

Nachname/*Last name*

Vorname/*First name*

Matrikelnr./*Matriculation no*

Klausur 18. 03. 2013

- Bitte tragen Sie zuerst auf dem Deckblatt Ihren Namen, Ihren Vornamen und Ihre Matrikelnummer ein. Tragen Sie dann auf den anderen Blättern (auch auf dem Konzeptblatt) Ihre Matrikelnummer ein.
Please fill in your last name, your first name, and your matriculation number on this page and fill in your matriculation number on all other pages (including the draft page).
- Die Prüfung besteht aus 15 Blättern: Einem Deckblatt und 14 Aufgabenblättern mit insgesamt 5 Aufgaben.
The examination consists of 15 pages: One cover sheet and 14 sheets containing 5 assignments.
- Es sind keinerlei Hilfsmittel erlaubt!
No additional material is allowed.
- Die Prüfung gilt als nicht bestanden, wenn Sie versuchen, aktiv oder passiv zu betrügen.
You fail the examination if you try to cheat actively or passively.
- Wenn Sie zusätzliches Konzeptpapier benötigen, verständigen Sie bitte die Klausuraufsicht.
If you need additional draft paper, please notify one of the supervisors.
- Bitte machen Sie eindeutig klar, was Ihre endgültige Lösung zu den jeweiligen Teilaufgaben ist. Teilaufgaben mit widersprüchlichen Lösungen werden mit 0 Punkten bewertet.
Make sure to clearly mark your final solution to each question. Questions with contradicting answers are void (0 points).
- Wir werden Punkte abziehen, falls korrekte Antworten auch inkorrekte oder irrelevante Informationen enthalten. Bitte schreiben Sie nicht einfach möglichst viel hin, in der Hoffnung, das richtige Schlagwort zu treffen.
We will take off points if a correct answer also includes incorrect or irrelevant information. Do not write down everything you know in hopes of saying the correct buzz word.

Die folgende Tabelle wird von uns ausgefüllt! *The following table is completed by us!*

Aufgabe	1	2	3	4	5	Total
Max. Punkte	11	12	13	12	12	60
Erreichte Punkte						
Note						

Aufgabe 1: Zum Aufwärmen / Assignment 1: Warmup

- a) Nennen Sie zwei plattform-unabhängige ganzzahlige Datentypen aus `stdint.h` und geben Sie für beide die größte darstellbare Zahl an.

2 pt

Name two platform-independent integer data types defined by `stdint.h` and state their largest representable number.

- b) Welche der folgenden Anweisungen sind korrekt, um den Wert `0x00133700` an die Speicheradresse `0x00733100` zu schreiben?

1 pt

Which of the following are correct statements to write the value of `0x00133700` to memory address `0x00733100`?

`uint32_t * addr = (uint32_t *)0x00733100; addr = 0x00133700;`

`* (uint32_t * const)0x00733100 = 0x00133700;`

`* (uint32_t const)0x00733100 = 0x00133700;`

- c) **Nennen** Sie drei Möglichkeiten, Parameter an einen Betriebssystem-Aufruf zu übergeben.

1 pt

Name three ways in which to hand parameters to an operating system call.

- d) Beschreiben Sie knapp den Unterschied zwischen **Multiprogramming** und **Multitasking**. (Gehen Sie von einem Uniprozessorsystem aus.)

1 pt

*Briefly describe the difference between **multiprogramming** and **multitasking**. (Assume a uniprocessor system.)*

- e) Welche der folgenden Aussagen sind korrekt, welche sind inkorrekt?
 (falsches Kreuz: -1P, kein Kreuz: 0P, korrektes Kreuz: 1P)

6 pt

*Which of the following statements are correct, which are incorrect?
 (incorrectly marked: -1P, not marked: 0P, correctly marked: 1P)*

korrekt inkorrekt
 correct incorrect

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	DMA bietet immer eine geringere Latenz als unterbrechungsgetriebene E/A. <i>DMA always outperforms interrupt-driven I/O in terms of latency.</i>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Nach der write-back-Strategie werden veränderte Daten im Cache nur in Folge eines write misses zurückgeschrieben. <i>According to the write-back policy, modified data in a cache are written back only in consequence of a write miss.</i>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ringförmige Zwischenspeicher lösen das Erzeuger-Verbraucher-Problem zwischen E/A-Geräten und Anwendungen. <i>Circular-buffering solves the producer-consumer problem between I/O devices and applications.</i>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Wenn das SUID-Bit eines Verzeichnisses gesetzt ist, können Programme innerhalb des Verzeichnisses nur vom Besitzer des Verzeichnisses ausgeführt werden. <i>If the SUID bit is set on a directory, only the owner of that directory is allowed to execute programs contained in it.</i>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Unter Unix enthält nur der Eintrag in der system-weiten Tabelle geöffneter Dateien die aktuelle Position des Zugriffs (<i>seek position</i>) einer geöffneten Datei. Daher stören sich geforkte Prozesse gegenseitig, wenn sie gleichzeitig auf einer Datei über demselben globalen Eintrag arbeiten. <i>In Unix, only the entry in the system-wide table of open files contains the current seek position of an open file. Therefore, forked processes interfere with each other when working in parallel on a file via the same global entry.</i>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Auf C99-konformen Systemen entspricht die Länge (in Bytes) eines Zeigers (z.B. <code>unsigned integer *</code>) nicht immer der des <code>unsigned integer</code> -Datentyps. <i>On C99-compliant systems, the size (in bytes) of a pointer (e.g. <code>unsigned integer *</code>) is not always equivalent to the size of the <code>unsigned integer</code> datatype.</i>

**Total:
11.0pt**

Aufgabe 2: Prozesse und Ablaufplanung / Assignment 2: Processes and Scheduling

- a) Nennen Sie **vier** in der Vorlesung besprochene Bestandteile eines Prozesskontrollblocks.

1 pt

Name **four** elements of a Process Control Block discussed in the lecture.

- b) Erklären Sie kurz, **wann** der Kontrollblock eines Prozesses ausschließlich gültige Informationen enthält und **wann nicht**.

1 pt

Explain briefly **when** the control block of a process contains entirely valid information and **when it does not**.

- c) Nennen Sie die drei **Prozesstypen**, beschreiben Sie deren typische **Reaktionsfreudigkeit** und **Gebundenheit** (E/A, CPU).

3 pt

Name the three **process types** and describe their typical **responsiveness** and **boundness** (I/O, CPU).

Typ Type	Gebundenheit Boundness	Reaktionsfreudigkeit Responsiveness

d) Gegeben seien die untenstehenden 5 Prozesse auf einem Uniprozessorsystem mit den angegebenen Ankunftszeiten (Start-Zeit = 1.0) und Burst-Zeiten. Vervollständigen Sie den untenstehenden Ablaufplan für die Strategie **Virtual Round Robin** (VRR). Ein Kasten im Zeitplan entspricht einer Zeitscheibe.

Beachten Sie: Der Prozess P_5 blockiert nach der Hälfte des Bursts (nach einer halben Zeitscheibe) und ist nach einer Dauer von 2.0 Zeitscheiben wieder bereit.

3 pt

*Consider the 5 processes given below on a uniprocessor system, with the given arrival times (start time = 1.0) and burst times. Complete the schedule given below according to the policy **Virtual Round Robin** (VRR). A box in the schedule represents one time slice/quantum.*

Attention: *the process P_5 blocks after half its burst (after half a time slice) and is ready again after a duration of 2.0 time slices.*

Prozess <i>Process</i>	Ankunfts-Zeit <i>Arrival time</i>	Burst-Zeit <i>Burst time</i>
P_1	1.9	7.0
P_2	1.0	4.0
P_3	5.9	1.0
P_4	5.8	6.0
P_5	6.1	1.0

Zeit Time	Ablaufplan Schedule
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

Berechnen Sie die **durchschnittliche Wartezeit** T_{avg}^W für den obigen Ablaufplan. (Ergebnisse in Bruchform sind ausreichend.)

1 pt

*Calculate the **average waiting time** T_{avg}^W for the above schedule. (Results in fraction form are sufficient.)*

Berechnen Sie die **durchschnittliche Turnaround-Zeit** T_{avg}^T für den obigen Ablaufplan. (Ergebnisse in Bruchform sind ausreichend.)

1 pt

*Calculate the **average turnaround time** T_{avg}^T for the above schedule. (Results in fraction form are sufficient.)*

e) Beschreiben Sie knapp die Fairness-Strategie nach welcher der **Linux Completely Fair Scheduler** versucht, immer wenn er aufgerufen wird, die Interaktivität von Prozessen zu gewährleisten?

2 pt

*Explain briefly according to which fairness strategy the **Linux Completely Fair Scheduler** tries to provide interactivity of processes each time it is invoked?*

**Total:
12.0pt**

Aufgabe 3: Prozesskoordination und -kommunikation / Assignment 3: Process Coordination and Communication

- a) **Nennen und erläutern** Sie kurz die drei notwendigen Bedingungen für eine gültige Lösung des Problems kritischer Abschnitte.

3 pt

Name and briefly explain the three requirements for a valid solution of the critical section problem.

- b) Erklären Sie warum es auf Multiprozessor-Systemen im Allgemeinen nicht ausreicht, Unterbrechungen zu deaktivieren um das Problem kritischer Abschnitte zu lösen. Welche Anforderung an eine gültige Lösung wird nicht erfüllt?

2 pt

Explain why disabling interrupts does not generally suffice to solve the critical section problem on multiprocessor systems. Which requirement for a valid solution is not satisfied?

- c) Ein Spinlock kann wie folgt auf Basis einer atomaren `swap`-Instruktion implementiert sein.

A spinlock might be implemented based on an atomic `swap` instruction as follows.

```
1  int volatile spinlock;
2
3  void lock(int volatile * spinlock) {
4      int key = 1;
5
6      while ( *spinlock != 0 ) ;
7      while( key )
8          Swap(spinlock, &key);
9  }
10
11 void unlock(int volatile * spinlock) { *spinlock = 0; }
```

Erklären Sie knapp, warum die Variable `spinlock` als `volatile` deklariert ist.

1 pt

Explain briefly why the variable `spinlock` is declared `volatile`.

Unter welchem Umständen **performt** diese Spinlock-Implementierung schlecht wenn mehrere Threads folgenden Code ausführen?

2 pt

*Under which circumstances does this spinlock implementation exhibit poor **performance** if multiple threads run the following code?*

```
void thread() {
    while (1) {
        lock(&spinlock);
        // critical section
        unlock(&spinlock);
        // remainder section
    }
}
```

Erklären Sie welche einfache Änderung im Code das beschriebene Performanz-Problem löst, und **warum**.

2 pt

*Explain briefly, which minor change in the code solves the illustrated performance issue, and **why**.*

- d) Erweitern Sie die in der vorherigen Teilaufgabe gegebenen `lock`- und `unlock`-Funktionen, so dass sie im Kontext des folgenden Beispiels alle drei notwendigen Bedingungen aus Teilaufgabe (a) erfüllen.

3 pt

Extend the `lock` and `unlock` functions given in the previous sub-task, such that they fulfil all three necessary conditions of sub-task (a) in the context of the following example.

```
int is_waiting(thread_id_t i);
int set_waiting(thread_id_t i, int wait_state);
thread_id_t get_next_waiting(thread_id_t i);

void thread(thread_id_t id) {
    while (1) {
        lock(&spinlock, id);
        // critical section
        unlock(&spinlock, id);
        // remainder section
    }
}

void lock(int volatile * spinlock, int id) {
    int key = 1;

    set_waiting(id, 1);
```

```
    set_waiting(id, 0);
}

void unlock(int volatile * spinlock, int id) {
    thread_id_t next = get_next_waiting(id);

    if (next == id)
```

```
}
```

**Total:
13.0pt**

Aufgabe 4: Speicher und Caches / Assignment 4: Memory and Caches

- a) Ausgehend von einem typischen Speicherlayout für Prozesse: Für welche der folgenden Sektionen eines Prozesses wird **anonymer Speicher** alloziert? Wofür kann ein Betriebssystem beim Swapping das Wissen ausnutzen, dass es sich bei einer Seite um **nicht-anonymen Speicher** handelt?

2 pt

*Assume a common memory layout for processes. For which of the following sections of a process is **anonymous memory** allocated? When swapping, how can an operating system take advantage of the knowledge that a page contains **non-anonymous memory**?*

- Stack
- Heap
- Text
- BSS

- b) Erklären Sie knapp, was man unter **interner** und **externer Fragmentierung** im Kontext von Speicherallokation versteht. Beschreiben Sie **jeweils eine Situation**, in der dies auftreten kann.

2 pt

*Briefly explain the terms **internal** and **external fragmentation** in the context of memory allocation. For **each one**, describe **a situation** in which it may occur.*

Erklären Sie knapp, was man unter **Kompaktierung** im Zusammenhang mit **externer Fragmentierung** versteht, und unter welcher **Bedingung** Kompaktierung anwendbar ist.

1 pt

*Briefly explain the term **compaction** in the context of **external fragmentation**, and under which **condition** compaction is applicable.*

c) Beschreiben Sie die nötigen Schritte, um einen Seitenfehler im Adressraum einer Anwendung zu behandeln (typischerweise 6, inkl. Reaktivierung).

3 pt

Describe the steps necessary to handle a page fault in an application's address space (typically 6, incl. reactivation).

- d) Wie groß ist der **maximal adressierbare virtuelle Speicher** bei einer dreistufigen Seitentabelle mit 1024 Einträgen pro Stufe? Gehen Sie davon aus, dass jede Seite 8 KiB umfasst und der Speicher byte-weise adressierbar sein soll.

Wieviele Bits müssen virtuelle Adressen in diesem Fall **mindestens lang** sein, damit der Adressraum den **gesamten** Speicher abdeckt?

1 pt

*How large is the **maximally addressable virtual memory** when using a three-level page table with each level comprising 1024 entries? Assume that a page is 8 KiB in size and that the memory should be byte-addressable.*

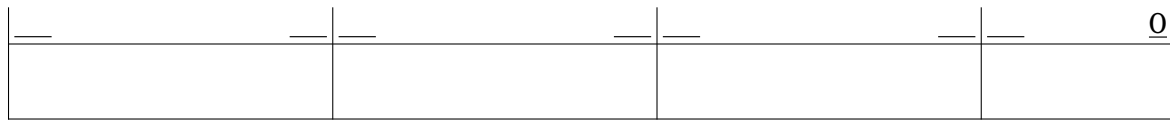
*What is the **minimal length** (in bits) for virtual addresses such that the address space covers the **entire** memory? **MaxAddressableVirtualMemory** = _____*

MinVirtualAddressLength = _____

Skizzieren Sie ein geeignetes **minimales** Format für virtuelle Adressen (für das System mit einer dreistufigen Seitentabelle).

1 pt

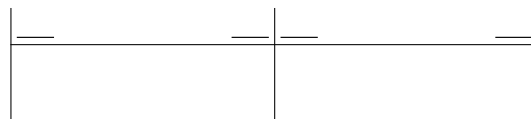
*Sketch a suitable **minimal** format for virtual addresses (for the system with a three-level page table.).*



Der TLB mit 4096 Einträgen basiert auf einem 4-Wege Satz-assoziativem Cache. Welche Bits dienen als **Set-Index** und welche als **Tag**, wenn eine Teilfolge der Adressbits als Set-Index genutzt wird.

1 pt

*The TLB contains 4096 entries and is based on a 4-way set associative cache. Which bits serve as the **set index** and which as the **tag**, if a sub-sequence of the address bits is used as set index.*



- e) Was sind **Aliase** im Zusammenhang mit virtuell-indizierten Daten-Caches? Welche Bedingung muss ein Betriebssystem erfüllen, damit diese im Daten-Cache auftreten können?

1 pt

*What are **aliases** in the context of virtually-indexed data caches? Which condition has to be satisfied by an operating system such that these can occur in the data cache?*

**Total:
12.0pt**

Aufgabe 5: Hintergrundspeicher und Dateisysteme / Assignment 5: Secondary Storage and File Systems

- a) In Linux besteht die Oktalnotation der Zugriffsrechte aus 4 Ziffern. Zählen Sie auf, wofür die 4 Ziffern jeweils stehen (nicht welche Werte sie annehmen können).

2 pt

In Linux, the octal notation for access rights consists of 4 digits. List what these 4 digits stand for (not which values they can hold).

Wofür stehen die Werte, die die hinteren drei Ziffern annehmen können, in Bezug auf **reguläre Dateien** und in Bezug auf **Verzeichnisse**? (Konzentrieren Sie sich auf die Zweierpotenzen.)

3 pt

*What do the possible values of the last three digits represent, for both, **regular files** and for **directories**? (Focus on the powers of two.)*

- b) `rsnapshot` sei eine Anwendung, um über die Zeit mehrere vollständige Abbilder von Verzeichnisstrukturen zum instantanen Zugriff zu erstellen (z.B. in Ordnern mit "gestern", "letzte.woche"). Beschreiben Sie einen Vorteil für die Nutzung von Hardlinks gegenüber Softlinks, um dies umzusetzen.

1 pt

Let `rsnapshot` be a filesystem snapshot utility for making it possible to keep multiple backups of directory structures instantly available (e.g., in folders like "yesterday", "last week"). Explain briefly one advantage of using hardlinks instead of softlinks for implementing this.

Welche Strukturen müssen auf Dateisystemebene zusätzlich angelegt werden, um ein neues Abbild anzulegen? Gehen Sie davon aus, dass es keine Änderungen seit dem letztem inkrementellen Abbild gab.

1 pt

Which structures have to be created on file system level to take a new snapshot? Assume that there where no changes since the last incremental backup.

c) `rsnapshot` basiert auf `rsync`. `rsync` identifiziert identische Teile zwischen Quell- und Zieldatei und versucht nur die modifizierten Teile zu kopieren. Dies basiert auf einer rollenden Prüfsumme. Beschreiben Sie die Eigenschaft einer rollenden Prüfsumme.

1 pt

`rsnapshot` is based on `rsync` identifies identical parts between source and destination file, and tries to copy only the modified parts. This is based on a rolling checksum. Describe the property of a rolling checksum.

d) Welches sind die zwei Ziele von RAID, und durch welche Konzepte werden diese umgesetzt?

2 pt

What are the two goals of RAID, and what are the concepts to implement them?

- e) Welche der folgenden Aussagen sind korrekt, welche sind inkorrekt?
 (falsches Kreuz: -0.5P, kein Kreuz: 0P, korrektes Kreuz: 0.5P)

2 pt

Which of the following statements are correct, which are incorrect?
 (incorrectly marked: -0.5P, not marked: 0P, correctly marked: 0.5P)

korrekt inkorrekt
 correct incorrect

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ein RAID 3, mit 4 Datenplatten, 1 Paritätsplatte, und einer logischen Blockgröße von 512 Bytes, bedient E/A-Anfragen optimalerweise mit der vierfachen Transferrate einer einfachen Festplatte mit 512 Byte großen Sektoren. <i>A RAID 3 featuring 4 data disks, 1 parity disk, and a logical block-size of 512 bytes, optimally serves I/O requests at four times the transfer rate of a regular individual disk with 512 byte sectors would.</i>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Das skizzierte RAID 3 kann mehrere Lesezugriffe echt parallel bedienen. <i>The sketched RAID can truly serve multiple reads in parallel.</i>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Die vorherige Aussage gilt für ein äquivalentes RAID 4 System. Allerdings gilt dies nicht für mehrere Schreibzugriffe, da diese alle durch die Paritätsplatte gehen müssen. <i>The previous statement holds true for an equivalent RAID 4 system. But this does not hold for multiple writes, as all writes have to go through the parity disk.</i>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Das Schreiben auf ein solches RAID 4 ist allgemein langsamer als auf ein vergleichbares RAID 0 bei gleicher Lesegeschwindigkeit. <i>Writing on such a RAID 4 is commonly slower than a comparable RAID 0 at the same reading performance.</i>

Total:
12.0pt