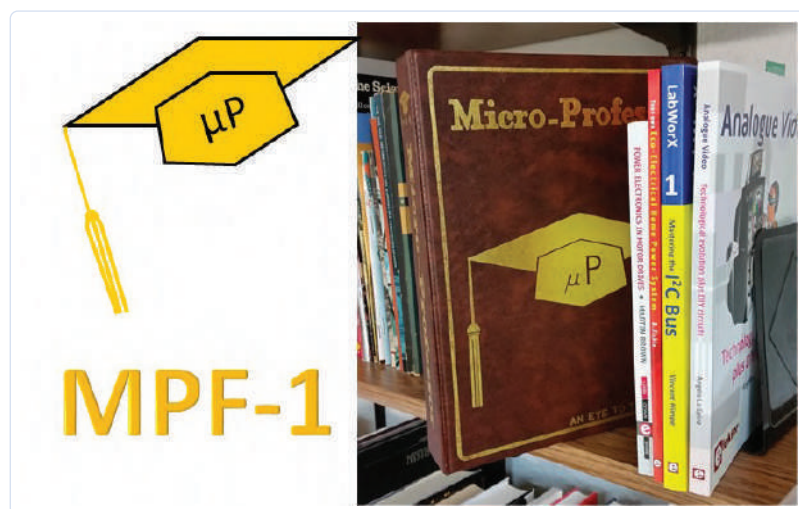


Micro-Professor

Apprentissage de l'assembleur sur Z80



Karl-Ludwig Butte (Allemagne)

En 1981, beaucoup d'ouvrages étaient consacrés au Z80, le microprocesseur de Zilog introduit en 1976. Le *Micro-Professor* était différent. Avec une épaisseur de 4 cm, sa documentation sûrement indigeste et « microprocessorale » promettait des centaines de pages d'informations concentrées, donc de nombreuses heures d'étude fastidieuse. Que nenni, la surprise

devait être totale : en l'ouvrant, le « lecteur » faisait face au microprocesseur lui-même, monté sur une carte prête à l'emploi ! Si cela vous inspire, venez avec moi à la découverte du MPF-1 de 1981, la formation Z80 avancée de Multitech.

Dans un secteur industriel qui progresse aussi rapidement, une formation continue tout aussi rapide est la seule façon d'éviter d'être rapidement dépassé. Stan Shih, son épouse Carolyn Yeh et cinq autres associés en étaient convaincus. Ils ont fondé la société Multitech à Taipei (Taiwan) en 1976 – aujourd'hui mieux connue sous le nom d'Acer. Multitech commercialisait des pièces détachées électroniques, faisait du conseil en micro-informatique et fabriquait des systèmes didactiques à microprocesseur dans ses propres usines. Multitech connaissait déjà bien les systèmes de formation aux microprocesseurs avant de lancer le *Micro-Professor MPF-1* (fig. 1) en 1981.

Le matériel

Le MPF-1 était un ordinateur monocarte doté d'un écran à six chiffres de sept segments et d'un clavier de 36 touches. Il reposait sur un microprocesseur Z80 de Zilog cadencé à 1,79 MHz. La figure 2 montre l'agencement de la carte. Le µP Z80 était accompagné

d'un circuit intégré (CI) PIO Z80, d'un CI CTC, d'un CI 8255, de 2 Ko de RAM et de 4 Ko d'EPROM. Le 8255, un composant

d'E/S parallèles programmables, reliait le clavier et les afficheurs à 7 segments au processeur. Il faisait aussi l'interface avec



Figure 1. Le Micro-Professor MPF-1B dans son livre-boîtier ouvert et la documentation y afférente.

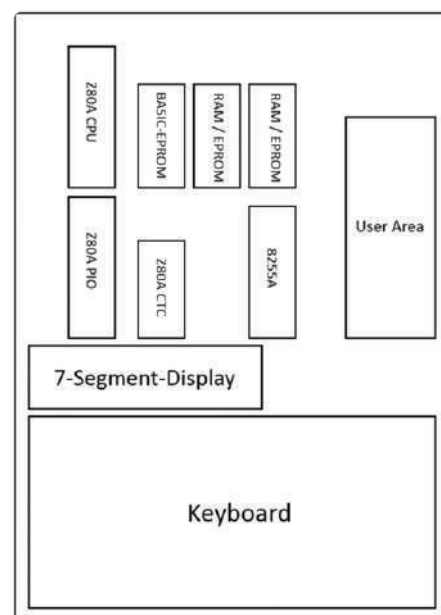


Figure 2. Agencement de la carte MPF-1B.

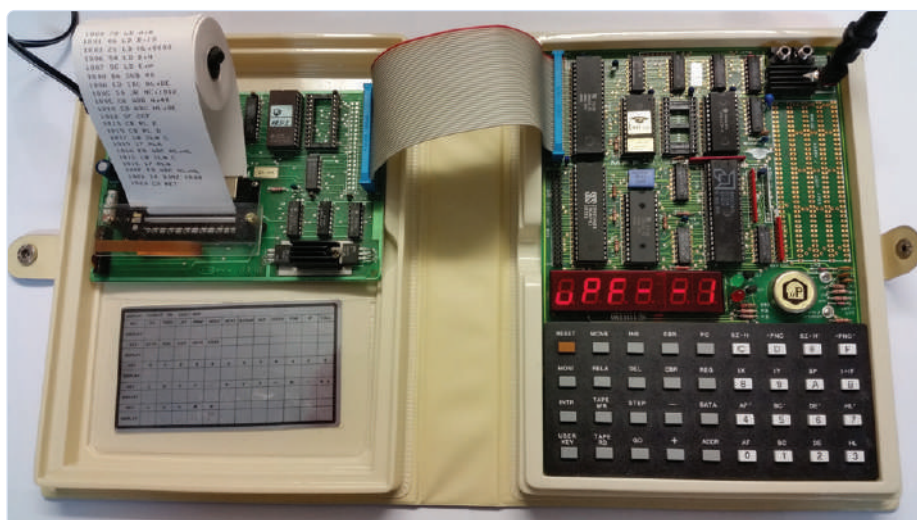


Figure 3. Le MPF-1B connecté à sa carte imprimante thermique.

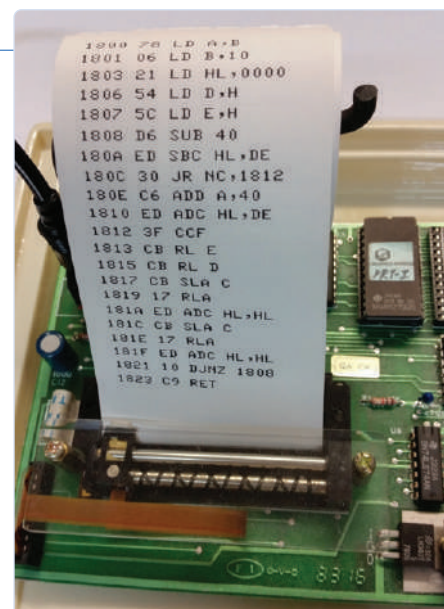


Figure 4. Listage assembleur du programme de racine carrée.

le haut-parleur intégré et le connecteur du magnétophone à cassettes, pour stocker données et programmes sur bande audio - l'option « mémoire de masse » la moins coûteuse à l'époque. Le Z80-CTC était un CI de comptage/temporisation abritant quatre compteurs et temporisateurs programmables. Enfin, le Z80-PIO était un CI d'entrées/sorties parallèles d'interfaçage de périphériques. Multitech proposait à cet effet une imprimante thermique (voir **fig. 3**) et un programmeur EPROM, ainsi qu'une carte de sortie vocale. D'autres sociétés fabriquaient ou vendaient des extensions pour le Micro-Professor. Par ex., à Constance (Allemagne) l'institut d'enseignement à distance *Christiani* a enrichi le Micro-Professor de sa propre carte d'E/S spécialement conçue pour l'enseignement « par correspondance ».

Documentation

La documentation du Micro-Professor (fig. 1) était tout aussi minime que la configuration matérielle, fort loin du guide d'utilisation de l'ordinateur d'apprentissage CP1 de *Kosmos*, basé à Stuttgart, décrit dans l'édition de juillet/août 2018 d'Elektor [1]. Ce n'est pas une coïncidence si un établissement renommé tel que *Christiani* a repris le Micro-Professor et publié son propre cours à vocation pédagogique. Multitech fournissait un manuel d'utilisation de seulement 95 pages pour le MPF-1. Au moins, celui fourni avec mon Micro-Professor était en allemand.

Le manuel d'utilisation du BASIC-MPF inclus avec le Micro-Professor ne comptait que 39 pages. Il n'était disponible qu'en version originale anglaise, de même que le *manuel d'expérimentation du MPF-1*.

Le ou les auteurs supposaient que leur lecteur avait une bonne connaissance de base des microprocesseurs. Par ex., après les caractéristiques techniques et une brève description des différentes touches, le manuel d'utilisation du MPF-1 commence par les phrases suivantes : « *Le programme du moniteur inclut toutes les routines de service pour faciliter la tâche de l'utilisateur : (1) chargement des programmes dans la RAM, suivi d'un test et/ou d'une modification* ». Bien que l'essentiel, c.-à-d. le jeu d'instructions du Z80, son architecture de programmation, la structure de la mémoire et l'affectation des d'E/S, figurât plus loin dans le manuel, c'était seulement sous forme de tableaux sans aucune explication. Il était donc conseillé de s'armer d'un ouvrage de référence approprié, par ex. *How to Program the Z80 (Comment programmer le Z80)* de *Rodnay Zaks*. Il avait beaucoup plus à dire sur le Z80. Son livre faisait plus de 600 pages.

Programmation en assembleur

Pour me familiariser avec le travail sous l'« égide » du Micro-Professor, j'ai pris l'exemple du programme *Square Root* du manuel. Heureusement, il a été imprimé dans la notation abrégée de l'assembleur Z80, mais aussi en hexadécimal car lui

seul peut être entré au clavier. Il faut d'abord appuyer sur la touche ADDR et entrer l'adresse de départ, puis la touche DATA fait passer en mode saisie de données et on peut entrer le premier octet du programme. Ensuite, il faut appuyer sur la touche + pour passer à l'octet suivant et le taper directement. Le programme peut être saisi assez rapidement de cette façon. Pour vérifier le programme, je l'ai imprimé à l'aide du *Disassemble Listing Utility (Utilitaire de désassemblage-listage du code)*, fourni par l'imprimante thermique connectée à partir de l'adresse 6000_{hex} (**fig. 4**).

Après avoir vérifié que l'impression correspondait au listage du manuel, j'ai fait un essai. La tâche du Micro-Professor était de calculer la racine carrée de 81. Le programme est censé trouver ce nombre (en format hexadécimal, bien sûr) dans le registre BC du processeur. En utilisant les clés REG et BC, j'ai pu visualiser la valeur de ce registre, et avec la clé DATA entrer le premier octet (BC est un registre de 16 bits). À ce stade, j'étais confronté cette question : quel octet saisir en premier, 51_{hex} (équivalent à 81_{dec}) ou 00_{hex} ? Guidé par le principe selon lequel la pratique vaut mieux que la théorie, j'ai d'abord essayé 00_{hex} suivi de 51_{hex}, ce qui a donné un résultat clairement erroné. J'ai donc dû recommencer et taper la séquence REG, BC, DATA, 5, 1, +, 0, 0 (**fig. 5a**). Pour lancer l'essai, il fallait régler l'adresse sur 1800_{hex} et appuyer sur la touche GO (**fig. 5b**). Suspense insoutenable : j'ai vérifié

ENTRETIEN AVEC MAX D. SOFFE, DIRECTEUR GÉNÉRAL DE FLITE ELECTRONICS INTERNATIONAL LIMITED

Max D. Soffe est membre du conseil consultatif industriel du département d'ingénierie électronique de Royal Holloway, Université de Londres et de l'Institut de technologie de l'ingénierie (www.theiet.org). Président de l'Association des fabricants en ingénierie des techniques éducatives (ETEMA), Grande-Bretagne de 2000 à 2004, il a aussi été le directeur de l'Association britannique des fournisseurs de l'enseignement (BESA).

Karl-Ludwig Butte : Flite Electronics International a acheté les droits de propriété intellectuelle du Micro-Professor MPF-1B à Acer. Quelle en était la raison ?

Max D. Soffe : Acer s'appelait autrefois Multitech. Je les ai croisés lors de mon 1^{er} voyage au Japon en 1981. Le MPF-1B Z80 *Micro Processor Trainer* était exposé à Tokyo. J'ai eu la chance de rencontrer les fondateurs de Multitech et de me lier d'amitié avec eux. L'entreprise ne comptait alors que 20 personnes. Elle était basée dans le parc scientifique Hsinchu, à Taipei. J'ai fait une double page de publicité dans le magazine « Wireless world » au Royaume-Uni et j'ai vendu une centaine de MPF-1B en trois semaines. Multitech m'a accordé les droits de distribution au RU, bien que nous vendissions déjà dans le monde entier. Acer a ensuite voulu augmenter son chiffre d'affaires et se concentra avec un grand succès sur le marché en plein essor des PC. Les Z80 éducatifs étaient en fait déficitaires. En 11 ans, Flite Electronics vendit des milliers de MPF-1B. Le produit étant trop cher pour un usage privé, nos clients étaient surtout des établissements d'enseignement, universités et collèges. Nos

ventes étaient toujours bonnes et j'ai négocié avec Acer le rachat des droits de propriété intellectuelle. Ce contrat a été signé et scellé en février 1993.

Le succès n'a pas été aussi grand que je l'aurais souhaité, car Acer s'est désintéressé du produit, en nous laissant le soin d'arrêter son « piratage ». Nous n'avions pas les moyens de lutter contre trois ou quatre sociétés qui se contentaient de tout copier : manuel, circuit imprimé et micrologiciel. Malgré cela, nous avons continué en remaniant le circuit imprimé et en conservant le micrologiciel. Les composants se sont raréfiés et il y a eu des problèmes avec le processeur Z80 (déclaré), l'EEPROM et la vitesse de la RAM.

Karl-Ludwig Butte : sur l'internet, certains sites (par exemple https://en.wikipedia.org/wiki/Micro-Professor_MPF-1) disent que le Micro-Professor est encore fabriqué et distribué par Flite Electronics International aujourd'hui. Est-ce exact ? Et, si oui, où peut-on le commander et à quel prix ?

Max D. Soffe : oui, bien sûr, nous continuons à fabriquer le MPF-1B, en très petites quantités. Le dernier lot fabriqué, une commande d'une université du Moyen-Orient, remonte à environ six mois. Les professeurs formés au Royaume-Uni ont utilisé le MPF-1B il y a 20 ans. Ils enseignent toujours l'assembleur et le codage hexadécimal.

Il faudra un peu de patience, mais nous répondrons et enverrons un devis aux lecteurs d'Elektor qui écriront à sales@flite.co.uk.



Figure 5. A : entrée de 81_{dec} dans le registre BC. B : adresse de départ. C : résultat 9_{dec} dans le registre DE.

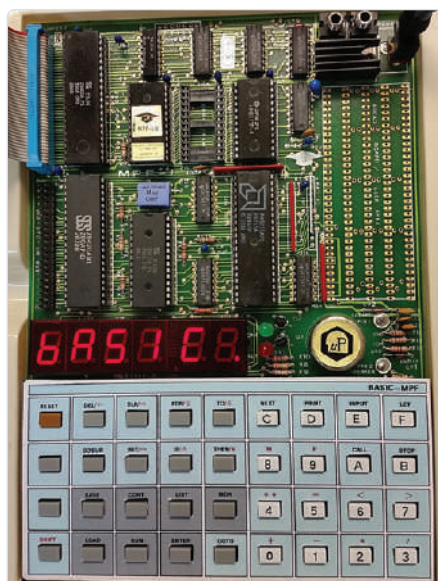


Figure 6. Le Micro-Professor en mode BASIC et son cache de fonctions spécifiques.

le résultat dans le registre DE, et... ouf ! Le joli chiffre « 9 » (fig. 5c) s'est allumé.

L'interpréteur BASIC

La commercialisation du MPF-1B a succédé rapidement à celle du MPF-1, rebaptisé MPF-1A pour le distinguer de la version B. Que le MPF-1B pouvait-il faire de plus que son prédécesseur ? Eh bien, Multitech avait ajouté une nouvelle EPROM abritant un petit interpréteur BASIC. Je voulais naturellement l'essayer, car le BASIC avec écran de 6 chiffres à 7 segments et clavier hexadécimal était quelque chose de totalement nouveau pour moi. Le MPF-1B était livré avec un cache à superposer au clavier pour le BASIC (disparu de mon appareil depuis longtemps, mais aujourd'hui, l'internet résout ce genre de problème). J'ai vite trouvé un fac-similé et l'ai imprimé sur du papier assez fort.

Nous en avons huit en stock. Une fois ces unités vendues, il peut s'écouler deux à trois mois avant la fabrication d'un autre lot. Toutefois, quelques unités d'occasion sont en vente sur eBay.

Comme je l'ai dit, les composants anciens sont maintenant relativement chers. Le code de date de production d'un circuit intégré (CI), par ex. 9243, indique qu'il a été fabriqué en 43^e semaine de 1992. Ainsi, nous devons passer beaucoup de temps en essais des composants et du produit fini (fréquence, vitesse) avec des défaillances pour cause d'incompatibilité. C'est pourquoi tous les CI sont sur support : nous pouvons les changer en un clin d'œil. Il va de soi que lorsque nous expédions une nouvelle unité, elle est irréprochable et garantie un an.

Bien sûr, nous réalisons qu'un tel produit ne peut prétendre être un modèle de réussite commerciale. Il fut un tremplin pour Acer et lui a permis de devenir un acteur international de poids, mais le Micro-Professor ne nous fera pas plus réaliser de bénéfices qu'à Acer. En effet, nous ne pouvons pas vendre ce produit à moins de 250 livres sterling (+TVA et frais de port).

Karl-Ludwig Butte : quelle documentation livrez-vous avec le Micro-Professor ?

Max D. Soffe : la documentation est très importante. Chaque Micro-Professor est accompagné d'un cahier pratique. Ce manuel doit permettre à l'étudiant de débiller et mettre sous tension le microsystème, mais aussi d'en comprendre l'architecture, le matériel, l'interfaçage et le logiciel. Au départ, il devait s'agir d'un manuel d'autoapprentissage à la programmation hexadécimale. Nous le savons tous, les ordinateurs travaillent en binaire et le niveau suivant est l'hexadécimal. À l'époque l'atout du codage

hexadécimal résidait dans le prix et la taille de la mémoire. Le Micro-Professor apprenait à écrire un code très compact, et non pas un code bâclé comme c'est souvent le cas de nos jours. En effet, il ne s'agit pas vraiment de coder en déplaçant des symboles graphiques.

Karl-Ludwig Butte : quelle est l'activité première de Flite Electronics International ?

Max D. Soffe : en raison du piratage du Micro-Professor des années 1990, Flite Electronics s'est associée à K&H, une société taïwanaise qui fabrique du matériel pédagogique. Notre clientèle était en effet principalement composée d'établissements d'enseignement, et non de particuliers. Nous sommes les distributeurs des produits didactiques de K&H au Royaume-Uni. Nous avons récemment installé un laboratoire de machines électriques d'une valeur de 300 000 €. Ce système, nous ne l'avons pas conçu, il se compose de modules K&H existants. La semaine dernière, nous avons ajouté une extension de 60 000 € à ce laboratoire.

Nous restons le fournisseur d'organismes de formation aux anciens μP tels que le 68000 de Motorola, le 8086 et le 8032 d'Intel ; là encore, nous en vendons dix par an, surtout pour aider des clients et organismes existants et nous faisons des devis avec plaisir. Dans les années 1990, nous avons conçu un produit pour compléter tous nos systèmes de formation aux microprocesseurs : un laboratoire tout-en-un appelé APB (*applications board*). Il est aussi accompagné d'un manuel de formation.

Karl-Ludwig Butte : merci beaucoup pour cette interview.

Découper les trous avec un scalpel m'a pris du temps. Voyez le résultat sur la **fig. 6**.

Comme exemple, j'ai choisi une routine du manuel d'utilisation du BASIC-MPF qui peut générer plusieurs tonalités de signal. L'interpréteur BASIC en mémoire a une adresse de départ de 0800_h et peut être lancé avec la commande GO. Il annonce sa présence avec « BASIC » sur l'écran, comme le montre la figure 6. Le programme peut alors être saisi : d'abord le numéro de ligne puis l'instruction BASIC, suivie des variables, nombres ou paramètres. Chaque instruction BASIC jouit de sa propre touche de saisie. Pour finir, appuyer sur la touche ENTER, comme autrefois avec un Apple II, un PET 2001 ou un TRS-80. Tout a bien fonctionné jusqu'à ce que je veuille entrer l'instruction **FOR A=1 TO C**. Au lieu du signe égal, j'avais toujours un 5 à l'écran, bien que j'aie

appuyé sur la touche SHIFT en premier. Cela venait d'une vieille habitude : le clavier du Micro-Professor ressemble tellement au clavier d'une calculette que j'appuyais sur la touche SHIFT et la relâchais au lieu de la maintenir, comme pour un PC. Je n'ai pas réalisé tout de suite que le Micro-Professor se prenait pour un PC et qu'il fallait maintenir cette touche SHIFT enfoncée lors de la pression sur la touche =.

Après avoir surmonté cet écueil, il me fut facile de saisir le reste du programme. La **figure 7** montre quelques exemples de la façon dont les instructions BASIC sont représentées sur les LED à 7 segments. La **figure 7a** est **10 Input C** en notation normale, tandis que la **figure 7b** représente la ligne **50 Next B**. Le manuel contient un tableau des instructions BASIC et de leurs représentations respectives sur l'écran.



Figure 7. A : 10 input C. B : 50 next B. C : Invite de saisie.

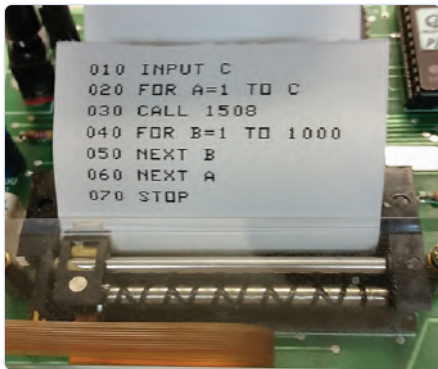


Figure 8. Impression thermique du programme BASIC d'exemple.

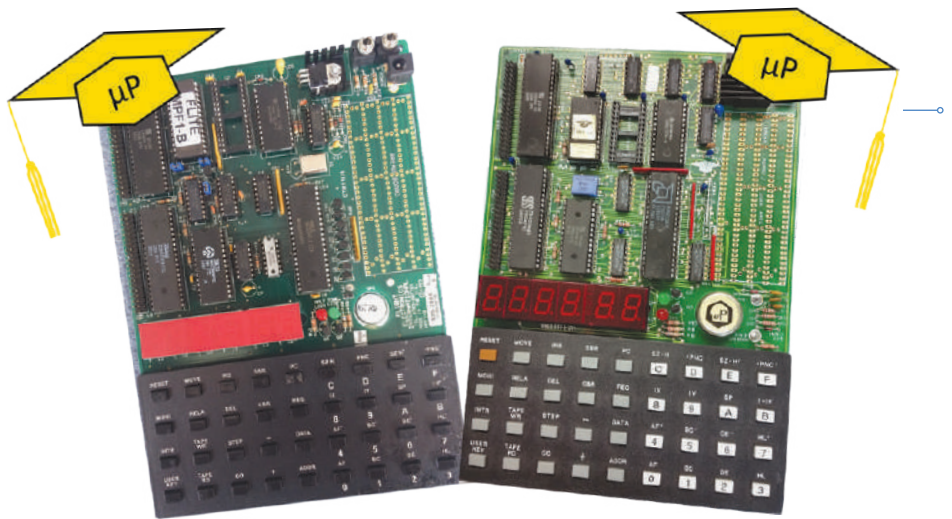


Figure 9. Le Micro-Professor d'Flite Electronics International (à gauche) et l'original de Multitech (à droite).

C'est nécessaire, car dans certains cas, c'est difficile à deviner. L'édition est également possible, mais alors, l'éditeur vi du monde Unix semble très convivial.

Il est temps d'essayer le programme BASIC tout frais saisi. Après l'avoir lancé par la touche RUN, il demande d'abord le nombre de signaux sonores à générer (**fig. 7c**). J'ai entré 3 et appuyé sur ENTER, puis j'ai entendu trois tonalités relativement aiguës, exactement comme prévues.

Avec un programme plus long, il y a de fortes chances de faire des fautes de frappe. À mon avis, la recherche de fautes de frappe sur un affichage « cryptique » à 7 segments doit être fastidieuse. Heureusement, avec une imprimante connectée, les programmes BASIC peuvent être imprimés en texte normal. La **figure 8** donne le listage du programme de signaux sonores.

Un effort méritoire

Une chose est sûre : après avoir travaillé intensivement avec le Micro-Professor, vous connaîtrez intimement chaque élément du microprocesseur Z80 et de ses périphériques. Cette voie est semée d'embûches, il vous faudra persévérer, mais à mon avis, cela en vaut la peine. Il est étonnant de constater à quel point les concepts sont similaires à ceux de la série « Cours intensif d'assembleur » de Miroslav Cina publiée dans *Elektor* à partir de l'édition de juillet/août 2015 [2].

Au cours de mes recherches sur l'internet, j'ai trouvé des indications selon lesquelles le Micro-Professor MPF-1B est toujours fabriqué et vendu. Sur ces indications, j'ai contacté la société Flite Electronics International Ltd à Waltham Chase, Hampshire, Grande-Bretagne [3]. Elle m'a

confirmé qu'elle avait acquis les droits sur le Micro-Professor et qu'elle continuait à le fabriquer. La **figure 9** montre le Micro-Professor de Flite Electronics côte à côte avec son homologue taiwanais de Multitech. Flite Electronics m'en a généreusement fourni un spécimen, et je peux confirmer qu'il est d'excellente qualité. Bien sûr, je voulais en savoir plus, et Max D. Soffe, directeur général de Flite Electronics, m'a aimablement accordé un entretien (voir encadré). ◀

(200679-04)

Des questions, des commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (LKL_Butte@web.de) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



PRODUIT

> E-book en anglais, « Assembly Language Essentials »
www.elektor.fr/assembly-language-essentials-e-book

Contributeurs

Texte et illustrations : **Karl-Ludwig Butte**
Rédaction : **Jens Nickel**
Mise en page : **Giel Dols**
Traduction : **Yves Georges**

LIENS

- [1] Karl-Ludwig Butte, « Initiation aux microprocesseurs avec le Kosmos CP1 (1983) », *Elektor* 07-08/2018 : www.elektormagazine.fr/160699
- [2] Miroslav Cina, « Cours intensif d'assembleur (1) », *Elektor* 07-08/2015 : www.elektormagazine.fr/130483
- [3] Flite Electronics International Limited : <http://www.flite.co.uk>