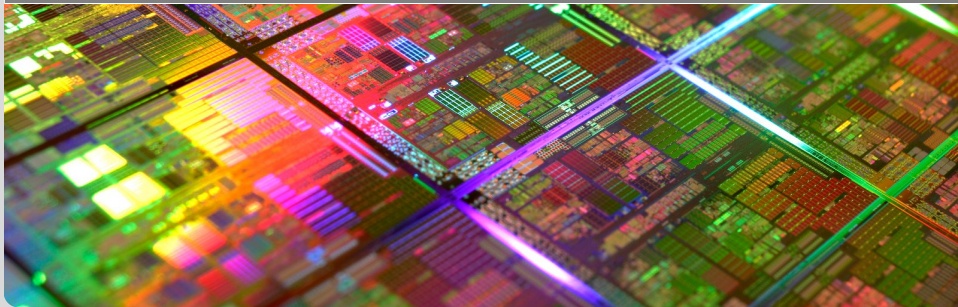


RO-Tutorien 3 / 6 / 12

Tutorien zur Vorlesung "Rechnerorganisation"

Christian A. Mandery

WOCHE 12 AM 15./16.07.2013



- Virtuelle Speicherverwaltung
- Übungsaufgaben
- Themenübersicht

- Der physische Speicher ist begrenzt
- Unter Umständen wird mehr Speicher angefordert als physisch vorhanden ist
- Wie implementiert man einen effektiven Zugriffsschutz (für Multitasking)?

- ... entkoppelt virtuelle Adressräume von physisch vorhandenem Speicher
- ... übersetzt virtuelle Adressen beim Zugriff in physische Adressen (HW-Unterstützung!)
- ... ist für die Anwendung transparent
- ... erlaubt es, bei Knappheit des physischen Speichers, Seiten auszulagern (Swapping)

- ... entkoppelt virtuelle Adressräume von physisch vorhandenem Speicher
- ... übersetzt virtuelle Adressen beim Zugriff in physische Adressen (HW-Unterstützung!)
- ... ist für die Anwendung transparent
- ... erlaubt es, bei Knappheit des physischen Speichers, Seiten auszulagern (Swapping)

- ... entkoppelt virtuelle Adressräume von physisch vorhandenem Speicher
- ... übersetzt virtuelle Adressen beim Zugriff in physische Adressen (HW-Unterstützung!)
- ... ist für die Anwendung transparent
- ... erlaubt es, bei Knappheit des physischen Speichers, Seiten auszulagern (Swapping)

- ... entkoppelt virtuelle Adressräume von physisch vorhandenem Speicher
- ... übersetzt virtuelle Adressen beim Zugriff in physische Adressen (HW-Unterstützung!)
- ... ist für die Anwendung transparent
- ... erlaubt es, bei Knappheit des physischen Speichers, Seiten auszulagern (Swapping)

Es werden zwei Verfahren unterschieden:

- Segmentierung
 - Zerlegung des virtuellen Speicherbereichs in verschieden große Segmente
 - Segmente enthalten logisch zusammengehörende Daten, z.B. Kernel-Code-Segment, Daten-Segment von Prozess A
- Paging (Seitenwechselfverfahren)
 - Zerlegung des virtuellen Speicherbereichs in Seiten fester Größe
 - Seitengröße wird klein gewählt (z.B. 4kB), um Verschnitt zu verringern

Die beiden Verfahren können in einer mehrstufigen Speicherverwaltung auch kombiniert werden (vgl. x86).

Es werden zwei Verfahren unterschieden:

- Segmentierung
 - Zerlegung des virtuellen Speicherbereichs in verschieden große Segmente
 - Segmente enthalten logisch zusammengehörende Daten, z.B. Kernel-Code-Segment, Daten-Segment von Prozess A
- Paging (Seitenwechselfverfahren)
 - Zerlegung des virtuellen Speicherbereichs in Seiten fester Größe
 - Seitengröße wird klein gewählt (z.B. 4kB), um Verschnitt zu verringern

Die beiden Verfahren können in einer mehrstufigen Speicherverwaltung auch kombiniert werden (vgl. x86).

Es werden zwei Verfahren unterschieden:

- Segmentierung
 - Zerlegung des virtuellen Speicherbereichs in verschieden große Segmente
 - Segmente enthalten logisch zusammengehörende Daten, z.B. Kernel-Code-Segment, Daten-Segment von Prozess A
- Paging (Seitenwechselfverfahren)
 - Zerlegung des virtuellen Speicherbereichs in Seiten fester Größe
 - Seitengröße wird klein gewählt (z.B. 4kB), um Verschnitt zu verringern

Die beiden Verfahren können in einer mehrstufigen Speicherverwaltung auch kombiniert werden (vgl. x86).

Was sind Vor- und Nachteile von Segmentierung?

Was sind Vor- und Nachteile von Segmentierung?

- Vorteile:
 - Logische Struktur wird abgebildet (Codesegment, Datensegment, ...)
 - Keine interne Fragmentierung (Verschnitt), Segmente können mit der passenden Größe erzeugt werden
- Nachteile:
 - Segmente können nur ganz oder gar nicht eingelagert sein
 - Externe Fragmentierung möglich

Was sind Vor- und Nachteile von Paging?

Was sind Vor- und Nachteile von Paging?

- Vorteile:
 - Keine externe Fragmentierung, da alle Seiten gleich groß sind
 - Kleine Seiten lassen sich leicht ein- und auslagern
- Nachteile:
 - Potentiell hohe Zahl von aufeinanderfolgenden Seitenfehlern
 - Interne Fragmentierung (Verschnitt), da nur ein Vielfaches der Seitengröße allokiert werden kann

- Memory Management Unit (MMU) übersetzt von virtuellen zu physischen Adressen
- Segment- bzw. Seitentabelle speichert die benötigte Zuordnung
- Meist Beschleunigung durch Caching der Adressübersetzungen in einem Translation Lookaside Buffer (TLB)
- Tabellenzugriff eigenständig durch Hardware (z.B. x86) oder durch Betriebssystem bei TLB-Miss (z.B. MIPS)

- Wird der freien physikalischen Speicher knapp, können Seiten auf einen Sekundärspeicher (z.B. Festplatte) ausgelagert werden
- Ausgelagerte Seiten werden als ausgelagert markiert (Wo?)
- Bei einem Seitenfehler wird eine Behandlungsroutine des Betriebssystems aufgerufen:
 - 1 Ist die betroffene Seite ausgelagert? (fahre fort) Oder Schutzverletzung/ungültige Seite? (dann Fehler)
 - 2 Falls keine Kachel frei: Eine Seite auslagern
 - 3 Ausgelagerte Seite zurück in den Speicher an eine freie Kachel laden
 - 4 Ausführung des fehlgeschlagenen Befehls wiederholen
- Mehr dazu: VL Betriebssysteme im Wintersemester

- Wird der freien physikalischen Speicher knapp, können Seiten auf einen Sekundärspeicher (z.B. Festplatte) ausgelagert werden
- Ausgelagerte Seiten werden als ausgelagert markiert (Wo?)
- Bei einem Seitenfehler wird eine Behandlungsroutine des Betriebssystems aufgerufen:
 - 1 Ist die betroffene Seite ausgelagert? (fahre fort) Oder Schutzverletzung/ungültige Seite? (dann Fehler)
 - 2 Falls keine Kachel frei: Eine Seite auslagern
 - 3 Ausgelagerte Seite zurück in den Speicher an eine freie Kachel laden
 - 4 Ausführung des fehlgeschlagenen Befehls wiederholen
- Mehr dazu: VL Betriebssysteme im Wintersemester

- Wird der freien physikalischen Speicher knapp, können Seiten auf einen Sekundärspeicher (z.B. Festplatte) ausgelagert werden
- Ausgelagerte Seiten werden als ausgelagert markiert (Wo?)
- Bei einem Seitenfehler wird eine Behandlungsroutine des Betriebssystems aufgerufen:
 - 1 Ist die betroffene Seite ausgelagert? (fahre fort) Oder Schutzverletzung/ungültige Seite? (dann Fehler)
 - 2 Falls keine Kachel frei: Eine Seite auslagern
 - 3 Ausgelagerte Seite zurück in den Speicher an eine freie Kachel laden
 - 4 Ausführung des fehlgeschlagenen Befehls wiederholen
- Mehr dazu: VL Betriebssysteme im Wintersemester

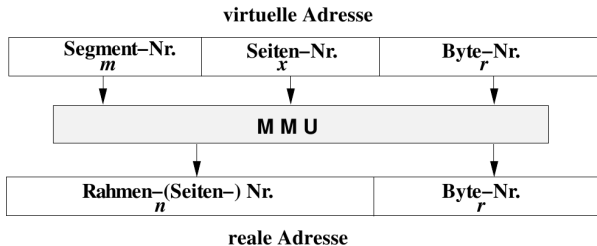
- Wird der freien physikalischen Speicher knapp, können Seiten auf einen Sekundärspeicher (z.B. Festplatte) ausgelagert werden
- Ausgelagerte Seiten werden als ausgelagert markiert (Wo?)
- Bei einem Seitenfehler wird eine Behandlungsroutine des Betriebssystems aufgerufen:
 - 1 Ist die betroffene Seite ausgelagert? (fahre fort) Oder Schutzverletzung/ungültige Seite? (dann Fehler)
 - 2 Falls keine Kachel frei: Eine Seite auslagern
 - 3 Ausgelagerte Seite zurück in den Speicher an eine freie Kachel laden
 - 4 Ausführung des fehlgeschlagenen Befehls wiederholen
- Mehr dazu: VL Betriebssysteme im Wintersemester

- Wird der freien physikalischen Speicher knapp, können Seiten auf einen Sekundärspeicher (z.B. Festplatte) ausgelagert werden
- Ausgelagerte Seiten werden als ausgelagert markiert (Wo?)
- Bei einem Seitenfehler wird eine Behandlungsroutine des Betriebssystems aufgerufen:
 - 1 Ist die betroffene Seite ausgelagert? (fahre fort) Oder Schutzverletzung/ungültige Seite? (dann Fehler)
 - 2 Falls keine Kachel frei: Eine Seite auslagern
 - 3 Ausgelagerte Seite zurück in den Speicher an eine freie Kachel laden
 - 4 Ausführung des fehlgeschlagenen Befehls wiederholen
- Mehr dazu: VL Betriebssysteme im Wintersemester

- Wird der freien physikalischen Speicher knapp, können Seiten auf einen Sekundärspeicher (z.B. Festplatte) ausgelagert werden
- Ausgelagerte Seiten werden als ausgelagert markiert (Wo?)
- Bei einem Seitenfehler wird eine Behandlungsroutine des Betriebssystems aufgerufen:
 - 1 Ist die betroffene Seite ausgelagert? (fahre fort) Oder Schutzverletzung/ungültige Seite? (dann Fehler)
 - 2 Falls keine Kachel frei: Eine Seite auslagern
 - 3 Ausgelagerte Seite zurück in den Speicher an eine freie Kachel laden
 - 4 Ausführung des fehlgeschlagenen Befehls wiederholen
- Mehr dazu: VL Betriebssysteme im Wintersemester

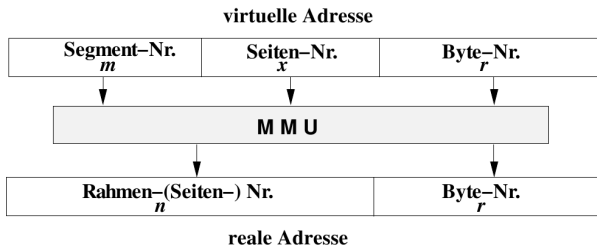
- Seitentabellen können mehrstufig organisiert werden (viele kleine Tabellen statt einer großen)
- Nicht benötigte Seitentabellen können dann selbst ausgelagert werden

Übungsaufgabe 1



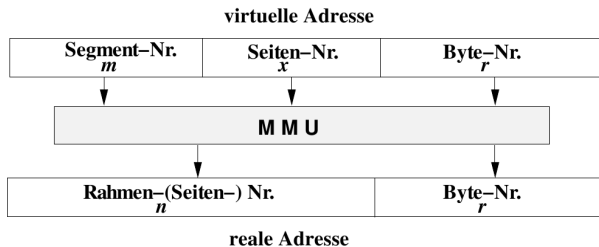
Die Speicherverwaltung in einem Rechnersystem geschieht zweistufig über eine Segmenttabelle und eine Seitentabelle.

- 1. Geben Sie die Größe des maximal verfügbaren virtuellen Adressraums in Byte an. In wieviele Segmente wird der virtuelle Adressraum unterteilt?



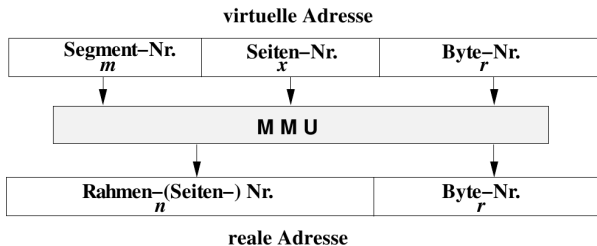
Die Speicherverwaltung in einem Rechnersystem geschieht zweistufig über eine Segmenttabelle und eine Seitentabelle.

- 2 Wieviele Seiten können in einem Segment im virtuellen Adressraum gespeichert werden? Geben Sie die Größe einer Seite in Byte an.



Die Speicherverwaltung in einem Rechnersystem geschieht zweistufig über eine Segmenttabelle und eine Seitentabelle.

- 🎯 Welche Informationen enthält ein Segment-Deskriptor?



Die Speicherverwaltung in einem Rechnersystem geschieht zweistufig über eine Segmenttabelle und eine Seitentabelle.

- 4 Was sind die Vorteile bzw. Nachteile einer solchen zweistufigen Adressumsetzung gegenüber einer reinen Seitenverwaltung?

Übungsaufgabe 2

Gegeben sei eine Speicherverwaltungseinheit (MMU). Der virtuelle Speicher ist in 8 Seiten mit je 1 KByte unterteilt. Der physikalische Speicher hat eine Kapazität von 4 KByte.

Zustand der Seitentabelle:

| | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Virtuelle Seitennr. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Physikalische Kachelnr. | - | - | 1 | 3 | - | 0 | 2 | - |

- 1 Skizzieren Sie die Unterteilung der 32 Bit breiten virtuellen Adresse.

Übungsaufgabe 2

Gegeben sei eine Speicherverwaltungseinheit (MMU). Der virtuelle Speicher ist in 8 Seiten mit je 1 KByte unterteilt. Der physikalische Speicher hat eine Kapazität von 4 KByte.

Zustand der Seitentabelle:

| Virtuelle Seitennr. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Physikalische Kachelnr. | - | - | 1 | 3 | - | 0 | 2 | - |

- 2 Ermitteln Sie die physikalischen Adressen zu den folgenden virtuellen Adressen:

2100, 4095, 5620, 6200, 1023

Übungsaufgabe 2

Gegeben sei eine Speicherverwaltungseinheit (MMU). Der virtuelle Speicher ist in 8 Seiten mit je 1 KByte unterteilt. Der physikalische Speicher hat eine Kapazität von 4 KByte.

Zustand der Seitentabelle:

| | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Virtuelle Seitennr. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Physikalische Kachelnr. | - | - | 1 | 3 | - | 0 | 2 | - |

- 6 Unter welchen Bedingungen wird eine Beschleunigung der Adressumsetzung durch einen Translation Lookaside Buffer (TLB) erreicht?

Übungsaufgabe 3

Gegeben sei eine Speicherverwaltungseinheit (MMU) mit einer Seitengröße von 1 KByte, 8 virtuellen Seiten und 4 physikalischen Seiten (Frames, Kacheln).

Zustand der Seitentabelle:

| | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Virtuelle Seitennr. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Physikalische Kachelnr. | 3 | 1 | - | - | 2 | - | 0 | - |

- 1 Skizzieren Sie die Unterteilung der 32 Bit breiten virtuellen Adresse.

Übungsaufgabe 3

Gegeben sei eine Speicherverwaltungseinheit (MMU) mit einer Seitengröße von 1 KByte, 8 virtuellen Seiten und 4 physikalischen Seiten (Frames, Kacheln).

Zustand der Seitentabelle:

| | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Virtuelle Seitennr. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Physikalische Kachelnr. | 3 | 1 | - | - | 2 | - | 0 | - |

- 2 Ermitteln Sie die physikalischen Adressen zu den folgenden virtuellen Adressen:

1023, 1024, 4204, 6200

Übungsaufgabe 3

Gegeben sei eine Speicherverwaltungseinheit (MMU) mit einer Seitengröße von 1 KByte, 8 virtuellen Seiten und 4 physikalischen Seiten (Frames, Kacheln).

Zustand der Seitentabelle:

| | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Virtuelle Seitennr. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Physikalische Kachelnr. | 3 | 1 | - | - | 2 | - | 0 | - |

Zur Beschleunigung der Adressberechnung soll ein Cache-Speicher als Translation Lookaside Buffer (TLB) eingesetzt werden, der die letzten 32 Einträge aus dem Seitentabellen-Verzeichnis und der Seitentabelle speichert.

- ③ Unter welchen Bedingungen wird eine Beschleunigung der Adressumsetzung durch den TLB erreicht?

Übungsaufgabe 3

Gegeben sei eine Speicherverwaltungseinheit (MMU) mit einer Seitengröße von 1 KByte, 8 virtuellen Seiten und 4 physikalischen Seiten (Frames, Kacheln).

Zustand der Seitentabelle:

| | | | | | | | | |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Virtuelle Seitennr. | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Physikalische Kachelnr. | 3 | 1 | - | - | 2 | - | 0 | - |

Zur Beschleunigung der Adressberechnung soll ein Cache-Speicher als Translation Lookaside Buffer (TLB) eingesetzt werden, der die letzten 32 Einträge aus dem Seitentabellen-Verzeichnis und der Seitentabelle speichert.

- 4 Wie breit ist der Tag eines Cache-Eintrags? Gehen Sie dabei von einer n Bit breiten virtuellen Adresse, einer m Bit breiten physikalischen Adresse und einer Seitengröße von 4 KByte aus.

- Die folgende Liste ist nicht abschließend
- Klausurrelevant ist der gesamte in der Vorlesung und Übung behandelte Stoff

- Grundlegende Begriffe/Definitionen
 - Was besagt das Mooresches Gesetz?
 - Was beschreibt das Y-Diagramm?
 - Wie ist eine Speicherhierarchie aufgebaut?
 - Was heißt RISC und CISC? Worum handelt es sich bei MIPS?
 - Was ist eine Load-Store-Architektur?
 - ... und so weiter!
- Kenntnis der verschiedenen verwendeten Zahlensysteme
 - Binärsystem
 - Oktalsystem
 - Dezimalsystem
 - Hexadezimalsystem
- Umrechnen zwischen den Zahlensystemen
 - Euklidischer Algorithmus
 - Horner-Schema

- Grundlegende Begriffe/Definitionen
 - Was besagt das Mooresches Gesetz?
 - Was beschreibt das Y-Diagramm?
 - Wie ist eine Speicherhierarchie aufgebaut?
 - Was heißt RISC und CISC? Worum handelt es sich bei MIPS?
 - Was ist eine Load-Store-Architektur?
 - ... und so weiter!
- Kenntnis der verschiedenen verwendeten Zahlensysteme
 - Binärsystem
 - Oktalsystem
 - Dezimalsystem
 - Hexadezimalsystem
- Umrechnen zwischen den Zahlensystemen
 - Euklidischer Algorithmus
 - Horner-Schema

- Grundlegende Begriffe/Definitionen
 - Was besagt das Mooresches Gesetz?
 - Was beschreibt das Y-Diagramm?
 - Wie ist eine Speicherhierarchie aufgebaut?
 - Was heißt RISC und CISC? Worum handelt es sich bei MIPS?
 - Was ist eine Load-Store-Architektur?
 - ... und so weiter!
- Kenntnis der verschiedenen verwendeten Zahlensysteme
 - Binärsystem
 - Oktalsystem
 - Dezimalsystem
 - Hexadezimalsystem
- Umrechnen zwischen den Zahlensystemen
 - Euklidischer Algorithmus
 - Horner-Schema

- Grundkenntnisse in C
 - Kenntnis der C-Operatoren
 - Kenntnis der C-Kontrollstrukturen
 - Verständnis von C-Zeigern und ihren Operationen
 - Verständnis von (kleinen) C-Programmen
- Von-Neumann-Rechner
 - Grundsätzlicher Aufbau (Komponenten, Strukturen, ...)
 - Befehlszyklus
- MIMA
 - Was ist die MIMA?
 - Aufbau, Register, Busstruktur, Befehle, Mikrobefehle, etc.

- Grundkenntnisse in C
 - Kenntnis der C-Operatoren
 - Kenntnis der C-Kontrollstrukturen
 - Verständnis von C-Zeigern und ihren Operationen
 - Verständnis von (kleinen) C-Programmen
- Von-Neumann-Rechner
 - Grundsätzlicher Aufbau (Komponenten, Strukturen, ...)
 - Befehlszyklus
- MIMA
 - Was ist die MIMA?
 - Aufbau, Register, Busstruktur, Befehle, Mikrobefehle, etc.

- Grundkenntnisse in C
 - Kenntnis der C-Operatoren
 - Kenntnis der C-Kontrollstrukturen
 - Verständnis von C-Zeigern und ihren Operationen
 - Verständnis von (kleinen) C-Programmen
- Von-Neumann-Rechner
 - Grundsätzlicher Aufbau (Komponenten, Strukturen, ...)
 - Befehlszyklus
- MIMA
 - Was ist die MIMA?
 - Aufbau, Register, Busstruktur, Befehle, Mikrobefehle, etc.

■ MIPS-Architektur

- Grundlegender Aufbau (Register, Befehlsformate, etc.)
- Kenntnis der wichtigen MIPS-Befehle
- MIPS-Assemblercode lesen, verstehen und selbst schreiben können
- Was ist ein Pseudobefehl? Ein Beispiel?
- Was ist eine Assemblerdirektive? Welche gibt es?
- Wie funktionieren Systemaufrufe in MIPS?

■ Pipelining

- Wozu dient Pipelining? Wie funktioniert es?
- Leistungskennzahlen kennen und berechnen können
- Verständnis der Aufgaben der einzelnen Pipelinestufen bei MIPS/DLX
- Verständnis des Datenpfads bei MIPS/DLX

- MIPS-Architektur
 - Grundlegender Aufbau (Register, Befehlsformate, etc.)
 - Kenntnis der wichtigen MIPS-Befehle
 - MIPS-Assemblercode lesen, verstehen und selbst schreiben können
 - Was ist ein Pseudobefehl? Ein Beispiel?
 - Was ist eine Assemblerdirektive? Welche gibt es?
 - Wie funktionieren Systemaufrufe in MIPS?
- Pipelining
 - Wozu dient Pipelining? Wie funktioniert es?
 - Leistungskennzahlen kennen und berechnen können
 - Verständnis der Aufgaben der einzelnen Pipelinestufen bei MIPS/DLX
 - Verständnis des Datenpfads bei MIPS/DLX

■ Abhängigkeiten und Konflikte

- Kenntnis der verschiedenen Typen von Abhängigkeiten, insbesondere Datenabhängigkeiten
- Erkennen von Abhängigkeiten in einem gegebenen Programmstück
- Bestimmung, ob eine bestimmte Abhängigkeit bei gegebener Pipeline zum Konflikt führt
- Kenntnis von SW- und HW-Methoden zum Verhindern von Pipeline-Konflikten

■ Halbleiterspeicher

- Kenntnis der verschiedenen Halbleiterspeichertypen
- Organisation von Halbleiterspeicher (Matrixaufbau)
- Wie ist eine SRAM- oder DRAM-Zelle aufgebaut (in CMOS-Technik)?
- Verständnis der DRAM-Timingparametern

- Abhängigkeiten und Konflikte
 - Kenntnis der verschiedenen Typen von Abhängigkeiten, insbesondere Datenabhängigkeiten
 - Erkennen von Abhängigkeiten in einem gegebenen Programmstück
 - Bestimmung, ob eine bestimmte Abhängigkeit bei gegebener Pipeline zum Konflikt führt
 - Kenntnis von SW- und HW-Methoden zum Verhindern von Pipeline-Konflikten
- Halbleiterspeicher
 - Kenntnis der verschiedenen Halbleiterspeichertypen
 - Organisation von Halbleiterspeicher (Matrixaufbau)
 - Wie ist eine SRAM- oder DRAM-Zelle aufgebaut (in CMOS-Technik)?
 - Verständnis der DRAM-Timingparametern

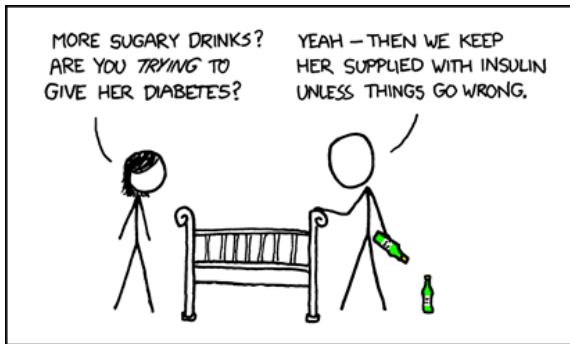
■ CPU-Caches

- Wozu dient ein Cache? Was meint man mit zeitlicher und örtlicher Lokalität?
- Kenntnis des grundsätzlichen Aufbaus eines Caches
- Orthogonale Entwurfskriterien von Caches (Assoziativität, Aktualisierungsstrategie, Ersetzungsstrategie usw.)
- Nachvollziehen der Arbeitsweise eines Caches, Simulation “von Hand”

■ Virtuelle Speicherverwaltung

- Warum benutzt man virtuelle Speicherverwaltung?
- Was ist der Unterschied zwischen Segmentierung und Paging?
- Verständnis der Verwaltung in ein- oder mehrstufigen Seiten-/Segmenttabellen
- Übersetzung von virtuellen Adressen bei gegebener/-n Seiten-/Segmenttabelle(n)

- CPU-Caches
 - Wozu dient ein Cache? Was meint man mit zeitlicher und örtlicher Lokalität?
 - Kenntnis des grundsätzlichen Aufbaus eines Caches
 - Orthogonale Entwurfskriterien von Caches (Assoziativität, Aktualisierungsstrategie, Ersetzungsstrategie usw.)
 - Nachvollziehen der Arbeitsweise eines Caches, Simulation “von Hand”
- Virtuelle Speicherverwaltung
 - Warum benutzt man virtuelle Speicherverwaltung?
 - Was ist der Unterschied zwischen Segmentierung und Paging?
 - Verständnis der Verwaltung in ein- oder mehrstufigen Seiten-/Segmenttabellen
 - Übersetzung von virtuellen Adressen bei gegebener/-n Seiten-/Segmenttabelle(n)



I TAKE THE *JURASSIC PARK* APPROACH TO PARENTING.

Quelle: <http://xkcd.com/531/>