

# Projektowanie energooszczędnych układów elektronicznych

## Systemy łączności radiowej – układy sieciowe i specjalne (9)



**Dodatkowe materiały na CD/FTP:**

<ftp://ep.com.pl>, user: 10460, pass: 0646g3n0

- poprzednie części kursu

*Lokalne i rozległe sieci łączności radiowej nie mogłyby rozwijać się bez standaryzacji protokołów i urządzeń. W tym odcinku kursu zajmiemy się standardami połączeń sieciowych przydatnymi w energooszczędnej, krótkodystansowej łączności radiowej (SRD – Short Range Device). Kolejnym tematem będą specjalizowane urządzenia łączności radiowej, dedykowane do określonych zastosowań.*

### Standaryzacja urządzeń i sieci radiowych

Na początek należy rozróżnić dwa odrębne zagadnienia: standaryzację urządzeń radiowych oraz protokołów sieci bezprzewodowych. Standaryzacja urządzeń nadawczych jest potrzebna po to, aby systemy łączności radiowej nie zakłócały pracy znajdujących się w pobliżu urządzeń i nie wywierały negatywnego wpływu na otoczenie (zasada kompatybilności elektromagnetycznej). Natomiast standaryzacja protokołów umożliwia komunikowanie się urządzeń pochodzących od różnych producentów, a także częściowo ogranicza interferencje między różnymi sieciami korzystającymi z tych samych częstotliwości radiowych – na przykład sieci WLAN 802.11 i WPAN 802.15, pracujące w paśmie 2,45 GHz.

**Standaryzacja urządzeń radiowych** dotyczy wszystkich urządzeń nadawczych i obejmuje takie parametry, jak zakresy częstotliwości, dopuszczalne moce i szerokość pasma nadajników, poziom zakłóceń itp. Dla urządzeń SRD/ISM w Europie obowiązują normy ETSI: EN 300 220, EN 300 330, oraz normy powiązane, np. EN 300 328. Normy te mają zastosowanie jedynie dla producentów urządzeń i stanowią podstawę do uzyskania homologacji. Użytkowanie radiowych urządzeń nadawczych, nieposiadających homologacji jest nielegalne (nawet jeżeli teoretycznie spełniają wymogi norm).

**Standaryzacja radiowych protokołów sieciowych.** Dla urządzeń radiowych SRD najbardziej przydatna jest grupa specyfikacji IEEE802.15 dotycząca sieci bliskiego zasięgu WPAN (*Wireless Personal Area Network*). W sensie prawnym nie jest to norma, ale definicja standardu, niepowodująca żadnych restrykcji (natomiast komercyjne używanie logo niektórych protokołów standardu może podlegać opłatom licencyjnym). Energooszczędnej łączności radiowej dotyczy specyfikacja IEEE802.15.4, obejmująca m.in. standardy *ZigBee*, *WirelessHART*, *MiWi*. Standard Bluetooth powstał w ramach specyfikacji IEEE802.15.1, jednak kolejne wersje są rozwijane przez organizację Bluetooth SIG (*Special Interest Group*).

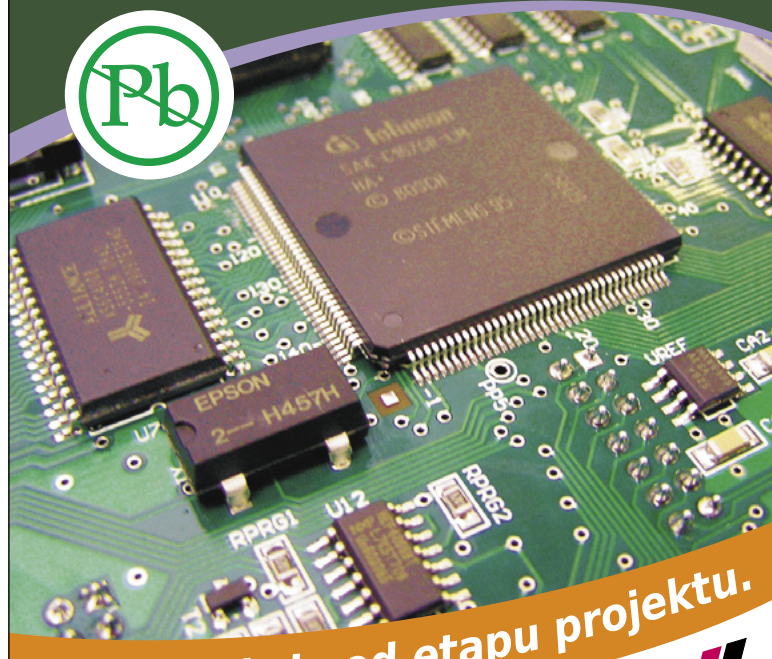
**Standaryzacja NFC i RFID.** Odrębna standaryzacja dotyczy *Near Field Communication*, czyli łączności bardzo krótkiego zasięgu (poniżej 20 cm) w pasmach 125 kHz i 13,56 MHz, stosowanej np. w kartach zbliżeniowych i RFID. Protokoły komunikacyjne dla łączności NFC są określone w normach ISO/IEC18092, ISO/IEC21481. W zakresie identyfikacji RFID stosuje się jeszcze kilka standardów dotyczących parametrów łączności, na przykład ISO11784/11785 (pasmo 125 kHz), ISO15693 (pasmo 13,56 MHz), ISO18000-1 do 18000-7 (zestaw norm RFID dla różnych zakresów częstotliwości), ISO14433 (karty zbliżeniowe). Kodowanie produktów dla potrzeb RFID definiuje międzynarodowy standard EPC (*Electronic Product Code*). Najbardziej popularny kod EPC Gen2 bywa często nazywany „radiowym kodem kreskowym”.

**Przemysłowe systemy łączności.** Aktualnie trwają uzgodnienia dotyczące przyjęcia standardu energooszczędnej łączności dla systemów automatyki przemysłowej. Organizacja Profibus wstępnie zaprobowała oparty na specyfikacji 802.15.4 protokół *WirelessHART*, ale duże szanse rozwoju ma też *ZigBee*. Ewolucję specjalizowanych systemów łączności można prześledzić na przykładzie protokołu KNX dedykowanego do systemów automatyki budynków (normy EN50090, ISO14543-3). Protokół ten powstał na potrzeby łączności przewodowej, następnie opracowano wersję radiową RF-KNX. Obecnie trwają prace nad ograniczeniem zużycia energii w systemach radiowych KNX. Identyczną ewolucję od sieci kablowej do radiowej przeszedł protokół M-Bus (norma EN13757), przeznaczony do zdalnego odczytu stanu liczników energii elektrycznej, ciepłej, gazu, wody itp. Warstwę łączności bezprzewodowej M-Bus definiuje norma EN13757-4.

### Powiązanie standaryzacji z oszczędnością energii

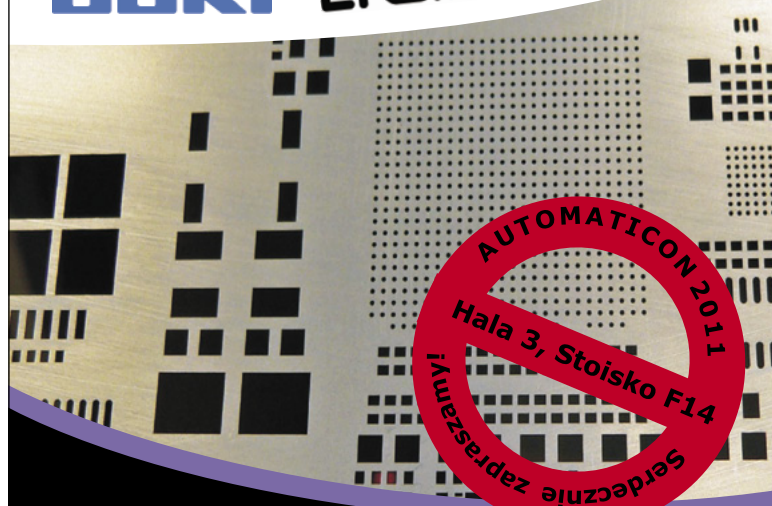
Trudno sprawnie poruszać się w tym gąszczu norm i specyfikacji, stąd parę słów wyjaśnienia na temat powiązania standaryzacji z oszczędnością energii. Z porównania układów radiowych wiodących producentów wynika, że ich parametry elektryczne są zbliżone. Przy transmisji krótkich bloków danych, zmiana poboru prądu z 10 na 20 mA nie powoduje znaczącej różnicy w bilansie energetycznym. Najbardziej krytyczne są długie czasy czuwania odbiornika oraz częste przesyłanie informacji związanych z administrowaniem siecią. Dlatego też wybór odpowiedniego protokołu transmisji i organizacji sieci ma zasadnicze znaczenie dla oszczędzania ener-

# MONTAŻ PŁYTEK ELEKTRONICZNYCH

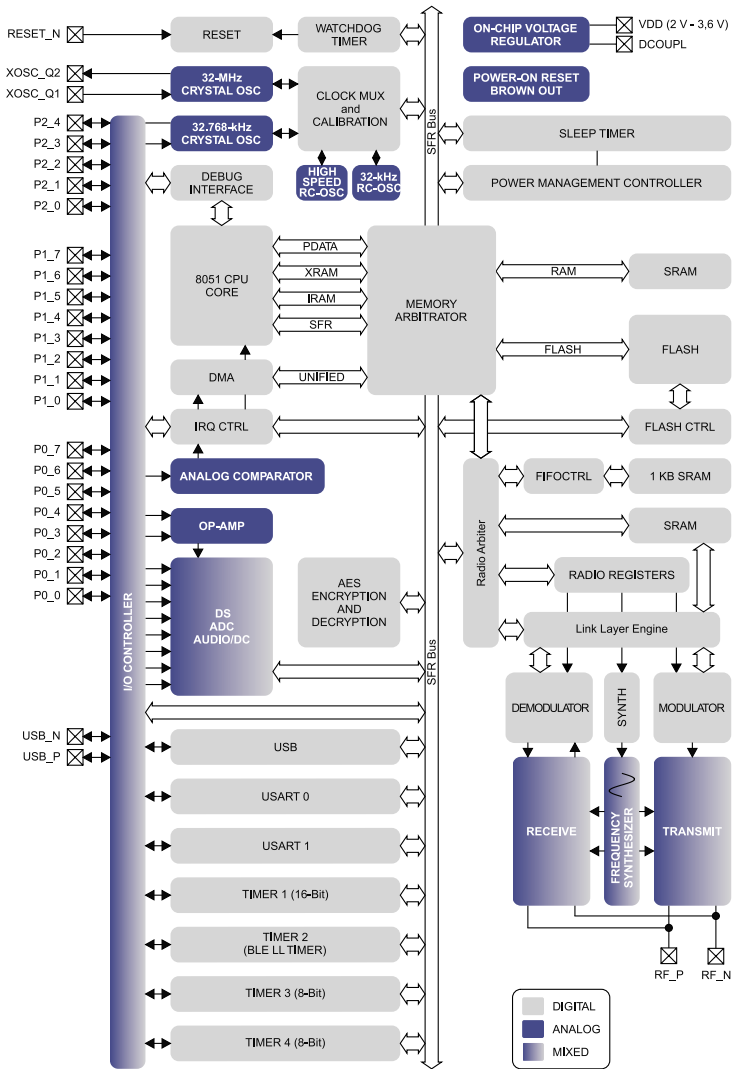


Produkcja od etapu projektu.

**JUKI Ersa EKRA**



**AUTOMATICON 2011**  
Hala 3, Stoisko F14  
Serdecznie zapraszamy!



Rysunek 49. Schemat blokowy układu CC2540

gii. Różnice poszczególnych protokołów w warstwie sprzętowej są zwykle niewielkie, przykładowo tor radiowy zgodny ze specyfikacją 802.15.4 może obsługiwać różne protokoły, w zależności od zainstalowanej aplikacji (programowego stosu).

Najbardziej przydatne do budowy energooszczędnych sieci WPAN mogą być standardy Bluetooth i ZigBee. Ich zaletą jest szeroka dostępność gotowych modułów łączności typu OEM, obsługujących warstwę transmisyjną i sieciowe protokoły. Dzięki temu konstruktor urządzenia może ograniczyć się do warstwy aplikacji i nie jest mu potrzebna szczegółowa wiedza na temat łączności radiowej. W urządzeniach NFC i RFID też można znaleźć interesujące rozwiązania, lecz dostępność komponentów jest ograniczona. Zwykle dostarczane są one w ilościach hurtowych producentom kompletnych systemów.

## Urządzenia Bluetooth

Standard Bluetooth z założenia nie był dedykowany do energooszczędnej łączności, lecz do szybkiej transmisji bezprzewodowej w granicach 10...100 m (transfer powyżej 2 Mb/s). Co prawda moduły Bluetooth mają tryby oszczędzania energii, ale czas przejścia ze stanu uśpienia do aktywności jest rzędu 3...6 sekund, a pobór prądu może osiągać wartości 30...40 mA dla modułów *Class II*. Dlatego też trudno jest budować energooszczędne systemy łączności oparte o klasyczną specyfikację Bluetooth. Sytuacja uległa zmianie począwszy od wersji Bluetooth 4.0, która zawiera jako podzbiór specyfikację BLE (*Bluetooth Low Energy*). Podstawowe założenia standardu BLE są następujące:

- Maksymalny pobór prądu podczas nadawania/odbioru: ok. 15 mA.

Wykonujemy szablony SMT wycinane laserowo na najnowszym obrabiarkę firmy:

**LPKF**  
Laser & Electronics

**SEMICON**

ul. Zwoleńska 43/43a, 04 - 761 Warszawa  
tel. 022 615 73 71, 022 615 64 31

info@semicon.com.pl www.semicon.com.pl



Fotografia 50. Zestaw startowy CC2540 Mini Development Kit

- Czas rozpoczęcia transmisji przy wyjściu ze stanu uśpienia: <6 ms.
- Przepustowość kanału <1 Mb/s (efektywna przepustowość dla aplikacji: ok. 250 kb/s).
- Zasięg łączności: 50...200 m.

Nie jest zakładana kompatybilność BLE z „klasycznym” standardem Bluetooth, natomiast przewiduje się możliwość stosowania układów dwusystemowych. Przykładowo: notebook lub telefon komórkowy wyposażony w układ Bluetooth *dual-mode* będzie mógł komunikować się zarówno ze standardowymi urządzeniami Bluetooth, jak i z urządzeniami BLE. Zasadniczą zmianą w stosunku do klasycznego standardu Bluetooth jest cykliczność łączności. W standardzie BLE nie jest utrzymywane ciągle połączenie między powiązаныmi modułami, lecz krótkie sesje łączności, realizowane za pomocą znacznie mniejszych pakietów. Do sygnalizacji i identyfikacji urządzeń są używane tylko trzy kanały, co zmniejsza czas skanowania po włączeniu odbiornika do 1 ms (klasyczny Bluetooth potrzebuje 22,5 ms do przeskanowania wszystkich 32 kanałów).

Firma Texas Instruments jako pierwsza zaoferowała praktyczną realizację specyfikacji BLE – układ CC2540. Jest to wykonany w technologii SoC transceiver na pasmo 2,45 GHz zintegrowany z bogato wyposażonym mikrokontrolerem 8051 (rysunek 49). Dostępny jest zestaw startowy *CC2540 Mini Development Kit* (fotografia 50), zawierający:

- Moduł *BLE Master* z wtykiem USB.
- Moduł *BLE Slave*, wykonany w postaci pilota z przyciskami, diodami LED i wbudowanym akcelerometrem.
- Moduł sprzętowego debuggera, umożliwiającego ładowanie i testowanie aplikacji w modułach BLE Master i Slave. Debugger może współpracować ze środowiskiem *IAR Embedded Workbench*.

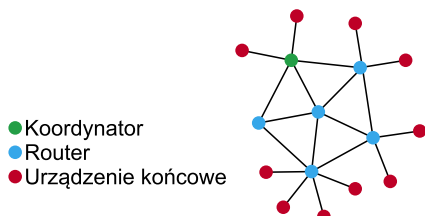
Producent dostarcza oprogramowanie, zawierające stos *Bluetooth Low Energy* (w wersji Master i Slave), oraz program narzędziowy *BTools*, umożliwiający konfigurację i testowanie modułów BLE.

Kolejnym producentem rozwijający standard BLE jest *Nordic Semiconductor*. Firma zapowiada oficjalną premierę rodziny układów „*MicroBlue*” w 2 lub 3 kwartale 2011 roku, ale już od połowy 2010 r. dostępny jest prototypowy zestaw ewaluacyjny z układem nRF8001. Analitycy firmy *Nordic* przewidują, że w 2015 roku światowe zapotrzebowanie na układy BLE wyniesie miliard sztuk rocznie.

Najbliższa przyszłość pokaże, czy *Bluetooth Low Energy* będzie w stanie konkurować z dobrze już zdomowanym na rynku standardem *ZigBee*.

### Standard ZigBee

ZigBee jest zastrzeżoną nazwą handlową najpopularniejszej implementacji specyfikacji IEEE802.15.4, dedykowanej do energooszczędnych aplikacji sieciowych wykorzystywanych w automatyce budyn-

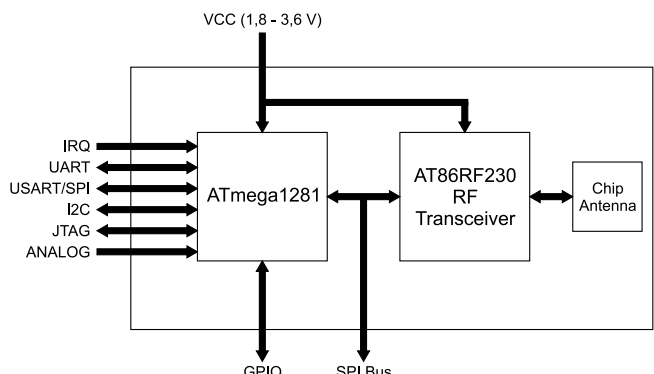


Rysunek 51. Topologia mesh stosowana w sieciach ZigBee

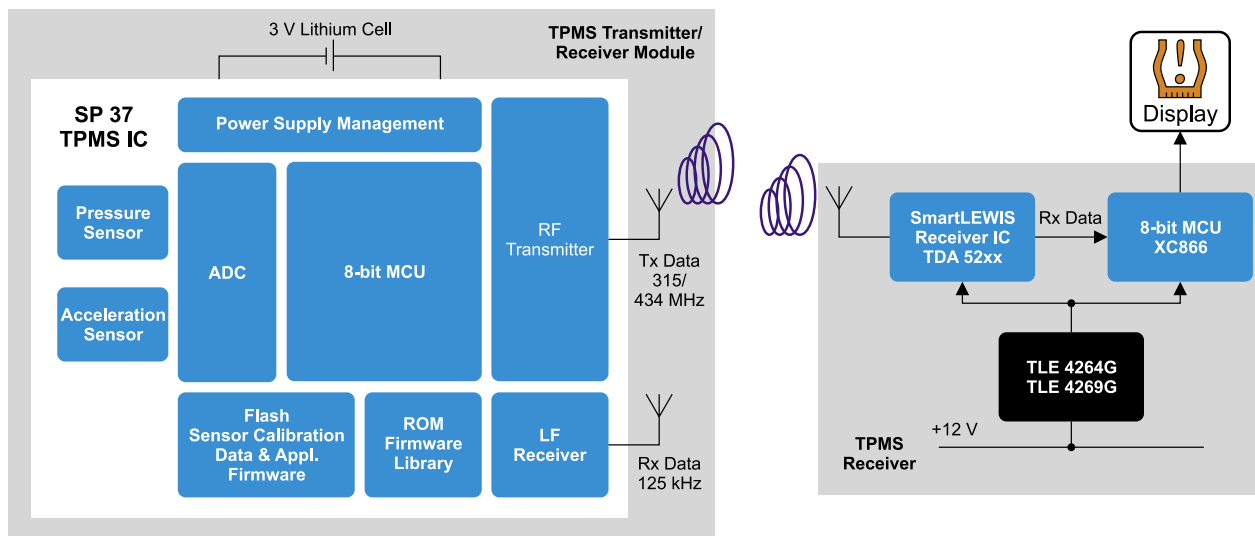
ków, telemetrii, medycynie i zdalnym sterowaniu. Podstawowym pasmem roboczym jest 2,45 GHz, ale część układów pracuje paśmie 868 MHz (915 MHz w USA i Australii). Maksymalna przepustowość kanału wynosi 250 kb/s dla 2,45 GHz i 20 kb/s dla 868 kHz, a zasięg łączności 10...100 m na otwartej przestrzeni (dla ZigBee Pro jest to 1500 m, a niektórzy producenci podają dla wybranych urządzeń nawet 5000 m). ZigBee wykorzystuje technikę transmisji z widmem rozproszonym DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*) zwiększającą zasięg i odporność na zakłócenia. Niezawodność transmisji poprawia topologia siatkowa *Mesh* (rysunek 51) zapewniająca równoważne drogi przesyłu danych w przypadku awarii jednego z węzłów sieci, a także możliwość automatycznego przełączania kanałów radiowych i szybkiej rekonfiguracji sieci przy występowaniu nadmiernych zakłóceń. Dodatkowym zabezpieczeniem jest możliwość zablokowania sieci, co zapewnia niezawodną pracę nawet w pobliżu innych sieci ZigBee. Bezpieczeństwo danych zwiększa automatyczne szyfrowanie AES-128. Stosownie do struktury sieci ZigBee, są dostępne trzy podstawowe typy modułów: koordynator (ZC), router (ZR) i urządzenie końcowe (ZED – *ZigBee End Device*). O ile koordynator i routery zwykle pracują cały czas, to urządzenie końcowe jest wzorcowym przykładem energooszczędnego modułu radiowego. Przez większość czasu pracy znajduje się w stanie hibernacji (z poborem prądu rzędu 0,5...5 µA), a stan aktywności służy do krótkich sesji łączności. Proces inicjowania połączenia sieciowego jest bardzo szybki – rzędu pojedynczych milisekund. Pobór prądu podczas odbioru/nadawania zwykle nie przekracza 15 mA, dla urządzeń dalekiego zasięgu może osiągać wartość do 50 mA.

Dostępnych jest wiele układów transceiverów (samodzielnych lub zintegrowanych z mikrokontrolerem), przeznaczonych dla standardu ZigBee: CC2430 i CC2530 (TI), MRF24J40 (Microchip), SN250 (STM), AT86RF212 i AT86RF230 (Atmel), jednak najbardziej rozpowszechnione są kompletne moduły OEM, z wbudowaną anteną i preinstalowanym stosem programowym specyfikacji ZigBee. Stos ZigBee angażuje znacznie mniej zasobów mikrokontrolera niż stos Bluetooth (szacunkowy stosunek mocy obliczeniowej i wymaganej pamięci wynosi 1:4), dlatego możliwe jest udostępnienie części zasobów dla aplikacji użytkownika, nawet w mikrokontrolerach 8-bitowych. W prostych urządzeniach końcowych daje to kolosalne oszczędności – energetyczne i finansowe, ponieważ nie jest potrzebny dodatkowy mikrokontroler aplikacji. Niektóre moduły ZigBee obsługują zestaw komend OpenAT, umożliwiający tworzenie własnych programów aplikacyjnych.

Wybór modułów OEM obsługujących standard ZigBee jest bardzo duży. W ofercie polskich dystrybutorów można znaleźć ponad 20 typów modułów różnych producentów, a ceny zaczynają się od kilkudziesięciu złotych. Bardzo popularna jest opracowana przez firmę Atmel rodzina ZigBit (rysunek 52). Moduły ZigBit wykorzystują mikrokontroler z rodziny AVR ATmega, transceiver AT86RF212 (868/915 MHz) lub AT86RF230 (2,45 GHz) oraz oprogramowanie BitCloud, zgodne ze specyfikacją ZigBee i ZigBee PRO. Aplikacja własna użytkownika może korzystać z bogatego wyposażenia mikro-



Rysunek 52. Moduł ZigBee typu ZigBit ATZB-24 firmy Atmel



Rysunek 53. System do pomiaru ciśnienia w oponach (TPMS) firmy Infineon

kontrolera: 128 kB pamięci Flash, 4 kB RAM+4 kB EEPROM, 4-więściowy przetwornik A/C o rozdzielczości 10 bitów, porty szeregowe USART/ SPI/I<sup>2</sup>C, piny GPIO. Wbudowany interfejs JTAG służy do programowania pamięci Flash i debugowania programu, przy czym można korzystać ze standardowych narzędzi programistycznych, dedykowanych dla rodziny AVR. W przypadku bardziej rozbudowanych aplikacji, do portu szeregowego UART lub SPI można dołączyć zewnętrzny mikrokontroler *Host MCU*. Oprogramowanie *BitCloud* udostępnia zestaw funkcji API ułatwiających pracę programisty.

Najnowszym uzupełnieniem podstawowych standardów ZigBee i ZigBee PRO jest specyfikacja RF4CE (*Radio Frequency for Consumer Electronics*). Jest to uproszczony protokół komunikacji point-to-point, przeznaczony dla systemów niewymagających topologii sieciowej typu *mesh*. Założeniem tej specyfikacji jest obniżenie kosztów urządzeń i dalsze ograniczenie zużycia energii poprzez mniejsze wymagania programowe i sprzętowe stosu RF4CE. W ramach specyfikacji ZigBee RF4CE zdefiniowano dwa profile: *ZigBee Remote Control* - przeznaczony dla systemów zdalnego sterowania, oraz *ZigBee Input Device* - dedykowany dla bezprzewodowego wyposażenia komputerów i urządzeń elektroniki użytkowej (myszy, klawiatur, padów itp.). Praktyczne realizacje specyfikacji RF4CE oferują między innymi: Texas Instruments (CC2533 + oprogramowanie *RemoTI0*), Atmel (ATmega128RFA1 + oprogramowanie *RF4Control*), Freescale (MC13233 + stos *Beestack0 Consumer*), programowe stopy RF4CE pojawiły się też w ofercie STM i Microchip.

### Układy do specjalnych zastosowań

Jest to duża i bardzo zróżnicowana grupa układów dedykowanych, o których istnieniu wiedzą jedynie specjaliści. Jednak nie są to układy niszowe, ponieważ wiele z nich jest produkowane w dużych ilościach. Przykładem może być przedstawiony na **rysunku 53** system monitorowania ciśnienia w oponach (TPMS – *Tyre Pressure Monitoring System*) firmy Infineon. Głównym elementem systemu jest układ SP37, wykonany w technologii nazywanej MCM (*Multichip Module*) lub SoP (*System-on-Package*), polegającej na zamknięciu w jednej obudowie kilku struktur półprzewodnikowych. Układ ten w obudowie DIP (**rysunek 54**) zawiera: mikrokontroler 8051 z układami peryferyjnymi, nadajnik FSK 315/433 MHz, odbiornik budzący 125 kHz ASK o bardzo niskim poborze mocy, czujnik ciśnienia powietrza, akcelerometr, czujnik temperatury. Jedyne elementy zewnętrzne, to: bateria litowa 3 V, antena nadawcza,

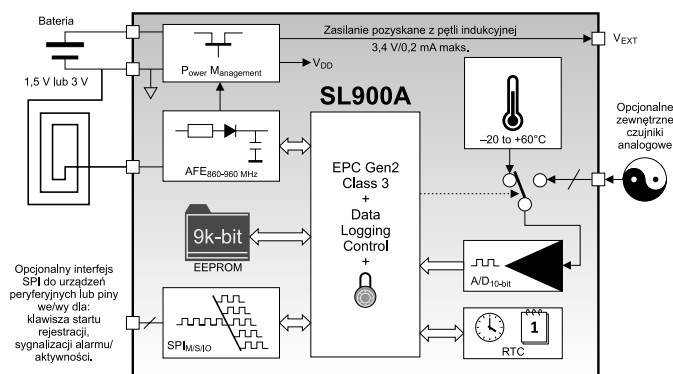


Rysunek 54. Układ TPMS typu SP37 (Infineon)

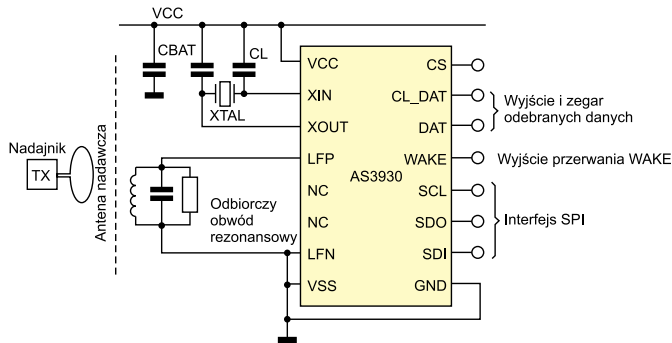
cewka odbiornika 125 kHz. Układ ten w stanie czuwania pobiera zaledwie 700 nA, może być budzony sygnałem radiowym 125 kHz lub sygnałem z akcelerometru (informacja, że koło się obraca).

Kolejny przykład to SL900A (prod. IDS Microchip, Szwajcaria), który można zaliczyć do kategorii półaktywnych, telemetrycznych układów RFID. Schemat blokowy SL900A przedstawiony jest na **rysunku 55**. Podstawowym zadaniem układu jest pomiar i rejestracja temperatury, a po dołączeniu dodatkowych czujników może rejestrować także inne parametry środowiska. Podczas cyklu pomiarowo-rejestracyjnego układ zasilany jest z baterii, a pobór prądu wynosi od 0,5  $\mu$ A w stanie spoczynku do 150  $\mu$ A w czasie pomiaru. Jeżeli antena układu znajdzie się w zasięgu pola elektromagnetycznego czytnika, to pozyskiwana jest dodatkowa energia, umożliwiającą uruchomienie bloku radiowego AFE (Analogue Front End), pracującego w zakresie częstotliwości 860...960 MHz. Za pośrednictwem łącza radiowego można odczytać wyniki, a także konfigurować parametry rejestracji (częstotliwość pomiarów, progi alarmowe). Maksymalna szybkość transmisji z transpondera do czytnika wynosi 640 kb/s, a z czytnika do transpondera 160 kb/s. Format danych jest zgodny ze standardem EPC Gen2. Firma IDS Microchip ma w ofercie także współpracujące z SL900A układy czytników: R901G i R902DRM. Dla zakresu częstotliwości 13,56 MHz przeznaczony jest bardzo podobny zestaw układów: SL13A (rejestrator/transponder) i R13MP (czytnik).

Układy ADF7020, ADF7023 (Analog Devices) są w zasadzie transceiverami ogólnego przeznaczenia na pasma 868/915 MHz. Jednak producent szczególnie poleca te układy do aplikacji wykorzystujących protokół M-Bus. Parametry toru radiowego transceiverów ADF702x są specjalnie dobrane pod kątem dostosowania do wymagań normy EN13757-4. Chodzi tu między innymi o szerokość kanału i precyzję wyboru częstotliwości, rodzaj modulacji, budżet łącza.



Rysunek 55. Rejestrator temperatury RFID typu SL900A



Rysunek 56. Odbiornik budzący AS3930

W notach aplikacyjnych producent prezentuje przykładową realizację miernika zużycia wody, bazującego na transceiverze ADF7023 oraz specjalizowanym mikrokontrolerze pomiarowym z rodziny ADE51xx. Transceiver ADF7020 jest zintegrowany z mikrokontrolerem RISC, co umożliwia budowę miernika o jeszcze prostszej konfiguracji. Oferowany przez firmę program narzędziowy *ADISIMSRD Design Studio* umożliwia symulację w czasie rzeczywistym oraz optymalizację projektu toru radiowego, zbudowanego z układów rodziny ADF7xxx.

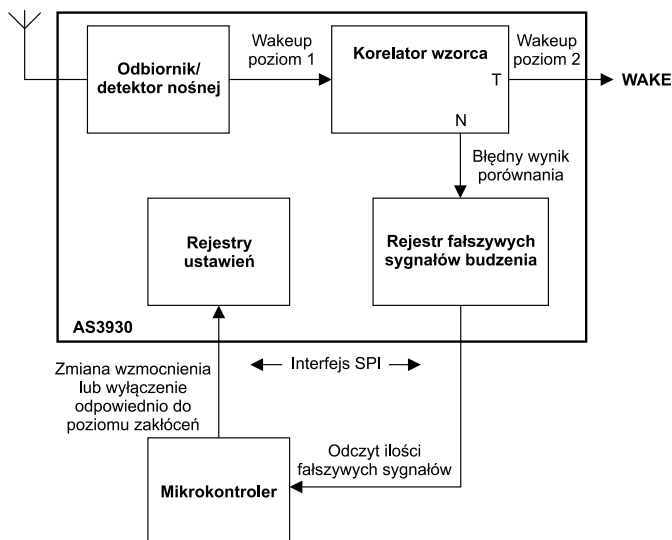
### Układy radiowe Austria Microsystems

Firma Austria Microsystems ma bardzo bogatą ofertę układów przeznaczonych do energooszczędnej łączności radiowej. Rozwiązania konstrukcyjne i parametry niektórych układów są na tyle interesujące, że zasługują na oddzielną prezentację.

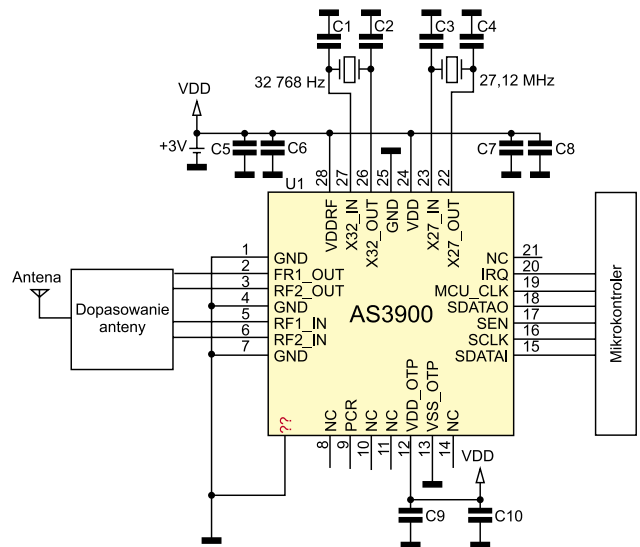
**Odbiornik budzący (Wakeup receiver) AS3930.** Na rysunku 56 przedstawiony jest schemat aplikacyjny z generatorem stabilizowanym kwarem. Jeżeli wejście XIN zostanie dołączone do Vcc, a XOUT pozostawione wolne, to układ będzie pracował z wewnętrznym generatorem RC. Odbiornik pracuje na częstotliwości 125 kHz i charakteryzuje się ekstremalnie niskim poborem prądu:

- w stanie hibernacji: 400 nA,
- w stanie aktywności (nasłuchu) odbiornika: 3,5 µA (generator kwarcowy) 2,7 µA (generator RC),
- w stanie przerywanego nasłuchu, z cyklem aktywności 11% : 1,37 mA (generator RC jako RTC),
- w trybie odbioru danych (1 kb/s): 5,3 µA.

Po wykryciu preambuły (nośnej modulowanej ASK) układ korelatora analizuje odbierany ciąg bitów pod kątem zgodności z zapisanym wzorcem. Jeżeli odebrana sekwencja jest poprawna, to generowane jest przerwanie na wyjściu WAKE - sygnał budzenia dla



Rysunek 57. Optymalizacja parametrów odbiornika AS3930 w zależności od poziomu zakłóceń

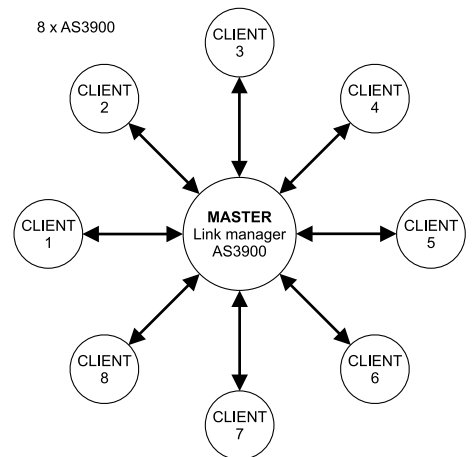


Rysunek 58. Schemat aplikacyjny transceivera AS3900

MCU. Poprzez port SPI mikrokontroler może zaprogramować jeden z kilku trybów pracy odbiornika, np. budzenie od razu po wykryciu nośnej, programowanie długości preambuły, opcjonalne kodowanie Manchester, cykliczny tryb aktywności. Można też wykorzystać odbiornik do klasycznej transmisji danych z prędkością 0,5 do 4 kb/s (kodowanie Manchester). Odebrane dane pojawiają się na wyjściu DAT, a odtworzony sygnał zegarowy – na wyjściu CL\_DAT. W trybie budzenia kodem wzorcowym dostępną jest dodatkowa funkcja: licznik fałszywych sygnałów budzenia. Schemat wykorzystania licznika przedstawia rysunek 57. Jeżeli poziom zakłóceń jest wysoki, to rejestr zapamięta znaczną ilość odebranych sygnałów niezgodnych z wzorcem. Mikrokontroler może w określonych odstępach czasu sprawdzać stan licznika i podejmować odpowiednie działania: na przykład zmniejszyć wzmocnienie lub czasowo wyłączyć odbiornik.

W ofercie producenta jest cała gama odbiorników budzących, na przykład AS3931 i AS3933 - odbiorniki 3-kanalowe na zakres 15-150 kHz.

**Transceiver 27 MHz AS3900.** Układ umożliwia łączność w rzadko stosowanym do cyfrowej transmisji danych paśmie CB 27,12 MHz, z modulacją FSK. Transceiver AS3900 zasilany jest napięciem 2,2 do 3,6 V i pobiera 3,9 mA w trybie odbioru oraz 7,6 mA w trybie nadawania (10 dBm). Szybkość transmisji jest programowana w zakresie 26,5 do 212 kb/s. Typowy zasięg transmisji z miniaturową anteną wynosi od 1,2 m przy mocy nadajnika 0 dBm do 2,5 m przy 10 dBm. Schemat aplikacyjny jest typowy dla układów radiowych (rysunek 58) i zawiera tylko kilka elementów zewnętrznych. Opis pinów 12 (VDD\_OTP) i 13 (VSS\_OTP) sugeruje, że wewnątrz jest energooszczędny mikrokontroler lub inny układ programowalny z pamięcią OTP, lecz w dokumentacji producenta brak bliższych informacji na ten temat. Antenowy układ dopasowujący zależy od rodzaju zastosowanej anteny, w obszernej notcie aplikacyjnej producent omawia różne typy miniaturowych anten



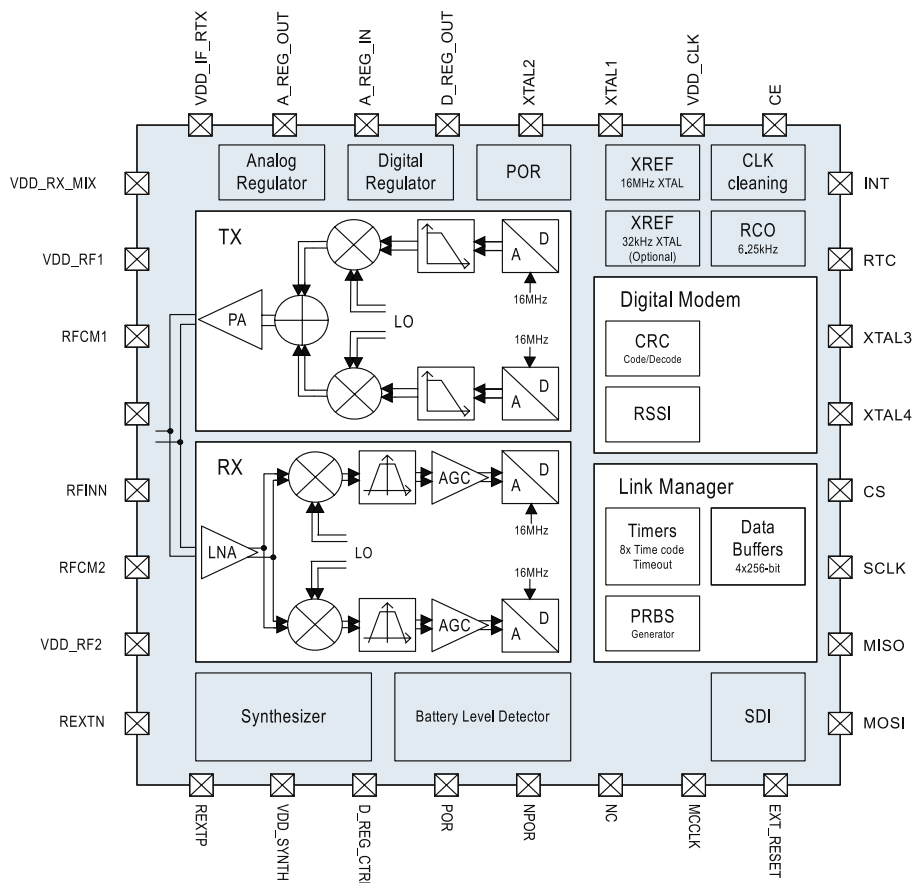
Rysunek 59. Sieć lokalna zarządzana przez AS3900

na zakres 27 MHz (pętlowe, ferrytowe, ze sprzężeniem pojemnościowym). Transceiver jest wyposażony w rozbudowany system oszczędzania energii. W trybie Standby uruchamiany jest dodatkowy odbiornik wykrywający obecność fali nośnej, pobierający jedynie 2,5  $\mu\text{A}$ . Odbiornik ten po wykryciu nośnej z modulacją OOK uruchamia główny układ odbiorczy. Bardzo istotny w układach energooszczędnych jest krótki czas budzenia układu : 250  $\mu\text{s}$ .

Ciekawą funkcjonalnością układu AS3900 jest wbudowany własny protokół sieciowy *Star Network*. W układzie skonfigurowanym jako Master, wbudowany system *Link Manager* może zarządzać siecią zawierającą do 8 węzłów (**rysunek 59**). W procedurze konfigurowania (*pairing*) do każdego klienta zostaje przypisana szczelina czasowa, a w układach Slave jest programowany odpowiedni harmonogram budzenia. W skonfigurowanej sieci rola mikrokontrolerów nadrzędnych w urządzeniach Master i Slave ogranicza się do zapisania / odczytania danych z bufora. Przy nadawaniu *Link Manager* automatycznie sformuje pakiet, dodając preambułę, nagłówek z adresem i sumę CRC, a następnie wyśle pakiet do adresata. Analogicznie przy odbiorze – po dekompozycji pakietu MCU otrzymuje jedynie użyteczne dane oraz adres nadawcy.

Producent informuje, że ze względu na niską częstotliwość roboczą i małą moc, transceiver AS3900 ma stosunkowo niewielki wpływ na organizm człowieka. Może to być jedna z pierwszych realizacji praktycznych dla powstającej dopiero specyfikacji IEEE802.15.6. *Body Area Network*, dotyczącej systemów łączności radiowej, pracujących wewnątrz i w bezpośrednim otoczeniu ciała ludzkiego.

**Transceiver 2,45 GHz AS3940.** Układ ten posiada wszystkie funkcje opisanego powyżej AS3900, lecz rozbudowane o dodatkowe możliwości, wynikające z wyższej częstotliwości nośnej. Szybkość transmisji wynosi 250, 1000 lub 2000 kb/s w trybie sieciowym *burst*, oraz do 1000 mb/s w trybie ciągłym, zarządzanym przez MCU. Ze względu na szybkość, układ ma 4 bufory po 256 bitów ( $2 \times \text{RX}$  i  $2 \times \text{TX}$ ). System *Link Manager* ma możliwość adaptacyjnego wyboru kanałów oraz pseudolosowego definiowania szczelin czasowych, co zmniejsza ewentualne interferencje z sieciami WLAN lub Bluetooth. Dostępnych jest kilka harmonogramów cyklicznej łączności



Rysunek 60. Schemat blokowy transceiwera AS3940

w trybie sieciowym, zoptymalizowanych pod kątem zużycia energii, praca z potwierdzaniem odbioru i automatyczną retransmisją. Według danych producenta, przy przesyłaniu krótkich pakietów danych z częstotliwością co kilka sekund, średni pobór prądu transceiwera będzie na poziomie 5...12  $\mu\text{A}$  (obsługa oszczędnych trybów pracy i administracji sieci) plus energia zużyta na transmisję danych użytecznych (*payload data*). Schemat aplikacyjny transceiwera AS3940 jest bardzo podobny do przedstawionego wcześniej dla AS3900, a schemat blokowy układu AS3940 prezentuje **rysunek 60**. Można zauważyć, że transceiver jest bogato wyposażony w układy peryferyjne.

Więcej informacji na temat prezentowanych układów, a także o innych układach radiowych Austria Microsystems można znaleźć na stronie producenta [www.austriamicrosystems.com](http://www.austriamicrosystems.com)

Jacek Przepiórkowski

R E K L A M A

www.automatykaonline.pl



POMAGAMY  
WYNALAZCOM!