

e3DHW: Power Management System

nota: per usare i link, scaricare questo file ed utilizzare un pdf-viewer sul vostro PC.

Introduzione

Un problema sempre presente nelle realizzazioni elettroniche DIY è la scelta dell'alimentatore e della fonte di energia: batterie o rete? Oppure pannello solare ? Oppure...

Power Management System è una semplice e generale metodologia di progetto che, all'interno della visione e3DHW, risolve molti problemi legati all'alimentazione degli apparati elettronici DIY in un modo attuale e flessibile.

e3DHW-PMS (e3DHW- Power Management System) si pone i seguenti obiettivi:

- *Circuito di alimentazione molto semplice, economico e sostanzialmente analogo per tutti gli apparati elettronici DIY.*
- *Nel funzionamento con alimentazione da rete le batterie sono usate come batterie tampone, non sono richiesti quindi gruppi UPS per funzionamento 7/24.*
- *Il funzionamento come dispositivo portatile richiede periodicamente una fase di ricarica.*
- *Possibilità di cambiare in tempo reale la fonte energetica senza modificare il circuito: lo stesso dispositivo funzionerà a batterie, a rete, con pannelli solari, in auto a 12 V etc... senza modifiche circuitali.*

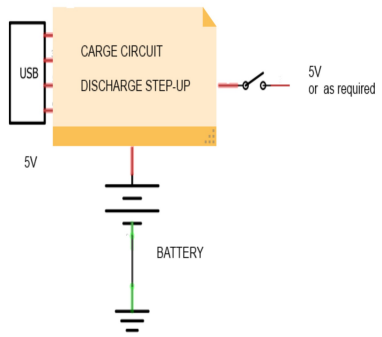







In particolare, le idee guida di **e3DHW-PMS** sono

1. **Standardizzare l'alimentazione a 5 V, usando connettori USB:**
 - Nel settore consumer questa tendenza è già in atto da tempo: ad esempio ho una 'action cam', sostanzialmente una macchina fotografica, che si ricarica via USB.
 - Dall'epoca dei TTL, moltissimi circuiti integrati richiedono 5 V di alimentazione.
 - Legato al mercato indotto dalla diffusione degli smartphone, c'è un vivace sviluppo di dispositivi di ricarica a 5V: alimentatori da rete, da automobile, pannelli solari, power bank etc. A prezzi sempre più interessanti.
 - Tra i moduli elettronici disponibili sul mercato, anche a causa della suddetta tendenza, troviamo circuiti per caricare e/o scaricare batterie di vario tipo (power-bank) e molti circuiti step-up e step-down che funzionano come trasformatori DC-DC, dedicati ai 5 V. Sono economici, con efficienza elevata (anche oltre 95 %) e disponibili per varie potenze (vedi oltre).
 - Fino a 2,5 W siamo nel campo delle potenze USB standard (5V, 0,5A), e.g. Prese di PC da 2,5 a 5 W (5V 1A) possiamo utilizzare alimentatori per smartphone
Oltre 5W occorre utilizzare alimentatori più potenti: QC2.0 (10 W), WC5.0 (15W) etc..
2. **Utilizzare batterie ricaricabili al NiMH, in modalità batteria tampone**
 - Sono batterie economiche e molto diffuse, con elevata densità di carica, e si prestano a funzionare con carica continua.
 - Usando le batterie al NiMH come batterie tampone, il circuito richiesto (carica lenta) può essere veramente molto semplice.
3. **Utilizzare batterie ricaricabili al Lilon per dispositivi portatili**
 - Sono batterie con elevata tensione nominale (3.7) ed elevata corrente di scarica.

- Non tollerano la carica continua, sono adatte ad un uso intermittente.
- Sono più delicate delle NiMH, si deve usare sempre uno dei molti moduli esistenti per la carica e la scarica, con controllo delle situazioni di overcharge e overdischarge e per l'uso corretto come UPS.

Overview e3DHW-PMS

Questa immagine sintetizza alcune possibilità di **e3DHW-PMS** (prezzi indicativi web):

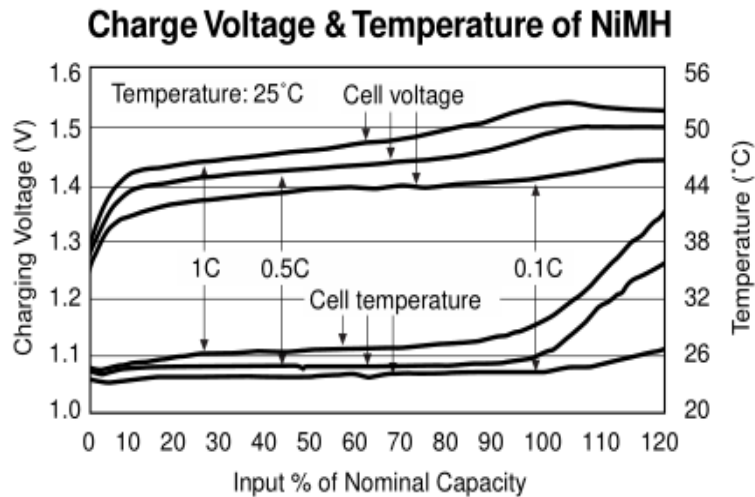
Fonte energia (<5W)	Collegamento	
Batterie interne	none	
Rete AC 1 A 4 € 	1) cavo che esce dal dispositivo, con maschio USB A	
Auto 12V 3 € 		
Solare 12 € 	2) presa USB femmina micro B sul dispositivo (come uno smartphone) + cavo USB	
Vento 7.50 US\$ 		
Power bank 21 € 		
Ogni fonte capace di ricaricare uno smartphone	Spine/prese USB standard	Stadio alimentatore che agisce come un power bank

- 1) le fonti di energia progettate per smartphone hanno tipicamente in uscita 5V 1A
- 2) In fase di scarica da una batteria Lilon si possono ottenere fino a 10/15 A

batterie ricaricabili

Carica lenta è definita come la massima corrente che può essere applicata senza limiti di tempo e senza danneggiare la batteria. Per le batterie NiMH è un valore compreso tra $C/40$ e $C/10$ (C è la capacità della batteria in mAh) (rif. [1]).

Carica Rapida è usualmente definita la ricarica in 1h, con una corrente pari a $1,2C$ (rif [1])

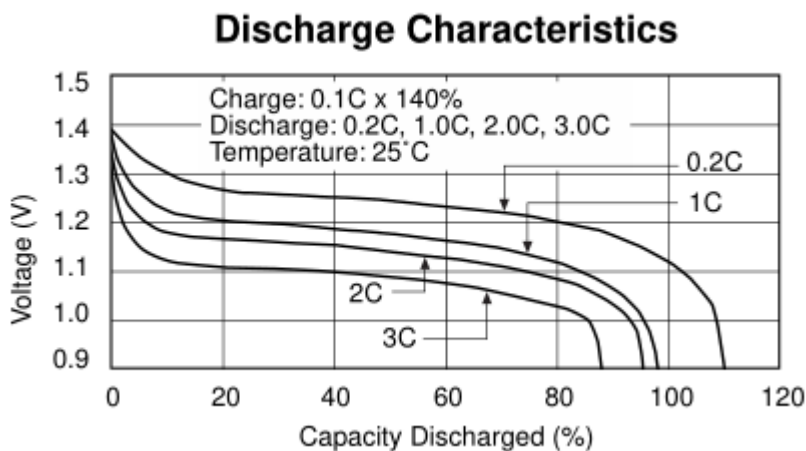


note carica NiMH:

Tensione max (tipica, $T < 40^\circ$): 1.47V (rif. [5]).

Max corrente $1,2C$ (carica veloce 1h a corrente costante) (rif [1])
fine: la tensione presenta un massimo e la temperatura sale.

In ogni caso, la temperatura della batteria non deve superare i $45^\circ - 50^\circ\text{C}$ (rif. [3]).



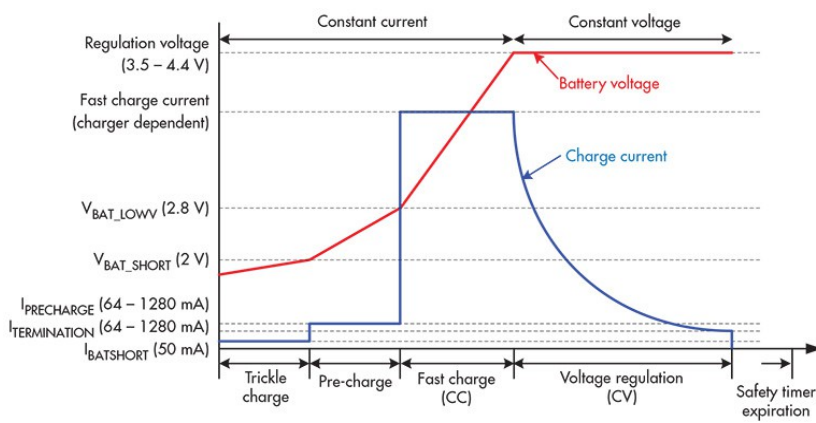
note scarica NiMH:

Tensione nominale (a 50% di capacità, scarica a 0.2C): 1.2 V (rif. [2]).

Tensione minima: $= 0.9\text{ V}$ (rif. [2]).

Max corrente: $3C$ (ma per alcuni modelli anche $10C$ - rif. [3]).

Charge Lilon



note Lilon:

Tensione nominale 3,7 V

Max tensione (18650): $4.2 \pm 0.025\text{ V}$

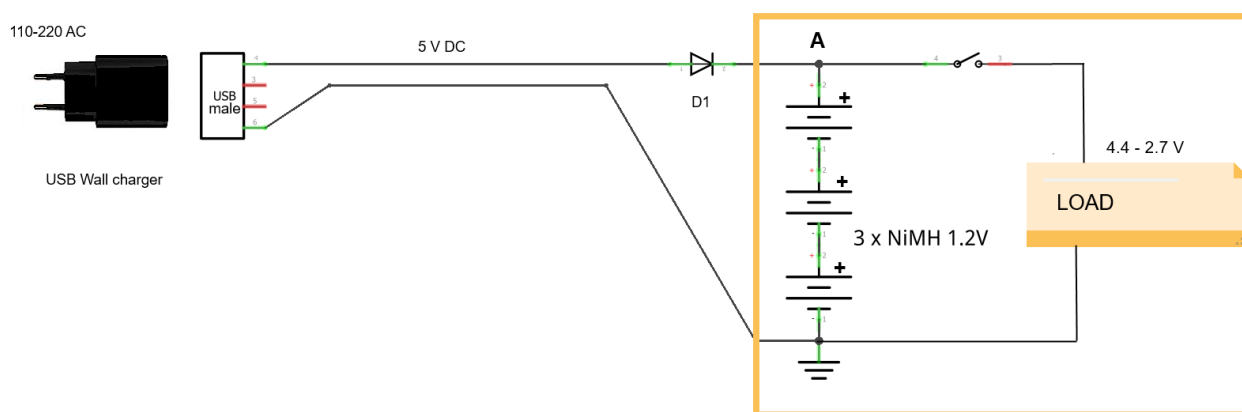
Min tensione: 2.5-3V

Carica: fase a corrente costante $1C$ poi fase a tensione costante 4.2 V
fine: corrente $\leq 0.1C$

Circuito base per NiMH

Sono sempre alla ricerca di soluzioni semplici, efficaci ed economiche, e per la carica delle batterie NiMH ho studiato un circuito che mi sembra interessante: utilizzando 3 batterie NiMH in serie e 5V come alimentatore il circuito per la carica lenta può essere molto semplice scegliendo una carica a tensione costante: solo un diodo al silicio.

Questo metodo è del tutto generale e si applica sia a dispositivi elettrici (e. g. luci led) che tollerano tensioni variabili, sia a dispositivi elettronici che richiedono tensioni fisse, in questo caso si deve usare un modulo step-up/step-down.



Carica

Il diodo ha un duplice scopo: abbassa la tensione dell'alimentatore di 0.6V ed esclude l'alimentatore quando questo non è alimentato in AC.

Facciamo un po' di conti:

La tensione al nodo A varia :
min: $3 \times 0.9 = 2.7 \text{ V}$
max: $5 - 0.6 = 4.4 \text{ V} = 3 \times 1.46 \text{ V}$

La corrente di carica delle batterie (a tensione costante, 5V) dipende:
dalla (tensione_alimentatore - tensione_batterie) che varia da $(4.4 - 2.7) = 1.7$ a 0 V ,
dalla somma delle resistenze interne delle batterie, del diodo e dell'alimentatore.

L'andamento è esponenziale, la corrente di carica tende a zero con carica completata (4,4 V).

- 1) La corrente fornita dalla fonte a 5V non deve superare il valore 1.2C (a pile scariche).
- 2) E' opportuno che la fonte a 5V abbia una protezione contro il sovraccarico (Alcuni USB wall charger che ho provato hanno questa protezione).
- 3) Le batterie usate devono essere il più possibile uguali tra loro (stessa marca, stesso tipo, stessa capacità, stessa carica iniziale) per garantire una omogenea divisione della carica e delle tensioni. (vedi ...)
- 4) Problemi si possono verificare in caso di rottura di una batteria ovvero in caso di temperatura ambiente molto elevata ($> 40^\circ\text{C}$). In caso di malfunzionamento il sintomo tipico è il surriscaldamento di una delle batterie oppure una tensione troppo bassa, sotto carico, e.g. a 0.1 C
- 5) Un elemento danneggiato può portare rapidamente alla rottura degli altri elementi.

Ovviamente si avranno tempi di carica molto lunghi, ma in linea di massima questo non è un problema, potendo tenere le batterie sempre sotto carica. Il tempo minimo di carica si può misurare usando una fonte a 5V con resistenza interna vicino allo 0 e limite di corrente pari a 1C.

Tenere le batterie sempre alimentate da rete è la soluzione migliore: la corrente di mantenimento si autoregola ed è inferiore ad 1 mA, e l'assorbimento totale non è misurabile con i miei strumenti, risultando inferiore ad 1 W. Le batterie sono sempre cariche e quindi pronte al funzionamento autonomo, ma sono poco sollecitate e quindi durano a lungo,

Diverse le considerazioni con sorgenti intermittenti, come solare ed eolico: occorre calcolare i valori medi in maniera conservativa, considerando la possibilità di lunghi periodi (giorni) senza sole o di bonaccia. E' anche possibile la carica contemporanea delle batterie da più fonti: per ogni fonte aggiungere un diodo al circuito base.

Scarica

La corrente di scarica massima delle batterie NiMH è 3C ma si può arrivare anche a 10C per alcuni tipi speciali. Considerando le batterie più economiche, da 1000 mAh, significa 10 ore di autonomia a 100 mA (0,1C) fino a 20 minuti a 3A (3C).

Conoscendo l'assorbimento dell'apparato ed il tipo di uso che se ne intende fare (intermittente, continuo etc.) è facile calcolare la capacità richiesta delle batterie al NiMH, Queste tipicamente sono da 1000 mAh, ma alcuni tipi possono arrivare fino a 2850 mAh (Wikipedia, 18 ott. 2018).

Valutare anche l'utilizzo di più gruppi di 3 batterie in parallelo.

Importante avvertenza, evitare assolutamente di scaricare le 3 batterie oltre 2.7V (sotto carico).


La vita delle batterie NiMH è danneggiata sia da overcharge che da overdischarge.:occorrono circuiti di controllo con il distacco del carico oppure avviso all'utente.

Nel circuito base, in fase di scarica, la corrente richiesta è fornita parte dalle batterie, parte dall'alimentatore di rete. L'equilibrio si ottiene quando le batterie assorbono una corrente trascurabile e l'alimentatore di rete fornisce tutta la corrente richiesta dal carico (2,5-15 W).

In caso di emergenza nel funzionamento autonomo le tre batterie NiMH possono sempre essere sostituite da normali pile AA alcaline.


L'utilizzo di convertitori DC-DC step-up oppure step-down consente di ottenere, partendo da 4.4 V, un'ampia gamma di tensioni stabilizzate come richiesto dai circuiti elettronici.


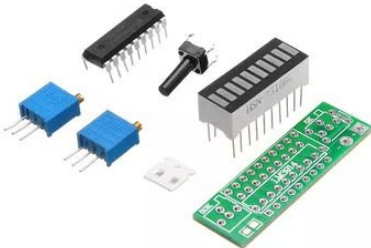
A titolo di esempio ritengo interessanti per progetti **e3DHW-PMS** i seguenti moduli regolatori di tensione (il prezzo è solo indicativo ed include la spedizione):

	<p><u>PFM Control DC-DC 0.9V-5V To USB 5V Boost Step Up Power Supply Module</u></p> <p>IN: 0.9 – 5 V OUT: 5 V, 600 mA efficienza max: 96%</p>	<p>1.30 €</p>
---	---	---------------

	<p><u>Mini DC-DC 0.8-5V To DC 5V Step Up Boost Power Module Board For Arduino</u></p> <p>IN: 0.8 – 5 V OUT: 5 V, 7 - 480 mA efficienza max: 85%</p>	<p>1.84 €</p>
	<p><u>XL6009 Step Up Boost Voltage Power Supply Module Adjustable Converter Regulator</u></p> <p>IN: 3.5 – 35 V OUT: 5 – 35 V, 10 W efficienza max: 94%</p>	<p>2.16 €</p>
	<p><u>WAVGAT Mini DC-DC 12-24V To 5V 3A Step Down Power Supply Module</u></p> <p>IN: 4.5 – 24 V OUT: 0.8 -17V adjustable 1.8, 2.5, 3.3, 5, 9, 12 fixed 1.5 A (3 A + radiator) efficienza max: 97.5%</p>	<p>0.50 €</p>
	<p><u>Mini 2 in 1 1.8V-5V to 3.3V DC Step Down Step Up Converter Power For Arduino Wifi bluetooth ESP8266 HC-05 CE1101 LED Module</u></p> <p>IN: 1.8 – 5 V OUT: 3.3 V \pm 4% 100 mA Senza carico: 0.65 mA</p>	<p>1.62 €</p>
	<p><u>4Pcs ISDT 1.5V 2000mAh Rechargeable AA Ni-MH Battery</u></p>	<p>8.53 €</p>

Anche i seguenti moduli possono essere utili:

	<p><u>10 pcs Micro B USB To Dip Female Socket</u></p>	<p>10x 2.22 €</p>
---	---	-------------------

	<u>10 pcs USB 2.0 Female A Head Socket To DIP</u>	10x 2,41 €																																																
	<u>LM3914 DIY Kit Display LED Indicator 10 Segment Capacity Power Level Battery</u> standby (5V): 2,4 mA, ogni LED: 4 – 25 mA LM3914 Scale factor for 3x NiMH batteries <table><tr><td></td><td>MAX V</td><td>4,6</td><td></td></tr><tr><td></td><td>min V</td><td>2,6</td><td></td></tr></table> <table><tr><td>SCALE</td><td>10</td><td>4,5</td><td></td></tr><tr><td></td><td>9</td><td>4,3</td><td></td></tr><tr><td></td><td>8</td><td>4,1</td><td></td></tr><tr><td></td><td>7</td><td>3,9</td><td>1 LED</td></tr><tr><td></td><td>6</td><td>3,7</td><td>2 LED</td></tr><tr><td></td><td>5</td><td>3,5</td><td>4 LED</td></tr><tr><td></td><td>4</td><td>3,3</td><td></td></tr><tr><td></td><td>3</td><td>3,1</td><td></td></tr><tr><td></td><td>2</td><td>2,9</td><td></td></tr><tr><td></td><td>1</td><td>2,7</td><td></td></tr></table>		MAX V	4,6			min V	2,6		SCALE	10	4,5			9	4,3			8	4,1			7	3,9	1 LED		6	3,7	2 LED		5	3,5	4 LED		4	3,3			3	3,1			2	2,9			1	2,7		1.99 €
	MAX V	4,6																																																
	min V	2,6																																																
SCALE	10	4,5																																																
	9	4,3																																																
	8	4,1																																																
	7	3,9	1 LED																																															
	6	3,7	2 LED																																															
	5	3,5	4 LED																																															
	4	3,3																																																
	3	3,1																																																
	2	2,9																																																
	1	2,7																																																
from: https://www.digchip.com/datasheets/parts/datasheet/321/LM3914-pdf.php																																																		

Circuito base per batterie Lilon

Il più diffuso tipo di batteria Lilon secondaria è la 18650 (3.7V nominali) con elevata capacità ed alte correnti di scarica, fornita da molti produttori:

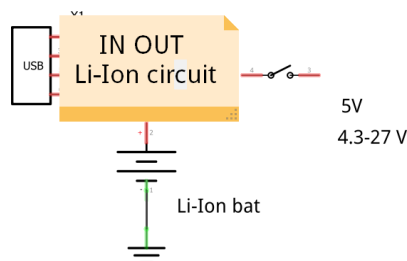
- Panasonic: NCR18650 (2900mAh), NCR18650A (3100mAh), NCR18650B (3400mAh), NCR18650 G, (3600mAh.)

Alte correnti di scarica, 10+ A:

- Sanyo-Panasonic NCR18650GA (3500mAh, 10A)
- Samsung 30Q, 25S
- Sony: VTC-5, 5A 6.
- LG: HG/HE 2 (15A)

nota: se la batteria non contiene circuiti di protezione (PCB) occorre usare un circuito esterno di protezione (BMS rif[8]).

Per la ricarica rapida delle batterie Lilon occorre agire in due fasi: nella prima si eroga una corrente costante ($\leq 1C$) fino a raggiungere 4.2 V, poi si completa a tensione costante (4.2 V) fino a quando la corrente non diminuisce ($< 0.1 - 0.03 C$).



Si trovano molti circuiti adatti (rif[1]), per semplicità possiamo usare uno dei molti moduli disponibili in commercio per la carica di batterie Lilon, alcuni dei quali comprendono sia il circuito di carica che uno

stadio di uscita step-up. L'uscita è tipicamente a 5V (per applicazioni tipo 'power bank') oppure 12 V, ma può essere anche variabile (4.3 – 27 V).

Lilon vs NiMH

La complessità ed il costo delle due soluzioni base sono praticamente equivalenti




PRO:

- pacchi di batterie con correnti di scarica elevate (elettro-utensili).
- carica rapida (circa 1,5 h) e Quick charge
- ingombro inferiore
- vita della batteria più lunga, maggior numero di cicli carica/scarica (1000 vs 500)

CONTRO:

- le batterie Lilon sono danneggiate dalla corrente di mantenimento, non è possibile il loro uso diretto come batteria tampone.
- non sono compatibili con le pile alcaline.
- rischio di incendio ed esplosione.
- occorre un BMS per gestire pacchi di batterie.

A titolo di esempio alcuni moduli specifici per batterie Lilon (il prezzo è solo indicativo ed include la spedizione):

	<p><u>2Pcs 5V Lithium Battery Charger Step Up Protection Board Boost Power Module Micro USB Li-Po Li-ion 18650 Power Bank</u></p> <p>IN: 5V 1A OUT: 5V 1.2A standby: 0.1 mA</p>	<p>2x 3.44 €</p>
	<p><u>3.7V 9V 5V 2A Adjustable Step Up 18650 Lithium Battery Charging Discharge Integrated Module</u></p> <p>IN: 4.5 – 8 V 1A OUT: 4.3-27V adjustable, 5V – 1.4A, 12V – 0.6A standby: 0.5 mA</p>	<p>1.84 €</p>
	<p><u>5V/12V 18650 Lithium Battery Boost Step Up Module Charge Discharge</u></p> <p>IN: 5V OUT: 5 V 1A oppure 12V nota: funzione UPS, con distacco della batteria</p>	<p>2.50 €</p>

	<p><u>1S-8S-Li-po-Battery-Voltage-Tester-Checker-Indicator-Monitor-Buzzer-Alarm</u></p> <p>Note: Misura la tensione dei singoli elementi (max 8) e la tensione totale. Forse sovradimensionato, ha però una funzione unica: suona ed accende un led quando la tensione scende sotto 2.7 V ! Questo può salvare la vita alle batterie.</p>	<p>2.21€</p>
	<p><u>4PCS NCR18650B 3.7V 3400mAh Protected Rechargeable Lithium Battery</u></p>	<p>35.43 €</p>

Applicazioni DIY



La lampada [Ikea BLÅVIK](#) usa come alimentazione 3 batterie AA ricaricabili NiMH, con un'autonomia di 5 ore (con batterie da 1000 mAh). Aggiungendo il circuito di *carica lenta* si ottiene un funzionamento continuo.

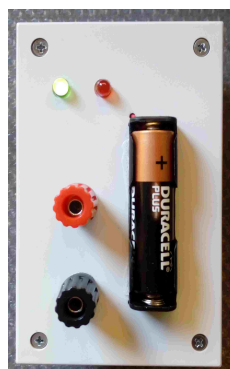
Può così essere usata come lampada da comodino a basso consumo ($< 0,5 \text{ W}$) con il vantaggio di funzionare come lampada di emergenza in caso di blackout. Per la completa descrizione della modifica vedi.....



Il faretto da giardino [Livarno mod z3199](#) è commercializzato da Lidl, ed utilizza 3 batterie AA al NiMH da 600 mA ricaricate da un pannello solare. Ha un sensore di movimento (PIR) che comanda l'accensione della luce.

Dopo due anni di perfetto funzionamento nel mio giardino, la cella solare, esposta alle intemperie, è diventata inutilizzabile.

Aggiungendo un circuito di *carica lenta* si possono ricaricare le batterie con un power bank ogni tanto, oppure direttamente da rete. Per la completa descrizione della modifica vedi.....



Tester per batterie AA al NiMH.

Funzionamento automatico con microcontroller: inserire la batteria AA al NiMH e verificare i LED.

Scarica sicura delle batterie cariche, un Beep segnala il raggiungimento di 0,9 V, evitando il rischio di overdecharge.

Circuito passivo, senza alimentazione: utilizza la carica residua della batteria sotto test.

Riferimenti

- 1) *National Semiconductor*, Battery Chargin: <http://www.ti.com/lit/an/snva557/snva557.pdf>
- 2) *Energizer*, NiMH Hanbook and Application Manual:
http://data.energizer.com/pdfs/nickelmetalhydride_appman.pdf
- 3) *GP Batteries*, Technical hand book:
http://www.scarpaz.com/Attic/Documents/NiMH_technical.pdf
- 4) *Dr. Gough's*, Experiment: Charging Ni-MH Batteries with Constant Voltage?
<https://goughlui.com/2019/04/14/experiment-charging-ni-mh-batteries-with-constant-voltage/>
- 5) *CandlePowerForum*, What is the fully charged voltage of NiMh battery ?
<https://www.candlepowerforums.com/vb/showthread.php?67780-What-is-the-fully-charged-voltage-of-NiMh-batteri>
- 6) *Battery University*, BU-408: Charging Nickel-metal-hydride
https://batteryuniversity.com/learn/article/charging_nickel_metal_hydride
- 7) *EPEC*, Battery cell comparaisn. <https://www.epectec.com/batteries/cell-comparison.html>
- 8) *lygte-info.dk*, The Anatomy of a Protected Lilon Battery <https://lygte-info.dk/info/battery%20protection%20UK.html>
- 9) *SIEF*, Precisazioni sulle batterie 18650,
<http://www.sigarettaelettronicaforum.com/blog/precisazioni-sulle-batterie-18650/>
- 10) *Open Green Energy*, DIY Professional 18650 Battery Pack
<https://www.instructables.com/id/DIY-Professional-18650-Battery-Pack/>
- 11) *Wikipedia*, Quick Charge, https://en.wikipedia.org/wiki/Quick_Charge
- 12) *Panasonic*, Nickel metal hydride battery Catalog, <https://industrial.panasonic.com/cdbs/www-data/pdf/ACG4000/ACG4000PE16.pdf>
- 13) *Digi-Key's*, A Designer's Guide to Lithium (Li-ion) Battery Charging,
<https://www.digikey.com/en/articles/techzone/2016/sep/a-designer-guide-fast-lithium-ion-battery-charging>