

# Speicherarten eines Mikrokontrollers

Simon Hermann

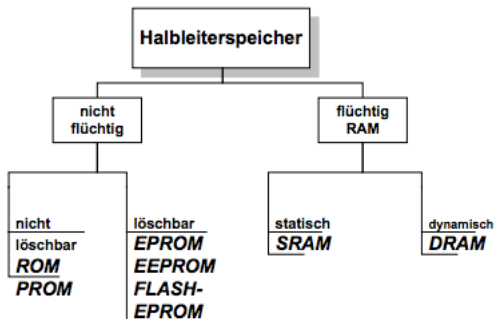
4. Juni 2015

# Speicherarten eines Mikrokontrollers

## Gliederung

- ▶ Klassifizierung von Halbleiterspeichern
- ▶ EEPROM
  1. Aufbau
  2. Read/Write Prozess
  3. Arten der Ansteuerung
  4. Anwendungsbereiche
- ▶ SRAM
  1. Aufbau
  2. Read/Write Prozess
  3. Eigenschaften
  4. Anwendungsbereiche
- ▶ Verwendung im Mikrokontroller
- ▶ Quellen

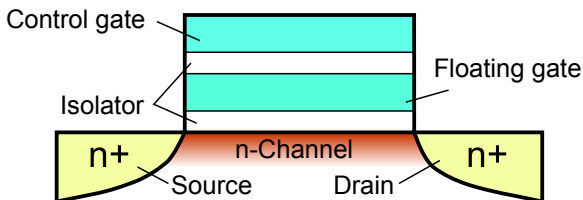
# Klassifizierung von Halbleiterspeichern



# EEPROM

## Aufbau

- ▶ Speicherung eines Bit in Feldeffekttransistor (FET) mit Steueranschluss (Floating-Gate)
- ▶ Spannung am Control-Gate verringert Sperrschicht, bis es zur Leitung kommt
- ▶ ist Floating-Gate programmiert (mit Elektronen gefüllt) schirmt dieses Potential des Control-Gates ab -> es kommt erst bei höheren Spannungen zur Leitung



# EEPROM

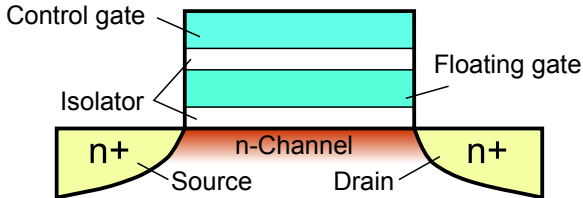
## Read/Write Prozess

### ► Write:

1. am Control-Gate wird +18V Spannung angelegt
2. Elektronen besitzen Wahrscheinlichkeit vom Control-Gate ins Floating-Gate zu tunneln
3. nach Abschalten der Programmierspannung können Elektronen nicht aus Floating-Gate entweichen

### ► Read:

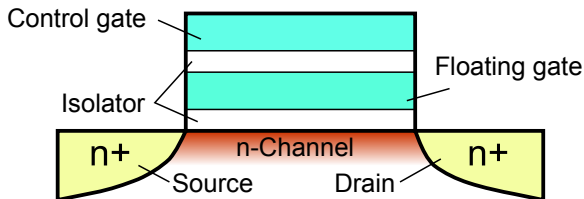
1. am Control-Gate wird +5V angelegt
2. nicht-programmierte Transistoren: werden leitend
3. programmierte Transistoren: Elektronen im Floating-Gate schirmen Feld des Control-Gate ab -> leiten nicht



# EEPROM

## Read/Write Prozess

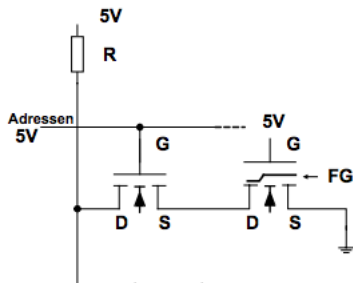
- ▶ Erase:
  1. an Source wird +10V angelegt
  2. Elektronen besitzen Wahrscheinlichkeit aus Floating-Gate ins Control-Gate zu tunneln
- ▶ Jeder Tunnelvorgang erzeugt Schäden im Isolator -> begrenzte Schreibzyklen (1.000 - 10.000)



# EEPROM

## Ansteuerung

1. klassischer EEPROM: Ansteuerung in einer FET-Matrix
  1. jeder einzelne Bit kann für jede Operation einzeln angesteuert werden
  2. jeder Bit benötigt vorgeschalteten Schalttransistor



# EEPROM

## Flash-EEPROM

- ▶ Programmierung mit Hot-electron-injection (geringere Spannung)
- ▶ Bits können nur Blockweise gelöscht werden -> kurze Löschzeiten pro Bit
- ▶ höhere Speicherdichte durch wegfallenden Schalttransistor
- ▶ Fehlerhafte Bits werden protokolliert und durch reservierte Schutzbits ersetzt/nicht mehr genutzt
- ▶ durch Wear-Leveling-Algorithmen wird Speicher gleichmäßig genutzt
- ▶ 10.000 - 1 Mio Schreibzyklen

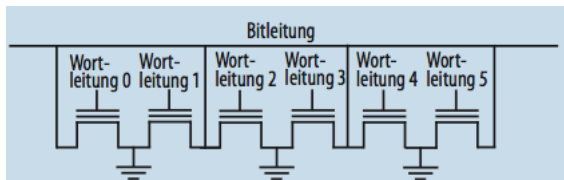


# EEPROM

## Flash-EEPROM

### 2.1. Flash-EEPROM (NOR-Schaltung)

1. jede Zelle lässt sich einzeln über Wort- und Bitleitung lesen und programmieren

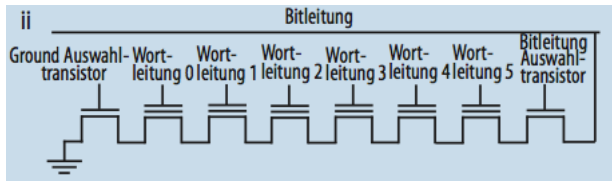


# EEPROM

## Flash-EEPROM

### 2.2. Flash-EEPROM (NAND-Schaltung)

1. Bits sind in Bitleitung in Reihe geschaltet
2. zum Lesen und Programmieren müssen alle Zellen durchgeschaltet sein
3. auf Grund von wegfallenden Bitleitungen 40% weniger Platzverbrauch als NOR-Schaltung



# EEPROM

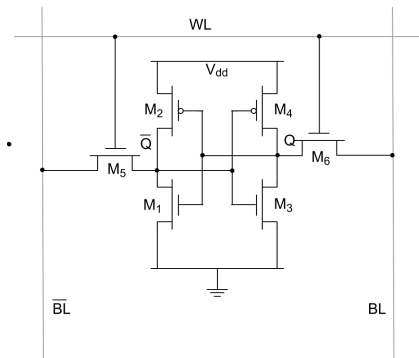
## Anwendungsbereiche

- ▶ klass. EEPROM: Nutzung für kleine Datenmengen, welche selten verändert werden (Konfigurationsdaten)
- ▶ NOR-Flash: Speicherung von Bootcode und Firmware eines Computersystem
- ▶ NAND-Flash: Speicherung von großen Datenmengen (USB-Stick, SD-Karten etc.)

# SRAM

## Aufbau

- ▶ Speicherung eines Bits mit Hilfe einer Flip-Flop-Schaltung
- ▶ 4 Transistoren bilden gegeneinander verschaltete Inverter (*Bit /  $\overline{\text{Bit}}$* )
- ▶ 2 Transistoren dienen zur Auswahl von Zeile und Spalte

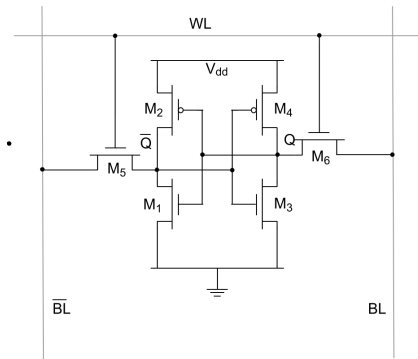


# SRAM

## Read/Write Prozess

### 1. Read:

1.  $BL$  und  $\overline{BL}$  werden auf halbe Betriebsspannung geladen
2. Wordline wird geschaltet
3. Zustände von  $Q$  und  $\overline{Q}$  übertragen sich auf  $BL$  bzw.  $\overline{BL}$

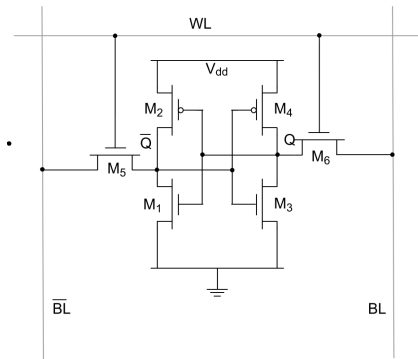


# SRAM

## Read/Write Prozess

### 2. Write

1. Daten werden auf  $BL$  und  $\overline{BL}$  geladen
2. Wordline wird geschaltet
3.  $BL$  und  $\overline{BL}$  überschreiben  $Q$  und  $\overline{Q}$



# SRAM

## Eigenschaften

- ▶ schneller Datenzugriff (synchron oder asynchron)
- ▶ beliebig viele Lese- und Schreibzyklen
- ▶ im statischen Zustand geringer Leistungsbedarf  
-> kann mit Lithiumbatterie zum quasi Non-Volatile-Speicher umfunktioniert werden
- ▶ geringe Speicherzellendichte
- ▶ im Vergleich zum DRAM deutlich teurer

# SRAM

## Anwendungsbereich

- ▶ als Cache in Prozessoren
- ▶ zur Speicherung von BIOS-Einstellungen (NVRAM)
- ▶ als RAM im Mikrokontroller



# Verwendung im Mikrokontroller

- ▶ Flash-Rom (32 KB): Speicherung des Programmcodes, sowie von Daten
- ▶ EEPROM (1 KB): Speicherung von Einstellungen
- ▶ SRAM (2KB): Speicherort für Stack und Variablen

# Quellen

- ▶ [http://www.hs-augsburg.de/~bayer/Vorlesungen/mct\\_download/3SpeicherSS2002.pdf](http://www.hs-augsburg.de/~bayer/Vorlesungen/mct_download/3SpeicherSS2002.pdf)
- ▶ Physik Journal 8 (2009) Nr.4, "SSpeichern ohne Fluchtgefahr"
- ▶ <http://de.wikipedia.org/wiki/Flash-Speicher>
- ▶ [http://de.wikipedia.org/wiki/Electrically\\_Erasable\\_Programmable\\_Read-Only\\_Memory](http://de.wikipedia.org/wiki/Electrically_Erasable_Programmable_Read-Only_Memory)
- ▶ [http://de.wikipedia.org/wiki/Static\\_random-access\\_memory](http://de.wikipedia.org/wiki/Static_random-access_memory)