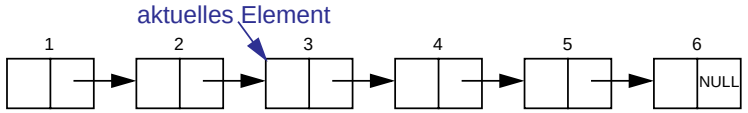
U3 UNIX-Signale

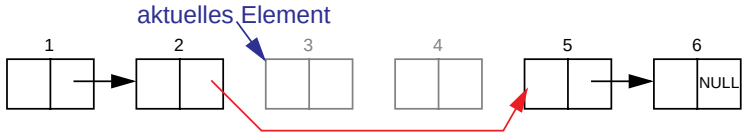
- Besprechung der Aufgabe 2: sister
- Nebenläufigkeit durch Signale
- Aktives Warten auf Ereignisse
- Probleme beim passiven Warten (auf Signale)
- Nachtrag zur Signalbehandlungsschnittstelle
- Duplizieren von Filedeskriptoren
- Nachtrag zu wait/waitpid
- waitpid und SIGCHLD
- Ziele der Aufgabe 3: josh

U3-1 Nebenläufigkeit durch Signale

- Signale erzeugen Nebenläufigkeit innerhalb des Prozesses (vgl. Nebenläufigkeit durch Interrupts, Vorlesung *B | V-4,* Seite 26ff. und *B | VI-2*, Seite 18 ff)
- Beispiel:
  - Programm durchläuft gerade eine verkettete Liste



  - Prozess erhält Signal; Signalbehandlung entfernt Elemente 3 und 4 aus der Liste und gibt den Speicher dieser Elemente frei



1 Problem

- Welche Art der Nebenläufigkeit liegt vor?
- Welche Art der Synchronisation sollte verwendet werden?

1 Problem

- Welche Art der Nebenläufigkeit liegt vor?
- Welche Art der Synchronisation sollte verwendet werden?

2 Synchronisation

- Verwendung einseitiger Synchronisation
  - Signal während der Ausführung des kritischen Abschnitts blockieren
    - nur kritische Signale blockieren
    - kritische Abschnitte so kurz wie möglich halten (Risiko: Verlust von Signalen)

3 Bibliotheksfunktionen

- Während der Ausführung einer Bibliotheksfunktion kann der dazugehörige interne Zustand inkonsistent sein
  - Beispiel `halde`: `fsp->next` wird auf `0xabadbabe` gesetzt, danach wird `fsp` auf die neue Verwaltungsstruktur umgesetzt.
- Eine Unterbrechung durch eine Signalbehandlungsfunktion ist unproblematisch, solange diese nicht auf den selben Zustand zugreift.
- Wird auf den selben Zustand zugegriffen, müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden:
  - in Signalhandlern nur Funktionen aufrufen, die in SuSv3 nicht als *non-reentrant* gekennzeichnet sind
  - oder Signal während Ausführung der Funktion im Hauptprogramm blockieren
- Auf den selben Zustand können u.U. auch verschiedene Funktionen zugreifen, z.B. `malloc()` und `free()`.

4 errno - gemeinsamer Zustand

- Die meisten Bibliotheksfunktionen teilen sich als gemeinsamen Zustand die `errno`-Variable
  - Änderungen der `errno` im Signalhandler können die Fehlerbehandlung im Hauptprogramm durcheinander bringen
  - Lösung: Kontext-Sicherung
    - Beim Betreten der Signalhandler-Funktion die `errno` sichern und vor dem Verlassen wieder restaurieren

U3-2 Aktives Warten auf Ereignisse

```
static int event = 0;

static void sigHandler() { event=1; }

void wait4event() {

    while (event == 0) ;

}
```

- Testen des Programm ohne (-O0) und mit (-O3) Compiler-Optimierungen
- Welches Verhalten können Sie beobachten?

U3-2 Aktives Warten auf Ereignisse

- `event` wird nebenläufig verändert
- der Compiler hat hiervon keine Kenntnis
  - innerhalb der Schleife wird `event` nicht verändert
  - die Schleifenbedingung ist also beim erstmaligen Prüfen wahr oder falsch
  - Bedingung ändert sich aus Sicht des Compilers innerhalb der Schleife nicht
    - Endlosschleife, wenn Bedingung nicht von vornherein falsch
- `volatile` zur Kennzeichnung von Variablen, die extern verändert werden
  - durch andere Kontrollflüsse
  - durch die Hardware (z.B. Geräteregister)
- Zugriffe auf volatile-Variablen werden vom Compiler nicht optimiert

U3-2 Aktives Warten auf Ereignisse

```
static volatile int event = 0;

static void sigHandler() { event=1; }

void wait4event() {

    while (event == 0) ;

}
```

- Erzwingt erneutes Laden von `event` in jedem Schleifendurchlauf

U3-3 Probleme beim passiven Warten

```
static volatile int event = 0;

static void sigHandler() { event=1; }

void wait4event() {



    while (event == 0) {

        SUSPEND();

    }

}
```

- Nebenläufigkeitsproblem?

1 Beispiel: Warten auf Signal

```
static volatile int event = 0;

static void sigHandler() { event=1; }

void wait4event() {



    BLOCK_SIGNAL();
    while (event == 0) {
        UNBLOCK_SIGNAL();
        SUSPEND();
        BLOCK_SIGNAL();
    }
    UNBLOCK_SIGNAL();
}
```

- ◆ das Prüfen der Wartebedingung und das Schlafenlegen ist in sich bereits ein kritischer Abschnitt!

- Nebenläufigkeitsproblem (Lost-Wakeup-Problem) gelöst?

1 Beispiel: Warten auf Signal

```
static volatile int event = 0;

static void sigHandler() { event=1; }

void wait4event() {



    BLOCK_SIGNAL();
    while (event == 0) {
        UNBLOCK_SIGNAL();
        SUSPEND();
        BLOCK_SIGNAL();
    }
    UNBLOCK_SIGNAL();
}
```

- ◆ Deblockieren und Schlafenlegen müssen atomar erfolgen

- `sigsuspend(2)` gewährleistet dies

U3-4 Nachtrag zur Signalbehandlungsschnittstelle

1 Ändern der prozessweiten Signal-Maske

- Prozessweite Signal-Maske enthält die aktuell blockierten Signale

```
int sigprocmask(int how,          // Verknüpfung der Masken
                const sigset_t *set,       // neue Maske
                sigset_t *oset             /* alte Maske */ );
```

- how:
  - **SIG_BLOCK**: setzt Vereinigungsmenge übergebener und alter Maske
  - **SIG_SETMASK**: setzt übergebene Maske
  - **SIG_UNBLOCK**: setzt Schnittmenge inverser übergebener und alter Maske
- Beispiel: Blockieren von SIGUSR1 zusätzlich zu bereits blockierten Signalen

```
sigset_t set;
sigemptyset(&set);
sigaddset(&set, SIGUSR1);
sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, NULL);
```


2 Passiv auf Signale warten

- Prototyp

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

  - **sigsuspend(mask)** merkt sich die aktuelle Signal-Maske, setzt **mask** als neue Signal-Maske und blockiert Prozess
  - Signal führt zu Ausführung der eingestellten Signalbehandlung
  - **sigsuspend** kehrt nach Ende der Signalbehandlung mit Fehler **EINTR** zurück und restauriert gleichzeitig die ursprüngliche Signal-Maske

U3-5 Duplizieren von Filedeskriptoren

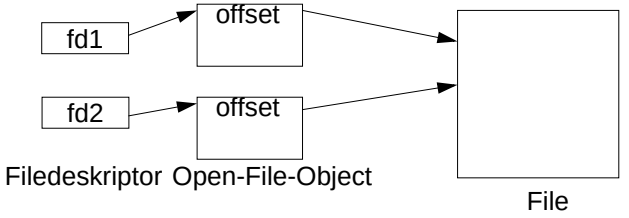
- Ziel: geöffnete Datei soll als stdout/stdin verwendet werden
- **newfd = dup(fd)**: Dupliziert Filedeskriptor **fd**, d.h. Lesen/Schreiben auf **newfd** ist wie Lesen/Schreiben auf **fd**
- **dup2(fd, newfd)**: Dupliziert Filedeskriptor **fd** in anderen Filedeskriptor (**newfd**), falls **newfd** schon geöffnet ist, wird **newfd** erst geschlossen
- Verwenden von **dup2**, um stdout umzuleiten:

```
int fd = open("/dev/null", O_WRONLY);
dup2(fd, STDOUT_FILENO);
printf("Hallo\n"); // wird nach /dev/null geschrieben
```

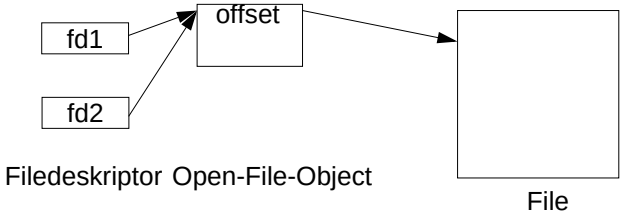
- Erinnerung: offene Filedeskriptoren werden bei **fork(2)** und **exec(2)** vererbt

U3-5 Duplizieren von Filedeskriptoren

- erneutes Öffnen eines Files



- bei dup werden FD dupliziert, aber Files werden nicht neu geöffnet!



U3-6 Nachtrag zu wait/waitpid

- **`pid_t wait(int *status)`**
  - kehrt auch zurück, wenn Kind gestoppt wird
  - optional auch, wenn Kind fortgesetzt wird (waitpid-Option `WCONTINUED`)
- Auswertung von **`*status`** mit Macros
  - **`WIFSIGNALED(*status)`**: Kind durch Signal terminiert
  - **`WIFSTOPPED(*status)`**: Kind gestoppt
  - **`WIFCONTINUED(*status)`**: gestopptes Kind fortgesetzt

U3-7 wait/waitpid und SIGCHLD

- Szenario: **`waitpid`**-Aufruf sowohl im Hauptprogramm als auch im Signalhandler für SIGCHLD
  - Betriebssystemspezifisches Verhalten: Welcher der beiden **`waitpid`**-Aufrufe räumt den Zombie ab und erhält dessen Status?
    - Daher sollte **`waitpid`** nur vom Signalhandler aufgerufen werden!

U3-8 Ziele der Aufgabe 3: josh

- Signale unter UNIX bilden die Konzepte *Trap* und *Interrupt* für die Interaktion zwischen Betriebssystem und Prozessen nach
  - praktischer Umgang mit diesen Konzepten
- Erkennen von Nebenläufigkeitsproblemen
- Beheben der Nebenläufigkeitsprobleme durch geeignete Koordinierungsmaßnahmen