

# Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Wintersemester 2017/18

---

## Übung 9

Benedict Herzog  
Sebastian Maier

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



Lehrstuhl für Verteilte Systeme  
und Betriebssysteme



FRIEDRICH-ALEXANDER  
UNIVERSITÄT  
ERLANGEN-NÜRNBERG  
TECHNISCHE FAKULTÄT

## Threads

---



- Strukturierung von Problemlösungen in mehrere Kontrollflüsse
  - Client, Server
  - Benutzeroberfläche, Hintergrundaufgaben
  - Zerlegung in Subsysteme mit eigenen Kontrollflüssen
  - ein Kontrollfluss pro Anfrage
  - ...
- Performancesteigerung
  - echte Parallelität zur Leistungssteigerung nutzen
  - Anzahl parallel behandelbarer Anfragen pro Sekunde steigern
  - Parallelisierbarkeit von Algorithmen ausnutzen
  - Auslastung moderner Multi- & Manycore CPUs

1



- Prozesse
  - geschützte Ausführungsumgebung für Programme
  - eigener virtueller Adressraum
  - Prozesswechsel und -erzeugung ist aufwändig
- Threads (in Prozessen)
  - gemeinsame Ressourcen (Speicher, geöffnete Dateien)
  - einfaches Teilen von Ressourcen zwischen Threads
  - Nutzung echter Parallelität innerhalb eines Prozesses
  - (relativ) günstiger Fadenwechsel

2

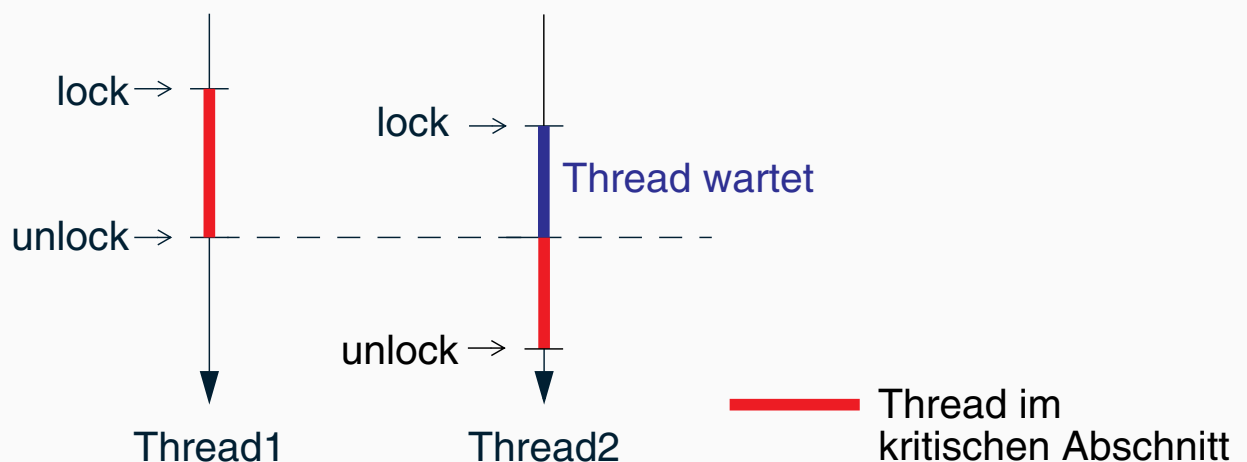
- Asymmetrische Nebenläufigkeit
  - Signal oder Interrupt unterbricht Hauptprogramm
  - Hauptprogramm unterbricht jedoch keine Signale bzw. Interrupts
  - Schutz durch einseitige Synchronisation
    - Interrupts bzw. Signale sperren
- Symmetrische Nebenläufigkeit
  - gleichberechtigte Threads
  - gegenseitige Verdrängung, echte Parallelität
  - Schutz durch mehrseitige Synchronisation
    - wechselseitiger Ausschluss (Mutex)
      - aktives Warten: spin lock
      - passives Warten: sleeping lock

3

## Schutz kritischer Abschnitte



- **Mutual exclusion** (wechselseitiger Ausschluss)
- Koordinierung von kritischen Abschnitten:



- Nur ein Thread kann gleichzeitig den Mutex sperren und somit den kritischen Abschnitt durchlaufen

4

- Speedup bei paralleler Ausführung mit N Threads

$$S(N) = \frac{T_1}{T_N} \quad (1)$$

- Amdahl's Gesetz

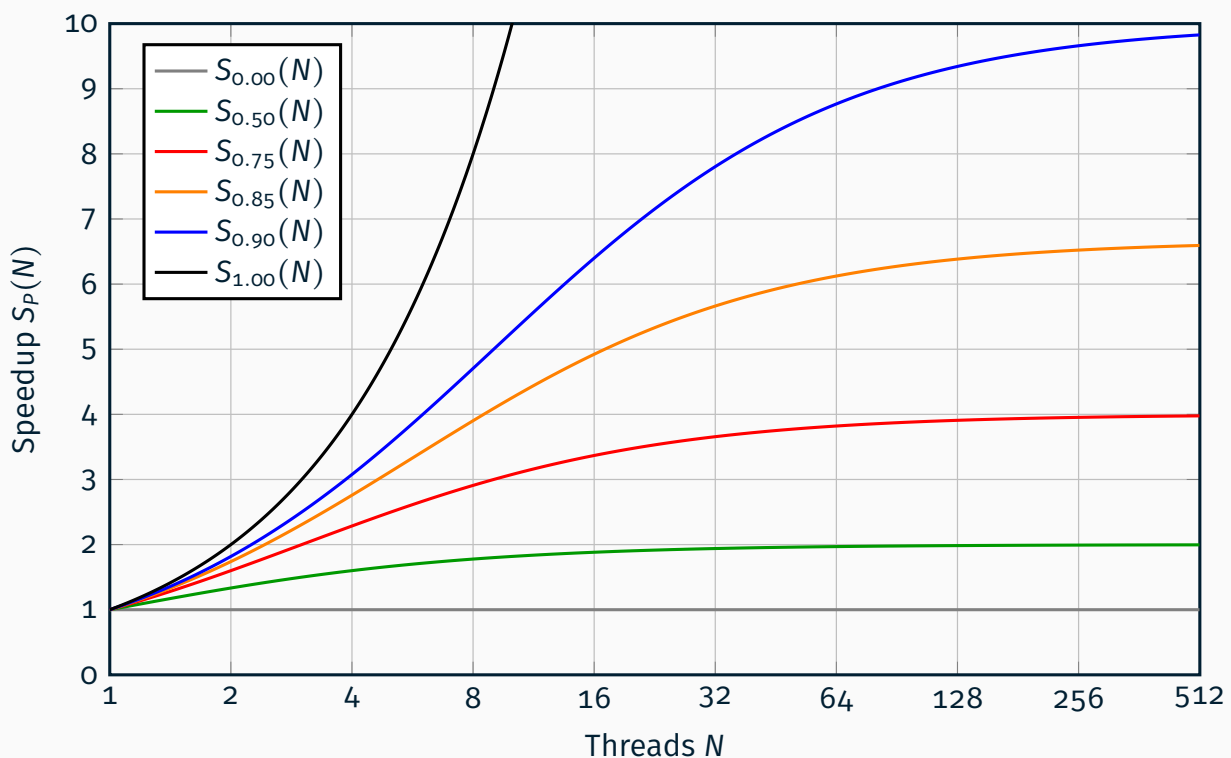
- Serieller Anteil beschränkt maximalen Speedup
- Theoretischer Speedup bei Parallelanteil P und N Threads

$$S_P(N) = \frac{1}{(1-P) + \frac{P}{N}} \quad \text{mit} \quad 0 \leq P \leq 1 \quad (2)$$

- Maximaler theoretischer Speedup bei Parallelanteil P

$$\lim_{N \rightarrow \infty} S_P(N) = \frac{1}{(1-P)} \quad (3)$$

5



6



## ■ Starten eines Threads

```
01 int pthread_create(pthread_t *restrict thread,  
02     const pthread_attr_t *restrict attr,  
03     void *(*start_routine)(void *),  
04     void *restrict arg);
```

**thread** Zeiger für Thread ID

**attr** Attribute des Threads (Standard: NULL)

**start\_routine** Auszuführende Routine

**arg** Argument für Routine

## ■ Beenden eines Threads

```
01 void pthread_exit(void *value_ptr);
```

## ■ Warten auf Beendigung eines Threads

```
01 int pthread_join(pthread_t thread, void **value_ptr);
```

7

# pthread Minimalbeispiel



```
01 void *worker(void *arg){  
02     // do useful stuff  
03  
04     pthread_exit(NULL);  
05 }  
06  
07 int main(int argc, char *argv[]){  
08     pthread_t tid;  
09     int arg = 5;  
10  
11     errno = pthread_create(&tid, NULL, worker, &arg);  
12     if(errno != 0){  
13         perror("pthread_create");  
14         exit(EXIT_FAILURE);  
15     }  
16  
17     // do useful stuff  
18  
19     pthread_join(tid, NULL);  
20  
21     exit(EXIT_SUCCESS);  
22 }
```

8

## ■ Schnittstelle

- Mutex erzeugen

```
01 pthread_mutex_t m;  
02  
03 errno = pthread_mutex_init(&m, NULL); // Fehlerbehandlung!
```

- Sperren und Freigeben

```
01 pthread_mutex_lock(&m);  
02 // kritischer Abschnitt  
03 pthread_mutex_unlock(&m);
```

- Mutex zerstören und Ressourcen freigeben

```
01 errno = pthread_mutex_destroy(&m); // Fehlerbehandlung!
```

- Alle pthread-Funktionen setzen `errno` nicht implizit, sondern geben einen Fehlercode zurück (im Erfolgsfall: 0)
- `errno` ist keine globale Variable, sondern eine Thread-lokale Variable – jeder Thread besitzt seine eigene `errno`

## Hands-on: Stoppuhr

---



```
01 $ ./stoppuhr
02 Press Ctrl+C (SIGINT) to start and stop
03 ^CStarted...
04 1 sec
05 2 sec
06 3 sec
07 4 sec
08 ^CStopped.
09 Duration: 4 sec 132 msec
```

## ■ Ablauf:

- Stoppuhr startet durch SIGINT Signal
  - gibt jede Sekunde die bisherige Dauer aus (Format: "3 sec")
- Stoppuhr stoppt bei weiterem SIGINT und gibt Dauer aus
  - gibt Gesamtdauer inkl. Millisekunden aus (Format: "4 sec 132 msec")
  - beendet sich anschließend
- Verwendet intern SIGALRM und alarm(3)
- Schutz kritischer Abschnitte beachten

10

# Wiederholung Signale



## 1. Signalhandler installieren: sigaction(2)

```
01 struct sigaction act;
02 act.sa_handler = SIG_DFL; // Handlersignatur: void f(int signum)
03 act.sa_flags = SA_RESTART;
04 sigemptyset(&act.sa_mask);
05 sigaction(SIGINT, &act, NULL);
```

## 2. Signale blockieren/deblockieren: sigprocmask(2)

```
01 sigset_t set;
02 sigemptyset(&set);
03 sigaddset(&set, SIGUSR1);
04 sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, NULL); /* Blockiert SIGUSR1 */
05 // kritischer Abschnitt
06 sigprocmask(SIG_UNBLOCK, &set, NULL); /* Deblockiert SIGUSR1 */
```

11



## 3. Auf Signale warten: sigsuspend(2)

```
01 sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, &old); /* Blockiert Signale */
02 while(event == 0){
03     sigsuspend(&old); /* Wartet auf Signale */
04 }
05 sigprocmask(SIG_SETMASK, &old, NULL); /* Deblockiert Signale */
```

11

# Alarmer bzw. Timer



## ■ Timerkonfiguration mit alarm(2)

```
01 unsigned alarm(unsigned seconds);
```

Einmaliger Alarm nach definierter Wartezeit (in Sekunden)

**seconds = 0** Alarm abbrechen

## ■ Timerkonfiguration mit ualarm(3)

```
01 useconds_t ualarm(useconds_t useconds, useconds_t interval);
```

Erster Alarm nach useconds Mikrosekunden,  
anschließend alle interval Mikrosekunden

**useconds = 0** Alarm abbrechen

**interval = 0** einmaliger Alarm

## ■ SIGALRM: Timer ist abgelaufen bzw. Alarm eingetreten

→ Standardbehandlung: Programm beenden

→ Eigenen Signalhandler installieren

12



# Hands-on: Threads

---

## Hands-on: Threads



- Sequentielles Programm ohne Threads
  - Bestimmt die Anzahl der Primzahlen in einem Array
- Parallelisierung mit Threads
  - Zerlegung in Teilarrays
  - Starten mehrerer Threads
  - Bestimmung der Anzahl Primzahlen in den Teilarrays
  - Warten auf Beendigung aller Threads
  - Ausgabe der Gesamtzahl
- Evaluation
  - Bestimmung des Speedups mit Hilfe von `time(1)`
  - Berechnungsergebnis ok ?
    - Kritische Abschnitte geschützt ?
    - Wechselseitiger Ausschluss
    - Einfluss auf Speedup ?
- Wie funktioniert die Implementierung von `time(1)` ?