

Tăng tốc chấm điểm trắc nghiệm trực tuyến: Tối ưu hóa SIMD trên kiến trúc x86_64

Pokerface: Hoàng Minh Thiên, Hoàng Bá Tùng, Đinh Nguyên Khoa, Nguyễn Khôi Nguyên - 11 Tin-LN

Giới thiệu nhóm nghiên cứu

- **Thành viên:** Hoàng Minh Thiên, Hoàng Bá Tùng, Đinh Nguyên Khoa, Nguyễn Khôi Nguyên.
- **Lớp:** 11 Tin-LN.
- **Mục tiêu:** Tìm hiểu sâu về kiến trúc máy tính và tối ưu hóa phần mềm.

Bối cảnh (5W-1H)

- **What:** Tối ưu hóa hệ thống chấm điểm trắc nghiệm.
- **Why:** Hệ thống quá tải giờ cao điểm, cần tốc độ & chính xác.
- **Who:** Các nền tảng thi trực tuyến, trường học.
- **Where:** Máy chủ kiến trúc x86_64 (AVX2, AVX512).
- **When:** Khi xử lý lượng lớn yêu cầu đồng thời.
- **How:** Sử dụng SIMD Intrinsics, C++20, Đơn luồng.

Vấn đề & Nghiên cứu liên quan

Vấn đề

- **Bottleneck:** Xử lý tuần tự lãng phí tài nguyên CPU.
- **Mục tiêu:** Tăng tốc độ, giảm tải máy chủ.

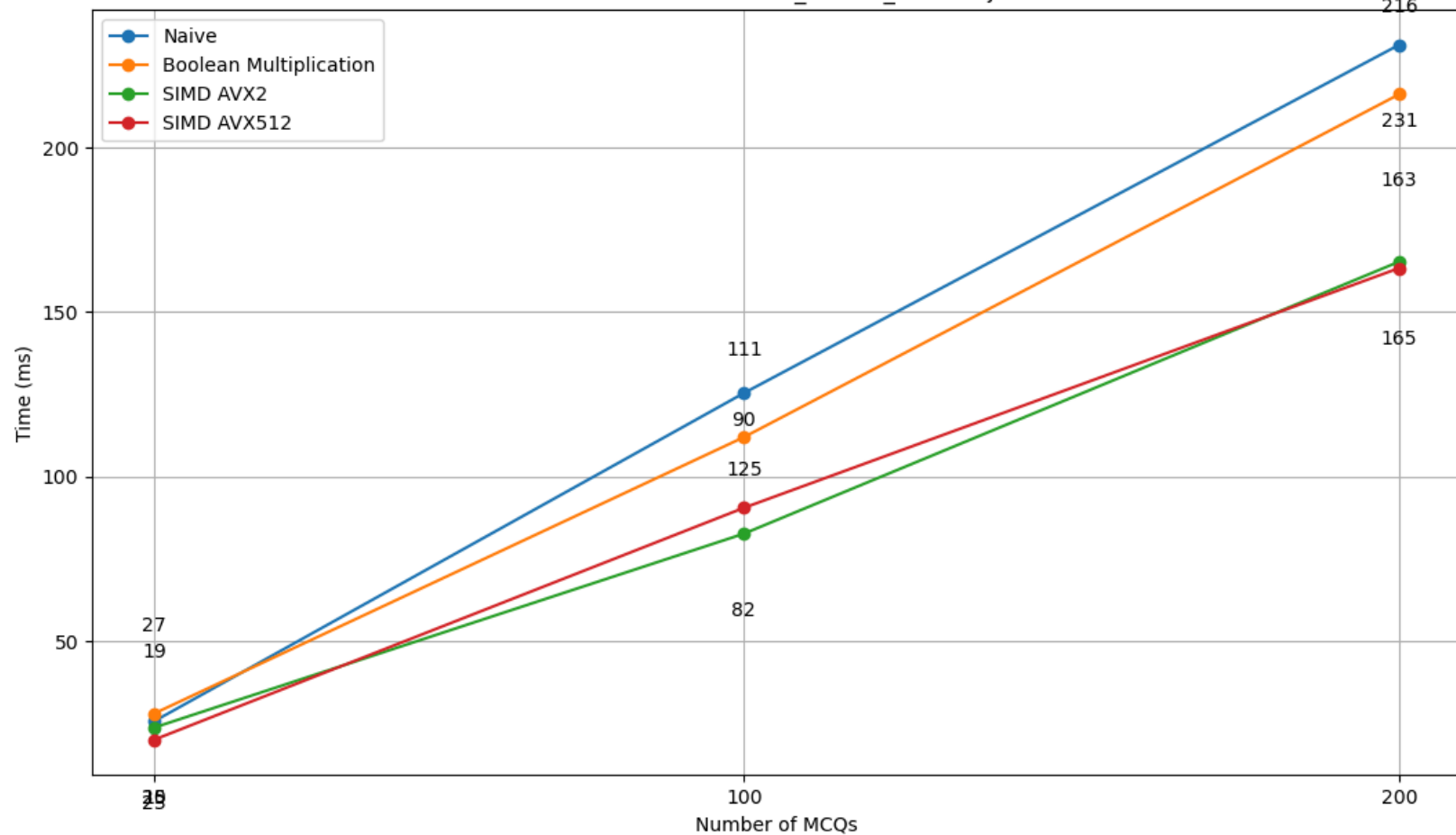
Nghiên cứu liên quan

- **Daniel Lemire:** SIMDJSON, nén số nguyên.
- **Kỹ thuật:** Branchless programming, Bit manipulation.

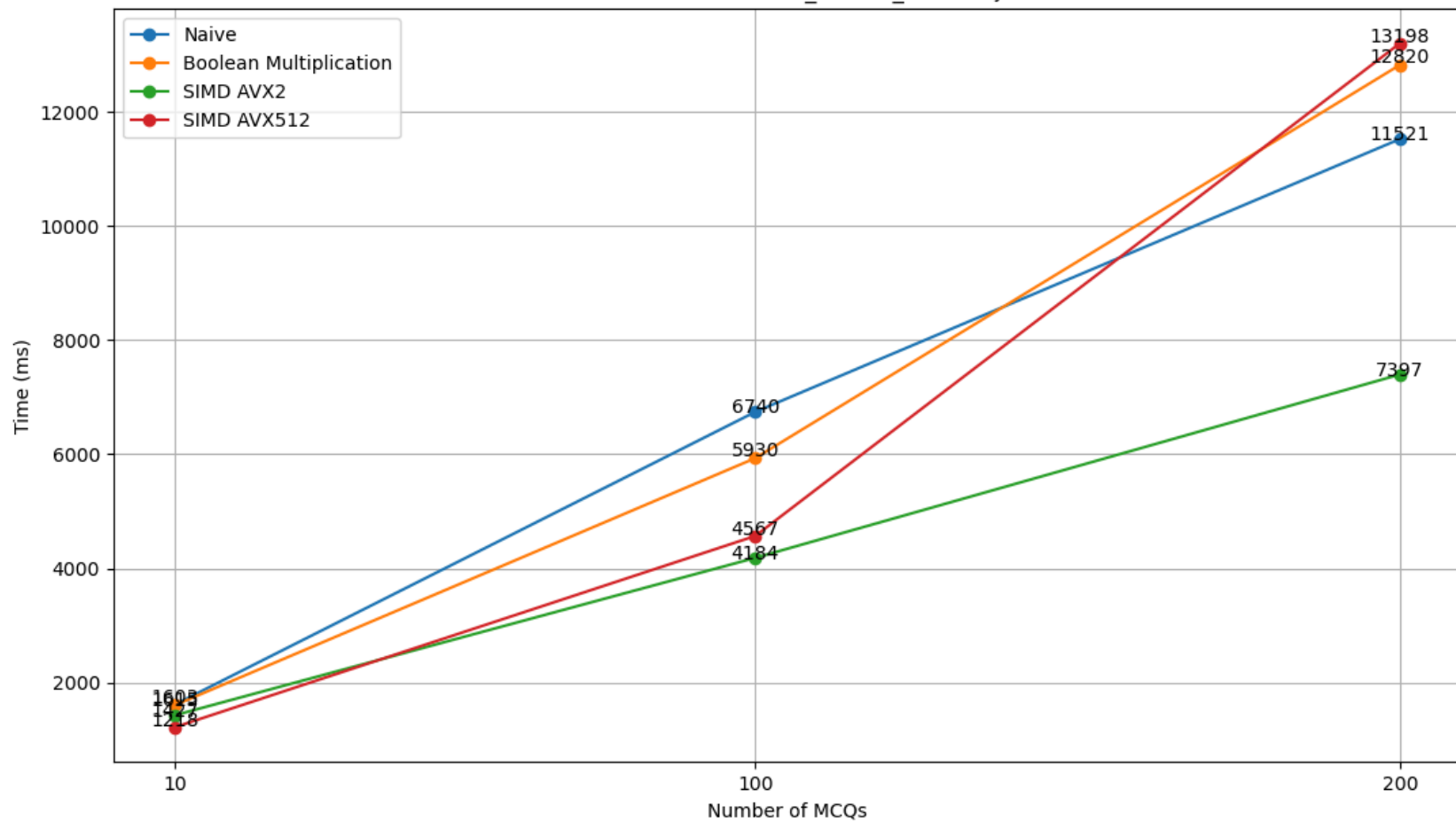
Giải pháp đề xuất

- **Naive:** Duyệt tuần tự `for` , so sánh từng câu (Chậm).
- **Branchless:** Loại bỏ `if` , dùng toán tử bit (Khá).
- **SIMD (AVX2/512):**
 - Xử lý **32/64 câu** cùng lúc.
 - **Pipeline:** Load -> Compare -> Mask -> Sum.
- **Data Structure:** `ByteArray` tùy chỉnh, aligned memory, cache-friendly.

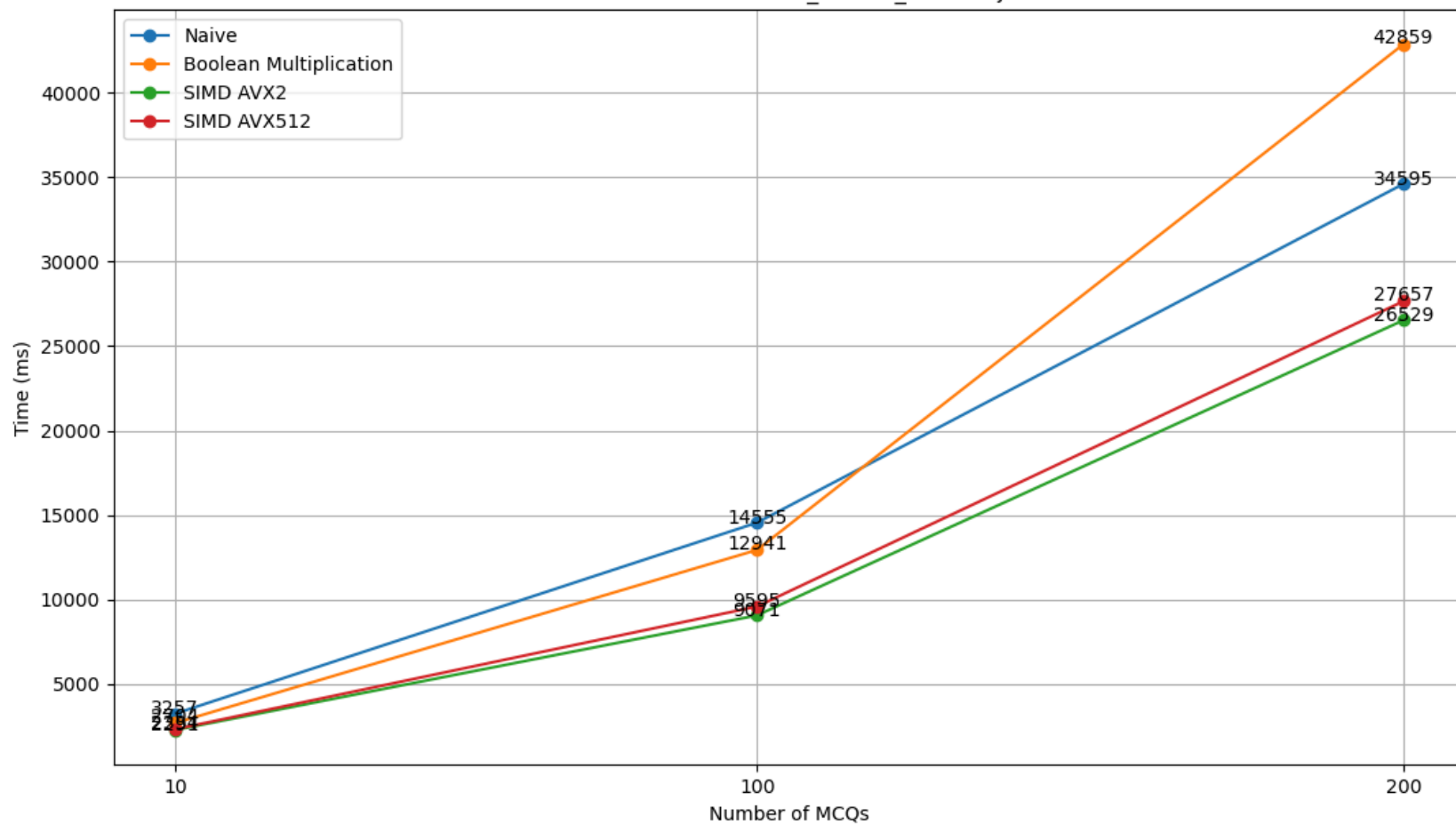
Scoring time for 100000 exams
Benchmark: benchmark_results_avx512.json



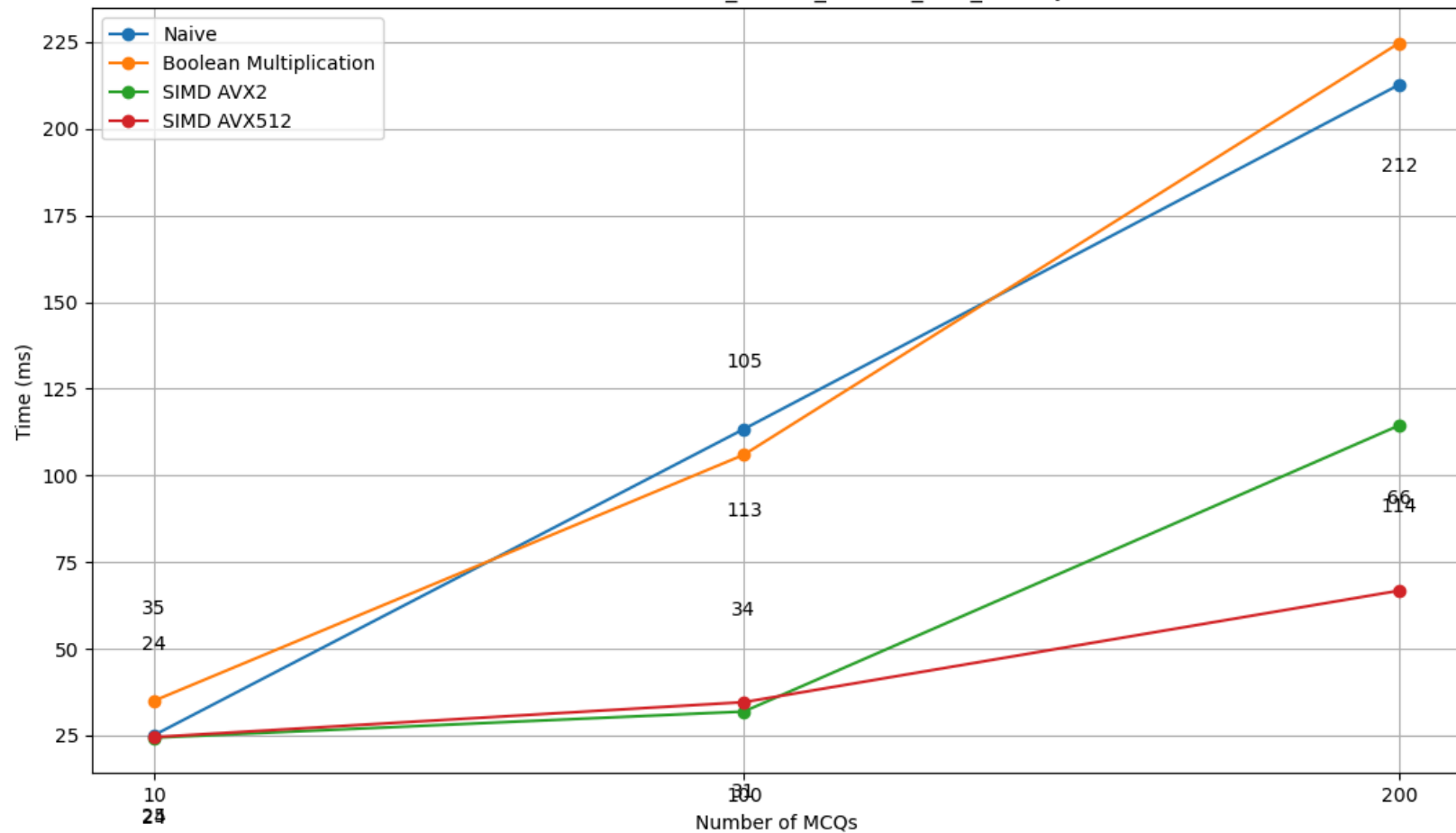
Scoring time for 5000000 exams
Benchmark: benchmark_results_avx512.json



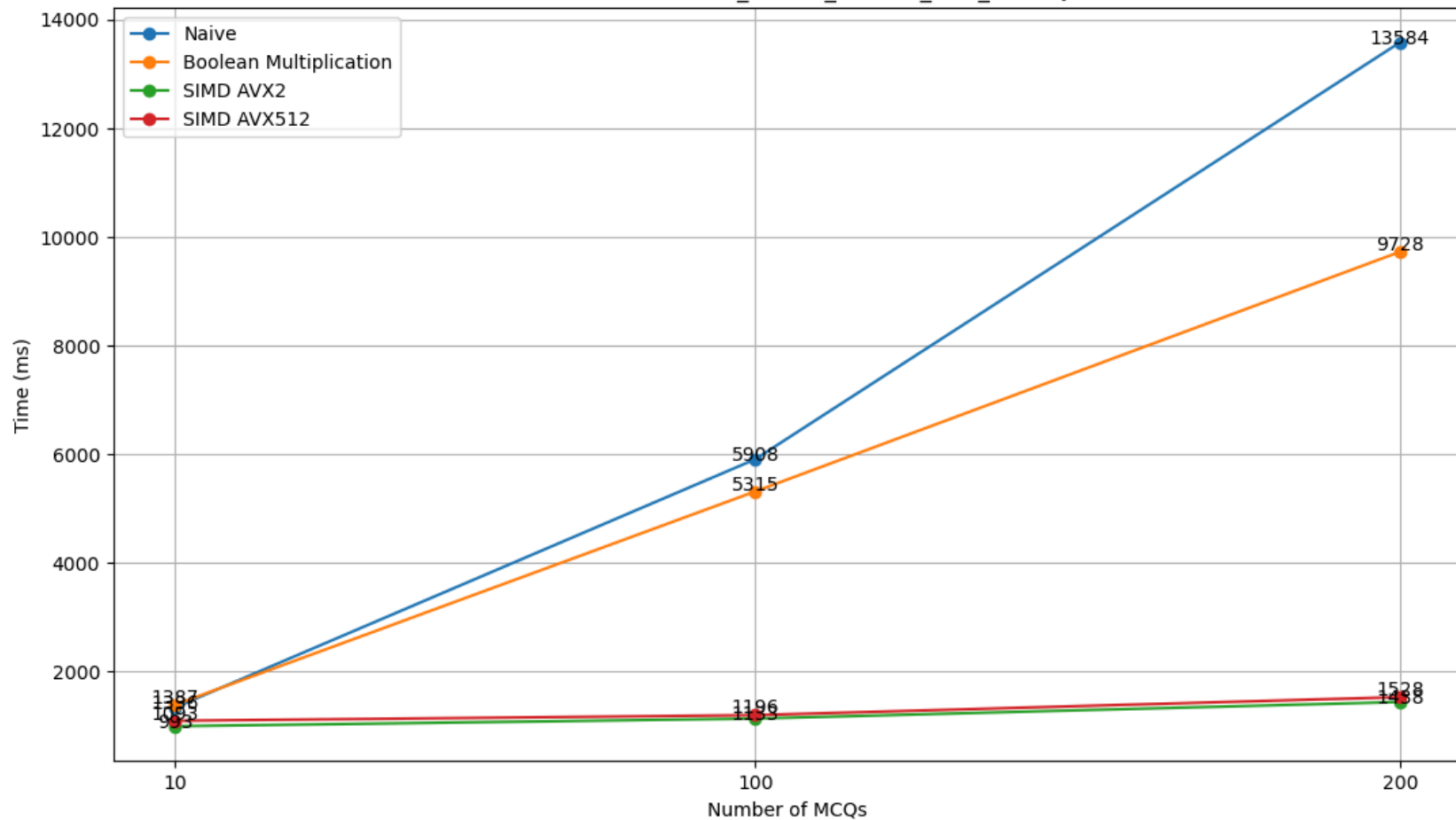
Scoring time for 10000000 exams
Benchmark: benchmark_results_avx512.json



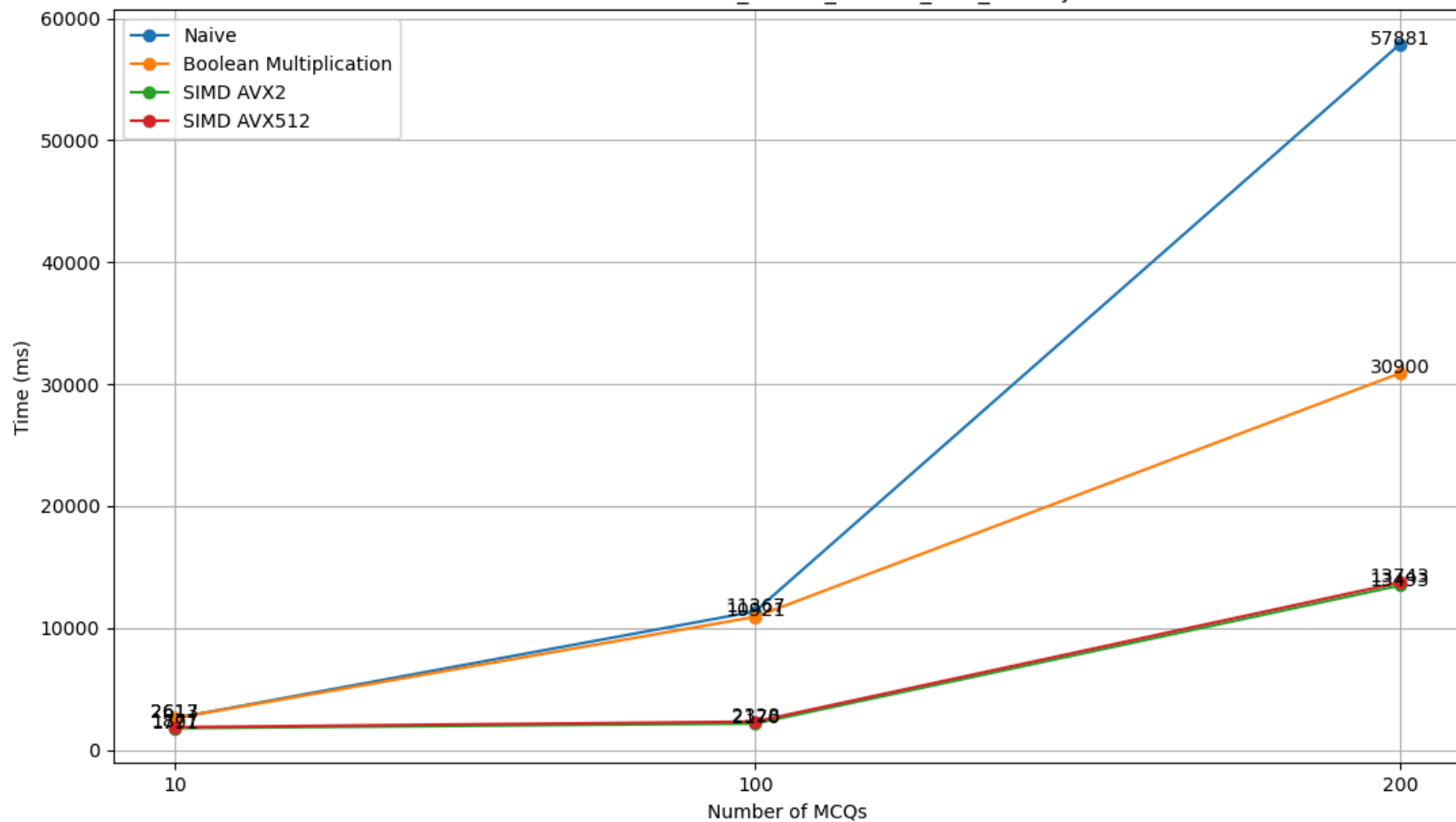
Scoring time for 100000 exams
 Benchmark: benchmark_results_avx512_new_struct.json



Scoring time for 5000000 exams
Benchmark: benchmark_results_avx512_new_struct.json



Scoring time for 10000000 exams
Benchmark: benchmark_results_avx512_new_struct.json



Kết luận & Định hướng

- **Kết quả:** Tăng tốc **3-7 lần** so với mã nguồn gốc.
- **Bài học:** SIMD hiệu quả nhưng phức tạp, cần hiểu rõ phần cứng.
- **Định hướng:**
 - Mở rộng sang **GPU** (CUDA).
 - Kết hợp **Đa luồng** (Multi-threading).
 - Hỗ trợ **ARM** (NEON/SVE).

Tài liệu tham khảo

- Intel® Intrinsics Guide.
- Intel® 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual Volume 1: Basic Architecture.

Xin cảm ơn!