Übung zu Betriebssysteme

Ein- und Ausgabe

22. Oktober 2025

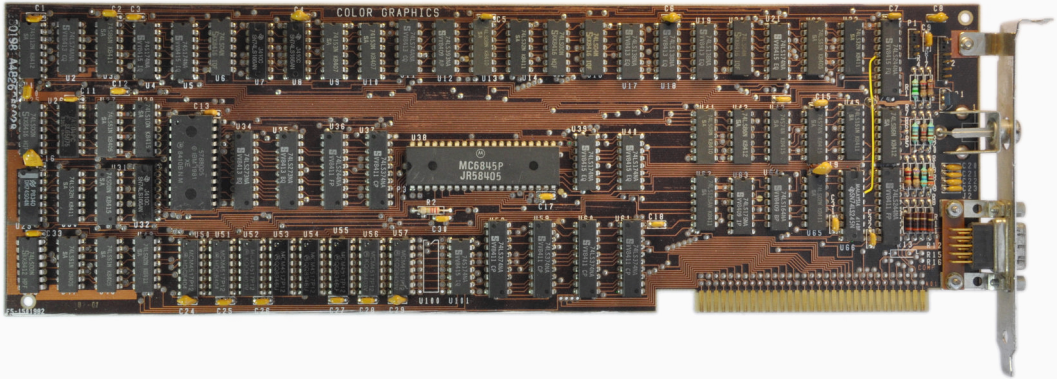
Maximilian Ott, Luis Gerhorst, Dustin Nguyen, Phillip Raffeck & Bernhard Heinloth

Lehrstuhl für Informatik 4
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Lehrstuhl für Verteilte Systeme
und Betriebssysteme

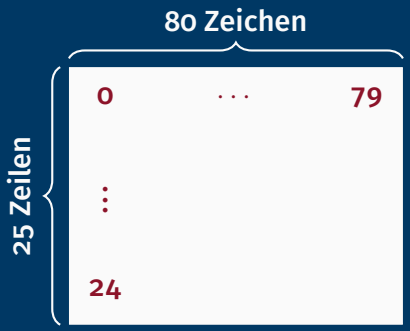
Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Color Graphics Adapter



Quelle: Wikipedia

Der CGA Bildschirm ...



… zwei Bytes pro Zeichen …

1. Byte: **ASCII Zeichen**

… zwei Bytes pro Zeichen …

1. Byte: **ASCII Zeichen**

… zwei Bytes pro Zeichen …

1. Byte: **ASCII Zeichen**
2. Byte: **Darstellungsattribut**

… zwei Bytes pro Zeichen …

1. Byte: **ASCII Zeichen**

2. Byte: **Darstellungsattribut**

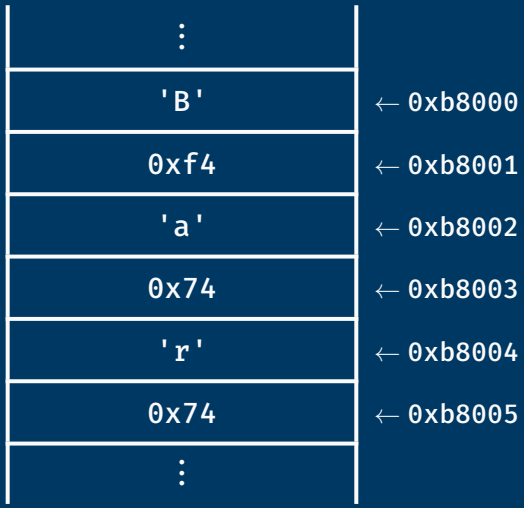
… zwei Bytes pro Zeichen …

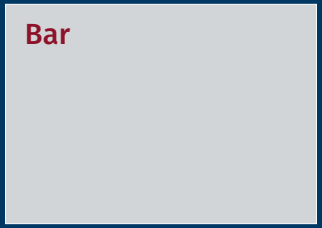
1. Byte: **ASCII Zeichen**

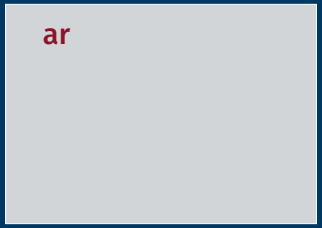
2. Byte: **Darstellungsattribut**

0	schwarz	4	rot	8	dunkelgrau	12	hellrot
1	blau	5	magenta	9	hellblau	13	hellmagenta
2	grün	6	braun	10	hellgrün	14	gelb
3	cyan	7	hellgrau	11	hellcyan	15	weiß

...eingeblendet im Arbeitsspeicher ab `0xb8000`




Bar


ar

Rekapitulation: Bit~~schubsen~~operationen

Rekapitulation: Bit~~schubsen~~operationen

`&`	Konjunktion (bitweises UND)	`3 & 5 = 1`
`|`	Disjunktion (bitweises ODER)	`3 | 5 = 7`
`^`	exklusives ODER	`3 ^ 5 = 6`
`~`	Einerkomplement (bitweise Negation)	`~ 5 = 250`
`<<`	verschieben nach links	`12 << 2 = 48`
`>>`	verschieben nach rechts	`12 >> 2 = 3`

Rekapitulation: Bit~~schubsen~~operationen

`&`	Konjunktion (bitweises UND)	`3 & 5 = 1`
`|`	Disjunktion (bitweises ODER)	`3 | 5 = 7`
`^`	exklusives ODER	`3 ^ 5 = 6`
`~`	Einerkomplement (bitweise Negation)	`~ 5 = 250`
`<<`	verschieben nach links	`12 << 2 = 48`
`>>`	verschieben nach rechts	`12 >> 2 = 3`

`x |= (1 << n)` Setze das `n`te Bit in `x`

`x &= ~(1 << n)` Lösche das `n`te Bit in `x`

Ansprechen von einzelnen Bits

- Bitmasken und logische Bitoperationen

Ansprechen von einzelnen Bits

- Bitmasken und logische Bitoperationen
- Bitfelder in C/C++

```
struct cga_attrib {
    unsigned char fg : 4,
                  bg : 3,
                  bl : 1;
};

struct cga_attrib a;
a.fg = 4;  // rot
a.bg = 7;  // hellgrau
a.bl = 1;  // blinken
```

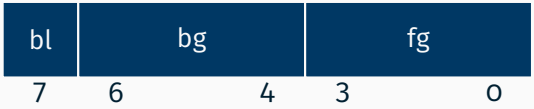
Ansprechen von einzelnen Bits

- Bitmasken und logische Bitoperationen
- Bitfelder in C/C++

```
struct cga_attrib {
    unsigned char fg : 4,
                  bg : 3,
                  bl : 1;
};

struct cga_attrib a;
a.fg = 4;  // rot
a.bg = 7;  // hellgrau
a.bl = 1;  // blinken
```

Layout mit GCC auf x86:



Einschub: Füllen von Strukturen

```
struct Test {
    char foo[3];
    int bar;
    bool baz;
};

cout << sizeof(Test);
```

Einschub: Füllen von Strukturen

```
struct Test {
    char foo[3]; // 3 Byte
    int bar;     // 4 Byte
    bool baz;    // 1 Byte
};

cout << sizeof(Test);
```

Einschub: Füllen von Strukturen

```
struct Test {
    char foo[3]; // 3 Byte
    int bar;     // 4 Byte
    bool baz;    // 1 Byte
};

cout << sizeof(Test); // "12"
```

Einschub: Füllen von Strukturen

```
struct Test {
    char foo[3]; // 3 Byte
    int bar;     // 4 Byte
    bool baz;    // 1 Byte
} __attribute__((packed));

cout << sizeof(Test); // "8"
```

Einschub: Füllen von Strukturen

```
struct Test {
    char foo[3]; // 3 Byte
    int bar;     // 4 Byte
    bool baz;    // 1 Byte
} __attribute__((packed));

static_assert(sizeof(Test) == 8, "Test kaputt");
```

Schreibmarke (Cursor)

Schreibmarke (Cursor)_

Entweder Cursorposition in Software merken...

… oder Cursorposition aus Hardware auslesen

… oder Cursorposition aus Hardware auslesen

- CGA hat 18 Steuerregister mit je 8 Bit

0	Horizontal Total	w
1	Horizontal Displayed	w
2	H. Sync Position	w
3	H. Sync Width	w
4	Vertical Total	w
5	V. Total Adjust	w
6	Vertical Displayed	w
7	V. Sync Position	w
8	Interlace Mode	w
9	Max Scan Line Address	w
10	Cursor Start	w
11	Cursor End	w
12	Start Address (high)	w
13	Start Address (low)	w
14	Cursor (high)	rw
15	Cursor (low)	rw
16	Light Pen (high)	r
17	Light Pen (low)	r

… oder Cursorposition aus Hardware auslesen

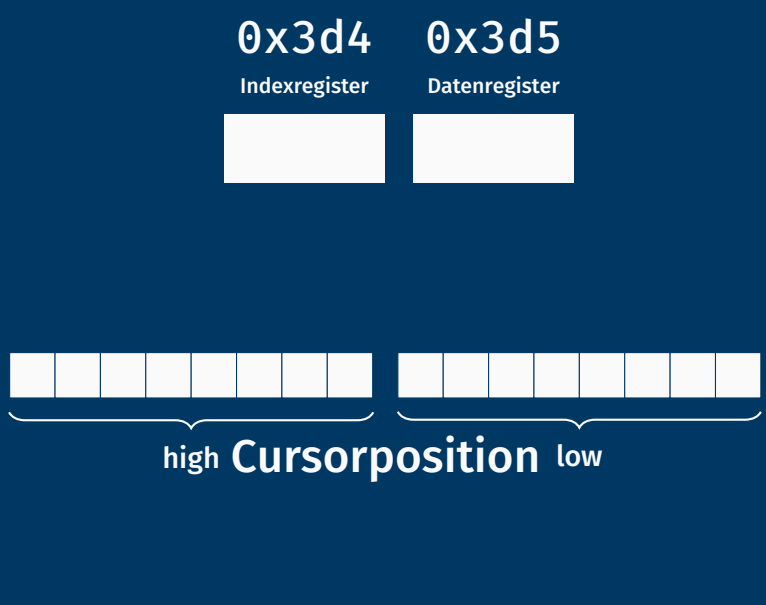
- CGA hat 18 Steuerregister mit je 8 Bit
- Position in Register 14 (high) und 15 (low)

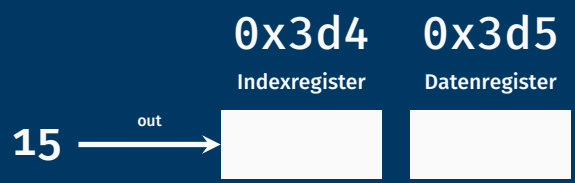
0	Horizontal Total	w
1	Horizontal Displayed	w
2	H. Sync Position	w
3	H. Sync Width	w
4	Vertical Total	w
5	V. Total Adjust	w
6	Vertical Displayed	w
7	V. Sync Position	w
8	Interlace Mode	w
9	Max Scan Line Address	w
10	Cursor Start	w
11	Cursor End	w
12	Start Address (high)	w
13	Start Address (low)	w
14	Cursor (high)	rw
15	Cursor (low)	rw
16	Light Pen (high)	r
17	Light Pen (low)	r

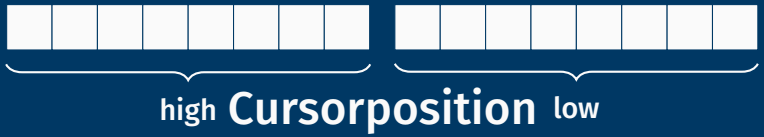
… oder Cursorposition aus Hardware auslesen

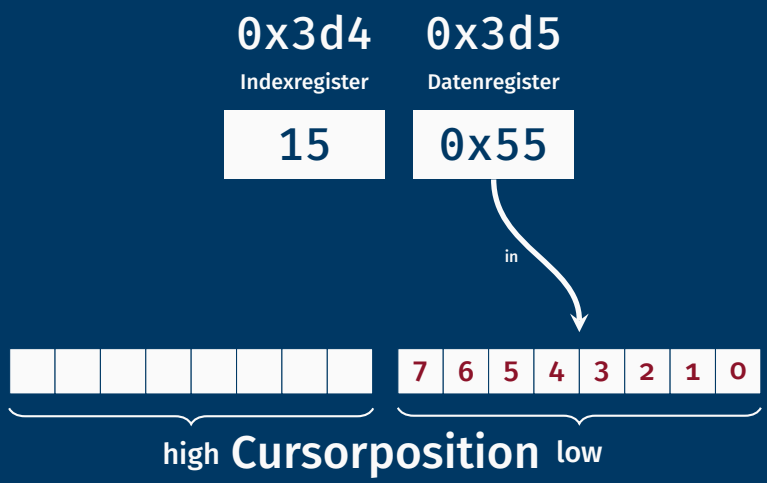
- CGA hat 18 Steuerregister mit je 8 Bit
- Position in Register 14 (high) und 15 (low)
- Nur indirekter Zugriff über Index- (`0x3d4`) und Datenregister (`0x3d5`)

0	Horizontal Total	w
1	Horizontal Displayed	w
2	H. Sync Position	w
3	H. Sync Width	w
4	Vertical Total	w
5	V. Total Adjust	w
6	Vertical Displayed	w
7	V. Sync Position	w
8	Interlace Mode	w
9	Max Scan Line Address	w
10	Cursor Start	w
11	Cursor End	w
12	Start Address (high)	w
13	Start Address (low)	w
14	Cursor (high)	rw
15	Cursor (low)	rw
16	Light Pen (high)	r
17	Light Pen (low)	r


0x3d4
Indexregister
0x3d5
Datenregister
high Cursorposition low

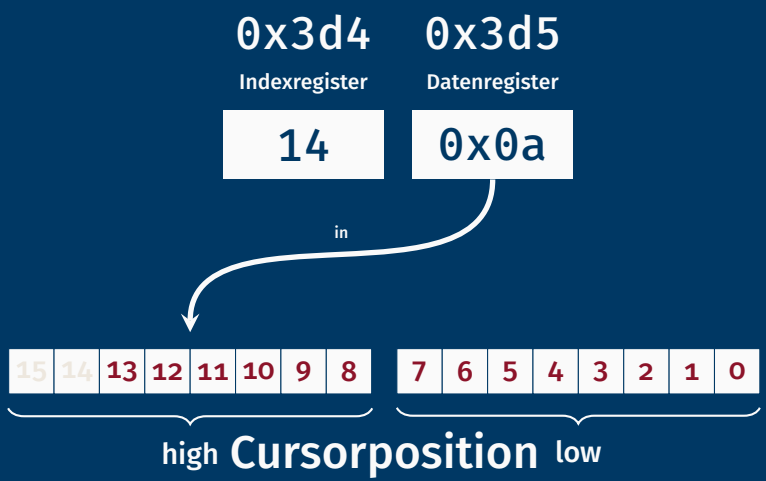

0x3d4
0x3d5
Indexregister
Datenregister
15
out


high Cursorposition low

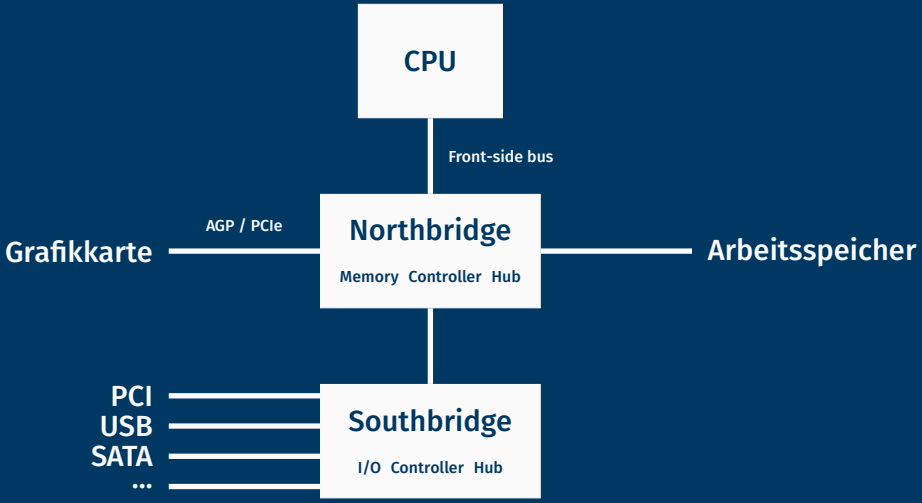

0x3d4
0x3d5
Indexregister
Datenregister
15
0x55
in
7 6 5 4 3 2 1 0
high Cursorposition low

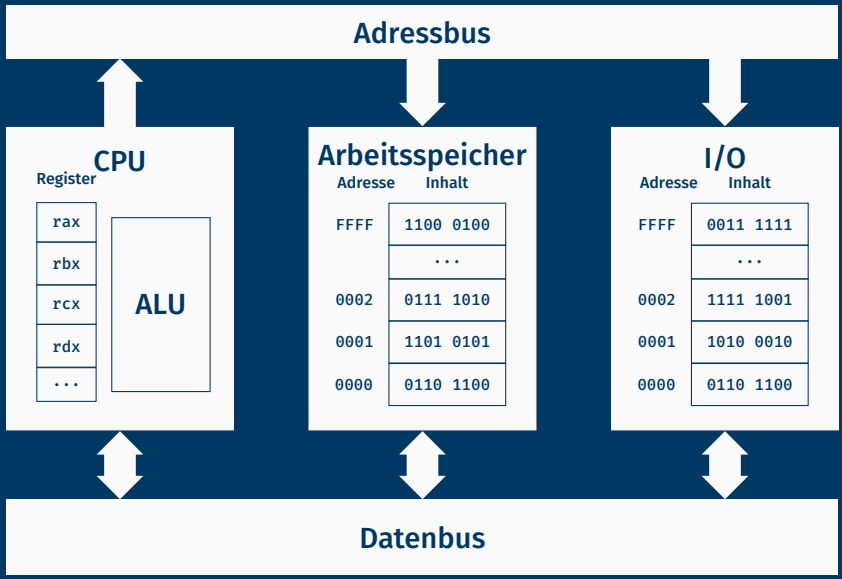

0x3d4
0x3d5
Indexregister
Datenregister
14
out
15
0x55

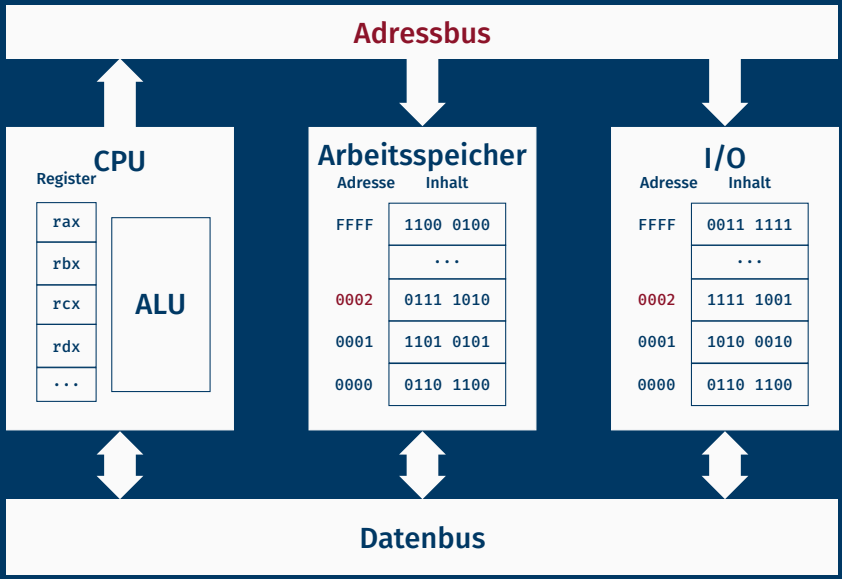

7 6 5 4 3 2 1 0
high Cursorposition low

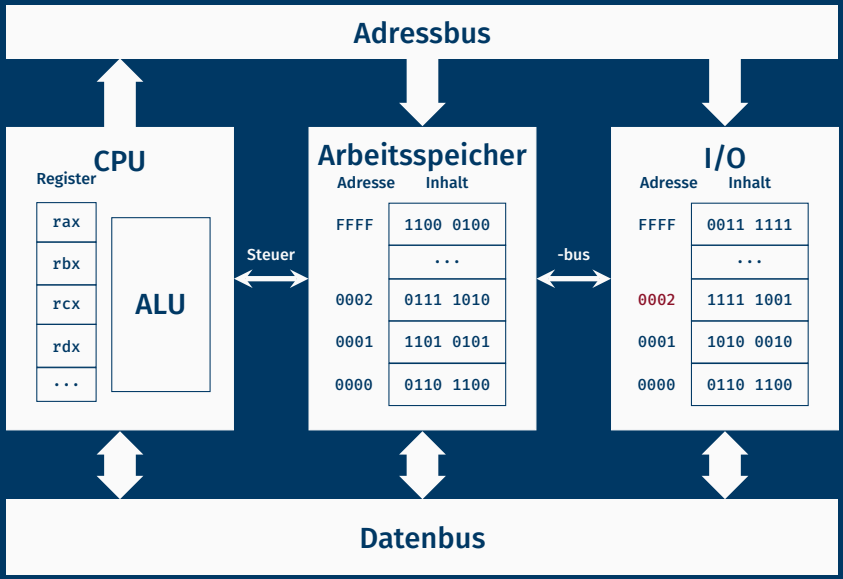

0x3d4
Indexregister
0x3d5
Datenregister
14
0x0a
in
15 14 13 12 11 10 9 8
7 6 5 4 3 2 1 0
high Cursorposition low

Kleiner Exkurs:
Zugriff auf Arbeitsspeicher vs. I/O


CPU
Front-side bus
AGP / PCIe
Grafikkarte
Northbridge
Memory Controller Hub
Arbeitsspeicher
PCI
USB
SATA
...
Southbridge
I/O Controller Hub


Adressbus
CPU
Register
rax
rbx
rcx
rdx
...
ALU
Arbeitsspeicher
Adresse
Inhalt
FFFF
1100 0100
...
0002
0111 1010
0001
1101 0101
0000
0110 1100
I/O
Adresse
Inhalt
FFFF
0011 1111
...
0002
1111 1001
0001
1010 0010
0000
0110 1100
Datenbus

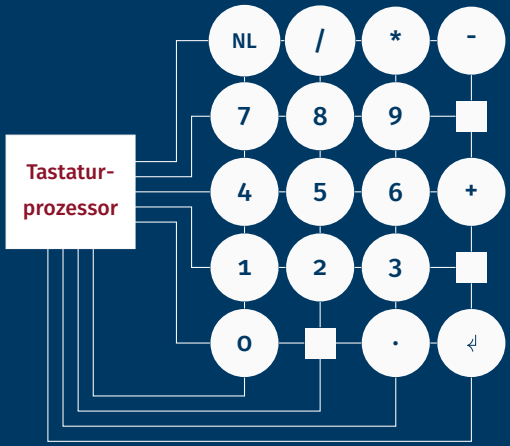

Adressbus
CPU
Register
rax
rbx
rcx
rdx
...
ALU
Arbeitsspeicher
Adresse
Inhalt
FFFF
1100 0100
...
0002
0111 1010
0001
1101 0101
0000
0110 1100
I/O
Adresse
Inhalt
FFFF
0011 1111
...
0002
1111 1001
0001
1010 0010
0000
0110 1100
Datenbus

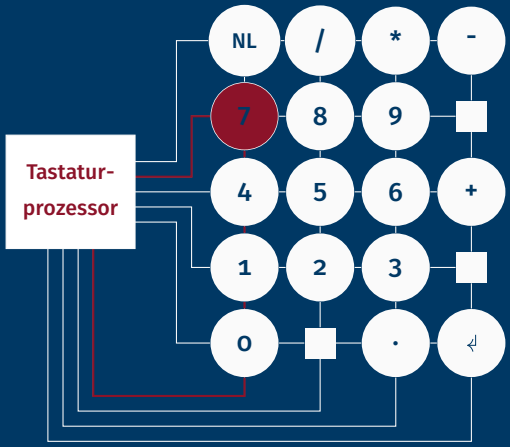

Adressbus
CPU
Register
rax
rbx
rcx
rdx
...
ALU
Steuer
Arbeitsspeicher
Adresse
Inhalt
FFFF
1100 0100
...
0002
0111 1010
0001
1101 0101
0000
0110 1100
-bus
I/O
Adresse
Inhalt
FFFF
0011 1111
...
0002
1111 1001
0001
1010 0010
0000
0110 1100
Datenbus

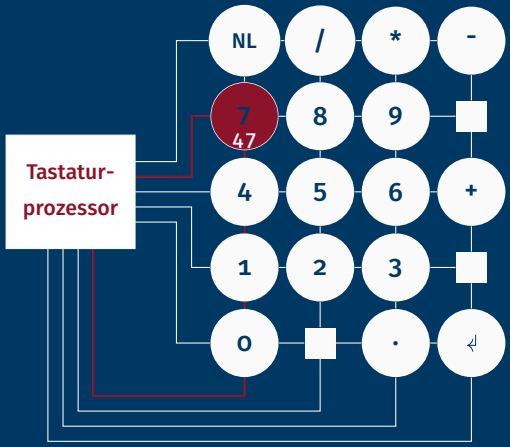
Tastatur

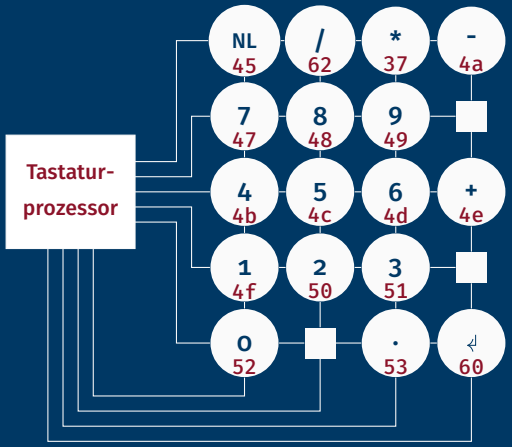
Quelle: Golem

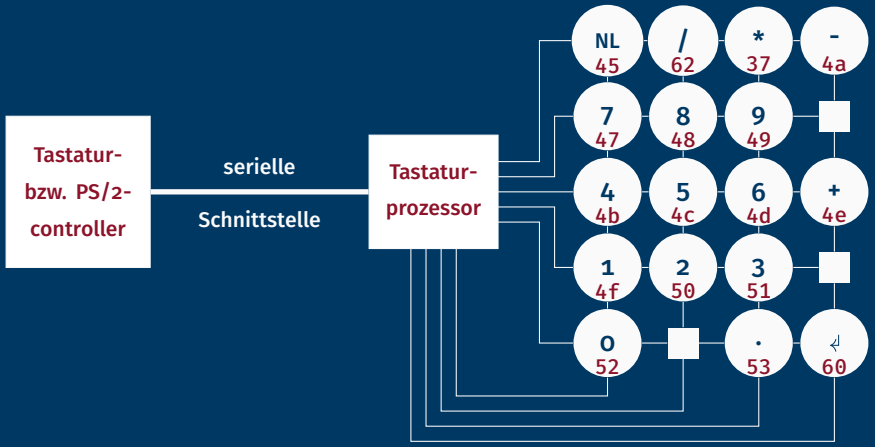
NL
/
*
-
7
8
9
4
5
6
+
1
2
3
0
.
↲

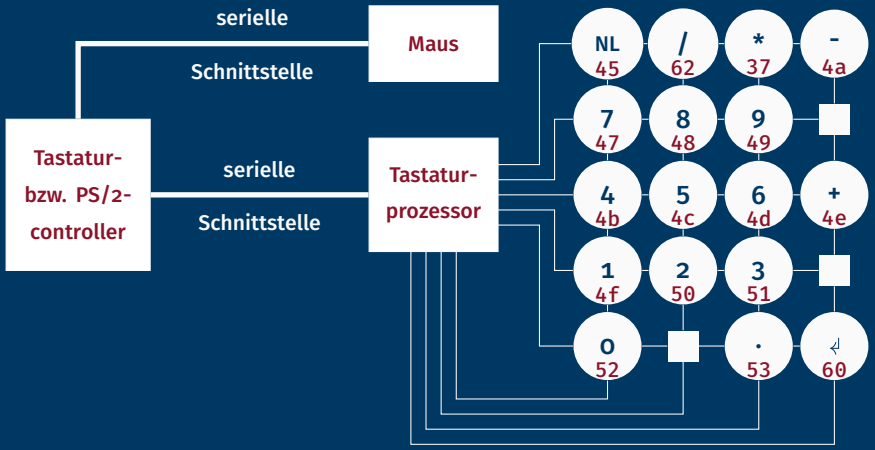

Tastatur-
prozessor
NL
/
*
-
7
8
9
4
5
6
+
1
2
3
0
.


Tastatur-
prozessor
NL
/
*
-
7
8
9
4
5
6
+
1
2
3
0
.


Tastatur-
prozessor
NL
/
*
-
7
47
8
9
4
5
6
+
1
2
3
0
.


Tastatur-
prozessor
NL
45
/
62
*
37
-
4a
7
47
8
48
9
49
4
4b
5
4c
6
4d
+
4e
1
4f
2
50
3
51
0
52
.
53
↲
60


Tastatur-
bzw. PS/2-
controller
serielle
Schnittstelle
Tastatur-
prozessor
NL
45
/
62
*
37
-
4a
7
47
8
48
9
49
4
4b
5
4c
6
4d
+
4e
1
4f
2
50
3
51
0
52
.
53
↲
60


serielle
Schnittstelle
Maus
Tastatur-
bzw. PS/2-
controller
serielle
Schnittstelle
Tastatur-
prozessor
NL
45
/
62
*
37
-
4a
7
47
8
48
9
49
4
4b
5
4c
6
4d
+
4e
1
4f
2
50
3
51
0
52
.
53
↲
60

Kommunikation mit

- Tastatur (primäres PS/2 Gerät)
- Maus (sekundäres PS/2 Gerät)
- PS/2 Controller (Konfiguration)

Kommunikation mit

- Tastatur (primäres PS/2 Gerät)
- Maus (sekundäres PS/2 Gerät)
- PS/2 Controller (Konfiguration)

über I/O Ports des PS/2 Controllers:

`0x60` Datenregister

`0x64` Kontrollregister

Kommunikation mit

- Tastatur (primäres PS/2 Gerät)
- Maus (sekundäres PS/2 Gerät)
- PS/2 Controller (Konfiguration)

über I/O Ports des PS/2 Controllers:

`0x60` Datenregister

lesen Ausgabebuffer (des gewählten PS/2 Geräts)

schreiben Eingabebuffer (des gewählten PS/2 Geräts)

`0x64` Kontrollregister

Kommunikation mit

- Tastatur (primäres PS/2 Gerät)
- Maus (sekundäres PS/2 Gerät)
- PS/2 Controller (Konfiguration)

über I/O Ports des PS/2 Controllers:

`0x60` Datenregister

- **lesen** Ausgabebuffer (des gewählten PS/2 Geräts)
- **schreiben** Eingabebuffer (des gewählten PS/2 Geräts)

`0x64` Kontrollregister

- **lesen** Statusregister
- **schreiben** Kommandoregister (des PS/2 Controllers)

SCANCODE: Tastenkennung, 7 Bit

SCANCODE: Tastenkennung, 7 Bit

MAKECODE: Tastendruck

BREAKCODE: Taste loslassen (Scancode + `0x80`)

Scancode: Tastenkennung, 7 Bit

Makecode: Tastendruck

Breakcode: Taste loslassen (Scancode + `0x80`)

ASCII: Darstellung von Zeichen, 8 Bit

SCANCODE: Tastenkennung, 7 Bit

MAKECODE: Tastendruck

BREAKCODE: Taste loslassen (Scancode + `0x80`)

ASCII: Darstellung von Zeichen, 8 Bit

➔ Umwandlung mittels (Software)Dekoder

Entwicklungsumgebung

Testumgebung

- Virtualisiert
  - **QEMU** Softwareemulation
  - **KVM** Hardware-Virtualisierung

Testumgebung

- Virtualisiert
  - **QEMU** Softwareemulation
  - **KVM** Hardware-Virtualisierung
- Nackte Hardware (*bare-metal*)
  - vier (identische) Testrechner
    - Intel© Core® i5 CPU (2 Kerne @ 3.2 GHz / 4 Threads (HT))
    - 8 GB Arbeitsspeicher
    - PS/2 Tastatur + Maus
  - Boot via Netzwerk (PXE)
  - Zugriff
    - direkt im WinCIP mittels KVM-Switch
    - entfernt mittels VNC – auch via Web: `https://i4stubs.cs.fau.de`
  - weitere Testrechner (mit 8 Threads) verfügbar

Testumgebung

- Virtualisiert
  - **QEMU** Softwareemulation
  - **KVM** Hardware-Virtualisierung
- Nackte Hardware (*bare-metal*)
  - vier (identische) Testrechner
    - Intel© Core® i5 CPU (2 Kerne @ 3.2 GHz / 4 Threads (HT))
    - 8 GB Arbeitsspeicher
    - PS/2 Tastatur + Maus
  - Boot via Netzwerk (PXE)
  - Zugriff
    - direkt im WinCIP mittels KVM-Switch
    - entfernt mittels VNC – auch via Web: `https://i4stubs.cs.fau.de`
  - weitere Testrechner (mit 8 Threads) verfügbar

Abgabe der Aufgaben auf unseren Testrechnern

Systemvoraussetzung (für zuhause)

Minimal:

- Internet
- SSH Zugang in CIP

Optimal:

- PC mit x64 Architektur
- Unixoides System
  - Referenzsysteme: **Debian 13**
  - Unter Windows **WSL** oder **VirtualBox** möglich
- Möglichkeit Softwarepakete zu installieren

Entwicklungsumgebung

- Aktueller Übersetzer (für x64)
  - Bevorzugt Gcc (≥ 7)
  - Alternativ LLVM/Clang (≥ 7)
  - Via Docker verfügbar: `inf4/stubs`
- Assemblierer Netwide Assembler (nasm)
- Buildtools (u.a. Make, `objcopy`)
- Emulator Qemu/KVM (für x86_64 Gast)
- Debugger Gdb
- *Optional:* Python für `cpplint`
- *Optional:* GNU Grub & GNU Xorriso für ISO

Wichtige Makefile Targets

make qemu QEMU **ohne** Hardware-Virtualisierung

make kvm QEMU **mit** Hardware-Virtualisierung

Wichtige Makefile Targets

make qemu	QEMU **ohne** Hardware-Virtualisierung
make kvm	QEMU **mit** Hardware-Virtualisierung
make qemu-gdb	starte in QEMU und verbinde zu integrierten GDB-Stub ➔ Fehlersuche mit gdb
make kvm-gdb	selbiges mit Hardware-Virtualisierung

Wichtige Makefile Targets

make qemu	QEMU **ohne** Hardware-Virtualisierung
make kvm	QEMU **mit** Hardware-Virtualisierung
make qemu-gdb	starte in QEMU und verbinde zu integrierten GDB-Stub ➔ Fehlersuche mit gdb
make kvm-gdb	selbiges mit Hardware-Virtualisierung
make netboot	für Boot am Test-Rechner ins NFS kopieren

Suffix **-dbg** für Debugtransparente Optimierungen (`-Og` & Framepointer)
Suffix **-noopt** um Optimierungen auszuschalten (sonst `-O3`)
Suffix **-opt** für aggressive Optimierungen (`-Ofast` und LTO)
Suffix **-verbose** aktiviert zusätzliche Ausgaben (DBG_VERBOSE)

Weitere Makefile Targets

make iso	erstelle ein bootfähiges ISO-Abbild
make qemu-iso	boote das Abbild in QEMU
make usb-*dev*	bootfähigen USB-Stick auf ***dev*** (z.B. *sdb* - aber Vorsicht!) erstellen (als Superuser)

Weitere Makefile Targets

make iso	erstelle ein bootfähiges ISO-Abbild
make qemu-iso	boote das Abbild in QEMU
make usb-*dev*	bootfähigen USB-Stick auf ***dev*** (z.B. *sdb* - aber Vorsicht!) erstellen (als Superuser)
make solution-#	Musterlösung zur Aufgabe **#** mit Hardware-Virtualisierung starten (auf Testrechner bereits installiert)
make lint	prüft die Konformität des Coding Styles
make help	zeige eine Beschreibung der verfügbaren Targets an

Arbeiten mit QEMU/KVM

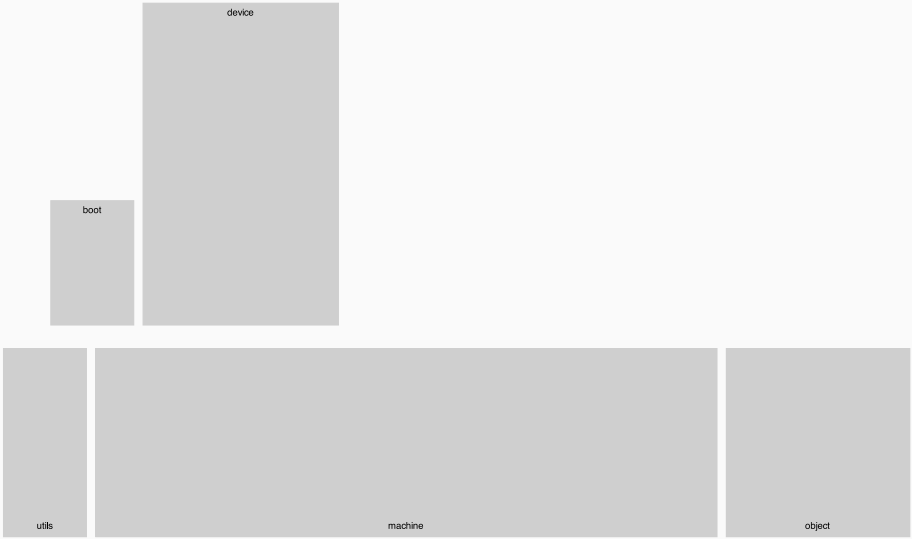
- lokale Ausführung mit **GTK** Frontend: **Linke** Ctrl + Alt Tasten
  - Maus mittels Ctrl + Alt + g *befreien*
  - Vollbild umschalten mit Ctrl + Alt + f
  - Beenden mit Ctrl + Alt + q
- lokale Ausführung mit (altem) **SDL** Frontend: **Rechte** Ctrl + Alt Tasten
  - Maus mittels Ctrl + Alt Kombination *befreien*
  - Vollbild mit Ctrl + Alt + f umschalten
  - Beenden durch wechseln in den Monitor mit Ctrl + Alt + 2 und anschließendem q
- **Curses** Frontend (z.B. bei SSH): **Linke** Alt-Taste
  - Beenden durch wechseln in den Monitor mit Alt + 2 und anschließendem q
  - Zurück zur Ausgabe mit Alt + 1

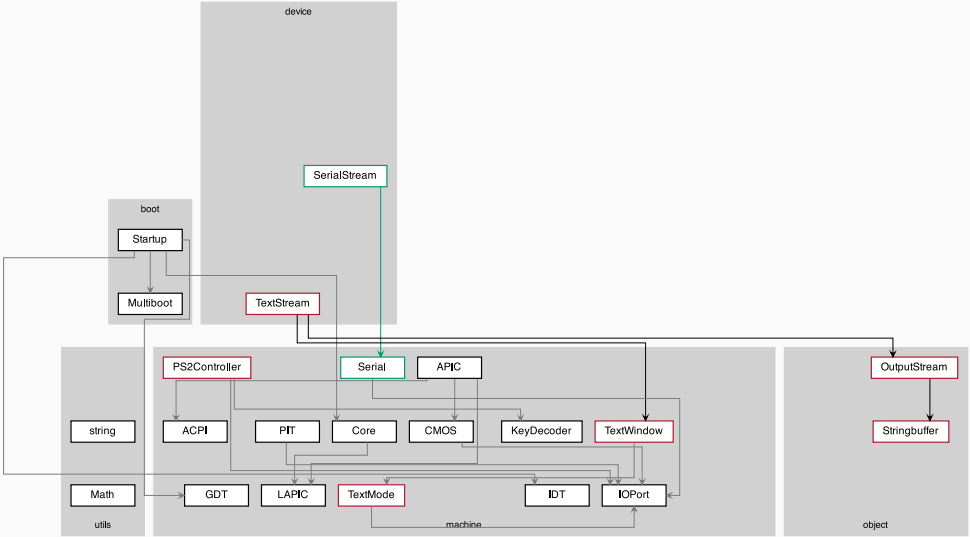
Aufgabe 1

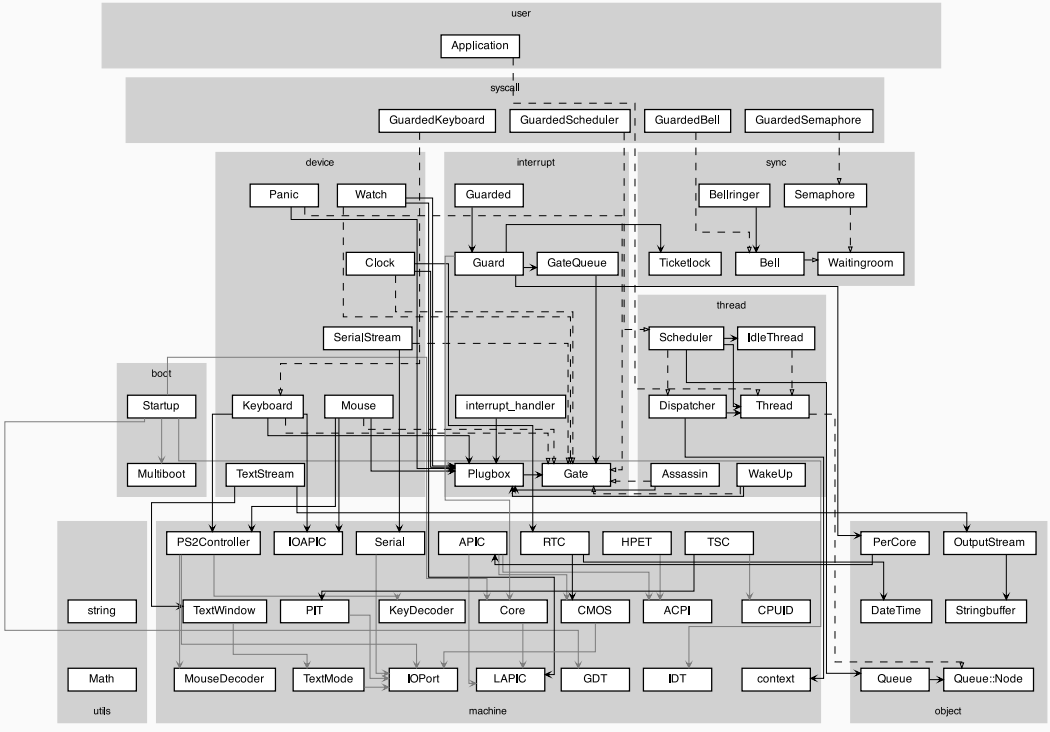
- Einarbeitung in die **Entwicklungsumgebung**

- Einarbeitung in die **Entwicklungsumgebung**
- **C++ Kenntnisse** aneignen/auffrischen

- Einarbeitung in die **Entwicklungsumgebung**
- **C++ Kenntnisse** aneignen/auffrischen
- **Hardwarenahe** Programmierung
  - Ausgabe mittels **CGA Text Mode**
  - Eingabe über die **Tastatur**
  - *Optional:* **Serielle Schnittstelle**


device
boot
utils
machine
object


device
SerialStream
boot
Startup
Multiboot
TextStream
PS2Controller
Serial
APIC
OutputStream
string
ACPI
PIT
Core
CMOS
KeyDecoder
TextWindow
Stringbuffer
Math
GDT
LAPIC
TextMode
IDT
IOPort
utils
machine
object


user
Application
syscall
GuardedKeyboard
GuardedScheduler
GuardedBell
GuardedSemaphore
device
interrupt
sync
Panic
Watch
Guarded
BellRinger
Semaphore
Clock
Guard
GateQueue
TicketLock
Bell
Waitingroom
thread
SerialStream
Scheduler
IdleThread
boot
Startup
Keyboard
Mouse
interrupt_handler
Dispatcher
Thread
Multiboot
TextStream
Plugbox
Gate
Assassin
WakeUp
PS2Controller
IOAPIC
Serial
APIC
RTC
HPET
TSC
PerCore
OutputStream
string
TextWindow
PIT
KeyDecoder
Core
CMOS
ACPI
CPUID
DateTime
Stringbuffer
Math
MouseDecoder
TextMode
IOPort
LAPIC
GDT
IDT
context
Queue
Queue::Node
utils
machine
object

Abgabe der 1. Aufgabe
bis Dienstag, den 11. November

Worauf legen wir Wert?

- Vollständige Umsetzung der Aufgabenstellung
- Gut getestete Implementierung (auch Randfälle)
- Ordentlicher Quelltext (mit Kommentaren)

Worauf legen wir Wert?

- Vollständige Umsetzung der Aufgabenstellung
- Gut getestete Implementierung (auch Randfälle)
- Ordentlicher Quelltext (mit Kommentaren)
- Selbstständige Arbeitsweise

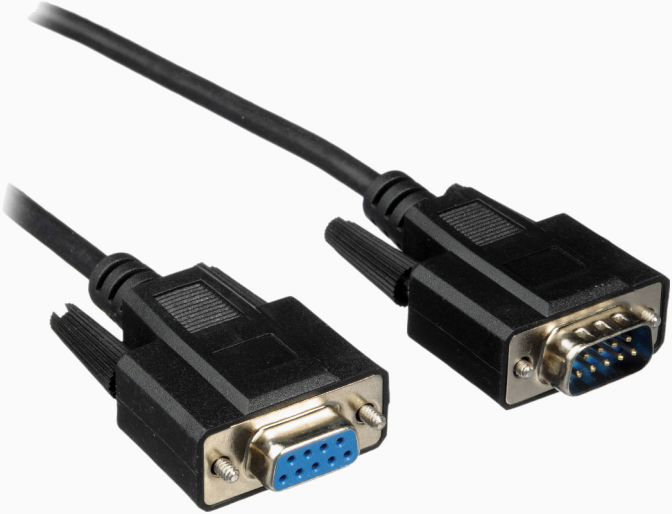
Worauf legen wir Wert?

- Vollständige Umsetzung der Aufgabenstellung
- Gut getestete Implementierung (auch Randfälle)
- Ordentlicher Quelltext (mit Kommentaren)
- Selbstständige Arbeitsweise
- Rechtzeitige Abgaben

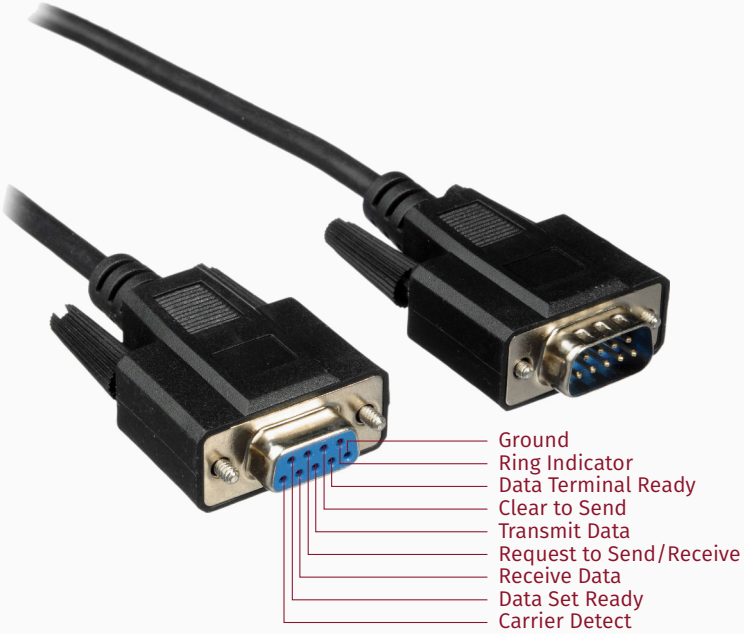
Fragen?

Zur Erinnerung: Übernächsten Mittwoch (5. November) ist das GDB-Seminar

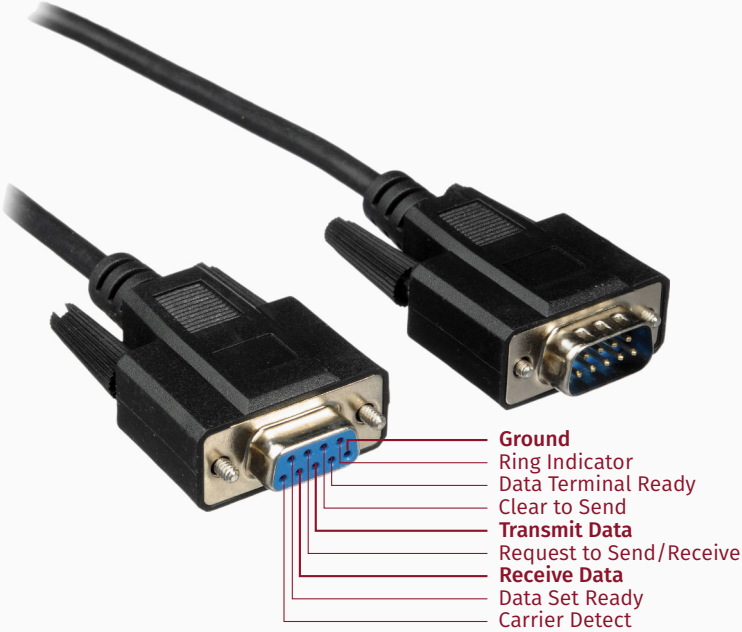
Serielle Schnittstelle



Quelle: B&H Photo Video

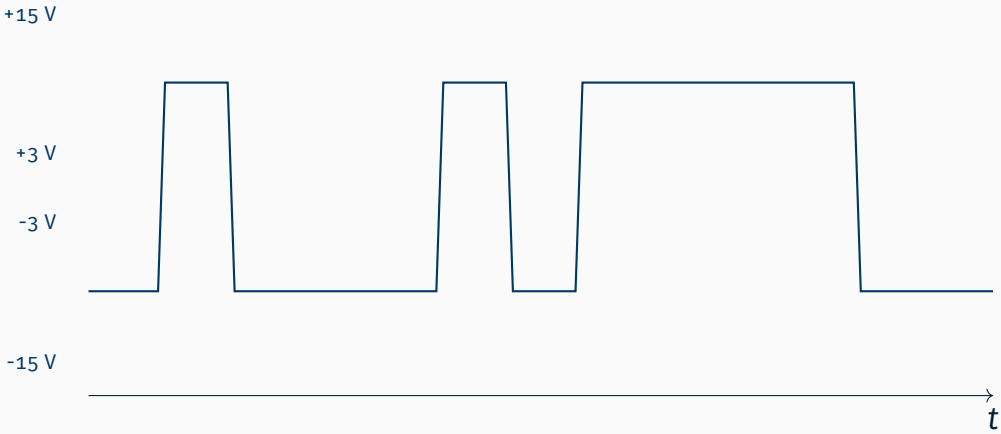


Quelle: B&H Photo Video

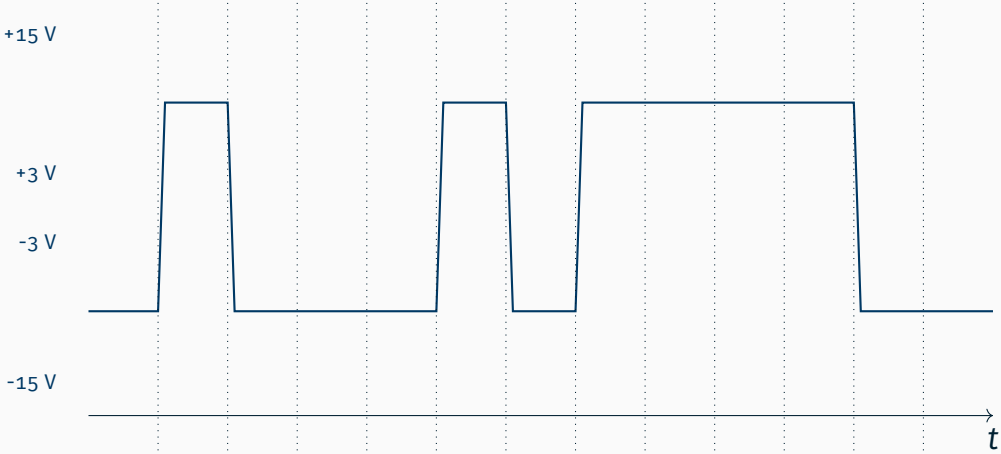


Quelle: B&H Photo Video

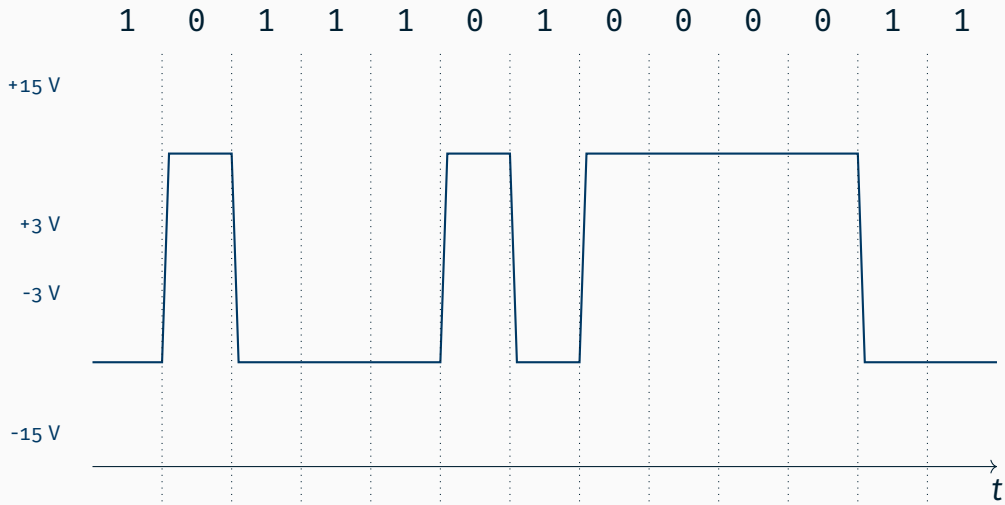
RS232



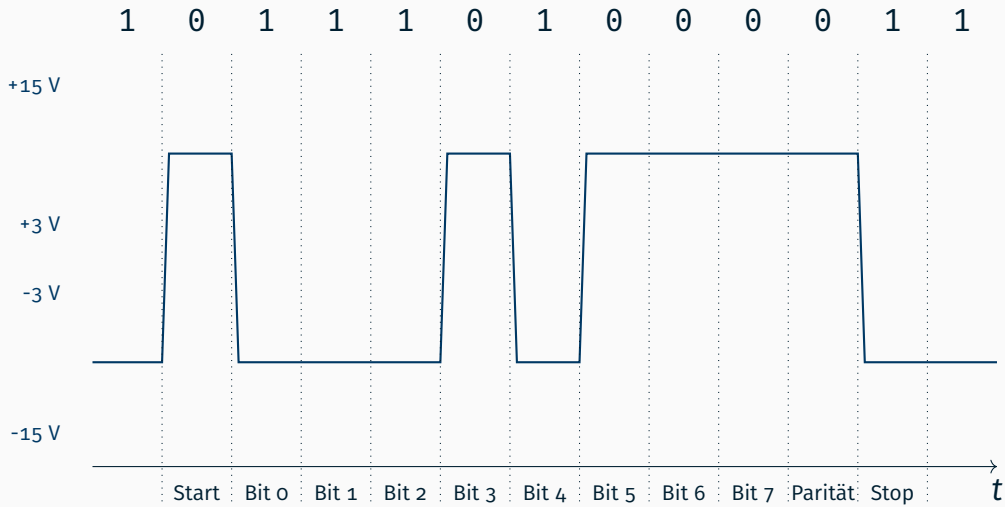
RS232



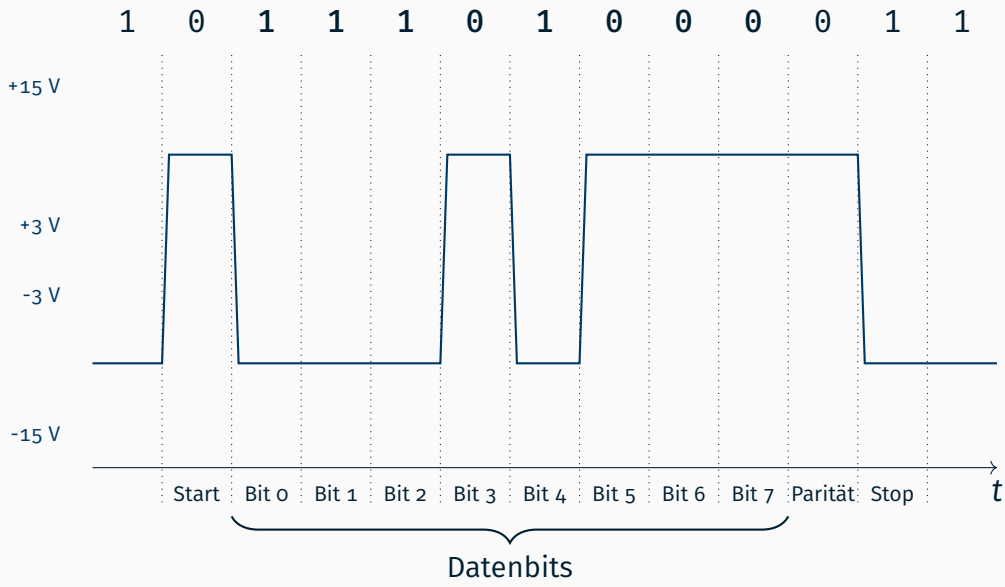
RS232



RS232


1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1
+15 V
+3 V
-3 V
-15 V
Start
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Parität
Stop
t

RS232


1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 0 1 1
+15 V
+3 V
-3 V
-15 V
Start
Bit 0
Bit 1
Bit 2
Bit 3
Bit 4
Bit 5
Bit 6
Bit 7
Parität
Stop
t
Datenbits

Serielle Schnittstelle

- Übertragungsrate (Baud rate) ist Teiler von 115 200 Hz
- Kommunikation 8-N-1 mit 9 600 Baud oft Standardeinstellung

  8 Anzahl der Datenbits
  N kein Paritätsbit
  1 Stopbit
- Aktuelle PCs haben derzeit meist maximal eine Hardwareschnittstelle (COM1)
- Controller wird über I/O-Ports programmiert

Serielle Schnittstelle (I/O-Ports)

- Übliche Basisadressen

  `0x3f8` COM1
  `0x2f8` COM2
  `0x3e8` COM3
  `0x2e8` COM4

Serielle Schnittstelle (I/O-Ports)

- Übliche Basisadressen
  - `0x3f8` COM1
  - `0x2f8` COM2
  - `0x3e8` COM3
  - `0x2e8` COM4
- 12 Register über 8 Offsetadressen
  - `0` Daten (empfangen / senden)
  - `1` Interrupt aktiviert / Teiler niederwertig
  - `2` Interruptregistration / FIFO-Control / Teiler höchstwertig
  - `3` Line-Control
  - `4` Modem-Control
  - `5` Line-Status
  - `6` Modem-Status
  - `7` Scratch

Serielle Schnittstelle (I/O-Ports)

- Übliche Basisadressen
  - `0x3f8` COM1
  - `0x2f8` COM2
  - `0x3e8` COM3
  - `0x2e8` COM4
- 12 Register über 8 Offsetadressen
  - `0` Daten (empfangen / senden)
  - `1` Interrupt aktiviert / Teiler niederwertig
  - `2` Interruptregistration / FIFO-Control / Teiler höchstwertig
  - `3` Line-Control
  - `4` Modem-Control
  - `5` Line-Status
  - `6` Modem-Status
  - `7` Scratch
- Details auf osdev.org und lowlevel.eu

Terminal

Quelle: vecchicomputer.com

ANSI-Escape-Sequenzen

- Steuercodes für Cursorposition und Textattribute
- Starten mit ESCAPE-Zeichen (27. ASCII-Zeichen, `'\e'`)

ANSI-Escape-Sequenzen

- Steuercodes für Cursorposition und Textattribute
- Starten mit ESCAPE-Zeichen (27. ASCII-Zeichen, `'\e'`)
- Wichtige Befehle

  `\e[Am` Attribute

  - **0** keine
  - **1** fett
  - **2** matt
  - **3** kursiv *
  - **4** unterstrichen
  - **5** blinkend
  - **6** blinkend (schnell) *
  - **7** invertiert
  - **8** unsichtbar *

  * wird nur selten unterstützt

ANSI-Escape-Sequenzen

- Steuercodes für Cursorposition und Textattribute
- Starten mit ESCAPE-Zeichen (27. ASCII-Zeichen, `'\e'`)
- Wichtige Befehle

`\e[Am`	Attribute
`\e[3Cm`	Vordergrundfarbe
`\e[4Cm`	Hintergrundfarbe

0	schwarz
1	rot
2	grün
3	gelb
4	blau
5	magenta
6	cyan
7	weiß
9	*Standardfarbe*

ANSI-Escape-Sequenzen

- Steuercodes für Cursorposition und Textattribute
- Starten mit ESCAPE-Zeichen (27. ASCII-Zeichen, `'\e'`)
- Wichtige Befehle

`\e[Am`	Attribute
`\e[3Cm`	Vordergrundfarbe
`\e[4Cm`	Hintergrundfarbe
`\e[Y;XH`	Cursorposition setzen

ANSI-Escape-Sequenzen

- Steuercodes für Cursorposition und Textattribute
- Starten mit ESCAPE-Zeichen (27. ASCII-Zeichen, `'\e'`)
- Wichtige Befehle

`\e[Am`	Attribute
`\e[3Cm`	Vordergrundfarbe
`\e[4Cm`	Hintergrundfarbe
`\e[Y;XH`	Cursorposition setzen
`\e[6n`	Cursorposition lesen
`\e[Y;XR`	Antwort

ANSI-Escape-Sequenzen

- Steuercodes für Cursorposition und Textattribute
- Starten mit ESCAPE-Zeichen (27. ASCII-Zeichen, `'\e'`)
- Wichtige Befehle

`\e[Am`	Attribute
`\e[3Cm`	Vordergrundfarbe
`\e[4Cm`	Hintergrundfarbe
`\e[Y;XH`	Cursorposition setzen
`\e[6n`	Cursorposition lesen
`\e[Y;XR`	Antwort
`\ec`	Reset

ANSI-Escape-Sequenzen

- Steuercodes für Cursorposition und Textattribute
- Starten mit ESCAPE-Zeichen (27. ASCII-Zeichen, `'\e'`)
- Wichtige Befehle

`\e[Am`	Attribute
`\e[3Cm`	Vordergrundfarbe
`\e[4Cm`	Hintergrundfarbe
`\e[Y;XH`	Cursorposition setzen
`\e[6n`	Cursorposition lesen
`\e[Y;XR`	Antwort
`\ec`	Reset

- Testen auf der Kommandozeile

```
01 heinloth:~$ echo -e "\ec\e[47m\e[1mF\e[31moo\e[0m"
```

ANSI-Escape-Sequenzen

- Steuercodes für Cursorposition und Textattribute
- Starten mit ESCAPE-Zeichen (27. ASCII-Zeichen, `'\e'`)
- Wichtige Befehle

`\e[Am`	Attribute
`\e[3Cm`	Vordergrundfarbe
`\e[4Cm`	Hintergrundfarbe
`\e[Y;XH`	Cursorposition setzen
`\e[6n`	Cursorposition lesen
`\e[Y;XR`	Antwort
`\ec`	Reset

- Testen auf der Kommandozeile

```
01 heinloth:~$ echo -e "\ec\e[47m\e[1mF\e[31moo\e[0m"
```

Siehe auch http://www.termsys.demon.co.uk/vtansi.htm

https://en.wikipedia.org/wiki/ANSI_escape_code