



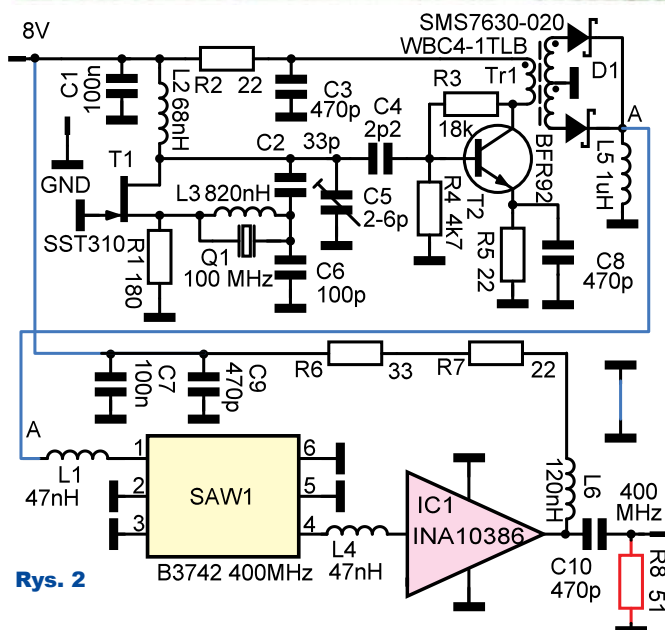
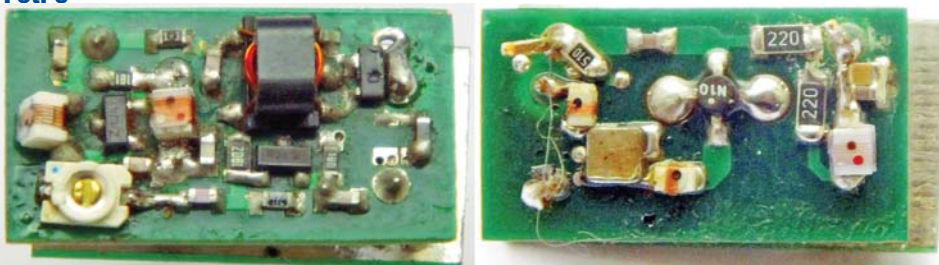
Miniaturowy generator sygnału zegarowego syntezeru DDS

Do czego to służy?

Układ jest generatorem sygnału zegarowego dla syntezerów DDS serii AD9951–AD9954. Mimo, że układy te nie są już najnowsze, to nadal są bardzo chętnie wykorzystywane przez konstruktorów – przykład na **fotografii 1**. Wynika to głównie z zastosowania 14-bitowego przetwornika cyfrowo-analogowego, zapewniającego duży odstęp sygnału od zakłóceń w widmie generatora. Syntezerzy te wykorzystują sygnał zegarowy o częstotliwości 400MHz. W rozwiązaniach amatorskich sygnał wzorcowy 400MHz uzyskuje się, powielając sygnał o mniejszej częstotliwości za pomocą wbudowanej pętli PLL, zawartej w układzie scalonym syntezeru. Sygnał wzorcowy może być powielany od 2 do 20 razy, co umożliwi zastosowanie tanich i łatwo dostępnych generatorów kwarcowych. Niestety, ze wzrostem krotności powielania rośnie też poziom szumów fazowych, co powoduje zwiększenie szumów fazowych syntezeru. Najlepsze parametry szumowe syntezeru uzyskamy, stosując generator o częstotliwości 400MHz i odpowiednio niskich szumach fazowych, bez wykorzystania powielania częstotliwości przez syntezer DDS. Opisany dalej układ został zaprojektowany z uwzględnieniem wymogu niskich szumów fazowych i dobrej jakości sygnału. Zmontowany układ ma wymiary zbliżone do standardowego generatora kwarcowego w obudowie DIP14.

Jak to działa?

Schemat ideowy generatora przedstawiono na **rysunku 2**. Układ współpracował z układem pokazanym na **fotografii 1**. Zmontowany układ generatora pokazany jest na **fotografii tytułowej** i na **fotografii 3**. Połączenie między płytkami zaznaczono na schemacie kolorem niebieskim. Układ zasilany jest napięciem 8V. Częstotliwość 400MHz uzyskuje się przez czterokrotne powielenie częstotliwości sygnału generatora kwarcowego o częstotliwości 100MHz, a następnie wydzielenie za pomocą filtra, potrzebnej czwartej harmonicznej sygnału generatora. Przyjęte rozwiązanie jest bodaj najprostsze z możliwych i zapewnia dużo lepszą jakość sygnału (mniejsze szumy fazowe) niż generator powielany przez pętlę syntezeru DDS. Generator sygnału wzorcowego 100MHz wykorzystuje rezonator kwarcowy o częstotliwości 100MHz, tzw. owertonowy. Częstotliwości owertonowe są


Fot. 1

Rys. 2
Fot. 3


drzganiami ponadpodstawowymi nieparzystego rzędu. Nie są to dokładnie częstotliwości harmoniczne, ale są zbliżone do nieparzystej wielokrotności częstotliwości drgań podstawowych rezonatora kwarcowego. Rezonator zastosowany w układzie modelowym pracuje na trzecim owertonie. Oznacza to, że rezonator ten ma podstawową częstotliwość pracy około 33,33MHz. Równie często spotyka się rezonatory 100MHz pracujące na piątym owertonie, mające podstawową częstotliwość pracy około 20MHz. Wraz ze wzrostem częstotliwości owertonowej rośnie dobroć rezonatora, zmniejszają się szумы fazowe sygnału generowanego przez generator oraz rośnie względna stabilność generatora. Przekłada się to na poprawę jakości sygnału. Niestety, wzrost rzędu owertonu powoduje też wzrost zastępczej rezystancji szeregowy rezonatora. Utrudnia to wzbudzenie drgań na żądanej częstotliwości ponadpodstawowej. W praktyce najczęściej wykorzystuje się drgania na trzecim i piątym owertonie. Wykonywane są również rezonatory kwarcowe o częstotliwości podstawowej drgań ponad 600MHz, są one jednak kosztowne oraz wymagają specjalnych układów pracy, ograniczających moc wydzielaną w kryształ rezonatora kwarcowego. Rezonatory te wykorzystują płytkę kwarcową znacznie cieńszą niż rezonatory pracujące na niższych częstotliwościach. Wymaganą wytrzymałość mechaniczną takich rezonatorów osiąga się, pocieniając płytkę kwarcową tylko w pewnym jej obszarze, tzn. robiąc w niej wgłębienie, w którym wzbudzają się drgania wielkiej częstotliwości. Rozwiązanie takie zapewnia akceptowalną wytrzymałość mechaniczną rezonatora.

Konsekwencją zastosowania drgań ponadpodstawowych jest konieczność zastosowania w generatorze elementów wymuszających pracę na odpowiednim owertonie. Oscylator 100MHz zbudowany jest na tranzystorze JFET typu SST310 w układzie wspólnej bramki, w układzie generatora Buttlera, powszechnie stosowanym w konstrukcjach radiowych. Rezonator kwarcowy pracuje w rezonansie szeregowym, podobnie jak praktycznie we wszystkich generatorach owertonowych. W konstrukcjach generatorów pracujących na częstotliwości podstawowej wykorzystuje się najczęściej rezonans równoległy. Częstotliwości rezonansów równoległego i szeregowego są przesunięte względem siebie o kilka kHz. W rezonansie szeregowym rezonator ma małą

impedancję na częstotliwości pracy, zaś w równoległym – dużą. Powoduje to konieczność innego włączenia rezonatora niż w przypadku generatora wykorzystującego rezonans równoległy. Wyjściem sygnału generatora jest dren tranzystora, a wejściem źródło tranzystora. Taki układ charakteryzuje się wysoką impedancją wyjściową i niską wejściową.

Aby zapewnić możliwie najlepsze przekazywanie energii z wyjścia generatora do jego wejścia, konieczne jest dopasowanie impedancji. Dopasowanie takie zapewnia dzielnik pojemnościowy układu L2, C2, C6. Dzięki temu, że pojemność kondensatora C6 jest znacznie większa niż pojemność kondensatora C2, impedancja transformowana jest w dół. Obwód zestrojony jest na częstotliwość 100MHz. Dokładne dostrojenie umożliwia trymer (kondensator o zmiennej pojemności) C5, który pozwala również przestrajac układ w niewielkim zakresie częstotliwości.

Rezonator kwarcowy jest jednocześnie filtrem pasmowoprzepustowym, wydzielającym sygnał o częstotliwości 100MHz, tym samym zapewnia dodatnie sprzężenie zwrotne i umożliwia wzbudzenie drgań. Cewka L3 tworzy z pojemnością okładzin rezonatora kwarcowego obwód równoległy, czyli filtr pasmowozaporowy na częstotliwość drgań podstawowych rezonatora.

Cewka L3 nie zawsze jest konieczna, jednak jej brak często powoduje powstanie oscylacji pasożytniczych, nakładających się na sygnał 100MHz i powodujących pogorszenie parametrów oscylatora. Zjawisko takie występuje szczególnie w przypadku rezonatorów kwarcowych gorszej jakości.

Sygnał generatora wzmacniany jest w klasycznym układzie wspólnego emitera na tranzystorze bipolarnym T2. Stabilność termiczną wzmacniacza poprawia rezystor R5. Kondensator C8 eliminuje ujemne sprzężenie zwrotne dla wysokich częstotliwości, wnoszone przez rezystor R5. Punkt pracy wzmacniacza ustalany jest przez rezystory R3, R4. Obciążeniem wyjścia wzmacniacza jest transformator przeciwsobny, zawierający jednakową liczbę zwojów na każdym uzwojeniu. W układzie zastosowano transformator firmy Coilraft, ale podobne transformatory z identycznym rozkładem wyprowadzeń produkuje wiele innych firm. Początki uzwojeń zaznaczone są za pomocą kropek. Na wyjściu transformatora występują sygnały w przeciwfazie. Transformator, wraz z diodami Schottky'ego w.c.z.

o niskiej pojemności złączy, tworzy prostownik dwupołkowy w.c.z. (podobny jak w zasilaczach sieciowych). Zaletą tego układu powielacza jest fakt, że na jego wyjściu występują sygnały o parzystych wielokrotnościach częstotliwości podstawowej, a sygnał podstawowy oraz nieparzyste wielokrotności są tłumione. Ułatwia to wydzielenie sygnału użytecznego. Sygnał 400MHz uzyskuje się, wydzielając go w filtrze z akustyczną falą powierzchniową (SAW) o częstotliwości 400MHz. Cewki L1 i L4 dopasowują impedancję wejścia-wyjścia filtra (50 omów) oraz tłumią wyższe harmoniczne generatora. Charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową zastosowanego filtra zainteresowani mogą znaleźć w karcie katalogowej, umieszczonej w materiałach dodatkowych do artykułu.

Płytką dla filtra SAW została zaprojektowana zgodnie z zaleceniami producenta. Układ scalony INA10386 wzmacnia sygnał o około 26dB do poziomu akceptowanego przez syntezer DDS. Punkt pracy wzmacniacza MMIC ustalają rezystory R6, R7. Ze względu na wydzielaną w nich moc użyto rezystorów w obudowach 1206 i połączono je szeregowo. Zastosowanie cewki L6 zapewnia zwiększenie wzmocnienia układu dla wysokich częstotliwości. Kondensator C10 separuje składową stałą ze wzmacniacza MMIC, gdyż na jego wyjściu występuje napięcie stałe około 6,0V, a więc znacznie wyższe niż zasilanie układu syntezeru DDS. Bez kondensatora C10 syntezer DDS uległby uszkodzeniu. Ścieżka połączenia tylko do masy na stronie elementów wzmacniacza i filtra SAW zapewnia poprawę izolacji między filtrem a wzmacniaczem.

Montaż i uruchomienie

Najtrudniejszą częścią w tym projekcie jest bez wątpienia montaż elementów na płycie drukowanej. Układ zmontowano na dwóch płytkach dwustronnych na laminacie szklano-epoksydowym o grubości 0,8mm z metalizacją otworów. Druga warstwa miedzi na płycie drukowanej tworzy powierzchnię masy. Warstwa masy pozbawiona jest soldermaski. Płytki połączone są „na kanapkę”, jedna nad drugą. Płytki są naprawdę małe, co wymusiło zastosowanie standardowych, niepowiększanych wyprowadzeń obudów elementów (głównie rozmiar 0603). Utrudnia to lutowanie, ale umożliwia znaczną miniaturyzację gotowego układu. Schemat montażowy pokazano na **rysunkach 4 i 5**. Najczęstszym problemem przy uruchomieniu jest jakość

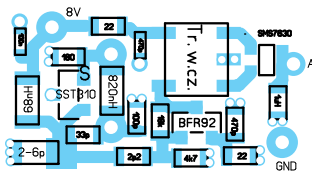
lutowania. Autor zaleca użycie dodatkowego topnika podczas lutowania.

Poprawność połączeń najłatwiej sprawdzić za pomocą multimetru. Dioda D1 zawiera dwie diody w.cz. Schottky'ego połączone ze sobą katodami w jednej obudowie i może być zastąpiona innymi diodami Schottky'ego w.cz. o takim samym układzie wyprowadzeń.

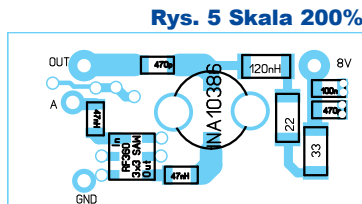
Cewki najłatwiej lutować, kładąc je na „boku”, a nie bezpośrednio do padów. Ruchomą okładzinę trymera łączymy do masy (sprawdzamy to za pomocą multimetru). Takie połączenie trymera zmniejsza wpływ materiału stroika na częstotliwość generatora. Obudowę rezonatora kwarcowego przylutowujemy do masy, używając w miarę potrzeby odpowiedniego topnika. Autor poleca preparat AlumWeld Chrome. Nadmiar topnika należy zmyć za pomocą denaturatu lub izopropanolu. Filtr SAW został wlutowany za pomocą lutownicy na gorące powietrze, można również jednak wlutować go za pomocą lutownicy z odpowiednio cienkim grotem.

W pierwszym etapie uruchomienia się płytkę generatora przy zwartych wyprowadzeniach rezonatora kwarcowego. Częstotliwość pracy generatora regulujemy, zmieniając położenie rotora trymera C5, aby uzyskać drgania o częstotliwości 100MHz. Częstotliwość mierzymy na kolektorze tranzystora T2. Do zmiany położenia trymera najlepiej używać stroika ceramicznego. W przypadku zastosowania do strojenia śrubokręta metalowego pomiar częstotliwości drgań generatora należy wykonywać po wyjęciu śrubokręta z rotora kondensatora. Po wstępnym uruchomieniu układu usuwamy zworę zwierającą okładziny rezonatora kwarcowego i korygujemy położenie trymera tylko o niewielki kąt. Właściwe położenie trymera jest położeniem pośrednim, pomiędzy którym następuje zerwanie drgań generatora.

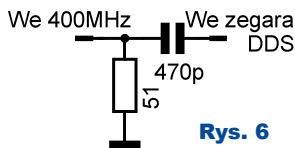
Wlutowując układ INA10386, należy zidentyfikować jego wejście, oznaczone jest ono jako ścieżka nóżki pod kątem 45 stopni. Otwory masy, do których przylutowano układ INA10386, wypełniono stopioną cyną. Po uru-



Rys. 4 Skala 200%



Rys. 5 Skala 200%



Rys. 6

chomieniu generatora łączymy płytkę filtra SAW i wzmacniacza wyjściowego z płytką generatora, za pomocą długich bolców złączy goldpin. Odległość między obiema płytkami powinna być jak najmniejsza. W pobliżu połączenia masy obu płytek dodany jest odcinek plecionki nasączonej cyną, przylutowany do obu płytek, zmniejszający indukcyjność połączeń masy. Po połączeniu obu płytek częstotliwość wyjściową sprawdzamy na rezystorze R8 (rezystor ten na schemacie zaznaczony jest kolorem czerwonym). Rezystor ten lutujemy do wyjścia generatora i ścieżki masy izolującej wyjście generatora i wejście filtra SAW. Po sprawdzeniu poprawności działania opornik R8 wlutowujemy, gdyż wykorzystujemy go tylko na etapie kontroli poprawności działania całego układu. Zmontowany układ wlutowujemy do płytki generatora DDS, stosując jak najkrótsze wyprowadzenia, uważając jednak, aby nie zewrzeć elementów wzmacniacza i filtra SAW z płytką syntezera DDS. Schemat podłączenia generatora do układu syntezera DDS pokazany jest na rysunku 6.

Wykaz elementów

C2	33pF (0603)
C4	2,2pF (0603)
C5	2-6pF (trymer SMS)
C6	100pF (0603)
C1,C7	100nF (0603)
C3,C8,C9,C10	470pF (0603)
R1	180Ω (0603)
R3	18kΩ (0603)
R4	4,7kΩ (0603)
R6	33Ω (1206)
R8	51Ω (0603)
R2,R5	22Ω (0603)
R7	22Ω (1206)
L2	68nH (0603)
L3	820nH (0603)
L5	1uH (0603)
L6	120nH (0603)
L1,L4	47nH (0603)
Tr1	WBC4-1TLB
SAW1	B3742 400MHz
T1	SST310
T2	BFR92
D1	SMS7630-020
IC1	INA10386
Q1	100 MHz (HC49/S)

Komplet podzespołów z płytką jest dostępny w Sklepie AVT jako zestaw AVT3272

W Elportalu umieszczono materiały dodatkowe do tego projektu (dokumentację płytek drukowanych) i karty katalogowe kluczowych elementów. Na zakończenie autor chciałby podziękować **Waldkowi 3Z6AEF** za uwagi do tego tekstu.

Rafał Orodziński, SQ4AVS
sq4avs@gmail.com

R E K L A M A