



# „Radar” na pasmo ISM

*Problemy z lokalizacją samochodu na parkingu przy supermarkecie są znane większości bywających tam kierowców. Równie trudne bywa odnalezienie towarów składowanych w magazynach, pacjentów w szpitalach, pracowników w dużych firmach, bardzo dokuczliwie odczuwamy zagubienie kluczy od mieszkania lub dokumentów. Firma STMicroelectronics proponuje rozwiązanie problemów związanych z lokalizacją różnych obiektów, które będzie kolejnym milowym krokiem w kierunku elektronizacji naszego otoczenia...*

W ofercie firmy STMicroelectronics pojawiły się nowatorskie koncepcyjnie scalone transceivery radiowe działające w paśmie ISM 2,4 GHz, które poza dwukierunkową wymianą danych umożliwiają także precyzyjne lokalizowanie urządzeń, z którymi się komunikują. Układ TN100 można – w zależności od potrzeb – wykorzystać także wyłącznie do komunikacji lub do lokalizacji współpracującego transceivera.

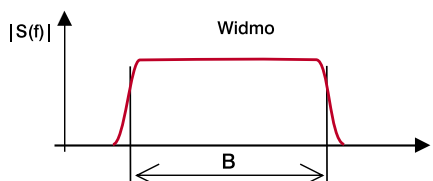


Rys. 1. Liniowa modulacja częstotliwości nośnej (LFM – Linear Frequency Modulation)

## Krótko o CSS

Układy TN100 pracują w popularnym, nie wymagającym posiadania licencji, paśmie ISM w zakresie częstotliwości 2,4 GHz. Do transmisji danych i pomiaru odległości wykorzystuje nowatorski sposób kodowania danych nazywany CSS (*Chirp Spread Spectrum*), którego podstawy teoretyczne opracowała niemiecka firma Nanotron Technologies.

Kodowanie, inaczej mówiąc modulacja, CSS polega na liniowej modyfikacji częstotliwości nośnej (LFM – Linear Frequency Modulation), jak



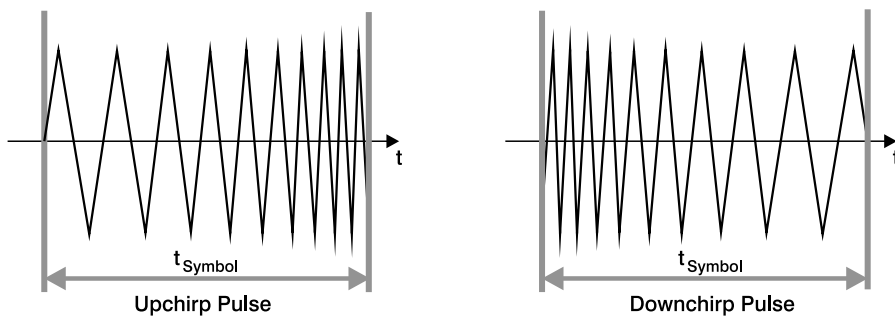
Rys. 2. Widmo sygnału LFM

to pokazano na rys. 1. Tak zmodulowany sygnał charakteryzuje się równomiernym widmem w całym – liniowym – zakresie zajmowanych częstotliwości – rys. 2.

W zależności od kierunku zmian częstotliwości nośnej rozróżniane są dwa rodzaje sygnałów: *up-chirp* oraz *down-chirp* (rys. 3), które można wykorzystać do kodowania stanów logicznych. Taki sposób kodowania nie wymaga synchronizowania transmisji sygnałem zegarowym, bowiem przesyłane bity swoją obecnością wyznaczają zbocza taktujące.

Kodowanie danych zastosowane w technologii CSS jest specyficznym przypadkiem klasycznej modulacji FM, dzięki czemu przesyłane dane są odporne na zakłócenia a amplituda (energia) przesyłanego sygnału ma wpływ wyłącznie na zasięg transmisji. Ponieważ kodowanie danych za pomocą sygnałów *chirp* jest 1-bitowe, prędkość transmisji danych jest ograniczona (minimalny czas trwania bitu wyznaczony z prawa Shannona nie może być krótszy niż  $1/\text{szerokość\_kanalu\_radiowego}$ ) i ma istotny wpływ na szerokość zajmowanego kanału radiowego. Twórcy CSS wpadli na pomysł, że można dynamicznie poszerzać szerokość widocznego dla użytkow-





Rys. 3. Przykład binarnego kodowania sygnału CSS

nika kanału transmisyjnego tworząc wirtualne kanały formowane z przesuniętych w fazach nośnych *chirp* – rys. 4. Za multiplikowanie kanałów odpowiada specjalny moduł QoD (*Quality on Demand*), który na bieżąco analizuje stopień błędów BER przesyłanych danych i w przypadku zwiększenia jej wartości (co jest traktowane jak zbyt mały poziom sygnału radiowego) powoduje zmniejszenie liczby kanałów i jednocześnie zwiększenie poziomu transmisji każdego z nich.

Transmisja danych z wykorzystaniem CSS (przykładowy ciąg danych pokazano na rys. 5) ma wiele niebagatelnych zalet:

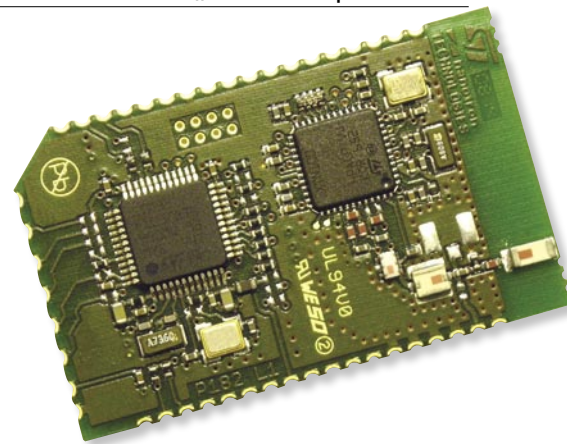
- jest odporna na zjawisko Dopplera, dzięki czemu prędkość pomiędzy obiektami wymieniającymi dane może nieco przekraczać 300 km/h bez wpływu na jakość transmisji,
- wymiana danych nie wymaga kłopotliwej i czasochłonnej synchronizacji nadajnika i odbiornika,
- charakter modulacji nośnej zapewnia odporność na zakłócenia odbioru wynikające z odbić sygnału, ich wielodrożnej propagacji i – co szczególnie ważne – niedokładności i niestabilności częstotliwości rezonansowej kwarców zastosowanych w nadajnikach i odbiornikach,

- dzięki pominięciu w znacznym zakresie wpływu amplitudy na stopień błędów podczas transmisji jej maksymalny zasięg jest większy niż w rozwiązaniach klasycznych (nawet do 900 metrów w terenie niezabudowanym),
- liniowa zmiana częstotliwości nośnej zapewnia rozproszenie jej widma, co ułatwia pracę wielu urządzeń na niewielkim obszarze.

Zalety technologii CSS docenił komitet IEEE, który wspólnie z firmą Nanotron zaproponował ją jako standard dla sieci LR-WPAN (*Low-Rate Wireless Personal Area Networks*) opracowywanych przez grupę roboczą IEEE802.15 (sekcja 802.15.4a).

### “Radar” ISM: Real Time Locating Systems

Sygnaly *chirp* wykorzystywane w CSS mają jeszcze jedną zaletę: doskonale sprawdzają się jako impulsy próbkujące, służące do pomiaru czasu przejścia od nadajnika do odbiornika radiowego, co w zmodyfikowanej formie jest do dziś wykorzystywane w technikach radarowych. Dzięki pomiarowi czasu przejścia (schemat takiego systemu pokazano na rys. 6) można określić odległość pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem.



Po uwzględnieniu opóźnień wprowadzanych przez poszczególne elementy toru sygnałowego i wprowadzeniu stacji referencyjnej można precyzyjnie określić nie tylko odległość, ale także położenie jednego z transceiverów. Te cechy sygnałów stosowanych w technologii CSS wykorzystano w systemach RTLS (*Real Time Locating Systems*), które mogą być wykorzystywane m.in. do lokalizacji towarów w magazynach, nadzoru pacjentów w szpitalach, pensjonariuszy domów opieki, a także wielu innych zadań związanych z tzw. małą logistyką.

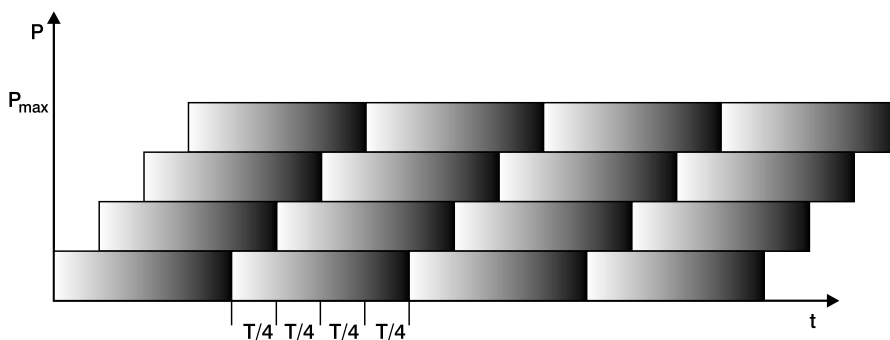
Systemy RTLS mogą być także stosowane do automatycznej identyfikacji punktów akwizycji danych w systemach telemetrycznych, na przykład elektronicznych liczników ciepła lub poboru energii elektrycznej, w których spełniają rolę elektronicznych identyfikatorów – ich możliwości pozwalają zastąpić rozwiązania oparte na sieciach radiowych typu ZigBee i pochodnych.

### TN100: CSS w wykonaniu STMicroelectronics

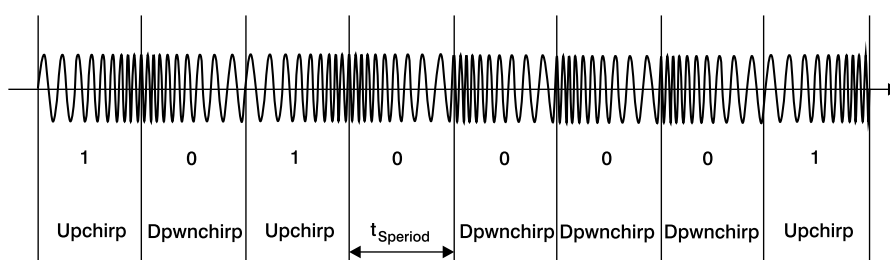
Pod koniec ubiegłego roku do oferty produkcyjnej firmy STMicroelectronics trafiły układy oznaczone symbolem TN100. Są to zintegrowane transceivery przystosowane do pracy w paśmie 2,45 GHz, umożliwiające dwukierunkową transmisję danych oraz pomiar odległości od współpracującego transceivera. Układy TN100 wymagają stosowania zewnętrznych mikrokontrolerów, które – poprzez szybki interfejs SPI – konfiguruje je do pracy, obsługują wymianę danych i wykonują niezbędne obliczenia (triangulację) pozwalające ustalić położenie współpracujących transceiverów.

W strukturze układu TN100 znajdują się wszystkie elementy toru transmisyjnego, włącznie z cyfrową linią DDDL (*Digital Dispersive Delay-Line*), która jest „sercem” toru generacji sygnałów *chirp*. Zakres obsługiwanych prędkości transmisji danych mieści się w przedziale od 125 kb/s do 2 Mb/s. Moc wyjściowa nadajnika w.cz. jest programowana w zakresie od -33 dBm do 0 dBm, co zapewnia maksymalny zasięg transmisji do ok. 200 metrów. Czułość toru odbiorczego dochodzi do -97 dBm (przy stopie BER=10<sup>-3</sup>), co uwiarygadnia możliwość znacznego zwiększenia zasięgu komunikacji.

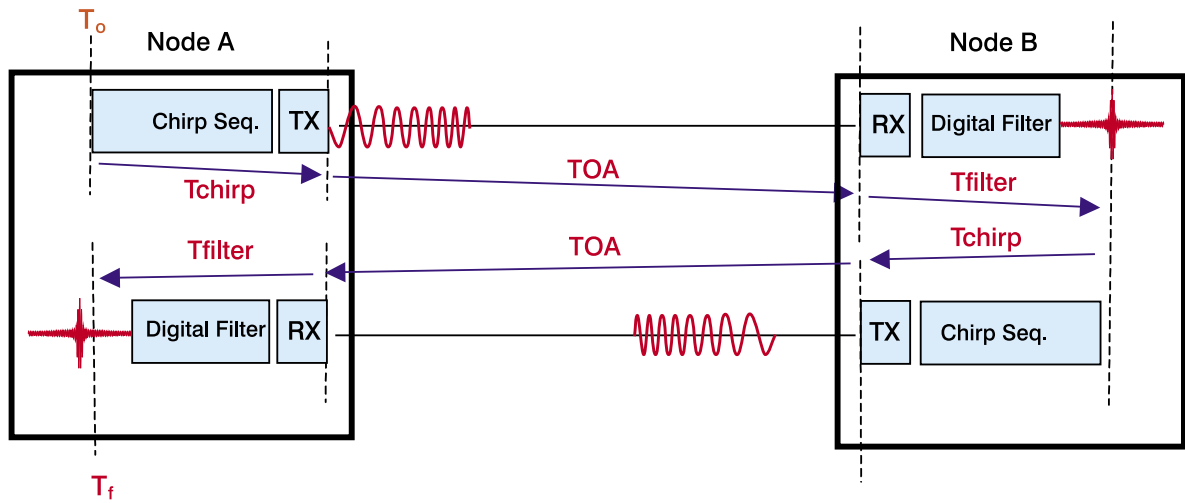
Tor wyjściowy wzmacniacza wbudowanego w strukturę TN100 jest przystosowany do



Rys. 4. Sposób poszerzenia szerokości kanału transmisyjnego za pomocą wirtualnych kanałów formowanych z przesuniętych w fazach nośnych



Rys. 5. Przykładowy ciąg danych kodowanych metodą CSS



Rys. 6. Pomiar odległości pomiędzy urządzeniami odbywa się poprzez pomiar czasu przejścia sygnału radiowego

współpracy z zewnętrzną końcówką mocy, dzięki czemu (uwaga na przepisy!) zasięg transmisji można wydatnie zwiększyć.

Układ TN100 wyposażono w mechanizm automatycznego określania odległości od współpracującego transceivera oparty na technologii CSS. Według danych producenta, dokładność pomiaru wynosi 2 metry w pomieszczeniach i około 1 metr na zewnątrz. Pomiar oparto na obliczaniu czasu uzyskania potwierdzenia odebrania pakietu danych przesyłany przez współpracujący transceiver. Jest on generowany każdorazowo po odebraniu formalnie poprawnej ramki danych (weryfikacja prawidłowości wartości sumy kontrolnej), w przeciwnym przypad-

ku nadajnik inicjujący transmisję automatycznie retransmituje utraconą ramkę.

Na rys. 7 pokazano schemat blokowy układu TN100, który pozwoli zorientować się Czytelnikom w stopniu jego zaawansowania konstrukcyjnego – prosta idea wymaga potężnych środków technicznych, które udało się zintegrować producentowi w jednej strukturze.

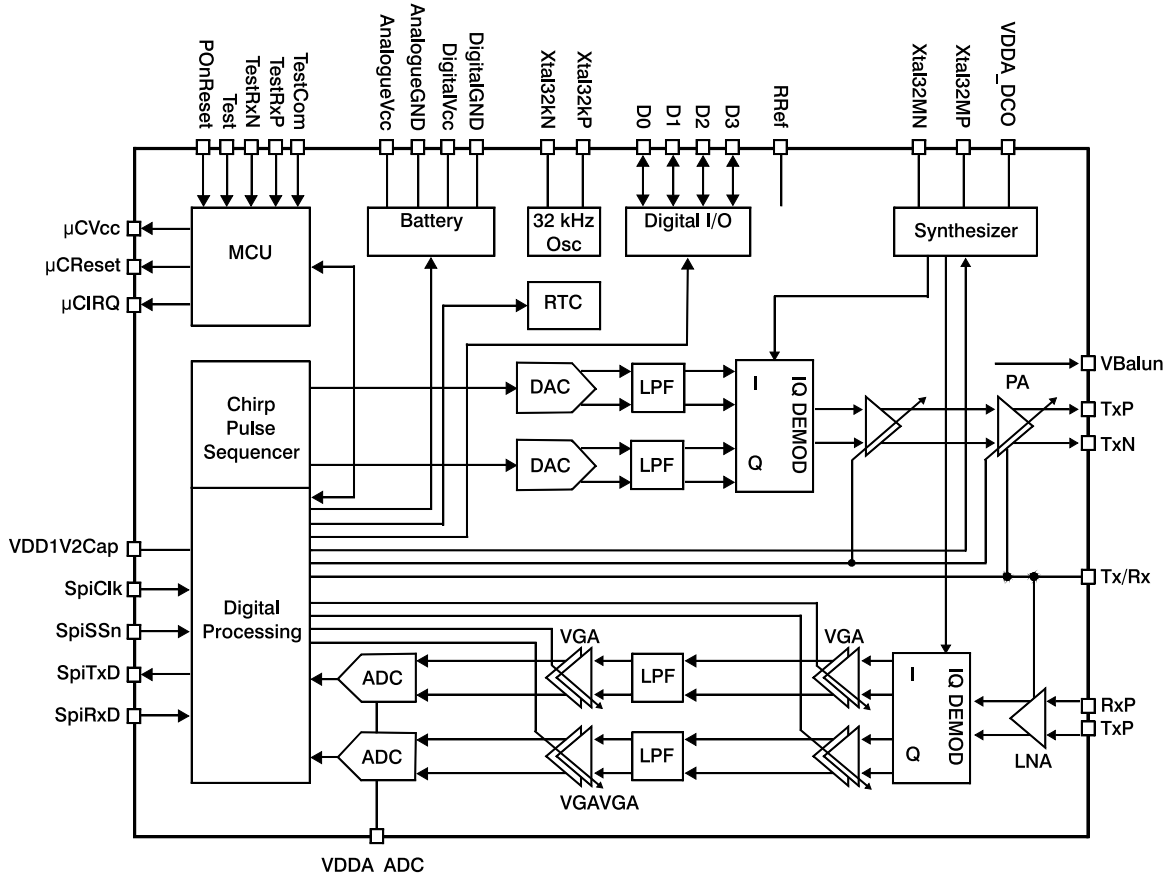
Układy TN100 są dostępne w obudowach QFN48, które są przystosowane do pracy w zakresie temperatur od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+85^{\circ}\text{C}$ . Napięcie zasilania powinno mieć wartość 2,5 V, przy którym pobór prądu nie przekracza 30 mA (tryb nadawania z maksymalną mocą). Stosowanie transceivera w systemach zasilanych bateryj-

nie ułatwia możliwość przełączenia go w tryb uśpienia, w którym pobór prądu nie przekracza  $2\ \mu\text{A}$ .

**Podsumowanie**

Technologia CSS jest często określana mianem „aktywnego RFID”. Możliwości udostępniane przez układy TN100 pokazują, że ich domeną będą nie tylko systemy bezstykowej identyfikacji, ale także krótkodystansowe systemy lokalizacyjne i monitorujące. Obecnie jest ich na rynku niewiele, ale zapewne już za kilka lat nie będziemy wyobrażali sobie bez nich życia...

**Piotr Zbysiński, EP**  
piotr.zbysinski@ep.com.pl



Rys. 7. Schemat blokowy układu TN100