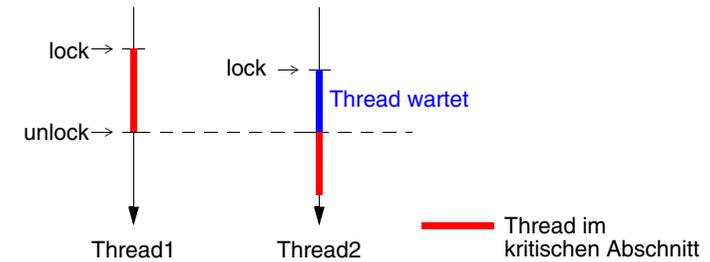


U9 POSIX-Threads

- 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

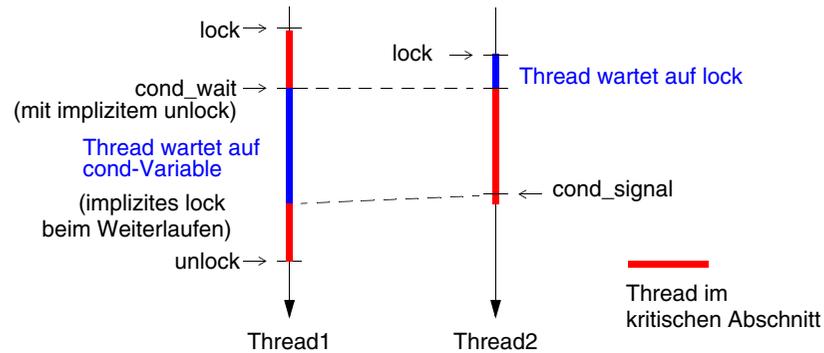
```
static pthread_mutex_t m1;
static int a;

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 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 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 höchstpriorie 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 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

- 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*)