

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija

Preddiplomski sveučilišni studij Računarstva

Tomislav Lovreković

**SIMD programski model**

Seminarski rad

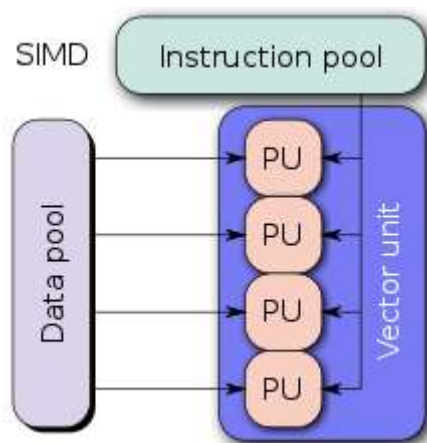
Osijek, 2022.

## Sadržaj

|                                        |          |
|----------------------------------------|----------|
| <u>Uvod .....</u>                      | <u>1</u> |
| <u>Hardver .....</u>                   | <u>2</u> |
| <u>Softver .....</u>                   | <u>3</u> |
| <u>SIMD na webu .....</u>              | <u>4</u> |
| <u>Komercijalne primjene SIMD.....</u> | <u>5</u> |
| <u>Zaključak.....</u>                  | <u>6</u> |
| <u>Prednosti SIMD .....</u>            | <u>6</u> |
| <u>Nedostatci SIMD .....</u>           | <u>6</u> |
| <u>Literatura .....</u>                | <u>7</u> |

## Uvod

**Jedna uputa, više podataka (SIMD)** je klasa paralelnih računala. Opisuje računala s više elemenata obrade koji istodobno izvode istu operaciju na više podatkovnih točaka. Takvi strojevi eksploatiraju paralelizam razine podataka, ali ne konkurencija: postoje simultani (paralelni) proračuni, ali samo jedan proces (instrukcija) u određenom trenutku.



Slika 1. Prikaz SIMD

SIMD je posebno primjenjiv na uobičajene zadatke poput podešavanja kontrasta u a digitalna slika ili podešavanje glasnoće zvuka digitalni audio. Najmodernije CPU dizajni uključuju SIMD upute za poboljšanje performansi multimedija koristiti. Sa SIMD-om ne treba brkati SIMT, koji koristi niti.

## Hardver

SIMD male veličine (64 ili 128 bita) postao je popularan na CPU-ima opće namjene početkom 1990-ih i nastavio se do 1997. i kasnije s Motion Video Instructions (MVI) za Alpha. SIMD upute mogu se pronaći, u jednom ili drugom stupnju, na većini CPU-a, uključujući IBM-ov AltiVec i SPE za PowerPC, HP-ove PA-RISC Multimedia Acceleration eXtensions (MAX), Intelove MMX i iMMXt, SSE, SSE2, SSE3 SSSE3 i SSE4.x, AMD-ov 3DNow!, ARC-ov ARC Video podsustav, SPARC-ov VIS i VIS2, Sunov MAJC, ARM-ova Neon tehnologija, MIPS-ov MDMX (MaDMaX) i MIPS-3D.

IBM, Sony i Toshiba zajedno su razvili skup uputa SPU-a Cell Processora u velikoj se mjeri temelji na SIMD-u. Philips, sada NXP, razvio je nekoliko SIMD procesora pod nazivom Xetal. Xetal ima 320 16-bitnih procesorskih elemenata posebno dizajniranih za zadatke vida.

Moderne grafičke procesorske jedinice (GPU) često su široke SIMD implementacije, sposobne za grananje, učitavanje i pohranjivanje na 128 ili 256 bita odjednom.

Najnovije Intelove AVX-512 SIMD upute sada obrađuju 512 bitova podataka odjednom.

## Softver

SIMD upute se naširoko koriste za obradu 3D grafike, iako su moderne grafičke kartice s ugrađenim SIMD-om u velikoj mjeri preuzele ovaj zadatak od CPU-a. Neki sustavi također uključuju funkcije permutiranja koje ponovno pakiraju elemente unutar vektora, što ih čini posebno korisnim za obradu i kompresiju podataka. Također se koriste u kriptografiji. Trend računalstva opće namjene na GPU-ima (GPGPU) može dovesti do šire upotrebe SIMD-a u budućnosti.

Usvajanje SIMD sustava u softver osobnih računala isprva je bilo sporo, zbog niza problema. Jedna je bila da su mnogi od ranih SIMD skupova instrukcija imali tendenciju usporavanja ukupne izvedbe sustava zbog ponovne upotrebe postojećih registara s pomičnim zarezom. Drugi sustavi, poput MMX i 3DNow!, nudili su podršku za tipove podataka koji nisu bili zanimljivi širokoj publici i imali su skupe upute za prebacivanje konteksta za prebacivanje između korištenja FPU i MMX registara. Kompajlerima je također često nedostajala podrška, zbog čega su programeri morali pribjeći kodiranju na assembleru.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>ordinary CPU</b><br/>one 32-bit register holds one number</p> <p>R<sub>1</sub> 9<br/>R<sub>2</sub> 3<br/>R<sub>3</sub> 27</p> <p><b>RAM</b><br/>8-bit numbers</p> <p>input 5 9 2 8<br/>result 15 27      </p> <p>Operation count:<br/>4 loads, 4 multiplies, and 4 saves</p> | <p><b>SIMD CPU</b><br/>one 32-bit register acts as four 8-bit registers</p> <p>R<sub>1</sub> 5 9 2 8<br/>R<sub>2</sub> 3 3 3 3<br/>R<sub>3</sub> 15 27 6 24</p> <p><b>RAM</b><br/>8-bit numbers</p> <p>input 5 9 2 8<br/>result 15 27 6 24</p> <p>Operation count:<br/>1 load, 1 multiply, and 1 save</p> |
| <p>Obično utrostručenje četiri 8-bitna broja. CPU učitava jedan 8-bitni broj u R<sub>1</sub>, množi ga s R<sub>2</sub>, a zatim sprema odgovor iz R<sub>3</sub> natrag u RAM. Ovaj postupak se ponavlja za svaki broj.</p>                                                         | <p>SIMD utrostručenje četiri 8-bitna broja. CPU učitava 4 broja odjednom, množi ih sve u jednom SIMD množenju i sprema ih sve odjednom natrag u RAM. U teoriji, brzina se može pomnožiti sa 4.</p>                                                                                                        |

**Tablica 1. usporedba običnog procesora i SIMD procesora.**

SIMD unutar registra, ili SWAR, niz je tehnika i trikova koji se koriste za izvođenje SIMD-a u registrima opće namjene na hardveru koji ne pruža nikakvu izravnu podršku za SIMD upute. Ovo se može koristiti za iskorištavanje paralelizma u određenim algoritmima čak i na hardveru koji ne podržava SIMD izravno.

## SIMD na webu

Godine 2013. John McCutchan je objavio da je stvorio sučelje visokih performansi za SIMD skupove instrukcija za programski jezik Dart, donoseći prednosti SIMD-a web programima po prvi put.

Sučelje se sastoji od dvije vrste:

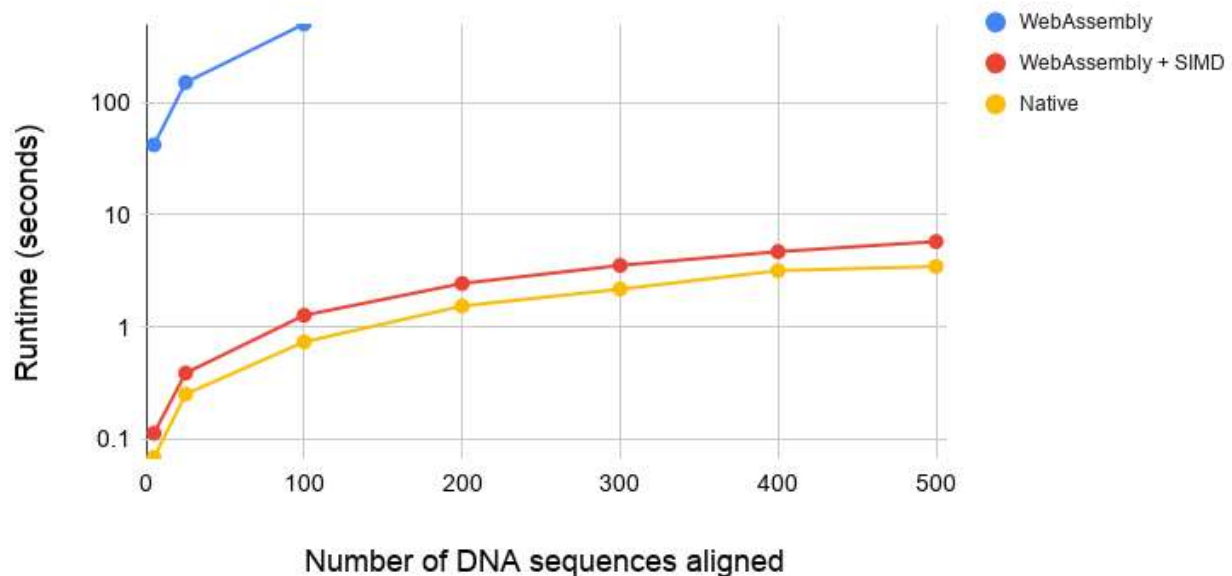
**Float32x4, 4 vrijednosti s pomičnim zarezom jedne preciznosti.**

**Int32x4, 4 32-bitne vrijednosti cijelih brojeva.**

Instance ovih tipova su nepromjenjive i u optimiziranom kodu se mapiraju izravno u SIMD registre. Operacije izražene u Dartu obično se sastavljaju u jednu instrukciju bez ikakvih dodatnih troškova. Ovo je slično svojstvima C i C++. Referentne vrijednosti za množenje matrice 4x4, 3D transformaciju vrhova i vizualizaciju Mandelbrotovog skupa pokazuju skoro 400% ubrzanje u usporedbi sa skalarnim kodom napisanim u Dartu.

### Using WebAssembly SIMD drastically speeds up runtime in the browser

Note the log scale on the y-axis



Slika 2. Graf prikaz brzine pretraživača

Emscripten, Mozilla-in C/C++-to-JavaScript prevodilac, s ekstenzijama može omogućiti kompilaciju C++ programa koji koriste SIMD nasljedni ili vektorski kod u GCC stilu za SIMD API JavaScripta, što rezultira jednakim ubrzanjima u usporedbi sa skalarnim kodom. Također podržava 128-bitni SIMD prijedlog WebAssembly.

## Komercijalne primjene SIMD

Iako se općenito pokazalo teškim pronaći održive komercijalne aplikacije za procesore

samo za SIMD, područja u kojima se koriste su:

1. Aplikacije za obradu videa u stvarnom vremenu
2. Videoigre
3. Cell(mikroprocesor)
4. Mobilni uređaji

Veći komercijalni SIMD procesori dostupni su od ClearSpeed Technology, Ltd. i Stream Processors, Inc. ClearSpeedov CSX600 (2004.) ima 96 jezgri svaka s dvije jedinice s pomičnim zarezom dvostruke preciznosti, dok CSX700 (2008.) ima 192. Stream Processors vodi računalni arhitekt Bill Dally. Njihov procesor Storm-1 (2007.) sadrži 80 SIMD jezgri koje kontrolira MIPS CP

# Zaključak

## Prednosti SIMD

1. Aplikacija koja može iskoristiti prednost SIMD-a je ona u kojoj se ista vrijednost dodaje (ili oduzima) velikom broju podatkovnih točaka, što je uobičajena operacija u mnogim multimedijским aplikacijama.
2. Sa SIMD procesorom postoje dva poboljšanja ovog procesa. Za jednu se smatra da su podaci u blokovima, a određeni broj vrijednosti može se učitati odjednom. Umjesto niza instrukcija koje govore "dohvati ovaj piksel, sada dohvati sljedeći piksel", SIMD procesor će imati jednu instrukciju koja zapravo kaže "dohvati n piksela".
3. Još jedna prednost je što instrukcija radi sa svim učitanim podacima u jednoj operaciji. Drugim riječima, ako SIMD sustav radi učitavanjem osam podatkovnih točaka odjednom, operacija dodavanja koja se primjenjuje na podatke dogodit će se na svih osam vrijednosti u isto vrijeme.

## Mane SIMD

1. Ne mogu se svi algoritmi lako vektorizirati. Na primjer, zadatak koji je težak za kontrolu toka kao što je raščlanjivanje koda možda neće lako imati koristi od SIMD-a; međutim, teoretski je moguće vektorizirati usporedbe i "batch flow" kako bi se ciljalo maksimalna optimalnost predmemorije, iako će ova tehnika zahtijevati više međustanja.
2. Velike registarske datoteke koje povećavaju potrošnju energije i potrebnu površinu čipa.
3. Trenutno implementacija algoritma sa SIMD uputama obično zahtijeva ljudski rad; većina prevoditelja ne generira SIMD upute iz tipičnog C programa, na primjer.
4. Programiranje s određenim SIMD skupovima instrukcija može uključivati brojne izazove niske razine.



## Literatura

1. [Patterson, David A.; Hennessy, John L. \(1998\). Organizacija i dizajn računala: sučelje hardvera / softvera \(2. izdanje\). Morgan Kaufmann. str.751. ISBN 155860491X.](#)
2. ["Matematičke funkcije SIMD knjižnice". Stack Overflow.](#)
3. [What is SIMD ?, Youtube](#)
4. [Wikipedija](#)