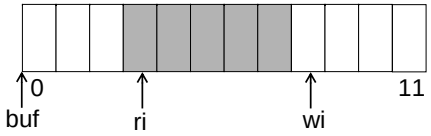
U5 Ringpuffer und Threads

- Synchronisation eines Ringpuffers
- Threads und Signale
- Threads und Prozesse

U5-1 Synchronisation eines Ringpuffer



- Parameter und Zustand
  - Anzahl der Slots (hier: 12)
  - Leserposition = Index des nächsten zu lesenden Slots (hier: 3)
  - Schreiberposition = Index des nächsten zu schreibenden Slots (hier: 8)
- Slots als konsumierbare Betriebsmittel
  - Schreiber konsumiert freie Slots, produziert belegte Slots
  - Leser konsumieren belegte Slots, produzieren freie Slots

1 Ringpuffer: Basisoperationen

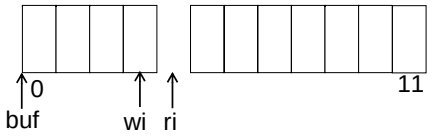
- Basisoperationen:

```
void add(int val) {


  buf[wi] = val;
  wi = (wi + 1) % 12;


}
```

```
int get() {
  int fd, pos;

  pos = ri;
  ri = (pos + 1) % 12;

  fd = buf[pos];


  return fd;
}
```

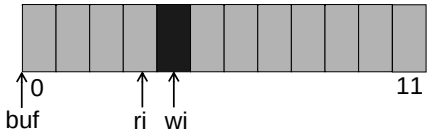

2 Über-/Unterlaufsituationen

- Unterlauf: Alle vollen Slots wurden von Lesern konsumiert



  - Leser hängen nun vom Fortschritt des Schreibers ab

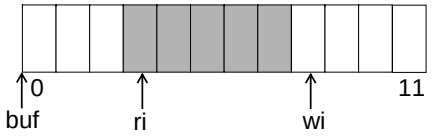
- Überlauf: Alle freien Slots wurden vom Schreiber konsumiert

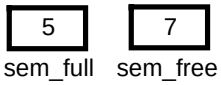


  - Schreiber hängt nun vom Fortschritt der Leser ab

☞ Verwaltung des Betriebsmittelbestands mit zählenden Semaphoren

3 Über-/Unterlaufsituationen: Synchronisation



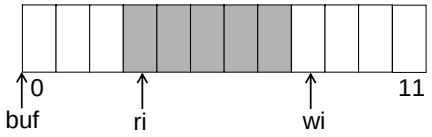


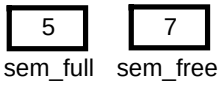
- Basisoperationen:

```
void add(int val) {
  P(sem_free);

  buf[wi] = val;
  wi = (wi + 1) % 12;

  V(sem_full);
}
```

```
int get() {
  int fd, pos;
  P(sem_full);

  pos = ri;
  ri = (pos + 1) % 12;

  fd = buf[pos];
  V(sem_free);
  return fd;
}
```


4 Wettlauf der Leser

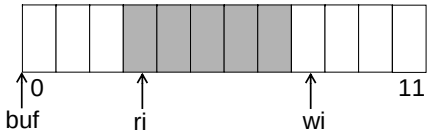


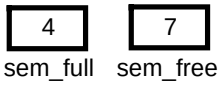


- Mehrere Leser können sich gleichzeitig in `get()` befinden

```
int get() {
  int fd, pos;
  P(sem_full);

  pos = ri;
  ri = (pos + 1) % 12;

  fd = buf[pos];
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

4 Wettlauf der Leser





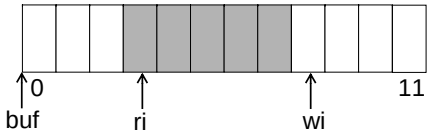
- R1 wird nach dem Laden von `ri` verdrängt

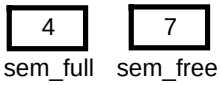
```
int get() {
  int fd, pos;
  P(sem_full);

  pos = ri;
  ri = (pos + 1) % 12;

  fd = buf[pos];
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

R1

pos: 3

4 Wettlauf der Leser





- Ein zweiter Leser R2 betritt `get()`

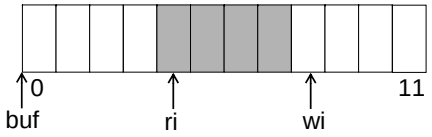
```
int get() {
  int fd, pos;
  P(sem_full);

  pos = ri;
  ri = (pos + 1) % 12;

  fd = buf[pos];
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

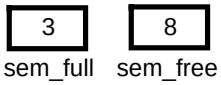
R1

R2

pos: 3

4 Wettlauf der Leser





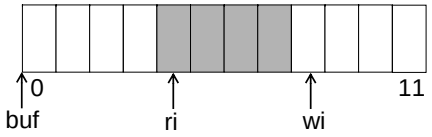
- R2 entnimmt Slot 3, `ri` wird auf 4 erhöht

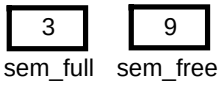
```
int get() {
  int fd, pos;
  P(sem_full);

  pos = ri;
  ri = (pos + 1) % 12;

  fd = buf[pos];
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

R1: `pos: 3`

R2: `pos: 3` / `ri := 4` / `fd: buf[3]`

4 Wettlauf der Leser





- R1 komplettiert `get()` ebenfalls mit Slot 3

```
int get() {
  int fd, pos;
  P(sem_full);

  pos = ri;
  ri = (pos + 1) % 12;

  fd = buf[pos];
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

R1: `pos: 3` / `ri := 4` / `fd: buf[3]`

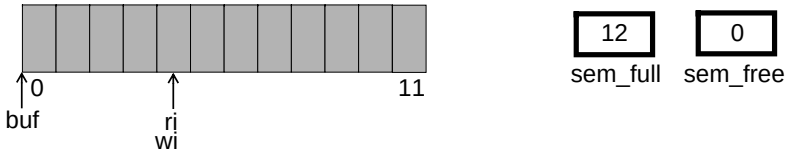
R2: `pos: 3` / `ri := 4` / `fd: buf[3]`

4 Wettlauf der Leser

- Inkrementieren des Leseindex `ri` nicht atomar
- Es existiert keine Abhängigkeit zwischen den Lesern
  - ☞ nicht-blockierende Synchronisation möglich
    hier mittels Compare-And-Swap (CAS)

U5-1 Synchronisation eines Ringpuffer

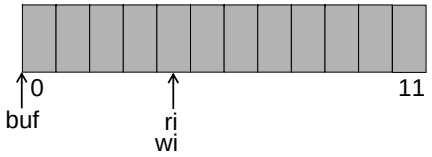
4 Wettlauf der Leser

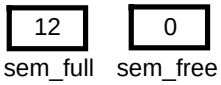


- Erhöhung des Leseindex mittels CAS

```
int get() {
  int fd, pos, npos;
  P(sem_full);
  do { /* Wiederhole... */
    pos = ri;                /* Lokale Kopie des Werts ziehen */
    npos = (pos + 1) % 12;   /* Folgewert lokal berechnen */
  } while(!cas(&ri, pos, npos)); /* ...bis CAS erfolgreich */
  fd = buf[pos];
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

4 Wettlauf der Leser





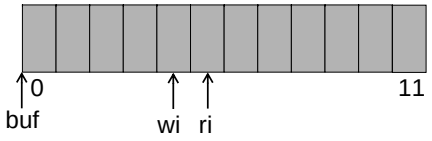
- Überlaufsituation: Schreiber blockiert, weil keine freien Slots verfügbar

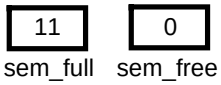
```
int get() {
  int fd, pos, npos;
  P(sem_full);
  do {
    pos = ri;
    npos = (pos + 1) % 12;
  } while(!cas(&ri, pos, npos));
  fd = buf[pos];
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

W

```
void add(int val) {
  P(sem_free);

  buf[wi] = val;
  wi = (wi + 1) % 12;

  V(sem_full);
}
```


4 Wettlauf der Leser





- R1 sichert sich Leseposition 4, wird nach erfolgreichem CAS verdrängt

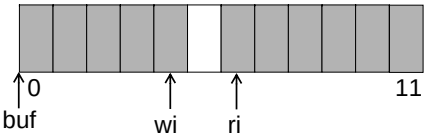
```
int get() {
  int fd, pos, npos;
  P(sem_full);
  do {
    pos = ri;
    npos = (pos + 1) % 12;
  } while(!cas(&ri, pos, npos));
  fd = buf[pos];  pos: 4
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

R1

W

```
void add(int val) {
  P(sem_free);

  buf[wi] = val;
  wi = (wi + 1) % 12;

  V(sem_full);
}
```

4 Wettlauf der Leser



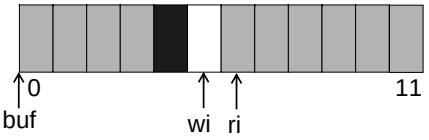
- R2 durchläuft `get()` komplett, entnimmt Datum in Slot 5

```
int get() {                                   R1   R2
  int fd, pos, npos;
  P(sem_full);
  do {
    pos = ri;
    npos = (pos + 1) % 12;
  } while(!cas(&ri, pos, npos));
  fd = buf[pos];   pos: 4     pos: 5
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

W

```
void add(int val) {
  P(sem_free);

  buf[wi] = val;
  wi = (wi + 1) % 12;

  V(sem_full);
}
```


4 Wettlauf der Leser



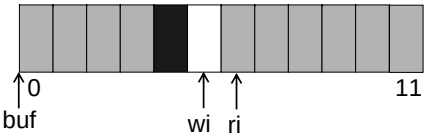
- Schreiber W wird deblockiert, komplettiert `add()`, überschreibt Slot 4

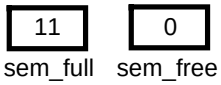
```
int get() {                                   R1   R2
  int fd, pos, npos;
  P(sem_full);
  do {
    pos = ri;
    npos = (pos + 1) % 12;
  } while(!cas(&ri, pos, npos));
  fd = buf[pos];   pos: 4     pos: 5
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

W

```
void add(int val) {
  P(sem_free);

  buf[wi] = val;
  wi = (wi + 1) % 12;

  V(sem_full);
}
```

4 Wettlauf der Leser



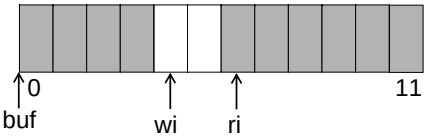


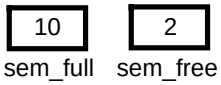
- Problem: FIFO-Entnahmeeigenschaft nicht vorhanden

```
int get() {                                   R1        R2
  int fd, pos, npos;
  P(sem_full);
  do {
    pos = ri;
    npos = (pos + 1) % 12;
  } while(!cas(&ri, pos, npos));
  fd = buf[pos];   pos: 4      pos: 5
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

```
                                                  W
void add(int val) {
  P(sem_free);

  buf[wi] = val;
  wi = (wi + 1) % 12;

  V(sem_full);
}
```


4 Wettlauf der Leser





- Lösung: Entnahme des Datums vor Durchführung von CAS

```
int get() {
  int fd, pos, npos;
  P(sem_full);
  do {
    pos = ri;
    npos = (pos + 1) % 12;
    fd = buf[pos]; /* Datum bereits vorsorglich entnehmen */
  } while(!cas(&ri, pos, npos));
  V(sem_free);
  return fd;
}
```

5 Vorteile nicht-blockierender Synchronisation

- Vorteile gegenüber sperrenden oder blockierenden Verfahren (Auswahl):
  - konkurrierende Fäden werden vom Scheduler nach dessen Kriterien eingeplant
  - rein auf Anwendungsebene: keine teuren Systemaufrufe
  - durch Locks wird eine Abhängigkeit vom Halter des Locks geschaffen
    - Halter des Locks wird möglicherweise im kritischen Abschnitt verdrängt
    - der "Zweite", "Dritte", usw. werden durch den "Ersten" verzögert
- relevant vor allem in massiv parallelen Systemen
- im konkreten Anwendungsbeispiel kommen diese Vorteile nicht wirklich zum Tragen
  - ☞ Übungsbeispiel zum Begreifen des Konzepts

U5-2 Threads und Signale

- Signale können...
  - an einen Thread gerichtet sein
    - Synchrone Signale (z.B. SIGSEGV, SIGPIPE)
    - Signale, die mit `pthread_kill(3)` geschickt wurden
  - an einen Prozess gerichtet sein
    - alle anderen Signale (z.B. mit `kill(2)` erzeugte Signale)
- Signalbehandlung gilt prozessweit
  - an Thread gerichtete Signale werden von diesem bearbeitet
  - an Prozess gerichtete Signale werden von beliebigem Thread bearbeitet
- Signalmaske ist Thread-lokal
  - von einem Thread blockierte Signale, die...
    - an diesen gerichtetet sind, werden verzögert
    - an dessen Prozess gerichtetet sind, werden von anderem Thread bearbeitet

U5-3 Threads und Prozesse

- Verwendung von `fork(2)` in mehrfädigen Prozessen grundsätzlich problematisch
  - Bei `fork(2)` wird der aufrufende Thread geklont; alle anderen Threads sind im Kind nicht mehr vorhanden
  - Gelockte Mutexe bleiben gelockt und können nicht freigegeben oder zerstört werden
  - Kind kann inkonsistenten Zustand kopieren
- Unproblematisch, wenn geforkt wird, um `exec(2)` auszuführen
  - beim Aufruf von `exec(2)`
    - werden alle Mutexe und Bedingungsvariablen zerstört
    - verschwinden alle Threads - bis auf den aufrufenden