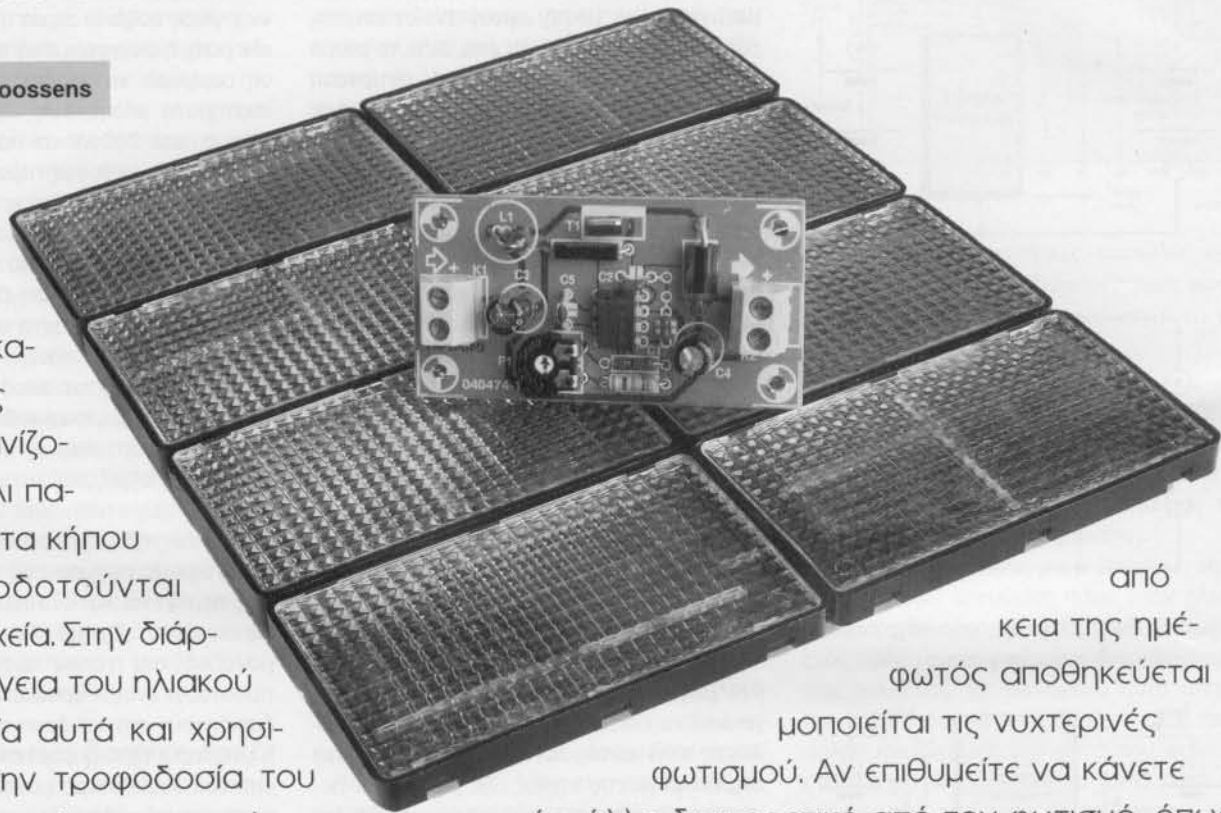


# Φορτιστής ηλιακών στοιχείων

Ένας φορτιστής μπαταριών μολύβδου τροφοδοτούμενος από ηλιακά στοιχεία

Από τον Paul Goossens

Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες εμφανίζονται και πάλι παντού τα φώτα κήπου που τροφοδοτούνται ηλιακά στοιχεία. Στην διάρκεια η ενέργεια του ηλιακού στα στοιχεία αυτά και χρησιώρες για την τροφοδοσία του χρήση της ενέργειας αυτής για να τροφοδοτήσετε μια συσκευή ραδιοφώνου, ή μια συσκευή αναπαραγωγής CD, τότε θα βρείτε αρκετά ενδιαφέρον το κύκλωμα που παρουσιάζεται στο άρθρο αυτό.



από  
κεια της ημέ-  
φωτός αποθηκεύεται  
μποιείται τις νυχτερινές  
φωτισμού. Αν επιθυμείτε να κάνετε  
κάτι άλλο διαφορετικό από τον φωτισμό, όπως

κάτι άλλο διαφορετικό από τον φωτισμό, όπως

Στην διάρκεια του καλοκαιριού όλοι μας απολαμβάνουμε τον ήλιο. Με τον τρόπο αυτόν παράλληλα μπορούμε να παρατηρήσουμε πόσο πολύ ενέργεια λαμβάνουμε από αυτό το μεγάλο και λαμπερό αστέρι. Όλοι εκείνοι οι άνθρωποι που κάθονται ώρες ατελείωτες στην παραλία και στο τέλος της ημέρας το σώμα τους μοιάζει με αυτό του αστακού μπορούν να μαρτυρήσουν ανεπιφύλακτα το εξής: αρκεί μια στιγμή και μόνον απροσεξίας και ο άνθρωπος εκτίθεται σοβαρότατα στην ηλιακή ακτινοβολία.

Άλλωστε για να προστατέψουμε τους εαυτούς μας από την ακτινοβολία αυτή πληρώνουμε κάποια χρήματα για διάφορες προστατευτικές λοσιόν και κρέμες. Ακόμη και ο άνεμος όπως επίσης και τα θαλάσσια ρεύματα λαμβάνουν ενέργεια από τον ήλιο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση τα ποσά ενέργειας είναι τεράστια. Φυσικά δεν μας απασχολεί να μετατρέψουμε το δέρμα του σώματός μας σε κόκκινο (ένα όμως απαλό καφετί χρώμα δεν θα ήταν ανεπιθύμητο), ούτε επιθυμούμε την εμφάνιση καταγίδων

και επικίνδυνων θαλασσίων ρευμάτων, αλλά το γεγονός ότι λαμβάνουμε όλη αυτή την τεράστια ενέργεια και μάλιστα εντελώς δωρεάν είναι κάτι εξαιρετικά ευχάριστο.

## Η ηλιακή ενέργεια

Ο άνθρωπος στην μακρά πορεία της αναζήτησής του έχει εφεύρει μερικούς διαφορετικούς 'μετατροπείς' με σκοπό την μετάλλαξη της ηλιακής ενέργειας σε άλλες μορφές ενέργειας με πιο άμεση χρησιμότητα. Αυτή η ομάδα των 'μετατροπέων' (παίρ-

νων την ονομασία αυτή εφόσον μετατρέπουν μια συγκεκριμένη μορφή ενέργειας σε μια άλλη) είναι γνωστή ως τα 'ηλιακά στοιχεία' (solar cells). Βέβαια, στο ηλιακό στοιχείο εκείνο που μας ενδιαφέρει περισσότερο είναι εκείνο που μετατρέπει την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρική. Το στοιχείο αυτό, όπως ακριβώς ένα φωτοβολταϊκό στοιχείο, παράγει μια τάση εξόδου ανοικτού κυκλώματος (χωρίς φορτίο) περίπου ίση με 0.55 V. Η τάση αυτή ελαττώνεται με την εφαρμογή κάποιου φορτίου. Τα στοιχεία αυτά βρίσκονται υπό κανονικές συνθήκες όταν η τάση εξόδου τους φθάσει τα 0.45 V όπου λειτουργούν με την βέλτιστη δυνατή απόδοση.

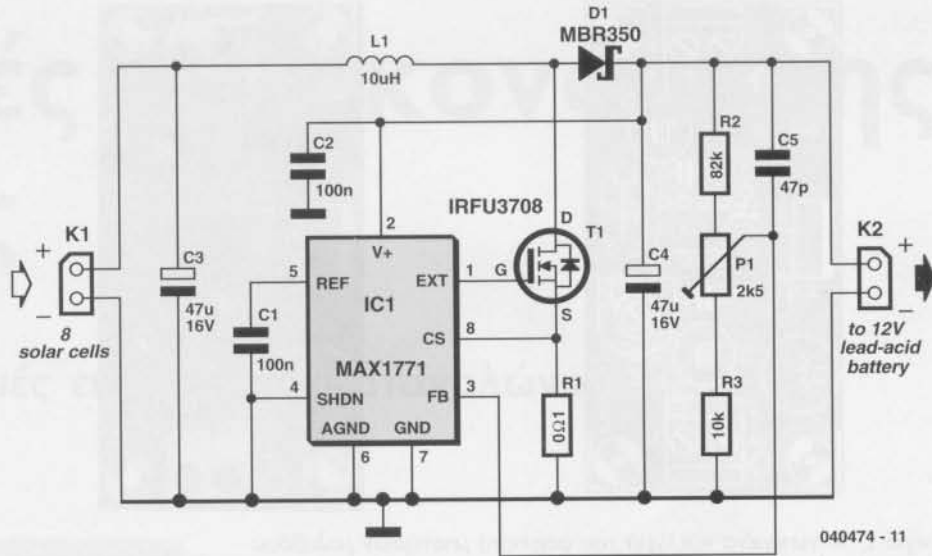
## Αποθήκευση ενέργειας

Το μεγαλύτερο πρόβλημα με την ηλιακή ενέργεια είναι ότι δεν είναι πάντοτε διαθέσιμη την στιγμή που μας χρειάζεται. Η λύση φυσικά είναι πολύ απλή: αποθηκεύουμε προσωρινά την ενέργεια αυτή έως ότου μας χρειαστεί να την καταναλώσουμε. Για τον σκοπό της προσωρινής αποθήκευσης ενέργειας χρησιμοποιείται συχνά μια μπαταρία μολύβδου (lead acid battery). Ένα πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι πολλές συσκευές σχεδιάζονται έτσι ώστε να μπορούν να λειτουργούν με 12 V οπότε μπορούν να τροφοδοτηθούν άμεσα από μια τέτοια μπαταρία. Δυστυχώς δεν μπορούμε να συνδέσουμε έτσι απλά ένα ή περισσότερα ηλιακά στοιχεία σε μια μπαταρία μολύβδου με σκοπό να την φορτίσουμε. Η τάση εξόδου του ενός ηλιακού στοιχείου είναι τόσο χαμηλή ώστε να μπορέσει να φορτίσει μια μπαταρία, ενώ από την άλλη πλευρά η τάση εξόδου μιας συστοιχίας ηλιακών στοιχείων συνδεδεμένων σε σειρά εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το επιβαλλόμενο φορτίο καθώς επίσης και από την ποσότητα της ηλιακής ενέργειας που φθάνει στην επιφάνεια των ηλιακών στοιχείων.

## Τάση φόρτισης

Ένας φορτιστής θα πρέπει να παράγει στην έξοδό του μια τάση από 13.5 έως 14 περίπου Volt, έτσι ώστε να παρέχει ένα σταθερό ρεύμα φόρτισης στην μπαταρία χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος της υπερφόρτισης. Επιπλέον, όσο διατηρούμε την τάση φόρτισης σταθεροποιημένη το σύστημα λειτουργεί μακράν κάθε κινδύνου.

Για τον σκοπό αυτόν θα χρησιμοποιήσουμε έναν τυπικό σταθεροποιητή τάσης σειράς, ή έναν μετατροπέα ανύψωσης τάσης, ή ακόμη και έναν μετατροπέα υποβιβασμού τάσης (step-up ή step-down). Τόσο ο σταθεροποιητής σειράς, όσο και ο μετατρο-



Σχήμα 1. Το κύκλωμα ενός μετατροπέα ανύψωσης τάσης (step-up converter) θεωρείται απολύτως επαρκές για την φόρτιση μιας μπαταρίας μολύβδου από μια συστοιχία μερικών ηλιακών στοιχείων.

πέας υποβιβασμού τάσης απαιτούν μια τάση εισόδου μεγαλύτερη από την τάση εξόδου. Έτσι και για τις δύο αυτές εναλλακτικές τεχνικές θα πρέπει να συνδέσουμε έναν αριθμό από ηλιακά στοιχεία έτσι ώστε να πετύχουμε μια τάση που να είναι μεγαλύτερη από 14 V. Κάτι τέτοιο απαιτεί συνολικά περισσότερα από 24 ηλιακά στοιχεία, οπότε το αντίστοιχο κόστος είναι μάλλον αρκετά υψηλό εφόσον τα ηλιακά στοιχεία δεν είναι και τόσο φθηνά. Από την άλλη πλευρά, ένας μετατροπέας ανύψωσης τάσης λειτουργεί με τάση εισόδου μικρότερη ή και ίση με την παραγόμενη τάση στην έξοδο. Επομένως μια τέτοια τοπολογία κυκλώματος θα μπορούσε να λειτουργήσει με λιγότερα ηλιακά στοιχεία. Ο αριθμός των ηλιακών στοιχείων μπορεί οποιαδήποτε στιγμή να αυξηθεί συνδέοντας παράλληλα περισσότερα ηλιακά στοιχεία με σκοπό την αύξηση της αποθηκευμένης ενέργειας.

## Το κύκλωμα φόρτισης

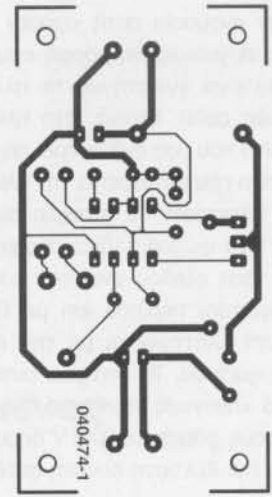
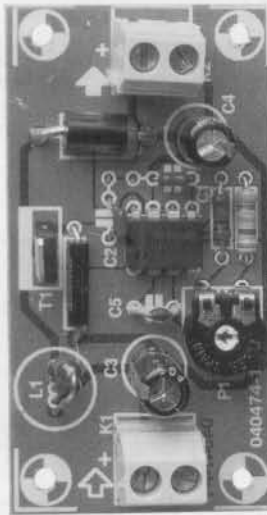
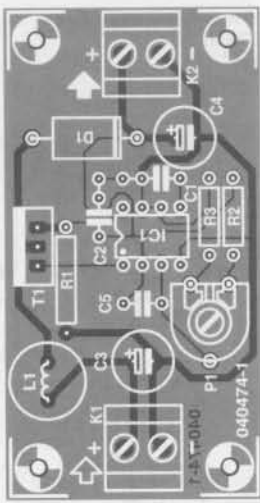
Το δικό μας κύκλωμα (Σχήμα 1) δεν θα μπορούσε να σχεδιαστεί πιο απλά. Το ολοκληρωμένο κύκλωμα IC1 απαιτεί ελάχιστα εξωτερικά εξαρτήματα για να σχηματιστεί ένας απλός μετατροπέας ανύψωσης τάσης. Η τάση τροφοδοσίας του ολοκληρωμένου λαμβάνεται απευθείας από την μπαταρία. Αυτό σημαίνει ότι όταν τα ηλιακά στοιχεία δεν παρέχουν καθόλου ενέργεια, το κύκλωμα συνεχίζει να τροφοδοτείται από την μπαταρία. Επιπλέον, επειδή το ρεύμα λειτουργίας του κυκλώματος είναι αρκετά χαμηλό η διαδικασία εκφόρτισης της μπαταρίας είναι πολύ αργή.

Η τάση εξόδου των ηλιακών στοιχείων

συνδέεται στην κλέμα K1. Το ολοκληρωμένο οδηγεί άμεσα το τρανζίστορ FET T1, το οποίο άγει και επιτρέπει την διέοδο ρεύματος μέσω του πηνίου L1. Με τον τρόπο αυτόν έχουμε μια μετατροπή ηλεκτρικής ενέργειας σε μαγνητική η οποία αποθηκεύεται στο πηνίο. Όταν το ρεύμα υπερβεί μια συγκεκριμένη τιμή τότε το ολοκληρωμένο οδηγεί σε αποκοπή το FET. Την στιγμή που συμβαίνει αυτό, το πηνίο 'προσπαθεί' να διατηρήσει την ροή ρεύματος στο κύκλωμα. Με τον τρόπο αυτόν επάγεται μια τάση έτσι ώστε να είναι δυνατή η ροή ρεύματος μέσω της διόδου D1 προς την μπαταρία. Η αποθηκευμένη μαγνητική ενέργεια μετατρέπεται και πάλι σε ηλεκτρική. Η τιμή του ρεύματος που διαρρέει το πηνίο δεν πρέπει να υπερβεί κάποια συγκεκριμένα όρια. Το ολοκληρωμένο διαθέτει έναν μηχανισμό περιορισμού του ρεύματος ώστε να αποτρέψει την παραπάνω ανεπιθύμητη υπέρβαση. Το ρεύμα του πηνίου μετατρέπεται σε μια χαμηλή τάση στα άκρα της αντίστασης R1. Το ολοκληρωμένο οδηγεί το FET σε αποκοπή όταν η τάση αυτή υπερβεί τα 0.1 V. Οι αντιστάσεις R2, P1 και R3 σχηματίζουν έναν διαιρέτη τάσης. Αυτό σημαίνει ότι η τάση που εμφανίζεται στην μεσαία λήψη του ποτενσιομέτρου P1 είναι ευθέως ανάλογη με την τάση εξόδου του κυκλώματος. Το ολοκληρωμένο διατηρεί την τάση αυτή στην τιμή του 1.5 V. Το ποτενσιομέτρο P1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ρύθμιση της μέγιστης τάσης εξόδου.

## Κατασκευή του κυκλώματος

Σχετικά με την κατασκευή του κυκλώματος μάλλον δεν έχουμε και πολλά να ανα-



Σχήμα 2. Το τυπωμένο κύκλωμα του φορτιστή μπαταριών μολύβδου.

## Κατάλογος Εξαρτημάτων

### Αντιστάσεις:

R1 = 100mΩ  
R2 = 82kΩ  
R3 = 10kΩ  
P1 = 2kΩ5

### Πυκνωτές:

C1, C2 = 100nF  
C3, C4 = 47μF 16 V, κατακόρυφος  
C5 = 47pF

### Ημιαγωγοί:

D1 = MBR350  
IC1 = MAX1771-CPA  
T1 = IRFU3708

### Διάφορα:

K1, K2 = 2-πολικές κλέμες για τοποθέτηση σε πλακέτα (απόσταση 5mm)  
L1 = 10μH υψηλού ρεύματος

Η πλακέτα της κατασκευής ΔΕΝ διατίθεται από το Περιοδικό.

8 ηλιακά στοιχεία (π.χ.: Conrad Electronics # 198056-62).

φέρουμε. Αφού συναρμολογηθεί το κύκλωμα το πρώτο πράγμα που πρέπει να κάνετε πριν να χρησιμοποιηθεί είναι να το ρυθμίσετε. Συνδέστε μερικά ηλιακά στοιχεία σε σειρά μεταξύ τους και στην συνέχεια συνδέστε τα στην κλέμα K1. Φροντίστε ώστε τα ηλιακά στοιχεία να εκτίθενται σε επαρκές φως ημέρας. Προς το παρόν μην συνδέσετε ακόμη την μπαταρία. Τώρα μετρήστε την τάση εξόδου στα άκρα της κλέμας K2. Ρυθμίζοντας το ποτενομόμετρο P1 θα διαπιστώσουμε μερικές ελαφρές μεταβολές της τάσης εξόδου. Ρυθμίστε το P1 ώστε να πάρετε στην έξοδο μια τάση μεταξύ 13.5 και 14 V. Η μπαταρία μπορεί να τροφοδοτείται συνεχώς με μια τέτοια τάση χωρίς κανέναν απολύτως κίνδυνο. Τώρα μπορείτε να συνδέσετε την μπαταρία στην κλέμα K2, προσέχοντας την σωστή πολικότητα. Ο θετικός ακροδέκτης της μπαταρίας θα πρέπει να συνδεθεί στο σημείο του κυκλώματος με το σύμβολο +!

## Πειραματισμοί

Είναι απόλυτα φυσιολογικό να ελαττωθεί η τιμή της τάσης εξόδου με την σύνδεση της μπαταρίας στο κύκλωμα. Αυτό δεν σημαίνει ότι η μπαταρία δεν φορτίζεται, αλλά ότι τα ηλιακά στοιχεία δεν παρέχουν τόσο πολύ

ενέργεια ώστε η διαδικασία της φόρτισης να είναι όσο το δυνατόν πιο γρήγορη.

Είναι πολύ εύκολο να ελέγξουμε αν η μπαταρία όντως φορτίζεται. Αποσυνδέστε την μπαταρία από το κύκλωμα και μετρήστε (τουλάχιστον μετά από 30 δευτερόλεπτα) την τάση στα άκρα της. Στην συνέχεια συνδέστε ξανά την μπαταρία στο κύκλωμα και εξασφαλίστε ότι τα ηλιακά στοιχεία έχουν επαρκή φωτισμό ημέρας. Τώρα μετρήστε ξανά την τάση στα άκρα της μπαταρίας και συγκρίνετέ την με την τιμή που πήρατε προηγουμένως. Αν η τάση αυτή είναι μεγαλύτερη από την προηγούμενη αυτό σημαίνει ότι η μπαταρία φορτίζεται κανονικά. Σε αντίθετη περίπτωση τα ηλιακά στοιχεία που χρησιμοποιούνται δεν παρέχουν επαρκή ενέργεια για την διαδικασία φόρτισης. Μπορείτε να έχετε κάποια καλύτερα αποτελέσματα αν εκθέσετε τα ηλιακά στοιχεία απευθείας σε έντονο φωτισμό ημέρας. Επίσης καλό θα είναι ακόμη και να εστιάσετε την επιφάνεια των στοιχείων αυτών με κατεύθυνση προς τον ήλιο.

## Περισσότερη ενέργεια!

Το συγκεκριμένο κύκλωμα λειτουργεί ικανοποιητικά με 8 ηλιακά στοιχεία συνδεδεμένα σε σειρά. Το πλήθος αυτό των στοιχείων αποτελεί τον πιο λογικό συμβιβασμό

σε ότι αφορά το ζήτημα του συνολικού κόστους και τον χρόνο σε συνδυασμό με την απόδοση της διαδικασίας φόρτισης. Οποσδήποτε θα έχουμε καλύτερα αποτελέσματα αν τοποθετήσουμε περισσότερα ηλιακά στοιχεία σε σειρά. Θα πρέπει όμως να περιοριστούμε το πολύ σε 24 ηλιακά στοιχεία διότι διαφορετικά η τάση εξόδου της συστοιχίας γίνεται πολύ μεγάλη με πιθανές καταστροφικές συνέπειες! Από την στιγμή κατά την οποία η τάση εξόδου του κυκλώματος έχει εξισωθεί με την τιμή που τέθηκε κατά την διαδικασία της ρύθμισης, η προσθήκη επιπλέον ηλιακών στοιχείων δεν θα επιφέρει καμία μεταβολή. Έτσι η επιπλέον ενέργεια θα παραμείνει ανεκμετάλλευτη. Στην περίπτωση όμως που το φως της ημέρας δεν είναι τόσο έντονο, τότε η τάση εξόδου μπορεί να ελαττωθεί και τότε η προσθήκη μερικών επιπλέον ηλιακών στοιχείων μπορεί να φανεί χρήσιμη. Αν θέλετε να συνδέσετε περισσότερα από 24 ηλιακά στοιχεία στο κύκλωμα θα πρέπει να τα συνδέσετε παράλληλα. Με τον τρόπο αυτόν δεν θα αυξηθεί η τάση εξόδου ανοικτού κυκλώματος αλλά η ομάδα των ηλιακών στοιχείων θα είναι πλέον σε θέση να παρέχει μεγαλύτερες τιμές ρεύματος. (040474-1)