

Paměti EEPROM (1)

- EEPROM – Electrically EPROM
- Mají podobné chování jako paměti EPROM, tj. jedná se o statické, energeticky nezávislé paměti, které je možné naprogramovat a později z nich informace vymazat
- Vymazání se provádí elektricky a nikoliv pomocí UV záření
- Vyrábí se pomocí speciálních tranzistorů vyrobených technologií MNOS (Metal Nitride Oxide Semiconductor)

12/11/2014

1

Paměti EEPROM (2)

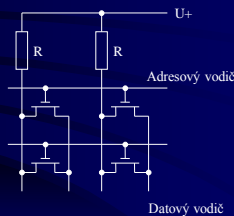
- Jedná se o tranzistory, na jejichž řídicí elektrodě (Gate) je nanesena vrstva nitridu křemíku (Si_3N_4) a pod ní je umístěna tenká vrstva oxidu křemičitého (SiO_2)
- Buňka paměti EEPROM pracuje na principu tunelování (vkládání) elektrického náboje na přechod těchto dvou vrstev

12/11/2014

2

Paměti EEPROM (3)

- Paměťová buňka EEPROM (matice 2×2):



12/11/2014

3

Paměti Flash (1)

- Obdoba paměti EEPROM
- Paměti, které je možné naprogramovat a které jsou statické a energeticky nezávislé
- Vymazání se provádí elektrickou cestou, jejich přeprogramování je možné provést přímo v počítači
- Paměť typu flash tedy není nutné před vymazáním (naprogramováním) z počítače vyjmout a umístit ji do speciálního programovacího zařízení

12/11/2014

4

Paměti Flash (2)

- Narozdíl od EEPROM se u paměti flash provádí mazání nikoliv po jednotlivých buňkách, ale po celých blocích
- Paměťová buňka je tvořena tranzistorem, jehož elektroda gate je rozdělena na dvě části:
 - **Control Gate:**
 - připojená k adresovému vodiči
 - **Floating Gate:**
 - oddělená od control gate izolační vrstvou
 - umožňuje uložení elektrického náboje, pomocí něhož buňka uchovává hodnotu logická 0 nebo logická 1

12/11/2014

5

Paměti Flash (3)

- Flash paměti se dělí do dvou základních skupin:
 - **NOR flash:**
 - poskytují rozhraní s vyhrazenými adresovými a datovými vodiči \Rightarrow umožňují přímý přístup k dané paměťové buňce
 - chovají se jako paměti, které jsou mapované do určité části adresového prostoru
 - dovolují používat techniku XIP – Execute In Place:
 - je možné přímo spouštět programy, které jsou v nich uloženy
 - spouštěné programy z těchto pamětí není nutné nejprve kopírovat do paměti RAM

12/11/2014

6

Paměti Flash (4)

- mnohdy se však používá technika **RAM shadowing**, tj. kód z paměti flash se nejdříve zkopíruje do rychlejší paměti RAM, kde je následně spuštěn
- umožňují cca 10000 – 100000 smazání a následných zápisů
- mají menší hustotu paměťových buněk (dáno adresovacím mechanismem dovolujícím přímý přístup k paměťové buňce)
- poskytují vyšší rychlost při čtení, avšak jsou pomalejší při zápisu i při mazání a jsou cenově nákladnější
- používány zejména pro ukládání firmwaru (BIOS, firmware pro mobilní telefony, GPS apod.)
- nejsou vhodné pro ukládání větších objemů dat

12/11/2014

7

Paměti Flash (5)

– NAND Flash:

- jsou připojeny pomocí relativně jednoduchého rozhraní
- nevyžadují plnou šířku adresové a datové sběrnice
- data a příkazy jsou multiplexovány do 8 I/O linek, pomocí nichž jsou zasilány do interního registru
- práce s flash pamětí NAND probíhá typicky v následujících krocích:
 - zaslání příkazu (např. read nebo write)
 - zaslání 4bytové adresy vyjadřující, odkud budou data čtena, resp. kam budou zapisována
 - vyčkáni, až flash paměť umístí požadovaná data do výstupního registru nebo zaslání zapisovaných dat
 - přečtení, resp. zápsání dat

12/11/2014

8

Paměti Flash (6)

- výhodou tohoto řešení je, že není nutné měnit počet vývodů příslušných integrovaných obvodů s měnící se kapacitou flash paměti ⇒ snadnější upgrade
- ve srovnání s NOR flash pamětmi jsou pomalejší při čtení, ale rychlejší při zápisu i při mazání
- dovolují cca 100000 – 1000000 smazání a zápisů
- používány zejména pro výrobu paměťových karet (např. SD card, SmartMedia, CompactFlash, Memory Stick)
- **Poznámka:**
 - existují i paměti **MLC (Multi-Level Cell) NAND**, které dovolují v rámci jedné paměťové buňky uchovat dva bity (00, 01, 10, 11)

12/11/2014

9

Paměti RAM

- **RAM – Random Access Memory**
- Paměti určené pro zápis i pro čtení dat
- Jedná se o paměti, které jsou energeticky závislé
- Podle toho, zda jsou dynamické nebo statické, jsou dále rozdělovány na:
 - **DRAM** – Dynamické RAM
 - **SRAM** – Statické RAM

12/11/2014

10

Paměti SRAM (1)

- **SRAM – Static Random Access Memory**
- Uchovávají informaci v sobě uloženou po celou dobu, kdy jsou připojeny ke zdroji elektrického napájení
- Paměťová buňka je realizována jako **bistabilní klopný obvod**, tj. obvod, který se může nacházet vždy v jednom ze dvou stavů, které určují, zda v paměti je uložena 1 nebo 0
- Mají nízkou přístupovou dobu (1 – 20 ns)

12/11/2014

11

Paměti SRAM (2)

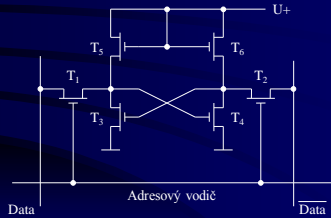
- Jejich nevýhodou je naopak vyšší složitost a z toho plynoucí vyšší výrobní náklady
- Jsou používány především pro realizaci pamětí typu **cache (L1, L2 i L3)**
- Paměťová buňka používá dvou datových vodičů:
 - **Data:** určený k zápisu do paměti
 - **Data:** určený ke čtení z paměti
Hodnota na tomto vodiči je vždy opačná než hodnota uložená v paměti

12/11/2014

12

Paměti SRAM (3)

- Paměťová buňka SRAM:



12/11/2014

13

Paměti DRAM (1)

- **DRAM** – Dynamic Random Access Memory
- Informace je uložena pomocí elektrického náboje na kondenzátoru
- Tento náboj má však tendenci se vybití i v době, kdy je paměť připojena ke zdroji elektrického napájení
- Aby nedošlo k tomuto vybití a tím i ke ztrátě uložené informace, je nutné periodicky provádět tzv. **refresh**, tj. ožívování paměťové buňky

12/11/2014

14

Paměti DRAM (2)

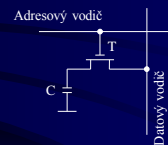
- Buňka paměti DRAM je velmi jednoduchá a dovoluje vysokou integraci a nízké výrobní náklady
- Díky těmto vlastnostem je používána k výrobě operačních pamětí
- Její nevýhodou je však vyšší přístupová doba (10 – 70 ns) způsobená nutností provádět refresh a časem potřebným k nabití a vybití kondenzátoru

12/11/2014

15

Paměti DRAM (3)

- Buňka paměti DRAM:



12/11/2014

16

Paměti DRAM (4)

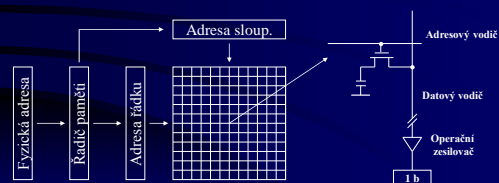
- Operační paměti mají ve srovnání s jinými typy vnitřních pamětí podstatně vyšší kapacitu \Rightarrow nutnost jiné konstrukce
- Paměti DRAM jsou konstruovány jako matice, v nichž se jedna paměťová buňka zpřístupňuje pomocí dvou dekodérů
- Řadič operační paměti adresu rozdělí na dvě části, z nichž každá je přivedena na vstup samostatnému dekodéru (jeden dekodér vybere řádek a druhý sloupec)

12/11/2014

17

Paměti DRAM (5)

- Obvody operačních pamětí pak bývají realizovány jako matice, např. 1024×1024 buněk (kapacita 1 Mb).



12/11/2014

18

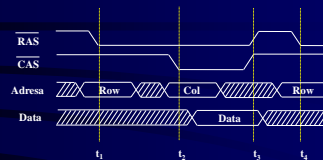
Paměti DRAM (6)

- Protože paměťové obvody nemohou mít příliš velký počet vývodů, je nutné, aby adresa řádku i sloupce byla předávána po stejné sběrnici
- Platnost adresy řádku a sloupce na sběrnici je dána (potvrzována) signály:
 - **RAS** (Row Access Strobe): adresa řádku
 - **CAS** (Column Access Strobe): adresa sloupce

12/11/2014

19

Paměti DRAM (7)

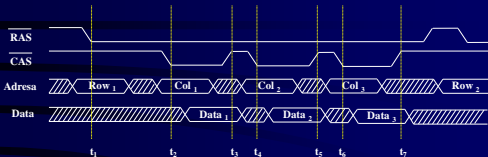


- Vždy nutno nastavit adresu řádku i adresu sloupce
- Paměti DRAM umožňují přístup s burst časováním 5-5-5-5

12/11/2014

20

Paměti FPM DRAM

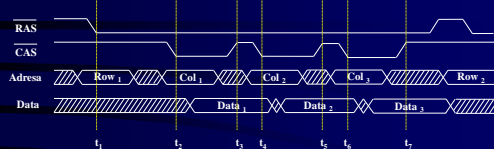


- Adresa řádku je stejná po celou dobu, kdy se provádí přístup k datům z tohoto řádku
- Paměti FPM DRAM umožňují přístup s burst časováním 5-3-3-3

12/11/2014

21

Paměti EDO DRAM

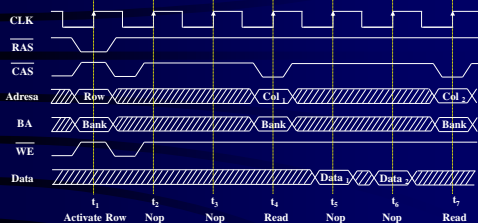


- Data se stávají neplatnými, až v okamžiku, kdy signál CAS přechází znovu do úrovně log. 0
- Paměti EDO DRAM umožňují přístup s burst časováním 5-2-2-2

12/11/2014

22

Paměti SDRAM (1)



- Pracují synchronně s procesorem
- Jsou rozděleny do banků
- Umožňují přístup s burst časováním 5-1-1-1

12/11/2014

23

Paměti SDRAM (2)

- Musí svou frekvencí odpovídat frekvenci systémové sběrnice
- Vyráběny s frekvencemi:
 - **PC66**: pro systémovou sběrnici s taktem 66 MHz
 - **PC100**: pro systémovou sběrnici s taktem 100 MHz
 - **PC133**: pro systémovou sběrnici s taktem 133 MHz

12/11/2014

24

Paměti DDR SDRAM (1)

- **DDR SDRAM** – Double Data Rate SDRAM
- Rychlejší verze SDRAM, která při stejné frekvenci dosahuje dvojnásobného výkonu
- Tohoto je dosaženo tím, že veškeré operace jsou synchronizovány s náběžnou i sestupnou hranou hodinového signálu (CLK)
- Provádí předvýběr dvou bitů, které ukládá do svých V/V bufferů
- Poznámka: paměťové moduly SDRAM a DDR SDRAM jsou vzájemně nekompatibilní

12/11/2014

25

Paměti DDR SDRAM (2)

- Vyráběny v následujících variantách:
 - **PC1600 (DDR200)**: pro systémovou sběrnici s taktem 100 MHz („200 MHz“)
 - **PC2100 (DDR266)**: pro systémovou sběrnici s taktem 133 MHz („266 MHz“)
 - **PC2700 (DDR333)**: pro systémovou sběrnici s taktem 166 MHz („333 MHz“)
 - **PC3200 (DDR400)**: pro systémovou sběrnici s taktem 200 MHz („400 MHz“)

12/11/2014

26

Paměti DDR SDRAM (3)

- Kromě výše uvedených pamětí DDR SDRAM jsou vyráběny i typy umožňující práci při vyšší frekvenci:
 - PC3500 (DDR433)
 - PC3600 (DDR444)
 - PC3700 (DDR466)
 - PC4000 (DDR500)
 - PC4300 (DDR533)

12/11/2014

27

Paměti DDR2 SDRAM (1)

- Standard vycházející z pamětí DDR SDRAM
- Data jsou čtena (zapisována) s nástupnou i sestupnou hranou hodinového signálu (podobně jako u DDR SDRAM)
- Poskytují dvojnásobnou přenosovou rychlost oproti DDR SDRAM
- Paměti DDR2 SDRAM mají asi o 50% menší spotřebu elektrické energie

12/11/2014

28

Paměti DDR2 SDRAM (2)

- Napájecí napětí je 1,8 V (u DDR SDRAM je napájecí napětí 2,5 V)
- Dosažení vyšší přenosové rychlosti je založeno na skutečnosti, že jádro paměťového obvodu (pracující na frekvenci např. 100 MHz) může při každém čtecím cyklu předvybrat další 4 bity z paměťové matice a uložit je V/V bufferů
- Adresa předvybíraných 4 bitů je dána interní logikou paměťového obvodu

12/11/2014

29

Paměti DDR2 SDRAM (3)

- Výsledkem je, že V/V část paměti může pracovat s dvojnásobnou frekvencí oproti jejímu jádru
- Následným použitím nového komunikačního protokolu je umožněno provedení 4 transakcí během jednoho taktu
- Poznámka: paměťové moduly DDR2 SDRAM a DDR SDRAM nejsou vzájemně kompatibilní

12/11/2014

30

Paměti DDR2 SDRAM (4)

- Typy paměti DDR2 SDRAM:

Typ paměti	Frekvence jádra (V/V sběrnice paměti)	Označení	Přenosová rychlost
DDR2 400	100 (200) MHz	PC2 3200	3200 MB/s
DDR2 533	133 (266) MHz	PC2 4300	4266 MB/s
DDR2 667	166 (333) MHz	PC2 5300	5333 MB/s
DDR2 800	200 (400) MHz	PC2 6400	6400 MB/s
DDR2 1000	250 (500) MHz	PC2 8000	8000 MB/s
DDR2 1066	266 (533) MHz	PC2 8500	8500 MB/s

12/11/2014

31

Paměti DDR3 SDRAM (1)

- Nový standard vycházející z paměti DDR2 SDRAM
- Data jsou přenášena s nástupnou i sestupnou hranou hodinového signálu (jako u DDR a DDR2 SDRAM)
- Umožňují, aby jejich V/V sběrnice pracovala se čtyřnásobnou rychlostí oproti paměťovým buňkám
- Poskytují vyšší (teoreticky dvojnásobnou) přenosovou rychlost než DDR2 SDRAM

12/11/2014

32

Paměti DDR3 SDRAM (2)

- Zvýšení přenosové rychlosti je dosaženo předvýběrem 8 bitů při každém čtecím cyklu a jejich uložením do V/V bufferu
- Napájecí napětí je 1,5 V
- Mají asi o 30% menší spotřebu elektrické energie než paměti DDR2 SDRAM
- Poznámka:
 - paměťové moduly DDR2 a DDR3 SDRAM nejsou vzájemně kompatibilní

12/11/2014

33

Paměti DDR3 SDRAM (3)

- Typy paměti DDR3 SDRAM:

Typ paměti	Frekvence jádra (V/V sběrnice paměti)	Označení	Přenosová rychlost
DDR3 800	100 (400) MHz	PC3 6400	6400 MB/s
DDR3 1066	133 (533) MHz	PC3 8500	8500 MB/s
DDR3 1333	166 (667) MHz	PC3 10600	10670 MB/s
DDR3 1600	200 (800) MHz	PC3 12800	12800 MB/s

- Existují také DDR3 SDRAM paměti umožňující práci při vyšších frekvencích, např.: DDR3 1800, DDR3 2000, DDR3 2133

12/11/2014

34

Dual Channel DDR (1)

- Nejedná se o nový typ paměti, ale o novou architekturu základních desek využívající paměti DDR, DDR2 a DDR3 SDRAM
- Pro práci s paměti se využívají dva kanály
- Data jsou přenášena po 128 bitech (64 bitů pro každý kanál)
- Tímto se minimalizují doby, kdy není možné k paměti přistupovat (**memory latencies**)

12/11/2014

35

Dual Channel DDR (2)

- Pro využití architektury Dual Channel DDR je zapotřebí:
 - čipová sada podporující Dual Channel DDR
 - paměťové moduly (DIMM) musí být osazovány po dvojicích
 - oba moduly ve dvojici musí mít stejné parametry
- Použití Dual Channel DDR teoreticky zdvojnásobuje přenosovou rychlost paměti

12/11/2014

36

Dual Channel DDR (3)

- Tj. při použití různých typů pamětí dostáváme níže uvedené maximální přenosové rychlosti:

Typ paměti	Označení	Přenosová rychlost Single Channel	Přenosová rychlost Dual Channel
DDR200	PC1600	1600 MB/s	3200 MB/s
DDR266	PC2100	2100 MB/s	4200 MB/s
DDR333	PC2700	2700 MB/s	5400 MB/s
DDR400	PC3200	3200 MB/s	6400 MB/s
DDR2 400	PC2 3200	3200 MB/s	6400 MB/s
DDR2 533	PC2 4300	4266 MB/s	8533 MB/s
DDR2 667	PC2 5300	5333 MB/s	10666 MB/s
DDR2 800	PC2 6400	6400 MB/s	12800 MB/s
DDR2 1000	PC2 8000	8000 MB/s	16000 MB/s
DDR2 1066	PC2 8500	8500 MB/s	17000 MB/s

12/11/2014

37

Dual Channel DDR (4)

Typ paměti	Označení	Přenosová rychlost Single Channel	Přenosová rychlost Dual Channel
DDR3 800	PC3 6400	6400 MB/s	12800 MB/s
DDR3 1066	PC3 8500	8500 MB/s	17000 MB/s
DDR3 1333	PC3 10600	10670 MB/s	21340 MB/s
DDR3 1600	PC3 12800	12800 MB/s	25600 MB/s

12/11/2014

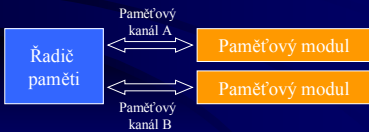
38

Dual Channel DDR (5)

- Single Channel Memory:



- Dual Channel Memory:



12/11/2014

39

Triple Channel DDR3 (1)

- Podobná architektura jako Dual Channel DDR
- Použita u procesorů **Intel Core i7 (i7-900 series)**, které na svém čipu obsahují integrovaný řadič operační paměti, jenž podporuje DDR3 SDRAM paměti v režimu triple channel
- Tyto paměti mohou (při správné konfiguraci) komunikovat s procesorem pomocí 3 kanálů
- Při použití pamětí DDR3 1066 lze dosáhnout maximální přenosové rychlosti 25,6 GB/s

12/11/2014

40

Triple Channel DDR3 (2)

- Režim triple channel dovoluje další redukci paměťových latencí
- Pro práci v režimu triple channel je zapotřebí, aby:
 - paměťové moduly (DIMM) byly osazovány po trojicích (některé základní desky povolují také instalaci 4 modulů DIMM)
 - všechny moduly ve trojici měly stejné parametry

12/11/2014

41

Časování pamětí (1)

- Udává počty taktů potřebné k různým operacím, které jsou prováděny v průběhu přístupu k paměti
- Operace:
 - t_{rcd} : $\overline{\text{RAS}}$ to $\overline{\text{CAS}}$ Delay:
 - časová prodleva (počet taktů) od okamžiku, kdy je vybrán (aktivován) řádek do doby, kdy je možné vybrat sloupec a potvrdit jej signálem CAS
 - při sekvenčním čtení (zápisu) nemá příliš velký dopad, protože data jsou čtena (zapisována) na stejném řádku, který je stále aktivní

12/11/2014

42

Časování paměti (2)

- t_{CL} : \overline{CAS} Latency:
 - počet taktů potřebný k získání informace z paměťové buňky poté, kdy byl vybrán její sloupec
 - uplatňuje se při každém přístupu k paměti \Rightarrow má největší vliv na rychlost paměti
- t_{RP} : \overline{RAS} Precharge Time:
 - počet taktů nutný pro ukončení přístupu k jednomu řádku paměti a pro zahájení přístupu k řádku jinému
 - ve spojení s t_{RCD} udává počet taktů nezbytných k přechodu z jednoho řádku paměti na řádek druhý, kde již může být vybrán požadovaný sloupec

12/11/2014

43

Časování paměti (3)

- t_{RAS} : Active to Precharge Delay:
 - nejmenší počet taktů, po kterém musí být řádek aktivní, než může opět deaktivován
 - vyjadřuje minimální dobu, po kterou musí být signál \overline{RAS} v aktivní úrovni
- Výše uvedené údaje bývají zapisovány ve čtyřčlenné notaci vyjadřující časování dané paměti:
 $t_{CL} - t_{RCD} - t_{RP} - t_{RAS}$
- Např.: 2-3-3-6

12/11/2014

44

Paměti RDRAM (1)

- Technologie (architektura) navržená firmou Rambus Inc.
- Poprvé použita u herní konzole Nintendo 64
- Paměťové obvody jsou připojeny ke speciální vysokorychlostní sběrnici, tzv. **Rambus Channel**
- Sběrnice pro paměti RDRAM pracuje synchronně s danou frekvencí a data jsou přenášena s náběžnou i sestupnou hranou hodinového signálu

12/11/2014

45

Paměti RDRAM (2)

- Paměti RDRAM jsou (byly) vyráběny v následujících variantách:
 - **Concurrent RDRAM**:
 - šířka datové části sběrnice je 8 bitů (9 bitů)
 - šířka interní datové sběrnice jednotlivých paměťových obvodů je 64 bitů
 - sběrnice pracuje s rychlostí 300 MHz, popř. 350 MHz
 - přenosová rychlost je 600 MB/s (700 MB/s)
 - odpovídající paměťové moduly (RIMM) jsou označovány jako PC600 a PC700

12/11/2014

46

Paměti RDRAM (3)

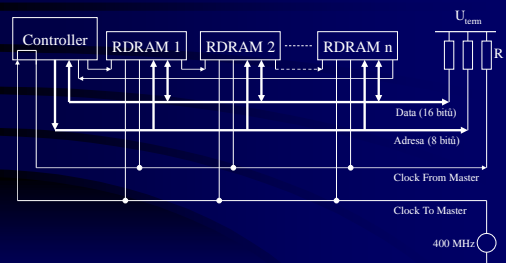
- **Direct RDRAM**:
 - šířka datové části sběrnice je 16 bitů (18 bitů)
 - šířka interní datové sběrnice jednotlivých paměťových obvodů je 128 bitů
 - sběrnice pracuje s rychlostí 400 MHz, popř. 533 MHz
 - přenosová rychlost je 1,6 GB/s (2,13 GB/s)
 - odpovídající paměťové moduly (RIMM) jsou označovány jako RIMM1600, RIMM2100, RIMM3200, RIMM4200, RIMM6400 a RIMM8500

12/11/2014

47

Paměti RDRAM (4)

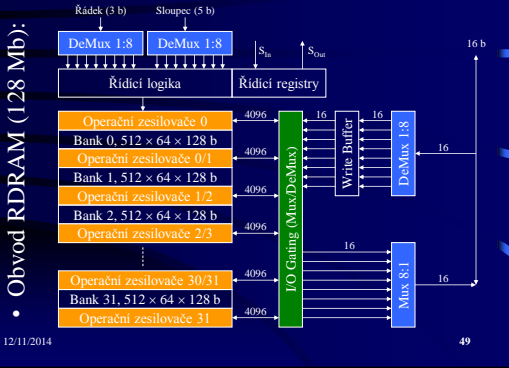
- Architektura RDRAM:



12/11/2014

48

Paměti RDRAM (5)



12/11/2014

49

Paměti RDRAM (6)

- Paměťový obvod je rozdělen do 32 banků
- Ke každému banku náleží sdílené operační zesilovače (**split bank**), které zesilují přečtenou (zapisovanou) informaci z (do) celého řádku (64×128 bitů = 8192 bitů)
- I/O Gating pracuje jako obousměrný multiplexor/demultiplexor, který:
 - při čtení vybere požadovaných 128 bitů
 - při zápisu sestaví 8192 bitů

12/11/2014

50

Paměti RDRAM (7)

- Při čtení je následně 128 bitů multiplexováno a po 16 bitech opouští paměťový obvod
- Při zápisu se nejprve 16bitové sady demultiplexují, čímž se vytváří 128bitová sada, která je poté přes Write Buffer a I/O Gating zapsána do paměti
- Technologie RDRAM využívá ke své činnosti „klasickou“ paměťovou buňku DRAM, která pracuje s frekvencí 100 MHz (133 MHz)

12/11/2014

51

Paměti RDRAM (8)

- Paměti RDRAM při své činnosti využívají i tzv. řídicích registrů, které jsou zapojeny do sériové smyčky (S_{In}/S_{Out})
- V těchto registrech se uchovává např.:
 - identifikace obvodu
 - parametry týkající se časování paměti
 - konfigurace paměti

12/11/2014

52

Paměti RDRAM (9)

- Vzhledem k tomu, že řídicí registry jsou zapojeny do série, tak je nezbytné, aby volné pozice pro paměťové moduly (RIMM) byly osazeny speciálním průchozím modulem (C-RIMM), který zabezpečí uzavření sériové smyčky
- Architektura RDRAM může využívat i více kanálů (max. 4) pro přenos dat mezi řadičem a paměťovými moduly

12/11/2014

53

Paměti RDRAM (10)

- RDRAM se čtyřmi kanály:



- Tímto lze dosáhnout zvýšení přenosové rychlosti na 6,4 GB/s (pro RIMM 1600)

12/11/2014

54

Organizace pamětí v PC (1)

- Operační paměti jsou integrovány na miniaturních deskách plošného spoje:
 - **30-pin SIMM** (Single Inline Memory Module):
 - používány u většiny počítačů s procesory 80286, 80386SX, 80386 a některých 80486
 - mají 30 vývodů a šířku přenosu dat 8 bitů (bezparitní) nebo 9 bitů (paritní)
 - vyráběny s kapacitami 256 kB, 1 MB a 4 MB



12/11/2014

55

Organizace pamětí v PC (2)

- **72-pin SIMM** (PS/2 SIMM):
 - používány u počítačů s procesory 80486 a Pentium
 - mají 72 vývodů a šířku přenosu dat 32 bitů (bezparitní) nebo 36 bitů (paritní – pro každý byte jeden paritní bit)
 - vyráběny s kapacitami 4 MB, 8 MB, 16 MB, 32 MB



12/11/2014

56

Organizace pamětí v PC (3)



Modul 72-pin SIMM
Modul 30-pin SIMM



Pozice pro moduly SIMM

12/11/2014

57

Organizace pamětí v PC (4)

- **DIMM** (Dual Inline Memory Module):
 - dnes nejpoužívanějším typem paměťových modulů
 - počet vývodů:
 - 168 vývodů: FPM DRAM, EDO DRAM, SDRAM
 - 184 vývodů: DDR SDRAM
 - 240 vývodů: DDR2 SDRAM a DDR3 SDRAM
 - vyrábějí se s kapacitami 16 MB, 32 MB, 64 MB, 128 MB, 512 MB, 1024 MB, 2048 MB a 4096 MB
 - šířka přenosu dat je 64 bitů
 - používají se u počítačů s procesory Intel Pentium a vyššími

12/11/2014

58

Organizace pamětí v PC (5)



Modul DIMM se 168 vývody



Modul DIMM se 184 vývody

12/11/2014

59

Organizace pamětí v PC (6)



Moduly DIMM DDR2 SDRAM s 240 vývody

12/11/2014

60

Organizace paměti v PC (7)



Moduly DIMM DDR3 SDRAM s 240 vývody

12/11/2014

61

Organizace paměti v PC (8)

– RIMM (Rambus Inline Memory Module):

- paměťový modul pro obvody typu RDRAM
- pro Concurrent RDRAM jsou vyráběny jako:
 - PC600: moduly pro frekvenci 300 MHz („600 MHz“)
 - PC700: moduly pro frekvenci 350 MHz („700 MHz“)
- pro Direct RDRAM existují v následujících variantách:

Typ	16-bit		32-bit		64-bit	
Označení	RIMM1600	RIMM2100	RIMM3200	RIMM4200	RIMM6400	RIMM8500
Frekv. sběrnice	400 MHz	533 MHz	400 MHz	533 MHz	400 MHz	533 MHz
Přenosová rychl.	1600 MB/s	2133 MB/s	3200 MB/s	4266 MB/s	6400 MB/s	8532 MB/s
Šířka dat. sběrnice	16 b (18 b)	16 b (18 b)	32 b (36 b)	32 b (36 b)	64 b (72 b)	64 b (72 b)
Počet vývodů	168, 184	168, 184	232	232	326	326

12/11/2014

62

Organizace paměti v PC (9)



Modul RIMM



Modul C-RIMM

12/11/2014

63

Paměťové banky (1)

- Nejmenší jednotka paměti, která může být do počítače přidána, popř. z počítače odebrána
- Velikost jednoho banku je závislá na šířce datové sběrnice procesoru
- Je nutné, aby šířka přenosu dat modulů v jednom banku byla stejná jako šířka datové sběrnice procesoru

12/11/2014

64

Paměťové banky (2)

- Typické velikosti paměťových banků:

Procesor	Šířka datové sběrnice	30-pin SIMM	72-pin SIMM	DIMM
80286	16 bitů	2 moduly	nepoužívá se	nepoužívá se
80386SX	16 bitů	2 moduly	nepoužívá se	nepoužívá se
80386	32 bitů	4 moduly	nepoužívá se	nepoužívá se
80486DX, SX	32 bitů	4 moduly	1 modul	nepoužívá se
Pentium	64 bitů	nepoužívá se	2 moduly	1 modul
Pentium Pro	64 bitů	nepoužívá se	2 moduly	1 modul
Celeron, Pentium II, III, 4, D, Core 2 Duo, Core i5, i7	64 bitů	nepoužívá se	(2 moduly) nepoužívá se	1 modul

12/11/2014

65