

Elektor vous présente ce mois-ci, et non sans fierté, le Junior Computer. Junior quant à ses dimensions, mais senior quant à ses possibilités. C'est un système aux multiples applications, s'étendant de l'étude personnelle à la commande de processus.

Le prix en est attirant: il sera prêt à fonctionner pour environ 1000 FF. Un amateur averti parviendra encore à comprimer ce prix (utilisation d'une alimentation existante, boîtier et circuits imprimés "maison", etc.).

junior computer

un ordinateur adulte pour débutants

Il a été décidé de faire paraître une description détaillée sous la forme d'un livre. Tout autre manière utiliserait des dizaines de pages de Elektor, ce qui serait beaucoup trop pour les lecteurs qui ne sont pas passionnés par la microinformatique. Pour ceux qui s'y connaissent déjà ou qui ont déjà réalisé un système à microprocesseur, le vocabulaire utilisé paraîtra simple si ce n'est simpliste. D'autre part, ceux qui n'ont aucune expérience dans ce domaine auront peut-être quelques difficultés à comprendre le langage utilisé, surtout dans la description du schéma. Que ces derniers se rassurent, ils peuvent tranquillement oublier cet article qui est essentiellement prévu pour que le lecteur curieux du fonctionnement du Junior Computer trouve lui aussi dans l'article les informations précises qu'il affectionne. Nous prévenons tous les lecteurs que nous avons l'intention de publier une grande quantité de logiciel comportant des centaines de programmes allant des petits jeux jusqu'au compilateur Pascal complet.

Cet article ne comprend que la description du fonctionnement et du montage du Junior Computer. Les données ne figurant pas dans celui-ci, mais néanmoins importantes, seront publiées très bientôt sous la forme de deux livres, à savoir Junior Computer livre 1 et livre 2. Le premier sera publié avant l'été, le deuxième livre dans lequel la programmation est étudiée d'une manière plus approfondie, paraîtra sous peu. L'idée d'une troisième partie renfermant des extensions importantes comme un terminal de visualisation, une mémoire de masse et des programmes supplémentaires est en préparation. Tout ceci aidera notre junior à se hisser au rang de senior.

Nous souhaitons à tous beaucoup de succès avec le Junior Computer.

Pour beaucoup d'amateurs, un ordinateur est un circuit imprimé supportant de nombreux circuits intégrés desquels il est extrêmement difficile de comprendre le fonctionnement. Et pourtant, un tel assemblage est relativement simple. C'est souvent parce qu'il manque une aide valable que l'étude qui se voudrait plus approfondie n'aboutit pas. Le prix joue lui aussi un rôle; tout le monde n'est pas prêt à investir son argent dans un ordinateur pour le plaisir d'apprendre les arcanes de la programmation. C'est pourquoi Elektor a développé un microordinateur à vocation didactique. Un mode d'emploi clair et détaillé offre la possibilité au débutant de progresser pas à pas dans la technique des ordinateurs.

Quoique le Junior Computer ne soit,

en fait, constitué que d'un seul circuit imprimé, il offre beaucoup de possibilités auxquelles on ne s'attendrait pas au premier abord. Tout est fait pour rendre les manipulations de l'amateur aussi simples que possible. Les possibilités d'extensions sont relativement grandes.

Nous ne donnerons dans cet article que la description du fonctionnement et de la construction du Junior Computer. Si nous agissions autrement, nous serions bien trop complets et dans les magazines des mois à venir il n'y aurait plus de place pour d'autres sujets. Le lecteur intéressé pourra ainsi commencer par la construction du Junior Computer puis s'offrir le livre 1 Junior Computer, dans lequel le montage ainsi que la manière de s'en servir sont décrits d'une manière très exhaustive.

Les lecteurs possédant un peu plus d'expérience en ordinateurs trouveront à leur intention les caractéristiques essentielles du Junior Computer, reprises au tableau 1.

Schéma synoptique

Le schéma synoptique de la figure 1 est représenté afin de clarifier un peu les choses.

Le cerveau de l'ordinateur est le CPU, l'unité centrale de traitement ou en anglais "Central Processing Unit". Le CPU est ici le microprocesseur 6402. Celui-ci traite les signaux digitaux, règle la circulation entre les différentes unités et exécute les ordres. Un générateur d'horloge est le compagnon obligé du processeur.

Une mémoire est à la disposition du microprocesseur pour y stocker pro-

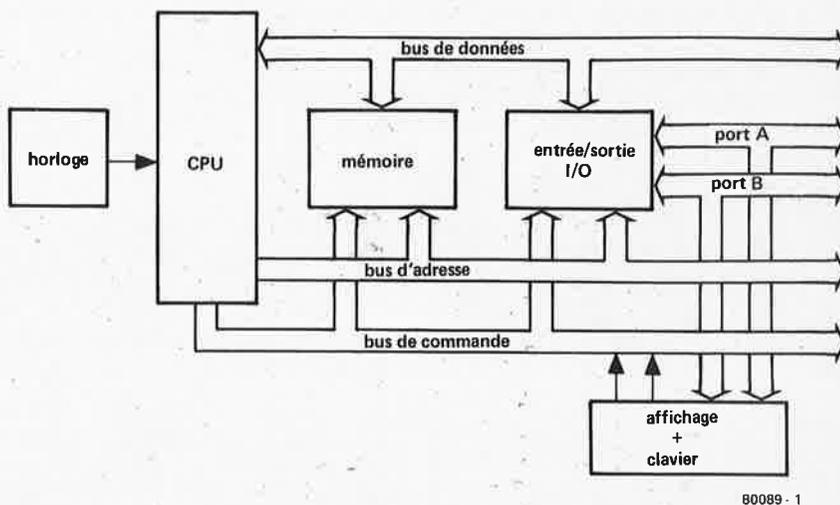
grammes et données. La mémoire est composée de deux parties; l'une dans laquelle résident les données continuellement présentes ainsi que ce que l'on appelle le programme moniteur, et l'autre dans laquelle peuvent se placer les informations variables. Dans ces dernières, les données peuvent être écrites ou lues. C'est là, qu'entre autres, vient se loger le programme de l'utilisateur.

Un bloc d'entrées/sorties (en anglais I/O, pour Input/Output) entretient le contact avec le monde extérieur. Dans celui-ci, sont comptés aussi le clavier et l'unité d'affichage. Ce bloc se retrouve plus loin dans le schéma sous le nom de PIA (Peripheral Interface Adapter). Le PIA se charge du transport des données dans les deux directions. Il peut aussi mémoriser (temporairement) des données.

Un dernier bloc est constitué par le clavier et l'affichage par lesquels l'utilisateur est à même de communiquer avec l'ordinateur.

Le CPU n'est pas aussi intelligent qu'on le pense habituellement. La seule chose qu'il fasse est d'exécuter dans un certain ordre (programmé) toutes sortes d'opérations (également programmées). Des liaisons sont créées pour la communication entre le CPU, les mémoires et l'unité I/O. C'est par ces lignes que transitent les informations digitales et que sont transmis les ordres de commande en provenance du microprocesseur.

1



B0089 - 1

Figure 1. Schéma synoptique du Junior Computer.

En premier lieu, nous avons le bus de données. C'est un ensemble de lignes via lesquelles s'effectue tout le transfert d'informations entre les différents blocs. Le processeur doit pouvoir signaler à quel endroit une donnée doit être recherchée ou stockée. C'est à cela que sert le bus d'adresse. Celui-ci donne, en code et selon l'ordre à exécuter, le lieu de départ ou de destination

d'un transport d'informations. Nous trouvons en dernier lieu le bus de commande, lequel veille à ce que le processeur puisse régler les échanges entre les différentes parties, aussi bien que s'assurer de l'accomplissement de parties successives de programme.

Ce que nous venons d'évoquer est, en bref, la fonction des différents blocs et de leurs interconnexions. La manière de programmer l'ordinateur et ce qui se passe par la suite, est l'objet du livre consacré au Junior Computer. Il faut d'abord construire, car programmer sans ordinateur n'est pas chose si facile. Il fallait bien que la description des schémas qu'on trouvera ci-dessous soit donnée dans Elektor. Les non-techniciens peuvent sauter ce passage et ne reprendre la lecture qu'aux "quelques remarques".

Le schéma

Le schéma complet du Junior Computer (à l'exception de l'alimentation) est représenté en figure 2. Après avoir traité du schéma synoptique, il ne sera pas trop difficile d'y reconnaître les différentes parties.

Sur la gauche du schéma se reconnaît le cœur de l'ordinateur, le microprocesseur 6502 (IC1). Sous celui-ci se trouve le générateur d'horloge formé par N1, R1, D1, C1 et le quartz de 1MHz. Le système utilise une horloge biphasée, dont les deux signaux sont représentés par $\Phi 1$ et $\Phi 2$.

La mémoire est formée par IC2, IC4, IC5 et une partie de IC3. Le système d'exploitation du microordinateur, le moniteur, se trouve dans IC2 qui est, en fait une EPROM de 1024 octets. Les RAM IC4 et IC5 servent de mémoire de travail et ont, ensemble, une capacité de 1024 x 8 bits.

Le PIA, IC3, contient encore 128 octets

1

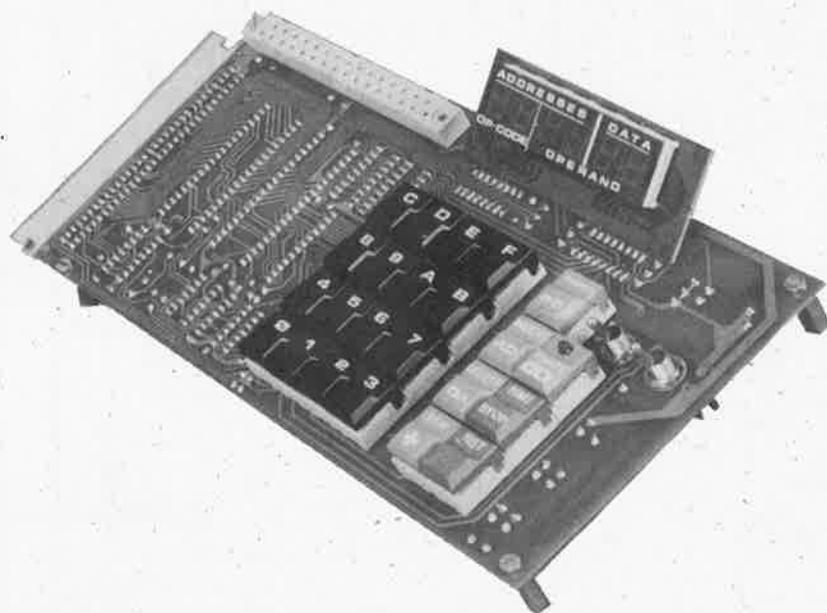


Photo 1. Voici à quoi rassemble le Junior Computer une fois monté. On distingue nettement le clavier et l'affichage; le microprocesseur ainsi que les autres composants se trouvent sur la face inférieure du circuit imprimé.

2

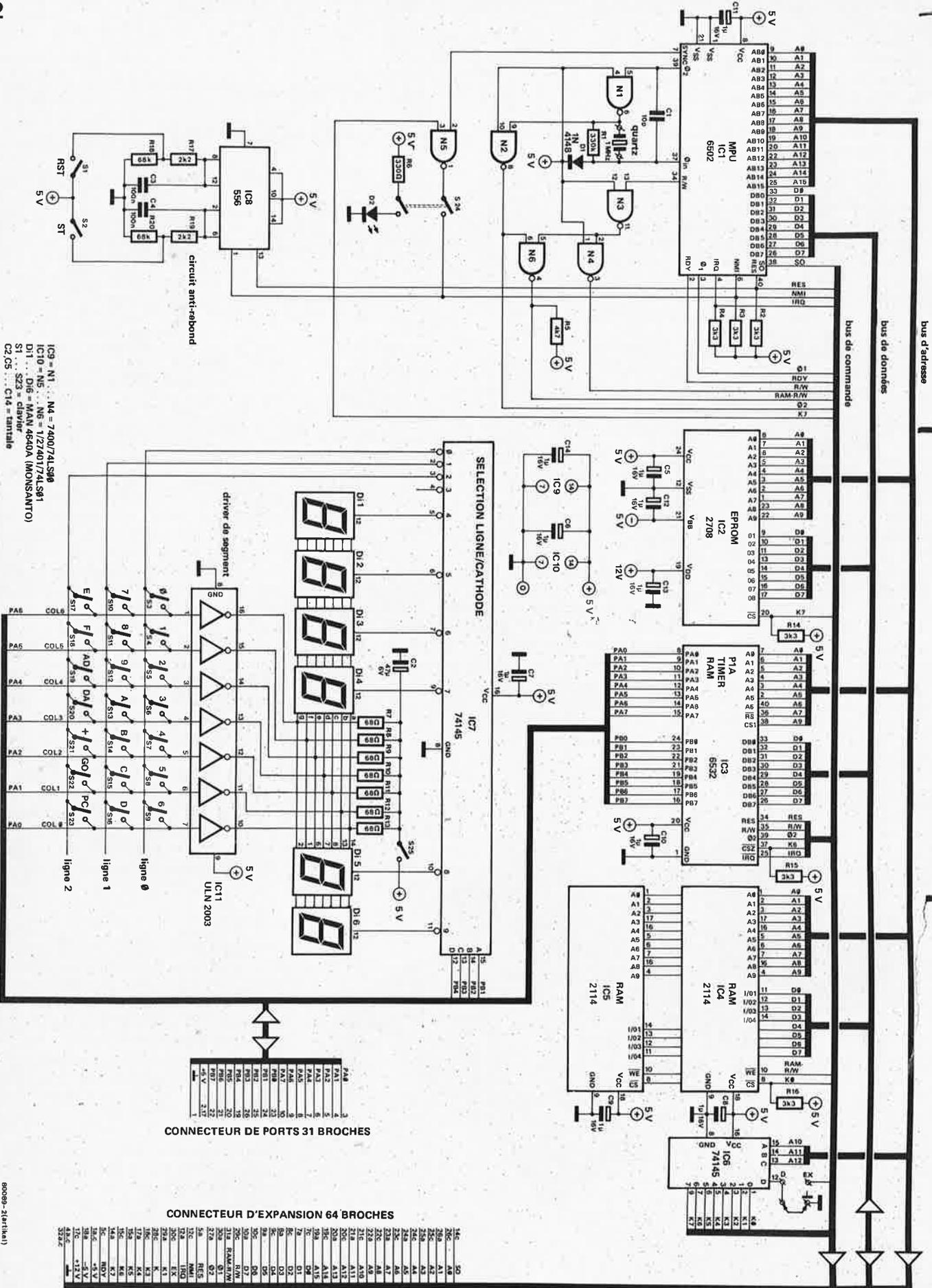


Figure 2. Schéma complet du Junior Computer.

de RAM. Le PIA est un tampon bidirectionnel connectant l'ordinateur et les ports A ou B. Les lignes de ports sont reliées à un connecteur à 31 broches. Le circuit intégré IC3 contient de plus un timer.

Dans le bas du schéma sont représentés les afficheurs (Di1 . . . Di6) ainsi que les touches S1 . . . S23. Seize touches sont prévues pour l'introduction des données sous forme hexadécimale, les sept restantes servent pour des commandes diverses. Les informations en direction des afficheurs et en provenance du clavier transitent via les sept lignes du port A. L'affichage des informations est commandé par le logiciel du programme moniteur. Ce dernier veille aussi à la reconnaissance de la fonction d'une touche. IC7 permet le multiplexage des afficheurs et interroge périodiquement les rangées de touches. L'interrupteur S24 permet de déconnecter l'affichage.

L'affichage du Junior Computer peut être utilisé de deux manières différentes. Les quatre afficheurs de gauche donnent généralement l'adresse tandis que les deux afficheurs de droite indiquent la donnée contenue à ces adresses. Une deuxième possibilité est offerte par l'intermédiaire du programme moniteur: les deux afficheurs de gauche donnent le code (hexadécimal) d'une instruction alors que sur les afficheurs restants, s'inscrit l'adresse ou la donnée à laquelle s'applique cette instruction. Cette possibilité simplifie beaucoup l'introduction des programmes.

Les mémoires sont reliées au processeur par l'intermédiaire du bus d'adresse, du bus de données et du bus de commande. Ce dernier est entre autres utilisé par le processeur pour la sélection d'une mémoire particulière. Le signal \overline{CS} (chip select) sert à cet effet. Celui-ci, sous le nom de K7 va, via le décodeur d'adresse IC6, vers les EPROM et sous le nom de K0 vers les RAM. Le décodeur d'adresse utilise encore le signal K6 pour la sélection des 128 octets de RAM du PIA contenus dans IC3. Les cinq signaux de sélection restant disponibles sur le décodeur sont utilisables pour des extensions de mémoire.

Un signal R/W (lecture-écriture) est aussi nécessaire pour les RAM. Il provient de la porte N6 et est composé d'une combinaison du signal R/W du 6502 et de l'impulsion d'horloge $\Phi 2$ ($\Phi 2$ = validation du bus de données).

Le signal RES (reset ou remise à zéro) est un autre signal qui permet au programme moniteur de placer le microprocesseur et le PIA dans une position de départ bien déterminée. Une remise à zéro a lieu après enfoncement de la touche REST (S1). Le rebondissement des contacts de cette touche est empêché par un timer contenu dans IC8. Il existe deux possibilités d'interrompre un programme s'exécutant par l'intermédiaire de NMI (interruption non-masquable). La première possibilité est la touche STOP S2 dont le rebon-

3

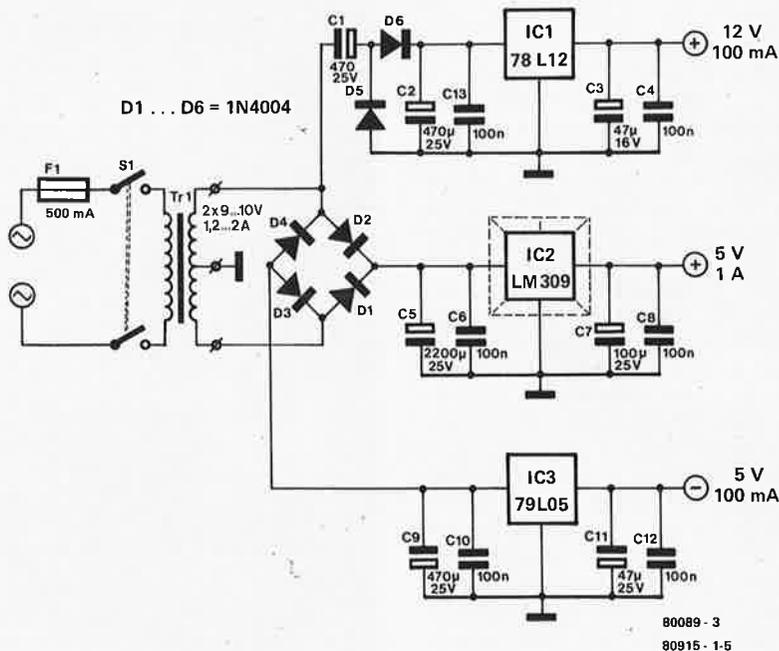


Figure 3. L'alimentation qui délivre les trois tensions nécessaires au Junior Computer.

dissement est empêché par IC8. La deuxième est l'interrupteur STEP S24 si celui-ci est dans la position ON et que la sortie de N5 passe de l'état haut à l'état bas.

La connexion IRQ (demande interruption) sert à interrompre un programme, par exemple en programmant le timer de IC3. Le bus de commande transporte aussi les signaux d'horloge $\Phi 1$ et $\Phi 2$ pour le fonctionnement du PIA ainsi qu'un signal R/W à l'usage des RAM pour la détermination du sens du transfert des données.

Les lignes RDY, SO et EX sont prévues pour des extensions ultérieures.

Toutes les lignes d'adresse, de données et de commande sont amenées à un connecteur d'extension comportant 64 broches qui, comme son nom l'indique, est prévu pour des extensions ultérieures du système.

La figure 3 montre l'alimentation fournissant 3 tensions: + 5V pour tous les circuits intégrés et les afficheurs, + 12V et - 5V pour l'EPROM IC2. Les découplages indispensables sont réalisés par les condensateurs C5 . . . C14.

Quelques remarques

Avant de commencer le montage, il faut encore soulever deux points.

Tout le système occupe trois circuits imprimés, dont un est réalisé en double face. Quoique ce travail ne soit pas une synécure, il est conseillé de vérifier que tous les trous métallisés assurent un bon passage d'un côté à l'autre

du circuit imprimé. Un ohmmètre permet le contrôle. Cela évite beaucoup de problèmes, car après soudure une telle rupture de continuité est très difficilement repérable.

La plupart des EPROM 2708 ne sont naturellement pas programmées à l'achat. Le listing du programme moniteur (appelé "l'hexdump") est donné dans le livre de façon à ce que quiconque disposant d'un programmeur de PROM puisse lui-même programmer son circuit intégré. Toutefois, beaucoup de revendeurs de composants électroniques disposeront bientôt d'EPROM hexdump.

La réalisation du Junior Computer

La construction du Junior Computer ne va pas poser beaucoup de problèmes. Si on travaille de manière précise, si on fait de bonnes soudures et si on prête attention à ce qui suit, peu de choses peuvent encore mal tourner.

L'ordinateur complet se trouve sur trois circuits imprimés: l'ordinateur et son clavier, l'affichage et l'alimentation. Nous donnons maintenant une description de la construction.

- Nous commencerons par le circuit d'affichage (figure 6). Celui-ci est connecté au circuit imprimé principal par l'intermédiaire de treize ponts réalisés en fil de câblage. Coupez à cet effet des morceaux de fil de montage d'une longueur approximative de 2 cm et passez ceux-ci à l'arrière du circuit imprimé par les trous marqués a . . . g et 1 . . . 6. Après quoi ceux-ci sont soudés de

façon à ce que leurs extrémités soient tout juste visibles du côté supérieur de la carte imprimée. L'opération suivante consiste à souder directement les afficheurs sur le circuit imprimé.

- C'est maintenant le tour du circuit principal à double face (figures 4 et 5). L'impression présente sur le circuit permet de se rendre compte de quel côté doivent être montés les différents composants. On monte d'abord les résistances R1 . . . R20, puis la diode D1, les condensateurs C1 . . . C13 et, ensuite, les circuits intégrés, à l'exception du microprocesseur IC1, de l'EPROM IC2 et du PIA IC3. Les circuits TTL et CMOS ne courent pas de danger pour autant qu'ils ne soient pas trop chauffés. Si l'on veut absolument utiliser des supports de circuits intégrés, il faut alors qu'ils soient de bonne qualité, aux contacts métallisés. Les trois supports se placent maintenant sur le circuit imprimé. Un support pour l'EPROM est nécessaire pour qu'on puisse, éventuellement, remplacer plus tard le programme moniteur par simple "enfichage".

Nous continuons maintenant de l'autre côté du circuit, sur lequel viennent se placer les touches S1 . . . S23 et la LED D2 (pensez à sa polarité). A côté du clavier subsistent deux trous, dans lesquels se placent les interrupteurs S24 et S25. Les interrupteurs sont reliés au circuit imprimé par des morceaux de fils isolés.

Un pont de fil de câblage reliant l'entrée D de IC1 au 0 V prend place sur le circuit imprimé principal. C'est la connexion entre les points D et 1. L'autre pontage indiqué sera utilisé pour les extensions (EX). Dans ce cas, le pontage qui vient d'être réalisé devra être supprimé.

Il faut placer le connecteur à 31 broches d'un côté du clavier, puis l'autre connecteur de 64 broches sur l'autre côté. Le circuit d'affichage est connecté par la suite au circuit principal. La distance entre les deux platines doit être d'environ 5 mm.

Il faut maintenant souder le quartz de 1 MHz, enficher les circuits intégrés IC1, IC2 et IC3 dans les supports. Ceci termine le montage du circuit d'ordinateur.

- Il reste encore l'alimentation (figure 7). Ce montage simple n'occasionnera probablement pas de problème. Quand tous les composants sont montés selon le schéma d'implantation, il ne reste plus qu'à raccorder le transformateur Tr1. Les liaisons entre l'ordinateur et son alimentation sont réalisées par un câble à 4 conducteurs qui se dirige vers le connecteur à 64 pôles:

- +12 V à la broche 17c
- + 5 V à la broche 1a
- 5 V à la broche 18a
- zéro à la broche 4a

4a

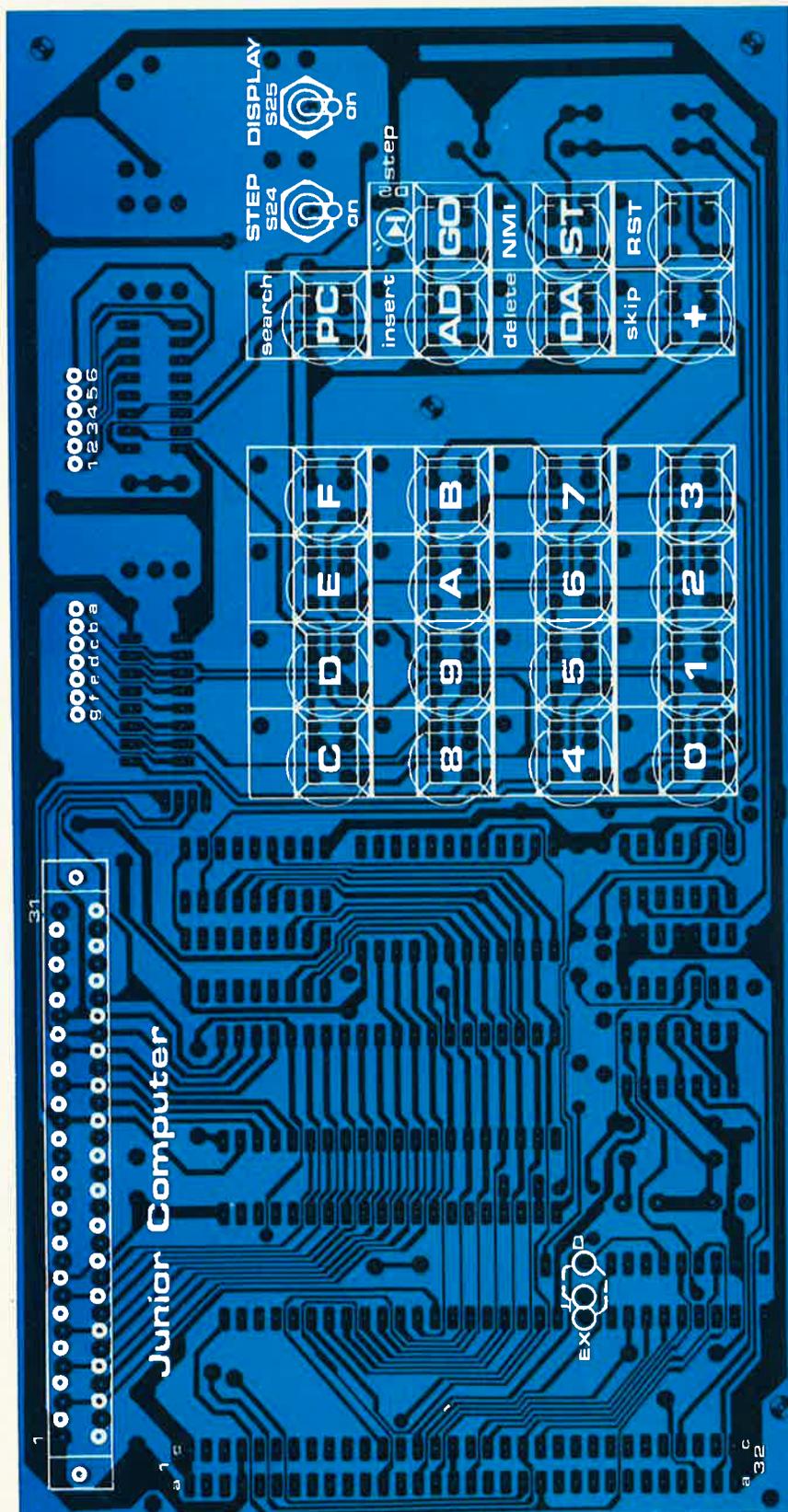
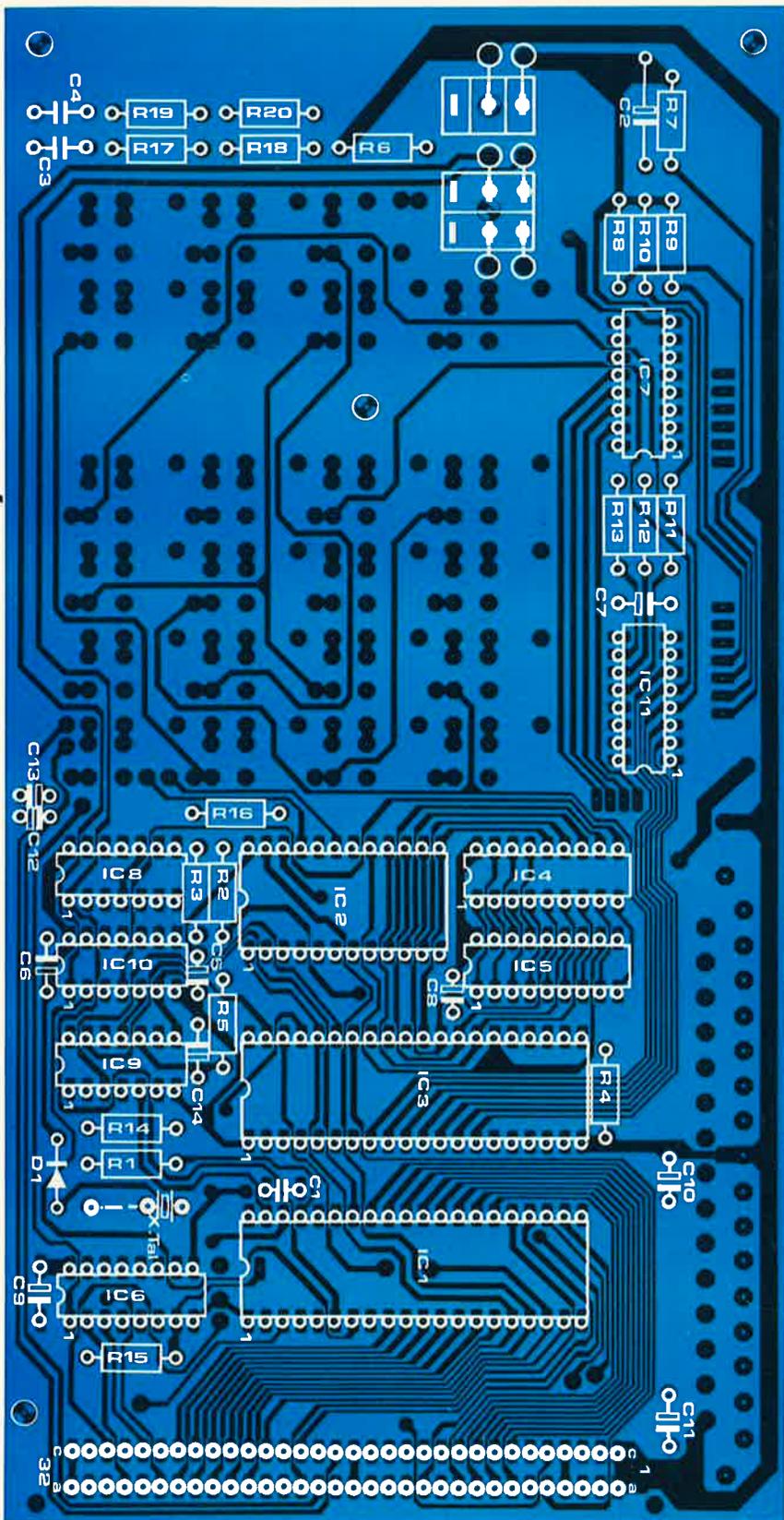


Figure 4. Dessin du circuit imprimé côté clavier (a) et côté composants (b) de la carte principale (EPS 80089-1).

Liste des composants du Junior Computer



Résistances:

- R1 = 330 k
- R2,R3,R4,R14,R15,R16 = 3k3
- R5 = 4k7
- R7 ... R13 = 68Ω
- R17,R19 = 2k2
- R18,R20 = 68k

Condensateurs:

- C1 = 10p céramique
- C2 = 47 μ/6V tantale
- C3,C4 = 100n MKH
- C5 ... C14 = 1μ/35V tantale

Semiconducteurs:

- IC1 = 6502 (Rockwell)
- IC2 = 2708
- IC3 = 6532 (Rockwell)
- IC4,IC5 = 2114
- IC6,IC7 = 74LS145, 74145
- IC8 = 556
- IC9 = 74LS00, 7400
- IC10 = 74LS01, 7401
- IC11 = ULN 2003 (Sprague)
- D1 = 1N4148

Divers:

- S1 ... S21,S23 = digitast (Schadow)
- S22 = digitast + LED
- S24 = interrupteur bipolaire
- S25 = interrupteur unipolaire
- Di1 ... Di6 = MAN4640A cathode commune (Monsanto)
- connecteur mâle 64 broches selon DIN 41617 (équerre)
- connecteur femelle 31 broches selon DIN 41617
- 1 quartz 1 MHz
- 1 support IC 24 broches
- 2 supports IC 40 broches

Liste des composants de l'alimentation

Condensateurs:

- C1,C2,C10 = 470μ/25V
- C3,C11 = 47 μ/25V
- C4,C5,C8,C9, C12,C13 = 100n MKH
- C6 = 2200μ/25V
- C7 = 100μ/25V

Semiconducteurs:

- IC1 = 78L12ACP (5%)
- IC2 = LM309K
- IC3 = 79L05ACP (5%)
- D1... D6 = 1N4001

Divers:

- Tr1 = transfo secteur prim. 220V, sec. 2 x 9 ... 10V/1,2 ... 2A
- S1 = interrupteur bipolaire
- F1 = fusible 500 mA, avec porte-fusible

Tableau 1.

5a

Caractéristiques du Junior Computer

- ordinateur sur un seul circuit imprimé
- programmable en langage machine (hexadécimal)
- microprocesseur du type 6502
- quartz de 1 MHz
- moniteur inclus dans une EPROM de 1024 x 8 bits
- RAM de 1024 x 8 bits
- PIA du type 6532 avec deux portes I/O, 128 octets de RAM et timer programmable
- affichage à 6 chiffres (7 segments)
- clavier hexadécimal comportant 23 touches: 16 pour les "chiffres" et 7 possédant une double signification pour les différentes fonctions.

Touches de fonction (mode normal):

- + incrémentation de l'adresse affichée d'une unité
- DA introduction de données
- AD introduction d'adresse
- PC rappel du contenu de la dernière position occupée par le compteur ordinal
- 60 lance le programme à l'adresse indiquée
- ST interruption du programme via NMI
- RST rappel du moniteur
- Interrupteur STEP: exploration pas à pas et exécution du programme à l'aide de la touche GO

 Touche de fonction (mode éditeur via ST):

- insert: introduction d'un pas de programme à l'adresse précédant celle indiquée par l'affichage
- input: introduction d'un pas de programme à l'adresse suivant celle indiquée par l'affichage
- skip: saut jusqu'au code opératoire suivant
- search: recherche d'une étiquette déterminée
- delete: suppression de la ligne affichée

Possibilités:

- debugging: tous les registres internes peuvent être passés en revue sur l'affichage
- éditeur hexadécimal: identification des étiquettes à l'aide de nombres hexadécimaux
JMP, JSR et les instructions de branchement fonctionnent en utilisant des étiquettes
- assembleur hexadécimal: conversion des numéros d'étiquettes en déplacements ou adresses réelles
- branch: calcul du déplacement (offset) lors des instructions de saut

Applications:

- compatible avec le bus du SC/MP
- base pour beaucoup d'extensions
- application en tant que carte CPU 6502
- ordinateur d'étude pour débutants
- commande de processus pour tous types d'applications. Peut être complété par:
 - Elekterminal
 - interface cassette
 - interface vidéo
 - Basic et Pascal
 - imprimante à matrice
 - assembleur, désassembleur, et éditeur

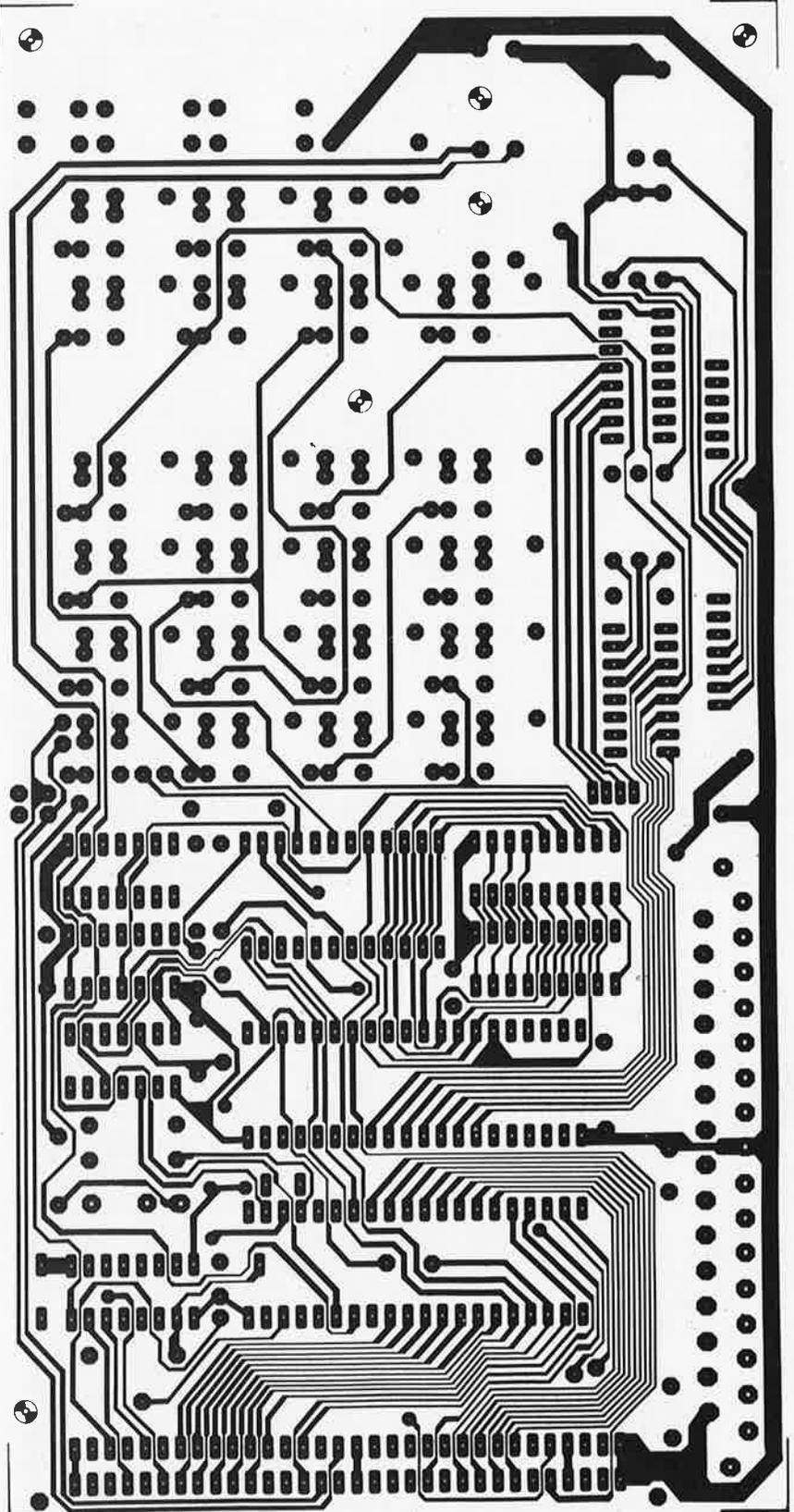


Figure 5. La disposition des composants des deux faces (a et b).

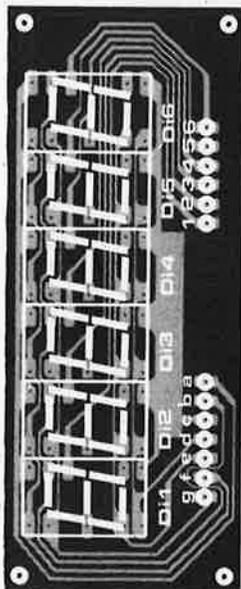
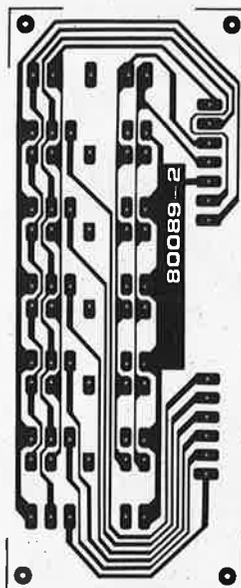
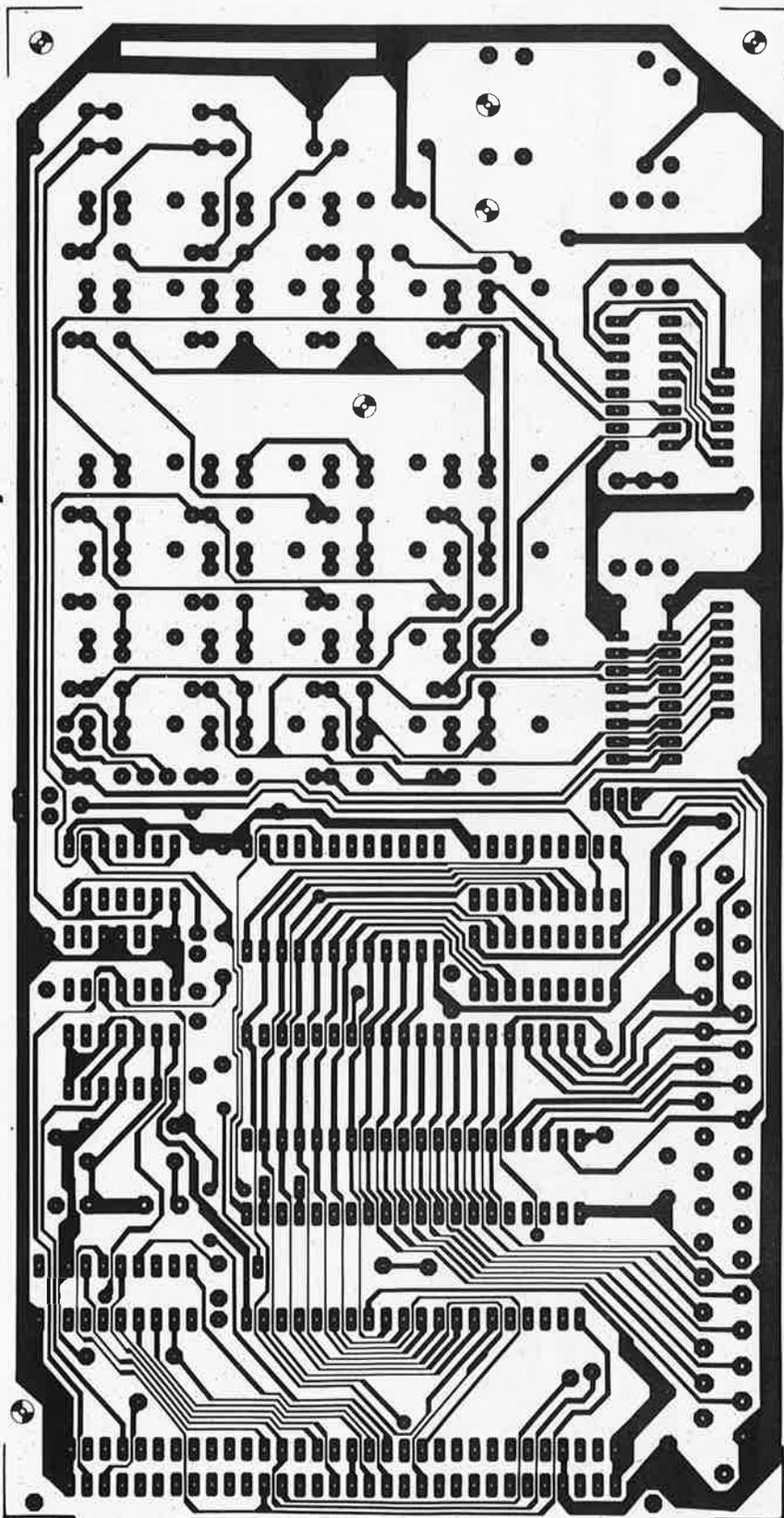


Figure 6. Le circuit imprimé de l'affichage (EPS 80089-2).

Vérifiez bien ceci: une mauvaise connexion peut être à l'origine de bien des dégâts!

Ainsi, le Junior Computer est prêt. Nous pouvons maintenant passer au point suivant: le galop d'essai.

Il fonctionne!

Le moment de mettre le tout sous tension est enfin arrivé. Il ne se passe rien et les afficheurs restent inertes? Ne vous faites pas de soucis, jusqu'à présent tout se passe bien et dans la normale des choses. Poussez maintenant sur la touche RST. L'affichage montre des symboles hexadécimaux quelconques: c'est le signe que l'ordinateur fonctionne bien. A la suite de cela, l'ensemble peut être monté dans un boîtier convenable.

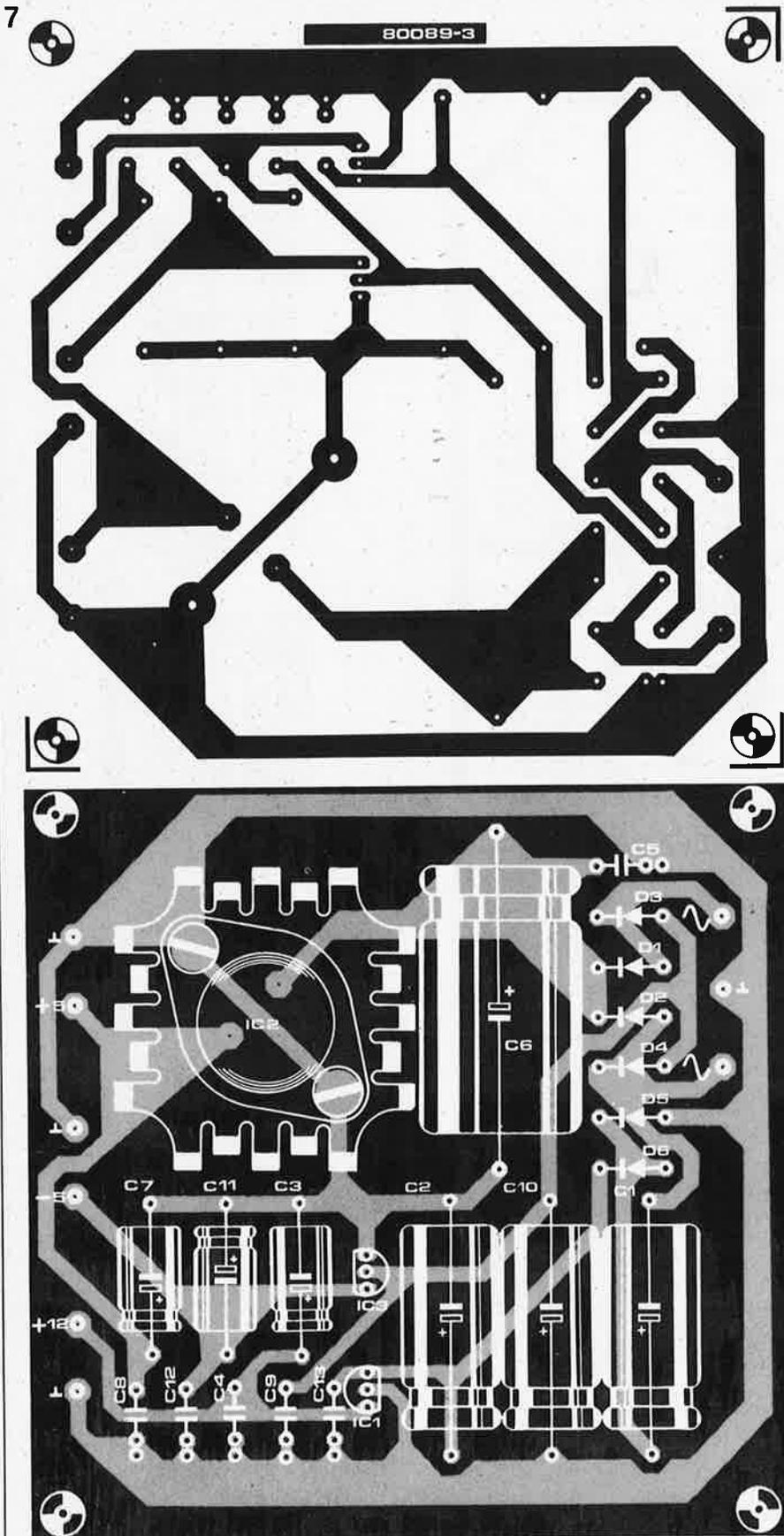


Figure 7. Dessin et disposition des composants du circuit d'alimentation (EPS 80089-3).

Quelque chose cloche?

Il existe malheureusement une autre possibilité: après avoir enfoncé la touche RST, l'affichage reste désespérément vide. Il va falloir dépister la faute. Nous

donnons ci-dessous un aperçu des fautes les plus communes et la façon dont celles-ci peuvent être réparées. Il faut avant tout que l'EPROM IC2 soit chargée avec le programme moniteur. Si ce n'est pas le cas, même après

enfoncement de la touche RST, l'affichage restera vide. Donc, avant tout IC2 en ordre! Sinon, on risque bien de chercher une faute qui n'en est absolument pas une!

On commence par mesurer les tensions sur le connecteur à 64 pôles à l'aide d'un multimètre:

- entre les broches 1a et 4a: $5V \pm 5\%$
- entre les broches 17c et 4a: $12V \pm 5\%$
- entre les broches 18a et 4a: $-5V \pm 5\%$

Si l'une des tensions mesurées ne tombe pas dans les tolérances citées, il faut séparer l'ordinateur de son alimentation et tester celle-ci à part.

Si les tensions d'alimentation sont correctes et que l'ordinateur ne réagit quand même pas à une pression sur RST, il faut passer aux mesures suivantes. La tension entre les broches 13 et 7 de IC8 doit être d'environ 5V. Quand on enfonce RST, elle doit passer à moins de 0,5V. Si tout ne se passe pas comme cela, la faute est attribuable à l'un ou l'autre des composants suivants:

- le timer IC8
- la résistance R2
- la touche RST S1

Pour les mesures suivantes, l'alimentation est coupée et nous mesurons la résistance entre la broche 12 d'IC6 et le zéro du connecteur (broche 4a). Si ces deux points ne sont pas en contact, c'est que le pontage sur le circuit de l'ordinateur est mal posé.

Le dernier contrôle consiste à vérifier le fonctionnement du générateur d'horloge. Pour cela, un oscilloscope s'avère nécessaire. Le CPU délivre deux tensions carrées qui sont dirigées vers le connecteur d'extension: $\Phi 1$ arrive à la broche 30a et $\Phi 2$ à la broche 27a. L'oscilloscope permet de se rendre compte si, en ces points, une tension de forme carrée et de fréquence égale à 1MHz est bien présente. Celle-ci doit avoir une amplitude crête à crête minimale de 3V. Le mauvais ou l'absence pure et simple de fonctionnement sont souvent à attribuer à la diode D1, au condensateur C1 ou à IC9.

Nous venons de décrire les pannes les plus fréquentes. Il existe bien entendu d'autres sources de défauts, mais les chances pour que ceux-ci se produisent sont tellement faibles qu'il serait vain de s'y attarder ici.

Et maintenant. . .

... le junior Computer est prêt à fonctionner. A l'aide du livre qui lui est consacré, on apprend pas à pas l'art de la programmation, sans trop se donner de peine. Chaque ensemble est éclairé à l'aide d'exemples de programmation. Programmer sur une feuille de papier ne donne pas beaucoup de résultats tangibles. L'expérimentation est indispensable pour apprendre la programmation de manière efficace et rapide. Il ne nous reste plus qu'à souhaiter à tous les programmeurs en herbe beaucoup de joie grâce au Junior Computer.