

**Le robot Picky ►  
suiveur de ligne**

**Chargeur  
de batteries NiMh**

**KICAD  
Un logiciel libre**

**Le LMD18200T  
pour moteurs  
24 V / 3 A ►**

**Atténuateur  
logarithmique  
à 6 voies**

**Nuancier ►  
électronique  
RVB  
avec CB220**



# ELECTRONIQUE PRATIQUE

Sommaire N° 314

## 4 Infos/Nouveautés

### Initiation

- 8 Internet pratique
- 10 KICAD. Logiciel pour schémas et circuits imprimés

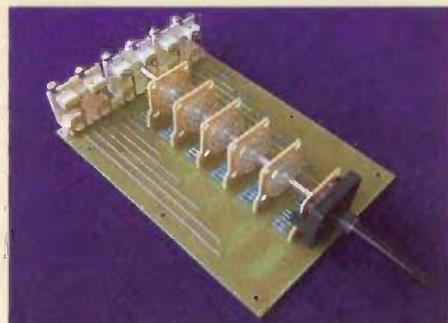
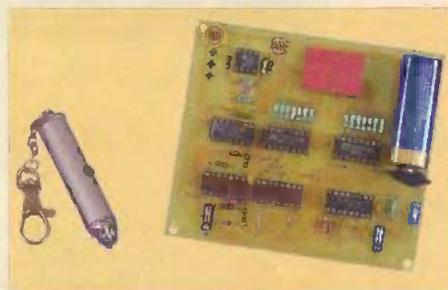
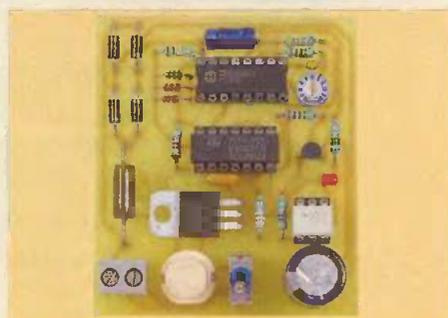
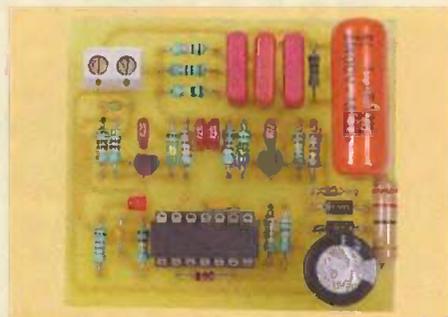
## Réalisez vous-même

### Micro/Robot/Domotique

- 16 Picky, le robot suiveur de ligne
- 22 Commande de puissance pour moteurs 24 V/3 A avec LMD18200T
- 28 Chargeur de batteries NiMH
- 34 Électronique pour domotique :
  - Dédoublage d'un interrupteur par une minuterie
  - Signalisation à distance de la mise sous tension d'un récepteur
  - Protection contre les surtensions
- 42 Nuancier électronique à 65 536 couleurs avec CUBLOC CB220
- 48 Testeur de nervosité par rayon laser

### Audio

- 54 Et si on parlait tubes (cours n°32)
- 60 Atténuateur 6 voies à 12 pas



Fondateur : Jean-Pierre Ventillard - TRANSCOCEANIC SAS au capital de 574 000 € - 3, boulevard Ney, 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80 - Fax : 01 44 65 80 90

Internet : <http://www.electroniquepratique.com> - Président : Patrick Vercher - Directeur de la publication : Patrick Vercher - Rédacteur en chef : Bernard Duval

Secrétaire de rédaction : Elsa Sepulveda - Couverture : Dominique Dumas - Illustrations : Alain Bouteville Sanders

Photos : Isabelle Garrigou - Avec la participation de : R. Bassi, F. Giarmarchi, R. Knoerr, G. Kossman, Y. Mergy, P. Morin, P. Oguic, G. Samblancat, J.-L. Vandersleyen

La Rédaction d'Electronique Pratique décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles, celles-ci n'engageant que leurs auteurs.

DIFFUSION/VENTES : ALIX CONSEIL PRESSE Tél. : 01 64 66 16 39 - PUBLICITÉ : À la revue, e-mail : [pubep@fr.oleane.com](mailto:pubep@fr.oleane.com)

I.S.S.N. 0243 4911 - N° Commission paritaire : 0909 T 85322 - Distribution : MLP - Imprimé en France/Printed in France

Imprimerie : ACTIS MAULDE & RENOU 02430 GAUCHY - DEPOT LEGAL : MARS 2007 - Copyright © 2007 - TRANSCOCEANIC

ABONNEMENTS : 18-24, quai de la Marne - 75164 Paris Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16 - Fax : 01 42 00 56 92. - Préciser sur l'enveloppe « Service Abonnements »

ATTENTION ! Si vous êtes déjà abonné, vous faciliterez notre tâche en joignant à votre règlement soit l'une de vos dernières bandes-adresses, soit le relevé des indications qui y figurent

Abonnements USA - Canada : Contacter Express Mag - [www.expressmag.com](http://www.expressmag.com) - [expsmag@expressmag.com](mailto:expsmag@expressmag.com) - Tarif abonnement USA-Canada : 60 €

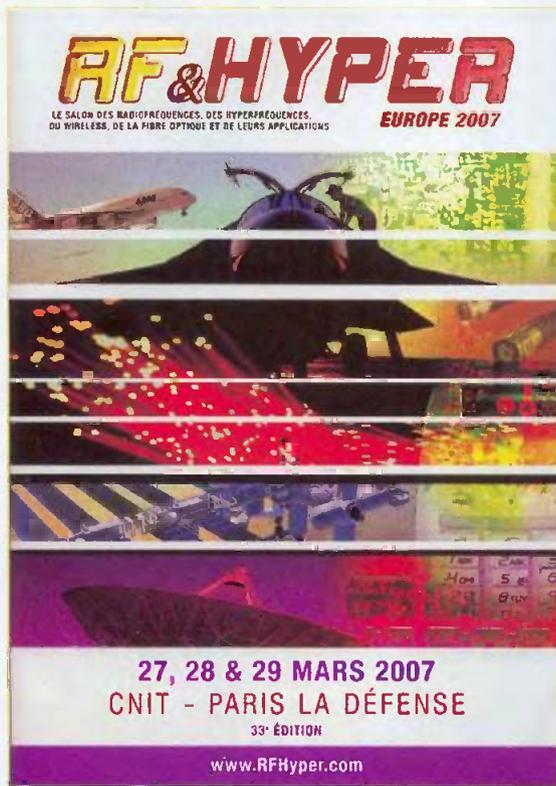
TARIFS AU NUMÉRO : France Métropolitaine : 5,00 € • DOM Avion : 6,40 € • DOM Surface : 5,80 € • TOM : 800 XPF • Portugal continent : 5,60 €

Belgique : 5,50 € • Espagne : 5,60 € • Grèce 5,60 € • Suisse : 10,00 CHF • Maroc : 60 MAD • Tunisie : 5200 TND • Canada : 6,60 \$ CAN

© La reproduction et l'utilisation même partielle de tout article (communications techniques ou documentation) extrait de la revue *Electronique Pratique* sont rigoureusement interdites, ainsi que tout procédé de reproduction mécanique, graphique, chimique, optique, photographique, cinématographique ou électronique, photo-stat tirage, photographie, microfilm, etc. Toute demande à autorisation pour reproduction, quel que soit le procédé, doit être adressée à la société TRANSCOCEANIC.

LE PROCHAIN NUMÉRO D'ÉLECTRONIQUE PRATIQUE SERA EN KIOSQUE LE 5 AVRIL 2007

# RF et Hyper Europe 2007 ce mois à Paris-La Défense



**R**endez-vous annuel des experts des radiofréquences, hyperfréquences, de la fibre optique et du wireless, RF et Hyper Europe 2007 se tiendra au CNIT de Paris La Défense les 27, 28 et 29 mars dans les halls Pierre et Marie Curie. Cette 33<sup>e</sup> édition reflétera, une fois de plus, les tendances de la RF et des Hyperfréquences qui sont à la fois le développement de nouvelles architectures et produits, une plus grande intégration et une meilleure encapsulation des composants, la miniaturisation et l'accroissement des niveaux de performances et des fonctionnalités des produits. Elle accordera une large part à des conférences.

Depuis plusieurs années, les télécommunications portent le marché avec notamment la 3G et l'arrivée programmée de la 4G, mais également les transmissions sans fil avec le WiFi, Wimax, Bluetooth (qui poursuivent leurs évolutions), les liaisons satellites, sans oublier leurs applications dans des domaines aussi divers que le médical, le militaire, la sécurité ou l'avionique. Les systèmes RFID continuent quant à eux leur déploiement dans l'industrie.

Pour mémoire, l'édition 2006 de RF et Hyper Europe avait réuni 150 exposants et accueilli 3748 visiteurs.

RF et Hyper Europe 2007 - 27, 28, 29 mars 2007, CNIT-La Défense, [www.RFHyper.com](http://www.RFHyper.com)

## Faites vos prévisions météo

**S**e voulant résolument pratique, *Construisez votre station météo* guide ses lecteurs pas à pas dans la réalisation de quelques capteurs météo et autres montages utiles, permettant de mesurer notamment la vitesse et la direction du vent, la température et les heures d'ensoleillement, la pression atmosphérique, le taux d'humidité et la pluviométrie.

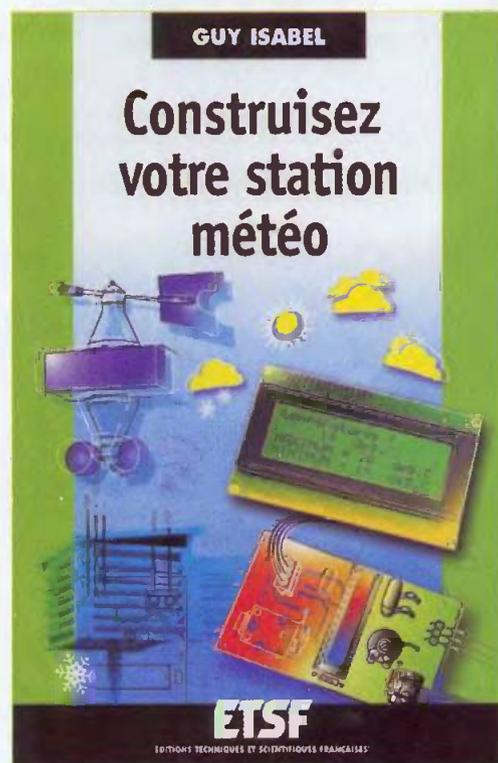
L'amateur est invité à réaliser le mesureur qui l'intéresse ou qu'il se sent capable de construire, sachant que la plupart n'exigent qu'un peu de soin pour parvenir à un résultat exploitable.

En fin d'ouvrage, l'auteur propose d'assembler judicieusement les différents capteurs afin de constituer une station météo digne de ce nom avec les outils habituellement présents dans un modèle du commerce.

Un microcontrôleur unique sera chargé de la gestion de l'ensemble, exploitant les solutions décrites dans les chapitres qui l'auront précédé.

Cet ouvrage permettra aux amateurs d'électronique de mettre en application leurs connaissances et de découvrir une activité ludique. Les amateurs de météorologie, eux, s'initieront tout simplement à l'électronique, passion que nous partageons avec vous.

Guy Isabel, *Construisez votre station météo*, ETSF, Dunod, Paris, 2007, 160 pages





documents qui expliquent qu'il est possible de recharger les piles alcalines dans une certaine mesure.

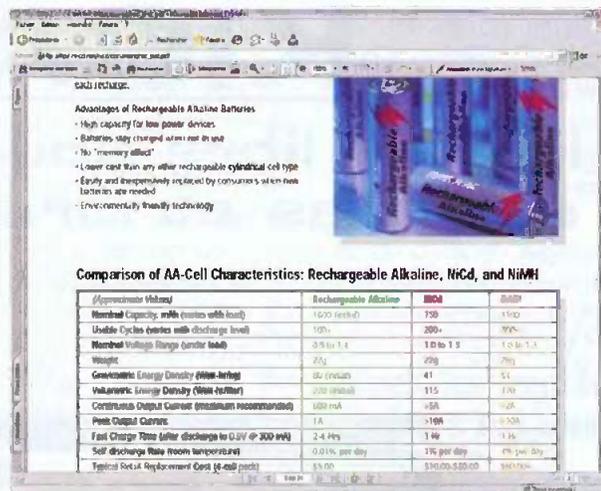
Le premier document proposé (à l'adresse [ftp://ftp2.ni-cd.net/nicd/document/rec\\_bat.pdf](ftp://ftp2.ni-cd.net/nicd/document/rec_bat.pdf)) est rédigé en langue anglaise, certes, mais il contient des tableaux de comparaisons entre les performances de différentes piles rechargeables. N'hésitez pas à télécharger et à consulter les figures de ce document, même si vous n'êtes pas à l'aise avec la langue anglaise.

Enfin, pour terminer notre visite sur le Net, nous vous invitons également à consulter l'encyclopédie libre Wikipédia à partir de l'adresse : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile\\_%C3%A9lectrique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_%C3%A9lectrique).

Vous y retrouverez l'histoire de l'apparition des piles et leur évolution, des explications sur le format et la classification des piles et des liens vers des pages qui décrivent différentes technologies de piles très répandues (piles au lithium, piles au mercure, etc.).

A l'issue de cette petite visite sur la « toile mondiale », il ne nous reste plus qu'à vous souhaiter une agréable découverte des sites proposés et à vous donner rendez-vous le mois prochain pour de nouvelles découvertes sur le « Net ».

P. MORIN



3 [ftp://ftp2.ni-cd.net/nicd/document/rec\\_bat.pdf](ftp://ftp2.ni-cd.net/nicd/document/rec_bat.pdf)



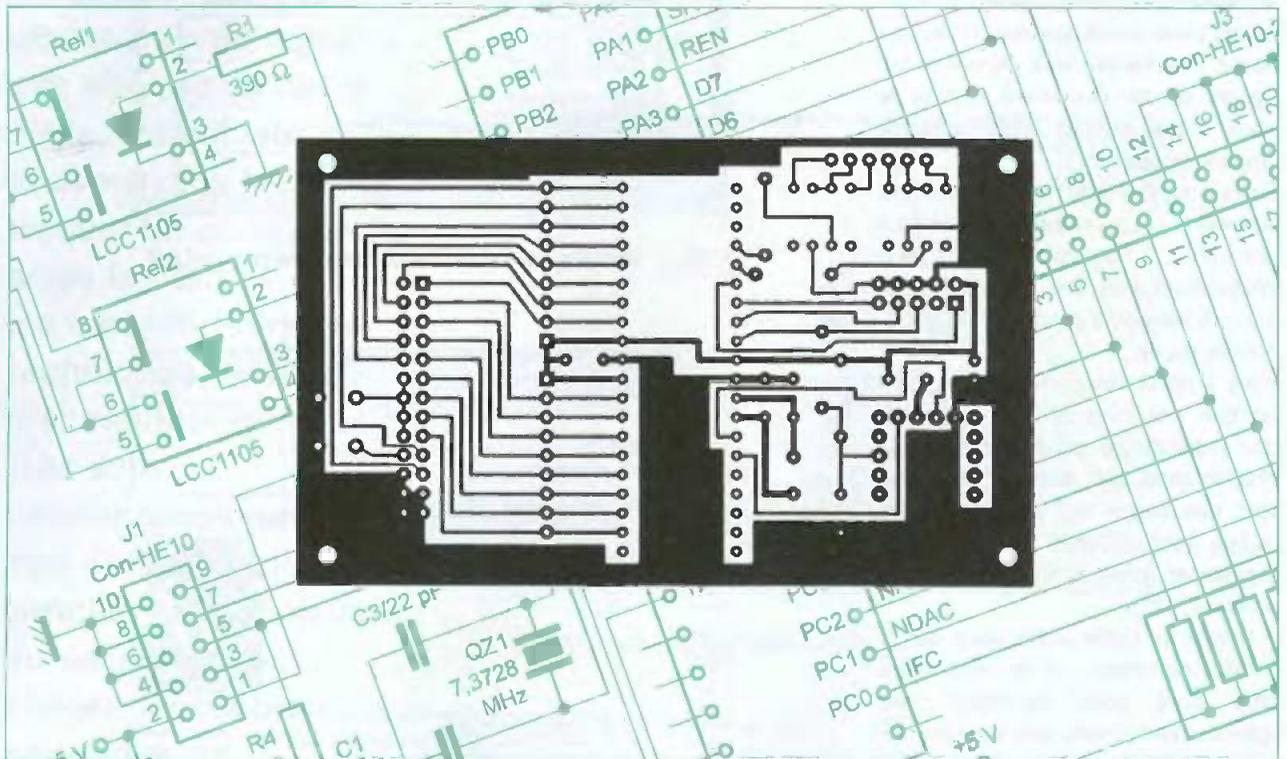
4 [http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile\\_%C3%A9lectrique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_%C3%A9lectrique)

- <http://e.m.c.2.free.fr/piles.htm>
- [http://www.ac-amiens.fr/pedagogie/math-sciences/article.php3?id\\_article=175](http://www.ac-amiens.fr/pedagogie/math-sciences/article.php3?id_article=175)
- <http://www.ni-cd.net/accusphp/theorie/alcalines/index.php>
- [ftp://ftp2.ni-cd.net/nicd/document/rec\\_bat.pdf](ftp://ftp2.ni-cd.net/nicd/document/rec_bat.pdf)
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile\\_%C3%A9lectrique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_%C3%A9lectrique)
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Accumulateur\\_%C3%A9lectrique](http://fr.wikipedia.org/wiki/Accumulateur_%C3%A9lectrique)
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile\\_Leclanch%C3%A9](http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_Leclanch%C3%A9)
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile\\_au\\_lithium](http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_au_lithium)
- <http://www.ac-versailles.fr/etabliss/lyt/soutien/Chimie/Cours/TSChimieCoursPiles.pdf>
- <http://www.observ.be/FR/Piles/piles.shtml>
- <http://www.tsr.ch/tsr/index.html?siteSect=300003&sid=5327997>
- <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=3202>
- [http://www.cvgg.org/vincent/Cours\\_electricite\\_et\\_magnetisme/CoursElectriciteMagnetismeSansImages011.html](http://www.cvgg.org/vincent/Cours_electricite_et_magnetisme/CoursElectriciteMagnetismeSansImages011.html)

Liste des  
liens  
de ce dossier

# KICAD

## Un logiciel libre pour la réalisation de schémas et circuits imprimés



**Terminé les bandes et les pastilles autocollantes à transfert ou le stylo marqueur spécial pour dessiner le tracé des pistes d'un circuit imprimé sur un support transparent ou une feuille de mylar quadrillée au pas de 2,54 mm ! Depuis quelques temps, c'est le parcours du combattant pour trouver ces fameux produits indispensables aux passionnés d'électronique, qu'ils soient professionnels ou amateurs. Ils ont pratiquement disparu des**

**catalogues des fournisseurs de composants. Désormais, ce sont les logiciels de CAO/DAO (Conception assistée par ordinateur/Dessin assisté par ordinateur) qui remplacent avantageusement tous ces produits et outils d'un autre temps.**

**P**our une centaine d'euros, plusieurs logiciels sont disponibles sur le marché. Ils sont plus ou moins bien conçus, plus ou moins ergonomiques, mais surtout peu puissants. Dans cette gamme de prix, on a vite fait d'exploiter leurs maigres possibilités. Leur principal défaut réside dans le nombre res-

treint de points de connexions (nœuds) qui dépasse rarement les 500, voire 200. De surcroît, il n'y a aucune possibilité de sortie sur fichier de traçage Gerber et de perçage Excellon. Ce sont des logiciels dont l'utilisation se rapproche plutôt de la planche à dessin avec les pastilles et les bandes à coller. En clair, pas d'intelligence disponible au service du concepteur.

Alors, quand on a fait le tour de ces petits logiciels, allant de déception en déception, on s'oriente logiquement vers des logiciels plus performants. Mais hélas, trois fois hélas, on ne joue plus dans la même cour.

Tout d'abord, ils coûtent cher, très cher même.

Ensuite, ils sont compliqués et on a vite fait de s'égarer dans la jungle de leurs nombreuses fonctionnalités.

Pour corser le tout, la plupart s'expriment en langue anglaise ce qui n'aide pas toujours l'amateur français...

De par leurs prix élevés (1000 € voire

bien plus encore), ces logiciels sont quasiment réservés aux professionnels. Pour avoir expérimenté cette aventure, je connais bien le problème. C'est pourquoi, régulièrement, je surfe sur Internet avec l'espoir de trouver un jour la perle rare et peu onéreuse, le miracle quoi !

Il ne faut jamais désespérer car la persévérance porte ses fruits un jour ou l'autre. La preuve, au cours de mes constantes et régulières recherches, j'ai récemment découvert mon bonheur. Jugez-en par vous-mêmes. Un logiciel professionnel, multilingue, qui me parle même en français et qui me propose une suite d'outils performants et faciles à appréhender. Vous ne rêvez pas, il existe vraiment ce logiciel. Il s'agit de la suite open source (GPL) Kicad pour la réalisation de schémas électroniques et de circuits imprimés. Cerise sur le gâteau, la licence d'utilisation est gratuite, c'est un logiciel libre !

## Pourquoi un logiciel libre ?

Le « logiciel libre » se rapporte à la liberté, pour les utilisateurs, d'exécuter, de distribuer, d'étudier, de modifier et d'améliorer le logiciel.

Plus précisément, cela réfère à quatre niveaux de libertés :

- La liberté d'utiliser-exécuter le logiciel pour quelque usage que ce soit;
- La liberté d'étudier le fonctionnement du programme et de l'adapter à ses besoins;
- La liberté de redistribuer des copies;
- La liberté de perfectionner le programme et de rendre publiques les améliorations de telle sorte que la communauté toute entière en bénéficie.

## Quelles sont les différences entre les logiciels ?

### • Le logiciel libre

Un logiciel libre protège la liberté des utilisateurs. A l'opposé, toutes les autres formes de distribution posent des problèmes en matière de liberté et de sécurité pour les utilisateurs.

### • Le freeware (logiciel gratuit)

Contrairement au « free software », il

indique simplement que le logiciel fourni est gratuit, indépendamment de sa licence. La plupart sont des logiciels du domaine public. Souvent, le « source » du programme n'est pas disponible, ce qui interdit, par exemple, de corriger des bugs ou d'effectuer des améliorations.

### • Un shareware (partagiciel)

Il est la propriété de son auteur. Ce dernier demande aux utilisateurs réguliers de son programme une rétribution volontaire mais qui ne permet pas la modification de celui-ci.

### • Un charityware

Il impose de payer une contrepartie financière reversée à une ou plusieurs œuvres de charité. Il ne permet pas la modification du « source » du programme et impose des conditions sur la duplication. C'est, de loin, le plus attirant pour la bonne cause. On regrette qu'ils ne soient pas très nombreux.

### • Le logiciel du domaine public

Il est gratuit, n'appartient à personne et n'est pas protégé par une quelconque licence. Ainsi, une entreprise peut, par exemple, s'approprier le « source » du logiciel et le placer sous une licence propriétaire.

## Qui sont les programmeurs de logiciels libres ?

N'importe qui peut participer à la création ou à l'évolution d'un logiciel libre, cela de plusieurs façons.

Un programmeur peut, par exemple, apporter sa contribution pour la programmation du logiciel. Quelqu'un d'autre peut créer la documentation ou tester le logiciel, ou encore assurer l'effectuer la traduction linguistique. Certains auteurs sont bénévoles, pour eux c'est un « hobby ». D'autres sont payés pour développer des logiciels libres, par exemple quand leur compagnie réalise des améliorations pour son propre compte, mais souhaitent redistribuer les modifications à la communauté, en « contrepartie » des avantages qu'elle a eu à baser ses développements sur un logiciel existant, fiable et de bonne qualité. Qu'est-ce qui pousse les programmeurs à faire du logiciel libre ?

Il y a une multitude de raisons qui

peuvent décider un programmeur à faire du « libre ». Celui-ci peut vouloir développer un logiciel et en faire profiter la communauté ou ajouter des fonctionnalités à un logiciel libre existant suivant ses besoins. Il peut aussi, tout simplement, désirer obtenir de l'aide en regroupant d'autres programmeurs autour de son projet de création de logiciel.

## Alors, les logiciels libres, c'est quoi ?

Expliquer ce qu'est un logiciel libre n'est pas chose facile. Voici donc, en lieu et place de termes techniques propres à faire fuir n'importe qui, une analogie avec un gâteau : le gâteau propriétaire contre le gâteau libre.

J'ai trouvé cette explication imagée sur un forum (<http://www.blogdebix.net/index.php/2004/03/23/332-les-logiciels-libres-cest-quoi/>) et je trouve qu'elle a le mérite d'être explicite.

### Le gâteau propriétaire

Imaginons que vous achetiez un gâteau. Vous avez alors le droit de le manger, mais ni de le donner, ni de le prêter et encore moins de le partager. Vous n'avez aucun moyen non plus d'obtenir sa recette. Évidemment, vous pouvez toujours tenter de l'analyser en goûtant attentivement, en cherchant les différents ingrédients qui le composent et de discerner les proportions. Ce gâteau qui vous donne à peine la liberté de le manger, c'est-à-dire de l'utiliser, c'est un gâteau propriétaire.

### Le gâteau libre

Prenez donc maintenant un autre gâteau. Vous l'achetez. Non seulement vous avez le droit de le manger, mais vous avez aussi en votre possession sa recette exacte. Libre à vous de redistribuer comme vous voulez - don, vente ou location - le gâteau que vous avez acheté. Mais aussi les gâteaux que vous aurez faits à partir de la recette, modifiée ou non (vous avez, par exemple, décidé d'ajouter de la cannelle), à condition de redistribuer la recette dans les mêmes conditions.

1

**Arborescence apparaissant pour le mode http.jpg**

iut-tice.ujf-grenoble.fr - /cao/

[Vers le répertoire parent]

mercredi 6 octobre 2004	15:45	270	author.txt
lundi 29 août 2005	15:35	514	contrib.txt
mardi 28 mars 2006	11:54	816	copyright.txt
mercredi 28 juin 2006	10:20	65865107	doc_components-2006-06-26.tgz
mercredi 28 juin 2006	10:19	56381640	doc_components-2006-06-26.zip
lundi 11 décembre 2006	10:11	68666624	doc_components-2006-12-08.tgz
lundi 11 décembre 2006	10:11	59104238	doc_components-2006-12-08.tzip
mardi 30 novembre 2004	08:25	884	doc_conv_orcad_to_kicad.txt
lundi 25 avril 2005	10:39	1020	doc_conv_orcad_to_kicad_spanish.txt
mardi 21 mars 2006	16:45	18316	gpl.txt
mardi 29 août 2006	08:28	3776	how-to-build-kicad.txt
mercredi 1 mars 2006	15:42	7105	install.txt
lundi 11 décembre 2006	10:14	<dir>	kicad
lundi 11 décembre 2006	10:11	49483233	kicad-12-08-RC1.tgz
mardi 29 août 2006	08:29	58438630	kicad-2006-08-28.tgz
mardi 29 août 2006	08:31	76607085	kicad-2006-08-28.zip
lundi 11 décembre 2006	10:11	59041662	kicad-2006-12-08-RC1.zip
lundi 11 décembre 2006	10:11	1665261	kicad-sources-2006-12-08-RC1.zip
mardi 21 mars 2006	16:45	3350	licendoc.txt
mardi 7 mars 2006	17:03	372	LINUX_README
mardi 7 mars 2006	17:03	4947	lisezmoi.txt
lundi 11 décembre 2006	10:13	31119	news.txt
lundi 11 décembre 2006	10:10	<dir>	old_versions
mardi 7 mars 2006	17:03	3859	README.txt
lundi 11 décembre 2006	10:12	<dir>	sources
lundi 11 décembre 2006	10:13	73	version.txt

Vous avez l'assurance que quiconque récupère la recette, s'en sert et/ou la modifie à son tour, devra distribuer les gâteaux dans les mêmes conditions que vous.

## Un truc de spécialistes ?

Évidemment, vous me direz que la libre disposition de la recette ne profite qu'à ceux qui savent cuisiner. C'est en partie vrai, mais en partie seulement. Car tout comme il est impensable de réserver la lecture des codes de lois aux professionnels uniquement, le libre accès à la recette profite à tous. En effet, tout le monde peut profiter de l'émulation entre les cuisiniers, participer, aider, apprendre en s'aidant des recettes existantes, voire faire appel à quelqu'un qui connaît la cuisine (une PME de cuisiniers, par exemple). Tout cela pour le plaisir des papilles et la garantie de la meilleure qualité. Et qu'un cuisinier s'avise de mettre des OGM dans le gâteau, tout le monde sera au courant !

## En clair

Remplacez le gâteau par un logiciel, la recette par le code source du logiciel, les cuisiniers par les programmeurs, notre PME de cuisiniers par une société de services (SSI)... et vous voyez où je veux en venir ! Les logiciels libres permettent un par-

tage universel du savoir, des techniques. C'est une démocratie de l'informatique, qui garantit un égal accès à tous aux logiciels, puisque la gratuité du produit, en tant que tel, est garantie. Tout se base sur le service autour (l'emballage du gâteau).

Avec cette présentation imagée, j'espère vous avoir fait découvrir un nouvel univers. Pour conclure, avant de commencer une description plus détaillée de Kicad et vous convaincre de l'installer, voici une liste de logiciels libres indispensables, simples, utiles et, de surcroît, performants :

- le navigateur web Mozilla Firefox;
- le programme de messagerie internet Thunderbird;
- le traitement de texte OpenOffice.org;
- des logiciels très intéressants et divers disponibles sur le site de Framasoft.net.

Concrètement, les logiciels libres sont comme les logiciels propriétaires, sous une licence. Attention, la vente reste autorisée. Mais pour qu'il y ait un plus (car le gâteau est disponible gratuitement aussi), la vente est accompagnée d'un service, comme manger son gâteau avec un massage, par exemple. Ce sont les sociétés de services (SSLI) qui ne vendent pas le logiciel mais leurs compétences pour former, développer, modifier, installer, suivre et assister.

## Le logiciel KICAD GPL PCB suite

Revenons maintenant à ce qui nous intéresse. Pierre Charras, chercheur au LIS (Laboratoire des images et des signaux) et enseignant en électronique à l'IUT de Saint Martin d'Hères, est le créateur concepteur de la suite Kicad. Pour la petite histoire, Pierre Charras voulant s'essayer à la programmation C++, opta pour l'étude d'un programme simple de dessin de circuits imprimés.

Au fil du temps, cet exercice de style s'étoffa progressivement pour devenir un véritable outil de CAO électronique complet, puissant et professionnel, des plus réussis.

Le résultat est un ensemble de quatre logiciels et un gestionnaire de projets destinés à la réalisation de cartes électroniques. A savoir :

- Eeschema. Création de schémas
- PcbNew. Logiciel de réalisation de circuits imprimés
- Gerbview. Visualisation des documents générés au format Gerber (documents de phototirage)
- Cypcb. Utilitaire de sélection des empreintes physiques des composants électroniques utilisés dans le schéma
- Kicad. Gestionnaire de projets.

Le gestionnaire de projets Kicad permet la gestion et la sélection rapide d'un projet ainsi que le lancement de l'utilitaire désiré (Eeschema, PcbNew, Gerbview, Cypcb).

Je le rappelle, cette suite de logiciels est diffusée gratuitement en « open source » (logiciel libre) sous licence GPL (General Public License « wxWindows ») qui est un logiciel libre, lui aussi, utilisé comme boîte à outils de programmation d'interface utilisateur multi-plateformes. Ils tournent sous Linux et Windows.

L'outil « wxWidgets » est disponible, entre autres, pour Macintosh, GNU/Linux et Unix, Microsoft Windows, OS/2, ainsi que pour du matériel embarqué (embedded) sous GNU/Linux ou Windows CE. Les deux versions sont maintenues régulièrement.

Pour cette présentation, je me contenterai de décrire la suite version Windows que j'utilise.

J'invite les adeptes de Linux à

consulter le site du LIS, ils y trouveront leur bonheur.

De toute façon, l'utilisation, les présentations graphiques et les menus sont identiques, quel que soit le système d'exploitation employé.

Le projet est maintenant présenté, il est temps de passer à la pratique.

### Pré-requis techniques conseillés

- Un micro-ordinateur équipé d'un Pentium III ou plus
- Windows NT, 2000 ou XP (Linux pour les linuxiens)
- Espace libre sur le disque dur de 200 Mo pour le logiciel Kicad et ses compléments
- 1 Mo de RAM
- Un écran couleur de 17 pouces de bonne facture avec une résolution graphique d'au moins 1024 x 768
- Une carte graphique 16 bits par pixel minimum, mais 24 ou 32 bits recommandés
- Une souris trois boutons, car les trois boutons sont utilisés et le bouton du milieu permet des commandes rapides de zoom.

### Le téléchargement

La première des actions à entreprendre est le téléchargement de l'application. Deux solutions s'offrent à nous : la première en mode FTP ou la seconde en mode http.

Le protocole FTP s'inscrit dans un modèle client-serveur, c'est-à-dire qu'une machine envoie des ordres (le client) et que l'autre attend des requêtes pour effectuer des actions (le serveur). Lors d'une connexion FTP, deux canaux de transmission sont ouverts : un canal pour les commandes (canal de contrôle) et un canal pour les données.

Le but du protocole http est de permettre un transfert de fichiers (essentiellement au format html) localisés grâce à une chaîne de caractères appelée URL entre un navigateur (le client) et un serveur Web.

On privilégiera le mode ftp, plus rapide, mais si un proxy bloque la connexion, on se retournera vers le mode http.

La procédure d'installation ainsi que toutes les commandes qui vont suivre sont effectuées sur le système d'exploitation Windows XP Pro.

Pour le mode http, l'adresse est :

## 2

### Arborescence apparaissant pour le mode ftp.jpg

### Index de ftp://iut-tice.ujf-grenoble.fr/cao/

Vers un répertoire plus haut niveau

 <a href="#">author.txt</a>	1 KB	15:45:00
 <a href="#">contrib.txt</a>	1 KB	15:35:00
 <a href="#">copyright.txt</a>	1 KB	11:54:00
 <a href="#">doc_components-2006-06-26.tgz</a>	64322 KB	10:20:00
 <a href="#">doc_components-2006-06-26.zip</a>	55061 KB	10:19:00
 <a href="#">doc_components-2006-12-08.tgz</a>	67058 KB	10:11:00
 <a href="#">doc_components-2006-12-08.zip</a>	57719 KB	10:11:00
 <a href="#">doc_conv_orcad_to_kicad.txt</a>	1 KB	08:25:00
 <a href="#">doc_conv_orcad_to_kicad_spanish.txt</a>	1 KB	10:39:00
 <a href="#">gpl.txt</a>	18 KB	16:45:00
 <a href="#">how-to-build-kicad.txt</a>	4 KB	08:28:00
 <a href="#">install.txt</a>	7 KB	15:42:00
 <a href="#">kicad</a>		10:14:00
 <a href="#">kicad-12-08-RC1.tgz</a>	48324 KB	10:11:00
 <a href="#">kicad-2006-08-28.tgz</a>	57069 KB	08:29:00
 <a href="#">kicad-2006-08-28.zip</a>	74812 KB	08:31:00
 <a href="#">kicad-2006-12-08-RC1.zip</a>	57658 KB	10:11:00
 <a href="#">kicad-sources-2006-12-08-RC1.zip</a>	1627 KB	10:11:00
 <a href="#">licencdoc.txt</a>	4 KB	16:45:00
 <a href="#">LINUX README</a>	1 KB	17:03:00
 <a href="#">lisezmoi.txt</a>	5 KB	17:03:00
 <a href="#">news.txt</a>	31 KB	10:13:00
 <a href="#">old_versions</a>		10:10:00
 <a href="#">README.txt</a>	4 KB	17:03:00
 <a href="#">sources</a>		10:12:00
 <a href="#">version.txt</a>	1 KB	10:13:00

<http://iut-tice.ujf-grenoble.fr/cao/>

Et pour le mode ftp l'adresse est :

<ftp://iut-tice.ujf-grenoble.fr/cao/>

Si vous optez pour le mode http, l'arborescence qui apparaît est celle de la **figure 1**.

Si vous préférez le mode ftp, l'arborescence est celle de la **figure 2**.

Choisissez les fichiers .zip les plus récents et enregistrez-les sur le disque dans votre répertoire habituel de téléchargement (ex : Temp).

Liste des fichiers à télécharger :

- install.txt = 7 Ko (à copier avec la fonction « copier/coller »);
- kicad-2006-08-28.zip = 74812k;
- doc\_components-2006-12-08.zip = 57719k (dernière mise à jour au

moment de la rédaction de cet article).

Pour les « linuxiens », ce sont les fichiers avec l'extension « .tgz » qu'il convient de télécharger.

Vous aurez certainement remarqué que les fichiers « .tgz » et « .zip » sont doublés. Ils apparaissent avec les mêmes noms, mais avec une date différente.

C'est respectivement l'avant dernière version et la nouvelle.

Dès que le téléchargement est terminé, on peut procéder à l'installation. Elle est d'une simplicité remarquable puisque sans programme d'installation dédié, comme avec la plupart des logiciels commercialisés.

## Procédure d'installation de la suite Kicad

1. Ouvrez le poste de travail;
2. Ouvrez le répertoire dans lequel les trois fichiers ont été téléchargés (ex : Temp);
3. Sélectionnez le fichier « **kicad-2006-08-28.zip** »;
4. Faites un clic droit sur le fichier et dans la fenêtre de votre utilitaire de décompression préféré (Windows XP ou Winrar) qui s'ouvre, sélectionnez « **Extraire tout vers...** »;
5. Dans la case « **Extraire vers** », Indiquez le chemin de destination : **C:\**
6. Cliquez sur « **Extraire** » et la décompression s'opère;
7. La fenêtre de décompression des fichiers disparaît;
8. Vous pouvez maintenant constater que le répertoire « **C:\kicad** » a été créé et que le fichier « **kicad-2006-08-28.zip** » a bien été décompressé pour installer tous les sous-répertoires et les fichiers de la suite kicad. Si toutes les installations étaient aussi simples, l'informatique serait idyllique !

## Installation de la librairie Kicad

1. Ouvrez le poste de travail;
  2. Ouvrez le répertoire dans lequel les trois fichiers ont été téléchargés (ex : Temp);
  3. Sélectionnez le fichier « **doc\_components-2006-03-07.zip** »;
  4. Faites un clic droit sur le fichier et dans la fenêtre de votre utilitaire de décompression préféré (Windows XP ou Winrar) qui s'ouvre, sélectionnez « **Extraire tout vers...** »;
  5. Dans la case « **Extraire vers** », Indiquez le chemin de destination suivant : **C:\Kicad\library**
  6. Cliquez sur « **Extraire** » et la décompression s'opère;
  7. La fenêtre de décompression des fichiers disparaît;
  8. Les fichiers contenus dans « **doc\_components-2006-03-07.zip** » ont bien été installés dans le sous-répertoire « **Library** ».
- Pour achever l'installation et pour permettre de lancer le programme de gestionnaire de projet de la « GPL PCB SUITE », créez une icône de raccourci par la manipulation suivante :
1. Clic droit sur le « Bureau » de Windows;

2. Puis clic sur « **Nouveau** », sur « **Raccourci** », sur « **Parcourir** », « **Poste de travail** » ;
  3. Continuez par le chemin suivant « **C:\Kicad-2006-03-28\kicad\winexe** »;
  4. Sélectionnez le fichier « **Kicad.exe** »;
  5. Poursuivez en cliquant sur « **OK** », puis « **Suivant** » et « **Terminer** ».
- Voilà votre installation terminée. C'est simple, n'est-ce pas ?

## Logiciels complémentaires

Ils sont implicitement intégrés dans la suite Kicad et sont librement disponibles (licence GNU). Il s'agit de :

- L'éditeur de texte **Wyoeditor** (basé sur Scintilla et wxWidgets), utilisé pour examiner les rapports (le site [www.wxGuide.sourceforge.org](http://www.wxGuide.sourceforge.org) vous informera en détail sur ce logiciel);
- L'outil logiciel **Wings3D**, qui permet de créer les composants sous forme trois dimensions (3D) pour les modules de Pcbnew (plus d'infos sur le site du créateur [www.wings3d.com](http://www.wings3d.com)).

## Installation du complément Wings3D

1. Allez dans le répertoire « **C:\Kicad\Wings3D** »;
2. Double-cliquez sur le fichier « **wings-0.98.34.exe** »;
3. Dans la fenêtre qui vient de s'ouvrir, acceptez l'installation standard en cliquant sur « **Next** »;
4. Taper le chemin suivant : « **C:\kicad\wings3d\** » dans le champs « Destination folder »;
5. Cliquez à nouveau sur « **Next** »;
6. Acceptez la création du dossier « **Wings 3D 0.98.34** » en cliquant sur « **Install** »;
7. Terminez la procédure en cliquant sur « **Close** », c'est fini !

## Création d'un répertoire de travail

Il est conseillé de prévoir un répertoire de travail indépendant du répertoire « **Kicad** » contenant tous les modules de la suite logicielle. Disposant de deux disques durs - C : pour les programmes et D : pour les données - j'ai donc créé un répertoire « **D:\Kicad\Projets** » pour stocker tous les projets dans le disque prévu à cet effet. Chacun fera selon sa propre logique habituelle, l'important est de ne pas perdre son travail en cas de problème « disque dur ».

## Désinstallation

La désinstallation est élémentaire, rien à voir avec les logiciels habituels Windows. Il suffit d'effacer le répertoire « **Kicad** », l'icône créée et le répertoire de travail.

## Utilisation de la suite KICAD

Maintenant que la suite logicielle est prête pour l'exploitation, ne boudons pas notre plaisir à parcourir les différents modules.

Commençons par lancer le gestionnaire de projet nommé « **Kicad** » en double-cliquant sur l'icône préalablement créé sur le bureau.

La fenêtre de la **figure 3** apparaît. Outre les menus du gestionnaire de projet, on trouve à droite, les icônes de lancement des différents modules de la suite :

- Eeschema, l'éditeur de schématique;
- Cvp pcb, l'association composants/modules;
- Pcbnew, l'éditeur de circuits imprimés;
- Gerbview, le visualisateur Gerber.

Visualisons les différentes créations possibles par les exemples présents dans le répertoire « **Demos** ».

1. Dans le menu « **Projets** », ouvrir « **Ouvrir descr de projet** », allez dans le sous-répertoire « **sonde xilinx** » et double-cliquez sur « **sonde xilinx.pro** »;
2. Double cliquez sur « **sonde xilinx.sch** »;
3. Le schéma complet apparaît à l'écran, plutôt bien n'est-ce pas (**figure 4**) ;
4. Maintenant double-cliquez sur « **sonde xilinx.brd** », cette fois c'est le dessin du circuit imprimé (face pistes) qui apparaît (**figure 5**)
5. Une vue très claire et détaillée de la face composants (**figure 6**)
6. Pour voir apparaître le fin du fin, dans la barre supérieure de menu, cliquez sur « **3D Visu** » puis sur le logo « **3D 3D visu** ». Cette fois c'est le module complet avec les compo-

### 3 Espace de travail du gestionnaire de projets



sants en trois dimensions (figure 7) 7. Avec la souris, en maintenant le clic gauche, tournez autour du module pour changer l'orientation et agrandissez l'image avec le zoom pour mieux observer les éléments en relief.

### Formation

Rien que du bonheur, une documentation très bien faite est à disposition dans le répertoire « **Tutorial** » au format **Texte Open Office**. Les documents sont proposés en trois langues, dont le français.

Avant de visualiser ou imprimer le document, télécharger le pack **Open Office** (logiciel libre) et découvrez l'étendue de ses larges possibilités.

Je vous conseille de visiter le site [http://www.lis.inpg.fr/realise\\_au\\_lis/kicad/](http://www.lis.inpg.fr/realise_au_lis/kicad/), vous y trouverez de nombreuses informations et liens vers d'autres sites qui soutiennent la suite Kicad.

### Conclusion

Vous voilà maintenant équipés d'un puissant logiciel de CAO/DAO. Malgré tout, pour utiliser l'étendue de ses nombreuses possibilités, une auto-formation est incontournable et nécessaire. Prenez le temps de découvrir la suite Kicad.

Les passionnés de programmation trouveront matière à exercer leurs compétences et leur passion en participant au groupe de travail rassemblant de nombreux techniciens. Ils améliorent les modules du logiciel ou traduisent les textes en une autre langue que l'anglais ou l'allemand.

Chaque fois que vous aurez créé un nouveau composant dans votre bibliothèque, pensez à en faire profiter la communauté Kicad sur le site <http://www.kicadlib.org>.

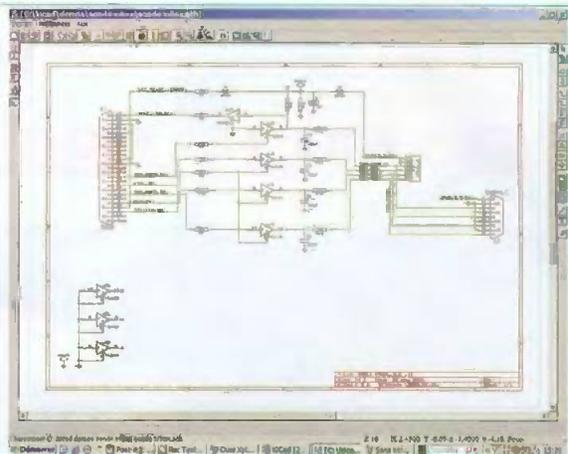
Je vous invite à parcourir les répertoires du site de téléchargement de Kicad, vous y découvrirez une multitude d'informations intéressantes.

Dans un avenir proche, je vous proposerai des exercices pratiques commentés dans un projet d'étude de réalisations de divers montages afin d'apprendre à exploiter la suite Kicad. Jetez pastilles et bandes et... au travail maintenant !

**G. KOSSMANN**

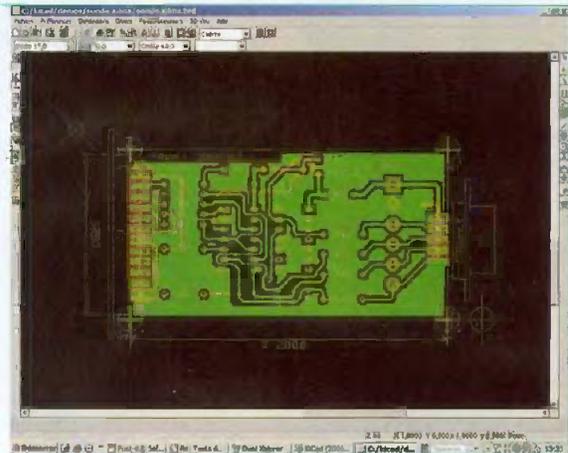
**4**

**Le schéma**



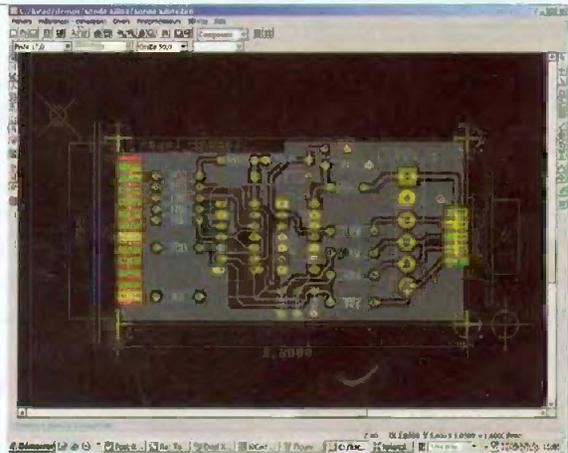
**5**

**Le circuit imprimé**



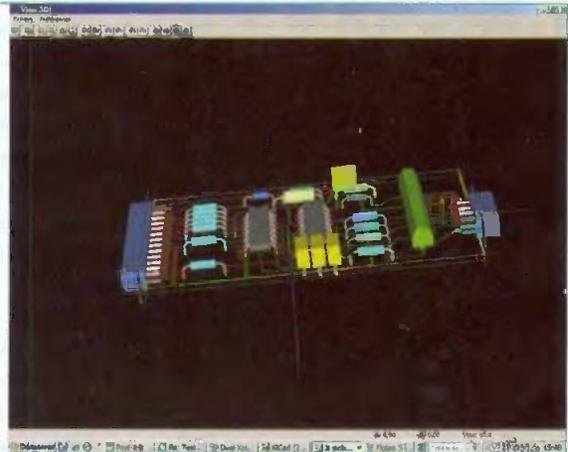
**6**

**Vue face composants**

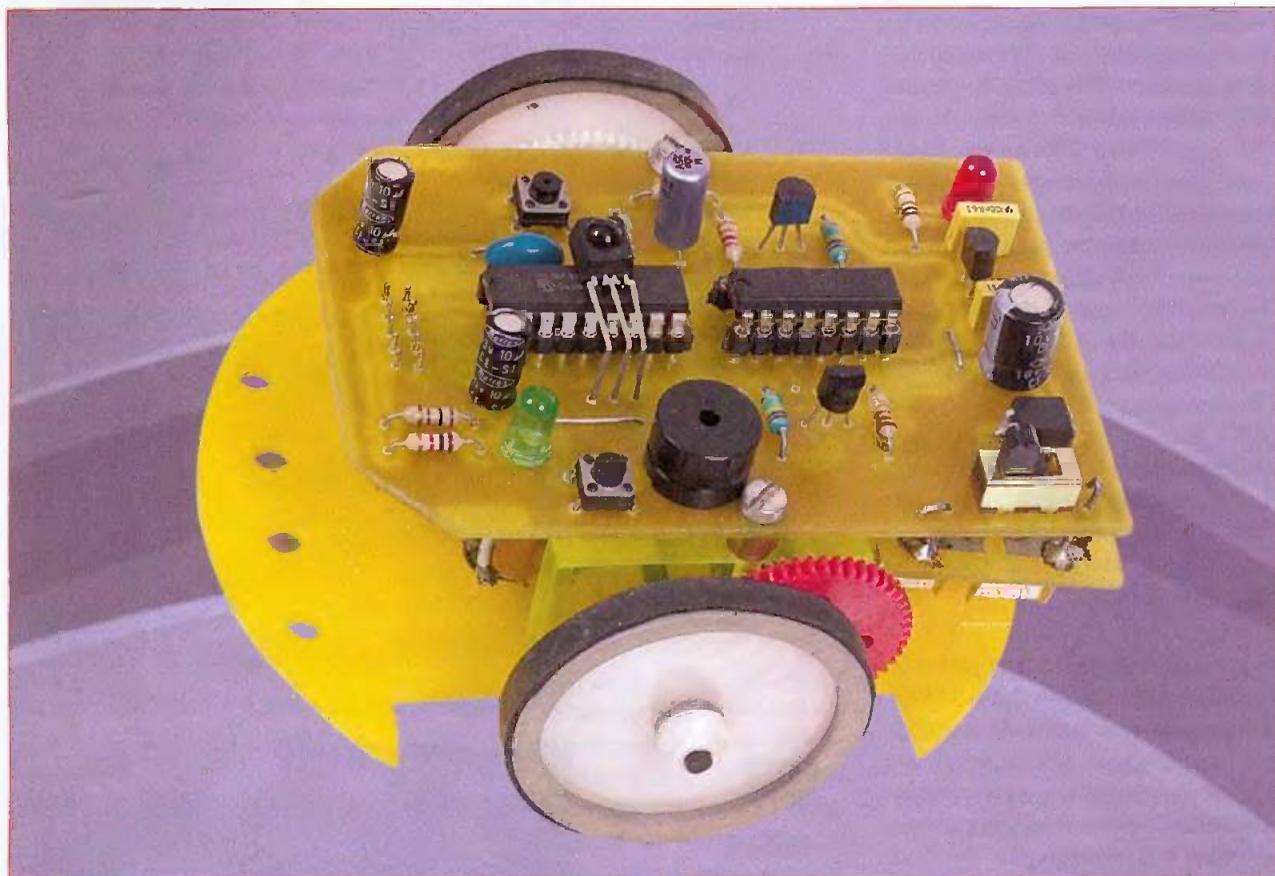


**7**

**Vue des composants en 3D**



# Picky, le suiveur de ligne



Quand on débute en robotique, on rêve de pouvoir un jour passer simplement à la programmation, de trouver un dessin d'une mécanique simple à réaliser ou de fabriquer une carte réduite au minimum, mais pouvant évoluer. C'est dans ce but qu'a été construit ce robot.

**L**a mécanique et les roues du robot Picky sont des réalisations « maison », la carte de base est très simple, mais évolutive grâce à la pré-

sence d'un connecteur pouvant recevoir des cartes capteurs. Ce projet a été initié dans une école pour participer à un tournoi interne de robot mini sumo.

## Le châssis

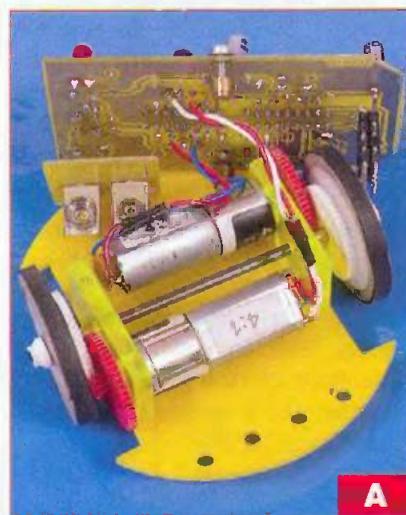
La mécanique est simple et peu onéreuse (figure 1a). Après plusieurs essais utilisant des moteurs très économiques, il s'est avéré que cette économie se faisait au détriment de la consommation du montage et de ses performances.

Il a donc été choisi deux petits moteurs de la série 941D de ComoDrills, avec un réducteur planétaire de 4.

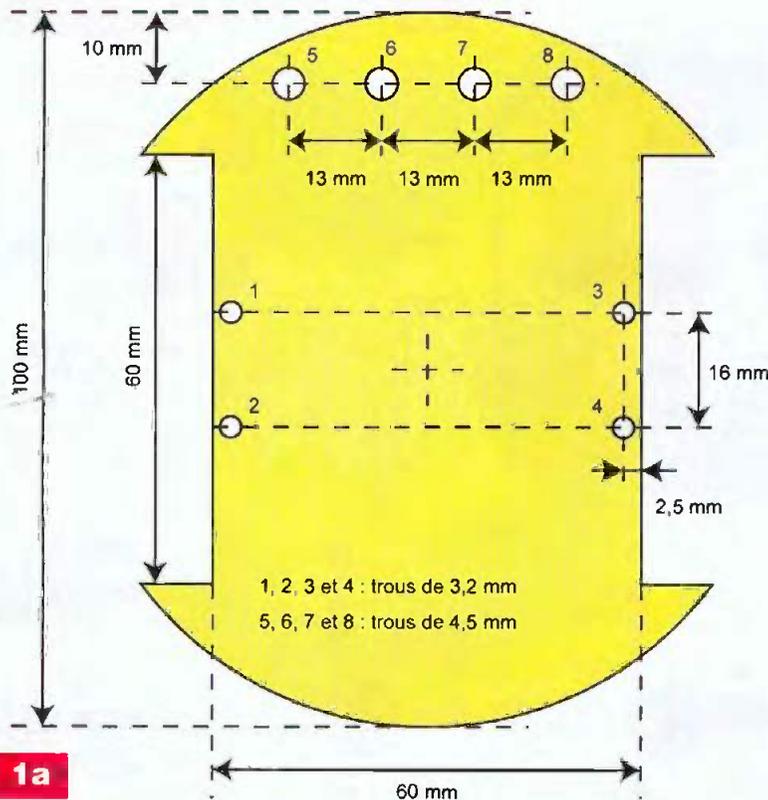
Leur consommation est inférieure à 150 mA chacun (photo A).

**Nota.** Il est toujours possible de récupérer le moteur seul, disponible dans un vieux lecteur de CD-Rom et de lui

adjoindre un réducteur classique par 5 avec des engrenages économiques. Cela d'autant plus que nous allons en utiliser, des engrenages, pour réduire à nouveau par 5 la vitesse des roues. Les moteurs et l'axe des roues seront fixés par deux petites plaques de

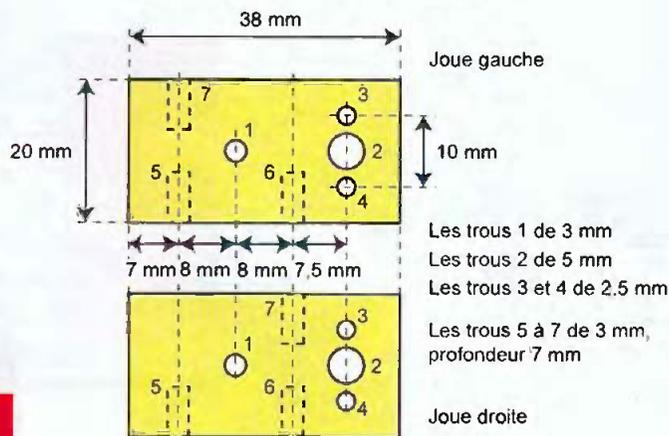


A

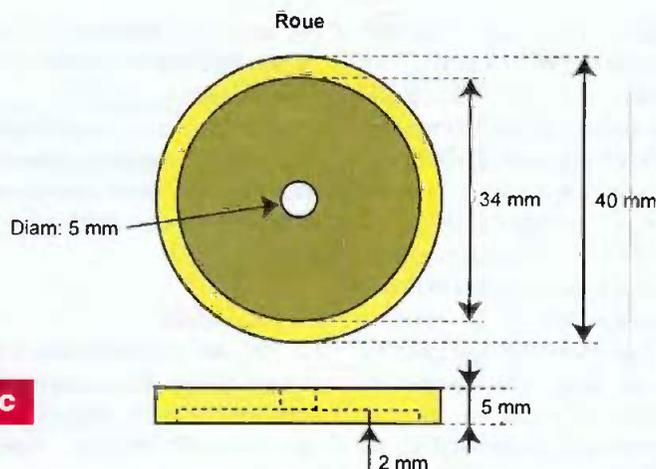


1a

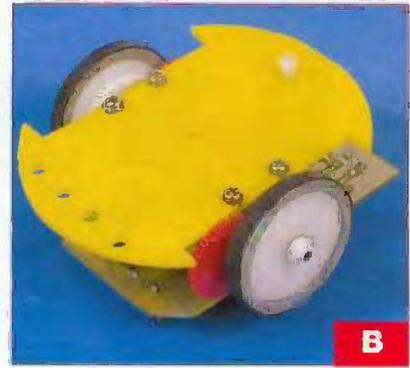
Pièce support pour bloc moteur et axe



1b



1c



5 mm d'épaisseur (figure 1b). Ces deux plaques devront être préparées sans précipitation. De leur précision, dépendra l'efficacité de la direction. Les moteurs y sont fixés par deux petites vis M2 et l'axe des roues les traversera de part en part. Ces deux pièces seront fixées entre la plaque inférieure, découpée aux dimensions d'un cercle de diamètre 10 cm, avec deux découpes pour le passage des roues. La fixation de ces pièces au châssis est réalisée par quatre vis M3. La carte électronique viendra se fixer au-dessus par deux vis M3 et deux entretoises M3 de 5 mm.

Les roues sont des éléments « maison ». Fort efficaces, elles ne sont pas très difficiles à réaliser (photo B). Une roue est composée de trois éléments (figure 1c). Le pneu est découpé dans une chambre à air de vélo, la partie externe de la jante réalisée avec un morceau de tube PVC de 40 mm et le disque interne découpé dans une plaque de plexiglas de 3 mm d'épaisseur.

On coupe 5 mm de tube PVC avec une boîte à ongles. On découpe ensuite un carré de 37 mm dans le plexiglas et on perce, en son centre, un trou de 5 mm de diamètre. On transforme le carré en un disque à la lime pour entrer « en force » dans le bout de tube. Pour réaliser cela assez simplement, il faut fixer le carré dans un mandrin de perceuse que l'on fera tourner à vitesse moyenne.

Un engrenage de couleur rouge sera fixé sur l'axe des moteurs. Il entraînera un engrenage de couleur blanche sur lequel on aura inséré « en force » la roue réalisée en intercalant une rondelle M6 entre les deux.

On placera une entretoise M3 sur l'axe avant de mettre la roue. Celle-ci sera bloquée par une bague d'arrêt.



## Nomenclature

### CARTE PRINCIPALE

#### Résistances $\pm 5\%$ - 1/4 W

R1, R2 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 R3 : 47 k $\Omega$  (jaune, violet, orange)  
 R4, R6 : 220 k $\Omega$  (rouge, rouge, jaune)  
 R5, R7 à R9 : 22 k $\Omega$  (rouge, rouge, orange)  
 R10 : 100  $\Omega$  (marron, noir, marron)

#### Condensateurs

C1 : 470  $\mu$ F/16 V  
 C2, C4 : 100 nF  
 C3 : 100  $\mu$ F/16 V  
 C5, C6 : 10  $\mu$ F/16 V

#### Semiconducteurs

D1 : led rouge  $\varnothing$  5 mm  
 D2 : led verte  $\varnothing$  5 mm  
 CI1 : PIC 16F88  
 CI2 : L293D  
 CI3 : 78L05  
 CI4 : TSOP1838  
 T1 : IRFD9113  
 T2, T3 : 2N2222 (TO92)

#### Divers

Q1 : résonateur 4 MHz  
 BZ1 : piézo  
 S1 : inter  
 S2, S3 : poussoir CI  
 K2, K3 : 3 fils  
 K4 : barrettes mâle/mâle 2 x 5 points  
 Barrette sécable pour circuit intégré

### CARTE PROGRAMMATION ET CONNECTEUR ACCUS

C1 : 100 nF  
 K1 : barrette sécable pour circuit intégré 2 x 5 points  
 K2 : connecteur coudé mâle/mâle 5 points  
 G1 : connecteur pour pile 9 V à souder (voir texte)

### PIÈCES MÉCANIQUES

1 plaque châssis (plexiglas 3 mm)  
 2 pièces fixation moteur châssis (plexiglas 5 mm)  
 2 moteurs et réducteurs (réf : 417- 9683 Radiospares)  
 1 sachet d'engrenage module 0,5

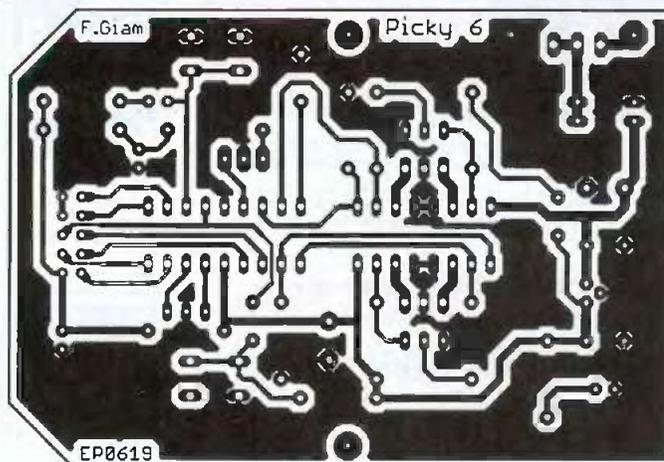
4 vis M2 5 mm  
 6 vis M3 7,5 mm  
 1 axe 3 mm 10 cm

2 entretoises M3 5 mm très fines  
 2 entretoises M3 5 mm

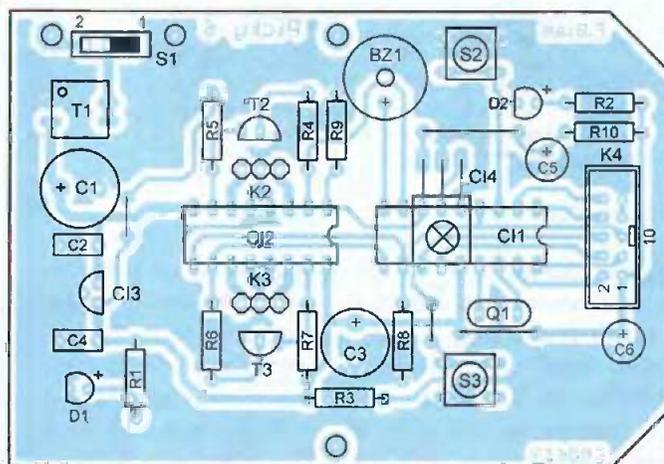
2 rondelles M3  
 2 rondelles M6

2 roues (voir texte)

3a



3b



Il ne possède qu'une sortie MLI qui sera donc utilisée pour générer des sons avec le piézo. Il a quatre fois plus de mémoire que son prédécesseur, trois registres temporisateurs et surtout des entrées analogiques. C'est ce dernier point qui justifie son choix. Effectivement, la plupart des capteurs en robotique délivrent une information de type analogique.

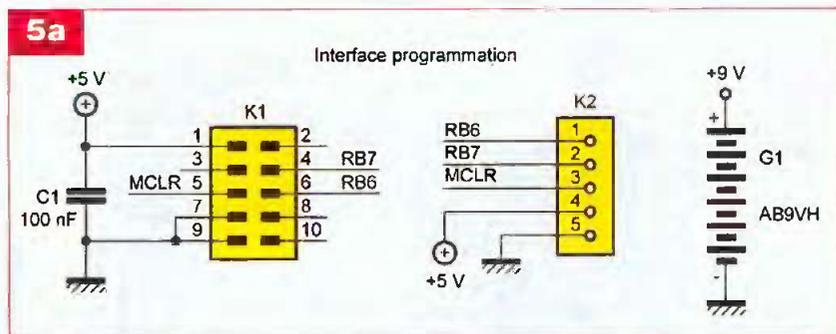
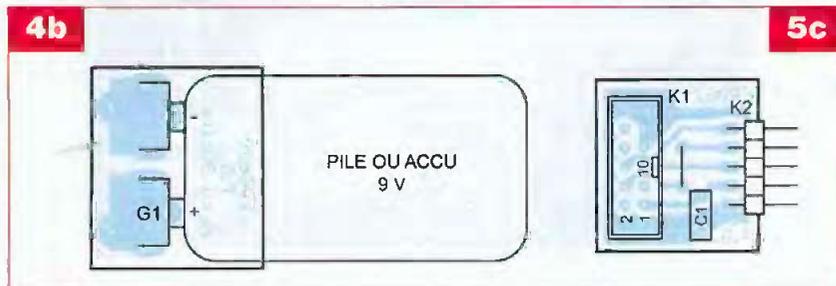
### La réalisation

On découpe correctement la carte principale dont on lime les bords. On perce, en premier, tous les trous avec un foret de 0,8 mm. On reperce à 1 mm les trous de l'interrupteur, ceux des deux poussoirs et, pour finir, à 3,2 mm les deux trous de fixa-

tion de la carte au châssis (figure 3a). On soude ensuite les composants dans l'ordre habituel, ceux de plus bas profils en premier, les quatre straps, puis les résistances, le support de CI, les poussoirs, le résonateur, les connecteurs, le condensateur, les diodes et, en dernier, les capteurs à réflexion (figure 3b). Petite particularité au niveau du connecteur pour les extensions : il faut ajouter des morceaux de barrettes sécables pour augmenter la distance entre la carte principale et les cartes d'extensions futures.

### Remarques

Deux petites cartes additionnelles sont nécessaires pour parfaire le montage. La première est une petite



interface pour connecter la pile de 9 volts à deux connecteurs spéciaux (figures 4a, 4b et photo A).

La deuxième carte permet la programmation du PIC par un connecteur dédié, afin de ne pas sortir le microcontrôleur de son support (figures 5a, 5b et 5c).

La carte pour la pile sera soudée et maintenue à l'envers de la carte principale par deux fils rigides en cuivre étamé de 1,5 mm de diamètre, améliorant ainsi la rigidité de l'ensemble. La carte programmation sera insérée sur la carte principale à l'envers et pourra être laissée en place pendant la partie développement.

## La programmation

Lorsque l'on conçoit un robot, même très simple, on se doit de définir les besoins dès le début du projet. Pour notre robot éducatif, quelques éléments de base sont nécessaires car il faut pouvoir tester simplement chaque phase de la programmation. Bien avant de faire tourner les moteurs, il faut s'essayer sur des programmes simples. Une led verte, un

poussoir et un piézo sont des éléments simples à mettre en œuvre par programmation.

Bien que la commande des moteurs soit souvent le point le plus délicat à maîtriser, nous avons tenu à la rendre la plus simple possible. Pour chaque moteur, nous avons une ligne pour choisir le sens de rotation et une autre pour la vitesse.

S'agissant d'une ligne logique, la variation de vitesse d'un moteur sera obtenue par découpage de la tension appliquée. C'est la commande, bien connue, de type MLI (Modulation de la largeur des impulsions).

Cette fonction est une phase délicate de la programmation de notre robot qui ne possède qu'un seul registre pour la réaliser. Il a donc été nécessaire de l'écrire entièrement pour les deux moteurs. Pour l'optimiser, elle est écrite en assembleur, alors que le reste du programme est écrit en C. Nous obtenons un code très court et très simple.

Il reste le récepteur infrarouge. Là encore, un module IR complet pour TV permet de simplifier l'électronique. Il attaque une ligne particulière

du PIC, RB0, qui permet d'interrompre le programme pour décoder la commande. Il a été choisi de piloter le robot avec une télécommande au format Philips RC5, ce qui est le plus courant.

*Picky\_Test* est un programme sans télécommande IR et *Picky\_IR* est le programme complet de ce premier article. Les fichiers sources et hex sont disponibles sur le site internet de la revue ([www.electroniquepratique.com](http://www.electroniquepratique.com)).

## L'utilisation

Dans cette première partie, nous n'utilisons pas de capteur. Aucune extension n'est branchée. Nous nous contenterons de piloter le robot avec la télécommande infrarouge.

À la mise sous tension par l'interrupteur, le programme entre dans une boucle de test. La led verte clignote et le piézo émet un son aigu intermittent.

Si l'on appuie sur le poussoir, le piézo confirme cet appui par un son plus grave très bref et la led s'éteint.

Le robot est prêt à recevoir une commande. Si l'on appuie sur une touche d'une télécommande, la led verte s'éclaire pour confirmer une réception. Mais seule une commande valide pourra piloter le robot.

Les touches 2, 4, 6, 8 permettent de déplacer le robot en marche avant, arrière, rotation sur place, vers la droite ou vers la gauche. La touche 5 et la touche arrêt TV coupent les moteurs. Pour augmenter la vitesse, il convient d'appuyer plusieurs fois. Pour réduire, il faut appuyer sur la touche opposée.

## Pour conclure

Voici la première partie de notre robot terminée. Dans notre prochain article, nous aborderons les extensions qui rendront notre robot totalement autonome. Une première extension permettra de suivre une source de lumière et une autre réalisera un robot suiveur de ligne.

(À suivre)

F. GIAMARCHI

<http://www.geii.iut-nimes.fr/fg>  
[giamarchi@iut-nimes.fr](mailto:giamarchi@iut-nimes.fr)

# Commande de puissance pour moteurs à C.C

La commande de puissance pour moteurs à courant continu n'est pas chose aisée lorsque l'on utilise des composants discrets. C'est pourquoi plusieurs fabricants ont conçu des circuits spécialisés présentant d'excellentes caractéristiques et une facilité d'emploi inégalable.

**N**ous vous présentons l'un de ces composants, le LMD18200T, qui permet l'alimentation de moteurs consommant 3 A et pouvant fournir des pics de courant de 6 A. Ce circuit intégré peut donc piloter la majorité des moteurs, surtout ceux utilisés dans le domaine de la robotique.

## Le LMD18200T

C'est un composant spécialement destiné à la commande de moteurs à courant continu. Il a été conçu selon l'utilisation d'un pont en H constitué de quatre transistors de commutation. Le schéma de la figure 1 illustre d'une manière simple la façon dont fonctionne ce pont : les quatre interrupteurs ouverts, aucun courant ne circule dans le moteur.

Si A1 et B2 sont fermés, le courant circule dans un sens, tandis qu'il cir-

cule dans l'autre sens si B1 et A2 sont actionnés.

### Principales caractéristiques

- débite un courant de 3 A en continu
- peut fournir des pics de 6 A durant 200 ms
- peut fonctionner sous une tension de 55 V
- faible résistance R<sub>DS-ON</sub> de 0,3 Ω par transistor de sortie
- entrées de commande compatibles TTL et CMOS
- sortie avertissant l'utilisateur lorsque la température du circuit atteint 145 °C
- protection thermique lorsque la température atteint 170 °C
- diodes de protection internes
- protection contre les courts circuits
- possède des pompes de charge internes avec possibilité de bootstrap externe
- protection contre une tension d'alimentation trop basse (10 V)

Le schéma donné en figure 2 montre

la structure interne du circuit intégré. La fonction de chacune de ses broches est représentée sur le dessin de la figure 3. Il est remarquable que plusieurs technologies aient été utilisées et soient implantées sur la même structure monolithique.

Ainsi, des composants CMOS, bipolaires et DMOS, participent au fonctionnement du composant.

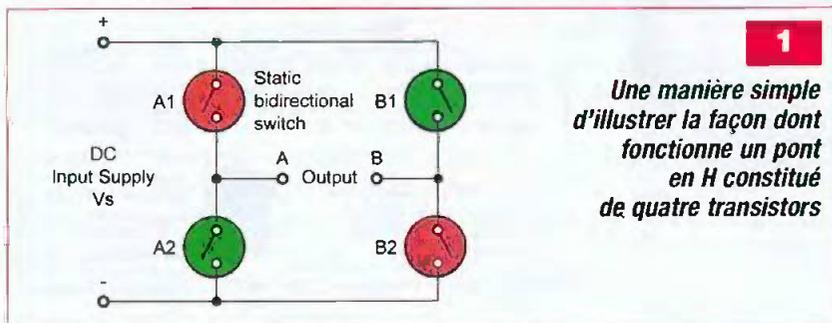
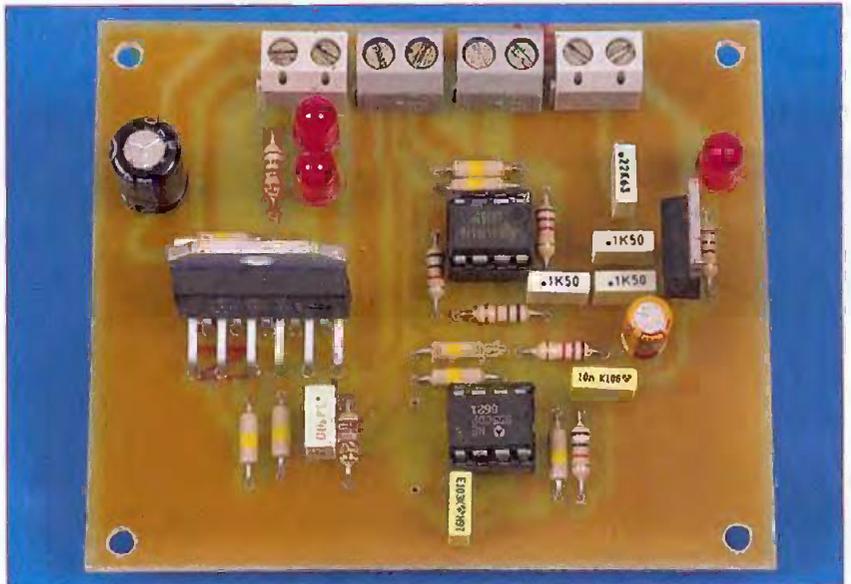
Le schéma interne montre les différentes parties constituant ce dernier.

### • Quatre transistors DMOS de puissance et leurs diodes de protection.

Leur particularité concerne la chute de tension qui est essentiellement une fonction linéaire de la température d'utilisation. Ainsi, la résistance R<sub>DS-ON</sub> présente une valeur typique de 0,3 Ω à une température de 25°C et 0,6 Ω à 125°C. Comparativement, à une température de 100°C sous un courant de 1 A, un transistor bipolaire présentera une chute de tension de 1,1 V. Pour le LMD18200T, cette chute ne sera que de 0,45 V. À des courants élevés, la faible chute de tension d'un transistor DMOS provoque une appréciable diminution de la puissance thermique dissipée.

• la partie logique d'entrée. Elle regroupe ses trois commandes : PWM, DIRECTION et BRAKE (frein).

• la circuiterie de protection thermique et de trop basse tension. Elle



**1**  
*Une manière simple d'illustrer la façon dont fonctionne un pont en H constitué de quatre transistors*

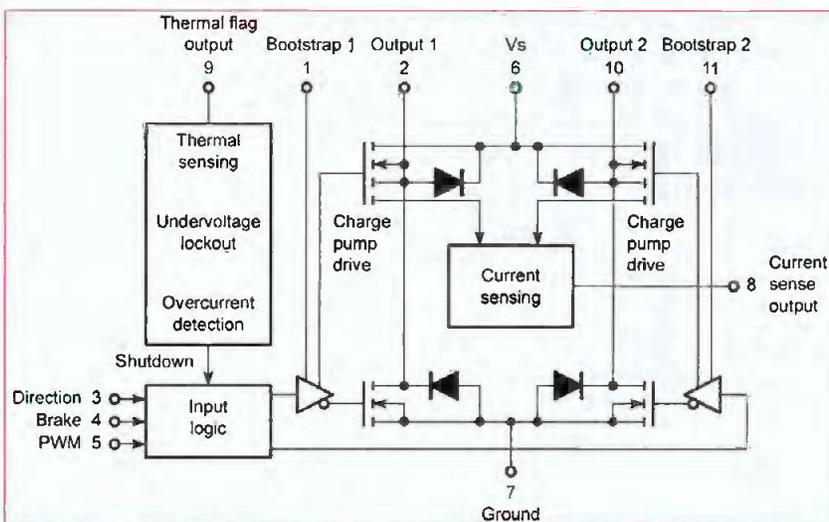
agit en cas de besoin sur la partie logique. Une seule sortie (broche 9) est disponible sur cette partie du circuit. Elle peut être utilisée pour la commande d'une led de contrôle ou pour la mise sous tension d'un ventilateur ou de tout autre dispositif destiné à limiter la température. Il est à remarquer que cette sortie est à collecteur ouvert.

- **la circuiterie de mesure du courant consommé par le moteur.** Son principe est représenté en figure 4. Remarquable, il diffère totalement des moyens utilisés par la plupart des autres circuits intégrés. En effet, la méthode généralement mise en application est l'utilisation d'une résistance de puissance de faible valeur en série dans la ligne positive ou négative du circuit et qui permet de mesurer la chute de tension dans celle-ci. Cette méthode présente quelques inconvénients. Non seulement cette chute de tension réduit la valeur de l'alimentation du moteur, mais son amplification est rendue difficile par sa faible valeur et la possibilité de rapides variations de la tension en « mode commun » appliquée à l'entrée de l'amplificateur de mesure. La méthode employée dans le LMD18200T est totalement différente. Le principe mis en application est le même que celui utilisé dans les transistors Mosfet de puissance.

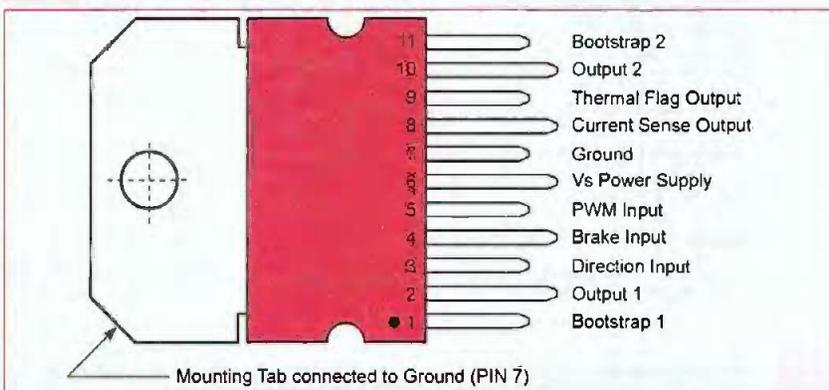
Chaque transistor DMOS est constitué de plusieurs cellules configurées en parallèle. Grâce au coefficient de température positif de  $R_{DS-ON}$  de chaque cellule, le courant total circulant à travers les « commutateurs » est divisé de façon égale entre les cellules. Les sorties de celles-ci sont séparées afin de produire un courant qui est une réplique exacte, mais de valeur moins élevée, que le courant total alimentant la charge.

Le courant issu de la broche 8 est proportionnel à celui débité par les deux transistors DMOS du pont en H. La valeur typique du courant traversant la résistance connectée entre la broche 8 et la masse est de  $377 \mu A$  pour 1 A traversant la charge. La tension produite par le passage du courant dans la résistance de mesure est utilisée pour les diverses protections.

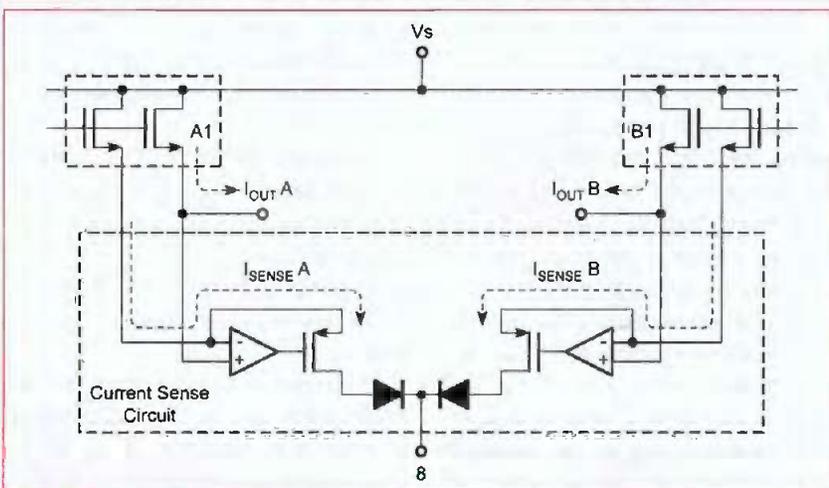
- **la pompe de charge et le circuit**



**2** Structure interne du LMD18200T



**3** Brochage du LMD18200T en boîtier dissipateur à 11 broches



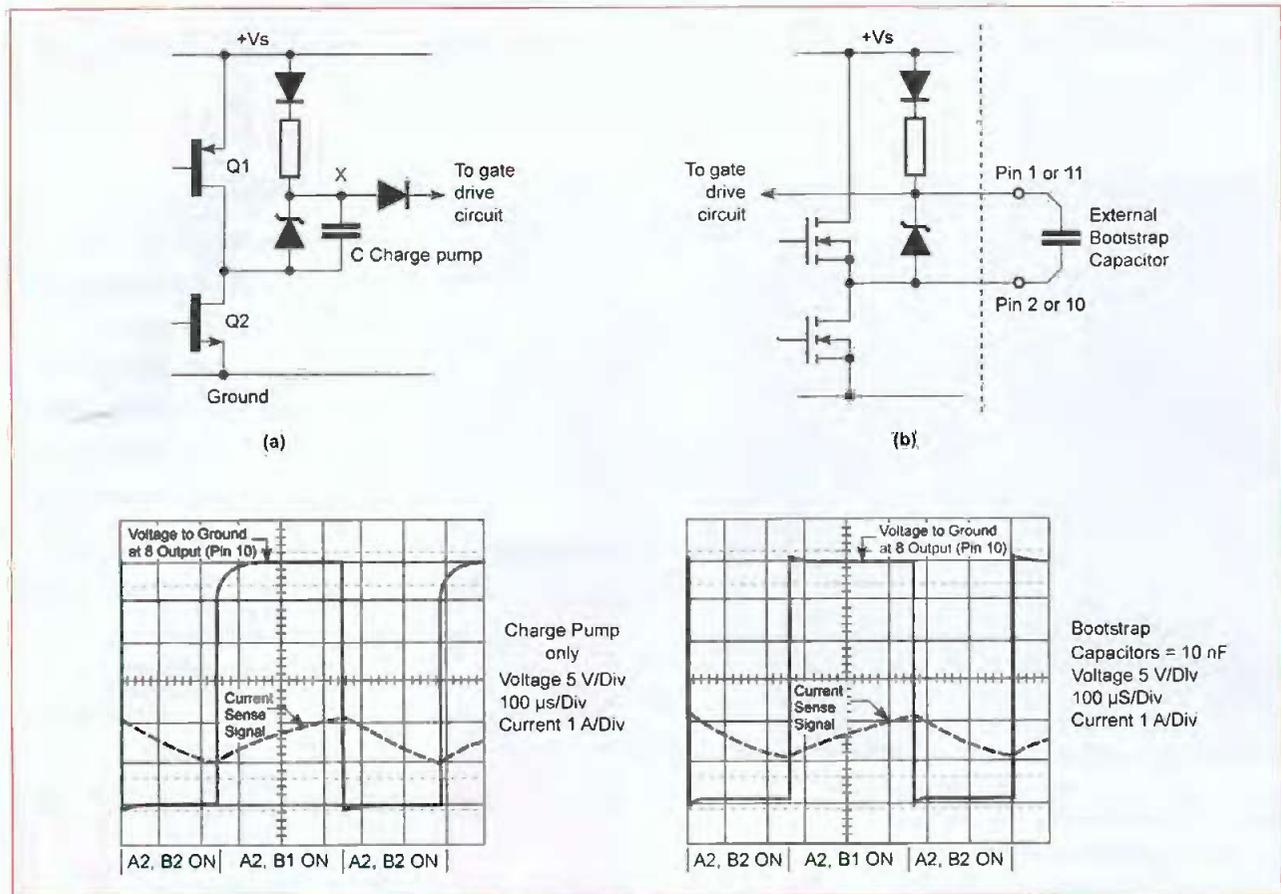
**4** Circuit de mesure du courant consommé par le moteur

**de bootstrap.** Ils sont nécessaires à la commande des transistors DMOS. En effet, afin de rendre « passant » ces derniers, une tension de gate (G), d'approximativement 10 V supérieure à la tension appliquée sur la source (S), est nécessaire. Les DMOS inférieurs ont leurs sources reliées à la masse, tandis que leurs gates (G) sont connectées

au  $+V_{CC}$  lors du fonctionnement du circuit.

Les DMOS supérieurs ont leurs sources (S) reliées aux sorties du circuit intégré et ces dernières sont donc continuellement commutées entre le  $+V_s$  et la masse.

Afin de générer une tension de valeur suffisamment élevée, une pompe de charge est utilisée.



## 5 Principe de fonctionnement de la pompe de charge (a) et circuit de bootstrap (b)

Le dessin donné en **figure 5a** illustre le fonctionnement du circuit. Une horloge interne oscillant à 300 kHz commande les transistors Q1 et Q2. Lorsque Q2 est passant, la capacité interne de la pompe de charge se charge sous une tension d'environ 14 V. Puis, c'est au tour de Q1 de devenir passant, qui, se faisant, connecte le « bas » du condensateur au +Vs. La conséquence de cela est que le pôle X du condensateur, qui est connecté à la gate (G) de Q1, applique sur celle-ci une tension de 14 V supérieure à celle de la tension d'alimentation Vs. Cette façon de procéder assure que, même si la source (S) du transistor DMOS supérieur est au potentiel Vs, la commutation s'effectue normalement.

Si on désire une fréquence d'horloge supérieure à 300 kHz, des capacités externes doivent être utilisées : ce sont les capacités de « bootstrap ». Une valeur de 10 nF est recommandée. Ces capacités seront connectées entre les broches 1 et 2 et 10 et 11 du LMD18200T. Le fonctionne-

ment est alors pratiquement similaire mais l'on obtient des temps de commutation plus rapides, ainsi que le montre le schéma de la **figure 5b**.

### La commande du LMD18200T

La commande du LMD18200T est très simple et peut s'effectuer de deux manières :

- soit injecter dans l'entrée PWM un signal rectangulaire variable en fréquence
- soit injecter une tension continue de faible amplitude, ce que nous avons effectué pour notre maquette.

Un autre signal est important, il s'agit du niveau logique appliqué sur l'entrée « direction » qui détermine le

sens de rotation du moteur connecté à la platine.

Un troisième signal permet d'utiliser le frein électrique afin de stopper immédiatement la rotation du moteur. Le tableau donné en **figure 6** représente la table de vérité des signaux logiques à utiliser pour ces différentes commandes.

Un point important est à signaler. Afin d'obtenir un fonctionnement correct de la logique interne du circuit, il convient d'apporter une attention toute particulière au « timing » des signaux de commande. En effet, un délai de 1  $\mu$ s doit exister entre les transitions des signaux DIRECTION, BRAKE et PWM. Le meilleur moyen

## 6

**Table de vérité des signaux logiques à utiliser avec le LMD18200T**

PWM	Dir	Brake	Active Output Drivers
H	H	L	A1, B2
H	L	L	A2, B1
L	X	L	A1, B1
H	H	H	A1, B1
H	L	H	A2, B2
L	X	H	None

d'obtenir ce délai est de respecter une durée de 500 ns entre la fin de la première transition et le commencement de la seconde. Le diagramme de fonctionnement est donné en figure 7.

## Schéma de principe

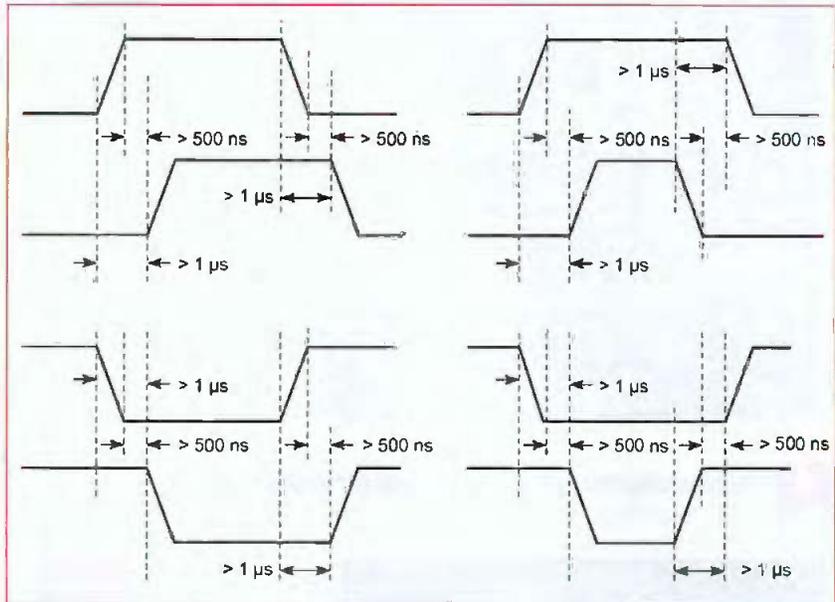
Le schéma de principe de notre réalisation, préconisé par National Semiconductors, est donné en figure 8. Ce montage permet de piloter un moteur fonctionnant sous une tension de 24 V et consommant un courant de 3 A.

Sa particularité est de ne pas nécessiter, pour fonctionner, de signal PWM pour sa commande, mais une simple tension continue comprise entre 0 V et 2,25 V. Le signal PWM est produit en interne par un autre circuit, ce qui simplifie notablement la commande du moteur.

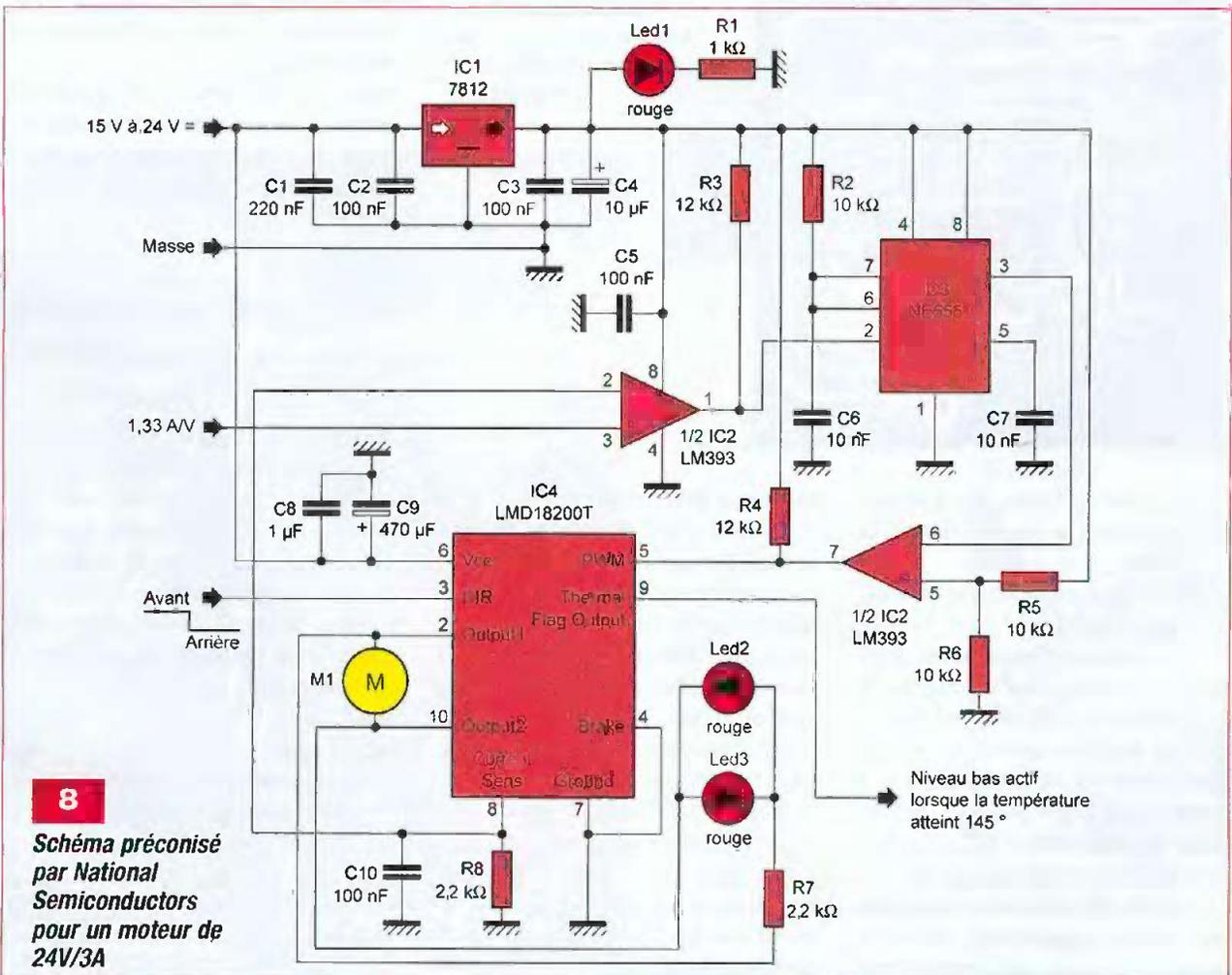
L'entrée de la commande en « tension » s'effectue sur l'entrée non inverseuse (3) d'un comparateur de

type LM393. Son entrée inverseuse (2) est connectée à la sortie (8) du LMD18200T qui est la sortie de mesure du courant consommé par le moteur. La sortie (1) du comparateur est reliée à l'entrée de déclenche-

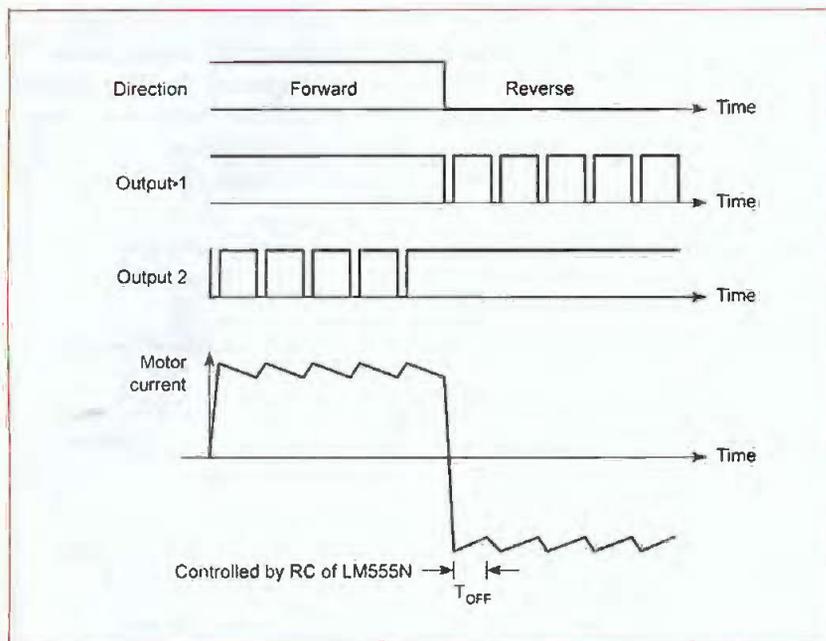
ment (trigger interne) du circuit intégré NE555 dont la sortie parvient à l'entrée inverseuse (6) d'un second comparateur. Sur l'entrée non inverseuse (5) de ce dernier, est appliquée une tension égale à la moitié de la



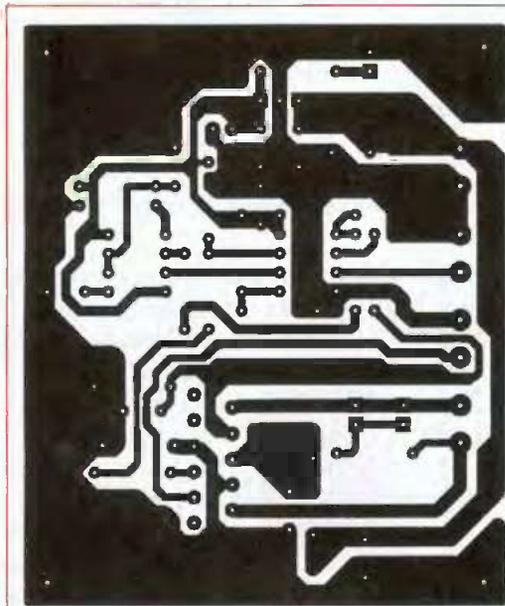
**7** Diagramme de fonctionnement pour le LMD18200T



**8** Schéma préconisé par National Semiconductors pour un moteur de 24V/3A



## 9 Alimentation du moteur par un courant haché



10

*Un circuit imprimé facilement reproductible et qui regroupe tous les composants de la commande pour moteurs C.C*

tension d'alimentation. Sa sortie (7) est connectée à l'entrée PWM du LMD18200T.

Dès lors, le fonctionnement du montage est le suivant :

- Lorsque aucune tension n'est appliquée sur l'entrée non inverseuse (3) du LM393, sa sortie reste inactive.
- Si une tension positive est injectée dans « l'entrée de commande », la sortie (1) du comparateur devient active et déclenche le NE555 dont la sortie fournit un créneau positif.
- La sortie (7) du second comparateur devient également active et envoie ce créneau sur l'entrée PWM

du circuit de puissance.

- Le moteur est alimenté et la résistance R8 est traversée par un courant qui génère une tension, laquelle est appliquée sur l'entrée inverseuse (2) du premier comparateur. Sa sortie (1) devient inactive et cesse de déclencher le NE555.
- La tension issue de la broche (8) du LMD18200T devient également nulle et la sortie (1) du LM393 peut à nouveau déclencher le NE555.

On obtient ainsi l'alimentation du moteur par un courant haché. Ce mode de fonctionnement est représenté par le diagramme de la figure 9.

La durée T<sub>OFF</sub> durant laquelle le moteur n'est pas alimenté dépend essentiellement des composants R2 et C6, où  $T_{OFF} = 1,1 R \times C$ .

La platine est alimentée sous une tension pouvant varier entre +15 V et +24 V, ce qui permet la commande de moteurs fonctionnant entre 12 V et 24 V. Un régulateur de tension génère la tension +12 V nécessaire à l'alimentation du montage.

## Réalisation

Le dessin du circuit imprimé est donné en figure 10 tandis que le schéma de l'implantation des composants est représenté en figure 11. Pour une solution de facilité, on commence le câblage par les plus petits composants : straps, résistances et condensateurs non polarisés. On utilise des supports pour les circuits intégrés, ce qui facilite leur échange en cas d'incident.

**Le LMD18200T doit être fixé contre un dissipateur thermique qui peut être un morceau d'aluminium.**

Les entrées et sorties s'effectuent sur des borniers à vis.

Nous avons prévu, en guise de contrôle, deux leds connectées en parallèle sur les bornes du moteur, ce qui permet la visualisation du sens de rotation.

**Le LMD18200T ne doit pas être soudé avant les essais de « tension » par simple mesure de sécurité.**

## Essais

Aucun circuit intégré n'étant implanté sur la platine, mis à part le régulateur de tension, cette dernière est mise sous tension. On vérifie alors la valeur des tensions aux différents points du circuit. La platine mise hors tension, on peut alors souder le LMD18200T et placer les deux autres circuits intégrés dans leurs supports.

Il suffit ensuite de procéder aux différentes connexions :

- l'alimentation principale
- l'alimentation de commande
- le moteur
- la commande de direction.

À la mise sous tension du montage, la diode indiquant la présence de la tension stabilisée ainsi que l'une de

## Nomenclature

### Résistances

R1 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)  
 R2, R5, R6 : 10 kΩ (marron, noir, orange)  
 R3, R4 : 12 kΩ (marron, rouge orange)  
 R7, R8 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)

### Condensateurs

C1 : 200 nF  
 C2, C3, C5, C10 : 100nF  
 C4 : 10 μF/35 V  
 C6, C7 : 10 nF  
 C8 : 1 μF  
 C9 : 470 μF/35 V

### Semiconducteurs

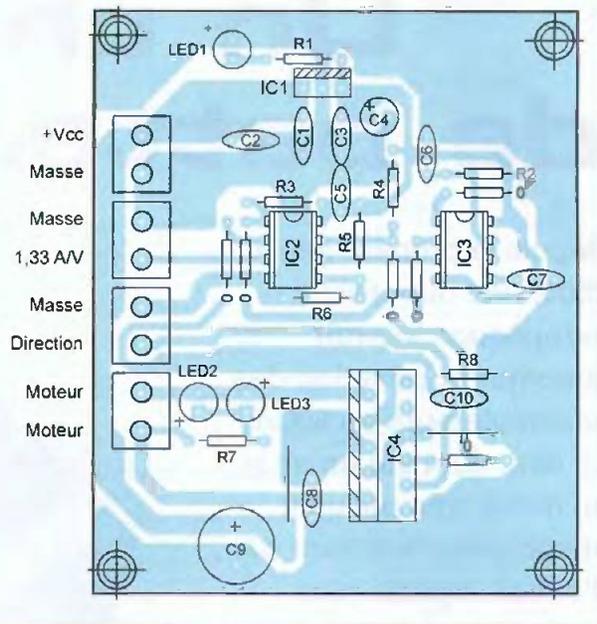
Led1, Led2, Led3 : diodes électrolu-  
 minescentes rouges ø5 mm  
 IC1 : régulateur 7812/TO220  
 IC2 : LM393  
 IC3 : NE555  
 IC4 : LMD18200T (Lextronic)

### Divers

2 supports  
 pour circuit intégré 8 broches  
 4 borniers à vis 2 points  
 1 dissipateur thermique

11

*Cette platine  
 permet la  
 commande  
 de moteurs  
 alimentés  
 entre +12V et  
 +24V suivant  
 la valeur  
 donnée à +Vcc*



celles connectées en parallèle sur les bornes du moteur doivent s'illuminer. Si on augmente la « tension de commande » de vitesse, le moteur doit se mettre en rotation. En inversant le signal de commande du sens de

rotation, le moteur doit tourner en sens inverse, tandis que l'autre diode doit s'illuminer.

Si tout se passe ainsi, le montage est opérationnel.

P. OGUIC

# PCB-POOL®

Prix très concurrentiels pour les PCBs prototypes

**1 EUROCARD**

- + Outillage
- + Photoplots
- + TVA

**€49,-**

\*Ce prix ne comprend pas les frais de port.

**Appel Gratuit**

0800-903 330

Calculez votre devis immédiatement en ligne  
 Outillage /Set-up inclus  
 Aucun montant minimum  
 Livraison ponctuelle garantie  
 Garantie de qualité ISO 9001

**WWW.PCB-POOL.COM**

# arquié composants

Rue de écoles 82600 Saint-Sardos France  
 Tél. 05 63 64 46 91 Fax 05 63 64 38 39  
 SUR INTERNET <http://www.arquie.fr/>  
 e-mail : [arquie-composants@wanadoo.fr](mailto:arquie-composants@wanadoo.fr)

## Catalogue N°64

Afficheurs. Alimentations.  
 Caméras. Capteurs.  
 Cartes à puces. Circuits imprimés. Circuits intégrés.  
 Coffrets. Condensateurs.  
 Cellules solaires.  
 Connectique. Diodes. Fers à souder. Interrupteurs. Kits. LEDs. Microcontrôleurs. Multimètres. Oscilloscopes. Outillage. Programmeurs. Quartz. Relais. Résistances. Transformateurs. Transistors. Visserie.  
 Etc...

Passez vos commandes sur notre site : [www.arquie.fr](http://www.arquie.fr)

**BON pour CATALOGUE papier FRANCE: GRATUIT** (3,00 € pour DOM, TOM, UE et autres pays)

Nom:..... Prénom:.....  
 Adresse:.....  
 Code Postal:..... Ville:.....

# Un chargeur de batteries NiMh

Depuis le premier juillet 2006, une directive européenne interdit la commercialisation des accumulateurs au NiCd. Le cadmium est en effet un métal très polluant et son remplacement par d'autres métaux plus écologiques, comme l'hydrure métallique (NiMh), se généralise.

**S**i la capacité de ces accumulateurs est nettement supérieure, un chargeur spécifique est nécessaire pour en profiter au maximum. L'utilisation d'un vieux chargeur NiCd peut effectuer une charge incomplète ou, au contraire, surcharger et faire chauffer des batteries NiMh laissées toute une nuit sans contrôle.

Ce montage permet d'effectuer des recharges assez rapides, adaptées à chaque batterie, grâce à un contrôle direct de la variation de la tension à ses bornes.

Une précaution à prendre tout de même, car qui dit charge rapide, suppose courant élevé. Avant d'insérer une batterie quelconque, il faut impérativement vérifier qu'elle peut supporter une charge rapide.

## La technologie NiMh

Commercialisée vers les années 90, une attente de près d'un quart de siècle aura été nécessaire pour que l'électrode négative en cadmium des NiCd soit remplacée par un autre alliage métallique (le M du Mh) plus écologique. Les hydrures métalliques sont formés à la première charge de la batterie quand l'électrode positive forme de l'hydroxyde de nickel.



## Avantages

- Éléments moins polluants (absence de Cadmium).
- Jusqu'à 40 % de capacité en plus par rapport à une batterie NiCd.
- Durée de vie supérieure aux NiCd (même si la capacité décroît aussi avec le temps).
- Possibilité de charges rapides (surveiller la température !).
- Pas d'effet « mémoire » irréversible. Ces batteries peuvent être rechargées avant d'être totalement épuisées, sans que cela ne réduise leurs capacités.

## Inconvénients

- La tension de « service » de 1,2 V peut être gênante pour certains appareils.
- Autodécharge plus importante sur les NiMh (3 % par jour) que sur les NiCd (1 % par jour).
- Il ne faut pas trop monter en température (> 45° C).
- Un chargeur spécifique est vivement conseillé.

## La recharge des accus

Les batteries NiMh ont l'avantage de pouvoir être rechargées rapidement, il serait dommage de ne pas en profiter. Le principal paramètre dans cette charge est le courant. On parle souvent de charge rapide à 2C, ou de charge normale à C/4. Cela signifie, par exemple, qu'il faut un courant de 3,6 A (=2C) pour charger en trente minutes une batterie d'une capacité de 1 800 mA/H ou 450 mA (=C/4) pour charger en quatre heures la même batterie... Dans tous les cas, plus le courant est important, plus le temps nécessaire pour atteindre la capacité nominale est faible et plus la fin de charge doit être précisément contrôlée. Une charge trop longue entraînera une montée en température aux conséquences fatales, les batteries NiMh n'aiment pas du tout cela. Une charge trop faible diminuera la quantité d'énergie disponible. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour stopper la charge.

- Une simple temporisation ne tiendrait pas compte de l'état initial des batteries.

- La mesure de la température des batteries est une solution fiable, mais pas toujours aisée à réaliser. De plus, la montée en température diminue dans le temps leur durée de vie.

- La mesure de la variation de tension dans le temps ( $dV/dt$ ) est la solution utilisée par le circuit MAX712 de notre montage. Lorsque la tension n'augmente plus, la charge est arrêtée.

Comme le montre la **figure 1**, pendant la charge, la tension aux bornes de la batterie augmente plus rapidement lorsqu'on approche les 80 % de la capacité nominale, avant de baisser légèrement. Ce phénomène, qui est dû à la production d'oxygène sur l'électrode positive, est plus sensible sur les batteries NiCd que sur les NiMH. Cette différence peut suffire à expliquer que chaque type de batterie possède son propre chargeur.

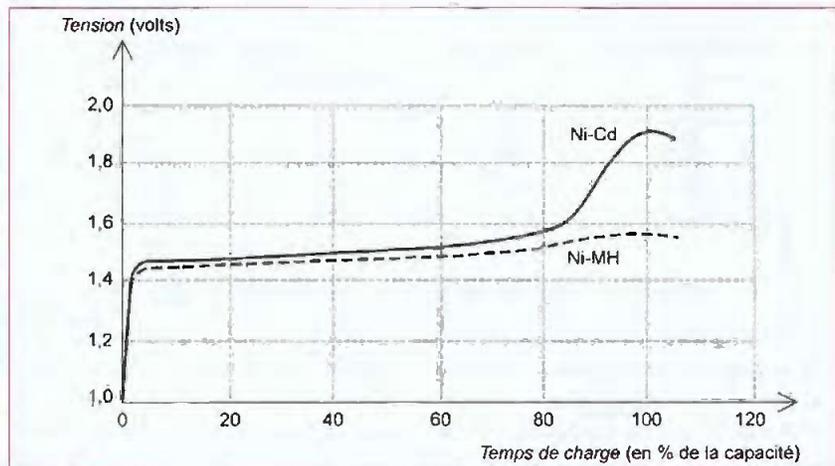
Le MAX712 que nous utilisons arrêtera sa charge à  $dV/dt = 0$ , alors que le MAX713 (plus adapté aux batteries NiCd) attendra une chute plus sensible de 2,5 mV/dt pour chaque batterie.

## Cœur du montage : le circuit MAX712

Ce circuit fabriqué par MAXIM offre un large éventail des possibilités d'utilisations :

- Nombre d'éléments rechargeables simultanément de 1 à 16.
- Régime de charge de C/4 à 4C.
- Arrêt de la charge rapide par « delta-peak » ( $dV/dt$ ) ou augmentation de température, suivie du passage automatique en régime d'entretien (à courant plus faible).
- Arrêt de protection (« time-out ») programmable en cas de non détection de la condition de variation de tension.
- Conçu pour être intégré à un équipement portable. Il ne consomme que 5  $\mu A$  en dehors des périodes de charges.
- Permet l'alimentation de l'équipement portable pendant les périodes de charges (fonctionnement en mode linéaire).

Le brochage de ce circuit est donné



**1 Niveau de charge en fonction du temps**

Nombre d'éléments	PGM0 branché à	PGM1 branché à
1	V+	V+
2	V+	rien
3	V+	REF
4	V+	BATT-
5	rien	V+
6	rien	rien
7	rien	REF
8	rien	BATT-
9	REF	V+
10	REF	rien
11	REF	REF
12	REF	BATT-
13	BATT-	V+
14	BATT-	rien
15	BATT-	REF
16	BATT-	BATT-

**Tableau 1 : Réglages possibles du nombre d'éléments à charger**

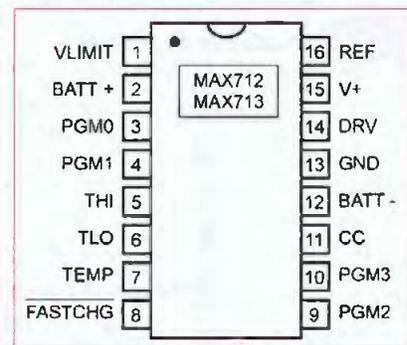
en **figure 2**. Sans entrer dans une longue description de chacune des broches, on peut dire que le MAX712 est un véritable automate programmable de multiples façons. Il peut être utilisé :

- soit en mode linéaire (c'est le cas ici) avec lequel un courant constant est commandé via le transistor T1 par la patte DRV,
- soit en mode impulsionnel où un transistor MOSFET est piloté de façon discontinue.

Le circuit dispose de comparateurs qui lui permettent de stopper la charge lorsque la température des batteries dépasse les seuils fixés, mais il n'est pas toujours facile de la mesurer. Pour cette raison, notre montage utilise la détection de « fin de variation de tension ». La charge rapide commence dès que les accus sont insérés et/ou le montage alimenté.

Le convertisseur interne mesure alors à intervalles réguliers la tension à leurs bornes et vérifie que celle-ci est toujours croissante.

Dans le cas contraire, la charge rapi-



**2 Brochage du MAX712**

de est stoppée et seul un faible courant est encore délivré (charge d'entretien). Précisons également que la tension aux bornes de chaque élément doit être supérieure à 0,5 V pour que la charge rapide commence. Quatre pattes du MAX712 permettent de fixer le mode de fonctionnement voulu de par les connexions qui y sont effectuées. Tout d'abord, les broches PGM0 et PGM1 (pattes 3 et 4) permettent de définir le nombre d'éléments mis en série et à charger simultanément. Le **tableau 1** donne la correspondance entre la combinai-

Temps max (timeout)	PGM2 connectée à	PGM3 connectée à	Charge d'entretien
22	REF	V+	$I_{max}/64$
33	BATT-	V+	$I_{max}/64$
45	REF	rien	$I_{max}/32$
66	BATT-	rien	$I_{max}/32$
90	REF	REF	$I_{max}/16$
132	BATT-	REF	$I_{max}/16$
180	REF	BATT-	$I_{max}/8$
264	BATT-	BATT-	$I_{max}/8$

**Tableau 2 : Réglage de la durée maximale de charge**

son formée et le nombre d'éléments. Une fois ce nombre choisi, il doit être respecté car il conditionne le fonctionnement du convertisseur A/D interne et donc la bonne détection de la variation de tension  $dV/dt$ .

Dans notre montage, ces deux pattes sont connectées à un commutateur rotatif à quatre positions qui permet de choisir entre 1, 2, 4 et 7 éléments d'accumulateurs de 1,2 V. Le courant de charge (sortie B+) est également redirigé de la même façon vers le support de batteries adapté.

Quel que soit le réglage, la tension d'alimentation du chargeur devra être supérieure d'au moins 1,5 V à la tension maximale de la batterie en fin de charge (avec un minimum de 6 V). Également importantes, les broches

PGM2 et PGM3 (9 et 10) sont ici « fixées » définitivement par les interconnexions de notre circuit imprimé. Elles définissent le temps maximum alloué à la charge rapide, donc le régime de charge.

De la patte PGM3 dépend aussi le courant délivré pendant la charge d'entretien. Le tableau 2 résume le tout.

## Schéma de principe de notre chargeur

Sans surprise, le schéma de principe de la figure 3 est très proche de celui proposé par le fabricant du MAX712. Seule la valeur de la première capacité de filtrage (C1) a été largement augmentée. Le premier prototype

nous a posé des problèmes, uniquement à cause d'une tension insuffisamment filtrée qui empêchait le bon fonctionnement du circuit intégré en fin de charge. Même l'utilisation d'un régulateur à la place de la résistance R1 n'y faisait rien...

Principal paramètre du chargeur : le courant. Il est ici fixé par la résistance R5 à un peu plus de 1 A en charge rapide. Pour ceux qui voudraient malgré tout modifier le courant de charge, la valeur de R5 est donnée par la relation :

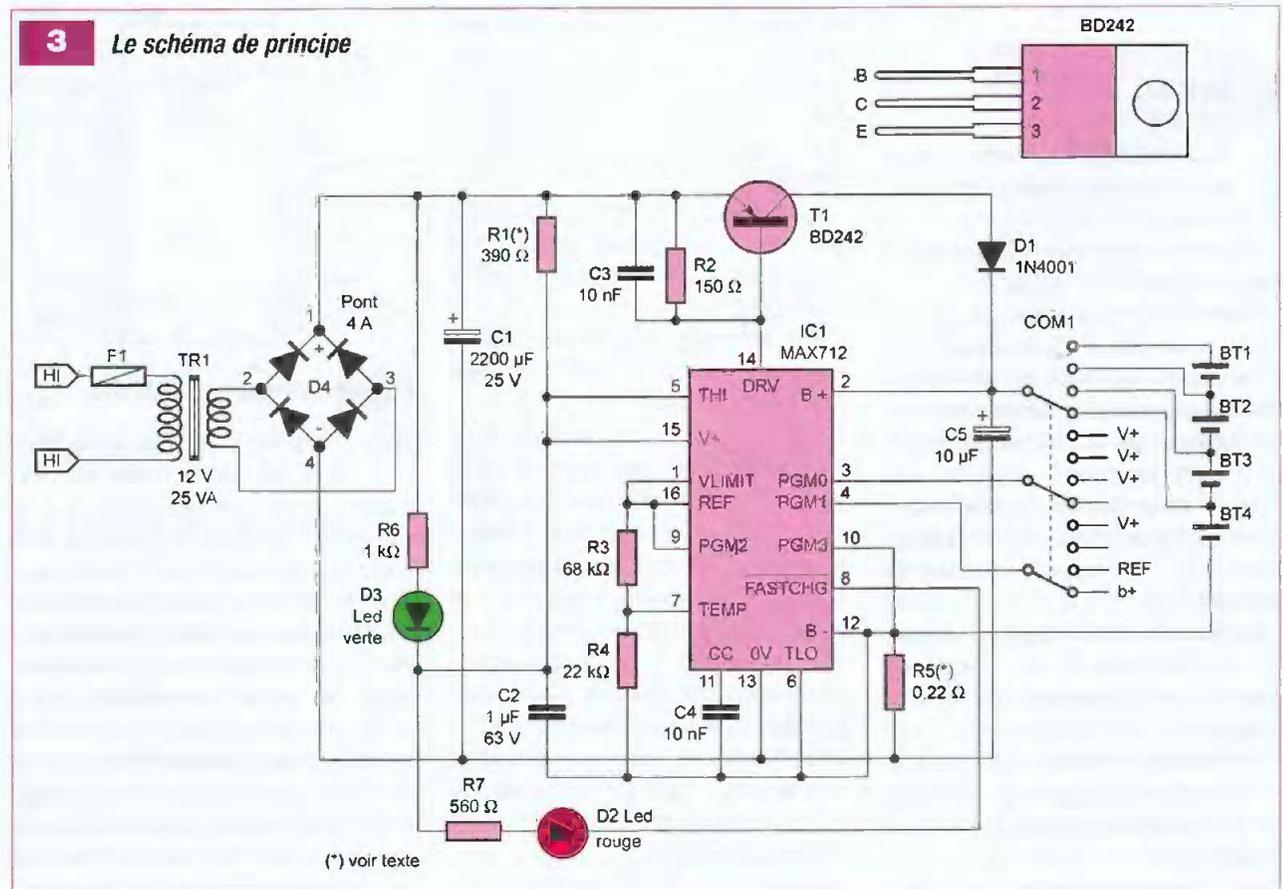
$$R5 = 0,25/I \text{ (charge rapide) ohms}$$

Les cinq volts nécessaires à l'alimentation de la partie logique de notre MAX712 sont également obtenus grâce à une simple résistance chutrice R1. Il ne faudra pas oublier de la modifier si la tension efficace du transformateur devait être modifiée. Sa valeur peut être estimée par la relation suivante, laquelle tient compte d'une consommation de 15 mA :

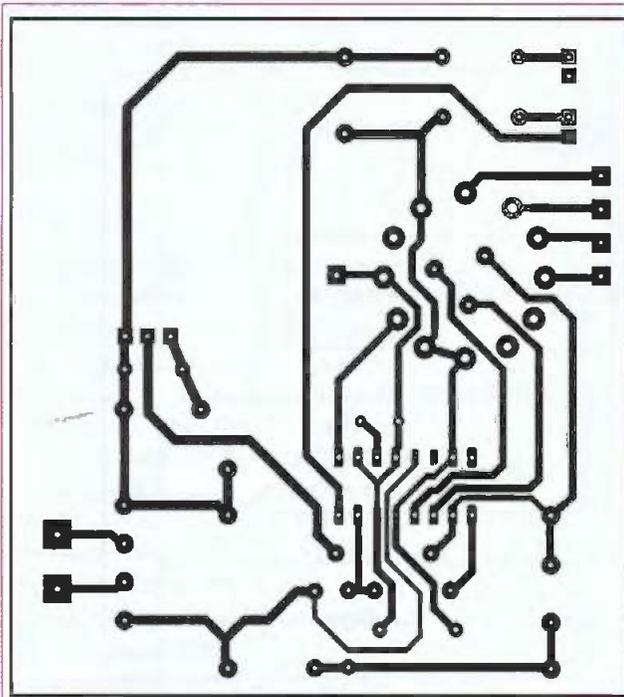
$$R1 = \frac{U_{\text{min transfo redressée}} - 5V}{0,015 A}$$

La plus grosse adaptation par rapport à l'application fournie par MAXIM vient surtout du commutateur rotatif

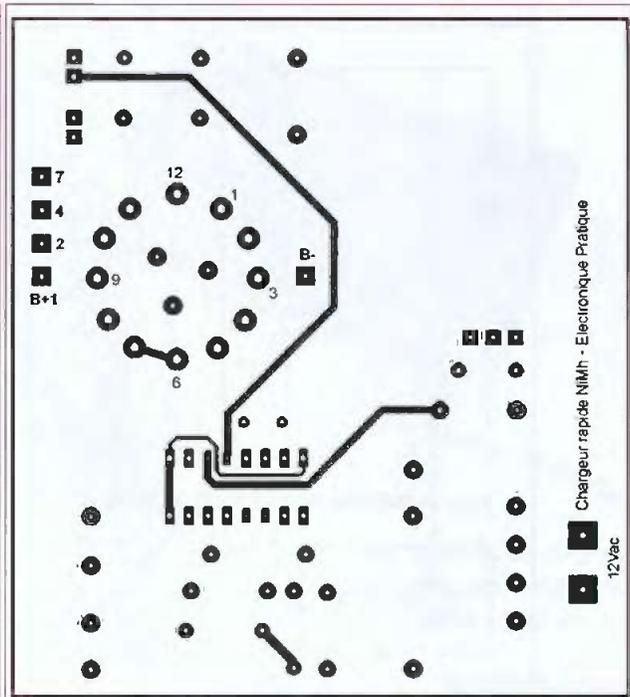
### 3 Le schéma de principe



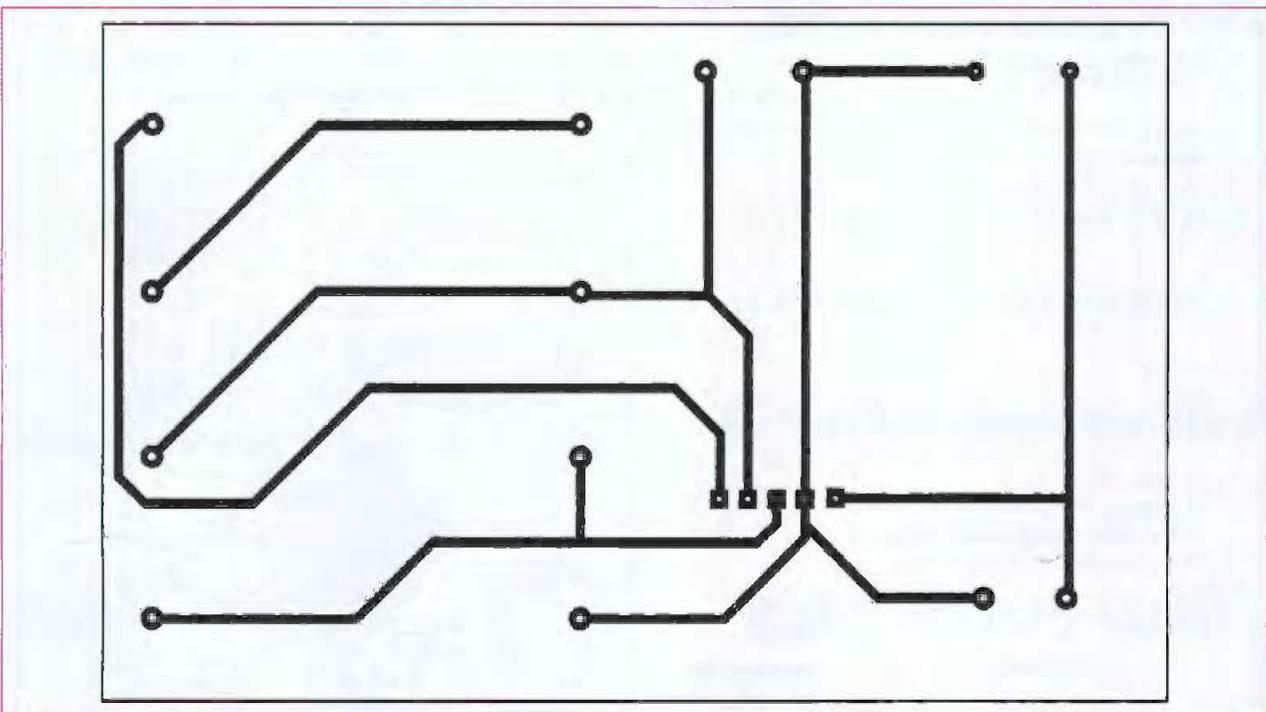
(\*) voir texte



**4** Tracé du circuit imprimé côté cuivre



**5** Face supérieure du circuit imprimé (côté composants)



**7** Platine des supports de batteries

qui permet de modifier le nombre d'éléments en charge.

Deux circuits sur trois de celui-ci assurent la programmation des broches PGM0 et PGM1, le troisième aiguille le courant de charge vers le bon support de batterie.

On peut ainsi charger 1, 2, 4 voire 7 éléments de 1,2 V (soit une batterie carrée de 8,4 V), ce qui correspond à

la plupart des cas d'utilisations.

Le temps de charge dépendra, bien sûr, de la capacité de chacune des batteries.

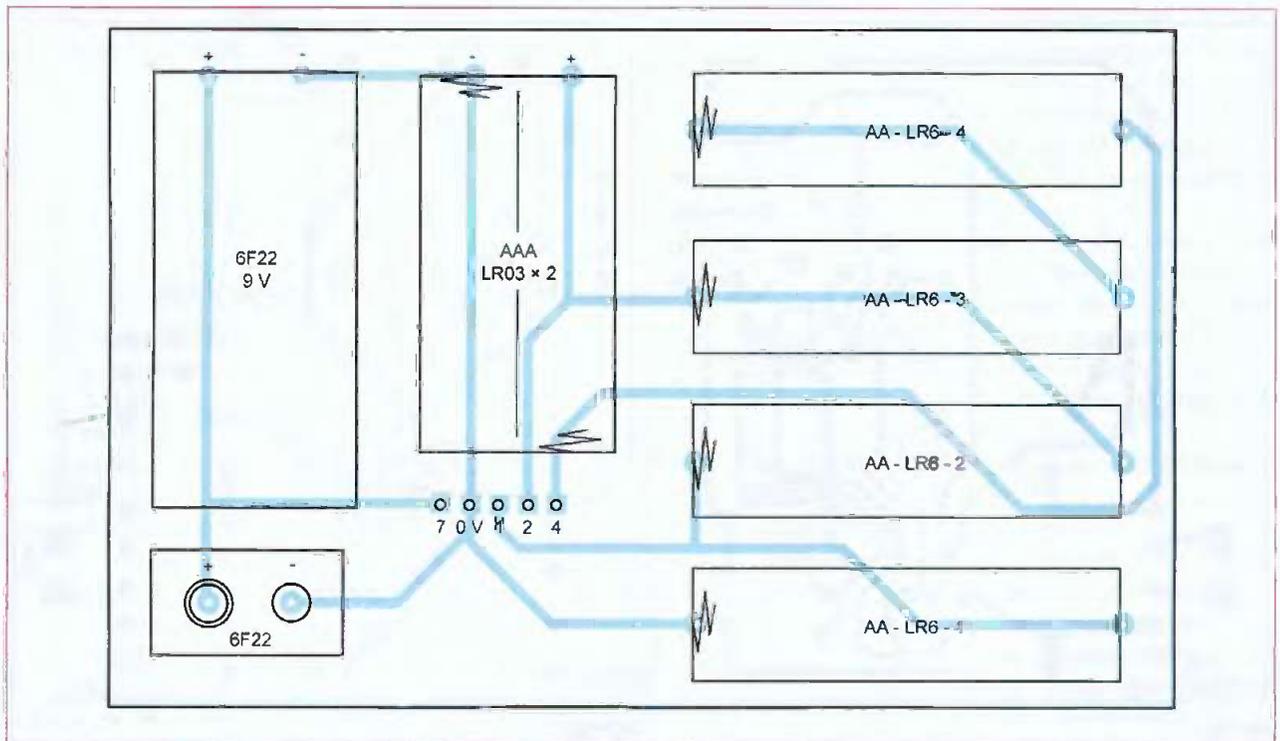
On doit obtenir, par exemple, deux heures pour des accus de 2200 mA/H (sous 1,1 A), ou douze minutes pour un accu de 8,4 V/200 mA/H.

C'est assez rapide et déjà trop pour certains accus de faibles capacités, à

charger avec précaution (8,4 V NiCd, en particulier).

## Réalisation

Les deux faces du circuit imprimé principal sont représentées aux figures 4 et 5. Les lecteurs un peu réticents à l'idée d'avoir à graver un double face, avec les problèmes de



## Nomenclature

### Résistances

- R1 : 390  $\Omega$  (voir texte)
- R2 : 150  $\Omega$
- R3 : 68 k $\Omega$
- R4 : 22 k $\Omega$
- R5 : 0,22  $\Omega$  (voir texte)
- R6 : 1 k $\Omega$
- R7 : 560  $\Omega$

### Condensateurs

- C1 : 2200  $\mu$ F/25 V
- C2 : 1  $\mu$ F/63 V
- C3 : 10 nF
- C4 : 10 nF
- C5 : 10  $\mu$ F/25 V

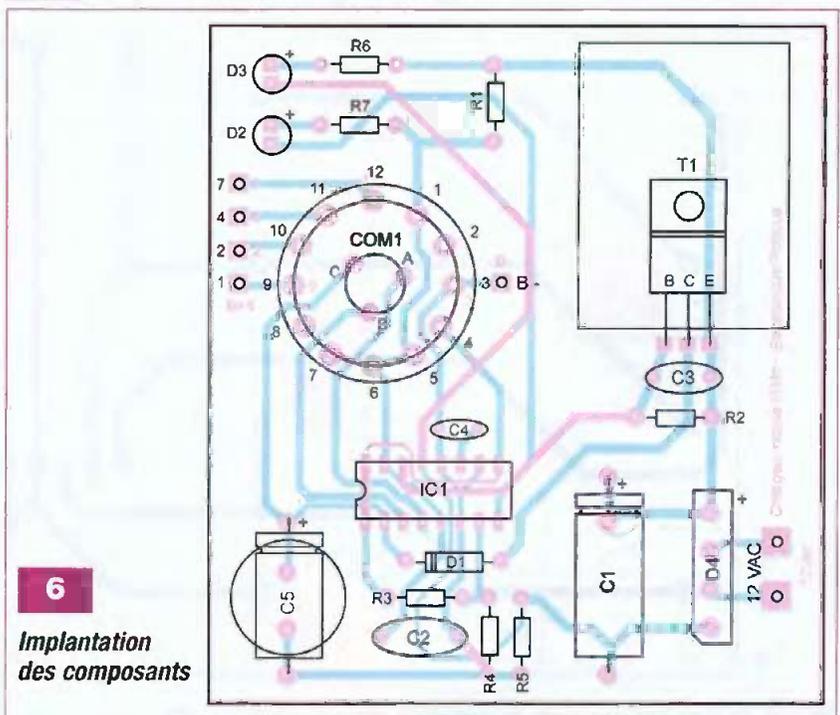
### Semiconducteurs

- D1 : 1N4001
- D2 : led rouge (témoin charge rapide)
- D3 : led verte (témoin de mise sous tension)
- D4 : pont de diodes 4 A
- T1 : BD242
- IC1 : MAX712 (Selectronic)

### Divers

- COM1 : commutateur rotatif  
3 circuits/4 positions
- 1 dissipateur pour boîtier TO220 (par exemple, ML11 38 x 24 mm)
- 1 support de circuit intégré 16 pattes
- 4 supports de piles LR6 (ou « AA »)
- 1 support pour 2 piles LR03 (ou « AAA »)
- 1 support de pile 9 V (« 6F22 »)
- 1 interrupteur simple pour 220 V
- 1 transformateur 12 V d'au moins 25 VA
- 1 boîtier ABS type CP3 160 x 96 x 67 (Teko)
- Visserie et clips autocollants...

## 8 Mise en place des supports de piles



6

### Implantation des composants

décalage que cela peut entraîner, pourront se contenter d'ajouter des straps à un circuit simple face. Mais attention à ne pas les oublier, il y en a cinq !

La figure 6 permet d'insérer les différents composants aux bons endroits et dans le bon sens.

Elle montre également, sur sa partie gauche, les quatre pastilles d'interconnexions allant vers la platine des

supports de batteries.

La figure 7 propose une implantation du circuit sur lequel viennent se souder les différents supports de batteries.

Quatre emplacements ont été prévus pour les accus « AA », deux pour les petits accus « AAA » et un emplacement pour un accu « 6F22 NiMh ».

Sur notre prototype, cette platine a été collée juste sous le couvercle du

boîtier. Celui-ci a d'abord été percé pour laisser passer les pattes des différents supports, qui sont ensuite soudées sur la platine (figure 8).

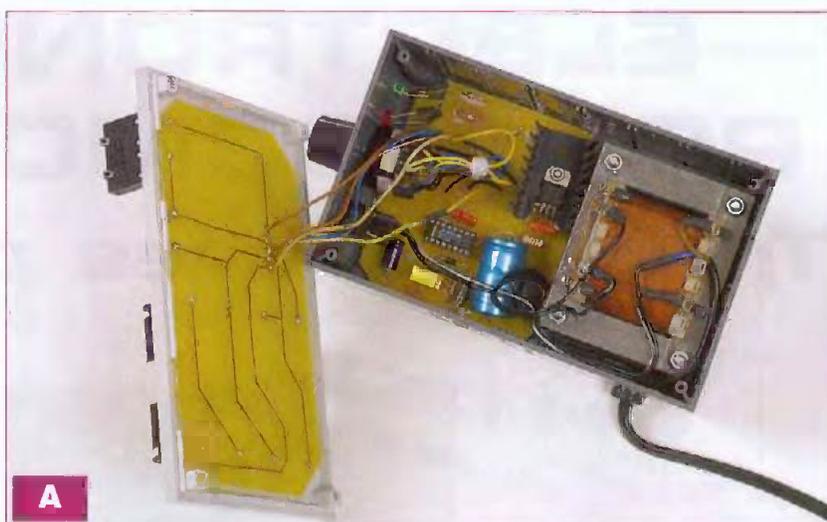
Si le montage ne paraît pas difficile à réaliser, avec son unique circuit intégré, il y a quand même quelques points délicats à ne pas négliger.

Le transistor T1, par exemple, doit impérativement être vissé contre un dissipateur assez conséquent qui « montera » malgré tout assez vite en température. Il faut donc éviter de faire passer des fils trop près de celui-ci, pour éviter qu'ils ne fondent à la longue. Des trous pour la ventilation du boîtier sont les bienvenus.

Suivant le boîtier choisi, le commutateur pourra être directement soudé sur le circuit imprimé, ce qui « économisera » des liaisons.

N'oubliez pas que les 220 V du secteur sont présents sur le primaire du transformateur. Celui-ci devra être bien fixé et ses connexions isolées avec de la gaine thermo, du scotch électrique, etc. (photo A).

Une led verte (D3) sert de témoin de mise sous tension au montage et une



led rouge (D2) est allumée dès lors que la charge rapide est en cours, c'est-à-dire dès qu'une batterie est insérée ou le montage mis sous tension avec une batterie.

Il est préférable de positionner le commutateur avant de mettre sous tension et de bien repérer les groupes de batteries (x1 ou x2 sur les quatre AA possibles) sur le boîtier.

Si vous voulez charger quatre batteries d'un coup, le chargeur ne démar-

ra pas s'il est réglé sur x7 (6F22) et il ne chargera qu'une partie des accus s'il est réglé sur x1 ou x2.

**G. SAMBLANCAT**  
g.samblancat@free.fr

[http://fr.wikipedia.org/wiki/Accumulat eur\\_nickel-métal\\_hydrure](http://fr.wikipedia.org/wiki/Accumulat eur_nickel-métal_hydrure)

<http://www.voilelec.com/pages/nimh.php>

<http://www.selectronic.fr>

## VINCULUM

**Micro contrôleur avec 1 USB M/E**

**Kit lecteur MP3**

**avec fichier sur clé USB**

**Commande par liaison Série, SPI**



**Lecture RFID 13,56 MHz**  
**avec un seul composant**



- Lecture de Tags ISO 15693,1443
- Consommation 6mA-120mA
- 0.1uA en mode veille
- Format TQFP 32 (2.7-3.6V) faible coût
- Liaison SPI ou Parallèle
- Distance de lecture de 10cm en 14443A/B et jusqu'à 150cm en ISO 15693.
- Kit de développement disponible

**EBCONNECTIONS**

[www.ebconnections.com](http://www.ebconnections.com)

3 Rue St Vincent Paul  
89420 Ragny  
Tél : 0820 900 021  
Fax : 0820 900 126

**AFG ELECTRONIQUE**

[www.afgelectronique.com](http://www.afgelectronique.com)

**Grand destockage**

**jusqu'au**

**31 mars 2007**

**COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES**

**À PRIX COÛTANT \***

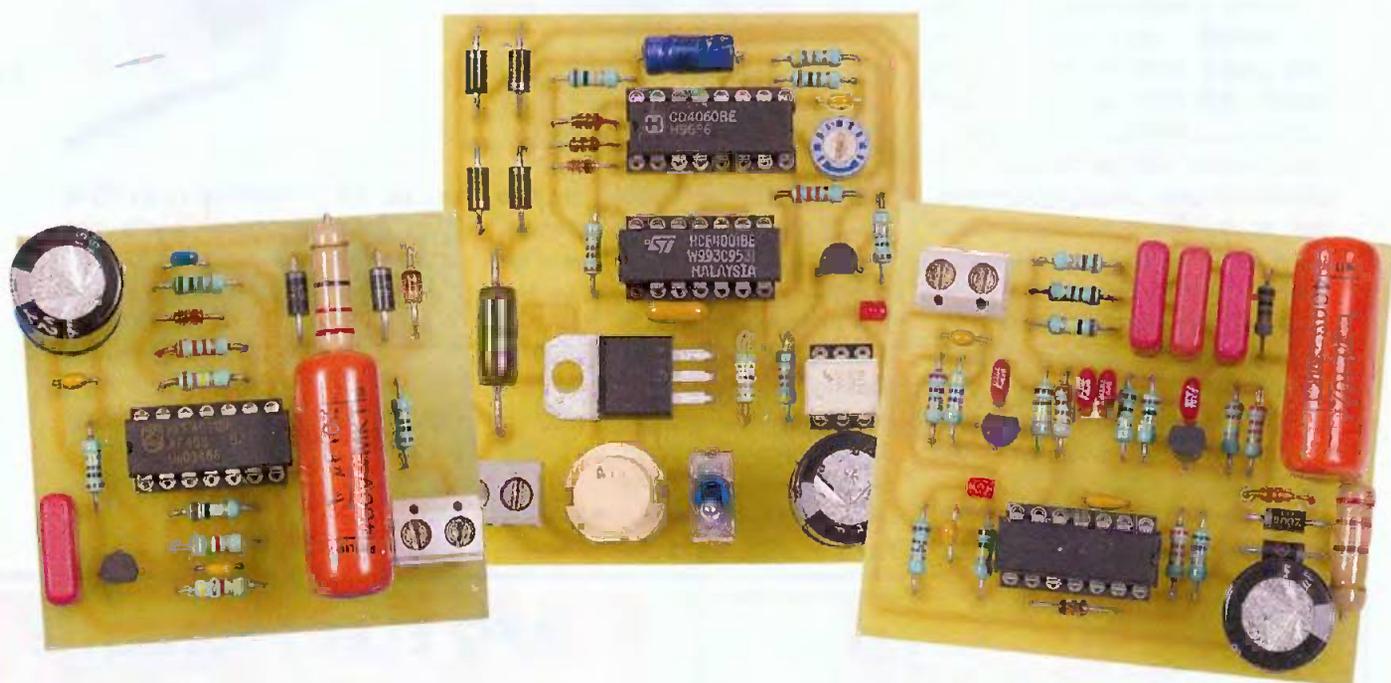
\* Dans la limite des stocks disponibles  
Liste contre 4 timbres

**AFG ELECTRONIQUE**

312, rue des Pyrénées 75020 PARIS  
Tél. : 01 43 49 32 30 - Fax : 01 43 49 42 91

# ELECTRONIQUE POUR DOMOTIQUE

## Trois montages pratiques



**S'il est un domaine dans lequel l'électronique a incontestablement apporté un plus, c'est bien dans la domotique. Que ce soit dans les communications, la gestion de l'énergie, le confort ou plus simplement l'éclairage, des progrès intéressants ont pu être réalisés grâce à la mise en œuvre de composants souvent simples entrant dans des montages à la portée de tous.**

**D**ans cet ordre d'idées, nous proposons à nos lecteurs trois applications très pratiques :

- le dédoublement d'un interrupteur par une minuterie,
- une transmission à distance d'une signalisation de la mise sous tension d'un récepteur,
- une protection contre les surtensions.

### Dédoublement d'un interrupteur par une minuterie

#### PRINCIPE

Les économies d'énergie étant plus que jamais d'actualité, il peut s'avérer intéressant, soit de remplacer un interrupteur d'éclairage, soit de le dédoubler par une minuterie. Dans le cas général, cette opération pose

problème si on ne désire pas casser le plâtre de la pièce concernée pour tirer un fil supplémentaire, étant donné qu'une commande par interrupteur n'est reliée qu'à une seule phase du réseau 230 V.

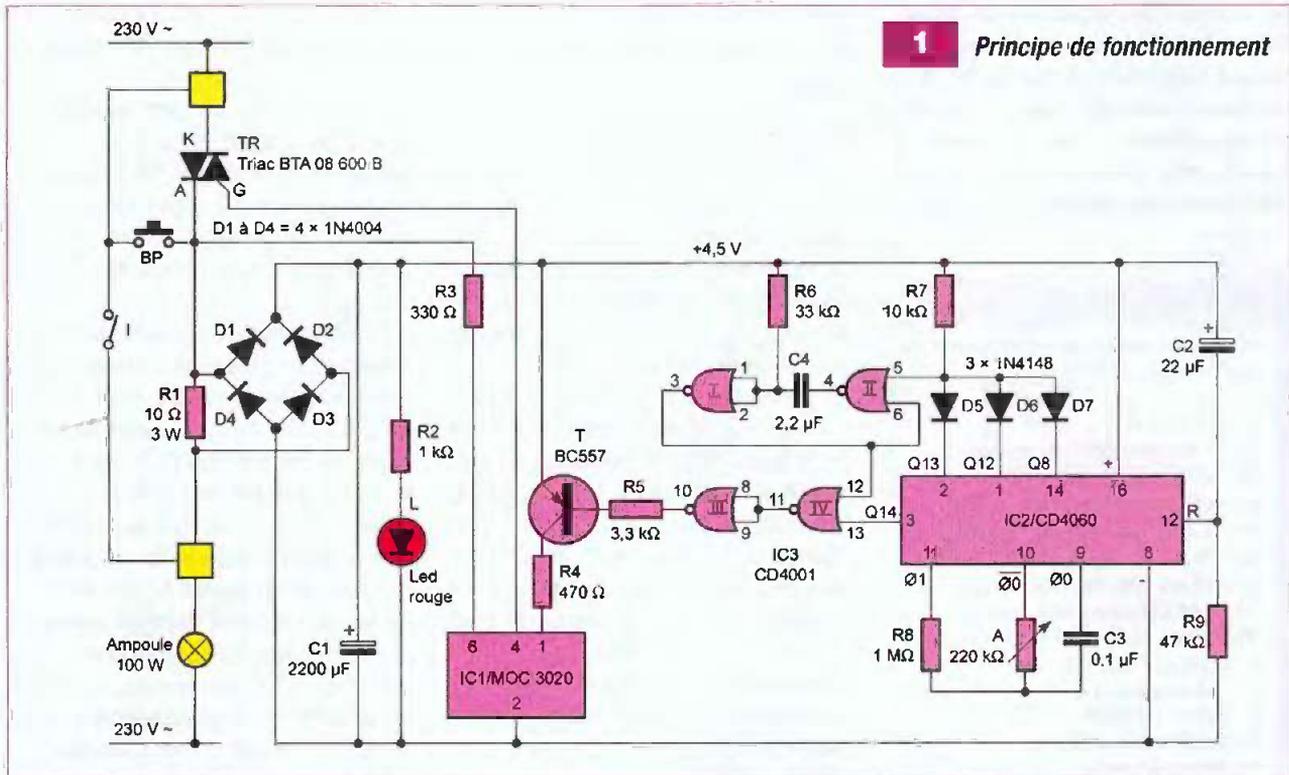
Le montage proposé résout ce problème grâce au prélèvement d'une très faible fraction de la tension d'alimentation du récepteur au niveau de l'emplacement de l'interrupteur de commande. De plus, la minuterie de dédoublement est agrémentée d'un dispositif d'avertissement de fin de cycle, ce qui peut éviter à son utilisateur de se retrouver plongé dans l'obscurité...

#### FONCTIONNEMENT

##### Obtention d'un potentiel d'alimentation

Lorsque le récepteur est alimenté, la résistance de faible valeur R1 se trou-

## 1 Principe de fonctionnement



ve insérée dans son circuit d'alimentation (figure 1). Si « P » est la puissance du récepteur, l'intensité efficace traversant cette résistance se déduit au moyen de la relation :

$$I(A) = P(W) / 230 V$$

Il en résulte un potentiel alternatif « u » aux bornes de R1.

Ce potentiel est égal à :

$$u(V) = R1(\Omega) \times I(A), \text{ soit } u = \frac{P}{230} \times R1$$

Dans le cas présent, pour une valeur de R1 de 10 Ω et une puissance P de 100 W :

$$u = 4,35 V$$

La puissance « p » dégagée par R1 peut se déduire par la relation :

$$p = R1 \times I^2, \text{ soit } p = 10 \times \frac{100^2}{230^2}$$

Cette puissance est donc égale à 1,9 W. Nous retiendrons une résistance de 3 W.

Les diodes D1 à D4 forment un pont redressant les deux alternances de ce potentiel. La capacité C1 réalise le filtrage. Il en résulte un potentiel continu de l'ordre de 4,5 V sur l'armature positive de cette capacité qui constitue l'alimentation du montage. On notera que cette alimentation existe seulement lorsque le récepteur est lui-même alimenté.

Par ailleurs, la fraction de potentiel prélevé est insignifiante : elle est en effet inférieure à 2 %.

Le tableau A (ci-contre) indique les valeurs et la puissance de R1 suivant la puissance « P » du récepteur alimenté par la minuterie.

### Allumage de la minuterie

En appuyant sur le bouton-poussoir BP, le récepteur se trouve alimenté.

Il en résulte immédiatement l'apparition du potentiel d'alimentation de 4,5 V sur l'armature positive de C1.

Nous verrons ultérieurement que la sortie de la porte NOR III de IC3 présente alors un état « bas ».

Le transistor PNP est donc en état de conduction. De ce fait, il alimente, via R4, la diode infrarouge contenue dans le photo-coupleur MOC 3020, référencé IC1.

Le triac interne de ce dernier est alors passant (figure 2).

La conséquence est l'établissement de la liaison anode - gâchette du triac TR à travers R3.

Ce dernier est passant à son tour et la continuité de l'alimentation du récepteur est assurée, même lorsque l'on relâche le bouton-poussoir.

La conséquence est l'établissement de la liaison anode - gâchette du triac TR à travers R3.

Ce dernier est passant à son tour et la continuité de l'alimentation du récepteur est assurée, même lorsque l'on relâche le bouton-poussoir.

La conséquence est l'établissement de la liaison anode - gâchette du triac TR à travers R3.

Ce dernier est passant à son tour et la continuité de l'alimentation du récepteur est assurée, même lorsque l'on relâche le bouton-poussoir.

Ce dernier est passant à son tour et la continuité de l'alimentation du récepteur est assurée, même lorsque l'on relâche le bouton-poussoir.

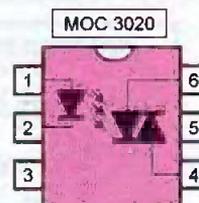
### Temporisation

Le circuit IC2 est un CD 4060. Il s'agit d'un compteur comportant quatorze

A

P (W)	R1 (Ω)	P (W)
75	12	2
100	10	3
150	6,8	3
200	5,1	5
300	3,3	10
400	2,7	10
500	2,2	15

2



étages binaires montés en cascade.

Il comprend également un oscillateur astable situé en amont, dont la période des créneaux carrés qu'il délivre sur la boche n° 9, se détermine par la relation  $t(s) = 2,2 \times A(\Omega) \times C3(F)$ . Suivant la position angulaire du curseur de l'ajustable A, cette période peut ainsi varier de 0 à 48 millisecondes, à condition toutefois que l'entrée « Reset » soit soumise à un état « bas ».

Au moment de l'apparition du potentiel d'alimentation, la capacité C2 se charge rapidement à travers R9. Il en résulte un bref état « haut » sur cette entrée « Reset », ce qui assure la mise à zéro préalable du compteur dont toutes les sorties Qi présentent

un état « bas ». Par la suite, le compteur binaire prend aussitôt son départ.

## Fin de temporisation

Les niveaux logiques des sorties Qi évoluent suivant les principes du comptage binaire. Lorsque la sortie Q14 passe à l'état « haut », le lecteur vérifiera que cette situation se produit au bout de  $2^{13}$  (soit 8192) créneaux élémentaires de comptage.

La sortie de la porte NOR IV passe alors à l'état « bas », tandis que celle de la porte NOR III présente un état « haut ». Il en résulte le blocage du transistor T. La conduction du triac interne au circuit MOC 3020 n'est plus assurée. Il en est de même pour la liaison anode - gâchette du triac TR. Ce dernier se bloque à son tour et le récepteur cesse d'être alimenté. Le potentiel de 4,5 V disparaît progressivement au fur et à mesure de la décharge de C1.

Si le curseur de l'ajustable A est placé sur la position médiane, la temporisation obtenue est de  $0,024 \text{ s} \times 8192 = 393 \text{ secondes}$ , ce qui correspond à 196 secondes, soit 3 minutes et 16 secondes. En plaçant le curseur en position extrême, la durée maximale de temporisation atteint 6 minutes et 32 secondes.

## Préavis d'extinction

Les sorties Q13, Q12 et Q8 sont reliées aux cathodes de trois diodes,

D5 à D7, dont les anodes communes sont en relation avec R7, reliée au « + » de l'alimentation.

Au point commun des anodes, on relève généralement un état « bas », du moins dans les premiers temps de la temporisation, étant donné que l'une ou l'autre (ou plusieurs) des sorties Q concernées présentent un état « bas ».

Lorsque ces sorties présentent simultanément un état « haut » pour la première fois, le compteur aura avancé de  $2^{12} + 2^{11} + 2^7 = 6272$  pas élémentaires. À ce moment, le point commun des anodes des diodes passe à l'état « haut » ce qui provoque le démarrage de la bascule monostable formée par les portes NOR I et II.

La sortie de cette dernière présente alors un état « haut », très bref, d'une durée de 50 millisecondes. La sortie de la porte NOR I passe alors à l'état « haut » pendant la même durée.

Le transistor T est donc également bloqué pendant ce laps de temps. L'ampoule d'éclairage cesse alors d'être alimentée temporairement. Mais cette durée est assez faible pour ne pas faire disparaître le potentiel d'alimentation de 4,5 V grâce à la charge préalablement accumulée par le condensateur C1.

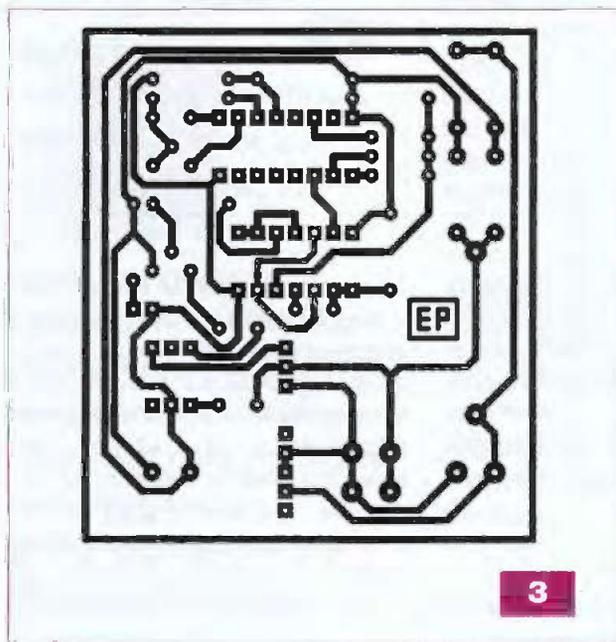
On observera simplement un clignotement bref de l'ampoule, ce qui permettra d'avertir l'utilisateur que la temporisation touche à sa fin.

En réalité, à ce moment précis, une

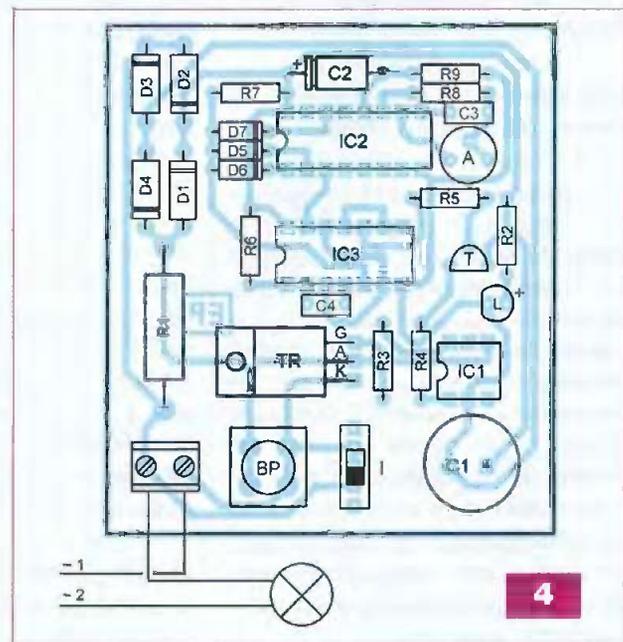
## Nomenclature

### Dédoublage d'un interrupteur par une minuterie

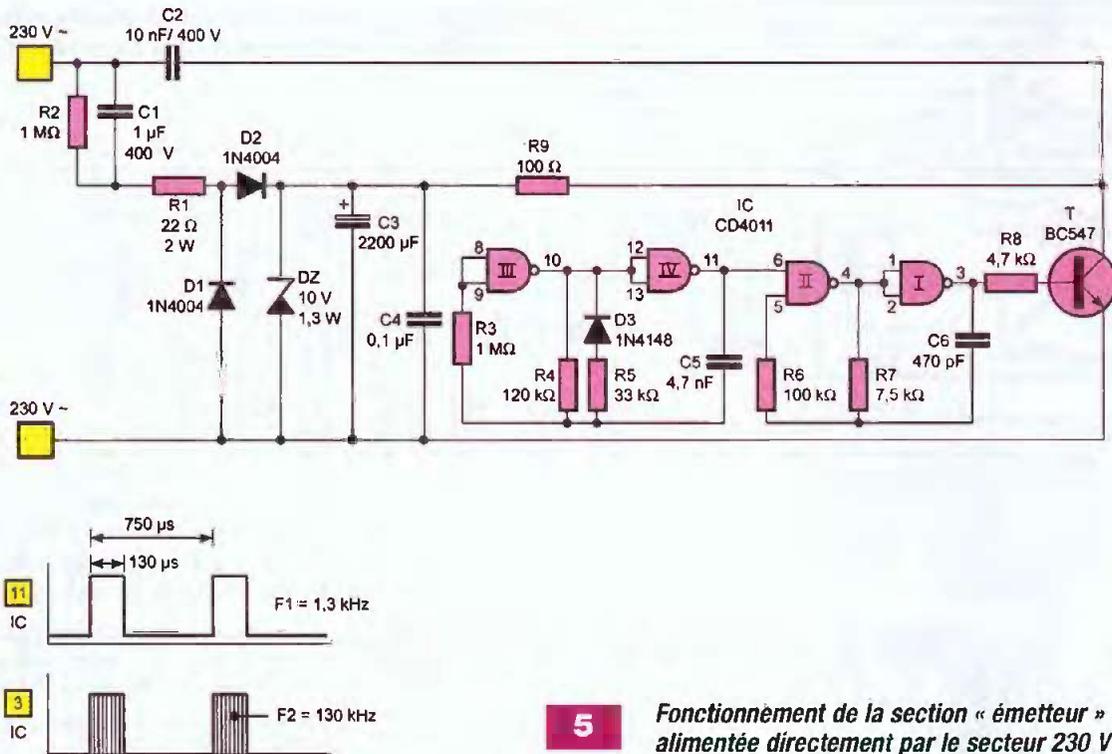
- R1 : 10  $\Omega$ /3 W
- R2 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- R3 : 330  $\Omega$  (orange, orange, marron)
- R4 : 470  $\Omega$  (jaune, violet, marron)
- R5 : 3,3 k $\Omega$  (orange, orange, rouge)
- R6 : 33 k $\Omega$  (orange, orange, orange)
- R7 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)
- R8 : 1 M $\Omega$  (marron, noir, vert)
- R9 : 47 k $\Omega$  (jaune, violet, orange)
- A : Ajustable 220 k $\Omega$
- L : Led rouge  $\varnothing$  3
- D1 à D4 : 1N 4004
- D5 à D7 : 1N 4148
- C1 : 2200  $\mu$ F/16 V
- C2 : 22  $\mu$ F/16 V
- C3 : 0,1  $\mu$ F
- C4 : 2,2  $\mu$ F
- T : Transistor PNP/BC 557
- TR : Triac BTA 08 600 B
- IC1 : MOC 3020
- IC2 : CD 4060
- IC3 : CD 4001
- 1 support 6 broches
- 1 support 14 broches
- 1 support 16 broches
- Bornier soudable 2 plots
- Interrupteur unipolaire pour circuit imprimé
- Bouton-poussoir à contact travail pour circuit imprimé



3



4



5

**Fonctionnement de la section « émetteur » alimentée directement par le secteur 230 V~**

fraction égale à  $6272/8192$ , soit 76 % de la durée totale de la temporisation, est atteinte.

À partir de cet instant, les signaux de préavis se produisent au rythme des passages successifs à l'état « haut » de la sortie Q8, c'est-à-dire tous les 2°, soit 256 périodes élémentaires, ce qui représente  $(8192 - 6272)/256$ , soit 7 signaux de préavis.

À titre d'exemple, prenons le cas où le curseur de l'ajustable est placé en position médiane. Nous avons vu que la durée totale de la temporisation était de 3 minutes et 16 secondes.

Le début des signaux de préavis d'extinction se produira alors au bout de 2 minutes et 30 secondes, avec une périodicité de 6 secondes.

## RÉALISATION

Se reporter aux figures 3 et 4. Attention au respect de l'orientation des composants polarisés. Mis à part le positionnement du curseur de l'ajustable, le montage ne requiert aucun réglage. Les durées de temporisation augmentent si l'on tourne le curseur dans le sens horaire.

On notera qu'il est tout à fait possible de maintenir l'interrupteur en place. Ce dernier devient alors simplement prioritaire sur la commande de la

minuterie qui, de ce fait, se trouve neutralisée.

Le montage étant directement relié au secteur 230 V, il est impératif, en cas d'intervention sur un composant, de toujours le débrancher du secteur.

## Signalisation à distance de la mise sous tension d'un récepteur

### PRINCIPE

Lorsqu'un point d'éclairage, ou un récepteur quelconque, est situé dans un endroit dans lequel on ne séjourne pas de manière continue, la signalisation de son allumage peut présenter un intérêt. C'est le cas notamment des éclairages extérieurs, de grenier ou de cave.

Un allumage automatique par détecteur de proximité infrarouge d'une lampe placée dans une entrée ou une cour entre également dans cette catégorie d'utilisation étant donné que la signalisation de son allumage révèle l'arrivée d'une personne.

Le montage proposé permet la signalisation à distance de cette mise sous tension. Il suffit pour cela de brancher l'appareil récepteur sur n'importe quelle prise de courant de l'installa-

tion domestique. La matérialisation de la signalisation se réalise alors par l'allumage d'une led rouge.

L'émetteur, quant à lui, est tout simplement à brancher aux bornes d'alimentation du récepteur ainsi contrôlé.

Le principe de la transmission de l'information repose sur la technique des courants dits « porteurs », véhiculés par les fils du réseau électrique.

### FONCTIONNEMENT

#### Module émetteur

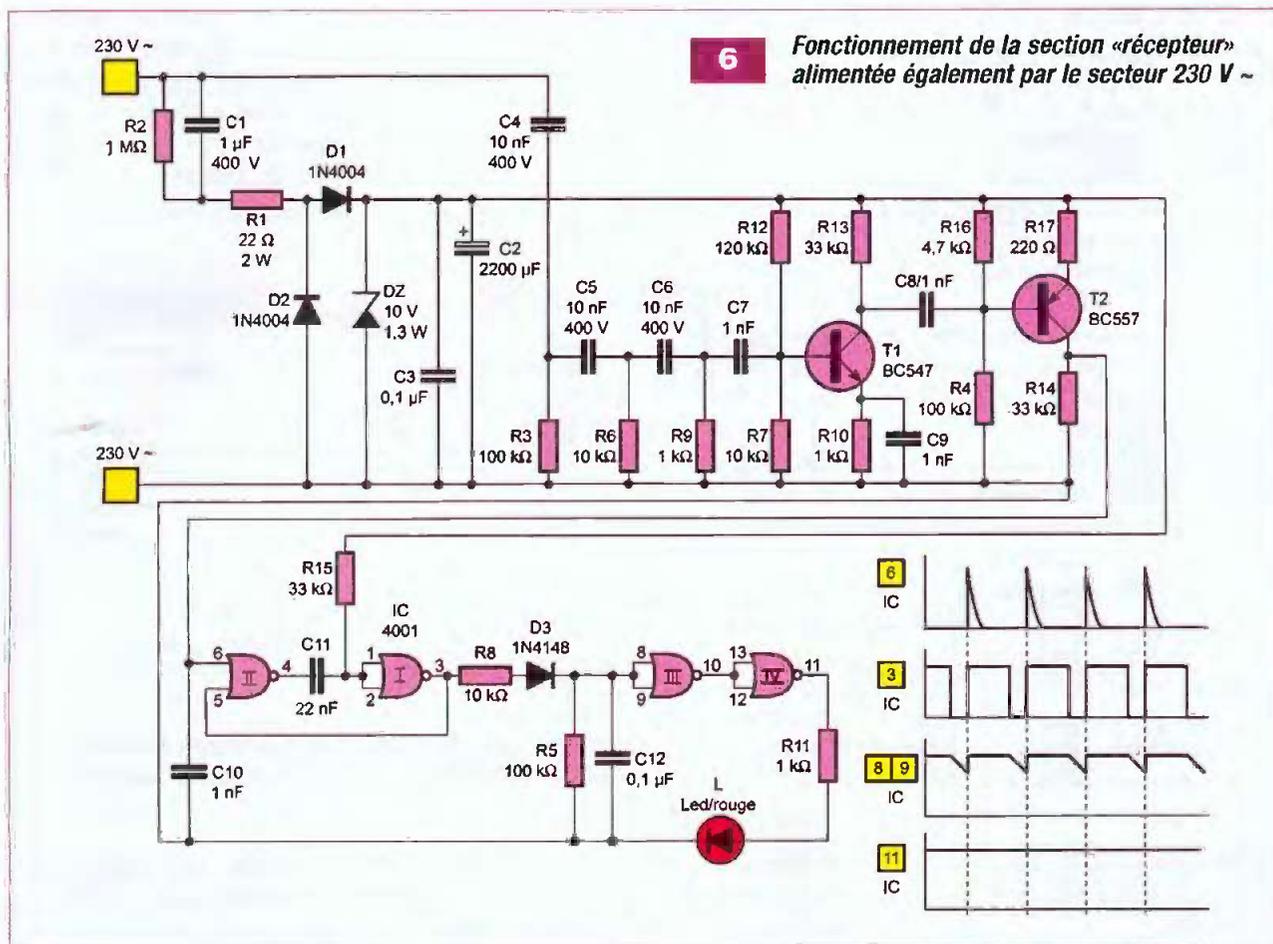
##### Alimentation

La basse tension nécessaire au fonctionnement du montage est directement prélevée du potentiel de 230 V alimentant le récepteur contrôlé, grâce à un couplage capacitif (figure 5). Pendant une alternance, que nous appellerons positive par convention, un courant circule à travers C1, R1 et D2 pour charger la capacité C3.

La diode zéner DZ limite le potentiel sur l'armature positive de cette capacité à 10 V. Lors de l'alternance négative suivante, C3 ne peut se décharger vers le réseau étant donné le blocage assuré par D2. Cette alternance négative transite donc par D1 et permet la décharge de C1 qui, de ce fait,

6

Fonctionnement de la section «récepteur» alimentée également par le secteur 230 V ~



se trouve ainsi prêt pour affronter l'alternance positive suivante.

On recueille ainsi un potentiel continu de 10 V destiné à l'alimentation du montage aval qui se trouve découplé de l'alimentation par la capacité C4. La résistance de grande valeur R2, montée en parallèle sur C1, permet la décharge de ce dernier lorsque l'on débranche le circuit de l'alimentation 230 V, ce qui évite à l'intervenant de bien désagréables secousses s'il venait à toucher par inadvertance les armatures.

### Génération des créneaux basse fréquence

Les portes NAND III et IV, contenues dans le circuit intégré IC, forment un oscillateur astable délivrant sur sa sortie des créneaux dont la période est de l'ordre de 750 µs, ce qui correspond à une fréquence d'environ 1,3 kHz. Mais ces créneaux ne sont pas de forme carrée. Ils sont intentionnellement asymétriques. Plus exactement, la durée des états « haut » est inférieure à celle des états « bas ».

Ce déséquilibre est introduit par la diode D3 qui shunte R4 lors des états « haut » présents sur la sortie de la porte NAND IV.

La durée des états « haut » étant d'environ 130 µs, le rapport cyclique ainsi obtenu est de  $130 / (750 - 130)$ , soit 20 %.

### Génération de la porteuse

Un second oscillateur astable est formé par les portes NAND I et II. À la différence du premier, ce dernier est du type commandé. En fait, il est seulement opérationnel lors des états « haut » présentés sur l'entrée 6. Dans ce cas, il délivre sur sa sortie des créneaux de forme carrée caractérisés par une fréquence de l'ordre de 130 kHz.

### Amplification

Le transistor T amplifie les signaux délivrés par la sortie de la porte NAND I. Sur son collecteur, on relève ces mêmes signaux, mais fortement amplifiés en intensité. Ils sont ensuite injectés dans le réseau de distribution 230 V par l'intermédiaire de C2.

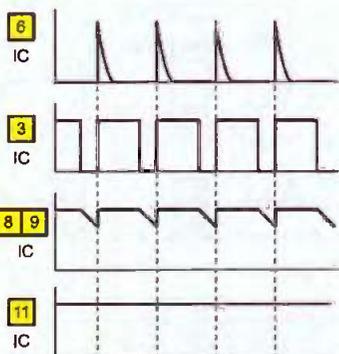
## Module récepteur

### Alimentation

L'alimentation est identique à celle qui équipe le montage émetteur, à savoir un couplage capacitif sur le réseau 230 V (figure 6).

### Réception des signaux

Les signaux proviennent du secteur par l'intermédiaire de la capacité C4. Une cellule de découplage RC constituée par R3, R6, R9, C5, C6 et C7, réalise un premier traitement. Les signaux sont ensuite présentés sur la base du transistor NPN/T1, monté en émetteur commun. À noter, le découplage de R10 par C9 pour un meilleur gain de ce premier étage amplificateur. Un second étage formé par le transistor PNP/T2 effectue l'amplification finale. La polarisation de ce dernier transistor est telle qu'en l'absence de signaux, le potentiel caractérisant le collecteur est nul. La porteuse de 130 kHz est filtrée par C10, si bien qu'à ce niveau ne subsiste plus qu'une suite d'impulsions positives correspondant à 1,3 kHz.



## Traitement final des signaux

Les portes NOR I et II forment une bascule monostable. Pour chaque impulsion positive reçue de la part du collecteur de T2, la bascule délivre un état « haut » d'une durée de l'ordre de 500  $\mu$ s. Rappelons que la période de ces impulsions est de 750  $\mu$ s.

L'ensemble R8, R5, D3 et C12 constitue un dispositif intégrateur.

Lors des états « haut » délivrés par la bascule, la capacité C12 se charge à travers R8 et D3.

Lors des états « bas », elle ne peut se décharger que très lentement à travers R5, de plus grande valeur, étant donné le blocage opéré par D3.

Sur les entrées réunies de la porte NOR III, on observe alors un état logique assimilable à un état « haut », vu que la valeur des potentiels minima reste supérieure au demi potentiel d'alimentation.

La sortie de cette porte présente alors un état « bas » permanent tandis que celle de la porte NOR IV est à l'état « haut ». Il en résulte l'allumage de la led rouge (L) dont le courant est limité par R11.

## RÉALISATION

Se reporter aux figures 7, 8, 9 et 10. On veillera au respect de l'orientation des composants polarisés. Les montages ne nécessitent aucune mise au point. Lors des essais, on remarquera que la réception des signaux par le récepteur peut être meilleure en branchant le récepteur dans un sens ou l'autre dans la prise de courant utilisée. Cette remarque s'applique surtout dans le cas où la distance séparant les deux modules est importante. Attention également à ne pas toucher les composants, une fois les montages reliés au secteur 230 V, pour d'évidentes raisons de sécurité liées au type de couplage capacitif caractérisant les deux modules.

## Protection contre les surtensions

### PRINCIPE

Certains appareils récepteurs supportent assez mal les surtensions. C'est le cas des téléviseurs et des PC. Le montage proposé détecte

## Nomenclature

### Signalisation à distance de la mise sous tension d'un récepteur

#### Émetteur

R1 : 22  $\Omega$ /2 W  
 R2 et R3 : 1 M $\Omega$  (marron, noir, vert)  
 R4 : 120 k $\Omega$  (marron, rouge, jaune)  
 R5 : 33 k $\Omega$  (orange, orange, orange)  
 R6 : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)  
 R7 : 7,5 k $\Omega$  (violet, vert, rouge)  
 R8 : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)  
 R9 : 100  $\Omega$  (marron, noir, marron)  
 D1 et D2 : 1N 4004  
 D3 : 1N 4148  
 DZ : Diode zéner 10 V/1,3 W  
 C1 : 1  $\mu$ F/400 V  
 C2 : 10 nF/400 V  
 C3 : 2200  $\mu$ F/16 V  
 C4 : 0,1  $\mu$ F  
 C5 : 4,7 nF  
 C6 : 470 pF  
 T : Transistor NPN/BC 547  
 IC : CD 4011  
 1 support 14 broches  
 1 bornier soudable 2 plots

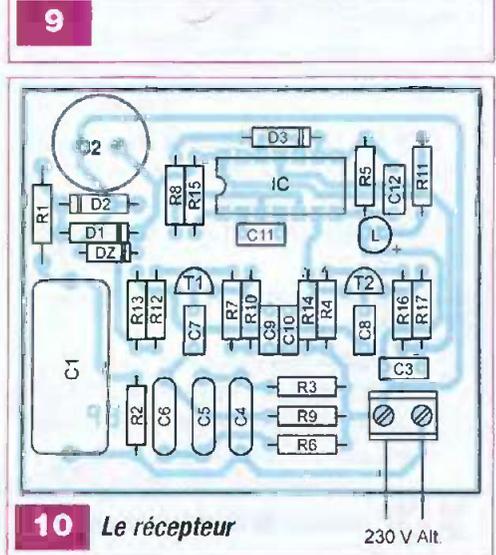
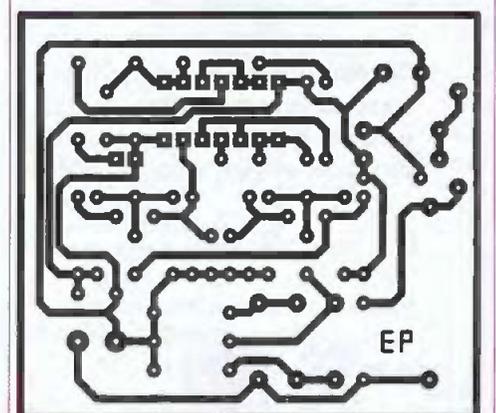
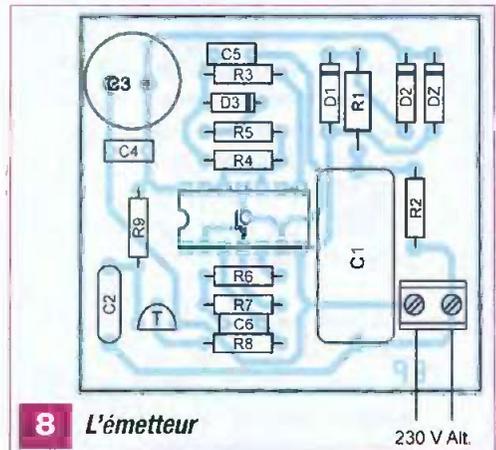
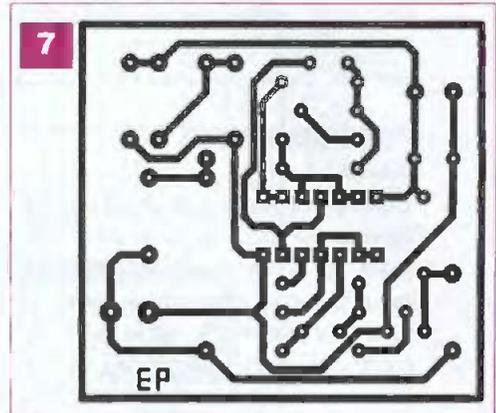
#### Récepteur

R1 : 22  $\Omega$ /2 W  
 R2 : 1 M $\Omega$  (marron, noir, vert)  
 R3 à R5 : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)  
 R6 à R8 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)  
 R9 à R11 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 R12 : 120 k $\Omega$  (marron, rouge, jaune)  
 R13 à R15 : 33 k $\Omega$  (orange, orange, orange)  
 R16 : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)  
 R17 : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)  
 D1 et D2 : 1N 4004  
 D3 : 1N 4148  
 DZ : Diode zéner 10 V/1,3 W  
 L : Led rouge  $\varnothing$  3  
 C1 : 1  $\mu$ F/400 V  
 C2 : 2200  $\mu$ F/16 V  
 C3 : 0,1  $\mu$ F  
 C4 à C6 : 10 nF/400 V  
 C7 à C10 : 1 nF  
 C11 : 22 nF  
 C12 : 0,1  $\mu$ F  
 T1 : Transistor NPN/BC 547  
 T2 : Transistor PNP/BC 557  
 IC : CD 4001  
 1 support 14 broches  
 1 bornier soudable 2 plots

toute surtension, qu'elle soit d'origine météorologique (orages) ou propre au réseau de distribution lui-même.

Dans ce cas, le dispositif isole instantanément le récepteur du réseau. Il rétablit le contact lorsque la tension d'alimentation redevient normale.

Par ailleurs, en cas de coupure du réseau, lors d'un orage par exemple, lorsque le courant est rétabli, le montage opère uniquement la jonction après une temporisation.



De ce fait, le récepteur se trouve protégé de la première onde, souvent abrupte, propre au retour du courant.

## FONCTIONNEMENT

### Alimentation

L'énergie provient du secteur par l'intermédiaire d'un transformateur délivrant, sur son enroulement secondaire, un potentiel alternatif de l'ordre de 12 à 15 V (figure 11). Après redressement des deux alternances par un pont de diodes, la capacité C1 réalise un premier filtrage. Sur la sortie d'un régulateur 7809, on recueille alors un potentiel continu stabilisé à 9 V. La capacité C2 effectue un complément de filtrage, tandis que C5 découple l'alimentation du circuit aval. La led verte L2, dont le courant est limité par R10, signale la présence du secteur.

### Temporisation après mise sous tension du montage

Au moment de l'arrivée de la tension issue du secteur, la capacité C3 se charge rapidement à travers R6.

Il en résulte un bref état « haut » sur l'entrée (8) de la porte NOR III de IC3. Cet état « haut » se répercute sur la sortie de la porte NOR IV du même circuit intégré. Il assure le démarrage de la bascule monostable formée par

les portes NOR III et IV de IC2. Cette dernière délivre alors sur sa sortie un état « haut » d'une durée de l'ordre de 7 secondes.

La sortie de la porte NOR II de IC3 passe alors à l'état « bas ». Cela a deux conséquences :

- le passage à l'état « haut » de la porte NOR I de IC3, donc l'allumage de la led rouge L1
- le blocage du transistor NPN.

Nous verrons que cette situation entraîne le maintien de l'ouverture du relais, c'est-à-dire la non alimentation du récepteur protégé.

### Alimentation du récepteur en cas d'absence de surtension secteur

À l'issue de la temporisation précédemment évoquée, la sortie de la bascule monostable repasse à l'état « bas ». La led rouge s'éteint et le transistor T devient actif. Il comporte dans son circuit collecteur la bobine d'un relais.

Ce dernier est directement alimenté par le potentiel disponible sur l'armature positive de C1.

La fermeture du relais entraîne l'alimentation du récepteur protégé.

La diode D2 protège le transistor des effets de surtension de self pouvant éventuellement se manifester lors des ouvertures du relais.

### Détection d'une surtension

Au niveau de la sortie positive du pont redresseur, on relève une suite de demi-alternances positives caractérisées par une période de 10 millisecondes (100 Hz). Du fait de la situation de l'ajustable A en amont de la diode D3, ces alternances ne sont pas affectées par le filtrage opéré par C1. Grâce au curseur de cet ajustable, il est alors possible de prélever une fraction plus ou moins importante du potentiel disponible sur l'anode de D3.

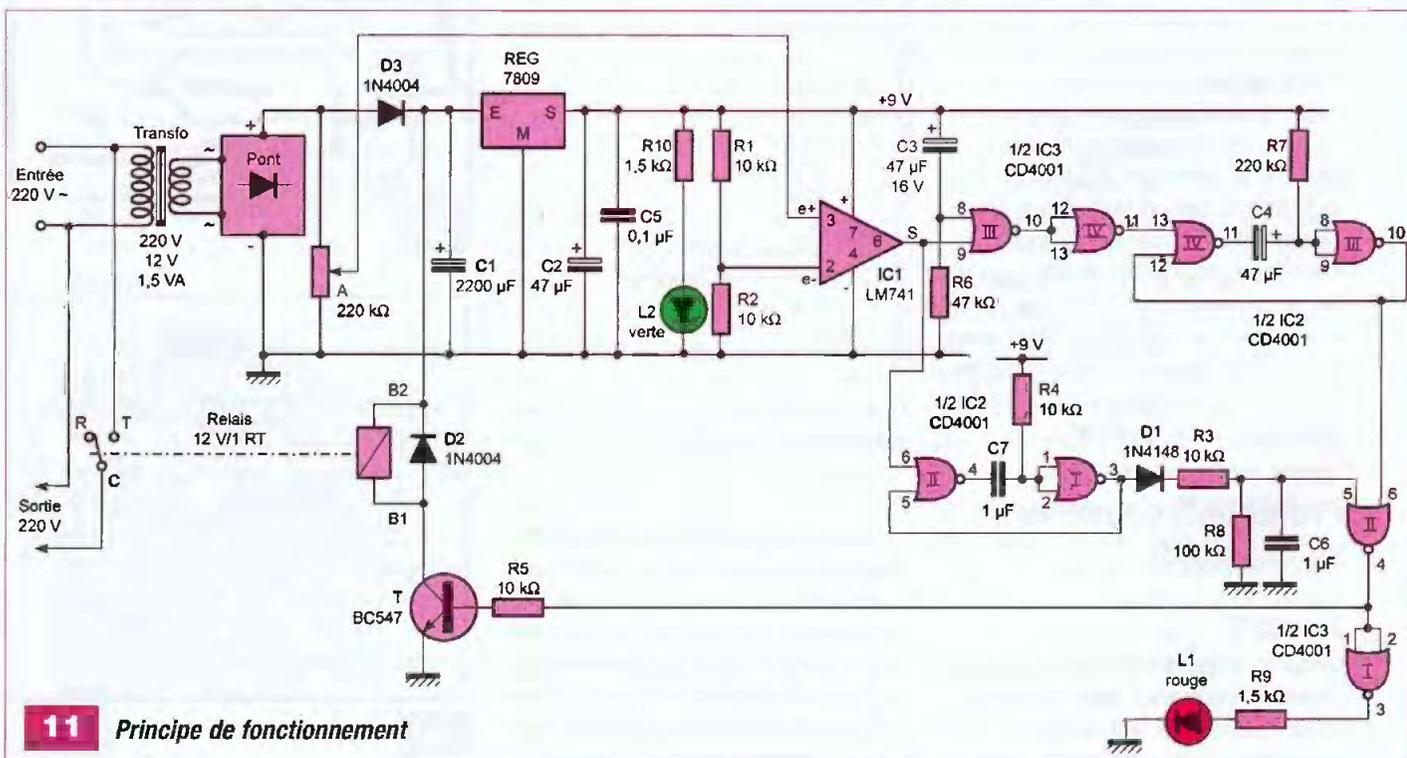
Ce potentiel est présenté sur l'entrée directe du comparateur IC1. Son entrée inverseuse (e-) est soumise au demi potentiel d'alimentation, soit 4,5 V, grâce au pont diviseur formé par R1 et R2.

Tant que les valeurs des crêtes des alternances présentées sur l'entrée directe restent inférieures à 4,5 V, la sortie du comparateur présente un état « bas ».

En revanche, si les valeurs de crête dépassent 4,5 V, la sortie de IC1 présente des états « haut » caractérisés par une période de 10 millisecondes.

### Cas d'une surtension ponctuelle

Même si la surtension détectée est brève, de l'ordre de la durée d'une demi-alternance par exemple, la sor-



11 Principe de fonctionnement

## Nomenclature

### Protection contre les surtensions

- 4 straps (1 horizontal, 3 verticaux)
- R1 à R5 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)
- R6 : 47 k $\Omega$  (jaune, violet, orange)
- R7 : 220 k $\Omega$  (rouge, rouge, jaune)
- R8 : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)
- R9 et R10 : 1,5 k $\Omega$  (marron, vert, rouge)
- A : Ajustable 220 k $\Omega$
- D1 : 1N 4148
- D2 et D3 : 1N 4004
- Pont de diodes
- L1 : Led rouge  $\varnothing$  3
- L2 : Led verte  $\varnothing$  3
- REG : Régulateur 9 V – 7809
- C1 : 2200  $\mu$ F/25 V
- C2 à C4 : 47  $\mu$ F/16 V
- C5 : 0,1  $\mu$ F
- C6 et C7 : 1  $\mu$ F
- T : Transistor NPN/BC 547
- IC1 : LM 741
- IC2 et IC3 : CD 4001
- 1 support 8 broches
- 2 supports 14 broches
- Transformateur 220 V/2 x 6 V/1,5 VA (moulé pour circuit imprimé)
- 2 borniers soudables 2 plots
- Relais 12 V/1 RT

tie du comparateur délivrera un état « haut ». Ce dernier est aussitôt transmis sur l'entrée de la bascule monostable NOR III et IV de IC2, laquelle présentera alors sur sa sortie un état « haut » caractérisé par une durée de 7 secondes.

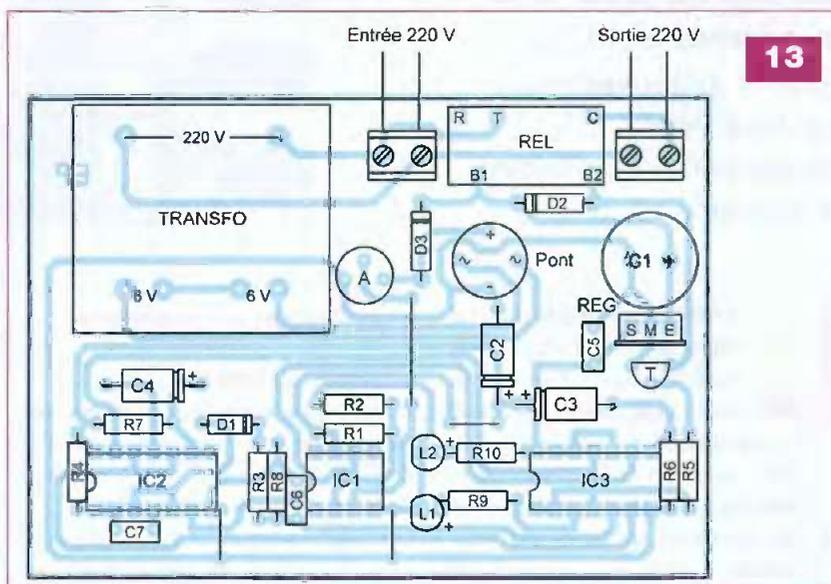
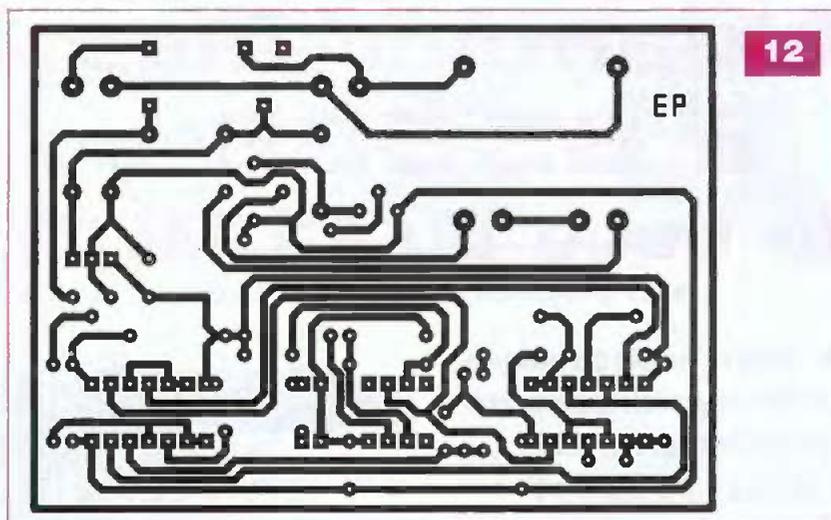
Il s'ensuit l'ouverture du relais de protection du récepteur.

Celui-ci ne se refermera qu'après la temporisation de 7 secondes, à condition toutefois que la situation soit redevenue normale.

### Cas d'une surtension permanente

Dans cette situation, la sortie du comparateur délivre une suite d'états « haut » caractérisés par une période de 10 millisecondes. Ces derniers sont alors pris en compte par la bascule monostable constituée par les portes NOR I et II de IC2. Sur sa sortie, on relève des états « haut » d'une durée de l'ordre de 7 millisecondes. L'ensemble D1, R3, R8 et C6 forme un dispositif intégrateur.

La capacité C6 se charge rapidement à travers R3 lors des états « haut » délivrés par la bascule. Mais sa décharge dans R8 est beaucoup plus lente, étant donné la valeur plus élevée de cette résistance et le blocage



réalisé par D1. Il en résulte un état « haut » permanent sur l'entrée (5) de la porte NOR II de IC3. La led rouge L1 est alors allumée et le transistor T bloqué. Le relais d'alimentation du récepteur reste ouvert pendant toute la durée de la surtension.

### RÉALISATION

Se reporter aux figures 12 et 13. Il convient de ne pas oublier les quelques straps qu'il a fallu prévoir afin d'éviter le circuit double face.

Dans un premier temps, le curseur de l'ajustable est à placer à fond dans le sens anti-horaire, c'est-à-dire de façon telle que le potentiel présenté sur l'entrée directe de IC1 soit nul.

Après avoir constaté la fermeture du relais au bout de 7 secondes de temporisation suite à la mise sous tension du montage, on tournera pro-

gressivement et très lentement le curseur de l'ajustable dans le sens horaire, jusqu'au moment où le relais s'ouvrira.

On considèrera que le potentiel d'alimentation est normal.

On peut tout de même s'en assurer en le mesurant.

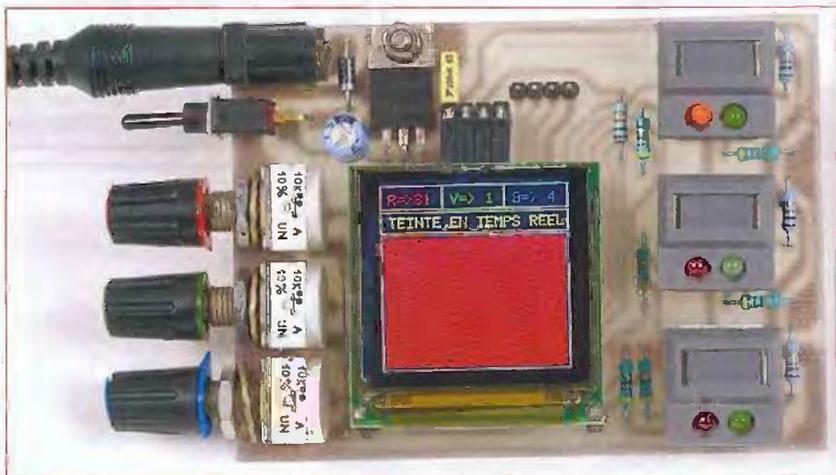
Il s'agit maintenant de positionner le curseur de l'ajustable de façon à ce que le dispositif réagisse pour une surtension de 15 %, par exemple, par rapport à cette normale.

Il convient alors de retirer IC1 de son support et de mesurer la valeur ohmique de la résistance comprise entre les broches (3) et (4) du support. Si R est cette valeur, il est nécessaire de positionner le curseur de manière à mesurer cette valeur R diminuée de 15 %.

R. KNOERR

# Nuancier électronique à 65 536 couleurs (à base du CUBLOC CB220)

Un nuancier électronique est un appareil très prisé par les infographistes, amateurs ou professionnels, par les artistes peintres, les décorateurs, les peintres en bâtiment et, plus généralement, par tous ceux qui souhaitent maîtriser la couleur.



**L**a réalisation inédite d'un tel nuancier électronique est depuis peu de temps à la portée de chacun grâce à la commercialisation, par la société Lextronic, pour un coût raisonnable, d'un afficheur miniature graphique de 65 536 couleurs constitué de leds organiques.

Le jumelage de cet afficheur miniature graphique au célèbre microcontrôleur CB220 permet la simplification du schéma de principe moyennant un programme sophistiqué développé par nos soins.

Notre nuancier comporte une mémoire non volatile des vingt couleurs de votre choix qu'il sera aisé d'afficher, même après une mise hors tension prolongée, sans sauvegarde par une quelconque pile ou batterie.

Nous n'utilisons pas ce nouvel afficheur graphique au maximum de ses possibilités, mais nous allons, au cours de cet article, vous en faire découvrir un large éventail.

Sachez qu'il se programme à l'aide d'une simple liaison série et que, selon le modèle, il peut même afficher des photos et des animations préalablement chargées en mémoire « flash » interne.

## L'afficheur graphique

### Caractéristiques

Il est indispensable d'informer nos lecteurs de la commercialisation d'un nouveau composant, avant même de l'utiliser dans nos réalisations.

Les performances et la simplicité de mise en œuvre de cet afficheur ont retenu toute notre attention. Il est constitué d'une matrice de 128 x 128 soit 16 384 pixels (ou points). Chacun d'eux est formé par trois diodes électroluminescentes organiques (OLED) de dernière génération, juxtaposées (une rouge, une verte et une bleue), soit 49 152 OLED pour l'afficheur.

Sous l'action de la tension électrique, chacune d'elles produit sa propre couleur et sa propre lumière, d'où une combinaison de 65 536 couleurs (32 pas de rouge, 64 pas de vert et 32 pas de bleu, soit 32 x 64 x 32).

Sachez que vous pouvez vous procurer cet afficheur auprès de la société Lextronic sous deux versions : le « µLCD-MK1 » (49,90 €) et le « µLCD-MKII » (70,00 €).

De nombreuses commandes sont communes aux deux versions.

D'utilisation simple, elles permettent d'effacer l'écran, de choisir la couleur

du fond, d'afficher individuellement des pixels de la teinte choisie, de connaître la couleur d'un pixel (point), de dessiner des cercles, des rectangles pleins ou vides, des lignes, de sélectionner différentes tailles de fontes, d'afficher des textes en mode transparent ou opaque, des chaînes de caractères ASCII et même de redéfinir vos propres caractères.

Bien que la réalisation du nuancier se satisfasse de la version de base, nous vous informons que le modèle « µLCD-MKII » est équipé d'une mémoire « flash » interne de 1 Mo.

De ce fait, il dispose de commandes supplémentaires permettant de dessiner des cercles pleins, mais également de gérer les images et la vidéo de manière très précise, de rendre certaines couleurs d'images transparentes, de dessiner des boutons sur l'écran, d'effectuer des « copier/coller » de parties d'écran, de lire et d'écrire dans la mémoire flash interne de l'écran, etc.

Voici leurs principales caractéristiques :

- Écran CSTN 1,5 pouce rétro-éclairé (écran: 30 x 32 mm).
- Résolution 128 x 128 et 65 536 couleurs.

- 128 caractères intégrés disponibles.
- 64 caractères (8 x 8) redéfinissables par l'utilisateur.
- 3 tailles de fontes de caractères disponibles : 5 x 7, 8 x 8 et 8 x 12.
- Interface série RS232 (niveau logique 0 - 3,3 V).
- Détection automatique du débit de communication : 300 bds à 128 Kbps.
- Mémoire-flash 1 Mo (seulement sur modèle µLCD-MKII).
- Alimentation : 5 Vcc sous 100 à 150 mA environ.

L'ajout d'un petit connecteur de conversion optionnel « microUSB » (25,00 €), permet à l'afficheur d'être alimenté et piloté par le port USB d'un PC, tout en étant adressable comme une liaison série grâce à l'utilisation d'un « driver ». Du côté PC, un logiciel gratuit s'occupe du téléchargement à bord de l'afficheur.

## Commandes

Nous vous mettons en garde sur le fait que chaque instruction nécessite un nombre précis de paramètres. En cas d'oubli ou de surcharge, la commande ne fonctionne pas et produit parfois à l'écran de curieux résultats. Chaque instruction s'organise de la manière suivante. La liaison série envoie un caractère ASCII (ou sa valeur numérique) définissant la commande, puis une suite de paramètres espacés les uns des autres par une virgule. Deux octets, passés en paramètres, déterminent le choix de la couleur à afficher.

La difficulté réside dans le fait que les trois couleurs fondamentales (rouge, vert et bleu) sont codées sur deux octets seulement. Les cinq premiers bits du premier octet codent le bleu, les trois suivants et les trois premiers du second octet concernent la composante verte, enfin les cinq derniers bits du second octet déterminent le rouge. Le **tableau 1** donne quelques exemples précis afin d'éclaircir cette description. Il va de soi qu'en modulant la valeur des deux octets, vous pouvez obtenir une palette de 65 536 teintes.

Voici la syntaxe des principales commandes de l'afficheur « µLCD-MKI », celles utilisées pour le nuancier électronique. Les lecteurs intéressés par de plus amples informations ou par le

OCTET Numéro 2			OCTET Numéro 1			RÉSULTAT
ROUGE	VERT 2	VALEUR	VERT 1	BLEU	VALEUR	
1 1 1 1 1 0 0 0	0 0 0	248	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0	0	 ROUGE
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0	0	0 0 0 1 1 1 1 1	1 1 1 1	31	 BLEU
0 0 0 0 0 1 1 1	1 1 1	7	1 1 1 0 0 0 0 0	0 0 0 0	224	 VERT
1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1	255	1 1 1 0 0 0 0 0	0 0 0 0	224	 JAUNE
1 1 1 1 1 0 0 0	0 0 0	248	0 0 0 1 1 1 1 1	1 1 1 1	31	 MAGENTA
0 0 0 0 0 1 1 1	1 1 1	7	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1	255	 TURQUOISE
1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1	255	1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1	255	 BLANC
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0	0	0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0	0	 NOIR

**Tableau 1 : Détermination de la valeur des deux octets de couleur**

- Effacer l'écran : Putstr 1,"E"
- Couleur du fond : Putstr 1,"B", Cou1, Cou2, Cou3
- Exemple : Putstr 1,"B",255,224
- Afficher un point : Putstr 1,"P", X, Y, Cou1, Cou2, Cou3
- Exemple : Putstr 1,"P",45,98,7,224
- Dessiner un cercle : Putstr 1,"C", X, Y, Rayon, Cou1, Cou2, Cou3
- Exemple : Putstr 1,"C",62,50,10,221,6
- Dessiner une ligne : Putstr 1,"L", X1, Y1, X2, Y2, Cou1, Cou2, Cou3
- Exemple : Putstr 1,"L",1,3,127,127,12,248
- Dessiner un rectangle : Putstr 1,"r", X1, Y1, X2, Y2, Cou1, Cou2, Cou3, Mode
- Exemple : Putstr 1,"r",12,11,117,97,9,238,0 (rectangle vide)
- Exemple : Putstr 1,"r",12,11,117,97,9,238,1 (rectangle plein)
- Fonte de caractères : Putstr 1,"F", Taille
- Exemple : Putstr 1,"F",0 (Caractères de 5 x 7 points)
- Exemple : Putstr 1,"F",1 (Caractères de 8 x 8 points)
- Exemple : Putstr 1,"F",2 (Caractères de 8 x 12 points)
- Un caractère : Putstr 1,"T", Car, Colonne, Ligne, Cou1, Cou2, Cou3
- Exemple : Putstr 1,"T",65,3,5,207,233 (un « A » à la 4<sup>e</sup> colonne, 6<sup>e</sup> ligne)
- Une chaîne de caractères : Putstr 1,"s", Colonne, Ligne, Taille, Cou1, Cou2, Cou3, Car1, ..., CarN, 0
- Exemple : Putstr 1,"s",0,2,2,175,239,"BONJOUR"
- Définition d'un caractère : Putstr 1,"A", No, Val1, Val2, Val3, Val4, Val5, Val6, Val7, Val8
- Exemple : Putstr 1,"A",0,24,102,66,153,153,66,102,24 (dessin du 1<sup>er</sup> caractère)
- Placer un caractère redéfini : Putstr 1,"D", Car, X, Y, Cou1, Cou2, Cou3
- Exemple : Putstr 1,"D",0,63,63,7,255 (caractère redéfini « 0 » en X = 63 ; Y = 63)
- Fonctions de contrôle : Putstr 1,"Y", Mode, Valeur
- Exemple : Putstr 1,"Y",0,0 (supprime le rétro-éclairage, sans intérêt !)
- Exemple : Putstr 1,"Y",1,0 (affichage inactif)
- Exemple : Putstr 1,"Y",1,1 (affichage actif)
- Exemple : Putstr 1,"Y",2,12 (réglage du contraste de 0 à 15)
- Exemple : Putstr 1,"Y",3,0 (afficheur hors tension = Power-Down)
- Exemple : Putstr 1,"Y",3,1 (afficheur sous tension = Power-Up)

**Tableau 2**

modèle plus performant sont invités à se reporter aux notices du constructeur disponibles sur le site Internet de Lextronic aux pages suivantes :

- <http://www.lextronic.fr/4dsystems/uLCD%20Users%20Manual.pdf>
- <http://www.lextronic.fr/4dsystems/uLCD-MkII%20Draft.pdf>

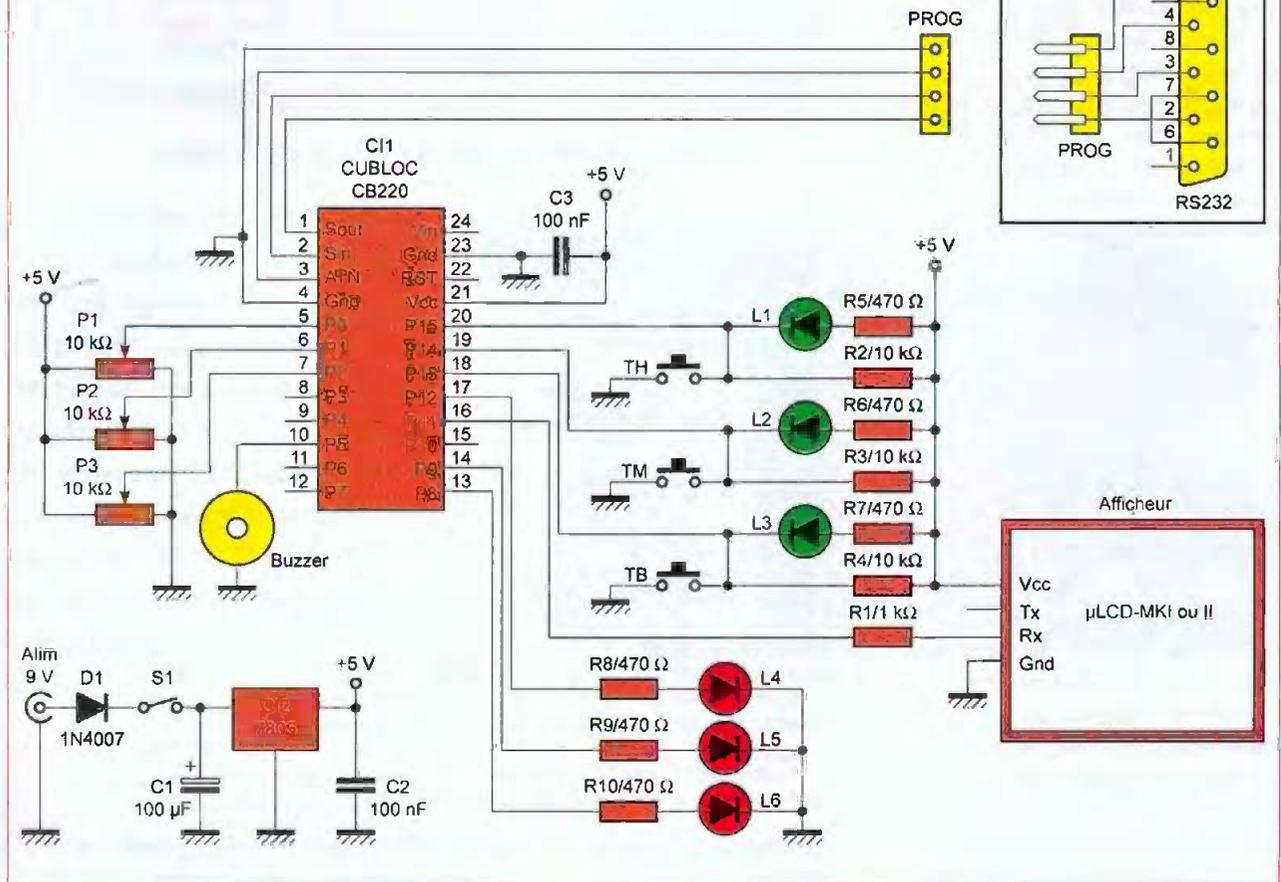
En langage basic du Cubloc CB220, l'instruction « PUTSTR 1, « caractère ASCII », se charge de la communication série. Le « 1 » définit le canal RS232 du CB220. De plus, il ne faut

pas oublier de programmer une petite temporisation indispensable entre chaque commande, pour laisser le temps à l'afficheur d'effectuer le travail demandé (**tableau 2**).

Le constructeur attire notre attention sur le fait qu'il est **impératif** d'envoyer l'instruction de contrôle « Putstr 1,"Y", 3,0 » destinée à mettre l'afficheur en mode « Power-Down » avant de mettre le montage hors tension. Le non respect de cette consigne peut même parfois, entraîner

1

## Schéma de principe



sa destruction !

Le nuancier électronique se conforme à cette règle avec une procédure d'arrêt sécurisée en deux temps, comportant l'appui sur une touche avant d'actionner l'interrupteur.

## Schéma de principe

Assez attendu ! Passons maintenant à l'étude du schéma de principe de la figure 1 où C1, le microcontrôleur CB220 désormais bien connu de nos lecteurs, règne en maître.

Les curseurs des trois potentiomètres P1 à P3 prélèvent, individuellement, une partie de la tension d'alimentation. Ces dernières sont lues au moyen des trois broches P0 - P1 - P2 configurées en entrées analogiques d'une précision de 10 bits.

Les valeurs reçues, après calcul par le programme, représentent respectivement les trois composantes fondamentales rouge, verte et bleue destinées à déterminer l'une des 65 536

couleurs à afficher. La broche P5 commande directement le buzzer piézo à l'aide d'un signal modulé en largeur d'impulsion (MLI ou PWM). Les broches P13 à P15, configurées en entrées numériques, reçoivent le potentiel positif via les résistances R2, R3 et R4.

L'appui sur une des trois touches TH, TM ou TB, force l'entrée considérée à la masse. Simultanément, les leds L1 à L3, correspondant à la touche, sont alimentées à travers les résistances de limitation R5 à R7. Ce signalement, bien que facultatif, atteste la prise en compte de l'action.

Les broches P8, P9 et P12 configurées en sorties gèrent les trois leds L4 à L6, via les résistances de limitation R8 à R10. Ces leds, bien pratiques, signalent les différents états de l'appareil en temps réel.

L'afficheur µLCD-MK1 ne comporte que quatre broches : deux pour l'alimentation, une pour la réception série des données « Rx » et la der-

nière « Tx », que nous n'utilisons pas ici mais qui permet au microcontrôleur d'interroger l'afficheur (couleur, accusé réception, etc.). L'interface série RS232 fonctionne sous des niveaux logiques 0 et 3,3 V. De ce fait, le câblage de la résistance R1 est indispensable en vue d'adapter la tension du montage (5 volts) à la commande de l'afficheur.

Le connecteur de programmation véhicule directement les signaux du PC. Le cordon rudimentaire permet de programmer très simplement le CB220, autant que nécessaire pour le développement.

L'alimentation, issue d'une pile, d'une batterie ou d'un bloc secteur ne présente aucune particularité. La diode D1 protège la réalisation contre les inversions de polarités. L'interrupteur S1 offre une mise hors tension sûre. La tension est ensuite filtrée par le condensateur C1, régulée et stabilisée à 5 volts par C2, puis découplée par C3.

## Nomenclature

### Résistances 5%

R1 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)

R2, R3, R4 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)

R5 à R10 : 470  $\Omega$  (jaune, violet, marron)

### Potentiomètres

P1, P2, P3 : 10 k $\Omega$  linéaire type P11 à piste Cermet

### Condensateurs

C1 : 100 à 220  $\mu$ F/25 V

C2, C3 : 100 nF

### Semi-conducteurs

1 afficheur graphique couleur type «  $\mu$ LCD- MKI ou II »

C11 : microcontrôleur Cubloc CB220

C12 : 7805

D1 : 1N 4007

### Divers

1 support large de circuit intégré à 24 broches

1 connecteur d'alimentation de 2,1 mm

1 inverseur miniature à broches coudées pour circuit imprimé

3 touches larges type « Digitast »

(capot 17,3 mm) avec 2 leds

Barrette sécable mâle et femelle type SIL droite et coudée

1 buzzer piézo (diamètre 13 mm)

Fils souples, rigides et visserie de 3 mm

## Réalisation

Très compacte, cette réalisation tient sur un circuit imprimé de taille réduite (89 x 65 mm), dont le dessin du typon à l'échelle 1 est donné à la figure 2 en vue d'une reproduction par la méthode photographique.

Gravez et percez la plaque selon la procédure habituelle.

Prenez la précaution de vous procurer toutes les pièces avant l'opération de perçages afin de connaître précisément le diamètre des trous.

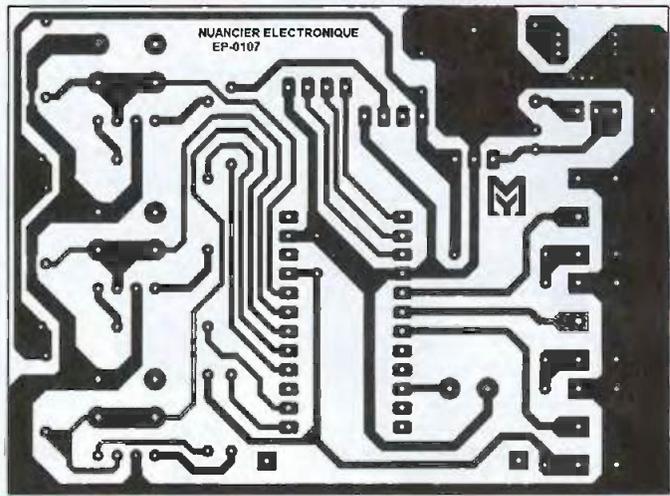
Commencez avec un foret de 0,8 mm et alésez si nécessaire à un diamètre supérieur.

L'implantation des composants comporte quelques petites particularités dues à sa disposition étagée.

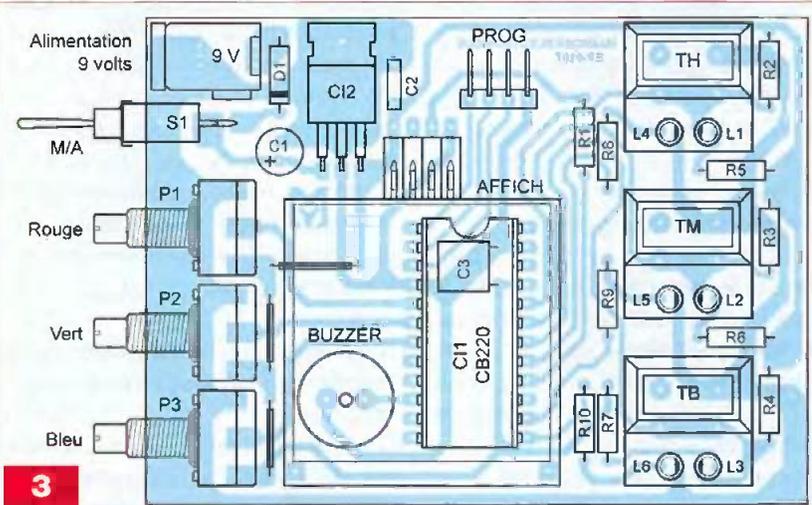
Référez-vous au plan de la figure 3 et reportez-vous aux instructions suivantes : soudez en premier lieu les trois straps (ponts de liaisons). Poursuivez par les résistances, la diode, les condensateurs au mylar dont C3 monté à plat sous le support du CB220, le connecteur PROG constitué de quatre broches de barrette sécable SIL droite ou coudée, les trois touches avec leurs leds (en prenant soin de ne pas les maintenir

2

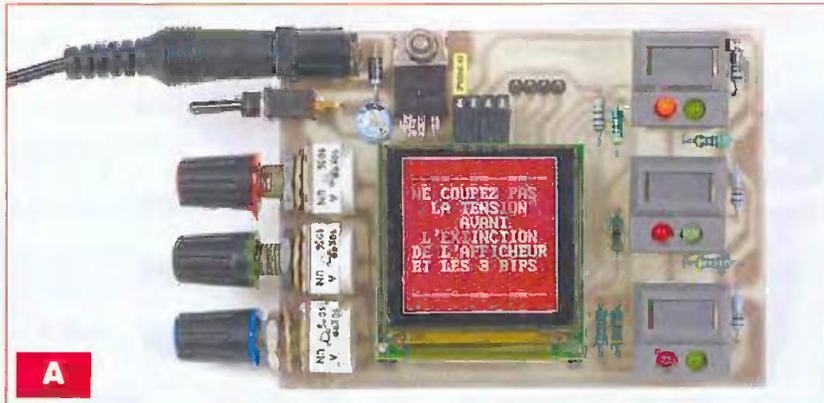
Dessin du circuit imprimé vu du côté pistes cuivrées



3



A



en position enfoncée durant la soudeure), le connecteur d'alimentation, l'interrupteur S1, les trois potentiomètres, le condensateur chimique et, enfin, le régulateur C12 vissé à même le circuit imprimé.

Soudez le buzzer piézo. Celui-ci est un modèle de 13 mm de diamètre.

Si vous n'avez pas réussi à vous le procurer, il suffit simplement d'en placer un plus grand du côté des pistes cuivrées.

L'afficheur graphique se raccorde à

l'aide de quatre broches. Sur la maquette, il est fixé par un jeu de connecteurs SIL mâles et femelles, coudés et droits, au-dessus du microcontrôleur CB220, en laissant quelques millimètres de hauteur de sécurité. Sur l'avant, deux petits fils rigides soudés règlent le niveau.

Il est également possible de déporter l'afficheur sur une éventuelle face avant au moyen d'un cordon réalisé par vos soins. Quelle que soit la solution adoptée, protégez l'écran avec



une vitre ou un plexiglas bien transparent.

Avant la première mise sous tension, il convient de vérifier minutieusement toutes les pistes du circuit imprimé afin de traquer la coupure accidentelle ou la trop généreuse goutte de soudure.

Contrôlez également la valeur et l'orientation des composants.

Après la mise sous tension, ne coupez pas le courant « sauvagement », rappelez-vous que l'afficheur nécessite une procédure sécurisée (photo A). Effectuez d'abord la programmation du CB220, le programme ainsi chargé contrôle cette sécurité.

Voyez les paragraphes ci-après.

## Programmation

Si ce n'est pas déjà fait, téléchargez gratuitement la dernière version du logiciel CublocStudio sur le site de Comfile, fabricant du CB220 à l'adresse suivante :

<http://cubloc.com/data/01.php?PHPSESSID=6836d769e9b501c671c1aedf28827869>

La société Lextronic, distributeur du CB220, offre sur son site Internet à l'adresse suivante, le manuel du microcontrôleur et les notes d'applications en français :

<http://www.lextronic.fr/Comfile/cubloc/PP.htm>

Après installation du logiciel CublocStudio, reliez le nuancier à un port sériel du PC via le connecteur PROG. Si le CB220 est neuf, vous devrez probablement mettre à jour son logiciel interne (*firmware*) à l'aide du menu « SETUP ». L'opération dure quelques minutes, mais elle est entièrement automatisée et simple.

En plus du programme du nuancier, nous avons développé à votre intention deux petits programmes destinés à vous familiariser avec ce nouvel afficheur graphique couleur très attrayant.

Le premier montre les possibilités d'affichages de textes avec le nombre de lignes, de colonnes et les différentes fontes de caractères.

Le second programme traite des formes géométriques et des couleurs.

**N'omettez jamais d'appuyer sur la touche du haut pour arrêter l'appareil.**

Comme d'habitude, vous trouverez ces deux programmes en libre téléchargement sur le site Internet de la revue ([www.electroniquepratique.com](http://www.electroniquepratique.com)). Rappelez-vous que chacun d'eux comporte deux fichiers, l'un à ouvrir dans CublocStudio porte l'extension « .CUL » (ce n'est pas une blague, c'est le fabricant qui en a décidé ainsi !) et l'autre, indissociable, porte l'extension « CUB ».

Les lecteurs n'ayant pas l'opportunité de se connecter à Internet peuvent obtenir nos fichiers en adressant à la rédaction un CD-Rom sous enveloppe auto-adressée suffisamment affranchie.

## Utilisation

Voici un mode d'emploi succinct destiné à vous familiariser avec l'utilisation de cet appareil hors du commun. À tout moment, vous pouvez mettre le nuancier hors tension en appuyant sur la touche du haut. Un message vous demande d'attendre quelques secondes et les trois bips sonores avant de couper l'alimentation.

**Cette procédure est indispensable à la survie de l'afficheur !**

Le nuancier électronique fonctionne sous trois modes signalés sur l'écran et par l'illumination d'une des leds rouges disposées sur les touches. Après le message de présentation, vous entrez directement dans le mode commun, celui de l'affichage de la couleur en temps réel en actionnant les trois potentiomètres (photo B).

Les valeurs des trois composantes R (rouge), V (verte) et B (bleue) s'actualisent en même temps sur la première ligne de l'écran.

Pour chaque mode, voici le résultat obtenu par l'appui sur une des touches.

- **Mode de la couleur en temps réel**

- Touche du HAUT : appelle la procédure d'arrêt sécurisée.

- Touche du CENTRE : lance la procédure de mémorisation en EEPROM.

- Touche du BAS : permet de visualiser les couleurs en mémoire.

- **Mode de mémorisation en EEPROM**

- Touche du HAUT : appelle la procédure d'arrêt sécurisée.

- Touche du CENTRE : sélectionne l'adresse de mémoire EEPROM suivante ou annule la procédure de mémorisation après la dernière adresse, puis boucle le cycle en proposant de nouveau la première adresse et ainsi de suite.

- Touche du BAS : mémorise les coordonnées de la couleur à l'adresse choisie, si une adresse est sélectionnée, puis retourne au mode de COULEUR EN TEMPS RÉEL.

- **Mode de visualisation des couleurs mémorisées**

- Touche du HAUT : appelle la procédure d'arrêt sécurisée.

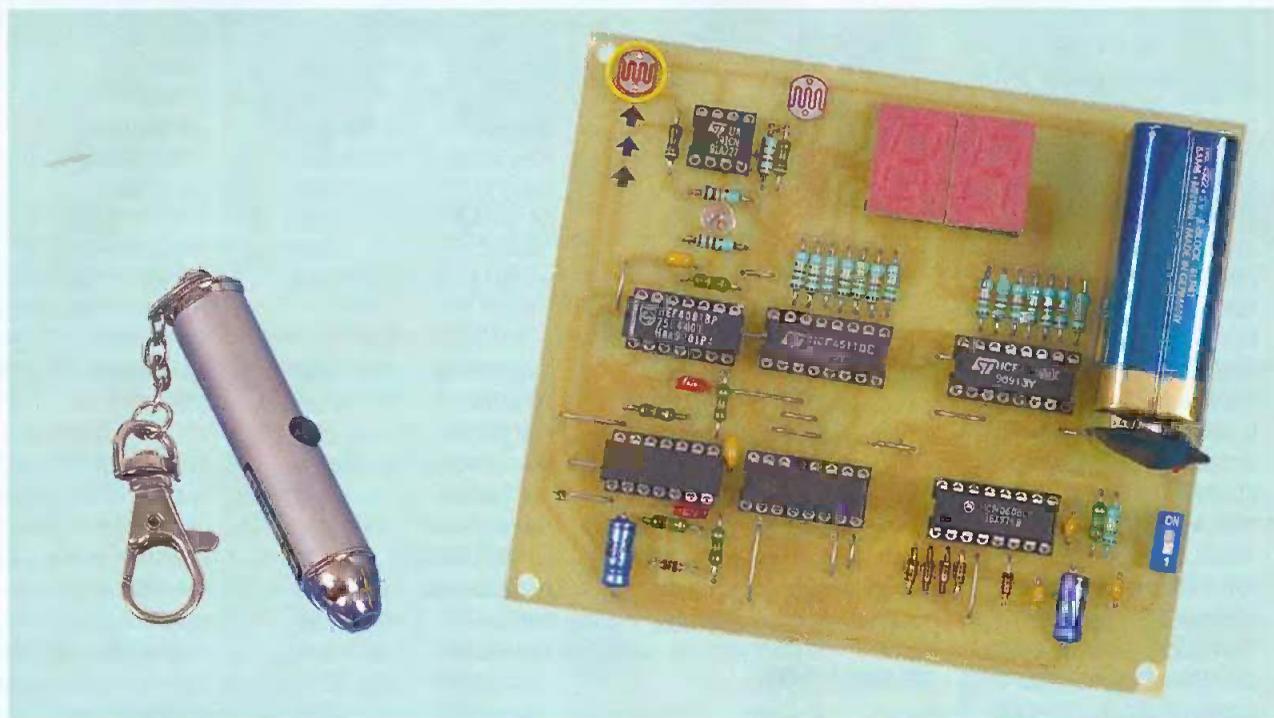
- Touche du CENTRE : affiche la couleur mémorisée suivante. Après la dernière couleur, l'action boucle le cycle sur la première et ainsi de suite. La rotation des potentiomètres est sans effet.

- Touche du BAS : retourne au mode de COULEUR EN TEMPS RÉEL.

Les lecteurs estimant qu'une mémoire de vingt couleurs est insuffisante peuvent modifier le programme à leur convenance, c'est tout l'intérêt du CB220 si pratique à programmer.

Y. MERGY

# Testeur de nervosité par rayon laser



La Palice l'aurait sans doute dit : une main sûre est une main qui n'est pas sujette à des tremblements.

Cette qualité est notamment requise si l'on veut pratiquer des activités telles que le tir de précision ou même le dessin ou encore la mise en place d'une vis ou le passage d'un fil dans le chas d'une aiguille

**L**e montage que nous vous proposons permet de mesurer cette faculté avec toute la précision requise par la mise en œuvre d'un pointeur LASER qu'il convient de diriger sur une cible pendant un temps donné.

## Principe

Le sujet testé est debout, face à une cible distante de 2 à 3 mètres.

Il tient le pointeur LASER dans une main ne reposant sur aucun support, ni même appuyée contre son corps. Dès que le point lumineux aura touché un endroit précis et signalisé de la cible, un comptage prendra son départ.

L'épreuve consiste alors à maintenir le plus longtemps possible le point lumineux sur le point de visée.

Les durées, même minimales, des dérapages sont comptabilisées et décomptées.

La durée de l'épreuve est de l'ordre de 15 secondes.

À la fin de ce délai, un nombre pouvant aller de 00 à 99 apparaît sur un afficheur.

Plus ce nombre avoisine la valeur 99 et plus la main de l'opérateur est considérée comme sûre.

## Fonctionnement Alimentation

La cible est autonome grâce à une pile de 9 V qu'un interrupteur permet de mettre en service (**figure 1**). La capacité C9 assure une meilleure stabilité du potentiel d'alimentation tandis que C1 découple l'alimentation du montage aval. La consommation, afficheurs allumés, atteint environ 50 mA, mais tombe à 5 mA une fois l'affichage éteint. Nous verrons ultérieurement que l'affichage est neutralisé lors de l'épreuve.

## Cible optique

Le point de réception du pointeur LASER est la photo-résistance LDR1. Elle est identique à LDR2 dont la raison d'être est la compensation automatique du degré de la luminosité ambiante. On peut ainsi remarquer



les deux chaînes parallèles LDR1 / R1 / R3 et LDR2 / R2 / R4.

Les différents nœuds correspondants sont bien entendu au même potentiel pour une luminosité ambiante donnée.

Ces nœuds sont reliés aux entrées d'un LM 741 monté en comparateur de potentiel.

Mais compte tenu des raccordements réalisés, le lecteur remarquera que tant que les deux LDR sont soumises au même éclairage, le potentiel relevé sur l'entrée inverseuse est supérieur à celui qui caractérise l'entrée directe.

Il en résulte un état "bas" à la sortie du comparateur IC1, à la tension de déchet près, qui est de l'ordre de 1,8 V. Dans cette situation de veille, la sortie de la porte AND IV de IC6, est à l'état "bas".

Quand la LDR1 est soumise à l'éclairage émanant du pointeur LASER, sa résistance ohmique diminue dans des proportions considérables. Il en résulte un potentiel sur l'entrée directe de IC1, supérieur à celui relevé sur l'entrée inverseuse.

La sortie de IC1 passe à l'état "haut" ainsi que la sortie de la porte AND IV de IC6.

Le lecteur notera que si l'on dirigeait le rayonnement du pointeur LASER sur LDR2, la situation de veille, précédemment évoquée, ne se trouverait que renforcée : cette action serait donc inopérante.

## Initialisation de la cible

Les portes NOR I et II de IC7 forment une bascule R/S (Reset/Set). Toute impulsion positive sur l'entrée (1), a pour conséquence le passage de la sortie de la bascule à un état "haut" stable.

De même, toute impulsion positive sur l'entrée (5) a pour résultat la remise à zéro de la sortie de la bascule.

Au moment de la mise sous tension du montage, la capacité C4 se charge à travers R7.

Il en résulte une brève impulsion positive au niveau de l'armature négative de C4. Cette dernière est aussitôt transmise sur l'entrée (5) de la bascule R/S par l'intermédiaire de la diode D6. Il se produit ainsi une ini-

tialisation de la cible, ce qui se traduit par les conséquences suivantes :

- la sortie de la porte NOR I de IC7 est maintenue à un état "haut" lui-même transmis sur l'entrée "Reset" du compteur IC2 que nous évoquerons ultérieurement. Ce dernier reste ainsi bloqué sur la position zéro.
- la sortie de la porte AND III de IC6 présente un état "haut". Il en résulte l'allumage de la led verte L qui indique que la cible est en situation d'attente.
- les entrées "Reset A" et "Reset B" des deux compteurs contenus dans IC3 sont soumises à un état "haut" : ces compteurs se trouvent maintenus à zéro.

## Démarrage du cycle

Dès que la LDR1 est soumise au rayonnement du pointeur LASER, un front montant se manifeste sur la sortie de la porte AND IV de IC6.

Ce dernier est aussitôt pris en compte par le dispositif dérivateur formé par C2 et R8.

En particulier, une brève impulsion positive, due à la charge rapide de C2 dans R8, se produit sur l'entrée (1) de la bascule R/S.

La sortie de la bascule passe à l'état "haut", tandis que la sortie de la porte NOR I de cette même bascule passe à l'état "bas".

Il en résulte :

- le passage à l'état "bas" de la sortie de la porte AND III de IC6 : la led verte L s'éteint.
- l'entrée "Reset" du compteur IC2 est maintenant soumise à un état "bas"
- les entrées "Reset A" et "Reset B" des deux compteurs contenus dans IC3 sont maintenant soumises à un état "bas" ce qui les rend opérationnels

Par ailleurs, le front montant issu de la sortie de la bascule R/S est pris en compte par le système dérivateur formé par C3 et R10.

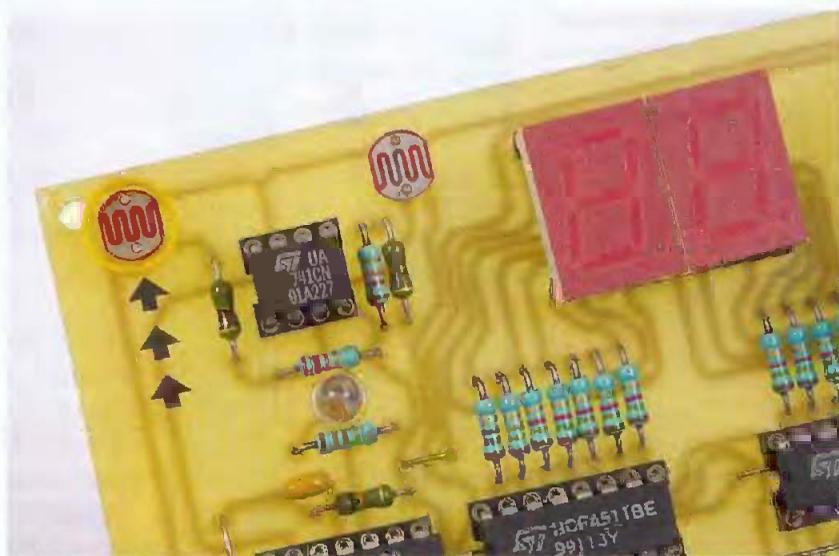
Une impulsion positive est présentée sur l'entrée (8) d'une seconde bascule R/S constituée des portes NOR III et IV de IC7.

La sortie de cette dernière passe également à l'état "haut", si bien que les états "haut" correspondants au rayonnement issu du pointeur LASER sur LDR1 se trouvent intégralement transmis sur la sortie de la porte AND I de IC6, reliée à l'entrée (5) de la porte AND II du même circuit IC6.

La sortie de la porte NOR III de IC7 présente dorénavant un état "bas" qui se trouve transmis aux entrées "Blanking" des décodeurs IC4 et IC5. Nous verrons ultérieurement que cela correspond à l'extinction de l'affichage.

## Chronométrage

Le circuit intégré référencé IC2 est un compteur comportant 14 étages



**Le chronométrage démarre lorsque le rayon laser "frappe" la photo-résistance située en haut à gauche du module**

binaires montés en cascade. Il contient en outre un oscillateur interne.

Ainsi que nous l'avons vu au paragraphe précédent, dès que le rayonnement LASER issu du pointeur frappe une première fois LDR1, l'entrée « Reset » de IC2 n'est plus soumise à l'état "haut" de blocage, mais à un état "bas".

Le compteur prend ainsi son départ. En particulier, au niveau de la broche n° 9, on relève un créneau de forme carrée dont la période se détermine par la relation :  $t = 2,2 \times R6 \times C6$ . Dans le cas présent, cette période est de l'ordre de 2,2 ms.

La sortie utilisée pour le chronométrage est Q6. À ce niveau, la période est donc égale à  $2^6 \times t$ , soit  $64 \times t$ , c'est-à-dire 140 ms ou 0,14 seconde. Les créneaux correspondants sont directement acheminés sur l'entrée (6) de la porte AND II de IC6.

Ils sont disponibles sur la sortie de cette porte à chaque fois que LDR1 est soumise au rayonnement LASER du pointeur. Dans le cas contraire, la porte AND présente un état "bas" de blocage.

## Fin du chronométrage

Par l'intermédiaire de R5 et des diodes D1 à D4, le point commun des anodes de ces diodes présente généralement un état "bas".

En revanche ce point passe à l'état "haut" lorsque les cathodes de toutes ces diodes sont soumises à un état "haut".

Cela se produit au moment précis où la configuration binaire des niveaux logiques caractérisant les sorties Q13, Q12, Q8 et Q7 présentent elles-mêmes un état "haut".

Cette position binaire du compteur peut être mise en évidence au moyen du tableau suivant :

Q13	Q12	Q11	Q10	Q9	Q8	Q7
1	1	0	0	0	1	1
$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$

La valeur décimale correspondante est égale à  $2^6 + 2^5 + 2^1 + 2^0 = 64 + 32 + 2 + 1 = 99$

Dès que cette position est atteinte,

l'entrée (13) de la porte NOR IV de IC7 est soumise à un état "haut".

La sortie de la bascule R/S formée par les portes NOR III et IV de IC7 passe alors à l'état "bas".

Il en est de même en ce qui concerne la sortie de la porte AND I de IC6 : le comptage précédemment géré par la porte AND II de IC6 cesse.

Cette position 99 est atteinte au bout de  $0,14 \text{ s} \times 99 = 14$  secondes.

## Comptage

Le circuit intégré référencé IC3 est un CD 4518.

Il contient deux compteurs BCD indépendants.

Dans la présente application, le premier compteur reçoit les impulsions de comptage délivrées par la sortie de la porte AND II de IC6 par l'intermédiaire de l'entrée « Enable A ».

De ce fait, il avance au rythme des fronts descendants, à condition que l'entrée « Clock A » soit soumise à un état "bas".

Il est affecté au comptage des unités. Sa sortie Q4A est reliée à l'entrée « Enable B » du second compteur.

Ce dernier devient ainsi le compteur des dizaines.

Rappelons que lors des situations de veille de la cible, les entrées réunies "Reset A" et "Reset B" sont soumises à un état "haut" ce qui bloque les compteurs sur la position zéro.

## Affichage

IC4 et IC5 sont des CD 4511, c'est-à-dire des décodeurs BCD → 7 segments.

Leurs entrées A, B, C et D sont reliées aux sorties Qi correspondantes des compteurs contenus dans IC3. Le circuit IC5 est affecté au décodage des unités tandis que IC4 correspond aux dizaines.

Par l'intermédiaire des résistances de limitation R12 à R25, les sorties des circuits intégrés décodeurs alimentent les segments des deux afficheurs sept segments à cathode commune.

Rappelons également que lors du comptage, les entrées « Blanking » des décodeurs sont soumises à un

état "bas" lors du comptage, ce qui a pour conséquence l'extinction de l'affichage.

## Fin du cycle

Nous avons vu que si le compteur IC2 atteint la position 99, le comptage des points lors du rayonnement LASER sur LDR1, prend sa fin.

L'affichage apparaît à ce moment.

La performance sera d'autant plus élevée que le nombre affiché sera proche de 99.

Mais le compteur IC2 poursuit son cycle jusqu'au moment où un état "haut" apparaît sur la sortie Q14. Cela se produit au bout de  $2^7$ , soit 128 fronts descendants sur la sortie Q6.

À cet instant, par l'intermédiaire de la diode D5, la bascule R/S NOR I et II de IC7 revient à sa position de repos. Les afficheurs indiquent la valeur 00, la led verte s'allume et la cible est prête pour un nouveau cycle.

La durée de l'affichage du résultat est égale à la différence des durées correspondant respectivement aux positions 99 et 128 du compteur IC2, c'est-à-dire  $0,14 \text{ s} \times (128 - 99) = 4$  secondes.

## Réalisation

Le circuit imprimé n'appelle pas de remarque particulière (**figure 2**).

Pour l'implantation des composants, on débutera par la mise en place des straps de liaisons, des diodes (attention à l'orientation de D5), des résistances et des supports des circuits intégrés (**figure 3**).

On terminera par les composants se caractérisant par une plus grande épaisseur.

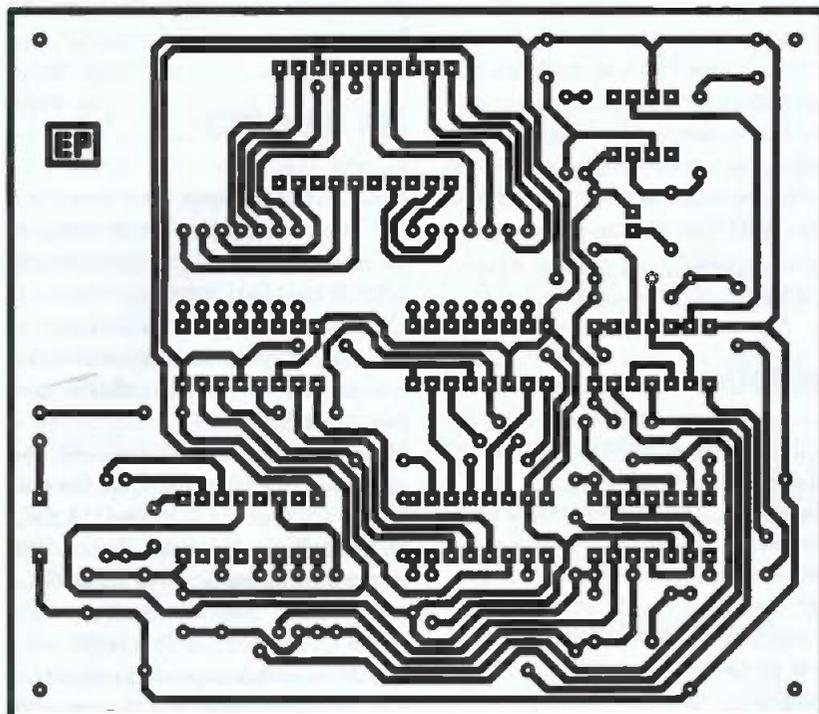
Il est important de bien veiller à l'orientation correcte des composants polarisés.

La pile a directement été collée sur le module.

Le montage ne nécessite aucune mise au point.

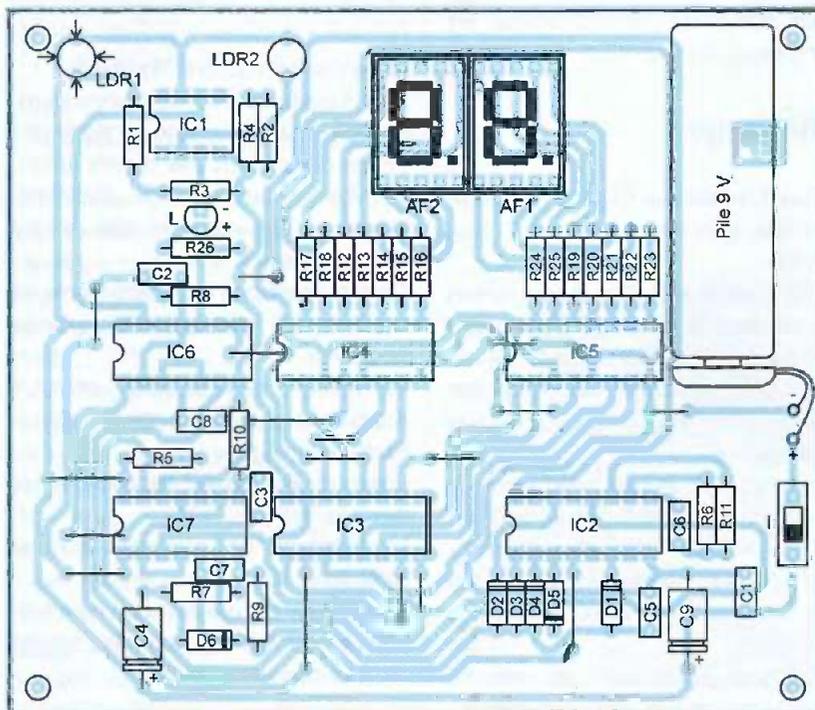
Le pointeur LASER est d'un type tout à fait courant, il est disponible auprès de tous nos revendeurs.

R. KNOERR



## 2 Tracé du circuit imprimé

## 3 Implantation des éléments



## Nomenclature

### Résistances

- 19 straps (13 horizontaux, 6 verticaux)
- R1, R2 : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)
- R3, R4 : 22 k $\Omega$  (rouge, rouge, orange)
- R5 à R10 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)
- R11 : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)
- R12 à R26 : 1,5 k $\Omega$  (marron, vert, rouge)
- LDR1, LDR2 : Photo-résistances

### Condensateurs

- C1 : 0,1  $\mu$ F - Céramique multicouches
- C2, C3 : 1  $\mu$ F - Céramique multicouches
- C4 : 22  $\mu$ F / 10 V
- C5 : 10 nF - Céramique multicouches
- C6 : 0,1  $\mu$ F - Céramique multicouches
- C7, C8 : 1 nF - Céramique multicouches
- C9 : 47  $\mu$ F / 10 V

### Semiconducteurs

- IC1 : LM 741
- IC2 : CD 4060
- IC3 : CD 4518
- IC4, IC5 : CD 4511
- IC6 : CD 4081
- IC7 : CD 4001
- AF1, AF2 : Afficheurs 7 segments à cathode commune (TDSR 5160 G)
- L : Led verte  $\varnothing$  5 (haute luminosité)
- D1 à D6 : 1N 4148

### Divers

- 1 support 8 broches
- 2 supports 14 broches
- 4 supports 16 broches
- 2 barrettes-supports 10 broches
- I : Interrupteur pour circuit imprimé (dual in line)
- Pile 9 V alcaline
- Coupleur pression
- Pointeur LASER

# De la théorie à la pratique

## LES CIRCUITS ANNEXES

### Les inverseurs de phase

### Le cathode follower

Dans les précédents cours, nous avons étudié les inverseurs de phase dits « Cathodynes » et « Paraphase ».

Sachez que des dizaines d'auteurs se sont penchés sur le problème des « inverseurs de phase », ce qui explique que nous nous trouvons face à des dizaines de schémas tous, selon leurs auteurs, plus remarquables les uns que les autres, bien qu'ils s'inspirent des montages de base « Cathodyne » et « Paraphase » dont ils ont tenté d'atténuer les défauts congénitaux (lire précédent numéro).

**L**é « paraphase » étant séduisant, car de gain élevé, il fallait à tout prix tenter de le stabiliser (en alternatif !). C'est ainsi qu'est né le paraphase flottant.

#### Le paraphase flottant ou à équilibrage automatique

Il est directement dérivé du « paraphase », mais son fonctionnement est bien plus complexe à appréhender. Le montage de base est représenté figure 1.

Pour en comprendre le fonctionnement, oublions temporairement le tube V2.

V1 fonctionne alors comme un amplificateur simple. La composante « alternative » amplifiée circule dans R1+R3 et la tension  $E_{g1}$  est, bien évidemment, en opposition de phase par rapport à «  $e(in)$  » appliquée à l'entrée. Une fraction de cette tension (opposée) se retrouve, bien sûr, au point « P », en opposition de phase avec le signal d'entrée car le courant  $ia1$  va circuler à travers R1 et R3 (flèche verte sur le schéma).

Si «  $e(in)$  » devient positive, le courant  $ia1$  (composante alternative) circulant à travers R1 et R3, le point P devient négatif. Cette tension en P est appliquée à la grille de V2, le courant  $ia2$  va diminuer et comme ce courant circule à travers R2 et R3 (flèche rouge), vous constatez immédiatement que R3 est parcourue par des courants de sens opposé.

**Ces courants ne peuvent en aucun cas être égaux.** Si cela était, la tension en P serait égale à zéro (!) et le courant  $ia2$  ne pourrait pas exister.

Le point P est en permanent déséquilibre car  $R1 = R2 = R3$ . Ce qui a donné ce nom imagé de « balançoire » à cet inverseur de phase

C'est ce déséquilibre permanent de P qui permet au système de fonctionner. En pratique, cela se traduit par un courant  $ia1$  toujours légèrement supérieur à  $ia2$ ... et cela fonctionne !  
Avantage : en fonctionnement dynamique, tout déséquilibre de  $ia1$  est compensé par un courant  $ia2$  plus important ou plus faible. Ce qui fait dire que le « paraphase flottant » est auto-équilibré dynamiquement.

Pourquoi « flottant » ? En raison du point P dont la tension « flotte » par rapport à la masse en permanence.

Si le paraphase flottant est en équilibre dynamique, il n'est pas compensé en « statique ». Pour ce faire, il faudrait supprimer le condensateur Ck. Résultat catastrophique assuré en termes de distorsions et de bruit de

fond, car la résistance  $R_k$  non découplée serait parcourue non seulement par les courants statiques  $ia1$  et  $ia2$ , mais aussi par la « différence » des courants  $ia1$  et  $ia2$ . C'est un amplificateur dit « différentiel ».

Or, quelle est la différence des courants  $ia1$  et  $ia2$  ? Ce sont bien évidemment les distorsions et les bruits de fond introduits naturellement par V1 et V2 qui se retrouveront au point A et qui seront joyeusement amplifiés par les deux tubes !

La seule solution possible, pour réduire les distorsions congénitales de ce montage, est d'utiliser deux résistances de polarisation (une pour chaque tube) non découplées afin d'appliquer sur les cathodes une contre-réaction individuelle en tolérant alors une diminution du gain global du montage qui est son principal atout.

On peut rendre les tensions  $E_{g1}$  et  $E_{g2}$  de phase opposée relativement égales en utilisant des tubes à gain élevé et à forte pente et en réduisant légèrement la valeur de R1 par rapport à R2, ce qui accentuera l'effet de « balançoire ».

C'est pour accentuer cet effet de « balançoire » qu'est né le « paraphase couplé par la cathode », appelé déphaseur de Schmidt ou déphaseur à « longue queue » chez les Anglo-saxons (« *long tail pair* »).

Un dernier mot concernant le paraphase flottant. Il est pratiquement impossible d'obtenir une opposition de phase parfaite à toutes les fréquences avec ce montage sans les artifices complexes mis en œuvre par certains constructeurs comme Audio Research.

Ce montage est extrêmement sensible aux capacités parasites (tubes et câblage). On peut démontrer qu'il est pratiquement impossible d'obtenir une opposition de phase parfaite à toutes les fréquences. C'est une des

raisons qui a propulsé le « déphaseur de Schmidt » en tête des inverseurs de phase.

## L'inverseur de phase de Schmidt

Son schéma de principe de base est représenté figure 2. C'est un paraphase où la résistance « balançoire » est placée dans la cathode (Rk).

### Avantages de l'inverseur de Schmidt

- Pratiquement plus aucun problème dû aux capacités parasites.
- Bande passante : du continu (0) à plusieurs mégahertz.
- Utilisation principale de cet inverseur : oscilloscopes à large bande passante. Il est très utilisé en audio car son gain est très élevé comme nous allons le voir plus loin.
- Montage auto-équilibré en statique et en dynamique grâce à Rk.
- Inconvénient majeur : un taux de distorsion élevé.

Pour que Eg1 soit rigoureusement égale à Eg2, Ra1 doit être différente de Ra2 (nous avons le même problème avec le paraphase flottant).

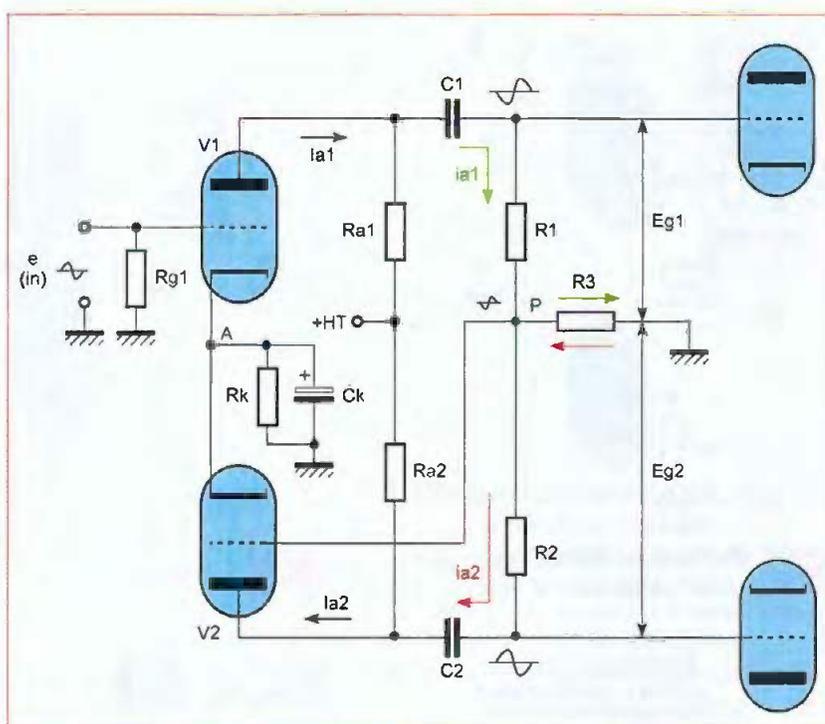
L'étude de son fonctionnement est assez complexe.

Sachez que, pour que ce circuit fonctionne, il est nécessaire que la valeur de Rk soit la plus grande possible. On pourrait penser qu'avec Rk très grande, une énorme contre-réaction serait appliquée aux cathodes des deux tubes, donc un gain inférieur à l'unité... Il n'en est rien ! En réalité, il n'y a aucune contre-réaction de cathode. En voici l'explication.

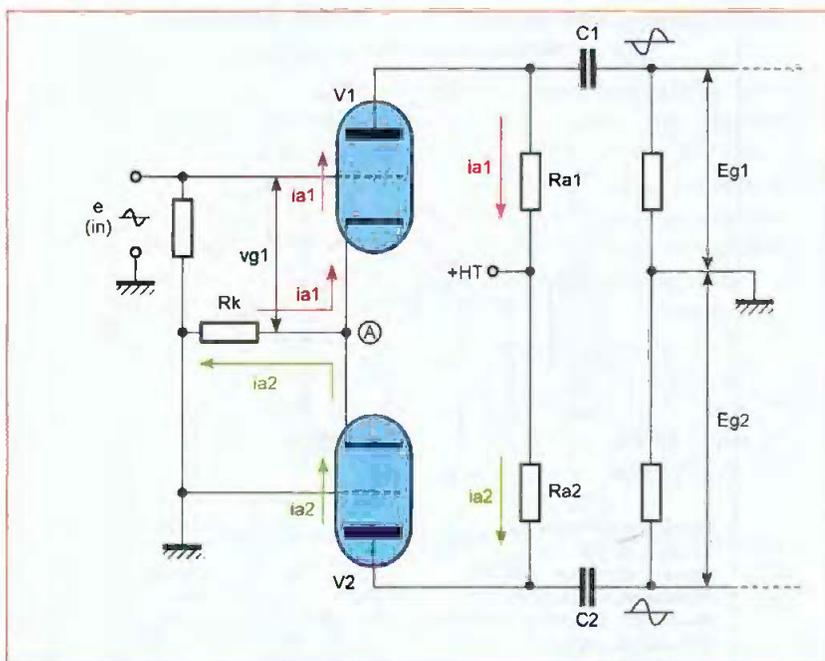
Au repos, le système est en équilibre. Supposons que nous appliquions une tension positive sur V1 (vg1 : alternance positive), le courant ia1 va croître (flèche rouge). Mais ce courant traverse la résistance Rk.

Comme cette résistance a une forte valeur, la tension au point (A) va très vite croître et atteindre le potentiel de la grille de V1.

Le tube va se bloquer, me direz-vous... Exact, mais attention le point (A) est réuni à la cathode de V2, le potentiel de cette dernière va augmenter par rapport à la grille qui est reliée à la masse.



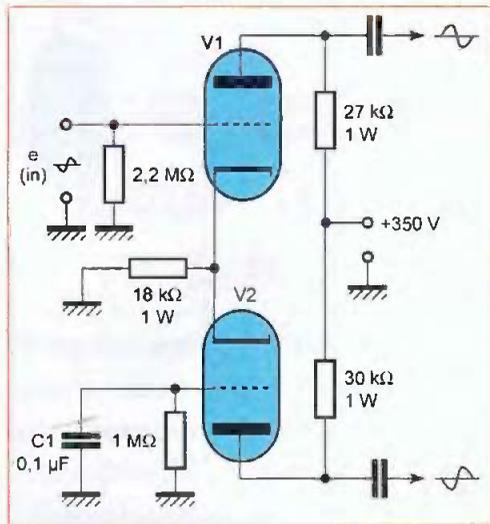
**1** Le paraphase flottant.  $Ra1 = Ra2$ .  $R1 = R2 = R3$  et  $C1 = C2$



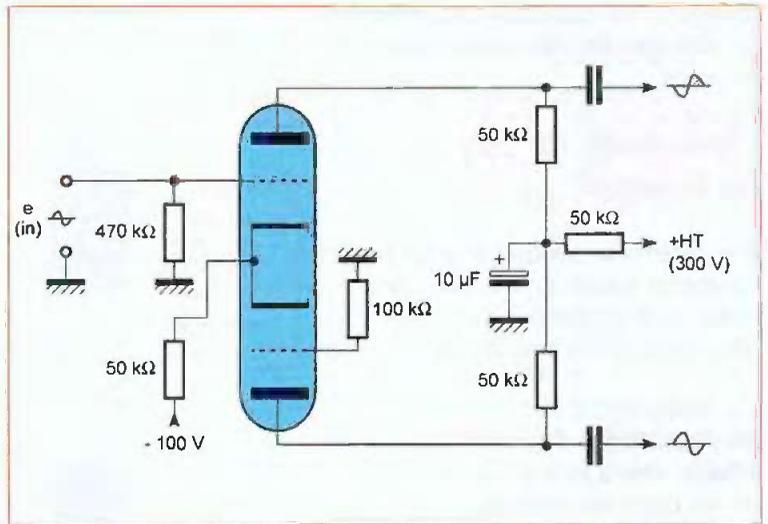
**2** L'inverseur de Schmidt. Rk est commune aux deux tubes et la grille de V2 est reliée à la masse

Ce qui revient à faire baisser vg2. Un courant ia2 va donc circuler (flèche verte) dans V2, Ra2 et, bien entendu, dans Rk en sens contraire de ia1. Or,  $ia1 = ia2$  si  $V1 = V2$  et  $Ra1 = Ra2$ . Résultat : il ne circule plus aucun courant alternatif dans Rk, il n'y a donc pas de contre-réaction de cathode. Le point (A) reste à un potentiel fixe. On démontre que les

cathodes prennent un potentiel qui est la moyenne arithmétique entre les potentiels vg1 et vg2. Le gain de chaque triode devient donc la moitié du gain d'une seule d'entre elles. Comme dans le paraphase flottant, c'est un constant déséquilibre des courants dans Rk qui détermine la balance entre les deux tensions de sorties Eg1 et Eg2. Une balance par-



**3** Inverseur de Schmidt avec tube 12AU7 utilisé par Mc Intosh

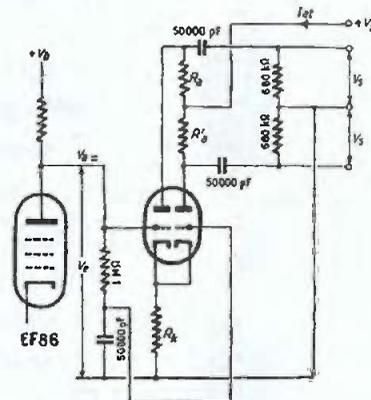


**4** Inverseur avec tube 12AT7 (ampli vertical d'oscilloscope)

## DOUBLE TRIODE A FORT COEFFICIENT D'AMPLIFICATION ET A CATHODES SÉPARÉES

## ECC 83

### CONDITIONS D'UTILISATION EN ÉTAGE DÉPHASEUR COUPLAGE DIRECT DES GRILLES



Tension d'alimentation	Vb	=	250 350 V
Tension de l'anode	Va	=	65 90 V
Courant anodique total	Iat	=	1,0 1,2 mA
Résistance cathodique	Rk	=	68 82 kΩ
Résistance de charge d'anode	Ra = Ra'	=	0,1 0,15 MΩ
Tension de sortie	Vs	=	20 35 V eff
Amplification	Vs/Ve	=	25 27
Distorstion	D %	=	1,8 1,8

**Remarque** - Ce tube peut être utilisé sans précautions spéciales contre les effets microphoniques dans les amplificateurs où la tension d'entrée est  $\geq 50$  mV.

La mesure est pratiquée avec un niveau de souffle de  $-60$  dB et pour la puissance maximale de sortie du tube de puissance. Le tube ECC 83 est disposé, en vue de ces mesures, au voisinage immédiat d'un H.P. de 5 watts dont le rendement électroacoustique est de 5%. Le point milieu du filament est relié à la terre ( $R_g \leq 0,5$  MΩ).

LA RADIOTECHNIQUE - COPRIM - R.

**5** Inverseur de Schmidt (fiche constructeur) de La Radiotechnique

faite entre Eg1 et Eg2 est pratiquement impossible à atteindre. C'est pour cette raison, qu'en pratique, on rend Ra1 légèrement plus petite que Ra2. L'inverseur de Schmidt est, lui aussi, un amplificateur différentiel. Au point (A), on recueille donc les distorsions introduites par les deux tubes, d'où un taux de distorsion relativement élevé.

### Quelle valeur donner à Rk ?

Pour un tube avec une résistance interne  $\rho$  et un coefficient d'amplification  $\mu$ , on doit avoir :

$$\mu \times Rk \gg Ra + \rho$$

Ce qui recommande d'utiliser des tubes à fort coefficient d'amplification et faible résistance interne (il y en a peu !).

En général, on se fixe :

$$\mu \times Rk = 20 (Ra + \rho)$$

Plus la résistance Rk est grande, plus le système fonctionne correctement. Il arrive, dans certains appareils de mesure, de trouver des résistances Rk de l'ordre du mégohm ! Dans ce cas, afin de trouver une tension suffisante aux bornes du tube, le pied de la résistance est réuni à une tension négative.

À titre d'exemple, vous trouverez figure 3 l'inverseur de Schmidt tel qu'il est utilisé dans les célèbres amplificateurs Mc Intosh MC30, MC60 et MC75.

En figure 4, nous donnons un inverseur de phase utilisé sur un oscilloscope Hewlett Packard des années 50 (amplificateur vertical).

En **figure 5**, vous trouverez le « Schmidt constructeur » de la Radiotechnique (12AX7).

## Quel inverseur de phase utiliser ?

À première vue, le paraphase flottant et le Schmidt utilisant deux tubes procurent du gain, alors que le cathodyne qui n'en utilise qu'un n'a pas de gain, sinon inférieur à 1.

Cette comparaison est fallacieuse car nous vous avons présenté le « cathodyne » à liaison directe qui, lui, a du gain (lire notre précédent cours) !

La seule justification à l'utilisation du paraphase flottant et du Schmidt par rapport au cathodyne se traduit par la différence de tension maximale que l'on peut obtenir de ces différents montages. Vu sous cet angle, il est évident que les paraphases et le Schmidt sont supérieurs.

Par exemple, si vous disposez d'une haute tension de 300 volts, vous pourrez atteindre en crête, avec le paraphase et le Schmidt, des tensions de  $\pm 150$  volts (sans tenir compte des distorsions inévitables). Avec un cathodyne, vous ne pourrez jamais dépasser  $\pm 75$  volts.

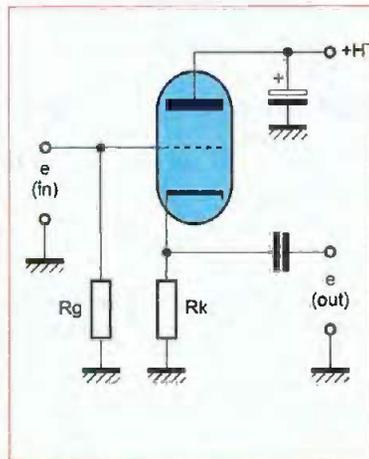
N'oubliez jamais cela !

Et maintenant, nous allons parler d'un étage classique utilisant la contre-réaction : le cathode follower.

## L'amplificateur à charge de cathode (cathode follower)

En français, « cathode follower » se traduirait par « cathode suiveuse », ce qui, pensons-nous, est moins joli ! La question est la suivante : que se passe-t-il si on fait passer la charge classique d'anode  $R_a$  dans la cathode, sans changer sa valeur où elle deviendra  $R_k$  (figure 6).

Pour comprendre, il va falloir vous reporter à la série d'articles parus précédemment sur la contre-réaction. Il faut une fois pour toutes tordre le cou à une légende tenace : le cathode follower n'obéit pas aux règles de la contre-réaction d'intensité, mais il est un amplificateur où 100 % de la tension développée sur



**6** Cathode follower classique

la charge (ici  $R_k$ ) est reportée sur la cathode. **C'est donc une contre-réaction de tension de 100 %.**

Le gain de cet étage devient donc :

$$A' = \frac{100}{\beta} = \frac{100}{100} = 1$$

En réalité, le gain est toujours inférieur à 1, mais cet étage présente des propriétés remarquables fort utiles et irremplaçables en termes d'impédances d'entrée et de sortie du montage.

### Effet sur l'impédance d'entrée et celle de sortie du montage

Observez la figure 6. Vous constatez immédiatement que la cathode est positive par rapport à la masse, ce qui assure la polarisation de la grille (parfois trop élevée, d'où la figure 7 recommandée).

La totalité de la tension en fonctionnement étant reportée sur la cathode, on considère que l'impédance d'entrée du montage tend vers l'infini. Mieux encore, si vous vous reportez au cours traitant des capacités parasites, vous vous souviendrez de « l'effet Miller ». **La capacité d'entrée d'un montage est d'autant plus importante que son gain est élevé.**

$$C_e = C_{gk} + C_{gp} (1 + A)$$

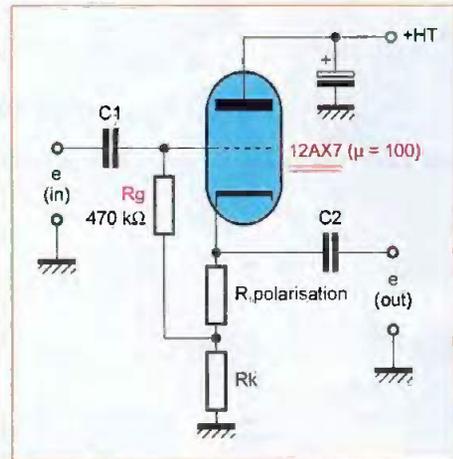
$C_e$  : Capacité d'entrée

$C_{gk}$  : Capacité grille/cathode

$C_{gp}$  : Capacité grille/plaque

$A$  : gain du montage

C'est ce qui provoque une forte atténuation des fréquences élevées dans un montage traditionnel. Or, ici, **dans le cas du cathode follower, le gain**



**7** Cathode follower « polarisé ». La résistance  $R$  assure la polarisation correcte du tube

est nul, la capacité d'entrée devient négligeable. **Conséquence** : l'impédance d'entrée est énorme.

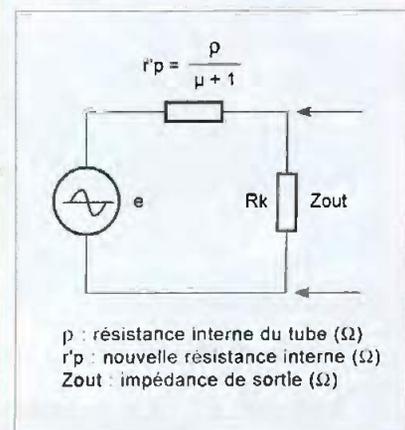
L'étage précédant un cathode follower n'est pratiquement pas chargé ( $Z_c = R_g (1 + \mu)$ ). Impédance d'entrée caractéristique selon la figure 7, de l'ordre de cinq mégohms (5 M $\Omega$ ) avec une 12AX7 ( $\mu = 100$ ).

Bande passante très large (plusieurs mégahertz avec des tubes classiques).  $C_1$  peut être de faible valeur pour respecter la constante de temps aux basses fréquences, environ 10 nF. Maintenant, examinons le plus important : l'impédance de sortie.

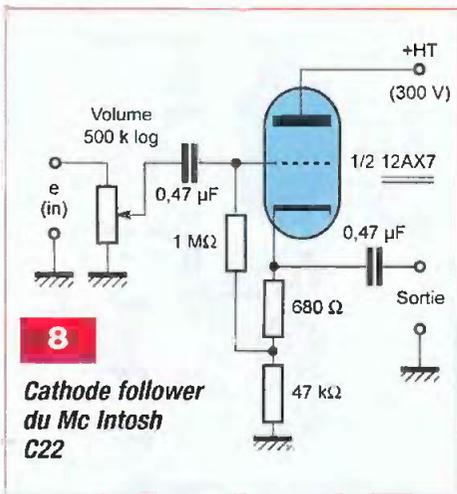
Reportez-vous aux articles concernant la contre-réaction.

Vous vous souviendrez que la résistance interne d'un montage contre-réactionné est réduite par le facteur  $(\mu + 1)$ ,  $\mu$  étant le coefficient d'amplification du tube.

Établissons le schéma équivalent du montage :



Vous constatez immédiatement que l'impédance de sortie  $Z$  résulte de la



**8**  
**Cathode follower du Mc Intosh C22**

mise en parallèle de  $R_k$  et  $r'_p$ , soit :

$$Z = \frac{\left[ \frac{\rho}{\mu + 1} \right] \times R_k}{\frac{\rho}{\mu + 1} + R_k} = \frac{R_k \times \rho}{\rho + R_k (\mu + 1)}$$

Le coefficient d'amplification  $\mu$  est toujours plus grand que 1.

On peut donc simplifier l'expression précédente en remplaçant  $(\mu + 1)$  par  $\mu$  uniquement.

Or, souvenez-vous ;  $\mu = \rho \times S$  avec :  
 $\rho$  en ( $\Omega$ )

$S$  en (mA/volt) (pente)

Donc :

$$S = \frac{\mu}{\rho}$$

Après simplification, divisons le numérateur et le dénominateur par  $\rho$ .  
On obtient :

$$Z_{out} = \frac{R_k}{1 + S \times R_k}$$

En considérant  $R_k$  de forte valeur, divisons par  $R_k$

$$Z_{out} = \frac{1}{\frac{1}{R_k} + S}$$

On peut écrire que plus  $R_k$  est grande, plus la valeur de  $Z_{out}$  atteint :

$$\frac{1}{S}$$

On peut écrire :

$$Z_s \text{ (impédance de sortie)} = \frac{1}{S}$$

$Z_s$  en ohms ( $\Omega$ )

$S$  en mA/volt

**Par exemple :**

- une 12AX7 (ECC83), dont la pente est de 1,6 mA/volt, montée en cathode follower

$$Z_s = \frac{1}{0,0016} = 625 \Omega$$

(valeur normalisée sortie ligne : 600  $\Omega$ )

- une 12AU7 (ECC82) dont la pente est de 2,2 mA/volt

$$Z_s = \frac{1}{0,0022} = 454 \Omega$$

- une 12AT7 (ECC81) dont la pente est de 5,5mA/volt

$$Z_s = \frac{1}{0,0055} = 181 \Omega$$

(valeur normalisée sortie ligne : 200  $\Omega$ )

- une ECC88 (6DJ8) dont la pente est de 12,5 mA/volt

$$Z_s = \frac{1}{0,0125} = 80 \Omega$$

(valeur normalisée sortie ligne 75  $\Omega$  en vidéo).

**Avantage :** une impédance de sortie aussi basse va permettre d'acheminer sans pertes un signal complexe (audio) sur une grande distance, en n'oubliant jamais qu'en bout de ligne l'impédance d'entrée doit être au moins égale à vingt fois l'impédance de sortie afin que le cathode follower ne soit pas chargé et **ne délivre pas de puissance** (il n'est pas fait pour cela).

Vous trouverez des « cathodes followers » pratiquement en sortie de tout préamplificateur digne de ce nom.

À titre d'exemple, vous trouverez en **figure 8**, le cathode follower du célèbre Mc Intosh C2-2 utilisant une ECC83/12AX7.

## En attendant la suite

Dans le prochain numéro, nous étudierons d'autres types de montages classiques : amplificateurs à liaisons directes, etc. Ceci clôturera la seconde partie de notre cours.

A bientôt  
R. Bassi



## Et si on parlait tubes...

Cours n°1 à 11

Apprenez à connaître  
et à maîtriser le fonctionnement des  
tubes électroniques

Émission thermoïonique, électron-volt,  
charge d'espace...

Je désire recevoir le CD-Rom (fichiers PDF) « Et si on parlait tubes... »

France : 25 € Union européenne : 25 € + 2 € frais de port Autres pays : nous consulter

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

N° : \_\_\_\_\_ Rue : \_\_\_\_\_

Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville-Pays : \_\_\_\_\_

A retourner accompagné de votre règlement à : **TRANSOCÉANIC** - 3, boulevard Ney 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80

# Atténuateur 6 voies

Cet atténuateur à douze pas présente la même courbe d'atténuation qu'un potentiomètre logarithmique et il est destiné à s'insérer dans tout équipement audio « multivoies ».

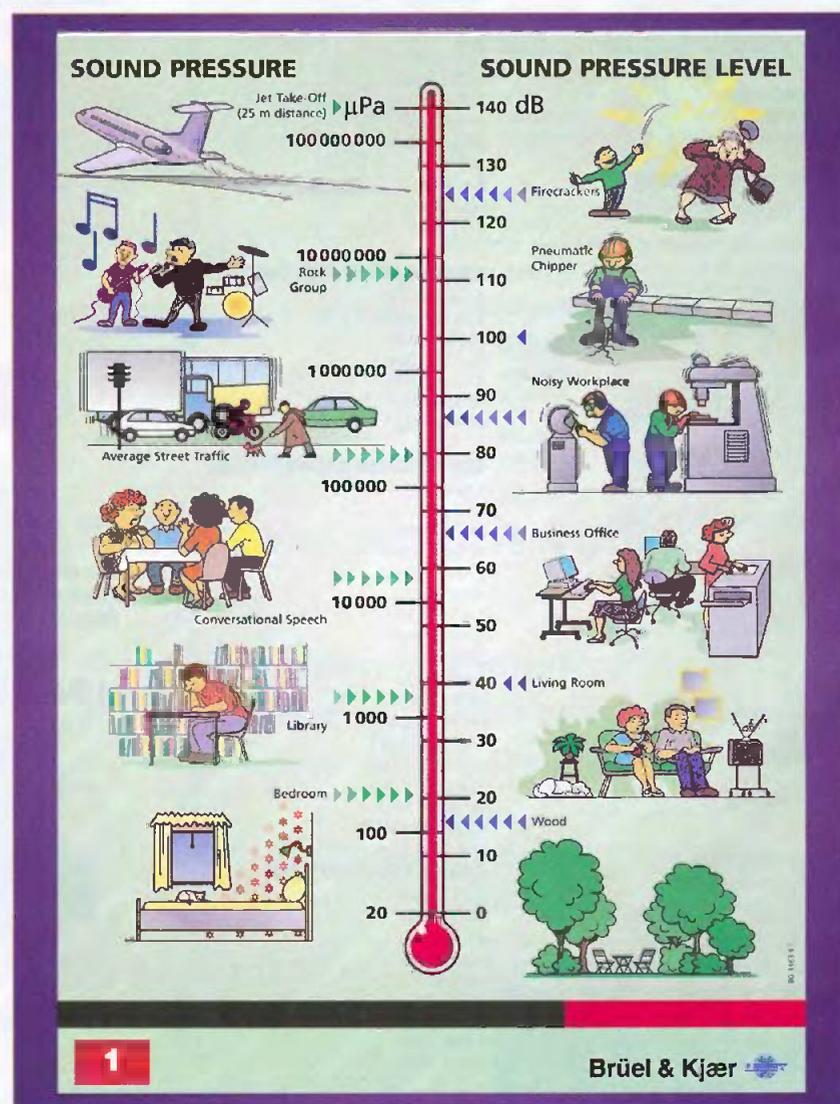
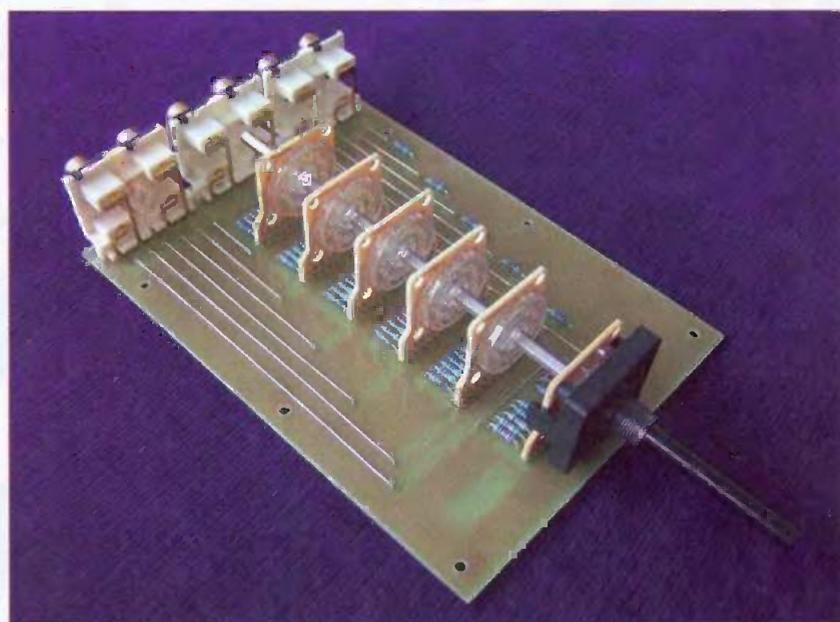
Il remplace avantageusement les potentiomètres à six voies difficiles à trouver sur le marché du hobby bien qu'étant d'un prix rédhibitoire.

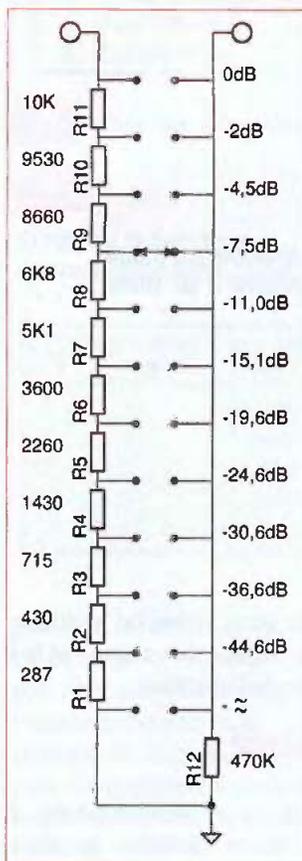
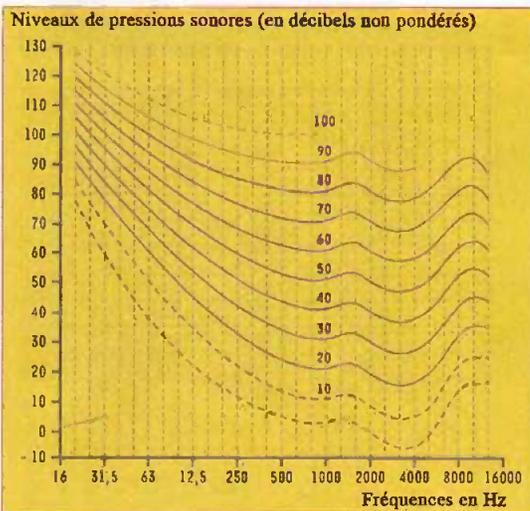
**N**otre atténuateur est présenté sous la forme d'une carte imprimée comportant tous les éléments. Il peut être monté tel quel dans un boîtier ou être intégré dans une réalisation audiophile. L'écart d'atténuation entre les voies est nul, à la différence des potentiomètres dont l'écart peut atteindre 20 %.

## La fonction logarithmique

Pourquoi utiliser, en audio, une atténuation logarithmique pour régler le volume d'écoute ?

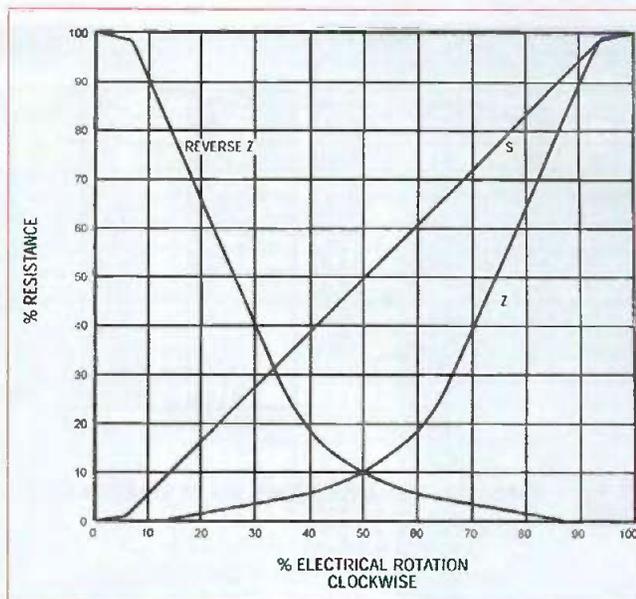
Le son que nous percevons au niveau de l'oreille est le résultat d'une variation instantanée de la pression atmosphérique. Ce différentiel de pression peut atteindre des amplitudes considérables. La pression acoustique, mesurée en « Pascal » correspondant à la plus petite pression à laquelle l'oreille humaine est sensible, vaut :  $P_0 = 0,00002$ , soit  $P_a = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$ . A l'opposé, le seuil de la douleur correspond à une pression  $P_{max}$  de 20 Pa. Vu la grande différence (facteur  $10^9$ ) entre ces deux extrémités, il est difficile de se représenter le niveau d'un son sur une échelle linéaire. On passe alors à une définition logarithmique, comme montré en figure 1 (source : Brüel & Kjaer).





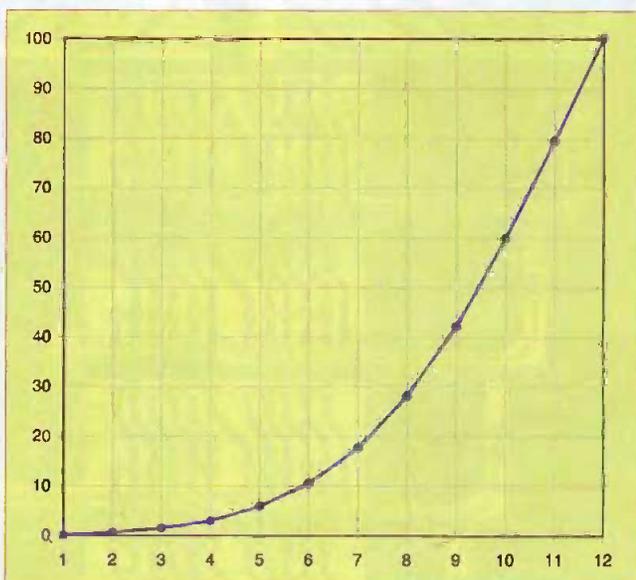
**2**  
**Pondération**

**4**  
**Potentiomètre logarithmique à 12 pas**



**3** **Courbe de progression du volume en fonction de l'angle de rotation du curseur**

**5** **Courbe d'atténuation**



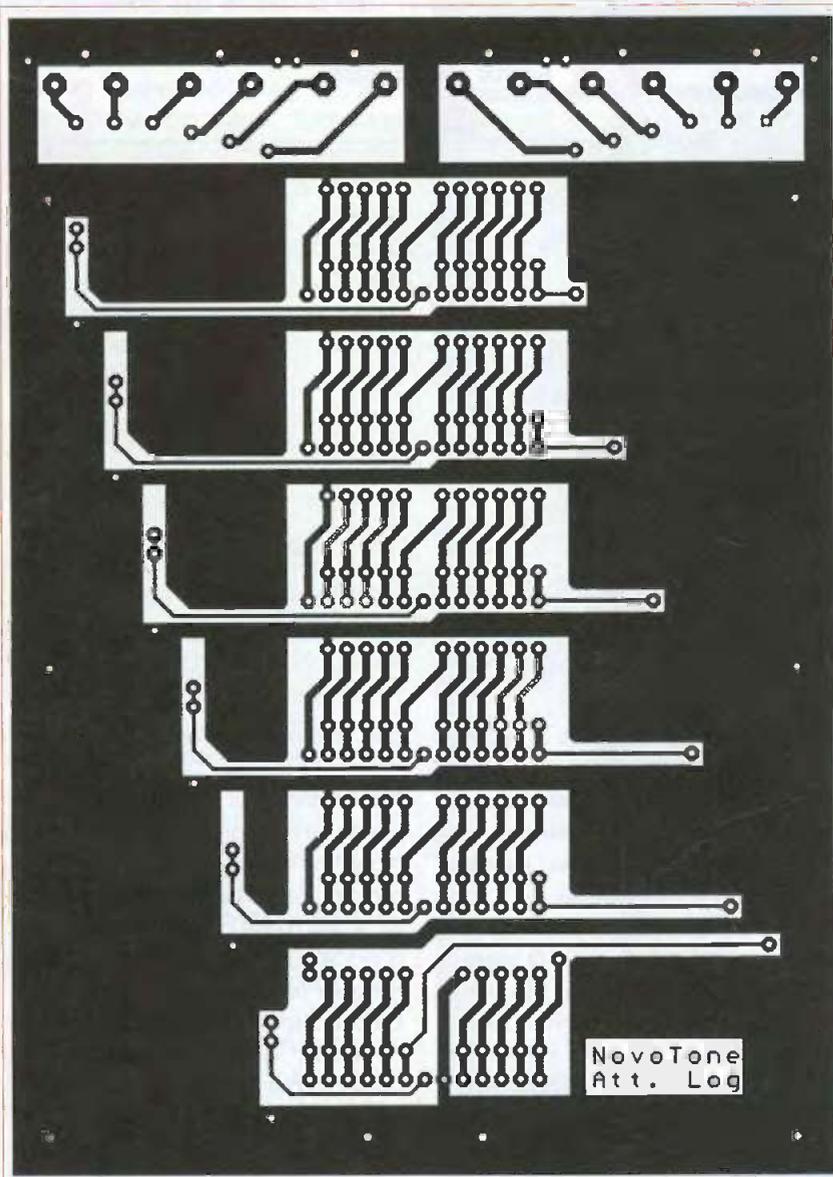
Pour compliquer le tout, l'oreille présente une sensibilité variable en fonction de la fréquence émise, mais aussi en fonction de la puissance émise (figure 2). C'est pourquoi, en mesure acoustique, on introduira la notion de pondération du bruit. Mais ceci n'est pas l'objet d'un système amplificateur/atténuateur qui doit seulement restituer le signal au niveau souhaité, mais sans altération aucune de son contenu. Très tôt sur le marché, les amplificateurs ont été équipés de contrôle de « volume » à progression logarithmique.

Si on considère, en figure 3, la courbe de progression « Z » du volume en fonction de l'angle de rotation du curseur, on s'aperçoit directement que la progression n'est pas logarithmique, mais exponentielle. Rassurez-vous ceci n'est qu'une question de point de vue : la relation logarithme – exposant est liée par la fonction  $a = 10^{\log a}$ . En conséquence : si on considère l'échelle de Richter qui caractérise l'amplitude des séismes, vue du maximum, la décroissance des amplitudes est logarithmique, alors que vue d'en

bas, la croissance est bien exponentielle. Par contre, pour des raisons de facilité de fabrication des potentiomètres logarithmiques, la progression du premier tiers se compose d'une droite, suivie d'une courbe probablement quadratique pour terminer au dernier tiers par une autre droite. En conclusion, le potentiomètre logarithmique, qui est exponentiel, ne présente que de loin une progression conforme à ladite fonction mathématique. L'écart par rapport à la fonction est de l'ordre de trois décibels (3 dB),

Pas	% Vol	Att (dB)	Rx	R Calcul	R (E96)	Ecart (Lin)	Ecart (dB)	R (E24)	Ecart (Lin)	Ecart (dB)
1	0	~								
2	0,588	-44,6	R1	286	287	0,49%	-0,04	270	-5,46%	0,46
3	1,471	-36,6	R2	429	430	0,26%	-0,02	430	0,26%	-0,02
4	2,941	-30,6	R3	714	715	0,14%	-0,01	680	-4,76%	0,40
5	5,882	-24,6	R4	1429	1430	0,10%	-0,01	1500	5,01%	-0,45
6	10,490	-19,6	R5	2238	2260	0,97%	-0,09	2200	-1,71%	0,15
7	17,647	-15,1	R6	3476	3480	0,11%	-0,01	3300	-5,07%	0,43
8	28,039	-11,0	R7	5048	5100	1,04%	-0,09	5100	1,04%	-0,09
9	42,157	-7,5	R8	6857	6800	-0,84%	0,07	6800	-0,84%	0,07
10	59,804	-4,5	R9	8571	8660	1,03%	-0,09	8200	-4,33%	0,37
11	79,412	-2,0	R10	9524	9530	0,06%	-0,01	9100	-4,45%	0,38
12	100,000	0,0	R11	10000	10000	0,00%	0,00	10000	0,00%	0,00
			R tot	48572	48692			47580		

## 6 Calcul des résistances dans les séries E96 et E24



## 8

Le circuit imprimé est étudié pour un système à six voies

mais c'est sans influence pratique, puisque le réglage du volume est fixé par la main de l'auditeur.

### Le schéma

L'utilisation d'un commutateur à galette à douze contacts et d'une réserve de résistances va nous permettre d'obtenir une progression logarithmique exacte.

Le schéma présenté en figure 4 nous donne les valeurs des dix résistances R1 à R11 associées à l'atténuation que nous montre la figure 5.

La résistance R12 de 470 kΩ évite de laisser le curseur « flottant » lors du passage entre deux positions.

Le tableau en figure 6 reprend le calcul des résistances. Le choix de celles-ci dans la série E96 nous donne une réponse conforme à 0,1 dB et la série E24 à 0,5 dB ce qui est encore largement supérieur à la

## Qté Composants Valeur E24 (E96)

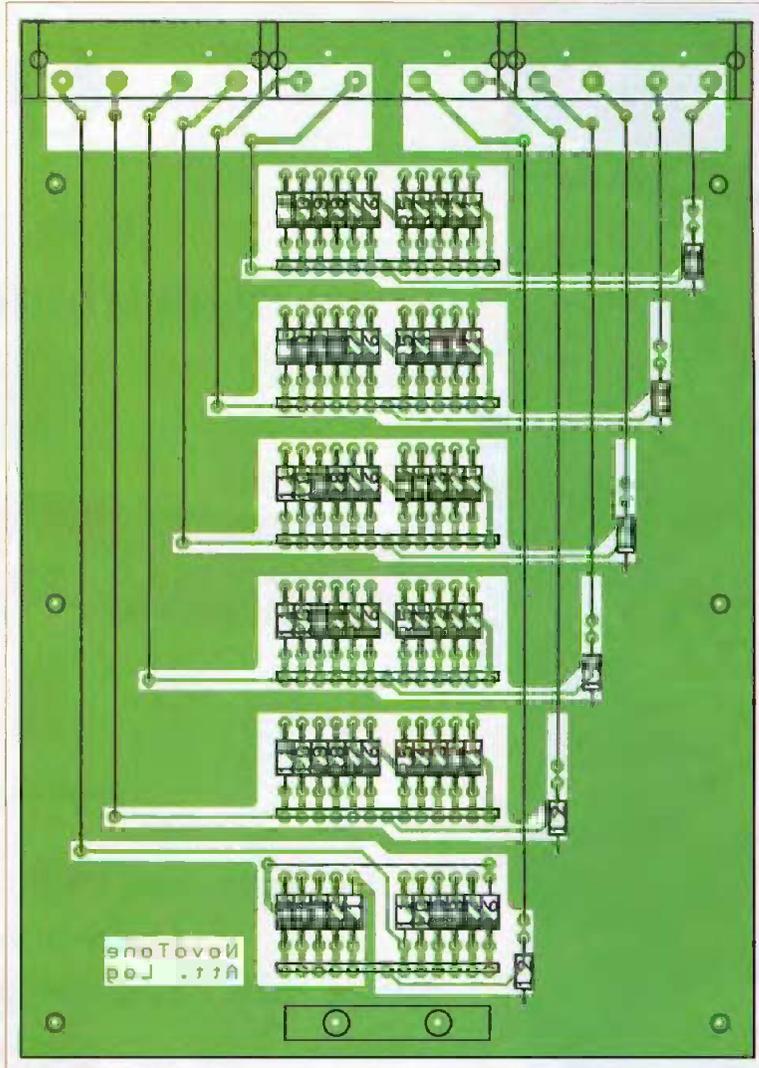
6	R1	270 (287)
6	R2	430
6	R3	680 (715)
6	R4	1K5 (1K43)
6	R5	2K2 (2K26)
6	R6	3K3 (3K48)
6	R7	5K1
6	R8	6K8
6	R9	8K2 (8K66)
6	R10	9K1 (9K53)
6	R11	10K
6	R12	470K
5	Galette 12 pas	
1	Mécanisme 12 pas	
1	Axe 125 mm	
3	Socles RCA	

### 9 Insertion des composants

### 7

Extrait de la brochure  
« Sound Measurement » de Brüel & Kjaer

Change in Sound Level (dB)	Change in Perceived Loudness
3	Just perceptible
5	Noticeable difference
10	Twice (or 1/2) as loud
15	Large change
20	Four times (or 1/4) as loud



précision du potentiomètre.

La progression du volume en douze pas peut sembler un peu frustré et s'accommoderait bien d'une progression en vingt-quatre pas. Le coût d'un commutateur à vingt-quatre pas suit lui aussi une progression exponentielle.

Toutefois, à l'usage ceci ne semble pas présenter un réel problème de confort de réglage.

Le seuil minimum d'une détection de variation de signal à 1000 Hz est de l'ordre de 3 dB pour une oreille « standard » et s'élève à 5 dB pour une différence acquise (figure 7, extrait de la brochure *Sound Measurement* de Brüel & Kjaer).

## Mise en œuvre

Le choix s'est porté sur l'utilisation d'un commutateur modulable composé d'un mécanisme à douze posi-

tions auquel on peut ajouter autant de galettes que souhaité. Le circuit imprimé de dimensions 109 x 154 mm est étudié pour un système à 6 voies (figure 8).

La mise en œuvre ne pose aucun problème. Les résistances sont placées en premier lieu, suivies par les straps (figure 9). On soudera ensuite le mécanisme de tête.

Les cinq galettes sont pré-enfilées sur l'axe et soudées. On s'assurera que la position de chaque curseur est identique. Les cinq galettes sont tournées de 180° par rapport à la galette du mécanisme. C'est pourquoi la position des résistances est différente sur la galette de tête.

Les socles RCA sont soudés en dernier lieu. La carte peut être intégrée dans une réalisation audio à six voies, il suffit pour cela de repiquer le signal aux sorties (sur R12) à droite de la carte.

## En conclusion

Cet atténuateur mis en service depuis un an répond parfaitement à nos besoins. Le confort du réglage de volume, bien que ne comportant que douze pas, n'est pas remis en question.

Il n'y a pas d'inconfort d'écoute entre deux positions dont l'une serait trop faible et l'autre trop forte. La concordance entre les six sections est parfaite. C'est une alternative bon marché aux potentiomètres multisec-tions.

J-L VANDERSLEYEN

Pour les données de fabrication de la carte imprimée ou quelque problème d'approvisionnement, n'hésitez pas à contacter l'auteur à l'adresse [jl.vandersleyen@skynet.be](mailto:jl.vandersleyen@skynet.be) ou via son site [www.novotone.be/fr](http://www.novotone.be/fr)