# Chargeur solaire pour accumulateurs Ni-Mh

Avec la prise de conscience collective du caractère tarissable des énergies fossiles, la notion de « développement durable » est plus que jamais d'actualité et chacun y va de son « geste citoyen » pour contribuer à la protection de la planète. C'est dans cet état d'esprit que nous vous proposons ce chargeur solaire.



limenté par vingt-quatre cellules photovoltaïques, il va vous permettre, en moins de quatre heures, de recharger trois accumulateurs Ni-Mh, tout en économisant de l'énergie et en limitant la pollution qu'aurait constitué l'usage de piles ordinaires!

#### Performances visées

Comme il convient de reconnaître avant tout les limites en puissance de l'énergie produite par des cellules photovoltaïques (de l'ordre de 100 W par m²), le chargeur proposé visera cependant les performances suivantes :

- charge en quatre heures de trois accumulateurs Ni-Mh d'une capacité unitaire maximale de 2400 mAh
- contrôle de la valeur de la tension fournie par les vingt-quatre cellules photovoltaïques
- signalisation par deux diodes électroluminescentes : chargeur sous tension, accumulateurs en charge « effective »
- fin de charge configurant automatiquement le chargeur en charge « d'entretien » (Icharge/8).

## **Analyse fonctionnelle**

#### Structure globale

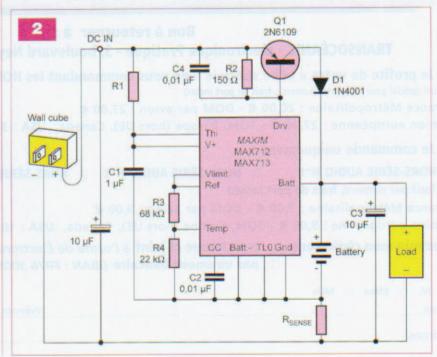
Pour produire une tension maximale de 12 V, les cellules photovoltaïques (2 V - 0,25 A) sont d'abord connectées en série par six, avant de composer quatre associations montées en parallèle, ceci afin de pouvoir débiter globalement un courant de 1 A (figure 1).

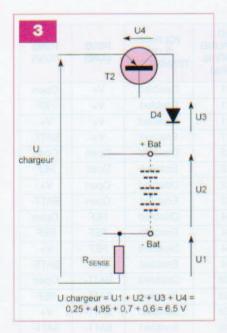
Si la tension produite par les cellules excède 9,5 V, l'amplificateur opérationnel CI2, monté en comparateur de tensions, valide l'activation d'un relais. Ce dernier alimente alors le régulateur de tension CI3 qui maintient constante la tension d'alimentation du chargeur à 6,5 V. Construit autour du circuit spécialisé MAX 712 (CI4), celui-ci permet la charge de trois éléments Ni-Mh (type AA ou LR6

ou LR06 ou HR6) reliés en série en moins de quatre heures, à condition que la capacité unitaire des accumulateurs à recharger ne dépasse pas 2400 mAh.

#### Le circuit MAX 712

Commercialisé dès les années 90, ce circuit spécialisé dans la « charge rapide » des accumulateurs Ni-Mh (Nickel Métal Hybride) a encore de beaux jours devant lui depuis qu'une directive européenne, entrée en vigueur le 1" juillet 2006, limite la commercialisation des accumula-





teurs au cadmium (éléments Ni-Cd). La figure 2 extraite du « datasheet » du constructeur prouve la simplicité de la mise en œuvre du MAX 712. Les valeurs des résistances désignées RSENSE et R1 sont volontairement omises pour être définies par l'utilisateur selon ses besoins.

La résistance RSENSE fixe la valeur du courant maximal de « charge rapide » par la relation :

I charge = 0,25/RSENSE

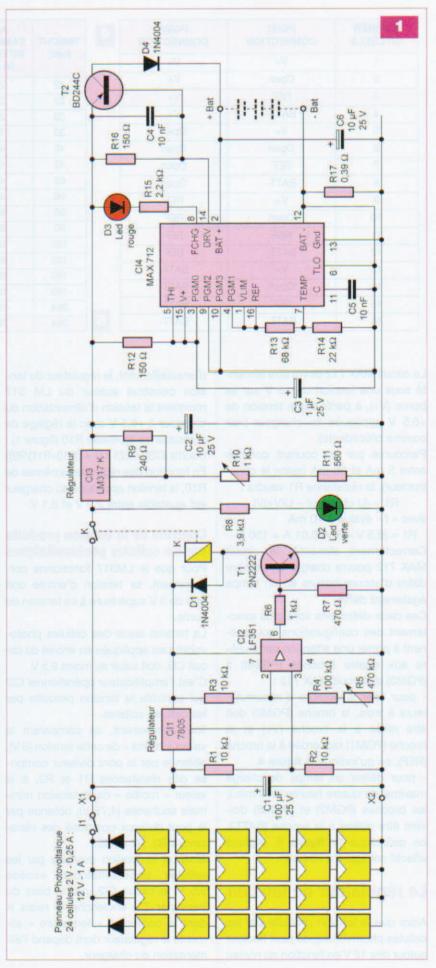
Comme notre chargeur doit être capable de recharger des accumulateurs de 2 400 mAh en quatre heures, cela justifie un courant de charge de : I charge = Q/t = 2 400/4 = 600 mA = 0,6 A La résistance RSENSE vaudra :

R = 0,25/l charge = 0,25/0,6 = 0,41  $\Omega$ , soit une valeur normalisée retenue de 0,39  $\Omega$ , résistance capable de dissiper une puissance de :

 $P = U^2/R = 0.25^2/0.39 = 0.16 W$ 

En ce qui concerne la valeur de la résistance R1, celle-ci sera « conditionnée » par la valeur de la tension d'alimentation du chargeur. Cette dernière sera donc la somme des tensions mentionnées en figure 3.

- U1 : tension aux bornes de la résistance Rsense : 0,25 V
- U2: tension aux bornes des trois éléments à recharger à raison de 1,65 V par élément: 4,95 V
- U3 : tension directe aux bornes de la diode D1 : 0.7 V
- U4: tension VCE aux bornes du transistor Q1: 0,6 V



## **Domotique**

NUMBER OF CELLS	PGM1 CONNECTION	PGM0 CONNECTION	4 TIN
1	V+	V+	(
2	Open	V+	TO E
3	REF	V+	
4	BATT-	V+	
5	V+	Open	
6	Open	Open	
7	REF	Open	
8	BATT-	Open	
9	V+	REF	
10	Open	REF	
11	REF	REF	
12	BATT-	REF	
13	V+	BATT-	
14	Open	BATT-	
15	REF	BATT-	
16	BATT-	BATT-	5

TIMEOUT (min)	A/D SAMPLING INTERVAL (s) (tA)	VOLTAGE- SLOPE TERMINATION	PGM3 CONN	PGM2 CONN
22	21	Disabled	V+	Open
22	21	Enabled	V+	REF
33	21	Disabled	V+	V+
33	21	Enabled	V+	BATT-
45	42	Disabled	Open	Open
45	42	Enabled	Open	REF
66	42	Disabled	Open	V+
66	42	Enabled	Open	BATT-
90	84	Disabled	REF	Open
90	84	Enabled	REF	REF
132	84	Disabled	REF	V+
132	84	Enabled	REF	BATT-
180	168	Disabled	BATT-	Open
180	168	Enabled	BATT-	REF
264	168	Disabled	BATT-	V+
264	168	Enabled	BATT-	BATT-

Le circuit MAX 712 devra être alimenté sous une tension de +5 V sur sa borne (V+), à partir d'une tension de +6,5 V appliquée au chargeur (voir somme précédente).

Parcourue par un courant compris entre 5 mA et 20 mA (selon le constructeur), la résistance R1 vaudra :

R1 = (U chargeur – U(V+))/I avec « I » évalué à 10 mA

R1 =  $(6,5 \text{ V} - 5 \text{ V})/0,01 \text{ A} = 150 \Omega$ Correctement alimenté, le circuit MAX 712 pourra charger un nombre défini d'accumulateurs en un temps également défini.

Ces deux définitions sont plus exactement des configurations qui amènent à porter une attention particulière aux quatre broches (PGM0) à (PGM3) du circuit MAX 712 :

- pour fixer le nombre d'accumulateurs à trois, la broche (PGM0) doit être reliée à la broche (V+) et la broche (PGM1) raccordée à la broche (REF), ce qu'indique la figure 4.
- pour définir un temps de charge maximal de quatre heures (240 min.), les broches (PGM2) et (PGM3) doivent être reliées à la broche (BATT-), ce qu'indique la **figure 5**; réglage effectif configuré à 264 min.

## Le régulateur de tension

Alors que la tension produite par les cellules photovoltaïques peut fluctuer autour des 12 V en fonction du niveau d'ensoleillement, le régulateur de tension construit autour du LM 317 maintient la tension d'alimentation du chargeur à +6,5 V avec le réglage de la résistance ajustable R10 (figure 1): U sortie (Cl3) = 1,25 x {1 + ((R10+R11)/R9)} En fonction des réglages extrêmes de R10, la tension appliquée au chargeur est ajustable entre 2,9 V et 8,1 V.

## Contrôle de la tension produite par les cellules photovoltaïques

Pour que le LM317 fonctionne correctement, sa tension d'entrée doit être de 3 V supérieure à sa tension de sortie.

La tension issue des cellules photovoltaïques appliquée en entrée du circuit Cl3, doit valoir au moins 9,5 V.

C'est l'amplificateur opérationnel Cl2 qui contrôle la tension produite par les cellules solaires.

Tout simplement, en comparant la valeur « moitié » de cette tension (6 V), obtenue par le pont diviseur composé des résistances R1 et R2, à la valeur « moitié » de la tension minimale souhaitée (4,75 V), obtenue par le pont diviseur composé des résistances R3, R4 et R5.

Ainsi, si la tension produite par les cellules photovoltaïques excède 9,5 V, le circuit CI2, par le biais du transistor T1, enclenche le relais K dont le contact à « fermeture » alimente le régulateur dont dépend l'alimentation du chargeur.

### Panneau photovoltaïque

#### 1<sup>ère</sup> option Composition sur mesure d'un panneau photovoltaïque

Pour que notre chargeur puisse fonctionner correctement, ce dernier exige une tension excédant + 9,5 V et un courant avoisinant les 650 mA:

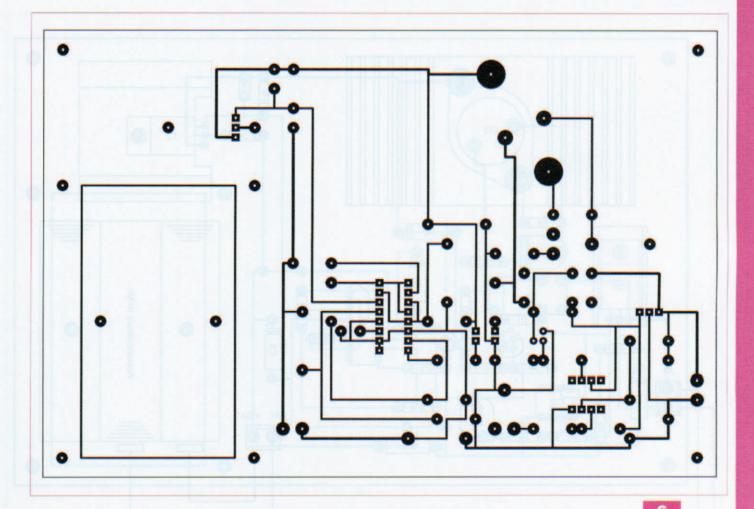
- 600 mA de courant de charge des accumulateurs NiMh;
- 10 mA de consommation du relais K;
- 10 mA de consommation du MAX 712,
- 5 mA de consommation des diodes électroluminescentes D2 et D3.

II est possible de respecter ces caractéristiques par l'utilisation de vingt-quatre cellules photovoltaïques 2 V – 0,25 A (caractéristiques nominales en plein ensoleillement).

L'association en série de six éléments permet la production d'une tension de 12 V.

La mise en parallèle de quatre associations de six éléments répond aux besoins en courant du chargeur, tout en autorisant une fluctuation du niveau d'ensoleillement.

Pour éviter qu'une association de cellules moins bien exposée devienne « réceptrice » des autres associations, il est inséré une diode dite « antiretour » sur la polarité positive de chaque association; diodes antiretour de type Schottky de préférence afin de limiter la chute de tension directe occasionnée par la diode.



#### 2° option Mise en œuvre d'un panneau photovoltaïque commercialisé

À défaut de composer son panneau photovoltaïque, mettre en œuvre un panneau commercialisé. Ce dernier doit produire une tension de 12 V et délivrer une puissance minimale de 12 W pour pouvoir garantir la fourniture d'un courant de 1 A.

Des panneaux photovoltaïques présentent de telles performances pour des applications en relation avec le caravaning ou le nautisme.

Nous avons utilisé une valise solaire 13 W SM113VA Electris disponible notamment chez Selectronic.

## Réalisation pratique

Le tracé du circuit imprimé est simple (figure 6) et autorise une reproduction aisée.

Concernant l'implantation des composants (figure 7 et photo A), une vigilance s'applique au positionnement des éléments polarisés (diodes électroluminescentes D1 et D2, condensateurs chimiques C1, C2, C3 et C6).

Le circuit imprimé câblé prend place dans un boîtier en plastique MMP Série 2, réf. NP210.

Surélevé par quatre entretoises de 15 mm, il positionne le coupleur des trois accumulateurs Ni-Mh à « charger » à proximité du couvercle du boîtier dans lequel une fenêtre adaptée doit être découpée.

Les composants Cl3 et T2 fixés contre des dissipateurs thermiques apprécieront, au niveau du couvercle, des perçages facilitant l'évacuation des calories.

## Mise au point & essais

Avant d'être associé à son panneau solaire, le chargeur sera couplé à une alimentation de laboratoire 12 V – 1 A pour sa mise au point (bornier X1 et X2 du module).

Important. Le circuit intégré CI4 (MAX 712) n'est pas inséré dans son

support et aucun accumulateur Ni-Mh n'est placé dans le coupleur à piles.

#### Mettre sous tension.

La diode électroluminescente verte D2 s'illumine et témoigne de l'état « enclenché » du relais K : le chargeur est alimenté. Contrôler au voltmètre une tension avoisinant + 6 V entre la broche (3) de Cl2 et la borne (X2) qui est la masse.

Avec l'ajustable R5, régler la tension à + 4,75 V entre la broche (2) de Cl2 et la borne X2.

Avec l'ajustable R10, régler la tension à + 6,5V aux bornes du condensateur C2.

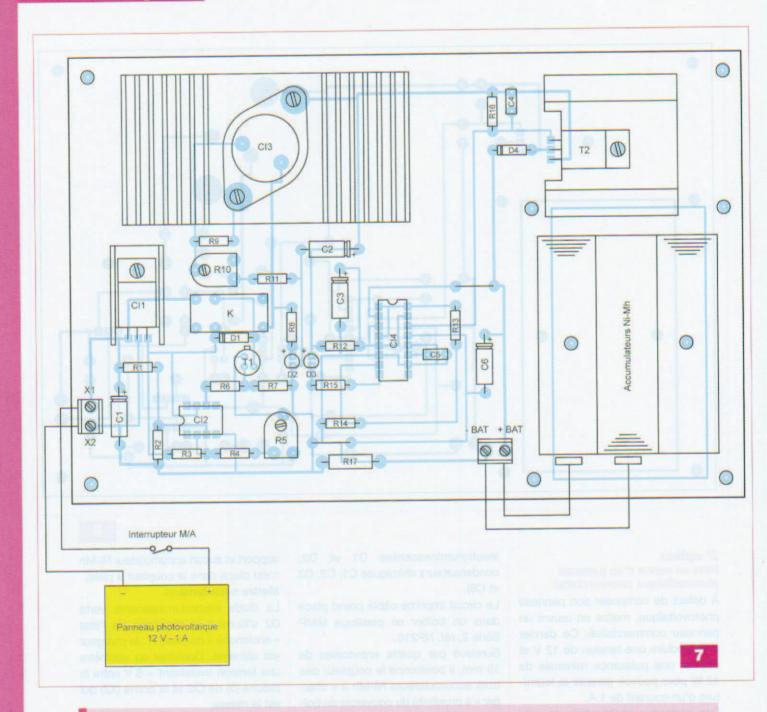
Réduire la tension d'alimentation à une valeur inférieure à 9,5 V. La diode électroluminescente D2 s'éteint pour témoigner de l'état « déclenché » du relais K.

Insérer le MAX 712 dans son support et placer trois accumulateurs Ni-Mh déchargés dans le coupleur à piles.

#### Mettre sous tension.

Les diodes électroluminescentes s'illuminent : D2 pour témoigner de

## Domotique



#### **Nomenclature**

#### Résistances

+ 5% - 1/4 W

R1, R2, R3: 10 kΩ

 $R4:100~k\Omega$ 

R5 : Ajustable 470 kΩ

R6:1 kΩ

R7:470 kΩ

R8:3,9 kΩ

R9: 240 kΩ

R10: Ajustable 1 kΩ

R11:560 Ω

R12, R16: 150 Ω

R13: 68 kΩ

R14: 22 kΩ

R15: 2,2 kΩ

R17: 0,39 Ω

#### Condensateurs

C1: 100 µF/25 V

C2, C6: 10 µF/25 V

C3: 1 µF/25 V

C4, C5: 10 nF/63 V

#### Semiconducteurs

D1, D4: 1N 4004

D2: Led verte ø 3 mm

D3: Led rouge ø 3 mm

T1: 2N 2222

T2: BD 244 C

CI1: 7805

CI2: LF 351

CI3: LM 317 K (boîtier TO3)

CI4: Maxim MAX 712

K : relais miniature REED 5 V blindé

(contact 3 A, bobine 320 Ω, Matsushita

DR5 ou équivalent)

2 dissipateurs pour boîtier TO 220 (CI1

et T2)

1 dissipateur pour boîtier TO3 (CI3)

2 borniers à souder 2 plots

1 coupleur pour 3 piles LR6-AA

1 interrupteur

2 supports à souder : 1 x DIL 8, 1 x DIL 16

1 boîtier en plastique MMP Série 2, réf.

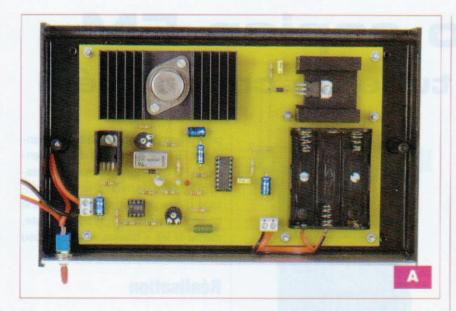
Panneau photovoltaïque

Valise solaire 12V - 13 W, Marque

Electris ou équivalent ou 24 éléments photovoltaïques 2V - 0,25 A (panneau

photovoltaïque à composer soi-même).

## **Domotique**



l'état de mise « sous tension » du chargeur et D3 pour rendre compte de la situation de charge « rapide » des trois accumulateurs.

Contrôler que la tension appliquée aux bornes des trois accumulateurs avoisine les + 4,95 V (3 x 1,65 V). En fin de charge, la diode rouge D3 s'éteint.

#### Essai avec panneau solaire

Cet essai impose un « plein ensoleillement » pour que les performances des cellules photovoltaïques du panneau vérifient les caractéristiques nominales données par le fabricant (caractéristiques nominales recommandées : 12 V – 1 A). Si le niveau d'ensoleillement s'affaiblit, il en résulte un courant « absorbé » par le chargeur supérieur au courant que peut débiter le panneau photovoltaïque; situation qui vaut au relais K de se « déclencher » en raison de la tension faible produite par le panneau solaire (inférieure à 9,5 V).

La mise à « vide » du panneau photovoltaïque amène alors ce dernier à produire une tension supérieure à 9,5 V, tension qui provoque l'enclenchement du relais K. Cependant, la nouvelle mise en « charge » du panneau photovoltaïque insuffisamment éclairé induit immédiatement sa mise à « vide ». Une succession de mises à « vide » et de mises en « charge » du panneau photovoltaïque est alors audible au niveau du relais K, lequel ne cesse de « s'enclencher » et de « se déclencher ». Il conviendra, dès lors, de manœuvrer l'interrupteur du chargeur pour ne pas entretenir cette situation pouvant provoquer une usure prématurée du relais!

G. GUIHENEUF



## Et si vous réalisiez votre chaîne hi-fi à tubes...

8 amplis de puissances 4 à 120 Weff 4 préamplis haut et bas niveau 1 filtre actif deux voies

Des montages à la portée de tous en suivant pas à pas nos explications

Je désire recevoir le CD-Rom (fichiers PDF) « Et si vous réalisiez votre chaîne hi-fi à tubes... »

France : 30 € Union européenne : 32 € Autres destinations : 33 € (frais de port compris)

Nom:		Prénom :	Westerneous un sembo ned nu ma	
N°: Rue:_	Engl I reserve		a geux amichires dont l'una est chat-	
Code Postal :	Ville-Pays :		Committee and the committee an	
Tél. ou e-mail :				

Je vous joins mon règlement par : ☐ chèque ☐ virement bancaire (IBAN : FR76 3005 6000 3000 3020 1728 445/BIC : CCFRFRPP)
A retourner accompagné de votre règlement à : TRANSOCÉANIC 3, boulevard Ney 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80