

RAM - Random Access Memory

Die Haupteigenschaft von RAM ist das es mit Daten beschrieben werden kann. Solange der Speicherbaustein mit Strom versorgt ist können diese Daten auch wieder ausgelesen werden. Wird die Stromversorgung abgeschaltet gehen die Daten im RAM verloren.

Der RAM steht in einem Computer als Daten- und Programmspeicher zu Verfügung. In diesem Teil werden Programme und Daten von externen Speicherträgern und Festplatten eingelesen. Zur schnellen Verarbeitung kann der Prozessor darauf zugreifen und Veränderungen an den Daten vornehmen.

Dieser Halbleiterspeicher wird als Haupt- oder Arbeitsspeicher bezeichnet und trägt maßgeblich zur Systemleistung bei. Zuwenig Arbeitsspeicher kann einen Computer langsamer machen, und die Ausführung von Programmen oder das Laden von Daten verhindern.

SRAM

SRAM ist statisch, was bedeutet, daß der Speicherinhalt mittels Flip-Flops gespeichert wird und so nach dem Abruf des Speicherinhaltes erhalten bleibt. Dadurch ist der Stromverbrauch sehr hoch, was aber zu einem schnellen Arbeiten innerhalb des Speichers führt. Aufgrund seines hohen Preises wird SRAM nur in Cache-Speichern als Puffer verwendet.

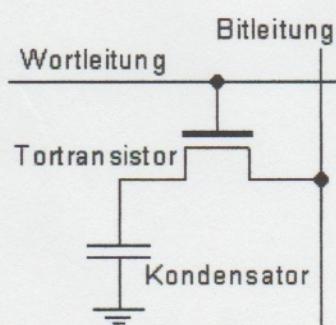
DRAM (Dynamic RAM)

Das DRAM ist der einfachste, langsamste und billigste Speicherbaustein, den es gibt. Sein Speicherinhalt geht verloren, wenn er nicht mehr mit Strom versorgt wird.

Eine DRAM-Speicherzelle besteht aus einem Transistor und einem Kondensator. In einer DRAM-Speicherzelle wird ein Bit durch die Ladung des Kondensators gespeichert. Nachteil dieser Speicherart ist, daß sich der Kondensator durch Kriechströme entlädt und der Speicherzustand immer wieder neu aktualisiert werden muss (Refresh). Damit die Ladung im Kondensator erhalten bleibt, ist ein Refresh mehrere tausend mal in der Sekunde nötig.

Das Lesen und Schreiben erfolgt über den Transistor, der als Schalter arbeitet und die Ladung des Kondensators isoliert oder auf die Bitleitung freigibt. Über die Wortleitung wird der Transistor angesprochen.

Lange Zeit war im Computer-Bereich nur dieser eine Speicher-Typ bekannt. Auf diesem Prinzip entstanden alle weiteren Speicher-Typen.



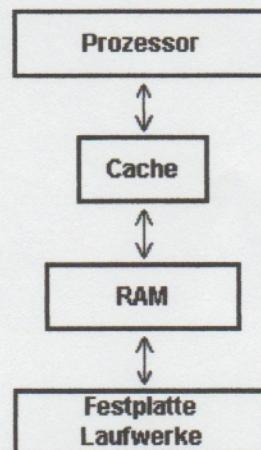
Arbeitsspeicher/Hauptspeicher (SDRAM, DDR-SDRAM, Rambus)

Wesentliche Faktoren der Leistungsfähigkeit eines Computersystems ist der Speicher für die Daten. Hier spielt Lese- und Schreibgeschwindigkeit ein große Rolle.

In einem Computer befinden sich drei Arten von Speicher. Die Festplatte stellt viel Speicherplatz bereit. Die Zugriffszeit ist durch die Schnittstelle und die Mechanik zu groß und lässt keine akzeptable Arbeitsgeschwindigkeit zu. Außerdem sind schnelle Festplatten laut, was der Arbeitsatmosphäre in ihrer Nähe nicht förderlich ist.

Um diese Problematik zu umgehen mußte ein Arbeitsspeicher her, der vor der Verarbeitung durch den Prozessor mit allen relevanten Daten von der Festplatte gefüllt wird. Dieser Arbeitsspeicher (RAM) ist schneller als eine Festplatte, kann aber nicht genügend Daten aufnehmen und dauerhaft speichern. Deshalb werden die verarbeiteten Daten anschließend wieder auf die Festplatte geschrieben.

Neben Festplatte und Arbeitsspeicher gibt es den Cache, der in den Prozessor eingebaut ist. Weil der Arbeitsspeicher immer noch nicht schnell genug ist, dient der Cache als Zwischenspeicher, der im Optimalfall mit Prozessorgeschwindigkeit arbeitet und dafür sorgt, daß der Prozessorkern immer mit Daten und Programm-Code aus dem Arbeitsspeicher gefüttert wird. Hierdurch wird der Leerlauf des Prozessor weitgehend verhindert, wenn nicht doch Daten von der Festplatte geladen werden müssen (z. B. beim Programmstart).



FPM-RAM (Fast-Page-Mode-RAM)

Durch die Anordnung der RAM-Speicherzellen in eine Matrix bzw. Tabelle, läßt sich die Adressierung des Speichers vereinfachen. Nach jedem Takt wird zwischen der Angabe von Spaltenadresse (RAS, Row Address Signal) und Zeilenadresse (CAS, Column Address Signal) hin und her geschaltet.

Die Optimierung dieses RAS/CAS-Verfahrens (Fast-Page-Mode) erlaubt einen bis zu dreimal schnelleren Zugriff auf die Daten, als bei herkömmlichen DRAM. Während eines fortlaufenden Speicherzugriffs wird das Anlegen der immergleichen Zeilenadresse gespart. Es genügt die Zeilenadresse einmal und die jeweilige Spaltenadresse anzugeben. Der Zugriff erfolgt erheblich schneller.

EDO-RAM (Extended Data Output-RAM)

Hinter der Bezeichnung Extended Data Output steckt eine Technik, mit der die Spannung in den Kondensatoren, die den Speicherzustand einer Speicherzelle beinhalten, länger aufrecht erhalten wird. Das führt zur Verlängerung der Zeitspanne, in der die Daten am Ausgang bestehen bleiben und verringert gleichzeitig auch die Häufigkeit der notwenigen Speicher-Refreshs.

Während die Daten noch gelesen werden, wird bereits die nächste Adresse an den Speicherbaustein angelegt. Wenn die Lesezugriffe aufeinander folgen, dann lässt sich eine schnellere Lesezugriffsgeschwindigkeit erreichen.

SDRAM (Synchrone DRAM) / DDR-SDRAM (Double Data Rate SDRAM)

SDRAM ist der direkte Nachfolge-Speicherbaustein von EDO-RAM. Das Synchrone DRAM hat den großen Vorteil, daß es seine Aktionen am Systemtakt orientiert. Dadurch lässt sich die Ansteuerung des Speichers deutlich vereinfachen und beschleunigen.

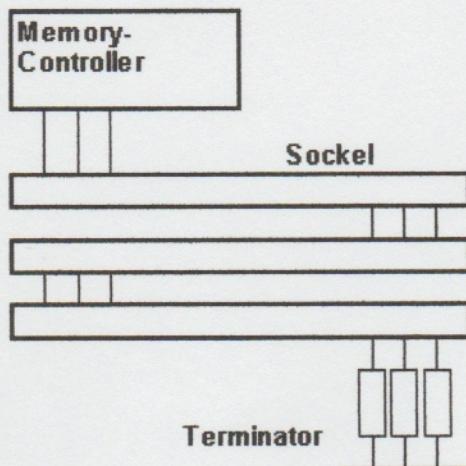
Intern besteht das SDRAM aus zwei Speicherbänken. Der Zugriff erfolgt abwechselnd, so daß die benötigte Erholungszeit zwischen den Zugriffen entfällt. Zusätzlichen Geschwindigkeitsvorteil bringt das Pipeline-Verfahren. Während der SDRAM-Chip noch Daten einliest, gibt er Daten aus. SDRAM kann mit bis zu 133 MHz betrieben werden. Es gibt auch hochgezüchtete Speicherbausteine für 150 MHz. Diese waren aber sehr teuer und haben sich auf dem Markt nicht durchgesetzt. Stattdessen benutzt man das Double Data Rate-Verfahren und nutzt zur Übertragung beide Taktflanken (aufsteigend und absteigend). Das entspricht einer Bandbreitenverdopplung. In einer weiteren Entwicklungsstufe und überträgt pro Taktzyklus 4 Datenworte (DDR-II-SDRAM).

Ein SDRAM kann programmiert werden, und so die Art des Zugriffs gesteuert werden. Auf diese Weise lässt sich SDRAM an jede beliebige Anwendung anpassen.

RDRAM (Rambus-DRAM)

Bereits 1995 gab es diesen Speicher. Die Firma Silicon Graphics setzte das RDRAM in ihren Workstations ein. Auch in den Nintendo-Spiele-Konsolen und auf einigen Grafikkarten fand dieser Speicher Anwendung. Ende 1996 haben die Firmen Intel und Rambus ein Lizenzabkommen geschlossen. Um ein Monopol bei Chipsätzen für die Pentium-Prozessoren durchzusetzen hat Intel entschieden nur diesen Speicher in seinen Chipsätzen zu unterstützen. Da der Speicher durch die Lizenzpolitik sehr teuer ist, hat sich das nie richtig durchgesetzt. Intel hat dann irgendwann auch Chipsätze für SDRAM entwickelt. Wie der Name schon sagt, ist das RDRAM ein Bus, der 16 Bit breit ist. Hier ist auch schon der Haken. Denn trotz 400 MHz Taktfrequenz und DDR-Verfahren ist das Ende der Fahnenstange bei der Übertragungsrate schnell erreicht. SDRAM überträgt pro Takt mit 64 Bit viermal so viele Daten. Weiterhin müssen die RDRAM-Speichermodule (RIMM) immer im Doppelpack auf dem Motherboard installiert werden. Unbelegte RIMM-Slots müssen mit Dummy-Modulen (CRIMM) bestückt werden. Sie überbrücken ungenutzte Slots, die sonst zu einem offenen Ende des Rambus-Bus führen würden. Die Rambus-Speichermodule sind hintereinander angeordnet. Der Zugriff auf den Speicher erfolgt wie bei einem Bus.

Ein funktionierendes Rambus-Speichersystem setzt einen abgeschlossenen Bus und gleichlange Leiterbahnen vom Speicher zum Memory-Controller (Chipsatz) voraus. Bei Taktfrequenzen von 400 MHz sind synchrone Signallaufzeiten auf allen Leiterbahnen notwendig. Damit die Leiterbahnen gleichlang sind führt das zu ungewöhnlichen Leiterbahngebilden im Zickzack-Kurs auf dem Motherboard.



XDR-DRAM (Rambus)

Die Firma Rambus, bekannt als Lizenzgeber für Direct-Rambus-DRAM (RDRAM), hat die Spechertechnik XDR-DRAM entwickelt. Sony hat bereits Interesse daran bekundet und wird XDR-DRAM in der kommenden Playstation 3 einsetzen.

Wie bei den bisherigen DRAMs kommunizieren die einzelnen XDR-Chips mit der XDR I/O Cell (XIO). Diese kann im Chipsatz oder im Prozessor verankert sein. Die XIO hat 8 bis 32 Datenleitungen. XDR-DRAMs haben 8 oder 16 Datenleitungen. Das Speicherinterface kann bis zu 6,4 GByte/s übertragen.

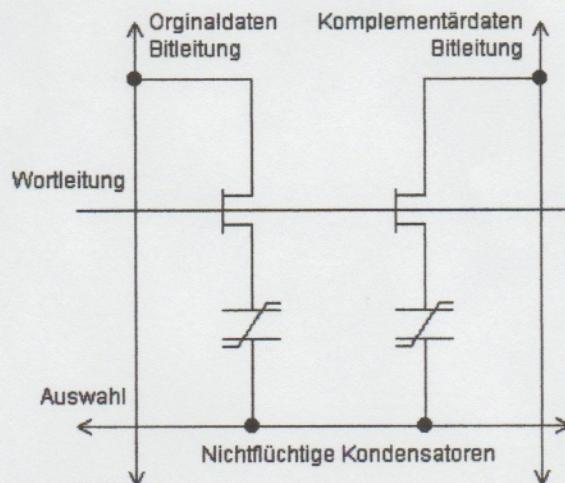
Spezielle Kompensations- und Signalisierungstechniken werden die vom RDRAM bekannten hochpräzisen Leiterbahnführungen unnötig machen. Auch reicht vierlagiges Platinenmaterial für die Speichermodule aus. Mit 12 Adressleitungen lässt sich ein Speicherausbau von 8 GByte adressieren.

FRAM - Ferroelectric Random Access Memory

FRAM bedeutet Ferroelectric Random Access Memory. Gegenüber herkömmlichen Festwertspeichern weist FRAM viele Vorteile auf:
keine Stromversorgung für den Datenerhalt
kompatibel zu den gängigen EEPROMs
Datenhaltbarkeit über 10 Jahre, auch bei starken Temperaturschwankungen
Schreibzeit ca. 100 ns (~ Standard-SRAM)
 10^{10} Schreib- und Lesezyklen garantiert
FRAM wird als Ersatz für EEPROMs, Flash-EPROMs und gepufferten SRAMs verwendet.
Vor allem Anwendungen mit geringerem Stromverbrauch und schnellen Speicher- und Lesezyklen wird FRAM verwendet. Etwa in der Automobilelektronik oder in mobiler und tragbarer Elektronik.

Das Ferroelektrische Speicherprinzip

Ferroelektrische Materialien sind durch ein angelegtes elektrisches Feld polarisierbar. Beim Beschreiben einer Zelle wird ein bewegliches Atom durch das Anlegen des elektrischen Feldes in einen bestimmten Zustand gebracht, der nach dem Abschalten des elektrischen Feldes erhalten bleibt. Wird das elektrische Feld erneut angelegt, nimmt das Atom eine definierte Position an. Um erkennen zu können, ob das Atom bewegt wurde oder nicht, besteht jedes Speicherbit aus zwei Zellen. D. h., beim Auslesen wird immer ein Atom zurückgesetzt und eines nicht. Der Vergleich zwischen beiden Atomen ergibt den Zustand der Atome vor dem Auslesen.



Herstellung

Das Speichern und Lesen ist relativ kompliziert. Genauso kompliziert ist die Herstellung von FRAM.

Auf einem Halbleiter-Wafer wird eine dünne ferroelektrische Schicht aufgebracht, die den Gate-Isolator der sonst üblichen FET-Speicherzelle ersetzt. Diese Schicht besteht aus Perorskit. Das ist z.B. Blei-Zirkonium-Titanat(PZT) oder Bariumtitanat(BaTiO_3). Der Speicher- und Löschkvorgang wird durch eine Polarisationsänderung in der ferroelektrischen Schicht realisiert.

MRAM - Magnetoresistive Random Access Memory

MRAM gehört in die Kategorie der magnetoelektronischen Arbeitsspeicher und speichert Daten permanent und arbeitet genauso schnell wie überlicher DRAM-Speicher.

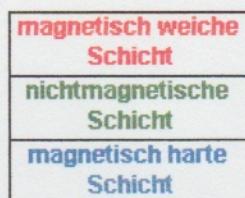
MRAM besteht aus dünnen metallischen und nichtmagnetischen Schichten. Es speichert den Zellenzustand auch in stromlosen Zustand. So verbraucht es nur beim Lesen und Schreiben Strom. Der Speicherinhalt muss nicht ständig aufgefrischt werden. Neben Schnelligkeit und niedriger Energiebedarf zählt auch die geringe Wärmeentwicklung durch diese Speicher-Art. MRAM speichert Informationen in magnetischen Zuständen. Die Unterscheidung der Speicherzustände 0 und 1 wird durch die Magnetisierung der dünnen Schichten in gleich oder ungleich ausgerichtet abgebildet.

Funktionsprinzip einer MRAM-Speicherzelle

Die MRAM-Speicherzelle ist magnetoelektronisch. Sie besteht aus mehreren Schichten, wobei für die Beschreibung des Funktionsprinzips nur drei Schichten notwendig sind. Die MRAM-Speicherzelle besteht, grob gesehen, aus zwei magnetischen Schichten, zwischen denen sich eine nichtmagnetische Schicht befindet. Die Schichten sind nur 3 bis 6 Nanometer dünn. Das entspricht etwa 10 bis 20 Atomen.

Die obere Schicht ist magnetisch weich. Kleine Ströme sind in der Lage das Magnetfeld in seiner Richtung zu verändern. Die untere Schicht ist magnetisch hart. Das Magnetfeld hat eine unveränderliche Magnetfeldrichtung, das als Referenz verwendet wird. Der Magnetfeld-Unterschied zwischen den beiden Schichten dient zur Unterscheidung des Speicherzelleninhaltes.

Die digitale 0 entspricht dem hochohmigen Zustand. Wenn also wenig Strom durch das Element fließt. Dabei ist die Magnetfeldrichtung der beiden Schichten unterschiedlich (antiparallel). Die digitale 1 entspricht dem niederohmigen Zustand. Wenn also viel Strom durch das Element fließt. Dabei ist die Magnetfeldrichtung der beiden Schichten gleich (parallel)



Fazit

Magnetoelektronischer Speicher, wie MRAM, hat das Potential sowohl den Arbeitsspeicher als auch die Festplatte zu ersetzen. Das würde zu einem Speicherkonzept führen, das Daten schnell und dauerhaft in einem Arbeitsgang speichert.

Handheld-Nutzer kennen diesen Vorteil. Der kleine Arbeitsspeicher dient auch als Datenspeicher. Für richtige Computer war diese Lösung bisher zu langsam und zu teuer.