# U4 POSIX-Threads

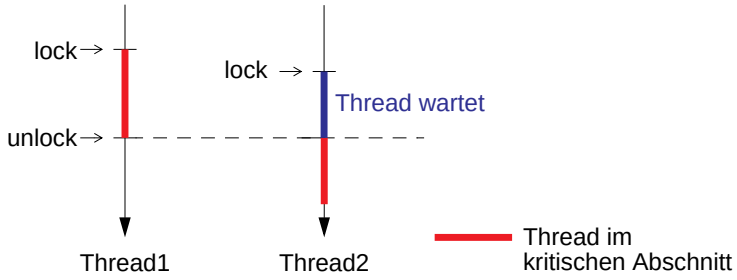
- Mutexe
- Sychronisierung mit Mutexen
- Bedingungsvariablen (Condition Variables)
- Aufgabe 8: mt-httpd






# U4-1 Mutexe

- Koordinierung von kritischen Abschnitten



# U4-1 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);
```






# U4-2 Synchronisierung mit Mutexen

- ...am Beispiel einer Semaphor-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);
}
```

# U4-2 Synchronisierung mit Mutexen

- Problem: Mehrere Threads warten gleichzeitig in der Schleife
  - `a` wird mehrmals heruntergezählt
  - Prüfung der Bedingung ist ebenfalls Teil des kritschen 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);
}
```






# U4-2 Synchronisierung mit Mutexen

- Deadlock, da in kritischem Bereich gewartet wird
  - Kein anderer Thread kann kritschen Abschnitt betreten
  - Freigabe des Mutexes notwenig

```
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.

# U4-3 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?






# U4-3 Synchronisierung mit Mutexen und Sleep/ Wakeup-Mechanismus

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

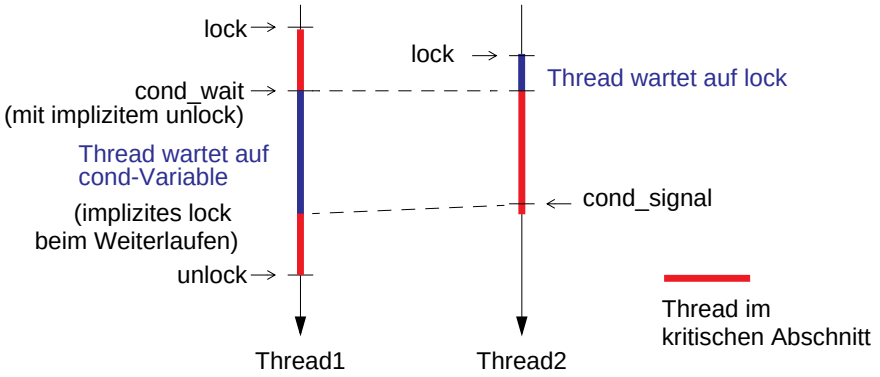
```
static pthread_mutex_t m1;
static int a;

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);
}
```

# U4-4 Bedingungsvariablen - Condition-Variables

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









# U4-4 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);
}
```

# U4-4 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 laufbereit (`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 Seite 8)






# U4-4 Bedingungsvariablen

- Bei `pthread_cond_signal()` wird mindestens einer der wartenden Threads aufgeweckt — es ist allerdings nicht definiert welcher
  - ➤ eventuell Prioritätsverletzung wenn nicht der höchstpriore 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

# U4-5 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 Filedeskriptoren der Verbindungen in den Ringpuffer ein
  - Arbeiterthreads (Leser) entnehmen Filedeskriptoren aus dem Ringpuffer, bearbeiten die Anfrage und schließen die Verbindung
  - Danach entnimmt ein freier Arbeiterthread den nächsten Filedeskriptor






## 1 Semaphor-Modul

- Synchronisation von Überlauf/Unterlauf des Ringpuffers
- Zählende P/V-Semaphoren zur Synchronisation von POSIX-Threads (siehe Vorlesung ab 11-39)

## 2 Ringpuffer-Modul

- Ringpuffer zur Verwaltung von int-Werten
- Randbedingungen: ein Produzent, mehrere Konsumenten
- blockierende Synchronisation bei Überlauf/Unterlauf
- nicht-blockierende Synchronisation der Konsumenten mittels CAS (siehe Vorlesung ab C | X-4, S. 17ff)