

Die Big Five

Die beliebtesten Homecomputer der 80er Jahre

Bild: generiert mit <https://www.crayon.com/>**HARDWARE**

SGI Reality Engine
C64 Spannungsfilter

KONSOLEN

Wii Homebrew

MFA COMPUTER

Aufbau und Historie

SELBSTBAU

PicoMiteHDMIUSB
PicoMiteVGAPS2
Colour Maximite

PRAXISTIPP

IC-Tiefbaufassung
Fluxcopy und Fluxteen

DEC ALPHA

NetBSD installieren

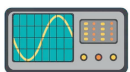
MIKROPROZESSOREN

Olympia CP3-F
Zilog Z80 wird 50 Jahre

SINCLAIR QL

Meeting in Dormagen





Moderne Speicheremulation für klassische Einplatinencomputer

Die PicoRAM Familie

Eine Reihe von Einplatinencomputern verwenden statisches RAM als Arbeitsspeicher und Ablage von Programmen. Dieses passend zu ersetzen, ist in der Praxis nicht so einfach: Ein SRAM-Emulator hilft hier weiter.

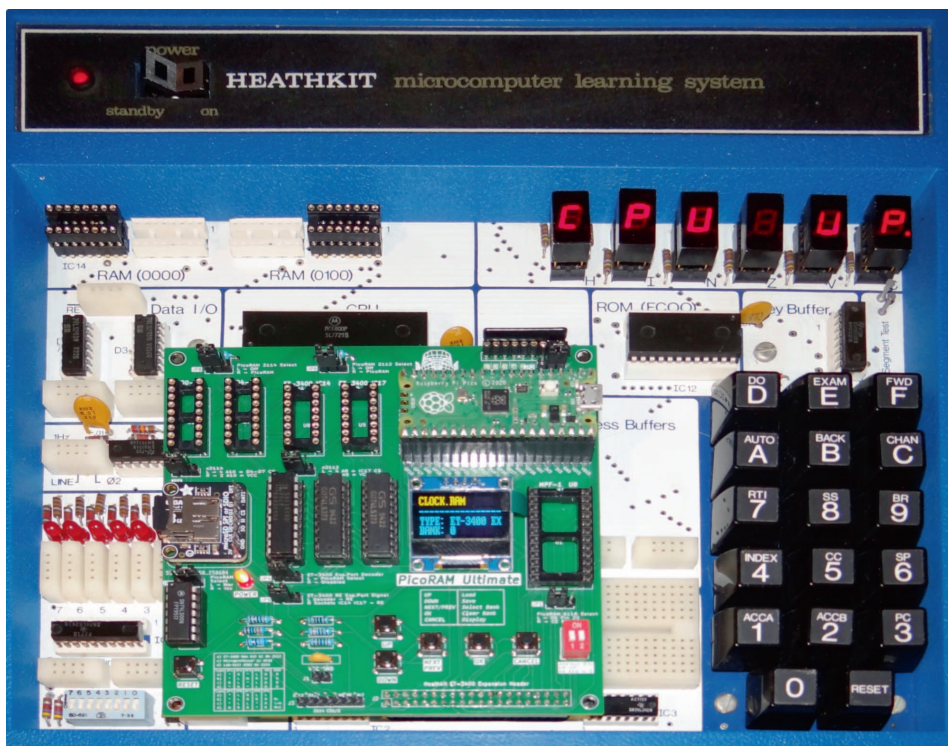
Die PicoRAM-Familie bringt frischen Wind in die Retro-Computing-Szene. Basierend auf dem Raspberry Pi Pico emulieren die Module klassische SRAM-Bausteine und ermöglichen das komfortable Laden und Speichern kompletter Speicherinhalte über SD-Karte. Die Dateien liegen als einfache Intel HEX-Dumps im FAT-Format vor und können direkt am PC erzeugt werden. PicoRAM ersetzt dabei die originalen RAM-Chips und wird über Flachbandkabel in die SRAM-Sockel oder, wie beim Heathkit ET-3400, auch direkt auf den Erweiterungsbus gesteckt.

Drei Varianten

Inzwischen gibt es drei Modelle für unterschiedliche Systeme:

- PicoRAM 2090 für den Busch 2090 Microtronic (Emulation eines 2114 SRAM)
- PicoRAM 6116 für den Multitech Microprofessor MPF-1 (Emulation eines 6116 SRAM)
- PicoRAM Ultimate für Heathkit ET-3400/3400A, Lab-Volt 6502 Trainer, MPF-1 und Philips Masterlab

PicoRAM Ultimate kann zusätzlich direkt auf dem Erweiterungsbus des ET-3400 stecken und dort als 4 KByte große RAM-Erweiterung mit frei wählbarem Adressbereich dienen. Für den Heathkit kann PicoRAM auch als ROM-Emulator verwendet werden, das ermöglicht rasche Änderungen am Monitor-Programm. Der ROM-Baustein



muss dann entfernt und der Adressdekoder entsprechend angepasst werden. Der durch ein GAL dekodierte Speicherbereich ist rekonfigurierbar.

Technik: Timing ist alles

Die größte Herausforderung ist das exakte Timing der emulierten RAM-Bausteine. Da der RP2040 nicht genügend GPIOs bietet, kommen zwei 74LS373-Latch-Bausteine als Adressbus-Multiplexer zum Einsatz. Der Pico liest die bis zu 12-Bit breite Adresse in zwei Schritten ein. Der Pico wird zudem auf 250 MHz übertaktet.

Zwei Kerne teilen sich die Aufgaben:

- Kern 0 emuliert das RAM
- Kern 1 übernimmt OLED-Display, Tasten und Benutzeroberfläche

Bemerkenswert: PicoRAM kommt komplett ohne DMA und PIO aus. Das Timing wird ausschließlich durch sorgfältig abgestimmte Busy-Loops und NOP-Instruktionen

erreicht. Beim Zugriff auf die SD-Karte wird die CPU des Host-Systems angehalten – automatisch, oder per Reset-Taste, falls das System dies nicht selbst zulässt.

Mehr als nur Speicher: Erweiterte IO-Funktionen

Einige Systeme profitieren von zusätzlichen Funktionen, die PicoRAM bereitstellt. Bereits PicoRAM 2090 bot:

- Text- und Grafikausgabe auf OLED
- Echtzeituhr (DS3231)
- Sound und Sprachausgabe

Da PicoRAM die jeweils adressierte Speicherstelle kennt, kann es Rückschlüsse auf die ausgeführte Instruktion ziehen. Beim Microtronic war dies besonders knifflig, da der 2114-Chip ständig am Adressbus hängt und kein Chip-Select verwendet wird. Durch Kombination mit internen Display-Signalen konnte dennoch zuverlässig erkannt werden, welche Adresse die CPU tatsächlich liest.

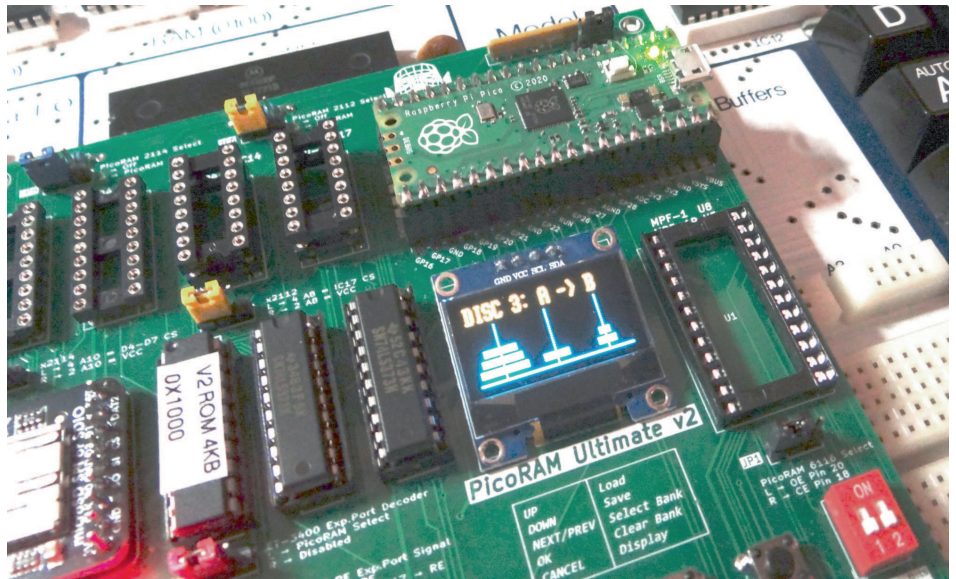
Neue Befehle für alte Systeme

Der Microtronic besitzt keine freien Op-code-Muster für neue Instruktionen. Daher nutzt PicoRAM redundante Befehle, die im Originalsystem keine Wirkung haben – etwa „MOV x,x“ oder „ADD 0,0“. Diese Befehle werden vom PicoRAM abgefangen und lösen definierte Aktionen aus, beispielsweise das Ausgeben eines ASCII-Zeichens auf dem OLED-Display.

Da PicoRAM keinen direkten Zugriff auf die Register des TMS1600 hat, wird ein Trick verwendet: Ein kleines, dynamisch eingeblendetes Programm liest den Registerinhalt indirekt über bedingte Sprünge aus. Dabei wird dem Microtronic das laufende Programm quasi "unter den Füßen weggezogen", und durch Speicherbankumschaltung das dynamisch erzeugte Programm zum Ermitteln des angeforderten Registerinhalts ausgeführt. Der Pico beobachtet die Sprünge und Zieladressen und "lernt" so, welcher Wert im angeforderten Register vorliegt. Nach Abschluss wird das ursprüngliche Programm wieder eingeblendet und der Microtronic fährt mit dessen Ausführung fort, als ob nichts passiert wäre – für den Benutzer und den Microtronic völlig transparent. Der Pico hat nun allerdings den Registerinhalt ermittelt, und kann diesen als Datum für einen IO-Befehl wie der Ausgabe eines Zeichens auf dem OLED Display verwenden.

Weitere Systeme

Für den MPF-1 (PicoRAM 6116) sind derzeit keine Hardware-Erweiterungen geplant; der Z80 bietet keine geeigneten wirkungsfreien Instruktionen. Erweiterungen würden hier über spezielle Speicheradressen erfolgen. Für den Heathkit ET-3400 nutzt PicoRAM Ultimate ein dediziertes IO-Byte im emulierten Speicher. Darüber lassen sich



Die Türme von Hanoi auf dem Healthkit

(seriell) Grafikbefehle an das OLED-Display senden – etwa zur Darstellung eines Mandelbrot-Fraktals oder animierter Türme von Hanoi.

Entstehung und Resonanz

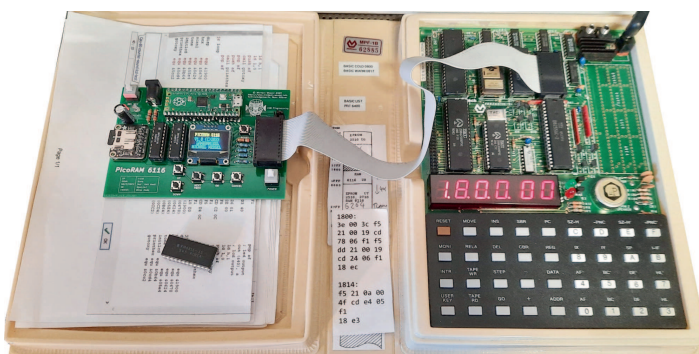
PicoRAM 2090 entstand im Herbst 2023 nach Diskussionen mit Hans Hübner, der den RP2040 als „Microcontroller der Zukunft“ empfahl. Der erste funktionierende Prototyp lief im September 2023. Für die Retro Challenge 2023/10 wurde PicoRAM 2090 fertiggestellt und gewann den Grand Challenge Prize (www.retrochallenge.org). Kurz darauf folgte PicoRAM 6116, und 2025 erschien PicoRAM Ultimate. Die Hardware ist vollständig als Open Source veröffentlicht, und alle Unterlagen zum Selbstbau finden sich auf GitHub. Die internationale Fachpresse reagierte ebenfalls enthusiastisch; Hackaday und Hackster.io berichteten mehrfach, und zahlreiche Enthusiasten haben PicoRAM bereits nachgebaut.

Links

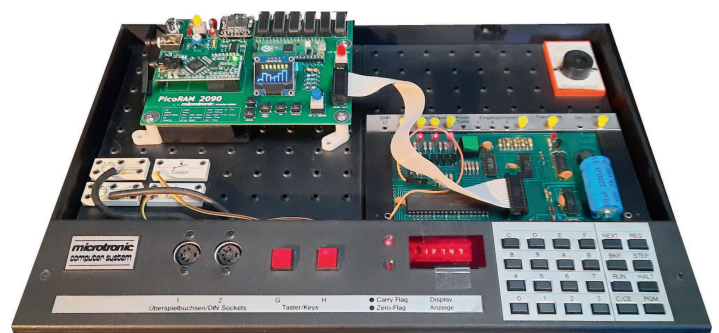
<https://github.com/lambdaMikel/picoram-ultimate>
<https://github.com/lambdaMikel/picoram6116>
<https://github.com/lambdaMikel/picoram2090>

Ueber den Autor

Dr. Michael Wessel ist Informatiker und arbeitet seit 2010 im Silicon Valley in Kalifornien. Er verdankt seine berufliche Laufbahn dem Busch Microtronic, das er 1983 zu Weihnachten von seinen Eltern bekam. Seit 2001 sammelt er Heimcomputer und ist in der Szene als LambdaMikel und MicrotronicHamburg bekannt.



PicoRAM am Microprofessor



PicoRAM am Busch Microtronic