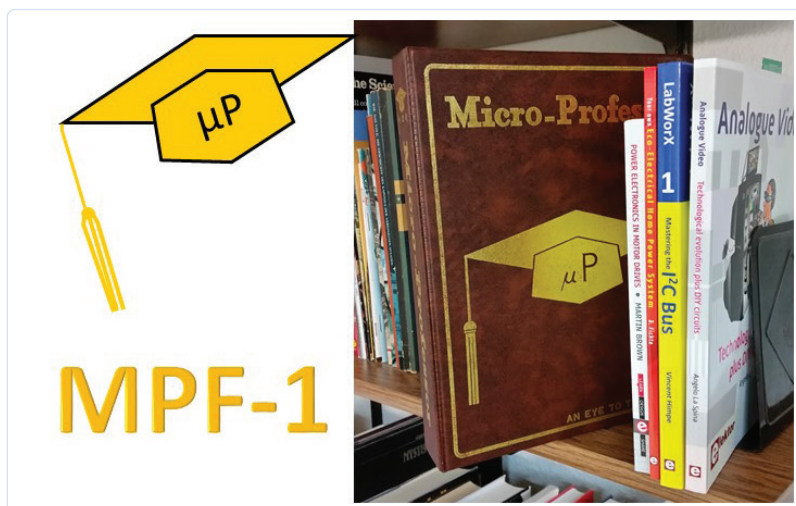


Micro-Professor

assembleertaal leren op een Z80



Karl-Ludwig Butte (Duitsland)

In 1981 waren er veel boeken over de Zilog Z80-microprocessor, die in 1976 was geïntroduceerd, maar dit specifieke boek was anders. Met zijn rugdikte van 4 cm zou je ongeveer 500 pagina's aan samengebalde informatie verwachten, uitmondend in eindeloze uren saaie studie van moeilijke en abstracte leerstof. Maar openslaan van het boek bracht een geweldige verrassing

aan het licht: in plaats van de verwachte onverteerbare microprocessor-documentatie, zag je de microprocessor zelf, gemonteerd op een board en klaar voor gebruik. Geïnteresseerd? Ga met me mee op een ontdekkingsreis naar geavanceerde training anno 1981, met de Multitech Micro-Professor MPF-1.

In een industriesector die zo snel evolueert als de elektronica, is permanente opleiding de enige manier om de aansluiting niet te verliezen. Stan Shih, zijn echtgenote Carolyn Yeh en vijf andere zakenpartners zagen dit in en richtten in 1976 het bedrijf Multitech op in Taipei (Taiwan) – nu beter bekend onder de naam 'Acer'. Naast de distributie van reserve-onderdelen voor elektronische apparaten en verstrekken van advies met betrekking tot microprocessoren, vervaardigde Multitech ook microprocessor-leersystemen in hun eigen fabrieken. Ze hadden daarom al ervaring met deze systemen toen de Micro-Professor MPF-1 (figuur 1) in 1981 werd gelanceerd.

De hardware

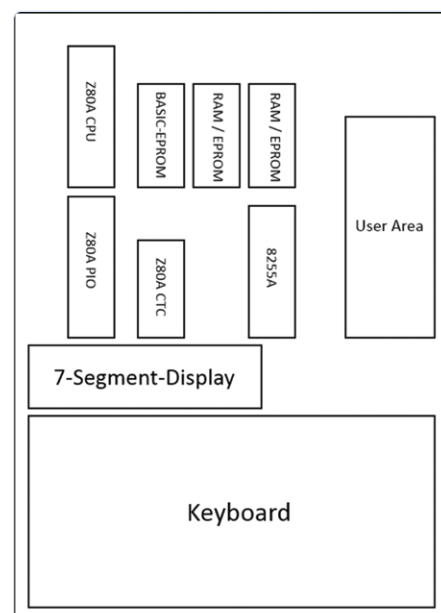
De MPF-1 was een single-board computer met een zescijferig zeven-segment-display en een toetsenbord met 36 toetsen. Hij was opgebouwd rond een Zilog Z80-microprocessor die geklokt werd op 1,79 MHz. **Figuur 2** toont de layout van het board. De Z80-microprocessor werd vergezeld van een Z80 PIO-IC, een CTC-IC, een 8255, 2 KB RAM en 4 KB EPROM. De

8255, een programmeerbare parallele I/O-component, verbond het toetsenbord en het zeven-segment-display met de processor. Hij vormde ook een interface naar de ingebouwde luidspreker en

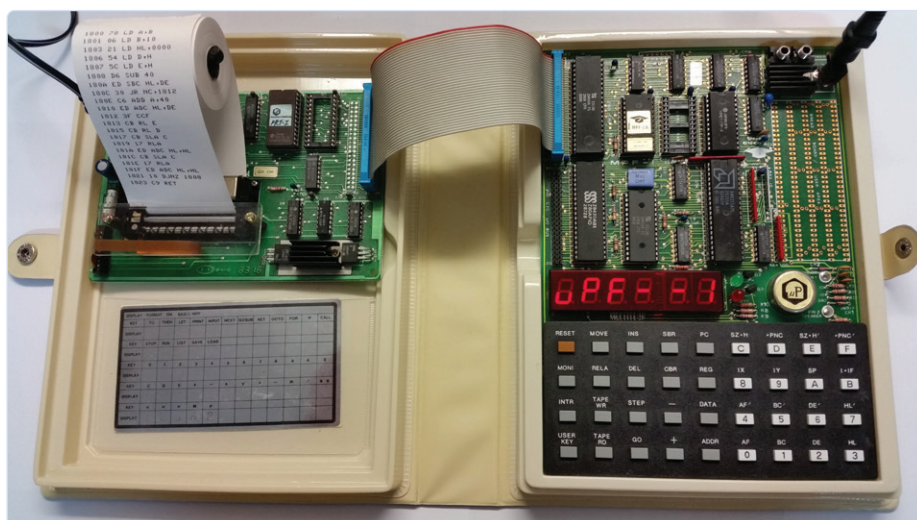
de connector voor de cassetterecorder, die werd gebruikt om gegevens en programma's op audiocassette op te slaan – toen de goedkoopste optie voor gegevensopslag. De Z80-CTC is een counter/timer met vier



Figuur 1. De Micro-Professor MPF-1B als geopend boek, samen met de bijbehorende documentatie.



Figuur 2. De layout van het Micro-Professor board.



Figuur 3. De MPF-1B met aangesloten thermoprinter.

onafhankelijk programmeerbare counter/timers. Ten slotte is de Z80-PIO een parallelle I/O-component die wordt gebruikt om periferie aan te sluiten. Multitech bood onder meer een thermoprinter (**figuur 3**) en een EPROM-programmer als randapparatuur aan, evenals een board voor spraakuitvoer. Er waren ook andere bedrijven die extensies maakten of verkochten voor de Micro-Professor. Zo heeft het instituut voor afstandsonderwijs Christiani in Konstanz (Duitsland) zijn Micro-Professor curriculum uitgebreid met een eigen I/O-kaart die speciaal is ontworpen voor het afstandsonderwijs.

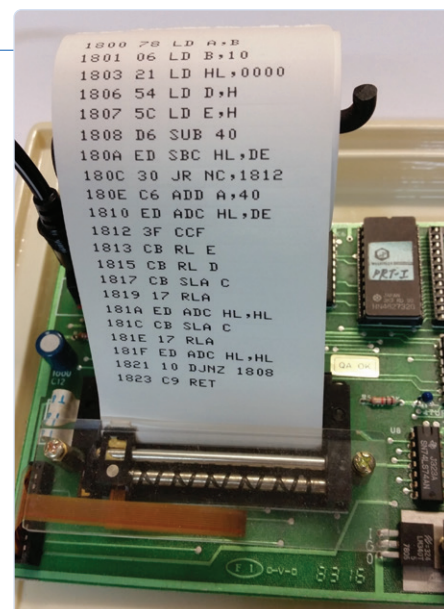
Documentatie

De documentatie voor de Micro-Professor (**figuur 1**) was net zo minimaal als de hardware-configuratie en zeker niet vergelijkbaar met de liefdevol samengestelde gebruikershandleiding voor de CP1-leercomputer van Kosmos uit Stuttgart, beschreven in Elektor juli/augustus 2018 [1]. Het is geen toeval dat een gerenomeerd instituut voor afstandsonderwijs als Christiani de Micro-Professor adopteerde en een eigen educatieve cursus publiceerde. Multitech leverde een gebruikershandleiding van slechts 95 pagina's bij de MPF-1. De handleiding bij mijn Micro-Professor was tenminste in het Duits. De *BASIC MPF Operation Manual* was slechts 39 pagina's dik, en net als de *MPF-1 Experiment Manual* die ook bij de Micro-Professor werd geleverd, was deze alleen beschikbaar in de originele Engelse versie. De auteur(s) gingen ervan uit dat de lezer

over een goede basiskennis van microprocessor-technologie beschikte. De gebruikershandleiding van de MPF-1 begint bijvoorbeeld met de volgende zinnen (na een opsomming van de technische gegevens en een korte beschrijving van de verschillende keys): *“Het monitorprogramma bevat alle serviceroutines die nodig zijn om het de gebruiker gemakkelijk te maken: (1) programma's in RAM laden, gevolgd door testen en/of aanpassen.”* Hoewel alle essentiële informatie, zoals de Z80-instructieset, de programmeerarchitectuur van de Z80, de geheugenstructuur en de I/O-pintoe wijzingen verderop in de handleiding beschikbaar was, was deze meestal in tabelvorm zonder enige nadere uitleg. Het was daarom raadzaam om voor geschikt referentiemateriaal te zorgen, zoals *How to Program the Z80* van Rodney Zaks. Hij had veel meer te vertellen over de Z80 – zijn boek was meer dan 600 pagina's dik.

Programmeren in assembleertaal

Om uit eerste hand te leren hoe het is om met de Micro-Professor te werken, heb ik het voorbeeldprogramma 'Square Root' uit de handleiding gebruikt. Gelukkig was het niet alleen in de verkorte steno-notatie van de Z80-assembleertaal afgedrukt, maar ook in hex, omdat alleen hexadecimale code met het toetsenbord kan worden ingevoerd. Eerst moet u de ADDR-toets indrukken en het startadres invoeren, daarna kunt u met de DATA-toets omschakelen naar gegevensinvoer en het eerste databyte



Figuur 4. De assembleertaal-listing van het vierkantswortel-programma.

invoeren. Dan drukt u op de '+'-toets om naar het volgende byte te gaan; dan kunt u meteen het volgende byte van het programma invoeren. Op deze manier kan het programma vrij snel worden ingetoetst. Om het te controleren, heb ik het uitgeprint met behulp van de Disassembler Listing Utility, die wordt geleverd door de aangesloten thermoprinter, beginnend op hex-adres 6000 (**figuur 4**).

Nadat ik had gecontroleerd of de printout overeenkwam met de listing in de handleiding, probeerde ik het programma uit. De Micro-Professor moest de vierkantswortel van 81 berekenen. Het programma verwachtte deze waarde (in hexadecimaal formaat natuurlijk) aan te treffen in processorregister BC. Met behulp van de REG- en BC-toetsen kon ik de huidige waarde van dit register zien, en met de DATA-toets kon ik het eerste byte invoeren (BC is een 16bit-register). Op dit punt stond ik voor de vraag welk byte als eerste moest komen: 51h (equivalent met 81 decimaal) of 00h. Conform het principe dat praktische ervaring meer waard is dan boekenwijsheid, probeerde ik eerst 00h gevolgd door 51h, wat een volkomen zinloos resultaat opleverde. Dat betekende dat ik opnieuw moest beginnen en achtereenvolgens REG, BC, DATA, 5, 1, +, 0, 0 moest intoetsen (**figuur 5a**). Om de proefrun te starten, moest ik als adres vervolgens 1800h invoeren en op de GO-toets drukken (**figuur 5b**). En toen werd het spannend: ik controleerde het resultaat in register DE, en ziedaar: op het display lichtte de waarde '9' op (**figuur 5c**).

VRAAGGESPREK MET MAX D. SOFFE, MANAGING DIRECTOR VAN FLITE ELECTRONICS INTERNATIONAL LIMITED

Max D. Soffe is lid van de Industrial Advisory Board van de afdeling Electronic Engineering aan Royal Holloway, University of London, en van het Institute of Engineering Technology (www.theiet.org). Van 2000 tot 2004 was hij voorzitter van de Educational Technology Engineering Manufacturers Association (ETEMA) in Groot-Brittannië. Hij was ook de directeur van de British Educational Suppliers Association (BESA).

Karl-Ludwig Butte: Flite Electronics International kocht de intellectuele eigendomsrechten van de Micro-Professor MPF-1B van Acer. Waarom eigenlijk?

Max D. Soffe: Acer heette vroeger Multitech. Ik ontmoette ze tijdens mijn eerste reis naar Japan in 1981. Ze presenteerden de MPF-1B Z80 Microprocessor Trainer in Tokio. Ik had het geluk om de oprichters van Multitech te ontmoeten en een vriendschappelijke relatie te ontwikkelen. Het bedrijf had toen slecht 20 medewerkers; het was gevestigd in Hsinchu Science Park, Taipei. Ik maakte een advertentie van twee pagina's in een tijdschrift met de naam Wireless World in het VK en verkocht in drie weken tijd honderd stuks MPF-1B. Daarom gaf Multitech mij de distributierechten in het VK, hoewel we wereldwijd begonnen te verkopen.

Later moest Acer zijn omzet vergroten en wilde zich concentreren op de sterk groeiende PC-markt, en had daar zoals bekend veel succes. De kleine Z80-trainers waren eigenlijk verliesgevend. In 11 jaar had Flite Electronics duizenden stuks MPF-1B verkocht. Omdat het product nog steeds duur was voor een particuliere gebruiker, waren onze afnemers voornamelijk tertiair onderwijs, universiteiten en hogescholen. We verkochten nog steeds veel en

dunderhandelde ik met Acer over de koop van de intellectuele eigendomsrechten. In februari 1993 was het dan zover.

Het was niet zo succesvol als ik had gewild, omdat Acer zojuist zijn handen van het product had afgetrokken en het aan ons overliet om de 'piraterij' van het product te stoppen. We konden het ons niet veroorloven om de strijd aan te gaan met drie of vier bedrijven, die brutaalweg de MPF-1B met handleiding, print en firmware kopieerden. We hebben echter doorgezet en hebben de PCB ietwat aangepast, waarbij we alle firmware hebben behouden. De verkrijgbaarheid van de onderdelen begon een probleem te worden en er waren problemen met de (aangegeven) snelheid van de Z80-processor, EEPROM en RAM.

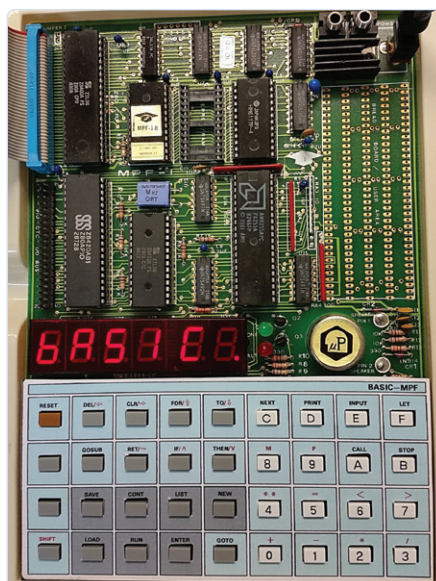
Karl-Ludwig Butte: Er zijn websites zoals https://en.wikipedia.org/wiki/Micro-Professor_MPF-I waar te lezen is dat de Micro-Professor nog steeds wordt vervaardigd en verkocht door Flite Electronics International. Is dat correct? En zo ja, waar kunnen lezers een exemplaar bestellen en tegen welke prijs?

Max D. Soffe: Ja, natuurlijk maken we nog steeds de MPF-1B, zij het in heel kleine series. De laatste batch die we deden was ongeveer zes maanden geleden: 25 stuks voor een universiteit in het Midden-Oosten. De docenten hadden bij hun opleiding in het VK de MPF-1B 20 jaar geleden gebruikt en onderwijzen er nog steeds machinecode/hexadecimale codering mee op de universiteit.

Wanneer Elektor-lezers een e-mail sturen naar sales@flite.co.uk en een beetje geduld hebben, krijgen ze antwoord met een prijsopgave. We hebben er momenteel zo'n acht op voorraad. Houd



Figuur 5. A: Invoer van de waarde 81_{dec} in register BC. B: Startadres. C: Uitkomst 9 in register DE.



Figuur 6. De Micro-Professor in BASIC-modus met de toetsenbord-overlay.

De BASIC-interpreter

Kort na de introductie van de MPF-1 kwam de MPF-1B op de markt en daarna werd de MPF-1 hernoemd tot MPF-1A om hem te onderscheiden van de B-versie. Wat kon de MPF-1B dat zijn voorganger niet kon? Het antwoord is dat Multitech een nieuwe EPROM had toegevoegd met daarin een kleine BASIC-interpreter. Ik wilde die natuurlijk uitproberen, aangezien BASIC met een zeven-segment-display en een hex-toetsenbord totaal nieuw voor mij was. De MPF-1B werd voor dit doel geleverd met een toetsenbord-sjabloon, die in het geval van mijn apparaat inmiddels al lang is verdwenen. Tegenwoordig is het internet het antwoord op dit soort problemen. Ik vond het sjabloon al snel en printte het op vrij dik papier. Het uitsnijden van de gaatjes met een hobbymes duurde even, maar het fraaie resultaat is te zien in **figuur 6**.

er rekening mee dat wanneer deze verkocht zijn, het twee tot drie maanden kan duren voordat we een nieuwe batch opstarten. Ik heb gemerkt dat er een paar tweedehands exemplaren worden verkocht op eBay.

Zoals ik al heb gezegd, zijn de componenten nu vrij duur in relatie tot hun prestaties, en aan de datumcode op het IC kan men zien wanneer ze geproduceerd zijn (9243 bijvoorbeeld staat voor de 43ste week van 1992). We besteden relatief veel tijd aan het testen van de componenten en het eindproduct op snelheid en timingproblemen. Om deze reden monteren we alle IC's in voetjes, zodat we IC's snel kunnen omwisselen. Wanneer we een compleet nieuw exemplaar leveren, werkt deze natuurlijk perfect, met een garantie van 1 jaar.

We realiseren ons dat we een dergelijk product nooit een succesvol businessmodel zal worden. Het was de springplank voor Acer om een groot internationaal merk te worden, maar net als Acer zal de Micro-Professor ons nooit een grote winst opleveren. Helaas kunnen we het ons niet veroorloven hem voor minder dan € 250 excl. btw en verzendkosten te verkopen.

Karl-Ludwig Butte: Wat voor documentatie levert u bij de Micro-Professor?

Max D. Soffe: De documentatie is erg belangrijk. We voorzien elke Micro-Professor van een Student Workbook. Deze handleiding begeleidt de student vanaf het uitpakken en opstarten van het systeem tot het begrijpen van microprocessorsystemen, architectuur, hardware, software en interfacing. Het was aanvankelijk bedoeld als een zelfstudie-handleiding om studenten te trainen in hexadecimaal programmeren. Zoals bekend werken computers binair; de daarop volgende stap is hexadecimaal. Hexadecimale

codering was een uitkomst in de tijd dat geheugen klein en duur was. De Micro-Professor leerde de student om zeer compacte code te schrijven, en niet de slordige code zoals veel programmeurs tegenwoordig doen. Het een en weer schuiven van tekstballonnen is eigenlijk geen echt programmeren.

Karl-Ludwig Butte: Wat is momenteel de belangrijkste activiteit van Flite Electronics International?

Max D. Soffe: Als gevolg van de piraterij van de Micro-Professor in de jaren negentig werkte Flite Electronics samen met de firma K & H in Taiwan, die apparatuur voor onderwijstechnologie vervaardigt. Dit kwam doordat onze klantenkring voornamelijk onderwijsinstellingen waren, geen particulieren. Wij zijn de distributeur van de educatieve technologieproducten van K & H in het VK. We hebben onlangs een laboratorium voor elektrische machines ter waarde van £ 240.000 geïnstalleerd aan de Coventry University. We hebben het systeem niet ontworpen, maar samengesteld uit bestaande K & H-modules. Vorige week hebben we voor £ 50.000 een uitbreiding aan dit laboratorium toegevoegd.

We leveren ook nog steeds algemene microprocessor-trainers voor de Motorola 68000, de Intel 8086 en de 8032; ook hier verkopen we van elk type zo'n 10 stuks per jaar, voornamelijk ter ondersteuning van bestaande klanten, maar we doen voor deze producten ook graag een prijsopgave. Een ander aanvullend product dat we in de jaren negentig hebben ontworpen als toevoeging voor al onze microprocessor-trainingssystemen, is een alles-in-één laboratorium dat de APB (applications board) wordt genoemd. Ook deze wordt geleverd met een training-manual.

Karl-Ludwig Butte: Hartelijk dank voor dit gesprek.

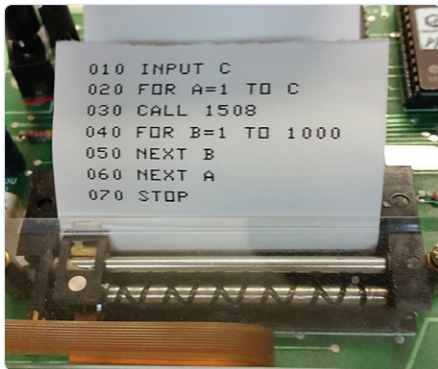
Als voorbeeldprogramma heb ik een routine uit de *BASIC-MPF Operation Manual* gekozen die meerdere signaaltoontjes kan genereren. De BASIC-interpretor bevindt zich in het geheugen vanaf het startadres 0800h en wordt gestart met het GO-commando. Hij kondigt zijn aanwezigheid aan met 'bASIC' op het display, zoals in figuur 6. Nu kan het programma worden ingevoerd. Eerst het regelnummer, dan de BASIC-instructie, gevolgd door eventuele variabelen, getallen of parameters. Elke BASIC-instructie kan worden ingevoerd met een eigen toetsaanslag. Als laatste wordt op ENTER gedrukt, net als vroeger bij de Apple II, PET 2001 of TRS-80. Alles werkte tot op zekere hoogte prima; ik ondervond problemen met het invoeren van het statement `FOR A = 1 TO C`. In plaats van het isgelijktteken bleef er een 5 op het display verschijnen, hoewel ik toch

eerst op de SHIFT-toets had gedrukt. Dit probleem bleek te wijten aan een oude gewoonte: omdat het toetsenbord van de Micro-Professor zo sterk lijkt op het toetsenbord van een zakrekenmachine, drukte ik kort op de SHIFT-toets in plaats van deze ingedrukt te houden, zoals bij een PC. Het duurde even voordat ik me realiseerde dat de Micro-Professor zich als een soort PC beschouwt, dus ik moest de SHIFT-toets ingedrukt houden terwijl ik op de isgelijkttoets drukte.

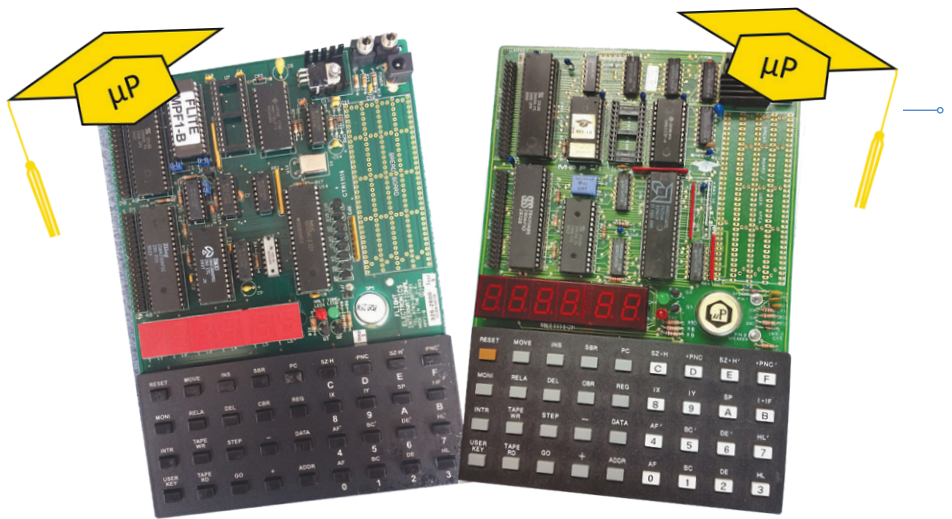
Na het oplossen van dit probleempje was het kinderspel om de rest van het programma in te voeren. **Figuur 7** toont een aantal voorbeelden van de manier waarop BASIC-instructies worden weergegeven op het zeven-segment-display. **Figuur 7a** toont `10 Input C` in normale notatie, terwijl in **figuur 7b** de regel `50 Next B` te zien is. De handleiding bevat



Figuur 7. A: 10 Input C. B: 50 Next B. C: Invoerprompt.



Figuur 8. Voorbeeld-printout van een BASIC-programma op de thermoprinter.



Figuur 9. De Micro-Professor van Flite Electronics International (links) en zijn Multitech-tegenhanger (rechts).

een tabel met de BASIC-instructies en de weergave daarvan op het display. Dat is ook echt nodig, want sommige gevallen vergen de nodige fantasie. Bewerken is ook mogelijk, maar in vergelijking de is vi-editor uit de Unix-wereld bijzonder gebruiksvriendelijk.

Nu kunnen we het BASIC-programma uitproberen dat we zojuist hebben ingevoerd. Nadat u het programma met de RUN-toets hebt gestart, wordt eerst gevraagd naar het aantal te genereren signaaltoontjes (figuur 7c). Ik voerde 3 in en drukte op ENTER, en toen hoorde ik drie relatief hoge toontjes, net als verwacht. Bij een relatief lang programma is de kans op tikfouten tamelijk groot. Naar mijn mening is het opsporen van tikfouten op een cryptisch zeven-segment-display – voorzichtig uitgedrukt – geen pretje. Gelukkig kunnen BASIC-programma's als normale tekst worden afgedrukt als er een printer op het systeem is aange-

sloten. **Figuur 8** toont de listing van het signaaltoon-programma.

Een geslaagde onderneming

Eén ding is zeker: als u eenmaal serieus met de Micro-Professor hebt gewerkt, weet u alles van de Z80-microprocessor en zijn periferie wat er te weten valt. Dat gaat is niet altijd gemakkelijk en doorzettingsvermogen is zeker wenselijk, maar naar mijn mening is het de moeite waard. Het is ook verbazingwekkend hoe sterk het concept lijkt op de "Snelcursus assembler" van Miroslav Cina, waarvan de eerste aflevering in Elektor juli/augustus 2015 is verschenen [2].

Tijdens het werk aan dit artikel vond ik aanwijzingen op internet dat de Micro-Professor MPF-1B nog steeds wordt geproduceerd en verkocht. Ik heb dat gecontroleerd en contact opgenomen met Flite Electronics International Ltd in Waltham Chase, Hampshire, Groot-Brittannië

[3]. Ze bevestigden dat ze de rechten op de Micro-Professor hebben verworven en het apparaat nog steeds produceren. **Figuur 9** toont de Micro-Professor van Flite Electronics zij aan zij met de Taiwanese tegenhanger van Multitech. Flite Electronics was zo vriendelijk me een exemplaar te sturen, en ik kan bevestigen dat deze Micro-Professor van uitstekende kwaliteit is. Natuurlijk wilde ik alle details weten, en Max D. Soffe, managing director van Flite Electronics, stemde in met een interview (zie kader). ◀

200679-03

Vragen of opmerkingen?

Hebt u vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via LKL_Butte@web.de of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

Een bijdrage van

Tekst en illustraties: **Karl-Ludwig Butte**
Redacteur: **Jens Nickel**
Vertaling: **Eric Bogers**
Layout: **Giel Dols**



GERELATEERDE PRODUCTEN

> **E-boek: Assembly Language Essentials**
www.elektor.nl/assembly-language-essentials-e-book

WEBLINKS

- [1] Butte, Karl-Ludwig: "Vroege microprocessor-techniek – toen alle begin makkelijk was", Elektor juli/augustus 2018: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-201807/41722
- [2] Cina, Miroslav: "Snelcursus assembler", Elektor juli/augustus 2015: www.elektormagazine.nl/magazine/elektor-201507/27925
- [3] Flite Electronics International Limited: <http://www.flite.co.uk>