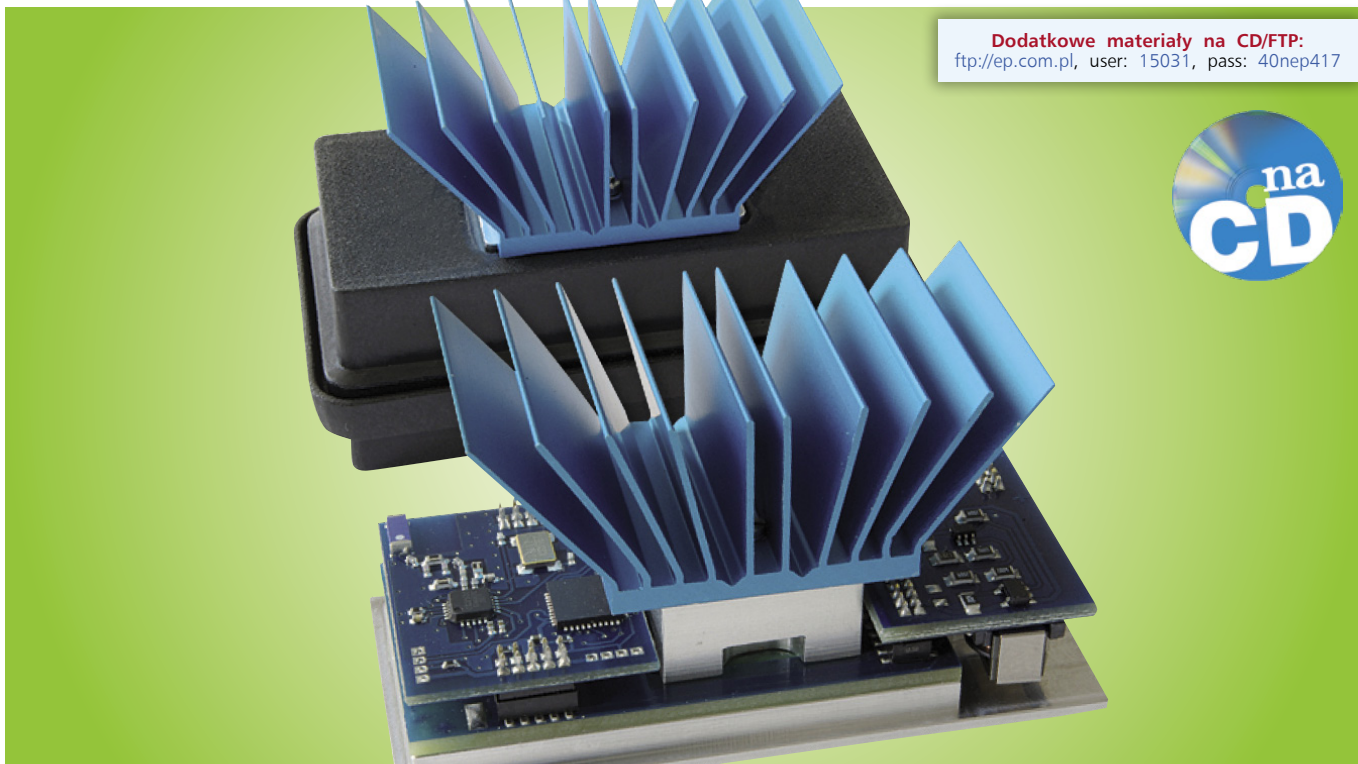


Dodatkowe materiały na CD/FTP:
ftp://ep.com.pl, user: 15031, pass: 40nep417



Przetworniki i przetwornice dla aplikacji energy harvesting (1)

Koszty energii stale rosną, a utrwalająca się tendencja wzrostowa staje się zachętą dla coraz większej liczby producentów podzespołów, którzy wprowadzają do produkcji i sprzedaży wyspecjalizowane układy scalone i inne podzespoły przeznaczone do stosowania w aplikacjach energy harvesting. Inną, szybko powiększającą się grupą elementów przeznaczonych na ten rynek są konwertery energii świetlnej, cieplnej i mechanicznej na energię elektryczną oraz superkondensatory spełniające rolę chwilowych magazynów energii, łagodzących skutki nierównomierności dostaw energii, wynikające z przyczyn naturalnych. W artykule przedstawiamy przegląd podzespołów i konwerterów dla aplikacji energy harvesting, które łączy jedna cecha: dostępność w sprzedaży.

Artykuł jest ukierunkowany na prezentację cech i możliwości podzespołów i przetworników energii produkowanych na masową skalę i dzięki temu dostępnych w sprzedaży. Nie zajmujemy się w nim szczegółowym omówieniem technologii produkcji tych elementów i dokładnemu przedstawieniu ich zasady działania, nie będziemy także zajmować się technologia-

mi – z dzisiejszego punktu widzenia – dalszej przyszłości. Czytelników zainteresowanych tą tematyką zachęcamy do sięgnięcia po Elektronikę dla Wszystkich, w której (dokładnie: w dodatku do EdW pod tytułem Magazyn Elektroniki Użytkowej) zostały przedstawione szczegóły techniczne i technologiczne przyszłościowych przetworników do wytwarzania energii elektrycznej ze

Energy harvesting czyli...

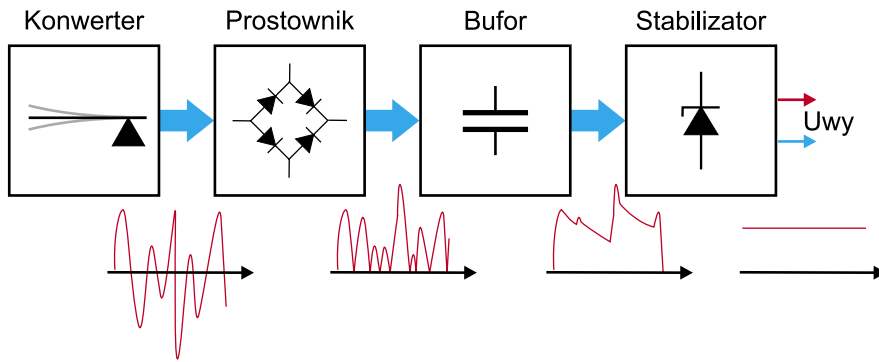
...pozyskiwanie energii lub jej „koszenie” ze źródeł mechanicznych, elektromagnetycznych lub świetlnych występujących w naturalnym otoczeniu. Nie ma jeszcze dobrej polskiej nomenklatury oddającej ducha „harvestingu”

źródeł klasyfikowanych do grupy „energy harvesting”.

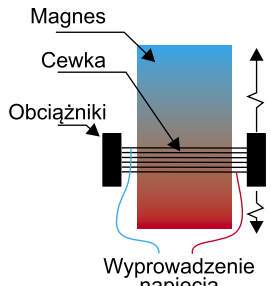
Ze względu na specyfikę energy harvesting, rozwiązania prezentowane w artykule kwalifikują się grona zasilaczy mikro-mocowych (do kilkunastu mW), mogą więc zasilać systemy i urządzenia wykonane wyłącznie na energooszczędnych mikrokontrolerach lub układach programowalnych wyposażonych w mechanizmy wspomagające oszczędzanie energii.

Systemy energy harvesting – jak są budowane

Współczesne technologie umożliwiają produkowanie na masową skalę konwerterów energii mechanicznej, cieplnej i świetl-



Rysunek 1.



Rysunek 2.

nej na elektryczną. Pojawiają się (aczkolwiek nieśmiało) także podzespoły do konwersji wszechobecnego smogu elektromagnetycznego na energię elektryczną, z czym wiążą duże nadzieje m.in. producenci telefonów komórkowych, odtwarzaczy MP3/4 i innych

Rysunek 5.

urządzeń przenośnych, które mają szansę stać się praktycznie niezależne od standardowych źródeł zasilania.

Na **rysunku 1** pokazano schemat blokowy typowego rozwiązania zasilacza z pozyskiwaniem energii z otoczenia. Konwertery energii mechanicznej i elektromagnetycznej zamieniają ją zazwyczaj na prąd lub napięcie przemiennie, w związku z czym wymagają zastosowania systemu prostującego, który – ze względu na prostotę wykonania i wysoką sprawność energetyczną – jest wykonywany jako mostek Graetz'a z diod Schottky'ego. Z wyjścia mostka prostowniczego jest zasilany system buforująco-podtrzymujący, zazwyczaj wykonany z ogniwa LiON, baterii kondensatorów lub – coraz częściej – superkondensatorów.

Łatwo zauważyć, że schematem blokowym – podobnym do pokazanego na rysunku 1 – charakteryzują się także standardowe zasilacze sieciowe. Jedyną różnicą polega na zastąpieniu przetwornika energii przez transformator (tradycyjny lub elektroniczny) dołączony do sieci energetycznej.

Ostatnim elementem toru zasilającego jest stabilizator napięcia, który opowiada za jakość napięcia zasilającego

odbiorniki, dodatkowo (co ma szczególnie duże znaczenie np. w przypadku ogniw słonecznych) jest on często wyposażony w system optymalizacyjny, pozwalający wykorzystywać zawsze w maksymalnym stopniu możliwości elementu zasilającego.

Konwertery energii

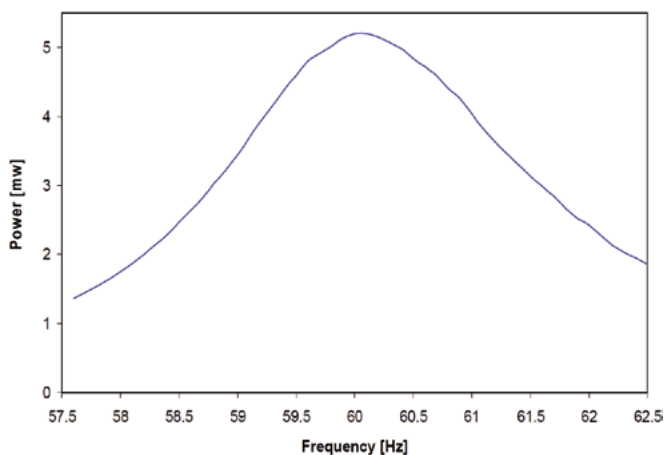
Konwertery energii z różnych źródeł na energię elektryczną są podstawowym elementem systemów zasilających bazujących na koncepcji energy harvesting. Potencjalnie źródeł z których można pobierać energię do zasilania urządzeń elektronicznych jest bardzo wiele, oczywiście pod warunkiem, że mamy ją skonwertować do łatwego w obróbce prądu elektrycznego. W dalszej części artykułu przedstawiamy przegląd konwerterów, modułów zasilających i kompletnych systemów energy harvesting stosowanych we współczesnych aplikacjach, przy czym wybraliśmy takie, które są dostępne w sieciach dystrybucyjnych.

Konwertery elektromagnetyczne

Stosunkowo najstarszą grupą konwerterów energii mechanicznej na elektryczną są przetworniki elektromagnetyczne, które swoją budową przypominają zaawansowane głośniki lub mikrofony (**rysunek 2**): cewka o dużej indukcyjności porusza się pod wpływem drgań mechanicznych w polu magnetycznym wytwarzanym przez silny magnes, w wyniku czego indukuje się w niej siła elektromotoryczna. Konwertery tego typu produkuje kilka firm na świecie (m.in. angielska firma Perpetuum, amerykańska firma Ferro Solutions), ale są to podzespoły przeznaczone dla wyrafinowanych aplikacji przemysłowych (**fotografia 3**), charakteryzujące się maksymalną wydajnością w okolicach rezonansu mechanicznego 50/60 Hz (na **rysunku 4**

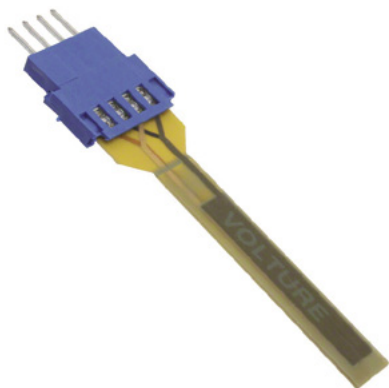


Rysunek 3.



Rysunek 4.



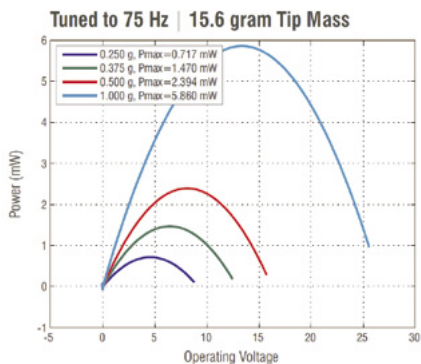


Rysunek 6.

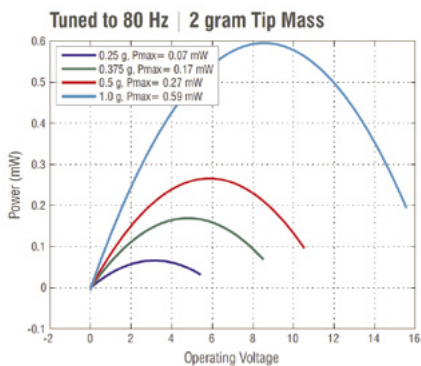
pokazano charakterystykę wydajności przetwornika VEH-460 w wersji amerykańskiej, dostrojonego do 60 Hz). Przedstawiony wykres ilustruje moc wydzielaną w obciążeniu rezystancyjnym o rezystancji 50 kΩ. Moc wytwarzana przez przetwornik VEH-460 jest dość duża, ale jego ciężar (blisko 0,5 kg) i duża objętość (wymary: 68×51×60 mm) powodują, że nie nadają się one do stosowania w aplikacjach mobilnych, co jest cechą charakterystyczną dla wszystkich oferowanych obecnie na rynku elementów tego typu.

Konwertery piezoelektryczne

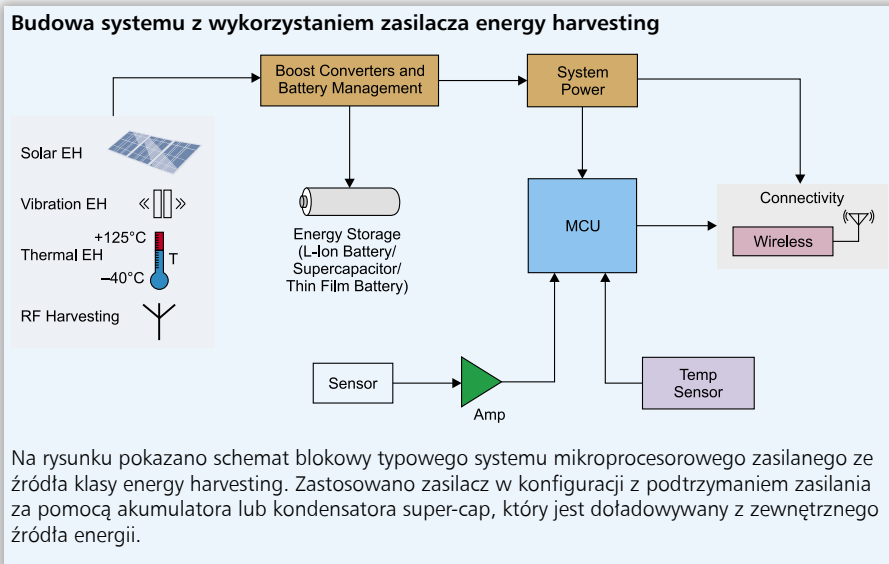
Na podobnej zasadzie działają znacznie lepiej dopasowane gabarytami i ciężarem do aplikacji mobilnych, przetworniki piezoelektryczne. Mają one zdecydowanie mniejszą – od przetworników elektromagnetycznych – objętość, znacznie mniej ważą, ale ich wydajność jest silnie zależna od częstotliwości drgań mechanicznych.



Rysunek 7.



Rysunek 8.



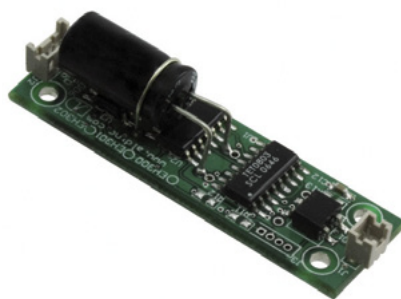
Na rysunku pokazano schemat blokowy typowego systemu mikroprocesorowego zasilanego ze źródła klasy energy harvesting. Zastosowano zasilacz w konfiguracji z podtrzymaniem zasilania za pomocą akumulatora lub kondensatora super-cap, który jest doładowywany z zewnętrznego źródła energii.

Tabela 1. Podstawowe cechy i parametry przetworników piezoelektrycznych dla aplikacji energy harvesting produkowanych przez firmę MIDE

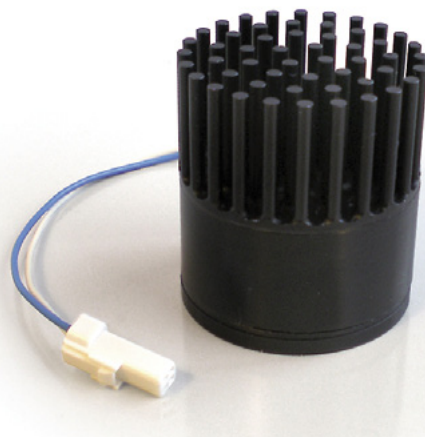
Typ	Zakres częstotliwości pracy [Hz]	Szerokość pasma [Hz]	Wymiary [cale]	Cena dla 1 szt. [USD] w USA bez VAT
V20W	80...175	3	2,00×1,50×0,03	87,50
V25W	60...140	3	2,00×1,50×0,02	87,50
V21B	80...205	3	2,74×0,67×0,032	65
V21BL	45...155	3	3,6×0,67×0,032	65
V22B	120...360	2	1,4×0,24×0,025	50
V22BL	26...110	2	2,5×0,24×0,025	50

Jednym z czołowych producentów łatwo dostępnych przetworników piezoelektrycznych dla aplikacji energy harvesting jest amerykańska firma MIDE, produkująca rodzinę elementów o nazwie Vulture. Dostępne są warianty przetworników różniące się między sobą wymiarami i wynikającą z nich wydajnością, przykłady pokazano na fotografii 5 (model V20W) i 6 (model V22B). W tabeli 1 zestawiono podstawowe parametry przetworników produkowanych przez MIDE, a na rysunku 7 i 8 pokazano charakterystyki pokazujące zależność pomiędzy generowanym napięciem i mocą obydwu (odpowiednio) elementów. W przedstawionych przykładach przetworniki są dostrajane do częstotliwości rezonansowych innych niż naturalne, co wiąże się z dociążaniem drgającego listka za pomocą ciężarek.

Oprócz samych przetworników piezoelektrycznych, firma MIDE oferuje także



Rysunek 9.



Rysunek 10.

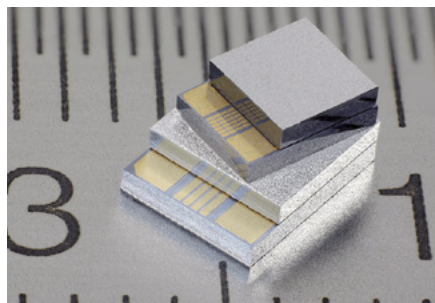


Rysunek 11.

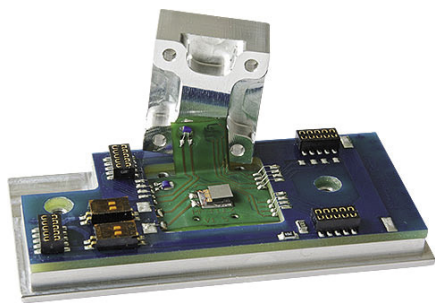
kompletne moduły zintegrowane z przetwornicami i stabilizatorami napięcia, a także konwertery zintegrowane, składające się z przetwornika piezoelektrycznego i krzemowego ogniwa fotoelektrycznego. Są to elementy oznaczone symbolami: SEH20W i SEH25W, bazują na elementach piezoelektrycznych V20W i V25W, dodatkowo wyko-



Rysunek 12.



Rysunek 13.



Rysunek 14.

rzystano w nich ogniwa SCC3766 o napięciu 8 V i prądzie zwarciovym 44 mA.

Alternatywą dla zintegrowanych rozwiązań oferowanych przez firmę MIDE są na przykład moduły zasilające z piezoelektrycznym przetwornikiem energii, oferowane przez niemiecką firmę Smart Material, z których modele EH300 (fotografia 9) oraz EH301 mogą dostarczyć moc do 500 mW i są przystosowane do wielu różnych źródeł zasilania z grupy energy harvesting. Podobne, także łatwo dostępne, rozwiązania dla aplikacji przemysłowych oferują firmy AdvancedCeramics oraz MTC (Morgan Technical Ceramics), ale ceny samych przetworników sięgają setek USD (najtańszy z serii Harvester III – EH-3 Option 60 – kosztuje 379 USD), nie są to więc rozwiązania konkurencyjne dla oferty MIDE.

Konwertery termoelektryczne

Dużym zainteresowaniem cieszy się wśród potencjalnych użytkowników trzeci rodzaj generatorów energii elektrycznej, wykorzystujących zjawisko termoelektryczne. Ich zaletą jest możliwość pracy w środowiskach nieruchomości, „jedynym” wymaganiem jest występowanie dużej różnicy temperatur pomiędzy sąsiadującymi ze sobą ośrodkami. Wartość różnicy temperatur jest parametrem krytycznie wpływającym na wydajność źródeł termoelektrycznych, co w wielu aplikacjach powoduje niemożność ich zastosowania bowiem koszt energetyczny uzyskania w sztuczny sposób odpowiedniej różnicy temperatur jest znacznie większy niż energia możliwa do uzyskania za pomocą ogniwa termoelektrycznego.

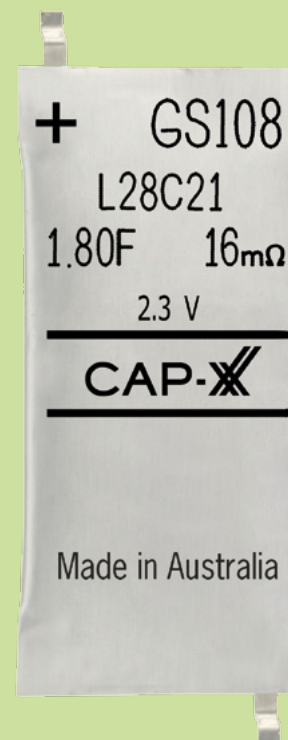
Nie zmienia to faktu, że wiele firm produkuje zarówno ogniwa termoelektryczne jak i kompletne urządzenia zasilane z takich ogniw. Na fotografii 10 jest widoczny moduł o nazwie Perpetua Power Pucks, spełniający rolę termoelektrycznego zasilacza, który powstał w laboratoriach firmy Perpetua. Jego moc dochodzi do 80 mW (przy ciężarze poniżej 60 g), w zależności od potrzeb na jego

wyjściu można uzyskać napięcie o wartości 1,8/2,5/3,0 lub 3,3 V. Na fotografii 11 pokazano kompletny transceiver radiowy firmy Perpetua, zintegrowany z termoelektrycznym źródłem zasilania. Moduł o nazwie Perpetua Sensor Disc spełnia rolę samodzielnego, bezprzewodowego węzła sieci sensorycznej, zgodnego z IEEE802.15.4.

Na fotografii 12 pokazano podobne rozwiązanie – moduł telemetryczny TE-qNODE niemieckiej firmy Micropelt – zasilany z ogniwa termoelektrycznego, które do poprawnego działania potrzebuje różnicy temperatur wynoszącej 5 K. Zastosowane w urządzeniu ogniwo (MPG-D751, produkowane przez Micropelt – fotografia 13) charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami: przy różnicy temperatur wynoszącej (przy założeniu temperatury otoczenia 25°C):

- 15°C moc uzyskiwana na wyjściu ogniwa wynosi 0,8 mW,
- 25°C moc uzyskiwana na wyjściu ogniwa wynosi 2,1 mW,
- 75°C moc uzyskiwana na wyjściu ogniwa wynosi niemal 20 mW.

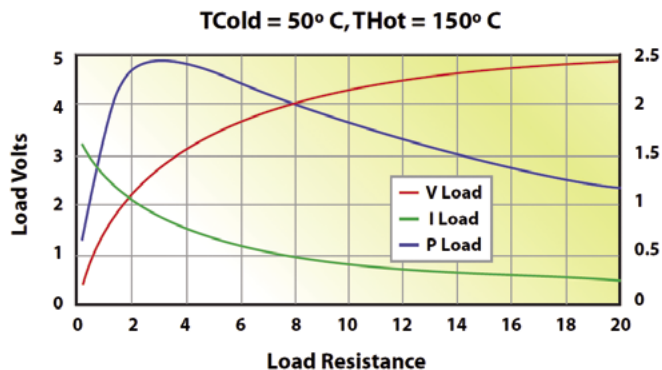
Superkondensatory w skrócie



Superkondensator jest rodzajem kondensatora elektrolitycznego o konstrukcji pozwalającej uzyskać dużą pojemność elektryczną (od kilku do nawet setek faradów), dużą gęstość upakowania mocy, krótki czas ładowania i rozładowania, brak degradacji parametrów przy wielokrotnym rozładowaniu i ładowaniu, wysoka sprawność energetyczna, dużą wartość współczynnika mocy chwilowej do mocy średniej (>1500) oraz długi czas życia. Technologia produkcji superkondensatorów opiera się na wykorzystaniu materiałów porowatych (nawet 2500 m²/g): węgla aktywnych lub aerozeli węglowych.

Tabela 2. Zestawienie najważniejszych cech i parametrów ogniw termoelektrycznych firmy Tellurex

Typ	Wymiary [mm]	Maksymalna temperatura [°C]	Moc wyjściowa przy DT 100°C [W]	Napięcie [VDC]	Cena [USD]
G1-34-0315	34×31×3,3	175	1,5	2,8	35
G1-40-0322	40×40×3,7	175	2,25	2,8	48
G2-30-0313	30×30×3,3	320	2,5	4,3	35
G2-40-0313	40×40×4	320	2,5	4,3	44
G2-35-0315	35×35×3,85	320	2,6	8,6	44
G1-44-0333	44×40×3,2	175	3,3	2,8	65
G1-54-0557	54×49×3,2	175	5,7	4,8	75
G2-40-0329	40×40×3,5	320	5,7	4,2	42
G2-56-0570	56×56×5,1	320	7	5	110
G2-56-0352	56×56×5,1	320	10,8	4,2	115
G2-56-0375	56×56×5,1	320	14,1	4,2	110



Rysunek 15.

Wartość uzyskanych wyników podkreślają niewielkie wymiary ogniwa (strona „zimna”: 0,72×0,72 mm, strona „gorąca”: 0,72×1,47 mm), które musi być jednak wspomagane przez radiator poprawiający wymianę ciepła z otoczeniem (fotografia 14), zwiększający gabaryty źródła zasilania.

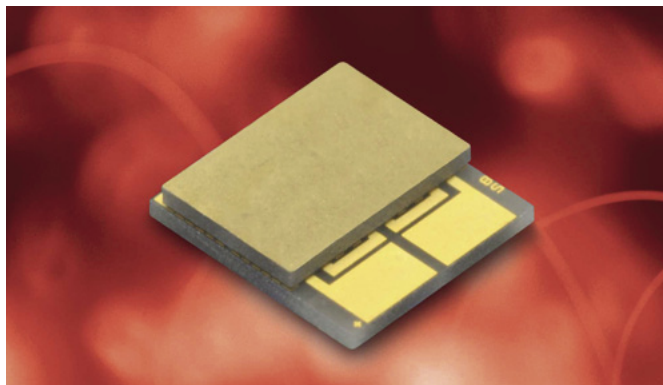
Interesującą – z punktu widzenia elektroników – ofertę ogniw termoelektrycznych ma także firma Tellurex, produkująca miniaturowe (tabela 2) ogniwa o mocy od 1,5 do ponad 14 W przy różnicy temperatur wynoszącej 100°C, przy czym ich ceny, mieszczące się w przedziale od 35 do 115 USD (w USA), pozwalają traktować je jako źródła zasilania możliwe do zastosowania w sprzęcie innym niż do zastosowań specjalnych. Producent zastosował materiał termoelektryczny bazującym na tellurku bizmutu o nazwie Z-Max, który charakteryzuje się doskonałymi parametrami konwersji energii. Na rysunku 15 pokazano charakterystyki elektryczne ogniwa G1-40-0322 o mocy znamionowej 2,25 W.

Nieco inną drogą poszła firma Nextreme, której miniaturowe ogniwa termoelektryczne zoptymalizowano konstrukcyjnie do pracy w środowiskach, w których występują niewielkie różnice temperatur. Na fotografii 16 pokazano wygląd ogniwa termoelektrycznego TEG-HV56, którego rzeczywiste wymiary wynoszą 3,56×3,12 mm, a grubość nie przekracza 0,56 mm. Na rysunku 17 pokazano charakterystykę wydajności tego elementu w funkcji różnicy temperatur, a na rysunku 18 wykresy obciążalności przy stałej różnicy temperatur. Są to – jak widać – obiecujące podzespoły.

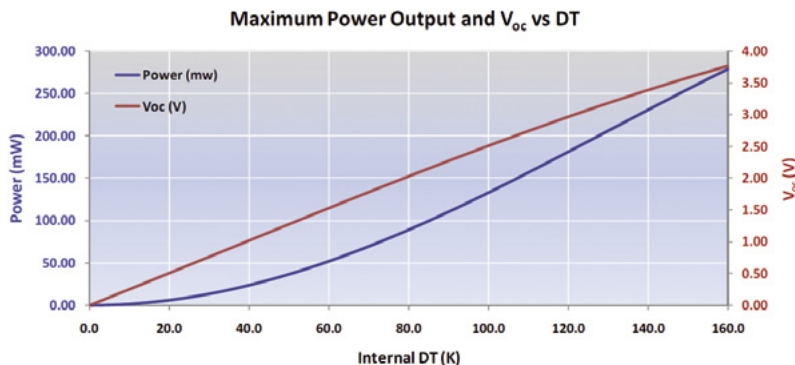
Konwertery energii fal radiowych

Jednym z najłatwiej dostępnych na Ziemi źródeł energii są fale elektromagnetyczne emitowane przez różnego rodzaju nadajniki radiowe, czego nie omieszkali wykorzystać konstruktorzy źródeł zasilających energy harvesting.

Jednym z liderów tego rynku jest firma PowerCast, produkująca kompletne systemy bezprzewodowej dystrybucji zasilania z możliwością lokalnej, bezprzewodowej transmisji danych w pasmach 915

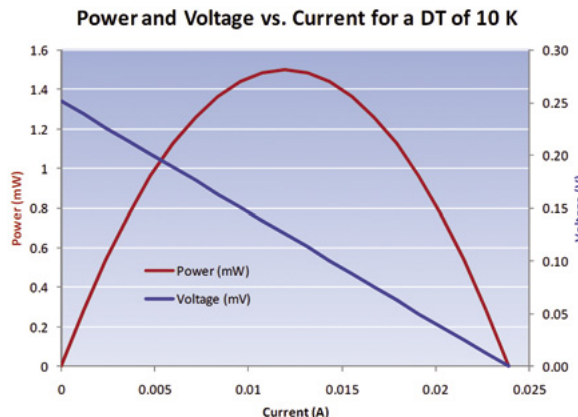


Fotografia 16.



Rysunek 17.

i 868 MHz. Na fotografii 19 pokazano gotowe moduły telemetryczne zasilane bezprzewodowo (czarne pudełko na zdjęciu to „nadajnik” radiowy zasilający moduły telemetryczne). Konstruktorów lubiących samodzielnie budować urządzenia zainteresują układy oferowane przez PowerCast: P1110 (schemat blokowy pokazano na rysunku 20) i P2110, które spełniają rolę konwerterów RF2DC o sprawności dochodzącej do 75%. Na fotografii 21 pokazano widok modułu radiowego wykonanego na transceiverach ISM firmy Microchip, zasilanego bezprzewodowo za pomocą układu P2110 wspomaganego przez super-kondensator firmy Cap-XX.

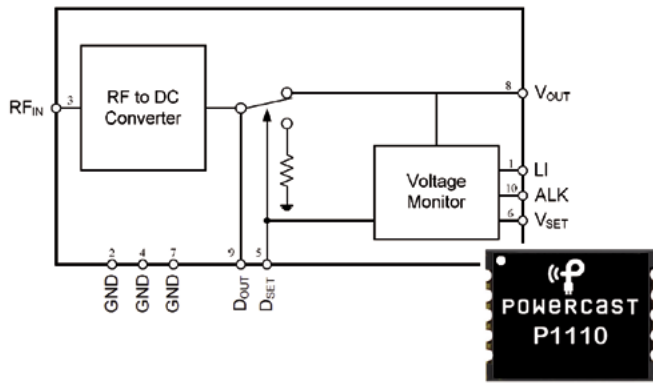


Rysunek 18.

Najbogatszą obecnie ofertę rynkową modułów radiowych zasilanych bezprzewodowo i mogących spełniać rolę uniwersalnych, bezprzewodowych źródeł zasilania, ma niemiecka firma EnOcean. Specjalizacją



Fotografia 19.



Rysunek 20.

deklarowanej energooszczędności zazwyczaj wymagają stosowania źródeł zasilania.

Konwertery fotoelektryczne

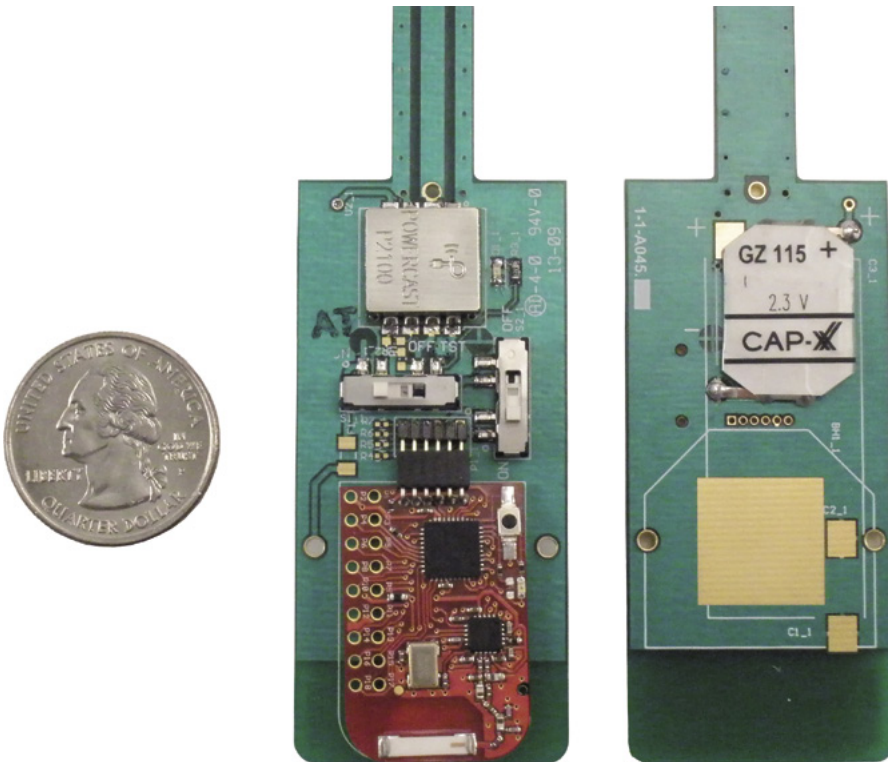
Znana w naszym kraju z produkcji przełączników półprzewodnikowych firma Clare (należy do grupy IXYS) oferuje cztery typy miniaturowych ogniw słonecznych, montowanych w idealnych do aplikacji elektronicznych obudowach SO16 (fotografia 24) lub SO8 (fotografia 25). Ich podstawowe parametry elektryczne zestawiono w tabeli 3.

Interesującą cechą konwerterów firmy Clare jest duża stabilność napięcia wyjściowego w funkcji zmian oświetlenia (rysunek 26), natomiast silnie od natężenia padającego światła zależy wartość prądu zwarciovego (rysunek 27), która niesie informację o maksymalnej mocy dostarczanej do odbiornika. Obydwa rysunki zaczerpnięto z dokumentacji konwerterów CPC1824, ale charakteryzują one całą rodzinę tych elementów.

Elementy produkowane przez Clare są łatwo dostępne, także w naszym kraju, a ich stosowanie nie wymaga od konstruktora żadnych zabiegów montażowych ani konstrukcyjnych, w czym pomaga ich zwarta i standardowa obudowa.

W przypadku gdy w aplikacji konieczne jest zastosowanie źródła zasilającego o większej mocy, można się pokusić o zastosowanie paneli fotoelektrycznych z serii IXOLAR firmy IXYS (zestawienie ich parametrów pokazano w tabeli 4), wśród których są dostępne modele dostarczające moc o wartości nieco ponad 1 W przy ciężarze 22 g i wymiarach 90×79×2 mm.

Łatwo dostępne przetworniki fotowoltaiczne o większej mocy (i oczywiście nieprzenośnych wymiarach) oferuje w wielu sieciach dystrybucyjnych firma Sanyo. Obecnie są dostępne moduły wykonywane w technologii HIT-HD o mocy do 250 W (H250E1), przystosowane do łączenia w zespoły szeregowo-równoległe, co pozwala uzyskać moc zespołu paneli nawet do 3 kW. Dla podobnych obszarów aplikacyjnych – niewielkich elektrowni słonecznych – są dedykowane panele dużej mocy starszych generacji oferowanych obecnie przez Sa-



Fotografia 21.

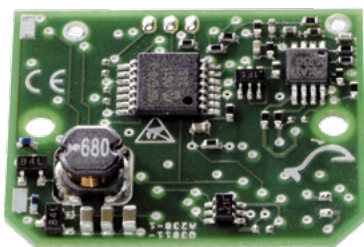
firmy są systemy i tory radiowe na pasmo 868 MHz, konstrukcyjnie i koncepcyjnie zoptymalizowane do stosowania w budynkowych systemach kontrolno-alarmowych (stąd m.in. obecność w ofercie bezprzewodowego, nie wymagającego zasilania, magnetycznego czujnika otwarcia drzwi lub okna), telemetrycznych lub systemach inteligentnych budynków.

Na fotografii 22 pokazano wygląd nadajnika z dwoma wejściami cyfrowymi PTM230 (do pracy wymaga zewnętrznej anteny, wykorzystywanej do transmisji danych i pobo-

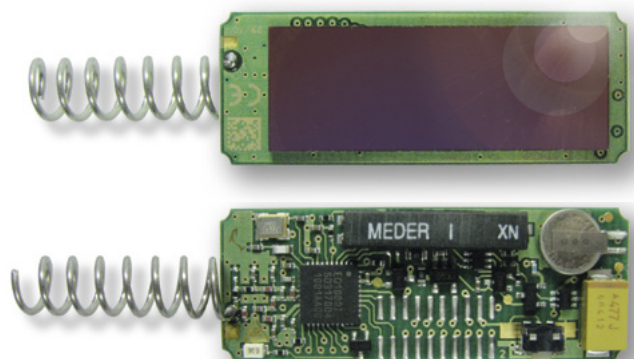
ru energii zasilającej), a na fotografii 23 moduł STM320, którego zasilanie radiowe jest wspomagane przez ogniwo fotoelektryczne.

Moduły oferowane przez firmę EnOcean nie należą do kanonu podzespołów stosowanych przez konstruktorów-elektroników we własnych opracowaniach, ale są doskonałym przykładem inteligentnego wykorzystania elementów dostępnych na rynku (w opracowaniach EnOcean stosowane są głównie podzespoły firmy Microchip).

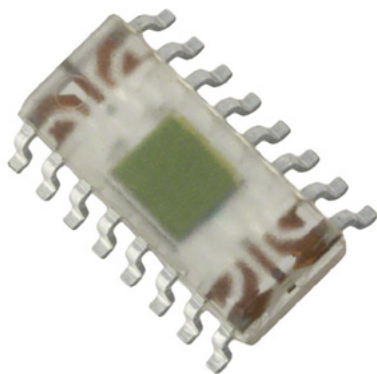
Prezentowane rozwiązania, dzięki zaimplementowanemu zaawansowanemu protokołowi transmisyjnemu, stanowią alternatywę dla rozwiązań bazujących na Zig-Bee, które pomimo



Fotografia 22.



Fotografia 23.

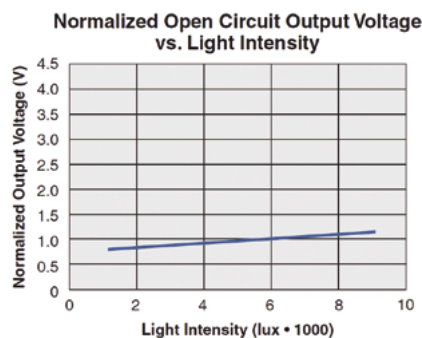


Fotografia 24.

nyo: N235/240SE10 czy N225/234E01, więc ich przydatność w najbardziej dla nas interesujących konstrukcjach elektronicznych nie jest zbyt duża.



Fotografia 25.



Rysunek 26.

Tab. 3. Podstawowe parametry ogniw fotoelektrycznych firmy Clare

Typ	Napięcie bez obciążenia [V]	Prąd zwarcioowy [mA]	Typ obudowy
CPC1822	4	50	SOIC8
CPC1824	4	100	SOIC16
CPC1831	8	25	SOIC8
CPC1832	8	50	SOIC16

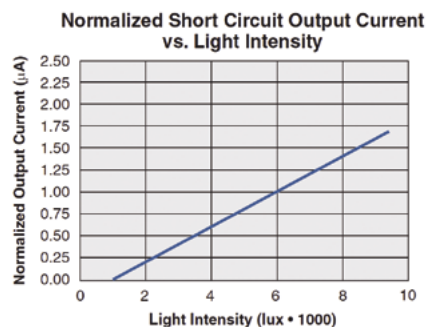
Nieco mniej eksponowaną częścią oferty produkcyjnej firmy Sanyo Electric są miniaturowe panele fotoelektryczne AM-5610CAR (fotografia 28) dostarczające prądu zwarcioowego o natężeniu 2,4 mA i charakteryzujące się napięciem wyjściowym 5,1 V przy wymiarach 25×20×2 mm, czy zbliżone wyglądem zewnętrznym AM-5412CAR zapewniające (odpowiednio): 19,4 mA/3,4 V przy wymiarach 50×33×2,3 mm.

Podsumowanie

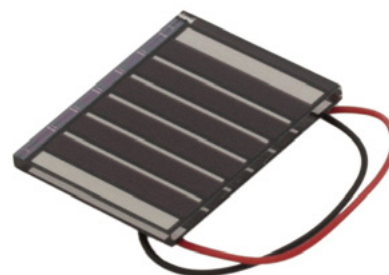
W pierwszej części przygotowanego przez nas ekspresowego przeglądu wybranych (jak wspomnieliśmy: pod kątem łatwej dostępności i możliwości praktycznego wykorzystania w konstrukcjach elektronicznych) źródeł zasilających wykorzystujących „darmową” energię przedstawiliśmy przetworniki charakteryzujące się parametrami pozwalającymi stosować je w aplikacjach przy względnie niskich kosztach ich zakupu.

Wnioski z przeprowadzonego przez nas badania rynku w zakresie realnych możliwości zastosowania przetworników energy harvesting nie są specjalnie budujące: uzyskanie energii z takich źródeł jest kosztowne, ich sprawność jest niewielka, w większości przypadków wymagają sporo zabiegów, żeby poprawnie działać, a relatywnie duże gabaryty w stosunku do uzyskiwanej mocy, eliminują je z wielu aplikacji przenośnych.

Ten czarny obraz nie zmienia faktu, że rynek źródeł energy harvesting szybko ro-



Rysunek 27.



Fotografia 28.

śnie, a producenci przetworników równie szybko doskonalą technologię ich produkcji i wdrażają nowe pomysły, które – zapewne – niepostrzeżenie i w zaskakującym dla nas wszystkich tempie dotrą do nas w odtwarzaczach MP3/4, telefonach komórkowych, netbookach i innych urządzeniach tego typu. Tak niepostrzeżenie jak w dostępnych od lat na rynku szczoteczkach elektrycznych, których większość wyposażono w ładowane bezstykowo akumulatory...

Andrzej Gawryluk, EP

Tabela 4. Podstawowe cechy i parametry ogniw IXOLAR firmy IXYS

Typ	Napięcie bez obciążenia [V]	Prąd zwarcioowy [mA]	P_{max} [mW]	V_{max} [V]	I_{max} [mA]	Wymiary [mm]	Ciężar [g]
KXOB22-12X1	0,63	50,0	22,3	0,50	44,6	27×7×1,8	0,5
KXOB22-04X3	1,89	15,0	18,6	1,50	13,4	27×7×1,8	0,5
SLMD121H04	2,52	50,0	89,2	2,00	44,6	43×14×2	2,5
KXOB22-01X8	4,70	4,4	18,6	3,40	3,8	22×7×1,8	0,5
SLMD121H08	5,04	50,0	178,4	4,00	44,6	86×14×2	5,0
SLMD481H08	5,04	200,0	713,6	4,00	178,4	89×55×2	18,0
SLMD121H09	5,67	50,0	200,7	4,5	44,6	62×21×2	5,5
SLMD600H10	6,30	25,0	111,5	5,00	22,3	22×35×2	2,5
SLMD121H10	6,30	50,0	223,0	5,00	44,6	42×35×2	4,5
SLMD121H10L	6,30	50,0	223,0	5,00	44,6	42×35×2	4,5
SLMD481H10	6,30	200,0	892,0	5,00	178,4	89×67×2	20,0
SLMD480H12	7,56	20,0	109,1	6,06	18,0	22×35×2	2,5
SLMD960H12 (SLMD4235)	7,56	40,0	218,2	6,06	36,0	42×35×2	4,5
SLMD481H12	7,56	200,0	1081,1	6,06	178,4	90×79×2	22,0