

# Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

Sebastian Maier  
(Lehrstuhl Informatik 4)

## Übung 10



Sommersemester 2016



## Inhalt

---

### Threads

- Motivation
- Threads vs. Prozesse
- Kritische Abschnitte
- Speedup & Amdahl's Gesetz
- POSIX Threads

### Hands-ons

- Stoppuhr
- Threads



## Threads

- Motivation
- Threads vs. Prozesse
- Kritische Abschnitte
- Speedup & Amdahl's Gesetz
- POSIX Threads

## Hands-ons



# Motivation

---

- 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



## ■ Prozesse

- geschützte Ausführungsumgebung für Programme
- eigener virtueller Addressraum
- 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



# Kritische Abschnitte

## ■ Asymmetrische Nebenläufigkeit

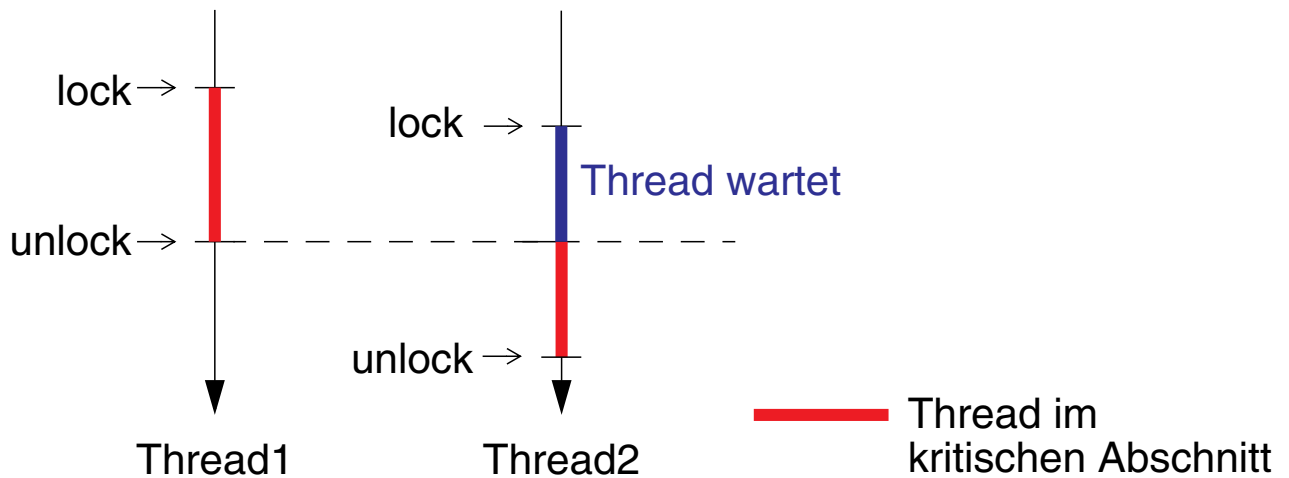
- Signal oder Interrupt unterbricht Hauptprogramm
- Hauptprogramm unterbricht jedoch keine Signale bzw. Interrupts
- Schutz durch einseitige Synchronisation
  - Interrupts bzw. Signale sperren

## ■ Symmetrische Nebenläufigkeit

- gleichberechtigte Threads
- gegenseitige Verdrängung, echte Parallelität
- Schutz durch mehrseitige Synchronisation
  - wechselseitiger Ausschluss (Mutex)
    - aktives Warten: spin lock
    - passives Warten: sleeping lock



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



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



## Speedup & Amdahl's Gesetz

- Speedup bei paralleler Ausführung mit N Threads

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

- Amdahl's Gesetz

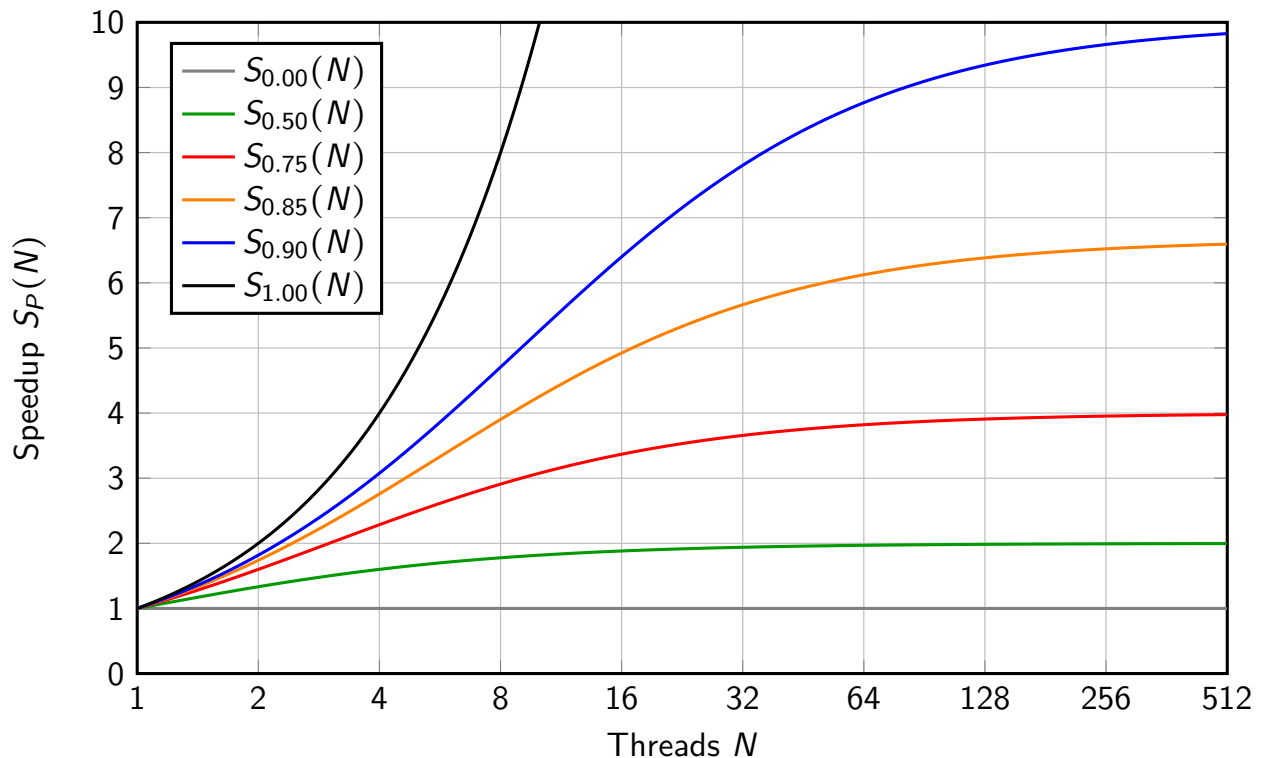
- Serieller Anteil beschränkt maximalen Speedup
- Theoretischer Speedup bei Parallelanteil P und N Threads

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

- Maximaler theoretischer Speedup bei Parallelanteil P

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





## POSIX Threads (pthreads)

### ■ Starten eines Threads

```
1 int pthread_create(pthread_t *restrict thread,  
2   const pthread_attr_t *restrict attr,  
3   void *(*start_routine)(void *),  
4   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

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

### ■ Warten auf Beendigung eines Threads

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



```
1 void *worker(void *arg){
2     // do useful stuff
3
4     pthread_exit(NULL);
5 }
6
7 int main(int argc, char *argv[]){
8     pthread_t tid;
9     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 }
```



## pthread Mutex

### ■ Schnittstelle

#### ■ Mutex erzeugen

```
1 pthread_mutex_t m;
2
3 errno = pthread_mutex_init(&m, NULL); // Fehlerbehandlung!
```

#### ■ Sperren und Freigeben

```
1 pthread_mutex_lock(&m);
2 // kritischer Abschnitt
3 pthread_mutex_unlock(&m);
```

#### ■ Mutex zerstören und Ressourcen freigeben

```
1 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



## Threads

### Hands-ons

Stoppuhr

Threads



## Hands-on: Stoppuhr

---

```
1 $ ./stoppuhr
2 Press CTRL+C to start.
3 ^CStarted...
4 5000 msec
5 10000 msec
6 ^CStopped.
7 Duration: 13020 msec
```

### ■ Ablauf:

- Stoppuhr startet durch SIGINT Signal
  - gibt alle 5 Sekunden Dauer aus (Format: "5000 msec")
- Stoppuhr stoppt bei weiterem SIGINT und gibt Dauer aus
  - gibt Gesamtdauer aus (Format: "13020 msec")
  - beendet sich anschließend

■ Verwendet intern SIGALRM und alarm(3)

■ Schutz kritischer Abschnitte beachten



# Wiederholung Signale

## 1. Signalhandler installieren: sigaction(2)

```
1 struct sigaction act;
2 act.sa_handler = SIG_DFL; // Handlersignatur: void f(int signum)
3 act.sa_flags = SA_RESTART;
4 sigemptyset(&act.sa_mask);
5 sigaction(SIGINT, &act, NULL);
```

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

```
1 sigset_t set;
2 sigemptyset(&set);
3 sigaddset(&set, SIGUSR1);
4 sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, NULL); /* Blockiert SIGUSR1 */
5 // kritischer Abschnitt
6 sigprocmask(SIG_UNBLOCK, &set, NULL); /* Deblockiert SIGUSR1 */
```

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

```
1 sigprocmask(SIG_BLOCK, &set, &old); /* Blockiert Signale */
2 while(event == 0){
3     sigsuspend(&old); /* Wartet auf Signale */
4 }
5 sigprocmask(SIG_SETMASK, &old, NULL); /* Deblockiert Signale */
```



# Alarmer bzw. Timer

## ■ Timerkonfiguration mit alarm(2)

```
1 unsigned alarm(unsigned seconds);
```

Einmaliger Alarm nach definierter Wartezeit (in Sekunden)

`seconds = 0` Alarm abbrechen

## ■ Timerkonfiguration mit ualarm(2)

```
1 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





- 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)` ?

