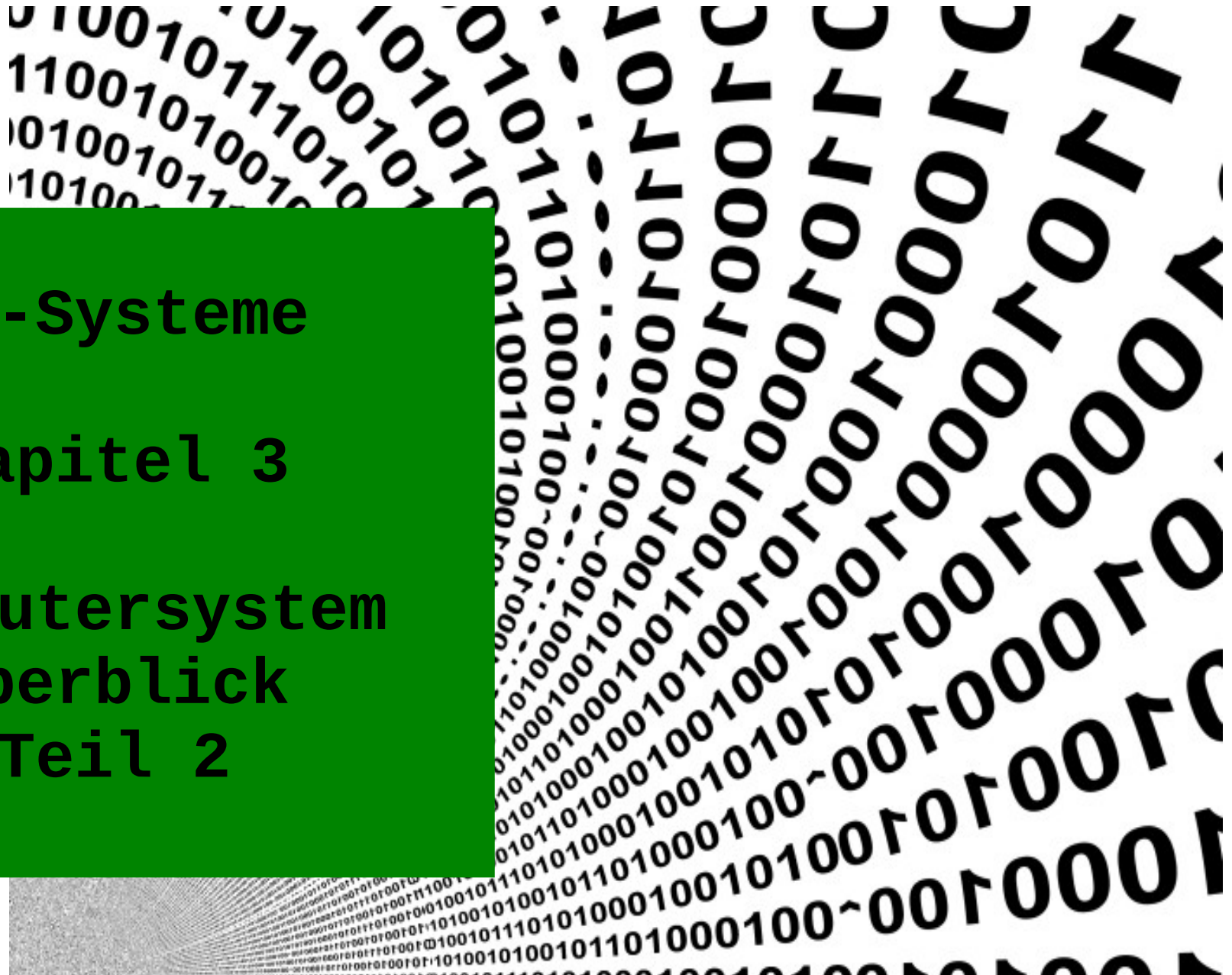


DS-Systeme

Kapitel 3

**Computersystem
Überblick
Teil 2**



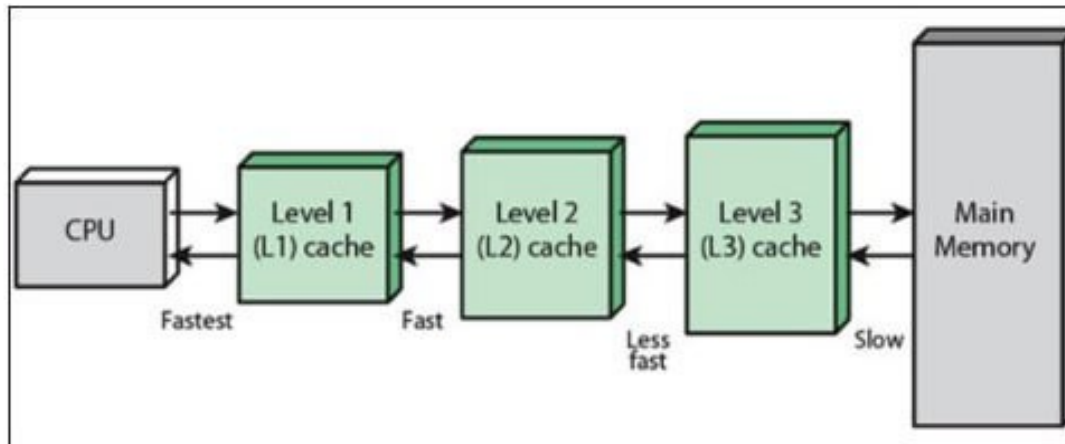
Hauptbestandteile der CPU

Cache-Speicher (Puffer / Zwischenspeicher)

- Speicher mit sehr kurzer Zugriffszeit und relativ kleiner Kapazität
- eine kleine Untermenge des Primärspeichers, der im CPU-Chip liegt
- ist in 64-Bit-Blöcke aufgeteilt, die Cache-Lines (cache line) genannt werden

Beim Zugriff auf eine Speicherstelle wird eine Kopie des Wertes in den Cache gestellt.

Wird anschließend nochmal auf die gleiche Speicherstelle zugegriffen, wird der Wert direkt vom Cache anstatt vom RAM geholt (intern im CPU-Chip).



Wenn ein Programm ein Speicherwort lesen will, überprüft die Puffer-Hardware, ob der entsprechende Block im Cache liegt. Wenn ja, nennt man dies einen Cache-Treffer (**cache hit**). Wird kein Treffer erzielt, ist der Aufwand um so höher, da nochmal im Arbeitsspeicher geschaut werden muss (**cache miss**).

Hauptbestandteile der CPU

Cache-Lines L1, L2, L3

L1-Cache

- Größe ca. 16 bis 64 KiB
- Speicherbereich für Befehle und Daten getrennt
- Hier werden die am häufigsten benötigten Befehle und Daten zwischengespeichert, damit möglichst wenige Zugriffe auf den langsamen Arbeitsspeicher erforderlich sind.
- Hilft, Verzögerungen in der Datenübermittlung zu vermeiden und die CPU optimal auszulasten.

L2-Cache

- Im Prinzip die gleichen Aufgaben wie der L1-Cache.
- größer, langsamer und billiger als der L1-Cache

L3-Cache

- spezialisierter Arbeitsspeicher, der die Leistung von L1 und L2 verbessert. L1 oder L2 können wesentlich schneller sein als L3, obwohl L3 normalerweise doppelt so schnell wie der Hauptspeicher ist.

Alle Speicherzugriffe durchlaufen jede Cache-Ebene. Daher besteht die Möglichkeit mehrfacher Kopien von Werten (CPU-Register, L1 und L2-Cache und Hauptspeicher)

Hauptbestandteile der CPU

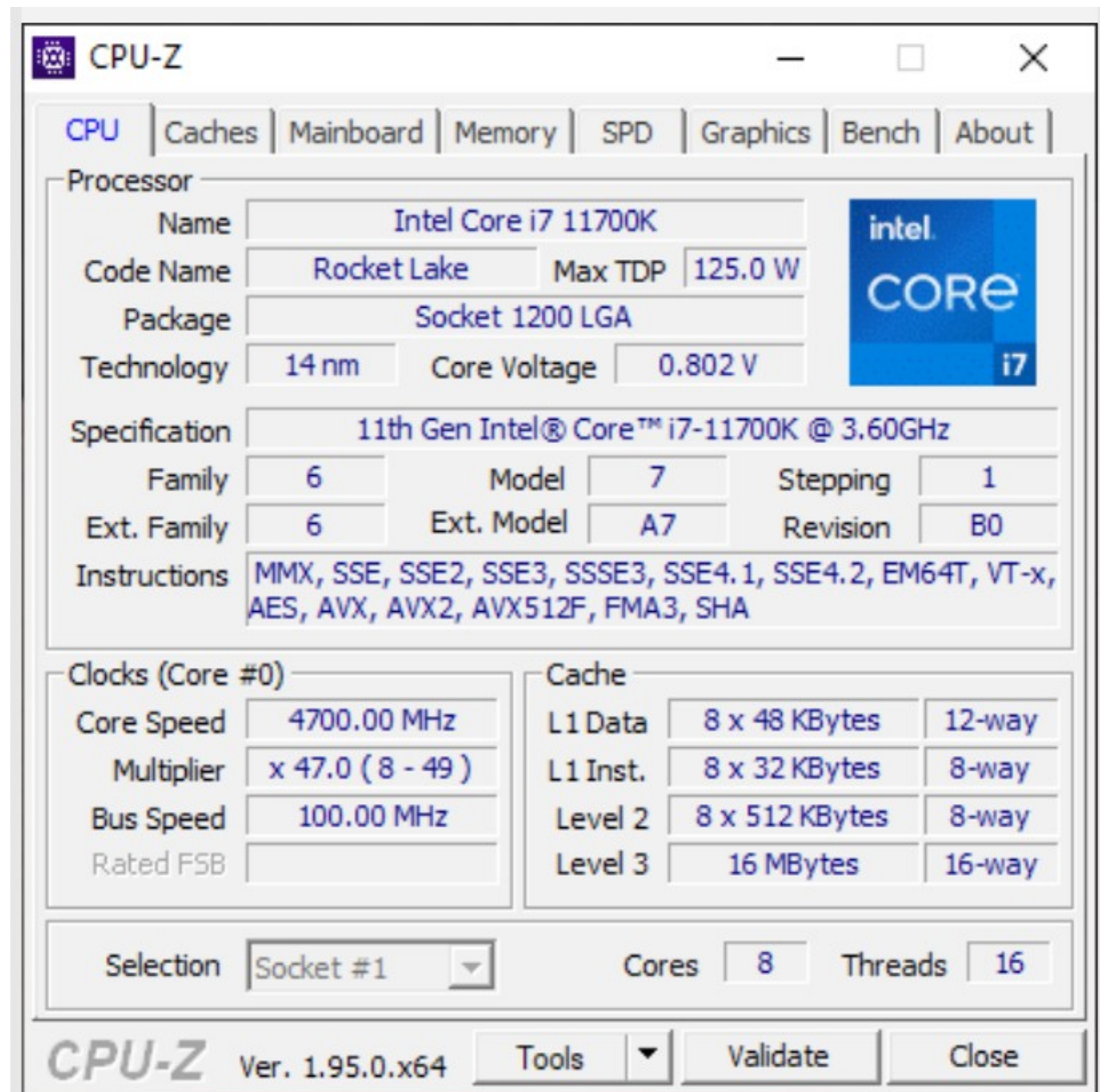
Taktgeber / Taktfrequenz

Ein Taktgeber taktet in einem elektronischen Rechenwerk wie z. B. einer Additionsschaltung die Rechenschritte.

Die Taktfrequenz wird in Hertz angegeben.




Bei Prozessoren ist die Taktzahl ein Wert, mit der man die Rechengeschwindigkeit angeben kann, wie zum Beispiel 4 GHz. Je höher die Zahl, desto schneller arbeitet die CPU.

Innerhalb eines Taktes können einer oder mehrere Befehle oder Zyklen abgearbeitet werden.



Intel Core I7 11700K

AIDA64 Cache & Memory Benchmark

	Read 	Write 	Copy 	Latency
Memory	49278 MB/s	32836 MB/s	41171 MB/s	54.4 ns
L1 Cache	4339.4 GB/s	2197.8 GB/s	4391.5 GB/s	1.0 ns
L2 Cache	1492.7 GB/s	665.51 GB/s	1010.7 GB/s	2.7 ns
L3 Cache	309.78 GB/s	207.49 GB/s	246.04 GB/s	11.9 ns

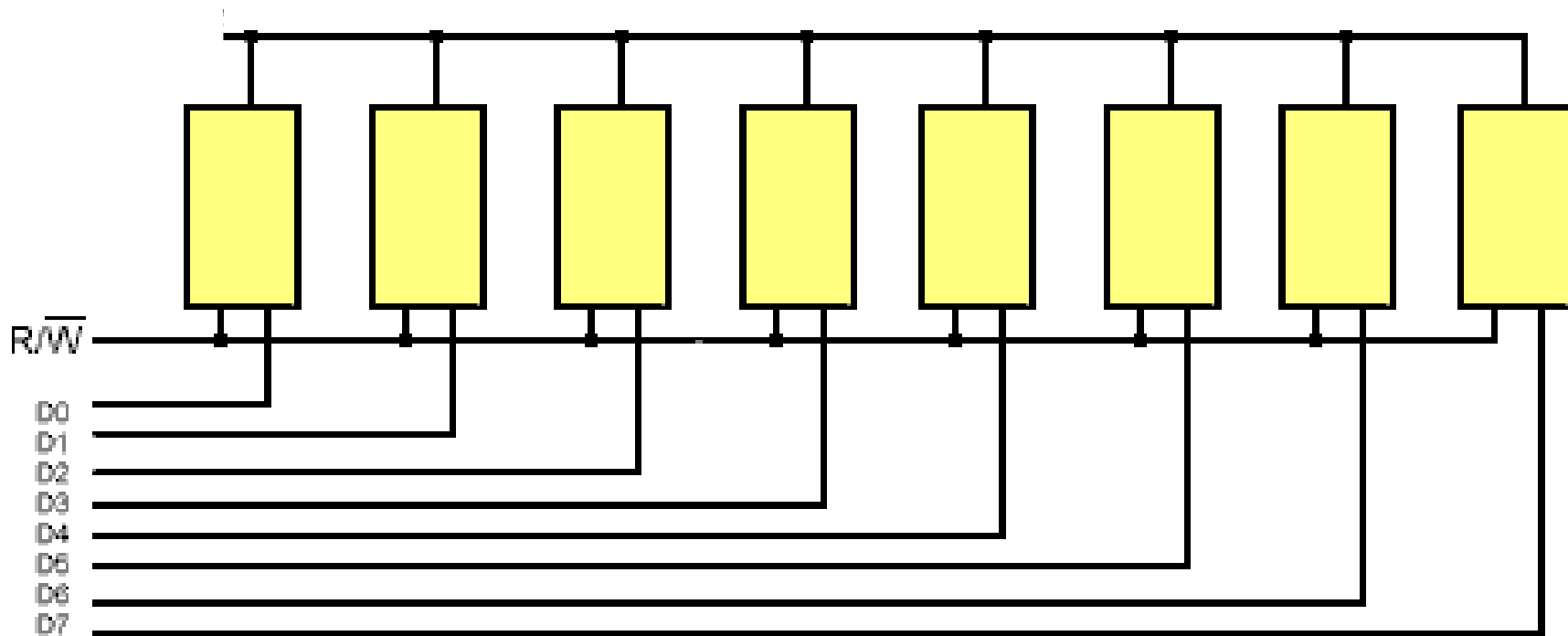
CPU Type	OctalCore (Rocket Lake-H/S, LGA1200)		
CPU Stepping	B0		
CPU Clock	4900.0 MHz (original: 3600 MHz, overclock: 36%)		
CPU FSB	100.0 MHz (original: 100 MHz)		
CPU Multiplier	49x	North Bridge Clock	4000.0 MHz
Memory Bus		DRAM:FSB Ratio	
Memory Type			
Chipset	Intel Tiger Point Z590		
Motherboard	ASUSTeK COMPUTER INC. ROG MAXIMUS XIII HERO		
BIOS Version	0610		

AIDA64 v6.32.5600 / BenchDLL 4.5.841.8-x64 (c) 1995-2020 FinalWire Ltd.

Intel Core I7 11700K

Bussysteme

Die Verbindung der Komponenten erfolgt durch elektrische Leiterbahnen und Leitungen. Busleitungen oder einfach Busse sind Leitungsbündel, an denen mehrere Komponenten parallel angeschlossen sind.



Bussysteme

Bei einer Übertragung transportiert jede Busleitung ein Bit, wobei die Einsen und Nullen der Bitmuster auf den Busleitungen als HIGH- und LOW-Pegel dargestellt werden.

D7	LOW
D6	LOW
D5	LOW
D4	HIGH
D3	HIGH
D2	LOW
D1	HIGH
D0	HIGH

Übertragung des Bitmusters

0 0 0 1 1 0 1 1
D7 ... D0

über die Datenleitungen D0 bis D7.

Aus Datentransfersicht kann ein Teilnehmer sein:

- ein (nur-) Sender
z.B. ein Speichercontroller, der immer die Speicheradresse sendet
- ein (nur-) Empfänger
z.B. ein Display, ein Drucker
- ein Sender-Empfänger
(in einer Busoperation ein Sender, in einer anderen ein Empfänger)
z.B. eine Festplatte, ein Speicherbaustein

Bussysteme

Datenbus

- Leitungen, über die Befehle und Daten übertragen werden
- besteht aus vielen parallelen, gleichartigen Datenleitungen
- Zugriff: schreiben und lesen / Übertragung: uni- bzw. bidirektional

Adressbus

- Leitungen, mit denen in Speicherbausteinen und Ein-/Ausgabebausteinen bestimmte Plätze angewählt werden
- besteht aus vielen parallelen, gleichartigen Adressleitungen
- übermittelte Bitmuster sind die Adressen
- Mit n Adressleitungen können 2^n verschiedene Bitmuster dargestellt werden, also 2^n Adressen angesprochen werden.
- Zugriff: nur schreiben / Übertragung: unidirektional

Steuerbus

- Leitungen, mit denen Bausteine in Ihrer Arbeitsweise gesteuert und koordiniert werden.
- besteht aus vielen unterschiedlichen Steuerleitungen
- Im Gegensatz zum Datenbus und Adressbus hat im Steuerbus jede Leitung eine ganz spezielle Bedeutung.
- Zugriff: unterschiedlich / Übertragung: unidirektional

Aufgabe - Bussysteme

Angenommen ein Adressbus besteht aus vier Leitungen.

Wieviele und welche Adressen könnte er darüber verschicken?

Speicherwerk

Das Speichersystem eines Rechners ist entscheidend für seine Leistungsfähigkeit und Kosten. In einem idealen System besitzt es dann ausreichend Kapazität, sowie eine Zugriffszeit, die mit den Verarbeitungsgeschwindigkeiten des Prozessors mithalten kann.

Das ist aus rein wirtschaftlichen (Kosten für Zugriffszeiten) und technischen Gründen aber nicht möglich.
Man schafft sich deswegen über eine mehrstufige Speicherhierarchie Abhilfe.

Hierbei gilt:

Mit Voranschreiten jeder Stufe verringert sich die Kapazität und es erhöhen sich die Geschwindigkeit und die Kosten pro Byte.

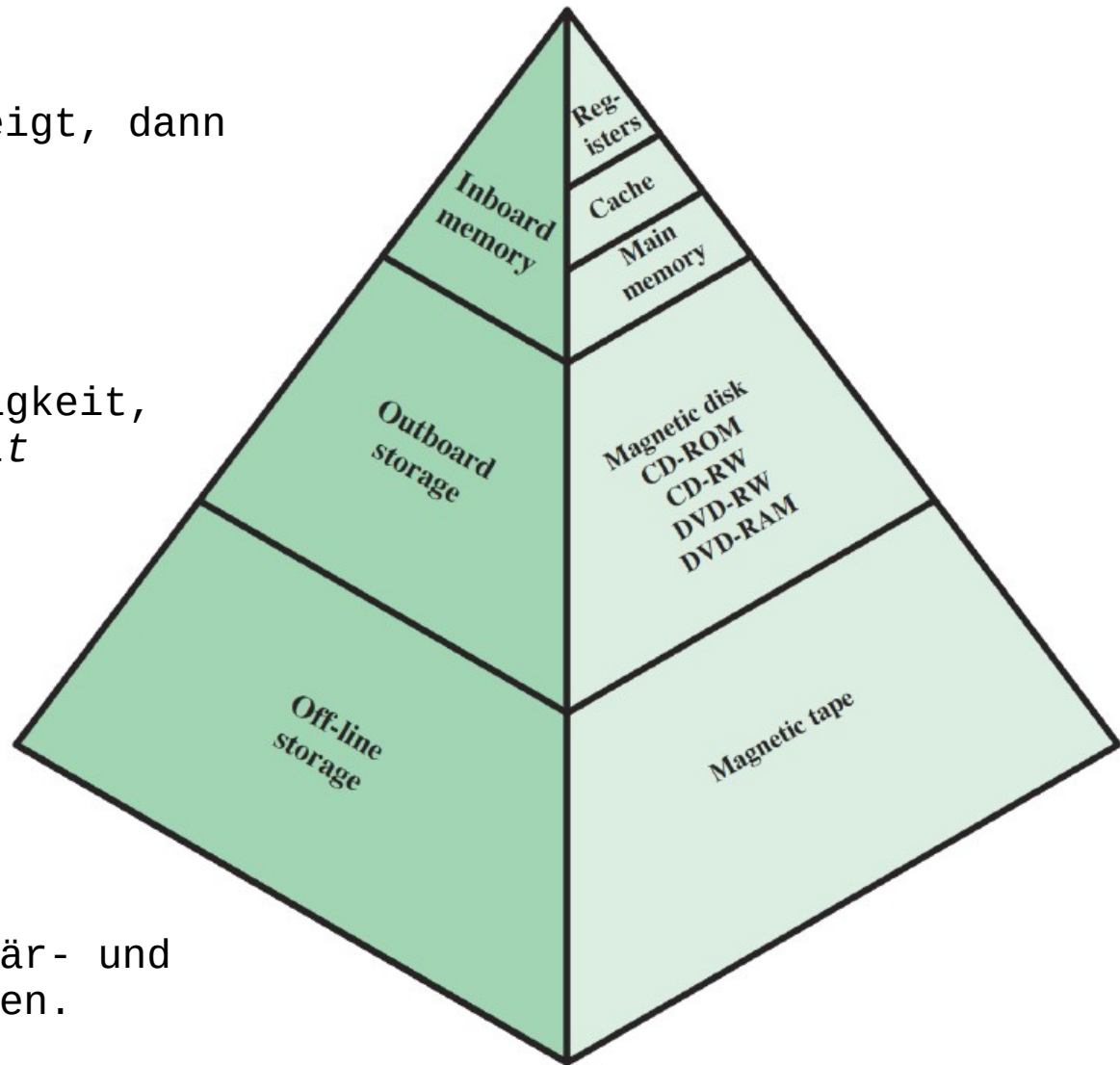
Speicherwerk

Eine typische Speicherhierarchie ist in der Abbildung gegeben:

Wenn man an der Pyramide absteigt, dann

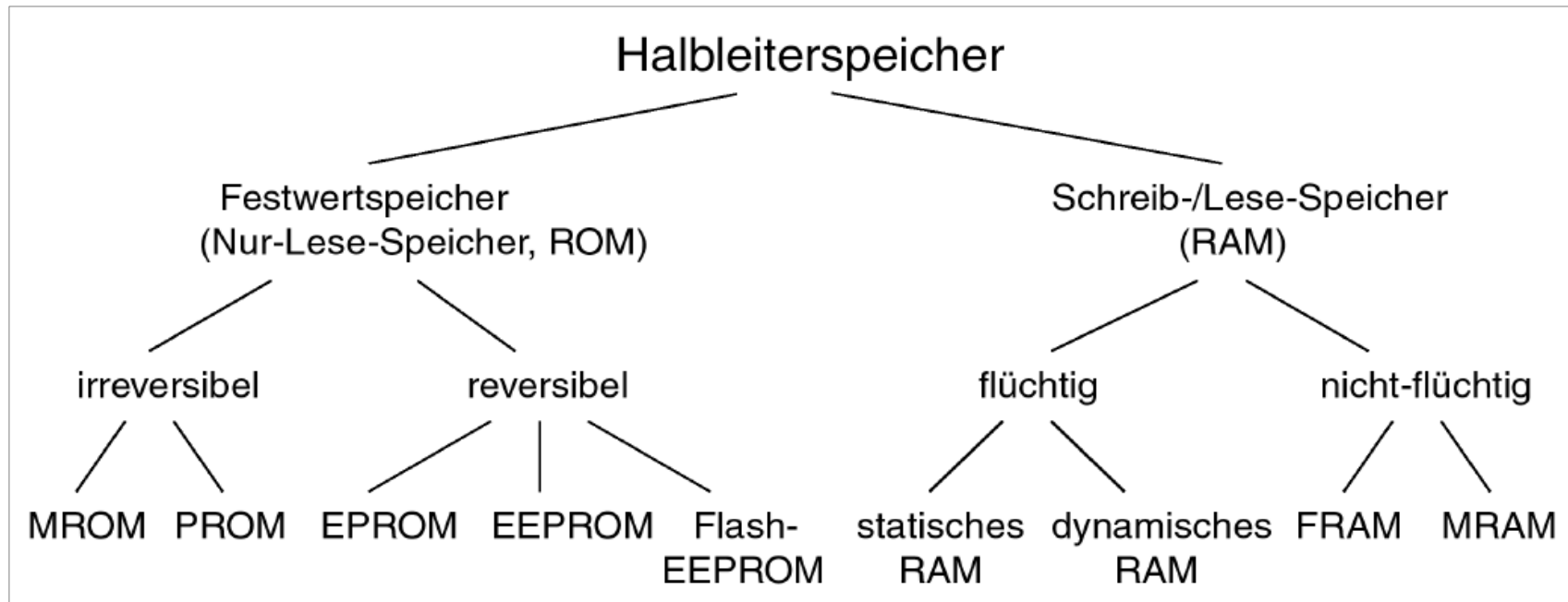
- sinken die Kosten pro Byte
- steigt die Kapazität
- sinkt die Zugriffsgeschwindigkeit, damit *steigt* die Zugriffszeit
- sinkt die Speicherzugriffsfrequenz des Prozessors

Die drei Stufen (links) kann man auch als Primär-, Sekundär- und Tertiärspeicher interpretieren.



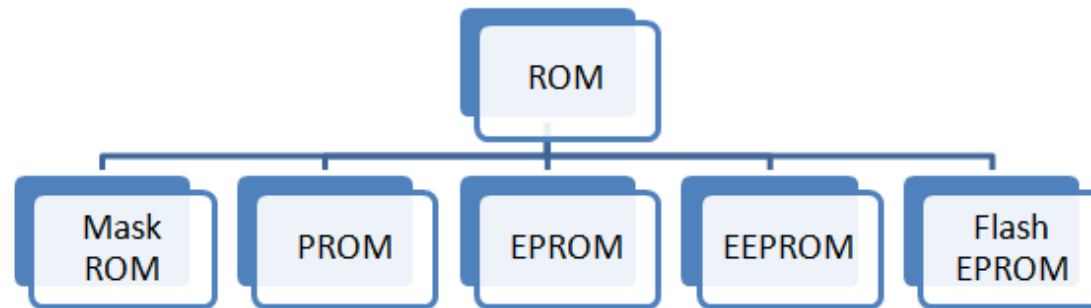
Speicher - verschiedene Speicherbausteine

Speicherbausteine stellen sozusagen das Gedächtnis eines Computers dar. Manche Informationen müssen für Jahre gespeichert bleiben, z.B. Laderoutinen im BIOS eines PC, andere nur für Millionstel Sekunden, wie die Schleifenvariable eines Anwendungsprogrammes.



- * **Halbleiter** sind Festkörper, deren elektrische Leitfähigkeit zwischen der von elektrischen Leitern und der von Nichtleitern liegt. Ein **Halbleiterspeicher** ist ein Datenspeicher, der aus einem Halbleiter besteht.

Read Only Memory (ROM, Festwertspeicher)



Eigenschaften von Festwertspeichern allgemein:

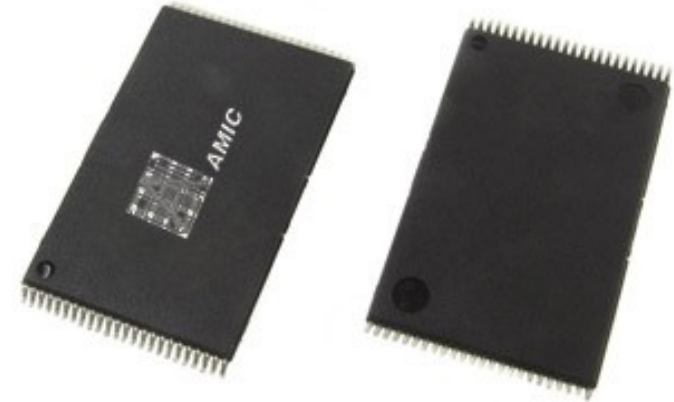
- haben einen festen Dateninhalt
- sind nicht-flüchtig (behalten ihre Daten auch ohne Stromversorgung)
- Dateninhalt kann gar nicht oder nicht einfach geändert werden
- Speichern z.B. die Programme von Embedded Systems oder den Bootlader des PC

Read Only Memory (ROM, Festwertspeicher)

Irreversibel (nicht rückgängig machbar)

Masken-ROM (MROM)

- erhalten ihren Dateninhalt schon bei der Herstellung
- billigste Lösung bei großen Stückzahlen
- kann nie mehr geändert werden
→ daher unflexibel



Programmable ROM (PROM)

- werden auch OTPROM (One Time Programmable ROM) genannt
- Dateninhalt kann einmal mit einem Programmiergerät beim Anwender eingeschrieben werden
- löschen nicht möglich
- geeignet für Muster und kleine Serien
- unbrauchbar falls falsch beschrieben



Read Only Memory (ROM, Festwertspeicher)

Reversibel (rückgängig machbar)

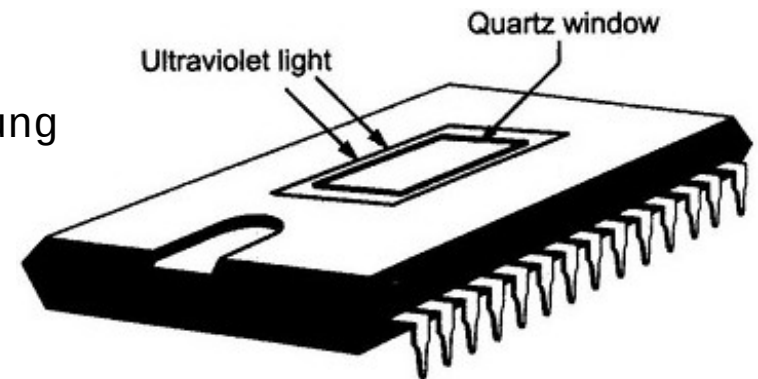
Erasable Programmable ROM (EPROM)

- ähnlich wie PROMs
- können durch einige Minuten UV-Licht (durch Quarzfenster im Gehäuse) wieder gelöscht werden



Electrically Erasable Programmable ROM (EEPROM) und Flash

- Weiterentwicklung der EPROMs
- erlauben elektrisches Löschen ohne Entfernung aus der Schaltung

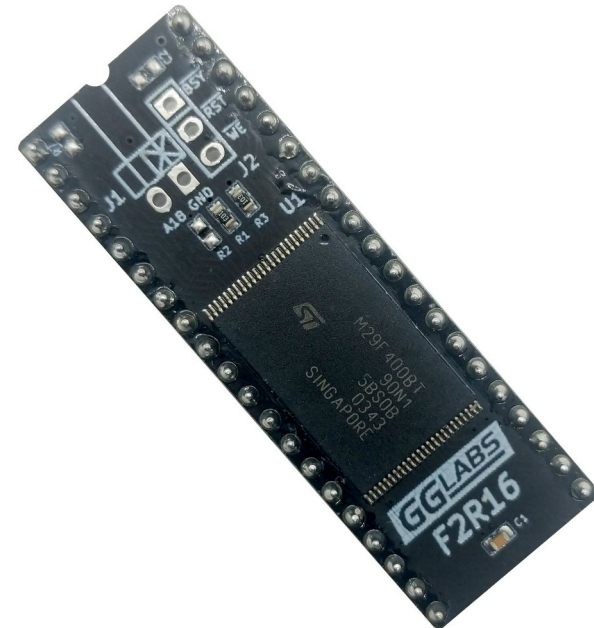


Read Only Memory (ROM, Festwertspeicher)

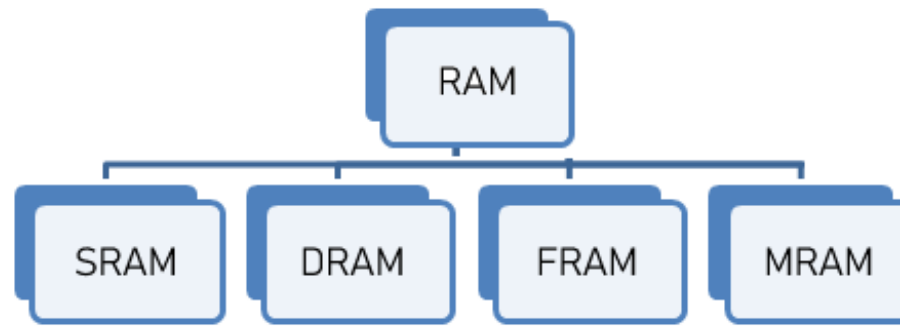
Reversibel (rückgängig machbar)

Spezialvariante: Flash-EEPROM

- hier werden keine einzelnen Zellen, sondern immer ganze Blöcke beschrieben bzw. gelöscht
- lässt sich preiswerter fertigen
- halten bis zu 1 Mio. Schreibvorgänge aus bis sie verbraucht sind
- heutzutage das meistbenutzte ROM
- Anwendung z.B. in USB-Sticks und Speicherkarten



Random Access Memory (RAM)



Eigenschaften von RAM-Speichern allgemein:

- RAM-Bausteine können beliebig oft gelesen und beschrieben werden
- RAM ist ein flüchtiger Speicher
- Schreib- und Lesezugriffe auf RAM sind schnell
- RAM wird in Computersystemen als Arbeitsspeicher genutzt, alle Variablen, das jeweils aktuelle Programm (bei von Neumann-Architektur) und der Stack liegen im RAM

Random Access Memory (RAM)

flüchtiger Datenspeicher

- ohne externe Energieversorgung gehen Informationen verloren



Statisches RAM (SRAM)

Eigenschaften der statischen RAM-Bausteine:

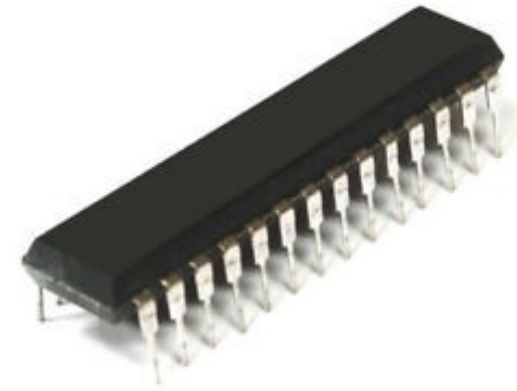
- Statische RAM-Zellen sind taktgesteuerte D-Flipflops (Flipflops sind Schaltungen, die man zwischen zwei stabilen Zuständen hin- und her schalten kann).
 - die beiden Flipflop-Zustände stellen 0 und 1 dar
- Statische RAM-Zellen können schnell ausgelesen und beschrieben (umgeschaltet) werden
- Statische RAM-Zellen sind größer und deshalb auch teurer als DRAM-Zellen

Random Access Memory (RAM)

Dynamischer RAM (DRAM)

Eigenschaften der dynamischen RAM-Bausteine:

- Dynamischer RAM (DRAM) lässt sich wesentlich kleiner und billiger herstellen als SRAM und ist daher heute als Hauptspeicher dominierend.
- Bei keinem anderen Speichertyp kann man so viele *Zellen auf einem Chip unterbringen (mehr als 1 GBit)
- DRAMs sind nicht ganz so schnell wie SRAMs
- DRAMs werden ständig weiter entwickelt
- DRAM braucht einen regelmäßigen Refresh (alle paar Millisekunden)



*Die DRAM-Speicherzelle besteht im Wesentlichen aus einem Kondensator. Deshalb ist das Problem der DRAM-Zelle die allmähliche Entladung des Kondensators durch Leckströme. Der Dateninhalt geht also nach einiger Zeit verloren. Dadurch ist eine regelmäßige Auffrischung erforderlich.

Random Access Memory (RAM)

nichtflüchtiger Datenspeicher

- (neuere Speicherbausteine)
- Dateninhalte bleiben ohne externe Energieversorgung erhalten

Magnetoresistiver RAM (MRAM)

- Beruht auf der dauerhaften Magnetisierung einer dünnen hartmagnetischen Schicht
- 10^{15} Schreibzugriffe/s möglich
- Zugriffszeiten von 10 ns
- wird schon in Serie gefertigt.



Ferroelektrischer RAM (FRAM)

- elektronischen Speichertyp auf der Basis von Kristallen mit ferroelektrischen Eigenschaften, das heißt dem Ferromagnetismus* analoge elektrische Eigenschaften.



Ziel für die Zukunft:

- ein Speicher für alle Aufgaben (Arbeitsspeicher und Massenspeicher)
- kein Booten und kein Herunterfahren mehr
- keine Auslagerungsdateien mehr
- kein Refresh
- Stromverbrauch nur noch beim Lesen und Schreiben

*Ferromagnetismus (von lateinisch Ferrum ‚Eisen‘) ist die bekannteste Art des Magnetismus von Festkörpern.