

Prostownik napięcia zwłaszcza dla technologii CMOS

Przedmiotem wynalazku jest prostownik napięcia zwłaszcza dla technologii CMOS mający zastosowanie w układach mikroelektronicznych zwłaszcza w zintegrowanych przetwornicach impulsowych pracujących z częstotliwością dochodzącą do kilkudziesięciu MHz, w scalonych urządzeniach typu RFID, w tym w sensorach biomedycznych zasilanych bezprzewodowo za pomocą fal radiowych.

Z polskiego opisu patentowego Pat 217306 znany jest prostownik synchroniczny LLC oraz zasilacz komputerowy standardu ATX zawierający dwa tranzystory MOS jako elementy prostujące napięcie zmienne oraz układ sterujący. Zastosowany układ sterujący wymaga dwóch dodatkowych uzwojeń transformatora Tr1 oraz kondensatorów o dużych pojemnościach i diod, które nie mogą być w sposób efektywny zintegrowane w układzie scalonym CMOS. Takie rozwiązanie nie nadaje się do zastosowania w układach mikroelektronicznych. Ponadto układ ten ze względu na występowanie relatywnie dużych strat energii w układzie sterującym nie zapewnia tak dużej sprawności energetycznej jak zgłaszane rozwiązanie.

Z dokumentacji zgłoszeniowej WO/2003/044937 znany jest prostownik DC-to-DC, który również wykorzystuje dwa tranzystory MOS jako elementy prostujące napięcie zmienne, jednakże zastosowano w nim inny układ sterujący. Zastosowany układ sterujący wymaga jednego lub dwóch dodatkowych uzwojeń transformatora oraz dwóch lub czterech diod, które nie mogą być w sposób efektywny zintegrowane w układzie scalonym CMOS. Takie rozwiązanie nie nadaje się do zastosowania w układach mikroelektronicznych. Ponadto układ ten ze względu na występowanie relatywnie dużych strat energii w układzie sterującym nie zapewnia dużej sprawności energetycznej.

Z dokumentacji wynalazku KR100730088 znany jest prostownik synchroniczny LLC, który również wykorzystuje dwa tranzystory MOS jako elementy prostujące napięcie zmienne, jednakże zastosowano w nim odmienny układ sterujący. Zastosowany układ sterujący zawiera dodatkowy transformator prądowy po stronie wtórnej transformatora Tr1. W przypadku wersji scalonej prostownika, wymaga to dodatkowych wyprowadzeń z układu scalonego do transformatora prądowego. Z tego powodu rozwiązanie to jest mniej atrakcyjne

do stosowania w układach mikroelektronicznych. Ponadto układ ten ze względu na występowanie relatywnie dużych strat energii w układzie sterującym nie zapewnia dużej sprawności energetycznej.

Znane rozwiązania prostowników na tranzystorach MOS charakteryzują się relatywnie niewielką sprawnością przetwarzania energii. Ograniczenie sprawności wiąże się ze stratami energii na półprzewodnikowych elementach prostujących. W czasie przepływu prądu przez elementy prostujące powstaje spadek napięcia, który powoduje obniżenie amplitudy prostowanego napięcia.

Prostownik napięcia zwłaszcza dla technologii CMOS zawierający tranzystory MOS z kanałem typu n i transformator z dwoma uzwojeniami wtórnymi połączonymi ze sobą oraz z kondensatorem wyjściowym podłączonym do masy i z obciążeniem wyjściowym podłączonym do masy, w którym pierwsze uzwojenie wtórne transformatora połączone jest z drenem pierwszego tranzystora prostownika, a drugie uzwojenie wtórne transformatora połączone jest z drenem drugiego tranzystora prostownika, zaś bramki obu tranzystorów prostownika podłączone są do układu sterującego, który połączony jest z układem polaryzującym połączonym z transformatorem charakteryzuje się według wynalazku tym, że układ sterujący składa się z dwóch tranzystorów, których podłoża podłączone są do masy, dwóch rezystorów oraz z dwóch negatorów, których końcówki masy podłączone są do masy. Źródło pierwszego tranzystora, jedna końcówka drugiego rezystora, końcówka zasilająca drugiego negatora dołączone są do pierwszego wejścia, które dołączone jest do pierwszego uzwojenia wtórnego transformatora. Źródło drugiego tranzystora, jedna końcówka pierwszego rezystora, końcówka zasilająca pierwszego negatora dołączone są do drugiego wejścia, które dołączone jest do drugiego uzwojenia wtórnego transformatora. Kończówka wyjścia pierwszego negatora dołączona jest do bramki pierwszego tranzystora prostownika, końcówka wyjścia drugiego negatora dołączona jest do bramki drugiego tranzystora prostownika. Dren pierwszego tranzystora, druga końcówka pierwszego rezystora oraz końcówka wejścia pierwszego negatora są połączone razem. Dren drugiego tranzystora, druga końcówka drugiego rezystora oraz końcówka wejścia drugiego negatora również są połączone razem. Układ polaryzacji, którego wyjście dołączone jest do bramki pierwszego tranzystora układu sterującego i do bramki

drugiego tranzystora układu sterującego, składa się z tranzystora, którego źródło i podłoże połączone są do masy oraz rezystora. Dren tranzystora jest połączony z jego bramką i z jedną końcówką rezystora. Druga końcówka rezystora jest połączona z wejściem, które dołączone jest do węzła, gdzie dwa uzwojenia wtórne transformatora połączone są razem.

Korzystnie prostownik według wynalazku zawiera układ podwajacza napięcia składający się z dwóch negatorów, dwóch tranzystorów typu MOS z kanałem typu p oraz obciążenia składającego się z kondensatora i rezystora. Do pierwszego wejścia układu sterującego podłączony jest dren pierwszego tranzystora, a do drugiego wejścia układu sterującego podłączony jest dren drugiego tranzystora. Źródło i podłoże pierwszego tranzystora są połączone razem, jak również źródło i podłoże drugiego tranzystora są połączone razem i dalej połączone są z jedną końcówką rezystora połączonego z jedną końcówką kondensatora. Drugie końcówki rezystora i kondensatora są podłączone do masy, przy czym do bramki pierwszego tranzystora podłączona jest końcówka wyjścia drugiego negatora, którego końcówka wejścia jest podłączona do końcówki wyjścia drugiego negatora układu sterującego. Do bramki drugiego tranzystora podłączona jest końcówka wyjścia pierwszego negatora, którego końcówka wejścia podłączona jest do końcówki wyjścia pierwszego negatora układu sterującego. Kończówki masy obu negatorów podłączone są do masy.

Efektywny układ sterujący załączaniem tranzystorów MOS umożliwia znaczną redukcję rezystancji tranzystorów w stanie załączenia oraz zmniejszenie wstecznego przepływu prądu. Dzięki niewielkiej modyfikacji układu prostownika w łatwy sposób uzyskuje się realizację funkcji podwajania napięcia.

Prostownik charakteryzuje się prostotą budowy, wysoką sprawnością prostowania napięcia - powyżej 95% oraz dużą sprawnością przetwarzania energii - powyżej 80%, nawet przy małych wartościach wyprostowanego napięcia, tj. poniżej 1V. Duża szybkość działania umożliwia wykorzystanie prostownika w zintegrowanych przetwornicach impulsowych pracujących z częstotliwością dochodzącą do kilkudziesięciu MHz. Prostownik ten może być również wykorzystywany w zintegrowanych urządzeniach typu RFID (ang. radio-frequency identification) zapewniając efektywniejsze ich zasilanie, co pozwoli na zwiększenie zasięgu odczytywania danych. Ponadto prostownik może być

stosowany w innych sensorach biomedycznych zasilanych bezprzewodowo za pomocą fal radiowych. Można go wykonać z elementów dyskretnych oraz w postaci układu scalonego CMOS. Cechuje się całkowitą zgodnością (kompatybilnością) z technologią CMOS, w której wykonuje się współczesne układy scalone wielkiej skali integracji. Ta cecha umożliwia zastosowanie prostownika w nowoczesnych systemach mikroelektronicznych wykonywanych w formie jednego układu scalonego CMOS, czyli w tzw. (ang.) „system on a chip”.

Wynalazek jest bliżej przedstawiony w przykładzie wykonania na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schematycznie prostownik z układem sterującym i układem polaryzacji, fig. 2 przedstawia prostownik z realizacją układu sterującego według wynalazku wraz z układem polaryzacji, fig. 3 przedstawia układ negatora, a fig. 4 przedstawia odmianę prostownika z podwajaczem napięcia oraz układem sterującym i polaryzującym.

W schemacie prostownika przedstawionym na fig. 1 napięcie prostowane oznaczono symbolem V_i , natomiast wyprostowane napięcie oznaczono symbolem V_o . Prądy zmienne z uzwojeń L2 i L3 transformatora Tr1 przepływają przez tranzystory z kanałem typu n MN1 i MN2. Obciążenie prostownika stanowi kondensator C_o i rezystor R_o . Tranzystory MN1 i MN2 są włączane i wyłączane przez układ sterujący według wynalazku. Układ sterujący posiada trzy wejścia oznaczone jako i_1 , i_2 , V_{bias} , dwa wyjścia oznaczone jako o_1 i o_2 oraz końcówkę masy gnd podłączoną do masy. Do wejścia i_1 są podłączone: dren tranzystora MN1 i pierwsza końcówka uzwojenia L2. Do wejścia i_2 są podłączone: dren tranzystora MN2 i druga końcówka uzwojenia L3. Do wyjścia o_1 jest podłączona bramka tranzystora MN1, natomiast do wyjścia o_2 jest podłączona bramka tranzystora MN2. Źródła i podłoża tranzystorów MN1 i MN2 są podłączone do masy. Do wejścia V_{bias} jest doprowadzone stałe napięcie polaryzujące V_{bias} , wytwarzane przez układ polaryzacji. Wejście i_3 układu polaryzacji jest podłączone do napięcia V_o , wyjście V_b do wejścia V_{bias} układu sterującego oraz końcówka gnd jest podłączona do masy. Pierwsza końcówka rezystora R_o i pierwsza końcówka kondensatora C_o są podłączone do węzła V_o , natomiast druga końcówka rezystora R_o i kondensatora C_o podłączone są do masy.

Jak pokazano na fig. 2 układ sterujący składa się z tranzystorów MN3 i MN4, rezystorów R1 i R2, oraz z negatorów INV1 i INV2. Do wejścia i1 są dołączone: źródło tranzystora MN3, pierwsza końcówka rezystora R2, końcówka zasilająca Vd negatora INV2. Do wejścia i2 dołączone są: źródło tranzystora MN4, pierwsza końcówka rezystora R1, końcówka zasilająca Vd negatora INV1. Podłoża tranzystorów MN3 i MN4 są podłączone do masy. Do wyjścia o1 jest dołączona końcówka Y negatora INV1. Do wyjścia o2 jest dołączona końcówka Y negatora INV2. Końcówki masy gnd negatorów INV1 i INV2 są podłączone do masy. Dren tranzystora MN3, druga końcówka rezystora R1 oraz końcówka X negatora INV1 są połączone razem. Dren tranzystora MN4, druga końcówka rezystora R2 oraz końcówka X negatora INV2 również są połączone razem. Układ polaryzacji składa się z tranzystora MNb oraz rezystora Rb. Dren tranzystora MNb jest połączony z bramką MNb, z wyjściem Vb oraz z pierwszą końcówką rezystora Rb. Druga końcówka rezystora Rb jest połączona z wejściem i3. Źródło i podłoże tranzystora MNb są podłączone do masy.

Wprowadzając modyfikację do schematu prostownika z fig. 2 uzyskuje się dodatkowo funkcję podwajania napięcia wyprostowanego. Na fig. 4 pokazano wariant prostownika z podwajaczem napięcia, który powstał przez dodanie do układu z fig. 2 następujących elementów: negatorów INV3 i INV4, tranzystorów z kanałem typu p MP1 i MP2, kondensatora C2o i rezystora R2o, które stanowią obciążenie podwajacza napięcia. Podwojone wyprostowane napięcie oznaczono symbolem V2o. Końcówka X negatora INV3 jest podłączona do wyjścia o1 układu sterującego. Końcówka Y negatora INV3 jest podłączona do bramki tranzystora MP2. Końcówka X negatora INV4 jest podłączona do wyjścia o2 układu sterującego. Końcówka Y negatora INV4 jest podłączona do bramki tranzystora MP1. Końcówki masy gnd negatorów INV3 i INV4 są podłączone do masy. Dren tranzystora MP1 jest podłączony do wejścia i1 układu sterującego, natomiast źródło i podłoże tranzystora MP1 są podłączone do węzła V2o. Dren tranzystora MP2 jest podłączony do wejścia i2 układu sterującego, natomiast źródło i podłoże tranzystora MP2 są podłączone do węzła V2o. Pierwsza końcówka rezystora R2o i pierwsza końcówka kondensatora C2o są podłączone do węzła V2o, natomiast druga końcówka rezystora R2o i kondensatora C2o są podłączone do masy.

