

# Czujniki bezprzewodowe

## Nowe sposoby zasilania inteligentnych czujników

*Ludzkość od dawien dawna starała się pozyskiwać energię z otoczenia, czego przykładem są młyny wodne i wiatraki, niegdyś używane do napędzania różnych układów mechanicznych, a współcześnie głównie do napędzania generatorów prądu elektrycznego. W ostatnich latach znacznie rozwinęła się technologia określana mianem energy harvesting. Wynaleziono również efektywne metody gromadzenia ładunku elektrycznego za pomocą superkondensatorów i akumulatorów. Ten zestaw podzespołów koniecznych do stworzenia systemu zasilanego z otoczenia należy jeszcze uzupełnić o układy scalone, które mogą pracować w aplikacjach, gdzie dostęp do energii jest silnie ograniczony.*



Celem projektanta czujnika bezprzewodowego jest minimalizacja pola pod krzywą z rys. 1, gdyż odpowiada ono pobieranej mocy. Moc tę można ograniczyć poprzez zmniejszenie stosunku czasu, gdy mikrokontroler pracuje aktywnie do czasu, gdy znajduje się w stanie czuwania. Dlatego też dużą rolę odgrywa szybkość zastosowanego układu przetwarzającego dane, gdyż im jest on bardziej wydajny, tym czas potrzebny na wykonanie zaimplementowanego algorytmu jest krótszy.

Obecny stopień zaawansowania tych podzespołów oraz ich malejące ceny pozwalają wnioskować, że jesteśmy na etapie, po którym nastąpi błyskawiczny rozwój urządzeń zasilanych energią pobieraną z otoczenia. Nie będą się one ograniczały już tylko do kalkulatorów i zegarków, ale będą powszechnie stosowane w automatyce budynkowej jako elementy systemów bezpieczeństwa, w sterowaniu, rolnictwie, zarządzaniu zasobami, medycynie, czy nawet do monitoringu infrastruktury różnego rodzaju.

fal radiowych. Dzięki wbudowanym zaawansowanym algorytmom zarządzania energią pozwalają na sprawne działanie nawet przy bardzo małym poziomie energii zasilającej.

### Optymalizacja poboru mocy

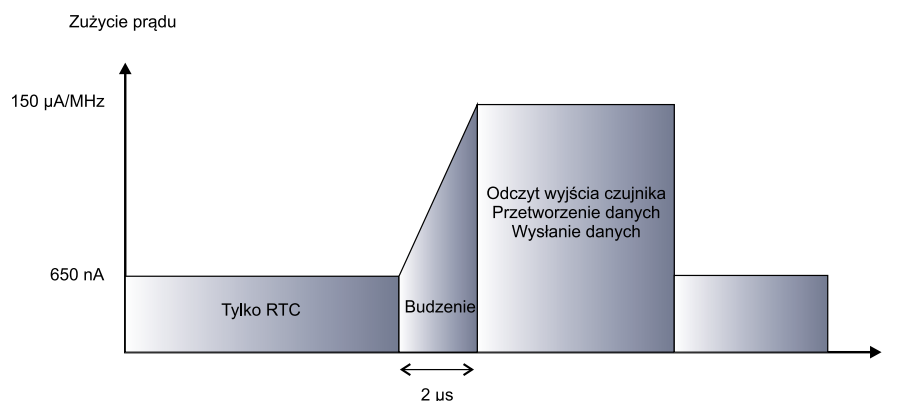
W ostatnich latach producenci mikrokontrolerów i układów do komunikacji bezprzewodowej starali się bardzo zoptymalizować swoje produkty, tak aby jak najbardziej efektywnie zarządzały dostępną energią w takich właśnie aplikacjach, jak sensory bezprzewodowe. Typowy dla takich układów profil poboru mocy pokazano na **rysunku 1**.

### Budzenie mikrokontrolera

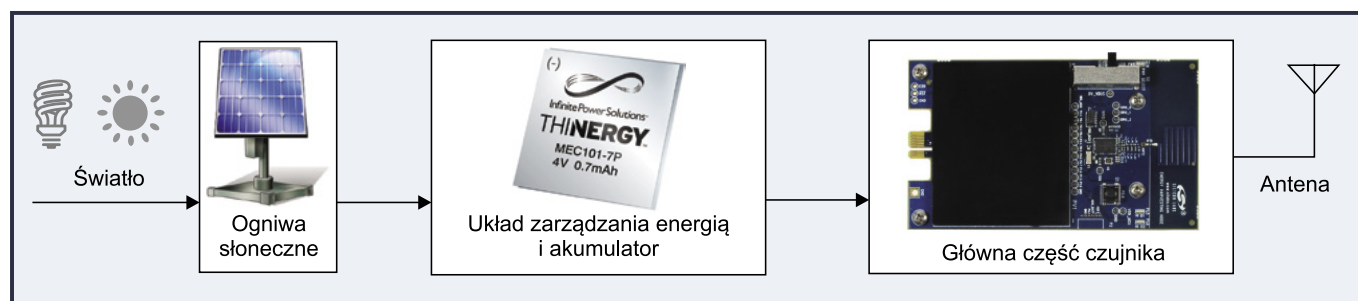
Czujniki bezprzewodowe większość czasu pracy spędzają w trybie uśpienia. Jedynym podsystemem, który pozostaje włączony jest zegar czasu rzeczywistego (RTC). Nie tylko

### Inteligentne czujniki bezprzewodowe

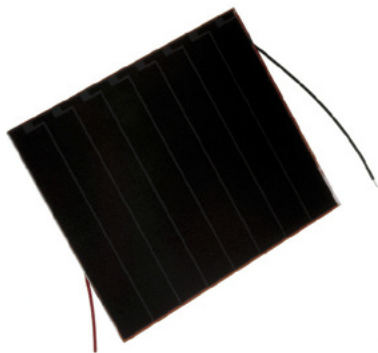
Jednym z najbardziej dynamicznie rozwijających się obszarów zastosowań zasilania z użyciem energii pobranej z otoczenia są inteligentne czujniki. Ze względu na ich wymiary i sposób rozmieszczania trudno je zasilac w inny sposób. Podłączenie do sieci elektrycznej jest często niemożliwe, albo niewygodne. Nierzadko są one bowiem umieszczone w trudnodostępnych lokalizacjach. Co więcej, znacznie utrudnia to możliwość serwisowania i wymiany baterii. Mikrokontrolery instalowane w czujnikach tego typu służą do przetwarzania sygnałów pochodzących z sensorów oraz do obsługi komunikacji z innymi urządzeniami – głównie za pomocą



Rysunek 1. Profil poboru prądu w inteligentnym czujniku bezprzewodowym



Rysunek 2. Zasilanie w typowym urządzeniu typu „energy harvesting”



Fotografia 3. Ogniwo słoneczne typu Sanyo AM-1815

pozwala on poprawnie określać czas i datę, ale także umożliwia wybudzenie sensora zgodnie z ustalonym harmonogramem. Układy RTC o bardzo niskim poborze mocy są często integrowane w mikrokontrolerach i do zasilania wymagają jedynie kilkaset nanoamperów prądu. Czas i częstość wybudzenia powinny zostać jak najbardziej ograniczone po to, żeby zminimalizować pobór mocy. Typowy układ RTC zawiera licznik, który po przepełnieniu generuje przerwanie budzące MCU. W przypadku zastosowania taktowania zegarem 32,768 kHz, 16-bitowy licznik będzie wzbudzał układ co 2 sekundy. Bardzo często korzystniejsze jest więc zastosowanie licznika 32-bitowego, który umożliwia odpowiednio rzadsze budzenie mikrokontrolera.

W typowej aplikacji czujnikowej mikrokontroler jest budzony po to, by zmierzyć jakąś wartość z użyciem przetwornika analogowo-cyfrowego. Ważne jest więc, by wprowadzając układ w stan aktywny, uruchomić nie tylko jego część cyfrową, ale i analogową. Trzeba mieć na uwadze fakt, że w większości mikrokontrolerów czas budzenia przetwornika A/C jest o rząd wielkości dłuższy, niż czas budzenia części cyfrowej. Mikrokontroler przystosowany do aplikacji o małym poborze mocy powinien być w stanie uruchomić część cyfrową i analogową w ciągu kilku mikrose-

kund. Wzbudzony inteligentny czujnik pobiera około 160  $\mu\text{A}/\text{MHz}$  częstotliwości sygnału zegara taktującego. Gdy pomiar zostanie ukończony, zazwyczaj mikrokontroler decyduje czy jego wynik ma być przesłany drogą radiową. W praktyce najczęściej stosuje się transmisję w paśmie ISM. Wymaga ona poboru prądu na poziomie nieprzekraczającym 30 mA przez około milisekundę. Biorąc pod uwagę wartość i czas trwania tego impulsu można powiedzieć, że średni prąd pobierany przez inteligentny sensor mieści się na poziomie kilku-kilkunastu mikroamperów.

### Transmisja radiowa

Jak nietrudno zauważyć, największy pobór prądu w układzie jest powodowany przez transmisję radiową. Minimalizacja czasu komunikacji jest więc kluczowym czynnikiem wpływającym na całkowity pobór mocy przez czujnik. Jednym ze sposobów, by to osiągnąć jest unikanie skomplikowanych protokołów komunikacyjnych, które wymagałyby przesyłania wielu dodatkowych bitów informacji. Należy też wziąć pod uwagę zasięg komunikacji radiowej. Zazwyczaj im większa jest odległość, na jaką mają być przesyłane dane, tym większy prąd wymagany do zasilania stopnia nadajnika. Często dobrym rozwiązaniem jest zastosowanie dynamicznie zmienianego zasięgu, tj. takiego algorytmu sterowania nadajnikiem, który dopasuje parametry transmisji do dystansu i dostępnych zasobów energii.

### Stopień integracji

Kolejnym sposobem ograniczenia zużycia energii przez układ jest zmniejszenie liczby oddzielnych komponentów zastosowanych w urządzeniu. Im jest ich więcej, tym większy sumaryczny prąd pobierany przez układ, rosną również straty. Dlatego warto zastosować mikrokontroler, w którym zintegrowano tak wiele funkcji potrzebnych do pracy czujnika, jak to tylko potrzebne. Co więcej, jeśli w mi-

krokontroler ma wbudowaną przetwornicę DC/DC, to można ją wyłączyć przy przechodzeniu układu w tryb uśpienia. Przykładem takich mikrokontrolerów są układy Si10xx wireless MCU firmy Silicon Labs. Nadajnik ma maksymalną moc wyjściową 13 dBm, przy zasilaniu z pojedynczej baterii alkalicznej AAA. Dzięki bardzo dużej skali integracji i ekstremalnie niskiemu poborowi prądu, mikrokontrolery z rodziny Si10xx świetnie nadają się do zastosowań w sensorach zasilanych przez inteligentny sensor metodami *energy harvesting*.

### Zarządzanie zbieraniem energii

Ważnym elementem wszystkich urządzeń zasilanych metodami *energy harvesting* jest takie zarządzanie energią, by zapewnić odpowiednią ilość mocy przez cały czas działania układu. Przepływ energii w tego typu czujnikach pokazano schematycznie na **rysunku 2**.

Popularnym źródłem energii w układach tego typu są promienie słoneczne. Jednostka ogniwa słonecznych Sanyo AM-1815 (pokazana na **fotografii 3**) dostarcza około 40  $\mu\text{A}$  prądu, gdy natężenie oświetlenia go wynosi 200 lx. Warunki takie można uzyskać np. w biurze z oknem, nawet gdy światło słoneczne nie pada bezpośrednio na ogniwo. Prąd powstający w ogniwie płynie do układu zarządzania energią, który gromadzi ładunek w odpowiednim akumulatorze. Ponieważ dostępny prąd jest bardzo mały, konieczne jest przywiązanie dużej wagi do prądu upływu układów zarządzania energią. Najczęściej wartość ta nie przekracza kilku mikroamperów, ale odnosząc tę wartość do 40  $\mu\text{A}$  prądu zasilającego, staje się ona znacząca. Przykładem ogniwa do gromadzenia energii, dobrze sprawdzającego się w takich aplikacjach, jest cienkowarstwowy akumulator litowy MEC101-7SES firmy Infinite Power Solutions (**fotografia 4**). Pozwala on zgromadzić 0,7 mAh energii, co jest wartością wystarczającą dla wielu inteligentnych czujników bezprzewodowych. Ponadto, ma jedynie 170  $\mu\text{m}$  grubości. Biorąc pod uwagę parametry pozostałych omówionych komponentów i warunki oświetlenia, pełne naładowanie takiego akumulatora zajmie około 17,5 godziny.

### Mikrokontroler

Tworząc inteligentny czujnik bezprzewodowy zasilany energią słoneczną trzeba jeszcze wybrać mikrokontroler sterujący jego pracą. Dobrym wyborem będzie układ Silicon Labs Si1012 wireless MCU, gdyż cechuje się ekstremalnie niskim zużyciem energii, a jednocześnie pozwala na wydajną komunikację radiową. W układzie tym wbudowano programowalny nadajnik i odbiornik pracujący w paśmie ISM. Dzięki dużej skali integracji, nie wymaga montażu żadnych dodatkowych elementów scalonych, a nawet zawiera wbudowany czujnik temperatury.



Lowest Power  
Single Chip Wireless MCU

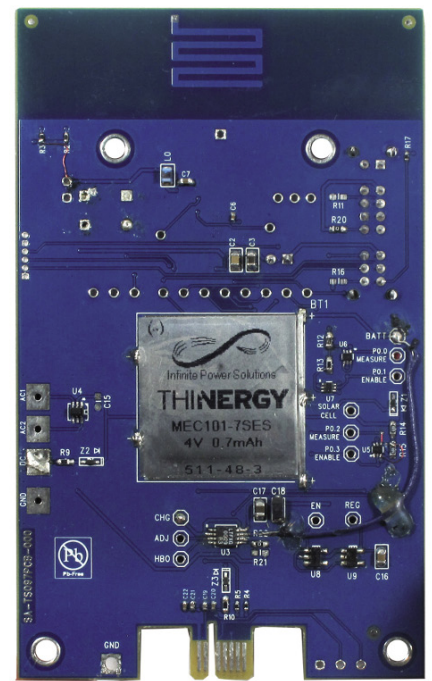
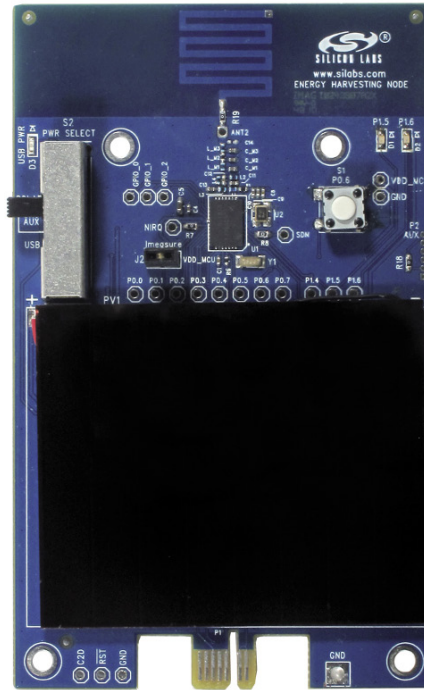


## Jak nie rozładować akumulatora

Bazując na schemacie przedstawionym na rys. 2. głównym problemem jest takie sterowanie czujnikiem, by jego tryb pracy nie powodował zupełnego rozładowywania akumulatora ładowanego z ogniwa słonecznego. Stosując się do omówionych w artykule zaleceń, jest możliwe stworzenie systemu, który średnio będzie pobierał prąd około  $51 \mu\text{A}$  (uwzględniając wszystkie starty prądu w układzie, przy zachowaniu trybu pracy w postaci transmisji co sekundę przez 3 minuty). Zakładając, że cykl transmisyjny będzie powtarzał się co 20 minut, pozwoli to na utrzymanie zasilania czujnika przez 64 godziny, zanim akumulator zostanie zupełnie rozładowany, gdy natężenie oświetlenia padającego na ogniwo słoneczne wynosi 0 lx. Do obliczenia tych wartości wystarczy prosty arkusz kalkulacyjny, w którym zostaną wpisane prądy zasilające, dostępne światło oraz zapotrzebowanie na moc. W wypadku, gdy ilość dostępnego światła jest większa, system może pozwolić na komunikację na większą odległość. W omawianym przykładzie wynosi ona do ok. 100 metrów.

## Inne metody *energy harvesting*

Zamiast ogniwa słonecznego, do zasilania inteligentnych czujników bezprzewodowych mogą być używane różne inne źródła energii, takie jak ciepło, vibracje (z użyciem przetworników piezoelektrycznych) czy choćby energia fal radiowych. W razie konieczności, jest możliwe korzystanie z wielu źródeł energii jednocześnie. Omówione w artykule komponenty do zarządzania zasilaniem, gromadzenia energii, przetwarzania danych i komunikacji z otoczeniem, mogą być stosowane niezależnie od wybranego



Fotografia 4. Cienkowarstwowy akumulator litowy MEC101-7SES zastosowany w zestawie ewaluacyjnym firmy Silicon Labs

źródła prądu. Ponadto, zasady, którymi należy kierować się przy projektowaniu urządzenia tego typu są też identyczne.

## Podsumowanie

Możliwość zasilania urządzeń poprzez pobieranie energii z otoczenia nie tylko zwiększa wygodę posługiwania się czujnikiem, ale także zmniejsza koszty jego użytkowania i obsługi. Wymiana baterii w zamkniętym w szczelnej obudowie czujnika może być kosztowna, szczególnie jeśli znajduje się on w trudno dostępnym miejscu. Dzięki metodom *energy harvesting* staje się możliwe umieszczenie

czujników w takich miejscach, jak np. ściany budynków, dźwigary mostów, a nawet zakopywanie ich pod ziemię czy zalewanie betonem.

Technologie umożliwiające takie postępowanie właśnie teraz stają się szeroko dostępne. Urządzenia do pobierania energii z otoczenia jeszcze nigdy nie były tak zaawansowane, elementy gromadzące energię nie były tak małe i efektywne, a mikrokontrolery sterujące – tak energooszczędne i tanie. Dzięki nim już niebawem inteligentne czujniki bezprzewodowe będą nas otaczały w domach, biurach, szkołach i na dworcach.

**Silicon Labs**

REKLAMA

## Konkurs Silicon Labs i Elektroniki Praktycznej

Firma Silicon Labs organizuje konkurs dla czytelników Elektroniki Praktycznej, w którym nagrodami są trzy zestawy ewaluacyjne ENERGY-HARVEST-RD, produkowane przez Silicon Labs. Każdy z zestawów składa się z modułu inteligentnego bezprzewodowego czujnika oraz kontrolera USB.

Na moduł czujnika składają się m.in.:  
ogniwo słoneczne • akumulator cienkowarstwowy • mikrokontroler Si1012



Moduł zawiera dodatkowe wejście, które umożliwia zasilanie go energią pochodzącą z fal radiowych, nacisku oraz różnic temperatury otoczenia. Wbudowane sensory pozwalają mierzyć temperaturę, natężenie światła i poziom naładowania akumulatora. Zebrane dane są następnie przesyłane bezprzewodowo do kontrolera USB. Dołączone w zestawie oprogramowanie umożliwia prezentację danych w postaci graficznej na komputerze PC. Zestaw ENERGY-HARVEST-RD przeznaczony jest do rozwijania tanich sieci bezprzewodowych czujników, które nie wymagają żadnej obsługi.

Aby wziąć udział w konkursie należy w dniach od 1 stycznia do 31 stycznia 2012 r. wejść na stronę internetową Elektroniki Praktycznej pod adresem: [www.ep.com.pl/konkurs.html](http://www.ep.com.pl/konkurs.html) i odpowiedzieć na znajdujące się tam pytania. Laureaci konkursu zostaną ogłoszeni w marcowym numerze Elektroniki Praktycznej. Więcej informacji na stronach internetowych [www.ep.com.pl](http://www.ep.com.pl).