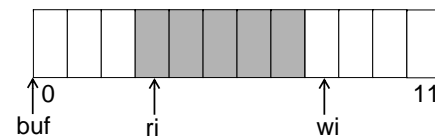


## U6 6. Übung

- Besprechung der Aufgabe 4: jbuffer
- Synchronisation eines Ringpuffers
  - ◆ ABA-Problem
- Threads und Signale
- Threads und Prozesse
- Aufgabe 5: mother

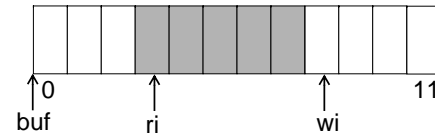
## U6-1 Synchronisation eines Ringpuffers

### U6-1 Synchronisation eines Ringpuffers



- 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(void) {
    int fd, pos;

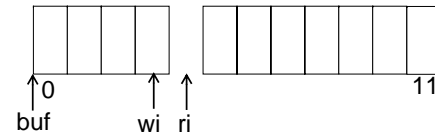
    pos = ri;
    ri = (pos + 1) % 12;

    fd = buf[pos];

    return fd;
}
```

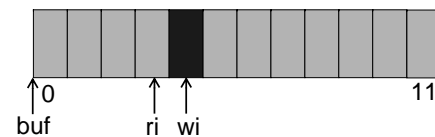
## 2 Über-/Unterlaufsituationen

### ■ Unterlauf: Alle vollen Slots wurden von Lesern konsumiert



- ◆ Leser hängen nun vom Fortschritt des Schreibers ab - weiteres Lesen problematisch

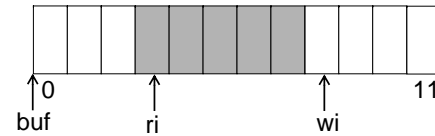
### ■ Überlauf: Alle freien Slots wurden vom Schreiber konsumiert



- ◆ Schreiber hängt nun vom Fortschritt der Leser ab - weiteres Schreiben problematisch

☞ Verwaltung des Betriebsmittelbestands mit zählenden Semaphoren

### 3 Über-/Unterlaufsituationen: Synchronisation



5      7  
sem\_full   sem\_free

#### ■ Basisoperationen:

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

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

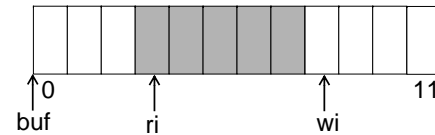
    V(sem_full);
}
```

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

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

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

### 4 Wettlauf der Leser



5      7  
sem\_full   sem\_free

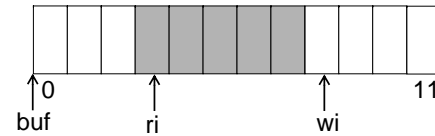
#### ■ Mehrere Leser können sich gleichzeitig in get() befinden

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

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

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

## 4 Wettlauf der Leser



4      7  
sem\_full   sem\_free

- R1 wird nach dem Laden von `ri` verdrängt

```

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

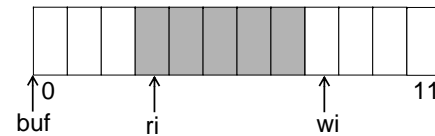
    pos = ri;
    ri = (pos + 1) % 12;

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

```

R1  
↓ pos: 3

## 4 Wettlauf der Leser



4      7  
sem\_full   sem\_free

- Ein zweiter Leser R2 betritt `get()`

```

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

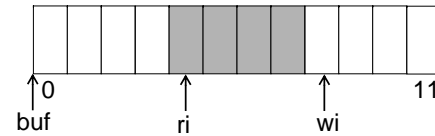
    pos = ri;
    ri = (pos + 1) % 12;

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

```

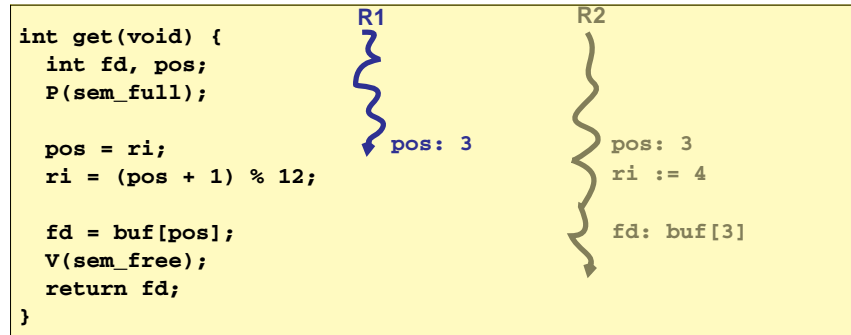
R1      R2  
↓ pos: 3

## 4 Wettlauf der Leser

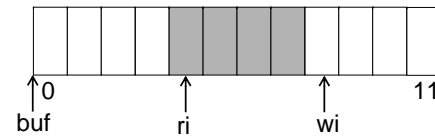


3	8
sem_full	sem_free

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

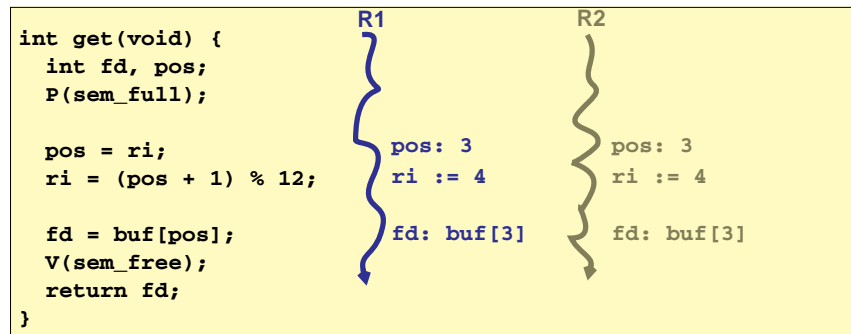


## 4 Wettlauf der Leser



3	9
sem_full	sem_free

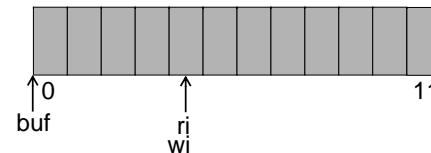
- R1 komplettiert `get()` ebenfalls mit Slot 3



## 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)

## 4 Wettlauf der Leser

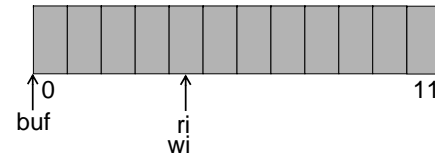


12	0
sem_full	sem_free

- Erhöhung des Leseindex mittels CAS

```
int get(void) {
    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



12      0  
sem\_full sem\_free

- Überlaufsituation: Schreiber blockiert, weil keine freien Slots verfügbar

```
int get(void) {
    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;
}
```

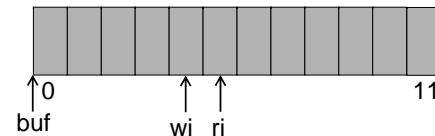
```
void add(int val) {
    P(sem_free);

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

    V(sem_full);
}
```

SP - Ü

## 4 Wettlauf der Leser



11      0  
sem\_full sem\_free

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

```
int get(void) {
    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;
}
```

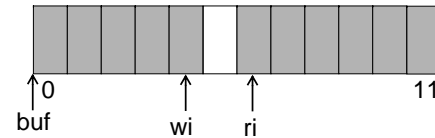
```
void add(int val) {
    P(sem_free);

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

    V(sem_full);
}
```

SP - Ü

## 4 Wettlauf der Leser



10    1  
 sem\_full    sem\_free

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

```

int get(void) {
  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

```

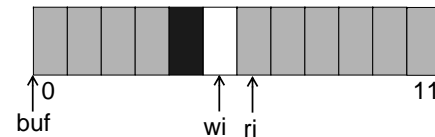
void add(int val) {
  P(sem_free);

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

  V(sem_full);
}

```

## 4 Wettlauf der Leser



11    0  
 sem\_full    sem\_free

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

```

int get(void) {
  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);

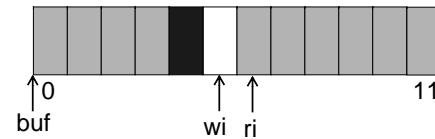
  buf[wi] = val;
  wi = (wi + 1) % 12;

  V(sem_full);
}

```



## 4 Wettlauf der Leser



11      0  
sem\_full sem\_free

- Problem: FIFO-Entnahmeeigenschaft nicht sichergestellt

```

int get(void) {
    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;
}

```

```

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

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

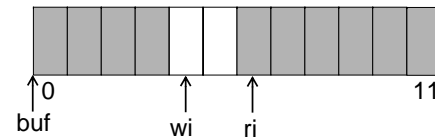
    V(sem_full);
}

```

R1      R2      W

SP - Ü

## 4 Wettlauf der Leser



10      2  
sem\_full sem\_free

- Lösung: Entnahme des Datums vor Durchführung von CAS

```

int get(void) {
    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;
}

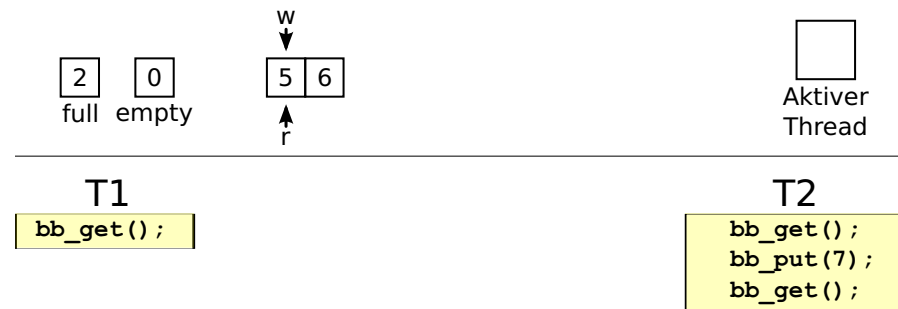
```

SP - Ü

## 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

## 6 ABA-Problem



## 6 ABA-Problem



**T1**

```
bb_get();
bb_get() {
  ...
  int retVal=0;
  do {
    ...
    retVal = 5;
    → } while (!cas(&r,0,1));
    ...
    V(empty);
  }
}
```

**T2**

```
bb_get();
bb_put(7);
bb_get();
```

## 6 ABA-Problem



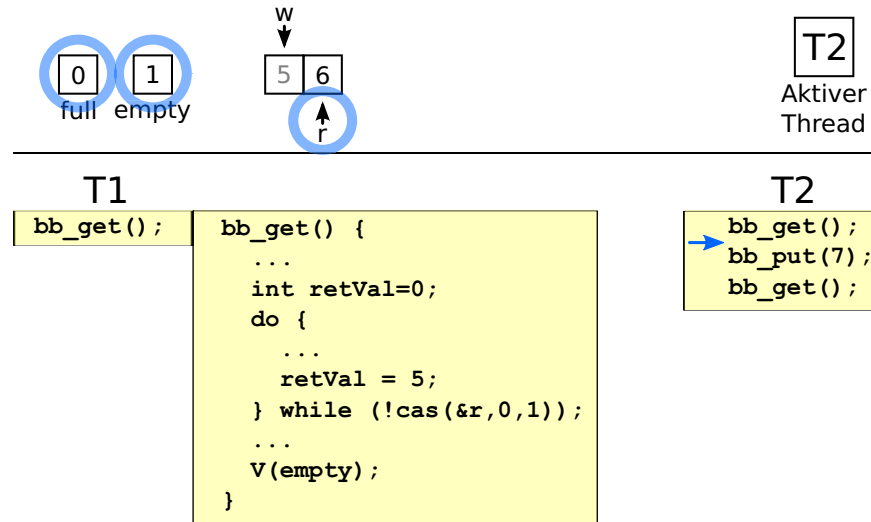
**T1**

```
bb_get();
bb_get() {
  ...
  int retVal=0;
  do {
    ...
    retVal = 5;
    } while (!cas(&r,0,1));
    ...
    V(empty);
  }
}
```

**T2**

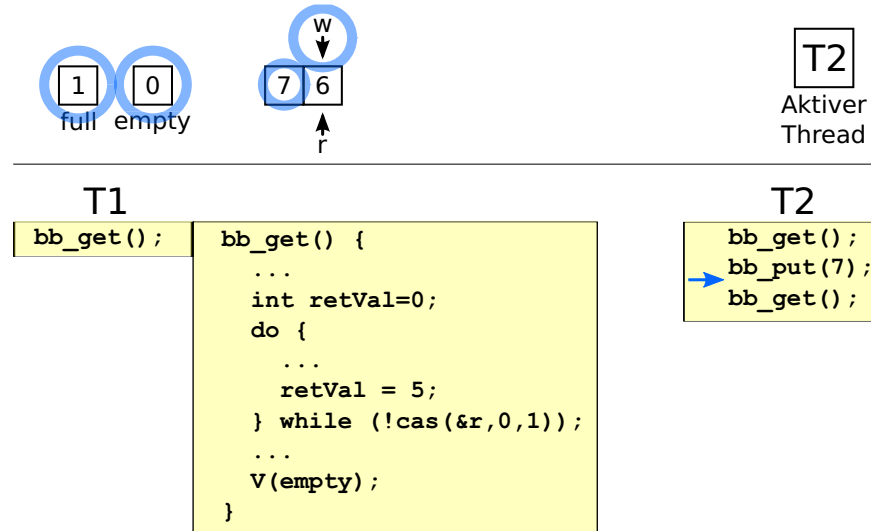
```
→ bb_get();
bb_put(7);
bb_get();
```

## 6 ABA-Problem



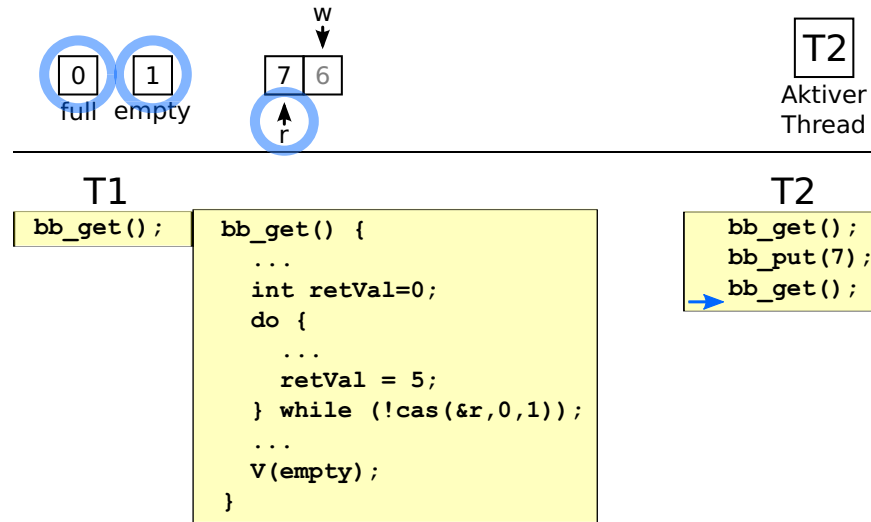
SP - Ü

## 6 ABA-Problem

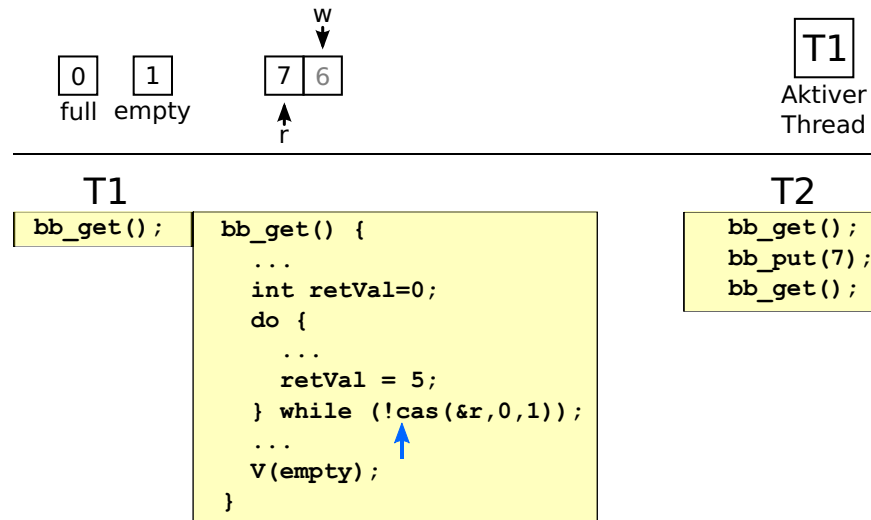


SP - Ü

## 6 ABA-Problem



## 6 ABA-Problem



## 6 ABA-Problem

- `bb_get()` liefert 5 statt 7 zurück
  - ◆ die zwischenzeitliche Wert-Änderung des Leseindex `r` wird von CAS nicht erkannt
- Grundsätzliches Problem von inhaltsbasierten Elementaroperationen
- Gegenmaßnahmen siehe Vorlesung C | X-4 S. 24ff.

## U6-2 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 gerichtet sind, werden verzögert
    - an dessen Prozess gerichtet sind, werden von anderem Thread bearbeitet

## U6-3 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