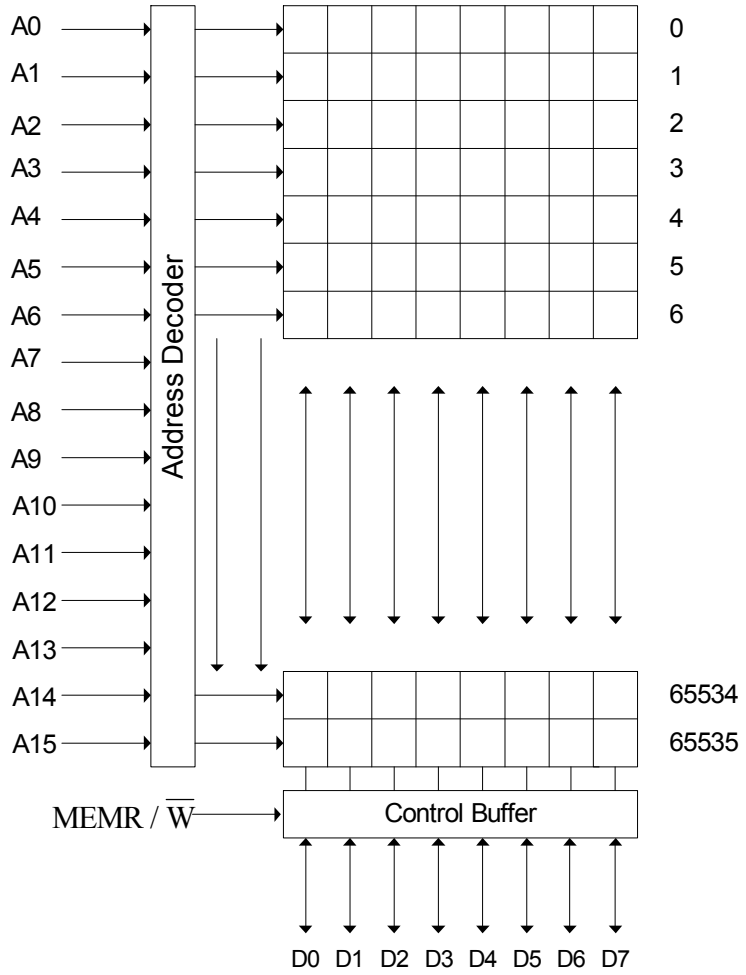
## 11. MEMORI

### Memori RAM Semikonduktor

Memori semikonduktor tersedia dalam rentang kecepatan yang luas. Waktu siklusnya berada pada rentang 100ns hingga kurang dari 10ns. Pada saat diperkenalkan pertama kali pada akhir tahun 1960-an, memori tersebut lebih mahal daripada memori inti magnetik. Karena perkembangan teknologi VLSI (*Very Large Scale Integration*) yang sangat cepat, biaya memori semikonduktor telah menurun secara drastis. Akibatnya, teknologi tersebut sekarang digunakan secara eksklusif dalam menerapkan memori.

Organisasi Internal Chip Memori

Sel Memori biasanya diatur dalam bentuk array, dengan tiap sel dapat menyimpan satu bit informasi. Organisasi yang mungkin diilustrasikan pada gambar berikut.




Gambar 11.1.

Blok diatas adalah blok memori yang menggunakan 16 jalur alamat dan 8 jalur data. Karena terdapat 8 jalur data, maka jumlah word (register) tiap alamat dapat menyimpan 8 bit (1 byte) data. Untuk 16 jalur alamat, maka jumlah word total yang dapat dialamati adalah 65535. Sehingga kapasitas memori total pada blok diatas adalah 65535 byte (64 Kilobyte).

Jalur alamat biasanya ditunjukkan oleh bilangan heksadesimal untuk mempermudah analisa. Jika seluruh bit pada jalur alamat bernilai 0, maka bilangan heksadesimal yang ditunjukkan adalah 0000 (1 bit bilangan heksadesimal mewakili 4 bit bilangan biner). Jika seluruh bit pada jalur alamat bernilai 1, maka bilangan heksadesimal yang ditunjukkan adalah FFFF.

Dengan 16 jalur alamat, prosessor dapat mengalamati 65535 ($2^{16}$) lokasi memori. Untuk itu diperlukan *Address Decoder*. Saat alamat berada pada jalur alamat, *address decoder* memilih lokasi memori yang sesuai.

Setelah meletakkan sebuah alamat pada bus alamat, prosessor akan membaca isi dari lokasi memori, atau menulis data kedalam memori. Untuk menulis lokasi memori, prosessor mengirim sinyal *Memory Read* (MEMR). Untuk menyimpan byte data pada lokasi memori, prosessor mengirim sinyal kontrol *Memory Write* (MEMW). Untuk jalur data yang lebih dari 8bit, maka pengalamatannya menggunakan model byte addressable (lihat modul pengalamatan memori).

Memori adalah pusat kegiatan pada sebuah komputer, karena setiap proses yang akan dijalankan, harus melalui memori terlebih dahulu. CPU mengambil instruksi dari memori sesuai yang ada pada *Program Counter*. Instruksi dapat berupa menempatkan/menyimpan dari/ke alamat di memori, penambahan, dan sebagainya. Tugas sistem operasi adalah mengatur peletakan banyak proses pada suatu memori. Memori harus dapat digunakan dengan baik, sehingga dapat memuat banyak proses dalam suatu waktu.

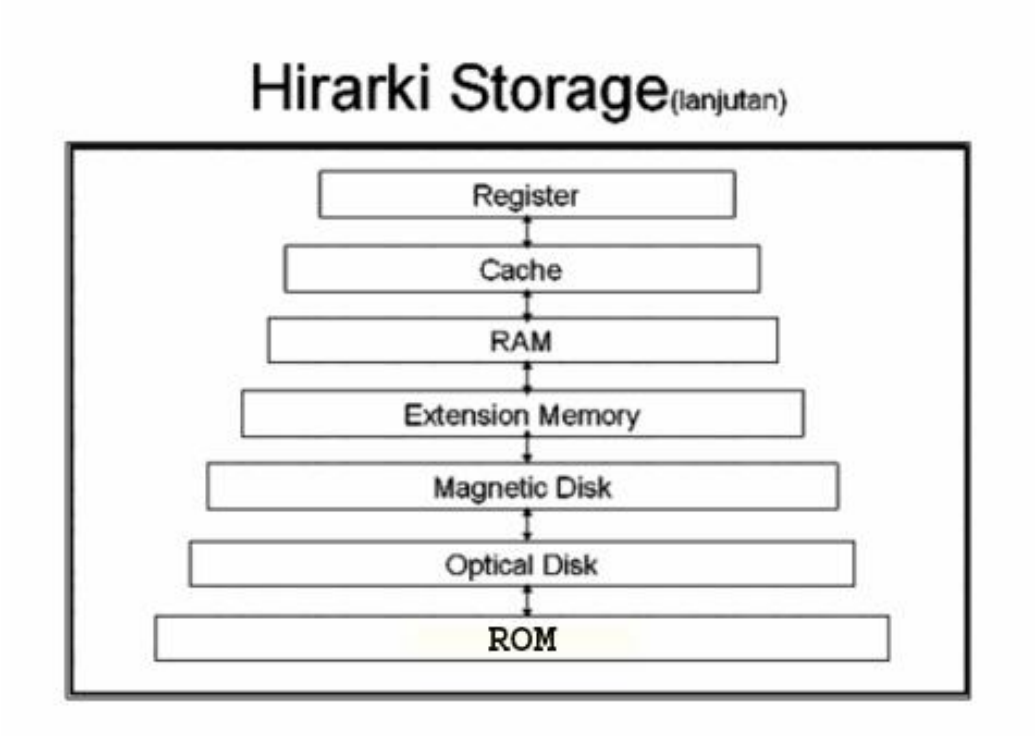
Satuan pokok memori adalah bit. Sejumlah bit dapat berisi 0 atau 1. Memori terdiri dari sejumlah cell-cell yang masing-masing dapat menyimpan informasi. Semua cell dalam sebuah memori berisi jumlah bit yang sama. Tiap cell mempunyai alamat, yang dipakai program sebagai acuan. Komputer-komputer menggunakan sistem bilangan biner (termasuk notasi oktal dan heksa untuk bilangan biner).

Memori komputer kadang dapat membuat kesalahan karena tekanan-tekanan voltase pada arus listrik atau sebab-sebab lain. Untuk menghindari kesalahan-

kesalahan semacam itu, beberapa memori menggunakan kode-kode pendeteksi kesalahan. Ketika kode-kode ini digunakan, bit-bit ekstra ditambahkan pada setiap word memori dengan suatu cara khusus..

Ketika sebuah word/data muncul dari memori, bit-bit tambahan tersebut diperiksa untuk melihat apakah terjadi sebuah kesalahan. Memori berfungsi untuk menyimpan data dan program. Terdapat beberapa tipe memori, mulai yang tercepat aksesnya sampai yang terlambat.

Hirarki memori berdasarkan kecepatan akses adalah seperti berikut:




Gambar 11.2.

## 11.1. REGISTER

Adalah tempat penyimpanan beberapa buah data *volatile* yang akan diolah langsung di prosesor yang berkecepatan sangat tinggi. Register ini berada di dalam prosesor dengan jumlah yang sangat terbatas karena fungsinya sebagai tempat perhitungan/komputasi data. Atau bisa dikatakan bahwa register berfungsi sebagai tempat penyimpanan sementara hasil dari tahapan-tahapan operasi aritmatika dan logika..

## *11.2. CACHE MEMORY*

Cache memory adalah memori berkapasitas terbatas, berkecepatan tinggi yang lebih mahal dibanding memori utama. Cache memori terletak diantara memori utama dan register CPU, dan berfungsi agar CPU tidak langsung mengacu ke memori utama tetapi di cache memori yang kecepatan aksesnya lebih tinggi. Metode ini akan meningkatkan kinerja system. Dahulu *cache* disimpan di luar prosesor dan dapat ditambahkan. Untuk meningkatkan kinerja, saat ini *cache* ditanamkan di prosesor.

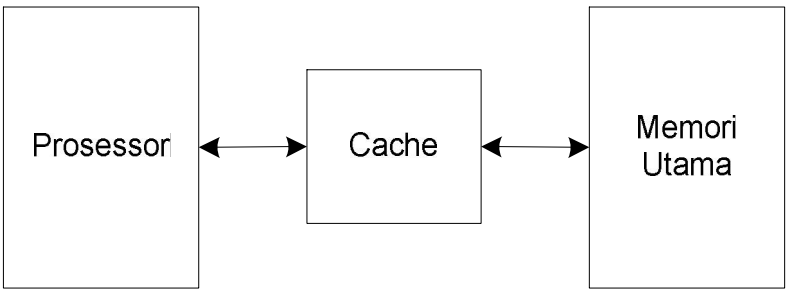
Kecepatan memori utama sangat rendah dibandingkan kecepatan prosessor modern. Untuk performa yang baik, prosessor tidak dapat membuang waktunya dengan menunggu untuk mengakses instruksi dan data pada memori utama. Karenanya sangat penting untuk memikirkan suatu skema yang mengurangi waktu dalam mengakses informasi. Karena kecepatan memori utama dibatasi oleh batasan elektronik dan packaging, maka solusinya harus dicari pada sistem arsitektur yang berbeda. Solusi yang efisien adalah menggunakan memori cache cepat yang sebenarnya membuat memori utama tampak lebih cepat bagi prosesor daripada sebenarnya.

Keefektifan mekanisme cache didasarkan pada properti program komputer yang disebut *locality of reference*. Analisa program menunjukkan bahwa sebagian besar waktu eksekusinya digunakan sebagai routine dimana banyak instruksi dieksekusi secara berulangkali. Instruksi tersebut dapat merupakan loop sederhana, nested loop, atau beberapa prosedur yang berulang kali saling memanggil. Pola detail aktual dari rangkaian instruksi tidaklah penting – yang utama adalah banyak instruksi dalam area program yang terlokalisasi dieksekusi berulangkali selama beberapa periode, dan bagian program yang lain relatif jarang diakses. Disebut *locality of reference.* Hal ini memanifestasikan dirinya dalam dua cara: temporal dan spasial. Yang pertama berarti bahwa instruksi yang baru dieksekusi tampaknya akan dieksekusi lagi dengan segera. Aspek spasial berarti instruksi yang dekat dengan instruksi yang baru saja dieksekusi (dengan mengacu pada alamat instruksi) tampaknya juga akan dieksekusi dengan segera.

Jika segmen program aktif dapat diletakkan dalam memori cache dengan cepat, maka waktu eksekusi total dapat direduksi secara signifikan. Secara konseptual, operasi memori cache sangat sederhana. Sirkuit kontrol memori didesain untuk memanfaatkan properti *locality of reference*. Aspek *temporal locality of reference*

menyatakan bahwa kapanpun suatu item informasi (instruksi atau data) pertama kali diperlukan, maka item tersebut sebaiknya dibawa kedalam cache dimana item tersebut akan tetap tinggal hingga diperlukan lagi. Aspek spasial menyatakan daripada mengambil hanya satu item dari memori utama ke cache, akan berguna untuk mengambil juga beberapa item yang terletak pada alamat yang berdekatan. Digunakan istilah blok untuk mengacu pada set lokasi alamat beberapa ukuran yang berdekatan. Istilah lain yang sering digunakan untuk mengacu pada blok cache adalah jalur cache.

Perhatikan pengaturan sederhana pada gambar berikut. Pada saat request Read diterima dari prosessor, isi blok word memori yang berisi lokasi tertentu ditransfer ke cache satu word tiap satu waktu. Selanjutnya, pada saat program mengacu pada suatu lokasi pada blok ini, maka isi yang dimaksud dibaca langsung dari cache. Biasanya, memori cache dapat menyimpan sejumlah blok pada tiap waktu tertentu, tetapi jumlah ini kecil dibandingkan dengan jumlah total blok dalam memori utama. Hubungan antara blok memori utama dan yang ada di dalam cache ditentukan dengan fungsi *mapping*. Pada saat cache penuh dan word memori (instruksi atau data) yang tidak berada di dalam cache direferensi, hardware control cache harus memutuskan blok mana yang harus dihapus untuk menghasilkan ruang bagi blok baru yang berisi word tereferensi. Kumpulan aturan untuk menentukan keputusan tersebut merupakan algoritma pergantian (*replacement algorithm*).




Gambar 11.3.

Prosessor tidak perlu tahu pasti tentang keberadaan cache tersebut. Prosessor cukup hanya mengeluarkan request Read dan Write menggunakan alamat yang mengacu ke lokasi dalam memori. Sirkuit kontrol cache menentukan apakah word yang diminta saat ini berada dalam cache. Jika ya, operasi Read atau Write dilakukan pada lokasi cache yang sesuai. Dalam hal ini, dinyatakan telah terjadi Read atau Write hit. Pada operasi Read, memori utama tidak terlibat. Untuk operasi Write, sistem

dapat berjalan dengan dua cara. Pada teknik pertama, yang disebut protokol *write-through*, lokasi cache dan lokasi memori utama di-update secara bersamaan. Teknik kedua adalah hanya meng-update lokasi cache dan menandainya sebagai ter-update dengan bit flag yang sesuai, sering disebut *bit dirty* atau *modified*. Lokasi memori word diupdate kemudian, pada saat blok yang berisi word bertanda ini dipindahkan dari cache untuk memberi ruang baru bagi blok baru. Teknik ini disebut protokol *write back*, atau *copy back*. Protokol *write through* lebih sederhana, tetapi menghasilkan operasi Write yang tidak perlu dalam memori utama pada saat word cache tertentu di-update beberapa kali selama cache recidencynya. Perhatikan bahwa protokol *write back* dapat pula menghasilkan operasi Write yang tidak perlu karena pada saat blok cache dituliskan kembali ke memori maka semua word pada blok dituliskan kembali, bahkan jika hanya word tunggal yang diubah pada saat blok berada di dalam cache.

Pada saat word yang dituju dalam operasi Read tidak berada di dalam cache, terjadi Read miss. Blok word yang berisi word yang diminta di-copy dari memori utama ke dalam cache. Setelah seluruh blok di-load ke dalam cache, maka word yang diminta diteruskan ke prosessor. Kemungkinan lain, word ini dapat dikirim ke prosessor segera setelah dibaca dari memori utama.

Pendekatan yang terakhir, yang disebut *load through*, atau *early restart*, mengurangi periode tunggu prosessor, tetapi menghasilkan sirkuit yang lebih kompleks.

Selama operasi Write, jika word yang dituju tidak berada di dalam cache, maka terjadi write miss. Kemudian, jika protokol *write through* digunakan, maka informasi tersebut ditulis ke langsung ke memori utama. Dalam protokol *write back*, blok yang berisi word yang dituju mula-mula dibawa ke dalam cache, dan kemudian word di dalam cache yang dimaksud di *over-write* dengan informasi baru.

### *11.3. MEMORI EXTENSI*

Tambahan memori yang digunakan untuk membantu proses-proses dalam komputer, biasanya berupa buffer. Peranan tambahan memori ini sering dilupakan akan tetapi sangat penting artinya untuk efisiensi. Biasanya tambahan memori ini memberi gambaran kasar kemampuan dari perangkat tersebut, sebagai contoh misalnya jumlah memori VGA, memori *soundcard*.

### *11.4. ROM (Read Only Memory*)

Chip SRAM dan DRAM *volatile*, artinya chip tersebut kehilangan informasi yang disimpannya jika daya di-off. Terdapat banyak aplikasi yangmemerlukan perangkat memori yang mempertahankan informasi tersimpan jika daya di-off. Misalnya dalam komputer biasa drive-harddisk digunakan untuk menyimpan sejumlah besar informasi, termasuk software sistem operasi. Pada saat komputer di-on, software sistem operasi harus diload dari disk ke dalam memori. Hal ini memerlukan eksekusi program yang ”boot” sistem operasi. Karena program boot cukup besar, sebagian besar disimpan dalam disk. Prosessor harus mengeksekusi beberapa instruksi yang me-load program boot ke dalam memori. Jika seluruh memori hanya terdiri dari chip memori volatile, maka prosessor tidak akan memiliki sarana untuk mengakses instruksi tersebut. Solusi praktisnya adalah dengan menyediakan sejumlah kecil memori non volatile yang menyimpan instruksi yang eksekusinya menghasilkan loading program boot dari disk.

Memori non volatile digunakan secara luas dalam sistem embedded. Sistem semacam ini biasanya tidak menggunakan perangkat penyimpanan disk. Programnya disimpan dalam perangkat memori semikonduktor non volatile.

Tipe memori non volatile yang berbeda telah dikembangkan. Umumnya, isi memori semacam itu dapat dibaca seakan sebagai memori SRAM atau DRAM. Tetapi proses penulisan khusus diperlukan untuk meletakkan informasi tersebut dalam memori ini. Karena operasi normalnya melibatkan hanya pembacaan data yang tersimpan, maka memori tipe ini disebut *read-only memory*. Data ditulis ke dalam ROM pada saat fabrikasi.

Beberapa desain ROM memungkinkan data diload oleh user, sehingga menghasilkan *programmable ROM* (PROM). PROM menyediakan fleksibilitas dan kemudahan yang tidak dimiliki ROM. Yang terakhir lebih menarik secara ekonomi untuk menyimpan program dan data tetap pada saat ROM volume tinggi diproduksi. Akan tetapi, biaya untuk mempersiapkan mask yang diperlukan untuk menyimpan pola informasi tertentu dalam ROM menjadikannya sangat mahal pada saat hanya sejumlah kecil yang diperlukan. Dalam hal ini, PROM menyediakan pendekatan yang lebih cepat dan lebih murah karena dapat diprogram langsung oleh user.

Tipe lain chip ROM memungkinkan data yang disimpan dihapus dan diload data baru. ROM yang *erasable* dan *programmable* biasanya disebut EPROM. Tipe ini menyediakan fleksibilitas selama fase pengembangan sistem digital. Karena EPROM mampu mempertahankan informasi yang tersimpan untuk waktu yang lama, maka dapat digunakan untuk menggantikan ROM pada saat software dikembangkan. Dengan cara ini, perubahan dan update memori dapat dilakukan dengan mudah.

Kentungan yang penting dari chip EPROM adalah isinya dapat dihapus dan diprogram ulang, dilakukan dengan menyinari chip pada sinar ultraviolet. Untuk alasan ini, chip EPROM dipasang pada unit yang memiliki jendela transparan.

Kerugian EPROM yang signifikan adalah chip tersebut harus dipindahkan dari sirkuit untuk pemrograman ulang dan seluruh isinya dihapus oleh sinar ultraviolet. Dimungkinkan untuk menerapkan versi lain *erasable* PROM yang dapat diprogram dan dihapus secara elektrik. Chip semacam ini, yang disebut EEPROM, tidak harus dipindahkan untuk penghapusan. Lagipula dimungkinkan untuk menghapus isi sel secara selektif. Satu-satunya kerugian dari EEPROM adalah diperlukan tegangan yang berbeda untuk penghapusan, penulisan, dan pembacaan data yang tersimpan.

Jenis terbaru dari EEPROM adalah memory flash. Terdapat perbedaan substansial dalam beberapa hal antara EEPROM dan flash memory. Dalam EEPROM dapat dimungkinkan untuk membaca dan menulis sel tunggal. Pada perangkat flash mungkin untuk membaca sel tunggal, tetapi hanya mungkin untuk menulis seluruh blok sel. Sebelum penulisan, isi blok sebelumnya akan dihapus. Perangkat flash memiliki densitas yang lebih besar, yang menghasilkan kapasitas yang lebih tinggi dan biaya lebih rendah per bit. Perangkat tersebut memerlukan supply daya tunggal, dan mengkonsumsi daya lebih rendah dalam operasinya.

Konsumsi daya yang rendah pada memori flash membuatnya menarik untuk digunakan dalam perangkat portable yang dikendalikan dengan batere. Aplikasi yang umum antara lain komputer hand-held, telepon seluler, kamera digital, dan player musik MP3. Pada komputer hand-held dan telepon seluler, memori flash menyimpan software yang diperlukan untuk mengoperasikan peralatan tersebut, sehingga meniadakan perlunya disk drive. Pada kamera digital, memori digunakan untuk menyimpan data gambat, sedangkan pada player MP3 digunakan untuk menyimpan file audio. Terdapat dua pilihan yang populer untuk implementasi modul flash memori yaitu kartu flash (*flash card*) dan drive flash (*flash drive*).

**Kartu Flash**

Salah satu cara untuk mengkonstruksi modul yang lebih besar adalah dengan memasang chip flash pada kartu kecil. Kartu flash semacam ini memiliki antar muka standar yang membuatnya dapat digunakan dalam berbagai produk. Suatu kartu chip dicolokkan ke dalam slot yang sesuai. Kartu flash memiliki berbagai ukuran memori. Ukuran yang umum adalah 8, 16, 32, 64, 128, 256, hingga 1Gbyte bahkan lebih.

**Drive Flash**

Modul memori flash yang lebih besar telah dikembangkan untuk menggantikan drive harddisk. Fakta bahwa drive flash adalah perangkat elektronik solid state yang tidak memiliki bagian yang dapat dipindahkan menghasilkan keuntungan penting. Perangkat tersebut memiliki waktu pencarian dan akses yang lebih singkat, sehingga menghasilkan respon yang lebih cepat. Drive tersebut memiliki konsumsi daya yang lebih rendah, yang menjadikannya atraktif untuk aplikasi yang diatur dengan batere, dan perangkat tersebut juga tidak sensitif terhadap goncangan.

Kerugian drive flash dibandign drive harddisk adalah kapasitasnya yang lebih rendah dan biaya per bit yang lebih tinggi. Disk menyediakan biaya per bit yang jauh lebih rendah. Kerugian lain adalah kemampuan flash memori akan menurun setalah ditulis berulang kali. Sedangkan pada harddisk, jumlah penulisan lebih tinggi, paling sedikit jutaan kali.

## 11.5. KONFIGURASI SISTEM OPERASI DAN MANAJEMEN MEMORI

Antara manajemen memori dan konfigurasi system operasi merupakan dua hal yang tidak bisa dipisahkan. Pada dasarnya pengkonfigurasian system operasi adalah mengatur pemanfaatan memori komputer yang ada. Dalam pengkonfigurasian system operasi dikenal dua bentuk memori yaiti:

1. Physical memory
2. Virtual memori

Phisycal memory adalah memori yang terdapat pada komputer secara fisik, yaitu berbentuk modul memori (RAM). Memori ini digunakan untuk mengolah data. Instruksi dan data yang akan ditampilkam ke layar monitor. Sedangkan virtual memori merupakan memori bayangan karena secara fisik memori ini tidak ada di

mainboard komputer. Virtual memori merupakan memori yang dibentuk oleh system operasi dengan memanfaatkan sebagian kapasitas Hard Disk Drive.

Virtual memory dibuat oleh system operasi sesuai kebutuhan akan memori yang diperlukan oleh program aplikasi. Selanjutnya sistem operasi akan mengatur proses swapping data dan instruksi antara virtual memori dengan physical memori. Dalam proses multitasking ini keseluruhan memori (physical memori) akan digunakan untuk menjalankan program secara bersamaan. Jika memori tersebut kurang maka beberapa bagian kapasitas hard disk drive untuk dipergunakan sebagai virtual memory sebesar kekurangan memori yang ada .

Gagasan utama dari memori virtual adalah ukuran gabungan program, data dan stack melampaui jumlah memori fisik yang tersedia. Sistem operasi menyimpan bagian-bagian proses yang sedang digunakan di memori fisik (memori utama) dan sisanya diletakkan di disk. Begitu bagian yang berada di disk diperlukan, maka bagian di memori yang tidak diperlukan akan dikeluarkan dari memori fisik (*swap-out*) dan diganti (*swap-in*) oleh bagian disk yang diperlukan itu.

Sedangkan untuk physical memory, dalam penggunaannya membutuhkan pengaturan tersendiri. Physical memory akan dibagi menjadi beberapa bagian memori.

### 11.5.1. Conventional (base) memory

Conventional memory adalah 640 KB pertama dari seluruh kapasitas RAM pada komputer. Seluruh system operasi akan secara otomatis menggunakan memori ini sehingga memori ini tidak memerlukan pengaturan khusus. Memori inilah yang digunakan oleh system operasi.

### 11.5.2. UMA (Upper Memory Area)

UMA adalah memori sebesar 384 KB setelah memori konvensional. UMA digunakan oleh komputer untuk mendukung perangkat keras yang ada, seperti display adapter.

Untuk pembagian 384 K upper memori:

128 K yang pertama disebut video ram dengan alamat A0000-BFFFF

128 K berikutnya digunakan untuk adapter bios dengan alamat C0000-DFFFF

128 K berikutnya digunakan untuk motherboard BIOs yang digunakan untuk POST dan boot strap leaders dengan alamat E0000-FFFFF

### 11.5.3. Entended Memory (XMS)

Extended memory adalah memori komputer diatas MB. Sistem opersii Windows dan system aplikasi berbasis Windows dan system aplikasi berbasis Windows merupakan system yang membutuhkan memori ini.

### 11.5.4. High Memory Area (HMA)

HMA adalah 64 KB pertama dari XMS. Pada komputer dengan extended memory, setup system operasi bisa menempatkam system operasi(misalnya dos) pada high memory area. Dengan demikian akan menambah sisa ruang pada memori konvensional.

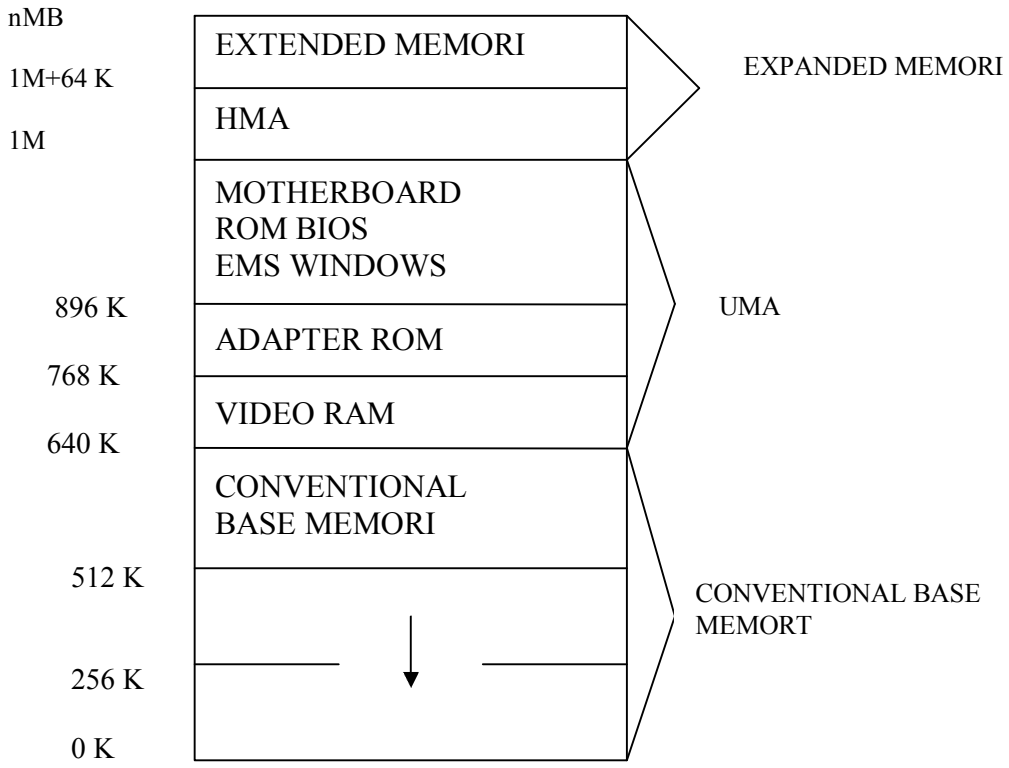
### 11.5.5. EXPANDED MEMORY (EMS)

Beberapa sistem aplikasi berbasis DOS tidak mampu menggunakan *extended memory* yang ada. Sistem aplikasi tersebut menggunakan kapasitas memori yang lebih tersebut dalam bentuk *expanded memory*. Untuk bisa mengakses *expanded memory* dibutuhkan *expanded memory manajer* seperti EMM386. Program akan menggunakan *expanded memory* sebesar 64Kbytes pada satu saat dan mengalamatkanya ke *upper memory area* yang disebut EMS page frame. Karena *expanded memory manager* memberi batas penggunaan expanded memory pada satu saat, maka penggunaan *expanded memory* menjadi lebih lambat dibandingkan dengan *extended memory*. Meskipun Windows dan sistem aplikasinya tidak membutuhkan *expanded memory*, namun Windows mampu mengemulasikan *expanded memory* untuk sistem aplikasi berbasis DOS. Itulah sebabnya beberapa sistem aplikasi berbasis DOS mampu berjalan normal di Windows.

Sebagaimana telah diuraikan di atas, bahwa untuk menggunakan memori-memori yang ada tersebut dibutuhkan *device driver* untuk manajemen memori kecuali memori konvensional yang memang langsung bisa dipakai. Pengaturan device drive tersebut dilakukan oleh sistem operasi. Dengan demikian untuk bisa mengatur pemanfaatan memori, harus mengatur konfigurasi pada sistem informasi, yaitu dengan memanipulasi file konfigurasi sistem. Karena pengaturan memori tersebut

akan digunakan sejak awal hingga akhir pengoperasian komputer, maka pengaturan sistem konfigurasi tersebut juga harus memungkinkan hal ini terjadi.

### 11.6. Memori map




Gambar 11.4.

### 11.7. Rangkuman Sejarah

Sekitar 1990, kemajuan sisitem operasi, seperti windows, muncul pada pasaran, saat itulah dimulainya persaingan RAM. Windows pertama dioperasikan pada PC dengan kapasitas memori yang dapat dialamati sebesar 2 MB, tetapi tidak lama kemudian memori berukuran 4 MB juga dapat dialamati dan kemudian menjadi standart saat itu. Perkembangan ini berlangsung selama tahun 90-an, harga RAM pun semakin turun drastis.

### TIPE RAM

RAM tipe lama adalah DRAM (*dynamic* RAM). Tipe yang lain adalah SRAM (*static* RAM). Kemudian DRAM diperbaharuhi kembali dengan menambah kecepatan selama beberapa mili detik. DRAM terdiri dari mikro kapasitor, sedangkan SRAM

terdiri dari tombol off atau on. Oleh karena itu, SRAM dapat merespoan lebih cepat daripada DRAM. SRAM dapat digunakan dengan waktu yang cepat selama 4 ns. DRAM jauh lebih mudah untuk dibuat. Tipe DRAM lebih baru dan lebih cepat dikembangkan secara terus-menerus. Berikut adalah tipe-tipe DRAM :

- FPM (*Fast Page Mode*)
- ECC (*Error Correcting Code*)
- EDO (*Extended Data Output*)
- SDRAM (*Synchronous Dynamic RAM*)
- RDRAM (*Rambus Direct RAM*)
- DDRRAM (*Double Data Rate RAM*)

**Penjelasan singkat tipe DRAM**

FPM adalah RAM model lama untuk PC sebelum EDO diperkenalkan. Dengan menggunakan modul SIMM (Single Inline Memory Module) 2, 4, 8, 16, atau 32 MB. Khususnya, ditemukan dalam versi 60 ns atau 70 ns. 60 ns paling cepat dan yang pertama digunakan. Pengguna komputer tidak dapat mencampur modul memori dengan kecepatan berbeda dalam satu motherboard yang sama.

EDO (Extended Data Out) RAM adalah perbaikan FPM RAM. Data dibaca lebih cepat. Data keluaran yang valid dari EDO memerlukan waktu yang lama.

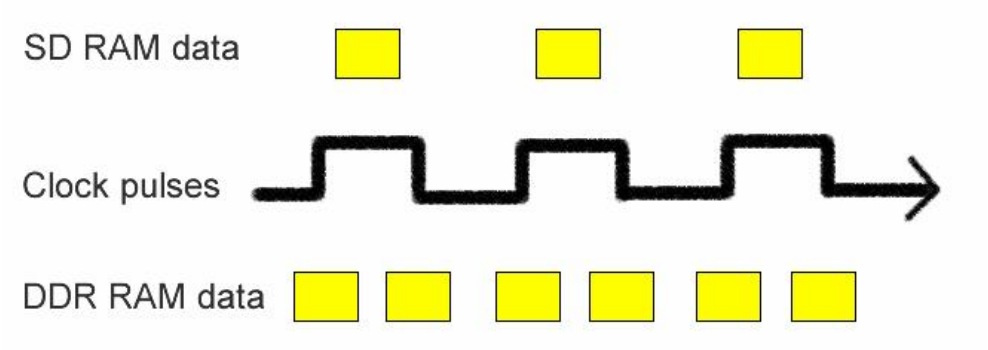
Dengan perubahan dari FPM ke EDO, dapat diharapkan sebuah peningkatan hasil 2-5 %. EDO RAM biasanya tersedia dalam versi 60 ns. Versi 50 ns tersedia dengan biaya yang lebih mahal.

Berikutnya, EDO digantikan oleh SDRAM (*Synchronous* DRAM), salah satu jenis DRAM yang operasinya disinkronisasikan langsung dengan sinyal clock..

SDRAM muncul dipasaran dengan ukuran 64 bit (sepanjang 168 pin DIMMs). SDRAM hanya mengakses 6-12 ns Pada frekuensi kerja 66 MHz. Kemudian muncul pula pada frekuensi kerja 100 dan 133 MHz.

Standar SDRAM melakukan operasi pada sisi sinyal clock tinggi. Tersedia perangkat memori serupa, yang mengakses sel array dengan cara yang sama, tetapi mentransfer data pada kedua sisi clock (saat kondisi tepi). Latency perangkat ini sama dengan standar SDRAM. Tetapi karena mentransfer data pada kedua sisi clock, maka bandwidth perangkat tersebut pada dasarnya lipat dua untuk transfer burst panjang.

Perangkat tersebut dikenal dengan nama *double data rate* SDRAM. DDR SDRAM (*Double data rate* SDRAM) adalah versi clock ganda SDRAM, yang mengganti SDRAM mulai 2001 hingga sekarang.




Gambar 11.5.

**9 bits per byte**

Normalnya suatu sistem komputer menggunakan 8 bit dalam satu byte. Pada beberapa tahun belakangan 1 bit ditambah sebagai keseimbangan, sehingga menjadi 9 bit dalam blok RAM. 1 bit tersebut digunakan untuk membuktikan transmisi yang benar atau digunakan sebagai pendeteksi kesalahan.
Jika motherboard memerlukan modul 36 bit, sebenarnya modul yang digunakan adalah 32 bit.

**RAM dan motherboard**

Pada sistem board modern, RAM terpasang pada modul SIMM atau DIMM, sebelum DRAMs kecil sendiri digunakan. Biasanya ada ruang untuk 36 chips kecil pada sistem board. Sebenarnya, seorang pengguna telah dimudahkan untuk memasang memori RAM dengan mudah. SIPP modul pertama kali hadir. Modul ini mempunyai banyak pin, yang sesuai dengan pin yang ada pada motherboard. Sampai dengan SIMM modul muncul kemudian. Modul ini ada pada sebuah kartu, yang mempunyai sebuah edge connector. Modul ini menyesuaikan dengan soket pada motherboard, diharapkan semua orang dapat menginstallnya dengan mudah.

**Kecepatan RAM**

Satuan kecepatan RAM diukur dalam ns (*nano seconds*). Beberapa tahun lalu RAM muncul dengan kecepatan 120, 100 dan 80 ns. Sekarang ini, kecepatannya telah mencapai 6 ns dan terus bertambah cepat.

| Clock speed | Time per clock tick |
|---|---|
| 20 MHz | 50 ns |
| 25 MHz | 40 ns |
| 33 MHz | 30 ns |
| 50 MHz | 20 ns |
| 66 MHz | 15 ns |
| 100 MHz | 10 ns |
| 133 MHz | 6 ns |

Tabel 11.1.

Peak Bandwidth

Pada tabel berikut dapat dilihat peak bandwidth secara maksimum dalam 3 tipe RAM.

| RAM type | Max. peak bandwidth |
|---|---|
| FPM | 176 MB/sec |
| EDO | 264 MB/sec |
| SD | 528 MB/sec |

Tabel 11.2.

**SIMM RAM**

SIMM (Single Inline Memory Modules) pertama dibuat dalam edisi 8 bit. Modul ini adalah kartu kecil dengan 1, 2 atau 4 MB RAM. Perangkat ini dihubungkan ke motherboard dengan penghubung 30 pin dan memiliki 8 bit. Ini

berarti bahwa 16 bit prosesor (286 dan 386SX) membutuhkan 2 SIMMs dalam satu pasang. Jadi, tersedia ruangan untuk 2 modul yang juga disebut sebagai sebuah bank.

Prosesor 32 bit (386DX dan 486) membutuhkan 4 SIMMs kecil 8 bit dalam sebuah bank. Tentu saja lebar banknya 32 bit. Khusus pada generasi pertama 486 motherboard, pengguna dapat menginstal 4 X 1 MB, 4 X 2 MB, atau 4 X 4 MB pada setiap bank.

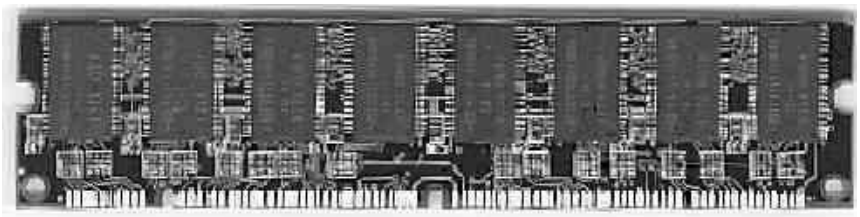
**32 bit modules**

Dengan munculnya prosesor 486, diperlukan modul RAM yang lebih baik. Kemudian muncul modul terbesar yaitu 32 bit dalam penggunaannya. Sebuah motherboard 486 masih mempunyai soket 4 SIMM, tetapi modul yang lebarnya 32 bit muncul, modul tersebut dapat dipasang dalam waktu yang tidak terlalu lama. Hal itu sudah menjadi keunggulan saat itu.

Pengguna dapat menambah tipe modul yang berbeda dan masih menggunakan barang yang lama. Sejak motherboard 486 dijalankan hanya pada 33 Mhz pada sistem bus, kualitas modul RAM tidak terlalu buruk. Pengguna bahkan dapat mencampur 60 ns dan 70 ns yang berbeda jenis tanpa masalah.

Pada gambar berikut terlihat sepasang modul SIMM. Pada ukuran 64 bit ( 168 pin). Kemudian ukuran 32 bit dengan 72 pin penghubung. Dibawah ini modul 8 bit dengan pin penghubung :

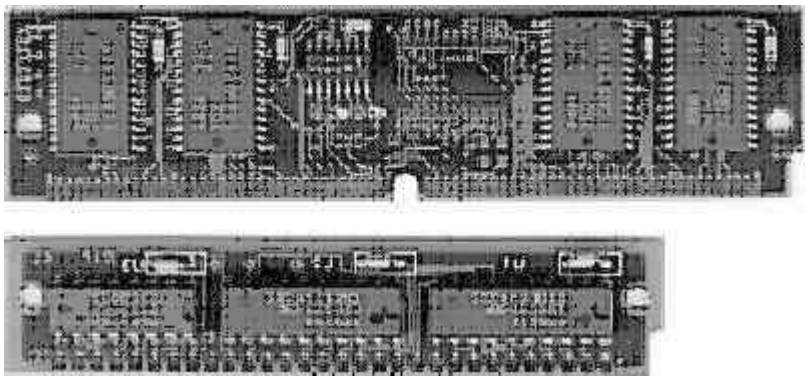
64bit SDRAM:



32bit DRAM:

dan

16bit DRAM:



Gambar 11.6.

**Pentium motherboard dengan SIMMs**

Pada pentium motherboard, sistem bus lebarnya 64 bit. Oleh karena itu, SIMMs 32 bit diinstal dalam satu pasang. Sejak motherboard umumnya hanya mempunyai dua tepi dengan jumlah 4 SIMM soket, kemungkinan perkembangan RAM dibatasi.

Catatan :

Modul kecepatan RAM yang berbeda tidak pernah dapat digunakan pada satu Pentium motherboard. Semua modul harus mempunyai kecepatan yang sama. Pada tabel berikut dapat terlihat konfigurasi pada Pentium motherboard yang lama dengan 4 SIMM socket.

| Bank 1 | Bank 2 | Total RAM |
|---|---|---|
| 16 MB + 16 MB | - | 32 MB |
| 16 MB + 16 MB | 32 MB + 32 MB | 96 MB |
| 32 MB + 32 MB | 32 Mb + 32 MB | 128 MB |

Tabel 11.3.

**DIMMs**

RAM tipe modern paling banyak digunakan, SDRAM yang dibuat dalam modul yang lebarnya 64 bit disebut DIMMs (Dual Inline Memory Module).

Modul tersebut mempunyai sebuah panghubung sebanyak 168 pin edge connector. Berikut adalah gambar modul memori.



Gambar 11.7.

Keuntungan meningkatkan kecepatan SDRAM menyediakan peningkatan kecepatan sistem Bus. Dengan 60 ns EDO-RAM, dapat dijalankan dengan kecepatan maksimum 75 MHz pada sistem bus. Kecepatan SDRAM dapat meningkat sampai 133 MHz.

Kebanyakan chipset dibuat untuk SDRAM. Beberapa motherboard mempunyai kedua SIMM dan DIMM sockets. Memberi pilihan pada pengguna komputer untuk dapat menggunakan kembali EDO RAM dalam SIMM sockets, atau memilih menginstall SDRAM dalam DIMM socket. Kedua modul tersebut tidak dirancang untuk mencampur tipe RAM walaupun bekerja pada board yang sama.



Gambar 11.8.

Diatas : 64 MB DIMM-module mempunyai 32 chips setiap 16 Mbit (32 X 16 Mbit / 8 bit = 64 MB).

**PC133**

PC133 RAM dijalankan pada 133 MHz adalah versi terakhir dari SDRAM. Spesifikasinya dibuat oleh VIA, Micron, NEC, Samsung, SIS, Acer Labs dan vendor lainnya. Produksi pertama (dari Corsair, June 1999) menggunakan ukuran kecepatan 7.5 ns RAM dari micron.

**Model intelligent Rambus**

Performa memori dinamik ditentukan dengan latensi dan bandwidth-nya. Karena semua chip memori dinamik menggunakan organisasi yang serupa untuk array selnya, maka latensi cenderung mirip jika chip diproduksi menggunakan proses fabrikasi yang sama. Sebaliknya, bandwidth efektif sistem memori tergantung tidak hanya pada struktur chip memori, tetapi juga pada sifat jalur penghubung ke prosessor. DDR SDRAM dan SDRAM standar dihubungkan ke bus prosessor. Sehingga kecepatan transfer bukan hanya fungsikecepatan perangkat memori – juga tergantung pada kecepatan bus. Bus di-clock pada 133 MHz memungkinkan paling banyak satu transfer setiap 7,5 ns, atau dua transfer jika kedua sisin clock digunakan. Satu-satunya cara untuk meningkatkan jumlah data yang dapat ditransfer pada bus berkecepatan terbatas adalah untuk meningkatkan lebar bus dengan menyediakan lebih banyak jalur data, sehingga memperlebar bus.

Bus yang sangat lebar banyak dan memerlukan banyak ruang di motherboard. Pendekatan alternatif adalah mengimplementasikan bus sempit yang lebih cepat. Pendekatan ini digunakan oleh Rambus Inc. Untuk mengembangkan desain proprierty yang disebut Rambus. Fitur utama teknologi Rambus adalah metode signalling cepat yang digunakan untuk mentransfer informasi antar chip. Sebagai pengganti penggunaan sinyal yang memiliki level tegangan 0 atau Vsupply untuk menyatakan nilai logika, maka sinyal tersebut terdiri dari ayunan tegangan yang lebih kecil disekitar tegangan referensi Vref. Tegangan referensi adalah sekitar 2V, dan dua nilai logika dinyatakan dengan ayunan 0,3V diatas dan dibawah Vref, Tipe signalling ini biasanya dikenal sebagai signalling diferensial. Ayunan tegangan kecil

memungkinkan waktu transisi singkat, sehingga memungkinkan transmisi kecepatan tinggi.

Signalling diferensial dan kecepatan transmisi tinggi memerlukan teknik khusus untuk desain koneksi kabel yang berfungsi sebagai link komunikasi. Persyaratan ini mempersulit pembuatan bus lebar. Juga perlu mendesain antar muka sirkuit khusus untuk menangani sinyal diferensial. Rambus menyediakan spesifikasi lengkap untuk desain link komunikasi, disebut saluran Rambus. Desain Rambus saat ini memungkinkan frekuensi clock 400MHz. Lagipula, data ditransmisikan pada kedua sisi, sehingga kecepatan transfer data efektif adalah 800MHz.

Rambus memerlukan chip memori yang didesain secara khusus. Chip ini menggunakan array sel berbasis pada teknologi DRAM standar. Banyak bank array sel digunakan untuk mengakses lebih dari satu word pada satu waktu. Sirkuti yang diperlukan untuk antar muka ke saluran Rambus disertakan pada chip. Chip semacam itu dikenal sebagai Rambus DRAM (RDRAM).

Spesifikasi asli Rambus disediakan untuk saluran yang terdiri dari 9 jalur data dan sejumlah jalur kontrol dan supply daya. Delapan jalur dimaksudkan untuk mentransfer byte data. Jalur data kesembilan dapat digunakan untuk tujuan seperti pemeriksaan paritas. Spesifikasi selanjutnya memungkinkan saluran tambahan. Rambus dua-saluran, juga disebut Direct RDRAM, memiliki 18 jalur data yang dimaksudkan untuk mentransfer dua byte data pada satu waktu. Tidak ada jalur alamat terpisah.

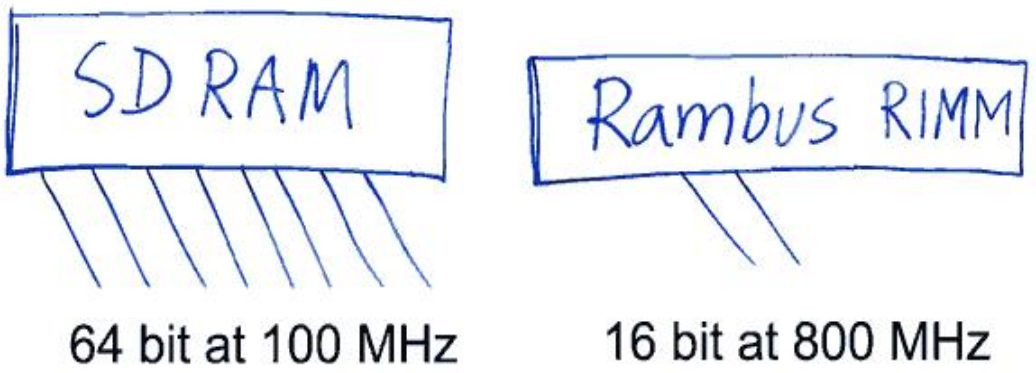
Komunikasi antara prosessor, atau beberapa perangkat lain yang dapat berfungsi sebagai master, dan modul RDRAM, yang berfungsi sebagai slave, dilakukan dengan menggunakan paket yang ditransmisikan pada jalur data. Terdapat tiga paket: request, acknowledge, dan data. Paket request dikeluarkan oleh master mengindikasikan tipe operasi yang akan dilakukan . Paket tersebut berisi alamat lokasi memori yang diinginkan dan menyertakan 8-bit count yang menyatakan jumlah byte yang terlibat di dalam transfer. Tipe operasi tersebut menyertakan baca dan tulis memori, dan juga membaca dan menulis berbagai register kontrol dalam chip RDRAM. Pada saat master menyatakan paket request, slave yang dituju merespon dengan mengembalikan paket acknowledge positif jika dapat memenuhi request tersebut dengan segera. Sebaliknya, slave mengindikasikan bahwa dia ”sibuk” dengan mengembalikan paket acknowledge negatif, dalam hal ini master akan mencoba lagi.

Jumlah bit dalam paket request melebihi jumlah jalur data, yang berarti bahwa beberapa clock cycle diperlukan untuk mentransmisikan seluruh paket. Penggunaan link komunikasi narrow dikompensasi dengan transmisi kecepatan sangat tinggi.

Chip RDRAM dapat di-assemble emnjadi mosul yang lebih besar, mirip dengan SIMM dan DIMM. Modul semacam itu disebut RIMM, dapat menyimpan 16RDRAM.

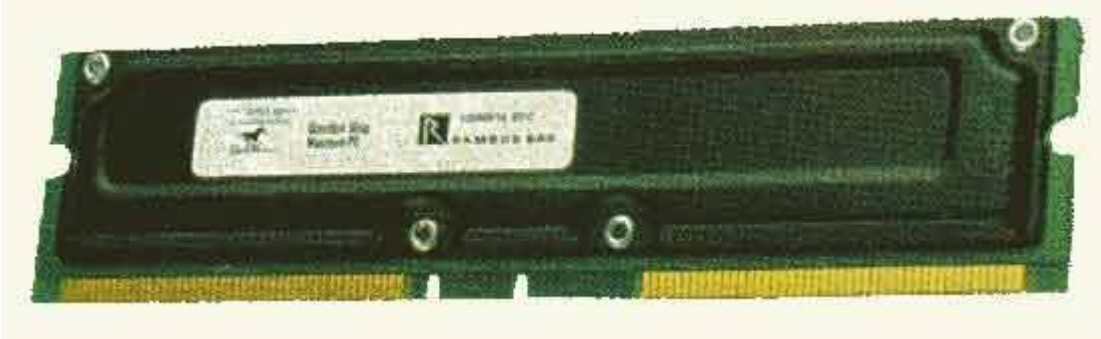
Teknologi Rambus bersaing langsung dengan teknologi DDR SDRAM. Masing-masing memiliki keuntungan dan kerugian tertentu. Pertimbangan non teknis adalah spesifikasi DDR SDRAM merupakan open standard, sedangkan RDRAM adalah desain propierty dari Rambus Inc. Sehingga produsen chip harus membayar royalti. Akhirnya kita harus memperhatikan bahwa dalam pasar memori, dengan asumsi bahwa performa memadai, maka faktor penentu adalah harga komponen.

Lebar modul RIMM hanya 16 bit dibanding SDRAM DIMMs yang lama 64 bit, tetapi RIMM bekerja pada frekuensi clock yang lebih tinggi:




Gambar 11.9.

RIMM mempunyai chip power control yang dapat dimatikan menjadi tidak dapat digunakan. RIMM dapat juga mengurangi kecepatan memori jika sensor termal terlalu panas.



Gambar 11.10. Modul RIMM 184 pins.

Chip RDRAM ditempatkan di tempat tertutup pada CPU untuk mengurangi radio noise. Menunjukkan, bahwa teknologi RIMM lebih sensitive terhadap gangguan dibanding tipe RAM yang lain.

**Perbandingan bandwidth**

Di bawah ini dapat dilihat bandwidth ideal pada tipe RAM yang berbeda. CPU dan unit lain tidak dapat membaca data pada kecepatan itu; mereka menunggu beberapa putaran clock diantara setiap pembacaan sebelum memulai transfer data. Sama seperti DDR RAM.

| Tipe RAM | max. bandwidth secara teori |
|---|---|
| SDRAM 100 MHz | 100 MHz X 64 bit= 800 MB/sec |
| SDRAM 133 MHz | 133 MHz X 64 bit= 1064 MB/sec |
| DDRAM 200 MHz (PC1600) | 2 X 100 MHz X 64 bit= 1600 MB/sec |
| DDRAM 266 MHz (PC2100) | 2 X 133 MHz X 64 bit= 2128 MB/sec |
| DDRAM 366 MHz (PC2600) | 2 X 166 MHz X 64 bit= 2656 MB/sec |
| RDRAM 600 MHz | 600 MHz X 16 bit= 1200 MB/sec |
| RDRAM 700 MHz | 700 MHz X 16 bit= 1400 MB/sec |
| RDRAM 800 MHz | 800 MHz X 16 bit= 1600 MB/sec |

Tabel 11.4.