

ELEKTOR

l'électronique créative

MAJORDOME

télécommande par PC
via le réseau-secteur

Intégral (II)

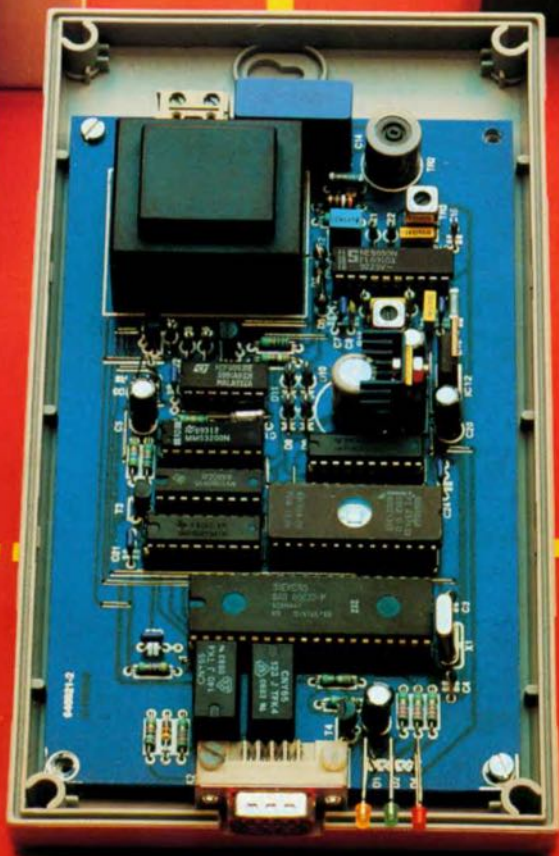
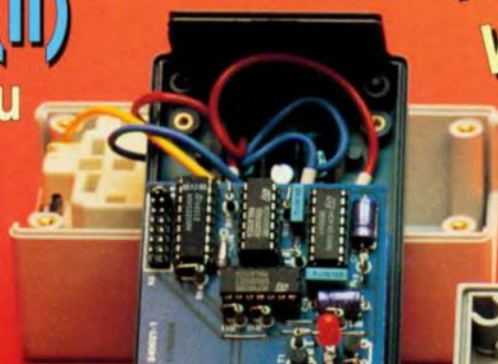
ampli milieu
de gamme

ces selfs
toriques,
faites-les vous-même!

mono-carte à 68HC11

régulateur de régime
pour perceuse miniature

cours μ -PIC & tutti-quanti
tout savoir sur la programmation des
composants de la famille des PIC



M 1531 - 190 - 25,00 F



SOMMAIRE



n° 190
avril 1994

Le montage ayant mérité les honneurs de la couverture de ce numéro est un système de télécommande par PC et via le réseau secteur, MAJORDOME. Nous vous proposons aussi dans ce magazine une mono-carte à 68HC11, montage dont les possibilités sont inversement proportionnelles à la taille, un régulateur pour perceuses miniature, un article de base sur l'un des composants les plus méconnus qui soit, le self toroïdale, la seconde partie de l'intégral, et vous laissons le plaisir de découvrir le reste...

INFORMATIONS

Intérêt général

- 26 **μ-PIC et tutti quanti**
cours de programmation pour PIC 16C5x
- 34 **mise en oeuvre correcte des afficheurs LCD**
c'est de la synchro que tout dépend projet : M.Reichtomann
- 46 **BP59, le Courrier Lecteurs**
- 55 **logiciel : CAAD 2.0**
logiciel de simulation d'enceintes

La Pratique

- 43 **réalisation de montages**
sur platine d'expérimentation à pastilles
- 56 **faites vos selfs toroïdales et vos transfo HF vous-même**

RÉALISATIONS

Domestique

- 19 **Majordome** E.Hackländer & S.Furchtbar
télécommande par PC via le réseau-secteur

HF & radio

- 30 **décodeur de morse** © '94 Velleman N.V.
du bip au caractère

Loisirs & bricolage

- 36 **régulateur de régime**
pour perceuse miniature avec compensation de la charge

Audio, vidéo & musique

- 47 **Intégral** 2^e partie : le préamplificateur

Micro-informatique

- 64 **mono-carte à 68HC11** J. Scherer/A. Hermann
pour, en un rien de temps, créer un automate de toutes pièces

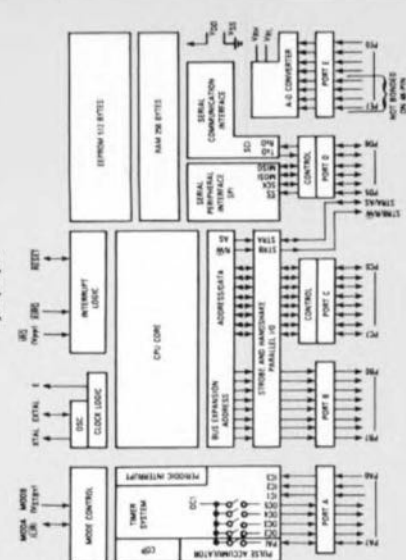
MC68HC11A1
microcontrôleur à 8 bits

microcontrôleurs
13

ELEKTOR infocarte 244

Le microcontrôleur MC68HC11A1, réalisé par Motorola en technologie CMOS de haute densité (HCMOS), se caractérise par des possibilités périphériques intégrées très sophistiquées. Ce microcontrôleur possède une vitesse de bus nominale de 2 MHz et sa conception intégralement statique permet de travailler à des fréquences descendant jusqu'à 0,1 MHz.

Synoptique



Caractéristiques techniques :

- ▶ système de temporisation étendu (TIMER SYSTEM) à 16 bits avec prédiviseur programmable à 4 étages.
- ▶ modes d'arrêt (STOP) et d'attente (WAIT) réduisant la consommation d'énergie.
- ▶ interface série parallèle (Serial Peripheral Interface).
- ▶ interface de communication série étendue NRZ (Serial Communications Interface).
- ▶ circuit d'accumulation d'impulsions à 8 bits.
- ▶ instructions de test de bit et de branchement (renvoi).
- ▶ circuit d'interruptions en temps réel.
- ▶ mémoire EEPROM de 512 octets.
- ▶ mémoire RAM statique de 256 octets et convertisseur AN à 8 bits et 8 canaux.

Notons qu'il existe, dans cette famille 68HC11, d'autres versions de ce microcontrôleur, caractérisées par la présence ou non d'EEPROM ou d'EEPROM et des capacités d'ES différentes.

SOURCE : MOTOROLA, MICROPROCESSOR AND PERIPHERAL DATA VOLUME II

ELEKTOR – infocartes

MM53200
encodeur/décodeur

Circuits intégrés numériques 12

ELEKTOR infocarte 245

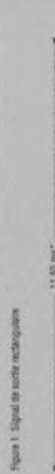


Figure 1. Signal de sortie rectangulaire
* une fréquence d'oscillation de 100 kHz

L'encodeur/décodeur MM53200 de National Semiconductor est un système d'émission/réception MOS/LSI à codage numérique.

Caractéristiques techniques :

- ▶ la puce unique comporte l'encodeur et le décodeur.
- ▶ la stabilité de l'oscillateur n'est pas critique, on peut faire appel à des composants se caractérisant par une tolérance de 5% et une intermodulation d'autres récepteurs à proximité immédiate est quasiment éliminée par la circuiterie interne qui exige la réception de 4 mots valides, espacés l'un de l'autre de 64 ms.

Fonctionnement :

En mode de transmission le MM53200 balaye séquentiellement les 12 entrées. Le résultat de cette opération est un signal rectangulaire (figure 1). Ce code est généré à une vitesse de 0,96 ms/bit, ou 11,52 ms/mot avec une impulsion de 11,52 ms entre les mots.

En mode de réception le MM53200 compare, de façon séquentielle, le signal d'entrée au code local. En cas d'erreur il se produit une remise à zéro du système et l'opération de comparaison recommence à l'impulsion suivante. Après la réception correcte des 12 bits le circuit produit un signal de validation. Ce signal remet à zéro un compteur d'intervalle de 64 ms et déclenche un compteur à 3 étages. Ce compteur compte les impulsions de validation et après avoir reçu 4 impulsions la sortie émission/réception passe au niveau bas. Après la validation de la sortie émission/réception, l'impulsion de validation suivante doit impérativement être reçue dans un délai de 120 ms. Ce délai implique donc que le circuit doit recevoir une impulsion correcte sur six pour maintenir la sortie émission/réception au niveau bas.

SOURCE : NATION SEMICONDUCTOR ELECTRONIC DATA PROVISION

L'encodeur/décodeur MM53200 de National Semiconductor est un système d'émission/réception MOS/LSI à codage numérique.

Caractéristiques techniques :

- la puce unique comporte et l'encodeur et le décodeur,
- la stabilité de l'oscillateur n'est pas critique, on peut faire appel à des composants se caractérisant par une tolérance de 5% et
- une intermodulation d'autres récepteurs à proximité immédiate est quasiment éliminée par la circuiterie interne qui exige la réception de 4 mots valides, espacés l'un de l'autre de 64 ms.

Fonctionnement :

En **mode de transmission** le MM53200 balaye séquentiellement les 12 entrées. Le résultat de cette opération est un signal rectangulaire (figure 1). Ce code est généré à une vitesse de 0,96 ms/bit, ou 11,52 ms/mot avec une impulsion de 11,52 ms entre les mots.

En **mode de réception** le MM53200 compare, de façon séquentielle, le signal d'entrée au code local. En cas d'erreur il se produit une remise à zéro du système et l'opération de comparaison recommence à l'impulsion suivante. Après la réception correcte des 12 bits le circuit produit un signal de validation. Ce signal remet à zéro un compteur d'intervalle de 64 ms et déclenche un compteur à 3 étages. Ce compteur compte les impulsions de validation et après avoir reçu 4 impulsions la sortie émission/réception passe au niveau bas. Après la validation de la sortie émission/réception, l'impulsion de validation suivante doit impérativement être reçue dans un délai de 128 ms. Ce délai implique donc que le circuit doit recevoir une impulsion correcte sur six pour maintenir la sortie émission/réception au niveau bas.

Figure 1. Signal de sortie rectangulaire

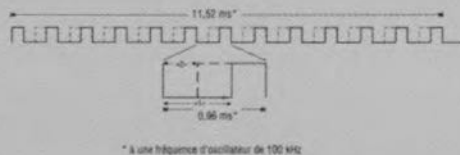


Figure 2. Connexion en mode récepteur

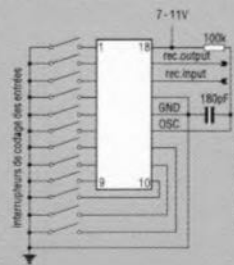
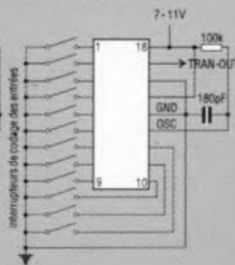


Figure 3. Connexion en mode émetteur



source : fiche technique NATIONAL SEMICONDUCTOR ELECTRONIC DATA PROCESSING

943029

ELEKTOR - infocartes

Le microcontrôleur MC68HC11A1, réalisé par Motorola en technologie CMOS de haute densité (HCMOS), se caractérise par des possibilités périphériques intégrées très sophistiquées. Ce microcontrôleur très rapide à faible consommation possède une vitesse de bus nominale de 2 MHz et sa conception intégralement statique permet de travailler à des fréquences descendant jusqu'au CC.

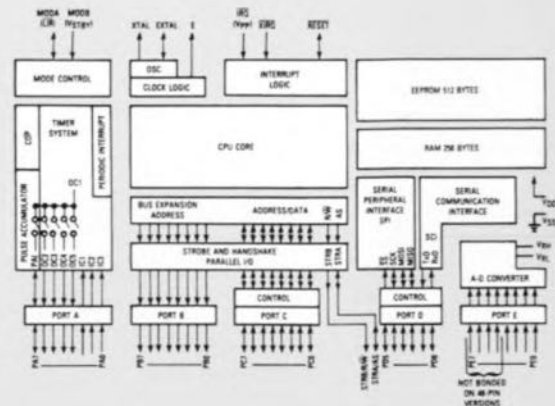
Caractéristiques techniques :

- système de temporisation étendu (TIMER SYSTEM) à 16 bits avec prédiviseur programmable à 4 étages,
- modes d'arrêt (STOP) et d'attente (WAIT) réduisant la consommation d'énergie,
- interface série périphérique (SERIAL PERIPHERAL INTERFACE),
- interface de communication série étendue NRZ (SERIAL COMMUNICATIONS INTERFACE),
- circuit d'accumulation d'impulsions à 8 bits,
- instructions de test de bit et de branchement (renvoi),
- circuit d'interruptions en temps réel,
- mémoire EEPROM de 512 octets,
- mémoire RAM statique de 256 octets et
- convertisseur A/N à 8 bits et 8 canaux.

Notons qu'il existe, dans cette famille 68HC11, d'autres versions de ce microcontrôleur, caractérisées par la présence ou non d'EPROM ou d'EEPROM et des capacités d'E/S différentes.

source : Motorola, MICROPROCESSOR, MICROCONTROLLER AND PERIPHERAL DATA VOLUME II

Synoptique



943028

Nous ne serions guère étonnés d'être relativement nombreux, nos lecteurs et nous, à rêver d'une sorte de bus domotique (*home-bus* comme l'expriment si joliment les anglophones). À ce bus qui prendrait la forme d'un câble de section respectable se promenant partout dans la maison seraient reliés tous les appareils électroménagers et autres, qui pourraient ainsi communiquer facilement entre eux. Revenons les pieds sur terre en admettant que nous n'en sommes pas encore là.

Le premier obstacle est que la majorité des appareils électroménagers ne sont pas prévus pour cela, le second étant la nécessité de disposer d'un réseau électrique aux ramifications s'étendant dans toute la maison, électrification qu'il n'est pratiquement pas possible de réaliser à posteriori sans se transformer en maçon-électricien-plâtrier. Il n'en reste pas moins vrai qu'il est souvent pratique de pouvoir télécommander un certain nombre de choses dans son habitation. Il devient possible ainsi de mettre l'un ou l'autre appareil en fonction à une heure donnée, sans qu'il ne soit nécessaire de le doter de son programmeur propre. Qui d'entre nous n'a pas envisagé, en début de soirée, de pouvoir démarrer le chauffage électrique dans son « atelier de bricolage » quelque temps avant d'y monter pour « travailler » ?

On peut ainsi énumérer des dizaines de situations où une possibilité de télécommande d'appareils ou autres dispositifs tomberait à pic et constituerait une amélioration sensible du confort. MAJORDOME constitue une interface entre l'ordinateur et un appareil alimenté par le secteur.

Le système se compose, comme l'illustre le synoptique de la figure 1, d'un émetteur et d'un ou de plusieurs récepteurs. Chacun des « ustensiles » que l'on veut pouvoir télécommander est doté de son propre récepteur. La transmission des signaux de commande se fait par l'intermédiaire des lignes du réseau-secteur qui de toutes façons se ramifient dans toute la maison et auxquelles sont également branchés tous les appareils que l'on veut pouvoir télécommander – notons qu'il existe dans le commerce des appareils électriques déjà prévus pour un tel mode de fonctionnement. Un émetteur

Figure 1. Le concept à la base de MAJORDOME. Jusqu'à 127 récepteurs reçoivent leurs instructions de commutation par un émetteur accouplé à un ordinateur et ceci par l'intermédiaire du réseau-secteur.

MAJORDOME

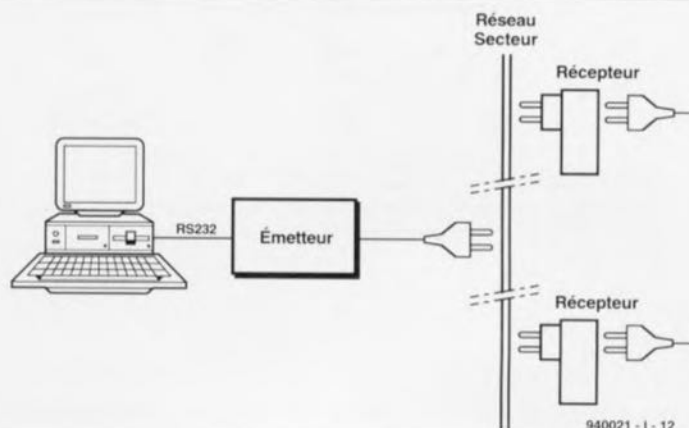
télécommande par PC via le réseau-secteur

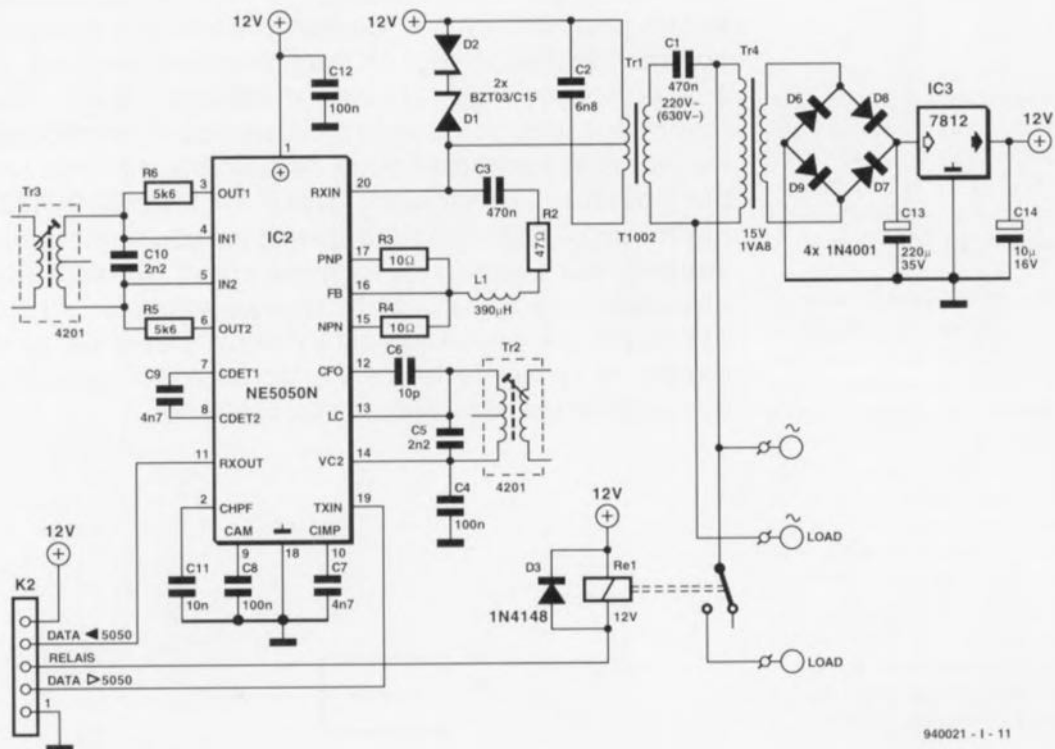
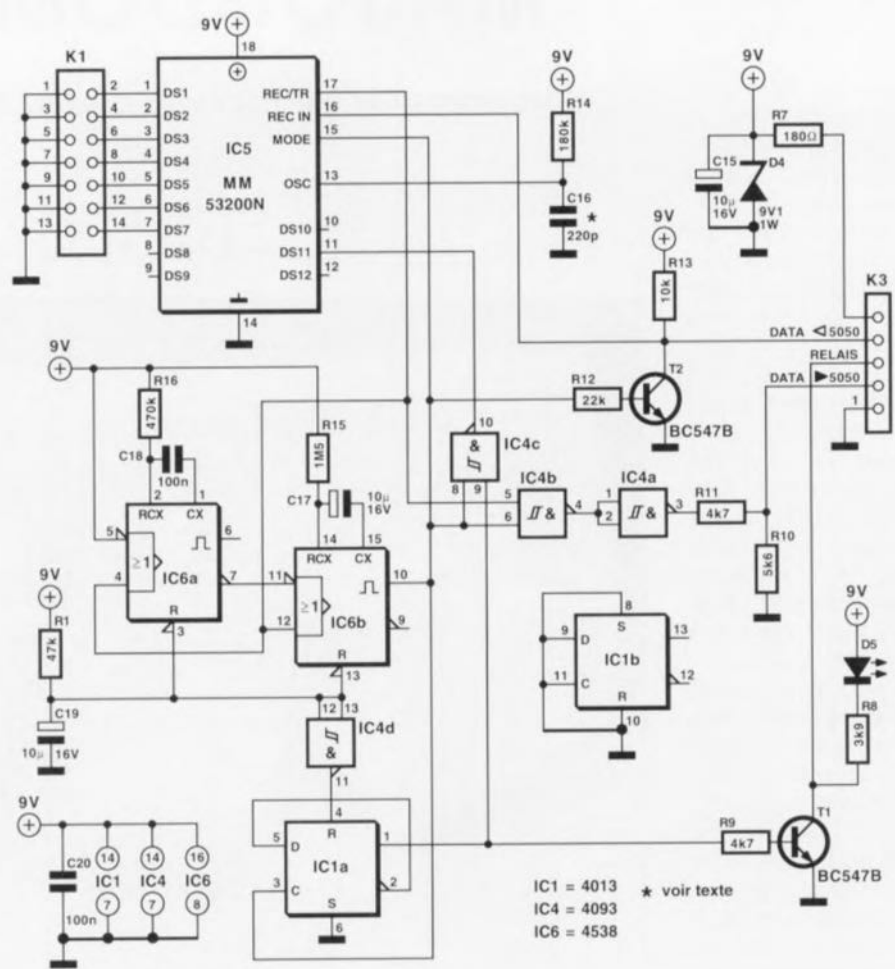
1^e partie

projet : E. Hackländer & S. Furchtbar



L'une des applications préférées des amateurs d'électronique domestique, les futurs « domoticiens », est de pouvoir, à l'aide de leur ordinateur, procéder à la commande d'appareils en tous genres. L'obstacle majeur à surmonter, qui reste d'ailleurs bien souvent insurmontable, est la nécessité de poser un câblage plus ou moins encombrant dans l'ensemble de l'habitation. Il est possible maintenant, grâce à « MAJORDOME », de mettre en et hors-fonction des appareils alimentés par le secteur, les signaux de commande et de rétro-réponse circulant eux aussi via le réseau-secteur, vu que les conducteurs nécessaires existent déjà. La première partie de cette série de 2 articles est consacrée à la description du récepteur de ce système.





940021 - I - 11

Figure 2. La subdivision du schéma en 2 parties permet de savoir plus facilement sur laquelle des 2 platines vient s'implanter chacun des composants utilisés.

est en mesure d'attaquer un maximum de 127 récepteurs. Chaque récepteur est capable de mettre en ou hors-fonction l'appareil qui y est branché, l'émetteur disposant de la possibilité additionnelle de vérifier dans quel état se trouve un récepteur donné. L'émetteur lui-même est un système « intelligent » doté d'un microprocesseur qui connaît un certain nombre d'instructions lui arrivant de l'ordinateur.

La communication entre l'ordinateur et l'émetteur se fait par l'intermédiaire d'une liaison RS-232 tout ce qu'il y a de plus classique.

La transmission par le réseau-secteur de signaux de commande implique bien évidemment l'utilisation d'un processus de modulation. On utilise pour ce faire dans l'émetteur et les récepteurs un circuit intégré spécialement conçu pour les applications de commutation via le réseau-secteur, composant travaillant en ASK (*Amplitude Shift Keying* = modulation par saut d'amplitude).

Le concept du récepteur

Dans le premier des 2 articles consacrés à MAJORDOME nous allons nous intéresser au récepteur, le second, publié le mois prochain le sera à l'émetteur. Cette approche implique qu'il n'est pas encore possible, dès à présent, de réaliser un montage opérationnel en pratique vu qu'il faut disposer pour cela d'un émetteur et d'un récepteur.

Rien ne vous empêche cependant de commencer par faire l'inventaire des appareils domestiques que vous pourriez télécommander avec MAJORDOME, ce qui vous permettra de connaître le nombre de récepteurs nécessaires, appareils dont rien ne vous interdit de commencer la réalisation. Il nous faut ajouter une remarque : le système n'utilise qu'une phase du secteur de sorte qu'il ne sera qu'exceptionnellement possible d'obtenir la commutation, via un émetteur placé chez vous, d'un récepteur se trouvant chez les voisins.

Le schéma de la **figure 2** représente l'électronique du récepteur. Un rapide examen du schéma montre qu'il se décompose en fait en 2 parties. Nous lui avons donné cet aspect pour la simple et bonne raison d'une part que l'électronique se trouve répartie sur 2 platines et que cette subdivision est parfaitement fonctionnelle de l'autre.

La partie supérieure comporte en effet tout ce qui concerne la reconnaissance des données et le système

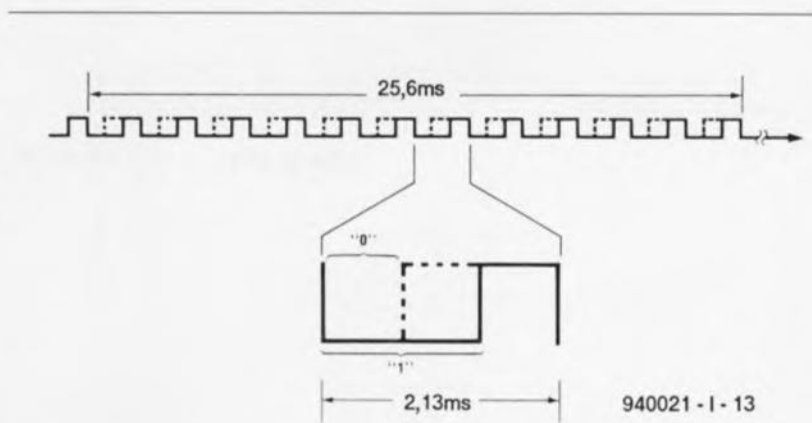


Figure 3. Structure du code utilisé par le MM53200N. L'ensemble du code se compose d'une impulsion de début suivie de 12 impulsions de données. Le niveau logique dépend de la position du flanc montant (au 1/3 ou aux 2/3 de la durée de la pseudo-période).

de rétro-réponse, le schéma du bas comportant le modulateur/démodulateur et l'alimentation.

Prenons le temps, avant d'entrer dans le détail de l'électronique, d'examiner le concept sur lequel elle repose. L'émetteur envoie un train de 13 impulsions sur le réseau-secteur, impulsions que capte le récepteur. 8 des dites 13 impulsions servent, dans ce système, à l'émission d'une adresse. Un récepteur compare le code entrant à celui de sa propre adresse. En cas d'identité de ces 2 codes il sait qu'il lui faut procéder à un basculement de son relais. Il envoie ensuite un train d'impulsions comportant son adresse à lui, série d'impulsions dotée le cas échéant d'un « 1 » en position 11. Ce « bit » permet au récepteur de savoir dans quelle position se trouve le récepteur – un « 1 » implique un relais activé. La conséquence de cette approche est que chaque récepteur « occupe » 2 emplacements d'adresse du système. Si l'on dispose de 8 bits le nombre maximal de récepteurs utilisables est de 127, nombre ne devant pas, nous semble-t-il, poser de problème.

Dès lors que l'on sait ce qui précède, il devient plus facile de saisir ce qui doit se passer à l'intérieur d'un récepteur. Nous allons commencer par « plancher » sur la moitié supérieure du schéma de la figure 2. Nous nous intéresserons au modem ultérieurement. Comme on peut se l'imaginer, IC5, un MM53200, joue un rôle majeur dans le fonctionnement du récepteur; il est en effet chargé de la reconnaissance de l'adresse. Ce composant intègre un circuit d'oscillateur associé à un décodeur/encodeur complet. Dans sa fonction d'encodeur ce circuit convertit les niveaux logiques pré-

sents sur ses entrées de données DS1 à DS12 en une série de 12 impulsions – à laquelle s'ajoute une impulsion de début (*start pulse*). Le débit du train d'impulsions est déterminé par le réseau RC externe R14/C16. C'est, comme essaie de l'illustrer le chronodiagramme de la **figure 3**, la largeur de chaque impulsion qui en représente le niveau. Cette technique de codage permet un transfert de données extrêmement fiable, même dans le cas de lignes de signaux fortement parasitées.

En fonction décodeur, le dit circuit intégré reçoit les 12 impulsions de données + l'impulsion de début et compare en permanence l'information qu'elles véhiculent avec les états de ses broches de données. Si, après réception correcte de tous les 12 bits, ceux-ci comportent la bonne adresse, celle-ci est stockée dans un compteur. On a en outre démarrage d'un autre compteur dont la durée de fonctionnement est de 142 ms. Si, au cours de cet intervalle de 0,15 s, le code correct n'est pas reçu une seconde fois, on a remise à zéro du circuit intégré. Ce n'est qu'en cas de quadruple réception correct du code, séparée par des pauses de 142 ms au maximum, que la sortie REC/TR est mise au niveau bas.

L'examen du schéma aura vite fait de vous confirmer la possibilité de mettre à la masse, via l'implantation de cavaliers de court-circuit sur l'embase K1, certaines des entrées de sélection, à savoir DS1 à DS7. Ces entrées étant dotées d'une résistance de forçage au niveau haut (*pull-up*) interne, présentent automatiquement un niveau haut en l'absence de cavalier de court-circuit de mise à la masse à l'entrée. L'embase K1 nous permet ainsi de définir toute adresse comprise entre 0 et

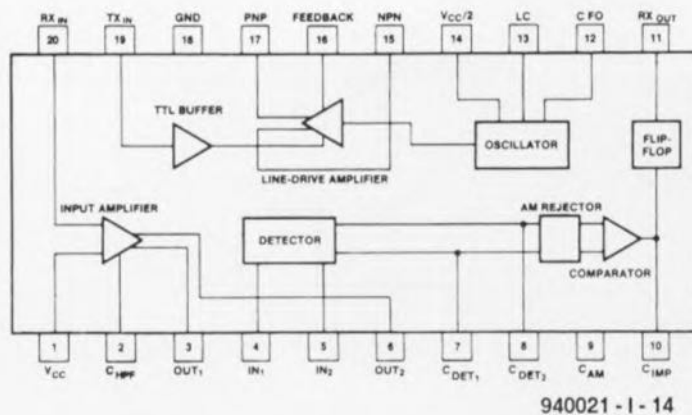


Figure 4. Synoptique de la structure interne du circuit intégré de modulation/démodulation NE5050.

127, l'adresse 0 correspondant à l'absence totale de cavalier, l'adresse 127 étant obtenue par la mise en place sur K1 de tous les 7 cavaliers possibles.

La valeur attribuée au réseau RC R14/C16 se traduit pour IC5 par une fréquence d'horloge de quelque 45 kHz. À cette fréquence l'émission d'un train d'impulsions complet prend de l'ordre de 25,6 ms.

Revenons au schéma. Après l'application de la tension d'alimentation les 2 multivibrateurs monostables IC6a et IC6b ainsi que la bascule bistable IC1a ont été remis à zéro par le réseau RC R1/C19. La sortie de IC6b se trouve de ce fait au niveau bas de sorte que l'encodeur/décodeur IC5 se trouve en mode « réception », défini par l'intermédiaire de l'entrée de sélection de mode (MODE, broche 15). Dans cette situation, on a blocage du transistor T2, de sorte que les signaux en provenance de la partie modem sont transmis à l'entrée de réception (REC IN = RECeive IN, broche 16) de IC5. La sortie Q de la bascule bistable (flip-flop) IC1a, sa broche 1, se trouve au niveau bas de sorte que le transistor T1 bloque et que le relais qu'il commande est hors-fonction (on ne peut pas dire décollé vu que cela dépend du type de relais utilisé). Dans ces conditions, la LED D5 est éteinte.

Après réception, 4 fois à la suite, du code correct, la sortie REC/TR passe au niveau bas. En l'absence de réception de données valides la sortie repasse au niveau haut, basculement qui se traduit par le déclenchement des 2 multivibrateurs monostables IC6a et IC6b. La sortie de IC6b envoie alors une impulsion

d'horloge au flip-flop IC1a, entraînant ainsi le basculement de ce dernier. T1 est mis en conduction activant ainsi le relais; simultanément on voit s'illuminer la LED D5. IC6a possède une durée de pseudo-période très courte. Comme la sortie inverseuse de ce multivibrateur monostable, sa broche 7, est reliée à l'entrée de déclenchement de IC6b, sa broche 11, on évite ainsi toute réaction de IC6b à une nouvelle impulsion de déclenchement appliquée à son entrée – ceci pour éviter que IC6b ne soit déclenché par les données que le récepteur ne tardera pas à renvoyer.

Parallèlement à la commutation de IC1a, IC6b produit également un basculement du niveau appliqué à l'entrée de mode de IC5, de sorte que ce dernier commence par émettre son code d'adresse propre. La porte NON-ET (NAND) à trigger de Schmitt IC4c fournit le niveau logique pour l'entrée DS11. Pendant la durée de maintien au niveau haut de IC6b le niveau présenté par la sortie de cette porte dépend de la situation de la sortie de la bascule bistable IC1a et partant de la position du relais.

Si IC4c fournit un « 0 » cela signifie que le relais est activé. Un « 1 » indique une désactivation du relais – on retrouve ici la même logique « négative » que dans le cas des cavaliers de définition de l'adresse. Cette technique permet d'indiquer à l'émetteur dans quel état de commutation se trouve le récepteur. On a émission du train d'impulsions de IC5 un certain nombre de fois jusqu'à ce que soit écoulée la pseudo-période de IC6b. Pendant le dit intervalle le transistor T2 est passant, de manière

à éviter que les signaux émis ne soient réinjectés à l'entrée REC/TR de IC5. À la fin de la pseudo-période IC5 repasse en mode « réception ».

Moduler/démoduler

Le schéma du récepteur comporte un composant que nous retrouverons dans l'émetteur, le NE5050, circuit intégré s'occupant de la modulation et de la démodulation de signaux numériques. Ce composant a été conçu spécialement pour les applications à liaison bifilaire telles celles faisant appel au réseau secteur. Le synoptique de ce composant repris en figure 4 en représente la structure interne. Le côté « émetteur » comporte, entre autres, un oscillateur Colpitts, un commutateur marche/arrêt pour la porteuse et un tampon de ligne. Côté « récepteur » nous découvrons un amplificateur d'entrée, un limiteur, un décodeur d'amplitude, un filtre d'impulsion et une bascule SR. Le NE5050 utilise le code ASK où chacun des 2 niveaux logiques est émis à une amplitude différente. On pourra penser que la dénomination d'ASK est un bien grand mot pour qualifier la technique mise en oeuvre ici, vu que le circuit intégré fait, selon le cas, appel ou non à une porteuse – amplitude maximale ou absence d'amplitude pourrait-on, en fait, dire.

La fréquence de l'oscillateur d'émission, 110 kHz dans le cas présent, est définie par la valeur attribuée aux condensateurs C5 et C6 et aux caractéristiques du transformateur Tr2. La porteuse générée par le driver de ligne est commutée par le signal numérique appliqué à la broche 19 (TXIN) de IC2. Le signal de sortie du driver de ligne, broches 15 et 17 est transmis, via une paire de résistances de 10 Ω, un filtre passe-bas (L1, pour l'élimination des harmoniques de rang élevé), un adaptateur d'impédance, R2, et un condensateur de couplage, C3, à un transformateur d'isolement spécial, Tr1, qui envoie à son tour le signal ASK sur les lignes du réseau-secteur.

Associé au transformateur le condensateur C2 constitue un filtre passe-bande ayant une fréquence centrale de l'ordre de 110 kHz. Le reste des composants joue un rôle lors de la réception. C1 produit une réduction sensible de la fréquence de 50 Hz, processus qui évite des problèmes au récepteur du circuit du modem. Les diodes zener D1 et D2 montées en tête-bêche limitent le signal capté en réception et éliminent les crêtes parasites véhiculées par le secteur. Les types de diodes

mentionnés sur le schéma ont des diodes de suppression de tensions transitoires présentant une réaction rapide aux crêtes parasites; il ne saurait donc être question d'utiliser, vu la fonction à remplir, des diodes zener ordinaires. Le signal capté est appliqué, après un éventuel écrêtage, à l'entrée RXIN (broche 20). À l'intérieur du circuit il attaque un filtre passe-bande dont la fréquence de coupure supérieure est fixée à 300 kHz, la fréquence de coupure inférieure étant définie par la valeur du condensateur C11. On trouve, entre l'amplificateur d'entrée et le détecteur, un autre filtre passe-bande constitué par la paire C10/Tr3.

Le signal poursuit son bonhomme de chemin et passe par un filtre passe-bas dont fait partie C9. À l'intérieur du bloc AM REJECTOR on a suppression des résidus de la porteuse de 110 kHz. Au cours de ce processus on a stockage dans le condensateur C8 du niveau moyen de la tension continue. En aval du comparateur le condensateur C7 élimine les derniers crêtes parasites que pourrait comporter le signal une bascule bistable (FLIPFLOP) interne peaufinant une dernière fois les flancs du signal avant de transmettre les données, via la broche 11 (RXOUT), à IC5 (ligne DATA < 5050).

L'alimentation nécessaire au récepteur est tout ce qu'il y a de plus classique. Un petit transformateur d'une puissance de 1,8 VA fournit une tension alternative de 15 V qui, après redressement via les diodes D6 à D9 et lissage par le condensateur C13, est stabilisée à 12 V par l'intermédiaire du régulateur intégré IC3. Comme la tension d'alimentation maximale admissible par le circuit intégré IC5 est inférieure à cette valeur, on l'abaisse, via la paire R7/D4, à une valeur de +9 V, la dite tension servant à l'alimentation des circuits intégrés numériques, IC1, IC4 à IC6.

La réalisation du récepteur

L'électronique du récepteur prend place dans un boîtier à fiche et prise secteur incorporées. Attention à utiliser un modèle de boîtier à filetages métalliques moulés dans la masse tel celui mentionné dans la liste des composants, ceci de manière à garantir une fixation solide des platines. L'ensemble du montage doit prendre place dans un boîtier en plastique vu la présence en divers endroits, du potentiel de la tension du secteur. Cela est dû au fait que le transforma-

teur d'isolement utilisé, Tr1, ne garantit pas d'isolation galvanique par rapport au secteur. L'électronique est répartie sur 2 platines dont on retrouve la représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants en figure 5.

Cette répartition reprend très exactement celle du schéma de la figure 2. Le premier circuit imprimé reçoit le circuit intégré du modem, les transformateurs et le relais, la seconde platine étant occupée par le « numérique ». Comme l'illustrent les photographies de la figure 7, il faudra découper 2 des 4 coins de chaque platine, ceci en vue de permettre la

fermeture ultérieure du boîtier. Vu le peu d'espace disponible pour l'implantation des composants certains d'entre eux, les résistances et les diodes (zener), sont implantées verticalement. Il faudra prévoir des supports pour les circuits intégrés qui y prendront (ultérieurement) place. Certaines étapes du réglage du récepteur se font en effet sans circuit intégré dans les supports.

Attention à bien couper les queues des composants côté « pistes » de la platine du « numérique » pour ne pas avoir de problème de fermeture du boîtier. La LED dépasse quelque peu (± 7 mm) le plan horizontal défini

Liste des composants du récepteur

Résistances :

R1 = 47 k Ω
R2 = 47 Ω
R3, R4 = 10 Ω
R5, R6, R10 = 5 k Ω
R7 = 180 Ω
R8 = 3 k Ω
R9, R11 = 4 k Ω
R12 = 22 k Ω
R13 = 10 k Ω
R14 = 180 k Ω
R15 = 1 M Ω
R16 = 470 k Ω

Condensateurs :

C1 = 470 nF/220 V (630 V=)
C2 = 6nF8 MKT au pas de 5 mm
C3 = 470 nF MKT au pas de 5 mm
C4, C8, C12, C18, C20 = 100 nF MKT ou Sibatit au pas de 5 mm
C5, C10 = 2nF2 MKT au pas de 5 mm
C6 = 10 pF
C7 = 4nF7 MKT au pas de 5 mm
C9 = 4nF7
C11 = 10 nF
C13 = 220 μ F/35 V radial
C14 = 10 μ F/16 V radial
C15, C17, C19 = 10 μ F/16 V
C16 = 220 pF styroflex

Bobines :

L1 = 390 μ H

Semi-conducteurs :

D1, D2 = BZT03/C15 (Philips)
D3 = 1N4148
D4 = diode zener 9V1 V/1 W
D5 = LED rouge 5 mm
D6 à D9 = 1N4001
T1, T2 = BC547B
IC1 = 4013
IC2 = NE5050N (Philips/Signetics)
IC3 = 7812
IC4 = 4093
IC5 = MM53200N (National Semiconductor)
IC6 = 4538

Divers :

1 petit boîtier tel que Bopla SE 432DE

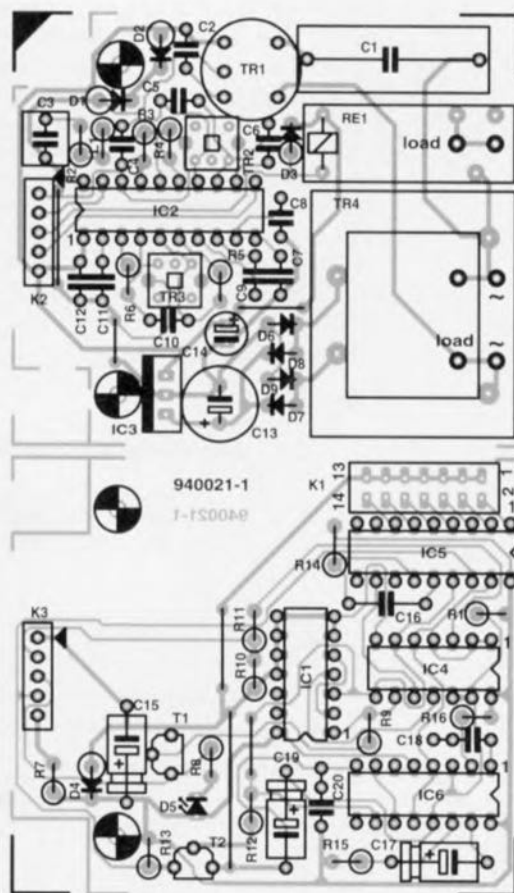


Figure 5. L'électronique de la figure 2 prend place sur les 2 platines simple face dont on retrouve ici la sérigraphie de l'implantation des composants.

K1 = embase encartable mâle à 14 broches
K2, K3 = petit morceau de câble plat à 5 conducteurs
Re1 = relais tension de bobine 12 V, 1 contact travail (tel que, par exemple, Siemens V23127-B0002-A101 ou V23057-B0002-A101 ou V23057-B0002-A102)
Tr1 = transfo T1002 (Toko 707VXT1002N)
Tr2, Tr3 = transfo 4201 (Toko LPCS4201)
Tr4 = transfo secteur, secondaire 15 V/1,8 VA (tel que, par exemple, Monacor VTR-1115, Velleman 1150018M)

par le reste des composants de manière à venir s'enficher dans l'orifice de 5 mm percé dans la demi-coquille supérieure du boîtier.

Il ne saurait être question, pour des raisons de sécurité, d'utiliser une LED de 3 mm !

L'interconnexion des 2 platines se fait par l'intermédiaire d'un petit morceau de câble plat à 5 conducteurs; l'extrémité de cette liaison allant à la platine supérieure sera introduite (et soudée) côté « pistes » du dit circuit imprimé. On implante 3 picots côté « pistes » de la platine du modem avant de les souder en place. Ces 3 picots recevront, les connecteurs du secteur en respect du plan de câblage de la **figure 6**. On utilisera de préférence des picots en équerre à double point de fixation pour ces points de fixation. On peut également envisager l'utilisation de picots du type « poignard » que l'on repliera à l'équerre avant de les fixer solidement aux endroits prévus (attention à éviter les efforts mécaniques importants). On utilise ensuite 2 morceaux de conducteur isolé

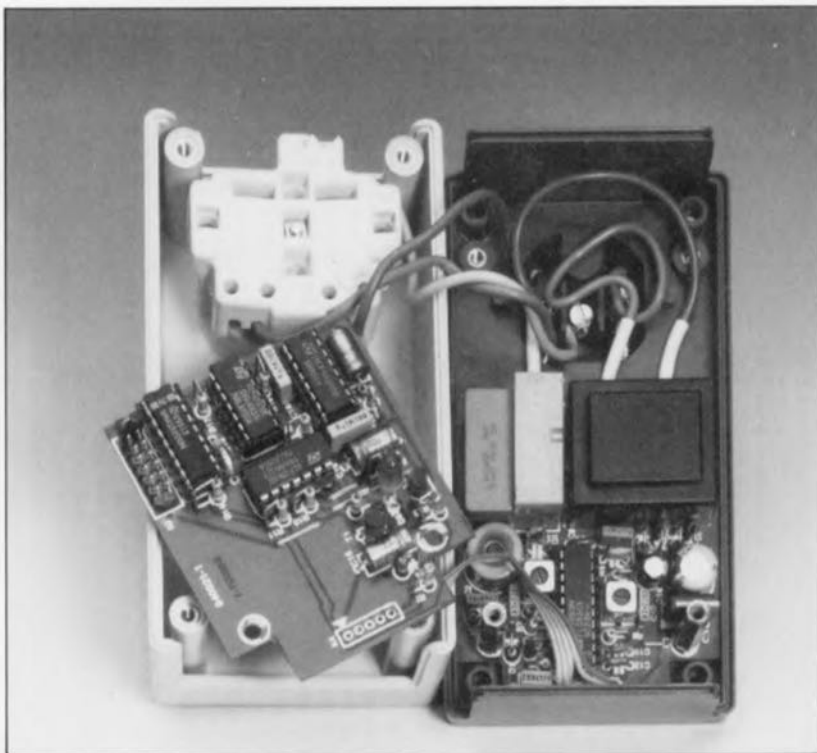


Figure 7. Ces photographies montrent éloquentement la disposition à donner aux platines du récepteur. On commence, photo ci-dessus, par fixer la platine du modem dans le fond du boîtier avant, photo ci-contre, de monter la seconde platine, celle de l'électronique numérique, sur les entretoises ayant servi à la fixation de la première.

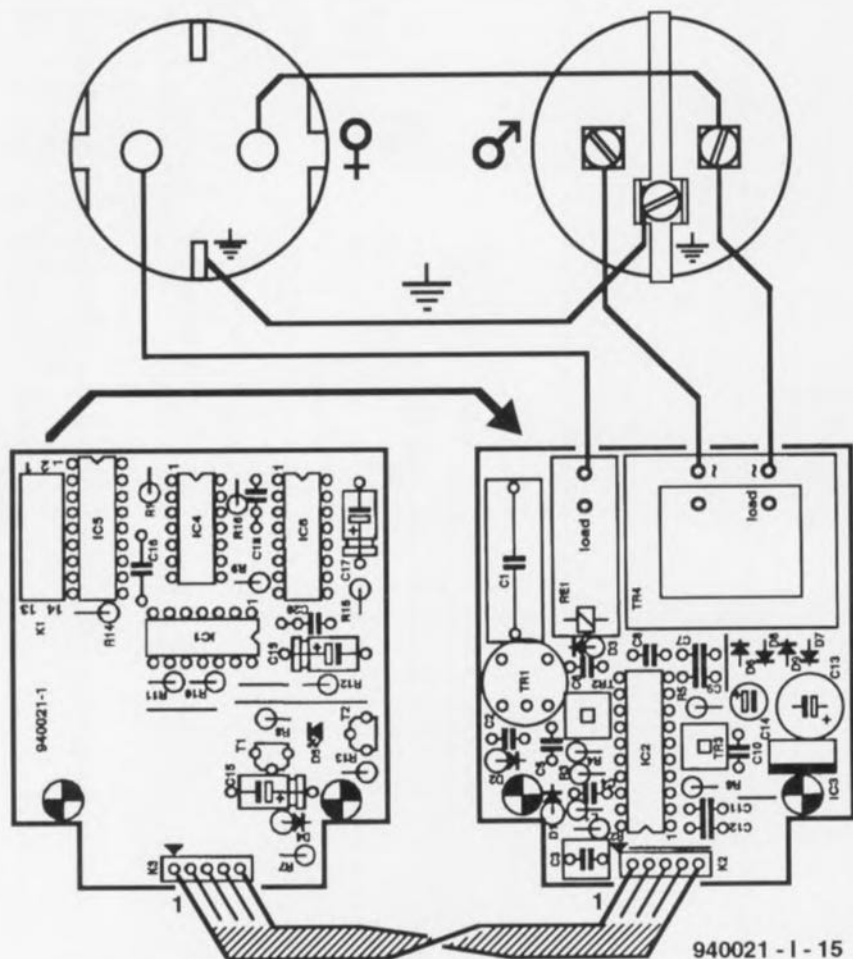
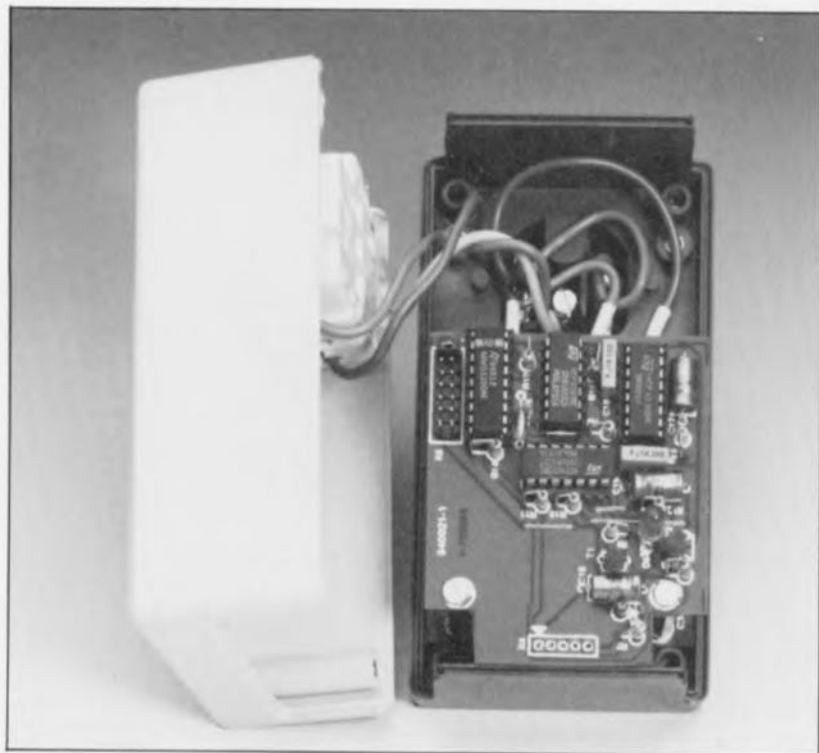


Figure 6. Ce plan de câblage montre le câblage à « poser » entre les fiche et prise secteur incorporées, la platine de l'alimentation et les platines entre elles.

d'une longueur comprise entre 5 et 10 cm pour effectuer le câblage (le cas échéant l'aide d'oeillets de soudage) entre les 2 bornes actives de la fiche secteur (identifié sur la plan de câblage par le symbole mâle ♂) et les picots placés sous le transformateur secteur présent sur la platine du modem. On prolonge la liaison en provenance de la connexion extérieure du transformateur et arrivant à la fiche secteur par la mise en place d'un conducteur allant jusqu'à l'un des contacts « chauds » (donc pas la terre) de la prise secteur incorporée dans la demi-coquille supérieure du boîtier. Le dernier picot, placé sous le relais est lui relié à la borne active de la prise secteur (identifiée en figure 6 par le symbole femelle ♀) restée libre. Il faut ensuite poser un conducteur entre les 2 connexions de terre de la prise et de la fiche secteur. Le plan de câblage de la figure 6 devrait éliminer tout risque d'erreur. N'hésitez pas à doter, comme l'illustrent les photos ci-contre, les conducteurs d'un petit morceau de gaine thermorétractable. La sécurité avant tout.

Il est temps maintenant de visser les platines dans le boîtier. Le circuit imprimé du modem (avec le transformateur TR4) prend place dans le fond de la demi-coquille inférieure où sa fixation se fait à l'aide d'une paire d'entretoises métalliques de 25 mm dotées à leurs extrémités



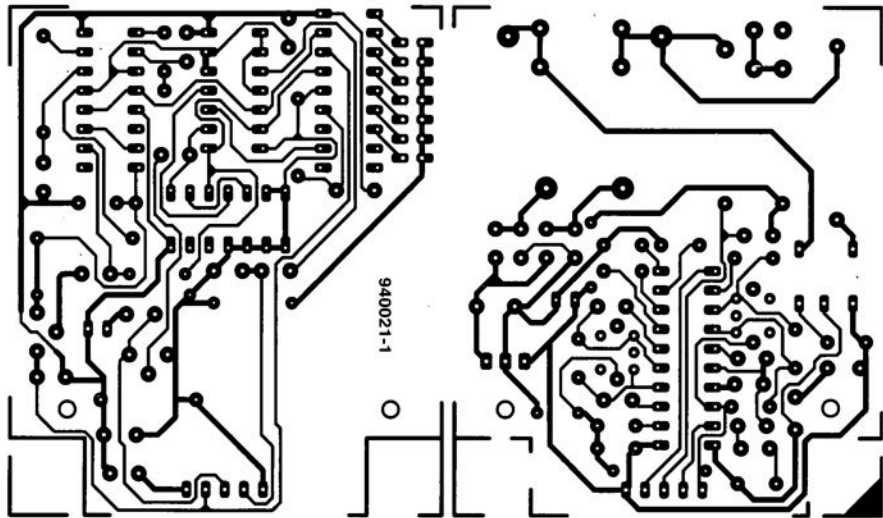
d'un filetage respectivement mâle et femelle. Le filetage mâle viendra se visser dans les « écrous » moulés dans le fond du boîtier. On positionne ensuite le second circuit imprimé sur les 2 filetages femelles des entretoises et on le fixe à l'aide d'une paire de vis de type M3. Ce circuit doit pratiquement « reposer » sur l'enveloppe extérieure du relais. On pourra prévoir, le cas échéant, l'une ou l'autre rondelle de façon à obtenir l'espacement requis. **Un** image vaut

plus que 1 000 mots a, paraît-il, un jour, dit Confucius, alors pourquoi ne pas jeter un coup d'oeil aux 2 photographies de la figure 7. Il ne saurait être question, pour le moment, de mettre le récepteur dans une prise secteur, sachant qu'il nous auparavant procéder à son réglage, processus auquel nous reviendrons dans le second article consacré à MAJORDOME, article publié le mois prochain. Il nous faut en effet, pour cela, disposer de l'émetteur.

Peu de parasites ... si niveau d'énergie faible

Tout appareil utilisant le réseau-secteur pour la communication doit répondre à la norme européenne EN50065-1. Comme la plupart de ces normes, cette norme est relativement complexe, son examen permettant cependant d'effectuer les déductions suivantes. Pour les applications domestiques le signal appliqué entre les lignes du secteur doit avoir une puissance maximale de 116 dBuV (631mV). Cette puissance doit être inférieure à 110 dBuV (316mV) lorsqu'elle est mesurée entre les lignes du secteur et la masse. L'impédance prescrite est ici de 50Ω. La quantité de rayonnement parasite produite ne doit pas dépasser 57dBuV (0,7mV) pour la troisième harmonique. D'après cette norme, le domaine de fréquences compris entre 95 et 125kHz est libre pour la communication via le réseau-secteur sans protocole. Nous avons, dans l'application présente, opté pour une fréquence se situant au milieu du dit domaine, à savoir de l'ordre de 110kHz. Dans la pratique ces normes signifie qu'il est permis d'appliquer au réseau-secteur une très faible énergie d'émission seulement. Ceci implique de disposer d'un récepteur sensible et d'éliminer de façon efficace les signaux parasites et la fréquence de 50Hz du secteur. Il est en outre fait appel à un protocole impliquant l'émission répétée des instructions de commutation; côté récepteur on procède, à titre de vérification additionnelle à une comparaison répétée et réciproque des codes reçus. Le respect de la dite norme présente l'inconvénient de voir des appareils générateurs de niveaux de parasites élevés, être la source de problèmes lors de la transmission de codes de commutation. Il peut ainsi se faire que l'alimentation à découpage d'un ordinateur place tant de parasites sur le secteur que la transmission en subisse une gêne importante voire la rende impossible.

Dans le second article nous nous intéresserons donc à l'émetteur, au logiciel nécessaire au fonctionnement de l'ensemble, ainsi qu'au réglage des 2 composantes de ce système. **K**



U-PIC

et tutti quanti

cours de programmation

pour PIC 16C5x

du matériel et du logiciel

1^{re} partie: introduction

Depuis l'apparition sur le marché des microcontrôleurs de la famille PIC, dont la puissance est (presque) inversement proportionnelle à la taille, réaliser des montages qui, il n'y a pas si longtemps encore, demandaient une électronique discrète très complexe, est (quasiment) devenu un jeu d'enfant. C'est surtout dans les domaines de la technique de mesure et de la commande de machines que l'on utilise ces petits contrôleurs quasi-omnipotents. Ce sont en particulier les circuits logiques fonctionnant à base de temps (durée) ou d'impulsions comptées, et réalisés à l'aide de composants logiques standard qui prennent inévitablement des dimensions monstrueuses et une complexité redoutable. Un microcontrôleur cependant est prédestiné à ce genre de tâches. Parmi les différents microcontrôleurs, la famille des PIC16C5x occupe une niche bien protégée. C'est très exactement pour cette raison que nous vous proposons ce minicours de programmation pour PIC&Cie. Tout au long de ce cours nous allons nous intéresser, dans le détail, et au côté matériel de ces composants et à leur programmation.

La famille des PIC 16C5x a été développée par la société américaine Arizona Microchip Technology. Il s'agit en fait d'une famille de microcontrôleurs, réalisée en technologie CMOS et disposant d'une mémoire de programme et de données interne. La mémoire de

programme se distingue par une largeur de mot de 12 bits (donc notablement supérieure à la largeur habituelle de 8 bits, utilisée par la quasi-totalité des autres contrôleurs). La capacité de la mémoire de programme et de la mémoire de données dépend du type

de contrôleur utilisé (cf. à ce sujet le cadre des caractéristiques de la famille des PIC accompagnant l'article consacré à la réalisation du **programmeur de PIC** du mois dernier).

La conception statique du contrôleur permet d'abaisser la fréquence d'horloge jusqu'au niveau de la « tension continue ». L'avantage principal de la largeur de mot de 12 bits est le fait que la quasi-totalité des instructions **avec** leur opérande se limite à un seul mot. Le contrôleur dispose de 33 instructions faciles à apprendre. À l'exception de certaines instructions de saut, elles permettent un traitement en un unique cycle-machine.

Ceci explique pourquoi Microchip range ses PIC 16C5x parmi la famille des processeurs RISC. L'abréviation RISC signifie **Reduced Instruction Set Computer**, un type de processeur fonctionnant avec un set compact (réduit en nombre) d'instructions rapides dont l'exécution se fait en un seul cycle-machine.

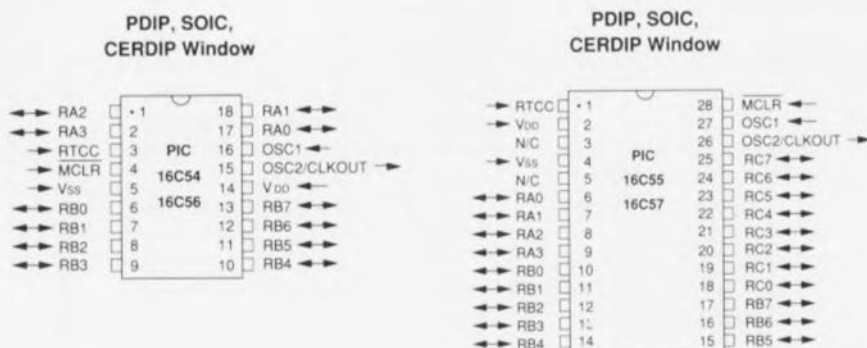
Les différents contrôleurs PIC se distinguent non seulement par la capacité de leur mémoire, mais également par le nombre de lignes d'Entrées/Sorties (Input/Output d'où le I/O fréquemment rencontré) et par le type d'oscillateur dont ils sont dotés. Le boîtier dans lequel est logée l'électronique des contrôleurs constitue un autre point par lequel se différencient les membres de la famille des PIC (voir **figure 1**).

À l'examen des boîtiers de ces divers composants la différence la plus évidente est sans aucun doute, outre la couleur (noire pour le plastique et violacée pour la céramique) la présence – ou l'absence bien entendu – d'un petit « hublot » de quartz. Le modèle à programmation unique, baptisé OTP (**One Time Programmable**), ne possède pas de fenêtre (étant donné qu'il n'est pas prévu de pouvoir effacer le contenu de sa mémoire de programme). On en déduira que dans le cas des contrôleurs possédant une fenêtre au contraire, il est donc possible d'effacer leur mémoire de programmation à l'aide de rayonnement ultra-violet.

Tous les contrôleurs PIC possèdent une protection interdisant la recopie du programme y ayant été programmé. Si l'on active cette option il est donc impossible de lire le code que comporte un contrôleur programmé.

Le matériel interne

Les contrôleurs se caractérisent tous par une architecture Harvard. Ceci signifie que les bus de la mémoire de données et



940062 - I - 11

Figure 1. Les processeurs PIC sont disponibles sous la forme d'un boîtier à 20 ou à 28 broches. La version à programmation unique, OTP, ne possède, bien évidemment, pas de fenêtre d'effacement de programme.

Tableau1. L'effet des différentes instructions sur les bits d'adresse.

Bit d'adresse du registre PC	Instruction		Instruction PC
	GOTO	CALL	
A10	bit 6 de f3	bit 6 de f3	bit 6 de f3
A9	bit 5 de f3	bit 5 de f3	bit 5 de f3
A8	direct de l'instruction	toujours 0	toujours 0
A7 à A0	direct de l'instruction	direct de l'instruction	de l'ULA

rieure du bloc de mémoire (A8 = 0) l'usage d'instructions ayant une influence sur le déroulement du programme. Dans le cas d'un PIC 16C56 ou d'un PIC 16C57 il faudra de plus faire en sorte que les bits 5 et 6 du registre f3 (STATUS) présentent la valeur correcte. Le contenu de ces bits ne s'adapte pas automatiquement si le logiciel saute d'un banc à un autre. C'est l'utilisateur qui devra s'en charger.

La mémoire de données, register-file

La société Microchip a attribué le nom de *register-file*, RF, (fichier de registre) à la mémoire de données interne des PIC. Le choix de ce nom n'est pas dû simplement au hasard.

Sous le terme de registre le fabricant entend un emplacement en mémoire que l'ULA peut adresser directement. Étant donné que, dans le cas des PIC, n'importe quel emplacement en mémoire de données est directement accessible, le nom « registre » est très approprié. Le qualificatif « *file* » (fichier) pourrait se traduire par « ensemble » et le nom de *register-file* est donc parfaitement logique.

La figure 4 donne une vue générale du *register-file*. On peut le subdiviser en registres opérationnels (*operational registers*), registres d'E/S (*I/O registers*)

et registres d'usage général (*general purpose registers*).

Les registres opérationnels servent à la commande du contrôleur ou à la mise à la disposition du programme de résultats de certaines actions.

À l'aide des registres d'E/S on obtient accès aux différents ports.

Les registres d'usage général servent, pour finir, au stockage de données.

Vus sous l'aspect utilisateur, le comportement de ces trois types de registres est identique. Nous allons, dans les paragraphes à suivre, examiner ces différents registres et leur mode de fonctionnement.

Registres opérationnels

Registre f0, Indirect Data addressing

(adressage de données indirect)

Ce registre permet au programmeur d'accéder, de façon indirecte, aux données. Cet accès résulte de la coopération avec le registre FSR dont la description suivra plus tard. Le contrôleur traite une instruction d'écriture ou de lecture vers le registre f0 de façon à qu'il en résulte un adressage de l'emplacement dont l'adresse est comprise dans le registre FSR.

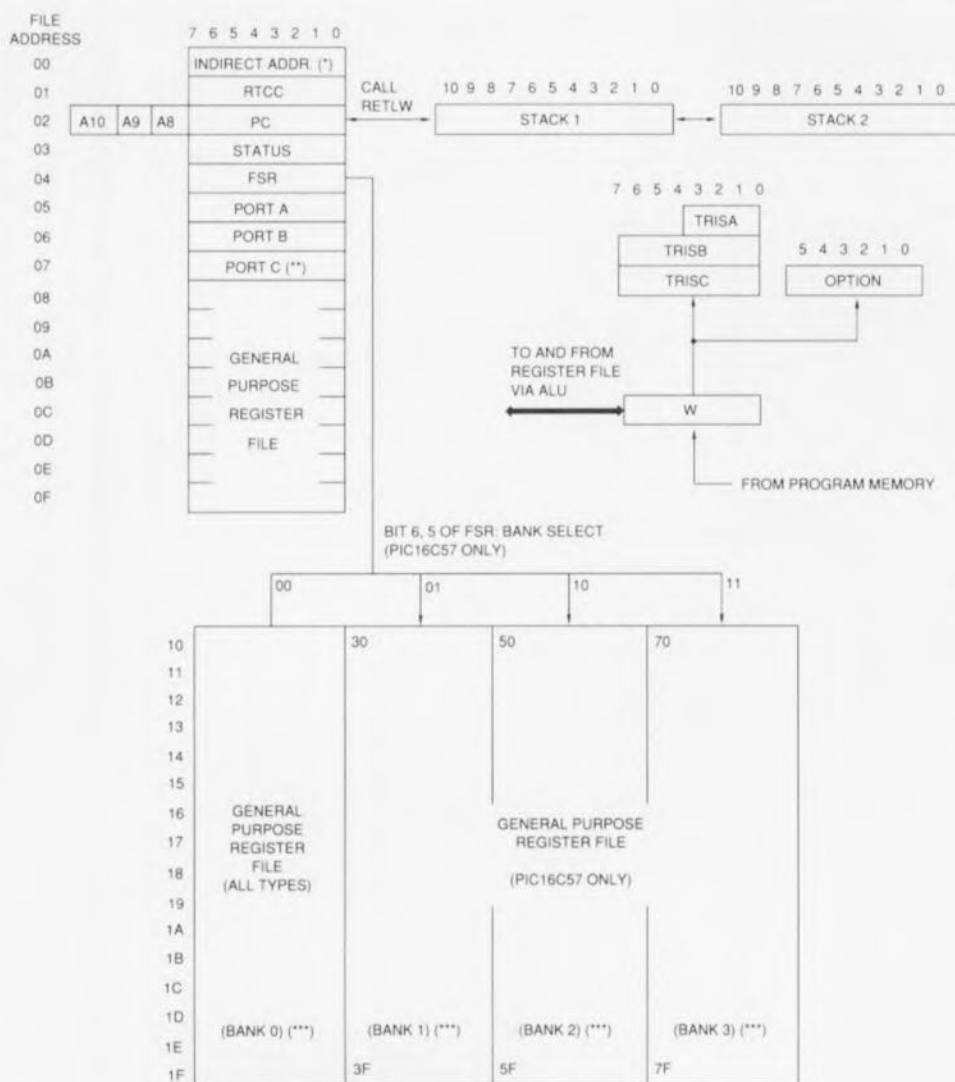
La combinaison du registre f0 et du registre FSR permet de travailler avec les différents domaines de mémoire d'une manière très compacte. Dans le cas banal où le registre f0 se voit adressé indirectement par une instruction d'écriture (le registre FSR présente donc la valeur 00_{HEX}), il se produira une instruction de lecture ayant 00_{HEX} comme résultat. En d'autres termes : l'instruction d'écriture sera annulée.

Registre f1, RTCC (Real Time Clock/Counter)

(horloge/compteur en temps réel)
On pourra comparer ce registre à un emplacement de données en mémoire, un emplacement dont le contenu est incrémenté continuellement à l'aide d'un signal d'horloge. Ce signal d'horloge peut être appliqué de façon externe sur l'entrée RTCC ou dérivé, à l'intérieur du processeur, de l'oscillateur d'horloge utilisé par le contrôleur. La présence (et l'activation, bien entendu) d'un prédiviseur permet de réduire la valeur de la fréquence du signal d'horloge. Dans le paragraphe consacré au chien de garde nous fournirons une description complète de ce principe.

Registre f2, PC (Program Counter)

(compteur de programme)
Le *Program Counter* ou compteur ordinal génère l'adresse requise par la mémoire de programme. En fonction du type de PIC utilisé, les huit bits seront



(*) NOT A PHYSICALLY IMPLEMENTED REGISTER.

(**) FILE 17 IS A GENERAL PURPOSE REGISTER ON THE PIC16C54/C56.

(***) BANK 0 IS AVAILABLE ON ALL MICROCONTROLLERS WHILE BANK 1 TO BANK 3 ARE ONLY AVAILABLE ON THE PIC16C57.

940062 - I - 14

Figure 4. Le fait que la mémoire de données fasse appel à des bancs explique que son fonctionnement soit relativement complexe. Le registre FSR joue ici un rôle-clé.

Tableau 2. La largeur du compteur ordinal (PC) et des piles.

Contrôleur	PC et piles
PIC 16C54	9 bits (A8)
PIC 16C55	9 bits (A8)
PIC 16C56	10 bits (A8,A9)
PIC 16C57	11 bits (A8,A9,A10)

complétés, dans le registre, par trois bits supplémentaires, à savoir A8, A9 et A10 (voir **tableau 2**). À la fin de l'exécution d'une instruction, le compteur de programme sera, en général, incrémenté (augmenté de 1). Il existe cependant des instructions qui nécessitent une approche différente :

• GOTO

Lors de l'exécution d'une instruction GOTO (aller à) les bits A0 à A8 sont lus directement et les bits d'adresse A9 et A10 sont pris en compte via les bits 5 et 6 du registre d'état (*status register*). Lors du développement d'un programme pour les PIC 16C56 et 16C57 il faudra faire en sorte que le registre d'état soit chargé correctement.

• CALL

L'instruction CALL (appel) est différente de l'instruction GOTO dans le sens que le bit A8 est invariablement à zéro

(0). Cette observation mène à la conclusion évidente que la portée d'une instruction CALL est limitée.

Toutes les autres instructions d'écriture vers le compteur ordinal fonctionnent de la même façon que l'instruction CALL : elles effacent A8 et lisent les bits A9 et A10 dans le registre d'état.

Registre f3, Status Word Register (registre de mot d'état)

Dans ce registre de mot d'état les bits 0 à 2 (les indicateurs – ou *flags* en bon « français » – C, DC et Z) indiquent l'état d'une opération arithmétique dans l'ULA. Le bit 3 (l'indicateur PD) et le bit 4 (indicateur TO) rendent l'état de remise à zéro (*reset-status*). Les bits 5 (PA0) et 6 (PA1) font office de bits auxiliaires (A9 et A10) lors d'une opération dans le compteur de programme (instructions CALL, GOTO, ...).

Dans le cas d'une instruction d'écriture à 8 bits de largeur vers le registre les bits 3 et 4 restent intacts.

Si l'on utilise ce registre pour indiquer le résultat d'une opération arithmétique, il faudra veiller, à la fin de l'exécution de l'opération arithmétique, à bien activer les bits d'état. Il est recommandé de n'utiliser que les instructions BCF, BSF et MOVWF – des instructions qui n'ont donc pas d'influence sur le bit d'état – pour approcher ce registre.

Registre f4, FSR (File Select Register) (registre de sélection de fichier)

Dans le cas du PIC 16C57 la fonction du registre de sélection de fichier, f4, est différente de celle pour les autres membres de la famille des PIC. Pour les PIC 16C54/C55 et C56 les bits 0 à 4 déterminent l'adresse des registres lors d'une instruction indirecte via le registre f0. Les bits 5 à 7 sont toujours « 1 ». Si, dans la programmation, on fait appel à un adressage indirect, on pourra utiliser le registre f5 comme registre de données avec une largeur de 5 bits.

Dans le cas d'un PIC 16C57 les bits 5 et 6 déterminent le banc de registre actuel des registres à utilisation générale. Ceci est valable dans le cas d'un adressage direct et indirect. On notera que cela n'est valable que pour les adresses de registre comprises entre 10_{HEX} et 1F_{HEX}. Les adresses de 0_{HEX} à 0F_{HEX} pointent toujours vers les mêmes registres. Finalement il faudra noter que le bit 7 est invariablement à « 1 ».

Dans la seconde partie de ce mini-cours de programmation nous nous intéresserons au côté matériel du processeur et à la technique de combinaison de ce matériel avec le logiciel. ◀

Tableau 3. Fonctions des différents bits du registre f3.

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
PA2	PA1	PA0	TO	PD	Z	DC	C
Bit	Fonction						
PA2	à libre disposition, réservé aux applications futures*						
PA1	bits de sélection de page						
PA0	PIC 16C54/C55						
		PA1 et PA0		à libre disposition*			
	PIC 16C56						
		PA0		0 = banc 0 (000 _{HEX} à 1FF _{HEX})			
	1 = banc 1 (200 _{HEX} à 3FF _{HEX})						
		PA1		à libre disposition*			
	PIC 16C57						
		PA1/PA0		00 = banc 0 (000 _{HEX} à 1FF _{HEX})			
	01 = banc 1 (200 _{HEX} à 3FF _{HEX})						
	10 = banc 2 (400 _{HEX} à 5FF _{HEX})						
11 = banc 3 (600 _{HEX} à 7FF _{HEX})							
TO	Time-Out-bit (bit de dépassement de temps mort)						
	Lors du cycle de mise sous tension CLRWRT et SLEEP mettent ce bit à « 1 ». Un dépassement du temporisateur de chien de garde fait passer ce bit à « 0 ». Toutes les autres instructions n'ont pas d'influence sur ce bit.						
PD	Power-Down-bit (bit de mise hors tension)						
	Ce bit est mis à « 1 » par CLRWRT lors du cycle de mise sous tension. Une instruction SLEEP (sommeil) se traduit par la remise à zéro de ce bit. Toutes les autres instructions n'ont pas d'effet sur ce bit.						
Z	Zero-bit (bit zéro)						
	Dans le cas où le résultat d'une opération arithmétique est 00 _{HEX} , ce bit est mis à « 1 ».						
DC	Digital Carry/Borrow-bit (bit de retenue/d'emprunt numérique)						
	Le bit de retenue/d'emprunt (bit 3) du résultat d'une instruction ADDWF et SUBWF.						
C	Carry/Borrow-bit (bit de retenue/d'emprunt)						
	Bit de retenue/d'emprunt (bit 7) du résultat d'une instruction ADDWF et SUBWF. Ce bit est utilisé également dans le cas d'une instruction RRF et RLF.						

* si l'on veut que l'application reste opérationnelle dans des systèmes futurs, il ne faudra pas utiliser ces bits.

Tableau 4. Valeur de TO et PD après accomplissement des différentes fonctions.

Fonction	TO	PD
Mise sous tension	1	1
Dépassement de temps mort du WDT	0	X
Instruction SLEEP	1	0
Instruction CLRWDT	1	1
X = indifférent		
WDT = WatchDog Timer, temporisateur de chien de garde		

Tableau 5. Valeur de TO et PD après une remise à zéro.

RAZ générée par	TO	PD
Fin de mode SLEEP par le WDT	0	0
Dépassement de temps mort du WDT (hors du mode SLEEP)	0	1
Fin de mode SLEEP par RAZ externe	1	0
Mise sous tension	1	1
Niveau « 0 » sur une entrée externe	X	X
X = l'état de TO et de PD ne change pas		
L'état des bits TO et PD ne sera changé que suite à l'un des événements cités en tableau 4.		

le mois prochain

Nous prévoyons de vous proposer :

- Une sonde différentielle,
- Majordome, 2^e partie : l'émetteur et le logiciel,
- Un amplificateur pour casque d'écoute Hi-Fi,
- Un voltmètre efficace vrai pour applications audio,
- Un convertisseur parallèle-série et série-parallèle,
- µ-PIC et tutti quanti, 2^e partie,
- Un baromètre,
- Un fondu-enchaîné semi-automatique,

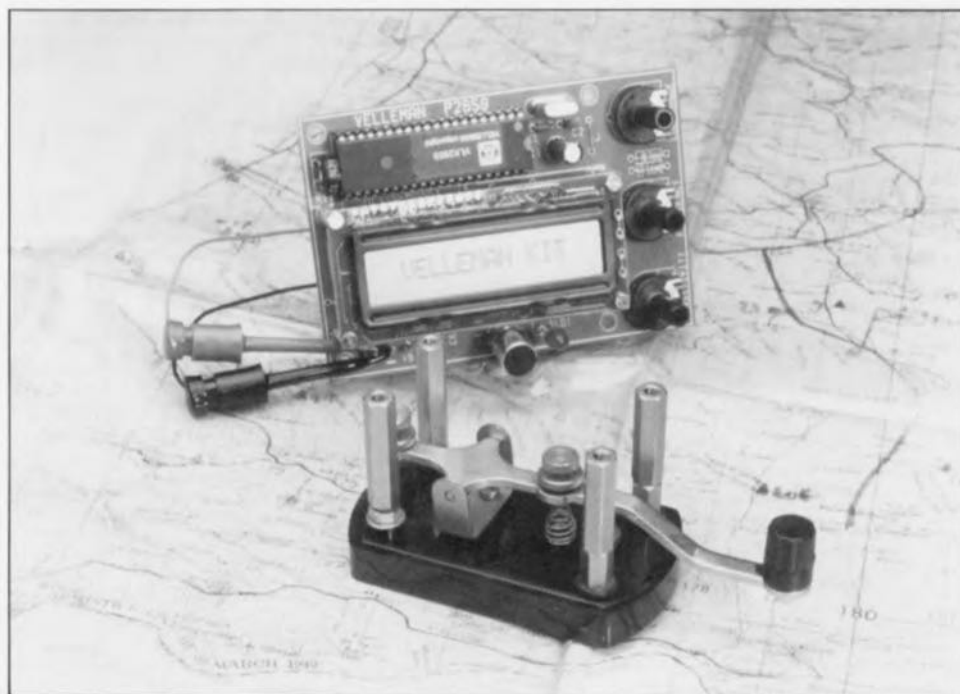
Et bien d'autres choses, mais ne nous demandez pas de mettre tout cela dans le même numéro, nous n'y arriverons pas en dépit de toute notre bonne volonté...

description d'un kit Velleman

décodeur de morse

du bip au caractère

projet : © '94 Velleman N.V.



On les entend encore régulièrement, ces incomparables bips courts et longs, utilisés pour le transfert, via les éthers, de messages de toutes sortes. En dépit des progrès fulgurants qu'a connu le monde de la communication, la technique de liaison faisant appel au code morse a survécu. Le décodeur de morse, décrit dans les paragraphes à suivre, permet de transformer automatiquement les bips cryptiques sortant du haut-parleur d'un récepteur de communication en un texte lisible.

Le code morse – ou télégraphique – est un moyen de communication développé à une époque où la transmission – sans fil – de paroles sur des distances importantes était tout simplement impossible, voire si cela n'était pas aussi catastrophique, au

moins peu fiable. La conception d'un émetteur capable de transmettre le code morse est relativement simple. Il s'agit tout simplement, résumé assez grossièrement, de mettre l'émetteur en et hors-fonction à l'aide du manipulateur. Il suffit donc d'un protocole relativement simple pour coder sous la forme d'une série de bips courts et longs « aisément » identifiables, les 26 caractères de l'alphabet.

Outre ces 26 caractères, il existe

encore des codes pour les chiffres et pour les signes de ponctuation. Si tant est que l'on dispose d'un récepteur de communication doté d'un BFO (*Beat Frequency Oscillator**) il n'est pas sorcier de capter, sur les bandes G.O. et O.C. (Grandes Ondes ou Ondes Courtes), des émissions en morse.

Pour les profanes en la matière, cette ribambelle de bips est parfaitement incompréhensible; pour les experts cependant elle ne présente plus le moindre secret. Les télégraphistes chevronnés sont capables de coder très rapidement du texte à l'aide du manipulateur, effectuant le décodage du code reçu à l'oreille tout simplement. En général, ce décodage à l'oreille dépasse les capacités de la quasi-totalité des amateurs, à moins de s'entraîner de longues heures à ce décodage. Pour eux, rien n'est plus facile de faire appel à une solution automatisée : le décodeur de morse, montage décrit dans les paragraphes ci-après.

L'électronique

La **figure 1** vous propose le schéma complet du décodeur de morse. L'électronique se laisse subdiviser en trois sous-ensembles.

Le premier, centré sur le circuit intégré IC2, sert à la conversion du signal morse analogique en un train d'impulsions numériques.

L'électronique numérique réalisée à l'aide du microcontrôleur IC1 « traduit » les impulsions numériques en un texte lisible et le visualise sur l'afficheur à cristaux liquides (l'un de ces fameux LCD « n'est-il pas ? »). Nous faisons appel ici à un afficheur à cristaux liquides capable d'afficher, simultanément, 16 caractères sur une ligne unique.

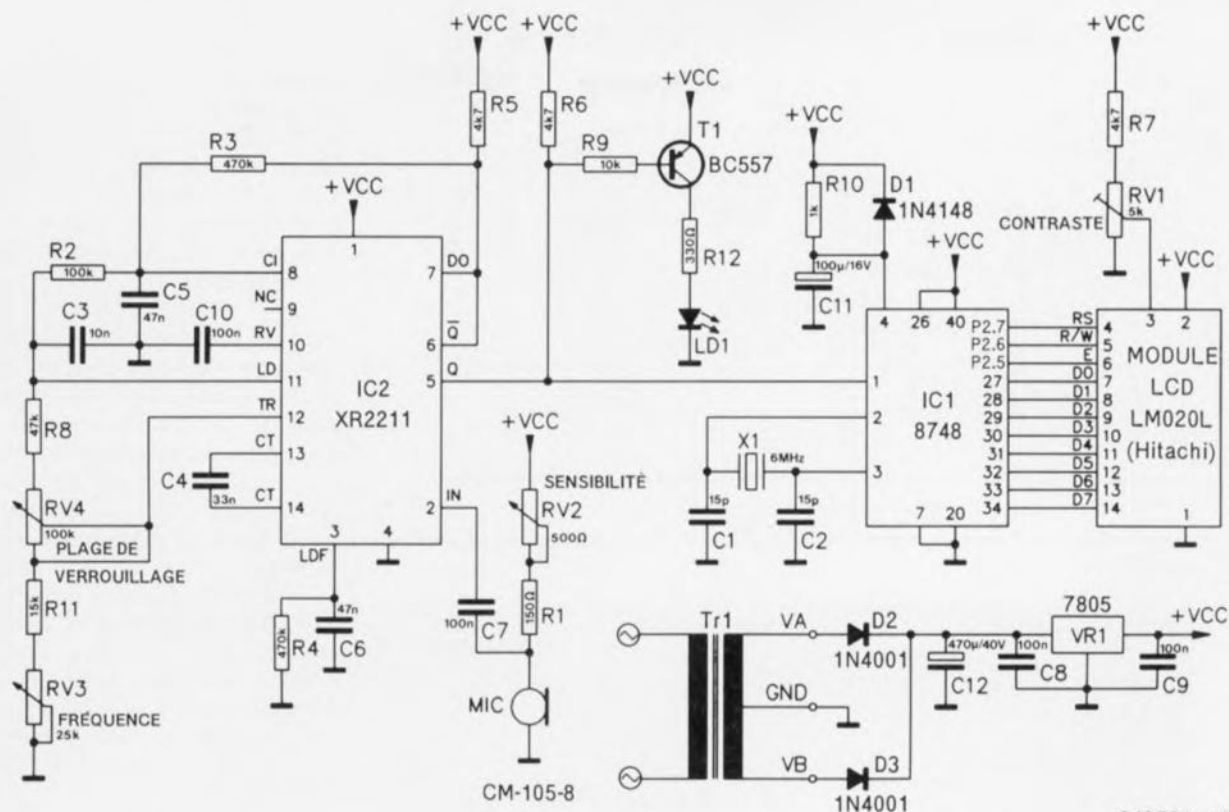
La troisième partie du montage est l'alimentation qui se compose d'un transformateur de 2 x 8 V/150 mA, d'un redresseur mono-alternance à double phase et d'un régulateur de tension 5 V. On notera qu'il est possible, pour remplacer le transformateur, de faire appel à un petit module d'alimentation-secteur fournissant une tension de 9 à 12 V (100 mA).

L'étage d'entrée du décodeur de morse est relativement simple, mais efficace ! Via un condensateur de couplage, le signal analogique, capté par le microphone, est appliqué directement à l'entrée de IC2. IC2,

* **Oscillateur de battement** : oscillateur auxiliaire incorporé notamment à un récepteur de trafic ou un radiocompas pour obtenir un signal audible par battement avec l'onde porteuse reçue lorsque celle-ci est une onde entretenue.

Caractéristiques du décodeur de code morse

- circuit imprimé de dimensions compactes,
- réalisation simple et confortable,
- fonctionnement garanti avec n'importe quel récepteur de communication,
- logiciel programmé dans un 8748,
- visualisation du texte sur un afficheur à cristaux liquides et
- disponible sous forme de kit.



949501-12

Figure 1. L'électronique complète – et relativement simple – du décodeur de morse. Grâce à l'utilisation d'un microprocesseur le montage est très compact.

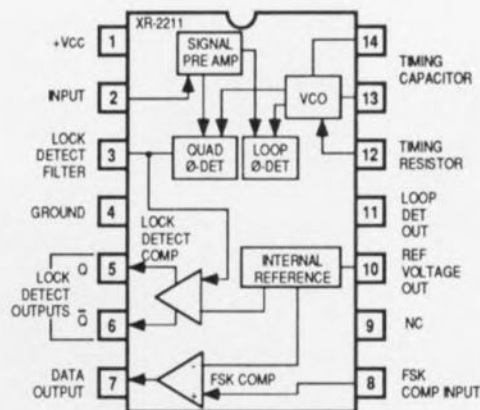
un XR2211, est un démodulateur-FSK/décodeur de fréquences vocales intégré d'Exar. Ce circuit intégré, dont la **figure 2** montre la structure interne, comporte tous les éléments nécessaires permettant l'utilisation de ce composant en tant que décodeur de fréquences vocales. Il faudra tenir compte, lorsque l'on envisage de développer un décodeur de fréquences vocales, d'une dispersion relativement importante se produisant dans la fréquence des sons. La hauteur du son produit par le haut-parleur étant dépendante du réglage de l'oscillateur de battement du récepteur, elle n'est pas connue au préalable. Ceci explique que le décodeur de morse soit doté d'un réglage de la fréquence à laquelle il lui faut réagir. Ce dispositif de réglage prend la forme de l'électronique centrée sur les potentiomètres RV3 (*FREQUENCY*, fréquence) et RV4 (*LOCKRANGE*, plage de verrouillage).

Il a été réalisé, à l'aide du condensateur C4, de la résistance R11 et du potentiomètre RV3, un oscillateur à fréquence variable autour du circuit de VCO (*Voltage Controlled Oscillator*, oscillateur à commande

en tension) de IC2. À l'intérieur du XR2211, le sous-ensemble de détection compare cette fréquence aux bips captés par le microphone. Sachant que la fréquence des signaux produits par le haut-parleur peut varier, le décodeur de morse s'est vu attribuer une certaine plage de travail. L'ensemble de la résistance R8, associée au potentiomètre RV4, définit la largeur de cette marge de part et d'autre de la fréquence centrale. En respectant le dimensionnement proposé des composants (cf. le schéma), on peut capter des sons de fréquence comprise entre 77 Hz et 240 Hz si RV3 se trouve en position minimale (tourné en butée dans le sens anti-horaire) ou entre 550 Hz et 1 720 Hz avec RV3 en position maximale (tourné à fond dans le sens horaire). Dans le deux cas le potentiomètre définissant la plage de verrouillage se trouve en position maximale.

Dès que l'on aura réception d'un code morse et visualisation du texte sur l'affichage on pourra jouer sur les deux potentiomètres RV3 et RV4 pour optimiser leur réglage. Ce réglage diminue sensiblement l'influence de signaux parasites cap-

tés involontairement par le microphone. Le potentiomètre RV2 sert au réglage de la sensibilité du microphone. Il est recommandé de choisir toujours la sensibilité la plus faible, permettant tout juste d'établir la connexion acoustique requise. Dans ces conditions l'influence néfaste de



949501-11

Figure 2. Synoptique du XR2211, un démodulateur/décodeur de fréquences vocales à utilisation flexible d'Exar.

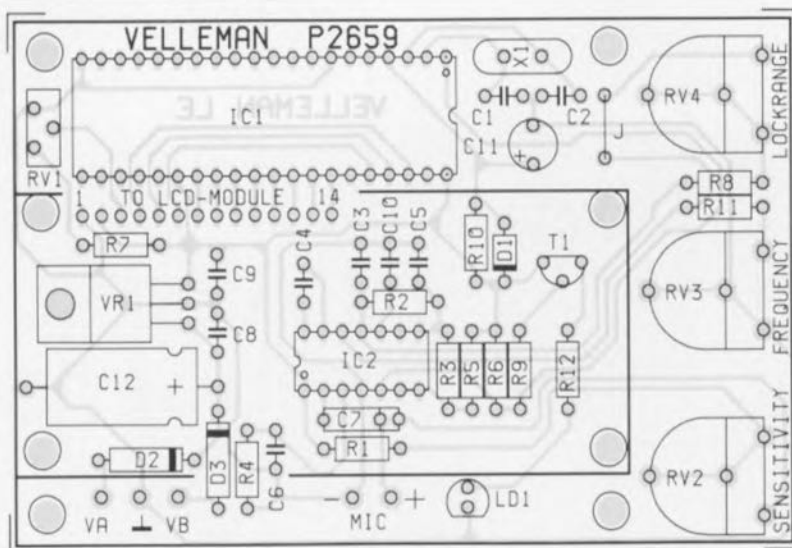


Figure 3. Représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants du décodeur de morse.

Liste des composants

Résistances :

R1 = 150 Ω
 R2 = 100 k Ω
 R3, R4 = 470 k Ω
 R5 à R7 = 4 k Ω
 R8 = 47 k Ω
 R9 = 10 k Ω
 R10 = 1 k Ω
 R11 = 15 k Ω
 R12 = 330 Ω
 RV1 = ajustable 5 k Ω (vertical)
 RV2 = potentiomètre 500 Ω
 RV3 = potentiomètre 25 k Ω
 RV4 = potentiomètre 100 k Ω

Condensateurs :

C1, C2 = 15 pF
 C3 = 10 nF
 C4 = 33 nF

C5, C6 = 47 nF

C7 à C10 = 100 nF

C11 = 100 μ F/16 V*

C12 = 470 μ F/16 V

Semi-conducteurs :

IC1 = 8748 programmé (VK2695 Velleman)

IC2 = XR2211 (Exar)

VR1 = 7805

T1 = BC557

D1 = 1N4148

D2, D3 = 1N4001

LD1 = LED rouge 5 mm

Divers :

Mic = microphone CM-105-8 (M300)

X1 = quartz 6 MHz

Tr1 = transformateur 2 x 9 V/4,2 VA (tel que Velleman 2090050M par exemple)

1 afficheur LCD, 1 ligne, 16 caractères (tel que Hitachi LM020L ou HLM1615)

signaux de distorsion, empêchant le fonctionnement correct du décodeur, est réduite au minimum.

On peut éventuellement envisager de remplacer la résistance R1, le potentiomètre RV2 et le microphone par un simple étage d'entrée prenant la forme d'une unique résistance de 47 k Ω mise à la masse. Dans ce cas-là le décodeur de morse peut être relié directement à la sortie « ligne » du récepteur.

La LED LD1 permet de vérifier le fonctionnement correct du décodeur. Si cette diode électroluminescente s'allume gentiment au rythme des bips de morse, tout est en ordre.

Les signaux de morse décodés n'arrivent pas seulement sur le transistor T1 qui commande la LED LD1, mais aussi sur la broche 1 du microcontrôleur IC1. Ce contrôleur, synchronisé à l'aide d'un quartz de 6 MHz, transforme le flux de données arrivant sur sa broche 1 en un code parallèle utilisable en vue de la commande de l'afficheur à cristaux liquides. L'ajustable RV1 sert au réglage de la « luminosité » – le contraste si l'on veut – de l'afficheur et permet de bien ajuster la lisibilité du message reçu et décodé. Il suffit tout simplement d'expérimenter un peu pour trouver le réglage optimal.

Le processeur utilisé, un 8748, fait partie de la famille MCS48 connue d'Intel. Il dispose d'une certaine quantité de mémoire vive (RAM) et morte (ROM). C'est très précisément dans la mémoire ROM du 8748 que se trouve le programme de décodage. Il s'agit dans le cas présent d'un logiciel développé par Velleman.

Il ne reste qu'à regarder le petit sous-circuit de remise à zéro. Lors d'une mise sous tension du décodeur, le processeur reçoit un signal de remise à zéro via la résistance R10 et le condensateur C11. La diode D1 garantit une décharge rapide du condensateur C11 lors de la mise hors-fonction du décodeur.

Attention ! Le kit du décodeur que nous avons reçu comportait pour C11 un condensateur de 10 μ F. Notre expérience nous a appris que la remise à zéro ne fonctionne pas toujours correctement avec une capacité d'une telle valeur. Pour éviter tout problème de remise à zéro, nous vous conseillons donc de faire appel ici à un condensateur de 100 μ F (comme indiqué dans le schéma).

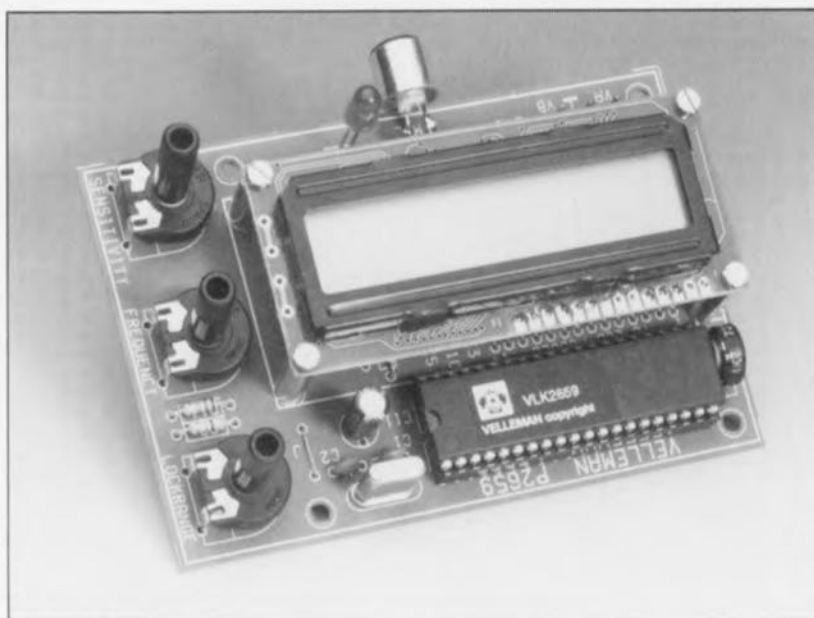


Figure 4. Photo d'un décodeur de morse terminé. Il n'est pas sorcier de mettre l'ensemble du montage dans un joli petit boîtier.

À vos fers ...

Le décodeur de morse est disponible dans le commerce sous forme de kit. Le circuit imprimé et le microcontrôleur étant disponibles séparément, rien ne vous interdit de réaliser ce montage personnellement en faisant appel à votre stock de composants privé.

La **figure 3** montre la représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants du décodeur de morse. Sa réalisation pratique est relativement simple et ne devrait pas poser le moindre problème à nos lecteurs.

Quatre entretoises servent à monter l'affichage à cristaux liquides à une certaine distance de la platine. Ce montage en « sandwich » (destiné à réduire les dimensions du décodeur) ne sera effectué qu'après la mise en place de tous les autres composants. La connexion électrique de l'afficheur à la platine principale fait appel à quatorze morceaux de fil de câblage souple. Après avoir doté les potentiomètres de leur axe il ne nous reste plus qu'à connecter le microphone aux points MIC- et MIC+ sur la platine. Le choix, pour la connexion de ce microphone, d'un morceau de câble blindé vous permettra de disposer le microphone à proximité immédiate du haut-parleur du récepteur.

Le moment est venu maintenant de mettre l'alimentation en fonction. Si l'on observe l'affichage du texte « Velleman kit » l'électronique du décodeur fonctionne correctement et il ne reste qu'effectuer un réglage des trois potentiomètres pour obtenir un résultat optimal.

Le réglage

Avant de pouvoir commencer le réglage (relativement simple) il faudra bien évidemment syntoniser le récepteur, mis en mode de réception SSB (*Single Side Band*, bande latérale unique), sur la fréquence d'une station émettant du code morse net et clair. Ensuite on jouera sur le dispositif de commande de l'oscillateur de battement (*BFO*) jusqu'à ce que les bips du code morse reçu soient reproduits clairement et sans distorsion. À condition de faire appel à une bonne antenne de réception, un reste de bruit de fond ne devrait pas constituer une gêne. Si toutes ces conditions de bon fonctionnement sont réunies, on mettra le décodeur en fonction. Après l'affichage du message de bienvenue

Morse, un code très simple

Le code morse ou télégraphique a été développé pour le transfert de textes par l'intermédiaire de liaisons étherées à bande passante très faible. Outre les 26 caractères de l'alphabet, ce code connaît également les chiffres 0 à 9 et un certain nombre de signes de ponctuation. L'alphabet morse est une invention de Samuel Morse qui vivait de 1791 à 1872. C'est aussi Samuel Morse qui a développé, en 1837, le téléscripteur.

Dans le code morse on fait appel à deux « caractères » seulement : un point et un trait. Le point a une longueur d'une unité, le trait de trois unités. La pause entre 2 signes, un point et un trait, un trait et un trait, un point et un point, voire entre un trait et un point, a une longueur d'une unité. La pause entre caractères, chiffres ou signes est identique à la durée de trois points. La pause entre des mots ou entre des groupes de chiffres a une durée égale à sept points. La durée d'une unité ne possède pas de norme, il s'agit tout simplement d'une valeur de rapport.

Caractères	
A	• —
B	— • • •
C	— • — •
D	— • •
E	•
F	• • — •
G	— — •
H	• • • •
I	• •
J	• — — —
K	— • —
L	• — • •
M	— —
N	— •
O	— — —
P	• — — •
Q	— — • —
R	• — •
S	• • •
T	—
U	• • —
V	• • • —
W	• — —
X	— • • —
Y	— • — —
Z	— — • •
Chiffres	
1	• — — — —
2	• • — — —
3	• • • — —
4	• • • • —
5	• • • • •
Chiffres	
6	— • • • •
7	— — • • •
8	— — — • •
9	— — — — •
0	— — — — —
Signes de ponctuation	
—	— • • • • —
?	• • — — • •
(— • — — •
)	— • — — • —
.	• • • — —
,	— — • • — —
"	• — • • — •
'	• — — — — •
=	— • • • —
/	— • — — •
+	• • • — —
:	— — — • • •
x	— • • • —
Codes divers	
avertissement	• — • • —
erreur	• • • • • • •
répétition	• • • •
attente (AS)	• — • • •
interruption (BK)	— • • • — • —
entendu (VE)	• • • — •
transmission reçue (R)	• — •
début de message (KA)	— • — • —
fin de message (AR)	• • — • •
fin de transmission (K)	— • —
signe de fermeture (SK)	• • • — • —
émetteur hors fonction (CL)	— • — • • —

« Velleman kit » on devrait avoir défilement du code morse décodé. En utilisant la LED LD1 comme témoin, il suffit de quelques expérimentations pour déterminer le réglage optimal des potentiomètres. Si la LED est continuellement allumée, le signal d'entrée est trop fort : on a surmodulation du décodeur. Si par contre la LED s'allume à peine, le signal d'entrée est trop faible.

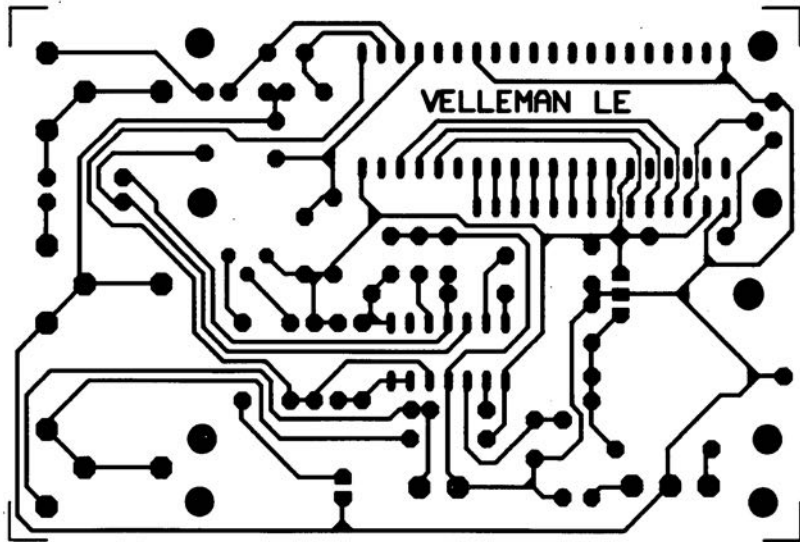
Et voilà, rien ne vous empêche maintenant d'explorer l'éther à la recherche des émetteurs de morse. Et c'était bien cela le but de la manoeuvre, n'est-ce pas. **K**

Figure 5. Le décodeur de morse en action. Il suffit d'un récepteur convenable pour capter des différents signaux de morse présents dans l'éther.





régulateur de régime pour perceuse miniature

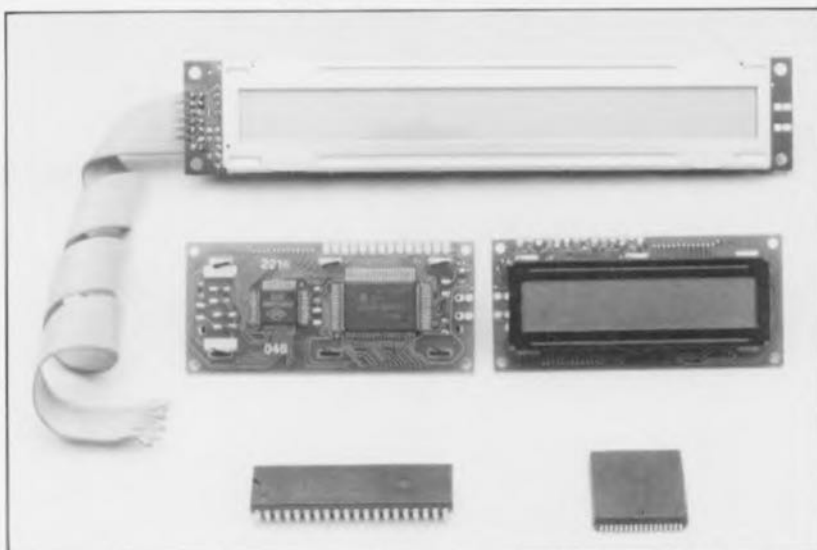


décodeur de morse

mise en oeuvre correcte des afficheurs LCD

c'est de la synchro que tout dépend

projet : M. Reichtomann



Dans un bon nombre de montages décrits dans Elektor et dont le pivot central est constitué par un microcontrôleur, nous avons fait appel à un affichage à base de cristaux liquides : les fameux afficheurs du type LCD (Liquid Cristal Display). Ces modules à une ou deux lignes de caractères se caractérisent par leur simplicité de connexion et de commande. Nous allons, dans les différents paragraphes de cet article, nous intéresser de plus près à la technique de connexion de ces modules au bus d'un microprocesseur du type MCS51.

Il n'y a vraiment rien de plus pratique que de faire appel à un microprocesseur pour disposer d'un circuit de commande. Bien que ce type de composants électroniques excelle dans le domaine des calculs et de la commande, la communication avec le monde extérieur constitue l'un de leurs points faibles. Il suffit cependant d'un petit afficheur LCD pour résoudre ce problème. Vu que la quasi-totalité des modules d'affichage à cristaux liquides font appel à un contrôleur de Hitachi, il est fort possible de proposer ici une solution (quasi-)« standard ». Si l'électronique de l'interface correspond aux spécifications de ce contrôleur, la commande pratique de la plupart des afficheurs disponibles dans le commerce ne devrait pas poser de problème.

La **figure 1** illustre la façon dont il faudra intégrer le module d'affichage dans un bus de microprocesseur tel celui que l'on trouve dans chaque système MCS51. Il

est possible de connecter directement la plupart des signaux tels que le bus de données, la tension d'alimentation et la ligne d'adresse A1. La commande de la ligne R/W et de l'entrée E demande cependant une légère modification due au fait que le module LCD pose certaines exigences quant à la synchronisation de ces signaux.

La **figure 2** regroupe les signaux les plus importants d'un module à cristaux liquides. Ce chronodiagramme mène à la conclusion que les signaux RS et R/W doivent être au niveau actif au moins 140 ns avant que le signal E ne passe au niveau actif. Il faudra ensuite que le signal E reste actif pendant une durée minimale de 450 ns. Finalement il est nécessaire, lors d'une opération d'écriture, que les lignes RS, R/W et le bus de données soient valides pendant 20 ns au minimum après le passage de la ligne E au niveau inactif.

La contribution du microprocesseur

Il est temps d'examiner les signaux dont dispose le microprocesseur. La synchronisation est de conception standard et s'écarte sensiblement des exigences posées par le module d'affichage. En règle générale les données du bus de données sont transmises à l'instant de l'apparition d'un flanc dans le signal R/W. Un tel flanc se présente dans le délai pendant lequel **et** une adresse valide **et** des données correctes sont disponibles sur les différents bus. Il est impossible de trouver dans le chronodiagramme le signal de validation (E) requis par le module d'affichage.

Tous les signaux de synchronisation du processeur sont dérivés de l'horloge-système et ont, par conséquent, une durée qui est un multiple de la durée de période de la fréquence d'horloge utilisée par le contrôleur. En règle générale il faudra cependant réduire cette durée de quelques nanosecondes, ceci pour éliminer le retard pris pendant le passage dans les différents sous-circuits du processeur.

Le chronodiagramme de la **figure 3** illustre éloquentement la synchronisation du bus MCS51.

La pratique

Il suffit de quelques astuces électroniques pour relier les deux systèmes, l'un à l'autre. Le petit schéma de la **figure 1** nous a déjà montré que la commande du module LCD est en fait l'affaire des signaux LCD, RD, WR et A0. Il existe, bien entendu, une bonne raison pour cette approche un peu bizarre. La seule façon permettant de répondre aux conditions de synchronisation du module LCD est en fait une combinaison de la ligne d'adresse A0 avec le signal de lecture/écriture du module LCD. On a validation de cette ligne d'adresse bien avant l'apparition sur le bus du processeur du flanc R/W. Le choix de cette approche a, cependant, quelques conséquences dont l'une est de nécessiter, pour une opération d'écriture ou de lecture dans le module LCD, le choix, à chaque fois, d'une nouvelle adresse. Lors d'une opération d'écriture l'entrée R/W doit présenter un niveau bas (la ligne A0 se trouvant donc au niveau bas). Lors d'une opération de lecture R/W se trouve au niveau haut (ainsi que la ligne A0).

Le signal $\overline{\text{LCD}}$ provient du décodeur d'adresse et il sélectionne l'affichage à une adresse définie par l'utilisateur. Dans notre exemple nous avons choisi D000_{HEX} comme adresse de base du module LCD. L'adressage du module

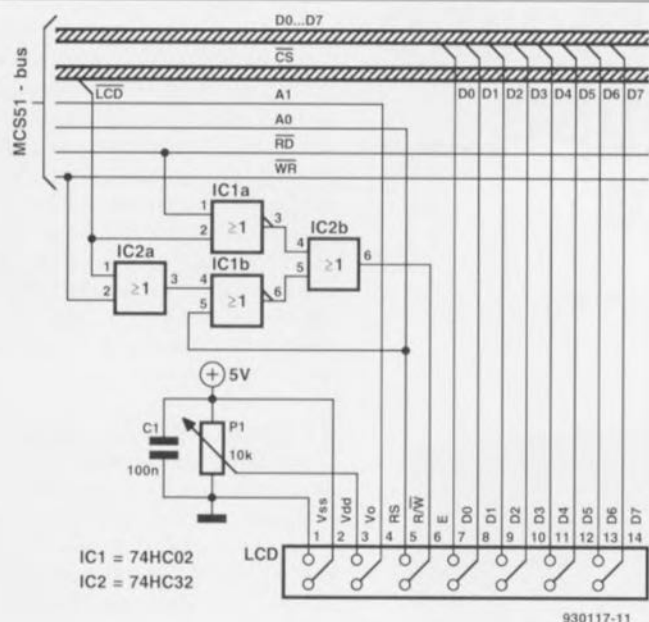


Figure 1. L'intégration électronique d'un module d'affichage à cristaux liquides dans un système à MCS51.

d'affichage prend donc la forme suivante :

Instruction d'écriture	Write	D000HEX
Instruction de lecture	Read	D001HEX
Écriture de données	Write	D002HEX
Lecture de données	Read	D003HEX

Après avoir examiné les différents signaux de bus, il suffit de quelques calculs de base pour déterminer la durée des différents signaux en fonction de l'horloge du processeur.

T_{as} est la durée entre un flanc descendant de l'impulsion \overline{WR} et le moment de validation du bus d'adresse. Dans le cas d'un module LCD il est requis que cette durée ait une longueur de 140 ns au minimum.

PW_{EH} indique la durée de l'impulsion \overline{WR} qui doit être de 450 ns au minimum.

t_H indique finalement la durée pendant laquelle les données restent valides après la disparition de l'impulsion \overline{WR} . La valeur minimale est ici de 20 ns.

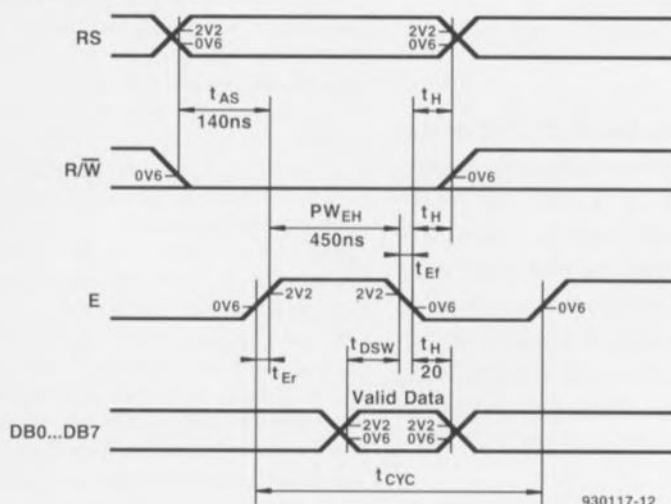


Figure 2. Les exigences de synchronisation d'un module LCD. Une approche quelque peu bizarre du problème empêche une connexion directe au contrôleur.

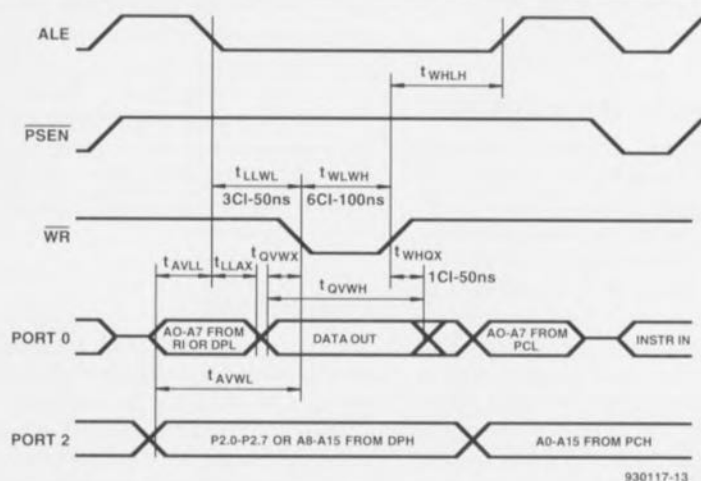


Figure 3. Chronodiagramme de synchronisation du bus MCS51. Il existe une relation directe entre la durée des différents signaux et la fréquence d'horloge utilisée.

Horloge	t_{as}	PW_{EH}	t_H
[MHz]	[ns]	[ns]	[ns]
8	325	650	75
10	250	500	50
12	200	400	33,3
16	138	275	12,5

Le tableau montre que les signaux sont tous corrects jusqu'à une fréquence d'horloge de 10,9 MHz. On voit nettement que dans le cas d'une fréquence d'horloge supérieure certaines des valeurs deviennent inférieures aux minima indiqués.

La pratique nous apprend cependant que jusqu'à une fréquence d'horloge de 12 MHz tout fonctionne correctement. Il est certain qu'une fréquence d'horloge de 16 MHz est sensiblement trop élevée. Dans un système fonctionnant à cette « vitesse » la seule solution qui vous reste est de connecter le module LCD à un port d'Entrées/Sorties. Pour ce faire on aura besoin, en fonction du mode choisi (4 ou 8 bit), de 7 ou de 11 lignes d'adresse.

Le reste de notre petit circuit n'a rien d'extraordinaire. L'ajustable P1 sert au réglage de la tension de commande, responsable du contraste de l'afficheur. Une plage de régulation comprise entre 0 et 5 V suffit, en règle générale, parfaitement.

régulateur de régime pour perceuse miniature



avec compensation de la charge



LOISIR

Si vous faites partie de ceux d'entre les lecteurs d'Elektor qui fabriquent eux-mêmes leurs platines, vous ne pouvez pas ne pas disposer de l'indispensable outil qu'est une perceuse miniature. N'avez vous jamais, dans ce cas-là, rouspété contre les variations de régime importantes qu'elle connaît ? Lors du perçage de trous dans un matériau quelconque elles tournent à un régime relativement lent pour se transformer, en l'absence de charge, en véritable bête de course. La régulation de vitesse pour perceuse miniature proposée ici comporte un automatisme mettant fin à cette frustration.

Ah ces perceuses miniatures ! Leur format compact permet de les emporter partout avec soi pour leur faire effectuer des travaux que ne permet pas une perceuse ordinaire. Le revers de la médaille est, vu leur petite taille un manque de puissance certain entraînant une variation importante de la vitesse de rotation, le régime, en fonction de la charge. Hors-charge, elles tournent à une vitesse telle qu'il est extrêmement difficile d'arriver à centrer la mèche sur le point où l'on veut forer, la moindre charge provoquant elle une chute de régime « monstrueuse ». Que peut-on faire, si tant est qu'il y ait quelque chose à faire, pour remédier à cette situation ? Disposer d'une alimentation réglable est une approche envisageable qui n'apporte cependant pas de solution au problème de variation de vitesse entraînée par la charge. Il est en effet extrêmement délicat de piloter la perceuse miniature d'une main tout en, de

l'autre, ajustant la tension fournie par l'alimentation. Cette situation quotidienne ne pouvait durer, aussi nous sommes-nous mis en quête d'une solution automatisant ce processus d'adaptation de la tension d'alimentation.

« Palpeur » de courant

Le synoptique, schéma de structure simplifié, de la **figure 1** illustre la technique que nous avons utilisée pour disposer d'une « compensation de charge automatique ». Il est plus facile de retrouver là le principe de fonctionnement de la compensation que dans le schéma de l'électronique complète du régulateur de régime représenté en **figure 2**. Les C (condensateurs) et R (résistances) de toutes natures nécessaires rendent rapidement illisible un tel schéma.

Si, dans le synoptique de la **figure 1**, nous faisons abstraction du compa-

rateur Uref et de la résistance R, nous nous retrouvons en présence d'une alimentation réglable sans pré-tention faisant appel à un régulateur de tension et à un diviseur de tension. Le potentiomètre nous permet de jouer continûment sur la tension appliquée à l'entrée « adjust » du régulateur, et partant sur la tension de sortie qu'il fournit. Nous avons ainsi créé, pour la perceuse miniature (M de moteur) un régulateur de vitesse de rotation du type le plus simple qui soit.

Il n'est pas difficile d'imaginer que l'automatisme de compensation de la charge fait appel au reste des composants non mentionnés dans les lignes ci-dessus. Tout commence du côté de la résistance R. Ce composant, pris en série avec la perceuse, fait office de « palpeur de courant ». Dès que l'on se met à forer la perceuse voit sa charge augmenter de même que le courant nécessité par le moteur. On aura de ce fait une croissance de la chute de tension aux bornes de la résistance R. Cette situation est immédiatement détectée par le **comparateur** vu que ce dernier compare en permanence la tension aux bornes de R avec une tension de référence. Si la tension mesurée dépasse la valeur de référence on verra basculer la sortie du comparateur d'un niveau haut vers un niveau bas et l'on aura ouverture de l'interrupteur électronique : le moteur tourne alors au régime nominal fixé par la position du potentiomètre. En cas de disparition de la charge demandée au moteur la tension aux bornes de R retombe en-deçà de la tension de référence et l'on aura fermeture de l'interrupteur par le comparateur. Cette fermeture se traduit par la mise en parallèle d'une résistance sur le potentiomètre de sorte que le rapport d'origine du diviseur de tension se modifie radicalement produisant une chute de la tension de sortie. Résultat : le régime chute fortement.

Comme on le constate, la petite astuce mise en oeuvre ne nécessite que quelques composants qui n'en remplissent pas moins la fonction que l'on en attend.

Le schéma

Nous en sommes arrivés à l'examen de l'électronique constituant, dans la pratique, notre montage. La **figure 2** vous la propose dans toute sa splendide simplicité. Il n'est pas exclu que ce schéma vous paraisse plus complexe que ce à quoi vous vous seriez attendu; cela est dû à l'adjonction de quelques dispositifs utiles.

Commençons par nous limiter aux éléments évoqués lors de l'examen du synoptique de la figure 1. Il ne doit pas être très difficile de les identifier. Le régulateur de tension prend la forme de IC1. Il s'agit dans le cas présent d'une vieille connaissance, le LM317, régulateur capable de fournir 1,5 A et doté de dispositifs efficaces de protection contre les courts-circuits et les excès de température. Sa tension de sortie est fixée par le diviseur de tension à « résistances » R1/R2/P3. Le potentiomètre P3 permet d'ajuster le régime de la perceuse lorsque la compensation n'est pas en fonction, situation que nous avons baptisée « FAST ». Le détecteur de courant prend l'aspect physique de la résistance prise en série avec le moteur (M1), à savoir R13. On constate qu'il s'agit d'une résistance de valeur extrêmement faible, 0,01Ω; il n'y a en effet aucune raison que R13 ne consomme une puissance importante qui aurait été bien plus utile au moteur.

Une résistance de cette valeur produit à ses bornes une chute de tension comprise, en fonction du type de perceuse, entre 20 et 80 mV. Il ne vous faudra pas longtemps non plus pour identifier le comparateur. Le point nodal M1/R13 est en effet relié, via la résistance R7, à l'entrée inverseuse (-) de IC2a, de sorte que l'on peut supposer, sans trop de risques de se tromper, que le dit circuit intégré remplit la fonction de comparateur.

La source de tension de référence est une LED, D8. La chute de tension d'une constance remarquable aux bornes de D8 attaque, via un diviseur de tension ajustable, R5/P1, l'entrée non-inverseuse (+) de IC2a. La résistance ajustable P1 permet donc de définir à quelle tension de détecteur (lire charge du moteur) la compensation de charge entre en fonction. Le transistor T1 remplit la fonction de commutateur évoquée dans le paragraphe consacré au synoptique. Son entrée en conduction (si tant est que l'inverseur S3 soit fermé) se traduit par la mise en parallèle de la résistance ajustable P2 sur la section inférieure du diviseur de tension déterminant la valeur de la tension de sortie, R1/R2/P3.

L'examen des valeurs des résistances mises en cause montre que cette mise en parallèle de P2 modifie très sensiblement le rapport de division du diviseur ce qui se traduit par une chute importante de la tension de sortie. Le choix, pour la résistance-parallèle P2, d'une résistance ajustable donne la possibilité à l'utilisateur de jouer, sur une certaine plage, sur le régime de rotation du moteur même lorsque la compensation est en fonction.

Certains d'entre vous doivent trépi-gner d'impatience de nous signaler, dans la description, l'oubli d'un sous-ensemble. On trouve en effet, blotti entre le comparateur IC2a et le transistor de commutation T1, un second amplificateur opérationnel, IC2b

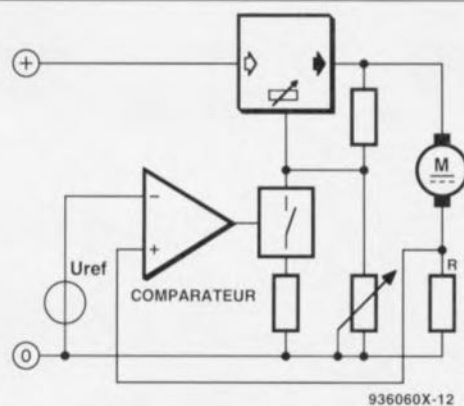


Figure 1. Le synoptique de ce montage est d'une simplicité biblique. La tension régnant aux bornes de R varie en fonction de la charge appliquée au moteur. Le comparateur enregistre la variation de ce facteur et procède à une commutation dans le réseau de résistances qui détermine la tension de sortie du régulateur.

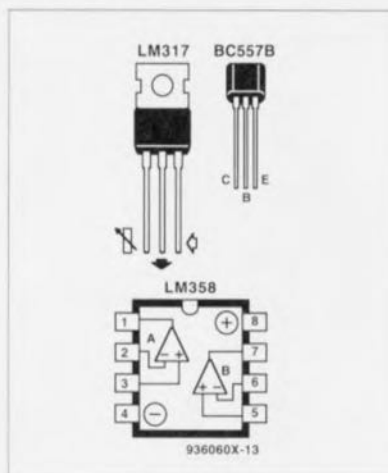


Figure 2. Il est relativement facile de retrouver sur ce schéma les sous-ensembles du synoptique : R13 constitue le détecteur de courant, IC2a le comparateur et T1 le commutateur.

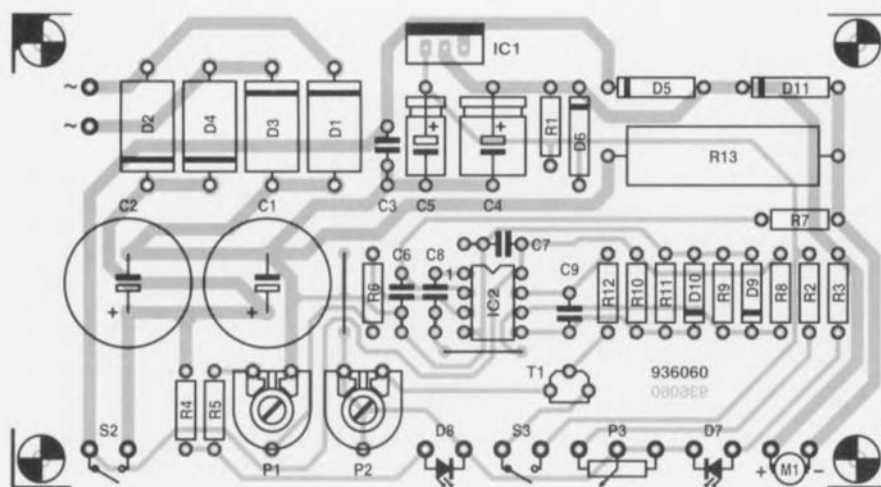


Figure 3. Représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants du circuit imprimé dessiné pour le régulateur de régime pour perceuse miniature.

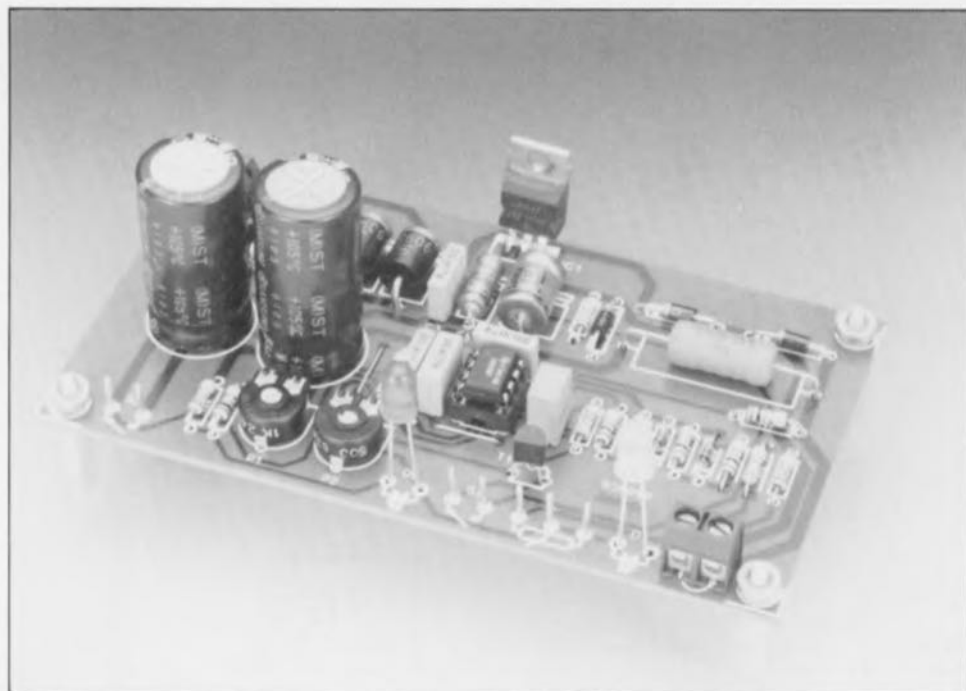


Figure 4. Voici à quoi devrait ressembler votre réalisation une fois tous les composants correctement implantés sur la platine. Après les tests, les 2 LED pourront être implantées dans la face avant du boîtier.

entouré d'une cour de composants. Quelle est donc sa fonction ? Il s'agit en fait d'une sorte de **multivibrateur monostable** qui adoucit le comportement du circuit vu que de par sa présence de petites variations de charge de la perceuse restent sans conséquence. On voit que l'entrée inverseuse de IC2b est mis, via les résistances R8 et R9, à la moitié de la tension d'alimentation alors que son entrée non-inverseuse se trouve elle, via les résistances R10 et R11, au tiers de la tension d'alimentation. Lorsque la sortie de IC2a bascule en raison d'une variation de la charge, ce changement de niveau est, via le condensateur C8, transmis sous la forme d'une impul-

sion positive ou négative à l'entrée inverseuse de IC2b. La sortie de cet amplificateur opérationnel change alors de niveau et reste dans cet état jusqu'à ce que le condensateur C9 se soit ou chargé ou déchargé, processus qui prend un certain temps. Il n'y aura de changement de situation qu'à l'arrivée de l'impulsion de sortie suivante en provenance du comparateur signalant une variation de charge importante de la perceuse.

Quelques détails importants

Après avoir passé en revue les composants et sous-ensembles ayant un rôle importante dans le fonctionne-

Liste des composants

Résistances :

R1, R2 = 270 Ω
 R3 = 1k Ω
 R4 = 1k Ω
 R5 à R7 = 10 k Ω
 R8, R9 = 1 M Ω
 R10 = 10 M Ω
 R11 = 4M Ω
 R12 = 4k Ω
 R13 = 0 Ω 1/5 W
 P1 = ajustable 1 k Ω
 P2 = ajustable 500 Ω
 P3 = 2k Ω linéaire

Condensateurs :

C1, C2 = 2 200 μ F/35 V radial
 C3, C6, C7 = 100 nF
 C4 = 100 μ F/25 V
 C5 = 1 μ F/16 V
 C8 = 220 nF
 C9 = 1 μ F MKT

Semi-conducteurs :

D1 à D4 = FR606 (6A)
 D5, D6, D11 = 1N4001
 D7 = LED 5 mm jaune
 D8 = LED 5 mm rouge
 D9, D10 = 1N4148
 T1 = BC557
 IC1 = LM317
 IC2 = LM358

Divers :

S2, S3 = inverseur simple
 Tr1 = transformateur 2x15 V/30 VA, tel que, par exemple, ILP/Amplimo 11013
 M1 = perceuse miniature 12 V radiateur SK68/75 (Fischer)
 2 embases banane
 éventuellement coffret tel que ESM EB 21/05
 entrée secteur à porte-fusible (F1 = 250 mA) et interrupteur (S1 = 250 V/2 A) intégrés

ment du circuit, il nous reste à nous intéresser aux derniers éléments inconnus de ce montage.

L'alimentation est bien évidemment un sous-ensemble dont il ne saurait être question de sous-estimer l'importance. Vu que le courant nécessité par une perceuse miniature dépasse sensiblement les capacités d'un module d'alimentation secteur courant, nous avons opté pour une « vraie » alimentation dont on retrouve le schéma dans la partie supérieure de la figure 2. Elle comporte, de la droite vers la gauche, une entrée secteur de sécurité à porte-fusible et interrupteur marche/arrêt (S1) incorporés, un transformateur torique

(Tr1), un pont de redressement sous la forme des diodes D1 à D4, et 2 condensateurs de filtrage de bonne valeur, C1 et C2.

Les 2 enroulements secondaires de 15 V du transformateur sont montés en parallèle. La LED servant de source de tension de référence D8 tombe à pic pour faire office de dispositif de visualisation de la présence de la tension du secteur. Nous avons pris une autre LED – associée à sa résistance de limitation de courant –, D7/R3, à la sortie de IC1. La luminosité de cette LED fournit une indication du régime de rotation du moteur.

Le circuit comporte en outre un ensemble de dispositifs que l'on pourrait classer dans la catégorie des « systèmes anti-parasites ». L'un d'entre eux, le réseau R7/C6, élimine les crêtes parasites que pourrait véhiculer la tension de détection en provenance de R13. La diode de protection (dite de *free wheeling* ou en français coloré de roue libre) D11 met IC1 à l'abri des pics de tension inductive produits par le moteur, les diodes D5 et D6 servant à protéger le régulateur intégré contre d'éventuels courants de retour dus à la charge.

Un mot, pour terminer, concernant les dispositifs de commutation, interrupteurs et autres inverseurs. Nous ne pensons pas qu'il soit nécessaire d'expliquer la fonction de l'interrupteur-secteur S1. L'inverseur S1, baptisé « STAND BY » a pour fonction de permettre une mise en et hors-fonction rapide de la perceuse. Il pourrait être intéressant d'en envisager la mise en place sous la forme d'un interrupteur actionné au pied. L'inverseur S3 donne le choix à l'utilisateur entre un fonctionnement avec (« AUTO ») et sans (« FAST ») compensation de charge, le second mode de fonctionnement étant utilisé lorsque l'on veut, occasionnellement, disposer de la puissance maximale que puisse fournir la perceuse. En position « FAST » le transistor T1 est mis hors-jeu de sorte que le circuit se comporte comme un régulateur de régime classique dont P3 constitue l'organe de commande.

Réalisation et mise en coffret

Nous ne reculons devant aucun sacrifice, raison pour laquelle nous avons développé un dessin de platine pour ce montage qui en facilitera énormément la construction. La figure 3 vous en propose la sérigraphie de l'implantation des composants. On voit que cette implantation ne doit pas poser de problème vu la faible densité

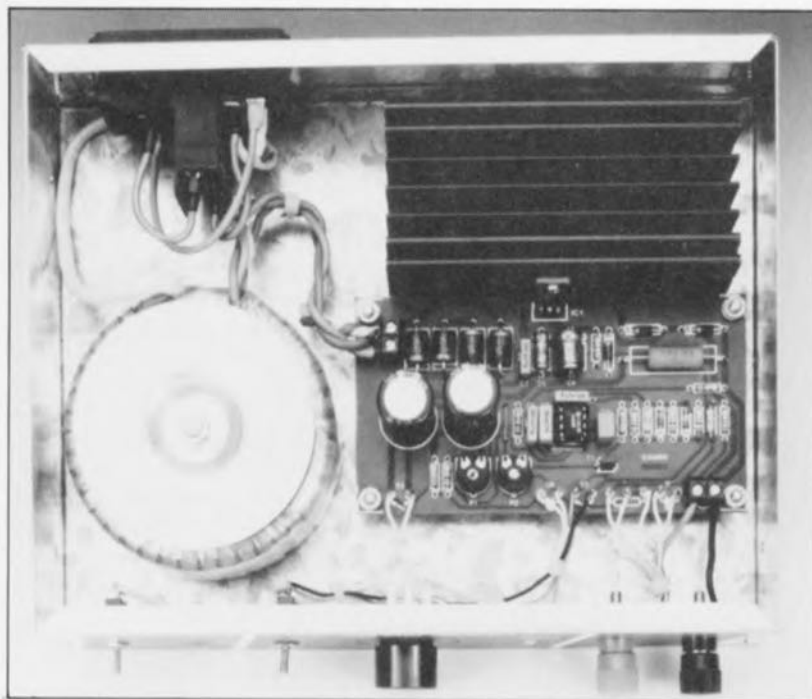


Figure 5. Les dimensions relativement compactes des différents éléments constituant cette réalisation trouvent aisément place à l'intérieur d'un coffret ESM EB 21/05.

d'implantation des composants. L'alimentation avec ses composants surdimensionnés, D1 à D4, C1 et C2, occupe une bonne partie de la surface disponible. Seul le transformateur ne prend pas place sur le circuit imprimé. Les points de connexion des organes de commande et de visualisation, les LED, les inverseurs, le potentiomètre P3 et les embases châssis se trouvent tous du même côté de la platine. À l'opposé se trouve IC1, placé lui aussi sur le bord de la platine de manière à en permettre la fixation aisée sur un radiateur, dispositif indispensable pour cette application; on optera pour un radiateur de dimensions « amples »; il faudra, pour « encaisser » les 1,5 A dont est capable IC1, choisir un radiateur SK68/75 ou équivalent.

La mise en place des composants n'appelle pas de remarque particulière. Au risque de nous répéter, nous proposons la séquence suivante : ponts de câblage, composants de petites dimensions, pour finir par les « montres » à développement vertical important. Attention à la polarité des diodes et des condensateurs électrochimiques et à l'orientation des circuits intégrés. Les points de connexion des organes de commande seront dotés de picots. La photographie de la figure 4 vous montre un exemplaire terminé du régulateur de régime pour perceuse miniature. La fabrication du coffret dans lequel prendra place ce montage exige les opérations de perçage d'orifices et de vissage classiques. Il n'y a cepen-

dant aucune raison d'en avoir des crampes d'estomac. Comme le montre la photo de la figure 5 l'ensemble du montage n'a pas de peine à trouver place dans un coffret du type de celui mentionné dans la liste des composants. Le radiateur sera vissé sur le fond du boîtier. La platine, montée sur 4 entretoises de plastique s'appuie contre lui de manière à permettre une fixation aisée et efficace de IC1 sur le radiateur. L'isolation du régulateur par rapport au radiateur se fera à l'aide d'une plaquette de céramique et d'un manchon en plastique de manière à garantir une isolation galvanique de IC1 par rapport au radiateur.

Le transformateur torique prendra place sur la gauche de la platine et sera lui aussi fixé sur le fond du boîtier. L'ensemble entrée de la tension secteur alias porte-fusible et interrupteur marche/arrêt intégrés sera implanté dans la face arrière du coffret. On prendra toutes les précautions d'usage, isolation à l'aide de morceaux de gaine thermorétractable de longueur convenable pour éliminer tout risque dû à la présence de la tension du secteur. On n'est jamais assez prudent à ce sujet ! Comme il s'agit d'un appareil dit de classe II il faudra utiliser en outre un câble secteur sans mise à la terre.

Un mot encore au sujet du branchement du transformateur torique. Le modèle de transformateur évoqué ici comporte – comme dans la plupart des cas – 2 enroulements secondaires



Figure 6. Une fois terminée la réalisation de cet appareil il s'agit bien entendu de s'assurer rapidement de son bon fonctionnement.

distincts, qu'il faudra, pour l'application décrite ici, connecter en parallèle. Les fabricants respectent en règle générale un code de couleurs standard. Les conducteurs à brancher au 220 V sont de couleur rose et partant aisément reconnaissables.

Les conducteurs des secondaires ont comme couleur, sauf exception, rouge, bleu, gris et jaune. Les conducteurs rouge et bleu joints et entortillés constituent la première sortie du transformateur; on fera de même pour les conducteurs gris et jaune qui forment l'autre sortie du transformateur.

La dernière étape

de cette réalisation consiste à relier les organes de commande montés dans la face avant aux picots correspondants de la platine. Le dessin, représenté à échelle réduite, de face avant proposé en **figure 7** pourra servir, une fois ramené à l'échelle 1:1, de gabarit de perçage des orifices destinés à recevoir les divers interrupteurs, embases banane et autres LED. Si vous préférez une disposition différente rien ne vous interdit de mettre votre imagination à contribution. Une fois ces divers composants mis en place dans la face avant il restera à effectuer la connexion aux picots de la platine. On utilisera pour ces liaisons des morceaux de conducteur souple. La connexion de la perceuse pourra se faire à l'aide de 2 fiches banane et des embases châssis correspondantes. On pourra utiliser une copie (agrandie à 125%) à échelle 1:1 de la figure 7, reproduite sur film autocollant ou film d'aluminium, comme sérigraphie pour la face avant.

Avant de pouvoir utiliser votre régulateur de régime pour perceuse il reste à ajuster la position des résistances ajustables P1 et P2. Nous en avons parlé lors de la description du schéma, mais rafraîchissons-nous la mémoire : P1 permet de définir, dans certaines limites, à quel intensité du courant traversant le moteur – c'est-à-dire à quelle charge – on a basculement du comparateur IC2a et entrée en fonction de la compensation. L'ajustable P2 permet de régler à son goût la vitesse de rotation à faible régime.

Terminons cette description par un truc qui pourra intéresser un certain nombre d'entre nos lecteurs. Si votre perceuse consomme un courant dépassant les 1,5 A que peut fournir le LM317, il n'est pas difficile de réaliser une version plus puissante de ce régulateur de régime pour perceuse miniature. Il suffit tout simplement de remplacer le LM317 par son

homologue compatible broche à broche capable de fournir 3 A, le LM350T. Le radiateur devient alors un SK68/100, le transformateur torique passant d'un modèle 30 VA à un exemplaire 50 VA.

Ce n'est qu'une fois que l'on a réalisé un tel montage que l'on se rend compte qu'il aurait fallu l'avoir construit bien plus tôt. Vous vous en donnez des nouvelles. **K**

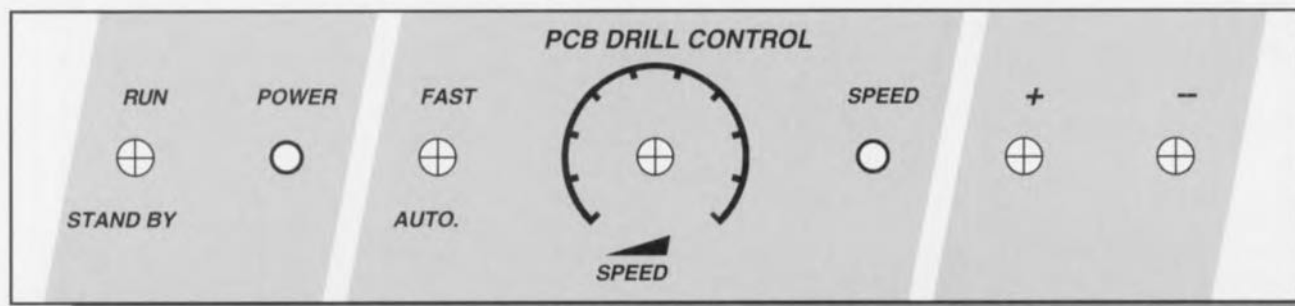
elektor-abc

comparateur

Circuit de comparaison de tension, que l'on rencontre très souvent sous la forme d'un amplificateur opérationnel sans contre-réaction. Lorsque la tension à l'entrée non-inverseuse de l'amplificateur opérationnel dépasse celle appliquée à l'entrée inverseuse la sortie de ce dernier vient buter contre le niveau de la tension d'alimentation positive. Dans le cas inverse la sortie de l'amplificateur opérationnel descend jusqu'à atteindre le niveau de la tension d'alimentation négative. Le principe de fonctionnement repose sur le fait qu'un amplificateur opérationnel amplifie avec un facteur d'amplification (gain) important la différence de tension régnant entre ses 2 entrées.

multivibrateur monostable

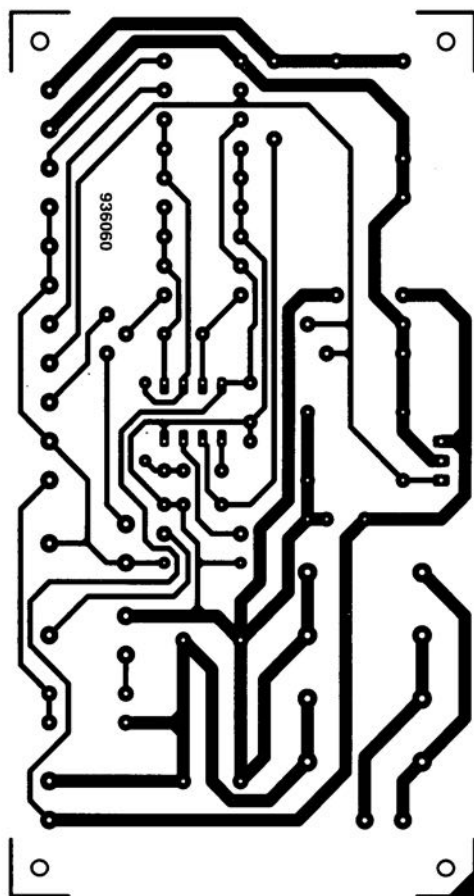
Prend la plupart du temps la forme d'un circuit intégré (numérique), mais peut également être réalisé en «technologie discrète» c'est-à-dire à l'aide de composants classiques tels que transistors, résistances etc individuels. Tout comme la bascule bistable le multivibrateur monostable – connu sous l'abréviation MMV ou le raccourci monostable – connaît 2 états. Seul l'un de ces états est stable, d'où le terme monostable. Le second état (instable) ne peut avoir qu'une durée limitée et n'est donc pas permanent. Le multivibrateur monostable réagit à l'application à son entrée d'une impulsion de longueur (presque) aléatoire, par la génération à sa sortie d'une impulsion de longueur fixe. On utilise beaucoup les circuits monostables dans les circuits de temporisation de tout acabit.



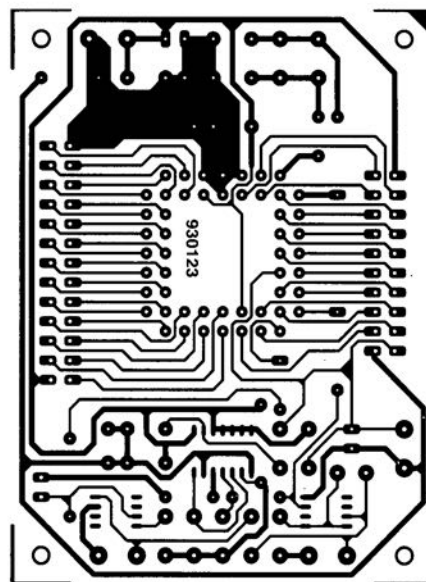
936060X-F

Figure 7. Dessin, réduit à 80%, d'une face avant que l'on pourra utiliser pour agrémenter l'aspect du régulateur de régime pour perceuse miniature. Une photocopie, agrandie à l'échelle 1, pourra servir de gabarit de perçage.

CIRCUITS IMPRIMÉS EN LIBRE SERVICE



régulateur de régime pour perceuse miniature



monocarte à 68HC11



réalisation de montages sur platine d'expérimentation à pastilles

rapidité et universalité

Il n'y a pas d'amateur d'électronique qui n'ait, un jour ou l'autre, à réaliser l'un ou l'autre montage sur platine. L'utilisation d'un tel circuit imprimé est, n'est-ce pas, l'une des conditions sine qua non de la réalisation d'un montage compact, fonctionnel et – n'oublions pas cet aspect important – sûr.



Les amateurs les mieux outillés n'hésitent pas à utiliser leur(s) logiciel(s) de saisie de schéma (Schéma III, Orcad, Supersketch ou autre) et de dessin de circuit imprimé (Layo, PCB II, Ranger, etc) pour ensuite se réfugier dans leur chambre noire et y produire le film nécessaire à la fabrication du circuit imprimé; il faut ensuite insoler la plaque d'époxy photosensible – en espérant que toutes les pistes restent conservées – avant de pouvoir, enfin, penser à la graver. On enfila sa combinaison de travail la plus vieille connaissant les risques qu'implique cette opération. Ceci fait il ne restera plus qu'à percer les orifices nécessaires en espérant qu'aucune des étapes périlleuses n'a eu de résultat catastrophique. Après polissage des pistes à l'aide d'une petite éponge métallique, on protège le côté « pistes »

à l'aide d'un spray favorisant la soudure. Les spécialistes n'hésitent pas, même, à doter le côté « composants » de la sérigraphie correspondante.

Cette longue énumération vous aura sans doute convaincu que tout le monde ne dispose pas du matériel – ni même du temps – nécessaire à la réalisation d'un circuit imprimé de cette façon. À y regarder de plus près, l'électronique semble prendre de plus en plus la forme d'une combinaison des sciences que sont la chimie et la photographie. C'est l'une des raisons pour lesquelles nous dessinons souvent un circuit imprimé pour nos réalisations. Si tel n'est pas le cas, il est intéressant de disposer de quelques platines d'expérimentation universelles dotées de pastilles de soudage.

L'examen de ce type de circuit imprimé, puisque c'est de cela qu'il s'agit en fait, montre que chaque orifice percé y étant percé comporte un îlot de soudage rond ou carré. Il suffit d'implanter les composants aux endroits requis avant de interrelier leurs connexions à l'aide de petits morceaux de fil de câblage émaillé. Vu que la totalité des prototypes que nous développons sont, si tant est que cela soit possible – réalisés de cette façon, il n'est pas nécessaire que nous perdions du temps à essayer de vous convaincre des indiscutables avantages que nous trouvons à cette technique.

Le schéma

Vu qu'il nous fallait de toutes façons un montage de démonstration pour illustrer les différentes étapes impliquées par cette technique, nous avons opté pour un petit circuit, tout à la fois simple et pratique. Le schéma de la **figure 1** est celui d'un générateur sinusoïdal produisant un joli signal d'une fréquence de l'ordre de 1 kHz. L'ajustable P1 permet de jouer sur l'amplitude du signal.

Ce petit montage tombe à point, lorsque l'on ne dispose pas d'un générateur de fonctions (pour le réglage de réalisations audio en particulier), pour la production d'un signal de test. Vu que l'objectif de cet article est de nous intéresser à l'aspect réalisation de montage, nous ne nous occuperons pas du schéma de notre générateur sinusoïdal nous servant de cobaye. Voyons voir quels sont les différents éléments nécessaires à une réalisation – bien évidemment couronnée de succès, car c'est bien là le but de la manoeuvre – sur platine d'expérimentation à pastilles.

Les outils et le matériel

Il va sans dire qu'une réalisation à base de platine d'expérimentation à pastilles requiert un minimum d'outils. Ce cahier des charges est cependant si limité, qu'il est fort probable que chacun d'entre nos lecteurs en ait la majeure partie chez lui. L'examen de la photographie de la **figure 2** montre un morceau de platine d'expérimentation à pastilles découpé aux dimensions requises. Les interconnexions à effectuer entre les différents composants font appel à du fil de cuivre émaillé de 0,2 mm de section. Cette épaisseur n'a que valeur d'exemple. On utilisera bien évidemment, dans le cas de courants importants, du fil de câblage de section plus forte. Il vous faudra en outre un fer à souder d'une puissance de l'ordre de 30 W. Il n'y a bien entendu aucune contre-indication à utiliser une station de soudage thermostatée travaillant à une température de soudage de 350 à 400°C. Il nous faut en effet disposer de cette température

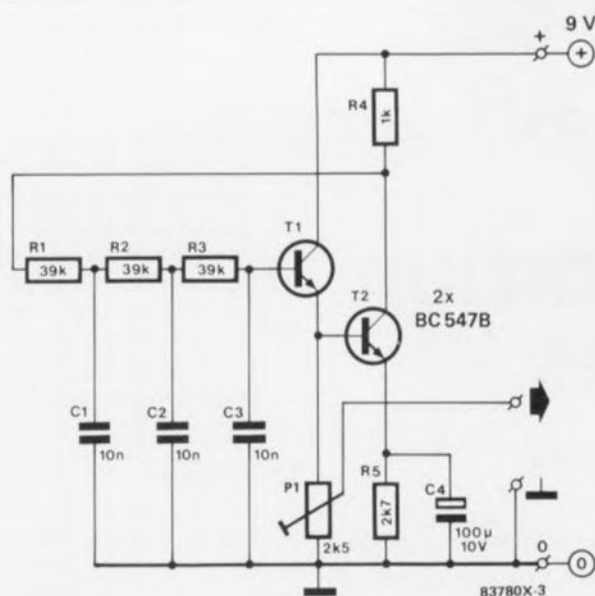


Figure 1. Notre schéma-cobaye. Il s'agit d'un générateur sinusoïdal tout ce qu'il y a de plus simple que l'on pourra utiliser pour le test de montages audio.

(relativement) élevée pour obtenir la disparition par fusion de la couche d'isolation du fil de cuivre émaillé de manière à nous permettre une soudure aisée de l'extrémité ainsi dénudée.

Il est impératif de nettoyer la panne du fer à souder à intervalles plus rapprochés que dans le cas de soudures ordinaires vu qu'elle s'encrasse plus rapidement, aussi nous faut-il une petite éponge humide ainsi que le fameux flacon de liquide dont vous vous êtes peut-être demandé ce qu'il faisait sur la figure 2. Ce flacon vous évitera d'aller toutes les 10 minutes jusqu'au robinet du lavabo pour humidifier l'éponge.

Notons à l'intention de ceux d'entre vous qui se le demanderaient, que la fonction d'origine du dit flacon a été de contenir du produit de nettoyage de lentilles, raison pour laquelle il est doté d'un bouchon percé fermant parfaitement.

Il nous faut également disposer d'une pince coupante, d'une pince plate, de soudure à l'étain (40/60), de picots et des composants impliqués dans la réalisation. Un gabarit de pliage constitue un outil fort apprécié lorsqu'il s'agit de replier les connexions des composants. Un autre auxiliaire non indispensable mais fort pratique, un étau de maintien de circuit imprimé, s'avère extrêmement



Figure 2. Il est fort probable que vous disposiez dans votre « laboratoire électronique » de la plus grande partie des outils et des matériaux nécessaires à cette réalisation. Un flacon d'eau, un gabarit de pliage des composants, un étau de maintien de circuit imprimé sont quelques extra facilitant très notablement le travail.

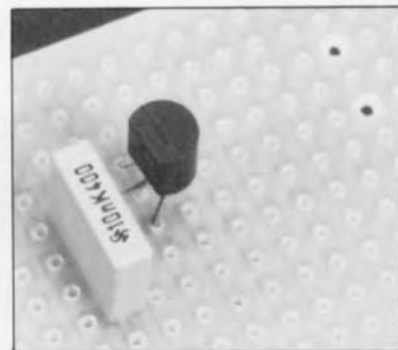


Figure 3. En commençant l'implantation des composants par la mise en place des composants les plus encombrants ou ceux comportant le plus grand nombre de broches on évite de se retrouver, à une étape ultérieure de la réalisation, confronté à un manque de place pour le placement d'un composant spécifique. Vu que l'on effectue les interconnexions à l'aide de fil de cuivre émaillé on dispose d'une certaine liberté pour le positionnement des composants. Il va sans dire qu'il est préférable de placer assez près l'un près de l'autre les composants à interconnecter.

utile lors des opérations de soudure et ultérieurement de test du montage. Le dernier « outil » indispensable pour mener à bien la réalisation est une copie du schéma sur laquelle seront reportées, à l'aide d'un feutre de couleur éclatante, les différentes liaisons effectuées.

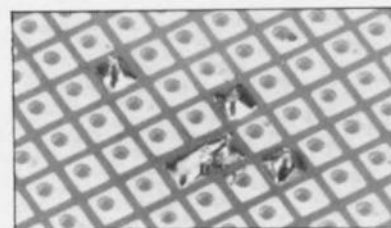


Figure 4. L'interconnexion de l'une des pattes du condensateur C3 et de la base du transistor T1 se fait par repliage de la connexion de base du dit transistor.

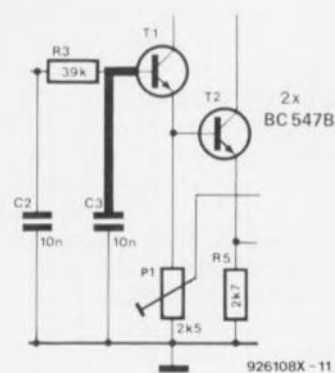


Figure 5. La méthode de la platine d'expérimentation à pastilles ne marche à coup sûr qu'à condition de noter scrupuleusement sur une copie du schéma toutes les interconnexions ayant déjà été effectuées.

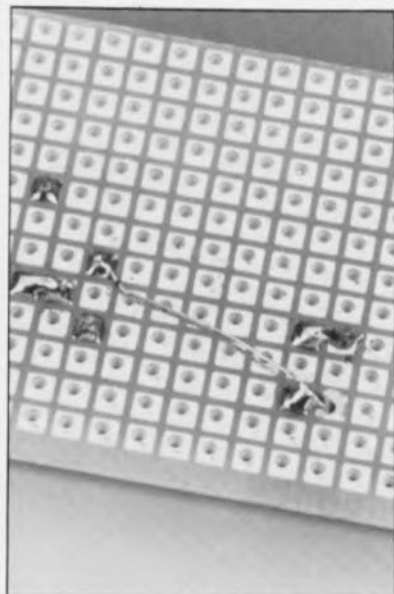


Figure 6. Voici à quoi ressemble la première pose de câble de liaison. Vu que le fil de cuivre utilisé est doté d'une isolation d'émail, il n'y a aucun danger ni de risque de mauvais fonctionnement si plusieurs de ces fils se touchent.

La pratique

La réalisation du montage commence par la mise en place du composant soit doté du plus grand nombre de connexions soit possédant les dimensions les plus encombrantes. Cela nous évitera, ultérieurement, de nous trouver confrontés, dans le cas du dit composant, à un manque flagrant de place, risque qui est loin d'être hypothétique si l'on décide de terminer la réalisation par ce composant à problèmes. On trouvera toujours, une place suffisante pour les composants de petite taille, voire même s'il faut en ajouter un. Nous allons considérer le transistor T1 comme le composant-pivot de notre générateur

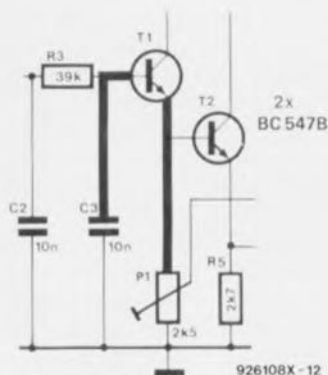


Figure 7. Dès que l'on a effectué l'une des interconnexions du schéma, on l'indiquera, à l'aide d'un feutre de couleur par exemple, sur celui-ci. Ce marquage se fera de préférence sur une photocopie...

sinusoïdal. Il ne faudra pas oublier de tenir compte des dimensions de l'ajustable P1. Une fois T1 mis en place nous allons implanter le condensateur C3 dont l'une des connexions sera disposée à proximité immédiate de la base de T1 (figure 3). Nous pouvons alors replier la dite broche du condensateur vers la base du transistor T1 à laquelle elle est soudée (figure 4). Il ne faudra pas oublier de marquer sur le schéma, à l'aide de notre feutre à la couleur « chatoyante » chacune des liaisons que l'on aura effectuées, opération qu'illustre le dessin de la figure 5. Il faudra faire ceci immédiatement après l'établissement de l'interconnexion et persister dans cet effort louable, car c'est la seule manière de ne pas commettre d'erreur.

On place ensuite la résistance ajustable P1 à proximité de l'émetteur de T1. Nous effectuons la liaison entre l'émetteur de T1 et l'ajustable à l'aide d'un petit morceau de fil de cuivre émaillé. Veillez à ce que la pointe du fer à souder soit à température élevée pour obtenir la disparition, à l'aide d'un peu de soudure, de l'émail de protection à l'une des extrémités du morceau de fil de cuivre devant servir à l'établissement de la liaison.

Cette première étape réussie, on nettoie la pointe du fer à l'aide de l'éponge, vu les dépôts d'émail et de résine ayant eu lieu sur la pointe. Il n'est pas impératif de couper dès à présent le fil de cuivre à la longueur requise, vu que cela nous mettrait en présence de morceaux de liaison à peine « manipulables ».

Il nous faut maintenant souder l'extrémité étamée à l'un des 2 points à interconnecter. On amène ensuite le fil de cuivre émaillé jusqu'au second point à relier au précédent, on marque l'endroit où le fil de cuivre émaillé sera coupé et on fait disparaître l'émail en chauffant ce point à l'aide du fer à souder et d'un peu de soudure (ne pas encore souder le fil au point prévu !).

Ceci fait on peut enfin souder ce point à la connexion prévue à l'aide d'un fer à souder propre et d'un peu de soudure « fraîche ». Une fois l'interconnexion établie on pourra couper le fil à ras de la soudure (cf. figure 6), et l'on porte sur le schéma (cf. figure 7) la liaison effectuée. C'est de cette façon que l'on monte et interconnecte tous les composants sur la platine d'expérimentation à pastilles. Les points reliés au « monde extérieur » seront de préférence amenés à des picots.

Une fois toutes les liaisons prévues effectuées, ce que prouve la coloration de toutes les lignes constituant le sché-

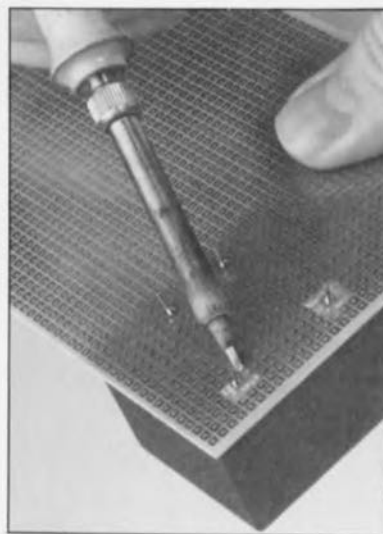


Figure 8. L'utilisation de composants reliés au secteur, tels que les transformateurs, implique la prise de précaution spéciales telles que le respect des écarts entre les connexions du primaire d'un transformateur et le reste des composants. Une telle présence implique la suppression de toutes les pastilles se trouvant immédiatement à proximité des dites connexions. Cette élimination se fait à l'aide d'un fer à souder bien chaud que l'on laisse reposer pendant une durée excessive sur la pastille concernée.

ma, on devrait pouvoir espérer que le montage fonctionne. Ce qui n'interdit pas, au contraire, de procéder à un dernier examen de vérification. Pour vérifier le fonctionnement de notre « nouveau-né » nous allons connecter une alimentation aux points prévus et brancher la sortie du circuit à un oscilloscope.

Terminons par un cas particulier, celui de l'implantation d'un transformateur relié au secteur sur une platine d'expérimentation à pastilles.

Cette opération implique bien évidemment la prise de précautions spécifiques. S'agissant de réalisations de type II, il faut prévoir un doublement de l'espace d'isolation prévu (3 mm normalement) entre un conducteur véhiculant une tension élevée et tout autre conducteur proche soit 6 mm.

Dans le cas d'une platine d'expérimentation à pastilles il suffira de supprimer une rangée de pastilles tout autour du dit conducteur. Il suffit, pour « réussir » un tel coup de maître, de bien chauffer les pastilles concernées à l'aide de la pointe du fer à souder, ce qui ramollit la colle fixant la pastille à l'époxy, de sorte que les pastilles s'enlèvent pratiquement d'elles-mêmes (figure 8).

Et voilà, vous en savez pratiquement autant que nous sur le sujet. Il ne vous reste plus qu'à vous entraîner pour approfondir notre expérience sur le sujet. ◀



Seules des questions ou des remarques présentant un intérêt général pour les lecteurs d'Elektor et concernant des montages publiés dans Elektor au cours des 2 dernières années peuvent entrer en ligne de compte pour une éventuelle réponse. La rédaction se réserve le droit de procéder à une sélection des lettres ou d'en raccourcir le contenu. Vu l'abondant courrier nous arrivant chaque semaine, il n'est malheureusement pas possible de répondre à toutes les lettres et nous est totalement impossible de répondre aux souhaits et demandes d'adaptation ou d'information additionnelle concernant des projets décrits dans ce magazine.



Des
questions
ou des
remarques?

Elektor service «Courrier Lecteurs» BP 59 59850 Nieppe

Alimentation

En tant que fidèle lecteur de votre revue, je suis à la recherche d'un certain schéma. Il s'agit d'une alimentation pour un émetteur/récepteur CB. L'alimentation doit pouvoir fournir 12 V, peut fort bien ne pas être régulée mais doit pouvoir fournir un courant d'intensité suffisante.

S. Adalbert

La réalisation d'une alimentation de 12V aussi simple ne devrait pas poser de problème insurmontable à un fidèle lecteur d'Elektor. Remontez le temps en feuilletant les tables des matières des années précédentes et vous ne devriez pas manquer de trouver ce que vous cherchez.

(La rédaction)

Central de commutation audio

Tant que le central de commutation audio (novembre et décembre 89) est en équilibre - c'est-à-dire que l'on démarre le même volume aux canaux gauche et droit - tout va bien. Le réglage de volume s'arrête gentiment aux maximum et minimum. Si la balance ne se trouve pas au milieu, le réglage de volume saute, lors d'une augmentation de volume du maximum vers le minimum et ainsi de suite restant dans une sorte de boucle. J'ai remplacé les résistances R89 et R90 par des diodes (la cathode des dites diodes étant reliée aux cathodes de D9 et de D11). Maintenant tout fonctionne à merveille.

A. Monerie

À la suite de votre remarque, nous avons examiné avec grande attention les différents prototypes dont nous disposons. Aucun des 3 exemplaires en notre possession, tous fonctionnels, ne présentait les symptômes dont vous parlez. Cela ne signifie pas qu'il ne peut jamais y avoir de problème. Nous avons quelques soupçons quant aux circuits intégrés numériques utilisés. Il

semble en effet que le même type de circuit intégré présente, d'un fabricant à l'autre, certaines différences internes ayant une influence sur le fonctionnement d'un montage. Une autre raison de ces problèmes pourrait être que les diodes utilisées présentent un courant de fuite trop important. Nous ne doutons pas que les lecteurs rencontrant des symptômes de mauvais fonctionnement décrits ici apprécieront la solution que vous avez adoptée.

(La rédaction)

L'heure atomique pour votre PC

Cela fait de très nombreuses années que je suis un fervent lecteur de votre magazine et en suis peut-être l'un des plus âgés et des plus fidèles.

*Je rencontre quelques difficultés avec le logiciel de l'heure atomique pour PC (septembre 93). Je possède un 486 compatible IBM et ait, comme le préconise l'article, ajouté la (dernière) ligne suivante à mon fichier CONFIG.SYS :
DEVICE C:\MSDOS\DCFCLOCK.SYS.
Et voici mes questions :*

1) Où dois-je placer les fichiers du logiciel fourni, à savoir DCF-CLOCK.ASM, DCF-CLOCK.DOC et DCF-CLOCK.SYS ? Dans le répertoire racine (root), dans le sous-répertoire MSDOS ou dans un sous-répertoire propre ?

2) Une fois les fichiers placés dans le dit sous-répertoire, comment dois-je appeler le programme pour initialiser le driver et pouvoir introduire les options de P, I, S, E et D ?

M. Meerchaudt

Le fichier DCF-CLOCK.ASM est le fichier assembleur du programme; ce fichier n'est pas nécessaire à l'application et n'est intéressant que pour les programmeurs endurcis. Le fichier DCF-CLOCK.DOC est le fichier de documentation (en anglais) du programme auquel vous pouvez accéder à l'aide d'un programme de traitement de texte. Il n'est pas nécessaire de copier le dit programme sur votre disque dur.

Le seul programme qu'il vous faille recopier sur votre disque dur est DCF-CLOCK.SYS. Ce fichier est à placer dans le sous-répertoire où se trouvent les instructions DOS (qui pourrait être dans votre cas \MSDOS). Dans le fichier CONFIG.SYS présent sur C:\ il vous faudra rajouter une ligne qui indique à l'ordinateur (au système d'exploitation en fait) où il peut trouver le programme. Cette ligne pourra prendre la forme suivante :

DEVICE=C:\DOS\DCFCLOCK.SYS.

Vous pouvez ajouter quelques suffixes pour définir un certain nombre de paramètres additionnels (cf. le fichier .DOC) sachant cependant que le système devrait fonctionner correctement,

dans le cas d'un environnement standard même en l'absence de ces suffixes paramétriques. N'oubliez pas cependant que le récepteur doit être relié à la sortie sérielle COM2 et qu'il vous faudra redémarrer l'ordinateur après l'installation du programme, ceci pour activer la nouvelle version du fichier CONFIG.SYS. Une fois par minute le programme transfère automatiquement l'heure exacte dans l'horloge interne du PC. En ce qui concerne la première phrase de votre lettre, nous ne pourrions imaginer de meilleure récompense.

(La rédaction)

Problèmes de Péritel

J'ai rencontré quelques problèmes lors de la réalisation du central de répartition Péritel (février 94). Je pense que la source en est le branchement du câble Péritel. Le contact 1 de l'un des connecteurs du câble Péritel est relié au contact 2 de l'autre connecteur. Il en va de même en ce qui concerne les contacts 3 et 19 reliés eux respectivement aux contacts 6 et 20. Les autres contacts sont interconnectés « normalement », c'est-à-dire 4 avec 4, 5 avec 5 etc. Cela est-il OK ou le contact 1 de l'un des connecteurs doit-il être relié au contact 1 de l'autre ? De plus je ne saisis pas très bien les fonctions correspondant aux différents boutons-poussoirs.

L. Bastianssin

Les lignes pour la vidéo et l'audio d'un câble Péritel sont toujours croisées. Ainsi, la sortie vidéo (contact 19) de l'une des extrémités du câble est toujours reliée à l'entrée vidéo (broche 20) de l'autre. Cette approche permet une interconnexion correcte des appareils (la sortie de l'un d'entre eux attaquant l'entrée de l'autre). Votre câble est donc tout à fait « normal ».

Revenons à la fonction des différents boutons-poussoirs.

S1 : Le magnétoscope 1 (K1) enregistre le signal de sortie du magnétoscope 2 (K2).

Côté télévision (TV, K4) on a reproduction du signal de sortie en provenance du magnétoscope 1.

S2 : Le magnétoscope 2 (K2) enregistre le signal de sortie du magnétoscope 1 (K1).

Côté télévision (TV, K4) on a reproduction du signal de sortie en provenance du magnétoscope 2.

S3 : Le magnétoscope 1 (K1) enregistre le signal de sortie du magnétoscope 3/caméscope (K3 ou K5/K6).

Côté télévision (TV, K4) on a reproduction du signal de sortie en provenance du magnétoscope 1.

Attention en outre à ne pas connecter simultanément 2 appareils à K3 et K5/K6. Vous pouvez utiliser le connecteur Péritel K3 ou les 2 embases Cinch K5/K6, mais pas les 3 simultanément.

(La rédaction)

Intégral

2^e partie : le préamplificateur



Vous avez fait connaissance, dans le numéro de mars d'Elektor, avec l'étage de puissance de notre nouvel amplificateur « no-nonsense », Intégral. Nous allons, dans les paragraphes de ce second article, compléter ce projet par la description d'un préamplificateur, « cuisiné » d'après une recette similaire, permettant de figurer un ensemble à intégrer dans le même boîtier. En dépit de son concept relativement simple, Intégral possède des caractéristiques et des qualités ayant de quoi impressionner : notre nouveau préampli/ampli peut se mesurer sans crainte à toute tâche musicale.

Nous avons commencé l'article du mois dernier par quelques mots philosophiques quant à la « relativité » de la noble aspiration poussant à l'obtention de la perfection absolue dans les appareils audio (encore que l'on est en demeure de se demander si ce but ne sera jamais atteint). Dans la pratique quotidienne – lors d'une utilisation domestique donc – il est impossible d'entendre la moindre différence entre deux amplificateurs dont « le moins bon » se caractérise déjà par une distorsion très faible, caractéristique que l'autre – modèle « haut de gamme » – ne surpasse qu'en théorie.

Il nous semble, pour une utilisation domestique, bien plus logique (et moins cher) donc de se passer de ces ultimes millièmes de pourcent de distorsion pour choisir un amplificateur proposant un équilibre viable entre,

d'une part, sa complexité et son prix de revient et, de l'autre, ses qualités et son confort d'utilisation.

Modestes comme nous le sommes toujours, nous pensons avoir réalisé un projet qui répond très exactement au cahier des charges défini à savoir présenter un rapport prix/qualité qui devrait satisfaire n'importe lequel d'entre nos lecteurs.

Notre proposition se caractérise par une grande facilité de reproduction : l'achat des différents composants ne vous oblige pas à prendre une seconde hypothèque sur votre maison et la reproduction sonore d'Intégral est très « audiophile » (c'est le moins que l'on puisse dire).

L'ébauche

Dès le début, il fut parfaitement clair qu'il faudrait, pour la réalisation d'un

préamplificateur avec réglage de tonalité et au rapport qualité/prix acceptable, faire appel à des circuits intégrés. Une réalisation discrète prend très vite un embonpoint monstrueux, raison pour laquelle que nous avons immédiatement renoncé à une telle approche. Les circuits intégrés audio modernes permettent au demeurant d'obtenir des résultats qui, il y a très peu de temps encore, auraient mis l'eau à la bouche de l'audiophile le plus exigeant – on notera que les exigences ne sont pas un critère immuable, mais qu'elles suivent l'évolution de la technique !!! Il est à noter qu'un certain nombre de ces petits « blocs noirs » possèdent en outre des caractéristiques uniques.

Le commutateur d'entrée intégré, utilisé dans cette réalisation, présente l'avantage de permettre la commutation « physique » de l'une des entrées vers une autre à l'aide d'une commutation d'une tension continue tout simplement. Il n'est donc pas nécessaire de prévoir des lignes (véhiculant des signaux audio) de connexion entre le commutateur d'entrée et le reste de l'électronique. Ainsi, le risque de voir se produire une distorsion ou une intermodulation est pratiquement réduit à zéro. Le fait que nous ayons fait appel, pour le commutateur de source d'enregistrement (*record*), à un circuit intégré identique, garantit une possibilité de « commutation » de cette sortie sans la moindre distorsion et en toute indépendance de la position du commutateur d'entrée de la source audio. Cette caractéristique constitue un avantage majeur pour les amateurs irréductibles de l'enregistrement audio.

L'amplificateur de tension et le réglage de tonalité ont été réalisés à l'aide d'un amplificateur opérationnel du type NE5532. On trouve cet amplificateur intégré dans un grand nombre d'appareils modernes (tel que les lecteurs de DAN (Disques Audio Numériques, le Compact Disc quoi) et il se caractérise par un rapport qualité/prix excellent. Le gain (discutable !) résultant de l'utilisation d'amplificateurs opérationnels de qualité encore meilleure est hors de proportion avec le prix exorbitant de ces composants exclusifs.

Bien que cela soit tout à fait classique, il nous faut mentionner que l'alimentation d'Intégral comporte également des circuits intégrés. Deux régulateurs de tension, un LM317 et un LM337, dérivent une tension d'alimentation symétrique de ± 12 V de la tension d'alimentation de ± 30 V de l'étage de sortie.

Le schéma

Après avoir essayé la description sèche des paragraphes précédents, le schéma de la **figure 1** ne devrait pas constituer une surprise. Les amateurs éclairés de montages audio ne manqueront pas de reconnaître un certain nombre des sous-ensembles qu'il comporte.

Les signaux d'entrée pénètrent dans l'amplificateur via les embases Cinch K1 à K8. Nous nous sommes limités à quatre entrées stéréo; de très nombreuses installations audio domestiques modernes ne possèdent que trois entrées (magnétophone ou *tape*, récepteur ou *tuner* et lecteur de D.A.N. ou *CD*). Intégral est donc doté d'une quatrième entrée, « auxiliaire » : AUX. Chacune des entrées est dotée d'une résistance de terminaison de la valeur « classique », à savoir 47 k Ω (R1 à R8), composant pris entre les bornes de l'embase.

Le schéma montre que les embases K1 à K8 sont toutes reliées et au circuit intégré IC1 et au circuit intégré IC2. Il est parfaitement clair que ces circuits intégrés sont pris en parallèle. IC1, associé au commutateur rotatif S1, fait office de sélecteur de source d'enregistrement (*record select*); IC2 avec son commutateur rotatif S2 sert de sélecteur de source audio (*source select*).

Son fabricant, National Semiconductor, a baptisé les LM1037 utilisés ici de « double commutateur analogique à 4 canaux ». Le LM1037 comporte une série d'étages tampon que l'on peut activer deux par deux par l'intermédiaire d'une sorte de construction en porte, commandée, quant à elle par l'application d'une tension sur les entrées de commande A à D. Le LM1037 est en fait le composant idéal pour cette application. Il se caractérise par une très large plage de tension d'alimentation admissible (de 5 à 28 V), par une

distorsion faible (0,04%) et un bruit intrinsèque très modeste (5 μ V).

Au repos, les résistances R11 à R18 forcent les entrées de commande A à D au niveau bas. L'application, via S1 ou S2, d'une tension de 12 V à l'une de ces entrées se traduit par son activation. Un connecteur HE-10 mâle (à 2 x 5 contacts) encartable (K11a) et un morceau de câble plat à 10 conducteurs, doté à l'une de ses extrémités d'un connecteur HE-10 femelle à sertir (K11b), fait office de liaison entre les commutateurs rotatifs S1 et S2 et la platine principale. Les deux sorties de IC1 (broches 9 et 10) appliquent leur signal aux embases K9 et K10, embases servant de sorties pour magnétophone ou autre lecteur de cassettes audio. Le signal présent sur ces lignes est donc totalement indépendant du signal de source audio, sélectionné à l'aide du rotateur S2.

La « descente » des lignes de sortie de IC2 nous amène à l'amplificateur proprement dit, trajet sur lequel nous commençons par rencontrer le potentiomètre P1 dont les curseurs (eh oui, il s'agit d'un exemplaire double, pardon, stéréo) sont connectés de façon à ce que l'un d'entre eux soit « fermé » (relié à la masse, présentant une résistance nulle) quand l'autre est « ouvert » (présentant sa résistance maximale). Il s'agit donc du réglage de balance d'Intégral. Les résistances R19 et R20 amortissent quelque peu l'entrée en fonction du réglage de balance et évitent des changements trop brutaux lorsque les curseurs quittent leur position médiane. Le potentiomètre stéréo logarithmique P2, connecté « en miroir », fait office de réglage de volume.

En continuant l'examen du schéma, nous arrivons aux circuits intégrés IC3a et IC4a. Ces amplificateurs opérationnels se chargent de l'amplification en tension. Le rapport entre

les paires de résistances R23/R24 et R25/R26 définit à 5 (X) le gain introduit par cet étage. Ce chiffre n'a rien d'arbitraire, au contraire : à partir d'une sensibilité d'entrée de 300 mV, nous envisageons d'arriver à la tension de sortie nominale de 1 V, en tenant compte également d'une certaine atténuation introduite par le réglage de balance.

Le NE5532 intégrant deux amplificateurs opérationnels dans son « joli » boîtier noir à 8 broches, nous utilisons le second (IC3b et IC4b) comme élément actif pour la réalisation d'un réglage de tonalité. Le schéma montre qu'il s'agit, dans le cas d'Intégral, d'un réglage standard du type Baxandall. La fréquence de coupure de ce réglage se situe à 1 kHz et l'amplification/atténuation maximale est de 12 dB environ. Le potentiomètre P3 attaque les graves (*BASS*), P4 les aigus (*TREBLE*).

Le signal audio arrive, via un condensateur MKT (C12 et C20, pour les canaux gauche et de droit respectivement) et une résistance-série (R33 et R40), aux sorties du préamplificateur.

Le relais Re1, commandé par l'intermédiaire de l'étage à transistor centré sur T1, évite que des bruits de mise en ou hors-fonction n'arrivent aux haut-parleurs. Immédiatement après une coupure de la tension d'alimentation les contacts-travail du relais sont relâchés et ses contacts-repos « court-circuitent » les sorties à la masse. Il faudra cependant, lors d'une mise en fonction du préamplificateur, que le condensateur C29 soit chargé, via la résistance R47 de 22 M Ω , à 1,4 V au minimum avant que le Darlington T1 ne devienne passant et n'excite alors le relais. Les signaux de sortie du préamplificateur ne seront donc disponibles que quelques secondes après l'application de la tension



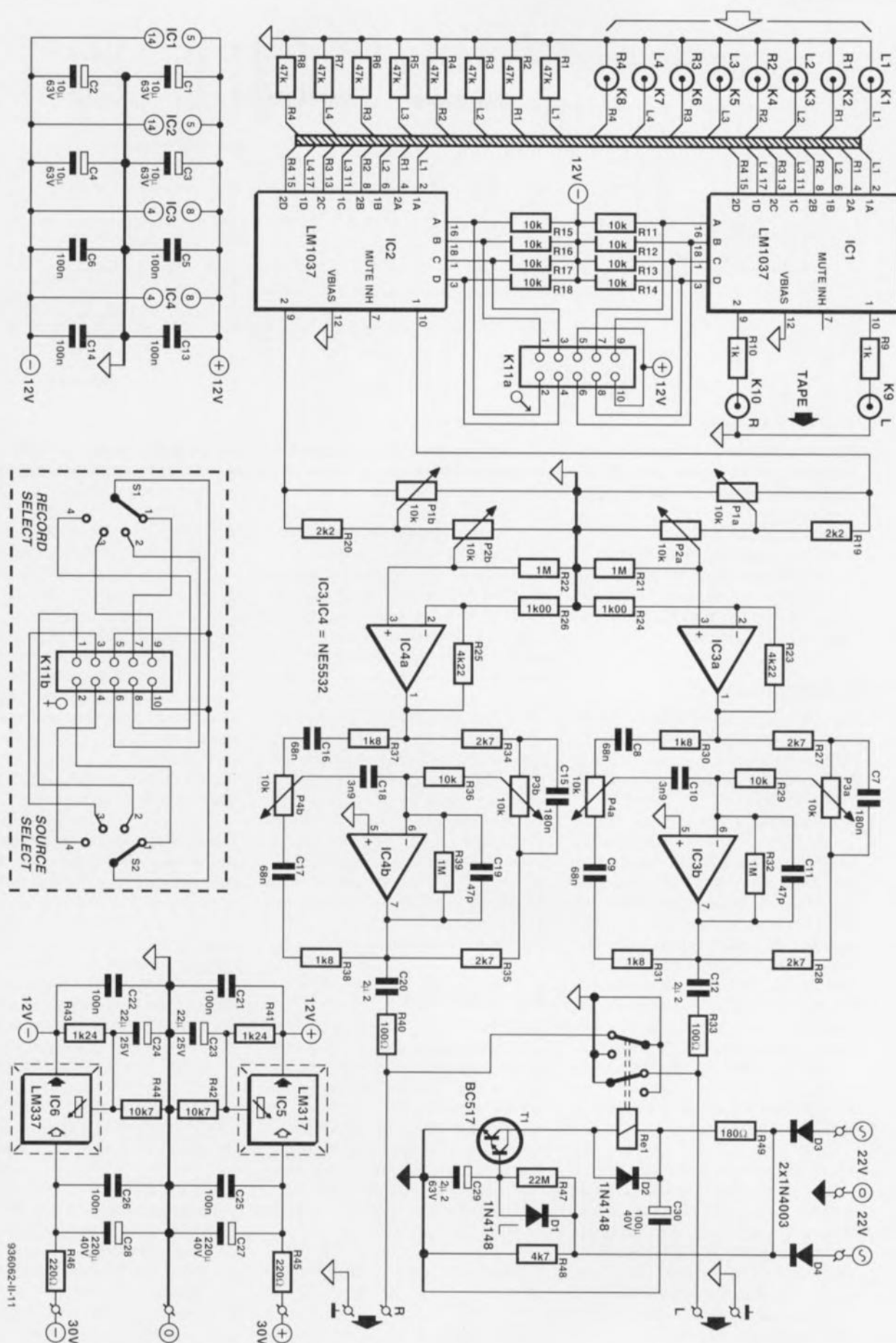


Figure 1. L'électronique active du préamplificateur se limite à quatre circuits intégrés et deux régulateurs de tension. Une caractéristique remarquable est le fait d'avoir réalisé les fonctions de choix de source d'enregistrement et de source audio à l'aide de deux commutateurs intégrés analogiques, IC1 et IC2.

Liste des composants du préamplificateur

Résistances :

R1 à R8 = 47 k Ω
 R9, R10 = 1 k Ω
 R11 à R18, R29, R36 = 10 k Ω
 R19, R20 = 2 k Ω
 R21, R22, R32, R39 = 1 M Ω
 R23, R25 = 4 k Ω 22/1%
 R24, R26 = 1 k Ω 200/1%
 R27, R28, R34, R35 = 2 k Ω 27
 R30, R31, R37, R38 = 1 k Ω 8
 R33, R40 = 100 Ω
 R41, R43 = 1 k Ω 24/1%
 R42, R44 = 10 k Ω 27/1%
 R45, R46 = 220 Ω 5 W
 R47 = 22 M Ω
 R48 = 4 k Ω 7
 R49 = 180 Ω
 P1, P3, P4 = potentiomètre 10 k Ω linéaire stéréo
 P2 = potentiomètre 10 k Ω logarithmique stéréo

Condensateurs :

C1 à C4 = 10 μ F/63 V radial
 C5, C6, C13, C14, C21, C22, C25, C26 = 100 nF
 C7, C15 = 180 nF
 C8, C9, C16, C17 = 68 nF
 C10, C18 = 3 nF 9
 C11, C19 = 47 pF
 C12, C20 = 2 μ F/50 V MKT
 C23, C24 = 22 μ F/25 V radial
 C27, C28 = 220 μ F/40 V radial
 C29 = 2 μ F/63 V radial
 C30 = 100 μ F/40 V radial

Semi-conducteurs :

D1, D2 = 1N4148
 D3, D4 = 1N4003
 T1 = BC517
 IC1, IC2 = LM1037
 IC3, IC4 = NE5532
 IC5 = LM317
 IC6 = LM337

Divers :

K1 à K10 = embase Cinch encartable (tel que Monacor T-709G par exemple)
 K11 = embase HE-10 2 x 5 contacts mâles encartable avec son connecteur 2 x 5 contacts femelles à sertir sur câble plat
 S1, S2 = commutateur rotatif, 1 circuit, 12 positions
 Re1 = relais encartable 12 V contacts repos/travail (tel que Siemens V23042-A2005-B101 par exemple)
 1 radiateur (tel que Fischer SK129) pour IC5 et IC6
 2 ensembles d'isolation céramique pour IC5 et IC6
 1 coffret tel que ESM ER48/09 par exemple

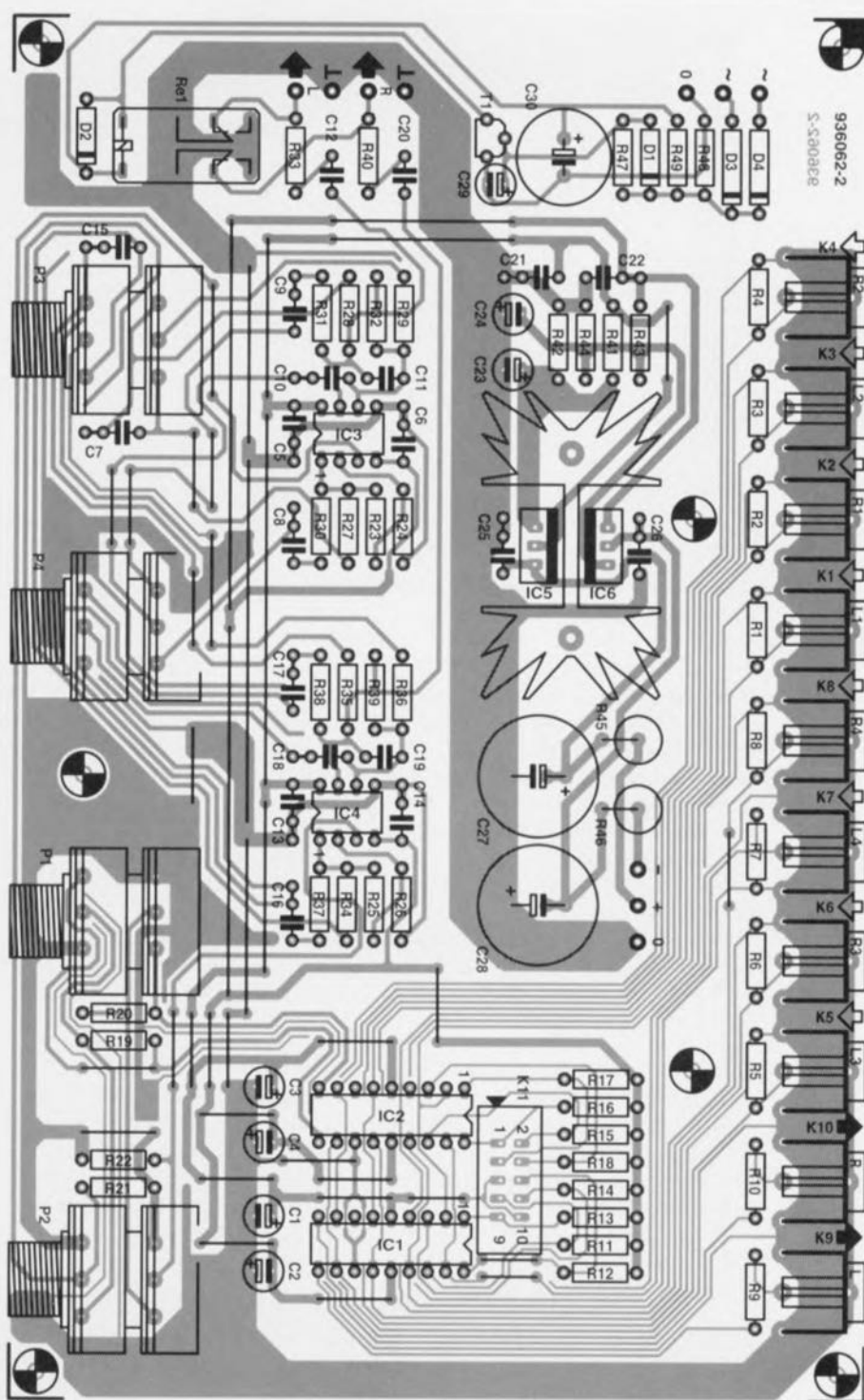


Figure 3. Représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants du préamplificateur d'Intégral. Le dessin du circuit imprimé permet l'implantation directe des embases Cinch et des potentiomètres.

Liste des composants de l'alimentation centrale

Résistances :

R1 à R8 = 0 Ω 1/5 W
 R9 = 10 k Ω

Condensateurs :

C1 à C4 = 10 000 μ F/50 V radial

Semi-conducteurs :

D1 = LED rouge à faible consommation
 B1 = pont de redressement B200C35 (35 A)

Divers :

Tr1 = transformateur torique 2 x 22 V/300 VA
 1 entrée secteur avec porte-fusible intégré
 1 fusible, 3A15, action temporisée
 1 interrupteur-secteur bipolaire

réaliser une connexion fiable entre la platine du préamplificateur et les commutateurs rotatifs S1 et S2 (les seuls et uniques composants à ne pas

se trouver sur le circuit imprimé) auxquels sera soudée l'autre extrémité de ce câble multibrin.

Dans le cas du prototype d'Intégral,

nous avons fait appel à cinq entretoises pour fixer la platine du préamplificateur sur le fond (métallique) du boîtier, de façon à ce que les

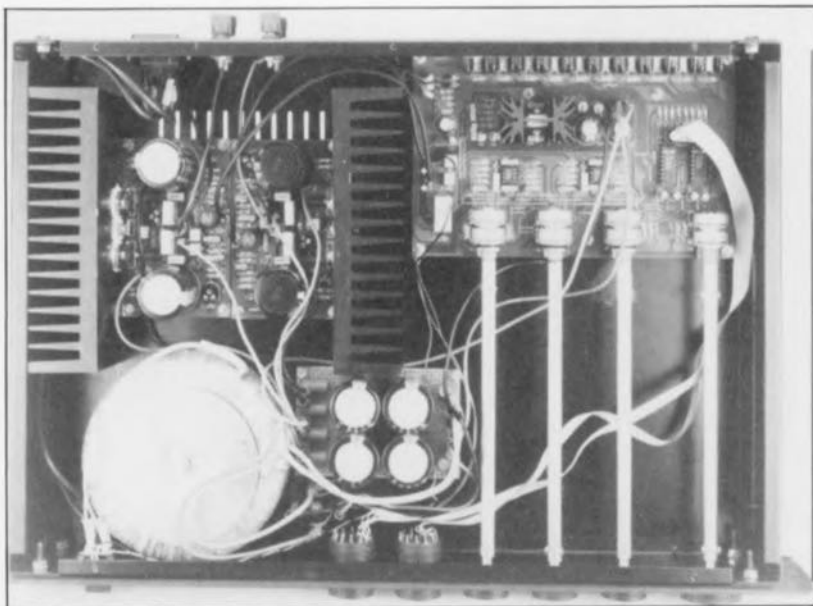


Figure 4. Voici à quoi ressemble la platine du préamplificateur doté – correctement bien sûr – de tous ses composants.

embases Cinch, K1 à K10, débordent quelque peu de la face arrière du coffret. Attention à ne pas utiliser des entretoises (métalliques) trop épaisses pour la fixation de la platine dans le fond du coffret.

On notera également que les orifices par lesquels sortent les embases doivent impérativement présenter une section suffisamment grande pour éviter tout risque d'entrée en contact entre le boîtier métallique et les embases. La seule et unique façon sûre pour relier le coffret à la masse du montage consiste en une connexion – sous la forme d'un morceau de fil de câblage souple doté d'un oeillet – entre l'un des contacts de masse de l'une des embases Cinch et l'une des vis (métalliques) de fixation de la platine.

Il est également possible de souder les potentiomètres directement sur le circuit imprimé. Il est cependant recommandé dans ce cas-là – nous ne l'avons pas encore fait sur le prototype – de doter cette face de la platine d'une « cornière » métallique assurant une meilleure fixation mécanique des potentiomètres.

La photo de la **figure 4** montre la platine du préamplificateur, montée et fixée dans le boîtier d'Intégral.

La mise en boîtier

Vu que nous envisagions de réaliser un ampli/préampli intégré, nous avons cherché un boîtier permettant de « loger à la même enseigne » tous les sous-ensembles constituant la version

stéréo d'Intégral. Comme l'illustre la photo de la **figure 5** cette recherche a été fructueuse et nous avons pu mettre l'ensemble dans un joli coffret de fabrication française (hé oui !).

Les étages de sortie avec leurs radiateurs impressionnants occupent une bonne partie de l'espace disponible. Les radiateurs ont été dotés de quelques orifices avec filetage M3, permettant de les visser contre le fond du boîtier. Il est requis, pour éviter tout effort mécanique sur les broches des transistors T5 à T7 des étages de sortie, de faire appel à des entretoises de longueur convenable pour bien fixer les platines de l'amplificateur de sortie contre le fond du boîtier.

Le grand transformateur torique trouve une (petite) place entre les étages de sortie et la face avant du boîtier. Il suffit d'un petit morceau de platine d'expérimentation pour assurer une fixation fiable des gros condensateurs électrolytiques de 10 000 µF, des résistances de 0Ω1 et (éventuellement) de la résistance-série de la LED-témoin de fonctionnement. Le pont de redressement avec son boîtier métallique sera lui vissé contre le fond du boîtier.

Vu que la platine du préamplificateur se trouve pratiquement « tout contre » la face arrière du coffret, il est requis de doter l'axe de chacun des potentiomètres d'une rallonge (sous la forme, par exemple, d'un petit morceau de tube d'aluminium d'un diamètre intérieur correspondant au diamètre des axes des potentiomètres) de façon à en permettre la rotation par action sur les quatre boutons présents sur la face avant d'Intégral (voir figure 5). Outre les quatre orifices, recevant les axes rallongés des potentiomètres, il faudra doter la face avant de deux autres orifices permettant de monter les commutateurs rotatifs S1 et S2, d'un orifice pour l'interrupteur-secteur double et le cas échéant d'un dernier orifice pour l'éventuelle LED-témoin.

Il faudra percer, dans la face arrière du coffret, les dix orifices pour les embases K1 à K10, ainsi que les orifices nécessaires au montage de l'embase de l'entrée-secteur de type CEE et celles pour la connexion des haut-parleurs.

Câblage et finition

Vu que le câble reliant l'embase d'entrée-secteur à l'interrupteur-secteur proprement dit passera inévitablement à proximité immédiate de l'un des radiateurs des étages de sor-

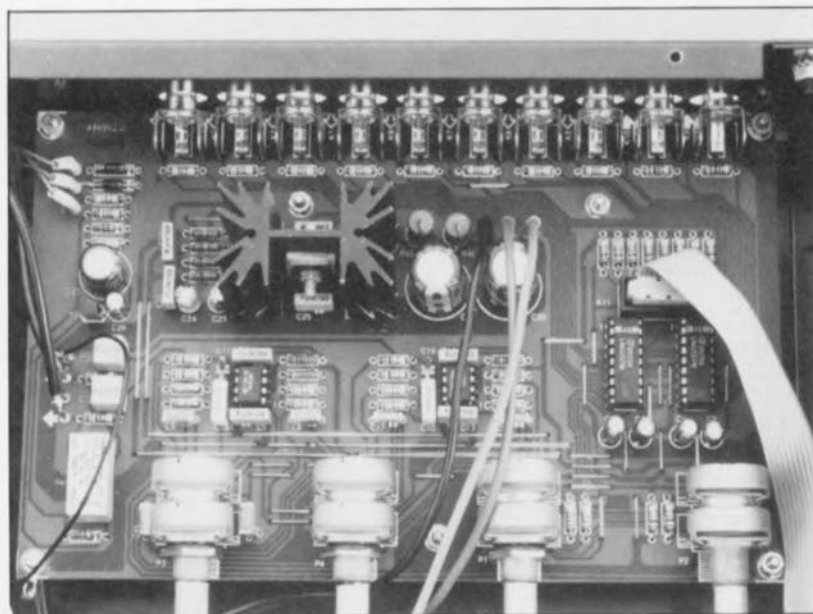


Figure 5. Vue générale du premier prototype d'Intégral, mis dans son coffret.

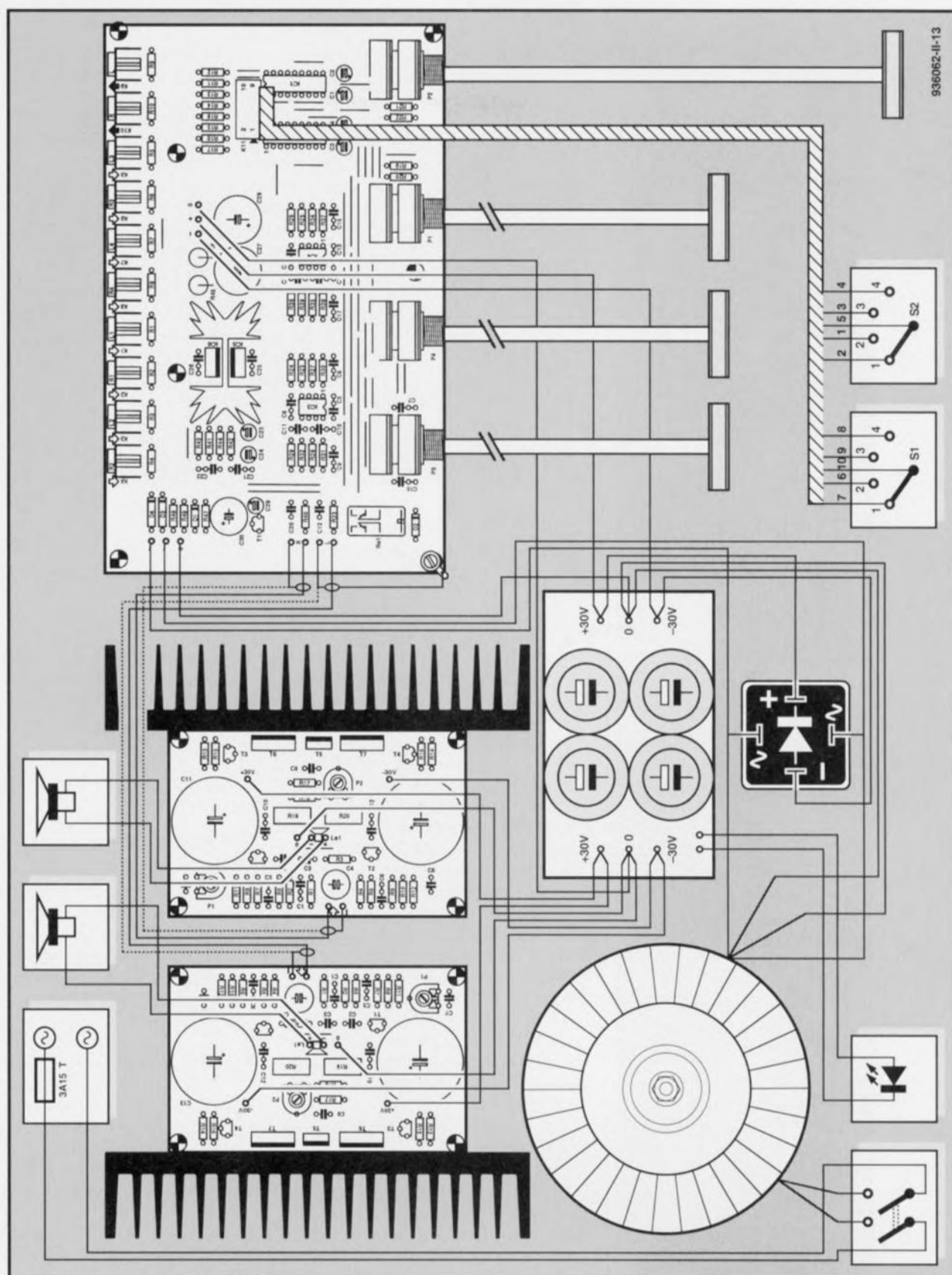


Figure 6. Si l'on effectue le câblage comme l'illustre ce plan de câblage, on aura la garantie d'un fonctionnement sans problème d'Intégral.

tie, il faudra faire appel à du fil de câblage souple résistant à la chaleur. Pour des raisons de sécurité évidentes il est requis de procéder à une isolation en bonne et due forme de chaque extrémité de câble dénudée et de toute partie métallique de

l'embase d'entrée et de l'interrupteur secteur; on utilisera de préférence un petit morceau de gaine thermorétractable correctement positionnée. Au cas où l'on ferait appel à un interrupteur-secteur à voyant intégré il n'est plus utile de doter la

face avant d'Intégral de la petite LED-témoin « POWER ».

Il faudra, en ce qui concerne le câblage du côté secondaire du transformateur, à savoir les connexions entre l'enroulement secondaire et la

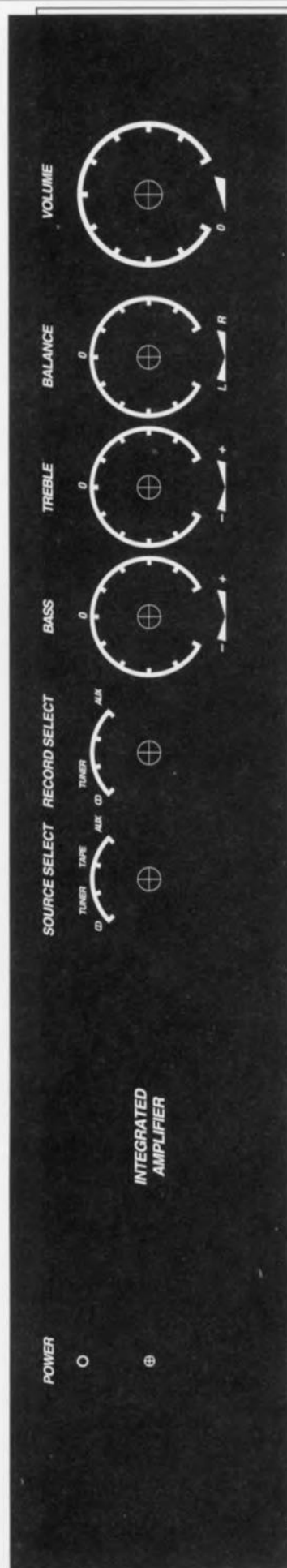


Figure 7. Exemple d'une sérigraphie à échelle réduite pour la face-avant d'Intégral.

Pour quelques entrées de plus...

Vu que la quasi-totalité des amplificateurs disponibles dans le commerce ne possède pratiquement jamais plus de quatre entrées, nombre d'audiophiles enthousiastes se trouvent invariablement confrontés à un manque de connexions audio : un seul lecteur de CD ne leur suffit pas, ils en voudraient deux sans oublier **et** un lecteur DAT **et** un lecteur DCC **et** une entrée son TV **et** une entrée additionnelle libre « au cas où... ». Si on les suit dans leur compte on constate qu'un nombre de huit entrées ne serait pas un luxe.

Malheureusement, le circuit imprimé n'a pas été conçu pour une telle extension. Cela ne veut cependant pas dire qu'il soit impossible de doter Intégral d'un certain nombre d'entrées supplémentaires. Il est très facile de « coupler » les commutateurs analogiques LM1037 utilisés dans ce montage ; il suffit tout simplement de les mettre en parallèle.

Un doublement du nombre d'entrées disponibles peut être réalisé par le montage de quatre embases cinch reliées aux entrées d'un LM1037 additionnel. Il faudra mettre ce dernier – sous la forme d'une copie de IC2 – sur une petite platine d'expérimentation avec ses résistances d'entrée et de forçage. Il faudra ensuite connecter les broches 9 et 10, la broche 7 (*mute/inhibit*) et les broches d'alimentation avec celles de IC2. Après avoir relié les entrées de commande A, B, C et D aux contacts 5 à 8 du commutateur rotatif S2 tout est prêt et Intégral dispose dès lors de huit entrées audio.

En faisant appel à la technique décrite ci-dessus on pourrait même envisager de doubler également les possibilités de commutation de S1 (IC1) pour le choix de la source d'enregistrement.

petite platine d'expérimentation sur laquelle sont regroupés les gros condensateurs et les résistances, utiliser du fil de câblage souple de 1,5 mm de diamètre au minimum. On fera appel au même type de câble pour appliquer la tension d'alimentation symétrique aux étages de sortie et au préamplificateur. Il va sans dire que les câbles reliant les étages de sortie aux embases pour les haut-parleurs doivent avoir eux aussi une section importante (1,5 mm², voire plus). On pourra utiliser, pour l'application de la tension d'alimentation au sous-ensemble de la temporisation de mise en fonction, du fil de câblage souple de faible section reliant les points = présents sur la platine aux contacts = du pont de redressement d'une part et le point 0 sur le circuit imprimé avec le point 0 central sur la platine des condensateurs électrolytiques de l'autre.

On se référera, pour effectuer un câblage correct des 10 conducteurs du câble plat, servant à relier les commutateurs rotatifs S1 et S2 à l'embase HE-10 mâle, K11a, au schéma de la figure 1.

Arrivés à la fin de la description concernant la réalisation d'Intégral, il nous reste à faire quelques remarques concernant le refroidissement des étages de sortie, facteur très important pour le bon fonctionnement de l'ampli. Bien que les étages de sortie aient été dotés d'un radiateur de dimensions adéquates, on notera que le coffret utilisé (voir la liste des composants) est quasi-fermé. Vous n'êtes pas sans savoir qu'un radiateur sans circulation d'air n'est pas d'une grande utilité ! Pour garantir un refroidissement correct

des étages de sortie il est donc requis de doter le fond et le « couvercle » du boîtier d'un nombre de fentes d'aération permettant une circulation libre de l'air « à travers » les radiateurs.

Le fabricant ayant doté le coffret d'une belle couche de peinture noire « satinée », il ne vous reste plus qu'à orner la face avant d'Intégral d'une belle sérigraphie telle celle que montre la **figure 7** pour disposer d'un appareil de classe.

De qualitate...

Dans cet ultime paragraphe des deux articles consacrés à la réalisation d'Intégral, nous allons nous intéresser, il est difficile d'y échapper, une dernière fois aux caractéristiques techniques (ou « audiophiles » pourrait-on dire) du dernier-né des amplificateurs décrits dans Elektor.

Contrairement à ce que pourrait donner à penser l'électronique « standard » et peu sophistiquée mise en oeuvre dans cette réalisation, on se trouve ici en présence, il n'y a pas le moindre doute à ce sujet, d'un amplificateur à classer parmi les appareils Haute-Fidélité. Nous n'allons cependant pas jusqu'à prétendre qu'Intégral soit un amplificateur haut de gamme (ou « *high-end* » comme le disent les anglophiles) ; il s'agit tout simplement d'une « brave bête » faite pour être écoutée sans se perdre dans le dédale de discussions trop techniques et trop théoriques interminables.

Les entrées du préamplificateur d'Intégral se caractérisent par une sensibilité de 300 mV et une impé-

dance de $47\text{ k}\Omega$. Le rapport entre la tension de sortie de ligne et son impédance est de $1\text{ V}/100\text{ }\Omega$, celui de la sortie pour magnétophone étant de $300\text{ mV}/1\text{ k}\Omega$. Les courbes de la **figure 8** illustrent le comportement du réglage de tonalité du préampli. On voit nettement le point de démarrage qui se trouve à 1 kHz et la plage de la régulation s'étendant de $+12\text{ dB}$ à -12 dB .

Il ne reste plus qu'à aborder le sujet distorsion, élément sur lequel nous ne nous étendrons pas. Vu que la distorsion propre et la contribution au bruit du préamplificateur sont bien inférieures au niveau de l'étage de sortie, il vous suffit de vous reporter aux courbes de la figure 8 de l'article du mois dernier. Ces courbes illustrent nettement qu'à des puissances de sortie de niveau « domestique » (1 à 2 W) le total de la distorsion plus bruit se limite à $0,02\%$ environ, valeur totalement négligeable donc !

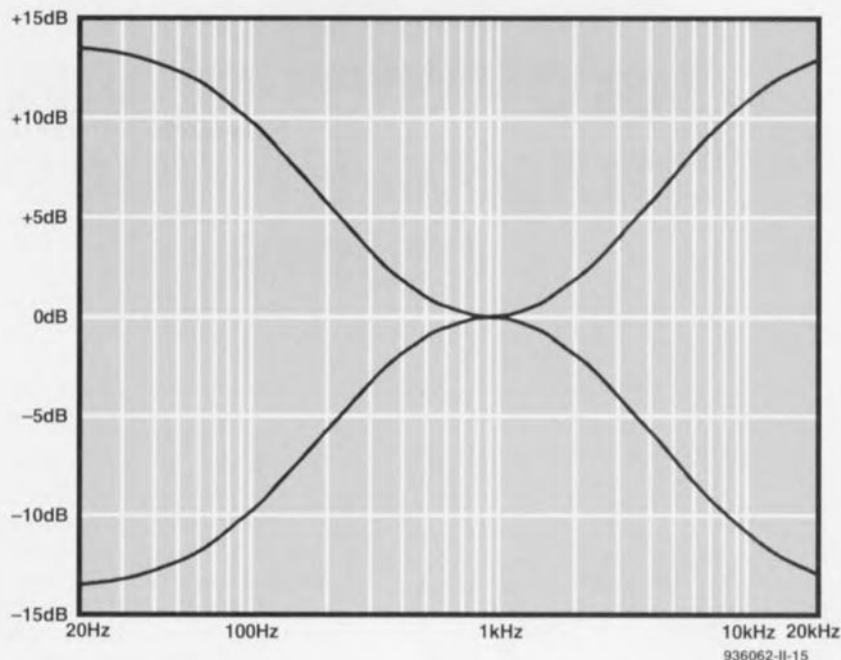
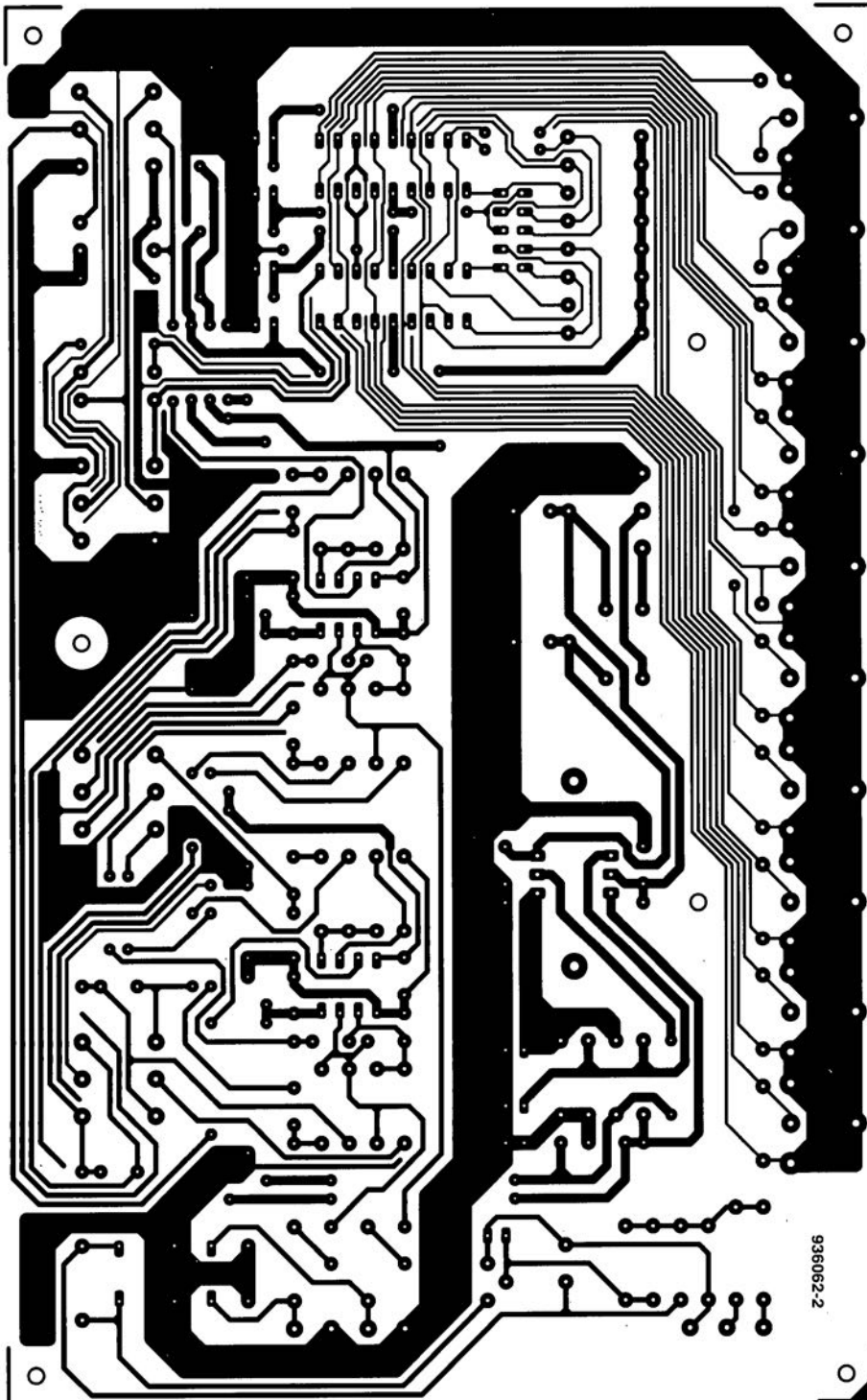


Figure 8. La réponse en fréquence du préamplificateur avec son réglage de tonalité mis en butée.

CIRCUITS IMPRIMÉS EN LIBRE SERVICE



936062-2

Intégral : l'étage des entrées et le préamplificateur

faites vos selfs toroïdales et vos transfos HF vous-même

J. J. Carr

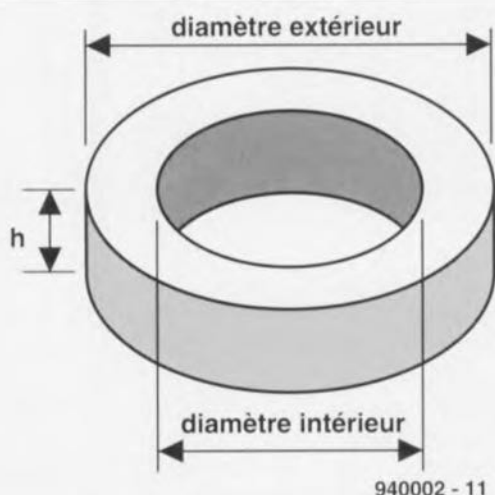


Figure 1. Caractéristiques mathématiques d'un noyau toroïdal.

Bon nombre de montages à réaliser soi-même par les amateurs d'électronique ou les radio-amateurs font appel à des inductances ou des transformateurs HF (Hautes Fréquences) bobinés sur des noyaux toroïdaux ou toriques. Un toroi-

de – terme que l'on ne retrouve pas encore dans le Petit Robert qui ne connaît que le terme *tore*, mais courant dans la littérature consacrée – est, comme l'illustre le dessin de la figure 1, un objet en forme d'anneau ou de cylindre aplati (on en trouve même certain avec des bords arrondis) comportant un orifice en son centre. Cette forme torique présente, pour les selfs, bobines et autres inductances, entre autres avantages, celui de permettre l'obtention d'une valeur d'inductance relativement élevée tout en ne nécessitant que peu de spires, ceci en raison de la perméabilité (symbole = μ) du tore. Un second avantage, plus important peut-être, est la caractéristique d'auto-blindage que sa forme cylindrique donne à la self toroïdale, caractéristique tombant à point nommé lors de l'utilisation de l'inductance toroïdale dans de vrais circuits HF. Les inductances cylindriques ordinaires bobinées autour d'un solénoïde possèdent un champ magnétique qui dépasse le voisinage immédiat des enroulements et qui peut donc affecter

les inductances proches et autres composants sensibles à ce genre de facteur. Un couplage inductif intempestif peut, dans le cas de circuits électroniques HF, être la source de toutes sortes de problèmes les uns plus ennuyeux que les autres, raison pour laquelle on fait de son mieux pour l'éviter... L'utilisation d'un facteur de forme toroïdale, avec son champ magnétique extérieur limité, permet de monter l'inductance à proximité d'autres inductances (et d'autres composants), sans trop rencontrer d'interaction néfaste puisque non intentionnelle.

Matériaux utilisés pour les noyaux toroïdaux

On utilise divers matériaux pour la fabrication des noyaux toroïdaux, matériaux classés en 2 catégories génériques : – la poudre de fer doux (*powdered iron*) et – les ferrites. Ces 2 catégories connaissent des subdivisions mentionnées ci-après.

Matériaux à base de poudre de fer doux

Les tores en poudre de fer doux (on parle aussi de fer divisé) se classent, en fonction de leur formule de base, en 2 sous-ensembles : les fers Carbonyl et les fers à réduction à l'hydrogène. Les matériaux Carbonyl sont fort appréciés pour leur stabilité en température ; ils présentent une perméabilité relative (μ_r) de valeur comprise entre 1 et de l'ordre de 35. Les Carbonyls ont d'excellentes valeurs de Q (facteur de qualité) pour un domaine de fréquences allant jusqu'à 200 MHz. On utilise les Carbonyl pour les applications à puissance élevée, dans les oscillateurs à fréquence variable et lorsque la stabilité en température constitue un facteur important.

Il n'en reste pas moins vrai qu'aucun matériau à base de poudre de fer ou de ferrite n'est totalement insensible aux variations de température, de sorte qu'il faudra penser à doter les oscillateurs utilisant ce type de composants d'un dispositif de compensation en température si l'on veut en garantir un fonctionnement correct. Les composants à base de fer à réduction par l'hydrogène possèdent des perméabilités relatives allant jusqu'à 90, leur facteur Q étant cependant inférieur à celui des tores Carbonyl. Le domaine d'application primaire de ces composants-là est celui des filtres contre les interférences électromagnétiques (EMI). Nous vous proposons dans le tableau 1 la liste des matériaux à base de fer en poudre (fer divisé).

Matériaux à base de ferrite

Contrairement à ce que laisser supposer son étymologie, le terme « ferrite » impliquant que le matériau en question est à

Matériau	μ_r	Commentaires
0	1	Utilisé jusqu'à 200 MHz. L'induction varie en fonction de la technique de bobinage.
1	20	Fait de Carbonyl C. Similaire au mélange n°3, mais plus stable et possédant une résistance volumique plus élevée.
2	10	Fait de Carbonyl E. Facteur Q élevé et bonne résistance volumique sur la plage des fréquences comprises entre 1 et 30 MHz.
3	35	Fait de Carbonyl HP. Très bonne stabilité et bon facteur Q sur la plage des fréquences comprises entre 50 et 500 kHz.
6	8	Fait de Carbonyl SF. Similaire au mélange n°2, mais possédant un facteur Q plus élevé sur la plage des fréquences comprises entre 20 et 50 MHz.
10	6	Poudre de fer de type W. Bons facteur Q et stabilité dans le domaine des fréquences allant de 40 à 100 MHz.
12	3	Matériau fait d'un oxyde synthétique. Bon facteur Q mais stabilité modérée seulement sur la plage de fréquences allant de 40 à 100 MHz.
15	25	Fait de Carbonyl GS6. Excellente stabilité et bon facteur Q dans le domaine des fréquences allant de 100 kHz à 2 MHz. Utilisation recommandée pour les applications de radio en MA (Modulation d'Amplitude) et en TBF (Très Basses Fréquences).
17	3	Matériau Carbonyl similaire au mélange n°12, mais possédant une stabilité en température supérieure mais un facteur Q moindre que le matériau n°12.
26	75	Fait de fer à réduction à l'hydrogène. Possède une perméabilité très élevée. Est utilisé pour les filtres EMI et les selfs d'arrêt (<i>chocke</i>).

Tableau 1. Matériaux utilisés pour les noyaux toroïdaux à base de poudre de fer.

base de fer, cela n'est pas le cas; on subdivise les matériaux ferrite en 2 catégories, celles des types au nickel-zinc et des composants au manganèse-zinc. Le matériau à base de nickel-zinc possède une résistance volumique et un facteur Q élevés sur la plage de fréquences comprises entre 500 kHz et 100 MHz. Il a malheureusement l'inconvénient de présenter une stabilité en température modérée seulement. La perméabilité relative des matériaux au nickel-zinc reste à l'intérieur d'une plage comprise entre 125 et 850. Les matériaux au manganèse-zinc ont des perméabilités relatives supérieures à celles des nickel-zinc, caractéristique se situant dans une plage allant de 850 à 5 000.

Ces matériaux se caractérisent par un facteur Q élevée dans un domaine de fréquences s'étendant de 1 kHz à 1 MHz. Ils connaissent une résistivité volumique faible et une densité de flux de saturation (induction à saturation ou saturation magnétique) modérée. On utilise ces matériaux principalement dans les alimentations à découpage travaillant à des fréquences comprises entre 20 et 100 kHz, pour la réduction des interférences électromagnétiques dans la plage de fréquences allant de 20 à 400 MHz. Le **tableau 2** vous propose quelques informations additionnelles concernant les matériaux à base de ferrite.

La nomenclature des noyaux toroïdaux

Bien qu'il existe différentes façons de désigner les noyaux toroïdaux, la terminologie et la dénomination utilisée par Amidon est sans doute celle que l'on retrouve le plus couramment dans les mondes de l'électronique amateur et des radio-amateurs. Bien que les unités de mesure soient celles du système utilisé aux USA, au Canada et il y a peu de temps encore en Grande-Bretagne, plutôt que le système SI, elles restent très utilisées lorsqu'il s'agit de noyaux toroïdaux. La dénomination attribuée à chaque noyau torique prend la forme suivante : **xx-yy-zz**.

Le premier segment, celui des « xx », peut comporter 1 ou 2 lettres désignant la classe générale du matériau concerné, c'est-à-dire poudre de fer (xx = « T ») ou ferrite (xx = « TF »). Le segment « yy » est une valeur arrondie du diamètre extérieur (cf. figure 1) du tore, exprimée en pouces; ainsi un « 37 » signifie 0,375" (soit 9,53 mm), un tore de 50 identifiant un noyau toroïdal de 0,50" (soit 12,7 mm, calibre fort connu des spotters amateurs d'avions anciens). Le « zz » identifie le type de mélange utilisé pour le dit matériau. On aura donc ainsi, pour un tore de 0,50" de diamètre extérieur fabriqué en poudre de fer de mélange n°2, la dénomination

Matériau	μ_r	Commentaires
33	850	Mn-Zi. Utilisé dans le domaine des fréquences allant de 1 kHz à 1 MHz pour les cadres à barreau de ferrite (<i>loopstick antenna</i>). Résistance volumique faible.
43	850	Ni-Zi. Inductances pour Ondes Moyennes et transformateurs à large bande jusqu'à 50 MHz. Atténuation importante sur la plage de fréquences de 30 à 400 MHz. Résistance volumique élevée.
61	125	Ni-Zi. Facteur Q élevé de 200 kHz à 15 MHz. Stabilité en température modérée. Utilisé pour les transformateurs à large bande jusqu'à 200 MHz.
63	40	Ni-Zi. Facteur Q élevé de 15 à 25 MHz. Perméabilité faible et résistance volumique élevée.
67	40	Ni-Zi. Facteur Q élevé de 10 à 80 MHz. Densité de flux relativement élevée et bonne stabilité en température. Est similaire au type 63, mais possède une résistance volumique plus faible. Utilisé pour les transformateurs à large bande jusqu'à 200 MHz.
68	20	Ni-Zi. Excellente stabilité en température et facteur Q élevé de 80 à 180 MHz. Résistance volumique élevée.
72	2 000	Facteur Q élevé jusqu'à 500 kHz, mais utilisé pour les filtres EMI de 500 kHz à 20 MHz. Faible résistance volumique.
J/75	5 000	Utilisé pour les transformateurs à large bande de 1 kHz à 1 MHz et pour les filtres EMI de 500 kHz à 20 MHz. Faible résistance volumique et faibles pertes induites par le noyau.
77	2 000	De 1 kHz à 1 MHz. Utilisé pour les transformateurs à large bande, les convertisseurs de puissance et les filtres EMI et filtres de bruit de 500 kHz à 50 MHz.
F	3 000	Similaire au type 77 ci-dessus, mais possédant une résistance volumique plus élevée, une perméabilité initiale plus grande et une densité de saturation de flux supérieure. Utilisé pour les convertisseurs de puissance et les filtres EMI/de bruit de 500 kHz à 50 MHz.

Tableau 2. Matériaux ferrite.

Mn-Zn = Manganèse-Zinc Ni-Zn = Nickel-Zinc

T-50-2. Les tores sont en outre dotés d'un anneau de couleur pour faciliter leur identification.

Inductances de selfs toroïdales

L'inductance, L , d'une inductance à noyau toroïdal ou torique est une fonction de la perméabilité relative du matériau constituant le noyau, du nombre de spires, du diamètre intérieur du tore (d_i), du diamètre extérieur (d_e) de ce dernier, de sa hauteur, h , cf. figure 1; elle répond approximativement à la formule suivante :

$$L = 0,011684 h N^2 \mu_r \log_{10} \left(\frac{d_e}{d_i} \right) (H) \quad [1]$$

Cette équation n'est heureusement utilisée que rarement telle quelle, sachant que les fabricants de noyaux, qu'ils soient toriques ou non, fournissent un paramètre appelé le A_L indiquant l'inductance correspondant à 100 ou 1 000 spires de fil. Les **tableaux 3** et **4** indiquent, respectivement, les valeurs d' A_L de quelques tores de ferrite et de poudre de fer courants. Le **tableau 5** récapitule certaines des autres propriétés de tores à poudre de fer.

Bobiner ses inductances toroïdales

Le bobinage d'une inductance à noyau torique connaît 2 techniques de base : le **bobinage à spires serrées** et le **bobinage à distribution régulière des spires**. Dans le second cas, les spires effectuées sur le tore sont réparties uniformément sur l'ensemble de la circonférence du tore, à un angle d'au moins 30° – et pouvant aller jusqu'à

près de 90° – que l'on maintient libre à proximité des extrémités des enroulements (cf. **figure 2A**). Cet espace permet de limiter la capacité parasite à la valeur minimale. Bien souvent, l'enrou-

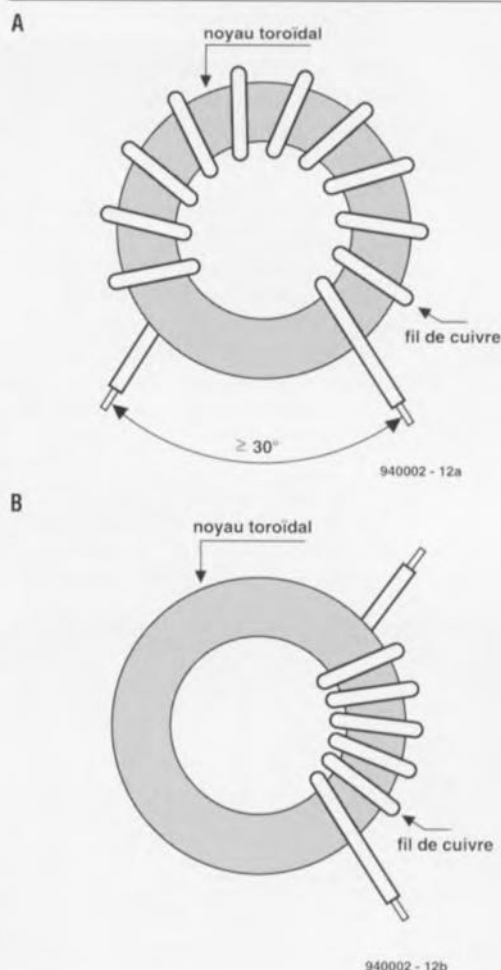


Figure 2. Styles de bobinage sur noyau toroïdal : A) réparti; B) resserré.

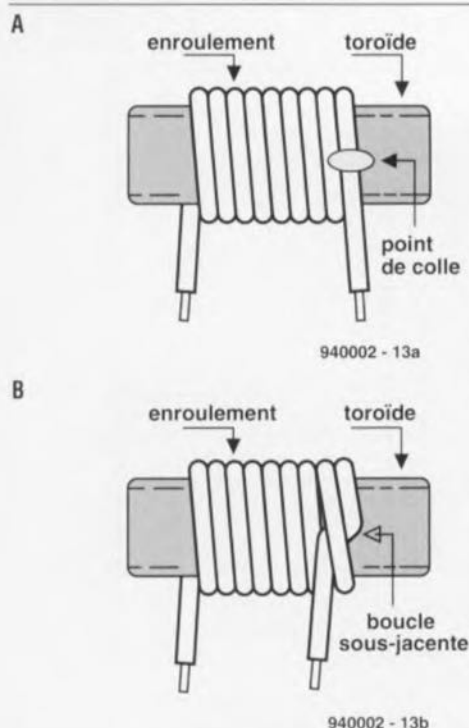


Figure 3. Méthodes de fixation du conducteur bobiné sur un noyau toroïdal : A) à l'aide d'un point de colle; B) par « étranglement ».

lement ne recouvre qu'un arc de 270° de la circonférence totale. Dans le cas du bobinage à spires serrées (cf. figure 2B) au contraire, les différentes spires sont disposées de telle façon que 2 spires adjacentes se touchent (ou presque) physiquement.

Cette technique entraîne une augmentation de la capacité parasite de l'enroulement, facteur ayant une influence sur la fréquence de résonance, mais dont il est possible dans bien des cas de limiter efficacement l'effet néfaste – en particulier lorsque la capacité et le déplacement du point de résonance sont négligeables.

En règle générale on fait appel au bobinage serré pour les inductances utilisées dans des circuits accordés sur une bande étroite (*narrow band tuned*),

le bobinage étalé étant utilisé pour les situations en bande large (*broadband*) telles que les transformateurs conventionnels et les symétriseurs d'antenne dits BALUN HF (**BAL**anced-**UN**balanced).

La technique de bobinage a un effet limité sur l'inductance finale de la self. Si cette caractéristique rend plus délicat le calcul de la valeur d'inductance finale réelle, elle a aussi l'avantage de pouvoir servir à l'ajustage de la valeur réelle de l'inductance une fois celle-ci prise en circuit.

Calculer le nombre de spires nécessaires

Comme cela est le cas avec toutes les inductances, le nombre de spires de fil de métal détermine la valeur de l'inductance de la self terminée. Lorsqu'il s'agit de tores en poudre de fer on peut utiliser la connaissance du facteur A_L du dit tore, sans trop d'arrière-pensée, pour déterminer le nombre de spires nécessaires.

Pour les tores à poudre de fer :

$$N = 100 \sqrt{(L / A_L)} \quad [2]$$

Formule dans laquelle N est le nombre de spires, L l'inductance requise exprimée en microhenry (μH), A_L une caractéristique du matériau du tore et de sa taille ($\mu H/100$ spires).

Prenons un exemple :

Calculez le nombre de spires à effectuer sur un tore de type T-50-2 (rouge) de poudre de fer ($A_L = 49$) pour disposer d'une inductance de 6 μH . Réponse: $N = 100 \sqrt{(6 \mu H / 49)} = 35$ spires.

Pour les tores de ferrite :

$$N = 1000 \sqrt{(L / A_L)} \quad [3]$$

Formule dans laquelle L l'inductance requise exprimée en millihenry (mH), A_L une caractéristique du matériau du tore et de sa taille (mH/1 000 spires).

Un exemple :

De combien de spires faut-il disposer pour avoir une inductance de 200 μH si l'on utilise un tore de ferrite FT-50A-43 ($A_L = 570$ mH/1 000 spires) ? On se souviendra que 200 $\mu H = 0,2$ mH ! Réponse: $N = 1\,000 \sqrt{(0,2 \text{ mH} / 570)} = 18,7$ spires.

Il arrive bien évidemment souvent que le résultat de ces calculs soit un nombre fractionnaire de spires. Exception faite de la valeur 0,5 spire, le nombre de spires réel sera arrondi au nombre de spires entier le plus proche. Il est possible d'arrondir à la demi-spire la plus proche, mais cela n'est pas toujours facile à réaliser dans la pratique.

Fabrication du composant à noyau torique

Le matériau utilisé pour effectuer les spires est la plupart du temps du fil de cuivre dont l'isolation est soit de l'émail soit un autre matériau isolant (tel que formvar). Pour les applications de faible puissance (récepteurs, oscillateurs à fréquence variable, etc.) le fil est bien souvent compris dans la gamme allant du SWG22 au SWG36 (le SWG26 étant le type de fil le plus couramment utilisé; cf. l'infocarte n°33 consacrée aux sections de fil de cuivre). Pour les applications nécessitant une puissance élevée, telles qu'émetteurs et amplificateurs de puissance HF, on utilisera du fil de section plus importante. Pour les applications amateurs faisant appel à des puissances élevées on adoptera du SWG14 voire SWG12; notons que certains appareils vendus dans le commerce vont jusqu'à utiliser du SWG6. Quoi qu'il en soit, il s'agit toujours de fil de cuivre isolé à l'émail ou au formvar. Il est fort probable, dans le cas des niveaux de puissance élevés, que l'on ait affaire à des tensions élevées. Sur un amplificateur HF de forte puissance tels ceux utilisés par les radio-amateurs de nombreux pays, les potentiels présents aux bornes d'un circuit 50 Ω peuvent atteindre plusieurs centaines de volts. Dans ces cas-là il est courant d'enrober le tore dans un film autocollant à fibre de verre tel que le Scotch 27 (publicité gratuite).

Les applications de forte puissance nécessitent souvent un noyau toroïdal de fortes dimensions plutôt que les petits tores normalement utilisés pour les niveaux de puissance plus faibles. Il n'est pas rare que l'on rencontre typiquement dans ces réalisations des noyaux toroïdaux des gammes FT-150-zz à FT-240-zz voire T-130-zz à T-500-zz. On n'hésite pas, pour les cas de puissances extrêmes, à empiler plusieurs noyaux toriques identiques qui sont ensuite enveloppés à l'aide d'un revêtement isolant autocollant ou non de façon à permettre l'obtention d'une puissance plus élevée. Cette technique est fréquemment utilisée avec les amplificateurs de puissance HF et les systèmes de réglages d'antennes.

Fixation des spires

Il n'est pas exceptionnel, si l'on ne prévoit pas de dispositif de fixation des spires constituant l'inductance ou le transformateur toroïdal, que celles-ci se détendent. Certains réalisateurs de projets préfèrent pour cette raison fixer l'enroulement au noyau toroïdal en utilisant l'une des 2 méthodes représentées en figure 3. La figure 3A propose l'utilisation, pour la fixation des extrémités de l'enroulement

Tableau 3. Valeurs de A_L pour des tores de ferrite courants.

Taille du tore	Type de matériau					
	43	61	63	72	75	77
23	188	24,8	7,9	396	990	356
37	420	55,3	17,7	884	2 210	796
50	523	68	22	1 100	2 750	990
50A	570	75	24	1 200	2 990	1 080
50B	1 140	150	48	2 400	—	2 160
82	557	73,3	22,8	1 170	3 020	1 060
114	603	79,3	25,4	1 270	3 170	1 140
114A	—	146	—	2 340	—	—
240	1 249	173	53	3 130	6 845	3 130

au tore, d'une goutte de colle, d'adhésif aux silicones, ou pour les tensions élevées, du Glyptol (utilisé quelquefois dans les étages HT de certains récepteurs TV). D'autres amateurs de réalisations personnelles préfèrent la technique illustrée en figure 3B. Cette méthode préconise de glisser l'une des extrémités de l'enroulement sous la première spire complète avant de la coincer par une traction de force adaptée. Si cette méthode ancre effectivement efficacement l'enroulement en question, elle peut également se traduire par une anomalie dans la situation magnétique qui peut entraîner des interactions avec les composants connexes. Les expériences accumulées par de nombreux concepteurs donnent à penser que ce risque est peu probable et que son utilisation peut être conseillée sans arrière-pensée.

Lorsque la self est prête et que l'on a obtenu **et** le nombre de spires **et** l'espacement requis, on pourra ancrer les extrémités de l'enroulement avant d'implanter la self à l'endroit prévu. Une dernière technique de fixation de l'enroulement consiste à le revêtir d'une fine couche de laque transparente ou de « Q-dope » (ce produit étant destiné, d'après son fabricant, à sceller les inductances).

Montage du composant à noyau torique

Il arrive que les selfs toroïdales soient plus difficiles à monter que les selfs montées sur solénoïde, mais les règles à respecter sont moins strictes. La raison de cette « libéralisation » des règles d'implantation est que la self toroïdale correctement réalisée présente un auto-blindage efficace de sorte que l'on peut faire moins attention (moins et non s'en fiche totalement) aux composants entourant l'inductance. Dans le cas des selfs à solénoïde la distance entre 2 selfs juxtaposées et leur orientation respective est un facteur important. Des selfs rapprochées doivent, à moins d'être parfaitement blindées, être positionnées à angle droit l'une par rapport à l'autre pour réduire au minimum le couplage mutuel entre elles. Quoi qu'il en soit, les inductances toroïdales peuvent être coplanaires (dans le même plan) ou mises dans des plans adjacents l'une par rapport à l'autre. Bien qu'il faille garder une certaine distance entre les selfs toroïdales (le bobinage et la fabrication du tore n'étant pas parfaits) la distance moyenne requise est inférieure à celle nécessitée par une self à solénoïde. La stabilité mécanique du montage d'une self est un facteur dont il faut toujours tenir compte, quel qu'en soit le type – ceci est d'ailleurs vrai pour n'importe quel composant. Pour les envi-

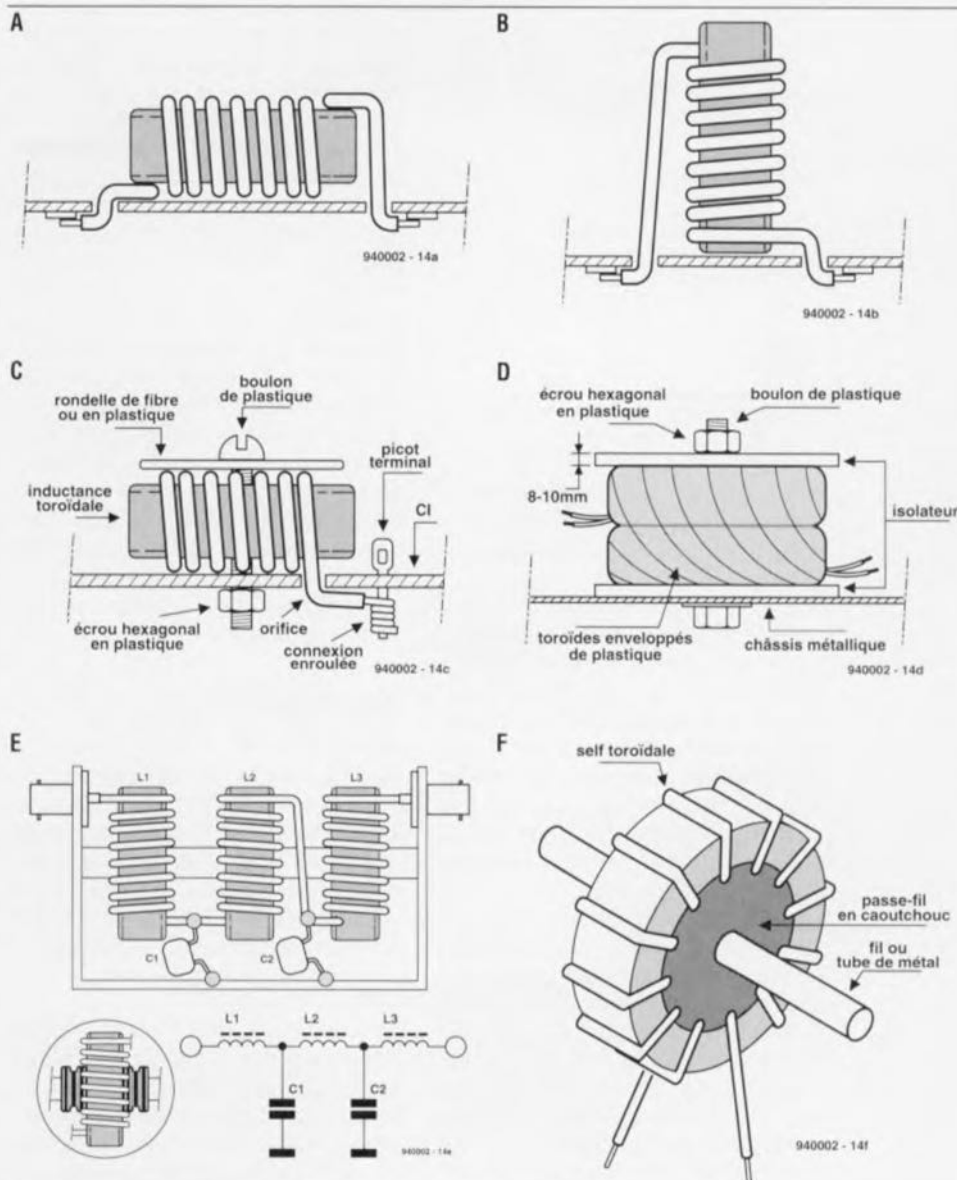


Figure 4. A) Montage à plat; B) Montage vertical avec fixation par les extrémités; C) Montage assuré (utiliser vis ou boulon et écrou en nylon); D) Montage d'inductances ou de transformateurs toroïdaux haute tension ou de forte puissance; E) Inductance toroïdale suspendue sur un axe; F) Technique de montage d'un transformateur à « primaire à spire unique » dans les wattmètres HF ou les VSWR-mètres.

ronnements les moins exigeants on pourra monter la self à même le circuit imprimé (CI) en utilisant l'une des techniques illustrées en **figure 4A** et **B**. En figure 4a la self toroïdale est montée à plat contre le circuit imprimé; ses extrémités passent dans les orifices percés à cet effet dans la platine pour être soudés sur le dessous de celle-ci. La méthode de la figure 4b monte l'inductance à la perpendiculaire du circuit imprimé et utilise les extrémités de la bobine pour ancrer le composant à la platine. Il est prudent d'utiliser un rien de colle aux silicones pour fixer la self au circuit imprimé une fois que l'on est assuré du fonctionnement correct du montage.

Si l'environnement est plus exigeant en raison d'un niveau vibratoire plus élevé, on pourra utiliser une technique similaire à celle représentée en **figure 4C**. La

self toroïdale est fixée au circuit imprimé à l'aide d'un boulon et d'un écrou en nylon et de rondelles en fibre ou en plastique. Il n'est pas rare de retrouver la technique illustrée en **figure 4D** sur les systèmes de syntonisation d'antennes de forte puissance. Dans cette configuration plusieurs noyaux toriques sont enrobés individuellement de bande armée à la fibre de verre avant d'être superposés pour, une dernière fois, être enveloppés de ce même type de bande. Cet assemblage est lui-même monté entre 2 isolateurs qui pourront être de plastique, de céramique ou de matériau à base de fibres synthétiques, le tout étant maintenu en place sous forme de sandwich à l'aide d'un boulon et d'un écrou hexagonal. Le croquis de la **figure 4E** illustre une technique de suspension des noyaux toroïdaux dans un environnement blindé. Le but de cette approche

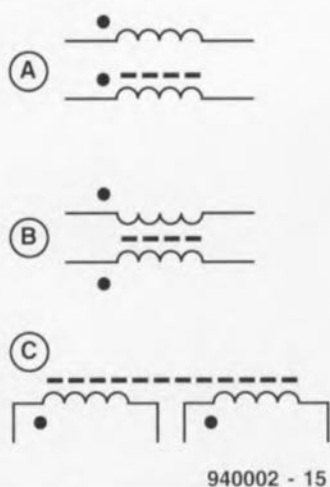


Figure 5. Symboles de représentation de transformateurs.

avait été de réaliser un filtre passe-bas à 5 éléments (cf. son schéma en partie inférieure de la figure 4E) pour une installation de test. Les selfs (inductances) toroïdales sont glissées sur un tube fait d'un matériau isolant quelconque, tel que bois, plastique, plexiglass, Lexan ou autre produit de synthèse. À condition de choisir un tube de section convenable les tores seront parfaitement fixés mécaniquement et ne nécessiteront donc pas de dispositif de fixation supplémentaire. Si l'ensemble manque de rigidité mécanique on pourra utiliser un rien de colle ou de produit durcissant aux silicones pour bien arrimer le tore. Il faut éviter d'avoir à forcer sous peine de risquer d'abîmer l'enroulement voire le tore proprement dit. Une autre approche consiste à utiliser un tube de section sensiblement inférieure au diamètre intérieur du tore et à bloquer ce dernier à l'aide de joins souples en caoutchouc, technique illustrée dans la partie inférieure gauche de la figure 4E. Si les passe-fils ont une section suffisante on pourra en rester là, sinon, quelques gouttes de colle et l'affaire est réglée.

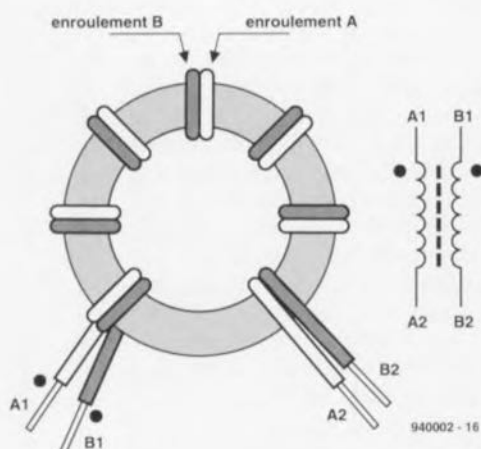


Figure 6. Technique de bobinage bifilaire.

Le croquis de la figure 4F propose une technique de montage approchante utilisée pour la confection de transformateurs de courants dans les puissancemètres HF de fabrication personnelle. Ici, une rondelle de caoutchouc est implantée à l'intérieur du tore; on glisse ensuite dans l'orifice central qu'elle comporte un petit barreau de cuivre ou de laiton. Ce barreau de métal fait office d'enroulement primaire mono-spire. Un échantillon du courant HF traversant la barre de métal est couplé magnétiquement à l'enroulement secondaire effectué sur le tore, d'où il est possible de l'appliquer directement, pour visualisation, à un oscilloscope, voire, après redressement, filtrage, visualisation par l'intermédiaire d'un voltmètre CC calibré en watts ou en unités VSWR (*Voltage Standing-Wave Ratio* = taux d'ondes stationnaires en tension).

Transformateurs toriques HF

On peut doter de tores de poudre de fer ou de ferrite les transformateurs HF qu'ils soient à bande étroite ou à large bande. La figure 5 vous propose les symboles utilisés pour les transformateurs dans les schémas. Ces symboles sont bien souvent interchangeables de sorte qu'on les rencontre de temps à autre.

Le croquis (A) de la figure 5 montre 2 enroulements adjacents où l'on n'a représenté que l'un des tores en vue de ne pas surcharger le schéma, cette représentation n'impliquant cependant pas que le noyau torique n'affecte pas l'un des 2 enroulements. Le symbole du tore peut comporter une ou plusieurs lignes droites ou comme ici, une ligne pointillée.

L'approche représentée en (B) rappelle le symbole du transformateur conventionnel où les enroulements sont placés en opposition l'un de l'autre, le tore venant s'intercaler entre eux.

En (C) le tore a été étalé et les enroulements disposés unilatéralement le long des barres du noyau. Chaque symbole de cette figure comporte un point à proximité des enroulements. Ces points nous indiquent le « sens » de chacun des enroulements et en identifient donc la même extrémité. Par conséquent les fils des 2 extrémités « pointées » sont mises au même endroit et les 2 enroulements sont bobinés dans le même sens. Une autre façon de voir les choses est d'imaginer l'utilisation d'un troisième enroulement pour exciter le noyau toroidal à partir d'une source HF, la phase des signaux aux extrémités « pointées » serait la même; la phase du signal aux extrémités « non marquées »

serait également la même, mais en opposition de phase. La répartition des spires sur un transformateur toroidal peut se faire de différentes façons autour de la circonférence du tore lorsque le composant en question est destiné à travailler en bande étroite. Lorsque l'on veut opérer en bande large on utilise souvent la technique de l'enroulement bifilaire représentée en figure 6. Dans ce cas-là les fils A et B restent juxtaposés tout au long des spires effectuées sur le noyau torique. L'opération de bobinage terminée les extrémités A1 et B1 se trouveront au même endroit, les extrémités A2 et B2 se retrouvant ensemble à l'autre position prévue sur le tore.

Transformateurs conventionnels

L'une des principales applications des transformateurs dans les circuits HF est l'adaptation d'impédance. En cas de connexion de l'enroulement secondaire d'un transformateur à une impédance de charge, l'impédance que « sentira » le primaire sera fonction de l'impédance de charge et du rapport entre le nombre de spires des 2 enroulements que comporte le transformateur (cf. figure 7A). La relation est exprimée par la formule suivante :

$$(N_p / N_s) = \sqrt{(Z_p / Z_s)} \quad [4]$$

Il nous est possible, en nous aidant de

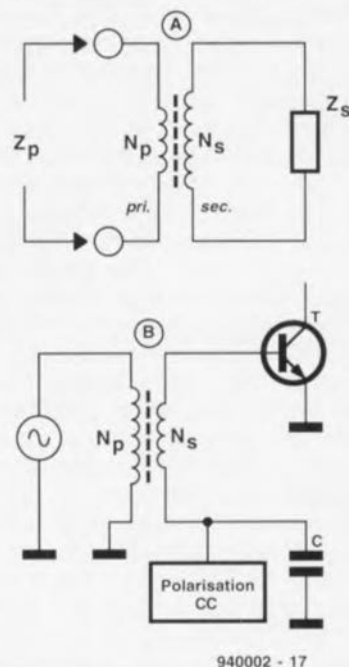


Figure 7. A) Transformateur et charge générique. L'impédance « vue » depuis le primaire est fonction de l'impédance du secondaire et du rapport des spires du transformateur; B) Transformateur réducteur d'impédance (*step-down*) couplant une entre à 50 Ω à un transistor HF.

la relation [4] d'adapter les impédances de source et de charge dans les circuits HF.

Un exemple :

Supposons que nous ayons un amplificateur HF à transistor opérant entre 3 et 30 MHz possédant une impédance d'entrée de base de 4Ω (Z_s) et que le dit amplificateur à transistor doive être adapté à une impédance de source de 50Ω (Z_p) telle qu'illustrée en **figure 7b**. Quel rapport de nombre de spires faut-il réaliser pour disposer d'une adaptation d'impédance correcte ? Prenons notre calculatrice :

$$N_p / N_s = \sqrt{(50/3)} = 3,53:1 \quad [5]$$

Une loi de conception générale pour la valeur d'inductance utilisée dans des transformateurs est que la réactance inductive à la fréquence la plus faible doit être égale à 4 fois la valeur de l'impédance connectée à cet enroulement. Dans le cas du primaire de 50Ω du transformateur évoqué plus haut, la réactance inductive devrait donc être de $4 \times 50 \Omega$, soit 200Ω (nous pouvons nous passer de calculatrice pour cette dernière multiplication). L'inductance devrait donc être de :

$$L = \frac{200 \Omega \cdot 10^6}{2\pi F} \quad [6]$$

$$L = \frac{200 \Omega \cdot 10^6}{2\pi \cdot 3000000} = 10,6 \mu\text{H} \quad [7]$$

Maintenant que nous savons qu'il nous faut une inductance de $10,6 \mu\text{H}$, nous pouvons choisir le noyau toroïdal adéquat et calculer le nombre de spires à effectuer. Le tore T-50-2 (rouge) recouvre la plage de fréquence requise et possède une taille permettant une réalisation aisée de la self en question. Le tore T-50-2 (rouge) possède une valeur A_L de 49, de sorte que le nombre de spires nécessaire répond à la formule suivante :

$$N = 100 \sqrt{(10,6 \mu\text{H} / 49)} = 47 \text{ spires.} \quad [8]$$

Le nombre de spires du secondaire devra être choisi de façon à respecter le rapport 3,53:1 lorsque l'on utilise 47 spires au primaire

$$N_s = 47 / 3,53 = 13,3 \text{ spires.} \quad [9]$$

Si nous dotons le primaire de 47 spires et le secondaire de 13 spires nous aurons réussi à convertir l'impédance de base du transistor de 4Ω en une impédance de 50Ω du système.

Exemple :

Une antenne d'onde Beverage a été réalisée pour la bande de radiodiffusion MA (530 à 1 00 kHz). De par sa construction et son installation elle pré-

Tableau 4. Valeurs A_L de noyaux toroïdaux à la poudre de fer courants.

Taille du tore	Matériau du tore (mélange)								
	26	3	15	1	2	6	10	12	0
12	—	60	50	48	20	17	12	7	3
16	—	61	55	44	22	19	13	8	3
20	—	90	65	52	27	22	16	10	3,5
37	275	120	90	80	40	30	25	15	4,9
50	320	175	135	100	49	40	31	18	6,4
68	420	195	180	115	57	47	32	21	7,5
94	590	248	200	160	84	70	58	32	10,6
130	785	350	250	200	110	96	—	—	15
200	895	425	—	250	120	100	—	—	—

sente une impédance caractéristique Z_0 de 600Ω . Quel est le rapport du nombre de spires à attribuer à un transformateur placé à l'extrémité d'alimentation (cf **figure 8**) pour obtenir une adaptation d'impédance correcte avec l'entrée d'un récepteur dont l'impédance d'entrée est de 50Ω ?

$$(N_s / N_p) = \sqrt{(600 \Omega / 50 \Omega)} = 3,46:1 \quad [10]$$

Le secondaire requiert une réactance inductive de $4 \times 600 \Omega$ soit 2400Ω . L'obtention de cette réactance inductive à la fréquence de travail la plus faible nécessite une inductance de :

$$L = \frac{2400 \Omega \cdot 10^6}{2\pi \cdot 530000} = 721 \mu\text{H} \quad [11]$$

Un coup d'oeil dans une liste des caractéristiques de noyaux toroïdaux à poudre de fer nous apprend que le mélange - 15 (rouge/blanc) opère sur la plage allant de 100 kHz à 2 MHz . Le choix d'un noyau toroïdal T-106-15 (rouge/blanc) nous donne une valeur de A_L de 345. Le nombre de spires nécessaire à l'obtention d'une inductance de $721 \mu\text{H}$ est de :

$$L = 100 \sqrt{(721 / 345)} = 145 \text{ spires} \quad [12]$$

L'enroulement du primaire devra comporter :

$$N_p = 145 / 3,46 = 42 \text{ spires.}$$

Bobinage d'un transformateur conventionnel

Lorsque le nombre de spires des enroulements d'un transformateur conventionnel sont égaux, c'est-à-dire que le rapport du nombre de spires est de 1:1, la technique de bobinage bifilaire (cf. figure 6) est une pratique universelle admise. Une catégorie spécifique de transformateurs HF appelée les transformateurs BALUN (nous y reviendrons un peu plus loin) utilise exclusivement cette technique de bobinage. Au cas où les nombres de spires (des 2 enroule-

ments du transformateur) ne sont pas égaux, il existe 3 approches de bobinage des dits noyaux toriques. Le croquis (A) de la **figure 9** représente un transformateur HF comportant un enroulement haute impédance et un enroulement basse impédance. Les dessins (B) et (C) de cette figure illustrent 2 styles de bobinage différents. La technique (B) garde séparés les enroulements du primaire et du secondaire. Cette technique convient aux applications à bande passante étroite telles que les circuits de syntonisation d'un récepteur radio. La technique (C) intercale les spires de l'enroulement basse impédance entre ou par-dessus les spires de l'enroulement haute impédance. Cette technique peut être utilisée pour les applications à bande étroite ou à bande relativement large. Cependant, si le transformateur doit réellement être à large bande, la meilleure technique de bobinage sera d'adopter l'approche bifilaire pour le bobinage des enroulements à basse impédance et à haute impédance tant que le permet l'enroulement basse impédance. En partant d'un point du noyau toroïdal on garde la technique bifilaire jusqu'à ce que l'enroulement basse impédance ait été bobiné, pour poursuivre en monofilaire pour le reste de l'enroulement haute impédance.

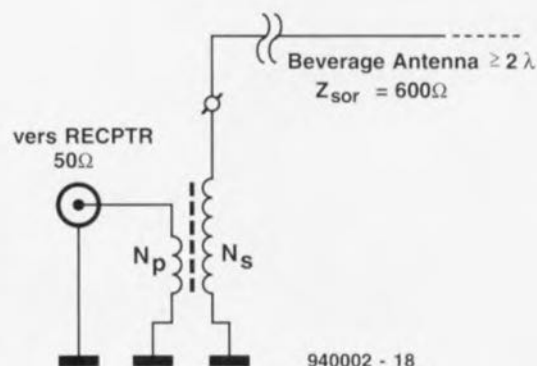


Figure 8. Transformateur couplant une antenne Beverage 600Ω à l'entrée 50Ω d'un récepteur.

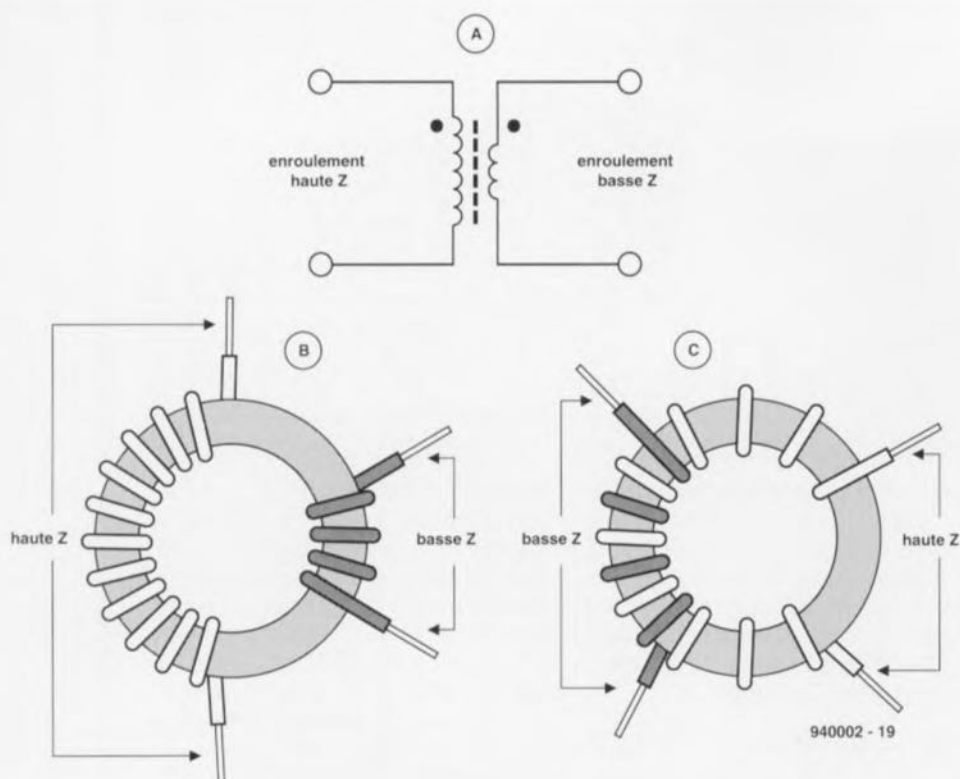
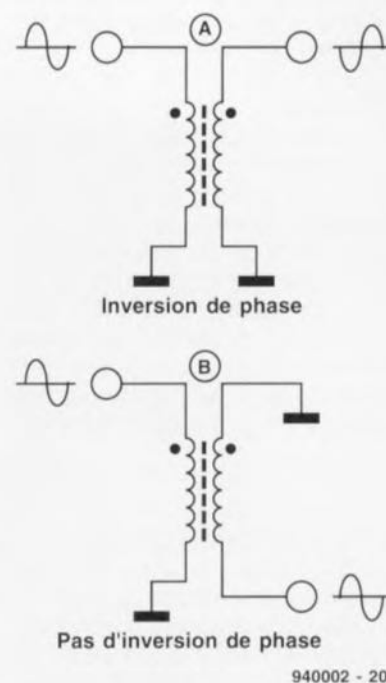


Figure 9. A) Transformateur HF à 2 enroulements; B) enroulements distincts; C) enroulement interlacé ou bifilaire.



940002 - 20

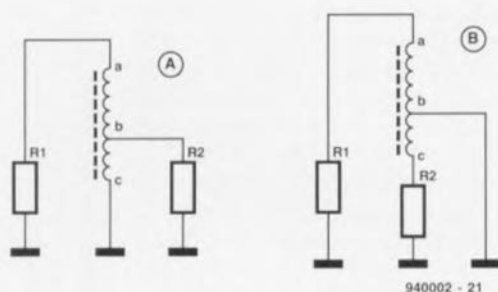
Figure 10. Modes de connexion d'un transformateur : A) Sans inversion de phase; B) Avec inversion de phase.

Le bobinage d'un autotransformateur se fait, dans les grandes lignes, de la même façon que celui d'une self standard à ceci près que les 2 sections constituant l'enroulement sont interconnectées en un point, la prise intermédiaire en l'occurrence. Il existe 2 techniques opératoires : la première est d'utiliser un seul morceau de fil de cuivre; à l'endroit où l'on obtient la prise intermédiaire on effectue une petite boucle dans le conducteur.

On poursuit la seconde partie de l'enroulement. Cette opération terminée on gratte l'émail d'isolation à l'endroit concerné que l'on étame ensuite. La figure 12 vous propose une autre approche consistant à faire de l'unique enroulement 2 morceaux, A-B et B-C. La connexion à l'endroit de la jonction est étamée tant pour des raisons d'intégrité électrique que mécanique. Il est très important que les 2 enroulements gardent le même sens de bobinage. Les enroulement A-B et B-C doivent être bobinés dans la même direction. Les spires de début des 2 sections de la figure 12 vont dans la même direction comme l'exige la conservation de sens des bobines.

BALUN, BAL-BAL, UN-UN & Cie

Il existe une catégorie spéciale de transformateurs HF quelquefois appelés transformateurs de ligne de transmission. Ces composants existent en diverses configurations qui dépendent du type de charge connecté à chaque enroulement



940002 - 21

Figure 11. Modes de connexion d'un autotransformateur : A) Sans inversion de phase; B) Avec inversion de phase.

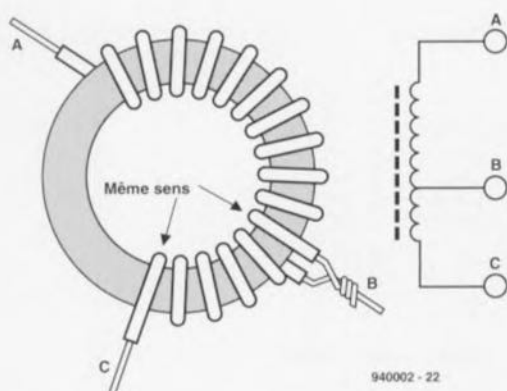
Connexion du transformateur conventionnel au circuit

Le symbole utilisé dans les schémas pour la représentation d'un transformateur HF comporte normalement des points ou autres caractères (graphiques) pour indiquer le sens des enroulements. Ils peuvent également servir à déterminer la phase du signal transmis par le transformateur.

En figure 10 (A) les mêmes extrémités des 2 enroulements sont mises à la masse de sorte que le signal de sortie est en phase avec le signal d'entrée. En figure 10 (B), à l'inverse, les extrémités des 2 enroulements sont mises à la masse sont à l'opposée l'une de l'autre de sorte que le signal de sortie est en opposition de phase (déphasé à 180°) par rapport au signal d'entrée.

Autotransformateurs

La différence entre un autotransformateur et un transformateur est que le premier ne comporte qu'un seul enroulement doté d'une prise intermédiaire de manière à mettre à disposition les 2 niveaux d'impédance requis. La figure 11 propose 2 techniques de connexion d'un autotransformateur. Avec la connexion représentée en (A) on dispose d'un signal en phase, alors que l'approche (B) produit, aux bornes de la charge, un signal qui n'est pas en phase.



940002 - 22

Figure 12. Détail du bobinage d'un autotransformateur.

et du rapport des impédances. Le transformateur BALUN tire son nom de la dénomination **BAL**anced-**UN**balanced qui exprime la relation entre les types de source et de charge. Dans le cas d'un balun on aura dissymétrie d'une charge par rapport à la masse (par exemple un câble coaxial d'une sortie d'un émetteur 50 Ω standard) alors que l'autre sera symétrique par rapport à la masse (une antenne dipôle par exemple).

Les radio-amateurs utilisent souvent des transformateurs balun de rapport d'impédances 1:1 au point d'excitation (alimentation d'une antenne d'émission en énergie électrique) d'un dipôle ou d'une autre antenne symétrique vu que cela donne une forme plus régulière voire presque idéale au lobe en forme de « 8 » bidirectionnel du rayonnement. D'autres dispositifs de symétrisation existent en rapport d'impédances de 4:1. Ces composants peuvent être utilisés pour adapter les impédances d'excitation d'antennes à impédance élevée telles que la G5RV, le dipôle replié ou l'antenne à long fil.

La figure 13 propose les 2 formes de transformateur de symétrisation de tension les plus courantes. Dans la version de rapport d'impédances 1:1 représentée en (A) de cette figure on a 3 enroulements bifilaires montés sur le même noyau toroïdal, alors que la version à rapport d'impédances 4:1 représentée en (B) ne comporte qu'une paire d'enroulements de ce type. Dans les 2 cas le sens de bobinage est très important et à respecter scrupuleusement.

Nous vous proposons en figure 14 une paire de transformateurs HF. Bien que la littérature appelle symétriseur d'antenne 1:1 le dessin représenté en (A) de cette figure, il n'a rien à chercher dans cette catégorie. Il s'agit en fait d'un transformateur d'isolation HF. Il remplit une fonction de conversion d'une charge symétrique en une forme asymétrique compatible avec l'entrée asymétrique.

Le transformateur représenté en (B) est du type BAL-BAL vu qu'il comporte une charge symétrique à chacune des ses extrémités. Le rapport d'impédances de ce symétriseur est de 4:1. Il peut être utilisé pour convertir l'impédance élevée des points d'excitation d'une antenne vers une impédance plus faible tout en conservant la caractéristique de symétrie. On le retrouve occasionnellement dans les circuits d'amplificateurs HF de puissance. À y regarder de près, ce circuit se compose en fait de 2 symétriseurs interconnectés.

Le circuit représenté en figure 15 est un transformateur UN-UN, c'est-à-dire qu'il comporte une charge asymétrique à cha-

Matériau	Code couleur	μ_r	Fréquence [MHz]
41	vert	75	—
3	gris	35	0,05 à 0,5
15	rouge/blanc	25	0,1 à 2
1	bleu	20	0,5 à 5
2	rouge	10	1 à 30
6	jaune	8	10 à 90
10	noir	6	60 à 150
12	vert/blanc	3	100 à 200
0	marron	1	150 à 300

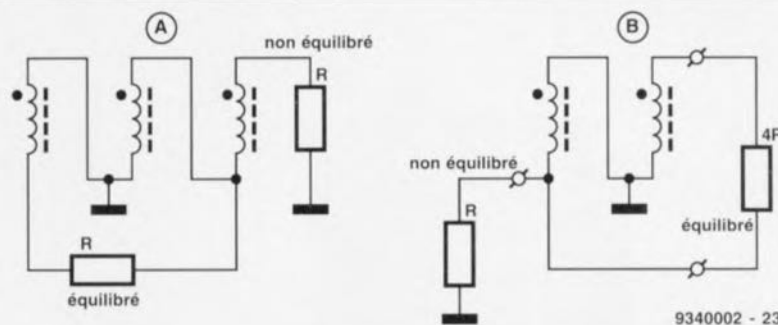


Figure 13. A) Symétriseur d'antenne BALUN 1:1; B) Symétriseur d'antenne BALUN 4:1.

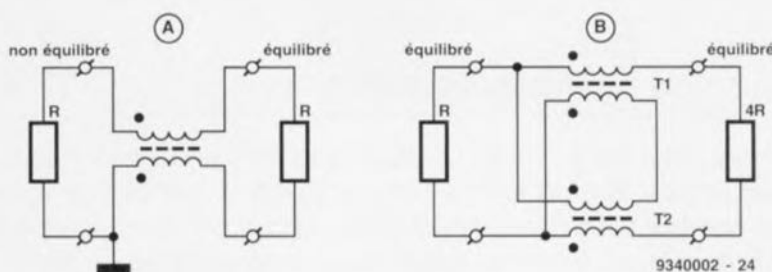


Figure 14. A) Symétriseur d'antenne pseudo-BALUN d'isolation HF; B) Symétriseur de courant BAL-BAL 4:1.

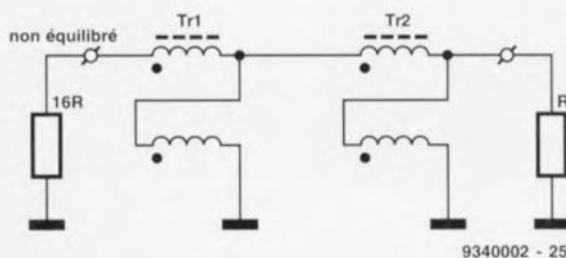


Figure 15. Symétriseur d'antenne HF UN-UN 16:1.

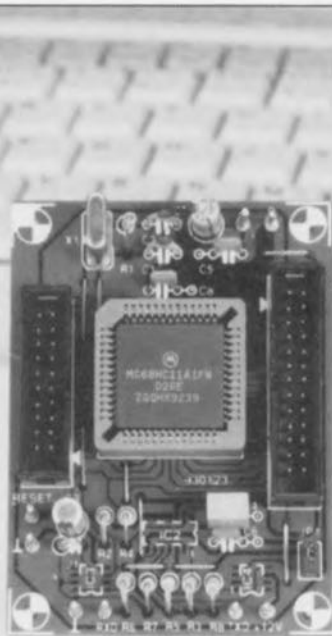
cune de ses 2 extrémités. Ce composant est en fait constitué d'une paire de transformateurs 4:1 montés en cascade, ce qui se traduit par un rapport d'impédances de 16:1. L'une des applications de ce transformateur est le rehaussement à 50 Ω d'impédances extrêmement faibles telles qu'on peut les rencontrer dans les amplificateurs HF de puissance ou les

antennes verticales dans certains situations d'installation. Un exemple typique pourrait être l'impédance de base de 3 à 4 Ω d'un circuit amplificateur HF de puissance à transistor bipolaire. On pourra utiliser un transformateur UN-UN de rapport d'impédances 16:1 du type de celui représenté en figure 15 comme adaptateur vers l'impédance d'entrée de 50 Ω . ■

mono-carte à 68HC11

pour, en un rien de temps, créer un automate de toutes pièces

projet : J. Scherer/A. Hermann



Nous y voici enfin arrivés ! Il nous aura fallu un certain temps, pour ne pas dire un temps certain, après la description d'un bon nombre de mono-cartes à base de l'un ou l'autre membre de la famille MCS d'Intel, avant de pouvoir enfin vous proposer un système de développement reposant sur un composant venant d'un fabricant différent, Motorola en l'occurrence.

Le 68HC11 est le processeur mis cette fois à contribution dans ce projet.

vu ses dimensions exceptionnellement compactes, convient tout particulièrement à la réalisation d'un automate intelligent de ce genre. L'un des avantages primordiaux de cette mono-carte à 68HC11 est la simplicité de programmation du dit contrôleur. De par le standard utilisé pour l'EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory* = mémoire morte programmable effaçable électriquement) il est possible d'y transférer le programme à exécuter via une liaison sérielle. Il n'est donc pas nécessaire de disposer de l'un ou l'autre programmeur (onéreux) ou de devoir faire appel à l'un de ces protocoles plus compliqués les uns que les autres. En résumé, nous ne doutons pas un instant que la mono-carte à 68HC11 donnera à nombre d'entre

nos lecteurs l'envie de s'essayer à un microcontrôleur.

Nous oserions même parier à dix contre un qu'après une brève période de prise en main vous serez aussi enchanté que nous l'avons été nous-mêmes.

Le processeur

La famille de microcontrôleurs de l'écurie Motorola comprend un bon nombre de membres dotés en standard d'une ROM, EPROM voire EEPROM – pour la signification de ces différentes abréviations nous vous renvoyons quelques lignes plus haut, où avec un rien de sens de l'élimination on aura vite fait de les retrouver toutes. Ces processeurs connaissent également différents types d'Entrées/Sorties.

Nous avons opté, pour cette réalisation, pour l'un des processeurs les plus abordables, à savoir le 68HC11, composant dont on retrouve le synoptique en **figure 1**. Ce processeur travaille à une fréquence de bus nominale de 2 MHz, qui correspond très précisément à la fréquence du quartz divisée par 4. Grâce au concept statique à la base de sa structure, le processeur peut travailler à des fréquences très faibles, pouvant descendre même en-deçà de 1 Hz (!!!).

Les sous-ensembles les plus importants du microcontrôleur sont :

- un temporisateur (*timer*) à 16 bits à prédiviseur intégré,
- des modes de veille et de mise en sommeil économiseurs d'énergie,
- une interface sérielle destinée à la commande de dispositifs d'Entrées/Sorties,
- un bus de communication sériel,
- un compteur à 8 bits,
- et un circuit d'interruption en temps réel.

Outre ces différents modules le processeur utilisé dans ce montage comporte une mémoire en EEPROM de 512 octets, une mémoire en RAM de 256 octets et un convertisseur A/N 8 bits à 8 canaux. Nous reviendrons ultérieurement au détail de la structure interne de ce composant.

L'électronique

Il suffit de jeter un coup d'oeil sur la platine de la mono-carte à 68HC11 pour immédiatement sentir la puissance que dégage l'approche adoptée. Nous vous proposons en **figure 2** son schéma **complet** (!!!). Les seuls composants s'ajoutant à l'oscillateur d'horloge basé sur un quartz de 8 MHz, composé de R1, C1, C2 et X1, au circuit de remise à zéro constitué par la paire R2/C3 et

Caractéristiques techniques :

Processeur :	68HC11A1
Mémoire RAM :	256 octets
Mémoire EEPROM :	512 octets
Fréquence d'horloge :	8 MHz
Logiciel :	disponible gratuitement (voir texte)
Communication :	via le port RS-232
Circuit imprimé :	simple face
Entrées/Sorties :	22 lignes libres

Toute personne s'intéressant tant soit peu à l'électronique et plus particulièrement à la micro n'aura pas manqué de tirer des événements actuels la conclusion qui s'impose, à savoir que les microcontrôleurs ne cessent de renforcer leur emprise sur la vie quotidienne.

Les téléviseurs, magnétoscopes, machines à laver, voire les plus simples des rasoirs électriques sont dotés, pour peu que cela fasse l'affaire de leur fabricant, d'un système de pilotage intelligent.

Le montage décrit dans cet article,

cavalier de court-circuit **JP1** le processeur exécutera, après une remise à zéro matérielle, un petit programme auxiliaire. Cette routine attend l'information se présentant sur le canal sériel. En fonction du premier octet apparaissant sur le dit canal – il doit dans le cas présent être FF_{HEX} – on a initialisation à une vitesse de transmission de 1 200 bauds du port sériel. Les 256 octets suivants sont alors stockés dans la mémoire vive (RAM) du contrôleur. Simultanément ils sont renvoyés vers l'ordinateur via le canal Tx/D. Dès la réception du 256^{ème} octet – le 257^{ème} donc si l'on prend en compte le FF_{HEX} initial – on a interruption automatique de la routine sérielle et début de l'exécution par le processeur du programme qu'il vient juste de recevoir, programme stocké dans sa RAM.

Cette technique permet un test simple et efficace de programmes de petite taille. Cette approche ouvre d'autres applications pratiques. Si l'on commence par charger en mémoire de RAM un programme ayant pour fonction de stocker dans les 512 octets d'EEPROM que possède le processeur les données entrantes il est possible de procéder ainsi à une programmation automatique du microcontrôleur. Le programme écrit de cette façon en EEPROM y reste jusqu'à ce qu'il

soit écrasé par un nouveau programme utilisateur.

Tout ce dont nous avons ensuite besoin est une astuce permettant d'indiquer clairement au processeur qu'il lui faut lancer le programme écrit en EEPROM. Motorola a bien évidemment prévu cette option : lorsqu'ainsi le premier octet à apparaître sur le canal sériel est un 00_{HEX}, le processeur démarrera le programme stocké en EEPROM. Pour obtenir ce mode de fonctionnement il nous faut mettre le cavalier **JP1** en place à l'endroit prévu. Ainsi, après une remise à zéro à la mise sous tension (POR = *Power On Reset*), on a apparition automatique d'un flanc montant sur la sortie Tx/D.

Ce flanc est transmis, via les interrupteurs électroniques IC2a et IC2b du 4066 et le cavalier fermé, à l'entrée Rx/D. Étant donné que, lorsqu'il est fermé, l'interrupteur IC2b bloque la liaison sérielle – les lignes Rx/D et Tx/D sont alors interconnectées –, le circuit de remise à zéro supprime cette interconnexion au bout de 15 ms. Dès alors, l'interface sérielle est à nouveau disponible pour sa fonction normale.

Et si nous passions aux soudures ?

Comme l'illustre la représentation de la sérigraphie de l'implantation

des composants de la **figure 3**, la platine simple face dessinée pour ce projet est d'une compacité et d'une simplicité étonnante. S'agissant d'une platine simple face sa gravure par l'amateur intéressé est une option parfaitement viable.

Un examen critique de la sérigraphie vous aura appris qu'une partie des composants, ceux dont les contours sont représentés en pointillés, vient prendre place côté « pistes ». Les circuits intégrés IC2, IC3 et IC4, du type à montage en surface (CMS), sont à monter côté « pistes ». Il vous faudra donc disposer d'un fer à souder à pointe fine et de soudure de petite section. La mise en place du support PLCC, plus exactement sa soudure, est une opération à effectuer avec le plus grand soin vu la densité des pistes. Il est facile, en cas d'inattention, de produire l'un ou l'autre court-circuit. Une fois les 9 ponts de câblage, les 6 picots, l'embase à 2 contacts destinée à JP1 et les embases encartables K1 et K2 implantés, on pourra passer à la mise en place du reste des composants. Attention à la polarité des condensateurs électrochimiques !

Cette étape de la réalisation terminée la mono-carte à 68HC11 est prête à remplir la fonction pour laquelle elle a été conçue.

Une remarque à l'intention de ceux d'entre nos lecteurs qui n'arriveraient pas à mettre la main sur une version CMS des opto-coupleurs : avec un rien d'imagination et de dextérité il est également possible d'utiliser des opto-coupleurs ordinaires, IL201, IL202, TIL111. Quatre ou cinq (selon le cas) petits morceaux de fil de câblage souple, il n'en faut pas plus pour connecter un tel composants aux points prévus pour le composant CMS.

Le logiciel, clé du succès

Nous ne nous sommes, jusqu'à présent, intéressés qu'à l'aspect « matériel » des choses. La viabilité d'un tel projet est directement proportionnelle à l'existence de logiciels de support convenables. Publitrone (Elektor) n'est pas la source du dit logiciel, mais le fabricant du microcontrôleur lui-même, Motorola donc.

Il est possible de télécharger gratuitement – si l'on ne tient pas compte du coût de la communication téléphonique – le logiciel de développement directement de la source, à savoir le serveur de Motorola ouvert par ce fabricant à l'intention de ses clients

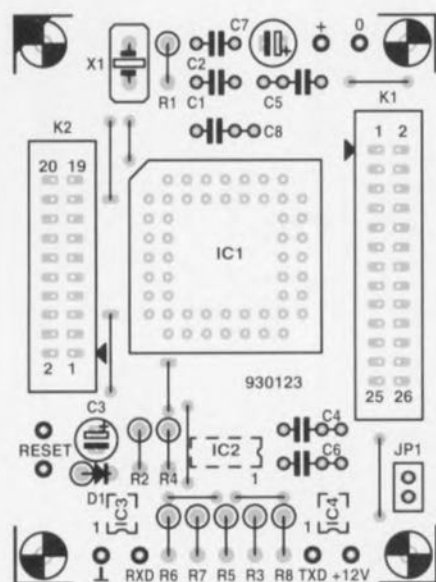


Figure 3. Représentation de la sérigraphie de l'implantation des composants de la platine simple face dessinée pour cette réalisation. Il s'agit sans doute de l'une des platines les plus aisément reproduisibles à l'aide de techniques courantes que nous vous avons proposées les 12 derniers mois.

Liste des composants

Résistances :

R1 = 1MΩ
R2, R5, R7 = 4kΩ
R6 = 1kΩ
R8 = 680 Ω

Condensateur :

C1, C2 = 22 pF
C3 = 1 μF/16 V radial
C4 = 330 nF
C5, C6, C8 = 100 nF
C7 = 22 μF/16 V radial

Semi-conducteurs :

D1 = 1N4148
IC1 = 68HC11A1 (Motorola)
IC2 = HCT4066 (Philips, etc, version CMS)
IC3, IC4 = IL206/IL207 (Siemens, etc, version CMS)

Divers :

JP1 = embase autosécable mâle à 2 contacts
K1 = embase encartable mâle à 2 rangées de 13 contacts
K2 = embase encartable mâle à 2 rangées de 10 contacts
X1 = quartz de 8 MHz
1 support PLCC à 52 contacts
8 picots

(l'achat de ses processeurs fait de vous un client n'est-ce pas?). L'option la plus proche est de se brancher sur le serveur de Motorola à Munich (tél.: 49.8992103111). L'alternative est un serveur aux États-Unis (tél.: 1.15128913733). La langue de travail de ces 2 serveurs est l'anglais. Voici les programmes (gratuits) nécessaires pour une application pratique de la mono-carte à 68HC11 :

Pour le chargeur (loader) :

EEPROGIX.ASC
EEPROGIX.BOO
EEPROGIX.REC
E9CONFIG.BAS

Pour l'assembleur (assembler) :

ASMHC11.COM
ASMHC11.HLP
CODES.ASC
OFFSET.ASC
RECBIN.COM
RECBOOT.COM
REG HC11.ASC

Pour le mini-débogueur (mini-debugger) :

CONFIG.ASC
CONFIG.BAT
CONFIG.BOO
MINIBUG.ASC
MINIBUG.BOO
MINIBUG1.BAT
MINIBUG2.BAT

Le téléchargement des dits programmes est relativement simple. Il va sans dire qu'il implique l'utilisation d'un modem. On appelle le serveur de Motorola, à Munich disons, en faisant le numéro correspondant à l'aide d'un ordinateur doté d'un modem et d'un logiciel de communication tel que Procomm, Telix, Telemate ou autre en définissant la configuration suivante : 2 400 bauds, pas de bit de parité, 8 bits de donnée et 1 bit d'arrêt.

Dès que le programme signale l'établissement de la connexion – par l'un ou l'autre message du genre CONNECTED ou CONNEXION – une action sur la touche « Enter » il n'en faut pas plus pour faire apparaître le menu du serveur de Motorola – non non nous n'avons pas d'action ni de contrat publicitaire chez eux.

Chaque nouvel écran indique les touches à actionner pour passer au suivant. La première étape de ce contact est la prise de contact, le LOGIN, où l'on vous demande quelques informations concernant vos nom, mot de passe et protocole préférentiel. Après quelques manipulations – parmi lesquelles des demandes si l'on veut avoir accès à certains BBS (*Bulletin Board System* = serveur) auxquelles on

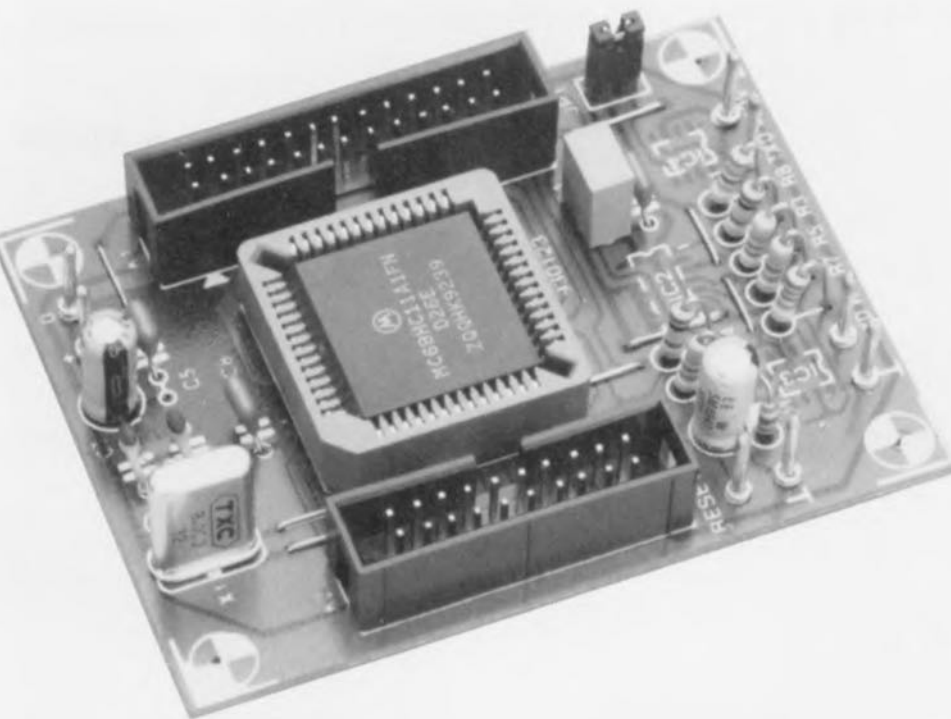


Figure 4. Vue rapprochée d'un exemplaire terminé de la mono-carte pour 68HC11.

répondra de préférence par le N de No(n) – on voit apparaître le menu d'accueil suivi du menu principal. Une action sur la touche F vous amène dans le menu des fichiers (*Files*). Une action sur la touche D démarre le processus de téléchargement (*Download*).

Le programme demande un nom de fichier et signale la présence du fichier concerné. Le processus de téléchargement peut alors commencer. On optera de préférence pour un protocole avec protection tel que XMODEM ou YMODEM.

On a alors vérification automatique des blocs et réémission en cas d'erreur de sorte que le fichier sera téléchargé avec garantie d'absence d'erreur.

Avec Procomm en mode XMODE le téléchargement est lancé par une action sur la touche Pg Dn (*Page Down*) après que l'on ait entré le nom de fichier; c'est également la touche lançant le téléchargement pour d'autres programmes de communication tels que Telemate. En protocole YMODEM on commence par entrer le nom des différents fichiers que l'on veut télécharger avant d'appuyer sur la touche de lancement de processus (Pg Dn). Les différents fichiers arrivent ensuite à la queue leu leu. Mentionnons quelques possibilités additionnelles : il est possible, lorsque l'on se trouve dans le menu principal, par un Y, de changer la configuration (*download protocole*). Une action sur la touche L dans ce même menu permet de voir la Liste des fichiers accessibles. Notons que l'on peut, par un ? changer de grou-

pe de fichier (*area*), celui qui nous intéresse dans le cas présent étant le B (HC11 freeware). Nous ne pouvons que vous conseiller de faire un petit examen des lieux car ce serveur recèle de très nombreux fichiers intéressants.

Après avoir téléchargé les programmes requis il vous restera à adapter le fichier E9CONFIG.BAS. L'examen du dit fichier nous apprend que sa ligne 170 réfère à EEPROGE9.BOO. Il faut remplacer cette dénomination par EEPROGIX.BOO. C'est le premier programme à être mis en mémoire RAM du 68HC11 par la routine en BASIC. Une fois EEPROGIX.BOO démarré, ce programme fait en sorte que les données entrant par le canal sériel soient stockées en EEPROM. Il programme donc le contrôleur avec le programme d'application. Il faudra, en ligne 180, entrer soit 1 (COM1) soit 2 (COM2) en fonction du port sériel utilisé par le PC. La ligne 200 donne le choix à l'utilisateur entre une programmation ou une vérification interne ou externe. Comme on pouvait s'y attendre, les options sont soit « I » pour Interne, soit « X » pour eXterne, soit « V » pour Vérification.

La ligne 210 doit comporter le nom du fichier dont on veut obtenir le transfert vers le contrôleur. Ce fichier qui sera doté de l'extension .REC devra respecter le format S19 de Motorola. L'assembleur compris dans le set de logiciels nécessaires crée lui-même, à partir d'un fichier

Une famille puissante

La famille des microcontrôleurs 68HC11 comporte toute une série de processeurs 8 bits armés d'un certain nombre de fonctions d'Entrées/Sorties puissantes. L'ensemble de la famille comporte en fait 4 rejets : les 68HC11A0, 68HC11A1, 68HC11A7 et 68HC11A8. Ces différents composants sont fabriqués en technologie CMOS HS (*High Speed* = Grande Vitesse), technologie permettant d'obtenir à la fois une vitesse de travail élevée et une consommation faible. Selon la version concernée, on dispose à bord de la puce d'une mémoire de (EP)ROM de 8 Koctets, d'une EEPROM d'une capacité de 512 octets, et d'une RAM statique de 256 octets.

Le set d'instructions que connaissent ces différents processeurs est une version améliorée du set d'instructions des premiers microprocesseurs de Motorola, les 6800/6801. Il est donc possible d'utiliser sans le moindre problème les programmes écrits pour les 6800, 6801 et 6805 avec le 68HC11XX.

Le dernier rejeton de la famille est le 68HC11A8, un processeur doté d'une EEPROM interne de 512 octets et d'une RAM de 256 octets. À partir du dit processeur Motorola a développé différentes versions avec leurs caractéristiques spécifiques, composants dont on retrouve les particularités dans le tableau ci-dessous.

Type	EPROM	RAM (octets)	EEPROM (octets)	Lignes d'E/S	Canaux A/N
68HC11A0	—	256	—	22	8
68HC11A1	—	256	512	22	8
68HC11A7	8 K	256	—	38	8
68HC11A8	8 K	256	512	38	8

Le processeur dispose au choix de 2 accumulateurs d'une largeur de 8 bits ou d'un accumulateur d'une largeur de 16 bits. On dispose en outre de 2 registres d'index de 16 bits de large. Le processeur connaît 6 techniques d'adressage différentes parmi lesquelles les adressages direct, indirect et immédiat. Il connaît des modes de mise en sommeil (STOP) et en veille (WAIT) permettant d'abaisser la consommation de courant de façon très significative. La puce comporte en outre un temporisateur (*timer*) à 16 bits. Ce temporisateur reçoit les signaux par l'intermédiaire d'un prédiviseur programmable par logiciel. Le bus d'adresses peut attaquer un domaine de 64 Koctets.

La mémoire

L'option la plus complexe est l'usage de la mémoire. Le processeur peut travailler avec de la mémoire en RAM, en ROM, en EPROM et en EEPROM. La taille de la mémoire morte, la ROM varie entre 0 et 32 Koctets. Le fabricant met dans cette ROM le programme d'application lors du processus de fabrication du processeur. La mémoire vive, la RAM est elle aussi un élément très important du composant. La capacité de cette mémoire se situe entre 192 octets et 1,25 Koctet. La mémoire de RAM étant statique il est possible d'en conserver le contenu à l'aide d'une pile ou d'un accu rechargeable lors de la disparition de la tension d'alimentation.

La taille de la mémoire morte programmable, l'EPROM, varie entre 4 et 32 Koctets. La conscience de cette taille est tout particulièrement importante lors du développement de prototypes ou la production de petites séries. Motorola propose dans ce but un type spécial de processeur que l'utilisateur peut programmer une seule et unique fois; cette version de composant est appelée OTP (*One Time Programming*).

La dernière variante de mémoire est la mémoire en EEPROM. Sa taille varie d'une version du processeur à l'autre entre 0 et 2 Koctets. Ce type de mémoire est utilisable pour le stockage d'informations de calibration, de données recueillies à la chaîne (*datalogging*) et les codes de protection. Le processeur peut, dans une application donnée, utiliser cette mémoire pour un stockage semi-permanent de données importantes. Chaque type de 68HC11 comportant de la mémoire en EEPROM dispose également des sous-ensembles matériels en permettant la programmation. Il n'est donc pas nécessaire, dans ces conditions, de prévoir de matériel additionnel à l'extérieur du processeur.

Les options d'E/S

Le processeur intègre un convertisseur A/N à 8 canaux. Tous les processeurs comportent une SPI (*Serial Peripheral Interface* = interface pour périphérique sériel) grâce à laquelle il est possible de relier facilement au processeur des composants d'Entrées/Sorties spéciaux dotés du même type d'interface. Il dispose en outre d'une SCI (*Serial Communications Interface* = interface pour communications sérielles). Le concept de ces interfaces est tel qu'elles n'ont pratiquement pas d'effet sur le fonctionnement du processeur. La SCI est un UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* = Émetteur/Récepteur Asynchrone Universel) full-duplex pouvant s'accommoder d'une communication asynchrone. Un générateur de taux de transmission intégré (*baudrate generator*) génère le taux de transmission requis, la fréquence d'horloge à laquelle travaille le microcontrôleur servant de fréquence de base pour l'obtention du dit taux de transmission. L'émetteur et le récepteur sont tous deux dotés d'un tampon double. Ceci évite les pertes de données en cours de communication. La SPI est une interface de communication synchrone quadrifilaire destinée à la transmission à grande vitesse de données soit entre le processeur et les composants d'E/S, soit entre 2 processeurs. La condition d'un fonctionnement correct est bien entendu que les dits composants et/ou processeurs supportent le protocole en question. Il est possible ainsi d'avoir simultanément émission et réception de données. À nouveau la définition du taux de transmission (le débit de données) se fait par logiciel.

Le processeur comporte toute une palette de lignes d'E/S pouvant servir aux diverses fonctions de commande envisageables. Ces lignes peuvent au choix être définies comme entrée ou comme sortie. Il est possible, à l'aide du DDR (*Data Direction Register* = registre de sens de (transfert des) données) intégré dans le processeur, de choisir le sens de communication de chacune des lignes d'E/S. La plupart des ports d'E/S possèdent un tampon. Un temporisateur « chien de garde » signale au processeur lorsque les choses se passent mal lors de l'exécution d'un programme. Tous ces processeurs peuvent travailler à une tension d'alimentation de 3,0 V.

source en format texte (ASCII) un fichier en format S19 (doté de l'extension .REC).


Il reste encore les lignes 220 et 230. Il faut indiquer dans les lignes concernées le taux de transmission (*baudrate*) utilisé, 1 200 bauds dans le cas présent.

La dernière ligne à modifier est la ligne 1100. Il faudra, dans la dite ligne, remplacer « T0%>100 » par « T0%>5000 ». S'il devait se faire qu'après le lancement du programme on voit apparaître un message signalant la découverte d'un WEND sans WHILE (*WEND without WHILE*) il faudra mettre le WEND de la ligne 1100 sur une nouvelle ligne.

À nous les petites... applications

Il est temps maintenant de passer aux choses sérieuses.

Quoi que puissent en penser les « microphobes », de plus en plus de réalisations que l'on peut qualifier d'intéressantes, font appel à un ordinateur-hôte, un PC dans le cas présent. On commence, à l'aide d'un programme de traitement de texte classique, par écrire le fichier ASCII comportant le code source du programme. Le fichier d'aide ASMHC11.HLP donne toutes les informations nécessaires pour une utilisation optimale de l'assembleur pour MC68HC11. Après avoir établi une liaison série trilaire avec le port série du PC – vérifiez la connexion correcte des lignes Rx/D et Tx/D, il pourrait se faire que dans votre cas il soit nécessaire de procéder à une connexion croisée des dites lignes – on pourra démarrer la communication avec la mono-carte pour 68HC11. Pour ce faire on exécute, sous QBASIC, le programme E9CONFIG.BAS. Ce programme se charge du transfert du fichier et la programmation de l'EEPROM. On peut, en cas de problème, charger le mini-débogueur dans la RAM du microcontrôleur. De par la présence de la liaison bidirectionnelle entre le PC et la mono-carte, il est relativement aisé d'avoir une bonne idée du fonctionnement du programme d'application.

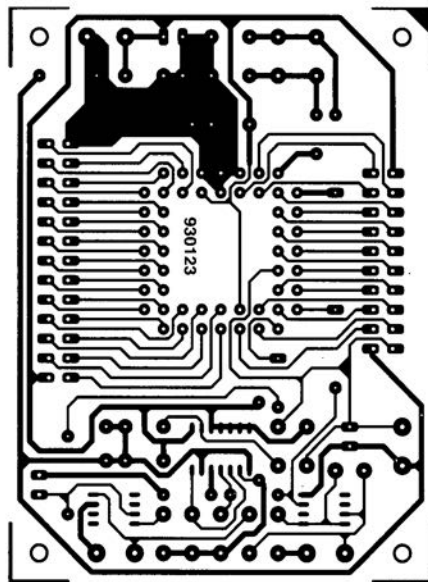
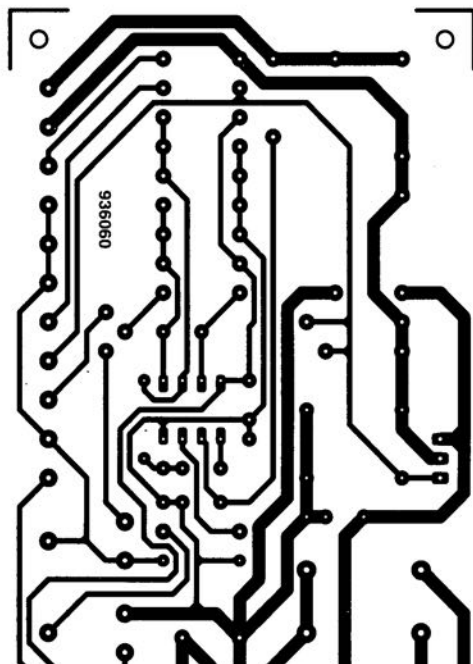
À vos marques, programmons ! 

Bibliographie :

- HC11 MC68HC11A8 technical data book;
- AN1060 "MC68HC11 Bootstrap Mode" application note;
- MC68HC11 programmer's reference manual;

Ces ouvrages devraient pouvoir être obtenus via Motorola ou son importateur.

CIRCUITS IMPRIMÉS EN LIBRE SERVICE



monocarte à 68HC11

ADM69x

Superviseurs de microprocesseurs

La famille des superviseurs de microprocesseurs introduite par Analog Devices contrôle la tension d'alimentation du microprocesseur et assure des fins de sauvegarde lorsque V_{cc} chute en-deçà de seuils préétablis. Par comparaison aux solutions équivalentes broche à broche déjà introduites, cette série ADM69X consomme 5 fois moins de puissance (5 mW) tout en fournissant un courant de sortie multiplié par 2 (100 mA). D'autres gains sont offerts avec un délai de propagation de l'accès mémoire et un temps de réponse en surveillance (V_{cc} - Reset) réduits respectivement à 5 ns et 50 ms. Analog Devices vous offre le meilleur compromis entre l'efficacité de la supervision et la durée de vie de la batterie.

À la différence des solutions disponibles, jusqu'à ce jour, le fonctionnement de chaque circuit est garanti dans la plage de température de -40 à $+85^{\circ}\text{C}$ et une tension d'alimentation V_{cc} de 1 V. La famille ADM69X comprend 10 circuits monolithiques multi-fonctions assurant une supervision de qualité pour des systèmes nécessitant la remise à zéro (Reset) des microprocesseurs, la commutation sur batterie de secours, un contrôleur chien de garde, la protection en écri-

ture de mémoires RAM CMOS et une surveillance en amont de la tension d'alimentation. Au sein de la série ADM69X, les produits se distinguent par leurs fonctions adaptées aux divers types d'application : PC, automates, instrumentation, automobile. En fait, toute application mettant en oeuvre un microprocesseur dont le fonctionnement doit être assuré ou contrôlé, requiert l'usage d'un superviseur. Les ADM690, ADM692 et ADM694 sont disponibles en boîtier DIP 8 broches et ils fournissent : une sortie Reset en cas de coupure momentanée ou permanente de l'alimentation, une sauvegarde des mémoires RAM du système par une batterie externe, une impulsion de Reset lorsque le timer du chien de garde n'est pas déclenché pendant la période définie, un détecteur de faiblesse de la batterie pouvant aussi contrôler la chute de la tension d'alimentation en amont du microprocesseur.

Les ADM696 et ADM697 offrent en plus un seuil de Reset ajustable (16 broches DIP et SO) pour surveiller les microprocesseurs fonctionnant sous 3,3 V; par exemple : pour les applications non secourues, l'ADM698 et l'ADM699 prennent en compte seulement la surveillance de l'alimentation et la gestion du chien de garde (ADM699 seulement).

Ces 2 circuits existent en DIP 8 broches et SO 16 broches. Les prix varient en fonction des circuits à partir de 16 FF par 100 pièces.

