

SISTEMAS EMBARCADOS · IFCE · PROCESSOR DESIGN AND ARCHITECTURE · 29 DE DEZEMBRO DE 2025

Teaching Computer Architecture through an Integrated Top-Down RISC-V Processor Design Approach

Por Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo, Edson Barbosa Lisboa, Victor Medeiros e Edna Barros

Fonte: OpenAlex · IFCE · [Publicação original](#)

INOVAÇÃO	APLICABILIDADE	POTENCIAL ECONÔMICO	MATURIDADE
8/10	7/10	6/10	Baixa

O paper propõe uma abordagem didático-metodológica inovadora para o ensino de Arquitetura de Computadores, centrada na arquitetura RISC-V e na integração de simulação multi-nível (funcional e RTL). O objetivo é modernizar o processo de ensino-aprendizagem, alinhando-o com as demandas profissionais e tecnológicas atuais, e fornecendo uma experiência educacional prática e robusta para o design de sistemas digitais complexos.

NÚCLEO DA ANÁLISE

Ideia de startup ou produto

Plataforma Integrada de Ensino e Design RISC-V: Uma startup poderia desenvolver uma plataforma SaaS (Software as a Service) que oferece um ambiente completo para o ensino e aprendizado de arquitetura de computadores RISC-V. Incluiria simuladores multi-nível (funcional, RTL), laboratórios interativos, validação automatizada contra modelos de referência, e recursos para criação e teste de projetos de hardware, licenciável para universidades e empresas.

Aplicações práticas

Modernização de currículos universitários em Engenharia da Computação, desenvolvimento de ferramentas educacionais avançadas para design de hardware RISC-V, programas de treinamento e capacitação para profissionais da indústria em arquiteturas abertas e design de sistemas embarcados.

Potencial de mercado

Alto potencial no mercado de EdTech para plataformas e ferramentas de ensino de hardware, especialmente com o crescimento da arquitetura RISC-V. Demanda crescente por profissionais qualificados em design de chips e sistemas embarcados baseados em RISC-V, impulsionando o mercado de treinamento e desenvolvimento

profissional.

FUNDAMENTO CIENTÍFICO

Problema abordado

O ensino tradicional de Arquitetura de Computadores ainda depende de simuladores legados (e.g., MIPS), que não refletem a evolução e as demandas das arquiteturas modernas, abertas e extensíveis como a RISC-V. Existe uma lacuna entre a teoria e a prática profissional, necessitando de abordagens pedagógicas que promovam o entendimento conceitual aprofundado e a aplicação prática no design de hardware.

Metodologia

A metodologia articula diferentes níveis de abstração no design de processadores RISC-V, desde a simulação funcional e RTL até a validação e testes, utilizando um modelo de referência integrado às ferramentas. Essa abordagem top-down e interativa permite a experimentação e customização da ISA RISC-V, aproximando o processo de ensino da prática profissional em engenharia da computação.

Principais descobertas

A aplicação da abordagem proposta fortalece a formação dos estudantes, oferecendo um ecossistema de aprendizado robusto, moderno e alinhado com as demandas computacionais contemporâneas. A integração de simulações em diferentes níveis de abstração aprimora o aprendizado conceitual e proporciona uma experiência educacional mais prática e aplicada, preparando melhor os futuros engenheiros.

LEITURA PARA GESTÃO PÚBLICA

Programas de fomento à capacitação em design de hardware RISC-V: Políticas públicas poderiam ser implementadas para incentivar a adoção do RISC-V no ensino superior e na pesquisa, através de financiamento para laboratórios, bolsas de estudo, desenvolvimento de materiais didáticos e programas de treinamento para professores e profissionais, visando criar uma força de trabalho qualificada em design de hardware nacional.

PARCERIA UNIVERSIDADE × EMPRESA

Consórcio Academia-Indústria para Inovação em RISC-V: Estabelecimento de parcerias estratégicas entre universidades (como IFCE, UFPE) e empresas de semicondutores, EDA (Electronic Design Automation) e tecnologia que utilizam ou planejam utilizar RISC-V. O objetivo seria co-desenvolver materiais didáticos avançados, ferramentas de simulação e projetos de pesquisa aplicada, garantindo que a formação acadêmica esteja alinhada com as necessidades da indústria.

OPORTUNIDADES DERIVADAS

4 direções estratégicas identificadas

STARTUP · IMPACTO ALTO · EDTECH

Plataforma Integrada de Ensino e Design RISC-V

Desenvolvimento de uma plataforma SaaS que oferece um ambiente completo para o ensino e aprendizado de arquitetura de computadores RISC-V, com simuladores multi-nível, laboratórios interativos, validação automatizada e recursos para criação de projetos de hardware, licenciável para instituições de ensino e empresas.

PARCERIA · IMPACTO ALTO · EDTECH

Consórcio Academia-Indústria para Currículos e Ferramentas RISC-V

Colaboração entre universidades (IFCE, UFPE e outras) e empresas de tecnologia (fabricantes de semicondutores, empresas de EDA) para desenvolver e implementar currículos modernos de arquitetura de computadores baseados em RISC-V, incluindo o desenvolvimento conjunto de ferramentas de simulação e materiais didáticos.

POLÍTICA PÚBLICA · IMPACTO ALTO · GOVTECH

Programa Nacional de Fomento à Capacitação em Design de Hardware RISC-V

Criação de políticas públicas para incentivar a adoção do RISC-V no ensino superior e na pesquisa, através de financiamento para laboratórios, bolsas de estudo, desenvolvimento de materiais didáticos e programas de treinamento para professores e profissionais, visando criar uma força de trabalho qualificada em design de hardware nacional.

PRODUTO CORPORATIVO · IMPACTO MÉDIO · SOFTWARE

Suite de Simulação e Design RISC-V para o Setor Educacional

Empresas de software EDA (Electronic Design Automation) podem desenvolver ou adaptar suas ferramentas para oferecer uma suite integrada de simulação e design de processadores RISC-V, especificamente voltada para o ambiente educacional, com licenças acadêmicas e recursos didáticos para facilitar a adoção em universidades.

ABSTRACT ORIGINAL

Computer organization and architecture teaching has historically been supported by didactic simulators, notably associated with the MIPS architecture, whose simplicity favored the understanding of fundamental concepts. However, the rise of the RISC-V architecture, conceived as an open, modular, and extensible model, has reshaped the educational landscape, demanding new pedagogical approaches. Beyond being fundamental for the initial understanding of concepts such as pipelining, memory hierarchy, and instruction execution, simulation also provides a means to explore multiple abstraction levels and validate designs against a formal reference model. This dual role reinforces conceptual learning and fosters a more practical and applied educational experience. In this context, integration with simulation tools that provide support at multiple abstraction levels significantly enhances the exploration of fundamental aspects in the teaching–learning process of computer organization and architecture, while also assisting in the design of complex digital systems. This article presents a didactic–methodological approach that articulates different abstraction levels, ranging from functional and RTL simulation to validation and testing, considering a reference model integrated with the tools. Such an approach fosters interactive experimentation and customization of the RISC-V ISA and brings the teaching process closer to professional practice in computer engineering. A comparative analysis of existing simulators and a description of the proposed methodology highlight that combining simulations at different abstraction levels strengthens student training, offering a robust, modern, and contemporary learning ecosystem aligned with computing demands. Finally, the article discusses the results of applying this teaching approach during one semester of the Computer Engineering program at UFPE.

MATÉRIA PARA LEIGOS

Para leigos: Aprenda Arquitetura de Computadores na Prática com RISC-V: Uma Nova Abordagem Didática

O cenário atual

No ensino de organização e arquitetura de computadores, sempre se usou simuladores didáticos. A arquitetura MIPS, por exemplo, era muito popular por sua simplicidade, que ajudava a entender conceitos fundamentais.

Contudo, surgiu a arquitetura RISC-V, que é um modelo aberto, modular e que pode ser expandido. Isso mudou o cenário educacional e exige novas formas de ensinar.

A simulação é essencial. Ela ajuda a entender conceitos como pipelining (execução de instruções em etapas), hierarquia de memória e como as instruções são executadas. Além disso, a simulação permite explorar diferentes níveis de abstração e validar projetos.

O que os pesquisadores fizeram

Os pesquisadores desenvolveram uma nova abordagem didática e metodológica para ensinar organização e arquitetura de computadores. Essa abordagem integra diferentes níveis de abstração. Ela vai desde a simulação funcional e RTL (Register-Transfer Level) até a validação e os testes.

Eles consideraram um modelo de referência que está integrado às ferramentas de simulação. O objetivo é estimular a experimentação interativa e a personalização da arquitetura RISC-V (ISA – Instruction Set Architecture).

O trabalho também incluiu uma análise comparativa de simuladores já existentes no mercado.

Como funciona na prática

A metodologia proposta combina simulações em vários níveis de abstração. Isso significa que os alunos podem ver como um sistema funciona de uma perspectiva mais alta (funcional) e também em um nível mais detalhado (RTL).

Essa abordagem inclui a validação e o teste dos projetos usando um modelo de referência formal. A integração com ferramentas de simulação que oferecem suporte a múltiplos níveis de abstração melhora significativamente a exploração de aspectos fundamentais no processo de ensino-aprendizagem.

Além disso, ajuda no projeto de sistemas digitais complexos e aproxima o processo de ensino da prática profissional da engenharia da computação.

Resultados e evidência

O artigo discute os resultados da aplicação dessa abordagem de ensino. Ela foi utilizada durante um semestre no curso de Engenharia da Computação da UFPE. A análise comparativa dos simuladores existentes e a descrição da metodologia proposta mostram que combinar simulações em diferentes níveis de abstração fortalece a formação dos estudantes.

Essa combinação oferece um ecossistema de aprendizagem robusto, moderno e alinhado com as demandas atuais da computação.

Implicações práticas

Essa nova abordagem tem várias implicações importantes. Ela melhora o processo de ensino-aprendizagem de organização e arquitetura de computadores. Além disso, incentiva a experimentação interativa e a personalização da arquitetura RISC-V.

Ao usar ferramentas e metodologias modernas, a abordagem prepara os estudantes para a prática profissional em engenharia da computação, oferecendo uma formação mais sólida e atualizada.

Limitações e próximos passos

O paper não detalha explicitamente as limitações da abordagem apresentada. Também não são descritos os próximos passos ou futuras direções para a pesquisa.

QUEM SÃO OS PESQUISADORES

Quem são os pesquisadores

Os pesquisadores responsáveis por este trabalho são Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo, Edson Barbosa Lisboa, Victor Medeiros e Edna Barros. Eles são os autores do artigo que apresenta uma abordagem didático-metodológica para o ensino de arquitetura de computadores.

Os pesquisadores estão associados ao IFCE (Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará). O paper não detalha suas afiliações específicas dentro da universidade, vínculos prévios ou trajetória profissional, nem seus papéis individuais no estudo.

PALAVRAS-CHAVE

Abstraction · Process (computing) · Architecture · Simplicity · Abstraction layer · Conceptual model