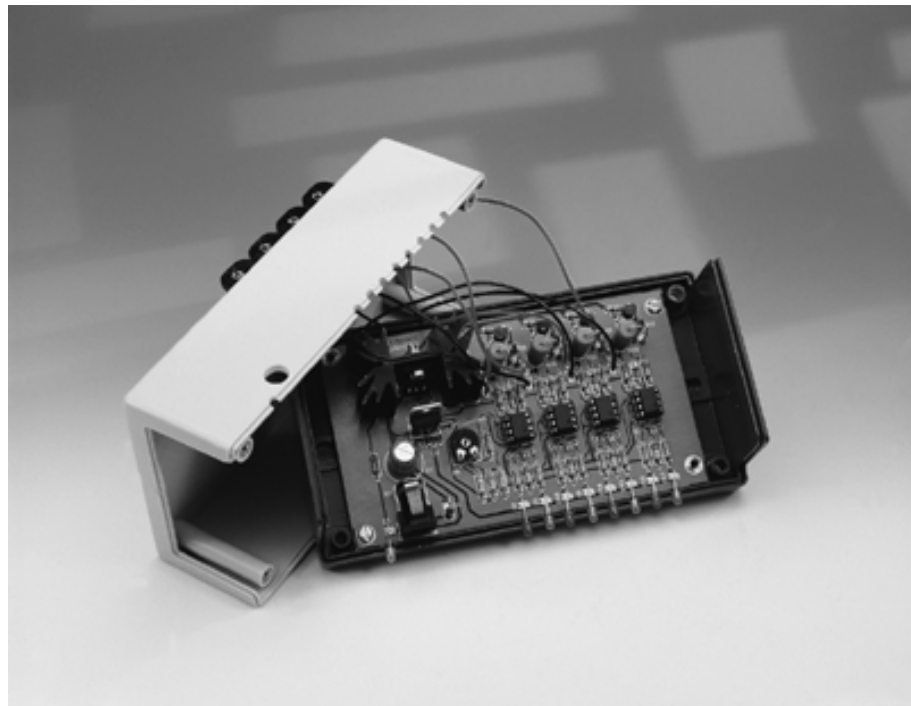


# régénérateur pour piles alcalines

## chargeur au format mignon

Rêve ou réalité, telle était la question! Dans le passé, les régénérateurs de piles sèche n'étaient guère convaincants, en particulier le risque d'explosion qu'engendre la charge de piles alcalines au manganèse interdisait l'opération. Ces derniers temps, on a pourtant trouvé dans le commerce des chargeurs explicitement destinés à ces cellules, des articles de presse prétendaient que cela fonctionnait. Voilà pourquoi Elektor a décidé de reprendre les choses à zéro et de mener son enquête, dans l'espoir d'en sortir un chargeur efficace, à construire soi-même.



### Caractéristiques techniques

Il y a quelques années, la question de la recharge des piles alcalines est revenue à l'avant-scène. La commercialisation de régénérateurs a d'abord montré qu'à condition de procéder sous faible courant, il n'y avait pas de risque d'explosion. Mais nous voulions savoir si cette nouveauté découlait d'une modification du procédé de fabrication des piles ou était le fruit de nouvelles recherches. Chacun sait d'ailleurs que la régénération même de piles récentes, ne donne pas à chaque fois de résultats probants. C'est aussi valable pour la recharge. Il arrive également que des fuites se manifestent lors de la charge à courant faible, comme d'ailleurs en utilisation normale, mais cela ne représente pas un réel danger.

La question se pose de savoir comment se régénère une pile alcaline lorsqu'on lui applique un petit courant de charge. Il faut ajouter que les articles de vulgarisation parus comportent souvent des contradictions. Sur les cellules alcalines rechargeables spéciales, qu'on appelle «Accu Cell», Elektor a opéré depuis deux ans déjà une série de tests. Il en ressort qu'elles sont réutilisables, mais que le nombre de cycles annoncé par le vendeur n'est pas atteint dans la pratique, même approximativement. Comparées au prix des piles alcalines «ordinaires», ces cellules paraissent tout à fait intéressantes, mais par rapport aux accumulateurs NiMH (au nickel métal/hydrure), le rapport prestations/prix n'est pas aussi convaincant.

Le premier chargeur spécialement destiné aux piles alcalines qui nous a été proposé nous a déçus. Il montrait de très grandes différences selon les marques de cellules. Certaines ne se rechargeaient absolument pas, d'autres retrouvaient à peine une partie de leur capacité d'origine. Nous avons, pour les premiers essais, récupéré dans le laboratoire d'Elektor des piles aux antécédents fort variables. Il y en avait sûrement parmi elles qui étaient complètement déchargées depuis belle lurette. Les piles déchargées sont sujettes aux fuites (raison de plus pour ne pas les laisser séjourner dans l'appareil) et il ne faut en aucun cas exposer ces chères reliques à couler, voire à exploser. Il convient de porter au crédit du constructeur de ce chargeur (Alkaricharger chez Elowi Electronics) qu'il déconseille formellement de recharger des piles complètement usées et suggère, pour obtenir les meilleurs résultats, d'intervenir avant que la décharge ne soit trop avancée, parce que, si on les traite suffisamment tôt, elles pourront supporter de plus nombreux cycles. En respectant cette règle et pour autant qu'on ne les utilise pas dans des appareils trop gourmands (flash électronique ou lecteur de DAN, par exemple), elles devraient se recharger une trentaine de fois. Le laboratoire d'Elektor s'est donc mobilisé pour vérifier objectivement le bien fondé de ces affirmations et la possibilité de régénérer des piles alcalines courantes de différentes marques. Outre l'Alkaricharger, nous avons utilisé un chargeur maison, le régénérateur objet de cet article, pour effectuer les mesures sur des piles au format mignon. Pour éviter tout risque d'équivoque sur le terme, précisons que ces piles s'appellent aussi (L)R6, UM3, AA, penlight ou bâton, selon les usages locaux.

### ***Évaluation et résultats***

La conception du chargeur a été largement influencée par des recherches antérieures ainsi que l'expérience acquise lors de la mise au point du chargeur de piles alcalines (Accu Cell), publié dans le numéro de juin 95. À l'origine, il s'agissait d'un chargeur très simple à courant fixe, qui ne donnait pas en pratique de résultats différents de ceux obtenus au moyen d'un courant pulsé, comme celui du montage de 1995. C'est pourquoi il est aussi intéressant, puisque, pour le chargeur de piles alcalines rechargeables, le succès nous avait ramenés à une méthode spéciale par impulsions. Il n'en est pas question dans le modèle d'Alkaricharger que nous avons testé. En vue d'expériences systématiques, nous avons acheté dans le commerce des piles R6 neuves de trois fabricants différents, parmi lesquelles nous avons sélectionné chaque fois quatre éléments identiques. Après la première décharge, deux d'entre eux ont subi quatre cycles successifs de charge/décharge, alors que les deux autres éléments, conservés comme témoins, subissaient une mesure de capacité en utilisation conventionnelle (sans recharge). Le débit choisi était particulièrement élevé; sur une résistance de 3,3 Ohm, le courant initial atteint 0,5 A, le maximum compatible avec ce type de pile, la moyenne environ 0,35 A. Pareille consommation ne favorise évidemment pas le nombre de cycles de régénération. Les résultats sont bien meilleurs à débit plus modéré qu'en torturant ainsi les piles, mais notre but était de soumettre la méthode de recyclage à une expérimentation en profondeur. En réalité, on constate qu'à faible débit, une cellule qui se prête bien à la recharge, comme la Duracell, revient quasiment à la capacité d'un élément neuf lors du premier cycle. On peut ainsi réutiliser dans une horloge ou une radio une pile régénérée comme si on l'avait remplacée. Mais revenons à notre méthode radicale. La figure 1 décrit la caractéristique de décharge d'une pile alcaline au manganèse; elle est extraite d'une documentation de Duracell et illustre, au départ d'une capacité nominale de 1,8 Ah, une décharge jusqu'à 0,8 V, à 20°C, dans une résistance de 50 Ohm. Du diagramme, on peut déduire qu'à plus forte charge (dans une résistance

plus petite, donc à plus fort courant), l'énergie disponible décroît sensiblement. Pour une décharge sous 10 Ohm, on ne trouve plus que 1,55 Ah, 1,35 Ah sous 5 Ohm et 1,2 Ah sous 3 Ohm. Là où cela devient intéressant, c'est sur la figure 2. On y voit la courbe de décharge à courant fort d'une cellule LR6 de Duracell qui a subi plusieurs recharges. Les décharges se passent aux bornes d'une résistance de 3,3 Ohm jusqu'à la tension finale de 0,8 V. La première courbe (DUA1 R0) est relative à la pile fraîche soumise à décharge sur une résistance de 3,3 Ohm, au moins pendant quatre heures, ce qui correspond à 1,5 Ah.

Encore plus étonnant, le fait que même après recharge, des courants de 0,4 A sont encore possibles pendant quatre heures, avant que la tension ne retombe à 0,8 V. Voilà qui n'est accessible à aucun accumulateur de format équivalent, qu'il soit CdNi ou NiMH.

Figure 1. Caractéristique de décharge d'une pile mignon alcaline au manganèse (Duracell)

Figure 2. Courbes de décharges rapides multiples sur résistance de 3,3 Ohm, entrecoupées de recharges, d'une pile alcaline R6 de Duracell.

Lors des charges et décharges ultérieures, comme on pouvait le prévoir à pareil courant, la capacité diminue assez vite en raison de l'augmentation de la résistance interne. À débit plus limité, comme sur un baladeur ou un gameboy, la pente est considérablement plus faible et la perte de capacité plus réduite, ce qui permet encore au moins six cycles. Nous avons répété les mêmes expériences sur des piles alcalines R6 de Philips (figure 3) et de Varta (figure 4), mais les graphiques obtenus sont assez différents. La cellule Philips se distingue par une courbe de tension très plate lors de la première décharge et en conséquence une longévité remarquable: près de six heures sur une résistance de 3,3 Ohm, un record! En revanche, son comportement à haut débit après recharge est nettement moins bon, la résistance interne est manifestement plus grande; les répercussions seraient naturellement moins graves à courant normal. On retrouve un comportement analogue des piles Varta qui présentent une décroissance un peu plus raide que les deux autres marques au début de la première utilisation. Il faut aussi rappeler que la température et la durée du stockage préalable ont une grande influence sur les piles de toutes marques. Les séries de mesures effectuées montrent en tout cas clairement que la recharge de piles alcalines au manganèse permet de prolonger leur durée de vie d'un facteur 3 à 5. En utilisation sous fort courant, les piles alcalines sont moins appropriées que les accumulateurs, surtout les CdNi et c'est encore plus flagrant lorsque les piles ont été rechargées. Les piles R6 de Duracell représentent dans les tests une certaine exception en ce sens qu'elles reviennent quasiment à leur capacité de départ après une première recharge. Nous avons aussi testé des piles au carbone/zinc de différentes marques, mais aucune n'a montré d'aptitude à la régénération. Toutes les mesures ont été effectuées automatiquement à l'aide de multimètres HP34401 A commandés par un PC.

Figure 3. Comme à la figure 2, mais pour une Philips.

Figure 4. Comme à la figure 2, mais cette fois pour une Varta.

### ***Le circuit de recharge***

Le régénérateur al-câlin-mignon a été conçu pour quatre piles R6, dispose d'une

protection contre l'inversion de polarité, d'un détecteur de sous-tension ainsi que d'une limitation en tension comme en courant. Pour adapter l'appareil aux différents cas possibles, les piles ne sont pas montées en série, on peut en recharger individuellement autant qu'on veut, entre une et quatre. Le courant de recharge varie entre 80 mA pour une pile presque totalement régénérée et 100 mA dans le cas où elle n'affiche plus que 0,8 V. La durée maximale de l'opération est de 24 heures. Comme on peut le voir à la figure 5, le schéma de principe comporte une alimentation secteur, une référence de tension double pour les limites haute et basse de la cellule, une surveillance de la tension qui commande un limiteur du courant de sortie. Ces deux derniers éléments sont reproduits pour chaque pile, de manière à assurer un suivi individualisé constant. Le schéma résultant est représenté à la figure 6.

Figure 5. Schéma de principe du régénérateur «al-câlin-mignon».

Figure 6. Le schéma détaillé représente les quatre exemplaires de circuits de mesure et de limitation de courant.

Par souci de sécurité et d'économie, l'alimentation se résume à un montage classique, un bloc enfichable qui délivre 12 V/0,5 A. D1 protège d'une éventuelle inversion de polarité lors du raccordement à basse tension. La tension destinée à la charge est régulée à 5 V par IC1 et D2 en est témoin, tandis que IC2 fournit les 8 V réclamés par les amplificateurs opérationnels et les références de tension, dont P1 définit le réglage fin, 1,7 V comme tension maximale de recharge et 0,85 V pour la tension minimale de cellule.

La limitation de courant se réalise très simplement par des résistances en série dans chaque branche (R11, R18, R25, R32) Les diodes D3, D7, D11 et D15 empêchent qu'en l'absence de tension de charge, les piles ne se déchargent inutilement. Le suivi des tensions se réalise, au profit de chaque cellule, par le biais d'un double amplificateur opérationnel qui fonctionne en comparateur, vis-à-vis des deux tensions de référence. Si sa différence de potentiel descend sous 0,85 V, c'est qu'elle est trop déchargée ou mal positionnée. Dans les deux cas, la sortie de l'amplificateur opérationnel correspondant (IC3 b pour la première pile BT1, par exemple) passe au niveau haut (voisin de +8 V) et le transistor (T1 dans le même exemple) bloque. La LED rouge (D6, D10, D14 ou D18) s'éclaire pour signaler le problème et identifier la pile. La tension d'alimentation des amplificateurs opérationnels a été choisie à dessein supérieure à 5 V, celle qui règne au niveau des émetteurs des transistors PNP, de manière à être sûr qu'ils bloquent effectivement, leurs bases devenant nettement plus positives que les émetteurs. Si maintenant la tension de cellule atteint, lors de la charge, la référence haute de 1,7 V, c'est l'autre amplificateur opérationnel qui réagit (IC3 a à IC6 a) et le transistor qu'il commande bloque, avec pour conséquence d'allumer la LED verte, cette fois, (D5, D9, D13 ou D17) et de signaler que la pleine charge est atteinte. Pas de risque de surcharge donc.

La tension de fin de recharge indiquée concerne les piles Duracell, mais pour les Varta il est préférable de la réduire légèrement. On peut aussi la maintenir telle quelle et se servir d'un temporisateur pour couper automatiquement le courant après 24 heures si la tension de 1,7 V n'a pas été atteinte. Le principe d'arrêter la recharge en fonction de la tension maximale n'est pas valable pour les accumulateurs CdNi, parce qu'elle ne représente que 80% de la pleine capacité. En outre, le seuil de 1,7 V est inaccessible. Mieux vaut arrêter le processus après huit ou dix heures et ici aussi l'usage d'un

temporisateur est confortable. La mise hors service ne pose aucun problème, puisque les diodes D3, D7, D11 et D15 empêchent tout retour dans les circuits en amont.

### **Construction, alignement et dépannage**

Il n'y a pas la moindre difficulté à garnir la platine (figure 7) si l'on se réfère au plan de câblage et à la liste des composants. Il suffit de vérifier le sens des composants polarisés: IC1 à IC6, D1 à D18, ainsi que le condensateur électrolytique C1. N'oubliez pas le pont de câblage près de IC2 et P1. Les amplificateurs opérationnels (IC3 à IC6) se montent de préférence sur support. Quant au câblage, il est d'une suprême simplicité (cf. figure 8), il se limite au raccordement des quatre piles.

Figure 7. La platine et la répartition des composants.

Figure 8. Le câblage se résume au raccordement des quatre coupleurs de piles format mignon.

Avant la première mise en service, on vérifie la mise en place des composants, les soudures et la polarité de l'alimentation extérieure, la masse à l'extérieur, le plus au milieu. Au moment d'enfoncer la fiche dans la prise, (il n'y a pas encore de piles dans les coupleurs) les LED vertes s'allument, pas les rouges. Le réglage de P1 est instantané: on relie un multimètre numérique (calibre 2 V) entre point de contrôle E et masse (cf. figure 8) et on règle une tension de 1,7 V. Pour vérifier le fonctionnement de la détection de tension basse, il n'y a qu'à court-circuiter le coupleur correspondant. La LED verte doit s'éteindre instantanément et la rouge la remplacer. Une fois toutes les vérifications effectuées, on peut insérer quelques cellules mignon pas trop déchargées (piles ou accumulateurs) dans le coupleur— les deux LED doivent alors s'éteindre— et si le système ne fonctionne pas comme prévu, il reste à entreprendre une suite de vérifications que nous allons décrire ici. Toutes les mesures sont réalisées sur multimètre numérique (10 MOhm d'impédance d'entrée). Les causes de pannes probables sont les suivantes (les contrôles sont à exécuter dans l'ordre, jusqu'à ce qu'on découvre le problème):

#### **Point de test A**

Fiche d'alimentation défectueuse ou polarisée à l'envers (vérifier le sens de la tension), ou conducteur interrompu. Si la tension est présente aux bornes de D1: court-circuit en aval, sur la platine par exemple.

#### **Point de test B**

Diode D1 inversée, défectueuse, condensateur C1 en court-circuit.

#### **Point de test C**

IC1 défectueux ou positionné à l'envers ou court-circuit en aval.

#### **Point de test D**

IC2 défectueux ou positionné à l'envers ou court-circuit en aval.

#### **Point de test E**

P1 mal réglé ou panne dans la suite du montage.

### **Point de test F**

Valeur incorrecte de R4 ou R5 ou panne dans la suite du montage.

### **Point de test G**

Tension à mesurer (coupleur vide): environ 4,5 V (LED verte allumée). Avec pile (f.é.m. env. 1,5 V), la LED verte doit s'éteindre et la tension en G monter à 4,8 V. Sinon, retirez l'amplificateur opérationnel de son support (la LED verte s'allume alors). S'il n'y a toujours pas de tension en G, c'est le transistor de l'étage qui est en panne.

### **Point de test H**

Tension en l'absence de pile: 4,5 V. Lors de l'insertion d'une cellule neuve, 1,5 à 1,7 V. Pour toute tension inférieure à 1,7 V, les deux LED sont allumées, au-dessus de 1,7 V, seule la LED verte s'allume. Si la LED verte reste allumée en permanence, bien qu'il règne 1,7 V à la broche 2 et moins de 1,7 V en H, c'est l'amplificateur opérationnel qui est probablement en cause.

### **Point de test I**

Tension attendue (coupleur court-circuité): environ 6,5 V (LED rouge allumée). Sinon, mesurer la tension sur la broche 7 de l'amplificateur opérationnel. À 7 V environ, contrôler la résistance série (R9/16/23/30) et la LED rouge. Inférieure à 1 V, mesurer la tension en broche 5. S'il y a 0,85 V et que la tension en H est inférieure, c'est que l'amplificateur opérationnel est probablement en panne.

### **Point de test J**

Tension attendue lorsque le coupleur est vide: 6,5 V (la LED verte s'allume). Sinon, mesurer la tension en broche 1 de l'amplificateur opérationnel. Si elle affiche quelque 7 V, le problème se localise à la résistance série (R8, R15, R22 ou R29) ou à la LED verte. Si la tension est inférieure à 1 V, c'est que l'amplificateur opérationnel est en panne.

Malgré ce que cet exposé détaillé et circonstancié peut faire croire, il est peu probable que vous rencontriez une quelconque difficulté lors de la réalisation de ce chargeur simple. Nous sommes très intéressés à recevoir vos commentaires et récits d'expériences à propos de ce régénérateur. Peut-être trouverez-vous des piles alcalines qui se prêtent encore mieux au procédé que celles que nous avons essayées.

960106-I

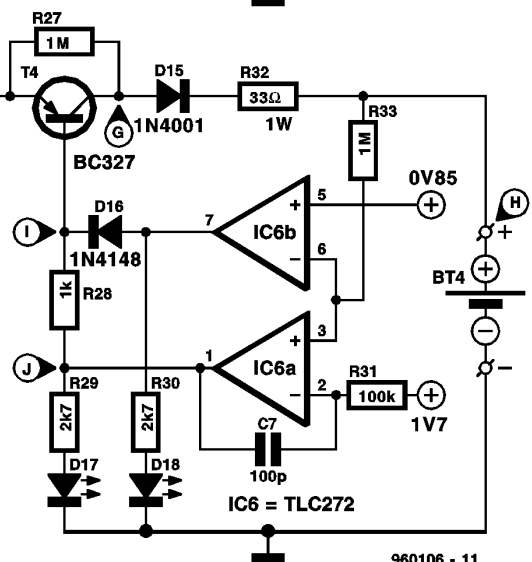
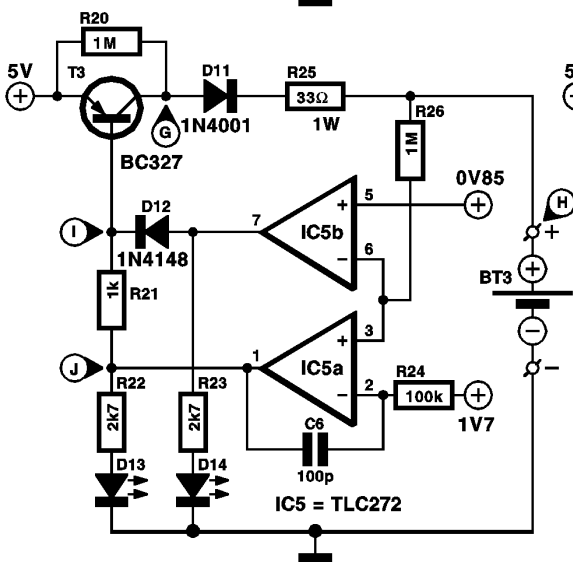
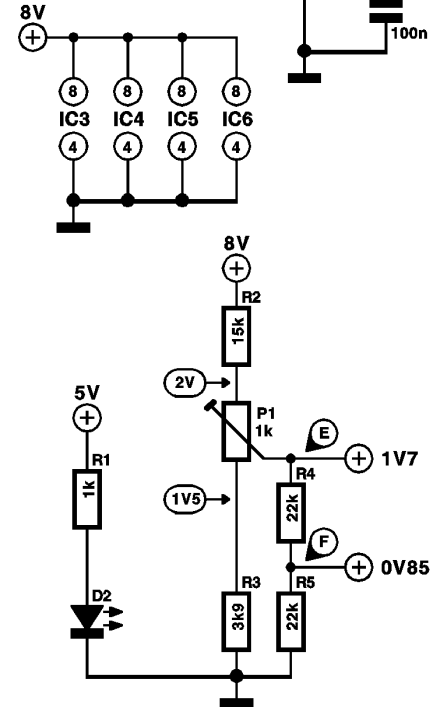
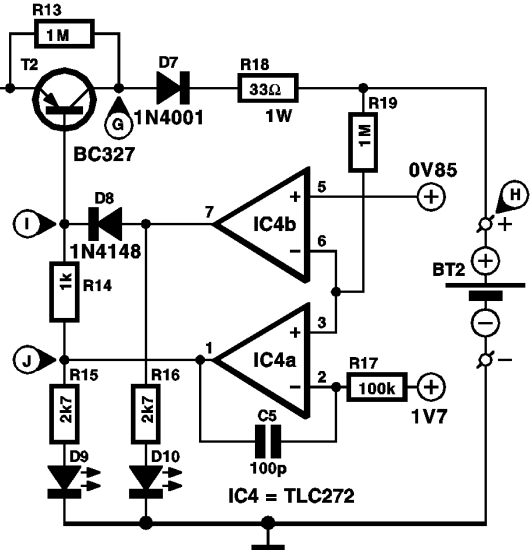
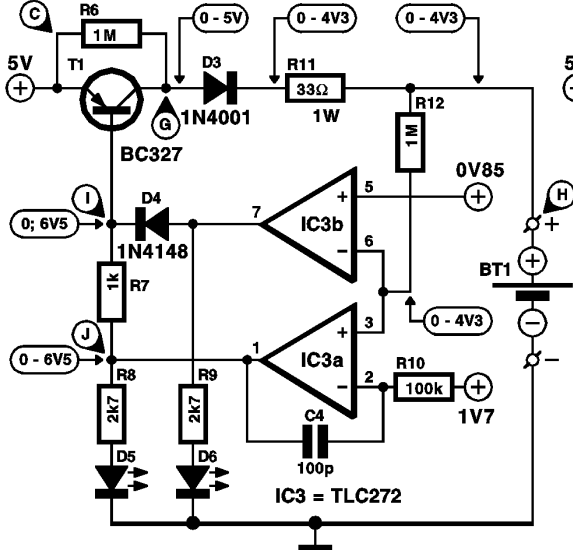
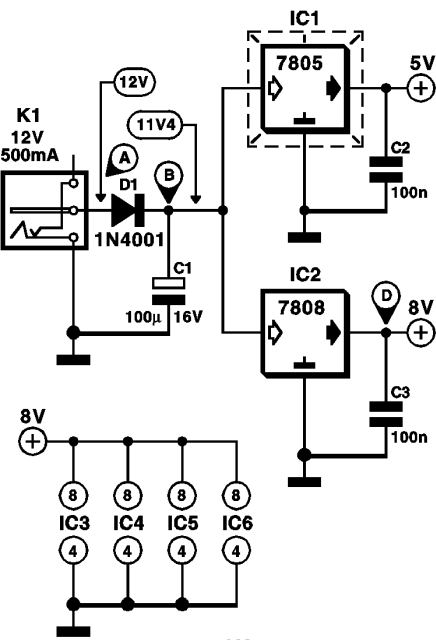
Risques et contre-indications

Liste des composants

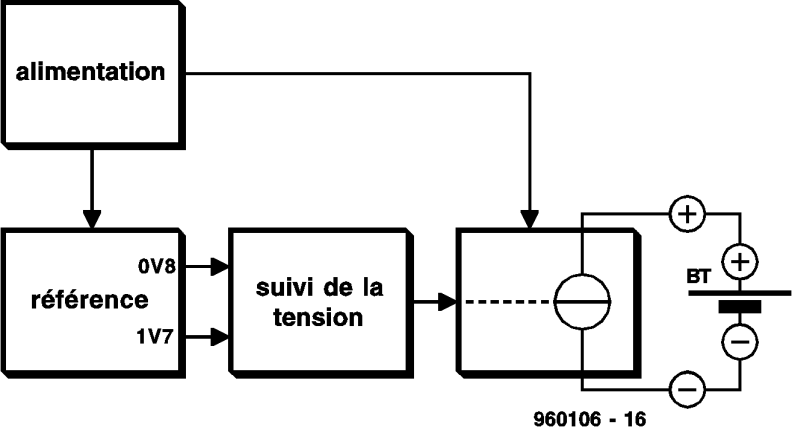
Circuit imprimé

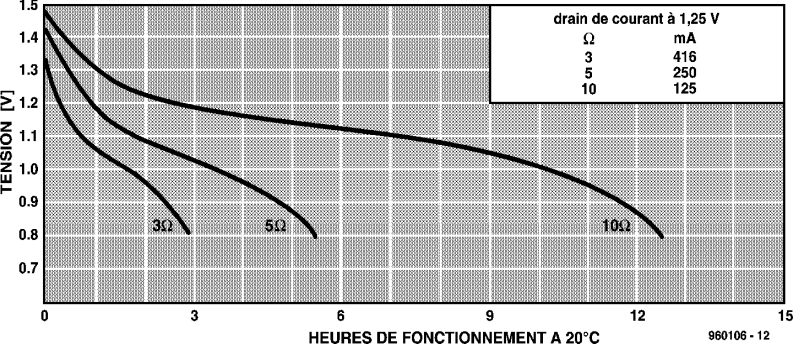
## ***Risques et contre-indications***

Une pile vide n'est plus nécessairement étanche. Dans le cas de piles alcalines le risque de fuites augmente avec la durée de stockage; il en va inversement pour la capacité de régénération qui ne cesse de diminuer. Pour ces 2 raisons il faut éviter d'attendre trop longtemps avant d'entreprendre la recharge et éviter d'essayer de recharger des piles trop vieilles. Les fabricants de piles déconseillent la recharge en raison de risques d'explosion. En cas de recharge à courants faibles les risques sont extrêmement limités. Il n'a pas été fait mention de problème sur les appareils disponibles dans le commerce depuis près de 2 ans, exception faite de fuites présentées par des piles en fin de vie.

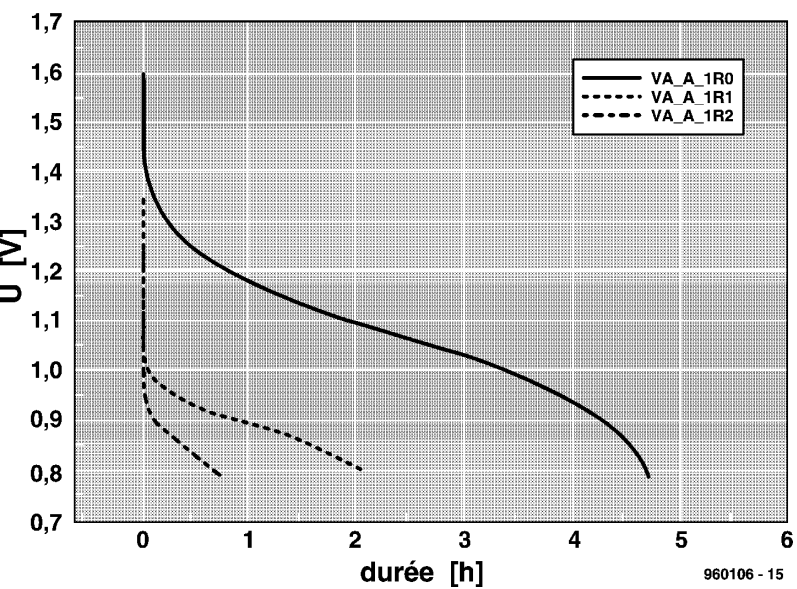






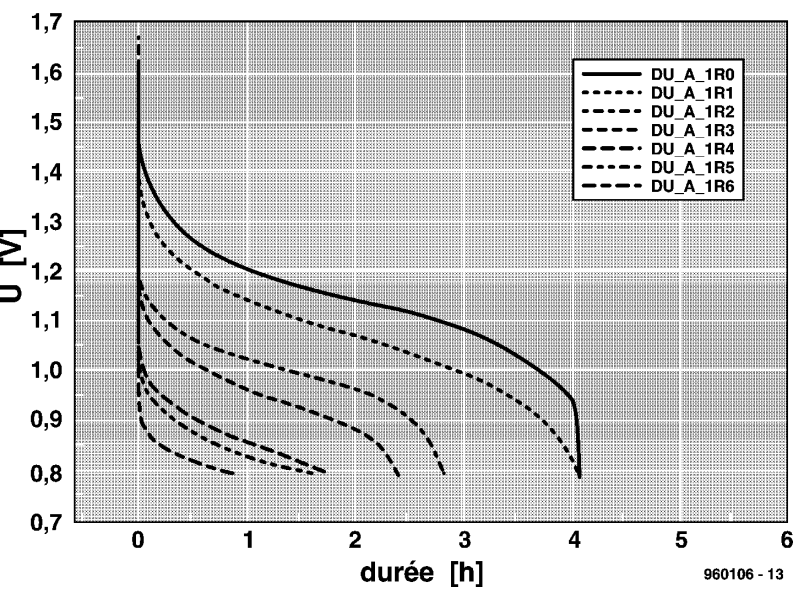


# Varta

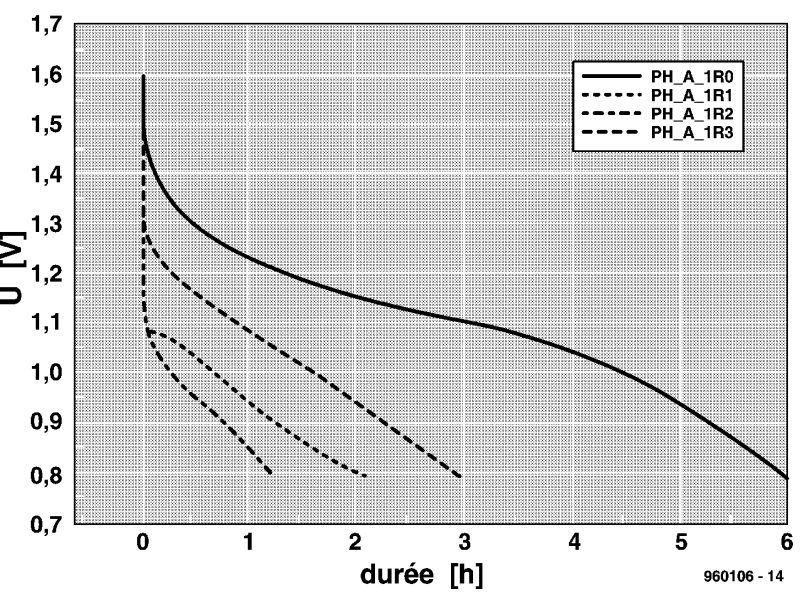


960106 - 15

# Duracell

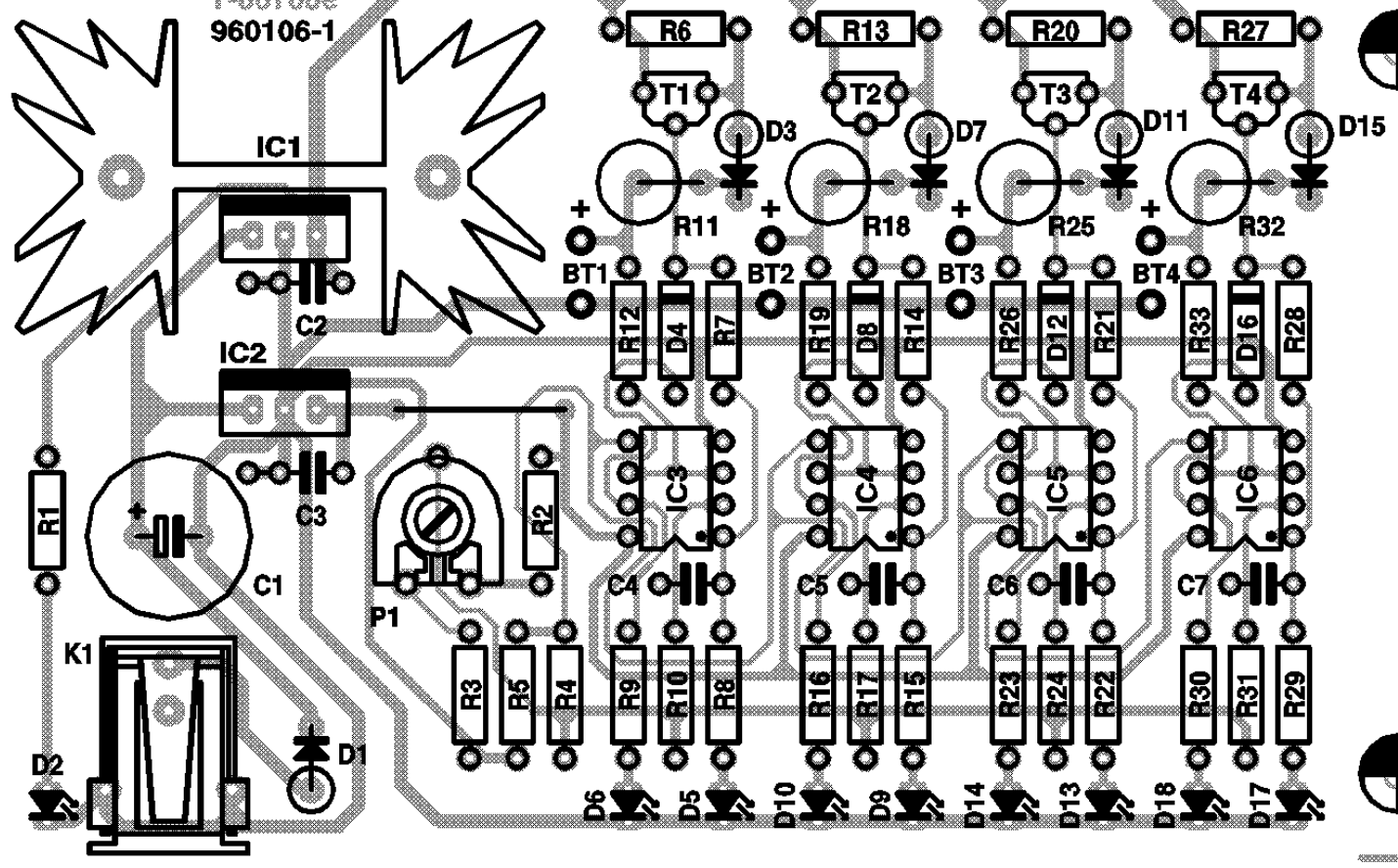


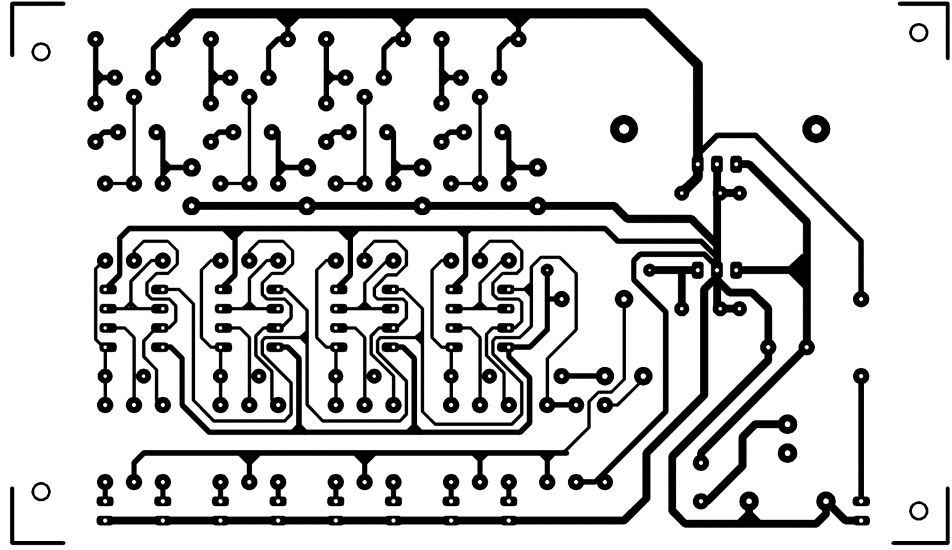
# Philips





I-30103e  
960106-1







## Liste des composants

### Résistances:

R1,R7,R14,R21,R28 = 1 kOhm

R2 = 15 kOhm

R3 = 3 kOhm 9

R4,R5 = 22 kOhm

R6,R12,R13,R19,R20,R26,R27,R33 = 1 MOhm

R8,R9,R15,R16,R22,R23,R29,R30 = 2 kOhm 7

R10,R17,R24,R31 = 100 kOhm

R11,R18,R25,R32 = 33 Ohm/1 W

P1 = 1 kOhm ajustable

### Condensateurs:

C1 = 100  $\mu$ F/16 V

C2,C3 = 100 nF céramique (Sibatit, par exemple)

C4 à C7 = 100 pF céramique

### Semi-conducteurs:

D1,D3,D7,D11,D15 = 1 N4001

D2 = LED orange (haut rendement)

D5,D9,D13,D17 = LED verte (haut rendement)

D6,D10,D14,D18 = LED rouge (haut rendement)

D4,D8,D12,D16 = 1 N4148

T1 à T4 = BC327

IC1 = 7805

IC2 = 7808

IC3 à IC6 = TLC272 CP

### Divers:

K1 = embase secteur femelle encartable pour jack de module adaptateur secteur  
radiateur SK129/25,4-STS (6,5 K/W)

adaptateur secteur 12 V/500 mA

porte-pile pour pile R6 (penlight)

boîtier plastique

## **Caractéristiques techniques**

fonctions:

charge et régénération

domaine d'application:

piles alcalines et accumulateurs Cd Ni

format des cellules:

mignon (R6, UM3, AA, etc...)

nombre de cellules:

1 à 4

durée de charge complète:

moins de 24 heures (piles)

8 à 10 heures (Cd Ni)

courant de début:

100 mA

courant de fin de charge:

80 mA

alimentation:

bloc 12 V/500 mA

particularités:

suivi de tension et courant indépendants

chaque cellule, disjoncteurs automatiques

en cas de tension trop haute ou trop basse