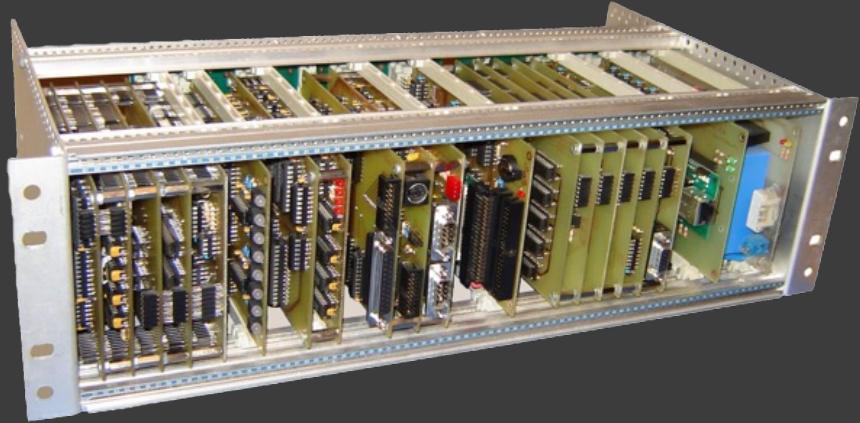


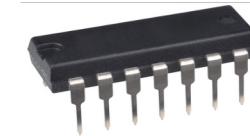
myCPU: Ein diskreter 8-bit Computer



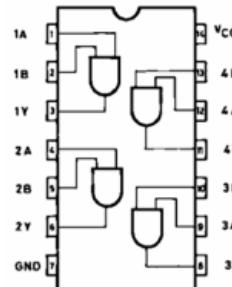
Autor: Dennis Kuschel

Zielsetzung

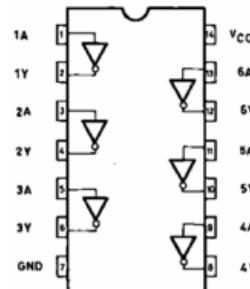
- Lernen wie ein Computer im Detail funktioniert
- Im Gegensatz zu den meisten Selbstbau-Computern besteht dieser jedoch (fast komplett) aus diskreten Logikgattern (74er ICs)
- Das gilt auch für den Prozessor



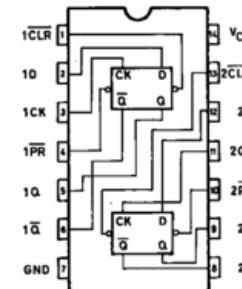
74HC08
4x UND



74HC04
6x Inverter



74HC74
2 Flip-Flops



Prozessor: myCPU

- Rechner fast komplett aus diskreten Bauteilen gebaut (bis auf EPROMs)
- CPU besteht aus 61 Chips der 74er CMOS Serie auf 5 Platinen



CPU-Architektur



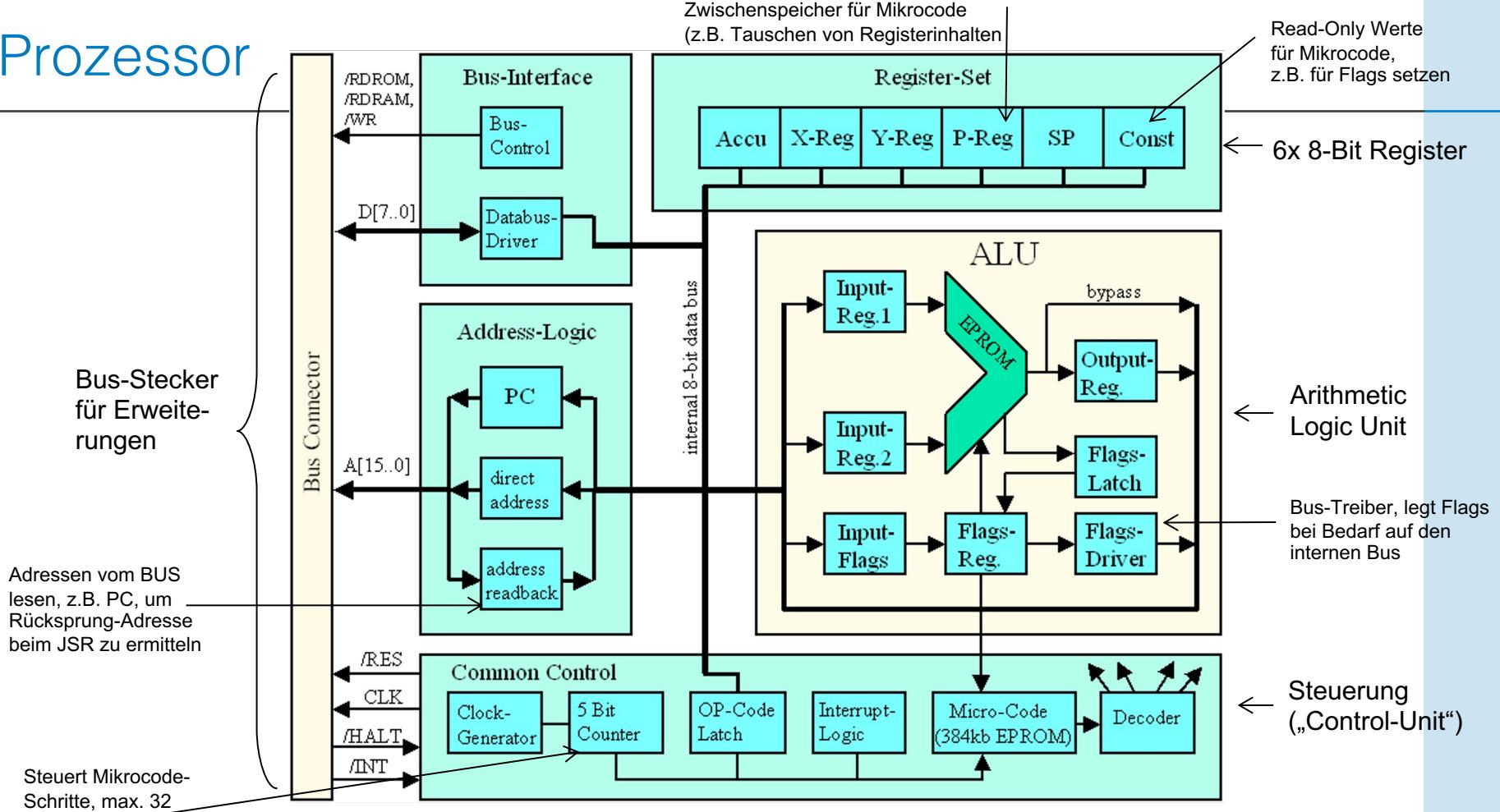
Prozessor: myCPU

- 8-bit Prozessor mit max. Taktfrequenz 8 MHz
- Harvard-Architektur:
 - 64 kB Program- und 64 kB Datenspeicher getrennt
 - Bei der von Neumann-Architektur sind Code und Daten im selben Speicher
- 256 Assemblerbefehle
- Adressierung:
 - 8 Bit Daten, 16 Bit Adressen
 - 14 Adressierungsmodi
- 1 maskierbarer HW-Interrupt, 1 SW-Interrupt und Reset

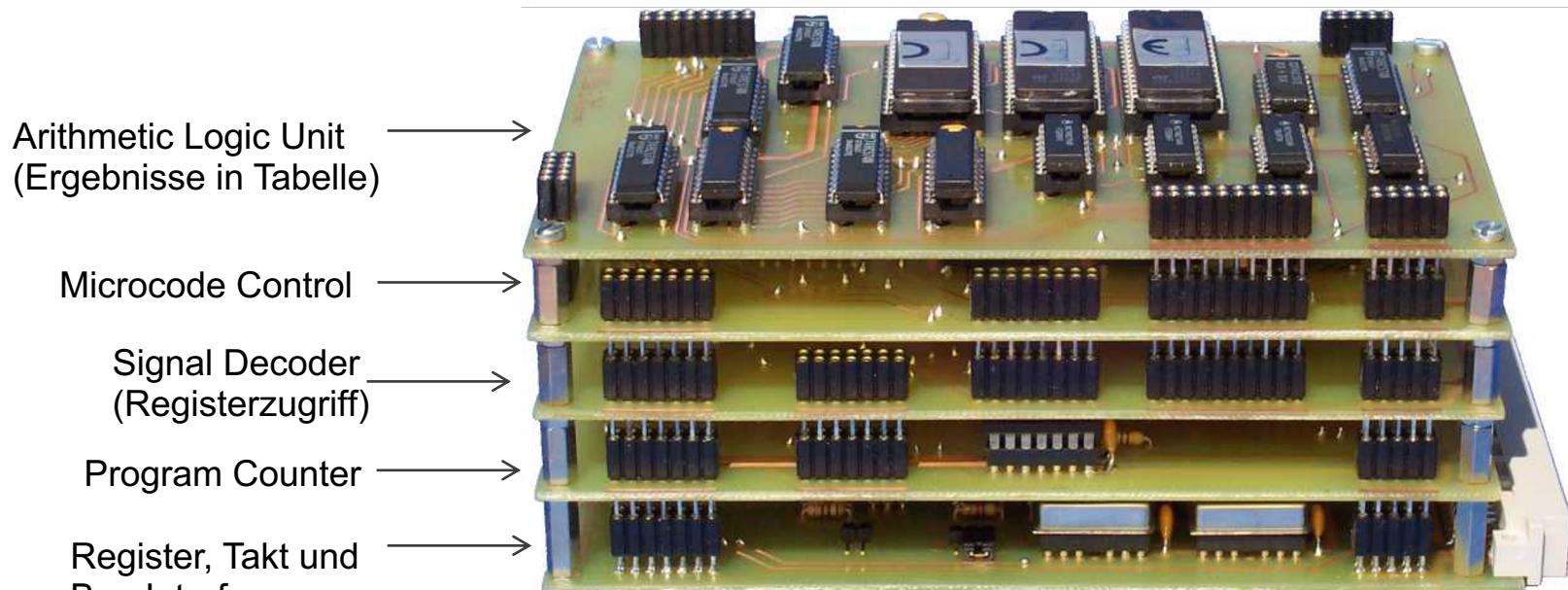
Prozessor: myCPU

- Assembler ähnlich 6502 CPU (später weitere Infos)
- Register:
 - PC: program counter, 16 Bit
 - SP: stack pointer, 8 Bit (nur 256 Byte Stack)
 - Accu: accumulator für arithmetische und logische Operationen, 8 Bit
 - X-Reg und Y-Reg: für Counter oder Offsets
 - Flags: Carry (over- or underflow), Zero, Sign (Vorzeichen)

Prozessor



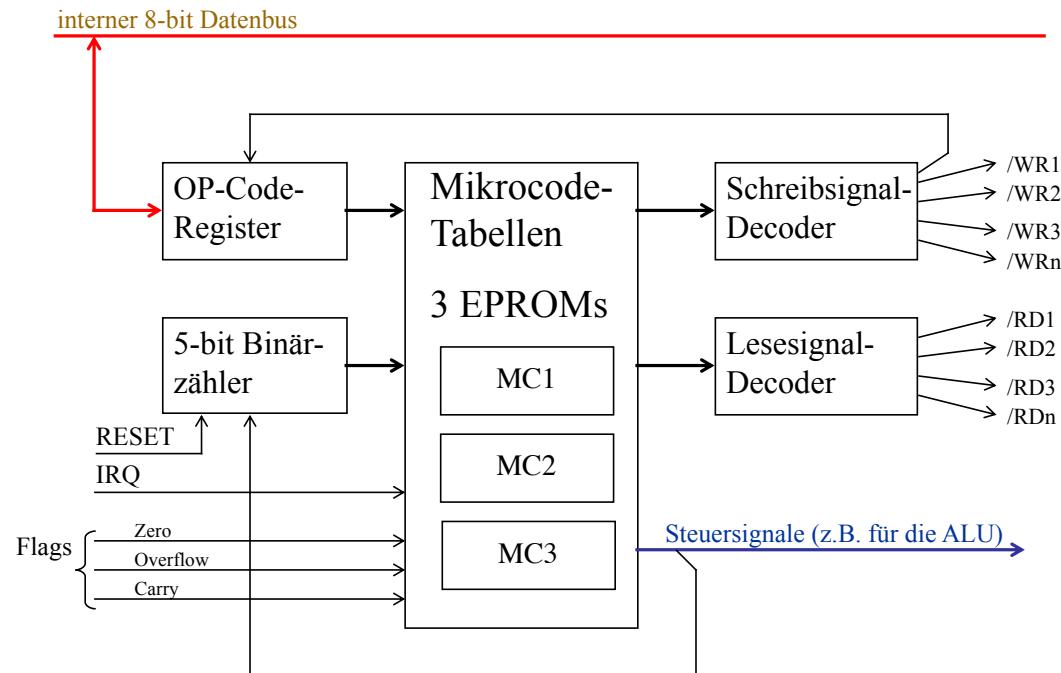
Prozessor - Platinenstapel



MyCPU: 5 Platinen, 61 Chips

Microcode Control

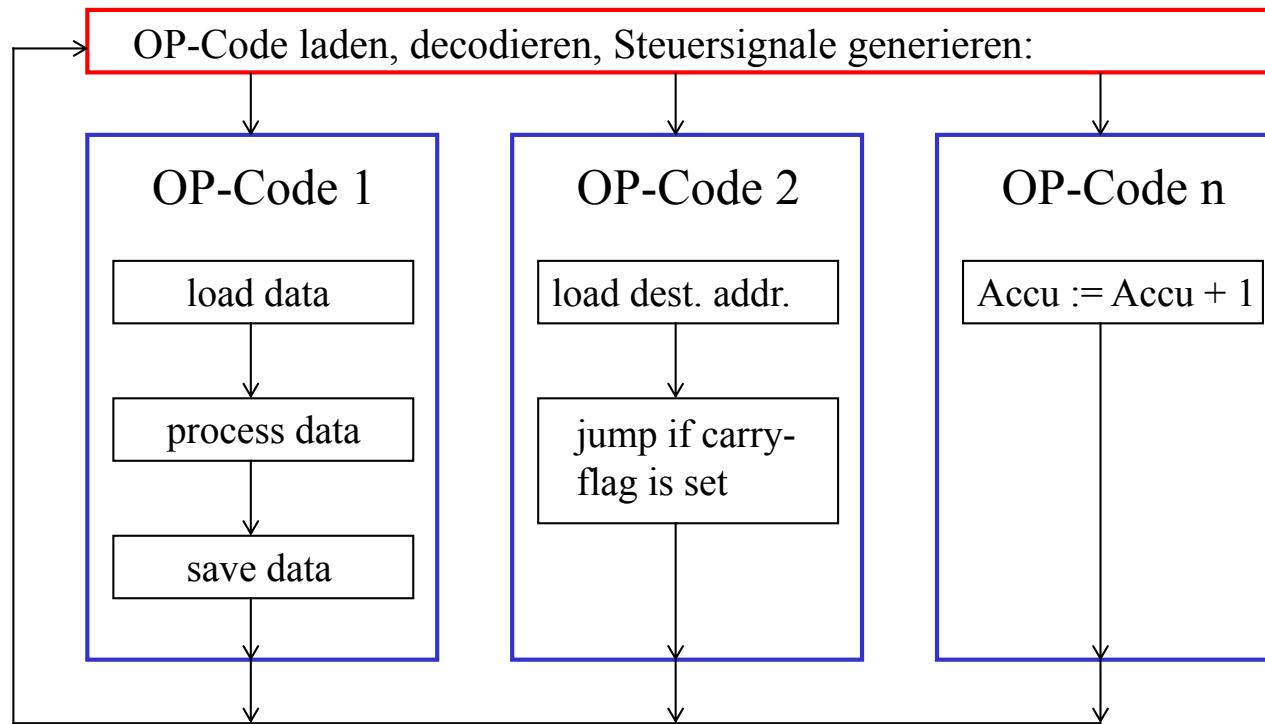
- Kern der CPU → Zustandsmaschine die alle CPU-Teile steuert
- Realisiert als Lookup-Tabelle mit Feedback-Leitungen durch drei EPROMs (MC1, ..., MC3)
- Mikrocode hat max. Länge von 32 Schritten, daher 5 Bit Zähler



Microcode Control (MC)

- Mikrocode ist in drei EPROMs (große Tabelle mit 17 Ein- und 24 Ausgängen)
- MC1 – Datentransfer über CPU-internen Datenbus
 - Ausgänge dieses EPROMs treiben zwei 4-zu-16 Dekoder.
 - Dekoder dienen zur Selektion von Quelle und Ziel.
 - Weitere Fkt., u.a. Programm-Zähler erhöhen und Interrupt-Enable-Flag steuern
- MC2 - ALU-Steuerung
 - Selektiert bei ALU-Operationen einen der 16 Rechenmodi
- MC3 - Verschiedenes
 - Microcode-Ablaufsteuerung (Ende-Signalisierung), steuert den Modus des Program-Counters (zählen/laden, Adressselektion PC/Benutzeradresse), ...

Microcode Control – Befehlsdekodierung



Microcode Compiler

- Compiler erzeugt 256 Mikrocode-Routinen
- Ein Mikrocode beschreibt, woher welche Daten geladen werden und wohin sie gespeichert werden. Quelle/Ziel sind z.B. Register, Hauptspeicher, ALU
- Der Compiler hilft bei der Einhaltung des korrekten Timings der Ablaufsteuerung, wenn nötig werden automatisch Wait-States eingefügt.

Mikrocode des OP-Codes „INC“

```
/* 7D - INC abs */
{ 0x7D,
    ADRMODE_ABSOLUT,
    MOVE_RAM_TO_AREG1,
    ALU(MODE_INC,CFLAG_VISIBLE),
    MOVE_ALU_TO_RAM | LOAD_ZVFLAGS_ALU,
    NEXTOP,
}
```

Schaltplan-Beispiel

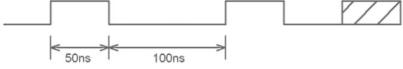
Clock Control

Timing Examples for signal SysClk with Q2=20MHz

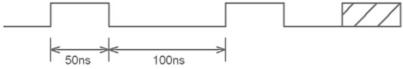
Internal clock cycle, JP3 = closed (pos 2-3), register-to-register-transfer:



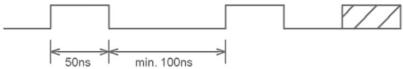
Internal clock cycle, JP3 = closed (pos 2-3), slow internal operation:



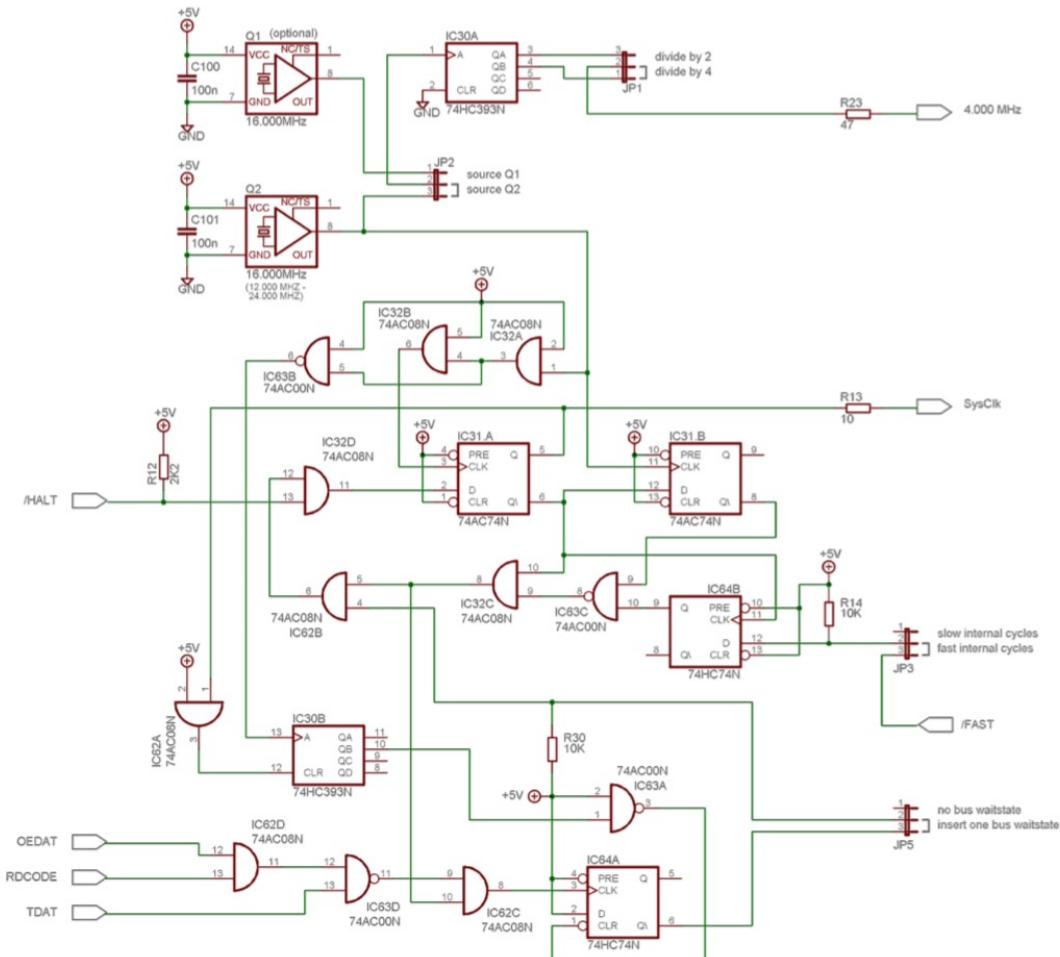
Internal clock cycle, JP3 = open (pos 1-2), any operation:



External bus clock cycle without wait states, JP5 = open (pos 1-2):



External bus clock cycle with wait states, JP5 = closed (pos 2-3):



Weitere Komponenten

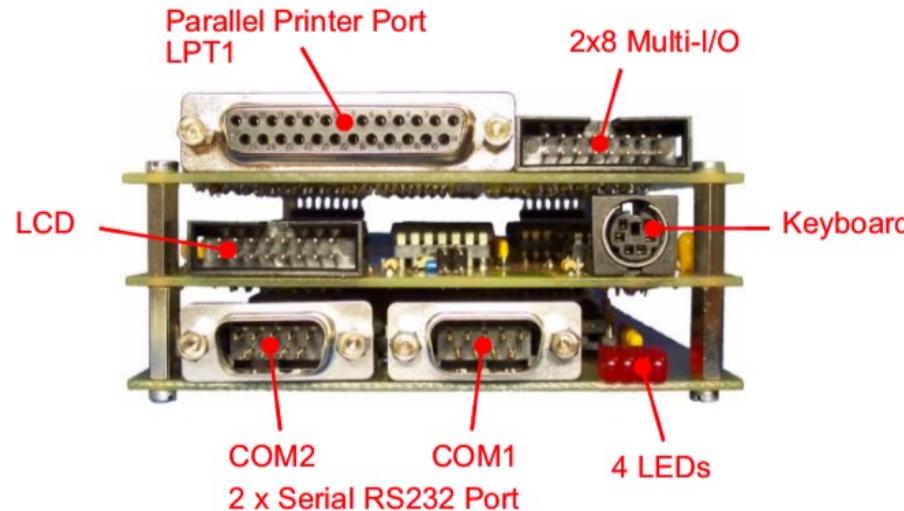
Memory Unit

- Memory Base Board
 - RAM: 512kb universal memory; 8kb system memory
 - ROM: 32kb für OS; 128kb für Anwendungen
 - memory is paged (16kb and 32kb sized pages)
- Memory Extension Board
 - 512kb zusätzl. RAM
 - extended MMU für Multitasking OS



Memory Unit

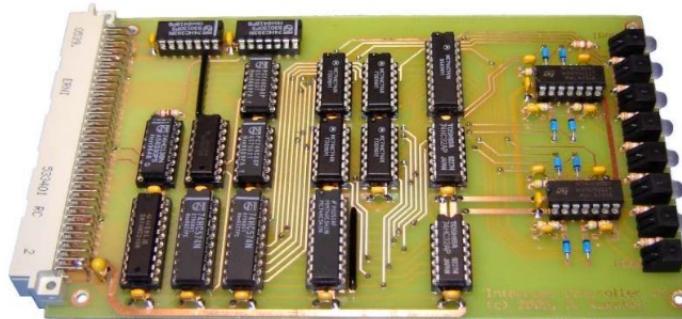
- Multi-I/O Base Board: notwendig für Anbindung von PC
- Keyboard- and LCD-Interface Board (optional)
- Parallel Ports Interface Board (optional)



Interrupt Controller

- 8 edge-triggered Interrupts

Interrupt Number	Backplane Wire	Default Assignment
0	C23	Timer Interrupt (61.03515625 Hz)
1	A23	Keyboard Controller
2	C24	first UART / COM1:
3	A24	second UART / COM2:
4	C25	not yet assigned, but reserved for Operating System
5	A25	not yet assigned, but reserved for Operating System
6	C26	not yet assigned, free for your own use
7	A26	not yet assigned, free for your own use



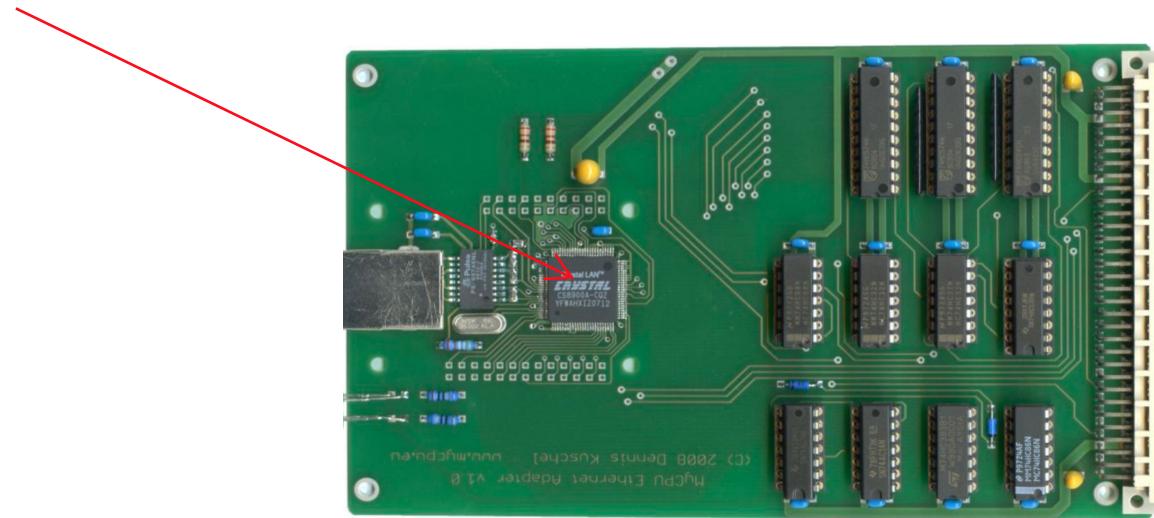
IDE Controller

- Zwei IDE Channels → max. 4 IDE-Geräte
- Unterstützt PIO mode 1 (alle IDE-Geräte die LBA unterstützen)
 - Festplatten, CD-ROMs, Compact Flash Cards
- Zusätzlich batteriegepufferte Uhr (RTC) -> Datum & Uhrzeit



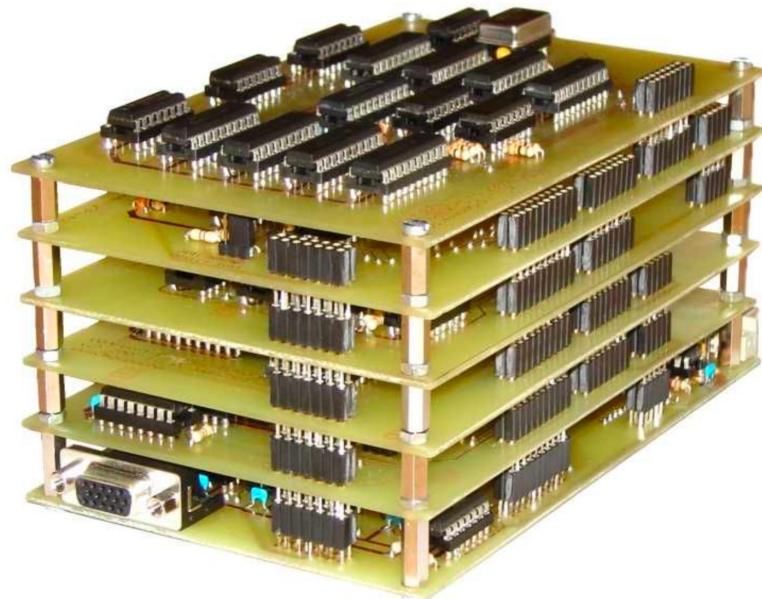
Ethernet

- 10 MBit/s Ethernet
- Hier kein reiner TTL-Entwurf
- CS8900A ist ein Ethernet-Controller in SMD-Bauweise



Graphic Unit

- 16 Farben, 640x400 Pixel, 70 Hz
- Text-Modi: 80x25, 80x50, 40x25, 40x50
- Grafik-Modi: 640x400x2, 160x200x16,
320x200x16, 640x400x16
- 6 Platinen mit 75 TTL ICs

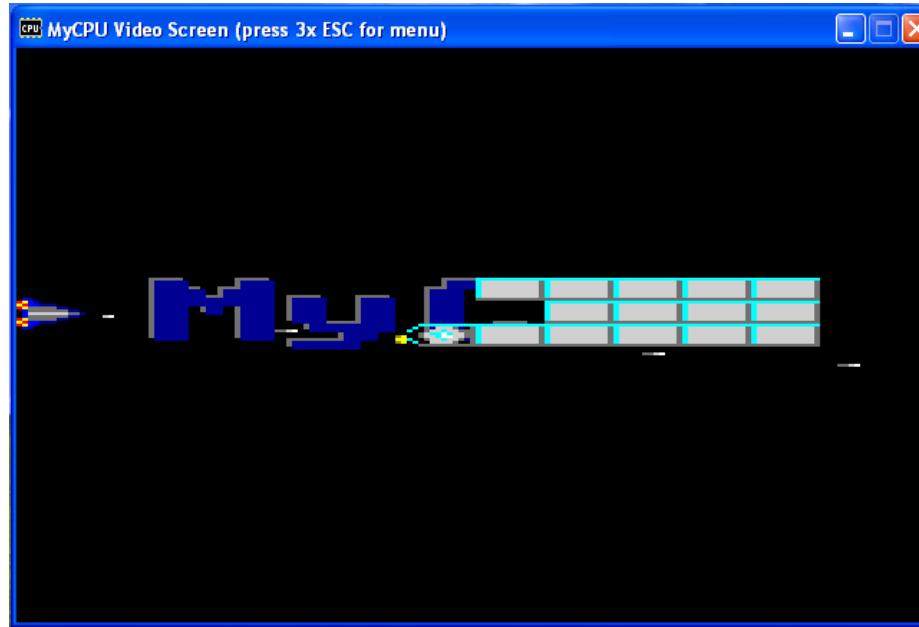


Assembler-Sprache

- Die Assembler-Sprache ist der des 6502-Prozessors sehr ähnlich
- Die meisten 6502-Kommandos gibt es auch bei der MyCPU
- Aber die MyCPU ist nicht binärkompatibel zum 6502 !
- Es gibt keine relativen Sprungbefehle, sondern nur absolute Sprünge.
Absolute Sprünge sind schneller, da keine Zieladresse berechnet werden muss.
- Zusätzliche Kommandos (bei 6502 nicht vorhanden):
 - MUL / DIV für 8 und 16-Bit Integerzahlen
 - 16-Bit Zeigeroperationen: LPT, SPT, LPA, SPA
 - Kommandos für schnelle Speicherseitenumschaltung
 - Erweiterte Kommandos für Stack-Manipulationen

Emulator

- Implementiert in C, lauffähig unter Microsoft Windows und Linux



Software



Programmiersprachen

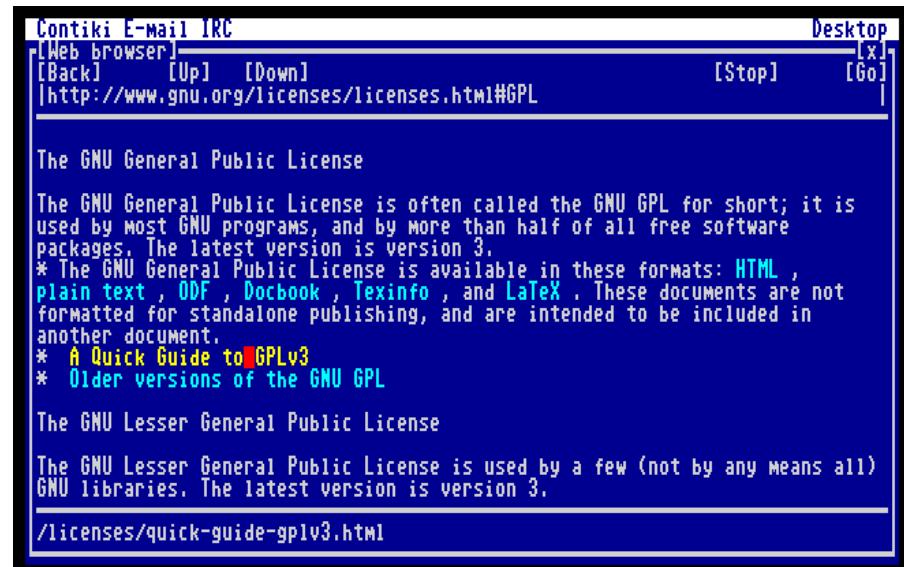
- Assembler: myasm (nativ) und ca65 (cross)
- Basic: nativ
- ANSI C: cc65 (cross compiler) verfügbar für Microsoft Windows und Linux
- Java: (cross compiler); beschränkter Sprachumfang,
Prof. Frenz (Hochschule Kempten)
- Brainfuck: nativ

Betriebssystem

- In Assembler geschrieben
- Belegt 128 kB ROM-Speicher
- Bietet eine DOS-ähnliche Shell
- Bis zu 8 Massenspeicher-Geräte werden unterstützt. Z.B: RAM-Disk, Festplatte, Flash-Speicher, Netzwerk-Freigabe
- Eingebaute Unterstützung für „Legacy Devices“ wie COM1 / COM2 / LPT
- Basic und Brainfuck sind mit integriert

Weitere Software

- Texteditor, Assembler
- Netzwerk-Protokollstack (TCP/IP)
- Telnet Demon und HTTP Webserver
- Contiki Fensteroberfläche mit Webbrowser
- PicoOS Echtzeitbetriebssystem
- Einige Spiele und Demos
- Tools: Dateipacker, Bildbetrachter und vieles mehr

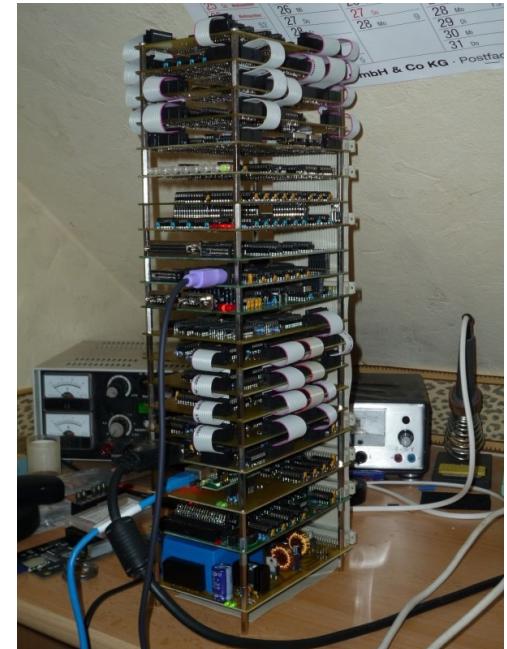
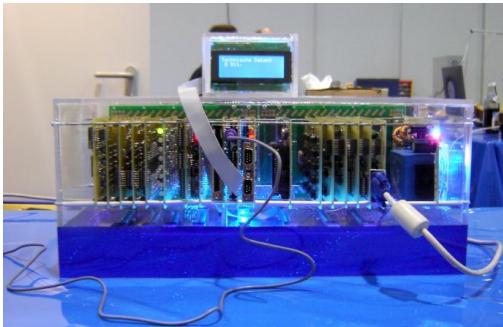


Remote File System

- Für den Austausch von Dateien zwischen der MyCPU und einem PC
- MyCPU ist über RS232 mit einem PC verbunden
- Auf dem PC läuft eine Server-Software, die ein Verzeichnis freigibt.
- Das Verzeichnis wird als zusätzliches Laufwerk auf der MyCPU eingebunden.
- Die MyCPU hat vollen Zugriff auf das freigegebene Verzeichnis.
 - Alle DOS-Operationen können ausgeführt werden
 - z.B.: 15:/>deltree /Windows

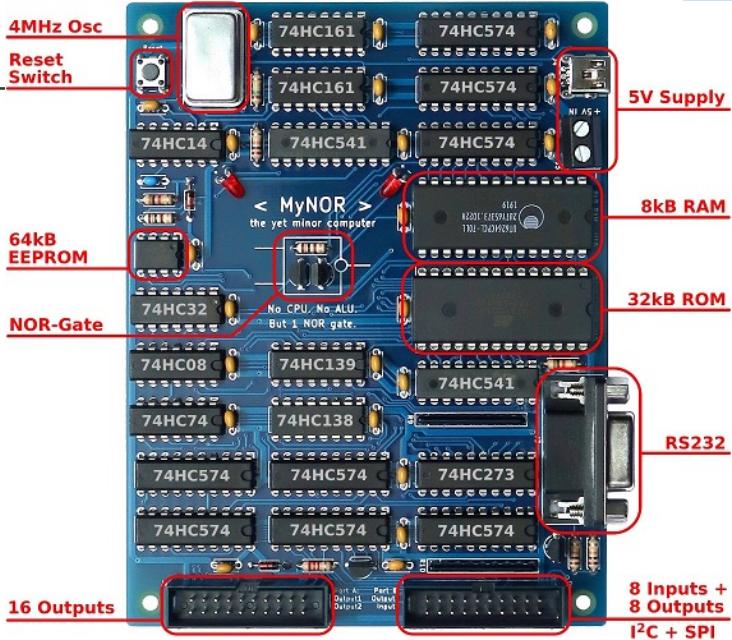
Autor

- Dennis Kuschel
- dennis_k@freenet.de
- <http://www.mycpu.eu>



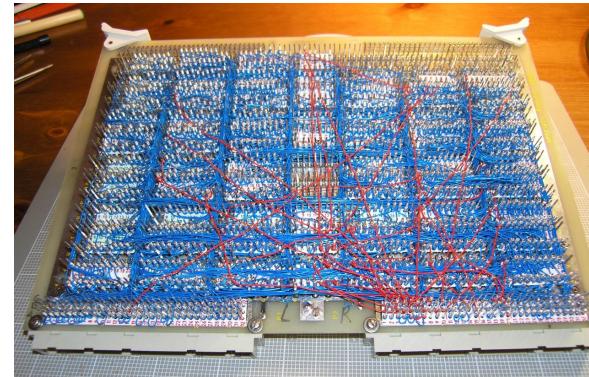
myNOR

- Günstige Alternative:
 - Auch von Dennis Kuschel
 - Single Board Computer, 49 EUR
 - CPU consists of discrete logic gates from the 74HC series.
 - This computer also has no ALU.
Only a single NOR gate is used to perform all computations such as addition, subtraction, AND, OR and XOR.
 - Can perform 2600 8-bit additions per second.
 - Has 32 kB ROM: 9 kB for the microcode and 23 kB for applications and 8kb RAM
 - More information: <http://mynor.org>



Magic-1

- <http://www.homebrewcpu.com/>
 - 16 Bit CPU
 - Minix OS



- Weitere Projekte: <https://www.homebrewcpuring.org/>