

Grundlagen der Informatik III

Wintersemester 2010/2011

Wolfgang Heenes, Patrik Schmittat



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

8. Aufgabenblatt mit Lösungsvorschlag

10.01.2011

Hinweis: Der Schnelltest und die Aufgaben sollen in den Übungsgruppen bearbeitet werden. Die Hausaufgaben sind in der Kalenderwoche 3 (17.01. bis 21.01.) bei den Tutoren in **physikalischer Form** (handschriftlich oder gedruckt) abzugeben. Bei allen Abgaben ist der Name des Tutors und die Übungsgruppe deutlich anzugeben. Bei Teamabgaben wird nur eine Lösung eingereicht, die alle Namen der Teammitglieder enthält.

Schicken Sie Ihre Lösungen von Programmieraufgaben zusätzlich zur schriftlichen Abgabe per E-Mail an Ihren Tutor. Kommentieren Sie Ihren Quellcode.

Aufgabe 1: Schnelltest

Fragen	Antworten
1. Zur magnetischen Aufzeichnung werden	<input type="checkbox"/> paramagnetische Stoffe verwendet. <input type="checkbox"/> diamagnetische Stoffe verwendet. <input checked="" type="checkbox"/> ferromagnetische Stoffe verwendet.
2. Die Leistungsfähigkeit (Zugriffszeit) einer Festplatte hängt von folgenden Faktoren ab.	<input checked="" type="checkbox"/> Such-Zeit <input type="checkbox"/> Plattendurchmesser <input checked="" type="checkbox"/> Rotationsgeschwindigkeit <input checked="" type="checkbox"/> Übertragungs-Zeit
3. PCM ist ein Verfahren zur Kanalkodierung.	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein
4. Wieviele Pseudotetraden gibt es bei BCD-Zahlen?	<input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input checked="" type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7
5. Für einen 4-Bit Gray-Code gibt es nur eine einzig mögliche Kodierung.	<input type="checkbox"/> Ja <input checked="" type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Vielleicht
6. Mit <u>einem</u> Paritätsbit lassen sich	<input checked="" type="checkbox"/> 1 Bit Fehler erkennen. <input type="checkbox"/> 1 Bit Fehler beheben. <input type="checkbox"/> 2 Bit Fehler erkennen.
7. Wie groß ist die Hamming-Distanz zwischen den beiden Code-Wörtern 00010100 und 00110100?	<input type="checkbox"/> 0 <input checked="" type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 4

Aufgabe 2: Festplatten

Bei den folgenden Berechnungen sollen, wie bei Festplatten immernoch üblich, die SI-Vorsatzzeichen verwendet werden. Beispiel: kilo (k) $\Rightarrow k = 10^3$ und nicht wie eigentlich richtig 2^{10} .

- a) Welche Kapazität (K) hat eine Festplatte mit zwei Platten, 10000 Zylindern, durchschnittlich 400 Sektoren pro Spur und 512 Bytes pro Sektor?

Lösungsvorschlag:

$$\begin{aligned} K &= \frac{512 \text{ Bytes}}{\text{Sektor}} \cdot \frac{400 \text{ Sektoren}}{\text{Track}} \cdot \frac{10000 \text{ Tracks}}{\text{Oberflaeche}} \cdot \frac{2 \text{ Oberflaechen}}{\text{Platte}} \cdot \frac{2 \text{ Platten}}{\text{Disk}} \\ K &= 8.192.000.000 \text{ Bytes} \end{aligned}$$

- b) Schätzen Sie die durchschnittliche Zugriffszeit auf einen Sektor für eine Festplatte mit folgenden Parametern.

Parameter	Wert
Umdrehungszahl	15.000 U/min
$T_{avgseek}$	8 ms
Durchschnittliche Anzahl Sektoren/Spur	500

Lösungsvorschlag:

Durchschnittliche Rotations-Latenz ist

$$\begin{aligned} T_{avgrotation} &= \frac{1}{2} \cdot T_{maxrotation} \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{60 \text{ s}}{15.000 \text{ U/min}} \cdot \frac{1.000 \text{ ms}}{\text{s}} \\ &\approx 2 \text{ ms} \end{aligned}$$

Die durchschnittliche Übertragungs-Zeit ist:

$$\begin{aligned} T_{avgtransfer} &= \frac{60 \text{ s}}{15.000 \text{ U/min}} \cdot \frac{1}{500 \text{ sectors/track}} \cdot \frac{1.000 \text{ ms}}{\text{s}} \\ &\approx 0,008 \text{ ms} \end{aligned}$$

Durchschnittliche Zugriffszeit ist

$$\begin{aligned} T_{access} &= T_{avgseek} + T_{avgrotation} + T_{avgtransfer} \\ &= 8 \text{ ms} + 2 \text{ ms} + 0,008 \text{ ms} \\ &\approx 10 \text{ ms} \end{aligned}$$

Eine Solid State Disk (SSD) kann aufgrund der verwendeten Technologie (Floating Gate) nur eine bestimmte Anzahl von Schreibzugriffen verarbeiten. Der Hersteller garantiert das Schreiben von 1 Peta-Byte (10^{15} Bytes), bevor die SSD ausfällt. Wie lange hält die SSD das Schreiben mit den folgenden Szenarien durch? Geben Sie die Dauer in Jahren an.

c) Die SSD wird mit einer kontinuierlichen Datenrate von 170 MB/s geschrieben.

Lösungsvorschlag:

Ein Peta-Byte sind 10^9 MB. Damit ergibt sich

$$10^9 \cdot (1/170) \cdot (1/(86.400 \cdot 365)) \approx 0,2 \text{ Jahre}$$

d) Die SSD wird mit einer kontinuierlichen Datenrate von 14 MB/s geschrieben.

Lösungsvorschlag:

Ein Peta-Byte sind 10^9 MB. Damit ergibt sich

$$10^9 \cdot (1/14) \cdot (1/(86.400 \cdot 365)) \approx 2,25 \text{ Jahre}$$

e) Die SSD wird mit durchschnittlich 20 GB/Tag geschrieben.

Lösungsvorschlag:

Ein Peta-Byte sind 10^9 MB. Damit ergibt sich

$$10^9 \cdot (1/20.000) \cdot (1/365) \approx 140 \text{ Jahre}$$

Aufgabe 3: Kodierung, Fehlererkennung und Fehlerkorrektur

a) Ein Stereo-Audiosignal wird mit 96 kHz abgetastet. Die Quantisierung beträgt 24 Bit. Berechnen Sie Datenrate (D) in Byte pro Sekunde.

Lösungsvorschlag:

$$\begin{aligned} D &= 2 \cdot 96.000/s \cdot 24 \text{ Bit} \\ &= 4.608.000 \text{ Bit/s} \\ &= 576.000 \text{ Byte/s} \end{aligned}$$

b) Betrachten Sie folgende Tabelle mit angegebenen Längs- und Querparitäten. Welche Paritätsprüfung (odd, even) wird angewendet. Finden Sie das fehlerhafte Bit und korrigieren Sie es.

									Parität
	0	1	1	0	1	0	0	0	1
	0	0	1	1	1	0	1	0	0
	0	1	0	1	0	1	1	0	0
	1	1	1	0	0	0	1	0	1
	0	1	1	0	1	1	0	0	0
Parität	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Lösungsvorschlag:

Es wird Even Parity verwenden.

									Parität
	0	1	1	0	1	0	0	0	1
	0	0	1	1	1	0	1	0	0
	0	1	0	1	0	1	1	0	0
	1	1	1	0	<u>1</u>	0	1	0	1
	0	1	1	0	1	1	0	0	0
Parität	1	0	0	0	0	0	1	0	0

Im Folgenden wird das CRC-Verfahren betrachtet. Es findet z. B. bei Ethernet Anwendung. Gegeben ist folgendes Generatorpolynom: $G(x) = x^4 + x + 1$. Die zu übertragende (und zu sichernde) Information ist 10111001. Der Sender hat daraus (durch Polynomdivision) die CRC 1001 berechnet. Die gesendete Information hat also die Form 10111001 1001.

- c) Durch Störungen auf dem Übertragungskanal (z. B. Bus) gibt es drei Fehler bei der Übertragung. Der Empfänger erhält folgende Information: 00101001 0001. Erkennt der Empfänger den Übertragungsfehler?

Lösungsvorschlag:

```
00101001|0001 : 10011
 10011
 11110
 10011
 11010
 10011
 10010
 10011
 11
```

Rest ungleich Null \Rightarrow Übertragungsfehler

- d) Durch andere Störungen auf dem Übertragungskanal gibt es drei andere Fehler bei der Übertragung. Der Empfänger erhält folgende Information: 00111011 0001. Erkennt der Empfänger den Übertragungsfehler?

Lösungsvorschlag:

```
00111011|0001 : 10011
 10011
 11101
 10011
 11100
 10011
 11110
 10011
 11010
 10011
 10011
 10011
 0
```

Rest gleich Null \Rightarrow Übertragungsfehler nicht erkannt

Hausaufgabe 1: Festplatten (5 Punkte)

Eine Firma möchte zum abendlichen Geschäftsschluss die Daten auf der 100 MByte Festplatte ihres PCs sichern. Aus Zeitgründen soll hierfür der Platteninhalt auf eine zweite, noch anzuschaffende, 100 MByte Festplatte übertragen werden. Zur Auswahl stehen zwei gleichteure Platten:

	Platte A	Platte B
Kapazität	100 MByte	100 MByte
Oberfläche	6	6
Zylinder	976	976
Sektoren/Spur	35	35
Byte/Sektor	512	512
Umdrehungszahl	3.600 U/min	4.500 U/min
Transferrate		
Mittlere Latenzzeit		
Maximale Latenzzeit		
Mittlere Positionierungszeit	9 ms	18 ms
Spur zu Spur	3 ms	5 ms

a) Vervollständigen Sie die Tabelle (Transferrate, mittlere Latenzzeit, maximale Latenzzeit).

Lösungsvorschlag:

	Platte A	Platte B
Kapazität	100 MByte	100 MByte
Oberfläche	6	6
Zylinder	976	976
Sektoren/Spur	35	35
Byte/Sektor	512	512
Umdrehungszahl	3.600 U/min	4.500 U/min
Transferrate	1,025 MByte/s	1,282 MByte/s
Mittlere Latenzzeit	8,33 ms	6,67 ms
Maximale Latenzzeit	16,67 ms	13,33 ms
Mittlere Positionierungszeit	9 ms	18 ms
Spur zu Spur	3 ms	5 ms

Zeiten basieren auf folgenden Überlegungen:

Transferrate:

Platte A

$$\frac{35 \text{ Sektoren}}{\text{Spur}} \times \frac{512 \text{ Byte}}{\text{Sektor}} \times \frac{60 \text{ U}}{\text{s}} = 1075200 \frac{\text{Byte}}{\text{s}} = 1,025 \frac{\text{MByte}}{\text{s}}$$

Platte B

$$\frac{35 \text{ Sektoren}}{\text{Spur}} \times \frac{512 \text{ Byte}}{\text{Sektor}} \times \frac{75 \text{ U}}{\text{s}} = 1344000 \frac{\text{Byte}}{\text{s}} = 1,282 \frac{\text{MByte}}{\text{s}}$$

Mittlere Latenzzeit (halbe maximale Latenzzeit):

Platte A

$$\frac{1}{2} \times \frac{60 \text{ s} \times 1000 \text{ ms}}{3600 \frac{\text{U}}{\text{min}} \times \text{s}} = \frac{60000 \text{ ms}}{7200 \frac{\text{U}}{\text{min}}} \approx 8,33 \text{ ms}$$

Platte B

$$\frac{1}{2} \times \frac{60 \text{ s} \times 1000 \text{ ms}}{4500 \frac{\text{U}}{\text{min}} \times \text{s}} = \frac{60000 \text{ ms}}{9000 \frac{\text{U}}{\text{min}}} \approx 6,67 \text{ ms}$$

Die Berechnung der maximalen Latenzzeit ergibt sich durch Multiplikation mit 2.

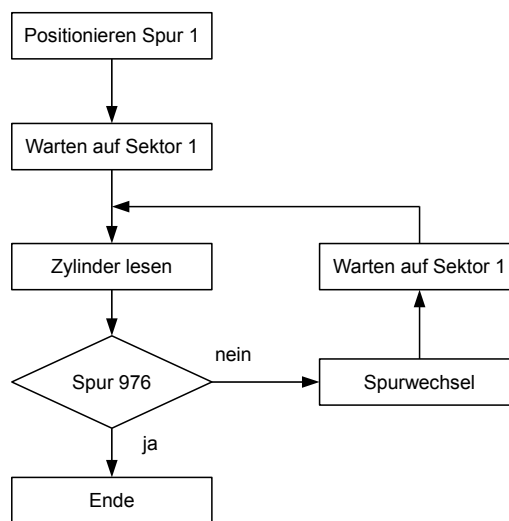
b) Berechnen Sie die Zeiten, die zum Sichern benötigt werden. Mit welcher Platte ist die Sicherung schneller durchgeführt?

Lösungsvorschlag:

Platte A benötigt hierfür 113,8 s. Platte B 91,1 s. Die höhere Transferrate von Platte B ist hier vorteilhaft.

Zeiten basieren auf folgenden Überlegungen:

Wenn man nur davon ausgeht, dass die Transferrate der Festplatte eine Rolle spielt, ist klar, dass Platte B schneller ist. Allerdings ist auch zu beachten, dass die Positionierungszeit und die Zeit für das Wechseln der Spuren eine Rolle spielen. Folgendes Flußdiagramm veranschaulicht den Lesezugriff:



Erläuterung: Neben der Transferrate gibt es also noch weitere Parameter, die berücksichtigt werden müssen.

Man kann die Zeiten in folgender Tabelle zusammenfassen:

Mittlere Positionierungszeit	9 ms	18 ms
Mittlere Latenzzeit	8,33 ms	6,67 ms
Kapazität eines Zylinders/Transferrate	100 ms	80 ms
Spurwechsel + Wartezeit = max. Latenzzeit	16,67 ms	13,33 ms

Die Summe aus 9 ms + 8,33 ms + (100 ms x 975) + (16,67 ms x 975) führt auf $\approx 113,8$ s für Platte A.

Bei einer anderen Anwendung soll eine Platte für einen Multi-User-Betrieb eingesetzt werden. Mehrere Teilnehmer greifen abwechselnd auf die Platte zu. Im Mittel lesen die Teilnehmer 1 kByte große Blöcke von der Platte. Innerhalb eines solchen Zugriffs ist i. a. kein Spurwechsel notwendig.

c) Geben Sie den mittleren Zeitbedarf für 1.000 Zugriffe auf eine Platte als Gleichung an.

Lösungsvorschlag:

Zeitbedarf für 1.000 zufällige Zugriffe auf 1 kByte Blöcke: $1000 \cdot (\text{mittlere Positionierungszeit} + \text{mittlere Latenzzeit} + 1 \text{ kByte/Transferrate})$.

d) Welche Werte ergeben sich für die Platten A und B?

Lösungsvorschlag:

Platte A benötigt 18,25 s und Platte B 25,46 s. Für diese Anwendung ist Platte A aufgrund der kleineren Positionierungszeit besser geeignet.

Hausaufgabe 2: Fehlererkennung und Fehlerkorrektur (5 Punkte)

- a) Zur Sicherung einer Datenübertragung soll ein prüfbarer 4-Bit-Code verwendet werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass auf der Übertragungsstrecke nur ein 1-Bit-Fehler innerhalb eines Codewortes auftreten kann. Ein Codewort des 4-Bit-Codes ist bekannt. Es lautet: 0000. Geben Sie alle Codewörter des 4-Bit-Codes an. Beim Empfänger wird das fehlerhafte Datenwort 1110 empfangen. Aus welchen Codewörtern könnte es durch einen 1-Bit-Fehler bei der Übertragung entstanden sein? Kann das fehlerhafte Datenwort korrigiert werden?

Lösungsvorschlag:

Damit ein Code bei einem 1-Bit-Fehler prüfbar ist, muss seine Mindest-Hamming-Distanz $D_{min} \geq 2$ sein. Da das Codewort 0000 bekannt ist, sind alle Datenwörter, die untereinander eine Hamming-Distanz $D \geq 2$ aufweisen, als Codewörter zugelassen: 0000, 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100, 1111. Zwischen diesen Codewörtern ergibt sich damit eine Hamming-Distanz $D = 2$ bzw. zwischen den Codewörtern 0000 und 1111 sogar $D = 4$. Das durch einen 1-Bit-Fehler verfälschte Datenwort 1110 ist entweder aus den zugelassenen Codewörtern 0110, 1010, 1100 durch eine Verfälschung der Ziffer 0 in die Ziffer 1 oder aus dem zugelassenen Codewort 1111 durch eine Verfälschung der Ziffer 1 in die Ziffer 0 entstanden. Das fehlerhafte Datenwort 1110 kann auf Grund der Mindest-Hamming-Distanz $D_{min} = 2$ nicht korrigiert werden. Zur Korrektur ist bei einem 1-Bit-Fehler eine Mindest-Hamming-Distanz $D_{min} = 3$ erforderlich.

- b) Zur Sicherung einer Datenübertragung soll ein 3-aus-5-Code verwendet werden. Geben Sie die Codewörter des 3-aus-5-Codes an. Welche Mindest-Hamming-Distanz besitzt der 3-aus-5-Code? Durch einen 1-Bit-Übertragungsfehler wird das Datenwort 10111 empfangen. Aus welchen Codewörtern kann dieses fehlerhafte Datenwort durch einen 1-Bit-Fehler entstehen? Kann das Datenwort korrigiert werden?

Lösungsvorschlag:

Allgemein ergibt sich, dass man aus einem m-aus-n-Code die Anzahl Z an Codewörtern ableiten kann.

$$Z = \frac{n!}{m! (n - m)!}$$

Damit ergeben sich für einen 3-aus-5-Code insgesamt zehn Codewörter. In jedem Codewort müssen jeweils drei Ziffernstellen die Ziffer 1 und zwei Ziffernstellen die Ziffer 0 aufweisen. Die zehn Codewörter des 3-aus-5-Codes lauten demnach: 00111, 01011, 01101, 01110, 10011, 10101, 10110, 11001, 11010, 11100. Die Mindest-Hamming-Distanz zwischen zwei Codewörtern des 3-aus-5-Codes beträgt $D_{min} = 2$, so dass ein 1-Bit-Übertragungsfehler in einem Datenwort erkannt werden kann. Da das durch einen 1-Bit-Fehler bei der Übertragung verfälschte Datenwort 10111 aus den Codewörtern 00111, 10011, 10101 oder 10110 durch die Verfälschung einer Ziffer 0 in die Ziffer 1 entstehen kann, ist eine Korrektur nicht möglich. Das fehlerhafte Datenwörter des 3-aus-5-Codes nicht korrigiert werden können, ergibt sich auch aus dem Wert der Mindest-Hamming-Distanz $D_{min} = 2$.

Die Bitfolge 11010101 soll übertragen werden. Die Sicherung erfolgt mit dem CRC-Verfahren. Als Generatorpolynom wird $G(x) = x^4 + x + 1$ verwendet.

- c) Berechnen Sie den CRC für die gegebene Bitfolge und das gegebene Generatorpolynom.

Lösungsvorschlag:

```
1101.0101|0000 : 10011
1001.1
0100.11
0100.11
0000.0001.0000
0000.0001.0011
0000.0000.0011
CRC = 0011
```

d) Der Empfänger nimmt die Bitfolge 10100101 | CRC auf. Wird der Übertragungsfehler erkannt? (Rechnung notwendig)

Lösungsvorschlag:

```
1010.0101|0011 : 10011
1001.1
0011.110
0010.011
0001.1011
0001.0011
0000.1000.0
0000.1001.1
0000.0001.1011
0000.0001.0011
0000.0000.1000
Rest = 1000 => Fehler
```

Gegeben ist folgendes C-Programm zur CRC-Berechnung.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <inttypes.h>
#define CRC32POLY 0x04C11DB7 /* CRC-32 Polynom */

int datastream[] = {1,0,0,0,1,1,0,1};
int databits = 8;
uint32_t crc32 = 0; /* Schieberegister */
/*__int32 crc32 = 0; => for MS VS */

int main(void)
{
    int i;
    for (i = 0; i < databits; ++i)
        if ((crc32 & 0x80000000) ? 1 : 0) != datastream[i])
            crc32 = (crc32 << 1) ^ CRC32POLY;
        else
            crc32 <<= 1;
    printf("0x%08X\n", crc32);
    return EXIT_SUCCESS;
}
```

e) Übersetzen Sie die vorgegebene C-Implementierung der CRC-Berechnung in ein IA32-Assemblerprogramm. Die Bitfolge und das Generatorpolynom können im Datenteil vereinbart werden. Testen Sie Ihre Implementierung mit der vorgegebenen Bitfolge und dem vorgegebenen Generatorpolynom.

Lösungsvorschlag:

```
.data
intout: # Fuer printf
        .string "0x%08X\n"
data: # Datenstream
        .byte 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1
datalen: # Laenge des Datenstreams
        .long 8
GenPol: # Generatorpolynom
        .long 0x04C11DB7
```



```

.text
.globl main

main:
    movl $0, %eax # crc32
    movl $0, %edi # i
for:
    # if(((crc32 & 0x80000000) ? 1 : 0) != datastream[i])
    movl %eax, %ebx
    andl $0x80000000, %ebx
    setnz %bl
    xorb data(, %edi, 1), %bl
    jz notif

    # crc32 = (crc32 << 1) ^ CRC32POLY
    shll $1, %eax
    xorl GenPol, %eax

    jmp endif
notif:
    # crc32 <=< 1
    shll $1, %eax
endif:

    # ++i < databits
    incl %edi
    cmpl datalen, %edi
    jl for

    # Wert im %eax ausgeben
    pushl %eax
    pushl $intout
    call printf

    # Exit
    movl $1, %eax
    int $0x80

```