

# MICRO 02

*Un micro dédié à la conduite des automatismes*

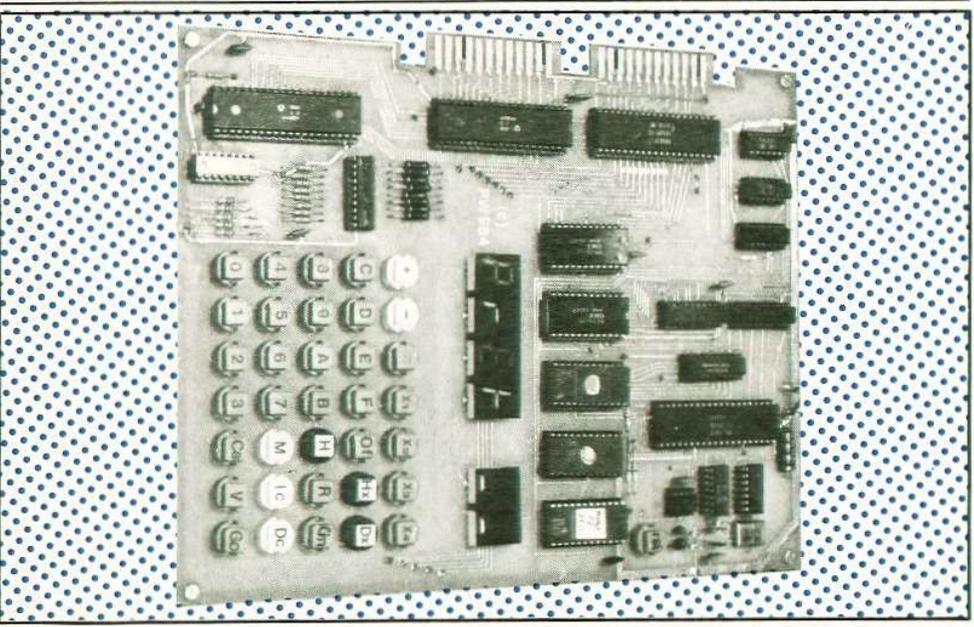
**L**e monde de la micro-informatique est ainsi fait qu'il n'existe pratiquement pas de machines capables de commander autre chose qu'une imprimante ou un lecteur de disquettes. Devant cette carence, nous avons conçu Micro 02 qui vous permettra de piloter le fonctionnement de vos robots et des automatismes les plus divers. De plus, cette carte constitue un excellent outil pédagogique d'initiation aux microprocesseurs et circuits associés.

## *Caractéristiques générales*

Micro 02 est un micro-ordinateur qui est résolument orienté vers l'utilisateur et qui utilise le microprocesseur 6502 que vous devez commencer à bien connaître puisqu'il a fait l'objet de plusieurs articles dans la revue. Disons-le tout de suite : Micro 02 ne parle pas et ne parlera pas Basic. En effet, le seul langage qu'il soit capable de comprendre est le langage-machine du 6502 que nous avons longuement décrit dans les 4 premiers numéros de *Micro & Robots*. Ce n'est certes pas la voie la plus facile mais c'est assurément la plus efficace.

Si le Microtimer que nous décrivions dans le numéro 9 de la revue était tourné vers une application très spécialisée, il n'en est pas du tout de même avec Micro 02. Ce dernier est, en effet, doté d'une capacité mémoire beaucoup plus importante et est entièrement programmable grâce à un moniteur résident puissant. Voici d'ailleurs en quelques lignes les possibilités de Micro 02 :

- Microprocesseur 6502 (horloge 1 MHz).
- RAM : 4 K/octets.
- ROM : 12 K/octets (8 K/octets libres).
- 40 lignes d'entrées/sorties (1 PIA + 1 VIA).
- Moniteur hexadecimal résident.
- Clavier à 35 touches dont 4 programmables.



— 6 afficheurs 7 segments LED de 13 mm.

Ces caractéristiques montrent que Micro 02 ne peut être considéré comme un simple gadget mais qu'il s'agit bien au contraire d'un appareil performant capable de vous aider au mieux dans la mise au point d'automates les plus divers. En effet, le monteur résident vous permet d'éditer et de mettre au point vos programmes puis de les utiliser grâce aux interfaces que nous décrivons par la suite. Le premier périphérique que nous vous proposons sera très utile car il s'agira d'un programmeur d'EPPROMs. Il vous sera, de la sorte, possible de conserver vos programmes sur EPPROM ce qui est, à notre avis, la meilleure des solutions pour toute application bien spécifique de Micro 02. Le deuxième périphérique est au moins aussi utile que le premier puisqu'il s'agit d'une interface cassette. Vos programmes pourront donc être sauveés grâce à un lecteur de cassettes du commerce ce qui vous épargnera quelques crises de nerfs lors de leur mise au point.

Les applications d'un micro-ordinateur tel que Micro 02 sont innombrables puisqu'il est possible de s'en servir comme d'une simple carte d'initiation au 6502 jusqu'à des applications industrielles en passant par l'exploitation de systèmes les plus divers tels qu'appareils de mesure, interfaces spécialisées pour ordinateurs, etc.

## Synoptique de fonctionnement

L'organisation générale des circuits qui constituent Micro 02 est visible sur la figure 1. Le système comporte, en dehors du 6502, une mémoire RAM de 4 K/octets, une ROM de 12 K/octets, un

VIA et deux PIA. Cela fait pas mal de monde et en voici les principales raisons.

Les 4 K/octets de RAM peuvent sembler très généreux puisque de nombreuses machines du commerce n'en disposent même pas de la moitié (suivez notre regard). La raison est pourtant bien simple : si l'on veut mettre au point un programme assez long, il vaut mieux disposer d'une mémoire suffisante plutôt que de le tester module par module car cela se termine par un «bug» dans 250<sup>000</sup>% des cas. Avec Micro 02, vous pourrez tester vos programmes en entier avant de loger la version définitive sur EPPROM. Il s'agit donc ici d'une question d'efficacité autant que de confort pour le programmeur.

Les 12 K/octets de ROM sont justifiés par le fait qu'il aurait été dommage de ne disposer que d'une EPPROM pour le monteur alors qu'il est si agréable et facile d'en ajouter deux. 8 K/octets de ROM restent ainsi disponibles pour vos programmes ce qui devrait vous satisfaire car 8 K/octets en langage-machine ce n'est pas rien et ce n'est pas nous qui dirions le contraire !

Si l'emploi d'un PIA coule de source, car il faut bien gérer le clavier et les afficheurs, pourquoi en avoir ajouté un autre et, surtout, un VIA ? Tout simplement parce que notre expérience personnelle nous a montré que, dans un grand nombre de cas, un seul circuit d'E/S ne suffisait pas. Le PIA est à présent un composant peu coûteux (20 F environ) et s'occupe très bien des basses besognes. Par contre le VIA (Versatile Interface Adapter) est un composant très performant qu'il eût été dommage de ne pas employer ici.

La RAM est constituée de deux circuits CMOS du type 6116 qui sont des mémoires statiques de 2 K mots de 8 bits. La mise en œuvre de ces circuits est très simple puisqu'ils ne nécessitent

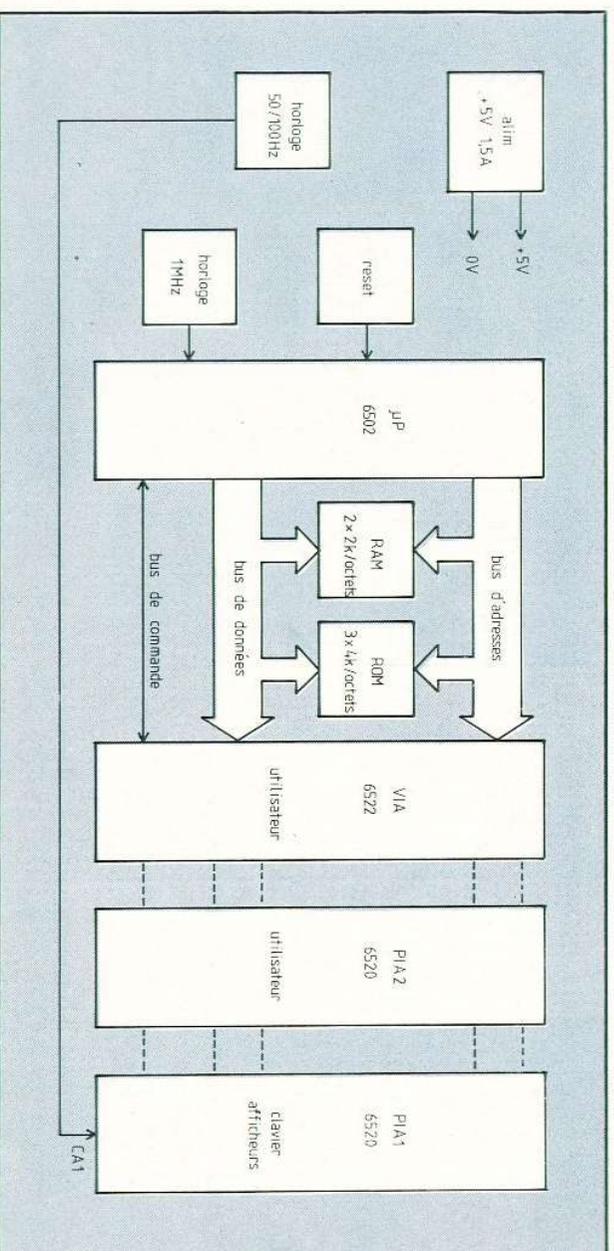


Figure 1. Synoptique général du Micro 02.

aucun dispositif de rafraîchissement et que leur brochage est compatible avec celui des EPROMs 2716.

Les trois supports de ROM acceptent les EPROMs du type 2532 de 4 K/octets ou 2716 de 2 K/octets sans aucune modification au niveau hardware. Les brochages de ces mémoires sont en effet compatibles d'où une simplification du câblage expliquant ainsi notre choix pour les 2532 plutôt que les 2732 un peu plus répandues.

Les deux PIA sont des 6520 (MOS TECHNOLOGY) ou des 6821 (MOTOROLA) que nous avons déjà rencontrés sur le Microtimer. Si l'un des PIA est accaparé totalement par le Microtimer, les 16 lignes d'E/S et les 4 lignes de protocole de l'autre sont entièrement disponibles pour l'utilisateur. Il en est de même pour le VIA qui est un 6522 (MOS TECHNOLOGY) mais dont les possibilités sont beaucoup plus grandes comme nous le verrons par ailleurs.

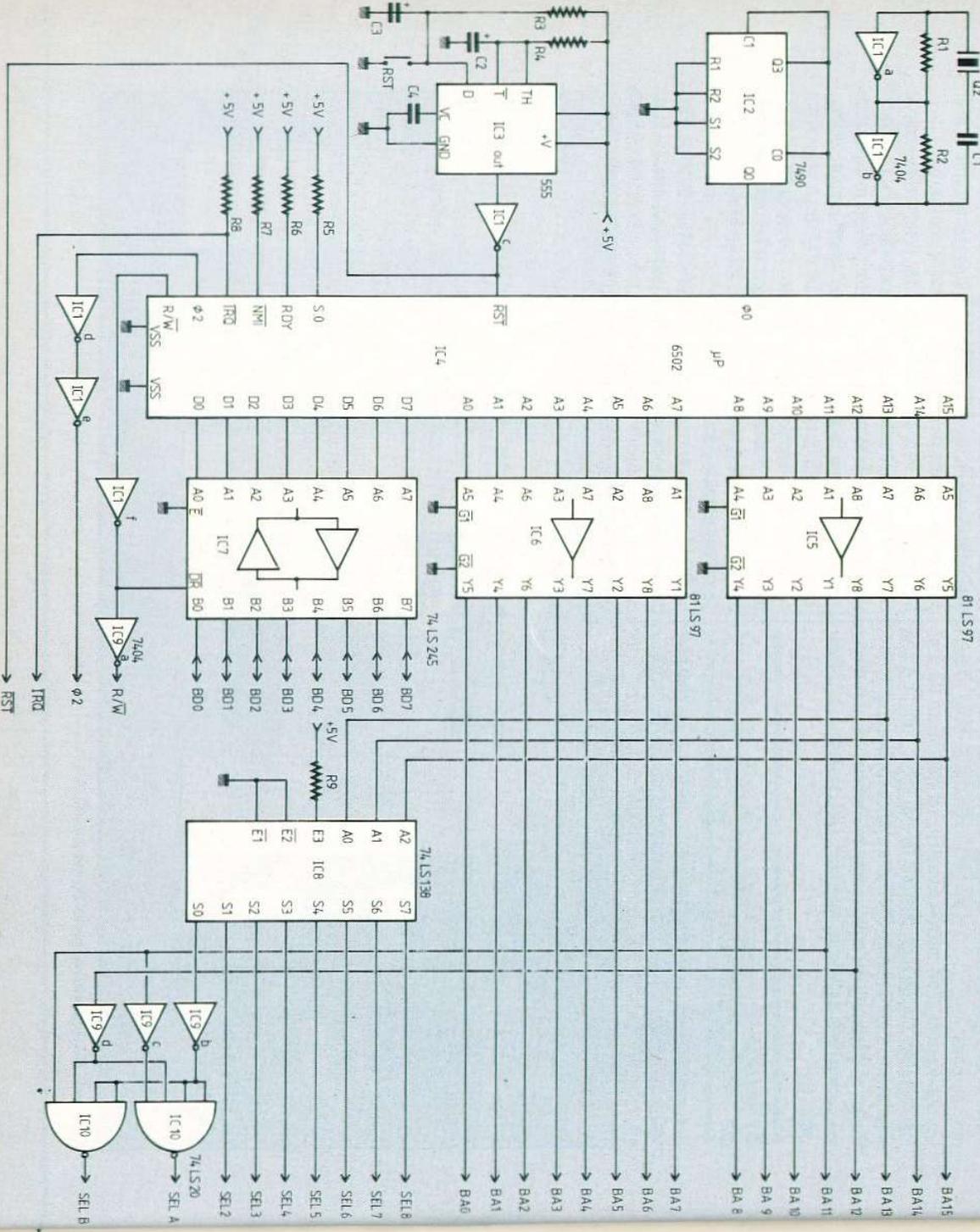
Figure 2. Schéma de principe de l'unité centrale.

En dehors de ces circuits, vous pouvez constater qu'il en existe un baptisé « Horloge 50/100 Hz » dont la sortie est reliée à CA1 du PIA1. Ce circuit génère un signal d'une fréquence allant de 50 à 100 Hz activant les interruptions du 6502. La routine d'interruption gérant le clavier et les afficheurs, il nous a semblé intéressant de pouvoir modifier la fréquence de ce signal afin de permettre le réglage de la luminosité des afficheurs.

Pour conclure cette présentation du système, signalons enfin que les bus d'adresses et de données du 6502 sont « bufferisés » de même que les lignes du bus de commande ce qui est un gage de fiabilité.

### Fonctionnement de Micro 02

Micro 02 est doté d'un clavier de 35 touches permettant l'entrée des diverses commandes gérées par le moniteur. L'affichage des



adresses et des données ainsi que celui de divers messages s'opère grâce à un bloc de 6 afficheurs. Les fonctions des différentes touches sont les suivantes :

TOUCHE	FONCTION
0	Clavier Hexadécimal
1	" "
2	" "
3	" "
4	" "
5	" "
6	" "
7	" "
8	" "
9	" "
A	" "
B	" "
C	" "
D	" "
E	" "
F	" "
Ce	Correction de la dernière touche entrée.
V	Validation de la dernière donnée entrée (équivalent à «RETURN»).
Go	Lancement d'un programme à partir d'une adresse donnée.
M	Examen mémoire ou programmation.
lc	Incrément mémoire (en conjugaison avec commande «M»).
De	Décrémentation mémoire (en conjugaison avec commandes «M» et «R»).
H	Arrêt du programme sans remise à zéro des variables.
R	Affichage des registres après un point d'arrêt.
Cm	Mise à zéro d'une zone mémoire.
Of	Calcul d'offset pour les branchements.
Hx	Conversion Hexa/Décimal sur 8 bits.
Dx	Conversion Décimal/Hexa sur 8 bits.
+	Somme Hexa sur 16 bits.
=	Différence hexa sur 16 bits.
-	Inutilisée.
X1	Touche de fonction No1.
X2	Touche de fonction No2.
X3	Touche de fonction No3.
X4	Touche de fonction No4.

Comme vous pouvez le constater, certaines fonctions sont très utiles et ne se rencontrent généralement pas sur ce genre d'appareil. Nous pensons plus particulièrement aux touches de fonctions programmables et aux commandes «Hx», «Dx», «+» et «-». De plus le générateur de caractères est en RAM ce qui vous permettra de générer tous les codes que vous voudrez. Micro 02 est donc un appareil très performant dans sa catégorie et pro-

cure au programmeur un maximum de confort. Mais, disons-le tout de suite, Micro 02 est un appareil relativement complexe puisqu'il comporte un nombre de composants assez élevé dont la mise en œuvre n'est pas forcément évidente. C'est pourquoi nous vous proposons d'étudier les schémas, élément par élément, afin que vous ne vous sentiez pas trop perdus lors de la réalisation.

### L'unité centrale

Cette partie très importante de Micro 02 constitue l'âme de l'appareil et le schéma de la figure 2 vous en livre les secrets. Le microprocesseur utilisé est, bien entendu, le 6502 dans sa version la plus simple (horloge à 1 MHz). Il est donc parfaitement inutile de vous procurer la version 6502 A qui suppose une horloge à 2 MHz.

Le signal pilote de l'horloge est produit par l'oscillateur à quartz bâti autour des inverseurs IC1a et IC1b. La fréquence du quartz étant de 10 MHz, nous retrouvons en sortie de IC1b un signal carré à cette fréquence. IC2 suit ce premier circuit et opère une division par 5 du signal suivie d'une division par 2. Ce montage d'un 74LS90 est plus rare mais nous permet d'obtenir en Q0 un signal dont le rapport cyclique est de 50%. En sortie de IC2, nous obtenons donc un signal carré d'une fréquence de 1 MHz, signal qui est injecté à l'entrée Phi0 du 6502.

Le circuit IC3, qui est un classique NE 555, permet d'assurer le «RESET» du 6502 et des autres circuits. Il est ici monté en monostable et, compte-tenu de la valeur des composants, nous obtenons à la mise sous tension un signal à l'état haut pendant environ 1 seconde. Ce signal est ensuite inversé par IC1c et relié à l'entrée RST barre du 6502. Un bouton-poussoir (Rst) relie l'entrée «Discharge» du 555 à la masse et permet ainsi d'obtenir un Reset du système sans avoir à couper l'alimentation, ce qui permet de conserver intact le contenu de la RAM.

Les bus d'adresses et de données devant être reliés à un nombre important de circuits, nous les avons munis d'amplis de bus (buffers, si vous préférez). Le bus d'adresses est donc suivi d'amplis unidirectionnels du type 81LS97 qui sont branchés en permanence, leurs entrées G1 et G2 barre étant reliées à la masse. Le bus de données est, par contre, suivi d'un ampli bidirectionnel du type 74LS245. La sélection de la direction du transfert des données étant contrôlée par l'entrée DR de IC7, cette broche est reliée à la ligne RW barre du 6502 via l'inverseur IC1f. L'inverseur IC9a rétablit la polarité du signal R/W barre qui pilote la RAM et les circuits d'E/S.

Le signal d'horloge Phi2 est lui aussi amplifié par IC1d/IC1e et la ligne IRQ barre est reliée au + 5 V via R8 dont la valeur est de 3,3 K $\Omega$ . Les entrées SO, RDY et NMI barre du 6502 étant inutilisées sur Micro 02, nous les avons reliées au + 5 V par autant de résistances de 1 K $\Omega$ .

Le décodage d'adresses est assuré par IC8 qui est un 74LS138. Les entrées de ce circuit étant reliées à BA13, BA14 et BA15, nous pouvons donc adresser 8 blocs de 8 K/octets chacun conformément au tableau suivant :

A0	A1	A2	Sortie activée	Zone mémoire
0	0	0	S0	\$0000 \$1FFF
0	0	1	SEL2	\$2000 \$3FFF
0	1	0	SEL3	\$4000 \$5FFF
0	1	1	SEL4	\$6000 \$7FFF
1	0	0	SEL5	\$8000 \$9FFF
1	0	1	SEL6	\$A000 \$BFFF
1	1	0	SEL7	\$C000 \$DEFF
1	1	1	SEL8	\$E000 \$FFFF

L'organisation de la mémoire de Micro 02 est conforme au tableau de la figure 3 et l'on retrouve les adresses du tableau précédant à deux exceptions près : la RAM et le moniteur. Ce dernier est en effet implanté de \$F000 à \$FFFF alors que sur le tableau précédent, nous indiquions une sélection par SEL8 des adresses allant de \$E000 à \$FFFF. En fait, si le moniteur est « officiellement » implanté à partir de \$F000, le 6502 ne fera pas la différence entre \$E000 et \$F000, les lignes BA13, 14 et 15 restant inchangées pour ces deux valeurs.

La sélection des deux boîtiers de RAM de 2 K/octets chacun est un peu plus compliquée. Nous avons opéré une discrimination par SEL A et SEL B grâce à la ligne BA11 qui passe à 1 au-delà de \$0FFF et par BA12 qui passe à l'état 1 au-delà de \$1FFF. Cette sélection s'exécute très simplement grâce aux circuits IC9b, c et d, et à la double porte NAND IC10. Le fonctionnement de cette partie de Micro 02 obéit donc au tableau suivant :

Adresses	S0	BA11	BA12	SEL A	SEL B
\$0000 \$07FF	0	0	0	0	1
\$0800 \$0FFF	0	1	0	1	0
\$1000 \$1FFF	0	1	1	1	1
\$2000 \$FFFF	1	X	X	1	1

La carte-mémoire de la figure 3 montre que deux emplacements de ROM de 4 K/octets restent disponibles en \$A000/\$AFFF et \$C000/\$CFFF. De même, on s'aperçoit que si les deux PIA n'occupent que 4 octets en \$4000/\$4003 et \$6000/\$6003, le VIA occupe lui 16 octets de \$8000 à \$800F. Il est enfin à signaler que la sortie SEL2 qui permet d'accéder aux adresses comprises entre \$2000 et \$3FFF est inutilisée sur Micro 02. Elle est par contre sortie pour que vous puissiez y relier une application éventuelle.

### Les circuits de mémoire

Le schéma de la figure 4 vous montre le branchement des mémoires ROM et de la RAM. Nous avons prévu trois supports de ROM capables de recevoir aussi bien les très classiques EPROMs du type 2716 (2 K/octets) que les 2532 (4 K/octets). En effet, la seule différence de brochage entre ces deux types de mémoires réside dans la broche 18 qui est reliée à A11 dans le cas des 2532 et à E/P sur une 2716. Par conséquent, une 2716 est utilisable sur le même support qu'une 2532 tant que BA11 est à l'état 0, ce

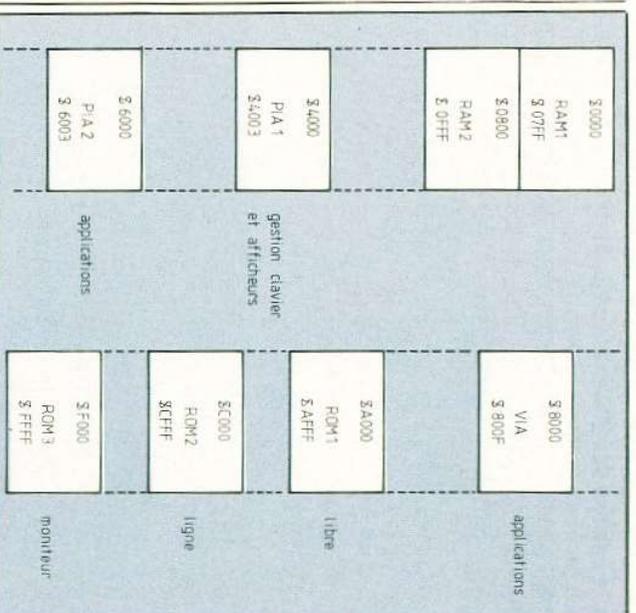


Figure 3. Organisation mémoire du Micro 02.

qui est le cas tant qu'on ne dépasse pas 2048 octets. C'est évidemment la raison qui nous a fait préférer les 2532 aux 2732 un peu plus répandues. La sélection des boîtiers s'opère par l'entrée Chip Select (CS barre) qui est reliée à SEL6, SEL7 ou SEL8. ROM1 est donc implantée en \$A000/\$AFFF, ROM2 en \$C000/\$CFFF et le moniteur (ROM3) en \$F000/\$FFFF.

Les circuits de RAM que nous avons utilisés sont du type 6116 qui devient très courant. Il faut dire qu'il s'agit de mémoires RAM statiques en technologie C.MOS de 2 K/octets très faciles à utiliser et dont le boîtier est compatible avec celui des EPROMs 2716. La mise en œuvre est extrêmement simple comme le montre le schéma puisque les seules liaisons à effectuer, en dehors des bus d'adresses et des données, sont l'entrée R/W et l'entrée CS. Conformément à ce qui a été dit plus haut, cette dernière entrée est reliée à SEL A ou SEL B suivant le boîtier concerné. Notons enfin que la consommation de ces mémoires au repos est très faible puisqu'une simple pile de lampe de poche leur permettrait de conserver les données en mémoire pendant plus d'un an ! Il y aurait donc moyen d'envisager une mémoire quasi-permanente à peu de frais.

### Les circuits d'entrées/sorties

Comme nous l'avons mentionné plus haut, Micro 02 est équipé de trois circuits d'E/S : un VIA et deux PIA. Le schéma de la figure 5 vous montre la manière dont nous les avons utilisés. Le VIA (Versatile Interface Adapter) est un 6522 fabriqué principalement par MOS TECHNOLOGY (Filiiale de COMMODORE) ou par ROCKWELL. Ce circuit est une véritable « bête à tout faire » en matière d'interfaçage. Il comporte en effet : 2 ports d'E/S sur 8 bits avec chacun 2 lignes de protocole, 1 registre à

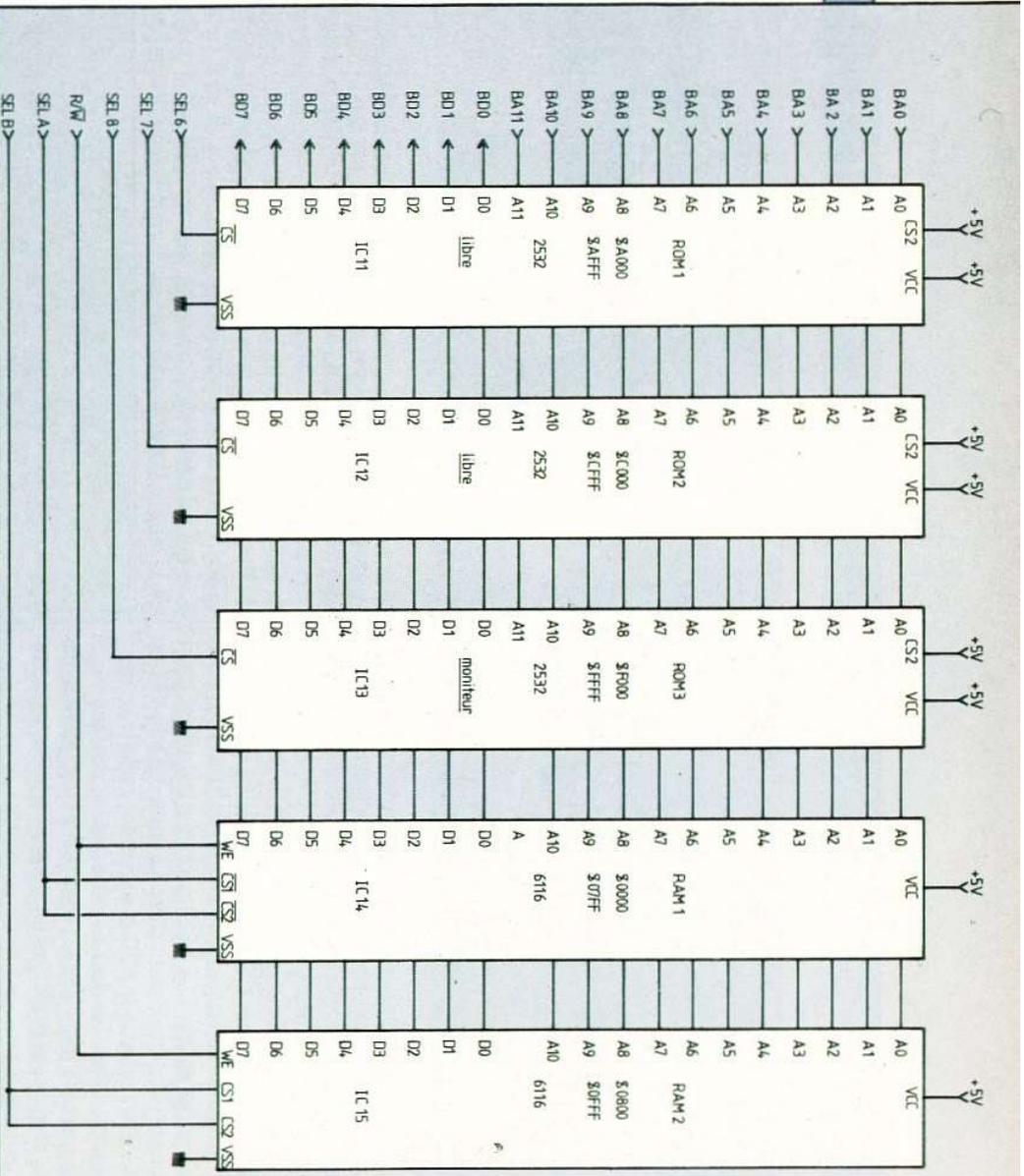
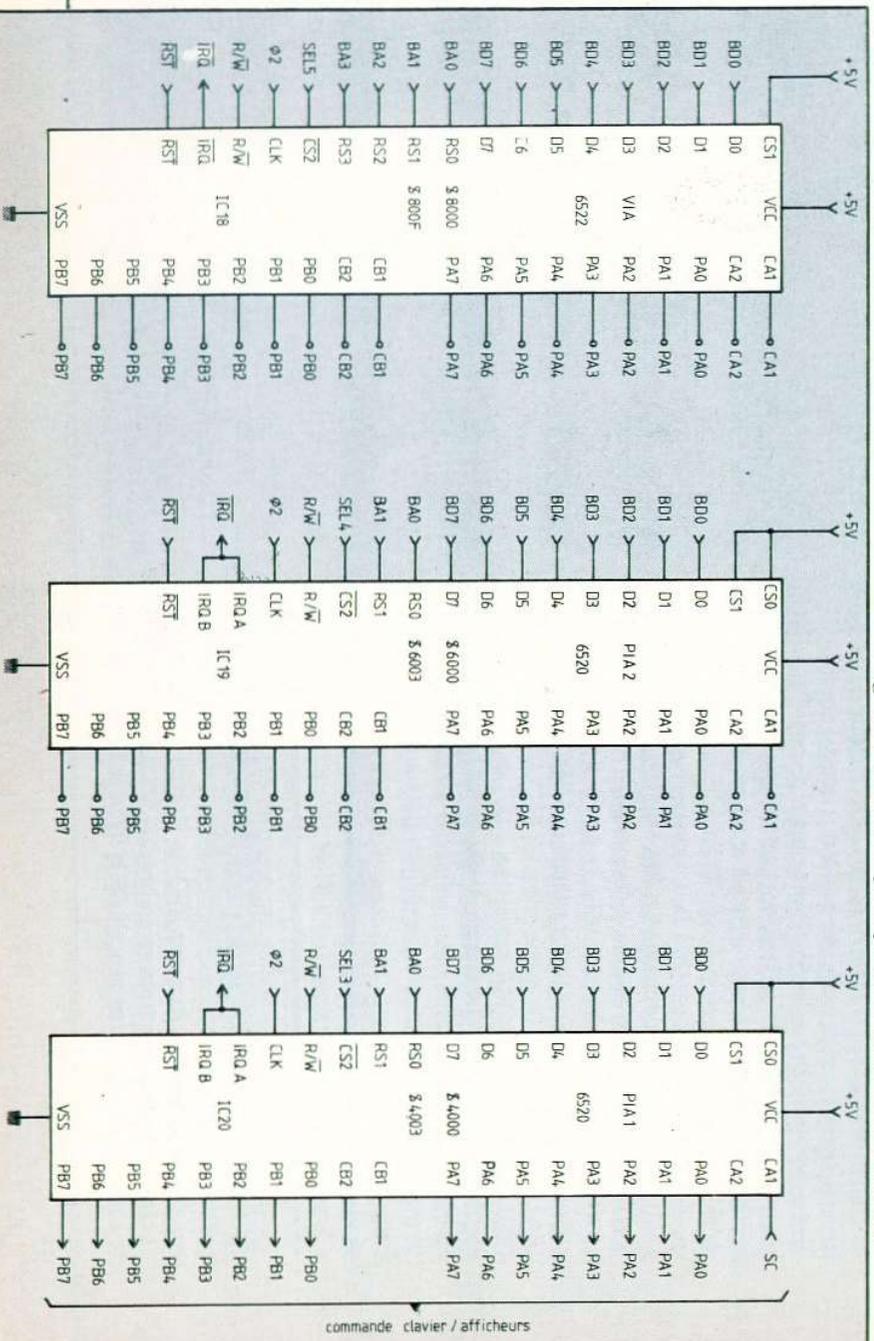
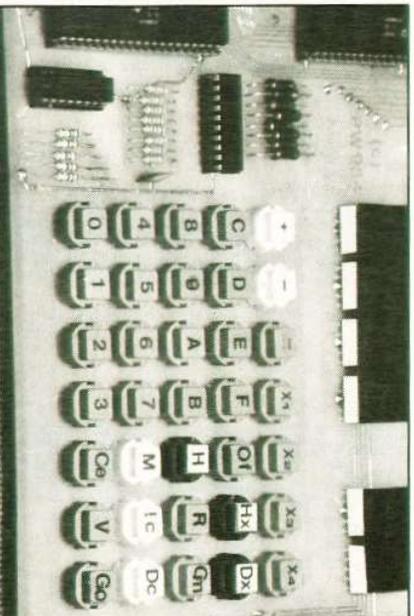


Figure 4. Schéma de principe des circuits-mémoires.

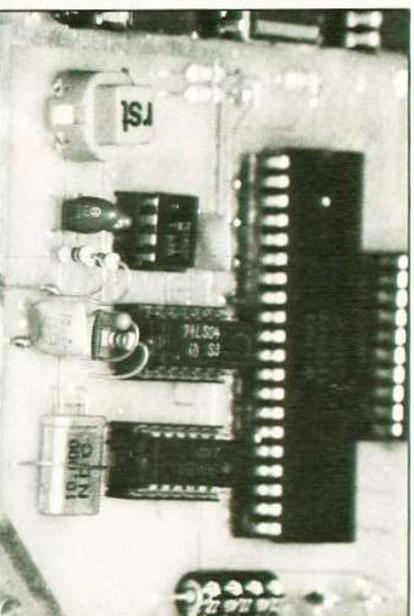
Figure 5. Schéma de principe des circuits d'entrées/sorties.



commande clavier / afficheurs



Les touches D6 doivent être parfaitement alignées.



Le quartz est maintenu par une bride.

décalage et, enfin, 2 temporisateurs/compteurs programmables. C'est dire que sa présence sur Micro 02 va faire des heureux ! Il est ici entièrement disponible pour l'utilisateur et est implanté en \$8000/\$800F, l'entrée CS2 étant reliée à SEL5. Le 6522 possédant 16 registres adressables directement, les lignes BA0 à BA3 sont reliées aux entrées RS0 à RS3 et chaque registre est considéré comme une adresse particulière. La sortie IRQ du VIA est reliée à son homologue du 6502 et pourra donc piloter les interruptions du système. Les deux ports de sortie sortent sur le côté de la carte sous la forme de deux connecteurs normalisés au pas de 3,96, ce qui nous paraît être une formule à la fois économique et efficace.

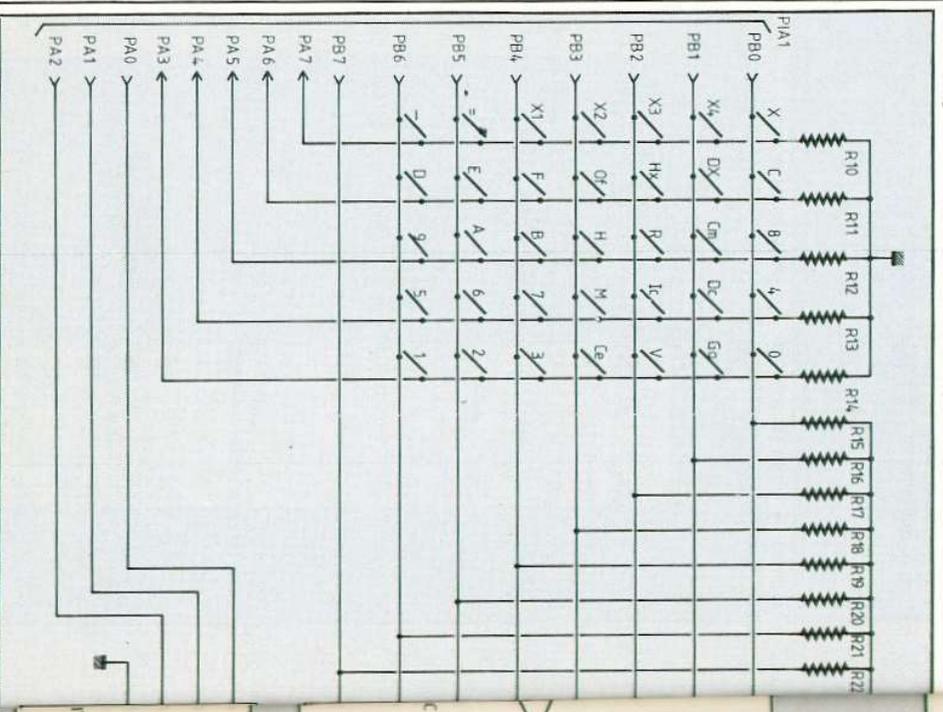
PIA1 et PIA2 sont, soit des 6821 (MOTOROLA), soit des 6520 (MOS TECHNOLOGY) et sont beaucoup plus courants. PIA1 est entièrement accaparé par la commande du clavier et des afficheurs alors que PIA2 est intégralement disponible pour l'utilisateur. Quoique disposant de 6 registres internes, ces circuits sont adressables par 4 emplacements-mémoire ce qui est, à notre avis, stupide car cela complique inutilement les programmes. Par contre, ils sont d'un prix très bas (20 à 25F), alors ne nous plaignons pas trop ! Les registres de chacun des PIA sont accessibles par RS0 et RS1 qui sont, bien entendu, reliés aux lignes BA0 et BA1. La sélection des boîtiers s'opère par SEL3 pour PIA1 et par SEL4 pour PIA2. PIA1 se trouve donc implanté en \$4000/\$\$4003 et PIA2 en \$6000/\$6003. De même que pour le VIA, les sorties IRQA et IRQB des deux PIA sont reliées à IRQ du 6502 et la commande des interruptions du système s'opère par l'entrée CA1 de PIA1 (point SC). Il est à noter, enfin, que les autres lignes de protocole de PIA1 ne sont pas utilisées dans la version de base de Micro 02.

### Clavier et affichage

Tout micro-ordinateur se doit de disposer d'un clavier et d'un système de visualisation digne de ce nom. Micro 02 n'échappe pas à la règle et nous l'avons doté d'un clavier de 35 touches ainsi que de 6 afficheurs à 7 segments LED de 13 mm.

Le clavier est du type matricé ce qui conduit à un câblage on ne peut plus simple comme en témoigne la figure 6. Les rangées

Le quartz est maintenu par une bride.  
sont reliées aux sorties PA3 à PA7 du port A du PIA1 et retournent à la masse par les résistances R10 à R14 dont la valeur est de 680 Ω. Les colonnes sont branchées aux sorties PB0 à PB6 du PIA1 et sont reliées au + 5 V par les résistances R15 à R21 (6,8 kΩ). Lors de la scrutation du clavier, le port B est à l'état 1 ce qui permet de déterminer par lecture de PA3-PA7 quelle est la rangée. Il suffit ensuite de lire le port B pour déterminer



la colonne, une seule ligne se trouvant alors à l'état 0. Toutes ces opérations s'effectuent, bien entendu, très vite par programme et un délai de lecture est prévu de manière à éviter les erreurs dues au crachement des contacts. Comme pour le MICROTIMER, nous avons utilisé des touches D6 dont le fonctionnement est excellent et le coût très abordable.

L'affichage est lui aussi multiplexé et la commande successive d'allumage des digits est assurée par IC17 qui est un très classique 7442. Nous avons bien dit 7442 et non pas 74LS42. En effet, compte-tenu du temps très bref (1 m/S) d'allumage de chacun des digits, un 74LS42 n'aurait pas une «pêche» suffisante pour permettre l'écoulement du courant assez important qui traverse chacune de ses sorties. La commande des segments s'effectue via IC16 qui est un 74LS244 et leur protection est assurée par les résistances R23 à R30 dont la valeur est de 15 Ω. Les afficheurs sont du type «haute luminosité» et à cathodes communes. Nous avons monté sur la maquette des D 350 PKG de marque TELEFUNKEN qui donnent toute satisfaction mais il est possible d'employer un autre modèle. Les afficheurs sont divisés en deux blocs : un groupe de 4 pour les adresses et un groupe de 2 pour les données. Il est à noter que nous avons prévu un réglage de la luminosité sur Micro 02 grâce à la modification de la fréquence

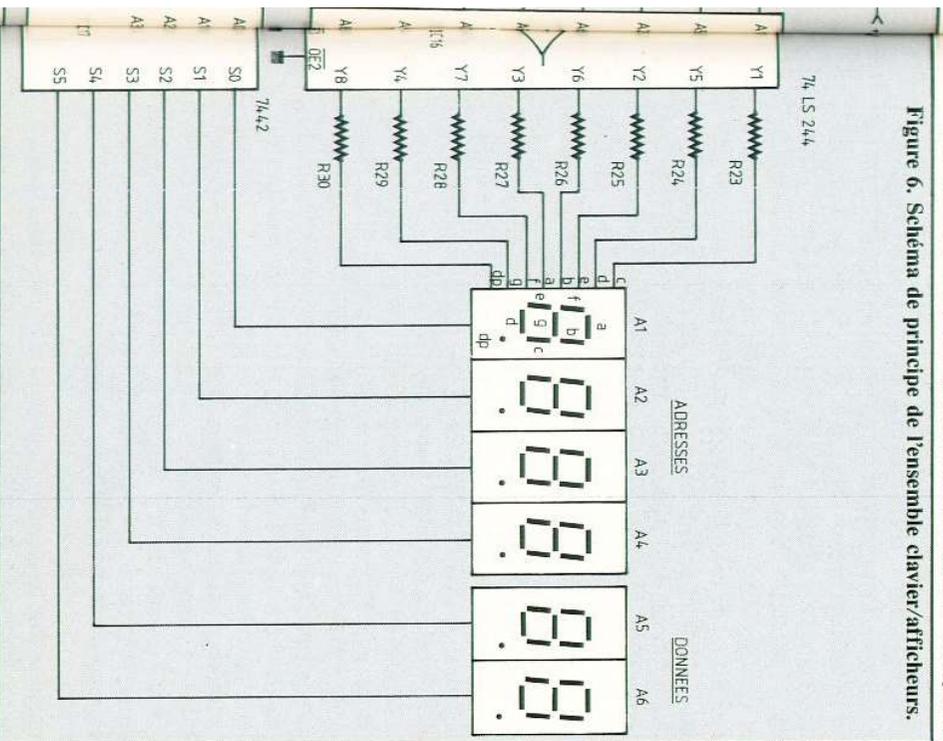


Figure 6. Schéma de principe de l'ensemble clavier/afficheurs.

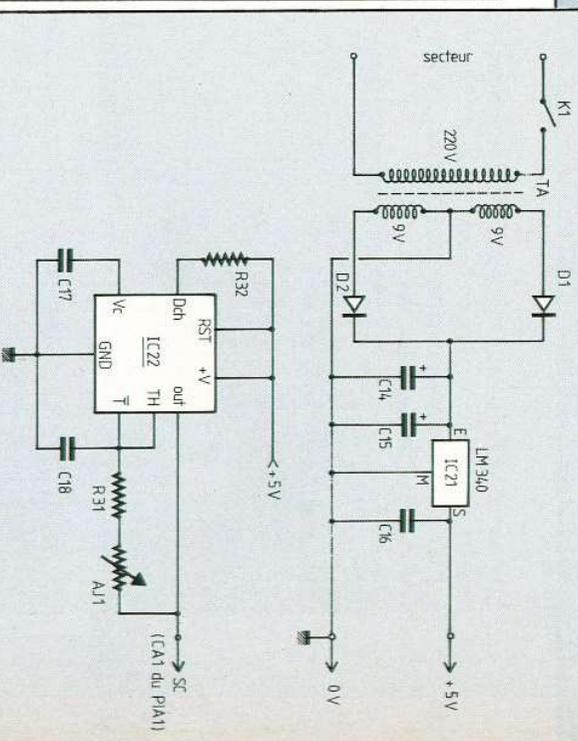


Figure 7. Schéma de principe de l'alimentation et du générateur. de l'horloge générant les interruptions.

## L'alimentation et le générateur d'interruptions

L'alimentation de Micro 02 s'effectue par un bloc séparé délivrant 5 volts sous 1,5 ampère ce qui est plus que suffisant puisque la consommation totale de la carte ne dépasse pas 600 mA. Le schéma de la figure 7 montre la simplicité de ce circuit. Le transfo délivre 2 fois 9 volts sous 1,5 ampère et est suivi d'un classique redresseur à point milieu. Le filtrage est assuré par C14 et C15 dont la capacité est de 2200 µF et la régulation par un circuit du type 7805 en boîtier TO3. Nous n'avons pas prévu de protection par fusible car IC21 dispose d'un système de sécurité intégré contre les surcharges ou l'élévation anormale de la température du boîtier.

Le circuit qui apparaît au-dessous de l'alimentation est chargé de générer les impulsions de commande des interruptions du 6502. Il s'agit d'un simple oscillateur utilisant un NE 555 (IC22) et nous obtenons au point SC un signal carré dont la fréquence varie de 50 à 100 Hz grâce à l'action sur A11. Le point SC est relié à l'entrée CA1 du PLA1 et provoque l'activation des interruptions par la descente au niveau 0 de la ligne IRQ. La routine d'interruptions du moniteur gérant le clavier et les afficheurs, la luminosité de ces derniers sera d'autant plus forte que la fréquence du signal délivré par IC22 sera élevée. Le système est très simple comme vous le voyez et la stabilité du circuit excellente. Nous voici arrivés au bout de l'étude théorique de Micro 02 et vous proposons à présent d'aborder la partie réalisation.

## RÉALISATION

Mener à bien la réalisation d'un appareil tel que Micro 02 demande beaucoup de soin. En effet, la carte est constituée par un circuit imprimé double face de grande taille et, compte-tenu

du nombre élevé de liaisons, le tracé est assez délicat. Nous vous recommandons donc de suivre au mieux les conseils que nous vous donnons et qui vous éviteront (nous l'espérons) de tomber dans les pièges les plus classiques.

#### Résistances 5%

R1 : 1 k $\Omega$ 1/4 W	R17 : 6,8 k $\Omega$ 1/4 W
R2 : 2,7 k $\Omega$ 1/4 W	R18 : 6,8 k $\Omega$ 1/4 W
R3 : 100 k $\Omega$ 1/4 W	R19 : 6,8 k $\Omega$ 1/4 W
R4 : 100 k $\Omega$ 1/4 W	R20 : 6,8 k $\Omega$ 1/4 W
R5 : 1 k $\Omega$ 1/4 W	R21 : 6,8 k $\Omega$ 1/4 W
R6 : 1 k $\Omega$ 1/4 W	R22 : 6,8 k $\Omega$ 1/4 W
R7 : 1 k $\Omega$ 1/4 W	R23 : 15 $\Omega$ 1/2 W
R8 : 3,3 k $\Omega$ 1/4 W	R24 : 15 $\Omega$ 1/2 W
R9 : 3,3 k $\Omega$ 1/4 W	R25 : 15 $\Omega$ 1/2 W
R10 : 680 $\Omega$ 1/4 W	R26 : 15 $\Omega$ 1/2 W
R11 : 680 $\Omega$ 1/4 W	R27 : 15 $\Omega$ 1/2 W
R12 : 680 $\Omega$ 1/4 W	R28 : 15 $\Omega$ 1/2 W
R13 : 680 $\Omega$ 1/4 W	R29 : 15 $\Omega$ 1/2 W
R14 : 680 $\Omega$ 1/4 W	R30 : 15 $\Omega$ 1/2 W
R15 : 6,8 k $\Omega$ 1/4 W	R31 : 4,7 k $\Omega$ 1/4 W
R16 : 6,8 k $\Omega$ 1/4 W	R32 : 10 k $\Omega$ 1/4 W

A11 : 10 k $\Omega$  ajustable miniature

#### Condensateurs :

C 1 : 33 pF 100 V céramique
C 2 : 10 $\mu$ F 25 V tantale
C 3 : 10 $\mu$ F 35 V tantale
C 4 : 10 nF 100 V céramique
C 5 : 22 $\mu$ F 25 V chimique
C 6 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C 7 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C 8 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C 9 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C10 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C11 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C12 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C13 : 22 nF 50 V ceram multicouche
C14 : 2200 $\mu$ F 16 V chimique
C15 : 2200 $\mu$ F 16 V chimique
C16 : 220 nF 100 V mylar
C17 : 10 nF 100 V céramique
C18 : 1 $\mu$ F 100 V MKH

#### Semi-conducteurs :

IC1 : 74LS04
IC2 : 74LS90
IC3 : NE 555
IC4 : 6502 (MOS TECHNOLOGY, R 6502P (ROCKWELL))
IC5 : 81LS97
IC6 : 81LS97
IC7 : 74LS245
IC8 : 74LS138
IC9 : 74LS04
IC10 : 74LS20
IC11 : Emplacement pour EPPROM 2716 ou 2532
IC12 : Idem
IC13 : Programme moniteur logé sur 2532
IC14 : 6116 (HM 6116, TMM 2016, M5126) RAM 2 K/octets.
IC15 : 6116 (HM 6116, TMM 2016, M5126) RAM 2 K/octets.
IC16 : 74LS244
IC17 : 7442
IC18 : 6522 (VIA)
IC19 : 6821 (MOTOROLA/FFCIS) ou 6520 (MOS TECHNOLOGY)

IC20 : 6821 (MOTOROLA/FFCIS) ou 6520 (MOS TECHNOLOGY)
IC21 : LM 340 K (régulateur 7805 en boîtier TO3)
IC22 : NE 555
A1/A6 : Afficheurs cathodes communes de 13 mm (D350PK sur la maquette)
D1/D2 : Diodes 100 V/3 A (BY 253 sur la maquette)

#### Matériel divers

Q2 : Quartz 100 MHz en boîtier HC 25/U
TA : Transfo 220/2 x 9 V 12 VA
K1 : Inverseur à glissière
36 touches miniatures type D6
4 supports CI 40 broches
5 supports CI 24 broches
4 supports CI 20 broches
2 supports CI 16 broches
4 supports CI 14 broches
2 supports CI 8 broches
1 radiateur pour boîtier TO3 type ML 16

Liste des composants. N.B. : Les circuits imprimés gravés et percés sont disponibles chez FACIM (19, rue de Hegenheim 68300 St-Louis) de même que la plupart des composants.

### Les circuits imprimés

Compte-tenu de la complexité de Micro 02, il ne nous a pas été possible de réaliser la carte sur un circuit simple face ce qui ne va évidemment pas vous faciliter la tâche. Par contre, la densité des composants n'est pas trop élevée et nous n'avons pas cherché à miniaturiser l'appareil. Tous les composants, à l'exception de l'alimentation, tiennent sur une carte unique dont le tracé à l'échelle 1/1 est indiqué sur les figures 8 et 9. Comme vous pouvez le constater, le tracé est assez fin et demande une précision quasi-chirurgicale si vous employez, comme nous, le feutre et les transferts. Nous vous conseillons donc vivement d'employer la méthode photographique ou d'acheter les circuits chez FACIM qui les fournit avec trous métallisés. Le circuit du bloc d'alimentation dont le tracé est donné sur la figure 10 est beaucoup plus simple et peut, lui, être réalisé «à la main» sans problème.

Si vous réalisez les circuits vous-mêmes, étamez les pistes (indispensable) au fer ou à l'aide d'un produit spécial et nettoyez-les à l'acétone afin d'éliminer tout dépôt. Vérifiez minutieusement la parfaite conformité de votre circuit par rapport aux plans et traquez impérativement toute coupure ou court-circuit cela vaut mieux pour vos nerfs lors de la mise en route ! Terminez la préparation mécanique du circuit en pratiquant à la scie les découpes des connecteurs du PL12 et du VIA puis en positionnant les détrompeurs suivant le plan de la figure 13.

Implantez à présent les composants en vous aidant des figures 11 et 12. Débutez par la pose des traversées entre faces du circuit qui sont signalées par une croix sur les plans et par celle du strap de masse au-dessus du connecteur du VIA. Soudez ensuite tous les supports de circuits intégrés en prenant garde de laisser un espace suffisant pour passer la panne du fer à souder pour les soudures côté composants. Implantez et soudez enfin tous les autres composants en veillant à respecter les polarités des diodes.

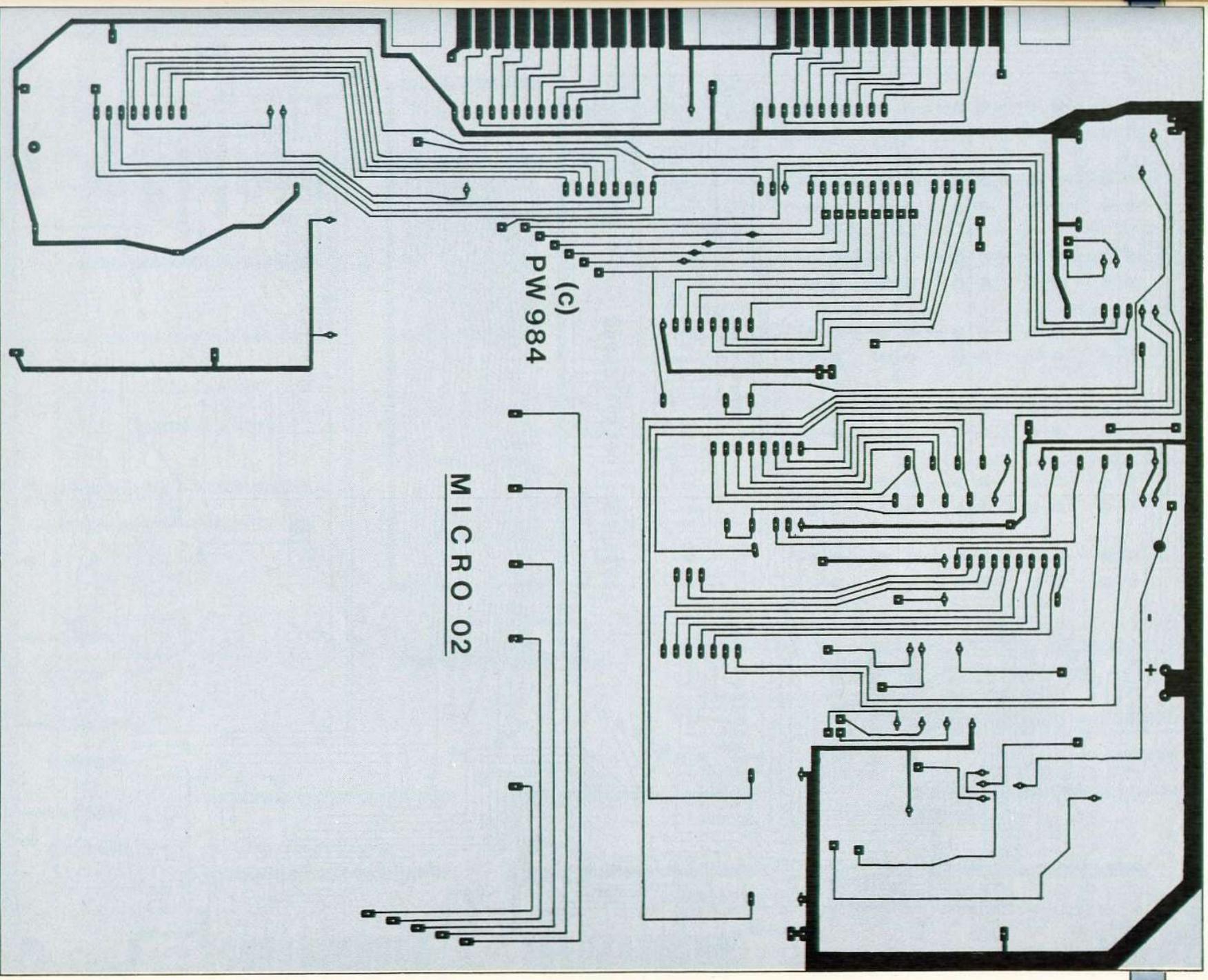


Figure 9. Circuit imprimé «côté composants» (échelle 1).

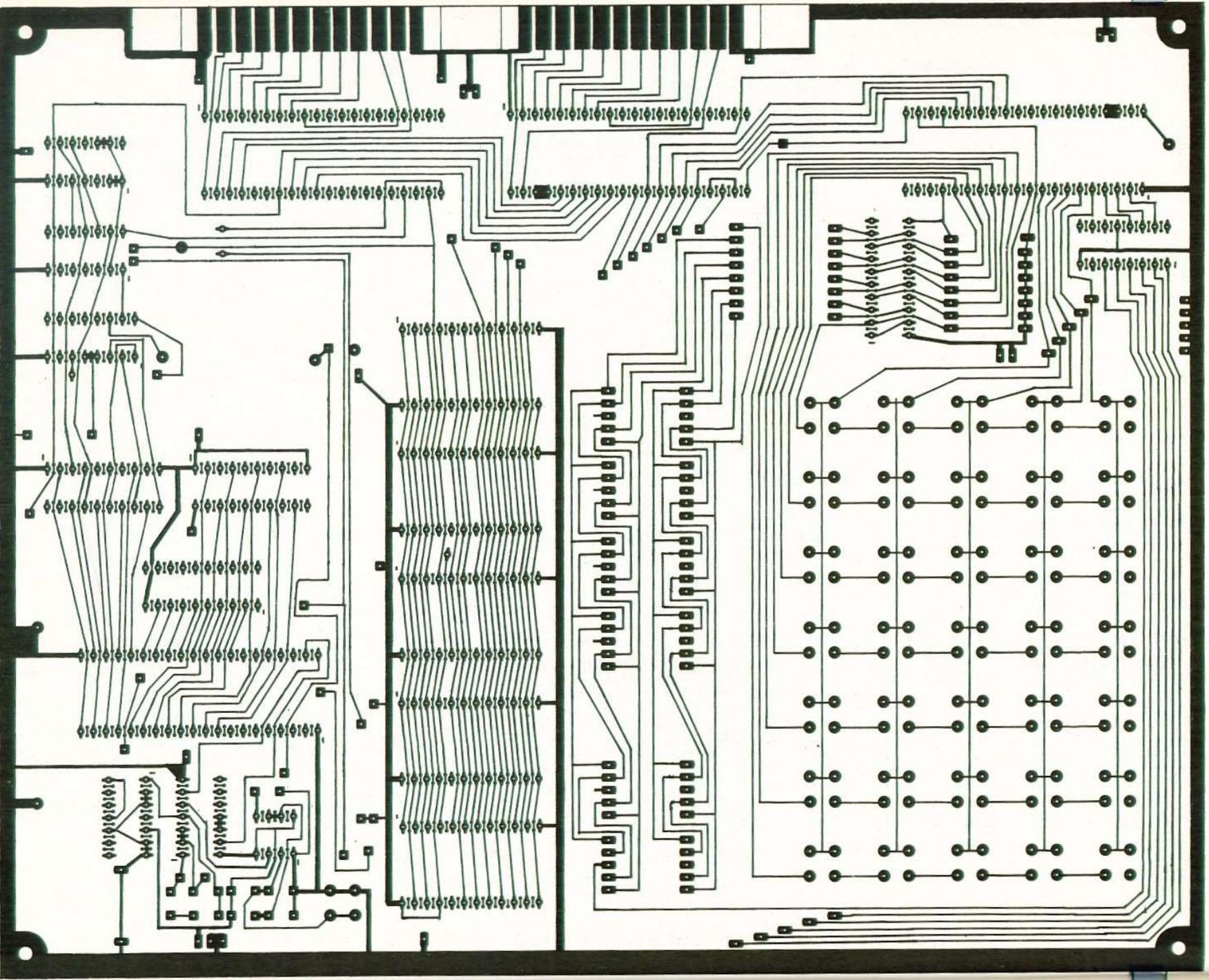


Figure 8. Circuit imprimé «côté cuivre» (échelle 1).

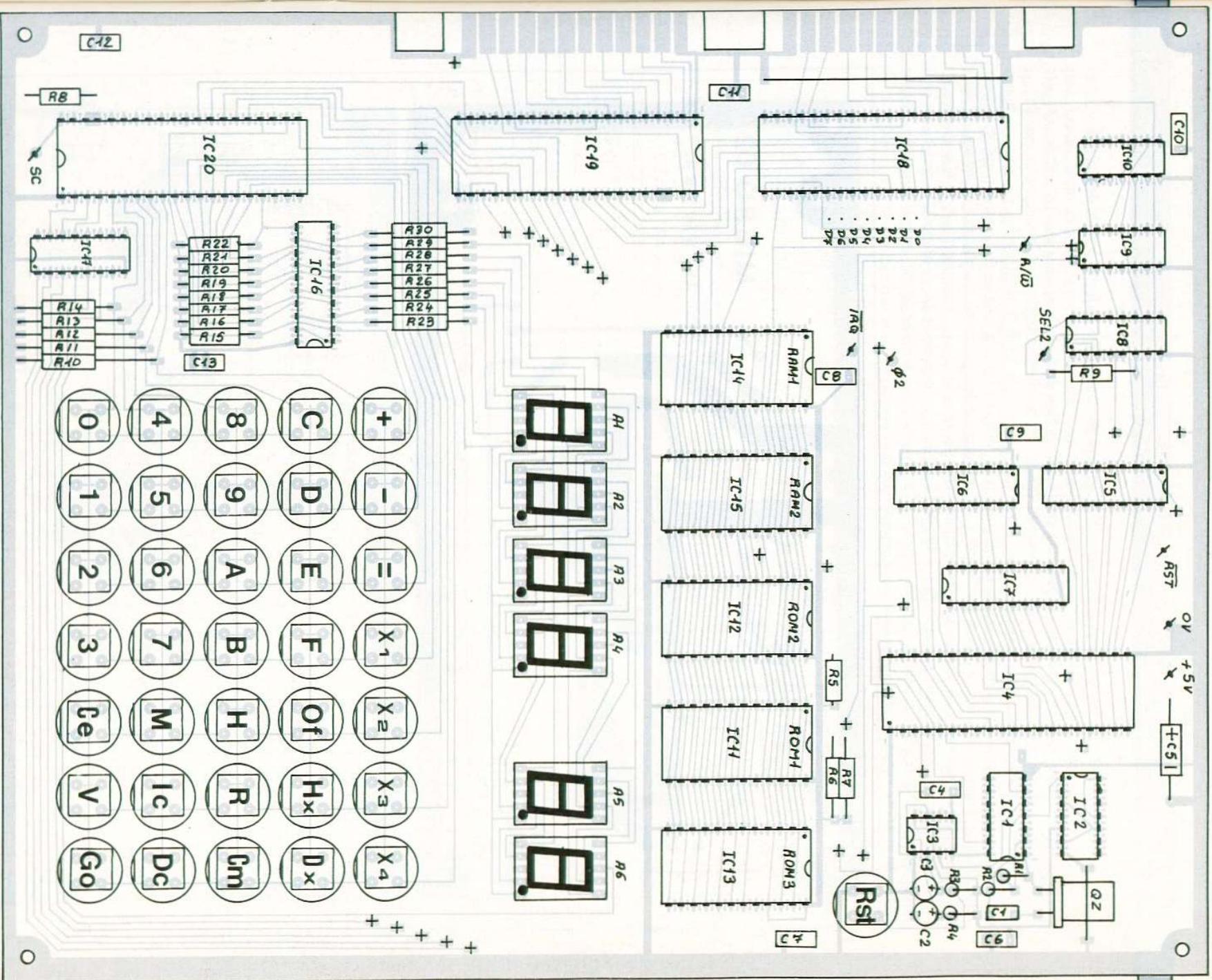
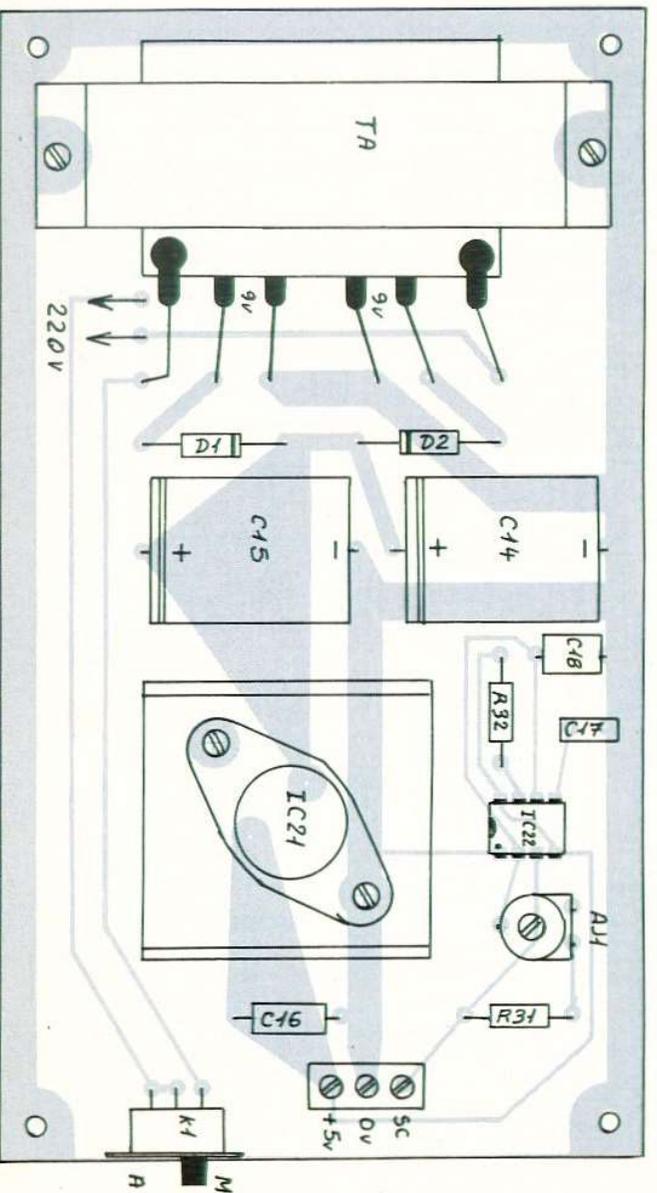
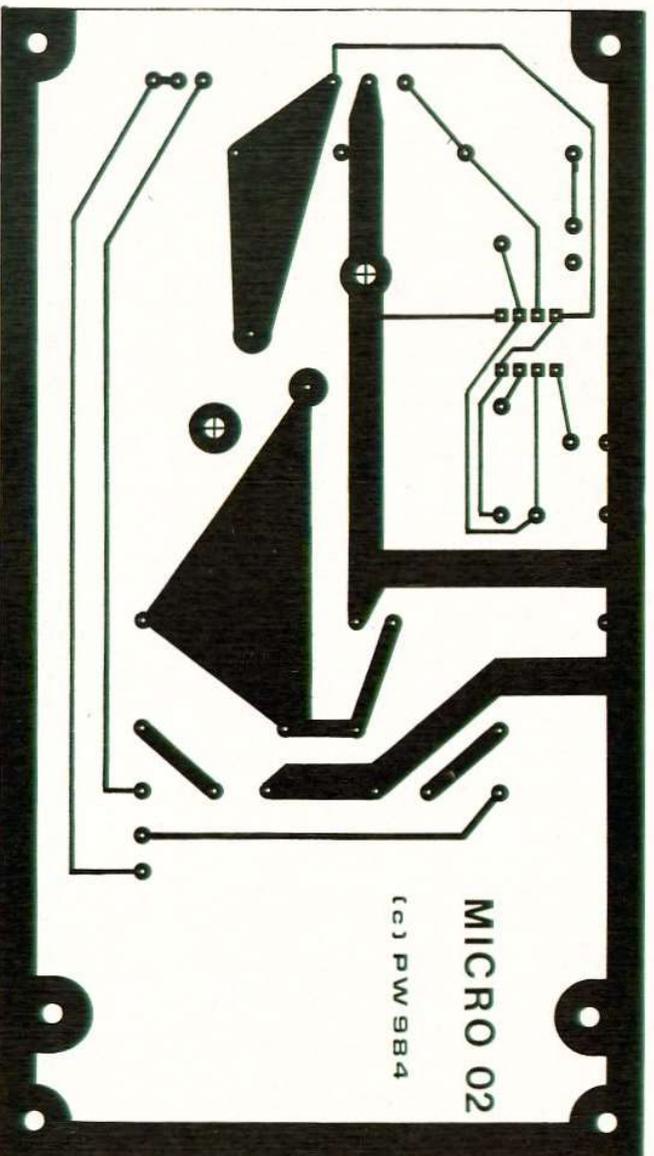


Figure 11. Implantation des composants du circuit principal.

des et condensateurs chimiques. Les afficheurs et les touches doivent être parfaitement alignés ce qui doit s'opérer sans problème si le dessin original a été respecté. Au niveau des particularités de câblage, notez que le quartz est plaqué contre le circuit au moyen d'un strap, que K1 est soudé sur le circuit à l'aide de fil de 10/10<sup>e</sup> et que la sortie du bloc d'alimentation se fera de préférence à l'aide d'un bornier 3 broches soudé sur le circuit.

Au niveau de la présentation, nous vous conseillons de munir les deux circuits de « pieds » réalisés à l'aide de vis de 3 x 10 afin d'éviter toute liaison autant malencontreuse que dangereuse. Le

lettrage des touches D6 s'effectue à l'aide de lettres à transfert direct que vous recouvrirez d'un carré de ruban adhésif. Cela tient très bien et en plus c'est assez joli. Le contraste des afficheurs sera grandement amélioré par le collage d'un rodoid rouge (pas trop de colle S.V.P. !). Nous n'avons pas prévu de boîtier pour Micro 02 car cela nous semble inutile. Il est, par contre, recommandé de le monter sur une planche ou autre support rigide afin d'éviter tout contact intempestif avec la face antérieure. La réalisation proprement dite de Micro 02 est terminée et vous avez pu constater qu'elle est des plus simples puisqu'elle se résume



Figures 10 et 12. Le circuit B (Bloc alimentation) et l'implantation des composants de la carte.

à la soudure des composants. Nous vous invitons à présent à entamer les essais et vous conseillons vivement de suivre nos indications sans brûler les étapes, les circuits intégrés vous en sauront gré !

### Essais et mise en service

Avant d'examiner la procédure de mise en service de Micro 02, il est bon de préciser comment vous pouvez vous procurer le moniteur qui en assure le fonctionnement. Le logiciel peut vous être délivré sous deux formes :

1) Si vous possédez le matériel indispensable, l'auteur peut vous fournir une photocopie du listing source du moniteur moyennant les frais de reproduction et d'expédition.

2) L'auteur peut également programmer vos 2532, les vérifier et vous les ré-expédier contre une participation (minime) aux frais que cela implique.

Dans les deux cas, et comme nous l'avions fait pour le Microtmer, il vous suffit d'adresser votre demande (sans EPROM) à la revue à notre attention accompagnée d'une enveloppe self-adhésive et nous vous ferons parvenir les conditions d'obtention du logiciel par retour de courrier. Enfin, et pour clore ce chapitre, nous tenons à signaler que le moniteur de Micro 02 est notre propriété intellectuelle et qu'il ne saurait être copié ou exploité commercialement sans notre autorisation. Cette mise au point s'impose d'autant plus qu'à l'époque actuelle le piratage des softs est devenue monnaie courante à tel point qu'on va finir par ne plus trouver de programmes performants, leurs auteurs ne pouvant trouver une juste rémunération de leurs efforts. Notre accès de colère étant passé, examinons à présent la procédure de mise en service de Micro 02.

Les essais débiteront par le contrôle du bloc d'alimentation, lequel ne doit pas être relié à la carte pour l'instant. De même, ôtez tous les circuits intégrés de leurs supports afin d'éviter toute catastrophe ! Branchez un voltmètre entre + 5 V et la masse et mettez le bloc d'alimentation sous tension : vous devez lire 5 volts à 5% près. Si ce n'est pas le cas, mesurez la tension aux bornes de C14/C15 qui doit être d'environ 14 volts. Toute défaillance à ce niveau ne peut avoir pour origine que la mauvaise orientation d'un composant ou un court-circuit entre le radiateur et les broches de IC21.

Mettez en place IC22 et contrôlez à l'oscillo que vous obtenez en SC un signal carré d'une amplitude de 5 Vcc et d'une fréquence variant de 50 à 100 Hz suivant la position de AJ1. Ici encore, le fonctionnement doit être immédiat compte-tenu de la simplicité du montage.

Relevez à présent le bloc d'alimentation à la carte et contrôlez que la tension d'alimentation est toujours présente. Installez IC1 et IC2 sur les supports et contrôlez à l'oscillo que vous obtenez un signal d'une fréquence de 1 MHz sur l'entrée Phi0 de IC4. Mettez en place IC3 et contrôlez au voltmètre que vous obtenez une impulsion négative sur l'entrée RST de IC4, IC18, IC19 et IC20 lors de la mise sous tension et à chaque appui sur «RST». Vérifiez également que les entrées «SO», «RDY», «NMI» et «IRQ»

du 6502 sont bien à l'état 1. Montez IC5 et IC6 et contrôlez à l'oscillo en reliant successivement le point SC aux sorties A0 à A15 du 6502 que les mêmes signaux parviennent aux points BA0 à BA15 de tous les circuits qui y sont reliés. Procédez de même avec D0 à D7 après avoir installé IC7 et relié la broche «RW» du 6502 à la masse. Ce contrôle est long mais tout à fait indispensable car toute erreur à ce niveau serait difficile à déceler et provoquerait un fonctionnement pour le moins curieux. Contrôlez enfin à l'ohmmètre (hors tension donc) le câblage des circuits des afficheurs et du clavier ainsi que celui du décodeur d'adresses et enfin des P1A et du VIA.

Les essais suivants s'effectuent à l'aide du moniteur mais vous pouvez déjà considérer que la partie est gagnée si vous êtes parvenus à ce point sans encombre. Ce devrait d'ailleurs être le cas si vous n'avez pas commis d'erreurs de câblage car la maquette est strictement conforme aux plans et schémas publiés.

Installez l'EPROM programmée par l'auteur sur le support «ROM3» et montez les circuits IC4, IC16, IC14, IC15, IC8, IC9, IC10 et IC20. Relevez l'entrée de l'oscillo au point «IRQ» du 6502 et observez que le signal descend à l'état 0 pendant 1 ms toutes les 10 à 20 ms suivant le réglage d'AJ1. En cas d'échec, contrôlez toute la carte car il est inutile d'aller plus loin tant que ce résultat n'est pas obtenu. En effet, l'apparition de cette impulsion signale que l'initialisation du 6502 a bien eu lieu, que la RAM et la ROM remplissent leur office de même que P1A1. Cela fait beaucoup de choses mais c'est bien évidemment essentiel. Montez les derniers circuits sur leurs supports et, si tout va bien, les afficheurs doivent indiquer le message «PRT-» indiquant que Micro 02 est à vos ordres et qu'il fonctionne parfaitement. Les essais de Micro 02 se terminent ici et il ne nous reste plus qu'à tester le fonctionnement du P1A2 et du VIA ce qui sera abordé dans le prochain chapitre qui est consacré à l'étude de la partie software de Micro 02.

## ÉTUDE DU MONITEUR

Jusqu'à présent nous n'avons abordé que l'aspect technique de Micro 02 ce qui est dans l'ordre des choses puisqu'il faut bien le monter avant de s'en servir. Il est donc temps d'en examiner le mode d'emploi et les possibilités logicielles.

### Mode d'emploi de Micro 02

Tout micro-ordinateur ne valant que par le logiciel sur lequel il repose, nous avons mis au point un moniteur que nous pensons être des plus performants puisque, dans sa version la plus étoffée, il permettra la programmation des EPROMs et l'enregistrement de vos programmes sur cassettes sans oublier toutes les aides qu'il apporte au programmeur. Rien n'a donc été négligé à ce niveau et avant d'entamer la description de chaque commande, nous tenons à signaler que toutes vos suggestions à ce sujet seront les bienvenues.

Les commandes de base de Micro 02 sont au nombre de 10 que nous vous proposons d'étudier à présent (voir encadré).

**Commande «Go» :**

Cette commande permet le lancement d'un programme préalablement logé en mémoire à partir d'une adresse indiquée. La syntaxe est la suivante :

**ACTION :**

Appui sur «Go»  
Entrée adresse  
Appui sur «V»  
Appui sur «Go»

**EFFET :**

Affichage de «---Go»  
Affichage adresse + «Go»  
Validation adresse  
Lancement du programme

**Commande «M» :**

Cette commande est la plus importante puisqu'elle permet d'examiner le contenu de la mémoire ou de programmer à partir de l'adresse que vous aurez entrée. L'utilisation de cette commande est assez simple :

**ACTION :**

Appui sur «M»  
Entrée adresse  
Appui sur «V»  
Appui sur «Ic»  
Appui sur «De»  
Nouvel appui sur «V»  
Appui sur «0..F»  
Appui sur «0..F»  
Appui sur «V»  
Appui sur «H»

**EFFET :**

Affichage de «---MM»  
Affichage adresse + «MM»  
Affichage adresse + donnée  
Affichage adresse + donnée suivante  
Affichage adresse + donnée précédente  
Idem appui sur «Ic»  
Entrée donnée (1<sup>er</sup> digit)  
Entrée donnée (2<sup>e</sup> digit)  
Validation donnée (\*)  
Sortie de la commande «M»

\*après l'appui sur «V», on obtient l'affichage de l'adresse suivante et de son contenu.

**Commande «H» :**

L'appui sur cette touche sous contrôle du moniteur permet de provoquer l'arrêt de la commande sans alétrer la mémoire et le pointeur de pile est restauré. Cette touche est, par contre, inefficace pendant le déroulement d'un programme. La solution est alors de presser «Rst».

**Commande «R» :**

L'appui sur cette touche permet de visualiser l'état de tous les registres du 6502 lorsque le programme tombe sur un point d'arrêt (instruction «BRK»).

**ACTION :**

Fin de programme sur un «BRK»  
Appui sur «R»  
Appui sur «R»

**EFFET :**

Affichage «Br--»  
Affichage «0321 PC» (contenu de PC)  
Affichage «ACC = 13» (contenu de A)  
Affichage «Xr = 00» (contenu de X)  
Affichage «Yr = 00» (contenu de Y)  
Affichage «PILE FF» (état du pointeur de pile)  
Affichage «Erl 33» (contenu du registre d'état)  
Affichage «F013 ir» (adresse de la routine d'interruptions)  
Affichage «PrET->» et retour

N.B. : L'appui sur la touche «De» permet de revenir en arrière à l'affichage du registre précédent sauf pour «PC» évidemment.

**Commande «Cm» :**

Cette commande permet de «vider» une portion de la RAM en y plaçant la valeur «00».

**ACTION :**

Appui sur «Cm»  
Entrée adresse de départ  
Appui sur «V»  
Entrée adresse d'arrivée  
Appui sur «V»  
Appui sur «Cm»

**EFFET :**

Affichage «----CM»  
Affichage adresse + «Cm»  
Validation adresse et affichage de «----CM»  
Affichage adresse + «Cm»  
Validation adresse et affichage  
Vidage mémoire et retour

**Commande «Of» :**

Permet de calculer la valeur de déplacement lors des instructions de branchement (BNE, BCC, etc.). Cette commande est très pratique car le calcul n'est pas du tout évident à faire à la main. Toute erreur de branchement est détectée et signalée.

**ACTION :**

Appui sur «Of»  
Entrée adresse actuelle  
Appui sur «V»  
Entrée adresse de destination  
Appui sur «V»  
Appui sur «V»

**EFFET :**

Affichage «----OF»  
Affichage adresse  
Affichage «----OF»  
Affichage adresse  
Affichage «oFS = 12» (valeur arbitraire)  
Retour

**Commande «Hx» :**  
Conversion d'un nombre hexadécimal (sur un octet) en décimal sur trois digits.

**ACTION :**  
Appui sur «Hx»  
Entrée octet  
Appui sur «V»  
Appui sur «V»

**EFFET :**  
Affichage «=-»  
Affichage «=d8» (par exemple)  
Affichage «216 = d8»  
Retour

**Commande «Dx» :**  
Conversion d'un nombre décimal (trois digits) en hexadécimal. Le nombre peut être compris entre 0 et 999.

**ACTION :**  
Appui sur «Dx»  
Entrée valeur décimale  
Appui sur «V»  
Appui sur «V»

**EFFET :**  
Affichage «----»  
Affichage «235 =» (par exemple)  
Affichage «235 = Eb»  
Retour

**Commande «+» :**  
Permet de calculer la somme de deux nombres hexa sur 16 bits.

**ACTION :**  
Appui sur «+»  
Entrée 1<sup>er</sup> nombre  
Appui sur «V»  
Entrée 2<sup>e</sup> nombre  
Appui sur «V»  
Appui sur «V»

**EFFET :**  
Affichage «----PL»  
Affichage «94C2 PL» (par exemple)  
Affichage «----PL»  
Affichage «30EC PL» (par exemple)  
Affichage «C5AE PL» (résultat)  
Retour

**Commande «-» :**  
Permet de calculer la différence de deux nombres hexa sur 16 bits.

**ACTION :**  
Appui sur «-»  
Entrée 1<sup>er</sup> nombre  
Appui sur «V»  
Entrée 2<sup>e</sup> nombre  
Appui sur «V»  
Appui sur «V»

**EFFET :**  
Affichage «----MS»  
Affichage «C5AE» (par exemple)  
Affichage «----MS»  
Affichage «94C2» (par exemple)  
Affichage «30EC» (résultat)  
Retour

Avant de clore cette description des commandes de Micro 02, il reste à préciser que la validation d'une donnée incorrecte conduit à un message d'erreur et que la touche «Ce» permet de corriger la dernière donnée que vous aviez entrée.

### Les bonnes adresses de Micro 02

Il n'est pas question ici de décrire le fonctionnement exact de chacune des commandes du moniteur ni d'en fournir le listing-source car cela occuperait à peu près toutes les pages de la revue, mais de vous indiquer les adresses utiles qui vous permettront d'exploiter au mieux les possibilités de Micro 02. Nous décrivons donc succinctement le rôle de chacune des variables et des routines principales du système. Nous débuterons par les variables qui sont peu nombreuses et toutes logées en page zéro :

ADRESSE	SYMBOLE	ROLE
\$00/\$05	AFFCHI/6	Codes affichage digits 1 à 6 (mémoire d'affichage)
\$06	ATTENT	Compteur de délai d'affichage (avec \$0007)
\$08	COLNNE	Code colonne du clavier
\$09	RANGEE	Code rangée du clavier
\$0A	TOUCHE	Code de la dernière touche enfoncée
\$0B	BLINK	Compteur pour clignotements
\$0C/\$0D	IROV	Vecteur routine d'interruptions
\$0E/\$0F	BREAKV	Vecteur routine BREAK

\$10	NOMBRE	Mémoire temporaire pour conversions
\$11/\$13	DIGITI/3	Mémoire temporaire pour affichage
\$14/\$19	NOMBRI/3	Mémoire temporaire pour calculs
\$1A/\$1b	DELAY	Compteur pour temporisations
\$1C/\$1D	VECTX1	Vecteur commande X1
\$1E/\$1F	VECTX2	Vecteur commande X2
\$20/\$21	VECTX3	Vecteur commande X3
\$22/\$23	VECTX4	Vecteur commande X4
\$24/\$25	VECTGO	Vecteur commande GO
\$26/\$27	DEBMEM	Pointeur début de mémoire
\$28/\$29	FINMEM	Pointeur fin de mémoire
\$2A/\$32	SVBRK	Sauvegarde des registres lors d'un «BRK»
\$33/\$34	DEBPRG	Pointeur début programme
\$35/\$36	FINPRG	Pointeur fin de programme
\$200/\$21F	CODAFF	Générateur de caractères en RAM

Il apparaît donc que nous n'avons utilisé que 57 octets de la page zéro ce qui vous en laisse près de 200 pour vos programmes. Les adresses et le rôle des principales routines du système sont les suivantes :

ADRESSE	SYMBOLE	ROLE
\$F000	IRQ	Point d'entrée de la routine d'interruptions
\$F013	IRQNOR	Routine d'interruptions (vecteur IRQV). Gère le clavier et les afficheurs.
\$F188	INIT	Initialisation du système
\$F200	GETKEY	Saisie d'un caractère au clavier (code en \$0A)
\$F231	READY	Affichage du message «PRET--»
\$F240	DIGOOCT	Conversion d'un nombre sur 2 digits en hexa sur un octet (résultat dans \$10)
\$F253	OCTDIG	Opération inverse (résultat en \$11/\$12)
\$F267	HEXDEC	Conversion d'un octet vers 3 digits en décimal (résultat en \$11/\$12/\$13)
\$F289	DECHEX	Opération inverse (résultat en \$10)
\$F2B6	SOMMI6	Somme hexa sur 16 bits (1 <sup>er</sup> nombre en \$14/\$15, 2 <sup>e</sup> en \$16/\$17, résultat en \$18/\$19)
\$F2C4	SOUIS6	Différence hexa sur 16 bits (idem SOMMI6)
\$F2D2	INPUT4	Entrée de 4 nombres en hexa
\$F301	INPUT3	Entrée de 3 nombres décimaux
\$F330	INPUT2	Entrée de 2 nombres en hexa
\$F39F	ERREUR	Message d'erreur (clignote 3 fois)
\$F3CA	DEPART	Lecture des commandes
\$F42A	GORUN	Commande «Go»
\$F450	VIDMEM	Commande «Cm»
\$F505	CALHEX	Commande «Hx»
\$F544	CALDEC	Commande «Dx»
\$F57E	CALSOM	Commande «+»
\$F5EA	CALDIF	Commande «-»
\$F656	CALOFS	Commande «Of»
\$F6ED	BREAK	routine «BRK» (affichage registres sur point d'arrêt)
\$F7E4	MEMOIR	Commande «M»
\$FFFA	NMI	Vecteur de «NMI»
\$FFFC	RESET	Vecteur de «RST» (INIT)
\$FFFE	INTER	Vecteur d' IRQ (IRQ)

Comme on peut le constater, il n'y a qu'un nombre assez réduit de routines principales ce qui devrait vous simplifier la tâche si vous voulez les utiliser dans vos programmes. De plus, le programme du moniteur est extrêmement structuré, parfois même au détriment de l'efficacité, ce qui devrait vous aider à le comprendre parfaitement. Avant d'aborder quelques exemples pratiques d'utilisation de Micro 02, nous vous indiquons ci-après les codes des touches du clavier ainsi que ceux de l'affichage.

### Utilisation de Micro 02

Vous voilà, à présent, en possession de tous les éléments qui vont

vous permettre d'utiliser au mieux Micro 02. Toutefois, un essai n'aurait pas été fait jusqu'à présent car il ne peut être mené à bien sans le mode d'emploi du moniteur, c'est celui du PIA2 et du VLA. Nous allons tout d'abord tester le PIA2 et, pour ce faire, il vous faut entrer le petit programme ci-après :

CODES DU CLAVIER					
TOUCHE	CODE	TOUCHE	CODE	TOUCHE	CODE
0	\$00	C	\$0C	Cm	\$18
1	\$01	D	\$0D	Of	\$19
2	\$02	E	\$0E	Hx	\$1A
3	\$03	F	\$0F	Dx	\$1B
4	\$04	Ce	\$10	+	\$1C
5	\$05	V	\$11	-	\$1D
6	\$06	Go	\$12	=	\$1E
7	\$07	M	\$13	X1	\$1F
8	\$08	lc	\$14	X2	\$20
9	\$09	Dc	\$15	X3	\$21
A	\$0A	H	\$16	X4	\$22
B	\$0B	R	\$17		

CAR	CODES AFFICHAGE										Code PIA	Code car	
	7	6	5	4	3	2	1	0	0	0			
0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	\$3F	\$00
1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	\$09	\$01
2	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	\$5F	\$02
3	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	\$5B	\$03
4	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	\$69	\$04
5	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	\$73	\$05
6	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	\$77	\$06
7	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	\$19	\$07
8	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	\$7E	\$08
9	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	\$79	\$09
A	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	\$7D	\$0A
B	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	\$67	\$0B
C	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	\$36	\$0C
D	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	\$4F	\$0D
E	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	\$76	\$0E
F	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	\$74	\$0F
P	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	\$7C	\$10
T	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	\$44	\$11
I	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	\$64	\$12
O	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	\$47	\$13
-	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	\$02	\$14
M	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	\$3D	\$15
u	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	\$07	\$16
=	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	\$42	\$17
G	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	\$37	\$18
L	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	\$00	\$19
X	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	\$26	\$1A
Y	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	\$2D	\$1B
i	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	\$6B	\$1C
n	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	\$01	\$1D
V	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	\$45	\$1E
												\$2F	\$1F

Pour tester PIA2, il vous suffit de lancer le programme par la commande «Go 0300» et, si tout va bien, les sorties du port A et du port B du PIA2 doivent passer alternativement de l'état 1 à l'état 0 toutes les secondes environ. L'essai du VIA est tout aussi simple et il vous faut d'abord entrer en mémoire le court programme suivant :

passent elles aussi alternativement de 1 à 0 au rythme d'environ 1 seconde. Un point mérité d'être signalé, c'est la concision de ce dernier programme par rapport au précédent. Il est ici évident que le VIA est beaucoup plus simple à programmer que le PIA puisque le programme occupe 18 octets de moins. Il ne nous reste plus, à présent, qu'à voir quelques exemples typi-

```

0000      ;DEMO DU PIA No2
0000      IORA      = $6000
0000      CRA       = $6001
0000      IORB      = $6002
0000      CRB       = $6003
0000      TEMPO2    = $F224
0000      *          = $0300
0300 A9 00      LDA # $00
0302 8D 01 60   STA CRA
0305 8D 03 60   STA CRB
0308 A9 FF      LDA # %11111111
030A 8D 00 60   STA IORA
030D 8D 02 60   STA IORB
0310 A9 04      LDA # %000000100
0312 8D 01 60   STA CRA
0315 8D 03 60   STA CRB
0318 A9 FF      LDA # %11111111
031A 8D 00 60   STA IORA
031D 8D 02 60   STA IORB
0320 A9 FF      LDA # $FF
0322 20 24 F2   JSR TEMPO 2
0325 A9 00      LDA # $00
0327 8D 00 60   STA IORA
032A 8D 02 60   STA IORB
032D A9 FF      LDA # $FF
032F 20 24 F2   JSR TEMPO 2
0332 4C 18 03   JMP RECOM

;PIA2 PORT A
;CONTROLE PORT A
;PIA2 PORT B
;CONTROLE PORT B
;ROUTINE DE TEMPORISATION

;INITIALISATION PIA2
;ACCES A DDRA
;ET A DDRB
;PORTS A ET B EN SORTIE

;ACCES A
;ORA
;ET ORB
;SORTIES A «1»
;SUR PORT A
;ET SUR PORT B
;TEMPO DE 0,8 S

;SORTIES A «0»
;SUR PORT A
;ET SUR PORT B
;TEMPO DE 0,8 S

;RECOMMENCE

```

```

0000      ;DEMO DU VIA
0000      IORA      = $800F
0000      DDRA      = $8003
0000      IORB      = $8000
0000      DDRB      = $8002
0000      TEMPO2    = $F224
0000      *          = $0300
0300 A9 FF      LDA # %11111111
0302 8D 03 80   STA DDRA
0305 8D 02 80   STA DDRB
0308 A9 FF      LDA # %11111111
030A 8D 0F 80   STA IORA
030D 8D 00 80   STA IORB
0310 20 24 F2   JSR TEMPO2
0313 A9 00      LDA # $00
0315 8D 0F 80   STA IORA
0318 8D 00 80   STA IORB
031B A9 FF      LDA # $FF
031D 20 24 F2   JSR TEMPO2
0320 4C 08 03   JMP RECOM

;VIA PORT A
;CONTROLE PORT A
;VIA PORT B
;CONTROLE PORT B
;ROUTINE DE TEMPORISATION

;PORTS A ET B EN SORTIE

;SORTIES A «1»
;SUR PORT A
;ET SUR PORT B
;TEMPO DE 0,8 S
;SORTIES A «0»
;SUR PORT A
;ET SUR PORT B
;TEMPO DE 0,8 S

;RECOMMENCE

```

Comme précédemment, lancez le programme par une commande «Go 0300» et observez que les sorties des ports A et B du VIA passent alternativement de 1 à 0 au rythme d'environ 1 seconde. Un point mérité d'être signalé, c'est la concision de ce dernier programme par rapport au précédent. Il est ici évident que le VIA est beaucoup plus simple à programmer que le PIA puisque le programme occupe 18 octets de moins. Il ne nous reste plus, à présent, qu'à voir quelques exemples typi-

ques d'utilisation de Micro 02 lesquels vous permettront de vous familiariser avec ce dernier.

## Détournement de la routine d'interruptions

Il est parfois utile de dériver la routine d'interruptions afin de scruter un périphérique quelconque. Dans l'exemple qui va suivre, il est possible de lire et d'afficher l'état du port A du VIA au rythme des interruptions. Il est important de noter que la nouvelle routine d'interruptions doit toujours se terminer par un JMP vers la routine principale (\$F013 sur Micro 02) car, dans le cas contraire, on aboutit à un «plantage» assuré du programme.

Le programme se lance par la commande «Go 0300» et les deux afficheurs de droite indiquent le code hexa du port A du VIA. Ainsi, si les entrées PA0/PA3 sont à 1 et les autres à 0, vous devez lire le code «0F».

## Modification du générateur de caractères

Le générateur de caractères de Micro 02 est en RAM et c'est là son moindre défaut ! Les codes standards sont logés à partir de \$0200 suivant les indications du tableau des codes-affichage qui

```
0000 DEMO IRQ
0000 AFFCH5 = $04
0000 AFFCH6 = $05
0000 IROV = $0C
0000 NOMBRE = $10
0000 DIGIT1 = $11
0000 DIGIT2 = $12
0000 DDRA = $8003
0000 IORA = $800F
0000 IRONOR = $F013
0000 OCTDIG = $F253
0000 * = $0300
0300 20 11 03 DEPART JSR DERIVE
0303 20 53 F2 RECOM JSR OCTDIG
0306 A5 11 LDA DIGIT1
0308 85 04 STA AFCH5
030A A5 12 LDA DIGIT2
030C 85 05 STA AFCH6
030E 4C 03 03 JMP RECOM
0311 :DETOURNE IRQ, INITIALISE VIA
0311 78 DERIVE SEI
0312 A9 00 LDA # $00
0314 8D 03 80 STA DDRA
0317 A9 03 LDA # >LITVIA
0319 85 0D STA IROV+1
031B A9 21 LDA # <LITVIA
031D 85 0C STA IROV
031F 58 CLI
0320 60 RTS
0321 :LIT LE PORT A DU VIA
0321 AD 0F 80 LDA IORA
0324 84 10 STA NOMBRE
0326 4C 13 F0 JMP IROVOR
```

```
:INHIBE IRQ
:PORT B DU VIA
:EN ENTREE
:DETOURNE IROV
:VERS NOUVELLE
:ROUTINE
:D'INTERRUPTIONS
:AUTORISE IRQ

:RECOMMENCE

:DETOURNE IROV
:CONVERSION OCTET
:SUR LES DEUX
:AFFICHEURS
:DE DROITE

:DETOURNE IROV
:CONVERSION 2 DIGITS
```

```
:LIT LA DONNEE
:PREPARE CODAGE
:ROUTINE DIRQ
```

```
0000 ;DEMO AFF
0000 AFFCH1 = $00
0000 CODAFF = $200
0000 GETKEY = $F200
0000 DEPART = $F3CA
0000 * = $0300
0300 A9 6D ENTREE LDA # %01101101
0302 8D 1E 02 STA CODAFF+$IE
0305 A9 1E LDA # $IE
0307 85 00 STA AFCH1
0309 20 00 F2 JSR GETKEY
030C 4C CA F3 JMP DEPART

:CODE DE «H»
:SAUVE LE CODE
:CODE ECRAN DE «H»
:AFFICHAGE DE «H»
:ATTEND FRAPPE CLAVIER
:PREND AUTRE COMMANDE
```

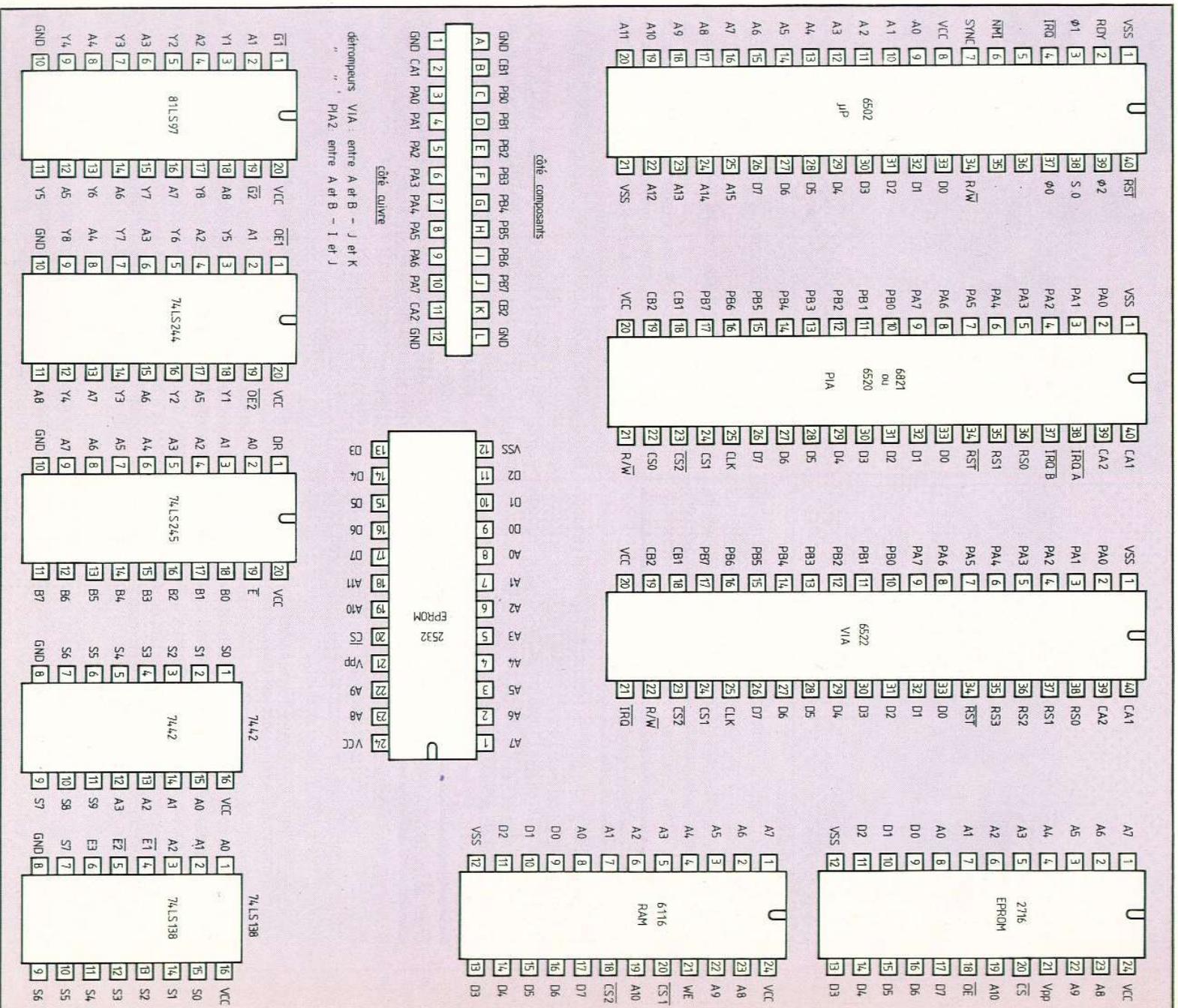
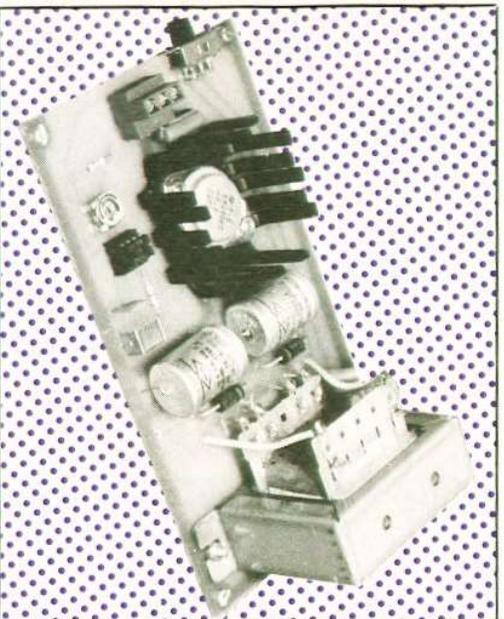


Figure 13. Connecteurs du PIA2 et du VIA et brochage des principaux circuits intégrés.



Le bloc d'alimentation.

a précédé. Il est possible d'ajouter d'autres codes comme le montre l'exemple suivant où nous fabriquerons un «H» qui s'affichera sur le premier digit en attendant que l'on appuie sur une touche. Comme les précédents, ce programme est appelé par une commande «Go 0300».

### Touches de fonctions

Il est possible de programmer les touches de fonctions en modifiant leur vecteur. Ainsi, si l'on désire que l'appui sur la touche «X1» ait le même effet que l'appui sur «Cm», il suffit de modifier la valeur des octets \$1C et \$1D comme suit :

\$1C : B9 (vecteur commande «Cm» = \$F8B9)

\$1D : F8

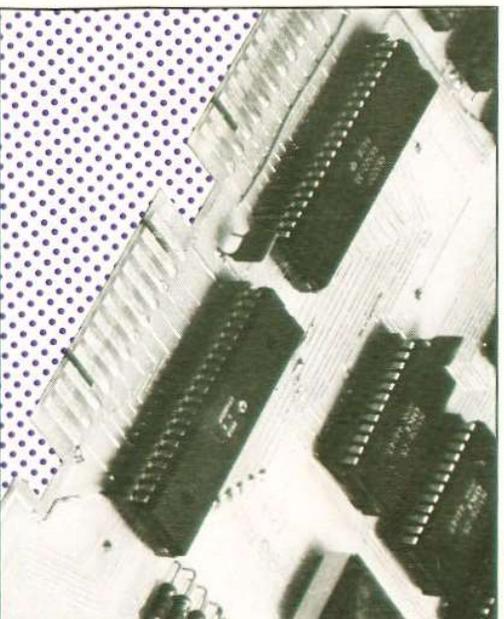
### Bus d'extensions

Il n'y a pas sur Micro 02 de connecteur spécifique pour le bus du 6502. Des points de sortie ont, par contre, été prévus pour tous les signaux du bus de commande ainsi que la sortie S2 du décodeur. Les bus d'adresses et de données peuvent être très facilement accessibles en se servant d'un des supports de ROM libres comme connecteur. Il serait également envisageable de câbler une prise quelconque en-dessous du circuit à l'aide d'un câble plat. La description de Micro 02 touche à sa fin et il ne nous reste plus qu'à vous prodiguer quelques conseils qui vous permettront, nous l'espérons, de vous sortir de la plupart des pièges :

— Rédigez vos programmes en vous inspirant de la présentation que nous avons adoptée pour les quelques exemples ci-dessus. La syntaxe employée est en effet standardisée et tous les programmes sur 6502 la comprennent.

— Préparez soigneusement vos algorithmes avant de rédiger votre programme, cela évitera bon nombre d'erreurs difficiles à trouver par la suite.

— Testez un long programme module par module à l'aide de la commande «BREAK» en émailant votre programme de «BRK»



Notez les détrimpeurs sur les connecteurs.

(code \$00) que vous pourrez remplacer par «NOP» (code \$EA) dans la phase définitive.

— Commentez vos programmes au maximum cela facilite la maintenance.

— Structurez vos programmes autant que faire ce peut en employant un maximum de sous-programmes et en évitant, si possible, les sauts inconditionnels («JMP»). Ceci est vrai d'ailleurs pour tout langage informatique.

Enfin, sachez qu'il existe d'excellents livres sur le 6502 parmi lesquels nous pouvons citer :

— 6502 PROGRAMMATION EN LANGAGE ASSEMBLEUR par L.A. LEVENTHAL (Éditions RADIO) qui est en quelque sorte la Bible du programmeur quoiqu'assez ardu.

— PROGRAMMATION DU 6502 par R. ZACKS (Éditions SYBEX) d'un accès plus aisé.

— APPLICATIONS DU 6502 par R. ZACKS (Éditions SYBEX) qui est une suite du précédent avec quelques exemples d'utilisation des PLA et VIA.

— L'ASSEMBLEUR FACILE DU 6502/6510 par M. MONTELL pas si facile que ça !

Cette liste n'est évidemment pas limitative, mais l'un au moins de ces livres est à posséder absolument si vous voulez connaître le 6502 sur le bout des ongles.

Il y a évidemment encore beaucoup d'astuces à connaître pour utiliser efficacement Micro 02 mais la place nous manque pour les décrire toutes. De toute manière cela est sans importance car vous les découvrirez par vous-mêmes en utilisant l'appareil. Nous espérons que la réalisation de Micro 02 intéressera nombre d'entre vous car il s'agit là d'un micro-ordinateur vraiment pas comme les autres et ce d'autant plus que vous l'aurez construit vous-mêmes !

Nous clôturons ici cet article en espérant qu'il ne vous aura pas paru trop long ni ennuyeux et restons à votre disposition pour toute question d'ordre pratique ou théorique. ■

Ph. Wallaert