

W styczniowym numerze EP z tego roku zaprezentowaliśmy Czytelnikom jednocuklowe transceivery firmy Chipcon. Przedstawiliśmy podstawowe parametry układów CC400, CC900 i CC1000, omówiliśmy aplikację firmową jednego z nich oraz wspomnieliśmy o oprogramowaniu narzędziowym służącym do konfigurowania układów. Czas więc na zajęcia praktyczne.



# Zestawy uruchomieniowe do transceiverów SmartRF CC400, CC900 i CC1000

Firma Chipcon, w celu promowania swoich wyrobów, opracowała zestawy uruchomieniowe do wszystkich produkowanych przez siebie transceiverów. Każdy typ układu ma własny starter kit. We wszystkich zestawach znajduje się para płytek ewaluacyjnych, będących gotowymi do użycia modułami nadajnika/odbiornika, wyposażonymi w niezbędne oprzyrządowanie. W skład zestawów wchodzi także: ćwierćfalowe anteny prętowe, przejściówki SMA/BNC, kable łączące płytki z komputerem PC, dyskietka z programem SmartRF Studio wraz z instrukcją oraz noty katalogowe zastosowanych układów. W przypadku układów CC400 i CC900 w zestawie znajdziemy dodatkowo po 5 sztuk próbek, które można użyć podczas zapoznawania się z tymi niewątpliwie atrakcyjnymi układami.

Program SmartRF Studio może być wykorzystany dwójako. Po pierwsze, służy do konfigurowania transceiverów na płytkach ewaluacyjnych, a po drugie, można go wykorzystywać jako swego rodzaju kalkulator do obliczania wartości elementów we własnej aplikacji. Z zaprojektowaniem toru

transmisyjnego może więc poradzić sobie nawet osoba nie mająca zbyt dużego doświadczenia w tej dziedzinie, ale powiedzmy sobie szczerze - trochę na elektronice powinna się znać.

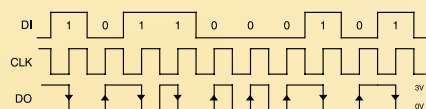
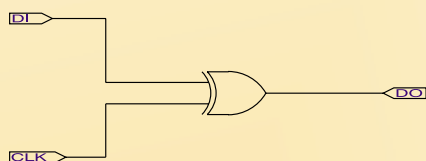
Przed rozpoczęciem prób warto krótko przypomnieć sobie, czym się charakteryzują poszczególne typy układów. Odpowiednie zestawienie przedstawiono w tab. 1. Szczegóły można znaleźć w dokumentacji zamieszczonej na stronie producenta oraz na płycie CD-EP5/2002B.

Jak widać, układy CC400 i CC900 są bardzo podobne, natomiast CC1000 stanowi jakościowo zupełnie nowy produkt, opracowany z wykorzystaniem

wcześniejszych doświadczeń Chipcon. Wynikają z tego również podobieństwa i różnice odpowiednich płytek ewaluacyjnych. Wszystkie mają wymiary 100x53mm, nie są obudowane, więc w narożnikach umieszczono nóżki mające zapobiec ewentualnym przypadkowym zvarciam lub uszkodzeniom obwodu drukowanego. Na jednej z krótszych krawędzi płytki jest zamontowane gniazdo do podłączenia komputera PC poprzez port równoległy, służącego do ustawiania parametrów pracy transceiverów. Obok niego znajduje się łączówka śrubowa służąca do doprowadzenia zasilania. Jedno z wejść jest

Tab. 1. Zestawienie parametrów scalonych transceiverów produkcji Chipcon

	CC400	CC900	CC1000
Moc	25mW (14dBm) programowana z krokiem 1dB	2.5mW (4dBm) programowana z krokiem 1dB	10mW (10dBm) programowana z krokiem 1dB
Czułość	-112dBm dla stopy błędów 10 <sup>-3</sup>	-110dBm dla stopy błędów 10 <sup>-3</sup>	-110dBm dla stopy błędów 10 <sup>-3</sup> (2.4kbps)
Częstotliwość pracy	300...500MHz	800...1000MHz	300...1000MHz
Krok programowania częstotliwości	5kHz	250Hz	250Hz
Modulacja	FSK	FSK	FSK, FSK z kształtowaniem widma
Odstęp częstotliwości dla danych o wartościach "0" i "1"	2...100kHz programowany z krokiem 1Hz	1...200kHz	0...65kHz programowany z krokiem 250Hz
Prędkość transmisji	9.6kbit/s = = 19.2kbaud dla kodu Manchester	9.6kbit/s = = 19.2kbaud dla kodu Manchester	76.8kbaud = = 76.8kbit/s dla kodu NRZ
Możliwość pracy z przeskokiem czę- stotliwości nośnej	+	+	+
Napięcie zasilające	2.7...3.3V	2.7...3.3V	2.3...3.6V
Obudowa	SSOP-28	SSOP-28	TSSOP-28



Rys. 1



Rys. 2

przeznaczone dla typowego w układach Chipconu napięcia 3V. Jest też możliwość skorzystania ze stabilizatora znajdującego się na płytce. W tym przypadku do osobnego wejścia doprowadza się napięcie zasilające o wartości mieszczącej się w przedziale 4...10V. Trzeba pamiętać o odpowiednim ustawieniu specjalnego przełącznika hebelkowego znajdującego się na płytce w pobliżu łączówki. Zasilanie należy podłączać rozważnie, gdyż pomylenie zacisków lub polaryzacji może doprowadzić do zniszczenia układów.

Produkty Chipconu zostały zaprojektowane z myślą o zastosowaniu ich w sprzęcie przenośnym, najczęściej zasilanym z baterii. W takich urządzeniach jednym z istotniejszych parametrów jest wartość prądu zasilającego. Prowadząc próby na płytkach ewaluacyjnych można go kontrolować, po wcześniejszym dołączeniu amperomierza do wydzielonych końcówek łączówki zasilania. Jeśli nie korzystamy z tej możliwości, zamiast amperomierza powinna być założona zworka. W ten sposób można bardzo łatwo przekonać się o tym, jak pobór prądu zasilania zależy od np. mocy nadawania czy klasy pracy wzmacniacza mocy. A zależność jest i to dość silna. Przy badaniu przykładowo modułu z układem CC400 okazało się, że pracując jako nadajnik z mocą 0dBm (1mW) w klasie C pobierał prąd 31,3mA, podczas gdy w klasie A prąd ten wynosił 64,3mA. Przełączenie układu w stan *power down* z wyłączonym oscylatorem powodowało zmniejszenie prądu zasilającego do wartości 23,2mA, natomiast praca „na nasłuchu” wymaga ok. 19,8mA.

Można oczywiście w tym miejscu zadać pytanie: skoro w klasie C jest dwukrotnie mniejszy pobór prądu z baterii, to po co w ogóle zajmować się klasą A? Pamiętajmy o tym, że urządzenia mogą pracować w różnych warunkach. Tam, gdzie będzie nam zależało na jak najmniejszym generowaniu harmonicznych zastosujemy klasę A, w bardziej korzystnych sytuacjach, możemy stosować inne klasy tj. B, AB, C. Oprócz określania mocy nadajnika i klasy wzmacniacza mocy, można także ustalać tryb pracy odbiornika. Do wyboru jest optymalizacja czułości lub

liniowości. Wybieramy na ogół pierwszą, gdy układy pracują w warunkach, gdzie występuje duża liczba nadajników mogących wzajemnie się zakłócać, a drugą, gdy zależy nam na osiągnięciu maksymalnego zasięgu.

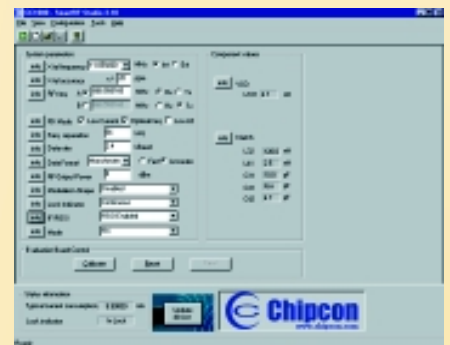
Na płytkach układów CC400 i CC900 producent zamontował zewnętrzny filtr ceramiczny częstotliwości „pośredniej”. Jest on zestrojony na częstotliwość 455MHz, ma pasmo przenoszenia ok. 30kHz i impedancję wejściową i wyjściową 1,5kΩ. Stosowanie tego filtru nie jest jednak konieczne. W strukturze układów znajdują się odpowiednie obwody wewnętrzne przełączane programowo wraz z doбором częstotliwości pośredniej, która może być równa 60, 200 lub 455MHz. Najwyższą selektywność uzyskuje się stosując filtr zewnętrzny, ale odbija się to oczywiście na końcowym koszcie aplikacji. Parametry toru transmisyjnego również zależą od przyjętych wyżej wartości. Nadajniki układów CC pracują z modulacją FSK (*Frequency Shift Keying*). Oznacza to, że częstotliwość nośna ma w zasadzie wartość umowną. Tak naprawdę, mamy do czynienia z dwoma wartościami generowanymi w zależności od nadawanego bitu. Są one równo oddalone od umownej wartości częstotliwości nośnej, a różnica między nimi jest nazywana odstępem częstotliwości. Jest to parametr pracy układu (patrz tab. 1) przyjmujący wartości zależne w pewnym stopniu od założonej częstotliwości pośredniej. Nad jej prawidłowym dobraniem czuwa program SmartRF Studio.

Na płytkach ewaluacyjnych zamontowane jest gniazdo DIO pełniące funkcję doprowadzania danych wejściowych do nadajnika lub wyprowadzania danych z odbiornika. W przypadku układów CC400 i CC900, konieczne jest kodowanie danych metodą Manchester, a w przypadku CC1000 można stosować również kodowanie NRZ lub wykorzystywać go jako bezprzewodowy interfejs UART. Kodowanie jest związane z potrzebą odtwarzania bitowej skali czasu po stronie odbiornika. Przy dłuższych sekwencjach danych o jednakowej wartości bitów, odbiornik mógłby się rozszeregować na skutek braku stanów charakterystycznych w odbieranym ciągu. Kod Manchester wymusza taki stan, dla każdego wysłanego elementu, umożliwiając tym samym poprawną pracę odbiornika. W tym przypadku jednak prędkość modulacji jest dwukrotnie większa od przepływności binarnej, ale jak to się mówi: „coś za coś”. W załączonej instrukcji do starter kitów, autorzy sugerują prowadzenie prób z użyciem generatorów funkcyjnych ustawionych w tryb wytwarzania fali prostokątnej odpowiadającej ciągowi danych wejściowych. Zgodnie z powyższym, prędkość transmisji [b/s] będzie dwukrotnie mniejsza niż generowana częstotliwość [Hz]. Znacznie lep-

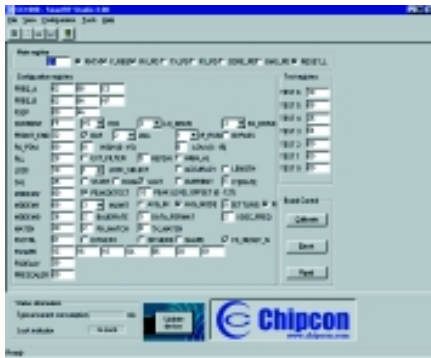
szym rozwiązaniem może być zastosowanie generatora arbitralnego z zaprogramowaną sekwencją, symulującą ciąg danych zakodowanych „Manchesterem”. Ze względu na prostotę kodera, można też pokusić się o jego samodzielne wykonanie. Przykładowe rozwiązanie części logicznej przedstawiono na rys. 1.

**Uwaga!** Podczas testów należy bezwzględnie pamiętać o tym, żeby sygnał wejściowy (na gnieździe DIO) mieścił się między poziomami 0 i 3V (rys. 1). Doprowadzenie sygnału o amplitudzie 5V może uszkodzić układy.

Producent przewidział możliwość dołączania anteny do jednego z trzech gniazd znajdujących się na płytkach ewaluacyjnych transceiverów i realizujących opcje: bez filtru (ustawienie fabryczne), z filtrem LC i z filtrem SAW. Wybór gniazda powinien być poprzedzony odpowiednim przelutowaniem „rezystora” SMD o zerowej oporności. Wykorzystanie dolnoprzepustowego filtru LC zapobiega emitowaniu harmonicznych przez nadajnik, po stronie odbiorczej natomiast, zmniejsza zniekształcenia i wpływ zakłóceń radiowych. Przyjmuje się, że filtr jest zamknięty impedancją 50Ω. Znaczną poprawę selektywności odbiornika można uzyskać wykorzystując filtr SAW. Występuje to - niestety - kosztem wprowadzonego przez filtr dodatkowego tłumienia. W tym przypadku należy się również liczyć z utratą stabilności pracy nadajnika pracującego z mocą większą niż 0dBm, gdy wybrano klasę B lub C wzmacniacza mocy. Z tego względu trzeba uważać, aby nie przekroczyć tej wartości. Częstotliwość nośna jest wytwarzana przez wbudowany w strukturę układu syntezer, którego integralną częścią jest pętla PLL. Płytki ewaluacyjne wszystkich typów układów wyposażono w specjalnie wprowadzony punkt kontrolny, na którym występuje wysoki poziom napięcia w chwili, gdy pętla PLL jest w stanie zaskoku. Może być on odczytywany przez mikrokontroler w aplikacji użytkownika. Podczas prób ze starter kitem, program SmartRF Studio również sprawdza poziom na tym wprowadzeniu i wyświetla na monitorze komputera. Kontrola chwytania pętli PLL może być prowadzona na dwa



Rys. 3



Rys. 4

sposoby, może też być całkowicie wyłączona. W pierwszym trybie - *Continuous* - wskaźnik chwytania jest sprawdzany permanentnie, nawet po wykryciu zaskoku, w drugim trybie - *One-shot* - wskaźnik jest sprawdzany tylko do momentu wykrycia pierwszego zaskoku pętli. W praktyce, wykrywanie niepoprawnej pracy pętli PLL jest istotne o tyle, że w tym stanie nadajnik może emitować sygnały wychodzące poza przydzielone pasmo.

### Opcje dostępne tylko na płycie CC1000EB

Jak już wcześniej wspomniano, układ CC1000 różni się dość znacznie od układów CC400 i CC900. W związku z tym, niezbędne było również wprowadzenie zmian na płycie ewaluacyjnej oraz w programie SmartRF Studio. Rozszerzono jego możliwości opisane wyżej. Już „na pierwszy rzut oka” widać, dwa dodatkowe gniazda SMA. Pierwsze jest opisane symbolem DCLK. Występuje na nim przebieg zegarowy, wytwarzany przez wewnętrzny układ synchronizacji, zawarty w strukturze CC1000. Należy zauważyć, że można go zaobserwować tylko podczas kodowania danych metodą Manchester lub NRZ. Podczas pracy w trybie asynchronicznym (UART), gniazdo DCLK jest wykorzystywane jako wyjście danych odbieranych. Drugie gniazdo, opisane jako RSSI/IF, jest powiązane z tak samo opisanym wyprowadzeniem układu CC1000, którego nie posiadały wcześniejsze wersje transceiverów. *Received Signal Strength Indicator* to rozwinięcie pierwszej części skrótu. Jak wynika z nazwy, na tym wyjściu można kontrolować poziom odbieranego sygnału. Ma ono charakter prądowy, więc aby można było z niego korzystać niezbędne jest dołączenie rezystora przekształcającego prąd na napięcie. Pożądane jest również użycie kondensatora w celu dolnoprzepustowego filtrowania sygnału. Typowa wartość rezystora 27kΩ zapewnia współczynnik przetwarzania równy 50dB/V, co odpowiada zakresowi pomiarowemu od 0 do 1,2V. Taki właśnie rezystor zastosowano na płycie ewaluacyjnej. Wyjście RSSI/IF może być również skonfigurowane jako wyj-

ście pośredniej częstotliwości 10,7MHz dla zewnętrznego demodulatora.

Prowadzenie transmisji jest związane z prawidłowym wytworzeniem bitowej skali czasu. Funkcję tę pełni wewnętrzny oscylator układów CC, chociaż można również doprowadzać sygnał zewnętrzny. Częstotliwość wewnętrznego oscylatora jest stabilizowana przez rezonator kwarcowy, dołączany do transceiverów. Teoretycznie można wykorzystywać rezonatory 3...4, 6...8 i 9...16MHz. Na płycie ewaluacyjnej CC1000EB wybrano rezonator 11,0592MHz, idealnie odpowiedni dla typowych prędkości transmisji. Element ten ma duży wpływ na osiągnięte parametry, w tym maksymalną prędkość transmisji, a więc powinien być wybierany starannie. Między innymi dlatego, obok kwarcu znajduje się trymer umożliwiający precyzyjne ustawienie częstotliwości referencyjnej. Modułacja FSK stosowana w układach Chipcon charakteryzuje się dość szerokim pasmem kanału transmisyjnego. Powodem tego są nagłe skoki częstotliwości związane z nadawaniem elementów o wartościach 0 lub 1. W układzie CC1000 zastosowano pewien zabieg umożliwiający zminimalizowanie szerokości zajmowanego pasma. Metoda polega na płynnym przechodzeniu od częstotliwości odpowiadającej elementowi „0”, do częstotliwości przydzielonej elementowi o wartości „1”. Możliwe jest stosowanie 16 częstotliwości pośrednich. Podłączając analizator widma do gniazda antenowego płytki ewaluacyjnej i wybierając odpowiednie opcje w programie SmartRF Studio, można obserwować efekty działania powyższej metody.

### Program SmartRF Studio

Program SmartRF Studio jest integralnym (bezpłatnym!) elementem starter kitów do transceiverów firmy Chipcon. Jak już pisałem wcześniej, służy on do konfigurowania układów na płytkach ewaluacyjnych, ale jest też bardzo przydatnym narzędziem do projektowania własnych aplikacji. Pracuje w środowisku Windows 9x/NT/2000 i nie wymaga instalacji, jednakże zastosowano w nim bezpośrednie odwołania do portów I/O komputera. Trzeba więc zwrócić uwagę na prawidłowe określenie adresu używanego LPT, a w przypadku środowiska NT niezbędne jest zainstalowanie odpowiedniego sterownika znajdującego się na dyskietce dystrybucyjnej. W starter kitach CC400 i CC900 program jest dostarczany w wersji 3.00, natomiast w zestawach CC1000 dostajemy wersję 3.10. Każda z nich obsługuje transceivery typu CC400, CC900 i CC1000. Ze względu na różnice występujące między nimi, główne okno programu przybiera wygląd zależny od wybranego typu układu (rys. 2 i 3). Program nie ma wbu-

downej pomocy, lecz klawisze ekranowe „Info” powodują wyświetlanie objaśnień dość obszernie tłumaczących rolę parametru, obok którego się znajdują. W przypadku, gdy wybrana przez użytkownika konfiguracja może powodować błędną pracę układu, pojawia się stosowne ostrzeżenie. Po ustaleniu w lewej ramce parametrów toru transmisyjnego, w prawej zostają wyświetlone wartości obliczonych elementów dla ustalonych warunków pracy. Wartości te wynikają z obliczeń i nie uwzględniają wpływu czynników zewnętrznych, jak na przykład pojemności pasożytniczych pomiędzy poszczególnymi elementami. Nawiasem mówiąc, obwód drukowany urządzeń wykorzystujących transceivery powinien być opracowany bardzo starannie. Mamy tu do czynienia, bądź co bądź, z wysokimi częstotliwościami. Zalecane jest stosowanie płytek dwuwarstwowych, na których jedną warstwę przeznaczono do prowadzenia masy, drugą zaś do połączeń sygnałowych. Po nabraniu wprawy z doбором parametrów transmisji można zabrać się do drugiego etapu doświadczeń polegającego na programowaniu układów poprzez zmianę zawartości jego rejestrów wewnętrznych (rys. 4). Wymaga to jednak dokładnego zapoznania się z danymi technicznymi, gdyż nieodpowiednie wpisy do tych rejestrów mogą spowodować błędne działanie układów lub wręcz uniemożliwić ich pracę. W zestawie uruchomieniowym załączono wydruki odpowiednich not katalogowych, które można również znaleźć w wersji PDF na stronie internetowej Chipcon.

### Przyszłość

Urządzenia SRD (*Short Range Devices*), do których należą m.in. prezentowane transceivery, będą najprawdopodobniej znajdowały coraz szersze zastosowanie w najbliższym czasie. Telemetryczne systemy pomiarowe, skomputeryzowane magazyny wysokiego składowania, systemy alarmowe, czy nawet zabawki, to tylko kilka przykładów. Do ich stosowania zachęcić może łatwość samodzielnego zbudowania nadajnika i odbiornika oraz dostępne pasma, nie wymagające specjalnych zezwoleń i licencji. Bez większych problemów można wykonać anteny, a ich wielkość oraz możliwość bateryjnego zasilania, zachęca do budowy urządzeń przenośnych. Aktualnie są już w ofercie Chipcon transceivery nowszej wersji, oznaczone symbolem CC1050. Gorąco zachęcam do eksperymentów.

Jarosław Doliński, AVT  
[jaroslaw.dolinski@ep.com.pl](mailto:jaroslaw.dolinski@ep.com.pl)

### Dodatkowe informacje

Dodatkowe informacje o układach firmy Chipcon są dostępne w Internecie pod adresem [www.chipcon.com](http://www.chipcon.com) oraz na płycie CD-EP5/2002B.