

Betriebssysteme

Wintersemester 2019/20

Inhaltsverzeichnis

1 Checkpoint 1	5	1.15 Discuss the reasoning behind the separation of User- and Kernel Mode. Identify advantages and disadvantages.	7
1.2 What is an Operating System? .	5	1.16 What is an Interrupt?	7
1.3 Why did Operating Systems emerge?	5	1.17 What can cause an Interrupt? . .	7
1.4 Which of the following statements is false?	5	1.18 Describe how the Operating System handles incoming Interrupts.	7
1.5 Describe three critical early inventions in Operating Systems . .	5	1.19 What is the purpose of a System Call?	7
1.6 What is UNIX?	5	1.20 Describe what happens when at runtime when a program uses the function 'getpid'.	8
1.7 What is POSIX?	5	1.21 What are Windows "Personalities"? .	8
1.8 Discuss whether POSIX is still relevant today.	6	1.22 Describe the anatomy of a Windows Subsystem.	8
1.9 Describe the relation between the terms Process, Program, Thread and File	6	1.23 Compare the three types of Subsystem Service Calls.	8
1.10 What is a shell?	6	1.24 Name three Operating System components usually located in User- and Kernel Mode (three each)	8
1.11 Describe briefly what happens when you type 'ls' into a UNIX shell and press enter	6	1.25 What is the role of a System Thread in Windows? Name two examples.	9
1.11.1 What would have happened if you had typed 'cd' instead?	6	1.26 What is a Service / Daemon? . .	9
1.12 In Pseudo-Code, write a program that executes 'ls' in a child process and waits in the parent process for the termination of the child process.	6	1.27 Compare the concepts "Microkernel" and "Monolithic Kernel". . .	9
1.12.1 Which system calls would you use?	7	1.27.1 Which one would you use to describe Windows and which one for Linux? . . .	9
1.13 Briefly describe five tasks of an Operating System	7	1.28 The Windows Kernel is Object Oriented. What is a Handle and what is its role?	9
1.14 Briefly describe three design goals of an Operating System . .	7	1.29 Can you share handles between separate Processes?	9
		1.30 Describe four types of Windows Kernel Objects.	10

1.31	What is the Basic Input/Output System (BIOS)?	10	2.18	What does it mean for a Dispatcher Object to be Signaled, or Non-Signaled?	14
2	Checkpoint 2	11	2.18.1	Describe for one type of dispatcher object what can cause it to change these states.	14
2.2	What is Preemption?	11	2.19	Name two functions of the Windows or UNIX API related to process synchronization and explain their purpose.	14
2.3	What new challenges did Preemption introduce when compared to cooperative multiprogramming?	11	2.20	What is the IRQL?	14
2.4	How is Preemption implemented in an operating system kernel?	11	2.21	Describe what tasks the operating system handles at various ranges of IRQLs.	14
2.5	Compare Concurrency and Parallelism.	11	2.22	What is a Trap?	15
2.6	What is a Critical Section?	11	2.23	What kinds of event can cause a Trap?	15
2.7	What is the value of shared, and why?	11	2.24	What happens if during interrupt processing an interrupt of lower precedence arrives? What if the precedence is higher?	15
2.8	Describe the three criteria that correct solutions of the Critical Section problem must fulfill.	11	2.25	What are the roles of the Deferred and Asynchronous Procedure Calls? (DPC and APC)	15
2.9	Why does this naive approach not solve the critical section problem? Outline a schedule.	12	2.26	A Thread on Windows executes the Function ReadFile(). Describe the flow of activity from the application to the device and back.	15
2.10	Name and describe one well known software algorithm that solves the critical section problem.	12	2.27	What is a pipe? Why is it needed?	15
2.11	Discuss whether pure software algorithms are a good solution to the critical section problem.	12	2.28	What is the difference between a pipe and a socket?	16
2.12	To mitigate the problems of the software algorithms, hardware approaches are used instead. Which is not one of them?	12	2.29	Pipes and sockets are tied to the lifetime of a process. What other UNIX construct could you use that survives its creating process, and where is it persisted?	16
2.13	What is a Semaphore?	13	2.30	Write in Pseudocode (Windows or UNIX semantics) a program that launches two processes and connects them through a pipe.	16
2.13.1	What operations are defined on Semaphores?	13	2.31	Name two functions of the Windows or UNIX API related to inter-process communication, and explain their purpose.	16
2.14	Identify the advantages and disadvantages of using Semaphores over native hardware approaches.	13	3	Checkpoint 3	17
2.15	What is a Deadlock?	13	3.2	What is a Program? What is a Process? What is a Thread?	17
2.15.1	Describe how a Deadlock can be the result of careless use of Semaphores.	13			
2.16	Given the following producer/consumer example program, how could you guard it with semaphores?	13			
2.17	Describe the Role of the Dispatcher Objects.	14			

3.3	What are the roles of the scheduler and the dispatcher?	17	3.18	What is a multilevel queue scheduler? Linux and Windows both contain multilevel queue schedulers. Name an example for a queue level and describe what properties threads in this queue have.	21
3.4	Compare the long term scheduler to the short term scheduler. . . .	17	3.19	Name 2 functions related to process or thread creation.	21
3.5	Describe 3 properties related to process and thread control objects.	17	3.19.1	Name 2 functions related to process or thread termination.	21
3.6	Describe 3 properties related to the CPU context.	17	3.20	Compare the Linux semantics of process creation (fork/exec) to the windows semantics of process creation (CreateProcess).	21
3.7	Outline the sequence of a context switch as performed by the dispatcher.	17	3.21	What are the advantages and disadvantages of multithreading in a program?	22
3.8	Compare cooperative to preemptive scheduling.	17	3.22	Compare User Mode Threads to Kernel Mode Threads. When would you use which?	22
3.9	What is a quantum? What effect does the length of a quantum have on the scheduler performance?	17	3.23	What are Fibers?	22
3.10	Threads can have different states in relation to scheduling. Draw a diagram and Describe the purpose of the states and their transitions.	18	3.24	What are cgroups?	22
3.11	When are scheduling decisions made?	18	3.25	Describe the specific challenges of real-time scheduling. What is the difference between soft and hard real-time?	22
3.12	What are the optimization criteria of a scheduler?	18	3.26	Describe one of the three discussed approaches of starvation avoidance.	22
3.13	Draw a FIFO Gantt Chart for the given taskset. Assume a context switch takes no time.	18	3.27	What is priority inversion?	23
3.14	Draw a Round Robin Gantt chart for the given taskset. Assume a context switch takes not time, use quantum of length 3	19	3.28	Which of the following is not a queue level in Completely Fair Scheduler (CFS)?	23
3.15	Draw a Round Robin Gantt chart for the given taskset. Assume a context switch takes not time, use quantum of length 3	20	3.29	Describe the concept of niceness in relation to the Linux Completely Fair Scheduler (CFS).	23
3.16	Calculate for each thread waiting time, turnaround time, throughput and compare	20	3.30	What is thread affinity? Compare hard affinity and soft affinity. . .	23
3.17	Describe the problem of thread starvation in relation to priority schedulers.	21	3.31	On a high level, outline the similarities and differences of the Windows and Linux Scheduler. .	24
			4	Checkpoint 4	25
			4.2	What is the role of the Memory Management Unit (MMU)	25

4.3	What is the difference between virtual / logical Adresses and physikal adresses?	27	4.17	What is a Page Fault?	27
4.4	What is Segmentation?	27	4.18	What is the difference between a Soft Page Fault and a Hard Page Fault?	27
4.5	What are the main shortcomings of Segmentation?	27	4.19	Name two different reasons for which a memory access coul produce a Page Fault.	27
4.6	Describe Paging. How is it different from Segmentation, and how does it address the shortcomings of Segmentation?	27	4.20	What is a Working Set?	27
4.7	Describe the layout of a Page Table. Why do some architectures use multi-level page table structures?	27	4.21	What is the role of the Modified, Standby, Free, Zero and Bad Page Lists? What properties do pages in these lists have? How do pages transition between these lists?	27
4.8	Name two bits associated with each Page Table Entry and describe their purpose.	27	4.22	What is the purpose of the Page Frame Number Database?	27
4.9	What is the role of the Translation Lookaside Buffer (TLB)?	27	4.23	Describe the page replacement algorithms First-In-First-Out (FIFO), Second Chance, and Least-Recently-Used (LRU).	27
4.10	Assume a memory system that manages adresses of 26 bits length, with a page size of 256 bytes. How many entries does a page table have?	27	4.24	What is Bélády's Anomaly, as found in the FIFO page replacement algoritm?	27
4.11	What is the size of the virtual adress space?	27	4.25	Assuming three frames of physical memory, and a memory access pattern to the virtual pages: 2,1,4,2,3,4,2,1,3,4,3. How many Page Fault would FIFO incur?	27
4.12	How long are the addresses page number and offset?	27	4.26	How many Page Faults would Second Chance incur?	27
4.13	Each page table entry has two status bits.	27	4.27	How many Page Faults would LRU incur?	27
4.14	What is the length of a page table entry?	27	4.28	What is the difference between swapping and page replacement (paging)?	27
	4.14.1 What is the total size of a page table?	27	4.29	Describe the difference between reserved and committed memory.	27
4.15	Assume the described system has access to 24MiB of physical memory, half of which is reserved for the operating system. Of this half, 5MiB are reserved for process page tables, and are not pageable. How many processes can this system support?	27	4.30	What is a Guard Page? What could it be used for?	27
4.16	What is the maximum size of a process working set, assuming that no reserved OS pages are part of the working set?	27	4.31	How do operating systems implement shared memory?	27
			4.32	What is Copy-on-Write (CoW) memory, and what is it used for?	27

1 Checkpoint 1

1.2 What is an Operating System?

Keine klare Definition vorhanden. Mögliche Antworten: Es ist eine Schicht zwischen Hard- und Software, welche Programme und Ressourcen verwaltet.

1.3 Why did Operating Systems emerge?

Anforderungen an Computer haben sich mit der Zeit verändert. Jobverwaltung und bessere Auslastung wurde immer relevanter. Betriebssysteme wurden entsprechend zur Verwaltung verschiedener Aufgaben auf einem System.

1.4 Which of the following statements is false?

- a: Operating System evolution required Hardware changes
- b: Hardware evolution required Operating System changes
- c: Hardware and OS evolved independently
- d: There was strong influence in both directions

Lösung: Antwort c ist falsch.

1.5 Describe three critical early inventions in Operating Systems

mögliche Lösungen sind:

1. Time Sharing
2. (Pipelines)
3. Job Controll (mehrere Programme direkt hintereinander ausführen)
4. Multiprogrammierung (andere Programme laufen, während ein Programm auf IO Events wartet)

ToDo: auf entsprechenden Folien verweisen

1.6 What is UNIX?

Eine historische Betriebssystemfamilie, die auch heute noch immer aktuell ist.

1.7 What is POSIX?

Eine stark an UNIX angelehnter Quellcodestandard. Beschreibt wie ein System entwickelt werden muss, damit es POSIX Kompatibel ist. (Sich wie ein POSIX System verhält.) Es ist selbst kein Betriebssystem.

1.8 Discuss whether POSIX is still relevant today.

Keine falsche Antwort, da Diskussion. Entscheidend ist die Begründung.

1.9 Describe the relation between the terms Process, Program, Thread and File

Ein Prozess ist ein laufendes Programm, ein Programm ist eine ausführbare Datei und ein Thread ist ein Ausführungsstrang eines Prozesses. Ein Prozess kann mehrere Threads haben, welche alle im gleichen Kontext laufen. (Sie teilen sich Speicher etc.)

1.10 What is a shell?

Eine (Eingabe- und Ausgabe-) Umgebung in der eine Eingabe als Befehl interpretiert und entsprechend ausgeführt wird. (Kommandointerpreter)

1.11 Describe briefly what happens when you type 'ls' into a UNIX shell and press enter

Wenn Enter gedrückt wird, wird ein Interrupt erzeugt, welcher vom Betriebssystem abgefangen wird und dann als Eingabe an die Shell gesendet wird. Anschließend wird der Befehl 'ls' von der Shell als Programmaufruf interpretiert woraufhin die Shell sich selbst forkt und im Kind das Programm 'ls' im PATH sucht und ggf. startet. 'ls' nutzt die gleiche Ausgabe wie die Shell und zeigt so alle Dateien. Der Elternprozess wartet darauf, dass der Kindprozess terminiert.

1.11.1 What would have happened if you had typed 'cd' instead?

'cd' wird als aufruf eines Builtin interpretiert, weshalb die Shell in das HOME Verzeichnis des Nutzers wechselt. Es geschieht kein Fork-Exec.

1.12 In Pseudo-Code, write a program that executes 'ls' in a child process and waits in the parent process for the termination of the child process.

```
#include <...>

int main(){
    pid_t pid = fork();
    if(pid == -1){
        printf("error in fork\n");
        return -1;
    }else if(pid == 0){
        // CHILD
        char *const args = {"ls", NULL};
        int ret = execvp("ls", args);
        // ret == -1
        printf("error in exec; errno: %d\n", errno);
        return -1;
    }else{
        // PARENT
        wait(pid);
    }
}
```

```

        return 0;
    }
}

```

1.12.1 Which system calls would you use?

wait, fork, exec

1.13 Briefly describe five tasks of an Operating System

Ressourcenverwaltung (Storage Management (Haupt- und Plattenspeicher), Memory Management, Scheduling (CPU Verwaltung, Prozessormanagement), Device Management (Geräterverwaltung und Treiber, Interruptbehandlung)), Security- und Usermanagement (auch Prozessschutz voreinander)

1.14 Briefly describe three design goals of an Operating System

Portability, Maintainability, Security, Performance, Responsive

1.15 Discuss the reasoning behind the separation of User- and Kernel Mode. Identify advantages and disadvantages.

Schutz der Programme voneinander (Isolation), Benutzerverwaltung und Berechtigungssystem
Ein Nachteil: extra Performance durch ständige Wechsel über Syscalls

1.16 What is an Interrupt?

Eine Unterbrechung des aktuellen Programmablaufes (meist durch externe Geräte). Synchroner Interrupts entstehen durch Programmfluss (meist durch Exceptions) und Asynchroner Interrupts entstehen durch Hardwareereignisse.

1.17 What can cause an Interrupt?

Ein Interrupt kann zum Beispiel ausgelöst werden, wenn ein Prozess auf IO Zugriff warten muss.

1.18 Describe how the Operating System handles incoming Interrupts.

CPU hält die Ausführung des laufenden Prozesses an, die CPU sichert den Kontext des aktuellen Prozesses und behandelt anschließend den Interrupt entsprechend. (Meist ist der entsprechende Behandlungscodex im Treiber) In der Interruptbehandlung wird dem Gerät auch mitgeteilt, dass es jetzt aufhören kann Interrupts zu senden. (Meist gleich als erstes) Anschließend wird das Programm fortgesetzt, indem sein Kontext wiederhergestellt wird. Während der Interruptbehandlung wird Interruptbehandlung weiterer möglicherweise eintretender Interrupts deaktiviert. Entsprechend darf es während der Interruptbehandlung keine Programmierfehler geben. Interrupts können auch erst später behandelt werden, je nach Priorität.

1.19 What is the purpose of a System Call?

System Calls werden verwendet um von dem User Mode Aktionen im Kernel Mode zu initialisieren.

1.20 Describe what happens when at runtime when a program uses the function 'getpid'.

Wir bekomme die PID (werden benötigt um Prozessen von einander zu entscheiden) des aktuellen Prozesses. Funktion ist in der User Mode Bibliothek beschrieben. Funktion wird aufgerufen und schreibt in ein Register die Syscall Nummer. Cpu wechselt in den Kernel Mode und die Routine für Systemaufrufe laden. Schaut die Syscall Nummer im Register nach und führt dann die entsprechende Funktion hier getpid() aus. Systemaufruf ist ein Synchroner Interrupt. Funktion → User Mode Bibliothek → Syscall, Softwareinterrupt → Interraptionsroutine bestimmt Funktion an Hand der Nummer im Register → Funktion ausführen und Ergebniss nach Oben schleifen

1.21 What are Windows "Personalities"?

- a: Independent operating modes of the CPU
- b: Distinguished Engineers at the Microsoft Campus in Redmond
- c: Seperate classes of applications, and their corresponding subsystems
- d: Groups of Users in the System with different Privileges

Antwort C

1.22 Describe the anatomy of a Windows Subsystem.

Programme benutzen Subsystems an der Stelle von APIs. Die Subsysteme sind dokumentieren und greifen auf undokumentierte Windows System Service Calls zu.

1.23 Compare the three types of Subsystem Service Calls.

- vollständig im User Mode implementiert → Geometriefkt. PtInRect() IsRectEmpty()
- es werden ein oder mehrere Systemcalls für die Ausführung benötigt → ReadFile() WriteFile(); erstellt ind Subsystem Library
- benötigt die Umgebung des Subsystem Process → CreateFile(), durch IPC

1.24 Name three Operating System components usually located in User- and Kerner Mode (three each)

- User Mode
 - Commandointerpreter (Shell)
 - Subsysteme
 - Services, Dienste
- Kernel Mode
 - Grafikengine
 - Hardware Abstraction, Treiber, ISR
 - Kernel

- Memorymanagement
- ...

1.25 What is the role of a System Thread in Windows? Name two examples.

Thread ist ein Handlungsstrang eines Prozesses im User Mode.

Ein Systemthread ist eine nebenläufige Aktivität im Kernel Mode, welche eine spezielle Aufgabe erfüllt. Ein Systemthread wird durch das System nicht als Prozess abgebildet. Ein Systemthread hat privilegierten Zugriff auf das System.

Beispiele: Zero Page Thread (Nullt Speicher), eigene Threads von Treibern, Balance Set Manager (greift bei Speicherknappheit ein und verwaltet Prozessorspeicher), generell alle nebenläufigen Aufgaben im Kernel

1.26 What is a Servive / Daemon?

Hintergrundprozess im System, Kind von init, hat keine Ein- oder Ausgabe, vollführt Systemrelevante Aufgaben, üblicherweise ist er nicht-privilegiert

1.27 Compare the concepts “Microkernel” and “Monolithic Kernel”.

Microkern: so viel Kernel Funktionalität wie möglich in den User Mode verlegen. Der Kernel enthält nur noch die wirklich relevanten Dinge. (Scheduling, Speicherverwaltung, Dispatch, Interprozesskommunikation) Meist aus Sicherheitsgründen. Entsprechend sind alle Treiber und die Kernel-Objektverwaltung im User Mode und werden isoliert. Zusammenfassung: kleiner Kern mit wenig Funktionen, vielen Diensten

Monolithic Kernel: mächtiger Kern mit vielen Funktionen im Kernel Mode, wenig Diensten

1.27.1 Which one would you use to describe Windows and which one for Linux?

Linux: Monolith Windows: (hybrider Kern), hauptsächlich Microkern

1.28 The Windows Kernel is Object Oriented. What is a Handle and what is its role?

Ein Handle ist ein Verweis auf ein existierendes Kernel Obejekt. Ein Handle gilt nur für jeweils einen Prozess. (Jeder Prozess hat eine eigene Handle Tabelle.) Ein Handle kann genutzt werden, um Systemfunktionen Kernel Objekten zu übergeben ohne das der Kernel diese Objekte “preisgeben” muss.

1.29 Can you share handles between separate Processes?

Nicht direkt. Aber ich kann in die Handle Tabelle eines anderen Prozesses eine weiteres Handle hinzufügen, welches auf das gleiche Kernel Objekt verweist. (Mit duplicateHandle oder so.)

1.30 Describe four types of Windows Kernel Objects.

File Object (einer geöffneten Datei), Port Object (kann genutzt werden um Nachrichten zwischen Prozessen zu verschicken), Thread Object, Process Object, Symbolic Link, Object directory (kann andere Objekte speichern um Hierarchie zu realisieren), Event Object, Semaphore Object, ... (siehe Unit 1, Vorlesung 3, Folie 30ff.)

1.31 What is the Basic Input/Output System (BIOS)?

Eine Software welches direkt auf der Hardware (der ROM (Read Only Memory)) liegt, welches das aktuell laufende Motherboard booten soll.

2 Checkpoint 2

2.2 What is Preemption?

In einem System in dem Prozesse in Zeitscheiben unterteilt werden, ist dies die faire Aufteilung dieser Zeitscheiben auf die Prozesse, durch das Unterbrechen des aktuellen Prozesses vom Betriebssystem. Jeder Prozess erhält ungefähr gleich viel Rechenzeit.

2.3 What new challenges did Preemption introduce when compared to cooperative multiprogramming?

Programme können an beliebigen Stellen unterbrochen werden. Dies wird zu einem Problem, falls eine Resource zwischen verschiedenen Programmen geteilt wird und beide Programme darauf zugreifen.

2.4 How is Preemption implemented in an operating system kernel?

Meist durch einen Timer Interrupt. (Eine Zeitscheibe endet, wenn die Clock ein Signal gibt.) Der Scheduler wählt ein neues Programm aus, welches Rechenzeit erhalten soll und der Dispatcher tauscht den aktiven Kontext aus, damit das neue Programm rechnen kann.

2.5 Compare Concurrency and Parallelism.

Concurrency: keine echte Gleichzeitigkeit, sondern eher ein konstantes abwechseln (immer nur aktiver Thread)

Parallelism: zwei Kerne, die echt Gleichzeitig rechnen

2.6 What is a Critical Section?

Ein Codesegment, in dem auf eine geteilte Resource zugegriffen wird.

2.7 What is the value of shared, and why?

In einer Nebenläufigen Ausführung von func_a und func_b:

```
int shared = 0;
void func_a(void)
{
    shared++;
}

void func_b(void)
{
    shared--;
}
```

Antwort: -1, 0 oder 1; je nachdem wie die Unterbrechung der Programme erfolgen, da das keine atomaren Anweisungen sind und wir uns somit temporäre Werte in Registern merken müssen, welche durch die Unterbrechung invalide werden.

2.8 Describe the three criteria that correct solutions of the Critical Section problem must fulfill.

- Progress: wenn mehrere Prozesse in die Critical Section eintreten wollen, dann darf die Entscheidung wer eintreten darf nicht beliebig lange hinausgezögert werden.

- gegenseitiger Ausschluss: wenn ein Prozess in der Critical Section ist, darf kein anderer Prozess in seiner Critical Section sein.
- Bounded Waiting: wenn ein Prozess in die Critical Section eintreten möchte, dann darf er nicht unendlich lange daran gehindert werden. (aber beliebig lange)

2.9 Why does this naive approach not solve the critical section problem? Outline a schedule.

```
shared int turn = 0;
do { // Code for T_i
    while (turn != i);
        critical section
    turn = j;
        remainder section
} while (1);
```

Problem: Progress wird verletzt: wenn ein Thread einen anderen “überholt”, dann kann es passieren, dass dieser Thread am Eintreten der Critical Section gehindert wird, da der andere Thread noch in der remainder Section ist. Der erste Thread muss warten, bis der zweite seine Remainder Section und Critical Section durchlaufen hat, bis er selbst in die Critical Section eintreten darf.

Ein Beispiel: zwei Prozesse P0 und P1. turn ist auf 0 und P0 ist in der critical section und P1 in der remainder section. P0 verlässt nun seine critical section und turn wird dadurch auf 1 gesetzt. Wenn P0 nun vor P1 die remainder section verlässt, kann P0 nicht in die critical section eintreten, da turn immer noch auf 1 ist. P0 wird somit am Eintreten gehindert und Progress wird verletzt.

2.10 Name and describe one well known software algorithm that solves the critical section problem.

verschiedene Möglichkeiten:

Baker Algorithmus: Jeder Prozess zieht eine Nummer, wenn er in die critical Section eintreten will. Die gezogenen Nummer sind monoton steigend, aber nicht streng-monoton steigend. Es darf immer der Prozess eintreten, der die kleinste Nummer hat, oder bei Gleichstand zwischen zwei Prozessen der mit der kleinsten ID.

Peterson Algorithmus

Dekers Algorithmus **ToDo**: genauere Erklärungen

2.11 Discuss whether pure software algorithms are a good solutions to the critical section problem.

Nein, denn sie funktionieren nicht für echte Parallelität (Parallelism) und sie sind langsam mit vielen Threads.

2.12 To mitigate the problems of the software algorithms, hardware approaches are used instead. Which is not one of them?

a: test-and-set

b: outlook

c: exchange (compare and swap)

d: interrupt disabling

Antwort: d wird in Windows genutzt um die Critical Section vor Unterbrechungen abzusichern. a und c nutzen beide das Prinzip eine Variable atomar zu setzen und nur in die Critical Section einzutreten, wenn die Operation ein Erfolg war. Entsprechend ist c falsch.

2.13 What is a Semaphore?

Eine geteilte Integer Variable, deren Zugriff durch das Betriebssystem geschützt wird. (Ihre Operationen sind atomar.)

2.13.1 What operations are defined on Semaphores?

wait (Dekrementieren des Wertes, wenn die Semaphore > 0 ist), signal (Inkrementieren)

2.14 Identify the advantages and disadvantages of using Semaphores over native hardware approaches.

Vorteil: Semaphore ist Abstraktion, damit ist die zugrundeliegende Hardware / Betriebssystem irrelevant; die Semaphore kann mehrere Zustände haben; weniger Busy Waiting als bei test-and-set

Nachteil: (Code) Overhead gegenüber test-and-set

2.15 What is a Deadlock?

Mehrere Prozesse warten auf eine Freigabe (von z.B. einer Semaphore), die durch einen jeweils anderen wartenden Prozess bereits blockiert ist. Entsprechend kann kein Prozess weiter arbeiten.

2.15.1 Describe how a Deadlock can be the result of careless use of Semaphores.

Beispiel: Zwei Prozesse versuchen zwei Semaphoren in unterschiedlicher Reihenfolge zu blockieren.

2.16 Given the following producer/consumer example program, how could you guard it with semaphores?

(Annahme: genau ein Producer und ein Consumer.)

```
void producer(void)
{
    int item;
    while(1) {
        produce_item(&item);
        if (count == N) suspend();
        insert_item(item);
        count = count + 1;
        if (count == 1) wake(consumer)
    }
}
```

```
void consumer(void)
{
    int item;
    while(1) {
        if (count == 0) suspend();
        remove_item(&item);
        count = count - 1;
        if (count == N-1) wake(producer);
        consume_item(item);
    }
}
```

Zwei Semaphoren einfügen: einen für den count und einen für N-count (freien Plätze). Der Producer wird dann die count Semaphore erhöhen und auf die free Semaphore warten, der Consumer wird genau das Gegenteil tun.

2.17 Describe the Role of the Dispatcher Objects.

Es sind Objekte (im Windows Kern) auf die man warten kann. Ein Dispatcher Objekt kann zwei verschiedene Zustände haben: signalisiert oder nicht signalisiert.

2.18 What does it mean for a Dispatcher Object to be Signaled, or Non-Signaled?

Bei nicht Signalisierten Objekten: wartende Threads werden blockiert.

Unsure: Bei signalisierten Objekten: ein wartender Thread kann weiterarbeiten.

2.18.1 Describe for one type of dispatcher object what can cause it to change these states.

Bei Semaphoren: Status ist abhängig vom Wert der Semaphore.

Bei File Objekten: wir können mit einem wait auf das File Object explizit darauf warten, dass IO Operationen auf die Datei fertig werden.

Bei Prozess Objekten: wir können darauf warten, dass der Prozess terminiert.

Bei Timer Objekten: in periodischen Abständen signalisiert.

2.19 Name two functions of the Windows or UNIX API related to process synchronization and explain their purpose.

diverse Möglichkeiten: sem_wait + sem_signal (Semaphore Operationen), wait (warten auf Prozess), WaitForSingleObject (warten auf Dispatcher Objekt in Windows) pthread_join (warten auf Thread), ...

2.20 What is the IRQL?

Interrupt Request Level - beschreibt die Wichtigkeit des aktuell von der CPU behandelten Interrupts. Interrupts unter diesem Level werden später behandelt, Interrupts mit höherem Level sofort. (Ist somit ein Zustand der CPU.) Liegt zwischen 0 und 32.

2.21 Describe what tasks the operating system handles at various ranges of IRQLs.

0: normaler Zustand

1: (spezielle) APCs (Asynchronous Procedure Call)

2: Speicherverwaltung, Scheduling, ...

3+: diverse Geräte

in den oberen: PowerFail, Bluescreen

2.22 What is a Trap?

Der Mechanismus der bei einer einkommenden Unterbrechung den aktuellen Thread Zustand sichert. (Wir fangen den Thread ein.)

2.23 What kinds of event can cause a Trap?

Alle Interrupts, sysenter / syscall, Exceptions, Page Faults

2.24 What happens if during interrupt processing an interrupt of lower precedence arrives? What if the precedence is higher?

Wenn die Priorität kleiner ist, dann wird der einkommende Interrupt von der CPU ignoriert und werden behandelt, sobald die IRQL wieder sinkt.

Wenn die Priorität höher ist, wird der aktuelle Zustand mittels einer Trap gesichert und der einkommende Interrupt wird behandelt.

2.25 What are the roles of the Deferred and Asynchronous Procedure Calls? (DPC and APC)

Beide werden verwendet, falls die Interrupt Service Routine lange dauert. Dann kann diese in eine DPC Objekt verpackt werden und später ausgeführt werden. (Wenn der IRQL wieder gesunken ist.) Damit werden andere Interrupts nicht unnötig blockiert und eventuelle Verluste dieser Interrupts werden vermieden.

DPC sind dabei Prozessunabhängig, können also in jedem Thread ausgeführt werden, während APC zu einem Prozess zugehörig sind. (Entsprechend sind die Speicheradressen die vom Prozess und identisch zum Zeitpunkt des Interrupts.)

2.26 A Thread on Windows executes the Function ReadFile(). Describe the flow of activity from the application to the device and back.

Diese Frage muss in der Klausur nicht so ausführlich beantwortet werden.

Die ReadFile Funktion ruft die NTReadFile Funktion in Ntdll.dll auf, diese wird einen Systemaufruf zur Kernel Funktion NTReadFile ausführen. (Dieser Systemaufruf wird wiederum durch einen Softwareinterrupt realisiert, welche eine ISR aufruft.) Diese wird in der Handle Tabelle die entsprechende Datei zum Handle raussuchen. Anschließend wird der Treiber für das Gerät auf dem sich die Datei befindet geladen und ausgeführt. Der Interrupt ist nun fertig und es wird in den User Mode gewechselt. Der aktive Thread wird erst einmal warten. Sobald die Festplatte fertig ist mit dem Lesen der Datei, wird sie ein Interrupt schicken, welche einen DPC erzeugt, der die Daten aus der Platte in den Kernelspeicher kopieren wird. Anschließend erzeugt dieser DPC einen APC (im User Mode), welcher die Daten aus dem Kernelspeicher in den Prozessspeicher kopieren wird. Anschließend wird der APC den Prozess signalisieren, dass er weiterarbeiten kann, was dann wiederum die ReadFile Funktion beenden wird.

2.27 What is a pipe? Why is it needed?

Prozesse sind isoliert, müssen aber eventuell miteinander kommunizieren. Die Pipe ist ein Verbindungsstück zwischen zwei Prozessen.

2.28 What is the difference between a pipe and a socket?

Es sind beides Konstrukte, welche zu Prozessen gehören.

In der Pipe ist die Kommunikation nur in eine Richtung.

Ein Socket realisiert eine Server-Client Struktur. (Es gibt einen Server-Prozess welcher einen Socket öffnet und Client-Prozesse die sich mit diesem Socket verbinden können.) Mit einem Socket können wir in mehrere Richtungen kommunizieren.

2.29 Pipes and sockets are tied to the lifetime of a process. What other UNIX construct could you use that survives its creating process, and where is it persisted?

Named Pipes (FIFO): verhält sich ähnlich zu Dateien, ist aber als Puffer implementiert.

2.30 Write in Pseudocode (Windows or UNIX semantics) a program that launches two processes and connects them through a pipe.

Missing!

2.31 Name two functions of the Windows or UNIX API related to inter-process communication, and explain their purpose.

pipe: Erstellen einer Pipe, mkfifo: Erstellen einer Named Pipe, ...

3 Checkpoint 3

3.2 What is a Programm? What is a Process? What is a Thread?

Ein Programm ist eine ausführbare Datei.

Ein Prozess ist ein laufendes Programm.

Ein Thread ist ein Ausführungsstrang eines Programms.

3.3 What are the roles of the scheduler and the dispatcher?

Der Scheduler hat die Aufgabe den laufenden Prozessen ihre CPU Zeit zuzuweisen.

Der Dispatcher gibt die Kontrolle zum dem nächsten aktiven Thread(wiederherstellen des CPU Kontextes, vorbereiten des Adressbereiches für den nächsten Prozess).

3.4 Compare the long term scheduler to the short term scheduler.

Long-term scheduler(Steuert Grad der Multiprogrammierung, kann Prozesse schlafen legen, optional)

Short-term scheduler(Sucht zu jedem Quantum einen neuen Thread aus, Scheduler über den wir immer reden)

3.5 Describe 3 properties related to process and thread control objects.

- Prozess: Speicherbereich, Pfad der ausführbaren Datei
- Thread: CPU Kontext, Schedulingzustand
- Beides: Nicewert(Prioritäten), ID

3.6 Describe 3 properties related to the CPU context.

Prozessorstatuswort, Stackregister, Datenregister, Programmcounter

3.7 Outline the sequence of a context switch as performed by the dispatcher.

Aktuellen Thread unterbrechen → Aktuellen Zustand sichern im Hauptspeicher → Daten vom anderen Thread zurückschreiben → anderen Thread ausführen

3.8 Compare cooperative to preemptive scheduling.

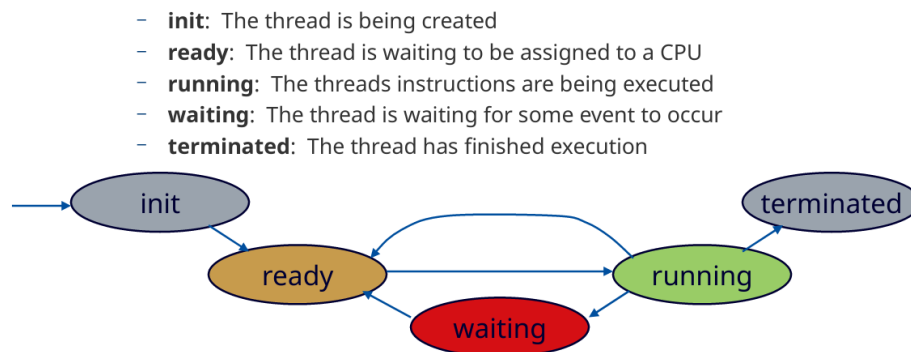
cooperative freiwillige Abgabe der CPU

preemptive Unterbrechung, wenn Quantum abgelaufen

3.9 What is a quantum? What effect does the length of a quantum have on the scheduler performance?

Ein Quantum ist eine feste Zeitscheibe, welche angibt wie lange ein Prozess rechnen darf, bis er unterbrochen wird. Längeres Quantum sorgt für eine höhere Performanz. Kürzeres Quantum ist responsiver.

3.10 Threads can have different states in relation to scheduling. Draw a diagram and Describe the purpose of the states and their transitions.



3.11 When are scheduling decisions made?

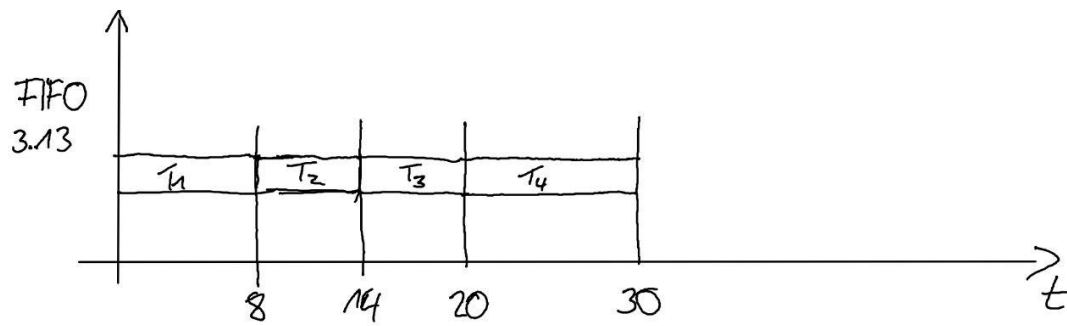
Am Ende von jedem Quantum. Welcher Thread als nächstes in **running** darf. Immer wenn ein neuer thread im system ankommt.

3.12 What are the optimization criteria of a scheduler?

- Resposivität
- Durchsatz
- Wartezeit
- Turn Arount Time(Zeit vom ersten Ausführen eines Threads bis zum letzten Ausführen)
- Auslast der CPU

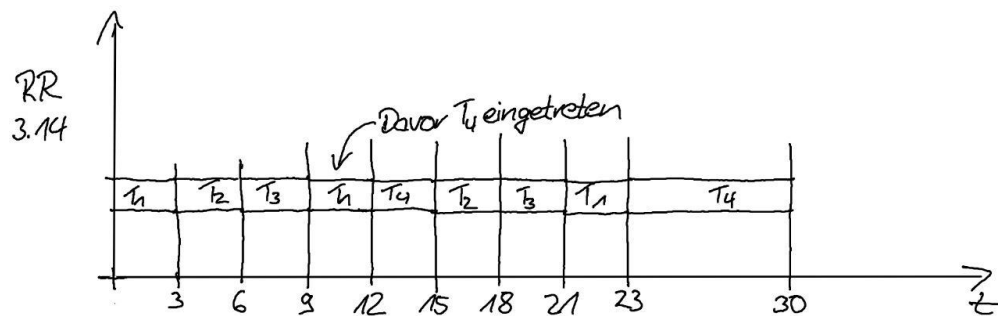
3.13 Draw a FIFO Gantt Chart for the given taskset. Assume a context switch takes no time.

Thread	Arrival Time	Burst Time
T ₁	0	8
T ₂	2	6
T ₃	2	6
T ₄	4	10



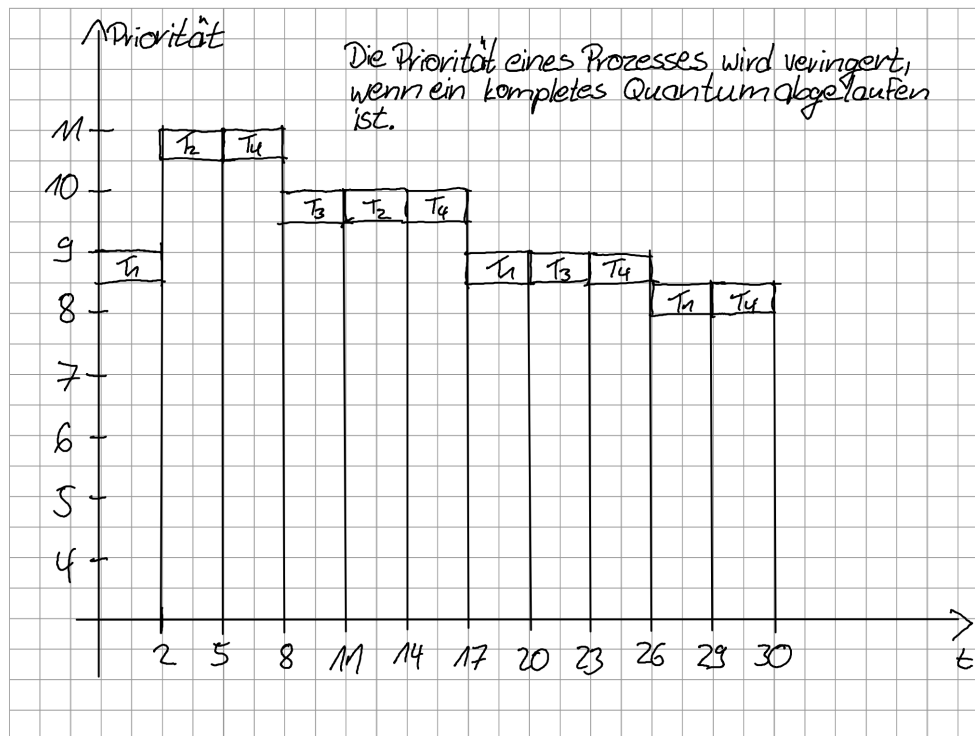
3.14 Draw a Round Robin Gantt chart for the given taskset. Assume a context switch takes not time, use quantum of length 3

Thread	Arrival Time	Burst Time
T_1	0	8
T_2	2	6
T_3	2	6
T_4	4 + 0	10



3.15 Draw a Round Robin Gantt chart for the given taskset. Assume a context switch takes not time, use quantum of length 3

Thread	Arrival Time	Burst Time	Priority
T_1	0	8	9
T_2	2	6	11
T_3	2	6	10
T_4	4	10	11



3.16 Calculate for each thread waiting time, turnaround time, throughput and compare

- **waiting time** eintreten in die Queue bis zur Ausführung der ersten Instruktion
- $TimeOfFirstInstruction - ArrivalTime = WaitingTime$

• FIFO

- $T_1 = 0$
- $T_2 = 8 - 2 = 6$
- $T_3 = 14 - 2 = 12$
- $T_4 = 20 - 4 = 16$

• RR

- $T_1 = 0$
- $T_2 = 3 - 2 = 1$
- $T_3 = 6 - 2 = 4$
- $T_4 = 12 - 4 = 8$

• RR + Prio

- $T_1 = 0$
- $T_2 = 0$
- $T_3 = 8 - 2 = 6$
- $T_4 = 5 - 4 = 1$

- **Turn Around Time** Zeit die der Task im System verbringt

- **FIFO**

- $T_1 = Burst = 8$
- $T_2 = Burst = 6$
- $T_3 = Burst = 6$
- $T_4 = Burst = 10$

- **RR**

- $T_1 = 23$
- $T_2 = 18 - 3 = 15$
- $T_3 = 21 - 6 = 15$
- $T_4 = 30 - 12 = 18$

- **RR + Prio**

- $T_1 = 29$
- $T_2 = 14 - 2 = 12$
- $T_3 = 23 - 8 = 15$
- $T_4 = 30 - 5 = 25$

- **response time** Eintritt in die Warteschlange bis zur erste Antwort des BS.
- **throuput** Menge der Threads pro Zeiteinheit. Hier: 4 Threads/30 Zeiteinheiten(auf Grund der Annahme, Kontextwechsel==0 !)

3.17 Describe the problem of thread starvation in relation to priority schedulers.

Ein Thread mit hoher Priorität hält einen Thread mit niedriger Priorität vom laufen ab.

3.18 What is a multilevel queue scheduler? Linux and Windows both contain multilevel queue schedulers. Name an example for a queue level and describe what properties threads in this queue have.

Scheduler der mehrere queues hat. In einander verschachtelt.

Windows: 16 Prios + 16 Realtime Prios (Algorithmen)

Linux: FIFO, RR + Batch, Idle

Missing!

Unsure:

3.19 Name 2 functions related to process or thread creation.

Linux: PThreadcreate(), fork()

Windows: CreateProcess(), CreateThread()

3.19.1 Name 2 functions related to process or thread termination.

Linux: exit(), pthreadexit()

Windows: kill(), abort()

3.20 Compare the Linux semantics of process creation (fork/exec) to the windows semantics of process creation (CreateProcess).

Linux fork(), exec() habe ich 2 Funktionen in den ich Sachen machen kann.

Windows in CreateProcess kann ich keine Sachen machen und ich habe nur eine Funktion. Parameterübergabe für Pipes als Argument integriert.

3.21 What are the advantages and disadvantages of multithreading in a programm?

Wir müssen unsere geteilten Ressourcen vor einander schützen. Wir können eine höhere Auslastung des Systems erreichen.

3.22 Compare User Mode Threads to Kernel Mode Threads. When would you use which?

Kernel Mode Threads sind Threads die wirklich auf Threads im Kernel abbilden. Umgekehrt für User Mode Threads.

3.23 What are Fibers?

- a: User Mode Threads on Windows
- b: The Windows equivalent of UNIX pipes
- c: Units of time counted in the Linux Kernel
- d: Users in a traditional UNIX system

Antwort A

3.24 What are cgroups?

- a: groups of capabilities of an executable
- b: groups of redundant file system entries
- c: isolated process control groups in Linux
- d: groups of users in Windows

Antwort C: Prozessgruppen die voneinander isoliert werden. Bsp. Docker

3.25 Describe the specific challenges of real-time scheduling. What is the difference between soft and hard real-time?

Software die mit Deadlines umgehen können muss. Soft: Dienst degradiert Bsp. Youtube, Hard: Autokontrolle, Flugzeugkontrolle → Unfall, Katastrophe

Sehr schwierig, weil man kann die Verzögerungen nicht im Vorraus kennen (Caches, Interrupts)

3.26 Describe one of the three discussed approaches of starvation avoidance.

PrioBoosting on Windows

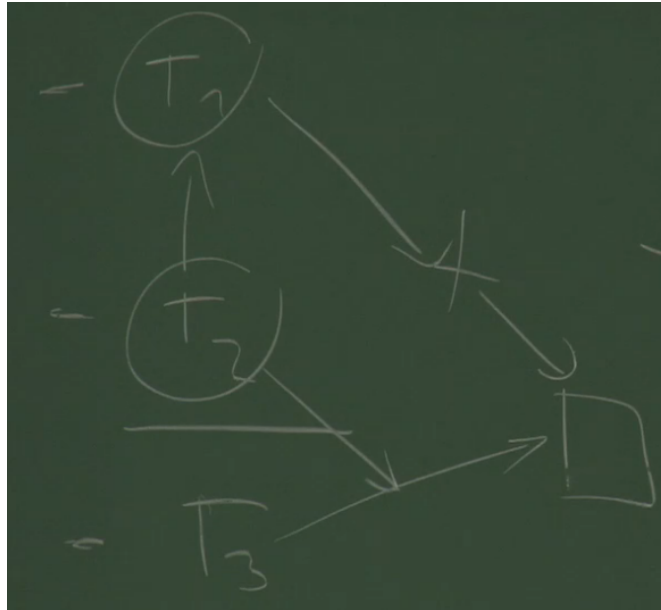
PrioAgeing, Niceness on Linux

PrioBoosting: Thread bekommt kurz eine sehr hohe Prio sinkt dann aber wieder ab

PrioAgeing: Threads werden Stück für Stück abgesenkt

3.27 What is priority inversion?

Thread mit niedriger Prio hält Thread mit hoher Prio vom laufen ab → Locks



3.28 Which of the following is not a queue level in Completely Fair Scheduler (CFS)?

- a: SCHED_BATCH
- b: SCHED_HIGH
- c: SCHED_RR
- d: SCHED_FIFO

Antwort b: ist Ausgedacht von dem Dozenten

3.29 Describe the concept of niceness in relation to the Linux Completely Fair Scheduler (CFS).

Wir haben einen relativen Wert zwischen ± 20 . Der Wert beschreibt das Verhältnis Länge der Ausführungszeit, die die Threads zu einander bekommen mit einer Nicewert Differenz von ca 1,25 entsprechend der Laufzeit.

Ein Thread der 1 niedrigeren Nicewert hat als ein anderer Thread, wird 1,25 mal so lange ran kommen.

3.30 What is thread affinity? Compare hard affinity and soft affinity.

Bitmaske, welche auf einem Multicore System festlegt auf welchen Core ich laufen darf. Ich darf auf den Kernen laufen, auf denen meine Affinitätsmaske eine 1 hat.

Bei harter Affinität kann dies manuell eingestellt werden.

Bei softer Affinität wird dem Thread zu erst der Core zugewiesen, welcher am besten ist. Beim Fortsetzen wird versucht wieder diesen Core zu benutzen da hier alle Daten schon vorhanden sind.

3.31 On a high level, outline the similarities and differences of the Windows and Linux Scheduler.

Gemeinsamkeiten: Prioritäten

Linux: Nicewerte

Windows:

...

Missing!

4 Checkpoint 4

4.2 What is the role of the Memory Management Unit (MMU)

Sie übersetzt logische (Adresse im Programm) auf physikalische Adressen (Adresse auf Festplatte).
(Passiert bei jedem Speicherzugriff neu.)

- 4.3 What is the difference between virtual / logical Addresses and physical addresses?
- 4.4 What is Segmentation?
- 4.5 What are the main shortcomings of Segmentation?
- 4.6 Describe Paging. How is it different from Segmentation, and how does it address the shortcomings of Segmentation?
- 4.7 Describe the layout of a Page Table. Why do some architectures use multi-level page table structures?
- 4.8 Name two bits associated with each Page Table Entry and describe their purpose.
- 4.9 What is the role of the Translation Lookaside Buffer (TLB)?
- 4.10 Assume a memory system that manages addresses of 26 bits length, with a page size of 256 bytes. How many entries does a page table have?
- 4.11 What is the size of the virtual address space?
- 4.12 How long are the addresses page number and offset?
- 4.13 Each page table entry has two status bits.
- 4.14 What is the length of a page table entry?
 - 4.14.1 What is the total size of a page table?
- 4.15 Assume the described system has access to 24MiB of physical memory, half of which is reserved for the operating system. Of this half, 5MiB are reserved for process page tables, and are not pageable. How many processes can this system support?
- 4.16 What is the maximum size of a process working set, assuming that no reserved OS pages are part of the working set?
- 4.17 What is a Page Fault?
- 4.18 What is the difference between a Soft Page Fault and a Hard Page Fault?
- 4.19 Name two different reasons for which a memory access could produce a Page Fault.
- 4.20 What is a Working Set?
- 4.21 What is the role of the Modified, Standby, Free, Zero and Bad Page Lists? What properties do pages in these lists have? How do pages transition between these lists?
- 4.22 What is the purpose of the Page Frame Number Database?