Übung zu Betriebssystembau

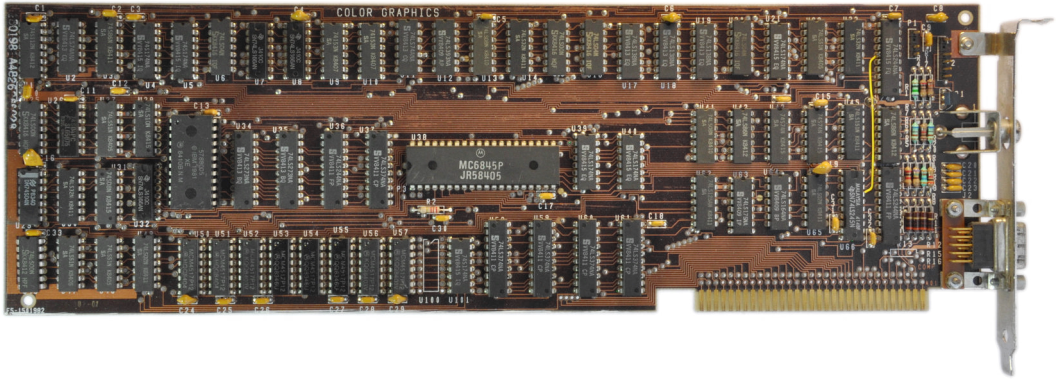
Ein- und Ausgabe

08. Oktober 2024

Alexander Krause

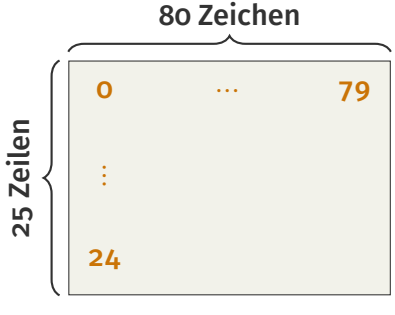
Arbeitsgruppe Systemsoftware
Technische Universität Dortmund

(Mit Material vom Lehrstuhl 4 der FAU)



Quelle: Wikipedia

Der CGA Bildschirm ...



… zwei Bytes pro Zeichen …

1. Byte: **ASCII Zeichen**

… zwei Bytes pro Zeichen …

1. Byte: **ASCII Zeichen**

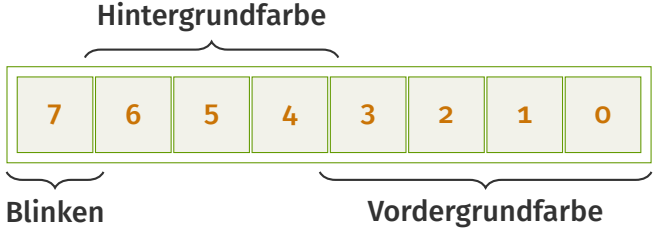
… zwei Bytes pro Zeichen …

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

… zwei Bytes pro Zeichen …

1. Byte: **ASCII Zeichen**

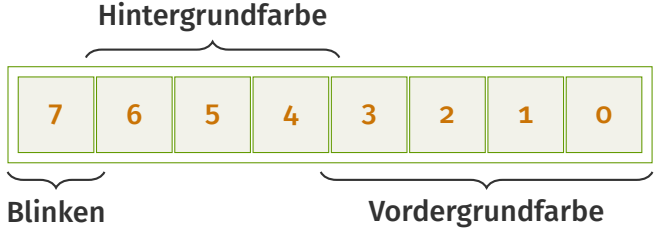
2. Byte: **Darstellungsattribut**



… zwei Bytes pro Zeichen …

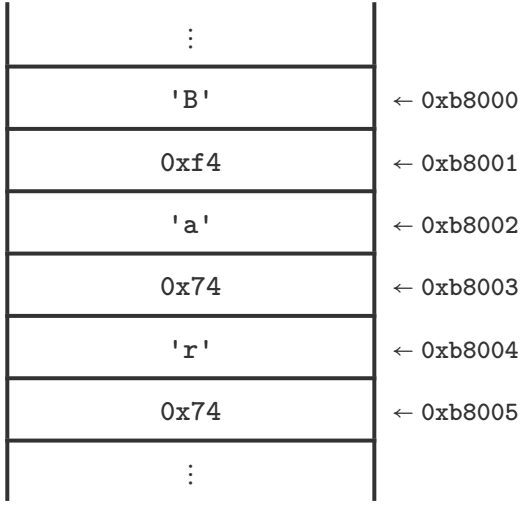
1. Byte: **ASCII Zeichen**

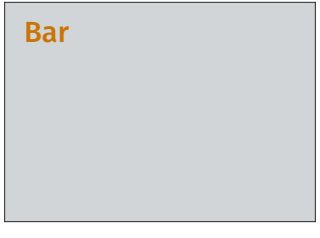
2. Byte: **Darstellungsattribut**

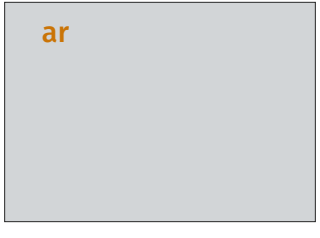


0	schwarz	4	rot	8	dunkelgrau	12	hellrot
1	blau	5	magenta	9	hellblau	13	hellmagenta
2	grün	6	braun	10	hellgrün	14	gelb
3	cyan	7	hellgrau	11	hellcyan	15	weiß

...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 logischen Bitoperationen

Ansprechen von einzelnen Bits

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

```
01 struct cga_attrib {
02     unsigned char fg : 4,
03                   bg : 3,
04                   bl : 1;
05 };
06
07 struct cga_attrib a;
08 a.fg = 4;  // rot
09 a.bg = 7;  // hellgrau
10 a.bl = 1;  // blinken
```

Ansprechen von einzelnen Bits

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

```
01 struct cga_attrib {
02     unsigned char fg : 4,
03                   bg : 3,
04                   bl : 1;
05 };
06
07 struct cga_attrib a;
08 a.fg = 4;  // rot
09 a.bg = 7;  // hellgrau
10 a.bl = 1;  // blinken
```

Layout mit GCC auf x86:

Einschub: Füllen von Strukturen

```
01 struct Test {
02     char foo[3];
03     int bar;
04     bool baz;
05 };
06
07 cout << sizeof(Test);
```

Einschub: Füllen von Strukturen

```
01 struct Test {
02     char foo[3]; // 3 Byte
03     int bar;     // 4 Byte
04     bool baz;    // 1 Byte
05 };
06
07 cout << sizeof(Test);
```

Einschub: Füllen von Strukturen

```
01 struct Test {
02     char foo[3]; // 3 Byte
03     int bar;     // 4 Byte
04     bool baz;    // 1 Byte
05 };
06
07 cout << sizeof(Test); // "12"
```

Einschub: Füllen von Strukturen

```
01 struct Test {
02     char foo[3]; // 3 Byte
03     int bar;     // 4 Byte
04     bool baz;    // 1 Byte
05 } __attribute__((packed));
06
07 cout << sizeof(Test); // "8"
```

Einschub: Füllen von Strukturen

```
01 struct Test {
02     char foo[3]; // 3 Byte
03     int bar;     // 4 Byte
04     bool baz;    // 1 Byte
05 } __attribute__((packed));
06
07 static_assert(sizeof(Test) == 8, "Test kaputt");
```

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)

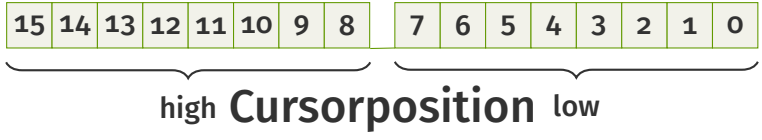
0	Horizontal Total	w
1	Horizontal Displayed	w
2	H. Sync Position	w
3	H. Sync Width	w
4	Vertical Total	w
5	V. Total Adjust	w
6	Vertical Displayed	w
7	V. Sync Position	w
8	Interlace Mode	w
9	Max Scan Line Address	w
10	Cursor Start	w
11	Cursor End	w
12	Start Address (high)	w
13	Start Address (low)	w
14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

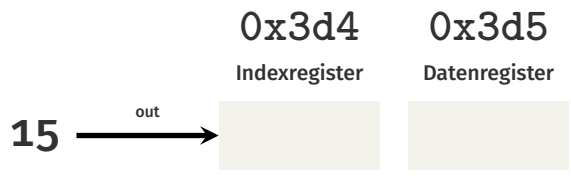
… oder Cursorposition aus Hardware auslesen

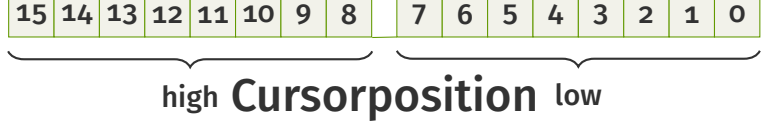
- CGA hat 18 Steuerregister mit je 8 Bit
- Position in Register 14 (high) und 15 (low)
- Nur indirekter Zugriff über Index- (0x3d4) und Datenregister (0x3d5)

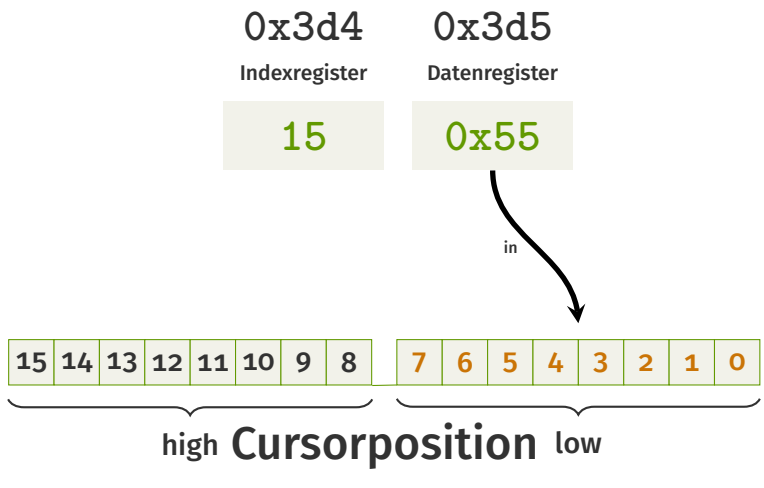
0	Horizontal Total	w
1	Horizontal Displayed	w
2	H. Sync Position	w
3	H. Sync Width	w
4	Vertical Total	w
5	V. Total Adjust	w
6	Vertical Displayed	w
7	V. Sync Position	w
8	Interlace Mode	w
9	Max Scan Line Address	w
10	Cursor Start	w
11	Cursor End	w
12	Start Address (high)	w
13	Start Address (low)	w
14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

0x3d4	0x3d5
Indexregister	Datenregister

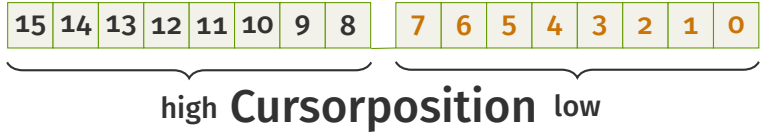


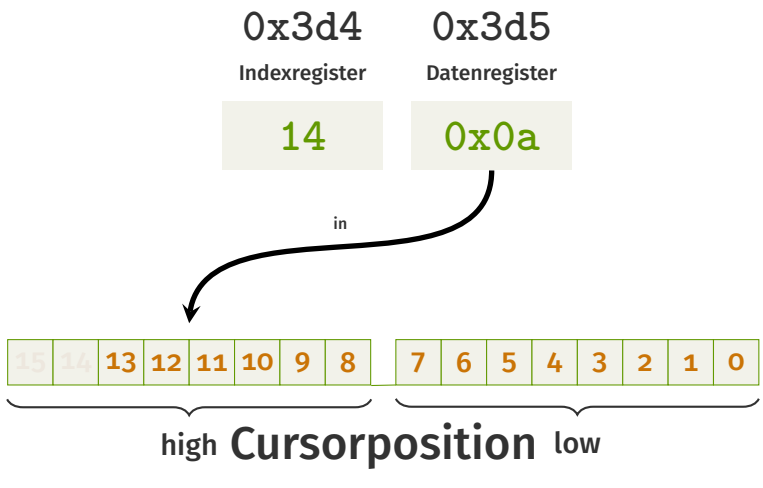

0x3d4
0x3d5
Indexregister
Datenregister
15
out

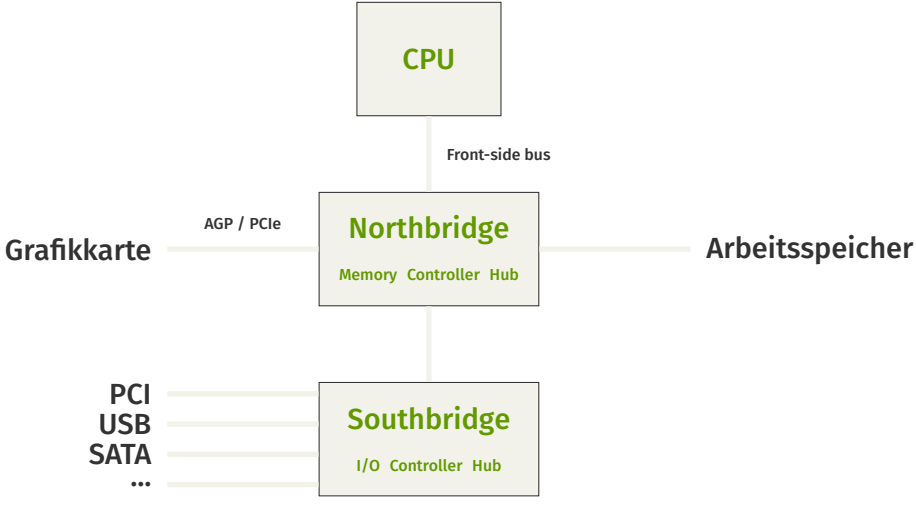

15 14 13 12 11 10 9 8
7 6 5 4 3 2 1 0
high Cursorposition low

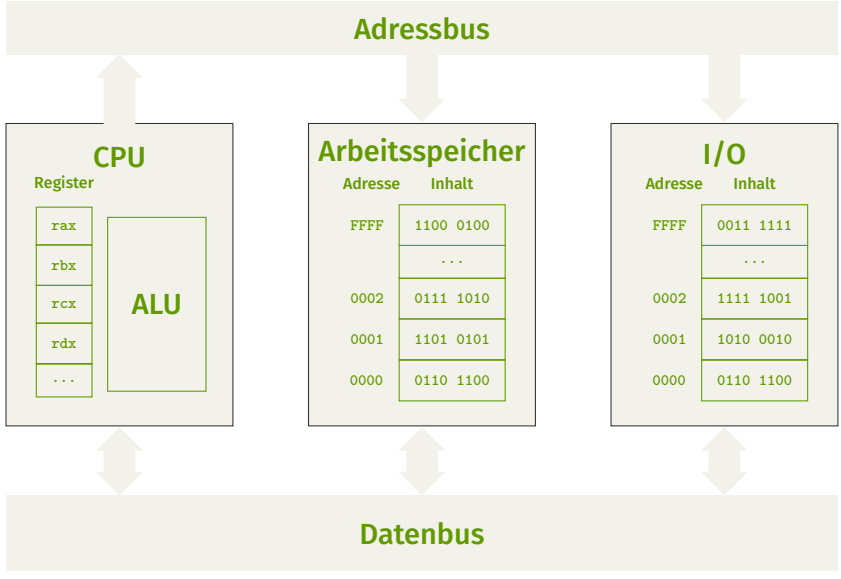

0x3d4
Indexregister
0x3d5
Datenregister
15
0x55
in
15 14 13 12 11 10 9 8
7 6 5 4 3 2 1 0
high Cursorposition low

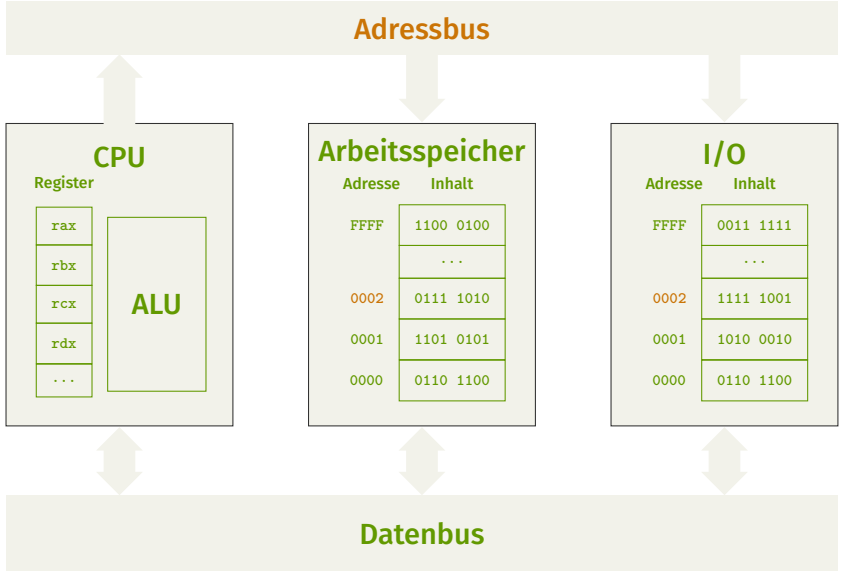

0x3d4
0x3d5
Indexregister
Datenregister
14
out
15
0x55

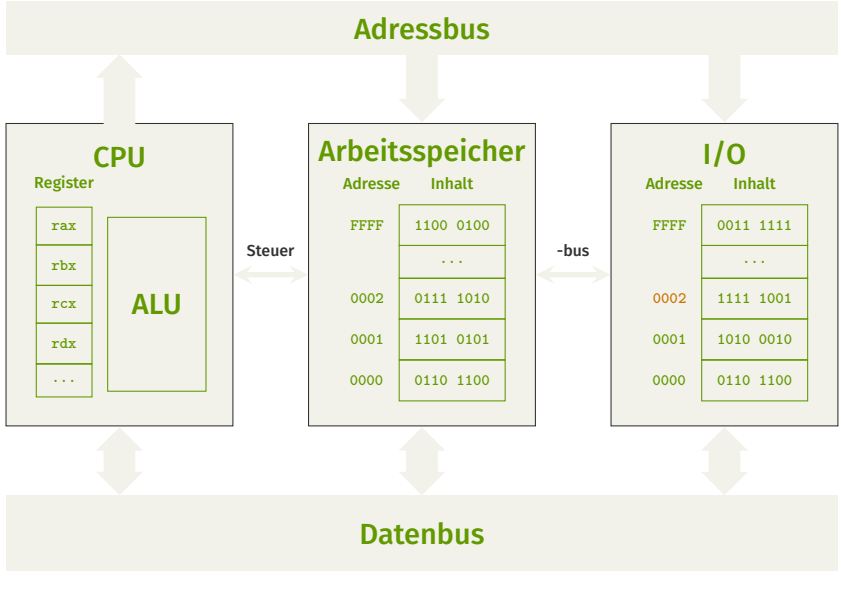

15 14 13 12 11 10 9 8
7 6 5 4 3 2 1 0
high Cursorposition low


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

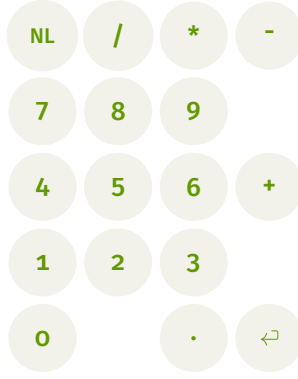

CPU
Front-side bus
AGP / PCIe
Grafikkarte
Northbridge
Memory Controller Hub
Arbeitsspeicher
PCI
USB
SATA
...
Southbridge
I/O Controller Hub

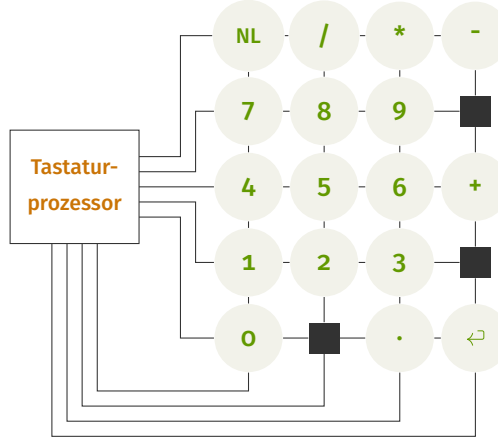

Adressbus
CPU
Register
rax
rbx
rcx
rdx
...
ALU
Arbeitsspeicher
Adresse
Inhalt
FFFF
1100 0100
...
0002
0111 1010
0001
1101 0101
0000
0110 1100
I/O
Adresse
Inhalt
FFFF
0011 1111
...
0002
1111 1001
0001
1010 0010
0000
0110 1100
Datenbus

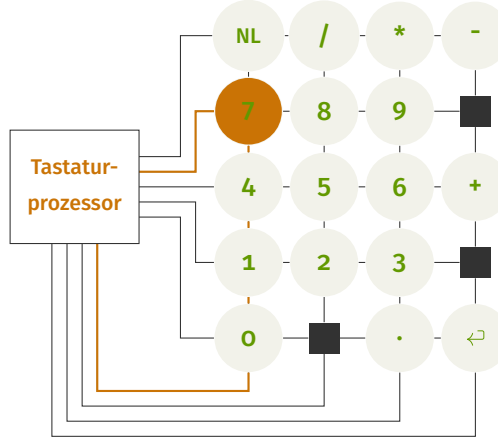

Adressbus
CPU
Register
rax
rbx
rcx
rdx
...
ALU
Arbeitsspeicher
Adresse
Inhalt
FFFF
1100 0100
...
0002
0111 1010
0001
1101 0101
0000
0110 1100
I/O
Adresse
Inhalt
FFFF
0011 1111
...
0002
1111 1001
0001
1010 0010
0000
0110 1100
Datenbus

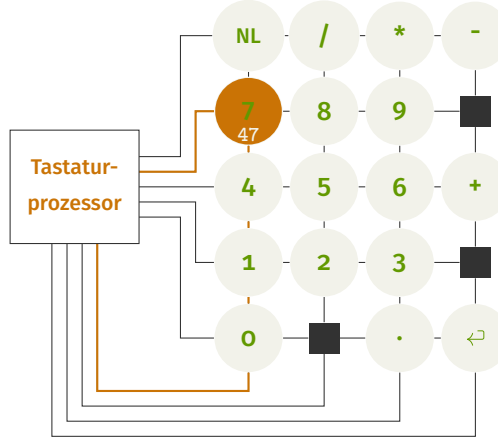

Adressbus
CPU
Register
rax
rbx
rcx
rdx
...
ALU
Steuer
Arbeitsspeicher
Adresse
Inhalt
FFFF
1100 0100
...
0002
0111 1010
0001
1101 0101
0000
0110 1100
-bus
I/O
Adresse
Inhalt
FFFF
0011 1111
...
0002
1111 1001
0001
1010 0010
0000
0110 1100
Datenbus

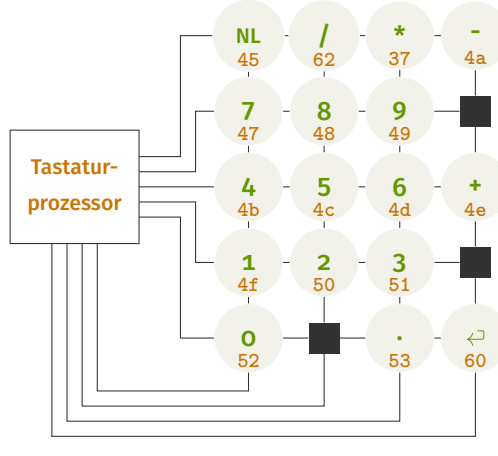
Quelle: Golem

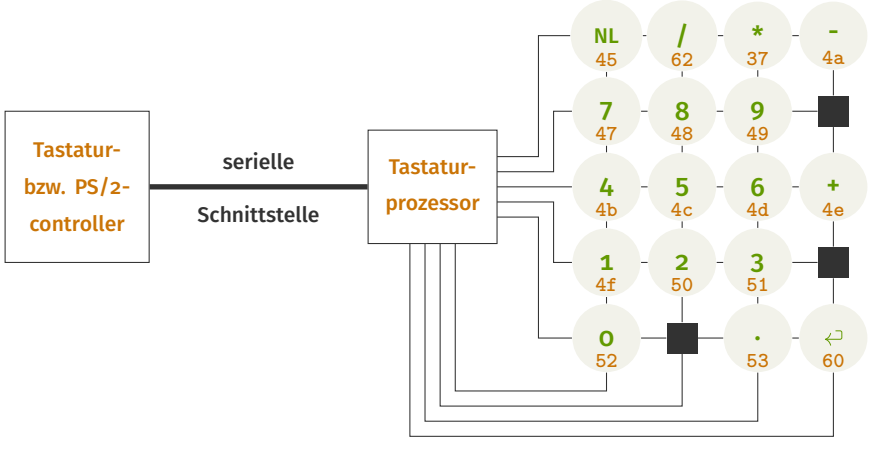

NL
/
*
-
7
8
9
4
5
6
+
1
2
3
0
.

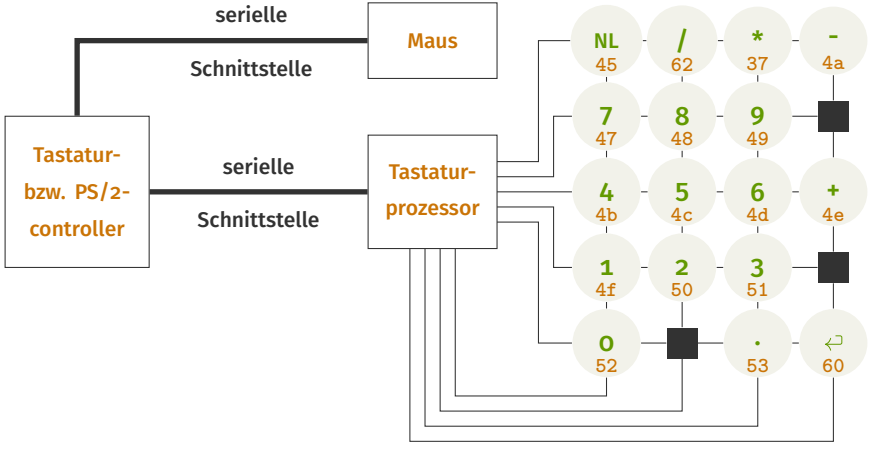

Tastatur-
prozessor
NL
/
*
-
7
8
9
4
5
6
+
1
2
3
0
.


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


NL
/
*
-
7
47
8
9
Tastatur-
prozessor
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

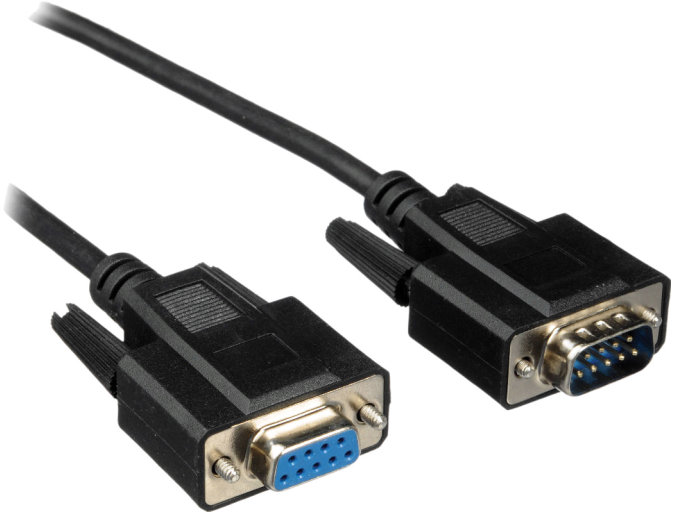
SCANCODE: Tastenkennung, 7 Bit

MAKECODE: Tastendruck

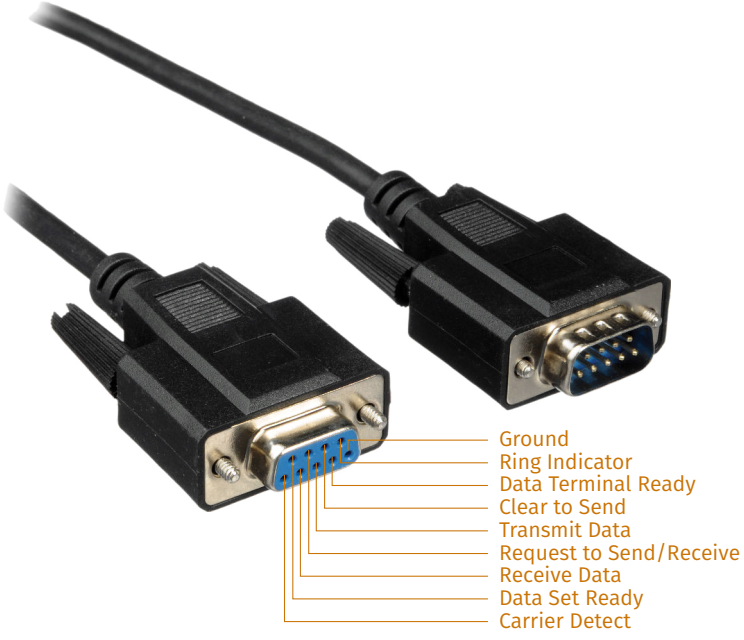
BREAKCODE: Taste loslassen (Scancode + `0x80`)

ASCII: Darstellung von Zeichen, 8 Bit

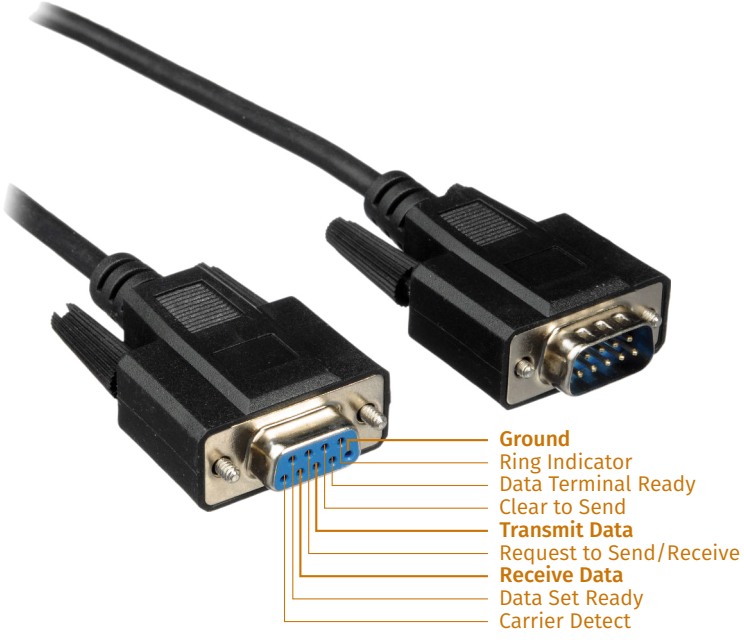
➔ Umwandlung mittels (Software)Dekoder



Quelle: B&H Photo Video

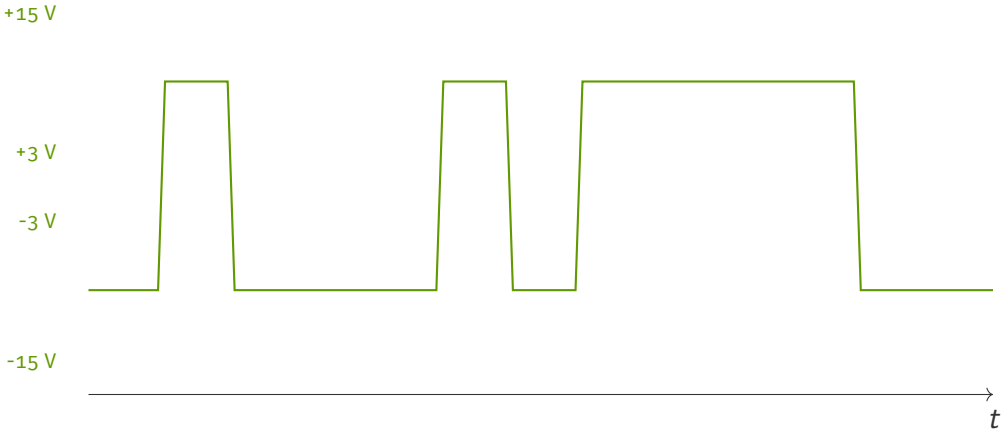


Quelle: B&H Photo Video

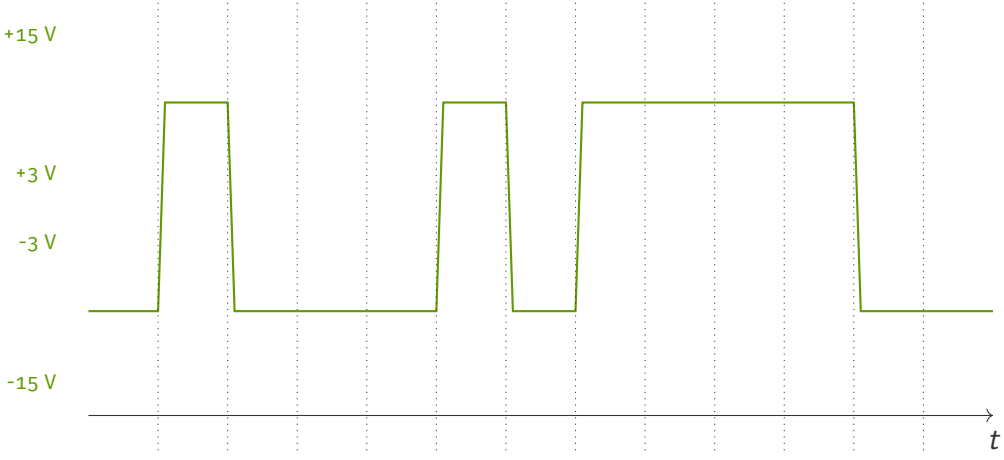


Quelle: B&H Photo Video

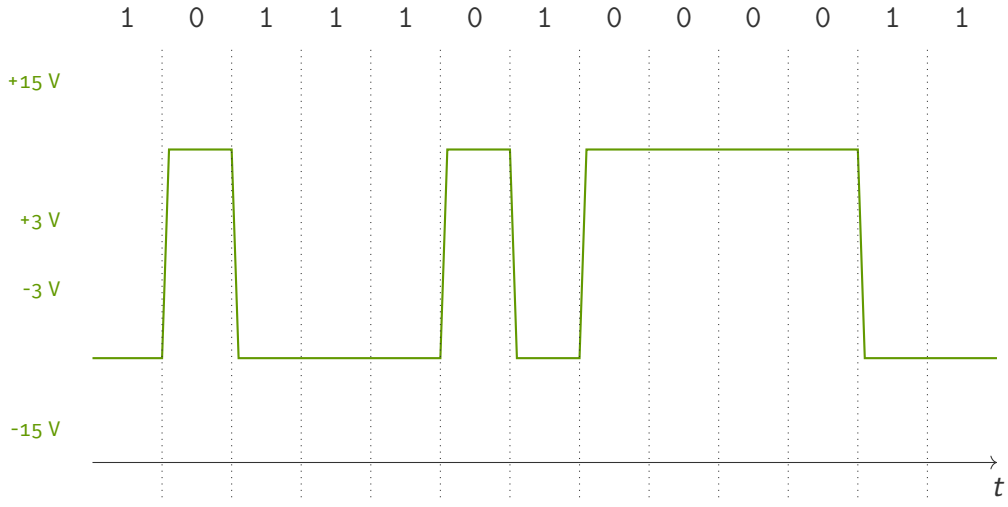
RS232



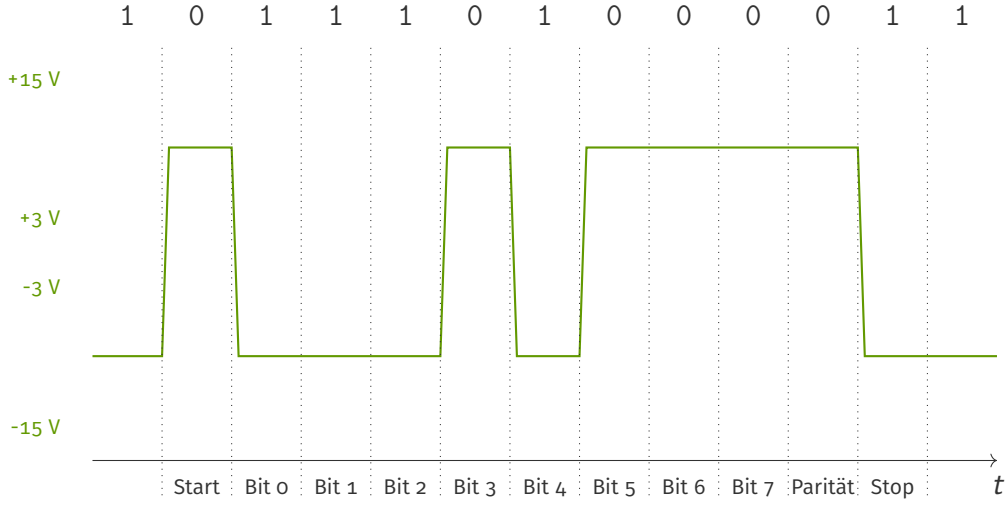
RS232



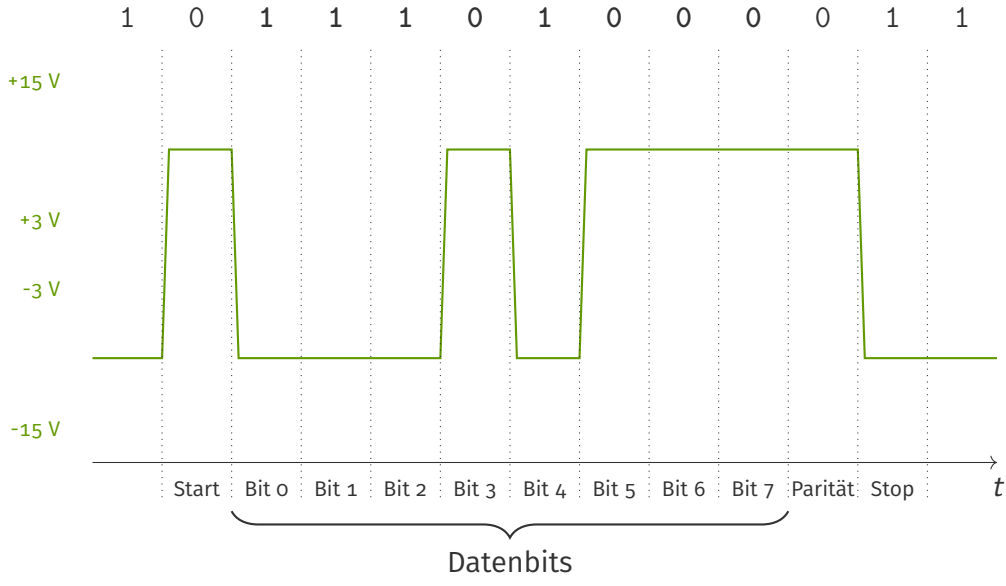
RS232



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
  - ...

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
  - ...
- Details auf osdev.org und lowlevel.eu

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 stud@bsb:~$ 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 stud@bsb:~$ echo -e "\ec\e[47m\e[1mF\e[31moo\e[0m"
```

Siehe auch http://www.termsys.demon.co.uk/vtansi.htm oder bei Wikipedia unter ANSI Escape Code

Testumgebung

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

Testumgebung

- Virtualisiert
  - **QEMU** Softwareemulation
  - **KVM** Hardware-Virtualisierung
- Nackte Hardware (*bare-metal*)
  - vier Testrechner
    - Intel© Core®-i5 4590 3,3GHz
    - 8 GB Arbeitsspeicher
    - PS/2 Tastatur + Maus
    - COM1 verbunden mit `vesta.cs.tu-dortmund.de` (`/dev/ttyBSX`)
  - Boot via Netzwerk (PXE)
  - Zugriff: entfernt mittels VNC – via Web:
    `sys.cs.tu-dortmund.de/de/lehre/ws24/bsb/rechnerverwaltung/`

Testumgebung

- Virtualisiert
  - **QEMU** Softwareemulation
  - **KVM** Hardware-Virtualisierung
- Nackte Hardware (*bare-metal*)
  - vier Testrechner
    - Intel© Core®-i5 4590 3,3GHz
    - 8 GB Arbeitsspeicher
    - PS/2 Tastatur + Maus
    - COM1 verbunden mit `vesta.cs.tu-dortmund.de` (`/dev/ttyBSX`)
  - Boot via Netzwerk (PXE)
  - Zugriff: entfernt mittels VNC – via Web:
    `sys.cs.tu-dortmund.de/de/lehre/ws24/bsb/rechnerverwaltung/`

Abgabe der Aufgaben auf unseren Testrechnern

Systemvoraussetzung (für zuhause)

Minimal:

- Internet
- SSH-Zugang zum Sys-Labor

Optimal:

- PC mit x64 Architektur
- Unixoides System
  - Referenzsysteme: **Debian 11** und **Ubuntu 20.04**
  - 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)

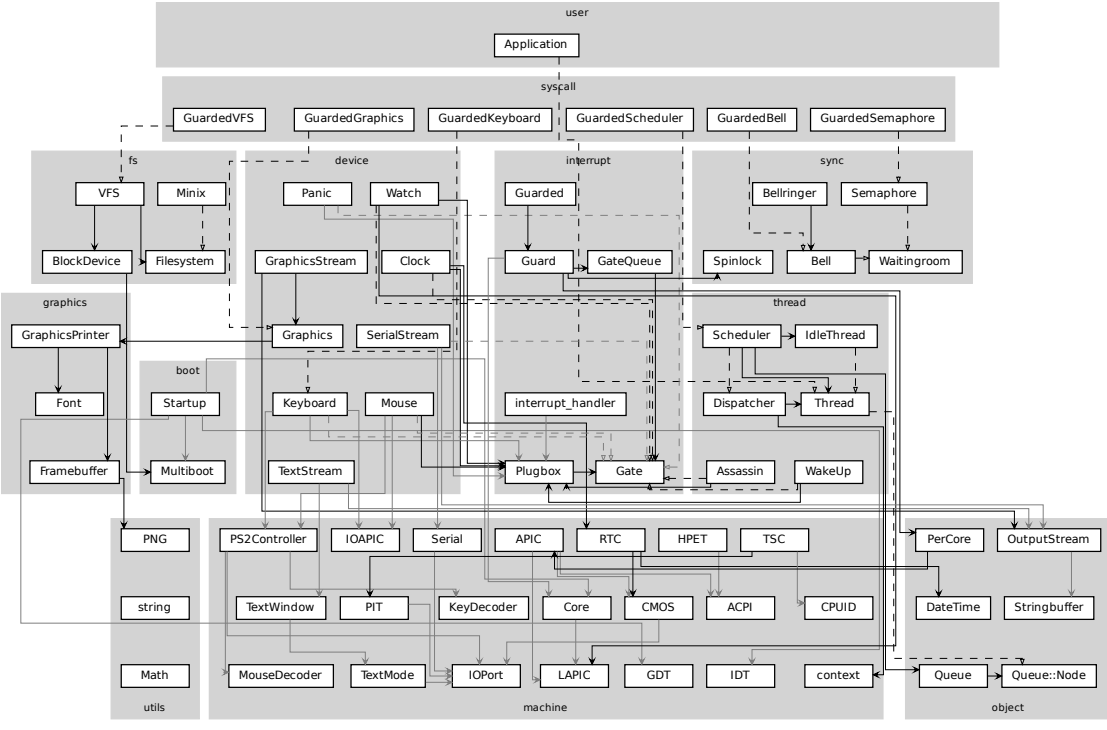
Weitere Makefile Targets

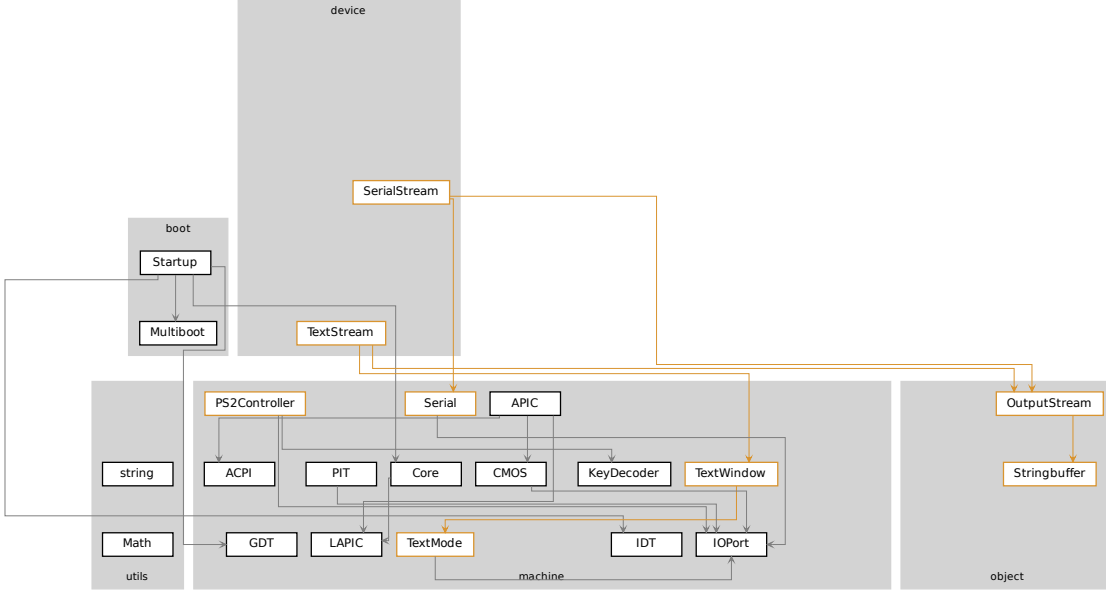
make iso	erstelle ein bootfähiges ISO-Abbild
make qemu-iso	boote das Abbild in QEMU
make usb-*dev*	bootfähigen USB-Stick auf ***dev*** (z.B. *sdb* - aber Vorsicht!) erstellen (als Superuser)
make solution-#	Musterlösung zur Aufgabe **#** mit Hardware-Virtualisierung starten (auf Testrechner bereits installiert);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

- 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**
  - **Serielle Schnittstelle**


user
Application
syscall
GuardedVFS
GuardedGraphics
GuardedKeyboard
GuardedScheduler
GuardedBell
GuardedSemaphore
fs
VFS
Minix
BlockDevice
Filesystem
device
Panic
Watch
GraphicsStream
Clock
interrupt
Guarded
Guard
GateQueue
sync
Bellringer
Semaphore
Spinlock
Bell
Waitingroom
graphics
GraphicsPrinter
Font
Framebuffer
boot
Startup
Multiboot
Graphics
SerialStream
Keyboard
Mouse
TextStream
interrupt_handler
Plugbox
Gate
thread
Scheduler
IdleThread
Dispatcher
Thread
Assassin
WakeUp
PNG
string
Math
utils
PS2Controller
IOAPIC
Serial
APIC
RTC
HPET
TSC
TextWindow
PIT
KeyDecoder
Core
CMOS
ACPI
CPUID
MouseDecoder
TextMode
IOPort
LAPIC
GDT
IDT
context
machine
PerCore
OutputStream
DateTime
Stringbuffer
Queue
Queue::Node
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

Abgabe der 1. Aufgabe
bis Donnerstag, den 31. Oktober

Worauf legen wir Wert?

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

Danke für Eure Aufmerksamkeit!
Gibt es Fragen?