

# Seminar Datenspeichermedien “(RAM)-SSD Speicher”

Özgür Akyildiz - WS08/09 - info@sterkAspi.de

Betreuung: Olga Mordvinova, Julian M. Kunkel

**16.12.08**

**Im Rahmen der Vorstellung des Themas (RAM)-SSD Speicher wird genauer das Themengebiet RAM Arbeitsspeicher und RAM-SSD kurz angedeutet.**

**Vor allem weise Ich darauf hin, das trotz der flüchtigen Art des RAM er eben zu einer wichtigen Art des Obergebietes Datenspeichermedien gehört.**

- **I - RAM Speicher**
  - **Einleitung**
  - **RAM Arten**
    - **flüchtiger RAM**
      - **statischer RAM (SRAM)**
      - **dynamischer RAM (DRAM)**
        - **Einführung**
        - **Bauarten**
          - **EDO-RAM**
          - **SDRAM**
          - **DDRAM**

**Der erste Teil des Seminares besteht vor allem im verfeinern des RAM Speichers.**

**Zuerst wird in Einleitung auf die Historie bzw einige wichtige Faktoren eingegangen.**

**Bei den Arten des flüchtigen RAMs wird kurz auf den SRAM eingegangen um später den dynamischen RAM zu vertiefen. Einige wichtige Vorgänger der DDR-II&III Bausteine wie z.B. EDO-RAM / SDRAM werden stärker erläutert.**

- **DDRAM**
  - **Aufbau**
    - **Speicherzelle**
    - **Speicherzeile**
    - **Adressdekodierung**
  - **Interne Abläufe**
    - **Einleitung**
    - **Lesen/Schreiben von Daten**
    - **Timingparameter**
    - **DRAM-spezifische Eigenschaften**
    - **Prefetching & Bursts**
- **nicht flüchtiges RAM**
  - **ferroelektrischer RAM**
  - **magnetischer RAM**

**Im weiteren Verlauf wird der Aufbau der diversen Aufbauten eines DDRAMs erläutert um dann die internen Abläufe nochmals durchzugehen.**

**Es wird auch auf die Timingparameter eingegangen um dann Prefetching und Bursts im Allgemeinen zu zeigen.**

**Das Ende des ersten Teils soll dann nichtflüchtige RAM Arten wie ferroelektrischen und magnetischen RAM kurz durchleuchten.**

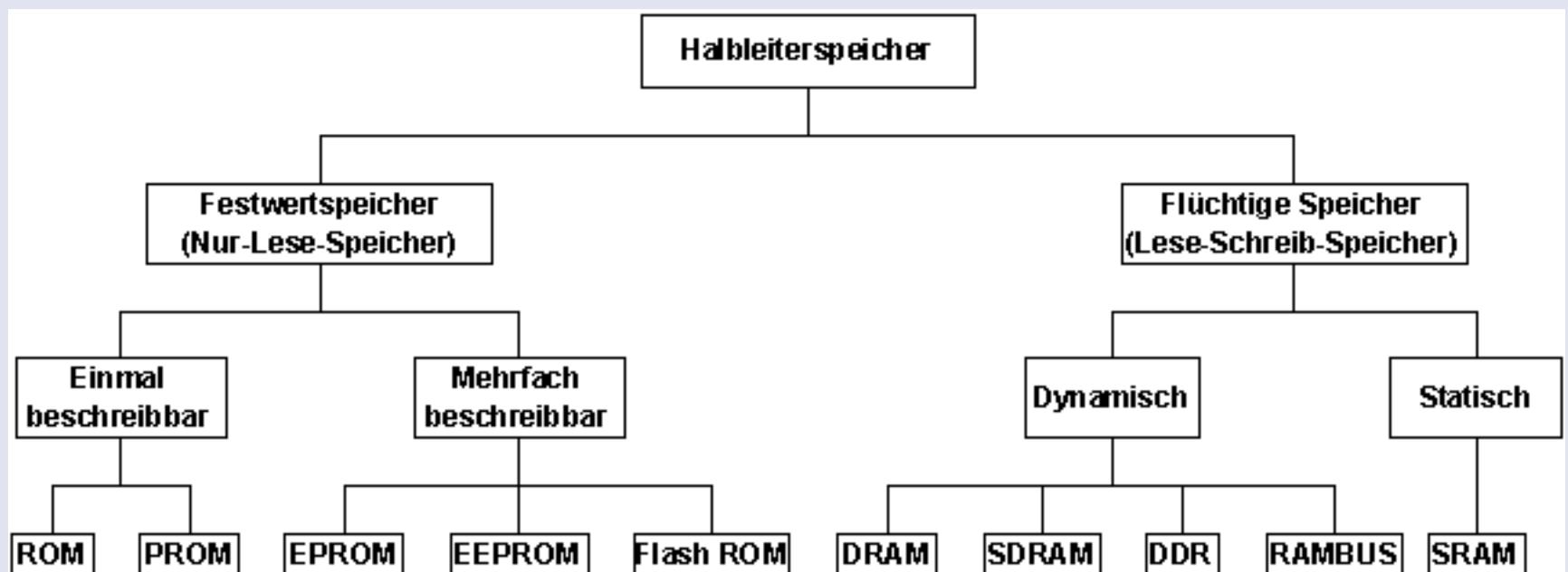
- **II - RAM SSD vs Flash SSD**
  - **SSD Speicher Einleitung**
  - **Flash basierter SSD Speicher**
    - Welche SSD-Produkte werden derzeit angeboten?
    - Vorteile/Nachteile der SSD-Technik gegenüber Festplatten ?
    - Für welche Einsatzgebiete eignen sich SSDs ? Kosten?
    - Entwicklung SSD-Technik / Reaktion HDD-Hersteller?
  - **RAM basierter SSD Speicher**
    - Einführung
    - RAM Disk - RamSan - Hyper Drive4 - Platinum HDD - Gigabyte i-RAM
    - Zusammenfassung
- **III Links & Literatur**

**Der zweite Teil des Seminars handelt vom eigentlichen Thema RAM SSD.**

**Hierzu werden die von den Kommilitonen genau behandelten Flash SSDs Ihnen gegenüber gestellt. Danach zeige ich einen Überblick über die Geschichte, um dann die wichtigsten Vertreter heute aufzuzeigen. Die Zusammenfassung gibt dann wieder, welche Fakten des Seminars hervorstechen und mündet dann in der Erwähnung der verwendeten Literatur und der benutzten Homepageseiten.**

## • Einleitung

- Random access memory (dt.: Speicher mit wahlfreiem Zugriff)
- gängigste Formen gehören zu den Halbleiterspeichern
- wird als integrierter Schaltkreis hauptsächlich in Silizium-Technologie realisiert
- jede Speicherzelle kann über Speicher Adresse direkt angesprochen werden

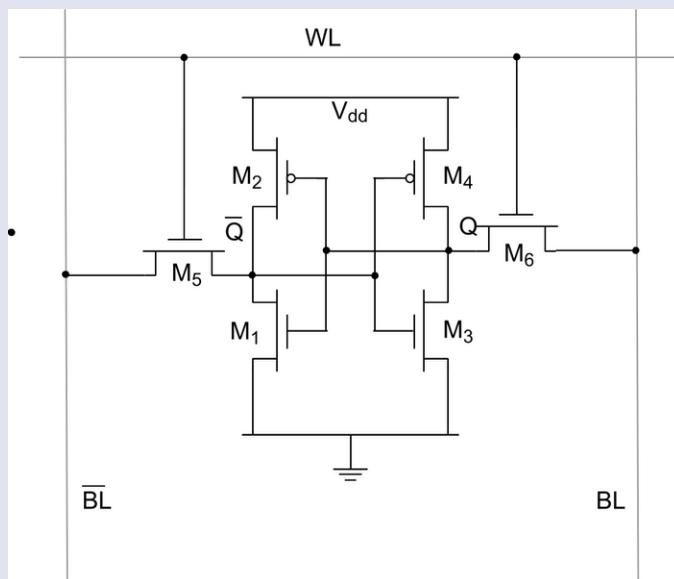


**Da die Zugriffszeit für alle Speicherzellen beim Lesen/Schreiben etwa gleich lang ist, bezeichnet man RAMs als Speicher mit wahlfreiem Zugriff (daher “random access memory”). Die Bezeichnung des Speichertyps als „wahlfrei“ bedeutet dass jede Speicherzelle über ihre Speicheradresse direkt angesprochen werden kann, der Speicher also nicht sequentiell oder in Blöcken (wie FLASH) ausgelesen werden muss (bei großen Speicherbausteinen erfolgt die Adressierung jedoch nicht über die einzelnen Zellen, sondern über ein Wort, dessen Breite von der Speicherarchitektur abhängt).**

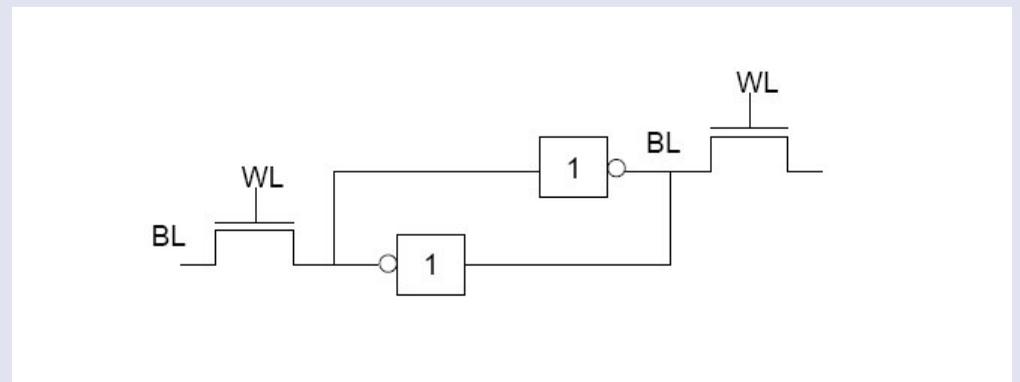
- **Arten von RAMs**

- **flüchtiger RAM**

- **SRAM** - statischer RAM
- Einsatz des elektronischen Speicherbausteins als Cache in PCs
- Verlust der gespeicherten Informationen bei Abschaltung
- Speicherung der Zustandsänderung in bistabilen (Flips-Flops)
- extrem schnell, verhältnismässig gross, Energieverbrauch hoch
- Herstellung SRAMs als 6-Transistor-Zelle (CMOS Technologie)



- rückgekoppelte Schaltung von 2 Invertern (Flip-Flop)
- 2 Transistoren zum Schreiben/Lesen des Speicherinhalts



RAMs teilen sich in nichtflüchtige und flüchtige Speicherarten wie z.B. SRAM & DRAM auf. SRAM steht für „statisches RAM“ und bezeichnet einen elektronischen Speicherbaustein, der hauptsächlich in Computern als Cache eingesetzt wird. Sein Inhalt ist flüchtig, also werden Infos durch Zustandsänderung von bistabilen Kippstufen (Flipflops) gespeichert. Das macht die Speicherzelle zwar extrem schnell, aber auch verhältnismässig gross (über  $140 F^2$ ) und sie verbrauchen sehr viel Energie.

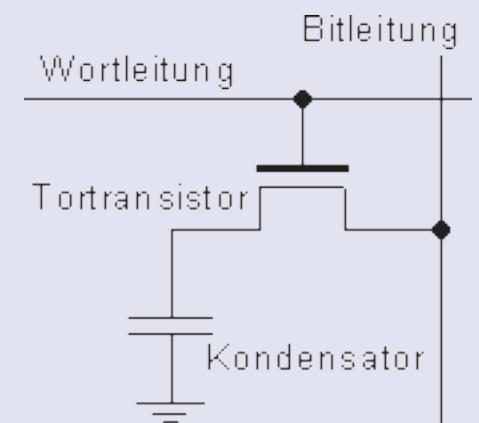
( $F^2$  = kleinstmögliche Baugröße, der verwendeten Technologie)

- **dynamisches RAM (DRAM)**

- **Einführung**

- einfachster, langsamster, billigster Speicherbaustein
- besteht aus einem Transistor und einem Kondensator (eigentliches Speicherelement)
- Bit wird durch Ladung im Kondensator gespeichert
- Transistor arbeitet als Schalter und ermöglicht lesen und schreiben
- Nachteil ist das Kondensator sich entlädt und neu aktualisiert werden muss (mehrere 1000mal/sek)
- 1970 erster kommerzieller Chip von Intel (1024 Speicherzellen (1KB))
- Erhöhung Kapazität um Faktor 1 Mill. - Zugriffszeit um 1/10 verringert

Art	Jahr der Einführung
FPM DRAM / Fast Page Mode DRAM	1987
EDO RAM / Extended Data Output RAM	1995
SDRAM / Synchronous Dynamic Random Access Memory	1997
RDRAM / Rambus Dynamic Random Access Memory	1999
DDR-SDRAM / Double Data Rate Synchronous Dynamic Random Access Memory	2000
DDR2-SDRAM	2004
DDR3-SDRAM	2007

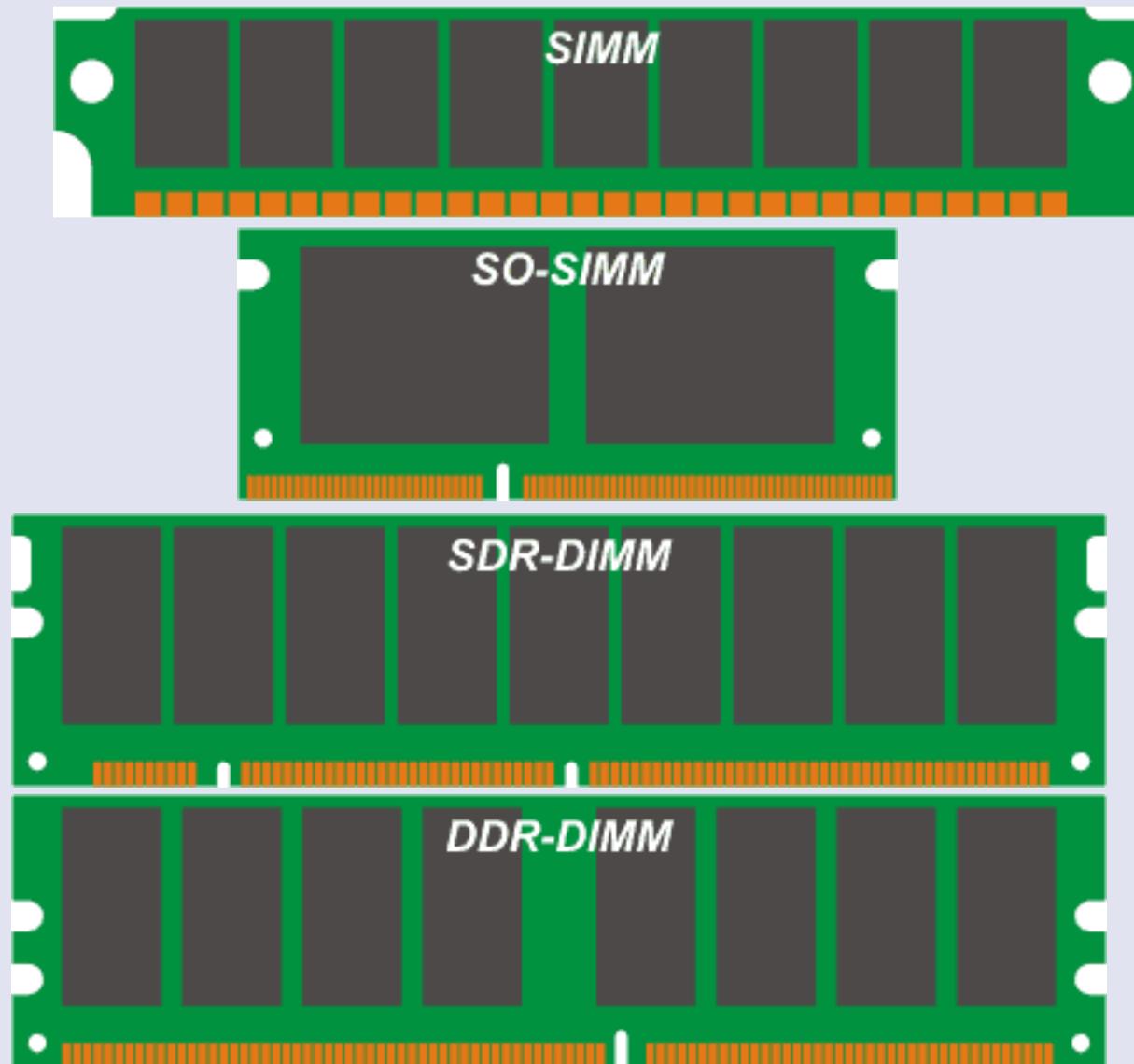


Özgür Akyildiz

**Als weitere Unterteilung gibt es den dynamischen RAM (DRAM). Im Vergleich zum SRAM ist er recht langsam und einfach aufgebaut. Er besteht aus 1 Transistor und 1 Kondensator(Speicherelement) wobei der Transistor als Schalter das Lesen&Schreiben ermöglicht. Der größte Nachteil ist, dass der Kondensator mehrere 1000mal/sek sich entlädt und neu aktualisiert werden muss.**

**Seit den 1. kommerziellen Chip von Intel (1970) wurde die Kapazität um 1 Mio. vergrößert aber die Zugriffszeit konnte nur auf ein 1/10 verringert werden.**

- **Speichermodule /Speicherriegel**



Özgür Akyildiz

**Jede Generation der diversen RAM Speicherriegel hat bestimmte Baugruppen um Komplikationen bei Verwechslung zu vermeiden (unterschiedliche Spannungen..)**

**SIMM Baugruppe: EDO-RAM**

**SO-SIMM: Notebookspeicher, Druckerspeicherweiterungen**

**SDR-DIMM: SDRAM**

**DDR-DIMM: DDRAM I,II,II**

- **Bauarten**

- **EDO-RAM (Extended Data Output RAM)**

- löste etwa 1996 als Weiterentwicklung den Fast Page Mode RAM ab
- Überschneidung des Lese Schreibe Zyklus da Treiber nicht gelöscht wird
- Speichercontroller in der Lage während Auslesens Daten zu schreiben
- 11 ganze Systemzyklen nötig für Speichertransfer (da Timing von 5-2-2-2)



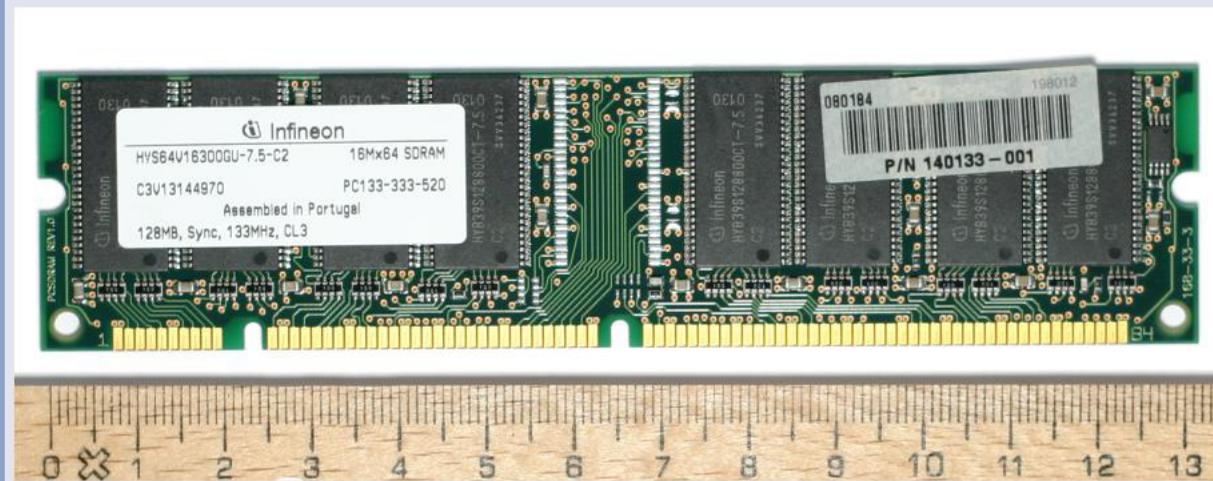
Özgür Akyildiz

## Erklärung: “Treiber wird nicht gelöscht”

Das bedeutet das früher ein “Treiber” initialisiert wurde, um zu Lesen/Schreiben - danach wurde dieser einfach gelöscht um dann erneut initialisiert zu werden für einen erneuten Vorgang und man konnte nicht mehr drauf zugreifen. Beim Wechsel von Fast Page Mode RAM zu EDO-RAM wurde dies geändert um dann eine große Zeitersparnis zu erhalten.

(Treiber bleibt initialisiert und wird nicht gelöscht..)

- **(SDR-SDRAM) Single Data Rate Synchronous Dynamic RAM**
  - deutliche Leistungssteigerung gegenüber EDO-RAM
  - anfängliche Latenzzeiten dieselben aber Zykluszeit viel kürzer
  - Takt durch Systembus vorgegeben - notwendige Kommunikation entfällt
  - Taktung über Wertveränderungen in Registern (Taktflanken)
  - Timing von 5-1-1-1, Lesevorgang in 8 Zyklen abgeschlossen
  - verbreitete Typen (Zugriffszeit):
    - > PC-66 (10-12ns), PC-100 (8ns), PC133 (7-7,5ns)

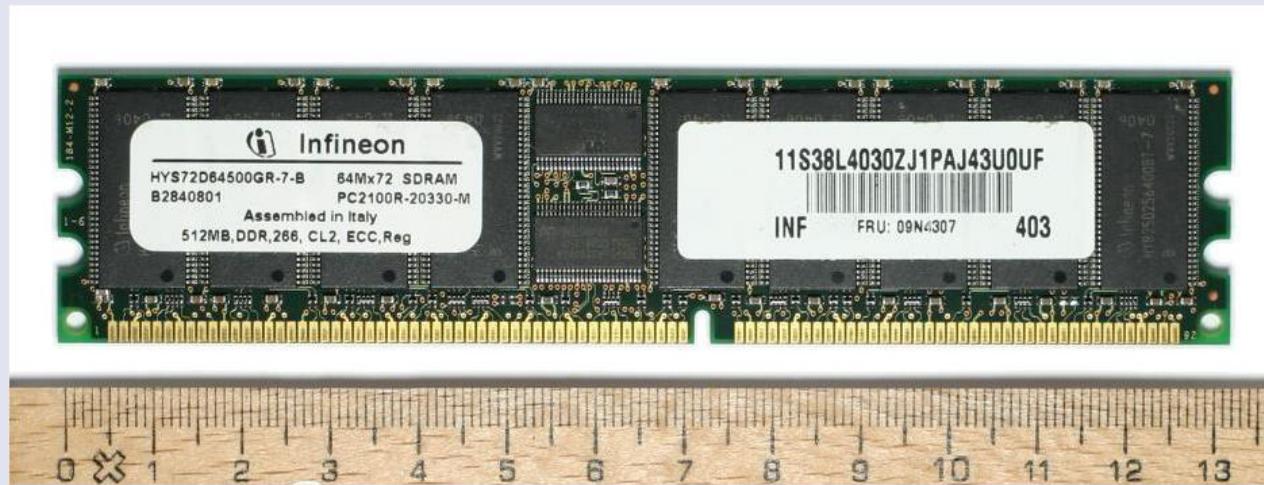


Özgür Akyildiz

**Der SDR-SDRAM ist deutlich schneller als der EDO-RAM da vor allem die Zykluszeiten viel kürzer sind und durch Taktung mit dem Systembus fällt die notwendige Kommunikation weg. Die Taktung erfolgt über Wertveränderungen in Registern in dem bei steigenden/fallenden Taktflanken Informationen übertragen werden.**

**Verbreitete Typen waren jeweils die PC-66,PC100,PC133 genannten Typen die eben jeweils mit 66 Mhz,100Mhz und 133Mhz im Systembus getaktet waren.**

- **DDR-SDRAM („Double Data Rate Synchronous Dynamic Random Access Memory“)**
  - erste Speicherchips Ende 1999 - Durchbruch Anfang 2002
  - ungefähr doppelt so schnelle Übertragung der Daten
  - 2 malige Datenübertragung - bei fallender & steigender Flanke des Taktsignals
  - Beschleunigung nur wenn Anzahl angeforderter Daten (=“Burst-Length“) mindestens gleich gross wie doppelte Busbreite
  - Weitergabe Adress- und Steuersignale im Gegensatz zu Datensignalen nur mit einer Taktflanke

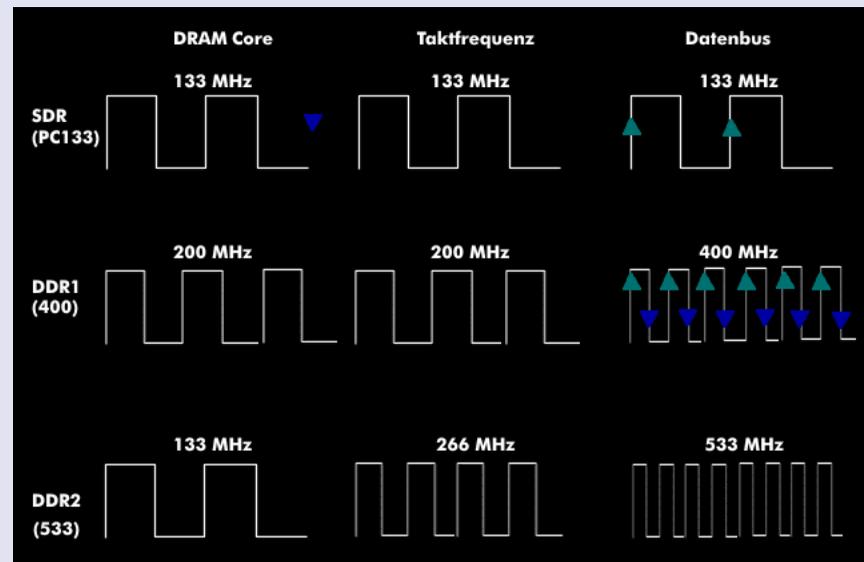


Özgür Akyildiz

**DDR-SDRAM ist fast doppelt so schnell wie SDR-SDRAM und erste Speicherchips waren bereits 1999 auf dem Markt wobei die Speicherriegel erst Anfang 2002 ihren Durchbruch hatten. Trotz des Namens Double Data Rate sind die Riegel nicht ganz doppelt so schnell wie DDR I, da Adress- und Steuersignale zwar mit fallender/steigende Taktflanke weitergeleitet werden aber Daten nur bei 1 Taktflanke weitergegeben werden. Diese Technik wird heute noch unter wenigen Optimierungen (DDR II, DDRII) immer noch verwendet.**

- **DDR-RAM II & III**

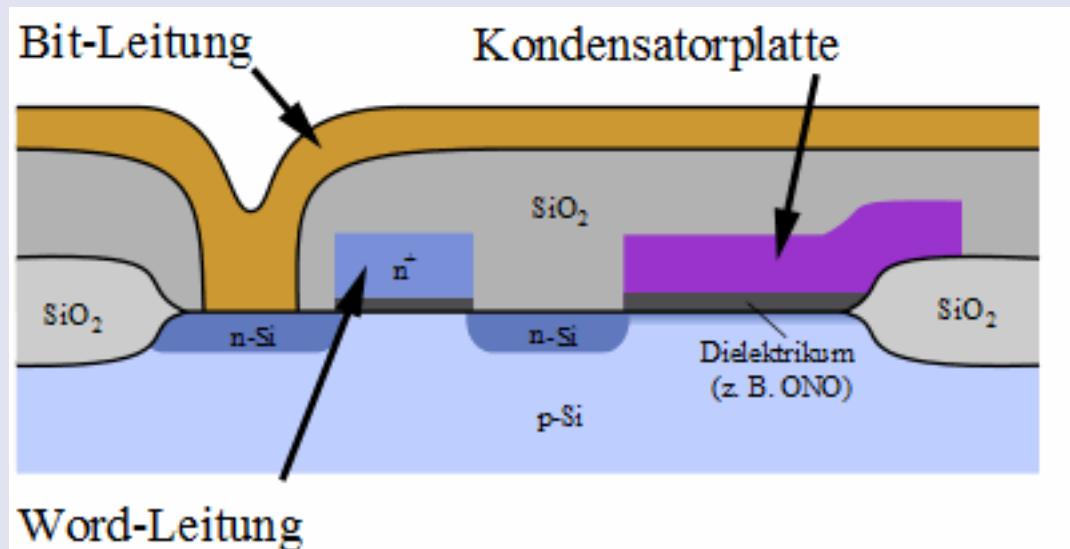
- Anwendung eines 4-fach Prefetch anstatt 2-fach Prefetch
- Prefetching (Laden von Speicherinhalten bevor Bedarf wirklich nötig)
- I/O Puffer taktet mit doppelter Frequenz der Speicherchips
- z.B. bei Read Kommando werden 4 aufeinanderfolgende Adressen gelesen
- Verringerung der Signal- und Versorgungsspannung auf 1,8 Volt (DDR I = 2,5V)
- bei DDR-SDRAM III wird mit einem 8fach Prefetch gearbeitet



**Bei DDR II wird statt einem 2fach Prefetch ein 4 fach Prefetch benutzt. Wobei Prefetching bedeutet, das Speicherinhalte bevor der Bedarf wirklich nötig ist vorgeladen werden. Darüberhinaus taktet der Eingangs/Ausgangs Puffer mit doppelter Frequenz.**

**Vor allem wurde die Signal-/Versorgungsspannung von 2,5V (DDR I) auf 1,8V gesenkt wobei dann auch wieder höhere Taktfrequenzen möglich waren. Wie man im Schaubild sieht, sinkt die Kernfrequenz aber die Taktfrequenz steigt - vor allem durch den höheren Datenbus wird ein höherer Datendurchsatz erzielt.**

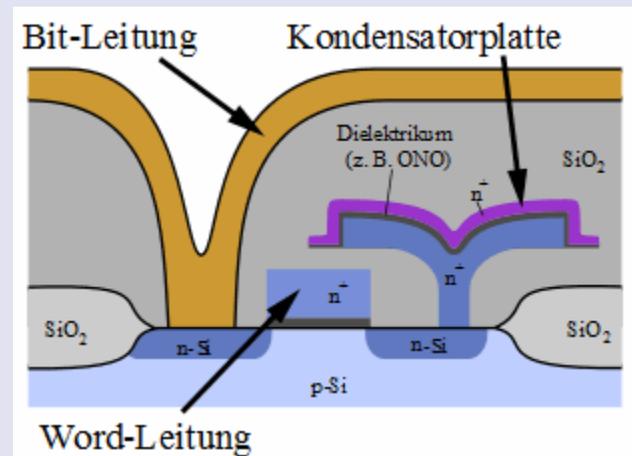
- **Aufbau**
  - **Speicherzelle**
    - DRAM Speicherzelle besteht aus 1 Kondensator & 1 Transistor
    - Information als elektrische Ladung im Kondensator
    - jede Speicherzelle speichert ein Bit
    - früher meist Kondensatoren in Planartechnologie



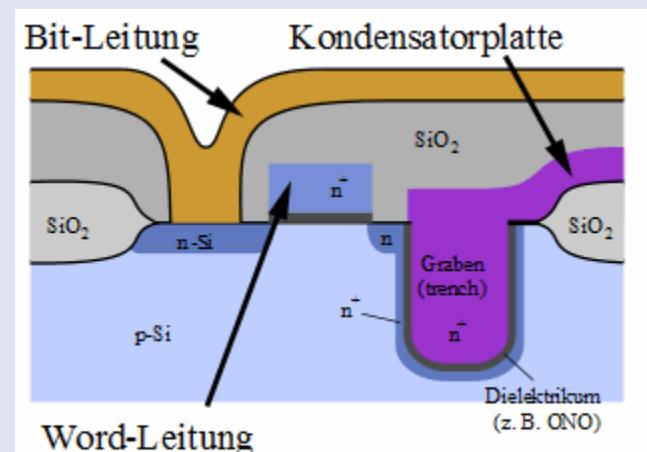
**Eine DRAM Speicherzelle besteht wie vorher erwähnt aus 1 Kondensator und 1 Transistor. Die Information wird dabei als elektrische Ladung im Kondensator gespeichert.**

**Jede einzelne Speicherzelle speichert ein Bit ab  
Die Kondensatoren haben verschieden Bauformen wobei früher die Planatechnologie verwendet wurde - siehe Schaubild**

- Stapel-Technologie (stack): Kondensator über Transistor aufgebaut



- Graben-Technologie (trench): Kondensator durch Ätzen im Substrat erzeugt

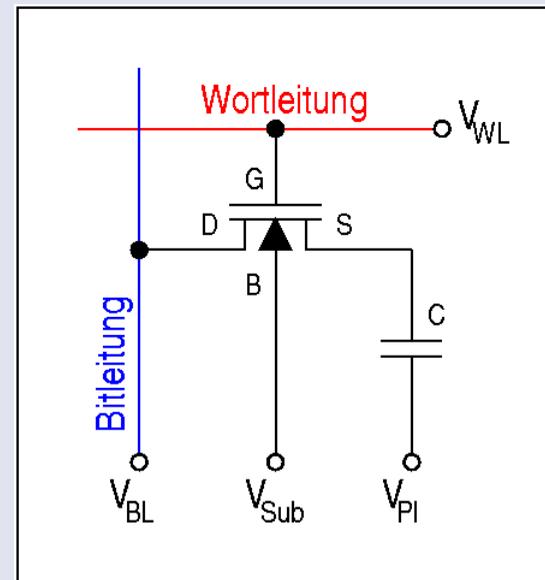


**Weitere Technologien wären die Stapeltechnologie, wo der Kondensator über dem Transistor aufgebaut wird (stack)**

**In der Grabentechnologie wird der Kondensator durch Ätzen im Substrat erzeugt (trench)**

## • Prinzipieller Aufbau einer Speicherzelle

- Anschluss auf Bit-Leitungsspannung  $V_{BL}$  aufgeladen oder entladen auf 0V
- unterer Anschluss aller Kondensatoren an Spannungsquelle angeschlossen
- Transistor dient als Schalter zum Lesen und Schreiben der Infos aus der Zelle
- dazu Wordleitung an Gate-Anschluss positive Spannung  $V_{WL}$  angelegt
- daraus folgt leitende Verbindung zwischen Source und Drain Gebiete
- Verbindung des Zellkondensators mit der Bit Leitung
- geringe Chipfläche (6-8  $F^2$ )

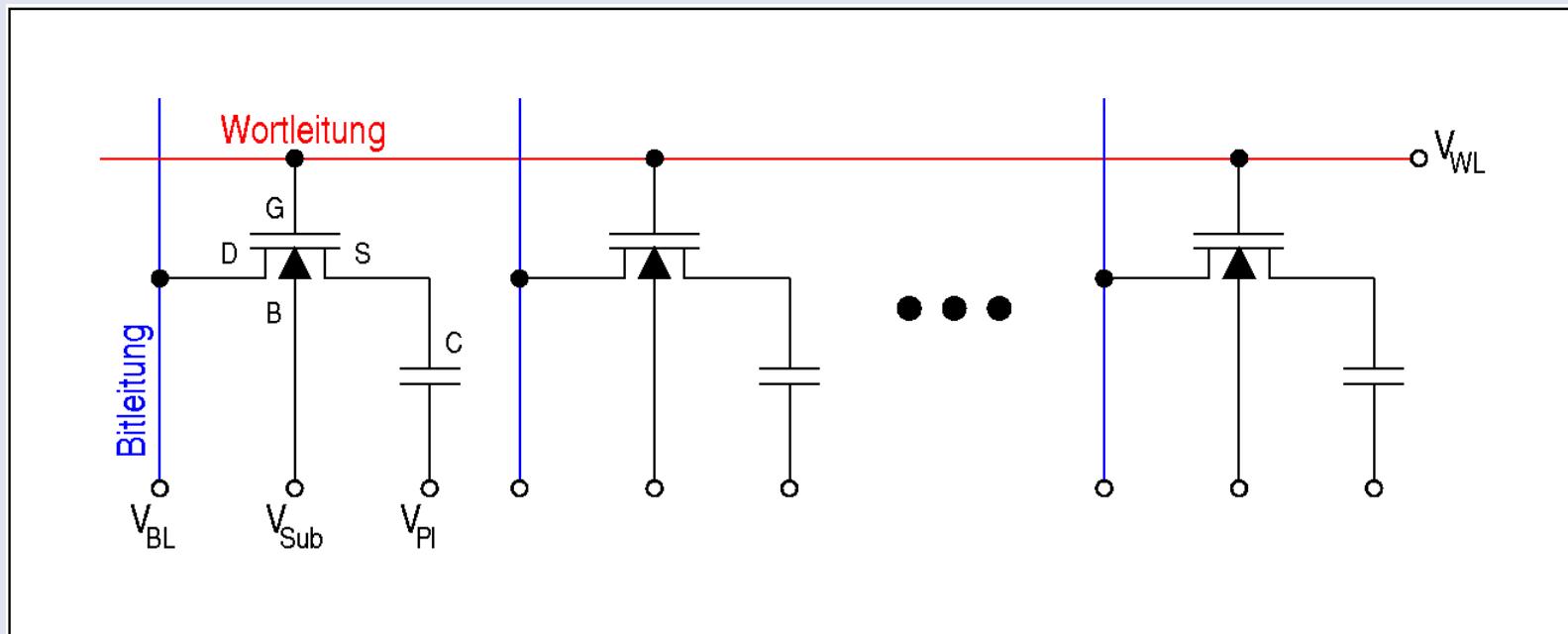


**Im Gegensatz zum SRAM (140  $F^2$ ) ist die Chipfläche geringer (6-8  $F^2$ ).**

**Die  $V_{sub}$  Spannung liegt am Tor an um Leckströme zu verringern.**

**Falls am Gate positive Spannung anliegt ( $V_{WL}$ ) folgt daraus eine leitende Verbindung zwischen den Source & Drain Gebieten, die wiederum eine Verbindung des Zellkondensators mit der Bitleitung ermöglicht.**

- **Aufbau einer Speicherzeile („Page“)**
  - Anschließen weiterer Speicherzellen an eine Wortleitung  
-> Speicherzeile (Page) entsteht
  - zugehörige Zellen geben bei Aktivierung einer Wortleitung (rot) ihren gespeicherten Inhalt auf Bitleitung (blau) aus
  - übliche Pagegrößen sind 1 K, 2 K, 4 K (...) Zellen (1 K = 1024).



**Durch Anschließen weiterer Speicherzellen an eine Wortleitung kann man eine Speicherzeile, eine sogenannte "Page" erzeugen.**

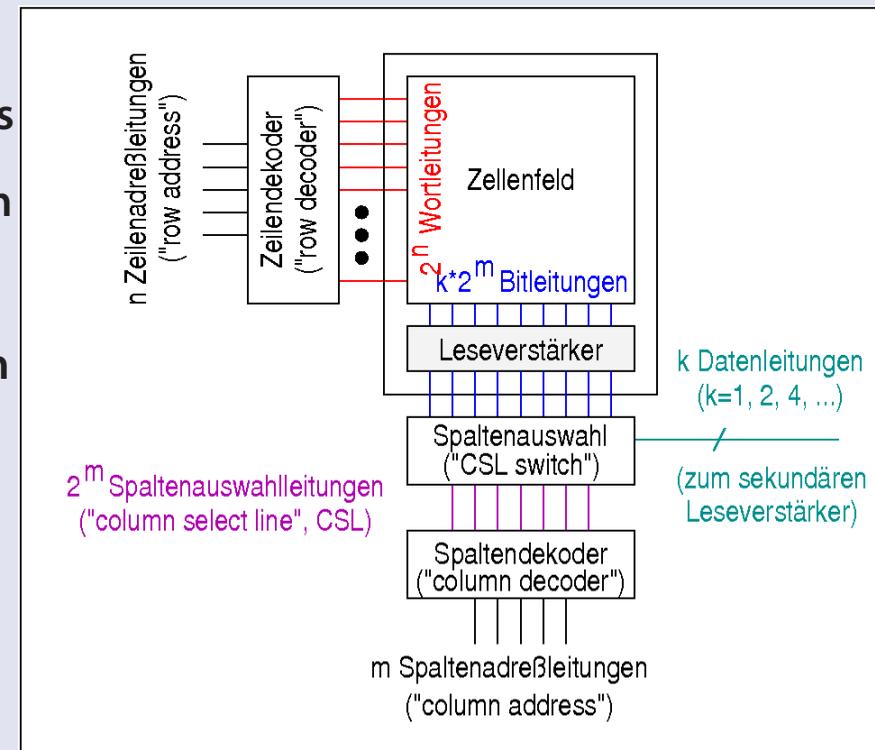
**Die zugehörigen Zellen geben bei Aktivierung einer Wortleitung (rot eingezeichnet) ihren gespeicherten Inhalt auf eine Bitleitung (blau eingezeichnet) aus.**

**Normale Größen solcher Pages sind 1K, 2K, 4K Zellen, wobei 1K nicht 1000 sondern 1024 sind.**



## • Adressdekodierung

- rechts prinzipieller Aufbau der Adressdekodierung eines einzelnen Zellenfeldes
- Zeilenadresse über  $n$  Adressleitungen dem Zeilendekoder zugeführt
- der wählt aus  $2^n$  Wortleitungen aus zur Aktivierung -> im Zellfeld aktivierte Zelle gibt Dateninhalt auf Bitleitung aus
- Verstärkung durch Leseverstärker & Speicherung in Zelle
- Dekodierung Spaltenadresse / Auswahl auszulesender Datei 2 stufiger Prozess
- 1. aus  $m$  Adressleitung der Spaltenadresse dem Spaltendekoder zugeführt
- 2. je nach Breite Speicher,  $k$  Bitleitungen aus Menge  $k \cdot 2^m$  Bitleitungen &  $k$  Datenleitungen mit “ausen” verbunden...
- Übersprechen benachbarter Zellen durch standardisierte Regel (Adressen verwürfelt) damit Reihenfolge physischer Anordnung nicht binäre Wertigkeit widerspiegelt



Özgür Akyildiz

## Übersprechen:

Zugrunde liegt ein einfacher physikalischer Vorgang: ein Adernpaar stellt einen elektrischen Schwingkreis dar (sowohl als Sender als auch als Empfänger von elektrischen Feldern).

Um das Übersprechen zwischen benachbarten Speicherzellen und ihren Zuleitungen zu begrenzen, werden die Adressen bei der Dekodierung üblicherweise verwürfelt, und zwar nach einer standardisierten Regel.

- **Interne Abläufe**

- **Einleitung**

- ***Ausgangszustand***

- im Ruhezustand ist Wortleitung auf niedrigem Potential ( $u_{WL} = 0V$ )
- da Zelltransistoren nichtleitend, Ladung in Kondensatoren gespeichert
- abgesehen von unerwünschten Leckströmen
- Spannungsversorgung Leseverstärker ( $U_{BL}$ ) abgeschaltet

- ***Aktivierung einer Speicherzeile***

- bei Aktivierung werden übergebene Bank- und Zeilenadressen ermittelt  
- in welchem Bank/Speicherblock sie sind
- Schalter “Bitleitungsvorladung” wird geöffnet, die bis dahin auf halbe Bitleitungspannung aufgeladenen Bitleitungen sind damit von jeder Spannungsquelle abgekoppelt

- Wortleitung positive Spannung angelegt -> Transistoren Zellenfeld leitend durch lange Wortleitung kann Vorgang mehrere Nanosekunden dauern (“Langsamkeit” DRAM)
- Ladungsaustausch zwischen Zellkondensator und einer an einem Leseverstärker angeschlossenen Bitleitung
- am Ende des Umladungvorgangs wird Versorgungsspannung ( $U_{BL}$ ) der Leseverstärker eingeschaltet -> Verstärkung des Spannungsunterschiedes zwischen Bitleitungen
- eine wird auf  $U_{BL}$  aufgeladen - andere entladen auf 0 V
- ***Deaktivierung einer Speicherzeile***
- Wortleitungsspannung auf 0V verringert, dadurch Zelltransistoren nichtleitend & Abkoppelung Zellkondensatoren von Bitleitungen
- Spannungsversorgung Leseverstärker abgeschalten
- die beiden Bitleitungen verbindenden Schalter zur Bitleitungsvorladung wird geschlossen -> Bitleitung wieder am Ausgangszustand

## Wiederholung (siehe Anfangsschaubild)

**“Leitend machen” der Transistoren durch lange Wortleitungen hauptsächlich verantwortlich für Langsamkeit des DRAM**

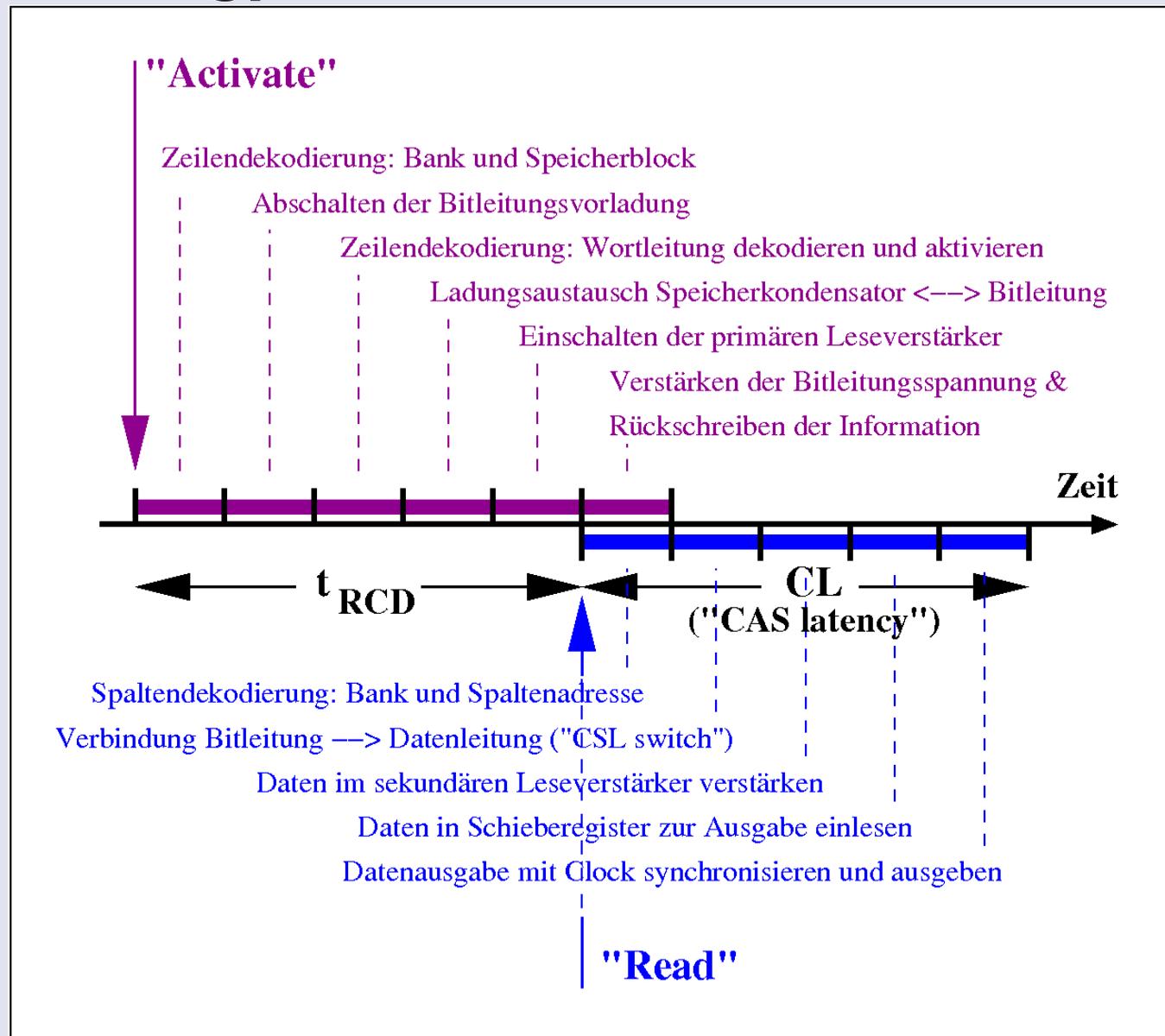
- **Lesen von Daten**

- Zum Lesen von Daten muss vom Spaltendekoder Spaltenadresse dekodiert werden
- dazu Aktivierung der Spaltenauswahlleitung (CSL) & Verbindung ein oder mehrerer Bitleitungen am Ausgang der primären Leseverstärker mit Datenleitungen
- ausgelesene Daten in Schieberegister parallel eingelesen, Synchronisierung mit dem externen Takt & Verstärkung

- **Schreiben von Daten**

- in den DRAM einzuschreibenden Daten werden zeitgleich mit der Spaltenadresse eingelesen
- Spaltenadresse wird vom Spaltendekoder dekodiert und entsprechende Spaltenauswahlleitung wird aktiviert
- -> Verbindung Datenleitung mit Bitleitung hergestellt
- Parallel zur Dekodierung der Spaltenadresse, Schreibdaten am Spaltenauswahlblock angekommen und Weiterführung zu Bitleitungen

## • Timingparameter der internen Abläufe



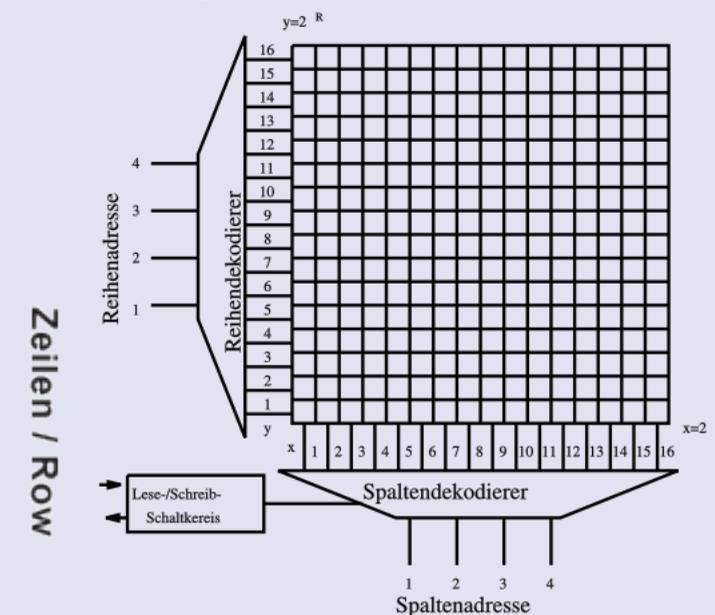
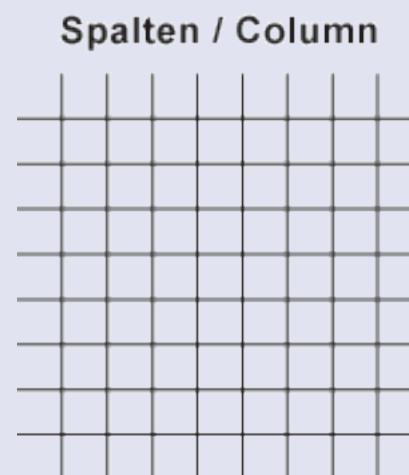
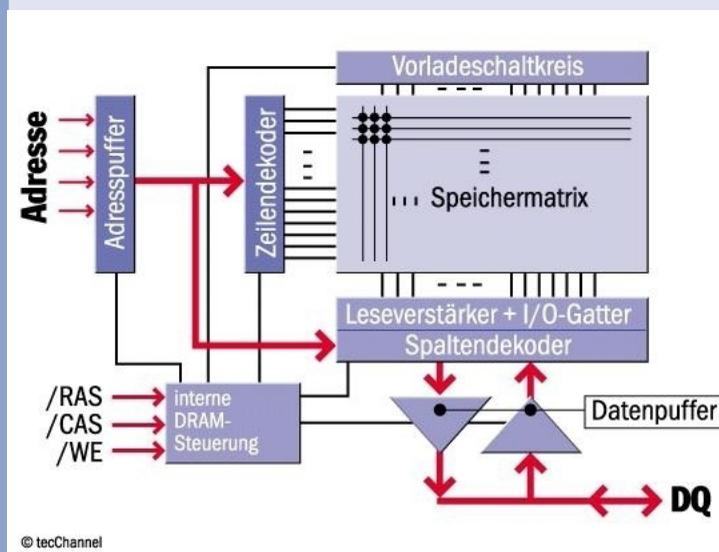
Özgür Akyildiz

**Der Parameter CL (CAS Latency, auch tCL) beschreibt die Zeit, welche zwischen der Absendung eines Lesekommandos und dem Erhalt der Daten vergeht.**

**Der Parameter tRCD (RAS-to-CAS delay) beschreibt die Zeit, die nach der Aktivierung einer Wortleitung (Activate) verstrichen sein muss, bevor ein Lesekommando (Read) gesendet werden darf. Der Parameter ist dadurch bedingt, dass das Verstärken der Bitleitungsspannung und das Rückschreiben des Zellinhaltes abgeschlossen sein muss, bevor die Bitleitungen mit den Datenleitungen weiterverbunden werden dürfen.**

## • Speicherzugriff

- Speicherzellen werden über Zeilen (engl. row) und Spalten (engl. column) angesprochen-16 MBit-Speicherchip hat 4096x4096 Bit (16,8 Mil. Speicherzellen)
- Um diese alle adressieren zu können sind je 16 Zeilen und Spalten notwendig
- Dieser 16 MBit-Speicherchip hat allerdings nicht über 32 Anschlüsse
- Aus Platzspar- und Herstellungskosten Gründen wird Technik des Multiplexings verwendet
- Bei Adressierung einer Speicherzelle wird zuerst Zeile (row access strobe, RAS) und dann Spalte (column access strobe, CAS) übertragen



Özgür Akyildiz

Adressierung eines DRAM-Bausteins erfolgt üblicherweise gemultiplext, d. h., es sind nur etwa halb so viele physisch vorhanden wie insgesamt benötigt werden. (Dagegen wird bei SRAMs zwecks höherer Geschwindigkeit meist der komplette Adressbus an Pins geführt, so dass der Zugriff in einer einzigen Operation erfolgen kann.)

Asynchrone DRAMs (EDO, FPM) besitzen zwei Eingangspins RAS (Row Address Select / Strobe) und CAS (Column Address Select / Strobe), um die Benutzung der Adressleitungen zu definieren.

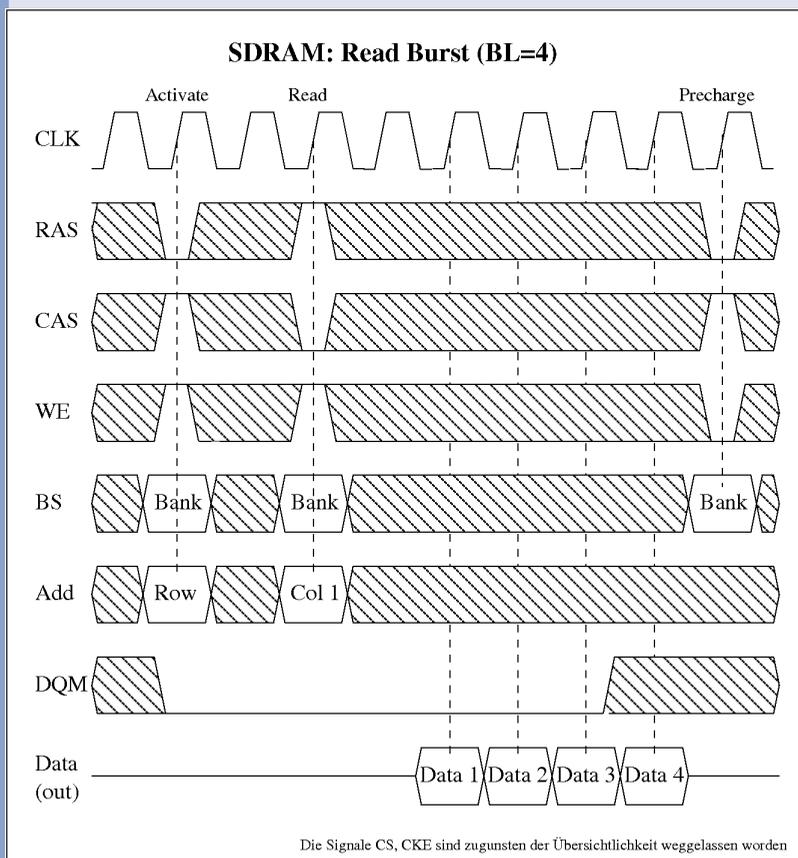
## • Bursts

- Übertragungsmodus zur Beschleunigung von Lese/ Schreibvorgängen grösserer Datenblöcke als ununterbrochenes Bündel Dateneinheiten
- charakteristisches Element eines Burst-Zugriffs (Lesen, Schreiben) ist unmittelbare Folge der Daten (Data1,..,Data4)
- Daten gehören zur gleichen Zeile des Zellenfeldes
- dadurch gleiche Zeilenadresse aber unterschiedliche Spaltenadresse (Col1,..,Col4)
- benötigte Zeitdauer für nächstes Datum innerhalb Bursts sehr gering im Vergleich Zeitdauer Bereitstellung des ersten Datums gemessen ab Aktivierung der Zeile
- bei asynchronen DRAMs mussten alle Spaltenadressen innerhalb Burst angegeben werden (Col1,..,Col2)
- bei synchronen DRAMs nur noch Startadresse (Rest interner Zähler)
- hohe Datenrate innerhalb eines Bursts weil innerhalb Bursts nur lesend/schreibend auf Leseverstärker zugegriffen werden muss.

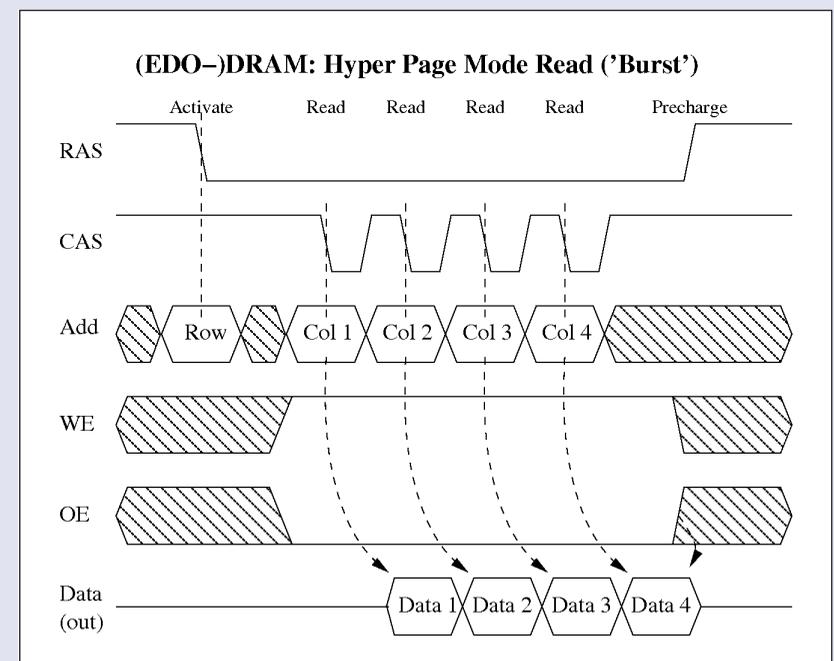
**In der Speichertechnik handelt es sich um eine schnelle Technik für den Datentransfer, bei der automatisch ein Datenblock als eine Reihe aufeinander folgender Adressen generiert wird, und zwar immer dann, wenn der Prozessor eine einzelne Adresse anfordert. Dabei wird von der Annahme ausgegangen, dass die folgende Adresse, die der Prozessor anfordert, der vorhergehenden folgt. Diese Betriebsart kann sowohl für den Schreibvorgang als auch für den Lesevorgang benutzt werden.**

- **Bursts**

- ‘Burst Read’ eines synchronen (SDR-)DRAMs



- ‘Burst Read’ eines asynchronen (EDO-)DRAMs. Hier musste noch für jedes Burst-Bit die zugehörige Spaltenadresse (Col) vorgegeben werden.



**Der Burst-Modus ist in der Regel auf 4 Zugriffe solcher Art begrenzt ( “Timing in Anzahl pro Zyklen pro Zugriff” ). So kann ein Zugriff im Burst-Modus auch als ein “x-y-y-y”-Zugriff angesehen werden. Das x gibt dabei einen vollständigen Zugriff, also Latenzzeit plus Zykluszeit, an, und die y die Anzahl der Zyklen die für den folgenden Zugriff benötigt wird.**

**Ohne den Burst-Modus würde das Timing 5-5-5-5 anstatt z.B. 5-3-3-3-2 verlaufen. Man kann also erkennen, dass mit dem Burst-Modus eine Leistungssteigerung erzielt werden kann.**

- **maximale Datenübertragungsrate**

DDR-SDRAM

Bustakt	Busbreite	Bezeichnung	Datenrate	Rechnung
133 MHz	64 Bit	PC2100	2,1 GB/s	(133.000.000 Hz x 64 Bit x 2)/8 (Ergebnis in Byte/s)
166 MHz	64 Bit	PC2700	2,7 GB/s	
200 MHz	64 Bit	PC3200	3,2 GB/s	

- DDR2-533 Chip: Taktfrequenz von 266 MHz (4 Datenwörter pro Takt)
- 64 Leitungen je Speichermodul pro Takt 4 x 8 Byte = 32 Byte übertragbar
- 133,3 Mill Taktzyklen/s (MHz) x 32 Byte = 4,266 Mrd. Byte/s = 4,2 GB/s
- PC-4200 aus DDR-533-Chip die mit 133 MHz laufen

DDR2-SDRAM

Bustakt	Busbreite	Bezeichnung	Datenrate	Rechnung
200 MHz	64 Bit	PC2-3200	3,2 GB/s	
266 MHz	64 Bit	PC2-4200	4,2 GB/s	
333 MHz	64 Bit	PC2-5300	5,3 GB/s	
400 MHz	64 Bit	PC2-6400	6,4 GB/s	

RDRAM

Bustakt	Busbreite	Bezeichnung	Datenrate
400 MHz	16 Bit	PC800	1,6 GB/s
533 MHz	16 Bit	PC1066	2,1 GB/s
600 MHz	16 Bit	PC1200	2,4 GB/s
800 MHz	16 Bit	PC1600	3,2 GB/s
1066 MHz	16 Bit	PC2100	4,3 GB/s

## Übersicht Datenübertragungsraten:

Wie man sieht hatte z.B. DDRII bei gleichem Bustakt keine höhere Datenrate.

Aber da durch die Funktionsweise eine höhere MHz Zahl möglich war, ist letzt endlich doch eine höhere Datenrate möglich.

Rambus war im Gegensatz zu SDRAM zwar schneller, hatte aber eine deutlich höhere Leistungsaufnahme und war teilweise mehr als doppelt so teuer wie SDRAM

## • Prefetching

- Vorladen Speicherinhalte bevor Bedarf existiert um im Bedarf eine höhere Zugriffsgeschwindigkeit zu erzielen
- DRAM deutlich langsamer als SRAM wegen Struktur & Funktionweise
- -> lange Wortleitungen aufladen, ausgelesene Zelle gibt nur langsam ihre Ladung auf Bitleitung aus, Inhalt wird bewertet und zurück geschrieben
- Verkürzung über intern modifizierten Aufbau möglich aber Speicher dichte würde sinken (Platzbedarf steigt - Herstellungspreis auch)
- pro Adressierung Daten von mehreren Spaltenadressen auslesen und in Schieberegister schreiben
- von diesem Puffer Daten mit höherer (externer) Taktrate ausgeben
- -> minimale Burstlänge entspricht Länge des Schieberegisters (Prefetch-Faktor)
- SDR-SDRAM pro Leseanforderung 1 Datenbit pro Datenpin ausgelesen - Prefetch = 1
- DDR-SDRAM 2 pro 2, DDR2-SDRAM 4 pro 4, DDR3-SDRAM 8 pro 8

Özgür Akyildiz

**beim Single-Data-Rate(SDR)-SDRAM wird pro Leseanforderung 1 Datenbit pro Datenpin ausgelesen: Prefetch = 1**

**DDR-SDRAM: pro Leseanforderung 2 Datenbits pro Datenpin ausgelesen und in einem Datenburst der Länge 2 ausgegeben: Prefetch = 2 / DDR2-SDRAM: pro Leseanforderung 4 Datenbits pro Datenpin ausgelesen und in einem Datenburst der Länge 4 ausgegeben: Prefetch = 4 / DDR3-SDRAM: pro Leseanforderung 8 Datenbits pro Datenpin ausgelesen und in einem Datenburst der Länge 8 ausgegeben: Prefetch = 8**

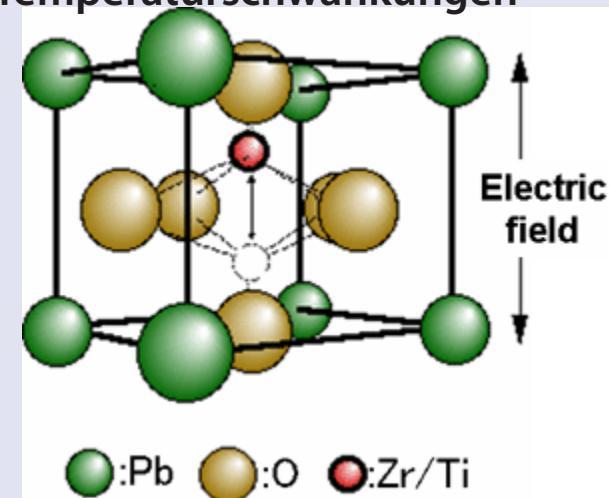
## • Timing

- CAS Latency tCL: Zeitdauer zwischen einem Lesekommando und dem Erhalt der Lesedaten
- RAS-to-CAS Delay tRCD: (minimale) Zeitdauer zwischen der Aktivierung einer Zeile / einer Bank und der Absendung eines Lese- oder Schreibkommandos.
- RAS Precharge Time tRP: (minimale) Zeitdauer zwischen der Deaktivierung einer Zeile / einer Bank und der erneuten Aktivierung einer Zeile in derselben Bank.
- Command Rate (1T/2T): interessant für Übertakter
- Wartezeit nötig wenn viele Chips am Speicherkanal aktiv - Adressleitungen stärker belastet - in der Regel bis zu 3 Ranks mit 1T ansprechbar

**Die Command-Rate ist die Zeit in Zyklen, wenn die Chipauswahl ausgeführt ist und die Befehle ausgegeben werden können. Je geringer (1T), desto höher die Leistung, doch 2T wird zur Erhaltung der Systemstabilität benutzt. Allerdings sollte man beim hohem Overclock die CR auf 3T stellen, damit der PC immer noch stabil läuft; wenn man aber nicht die CPU übertaktet aber den RAM schneller laufen lassen will, sollte man auf 1T stellen. Command Rate 1T führt zu stabilerem und schnellerem Laufen des RAMS, aber wenn Mainboard Chip schlecht ist und mehrere Speicherbänke besetzt eher 2T nutzen**

## • nicht flüchtiges RAM

- Ferroelectric Random Access Memory (FRAM oder FeRAM)
- nichtflüchtiger elektronischer Speichertyp auf Basis ferroelektrischer Kristalle
- Aufbau entspricht DRAM-Zelle, nur anstelle konventionellem Kondensator wird einer mit ferroelektrischen Die eingesetzt
- durch externes Feld kann Polarisation des Magnets in andere Richtung umgeschaltet werden -> Speicher-Mechanismus FRAM
- Besteht aus Bariumtitanat: pos. Titan Ionen, neg. O<sup>2-</sup> - konträre Ausrichtung
  - durch Depolarisierung & Imprint nach gewisser Zeit unbrauchbar
  - Polarisierungszustand nicht mehr korrekt erkennbar Umkehrung nicht möglich
  - Daten bleiben über 10 Jahre erhalten, auch bei starken Temperaturschwankungen
  - Schreibzeit ca. 100 ns (entspricht Standard-SRAM)
  - kompatibel zu den gängigen EEPROMs
  - 10<sup>10</sup> Schreib- und Lesezyklen garantiert
  - Verstärkung durch hohe Temperaturen



Özgür Akyildiz

**Das FRAM oder FeRAM (Ferro Electric RAM) ist das Pendant zum MRAM (Magnetoresistive), einem nichtflüchtigen, auf ferroelektrischen Eisenoxiden basierendem Random Access Memory (RAM), das auch dann seine gespeicherte Daten behält, wenn es von der Versorgungsspannung getrennt wird. Das Prinzip von FRAMs basiert darauf, dass sich in einigen Materialien bei Anlegen eines elektrischen Feldes die kristalline Struktur des Materials polarisiert und diese Polarisation auch nach Abschalten des elektrischen Feldes beibehalten wird. Die digitale Information wird in der Polarisationsrichtung gespeichert.**

- **Magneto-resistive Random Access Memory (MRAM)**
  - 1989 – IBM-Wissenschaftler machten eine Reihe von Schlüsselentdeckungen über den „GMR-Effekt“ in dünnen Filmstrukturen.
  - 2000 – IBM und Infineon gründeten das Joint MRAM Development Program.
  - 2002 – NVE kündigten einen Technologie-Austausch mit Cypress Semiconductor an.
  - 2003 128 Kilobit Chip und Ende 2004 stellt Infineon 16-MegabitMRAM Baustein vor in 0,18 Mikrometer Technik
  - Dieser Speicherchip ist im Vergleich zu SDR- oder DDR-SDRAMs mit etwa 25 US-Dollar sehr teuer, was seinen Einsatzbereich stark einschränkt. Ein Lese-/Schreibzyklus dauert 35 ns, also um ein vielfaches länger als bei SDRAM oder gar neueren RAM-Technologien - wegen Kostenposition und Größenordnung eher für Nischenapplikationen geeignet
  - im Gegensatz zu DRAM, SRAM werden Infos nicht mit elektrischen sondern magnetischen Ladungselementen gespeichert
  - nichtflüchtiger Speicher -> beim Einschalten ist ganze Information noch gespeichert sofort betriebsbereit - unendlich beschreibbar

## Ausblick MRAM:

**Die vielen guten Eigenschaften von MRAM könnten dazu verhelfen das diese Technik schon bald viele Anwendungsgebiete findet und herkömmliche DRAM, SRAM, Flash- oder EEPROM Speicher ersetzt. In naher Zukunft wäre es sogar möglich Festplatten mit MRAM zu realisieren, die ein geladenes Betriebssystem in jedem Zustand speichern und so den heute üblichen Bootvorgang überflüssig machen.**

- **II - RAM SSD vs Flash SSD**
  - **SSD Speicher Einleitung**
  - **Flash basierter SSD Speicher**
    - Welche SSD-Produkte werden derzeit angeboten?
    - Vorteile/Nachteile der SSD-Technik gegenüber Festplatten ?
    - Für welche Einsatzgebiete eignen sich SSDs ? Kosten?
    - Entwicklung SSD-Technik / Reaktion HDD-Hersteller?
  - **RAM basierter SSD Speicher**
    - Einführung
    - RAM Disk - RAMSan Hyper Drive4 - Platinum HDD - Gigabyte i-RAM
    - Zusammenfassung
- **III Links & Literatur**

## • SSD Speicher Einleitung

- Solid State Disk: keine beweglichen Teile
- 2 Arten: Flash / RAM
- bis 2009 Hälfte aller Notebookfestplatten Flash-SSD
- Hybridfestplatten (HHD mit Solid State Zwischenspeicher)
- -> durch Flash Speicher Strom sparen, Mechanik schonen etc..
- Reine Flash Laufwerke aus NAND Chips
- SLC (single level cell) oder MLC (multi level cell)

**Ziel bis 2009 eher nicht realistisch**

**Wird eine herkömmliche Festplatte mit einem Solid-State-(Zwischen)Speicher ausgestattet bzw. funktionsgleich eingesetzt, spricht man von einer Hybridfestplatte (HHD).**

**HHDs eher aufm Vormarsch als reiner RAM-SSD (Consumer Bereich) da viel günstiger**

## • Flash basierter SSD Speicher

- Welche SSD-Produkte werden derzeit angeboten?
  - Formfaktoren 3,5-Zoll, 2,5-Zoll und 1,8-Zoll (mit 8, 16, 32 und 64 GB)
  - Laufwerke mit 128 GB und 256 GB im kommenden Jahr
  - weitergehende Miniaturisierung bpsw von Stec Inc. im 1,0-Zoll-Format
  - Kapazität derzeit bei 32 GB - Anfang 2009 64 GB für Kompakt-Notebooks/ Handhelds/Smartphones
  - physikalische Grenzen HDD da Mechanik (Speicherscheiben sowie Schreib- und Leseköpfen) nicht beliebig verkleinerbar
  - z.B. derzeit (12.08) bei Arlt.com nichts lieferbar bei KM Elektronik 1,8" MTron 32GB 200€ - 2,5" OCZ 64GB 200€ - 2,5" OCZ 250GB 650€ (170 MB/s Read & 98MB/s Write - Zugriffszeit 0,3ms)



Özgür Akyildiz

**Sogar Flash SSDs sind schwer zu bekommen in Computerläden. Vor allem höhere Kapazitäten und höherwertige SSDs sind meist nicht verfügbar in ausreichender Menge.**

**Der Stand von 12.08 ist im Januar 09 immer noch aktuell - im Consumerbereich vieles noch Zukunftsmusik die erst gegen Ende/Mitte des Jahres in greifbare Nähe kommt**

**(nach der CEBIT in Hannover kann man das eher besser einschätzen)**

- Für welche Einsatzgebiete eignen sich SSDs ? Kosten?
  - Einsatz in mobilen Rechnern (Format & Stromverbrauch)
  - Einsatz in Wohnzimmerrechnern (Speicherkapazität & geräuschlos)
  - bei großen Datenmengen Hard-Disks im Vorteil (Schreiben/Lesen über 100 MB/s) - schwache Zugriffszeiten (fünf bis 10 Millisekunden)
  - bei kleineren Datenmengen Flashspeicher schneller (zwischen 50 & 100 MB/s) - bessere Zugriffszeiten (0,1 bis 0,2 Millisekunden)
  - 64 GB (400 - 800 €) 32-GB-Drives (200 - 600 €) 16 GB (100 - 300 €)
  - Preise pro Gigabyte bei SSDs meist zwischen zehn und 20 Euro
  - (HDD 3,5" 12-35Cent - 2,5" 30 und 70 Cent - 1,8" einen Euro und mehr)
  - günstigere Geräte Abstriche bei Qualität von Flashchips und Controller
  - in 3-4 Jahren Preise beider Speichertypen angeglichen (HDD pro Jahr 3-40% billiger Flash 50-70%)

**Da die Flashfestplatten im Vergleich zu herkömmlichen Festplatten gut skalierbar sind — die Mechanik entfällt schließlich völlig – werden sie auch in den sogenannten Netbooks eingebaut. Damit kommt diese neue Technik überraschenderweise im günstigsten Segment mobiler Computer zuerst serienmäßig ohne Aufpreis zum Einsatz. Die verwendeten Laufwerke fassen zwischen 0,5 und 8 GB und kosten mit rund 10\$ deutlich weniger als konventionelle Festplatten, die dafür ein vielfaches Fassungsvermögen haben.**

- **Entwicklung SSD-Technik / Reaktion HDD-Hersteller?**
  - Samsung Marktanteil von 42 % gefolgt von Toshiba (28 %) und Hynix (17 %) dann IM Flash (Intel & Micron) 9%
  - Samsung will 128GB SSD (1,8"-2,5" /SATA II) und 200MB/s lesen 160MB/s schreiben rausbringen / Super Talent hat 256GB SATA I SSD mit 56MB/50MB/s & BitMicro 1,6 TB im 3,5" Format
  - IM Flash 32GB Chip mit 34Nm Technik (aktuell 65 oder 45Nm) bald 1,8" mit 256GB
  - Strukturbreiten zwischen einzelnen Leiterbahnen verringern, um so die Transistoren dichter packen zu können
  - Entwicklung dünnerer Strukturbreiten stößt an Grenzen (Materialproblemen und Leckströmen)
  - “Micro-electro mechanical system” (Mems) -> durch Spitzen (an Silizium-Federzangen) durch Hitze Vertiefungen in einen Polymerfilm -> reversibel -> unterschiedliche Bitcodierung

**Da die Entwicklung immer dünnerer Strukturbreiten aufgrund von Materialproblemen und Leckströmen allmählich an physikalische Grenzen stößt und zudem aufwändige Fertigungsverfahren erfordert, wird auch nach anderen Wegen gesucht, die Flash-Leistung zu verbessern. Die Entwickler von Nanotech arbeiten beispielsweise an nanomechnischen Datenträgern.**

# RAM SSD vs Flash SSD 5

“(RAM)-SSD Speicher” - Seite 35/47

	Flash-Laufwerk 1,0" bis 3,5"	CompactFlash-Karte per ATA-Adapter	RAM-Disk als Teil des Arbeitsspeichers	Festplatte 1,0" bis 3,5"
Größe	bis 250 GB	bis 32 GB	bis 16 GB je Modul	bis 1500 GB
Preis pro GB	ab 1,60 €	ab 1,56 €	ab 8,31 €	ab 0,08 €
Anschluss	S-ATA, P-ATA	S-ATA, P-ATA	auf Hauptplatine befestigt	S-ATA, P-ATA, SCSI, SAS
Lesen	bis 280 MB/s	bis 45 MB/s	1000 bis 3000 MB/s	70 bis 150 MB/s
Schreiben	bis 170 MB/s	bis 40 MB/s	1000 bis 3000 MB/s	70 bis 150 MB/s
Mittlere Zugriffszeit lesen	0,2 ms	0,8 ms	0,04 µs	3,5 bis >14 ms
Mittlere Zugriffszeit schreiben	0,4 ms	10 bis 35 ms	0,04 µs	3,5 bis >14 ms
Überschreibbar	0,1 bis 5 Millionen Mal	0,1 bis 2 Millionen Mal	beliebig	beliebig
Lagerbar bei	-55 bis 95 °C	-40 bis 85 °C	-25 bis 85 °C	-40 bis 70 °C
stoßfest – Betrieb	1500 G	2000 G	?	60 G
stoßfest – Lagerung	1500 G	2000 G	?	350 G
Verbrauch – Zugriff	1 bis 6,5 W	0,25 W	8 W pro SDRAM-Modul	10 W und höher
Verbrauch – Ruhe	0,05 bis 8 W	0,0003 W	1 W pro SDRAM-Modul	7 W und höher
Verhalten beim PC-Ausschalten	problemlos	problemlos	Datenverlust; manche Software sichert auf Festplatte	problemlos
Verhalten bei Stromausfall	problemlos	problemlos	Datenverlust	problemlos
Lautlos	ja	ja	ja	nein
Bemerkungen		Erst Adapter ab 2004 unterstützen DMA.	Größe abhängig von Hauptplatine, nicht bootfähig.	Bieten die Selbstüberwachung S.M.A.R.T.

Özgür Akyildiz

Hier in dieser Tabelle werden RAM-Disks wird mit anderen Speicherformen verglichen um die Performanceunterschiede aufzuzeigen.

Man sieht das der Datendurchsatz von RAM sehr gut ist aber die Enrgieverbrauch recht hoch ist - vorallem aber ist die reine RAM-Disk speichertechnisch recht unzuverlässig (Stromausfall).

## • RAM basierter SSD Speicher

### • Entwicklung

- 1978 “Storage Tek” - “Solid State Disk STK 4305”
- aktuell “RamSan” - Laufwerke von Texas Memory Systems
- 1700\$ pro GB - Geschwindigkeit bei 30fach Flash-SSD oder 300fach normaler Server Festplatten
- auch bei eingebetteten Systemen nötig da Verzicht auf mechan. Teile bei Ein-Chip-Mikrocontrolleranwendungen.
- Hybridfestplatten (HHD) mit DDR-SDRAM: “DTS Platinum HDD”
- -lernt welche Inhalte für schnellen Zwischenspeicher gut
- durch Kondensator behält es Daten bis zu 1,5min nach Strom zufuhrende, Unterbringung mit 1 GB-SDRAM-Modul in Gehäuse
- 10 Jahre zuvor Quantum mit “Rushmore” SCSI Festplatten
- im Jahre 2000 - 130MB bis 3,2 GB

- SDRAM-Chips sind flüchtig verbrauchen mehr Energie pro GB
- Vorteil ist extreme Geschwindigkeit
- 1990er als “RAM Disks” eingeführt: Einsatz in Servern
- auf Ihnen werden Caches (temporäre Dateien) oder Journale (Datei-, Web-, Datenbank-Server) abgelegt
- Steckkarte oder Gerät mit emulierte Festplattenschnittstelle
- gegenüber Festplatten 700-fach geringere Verzögerung/Flash 80-fach um beliebige Daten wiederzufinden
- unbegrenzte Wiederbeschreibbarkeit
- -> Geschwindigkeit SDRAMs mit Datenerhalt anderer Speichertypen verbindenz.B. um Abbild bei Stromausfall zu haben
- weit weg vom Massenmarkt: gerne von Entwicklern und Testern benutzt um Leistungsfähigkeit von Festplattencontrollern und -bussen zu messen

# RAM SSD vs Flash SSD 8

“(RAM)-SSD Speicher” - Seite 38/47

- DRAMs haben wahlfreien Zugriff - NAND Flash lange Latenz Burst
- NAND 25 Mikrosek - HDD 2 Millisek. - DRAM 20 Nanosek.
- DRAM Lesen/Schreiben gleich & bytewriteable
- Flash benötigt 2K-Byte Page und vorher 256Kb Block muss gelöscht werden -10 Millisek.)
- read/write IOPS bei DRAM 1 zu 1 - bei Flash 10 zu1 (50 zu 1 früher)
- RAM SSD kosten bis zu 25 mal mehr (3,5" Formfaktor Februar 2008)

Technologies	Capacity (GB)	Latency ( $\mu$ S)	IOPs	Cost / IOPs (\$)	Cost / GB (\$)
Capacity HDDs	2,500	12,000	600	13.3	3
Performance HDDs	700	7000	1,200	16.6	28
Flash SSDs	700	200	500	140	100
Flash SSDs (read only)	700	45	50,000	1.4	100
DRAM SSDs	250	3	200,000	0.5	400

Özgür Akyildiz

**RAM-SSDs sind unglaublich schnell**

**Der Kostenfaktor wird durch hohe IOPS wieder konkurrenzfähig  
(für größere Firmen)**

## • RAM Disk

- definierte Menge des Hauptspeicher über Kerneltreiber als Festplatte ins System eingebunden
- statt wie bei Festplatten über Datenbus - Nähe Northbridge und Prozessor
- RAM Disk : Schreiben 430 MB/s - Lesen 2000 MB/s
- HDD: Schreiben 30 MB/s - Lesen 200 MB/s
- Kopieren von Daten auf denselben Datenträger
  - Ramdisk : 0 Sek / HDD : 14 Sek
- Komprimieren und Dekomprimieren von Daten (650MB)
  - Ramdisk 24 / 16 Sek - HDD 133 / 97 Sek
- Ermitteln von CRC- und MD5-Prüfsummen einer ISO-File (600MB)
  - Ramdisk 5 Sek - HDD 622 Sek

<http://www.piksa.info/blog/2008/08/02/ramdisk-ramdrive-was-es-bringt-und-wem-es-nutzt/>

Daten sind durch mehrere Testläufe bestätigt und wurden auch durch “Querlesen” nachvollzogen.  
RAM-Disk ist etwas zum “Ausprobieren” da durch Stromausfall alle Daten einfach weg sind..

- **RamSan**

- RamSan-400: 32 - 128 GB RAM - 400T I/O pro Sekunde  
Latenz: ca 15 Mikrosekunden - 350 Watt

- ab 25.000 €

- RamSan-500: 1 - 2 TB Flash - 16-64 GB DDR Cache - ca 15 Mikrosekunden bei Cache Hit - 200 Mikrosekunden bei Cache Miss  
100T I/O pro Sekunde 300 Watt



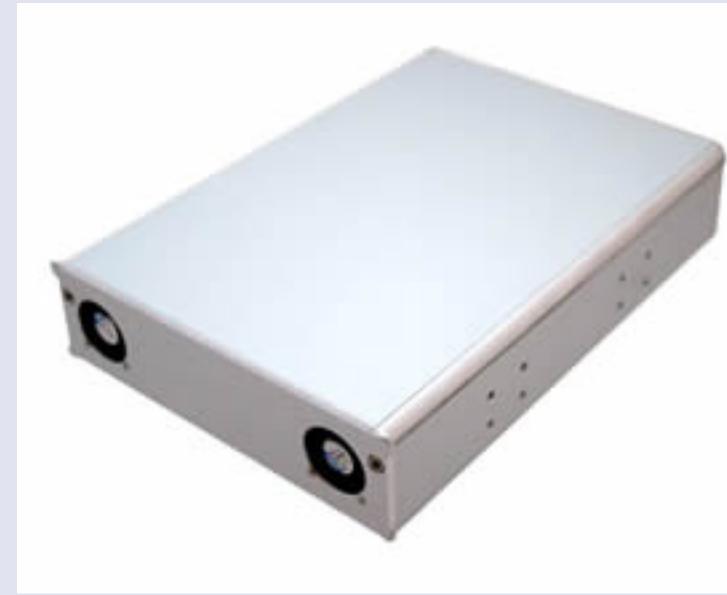
Özgür Akyildiz

**RAM-SAN SSD und Pufferspeichersysteme sind die schnellsten Storage-Einheiten der Welt. Keine andere Speichereinheit kann so hohe I/Os pro Sekunde verarbeiten oder diese massive Bandbreite zur Verfügung stellen wie die RAM-SAN von Texas Memory Systems.**

**RamSan-500 Preis auf Anfrage  
bei ca. 50000€**

- **HyperDrive4**

- 5,25“ Bauform
- bis zu 8 DDR1 Arbeitsspeicher a 2 GB
- bis zu 44T IOPS
- bis zu 200x schneller als HDD
- 1800 € unbestückt - 3000€ mit 16 GB + 16 Gb SSD ca 3500€



Özgür Akyildiz

**Das HyperDrive 4 bietet herausragenden Durchsatz von bis zu 114 MB/s, wobei es beim Lesen und Schreiben praktisch keine Zugriffszeiten mehr gibt. Dabei spielt es keine Rolle, ob Sie das HyperDrive 4 mit 2 GB oder mit 16 GB Speicher betreiben.**

**Leider leider nur DDR I Rambausteine möglich und SATA-I Interface..**

## • Platinum HDD

Less CO2

Up to 500GB

Platinum hdd  
500GB

From 80GB to 500GB  
26,000IOPS (Read) 22,000(Write)  
by DTS patented Controller  
low electric power: 11watt  
Intelligent UPS build in

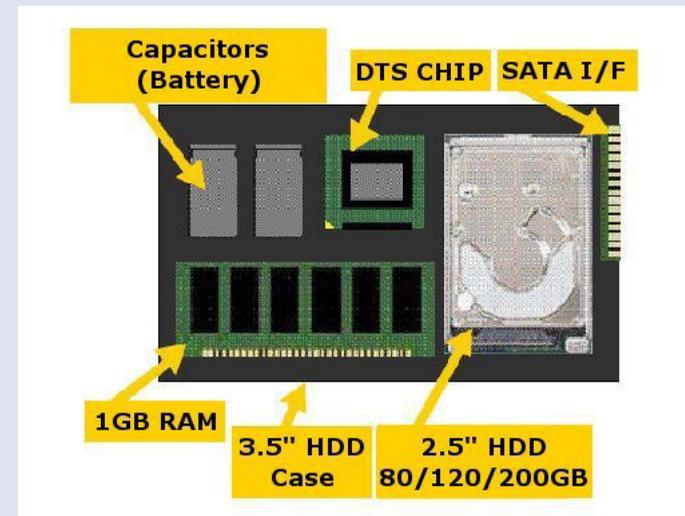
3Gbps

Price is sustained.

www.platinumhdd.com

**DTS, Inc.**  
website : www.platinumhdd.com  
email : dtsusa@dts-1.com

Headquarters  
111 N. Market St., 6th floor  
San Jose, CA 95113 USA  
+1 (408) 351-3376 (Direct)  
+1 (408) 351- 3330 (Fax)



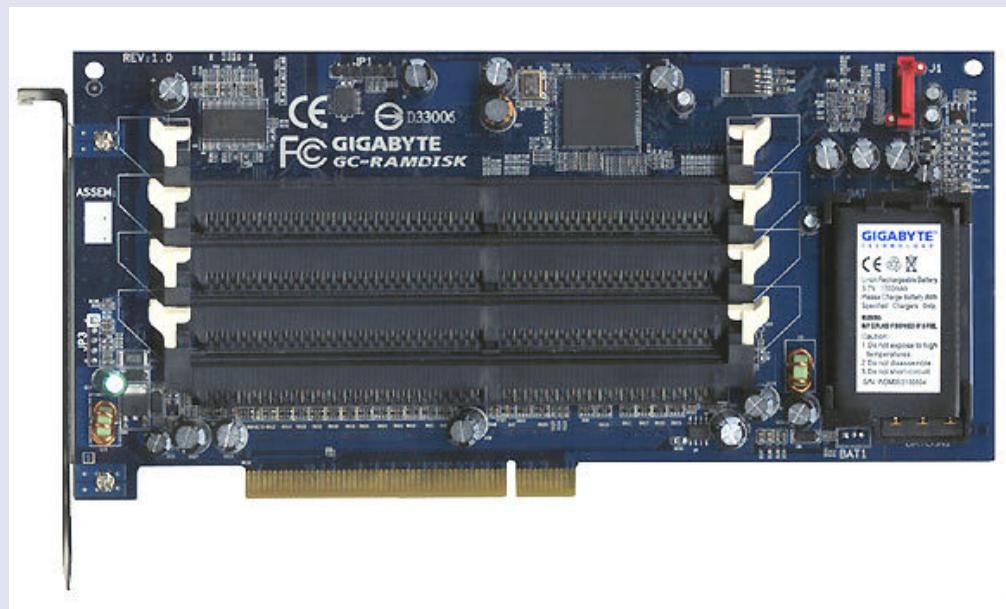
- 80 GB - 1 GB DRAM Cache - SATA-1 - 800\$
- 500 GB - 1 GB DRAM Cache - SATA-2 1500\$
- 10-100 schnellere Transaktionsperformance als HDD
- 1/3 weniger Energieverbrauch
- 8 mal höherer Datendurchsatz
- hält 30 % länger
- Stromversorgung integriert

Özgür Akyildiz

Die für die interne Kommunikation notwendige Software ist im Chip implementiert, so dass vom Benutzer keine weitere Software installiert werden muss. DTS selbst spricht von einer Steigerung der Leistung gegenüber herkömmlichen Festplatten um das Zehn- bis Hundertfache. Gleichzeitig soll ein Drittel Energie gespart werden. Im Ruhezustand werden sieben Watt verbraucht, wohingegen unter Vollast 14 Watt benötigt werden – dies verbrauchen viele SAS-Festplatten bereits im Idle-Modus.

## • Gigabyte i-RAM

- SATA-I Interface
- Akku vorhanden - maximale Pufferungszeit von 16 Stunden
- 4 DIMM Sockel für DDR-DIMMs (max 2 GB)
- Zugriffszeiten von 0,05 ms - mehrere Tausend IOPS
- Steckkarte für 150€ mit 4 x 1 GB ca 450€

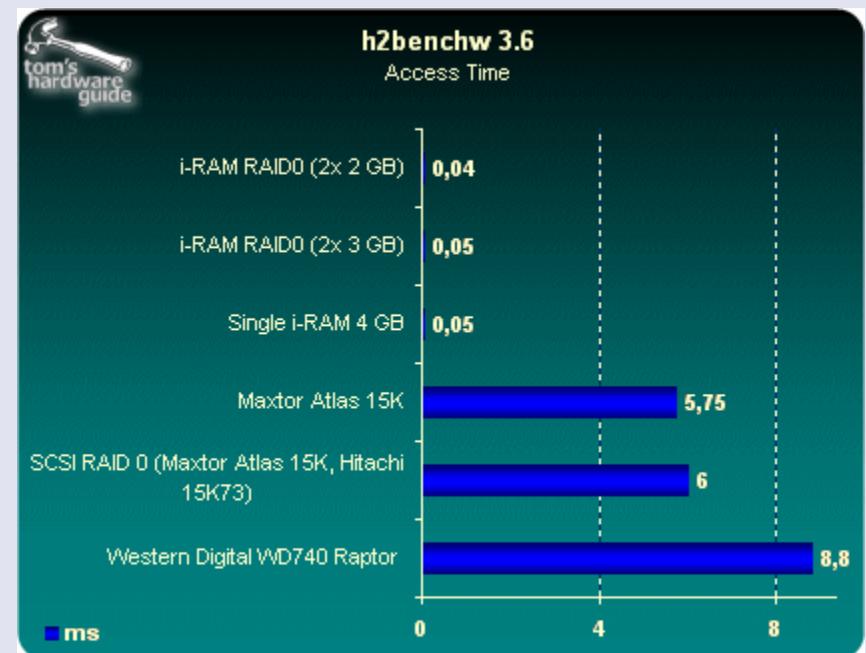
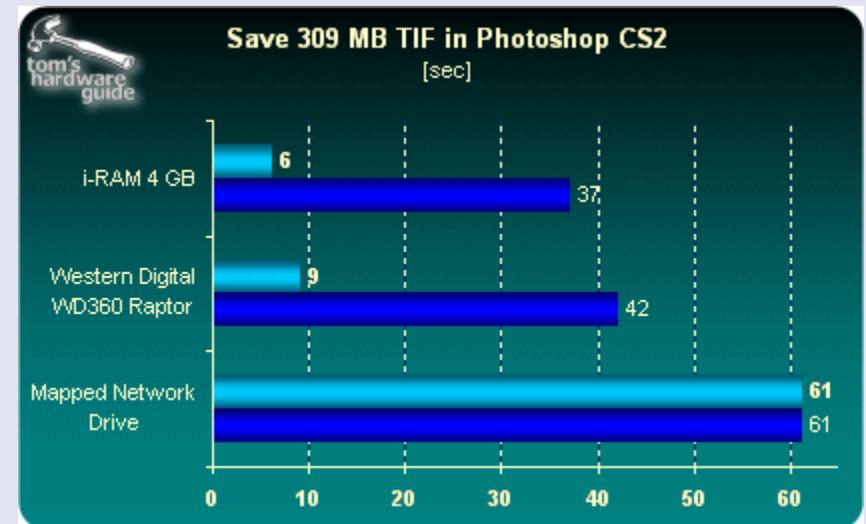
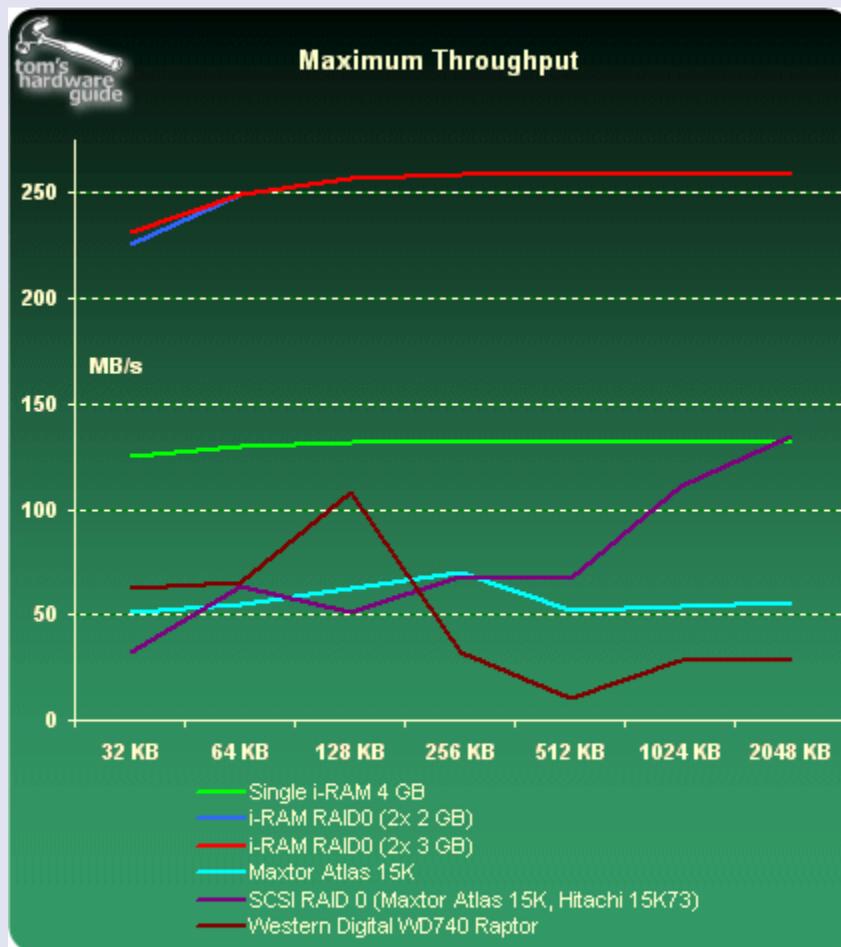


Özgür Akyıldız

i-RAM reizt die von Serial ATA zur Verfügung gestellte Bandbreite mit knapp 130 MB/s vollständig aus und sollte in der nächsten Generation dringend auf Serial ATA II setzen. Der Einfluss des schnellen i-RAM-Laufwerks macht sich im täglichen Betrieb allerdings nicht so stark bemerkbar. Größere Unterschiede ergeben sich für I/O-lastige Anwendungen, wie beispielsweise Datenbankanwendungen bei denen die Maximalausstattung von derzeit 4 GB zur Ablage der Datendateien genügt, wahrhaft zum Höhenflug an.

In D noch nicht erhältlich(01.09) aber schon gelistet in diversen Shops (nur DDR I)

## • Gigabyte i-RAM



Özgür Akyildiz

Schaubilder von von der Homepage “Tom’s Hardware Guide”

Wie man sieht ist das GIGABYTE i-RAM im RAID Verband noch schneller wobei die RAM Kapazität nicht so wichtig ist.

- **FAZIT**
- **Flash ersetzt teilweise HDD**
- **HDD bleibt noch lange erhalten**
- **RAM SSD bei großen Firmen notwendig**
- **RAM Disk sehr nützlich**
- **RAM SSD als Steckkarten bald erschwinglich und erfolgreich**

- <http://de.wikipedia.org/wiki/>
- **Solid State Drive, RAM, DRAM, SRAM, Flash, DDRAM....**
- <http://www.storagesearch.com/ssd-ram-v-flash.html>
- What Every Programmer Should Know About Memory - Ulrich Drepper
- <http://www.computerwoche.de/1866333>
- <http://netzikon.net/>
- <http://www.tecchannel.de>
- <http://www.tomshardware.com/de/festplatte-ohne-mechanik-und-superschnell-gigabyte-i-ram,testberichte-1230.html>
- <http://www.piksa.info/blog/2008/08/02/ramdisk-ramdrive-was-es-bringt-und-wem-es-nutzt/>

**Es wurde versucht den 95% Wikipedia Anteil zu senken  
durch diverse Computermagazine und -portale**

**Zu empfehlen ist vor allem folgende Ausarbeitung wie der Titel schon verrät:**

-> What Every Programmer Should Know About Memory - Ulrich Drepper

**! Vielen Dank  
für eure  
Aufmerksamkeit !**