

## Metoda autokalibracji stałych czasowych przesuwników fazowych w torach I, Q mieszacza w torze sygnałowym odbiornika RF na pasmo ISM 2.4 GHz

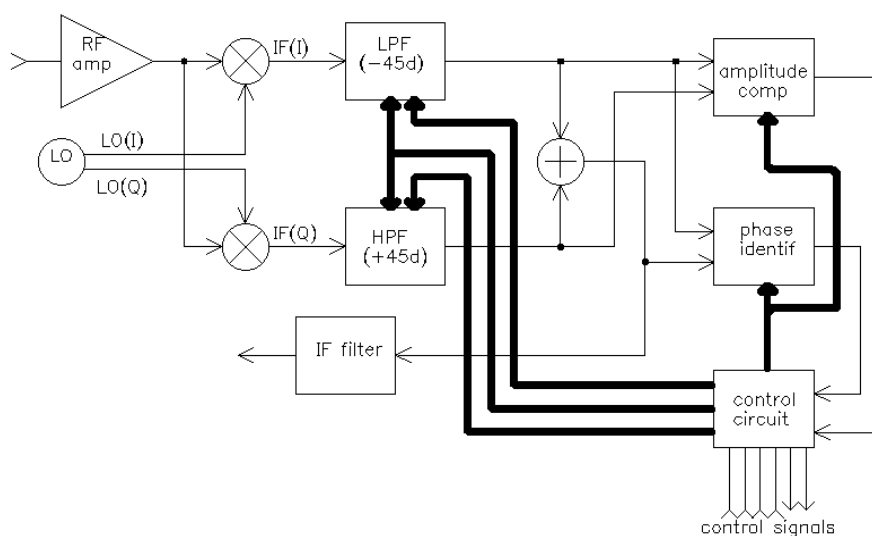
Celem autokalibracji jest poprawa tłumienia sygnału lustrzanego w torze odbiornika na pasmo ISM 2.4 GHz wykorzystywane w standardzie Bluetooth.

Zadaniem autokalibracji jest kompensacja wpływu elementów pasożytniczych i rozrzutów technologicznych, które znacząco osłabiają tłumienie sygnału lustrzanego w rzeczywistych układach scalonych.

Zaletą opracowanego rozwiązania jest to, że proces autokalibracji polega na skompensowaniu nie tylko niezgodnych z projektem wartości elementów układu, jakie uzyskuje się w toku produkcji układu, lecz kompensuje on jednocześnie nierówność sygnałów wejściowych, tak, co do amplitudy jak i przesunięcia fazowego, które mogą być spowodowane przez wytwarzające je układy. Niedogodnością jest to, że wyniki nie mogą być bezpośrednio wykorzystane do kalibracji innych bloków funkcjonalnych znajdujących się w tym samym układzie. Jednak zasada opracowanej metody pozwala na jej wykorzystanie również do strojenia innych układów stosowanych w odbiornikach / nadajnikach.

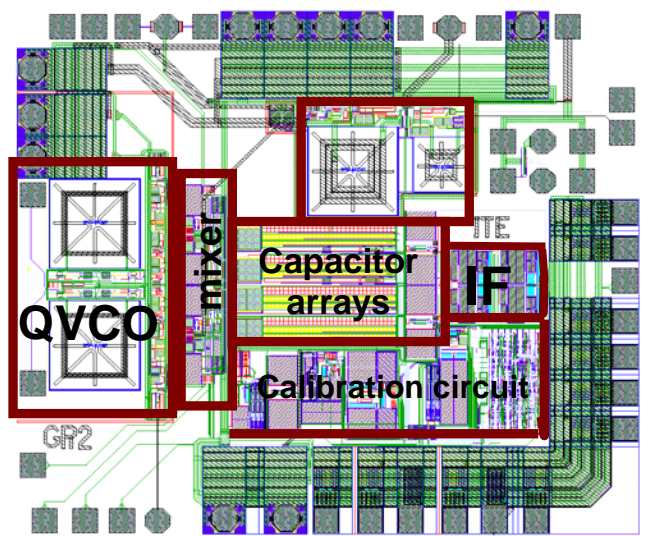
### Opis osiągnięcia

Opracowaną metodę zastosowano w mieszaczu typu Hartleya o architekturze przedstawionej na rys.1, z uwagi na jego szerokie stosowanie w systemach krótko-zasięgowej komunikacji bezprzewodowej oraz prostotę układową. Z kolei jego wrażliwość na technologiczne odchyłki wartości elementów R, C predestynują go do zastosowania kalibracji automatycznej sterowanej cyfrowo. Proces autokalibracji polega na porównywaniu amplitud i faz z obu torów sygnałowych I i Q, i generowaniu odpowiednich sygnałów powiększających lub zmniejszających, w kolejnych krokach, pojemności dołączane do przesuwników fazowych kształtujących sygnały wchodzące do sumatora. Podstawa teoretyczna opracowanej metody autokalibracji została przedstawiona w sprawozdaniu z projektu [1] oraz w artykule [2]. Polega ona na iteracyjnej kalibracji amplitudy, a następnie kalibracji fazy sygnałów podawanych na wejścia sumatora.

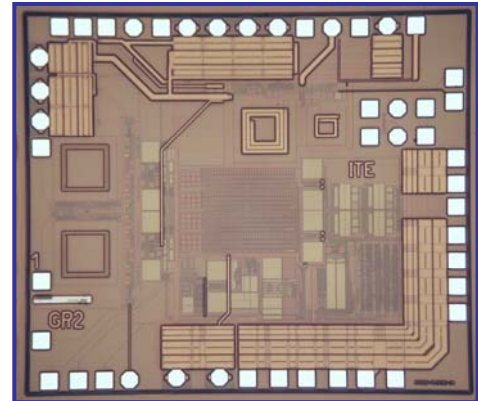


Rys.1. Architektura układu odbiornika wraz z układem autokalibracji

Metoda ta została zweryfikowana poprzez realizację testowego układu scalonego (rys.2), a następnie wykonanie jego badań elektrycznych.



Rys.2. Topografia układu scalonego do zweryfikowania metody autokalibracji.

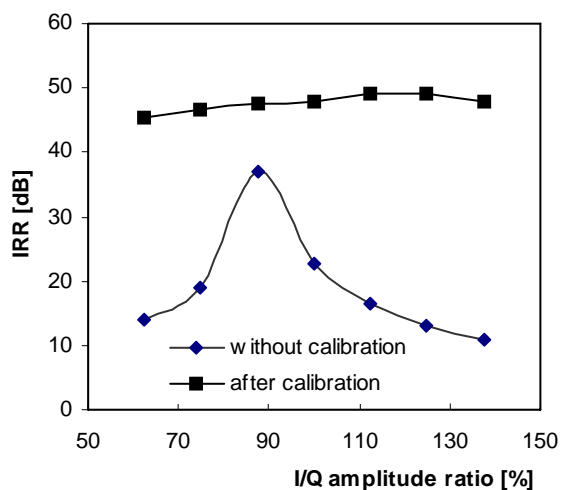


Rys.3. Fotografia chipu.

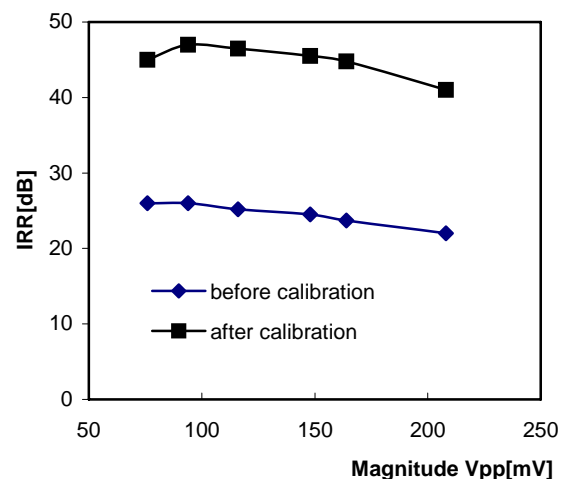
Powierzchnia całego układu kalibracji wykonanego w technologii BiCMOS  $0,35\mu\text{m}$  SiGe AMS wynosi  $0,59\text{mm}^2$ . Po optymalizacji i/lub zmianie pewnych parametrów układu (częstotliwość pośrednia, wartość rezystorów) powierzchnię tę można zmniejszyć znacząco, co zwiększa atrakcyjność opracowanej metody kalibracji.

Badania potwierdziły poprawność opracowanej metody oraz prawidłowość jej implementacji układowej do autokalibracji stałych czasowych przesuwników fazowych znajdujących się w torach I, Q mieszacza w odbiorniku na zakres 2,4 GHz.

Poniższe rysunki ilustrują wyniki pomiarów:



Rys.3. Tłumienie sygnału lustrznego przed i po wykonaniu kalibracji amplitudy w zależności od stosunku amplitud I i Q.



Rys.4. Wynik pełnej autokalibracji w zależności od amplitudy sygnału kalibrowanego.

## **Zastosowanie (w tym informacja o wdrożeniu)**

Opracowana metoda autokalibracji została zweryfikowana doświadczalnie poprzez zaprojektowanie i wykonanie układu scalonego a następnie przeprowadzenie jego badań elektrycznych, co skrótowo opisano powyżej.

## **Znaczenie naukowe, ekonomiczne i społeczne**

Znaczenie omawianego osiągnięcia może mieć charakter ekonomiczny i społeczny, jeśli zostanie ono zastosowane w komercyjnym projekcie układu scalonego realizującego funkcje transceivera do komunikacji bezprzewodowej lub systemu, zawierającego taki moduł autokalibracji. Dzięki zastosowaniu opracowanej metody automatycznej autokalibracji, prowadzącej do znaczącego tłumienia sygnału lustrzanego, zrealizowane układy scalone charakteryzować się będą mniejszymi rozrzutami technologicznymi i większym uzyskiem.

## **Źródła finansowania**

Grant MNiSW

## **Twórcy osiągnięcia:**

Andrzej Szymański, Ewa Kurjata-Pfitzner, Jerzy Wąsowski

---

[1] Sprawozdanie z projektu badawczego T11B 038 25,

[2] A.Szymański, et al. „The self-calibration method of IR mixer with low IF”, Analog Int. Cir. & Signal Proc., vol.55, nr 2, 2008, pp.115-124