

Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Wintersemester 2019/2020

Übung 11

Benedict Herzog
Bernhard Heinloth
Tim Rheinfels

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



Lehrstuhl für Verteilte Systeme
und Betriebssysteme



FRIEDRICH-ALEXANDER
UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG
TECHNISCHE FAKULTÄT

Vorstellung Aufgabe 7

Signale

Signale



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



- 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)`

2

Signal zustellen



- Kommando `kill(1)` aus der Shell

```
01 kill -USR1 <pid>
```

- Parameter: Signalnummer oder Signal ohne "SIG"

- Systemaufruf `kill(2)`

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

3



- Konfiguration mit Hilfe einer Variablen vom Typ `sigset_t`
- Hilfsfunktionen konfigurieren das Signalset
 - `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
- AVR-Analogie: EIMSK-Register

4

Setzen der prozessweiten Signal-Maske



- Setzen einer Maske mit

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

- `how`: Operation
 - `SIG_SETMASK`: setzt eine absolute Signalmaske
 - `SIG_BLOCK`: blockiert Signale relativ zur aktuell gesetzten Maske
 - `SIG_UNBLOCK`: deblockiert Signale relativ zur aktuell gesetzten Maske
- `oset`: speichert Kopie der vorherigen Signalmaske (optional)
- Die Signalmaske wird bei `fork(2)/exec(3)` vererbt

Beispiel

```
01 sigset_t set;  
02 sigemptyset(&set);  
03 sigaddset(&set, SIGUSR1);  
04 sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, NULL); /* Blockiert SIGUSR1 */
```

- AVR-Analogie: Sperren kritische Abschnitte (`cli()`, `sei()`)

5

■ Konfiguration mit Hilfe der Struktur sigaction

```
01 struct sigaction {  
02     void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion  
03     sigset_t sa_mask;        // Signalmaske während der Behandlung  
04     int sa_flags;            // Diverse Einstellungen  
05 }
```

- Signalbehandlung kann über sa_handler konfiguriert werden:
 - SIG_IGN: Signal ignorieren
 - SIG_DFL: Default-Signalbehandlung einstellen
 - Funktionspointer
- SIG_IGN und SIG_DFL werden über exec(3) vererbt, Funktionspointer nicht. Warum?
- AVR-Analogie: ISR(. .), Alarmhandler

6

■ Konfiguration mit Hilfe der Struktur sigaction

```
01 struct sigaction {  
02     void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion  
03     sigset_t sa_mask;        // Signalmaske während der Behandlung  
04     int sa_flags;            // Diverse Einstellungen  
05 }
```

7

- Konfiguration mit Hilfe der Struktur sigaction

```
01 struct sigaction {  
02     void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion  
03     sigset_t sa_mask;        // Signalmaske während der Behandlung  
04     int sa_flags;            // Diverse Einstellungen  
05 }
```

- sa_flags beeinflussen das Verhalten beim Signalempfang
- Bei uns gilt: sa_flags=SA_RESTART

8

Setzen der Signalbehandlung



- Konfiguration mit Hilfe der Struktur sigaction

```
01 struct sigaction {  
02     void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion  
03     sigset_t sa_mask;        // Signalmaske während der Behandlung  
04     int sa_flags;            // Diverse Einstellungen  
05 }
```

- Konfiguration Setzen

```
01 #include <signal.h>  
02  
03 int sigaction(int sig, const struct sigaction *act,  
04               struct sigaction *oact);
```

9

```
01 struct sigaction {
02     void (*sa_handler)(int); // Behandlungsfunktion
03     sigset_t sa_mask;        // Signalmaske während der Behandlung
04     int sa_flags;            // Diverse Einstellungen
05 }
```

■ Installieren eines Handlers für SIGUSR1

```
01 #include <signal.h>
02
03 void my_handler(int sig) {
04     ...
05 }
06
07 int main(int argc, char * argv[]){
08     struct sigaction action;
09     action.sa_handler = my_handler;
10     sigemptyset(&action.sa_mask);
11     action.sa_flags = SA_RESTART;
12     sigaction(SIGUSR1, &action, NULL);
13     ....
}
```

10

Warten auf Signale



- 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!

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

1. sigsuspend() setzt temporäre Signalmaske
 2. Prozess blockiert bis zum Eintreffen eines Signals
 3. Signalhandler wird ausgeführt
 4. sigsuspend() stellt ursprüngliche Signalmaske wieder her
- AVR-Analogie: Schlafschleife, sleep_cpu()

11

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

- Signale und Interrupts sind sehr **ähnliche Konzepte**
- Synchronisation ist oft konzeptionell identisch zu lösen

Aufgabe: mish

Signalbehandlung von SIGINT

- Anpassen der Signalbehandlungen für CTRL+C
- SIGINT wird allen Prozessen des Terminals zugestellt

```
01 $> ./mish
02 mish> sleep 2
03 Exit status [5321] = 0
04 mish> sleep 10000
05 ^C                # CTRL+C
06 $>
```

⇒ bei CTRL+C stirbt sleep und mish

- Anpassen der Signalbehandlung:
 - Vater: Signal ignorieren (SIG_IGN)
 - Kind: Default-Behandlung (SIG_DFL)

13

Aufsammeln von Zombieprozessen

- Bisher: Aufsammeln durch `waitpid(2)` (blockierend)
- Signal SIGCHLD zeigt Statusänderung von Kindprozessen an
 - Kindprozess wurde gestoppt
 - Kindprozess ist terminiert
- Jetzt: Aufsammeln durch `waitpid(2)` (nicht-blockierend)
- Warten auf Statusveränderungen mit `sigsuspend(2)`

14

Unterstützung von Hintergrundprozessen

- Kommandos mit abschließenden '&'
⇒ Hintergrundprozess
- Beispiel: `./sleep 10 &`
- Ausgabe der Prozess-ID und des Prompts
- Anschließend sofort Entgegennahme neuer Befehle

```
01 # Starten eines Hintergrundprozesses mit &
02 mish> sleep 10 &
03 Started [2110]
04 mish> ls
05 Makefile mish mish.c
06 Exit Status [2115] = 0
07 ...
08 Exit status [2110] = 0
```

15

Unterstützung von Hintergrundprozessen

- Beim Warten auf Vordergrundprozesse sollen terminierende Hintergrundprozesse sofort eingesammelt werden

```
01 # Starten mehrerer Hintergrundprozesse
02 mish> sleep 3 &
03 Started [2110]
04 mish> sleep 5 &
05 Started [2115]
06 mish> sleep 10 &
07 Started [2118]
08
09 # Starten eines Vordergrundprozesses
10 mish> sleep 20
11 Exit Status [2110] = 0      # sleep 3 &
12 Exit Status [2115] = 0      # sleep 5 &
13 Exit Status [2118] = 0      # sleep 10 &
14 Exit Status [2121] = 0      # sleep 20
15 mish>
```

16

Nächste Woche finden statt der Tafelübungen zusätzliche
Rechnerübungen statt.

Welche Klausur wollen wir übernächste Woche besprechen?