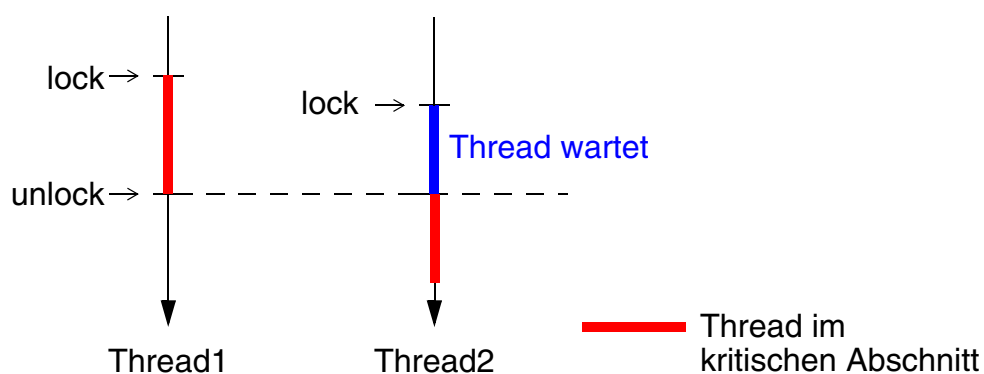


# U9 POSIX-Threads

- Mutexe
- Synchronisierung mit Mutexen
- Bedingungsvariablen (Condition Variables)
- Aufgabe 8: Mehrfädiger Webserver

## U9-1 Mutexe

- Koordinierung von kritischen Abschnitten



## U9-1 Mutexe

### ■ Schnittstelle

#### ◆ Mutex erzeugen

```
pthread_mutex_t m1;
s = pthread_mutex_init(&m1, NULL);
```

#### ◆ Lock & unlock

```
s = pthread_mutex_lock(&m1);
... kritischer Abschnitt
s = pthread_mutex_unlock(&m1);
```

#### ◆ Mutex zerstören und Ressourcen freigeben

```
s = pthread_mutex_destroy(&m1);
```

## U9-2 Synchronisierung mit Mutexen

### ■ ...am Beispiel einer Semaphore-Implementierung

### ■ Welches Problem kann hier auftreten?

```
static pthread_mutex_t m1;
static int a;

void P() {
    while ( a == 0 ) {
        // wait for changes
    }
    pthread_mutex_lock(&m1);
    a--;
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

```
void V() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    a++;
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

## U9-2 Synchronisierung mit Mutexen

- Problem: Mehrere Threads warten gleichzeitig in der Schleife
  - ◆ a wird mehrmals heruntergezählt
  - ◆ Prüfung der Bedingung ist ebenfalls Teil des kritischen Abschnittes

- Welches Problem ist nun vorhanden?

```
static pthread_mutex_t m1;
static int a;

void P() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    while ( a == 0 ) {
        // wait for change
    }
    a--;
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

```
void V() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    a++;
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

## U9-2 Synchronisierung mit Mutexen

- Deadlock, da in kritischem Bereich gewartet wird
  - ◆ Kein anderer Thread kann kritischen Abschnitt betreten
  - ◆ Freigabe des Mutexes notwendig

```
static pthread_mutex_t m1;
static int a;

void P() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    while ( a == 0 ) {
        pthread_mutex_unlock(&m1);
        // wait for change
        pthread_mutex_lock(&m1);
    }
    a--;
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

```
void V() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    a++;
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

- Zur Vermeidung von aktivem Warten wird sleep/wakeup-Mechanismus benötigt.

## U9-3 Synchronisierung mit Mutexen und Sleep/Wakeup-Mechanismus

- Zur Vermeidung von aktivem Warten wird Pseudo-Funktion `wait_for_change()` eingesetzt, diese blockiert solange bis `signal_change()` aufgerufen wird.

```
static pthread_mutex_t m1;
static int a;

void P() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    while ( a == 0 ) {
        pthread_mutex_unlock(&m1);
        wait_for_change();
        pthread_mutex_lock(&m1);
    }
    a--;
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

```
void V() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    a++;
    signal_change();
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

- Welches Problem kann hier auftreten?

## U9-3 Synchronisierung mit Mutexen und Sleep/Wakeup-Mechanismus

- Lost-Wakeup-Problem
  - ◆ Aufwecksignal kann verloren gehen
  - ◆ Freigabe des Mutex und Schlafenlegen muss atomar sein

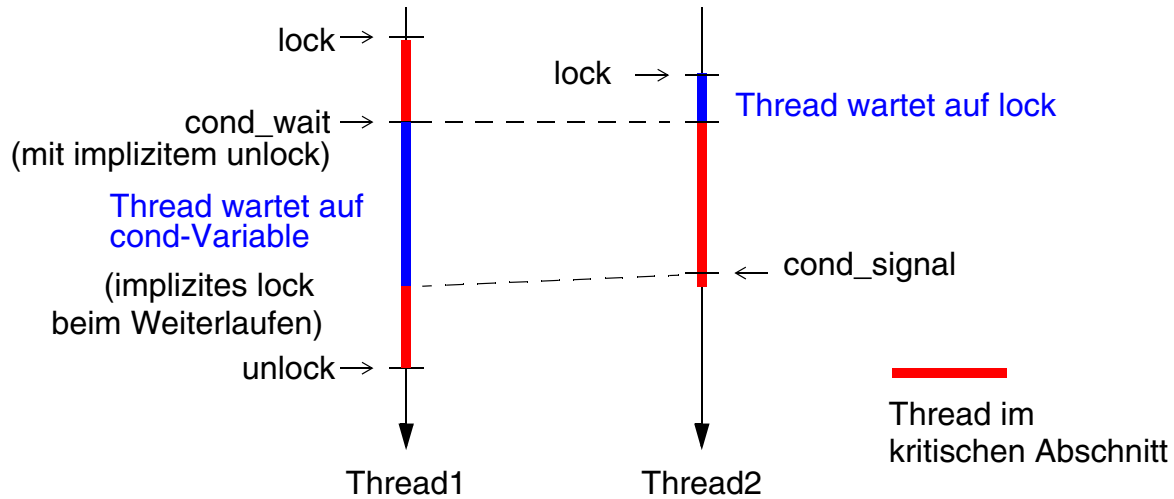
```
static pthread_mutex_t m1;
static int a;

void P() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    while ( a == 0 ) {
        // atomic start
        pthread_mutex_unlock(&m1);
        wait_for_change();
        pthread_mutex_lock(&m1);
        // atomic end
    }
    a--;
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

```
void V() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    a++;
    signal_change();
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

## U9-4 Bedingungsvariablen - Condition-Variables

- Mechanismus zum Blockieren (mit gleichzeitiger Freigabe des aktuellen kritischen Abschnitts) und Aufwecken (mit neuem Betreten des kritischen Abschnitts) von Threads



## U9-4 Bedingungsvariablen

- ...am Beispiel der Semaphoren Implementierung

```
static pthread_cond_t c1;
static pthread_mutex_t m1;
static int a;

int main () {
    pthread_cond_init(&c1, NULL);
    // ...
}

void P() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    while ( a == 0 ) {
        pthread_cond_wait(&c1, &m1);
    }
    a--;
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

```
void V() {
    pthread_mutex_lock(&m1);
    a++;
    pthread_cond_broadcast(&c1);
    pthread_mutex_unlock(&m1);
}
```

## U9-4 Bedingungsvariablen

- Realisierung `cond_wait()`
  - ◆ Thread reiht sich in Warteschlange der Bedingungsvariablen ein
  - ◆ Thread gibt Mutex frei
  - ◆ Thread gibt Prozessor auf
  - ◆ Nach Signalisierung wird Thread wieder lafbereit (`cond_signal()` S.U.)
  - ◆ Thread muss kritischen Abschnitt neu betreten (`lock()`)
  
- Realisierung `cond_broadcast()/cond_signal()`
  - ◆ Aufwecken eines (oder mehrerer) Threads, aus der Warteschlange der Bedingungsvariablen
  
- Da möglicherweise mehrere Threads deblockiert wurden, muss die Bedingung nochmals überprüft werden (siehe S. 8)

## U9-4 Bedingungsvariablen

- Bei `pthread_cond_signal()` wird mindestens einer der wartenden Threads aufgeweckt — es ist allerdings nicht definiert welcher
  - ▶ eventuell Prioritätsverletzung wenn nicht der höchstpriorre gewählt wird
  - ▶ Verklemmungsgefahr wenn die Threads unterschiedliche Wartebedingungen haben
  
- Mit `pthread_cond_broadcast()` werden alle wartenden Threads aufgeweckt
  
- Ein aufwachender Thread wird als erstes den Mutex neu belegen — ist dieser gerade gesperrt, bleibt der Thread solange blockiert

## U9-5 Aufgabe 8: Webserver

- Mehrfädiger Webserver
  - ◆ HTTP 0.9 GET-Anfragen
  - ◆ nur eine Anfrage pro Verbindung
- Hauptfaden nimmt Verbindungen entgegen
- Arbeiterthreads behandeln diese Verbindungen
- Auftragsübergabe über einen Ringpuffer
  - ◆ Hauptfaden (Schreiber) fügt Filedescriptoren der Verbindungen in den Ringpuffer ein
  - ◆ Arbeiterthreads (Leser) entnehmen Filedescriptoren aus dem Ringpuffer, bearbeiten die Anfrage und schließen die Verbindung
  - ◆ Danach entnimmt ein freier Arbeiterthread den nächsten Filedescriptor

### 1 Semaphor-Modul

- Zählende P/V-Semaphoren zur Synchronisation von POSIX-Threads (siehe Vorlesung ab *C / X Maschinenprogrammzebene, Seite 19*)

### 2 Ringpuffer-Modul

- Ringpuffer zur Verwaltung von int-Werten
- Randbedingungen: ein Produzent, mehrere Konsumenten
- blockierende Synchronisation mittels o.g. Semaphoren-Modul zur Vermeidung von Über- bzw. Unterlauf
- nicht-blockierende Synchronisation der Konsumenten mittels CAS (siehe Vorlesung ab *C / X Befehlssatzzebene, Seite 20*)