

19

cure de jouvence pour votre vieux chargeur (1)

ne le jetez pas, modernisez-le !



**Roberto Armani (Elektor)
et Walter Ribbert (Italie)**

Incroyable : alors que les μ contrôleurs sont rois, on vend encore des chargeurs de batterie à tension constante. Ils sont simples, très robustes et chargent rapidement les batteries au plomb, mais ils ont des inconvénients : cycle de charge non contrôlé, courant de fin de charge trop élevé, et ils sont allergiques aux inversions de polarité. Si vous en avez un, modernisez-le selon l'une des méthodes présentées dans ces articles. Vous verrez ici comment mettre en place une protection de base. Dans la 2^e partie, nous ajouterons une fonction de contrôle de la charge entièrement analogique et, pour les plus exigeants, aussi une version de luxe à base de μ contrôleur.

Ces projets sont nés de la découverte, dans le garage d'un ami, d'un ancien objet neuf (AON). C'était un chargeur de batterie robuste en tôle laquée, datant d'une dizaine d'années, jamais utilisé et qu'il m'a généreusement donné. Réflexe d'ingénieur, je n'ai évidemment pas pu m'empêcher de l'ouvrir et je fus surpris de constater que le circuit électrique interne était on ne peut plus simple : transformateur, pont redresseur, fusible de voiture et ampèremètre à cadre mobile sur le panneau avant. Son seul luxe : un sélecteur de batterie 6/12 V. Admirez (**fig. 1**) son schéma de base !

Vous verrez (**fig. 2**) que malgré sa simplicité, l'intérieur est encombré. Habitué aux circuits régulateurs de courant et de tension, la conception de ce produit m'a semblé rudimentaire et, conscient de devoir l'utiliser avec des batteries plomb-acide scellées et -pire encore- avec les batteries AGM de dernière génération, j'étais sur le point de le jeter. Cependant, une discussion avec mon ami *Walter Ribbert*, m'a montré que ce type de chargeur est toujours en vogue et disponible partout, même si la concurrence des chargeurs « intelligents » modernes,

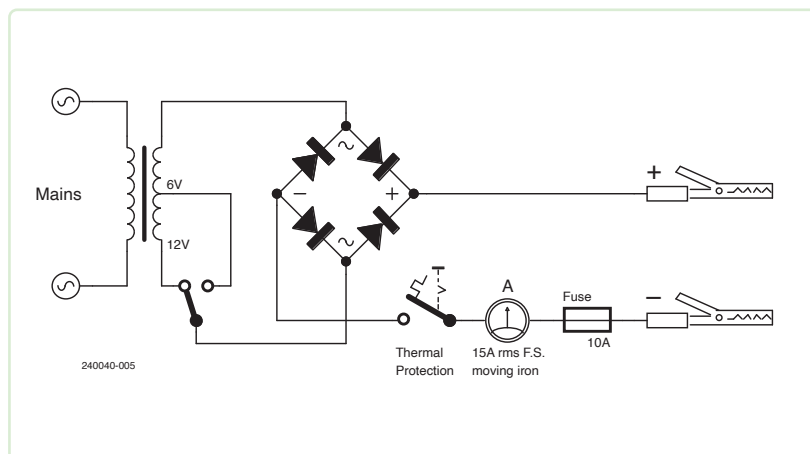


Figure 1. Schéma d'origine du chargeur. Très minimaliste !

La norme de charge actuelle

La dernière génération de chargeurs de batteries au plomb (débranchées de leur charge habituelle) suit des étapes successives bien définies :

- Bulk Phase (haute intensité/I)
- Acceptance Phase (absorption/Uo)
- Float Phase (U)
- et en option Equalization (égalisation/E)

La phase I est la première partie du processus de charge. Dans un chargeur 100 % contrôlé, le limiteur de courant est activé et ce courant atteint la valeur maximale définie. Idéalement, la limite initiale de courant en ampères devrait valoir entre 0,20 et 0,40 C. Par ex., la batterie de 12 V et 52 Ah utilisée dans nos tests devrait être chargée sous 10,4 A à 20,8 A max. À la fin de cette phase - qui correspond à 75 % environ de la charge totale - différentes tensions moyennes devraient être prises en compte, en fonction du type de la batterie connectée, voir le **diagramme A**.

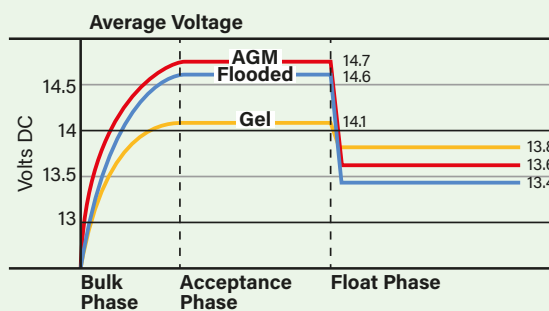


Diagramme A : phases de charge d'un chargeur de pointe, avec des valeurs seuils qui changent en fonction de la composition chimique de la batterie.

Une fois que la tension cible moyenne initiale est atteinte, la phase U₀ commence. C'est une phase type contrôlée en tension, où le seuil de tension fixé est maintenu stable pendant les derniers 25 % de la charge et où le courant diminue lentement jusqu'au point où il atteint 2 à 4 % de C (de 1,04 A à 2,08 A dans notre cas) et où l'on peut considérer que l'accumulateur est complètement chargé. Dans l'étape suivante, la phase U, on abaisse à nouveau la tension cible. L'objectif est d'éviter une production excessive de gaz sur les électrodes de plomb, avec perte subséquente d'électrolyte des cellules. Il ne s'agit pas vraiment d'une phase de charge, mais plutôt d'une phase d'entretien.

La phase E (non illustrée sur le graphique du diagramme A) est facultative, en raison de son caractère agressif pour la batterie. Elle vise à récupérer les accumulateurs partiellement sulfatés. Si elle est incluse dans le cycle, elle a lieu juste après la phase U₀ à un taux de charge continu de 4 %, jusqu'à ce que l'état maximal absolu de charge - et de tension - soit atteint. En général, elle s'arrête entre 15,5 et 16,2 V, et de ce fait, ne convient pas aux accu AGM ni aux accu au plomb de type Gel. Même pour les accu à électrolyte liquide, cette méthode est limitée à la charge hors ligne (batterie déconnectée du système qu'elle alimente) et à un petit nombre de cycles, car elle use la batterie.

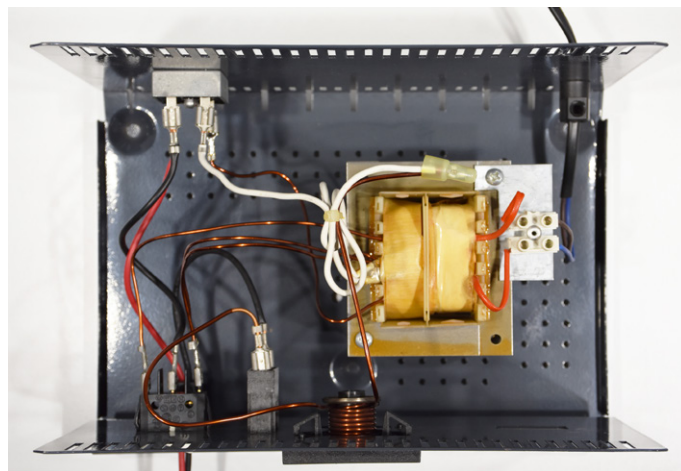


Figure 2. Malgré sa simplicité, le câblage ressemble à un fouillis avec des fils de cuivre émaillés qui traînent. La prise de terre du réseau est absente.

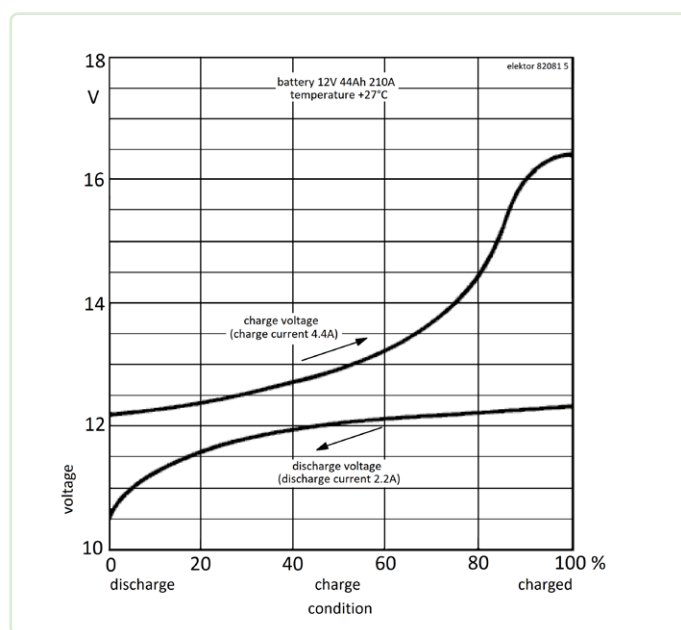


Figure 3. Courbe de charge type à 0,1 C (4,4 A) et courbe de décharge à 0,05 C (2,2 A) d'une cellule de batterie au plomb de 44 Ah.

à µprocesseur est de plus en plus rude. Bien que plus chers, les chargeurs µcontrôlés bénéficient d'une conception de pointe et ne mettent jamais en péril la santé de la batterie connectée. Lisez l'encart **La norme de charge actuelle** dans cet article pour en savoir plus sur leur fonctionnement.

La cellule plomb-acide

Avant de poursuivre notre étude, il est utile de dire quelques mots sur les paramètres types d'une cellule plomb-acide standard. Sa tension nominale est de 2 V, et une batterie de voiture contient six de ces cellules en série. Les caractéristiques de charge/décharge à courant constant d'une batterie de 12 V sont présentées (**fig. 3**). On voit qu'elles

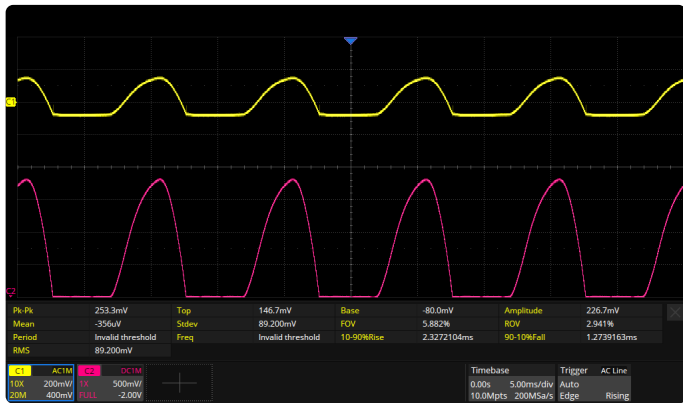


Figure 4. Oscillogramme en début de charge. La trace violette est la lecture de la pince CC à 5 A/div. (18,5 A crête), tandis que la trace jaune (couplée en CA) - montre l'ondulation aux bornes de la batterie (253 mV crête à crête).

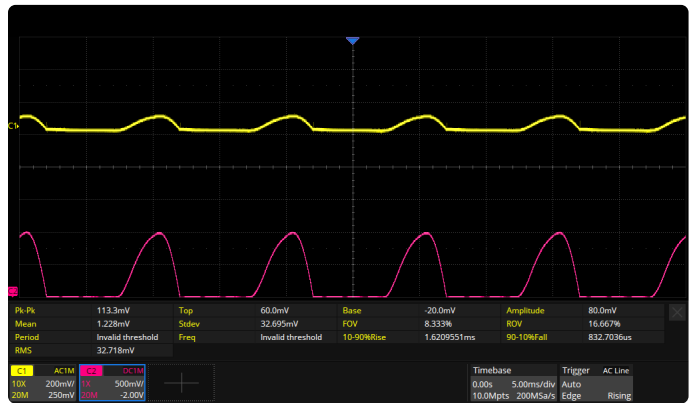


Figure 5. Oscillogramme en fin de charge. Ici, la trace violette montre des pointes à 10 A, tandis que l'ondulation sur la batterie est de 113 mV. Le R_i calculé est alors d'environ 11 mΩ, soit 20 % de moins qu'en début de charge.

ne descendent pas en dessous de 10,5 V (1,75 V par cellule) ; si la tension est inférieure ou, pire, si elle tombe à zéro, la batterie subit des dommages et souvent, ne peut plus être rechargée. Rappelons qu'après assemblage, une batterie de ce type est activée par remplissage des cellules avec une solution à 30 à 40 % d'acide sulfurique. Après activation, la tension de chaque élément est comprise entre 2,1 et 2,2 V.

Chargeurs à tension constante

Les premiers chargeurs de ce type remontent aux années 50 et étaient équipés de redresseurs au sélénium puis au silicium. Ce type de chargeur bon marché est peu coûteux à fabriquer et, utilisé correctement, il est fiable. Mais son fonctionnement est critique et repose uniquement sur la précision du transformateur qui fournit une tension efficace V_{out} et une impédance Z_{out} , calculées pour des batteries au plomb.

On ne peut commander ni le courant ni la tension, et il faut suivre son processus de charge avec attention. Le courant de charge initial dépend de la batterie connectée (capacité, état de charge et état général) ; il est donc largement imprévisible et, dans la plupart des cas, un thermocontact est intégré au transformateur pour le protéger de la surchauffe.

Mesures préliminaires

Nous avons pensé que pour en savoir plus sur le comportement d'un tel chargeur connecté à un accumulateur standard, une série de mesures précises, serait utile quelle que soit la solution de modernisation envisagée. Afin d'obtenir des conditions de mesure répétables, nous avons connecté l'accu testé à une charge électronique **Korad Kel103** de 300 W, qui a permis de réaliser des cycles de décharge contrôlés jusqu'au seuil de 11,5 V (= 80 % de décharge).

Pour mesurer les paramètres du courant de charge, nous avons utilisé un oscilloscope connecté à une pince CC à faible dérive **Pico TA018** (niveau de sortie de 100 mV/A) avec une 2^e voie de mesure de tension par fils auxiliaires connectés directement aux bornes de la batterie, réalisant ainsi un **pont de Kelvin**. Pour en savoir plus à ce sujet, jetez un coup d'œil à l'encadré sur la **mesure à 4 fils** de cet article. Cette méthode de test dynamique (impulsions CC de 100 Hz) a permis de

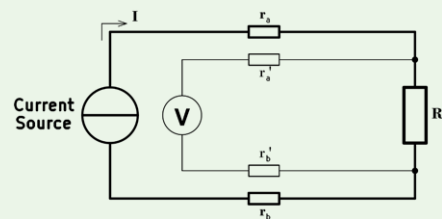
détecter avec précision la relation entre courant de sortie vers la batterie et variation de tension à ses bornes.

Observez la capture d'écran de la mesure pendant la phase de charge initiale (batterie chargée à 20 % de sa capacité), (**fig. 4**). La trace violette donne ici des valeurs de courant de plus de 18,5 A crête. La trace jaune donne l'ondulation de tension directement sur la batterie, 253 mV (couplage CA). Ceci permet de calculer la valeur de la résistance interne R_i de l'accumulateur pendant la charge :

$$R_i = \Delta V / I = 0,253 / 18,5 = 0,0136 \Omega$$

La détection à 4 fils

La technique de mesure à 4 fils, aussi connue sous le nom de pont de Kelvin nom du physicien anglais qui l'a inventée en 1861. Son principe, comme le montre le schéma, consiste à séparer les câbles de charge à faible résistance interne r_a et r_b destinés à transporter le courant I vers la charge R (une batterie, dans notre cas), de ceux (r'_a et r'_b) destinés à mesurer la tension via un circuit à haute impédance. De cette façon, la chute de tension $V_{drop} = (I * r'_a + I * r'_b)$ - de la source de courant aux extrémités des connexions qui l'amènent à R - n'a plus d'importance, même si le courant I varie, car la mesure de la tension a toujours lieu aux bornes mêmes de l'appareil alimenté, souvent appelé point de charge dans l'industrie. Cette connexion à 4 fils permet de mesurer R avec une grande précision, même dans le cas de résistance ohmique très faible.



Notez les valeurs mesurées en fin de charge, lorsque la batterie a atteint une tension de 14,8 V (fig. 5). On voit que le courant de charge présente des pointes de 10 A, c'est beaucoup trop pour laisser l'appareil branché longtemps ! Notez que le bas de la trace violette (fig. 4 et 5), correspond à la tension réelle de la batterie ($I = 0$, $V_{\text{charger}} < V_{\text{battery}}$), tandis que les portions de sinusoïde de l'onde représentent le moment où $V_{\text{charger}} > V_{\text{battery}}$ donc où un courant de charge circule.

Nous en concluons que plutôt que de le mettre au rebut, malgré son cycle de charge rudimentaire, sa modernisation le rendrait plus sûr, plus utile et permettrait peut-être d'économiser quelque ressource planétaire.

Le défi était alors de savoir *comment* le faire, et Walter proposa les bases suivantes :

- Protéger le chargeur contre les courts-circuits accidentels des pinces et contre les inversions de polarité en connectant la batterie.
- Rétablissement immédiat de la protection en cas de déconnexion des pinces de la batterie, sans étincelle.
- Ajout d'un contrôle précis de tension en phase de fin de charge, pour rendre le chargeur plus utilisable.
- Conception d'une version polyvalente, basée sur un μ contrôleur, pour les lecteurs qui ne peuvent s'empêcher de programmer !

Étant donné que le bon fonctionnement d'un chargeur à tension constante repose, comme dit plus haut, quasi uniquement sur des variations ténues de tension et d'impédance entre chargeur et batterie, il est rapidement apparu que toute modification du schéma d'origine, même modeste - sous forme d'insertion de semi-conducteurs comme des diodes et transistors de puissance (bipolaires ou *MOSFET*) - produirait des variations considérables du courant de charge et, en fin de compte, de l'efficacité de l'appareil. C'est pourquoi, la seule solution viable semblait être le contrôle de la charge par un relais de puissance. Un modèle standard de quelques ampères utilisé en électronique ne convenait pas. Il fallait un relais de type automobile ou un robuste relais industriel, à forte intensité (20 A minimum), avec une très faible résistance de contact. Le choix s'est finalement porté sur un modèle de *Potter & Brumfield* [1], à bobine de 12 VCC et trois contacts connectés en parallèle pour les applications.

Solution 1 : protection de base

Selon les exigences énumérées ci-dessus, ce premier schéma de Walter (fig. 6) répond aux deux premières : il active le relais uniquement lorsque la batterie est connectée et ne se déclenche que sur un seuil de tension minimal unique et réglable. La diode D1 protège le circuit contre l'inversion de polarité des pinces de la batterie. Les deux diodes D6 et D7 indiquent la bonne connexion des pinces : correcte, D7 (verte) s'allume ; incorrecte D6 (rouge) s'allume.

Si la connexion est correcte, C1 se charge principalement via le bobinage de K1 et R3. Si la tension de la batterie est suffisamment élevée pour dépasser le seuil fixé par RV1 et la Zener D8 de 5,1 V, elle pilote la grille du thyristor D5 (en angl. SCR) qui devient passant et alimente le relais K1. La LED bleue D3 s'illumine dès que le chargeur se connecte à la batterie. En connectant alors le chargeur au réseau électrique la charge démarre. Le trimmer RV1 permet de régler le

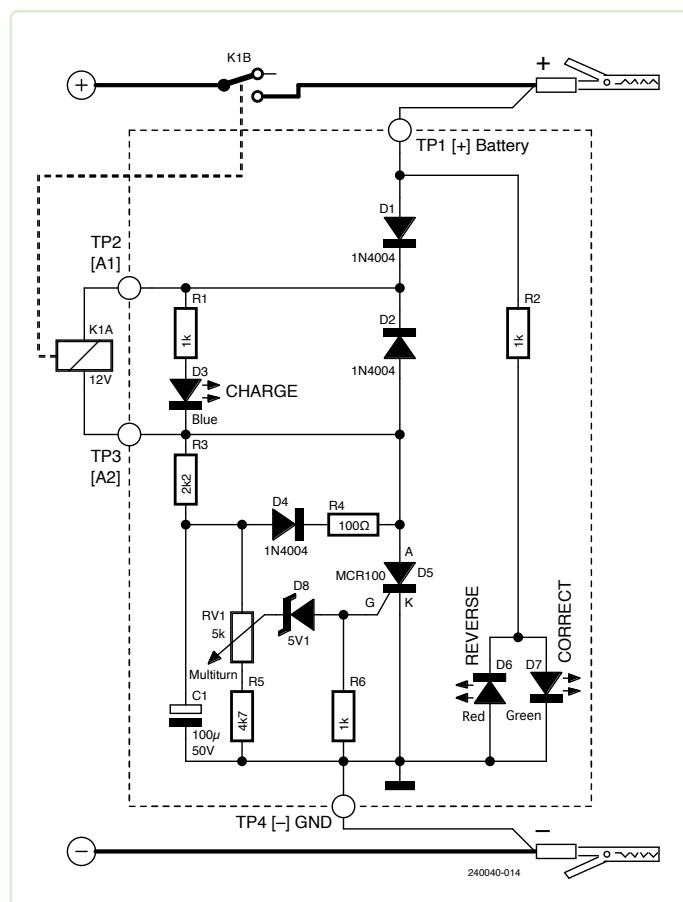


Figure 6. Schéma du circuit de protection de base.

seuil de déclenchement du relais, avec un minimum d'environ 8 à 9 V de tension de batterie, valeur qui dépend de la tension minimale de fonctionnement du relais.

Quand le SCR D5 s'allume, il décharge le condensateur C1 via D4 et R4. Si l'on débranche les fils de la batterie quand le chargeur est sous tension, D5 se coupe, car son courant de maintien est nul lorsque la tension sinusoïdale redressée descend à zéro. Ainsi la désexcitation et l'ouverture du relais est assurée ; la constante de temps $R3 * C1$ (> 200 ms) empêche la réexcitation immédiate de D5. Ce circuit fonctionne aussi bien avec des chargeurs à redresseur monoalternance qu'avec des chargeurs à redresseur à pont (bialternance). À cet égard, il est important de ne pas installer de condensateurs (d'ailleurs inutiles), même de faible valeur, en amont ou en aval du contact de relais du circuit de protection.

Réglage

Le niveau de tension de déclenchement est simple à régler : tournez le trimmer RV1 vers R5 et, le chargeur étant déconnecté du réseau, connectez une alimentation réglable à la place de la batterie ; réglez-la à la tension minimale voulue, par ex. 10 V, et tournez RV1 jusqu'au déclenchement du relais (D3 s'allume). Une fois que le SCR est passant, il le reste, même si la tension de la batterie fluctue.

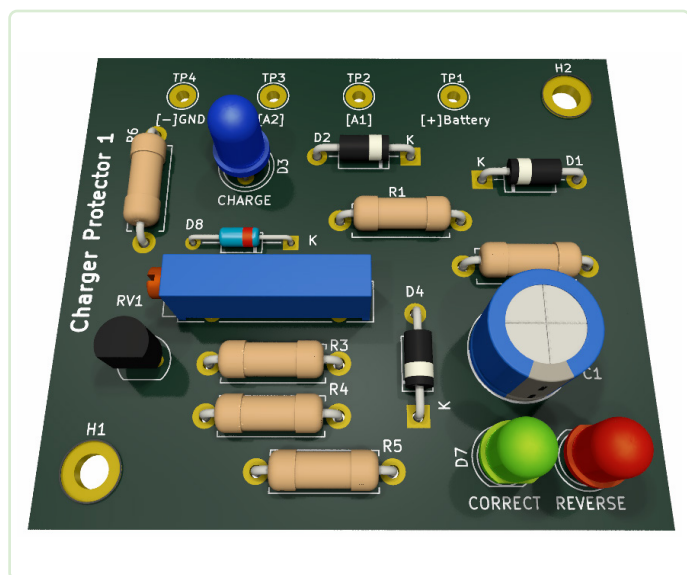


Figure 7. Vue 3D du circuit imprimé garni pour ce projet.

On voit aussi que le schéma (fig. 6) montre également comment intégrer le circuit dans le chargeur. Pour une mesure précise de la tension de la batterie et pour annuler toute erreur de lecture due à la chute de tension dans les fils de charge, la détection à 4 fils décrite ci-avant est prévue dans ce projet et dans les suivants. Observez la vue 3D du CI du projet (fig. 7).

Et la suite ?

Dans le prochain article, nous verrons comment mettre en œuvre un seuil de fin de charge contrôlé par la tension, aussi bien en version tout analogique qu'à microcontrôleur pour les plus exigeants. Bonne lecture !

VF : Yves Georges — 240040-04



À propos de Walter Ribbert

Né à Turin en 1957, Walter Ribbert a étudié l'électromécanique et l'électronique industrielle et a commencé à travailler comme apprenti dès ses 17 ans. Il est aujourd'hui retraité après 43 ans de carrière comme concepteur électrique et électronique, sans jamais cesser d'apprendre, dans une grande entreprise industrielle (automatisation et robotique). Ayant plus de temps libre, il s'est remis à étudier pour le plaisir les mathématiques et la physique et continue à « jouer » avec des appareils électromécaniques et électroniques comme un gamin. Une vraie passion ne meurt jamais !



À propos de Roberto Armani


Roberto Armani est ingénieur en électronique. Après ses études au Politecnico di Milano, il acquit plus de 35 ans d'expérience dans divers secteurs. Avant de rejoindre l'équipe d'Elektor comme rédacteur en chef, il a travaillé dans l'industrie informatique, l'imagerie électronique, les télécoms, les équipements d'essai des matériaux et la publication sur le web. Outre l'électronique, il adore écouter (et chanter) de la musique classique et randonner en montagne.

Questions ou commentaires ?

Contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



Produits

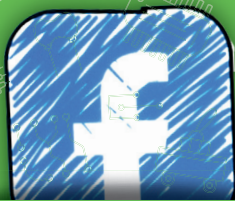
- > Oscilloscope PeakTech 1404 à 2 voies (100 MHz)
www.elektor.fr/20229
- > Pince ampèremétrique PeakTech 4350 
www.elektor.fr/18161



LIEN

[1] Potter & Brumfield, «KUP Series Panel Plug-In Relay», TE Connectivity, 01-2022 : <https://tinyurl.com/4e6twnp3>

Rejoignez notre communauté



www.elektormagazine.fr/community