



Zabezpieczenie akumulatora Li-Poly

rev. 2, 02.02.2011

Adam Pyka

Wrocław 2011

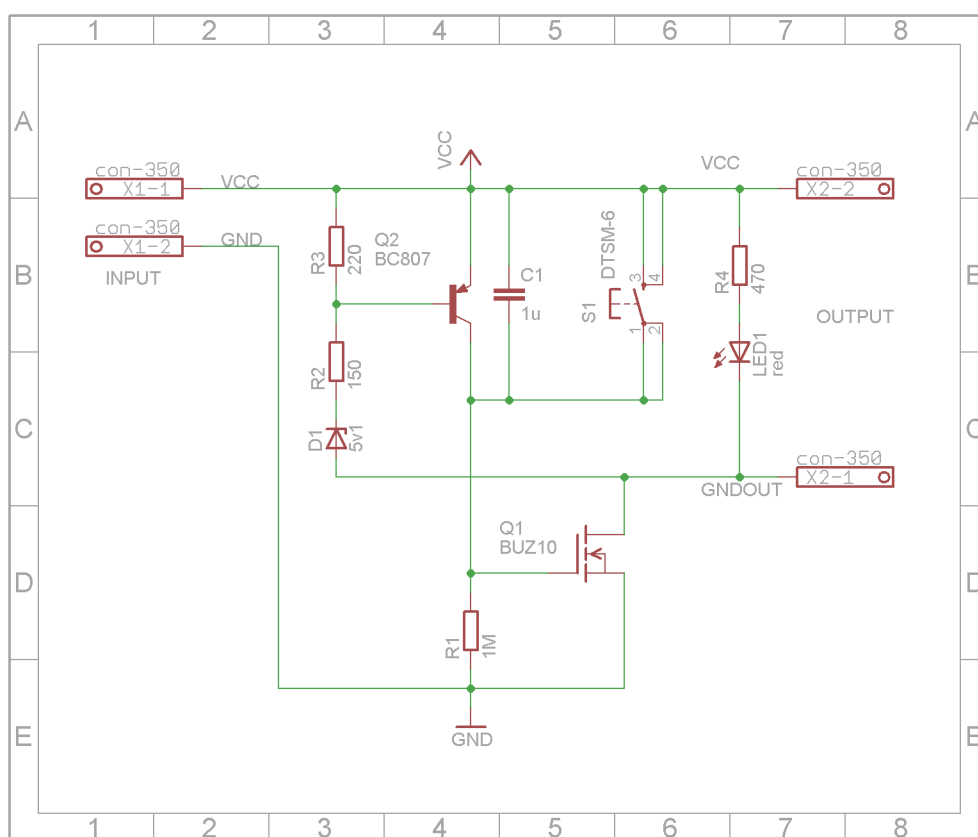
1 Wstęp

Akumulatory litowo-polimerowe (Li-Po) ze względu na korzystny stosunek pojemności do masy, mały współczynnik samorozładowania oraz duże maksymalne prądy rozładowania stanowią bardzo atrakcyjne źródła zasilania dla robotów mobilnych. Niestety, technologia litowo-polimerowa wymusza odpowiedni sposób ładowania ogniwo do napięcia 4,2V na celę oraz ciągłe monitorowanie stanu rozładowania akumulatora. Akumulator litowo-polimerowy nie powinien być rozładowany poniżej napięcia 2,8V na celę, zwykle jednak przyjmuje się, że wartością bezpieczną jest 3V na celę.

Prezentowany układ zabezpiecza akumulator litowo-polimerowy przed całkowitym rozładowaniem, wyłączając obciążenie w chwili obniżenia napięcia na ogniwie poniżej wartości krytycznej.

2 Działanie układu

Układ został zaprojektowany w oparciu o rozwiązanie zaczerpnięte z czasopisma „Elektronika Dla Wszystkich” nr 4/96. Schemat układu przedstawiono na rysunku 1.



Rysunek 1: Schemat układu

Podczas normalnej pracy układu, kiedy na obciążeniu występuje napięcie baterii, przewodzi tranzystor polowy Q1, w obwodzie D1, R2, R3 płynie prąd, a tranzystor Q2 jest otwarty, dzięki czemu na bramce tranzystora Q1 występuje prawie pełne napięcie zasilające. Rezystancja kanału źródło - dren tranzystora Q1 jest wtedy bardzo mała, dzięki czemu możliwy jest pobór dużych prądów przez obciążenie. Dioda LED1 sygnalizuje obecność napięcia na wyjściu układu.

Zmniejszające się napięcie akumulatora powoduje zmniejszanie się prądu w obwodzie D1, R2, R3, dzięki czemu tranzystor Q2 zaczyna się zatykać. Powoduje to zmniejszanie się napięcia na bramce tranzystora Q1, a w efekcie zmniejszanie się napięcia wyjściowego oraz dodatkowe zmniejszanie się prądu w obwodzie diody. Występuje tutaj dodatnie sprzężenie zwrotne, które znacząco przyspiesza proces wyłączania, dzięki czemu zredukowana jest moc strat procesu wyłączania.

Aby tranzystor Q1 przewodził, czyli aby obciążenie było dołączone do baterii, na rezystorze R1 musi występować napięcie ok. 4V (napięcie V_{Gsth} wyznaczone z charakterystyki tranzystora). Napięcie

to wymuszane jest przez przepływ prądu w obwodzie kolektor-emiter tranzystora Q2. Prąd kolektora tranzystora Q2 jest w przybliżeniu proporcjonalny do prądu bazy, gdzie współczynnik h_{FE} wzmocnienia tranzystora Q2 wynosi około 100. Zatem prąd bazy powinien wynosić co najmniej:

$$I_B = \frac{1}{h_{FE}} \cdot \frac{V_{GSth}}{R1} = \frac{1}{100} \cdot \frac{4V}{1M\Omega} = 0,04\mu A$$

Z charakterystyki tranzystora Q2 wynika, że napięcie baza-emiter które wymusza przepływ prądu bazy, musi być w przybliżeniu równe $V_{BE} \approx 0,55V$ i takie też zostało przyjęte do dalszych obliczeń.

Warto zwrócić uwagę na sposób dołączenia gałęzi D1, R2, R3 do szyny wyjściowej a nie wejściowej. Takie połączenie powoduje, że po zatkaniu tranzystora Q1 (obciążenie odłączone), układ praktycznie nie pobiera prądu, dzięki czemu akumulator faktycznie jest zabezpieczony przed dalszym rozładowaniem. Niemniej, takie rozwiązanie stwarza problem startu układu, dlatego obecny jest dodatkowy kondensator C1, który nie tylko zapewnia pewny start, ale również filtruje piki prądu obciążenia. Dodatkowy microswitch S1 pozwala na ręczne włączenie układu, nawet przy rozładowanym akumulatorze, jednakże gdy napięcie będzie za małe, po zwolnieniu przycisku obciążenie zostanie ponownie odłączone.

Jako tranzystor Q1 dla pakietów 11,4V można zastosować BUZ10, natomiast dla pakietów 7,4V powinno się zastosować MOSFET „niskonapięciowy”, np. IRFZ44N.

3 Dobór wartości elementów

Układ rozrysowany na schemacie zawiera wartości elementów dla pakietu o napięciu nominalnym 7,4V. W celu przystosowania go do innego napięcia nominalnego należy przeprowadzić odpowiednie obliczenia.

3.1 Przykład dla akumulatora 11,4V

Napięcie maksymalne: $V_{max} = 3 \text{ ogniwa} \cdot 4,2V = 12,6V$.

Napięcie odcięcia: $V_{odc} = 3 \text{ ogniwa} \cdot 3V = 9V$.

Prąd diody Zenera: $I_Z = 5mA$.

Napięcie przełączania baza-emiter dla BC807 (dla małych prądów I_C): $V_{BE} = 0,55V$.

Spadek napięcia na diodzie Zenera: $V_Z = 5,1V$.

Zatem:

$$R2 = \frac{V_{BE}}{I_Z} = \frac{0,55V}{5mA} = 110\Omega,$$

$$R3 = \frac{V_{odc} - V_Z - V_{BE}}{I_Z} = \frac{9V - 5,1V - 0,55V}{5mA} = 670\Omega \approx 680\Omega.$$

Pojawia się problem z doбором rezystora R3, gdyż w typoszeregu E24 nie ma wartości 670Ω. Przyjmując wartość $R3 = 680\Omega$, otrzymujemy napięcie odcięcia:

$$V_{odc} = V_Z + V_{BE} + R3 \cdot \frac{V_{BE}}{R2} = 5,1 + 0,55 + 680 \cdot \frac{0,55V}{110\Omega} = 9,05V.$$

Można spróbować przeliczyć wartości dla innej diody Zenera, np. $V_Z = 5,6V$:

$$R2 = \frac{V_{BE}}{I_Z} = \frac{0,55V}{5mA} = 110\Omega,$$

$$R3 = \frac{V_{odc} - V_Z - V_{BE}}{I_Z} = \frac{9V - 5,6V - 0,55V}{5mA} = 570\Omega \approx 560\Omega.$$

Tutaj już jest znacznie lepiej, dlatego należałoby zastosować diodę 5V6 oraz rezystory $R2 = 110\Omega$ i $R3 = 560\Omega$ z typoszeregu E24. Napięcie odłączania dla takich wartości wynosiłoby około:

$$V_{odc} = V_Z + V_{BE} + R3 \cdot \frac{V_{BE}}{R2} = 5,6 + 0,55 + 560 \cdot \frac{0,55V}{110\Omega} = 8,95V.$$

Warto sprawdzić, jaki popłynie prąd przez diodę Zenera dla w pełni naładowanego akumulatora:

$$I_Z = \frac{V_{max} - V_Z}{R_2 + R_3} = \frac{12,6V - 5,6V}{110\Omega + 560\Omega} = 10,5mA.$$

Należy uważać, żeby nie przekroczyć dopuszczalnej mocy strat diody Zenera, równej dla popularnych diod ok. 400mW:

$$P_Z = V_Z \cdot I_Z = 5,6V \cdot 10,5mA = 58mW,$$

czyli wszystko jest w porządku.

Nie można również przekroczyć maksymalnego napięcia baza - emiter tranzystora Q2, dla w pełni naładowanego akumulatora:

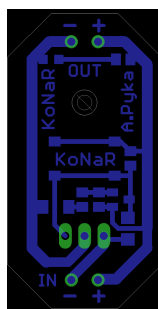
$$V_{BE} = R_2 \cdot I_Z = 110\Omega \cdot 10,5mA = 1,16V,$$

czyli również wszystko jest w porządku (dla tranzystora BC807, $V_{be_{max}} = 5V$).

W obliczeniach celowo został pominięty wpływ prądu bazy tranzystora Q2, gdyż prąd ten jest ok. 1/1000 prądu płynącego w gałęzi D1, R2, R3.

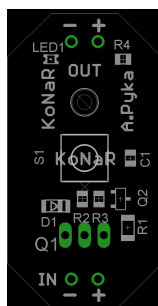
4 Montaż układu

Wzór płytki drukowanej przedstawiono na rysunku 2.



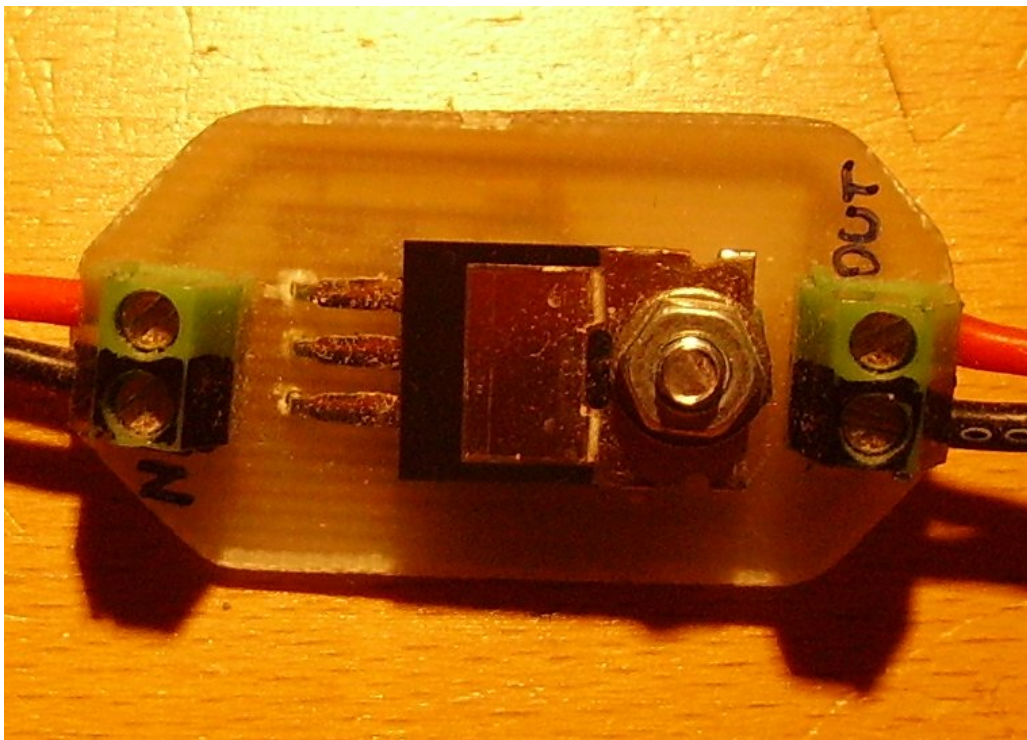
Rysunek 2: Wzór płytki drukowanej

Schemat montażowy przedstawiono na rysunku 3. Wszystkie elementy, za wyjątkiem tranzystora Q1 oraz złącz X1 i X2, montowane są od strony druku /patrz fotografia 4/. Tranzystor należy włutować w płytkę „na plecach” oraz przykręcić /patrz fotografia 5/. Taki montaż pozwala w przypadku większych prądów obciążenia na domontowanie dodatkowego radiatora, niemniej w typowych zastosowaniach jest zbędny.

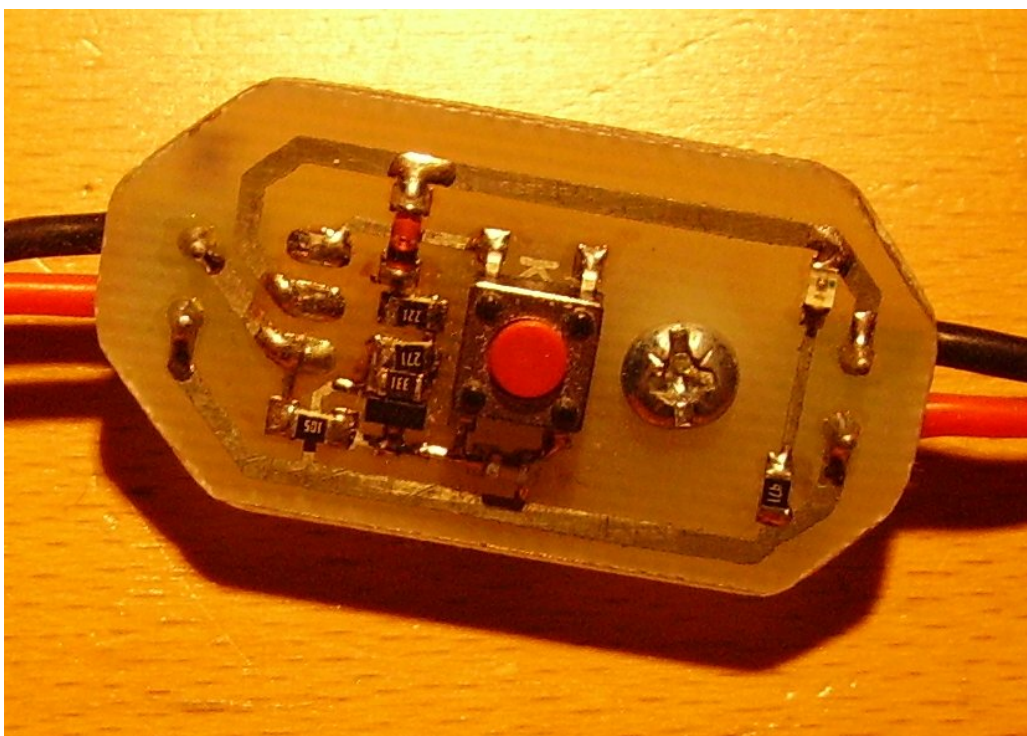


Rysunek 3: Schemat montażowy

Zlutowaną płytkę można zabezpieczyć koszulką termokurczliwą oraz dołączyć do niej przewody z odpowiednio gniazdem i wtykiem IEC, przez co stanie się ona zgrabną przejściówką włączaną w szereg ze standardowym akumulatorem.



Zdjęcie 4: Montaż elementów - warstwa druku



Zdjęcie 5: Montaż elementów - warstwa opisowa

5 Spis elementów

Wartości elementów dla wersji na nap. znamionowe 7,4V.

Element	Wartość	Obudowa
C1	1u	C0805
D1	5v1	SOD80C
LED1	red	CHIPLED 0805
Q1	IRFZ44N	TO220
Q2	BC807	SOT23-BEC
R1	1M	R1206
R2	150	R0805
R3	220	R0805
R4	470	R0805
S1	microswitch smd	DTSM-6
X1	złącze zakręcane	ARK 350-2
X2	złącze zakręcane	ARK 350-2