Proposta de Máquinas de Ensino- Aprendizagem para Transposição Didática em Projetos de Circuitos Integrados CMOS

Candidato

Carlos Alberto Rosa

Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos

Orientador

Prof. Dr. Wilhelmus Adrianus Maria Van Noije

Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos

Sumário

1. Motivação
2. Questões de Pesquisa
3. Objetivos
4. Fundamentos Teóricos
5. Metodologia
6. Propostas
7. Conclusão
8. Referências
9. Agradecimentos

Introdução

- O conhecimento sem dúvida é o instrumento essencial no mundo moderno.
- O homem moderno cada vez mais se vê envolvido com máquinas e aparelhos eletrônicos criados artificialmente para potencializar algumas de suas habilidades humanas.

Introdução: Exemplos

- O carro potencializa as pernas humanas, proporcionando conforto, segurança e tranquilidade aos humanos;
- O celular potencializa a comunicação dos ouvidos e da boca em distâncias globais;
- A Máquina de calcular as tarefas de contagem;
- A Máquina de lavar, cozinhar e microondas potencializam o tempo escasso, livrando os humanos de tarefas essenciais e rotineiras;
- O computador é a grande máquina que potencializa as atividades cerebrais do homem.

Motivação

- Criar recursos instrucionais, sistemas ou métodos experimentais para estimular jovens para área de engenharia eletrônica;
- Muitas escolas técnicas públicas de eletrônica, com pouco recurso tecnológicos, recorrem à métodos alternativos criativos nas montagens experimentais de eletrônicas: usam molas, papelão, componentes sucateados, etc sem comprometer o aprendizado e o programa de ensino proposto.

Justificativas

- O governo brasileiro está implantando a sua primeira fábrica de circuitos integrados no Rio Grande do Sul, chamada CEITEC, com previsão de entrar em operação no final de 2009.
- O CEITEC licenciou a tecnologia da empresa alemã X-FAB, e pretende operar em rede com centros de pesquisa, universidades e empresas conveniadas, para desenvolver projetos de sistemas eletrônicos integrados, processamento físico-químicos, dentre outras atividades.

Justificativas

- Assim, há uma crença generalizada, na Área de Microeletrônica, e que surgirá no Brasil um novo profissional com conhecimentos especializados na área de Projetos de CIs e que serão conhecidos por *IC Designers* ou Projetistas de CIs.

Questões da Pesquisa

- **Questão**

- Como construir máquinas de ensino-aprendizagem para ilustrar na prática conceitos essenciais sobre Projetos de Circuitos Integrados CMOS?

- **Hipótese**

- As máquinas de ensino-aprendizagem podem potencializar a aprendizagem de assuntos complexos sobre projetos de circuitos integrados CMOS.

Objetivos

- O presente trabalho está inserido dentro de um contexto educacional mais abrangente que visa criar estratégias para divulgar conhecimentos na área de circuitos integrados para professores, alunos e profissionais da área de eletrônica, atraindo-os futuramente para participarem do Programa Nacional de Formação de Projetistas de CIs.

Fundamentos Teóricos

- Tecnologia Educacional
- Definição de TLM
- Construção de TLMs
- Características das TLMs
- Classificação das TLMs
- Taxionomia da TLMs

Fundamentos Teóricos

- **Tecnologia**

- É o conjunto de princípios, métodos, instrumentos e processos cientificamente determinados que se aplica especialmente à atividade industrial, com vistas à produção de bens mais eficientes e mais baratos.

- **Tecnologia Educacional**

- O conjunto de recursos, métodos e sistemas educacionais que auxiliam como ferramentas do processo de ensino estabelecem a abrangência e o domínio da tecnologia educacional [BLOOM, 1973].

Fundamentos Teóricos

- **Definição de TLM**
 - Uma máquina de ensino-aprendizagem é recurso de tecnologia educacional que visa atender sempre aos objetivos educacionais de um plano de ensino de uma instituição educacional.
 - *TLMs – Teaching-Learning Machines.*

Fundamentos Teóricos

- **Construção de TLMs**
 - Para construir uma máquina de ensino-aprendizagem é necessário avaliar o conteúdo de um programa de ensino e elaborar experiências que visam atingir esses objetivos curriculares levando em conta as questões relativas às teorias de comunicação, de aprendizagem e de sistemas [AURICCHIO, 1978].

Fundamentos Teóricos

- **Características das TLMs**
 - **Objetividade:** associada à finalidade ou propósito de uso num contexto educacional;
 - **Estética:** estabelece o apelo visual adotado;
 - **Padronização:** define o conjunto dos elementos constitutivos utilizados;
 - **Funcionalidade:** define o conteúdo instrucional das partes que integram a máquina como um todo;

Fundamentos Teóricos

- **Características das TLMs**

- **Flexibilidade:** define a capacidade de adaptação ao programa instrucional;
- **Portabilidade:** define a facilidade de transporte manual da máquina;
- **Expansibilidade:** define a capacidade de ampliação das características funcionais da máquina;
- **Praticidade:** que é definido pelo tempo médio gasto entre montagens e desmontagens dos experimentos.

Fundamentos Teóricos

- **Classificação das TLMs**
 - Sistemas Completos
 - Sistemas Modulares
 - Sistemas Construtivos

Fundamentos Teóricos

- **Máquinas Completas**

- São projetadas e construídas num único aparato, exibindo de uma só vez todos os elementos constitutivos destinados a atender um programa educacional, de treinamento prático ou para uma demonstração técnica.
- Essas máquinas apresentam, comumente, grandes dimensões, alto nível de objetividade e praticidade para atender aos propósitos para as quais foram projetadas.

Fundamentos Teóricos

- Máquinas Completas

BIT9 - Sensores

LABVOLT - Sensores

Fundamentos Teóricos

- **Máquinas Completas**

Fundamentos Teóricos

- **Máquinas Modulares**
 - São flexíveis, portáteis, práticas e incluem uma variedade muito extensa de elementos constitutivos interconectáveis que aumentam a possibilidade de seu alcance de experimentações e extensões futuras sem perder a sua objetividade.

Fundamentos Teóricos

- **Máquinas Modulares**

BIT9 – Eletrônica Geral

Fundamentos Teóricos

- Máquinas Modulares

Fundamentos Teóricos

- **Máquinas Modulares**

Fundamentos Teóricos

- **Máquinas Construtivas**

Fundamentos Teóricos

- **Taxionomia da TLMs**

- TM (teaching machine), para indicar que a máquina possui desenho e funcionalidade, visando atender às necessidades didáticas do professor;
- LM (learning machine), para indicar que a máquina foi desenhada para permitir o desenvolvimento de atividades práticas de aprendizagem, focando hábitos especiais nos alunos alvo da aprendizagem;
- TLM (teaching-learning machine), para designar a classe de máquinas que contempla, de uma maneira geral e irrestrita, todos os tipos possíveis de máquinas utilizadas nos processos de ensino-aprendizagem; e
- MMI (man-machine interface or interaction), para qualificar que o projeto da máquina proposta contemplou aspectos relevantes das interações decorrentes entre o homem e a máquina, nos termos conceituados em PREECE (1994, 2002) sobre HCI (human-computer interaction).

Metodologia

- Contextos de Aprendizagem
- Transposição Didática
- Microensino
- Práticas de Ensino

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - Define todos os elementos conceituais desejados e que se pretende utilizar nas atividades práticas com as TLMS.
- **Exemplos**
 - Máquina de Ensino-Aprendizagem de Chaves/Relés;
 - Máquina de Ensino-Aprendizagem Bipolar;
 - Máquina de Ensino-Aprendizagem MOS;
 - Máquina de Ensino-Aprendizagem de Lógica Programável.

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - TLM de Chaves

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - TLM de Relés

Metodologia

- Modelagem do Contexto de Aprendizagem
- Máquina de Ensino-Aprendizagem Bipolar

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - Máquina de Ensino-Aprendizagem MOS

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - Máquina de Ensino-Aprendizagem MOS

Lógica
Pseudo
pMOS

Lógica
Pseudo
nMOS

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - Máquina de Ensino-Aprendizagem MOS

Lógica
CMOS
Estática

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - Máquina de Ensino-Aprendizagem MOS

Lógica
CMOS
Estática

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - Máquina de Ensino-Aprendizagem MOS

Lógica
CMOS
Estática

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - **Máquina de Ensino-Aprendizagem MOS**

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - Máquina de Ensino-Aprendizagem MOS

Lógica
CMOS
Estática

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - TLMS MOS - Lógica Dinâmica

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - TLM CMOS – Lógica Programável

Lógica com
Seletor

Metodologia

- **Modelagem do Contexto de Aprendizagem**
 - TLM CMOS – Lógica Programável

PTL-AND Gate

PTL-OR Gate

PTL-XOR Gate

PTL-NAND Gate

PTL-NOR Gate

PTL-XNOR Gate

Metodologia

- **Transposição Didática**

- Termo introduzido em 1975 pelo sociólogo Michel Verret e, alguns anos depois, passou a ser rediscutido pelo francês Yves Chevallard, pesquisador em didática das matemáticas.

- **Conceito**

- A transposição didática é um processo complexo que, através de métodos e técnicas didáticas, permite realizar transformações em objetos de saberes conhecidos (*du savoir savant*) em objetos que compõem os saberes de ensino (*au savoir enseigné*).

Metodologia

- **Transposição Didática**

- A complexidade do processo de transposição didática pode ser observada por um fato histórico interessante que ocorreu com a Geometria desenvolvida por Euclides de Alexandria (300 a.C.) que compilou num livro chamado Elementos de Euclides, todo o conhecimento que existia sobre geometria em sua época.
- Somente no final do século XIX é que conteúdos parciais do livro de Euclides chegaram ao ensino fundamental nas escolas europeias, porém com 2000 anos de atraso.

Metodologia

- **Conceito de Microensino**
 - É uma técnica simples desenvolvida por ALEN (1967), aplicada normalmente na formação de professores, que objetiva o desenvolvimento de habilidades em candidatos à docência antes mesmo que estes venham a entrar em sala de aula definitivamente.

Metodologia

- Conceito de Microensino** (ALEN, 1967)

	Etapas	Descrição
1	Planejamento de Habilidades de Ensino-aprendizagem	Cada habilidade de ensino-aprendizagem foi especificamente focalizada num pequeno período de aula que variou entre 15 e 50 minutos. Considerou-se, primeiramente, a mesma aula com e sem o uso de uma TLMs com turmas distintas.
2	Planejamento de Microaulas	Cada microaula foi aplicada à um pequeno grupo de alunos, entre 5 e 10 alunos. Em algumas situações professores das instituições visitadas participaram de microaulas como alunos. Os alunos foram avaliados por provinhas práticas e pesquisados por questionários de avaliação simplificados.
3	Registro das Microaulas	Algumas microaulas foram gravadas com uma câmera digital e outras com gravadores visando fornecer detalhes para a análise posterior.
4	Análise das Microaulas	As aulas gravadas foram analisadas e discutidas com alguns colegas professores de eletrônica e microeletrônica, visando melhorias nas práticas de ensino.
5	Ajuste	Algumas aulas precisaram ser replanejadas e foram executadas com outros grupos de alunos.

Metodologia

- **Práticas de Ensino**
 - Abordagens desenvolvidas
 - Alunos Construtores
 - Desenvolve-se o perfil do Engenheiro
 - Alunos Montadores
 - Desenvolve-se o perfil do técnico
 - Alunos Usuários
 - Desenvolve-se o perfil de usuário

Módulos Standard-Cell

Módulos Standard-Cell

Módulos Standard-Cell

Módulos Standard-Cell

Módulos Standard-Cell

Módulos Standard-Cell

Módulos Standard-Cell

Módulos Standard-Cell

Módulos Standard-Cell

Módulos Standard-Cell

CMOS IC Design Lab

flextronica.org

flextronica.org

2008 © All rights reserved by Carlos Alberto Roisa - http://www.carlos-roisa.com

Made in Brazil

Painel de Força

Painel de Força

Módulos Sea-of-Gates

- É um conceito de projetos de circuitos integrados onde transistores nMOS e pMOS são previamente dispostos e construídos em longas filas no silício, porém um pós-processamento de metalização permite que sejam estabelecidas diferentes funcionalidades desejadas para uma mesma base de transistores.
- Os Módulos Sea-of-Gates da Máquina foram construído com base nas características do CI 4007 CMOS.

Módulos Sea-of-Gates

Módulos Sea-of-Gates

Porta *NOR* é definida somente na Metalização.

CI 4007

CI 4007

Transistores nMOS e pMOS

Vista frontal do PCB da Máquina Sea-of-Gates

Vista do PCB com os 14 CIs CD4007 (7-PMOS e 7-NMOS)

A Máquina MOS Sea-of-Gates

Adaptador USB
Automotivo Conversor
12VDC/5VDC x 500 mA

Fonte Chaveada
USB: 5V x 500 mA

Cabo USB
1,8m

Adaptador USB
Macho-Macho

Acessórios de Ligação da Fonte de Alimentação

Configuração BUS (Cascata)

Fonte USB
Chaveada

Cabo USB

Submáquina 1

Submáquina 2

Submáquina 3

Submáquina 4

Submáquina 5

Modo de ligação de submáquinas Sea-of-Gates

Configuração Estrela

Fonte Chaveada
USB: 5V x 500 mA

Distribuidor de
Força USB

Cabo USB

Cabos USB
Retráteis

Submáquinas

Modo de ligação de submáquinas Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Gates

David Z. Pan

A Máquina Sea-of-gates foi apresentada ao Professor David Z. Pan, da University of Texas at Austin, um especialista em algoritmos de roteamento para ferramentas EDA/VLSI/CAD, durante sua visita ao Brasil, na UFRGS (Ago/2008).

Resultados Experimentais

- As TLMs modulares foram mais facilmente utilizadas e permitem um grande volume de experimentações embora a construção dos módulos requerem maior planejamento;
- As TLMs construtivas normalmente agradam mais pois os alunos participam de todo o processo criativo até a montagem final, mas toma muito tempo do programa de ensino;
- O uso de componentes e materiais reciclados na construção de TLMs parece estimular mais os jovens do que simplesmente comprar uma lista de componentes para usar nas montagens;
- O Monitoramento das conexões através de LEDs ficaram mais interessantes, não precisando de analisador lógico ou ponta lógica;
- Muitos alunos mostram interesse em comprar os componentes das TLMs por curiosidade pessoal.

Conclusão

- **Objetivos Alcançados**

- De uma maneira geral, as TLMs podem realmente potencializar a eficiência de aprendizagem no processo pedagógico;
- As Máquina Standard-Cell são mais trabalhosas de serem construídas devido a necessidade de diversos de módulos de células para realizar experiências simples;
- As Máquinas Sea-of-Gates são mais simples de serem construídas, porém apresentaram maiores dificuldades de aprendizagem nas aulas práticas;
- Os objetivos educacionais em aulas introdutórias sobre Projetos de Circuitos Integrados CMOS, são mais facilmente atingidos com os Módulos Standard-Cell do que Módulos Sea-of-Gates.

Conclusão

- Trabalhos Futuros
 - Desenvolver e construir Módulos Sea-of-Transistors, para ampliar a eficiência de aprendizagem e das montagens.

Conclusão

- **Trabalhos Futuros**

- Desenhar e construir Módulos *Sea-of-Transistors*, para ampliar a eficiência de aprendizagem e das montagens.
- Divulgar a tecnologia de Projetos Circuitos Integrados CMOS usando as TLMs propostas com Módulos *Standard-Cell*, *Sea-of-gates* e *Sea-of-Transistors* nas Escolas de Ensino Técnico de Eletrônica em todo o Brasil.
- Elaborar um curso de especialização ou formação de professores em Projetos de Circuitos Integrados CMOS utilizando recursos das Máquinas CMOS.

Módulo Sea-of-Gates

Módulo Sea-of-Transistors

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1													1
2													2
3													3
4													4
5													5
6													6
7													7
8													8
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L

PMOS & NMOS Transistors

- Element of CMOS IC Design Lab
- Assembled with CMOS IC - CD4007
- Signals monitored with colored LEDs
- Supply Voltage: $V_{dd} = 5V$
- Maximum Power consumption: $P_D = 25\text{ mW}$
- Module Dimension: $15,0\text{ cm} \times 5,0\text{ cm}$

flextronica.org

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	<div data-bbox="168 165 598 1426" data-label="Diagram"> <p>CMOS Lab Vdd = 5V</p> <p>PMOS</p> <p>NMOS</p> <p>flextronica.org</p> </div>												1
2	<div data-bbox="667 165 1095 1426" data-label="Diagram"> <p>CMOS Lab Vdd = 5V</p> <p>PMOS</p> <p>NMOS</p> <p>flextronica.org</p> </div>												2
3	<div data-bbox="1164 165 1592 1426" data-label="Diagram"> <p>CMOS Lab Vdd = 5V</p> <p>PMOS</p> <p>NMOS</p> <p>flextronica.org</p> </div>												3
4	<div data-bbox="1662 165 2089 1426" data-label="Diagram"> <p>CMOS Lab Vdd = 5V</p> <p>PMOS</p> <p>NMOS</p> <p>flextronica.org</p> </div>												4
5													5
6													6
7													7
8													8
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	

Esquema Elétrico do Sea-of-Transistor Module

Esquema Eléctrico

Conclusão

- **Trabalhos Futuros**

- Desenhar outros tipos de máquinas CMOS com arquiteturas mais complexas utilizando microcontroladores para ampliar recursos de comunicação e funcionalidade programáveis, monitoradas por microcomputador.

Referências

- AEBLI, Hans. **Prática de ensino – Formas fundamentais de ensino elementar, médio e superior**. Editora Vozes Ltda, Petrópolis, Rio de Janeiro, 4ª Edição, 1975.
- ALLEN, D. W. **Microteaching: A Description**. Stanford Press, Stanford, 1967.
- AURICCHIO, Ligia de Oliveira. **Manual de tecnologia educacional**. Livraria Francisco Alves Editora S.A., Rio de Janeiro, 1978.
- CAMPOS, Dinah M. S. **Psicologia da Aprendizagem**. Editora Vozes, Petrópolis, RJ, 1970, p. 232
- OKLOBDZIJA, Vjin G., editor-in-chief. **The Computer Engineering Handbook**. CRC Press, Boca Raton, USA, 2002.
- OLIVEIRA, Romualdo P.; ADRIÃO, Theresa. **Organização do Ensino no Brasil: Níveis e modalidades na Constituição Federal e na LDB**. Xamã, São Paulo, 2ª Edição, 2007.
- PERRELLI, Maria A. S. **Uma Epistemologia dos Conteúdos das Disciplinas Científicas: As Contribuições da “Transposição Didática”**. 1996. Artigo CED, Universidade Federal de Santa Catarina.
- PREECE, Jenny [et al.] **Human-Computer Interaction**, Pearson Addison-Wesley, Boston, 1994.
- REIS, Ricardo Augusto da Luz (Organizador). **Sistemas Digitais: Síntese Física de Circuitos Integrados**. CYTED, Bogotá, Colômbia, 2000, 373 p.
- ROSA, Carlos A.; VAN NOIJE, Wilhelmus A.M. **Proposta de Máquinas de Ensino-Aprendizagem para o Ensino de Projetos de Circuitos Integrados CMOS**. COBENGE 2008 – Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, São Paulo, de 9 a 12 de Setembro de 2008.
- [TURNER, 1982] TURNER, L. W. (Organizador) **Manual do Engenheiro Eletrônico**, Cap. 22 - Auxílios Eletrônicos à Educação, Editora Hemus Ltda, São Paulo, Brasil, 1982.
- VAN NOIJE, Wilhelmus A.M. **Design and Characterization of Uncommitted Logic Arrays in Single and Double Level Metal CMOS**. Tese (Doutorado em Ciências Exatas) – Departamento de Eletrotécnica da Katholieke Universiteit Leuven, K.U.L., Orientador Gilbert Declerck, Bélgica, 1985.

Agradecimentos

- CNPq / CI-BRASIL / NSCAD
- INF/UFRGS
- CCS/UNICAMP
- ETEC/CEETPS
- SENAI/SP
- MPCE-FATEC/SP
- CEFET/SP
- LSI/EPUSP
- Prof. Dr. Renato Perez Ribas
- Prof. Dr. José Aquiles Baesso Grimoni
- Prof. Dr. Wilhelmus Adrianus Maria Van Noije

FIM