0} ; S_{Tn-1A} , S_{Tn-2A} , ..., S_{T1A} , S_{T0A}) i przełączników dolnych okładek (S_{Bn-1} , S_{Bn-2} , ..., S_{B1} , S_{B0} ; S_{Bn-1A} , S_{Bn-2A} , ..., S_{B1A} , S_{B0A}) są ze sobą sprzężone i są połączone z wyjściem sterującym przełącznikami okładek (A_C).

7. Układ według zastrz. 6, **znamienny tym**, że pojemności kondensatora próbkującego (C_n) i dodatkowego kondensatora próbkującego (C_{nA}) są nie mniejsze od pojemności kondensatora (C_{n-1}) o największej pojemności w zespole redystrybucji.

8. Układ według zastrz. 6, **znamienny tym**, że dodatkowy kondensator (C_{n-1A} , C_{n-2A} , ..., C_{1A} , C_{0A}) zespołu redystrybucji ma pojemność równą, odpowiednio, pojemności kondensatora (C_{n-1} , C_{n-2} , ..., C_1 , C_0) zespołu redystrybucji.

Rysunki

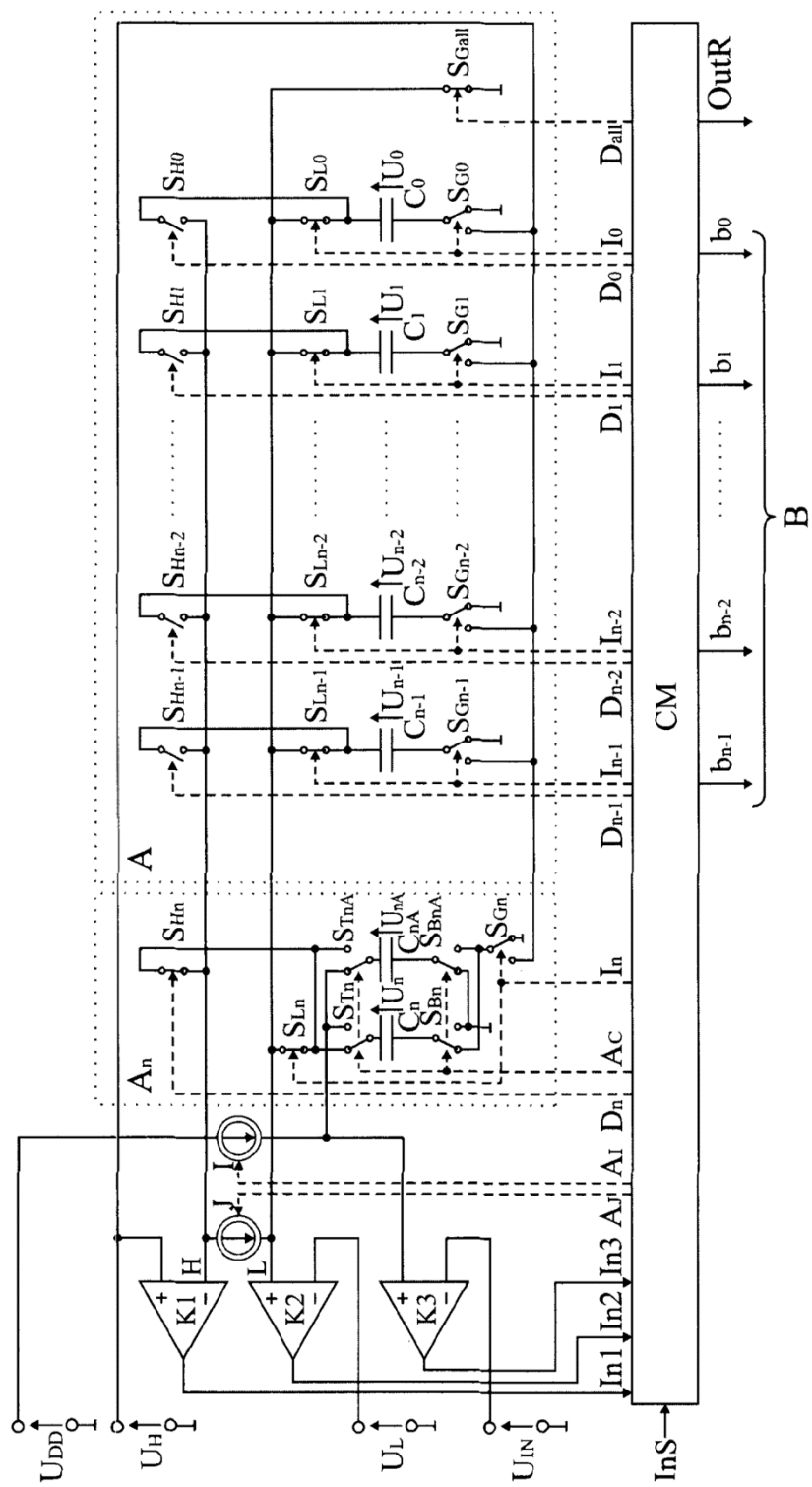


Fig. 1

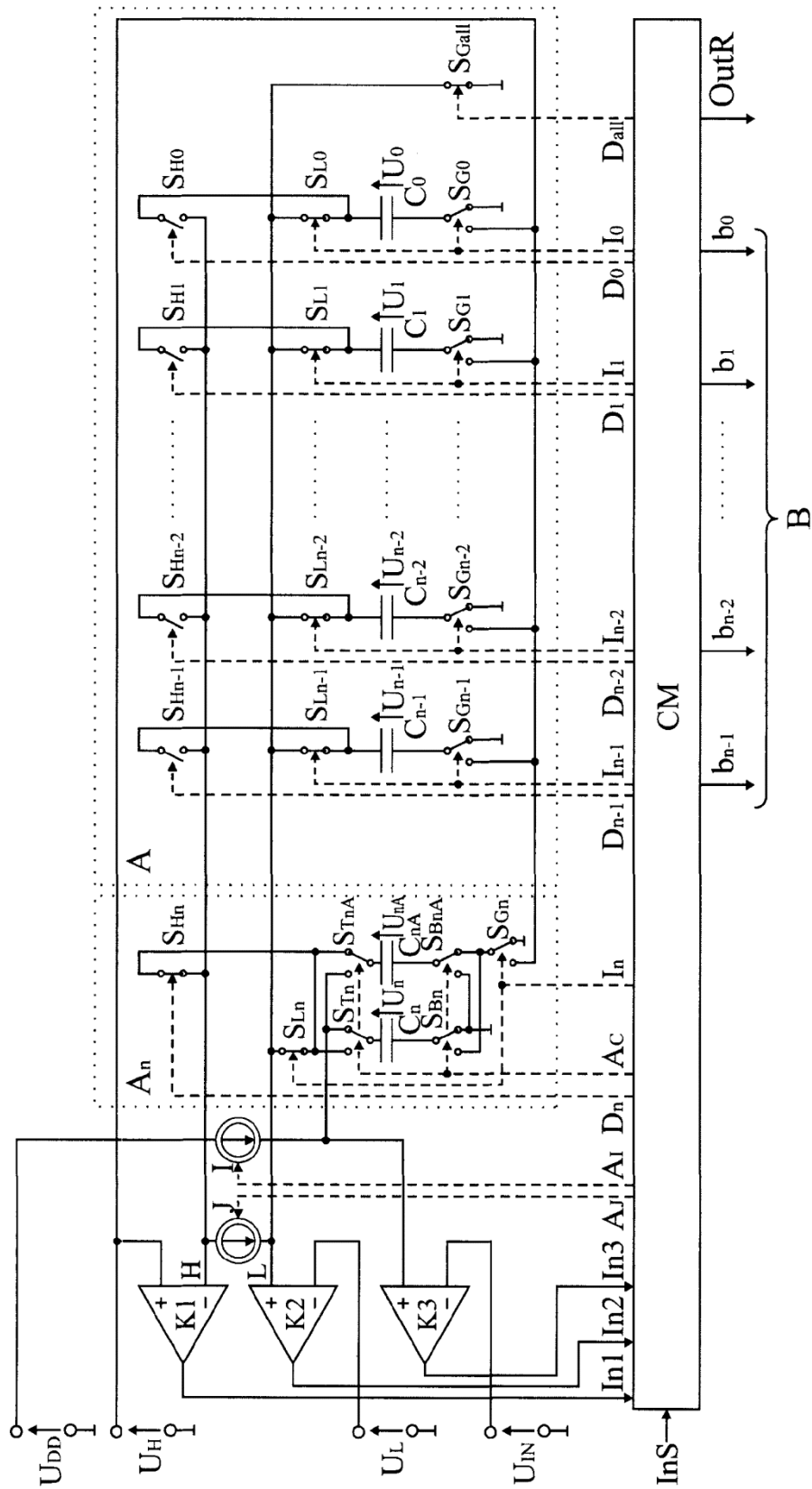


Fig. 2

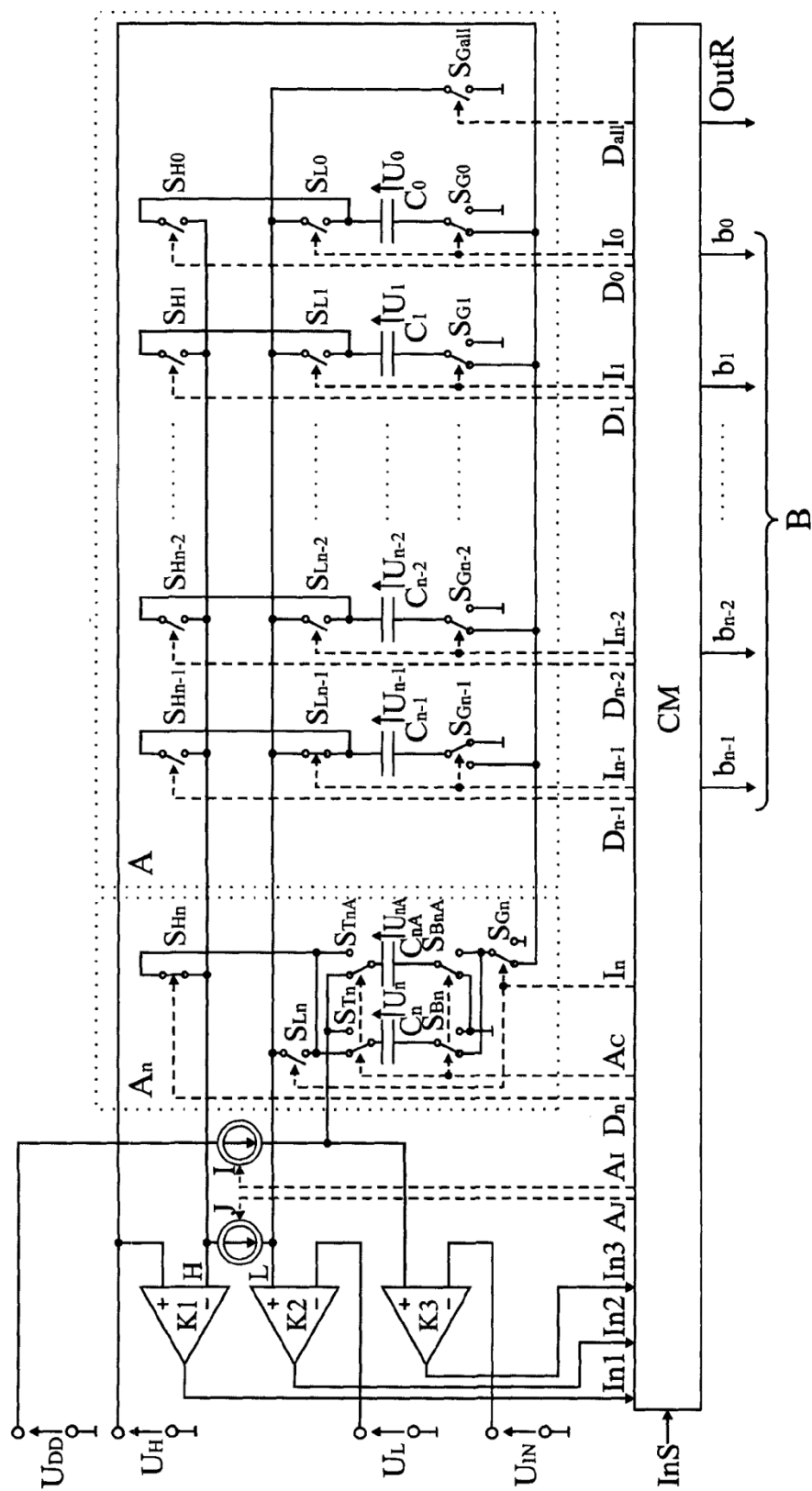


Fig. 3

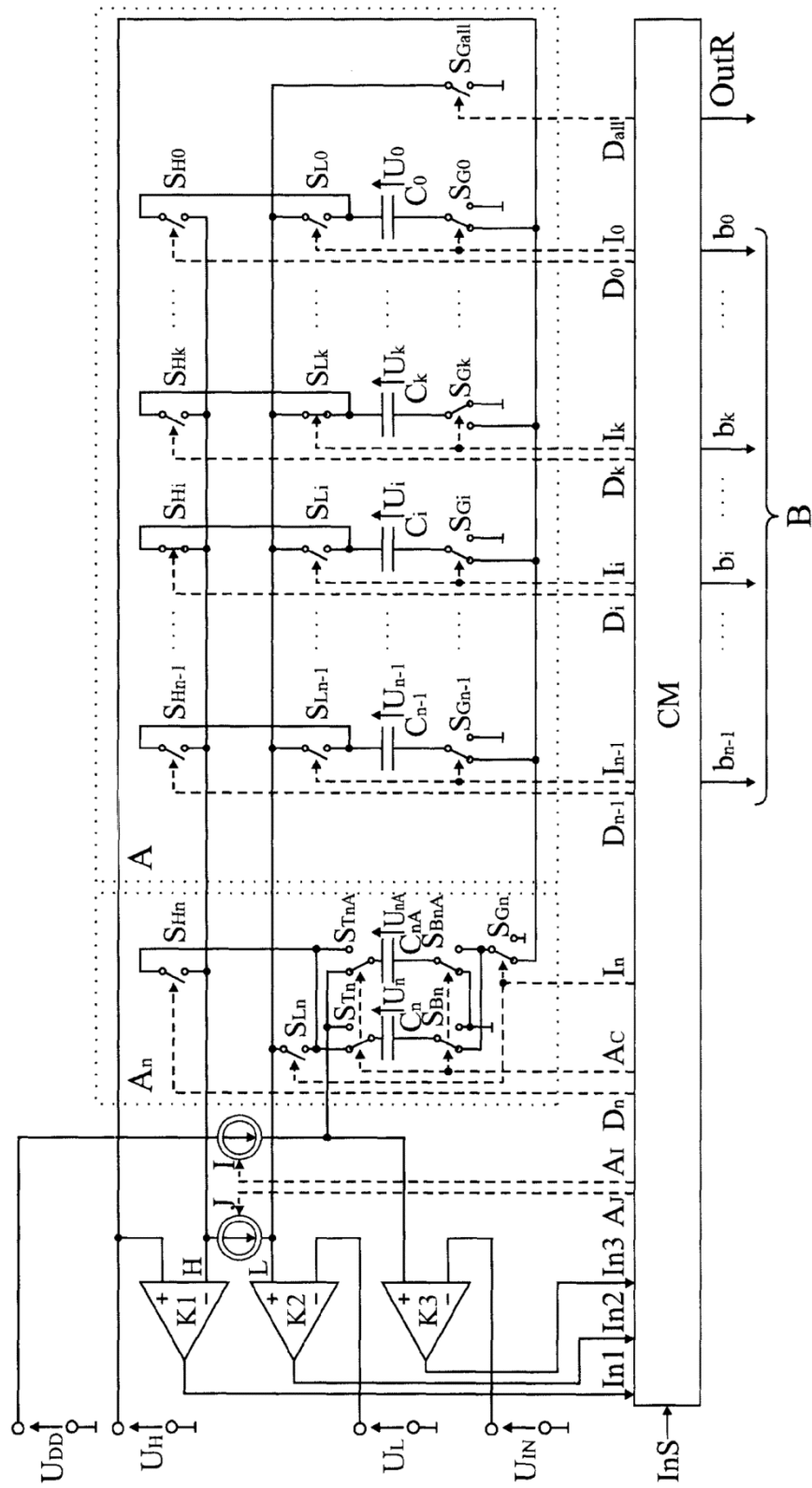


Fig. 4

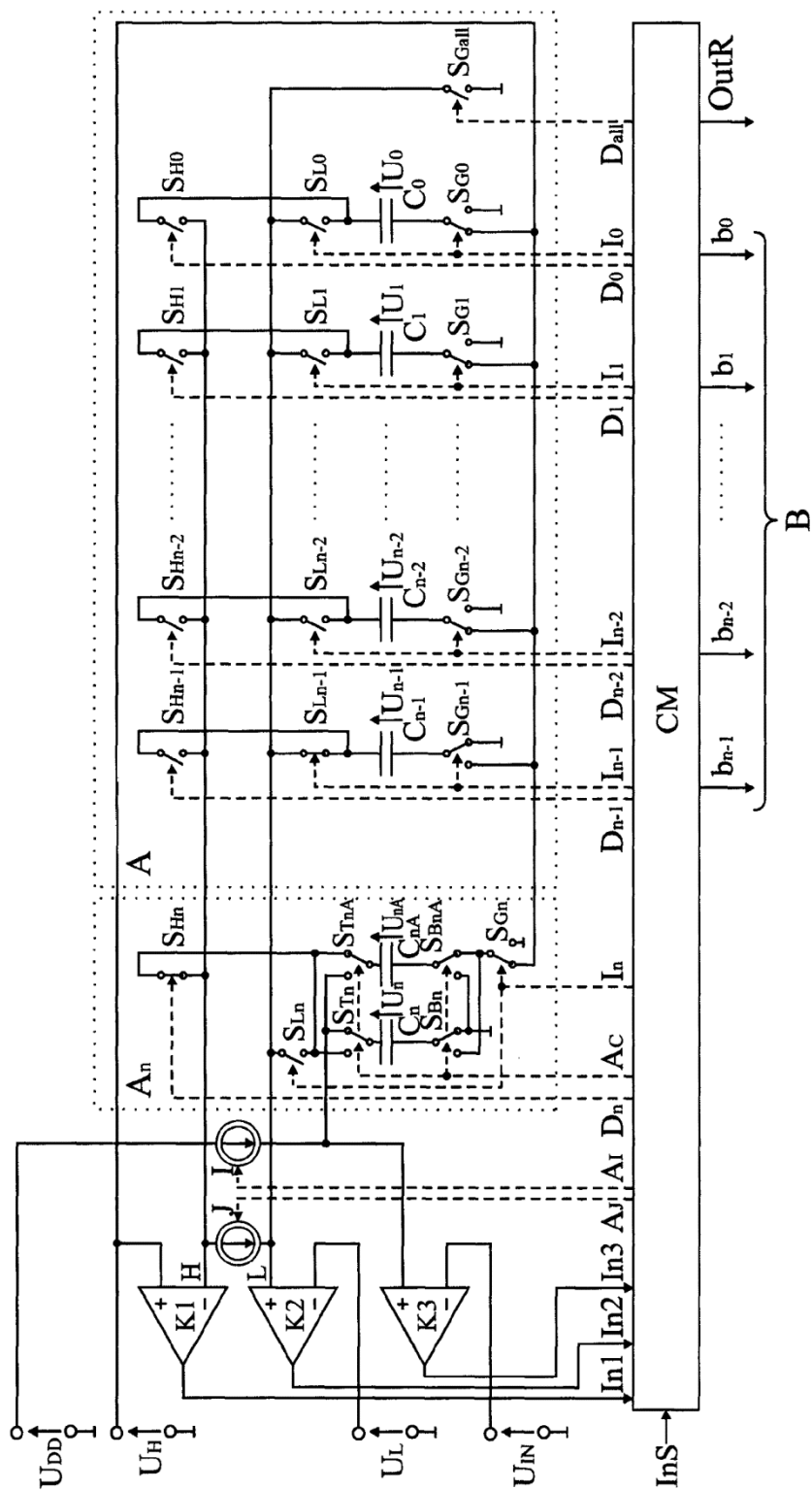


Fig. 5

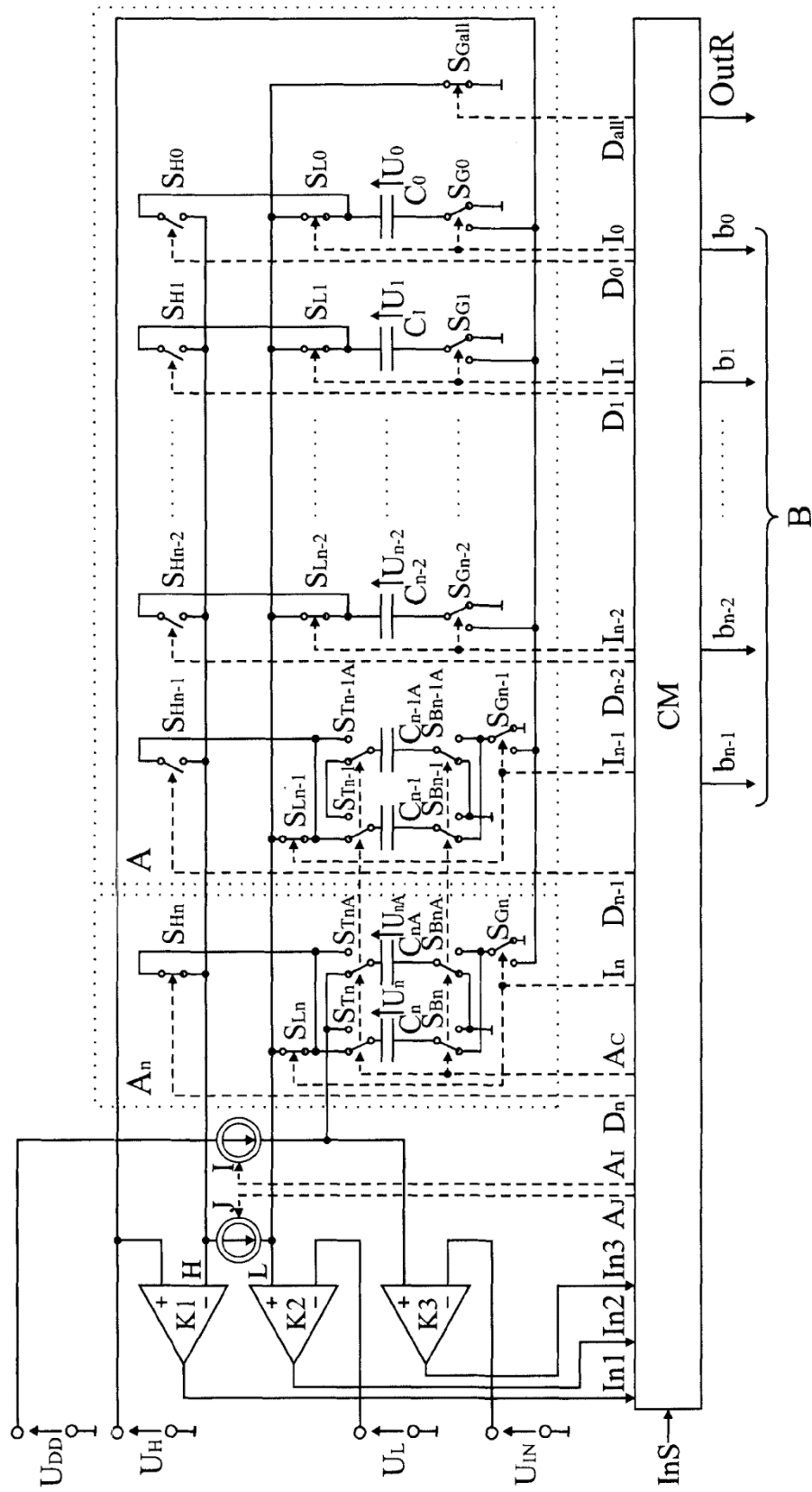


Fig. 6

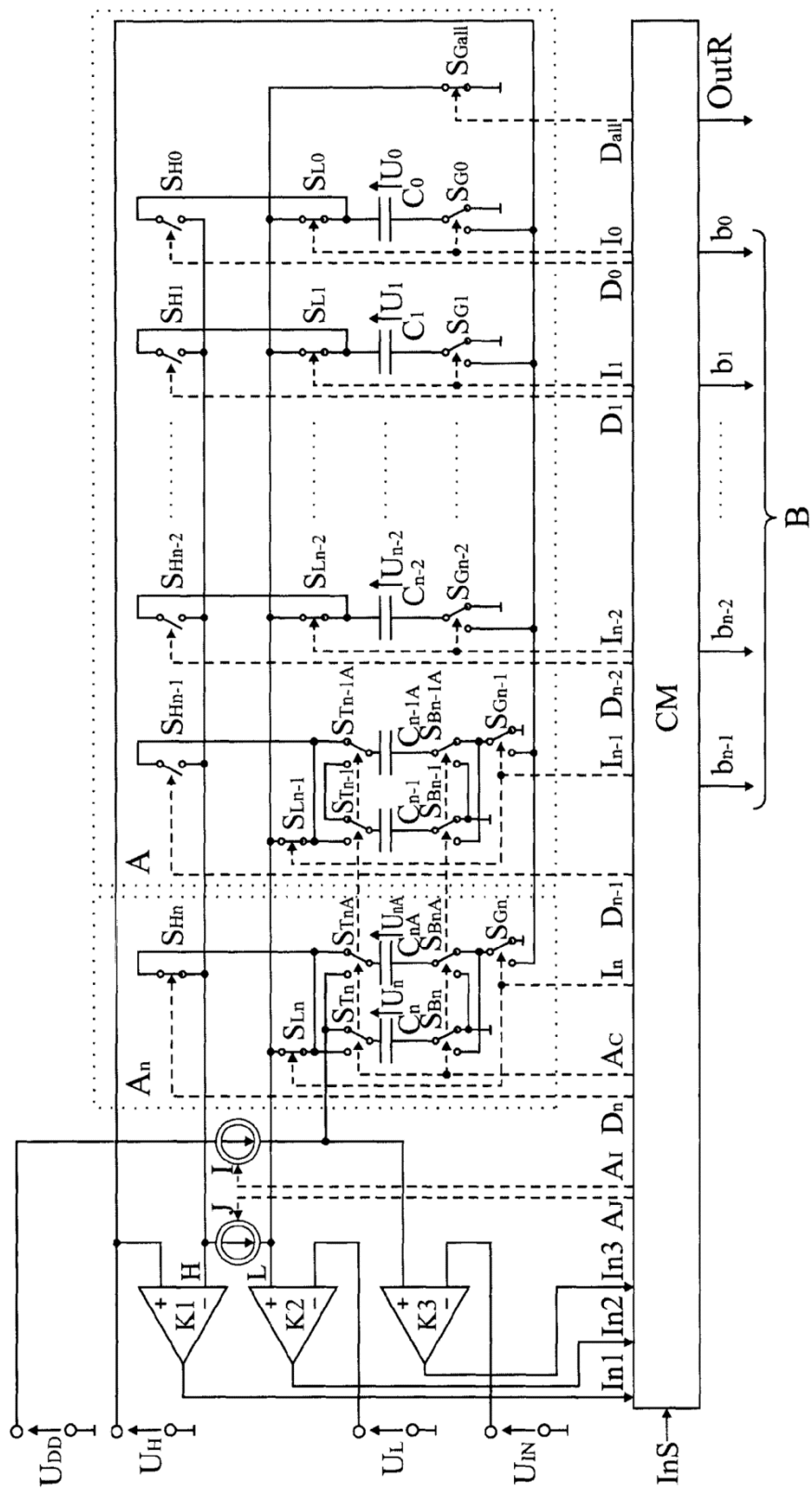


Fig. 7

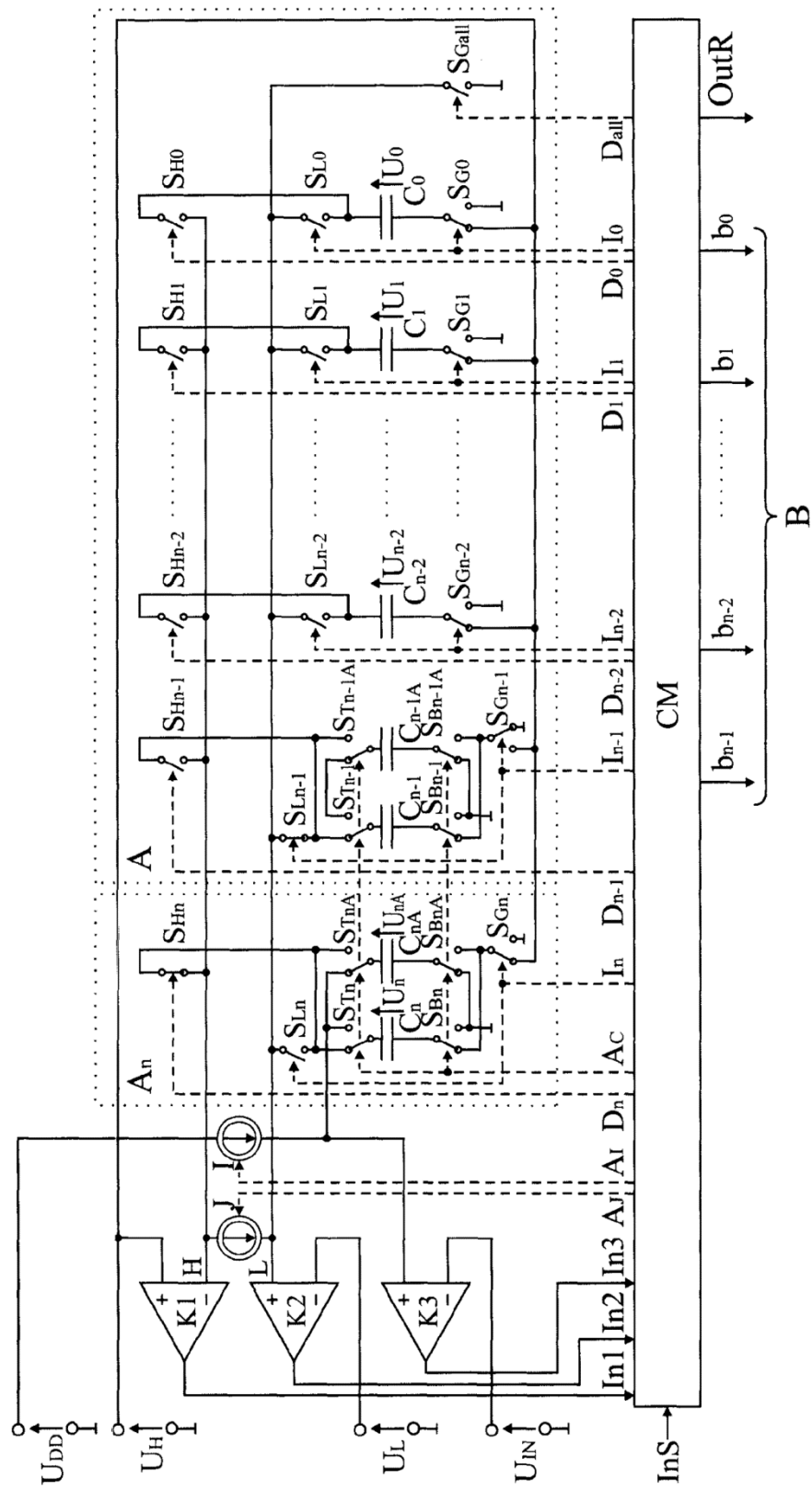


Fig. 8

