

# SMAC

## Łączność bezprzewodowa – to proste

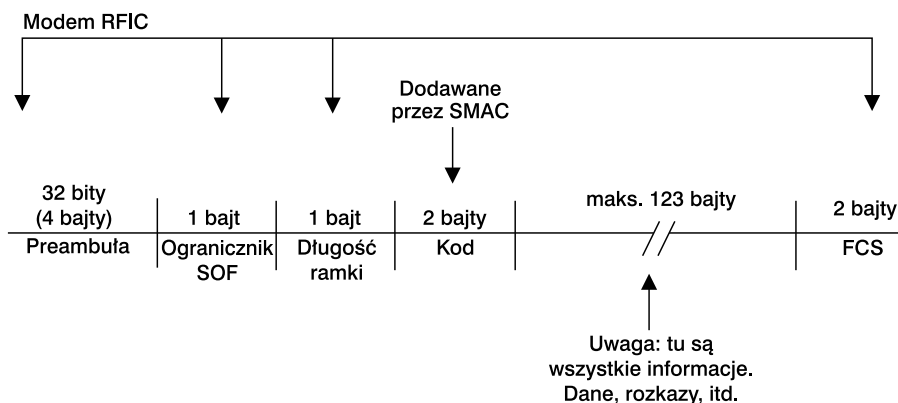


Inżynierowie zajmujący się systemami wbudowanymi wiedzą, że rynek zastosowań tanich i prostych czujników bezprzewodowych gwałtownie się rozrasta, szczególnie na obszarach sterowania, monitorowania, łączności i zbierania danych. Mogłoby się wydawać, że posiadanie stosu sieci bezprzewodowej, który spełnia cele postawione sieci, załatwia sprawę – niestety tak nie jest. Żyjemy w czasach istnienia bardzo konkurencyjnego rynku, kiedy kilka centów może zadecydować o wyborze dokonywanym przez klientów. Dlatego firma Freescale opracowała i wspiera bezpłatny (freeware) stos dla produktów Freescale, który może współistnieć z protokołami MAC (Media Access Control) i ZigBee. Ten stos to jest prosty MAC lub SMAC.

SMAC jest nieskomplikowanym protokołem softwarowym, opartym na protokole IEEE 802.15.4, zaimplementowanym tak, by pracował z transceiverami Freescale sterowanymi 8-bitowymi mikrokontrolerami (MCU). W założeniu ma być stosowany do szybkiego opracowywania nowych produktów i testowania zbudowanych na nich systemów. W SMAC nie zaimplementowano ani całego stosu ZigBee, ani kompletnej warstwy 802.15.4, ale jest za to prostym i łatwym do użycia protokołem. Dobrym przykładem pokazującym co potrafi SMAC jest tania aplikacja wymagająca podstawowych poleceń takich, jak: wyślij, odbierz, ustaw moc i ustaw kanał.

### Cechy i właściwości

SMAC jest najtańszym rozwiązaniem, jakie może być użyte w transceiverach i scalonych systemach takich, jak MC1319x, MC1320x



Rys. 1. Struktura pakietu SMAC

i MC1321x. Obsługuje sieci skonfigurowane w gwiazdę i połączenia P2P (peer-to-peer), ale możliwa jest również bardziej złożona konfiguracja z własnymi warstwami sieciowymi i węzłami regeneracyjnymi (repeater). Integracja SMAC z oprogramowaniem BeeKit sprawia, że czas opracowania projektu jest krótki i efektywnie wykorzystany. SMAC jest napisany w języku ANSI C i ukierunkowany na rdzeń HCS08. Zawiera kod źródłowy i jest dystrybuowany razem z BeeKit bez żadnych dodatkowych kosztów.

### Przenośność i rozmiar

SMAC jest tak mały, że mieści się w pamięci o rozmiarze 4...8 kB. Końcowa wielkość SMAC zależy od wszystkich dodatkowych elementów, które są dołączone do kodu. Inną wielką zaletą wynikającą z małego rozmiaru kodu to możliwość wykorzystania do pracy pakietu CodeWarrior w wersji Special Edition. Ta wersja jest dostępna bezpłatnie i może kompilować do 32 kB kodu. Kod jest napisany w C, więc jest łatwy do przeniesienia na inne platformy, jak np. 16-

i 32-bitowe procesory i sterowniki sygnałów cyfrowych (DSC).

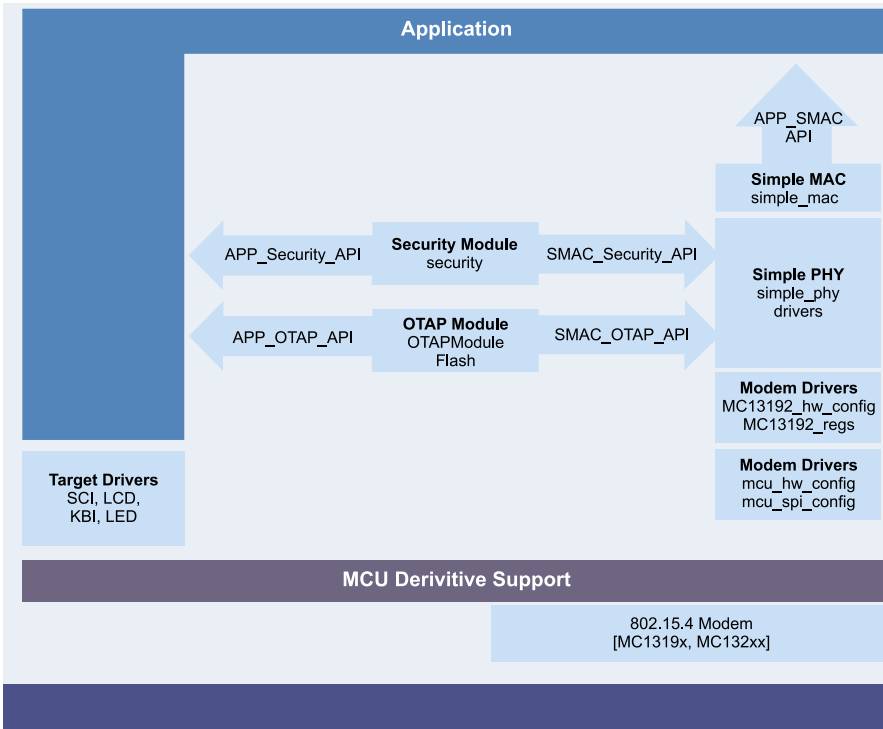
### Architektura oprogramowania

Zasadniczo SMAC może być określony jako sterownik między transceiverem a MCU. Zawiera również funkcje inicjalizacji MCU (MCUInit) i urządzeń peryferyjnych, takich jak: interfejs szeregowy SCI, wyświetlacz ciekłokrystaliczny LCD, interfejs debugera jądra KDI i diod LED oraz moduły związane z bezpieczeństwem i programowaniem bezprzewodowym OTAP (Over The Air Programming). Warstwa SMAC stanowi połączenie pomiędzy aplikacją a rdzeniem SMAC.

### Polecenia SMAC

Kilka najważniejszych rozkazów SMAC to:  
**Nadawanie** – `MCPSDataRequest` jest funkcją blokującą, służącą do nadawania pakietów. Należy podać wskaźnik do poprzednio utworzonego pakietu.  
**Odbiór** – `MLMERXEnableRequest` i `MLMERX-`

Tab. 1. SMAC w liczbach		
	Pamięć (Flash, RAM)	
	min	max
Tylko SMAC	2,52 kB, 6B	4,36 kB, 12 B
Moduł bezpieczeństwa	0,1 kB, 3B	0,15 kB, 3B
Moduł OTAP	2,3 kB, 318 B	2,57 kB, 461 B
	Połączenia (wyprowadzenia MCU)	
	min	max
Połączenia transceivera	5	7
Wspomaganie w.cz.	0	4



Rys. 2. Architektura oprogramowania

*DisableRequest* służą do aktywacji/blokowania odbioru przez transceiver. Tej funkcji można przekazać parametr *timeout*, określający przez jaki czas należy oczekiwać na odbiór.

*MCPSDataIndication* to funkcja wywoływana zwrotnie, wykonywana za każdym razem po poprawnym odbiorze pakietu lub wystąpieniu przekroczenia czasu. Ponieważ funkcja działa w czasie przerwania, więc zaleca się wykonywać ją tak szybko, jak to jest możliwe.

### Pomiar i zarządzanie energią

*MLMEEnergyDetect* i *MLMELinkQuality* mogą być wykorzystane do pomiaru energii w kanale, wyrażonej w decybelach (dBm), przed i po nadaniu pakietu. Te polecenia można wykorzystać do realizacji algorytmu CCA (*Clear Channel Assessment*) i procedury efektywnego określania mocy w dBm wymaganej do nadawania do pobliskiego urządzenia.

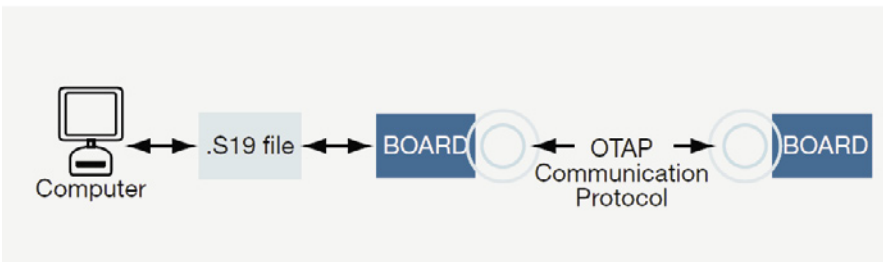
*MLMEMC13192FEGainAdjust* jest stosowana do korygowania interpretacji poprzednich funkcji, by były dokładniejsze. Dokładne odczyty pomagają określić czy urządzenie jest blisko czy daleko.

*MLMEMC13192PAOutputAdjust* ustala poziom mocy wykorzystywanej do nadawania pakietu. Ta moc może zostać zmieniona w dowolnej chwili.

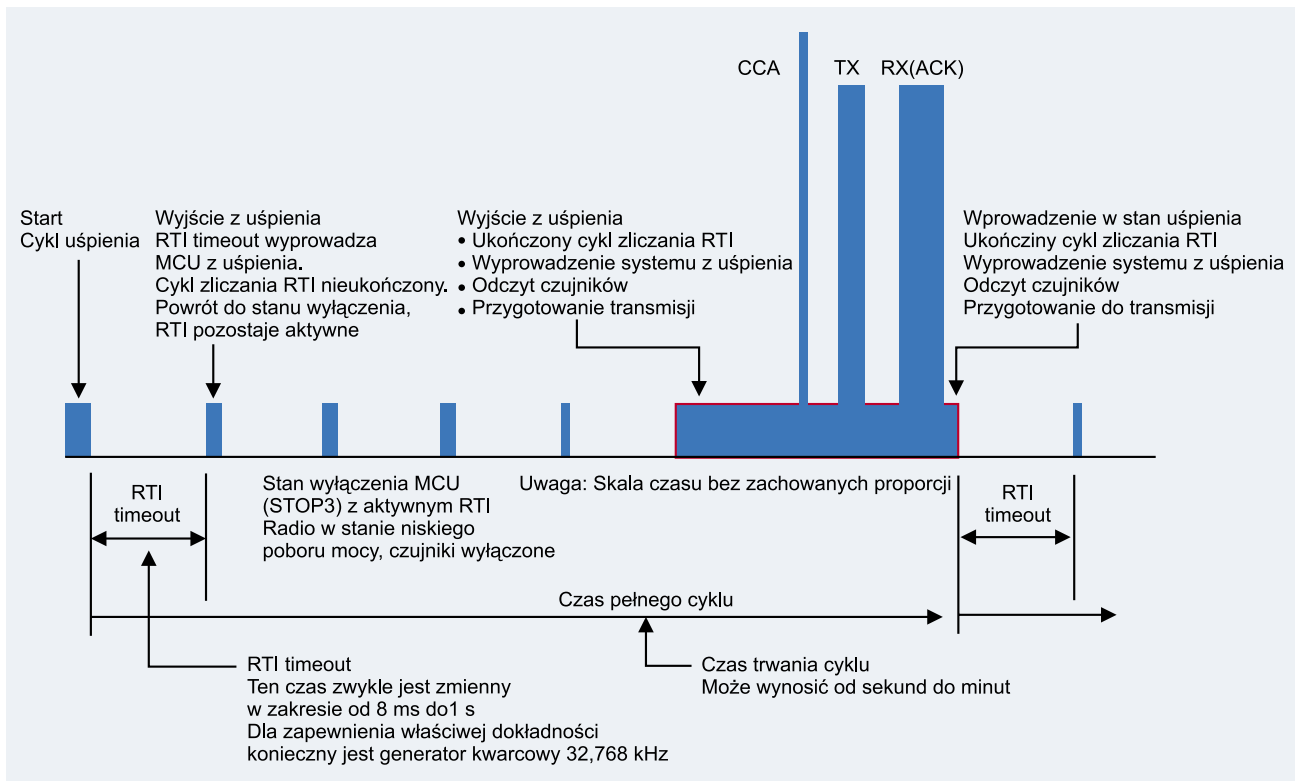
### Minimalizacja poboru mocy

*MLMEHibernateRequest* i *MLMEDOzeRequest* ustawiają transceiver w trybie niskiego poboru mocy – w stanie hibernacji o najniższym możliwym poborze mocy.

*MLMEWakeRequest* wyprowadza transceiver z trybu niskiego poboru mocy. Niektóre tryby



Rys. 3. Proces programowania bezprzewodowego (OTAP)



Rys. 4. Typowy profil węzła bezprzewodowego

wymagają wybudzenia wewnętrznego zegara MCU.

Te polecenia umożliwiają stworzenie małej, dostosowanej do konkretnych wymagań warstwy sieciowej pozwalającej zarządzać kilkoma urządzeniami i typami wiadomości. Można nawet stworzyć własny CCA lub algorytm wyboru najlepszego kanału. Istnieje również wiele dodatkowych możliwości, jak np. integracja kilku funkcji (CCA+TX+ACK).

### Aplikacje i moduły

**Programowanie bezprzewodowe (OTAP).** Funkcje OTAP jako bezprzewodowy *bootloader* pozwalają pamiętać firmware, wybierać urządzenie sieciowe i jednym kliknięciem uaktualniać jego firmware. Ta aplikacja może zostać rozbudowana o dodatkowe funkcje, takie jak wykonywanie kopii zapasowej aplikacji lub pobieranie danych (zmierzonych przez czujniki lub innych danych pamiętanych w pamięci Flash).

**Regeneratory.** Jeżeli aplikacja jest związana z dużymi odległościami, a użytkownik nie chce

używać zewnętrznych elementów, to można zastosować inteligentny regeneratory dla zwiększenia zasięgu. Jeżeli urządzenie wykryje sygnał potwierdzający od odbiorcy, to pakiet nie zostanie powtórnie wysłany. Regeneratory można usprawnić i stworzyć prosty ruter do zarządzania siecią.

### Tryb mieszany

SMAC używa 2 bajtowego kodu dla nadawania i odbioru pakietów (rys. 1). Za każdym razem, gdy pakiet jest otrzymany, SMAC pozbywa się wszystkich tych pakietów, które nie zawierają tych bajtów kodu i akceptowania pakietów zgodnych ze stosem ZigBee i 802.15.4 MAC/PHY, co czyni go bardzo uniwersalnym.

**Bezpieczeństwo.** SMAC zapewnia bezpieczeństwo wykorzystując predefiniowany klucz i operację XOR. To może nie wyglądać na skomplikowany algorytm, ale ponieważ dostępny jest kod źródłowy, więc użytkownik może wprowadzić własną metodę zapewnienia bezpieczeństwa.

**Wskazówki.** Przez większość czasu urządzenia ZigBee i 802.15.4 znajdują się w trybie niskiego poboru mocy, co jest również korzystne z punktu widzenia SMAC. W MCU można stosować tryb niskiego poboru mocy, jak np. Stop 3, i wykorzystywać przerwy w czasie rzeczywistym (RTI), by wyprowadzić układ z uśpienia w określonym czasie. Transceiver może być w stanie hibernacji w okresach uśpienia i wybudzać się na czas aktywności. CCA można zastosować do wykrywania poziomu pobieranej mocy w celu określenia czy należy nadawać, czy nie. W czasie aktywności urządzenie może wysłać swój unikatowy identyfikator (ID) i dane z czujnika przetworzone w konwerterze ADC. Jeśli cykl aktywności jest dobrze opracowany, to bateria w systemie może przetrwać przez kilka lat.

SMAC pozwala zrealizować cały szereg rozmaitych aplikacji. Użytkownik jest ograniczony tylko swoją własną kreatywnością.

**Gonzalo Delgado Huitrón  
and Jaime Herrero Gallardo**

R E K L A M A

# Zestawy startowe

[www.sklep.avt.pl](http://www.sklep.avt.pl)

#### AVT701 Rezystory - 660 szt.

Rezystory przewlekane 0,125 - 0,25 W

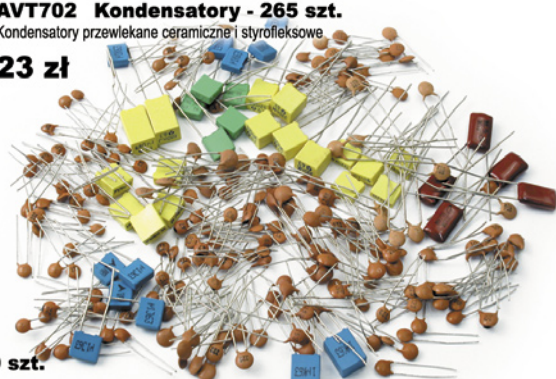
16 zł



#### AVT702 Kondensatory - 265 szt.

Kondensatory przewlekane ceramiczne i styrofoksowe

23 zł



#### AVT703 Kondensatory elektrolityczne - 100 szt.

Kondensatory elektrolityczne przewlekane

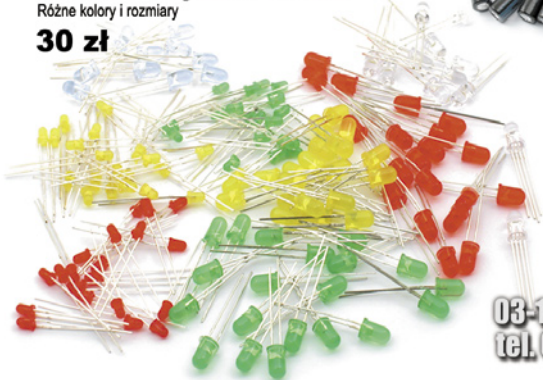
25 zł



#### AVT719 Diody LED - 142 szt.

Różne kolory i rozmiary

30 zł



#### AVT705 Elementy mechaniczne - 600 szt.

Sruby, nakrętki i podkładki w rozmiarze od 2,5 do 4 mm.

22 zł



AVT-Korporacja Sp. z o.o.,  
03-197 Warszawa, ul. Leszczynowa 11  
tel. 022 257 84 50, fax 022 257 84 55,  
e-mail: handlowy@avt.pl