



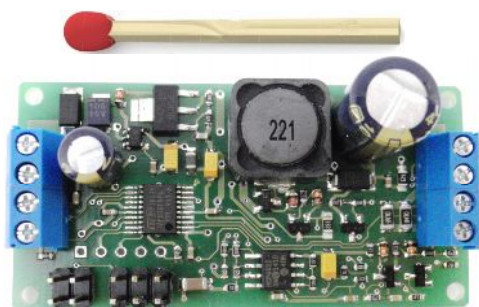
Research  
Development of Electronics  
Prototyping  
Microcontroller education systems



Typ: NHC-01

## Moduł ładowarki pakietów akumulatorów NiMH

### OPIS



Moduł **NHC-01** jest miniaturowym modułem procesorowej ładowarki pakietów akumulatorów NiMH (2-8 ogniw typu AA oraz AAA) o pojemności od 1000 mAh do 2800 mAh. Przeznaczony jest do wbudowania (OEM) w urządzeniach przenośnych i mini robotach mobilnych zasilanych akumulatorami. Moduł posiada funkcję kontroli temperatury ładowanych ogniw oraz możliwość ustawiania różnych wartości prądów ładowania i liczby ogniw w pakiecie.

Ze względu na niewielkie wymiary modułu ładowarki (60 mm x 30 mm x 17 mm), idealnie nadaje się on do zamontowania w urządzeniach, które normalnie wymagają częstego wyjmowania akumulatorów z pojemnika i umieszczania ich w zewnętrznej ładowarce, co bywa dość kłopotliwe. Możliwość wbudowania ładowarki do różnych urządzeń jest unikalnym, bardzo praktycznym i jednocześnie ekonomicznym rozwiązaniem dla wielu użytkowników i konstruktorów z zakresu elektroniki i robotyki.

Do zasilania modułu ładowarki wymagany jest jedynie zewnętrzny, sieciowy zasilacz impulsowy (230VAC/9..18VDC, 1.5A). Ładowarka wykorzystuje kilka algorytmów detekcji stanu naładowania akumulatora, co zapewnia wysoką niezawodność i gwarantuje pełne naładowanie pakietów akumulatorów bez niebezpieczeństwa ich przegrzania i przeładowania. Konfiguracja ładowarki jest bardzo prosta i polega jedynie na ustawieniu prądu ładowania i ilości ogniw w pakiecie. Konfigurowanie odbywa się przy pomocy odpowiedniego ustawienia zworek.

Sygnalizacja aktualnego stanu pracy odbywa się przy pomocy diody LED. Dodatkowym elementem jest możliwość podłączenia termistora do pomiaru temperatury pakietu akumulatorów, który zapewnia najbardziej precyzyjne wykrycie pełnego naładowania ogniw przy najwyższym prądzie ładowania (500 mA dla ogniw AAA oraz 1000 mA dla ogniw AA).

### Podstawowe parametry ładowarki NHC-01:

- prądy ładowania: 125 mA, 250 mA, 500 mA, 1000 mA
- ładowanie pakietu szeregowo połączonych ogniw NiMH typu AA i AAA o pojemności 1000..2800 mAh
- liczba ogniw w pakiecie: 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 (2,4V - 9,6V)
- napięcie zasilania 9..18 VDC (np. zewnętrzny zasilacz sieciowy: 230VAC/9..18VDC, 1.5A)
- niewielkie rozmiary (moduł o wymiarach: 60 mm x 30 mm x 17 mm)
- Temperatura otoczenia: 0°C do +40°C
- Wilgotność względna otoczenia: 20% do 85%

### Przykładowe zastosowania:

- roboty mobilne
- przyrządy pomiarowe
- urządzenia przenośne

#### Producent:

**AMEX Research Corporation Technologies**  
15-692 Białystok, ul. Elektronowa 6  
Tel.: 602723295, Fax: 856530703  
e-mail: [amexinfo@amex.pl](mailto:amexinfo@amex.pl)  
[www.amex.pl](http://www.amex.pl)

## Sposoby ładowania ogniw NiMH

Ładowanie ogniw NiMH zasadniczo odbywa się poprzez wymuszenie przepływu prądu o stałej wartości przez odpowiedni czas. Im większy prąd ładowania tym czas ładowania jest krótszy. Ładowarka dodatkowo monitoruje napięcie pakiet oraz ewentualnie jego temperaturę. W zależności od ustawionego prądu ładowania napięcie na ogniwach może zmieniać się nieco inaczej. Prawidłowa obserwacja zmian napięcia na ogniwach NiMH jest szczególnie istotna przy wyższych prądach ładowania wynoszących 0,5..1,0C (C - pojemność akumulatora). W zależności od ustawionego prądu ładowania, detekcja pełnego naładowania może odbywać się na kilka sposobów opisanych poniżej. Opisane metody są wykorzystywane przez moduł ładowarki NHC-01.

### Ładowanie standardowe prądem 0,1C

Ten sposób ładowania jest najprostszy i w zasadzie nie wymaga stosowania dokładnych układów pomiarowych.

Ładowanie odbywa się stałym prądem o wartości ok. 0,1C przez czas równy typowo 14..16 godzin. Ta metoda była bardzo popularna szczególnie w ładowarkach akumulatorów nikielowo-kadmowych (jest również używana do akumulatorów NiMH). Niski prąd ładowania powoduje, że praktycznie nie jest możliwe przeładowanie ani przegrzanie akumulatora nawet, gdy akumulator nie zostanie odłączony od ładowarki po znacznie dłuższym czasie. Wadą tej metody jest długi czas ładowania, co w wielu przypadkach jest nieakceptowane.

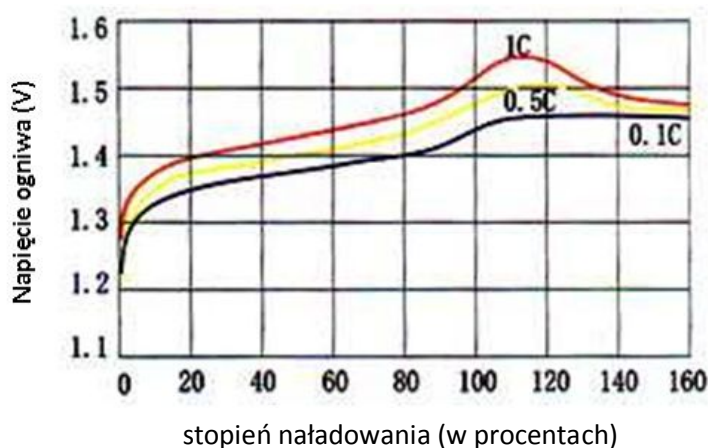
W ładowarce NHC-01 przy ładowaniu prądem 125 mA i 250 mA wykrycie spadku napięcia (-delta V) świadczącego o pełnym naładowaniu ogniwa akumulatora jest bardzo utrudnione lub wręcz niemożliwe, gdyż wartość spadku napięcia na końcu ładowania jest niezwykle mała. Wykrywanie końca ładowania jest w tej sytuacji realizowane poprzez detekcję dopuszczalnego, osiągniętego napięcia na całym pakiecie akumulatorów. Dodatkowo, mierzony jest czas ładowania. Po upływie maksymalnego czasu, ładowanie jest bezwzględnie przerywane nawet, gdy nie zostanie osiągnięte końcowe napięcie ładowania (co może świadczyć o zużyciu lub uszkodzeniu ogniw).

### Ładowanie szybkie

W celu szybkiego naładowania ogniwa NiMH wykorzystuje się prąd o wartości równej 0,5..1C ładowarka NHC-01 wykorzystuje prąd 1A do ładowania ogniw typu AA o pojemności 2000...2800 mAh. Duży prąd ładowania skraca czas całego procesu do 1..3 godzin. Ta metoda wymaga jednak precyzyjnego obserwowania zmian napięcia na ogniwach oraz ewentualnie temperatury, gdyż wysoki prąd ładowania może łatwo spowodować przeładowanie i przegrzanie ogniw, co w konsekwencji może doprowadzić do ich uszkodzenia a nawet eksplozji.

Przy ładowaniu szybkim, napięcie na ogniwach początkowo wzrasta, po czym ustala się przez krótki czas na pewnej wartości (patrz Rys. 1). Następnie napięcie zaczyna lekko spadać. Jednocześnie temperatura ogniw zaczyna szybko wzrastać (typowo o 0,8..1,5°C na minutę – tzw. algorytm „delta T”). Spadek napięcia (tzw. algorytm „-delta V”) jest niewielki i wynosi typowo od 5 do 10 mV na ogniwo (w zależności od wartości prądu ładowania). Powyższe dwa zjawiska są znakiem, że akumulator jest w pełni naładowany. Wykrycie jednak tak małej zmiany napięcia jest trudne ze względu na obecność zakłóceń pochodzących np. od ewentualnych, gwałtownych zmian napięcia zasilania oraz błędów pomiaru wprowadzanych przez układy pomiarowe w ładowarce. Niewielka wartość spadku napięcia występuje na tle znacznie wyższego napięcia samego ogniwa, co dodatkowo utrudnia jego wykrycie. Dlatego w przypadku ładowania szybkiego zalecane jest podłączenie czujnika

temperatury mierzącego temperaturę ładowanych ogniw w pakiecie. Ładowarka NHC-01 posiada możliwość podłączenia termistora NTC do kontroli temperatury ładowanych ogniw (o rezystancji 10 kOhm ( $R_{25/85}=3691K$ ). Opis podłączenia i montażu termistora podany jest w dalszej części opisu).



Rys. 1. Przykładowy przebieg napięcia na ogniwie NiMH w zależności od prądów ładowania

Wykrywanie spadku napięcia  $-\Delta V$  jest precyzyjnie i niezawodnie wykrywane przez ładowarkę NHC-01 dzięki zastosowaniu odpowiedniego filtrowania analogowego i cyfrowego oraz dokładny pomiar napięcia pakietu akumulatorów. Filtrowanie cyfrowe realizuje dodatkowo odrzucanie fałszywych wartości  $-\Delta V$ , które mogą się pojawić wskutek np. gwałtownych zmian napięcia zasilania lub silnych zakłóceń mogących przedostać się przewodami z ładowanych ogniw.

### Zabezpieczenie przed przeładowaniem

Wszystkie opisane powyżej metody ładowania wykorzystują dodatkowe środki zapobiegające przeładowaniu. Pierwszą z nich jest pomiar końcowego napięcia ładowania. Jeśli napięcie to zostanie osiągnięte, a nie zostanie wykryty spadek napięcia  $-\Delta V$  (przy ładowaniu szybkim) ani wzrost temperatury (tylko w przypadku, gdy podłączony jest termistor) wówczas ładowanie jest przerywane. Jeśli podłączony jest termistor (podłączenie termistora jest wykrywane automatycznie) wówczas badana jest szybkość wzrostu temperatury (kryterium  $\Delta T$ ). Gdy osiąga ona wartość  $1^\circ\text{C}/\text{minutę}$  wówczas ładowanie jest wyłączane. Ładowanie jest również wyłączane, gdy temperatura pakietu ogniw przekroczy  $+55^\circ\text{C}$ . Dodatkowym zabezpieczeniem jest timer mierzący czas od momentu rozpoczęcia ładowania. Timer posiada najwyższy priorytet w decydowaniu o wyłączeniu ładowania. Upływ dopuszczalnego czasu ładowania powoduje bezwzględne przerwanie ładowania bez względu na to, czy wystąpiły pozostałe znaki świadczące o naładowaniu (czyli  $-\Delta V$ ,  $\Delta T$ ).

### Zabezpieczenie przed zwarciami i przeciążeniami

Ładowarka posiada wbudowane zabezpieczenie przed zwarciami i przeciążeniami wyjścia (podłączanego do ładowanego pakietu ogniw). Zabezpieczenie jest aktywowane, gdy prąd ładowania wynosi powyżej 1,5A. Ładowanie jest wówczas przerywane na ok. 2s, po czym jest włączane ponownie (metoda *hiccup*). Jeśli zwarcie lub przeciążenie jest ponownie wykryte, wówczas cykl powtarza się. Timer mierzący czas ładowania jest zatrzymany tak długo, jak trwa stan zwarcia lub przeciążenia. Należy wyraźnie zaznaczyć, że zabezpieczenie odciąża jedynie samą ładowarkę. W czasie ładowania wystąpienie zwarcia w przewodach akumulatora lub w pojemniku, w którym umieszczone są ogniwa spowoduje co prawda zadziałanie zabezpieczenia samej ładowarki (aby zabezpieczyć jej obwody wyjściowe przed uszkodzeniem), jednak nie zabezpieczy to pakietu akumulatora przed przepływem prądu zwarciego, który może być bardzo duży.

## Sygnalizacja stanów pracy

Do sygnalizacji stanu pracy ładowarki służy opcjonalna dioda LED podłączana do złącza (patrz opis instalacji ładowarki). Dioda LED nie wymaga dołączania dodatkowego rezystora ograniczającego prąd, gdyż jest on wbudowany do ładowarki i ma wartość 330 Ohm. Napięcie zasilania diody wynosi 3,3V. Wyjście do zasilania diody jest typu *push-pull*.

Występują 4 stany pracy:

- brak ładowania (dioda LED zgaszona)
- ładowanie (dioda LED świeci światłem ciągłym)
- zwarcie lub przeciążenie (miganie szybkie z częstotliwością ok. 3 Hz)
- koniec ładowania (miganie wolne z częstotliwością ok. 0,5 Hz)

Sygnał do diody LED może być również wykorzystywany do podłączenia do zewnętrznych układów, np. mikrokontrolerów. Metody ładowania pokazano w Tabeli nr 1.

**Tabela 1. Metody ładowania ładowarki NHC-01 w zależności od prądu ładowania**

Prąd ładowania	Metoda ładowania	Kryterium wykrywania pełnego naładowania	Max. czas ładowania	Max. końcowe napięcie pojedynczego ogniwa (uwaga 2)
125 mA	standardowa (dla ogniów AAA)	timer, max. napięcie końcowe, max. temperatura ogniów (uwaga 1)	15 h	1,55 V
250 mA	standardowa (dla ogniów AA)	timer, max. napięcie końcowe, max. temperatura ogniów (uwaga 1)	15 h	1,55 V
500 mA	szybka (dla ogniów AAA)	timer, max. napięcie końcowe, max. temperatura ogniów, delta T (uwaga 1)	3 h	1,7 V
1000 mA	szybka (dla ogniów AA)	timer, max. napięcie końcowe, max. temperatura ogniów (uwaga 1), delta T, -delta V	3 h	1,7 V

### UWAGI:

- 1. Max. temperatura ogniów oraz kryterium "delta T" są wykorzystywane tylko, gdy dołączony jest termistor. Termistor jest wykrywany automatycznie przy rozpoczęciu procesu ładowania. Termistor nie jest wymagany, ale jest bardzo zalecany przy prądach ładowania 500 mA i 1000 mA.**
- 2. Końcowe napięcie ładowania na całym pakiecie ogniów jest równe ilości ogniów pomnożonych przez podane napięcie końcowe pojedynczego ogniwa.**

### **3. Zaleca się używanie firmowych pakietów akumulatorów zbudowanych z wyselekcjonowanych ogniów NiMH.**

Selekcja ta polega m.in. na doborze ogniów NiMH o zbliżonych rezystancjach wewnętrznych. Gwarantuje to występowanie podobnych spadków napięć na poszczególnych ogniwach pakietu podczas ich ładowania. Rezystancje wewnętrzne ogniów są różne dla poszczególnych producentów. Jest to powodem występowania różnych napięć w pakietach w końcowej fazie ich ładowania. Napięcie końcowe pakietu zależy także od wartości prądu ładowania. **Nie wolno stosować w pakietach ogniów o różnym stopniu naładowania.**

## Zasilanie ładowarki

Do zasilania ładowarki najlepiej używać impulsowego zasilacza stabilizowanego o wydajności prądowej powyżej 1A. Użycie zasilacza niestabilizowanego jest niezalecane, gdyż napięcie wyjściowe takiego zasilacza zależy od prądu obciążenia i może wykraczać poza zakres wymagany przez ładowarkę. Dodatkowym problemem mogą być tętnienia napięcia, które mogą zakłócać proces ładowania. Zestawienie parametrów ładowarki NHC-01 przedstawiono w Tabeli 2.

Minimalne wymagane napięcie zasilania ładowarki zależy od liczby ładowanych ogniw (Tabela 3).

**Tabela 2. Zestawienie parametrów ładowarki NHC-01**

Parametr	min	typ.	max	jednostka
napięcie zasilania (uwaga 5)	9		18	V
spoczynkowy prąd zasilania (uwaga 1)		22	32	mA
prąd ładowania (uwaga 4)	125		1000	mA
odchyłka prądu ładowania	-6		+6	%
napięcie zasilania diody sygnalizacyjnej LED (uwaga 2)	3		3,3	V
próg zadziałania zabezpieczenia przed zwarcie/przeciążeniem		1,5		A
liczba ładowanych ogniw	2		8	szt.
rezystancja termistora do kontroli temperatury pakietu ogniw (uwaga 3)		10		k $\Omega$

### UWAGI:

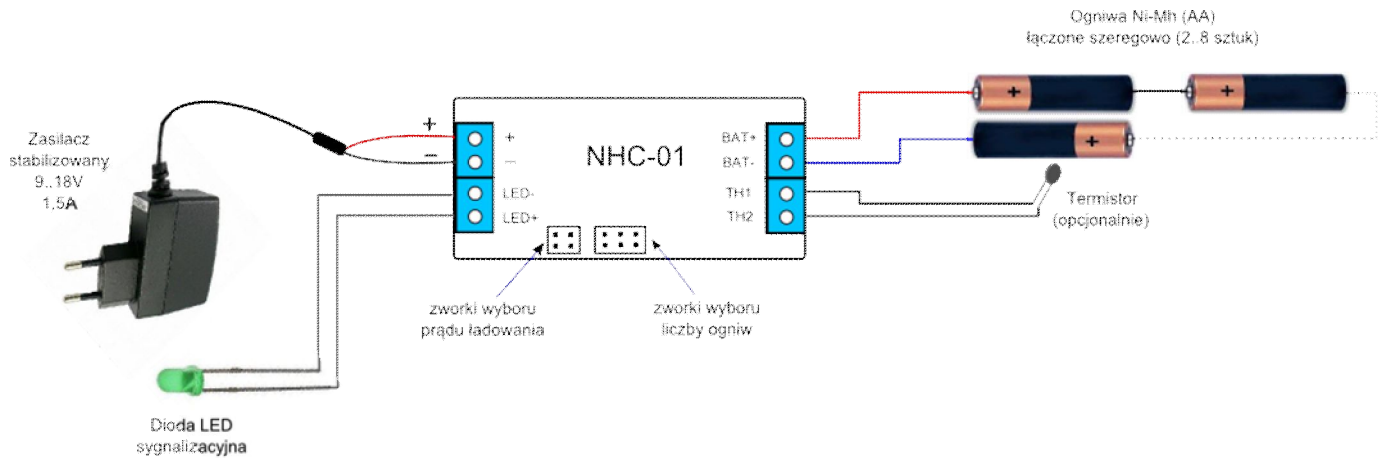
- 1) Prąd pobierany jest przy odłączonym akumulatorze
- 2) Wyjście diody LED podłączone jest przez wbudowany rezystor o wartości 330  $\Omega$
- 3) Termistor jest opcjonalny; jednak jest on zalecany przy prądach ładowania 500 mA i 1000 mA
- 4) Prąd ładowania ustawiany jest zworkami i może przyjmować wartości 125 mA, 250 mA, 500 mA i 1000 mA (patrz opis instalacji ładowarki)
- 5) Rzeczywiste wymagane napięcie zasilania jest zależne od liczby ładowanych ogniw (patrz opis instalacji ładowarki)



## Typowa instalacja ładowarki

Na Rys. 2 pokazano typowe podłączenie ładowarki NHC-01 (patrz uwagi pod rysunkiem).

W przypadku wbudowania ładowarki np. do urządzenia lub robota mobilnego, schemat z użyciem dwupozycyjnego przełącznika (ON/OFF-Charge) oraz gniazdem do ładowania – pokazano na Rys. 3.

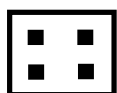


Rys. 2. Instalacja ładowarki (termistor powinien być umieszczony wewnątrz pakietu - pomiędzy ogniwami, ściśle przylegając do wybranego ogniwa. Dioda sygnalizacyjna LED powinna być widoczna dla użytkownika (np. na zewnątrz obudowy urządzenia))

## Środki ostrożności

- Zworki powinny być ustawione przed podłączeniem zasilacza AC/DC do modułu ładowarki. W czasie ładowania, zmiany w ustawieniu zwerek nie powodują żadnego efektu.
- Podczas użycia modułu ładowarki temperatura otoczenia nie powinna przekraczać  $+40^{\circ}\text{C}$ .
- Do podłączenia pakietu akumulatorów do modułu ładowarki należy używać krótkich przewodów o odpowiednim przekroju. Zbyt długie i cienkie przewody powodują niepożądane spadki napięcia, które mogą być powodem przedwczesnego zakończenia procesu ładowania.  
**Całkowita rezystancja przewodów zasilających nie powinna być większa niż  $0,05\ \Omega$ .**
- Przed podłączeniem lub odłączeniem pakietu akumulatorów należy odłączyć zasilacz zewnętrzny.
- Niektóre elementy elektroniczne w module ładowarki podczas ładowania prądem  $1000\ \text{mA}$  mogą być gorące. Jest to normalne zjawisko, które nie powinno budzić żadnego niepokoju.

**Ustawienie zwerek wyboru prądu ładowania:  
(widok z góry płytki ładowarki, jak pokazano na Rys. 2)**



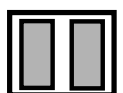
125 mA



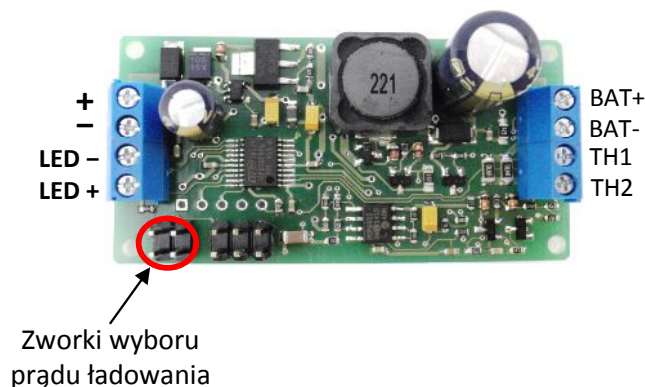
250 mA



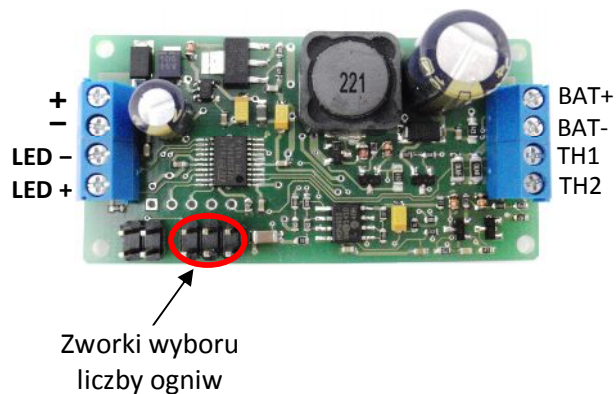
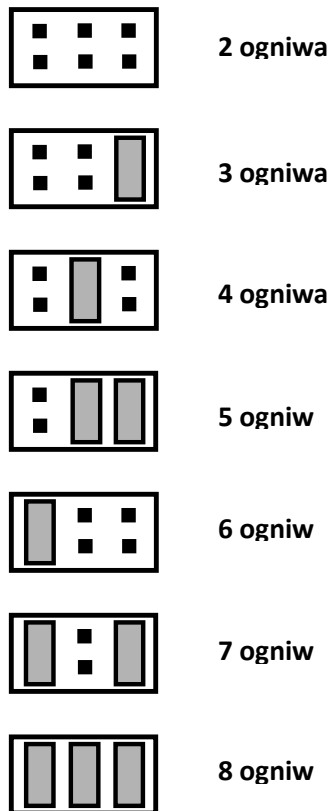
500 mA



1000 mA



**Ustawienie zworek wyboru liczby ogniw:  
(widok z góry płytki ładowarki, jak pokazano na Rys. 2)**



**Tabela 3. Minimalne napięcie zasilania ładowarki w zależności od liczby ładowanych ogniw**

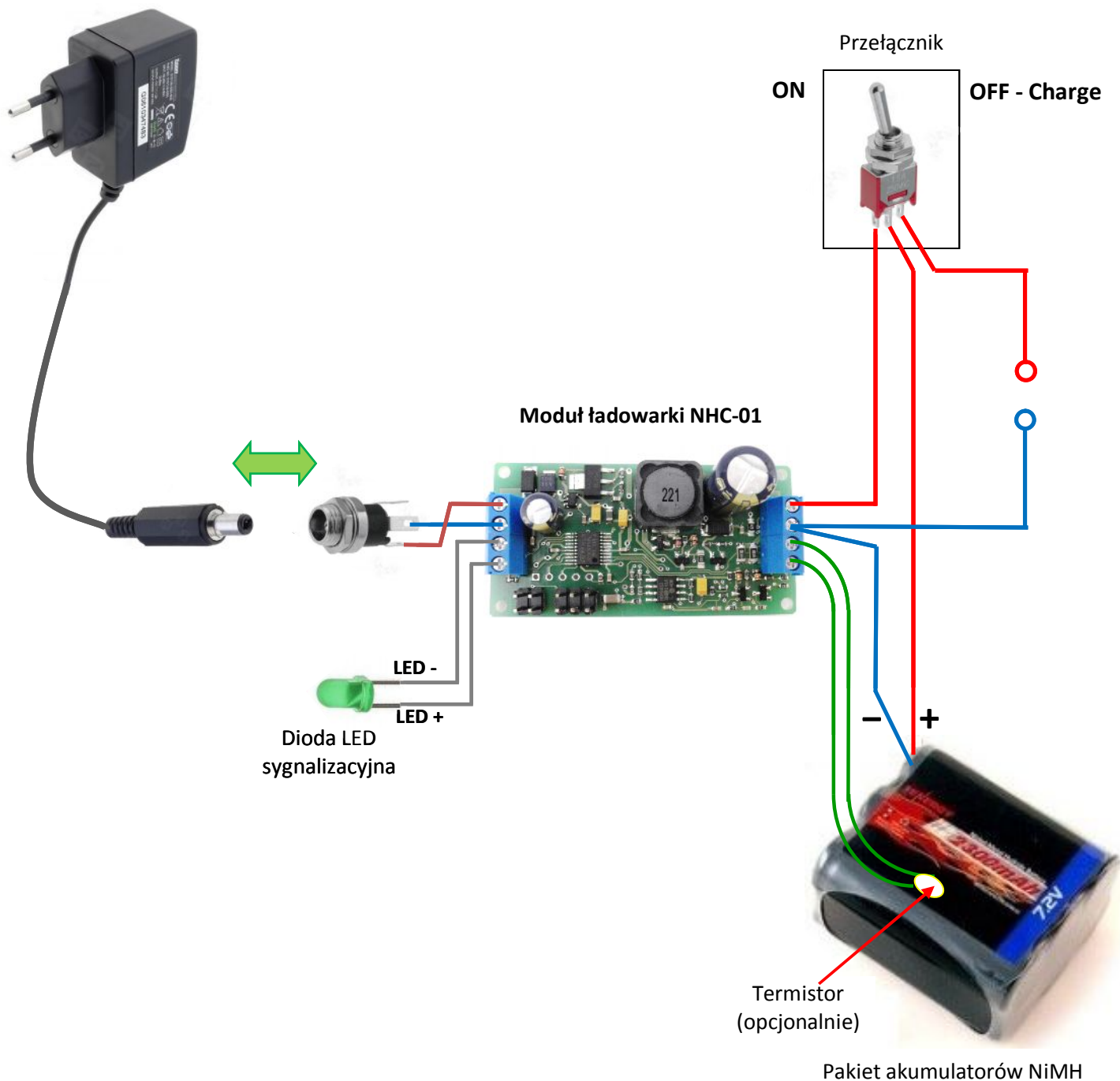
Liczba ogniw w pakiecie	Minimalne napięcie zasilania ładowarki
2	9 V
3	9 V
4	10 V
5	11 V
6	12 V (patrz uwaga poniżej)
7	15 V
8	17 V

**Uwaga:** Niektóre ogniwa NiMH mogą wymagać wyższego napięcia (min. 13V dla 6-ciu ogniw)

**Końcowe uwagi dotyczące używania ładowarki**

Przed podłączeniem ogniw do ładowania należy prawidłowo ustawić liczbę ogniw i prąd ładowania. Nieprawidłowe ustawienie liczby ogniw różniące się od rzeczywistej liczby ogniw może spowodować ich przeładowanie lub niedoładowanie (szczególnie przy prądach 500 mA i 1000 mA). Termistor jest opcjonalny i w przypadku jego użycia musi on dokładnie przylegać do jednego z ogniw w pakiecie (najlepiej do tego, które jest w samym środku pakietu).

Zasilacz stabilizowany, impulsowy  
(230VAC/9..18VDC, 1.5A)



Rys. 3. Schemat połączeń ładowarki z zewnętrznym zasilaczem, gniazdem wejściowym, pakietem akumulatorów, termistorem, diodą sygnalizacyjną i przełącznikiem

Jeśli dwupozycyjny przełącznik jest w pozycji **ON** (Rys. 3), to napięcie pakietu akumulatorów jest dostępne na zaciskach BAT+ oraz BAT-. W pozycji przełącznika **OFF-Charge** - ładowanie nastąpi po podłączeniu wtyku zewnętrznego zasilacza do gniazda, które jest podłączone do zacisków ładowarki. Po naładowaniu pakietu akumulatorów (sygnalizacja diodą LED) należy zasilacz zewnętrzny odłączyć od gniazda. Zasilanie urządzenia lub robota (zaciski BAT+ i BAT-) jest aktywne w pozycji **ON** przełącznika.



Przykład zastosowania ładowarki NHC-01 do ładowania pakietu akumulatorów NiMH (6 x AA) w mini robocie mobilnym

