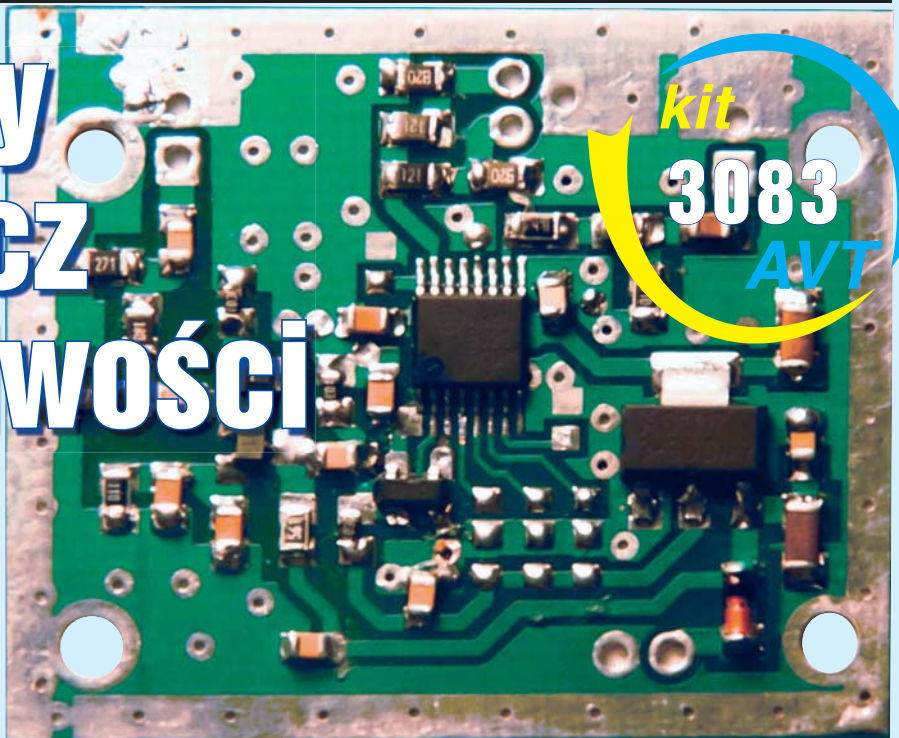


Filtrujący powielacz częstotliwości

kit
3083
AVT



Głównym zastosowaniem opisanego układu jest redukcja niepożądanych sygnałów, występujących w widmie generatorów DDS. Opisane rozwiązanie wyróżnia prostota oraz dobre parametry sygnału wyjściowego. Układu można również użyć do otrzymania sygnałów o częstotliwościach innych niż częstotliwość wzorcowa (powielania częstotliwości).

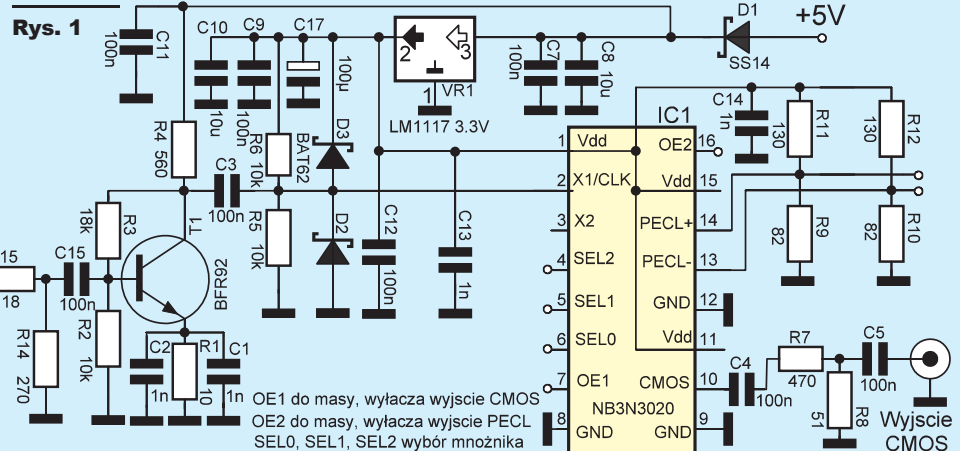
Wiele osób uważa, że układy DDS dają bardzo czysty widmowo sygnał, ale niestety nie jest to prawda. Starsze układy DDS z 10-bitowym przetwornikiem analogowo-cyfrowym mają odstęp sygnału od zakłóceń na poziomie -50dB , nowsze z 14-bitowym przetwornikiem analogowo-cyfrowym 70dB w paśmie 100kHz względem częstotliwości generowanej przez syntezer. Ilość zakłóceń w widmie generatora znacznie rośnie wraz z obniżaniem stosunku częstotliwości zegara do częstotliwości wyjściowej syntezy. Konsekwencją zastosowania „zaśmieconego” sygnału bezpośrednio z generatora DDS do sterowania pracą układu przemiany częstotliwości odbiornika radiowego jest odbiór szeregu sygnałów niepożądanych, które normalnie nigdy nie byłyby odebrane (tzw. odwrócona przemiana).

Najprostszą metodą rozwiązania tego problemu jest zastosowanie do eliminacji sygnałów zakłócających pętli fazowej. Pętla PLL działa jak filtr i „usuwa” z widma syntezy sygnały zakłócające, które leżą poza pasmem filtra pętli PLL. Zbudowanie układu PLL na elementach dyskretnych LC jest jednak pracochłonne, wymaga dużej wiedzy, a sam układ byłby bardzo rozbudowany. W opisanym tutaj układzie wykorzystano specjalizowany układ scalony NB3N3020 firmy ON Semiconductors (dawniej Motorola). Układów tego typu jest więcej, np. ICS512 (opis w „Elektronice Praktycznej” 03/2013) czy ICS501/ICS502 (opis w „Świat Radio” 10/2013). Układ NB3N3020 wyróżnia się najszerszym zakresem przestra-

jania oraz najlepszymi parametrami. Wielkość szumów fazowych scalonych powielaczy częstotliwości, będąca ich kluczowym parametrem w przypadkach zastosowania w układach radiowych, możemy porównać przez porównanie niestabilności fazy (jitter), który dla układu ISC501 wynosi 25ps , dla ICS502 – 50ps , ICS512 – 80ps (dla wartości odchylenia standardowego 1σ , bardziej zainteresowanych tym tematem zachęcam do analizy rozkładu Gaussa). W nieco inny sposób wartość niestabilności fazy podawana jest dla układu NB3N3020 w jego karcie katalogowej i wynosi maksymalnie 5ps (szczegóły przeliczeń zainteresowani znajdują pod adresem <http://www.sitime.com/support2/documents/AN10007-Jitter-and-measurement.pdf>).

Szumy fazowe układu NB3N3020 wynoszą odpowiednio: w odległości 100Hz od nośnej -95dBc/Hz ; 1kHz -107dBc/Hz ; 10kHz -112dBc/Hz ; 100kHz -117dBc/Hz ; 1MHz -117dBc/Hz

Hz i 10MHz -134dBc/Hz dla częstotliwości wyjściowej 125MHz i powielania 5 razy. To są naprawdę bardzo dobre parametry i predysponują układ do zastosowania w odbiornikach radiowych, nawet wysokiej klasy. Układ NB3N3020 zawiera pętlę fazową i szereg dzielników częstotliwości. Zakres przestrajania oscylatora wynosi od 8 do 210MHz , a częstotliwość wejściową można powielać od 1 do 16 razy. Inne krotności powielania (np. będące wartościami ułamkowymi) uzyskuje się przez powielenie częstotliwości wzorcowej, a następnie jej podział. Programowanie układu odbywa się za pomocą zmiany stanu wejść sterujących Sel0, Sel1 i Sel2, trzema stanami: LOW, czyli przez zwarcie odpowiedniego pinu do masy, HIGH przez podanie stanu wysokiego na wejście ($+3,3\text{V}$) oraz MID przez pozostawienie wejścia niepodłączonego – stan logiczny określają wtedy wewnętrzne oporniki układu. Szczegóły programowania stopnia



podziału znajdują się na stronie 3 karty katalogowej układu NB3N3020 (znajduje się w materiałach dodatkowych do artykułu). Schemat opisanego układu pokazany jest na **rysunku 1**. Układ umożliwi powielanie zarówno generatora kwarcowego (odpowiednie elementy znajdują się w strukturze układu), jak i sygnału zewnętrznego. Autor wykorzystał właśnie tę drugą opcję. Natomiast sposób podłączenia kwarcu do układu NB3N3020 pokazano na **rysunku 2**.

Sygnal wejściowy jest wzmacniany przez wzmacniacz na tranzystorze BFR92. Poziom sterującego sygnału wejściowego ograniczany jest na wejściu wzmacniacza za pomocą tłumika typu PI o impedancji 50 omów. Zmieniając wartości rezystorów tłumika, możemy poziom sygnału wejściowego regulować w szerokim zakresie. Wzmacniacz zasilany jest napięciem około 4,6V (napięcie zasilania 5V pomniejszone o spadek napięcia na diodzie Schottky'ego). Wejście sygnału odniesienia układu NB3N3020 jest wstępnie spolaryzowane przez dzielnik R5, R6, co powoduje, że działa on dobrze już przy mniejszych sygnałach sterujących. Diody BAT62 (dwie w jednej obudowie) zabezpieczają układ scalony przed uszkodzeniem przez zbyt wysoki poziom sygnału sterującego. Ważne jest, by zastosowana dioda BAT62 nie miała żadnego indeksu literowego lub cyfrowego, indeksem takim oznaczane są inne wykonania tej diody, różniące się liczbą diod czy rozkładem wyprowadzeń. Na kondensatorze odsprężającym C10 nalutowany jest kondensator elektrolityczny 100uF. Układ NB3N3020 ma dwa rodzaje wyjść: CMOS i różnicowe PECL. Wybór wyjść odbywa się za pomocą odpowiedniej polaryzacji wyprowadzeń OE1 i OE2. Zwarcie wejścia OE1 do masy dezaktywuje wyjście CMOS, natomiast zwarcie do masy wejścia OE2 dezaktywuje wyjście PECL. Nie zaleca się jednak wyłączania niewykorzystanych wyjść podczas pracy urządzenia, gdyż może to powodować zwiększenie poziomu zakłóceń. Wyjście PECL wykonane jest jako wysokoimpedancyjne, co może nie jest najlepszym rozwiązaniem, ale eliminuje konieczność zasilania układu ujemnym napięciem zasilania – Autor tego wyjścia nie wykorzystuje, jest dość kłopotliwe w praktycznym wykorzystaniu. Połączenie między pinami 13 i 14 układu NB3020 a opornikami R9-R12 należy wykonać za pomocą cienkiego kynaru (patrz schemat montażowy), lub można je pozostawić niepodłączone – w tym wypadku nie są wykorzystane. Sygnal z wyjścia CMOS układu przechodzi na dzielnik napięciowy, co obniża poziom sygnału, zapewnia jednak 50-omową impedancję tego wyjścia (wiele

układów nie może być sterowane zbyt wysokim napięciem, gdyż uszkodzą się). W przypadku użycia tego układu do sterowania mieszaczami cyfrowymi sterowanymi poziomami CMOS, rezystory R7, R8 należy usunąć, a w miejsce opornika R7 zastosować opornik o wartości

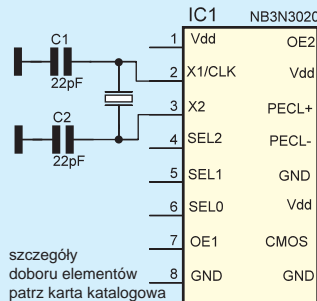
0 omów (zworę). W tym wypadku układ należy połączyć jak najkrótszym odcinkiem kabla ekranowanego z wejściem mieszacza odbiornika radiowego.

Chciałbym w tym wypadku rozwiązać obawy niektórych Kolegów przed sterowaniem mieszaczy sygnałem prostokątnym, nie jest to błędne rozwiązanie i wiele mieszaczy pracuje nawet lepiej, jeśli sterowane są takim sygnałem, jak np. mieszacz typu komórka Gilberta (bardzo popularny w układach scalonych).

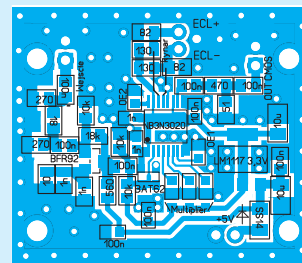
Niektóre z układów tego typu same zawierają w swej strukturze ogranicznik amplitudy, który powoduje przekształcenie sygnału sinusoidalnego w prostokąt, jak np. bardzo dobry mieszacz typu AD831. Inne układy, np. mieszacze diodowe, również ograniczają sygnał sinusoidalny na diodach działających jako przełączniki. Oczywiście poziom sygnału powinien być odpowiednio dobrany, tak aby zapewnić jak najlepsze parametry toru przemiany częstotliwości. Sygnal sinusoidalny można uzyskać z sygnału prostokątnego w razie potrzeby przez jego filtrację filtrami pasmowo- lub dolnoprzepustowymi. Sygnal wejściowy i wyjściowy można doprowadzić przez złącza goldpin (odpowiednio przycięte tak, by były jak najkrótsze) lub bezpośrednio przylutowując do pól lutowniczych na płycie drukowanej. Dokoła układu znajduje się obwódka z pól pokrytych cyną, co umożliwi łatwe ekranowanie układu. Ekran przylutowuje się bezpośrednio do tych pól.

Montaż i uruchomienie

Montaż układu NB3N3020 na płycie, pokazanej na **rysunku 3**, będzie ułatwiony, jeśli najpierw pocynuje się pola (pady) pod układ, następnie zbierze nadmiar cyny plecionką i dopiero wtedy przylutuje się układ. NB3N3020 mimo drobnego rastru jest raczej prosty do przylutowania. Napięcie zasilające wytwarzane jest przez stabilizator LM1117 w wersji 3,3 V, a cały układ zasilany jest napięciem +5V. Dioda D1 zabezpieczająca przed odwrotnym podłączeniem musi być diodą Schottky'ego, układ LM1117 wymaga 1,2V napięcia zasilającego wyższego od napięcia sta-



Rys. 2



Rys. 3

bilizowanego. Diodę tę można zastąpić zworą, oczywiście w tym wypadku układ nie będzie chroniony przed odwrotnym włączeniem zasilania. Pobór prądu przez układ wynosi około 70 mA. Układ zamontowany jest głównie z elementów SMD o rozmiarze 0805 na płycie dwustronnej o grubości 0,8 mm. Poprawnie zamontowany układ działa od pierwszego uruchomienia.

Zastosowania układu. Układ został wykonany w trzech egzemplarzach i ruszał bez najmniejszego problemu. Kolega Waldek SP2JJH użył go w swoim TRX Pilgrim z syntezerem AD9951 i odnotował znaczną poprawę parametrów odbiornika (znikło wiele sygnałów zakłócających), analogiczne rezultaty osiągnął Krzysztof SQ8Z. Autor użył go w swoim odborniku SDR sterowanym testowo układem AD9951 oraz w analizatorze widma o paśmie 70 MHz opisanym w EdW (04/2010 i 05/2010). Za każdym razem uzyskiwano dużą poprawę parametrów w stosunku do oryginału.

Na zakończenie chciałbym podziękować Kolegom: **Waldkowi SP2JJH**, **Waldkowi 3Z6AEF** i **Krzysztofowi SQ8Z** za uwagi do tego artykułu.

Rafał Orodziński
sq4avs@gmail.com

Wykaz elementów

R1	.....	10Ω (0805)
R3	.....	18kΩ (0805)
R4	.....	560Ω (0805)
R7	.....	470Ω (0805)
R8	.....	51Ω (0805)
R15	.....	18Ω (0805)
R11,R12	.....	130Ω (0805)
R13,R14	.....	270Ω (0805)
R2,R5,R6	.....	10kΩ (0805)
R9,R10	.....	82Ω (0805)
C17	.....	100uF/16V
C1,C2,C13,C14	.....	1nF (0805)
C3-C7,C9,C11,C12,C15	.....	100nF (0805)
C8,C10	.....	10uF (1206)
D1	.....	SS14
D2,D3	.....	BAT62 (dwie diody w jednej obudowie lub dwie oddzielne)
IC1	.....	NB3N3020
T1	.....	BFR92
VR1	.....	LM1117 3.3V SOT223

Płytki drukowane jest dostępna w sieci handlowej AVT jako kit szkolny AVT-3083.