

# Η Αλφα Βήτα των επαναφορτιζόμενων μπαταριών

## Βασικές έννοιες, παγίδες και προτάσεις

Από τους Gert Helles, Maxim Integrated Products Inc., Hadsten Δανίας

Η χρήση των επαναφορτιζόμενων μπαταριών δεν ήταν σε καμία άλλη χρονική περίοδο τόσο εκτεταμένη όσο σήμερα. Οι μπαταρίες γίνονται διαρκώς μικρότερες και ελαφρύτερες, ενώ την ίδια στιγμή καταφέρνουν να αποθηκεύουν όλο και περισσότερη ενέργεια ανά μονάδα όγκου. Βασική κινητήρια δύναμη στην εξέλιξη των μπαταριών απεδείχθη η έκρηξη στην χρήση φορητών συσκευών όπως τα κινητά τηλέφωνα, οι φορητοί υπολογιστές, οι βιντεοκάμερες και οι φορητές συσκευές αναπαραγωγής τραγουδιών MP3.

Στην σύντομη επισκόπηση που ακολουθεί αναφερόμαστε στις μεθόδους φόρτισης και τις τρέχουσες τεχνολογίες των μπαταριών και η όλη παρουσίαση αποσκοπεί σε μία καλύτερη κατανόηση της πληθώρας των μπαταριών που χρησιμοποιούνται στις φορητές συσκευές. Περιλαμβάνονται απόψεις σχετικά με τις τεχνολογίες μπαταριών νικελίου-καδμίου (NiCd), νικελίου-μετάλλου υδριδίου (NiMH) και ιόντων λιθίου (Li+). Στο ίδιο άρθρο περιγράφεται επίσης και ένα κύκλωμα για την προστασία μπαταριών ιόντων λιθίου και πολυμερούς λιθίου μίας κυψέλης.

### Ο ορισμός της μπαταρίας

Εάν θεωρήσουμε ως μπαταρία ένα σύστημα αποθήκευσης ενέργειας, οδηγούμαστε σε ένα ορισμό ο οποίος περιλαμβάνει επίσης συστήματα όπως είναι ο σφόνδυλος ή το ελατήριο. Στα πλαίσια όμως της σύγχρονης τεχνολογίας, μία μπαταρία αποτελεί συνήθως μία αυτόνομη φορητή

διάταξη, η οποία είναι σε θέση να δώσει ηλεκτρική ενέργεια.

Οι μπαταρίες μίας χρήσεως (καλούμενες και μη επαναφορτιζόμενες ή πρωτεύουσες κυψέλες) παράγουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω μίας χημικής αντίδρασης η οποία προκαλεί στην κυψέλη μόνιμους μετασχηματισμούς. Η εκφόρτιση με άλλα λόγια μίας πρωτεύουσας κυψέλης, οδηγεί σε μία μόνιμη και μη αναστρέψιμη χημική μετατροπή των στοιχείων της κυψέλης. Σε αντίθεση με τις μπαταρίες αυτές, οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες (καλούμενες και ως δευτερεύουσες κυψέλες) διαθέτουν την δυνατότητα επαναφόρτισης από κάποιο φορτιστή αφού έχουν προηγουμένως εκφορτιστεί από το αντίστοιχο φορτίο.

Το ρεύμα φόρτισης ή εκφόρτισης εκφράζεται συνήθως (σε Αμπέρ) ως πολλαπλάσιο της ονομαστικής χωρητικότητας της μπαταρίας (καλούμενο επίσης και ως 'ρυθμός C'). Για παράδειγμα ένα ρεύμα εκφόρτισης C/10 για μία μπαταρία με ονομαστι-

κή χωρητικότητα ένα αμπερ-ώριο (1 Ah) είναι  $1 \text{ Ah}/10 = 100 \text{ mA}$  επί μία ώρα. Η ονομαστική χωρητικότητα μίας κυψέλης ή μίας μπαταρίας (εκφρασμένη σε Ah ή mAh), αποτελεί το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που η συγκεκριμένη μπαταρία είναι σε θέση να αποθηκεύσει (άρα και να παράγει) εφ' όσον έχει φορτιστεί πλήρως και κάτω από τις καθορισμένες συνθήκες. Από τα παραπάνω γίνεται εμφανές ότι η συνολική ενέργεια μίας μπαταρίας προκύπτει από την χωρητικότητα της πολλαπλασιασμένη επί την ονομαστική της τάση, όπου το αποτέλεσμα εκφράζεται σε Βατ-ώρες (Watt-hour).

### Ορισμός της απόδοσης της μπαταρίας

Τόσο η χημεία όσο και η ίδια η σχεδίαση της μπαταρίας, επιβάλλουν περιορισμούς στο ρεύμα το οποίο αυτή είναι σε θέση να παράγει. Εάν αγνοήσουμε τους πρακτικούς παράγοντες που περιορίζουν την απόδο-



ση, μία μπαταρία θα έπρεπε να έχει την δυνατότητα να παράγει ένα -έστω και στιγμιαία- άπειρο ρεύμα. Τα κύρια εμπόδια στην παραγωγή άπειρου ρεύματος, είναι οι βασικοί χρόνοι αντίδρασης των χημικών στοιχείων, η σχεδίαση της μπαταρίας και ο χώρος εντός του οποίου λαμβάνει χώρα η αντίδραση. Ορισμένες κυψέλες παρουσιάζουν μία εγγενή ικανότητα παραγωγής υψηλών ρευμάτων, όπως για παράδειγμα οι μπαταρίες Νικελίου-Καδμίου τις οποίες όταν βραχυκυκλώσουμε είναι σε θέση να λιώσουν μέταλλα ή να προξενήσουν πυρκαγιές. Αντίθετα υπάρχουν άλλοι τύποι μπαταριών η δυνατότητα απόδοσης των οποίων περιορίζεται σε πολύ μικρά ρεύματα.

Η καθαρή επίδραση όλων χημικών και μηχανικών παραγόντων μίας μπαταρίας είναι δυνατόν να εκφραστούν από ένα απλό μαθηματικό συντελεστή, ο οποίος καλείται 'ισοδύναμη εσωτερική αντίσταση'. Η ελάττωση της εσωτερικής αντίστασης οδηγεί σε ικανότητα απόδοσης υψηλότερων ρευμάτων.

Καμία μπαταρία δεν είναι σε θέση να αποθηκεύσει ενέργεια επ' άπειρον. Τα χημικά στοιχεία της μπαταρίας αναπόφευκτα αντιδρούν μεταξύ τους, οδηγώντας σε ελάττωση του ποσού του φορτίου που είναι αποθηκευμένο στην μπαταρία. Ο λόγος της χωρητικότητας μίας μπαταρίας προς το βάρος (ή μέγεθος) της, καλείται αποθηκευτική πυκνότητα της μπαταρίας. Υψηλή αποθηκευτική πυκνότητα σημαίνει περισσότερη αποθηκευμένη ενέργεια σε δεδομένο μέγεθος ή βάρος.

Στον Πίνακα 1 αναφέρεται η ονομαστική τάση και η αποθηκευτική πυκνότητα (εκφρασμένη σε Βατ-ώρες ανά χιλιόγραμμο βάρους, ή Wh / kg) των κύριων χημικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται στις μπαταρίες φορητών υπολογιστών και κινητών τηλεφώνων. Ο Πίνακας 2 περιλαμβάνει ορισμένα βασικά συγκριτικά δεδομένα τα οποία μπορούν να βοηθήσουν τους σχεδιαστές στην επιλογή του καλύτερου τύπου για μία συγκεκριμένη εφαρμογή. (να σημειώσουμε ότι οι μπαταρίες NiCd αναμένεται σύντομα να καταργηθούν).

Εάν λοιπόν τόσο οι πρωτεύουσες όσο και οι δευτερεύουσες κυψέλες εκπληρώνουν τους ίδιους σκοπούς, γιατί να μην χρησιμοποιούμε αποκλειστικά κυψέλες δευτερεύοντος τύπου; Η απάντηση είναι απλή: οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα

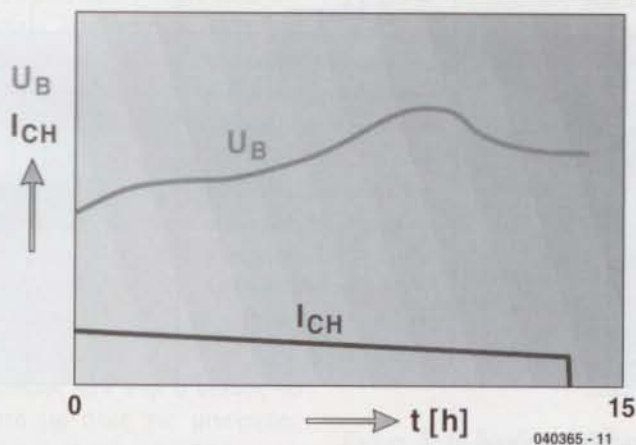
-Πρακτικά, όλες οι δευτερεύουσες κυψέλες χάνουν μέσω αυτό-εκφόρτισης το ηλε-

## Πίνακας 1. Τιμές αποθηκευτικής πυκνότητας

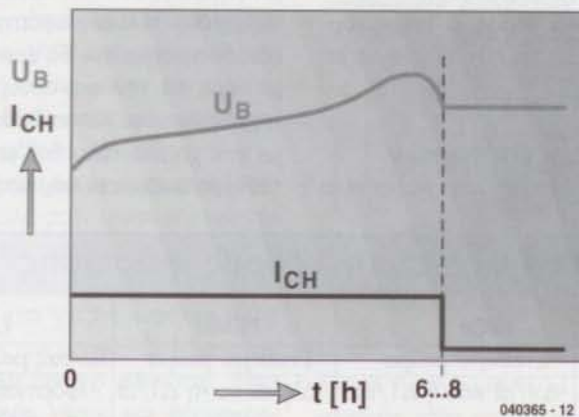
Τύπος κυψέλης	Ονομαστική τάση	Αποθηκευτική Πυκνότητα (τυπική)
Μολύβδου	2.1 volts	30Wh/kg
Νικελίου Καδμίου	1.2 volts	40 με 60Wh/kg
Υδριδίου Νικελίου Μετάλλου	1.2 volts	60 με 80Wh/kg
Κυκλική ιόντων Λιθίου	3.6 volts	90 με 100Wh/kg
Πρισματική ιόντων Λιθίου	3.6 volts	100 με 110Wh/kg
Πολυμερή ιόντων Λιθίου	3.6 volts	130 με 150Wh/kg

## Πίνακας 2. Στοιχεία άμεσης σύγκρισης

Μέγεθος	Νικελίου Καδμίου	Υδριδίου Νικελίου Μετάλλου	Ιόντων Λιθίου
Ενεργειακή πυκνότητα	Χαμηλό	Μέσο	Υψηλό
Αποθήκευση ενέργειας	Χαμηλό	Μέσο	Μέσο
Κύκλος ζωής	Υψηλό	Υψηλό	Υψηλό
Κόστος	Χαμηλό	Μέσο	Υψηλό
Ασφάλεια	Υψηλό	Υψηλό	Μέσο
Περιβάλλον	Χαμηλό	Μέσο	Μέσο



Σχήμα 1. Φόρτιση ημι-σταθερού ρεύματος, η οποία πρωτίστως χρησιμοποιείται σε συσκευές όπως ηλεκτρικές ζυριστικές μηχανές, ασύρματα τηλέφωνα και παιγνίδια.



Σχήμα 2. Η ελεγχόμενη από χρονόμετρο φόρτιση χρησιμοποιείται κύρια σε εφαρμογές όπως φορητοί υπολογιστές, τερματικές συσκευές δεδομένων και ασύρματος εξοπλισμός.



### Πίνακας 3. Μέθοδοι φόρτισης μπαταριών

Χημική μέθοδος	Μέθοδος φόρτισης	Χαρακτηριστικά	Αρ. ακροδακτύων	Χρόνος φόρτισης	Ρεύμα φόρτισης	Ρεύμα βραδείας φόρτισης	Στάθμη φόρτισης στο τέλος	Σχήμα
Βασισζόμενες στο Νικέλιο (NiCd και NiMH)	Φόρτιση ημι-σταθερού ρεύματος	Τα περισσότερα τυπικά συστήματα Απλή και με χαμηλό κόστος	2	15 Ώρες	0,1 C mA	-	-	1
	Φόρτιση ελεγχόμενη από χρονόμετρο	Περισσότερο αξιόπιστη σε σχέση με το ημι-σταθερό ρεύμα Σχετικά απλή και με χαμηλό κόστος	2	6-8 Ώρες	0,2 C mA	1/20-1/30CmA	Περίπου 120%	2
	Φόρτιση με αποκοπή -ΔV	Περισσότερο δημοφιλής Περισσότερο σύνθετη	2	1-2 Ώρες	0,5 - 1 C mA	1/20-1/30CmA	Περίπου 110-120%	3
	Φόρτιση με αποκοπή ΔT/dt	Μεγαλύτερο κόστος, αλλά αποφεύγεται η υπερφόρτωση και επιμηκύνεται η ζωή της μπαταρίας	3 ή 4	1-2 Ώρες	> 1 C mA	1/20-1/30CmA	Περίπου 100-110%	4
	Βραδεία φόρτιση	Απλή και με χαμηλό κόστος Ισχύει και για συνεχή φόρτιση	2	15 Ώρες	0,1 C mA	-	-	5
Βασισζόμενες στο Λίθιο	Συνεχές ρεύμα/ Συνεχής τάση (CC CV)	Δεν συνίσταται για κύριο σύστημα φόρτισης στην περίπτωση μπαταριών NiCd / NiMH Επικρατούσα μέθοδος για μπαταρίες Ιόντων Λιθίου και Πολυμερούς Λιθίου Σχετικά σύνθετη σχεδίαση φορτιστή	2	1-3 Ώρες	1 C mA	-	Περίπου 100%	6

κτρικό τους φορτίο σχετικά γρήγορα.

-Οι δευτερεύουσες κυψέλες, πριν από κάθε χρήση θα πρέπει να φορτιστούν.

-Στον ίδιο όγκο και βάρος, οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες παρέχουν μικρότερη ηλεκτρική ενέργεια.

#### Η φόρτιση των μπαταριών

Κανείς δεν εγγυάται ότι μία καινούργια

επαναφορτιζόμενη μπαταρία ή συστοιχία μπαταριών θα είναι πλήρως φορτισμένη (στην πράξη θα είναι κατά πάσα πιθανότητα σχεδόν τελείως αφόρτιστη). Το πρώτο λοιπόν πράγμα που θα χρειαστεί να κάνουμε είναι να την φορτίσουμε, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και ανάλογα με τον χημικό τύπο της μπαταρίας.

Η κάθε διαδικασία φόρτισης εφαρμόζει μία

τάση και ένα ρεύμα με μία ακολουθία η οποία εξαρτάται από τον χημικό τύπο της μπαταρίας. Για τον λόγο αυτό, η μελέτη των διαφόρων χημικών χαρακτηριστικών των κυψελών αναδεικνύει διαφορετικές απαιτήσεις φόρτισης τόσο από τον φορτιστή όσο και από τον εφαρμοζόμενο αλγόριθμο φόρτισης. Οι όροι που συνήθως συναντάμε στην φόρτιση μπαταριών είναι το σταθερό ρεύμα (CC = Constant Current) που χρησιμοποιείται στις κυψέλες τύπου NiCd και NiMH και το σταθερό ρεύμα / σταθερή τάση (CC/CV = Constant Current / Constant Voltage) που εφαρμόζεται σε κυψέλες ιόντων λιθίου και πολυμερούς λιθίου (Σχήματα 1- 6). Στον Πίνακα 3 αναφέρεται μία σύνοψη των συχνότερων τεχνικών φόρτισης που εφαρμόζονται σήμε-

### Πίνακας 4. Ανίχνευση τέλους φόρτισης

Χημική μέθοδος	NiCd	NiMH	Li+
Φόρτιση	Σταθερό ρεύμα	Σταθερό ρεύμα	Συνεχές ρεύμα/Σταθερή τάση
Ανίχνευση πλήρους φόρτισης	-ΔV/dt και/ή ΔT/dt	-ΔV/dt και/ή ΔT/dt	Ιφόρτισης = π.χ. 0,03C ή και χρόνος



ρα, καθώς και των σχετικών παραμέτρων για κάθε τύπο κυψέλης. Οι μέθοδοι για την ανάδειξη του ιδιαίτερα σημαντικού σημείου 'τέλους φόρτισης', αναφέρονται χωριστά στον Πίνακα 4.

### Φόρτιση μπαταριών Νικελίου-Καδμίου

Οι μπαταρίες NiCd φορτίζονται με την εφαρμογή ενός σταθερού ρεύματος στην περιοχή από 0,05 C έως 1 C. Ορισμένοι φορτιστές χαμηλού κόστους τερματίζουν την διαδικασία φόρτισης με κριτήριο την απόλυτη θερμοκρασία.

Παρότι η συγκεκριμένη μέθοδος διακοπής της φόρτισης είναι σχετικά απλή και φτηνή, δεν είναι και τόσο ακριβής. Μία καλύτερη επιλογή είναι να διακόπτεται η φόρτιση με την ανίχνευση πλήρους φόρτισης μέσω πτώσης της τάσης.

Το μέγεθος  $-\Delta V$  είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στην περίπτωση φόρτισης μπαταριών με ρυθμούς 0,5 C ή και μεγαλύτερους. Η  $-\Delta V$  μέθοδος ανίχνευσης τερματισμού της διαδικασίας φόρτισης θα πρέπει επίσης να συνδυάζεται και με την μέτρηση της θερμοκρασίας των κυψελών, διότι γερασμένες και μη προσαρμοσμένες κυψέλες είναι δυνατόν να αλλοιώσουν την μεταβολή της τάσης ( $-\Delta V$ ).

Μία περισσότερο ακριβής ανίχνευση πλήρους φόρτισης είναι δυνατόν να επιτευχθεί με παρακολούθηση του ρυθμού αύξησης της θερμοκρασίας ( $\Delta T/dt$ ), και η συγκεκριμένη μέθοδος είναι πιο φιλική προς την μπαταρία σε σχέση με την απόλυτη θερμοκρασία διακοπής της φόρτισης. Ο τερματισμός της διαδικασίας φόρτισης που βασίζεται σε συνδυασμό των στοιχείων  $\Delta T/dt$  και  $-\Delta V$ , έχει σαν αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της κυψέλης αφού αποφεύγουμε τις υπερ-φορτίσεις.

Η γρήγορη φόρτιση βελτιώνει την ενεργειακή απόδοση. Με ρυθμό 1 C, η απόδοση είναι περίπου 1,1 (91 %) και ο χρόνος φόρτισης ενός πλήρως άδειου πακέτου μπαταριών είναι κάτι περισσότερο από μία ώρα. Αντίθετα, όταν εφαρμόζουμε ρυθμό φόρτισης 0,1 C, η απόδοση πέφτει στο 1,4 (71 %) και ο χρόνος φόρτισης φθάνει τις 14 ώρες.

Δεδομένου ότι η αποδοχή φορτίου μίας μπαταρίας NiCd φθάνει περίπου στο 100 %, κατά το αρχικό 70 % της φόρτισης απορροφάται σχεδόν ολόκληρη η ενέργεια και η μπαταρία παραμένει κρύα.

Ορισμένοι φορτιστές υπερ-ταχείας φόρ-

τισης χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο χαρακτηριστικό για να φορτίσουν μπαταρίες στο 70 % της χωρητικότητας τους μέσα σε λίγα λεπτά, εφαρμόζοντας ρεύματα τα οποία είναι πολλαπλάσια του ρυθμού C χωρίς να αναπτύσσεται θερμότητα. Μετά το 70 %, η φόρτιση συνεχίζει με μικρότερους ρυθμούς μέχρι η μπαταρία να φορτιστεί πλήρως. Τελικά, το 'εξεχέλιγμα' θα μπορούσαμε να πούμε της μπαταρίας γίνεται με μικρά ρεύματα στην περιοχή των 0,02 C έως 0,1 C.

### Φόρτιση μπαταριών νικελίου-μετάλλου υδριδίου

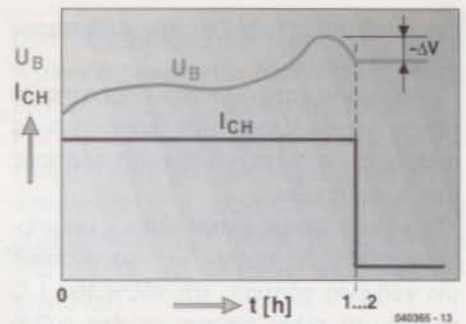
Παρότι παρόμοιοι με τους φορτιστές NiCd, οι φορτιστές NiMH χρησιμοποιούν την μέθοδο  $\Delta T/dt$ , η οποία είναι μακράν καλύτερη για την φόρτιση αυτών των κυψελών. Η ελάττωση της τάσης κατά το τέλος της φόρτισης στις μπαταρίες NiMH είναι μικρότερη, και για μικρούς ρυθμούς φόρτισης (κάτω από 0,5 C και ανάλογα με την θερμοκρασία) ενδέχεται να μην υπάρχει καθόλου ελάττωση της τάσης.

Οι καινούργιες μπαταρίες NiMH είναι δυνατόν να δώσουν λανθασμένες ενδείξεις μεγίστου στην αρχή της φόρτισης, προκαλώντας πρόωρη διακοπή της διαδικασίας. Εκτός αυτού, η διακοπή της διαδικασίας φόρτισης με μοναδικό κριτήριο το μέγεθος  $-\Delta V$  είναι σχεδόν θέβαιο ότι θα οδηγήσει σε υπερ-φόρτιση, η οποία με την σειρά της μειώνει τον τελικό αριθμό των κύκλων φόρτισης / εκφόρτισης πριν η μπαταρία παραδώσει το πνεύμα.

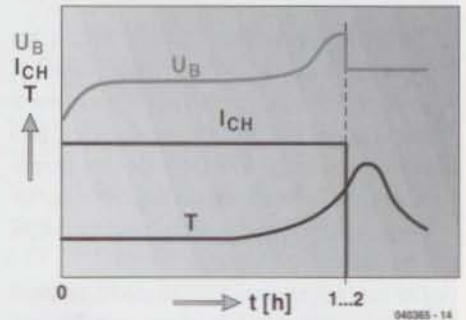
Απ' ότι πάντως φαίνεται, δεν υπάρχει κάποιος αλγόριθμος  $-\Delta V / dt$  ο οποίος να αποδίδει σωστά με όλες τις μπαταρίες NiMH και κάτω από όλες τις συνθήκες: καινούργια, παλιά, ζεστή ή κρύα, πλήρως ή μερικώς φορτισμένη. Για τον λόγο αυτό καλό είναι να μην χρησιμοποιούνται φορτιστές μπαταριών NiCd για την φόρτιση μπαταριών NiMH, εκτός μόνον εάν για τον τερματισμό της διαδικασίας φόρτισης χρησιμοποιούν την μέθοδο  $\Delta T / dt$ .

Δεδομένου μάλιστα ότι οι μπαταρίες NiMH δεν αντιδρούν καλά στην υπερ-φόρτιση, το ρεύμα βραδείας φόρτισης θα πρέπει να είναι χαμηλότερο (περίπου 0,05 C) σε σχέση με αυτό που συνίσταται για τις κυψέλες NiCd.

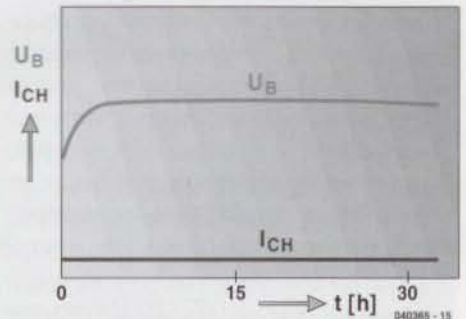
Η αργή φόρτιση των μπαταριών NiMH είναι ιδιαίτερα δύσκολη (αν όχι αδύνατη), διότι οι χαρακτηριστικές τάσης και θερμοκρασίας που συνδέονται με τον ρυθμό C από 0,1 C έως 0,3 C, δεν παρέχουν σαφής και



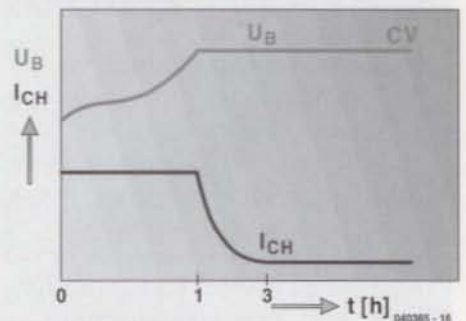
Σχήμα 3. Η φόρτιση τερματίζει μέσω του μεγέθους  $-\Delta V$  σε εφαρμογές όπως φορητοί υπολογιστές, τερματικές συσκευές δεδομένων, βιντεο-κάμερες, ασύρματος εξοπλισμός και κινητά τηλέφωνα.



Σχήμα 4. Η φόρτιση τερματίζει μέσω του μεγέθους  $-\Delta T / dt$  σε εφαρμογές όπως μονάδες τροφοδοσίας και ηλεκτρικά εργαλεία.



Σχήμα 5. Η βραδεία φόρτιση εφαρμόζεται κυρίως σε διατάξεις όπως φωτιστικά ασφαλείας, φωτιστικά καθοδήγησης και μνήμες αποθήκευσης δεδομένων.



Σχήμα 6. Η φόρτιση με σταθερό ρεύμα / σταθερή τάση χρησιμοποιείται κύρια σε συσκευές όπως κινητά τηλέφωνα, ασύρματος εξοπλισμός και φορητοί υπολογιστές.



αναμφισβήτητες ενδείξεις της κατάστασης πλήρους φόρτισης.

Ένας αργός κατά συνέπεια φορτιστής θα πρέπει να βασίζεται στον χρόνο για να αποφασίσει το πότε η διαδικασία φόρτισης έχει ολοκληρωθεί.

Για να φορτίσουμε λοιπόν πλήρως μία μπαταρία NiMH, θα πρέπει να εφαρμόσουμε μία γρήγορη φόρτιση της τάξης του 1 C περίπου (ή τέλος πάντων με ένα ρυθμό

που καθορίζεται από τον κατασκευαστή), παρακολουθώντας ταυτόχρονα τόσο την τάση ( $\Delta V = 0$ ) όσο και την θερμοκρασία ( $\Delta T / dt$ ), για να είμαστε σε θέση να προσδιορίσουμε το πότε θα πρέπει να διακοπεί η διαδικασία φόρτισης.

## Φόρτιση κυψελών ιόντων λιθίου και πολυμερούς λιθίου

Ενώ οι φορτιστές για μπαταρίες NiMH

αποτελούν διατάξεις περιορισμού ρεύματος, οι φορτιστές για μπαταρίες ιόντων λιθίου περιορίζουν τόσο την τάση όσο και το ρεύμα.

Οι πρώτες μπαταρίες ιόντων λιθίου απαιτούσαν όριο τάσης φόρτισης τα 4,10 V ανά κυψέλη. Η υψηλότερη τάση σημαίνει υψηλότερη χωρητικότητα, και με την προσθήκη χημικών συστατικών έχουν επιτευχθεί τάσεις μέχρι 4,2 V. Οι σύγχρονες κυ-

## Ασφάλεια μπαταριών ιόντων λιθίου - παρουσιάζουμε το DS2720

Λόγω του γεγονότος ότι η υπερφόρτιση (ή υπερ-εκφόρτιση) μίας κυψέλης ιόντων λιθίου είναι δυνατόν να προκαλέσει μέχρι και έκρηξη της κυψέλης (και κατά συνέπεια τραυματισμό), η ασφάλεια είναι ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγων κατά την χρήση των εν λόγω μονάδων αποθήκευσης.

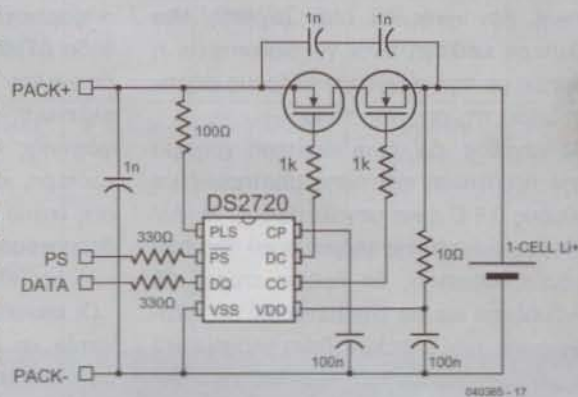
Για τον λόγο αυτό οι εμπορικές συστοιχίες μπαταριών λιθίου περιλαμβάνουν ένα κύκλωμα προστασίας όπως το DS2720 (Σχήμα Α), το οποίο παρέχει όλες τις ηλεκτρονικές λειτουργίες ασφαλείας οι οποίες απαιτούνται για εφαρμογές που χρησιμοποιούν μπαταρίες ιόντων λιθίου: προστασία της μπαταρίας κατά την φόρτιση, προστασία του κυκλώματος από υπερβολική ροή ρεύματος και μεγιστοποίηση της διάρκειας ζωής της μπαταρίας μέσω περιορισμού του ποσοστού εξάντλησης της μπαταρίας.

Το ολοκληρωμένο DS2720 ελέγχει την αγωγιμότητα των διαδρόμων που ακολουθούν τα ρεύματα φόρτισης και εκφόρτισης με την βοήθεια εξωτερικών διατάξεων μεταγωγής, όπως για παράδειγμα μέσω φτηνών MOSFET ισχύος καναλιού-n.

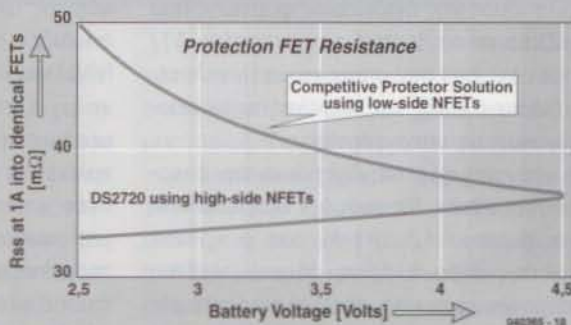
Η εσωτερική αντλία φόρτισης των 9 V που περιλαμβάνεται στο ολοκληρωμένο παρέχει οδήγηση στα εξωτερικά MOSFET "πάνω FET", οδηγώντας σε χαμηλότερες αντιστάσεις αγωγιμότητας σε σχέση με αυτές που παρουσιάζουν τα ίδια MOSFET όταν λειτουργούν σε ένα περισσότερο σύνθετο κύκλωμα χαμηλής "κάτω FET". Στην πραγματικότητα, με την εκφόρτιση της μπαταρίας η αντίσταση αγωγιμότητας του FET ελαττώνεται (Σχήμα Β).

Το DS2720 παρέχει την δυνατότητα ελέγχου των εξωτερικών FET είτε μέσω της διασύνδεσης δεδομένων, είτε μέσω κάποιας αποκλειστικής εισόδου, περιορίζοντας με τον τρόπο αυτό τους επί πλέον διακόπτες ελέγχου που θα απαιτούνταν σε ένα σύστημα επαναφόρτισης μπαταριών Li+. Μέσα από την διασύνδεση του ενός καλωδίου, το DS2720 δίνει στο κεντρικό σύστημα την δυνατότητα εγγραφής ή και ανάγνωσης στους καταχωρητές ελέγχου, στους καταχωρητές χρήσης του οργάνου και στην μνήμη γενικών δεδομένων. Μία διευθύνση δικτύου 64 ψηφίων προγραμματιζόμενη από το εργοστάσιο, επιτρέπει την ξεχωριστή διευθυνσιοδότηση της κάθε μονάδας από το κεντρικό σύστημα.

Το DS2720 παρέχει επίσης δύο διαφορετικούς τύπους μνήμης για αποθήκευση των πληροφοριών της μπαταρίας από τον χρήστη: EEPROM και EEPROM με δυνατότητα κλειδώματος. Η EEPROM είναι μία πραγματική σταθερή (non-volatile, NV) μνήμη, τα περιεχόμενα της οποίας (διάφορα σημαντικά δεδομένα σχετικά με την μπαταρία) παραμένουν ανεπηρέαστα ακόμη και μετά από ακραία εκφόρτιση της μπαταρίας, βραχυκύκλωμα ή συμβάντα ηλεκτροστατικής εκφόρτισης (ESD). Μία τέτοια μνήμη κλειδωμένη, μετατρέπεται σε 'μνήμη ανάγνωσης μόνον' (ROM, Read Only Memory) η οποία προσφέρει ακόμη περισσότερη προστασία όσον αφορά την διατήρηση των δεδομένων.



Σχήμα Α. Τυπικό διάγραμμα εφαρμογής για το ολοκληρωμένο προστασίας κυψελών λιθίου DS2720.



Σχήμα Β. Η αντίσταση των FET προστασίας που ελέγχονται από το DS2720 ("πάνω FET") είναι χαμηλότερη σε σχέση με αυτή των FET σε παραδοσιακή κατάσταση "κάτω FET". Στην πράξη, η αντίσταση των FET που ελέγχονται από το DS2720 πέφτει μαζί με την τάση της μπαταρίας.



φέλες Li-ion φορτίζονται τυπικά στα 4,20 V με μία ανοχή  $\pm 0,05$  V / κυψέλη.

Η πλήρης φόρτιση επιτυγχάνεται αφού η τάση στους ακροδέκτες έχει φτάσει το κατώφλι τάσης και το ρεύμα φόρτισης πέσει κάτω από 0,003 C, το οποίο αποτελεί περίπου 3 % του Icharge (Σχήμα 6). Ο χρόνος που απαιτείται για τους περισσότερους φορτιστές για να επιτύχουν πλήρη φόρτιση είναι περίπου τρεις ώρες, ενώ υπάρχουν και ορισμένοι γραμμικοί φορτιστές οι κατασκευαστές των οποίων διατείνονται ότι είναι σε θέση να φορτίσουν μία μπαταρία Li+ σε μία περίπτωση ώρα. Οι φορτιστές της κατηγορίας αυτής διακόπτουν την διαδικασία φόρτισης μόλις η τάση στους ακροδέκτες της μπαταρίας φτάσει τα 4,2 V, αλλά αυτός ο κανόνας φόρτισης φορτίζει την μπαταρία μόλις στο 70 % της χωρητικότητας της.

Τα υψηλότερα ρεύματα φόρτισης δεν καταφέρνουν να μειώσουν δραστικά τον χρόνο φόρτισης.

Ένα υψηλό ρεύμα σου δίνει την δυνατότητα να επιτύχεις νωρίτερα την μέγιστη τάση, αλλά στην συνέχεια το ρεύμα πλήρους φόρτισης απαιτεί περισσότερο χρόνο. Υπάρχει μάλιστα ένας εμπειρικός κανόνας σύμφωνα με τον οποίο το τελικό ρεύμα πλήρους φόρτισης χρειάζεται περίπου διπλάσιο χρόνο σε σχέση με αυτόν της αρχικής φόρτισης.

## Διατάξεις προστασίας

### Υπερβολικά υψηλή τάση

Στην περίπτωση όπου η μετρούμενη  $V_{DD}$  υπερβαίνει το καθορισμένο κατώφλι υπερβολικά υψηλής τάσης  $V_{OV}$  για χρονική περίοδο μεγαλύτερη από την καθυστέρηση υψηλής τάσης  $t_{OVD}$ , το DS2720 (δείτε το ένθετο) διακόπτει το εξωτερικό FET φόρτισης και ενεργοποιεί την σήμανση OV στον καταχωρητή του κυκλώματος προστασίας.

Κατά την διάρκεια ανίχνευσης υπερβολικά υψηλής τάσης, το κύκλωμα εκφόρτισης παραμένει ανοικτό. Το FET φόρτισης επανενεργοποιείται (εκτός εάν παραμένει μπλοκαρισμένο από κάποια άλλη συνθήκη προστασίας) όταν η τάση στα άκρα της κυψέλης πέσει κάτω από το κατώφλι ενεργοποίησης της φόρτισης  $V_{CE}$ , ή όταν λόγω της εκφόρτισης δημιουργείται η συνθήκη  $V_{DD} - V_{PLS} > V_{OC}$ .

### Υπερβολικά χαμηλή τάση

Στην περίπτωση όπου η μετρούμενη  $V_{DD}$  βρίσκεται χαμηλότερα από το καθορισμένο

κατώφλι υπερβολικά χαμηλής τάσης  $V_{UV}$  για χρονική περίοδο μεγαλύτερη από την καθυστέρηση χαμηλής τάσης  $t_{UVD}$ , το DS2720 διακόπτει τα FET φόρτισης και εκφόρτισης, ενεργοποιεί την σήμανση UV στον καταχωρητή του κυκλώματος προστασίας και εισέρχεται σε κατάσταση αδράνειας.

Μόλις η τάση στα άκρα της κυψέλης ανέβει πάνω από την στάθμη VUV και με την παρουσία φορτιστή, το ολοκληρωμένο ενεργοποιεί τα FET φόρτισης και εκφόρτισης.

### Βραχυκύκλωμα

Στην περίπτωση όπου η μετρούμενη  $V_{DD}$  βρίσκεται χαμηλότερα από το καθορισμένο κατώφλι βραχυκυκλώματος  $V_{SC}$  για χρονική περίοδο μεγαλύτερη από  $t_{SCD}$ , το DS2720 διακόπτει τα FET φόρτισης και εκφόρτισης και ενεργοποιεί την σήμανση  $D_{OC}$  στον καταχωρητή του κυκλώματος προστασίας.

Η διαδρομή του ρεύματος μέσα από τα FET φόρτισης και εκφόρτισης παραμένει ανοικτή μέχρι η τάση PLS να βρεθεί σε στάθμη μεγαλύτερη από  $V_{DD} - V_{OC}$ .

Το DS2720 παρέχει μέσω μίας εσωτερικής αντίστασης  $R_{TST}$  (από  $V_{DD}$  προς PLS) ένα ρεύμα δοκιμής το οποίο ανεβάζει την PLS μόλις η  $V_{DD}$  ανέβει πάνω από  $V_{SC}$ . Το συγκεκριμένο ρεύμα δοκιμής δίνει στο DS2720 την δυνατότητα να ανιχνεύσει την απομάκρυνση του φορτίου χαμηλής εμπέδησης που δημιουργεί το πρόβλημα, ενώ εκτός αυτού ενεργοποιεί μία διαδρομή ανάκτησης φόρτισης μέσω της  $R_{TST}$  από PLS προς  $V_{DD}$ .

### Υπερβολικά υψηλό ρεύμα

Στην περίπτωση όπου η τάση στα άκρα των FET προστασίας ( $V_{DD} - V_{PLUS}$ ) βρίσκεται υψηλότερα από την  $V_{OC}$  για χρονική περίοδο μεγαλύτερη από  $t_{OCD}$ , το DS2720 διακόπτει τα εξωτερικά FET φόρτισης και εκφόρτισης και ενεργοποιεί την σήμανση  $D_{OC}$  στον καταχωρητή του κυκλώματος προστασίας.

Η διαδρομή ροής του ρεύματος δεν αποκαθίσταται παρά μόνον όταν η τάση στο PLS ανέβει πάνω από  $V_{DD} - V_{OC}$ .

Το DS2720 παρέχει μέσω της εσωτερικής αντίστασης  $R_{TST}$  (από  $V_{DD}$  προς PLS) ένα ρεύμα δοκιμής μέσω του οποίου ανιχνεύει την απομάκρυνση του φορτίου χαμηλής εμπέδησης που δημιουργεί το πρόβλημα.

### Υπερβολικά υψηλή θερμοκρασία

Στην περίπτωση όπου η θερμοκρασία του

DS2720 ξεπεράσει την τιμή της  $T_{MAX}$ , τότε η μονάδα διακόπτει αμέσως τα εξωτερικά FET φόρτισης και εκφόρτισης. Τα εν λόγω FET δεν πρόκειται να επανέλθουν σε κατάσταση αγωγιμότητας παρά μόνον όταν ικανοποιηθούν οι εξής δύο συνθήκες: η θερμοκρασία της κυψέλης να πέσει κάτω από την  $T_{MAX}$  και να επανατοποθετηθεί το ψηφίο OT.

### Φόρτιση σε υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες

Κανονικά θα πρέπει να επιδιώκεται η διαδικασία της φόρτισης να γίνεται σε θερμοκρασία δωματίου.

Οι μπαταρίες Νικελίου θα πρέπει να υποβάλλονται σε ταχεία φόρτιση μόνον μεταξύ 10°C έως 30 °C (50 °F έως 86 °F). Κάτω από 5 °C (41 °F) και πάνω από 45 °C (113 °F), η αποδοχή φορτίου των κυψελών με βάση το Νικέλιο μειώνεται δραματικά.

Οι μπαταρίες Li-ion παρουσιάζουν μία σχετικά καλή συμπεριφορά σε όλο το εύρος θερμοκρασίας, αλλά κάτω από 5 °C (41 °F) ο ρυθμός φόρτισης θα πρέπει να είναι μικρότερος από 1 C.

### Συμπέρασμα

Οι φορτιστές NiMH έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν και για μπαταρίες τύπου NiCd, αλλά δεν ισχύει το αντίθετο. Οι φορτιστές που είναι κατασκευασμένοι αποκλειστικά για μπαταρίες NiCd υπερφορτίζουν τις μπαταρίες NiMH. Ο κύκλος ζωής και η απόδοση των μπαταριών με βάση το Νικέλιο βελτιώνονται από την ταχεία φόρτιση, διότι με τον τρόπο αυτό υποβαθμίζεται το φαινόμενο μνήμης που παρουσιάζεται λόγω της ανάπτυξης εσωτερικών κρυστάλλων.

Οι μπαταρίες με βάση το Νικέλιο και το Λίθιο απαιτούν διαφορετικούς αλγορίθμους φόρτισης.

Οι μπαταρίες Li+ απαιτούν την παρουσία κυκλώματος προστασίας το οποίο παρακολουθεί και προστατεύει από υψηλά ρεύματα, βραχυκυκλώματα, υπερβολικά υψηλές ή χαμηλές τάσεις, και υπερβολικά υψηλή θερμοκρασία.

Δεν θα πρέπει επίσης να λησμονούμε να απομακρύνουμε την μπαταρία από τον φορτιστή στην περίπτωση που η μπαταρία δεν χρησιμοποιείται τακτικά και πριν την χρήση να εφαρμόζουμε μία βραδεία φόρτιση για πλήρη επαναφόρτιση της μπαταρίας.

(040365-1)