Chapter 4
Internal Memory

Karakteristik

- Lokasi
- Kapasitas
- Satuan transfer
- Metode akses
- Kinerja
- Tipe fisik
- Karakteristik fisik
- Organisasi

Lokasi

- CPU/Prosesor
- Internal/utama
- External/tambahan

Kapasitas

- Ukuran *Word*
  - Unit organisasi memori. Ukuran dari word = banyaknya bit yang digunakan
- Banyaknya *Word*
  - Atau bytes, dimana 1 byte = 8 bit. Panjang 1 word pada umumnya adalah 8, 16, dan 32

Unit Transfer (1)

- Internal
  - Biasanya dibangun oleh lebar bus data
  - Sama dengan banyaknya saluran data ke dalam dan keluar dari modul memori
  - Merupakan banyaknya bit yang dibaca atau dituliskan ke dalam memori
- External
  - Data yang ditransfer dalam jumlah yang lebih besar dari *word*, yang disebut *block*

Unit Transfer (2)

- Unit pengalamatan
  - Lokasi terkecil di mana pengalamatannya unik
  - Pada beberapa sistem unit pengalamatannya adalah word
  - Cluster on M$ disks

Metode Akses (1)

- Sequential
  - Memori diorganisir kedalam unit-unit data yang disebut *rekord*
  - Mulai sejak awal dan akan membaca sampai akhir
  - Waktu akses tergantung pada lokasi data dan lokasi sebelumnya (berubah-ubah)
  - ex. tape

Metode Akses (2)

- Langsung
  - Blok-blok individual mempunyai alamat unik
  - Akses dengan cara melompat area dan pencarian sequential
  - Waktu akses tergantung pada lokasi data dan lokasi sebelumnya
  - ex. disk

Metode Akses (3)

- Random/acak
  - Pengalamatan individual mengidentifikasi dengan tepat lokasi
  - Waktu akses tidak tergantung pada lokasi dan akses sebelumnya
  - ex. RAM
- Associative/asosiatif
  - Data ditempatkan oleh perbandingan bagian isi penyimpanan
  - Waktu akses tidak tergantung pada lokasi dan akses sebelumnya
  - e.x. cache

Hirarki Memori

- Registers
  - Terdapat pada CPU untuk kontrol atau dipakai oleh pemrogram melalui set instruksi mesin.
- Internal atau memori utama
  - Dikembangkan dng suatu cache berkecepatan tinggi
  - Cache perangkat untuk pergerakan data antara memori utama dan register prosesor untuk meningkatkan kinerja.
  - "RAM"
- External memory
  - Disk magnetic

Kinerja RAM

- Waktu akses
  - Waktu yang diperlukan untuk operasi baca tulis dari menampilkan alamat sampai operasi penyimpanan data atau penggunaan data
- Waktu siklus memori
  - Waktu diperlukan memori untuk ‘recover’ sebelum akses berikutnya
  - Waktu siklus adalah waktu akses + recovery
- Kecepatan transfer
  - Kecepatan saat data bisa dipindahkan

Kinerja non-RAM

- Waktu akses
  - Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan operasi baca tulis pada lokasi yang diinginkan
- Waktu siklus memori
  - Harus memenuhi $T_N = T_A + \frac{N}{R}$
  - Dimana T_N = Waktu rata-rata baca tulis N bit
    T_A = Waktu akses rata-rata
    N = jumlah bit
    R = kecepatan transfer dalam bit/sec (bps)
- Kecepatan transfer
  - Kecepatan saat data bisa dipindahkan

Tipe Fisik

- Semiconductor
  - RAM
- Magnetic
  - Disk & Tape
- Optical
  - CD & DVD
- Lainnya
  - Hologram

Karakteristik Fisik

- Decay, kerusakan data
- Volatility, data hilang saat sumber daya mati
- Erasable, mudah dihapus
- Konsumsi Daya

Hirarki

- Registers
- L1 Cache
- L2 Cache
- Main memory
- Disk cache
- Disk
- Optical
- Tape

Penempatan

- Selama eksekusi sebuah program, memori direkomendasikan ke cluster
- e.g. loops

Cluster ?

Memori Semikonduktor

- RAM
  - Disebut juga memori semikonduktor
  - Read/Write (operasi baca tulis)
  - Volatile
  - Tempat penyimpanan sementara
  - Statis or dinamis

Dynamic RAM (DRAM)

- Bits disimpan seperti kapasitor mengisi muatan
- Mengisi ulang secara berkala untuk memelihara penyimpanan data
- Konstruksi yang paling sederhana
- Sel memori kecil (per bit)
- Murah
- Memerlukan rangkaian penyegar pendukung
- Lambat
- Memori Utama

Static RAM

- Bits disimpan seperti on/off switches
- Tidak ada pengisian ulang
- Tidak ada penyegaran memori
- Konstruksi lebih rumit
- Sel memori lebih besar (per bit)
- Lebih mahal
- Tidak memerlukan rangkaian penyegar
- Lebih cepat
- Digunakan untuk memori cache

Read Only Memory (ROM)

- Nonvolatile
- Microprogramming (bab berikutnya)
- Pustaka subroutines untuk fungsi yang sering digunakan
- Systems programs (BIOS)

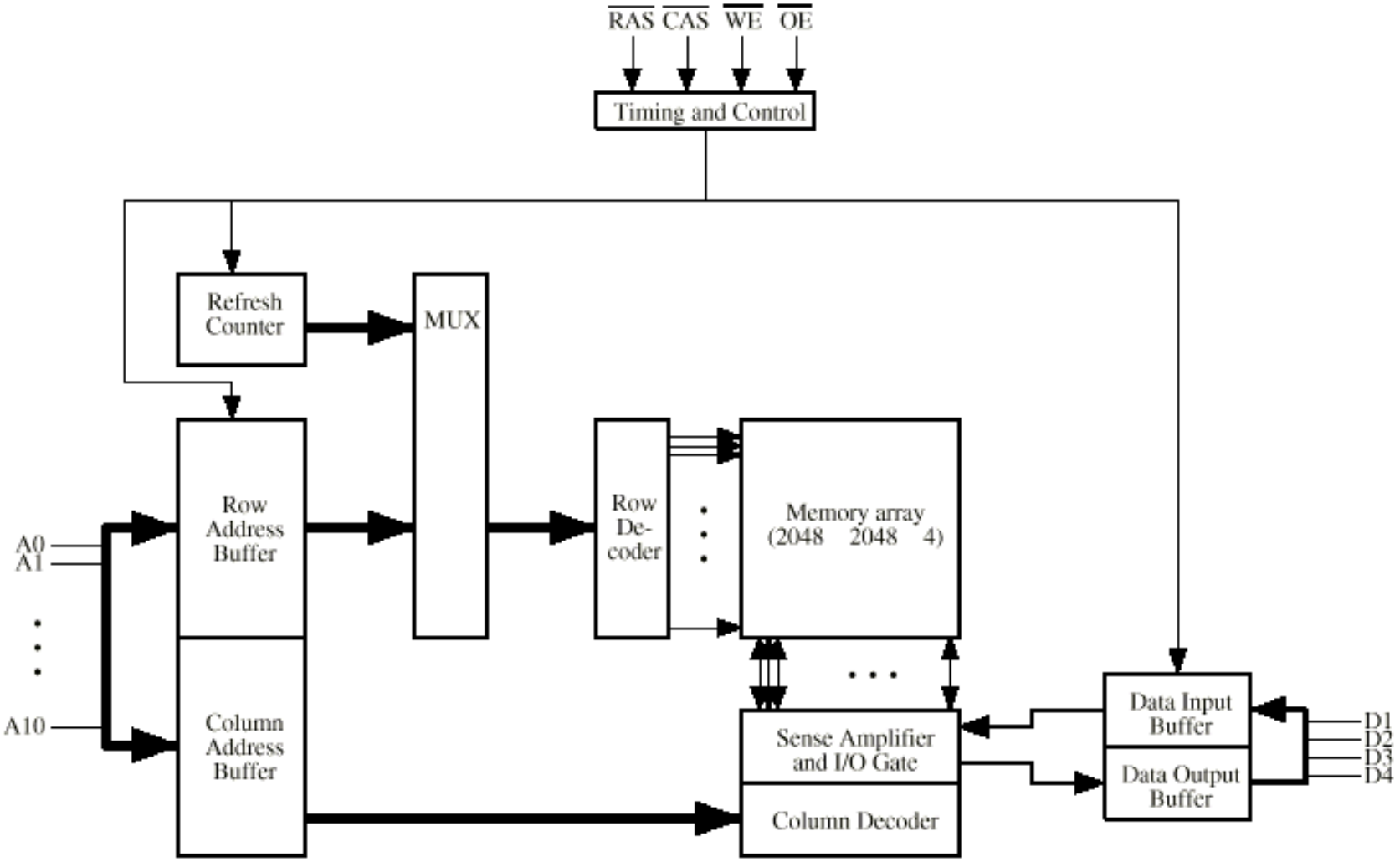
Tipe ROM

- Ditulis (diprogram) saat pembuatan
  - Sangat mahal
- Programmable (hanya satu kali)
  - PROM
  - Memerlukan peralatan khusus untuk program
- "sering" di baca
  - Erasable Programmable (EPROM)
    - Dapat dihapus dengan UV
  - Electrically Erasable (EEPROM)
    - Menulis lebih membutuhkan waktu dari membaca
  - Flash memory
    - Dapat dihapus secara elektrik

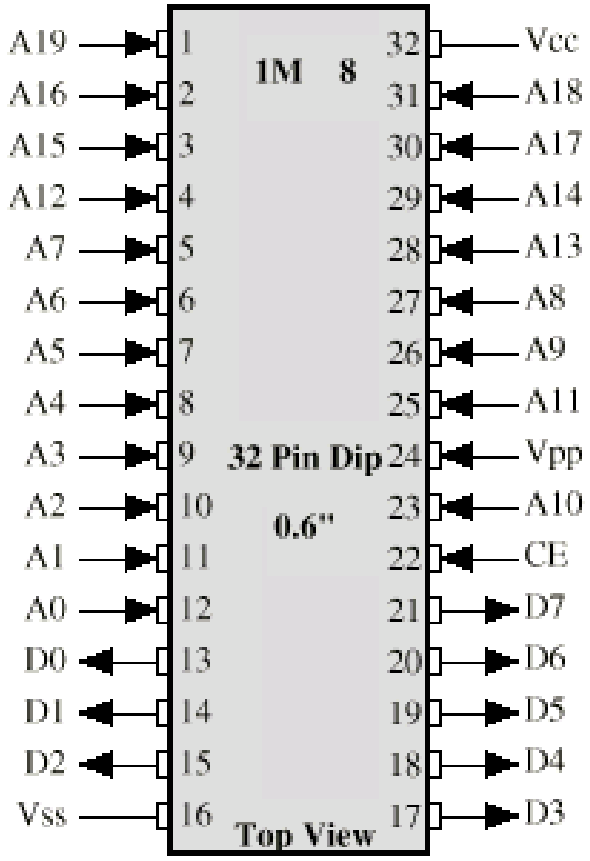
Organisasi secara lengkap

- Sebuah chip 16 Mbit bisa diatur menjadi 1 M 16 bit word
- Sebuah bit per chip memiliki 16 ruang berkapasitas 1 Mbit, dengan bit 1 dari setiap word berada di chip satu, dst
- Sbuah chip 16 Mbit bisa tersusun sebagai array 2048 x 2048 x 4 bit
  - Dengan susunan tersebut mengurangi pin alamat
    - Perkalian alamat baris dan kolom
    - 11 pin untuk alamat (2^{11}=2048)
    - Menambah lebih dari satu pin, menggandakan kapasitasnya sampai 4X

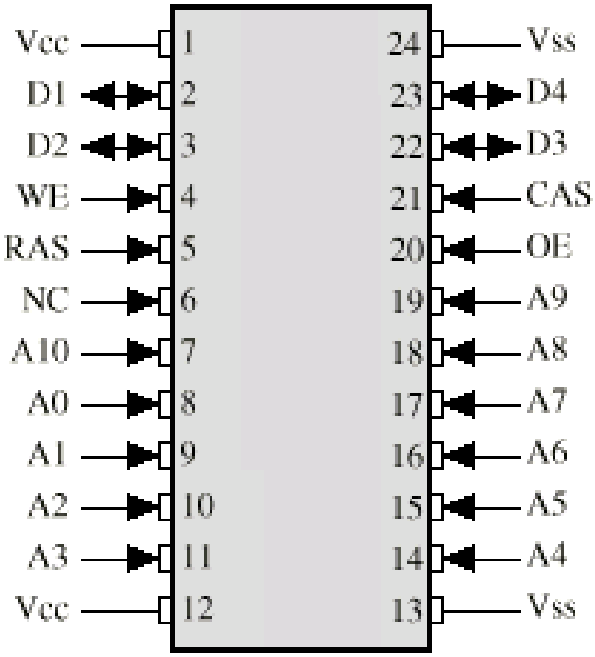
Typical 16 Mb DRAM (4M x 4)



Kemasan



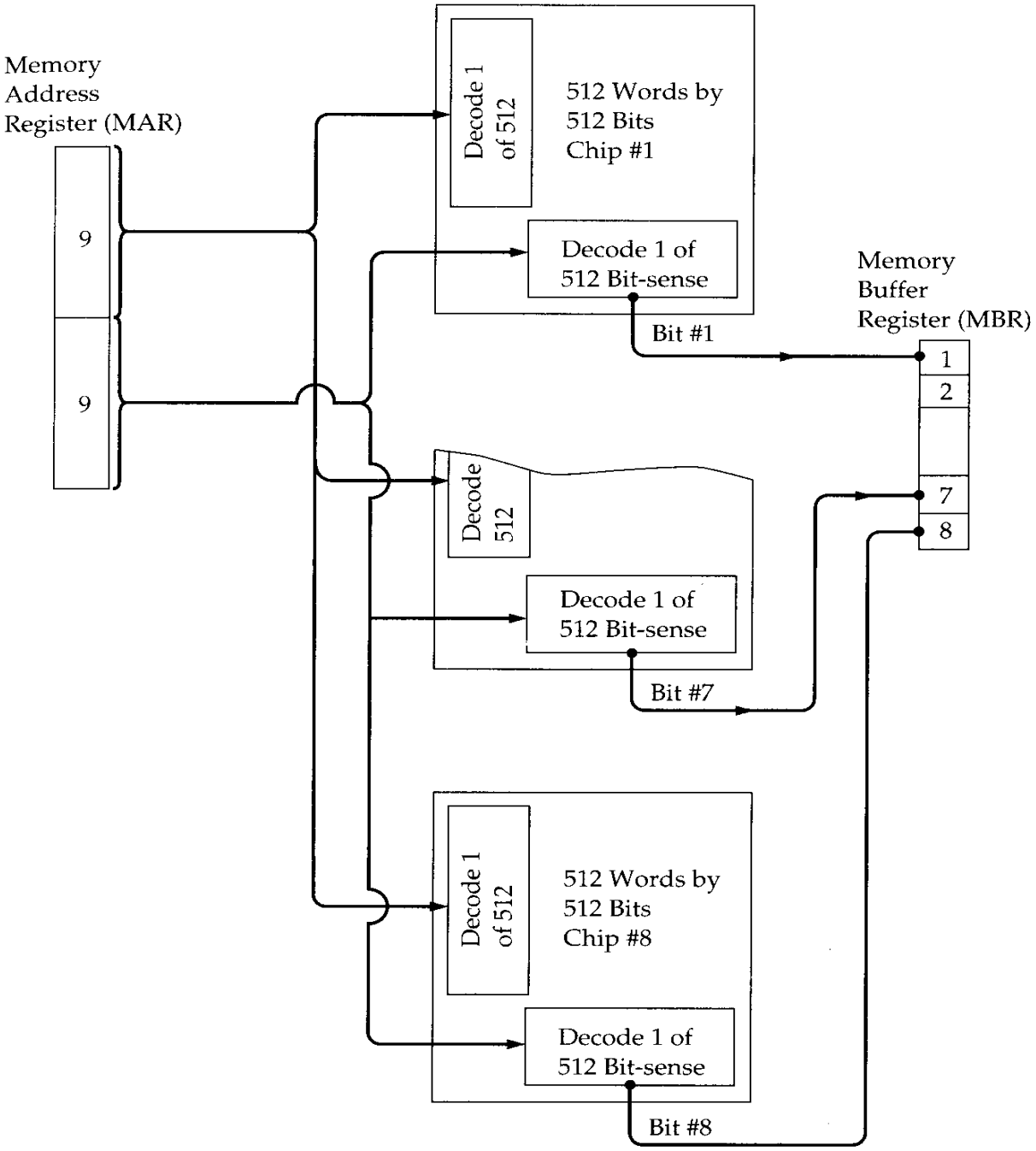
(a) 8 Mbit EPROM



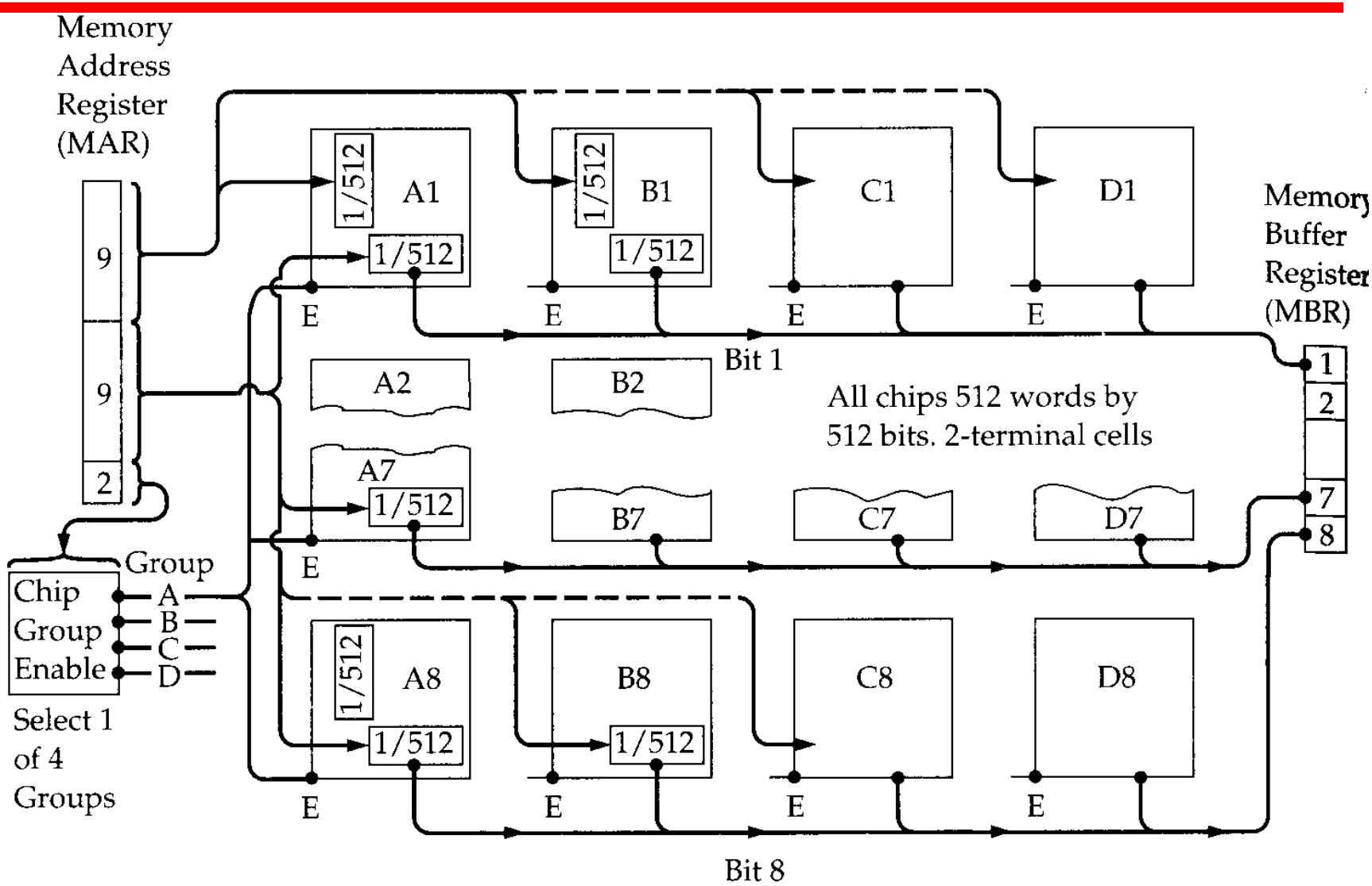
(b) 16 Mbit DRAM

Organisasi Memori

356 Kbyte



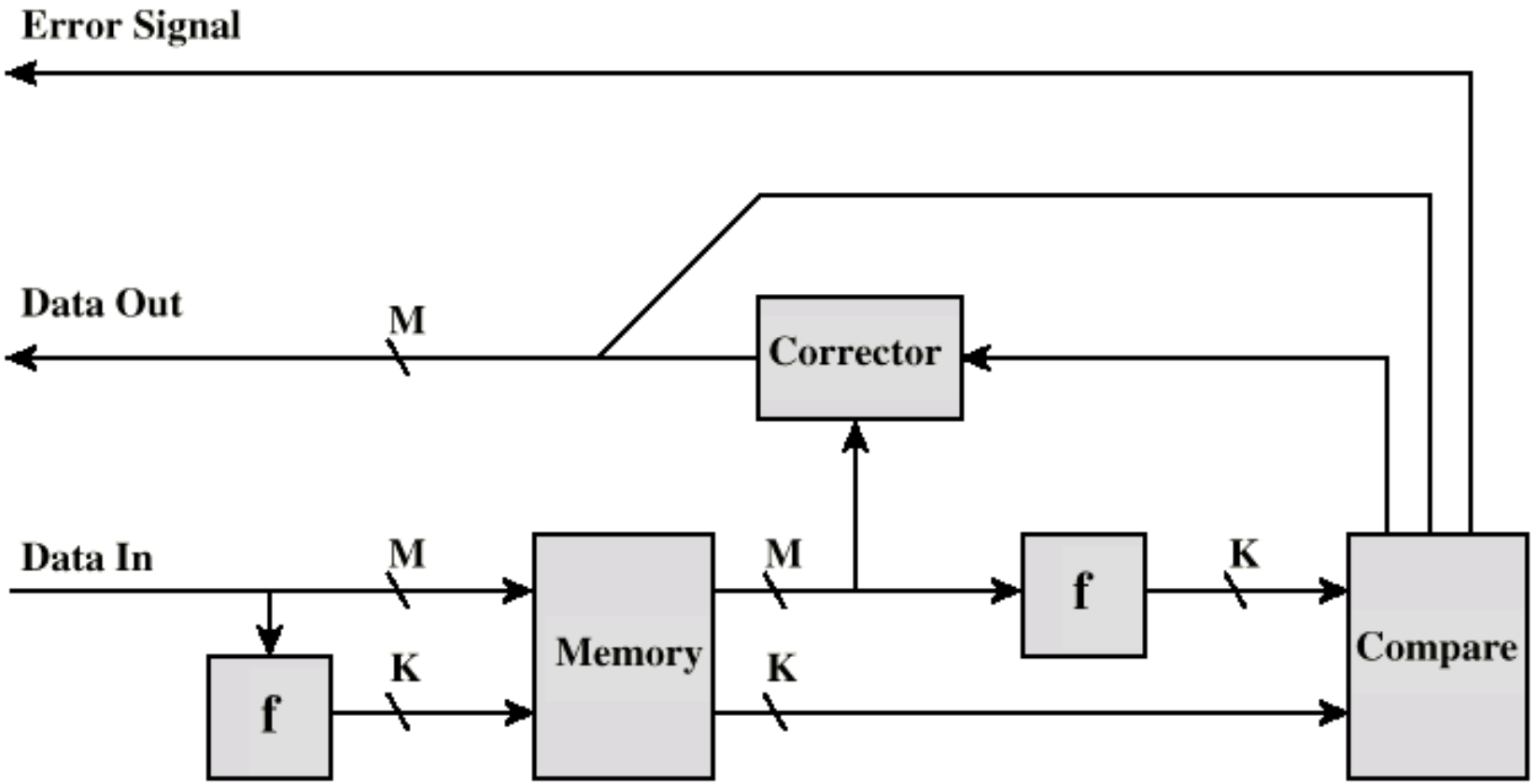
Organisasi Memori 1 Mbyte (2)



Koreksi kesalahan

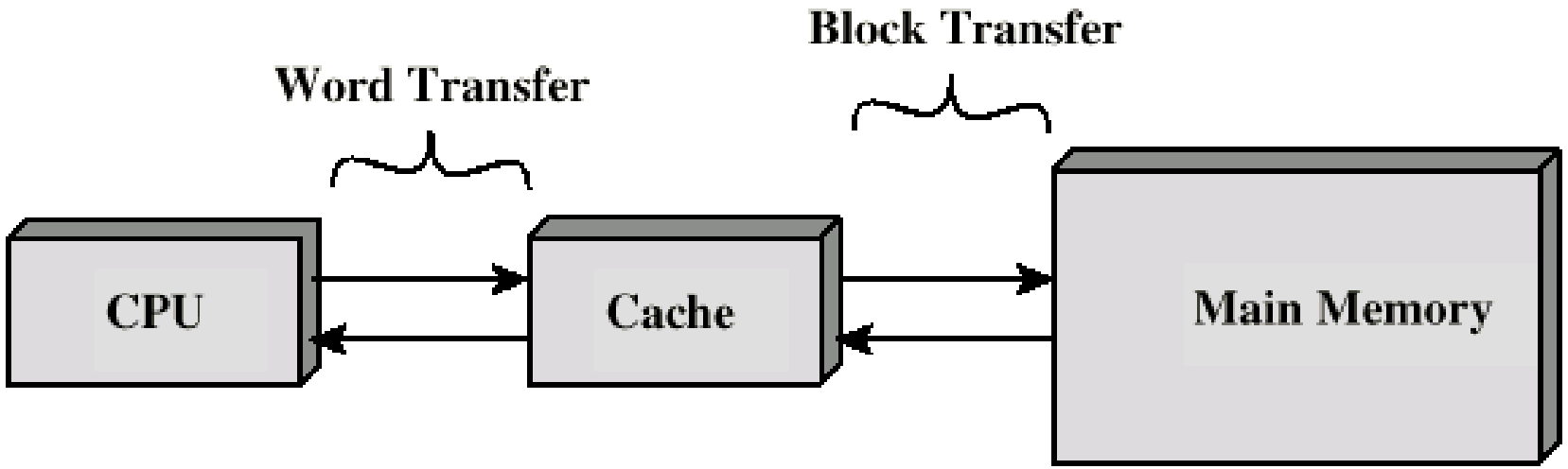
- Hard Failure (kegagalan keras)
  - Kerusakan fisik permanen, shg sel memori tak dapat digunakan
- Soft Error (kesalahan lunak)
  - acak, non-destructive, mengubah isi satu atau lebih sel memori
  - Tidak merusak memori
- Mendeteksi kesalahan dengan Kode Pengkoreksi Kesalahan Hamming

Fungsi kode Pengkoreksi kesalahan



Cache

- Kecil, cepat, kapasitas besar
- Berada antara CPU dan memori utama
- Ditempatkan di chip CPU atau modul



Cara kerja Cache

- CPU meminta isi dari lokasi memori
- Cache memeriksa data ini
- Jika ada, diambil dari cache
- Jika tidak, akan membaca block dari memori utama untuk cache
- Kemudian dikirim dari cache ke CPU
- Cache termasuk *tag* untuk mengindentifikasi block mana pada memori utama yang disimpan

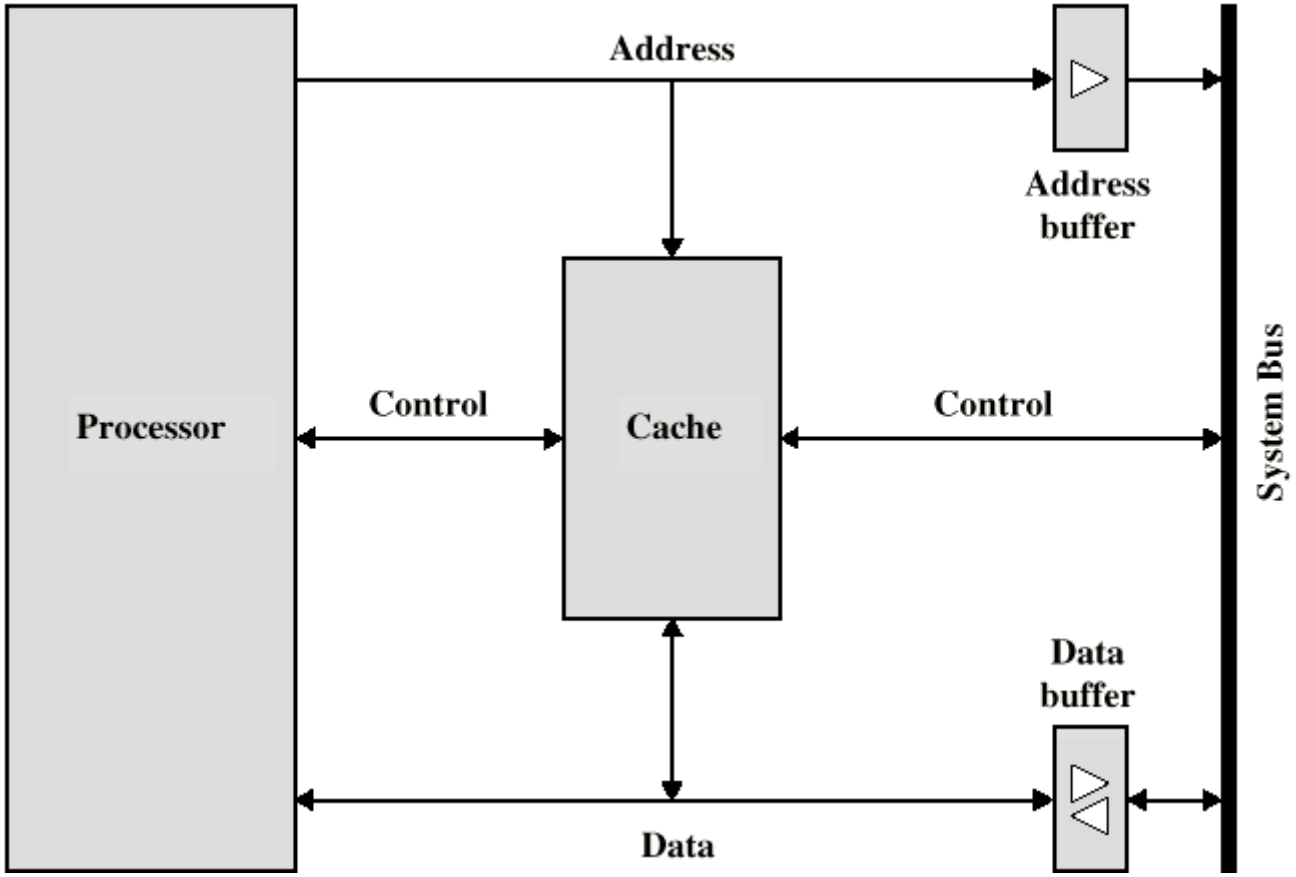
Desain Cache

- Ukuran cache
- Fungsi pemetaan
- Algoritma penempatan
- Ketentuan menulis
- Ukuran block
- Jumlah cache

Ukuran cache

- Harga
  - Kebanyakan cukup mahal
- Speed
  - Lebih cepat, semakin besar ukuran semakin lambat
  - Memeriksa data pada cache membutuhkan waktu

Organisasi Cache umum



Fungsi pemetaan

- Cache dapat menampung 64 Kbyte
- Setiap block cache terdiri dari 4 byte, artinya data ditransfer ke memori utama dlm block-block
  - i.e. cache, 16k = 2^{14} baris yang masing-masing besarnya 4 bytes
- Memori utama terdiri dari 16 Mbyte
- Setiap byte dapat dialamati 24 bit
  - i.e. memori utama, 2^{24}=16M, terdiri dari 4 M block berukuran 4 byte

Pemetaan langsung

- Setiap bolck memori utama memetakan ke satu baris cache saja
  - i.e. jika block itu adalah cache, harus berada pada satu tempat yang spesifik
- Alamat terdiri dari 2 bagian
- *w* bit kurang penting, mengidentifikasi word atau byte dlm memori utama
- *s* bit sisanya, menspesifikasi salah satu dari 2^s block memori utama

Tag (s-r) bit, bagian bit yg paling penting

r adalah bidang baris

Pemetaan Langsung (2)

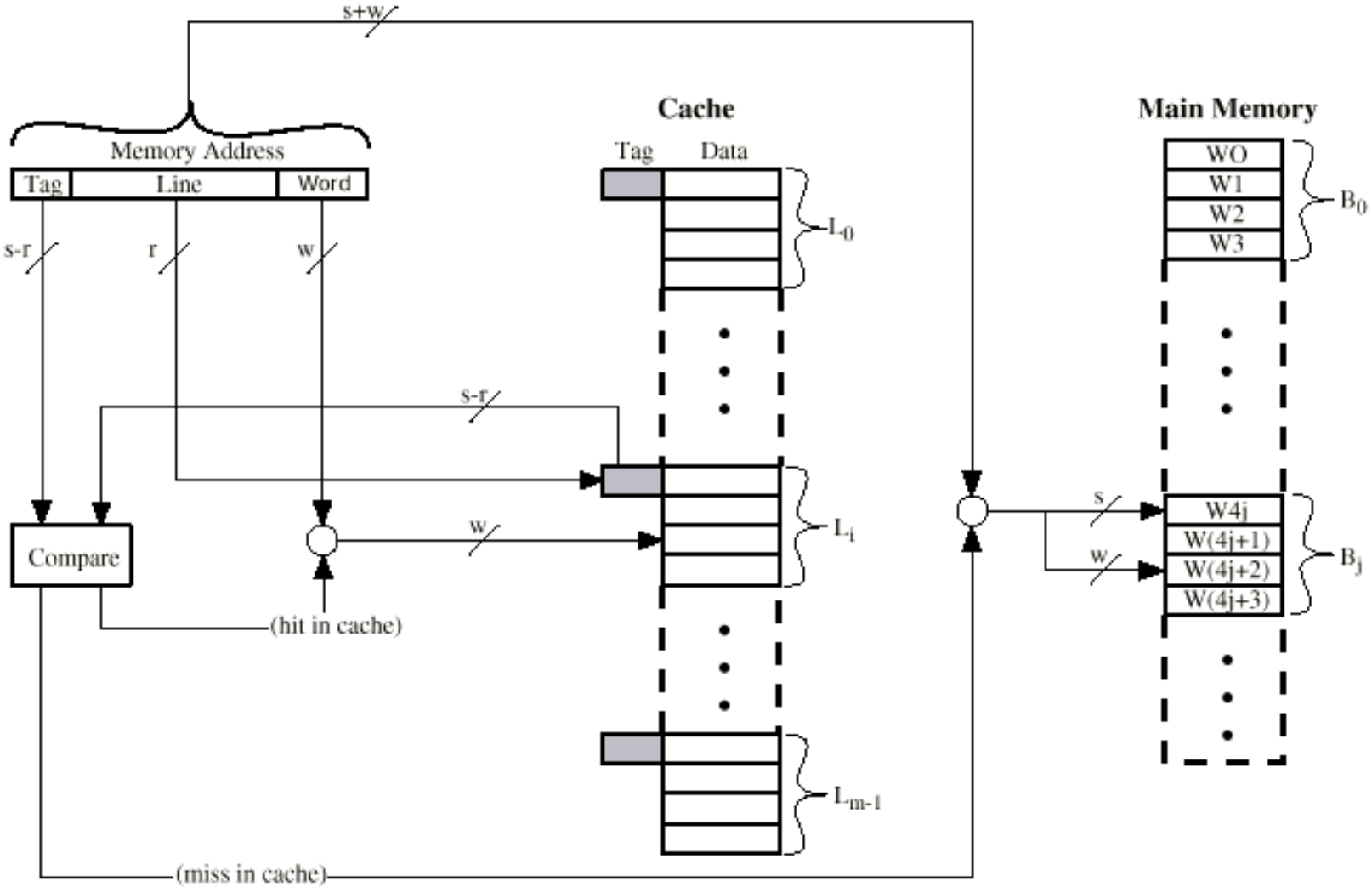
Ringkasan sbb:

- Panjang alamat = (s + w) bit
- Jml unit yg dapat dialamati = 2^{s+w} word atau byte
- Ukuran block = ukuran baris = 2^{w} word atau byte
- Jumlah word pada memori utama = $\frac{2^{s+w}}{2^{w}}$
- Jumlah baris pada cache = m = 2^{r}
- Ukuran tag = (s – r) bit

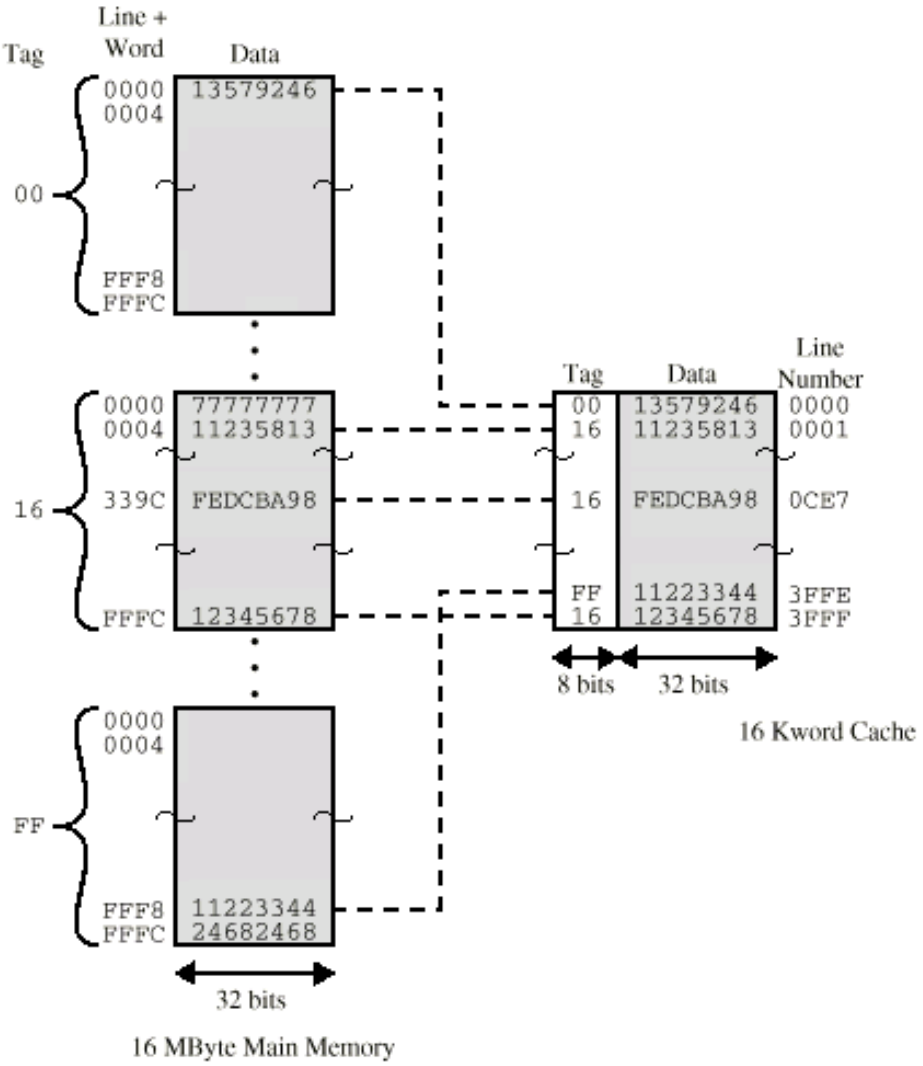
Pemetaan Langsung
Tabel baris cache

Baris cache	block Memori utama yang diberikan
0	0, m, 2m, 3m…2^s-m
1	1,m+1, 2m+1…2^s-m+1
m-1	m-1, 2m-1,3m-1…2^s-1

Direct Mapping Cache Organization



Direct Mapping Example



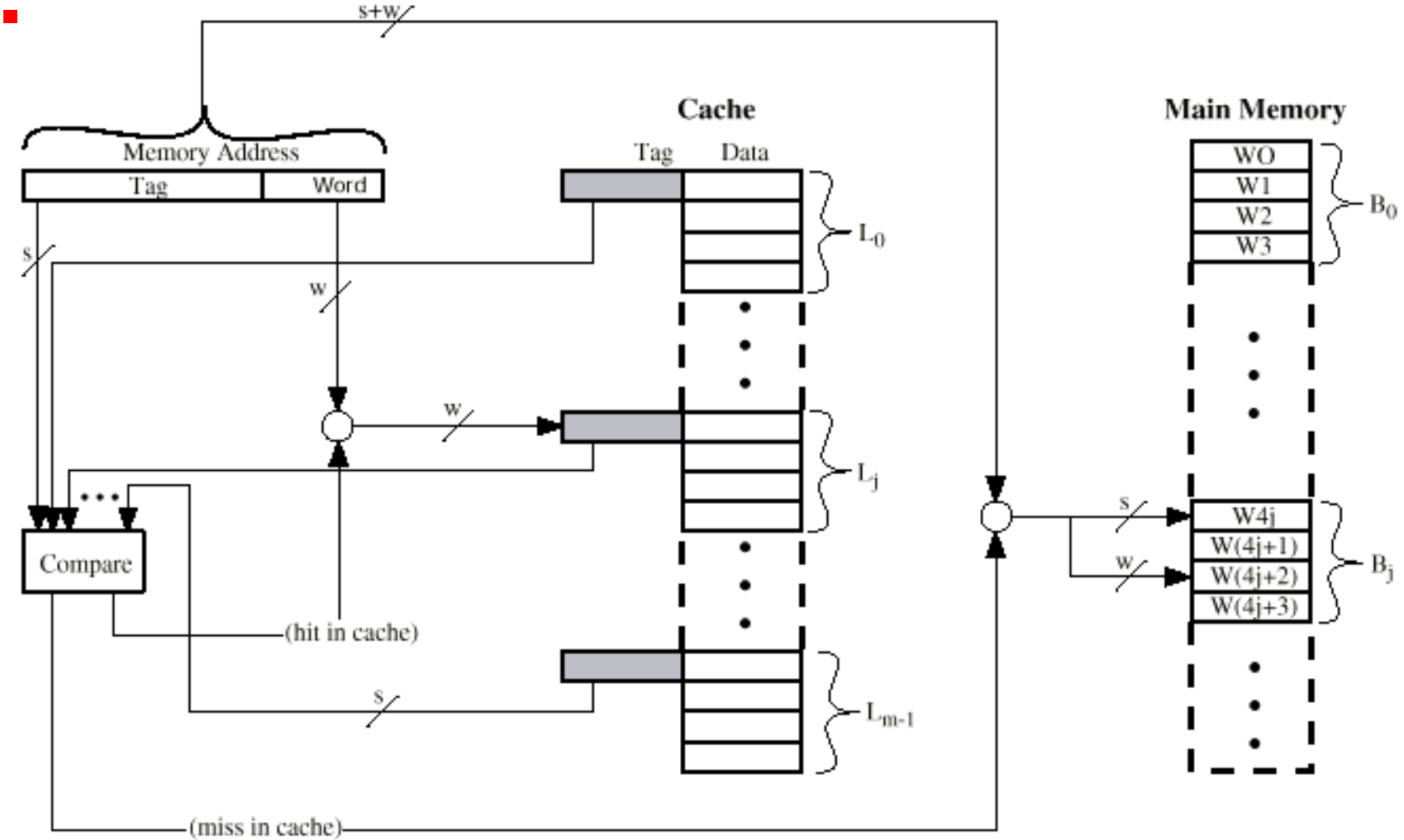
Untung rugi Pemetaan Langsung

- Sederhana
- Murah
- Terdapat lokasi cache yang tetap untuk sebagian block manapun yang ditentukan (rugi)
  - Jika sebuah program secara berulang mengakses dari dua block yang berbeda memetakan ke baris yang sama, maka block-block secara terus menerus akan ditukar ke cache, maka kerugian cache akan tinggi (fenomena *trashing*)

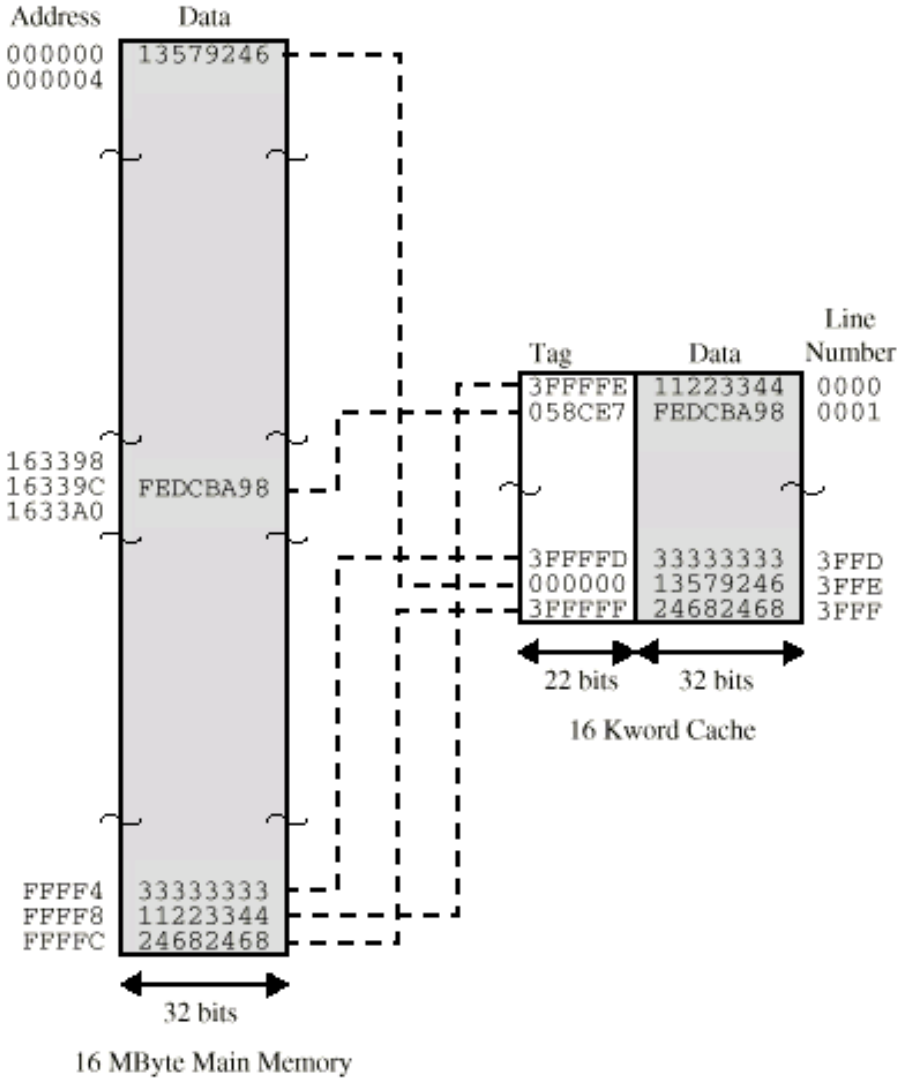
Pemetaan asosiatif

- Setiap block memori utama bisa menempati baris cache manapun
- Logika kontrol cache menginterpretasikan alamat memori hanya sebagai tag dan word
- Tag secara unik mengidentifikasi block memori utama
- Setiap baris tag diperiksa apakah suatu block berada pada cache atau tidak

Organisasi cache asosiatif secara penuh



Contoh pemetaan asosiatif



Struktur Pengalamatan Pemetaan Asosiatif

- Tag 22 bit disimpan dlm blok data 32 bit pd setiap baris cache
- Bandingkan tag field dng tag entry pd cache
- 2 bit yg paling signifikan mengidentifikasi address, dmn 16 bit word terdiri dari 32 bit data block
- e.g.

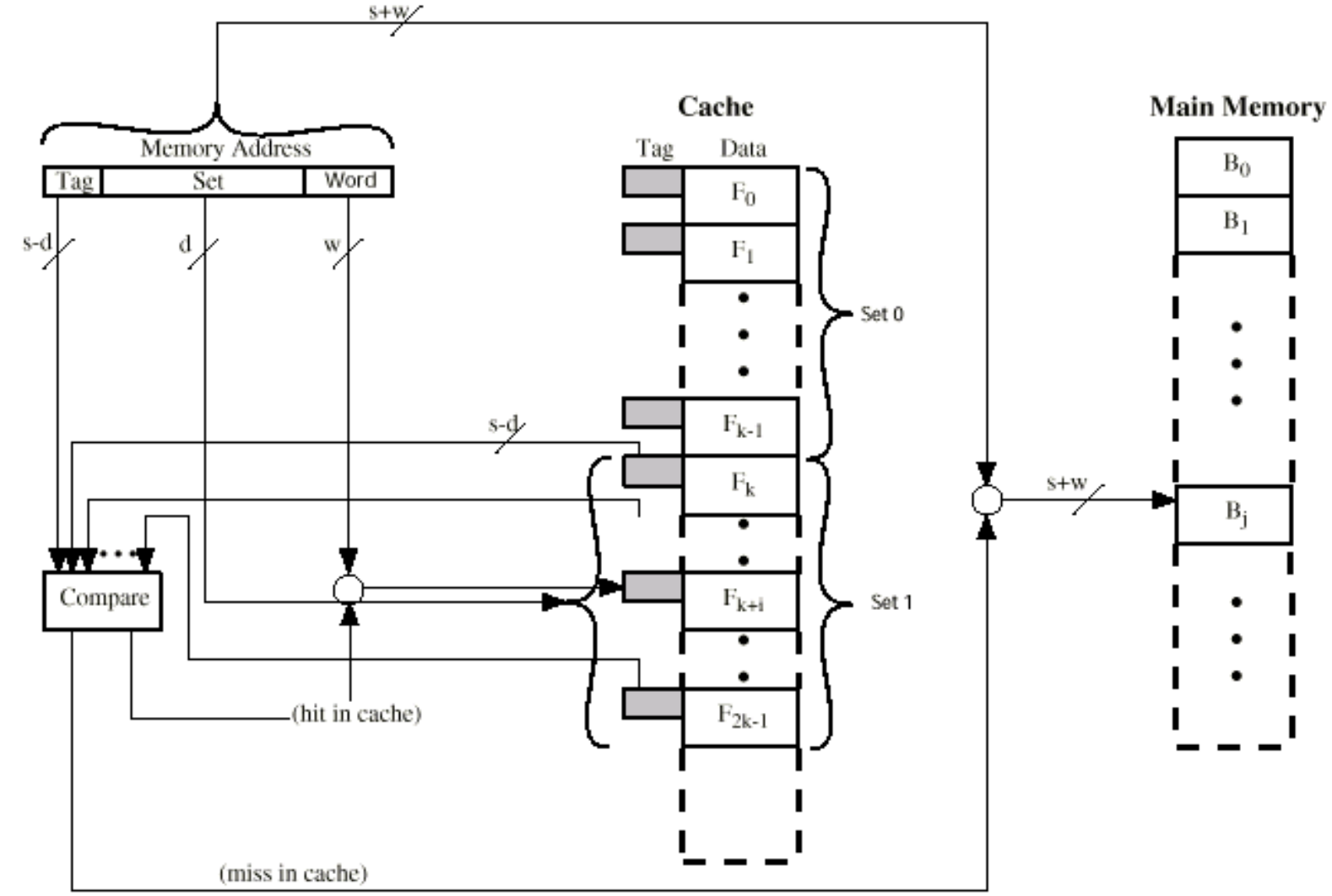
Address	Tag	Data	Cache line
FFFFFC	FFFFFC	24682468	3FFF

Pemetaan Asosiatif Set

- Cache dibagi menjadi beberapa set
- Setiap set terdiri dari beberapa baris
- Pemetaan blok ke sembarang baris dalam set
  - e.g. Blok *B* dapat dipetakan ke sembarang set *i*

- e.g. 2 baris per set
  - Pemetaan asosiatif set dua arah
  - Pemetaan dengan dua saluran pada masing-masing set

Asosiatif Set Dua arah Organisasi Cache

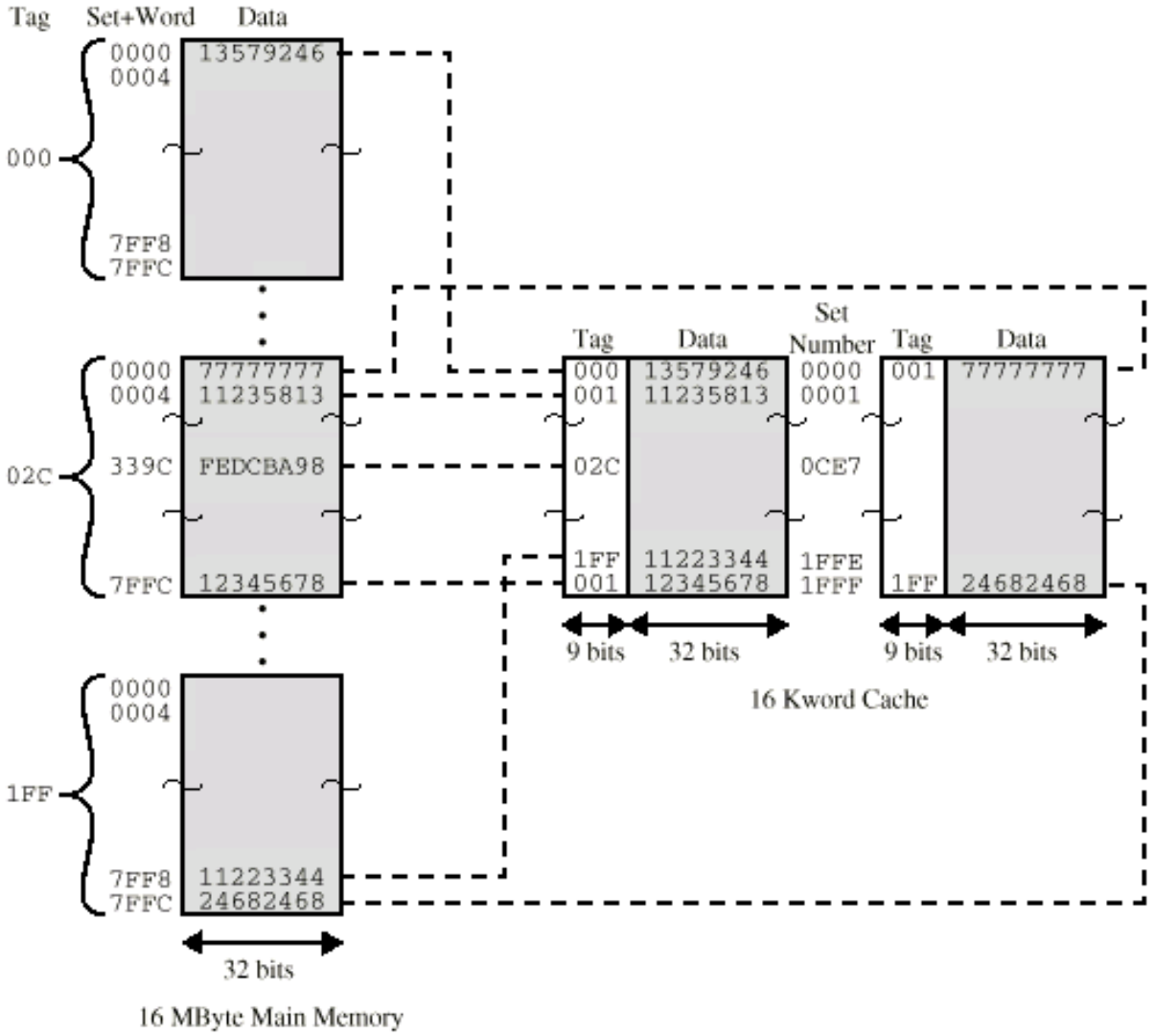


Struktur Pengalamatan Pemetaan Asosiatif Set

Tag 9 bit	Set 13 bit	Word 2 bit

- Gunakan set field untuk menentukan cache set
- Bandingkan tag field
- e.g
  - Address Tag Data Set number
  - 1FF 7FFC 1FF 12345678 1FFF
  - 001 7FFC 001 11223344 1FFF

Contoh Pemetaan Asosiatif Set Dua Arah



Algoritma Penggantian (1) Pemetaan langsung

- Ketika sebuah blok baru dibawa ke cache, maka salah satu blok harus ada yang diganti
- Tidak mempunyai pilihan
- Hanya satu baris bagi sembarang blok tertentu
- Mengganti baris tersebut

Algoritma Penggantian (2) Asosiatif dan Asosiatif Set

- Implementasi Algoritma Hardware (kecepatan)
- Least Recently used (LRU)
- e.g. pada 2 saluran asosiati set
  - Mana yang termasuk LRU dari 2 blok tersebut?
- First in first out (FIFO)
  - Mengganti block, dari cache yang paling lama digunakan
- Least frequently used
  - Mengganti block dengan penggunaan paling jarang
- Acak

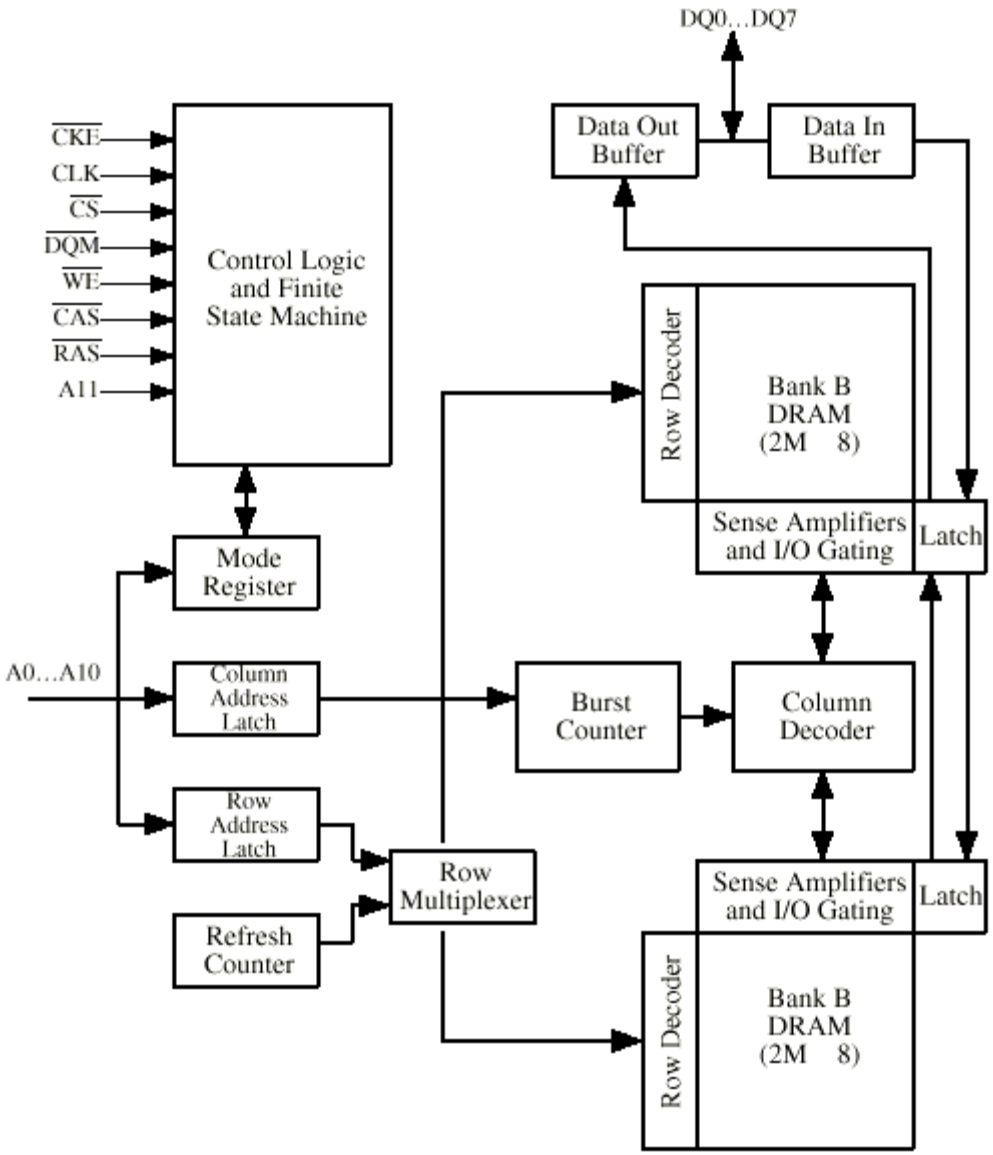
Write Policy

- Block Cache tidak boleh overwrite kecuali memori yang paling baru
- Multiple CPUs boleh mempunyai individual caches
- I/O berhubungan langsung dengan address main memory

Tugas :

- cari tentang sistem cache Pentium II
- Perkembangan terbaru RAM

SDRAM


DQ0…DQ7
Data Out Buffer
Data In Buffer
CKE
CLK
CS
DQM
WE
CAS
RAS
A11
Control Logic and Finite State Machine
Row Decoder
Bank B DRAM (2M 8)
Sense Amplifiers and I/O Gating
Latch
Mode Register
A0…A10
Column Address Latch
Burst Counter
Column Decoder
Row Address Latch
Row Multiplexer
Refresh Counter
Sense Amplifiers and I/O Gating
Latch
Row Decoder
Bank B DRAM (2M 8)