Lösung von Übungsblatt 10

Aufgabe 1 (Kommunikation von Prozessen)

1. Was ist bei Interprozesskommunikation über gemeinsame Speichersegmente (Shared Memory) zu beachten?

   Die Prozesse müssen die Zugriffe selbst koordinieren und sicherstellen, dass ihre Speicherzugriffe sich gegenseitig ausschließen. Der Senter-Prozess darf nichts aus dem gemeinsamen Speicher lesen, bevor der Sender-Prozess fertig geschrieben hat. Ist die Koordinierung der Zugriffe nicht sorgfältig $\Longrightarrow$ Inkonsistenzen.

2. Welche Aufgabe hat die Shared Memory Tabelle im Linux-Kernel?

   Unter Linux/UNIX speichert eine Shared Memory Tabelle mit Informationen über die existierenden gemeinsamen Speichersegmente. Zu diesen Informationen gehören: Anfangsadresse im Speicher, Größe, Besitzer (Benutzername und Gruppe) und Zugriffsrechte.

3. Kreuzen Sie an, welche Auswirkungen ein Neustart (Reboot) des Betriebssystems auf die bestehenden gemeinsamen Speichersegmente (Shared Memory) hat.
   (Nur eine Antwort ist korrekt!)

   ☐ Die gemeinsamen Speichersegmente werden beim Neustart erneut angelegt und die Inhalte werden wieder hergestellt.
   ☐ Die gemeinsamen Speichersegmente werden beim Neustart erneut angelegt, bleiben aber leer. Nur die Inhalte sind also verloren.
   ☒ Die gemeinsamen Speichersegmente und deren Inhalte sind verloren.
   ☐ Nur die gemeinsamen Speichersegmente sind verloren. Die Inhalte speichert das Betriebssystem in temporären Dateien im Ordner `\tmp`.

4. Nach welchem Prinzip arbeiten Nachrichtenwarteschlangen (Message Queues)?
   (Nur eine Antwort ist korrekt!)

   ☐ Round Robin ☐ LIFO ☒ FIFO ☐ SJF ☐ LJF

5. Wie viele Prozesse können über eine Pipe miteinander kommunizieren?

   Pipes können immer nur zwischen 2 Prozessen tätig sein.

6. Was passiert, wenn ein Prozess in eine volle Pipe schreiben will?

   Der in die Pipe schreibende Prozess wird blockiert.

7. Was passiert, wenn ein Prozess aus einer leeren Pipe lesen will?

   Der aus der Pipe lesende Prozess wird blockiert.

8. Welche zwei Arten Pipes existieren?

   Anonyme Pipes und benannte Pipes.

9. Welche zwei Arten Sockets existieren?

   Verbindungslose Sockets (bzw. Datagram Sockets) und verbindungsorientierte Sockets (bzw. Stream Sockets).

10. Kommunikation via Pipes funktioniert...
    (Nur eine Antwort ist korrekt!)

    ☐ speicherbasiert
    ☐ datenstrombasiert
    ☐ objektbasiert
    ☒ nachrichtenbasiert

11. Kommunikation via Nachrichtenwarteschlangen funktioniert...
    (Nur eine Antwort ist korrekt!)

    ☐ speicherbasiert
    ☐ datenstrombasiert
    ☐ objektbasiert
    ☒ nachrichtenbasiert

12. Kommunikation via gemeinsamen Speichersegmenten funktioniert...
    (Nur eine Antwort ist korrekt!)

    ☒ speicherbasiert
    ☐ datenstrombasiert
    ☐ objektbasiert
    ☐ nachrichtenbasiert

13. Kommunikation via Sockets funktioniert...
    (Nur eine Antwort ist korrekt!)

    ☐ speicherbasiert
    ☐ datenstrombasiert
    ☐ objektbasiert
    ☒ nachrichtenbasiert

14. Welche zwei Formen der Interprozesskommunikation funktionieren bidirektional?

    ☒ Gemeinsame Speichersegmente
    ☐ Nachrichtenwarteschlangen
    ☐ Anonyme Pipes
    ☐ Benannte Pipes
    ☒ Sockets

15. Welche Form der Interprozesskommunikation funktioniert nur zwischen Prozessen die eng verwandt sind?

    ☐ Gemeinsame Speichersegmente
    ☐ Nachrichtenwarteschlangen
    ☒ Anonyme Pipes
    ☐ Benannte Pipes
    ☐ Sockets

16. Welche Form der Interprozesskommunikation funktioniert über Rechnergrenzen?

    ☐ Gemeinsame Speichersegmente
    ☐ Nachrichtenwarteschlangen
    ☐ Anonyme Pipes
    ☐ Benannte Pipes
    ☒ Sockets

17. Bei welchen Formen der Interprozesskommunikation bleiben die Daten auch ohne gebundenen Prozess erhalten?

    ☒ Gemeinsame Speichersegmente
    ☐ Anonyme Pipes
    ☐ Sockets
    ☒ Nachrichtenwarteschlangen
    ☐ Benannte Pipes

18. Bei welcher Form der Interprozesskommunikation garantiert das Betriebssystem nicht die Synchronisierung?

    ☒ Gemeinsame Speichersegmente
    ☐ Anonyme Pipes
    ☐ Sockets
    ☐ Nachrichtenwarteschlangen
    ☐ Benannte Pipes

Aufgabe 2 (Kooperation von Prozessen)

1. Was ist eine Semaphore und was ist ihr Einsatzzweck?

   Ein Semaphor ist eine Zählersperre.

2. Welche beiden Operationen werden bei Semaphoren verwendet?
   Gesucht sind die Bezeichnungen und eine (kurze) Beschreibung der Funktionsweise.

   Die Zugriffsoperationen `P(S)` *versucht den Wert der Zählvariable* `S` *zu verringern.*

   Die Zugriffsoperationen `V(S)` *erhöht den Wert der Zählvariable* `S`*.*

3. Was ist der Unterschied zwischen Semaphoren und Blockieren (Sperren und Freigeben)?

   Im Gegensatz zu Semaphore kann beim Blockieren (Sperren und Freigeben) immer nur ein Prozess den kritischen Abschnitt betreten.

4. Was ist eine binäre Semaphore?

   Binäre Semaphore sind Semaphore, die mit dem Wert 1 initialisiert werden und garantieren, dass zwei oder mehr Prozesse nicht gleichzeitig in ihre kritischen Bereiche eintreten können.

5. Was ist eine starke Semaphore?

   Für Semaphore und binäre Semaphore wird eine Warteschlange eingesetzt, die die wartenden Prozesse aufnimmt. Die Reihenfolge, in der Prozesse aus dieser Warteschlange geholt werden, lässt sich unterschiedlich regeln. Starke Semaphore arbeiten nach dem Prinzip FIFO.

6. Was ist eine schwache Semaphore?

Schwache Semaphore legen die Reihenfolge, in der die Prozesse aus der Warteschlange geholt werden, nicht fest.

7. Was ist ein Mutex und was ist sein Einsatzzweck?

   Wird die Möglichkeit eines Semaphors zu zählen nicht benötigt, kann die vereinfachte Version eines Semaphors, der Mutex, verwendet werden. Mutexe dienen dem Schutz kritischer Abschnitte, auf denen zu jedem Zeitpunkt immer nur ein Prozess zugreifen darf.

8. Welche Form der Semaphoren hat die gleiche Funktionalität wie der Mutex?

   Binäre Semaphore.

9. Welche Zustände kann ein Mutex annehmen?

   Die beiden Zustände sind „belegt“ und „nicht belegt“.

10. Welches Linux/UNIX-Kommando liefert Informationen zu bestehenden gemeinsamen Speichersegmenten, Nachrichtenwarteschlangen und Semaphoren?

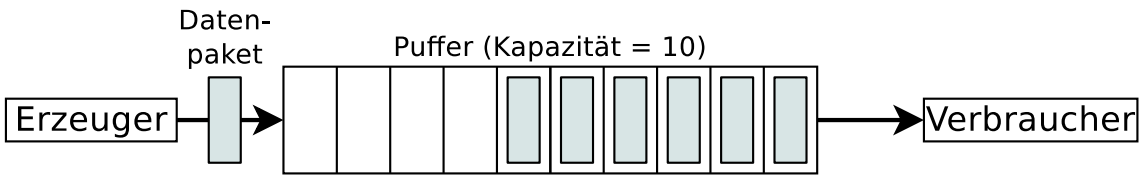
    ipcs

11. Welches Linux/UNIX-Kommando ermöglicht es, bestehende gemeinsame Speichersegmente, Nachrichtenwarteschlangen und Semaphoren zu löschen?

    ipcrm

Aufgabe 3 (Erzeuger/Verbraucher-Szenario)

Ein Erzeuger soll Daten an einen Verbraucher schicken. Ein endlicher Zwischenspeicher (Puffer) soll die Wartezeiten des Verbrauchers minimieren. Daten werden vom Erzeuger in den Puffer gelegt und vom Verbraucher aus diesem entfernt. Gegenseitiger Ausschluss ist nötig, um Inkonsistenzen zu vermeiden. Ist der Puffer voll, muss der Erzeuger blockieren. Ist der Puffer leer, muss der Verbraucher blockieren.



Synchronisieren Sie die beiden Prozesse, indem Sie die nötigen Semaphoren erzeugen, diese mit Startwerten versehen und Semaphor-Operationen einfügen.

```
typedef int semaphore;          // Semaphore sind von Typ Integer
semaphore voll  = 0;            // zählt die belegten Plätze im Puffer
semaphore leer  = 10;           // zählt die freien Plätze im Puffer
semaphore mutex = 1;            // steuert Zugriff auf kritische Bereiche

void erzeuger (void) {
```

```
  int daten;

  while (TRUE) {                  // Endlosschleife
    erzeugeDatenpaket(daten);     // erzeuge Datenpaket
    P(leer);                      // Zähler "leere Plätze" erniedrigen
    P(mutex);                     // in kritischen Bereich eintreten
    einfuegenDatenpaket(daten);   // Datenpaket in Puffer schreiben
    V(mutex);                     // kritischen Bereich verlassen
    V(voll);                      // Zähler für volle Plätze erhöhen
  }
}

void verbraucher (void) {
  int daten;

  while (TRUE) {                  // Endlosschleife
    P(voll);                      // Zähler "volle Plätze" erniedrigen
    P(mutex);                     // in kritischen Bereich eintreten
    entferneDatenpaket(daten);    // Datenpaket aus dem Puffer holen
    V(mutex);                     // kritischen Bereich verlassen
    V(leer);                      // Zähler für leere Plätze erhöhen
    verbraucheDatenpaket(daten); // Datenpaket nutzen
  }
}
```

Aufgabe 4 (Semaphoren)

In einer Lagerhalle werden ständig Pakete von einem Lieferanten angeliefert und von zwei Auslieferern abgeholt. Der Lieferant und die Auslieferer müssen dafür ein Tor durchfahren. Das Tor kann immer nur von einer Person durchfahren werden. Der Lieferant bringt mit jeder Lieferung 3 Pakete zum Wareneingang. An der Ausgabe holt ein Auslieferer jeweils 2 Pakete ab, der andere Auslieferer 1 Paket.

```
sema tor     = 1
sema ausgabe = 1
sema frei    = 10
sema belegt  = 0
```

```
Lieferant
{
  while (TRUE)
  {

    P(tor);
    <Tor durchfahren>;
    V(tor);


    <Wareneingang betreten>;

    P(frei);
    P(frei);
    P(frei);
    <3 Pakete entladen>;
    V(belegt);
    V(belegt);
    V(belegt);

    <Wareneingang verlassen>;


    P(tor);
    <Tor durchfahren>;
    V(tor);

    }
}
```

```
Auslieferer_X
{
  while (TRUE)
  {

    P(tor);
    <Tor durchfahren>;
    V(tor);

    P(ausgabe);
    <Warenausgabe betreten>;


    P(belegt);
    P(belegt);
    <2 Pakete aufladen>;
    V(frei);
    V(frei);


    <Warenausgabe verlassen>;
    V(ausgabe);

    P(tor);
    <Tor durchfahren>;
    V(tor);

    }
}
```

```
Auslieferer_Y
{
  while (TRUE)
  {

    P(tor);
    <Tor durchfahren>;
    V(tor);

    P(ausgabe);
    <Warenausgabe betreten>;


    P(belegt);
    <1 Paket aufladen>;
    V(frei);


    <Warenausgabe verlassen>;
    V(ausgabe);

    P(tor);
    <Tor durchfahren>;
    V(tor);

    }
}
```

Es existiert genau ein Prozess `Lieferant`, ein Prozess `Auslieferer_X` und ein Prozess `Auslieferer_Y`.

Synchronisieren Sie die beiden Prozesse, indem Sie die nötigen Semaphoren erzeugen, diese mit Startwerten versehen und Semaphor-Operationen einfügen.

Folgende Bedingungen müssen erfüllt sein:

- Es darf immer nur ein Prozess das Tor durchfahren.
- Es darf immer nur einer der beiden Auslieferer die Warenausgabe betreten.
- Es soll möglich sein, dass der Lieferant und ein Auslieferer gleichzeitig Waren entladen bzw. aufladen.
- Die Lagerhalle kann maximal 10 Pakete aufnehmen.
- Es dürfen keine Verklemmungen auftreten.
- Zu Beginn sind keine Pakete in der Lagerhalle vorrätig und das Tor, der Wareneingang und die Warenausgabe sind frei.

Quelle: TU-München, Übungen zur Einführung in die Informatik III, WS01/02

Aufgabe 5 (Interprozesskommunikation)

Entwickeln Sie einen Teil eines Echtzeitsystems, das aus vier Prozessen besteht:

1. **Conv**. Dieser Prozess liest Messwerte von A/D-Konvertern (Analog/Digital) ein. Er prüft die Messwerte auf Plausibilität und konvertiert sie gegebenfalls. Wir lassen Conv in Ermangelung eines physischen A/D-Konverters Zufallszahlen erzeugen. Diese müssen in einem bestimmten Bereich liegen, um einen A/D-Konverter zu simulieren.

2. **Log**. Dieser Prozess liest die Messwerte des A/D-Konverters (Conv) aus und schreibt sie in eine lokale Datei.

3. **Stat**. Dieser Prozess liest die Messwerte des A/D-Konverters (Conv) aus und berechnet statistische Daten, unter anderem Mittelwert und Summe.

4. **Report**. Dieser Prozess greift auf die Ergebnisse von Stat zu und gibt die statistischen Daten in der Shell aus.

Bezüglich der Daten in den gemeinsamen Speicherbereichen gelten als Synchronisationsbedingungen:

- **Conv** muss erst Messwerte schreiben, bevor **Log** und **Stat** Messwerte auslesen können.

- **Stat** muss erst Statistikdaten schreiben, bevor **Report** Statistikdaten auslesen kann.

Entwerfen und implementieren Sie das Echtzeitsystem in C mit den entsprechenden Systemaufrufen und realisieren Sie den Datenaustausch zwischen den vier Prozessen einmal mit **Pipes**, **Message Queues** und **Shared Memory mit Semaphore**. Am Ende der praktischen Übung müssen drei Implementierungsvarianten des Programms existieren. Der Quellcode soll durch Kommentare verständlich sein.

Vorgehensweise

Die Prozesse Conv, Log, Stat, und Report sind parallele Endlosprozesse. Schreiben Sie ein Gerüst zum Start der Endlosprozesse mit dem Systemaufruf `fork`. Überwachen Sie mit geeigneten Kommandos wie `top`, `ps` und `pstree` Ihre parallelen Prozesse und stellen Sie die Vater-Kindbeziehungen fest.

Das Programm kann mit der Tastenkombination `Ctrl-C` abgebrochen werden. Dazu müssen Sie einen Signalhandler für das Signal `SIGINT` implementieren. Beachten Sie bitte, dass beim Abbruch des Programms alle von den Prozessen belegten Betriebsmittel (Pipes, Message Queues, gemeinsame Speicherbereiche, Semaphoren) freigegeben werden.

Entwickeln und implementieren Sie die drei Varianten, bei denen der Datenaustausch zwischen den vier Prozessen einmal mit **Pipes**, **Message Queues** und **Shared Memory mit Semaphore** funktioniert.

Überwachen Sie die Message Queues, Shared Memory Bereiche und Semaphoren mit dem Kommando `ipcs`. Mit `ipcrm` können Sie Message Queues, Shared Memory Bereiche und Semaphoren wieder freigeben, wenn Ihr Programm dieses bei einer inkorrekten Beendigung versäumt hat.