

## Lösung von Übungsblatt 8

### Aufgabe 1 (Schedulingverfahren)

1. Beschreiben Sie die Aufgabe eines Leerlaufprozesses.

*Ist kein Prozess im Zustand **bereit**, kommt der Leerlaufprozess zum Zug. Der Leerlaufprozess ist immer aktiv und hat die niedrigste Priorität. Durch den Leerlaufprozess muss der Scheduler nie den Fall berücksichtigen, dass kein aktiver Prozess existiert. Moderne Betriebssysteme erstellen einen Leerlaufprozess für jeden CPU-Kern im System.*

2. Erklären Sie den Unterschied zwischen präemptivem und nicht-präemptivem Scheduling.

*Bei präemptivem Scheduling (verdrängendem Scheduling) kann einem Prozess die CPU vor seiner Fertigstellung entzogen werden.*

*Bei nicht-präemptivem Scheduling (nicht-verdrängendem Scheduling) kann ein Prozess die CPU so lange belegen wie er will.*

3. Nennen Sie einen Nachteil von präemptivem Scheduling.

*Höherer Overhead als nicht-präemptives Scheduling wegen der häufigeren Prozesswechsel.*

4. Nennen Sie einen Nachteil von nicht-präemptivem Scheduling.

*Belegt ein Prozess die CPU, ist es häufig so, dass andere, vielleicht dringendere Prozesse für lange Zeit nicht zum Zuge kommen.*

5. Nennen Sie ein Scheduling-Verfahren, das Windows-Betriebssysteme implementieren.

*Multilevel-Feedback-Scheduling.*

6. Nennen Sie ein Scheduling-Verfahren, das Linux-Betriebssysteme implementieren.

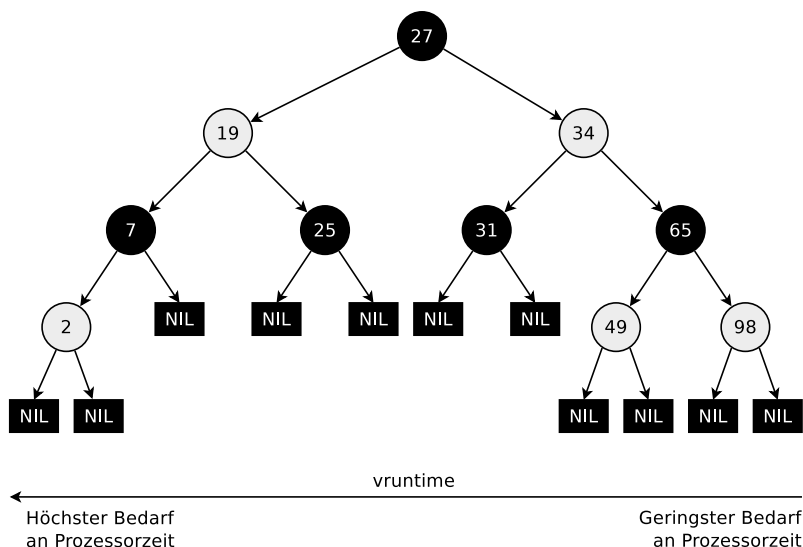
*Multilevel-Feedback-Scheduling (veraltet)*

*O(1)-Scheduler (veraltet)*

*Completely Fair Scheduling (bis Kernel Version 6.5)*

*Earliest Eligible Virtual Deadline First (seit Kernel Version 6.6)*

7. Erklären Sie, wie der Completely Fair Scheduler des Linux-Kernels (Kernel 2.6.23 bis Kernel 6.5.13) funktioniert.  
 (Hinweis: Ein Schaubild kann hier helfen!)



Der Kernel realisiert für jeden CPU-Kern einen CFS-Scheduler und verwaltet für jeden `SCHED_OTHER` Prozess eine Variable **vruntime** (virtual runtime). Der Wert repräsentiert eine virtuelle Prozessorlaufzeit in Nanosekunden. **vruntime** sagt aus, wie lange der jeweilige Prozess schon gerechnet hat. Der Prozess mit der niedrigsten **vruntime** bekommt als nächstes Zugriff auf den CPU-Kern. Die Verwaltung der Prozesse geschieht mit Hilfe eines **Rot-Schwarz-Baums** (selbstbalancierender binärer Suchbaum). Die Prozesse sind anhand der **vruntime**-Werte einsortiert.

Ziel: Alle Prozesse, die einem CPU-Kern zugeordnet sind, sollen einen ähnlich großen (fairen) Anteil Rechenzeit erhalten. Bei  $n$  Prozessen soll jeder Prozess  $1/n$  der Rechenzeit erhalten. Hat ein Prozess Zugriff auf den CPU-Kern, darf er so lange rechnen, bis sein **vruntime**-Wert sich dem angestrebten Anteil von  $1/n$  der verfügbaren Rechenzeit angenähert hat. Der Scheduler strebt einen gleichen **vruntime**-Wert für alle Prozesse an.

Die Werte sind die Schlüssel der inneren Knoten. Blattknoten (NIL-Knoten) haben keine Schlüssel und enthalten keine Daten. NIL steht für none, nothing, null, also für einen Null-Wert oder Null-Pointer. Aus Fairnessgründen weist der Scheduler dem Prozess ganz links im Baum als nächstes den CPU-Kern zu. Wird ein Prozess vom CPU-Kern verdrängt, erhöht sich der **vruntime**-Wert um die Zeit, die der Prozess auf dem CPU-Kern gelaufen ist.

Die Knoten (Prozesse) im Baum wandern kontinuierlich von rechts nach links  $\implies$  das gewährleistet die faire Verteilung der Rechenleistung .

Der Scheduler berücksichtigt die statischen Prozessprioritäten (**nice**-Werte) der Prozesse. Die **vruntime**-Werte werden abhängig vom **nice**-Wert unter-

*schiedlich gewichtet. Anders gesagt: Die virtuelle Uhr kann unterschiedlich schnell laufen.*

8. Beschreiben Sie, wie das Multilevel-Feedback-Scheduling funktioniert.

*Es arbeitet mit mehreren Warteschlangen. Jede Warteschlange hat eine andere Priorität oder Zeitmultiplex. Jeder neue Prozess kommt in die oberste Warteschlange und hat damit die höchste Priorität. Innerhalb jeder Warteschlange wird Round Robin eingesetzt. Gibt ein Prozess die CPU freiwillig wieder ab, wird er wieder in die selbe Warteschlange eingereiht. Hat ein Prozess seine volle Zeitscheibe genutzt, kommt er in die nächst tiefere Warteschlange mit einer niedrigeren Priorität.*

9. Beschreiben Sie was es bedeutet, wenn ein Schedulingverfahren fair ist.

*Ein Schedulingverfahren ist fair, wenn jeder Prozess irgendwann Zugriff auf die CPU erhält.*

10. Markieren Sie die fairen Schedulingverfahren.

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Prioritätengesteuertes Scheduling         | <input checked="" type="checkbox"/> Earliest Deadline First                  |
| <input checked="" type="checkbox"/> First Come First Served        | <input checked="" type="checkbox"/> Fair-Share                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> Round Robin mit Zeitquantum    | <input checked="" type="checkbox"/> Completely Fair Scheduler                |
| <input checked="" type="checkbox"/> Multilevel-Feedback-Scheduling | <input checked="" type="checkbox"/> Earliest Eligible Virtual Deadline First |

11. Welche Schedulingverfahren arbeiten präemptiv (= *unterbrechend*)?

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> First Come First Served                | <input checked="" type="checkbox"/> Fair-Share                               |
| <input checked="" type="checkbox"/> Round Robin mit Zeitquantum | <input checked="" type="checkbox"/> Multilevel-Feedback-Scheduling           |
| <input checked="" type="checkbox"/> Completely Fair Scheduler   | <input checked="" type="checkbox"/> Earliest Eligible Virtual Deadline First |

## Aufgabe 2 (Scheduling)

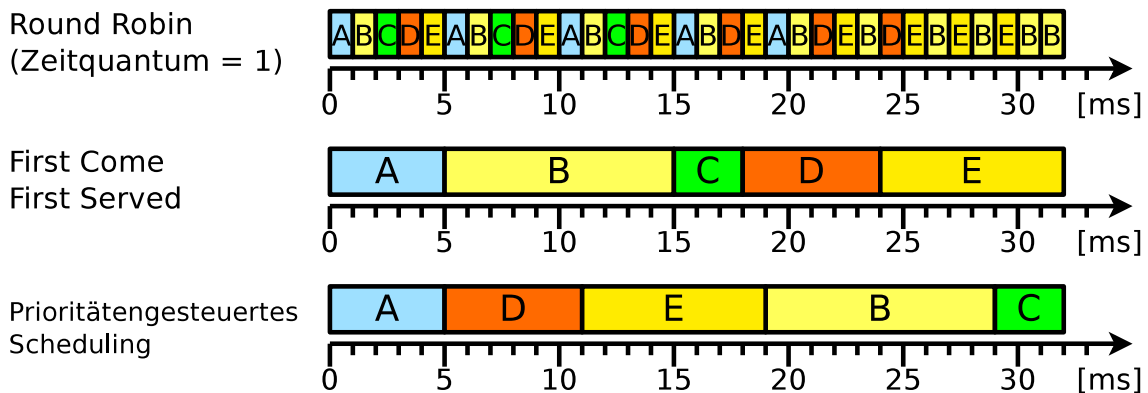
Auf einem Einprozessorrechner (mit nur einem CPU-Kern) sollen fünf Prozesse verarbeitet werden. Alle Prozesse sind zum Zeitpunkt 0 im Zustand **bereit**. Hohe Prioritäten sind durch hohe Zahlen gekennzeichnet.

Prozess	Rechenzeit	Priorität
A	5 ms	15
B	10 ms	5
C	3 ms	4
D	6 ms	12
E	8 ms	7

Skizzieren Sie die Ausführungsreihenfolge der Prozesse mit einem Gantt-Diagramm (Zeitleiste) für **Round Robin** (Zeitquantum  $q = 1$  ms), **FCFS** und **Prioritätengesteuertes Scheduling**.

Die Spalte Priorität in der Tabelle ist nur für das Prioritätengesteuerte Scheduling relevant und nicht für Round Robin or FCFS.

Berechnen Sie die mittleren Laufzeiten und mittleren Wartezeiten der Prozesse.



Die Rechenzeit ist die Zeit, die der Prozess Zugriff auf die CPU benötigt, um komplett abgearbeitet zu werden.

Laufzeit = „Lebensdauer“ = Zeitspanne zwischen dem Anlegen und Beenden eines Prozesses = (Rechenzeit + Wartezeit).

Laufzeit	A	B	C	D	E
RR	20	32	13	25	30
FCFS	5	15	18	24	32
Prioritätengesteuertes Scheduling	5	29	32	11	19

$$\begin{aligned} \text{RR} & (20 + 32 + 13 + 25 + 30) / 5 = 24 \text{ ms} \\ \text{FCFS} & (5 + 15 + 18 + 24 + 32) / 5 = 18,8 \text{ ms} \\ \text{PS} & (5 + 29 + 32 + 11 + 19) / 5 = 19,2 \text{ ms} \end{aligned}$$

Die Wartezeit ist die Zeit in der bereit-Liste.

Wartezeit = Laufzeit - Rechenzeit.

Wartezeit	A	B	C	D	E
RR	15	22	10	19	22
FCFS	0	5	15	18	24
Prioritätengesteuertes Scheduling	0	19	29	5	11

$$\begin{aligned} \text{RR} & (15 + 22 + 10 + 19 + 22) / 5 = 17,6 \text{ ms} \\ \text{FCFS} & (0 + 5 + 15 + 18 + 24) / 5 = 12,4 \text{ ms} \\ \text{PS} & (0 + 19 + 29 + 5 + 11) / 5 = 12,8 \text{ ms} \end{aligned}$$

## Aufgabe 3 (Shell-Skripte)

1. Schreiben Sie ein Shell-Skript, das den Benutzer bittet, eine der vier Grundrechenarten auszuwählen. Nach der Auswahl einer Grundrechenart wird der Benutzer gebeten, zwei Operanden einzugeben. Die beiden Operanden werden mit der zuvor ausgewählten Grundrechenart verrechnet und das Ergebnis in der folgenden Form ausgegeben:

<Operand1> <Operator> <Operand2> = <Ergebnis>

```
1 #!/bin/bash
2 #
3 # Skript: operanden1.bat
4 #
5 echo "Bitte geben Sie den gewünschten Operator ein."
6 echo "Mögliche Eingaben sind: + - * /"
7 read OPERATOR
8 echo "Bitte geben Sie den ersten Operanden ein:"
9 read OPERAND1
10 echo "Bitte geben Sie den zweiten Operanden ein:"
11 read OPERAND2
12
13 # Eingabe verarbeiten
14 case $OPERATOR in
15   +) ERGEBNIS=`expr $OPERAND1 + $OPERAND2` ;;
16   -) ERGEBNIS=`expr $OPERAND1 - $OPERAND2` ;;
17   \*) ERGEBNIS=`expr $OPERAND1 \* $OPERAND2` ;;
18   /) ERGEBNIS=`expr $OPERAND1 / $OPERAND2` ;;
19   *) echo "Falsche Eingabe: $OPERATOR" >&2
20     exit 1
21     ;;
22 esac
23
24 # Ergebnis ausgeben
25 echo "$OPERAND1 $OPERATOR $OPERAND2 = $ERGEBNIS"
```

2. Ändern Sie das Shell-Skript aus Teilaufgabe 1 dahingehend, dass für jede Grundrechenart eine eigene Funktion existiert. Die Funktionen sollen in eine externe Funktionsbibliothek ausgelagert und für die Berechnungen verwendet werden.

```
1 #!/bin/bash
2 #
3 # Skript: operanden2.bat
4 #
5 # Funktionsbibliothek einbinden
6 . funktionen.bib
7
8 echo "Bitte geben Sie den gewünschten Operator ein."
9 echo "Mögliche Eingaben sind: + - * /"
10 read OPERATOR
11 echo "Bitte geben Sie den ersten Operanden ein:"
12 read OPERAND1
13 echo "Bitte geben Sie den zweiten Operanden ein:"
```

```
14 read OPERAND2
15
16 # Eingabe verarbeiten
17 case $OPERATOR in
18   +) add $OPERAND1 $OPERAND2 ;;
19   -) sub $OPERAND1 $OPERAND2 ;;
20   \*) mul $OPERAND1 $OPERAND2 ;;
21   /) div $OPERAND1 $OPERAND2 ;;
22   *) echo "Falsche Eingabe: $OPERATOR" >&2
23     exit 1
24     ;;
25 esac
26
27 # Ergebnis ausgeben
28 echo "$OPERAND1 $OPERATOR $OPERAND2 = $ERGEBNIS"
```

```
1 # Funktionsbibliothek funktionen.bib
2
3 add() {
4   ERGEBNIS=`expr $OPERAND1 + $OPERAND2`
5 }
6
7 sub() {
8   ERGEBNIS=`expr $OPERAND1 - $OPERAND2`
9 }
10
11 mul() {
12   ERGEBNIS=`expr $OPERAND1 \* $OPERAND2`
13 }
14
15 div() {
16   ERGEBNIS=`expr $OPERAND1 / $OPERAND2`
17 }
```

3. Schreiben Sie ein Shell-Skript, das eine bestimmte Anzahl an Zufallszahlen bis zu einem bestimmten Maximalwert ausgibt. Nach dem Start des Shell-Skripts, soll dieses vom Benutzer folgende Parameter interaktiv abfragen:

- Maximalwert, der im Zahlenraum zwischen 10 und 32767 liegen muss.
- Gewünschte Anzahl an Zufallszahlen.

```
1 #!/bin/bash
2 #
3 # Skript: random.bat
4 #
5 echo "Geben Sie den Maximalwert ein: "
6 read MAX
7
8 if [[ $MAX -ge 10 && $MAX -le 32767 ]]; then
9   echo "Der eingegebene Wert ist innerhalb des Wertebereichs."
10 else
11   echo "Der eingegebene Wert ist außerhalb des Wertebereichs."
12   exit 1
13 fi
14
```

```
15 echo "Geben Sie an, wie viele Zufallszahlen Sie wünschen: "  
16 read ANZAHL  
17  
18 for ((i=1; i<=${ANZAHL}; i+=1))  
19 do  
20     echo "Zufallszahl Nr. $i hat den Wert `expr $RANDOM % $MAX`"  
21 done
```

4. Schreiben Sie ein Shell-Skript, das die folgenden leeren Dateien erzeugt:

image0000.jpg, image0001.jpg, image0002.jpg, ..., image9999.jpg

```
1 #!/bin/bash  
2 #  
3 # Skript: dateien_anlegen.bat  
4 #  
5 for i in {0..9999}  
6 do  
7     filename="image"$(printf "%04u" $i)".jpg"  
8     touch $filename  
9 done
```

5. Schreiben Sie ein Shell-Skript, das die Dateien aus Teilaufgabe 4 nach folgendem Schema umbenennt:

BTS\_Übung\_<JAHR>\_<MONAT>\_<TAG>\_0000.jpg  
BTS\_Übung\_<JAHR>\_<MONAT>\_<TAG>\_0001.jpg  
BTS\_Übung\_<JAHR>\_<MONAT>\_<TAG>\_0002.jpg  
...  
BTS\_Übung\_<JAHR>\_<MONAT>\_<TAG>\_9999.jpg

```
1 #!/bin/bash  
2  
3 # Get the current date components  
4 YEAR=$(date +%Y)  
5 MONTH=$(date +%m)  
6 DAY=$(date +%d)  
7  
8 # Iterate over the files that match the pattern imageXXXX.jpg  
9 for file in image[0-9][0-9][0-9][0-9].jpg; do  
10     # Extract the number from the file name  
11     num=$(echo $file | sed -e 's/^image\([0-9]\{4\}\)\.jpg$/\1/')  
12  
13     # Create the new file name  
14     new_file=$(printf "BTS_Übung_%s_%s_%s_%s.jpg" "$YEAR" "$MONTH"  
15         " "$DAY" "$num")  
16  
16     # Rename the file  
17     mv "$file" "$new_file"  
18 done
```