

# STEVAL-ISV006V1

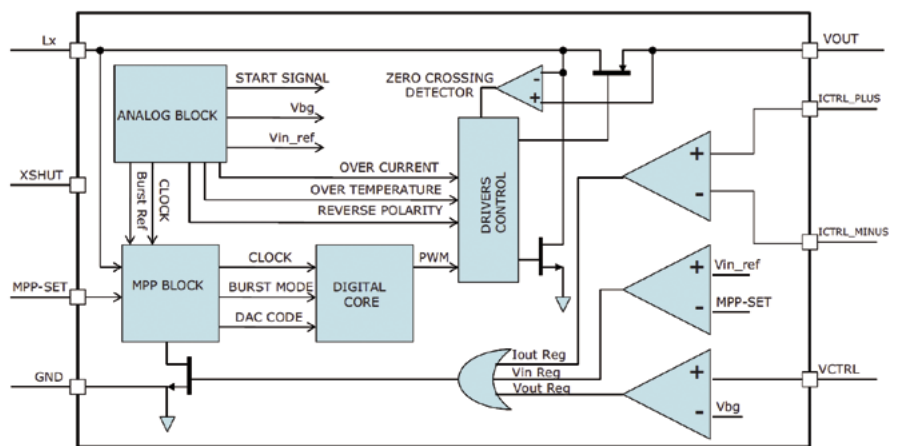
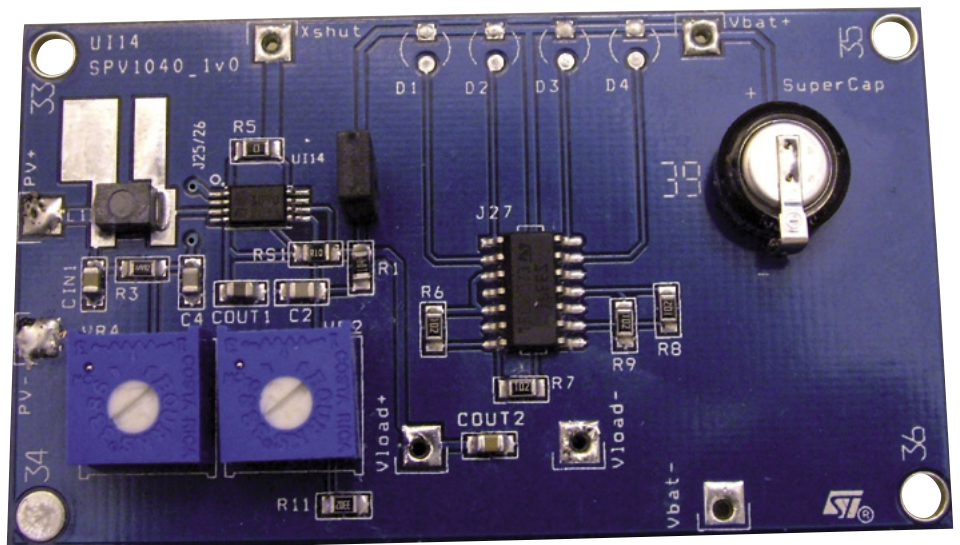
## Zestaw ewaluacyjny ładowarki akumulatorów zasilanej ogniwami słonecznymi

*Telefonów komórkowych nie posiadają już chyba tylko przedszkolaki. Często my, dorośli, gdy nie mamy ich pod ręką, czujemy się, jakbyśmy byli na bezludnej wyspie. Ale nawet gdy jest on przypięty do paska lub schowany do torebki, jego akumulator „pada” zawsze w najmniej oczekiwanym momencie. Wątpliwe jest, aby jedno naładowanie wystarczyło na cały urlop pod namiotem. Co robić w takich sytuacjach?*

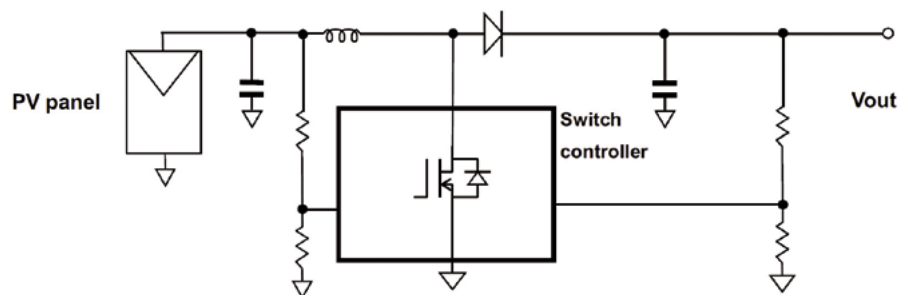
Odpowiedź na to pytanie narzuca się sama. Jeśli przewidujemy problemy z dostępem do gniazdka 230 V, należy rozważyć możliwość korzystania z odnawialnych źródeł energii, a więc wiatru lub słońca. Ładowarki słoneczne, chociaż dość drogie, są dostępne w sprzedaży, i jak mówi praktyka, zdają egzamin w takim zastosowaniu. Ich sprawność może budzić jeszcze pewien niedosyt, ale trzeba też wiedzieć, że gęstość mocy promieniowania słonecznego docierającego do Ziemi jest dość pokaźna, bo rzędu 1000 W/m<sup>2</sup>. Nas nie będzie teraz interesowała ładowarka słoneczna jako sprzęt handlowy, przyjrzymy się natomiast sposobom realizacji takich urządzeń.

Już na podstawie pobieżnej analizy problemu można stwierdzić, że w ładowarce słonecznej musi znaleźć się przetwornica DC/DC podwyższająca napięcie, sterowana układem reagującym na zmieniające się warunki oświetlenia. Powinna ona przy tym charakteryzować się jak najniższym napięciem, przy którym będzie możliwe jego wzbudzenie, a następnie prawidłowa praca. Należy pamiętać, że jedynym źródłem zasilania jest dla tego układu bateria słoneczna. Można powiedzieć, że z elektrycznego punktu widzenia ładowarka zasila się energią, którą sama wytwarza.

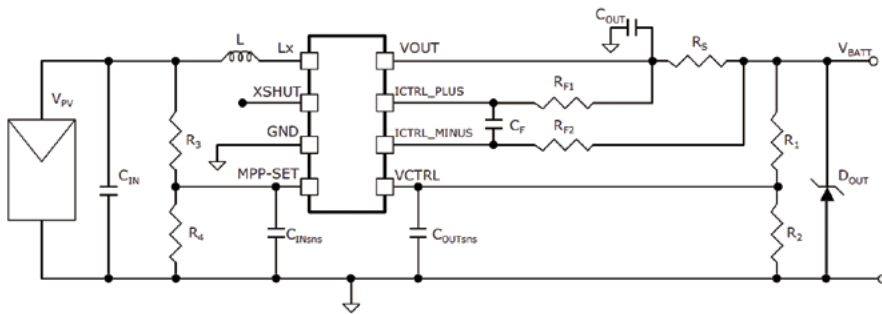
Kontrolery ładowania akumulatorów działające na podobnej zasadzie stanowią temat prac badawczych wielu firm zajmujących się produkcją elementów półprzewodnikowych. Jedną



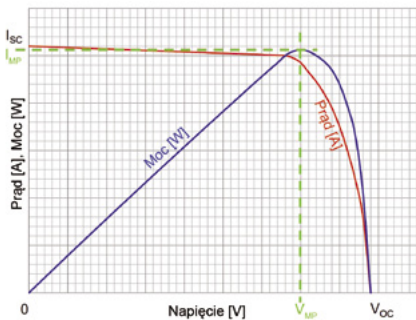
Rysunek 1. Schemat blokowy układu SPV1040



Rysunek 2. Uproszczony schemat przetwornicy step-up (boost)



Rysunek 3. Podstawowa aplikacja układu SPV1040



Rysunek 4. Charakterystyka prądowo-napięciowa ogniwa słonecznego

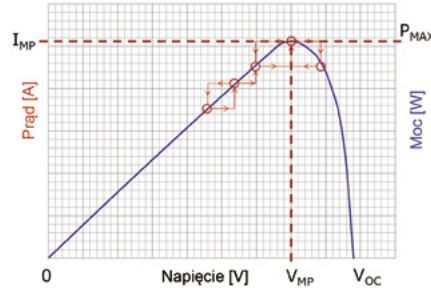
z nich jest STMicroelectronics. W ofercie tej firmy znajdują się aktualnie dwa układy przeznaczone do zastosowań, o których jest mowa. Są to:

- SPV1020 – 4-taktowa przetwornica DC/DC interleaved boost z wbudowanym algorytmem MPPT,
- SPV1040 – zasilana baterią słoneczną ładowarka akumulatorów o wysokiej sprawności, z obsługą algorytmu MPPT.

### Charakterystyka układu SPV1040

W artykule zostanie opisany układ SPV1040 i opracowany dla niego zestaw ewaluacyjny STEVAL-ISV006V1. Schemat blokowy układu SPV1040 przedstawiono na **rysunku 1**. Jest to przetwornica DC/DC step-up (boost) pracująca w typowej konfiguracji przedstawionej na **rysunku 2**. Częstotliwość generowanego przebiegu PWM jest stała, równa 100 kHz. Układ pracuje w zakresie napięć wejściowych od 0,3 do 5,5 V. Typowy schemat aplikacyjny przedstawiono na **rysunku 3**.

Praca kontrolera opiera się na realizacji algorytmu MPPT (Maximum Power Point Tracking), gwarantującego uzyskiwanie maksimum energii z ogniwa lub baterii słonecznej. Funkcję tę wypełnia zaimplementowany w układzie SPV1040 blok MPP. Sygnał wykorzystywany do regulacji współczynnika wypełnienia przebiegu PWM przetwornicy jest wypracowywany na podstawie ciągłej obserwacji napięcia baterii słonecznej i czerpanego z niej prądu. Wykorzystywane są do tego wbudowane komparatory napięciowe z wejściami: MPP-SET, ICTRL\_PLUS i ICTRL\_MINUS. Napięcie baterii słonecznej jest mierzone na wejściu MPP-SET po redukcji w dzielniku napięciowym  $R_3-R_4$ , natomiast prąd wyjściowy jest określany na podstawie spadku napięcia na



Rysunek 5. Ilustracja algorytmu poszukiwania maksimum mocy baterii słonecznej

rezystorze  $R_{S1}$ . Prąd ten jest uśredniany w filtrze  $R_{F1}, R_{F2}, C_F$ . Typową charakterystykę prądowo-napięciową ogniwa fotowoltaicznego przedstawiono kolorem czerwonym na **rysunku 4**. Na tym samym wykresie naniesiono również kolorem

Tabela 1. Parametry baterii słonecznej SZGD6535-2P	
Moc maksymalna	0,175 W
Sprawność	15%
Wymiary	65×35×2,5 mm
Liczba ogniw	2
Zabezpieczenie mechaniczne	żywica epoksydowa
Napięcie dla maksimum mocy ( $V_{MP}$ )	0,96 V
Prąd dla maksimum mocy ( $I_{MP}$ )	175 mA
Napięcie nieobciążonego ogniwa ( $V_{OC}$ )	1,1 V
Prąd zwarcia ( $I_{SC}$ )	195 mA

niebieskim krzywą mocy uzyskiwanej z ogniwa. Krzywa ta powstała w wyniku przemnożenia punkt po punkcie wartości prądu i napięcia krzywej prądowo-napięciowej. Można na niej dostrzec wyraźne maksimum, któremu odpowiada napięcie  $U_{MP}$  i prąd  $I_{MP}$ . Kontroler ładowarki tak dobiera współczynnik wypełnienia przebiegu PWM przetwornicy, aby punkt pracy znalazł się dokładnie w punkcie o współrzędnych ( $U_{MP}, I_{MP}$ ). Na wykresie zaznaczono również wartości  $I_{SC}$  (prąd zwarcia ogniwa) i  $U_{OC}$  (napięcie nieobciążonego ogniwa). Działanie algorytmu MPPT przedstawiono na **rysunku 5**. Jednocześnie w sytuacjach awaryjnych, takich jak przekroczenie temperatury ( $T \geq 155^\circ C$ ), przekroczenie progu

REKLAMA

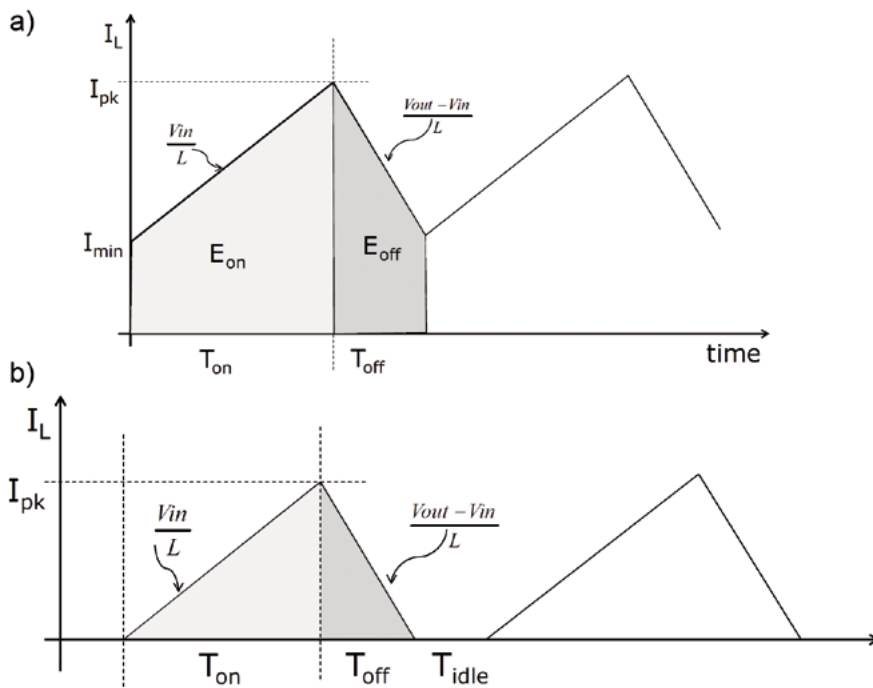
## W406

komputer wbudowany z komunikacją  
beźprzewodową GSM/GPRS/EDGE

- ▶ komunikacja bezprzewodowa GSM/GPRS/EDGE
- ▶ tryb pracy SMS tunel
- ▶ 4 wejścia cyfrowe i 4 wyjścia cyfrowe
- ▶ port Ethernet 10/100M
- ▶ dwa porty szeregowo RS-232/422/485
- ▶ procesor ARM9 Cirrus Logic EP9302
- ▶ pamięć: 32 MB RAM oraz 16 MB Flash
- ▶ system operacyjny WinCE 6.0 lub Linux 2.6
- ▶ dostępne modele przeznaczone do pracy w rozszerzonym zakresie temperatur: od -40 °C do +70 °C

ELMARK Automatyka sp. z o.o.  
02-703 Warszawa  
ul. Bukowińska 22 lok. 1B  
Tel. 22 541-84-60  
Fax. 22 541-84-61  
moxa@elmark.com.pl

www.elmark.com.pl



Rysunek 6. Wykres prądu cewki przetwornicy w trybie: a) CM (Continuous Mode), b) DCM (Discontinuous Mode)

\$V\_{CTRL+} > 1,25\$ V, wykrycie wyjściowego przeciążenia prądowego na podstawie pomiaru napięcia na rezystorze szeregowym \$R\_s\$ (\$R\_s \cdot (I\_{CTRL+} - I\_{CTRL-}) \ge 50\$ mV) czy wyjście poza dopuszczalny zakres napięcia dla wejścia \$V\_{MPP-SET}\$: \$300\$ mV \$\le V\_{MPP-SET} \le 450\$ mV, algorytm MPPT jest przerywany i wstrzymywana jest praca przetwornicy.

W układzie SPV1040 zintegrowano tranzystor kluczujący mocy typu MOSFET z kanałem typu N, którego rezystancja w stanie włączenia jest równa \$80\$ m\$\Omega\$ i P-kanałowy MOSFET \$120\$ m\$\Omega\$ pełniący funkcję synchronicznego prostownika zabezpieczającego przed przepływem prądu z wyjścia do wejścia. Ładowarka SPV1040 może współpracować z ogniwami polikrystalicznymi i amorficznymi (cienkowarstwowymi).

**Zestaw ewaluacyjny ISV006V1**

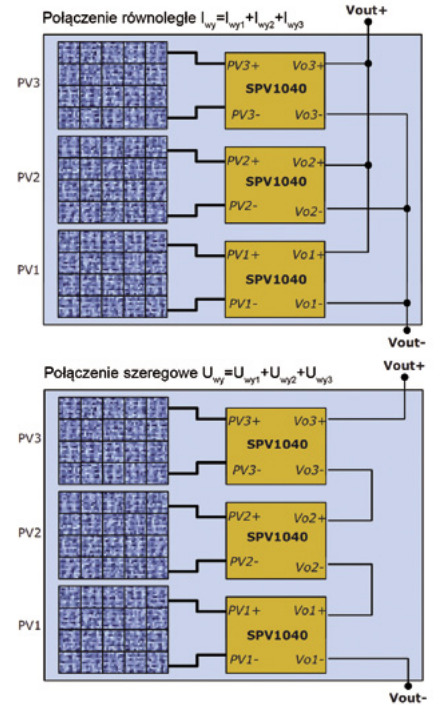
Pełna prezentacja możliwości układu SPV1040 wymaga dołączenia do niego baterii słonecznej. Konstruktorzy płytki ewaluacyjnej STEVAL-ISV006V1 zadbali, aby warunek ten był spełniony. Na jednej stronie płytki umieszczono kompletną elektronikę ładowarki, na drugiej natomiast małą baterię słoneczną składającą się z dwóch polikrystalicznych ogniw typu SZGD-6535-2P. Parametry baterii przedstawiono w tabeli 1.

Układ elektroniczny został zaprojektowany z niewielkim zapasem parametrów, a więc umożliwia korzystanie z baterii słonecznych o mocy do \$200\$ mW (\$V\_{MP} = 1\$ V, \$I\_{MP} = 200\$ mA). Napięcie wyjściowe ładowarki jest regulowane potencjometrem montażowym. Przetwornica może pracować w trybie CM (Continuous Mode) i DCM (Discontinuous Mode). Uprozczone wykresy prądu cewki w obu tych trybach przedstawiono na rysunku 6. Czasy \$T\_{ON}\$ i \$T\_{OFF}\$ wynikają

z ustawionego współczynnika wypełnienia przebiegu PWM przetwornicy. W fazie \$T\_{ON}\$ w cewce jest gromadzona energia dostarczana z baterii słonecznej. W fazie \$T\_{OFF}\$ energia ta jest oddawana do odbiornika. Z bilansu energetycznego wynika, że energia gromadzona i oddawana muszą być równe. Oczywiście energia docierająca do odbiornika jest pomniejszana jeszcze o energię strat. Na wykresie energia jest równoważna połę powierzchni pod krzywą. O trybie CM mówimy, gdy prąd cewki nie maleje do zera. Jeśli tak się dzieje, mamy do czynienia z pracą w trybie DCM, w którym występuje dodatkowy stan IDLE. Aby zapewnić gwarantowaną niezawodność aplikacji przy pracy w trybie DCM, napięcie wyjściowe powinno być ustawione na \$4,8\$ V (cały zakres regulacji sięga \$5,3\$ V). Na płycie umieszczono jeszcze jeden potencjometr montażowy, stanowiący element dzielnika napięciowego wykorzystywanego do monitorowania napięcia baterii słonecznej. Wyjście tego dzielnika jest dołączone do wejścia \$V\_{MPP-SET}\$ układu SPV1040.

Konstruktorzy zestawu STEVAL-ISV006V1 dopuścili się jednak pewnego wybiegu w porównaniu z rzeczywistymi aplikacjami. Urządzenie nie ładuje bowiem akumulatora, lecz kondensator Super Cap o pojemności \$220\$ mF. Rozwiązanie takie jest bezpieczniejsze z punktu widzenia eksploatacji zestawu, nie umniejsza przy tym jego cech edukacyjnych. Kondensator pełniący zadanie akumulatora jest dołączany do ładowarki przez zworkę, co oznacza, że napięcie wyjściowe przetwornicy może być wykorzystywane również do innych celów.

Najistotniejsze dla aplikacji przebiegi można obserwować i mierzyć na wyprowadzonych na płytce punktach lutowniczych. Płytkę ISV006V1 można traktować jako wzorcową nie tylko ze



Rysunek 7. Równoległe i szeregowe łączenie ogniw słonecznych

względem na przyjęte w niej rozwiązania układowe, stanowi ona również przykład prawidłowo zaprojektowanej mozaiki obwodu drukowanego. Jest to niezwykle ważne zagadnienie, gdyż od przebiegu ścieżek zależą tętnienia napięć i prądów, a także zakłócenia elektromagnetyczne. Na źle zaprojektowanej płytce mogą pojawiać się wysokoczęstotliwościowe rezonanse trudne do zlokalizowania i opanowania. Jak zwykle, ogólnym zaleceniem jest wykonywanie możliwie najkrótszych połączeń i zachowanie odpowiedniej grubości ścieżek. Ważne jest również stosowanie płaszczyzn masy i blokujących kondensatorów wejściowych i wyjściowych.

Wyjścia układów SPV1040 mogą być łączone równoległe lub szeregowo (rysunek 7). Najważniejszą konsekwencją przyjętej konfiguracji jest albo sumowanie prądów (połączenie równoległe), albo napięć (połączenie szeregowe). Od zastosowanego typu połączeń zależą ponadto również inne cechy układu. Na przykład przy połączeniu równoległym znamionowe napięcie baterii słonecznej będzie uzyskiwane nawet wówczas, gdy któreś z ogniw znajdzie się w strefie zacienionej. Istotnym ograniczeniem tej konfiguracji jest maksymalne napięcie gwarantowane przez układ SPV1040. Przy połączeniu szeregowym, jeśli nie zostanie zastosowana dioda bocznikująca, niedoświetlenie jednego ogniwa spowoduje widoczną utratę mocy uzyskiwanej z baterii.

Płytką STEVAL-ISV006V1 jest przykładową aplikacją układu ISV006V1. W praktyce jest on stosowany w takich urządzeniach jak: słuchawki bezprzewodowe, odbiorniki GPS, smartfony, przenośne odtwarzacze muzyki, zabawki itp.

**Jarosław Doliński, EP**  
 jaroslaw.dolinski@ep.com.pl