

Temat: **Pamięć operacyjna.**

Pamięć operacyjna - inaczej RAM (ang. Random Access Memory) jest pamięcią o swobodnym dostępie - pozwalającą na odczytywanie i zapisywanie danych na dowolnym obszarze ich przechowywania.

Pamięć operacyjna jest przestrzenią roboczą mikroprocesora, przechowującą otwarte pliki systemu operacyjnego, uruchomione programy oraz wyniki ich działania.

Wymianą informacji między mikroprocesorem a pamięcią operacyjną steruje kontroler pamięci, który do niedawna był częścią chipsetu płyty głównej, a obecnie jest zintegrowany z CPU.

Główną cechą pamięci RAM jest zdolność do przechowywania informacji tylko wtedy, gdy podłączone jest zasilanie. W momencie zaniku napięcia zawartość pamięci ulega skasowaniu, dlatego pamięć RAM nazywa się pamięcią ulotną.

W zależności od budowy wyróżniamy dwa typy pamięci RAM:

1. Pamięć DRAM (ang. Dynamic Random Access Memory) - **dynamiczna pamięć swobodnego dostępu**, odmiana półprzewodnikowa pamięci RAM

- **zbudowana na bazie tranzystorów i kondensatorów.**

- Pojedyncza komórka pamięci składa się z kondensatora i tranzystora sterującego procesem kondensacji.

- Jeśli kondensator jest naładowany to przechowuje bitową jedynekę, natomiast jeśli jest rozładowany, bitowe zero.

- Pamięć ma budowę matrycową - w celu odwołania się do konkretnej komórki należy podać adres wiersza i kolumny.

Pamięć DRAM, podobnie jak procesory, jest wytwarzana w procesie fotolitografii, podczas którego wewnątrz półprzewodnika tworzone są tranzystory, kondensatory oraz ścieżki. Niewielka złożoność pojedynczej komórki (tylko jeden kondensator i tranzystor) pozwala budować pamięci o dużej gęstości, niewielkich rozmiarach i dobrym stosunku ceny do pojemności (np. 512 MB DRAM to 512 milionów kondensatorów i tranzystorów). **Główną wadą pamięci DRAM jest potrzeba odświeżania jej zawartości spowodowana zjawiskiem upływności kondensatorów** ("uciekanie" ładunków). Kondensatory co jakiś czas trzeba doładować (stąd przedrostek Dynamic). Podczas procesu odświeżania nie można dokonywać zapisu ani odczytu danych, co powoduje ogólne spowolnienie pracy pamięci.

W specyfikacjach poszczególnych typów pamięci DRAM możemy spotkać kilka parametrów określających wydajność (prefiks "t" pochodzi od angielskiego słowa "time"). **Im mniejsze poniższe wartości, tym szybszy jest dostęp do komórek pamięci**, co przyspiesza m.in. proces doładowywania i przekłada się na zwiększenie ogólnej wydajności RAM-u:

a) tCL (CAS Latency),

określa liczbę cykli zegarowych pomiędzy wysłaniem przez kontroler pamięci zapotrzebowania na dane a ich dostarczeniem.

b) tRCD (RAS to CAS Delay),

określa liczbę cykli zegarowych pomiędzy podaniem adresu wiersza a wysłaniem adresu kolumny.

c) tRP (RAS Precharge),

określa liczbę cykli zegarowych pomiędzy kolejnym adresowaniem wierszy pamięci.

d) tRAT (Row Active Time),

określa liczbę cykli zegarowych pomiędzy aktywacją i dezaktywacją wierszy.

e) tCR (Command Rate),

określa liczbę cykli zegarowych pomiędzy adresowaniem dwóch komórek pamięci.

W celu ułatwienia montażu pamięci operacyjnej układy DRAM są umieszczane na specjalnych płytkach drukowanych - modułach pamięci. Moduł o określonym standardzie (wielkość, rodzaj zamontowanej pamięci) jest montowany w prosty sposób w gniazdach przytwierdzonych do płyty głównej. **W najnowszych komputerach PC stosuje się odmiany pamięci DRAM oznaczone jako DDR2 lub DDR3 SDRAM** (ang. Double Data Rate Synchronous Dynamic Random Access Memory - synchroniczna dynamiczna pamięć swobodnego dostępu z podwojonym tempem przesyłu danych).

2. Pamięć SRAM (ang. Static Random Access Memory) - **statyczna pamięć swobodnego dostępu,**

- **zbudowana na bazie przerzutników i tranzystorów.**

- Jedna komórka pamięci to jeden przerzutnik RS i dwa tranzystory sterujące.

- W przeciwieństwie do DRAM pamięć **SRAM nie wymaga odświeżania** (jest "statyczna"), dzięki czemu pozwala na znacznie szybszy dostęp do danych.

- Większa złożoność przekłada się na **wyższe koszty produkcji** i nie pozwala na budowanie pamięci o dużych pojemnościach, co wyklucza zastosowanie jej jako pamięci operacyjnej komputera.

- Pamięć SRAM wykorzystuje się najczęściej **jako pamięć podręczną cache** - gdy istotniejsza jest wydajność niż pojemność.

POLECENIE:

1. Znajdź dwa modele pamięci typu DDR3. Dla każdego modelu wypisz w tabelce: nazwę modelu, producenta, cenę oraz parametry techniczne. Porównaj modele ze sobą, zargumentuj decyzję wybrania jednego z nich na podstawie wypisanych danych.

2. Dlaczego pamięć RAM nazywamy pamięcią ulotną?

3. Co oznacza skrót DDR SDRAM?

4. Wymień parametry określające wydajność pamięci dynamicznych.

5. Jaka jest główna wada pamięci DRAM? Odpowiedź uzasadnij.

6. Co oznacza i jaką cechę charakterystyczną opisuje przedrostek Static w pamięciach typu SRAM?

Temat: **Typy pamięci DRAM**

Wyróżniamy następujące warianty pamięci DRAM:

1. FPM DRAM.

2. EDO/BEDO DRAM.

3. SDRAM.

4. DDR, DDR2, DDR3, DDR4 SDRAM.

5. RDRAM.

Jednostką określającą wydajność pamięci asynchronicznych FPM i EDO są nanosekundy (ns), prędkość pamięci synchronicznych SDRAM określa się w megahercach (MHz), a DDR SDRAM w megabajtach/gigabajtach na sekundę (MB/s, GB/s).

1. FPM DRAM (ang. *FastPage Mode*),

- pamięć, w której zastosowano **technikę stronicowania** (ang. paging) **umożliwiającą szybsze odwoływanie się do danych zapisanych w jednym wierszu.**
- Seryjny tryb dostępu pozwalał na odczyt danych w układzie 5-3-3-3. Na dostęp do pierwszej komórki potrzebujemy pięć cykli zegarowych, a na dostęp do pozostałych trzech komórek - tylko trzy cykle.
- Pamięć FPM była popularna w czasach procesorów 486 i pierwszych Pentium.

2. EDO/BEDO DRAM (ang. *Extended Data Out / Burst EDO*),

- rozszerzenie pamięci FPM.
- Pamięć ta podczas przetwarzania danych bieżącej komórki może pobierać instrukcję adresującą kolejną komórkę. Dzięki takiemu rozwiązaniu skrócono odczyt w trybie seryjnym do **5-2-2-2.**
- Wersja Burst to odczyt rzędu **5-1-1-1** - uzyskany poprzez **dodanie do kontrolera pamięci specjalnego licznika adresów.**
- Ponadto wprowadzono **funkcję przeplatania** (ang. *interleaving*) **dwóch banków pamięci.**
- Po przyznaniu dostępu do jednego banku kontroler może przystąpić do określenia adresu w drugim banku.
- **Bank pamięci określa liczbę bitów jednocześnie przetwarzanych przez kość pamięci.**
- Jeżeli pamięć ma taką samą szerokość jak magistrala pamięci, to jeden bank przypada na jedno gniazdo na płycie głównej.
- Jeżeli np. magistrala pamięci ma szerokość 32-bitów, a do zamontowania na płycie głównej mamy tylko 16-bitowe pamięci, to do wypełnienia banku (i prawidłowego działania) pamięci potrzebne będą dwa moduły.

3. SDRAM (ang. *Synchronous DRAM*)

- wraz z pojawieniem się mikroprocesorów z prędkościami powyżej 66 MHz, możliwości pamięci asynchronicznych (FMP, EDO), zaczęły odbiegać od możliwości przetwarzania danych przez magistralę procesora.
- Opracowano nowy typ pamięci DRAM, którego istotą było zsynchronizowanie pamięci z magistralą systemową, co wpłynęło na zmniejszenie strat czasowych podczas przesyłu rozkazów i danych do i z procesora.
- Podobnie jak układy BEDO DRAM, pamięć SDRAM umożliwia pracę w trybie seryjnym 5-1-1-1.
- Kości są zasilane napięciem 3,3 V.
- Opracowano trzy wersje pamięci SDRAM:
 1. PC-66 - pracującą z częstotliwością 66 MHz (10 ns),
 2. PC-100 - pracującą z częstotliwością 100 MHz (8 ns),
 3. PC-133 - pracującą z częstotliwością 133 MHz (7 ns).

4. DDR SDRAM (ang. *Double Data Rate SDRAM*)

- potomek pamięci SDRAM.
- **Zastosowano tu technikę przesyłu danych na narastającym i opadającym zboczu sygnału zegarowego.**
- **Taki sposób transmisji pozwolił na podwojenie ilości przesyłanych informacji bez potrzeby zwiększania częstotliwości zegara magistrali.**
- Dodatkowo wyposażono pamięć w 2-bitowy bufor (ang. prefetch bufor) gromadzący dane przed wysłaniem.
- **Zmniejszono również pobór energii** w stosunku do tradycyjnych SDRAM,
- kości DDR są zasilane napięciem 2,5 V.

Powstało kilka odmian pamięci DDR SDRAM:

1. PC-1600 (DDR200) - o częstotliwości zegara 100 MHz (200 MHz) i przepustowości 1,6 GB/s.
2. PC-2100 (DDR266) - o częstotliwości zegara 133 MHz (266 MHz) i przepustowości 2,1 GB/s.
3. PC-2700 (DDR333) - o częstotliwości zegara 166 MHz (333 MHz) i przepustowości 2,7 GB/s.
4. PC-3200 (DDR400) - o częstotliwości zegara 200 MHz (400 MHz) i przepustowości 3,2 GB/s.

W celu wyliczenia przepustowości dla pamięci DDR posługujemy się wzorem:

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

Przykład dla zegara 100 MHz:

$100 \text{ MHz} \times 2 \times 64 \text{ b} / 8 \text{ b} = 1600 \text{ MB/s}$.

DDR2 SDRAM – nowa i szybsza odmiana pamięci DDR SDRAM

- oprócz techniki podwójnego tempa przesyłu (DDR) zastosowano specjalny 4-bitowy bufor, który umożliwia wysyłanie większej ilości danych w ciągu jednego cyklu, oraz podwojono mnożnik zegarowy magistrali
- dzięki temu przy $f = 100 \text{ MHz}$ DDR2 może uzyskać przepustowość 3,2 GB/s (dla porównania: SDRAM przy 100MHz umożliwia transfer rzędu 800 MB/s, a DDR – 1,6GB/s)
- nie jest kompatybilna z DDR i SDRAM;
- wymaga zasilania 1,8 V.

W celu wyliczenia przepustowości dla pamięci DDR2 posługujemy się wzorem:

Zegar magistrali x2(Double Data Rate)x2 (mnożnik magistrali)x64b/8b = przepustowość w MB/s.

Dostępne wersje pamięci DDR2:

1. PC2-3200 (DDR2-400) - o częstotliwości zegara 100 MHz (200 MHz) i przepustowości 3,2 GB/s.
2. PC2-4200 (DDR2-533) - o częstotliwości zegara 133 MHz (266 MHz) i przepustowości 4,3 GB/s.
3. PC2-5300/5400 (DDR2-667) - o częstotliwości zegara 166 MHz (333 MHz) i przepustowości 5,3 GB/s.
4. PC2-6400 (DDR2-800) - o częstotliwości zegara 200 MHz (400 MHz) i przepustowości 6,4 GB/s.
5. PC2-8500 (DDR2-1066) - o częstotliwości zegara 266 MHz (533 MHz) i przepustowości 8,5 GB/s.

DDR3 SDRAM - rozwinięcie standardów DDR i DDR2, ale bez kompatybilności wstecznej

- zasilanie zredukowane do 1,5 V (**zmniejszony pobór energii**)
- planowana jest produkcja pamięci DDR3 w technologii 50nm zasilanych napięciem 1,35/1,2 V;
- 8-bitowy bufor
- mnożnik częstotliwości magistrali zwiększono do 4, co zwiększyło transfer z prędkością 6,4 GB/s przy częstotliwości zegara 100 MHz

W celu wyliczenia przepustowości dla pamięci DDR3 posługujemy się wzorem:
Zegar magistrali $\times 2$ (Double Data Rate) $\times 4$ (mnożnik magistrali) $\times 64\text{b}/8\text{b}$ = przepustowość w MB/s.

Dostępne są m.in. wersje pamięci DDR3:

1. PC3-6400 (DDR3-800) - o częstotliwości zegara 100 MHz (400 MHz) i przepustowości 6,4 GB/s.
2. PC3-8500 (DDR3-1066) - o częstotliwości zegara 133 MHz (533 MHz) i przepustowości 8,5 GB/s.
3. PC3-10600 (DDR3-1333) - o częstotliwości zegara 166 MHz (667 MHz) i przepustowości 10,6 GB/s.
4. PC3-12700/12800 (DDR3-1600) - o częstotliwości zegara 200 MHz (800 MHz) i przepustowości 12,7 GB/s.
5. PC3-16000 (DDR3-2000) - o częstotliwości zegara 250 MHz (1000 MHz) i przepustowości 16 GB/s.
6. PC3-17000 (DDR3-2133) - o częstotliwości zegara 266 MHz (1066 MHz) i przepustowości 17 GB/s.
7. PC3-19200 (DDR3-2400) - o częstotliwości zegara 300 MHz (1200 MHz) i przepustowości 19,2 GB/s.

W dokumentacji pamięci DDR2 i DDR3 można spotkać dwie różne wartości dotyczące taktowania: **częstotliwość zegara i częstotliwość magistrali**. Rozbieżności wynikają z faktu wykorzystania w tych odmianach pamięci SDRAM mnożników częstotliwości $\times 2$ (DDR2) i $\times 4$ (DDR3); np. dla pamięci PC3-6400 prędkość zegara to 100 MHz, ostateczna częstotliwość magistrali – 400 MHz, a nominalna częstotliwość (**biorąc pod uwagę DDR**) – **800 MHz**.

Pamięci DDR umożliwiają **pracę dwukanałową** (ang. *Dual channel*), co oznacza, że dwa, np. 64-bitowe moduły, zamontowane w dwóch kanałach, działają jako jeden 128-bitowy. Gdy z jednego modułu dane są odczytywane, na drugim mogą być zapisywane, co teoretycznie powinno podwoić osiągi pamięci. Praktycznie często zdarza się, że mikroprocesor potrzebuje odczytać dane z kanału, na którym aktualnie trwa zapis. W takim momencie nie następuje zwiększenie wydajności.

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

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

DDR4 – najnowsza generacja pamięci SDRAM

POLECENIE

Znajdź w Internecie informacje na temat pamięci DDR4. Czy są jeszcze nowsze pamięci typu DDR niż DDR4?

5. RDRAM (ang. *Rambus DRAM*)

- opracowana przez firmę Rambus, na rynku w 1999 roku
- dedykowana magistrala pamięci RDRAM ma szerokość tylko 16 bitów, ale pracuje z dużą prędkością, przesyłając informacje na rosnącym i opadającym zboczu sygnałowym (DDR)
- pierwsze pamięci RDRAM pozwalały na przesyłanie informacji z prędkością magistrali 400 MHz i przepustowością rzędu 1,6 GB/s, podczas gdy PC-133 taktowane były zegarem 133 MHz i umożliwiały transfer 1064 MB/s.
- dwa 16-bitowe moduły można było montować w trybie dual channel.

Dostępne m.in. następujące wersje pamięci RDRAM:

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

XDR RDRAM – następcą RDRAM umożliwiającą pracę z częstotliwością magistrali do 1066MHz i przepustowością przeszło 29 GB/s

XDR2 RDRAM – najnowsza wersja pamięci – transfer do 38,4 GB/s (a nawet do 51 GB/s)

Pamięci XDR:

- stosowane w konsolach do gier, w wydajnych kartach graficznych i serwerach
- tego typu pamięć wykorzystała firma Sony w konsoli do gier PlayStation 3.
- mało popularna w systemach PC ze względu na dużą cenę w stosunku do pamięci DDR

Temat: **Moduły pamięci RAM.**

- pamięć RAM fizycznie przyjmuje postać układu scalonego
- pierwsze pamięci DRAM były montowane bezpośrednio na płycie głównej bez możliwości rozbudowy
- później kości pamięci zaczęto umieszczać na specjalnych podstawkach, co pozwalało na rozbudowę, lecz z czasem pod wpływem temperatury pojawiały się problemy ze stykami elektrycznymi
- problem ten rozwiązano stosując moduły (drukowane płytki z przylutowanymi na stałe chipami pamięci DRAM, które są montowane w specjalnych gniazdach na płycie głównej)

Opracowano trzy odmiany modułów:

1. SIMM

- SIMM 30-końcówkowy obsługujący 8-bitową magistralę pamięci
- SIMM 72-końcówkowy – do pamięci 32-bitowych

2. DIMM

- SO-DIMM do komputerów przenośnych
- DIMM do komputerów stacjonarnych

3. RIMM

- RIMM 168-końcówkowy
- RIMM 232-końcówkowy
- RIMM 326-końcówkowy