

Simple Link Wi-Fi, Bluetooth 4.0 oraz łączność w paśmie ISM

Odkąd firma Texas Instruments kupiła od norweskiego Chipcon prawa do produkcji układów scalonych przeznaczonych do komunikacji radiowej w ofercie TI pojawiło się wiele nowoczesnych, łatwych w użyciu układów do bezprzewodowej transmisji danych. Można zauważyć, że pomimo podtrzymywania produkcji starszych modeli, firma systematycznie wprowadza nowe podzespoły, czy to „uzbrojone” w rdzeń mikrokontrolera, czy z zaimplementowanym protokołem komunikacyjnym.

Nowe układy noszące oznaczenie CC są lepsze, niż oferowane wcześniej TRF6900 i TRF4900. Owszem, były to układy o sporych możliwościach, lecz skomplikowane w programowaniu i wymagające wielu elementów zewnętrznych. Wiele układów z serii CC jest dobrze znanych dawnym użytkownikom Chipcon, ale niektóre z nich są zupełnie nowe, pracują w paśmie 2,4 GHz umożliwiając łączność w sieciach Wi-Fi, Bluetooth i ZigBee. Co ciekawe, oprócz układów scalonych, w ofercie TI pojawiły się również moduły radiowe.

CC3000 – moduł do łączności w sieciach Wi-Fi

Simple Link CC3000 Wi-Fi to moduł do łączności w bezprzewodowych sieciach LAN pracujących w paśmie 2,4 GHz, zgodnych ze standardami 802.11b i/lub 802.11g. Został opracowany z myślą o systemach embedded łączących się z Internetem np. do zastosowań w technologii *Internet of Things*.

Moduł może być wyposażony w antenę: albo dipol, albo antenę paskową SMD. Odpo-

wiednie wskazówki odnośnie do ich wykonania można znaleźć w dokumentacji. Maksymalna moc nadajnika wynosi +20 dBm przy prędkości transmisji 11 Mb/s i modulacji CCK, natomiast czułość odbiornika w tych samych warunkach jest równa -89 dBm. Komunikacja z systemem nadrzędnym przebiega za pomocą interfejsu SPI o prędkości 16 Mb/s. Moduł ma zaimplementowany stos komunikacyjny TCP/IP ze wsparciem dla IP v4 (klient DHCP, DNS, ARP). Zwalnia to użytkownika z konieczności jego wykonania i stawia minimalne wymagania odnośnie do zasobów mikrokontrolera – hosta. Transmisja może być zabezpieczona przed nieautoryzowanym dostępem za pomocą szyfrowania: WEP, WPA, WPA2 (AES lub TKIP-personal). Producent zapewnia o zgodności ze standardami Wi-Fi innych wytwórców, czego potwierdzeniem są certyfikaty FCC/IC oraz ETSI. Obudowa modułu ma wymiary wynoszące 11,5 mm×16,5 mm×2,8 mm (Murata). Podstawowe parametry modułu umieszczo-



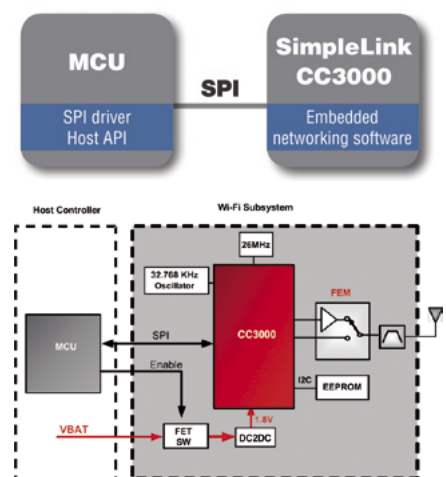
no w tabeli 1, natomiast schemat funkcjonalny na rysunku 1.

Moduły są dostarczane przez firmy Murata i LS Research. Aby ułatwić ich zastosowanie, firma Texas Instruments przygotowała łatwe w użyciu API zawierające około 35 funkcji w większości zaimplementowanych w gniazdach BSD. Oprócz niego dostępne są również zestawy ewaluacyjne z różnymi mikrokontrolerami z rodzin MSP430 oraz Stellaris, w tym z rdzeniem Cortex-M4.

CC1120 – transceiver do systemów wąskopasmowych

Niegdyś nową generację układów na pasmo do 1 GHz zapoczątkował układ CC1100. Firma nie zapomniała również o dodaniu

Standard transmisji	802.11b, 802.11g
Moc nadajnika	20 dBm przy 11 Mb/s i modulacji CCK
Czułość odbiornika	-89 dBm przy 11 Mb/s i modulacji CCK
Kodowanie	WEP, WPA, WPA2 (AES i TKIP-personal)
Oprogramowanie modułu	Stos TCP/IP (IPv4 – klient DHCP, DNS, ARP), driver Wi-Fi, automatyczna kalibracja parametrów transmisji
Interfejs hosta	SPI o prędkości 16 Mb/s
Wymagania odnośnie do zasobów hosta	Ok. 6 kB pamięci Flash (ROM), ok. 3 kB pamięci RAM
Pobór prądu w trybie wyłączenia	Poniżej 5 μ A (z tranzystorem FET)
Dostawca modułu	LS Research, kod zamówienia: CC3000-TiWi-SL/450-0067; parametry: certyfikaty FCC/IC oraz ETSI, dokumentacja dla dipola U.FL oraz anteny paskowej; wymiary 21 mm×14 mm×2,8 mm Murata, kod zamówienia CC3000-TypeVK/LBWA1ZZVK7; parametry certyfikaty FCC/IC oraz ETSI, dokumentacja dla anteny paskowej; wymiary 11,5 mm×16,5 mm×2,8 mm



Rysunek 1. Schemat funkcjonalny modułu CC3000

Tabela 2. Podstawowe parametry CC1120	
Tłumienie	Tłumienie sąsiedniego kanału: 65 dB przy offsecie 12,5 kHz; 90 dB przy 10 MHz
Czułość	-123 dBm przy 1,2 kb/s, -110 dBm przy 50 kb/s, -127 dBm przy użyciu wbudowanego wzmacniacza kodowania
Niewielkie szумы fazowe	-111 dBc/Hz przy offsecie 10 kHz
Zasilanie	2...3,6 V
Pobór prądu	2 mA w trybie czuwania 17 mA w trybie odbioru (prąd impulsowy, szczytowy 22 mA) 45 mA w trybie nadawania z mocą +14 dBm 0,3 μA w trybie wyłączenia
Mocy wyjściowa	0...16 dBm programowana z krokiem co 0,4 dB
Częstotliwości	ISM (Industrial Scientific Medical) i SRD (Short Range Devices): 164...192 MHz, 274...320 MHz, 410...480 MHz oraz 820...960 MHz
Prędkość transmisji	0... 200 kb/s
Modulacja	2-FSK, 2-GFSK, 4-FSK, 4-GFSK, MSK, OOK
Technologia WaveMatch	Zainstalowana jednostka DSP w celu usprawnienia synchronizacji nadajnika z odbiornikiem

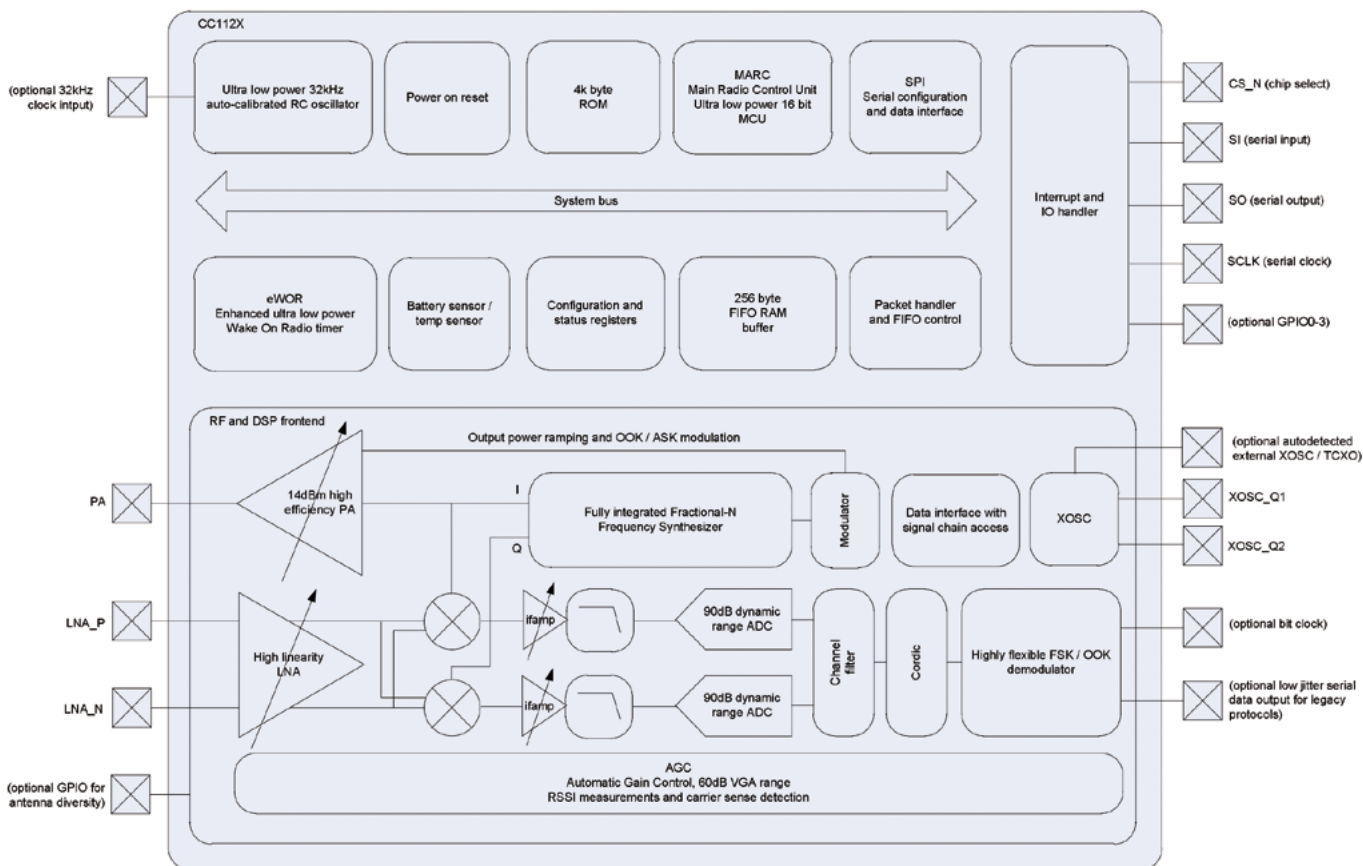
rdzenia MCS51 do układu CC1100, wprowadzając do oferty układy SoC (System On Chip) pod oznaczeniem CC1110 i wyposażony w interfejs USB – CC1111. Jako kolejne w ofercie TI pojawiły się układy na pasmo 2,4 GHz o prędkości transmisji podwyższonej do 800 kb/s. Układy CC2500, CC2510, CC2511 i CC2550, to odpowiednio: tani transceiver, SoC z rdzeniem MCS51, SoC z rdzeniem MCS51 i interfejsem USB, i układ nadajnika. Teraz do oferty TI wprowadziła nowy układ transceivera CC1120, w którym wyeliminowano konieczność stosowania zewnętrznych filtrów SAW lub IF co pozwala na obniżenie kosztów gotowego wyrobu oraz na zaoszczędzenie miejsca na płycie drukowanej.

Układ CC1120 jest zintegrowanym w pojedynczej obudowie transceiverem o małej mocy pracującym w pasmach ISM (Industrial Scientific Medical) i SRD (Short Range Devices): 164...192 MHz, 274...320 MHz, 410...480 MHz oraz 820...960 MHz. Szerokość kanału transmisyjnego wynosi 12,5 kHz. Układ ma wbudowane bloki funkcjonalne wspierające obsługę transmisji pakietowej, buforowanie danych, obsługę transmisji typu *burst*, ułatwiające wybór wolnego kanału transmisyjnego, umożliwiające pomiar jakości sygnału docierającego do odbiornika oraz funkcję wybudzania układu w wypadku odbioru transmisji (Wake On Radio). Układ jest wyposażony w interfejs SPI,

za pomocą którego łączy się go z systemem nadrzędnym. W typowej aplikacji CC1120 jest używany z mikrokontrolerem i niewielką liczbą komponentów zewnętrznych.

Transceiver CC1120 jest przystosowany do zasilania napięciem z zakresu 2...3,6 V. W trybie czuwania odbiornika pobiera prąd o natężeniu 2...17 mA (zależnie od trybu; prąd szczytowy, impulsowy wynosi 22 mA). Po aktywowaniu toru nadajnika prąd wzrasta do 45 mA przy mocy promieniowanej 14 dBm. Maksymalna moc nadajnika wynosi 16 dBm i jest programowana z krokiem co 0,4 dB. Gdyby to było mało, to wyjście układu jest przystosowane do przyłączenia wzmacniacza mocy CC1190 nadajnika (wzrost o 27 dBm) i czułości odbiornika (poprawa o 3 dB).

Układ CC1120 jest ma możliwość automatycznego stopniowania mocy wyjściowej zależnie od warunków transmisji. Prędkość transmisji wynosi do 200 kb/s. Wspierane formaty modulacji to 2-FSK, 2-GFSK, 4-FSK, 4-GFSK, MSK, OOK. Producent wyposażył również układ w funkcję cyfrowego przetwarzania sygnału WaveMatch w celu wypracowania jak najlepszej synchronizacji pomiędzy nadajnikiem a odbiornikiem. Skutkuje to podwyższoną skutecznością transmisji danych. Zaimplementowano w nim również mechanizmy retransmisji danych w wypadku błędów. Przed nadawaniem układ może nasłuchiwać czy kanał jest wolny – ta funkcją jest w wielu systemach transmisyjnych oznaczana skróttem LBT (Listen Before Talk). Tory nadajnika



Rysunek 2. Schemat blokowy transceivera wąskopasmowego CC1120

i odbiornika wyposażono w bufory FIFO o pojemności 128 B. Nowy transceiver wspiera funkcję odbioru sygnału z wielu anten, ale do tego celu trzeba go wyposażyć w dodatkowy przełącznik antenowy, który może być kontrolowany za pomocą wyprowadzeń GPIO.

Podstawowe parametry układu CC1120 zamieszczono w tabeli 2, natomiast na rysunku 2 pokazano jego schemat blokowy. Tradycyjnie już TI oferuje zestawy ewaluacyjne wyposażone w płytki transceiverów, mikrokontrolery – hosty oraz odpowiednie oprogramowanie.

CC254x – technologia Bluetooth Dual Mode

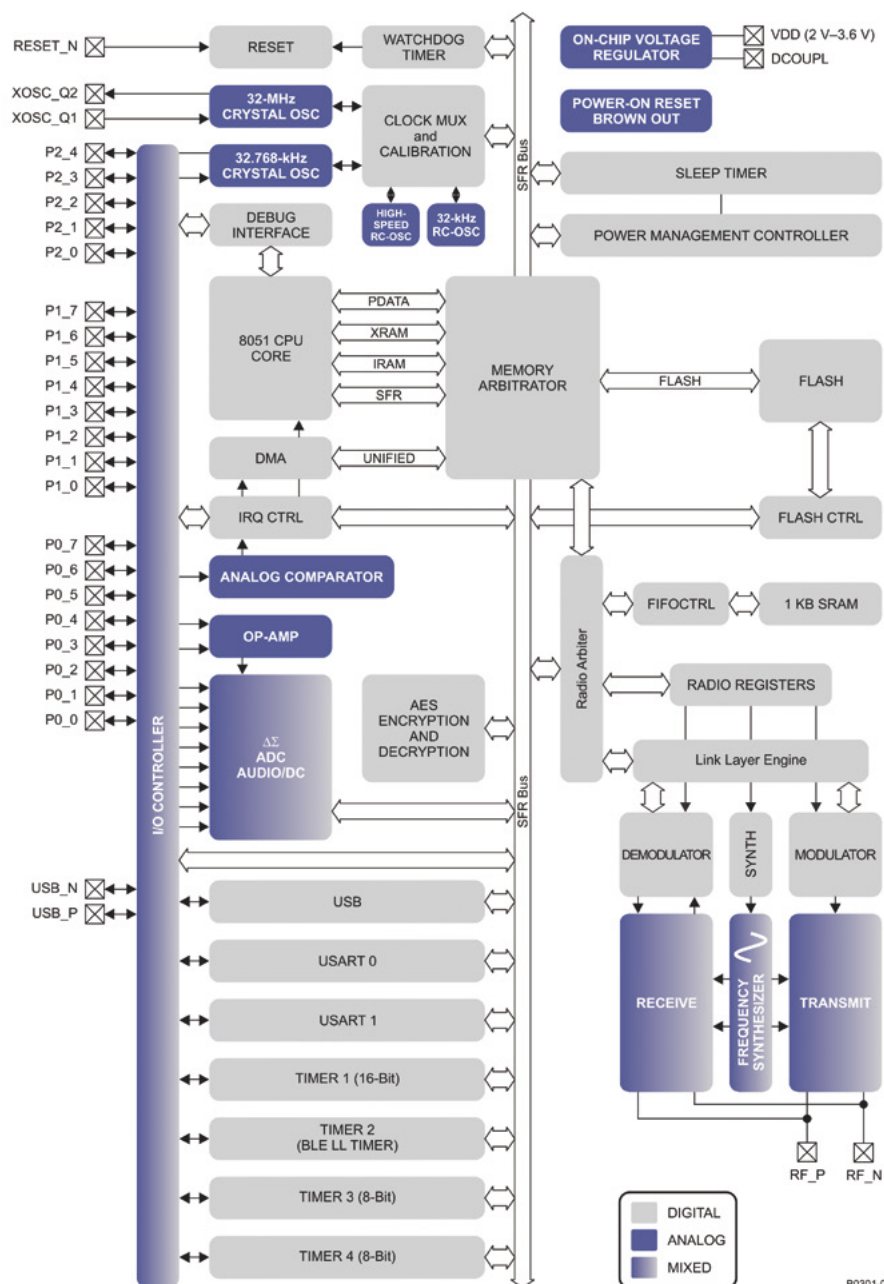
Technologie Bluetooth i ZigBee coraz silniej konkurują pomiędzy sobą. Pomimo tego wydaje się, że pierwszy z tych interfejsów na dobre zagrościł w różnych urządzeniach powszechnego użytku natomiast drugi – w sieciach automatyki. Firma Texas Instruments oferuje rozwiązania do obu rodzajów sieci, tu wspomniemy o nowości określanej mianem *Bluetooth low energy*.

Jest to technologia przeznaczona do czujników bezprzewodowych. Jej rdzeń stanowią układy CC2541 i CC2540. Oba są systemami w pojedynczym układzie scalonym (SoC) z zaimplementowanym protokołem Bluetooth. Rdzeń obu układów stanowi intelowski MCS51 z 8 kB pamięci RAM i 128 lub 256 kB pamięci Flash programowanej w systemie. Wyposażono go w układy peryferyjne umożliwiające dołączenie do czujników cyfrowych i analogowych. Oprócz tego SoC zawiera: interfejs USB 2.0 *full speed* (tylko CC2540), sprzętową jednostkę kodującą/dekodującą AES-128 oraz blok pomiaru siły sygnału RSSI. Maksymalna prędkość transmisji obu układów wynosi 1 Mb/s. Układy są dostępne w miniaturowych obudowach QFN o wymiarach 6 mm×6 mm×0,85 mm i 40 wyprowadzeniach. Mikrokontroler ma zapas mocy obliczeniowej pozwalający również na realizację aplikacji użytkownika.

Układy scalone CC254x wspierają technologię *Bluetooth Dual Mode* będącą częścią technologii WiLink (układ obsługujący WiLink 7.0 może łączyć się z sieciami WLAN, Bluetooth i Bluetooth Low Energy, odbierać sygnał GPS oraz radiowy z nadajników FM). Układy są zgodne z ETSI EN 300 328, EN 300 440 klasa 2 (Europa), FCC CFR47 część 15 (USA) oraz ARIB STD-T66 (Japonia). Stos komunikacyjny obsługuje standard Bluetooth 4.0. Podstawowe parametry układów umieszczono w tabeli 3, natomiast jego schemat blokowy na rysunku 3. Dla układów są dostępne zestawy ewaluacyjne ułatwiające szybkie przetestowanie i implementację technologii we własnym urządzeniu.

Jacek Bogusz, EP

Tabela 3. Podstawowe parametry układów (SoC) CC254x	
Rdzeń	Kompatybilny z Intel 8051, wyposażony w 128 lub 256 kB pamięci Flash, 8 kB pamięci RAM.
Peryferia	8-wejściowy, 12-bitowy A/C, wzmacniacz operacyjny, komparator, 21×I/O, 2×USART, 1×USB 2.0 (tylko CC2540), 1×DMA, koprocessor AES-128, monitor akumulatora (baterii) oraz temperatury.
Oprogramowanie	Bluetooth Dual Mode oraz aplikacja użytkownika
Zasilanie	2...3,6 V
Pobór prądu (podtrzymanie zawartości pamięci RAM oraz rejestrów)	Poniżej 19,6 mA w trybie odbioru 24 mA w trybie nadawania (–6 dBm) PM1 (3 μs Wake-Up): 235 μA PM2 (Sleep Timer On): 0,9 μA PM3 (External Interrupts): 0,4 μA
Zgodność	Bluetooth 4.0, ETSI EN 300 328, EN 300 440 klasa 2 (Europa), FCC CFR47 część 15 (USA) oraz ARIB STD-T66 (Japonia)
Obudowa	40-pin QFN o wymiarach 6 mm×6 mm×0,85 mm



Rysunek 3. Schemat blokowy układu Bluetooth Dual Mode CC2540