ELECTRONIQUE PRATIQUE

ELECTRONIQUE PRATIQUE

333 DÉCEMBRE 2008 ■ www.electroniquepratique.com ■ 5,00 €

Noël
Animations lumineuses
Etoile
Moulin à vent

Les accumulateurs

Mémoire analogique 4 canaux

Programmateur horaire sur PC

Télémétrie à ultrasons

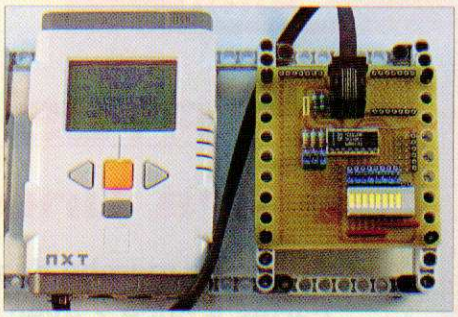
Amplificateur hybride Push-pull de 6V6

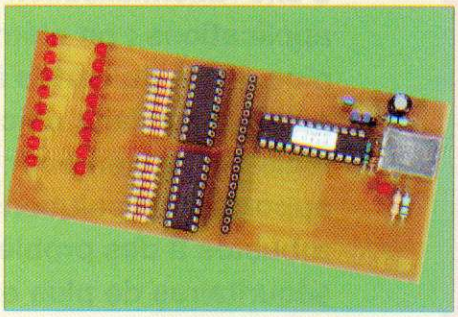
• France : 5,00 € • DOM Avion : 6,40 €
• DOM surface : 5,80 € • TOM : 800 XPF
• Portugal continent : 5,60 € • Belgique : 5,50 €
• Espagne : 5,60 € • Grèce : 5,60 €
• Suisse : 10,00 CHF • Maroc : 60 MAD
• Tunisie : 5200 TND • Canada : 7,50 $CAD

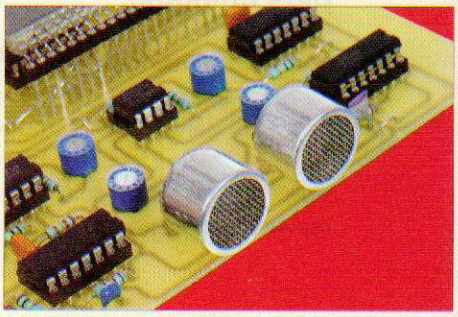
L 14377 - 333 - F: 5,00 €

ELECTRONIQUE PRATIQUE

N° 333 - DÉCEMBRE 2008







Salon

4 Compte-rendu de Cartes & Identification 2008 : vers une distribution des cartes ?

Initiation

10 KICAD : les menus Pop UP (8e partie)
16 Les accumulateurs

Micro/Robot/Domotique

19 Coffret LEGO Mindstorms NXT : étendre les ports d'E/S et installer des blocs de programmation graphique
28 Une étoile pour les fêtes
30 Mémoire analogique quatre canaux
36 Circuits code Mercenaries : programmateur horaire sur PC
42 Télémétrie ultrasonique
48 Animation d'un moulin à vent

Audio

54 Et si on parlait tubes... (cours n°49) : l'amplificateur intégré Dynaco SCA-35
58 Amplificateur hybride : le push-pull 6V6GT

Divers

6 Bulletin d'abonnement
35 Vente au numéro
52 Hors-série Audio
66 Petites annonces

Fondateur : Jean-Pierre Ventillard - **TRANSOCEANIC 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 et de la rédaction** : Patrick Vercher
Secrétaire de rédaction : Elsa Sepulveda - **Couverture** : Dominique Dumas - **Illustrations** : Alain Bouteveille Sanders
Photos : Isabelle Garrigou - **Avec la participation de** : R. Bassi, G. Gueulle, R. Knoerr, G. Kossmann, Y. Mergy, P. Morin, P. Oguic, 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
I.S.S.N. 0243 4911 - **N° Commission paritaire** : 0909 T 85322 - **Distribution** : MLP - **Imprimé en France/Printed in France**
Imprimerie : ROTO AISNE Sté Nouvelle, 02430 GAUCHY - DEPOT LEGAL : **DÉCEMBRE 2008** - Copyright © 2008 - **TRANSOCEANIC**
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* - *expressmag@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 : 7,50 CAD

© 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, photostat tirage, photographie, microfilm, etc. Toute demande à autorisation pour reproduction, quel que soit le procédé, doit être adressée à la société TRANSOCEANIC.

CARTES & IDENTIFICATION 2008

Vers une distribution des cartes ?

Adulte, le marché des cartes à puce ? Avec la vingt-troisième édition du salon CARTES se confirment des retournements de tendances que nous pressentions depuis déjà plusieurs années. Tous ou presque vont dans le sens d'une rationnalisation des applications : on n'émet plus guère de cartes à puce « pour faire chic », mais bel et bien pour apporter des solutions robustes à des problèmes sécuritaires de plus en plus épineux.

Les technologies se diversifient sans relâche et tendent enfin à converger, mais il faut plus que jamais veiller à ce qu'elles soient mises en œuvre à bon escient.

Des vitrines qui volent en éclats

Loin de l'étourdissante « fuite en avant » qui caractérise le monde de l'informatique, la carte à puce a été exceptionnellement longue à « faire son trou » depuis les premiers travaux de Roland Moreno. À vrai dire, le marché semble avoir attendu, pour s'emballer et se mondialiser, que les principaux brevets fondateurs tombent dans le domaine public...

Dans l'intervalle (autrement dit pendant une bonne vingtaine d'années !), ce sont surtout les grandes applications « vitrine », essentiellement françaises, qui ont courageusement essuyé les plâtres, souvent aux frais du contribuable.

Aujourd'hui, elles s'essoufflent les unes après les autres, faute peut-être d'avoir su évoluer, comme le fait si bien la carte bancaire (désormais EMV) qui commence même à s'affranchir de ses contacts (pilote « **PayPass** » lancé à Strasbourg par Mastercard et le Crédit Mutuel-CIC).

Disons le tout net : en 2008, on ne peut plus se payer le luxe de mettre inutilement une puce sur une carte, juste pour donner un ballon d'oxygène à tel ou tel industriel franco-français. Souvenons-nous de la carte Vitale !

Tenter de faire obstacle à la libre concurrence internationale en faisant trop longtemps cavalier seul avec une technologie quasi-monopolistique (comme la télécarte T2G) finit aussi, tôt ou tard, par se payer. Alors que les cartes à puce Eurochip s'imposaient hors de nos frontières, la T2G cédait du terrain, en France, au profit des tickets avec code à gratter. Signe des temps, France Télécom se permet même de déployer, notamment en zones rurales, des publiphones dont la fente d'introduction de cartes à puce est obturée, tandis que la vénérable « carte France Télécom», après avoir perdu sa puce, est désormais carrément dématérialisée. Serions-nous en train d'assister à l'enterrement progressif des publiphones à cartes, parallèlement à celui du bon vieux Minitel ?

Un publiphone qui n'accepte ni les pièces ni les Télécartes !

Dans le domaine des cartes de fidélité, on constate également des remises en question déchirantes : après avoir remplacé ses cartes à technologie T2G par la fort innovante **CryptoMemory** d'Atmel (une mémoire à logique câblée mais à protocole T=0), l'enseigne Système U a très brusquement basculé vers un système à code-barres, adopté depuis belle lurette par ses concurrents comme Intermarché, Carrefour ou Champion.

Il est vrai que le coût de la mise en réseau de magasins géographique-

ment dispersés a tellement baissé, que les solutions « on-line » deviennent plus avantageuses que les systèmes « off-line ». On enregistre donc les points de fidélité dans un serveur central, plutôt que dans les cartes des clients, lesquelles ne servent plus que de moyen d'identification aucunement sécurisé. Du coup, la solution « puce » convient paradoxalement mieux aux petits commerces de proximité qu'à la grande distribution...

De nouveaux « facteurs de forme »

Ce n'est pas pour rien que ce salon se nomme CARTES « & IDentification » : avec des processeurs embarqués toujours plus puissants (notamment 32 bits), les cartes à puce constituent un moyen d'authentification éprouvé, quitte à les associer à des techniques biométriques, mais aussi RFID.

Face à la convergence sur une même plate-forme (**MicroRead** d'INSIDE Contactless) d'applications NFC (Near Field Communications) telles que contrôle d'accès, transport, paiement ou fidélité, la bonne vieille carte à puce à contacts s'immisce ainsi dans des applications... sans contact !

En pratique, un téléphone portable est doté d'une partie radio 13,56 MHz « banalisée » et c'est dans la carte SIM que se situent, selon l'usage, les fonctionnalités d'authentification cryptographique. Indépendantes des applications GSM ou 3G et potentiellement variées, elles communiquent par le biais d'un protocole à un seul fil (dit SWP pour « Single Wire Protocol ») utilisant le contact n° 6 (Vpp), depuis longtemps abandonné sur les cartes asynchrones. L'un après l'autre, les grands fabricants de cartes proposent des puces compatibles, mais ce n'est là qu'un axe d'évolution parmi bien d'autres.

Le mode natif ISO 7816 (T=0 ou T=1) des cartes à puce à contacts est en effet de plus en plus concurrencé par d'autres protocoles (I^2C, USB), tandis que le traditionnel format « carte de crédit » semble devoir perdre du terrain au profit de « facteurs de forme » très différents.

Fonctionnellement parlant, la filiation de ces nouvelles catégories de « smart objects » avec la « smart card » est cependant évidente. Mieux, il n'est pas rare de trouver, à l'intérieur de ceux-ci, une carte à puce au format « plug-in » ou un composant encartable soudé une fois pour toutes.

En vérité, on s'oriente vers des objets qui intègrent tout à la fois l'équivalent d'une carte à puce et d'un lecteur (PC/SC voire CCID), plus une antenne de communication sans contact. Cela ouvre la porte à des applications fort innovantes, comme la dématérialisation des billets de chemin de fer qu'expérimente en ce moment même la start-up française Neowave (*www.neowave.fr*) avec son étonnant **Weneo Pass**.

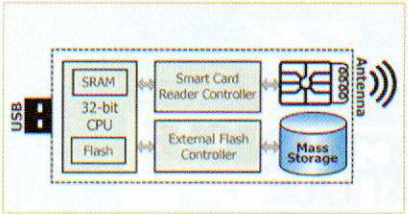
La convergence parfaite entre carte à puce, RFID, et clef USB

D'un format identique à celui d'un ticket de métro et pour seulement quelques millimètres d'épaisseur, le produit vient se brancher sur le port USB d'un PC pour acheter (ou renouveler) le titre de transport à domicile, par Internet.

Remettons le capuchon de protection et nous voici en présence d'un « tag » sans contact, compatible avec les composteurs de quai et les terminaux mobiles des contrôleurs !

Et pour un maximum d'universalité, cette clef USB pas comme les autres embarque un confortable volume (jusqu'à 4 Go) de mémoire Flash à usage général.

Un concept assez proche, en somme, du **WebSTIC.Fly** d'Oberthur, mais enrichi d'une possibilité de clipsage irréversible d'une photo d'identité, indispensable pour les abonnements nominatifs.



Le billet dématérialisé Weneo de Neowave

La clef USB dans tous ses états

Parmi tous ces « objets intelligents », communicants et sécurisés, la clef USB arrive donc en bonne place et se décline selon de multiples variantes, parfois inattendues.

Ainsi, la curieuse **Card Blade** d'Oberthur est une carte de format classique mais bien plus épaisse, pré-découpée à la manière d'une carte SIM, mais selon le contour d'une clef USB à connecteur simplifié.

Lorsque la carte est entière, les contacts tombent au même endroit que ceux d'une carte à puce ordinaire !

À vrai dire, on connaissait depuis longtemps le lecteur PC/SC en forme de clef USB, qu'Advanced Card Systems (*www.acs.com.hk*) s'ingénie à enrichir année après année : antenne RFID incorporée (ACR38DT « **DualKey** »), puis disque Flash (ACR100 « **SIMFlash Drive** »), préfigurant à eux deux le Weneo.

Mais on assiste cette année à une véritable convergence de toutes ces fonctionnalités, avec l'intégration indissociable de la carte et de son lecteur.

Peut-être faut-il voir là la conséquence du retard persistant d'équipement des foyers (du moins français) en lecteurs PC/SC, freinant l'utilisation à domicile des « combi-cards », qui sauraient offrir des possibilités comparables à moindre coût.

Xiring persiste et signe pourtant avec une version améliorée de son lecteur low-cost « **Teo by Xiring** » (*www.teo-byxiring.com*), mais on attend toujours que des banques, par exemple, en équipent leurs clients pour sécuriser réellement leurs opérations en ligne...

P. GUEULLE

abonnez-vous

Je m'abonne à ÉLECTRONIQUE PRATIQUE

11 NUMÉROS

ECONOMISEZ 12 €*

43 €

France Métropolitaine

DOM par avion : 50,00 € - TOM par avion : 60,00 €
Union européenne : 52,00 €
Europe (hors Union européenne) - USA - Canada : 60,00 €
Autres pays : 70,00 €

* Prix total au numéro en France métropolitaine : 55,00 €

Je retourne mon coupon accompagné de mon règlement à :
Electronique Pratique, service abonnements, 18/24 quai de la Marne 75164 Paris Cedex 19

EP333

☐ M. ☐ Mme ☐ Mlle

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville/Pays Tél ou e-mail

Je désire que mon abonnement débute avec le n° :

Abonnement 11 numéros - France Métropolitaine : 43,00 € - DOM par avion : 50,00 € - TOM par avion : 60,00 €
Union européenne : 52,00 € - Europe (hors UE), USA, Canada : 60,00 € - Autres pays : 70,00 €

Offre spéciale étudiant - 11 numéros (Joindre obligatoirement un document daté prouvant votre qualité d'étudiant)
France Métropolitaine : 35,00 € - DOM par avion : 45,00 €
Union européenne : 47,00 € - TOM, Europe (hors UE), USA, Canada : 55,00 € - Autres pays : 65,00 €

Je choisis mon mode de paiement :

☐ Chèque *à l'ordre d'Electronique Pratique.* Le paiement par chèque est réservé à la France et aux DOM-TOM

☐ Virement bancaire *(IBAN : FR76 3005 6000 3000 3020 1728 445 • BIC : CCFRFRPP)*

☐ Carte bancaire (compléter ci-dessous) J'inscris ici mon numéro de carte bancaire

Expire le J'inscris ici les trois derniers chiffres du numéro cryptogramme noté au dos de ma carte

Signature (obligatoire si paiement par carte bancaire)

Conformément à la loi Informatique et libertés du 06/01/78, vous disposez d'un droit d'accès et de vérification aux données vous concernant.

Arquié Composants devient All Electronique

Par une cession d'entreprise, suite au départ de Monsieur Bernard Arquié, la société Arquié Composants est devenue All Electronique. Basée désormais à Clermont-Ferrand et dirigée par Monsieur Rémy Garguillo, la société propose sur son site internet tous les produits du catalogue actuel dans la rubrique « composants Arquié ». Les commandes se font, comme auparavant, par internet, télécopie ou courrier.

All Electronique a été fondée en 1996. Elle a pour principale activité la distribution de composants électroniques, d'accessoires informatiques et de divers produits finis électroniques pour les entreprises et le grand public (mesures, GPS, outillages, alimentations....). Près de 20 000 références sont consultables en ligne.

All Électronique, Tél. : 04 73 31 15 15, Fax : 04 73 19 08 06, www.allelectronique.com

Nouvelles bandes souples à led chez Mininéon

Mininéon commercialise des bandes souples « haute densité » non étanches « à led 3528 » espacées tous les 1,3 cm et pouvant être coupées tous les 3,8 cm. Une alimentation de 3 000mA peut convenir pour alimenter au maximum deux bandes souples de 1 m; 12 A pour alimenter dix bandes souples de 1 m et 33 A pour alimenter trente bandes souples de 1 m. Il est possible de souder les bandes entre elles pour faire plusieurs mètres dans la limite des 5 m. Le prix varie de 55 € à 44 € selon le nombre d'unités commandées. Rappelons, en effet, que Mininéon propose depuis quelques mois des tarifs dégressifs sur son site internet. Lequel arbore un nouveau logo, un espace gestion clients professionnels et donne accès à un service de mailing annonçant les nouveaux produits.

Mininéon, Tél. : 06 24 96 68 31, www.minineon.com

COUPE DE FRANCE DE ROBOTIQUE
Le GEII de Rouen à la recherche de sponsors

La 16e édition de la Coupe de France de Robotique, co-organiséee par la ville de La Ferté-Bernard et l'association Planète Sciences, se déroulera du 20 au 24 mai 2009 dans la Sarthe. Ne pouvant subvenir seuls à toutes les charges induites par leur participation à cette coupe, de nombreux concurrents font appel à des financements extérieurs pour concevoir, puis réaliser leur robot, conformément au règlement. C'est le cas de l'équipe PRIGER de l'IUP GEII de Rouen qui cherche à conclure des partenariats avec des entreprises et collectivités locales. Défi ludique, scientifique et technique de robotique, la Coupe de France de Robotique s'adresse à des équipes de passionné(e)s de la robotique ou ayant des projets éducatifs vers les jeunes. Les équipes doivent être constituées de plusieurs personnes (nombre de places limité).

Association Planète Sciences : www.planete-sciences.org/robot/coupe2009
IUP GEII, Université de Rouen : Tél. : 02 32 95 50 12, ivan.meny@univ-rouen.fr

Les packs Noël d'Opti-Machines

Afin de répondre aux attentes des passionnés du travail du métal, Opti-Machines propose, pour la période de Noël, des packs (machines et accessoires, transport inclus) répondant aux besoins spécifiques de chacun.

Pour exemple, le Pack Fraiseuse Optimum BF20 L Vario CNC est idéal pour réaliser des prototypes et des petites séries, grâce à la numérisation et au pilotage par ordinateur de la machine qui permet la production de pièces à des niveaux de finition surprenants (7 microns).

Ce pack comprend la BF20 L Vario, une perceuse-fraiseuse très polyvalente ainsi qu'un contrôleur trois axes et trois cartes, un logiciel en français avec un interface, un kit de trois vis à billes et un kit de trois moteurs pas à pas.

Cette offre exceptionnelle comprend également une journée de formation au siège d'Opti-Machines.

De nombreux autres packs - fraiseuses, perceuses, tours, tourets à meuler, ponceuses à bande - raviront les professionnels et autres « bricoleurs » avertis.

De longue date, Opti-Machines travaille en exclusivité sur la France avec ses partenaires allemands Optimum, Quantum, Metallkraft, Holzkraft et Holzstar.

Elle compte plus de cent trente machines (tours, fraiseuses, perceuses, scies, ponceuses, tourets à meuler...) et une vaste gamme d'accessoires.

Opti-Machines, Tél. : 03 20 03 69 17, www.optimachines.com

KICAD
Les menus Pop Up

Dans cette huitième partie consacrée à Kicad, logiciel libre pour la réalisation de schémas et circuits imprimés, nous allons revenir sur une fonctionnalité très pratique que nous avons survolée au cours de notre apprentissage : les menus Pop Up. Nous les avons déjà utilisés à plusieurs reprises sans nous y attarder, car nous étions tous impatients de réaliser notre premier circuit imprimé.

Les menus Pop Up méritent qu'on s'y intéresse de plus près. Ils permettent un accès et des éditions rapides d'éléments qui composent le dessin du circuit imprimé.

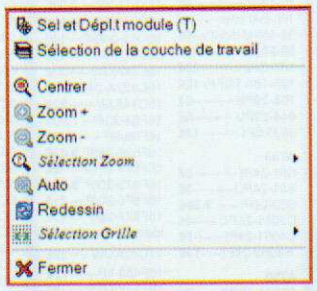
Parcours des Pop Up et éditions rapides d'éléments

Sur certaines zones de la feuille de travail (espace de travail, composant, piste, pastille...), un clic sur le bouton droit de la souris fait apparaître un menu « Pop Up » contextuel dont le contenu dépend de l'élément pointé par le curseur de la souris (s'il y en a un). L'action sur les boutons de la souris renferme d'importantes commandes complémentaires très pratiques.
Les menus contextuels Pop Up que nous allons explorer diffèrent en fonction du mode de conception sélectionné :

- Mode « Commandes générales » (sans mode « Modules », ni « Pistes AutoRoutage»);
- Mode « Modules » par la commande icône
- Mode « Pistes et AutoRoutage » par l'icône

Mode « Commandes générales »

La **figure 109** représente le menu qui apparaît avec un clic droit dans une zone neutre de l'espace de travail de Pcbnew, c'est-à-dire sans sélection d'élément comme un composant, une piste, un pad...), ni sélection d'une ou des deux icônes de **Mode module** ou **Mode routage**.
Le menu qui se présente permet d'obtenir, par un clic droit de la souris, les commandes générales contextuelles, sans avoir recours aux menus ou barres d'outils de la fenêtre générale.



109

Par conséquent, en faisant un clic droit sur un espace vierge de travail, la fenêtre Pop Up contextuelle de la figure 109 s'affiche, dévoilant un certain nombre de menus et de sous menus de commandes. Sauf exception, ce type de fenêtre est divisée en trois groupes :

- Le premier (de haut en bas) représente les fonctions contextuelles (deux pour ce menu) ayant un rapport direct avec l'élément pointé par la souris.
- Le deuxième, quant à lui, propose sept commandes communes à tous les menus Pop Up sans exception. Il s'agit de fonctions qui demeurent fixes, indifféremment du contexte et du mode de travail sélectionné. Ainsi, sur l'espace de travail, on a immédiatement accès au choix du zoom, au réglage de grille et, selon le cas, à l'édition des paramètres les plus couramment modifiés de l'élément pointé. Le sous-menu **Sélection Zoom** permet de choisir le facteur d'agrandissement du zoom qui est compris entre 1 et 2048. Le sous-menu **Sélection Grille** propose une gamme de dimensions de grilles s'étalant de 0,1 à 100 tout en laissant à l'utilisateur la possibilité d'afficher sa propre grille personnalisée. On retrouve la plupart de ces commandes, dans la barre supérieure des menus.
- La troisième et dernière zone, contient uniquement la commande **Quitter** le menu.

Le tableau de la **figure 110** décrit les fonctions du menu Pop Up de la figure 109.

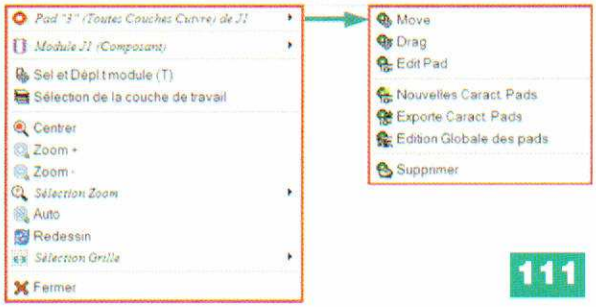
Icônes du menu contextuel obtenu avec un clic droit sur l'espace de travail		
	Sel et Dpl.t Module (T)	Sélection et déplacement de module (composant).
	Sélection de la couche de travail	Sélectionne la couche de travail parmi les 15 affichés.
	Centrer	Replace le curseur de la souris au centre de l'écran de travail.
	Zoom + (F1)	Zoom plus X2 avec recentrage du curseur de la souris au centre de l'écran.
	Zoom - (F1)	Zoom moins 1/2 avec recentrage du curseur de la souris au centre de l'écran.
	Sélection Zoom	Sélection directe du facteur d'agrandissement du zoom : 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 et 2048.
	Auto	Retrouve le dessin du C.I. en cours et le place au centre de l'écran.
	Redessin	Fait disparaître les traces qui subsistent lors d'une suppression ou un déplacement d'un module.
	Sélection Grille	Sélection directe du pas de la grille de travail pour les résolutions suivantes : 0.1 - 0.2 - 0.5 - 1 - 2 - 2.5 - 5 - 10 - 20 - 25 - 50 - 100.
	Fermer	Ferme la fenêtre contextuelle.

110

Les deux premières lignes sont des fonctions contextuelles obtenues avec le clic droit sur l'espace de travail dans lequel nous étions avec notre C.I. Formation.
Nous verrons, par la suite, que les huit lignes suivantes sont bien communes à tous les menus contextuels quel que soit le contexte.
C'est pourquoi nous ne reviendrons pas sur ces dernières et que nous nous bornerons à étudier uniquement les fonctions présentes dans le premier cadre de chaque menu contextuel sollicité.

Remarque
Dans certains cas, la commande ***Redessin*** *efface aussi la dernière modification ou commande.*

Le résultat d'un clic droit sur un pad génère le menu et le sous-menu de la **figure 111**.



111

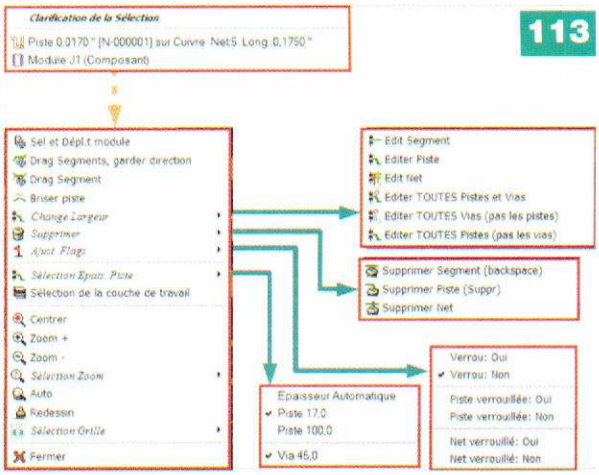
Le tableau de la **figure 112** indique l'utilité de chaque fonction présente sur le menu et le sous-menu.

Menu contextuel clic droit sur un pad (pastille) sans mode		
	Move	Déplacer le pad seul, vers une autre position.
	Drag	Déplacer le pad en conservant son lien avec la piste à laquelle il dépend.
	Edit Pad	Ouverture sur la fenêtre « Propriétés des Pads »
	Nouvelles Caract. Pads	Appliquer les nouvelles caractéristiques du Pad.
	Exporte Caract. Pads	Exporter les nouvelles caractéristiques du Pad vers un autre Pad.
	Edition Globale des Pads	Ouverture vers la fenêtre « Pads : Edition Glbale.
	Supprimer	Suppression du pad sélectionné par le pointeur. Une demande de validation sera demandée par une fenêtre d'alerte.

112

La commande **Edit Pad** fait apparaître une grande fenêtre avec toutes les caractéristiques du pad sélectionné.
On peut y paramétrer la référence, le nom du net, les dimensions, la forme, le diamètre de perçage, la position dans le dessin, l'orientation, le type de pad et à quelle couche il appartient.

Je vous invite vivement à découvrir cette fenêtre qui vous sera fort utile de maîtriser pour la suite. Avec un clic droit sur une piste, le menu et les sous-menus en rapport avec les pistes se présente comme à la **figure 113**.



113

Noter que la position du pointeur est considérée comme ambiguë, c'est-à-dire que le pointeur, malgré sa position sur une piste, se trouve prêt d'un autre élément, en l'occurrence il s'agit d'un module composant. Dans ces cas là, une fenêtre nommée **Clarification de la Sélection** (en haut de la figure) s'affiche en détaillant les éléments incriminés et réclame une confirmation de l'utilisateur. Dès l'instant que le choix est validé, le menu de la figure 113 apparaît à son tour.

N'est-ce pas « génial » pour éviter les erreurs ?
On observe que le menu piste propose un quatrième groupe de deux commandes, en rapport direct avec les manipulations de pistes.

Les tableaux des **figures 114, 115, 116** et **118**, issus de la figure 111, sont suffisamment explicites concernant les fonctions des sous-menus qu'ils représentent.

Détails du menu contextuel avec un clic droit sur une piste (sans mode)		
	Drag Segments, garder direction	Attraper un segment de piste, le déplacer sans en changer la direction. Déplacement parallèle à sa position initiale. Le Net où se trouve le segment à déplacer, se met en surbrillance pour distinguer les équipotentiels parmi les autres segments ou pistes.
	Drag Segment	Attraper (drag) un segment de piste, le déplacer dans tous les sens possibles. Le Net où se trouve le segment à déplacer, se met en surbrillance pour distinguer les équipotentiels parmi les autres segments ou pistes.
	Briser piste	Brise la piste (coupe) à l'endroit du pointeur de la souris. La continuité électrique est coupée. Permet de repartir vers d'autres éléments.
	Change largeur	Donne l'accès à un sous-menu d'édition des pistes, des Net et des Vias. Offre le choix de modifier les largeurs de pistes ou de vias en corrélation avec la largeur programmée dans le menu ***Sélection Epais. Piste***.
	Supprimer	Outil de suppression de piste, de segment ou de Net. Nécessite un clic sur ***Redessin*** afin de réactualiser le dessin et le débarrasser de tout tracé parasite.
	Ajust. Flag	Assure le positionnement de Flags sur une piste ou un Net pour les verrouiller ou les déverrouiller. Pratique lorsqu'un élément est définitivement positionné, le verrouillage permet de conserver le tracé initial de la piste par exemple. Un clic sur redessin annule le tracé initial.
	Sel et Dépl.t module (T)	Recherche d'un module, par son nom afin de le localiser pour soit le déplacer, le supprimer, le modifier. Fonction très pratique lorsque le montage est dense avec de nombreux composants.
	Sélection Epais. Piste	Ouvre la liste des différentes largeur de pistes et des Vias employées dans le dessin du circuit imprimé et permet une sélection rapide.
	Sélection de la couche de travail	Permet d'accéder directement au tableau de sélection des différentes couches du circuit imprimé en étude.

114

Sous menu contextuel pistes : *Change largeur*		
	Edit Segment	Change la largeur du segment de piste sélectionné par le pointeur et seulement le segment. La largeur dépend de celle qui est cochée dans le menu ***Sélection Epais. Piste***.
	Editer Piste	Change la largeur de la piste entière sélectionnée par le pointeur et seulement la piste. La largeur dépend de celle qui est cochée dans le menu ***Sélection Epais. Piste***.
	Editer Net	Change la largeur des pistes du Net (réseau) entier sélectionné par le pointeur et seulement le réseau. La largeur dépend de celle qui est cochée dans le menu ***Sélection Epais. Piste***.
	Editer TOUTES Pistes et Vias	Change la largeur de toutes les pistes du dessin ainsi que les Vias. La largeur dépend de celle qui est cochée dans le menu ***Sélection Epais. Piste***.
	Editer TOUTES Vias (pas les pistes)	Change la largeur de toutes les vias du dessin mais pas les pistes. La largeur dépend de celle qui est cochée dans le menu ***Sélection Epais. Piste***.
	Editer TOUTES Pistes (pas les vias)	Change la largeur de toutes les pistes du dessin mais pas les Vias. La largeur dépend de celle qui est cochée dans le menu ***Sélection Epais. Piste***.

115

Sous menu contextuel pistes : *Supprimer*		
	Supprimer Segments (Backspace)	Supprime le segment sélectionné par le pointeur et seulement celui-ci.
	Effacer Pistes (Delete)	Supprime la piste sélectionnée par le pointeur et seulement celle-ci.
	Supprimer Net	Supprime le Net (Réseau) sélectionné par le pointeur et seulement celui-ci.

116

Sous menu contextuel pistes : *Sélection Epais. Pistes*		
	Epaisseur Automatique	Si l'option "***Épaisseur Automatique***" est sélectionnée (une coche signale la sélection) et si on commence une piste sur une autre piste, la nouvelle piste prendra l'épaisseur de la piste de départ.
✓	Piste 17.0	Implicitement, Pcbnew mémorise les 4 dernières dimensions utilisées pour les pistes et les Vias du dessin du C.I. On peut donc pour les segments en cours, sélectionner une de ces dimensions (la coche signale le choix de piste 17.0 pour notre C.I.)
	Piste 100.0	
✓	Via 45.0	Même processus que pour les pistes, sauf qu'il s'agit des pastilles et vias.

118

En revanche, le tableau 117 réclame quelques explications particulières et mérite qu'on s'y attarde.
Le tableau de la **figure 117** liste et détaille les commandes du sous-menu **Ajust. Flags** du menu Pop Up principal pour traitement des pistes. Ce sont des fonctions très pratiques et utiles pour le concepteur.

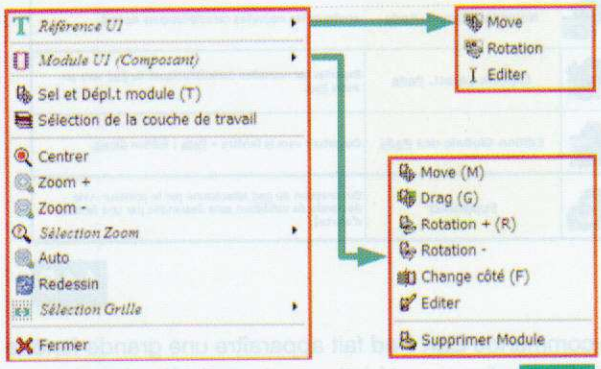
117

Sous menu contextuel pistes : *Ajust. Flags*		
	Verrou : Oui	C'est un indicateur d'état du verrouillage des pistes et des nets. La coche indique qu'un ou plusieurs verrouillages ont été effectués en posant un flag sur une ou des pistes ou sur un ou des nets net avec le pointeur de la souris. L'absence de coche indique qu'il n'y a pas d'élément verrouillé.
✓	Verrou : Non	
	Piste verrouillée : Oui	Commandes de verrouillage oui ou non d'une piste pour la protéger d'effacement par le menu **Effacements Généraux** du menu **Divers**. C'est un attribut qui protège une piste ou un net. C'est une commande du type Flip/Flop. Un clic on bascule sur Oui et un second clic, on bascule sur Non et vice versa.
	Piste verrouillée : Non	
	Net verrouillé : Oui	Fonctionnement identique aux pistes. Comme pour les pistes, c'est une commande du type Flip/Flop. Un clic on bascule sur Oui et un second clic, on bascule sur Non et vice versa.
	Net verrouillé : Non	

Elles permettent de verrouiller ou de déverrouiller par un flag qui dépose un attribut dans les propriétés, soit d'un segment de piste, soit d'une piste complète, soit d'un réseau (Net) afin de les protéger d'une suppression éventuelle, volontaire ou non.
Ces commandes de verrouillage fonctionnent en corrélation avec le menu **Effacements Généraux** présent dans le menu **Divers**. Par le menu **Divers/Effacement Généraux**, on peut effacer toutes les pistes, sauf celles qui auront été verrouillées préalablement (exemple des connexions de masse ou d'alimentation).
Dans notre cas (figure 117), une coche est visible dans la case **Verrou:Non**. Ce signe indique qu'aucun verrouillage n'a été effectué, autrement dit aucun flag n'a été posé à l'aide du pointeur de la souris sur une piste ou un net par les commutateurs **Oui** ou **Non**.
Ce sont des commandes du type « bascule ». Un premier clic gauche fait basculer sur Oui, un second clic fait basculer sur Non et vice versa.

Remarque
*La sélection du verrouillage de piste ou de net ne fait pas apparaître de coche à gauche de la commande correspondante. C'est uniquement les indicateurs **Verrou:Oui** et **Verrou:Non** qui signalent la présence ou l'absence de un ou plusieurs flags.*

Pour verrouiller une piste ou un net, la procédure est la suivante :
338 - Faire un clic droit sur la piste à traiter;
339 - Puis dans la fenêtre Pop Up qui s'ouvre, sélectionner le sous-menu **Ajust.Flags**;
340 - Terminer par un clic gauche sur **Piste verrouillée:Oui**;
341 - La couleur de la piste est alors surlignée et si on retourne dans le sous-menu (figure 118), on constate que l'indicateur d'état se trouve coché dans la case **Verrou:Oui**.
Avec un clic droit sur la référence d'un module, on obtient le menu et le sous-menu de la **figure 119**.



119

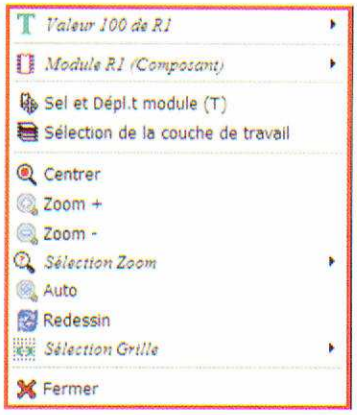
La commande **Editer** ouvre la fenêtre **Propriétés du Texte sur Module** autorisant plusieurs critères de configuration, comme le nom du module, l'orientation, l'affichage, etc.
Comme toujours, un examen sérieux de cette fenêtre est important.

Le tableau de la **figure 120** présente le détail des trois fonctions du menu de la figure 119.

Menu contextuel *Référence* des composants		
T	*Référence U1*	Indique la référence du module sélectionné. Dans notre circuit, il s'agit du circuit intégré référencé: U1. Il donne accès au sous-menu permettant de déplacer, effectuer une rotation (pas de 90°) et éditer la référence.
	Module U1 (Composants)	Permet l'accès au sous-menu correspondant pour utiliser les fonctions disponibles pour agir sur le module (composant). Les actions sont: Move, Drag, Rotation +, Rotation -, Change côté, Editer et Supprimer Module.
	Sel et dépl.t (T)	Lance la fenêtre de recherche d'un module, en inscrivant sa référence. Très utile avec les montages denses.

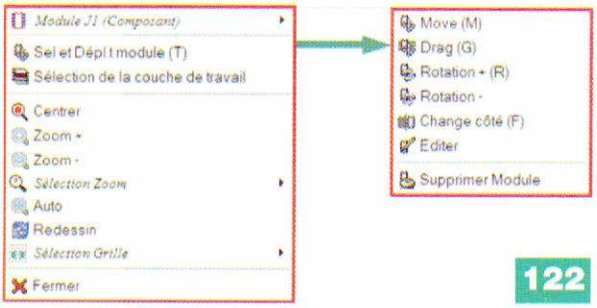
120

Avec un clic droit sur la valeur d'un module.
La **figure 121** est identique à la figure 119, à la différence près qu'il s'agit des actions sur la valeur du module pointé (ici, c'est une résistance). Le contenu des sous-menus est le même que celui de la figure 120. Il n'y a donc aucun intérêt à s'y attarder à nouveau. Comme pour la référence, on accède au menu d'édition pour modifier les propriétés.



121

Même approche pour la **figure 122** qui rassemble les mêmes outils et fonctions que le menu précédent.



122

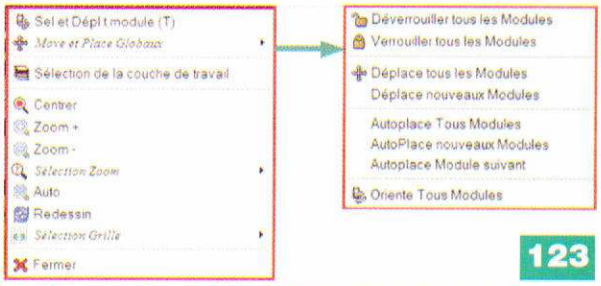
Mode « Module »

Un clic droit sur un module (composant) et uniquement sur le corps du composant active le menu **Module** et son sous-menu. On constate la similitude du sous-menu en comparaison aux autres Menus contextuels.

Remarque

La position en mode « Module » donne accès uniquement aux fonctions ayant un rapport avec la manipulation des modules (composants). Que l'on pointe une piste, un module, sur une pastille (pad), une référence ou un nom de module, on se trouve irrémédiablement orienté vers un menu Pop Up, en rapport direct avec les modules et rien d'autre. Faites l'expérience pour vous en convaincre.

Les libellés des commandes du menu des figures 123, 124 et 125 sont suffisamment clairs et ne nécessitent pas davantage de commentaires. Le menu et le sous-menu **Selection** et **Déplacement Module** (**figure 123**) sont obtenus avec un clic droit sur l'espace de travail. Comme les menus précédents, nul besoin de plus de détails pour la compréhension et l'utilité des commandes présentées.



123

Les **figures 124** et **125** détaillent les fonctions disponibles.

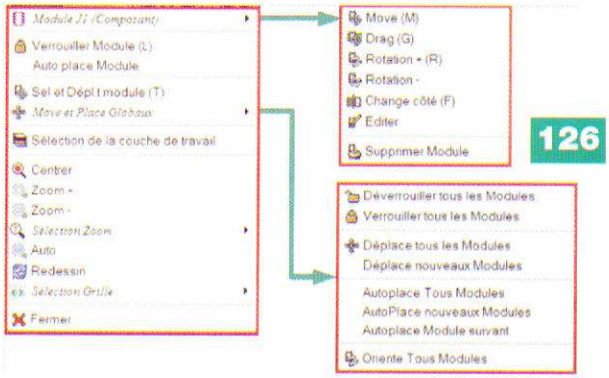
Menu contextuel avec clic droit sur espace de travail (mode module)		
	Sel et Dépl.t module (T)	Cette commande a pour effet d'ouvrir la fenêtre de recherche de module par leur nom, puis de dégager le module sélectionné, accompagné de son chevelu. La nouvelle position est confirmée par un clic gauche. La touche échappement annule l'action avant la validation de l'implantation.
	Move et Place Globaux	Cette commande ouvre l'accès à un sous-menu qui propose un certain nombre de fonctions globales décrites au tableau de la figure 123.

124

Sous-menu contextuel avec clic droit sur espace de travail (mode module)		
	Déverrouiller tous les Modules	Déverrouille tous les modules du dessin, préalablement verrouillés.
	Verrouiller tous les Modules	Verrouille tous les modules du dessin.
	Déplace tous les Modules	Déplace tous les modules sauf ceux qui ont été préalablement verrouillés.
	Déplace nouveaux Modules	Déplace uniquement tous les nouveaux modules du dessin.
	Autoplace Tous Modules	Cette commande place automatiquement tous les modules après un calcul proposant une implantation optimale des modules selon Pcbnew.
	Autoplace nouveaux Modules	Commande identique à la précédente place automatiquement et uniquement les nouveaux modules après un calcul proposant une implantation optimale des nouveaux modules implantés, toujours modules selon Pcbnew.
	Autoplace Module suivant	Placement automatique des modules n'ayant pas encore été déplacé, modules rajoutés ou déverrouillés après une commande Autoplace.
	Oriente Tous Modules	Permet de modifier l'orientation de tous les modules non verrouillés. La commande ouvre une fenêtre pour inscrire la valeur en degré de la nouvelle orientation par rapport à la position initiale des composants. La valeur à afficher s'étend de 1 à 360° par bond de 1 degré. Dans le fenêtre Un deuxième champs peut recevoir les noms des modules à filtrer afin de les maintenir dans leur position d'origine.

125

La **figure 126** représente le menu Pop Up obtenu avec un clic droit sur le corps d'un module (J1 exactement). C'est un ensemble complet d'actions et de commandes déjà vues en amont. Le détail se retrouve dans les figures précédentes.



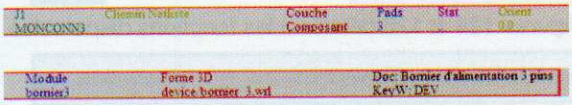
126

Mode « Pistes et AutoRoutage »

Ce mode d'autoroutage mériterait qu'on s'y attarde quelque peu, mais la majorité des amateurs ne l'utiliseront que rarement. C'est pourquoi il est plus important de revenir à la pratique et surtout vers la création des empreintes (modules) et de la bibliothèque qui permet de les gérer. Nous y reviendrons ultérieurement.

Remarques

*Lorsqu'on pointe sur une piste ou un module avec le bouton de gauche, un simple clic provoque l'affichage des caractéristiques de l'élément sous le curseur souris, visible en bas de l'écran (**figure 127**) et qui en révèle les informations.*



127

Après cette débauche de menus, revenons à un peu de pratique.

Il est quelquefois intéressant, pour diverses raisons, de créer un plan de masse sur tout ou partie d'un circuit imprimé. Nous allons parcourir la procédure qui va nous conduire à achever notre circuit « Formation.brd ».

342 - Charger le fichier « formation.brd » que nous avons créé en simple face;

343 - Cliquer sur le bouton **Surbrillance des équipotentiels** de la barre d'outils de droite;

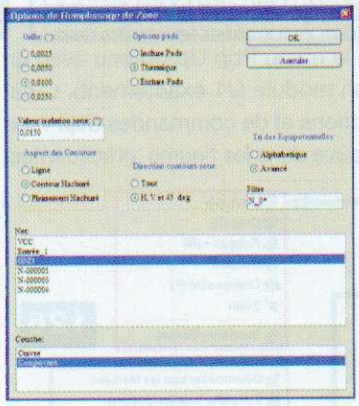
344 - Cliquer sur la patte (3) de J1, elle devient jaune et son net devient vert lumineux;

345 - Cliquer sur le bouton **Addition de zones** de la barre d'outils de droite;

346 - Placer le premier point pour le tracé des contours de la carte, légèrement en retrait du contour du circuit imprimé;

347 - La fenêtre de paramétrage **Option de remplissage de zone** apparaît;

348 - Choisir **Grille** « 0.010 », **Options Pad** « Thermal », **Direction contours zone** « H,V » et 45°, ensuite **Couche** « Composant », comme en **figure 128** et, enfin, cliquer sur **OK**;



128

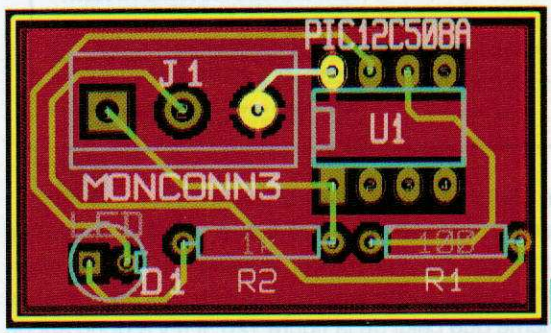
349 - Continuer le parcours du périmètre de la zone à créer;

350 - Un double clic à l'endroit où le point d'arrivée se superpose au point de départ figera la zone;

351 - Faire un clic droit à l'intérieur de la surface qui vient d'être tracée;

352 - Cliquer sur la commande **Remplir** ou **Re-Remplir toutes les Zones**;

353 - Votre carte doit ressembler à la **figure 129**;



129

Remarque

Il ne vous aura pas échappé de voir que le point de masse raccordé à la pastlle (3) du connecteur est une connexion thermique.

354 - Maintenant, effectuer le test du respect des règles de conception de la carte en cliquant sur **Contrôle des règles de conception** ;

355 - Cliquer sur **Start DRC**. Il ne doit pas y avoir d'erreur;

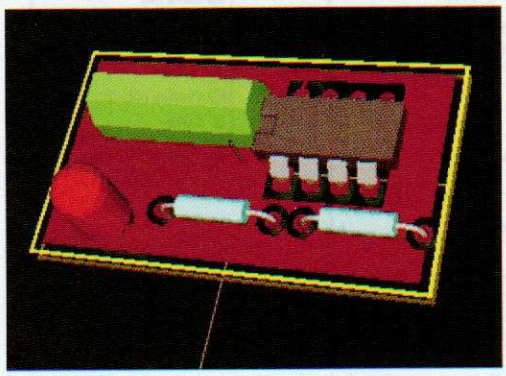
356 - Cliquer sur **Liste non conn**. Il ne doit rien y avoir de déconnecté;

357 - Aucune erreur, alors c'est parfait;

358 - Sauvegarder le fichier en cliquant sur « Fichier et files » et enregistrer sous (dans répertoire habituel);

359 - Visualiser le résultat en 3D en cliquant sur **3D Visu,** puis encore une fois **3D Visu;**

360 - Faire glisser la souris tout en appuyant sur le bouton gauche pour faire tourner la carte de la **figure 130**;



130

361 - Notre carte est terminée. N'est-ce pas merveilleux l'informatique ?

Ainsi s'achève cette partie de notre parcours initiatique à la suite Kicad. La neuvième partie sera consacrée à la gestion de la librairie avec création des modules.

La dernière version de la suite Kicad est 20080825. Elle est disponible sur le site internet de IUT de Grenoble.

G.KOSSMANN
gabriel.kossmann@orange.fr

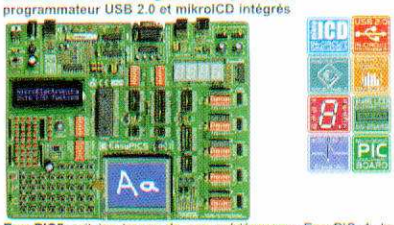
L'auteur remercie M. Jean-Pierre Charras pour sa précieuse aide.

mikroElektronika

OUTILS DE DÉVELOPPEMENT | COMPILATEURS | LIVRES

Carte de développement EasyPIC5

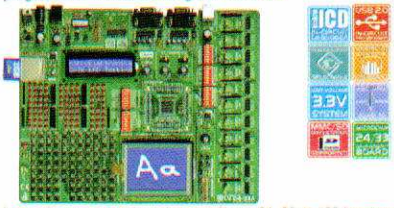
Solution matérielle et logicielle complète avec programmateur USB 2.0 et mikroICD intégrés



EasyPIC5 suit les traces de son prédécesseur EasyPIC 4, le système de développement PIC parmi les meilleurs sur le marché, en offrant de nouvelles caractéristiques pour le même prix. La platine supporte les microcontrôleurs 8, 14, 18, 20, 28 et 40 broches de la famille PIC. Le programmateur **USB 2.0** intégré avec **mikroICD** permet un débogage extrêmement efficace et un développement prototype plus rapide. La platine est livrée avec des exemples en langage **C**, **BASIC** et **Pascal**. Écran tactile à fonction de **superposition**, pouvant recevoir des informations et les afficher sur le même écran.

Carte de développement LV24-33A

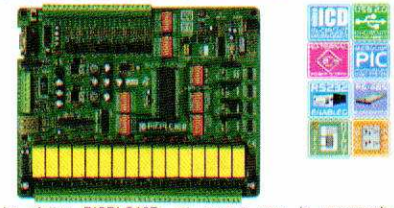
Solution matérielle et logicielle complète avec programmateur USB 2.0 intégré et mikroICD



Le système supporte les microcontrôleurs 64, 80 et 100 broches **PIC24F, PIC24H, dsPIC33F** (livré avec un PIC24FJ96GA010). Exemples en **BASIC**, **PASCAL** et **C** inclus dans le système. Choix entre alimentation USB ou externe. Les nombreuses caractéristiques du **LV24-33A** faciliteront le développement de vos applications. Le programmateur **USB 2.0** intégré avec **mikroICD** (In-Circuit Debugger = débogueur en circuit) permet un débogage extrêmement efficace et un développement de prototype plus rapide. Écran tactile à fonction de **superposition**, pouvant recevoir des informations et les afficher sur le même écran.

Platine de développement PICPLC16B

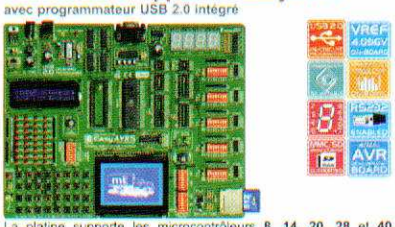
Solution matérielle et logicielle complète avec programmateur USB 2.0 intégré et mikroICD



La platine **PICPLC16B** est conçue pour la commande d'automates et machines industrielles. 16 entrées à **opto-coupleur** et 16 **relais** (jusqu'à 10 A) répondront à nombre de besoins industriels. Le **mikroICD** ultrarapide (In-circuit Debugger = débogueur en circuit) permet un débogage efficace et un développement prototype plus rapide. Caractéristiques : **RS485**, **RS232**, **Ethernet série**, programmateur **USB 2.0** et **mikroICD** intégrés.

Carte de développement EasyAVR5

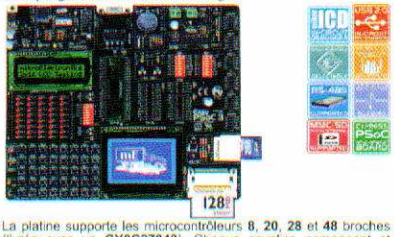
avec programmateur USB 2.0 intégré



La platine supporte les microcontrôleurs **8**, **14**, **20**, **28** et **40** broches (livrée avec un **ATMEGA16**). Chaque cavalier, composant et broche est clairement identifié sur la carte. La plupart des applications industrielles peuvent être testées : thermorégulateurs, compteurs, temporisateurs, etc. Conviviale, la platine **EasyAVR5** est spécialement conçue pour les Atmel AVR. Le programmateur **USB 2.0** intégré facilitera le développement de vos applications. La platine est livrée avec des exemples en langage **BASIC** et **Pascal**.

Carte de développement EasyPSoC3

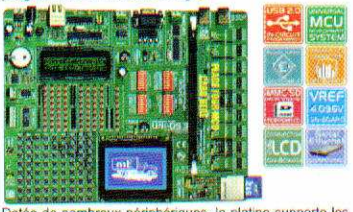
avec programmateur USB 2.0 intégré



La platine supporte les microcontrôleurs **8**, **20**, **28** et **48** broches (livrée avec un **CY8C27843**). Chaque cavalier, composant et broche est clairement identifié sur la carte. Conviviale, **EasyPSoC3** est une platine de développement spécialement conçue pour les microcontrôleurs PSoC. Le programmateur **USB 2.0** intégré fait de la programmation un jeu d'enfant.

Carte de développement UNI-DS 3

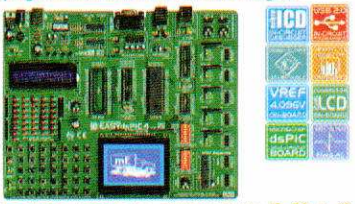
Solution matérielle et logicielle complète avec programmateur USB 2.0 intégré.



Dotée de nombreux périphériques, la platine supporte les microcontrôleurs des familles **PIC**, **dsPIC**, **AVR**, **8051**, **ARM** et **PSoC**. Pour passer à un autre processeur dans le même environnement de développement, il vous suffira de substituer une carte à une autre. **UNI-DS3** est dotée de nombreuses caractéristiques qui faciliteront le développement de vos applications. Choix entre alimentation **USB** ou externe. Chaque carte MCU a son propre programmateur **USB 2.0** !

Carte de développement EasydsPIC4

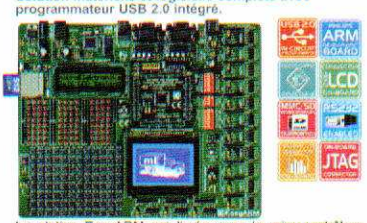
Solution matérielle et logicielle complète avec programmateur USB 2.0 et mikroICD intégrés



La platine supporte les microcontrôleurs **18**, **28** et **40** broches (livrée avec le microcontrôleur universel dsPIC30F4013). **EasydsPIC4** est doté de nombreuses caractéristiques qui faciliteront le développement de vos applications. La quantité impressionnante d'exemples en **C**, **BASIC** et **PASCAL** vous assureront une prise en main immédiate. Le programmateur ultrarapide **USB 2.0** intégré et **mikroICD** permettent un débogage extrêmement efficace et un développement prototype plus rapide.

Carte de développement EasyARM

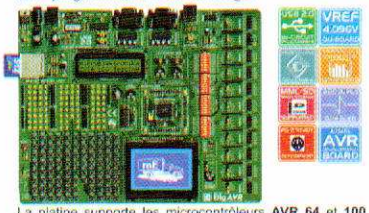
Solution matérielle et logicielle complète avec programmateur USB 2.0 intégré.



La platine EasyARM est livrée avec le microcontrôleur **LPC2148**. Chaque cavalier, composant et broche est clairement identifié sur la carte. La plupart des applications industrielles peuvent être testées sur le système : compteurs, temporisateurs, etc. **EasyARM** est dotée de nombreuses caractéristiques qui faciliteront le développement de vos applications. Dont le programmateur **USB 2.0** intégré avec bascule automatique entre les modes 'exécution' et 'programmation'. La platine est livrée avec des exemples en langage **C**.

Carte de développement BIGAVR

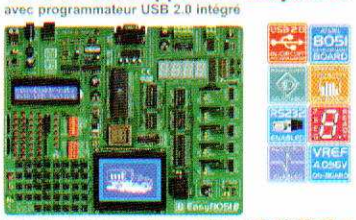
avec programmateur USB 2.0 intégré



La platine supporte les microcontrôleurs **AVR 64** et **100** broches (livrée avec un **ATMEGA128**). Les nombreux exemples assurent une prise en main rapide. Conviviale, la platine de développement est spécialement conçue pour les AVR d'Atmel. La **BIGAVR** est dotée de nombreuses caractéristiques qui faciliteront le développement de vos applications. Choix entre alimentation **USB** ou externe.

Carte de développement Easy8051B

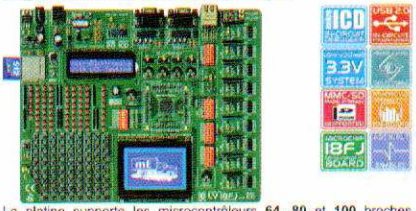
avec programmateur USB 2.0 intégré



La platine supporte les microcontrôleurs **14**, **16**, **20**, **28** et **40** broches (livrée avec un **AT89S8253**). Elle dispose également de supports **PLCC32** et **PLCC44** pour les microcontrôleurs 32 et 44 broches. Elle intègre un programmateur **USB 2.0** permettant la programmation sans enlever le microcontrôleur.

Carte de développement LV 18FJ

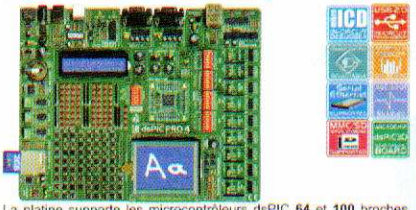
Solution matérielle et logicielle complète avec programmateur USB 2.0 et mikroICD intégrés



La platine supporte les microcontrôleurs **64**, **80** et **100** broches **PIC18FxxJxx** (livrée avec le PIC18F87J60 – microcontrôleur PIC18 80 broches avec périphérique Ethernet 10 Mbps). LV 18FJ est une platine de développement pour microcontrôleurs PIC18FxxJxx simple à utiliser. Le programmateur **USB 2.0** intégré avec **mikroICD** permet un débogage extrêmement efficace et un développement de prototype plus rapide. La platine est livrée avec des exemples en langage **C**, **BASIC** et **Pascal**.

Platine de développement dsPICPRO 4

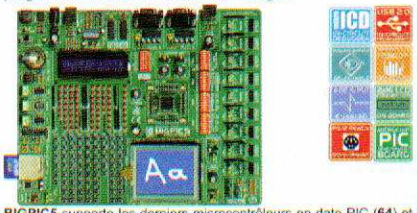
Solution matérielle et logicielle complète avec programmateur USB 2.0 et mikroICD intégrés



La platine supporte les microcontrôleurs dsPIC **64** et **100** broches. Elle est livrée avec le dsPIC30F6014A. dsPICPRO4 permet l'interfaçage du microcontrôleur avec des circuits externes et de multiples périphériques. Cette platine de développement est dotée d'un programmateur **USB 2.0** intégré, de connecteurs pour cartes mémoire **MMC/SD**, de double ports **RS232**, **RS485**, **CAN**, d'une liaison **Ethernet** intégrée **ENC28J60**, d'un convertisseur **A/N**, etc. Écran tactile à fonction de **superposition**, pouvant recevoir des informations et les afficher sur le même écran.

Carte de développement BIGPIC5

Solution matérielle et logicielle complète avec programmateur USB 2.0 et mikroICD intégrés



BIGPIC5 supporte les derniers microcontrôleurs en date PIC (**64**) et **80** broches (livrée avec le PIC18F8520). Les nombreux exemples en **C**, **BASIC** et **Pascal** vous assureront une prise en main immédiate. Le programmateur ultrarapide **USB 2.0** intégré et **mikroICD** permettent un débogage extrêmement efficace et un développement de prototype plus rapide. Carte à **contrôleur d'écran tactile** avec connecteur. Écran tactile à fonction de **superposition**, pouvant recevoir des informations et les afficher sur le même écran.

Compilateurs mikroElektronika

Compilateurs Pascal, BASIC et C pour divers microcontrôleurs

Supportant une gamme impressionnante de microcontrôleurs, avec une IDE conviviale, des centaines de fonctions clefs en mains et une multitude d'outils intégrés, les compilateurs mikroElektronika sont ce qu'il se fait de mieux sur le marché actuellement. Outre le débogueur mikroICD, les compilateurs mikroElektronika offrent module de statistiques, simulateur, générateur bitmap pour afficheurs graphiques, gestionnaire d'affichage 7 segments, table ASCII, export code HTML, terminaux de communication pour SD/MMC, UDP (Ethernet) et USB, éditeur EEPROM, gestionnaire de programmation, etc.

Ils intègrent tous une multitude de routines et d'exemples tels que EEPROM, FLASH et MMC, lecture/écriture de cartes SD et CF, textes et graphiques sur LCD, gestion de boutons-poussoirs, entrée clavier 4x4 et PS/2, génération de signaux et de sons, gestion de chaînes de caractères, calculs mathématiques, communications I2C, SPI, RS232, CAN, USB, RS485 et OneWire, gestionnaire d'encodage Manchester, conversion logique et numérique, signaux PWM, interruptions, etc. Le CD-ROM comporte des programmes testés que vous pourrez utiliser sur vos platines de développement.

mikroElektronika conçoit des systèmes de développement compétitifs. Nos produits sont vendus partout dans le monde et la satisfaction de nos clients est la meilleure garantie de notre service de haute qualité. mikroElektronika est un consultant officiel sur les microcontrôleurs PIC et le partenaire de la société Microchip. Nous sommes aussi le consultant officiel et partenaire de Cypress Semiconductors, depuis 2002, et de Philips Electronics. Tous nos produits sont conforme RoHS.

www.mikroe.com/en/distributors/

Trouver un distributeur : UK, USA, Allemagne, Japon, France, Grèce, Turquie, Italie, Slovénie, Croatie, Macédoine, Pakistan, Malaisie, Autriche, Taiwan, Liban, Syrie, Egypte, Portugal, Inde.

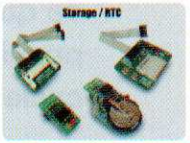
Carte CAN-1 - Interface CAN via MCP2551.

Carte CANSPI – Réseau CAN avec interface SPI.

Carte RS485 – Connexion de périphériques sur un réseau RS-485.

Ethernet série – Réseau Ethernet avec interface SPI (ENC28J60).

Carte IrDA2 - Communication sans fil RS232 entre deux MCU.



Carte CF – La solution de facilité pour utiliser de la Compact Flash dans votre solution.

Carte MMC/SD – La solution de facilité pour utiliser les cartes MMC et SD dans votre solution.

Carte EEPROM – Carte EEPROM série via interface I2C.

Carte RTC – RTC PCF8583 avec batterie de secours.

Carte ADC – convertisseur analogique/numérique (ADC) 12 bits à 4 entrées.

Carte DAC – convertisseur numérique/analogique (DAC) 12 bits avec SPI.

Carte clavier 4x4 – Ajoute un clavier à votre application.

Carte Accel. - Accéléromètre électronique.

PICFlash

with mikroICD support

Programmateur PICFlash – un programmateur USB 2.0 ultrarapide pour microcontrôleurs PIC. La nouvelle version du programmateur pour PIC le plus rapide sur le marché, le PICFlash avec mikroICD supporte un plus grand nombre de MCU PIC, offrant aux développeurs un vaste choix de MCU PIC pour les développements de prototypes.

Le débogueur **mikroICD** vous permettra d'exécuter les programmes développés sous mikroC, mikroPascal et mikroBasic sur le microcontrôleur PIC hôte et de visualiser les valeurs de variables, les registres de fonction spéciaux (SFR) et la mémoire EEPROM pendant leur exécution.

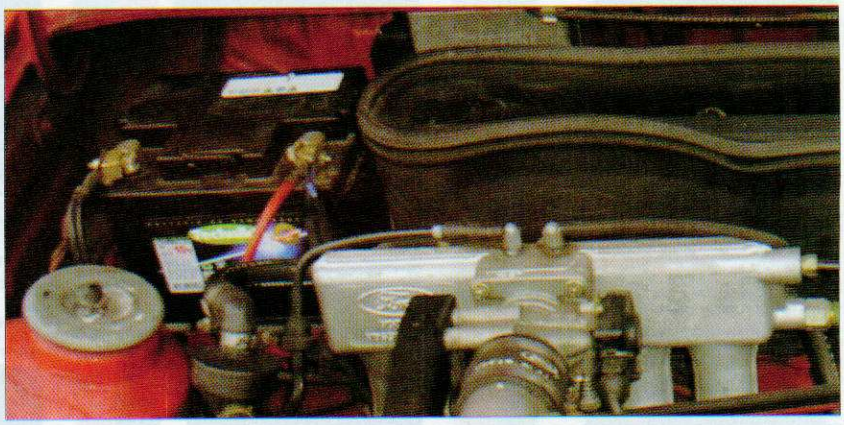
- Tous nos produits sont expédiés en emballages de **protection spéciaux**.
- Service de commande en ligne sécurisé pour l'achat rapide et en toute sécurité de nos produits.

Pour en savoir plus info: www.mikroe.com **Distributeur pour la France: www.lextronic.fr**

SOLUTIONS MATÉRIELLES ET LOGICIELLES POUR UN MONDE INTÉGRÉ

Les accumulateurs

Contrairement aux piles dont l'énergie électrique stockée ne peut être utilisée qu'une seule fois, les accumulateurs présentent l'immense avantage de la réversibilité, ce qui se traduit par la possibilité d'une suite de cycles charge/décharge.



On les trouve dans des applications pouvant nécessiter une puissance plus importante, telles que le démarrage des moteurs thermiques des véhicules routiers. Mais la réversibilité qui les caractérise les rend également intéressants pour des puissances beaucoup plus modestes. C'est le cas d'appareils portables, comme les téléphones mobiles ou les appareils photo.

Caractéristiques générales

Constitution de principe

D'une manière générale, un accumulateur, plus communément appelé « batterie » se compose essentiellement :

- d'une électrode positive
- d'une électrode négative
- d'un électrolyte (liquide ou solidifié)
- d'un bac renfermant les trois éléments évoqués ci-dessus et pouvant être totalement étanche (**figure 1**)

Fonctionnement

Lors de la charge, il se produit une électrolyse à l'intérieur de l'électrolyte étant donné que le courant électrique de « charge » circule entre l'électrode positive (anode) et l'électrode négative (cathode).

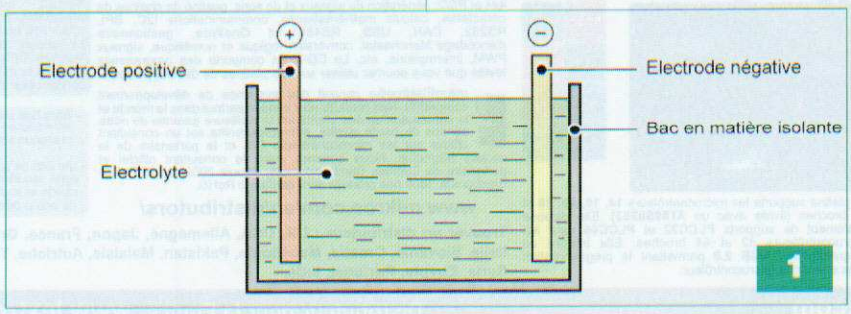
Nous ne rentrerons pas dans le détail de la réaction électrochimique qui se produit à cette occasion. Cette réaction dépend essentiellement du type de batterie.

En situation de « décharge », il se produit la réaction électrochimique inverse. La batterie fournit de l'énergie dans un circuit extérieur. Il en résulte une inversion du courant circulant au sein de l'électrolyte. Lorsque les deux électrodes atteignent le même état électrochimique, la batterie est déchargée et ne possède plus d'énergie électrique intrinsèque.

Tension

C'est une caractéristique importante. Elle se mesure à vide. Généralement, la tension disponible aux bornes d'un élément de base n'est que de quelques volts. Cette valeur dépend, par ailleurs, du type de batterie. Comme il est souvent nécessaire de disposer d'une valeur de tension plus importante, telle que 6 V, 12 V voire 24 V, les éléments sont reliés en série à l'intérieur de l'accumulateur, pour constituer une « batterie ».

On l'appelle quelquefois « f.e.m ». (force électromotrice)



1

Capacité

La valeur de la capacité d'une batterie est en relation avec sa taille. Également appelée « charge électrique », elle s'exprime en Ah (Ampère-heure) ou encore en mAh (1 Ah = 1000 mAh). Une batterie se caractérisant par une capacité de 1 Ah est théoriquement capable de fournir un courant de 1 A pendant une heure.

L'Ah est donc une unité de quantité d'électricité que les normes officielles préconisent d'exprimer en coulombs (C). Le coulomb correspond à un courant de 1 A pendant 1 s. On peut donc écrire la correspondance suivante :

1 Ah = 3600 C

Énergie stockée

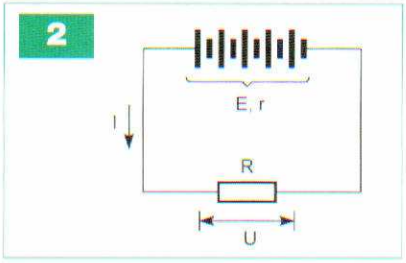
S'agissant d'une énergie, elle se mesure en joules (J) qui est l'énergie correspondant à un courant de 1 A sous une tension de 1 V pendant 1 s, ou encore une puissance de 1 W pendant 1 s. On l'exprime souvent en Wh ou en kWh.

1 Wh = 3600 J

Étant donné que cette notion intègre la tension, elle est davantage significative que la capacité.

Débit

Le débit s'exprime en ampères (A). C'est la valeur maximale prévue pour laquelle la batterie peut fonctionner sans altération irréversible et sans augmentation anormale de sa tempé-



rature interne. Quant au débit maximum, de valeur beaucoup plus importante, ce dernier ne saurait être que ponctuel. Il est très supérieur au débit nominal.

Résistance interne

Elle s'exprime en ohms (Ω). Il s'agit d'une résistance intérieure, plutôt nuisible, qui s'oppose au courant de décharge (**figure 2**). Elle transforme une partie de l'énergie restituée par la batterie en chaleur. C'est une perte. Si on désigne cette valeur de résistance interne par « r », la tension théorique de la batterie par « E », la résistance extérieure de charge par « R », l'intensité débitée par « I » et enfin la tension mesurée aux bornes de la batterie par « U », on peut écrire les égalités suivantes :

$$E = U + (r \times I)$$

$$E = (R + r) \times I$$

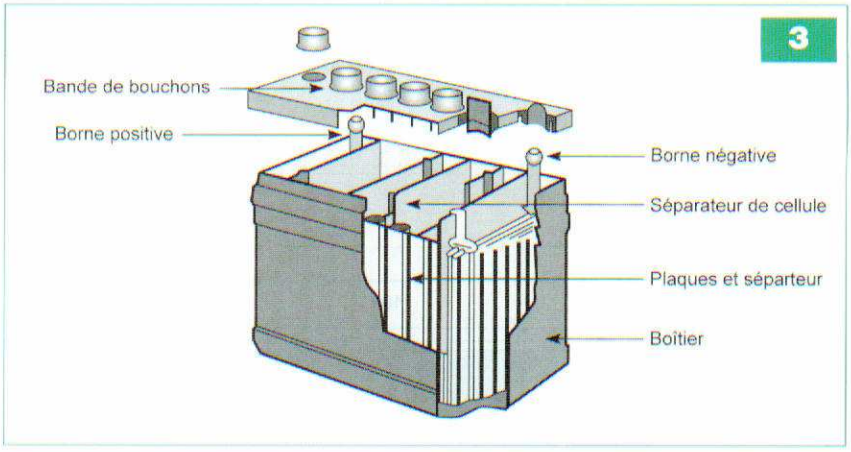
Courant de charge

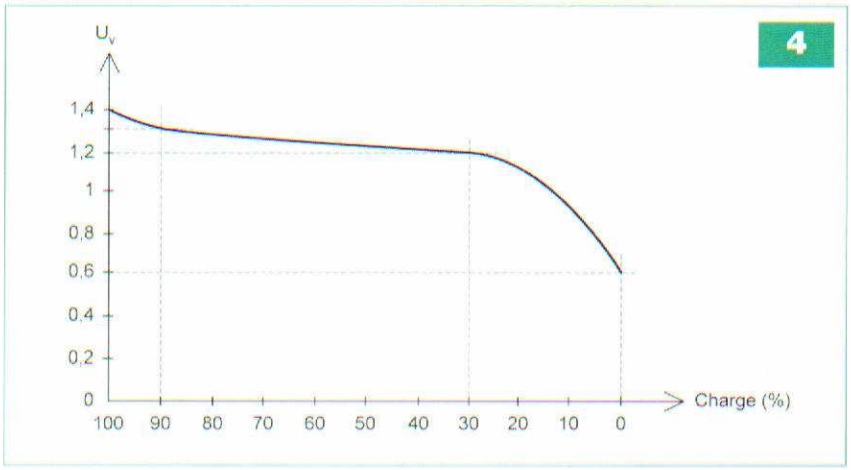
Ce courant s'exprime, bien entendu, en ampères (A). C'est une valeur préconisée par le constructeur. Bien souvent, on l'exprime par un rapport : celui du courant de charge ramené à la capacité. Par exemple, si une batterie se caractérise par une capacité de 1 Ah et que le courant de charge préconisé est de 200 mA, le rapport en question est de 0,2 (0,2/1).

Les puristes ne manqueront pas de remarquer qu'il s'agit d'un rapport peu... orthodoxe puisque l'on compare deux valeurs exprimées à l'aide d'unités différentes.

Énergie spécifique

Cette grandeur détermine l'énergie que la batterie peut fournir par rapport à sa masse. De ce fait, elle s'exprime en Wh/kg ou encore en Ah/kg. Une autre manière d'intégrer l'aspect dimensionnel ou, plus exactement l'aspect volumique de la batterie, consiste à faire état de sa densité volumique. Elle s'exprime en Ah/m³ ou, plus couramment, en Wh/l (Wh/litre).





Différents types de batteries

Batterie au plomb

C'est le type de batterie le plus ancien (**figure 3**). C'est aussi le plus polluant : il réunit acide sulfurique et plomb ! Il équipe essentiellement les véhicules routiers. À noter toutefois qu'il existe des batteries au plomb étanches avec un électrolyte sous forme de gel.

L'élément de base se caractérise par une tension d'environ 2,1 V. Avec six éléments, on obtient donc une batterie de 12,6 V. Une telle batterie est capable de fournir sans dommage des courants importants, tels ceux nécessaires au démarrage d'un moteur thermique, par exemple. Leur autre avantage réside dans leur faible taux de décharge qui est de l'ordre de 1 % par mois.

En revanche, leur densité énergétique est faible. De plus, en situation de décharge prolongée, il se produit la sulfatation des éléments. C'est un phénomène irréversible.

Pour la charge, il est préférable de ne pas dépasser 2,3 V par élément.

Pour la décharge, il est impératif de ne pas descendre au-dessous de 1,9 V.

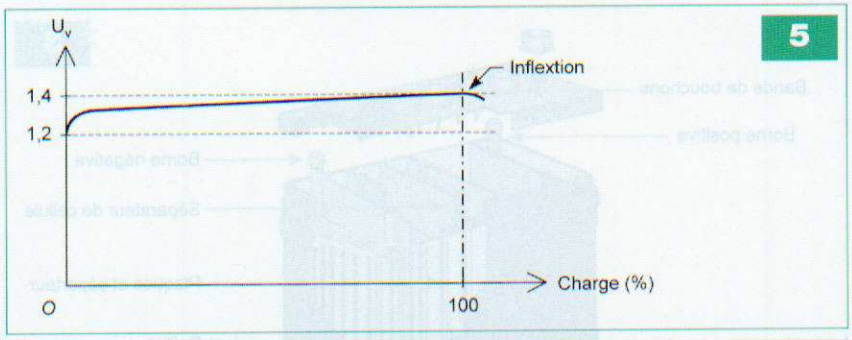
Si la batterie est inutilisée, elle doit nécessairement être stockée chargée. Une batterie au plomb dépasse rarement cinq années d'utilisation.

Batteries au nickel-cadmium (Ni-Cd)

Ce sont les plus utilisées dans différents appareils portables, mais elles seront remplacées, à terme, par des accumulateurs Ni-MH (Nickel-Métal Hydrure) en raison du degré élevé de pollution du cadmium (**figure 4**).

Parmi leurs qualités, on retient leur aptitude à fournir des courants de décharge relativement intenses grâce à une résistance interne très faible.

Caractérisés par une tension nominale par élément de 1,2 V, lors de leur décharge, on observe une tension soutenue pendant près de 70 % de leur capacité. De même, leur recharge reste simple et présente de grandes



Type	Énergie massique (Wh/kg)	Tension par élément	Nombre de cycles	Pourcentage autodécharge/mois
Plomb/acide	30 – 50	2,1 V	400 – 1200	5 %
Ni-Cd	45 – 80	1,2 V	2000	> 20 %
Ni-MH	60 – 110	1,2 V	1500	> 30 %
Ni-Zn	70 – 80	1,65 V	> 1000	> 20 %
Li-ion	150 – 190	3,6 V	500 – 1000	10 %
Li-Po	100 – 130	3,7 V	200 – 300	10 %

tolérances. Il faut cependant éviter les recharges rapides.

Elles présentent tout de même quelques points faibles. En particulier une autodécharge pouvant dépasser 20 % par mois. Mais la particularité dont il convient de tenir compte est sans conteste leur « effet mémoire ». C'est la raison pour laquelle, lors de la première mise en service, il est conseillé de leur faire subir deux à trois cycles charge/décharge complets, précaution qui leur procurera une capacité maximale. Il faut surtout éviter la recharge, si la batterie n'est pas déchargée, faute de quoi il se produit la mémorisation de la plage de charge entre la capacité restante et la charge maximale, d'où une diminution de la capacité lors des charges suivantes. Mais attention : décharger totalement une batterie de ce type ne signifie pas arriver à 0 V. On considère que la décharge est entière lorsque la tension par élément atteint 1 V.

Il vaut mieux les stocker déchargées et effectuer des cycles de charge/décharge à l'occasion de leur remise en service. Elles supportent aisément deux mille cycles pour une durée de vie pouvant atteindre huit ans.

Batteries au nickel-métal hydrure (Ni-MH)

Le cadmium, élément très polluant, a été écarté de leur composition (**figure 5**).

Commercialisées dans les années quatre-vingt-dix, ces batteries se caractérisent par une énergie massique bien supérieure à celle des batteries Ni-Cd, de 30 % au moins. De plus, elles ont un « effet mémoire » très faible, avec des performances bien supérieures. Leur stockage ne pose aucun problème particulier.

Les points faibles résident essentiellement dans la difficulté de mise en évidence de la fin de charge. En effet, cette dernière se manifeste par une légère inflexion de la courbe. Leur durée de vie est également plus faible que celle des batteries Ni-Cd.

Actuellement, on fonde de nombreux espoirs sur ce type de batterie pour l'équipement des futures voitures hybrides (moteur à combustion/moteur thermique).

Dernières avancées

Batteries au nickel-zinc (Ni-Zn)

Ce couple est développé depuis plusieurs dizaines d'années. Il présentait au début le gros désavantage d'un nombre réduit de cycles, ce qui lui donnait une durée de vie médiocre. Grâce à une nouvelle technologie, dont la fin des travaux remonte à 2005, ce problème est maintenant résolu.

Les performances de ce type de batteries, dont la tension nominale est de 1,65 V par élément, sont largement supérieures à celles des batteries Ni-Cd et Ni-MH.

Leur durée de vie est comparable à celle des batteries Ni-Cd avec un phénomène d'autodécharge également réduit.

De plus, « l'effet mémoire » est aussi très inférieur.

Batteries au lithium

Dans ce type de technologie, on distingue les batteries au :

- lithium « métal » dans lesquelles l'électrode négative est composée de lithium métallique
- lithium « ion » où le lithium est à l'état ionique par l'insertion d'un composé d'insertion
- lithium « polymère » (Li-Po)

Les batteries au lithium « métal » posant des problèmes de sécurité relatifs à l'emploi de ce matériau, on leur a préféré celles au lithium « ion ». Ce genre de batterie occupe actuellement la première place sur le marché de l'électronique portable. Les points forts résident dans une forte densité énergétique, un « effet mémoire » nul et une autodécharge extrêmement faible. La tension nominale d'un élément est de 3,6 V. Ces batteries ne doivent jamais être déchargées à moins de 2,5 V.

Dans **les batteries au lithium « polymère »**, l'électrolyte est un polymère gélifié. Ces batteries présentent des avantages tels que la possibilité de prendre des formes diverses (par exemple, dans un badge) et peuvent même être déposées sur un support flexible. La tension par élément est légèrement supérieure : 3,7 V.

Tableau résumé

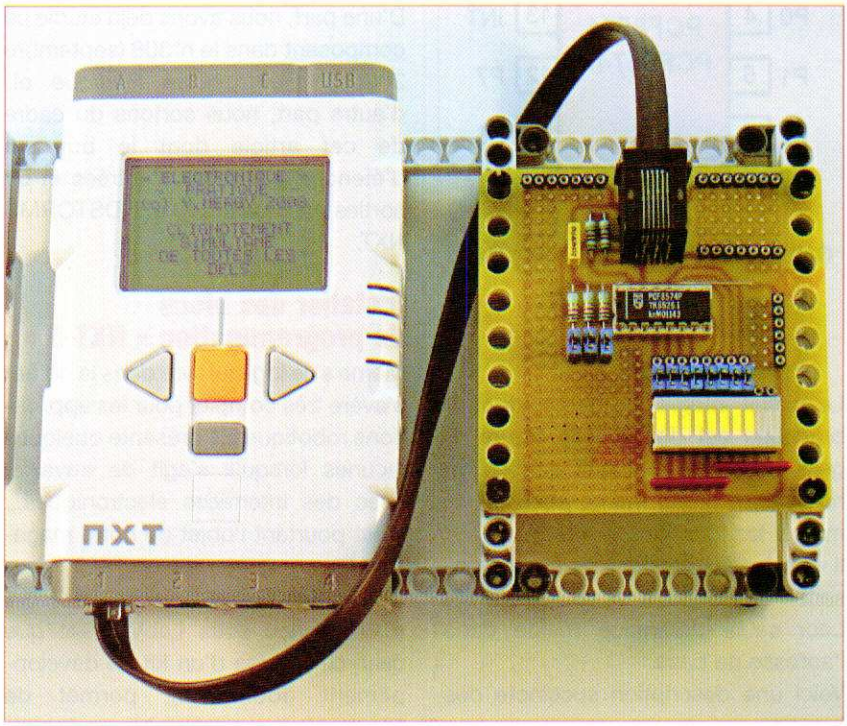
Le **tableau ci-dessus** reprend, sous une forme synthétique, les principales caractéristiques de ces principaux types de batteries.

R. KNOERR

LEGO MINDSTORMS NXT

Étendre les ports d'E/S
Installer des blocs de programmation graphique

Poursuivons cette série d'articles sur les LEGO® MINDSTORMS® NXT par l'extension des ports d'entrée et de sortie et l'installation de nouveaux blocs de programmation pour le langage graphique « NXT-G ». Nous allons réaliser deux interfaces communiquant avec la brique NXT selon le protocole I²C.



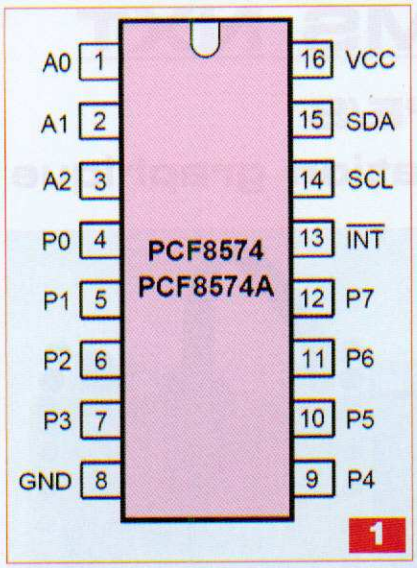
La première interface est destinée à mener des expérimentations en vue de vous familiariser avec la programmation d'entrées et de sorties multiples sur un seul port d'entrée (1 à 4) de la brique intelligente.
La seconde, plus complexe, mais toujours commandée à partir d'un seul port, permet de disposer de huit entrées dites « tout ou rien » et de huit sorties numériques (quatre sur relais et quatre à collecteur ouvert).
Ces platines sont prévues pour s'adapter mécaniquement au standard des fixations LEGO en utilisant les pièces courantes de la marque.
Le logiciel de développement livré dans le coffret ne permettant pas de gérer les composants électroniques fonctionnant en I²C, nous allons voir où trouver les blocs de programmation dédiés à cette tâche et comment les installer comme les blocs graphiques d'origine.

Informations préliminaires

Comme pour l'article du mois dernier, l'utilisation des présentes réalisations nécessite, bien entendu, de posséder le coffret LEGO MINDSTORMS NXT ref. 8527. Vous devez avoir pris connaissance de la documentation, savoir manipuler les pièces et utiliser le logiciel graphique de développement « NXT-G » fourni sur le CD-Rom, y compris employer des fils ou liens logiques entre les blocs. Il est également préférable de maîtriser les sous-programmes appelés « Mes Blocs » ou blocs personnalisés. L'aide, très complète, intégrée au logiciel reste la référence en cas de difficulté.
Les programmes, développés par nos soins et largement commentés, portent l'extension propriétaire « .rbt ». Ils sont, comme d'habitude, disponibles en libre téléchargement sur le site Internet d'*Électronique Pratique* (*http://www.electroniquepratique.com*).

Le protocole I²C et le circuit PCF8574

Ce principe de communication a été mis au point par la société Philips, en vue de faire communiquer un microcontrôleur ou un microprocesseur avec des composants, moyennant un nombre de fils (bus) réduit.
Les données sont transmises de manière « sérielle » synchrone. Les informations passent sur un fil unique en se suivant, cadencées par les impulsions d'horloge provenant d'un second fil. La vitesse, bien que plus lente que sur une liaison « parallèle », convient parfaitement à nos applications.
Une communication I²C comprend un maître (ici, la brique NXT) et un certain nombre d'esclaves (nos interfaces). Le maître est chargé d'envoyer le signal d'horloge et d'interroger les différents esclaves.
Pour éviter les conflits, chaque circuit comporte une adresse propre établie par le constructeur et, parfois, des adresses auxiliaires déterminées par l'utilisateur au moyen de cavaliers, par exemple.
Il existe de nombreux circuits intégrés fonctionnant selon ce protocole, chacun d'eux étant destiné à une tâche particulière : horloge en temps réel, mémoire, sorties analogiques, entrées analogiques, entrées/sorties numériques, etc. Nous allons nous intéresser à ce dernier nommé PCF8574.



Le circuit intégré PCF8574, dont le brochage est donné à la **figure 1**, gère indifféremment huit entrées ou huit sorties. Il est même possible de mitiger les fonctions.

Il existe deux versions de ce composant : le PCF8574 et le PCF8574A. Leur seule différence réside dans l'adresse de base.

Voici une description succincte des broches.

Vous retrouvez notamment les deux fils évoqués précédemment : « SDA », le fil de données et « SCL », celui d'horloge.

- VCC : Alimentation positive 5 V
- GND : Alimentation 0 V (masse)
- INT : Sortie interruption (inutilisée dans notre cas)
- SDA : Signal I²C bidirectionnel des données
- SCL : Signal I²C d'horloge
- A0, A1, A2 : Lignes de configuration de l'adresse auxiliaire du composant
- P0 à P7 : Port bidirectionnel à 8 bits

Nous ne poursuivrons pas la description technique de ce circuit pour deux raisons.

D'une part, nous avons déjà étudié ce composant dans le n°308 (septembre 2006) d'*Électronique Pratique* et, d'autre part, nous sortons du cadre de cet article dont le but est d'étendre le nombre d'entrées et de sorties pour les LEGO MINDSTORMS NXT.

Installer des blocs de programmation « NXT-G »

Même si le logiciel livré dans le coffret s'avère très complet pour les applications robotiques, il présente quelques lacunes lorsqu'il s'agit de travailler avec des interfaces électroniques... c'est pourtant l'objet de notre magazine !

Nous savons que le logiciel « NXT-G » a été conçu sous LabView et que celui-ci, à l'aide d'un kit de développement additionnel, permet de concevoir ses propres blocs de programmation.

Bien sûr, compte tenu de son coût et de sa complexité, ce travail n'est pas envisageable par chacun d'entre nous.

Certaines personnes se sont cependant penchées sur ce problème et, de ce fait, il est très facile de trouver de nouveaux blocs en téléchargement libre sur Internet.

Voyez le lien suivant : *http://nxtasy.org/repository/nxt-g-blocks/*.

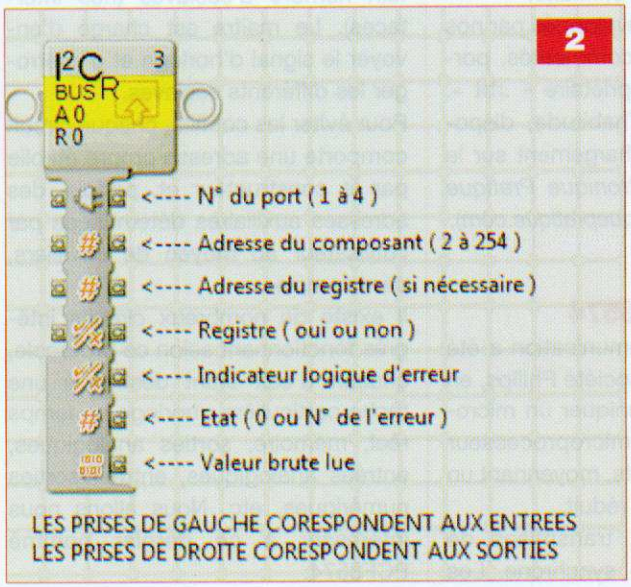
Vous y trouverez une mine de compléments, tous plus intéressants les uns que les autres.

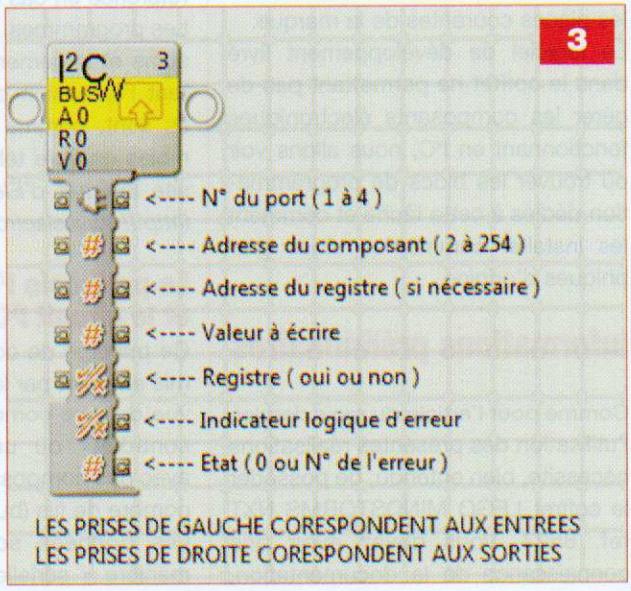
Pour le présent article, seuls les fichiers « IIC Read », « IIC Write » et « Mask » nous sont nécessaires :

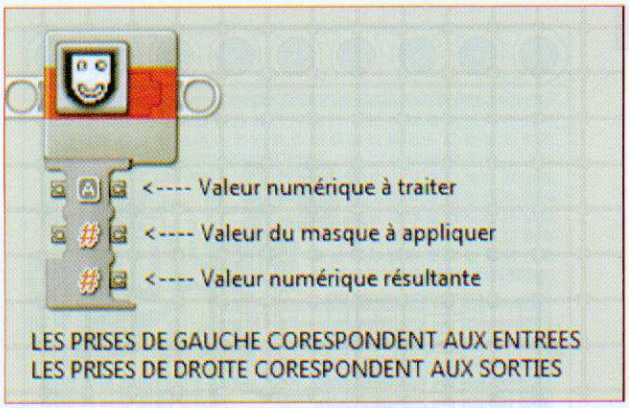
- « IIC Read » gère la lecture du registre d'un composant I²C quel qu'il soit. Nous l'utilisons pour lire l'état des huit entrées du PCF8574.
- « IIC Write » commande l'écriture dans un registre d'un composant I²C quel qu'il soit. Nous l'utilisons pour forcer l'état des huit sorties du PCF8574.
- « Mask » applique un masque numérique après lecture des entrées, par exemple. Ce procédé permet de connaître l'état d'une entrée précise.

Voici, en quelques étapes, la procédure très simple pour les installer :

1. Télécharger les trois fichiers compressés au format « ZIP » à partir du lien précédent.
2. Les décompresser dans le répertoire de votre choix sans changer leur nom.
3. Vous obtenez un répertoire appelé, par exemple, « IIC Write ». Lequel comprend, parmi les autres, un fichier nommé « IIC Write.txt » contenant simplement la locution « IIC Write ». Il est très important que tous ces noms portent la même orthographe.
4. Lancer le logiciel LEGO de développement « NXT-G » installé à partir du CD-Rom d'origine.
5. Ouvrir « l'assistant d'importation et







4

INTERFACE	CAVALIERS			PCF8574	PCF8574A
	A0	A1	A2		
N° 1	OUI	OUI	OUI	64	112
N° 2	NON	OUI	OUI	66	114
N° 3	OUI	NON	OUI	68	116
N° 4	NON	NON	OUI	70	118
N° 5	OUI	OUI	NON	72	120
N° 6	NON	OUI	NON	74	122
N° 7	OUI	NON	NON	76	124
N° 8	NON	NON	NON	78	126

Tableau 1
Position des cavaliers et adresses correspondantes en fonction de la version du circuit employé

d'exportation de blocs... » situé dans le menu « Outils ».

6. A l'aide du bouton « parcourir », puis du bouton « OK » dans la boîte de dialogue, sélectionner le répertoire où se trouve le bloc à installer, précédemment décompressé.

7. De retour dans l'assistant, cliquer sur le nom du bloc, choisir la palette (de préférence « Avancé »), puis cliquer sur « Importer ».

8. Après avoir refermé l'assistant, vous pouvez constater qu'un nouveau bloc a été ajouté à la palette « Avancé ».

Répéter l'opération pour chaque bloc. Une fois intégrés au logiciel « NXT-G », ils bénéficient d'une aide et s'emploient comme ceux d'origine. Les **figures 2, 3** et **4** montrent leur aspect et donnent une brève description de leurs prises.

Platine d'expérimentations I²C

C'est une platine destinée à comprendre comment gérer plusieurs entrées/sorties à partir d'un port d'entrée (1 à 4) de la brique NXT. Elle peut s'utiliser en entrée ou en sortie par la mise en place de cavaliers de configuration.

Les sorties sont visualisées au moyen de huit leds. L'entrée analogique est accessible pour compléter les essais. Plusieurs zones pastillées permettent de souder des composants supplémentaires ou, mieux, des barrettes sécables de type « tulipe » pour un câblage réutilisable, sans soudure.

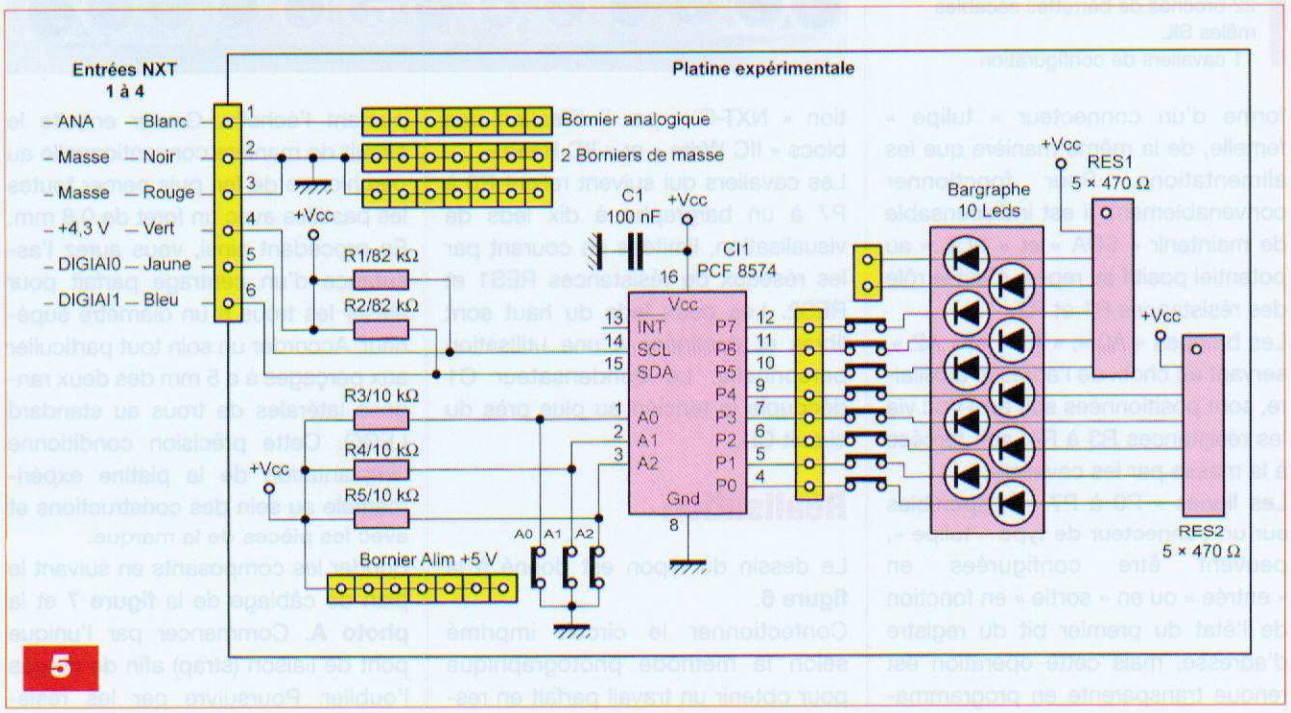
Il est possible d'implanter plusieurs interfaces identiques en modifiant l'adresse de base de chacune d'elles à l'aide des cavaliers des broches « A0 », « A1 » et « A2 ».

Le **tableau 1** donne la position des cavaliers et les adresses correspondantes en fonction de la version du circuit employé.

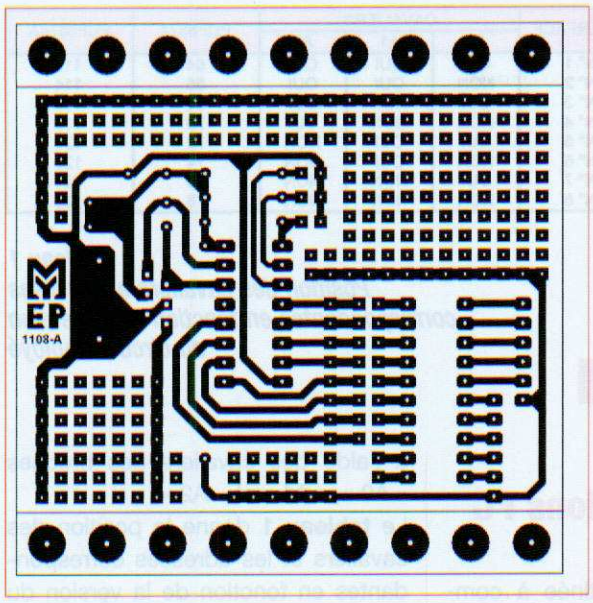
Schéma de principe

Il est donné à la **figure 5**. À gauche, la prise RJ12 à six broches est représentée avec ses numéros, ses noms et couleurs de fils. Selon le standard LEGO, le signal « DIGIAI0 » sert d'horloge à la liaison I²C et commande la broche « SCL » de CI1. D'après les mêmes normes, « DIGIAI1 » gère les données sur la broche « SDA » du circuit PCF8574.

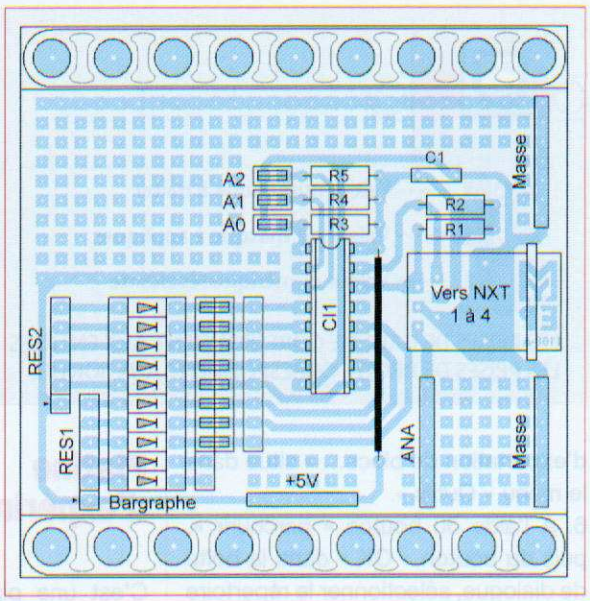
L'alimentation est issue de la brique NXT entre la masse (2-noir et 3-rouge) et le positif (4-vert). L'entrée analogique (1-blanc) est présente sous



5



6



7

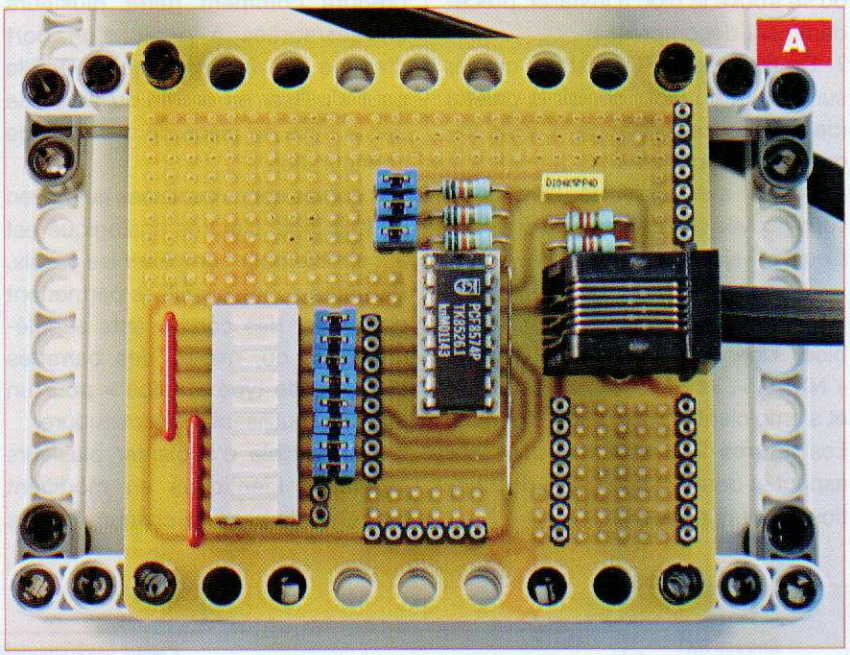
Nomenclature

Résistances
R1, R2 : 82 kΩ (gris, rouge, orange)
R3, R4, R5 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
RES1, RES2 : réseaux de cinq résistances de 470 Ω

Condensateur
C1 : 100 nF

Semi-conducteurs
CI1 : PCF 8574 (ou PCF8574A, voir texte)
Bargraphe à 10 leds (couleur au choix)

Divers
1 embase RJ12 à 6 broches pour circuit imprimé (Saint-Quentin Radio)
Broches de barrettes sécables femelles de type tulipe
22 broches de barrettes sécables mâles SIL
11 cavaliers de configuration



forme d'un connecteur « tulipe » femelle, de la même manière que les alimentations. Pour fonctionner convenablement, il est indispensable de maintenir « SDA » et « SCL » au potentiel positif au repos, c'est le rôle des résistances R1 et R2.
Les broches « A0 », « A1 » et « A2 », servant au choix de l'adresse auxiliaire, sont positionnées soit au +Vcc via les résistances R3 à R4, soit forcées à la masse par les cavaliers.
Les lignes « P0 à P7 », disponibles sur un connecteur de type « tulipe », peuvent être configurées en « entrée » ou en « sortie » en fonction de l'état du premier bit du registre d'adresse, mais cette opération est rendue transparente en programmation « NXT-G » par l'utilisation des blocs « IIC Write » et « IIC Read ».
Les cavaliers qui suivent relient P0 à P7 à un bargraphe à dix leds de visualisation, limitées en courant par les réseaux de résistances RES1 et RES2. Les deux leds du haut sont libres et destinées à une utilisation personnelle. Le condensateur C1 découple la tension au plus près du circuit CI1.

Réalisation

Le dessin du typon est donné à la **figure 6**.
Confectionner le circuit imprimé selon la méthode photographique pour obtenir un travail parfait en respectant l'échelle. Graver ensuite le circuit de manière conventionnelle au perchlorure de fer, puis percer toutes les pastilles avec un foret de 0,8 mm. En procédant ainsi, vous aurez l'assurance d'un centrage parfait pour aléser les trous à un diamètre supérieur. Accorder un soin tout particulier aux perçages à ø 5 mm des deux rangées latérales de trous au standard LEGO. Cette précision conditionne l'implantation de la platine expérimentale au sein des constructions et avec les pièces de la marque.
Souder les composants en suivant le plan de câblage de la **figure 7** et la **photo A**. Commencer par l'unique pont de liaison (strap) afin de ne pas l'oublier. Poursuivre par les résis-

tances, les supports de circuits intégrés (le bargraphe à dix leds peut se monter sur un support à vingt broches), les connecteurs constitués de barrettes sécables femelles de type « tulipe », les réseaux de résistances, le condensateur C1, les cavaliers de configuration avec leurs connecteurs « SIL » et, enfin, l'embase RJ12 à six broches. Fondre les deux plots en plastique de celle-ci avec le fer à souder du côté cuivré du circuit imprimé. Nettoyer ensuite la panne du fer.

Ne pas raccorder votre platine expérimentale I²C à la brique NXT sans avoir vérifié la qualité des pistes, des soudures, le sens et la valeur des composants, afin d'éliminer les risques de pannes.

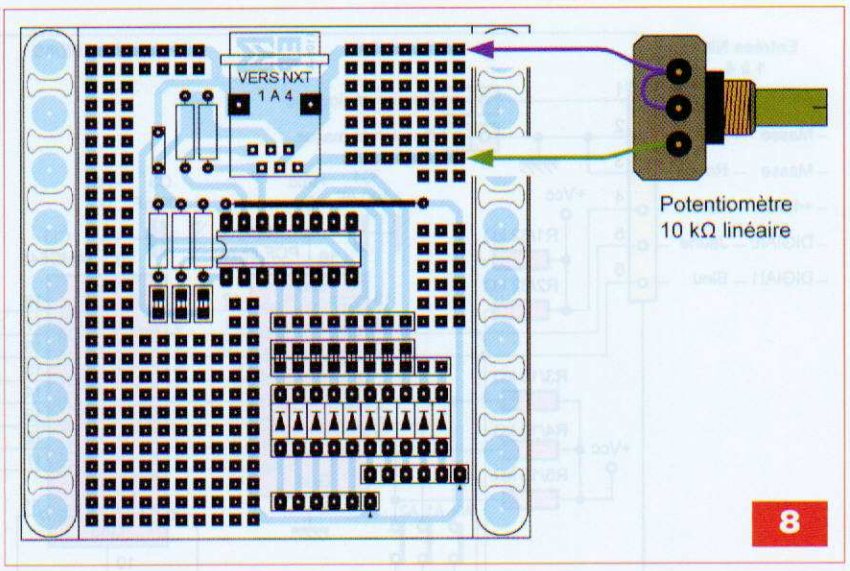
Cette réalisation, comme toutes celles proposées dans le cadre des LEGO MINDSTORMS NXT, se relie à la brique intelligente NXT au moyen d'un câble modifié. Reportez-vous à notre précédent numéro pour connaître le mode opératoire. En bref, il faut changer une des prises RJ12 du cordon par un modèle disponible dans le commerce.

Programmes d'expérimentation

Nous avons développé quelques programmes avec le logiciel graphique LEGO « NXT-G », mais ils nécessitent les blocs de programmation additionnels « IIC Read », « IIC Write » et « Mask ». Si vous ne les avez pas encore installés, reportez-vous au paragraphe traitant de ce sujet, en début d'article.

Notre objectif est de vous familiariser avec la manipulation des entrées et des sorties en dialoguant au moyen de la liaison I²C de la brique intelligente NXT. La difficulté est graduelle et le code source graphique fait appel au fur et à mesure à de nouvelles techniques. Les nombreux commentaires insérés vous guident et vous aident à y voir plus clair. L'écran d'accueil, au début de chaque programme, présente non seulement les fonctions, mais vous montre aussi la manière d'afficher les textes.

Commencer par raccorder la platine expérimentale à la brique NXT à l'aide d'un câble modifié selon la méthode décrite dans notre précédent numéro d'*Electronique Pratique*.



Clignotement.rbt

Commençons simplement ! Ce programme fait clignoter toutes les leds simultanément au sein d'une boucle sans fin. La première opération d'écriture envoie la valeur 0 à l'adresse 64, ce qui a pour effet d'illuminer toutes les leds. Après une temporisation d'une seconde, le bloc suivant charge la valeur 255 à la même adresse afin d'éteindre les leds. S'ensuit enfin, une nouvelle temporisation d'une seconde.

Chenillard.rbt

Nous commençons par créer et initialiser une variable numérique nommée « Valeur » avec le chiffre 1. Dans une boucle sans fin, la touche carrée orange est testée afin d'éteindre toutes les leds. Dans le cas contraire, la variable est lue, sa valeur est soustraite au nombre 255, puis envoyée à l'adresse 64. Elle est parallèlement convertie en texte et affichée au milieu de l'écran LCD. La variable est ensuite multipliée par deux en vue de passer à la led suivante (puissance de 2), puis comparée à une valeur supérieure à 128. Dans l'affirmative, la variable est chargée avec la valeur 1. Une temporisation d'une seconde donne le rythme de clignotement.

Potentiometre.rbt

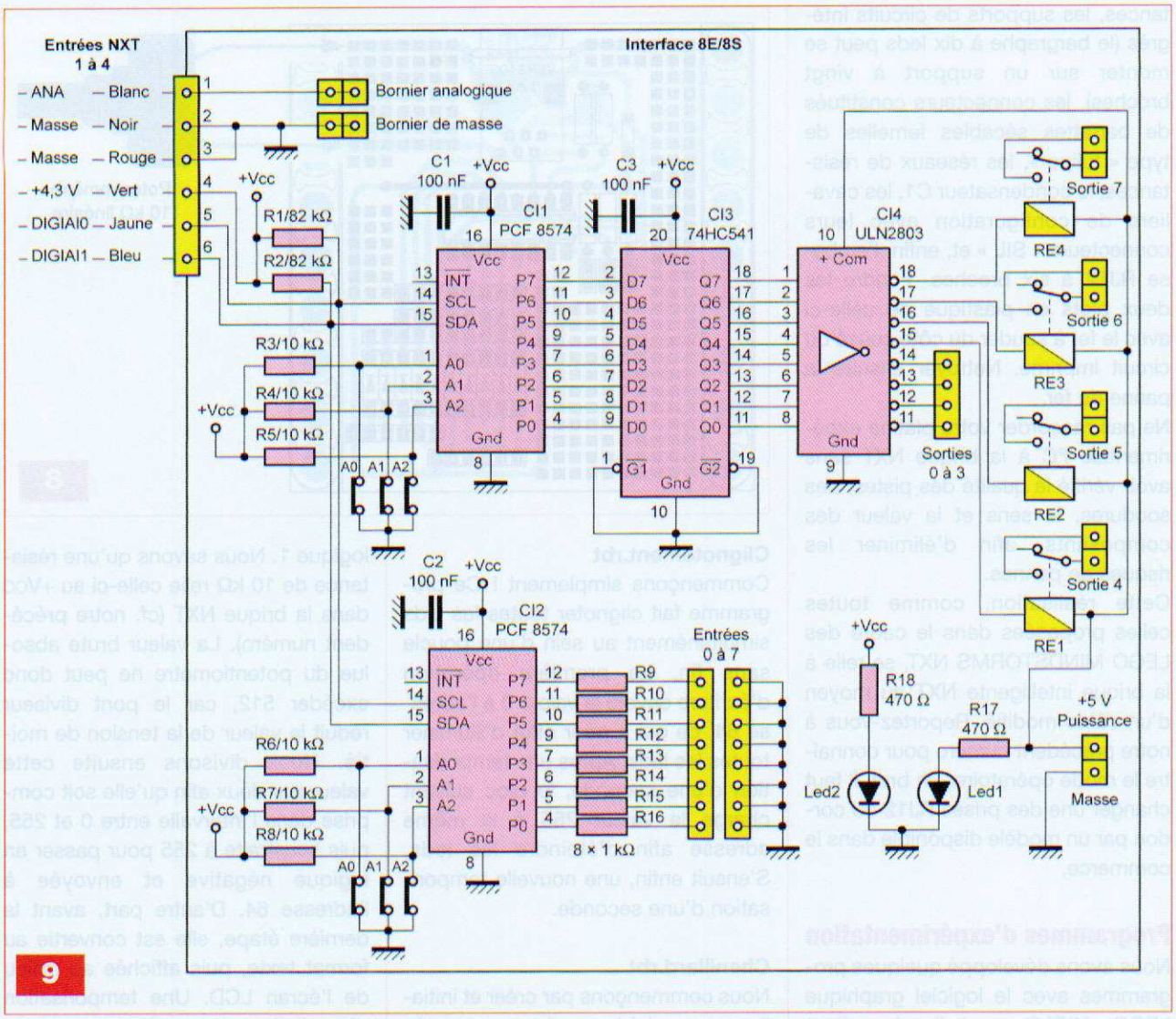
Placer un potentiomètre à courbe linéaire ou une résistance ajustable de 10 kΩ entre le bornier analogique et la masse conformément au dessin de la **figure 8**. Dans une boucle sans fin, sa valeur est lue par l'entrée analogique 1. Nous savons qu'une résistance de 10 kΩ relie celle-ci au +Vcc dans la brique NXT (cf. notre précédent numéro). La valeur brute absolue du potentiomètre ne peut donc excéder 512, car le pont diviseur réduit la valeur de la tension de moitié. Nous divisons ensuite cette valeur par deux afin qu'elle soit comprise dans l'intervalle entre 0 et 255, puis soustraite à 255 pour passer en logique négative et envoyée à l'adresse 64. D'autre part, avant la dernière étape, elle est convertie au format texte, puis affichée au milieu de l'écran LCD. Une temporisation d'un dixième de seconde assure la stabilité du dialogue I²C.

Echelle.rbt

Raccorder le potentiomètre de 10 kΩ comme pour le programme précédent. Dans une boucle sans fin, sa valeur est lue, puis comparée huit fois à des plages de valeurs différentes en vue d'illuminer les leds de manière croissante. La longueur du programme nous dispense de la temporisation d'un dixième de seconde assurant la stabilité du dialogue I²C.

Dessins.rbt

Nous connaissons bien maintenant la manière de commander les sorties à l'aide du bloc « IIC Write ». Voyons comment lire les entrées au moyen de « IIC Read ». Les entrées sont lues dans une boucle sans fin. Si aucune d'elle n'est activée (reliée à la masse), un dessin de « stop » est affiché au milieu de l'écran LCD. Dans le cas



contraire, une note de musique se fait entendre et un dessin différent s'affiche selon l'entrée activée. La longueur du programme nous dispense de la temporisation d'un dixième de seconde assurant la stabilité du dialogue I²C. Ce programme fonctionne également avec l'interface I²C à huit entrées et huit sorties décrite ci-après. Penser simplement à bien configurer l'adresse du circuit PCF8574. Celle-ci correspond à 66 par défaut, mais peut être modifiée en s'aidant du tableau 1.

Interface I²C à huit entrées et huit sorties

Sur le principe de la platine expérimentale, nous avons conçu une interface munie de deux circuits PCF8574 : l'un chargé de lire l'état de huit entrées dites « tout ou rien », l'autre dévolu à la gestion de huit sorties numériques dont quatre en collecteurs ouverts et quatre sur relais, permettant ainsi de commuter des sources très différentes (tension du secteur, signaux analogiques, audio, etc.). Il va de soi que cette interface n'utilise qu'un port d'entrée de la brique NXT (1 à 4). Le principe de l'adresse auxiliaire de chaque PCF8574 permet de commander plusieurs circuits sur une même liaison I²C sans risque de conflit.

La puissance de sortie de chaque port de la brique étant limitée à quelques milliampères, nous avons recours à une alimentation externe de 5 V pour les huit sorties.

Une telle interface trouve avantageusement sa place dans le domaine de la robotique et de la domotique dès qu'il s'agit de commander un grand nombre d'actionneurs (moteurs, relais, contacteurs, électro-aimants, appareils d'éclairage, etc.) en fonction de l'état des contacts.

Schéma de principe

Le schéma de la **figure 9**, reprenant le même principe, montre une grande similitude avec celui de la platine expérimentale.

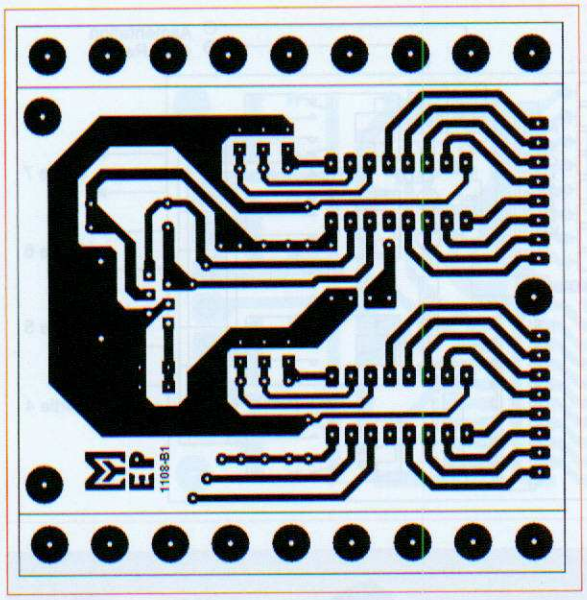
Passons sur la connexion à la prise RJ12 précédemment étudiée.

Les résistances R1 et R2 polarisent positivement les signaux « SDA » et « SCL » au repos, quel que soit le nombre de circuits reliés au bus I²C.

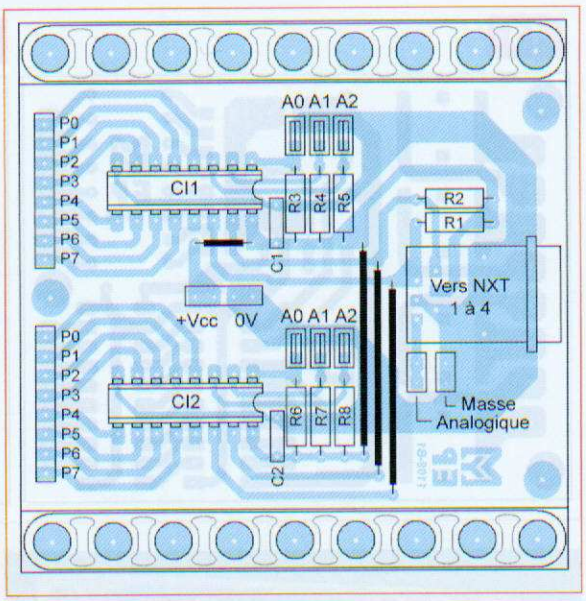
Les résistances R3 à R8 positionnent les lignes d'adresses auxiliaires « A0 », « A1 », « A2 » de CI1 et CI2 à +Vcc lorsqu'elles ne sont pas forcées à la masse via les cavaliers.

Attention ! Il est impératif de choisir des adresses différentes pour CI1 et CI2 sous peine de conflit.

Les lignes P0 à P7 de CI2, reliées aux résistances de limitation de courant R9 à R16, servent d'entrées et sont disponibles sur un connecteur en regard d'un autre pour la masse. Une



10



12

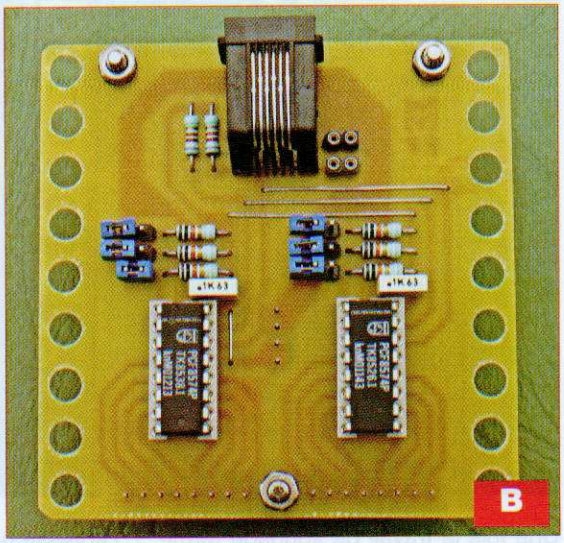
Nomenclature

Résistances
R1, R2 : 82 kΩ (gris, rouge, orange)
R3 à R8 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R9 à R16 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
R17 à R18 : 470 Ω (jaune, violet, marron)

Condensateur
C1 à C3 : 100 nF

Semi-conducteurs
CI1, CI2 : PCF 8574 (ou PCF8574A, voir texte)
CI3 : 74541 ou 74540, voir texte (HC ou HCT)
CI4 : ULN2803
DEL1, DEL2 : leds ø 3 mm vertes

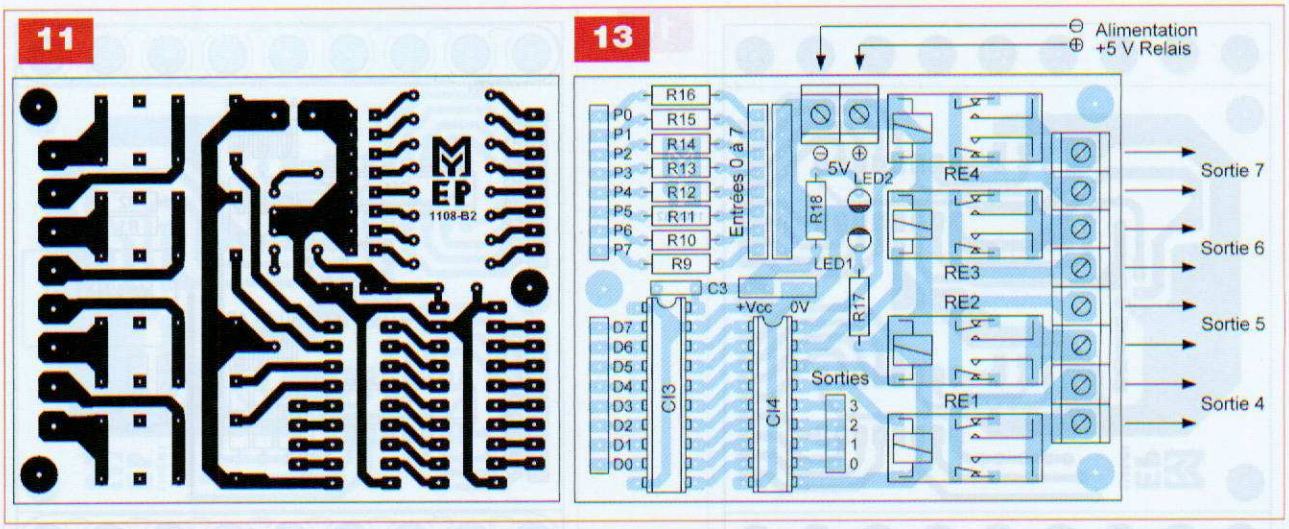
Divers
1 embase RJ12 à 6 broches pour circuit imprimé (Saint-Quentin Radio)
RE1 à RE4 : relais DIL16 à bobine en 5 V continu.
2 contacts T/R
Broches de barrettes sécables mâles et femelles de type tulipe
12 broches de barrettes sécables mâles SIL
6 cavaliers de configuration
Vis, écrous et entretoises M3, longueur 10 mm

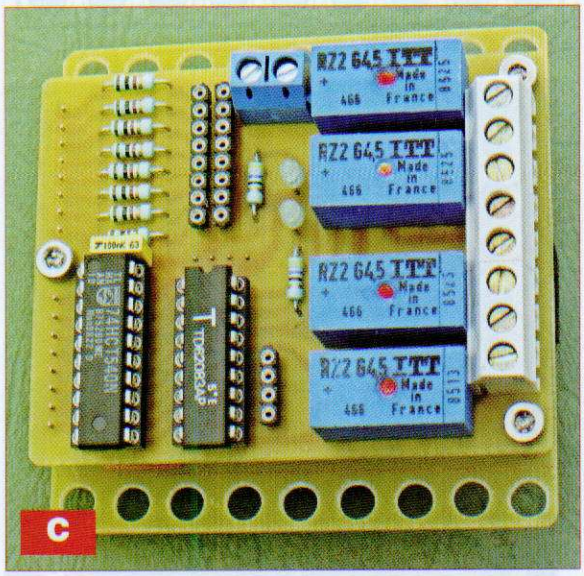


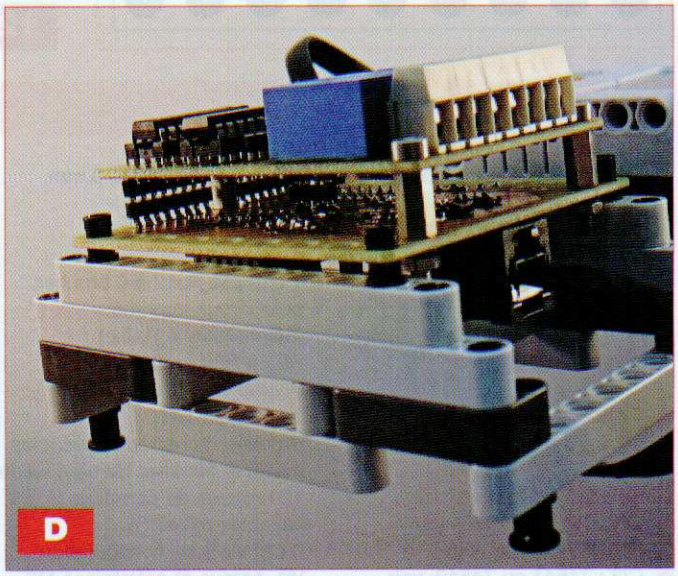
entrée au repos est au niveau logique « haut », il faut la forcer à la masse pour la mettre à l'état « bas ».
Les lignes P0 à P7 de CI1, utilisées en sorties, attaquent les tampons non inverseurs de CI3 (type 74HCT541), puis les amplificateurs inverseurs à collecteurs ouverts de CI4. Il est également possible d'employer, pour CI3, des tampons inverseurs de type 74HCT540. Néanmoins, dans ce cas, la logique de programmation des sorties est contraire (valeur 255 pour toutes les sorties inactives), c'est un choix personnel.
Les quatre sorties « basses » (0 à 3) sont directement disponibles sur un connecteur.
Les quatre sorties « hautes » (4 à 7) commandent les relais RE1 à RE4 sans diode de protection, celles-ci étant intégrées au circuit ULN2803.
Les contacts « travail » de ces relais aboutissent sur des borniers à vis. L'alimentation positive de puissance, commune à toutes les sorties, provient de l'extérieur par un bornier à deux vis. Les condensateurs C1 à C3 découplent la tension au plus près des circuits CI1 à CI3.
Les led 1 et led 2 visualisent les deux tensions : celle de puissance et celle issue de la brique NXT.
Les résistances R17 et R18 limitent leur courant.

Réalisation

Cette réalisation tient sur deux circuits imprimés fixés en regard l'un de l'autre, les faces cuivrées étant en vis-à-vis. Seule une platine comporte les trous au standard LEGO afin de placer l'interface au sein d'une construction avec les pièces de la marque. Les dessins des typons sont donnés aux **figures 10** et **11**.
Adopter la méthode de travail précédemment décrite pour les préparer (reproduction, gravure et perçages).
Suivre scrupuleusement les plans de câblage des **figures 12** et **13** pour souder les composants en commençant par les quatre ponts de liaisons (straps) de la figure 12.
Continuer traditionnellement par les résistances, les supports de circuits intégrés, les connecteurs constitués de barrettes sécables femelles de type « tulipe », les condensateurs au mylar, les cavaliers de configuration avec leurs connecteurs « SIL », les leds, les borniers à vis, les relais et, enfin, l'embase RJ12 à six broches.
Fondre les deux plots en plastique de celle-ci avec le fer à souder du côté cuivré du circuit imprimé.







Une fois le travail de soudage terminé, contrôler minutieusement l'état des pistes, des soudures, le sens et la valeur des composants afin de prévenir d'éventuels problèmes ultérieurs (**photos B** et **C**).

Les deux platines sont fixées ensemble à l'aide de trois entretoises filetées M3 de diamètre 3 mm et de longueur 10 mm. Elles se raccordent électriquement par trois connecteurs constitués de broches de barrettes sécables mâles et femelles (**photo D**).

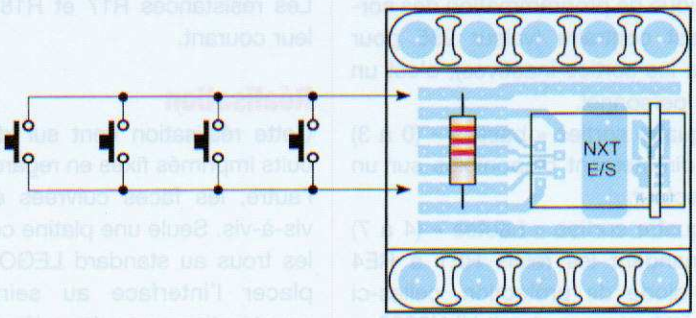
Programme de test

Nous avons développé le programme de test « Test_E_S.rbt » destiné à essayer votre interface à huit entrées et huit sorties. Ce dernier, plus complexe, utilise le bloc « Mask » afin d'isoler l'état d'une entrée particulière. Dans une boucle sans fin, les entrées sont lues à l'adresse 66 et la même valeur est envoyée sur les sorties à l'adresse 64. Veiller à respecter cette configuration pour un fonctionnement fiable. Le masque est ensuite appliqué pour chaque entrée afin d'afficher les états logiques sur l'écran LCD. Bien que facultative, en fin de boucle, nous retrouvons la temporisation d'un dixième de seconde.

Y. MERGY

RECTIFICATIF. - Une erreur de dessin s'est glissée dans notre précédent magazine *Électronique Pratique - n°332, novembre 2008, page 38* - concernant la **figure 5** de l'article relatif à LEGO MINDSORMS NXT. Ci-dessous, nous reproduisons le câblage exact des contacts pour le programme « Obstacles.rbt ». Comme indiqué dans le texte, ces contacts sont bien câblés en parallèle. Le programme expérimental « Obstacles.rbt » fonctionne normalement, sans erreur.

Nous prions nos lecteurs de bien vouloir nous excuser pour ce désagrément.



LAMPE 100 LEDS

réf. LA245
19,90€

Alimentation: 4xAA Batteries(non incl.). L'interrupteur ON/OFF. Poids:450g. Dimensions: 178x75mm.

LAMPE FRONTALE - 8 LEDS EXTRA BLANCHES

réf. HEADLAMP
9,50€

Economique et endurante: les leds étant des lampes d'une durée de vie quasiment illimitée (100'000 heures). Alimentées pas 3 piles de type LR03/AAA.

PERCEUSE ÉLECTRIQUE ET JEU DE GRAVURE 41 PIÈCES

réf. vthd04
19,90€

Vitesse 10000-32000 tpm avec réglage de vitesse. Alim. 230 AC 230V. Consommation 135 W. Contenu : 1 perceuse avec interrupteur on/off. Meule : 10 pcs. Fraise à pointe diamantée 2 pcs. Mandrin 3 pcs. Disques à tronçonner 8 pcs. Roue à polir 4 pcs. Bande à ponçage 4 pcs. Forets 2 pcs. Porte-embouts 2 pcs. Pierre à dresser 1 pc. Disque de papier de verre 3 pcs. Clef de serrage 1 pc.

COMMUTATEUR HDMI À 2 PORTS

réf. AVSWITCH20
24,50€

Connectez deux appareils HDMI au commutateur et sélectionnez manuellement l'appareil que vous souhaitez regarder. Entrée : A) HDMI femelle, B) HDMI femelle. Sortie : HDMI femelle.

MULTIMÈTRE DIGITAL 3 1/2 DIGITS 2000 POINTS

réf. 530,134,183
45,00€

Appareil de mesure de dernière génération. Grand afficheur rétroéclairé. V DC : 200 mV - 2 V - 20 V - 200 V - 1000 V. V AC : 2 V - 20 V - 200 V - 1000 V. DC A : 20 mA - 2 mA - 20 mA - 200 mA - 20 A. AC A : 2 mA - 200 mA - 20 A. Ohm : 200 Ω - 2 KΩ - 20 KΩ - 2 MΩ - 20 MΩ. Capacimètre : 2 MF - 200 MF - 100 MF. Thermomètre : -40 à 1000 °C. Fréquence mètre : 2 KHz - 20 KHz. Test transistor (HFE). Test diodes. Test de continuité. Indication faible pile. Fourni avec cordons - sonde de température. Coque antichocs. Fourni avec pile.

ENSEMBLE DE SOUDAGE

réf. 495 236 504
12,90€

Composé d'un fer a soudé 220v/30w avec une panne de rechange, un mini support, une pince coupante,une pompe a dessoudé avec un joint et un embout de rechange+soudure et une éponge pour nettoyer la panne.

FER À SOUDER À GAZ

réf. 495,236,000
11,00€

Fer à souder sans fil. Peut également servir comme bec à gaz ou lance à air chaud. Avec interrupteur on/off. Autonomie 40 mn en moyenne, température 450°C. **Utilise du gaz pour briquets.**

PETITES EXPERIENCES ELECTRONIQUE AVEC MON PC

réf. 2-86661-126-2
32,50€

Cet ouvrage propose des montages qui se câblent simplement sur un port sériel (COM) de l'ordinateur, et se contentent de quelques composants faciles à trouver et bon marché. **Parmi les sujets abordés : mesures de temps, d'éclairement, de température, de tension, convertisseur analogique-numérique à un transistor, voltmètre, traceur de mesure, analyseur logique, communication par faux modem, photo-transmissions de données, etc.**

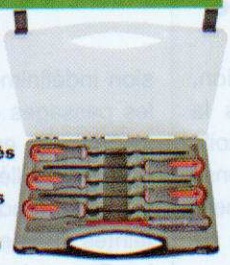
EMETTEUR/RÉCEPTEUR AUDIO/VIDÉO 2.4 GHZ KÖNIG

réf. VID-TRANS12
59,00€

Emetteur et récepteur audio/vidéo sans fil compact. Avec extension infrarouge pour le contrôle de l'équipement connecté avec la télécommande d'origine. Convient pour DVD, satellite, VCR, PC, récepteur TNT. **Emetteur :** bande de fréquence : 2.400 GHz-2.4835 GHz, dimensions : 90 mm x 74 mm x 20 mm. **Récepteur :** bande de fréquence : 2.400 GHz - 2.4835 GHz, dimensions : 90 mm x 74 mm x 20 mm. Portée opérationnelle : 100 m (ligne de vue). **Portée télécommande : 50 m.** Contenu : 1 x émetteur, 1 x récepteur, 1 x câble infrarouge, 2 x adaptateur AC/DC et 2 x câble de connexion audio/vidéo.

JEU DE 7 TOURNEVIS TIGE EXTRA LONGUE

réf. VTSCRSET12
9,90€



Jeu de tournevis haute qualité, tige extra longue pour faciliter l'accès aux vis enfoncées, poignée soft-grip pour plus de prise, livré dans un coffret pratique, tige en acier, pointe magnétique. Contenu : plat: 3.5 mm, 4.0mm, 4.5mm x 175mm, cruciforme: PH0, PH1 X 175mm, testeur de tension: 4.0 X 80mm. Longueur : testeur de tension: tige de 80mm et poignée de 70mm, tournevis: tige de 175mm.

ANTENNE WIFI YAGI D'INTERIEUR 6 DBI KÖNIG

réf. CMP-ANT6DBI10
29,90€

Cette antenne 2.4 Ghz 6 dBi a été conçue pour une utilisation à l'intérieur. Augmentez la portée du signal sans fil de votre modem, routeur ou carte WLAN jusqu'à 5 dBi. Gain (pointe) : 6 dBi. Longueur câble : 100 cm. Connecteur : fiche SMA droite.

FER À DESSOUDER

réf. 495,236,502
7,50€

Cet outil est constitué **d'un fer à souder 40W et d'une pompe à dessouder.** Alimentation 220V. Livré avec panne.

PINCE AMPÈREMÉTRIQUE AC/DC

réf. 530,134,354
59,90€

Fonctions spéciales : Hold - Mesure relative. Ouverture max de la pince 36 mm. Conforme à la mesure IEC 1010 cat III 600 V. Tension DC : 400 Mv, 4 V, 40 V, 400 V, 600 V. Tension AC : 4 V, 40 V, 400 V, 600 V. Courant AC : 40/400 A. Courant DC : 40/400 A. Résistance : 400 Ω, 4 kΩ, 40 kΩ, 400 kΩ, 4 MΩ, 40 MΩ. Test de continuité : 400 Ω. Test diode. Fréquence et cycle de mesure : 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz. Dim.: 510 x 490 x 330 mm. Livré avec pochette et cordons.

CHARGEUR DE PILES + PILES

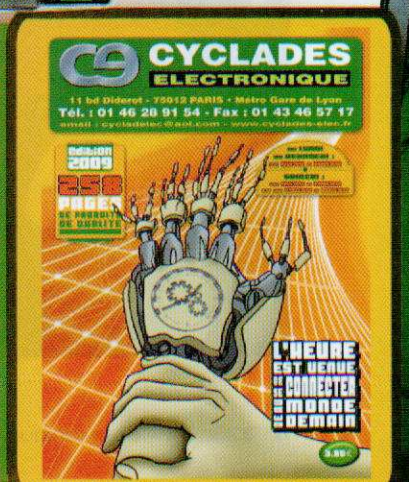
réf. 80-556
15,00€

Chargeur r6 et r3 nimh/nicd livré avec 4 batterie r6. 2000ma nimh et un testeur de piles.

LE CATALOGUE 2009 EST ARRIVÉ !

6500 produits avec plein de nouveautés

3,80€ AU COMPTOIR
6,80€ PAR CORRESPONDANCE



CYCLADES ELECTRONIQUE

11 bd Diderot - 75012 PARIS (Métro Gare de Lyon)
Tél. : 01 46 28 91 54 Fax : 01 43 46 57 17
email : cycladelec@aol.com - www.cyclades-elec.fr

CONDITIONS DE VENTE PAR CORRESPONDANCE
Cartes ou chèques bancaires, postaux ou mandats à l'ordre de la SOCIETE LES CYCLADES ELECTRONIQUES - Joignez votre règlement avec votre commande, sinon l'envoi et le paiement s'effectueront en contre-remboursement. N'oubliez pas avec le total de la facture les frais d'emballage et de transport. Port et emballage collissimo 1 à 3 kg : 8 €. Port étranger et DOM-TOM nous

éation : id clair - 02 48 02 15 98 - www.idclair.net

Une étoile pour les fêtes

Dans notre numéro 308 nous avons évoqué les remarquables avancées technologiques de la diode électroluminescente à spectre visible, plus familièrement appelée « Led ». Comme on n'arrête pas le progrès, une nouvelle génération de ce composant, désormais incontournable, vient de faire son apparition sur le marché : il s'agit d'une led multicolore à programmation interne.

En guise d'application, nous vous proposons la réalisation de cette étoile dont le scintillement intense contribuera à égayer agréablement votre intérieur en cette période de fêtes.

La led 5 RGB

Au niveau de son aspect extérieur, cette led ne présente aucune particularité. Elle est transparente et se caractérise par un diamètre de ø 5 mm. Alimentée sous une tension continue de 3,5 V, elle entame un étonnant cycle d'effets colorés à un rythme lui-même changeant.
Sa couleur passe du bleu au rouge, puis au vert, avec des durées d'émission indéfiniment variables. De plus, les passages d'une couleur à l'autre s'effectuent en douceur, c'est-à-dire de manière liée. S'agissant des trois couleurs fondamentales, toutes les teintes du spectre visible se forment.
La **figure 1** rappelle le résultat du mélange deux à deux de ces couleurs fondamentales.
Les longueurs d'onde des couleurs émises sont :
- pour le rouge : 625 nm
- pour le vert : 520 nm
- pour le bleu : 470 nm

Le nanomètre (nm) est la milliardième partie du mètre.

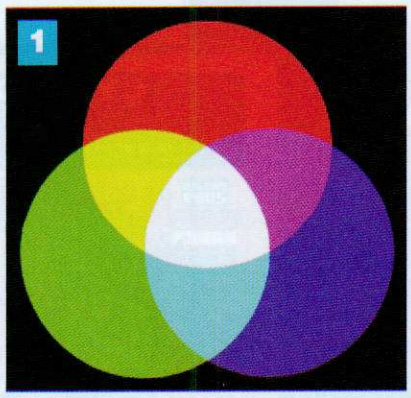
Pour une consommation moyenne de 20 mA, l'intensité lumineuse perceptible est de :
- 1600 mcd pour le rouge
- 2800 mcd pour le vert
- 1300 mcd pour le bleu

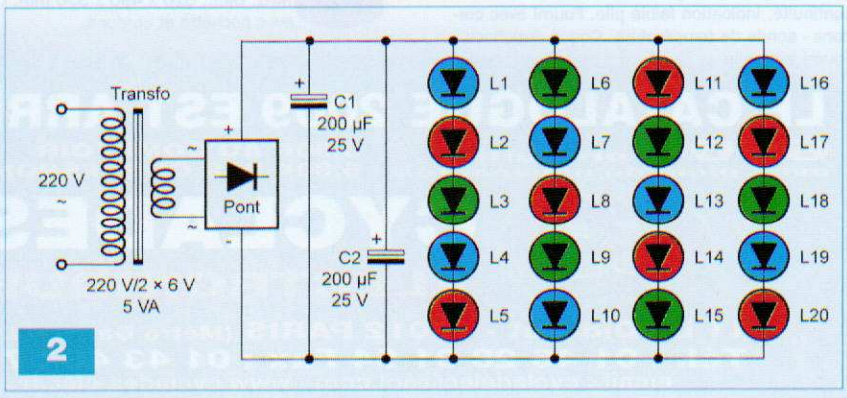
Le millicandela (mcd) est la millième partie du candela, unité de base de l'intensité lumineuse perçue par l'œil humain.

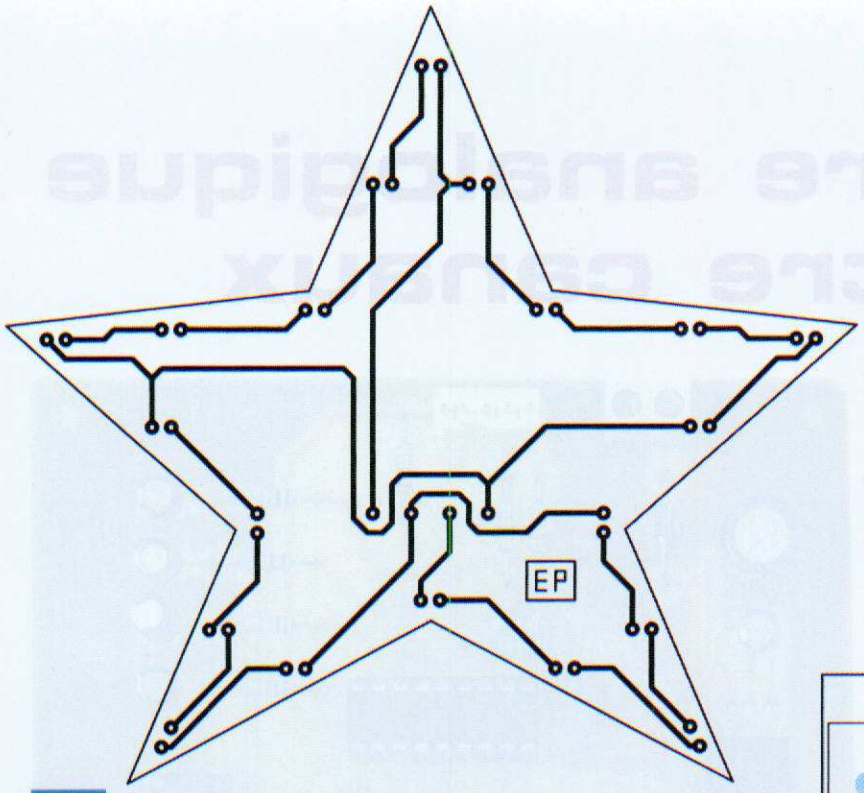
Cette led est notamment disponible auprès de Saint-Quentin Radio.

Le montage proposé

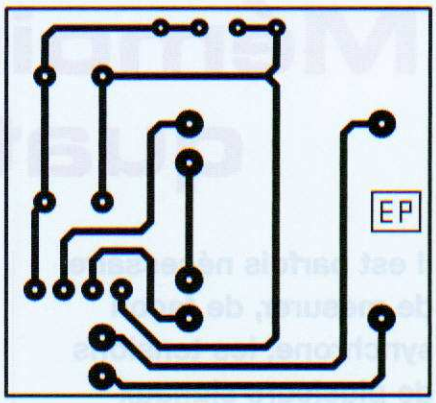
La **figure 2** fait état de ce montage on ne peut plus simple. Un transformateur abaisse la tension « secteur » à 12 V, tandis qu'un pont de diodes en redresse les deux alternances.
L'ensemble de cette alimentation est complété par la mise en parallèle de deux capacités de 2 200 µF pour réaliser le lissage nécessaire. L'étoile



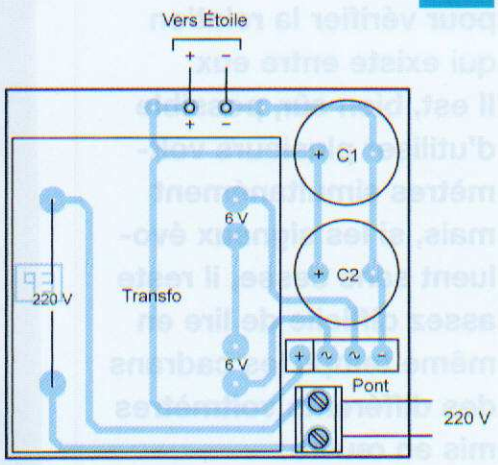




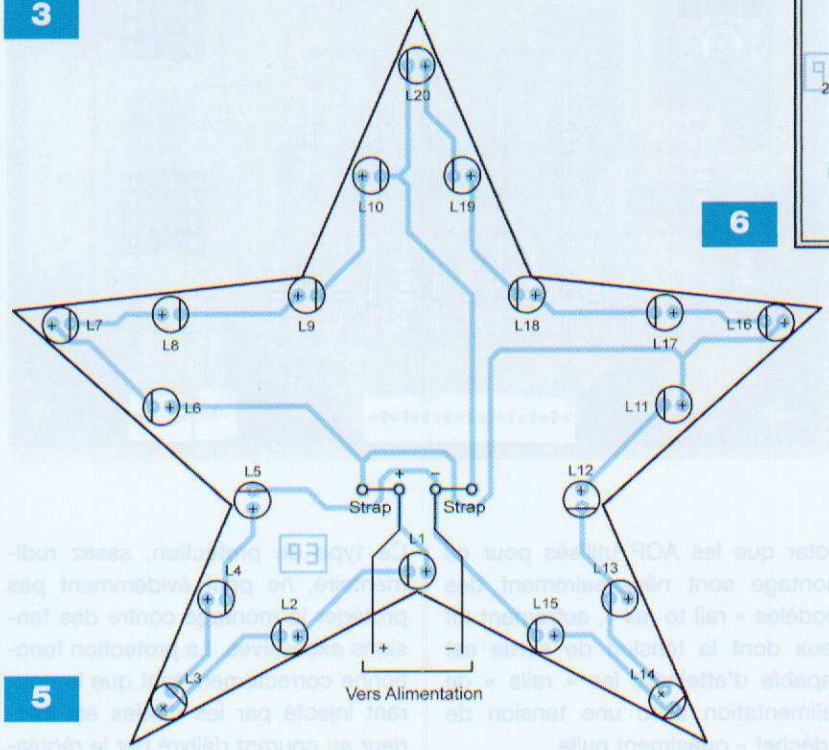
3



4



6



5

comportant vingt leds, ces dernières ont été regroupées de manière à former quatre branches parallèles de cinq leds chacune.

On obtient ainsi une tension quasi continue dont la valeur relevée est proche de 18 V. Il en résulte une tension d'environ 3,5 V aux bornes de chaque led, lesquelles fonctionnent ainsi dans des conditions optimales.

Les **figures 3** et **4** reprennent les deux circuits imprimés :

- un module « étoile »
- un module « alimentation ».

L'implantation des leds suit le contour extérieur de l'étoile.

Les **figures 5** et **6** illustrent l'implantation des composants. Attention à l'orientation du pont de diodes, des capacités électrolytiques et des leds. Les deux modules sont à relier entre eux par deux fils.

Une fois sous tension, les leds entament leur étonnant ballet. Dans un premier temps, les effets lumineux et colorés sont en phase. Mais très rapidement, au bout de quelques minutes, il se produit une totale désynchronisation entre elles. L'effet obtenu n'en est que plus esthétique.

Nomenclature

L1 à L20 : 20 leds 5 RGB (voir texte)
Transformateur 220 V/2 x 6 V/5 VA
Pont redresseur KPB 04
C1 et C2 : 2 x 200 µF/25 V (sorties axiales)
Bornier soudable 2 plots

L'impression de scintillement, appuyé par une grande intensité lumineuse des leds, est véritablement spectaculaire.

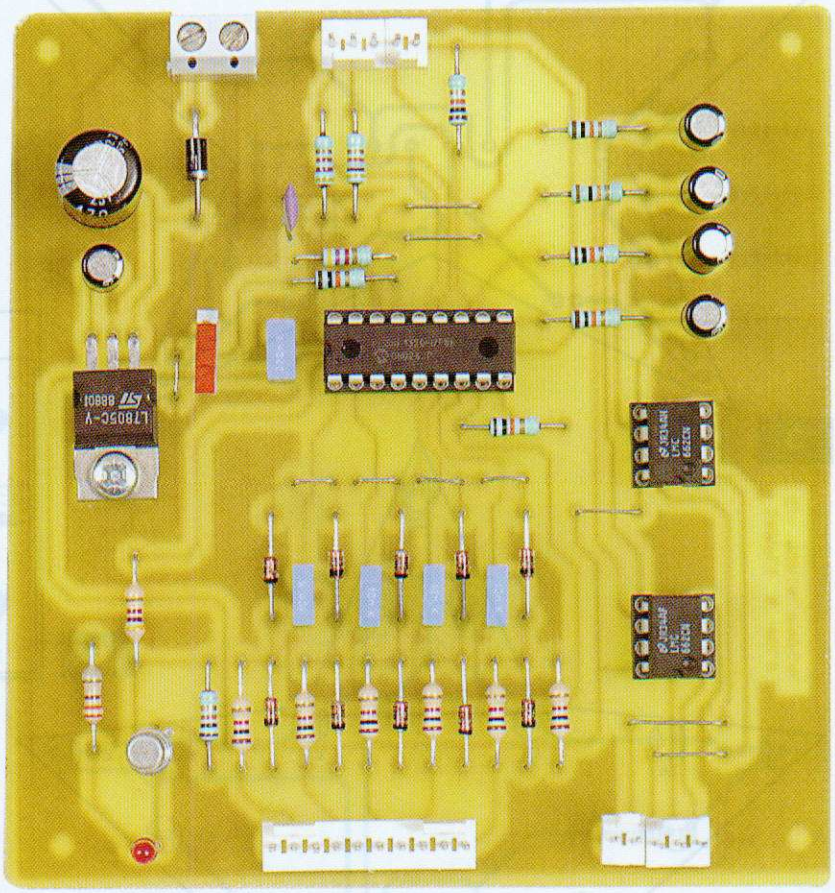
Conseils d'utilisation

Nous recommandons, par mesure de sécurité, d'enfermer le module d'alimentation dans un boîtier en plastique qui sera placé près d'une prise secteur. De ce boîtier, partiront deux fils qui véhiculeront la basse-tension nécessaire au fonctionnement des leds. Ainsi, notre étoile pourra être positionnée à l'extrémité haute d'un sapin de Noël, le câble « deux conducteurs » pouvant alors être dissimulé dans la verdure.

R. KNOERR

Mémoire analogique quatre canaux

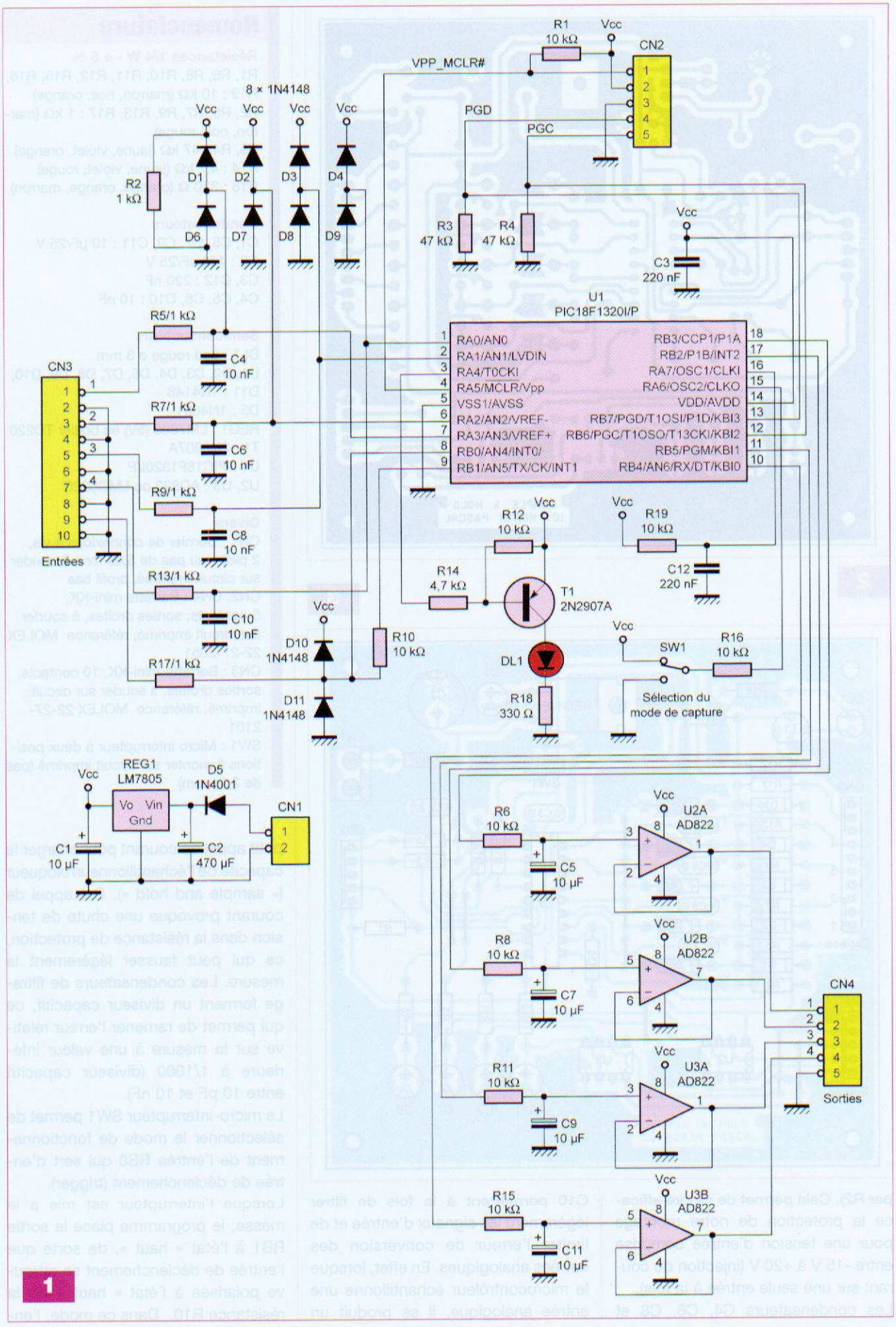
Il est parfois nécessaire de mesurer, de façon synchrone, les tensions de plusieurs signaux distincts, notamment pour vérifier la relation qui existe entre eux.
Il est, bien sûr, possible d'utiliser plusieurs voltmètres simultanément mais, si les signaux évoluent sans cesse, il reste assez difficile de lire en même temps les cadrans des différents voltmètres mis en œuvre.



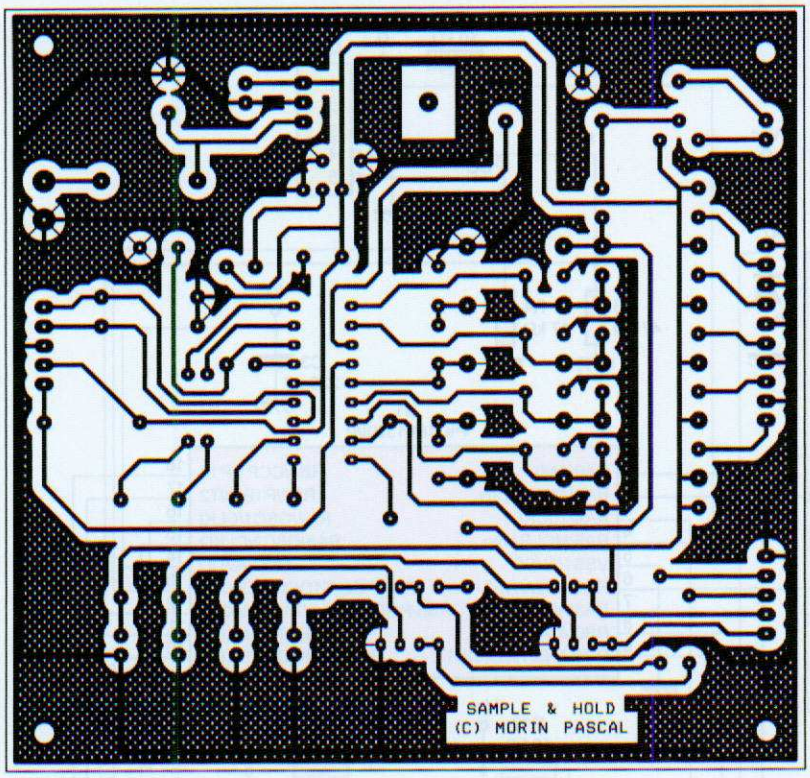
Le montage que nous vous proposons peut simplifier grandement ce type de mesures car il permet de mémoriser la tension présente sur quatre entrées distinctes.

Le schéma

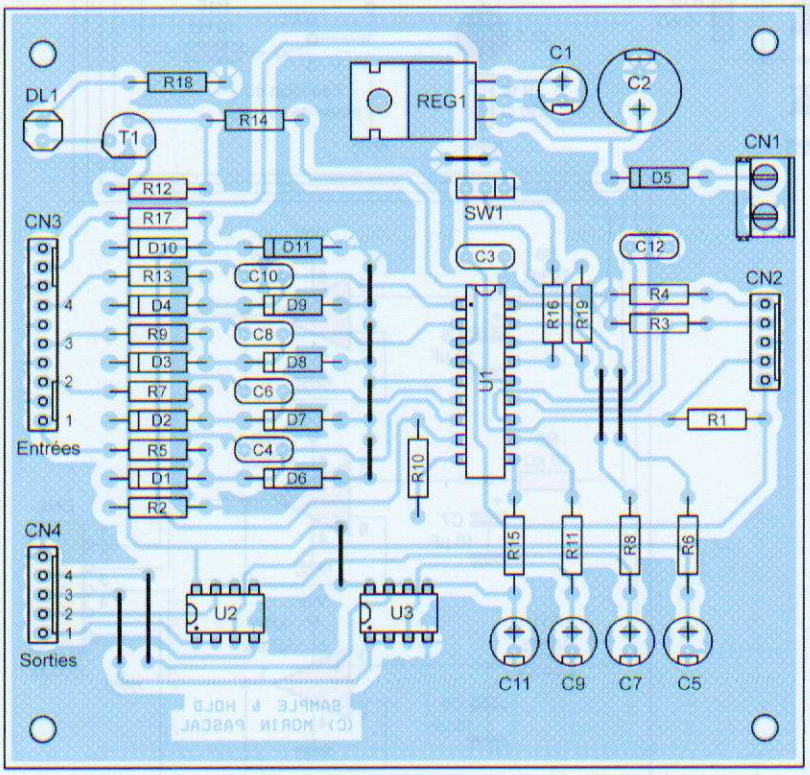
Il est reproduit en **figure 1**. Le cœur du montage est un microcontrôleur PIC18F1320.
Le principe mis en œuvre est relativement simple. Pour éviter les redites, nous n'expliquerons que le fonctionnement de la voie n° 1.
L'entrée analogique RA3 du microcontrôleur permet de mesurer la tension présente sur l'entrée n°1 du montage. La tension ainsi convertie est ensuite transformée en signal PWM dont la valeur moyenne correspond à la tension mesurée sur l'entrée n°1. Il suffit donc d'un simple filtre passe bas (R6/C5) pour extraire la valeur moyenne du signal PWM.
Enfin, il reste à « buffériser » le signal à l'aide d'un simple amplificateur opérationnel, monté ici en « suiveur ».
Noter que les AOP utilisés pour ce montage sont nécessairement des modèles « rail to rail », autrement dit ceux dont la tension de sortie est capable d'atteindre les « rails » de l'alimentation avec une tension de « déchet » quasiment nulle.
Les entrées analogiques du microcontrôleur sont protégées à l'aide de résistances de 1 kΩ placées en série avec le signal (R5 pour l'entrée n°1) et les diodes de « clamp » qui lui sont associées (D1 et D6 pour l'entrée n°1).
Si la tension d'entrée sort des « rails » de l'alimentation, les diodes vont se mettre à conduire, dérivant alors du courant, ce qui va provoquer une chute de tension dans la résistance de protection. Ceci permet de limiter la tension directe des entrées AN0 à AN3 du microcontrôleur.
Ce type de protection, assez rudimentaire, ne peut évidemment pas protéger le montage contre des tensions excessives. La protection fonctionne correctement tant que le courant injecté par les diodes est inférieur au courant délivré par le régulateur. En fait, le courant injecté par les diodes de protection est consommé par les composants du montage, diminuant d'autant le courant fourni par le régulateur. Si le courant injecté est trop important, la régulation de la tension Vcc n'est plus assurée et la tension d'alimentation du microcontrôleur risque d'augmenter dangereusement.
Pour améliorer (un peu) l'efficacité de cette protection, nous avons ajouté un « consommateur » supplémentaire dans l'alimentation du montage (5 mA consommés en permanence


R1
10 kΩ
Vcc
CN2
VPP_MCLR#
8 × 1N4148
PGD
PGC
D1
D2
D3
D4
R2
1 kΩ
D6
D7
D8
D9
R3
47 kΩ
R4
47 kΩ
C3
220 nF
U1
PIC18F1320I/P
RA0/AN0
RA1/AN1/LVDIN
RA4/T0CKI
RA5/MCLR/Vpp
VSS1/AVSS
RA2/AN2/VREF-
RA3/AN3/VREF+
RB0/AN4/INT0/
RB1/AN5/TX/CK/INT1
RB3/CCP1/P1A
RB2/P1B/INT2
RA7/OSC1/CLKI
RA6/OSC2/CLKO
VDD/AVDD
RB7/PGD/T1OSI/P1D/KBI3
RB6/PGC/T1OSO/T13CKI/KBI2
RB5/PGM/KBI1
RB4/AN6/RX/DT/KBI0
R5/1 kΩ
C4
10 nF
CN3
R7/1 kΩ
C6
10 nF
R9/1 kΩ
C8
10 nF
Entrées
R13/1 kΩ
C10
10 nF
R17/1 kΩ
R12
10 kΩ
R19
10 kΩ
C12
220 nF
R14
4,7 kΩ
T1
2N2907A
D10
1N4148
D11
1N4148
R10
10 kΩ
DL1
R18
330 Ω
SW1
R16
10 kΩ
Sélection du
mode de capture
REG1
LM7805
Vo Vin
Gnd
D5
1N4001
C1
10 µF
C2
470 µF
CN1
R6
10 kΩ
C5
10 µF
U2A
AD822
R8
10 kΩ
C7
10 µF
U2B
AD822
R11
10 kΩ
C9
10 µF
U3A
AD822
R15
10 kΩ
C11
10 µF
U3B
AD822
CN4
Sorties

1



2



3

Nomenclature

Résistances 1/4 W - ± 5 %
R1, R6, R8, R10, R11, R12, R15, R16, R19 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R2, R5, R7, R9, R13, R17 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
R3, R4 : 47 kΩ (jaune, violet, orange)
R14 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
R18 : 330 Ω (orange, orange, marron)

Condensateurs
C1, C5, C7, C9, C11 : 10 µF/25 V
C2 : 470 µF/25 V
C3, C12 : 220 nF
C4, C6, C8, C10 : 10 nF

Semiconducteurs
DL1 : Led rouge ø 3 mm
D1, D2, D3, D4, D6, D7, D8, D9, D10, D11 : 1N4148
D5 : 1N4001
REG1 : LM7805 (5V) en boîtier TO220
T1 : 2N2907A
U1 : PIC18F1320I/P
U2, U3 : AD822 ou LMC662C

Divers
CN1 : Bornier de connexions à vis, 2 plots, au pas de 5,08 mm, à souder sur circuit imprimé, profil bas
CN2, CN4 : Barrette mini-KK, 5 contacts, sorties droites, à souder sur circuit imprimé, référence MOLEX 22-27-2051
CN3 : Barrette mini-KK, 10 contacts, sorties droites, à souder sur circuit imprimé, référence MOLEX 22-27-2101
SW1 : Micro interrupteur à deux positions à monter sur circuit imprimé (pas de 2,54 mm)

par R2). Cela permet de rendre efficace la protection de notre montage pour une tension d'entrée comprise entre -15 V à +20 V (injection de courant sur une seule entrée à la fois).
Les condensateurs C4, C6, C8 et C10 permettent à la fois de filtrer légèrement les signaux d'entrée et de limiter l'erreur de conversion des entrées analogiques. En effet, lorsque le microcontrôleur échantillonne une entrée analogique, il se produit un petit appel de courant pour charger la capacité de l'échantillonneur/bloqueur (« sample and hold »). Cet appel de courant provoque une chute de tension dans la résistance de protection, ce qui peut fausser légèrement la mesure. Les condensateurs de filtrage forment un diviseur capacitif, ce qui permet de ramener l'erreur relative sur la mesure à une valeur inférieure à 1/1000 (diviseur capacitif entre 10 pF et 10 nF).
Le micro-interrupteur SW1 permet de sélectionner le mode de fonctionnement de l'entrée RB0 qui sert d'entrée de déclenchement (trigger).
Lorsque l'interrupteur est mis à la masse, le programme place la sortie RB1 à l'état « haut », de sorte que l'entrée de déclenchement se retrouve polarisée à l'état « haut » via la résistance R10. Dans ce mode, l'en-

trée de déclenchement est active à l'état « bas » (l'entrée RB0 passe à 0,5 V sous l'effet du pont diviseur formé par R10 et R17, ce qui est considéré par le microcontrôleur comme un état « bas »). À l'inverse, lorsque le micro-interrupteur SW1 est basculé en position Vcc, le microcontrôleur place sa sortie RB1 à l'état « bas » et attend un état « haut » sur RB0 pour considérer que l'entrée de déclenchement est active.

Le port RA4 est utilisé pour piloter la diode led DL1 via le transistor T1.

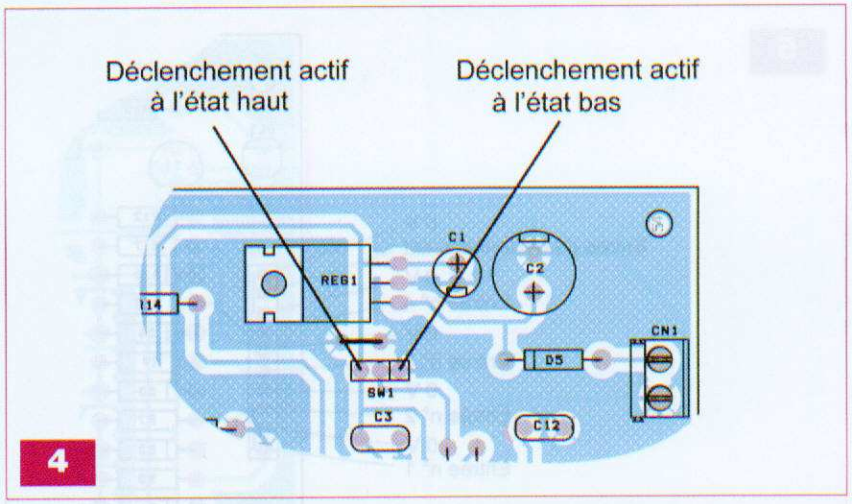
Il s'agit là d'un schéma très classique, aussi nous ne nous étendrons pas sur son fonctionnement. Noter tout de même que lorsque l'on commande une diode led à l'aide d'un transistor bipolaire, la résistance placée entre la base et l'émetteur (R12 dans notre cas) est indispensable pour éviter que le courant de fuite du transistor ne soit « visible » (la led pourrait sembler légèrement illuminée). En effet, il suffit que quelques « porteurs » seulement circulent dans la base pour qu'un courant de collecteur prenne naissance (rappelons que pour un transistor bipolaire Ic = ß x Ib).

Le connecteur CN2 véhicule les signaux nécessaires à la programmation du microcontrôleur et à la mise au point du programme à l'aide d'une interface ICD2.

Lors de l'étude du logiciel, l'auteur s'est aperçu avec déplaisir que les ressources internes du microcontrôleur ne permettaient pas d'entrer en mode « debug » lorsque le microcontrôleur est programmé pour fonctionner sur son oscillateur RC interne.

En fait, la difficulté provient des microcontrôleurs PIC qui disposent de deux oscillateurs RC, dont un qui fonctionne à 32 kHz.

Lors de la réinitialisation du microcontrôleur par l'interface ICD, si l'oscillateur principal est programmé sur « INT-RC », c'est l'oscillateur à 32 kHz qui est actif par défaut. Même si la première instruction de votre programme initialise le registre « OSCCON » pour sélectionner l'oscillateur RC à 8 MHz, cela pose un problème aux interfaces ICD (ICD1 ou ICD2) car elles ne savent pas dialoguer avec le microcontrôleur lorsque l'oscillateur fonctionne à basse fréquence (ce qui est le cas pour les microcontrôleurs disposant d'un oscillateur à 32 kHz). L'auteur a donc dû modifier le schéma du montage pour utiliser l'entrée RA7 comme oscillateur RC principal. Pendant la phase de mise au point, le microcontrôleur a donc été programmé en mode oscillateur RC externe, avec une fonction d'initialisation du microcontrôleur qui s'empresse de reprogrammer le registre « OSCCON ». Mais rassurez-vous, ce petit désagrément disparaît lorsque l'on se contente de charger le programme dans la mémoire du microcontrôleur. La cellule RC (R19 / C12) est donc inutile pour le programme final.



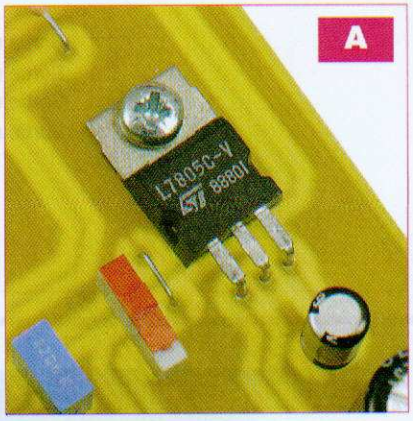
L'alimentation du montage est articulée autour d'un très classique régulateur LM7805 (REG1) à partir d'une tension de 9 Vdc à 12 Vdc. La diode D5 protège le montage en cas d'inversion de raccordement du connecteur CN1 et joue également le rôle de redresseur « simple alternance » au cas où vous utiliseriez une alimentation alternative. Le condensateur C2 filtre énergiquement la tension d'alimentation, sachant que notre montage consomme un peu moins de 30 mA. Vous pourrez donc utiliser n'importe quel bloc d'appoint pour ce montage.

La réalisation

Le dessin des pistes cuivrées du circuit imprimé est reproduit en **figure 2**. L'implantation des composants est celle de la **figure 3**.

Les pastilles sont percées à l'aide d'un foret de ø 0,8 mm.

Pour les connecteurs, le régulateur et la diode D5, repercer avec un foret de ø 1 mm.



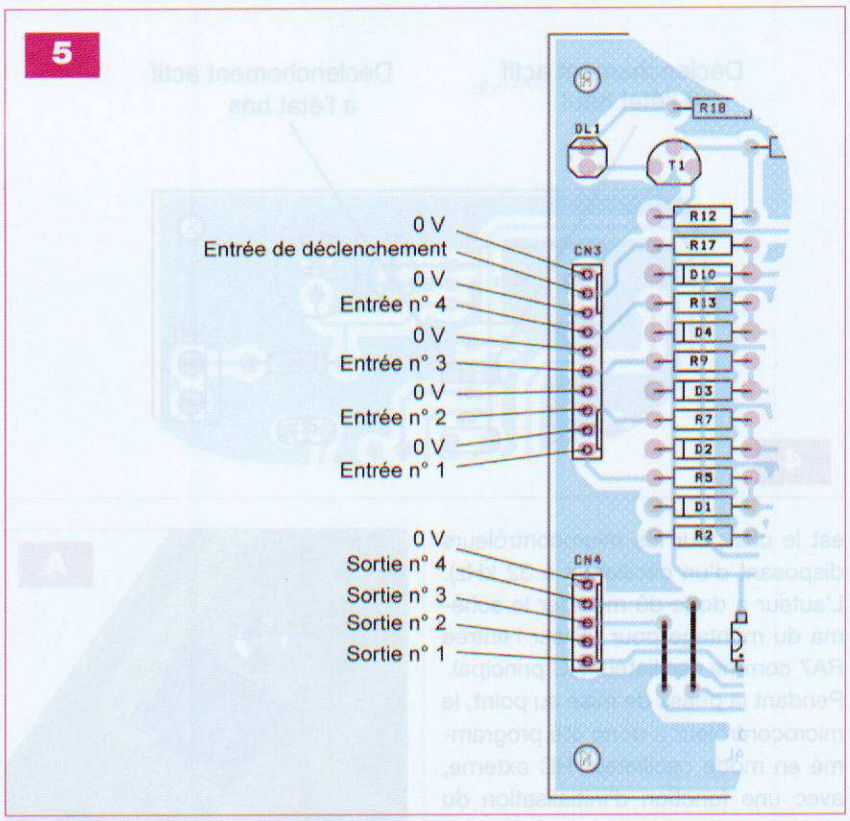
Avant de graver le circuit imprimé, il est préférable de se procurer les composants afin de s'assurer qu'ils s'implantent correctement. Cette remarque concerne particulièrement le micro-interrupteur SW1 de sélection du mode de fonctionnement. Soyez tout de même attentif au sens des condensateurs polarisés et à celui des circuits intégrés. Vous remarquerez la présence de neuf straps qu'il est préférable d'implanter en premier pour des raisons de commodité.

Le régulateur REG1 est vissé directement contre le circuit imprimé, sans interposer un dissipateur thermique (**photo A**). Le montage consomme peu de courant, le régulateur ne s'échauffe donc pratiquement pas.

Le microcontrôleur sera programmé avec le contenu du fichier hexadécimal « MemoireAnalog4x.hex » disponible en téléchargement sur le serveur Internet d'*Electronique Pratique*.

Les options de programmation du microcontrôleur sont définies dans le

5



fichier hexadécimal (« Configuration Bits set in code »). **Ne pas modifier** manuellement les options en question (en particulier, la sélection de l'oscillateur principal doit rester sur le paramètre « INT RC – Port on RA6, Port on RA7 »).

L'utilisation du montage est extrêmement simple. Après la mise sous tension, il suffit de sélectionner le niveau actif de l'entrée de déclenchement à l'aide de SW1 (**figure 4**). Le montage est enfin opérationnel. Chaque fois que l'entrée de déclenchement passe à l'état « actif », le montage recopie sur les sorties le niveau respectif des entrées, pendant ce temps, la diode led est éteinte (**figure 5**).

Dès que l'entrée de déclenchement passe à l'état de « repos », le niveau des sorties est figé à la dernière valeur acquise (la led est alors illuminée pour indiquer que la fonction mémoire est active).

P. MORIN

Schaeffer AG

FACES AVANT ET BOÎTIERS

Pièces unitaires et petites séries à prix avantageux.

A l'aide de notre logiciel – *Designer de Faces Avant** – vous pouvez réaliser facilement votre face avant individuelle. **GRATUIT**: essayez-le! Pour plus de renseignements, n'hésitez pas à nous contacter, **des interlocuteurs français** attendent vos questions.

*Vous en trouverez la dernière version sur notre site internet.

· Calcul des prix automatique
· Délai de livraison: entre 5 et 8 jours
· Si besoin est, service 24/24

Exemple de prix: 32.50€ majoré de la TVA/ des frais d'envoi

Schaeffer AG · Nahmitzer Damm 32 · D–12277 Berlin · Tel +49 (0)30 8058695-30
Fax +49 (0)30 8058695-33 · Web info.fr@schaeffer-ag.de · www.schaeffer-ag.de

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
Outilage /Set-up inclus
Aucun montant minimum
Livraison ponctuelle garantie
Garantie de qualité ISO 9001

Sans Plomb

WWW.PCB-POOL.COM

Complétez votre collection de ELECTRONIQUE PRATIQUE

N°314

Internet pratique • KICAD, logiciel pour schémas et C.I • Picky, le robot suiveur de ligne • Commande de puissance pour moteurs 24 V/3A avec LMD18200T • Chargeur de batteries NiMh • Electronique pour domotique • Nuancier électronique à 65536 couleurs avec CUBLOC CB220 • Testeur de nervosité par rayon laser • Et si on parlait tubes (cours n°32) • Atténuateur 6 voies.

N°315

Internet pratique • Notions d'optoélectronique • Le transistor, un composant de base (1) • Picky, cartes additionnelles (2) • Motorisation d'un robot • Platine universelle à microcontrôleur CB405 • Thermomètres à vins et à bain • Marqueur vidéo • Clé infrarouge avec modules Télécontrolli • Et si on parlait tubes (cours n°33) • TDA 7294 Pontés, 150 Weff.

N°316

Internet pratique • Les optocoupleurs • Montages fondamentaux des transistors • Interface USB isolée à 8 sorties relais ou triacs • Commande optique par réflexion • Graduateur pour modélisme ferroviaire • Robot autoguidé • Simulateur de présence à 3 récepteurs • Et si on parlait tubes (cours n°34) • Ampli TDA 2003 «tous usages»

N°317

Internet pratique • GPS et PC • Alarme bateau UHF/433 MHz à détection de chocs • Mini espion pour clavier de PC • Microphone HF pour guitare électrique à 3 canaux • Interface VGA en mode texte (1ère partie) • Comtoise du XXIe siècle • Et si on parlait tubes : le Radford série 3 (cours n°35) • Préampli SRPP à 5 entrées et correcteur grave/aigus

N°318

Internet pratique • S'initier à la biométrie • Radiocommande pilotée par USB, 31 récepteurs • Comtoise du XXIe siècle (2e partie) • Interface VGA en mode texte (2e partie) • Surveillance d'une chambre d'enfant • Boussole électronique avec CB220 • Et si on parlait tubes : le Leak Stéréo 60 (cours n°36) • Ampli 20 Weff, classe AB2, double PP de 6V6

N°319

Internet pratique•S'initier à la RFID•La diode, un composant utile et pratique•Animation lumineuse commandée par PC•Détecteur par radar hyperfréquence 9,9 GHz•Stroboscope à leds•Thermomètre d'intérieur à capteur CTN•Jeu électronique ciseaux-caillou-papier•Et si on parlait tubes : le C22 de Mc Intosh (cours n°37)•Préampli SRPP avec sortie casque

N°320

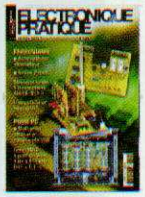
Internet pratique • La résistance • Le positionnement par satellites • Moniteur GPS pour véhicule • Le module GPS ET-312 • Platine GPS expérimentale • Programmateur de SX28AC/DP • Télémétrie infrarouge • Et si on parlait tubes : analyse de deux préamplis (cours n°38) • PP ultra-linéaire de EL84

N°321

Internet pratique • Le condensateur • Alarme UHF pour deux roues • Robot pédagogique à PIC 18F452 • Baromètre électronique • Compteur et temporisateur de précision • Programmateur à relais avec horloge temps réel • Et si on parlait tubes (cours n°39) • Générateur hybride BF 1 Hz à 200 kHz

N°322

Internet pratique • L'essentiel sur l'ampli opérationnel • Serrure électronique RFID • Synthétiseur audio mono-circuit • Simulateur de présence • Télésurveillance du chauffage • Altimètre avec capteur MPX 2200 AP • Et si on parlait tubes (cours n°40) • Préampli stéréo en AOP, 5 entrées, sortie casque, 100 mW



N°324

Internet pratique • Alimentations à découpage • L'amplification en classe D • Télécommande domotique • Badge subliminal • Ferroviaire : automatisme A/R et sirène 2 tons • Multiprise secteur à commande USB pour PC • Acquisition de données sur carte SD • Et si on parlait tubes (cours n°42) • Pont de Wien, générateur audio à faible distorsion

N°325

Internet pratique • La transmission infrarouge • Simulateur logique • Sonnette télécommandée • Modélisme : variateur de vitesse de forte puissance • Girouette électronique • Modélisme : testeur de servomoteurs • Détecteur d'incendie • Et si on parlait tubes : l'ampli Conrad Johnson MV75 (cours n°43) • Les filtres en audio

N°326

Internet pratique • Travailler avec KICAD (2) • Robot avec caméra orientable • Inclinomètre • Alimentation de laboratoire de 0 à 24 V • Proton DS, suite de développement pour PIC • Onduleur 12V/230V/50 W • Et si on parlait tubes : l'ampli Conrad Johnson MV75 (suite cours n°43) • Le bruit en audio, normes et mesures

N°327

Internet pratique • Création et édition de schémas avec Kicad (3) • Initiation à l'inductance • EasyPIC5 : carte d'expérimentation • Profondimètre à capteur MPX2200AP • Télécommande évoluée • Échiquier électronique • Rétro-circuit : générateur de fonctions 0,2 Hz à 20 MHz • Amplificateur hybride push-pull de EL95

N°328

Internet pratique • Le C.I. à la portée de l'amateur • Kicad : contrôles électriques et création de Netliste (4) • Carillon horaire • Robot araignée à base du CB220 • Gestion et alarme par GSM • Centrale d'éclairage • Supprimer les perturbations audio (cours n°44) • La puissance intégrée TDA1514A - TDA7294 - LM3886

N°329

Internet Pratique • KICAD : module PCBnew (5e partie) • Programmateur de PIC en kit • Dumpeur de cartes synchrones • Minuteur, cadenceur et retardateur • Mesure du champ RF et réglage d'antennes en UHF • Compteur de passages par laser • Le SP10 d'Audio Research (cours 45) • Vumètre stéréo • Protecteur d'alim. des montages

N°330

Internet Pratique • KICAD : du schéma au CI (6e partie) • Gamme CUBLOC élargie • Télécommande secteur 3 canaux • Gestion sécurisée d'un store • Robot polyvalent et évolutif avec télécommande à CUBLOC CB220 • dB mètre hybride numérique • L'amplificateur Mc Intosh MC275 (cours 46)

N°331

Les modules ZigBit de MeshNetics • LEGO Mindstorms NXT : la robotique clefs en mains • Modélisme ferroviaire : graduateur de vitesse • Détecteur de passage infrarouge • Avertisseur optique d'appels téléphoniques • Hygrostat temporisé • Bougie d'anniversaire musicale • Cours 47 : le préampli Grommes G5M • PP de 6AQ5 : ampli hybride

N°332

Internet pratique • KICAD : les CI double face (7e partie) • Liaisons Wi-fi pour CB220 • Platine de surveillance de tensions • Bruiteur ferroviaire • Coffret Lego : créer des capteurs analogiques • Contrôle d'une installation hors gel • Mise sous surveillance d'une habitation • Et si on parlait tubes (cours n°48) • Module alimentation HT stabilisée

Sommaires détaillés et autres numéros disponibles
Consulter notre site web *http://www.electroniquepratique.com*

1 - J'ENTOURE CI-CONTRE LE(S) NUMÉRO(S) QUE JE DÉSIRE RECEVOIR

TARIFS PAR NUMÉRO - Frais de port compris • France Métropolitaine : 6,00 € - DOM par avion : 8,00 €
Union européenne : 8,00 € - TOM, Europe (hors U.E.), USA, Canada : 9,00 € - Autres pays : 10,00 €

FORFAIT 5 NUMÉROS - Frais de port compris • France Métropolitaine : 24,00 € - DOM par avion : 32,00 €
Union européenne : 32,00 € - TOM, Europe (hors U.E.), USA, Canada : 36,00 € - Autres pays : 40,00 €

314	315	316
317	318	319
320	321	322
324	325	326
327	328	329
330	331	332

2 - J'INDIQUE MES COORDONNÉES ET J'ENVOIE MON RÈGLEMENT

☐ par chèque joint *à l'ordre de Électronique Pratique* - *Le paiement par chèque est réservé à la France et aux DOM-TOM*
☐ par virement bancaire (IBAN : *FR76 3005 6000 3000 3020 1728 445* - BIC : *CCFRFRPP*)

☐ M. ☐ Mme ☐ Mlle

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville/Pays Tél. ou e-mail :

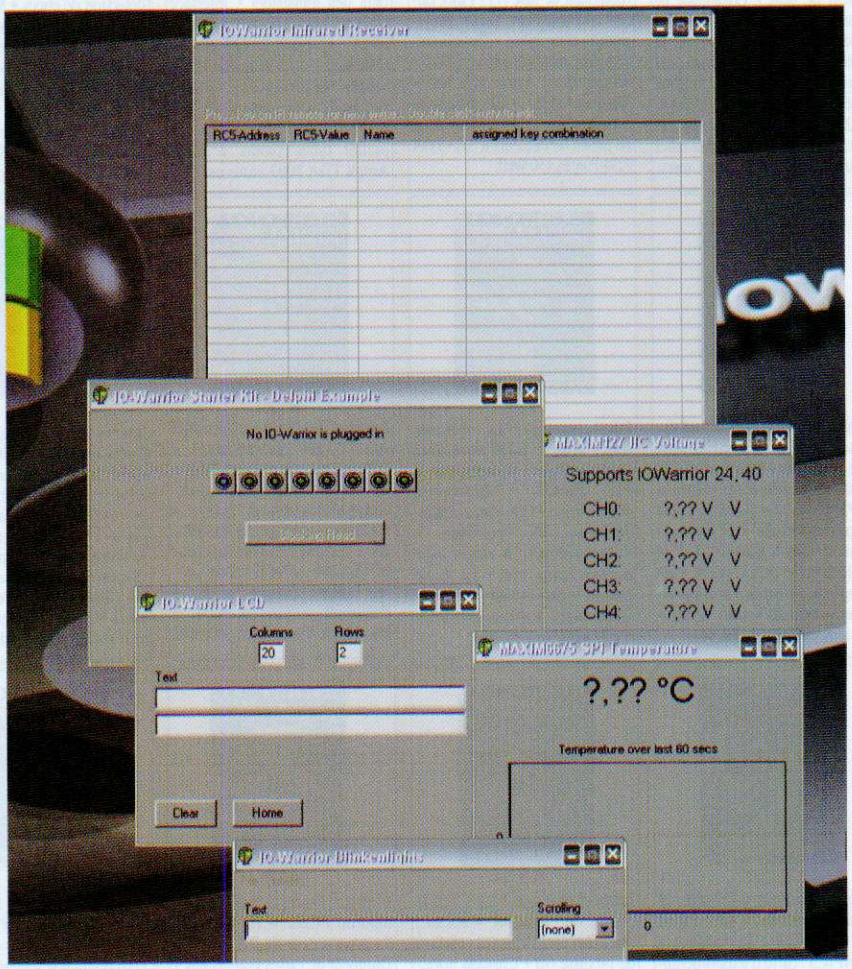
EP 333

Bon à retourner à Transocéanic - Electronique Pratique - 3, boulevard Ney 75018 Paris - France

CIRCUITS CODE MERCENARIES

Programmateur horaire sur PC

La société allemande Code Mercenaries propose plusieurs circuits intégrés qui sortent des sentiers battus. Ces derniers peuvent, en effet, se connecter directement au port USB d'un ordinateur et remplissent, selon le modèle choisi, différentes fonctions, par exemple celles d'une souris ou bien d'un joystick.



Pour la réalisation que nous vous proposons ici, nous avons choisi un circuit disposant de seize lignes d'entrées/sorties.

Les circuits de Code Mercenaries sont disponibles sous cinq déclinaisons auprès de la société Lextronic :

- Le JoyWarrior24A8-8 est doté de trois entrées de conversion analogique/numérique d'une résolution de huit bits et de huit entrées « tout ou rien »
- Le JoyWarrior24GP32 permet de lire l'état d'un clavier matricé de trente-deux touches ou l'état de douze entrées « tout ou rien »
- Le MouseWarrior24J8 dispose de trois entrées de conversion analogique/numérique et de six entrées « tout ou rien »
- Le SpinWarrior24R4 est doté de quatre entrées capables de lire les impulsions d'encodeurs de quadrature de type « électromécanique » ou « électro-optique », ainsi que l'état de sept boutons poussoirs
- Le IO-Warrior24R4 dispose de seize lignes d'entrées/sorties.

L'intérêt principal de ces circuits réside dans le fait que les informations délivrées sont perçues par l'ordinateur comme s'il s'agissait de données en provenance d'un joystick (JoyWarrior24A8-8 et JoyWarrior24GP32) ou d'une souris (MouseWarrior24J8). Ainsi, l'utilisation de ces circuits ne nécessite ni drivers, ni connaissances particulières dans la programmation du bus USB.

La mise en œuvre de ces circuits intégrés est très simple, comme on peut le voir sur le schéma de la **figure 1**.

Le circuit IO-WARRIOR24R4

C'est le circuit que nous avons sélectionné pour la présente réalisation.

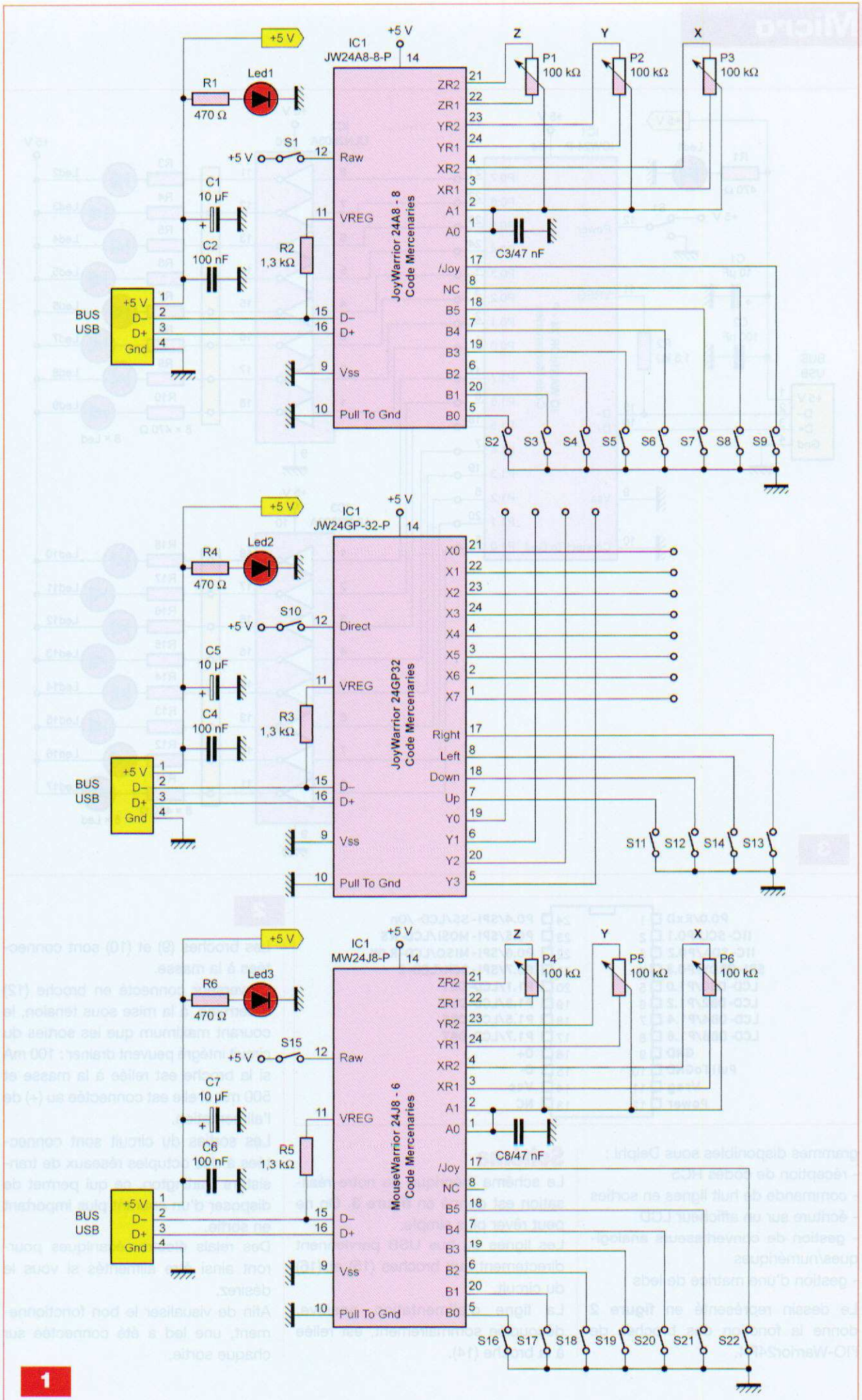
Le IO-Warrior24R4 possèdes seize lignes d'entrées/sorties programmables indépendamment les unes des autres. Certaines de ces lignes peuvent être affectées à des fonctions spéciales et permettent ainsi :

- le pilotage d'un afficheur alphanumérique
- de disposer d'un port I²C maître
- de disposer d'un port SPI maître
- d'effectuer un décodage de trames infrarouges RC5 par l'adjonction d'un récepteur
- de piloter une matrice de led de 8 x 32

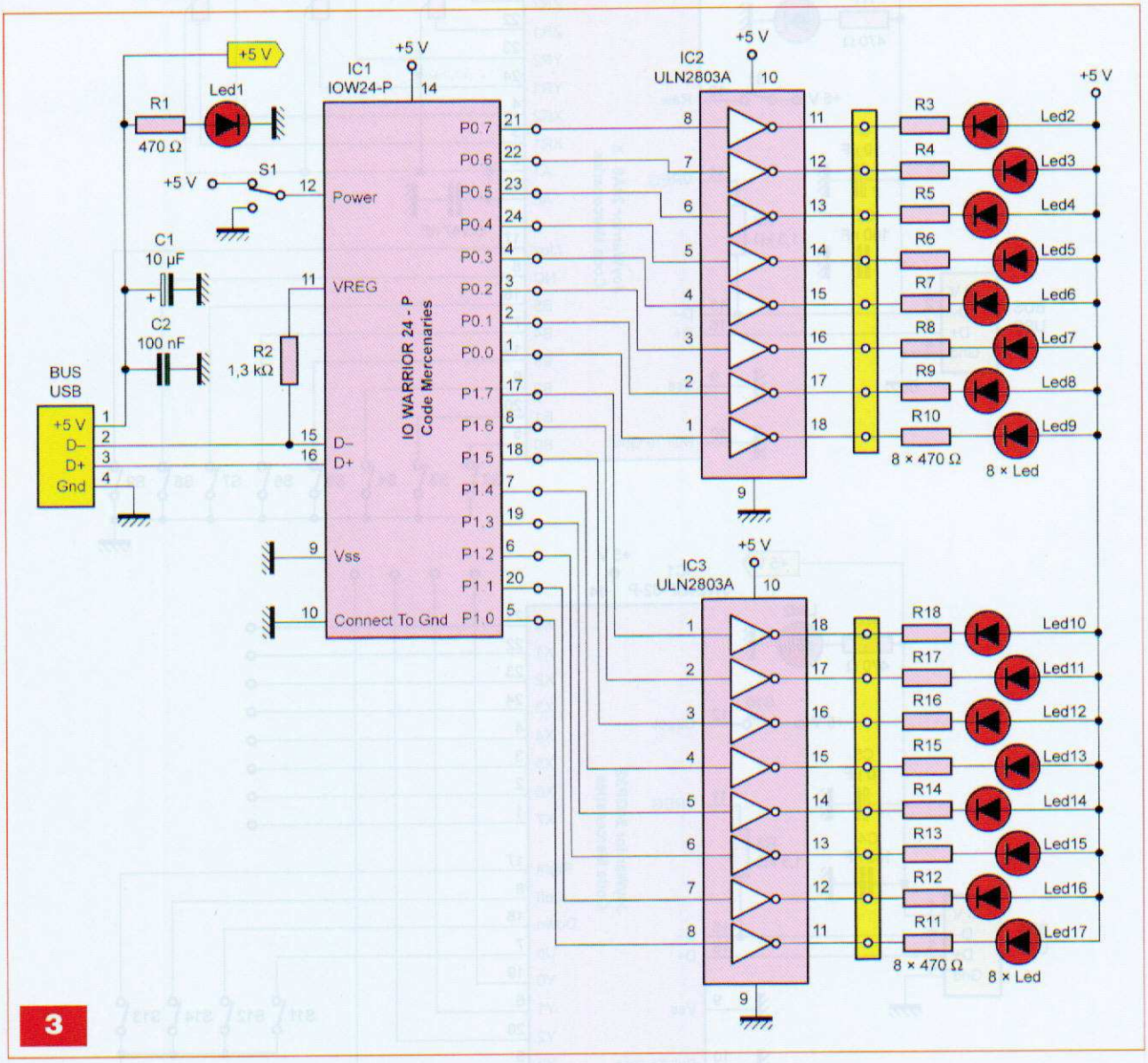
Cependant, ces fonctions ne sont pas disponibles en même temps.

Le circuit intégré IO-Warrior24R4 est utilisable sous divers environnements : Windows, Linux, Java et Mac. De très nombreux exemples de programmations sont disponibles sur le site du fabricant : *http://www.codemercs.com/index.php?id=141&L=1*.

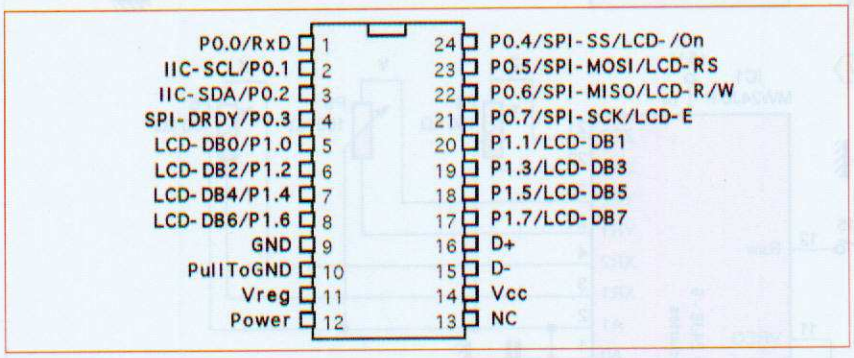
La vue d'écran représentée en **photo d'entrée** donne un aperçu des pro-


+5 V
IC1
JW24A8-8-P
14
R1
470 Ω
Led1
S1
C1
10 µF
C2
100 nF
R2
1,3 kΩ
BUS
USB
+5 V
D–
D+
Gnd
Raw
VREG
D–
D+
Vss
Pull To Gnd
ZR2
ZR1
YR2
YR1
XR2
XR1
A1
A0
/Joy
NC
B5
B4
B3
B2
B1
B0
JoyWarrior 24A8 - 8
Code Mercenaries
Z
Y
X
P1
100 kΩ
P2
100 kΩ
P3
100 kΩ
C3/47 nF
S2
S3
S4
S5
S6
S7
S8
S9
IC1
JW24GP-32-P
R4
470 Ω
Led2
S10
C5
10 µF
C4
100 nF
R3
1,3 kΩ
Direct
X0
X1
X2
X3
X4
X5
X6
X7
Right
Left
Down
Up
Y0
Y1
Y2
Y3
JoyWarrior 24GP32
Code Mercenaries
S11
S12
S14
S13
IC1
MW24J8-P
R6
470 Ω
Led3
S15
C7
10 µF
C6
100 nF
R5
1,3 kΩ
P4
100 kΩ
P5
100 kΩ
P6
100 kΩ
C8/47 nF
MouseWarrior 24J8 - 6
Code Mercenaries
S16
S17
S18
S19
S20
S21
S22

1



3



2

grammes disponibles sous Delphi :
- réception de codes RC5
- commande de huit lignes en sorties
- écriture sur un afficheur LCD
- gestion de convertisseurs analogiques/numériques
- gestion d'une matrice de leds

Le dessin représenté en **figure 2** donne la fonction des broches de l'IO-Warrior24R4.

Schéma

Le schéma théorique de notre réalisation est donné en **figure 3**. On ne peut rêver plus simple.

Les lignes du bus USB parviennent directement aux broches (15) et (16) du circuit.

La ligne d'alimentation positive, découplée sommairement, est reliée à la broche (14).

Les broches (9) et (10) sont connectées à la masse.

L'inverseur connecté en broche (12) détermine, à la mise sous tension, le courant maximum que les sorties du circuit intégré peuvent drainer : 100 mA si la broche est reliée à la masse et 500 mA si elle est connectée au (+) de l'alimentation.

Les sorties du circuit sont connectées à des octuples réseaux de transistors Darlington, ce qui permet de disposer d'un courant plus important en sortie.

Des relais électromécaniques pourront ainsi être alimentés si vous le désirez.

Afin de visualiser le bon fonctionnement, une led a été connectée sur chaque sortie.

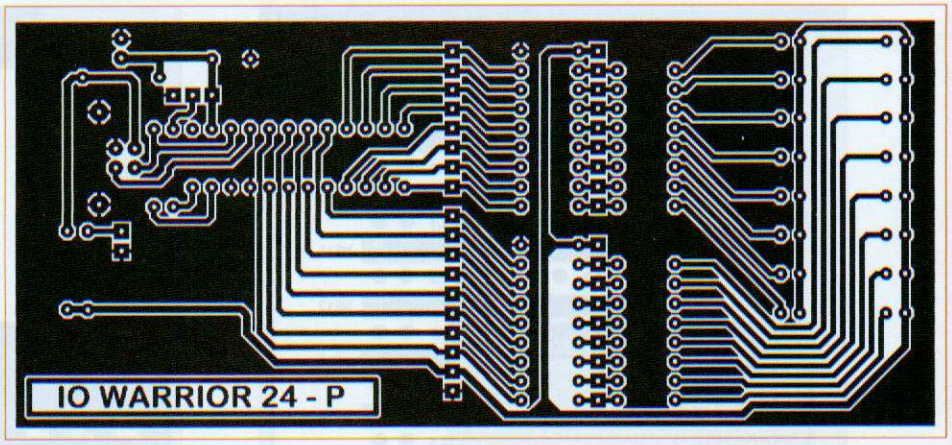
Nomenclature

Résistances
R1 : 330 Ω (orange, orange, marron)
ou 470 Ω (jaune, violet, marron)
R3 à R18 : 330 Ω (orange, orange, marron)
ou 470 Ω (jaune, violet, marron)
R2 : 1,3 kΩ (marron, orange, rouge)

Condensateurs
C1 : 10 µF/16 V
C2 : 100 nF

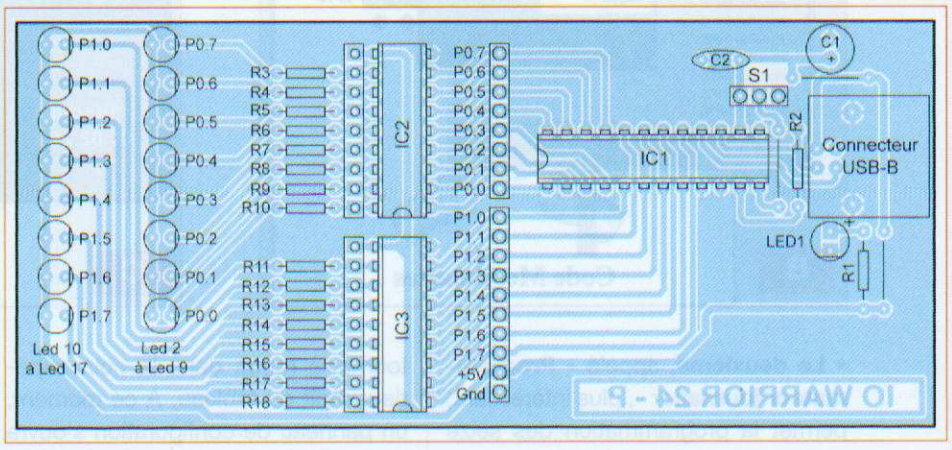
Semiconducteurs
Led1 à Led17 : diodes électroluminescentes de couleur quelconque
IC1 : IOW24-P
IC2, IC3 : ULN2803A

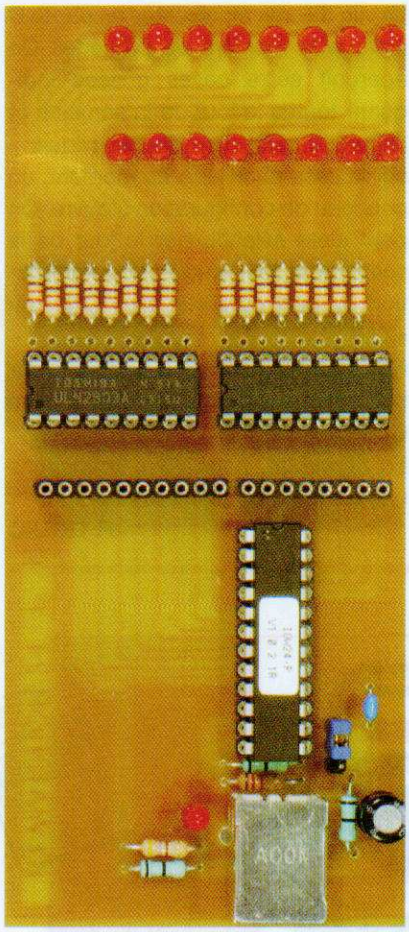
Divers
1 support pour circuit intégré 24 broches/étroit
2 supports pour circuit intégré 18 broches
1 morceau de barrette sécable femelle pour broches carrées de 0,635 mm
1 connecteur USB-B
1 morceau de barrette sécable de picots trois points
1 cavalier



4

5





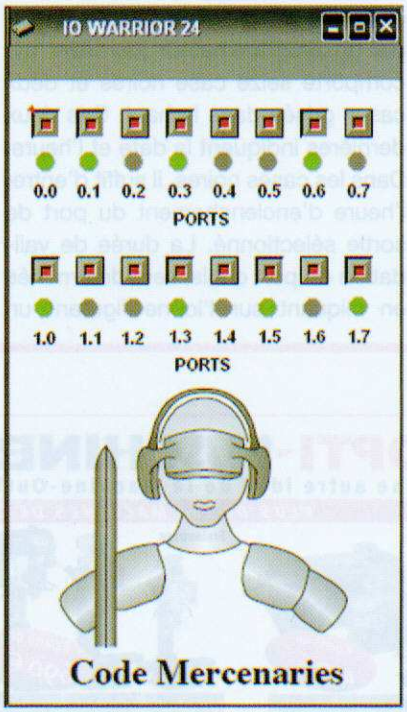
Réalisation

Le dessin du circuit imprimé est donné en **figure 4**, tandis que la **figure 5** représente le schéma d'implantation des composants.
Là encore, la simplicité est de mise. Très peu de composants sont à positionner. Les trois circuits intégrés sont insérés dans des supports.
Les seize lignes sont disponibles en sortie de l'IO-Warrior24R4, si on utilise des niveaux logiques, ou en sortie des ULN2803A, si on utilise un courant élevé.
Un connecteur USB-B permet le raccordement de la platine au PC au moyen d'un câble standard (câble de périphérique). Le câblage achevé, se livrer à une minutieuse vérification des soudures (absence de courts-circuits).

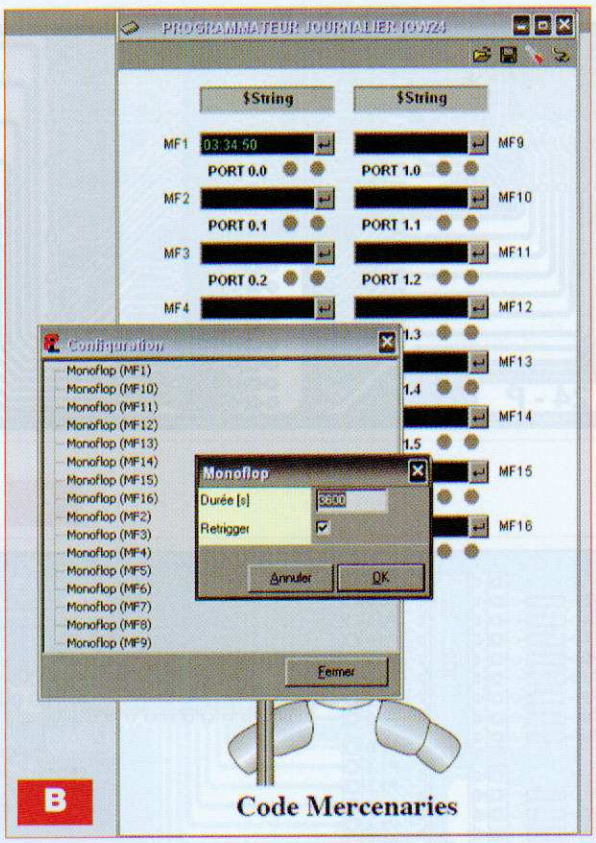
Essais

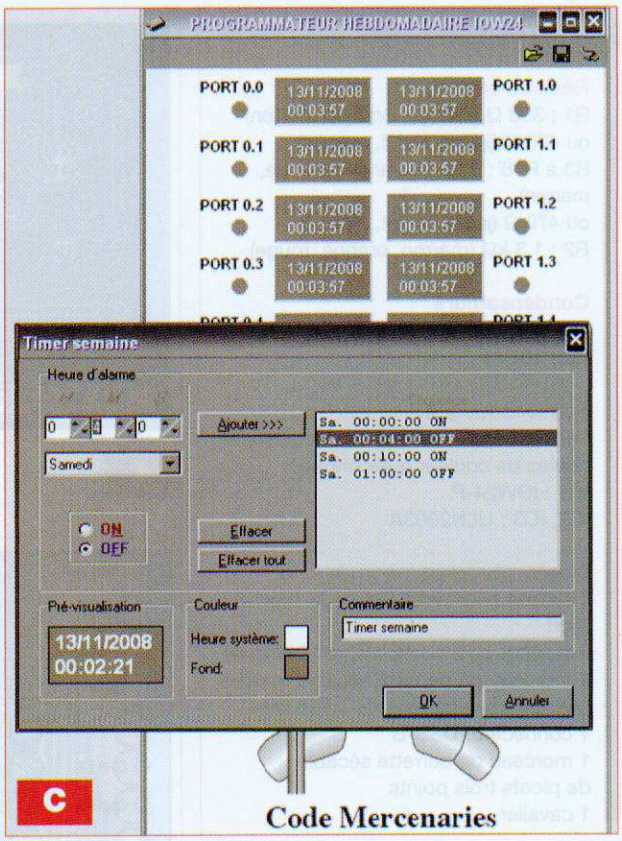
Nous avons élaboré **trois programmes** simples permettant l'utilisation de la carte.

• **Le premier**, appelé « **Boutons poussoirs** », permet simplement la mise à 0 ou à 1 des seize sorties du circuit. L'état sera visualisé par les leds. Voir la vue d'écran en **photo A**.



A





• **Le deuxième**, appelé « **Programmateur journalier** », plus intéressant, permet la programmation des seize lignes de sorties. Chacune de ces lignes peut être activée ou désactivée à toute heure de la journée et ce, pour une durée qui peut être déterminée au 1/100e de seconde près. Le mode d'emploi en est très simple : en se reportant à la vue d'écran donnée en **photo B**, on voit le tableau principal du programmateur journalier qui comporte seize case noires et deux cases grisée dans le haut. Ces deux dernières indiquent la date et l'heure. Dans les cases noires, il suffit d'entrer l'heure d'enclenchement du port de sortie sélectionné. La durée de validation du port choisi sera déterminée en cliquant sur l'icône figurant un tournevis rouge dans le coin supérieur droit du tableau. À ce moment, un panneau de configuration s'ouvre et il suffit de « double-cliquer » sur la ligne correspondante à la sortie choisie. Un second panneau nommé « Monoflop » s'ouvre et il suffit d'entrer en secondes, dans la case de saisie, la durée de commutation du port de sortie. Les leds présentes sous chaque case noire s'illuminent de la manière suivante : celle de gauche sera allumée durant une seconde lorsque l'heure choisie sera atteinte, tandis que la deuxième restera illuminée tant que la ligne de sortie sera activée.

• **Le troisième**, appelé « **Programmateur hebdomadaire** », permet de programmer les seize lignes de sorties à la seconde près, un nombre indéfini de fois par journée et ce, durant les sept jours de la semaine. La vue d'écran représentée en **photo C** indique la manière de procéder. On aperçoit seize cases grisées indiquant toutes le jour de la semaine et l'heure. Il suffit de « double-cliquer » sur la case choisie. À ce moment, un panneau de configuration s'ouvre. On peut alors sélectionner le jour de la semaine et les heures de commutation du port de sortie en « ON » ou « OFF ».

Nous aurons l'occasion de revenir sur l'utilisation des circuits de la société Code Mercenaries.

En attendant, nous vous souhaitons une bonne réalisation.

P. OGUIC

LES « TUBES » EN 3 CD

LED/ELECTRONIQUE PRATIQUE - FICHIERS PDF

Et si on parlait tubes...

En 33 cours

apprenez à connaître et à maîtriser

le fonctionnement des tubes électroniques

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

Et si vous réalisiez votre ampli à tubes...

Une sélection de 9 amplificateurs

de puissances 9 Weff à 65 Weff

à base des tubes triodes, tétrodes ou pentodes

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

8 amplis de puissances 4 à 120 Weff

4 préamplis haut et bas niveau

1 filtre actif deux voies

Montages à la portée de tous en suivant pas à pas nos explications

Bon à retourner à : TRANSOCÉANIC - 3, boulevard Ney 75108 Paris - France

- **Je coche ci-dessous le(s) CD-Rom que je désire recevoir** - Tarifs frais de port inclus

❑ « Et si on parlait tubes... » • France : 50 € • Union européenne : 52 € • Autres destinations : 53 €

❑ « Et si vous réalisiez votre ampli à tubes... » • France : 30 € Union européenne : 32 € Autres destinations 33 €

❑ « Et si vous réalisiez votre chaîne hi-fi à tubes... » • France : 30 € • Union européenne : 32 € • Autres destinations : 33 €

- **J'envoie mon réglement**

☐ par chèque joint *à l'ordre de Transocéanic*

☐ par virement bancaire *(IBAN : FR76 3005 6000 3000 3020 1728 445/BIC : CCFRFRPP)*

Nom ..... Prénom .....

Adresse .....

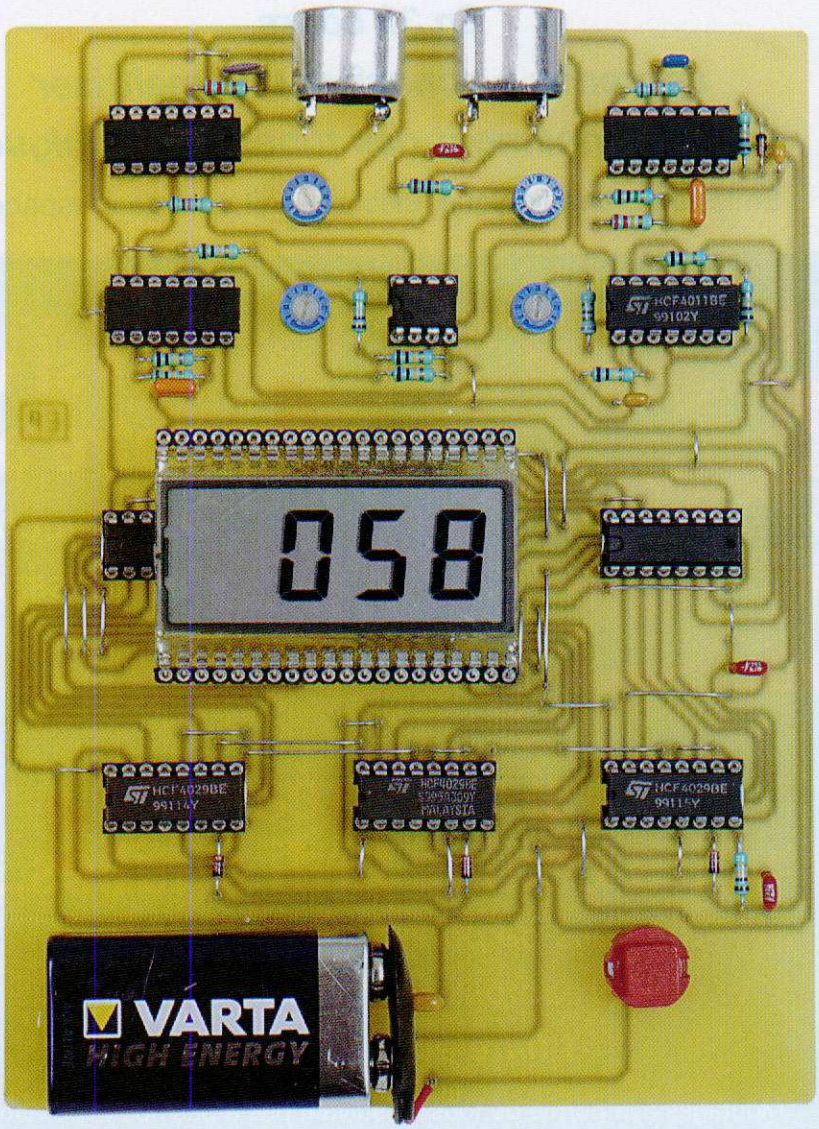
.....

Code Postal ..... Ville-Pays ..... Tél. ou courriel .....

EP333

Télémétrie ultrasonique

Les ultrasons sont à la base de nombreuses applications aussi diverses que la recherche de défauts internes dans une structure métallique ou encore l'imagerie médicale par échographie.



Le montage proposé fait appel à la mesure du temps que met l'onde ultrasonore pour se réfléchir sur un obstacle et revenir vers un récepteur sous la forme d'un écho. On en déduit alors la distance qui sépare l'appareil de mesure de l'obstacle. L'affichage du résultat s'effectue directement en centimètres.

Rappels sur les ultrasons

Les ultrasons ont les mêmes propriétés que les sons avec cependant une différence notable : ils ne sont pas audibles par l'oreille humaine. Ce n'est pas le cas de certains animaux, comme les chiens ou les chauve-souris, qui les perçoivent.
Ces dernières s'en servent même en tant que radar de navigation.
En général, la courbe de réponse physiologique de l'oreille humaine atteint une valeur quasi nulle au-delà d'une fréquence de 20 kHz. C'est à partir de cette limite que l'on trouve les ultrasons. Ceux utilisés dans la présente application se caractérisent par une fréquence de 40 kHz, ce qui correspond à une période de 25 µs (**figure 1**). Rappelons en effet la relation :

$$T = \frac{1}{f}$$

À l'instar des sons, les ultrasons se déplacent dans l'air à une vitesse de 343 m/s à une température de 20 °C, au niveau de la mer. Cette vitesse varie essentiellement en fonction de la température. On peut la calculer au moyen de la relation suivante :

$$V^2 = \gamma R T$$

V : Vitesse de l'onde sonore en m/s
γ : Coefficient adiabatique de l'air, soit 1,4
R : Constante spécifique du gaz, soit 287 J/kg/°K
T : Température en degrés K
(T °K = t°C + 273)

Le **tableau I** donne une idée de la vitesse du son dans l'air pour différentes températures.

t (°C)	V (m/s)
-20	319
-10	327
0	332
10	337
20	343
30	349

Tableau I

Lorsque l'on considère deux « maxi-

ma » consécutifs de la représentation sinusoïdale d'une onde ultrasonore se déplaçant dans l'espace à une vitesse V, on peut calculer la distance qui les sépare. Cette distance porte le nom de longueur d'onde. Elle se définit au moyen de la relation :

$$\lambda = V\,T$$

Ainsi, à une température de 20°C, cette longueur d'onde est de :

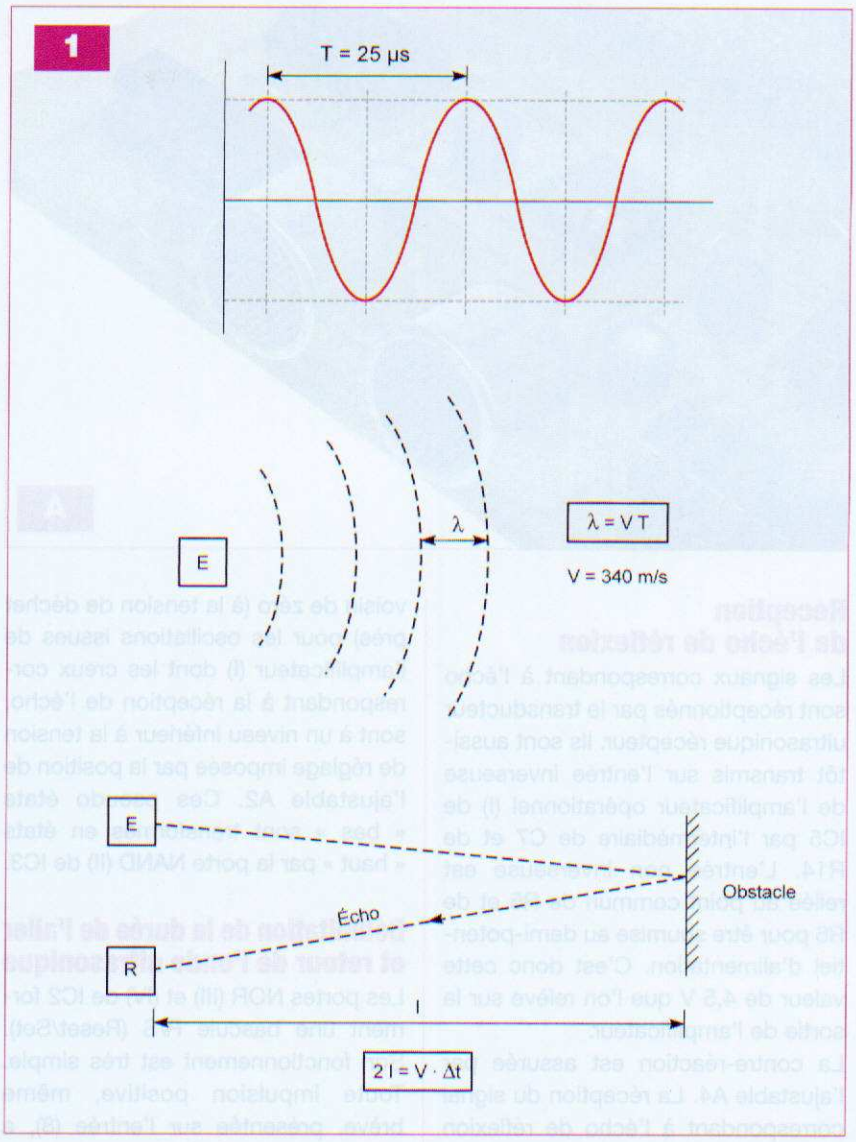
$$343 \times 25 \times 10^{-6}$$

soit $8{,}5 \times 10^{-3}$, c'est-à-dire 8,5 mm.

Quand un émetteur ultrasonique se trouve situé à une distance « l » d'un obstacle, par exemple un mur, le chemin à parcourir par l'onde ultrasonore pour revenir à son point de départ grâce à l'écho, est en fait égal à « 2 x l ». La durée Δt nécessaire à cet aller et retour s'exprime donc par la relation :

$$\Delta t = \frac{2\,l}{V}$$

Par exemple, si la distance « l » est de 1 m, la durée Δt correspondante est de l'ordre de 5,8 ms.



Fonctionnement du télémètre

Alimentation

S'agissant d'un appareil portable, la source d'énergie retenue est bien évidemment une pile de 9 V mise en service en appuyant sur le bouton-poussoir BP (**figure 2**). La capacité C1 fait office de capacité de découplage entre alimentation et montage aval. La consommation est très modeste. Grâce au recours à un afficheur à cristaux liquides, le montage ne consomme que 4 mA environ.

Base de temps des mesures

Les portes NOR (I) et (II) de IC1 sont montées pour constituer un oscillateur dont la période dépend des valeurs de R2 et de C2. Dans le cas présent, cette dernière est de l'ordre de 0,5 s. Sur la sortie de cet oscillateur, on note ainsi l'apparition d'un front montant du signal carré aussitôt pris en compte par le dispositif dérivateur formé par C4, R4 et D4. Sur la sortie, on enregistre alors, deux fois par seconde, un bref état « haut » occasionné par la charge rapide de C4 à travers R4.

Durée de l'émission du signal ultrasonique

Les portes NOR (III) et (IV) de IC1 forment, quant à elles, une bascule monostable qui réagit pour chaque impulsion positive présentée sur son entrée de commande (13).

Sur sa sortie, on note alors un état « haut » dont la durée est calibrée par les valeurs de R12 et de C5.

Elle est de 300 µs dans la présente configuration.

Émission du signal ultrasonique

Les portes NAND (III) et (IV) de IC3 sont également montées en oscillateur. Celui-ci présente la particularité d'être du type « commandé ».

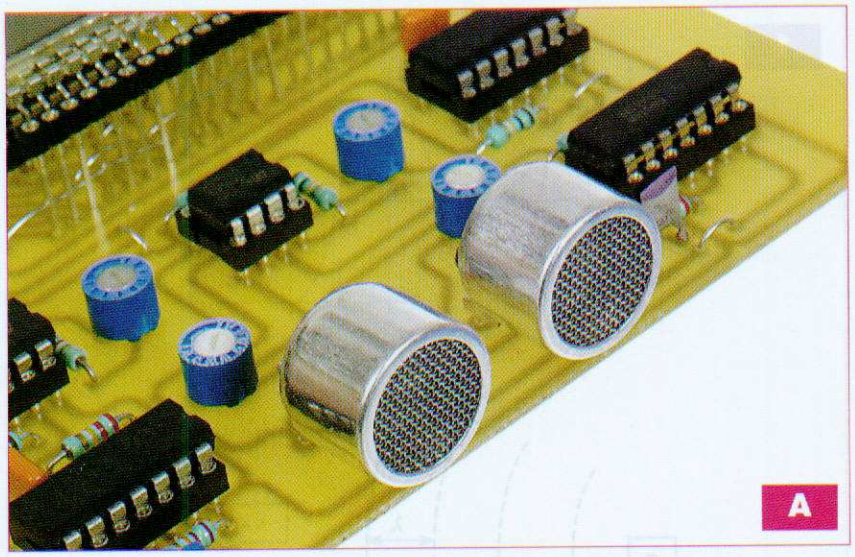
Il n'entre en action que lorsque l'on soumet son entrée (8) à un état « haut ».

Dans ce cas et grâce à un réglage adapté de la position du curseur de l'ajustable A1, il délivre des créneaux de forme carrée caractérisés par une période de 25 µs, ce qui correspond à une fréquence de 40 kHz.

Le transducteur/émetteur ultrasonique (**photo A**) est relié sur les entrées et sur la sortie de la porte NAND (I) du même circuit intégré. On obtient ainsi aux bornes de ce transducteur des états logiques systématiquement opposés. Il en résulte un signal à 40 kHz dont l'amplitude (c'est-à-dire la différence entre minimum et maximum) est de 18 V.

Cette disposition permet de générer une plus forte puissance d'émission.

La durée du signal ultrasonique étant de 300 µs, on enregistre une suite de 300/25, soit douze alternances complètes d'émission. Cela correspond à une longueur métrique du signal de : λ x 12 , c'est-à-dire 8,5 x 12, soit environ 10 mm.



Réception de l'écho de réflexion

Les signaux correspondant à l'écho sont réceptionnés par le transducteur ultrasonique récepteur. Ils sont aussitôt transmis sur l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel (I) de IC5 par l'intermédiaire de C7 et de R14. L'entrée non inverseuse est reliée au point commun de R5 et de R6 pour être soumise au demi-potentiel d'alimentation. C'est donc cette valeur de 4,5 V que l'on relève sur la sortie de l'amplificateur.

La contre-réaction est assurée par l'ajustable A4. La réception du signal correspondant à l'écho de réflexion se trouve ainsi matérialisée par une oscillation de quelques millivolts autour de cette valeur. Le coefficient d'amplification est réglable par modification de la position du curseur de l'ajustable. Rappelons qu'il est déterminé par la relation :

$$k = \frac{A4}{R14}$$

Mise en forme du signal de réception de l'écho

L'amplificateur opérationnel (II) de IC5 fonctionne en comparateur de potentiel. Son entrée inverseuse est soumise à une tension légèrement inférieure à la demi-tension d'alimentation.

Étant donné que l'entrée non inverseuse est reliée à la sortie de l'amplificateur opérationnel (I) dont le potentiel au repos est de 4,5 V, la sortie présente un état « haut ».

En revanche, elle passe à un potentiel voisin de zéro (à la tension de déchet près) pour les oscillations issues de l'amplificateur (I) dont les creux correspondant à la réception de l'écho, sont à un niveau inférieur à la tension de réglage imposée par la position de l'ajustable A2. Ces pseudo états « bas » sont transformés en états « haut » par la porte NAND (II) de IC3.

Délimitation de la durée de l'aller et retour de l'onde ultrasonique

Les portes NOR (III) et (IV) de IC2 forment une bascule R/S (Reset/Set). Son fonctionnement est très simple. Toute impulsion positive, même brève, présentée sur l'entrée (8), a pour effet de faire passer la sortie (11) de la bascule à un état « haut » stable. De même, toute impulsion positive présentée sur l'entrée (13) a pour conséquence le passage à un état « bas » également stable, de la sortie de la bascule.

Ce rappel étant fait, il est aisé d'examiner le rôle de cette bascule dans le contexte du montage. Dès le début de la génération du signal ultrasonique, c'est-à-dire lorsque la sortie de la bascule monostable NOR (III) et (IV) de IC1 délivre un état « haut », la bascule R/S s'arme : sa sortie passe à l'état « haut ». Lorsque le transducteur récepteur détecte l'écho de retour, la sortie de cette même bascule passe à nouveau à l'état « bas ». Ainsi, la durée de l'état « haut », présenté par la sortie de la bascule R/S, correspond à celle que met l'onde ultrasonique pour parcourir son aller et retour.

Chronométrage de la durée

Pendant la présentation d'un état « haut » sur la sortie de la bascule R/S, l'oscillateur commandé constitué des portes NAND (I) et (II) de IC4 devient opérationnel. Il délivre sur sa sortie des créneaux de forme carrée dont la période dépend essentiellement de la position du curseur de l'ajustable A3. Nous verrons ultérieurement que ces signaux de comptage doivent correspondre, au niveau de l'affichage, à des centimètres. Cela nous permet de déterminer, par calcul, la valeur normale de la période des signaux de comptage, afin d'en avoir une idée. Nous verrons, lors de la mise au point finale, comment réaliser le réglage pratique.

Si « l » est la distance séparant l'émetteur de l'obstacle et si « V » est la vitesse de l'onde ultrasonique, nous avons vu que la durée Δt correspondant au comptage s'exprime par la relation :

$$\Delta t = \frac{2\,l}{V}$$

Le nombre d'impulsions de comptage (ce dernier étant exprimé en centimètres) doit alors être de 100 x l.

On peut en déduire la période des créneaux de comptage :

$$T = \frac{\Delta t}{100 \times l} = \frac{2 \times l}{100 \times V \times l} \text{ soit } \frac{0{,}02}{V}$$

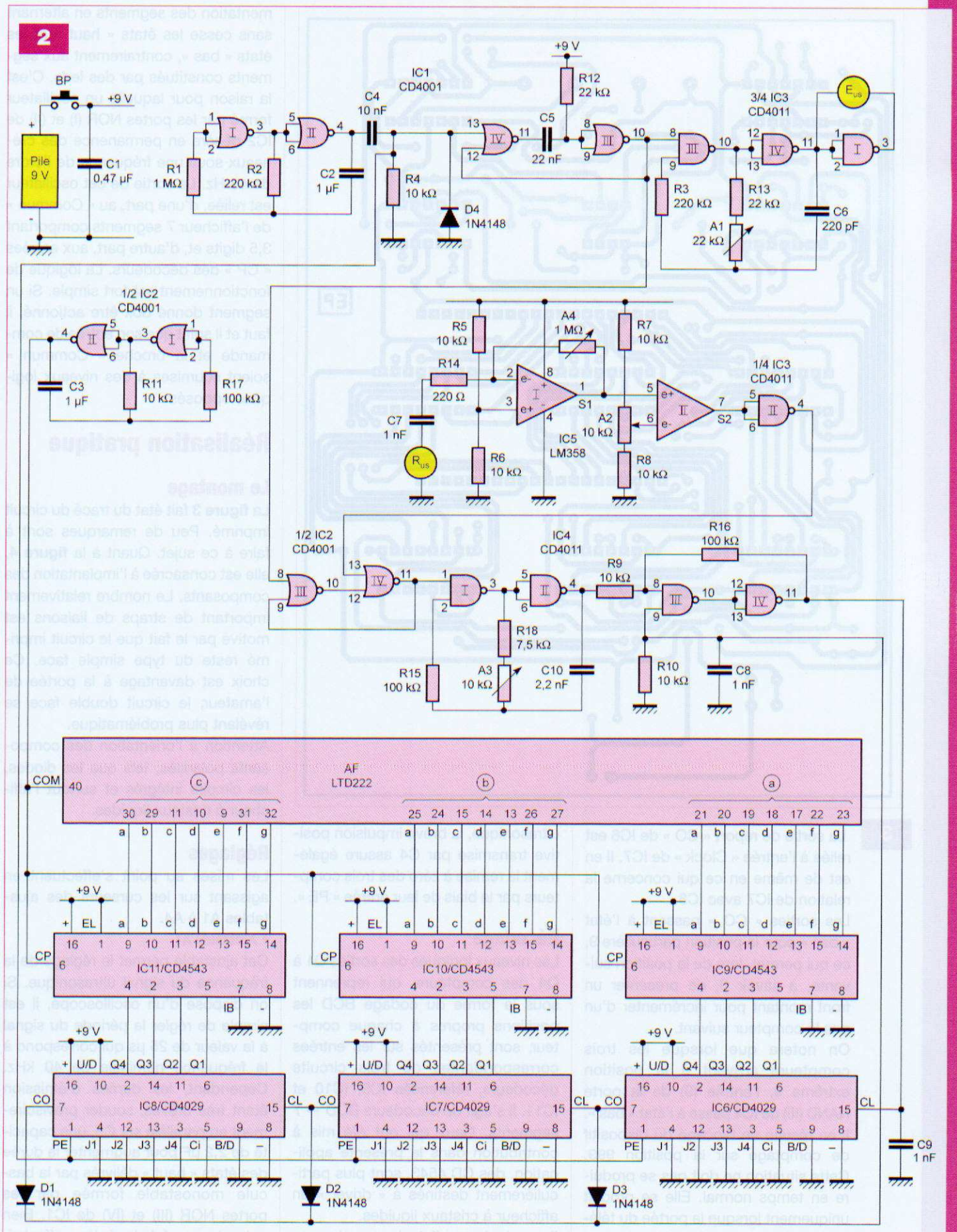
Pour V = 340 m/s, on peut déduire T, soit 59×10^{-6} c'est-à-dire environ 60 µs.

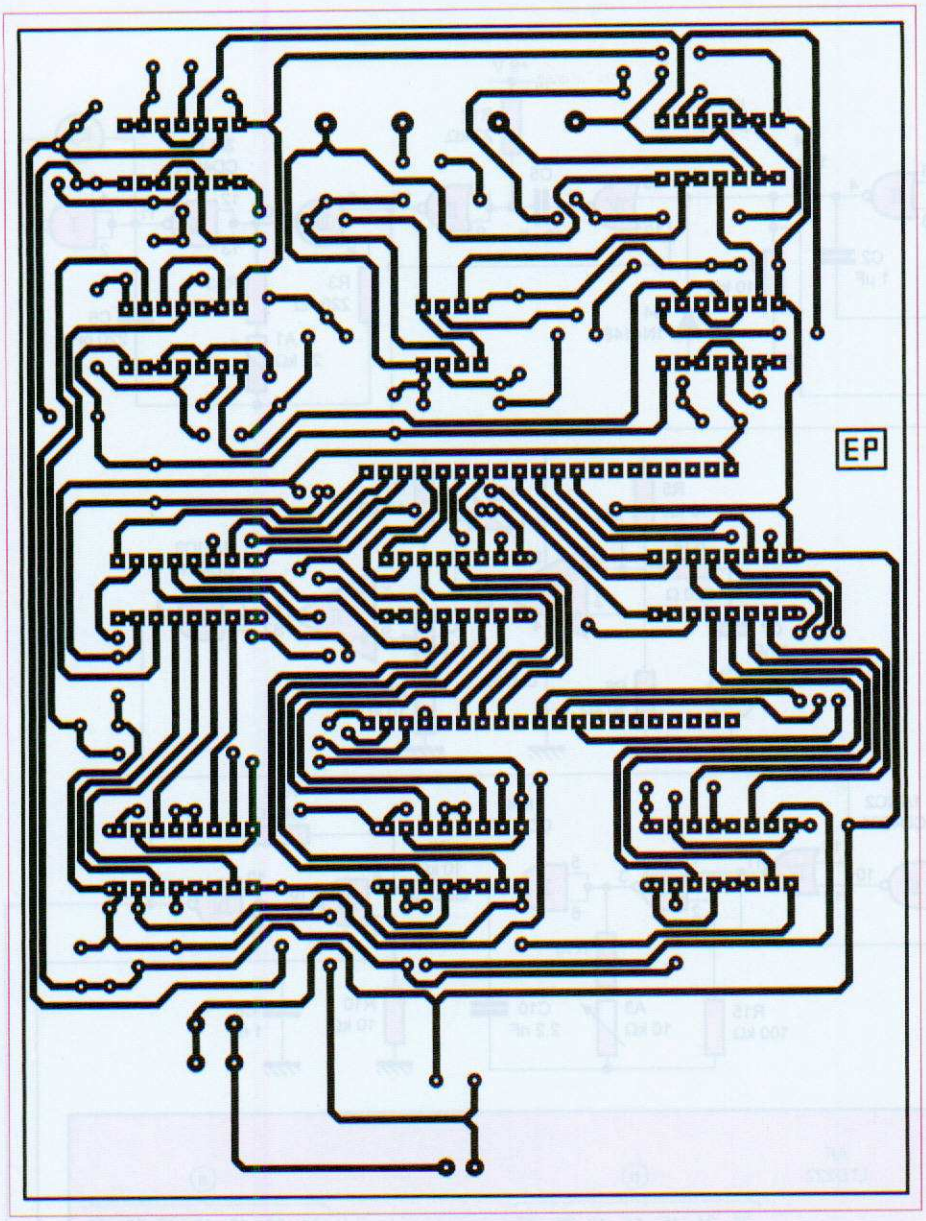
Les portes NAND (III) et (IV) de IC4, avec les résistances périphériques R9 et R16, constituent un trigger de Schmitt dont le rôle est de conférer aux fronts montants et descendants une allure davantage verticale afin de pouvoir attaquer, dans de bonnes conditions, le dispositif de comptage.

Comptage

Les circuits intégrés référencés IC6, IC7 et IC8 sont des CD 4029. Dans la présente utilisation, ils fonctionnent en mode BCD (binaire codé décimal), c'est-à-dire de 0 à 9. Le compteur IC6 est affecté au comptage des unités, IC7 aux dizaines, tandis que IC8 comptabilise les centaines.

Les signaux délivrés par le trigger sont présentés sur l'entrée « Clock » de IC6. Le comptage s'effectue au rythme des fronts montants.


2
BP
+9 V
Pile 9 V
C1 0,47 µF
R1 1 MΩ
R2 220 kΩ
C2 1 µF
C4 10 nF
IC1 CD4001
R4 10 kΩ
D4 1N4148
C5 22 nF
R12 22 kΩ
3/4 IC3 CD4011
R3 220 kΩ
R13 22 kΩ
A1 22 kΩ
C6 220 pF
1/2 IC2 CD4001
C3 1 µF
R11 10 kΩ
R17 100 kΩ
R5 10 kΩ
R14 220 Ω
C7 1 nF
A4 1 MΩ
R7 10 kΩ
S1
A2 10 kΩ
IC5 LM358
R6 10 kΩ
R8 10 kΩ
1/4 IC3 CD4011
S2
IC4 CD4011
R9 10 kΩ
R16 100 kΩ
R18 7,5 kΩ
R15 100 kΩ
A3 10 kΩ
C10 2,2 nF
R10 10 kΩ
C8 1 nF
AF LTD222
COM
IC11/CD4543
IC10/CD4543
IC9/CD4543
IC8/CD4029
IC7/CD4029
IC6/CD4029
C9 1 nF
D1 1N4148
D2 1N4148
D3 1N4148



3

La sortie de report « CO » de IC6 est reliée à l'entrée « Clock » de IC7. Il en est de même en ce qui concerne la relation de IC7 avec IC8.

Les sorties « CO » passent à l'état « bas » pour la position particulière 9, ce qui permet, lors de la position suivante, à savoir 0, de présenter un front montant pour incrémenter d'un pas le compteur suivant.

On notera que lorsque les trois compteurs arrivent à la position extrême 9, l'entrée (9) de la porte NAND (III) de IC4 passe à l'état « bas ». Il en résulte un blocage du dispositif de comptage sur la position 999. Cette situation ne doit pas se produire en temps normal. Elle se produit uniquement lorsque la portée du télémètre est dépassée.

Au début de l'émission du signal ultrasonique, la brève impulsion positive transmise par C4 assure également la remise à zéro des trois compteurs par le biais de leur entrée « PE ».

Décodage

Les niveaux logiques des sorties Q1 à Q4 des compteurs, qui reprennent sous la forme du codage BCD les positions propres à chaque compteur, sont présentés sur les entrées correspondantes de trois circuits décodeurs, référencés IC9, IC10 et IC11. Il s'agit de décodeurs BCD → 7 segments. Ceux qui ont été mis à contribution dans la présente application, des CD 4543, sont plus particulièrement destinés à « driver » un afficheur à cristaux liquides.

Il convient, en effet, de rappeler que ce type d'affichage nécessite une alimentation des segments en alternant sans cesse les états « haut » et les états « bas », contrairement aux segments constitués par des leds. C'est la raison pour laquelle un oscillateur formé par les portes NOR (I) et (II) de IC2 génère en permanence des créneaux sous une fréquence de l'ordre de 45 Hz. La sortie de cet oscillateur est reliée, d'une part, au « Commun » de l'afficheur 7 segments comportant 3,5 digits et, d'autre part, aux entrées « CP » des décodeurs. La logique de fonctionnement est fort simple. Si un segment donné doit être actionné, il faut et il suffit que son entrée de commande et la broche « Commun » soient soumises à des niveaux logiques opposés.

Réalisation pratique

Le montage

La **figure 3** fait état du tracé du circuit imprimé. Peu de remarques sont à faire à ce sujet. Quant à la **figure 4**, elle est consacrée à l'implantation des composants. Le nombre relativement important de straps de liaisons est motivé par le fait que le circuit imprimé reste du type simple face. Ce choix est davantage à la portée de l'amateur, le circuit double face se révélant plus problématique.

Attention à l'orientation des composants polarisés, tels que les diodes, les circuits intégrés et surtout l'afficheur à cristaux liquides.

Réglages

Les mises au point s'effectuent en agissant sur les curseurs des ajustables A1 à A4.

• Ajustable A1

Cet ajustable permet le réglage de la fréquence du signal ultrasonique. Si on dispose d'un oscilloscope, il est simple de régler la période du signal à la valeur de 25 µs qui correspond à la fréquence nominale de 40 kHz. Cependant, les durées d'émission étant très brèves, souder provisoirement en parallèle sur C5, une capacité de 2,2 µF pour augmenter la durée des états « haut » délivrés par la bascule monostable formée par les portes NOR (III) et (IV) de IC1. Bien entendu, une fois le réglage effectué, enlever aussitôt cette capacité.

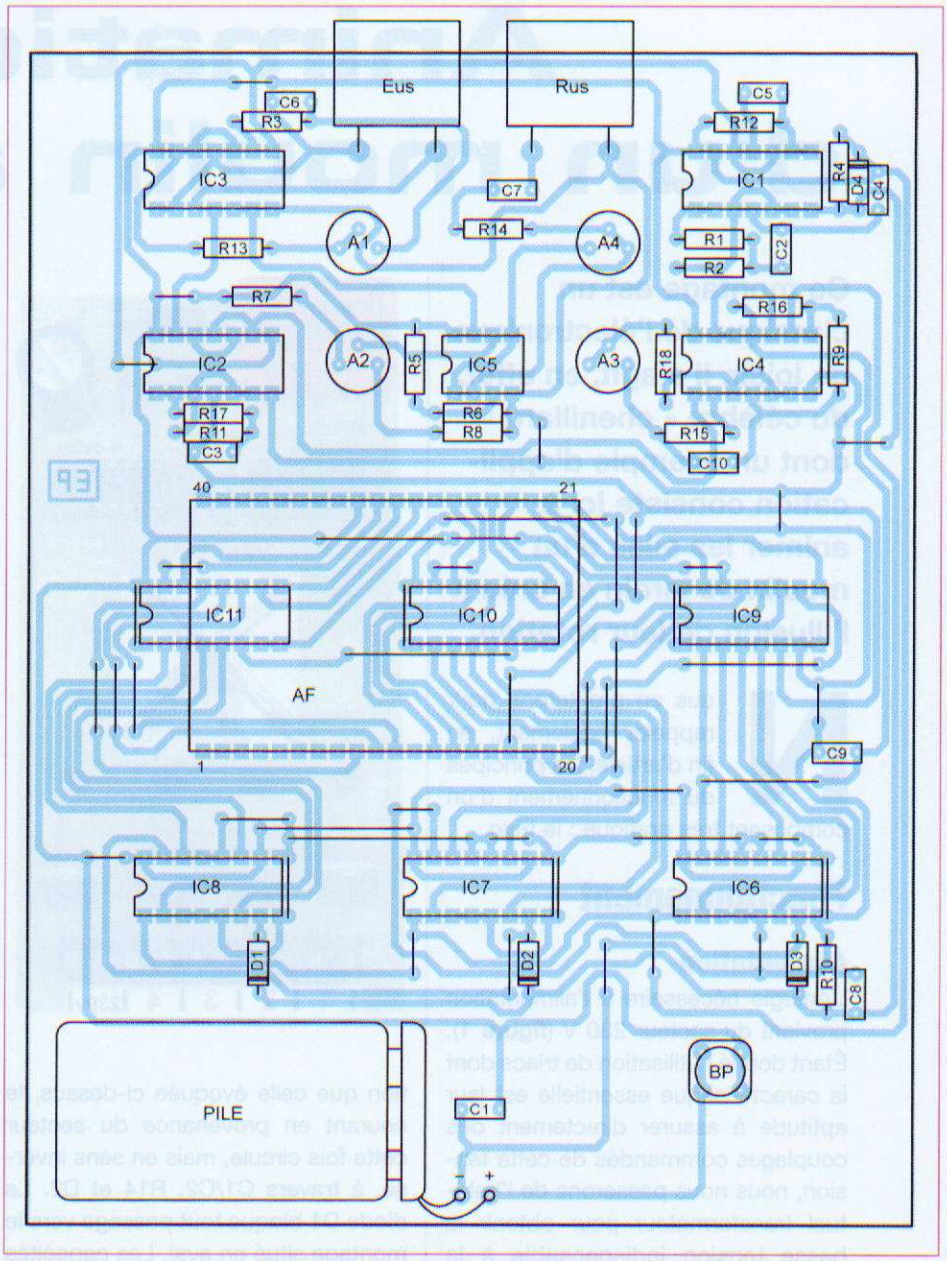
Nomenclature

Résistances
R1 : 1 MΩ (marron, noir, vert)
R2, R3 : 220 kΩ (rouge, rouge, jaune)
R4 à R11 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R12, R13 : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)
R14 : 220 kΩ (rouge, rouge, marron)
R15, R16, R17 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
R18 : 7,5 kΩ (violet, vert, rouge)
A1 : ajustable de 22 kΩ
A2, A3 : ajustables de 10 kΩ
A4 : ajustable de 1 MΩ

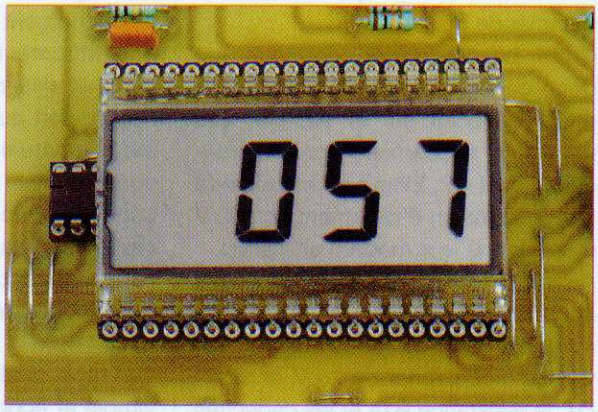
Condensateurs
C1 : 0,47 µF
C2, C3 : 1 µF
C4 : 10 nF
C5 : 22 nF
C6 : 220 pF
C7, C8, C9 : 1 nF
C10 : 2,2 nF

Semiconducteurs
D1 à D4 : 1N 4148
IC1, IC2 : CD 4001
IC3, IC4 : CD 4011
IC5 : LM 358
IC6, IC7, IC8 : CD 4029
IC9, IC10, IC11 : CD 4543
AF : LTD 222 - Afficheur à cristaux liquides 3 digits 1/2

Divers
45 straps (22 horizontaux, 23 verticaux)
2 barrettes 20 broches (broches longues)
1 support 8 broches
4 supports 14 broches
6 supports 16 broches
4 picots
E : Capsule US émettrice 40 kHz
R : Capsule US réceptrice 40 kHz
BP : Bouton-poussoir
Pile 9 V
Connecteur à pression



4



B

• Ajustable A4
La position de son curseur détermine le coefficient d'amplification du signal correspondant à l'écho ultrasonique. Ce coefficient augmente si on tourne le curseur dans le sens horaire. Généralement la position médiane convient.

• Ajustable A2
Dans un premier temps, tourner le curseur dans une position telle que le potentiel relevé au niveau de la broche (6) de l'ampli-op IC5 soit de l'ordre de 4 V. La sortie (7) de l'ampli-op présente alors un état « haut ». En tournant ensuite très progressivement le curseur dans le sens horaire, au voisinage de 4,5 V sur la broche (6), on verra apparaître sur la sortie (7) des impulsions négatives correspondant aux échos de réflexions. Ce réglage est grandement facilité avec l'aide d'un oscilloscope.

• Ajustable A3
Il sert à calibrer l'affichage par rapport à la distance réelle, exprimée en centimètres, séparant la face avant des transducteurs ultrasoniques de celle d'une paroi verticale. Il suffit pour cela de positionner le module à 57 cm, par exemple, d'un obstacle et de tourner le curseur dans un sens ou dans l'autre pour aboutir à l'indication 57 (**photo B**).

R. KNOERR

Animation d'un moulin à vent

Ce montage est un classique de l'électronique de loisir. Il s'agit, en effet, du célèbre « chenillard » dont un exemple d'application consiste ici à animer les ailes d'un moulin de jardin en créant l'illusion de leur rotation.

Nous en profiterons pour rappeler également, en fin d'article, les principes du fonctionnement d'un composant très pratique : le triac.

Fonctionnement

Alimentation

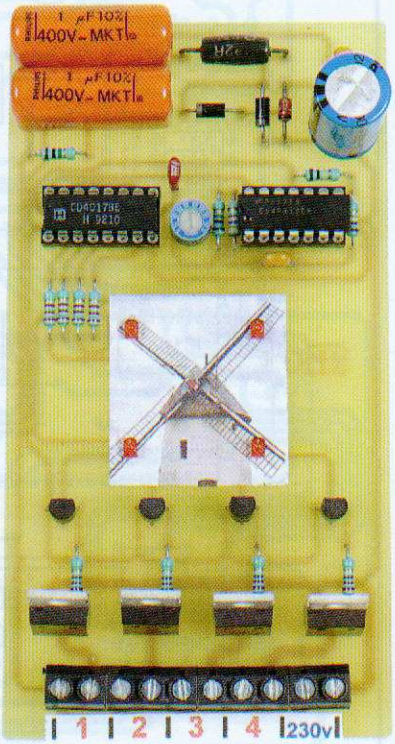
L'énergie nécessaire à l'alimentation provient du secteur 230 V (**figure 1**). Étant donné l'utilisation de triacs dont la caractéristique essentielle est leur aptitude à assurer directement des couplages commandés de cette tension, nous nous passerons de l'habituel transformateur pour obtenir la basse tension indispensable à la commande du dispositif.

Cette basse tension continue est donc générée par le biais d'un couplage capacitif sur le secteur. Les capacités concernées sont référencées C1 et C2. Elles se caractérisent par une tension d'isolement de 400 V étant donné leur mode d'utilisation.

Au cours d'une demi-alternance que nous qualifierons par convention de « positive », un courant s'établit à travers la diode zéner de 10 V, la diode D1, la résistance R14 et les capacités C1 et C2 montées en parallèle.

À noter que la cathode de la diode zéner présente, par rapport à son anode, un potentiel de 10 V. Ce dernier est lissé par la capacité C3.

Lors de la demi-alternance suivante, « négative » et avec la même convention que celle évoquée ci-dessus, le courant en provenance du secteur cette fois circule, mais en sens inverse, à travers C1/C2, R14 et D2. La diode D1 bloque tout passage vers le montage situé en aval. Les capacités se déchargent et le dispositif est prêt pour affronter la demi-alternance suivante et ainsi de suite.



Par rapport au « - » du montage, qui est l'armature négative de C3, on constate sur l'armature positive de cette capacité, une tension continue de 10 V. La capacité C4 fait office de capacité de découplage entre l'alimentation et le montage proprement dit.

Ce type d'alimentation, à la fois simple et économique au niveau des composants mis en œuvre, présente tout de même un inconvénient dont il convient d'être conscient à tout moment. En effet, **le « + » correspondant à la basse tension de 10 V est directement relié à l'une des phases de la source 230 V**.

Autrement dit, si on touche par inadvertance n'importe quel point conducteur du circuit imprimé sous tension, **il y a risque d'électrocution**. Il est donc nécessaire de toujours déconnecter du secteur le montage avant toute intervention sur celui-ci.

Une fois le montage « débranché », les capacités C1 et C2, qui auraient toutes les chances de rester chargées et donc d'être également à l'origine de désagréables secousses si on venait à toucher leurs armatures, se déchargent à travers R1 pour éviter ce désagrément.

Base de temps

Les portes NAND (I) et (II) sont montées en oscillateur. Sur la sortie de la porte (II), on relève des créneaux de forme carrée dont la période dépend essentiellement de la position du curseur de l'ajustable A. Plus exactement, cette période se détermine par le biais de la relation :

$$T = 2{,}2 \times (R3 + A) \times C5$$

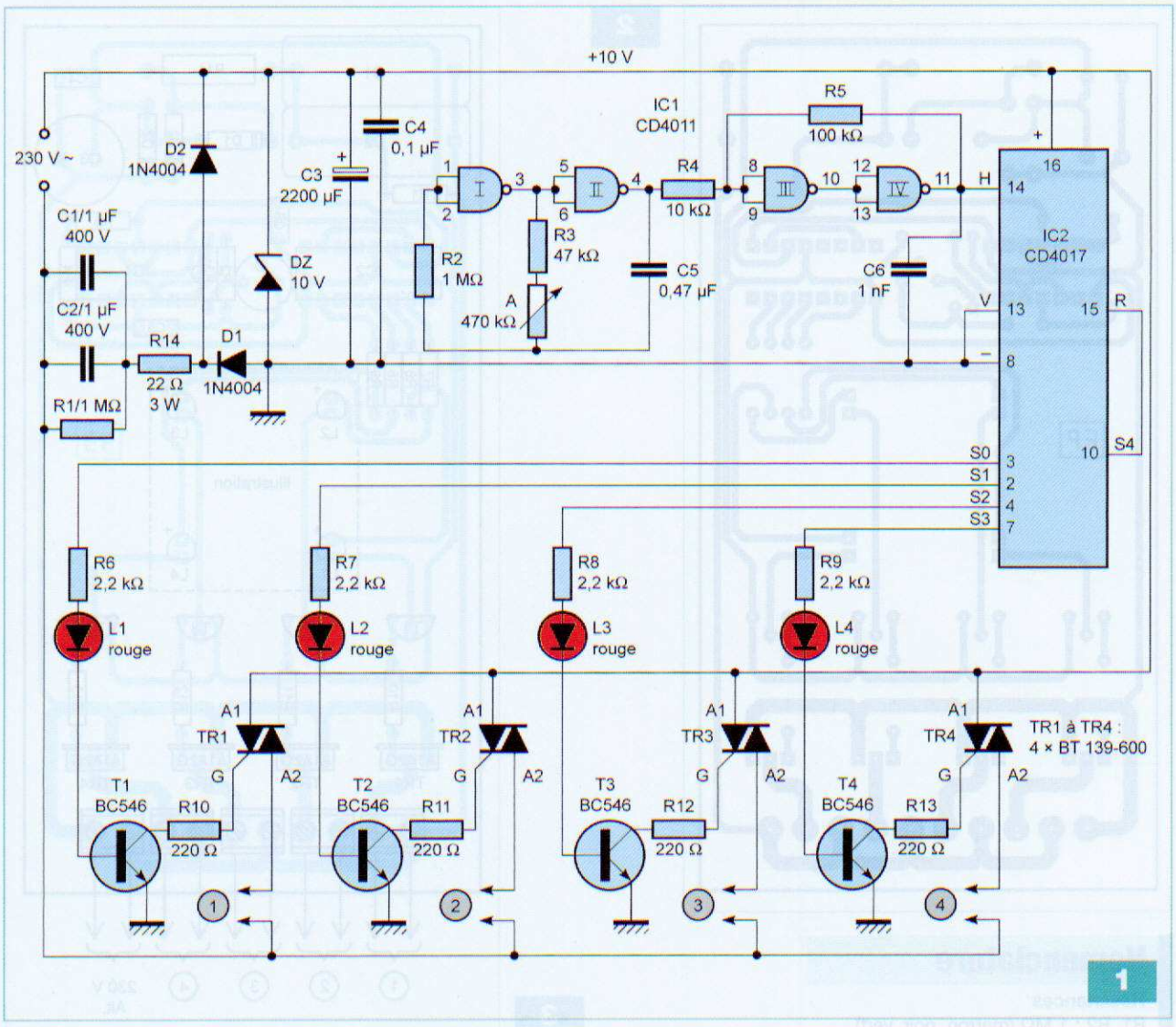
Lorsque le curseur est en position médiane, cette période est d'environ 300 ms. Elle peut atteindre 550 ms en position maximale.

Les portes NAND (III) et (IV) forment, avec leurs résistances périphériques R4 et R5, un trigger de Schmitt. Le rôle de ce dernier consiste à conférer aux fronts montants et descendants des allures davantage verticales grâce à une accélération des basculements occasionnée par la réaction positive de R5.

Effet « chenillard »

Le circuit intégré IC2 est un CD 4017. Il s'agit d'un compteur décimal avançant d'un pas au rythme des fronts montants présentés sur son entrée « Clock » (broche n°14). L'état « haut » se déplace de proche en proche d'une sortie Sn à la sortie Sn+1.

L'entrée de validation « V » doit rester soumise à un état « bas » pour que le compteur avance. Il en est de même



1

en ce qui concerne l'entrée de remise à zéro « R ». Si on soumet celle-ci à un état « haut », même bref, le compteur se remet immédiatement à zéro : la sortie S0 passe à l'état « haut ». Étant donné que cette entrée est reliée à la sortie S4, le compteur ne peut occuper que les quatre positions successives suivantes : S0, S1, S2 et S3.

Commande des triacs

Prenons, à titre d'exemple, le cas où un état « haut » est disponible sur la sortie S1 du compteur IC2. Un courant s'établit à travers R7, la led rouge L2 et la jonction base/émetteur du transistor NPN/T2.

Notons, au passage, que l'allumage de la led L2 signalise la position active du « chenillard ».

Le transistor T2 se sature, ce qui permet l'établissement d'un courant « extracteur » anode A1/gâchette dans le triac TR2. Ce dernier devient actif et les ampoules 230 V, montées en parallèle sur la sortie correspondante, s'allument.

En fin d'article, nous reviendrons, de façon plus approfondie, sur le fonctionnement d'un triac.

Réalisation

La **figure 2** fait état du circuit imprimé du montage. Il appelle peu de remarques. Noter toutefois une largeur plus importante des pistes destinées à véhiculer les courants alimentant les guirlandes extérieures.

Quant à la **figure 3**, elle indique comment implanter les composants.

Attention à l'orientation des diodes, de la capacité polarisée, des circuits intégrés, des transistors et des triacs.

Une fois le soudage des composants achevé, procéder à un premier essai sans connecter les récepteurs. Constater la rotation de l'allumage des leds L1 à L4.

La vitesse de rotation augmente si on tourne le curseur de l'ajustable dans le sens horaire.

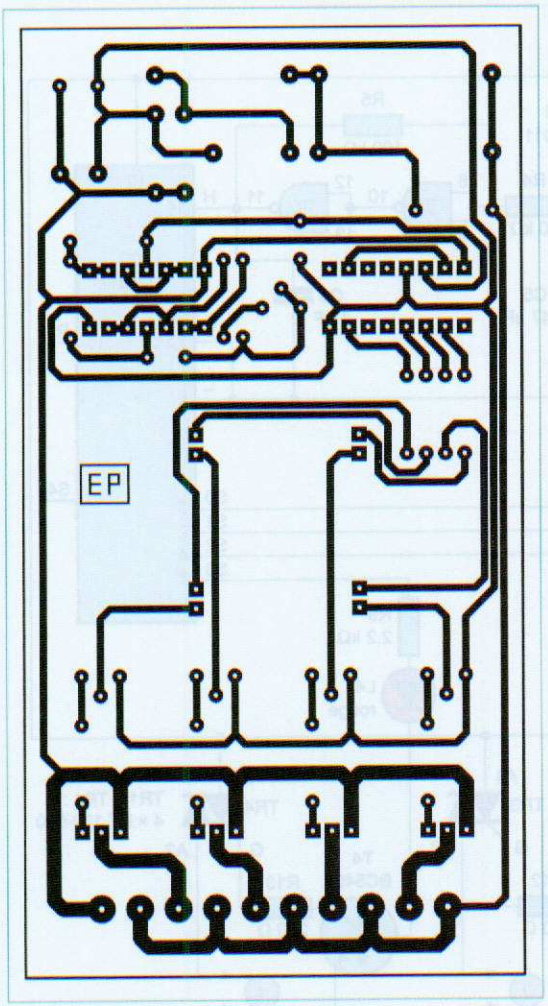
En dernier lieu, brancher les guirlandes. Il est conseillé de ne pas dépasser un total de 500 W par branche.

Nous réitérons les consignes de sécurité déjà évoquées au paragraphe consacré à l'alimentation : **ne jamais toucher les composants une fois le montage sous tension.**

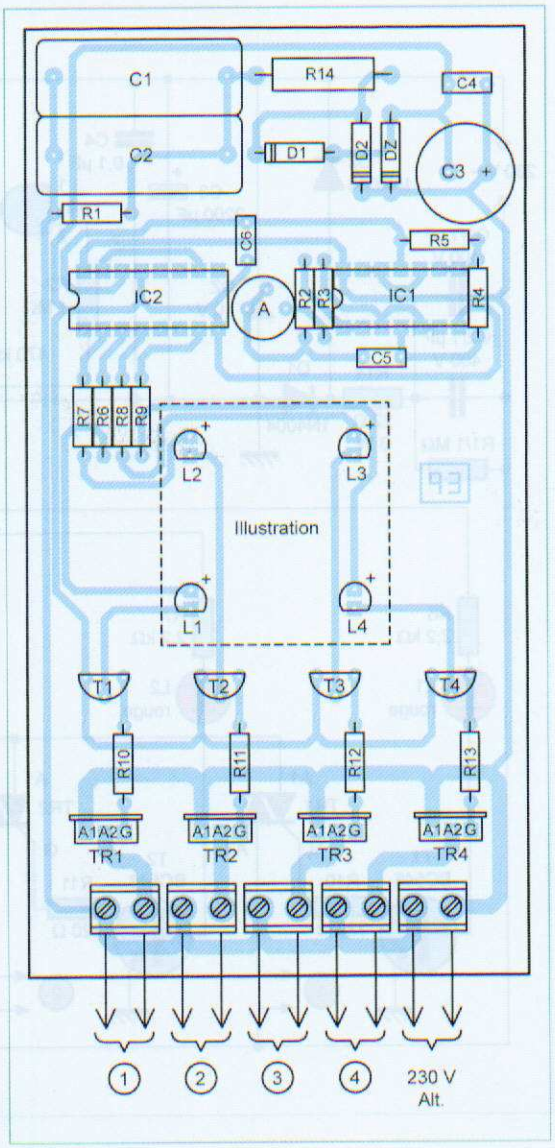
Les triacs

Généralités

Avant de passer au triac, il convient de rappeler quelques principes concernant le thyristor qui est un semiconducteur comportant quatre



2



3

Nomenclature

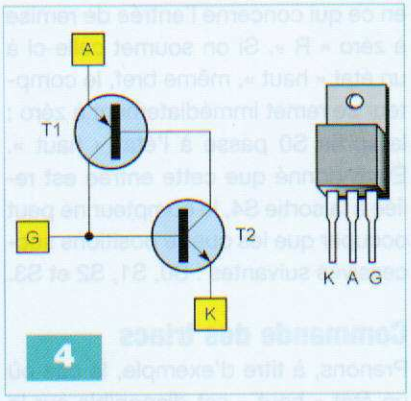
Résistances
R1, R2 : 1 MΩ (marron, noir, vert)
R3 : 47 kΩ (jaune, violet, orange)
R4 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R5 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
R6 à R9 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
R10 à R13 : 220 Ω (rouge, rouge, marron)
R14 : 22 Ω/3 W
A : Ajustable 470 kΩ

Condensateurs
C1, C2 : 1 µF/400 V
C3 : 2200 µF / 16 V
C4 : 0,1 µF
C5 : 0,47 µF
C6 : 1 nF

Semiconducteurs
D1, D2 : 1N 4004
DZ : Zéner 10 V/1,3 W
L1 à L4 : Leds rouges ø 3 mm
T1 à T4 : BC 546
TR1 à TR4 : BT 139-600
IC1 : CD 4011
IC2 : CD 4017

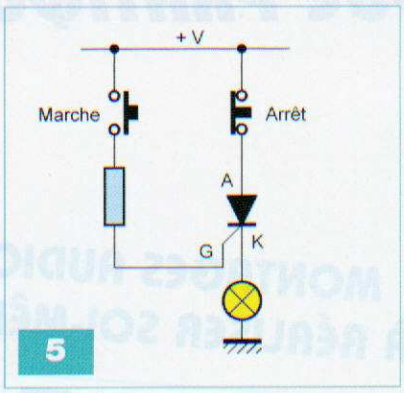
Divers
1 support 14 broches
1 support 16 broches
2 borniers soudables 3 plots
2 borniers soudables 2 plots

couches de silicium dopées alternativement positivement et négativement (PNPN).
Pour simplifier, on peut considérer qu'il est composé de deux transistors, un PNP et un NPN, comme l'indique la **figure 4**.
Tant qu'aucun courant G → K (gâchette → cathode) ne circule, le thyristor est bloqué.
En établissant un courant entre la gâchette et la cathode, le transistor T2 se sature, ce qui permet la « circulation » d'un courant entre l'émetteur et la base du transistor T1. Ce dernier se sature à son tour. De ce fait, T2 continue d'être saturé, même lorsque l'on cesse de présenter un potentiel positif sur la gâchette. En effet, c'est le transistor T1 qui aura pris le relais en maintenant la « circulation » entre base et émetteur de T2.
En définitive, il se produit un auto-



4

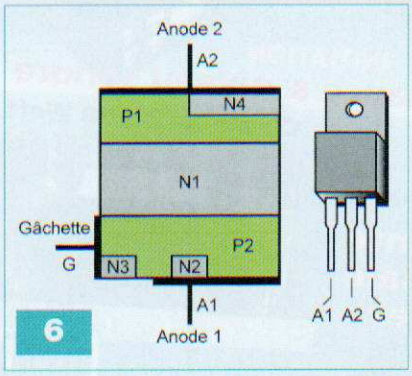
maintien de la conduction du thyristor. Cette situation persiste tant que le courant de circulation A → K n'aura pas été interrompu.
La **figure 5** fait état de ce fonctionnement du thyristor. Un appui sur le bouton-poussoir « marche » a pour effet d'allumer l'ampoule, tandis que la sollicitation du bouton « arrêt » provoquera l'extinction.



Constitution d'un triac

Toujours dans un but de simplification, nous admettrons que le triac est l'équivalent de deux thyristors montés en tête bêche.

De ce fait et contrairement au thyristor qui est un composant unidirectionnel, le triac est bidirectionnel. Son utilisation dans les applications où il est question de courant alternatif devient alors évidente.



La **figure 6** illustre, de manière très schématique, la constitution interne d'un triac.

Retenir qu'il comporte également trois électrodes :

- Deux électrodes principales référencées A1 et A2
- Une électrode de commande également appelée « gâchette ».

Toujours sur la même figure, repérer les deux thyristors composant le triac :

- N4/P1/N1/P2
- P1/N1/P2/N2

Commande du déclenchement d'un triac

En théorie, le triac devient « passant » entre A1 et A2 lorsque le potentiel entre ces deux électrodes devient supérieur à une valeur donnée.

La présentation d'un potentiel sur la gâchette a pour conséquence une diminution très importante de cette tension d'amorçage. Cela est vrai quelle que soit sa polarité.

Il en résulte, théoriquement, quatre modes de présentation du potentiel de gâchette par rapport, par exemple, à l'anode A1.

Pour $U_{A2} > U_{A1}$:

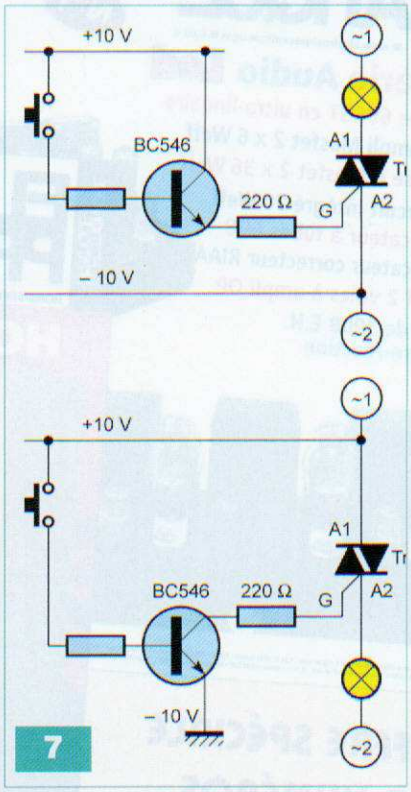
- $U_G > U_{A1}$ (mode n°1)
- $U_G < U_{A1}$ (mode n°2)

Pour $U_{A2} < U_{A1}$:

- $U_G < U_{A1}$ (mode n°3)
- $U_G > U_{A1}$ (mode n°4)

Une fois le triac amorcé, sa conduction est auto-maintenue. Elle cesse lorsque la tension entre A1 et A2 devient inférieure à sa valeur de maintien qui est une valeur relativement basse.

Dans la pratique et notamment en courant alternatif 50 Hz, cela se produit très fréquemment : cent fois à la seconde. Mais si on maintient le potentiel de commande sur la gâchette, le triac continue d'être passant.



Le mode de déclenchement n°4 est déconseillé dans la mesure où il demande un courant de gâchette plus important.

Dans les autres cas, le courant de gâchette est plus faible : quelques dizaines de milliampères tout au plus.

La **figure 7** montre deux exemples assez usuels de la commande d'un triac par l'intermédiaire d'un transistor.

R. KNOERR

L'offre pertinente pour vos Circuits Imprimés professionnels

EURO CIRCUITS

On-line: calculez vos prix
On-line: passez vos commandes
On-line: suivez vos commandes
On-line: 24H/24 & 7J/7

Pas de minimum de commande !
Pas de frais d'outillages !

Une équipe novatrice à votre écoute: +33 (0)3 86 87 07 85
www.eurocircuits.com

Verified
- "Standard pooling" à prix très attractifs
- de 1 à 6 couches
- de 1 à 1000 pièces
- délais à partir de 3 jours ouvrés

A la carte
- "Technologie pooling" à prix attractifs
- de 1 à 8 couches
- de 1 à 1000 pièces
- délais à partir de 3 jours ouvrés

On demand
- "Technologie particulière" au juste prix
- de 1 à 16 couches
- de 1 pièce à la moyenne série
- délais à partir de 3 jours ouvrés

HORS-SÉRIE AUDIO
ELECTRONIQUE PRATIQUE

MONTAGES AUDIO À RÉALISER SOI-MÊME

OFFRE SPÉCIALE
3 NUMÉROS

15 €
France métropolitaine

LES HORS-SÉRIE NE SONT PAS INCLUS DANS LES ABONNEMENTS

Bon à retourner à :
TRANSOCÉANIC - Électronique Pratique - 3, boulevard Ney 75018 Paris - France

EP 333

☐ **Je profite de votre « offre spéciale » en vous commandant les HORS-SÉRIE AUDIO N°1 + N°2 + N°3**
(Tarif spécial pour les trois numéros, frais de port inclus)
France Métropolitaine : 15,00 € - DOM par avion : 22,00 €
Union européenne : 22,00 € - TOM, Europe (hors UE), Canada, USA : 25,00 € - Autres destinations : 28,00 €

Je commande uniquement :

☐ **HORS-SÉRIE AUDIO N°1** ☐ **HORS-SÉRIE AUDIO N°2** ☐ **HORS-SÉRIE AUDIO N°3**
(Tarif par numéro, frais de port inclus)
France Métropolitaine : 7,00 € - DOM par avion : 9,00 €
Union européenne : 9,00 € - TOM, Europe (hors UE), Canada, USA : 10,00 € - Autres destinations : 11,00 €

J'envoie mon règlement ☐ **par chèque ci-joint** *à l'ordre de Électronique Pratique*
☐ **par virement bancaire** *(IBAN : FR76 3005 6000 3000 3020 1728 445 BIC : CCFRFRPP)*

☐ M. ☐ Mme ☐ Mlle

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville/Pays

Tél. ou e-mail

ELECTRONIQUE PRATIQUE

ELECTRONIQUE PRATIQUE

HORS-SÉRIE N°4 ■ www.electroniquepratique.com ■ 5,00 €

HORS-SERIE AUDIO

À RÉALISER SOI-MÊME

Single End

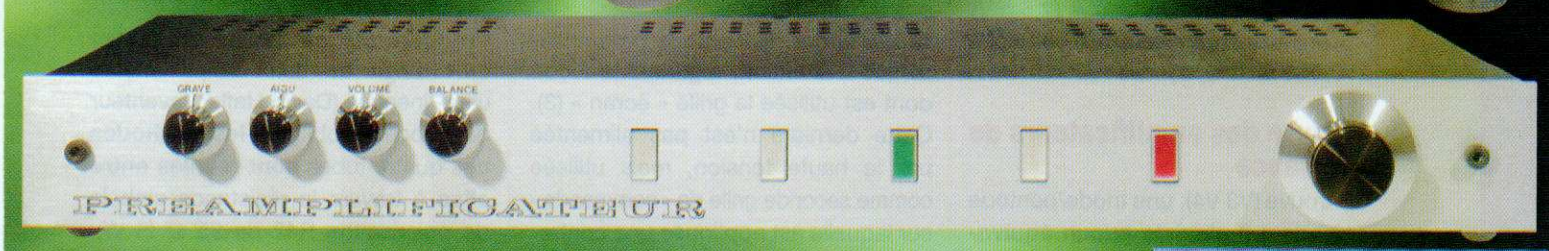
Pentodes 813
2 x 40 Weff

EN KIOSQUE MI-DÉCEMBRE

Push-Pull

hybride EL84
2 x 10 Weff

Caisson grave de 120 litres



Préamplificateur tous transistors

L 14562 - 4 H - F: 5,00 € - RD

LES NUMÉROS HORS-SÉRIE NE SONT PAS INCLUS DANS LES ABONNEMENTS

ANALYSE DES MONTAGES ÉPROUVÉS

L'amplificateur intégré Dynaco SCA-35

Compte tenu de vos appels et courriers concernant le préamplificateur PAS-3 de Dynaco traité dans notre précédent numéro, il semble évident que nombre d'entre vous êtes friands de montages fiables, performants et surtout faciles à réaliser. C'est pourquoi, nous analysons aujourd'hui le SCA-35, autre montage Dynaco non moins célèbre.

Comme tout montage Dynaco, le SCA-35 est truffé d'astuces destinées essentiellement à compenser l'usure des tubes, assurer la stabilité du montage, lutter contre les bruits parasites et les ronflements.

Les caractéristiques

- **Étages de puissance :**

- 2 x 17,5 W, deux étages ultra-linéaires utilisant les célèbres 6BQ5/EL84/7189 (EL84 renforcées) en push-pull
- Distorsion harmonique : 0,5 %
- Distorsion d'intermodulation : moins de 1 % à pleine puissance moins de 0,2 % à niveau d'écoute moyen

- **Étages préamplificateurs**

- Tubes : 12AX7/ECC83
- Sensibilité phono 47 000 Ω : 4 mV
- Entrées non utiles de nos jours : PU céramique, tête magnétique (2,5 mV)
- 3 entrées haut niveau : 1 volt sous 250 000 Ω

Analyse des amplificateurs de puissance

On trouve (V3 V4), une triode/pentode 7199 dont **il n'existe aucun équivalent (figure 1)**. Si vous ne trouvez pas ce tube, vous pouvez opter pour **deux tubes** :

- une ECF80 dont vous ne prendrez que la partie pentode
- une 12AU7/ECC82 dont vous n'utiliserez qu'une demi-triode.

L'idéal est, bien entendu, d'utiliser de vraies 7199.

Nous avons cependant choisi avec succès une combinaison de tubes courants :

- EF80 pour la pentode
- 6C4 pour la triode (tube miniature) ou une demi-triode 12AU7.

Un tube peut remplacer avantageusement la 7199, il s'agit de la 6AN8 dont le brochage est différent de la 7199, mais dont les caractéristiques électriques sont très proches.

Ce tube est toutefois aussi difficile à trouver que la 7199.

Les tubes de puissance sont des classiques EL84, dont la version renforcée 7189 est recommandée si vous désirez la puissance de 17 W prévue.

L'inverseur de phase 7199

Il a l'air classique, mais ne vous fiez pas aux apparences.

Tout d'abord, la pentode préamplificatrice : attention, regardez la façon dont est utilisée la grille « écran » (3). Cette dernière n'est pas alimentée par la haute tension, mais utilisée comme seconde grille de « commande » sur laquelle est appliquée une contre-réaction locale par R33 et une sorte de réaction entre la cathode et l'écran de ce tube.

En effet, la contre-réaction globale appliquée à la sortie de l'amplificateur de puissance par R37 et R31 (résistance de cathode de la 7199 pentode) est appliquée en opposition de phase à travers C18 sur l'écran de la pentode.

Ce système provoque une sorte « d'expansion de dynamique », ce qui surprend, ce petit amplificateur « semble » délivrer une puissance bien au-delà de sa puissance nominale.

L'étude détaillée de cette « contre-réaction/réaction » est extrêmement complexe car R33 et R34 entrent aussi en ligne de compte (!).

L'essentiel c'est que cela fonctionne « rudement bien » !

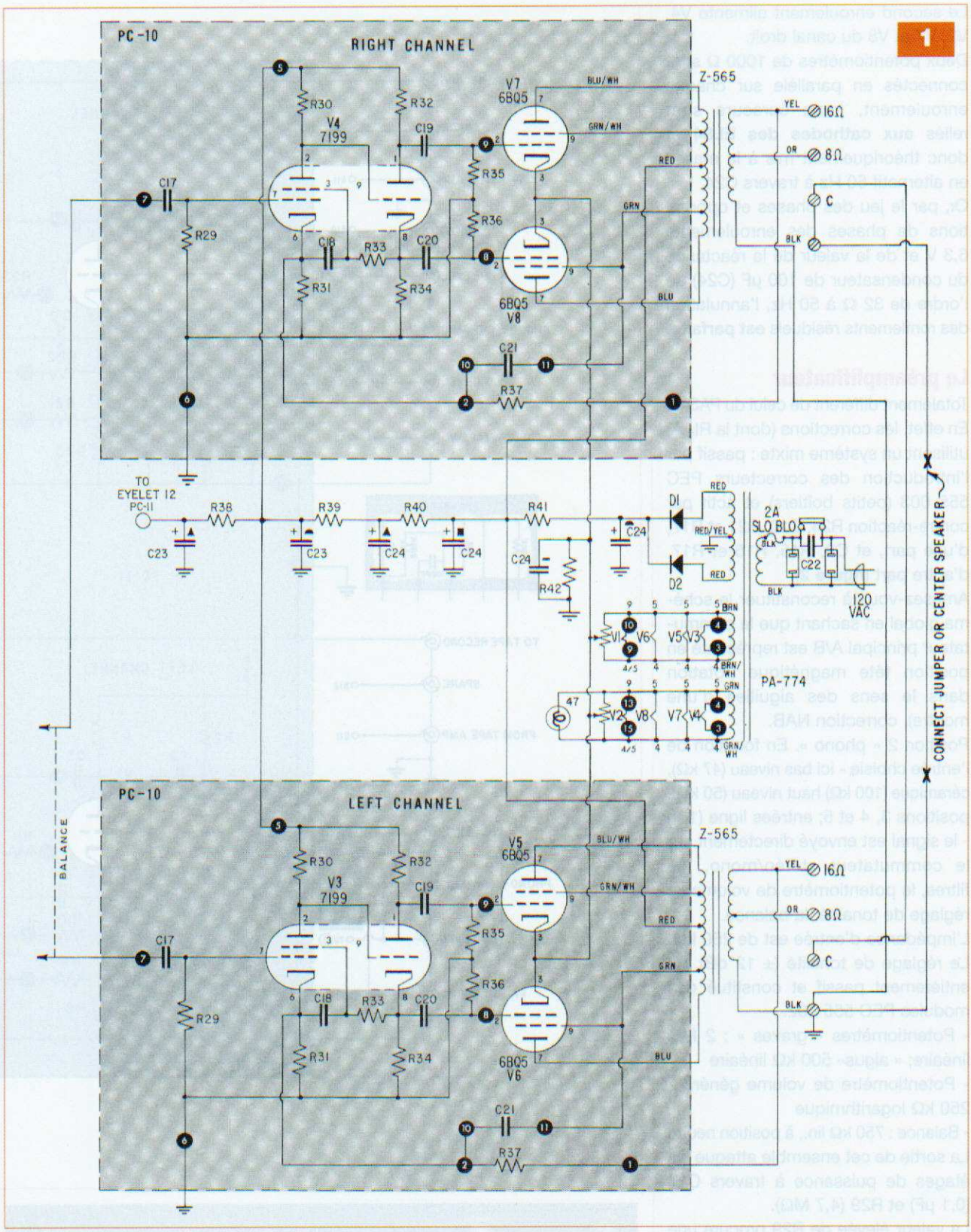
La triode est utilisée comme inverseur de phase cathodyne par R32 et R34 (voir cours précédents).

À travers C19 et C20, on attaque les tubes de puissance V5, V6, V7 et V8.

Les étages de puissance

On ne peut pas les étudier indépendamment l'un de l'autre.

Première astuce : en dehors du fait qu'il s'agit de deux amplificateurs ultra-linéaires (David Hafler, inventeur du procédé oblige), **les cathodes** des quatre tubes **sont réunies entre elles** à travers la résistance globale de polarisation R42 de 95 Ω (5 W),



découplée par C24 de 100 µF (25 V). Ce procédé permet de polariser les tubes correctement, bien que le système fonctionne en classe AB (lire cours précédents). Vous savez qu'en classe AB, on ne peut pas utiliser correctement une polarisation automatique car, lors du passage de la classe A à la classe B, un des deux tubes est bloqué. La polarisation n'est donc pas constante. Le fait de coupler les deux canaux permet à la résistance de polarisation de « voir » en permanence deux tubes en fonctionnement.

Deuxième astuce : le système antironflement particulièrement efficace ! Observez le transformateur d'alimentation PA-774, en particulier les deux enroulements alimentant les filaments des tubes (sous 6,3 V).

Le premier enroulement alimente V5 et V6 (tubes de puissance du canal gauche), V3 et V1.

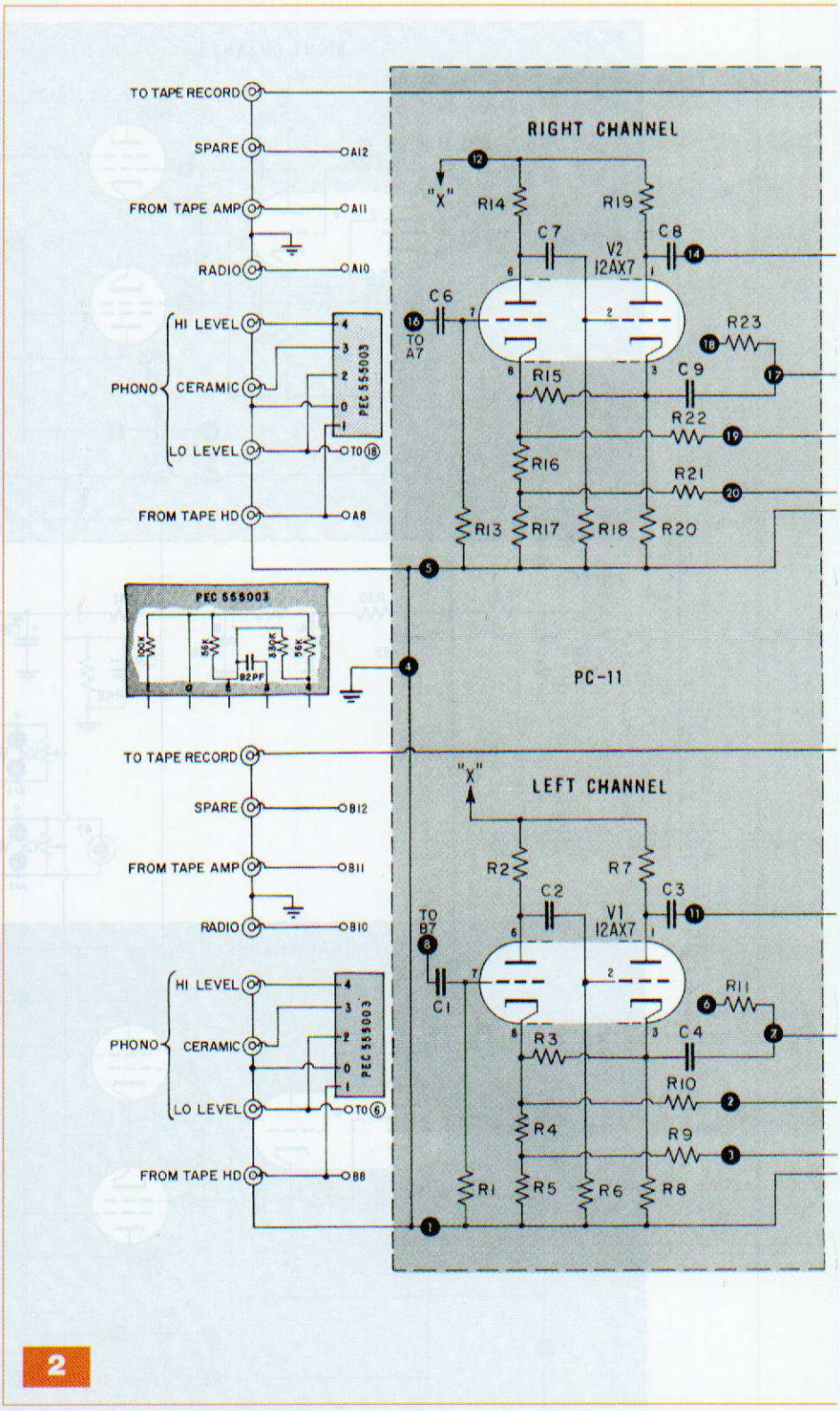
Le second enroulement alimente V4, V2, V7 et V8 du canal droit.
Deux potentiomètres de 1000 Ω sont connectés en parallèle sur chaque enroulement, leurs curseurs sont reliés **aux cathodes des EL84** et donc théoriquement mis à la masse en alternatif 50 Hz à travers C24.
Or, par le jeu des phases et oppositions de phases des enroulements 6,3 V et de la valeur de la réactance du condensateur de 100 µF (C24) de l'ordre de 32 Ω à 50 Hz, l'annulation des ronflements résiduels **est parfaite**.

Le préamplificateur

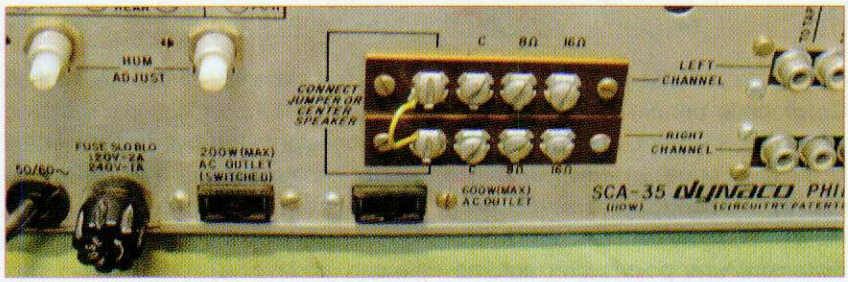
Totalement différent de celui du PAS-3. En effet, les corrections (dont la RIAA) utilisent un système mixte : passif par l'introduction des correcteurs PEC 555 003 (petits boîtiers) et actif par contre-réaction R24, C10, R21 et R17, d'une part, et C9, R15, R16 et R17, d'autre part (**figure 2**).
Amusez-vous à reconstituer le schéma global en sachant que le commutateur principal A/B est représenté en position tête magnétique (rotation dans le sens des aiguilles d'une montre), correction NAB.
Position 2 « phono ». En fonction de l'entrée choisie - ici bas niveau (47 kΩ), céramique (100 kΩ) haut niveau (50 kΩ); positions 3, 4 et 5; entrées ligne (1 V) - le signal est envoyé directement sur le commutateur stéréo/mono, les filtres, le potentiomètre de volume, le réglage de tonalité, la balance.
L'impédance d'entrée est de 250 kΩ.
Le réglage de tonalité (± 12 dB) est entièrement passif et constitué des modules PEC 555 002.
- Potentiomètres « graves » : 2 MΩ linéaire; « aigus» 500 kΩ linéaire
- Potentiomètre de volume général : 250 kΩ logarithmique
- Balance : 750 kΩ lin., à position neutre
La sortie de cet ensemble attaque les étages de puissance à travers C17 (0,1 µF) et R29 (4,7 MΩ).
La valeur élevée de R29 procure une sur-polarisation de la 7199 par courant de grille (voir cours précédents).

L'alimentation

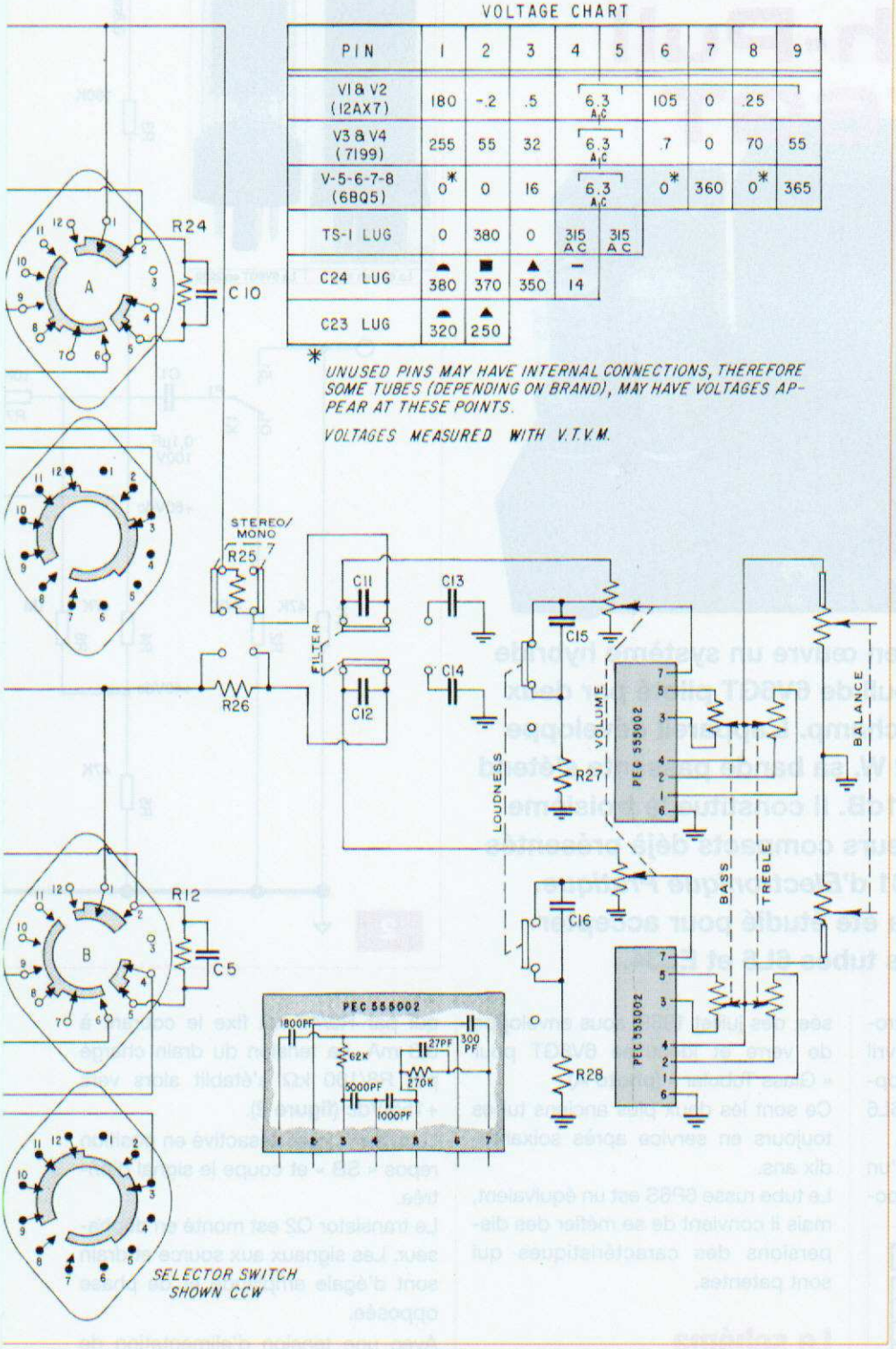
Elle est classique et délivre 360 V aux étages de puissance, environ 300 V aux inverseurs de phase et 250 V aux étages préamplificateurs.



2



Les deux potentiomètres en face arrière permettent de supprimer tout ronflement



VOLTAGE CHART

PIN	1	2	3	4	5	6	7	8	9
V1 & V2 (12AX7)	180	-.2	.5	6.3 A.C.		105	0	.25	
V3 & V4 (7199)	255	55	32	6.3 A.C.		.7	0	70	55
V-5-6-7-8 (6BQ5)	0*	0	16	6.3 A.C.		0*	360	0*	365
TS-1 LUG	0	380	0	315 A.C.	315 A.C.				
C24 LUG	◗ 380	■ 370	▲ 350	— 14					
C23 LUG	◗ 320	▲ 250							

* UNUSED PINS MAY HAVE INTERNAL CONNECTIONS, THEREFORE SOME TUBES (DEPENDING ON BRAND), MAY HAVE VOLTAGES APPEAR AT THESE POINTS.

VOLTAGES MEASURED WITH V.T.V.M.

À l'écoute

Étonnante écoute, même aujourd'hui, malgré la médiocre réputation des amplificateurs utilisant des EL84 (en général mal étudiés).

La dynamique de l'appareil, quelle que soit la source utilisée, frappe d'emblée. Cette dynamique caractérise tous les montages Dynaco.

Dès 1934, l'équipe de la Western Electric, en particulier J.B. Lansing, le créateur de JBL, déclarait que la vraie haute-fidélité ce n'était pas tant la bande passante mais la dynamique. Au XXIe siècle, force est d'admettre qu'il y avait du vrai dans tout cela. L'avons-nous oublié ?

Bonne écoute

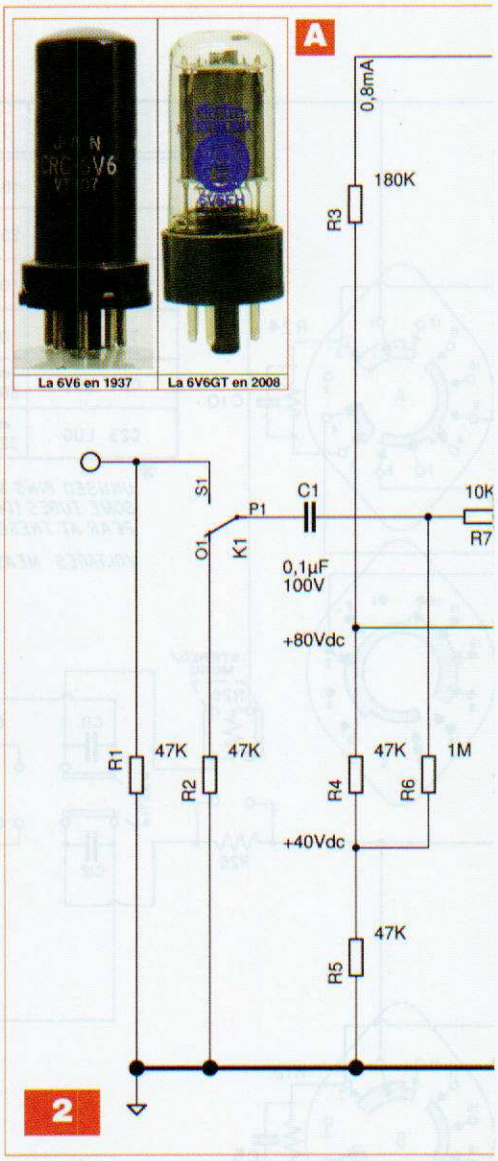
R. Bassi

Sauf indications contraires toutes les résistances sont des 0,5 W/± 10 %

R 1	1.2 megohms
R 2	150,000 ohms 1 watt 5%
R 3	5,600 ohms 5%
R 4	120 ohms 1 watt 5%
R 5	120 ohms 1 watt 5%
R 6	1.2 megohms
R 7	47,000 ohms
R 8	390 ohms
R 9	18,000 ohms 5%
R 10	100,000 ohms 5%
R 11	47,000 ohms
R 12	1.5 megohms
R 13	1.2 megohms
R 14	150,000 ohms 1 watt 5%
R 15	5,600 ohms 5%
R 16	120 ohms 1 watt 5%
R 17	120 ohms 1 watt 5%
R 18	1.2 megohms
R 19	47,000 ohms
R 20	390 ohms
R 21	18,000 ohms 5%
R 22	100,000 ohms 5%
R 23	47,000 ohms
R 24	1.5 megohms
R 25	10,000 ohms
R 26	10,000 ohms
R 27	18,000 ohms
R 28	18,000 ohms
R 29	4.7 megohms
R 30	270,000 ohms 1 watt 5%
R 31	560 ohms 5%
R 32	22,000 ohms 1 watt 5%
R 33	120,000 ohms 5%
R 34	27,000 ohms 1 watt 5%
R 35	470,000 ohms
R 36	470,000 ohms
R 37	82,000 ohms 5%
R 38	22,000 ohms
R 39	2200 ohms 1 watt
R 40	2200 ohms 1 watt
R 41	50 ohms 5 watts
R 42	95 ohms 5 watts 5%
C 1	.1 mfd @ 16 v.
C 2	22 nf @ 400 v.
C 3	.1 mfd @ 400 v.
C 4	330 pf mica 5%
C 5	3.3 nf 10%
C 6	.1 mfd @ 16 v.
C 7	22 nf @ 400 v.
C 8	.1 mfd @ 400 v.
C 9	330 pf mica 5%
C 10	3.3 nf 10%
C 11	10 nf 10%
C 12	10 nf 10%
C 13	3.3 nf 10%
C 14	3.3 nf 10%
C 15	22 nf 10%
C 16	22 nf 10%
C 17	.1 mfd @ 16 v.
C 18	1 mfd @ 250 v.
C 19	.1 mfd @ 400 v.
C 20	.1 mfd @ 400 v.
C 21	12 pf @ 600 v. 5%
C 22	.02 mfd @ 500 v.
C 23	50/50 mfd @ 450 v.
C 24	60/40/20 @ 450 v.; 100 @ 25 v.
D 1	Silicon rectifier, 500 ma, 1000 PIV
D 2	Silicon rectifier, 500 ma, 1000 PIV
volume control	—250,000 ohms
balance control	—750,000 ohms
bass control	—2 megohms
treble control	—500,000 ohms
hum control	—1,000 ohms
V 1	12AX7/ECC-83
V 2	12AX7/ECC-83
V 3	7199
V 4	7199
V 5	6BQ5/EL-84
V 6	6BQ5/EL-84
V 7	6BQ5/EL-84
V 8	6BQ5/EL-84

AMPLIFICATEUR HYBRIDE
Push-Pull 6V6GT

Cet amplificateur met en œuvre un système hybride composé d'un push-pull de 6V6GT piloté par deux transistors à effet de champ. L'appareil développe une puissance de 2 x 12 W, sa bande passante s'étend de 25 Hz à 32 kHz à -1dB. Il constitue le troisième volet de nos amplificateurs compacts déjà présentés dans les n° 327 et 331 d'*Electronique Pratique*. Le circuit imprimé a été étudié pour accepter également les tubes 6L6 et EL34.

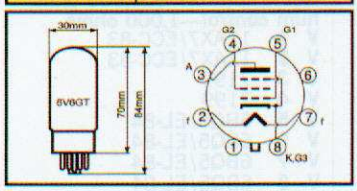


La tétrode 6V6 a été introduite par RCA en avril 1937. Elle a été développée sur la base de la 6L6 introduite un an plus tôt (**figure 1**). D'abord présentée sous la forme d'un tube métallique noir, elle fut proposée, dès juillet 1939, sous enveloppe de verre et identifiée 6V6GT pour « Glass Tubular » (**photo A**).

Ce sont les deux plus anciens tubes toujours en service après soixante-dix ans.

Le tube russe 6P6S est un équivalent, mais il convient de se méfier des dispersions des caractéristiques qui sont patentes.

6V6GT - 7408 - 6P6S	
Filament	6,3 V / 0,45 A
Va max	350 V
Vg2 max	315 V
Ik max	80 mA
Wa max	14 W
Wg2 max	2,2 W
µ	4,1 mA/V
Ri	50 KΩ



1

Le schéma

Le circuit d'entrée

Bien que le circuit soit équipé de transistors, nous avons repris la configuration classique utilisée pour un circuit à tubes : un étage amplificateur d'un gain de 30 dB, suivi d'un déphaseur de type cathodyne.

Le transistor Q1 monté en source commune est polarisé à +40 Vdc, ce qui par R9/47 kΩ fixe le courant à 0,8 mA. La tension du drain chargé par R8/100 kΩ s'établit alors vers +155 Vdc (**figure 2**).

Le relais K1 est désactivé en position repos « SB » et coupe le signal d'entrée.

Le transistor Q2 est monté en déphaseur. Les signaux aux source et drain sont d'égale amplitude et de phase opposée.

Avec une tension d'alimentation de +240 Vdc, le signal maximal obtenu est de 60 Vpp sur chacune des électrodes. C'est largement suffisant pour piloter les tétrodes de sortie.

La cellule de compensation a été supprimée puisque les capacités parasites intrinsèques du BS107 sont déjà de l'ordre de 30 pF, ce qui avec la résistance de charge de 100 kΩ limite la bande passante à 50 kHz.

Le push-pull

Afin de permettre des dérives de caractéristiques qui apparaissent avec le vieillissement, nous avons opté pour des résistances de cathodes séparées.

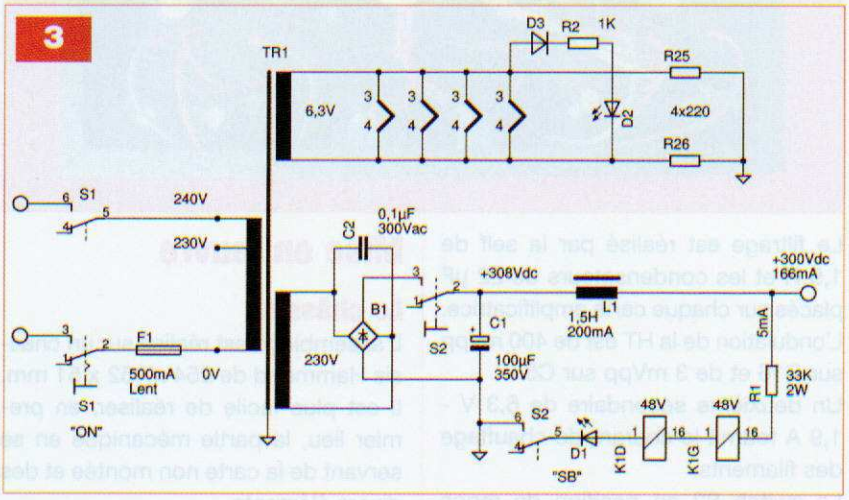
La tension Vk s'établit à +18,5 Vdc. Les anodes sont chargées par le transformateur de sortie sous une impédance de 7600 Ω.

Les grilles « écran » sont reliées directement à la haute tension. Le courant de cathode s'établit à 41 mA, soit 36 mA par l'anode et 5 mA par G2. Les dissipations sont de 10 W pour l'anode et 1,5 W pour G2.

Nous sommes bien en dessous de la limite des 14 et 2,2 W.

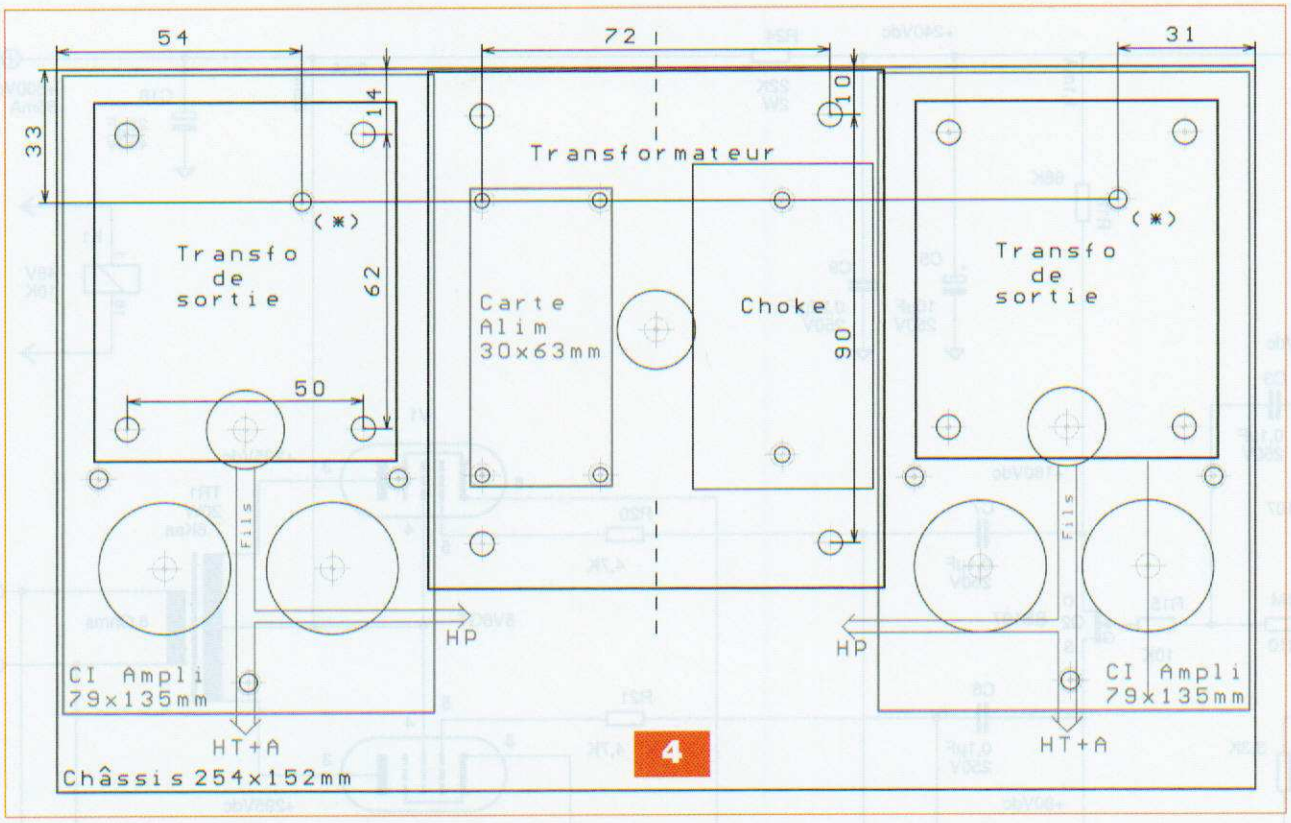
L'amplificateur fonctionne en classe A jusqu'à 8 W et en classe AB1 au-delà. Le taux de contre-réaction appliqué s'élève à 8 dB et l'impédance de sortie est de 2 Ω, ce qui porte le facteur d'amortissement à 4.

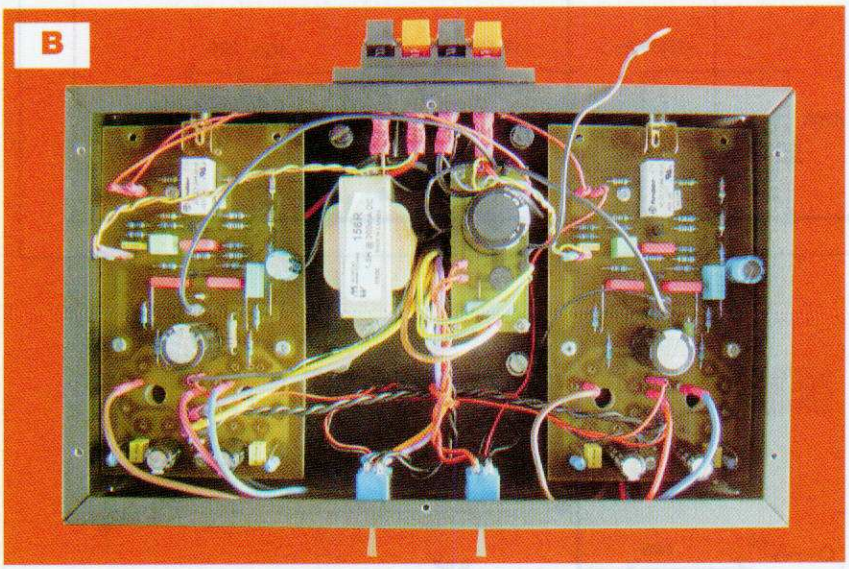
Le transformateur de sortie présente une puissance nominale de 20 W et est disponible chez Hammond sous la référence 1650F.



L'alimentation

Le transformateur d'alimentation est fourni par ACEA et porte la référence 674A. Un premier secondaire délivrera, après redressement, la haute tension de 308 Vdc (**figure 3**).





Le filtrage est réalisé par la self de 1,5 H et les condensateurs de 22 µF placés sur chaque carte amplificatrice. L'ondulation de la HT est de 400 mVpp sur C16 et de 3 mVpp sur C5.

Un deuxième secondaire de 6,3 V - 1,9 A fournit le courant de chauffage des filaments.

Le switch S2 en position de repos « SB » met hors-circuit la haute tension et désactive les deux relais K1. Cette haute tension suit les aléas de la tension secteur.

Le transformateur possède deux entrées 230 Vac et 240 Vac.

Mise en œuvre

Le châssis

L'assemblage est réalisé sur un châssis Hammond de 254 x 152 x 51 mm. Il est plus facile de réaliser, en premier lieu, la partie mécanique en se servant de la carte non montée et des divers éléments.

La **figure 4** et la **photo B** présentent l'agencement général et les diverses cotes d'usinage.

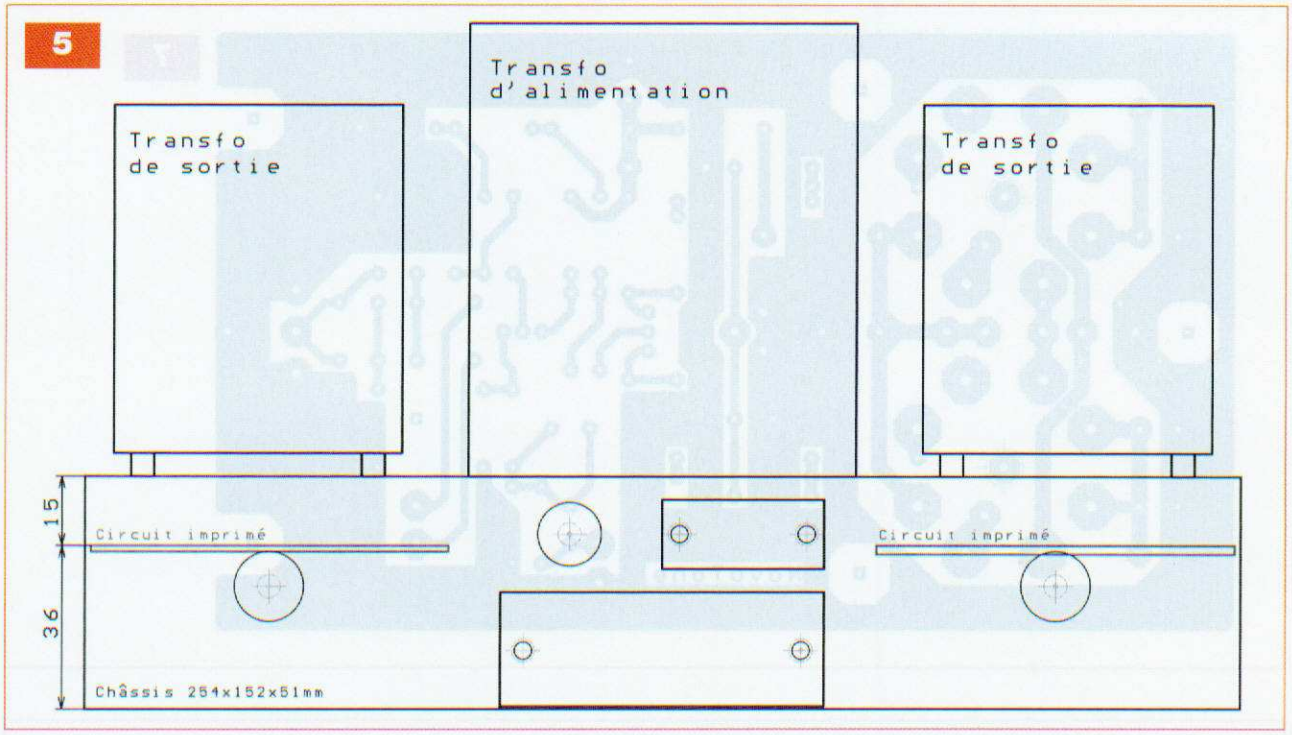
Les cotes de la figure 4 sont relevées à l'extérieur du châssis - vue de haut. Les cotes de placements des deux cartes amplificatrices doivent être marquées et percées avec précision. À cet effet, commencer par percer les deux trous marqués d'un astérisque. Y fixer les deux cartes, **à l'extérieur et cuivre apparent**, bien orthogonalement, puis percer un deuxième trou afin de la fixer. Les autres trous sont percés en utilisant la carte comme guide. Marquer également l'alignement des deux socles RCA sur la face arrière (**figure 5**).

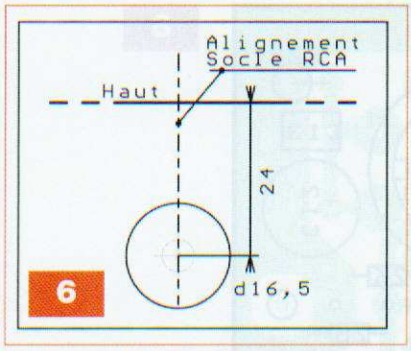
Pour la découpe des culots des tubes, il est préférable d'utiliser un poinçon emporte-pièce de 27,5 mm. La découpe est alors parfaite.

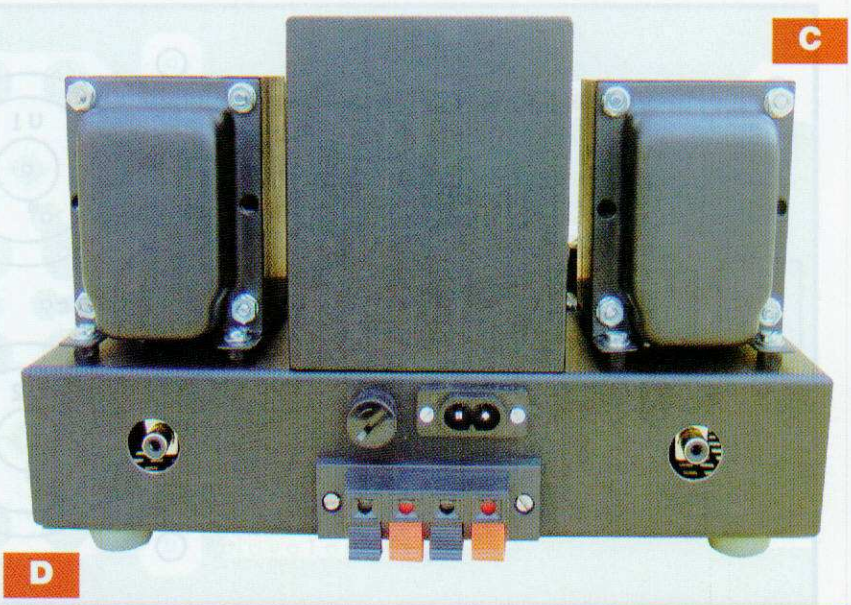
Les faces « avant » et « arrière » ne font pas l'objet d'un plan coté et sont laissées à l'appréciation de chacun.

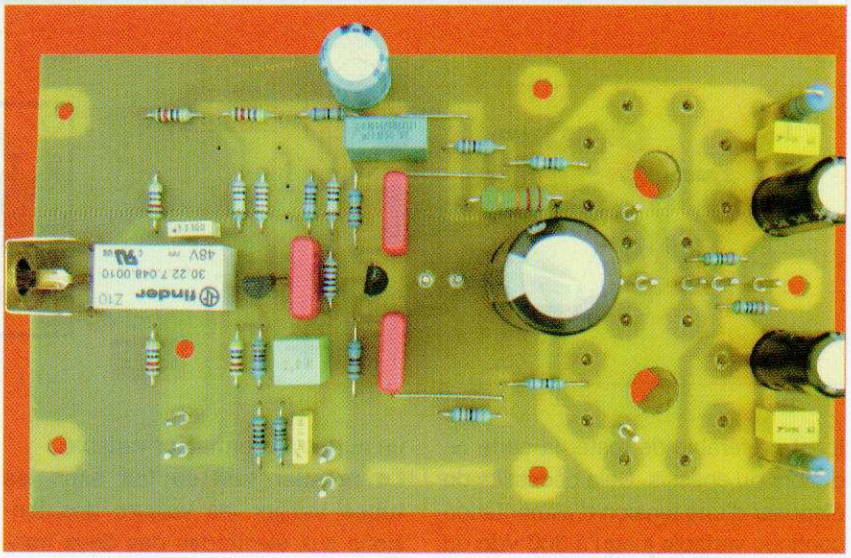
La découpe des trous du passage des fils des trois transformateurs et des deux socles RCA peut être réalisée à l'aide d'un poinçon emporte-pièce de 16,5 mm. Pour les socles RCA, forer un trou de « guidage » à 24 mm du haut du châssis (**figure 6** et **photo C**) sur l'alignement préalablement marqué. Tous les autres trous sont marqués et percés *in situ*.

Après nous être assurés que tous les ensembles trouvent leur place, nous allons passer au montage des divers composants sur les circuits imprimés.







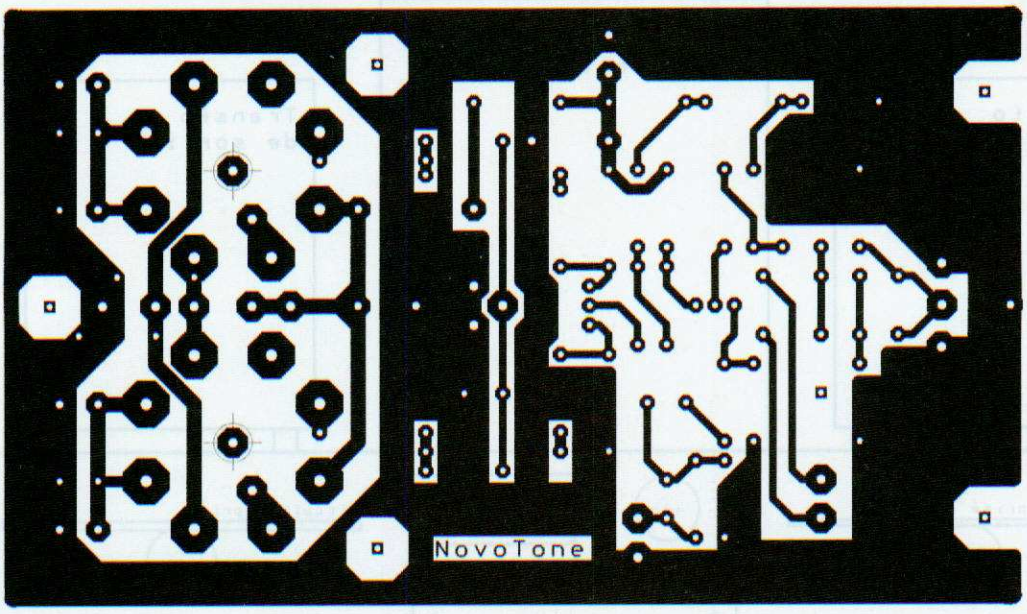


Les circuits imprimés

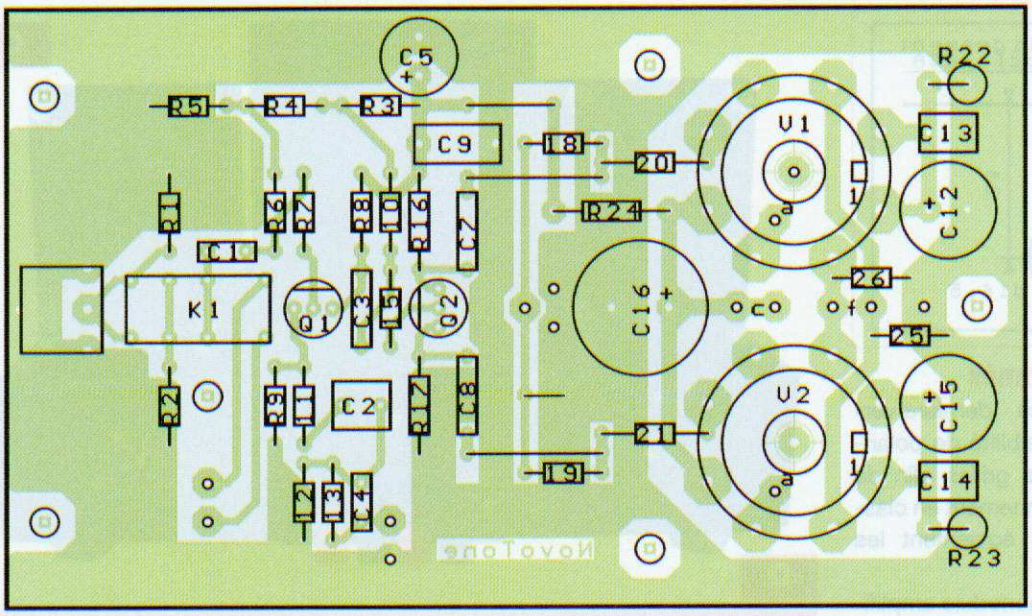
La carte amplificatrice - dernière version - donne la possibilité de polariser négativement les grilles afin de permettre un fonctionnement en classe B. Elle accepte également les tubes 6L6 et EL34.

Le circuit imprimé du module amplificateur mesure 79 x 135 mm (**figure 7**). Les quatorze picots de 1,3 mm sont insérés et soudés en premier lieu, suivis des quatre straps (**figure 8**).

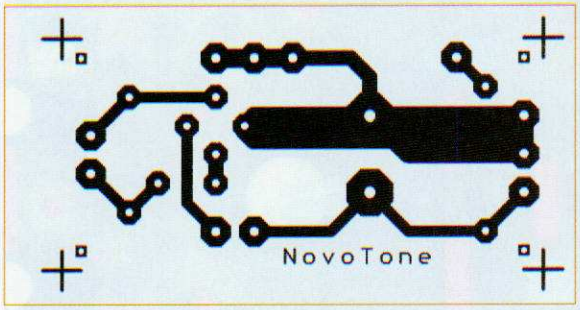
Ensuite, souder les deux supports des tubes. Les supports sont soudés du coté cuivré et les broches ne doivent pas dépasser du côté composants. Ce faisant, l'épaulement du support sera à 15 mm exactement de la surface de la carte et le maintien par les quatre entretoises de 15 mm positionnera ceux-ci à la bonne hauteur. Souder ensuite les composants par ordre de grandeur croissant, en terminant par l'électrolytique C16 (**photo D**).



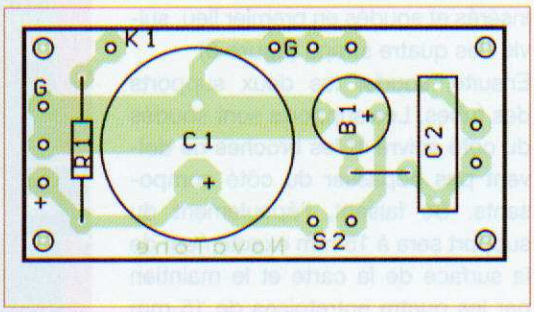
7



8



9



10

Il est préférable de tester la carte en dehors du châssis. Cela nécessite de disposer d'une tension d'alimentation continue variable jusqu'à 300 Vdc ou un auto-transformateur variable.

Le premier test se fait sans les tubes. Vérifier les valeurs des tensions aux électrodes des deux transistors. Après insertion des tubes et le raccordement des trois fils de chaque primaire des transformateurs de sorties, il faut alimenter les fila-

Nomenclature

MODULE AMPLIFICATEUR

Résistances 1/2 W - 1 %
R1, R2, R4, R5, R9 : 47 kΩ
R3 : 180 kΩ
R6, R10 : 1 MΩ
R7, R15 : 10 kΩ
R8 : 100 kΩ
R11 : 3,3 kΩ
R12 : 100 Ω
R13 : 1 kΩ
R16, R17 : 68 kΩ
R18, R19 : 470 kΩ
R20, R21 : 4,7 kΩ
R25, R26 : 220 Ω

Résistances 2 W - 5 %
R22, R23 : 470 Ω
R24 ; 22 kΩ

Condensateurs
C1 : 0,1 µF/100 V
C2 : 2,2 µF/50 V
C3, C7, C8 : 0,1 µF/250 V
C4 : 1 nF/100 V
C5 : 10 µF/250 V
C9 : 0,22 µF/250 V
C12, C15 : 1000 µF/25 V
C13, C14 : 1 µF/50 V
C16 : 22 µF/350 V

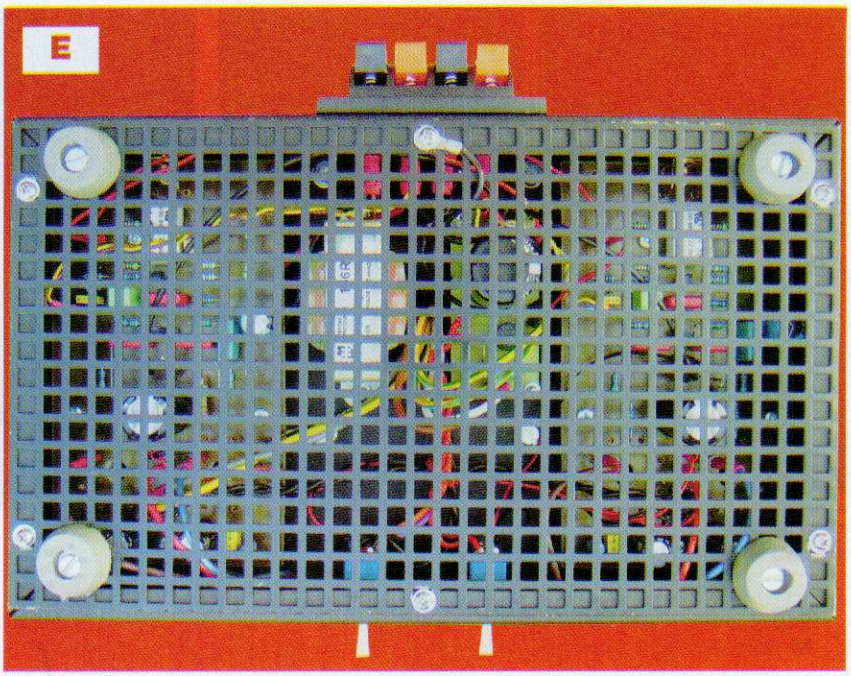
Divers
V1, V2 : 6V6GT
K1 : relais 48 V/10 kΩ
Q1, Q2 : BS107

MODULE ALIMENTATION

B1 : 400 V/1,5 A
C1 : 100 µF/350 V
C2 : 100 nF/300 Vac
D1, D2 : led 20 mA
D3 : 1N4148
F1 : 500 mA
R1 : 33 kΩ, 2 W, 5 %
R2 : 1 kΩ, 1/2 W, 1 %

AUTRES COMPOSANTS

TR1 : alimentation ACEA 674A
TR1 : transfo audio 20 W, Hammond 1650F
L1 : Self 1,5 H/200 mA, Hammond 156R
1 châssis 254 x 152 x 51 mm, Hammond 1441-16BK3
4 pieds 10 mm
4 supports « tube octal » céramique pour PCB
8 entretoises 15 mm F-F/M3 métal (cartes amplificatrices)
4 entretoises 10 mm M-F/M3 métal (cartes alimentation)
1 porte-fusible châssis F1 (20 mm)
S1, S2 : interrupteur DPDT
2 socles RCA mono pour PCB
1 bornier HP Stéréo
1 socle 230 V/1 A pour châssis
2 supports led
2 câbles + contact led
40 picots : 1,3 mm
40 cosses : 1,3 mm



ments pendant une minute, puis appliquer progressivement la haute tension en surveillant la tension aux anodes et grilles « écran » des 6V6GT. Celles-ci doivent progresser jusqu'à +300 Vdc.

La tension aux cathodes (R22-R23) s'établit à +18,5 Vdc environ.

La carte alimentation mesure 63x30 mm (**figure 9**). Elle comprend onze picots de 1,3 mm, les condensateurs C1-C2, le pont redresseur et la résistance R1 de 33 kΩ (**figure 10**).

Le montage final

Les premiers éléments à fixer sont les huit entretoises M3/F-F de 15 mm, nécessaires au maintien des modules amplificateurs, et les quatre entretoises M3/M-F de 10 mm pour la carte alimentation.

Ensuite, fixer les transformateurs de sorties à l'aide de vis M4, suivis, dans l'ordre, par les commutateurs et voyants de la face avant, les accessoires de la face arrière, la carte alimentation, la self de filtrage, le transformateur d'alimentation et, en dernier lieu, les deux cartes amplificatrices. Tous les fils des deux transformateurs de sorties sont rassemblés dans une gaine, routés vers l'avant et passés entre les supports des tubes pour ressortir à l'arrière du module (figure 4). Les fils des haut-parleurs sont redirigés vers la face arrière via le centre du châssis.

Les masses

L'ensemble des circuits est flottant. La mise à la masse du châssis se fait en un seul point via la vis de fixation de la grille de fond (**photo E**). Une des vis « auto-taraudeuse » assure le contact électrique avec le châssis et la grille.

S'assurer que, sans ce contact de masse, le circuit est bien flottant par rapport au châssis. Si ce n'est pas le cas, chercher et lever la « fuite » coupable.

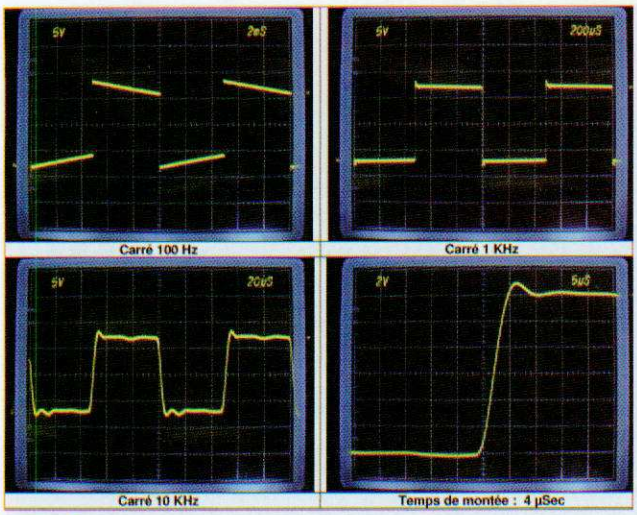
Mise sous tension

Dans un premier temps, ne pas raccorder les deux fils de contre-réaction. Les deux sorties doivent être chargées. Pour la sortie inutilisée pendant le test, une résistance de 10 Ω - 2 W fera l'affaire. La mise sous tension se fait de préférence à l'aide d'un autotransformateur.

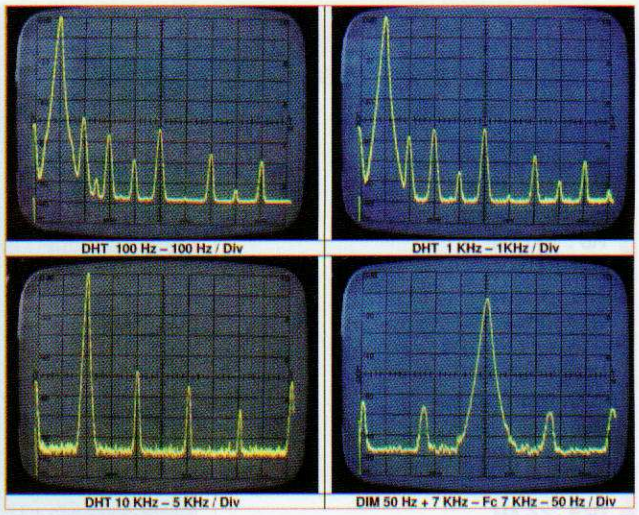
Basculer les deux commutateurs et vérifier la montée progressive des tensions jusqu'à obtenir les 6,3 Vac de chauffage et les 300 Vdc de HT.

Les deux relais étant activés, injecter un signal de 300 mVpp en entrée et visualiser la sortie.

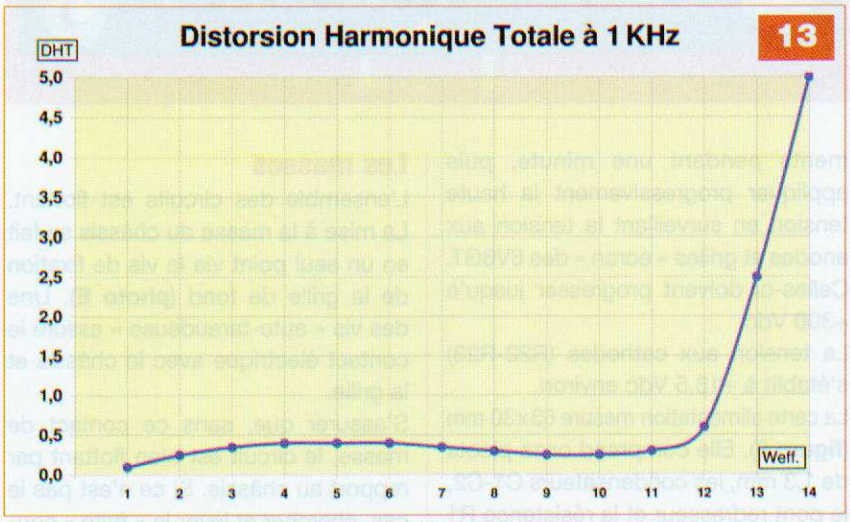
C'est le moment de raccorder les deux fils de la contre-réaction. Le signal en sortie doit s'effondrer d'un facteur 3 environ. Si, au contraire, vous constatez un accrochage, il y a lieu d'inverser les deux fils du primaire.



11



12



13

Caractéristiques Techniques	
Puissance nominale	2 x 13 Weff
Puissance impulsionelle	2 x 14 W
DHT + Bruit à 10 Weff (-1 dB)	< 0,5%
Distorsion d'intermodulation à 10 Weff	< 0,2%
Temps de montée	4 µSec
Sensibilité	1,2 Vac pour 10 W
Réponse en fréquence à -1 dB à 10 W	25 Hz → 32 KHz
Diaphonie 10 Hz → 10 KHz	> 50 dB
Impédance de sortie	8 Ω
Impédance d'entrée	47 KΩ
Taux de contre-réaction (NFB)	10 dB
Impédance interne	2 Ω
Facteur d'amortissement (DF)	4
Bruit de fond (A-Weighted)	< 100 µV
Rapport S/B (A-Weighted) à 1 W	> 90 dBA
Tubes: 4	6V6GT
Consommation au repos (SB)	240 V - 78 mA - 19 VA
Consommation	240 V - 380 mA - 92 VA
Dimensions	254x152x160 mm
Poids	9,2 Kg

14

Quelques mesures

Les mesures classiques sur notre prototype vous sont présentées aux figures 11 à 13.

La réponse aux signaux carrés (**figure 11**) est excellente. Le dépassement est faible et le temps de montée avoisine 4 µs. La fréquence de coupure se situe vers 70 kHz à -3 dB. L'ajout d'une réactance, composée d'une capacité de 1 µF en série avec une résistance de 8 Ω, laisse le signal imperturbable.

Le taux de distorsion à 1 dB de la puissance nominale est inférieur à 0,5 %. L'écrêtage commence au-dessus de 12 Weff, mais de manière assez douce. Ceci est dû à la faible pente des tubes (4 mA/V) et au faible taux (8 dB) de contre-réaction.

La mesure de la distorsion d'intermodulation se fait en injectant deux signaux de 50 Hz et 7 kHz dans un rapport de 12 dB (4 à 1). Les raies situées de part et d'autre de la porteuse à 7 kHz sont à 60 dB du signal pilote à 0 dBV (**figure 12**).

L'évolution de la DHT en fonction de la puissance reste assez constante jusqu'à 12 W pour atteindre 5 % à 14 W (**figure 13**).

La mesure des bruits et ronflements résiduels en sortie s'élève à 70 µVac. Ceci nous garantit un rapport signal/bruit supérieur à 90 dB-A pour 1 W en sortie.

Spécifications du projet

Elles sont rassemblées dans le tableau de la **figure 14**.

Conclusion

Cet amplificateur d'une puissance totale de 28 Weff, restitue le signal musical sans agressivité ni coloration. C'est l'empreinte inégalée de la 6V6. Les graves sont rendus sans traînage et les aigus avec une excellente précision. Au « laboratoire », cet amplificateur module des enceintes Kef de 92 dB sans jamais s'essouffler.

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 *ou via son site* www.novotone.com

LA PERFORMANCE AERONAUTIQUE ET SPATIALE AU SERVICE DE L'AUDIO

6 rue François Verdier
31830 PLAISANCE DU TOUCH
Tél 05 61 07 55 77 / Fax 05 61 86 61 89
E-mail : contactacea@acea-fr.com
Web : www.acea-fr.com

PROMOTION DE FIN D'ANNEE : - 10% SUR TOUT LE CATALOGUE JUSQU'AU 31-12-2008

DE NOMBREUX AUTRES PRODUITS SONT DISPONIBLES SUR DEMANDE
FOURNITURE DE CES PRODUITS EN KITS: Frais de port offert !

SELF

LED 146-152	EI/10H	58.00 €	LED 161-162 7H	47.50 €
LED 151-170	Circuit C/3H	47.50 €	LED 175 Torique	30.50 €

LAMPES UNITAIRES

5725 CSF + sup. (par 10 et +)	8.40 €
6005 CSF + sup. (par 10 et +)	15.00 €
ECC81, ECC82, ECC83	10.00 €
EF86	20.00 €
ECF82	15.00 €
EZ81	16.60 €
ECL86 Philips	17.50 €
GZ32	19.00 €

Port lampes de 1 à 4 : 11.00€
de 5 à 10 : 13.00€

LAMPES APPAIREES

EL34 Tesla ou EH	35.00 €
845 Chine	110.00 €
300B Sovtek	200.00 €
KT90	120.00 €
KT88 EH	69.00 €
6550 EH	58.00 €
6L6 EH	35.00 €
6V6 EH	27.00 €
6SN7 EH	29.00 €
EL84 EH	26.00 €

TRANSFORMATEURS D'ALIMENTATION

Faible induction 1 Tesla - primaire 230V avec écran

LED N°	Secondaires	Prix TTC
136-140	2 x 225V - 2 x 6.3V	84.50 €
146-150	2 x 380V - 2 x 6.3V - 5V	97.00 €
147-148-188	Préampli tubes circuits "C" 2 x 220V - 2 x 6.3V	79.50 €
149-158	ALIM H.T./Préampli tubes 2 x 300V - 2 x 6.3V	82.50 €
152	2 x 300V - 2 x 6.3V	103.00 €
157-160	380V + 6.3v + 4 x 3.15V	96.00 €
161-162-163	Prim. 220V/230V - Ecran - 2 x 330V - 6.3V en cuve	185.50 €
172-173	Sec. 2 x 12V	89.50 €
163	Filtre actif 2 x 240V + 12V	57.00 €
166-170	Ecran - Sec. 2 x 230V + 6.3V - 4.5A	92.00 €
167-169	400V + 6.3V + 4 x 3.15V + 75V	110.00 €
EP 299	340 V - 4 x 3.15 V - 75 V - 6.3 V	87.50 €
EP 305	300 V - 9 V - circuit C	77.00 €
EP HS 11/06	Ampli 300B - 350 V - 75 V - 6.3 V - 4 x 5 V - En cuve	142.00 €

TRANSFORMATEURS DE SORTIE

LED n°	Imp. Prim	Imp. Sec	Puissance	Prix TTC
138	5000Ω	4/8Ω	5W	55.00 €
140-170-175	1250Ω	8Ω	Single 20W	85.50 €
145	625Ω	4/8Ω	Single 40W	110.00 €
146-150	6600Ω	4/8Ω	50W	110.00 €
152	2,3/2,8/3,5KΩ	4/8/16Ω	30W circuit C en cuve	227.00 €
157-160-169	3800Ω	4/8/16Ω	60W	110.00 €
159-171-173	3500Ω	4/8Ω	15W Circuit C en cuve	150.50 €
161-162	Single 845 . 8000Ω	4/8Ω	60 W - Circuit C en cuve	264.00 €
EP HS 11/06	PP 300B - 3000Ω	4/8Ω	30 W - En cuve	149.50 €

SUPPORTS

Noval ou octal chassis	4.60 €
Noval CI	3.30 €
Octal CI	4.60 €
4 cosses "300B"	9.90 €
Jumbo 845 arg.	18.00 €
Noval CI 7 broches	3.30 €

CONDENSATEURS

1500µF 350V	27.40 €
2200µF 450V	53.40 €
470µF 450V	16.00 €
470µF 500V	30.00 €
150000µF 16V	33.50 €
47000µF 16V	15.00 €

Port : 17€ le 1er transfo + 6€ par transfo supplémentaire
Minimum de facturation 50€ TTC sinon frais de traitement 6.50€

En savoir plus...

Programmes et circuits imprimés relatifs à nos articles à télécharger gratuitement sur notre site web

www.electroniquepratique.com

PETITES ANNONCES

• **VOUS ÊTES UN PARTICULIER.** Vous bénéficiez d'une petite annonce gratuite dans ces pages. Votre annonce est à nous faire parvenir par courrier postal (remplir la grille ci-dessous) ou électronique (*contact@electroniquepratique.com*, texte dans le corps du mail et non en pièce jointe). Elle ne doit pas dépasser cinq lignes (400 caractères, espaces compris). Elle doit être non commerciale et s'adresser à d'autres particuliers.

• **VOUS ÊTES UNE SOCIÉTÉ.** Cette rubrique vous est ouverte sous forme de modules encadrés, deux formats au choix (l x L). **Module simple** : 46 mm x 50 mm, **Module double** : 46 mm x 100 mm. Prix TTC respectifs : 65,00 € et 110,00 €. **Le règlement est à joindre obligatoirement à votre commande**. Une facture vous sera adressée.

• **TOUTES LES ANNONCES** doivent nous parvenir avant le 15 de chaque mois (pour une parution le mois suivant). Le service publicité reste seul juge pour la publication des petites annonces en conformité avec la loi.

VENTE/ACHAT

RECH. personne qui possèderait ou m'aiderait à retrouver *Le livre pratique de la télévision*, édité dans les années 90 par Eurotechnique, société basée à Dijon. Passionné d'électronique, je serais heureux d'emprunter cette encyclopédie (3000 pages) et le matériel d'application le temps d'une étude. Suis prêt à me déplacer pour récupérer l'ensemble ou à payer tous les frais de port et à restituer ouvrages et matériel dans le même état.
Tél. : 06 98 95 82 81, l.d_badet@yahoo.fr

RECH. schémas lecteur DVD Philips DVDR610/00; convertisseur 12VDC-230 VAC, 1200 W, Electric Pochet, modèle EPC 12, 1200. Frais remboursés.
Tél. : 04 73 24 95 67

VDS analyseur de spectre Ailtech 707 de 1 MHz à 12,4 GHz : 1000 € (à débattre). Tél. : 02 48 64 68 48 (heures de repas de préférence)

DONNE revues *Electronique Pratique*, années 1997 (n°210-220), 1999 (n°232 à 242), 2002 (n°262 à 270), 2003 (n°271 à 279). Frais d'envoi selon poids.
Tél. : 02 41 62 76 32 (le soir), pge@laposte.net

RECH. lampemètre-pentemètre ou pont à lampes Metrix en l'état. Possibilité de me déplacer pour récupérer l'appareil. Faire offre au 03 21 35 30 52

VDS 6 tubes KT66 GEC neufs dont deux paires : 400 €; 4 ECC83 Philips : 20 €; 4 EF86 Philips : 20 €. Tél. : 04 50 36 40 15 (après 19h00)

VDS cours théorique TV couleur Eurelec comprenant 25 fascicules théorie TV N&B et couleur : 230 € (port compris).
Tél. : 04 50 73 91 20

VDS Dynacord PDD 14 progammable digital Delay block Diagram; 400 m câble HP 2 x 12 rond; 170 m câble HP 2 x 12 plat; 14 rallonges 25 m, 2 x 12 plat.
Tél. : 02 41 34 13 16

VDS magnétophone à bande Akai 620 complet, très peu tourné, état neuf, notice d'utilisation + maintenance pièces de rechange et divers. A prendre sur place dans la région de Cherbourg, pas d'envoi en raison du volume. Faire offre de prix.
Tél. : 02 33 52 20 99

VDS kit *Led* 176 préampli Cocheteux : transfo double C + self + alimentation régulée, montée avec tubes + circuit préamp monté sans tube + revue *Led* n°176, 177 et 178 : 150 €. Tél. : 01 49 60 03 87

VDS à bas prix lot de 240 tubes électronique neufs. Tél. : 01 60 96 35 66

VDS ordinateurs de collection 8 bits, en parfait état de marche et de présentation : Matra Alice 90, Thomson TO8D et TO9+, avec périphériques au complet, très nombreux programmes de jeux et utilitaires. Accessoires techniques et rechanges pour TO. Documentation logicielle et technique abondante. Tél. : 02 31 92 14 80

RECH. professeur électronique pour cours particuliers dans le Gard. Tél. : 04 66 67 14 09

VDS. oscillos très bon état avec schémas Philips PM3217, 2 x 50 MHz, 2 bases de temps : 200 €; Téléquipment D67, 2 x 25 MHz, 2 bases de temps : 150 €.
Tél. : 06 82 67 61 89

RECH. ouvrages électricité, arithmétique, mathématiques, bobinages, mécanique..., radio (anciens) des sociétés d'édition Radio, ETSF, Technique et vulgarisation, Foucher, Chiron, Delagrave, ETAI, Mac Graw -Hill , etc.
Pour les titres me consulter de préférence, pour les références aussi, anciens cours ETN et Eurelec/Eurotechnique.
Tél. : 05 56 28 49 25

ANNONCES COMMERCIALES

Appareils de mesures électroniques d'occasion, oscilloscopes, générateurs, etc.

HFC Audiovisuel
29, rue Capitaine Dreyfus
68100 MULHOUSE
Tél. : 03 89 45 52 11
www.hfc-audiovisuel.com
SIRET 30679557600025

www.casyel.fr
NOUVEAU
Câbler... décâbler pour vos montages **sans soudure** *(brevet déposé)*
Venez découvrir...
www.casyel.fr
SIRET 501 277 487 00010

IMPRELEC
32, rue de l'Égalité
39360 Viry
Tél. : 03 84 41 14 93
Fax : 03 84 41 15 24
imprelec@wanadoo.fr
Réalise vos :
CIRCUITS IMPRIMÉS
de qualité professionnelle SF ou DF, étamés, percés sur V.E. 8/10 ou 16/10, œillets, trous métallisés, sérigraphie, vernis épargne, face alu. et polyester multi-couleurs. Montages composants. De la pièce unique à la petite série. Vente aux entreprises et particuliers. Travaux exécutés à partir de tous documents.
Tarifs contre une enveloppe timbrée, par téléphone ou mail

Petite annonce gratuite
À retourner à Transocéanic - 3, boulevard Ney 75018 Paris

EP 333

□ M. □ Mme □ Mlle
Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville/Pays Tél. :

• TEXTE À ECRIRE TRÈS LISIBLEMENT •