



**دانشگاه صنعتی امیر کبیر**

**( پلی تکنیک تهران )**

دانشکده مهندسی کامپیوتر

عنوان:

**تمرین سری ۱ : مقدمه‌ای بر GEM5**

نگارش

رضا آدینه پور - ۴۰۲۱۳۱۰۵۵

استاد مربوطه

جناب آقای دکتر فربه

۱۶ مهر ۱۴۰۲

۱. شرح پروژه: تحقیق در مورد شبیه‌ساز Gem5 و مقایسه با حداقل ۲ شبیه‌ساز مشابه و گزارش موارد زیر برای هرکدام:

۱. عملکرد کلی
۲. مزایا
۳. سیستم‌عامل میزبان
۴. نحوه اجرا شبیه‌ساز و دریافت خروجی
۵. سایر موارد...

## ۳ SimpleScalar

مجموعه ابزار نام برده شده از کامپایلر<sup>۵</sup>، اسمبلر<sup>۶</sup>، لینکر<sup>۷</sup> و شبیه‌ساز سیستم است. همچنین می‌تواند برنامه‌های واقعی را بر روی طیف وسیعی از پردازنده‌ها و سیستم‌های مدرن اجرا کند.

این نرم‌افزار هم متن باز است و به راحتی امکانات فراوانی را برای توسعه سیستم‌های کامپیوتری در اختیار محققان قرار می‌دهد.

این شبیه‌ساز با معماری و سیستم‌های زیر سازگار است:

Architecture	Operating System	Compiler
x86	Free BSD 2.2	gcc
x86	CygWin32/Windows NT	gcc
x86	Linux1.3	gcc
x86	Solaris2	gcc
SPARC	SunOS 4.1.3	gcc
SPARC	Solaris 2	gcc
RS6000	AIX 4.1.3	gcc
RS6000	AIX 4.1.3	xlc
PA-RISC	HPUX	gcc
Alpha	DEC Unix 3.2	gcc
Alpha	DEC Unix 3.2	c89

## ۴ Deniro-IV

این نرم‌افزار، برای شبیه‌سازی حافظه Catch مورد استفاده قرار می‌گیرد که نسبت به ورژن سوم خود تغییرات زیر را داشته است:

- رابط قابل فراخوانی زیر روال علاوه

## ۱ تاریخچه

GEM5 نرم‌افزاری متن‌باز<sup>۱</sup> در حوزه شبیه‌سازی معماری سیستم‌های کامپیوتریست که کاربرهای بسیاری در محیط آکادمیک و صنعت دارد. ۱۵ سال قبل، در دانشگاه میشیگان<sup>۲</sup> به‌هنگام تحقیق و توسعه پروژه‌های GEMS و M5، نرم‌افزار GEM5 ایجاد شد.

## ۲ معرفی

نرم‌افزار جم۵ برای شبیه‌سازی رفتاری و عملکرد سیستم‌های کامپیوتری در سطوح مختلف از جمله پردازنده، حافظه‌ها و دستگاه‌های ورودی و خروجی طراحی شده است. می‌توان مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها<sup>۳</sup>، ریزمعماری<sup>۴</sup> و سیستم‌های حافظه را مدل کرد و امکان تجزیه و تحلیل دقیق اجزای آن‌ها را فراهم کرد. جم۵ این امکان را به محققان حوزه معماری کامپیوتر می‌دهد تا طراحی‌های مختلف در این حوزه را قبل از ساخت فیزیکی، بررسی و ارزیابی کنند. این نرم‌افزار طیف وسیعی از پردازنده‌ها را مانند ARM، X۸۶-۶۴، MIPS، Alpha و RISC-۵ را پشتیبانی می‌کند. در جم۵ حالت‌های شبیه‌سازی مختلفی وجود دارد. مانند شبیه‌سازی کامل سیستم که کل اجزای سیستم را مدل می‌کند و شبیه‌سازی syscall که بر شبیه‌سازی رفتاری برنامه‌های سطح کاربر تمرکز دارد.

شبیه‌ساز MARS، SimpleScalar، FacSim، Cact-I، NVSim و Dinero دیگر نرم‌افزارهای شبیه‌سازی در حوزه معماری سیستم‌های کامپیوتری هستند.

در این مقاله، به مقایسه GEM5 با Scaler و IV-Deniro می‌پردازیم.

<sup>۱</sup>Open Source  
<sup>۲</sup>University of Michigan  
<sup>۳</sup>Instruction Set Architecture  
<sup>۴</sup>Micro Architecture  
<sup>۵</sup>Compiler  
<sup>۶</sup>assembler  
<sup>۷</sup>linker

IV. منابع سخت‌افزاری: عملکرد جم ۵ می‌تواند تحت تاثیر سخت افزار دستگاه مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین برای شبیه‌سازی سیستم‌های بزرگتر و پیچیده‌تر، ممکن است به حافظه، قدرت پردازش و فضای دیسک بیشتری نیاز باشد. عملکرد را می‌توان با استفاده از سخت افزار قدرت‌مند مانند پردازنده‌های چند هسته‌ای و حافظه‌های SSD بهبود داد.

V. تکنیک‌های بهینه‌سازی: جم ۵ از تکنیک‌های بهینه‌سازی مختلفی برای بهبود عملکرد شبیه‌سازی پشتیبانی می‌کند. این تکنیک‌ها شامل Check-poin و Warmup است که به کاربران این امکان را می‌دهد که شبیه‌سازی را از حالت ذخیره شده قبلی از سر بگیرند. همچنین جم ۵ می‌تواند از JIT برای کامپایل پویا کد شبیه‌سازی شده به کد ماشین استفاده کند.

- شبیه‌سازی Catch های چند سطحی
- شبیه‌سازی Catch های I و D
- پشتیبانی از چندین فرمت ورودی
- افزایش portability

در این نرم‌افزار، هیچ مفهومی از زمان و سیکل<sup>۸</sup> های زمانی نیست یا به عبارتی دیگر، SimpleScalar یک شبیه‌ساز زمان‌بندی نیست. SimpleScalar چند رشته‌ای نیست. اگر یک مالتی‌پراسسور با حافظه کافی دارید، می‌توانید چندین شبیه‌سازی مستقل را همزمان باهم اجرا کنید. Dinero-IV با استفاده از Gnu auto conf ساخته و با Alpha/OSF، Alpha/Linux، x۸۶/linux، و RS۶۰۰۰/AIX SGI/IRIX-۶، x۸۶/Solaris، و Sparc/Solaris تست شده است.

## ۵ مزایا

عملکرد کلی جم ۵ بسته به مورد استفاده و پیکره‌بندی<sup>۹</sup> خاص می‌تواند متفاوت باشد. در ادامه عواملی که می‌تواند بر عملکرد جم ۵ تاثیر بگذارد را بررسی می‌کنیم:

I. حالت شبیه‌سازی: جم ۵ شبیه‌سازی های مختلفی مانند شبیه‌سازی کامل سیستم، شبیه‌سازی Syscall و ... را ارائه می‌دهد. شبیه‌سازی کامل سیستم که تمام اجزای سیستم کامپیوتری را شبیه‌سازی می‌کند، در مقایسه با حالت های دیگر، پر مصرف‌ترین و کندترین حالت شبیه‌سازی است.

II. دقت شبیه‌سازی: جم ۵ سطوح مختلفی از جزئیات را در مدل‌سازی سیستم‌های کامپیوتری از جمله خطوط لوله<sup>۱۰</sup> پردازنده، حافظه نهان و دستگاه‌های ورودی، خروجی ارائه می‌کند. افزایش سطح دقت و جزئیات می‌تواند منجر به شبیه‌سازی کندتر شود، زیرا برای شبیه‌سازی دقیق سیستم به منابع محاسباتی بیشتری نیاز است.

III. پیکره‌بندی و پارامترها: جم ۵ به کاربران اجازه می‌دهد تا بخش‌هایی مانند تعداد هسته، اندازه حافظه نهان و زمان شبیه‌سازی را پیکره‌بندی کند. عملکرد شبیه‌ساز هم می‌تواند تحت تاثیر پیکره‌بندی های انتخاب شده قرار گیرد.

Sycle<sup>۸</sup>

Configuration<sup>۹</sup>

Pipeline<sup>۱۰</sup>

<sup>۱۱</sup> می‌توانید آن را از اینجا دانلود کنید: [github.com/gem5/gem5.git](https://github.com/gem5/gem5.git)

## ۶ مزایا

جم ۵ مزایای زیادی دارد که در ادامه به چند مورد از آنها اشاره می‌کنیم:

I. متن‌باز بودن: سورس کد<sup>۱۱</sup> آن به صورت رایگان در اختیار عموم قرار دارد و محققان و کاربران آن می‌توانند آن را برحسب نیازهای خود تغییر دهند و شخصی سازی کنند.

II. پشتیبانی از معماری گسترده: جم ۵ از طیف وسیعی از پردازنده‌ها پشتیبانی می‌کند و این امر تطبیق پذیری آن را برای شبیه‌سازی سیستم‌ها و معماری‌های مختلف کامپیوتری مناسب می‌کند.

III. ماژولار بودن: جم ۵ به صورت ماژولار طراحی شده است. یعنی به کاربران این اجازه را می‌دهد که به راحتی اجزا یا مدلی را اضافه یا تغییر دهند.

IV. مدل‌سازی دقیق سیستم

V. انعطاف‌پذیری در شبیه‌سازی

## ۷ سیستم عامل میزبان

جم ۵ را می توان بر روی سیستم عامل های مختلفی مانند macOS، Linux و Windows اجرا کرد. اجرای جم ۵ در Windows به صورت مستقیم امکان پذیر نیست و به مراحل اضافی احتیاج دارد مانند استفاده از ماشین مجازی<sup>۱۲</sup> یا WSL<sup>۱۳</sup> برای ایجاد محیط لینوکس در ویندوز.

## ۸ چگونه نرم افزار را اجرا کنیم؟

برای اجرای نرم افزار مراحل زیر را دنبال کنید:

۱. جم ۵ را دانلود کنید: برای دانلود می توانید از این [لینک](#) اقدام کنید.

۲. ساخت برنامه: برای اجرای جم ۵ به نرم افزار های زیر نیاز دارید:

- g++
- clang
- python
- SCons
- zlib
- m۴
- protobuf

برای اطلاعات بیشتر، [اینجا](#) را مطالعه کنید.

۳. **پیکره بندی شبیه سازی:** قبل از اجرای شبیه سازی باید پیکره بندی پارامترهای آن را شکل دهیم. یعنی در ابتدای شبیه سازی باید پیکره بندی سیستم، پردازنده، حافظه ها و ... را تعیین کنیم. به طور پیش فرض پیکره بندی هایی در جم ۵ وجود دارد که در صورت نیاز می توان آن ها را تغییر داد.

۴. **اجرای شبیه سازی:** پس از انجام مرحله پیکره بندی می توان با دستور مناسب با پیکره بندی انتخاب شده آن را اجرا کرد. این دستور معمولاً شامل مسیر باینری جم ۵ و مسیر فایل پیکره بندی است. به عنوان مثال، در لینوکس از دستور زیر استفاده می شود:

```
./gem5.opt --options=config_file.py
```

۵. **نظارت و تجزیه و تحلیل خروجی:** پس از اجرای شبیه سازی می توان خروجی سیستم را بسته با پیکره بندی انتخاب شده و اطلاعات مورد نیاز از شبیه سازی بررسی و تجزیه و تحلیل کرد.

۶. **پس پردازش و تجسم:** جم ۵ اسکریپت هایی را برای پردازش فایل های خروجی تولید شده و تولید گزارش و نمودار برای تجزیه و تحلیل بیشتر در اختیار کاربران می گذارد. این ابزار به ما این امکان را می دهد تا اطلاعات خاص را استخراج کرده و نتایج را به راحتی تجسم کنیم.