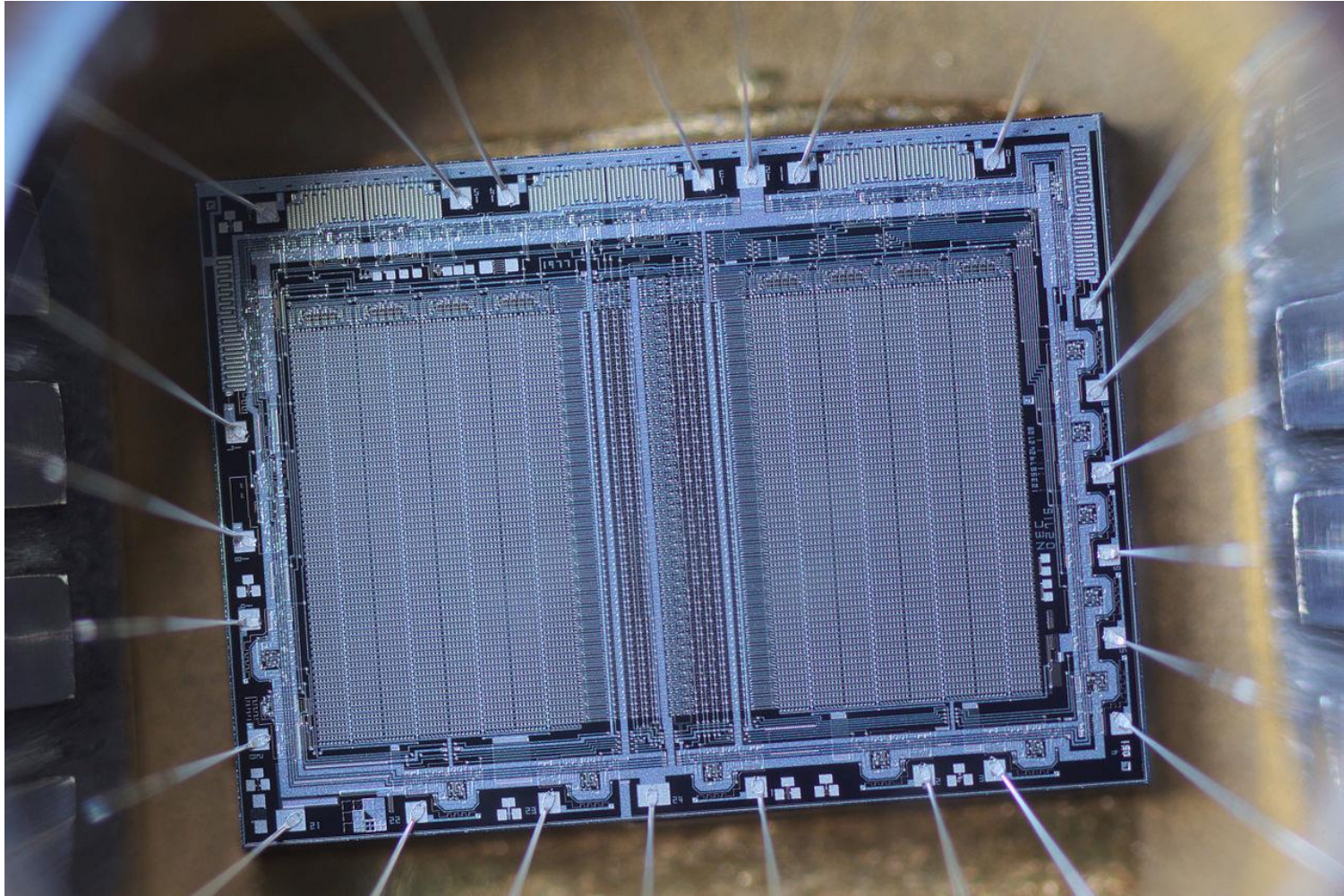


## Kapitel 8: Speichertechnologien



Quelle: [commons.wikimedia.org/wiki/File:Nec\\_02716\\_EPROM.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nec_02716_EPROM.jpg)

- Der Begriff **Speicher** (v. lat.: spicarium) bezeichnet in seiner ursprünglichen Bedeutung eine Einrichtung zur Lagerung von Gütern jeglicher Art
  - Beispiel: Speicher in einem Gebäude
- In der Informatik wird dieser Begriff synonym zu Datenspeicher genutzt
- Der Begriff „Speicher“ hat in der Informatik abhängig vom aktuellen Kontext unterschiedliche Bedeutungen
- Wir betrachten in dieser Veranstaltung nur **Halbleiterspeicher**
  - Beispiel: RAM, ROM, DRAM etc.
  - Gegenbeispiel: Festplatten, CDs, DVD etc.

# „logische“ <-> „technische“ Sicht

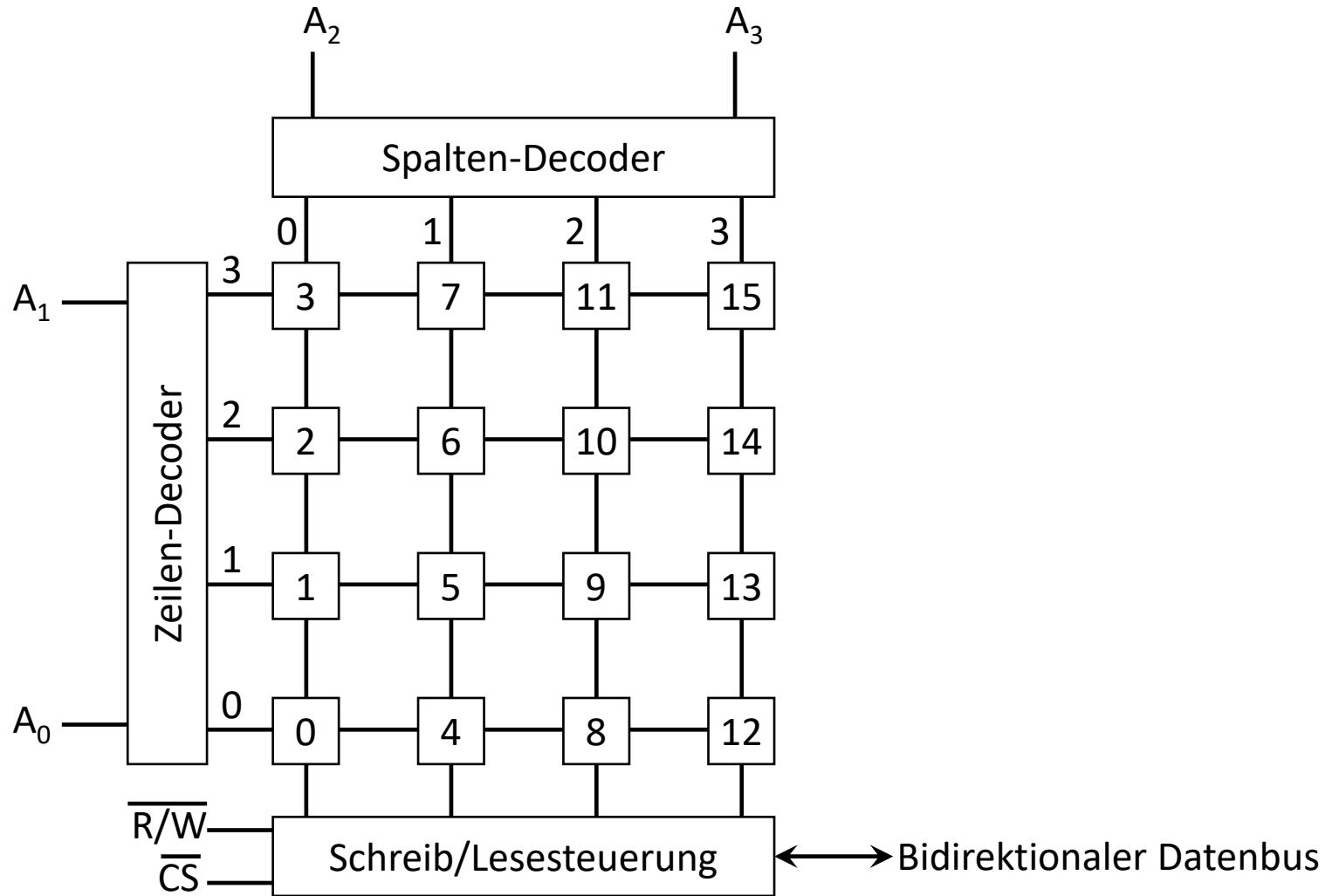
---

- „logische Sicht“

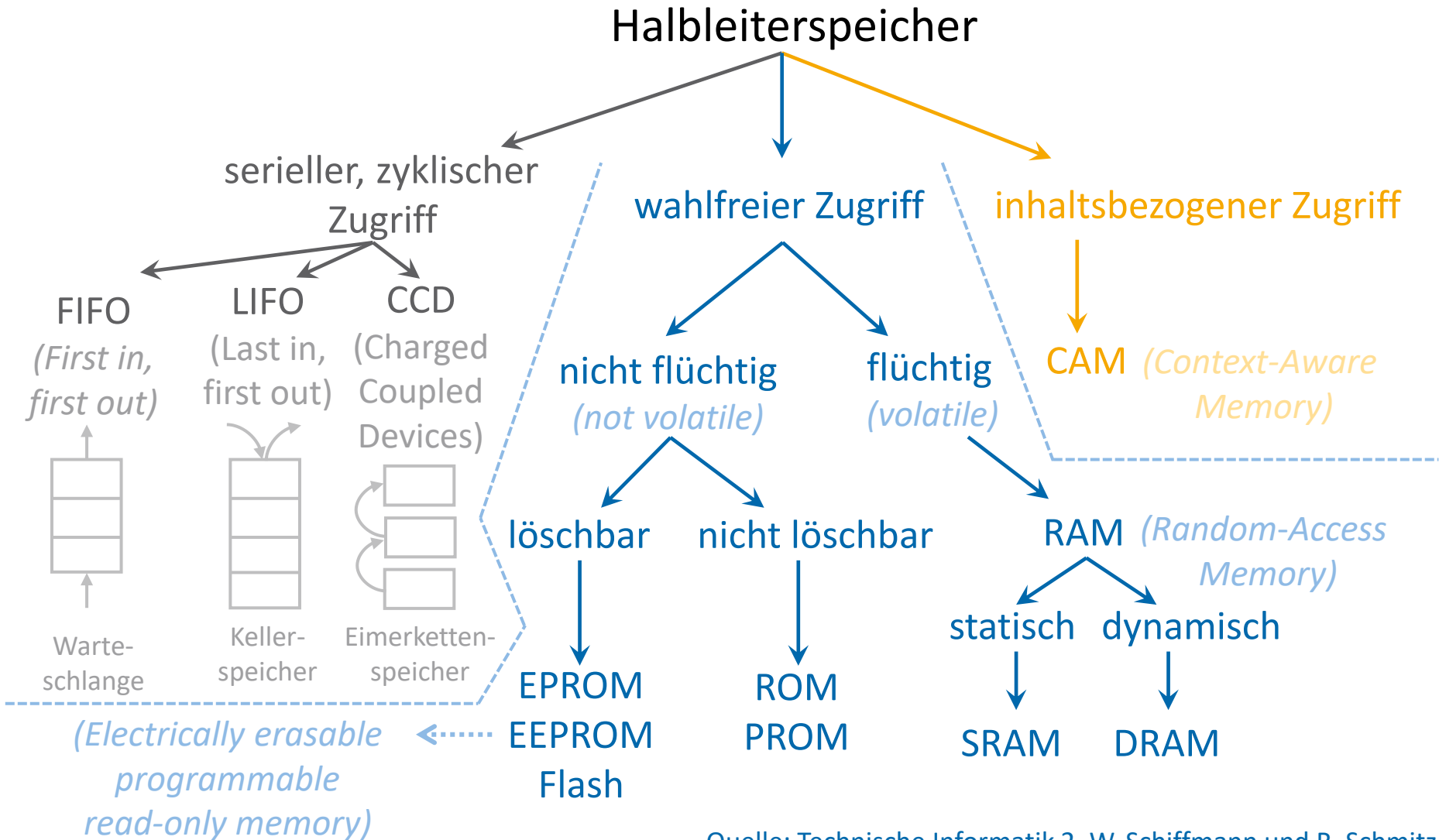
- Einfache Speicherkonzepte
- Abstraktionsniveau:  $\geq$  D-Flipflop
- Fragestellung: Wie werden Daten im Speicher verwaltet?

- „technische Sicht“

- Schwerpunkt auf der Realisierung moderner Speicher
- Fragestellung: Wie ist ein bestimmter Speichertyp technisch aufgebaut?

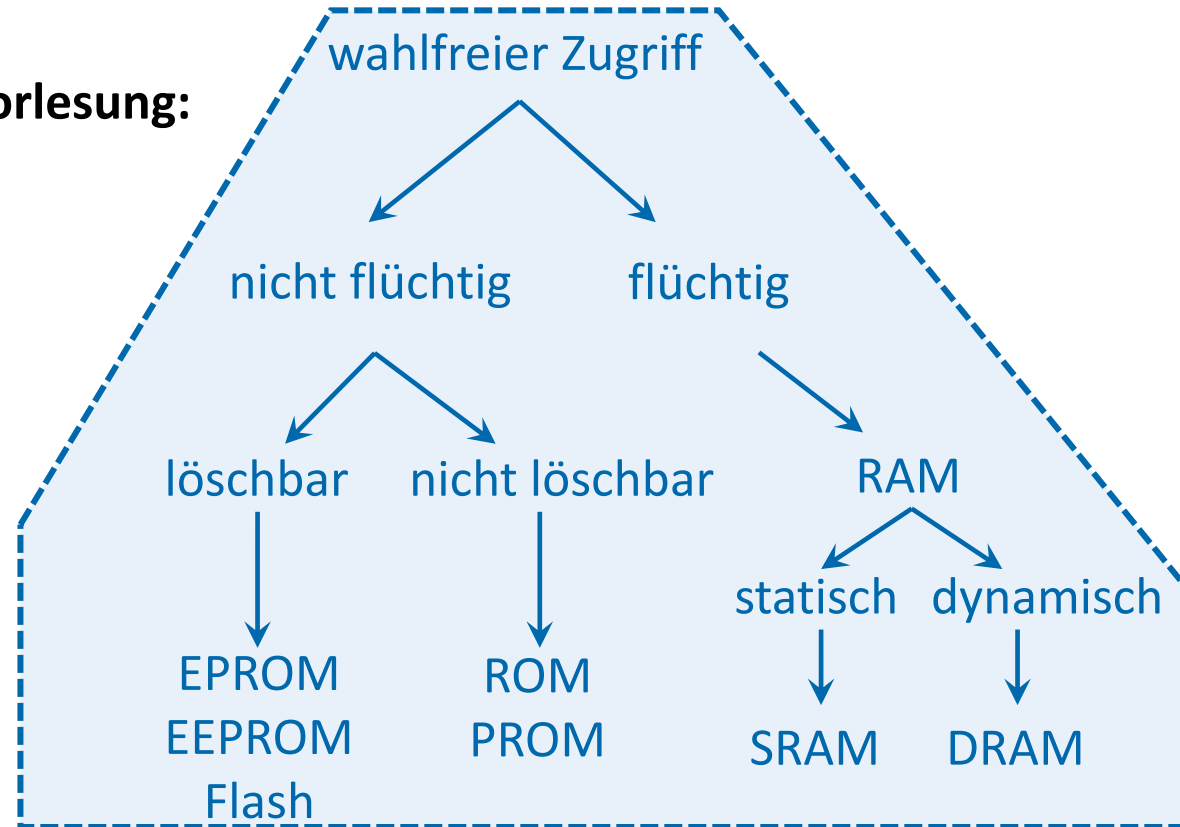


Quelle: Technische Informatik 2, W. Schiffmann und R. Schmitz



Quelle: Technische Informatik 2, W. Schiffmann und R. Schmitz

## Fokus dieser Vorlesung:



Quelle: Technische Informatik 2, W. Schiffmann und R. Schmitz

# Abschnitt 8.1

## Random access memory

- ▶ Statische RAM
- ▶ Dynamische RAM



RAM = **R**andom **A**ccess **M**emory

- SRAM (**S**tatic RAM)
  - Verwendung von Flipflops/Latches (wie in Kap. 6.2: „4 x 3 Speicher“)
  - sehr schnell (<10ns Zugriffszeit)
  - Verwendung als Level 2 Cache (**L2-Cache**)
- DRAM (**D**ynamic RAM)
  - Pro Speicherzelle 1 Transistor und 1 Kondensator
  - dadurch hohe Speicherdichte und geringe Kosten
  - Speicherinhalte müssen „aufgefrischt“ werden
  - langsamer als SRAM (ca. 50ns Zugriffszeit)
  - Verwendung als **Hauptspeicher**

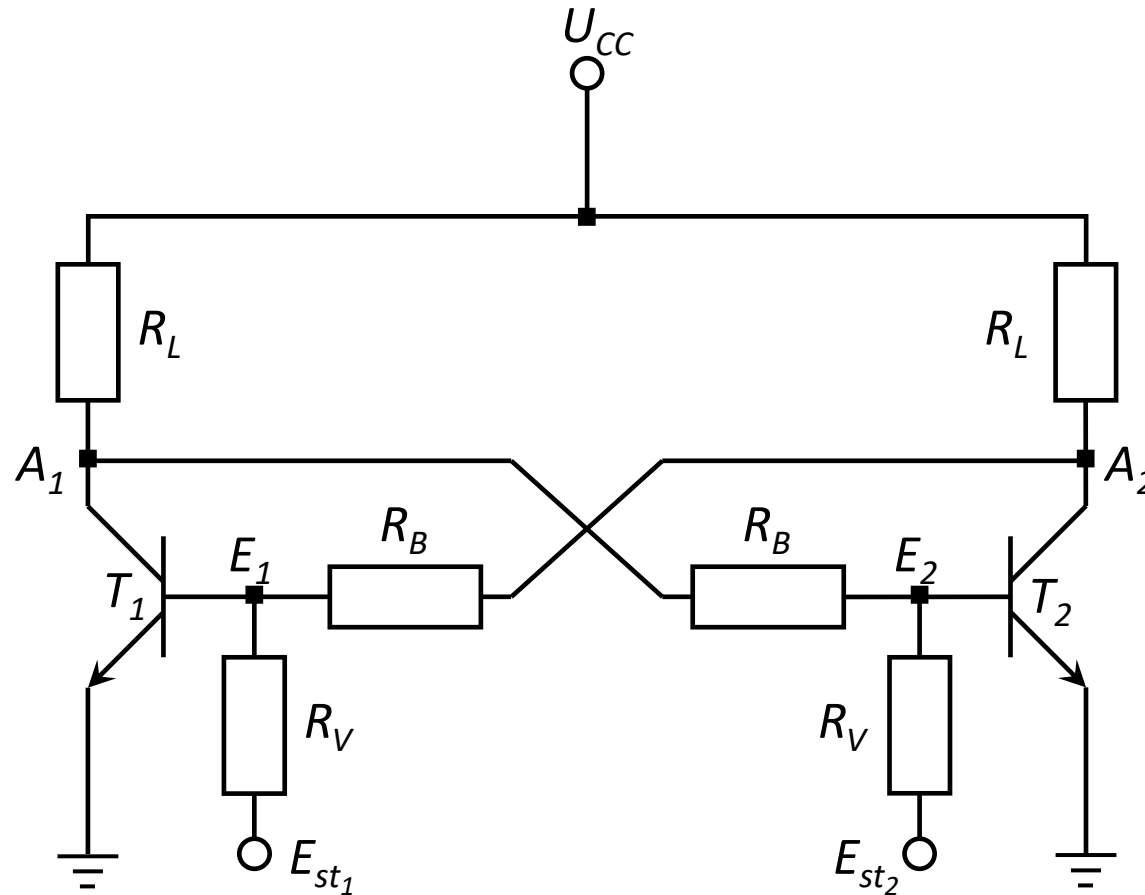
© G. Lakemeyer, W. Oberschelp, G. Vossen

# Statische RAMs (SRAM)

- SRAM gehört zu den **flüchtigen Speichern**, d.h. die enthaltenen Informationen gehen bei Verlust der Versorgungsspannung verloren
- SRAMs werden in **Bipolarer-** oder in **MOS-Technik** hergestellt
  - Bipolare SRAMs werden wegen ihrer hohen Geschwindigkeit oft als Cache-Speicher eingesetzt

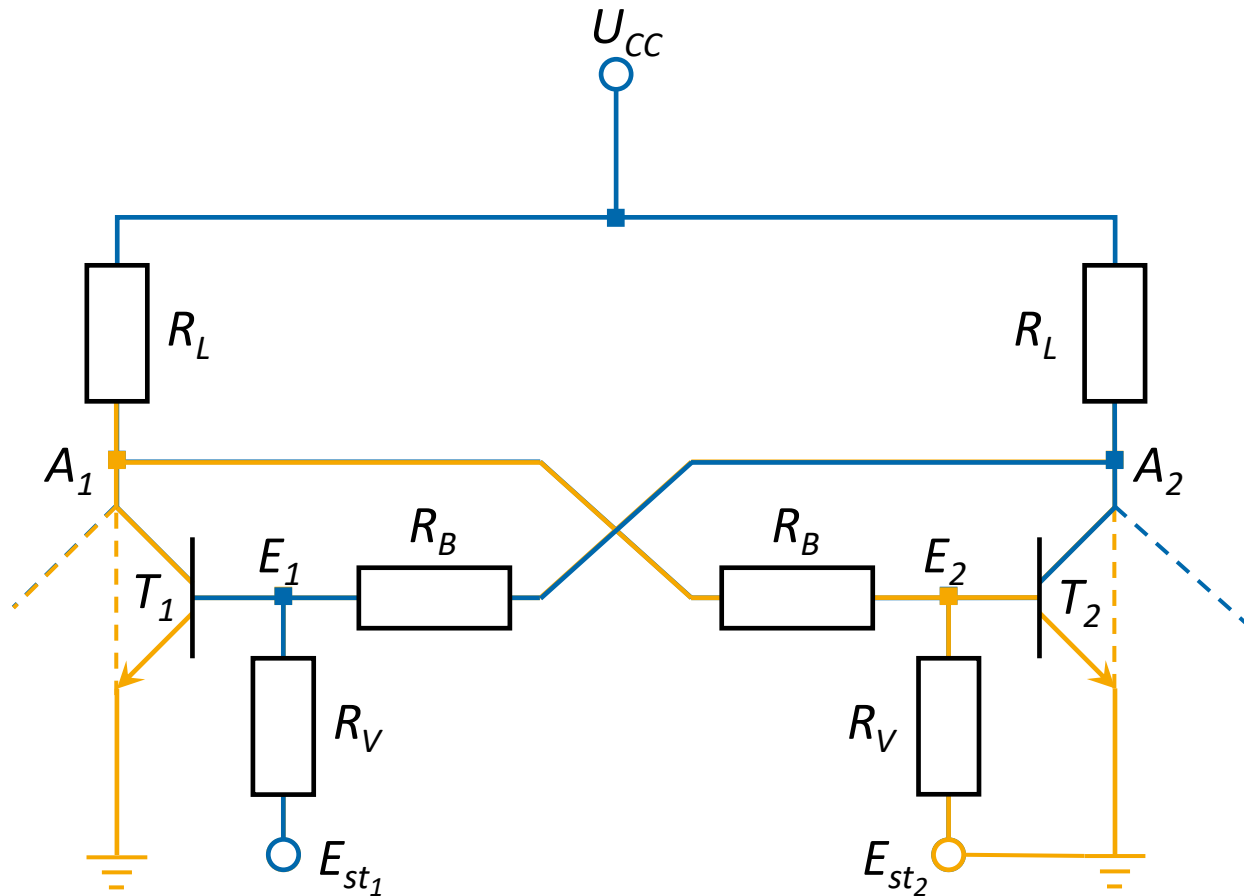


# Rückgekoppelte Transistorschalter



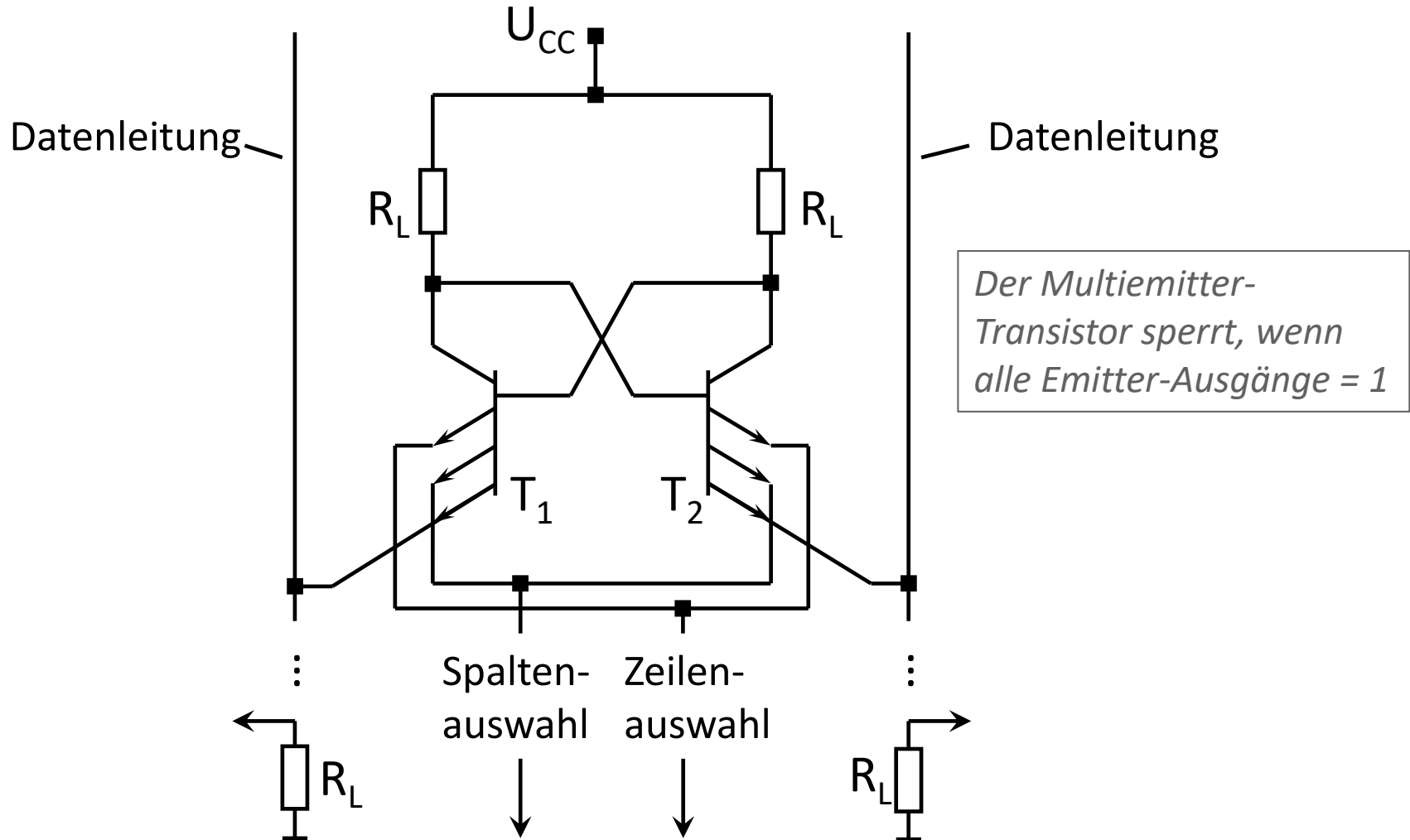
Quelle: Technische Informatik 1, W. Schiffmann und R. Schmitz

# Rückgekoppelte Transistorschalter



Quelle: Technische Informatik 1, W. Schiffmann und R. Schmitz

# Bipolares SRAM



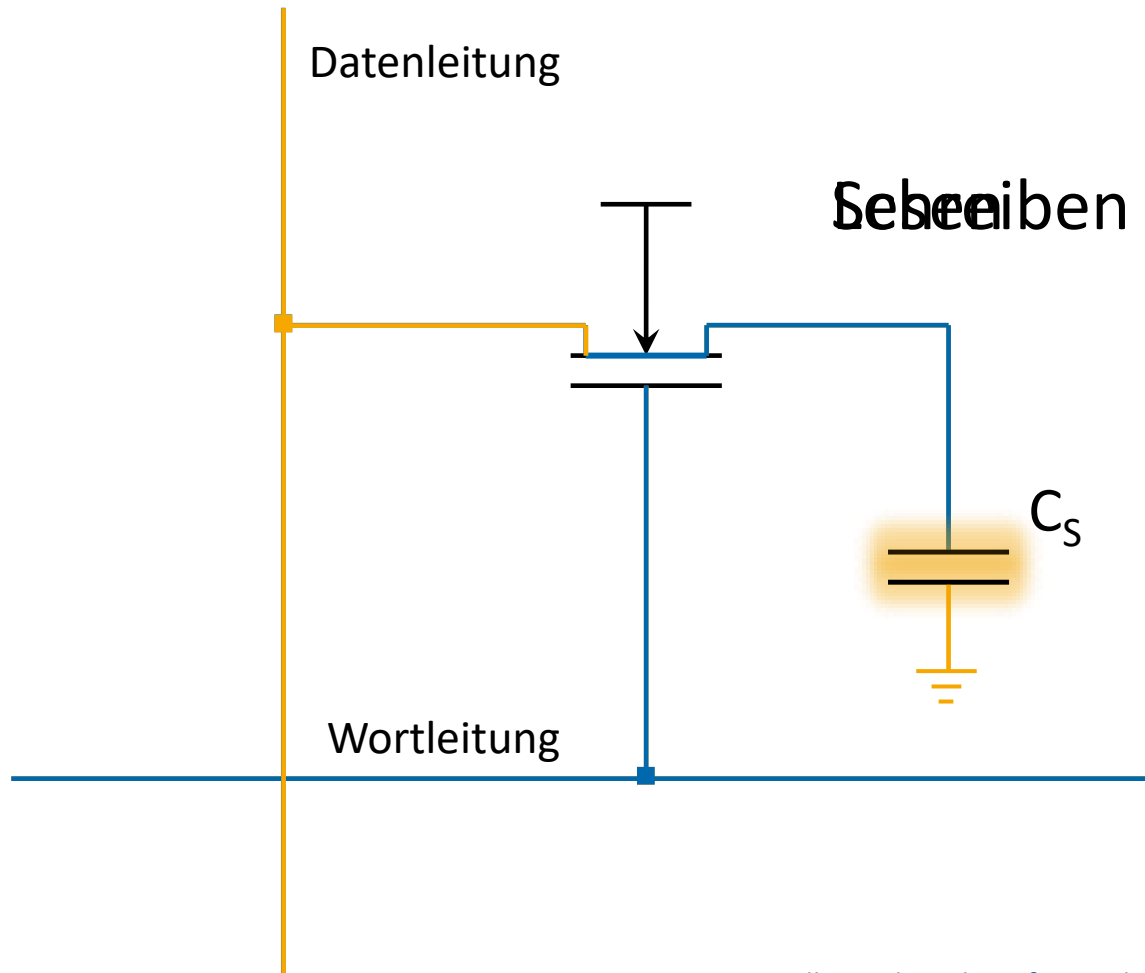
Quelle: Technische Informatik 2, W. Schiffmann und R. Schmitz

# Dynamische RAMs (DRAM)

- DRAMs sind nur in MOS-Technik realisierbar
- Durch **dynamische Speicherung** kann die Anzahl der Transistoren reduziert werden
- Es werden nur ein Transistor und ein Kondensator zur Abbildung der Speicherzelle benötigt
- Aber der Kondensator muss alle 2-5 ms nachgeladen werden, sonst werden die Informationen beim Lesen zerstört

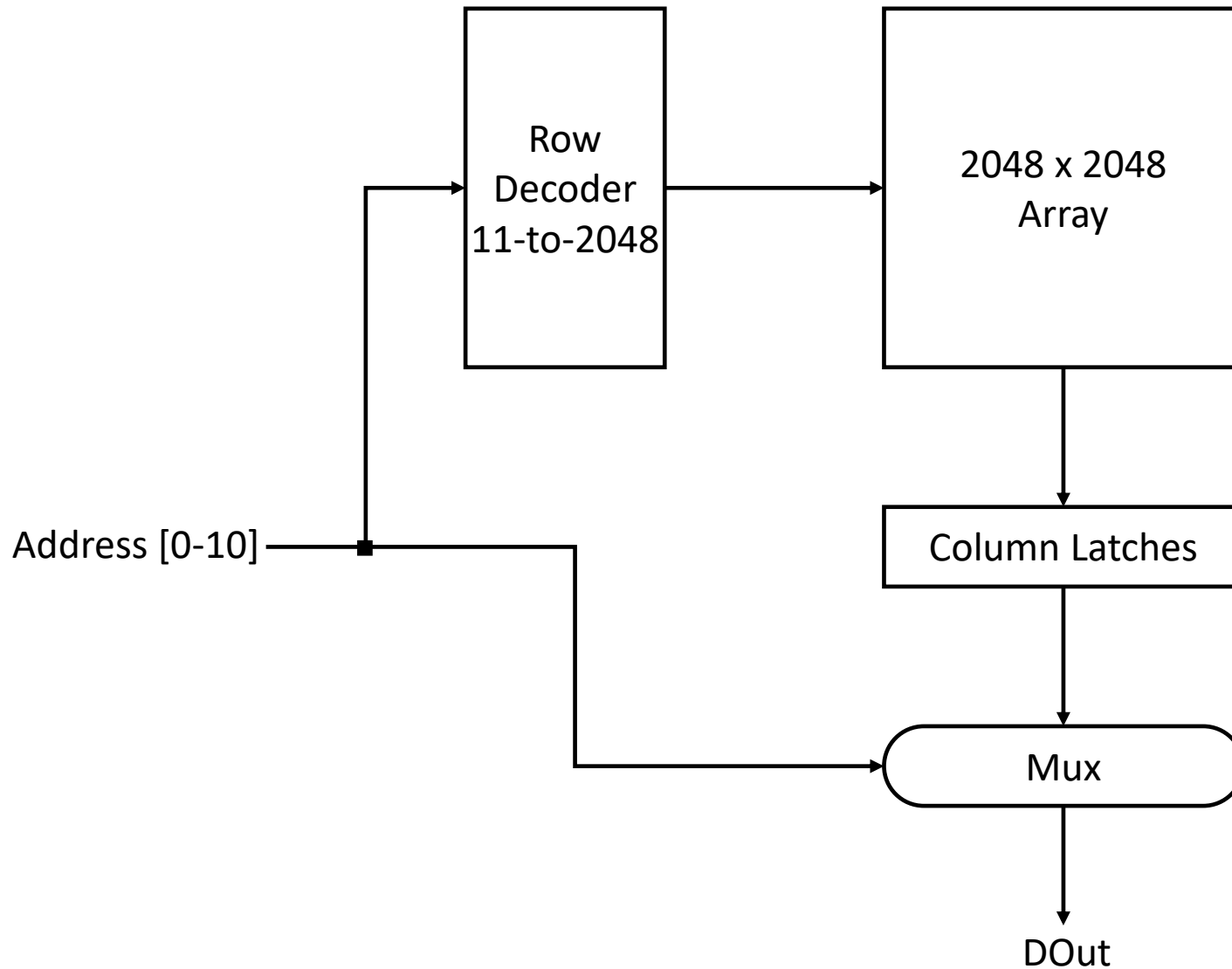


# Ein-Transistor-Speicherzelle



Quelle: Technische Informatik 1, W. Schiffmann und R. Schmitz

# Prinzip eines 4Mbit DRAM Speichers





# Abschnitt 8.2

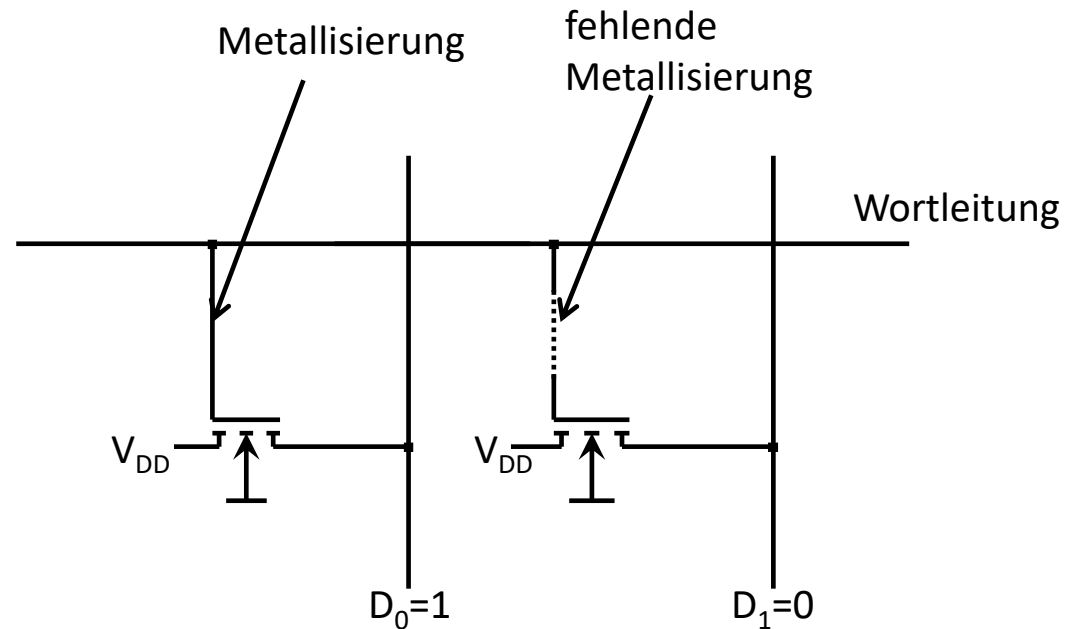
## Read-Only Memory

- ▶ Festwertspeicher
- ▶ Programmable ROM
- ▶ Erasable Programmable ROM
- ▶ Electrically Erasable Programmable ROM
- ▶ Flash-Speicher

- Festwertspeicher (auch Read-Only Memory kurz ROM genannt) ist ein **nichtflüchtiger Speicher**, d.h. die Informationen bleiben auch nach Abschalten der Versorgungsspannung erhalten
- Das Eintragen von Informationen in den ROM wird **Programmierung** (vs. Speichern beim RAM) genannt
- Je nach Anwendungsbereich werden unterschiedliche **Programmierverfahren** genutzt:
  - Maskenprogrammierung (ROM)
  - Elektrische Programmierung (PROM)
  - Löschbare, elektrische Programmierung (EPROM, EEPROM, Flash)

# Maskenprogrammierung (ROM)

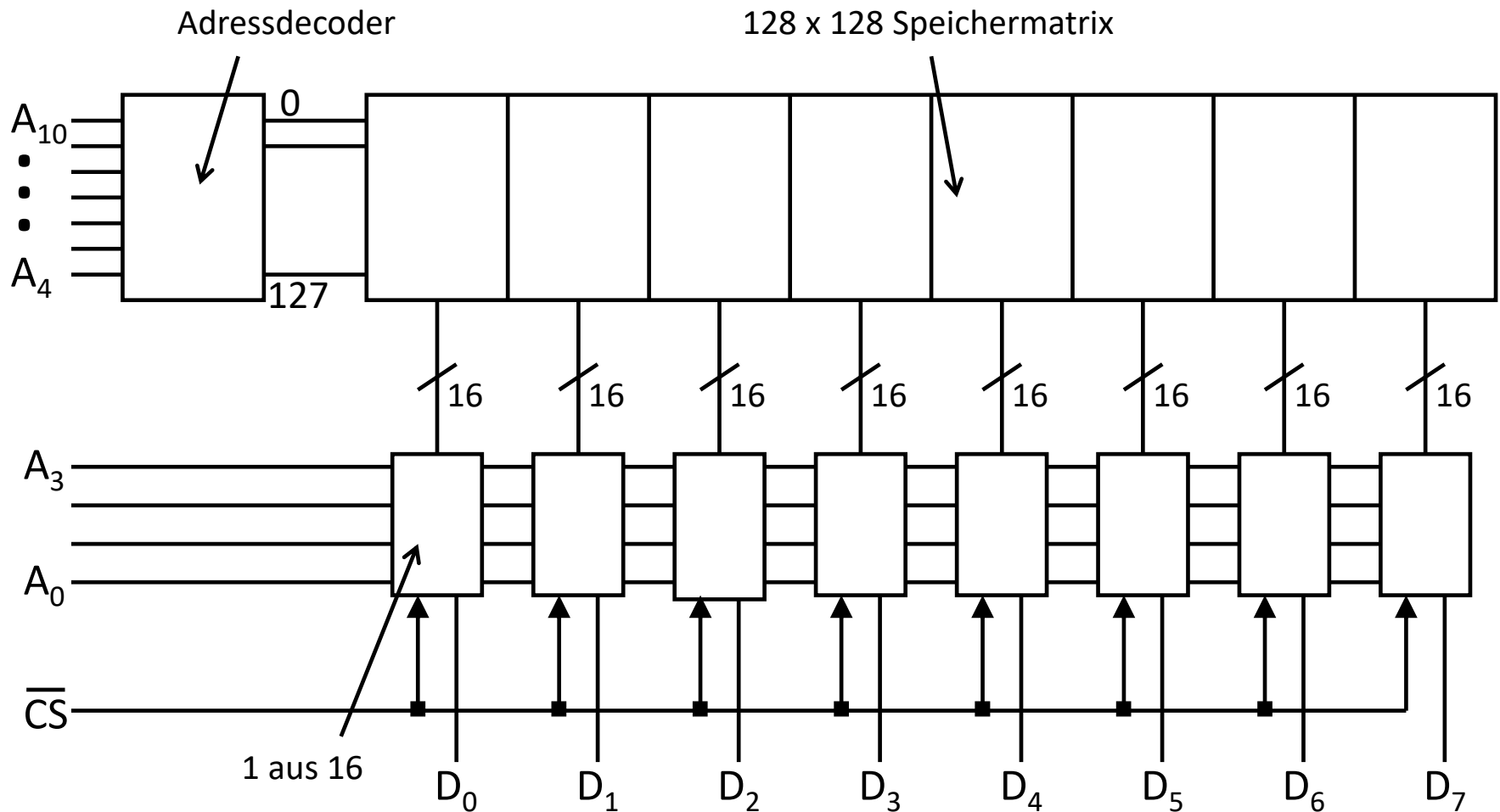
- Die Programmierung ist **irreversibel**
- Beim Herstellungsprozess wird die Information durch eine **Metallisierungsmaske** auf den Chip übertragen.
- Als Speicherelemente dienen MOS-Transistoren



Quelle: Technische Informatik 2, W. Schiffmann und R. Schmitz

# Maskenprogrammierung (ROM)

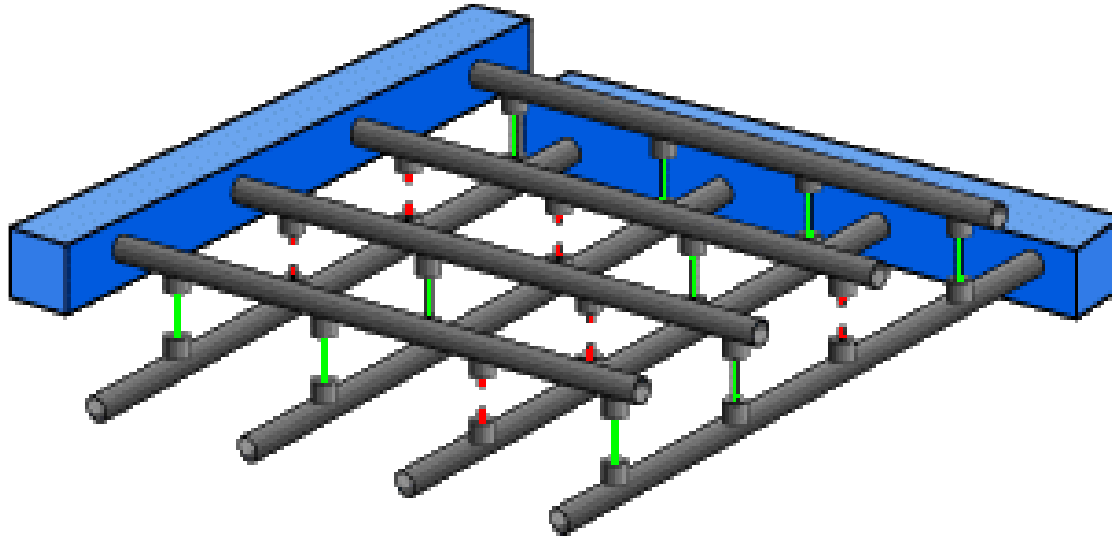
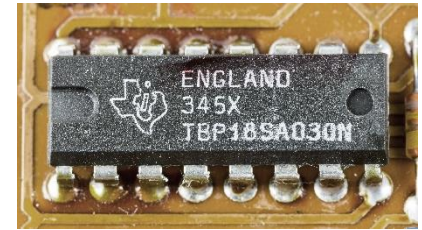
## - Speicherorganisation -



Quelle: Technische Informatik 2, W. Schiffmann und R. Schmitz

# PROM-Speicher (Programmable ROM)

- PROMs können vom Anwender programmiert werden
- Sogenannte Programmiergeräte zerstören gezielt in dem PROM eingebaute NiCr-Sicherungen durch Anlegen einer hohen Spannung

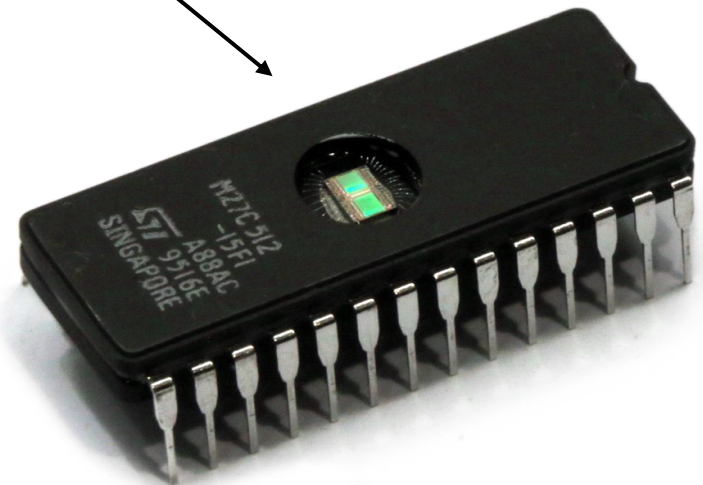


Quelle: howstuffworks.com

# EPROM-Speicher (Erasable Programmable ROM)

- EPROMs nutzen als Speicherelemente selbstsperrende Feldeffekttransistoren (mit zusätzlichem **Floating Gate**)
- EPROMs können durch energiereiche, ultraviolette Strahlung gelöscht werden

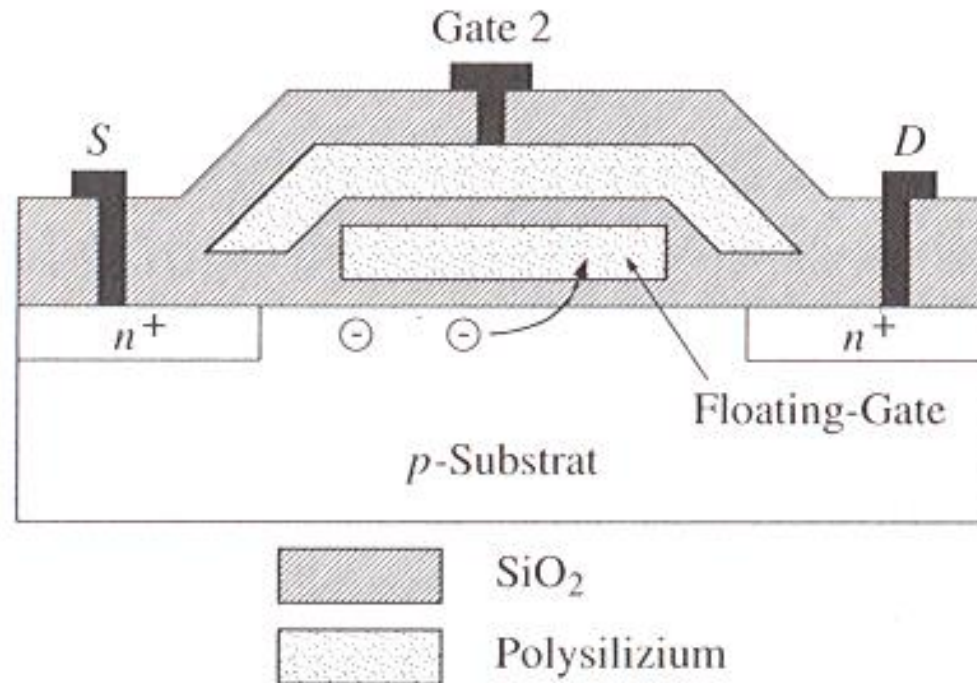
Quarz-Fenster



Quelle: Embedded System Design, Frank Vahid und Tony Givargis

# EPROM-Speicher

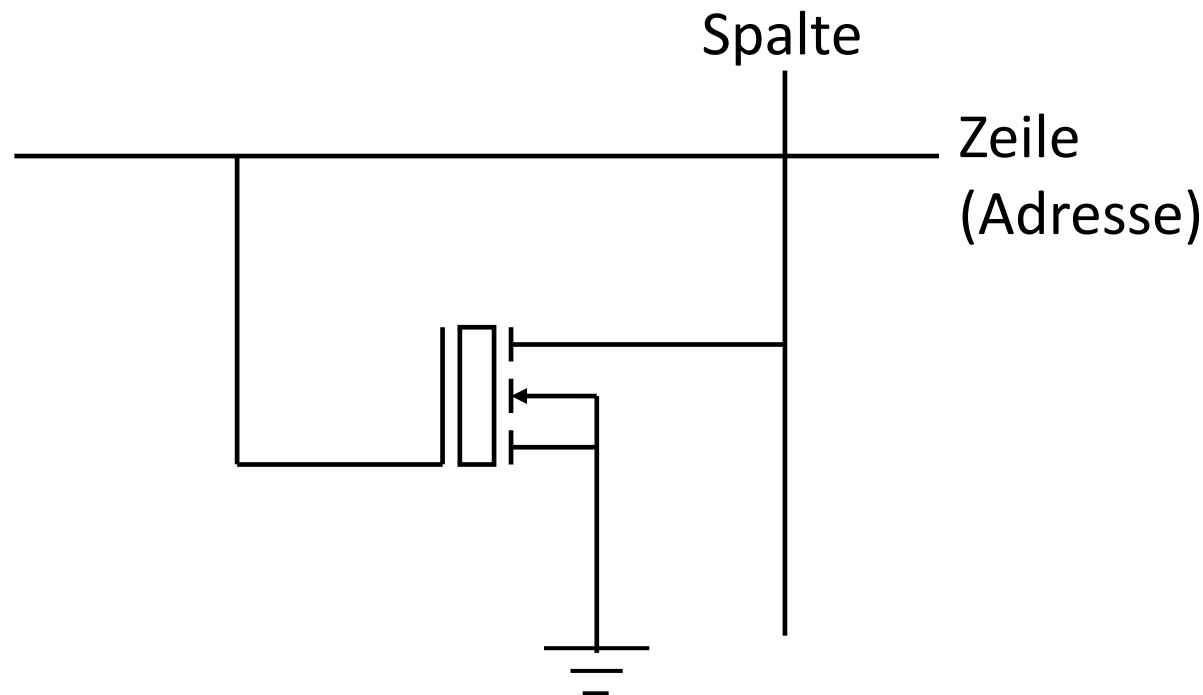
## - Funktionsprinzip -



Quelle: Technische Informatik 1, W. Schiffmann und R. Schmitz

# EPROM-Speicher

## - Funktionsprinzip -



Speicherzellenaufbau  
(Eintransistor-Zelle)

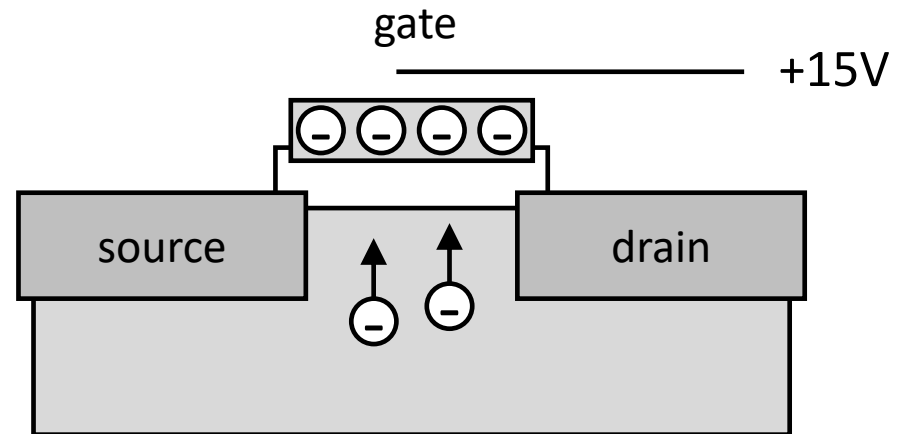
Quelle: Technische Informatik 1, W. Schiffmann und R. Schmitz



# EPROM-Speicher

## - Funktionsprinzip -

- Anlegen einer großen positiven Spannung am Gate
- Negative Ladungsträger bewegen sich aus dem Kanal zum Floating-Gate
- Logische 0 wird gespeichert

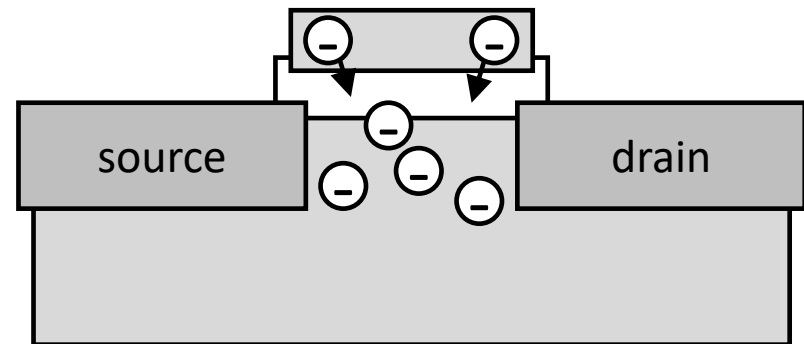


Quelle: Embedded System Design, Frank Vahid und Tony Givargis

# EPROM-Speicher

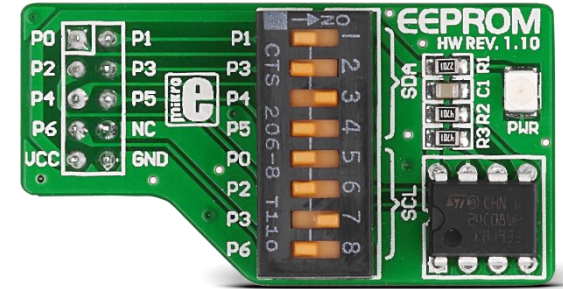
## - Funktionsprinzip -

- Beleuchten des Gates mit UV-Strahlung
- Negative Ladungsträger bewegen sich zum Kanal
- Logische 1 wird wiederhergestellt



Quelle: Embedded System Design, Frank Vahid und Tony Givargis

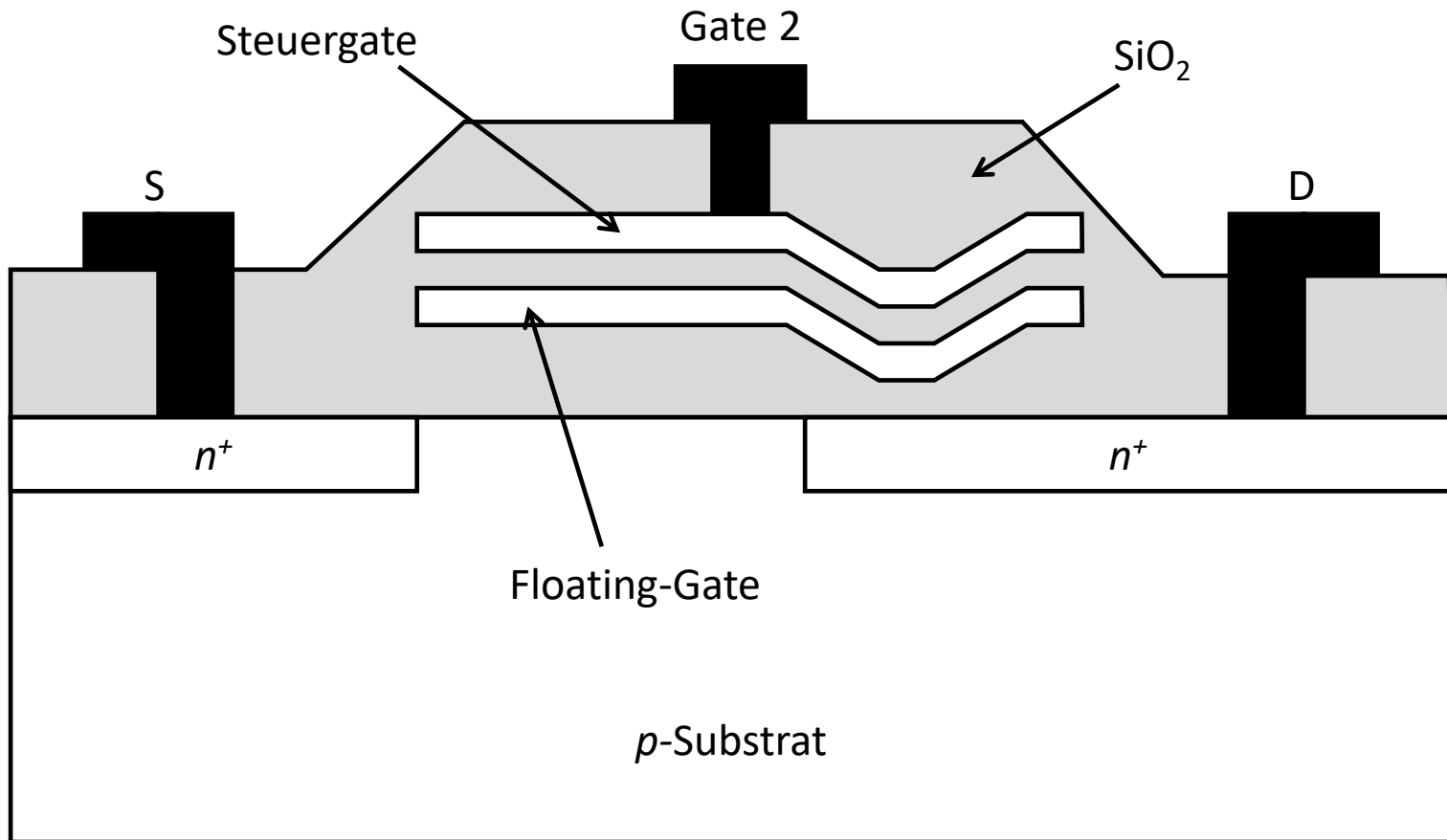
# EEPROM-Speicher (Electrically Erasable Programmable ROM)



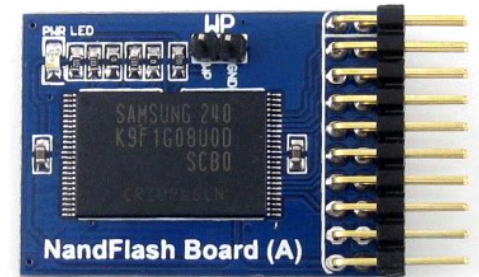
- Electrically Erasable Programmable ROM (EEPROM oder E<sup>2</sup>PROM) kann elektrisch gelöscht werden
- Einzelne Speicherzellen können gelöscht werden (im Gegensatz zum EPROM, wo zur Löschung alle Informationen zerstört werden müssen)

# EEPROM-Speicher

## - Funktionsprinzip -



Quelle: Technische Informatik 1, W. Schiffmann und R. Schmitz



- Die genaue Bezeichnung ist Flash-EEPROM Speicher
- Teilt sich das Funktionsprinzip mit dem EEPROM Speicher
- Arbeitet **blockorientiert**: nur Speicherzellen-Blöcke (meist Bytes) können gelöscht werden (im Gegensatz zum EEPROM, wo einzelne Bits gelöscht werden können)

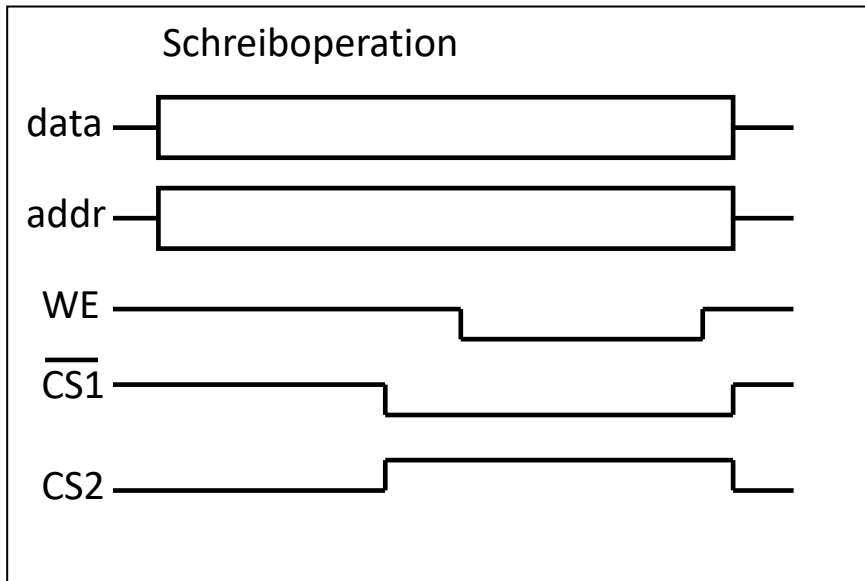
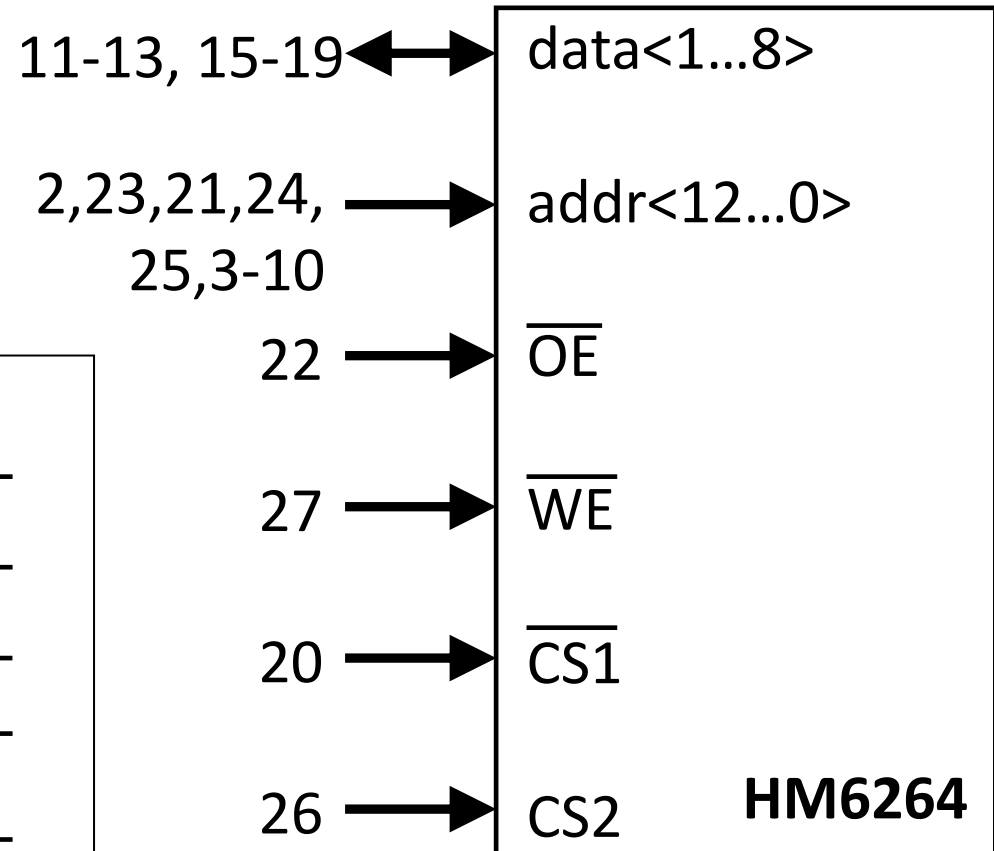
# Abschnitt 8.3

## Bauelemente



# Beispiel für ein RAM-Bauelement

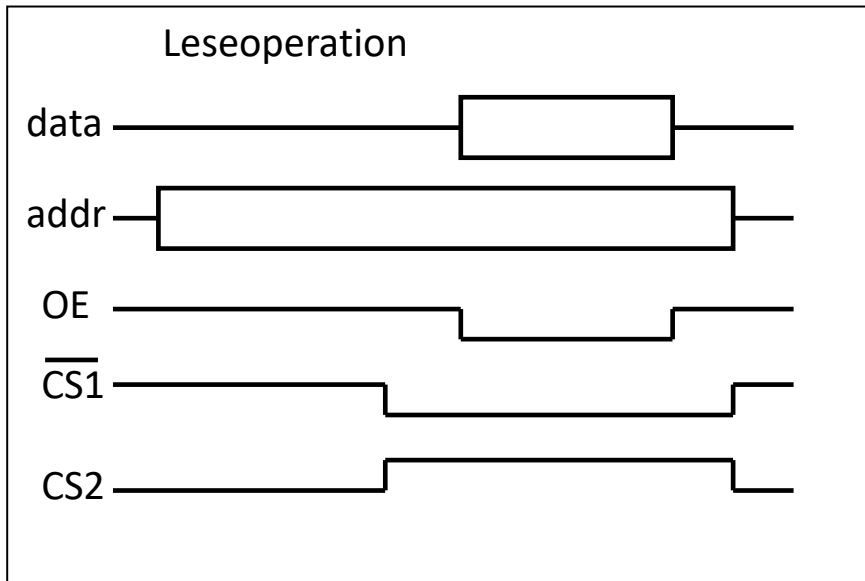
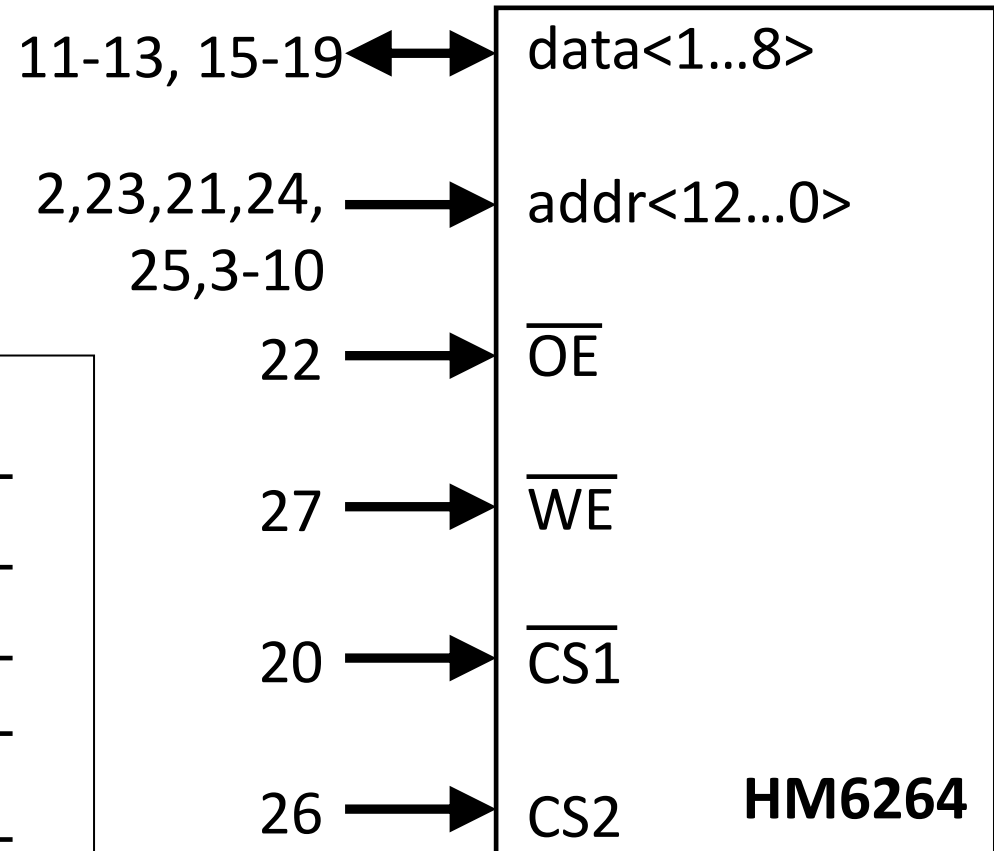
## HM6264



Quelle: Embedded System Design, Frank Vahid und Tony Givargis

# Beispiel für ein RAM-Bauelement

## HM6264

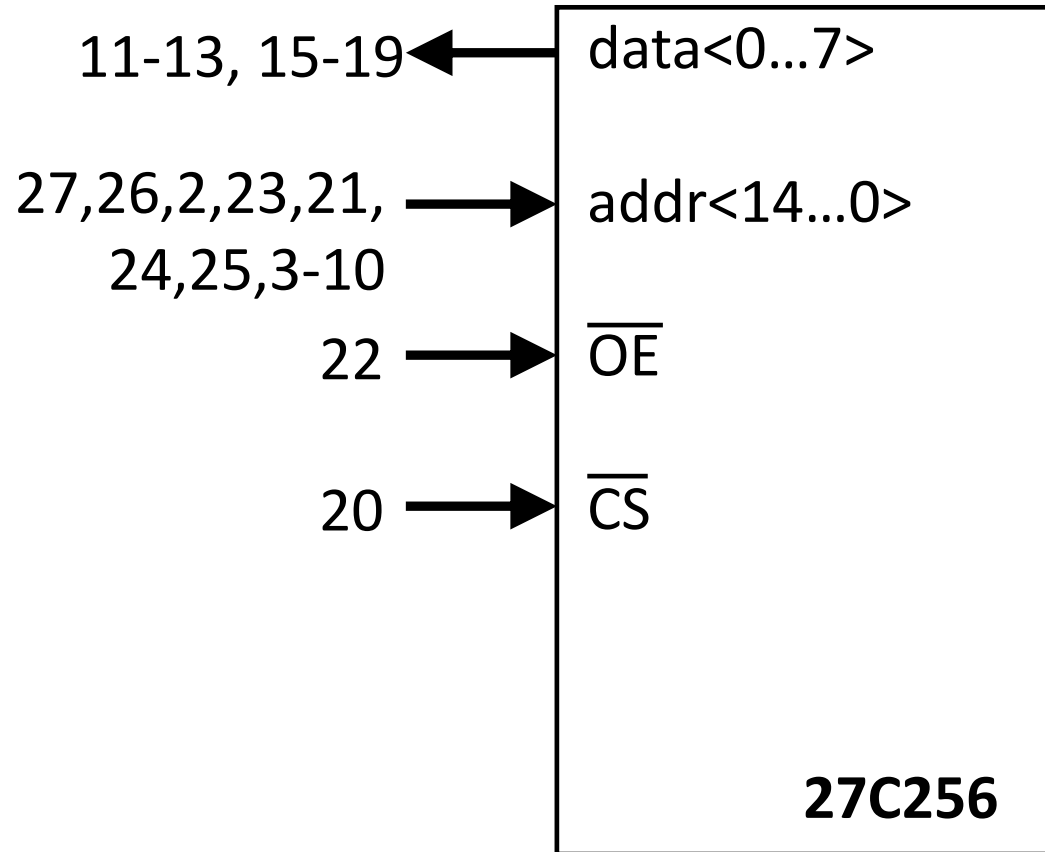


Quelle: Embedded System Design, Frank Vahid und Tony Givargis



# Beispiel für einen ROM-Baustein

## 27C256

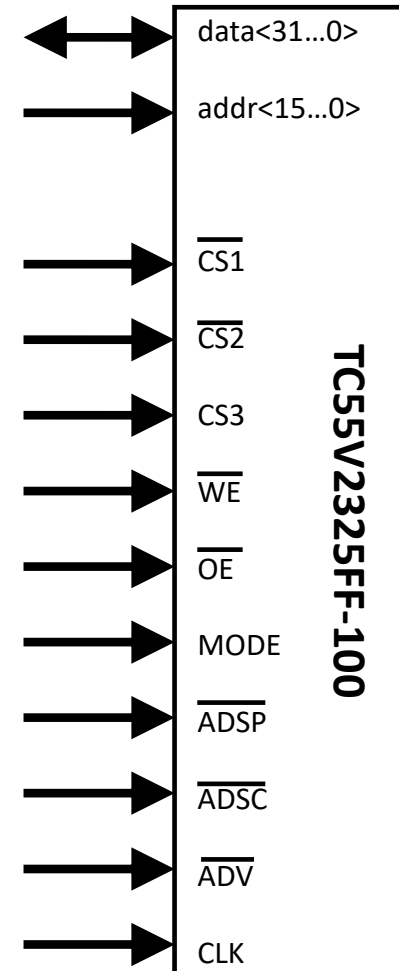
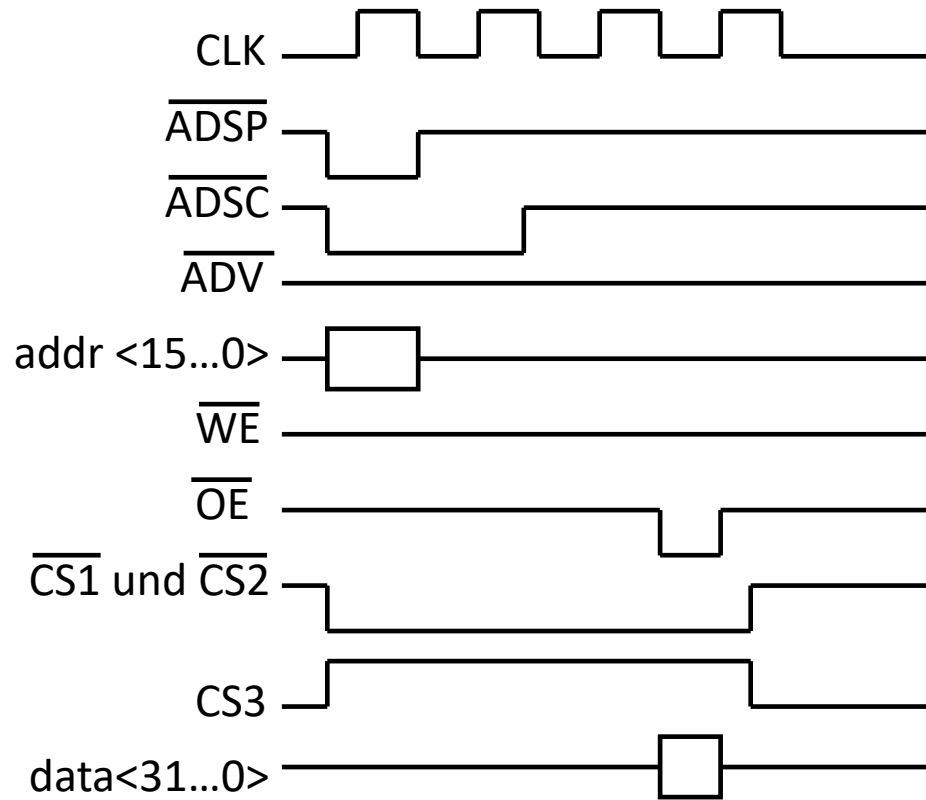


Quelle: Embedded System Design, Frank Vahid und Tony Givargis

# Beispiel für einen RAM-Baustein

## TC55V2325FF

Eine einzelne Leseoperation



Quelle: Embedded System Design, Frank Vahid und Tony Givargis