



# **Solid State Drive SSD (Festkörperlaufwerk)**

von Axel Ristow  
18. Mai 2009

# Gliederung

---

1. Was ist ein Solid State Drive?
2. Aufbau und Funktionsweise
3. Leistungsvergleich
4. Ausblick
5. Quellen

# Kurzeinführung SSD

---

Ein Speichermedium, das im Gegensatz zu herkömmlichen Festplatten (HDDs) keine rotierenden Scheiben oder andere bewegliche Teile enthält, da nur Halbleiterspeicherbausteine verwendet werden.

Die ersten SSDs kam 1995 auf den Markt, ab 2006/2007 begann die Massenfertigung. Teilweise ist heute schon die 5. Generation auf dem Markt.

# Vor-/ und Nachteile einer SSD

---

## Vorteile:

- Extreme Performance
- Lautlos
- Geringer Stromverbrauch
- Geringes Gewicht
- Kaum Abwärme
- Schockresistent
- Hohe Temperaturtoleranz

## Nachteile:

- Geringe Kapazitäten
- Sehr teuer
- Begrenzte Schreibzyklen
- Performanceverlust bei vollen SSDs

# Einsatzgebiete (aktuell)

---

- Mobile Geräte (Notebooks)
- Eingebettete Systeme (Black Box in Flugzeugen)
- Elektronikfeindliche Umgebungen (Raumfahrt)

# Aufbau einer SSD

---

- Am Beispiel der Intel X25-E, 64 GB  
(SLC-NAND, ONFI 1.0, 50 nm, NCQ)

## Komponenten:

- SATA Rev. 2.x Interface
- 20 Flash Chips
- 16 MB DRAM-Cache
- Flash-Controller
- 10 Memory Channels

# NAND Flash Speicher

---

<http://onfi.org/>

Eine im Mai 2006 gegründete Arbeitsgruppe aus über 80 Firmen, die NAND Flash Speicher designen und/oder herstellen.

**Ziel:** Ein einheitlicher Standard für NAND Flash

ONFI<sup>®</sup> 2.1 Spezifikation, 14. Januar 2009

Besonderheiten:

- 166 und 200 MB/s
- Erweiterte ECC Informationen
- Verbesserte Energieoptionen
- Neue Befehlssätze

# LGA-52 Layout

---

Land Grid Array (Flächengitteranordnung):

- 52 Kontakte auf der Chipunterseite
- LGA-52 mit 8 oder 16 Bit:
  - Async



# BGA-100/63 Layout

---

Ball Grid Array (Kugelgitteranordnung):

- 100 oder 63 Kontakte auf der Chipunterseite
- BGA 63 mit 8 oder 16 Bit:
  - Async und Ssync
- BGA 100 mit 8 Bit:
  - Async und Ssync

# TSOP-48 Layout

---

Thin small-outline package (dünne schmale Grundriss Bauform):

- 48 Kontakte (24 Pins pro Flanke)
- physikalische Dimensionen nach JEDEC Norm
- TSOP-48 mit 8 Bit:
  - Async und Ssync
- TSOP-48 mit 16 Bit:
  - Async

# TSOP-48 Signalbeschreibung

- Am Beispiel eines 8-Bit TSOP-NAND-Flashs

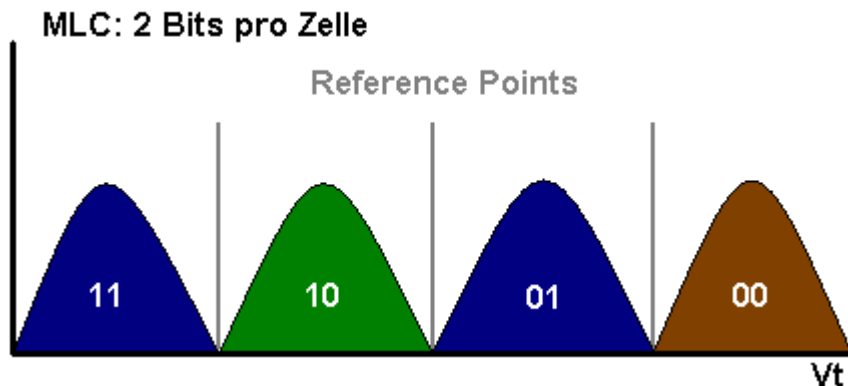
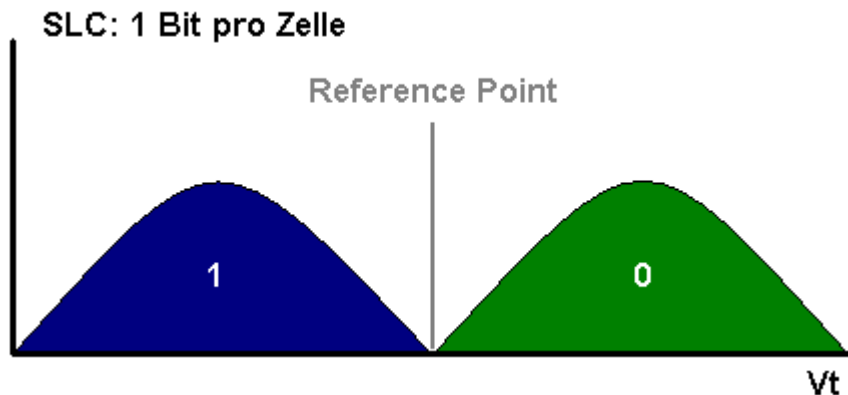
Signalbeschreibung mit Pinbelegung (Auswahl)				
Typ	Pin	Signalname	Ein-/ Ausgabe	Beschreibung
Async	8	RE#	E	<b>Read Enable:</b> Aktiviert serielle Datenausgabe
Ssync	8	W/R#	E	<b>Write/Read Direction:</b> Zeigt an, wer gerade auf die E/A Ports und das DQS Signal zugreift
	12, 37	Vcc	E	<b>Power:</b> Stromversorgung
	13, 36	Vss	E	<b>Ground:</b> Masse
Async	18	WE#	E	<b>Write Enable:</b> Kontrolliert Dateneingabe (per steigender Taktflanke)
Ssync	18	CLK	E	<b>Clock:</b> Taktsignal
	29-32, 41-44	IO0 - IO7, DQ0 - DQ7	E/A	<b>I/O Ports:</b> 8-Bit breiter Port für Adressen, Befehle und Daten ('IO0-7' bei Async, 'DQ0-7' bei Ssync)
Async	35	VSP2	-	<b>Vendor Specific:</b> Reserviert für Hersteller
Ssync	35	DQS	E/A	<b>Data Strobe:</b> Fehlerprüfung? (data valid window)
		R	-	<b>Reserved:</b> Reserviert (z.B. Pinbereich 25-48 für 16-Bit)

# Funktionsweise von Flash in SSDs

---

- NAND-Flash-Speicherzellen in serieller Anordnung, bestehend aus einem MOSFET mit Floating-Gate (deshalb nicht flüchtig)
- Die Speicherzellen werden in Gruppen (*Pages*) zusammengefasst, z.B. 2048 Byte
- Die Pages werden in Blöcken (*Erasable Block*) zusammengefasst, z.B. 512 KByte
- Pages können nur 1x beschrieben werden, zum erneuten Schreiben muss erst der komplette Erasable Block gelöscht werden

# SLC und MLC Technik



Single-Level-Cell:  
2 Spannungsniveaus

Multi-Level-Cell:  
4 Spannungsniveaus

SLC ist zu MLC:

- Bis zu 10x haltbarer
- Bis zu 3x schneller schreibend
- Vergleichbar schnell lesend
- Min. halb so kompakt
- Ca. 3x so teuer (€/GB)

=> SSDs mit SLC Technik sind teurer aber leistungsstärker

# Besonderheiten einer SSD

---

- Wear leveling: Controller verteilt Schreibzugriffe gleichmäßig über alle Pages, unbeeinflusst vom OS  
=> Erhöht die Schreibzyklen bei SSDs je nach Verfahren um den Faktor 25 bis 100
- Dateisystem für Windows: NTFS
- Dateisystem für Linux: Ext3, Ext4 (Nilfs2, Btrfs)  
=> Journaling verursacht nur 4-12 Prozent an Mehrdaten

# Besonderheiten einer SSD

---

- Defragmentierung: Unnötig bzw. nutzlos  
(kurze Zugriffszeiten, wear leveling)
- Dateiindexierung und Prefetching: Deaktivieren  
(kurze Zugriffszeiten, Verringerung der Schreibzugriffe (MLC))
- Auslagerungsdatei / Swap-Space: Bei genug RAM deaktivieren  
(Verringerung der Schreibzugriffe (MLC))
- Sicheres Löschen: Nur durch komplettes Beschreiben  
(wear leveling)

# SSDs und HDDs im Vergleich

	Intel X25-E (SLC)	Intel X25-M (MLC)	Samsung SpinPoint M6 (Notebook-HDD)	WD VelociRaptor (Desktop-HDD)
Kapazität	64 GB	160 GB	500 GB	300 GB
Preis	ab 700.- €	ab 590.- €	ab 80.- €	ab 220.- €
Preis/GB	11.- €/GB	3,60 €/GB	0,16 €/GB	0,74 €/GB
Max. Leserate	250 MB/s	250 MB/s	58 MB/s	125 MB/s
Max. Schreibrate	170 MB/s	70 MB/s	58 MB/s	124 MB/s
Zugriffszeit	0,08 ms	0,10 ms	14,8 ms	4,2 ms
IOPS (gemittelt)	5000	1500	< 100	200 - 320
Schreibzyklen	ca. 100.000	ca. 10.000	beliebig	beliebig
MTBF	2 Mio h	1,2 Mio h	< 0,6 Mio h	1,4 Mio h

- IOPS: Input/Output operations Per Second
- MTBF: Mean Time Between Failures (mittlere Betriebsdauer)



# Ausblick I – Der Flash Erbe?

---

PCRAM bzw. PRAM (Phase-Change Random Access Memory)

- Nicht flüchtiger Speicher
- Bis zu 30x schneller (insbesondere beim Schreibvorgang)
- Verzehnfachung der max. Schreibzyklen

# Ausblick II – Allgemein

---

- 512 GB SSDs für 2009 angekündigt
- Mittelfristig starker Einsatz in mobilen Geräten
- Verstärkter Einsatz in Desktop-/ und Serverumgebungen (High-Performance-Umgebungen)
- HDDs werden weiterhin in Mass-Storage-Umgebungen dominieren

# Quellen

---

- [http://de.wikipedia.org/wiki/Solid\\_State\\_Drive](http://de.wikipedia.org/wiki/Solid_State_Drive)
- <http://onfi.org/>
- <http://www.intel.com/design/flash/nand/ssd-info-center.htm>
- [http://www.sandisk.de/OEM/ProductCatalog\(1267\)-SanDisk\\_SSD\\_Solid\\_State\\_Drive.aspx](http://www.sandisk.de/OEM/ProductCatalog(1267)-SanDisk_SSD_Solid_State_Drive.aspx)
- <http://www.chip.de/>
- <http://www.tomshardware.com/de/>
- <http://www.heise.de/ct/>
- [http://www.computerwoche.de/knowledge\\_center/notebook\\_pc/1866333/](http://www.computerwoche.de/knowledge_center/notebook_pc/1866333/)
- <http://www.searchstorage.de/themenbereiche/storage-hardware/halbleiterspeicher/>