



Circuitos Digitais (116351) - 13º Experimento

JOGO DA VELHA

OBJETIVO: Projetar, testar e montar uma máquina capaz de jogar o Jogo da Velha contra um ser humano.

1. INTRODUÇÃO TEÓRICA

O jogo da velha um jogo popular de regras extremamente simples, que não traz grandes dificuldades para seus jogadores e é facilmente aprendido. Seu nome teria se originado na Inglaterra, quando nos finais da tarde, mulheres se reuniram para conversar e bordar. As mulheres idosas, por não terem mais condições de bordar em razão da fraqueza da visão, jogavam este jogo simples, que passou a ser conhecido como o da "velha". Porém, sua origem teria sido ainda mais antiga. Fala-se em tabuleiros escavados na rocha de templos do antigo Egito, que teriam sido feitos por escravos há 3.500 anos.

1.1 Regras

- O tabuleiro é uma matriz de três linhas por três colunas.
- Dois jogadores escolhem uma marcação cada um, geralmente um círculo (O) e um xis (X).
- Os jogadores jogam com as mãos uma marcação por vez em uma célula que esteja vazia.
- Quando um jogador conquista o objetivo, costuma-se riscar os três símbolos.

Jogador (X) ganha:

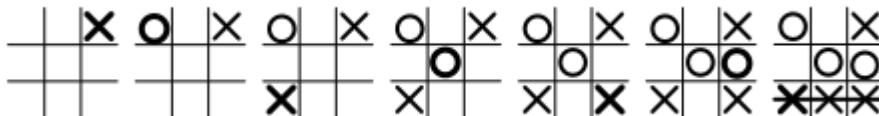


Figura 1: X vence

Empate (costuma-se dizer que o jogo "deu velha"):

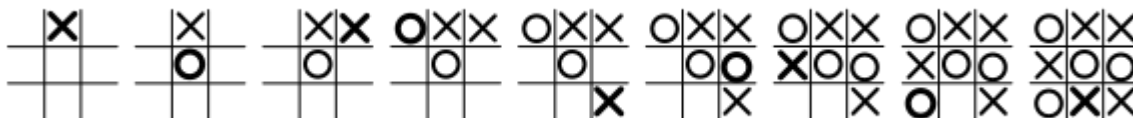


Figura 2: Empate

1.1 Estratégias

Analisando o número de possibilidades de forma simplista, existem 362.880 (ou 9!) maneiras de se dispor a cruz e o círculo no tabuleiro, sem considerar jogadas vencedoras. Quando consideramos as combinações vencedoras, existem 255.168 jogos possíveis. Assumindo que 'X' inicia o jogo (se considerar que 'O' inicia, os resultados passam a ser inversos), temos:

- 131.184 jogos finalizados são ganhos por 'X'
1.440 são ganhos por 'X' após 5 movimentos
47.952 são ganhos por 'X' após 7 movimentos
81.792 são ganhos por 'X' após 9 movimentos
- 77.904 jogos finalizados são ganhos por 'O'
5.328 são ganhos por 'O' após 6 movimentos
72.576 são ganhos por 'O' após 8 movimentos
- 46.080 jogos finalizados resultam em empate

Ignorando jogadas simétricas (outras jogadas rotacionadas ou refletidas), existem apenas 138 resultados únicos. Assumindo novamente que 'X' sempre inicia o jogo, temos:

- 91 resultados únicos são ganhos por 'X'
21 são ganhos por 'X' após 5 movimentos
58 são ganhos por 'X' após 7 movimentos
12 são ganhos por 'X' após 9 movimentos
- 44 resultados únicos são ganhos por 'O'
21 são ganhos por 'O' após 6 movimentos
23 são ganhos por 'O' após 8 movimentos
- 3 resultados únicos são empates

1.2 Jogada perfeita

Se os dois jogadores jogarem sempre da melhor forma, o jogo terminará sempre em empate.

Um jogador pode facilmente jogar um jogo perfeito seguindo as seguintes regras, por ordem de prioridade:

1. Ganhar: Se você tem duas peças numa linha, ponha a terceira nesta linha.
2. Bloquear: Se o oponente tiver duas peças em linha, ponha a terceira para bloqueá-lo.
3. Triângulo: Crie uma oportunidade em que você poderá ganhar de duas maneiras.
4. Bloquear o Triângulo do oponente:

Opção 1: Crie 2 peças em linha para forçar o oponente a se defender, contanto que não resulte nele criando um triângulo ou vencendo. Por exemplo, se 'X' tem dois cantos opostos do tabuleiro e 'O' tem o centro, 'O' não pode jogar num canto (Jogar no canto nesse cenário criaria um triângulo em que 'X' vence).

Opção 2: Se existe uma configuração em que o oponente pode formar um triângulo, bloqueiem-no.

5. Centro vazio: Jogue no centro.
6. Canto vazio: jogue num canto vazio.

Em resumo, a não ser em condições especiais, o jogador deve ter preferência pela posição central, seguida pelos cantos, seguida pelas bordas.

1.3 Triangulação

Como não existe estratégia vencedora no jogo da velha, conquistar um triângulo depende de um erro do adversário. Entretanto, algumas delas são definidas através de uma única jogada do adversário.

Triangulação através do centro:

1. Comece jogando no centro do tabuleiro.
2. *Se o adversário* jogar na borda, jogue no canto ao lado desta borda.
3. O adversário será obrigado a se defender, jogando no canto afastado.
4. Estabeleça o triângulo, jogando no canto ou borda alinhados ao canto conquistado.

Triangulação através do canto:

1. Comece pelo canto.
2. *Se o adversário* jogar numa borda, jogue no canto que obrigue o adversário a jogar em outra borda.
3. Quando o adversário se defender jogando na borda, conquiste o centro.
4. Ao conquistar o centro, o triângulo estará formado.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Projete, teste e monte um sistema digital síncrono capaz de jogar contra um ser humano o Jogo da Velha.

Requerimentos:

- Interface natural com o jogo
- Seleção de novo jogo
- Seleção de X ou O
- Seleção do jogador inicial
- Jogada da máquina selecionável baseada em valor randômico ou IA
- Avisos de vencedor (indicando a jogada vencedora) e empate

2.1. Interface

Construa a interface do kit de desenvolvimento DE2 com o protoboard de acordo com os esquemáticos e figuras a seguir.

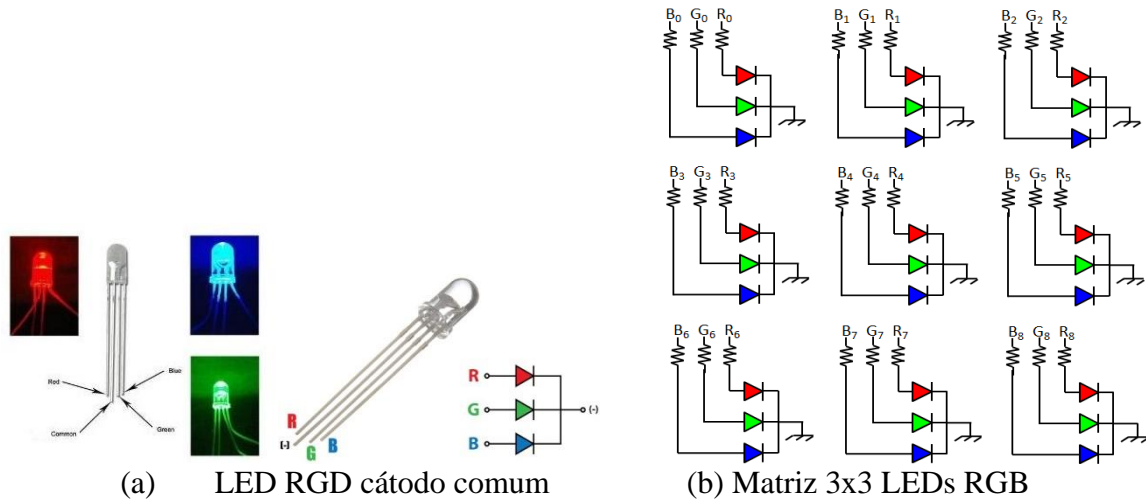


Figura 3: LED RGB

O acionamento de um LED é feito selecionando se maneira adequada os sinais das linhas RGB de cada uma das 9 posições. Defina o valor dos resistores de acordo com a luminosidade desejada dos LEDs.

Uma forma alternativa é a utilização do controle por uma matriz de LEDs conforme a figura 4.

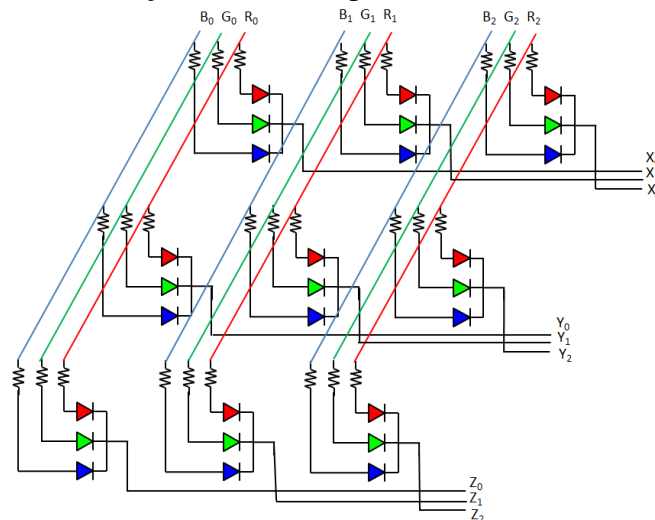


Figura 4: Matriz com LEDs RGB – cátodo comum.

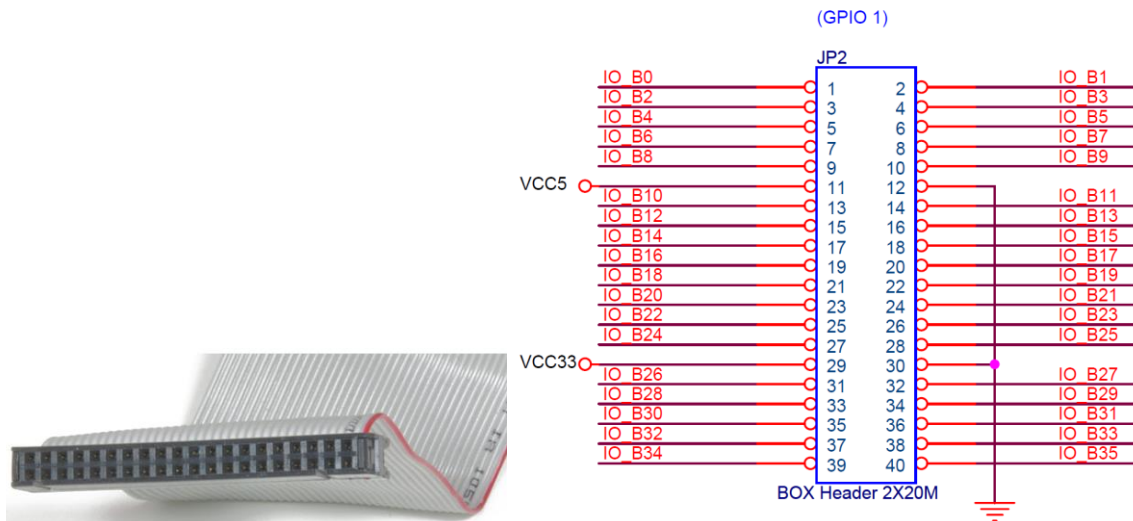
O acionamento de um LED é feito selecionando se maneira adequada os sinais RGB e XYZ. Exemplos:

Somente o LED Verde central é acionado através dos sinais de entrada $R_0G_0B_0_R_1G_1B_1_R_2G_2B_2=000_010_000$ e $X_0X_1X_2_Y_0Y_1Y_2_Z_0Z_1Z_2=111_101_111$.

Os LEDs Vermelho do canto inferior direito e Azul do canto superior esquerdo são acionados através dos sinais de entrada $R_0G_0B_0_R_1G_1B_1_R_2G_2B_2=100_000_001$ e $X_0X_1X_2_Y_0Y_1Y_2_Z_0Z_1Z_2=011_111_110$.

(a) Foto transistor TIL78

A interface com o kit DE2 deve ser feita através do conector GPIO_1 de acordo com a figura.



(a) Conector IDE 40 pinos (b) Diagrama de ligação com o FPGA

Figura 6: Terminais GPIO_1 do kit DE2

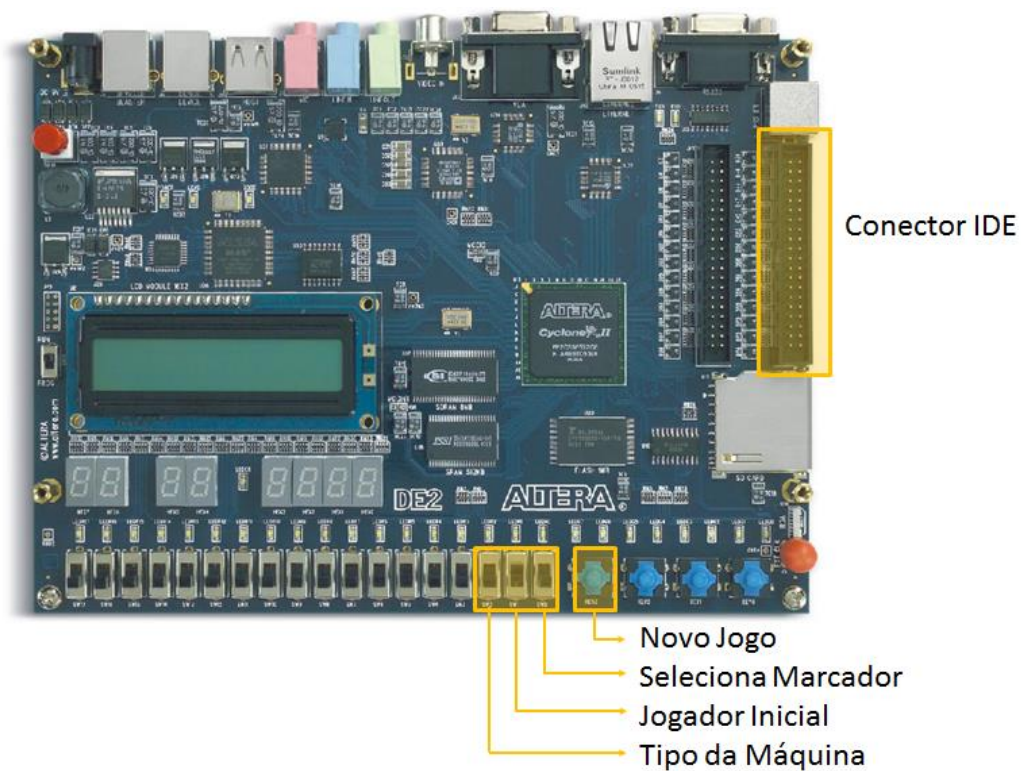


Figura 7: Kit Altera DE2

Botão de Novo Jogo (KEY[3]): inicia o jogo com tabuleiro vazio e passa a jogada ao jogador inicial.

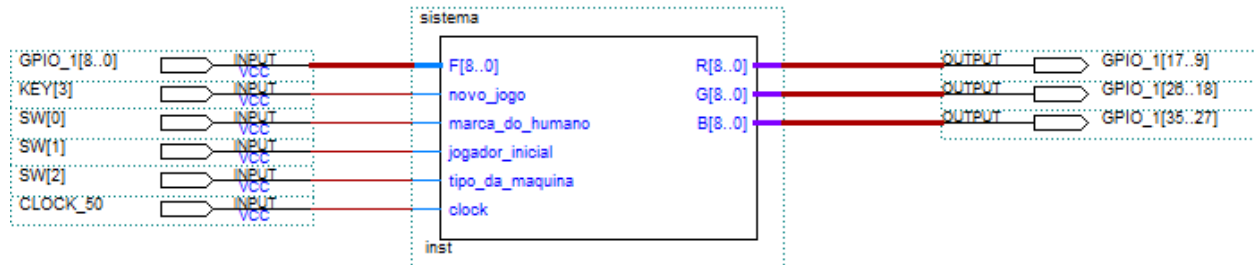
- Seleção do marcador do jogador humano:
SW[0]=1 : X. Sugestão use o LED de cor verde
SW[0]=0 : O. Sugestão use o LED de cor azul
- Seleção do jogador inicial:
SW[1]=1 : Humano. Espera o humano fazer a jogada inicial
SW[1]=0 : Máquina. Realiza a jogada e passa a vez ao jogador humano
- Tipo de jogador da máquina:
SW[2]=1 : jogada randômica válida. A máquina seleciona aleatoriamente uma jogada válida, até o final do jogo
SW[2]=0 : jogada escolhida por IA. Implemente as regras, selecionando a melhor jogada de acordo com uma Inteligência Artificial.

Avisos de vencedor e empate:

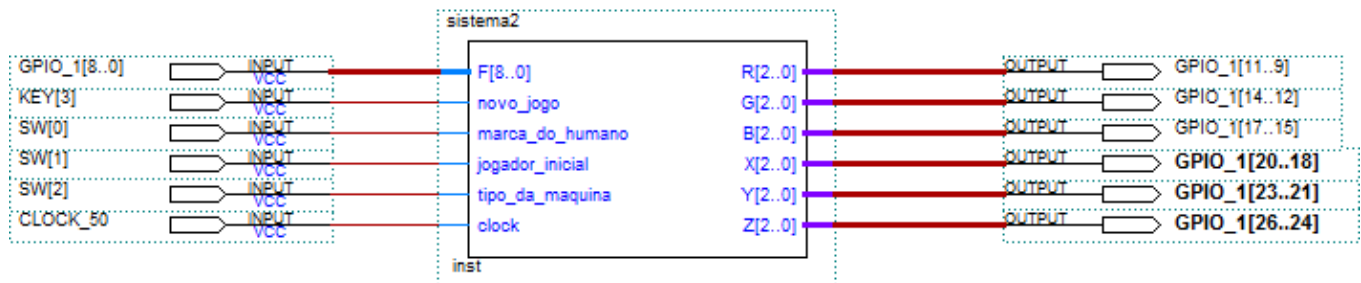
- Vencedor: piscar continuamente em vermelho apenas os 3 LEDs que fizeram a jogada vencedora;
- Empate: piscar continuamente em vermelho todos os LEDs;
até o botão de Novo Jogo ser novamente acionado.

2.2. Sistema Digital

Projete, simule e teste um sistema digital que atenda aos requerimentos.



(a) Diagrama esquemático



(b) Diagrama esquemático alternativo

Figura 8: Diagramas lógicos da interface com sistema digital

Nos diagramas da figura 8, GPIO_1[0] corresponde ao pino IO_B0 da figura 6, GPIO_1[1] ao IO_B1 e assim sucessivamente.

Lembre-se que você deve alimentar os circuitos no protoboard através dos pinos VCC5 e GND do conector IDE mostrado na figura 6.

Dica 1: Pesquise sobre *Linear-Feedback Shift Register* (LFSR) a fim de estudar a geração de números randômicos e uma implementação simples para ser usada no seu projeto para a escolha de uma jogada aleatória válida.

Dica 2: Use o módulo divisor em frequência disponibilizado no Moodle para definir a frequência de funcionamento das piscadas do sistema.

3. SUMÁRIO

Este projeto visa aplicar os conhecimentos adquiridos ao longo da disciplina para o desenvolvimento de um sistema digital capaz de jogar o Jogo da Velha. A avaliação total deste Experimento será feita pelo professor e baseada unicamente na apresentação do protótipo no último dia de aula de laboratório.

4. EQUIPAMENTOS E MATERIAL

- Kit de Desenvolvimento DE2
- Programa Quartus-II
- Protoboard
- 9 LEDs RGB (verificar se é ânodo comum ou cátodo comum e ajuste o projeto adequadamente)
- 9 foto transistores TIL78
- 1 Conector IDE de 40 pinos.
- Resistores de 1kΩ e 2k7Ω
- Fios