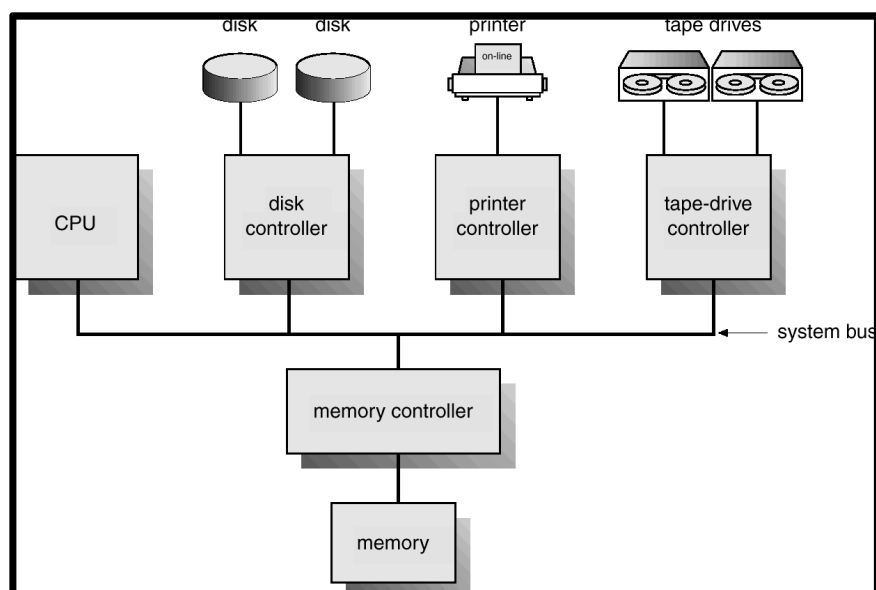


Übersicht: Aufbau von Computersystemen

- ✳ Arbeitsweise von Computersystemen
- ✳ Ein-/Ausgabe-Struktur
- ✳ Speicherstruktur
- ✳ Speicherhierarchie
- ✳ Schutzmechanismen mit Hardware-Unterstützung
- ✳ Allgemeine Systemarchitektur

Architektur eines Computersystems



Arbeitsweise von Computersystemen

- ✱ Ein-/Ausgabegeräte und der Prozessor können gleichzeitig arbeiten.
- ✱ Jede Gerätesteuerereinheit (device controller) ist für einen speziellen Gerätetyp zuständig.
- ✱ Jedes Gerät hat einen lokalen Pufferspeicher (buffer).
- ✱ Der Prozessor transferiert Daten vom Hauptspeicher zu den lokalen Puffern und umgekehrt.
- ✱ Die Ein-/Ausgabe erfolgt zwischen dem Gerät und dem lokalen Puffer.
- ✱ Ein Gerät informiert den Prozessor über die Beendigung einer Ein-/Ausgabe-Operation durch einen *Interrupt*.

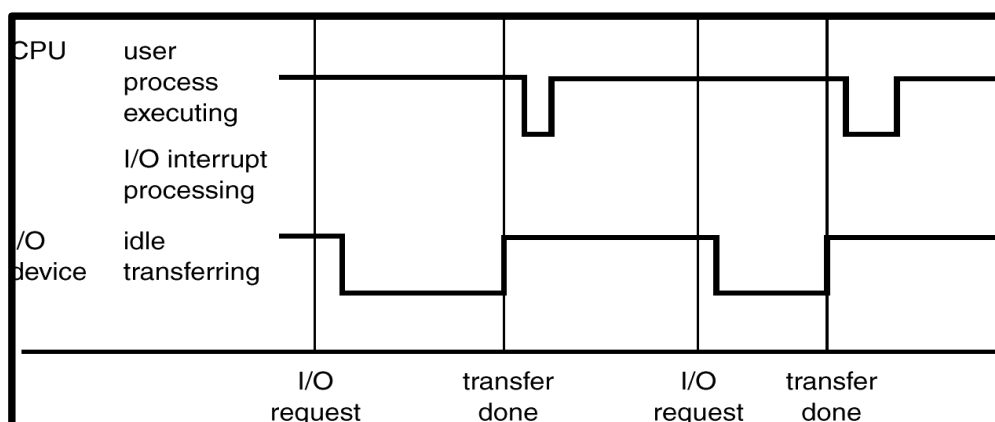
Allgemeines zu Interrupts

- ✱ Bei einem Interrupt erhält die zuständige Interrupt-Routine die Kontrolle.
- ✱ Die zuständige Routine wird über den Interrupt-Vektor (enthält die Adressen aller Interrupt-Routinen) ermittelt.
- ✱ Bei einem Interrupt muss die Adresse der unterbrochenen Anweisung gesichert werden.
- ✱ Während der Bearbeitung eines Interrupts werden andere Interrupts häufig gesperrt.
- ✱ Durch einen Aufruf eines Anwendungsprogramms (oder bei einem Fehler) wird ein Software-Interrupt (trap) generiert.
- ✱ Moderne Betriebssysteme sind typischerweise interruptgesteuert.

Interrupt-Behandlung

- ✱ Das Betriebssystem sichert den Zustand des Prozessors, in dem die Register und der Programmzähler gespeichert werden.
- ✱ Bestimmung des Interrupt-Types:
 - ◆ durch *Polling*
 - ◆ durch ein *vektorisertes* Interrupt-System
- ✱ Spezielle Interrupt-Routinen ermitteln, welche Operationen für einen gegebenen Interrupt-Typ ausgeführt werden müssen.
- ✱ Nach Beendigung der Interrupt-Routine wird mit einem bereiten Prozess fortgefahren.

Zeitlicher Verlauf von Interrupts bei Ein-/Ausgabeanforderungen



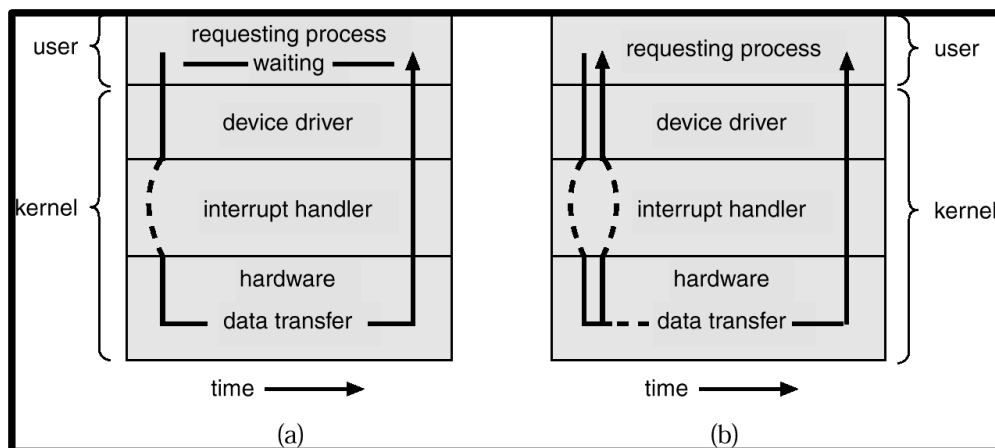
Ein-/Ausgabestruktur

- ✱ Das Anwenderprogramm erhält die Kontrolle erst nach Beendigung der E/A-Anforderung:
 - ◆ Wait-Anweisung versetzt den Prozessor in „Leerlauf“ bis ein Interrupt erfolgt.
 - ◆ Warte-Schleife (eventuell inklusive Polling)
 - ◆ Maximal eine ausstehende E/A-Anforderung. Keine gleichzeitige E/A-Bearbeitung.
- ✱ Das Anwenderprogramm erhält die Kontrolle direkt nach Absetzen der E/A-Anforderung zurück:
 - ◆ *Wait-System-Aufruf* – Anforderung an das Betriebssystem, den Prozess bis zur Beendigung der E/A-Anforderung ruhen zu lassen.
 - ◆ *Geräte-Statustabelle* – enthält Einträge für jedes Gerät (Typ, Adresse, Status, Warteschlangen)
 - ◆ Betriebssystem prüft den zum Interrupt gehörenden Eintrag in der Geräte-Statustabelle und nimmt die nötigen Veränderungen vor.

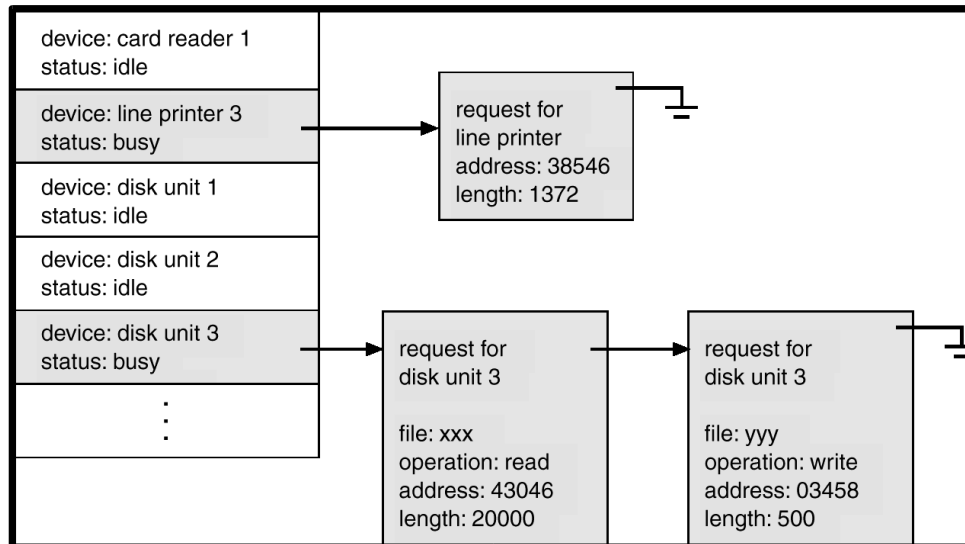
Synchrone und Asynchrone E/A

synchron

asynchron



Geräte-Statustabelle



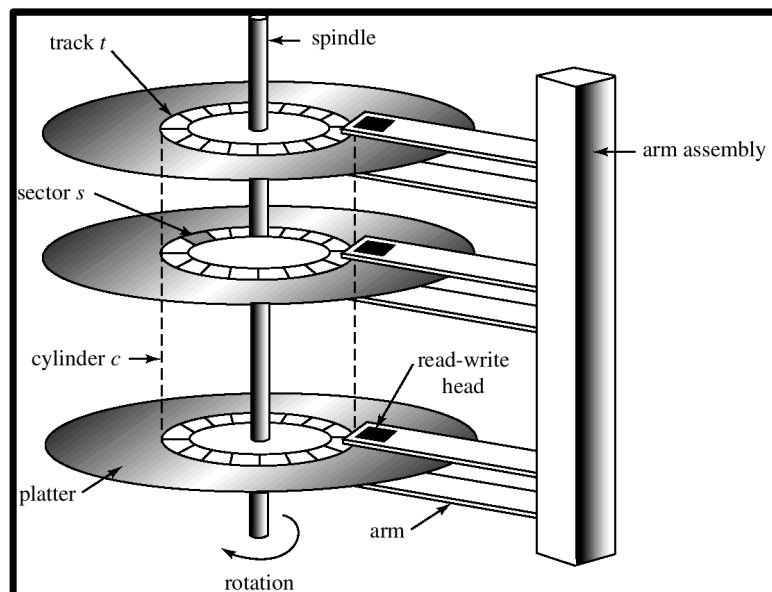
DMA: Direct Memory Access

- ✳ Nutzung bei E/A-Geräten, die Daten mit hoher Geschwindigkeit übertragen können.
- ✳ DMA-Controller überträgt die Datenblöcke vom Gerätepuffer ohne Zutun des Prozessors direkt in den Hauptspeicher.
- ✳ Nur ein Interrupt pro Datenblock, nicht ein Interrupt pro Byte.
- ✳ DMA-Controller konkurriert mit dem Prozessor um den Speicherzugriff.

Speicherstruktur

- ✧ Hauptspeicher – einziges Speichermedium, das direkt vom Prozessor angesprochen werden kann.
- ✧ Sekundärspeicher – Erweiterung des Hauptspeichers mit großer, dauerhafter Speicherkapazität.
- ✧ Festplatte – starre, magnetisch beschichtete Metall- oder Glasscheiben.
 - ◆ Scheibenoberflächen sind logisch unterteilt in Spuren, diese wieder in Sektoren.
 - ◆ Der Festplatten-Controller bestimmt die logische Interaktionen zwischen Festplatte und Betriebssystem.

Aufbau einer Festplatte



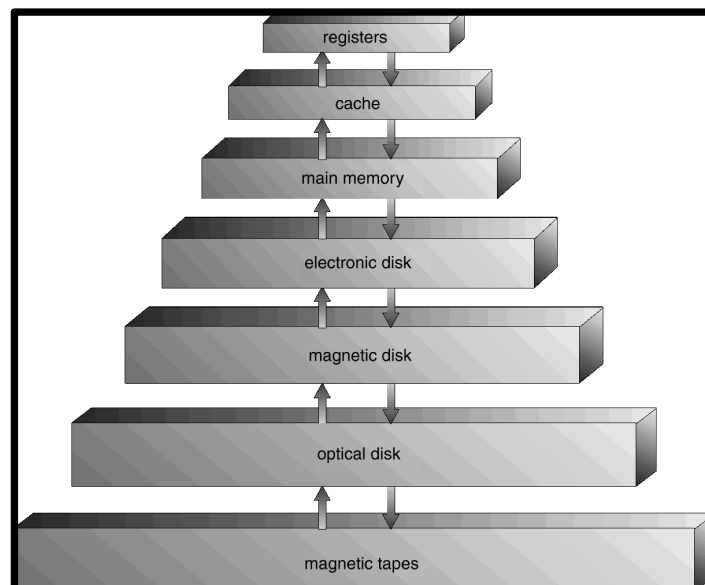
Speicherhierarchie

✦ Speichersysteme sind hierarchisch organisiert:

- ◆ nach Geschwindigkeit
- ◆ nach Kosten
- ◆ bezüglich ihrer Volatilität (Dauerhaftigkeit)

✦ *Caching* – Nutzung kleiner, schneller Zwischenspeicher zur Performanzsteigerung. Caches sind auf verschiedenen Ebenen einsetzbar.

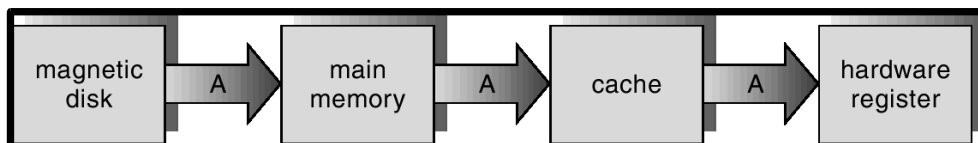
Hierarchie der Speichermedien



Caching

- ✳ Nutzung schneller Speicher, die die in letzter Zeit verwendeten Daten enthalten.
- ✳ Setzt eine Caching-Strategie voraus.
- ✳ Durch Caching entstehen weitere Ebenen in der Speicherhierarchie. Daten müssen gleichzeitig auf mehreren Ebenen gespeichert werden, um die Konsistenz der Daten zu wahren.

Der Weg von der Festplatte in ein Prozessorregister



Schutzmechanismen mit Hardware-Unterstützung

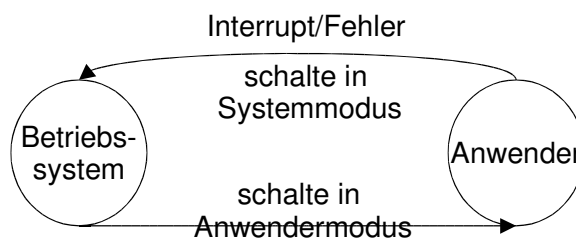
- ✧ Dual-Mode-Anweisungen
- ✧ E/A-Schutz
- ✧ Speicherschutz
- ✧ CPU-Schutz

Dual-Mode-Anweisungen I

- ✧ Bei gemeinsam genutzten Betriebsmitteln muss das Betriebssystem Prozesse vor inkorrekten anderen Prozessen schützen.
- ✧ Die Hardware/der Prozessor muss zwischen wenigstens zwei Anweisungsmodi unterscheiden:
 1. *Anwendermodus* (auch *User-Modus*)
 - Anweisungen stammen von Anwenderprogrammen
 2. *Systemmodus* (auch *Kernelmodus* oder *Monitormodus*) – Anweisungen stammen vom Betriebssystem

Dual-Mode Anweisungen II

- ✳ Moderne Prozessoren enthalten ein Modus-Bit, um den gegenwärtigen Modus anzuzeigen: Systemmodus (0) oder Anwendermodus (1).
- ✳ Wenn ein Interrupt oder ein Fehler auftritt, wird in den Systemmodus geschaltet.

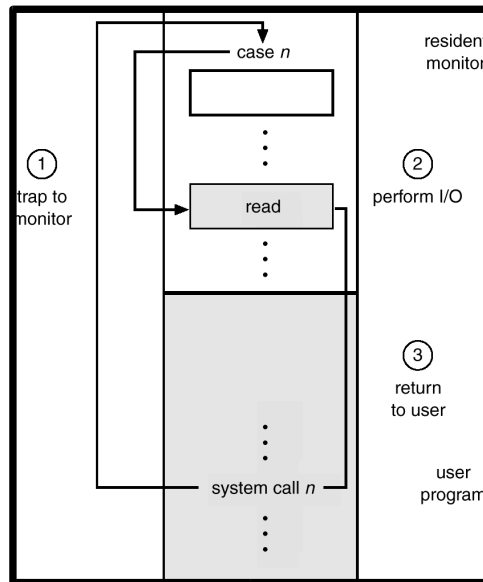


Privilegierte Anweisungen können nur im Systemmodus ausgeführt werden.

E/A-Schutz

- ✳ Alle E/A-Anweisungen sind privilegierte Anweisungen.
- ✳ Es muss sichergestellt werden, dass ein Anwendungsprogramm niemals im Systemmodus die Kontrolle über das System erhält (z.B. durch Verbiegen des Interrupt-Vektors auf einen Benutzerprozess.)

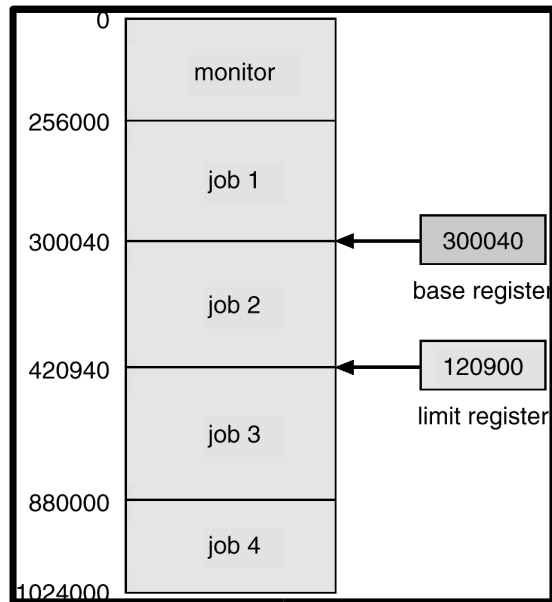
Benutzung von System-Aufrufen für E/A-Anforderungen



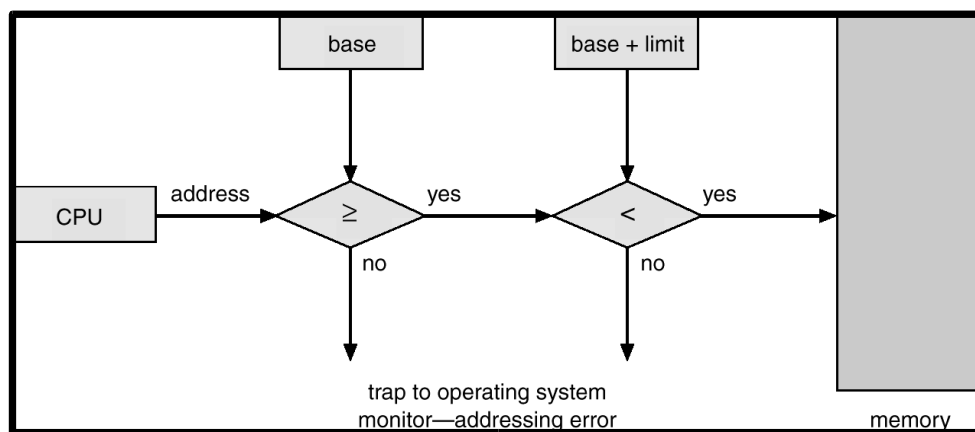
Speicherschutz

- ✱ Wenigstens der Interrupt-Vektor und die Interrupt-Routinen müssen vor Veränderungen durch nicht befugte Prozesse geschützt werden (Speicherschutz).
- ✱ Realisierung: Ergänzung des Prozessors durch zwei zusätzliche Register, die den legalen Speicherbereich definieren:
 - ◆ **Basisregister** – enthält die Startadresse des physikalischen Hauptspeichers.
 - ◆ **Grenzregister** – enthält die Größe des für den Prozess zur Verfügung stehenden Speichers
- ✱ Speicher außerhalb des vorgegebenen Bereichs ist geschützt.

Einsatz des Basis- und Limitregisters



Ablauf der Adressüberwachung



Schutz der Zugriffsregister

- ✱ Im Systemmodus hat das Betriebssystem uneingeschränkten Zugriff auf den Speicher des Betriebssystems und den Speicher der Anwendungsprozesse.
- ✱ Die Anweisungen zum Laden der Basis- und Grenzregister sind privilegierte Anweisungen, können also nur vom Betriebssystem ausgeführt werden.

CPU-Schutz

- ✱ *Timer* – unterbricht den Computer nach einem definierten Zeitintervall, um sicherzustellen, dass das Betriebssystem die Kontrolle behält.
 - ◆ Der Timer wird mit jedem Systemtakt dekrementiert.
 - ◆ Erreicht der Timer den Wert 0, wird ein Interrupt ausgelöst.
- ✱ Der Timer wird üblicherweise auch für Time-Sharing-Betriebssysteme eingesetzt.
- ✱ Das Setzen des Timers ist eine privilegierte Anweisung.

Netzwerk-Strukturen

✧ Local Area Networks (LAN):

Lokales Netzwerk

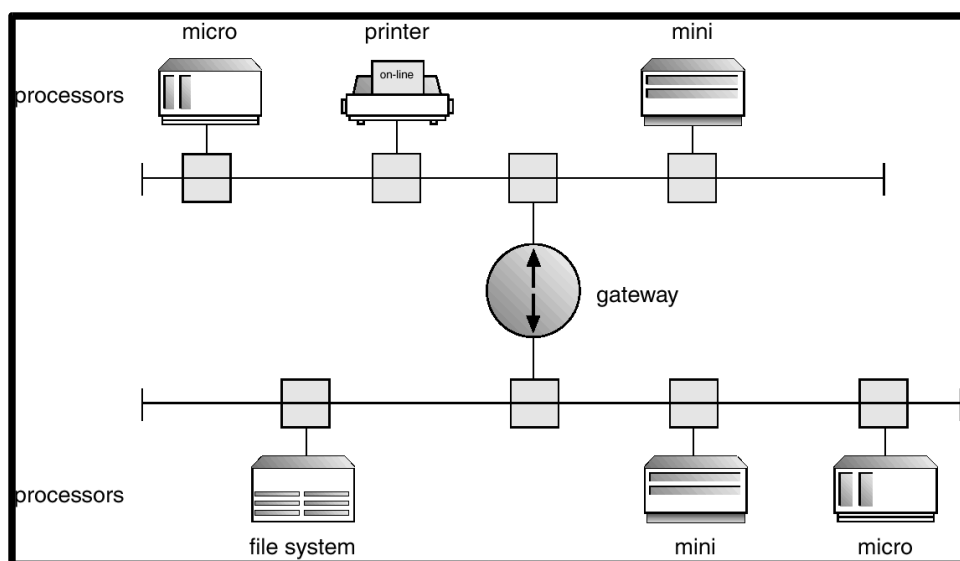
(Ausdehnung: bis zu mehreren hundert Metern)

✧ Wide Area Networks (WAN):

Weitverkehrsnetz

(Ausdehnung: bis zu vielen tausenden von Kilometern)

Struktur eines Local-Area-Networks (LAN)



Struktur eines Wide-Area-Networks (WAN)

