



OTTO VON GUERICKE  
UNIVERSITÄT  
MAGDEBURG



FAKULTÄT FÜR  
INFORMATIK

Institut für Intelligente Kooperierende Systeme (IKS)  
Prof. Dr. David Hausheer

---

## Technische Informatik 2 - SS 2018 - Theoretische Übung 4

Abgabe: 27.05.2018

---

# Technische Informatik II

## Übung 4: Input / Output

Hinweis: Weitere Aufgaben zu diesem Thema finden sie in den Begleitbüchern zur Vorlesung.

### Aufgabe 1: Interrupt-System

a) Eine bestimmte CPU führe beim Auftreten eines Interrupts folgende Aktionen aus:

- Sichern der Rücksprungadresse (alter Inhalt des Programmzählers)
- Sichern des Programmstatusworts (alter Inhalt des PSW-Registers)
- Sichern von weiteren 16 Registerinhalten (allgemeine Register)

Jede Sicherung eines Registerinhalts benötigt einen Buszyklus, da die Sicherung selbst auf dem Stack erfolgt, der einen Teil des Hauptspeichers darstellt. Am Ende des Interrupt-Handlers (Interrupt Service Routine, ISR) ist ein Wiederherstellen der alten Registerinhalte (inkl. PC und PSW) nötig, was genau gleich lange dauert wie das Sichern. Wieviele Interrupts könnten maximal pro Sekunde verarbeitet werden unter der Annahme, dass der Bus mit einer Taktfrequenz von 100 MHz arbeitet und der Interrupt-Handler ausser für das Sichern der Register keine Zeit benötigt?

b) Ein Drucker arbeitet mit einer Druckgeschwindigkeit von 16 Seiten pro Minute. Die Geschwindigkeit der Textausgabe auf den Drucker ist von der Anzahl der zu druckenden Zeichen pro Seite abhängig. Eine Seite enthält 90 Zeilen zu 70 Zeichen. In welchen Zeitabständen finden die Zeichenausgaben statt?

c) Wir gehen von der Situation aus Teilaufgabe b) aus. Zur Beurteilung der Eignung der drei möglichen Ein-/Ausgabearten (polling, interrupt-gesteuert, DMA) soll die prozentuale CPU-Auslastung zu Hilfe gezogen werden. Es gelten folgende Rechenzeitbedarfe (teilweise abhängig vom eingesetzten E/A-Verfahren):

- Die Ausgabe eines einzelnen Zeichens benötigt Rechenoperationen von der Dauer von  $15 \mu s$  (ausser bei DMA).
- Die Aktivierung des Interrupt-Handlers benötigt pro Interrupt  $5 \mu s$ .
- Die Programmierung eines DMA-Kontrollers (einmal pro Druckseite) benötigt  $200 \mu s$  (der Zeitbedarf für den abschliessenden Interrupt und seine Behandlung sei darin inbegriffen).
- Die Datenbereitstellungszeit für die DMA-Ausgabe beträgt  $1 \mu s$  pro Zeichen.

Bestimmen Sie die resultierenden CPU-Auslastungen während einer Druckausgabe und beurteilen Sie die Eignung der drei möglichen Ein-/Ausgabearten (polling, interrupt-gesteuert und DMA) für diesen Einsatzzweck.

## Aufgabe 2: Zugriffszeit Plattenspeicher

Sie arbeiten als Ingenieur in einem Rechenzentrum. Sie erhalten den Auftrag, das Verhalten eines Programmes zu untersuchen. Das Programm speichert jeweils einen zusammenhängenden Datenblock von 40 960 Bytes an einer beliebigen Stelle der Festplatte ab. Das Programm läuft auf einem Server, welcher Festplatten der folgenden Spezifikation verwendet:

- Umdrehungen: 15 000 rpm
- Mittlere Suchzeit pro Spur:  $t_s = 2 \text{ ms}$
- Sektorgrösse: 512 Bytes
- Sektoren pro Spur: 160
- Die Harddisk besitzt einen einzigen Lesekopf.

**Annahme:** Die Formel

$$T = t_s + \frac{t_r}{2} + \frac{k}{m} \times t_r$$

zur Berechnung der Zugriffszeiten für das Lesen sei auch für das Schreiben von Daten gültig.

- Berechnen Sie die mittlere Rotationsverzögerung (average rotational delay) dieser Festplatte in  $\text{ms}$ .
- Berechnen Sie die durchschnittliche Gesamtzeit  $T$ , welche gebraucht wird, um einen Datenblock von 40 960 Bytes (zusammenhängend) zu speichern.
- Wieviele ganze Datenblöcke kann das Programm pro Sekunde speichern?
- Ihre Firma ist in den Medien wegen eines zu grossen Stromverbrauchs des Rechenzentrums in die Kritik geraten. Ihr Chef hat an einer Konferenz über Green Computing gehört, dass der Energieverbrauch eines Servers durch Senkung der Drehzahl der Festplatte reduziert werden kann. Das Programm wurde zu diesem Zwecke überarbeitet und schreibt nun nur noch 50 Datenblöcke pro Sekunde auf die Festplatte.

Berechnen Sie die minimale Drehzahl  $U_{\min}$  der Festplatte, welche das Programm benötigt.

- Die Drehzahl der Festplatte wurde auf das Minimum aus Teilaufgabe d) reduziert. Die Logdaten des Programmes belegen, dass das Programm nicht fehlerfrei funktioniert. Leider liegt nur der Mittelwert der Schreibzugriffe bei 50 Datenblöcke pro Sekunde. Das Programm muss aber zu gewissen Zeiten bis zu 140 Datenblöcke pro Sekunde auf die Festplatte schreiben. Ein Ingenieur ihrer Gruppe entwickelt eine Blackbox, welche die Maximalrate von 140 auf maximal  $Y$  Blöcke pro Sekunde reduziert.

- Was könnte sich in dieser Blackbox befinden?
- Finden Sie die optimale Konfiguration des Parameters  $Y$  und der Drehzahl der Festplatte  $U$  um die Gesamtleistung des Systems  $P_{\min}$  zu minimieren unter der Bedingung, dass das Programm fehlerfrei funktioniert.

**Annahmen:**

- Die mittlere Suchzeit pro Spur kann vernachlässigt werden.

- Der Leistungsverbrauch der Festplatte kann mit der Formel

$$P_h [W] = U \times \frac{U}{10^7} [W/rpm^2] + 10 [W]$$

berechnet werden. Der Parameter  $U$  entspricht der Drehzahl der Festplatte in rpm.

- Der Leistungsverbrauch der Blackbox kann mit der Formel

$$P_b [W] = 0.072 \times (140 - Y) [W/(Datenblöcke \text{ pro } s)]$$

berechnet werden.

- $Y < 140$

### Aufgabe 3: RAID

- a) Sie möchten einen Block auf einem RAID-Array speichern. Überlegen Sie sich für jeden der RAID-Level 0, 1, 5 und 6:

- Wie viele verschiedene Festplatten Sie minimal und maximal benötigen?
- Wie viel Speicherplatz insgesamt belegt wird?
- Wie hoch die Ausfalltoleranz ist?
- Wie sie die Lese- und Schreibgeschwindigkeiten (tief, normal, hoch) beurteilen.

Stellen Sie die Ergebnisse in einer Tabelle dar!

- b) Einige Hersteller bieten über die erwähnten Standards weitere “inoffizielle” RAID-Level und RAID-ähnliche Konfigurationen an. Beispiele sind RAID50, 51 sowie JBOD. Machen Sie eine Internet-Recherche und beantworten Sie folgende Fragen:

- Beschreiben Sie die drei Erweiterungen. Worin besteht der jeweilige Mehrwert?
- Finden Sie noch weitere hersteller-spezifische RAID-Level?

### Aufgabe 4: Disk Scheduling Strategien

In der Vorlesung haben Sie verschiedene Disk Scheduling Strategien kennengelernt.

- a) Angenommen, die mittlere Länge der Auftragswarteschlange sei klein, d.h., sie enthält 0 oder 1 Element. Wie verhalten sich die Verfahren FCFS, SCAN und SSTF in diesem Fall?
- b) Angenommen, auf einer Festplatte gebe es 2 sehr häufig referenzierte Regionen, welche weit auseinanderliegen. Vergleichen Sie die Verfahren FCFS, SSTF und SCAN/CSCAN.