

Słoneczna ładowarka akumulatorów LiFePO4

Przedstawiona w artykule ładowarka jest przeznaczona do ładowania pakietu akumulatorów „LiFePO4 2S 1.8Ah” prądem pozyskiwanym z ogniwa fotowoltaicznego. Ładowarka bazuje na układzie scalonym typu LTC3652HV będącym uniwersalnym sterownikiem ładowarki akumulatorów, przystosowanym do zasilania z panelu fotowoltaicznego PV.

Rekomendacje: ładowarkę warto zabrać ze sobą na wyprawy w teren, biwak itp.

Schemat ideowy ładowarki pokazano na **rysunku 1**. Jak wspomniano we wstępie, ładowarka to w zasadzie

aplikacja specjalizowanego układu scalonego LTC3652HV, który ma wbudowany algorytm śledzenia mocy szczytowej ogniwa fotowoltaicznego zbliżony w działaniu do MPPT.

Schemat blokowy układu LTC3652HV zamieszczono na **rysunku 2**. Układ zawiera przetwornicę obniżającą o szerokim zakresie napięcia wejściowego i maksymalnym prądzie obciążenia wynoszącym 2 A. Układ jest przeznaczony do ładowania akumulatorów wykonanych w najczęściej stosowanych technologiach: AGM, LiPo, LiFePo z użyciem algorytmu CV/CC, umożliwiając ładowanie pakietów o napięciu do 18 V. Ma wbudowany obwód zabezpieczenia termicznego akumulatora, timer ładowania oraz obwody służące do sygnalizacji stanów pracy.

Ładowarka prototypowa współpracuje z typowym, niskonapięciowym panelem PV o mocy 10...20 W (np.: MWG-20), o napięciu w punkcie mocy maksymalnej 17,5 V. Napięcie z ogniwa doprowadzono do złącza PV. Dioda Schottky D1 zapobiega skutkom odwrotnego przyłączenia panelu. Układ ładowarki pracuje nieprzerwanie, co wymusza wysoki poziom na wejściu !SHDN. Dzielnik rezystorowy złożony z rezystorów R1...R3 określa próg napięcia, poniżej którego zostaje

Wykaz elementów:

Rezystory: (SMD 0805, 1%)

R1, R8: 510 kΩ
R2, R4, R5: 10 kΩ
R3: 100 kΩ
R6, R7: 0,1 Ω/1% (SMD 1206/0,5 W)
R9: 33 kΩ
R10: 390 kΩ
R11: 68 kΩ

Kondensatory:

C1: 10 μF/50 V (SMD 1210)
C2: 1 μF/50 V (SMD 0805)
C3: 10 μF/50 V (SMD 1206)

Półprzewodniki:

CHG, ERR: dioda LED SMD 0805
D1, D3, D4: SS34 (dioda Schottky 3 A/40 V)
D2: BAT54 (dioda Schottky)
U1: LTC3652HVMSE (MSOP12)
TH: termistor NTC 3380

Inne:

B1, B2: uchwyt baterii KEYS54 4szt lub pojemnik 2x18650+2 akumulatory LiFePo 18650 1.8 Ah
L1: 10 μH (MGV0605)
OUT: złącze ARK2/5 mm
PV: złącze ARK3/5 mm

DODATKOWE MATERIAŁY NA FTP:

<ftp://ep.com.pl>

USER: 86735, PASS: 6mqh264k

W ofercie AVT*

AVT-5604

Podstawowe informacje:

- Przeznaczona do ładowania pakietu akumulatorów „LiFePO4 2S 1.8Ah” typu 18650.
- Aplikacja układu scalonego typu LTC3652HV.
- Współpraca z niskonapięciowym ogniwem fotowoltaicznym o mocy 10...20 W i napięciu w punkcie mocy maksymalnej 17,5 V.

Projekt pokrewne na FTP:

(wymienione artykuły są w całości dostępne na FTP)

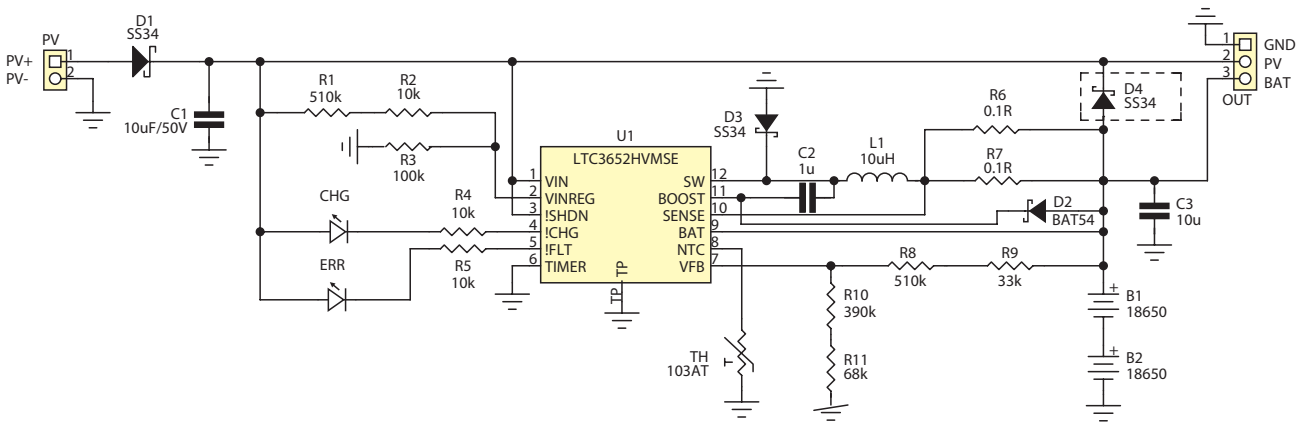
AVT-5598	Solarna ładowarka akumulatora 12 V (EP 8/2017)
AVT-1956	S6AE101 – harvester solarny (EP 7/2017)
AVT-1904	Ładowarka akumulatora Li-Po zasilana energią słoneczną (EP 3/2016)
AVT-1892	Słoneczna ładowarka akumulatorów Li-Po (EP 12/2015)
AVT-5519	PWR_SolarCAP Power bank zasilany przez słońce (EP 11/2015)
AVT-1846	EH_ADP5090 – inteligentna przetwornica do energy harvesting (EP 2/2015)

* Uwaga! Elektroniczne zestawy do samodzielnego montażu. Wymagana umiędność lutowania!

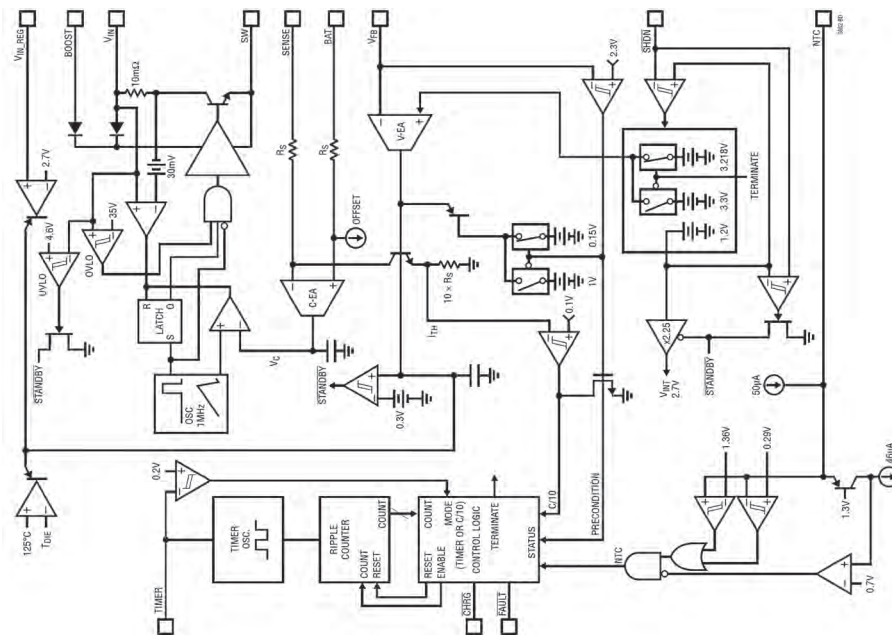
Podstawową wersją zestawu jest wersja [B] nazywana potocznie KITem (z ang. zestaw). Zestaw w wersji [B] zawiera elementy elektroniczne (w tym [UK] – jeśli występuje w projekcie), które należy samodzielnie wzlutować w dołączoną płytkę drukowaną (PCB). Wykaz elementów znajduje się w dokumentacji, która jest podlinkowana w opisie kitu. Mając na uwadze różne potrzeby naszych klientów, oferujemy dodatkowe wersje:

- wersja [C] zmontowany, uruchomiony i przetestowany zestaw [B] (elementy wzlutowane w płytkę PCB)
 - wersja [A] płytka drukowana bez elementów i dokumentacja
- Kity w których występuje układ scalony wymagający zaprogramowania, posiadają następujące dodatkowe wersje:
- wersja [A+] płytka drukowana [A] + zaprogramowany układ [UK] i dokumentacja
 - wersja [UK] zaprogramowany układ

Nie każdy zestaw AVT występuje we wszystkich wersjach! Każda wersja ma załączony ten sam plik pdf! Podczas składania zamówienia upewnij się, którą wersję zamawiasz! <http://sklep.avt.pl>



Rysunek 1. Schemat ideowy ładowarki solarnej



Rysunek 2. Schemat blokowy układu LTC3652HV (za notą producenta)

redukowany pobór prądu z PV, co umożliwia pracę w okolicy punktu mocy maksymalnej.

Zasada działania układu śledzenia mocy maksymalnej jest uproszczona i zakłada zmniejszanie prądu obciążającego panel, gdy napięcie na jego zaciskach jest niższe od punktu mocy maksymalnej, co powoduje wzrost napięcia na zaciskach panelu oraz zwiększanie poboru prądu, gdy napięcie panelu przekroczy zdefiniowaną wartość (co powoduje spadek napięcia na zaciskach panelu), wymuszając pracę ładowarki w okolicy punktu mocy maksymalnej PV. Wbudowany komparator wejścia VIN-REG ma ustalony próg przełączenia 2,7 V. Dla podanych wartości rezystancji dzielnika R1...R3 napięcie mocy maksymalnej wynosi około 17,5 V i może być dostosowane do konkretnego modelu PV poprzez zmianę wartości R2 wraz z uwzględnieniem spadku na D1. Prąd ładowania jest określony równoległe połączonymi rezystorami R6 i R7. Korekty prądu ładowania dla konkretnego typu akumulatora dokonujemy zgodnie z wzorem $R6 || R7 = 0,1 / I_{\text{ładowania}}$. W modelu maksymalny prąd ładowania

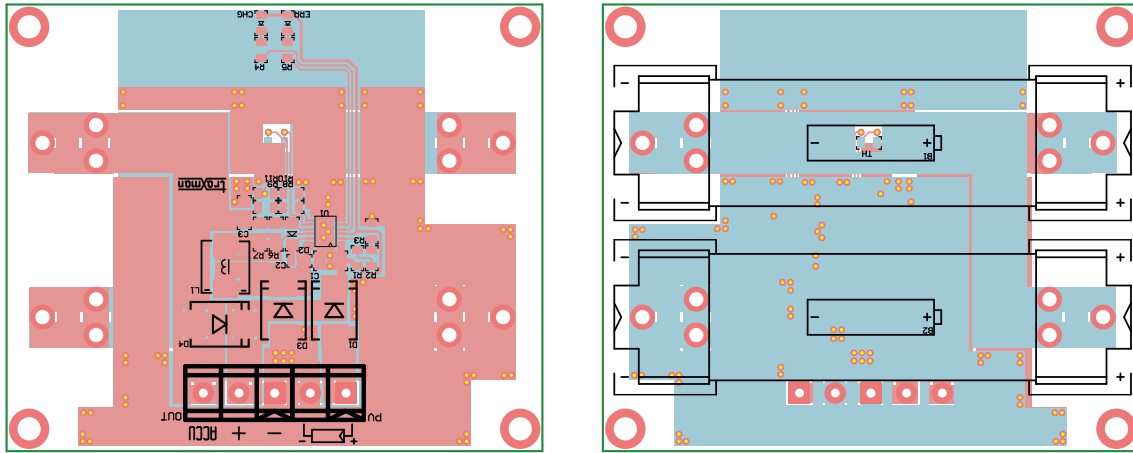
wynosi 2A ($R6 || R7 = 50 \text{ m}\Omega$), co odpowiada 1C dla użytego akumulatora.

Do gromadzenia energii służą typowe akumulatory LiFePo4 w obudowie 18650 o pojemności 1,8 Ah, z wbudowanym układem zabezpieczenia PCB. W wypadku połączenia akumulatorów o niewielkich pojemnościach w pakiet 2S, dopuszczalna jest rezygnacja z układu balansowania ogniw, jednak warto zastosować nowe ogniwa sprawdzonych producentów, najlepiej z jednej serii produkcyjnej, o ile nie mamy możliwości pomiaru ich faktycznej pojemności. Zastosowanie droższych akumulatorów LiFePo jest podyktowane ich większą dopuszczalną liczbą cykli ładowania przed znaczącą utratą pojemności (zgodnie z deklaracją producenta powyżej 1500 cykli). Za wartość napięcia wyjściowego przetwornicy, równą wartości granicznej napięcia ładowania, odpowiada dzielnik przyłączony do wejścia Vfb. Ze względu na konieczność bardzo dokładnego ustalenia napięcia (parametr krytyczny dla akumulatorów litowych) i chęci uniknięcia stosowania trudnych do zdobycia rezystorów, dzielnik składa się z czterech

rezystorów R8...R11 o tolerancji 1% i typowych rezystancjach. Termistor TH umieszczony w pobliżu akumulatorów zabezpiecza je przed ładowaniem, gdy ich temperatura przekracza 40°C. Ze względu na nieprzewidywalną i zależną od warunków oświetleniowych dostępność zasilania z panelu PV, układ timera zabezpieczającego jest wyłączony, ponieważ chwilowy zanik zasilania związany z zachmurzeniem zaburzałby jego pracę. W dalszym ciągu aktywny jest układ ograniczający prąd ładowania przy osiągnięciu przez akumulator napięcia ładowania, co stanowi wystarczające zabezpieczenie.

Za sygnalizację stanu ładowania oraz awarii odpowiadają diody świecące CHG i ERR. Gdy obie diody są zgaszone ładowarka nie ładuje, ponieważ energia dostarczona przez PV jest zbyt mała dla rozpoczęcia procesu ($V_{\text{in}} < 17 \text{ V}$). Gdy świeci dioda CHG, ładowanie przebiega prawidłowo. Równoczesne świecenie CHG/ERR sygnalizuje zadziałanie zabezpieczenia NTC. Wtedy cykl ładowania zostaje wstrzymany do momentu spadku temperatury ogniw. Świecenie tylko diody ERR świadczy o uszkodzeniu akumulatora.

Na płytce przewidziano miejsce na diodę D4 zamykającą pierścień zasilania, co ułatwia budowę nie tylko samodzielnej ładowarki, ale także układów zasilania bezprzewodowego. Napięcia wyjściowe akumulatora BAT i ogniwa PV poprzez diody separujące D1, D4 są doprowadzone do złącza OUT. Jeżeli do zacisku PV złącza OUT przyłączymy np. przetwornicę o szerokim zakresie napięcia wejściowego 6...24 V (np. LT8640), to otrzymamy zasilacz buforowy z solarnym ładowaniem, przydatny do zasilania np. punktów oświetleniowych, mobilnych rozwiązań IoT i w innych zastosowaniach. Należy tylko pamiętać o odpowiednim zbilansowaniu obciążenia, aby zapewnić energię niezbędną do prawidłowej pracy ładowarki. Napięcie z akumulatora jest dostępne na zacisku BAT. Zacisk BAT może być wykorzystany także dla zewnętrznego przełącznika zasilania opartego o klucze MOSFET, gdy straty mocy na diodzie Schottkiego są niedopuszczalne w aplikacji (w tym przypadku D4



Rysunek 3. Schemat montażowy ładowarki solarnej

należy pominąć). Maksymalny prąd pobierany z wyjścia PV/OUT określony jest parametrami diod Schottkiego nie powinien przekraczać 3 A.

Ładowarkę zmontowano na niewielkiej dwustronnej płytce drukowanej, której schemat montażowy pokazano na **rysunku 3**. Montaż jest typowy i nie wymaga opisywania. Należy jedynie zwrócić uwagę na poprawne przylutowanie padów termicznych U1. W modelu akumulatory umieszczone są w chwytach sprężynowych KEYS54 wlotowanych bezpośrednio w płytkę. W wypadku kiepskiej jakości folii izolacyjnej, co zdarza się

niektórym producentom, warto dodatkowo zabezpieczyć akumulatory przed zwarcieniem w okolicach bieguna dodatniego w miejscu styku ze sprężynami podstawki KEYS54.

Pierwsze uruchomienie warto przeprowadzić z zasilacza laboratoryjnego z pomiarem prądu. Należy skontrolować wartość napięcia ładowania (ewentualna korekta R9) – powinno ono wynosić 7,12...7,18 V. Następnie sprawdzić działanie układu MPPT – ładowarka powinna zmniejszyć pobór prądu poniżej 17 V (ewentualna korekta R2). Jeżeli wszystko działa poprawnie, należy wyłączyć ładowarkę i w oprawki włożyć akumulatory.

Po podłączeniu zasilania ponownie sprawdzić napięcia, sygnalizację stanu, prąd ładowania oraz działanie zabezpieczenia NTC. Po pozytywnym wyniku sprawdzenia, można przyłączyć ładowarkę do ogniwa fotowoltaicznego PV i ponownie sprawdzić jej funkcjonowanie.

Uwag! Ładowarka jest przeznaczony do ładowania akumulatorów LiFePo4 18650 z modułami zabezpieczenia PCB. Próby należy przeprowadzić z należytą ostrożnością, gdyż zwarcie baterii akumulatorów może być niebezpieczne.

Adam Tatuś, EP