

CompSim: Ambiente Integrado para Aprendizado e Projeto de Sistemas Computacionais Embarcados

Guilherme Álvaro Esmeraldo
LEDS/IFCE
Instituto Federal do Ceará
Crato, Brazil
guilhermealvaro@ifce.edu.br

Edson Barbosa Lisboa
LEA/IFS
Instituto Federal de Sergipe
Aracaju, Brazil
edson.lisboa@academico.ifs.edu.br

Mário Santos Sousa
NTI/UFCA
Universidade Federal do Cariri
Juazeiro do Norte, Brazil
mario.santos@ufca.edu.br

Cícero Samuel Mendes
LEDS/IFCE
Instituto Federal do Ceará
Crato, Brazil
mr.samuelmendes@gmail.com

Camila Valdez Ribeiro
LEA/IFS
Instituto Federal de Sergipe
Aracaju, Brazil
camila.ribeiro00@academico.ifs.edu.br

Luiz Fernando Morato
LEA/IFS
Instituto Federal de Sergipe
Aracaju, Brazil
luiz.morato0259@academico.ifs.edu.br

Lucas Fontes Cartaxo
LEDS/IFCE
Instituto Federal do Ceará
Crato, Brazil
lfonteesc@gmail.com

Pedro Silva dos Santos
LEA/IFS
Instituto Federal de Sergipe
Aracaju, Brazil
pedro.santos061@academico.ifs.edu.br

Milena Santos do Nascimento
LEA/IFS
Instituto Federal de Sergipe
Aracaju, Brazil
milena.nascimento068@academico.ifs.edu.br

Resumo—O estudo de sistemas computacionais abrange aspectos de hardware, software e o interfaceamento entre eles, com conteúdos complexos, o que pode tornar a aprendizagem difícil e desmotivante. Uma das soluções apresentadas pela literatura científica é o uso de simulação. Porém, o uso de simuladores abstratos no processo de ensino-aprendizagem é limitado e os projetos criados nessas ferramentas não constituem aplicações reais. Este trabalho apresenta o CompSim que alia simulação a interações com a plataforma aberta de prototipação Arduino e componentes eletrônicos de baixo custo para estabelecer cenários completos de projetos de sistemas computacionais embarcados reais.

Palavras-chave—ambiente integrado, simulador computacional, aprendizado prático, sistema embarcado

I. INTRODUÇÃO

Este trabalho apresenta um novo simulador, chamado de CompSim [1], que consiste de uma ferramenta gráfica de apoio ao aprendizado em projetos de sistemas computacionais embarcados. O simulador proposto possui componentes virtuais de hardware que podem ter seus comportamentos simulados, permite a programação do sistema em software de baixo nível e permite a interação do sistema simulado com dispositivos de hardware real. Com esse suporte de integração, o aprendizado em projetos de sistemas embarcados pode tornar-se mais atrativo e dinâmico, além de fornecer subsídios para o desenvolvimento de projetos de sistemas digitais físicos, estes com complexidades escaláveis de acordo com as necessidades do processo de ensino-aprendizagem e da metodologia adotada.

II. AMBIENTE E SOFTWARE DE SIMULAÇÃO

O ambiente CompSim consiste de um conjunto de ferramentas, com funcionalidades concebidas para dar suporte ao processo de ensino-aprendizagem em projetos de sistemas computacionais completos. Particularmente, concentra-se no aprendizado de conteúdos relacionados à arquitetura e organização de computadores, programação em baixo nível, subsistemas de entrada/saída e análise de desempenho de sistemas.

Na prática, esse ambiente permite simular a plataforma computacional ilustrada na Fig. 1. Essa plataforma de hardware virtual simulável, que é denominada por “Mandacaru”, inclui um processador conceitual (denominado “Cariri”), memórias cache e RAM, barramentos de sistema e de periféricos, e uma interface de periféricos, na qual é possível conectar diferentes periféricos virtuais, tais como teclado e vídeo, e reais, tal como uma plataforma aberta de prototipação Arduino [2] e plataformas compatíveis (como a Galileo Gen2 da Intel [3]).

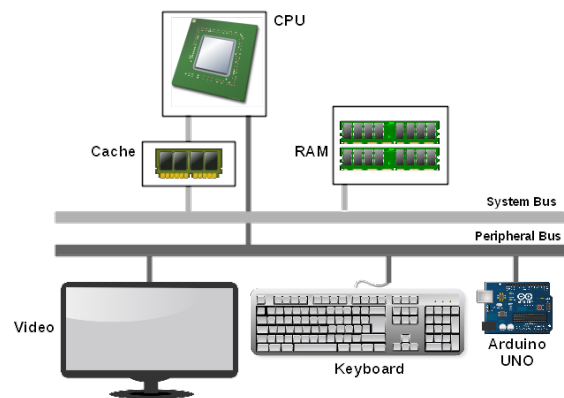


Fig.1 Plataforma de hardware simulável do CompSim.

O CompSim possui uma interface gráfica para apoiar: a configuração dos parâmetros da plataforma de hardware virtual; o auxílio na programação e avaliação da estrutura do programa, através de análises léxica, sintática e semântica, que será executada no processador da plataforma virtual; configuração, execução e visualização da simulação; bem como análise do desempenho do sistema.

Na Fig. 2, é possível observar a interface gráfica do CompSim e seus principais componentes gráficos, que são: A) Editor de Código; B) Processador; C) Memória RAM; D) Memória Cache; E) Buffer de vídeo; F) Buffer de teclado; G) Buffer de comunicação com Arduino; e H) Controles de configuração e execução de simulação.

A plataforma de hardware virtual Mandacaru pode ser criada, configurada e customizada com suporte dos painéis gráficos do ambiente CompSim. Assim, é possível, por exemplo, configurar a dimensão e números de blocos da memória RAM, as técnicas de mapeamento e políticas de substituição relativas à memória cache e configurar a porta de comunicação entre o sistema simulado e uma plataforma de prototipação de hardware real microcontrolada.

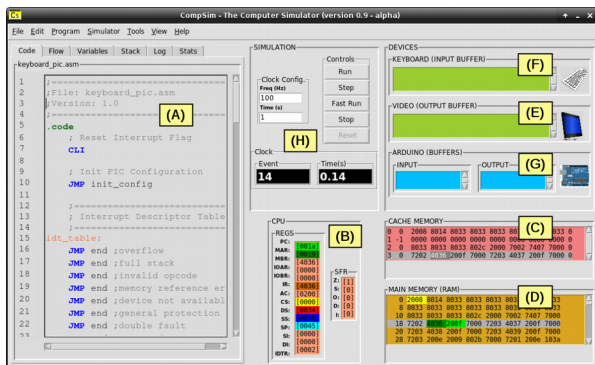


Fig. 2. Interface Gráfica do CompSim.

Através do painel “Editor de Código”, o usuário pode codificar o programa que será executado pelo processador Cariri da plataforma de hardware virtual. O editor inclui diferentes recursos que simplificam a escrita de programas em linguagem de baixo nível (*Assembly*), tais como: linhas de código numeradas, palavras-chave destacadas, recursos de pesquisa e substituição, copiar/colar, refazer/desfazer, além de um assistente de codificação para auxiliar no entendimento e no uso de cada uma das instruções do processador Cariri. O montador (*Assembler*) do CompSim realiza análises Léxica, Sintática e Semântica do código-fonte, destacando os locais do código com possíveis erros. Uma vez que o código é completamente validado, ele poderá ser, de forma automatizada, montado (transformado em *bytecodes*) e carregado na memória da plataforma virtual de hardware.

Após a criação, customização e programação da plataforma, o usuário pode proceder à fase de simulação. O ambiente provê recursos para configurar e gerenciar toda a simulação, além de possibilitar um processo dinâmico e com animações gráficas de cada passo executado pela plataforma em função do software em execução.

Durante a execução do sistema, no processo de simulação, o usuário pode interagir com a aplicação criada por meio dos dispositivos de entrada e saída virtuais: Teclado e Vídeo. Desta forma, é possível codificar programas que permitam entrada de dados pelo usuário, processamento e visualização dos resultados.

III. INTERAÇÃO COM HARDWARE REAL

A aplicação de ambientes de simulação no processo de ensino-aprendizagem é fundamental para viabilizar o estudo e o entendimento de determinadas áreas e conteúdos em sistemas computacionais [4]. No entanto, a manipulação de dispositivos de hardware real é fundamental para a consolidação e expansão do conhecimento em uma metodologia didático-pedagógica eficiente [5][6]. Desta forma, o ambiente CompSim inclui os seguintes recursos com o objetivo de suprir essas demandas pedagógicas: 1) integração de hardware real ao processo de simulação; 2) suporte para expansão dos tipos e quantidades de dispositivos de E/S, com técnicas e protocolos de comunicação diferentes;

e 3) possibilidade de coprocessamento entre simulação e execução em hardware real.

Esses recursos foram desenvolvidos através de uma solução integrada de hardware e software baseada em plataformas microcontroladas, compatíveis com a plataforma aberta de prototipação Arduino, de tal forma que o sistema simulado no CompSim possa interagir com os dispositivos desenvolvidos em hardware físico. A Fig. 3 ilustra dois cenários onde o simulador CompSim poderia, através de uma plataforma Galileo Gen 2 (compatível com Arduino), integrar-se a diferentes sistemas eletrônicos, tais como, no exemplo, tecnologias digitais convencionais que utilizam circuitos integrados TTL/CMOS e dispositivos eletrônicos reconfiguráveis (FPGA).

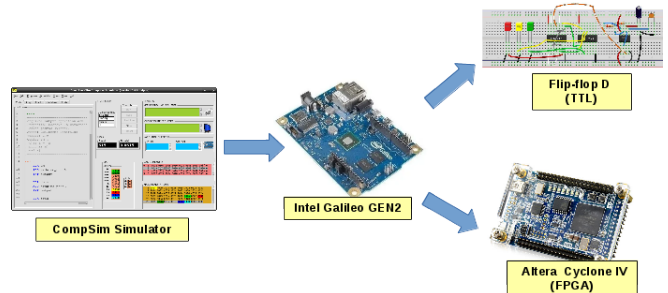


Fig. 3. Interação do CompSim com dispositivos eletrônicos reais.

IV. RESULTADOS E CONCLUSÕES

O CompSim tem sido empregado em cursos técnicos e de graduação e em diferentes projetos de pesquisa, nas áreas de computação e eletrônica, nos Institutos Federais do Brasil, e é frequentemente avaliado com alto grau de satisfação, principalmente no apoio ao aprendizado prático dos conceitos envolvidos e na motivação dos estudantes por estudos avançados. A cada nova turma, os estudantes estão criando aplicações mais elaboradas, novos subsistemas de hardware e modelos robóticos com o ambiente CompSim. Esses resultados têm demonstrado um efetivo suporte educacional e de pesquisa integrada nas áreas de hardware e software.

Como trabalhos futuros, pretende-se adicionar novos recursos e funcionalidades aos componentes gráficos e de plataforma, integrar dispositivos de hardware real mais complexos, implementar a plataforma virtual Mandacaru em hardware, para dispor de um ambiente de projeto de hardware completo, bem como suportar sua programação com linguagem de alto nível (Linguagem C).

REFERÊNCIAS

- [1] CompSim (2019) “CompSim – The Computer Simulator”[Online]. Available: <http://compsim.crato.ifce.edu.br/>.
- [2] Arduino (2020) “What is Arduino?” [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.
- [3] Intel Galileo Gen2 (2020) “Placa Intel® Galileo Gen2 Product Specifications” [Online]. Available: <https://ark.intel.com/content/www/br/pt/ark/products/83137/intel-galileo-gen-2-board.html>.
- [4] S. R. Fernandes, I. S. Silva, “Relato de Experiência Interdisciplinar Usando MIPS,” *International Journal of Computer Architecture Education (IJCAE)*, V. 6, n. 1. pp. 52-61, 2017.
- [5] M. Black, “Export to arduino: a tool to teach processor design on real hardware,” *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 31(6). pp. 21-26, 2016.
- [6] E. Larraza-Mendiluze, N. Garay-Vitoria, “Approaches and tools used to teach the computer input/output subsystem: A survey”. In *IEEE Transactions on Education*, 58(1), 2015. pp.1-6.