Universität Bielefeld – Technische Fakultät
AG Rechnernetze und verteilte Systeme

Vorlesung 8: Concurrency

Wintersemester 2001/2002

Peter B. Ladkin
ladkin@rvs.uni-bielefeld.de

Prozess Synchronizierung Puzzle I

- ```
  Process 1: (x: integer)
  begin x <- 0; x <- x+1; stop; end
  ```
- ```
  Process 2: (x: integer)
  begin read x; stop; end
  ```
- Was ist der gelesene Wert von x, wenn diese Programme concurrent laufen?

Puzzle 1

- Sequenzierung (auf einem Multitasking-CPU)

```
x <- 0; x <- 0+1; read x
```

```
x <- 0; read x; <- 0+1
```

- Alles?

Puzzle 1

- Nein, natürlich nicht!

```
read x; x <-0; x <- 0+1
```

- Allerdings: 0, 1, und allesmögliche

Prozess Synchnozierung Puzzle 2

- `Prozess 1: (x: integer)`
  `begin x <- 0; x <- x+1; stop; end`

- `Prozess 2: (x,y: integer)`
  `begin y <- 0; y <- x+1; stop; end`
- Voraussetzung: Memory Platz `x` ist dergleiche als Memory Platz `y`
- Werte von `x`, `y` an Ende?

Puzzle 2

- x und y gleich; sagen wir Platz A
- `x <- 0; x <- 0+1; y <- 0; y <- 0+1`
  A = 1
- `X <- 0; y <- 0; x <- 0+1; y <- 1+1`
  A = 2

Puzzle 2

- `x <- 0; y <- 0; y <- 0+1; x <- 1+1`
  A = 2
- usw
- A = 1 oder A = 2

Prozess Synchronizierung Puzzle 3

- Wert von der Variabel z ist 1, falls es existieren 20 Blöcke freiverfügbarem Speicher;
- ...ist 2, falls es ...< 20 Blöcke....
- Wert von z ist 1
- Prozess 1 braucht 15 Blöcke, Prozess 2 auch
- Beide lesen z gleichzeitig
- Was passiert?

Prozess Synchronizierung Puzzle 4

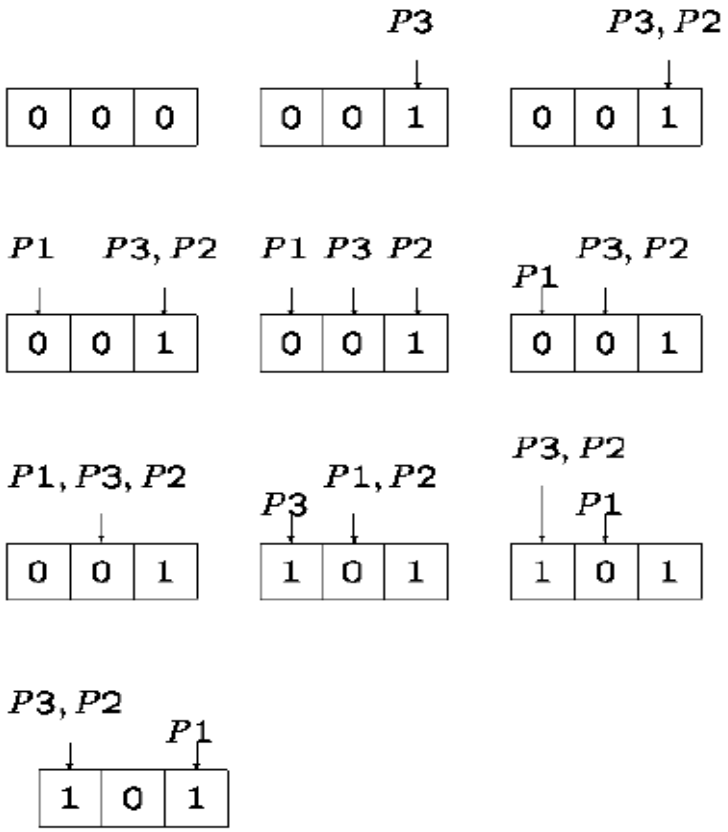
- Programm 1 und Programm 2 lesen Variabel `turn`
- `turn` könnte von Programm 3 geschrieben werden
- `turn` hat 3 Bits
- `turn` = 001 bedeutet, Prog 1 kann den Drucker benutzen
- `Turn` = 101 bedeutet, Prog 2 .....

Puzzle 4

- Prog 3 schreibt Wert 101, von rechts nach links
- Prog 2 liest von rechts nach links
- Prog 1 liest von links nach rechts
- In der folgenden Ausführung.....

Puzzle 4

- P3 schreibt B3
  P2 liest B3
  P1 liest B1
  P3 schreibt B2
  P2 liest B2
  P3 schreibt B1
  P2 liest B1
  P1 liest B3


P3
P3, P2
0 0 0
0 0 1
0 0 1
P1
P3, P2
P1 P3 P2
P3, P2
P1
0 0 1
0 0 1
0 0 1
P1, P3, P2
P3
P1, P2
P3, P2
P1
0 0 1
1 0 1
1 0 1
P3, P2
P1
1 0 1

1

Puzzle 4

- P1 liest 001
- P2 liest 101
- Beide gehen daran
- Kunstliche Ausgabe, vielleicht, aber nicht gerade die erwartete
- Stell mal vor, falls dies mit einem Digital Flight Control System passieren würde!

Puzzle 4: Lösung

- Sicherstellen, dass nur ein Prozess Anschluss an die Variabel zu einer Zeit hat
- Dies heisst: **mutex (mutual exclusion)**
- Problemlösung stammt von Edgsger Dijkstra
- Turing-Preissieger, Designer des THE Betriebssystemes (Eindhoven, 1968)

Mutex

- Dijkstra ist Empfinder des S**emaphores**
- Wie ein Spielmarke, die nur ein Prozess zu einer Zeit hat
- Beispiel: Lösung zu Puzzle 4. Zu jeder Zeit:
  P1 hat Anschluss, P2 und P3 nicht; oder
  P2 hat Anschluss, P1 und P3 nicht; oder
  P3 hat Anschluss, P1 und P2 nicht

Semaphore

- Vorteil: mutex sichergestellt
- Nachteil: ineffizient
- Allerdings muss man nur sicherstellen, dass nicht gelesen wird wenn geschrieben wird
- P1 und P2 könnten ohne Gefahr gleichzeitig lesen; nur wenn und dass P3 nicht schreibt

Semaphore: Übung

- Wie kann die effizientere Lösung mit Hilfe von Semaphoren implementiert werden?
- Wie könnten Semaphoren mit Hilfe von Interrupt-Masking programmiert werden?

Semaphoren

- Alle Prozessen können gleichzeitig versuchen, den Semaphor zu holen
- Nur ein Prozess könnte den Semaphore "bekommen"
- Die anderen müssen *warten* (z.B. auf eine Warteschlange) bis der Prozess fertig ist
- Was passiert, wenn der Prozess scheitert?

Semaphoren

- Technische ausgesehen ist ein Semaphor ein S*hared Variable* , deren Anschluss kontrolliert ist
- Zwei Operationen nur: *holen* und *freigeben*
- Ein *Interlock ,* der verhindert, dass ein Prozess *in seinen Critical Section* hineingeht, wenn der Semaphor schon gesetzt wird

Semaphoren

- Wie ein einziges Bit
- Gesetzt: *P* ("passeren")
- Freigegeben: *V* ("vrijgeven")
- Nur ein Prozess kann zu einem Zeitpunkt eine Operation ausführen
- Andere sind blockiert bis *V(S)* ausgeführt wird
- d.h., *P* und *V* sind *atomäre Operationen (atomic Operationen)*

Semaphoren

- Semaphoren und andere atomäre Operationen werden normalerweise im Betriebssystem implementiert

Einfache Mutex

- `Mask(Interrupts);`
  `Critical Section;`
  `Unmask(Interrupts)`
- Ineffizient
- z.B., P1 und P2 möchten Drucker1 benutzen
  P3 und P4 möchten Drucker2 benutzen
- P1 muss nur P2 ausschliessen, P2 nur P1,
  P3 nur P4, und P4 nur P3
- P1 könnte gegen P3 ausgetauscht werden, usw

Programmierung mit Semaphoren

```
var integer x,y  = 0;
    semaphore sem  = 1;

cobegin
    loop P(sem); CS1; V(sem) endloop
[]
    loop P(sem); CS2; V(sem) endloop
coend
```

Notation

- `cobegin .... [] ..... coend`
- Die zwei Hälfte laufen gleichzeitig
- Es könnte mehrere Klausel geben
- `cobegin ... [] ... [] ... coend`
- Notation von Dijkstra
- Prozedurale Sprache - man könnte die *Zustände* des Programms nicht beschreiben

Implementierung von Semaphoren

- Später