

# Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

Moritz Strübe, Rainer Müller  
(Lehrstuhl Informatik 4)



Sommersemester 2013



## Signale

- Allgemein

- Signale zustellen

- Signale maskieren

- Signale behandeln

- Auf Signale warten

- Signale vs. Interrupts



- Vergleichbar mit Interrupts beim AVR
- Verwendung von Signalen
  - Ereignissignalisierung des Betriebssystemkerns an einen Prozess
  - Ereignissignalisierung zwischen Prozessen
- Zwei Arten von Signalen
  - synchrone Signale: durch Prozessaktivität ausgelöst (Trap / Falle)  
⇒ Zugriff auf ungültigen Speicher, ungültiger Befehl
  - asynchrone Signale: “von außen“ ausgelöst (Interrupts / Unterbrechung)  
⇒ Timer, Tastatureingabe



- Ign
  - ⇒ ignoriert Signal
- Term
  - ⇒ beendet Prozess
- Core
  - ⇒ erzeugt Core-Dump (Speicherabbild) und beendet Prozess
- Stop
  - ⇒ hält Prozess an
- Cont
  - ⇒ setzt einen angehaltenen Prozess fort
- Signal Handler
  - ⇒ Aufruf einer Signalbehandlungsfunktion, danach Fortsetzung des Prozesses



- Das Standardverhalten bei den meisten Signalen ist die Terminierung des Prozesses, bei einigen Signalen mit Anlegen eines Core-Dumps
  - SIGALRM (Term): Timer abgelaufen (`alarm(2)`, `setitimer(2)`)
  - SIGCHLD (Ign): Statusänderung eines Kindprozesses
  - SIGINT (Term): Interrupt (Shell: CTRL-C)
  - SIGQUIT (Core): Quit (Shell: CTRL-@)
  - SIGKILL (nicht behandelbar): beendet den Prozess
  - SIGTERM (Term): Terminierung; Standardsignal für `kill(1)`
  - SIGSEGV (Core): Speicherschutzverletzung
  - SIGUSR1, SIGUSR2 (Term): Benutzerdefinierte Signale
- Siehe auch `signal(7)`



- Kommando `kill(1)` aus der Shell

```
1 kill -USR1 <pid>
```

- Parameter: Signalnummer oder Signal ohne "SIG"

- Systemaufruf `kill(2)`

```
1 int kill(pid_t pid, int signo);
```

- Konfiguration mit Hilfe einer Variablen vom Typ `sigset_t`
- Der Aufbau dieser Variablen ist nicht festgeschrieben. Daher muss sie mit Hilfsfunktionen konfiguriert werden:
  - `sigemptyset(3)`: Alle Signale aus Maske entfernen
  - `sigfillset(3)`: Alle Signale in Maske aufnehmen
  - `sigaddset(3)`: Signal zur Maske hinzufügen
  - `sigdelset(3)`: Signal aus Maske entfernen
  - `sigismember(3)`: Abfrage, ob Signal in Maske enthalten ist



# Setzen der prozessweiten Signal-Maske

## ■ Setzen einer Maske mit

```
1 int sigprocmask(int how, const sigset_t *set, sigset_t *oset );
```

- how: Operation
  - SIG\_SETMASK: setzt set
  - SIG\_BLOCK: blockiert zusätzlich die in set gesetzten Signale
  - SIG\_UNBLOCK: deblockiert die in set gesetzten Signale
- set: Parameter für die Operation
- oset: Speicher für aktuell installierte Maske

## ■ Beispiel

```
1 sigset_t set;  
2 sigemptyset(&set);  
3 sigaddset(&set, SIGUSR1);  
4 sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, NULL); /* Blockiert SIGUSR1 */
```

## ■ Anwendung: z.B. kritische Abschnitte (vgl. cli(), sei())

**!! Die prozessweite Signal-Maske wird über exec(3) vererbt !!**





- Konfiguration mit Hilfe der Struktur sigaction

```
1 struct sigaction {  
2     void (*sa_handler)(int); /* Behandlungsfunktion */  
3     sigset_t sa_mask;        /* Signalmaske während der Behandlung */  
4     int sa_flags;           /* Diverse Einstellungen */  
5 }
```

- Signalbehandlung kann über sa\_handler konfiguriert werden:
  - SIG\_IGN: Signal ignorieren
  - SIG\_DFL: Default-Signalbehandlung einstellen
  - Funktionsadresse: Funktion wird in der Signalbehandlung aufgerufen  
Als Parameter wird die Signalnummer übergeben
- SIG\_IGN und SIG\_DFL werden über exec(3) vererbt, nicht aber eine Behandlungsfunktion (nicht möglich, warum?)



- Konfiguration mit Hilfe der Struktur sigaction

```
1 struct sigaction {  
2     void (*sa_handler)(int); /* Behandlungsfunktion */  
3     sigset_t sa_mask;        /* Signalmaske während der Behandlung */  
4     int sa_flags;           /* Diverse Einstellungen */  
5 }
```

- sa\_mask wird während der Ausführung des Signalhandlers gesetzt

⇒ sigprocmask()



- Konfiguration mit Hilfe der Struktur sigaction

```
1 struct sigaction {  
2     void (*sa_handler)(int); /* Behandlungsfunktion */  
3     sigset_t sa_mask;        /* Signalmaske während der Behandlung */  
4     int sa_flags;           /* Diverse Einstellungen */  
5 }
```

- Mit sa\_flags lässt sich das Verhalten beim Signalempfang beeinflussen
- bei uns gilt: sa\_flags=SA\_RESTART



## ■ Konfiguration mit Hilfe der Struktur sigaction

```
1 struct sigaction {  
2     void (*sa_handler)(int); /* Behandlungsfunktion */  
3     sigset_t sa_mask;        /* Signalmaske während der Behandlung */  
4     int sa_flags;           /* Diverse Einstellungen */  
5 }
```

## ■ Konfiguration Setzen

```
1 #include <signal.h>  
2  
3 int sigaction(int sig, const struct sigaction *act,  
4     struct sigaction *oact);
```

- sig: Signalnummer
- act: Zu installierende Konfiguration
- oact: Speicher für die aktuell installierte Konfiguration



## ■ sigaction

```
1 struct sigaction {
2     void (*sa_handler)(int); /* Behandlungsfunktion */
3     sigset_t sa_mask;        /* Signalmaske während der Behandlung */
4     int sa_flags;           /* Diverse Einstellungen */
5 }
```

## ■ Installieren eines Handlers für SIGUSR1

```
1 #include <signal.h>
2
3 void my_handler(int sig) {
4     ...
5 }
6
7 int main(int argv, char * argv[]){
8     struct sigaction action;
9     action.sa_handler = my_handler;
10    sigemptyset(&action.sa_mask);
11    action.sa_flags = SA_RESTART;
12    sigaction(SIGUSR1, &action, NULL);
13    ....
}
```



- Problem: In einem kritischen Abschnitt auf ein Signal warten
  1. Signal deblockieren
  2. *Passiv* auf Signal warten (*schlafen* legen)
  3. Signal blockieren
  4. Kritischen Abschnitt bearbeiten
- Operationen müssen atomar am Stück ausgeführt werden!  
⇒ gleiche Problematik wie bei den Stromsparmodi des AVR-Prozessors
- Sigsuspend

```
1 #include <signal.h>  
2 int sigsuspend(const sigset_t *mask);
```

1. sigsuspend(mask) setzt mask als Signal-Maske
2. Der Prozess blockiert bis zum Eintreffen eines Signals
3. Der Signalhandler wird ausgeführt
4. sigsuspend() setzt die ursprüngliche Signal-Maske und kehrt zurück



## ■ Vergleich

	Interrupts	Signale
Behandlung installieren	ISR()-Makro	sigaction(2)
Auslösung	Hardware	Prozesse mit kill() Betriebssystem
Synchronisation	cli(), sei()	sigprocmask(2)
Warten auf Signale	sei(); sleep_cpu()	sigsuspend(2)

- Signale und Interrupts sind sehr ähnliche Konzepte auf unterschiedlichen Ebenen
- Viele Probleme treten in beiden Fällen auf und sind konzeptionell identisch zu lösen

