

ANÁLISE COMPARATIVA DAS TECNOLOGIAS DE MEMÓRIA RAM DDR4 E DDR5: ARQUITETURA, DESEMPENHO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Gustavo Takeshi Sassada Kumakawa¹

Julio Cesar Carou Felix de Lima²

Olinda Nogueira Paes Rizzo³

Resumo

Introdução

No universo da computação moderna, o desempenho de um sistema é determinado por uma complexa sinergia entre processador, armazenamento e memória. Dentre estes, a Memória de Acesso Aleatório (RAM) se destaca como um pilar fundamental, atuando como a ponte de alta velocidade que permite ao processador acessar dados de forma quase instantânea enquanto a máquina está sendo utilizada (Pereira, 2016). A eficiência e a velocidade com que a memória RAM opera influenciam diretamente na capacidade de processamento de computadores pessoais, servidores e até mesmo dispositivos móveis, tornando-se um elemento essencial no avanço da tecnologia da informação. O avanço da memória RAM acompanha o progresso da computação desde os primeiros sistemas digitais. Ao longo do tempo, diversas tecnologias surgiram com o objetivo de atender à demanda crescente por desempenho, eficiência energética e capacidade de processamento. Dentre essas tecnologias, as memórias de dupla taxa de transferência (Double Data Rate, DDR) tornaram-se o padrão dominante a partir do final da década de 1990, substituindo a Memória de Acesso Aleatório Dinâmica Síncrona (Synchronous Dynamic Random-Access Memory, SDRAM), que operava em velocidades mais baixas (Zhang, 2021). Desde então, diferentes gerações foram desenvolvidas, cada uma oferecendo melhorias significativas em termos de frequência, largura de banda, con-

sumo de energia e capacidade máxima por módulo. Reconhecendo sua importância estratégica, a indústria de semicondutores, sob a padronização do Conselho Conjunto de Engenharia de Dispositivos Eletrônicos (Joint Electron Device Engineering Council, JEDEC), tem promovido uma evolução contínua das tecnologias de memória (Romo, 2007). A primeira geração, foi introduzida no início dos anos 2000 e trouxe avanços expressivos ao dobrar a taxa de transferência de dados em comparação à SDRAM convencional (Jedec, 2020). Posteriormente, em 2003, surgiu a DDR2⁴, que ampliou ainda mais as frequências de operação e reduziu a voltagem de alimentação, resultando em maior eficiência (Romo, 2007). Em 2007, foi lançada a DDR3⁵, que se destacou pelo suporte a módulos de maior capacidade e por oferecer menor consumo energético em relação às gerações anteriores (Garcia, 2020). A quarta geração, DDR4⁶, consolidou-se no mercado a partir de 2014, trazendo como principais melhorias a redução do consumo de energia, aumento da largura de banda e suporte a módulos de até 32 GB, tornandose a escolha predominante em desktops, notebooks e servidores durante quase uma década (Pereira, 2016). A introdução da DDR5⁷, oficializada pela JEDEC em 2020, representa um novo marco na evolução das memórias de acesso aleatório. Esta geração foi projetada para atender a cenários de uso que demandam altíssima capacidade de processamento e maior paralelismo, como aplicações de inteligência artificial, big data, aprendizado de máquina, renderização gráfica avançada e computação em nuvem. Entre as principais inovações estão a duplicação da

¹Graduando em Engenharia da Computação da Universidade Santo Amaro, SP. E-mail: gustavotakeshi2002@gmail.com.

²Professor Mestre, Universidade Santo Amaro, SP. E-mail: jcclima@prof.unisa.br.

³Professora Mestra, Universidade Santo Amaro, SP. E-mail: orizzo@prof.unisa.br.

largura de banda em relação ao DDR4, a arquitetura de subcanais independentes dentro de um mesmo módulo, a presença de Correção de Erros Integrada (on-die ECC) e a possibilidade de fabricação de módulos com capacidade significativamente superior, podendo chegar a 128 GB. Apesar de suas vantagens, a DDR5 ainda enfrenta desafios que dificultam sua estadia no cenário atual. O custo elevado, a necessidade de placas-mãe e processadores compatíveis, bem como a latência relativamente mais alta em alguns cenários, fazem com que a DDR4 continue sendo uma solução viável e amplamente utilizada. Assim, surge uma questão central: até que ponto a DDR5 representa um salto significativo em relação ao DDR4 e quais impactos reais essa nova tecnologia traz para os diferentes segmentos da computação? Dessa forma, torna-se pertinente analisar comparativamente as duas gerações de memória, explorando suas diferenças técnicas, vantagens, limitações e impactos práticos. Este trabalho tem como foco investigar as principais características da DDR4 e da DDR5, destacando os avanços proporcionados pela nova tecnologia e discutindo sua adoção no cenário atual e futuro da computação.

Objetivos

Objetivo Geral

Este trabalho tem como foco investigar as principais características da DDR4 e da DDR5, destacando os avanços proporcionados pela nova tecnologia e discutindo sua adoção no cenário atual e futuro da computação.

Objetivos Específicos

- Identificar as principais características técnicas do DDR4 e do DDR5, incluindo frequência, largura de banda, consumo energético e capacidade máxima por módulo.
- Comparar o desempenho e a eficiência das duas gera-

ções com base em dados técnicos e benchmarks disponíveis.

- Avaliar as vantagens e desvantagens do DDR5 em relação ao DDR4, considerando custo, compatibilidade e aplicações práticas.
- Discutir as perspectivas de adoção do DDR5 no mercado e seu impacto futuro no cenário computacional.

Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho baseia-se em uma pesquisa de caráter exploratório e descritivo, realizada por meio de levantamento bibliográfico e documental. A escolha dessa abordagem se justifica pelo objetivo central da pesquisa, que é analisar e comparar as principais diferenças entre as memórias DDR4 e DDR5 a partir de dados já consolidados na literatura técnica, normas internacionais e publicações especializadas da área de tecnologia da informação. Inicialmente, foi realizada uma revisão de literatura com o intuito de compreender a evolução histórica das memórias RAM, com ênfase nas gerações DDR. Essa etapa contemplou a análise de livros, artigos científicos, trabalhos acadêmicos, normas da JEDEC (Joint Electron Device Engineering Council), órgão responsável pela padronização de memórias, além de materiais técnicos disponibilizados por fabricantes como Kingston, Crucial, Corsair e outros. Em seguida, procedeu-se à coleta de informações técnicas acerca do funcionamento do DDR4 e do DDR5, incluindo especificações como frequência de operação, largura de banda, consumo energético, latência, arquitetura interna, capacidade máxima de armazenamento por módulo, além de aspectos relacionados à eficiência e ao desempenho. Esses dados foram obtidos tanto em bases científicas quanto em relatórios de testes e benchmarks publicados por sites especializados em hardware, como AnandTech, Tom's Hardware e TechPowerUp. A busca por estas fontes foi realizada em bases de dados acadêmicas, como Google Scholar, e diretamente nos portais de hardware mencionados. Foram utilizadas palavras-chave e combinações em inglês, tais como:

'DDR5 vs DDR4 performance', 'DDR5 architecture', 'memory bandwidth analysis' e 'RAM cost-benefit'. A análise comparativa entre as duas gerações foi desenvolvida com base na sistematização e na interpretação das informações coletadas. Foram estabelecidos critérios de comparação que abrangem: evolução técnica, desempenho em cenários práticos, eficiência energética, custo de implementação, e perspectivas de adoção no mercado. Por tratar-se de um estudo teórico, não foram realizadas experimentações práticas em laboratório e a implementação de protótipos. O foco concentrou-se na análise documental e no estudo comparativo de fontes secundárias confiáveis. Ainda assim, buscou-se garantir rigor acadêmico por meio da seleção criteriosa das referências, priorizando publicações atualizadas e provenientes de instituições reconhecidas. Dessa forma, a metodologia adotada possibilita a construção de um panorama abrangente sobre as diferenças entre DDR4 e DDR5, permitindo não apenas a identificação de avanços tecnológicos, mas também a reflexão sobre os impactos e limitações da nova geração de memórias no contexto atual e futuro da computação.

Resultado e Discussão

Para avaliar o impacto prático das diferenças arquitetônicas entre as tecnologias DDR4 e DDR5, foram analisados os dados de desempenho de cinco benchmarks distintos, cobrindo métricas sintéticas e aplicações do mundo real. Os resultados, comparando o melhor desempenho de cada tecnologia nos testes, estão consolidados na tabela 2.

Tabela 2 - Resultados Comparativos de Desempenho em Benchmarks Selecionados

Benchmark	Métrica	DDR4 (Melhor Resultado)	DDR5 (Melhor Resultado)	Vantagem DDR5
Sandra 2021	Largura de Banda (GB/s)	47,00	73,57	+56,5%

Sandra 2021	Latência (ns)	23,90	27,50	- 15,1% (DDR 4 melhor)
7-Zip	Compressão (MIPS)	83.407	139.023	+66,7%
Cinebench R23	Renderização (Pontos)	27.232	27.305	+0,27%
HandBrake	Transcodificação	283	275	-2,8% (mais rápido)

Fonte: Adaptado de LIU (2023).

A análise da Tabela 2 mostra que a DDR5 realmente se destaca em relação à geração anterior, mas o tamanho desse impacto varia bastante conforme o tipo de uso. Em tarefas que exigem alta largura de banda, o ganho é evidente: os testes de largura de banda (+56,5%) e de compressão com o 7-Zip (+66,7%) comprovam que, em cenários que movimentam grandes volumes de dados, a nova tecnologia oferece um salto de desempenho considerável. Nesses casos, o investimento em DDR5 tende a ser plenamente justificável, principalmente para profissionais que trabalham com cargas intensivas e para usuários entusiastas em busca do máximo rendimento. Por outro lado, o teste de latência destacou uma vantagem importante de um kit DDR4 bem configurado, que alcançou tempos de resposta cerca de 15% menores. Essa diferença, entretanto, tende a perder relevância diante da maior largura de banda do DDR5 na maior parte das aplicações. O contraste fica mais claro quando observamos os testes práticos: na transcodificação de vídeo com o HandBrake, a DDR5 apresentou um ganho modesto, mas ainda útil, já no Cinebench, voltado à renderização, a diferença foi quase inexistente (0,27%). Esse resultado reforça que, em tarefas tipicamente CPU-bound¹ em que o limite de desempenho está no próprio processador, a memória DDR4 de alta qualidade continua sendo plenamente suficiente. No conjunto, esses resultados reforçam que a escolha entre DDR4 e DDR5 envolve um claro trade-off². A nova geração se mostra a opção

¹ CPU-bound: termo utilizado para indicar que o desempenho está limitado pela CPU, e não por outros componentes, como a memória.

² Trade-off: termo em inglês usado para designar uma situação em que a escolha de uma alternativa implica renunciar a outra, equilibrando ganhos e perdas.

mais indicada para quem precisa extrair o máximo desempenho em tarefas de produtividade e processamento intensivo de dados. Já a DDR4, por outro lado, continua sendo uma alternativa de excelente custo-benefício em cenários onde a memória não é o principal fator de limitação do sistema.

Considerações Finais

Este trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa detalhada entre as memórias RAM DDR4 e DDR5, buscando identificar suas principais diferenças arquitetônicas e compreender como essas evoluções afetam o desempenho de sistemas computacionais. Por meio de uma revisão da literatura técnica e da análise de dados de benchmarks reconhecidos, os objetivos propostos foram plenamente atingidos. A investigação mostrou que a tecnologia DDR5 representa um avanço significativo, trazendo inovações como a arquitetura de subcanais independentes, o gerenciamento de energia integrado (PMIC) e o On-Die ECC, que proporcionam uma largura de banda muito maior. Testes práticos confirmaram que, em tarefas intensivas de dados, como compressão de arquivos e transcodificação de vídeo, essas melhorias se traduzem em ganhos de desempenho concretos, otimizando os fluxos de trabalho e reduzindo o tempo de processamento. No entanto, a análise também revelou que os benefícios da DDR5 não são universais. Em situações em que o gargalo está no poder de processamento da CPU, como na renderização com o Cinebench, a diferença de desempenho se mostrou mínima. Esse resultado é importante, pois destaca a memória DDR4 de alta qualidade como uma opção de excelente custo-benefício para certos perfis de usuário, mantendo sua relevância no mercado atual. Conclui-se, portanto, que a escolha entre DDR4 e DDR5 não se resume a uma questão de superioridade absoluta, mas sim de adequação ao uso pretendido e ao orçamento disponível. Enquanto a DDR5 se consolida como padrão para novas construções que buscam máxima performance e longevidade, a DDR4 permanece uma alternativa viável e

econômica. A principal contribuição deste estudo é reunir essas nuances em uma análise integrada, oferecendo um panorama claro que pode auxiliar estudantes, entusiastas e profissionais a tomar decisões informadas sobre a tecnologia mais adequada às suas necessidades. Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se ampliar a análise para incluir o impacto da memória em jogos eletrônicos e em softwares profissionais específicos, como programas de engenharia e modelagem 3D.

Palavras-chave

Largura de banda; Latência; Custo-benefício; JEDEC; Benchmark.

Referências

C&T SOLUTION INC. DDR4 vs DDR5: Is DDR5 better than DDR4? 15 ago. 2024. Disponível em: https://www.cantsolution.com/news_events-detail/ddr4-vs-ddr4-isddr5-better-than-ddr4/. Acesso em: 4 set. 2025. CORSAIR. DDR4 vs DDR5 RAM: What's the Difference?. 3 jan. 2024. Explorer. Disponível em: <https://www.corsair.com/us/en/explorer/diy-builder/memory/is-ddr5-better-than-ddr4/>. Acesso em: 4 set. 2025.

CRUCIAL. DDR5 RAM: Everything you need to know. 2022. Artigo. Disponível em: <https://www.crucial.com/articles/about-memory/everything-about-ddr5-ram>. Acesso em: 4 set. 2025. DIO. Memória RAM. Disponível em: <https://www.dio.me/articles/memoria-ram>. Acesso em: 12 ago. 2025.

ROMO, Joaquin. DDR Memories Comparison and overview. Beyond Bits, p. 70. SAMSUNG SEMICONDUCTOR. DDR5. 2024. Disponível em: <https://semiconductor.samsung.com/dram/ddr/ddr5/>. Acesso em: 12 ago. 2025.

SIMÕES, Pedro. Conheça a evolução das memórias RAM. Pplware, 26 maio 2017. Disponível em: <https://pplware.sapo.pt/gadgets/hardware/conheca-evolucao-memorias-ram/>. Acesso em: 12 ago. 2025.

THE RAM GUIDE. DDR4 Spec JESD79-4C.
Disponível em: <https://raw.githubusercontent.com/RAMGuide/TheRamGuide-WIP-/main/DDR4%20Spec%20JESD79-4C.pdf>. Acesso em: 4 set. 2025.

ZHANG, Honghong; ZHANG, Guoguo. Review of Research on Storage Development. Scalable Computing: Practice and Experience (SCPE), v. 22, n. 3, 21 nov. 2021. Disponível em: <https://scpe.org/index.php/scpe/article/view/1904>. Acesso em: 12 ago. 2025.