

## GENERATOR SYGNAŁU Z LINIOWĄ MODULACJĄ CZĘSTOTLIWOŚCI NA PASMO „K”

*W artykule przedstawiono wybrane problemy związane z projektowaniem i konstrukcją generatora sygnału mikrofalowego z liniową modulacją częstotliwości.*

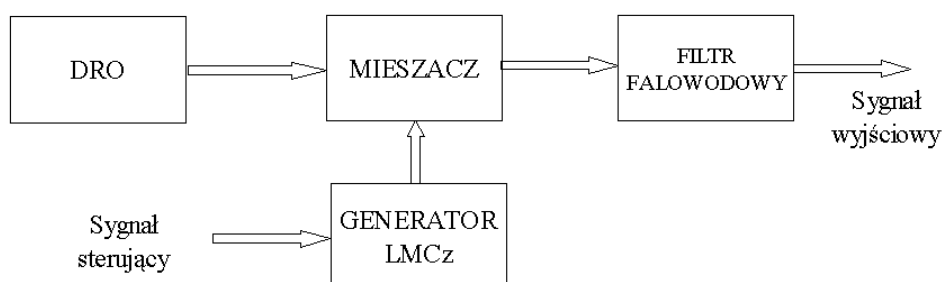
### 1. Wstęp

Jedną z ważnych klas sygnałów wykorzystywanych w radiolokacji są sygnały z liniową modulacją częstotliwości. Stosowane są zarówno w radarach impulsowych jak i pracujących z falą ciągłą. Charakteryzują się takimi parametrami jak: pasmo, okres i liniowość przestrajania oraz zniekształcenia. Sygnały te formowane mogą być w układach dyspersyjnych częstotliwościowo (np. akustyczna linia opóźniająca z falą powierzchniową), bezpośrednio z wykorzystaniem syntezy cyfrowej (układy DSS – direct signal synthesis) lub przez modulację częstotliwości generatora sygnałem wymuszającym (np. VCO -voltage control oscillator).

W artykule przedstawiono układ generatora opartego na VCO z pętlą stabilizacji fazowej, przeznaczonego do radaru wykrywająco - ostrzegawczego o małym zasięgu.

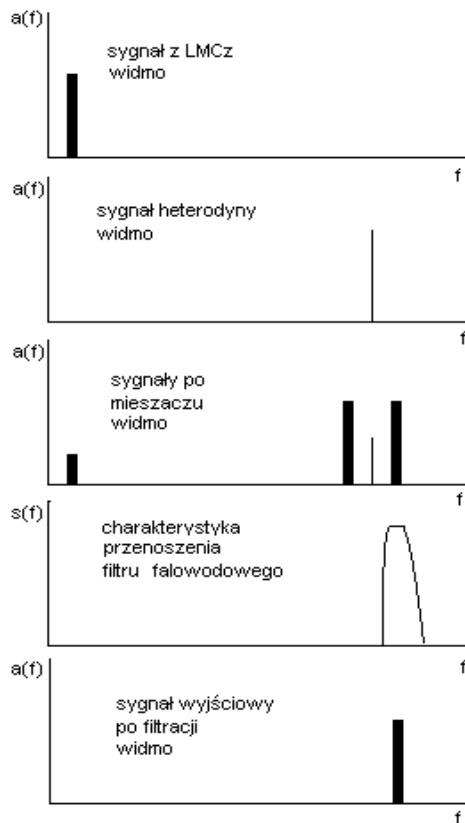
### 2. Wybór koncepcji i wykonanie

Po analizie możliwych rozwiązań, uwzględniając możliwości technologiczne, cenę i spodziewaną jakość, przyjęto koncepcję, w której sygnał z liniową modulacją częstotliwości wytwarzany jest w zakresie pasma L i następnie przenoszony w wymagane pasmo po zmieszaniu z sygnałem wysokostabilnego generatora DRO. Blokowy schemat ilustruje rysunek 1.



**Rys. 1. Schemat blokowy generatora.**

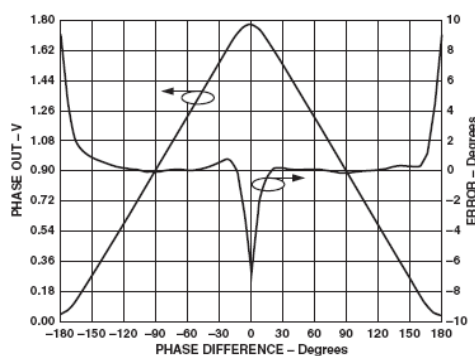
Przeniesienie widma sygnału generowanego w zakresie niskich częstotliwości w zakres pasma K ilustrują kolejne wykresy z rysunku 2.



**Rys. 2. Przeniesienie widma sygnału z LMCz w zakres pasma K**

Konstrukcja generatora mikrofalowego na pasmo K, wytwarzającego sygnał z liniową modulacją częstotliwości przeznaczanego do radaru, związana jest z koniecznością zapewnienia jak największej liniowości przestrajania. Procentowa wielkość nieliniowości nadawanego sygnału przekłada się wprost na wielkość „rozmycia” widma odbieranych sygnałów, pogarszając ich rozróżnialność i amplitudę.

W opracowanym generatorze zastosowano układ VCO z pętlą synchronizacji fazowej opartą o scalony detektor fazy AD8302. Charakterystyka detektora pokazana jest na rysunku 3. Ze względu na dokładność wybrany został zakres pracy detektora położony pomiędzy 60 a 120°, w którym błędy nieliniowości są najmniejsze.

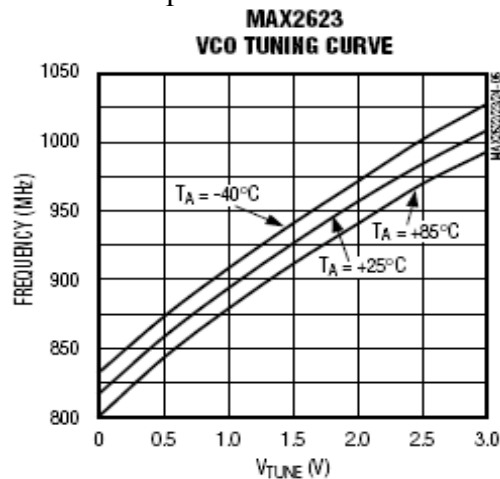


*TPC 27. VPHS Output and Nonlinearity vs. Input Phase Difference, Input Levels -30 dBm, Frequency 900 MHz*

**Rys. 3. Charakterystyka detektora fazy AD8302 (karta katalogowa Analog Device)**

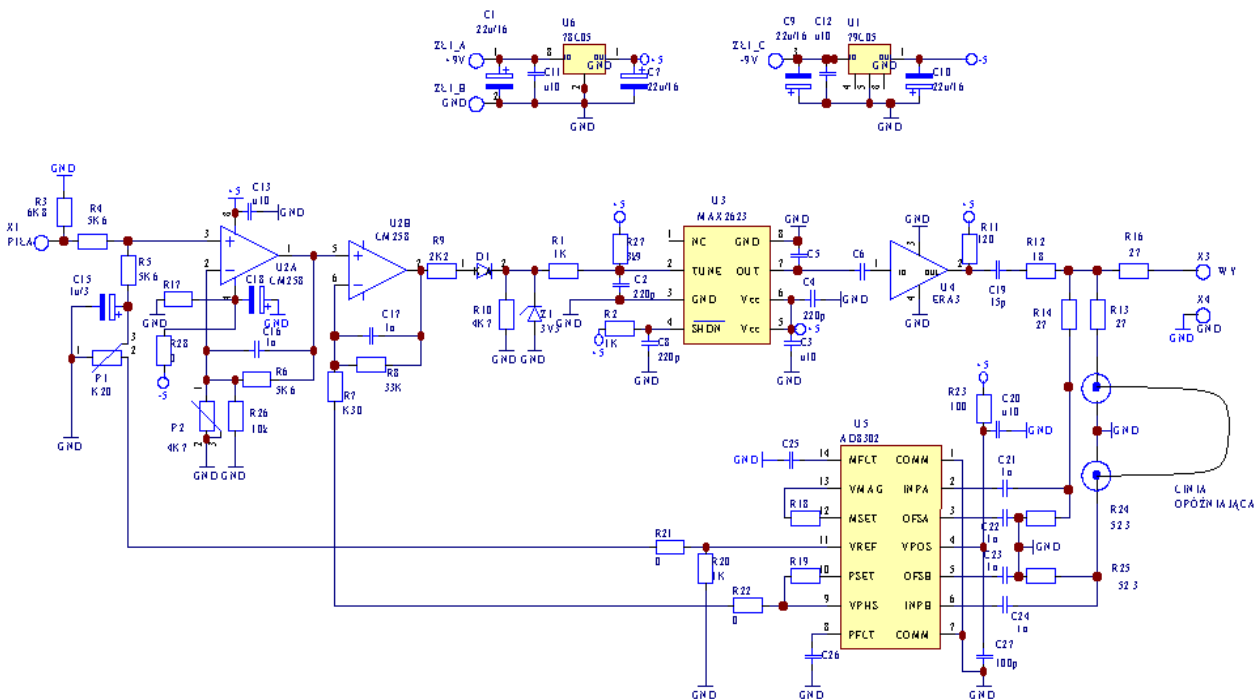
Do budowy układu użyto generatora VCO MAX2623, firmy MAXIM, o zakresie częstotliwości spełniającym wymagania. Na rysunku 4. pokazano jego katalogową

charakterystykę przestrajania. W opracowanym układzie może być wykorzystywany zakres sterowania  $0,8 \div 3$  V. Zapewnia to poprawną pracę w użytecznym paśmie częstotliwości  $900 \div 980$  MHz w pełnym zakresie temperatur otoczenia.



Rys. 4. Charakterystyka przestrajania VCO MAX2623 (Karta katalogowa MAXIM)

Schemat ideowy przestrajanego napięciowo generatora z pętlą synchronizacji fazowej pokazano na rysunku 5.

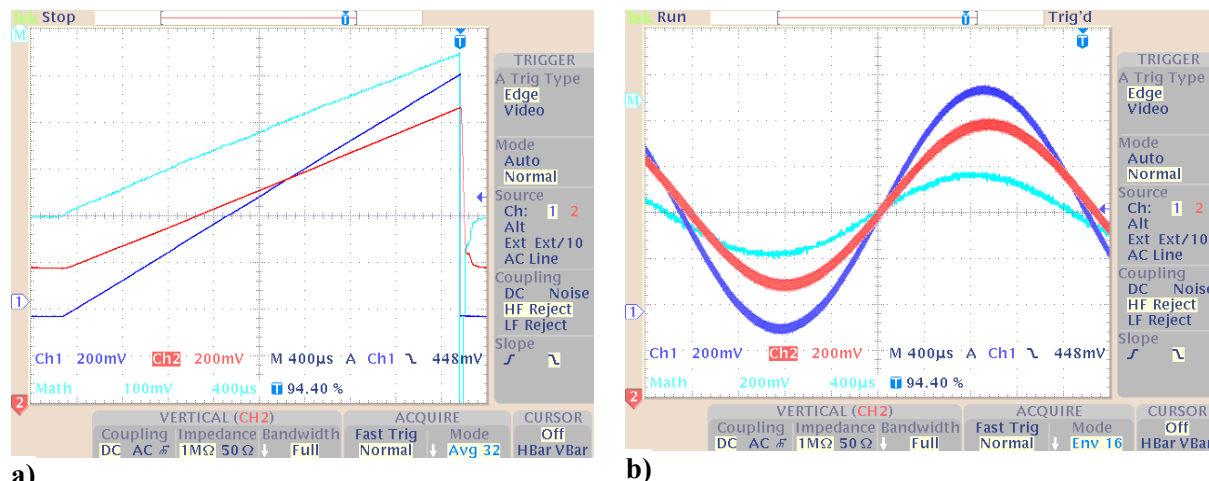


Rys. 5. Schemat ideowy przestrajanego generatora z pętlą synchronizacji fazowej

Generator może wytwarzać sygnały o mocy wyjściowej 10 dBm, o zadanej sygnałem wejściowym postaci częstotliwościowej w zakresie  $900 \div 980$  MHz. Widoczne na schemacie wzmacniacze operacyjne stanowią elementy pętli sprzężenia zwrotnego. Wejściowy sygnał sterujący jest dodawany do sygnału sprzężenia zwrotnego a jego wzmocnienie i zakres ustalany potencjometrami P1 i P2. Diody D1 i Z1, ograniczają zakres zmian napięcia sterującego VCO, zabezpieczając układ przed przekroczeniem zakresu chwywania pętli PLL. Sygnał wyjściowy z VCO jest wzmacniany w układzie scalonym ERA3 do poziomu 13 dB. Rozdzielony sygnał wyjściowy podawany jest do wyjścia układu oraz wejść detektora fazy

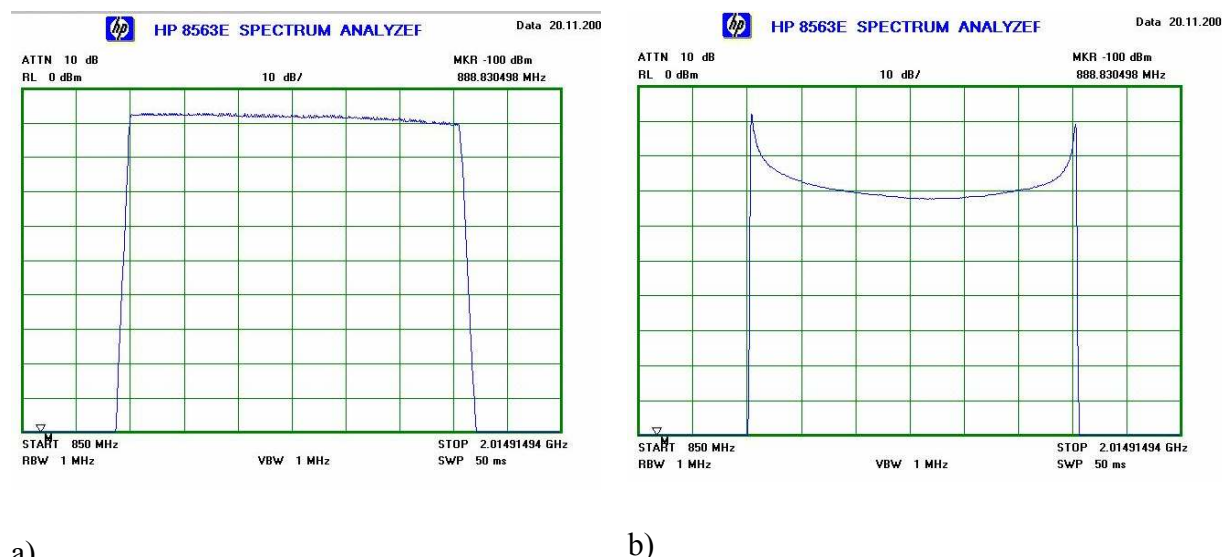
bezpośrednio i przez linię opóźniającą. W detektorze fazy zastosowano linię opóźniającą wykonaną z 50 omowego przewodu koncentrycznego o dł. ok 49 cm, realizującą wynikające z przyjętego zakresu przestrajania opóźnienie.

Odpowiedzi generatora na sygnały wejściowe przedstawiono na rysunku 6. Granatowym kolorem zaznaczono sygnał wymuszający, niebieskim sygnał odpowiedzi detektora fazy, czerwonym różnicę tych sygnałów. Jak widać, sygnał z detektora fazy odzwierciedla, ze współczynnikiem skali sygnał sterujący.



**Rys. 6. Oscylogramy sygnałów sterujących i odpowiedzi pętli synchronizacji fazowej a) dla wymuszenia piłowego, b) dla wymuszenia sinusoidalnego.**

Wyjściowy sygnał z generatora dostarczany jest do podwójnie zrównoważonego mieszacza wraz z sygnałem z DRO. Z wyjścia mieszacza sygnały podawane są do filtra falowodowego (wg rys. 1). Filtr jest zbudowany na falowodzie nadkrytycznym dla częstotliwości sygnału z DRO, którego tłumienie dla tego sygnału i sygnałów o niższych częstotliwościach, jest większe od 60 dB. Z wyjścia filtra otrzymuje się „czysty” widmowo sygnał użyteczny o poziomie pasożytniczych produktów poniżej 70 dB.



**Rys. 7. Widmo generowanego sygnału, a) – wymuszenie przestrajania sygnałem piłokształtnym, b) wymuszenie sinusoidalne. Amplituda sygnałów 1Vpp**

Opisane w artykule źródło sygnału jest wykorzystywane z powodzeniem w modelu

opracowanego w WITU radaru wykrywająco – ostrzegawczego.

## Literatura

- [1] Tietze U., Schenk Ch. : *Układy półprzewodnikowe*, WNT 1997.
- [2] Horowitz Paul, Hill Winfield: *Sztuka elektroniki, cz II*, WKŁ 2005.
- [3] Sudarsan Krishnan: *Modeling and Simulation Analysis of an FMCW Radar for Measuring Snow Thickness*, internet April 02, 2004.  
[www.ittc.ku.edu/research/thesis/documents/sudarsan\\_krishnan.pdf](http://www.ittc.ku.edu/research/thesis/documents/sudarsan_krishnan.pdf)
- [4] Dallinger A., Schelkshorn S., Detlefsen J.: *Broadband Millimeter-wave FMCW Radar for Imaging of Humans*, internet [duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet/Document-14694/Final\\_Papers/GM0095-F.pdf](http://duepublico.uni-duisburg-essen.de/servlets/DocumentServlet/Document-14694/Final_Papers/GM0095-F.pdf)
- [5] Skolnik M.I.: *Sprawoznaczenie po radiolokacji, Tł. Radar Handbook*, Sowieckoje Radio 1976.
- [6] Dobrowolski J.A.: *Technika Wielkich Częstotliwości*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2001.
- [7] Winnickij A. C.: *Oczierk osnov radiolokacji pri niepreriwnom izluczenii radiowołn*. Sowieckoje, Radio. 1961.