

# Retro

COMPUTER • SPIELE • KULTUR



D 6,95 Euro | A 6,95 Euro | CH 11,90 CHF

**#32** Herbst  
**2014**

CSW Verlag | ISSN 1862-2348  
[www.retromag.de](http://www.retromag.de)



## SERIOUS GAMES

Vom Spaß und Ernst  
Vom Krieg zum Spiel  
Vom Mond zum Computer  
Vom Spiel zum Buch  
Vom Leben zur Zelle  
Vom Gestern und Heute

# Ein Intel-8080-Selbstbauprojekt

*Auch eine Reise von tausend Meilen beginnt mit dem ersten Chip*

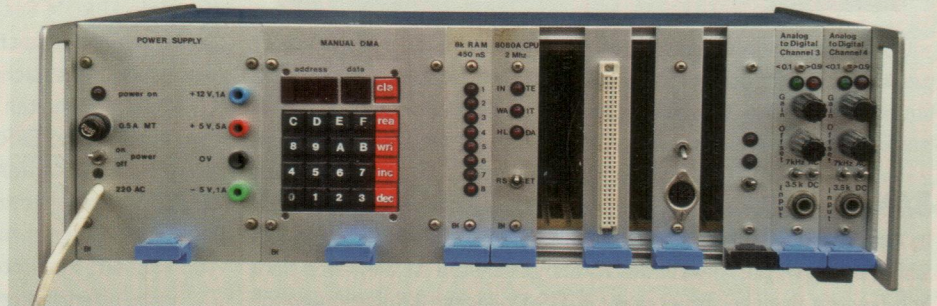
Text und Bilder: Benjamin Heidersberger

Nach dem Abitur 1976 trat ich mehrere größere Reisen an, so auch 1978/79 eine viermonatige Hitchhiking-Tour kreuz und quer durch die Vereinigten Staaten von Amerika. Zu den Technologie-Highlights der Reise gehörten das frühe Silicon Valley noch mit Apfelsinenplantagen, das Berkeley der Endsiebziger voller Hippies, ein Besuch im *Los Alamos National Lab*, wo ein Bekannter an der Laserzündung von Nuklearwaffen arbeitete, und das »Hat Creek Radio Observatory« im *Lasen National Park* in Californien, wo heute nach Außerirdischen gesucht wird. Kurz vor dem Rückflug zog es mich noch mal zum Elektronikbastlerladen *Radio Shack*, wo ich meinen Widerwillen gegen alles Digitale überwand und einige integrierte Schaltungen zum Aufbau eines 8080-Systems erwarb. Zwar hatte ich 1972 meinen ersten Digitalrechner aus 50 Fernmelderelais gebaut (1,5 Stellen Addition und Subtraktion, 10 Ampere Stromverbrauch), aber diesen Pfad nicht weiterverfolgt und mich ausschließlich mit Analogrechnern beschäftigt.

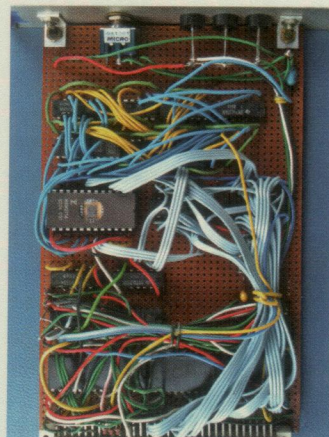
Bei den ICs handelte es sich um den 8080A mit zwei Megahertz Taktfrequenz, einem 8224 Clock Generator/Driver und einem 8228 Bus Controller. Hinzu kamen der 8257 DMA Controller und zwei Stück 2114 für ein Kilobyte RAM. In den Blisterverpackungen befanden sich die Datenblätter der Schaltungen. Außerdem erwarb ich noch einige Bücher von Computerpionier Adam Osborne: »Intel 8080 Programming for Logic Design« (1976), »An Introduction to Microcomputers Volume 1 Basic Concepts« sowie »Introduction to Microcomputers Volume II« (1977), die ich immer noch im Bücherschrank stehen habe, zerlesen und mit Lötzinn bespritzt.

Obwohl ich Adam Osborne persönlich nie getroffen habe, verbindet mich, wie ich vor einigen Jahren herausgefunden habe, doch zweierlei mit ihm. Zum einen besaß ich einmal einen Osborne 1 Portable, gekauft für 20 US-Dollar bei Elektronikschrotthändler *Frys Electronic* im Silicon Valley, den ich später an ein Museum verkauft habe. Und zum anderen war sein Vater Arthur Osborne Schüler des indischen Lehrers Ramana Maharshi in Tiruvannamalai, wo ich jedes Jahr ein paar Wochen im Kloster verbringe.

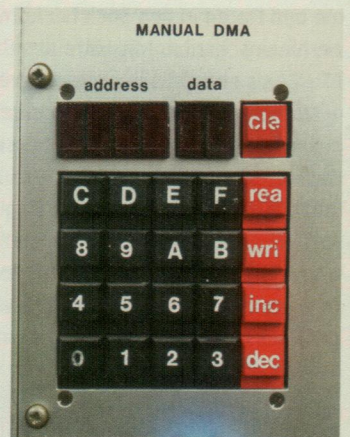
Ich nehme an, dass mich die kompetente Beratung von *Radio Shack* die nötigen Teile für ein komplettes System kaufen ließ. Auf jeden Fall saß ich irgendwann 1979 in Good Old Germany mit einigen furcheinflößend großen, schwarzen ICs und begann, im *Schloss Wolfsburg* mein erstes Mikroprozessorsystem zusammen zu löten, ohne rechte Vorstellung wie und wozu und vor allem ohne jede Kenntniss



Von links nach rechts: Netzteil, Manual DMA, RAM, CPU, I/O, Bandspeicherinterface, EPROM-Modul mit Reset, zwei mal DA-Wandler für Synthesizer-Ansteuerung.



CPU mit EPROM.

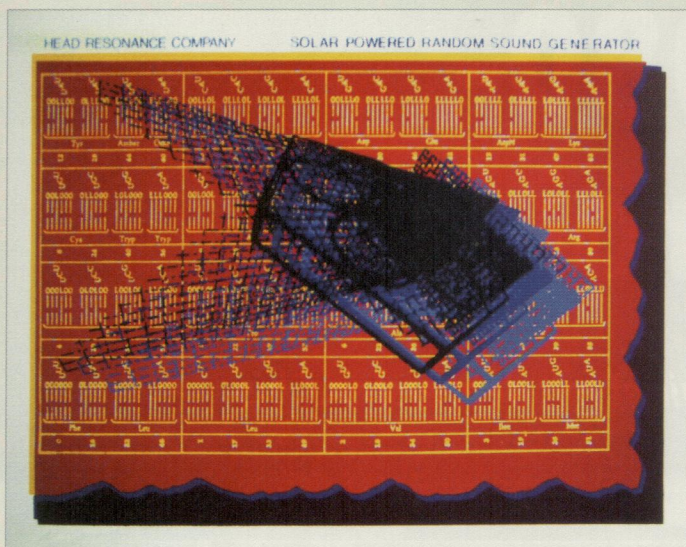


»Manual DMA«-Tastatur und Display.

von Software, Assembler, Monitor, Compilern und Betriebssystemen. Ein später begonnenes Studium der Informatik in Braunschweig, wo ich noch ALGOL 68R auf einer Univac mit Hilfe von Lochkarten programmierte, hätte beim Selbstbau eines Mikroprozessorsystems sicher auch nicht geholfen.

## CPU

Ich begann also, statt mit Lochkarten zu programmieren, auf einer ersten Lochrasterkarte in freier Verdrahtung die CPU-Karte mit 8080, 8224 und 8228 nach Datenblatt aufzubauen. In der Werkstatt meines Vater wurden die Frontplatten eines 19-Zoll-Vero-Gehäuses gebohrt, mit Letraset beschriftet und mit Spritzpistole und Klarlack versiegelt. Ein Reset-Knopf erlaubt den Systemstart und drei Leuchtdioden zeigen »Wait«, »Hold« und »Interrupt« der CPU an. Da der 8080 drei Versorgungsspannungen braucht, baute ich noch einen Netzteilanschub mit +12, +5 und -5 Volt.



Künstlerische Umsetzung des SPRSG als Siebdruck von Peter Kohlrusch. Im Hintergrund der »I-Ging«-Code, im Vordergrund die Simulation des SPRSG auf dem CASS mit Hilfe gesponserter Rechenzeit auf einer VAX bei der Volkswagen AG.

## RAM

In ähnlicher Weise kam die 8-Kilobyte-RAM-Karte dazu. Einige TTL-Chips erledigen die Anwahl des RAMs, ansonsten ist die Karte ziemlich leer, da Speicher teuer war (25 US-Dollar pro Kilobyte) und ich mich auf ein Kilobyte mit zwei 2114-SRAMs (ein Kilobyte x 4 statisches RAM) beschränkte.

Dann kam die durchaus spannende Frage, wie eigentlich Programme und Daten in den Speicher kommen. Nun ganz einfach: indem ich sie hineinschreibe. Mit Hilfe des 8257 DMA Controller baute ich mit TTL-Chips ebenfalls in freier Verdrahtung ganz in Hardware und auch wieder ohne jeden Schaltplan einen »Manual DMA« Einschub, der in hexadezimaler Darstellung Adresse (vier Stellen 0000 bis FFFF) und Daten (zwei Stellen 00 bis FF) durch eine hexadezimale Tastatur erlaubt. Neben den Tasten für Zahlen gibt es noch »Clear«, »Read«, »Write«, »Increment« und »Decrement«, letztere, um bei der Eingabe beziehungsweise Lesen auf die jeweils nächste oder vorhergehende Adresse zu springen. Verbunden wurden die einzelnen Einschübe an der Rückseite durch ein Bussystem.

Ich schaltete das System ein, tippte ein einfaches Programm ein (ich glaube, es sollten die anwählbaren und durch LEDs angezeigten, aber noch nicht vorhandenen 8 Kilobyte RAM angesprochen werden), drückte den »Reset«-Knopf und es passierte ... gar nichts. Eine fieberhafte Fehlersuche begann, immer wieder durchschoss der Gedanke meinen Kopf, dass jetzt vielleicht für mehr als 100 US-Dollar ICs dahin sind. Nach mehrtägiger Suche (auch mit einem ungetriggerten Hameg-207-Oszilloskop an seiner Grenzfrequenz) brachte dann die Widerstandsterminierung des Busses die Lösung und das Programm lief. Das war durchaus ein unglaublich gutes Gefühl.

## Assembler handgeschrieben

Jetzt fing ich an Programme in Assembler zu schreiben und zwar in Ermangelung irgend einer unterstützenden Software direkt auf einer leeren Seite Papier Zeile um Zeile die Speicheradresse, die Mnemonics, deren Übersetzung in Hexadezimal und Bemerkungen sowie Sprünge niederzuschreiben, jeweils durch einen horizontalen Strich abgetrennt. War die A4-Seite voll, wurde eine weitere Seite unten angeklebt. Dies tat ich gern abends in der Wolfsburger Szenekneipe »Tiffany« bei einem Glass Tee mit einer Liste der 8080-Assembler-Befehle und besagtem Listing. Das hat sicher zu meinem Ruf in Wolfs-

burg beigetragen. Auf jeden Fall fand ich das cool. War das Programm fertig, wurde es mit der »Manual DMA«-Einheit eingetippt, überprüft und lief hoffentlich. Leider haben Programm- oder Eingabefehler die Eigenschaft, das mühsam eingetippte Programm in Sekundenbruchteilen zu überschreiben und eine oft halbstündige Arbeit zu vernichten.

## Bandspeicher

Um dem abzuhelpen, musste ich einen neuen Einschub entwickeln, nämlich die Aufzeichnung des Speicherinhalts auf meinem Revox-A77-Tonbandgerät. Mit Hilfe eines DMA-Controllers wurden nach dem Drücken der Aufnahmetaste per »Reset« an der Karte die Speicherinhalte ab Hex 0000 bis zum Ende des Speichers nacheinander ausgelesen und die Nullen und Einsen in zwei verschiedene Frequenzen umgewandelt und auf Tonband aufgezeichnet. Zum Einlesen der Daten wird der Vorgang einfach umgedreht. Das ging erstaunlich gut und fehlerfrei. Für die funktionierenden Programme wurde auf der CPU-Karte ein EPROM Sockel eingelötet, wo sie fest gespeichert wurden. Durch einen entsprechend eingetippten Sprungbefehl bei der Startadresse wurden sie nach Reset gestartet.

Weitere Einheiten haben dann für verschiedene Projekte das System ergänzt. Ein EPROM-Brenner war nötig und wurde gebaut. Für den Anschluss weiterer Einheiten kam mithilfe eines 8255 eine Anzahl von I/O-Ports dazu. Und schließlich habe ich einen 8-Bit-Analog-Digital- und Digital-Analogwandler entwickelt, der mit unglaublichen 100 Kilohertz arbeitete und dabei unglaublich heiß wurde.

Vor einigen Jahren habe auch ich das 8080-System noch mal abgeschlossen. Bis auf einen defekten Elko lief alles einwandfrei. Das 8080-System kam in mehreren Projekten zum Einsatz.

## 1. Roboterkamera und computergesteuerter Analog-Multiplexer

Ich hatte 1978 zusammen mit Peter Kohlrusch (heute Elsner) die *Head Resonance Company* in Wolfsburg gegründet, ein interdisziplinäres Kunst- und Forschungsprojekt zur »Erforschung der Gesetze, nach denen Ideen Wirklichkeit werden«. Wir hatten uns für den Großen Preis der *Ars Electronica* 1982 beworben und durften zu unserer großen Freude präsentieren. In der Jury saßen unter anderem Dr. Robert A. Moog, Erfinder des gleichnamigen Synthesizers. Aus dem Katalog der *Ars Electronica* zu unserem Projekt:

### Computergesteuerter Analog-Multiplexer

Aktion: In einem abgedunkelten Bühnenbereich befinden sich 16 auf Stühlen sitzende Akteure in einem Kreis, bestehend aus Besuchern des »Großen Preises der *Ars Electronica*«. Jeder der Akteure verfügt über Kopfhörer und Mikrofon. Die Mikrofone sind zu vier Vierergruppen zusammengeschaltet, diese Gruppen wieder untereinander. Welches Mikrofon zu welcher Gruppe gehört, bestimmt während der Performance ein Computer. Jede Vierergruppe arbeitet mit einer der möglichen Klangverfremdungen ihrer Stimme. Der zusammengemischte Gesamtklang ist jedem der Beteiligten über Kopfhörer zugänglich. In der Mitte des Kreises rotiert eine Videokamera. Sie überträgt das Gesicht eines der Akteure auf die Monitore, die in der Mitte für jedermann sichtbar angeordnet sind. Die Lautstärke des auf dem Monitor sichtbaren Akteurs wird durch einen Computer angehoben. Die Raumbeleuchtung erhellt nur den Kreis. In der Mitte des Kreises sitzen die Initiatoren (siehe rechts) mit ihren Geräten, die diese Gemeinschaftskomposition abmischen beziehungsweise ihr eigene Impulse geben. Die Akteure können während der Performance durch andere Zuschauer ersetzt werden.

Technisch gesehen bestand das eingesetzte System aus zwei Teilen. Eine 16:8-elektronische Kreuzschiene mit CMOS-Analog-Multiplexern/ Demultiplexern wurde durch das 8080-System angesteuert, verschaltete zufällig verschiedene Gruppen mit Effekten und wählte den Vorsänger aus. Auf dem Vero-Einschub mit 16 Potis zur Verstärkungseinstellung und 24 Ein- und Ausgängen erfolgte die Anzeige des angewählten Zielkanals sowie das Hervorheben eines Kanals.

Parallel dazu befand sich in der Mitte des Kreise eine computersteuerbare Roboterkamera, die durch einen mit Metallscheibe und Leuchtdioden selbstgebauten 5-Bit-Winkelcodierer auf einen der Akteure zeigte, dessen Bild für alle sichtbar wurde und dessen Stimme hervorgehoben wurde.

Den großen Preis haben wir leider nicht gewonnen, aber es war eine tolle Erfahrung.

## 2. Sechsstimmiger Synthesizer für den Solar Powered Random Sound Generator (SPRSG)

Beflügelt durch die erfolgreiche Bewerbung 1982 haben wir uns dann gleich für die *Ars Electronica* 1984 beworben und wurden wieder ausgewählt. Wieder aus dem Katalog:

### Der Solar Powered Random Sound Generator

Aufstellung des SOLAR POWERED RANDOM SOUND GENERATORS auf allen fünf Kontinenten, einer Klangskulptur, die Licht in Musik verwandelt, und die programmiert ist mit einer Synthese westlicher Wissenschaft und östlicher Philosophie. Der SPRSG ist eine Klangskulptur aus Chromstahl, die alleine aufgrund der Sonneneinstrahlung Klangzeichen von sich gibt. Solarzellen wandeln das Licht in Strom um, ein Microprozessor berechnet immer neue Variationen pentatonischer Klangzeichen, die aus maximal 6 Tönen bestehen. Um eine große Klangvielfalt zu erzeugen, wurde die pythagoräische (aus reinen Quinten bestehende) Tonleiter benutzt.

Der eigentlich aktive Teil besteht aus zwei sechseckigen Platten, zwischen denen sich, in Polyester eingebettet, Solarzellen, Elektronik und Klangwandler befinden. Die Programmierung des SPRSG beruht auf einer Analogie zweier Denksysteme, dem chinesischen I-Ging, das aus

einer systematischen Auflistung der Lebenssituationen und daraus resultierender Handlungsweisen besteht, und dem Gencode, der molekularbiologischen Festlegung des gesamten Lebens auf der Erde.

Zur Realisierung des Projektes ist es trotz vieler Vorarbeiten dann leider nicht mehr gekommen, weil sich die Gruppe *Head Resonance Company* aufgelöst hatte. Realisiert habe ich einen sechsstimmigen Synthesizer auf dem 8080-System, der die I-Ging Klangzeichen als Rechtecktöne ausgab.

## 3. Elektronischer Hall in 8 Bit

Mit dem ADDA-Wandler lässt sich leicht eine Delay Line auf dem System im RAM realisieren. Zwar lassen sich mit 8 Bit maximal 46 Dezibel Rauschabstand und mit einem Kilobyte RAM 50 Millisekunden bei 20 Kilohertz Samplingrate erreichen, aber bekanntermaßen klingen ja selbstgebaute Geräte wesentlich besser.

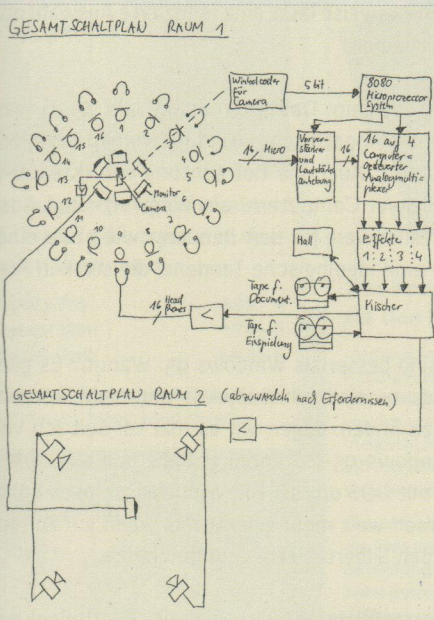
## 4. 100-Kanal-Lichtsteuerung

Einmal habe ich dann mit einem 8080-System auch richtig Geld verdient, es waren 5000 D-Mark für eine 100-kanalige Lichtsteuerung einer Diskothek in Wolfsburg. Hier ging es schon zur Entwicklung einer Kleinserie, am Ende handelte es sich um einen kühlstrangkroßes Gehäuse voll mit Platinen, die layoutet, belichtet und geätzt werden mussten. Über Triacs mit Kühlkörpern wurden Halogenlampen mit entsprechenden Netzfiltern angesteuert. Die Musik wurde mit diversen Filtern analysiert und digitalisiert, ein Programm steuerte dann die Lampen.

Ihr Ende fand die Anlage, als ein Bauarbeiter in das armdicke Kabel zu den Lampen bohrte.

## 5. Menschen und Meilensteine

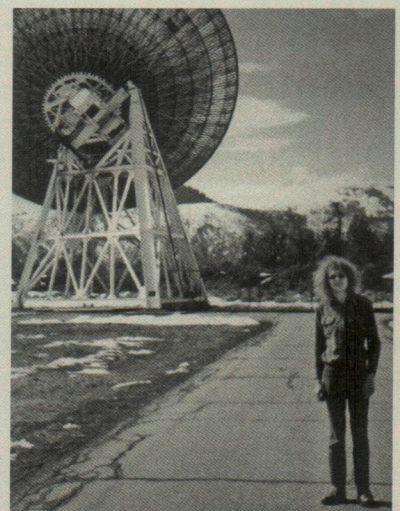
Auf der *Ars Electronica* 1992 habe ich dann zusammen mit Eva Weber, Klaus Madzia und Bernd von den Brincken die »Ausstellung Kreative Software – Menschen und Meilensteine« über den PC und seine Software kuratiert. Neben unter anderem einer Xerox Alto mit dem ersten WYSIWYG-System »Bravo« und frühen Computerviren hatte uns das *Boston Computer Museum* einen originalen Mikrocomputer MITS Altair 8800 von 1975 geliehen, der erste Personal Computer überhaupt, dessen CPU ein 8080-Prozessor ist. Hier konnte ich noch einmal studieren, wie nur wenige Jahre vor mir die PC-Industrie gestartet ist.



Gesamtschaltplan der Installation auf der *Ars Electronica* 1982.

## Über den Autor

Benjamin Heidersberger, Jahrgang 1957. Studien der Physik, Biologie und Informatik (abgebrochen). Aufgewachsen in Wolfsburg. 1978 Mitgründer der Künstlergruppe *Head Resonance Company*, in Hamburg 1989 der *Ponton-Lab GmbH* und seitdem geschäftsführender Gesellschafter. Interaktive Medienkunstprojekte (»Van Gogh TV«, *Ars Electronica* 1982 bis 1994, *documenta* 8 und IX) in Europa, USA und Japan. Preise: unter anderem 1993 »Honorary Award Prix *Ars Electronica* Linz«, 1993 »Siemens Medienkunstpreis« (ZKM). 1992 bis 1994 Dozent an der *Merz-Akademie* für die Gestaltung elektronischer Medien. Kurator für Netzkunst der 4. Werkleitz-Biennale. 2000 Gründung des Kulturservers, 2002 des *Institutes Heidersberger*. Publikationen über Computer, Interaktive Medien und Gesellschaft sowie Lehrtätigkeiten.



Der Autor am 1962 installierten »Hat Creek Radio Observatory (HCRO)« im Lassen National Park am Mount Shasta.