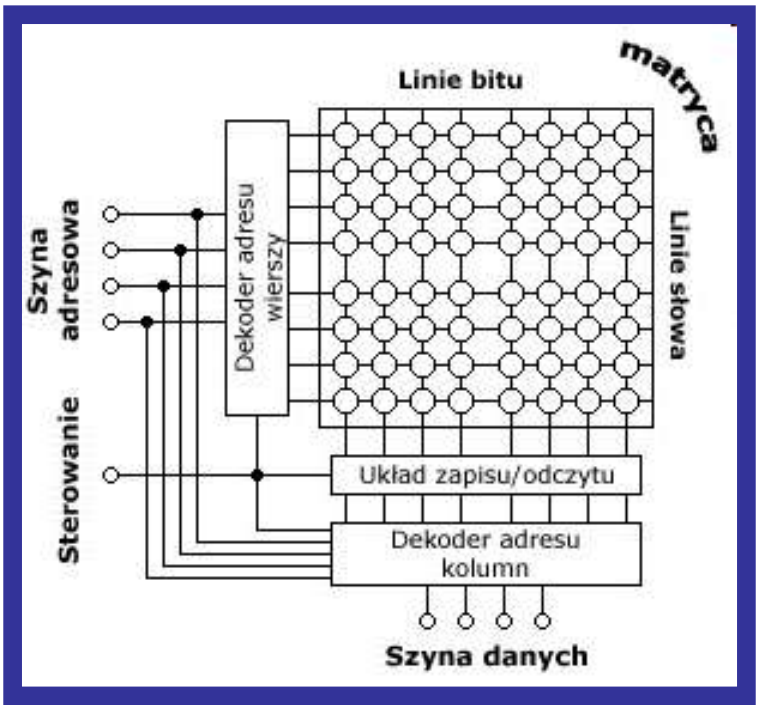
Pamięć operacyjna (DRAM) jest przestrzenią roboczą mikroprocesora przechowującą otwarte pliki systemu operacyjnego, uruchomione programy oraz efekty ich działania. Wymianą informacji pomiędzy mikroprocesorem a pamięcią operacyjną steruje kontroler pamięci, do niedawna był częścią chipsetu płyty głównej, a obecnie jest zintegrowany z CPU.
Zależnie od budowy rozróżniamy dwa typy pamięci RAM:

- DRAM,
- SRAM.

DRAM (Dynamic RAM) – zbudowana na bazie tranzystorów i kondensatorów. Pojedyncza komórka pamięci składa się z kondensatora i tranzystora sterującego procesem kondensacji. Kondensator naładowany przechowuje bitowa jedynkę, rozładowany to binarne zero. Budowa matrycowa, czyli aby odwołać się do konkretnej komórki należy podać adres wiersza i komórki



Pamięć wytwarzana w procesie fotolitografii. Niewielka złożoność pojedynczej komórki pozwala budować pamięci o dużej gęstości, niewielkich rozmiarach i dobrym stosunku ceny do pojemności.

Zaleta – duża pojemność, niska cena

Wada – potrzeba odświeżania jej zawartości, spowodowana zjawiskiem rozładowywania się kondensatorów(upływność). W efekcie kondensatory trzeba co jakiś czas doładować (stąd nazwa „pamięć dynamiczna”). Podczas procesu odświeżania nie można zapisywać ani odczytywać z pamięci danych, co powoduje ogólne spowolnienie pracy.

Parametry pamięci DRAM określające wydajność („t” pochodzi od time):

- tCL (CAS Latency) – liczba cykli zegarowych pomiędzy wysłaniem przez kontroler pamięci zapotrzebowania na dane a ich dostarczeniem,
- tRCD(RAS to CAS Delay) – liczba cykli zegarowych pomiędzy podaniem adresu wiersza a wysłaniem adresu kolumny,
- tRP (RAS Precharge) – liczba cykli zegarowych pomiędzy kolejnym adresowaniem wierszy pamięci,
- tRAS (Row Active Time) – liczba cykli zegarowych pomiędzy aktywacją i dezaktywacją wierszy pamięci,
- tCR (Command Rate) – liczba cykli zegarowych pomiędzy adresowaniem dwóch komórek pamięci.

Im mniejsze są te wartości, tym szybszy dostęp do komórek pamięci!

SRAM (Static RAM) – Statyczna pamięć, zbudowana na bazie przerzutników i tranzystorów. Jedna komórka pamięci to jeden przerzutnik RS i dwa tranzystory sterujące.
Nie wymaga odświeżania, dzięki temu szybszy dostęp do danych. Większa złożoność budowy to wyższe koszty produkcji, dlatego nie buduje się ich o dużych pojemnościach, co wyklucza zastosowanie SRAM jako pamięci operacyjnej komputera.

SRAM wykorzystuje się najczęściej jako pamięć podręczną Cache, gdzie ważniejsza jest wydajność a nie pojemność.

Typy pamięci DRAM:

- **FPM DRAM** – popularna w czasach pierwszych procesorów, zastosowano tu technikę stronicowania (paging - szybsze odwołanie się do danych zapisanych w jednym wierszu) **F**ast **P**age **M**ode. *Seryjny tryb dostępu pozwalał na odczyt danych w układzie 5-3-3-3. Oznacza to, że na dostęp do pierwszej komórki potrzeba 5 cykli zegarowych, a na dostęp do pozostałych trzech komórek – tylko 3 cykle.
- **EDO DRAM** – (rozszerzenie pamięci FPM, podczas przetwarzania danych bieżącej komórki może pobrać instrukcję adresującą kolejną komórkę. Odczyt w trybie seryjnym 5-2-2-2.
- **BEDO DRAM** – Burst EDO – ewolucja EDO, skrócono odczyt do 5-1-1-1 przez dodanie do kontrolera pamięci licznika adresów, dodatkowo wprowadzono funkcję przeplatania dwóch banków pamięci

SDRAM

Synchroniczna pamięć DRAM. Co oznacza synchroniczna? To znaczy że zsynchronizowano pamięć z magistralą systemową, co wpłynęło na zmniejszenie strat czasowych podczas przesyłu rozkazów i danych do/z procesora. Praca w trybie 5-1-1-1
Opracowano trzy wersje SDRAM:

- PC-66 – pracuje z częstotliwością 66 MHz,
- PC-100 – pracuje z częstotliwością 100 MHz,
- PC-133 – pracuje z częstotliwością 133 MHz,

DDR SDRAM DDR2 SDRAM DDR3 SDRAM

- **DDR SDRAM - ewolucja SDRAM** (Double Data Rate SDRAM) – podwójne tempo przesyłu danych. Technika ta polega na przesyle danych na narastającym i opadającym zboczu sygnału zegarowego, czyli podwojenie ilości przesyłanych informacji bez potrzeby zwiększania częstotliwości zegara magistrali. Dodatkowo posiadają bufor gromadzący dane przed wysłaniem, zasilane 2,5 V, nie są zgodne wstecznie z SDRAM.

Odmiany DDR SDRAM:

- PC-1600 – o częstotliwości zegara 100 MHz, przepustowość 1,6 GB/s,
- PC-2100 – o częstotliwości zegara 133 MHz, przepustowość 2,1 GB/s,
- PC-2700 – o częstotliwości zegara 166 MHz, przepustowość 2,7 GB/s,
- PC-3200 – o częstotliwości zegara 200 MHz, przepustowość 3,2 GB/s,

W celu **wyliczenia przepustowości dla pamięci DDR** posługujemy się wzorem:

Zegar magistrali*2(podwójny przesył)*64 bity/8 bitów=przepustowość w MB/s

Przykład dla zegara 100 MHz:

100 MHz * 2 *64 b/ 8 b = 1600 MB/s

DDR2 SDRAM – nowsza i szybsza odmiana DDR SDRAM, gdzie oprócz podwójnego przesyłu zastosowano specjalny 4-bitowy bufor oraz podwojono mnożnik zegarowy magistrali. Dzięki temu DDR2 przy częstotliwości 100 MHz może uzyskać przepustowość 3,2 MB/s (dla porównania SDRAM przy 100 MHz miał transfer rzędu 800 MB/s, a DDR – 1,6 GB/s). DDR2 nie jest wstecznie kompatybilna z DDR SDRAM.

W celu **wyliczenia przepustowości dla pamięci DDR2** posługujemy się wzorem:

Zegar magistrali*2(Double Data Rate)*2 (mnożnik magistrali) * 64 bity/8 bitów = przepustowość w MB/s

Przykład dla zegara 100 MHz:

100 MHz * 2*2 *64 b/ 8 b = 3200 MB/s=3,2 GB/s

Dostępne wersje pamięci DDR2:

- PC2-3200 – częstotliwość zegara 100 MHz, przepustowość 3,2 GB/s,
- PC2-4200 – częstotliwość zegara 133 MHz, przepustowość 4,3 GB/s,
- PC2-5300 – częstotliwość zegara 166 MHz, przepustowość 5,3 GB/s,
- PC2-6400 – częstotliwość zegara 200 MHz, przepustowość 6,4 GB/s,
- PC2-8500 – częstotliwość zegara 266 MHz, przepustowość 8,5 GB/s,

DDR3 SDRAM – rozwinięcie standardów DDR i DDR2, ale bez kompatybilności wstecznej. Zasilanie 1,5 V, bufor 8-bitowy, mnożnik częstotliwości magistrali zwiększony do 4, co umożliwia transfer z prędkością 6,4 GB/s przy częstotliwości zegara 100 MHz.

W celu **wyliczenia przepustowości dla pamięci DDR3** posługujemy się wzorem:

Zegar magistrali*2(Double Data Rate)*4 (mnożnik magistrali) * 64 bity/8 bitów = przepustowość w MB/s

Przykład dla zegara 100 MHz:

100 MHz * 2*4 *64 b/ 8 b = 6400 MB/s=6,4 GB/s

Dostępne wersje pamięci DDR3:

- PC3-6400 – częstotliwość zegara 100 MHz, przepustowość 6,4 GB/s,
- PC3-10600 – częstotliwość zegara 133 MHz, przepustowość 10,6 GB/s,
- PC3-12800 – częstotliwość zegara 166 MHz, przepustowość 12,7 GB/s,
- PC3-16000 – częstotliwość zegara 200 MHz, przepustowość 16 GB/s,

Pamięci DDR umożliwiają pracę dwukanałową (dual chanel), co oznacza że dwa 64-bitowe moduły zamontowane w dwóch kanałach, działają jak jeden 128-bitowy. Gdy z jednego modułu dane są odczytywane w drugim w tym samym czasie mogą być zapisywane.

Oddzielną grupę pamięci SDRAM stanowią wersje przeznaczone dla kart graficznych: VRAM, GDDR2 (Graphics Double Data Rate ver.2), GDDR3, GDDR4, GDDR5.

Kolejną generacją pamięci SDRAM mają być kości oznaczone jako DDR4, a ich wprowadzenie planuje się na rok 2012.

Kontroler pamięci zamontowany w najnowszych procesorach Core i7 (Intel) umożliwia obsługę pamięci DDR3 SDRAM w trybie trzykanałowym (triple Chanel).

RDRAM XDR RDRAM XDR2 RDRAM:

Pamięci RDRAM (Rambus DRAM), pojawiły się na rynku w 1999 roku. Magistrala pamięci RDRAM ma szerokość tylko 16 bitów, ale pracuje z dużą prędkością na rosnącym i opadającym zboczu sygnału.

Dostępne wersje pamięci RDRAM:

- PC-600 – częstotliwość zegara 300 MHz, przepustowość 1,2 GB/s,
- PC-700 – częstotliwość zegara 355 MHz, przepustowość 1,4 GB/s,
- PC-800 – częstotliwość zegara 400 MHz, przepustowość 1,6 GB/s,
- PC-1066 – częstotliwość zegara 533 MHz, przepustowość 2,1 GB/s,
- PC-1200 – częstotliwość zegara 600 MHz, przepustowość 2,4 GB/s,

Następcą RDRAM jest pamięć oznaczana jako **XDR RDRAM**, umożliwia pracę z częstotliwością magistrali **do 1066 MHz** i przepustowością przeszło **29 GB/s.** Nowszą wersją jest **XDR2 RDRAM** o transferze do **38,4 GB/s,** a w przyszłości do **51 GB/s.** Pamięci XDR stosowane są głównie w konsolach gier, wydajnych kartach graficznych i serwerach. Sony wykorzystuje tego typu pamięć w konsoli Play Station 3 Mała popularność pamięci RDRAM w systemach PC jest wysoka cena, zwłaszcza w porównaniu z ceną DDR.

MODUŁY PAMIĘCI

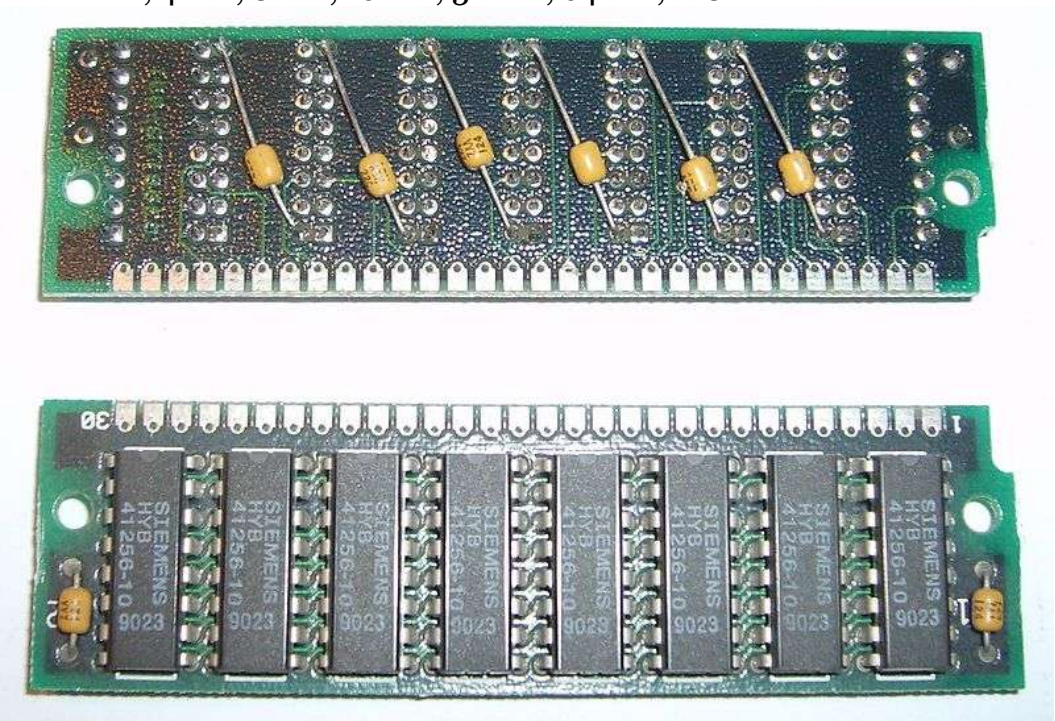
Pamięć RAM fizycznie przyjmuje postać układu scalonego. Pierwsze pamięci DRAM montowane były bezpośrednio na płycie głównej bez możliwości rozbudowy. Potem zaczęto umieszczać je w specjalnych podstawkach, lecz z czasem pod wpływem temperatury pojawiały się problemy ze stykami.
Rozwiązaniem tych problemów okazała się koncepcja **modułowa,** czyli drukowane płytki z przylutowanymi na stałe chipami pamięci DRAM, które montowane są w specjalnych gniazdach na płycie głównej.

Opracowano 3 odmiany modułów:

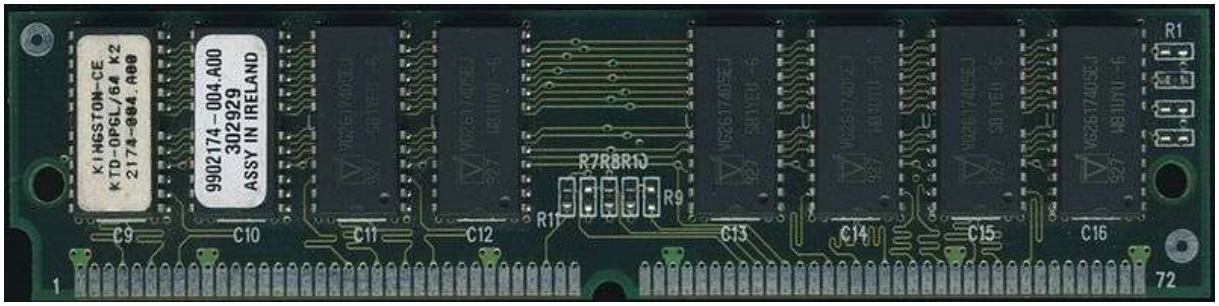
- SIMM,
- DIMM,
- RIMM

MODUŁY **SIMM** (*Single Inline Memory Module)*
Powstały dla pamięci asynchronicznych DRAM, FPM, EDO DRAM. Opracowano 2 odmiany modułów SIMM:

- **SIMM 30-końcówkowy** (mniejszy) – obsługiwał 8-bitową magistrale pamięci - 256KB, 1MB, 4MB, 16MB
- **SIMM 72 końcówkowy** - przeznaczony dla pamięci 32-bitowych - 1 MB, 2 MB, 4 MB, 8 MB, 16 MB, 32 MB, 64 MB, 128 MB



30-pinowe SIMM, 256KB



72-pin EDO DRAM SIMM

MODUŁY **DIMM** (*Dual Inline Memory Module)* – DIMM
Nowa odmiana pamięci synchronicznych SDRAM wymusiła na producentach opracowanie nowych bardziej odpowiednich modułów oznaczonych symbolem DIMM. Różnią się od wcześniejszego SIMM pod każdym względem:

1. mają inne wymiary,
2. inny sposób montażu,
3. inną liczbę pinów.

Każdy nowy rodzaj SDRAM z powodu braku zgodności wstecznej produkowany jest na innym typie modułu DIMM, co uniemożliwia uszkodzenie pamięci.

Typy modułów DIMM:

1. SO-DIMM – przeznaczone dla komputerów przenośnych:
   - SO-DIMM 72-końcówkowy – używany w FPM DRAM, EDO DRAM
   - SO-DIMM 144-końcówkowy – używany w SDR SDRAM,
   - SO-DIMM 200-końcówkowy – używany w DDR SDRAM, DDR2 SDRAM
   - SO-DIMM 204-końcówkowy – używany w DDR3 SDRAM.

Pamięci » Pamięci SO-DIMM » GOODRAM SO-DIMM DDR2 512MB PC667

Mobile - Notebooki » Pamięci SO-DIMM » HP SODIMM 2 GB PC3-10600 (DDR3 1333 MHz) AT912AA

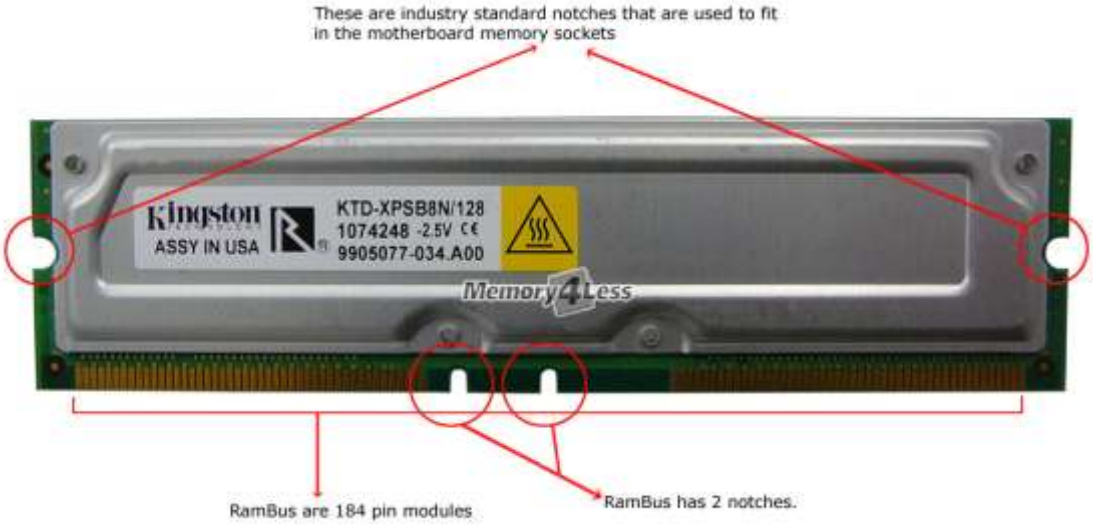
1. DIMM – przeznaczone dla komputerów stacjonarnych:
    - DIMM 168-końcówkowy – wykorzystany w SDR SDRAM,
    - DIMM 184-końcówkowy – wykorzystany w DDR SDRAM,
    - DIMM 240-końcówkowy – wykorzystany w DDR2 SDRAM,
    - FB-DIMM 240-końcówkowy – wykorzystany w DDR2 DRAM z przeznaczeniem dla serverów,
    - DIMM 240-końcówkowy – wykorzystany w DDR3 SDRAM,

Pamięci » Pamięci DIMM (DDR III) » PATRIOT DDR3 4GB 1333MHZ 2X2GB CL9 GAMING ELK INTEL

Kolejne moduły DIMM mają specjalne wcięcia na płytce i przetłoczenia w gnieździe, co uniemożliwia montaż w slocie przeznaczonym do innej wersji. Po zamontowaniu pamięci nie ma potrzeby konfigurowania jej w programie BIOS Setup płyty głównej, ponieważ moduły DIMM są wyposażone w małą pamięć ROM, w której przechowują informacje o swoich parametrach.

MODUŁY **RIMM** (*Rambus Inline Memory module)*, opracowane przez firmę Rambus dla kości RDRAM.

- RIMM 16-bitowe:
    - RIMM 184 – końcówkowe – przeznaczone dla pamięci RIMM 1600 i 2100,
- RIM 32-bitowe:
    - RIM 232 - końcówkowe – dla RIMM 3200 i 4267
- RIM 64 – bitowe
    - RIMM 326 – końcówkowe dla RIMM 6400 i 8532



Co to jest tryb seryjny dostępu do pamięci?

Jednym z ważniejszych osiągnięć było zastosowanie w komputerach wyposażonych w procesor 486 i nowsze układy seryjnego trybu dostępu (burst mode access). W seryjnym taktowaniu pamięci wykorzystano fakt, że większość operacji dostępu do niej dotyczy komórek ze sobą sąsiadujących. Po określeniu dla danej operacji dostępu adresu wiersza i kolumny oraz przy użyciu trybu seryjnego możliwe jest uzyskanie dostępu do następnych trzech przyległych adresów bez konieczności pojawienia się dodatkowego opóźnienia lub cykli oczekiwania. Zazwyczaj tryb dostępu seryjnego ograniczony jest do czterech kolejnych odczytów lub zapisów. W celu opisania taktowania często dla każdej operacji dostępu podaje się liczbę wymaganych cykli. Typowy tryb dostępu seryjnego standardowej pamięci DRAM wyrażany jest zapisem o postaci x-y-y-y, gdzie x jest czasem pierwszego dostępu (suma opóźnienia i czasu cyklu), natomiast y określa liczbę cykli wymaganych dla kolejnych operacji dostępu.

Typowa pamięć DRAM o czasie dostępu 60 ns zazwyczaj w trybie seryjnym jest taktowana zgodnie ze schematem 5-3-3-3. Oznacza to, że pierwsza operacja dostępu wymaga pięciu cykli (w przypadku magistrali systemowej taktowanej zegarem 66 MHz daje to około 75 ns lub inaczej 5x15 ns), natomiast każda następna już tylko trzech (3 x 15 ns = 45 ns). Jak można wywnioskować, rzeczywiste wartości taktowania są mniejsze od technicznych możliwości pamięci. Bez zastosowania trybu seryjnego dostęp do pamięci odbywałby się zgodnie ze schematem 5-5-5-5, który wynika z konieczności użycia pełnego opóźnienia wymaganego przy każdej operacji odczytu lub zapisu danych.