

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Escola Politécnica



PCS3635 – Laboratório Digital I

Experiência 6 - P1

Professor Dr. Paulo Cugnasca

Bancada B3

João Pedro Arroyo
Rafael de Almeida Innecco

Nº USP: 12550991
Nº USP: 12550535

SÃO PAULO, 27/02/2023

1. Introdução:

A experiência 6 consiste da implementação do modo desafio do jogo “Genius” e da adaptação do circuito, em laboratório, para atender a uma nova funcionalidade, estabelecida na hora pelo professor. Tanto o circuito base quanto o modificado devem ser simulados no *software* ModelSim por meio de *testbenchs* desenvolvidos por algum integrante da dupla e testados na placa FPGA do laboratório.

2. Descrição do Projeto:

2.1 Lógica do projeto:

O diagrama de blocos que descreve os sinais de interface externa do circuito jogo desafio da memória é idêntico ao da experiência 5. Os nomes e as funções dos sinais permaneceram os mesmos, havendo apenas mudança na lógica interna do circuito. Abaixo segue o diagrama de blocos supracitado.

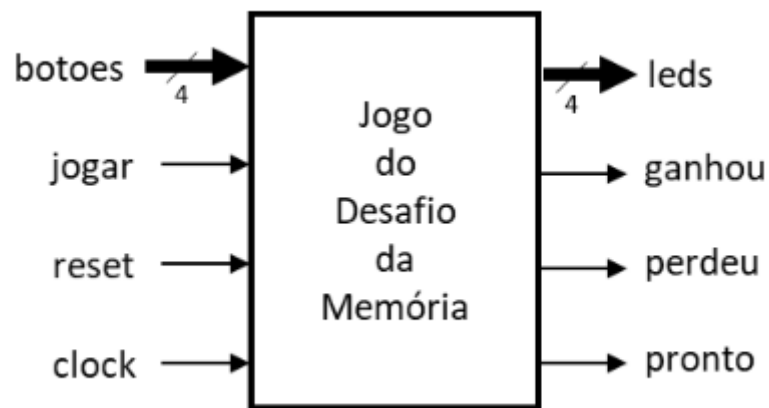


Figura 1: Diagrama de blocos dos sinais de interface externa do jogo desafio da memória.

O circuito da atividade 1 da experiência 6 deve funcionar conforme o modo desafio do jogo “Genius”, no qual o jogador (ou os jogadores) constroem a sequência, em vez de acertar apenas dados colocados previamente na memória RAM. Na primeira rodada, os “leds” seguem mostrando o dado contido no endereço zero da memória ($mem(0)$), que é o único colocado previamente. Em seguida, o jogador deve acertar a jogada e, em vez de entrar diretamente na próxima rodada, apertar um botão de sua escolha, cujo valor será armazenado na posição seguinte da memória. Posteriormente, o jogador deve acertar o dado inicial da memória e o que escreveu, e por fim, escrever uma nova jogada. O ciclo segue até que a rodada 16 é atingida. Nela, chega-se ao endereço final da memória (15) e não há escrita a ser feita. Se todas as jogadas (excetuando-se as escritas, que são à escolha do jogador) forem corretas, atinge-se o “fim_certo”. Novamente, caso haja *timeout* ou uma comparação incorreta, os devidos estados de final de jogo são atingidos. O *timeout* pode ocorrer tanto quando o jogador precisa apertar o botão correspondente ao dado armazenado na memória quanto quando precisa acrescentar um novo botão à sequência. Já o erro só pode ocorrer no primeiro caso. Para que o circuito apresente esse funcionamento, o fluxo de dados projetado foi:

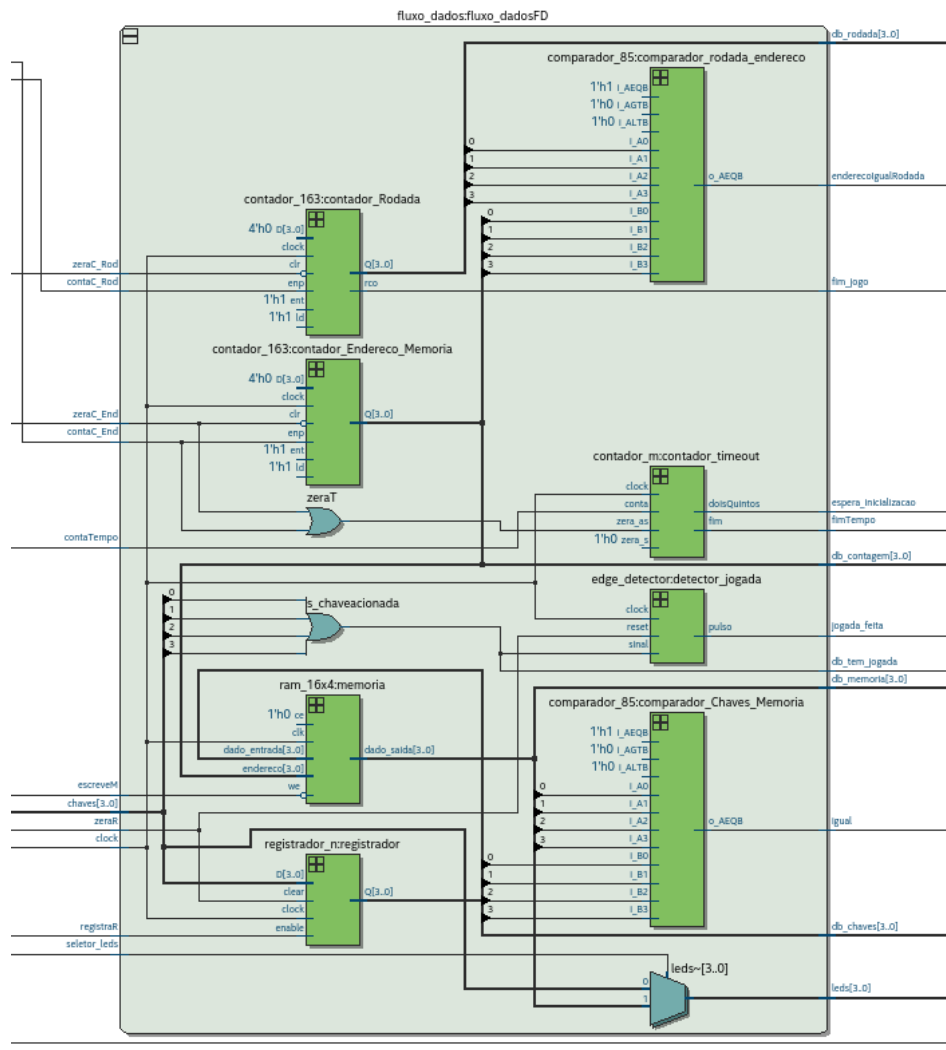


Figura 2: Diagrama RTL do fluxo de dados.

em que os sinais “zeraC_rod”, “contaC_Rod”, “zeraC_End”, “contaC_End”, “contaTempo”, “escreveM”, “zeraR”, “registraR” e “seletor_leds” são sinais de controle, enquanto “enderecolgualRodada”, “fim_jogo”, “espera_inicializacao”, “fimTempo”, “jogada_feita” e “igual” são sinais de condição.

A lógica de funcionamento do circuito é descrita no diagrama de transição de estados (DTE) da figura 2, que destaca também os sinais de condição de cada transição e os sinais de controle de cada estado.

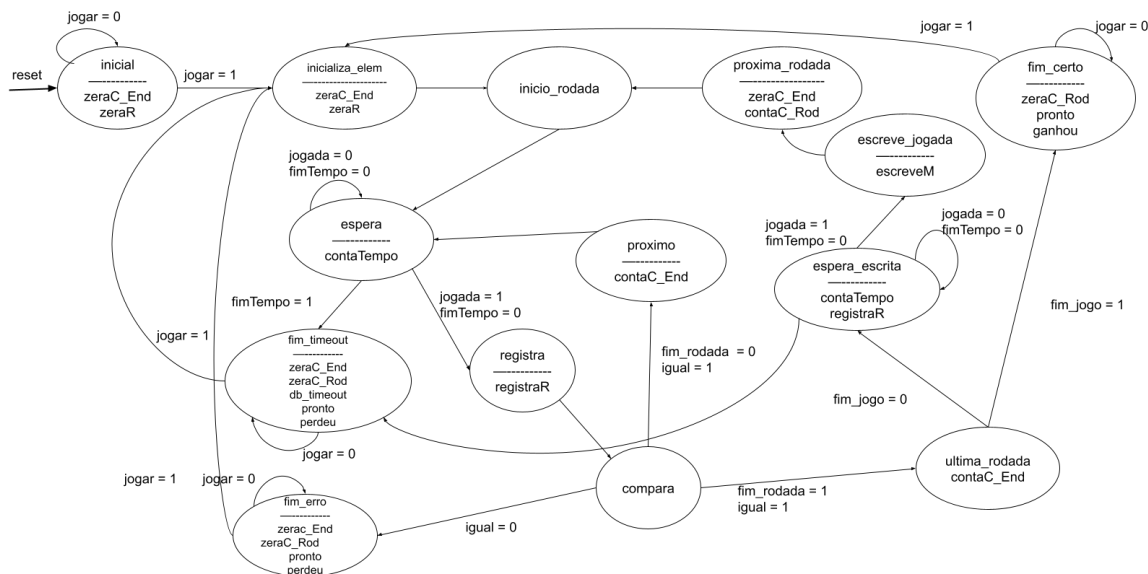


Figura 3: DTE da unidade de controle do circuito.

2.2 Adaptação da unidade de controle:

A alteração da lógica de funcionamento do circuito requer a adição de novos estados para a escrita na memória. A escrita ocorre após a última comparação da rodada, caso não seja a última. Portanto, decidiu-se que o estado deveria ser acionado após “última_rodada”, que segue para “fim_certo” caso de fato seja a última, porém retorna a uma nova rodada após a escrita na memória, caso contrário.

O processo de escrita é dividido em dois estados. Primeiro, tem-se “espera_escrita”: caso não seja a última rodada, espera-se no estado até que algum botão seja pressionado ou que o *timeout* seja atingido. A função deste estado é temporizar o acionamento do *enable* do registrador, para que não haja problemas gerados pelo acionamento simultâneo deste sinal de controle e de algum botão. Caso a jogada seja feita dentro do tempo estipulado, atinge-se “escreve_jogada”, que tem como objetivo apenas a escrita na memória RAM do dado correspondente ao botão pressionado. Em seguida, incondicionalmente transiciona-se a “proxima_rodada” e a “inicio_rodada”, dando continuidade ao jogo.

Por fim, foi modificada a lógica de atribuição dos sinais de controle a partir dos estados. Anteriormente, em “ultima_rodada” o contador de endereços sofria *reset*, porém agora deve contar, o que ocorre por mais um ciclo de *clock*, de modo que o endereço em que se escreve torna-se o seguinte do último dado escrito na memória. Caso contrário, a escrita substituiria o último dado da rodada, em vez de acrescentar um novo botão à sequência. O *reset* do endereço da memória ocorre após dois estados, em “proxima_rodada”. Além disso, “contaTempo” é ligado em “espera_escrita”, visto que também há possibilidade de *timeout* nesse estado. Por fim, no estado “escreve_jogada” o sinal “escreveM” é ativado.

Houve também uma modificação da atribuição ao sinal de controle “zeraC_End” não relacionada à escrita. Tal foi incluir esse sinal nos estados “fim_erro” e “fim_timeout”. Após os testes realizados no desafio da última

experiência, percebeu-se que, mesmo sem “zeraC_End”, após atingir “fim_certo” o contador de endereço era zerado. Isso ocorre pois há uma última passagem por “ultima_rodada”, que contaria além do especificado pelo módulo do contador, o que causa *reset*. Como o mesmo não ocorre para os outros fins, foi preciso forçar o *reset* com essa mudança. Por fim, o sinal “zeraC_Rod” passou a ser alto no estado “inicial” com objetivo de evitar problemas na contagem de rodadas quando uma partida é abortada antes de algum fim ser atingido. Abaixo, tem-se a tabela com as transições de estados.

	Source State	Destination State	Condition
1	compara	fim_erro	(!igual)
2	compara	proximo	(igual).(!fim_rodada)
3	compara	ultima_rodada	(igual).(fim_rodada)
4	escreve_jogada	proxima_rodada	
5	espera	fim_timeout	(fimTempo)
6	espera	registra	(jogada).(!fimTempo)
7	espera	espera	(!fimTempo).(!jogada)
8	espera_escrita	fim_timeout	(fimTempo)
9	espera_escrita	escreve_jogada	(!fimTempo).(jogada)
10	espera_escrita	espera_escrita	(!fimTempo).(!jogada)
11	fim_certo	fim_certo	(!jogar)
12	fim_certo	inicializa_elem	(jogar)
13	fim_erro	fim_erro	(!jogar)
14	fim_erro	inicializa_elem	(jogar)
15	fim_timeout	fim_timeout	(!jogar)
16	fim_timeout	inicializa_elem	(jogar)
17	inicial	inicial	(!jogar)
18	inicial	inicializa_elem	(jogar)
19	inicializa_elem	inicio_rodada	(espera_inicializacao)
20	inicializa_elem	inicializa_elem	(!espera_inicializacao)
21	inicio_rodada	espera	
22	proxima_rodada	inicio_rodada	
23	proximo	espera	
24	registra	compara	
25	ultima_rodada	fim_certo	(fim_jogo)
26	ultima_rodada	espera_escrita	(!fim_jogo)

Figura 4: Transições de estado e condições.

Seguem abaixo as modificações feitas no código VHDL da unidade de controle.

```
entity unidade_controle is
port (
    clock      : in std_logic;
    -- Sinais de condicao
    reset      : in std_logic;
    jogar      : in std_logic; -- novo nome: iniciar -> jogar
    fim_jogo   : in std_logic; -- novo nome e funcao: fim -> fim_jogo, identifica momento em que a ultima rodada eh concluida
    jogada     : in std_logic;
    igual      : in std_logic;
    fimTempo   : in std_logic;
    fim_rodada : in std_logic; -- novo sinal: identifica fim de uma rodada: contador antigo igual ao da rodada.
    espera_inicializacao : in std_logic; -- NOVO
    -- Sinais de controle
    zeraC_End  : out std_logic; -- novo nome: sinal de controle do contador de endereco da memoria
    contaC_End : out std_logic; -- novo nome: sinal de controle do contador de endereco da memoria
    zeraC_Rod  : out std_logic; -- novo sinal de controle: zera contador de rodada
    contaC_Rod : out std_logic; -- novo sinal de controle: incrementa contador de rodada
    zeraR      : out std_logic;
    registrar  : out std_logic;
    ganhou     : out std_logic; -- novo nome: acertou -> ganhou
    perdeu     : out std_logic; -- novo nome: errou -> perdeu
    pronto     : out std_logic;
    contaTempo : out std_logic;
    escreveM   : out std_logic;
    seletor_leds : out std_logic;
    -- Sinais de depuracao
    db_estado  : out std_logic_vector(3 downto 0);
    db_timeout : out std_logic;
);
end entity;
```

Figura 5: Entidade da unidade de controle atualizada.

```
type t_estado is (inicial, inicializa_elem, inicio_rodada, ultima_rodada, proxima_rodada,
espera, registra, compara, proximo, fim_erro, fim_certo, fim_timeout,
espera_escrita, escreve_jogada); -- novo estado para escrita
```

Figura 6: Nova lista de estados.

```
Eprox <=
    inicial when Eatual=inicial and jogar='0' else -- iniciar -> jogar
    inicializa_elem when ((Eatual=inicial or Eatual=fim_certo or Eatual=fim_erro or Eatual=fim_timeout) and jogar='1')
    or (Eatual=inicializa_elem and espera_inicializacao = '0') else --iniciar -> pronto
    inicio_rodada when (Eatual=inicializa_elem and espera_inicializacao = '1') or Eatual=proxima_rodada else -- novo estado
    espera when (Eatual=inicio_rodada or (Eatual=proximo) or (Eatual = espera and jogada='0' and fimTempo='0') else -- mudanca na transicao que ag
    fim_timeout when ((Eatual=espera or Eatual=espera_escrita) and fimTempo = '1') or (Eatual=fim_timeout and jogar='0') else -- iniciar -> jogar
    registra when (Eatual=espera and jogada='1') else
    compara when Eatual=registra else
    proximo when Eatual=compara and fim_rodada='0' and igual = '1' else -- fim -> fim_rodada
    ultima_rodada when Eatual=compara and fim_rodada='1' and igual = '1' else -- fim -> fim_rodada / novo estado
    espera_escrita when (Eatual=ultima_rodada and fim_jogo='0') or (Eatual = espera_escrita and jogada = '0' and fimTempo = '0') else
    escreve_jogada when Eatual=espera_escrita and jogada='1' and fimTempo='0' else
    proxima_rodada when Eatual = escreve_jogada else
    fim_erro when (Eatual=compara and igual = '0') or (Eatual=fim_erro and jogar='0') else -- iniciar -> jogar
    fim_certo when (Eatual=ultima_rodada and fim_jogo='1') or (Eatual=fim_certo and jogar = '0') else -- igual = '1' foi suprimido da 1.a condicao
    inicial;
```

Figura 7: Lógica de transição de estados

```
with Eatual select
    escreveM <= '1' when escreve_jogada,
    '0' when others;

with Eatual select
    seletor_leds <= '1' when inicializa_elem,
    '0' when others;
```

Figura 8: Lógica dos novos sinais de controle.

No fluxo de dados, desde o início a entrada da memória RAM foi estabelecida como a saída do registrador, que corresponde à jogada armazenada. Assim, não há necessidade de se alterar essa parte.

2.3 Modificações gerais:

Após análise dos resultados obtidos com o circuito desafio da experiência 5, foi detectada a necessidade de alguns ajustes finos. Primeiramente, a especificação da experiência 6 afirma que o tempo que o LED deve mostrar a primeira jogada a ser feita na primeira rodada é de 2 segundos, diferente do estabelecido pela dupla anteriormente. Por fim, a saída dos LEDS correspondia, anteriormente, ao “s_chaves”, ou seja, à saída do registrador. No entanto, o funcionamento que se aproxima da implementação física é diferente: os LEDS devem seguir altos enquanto o jogador estiver pressionando os botoes. Por isso, essa entrada do multiplexador foi alterada para “chaves”, entrada do fluxo de dados que corresponde

a “botoes” do circuito completo. Essa alteração também simplificou a lógica de *reset* do registrador, que voltou a ser “zeraR” diretamente, não sendo levado em conta qualquer *timeout*.

Abaixo, pode-se ver as alterações mencionadas.

```
70      -- saida doisQuintos
71      doisQuintos <= '1' when IQ=2*M/5-1 else
72          '0';
```

Figura 9: Alteração no componente contador_m.

```
278      with seletor_leds select
279          leds <= s_dado when '1',
280          chaves when others;
```

Figura 10: Alteração em uma das saídas do multiplexador.

```
233      --Antigo: zeraR_completo <= zeraR or (contaTempo and doisQuintos)
234      registrador: registrador_n
235      generic map( N => 4)
236      port map (
237          clock => clock,
238          clear => zeraR,
239          enable => registraR,
240          D => chaves,
241          Q => s_chaves
242      );
```

Figura 11: Lógica de reset do registrador retorna à usada na experiência 4.

2.4 Simulação com o ModelSim

Foram elaborados 5 planos de teste para checagem do funcionamento correto do circuito. Primeiro, mantiveram-se *testbenchs* análogos aos usados na experiência anterior para testar “fim_erro”, “fim_timeout” e “fim_acerto”. Modificou-se apenas o dado escrito na memória, que passou a ser sempre 1, pela facilidade de execução do plano de testes na placa FPGA. Ademais, foram criados 2 novos testes: um para teste do funcionamento do *reset* e outro para teste do funcionamento do circuito caso mais de uma partida seja jogada em sequência - sem ativação do *reset*. As tabelas apresentando os cenários estão localizadas no anexo A.

2.4.1 Simulação tb_acerto:

Teste feito a partir do arquivo *jogo_desafio_memoria_tb_acerto*, em que o jogador acerta todas as jogadas. Para maior simplicidade na reprodução das jogadas na placa FPGA, é sempre escrito “0001” e tal é também o dado inicial da memória. Abaixo tem-se a forma de onda dividida em três partes: inicialização, foco na rodada 8 e finalização do jogo.

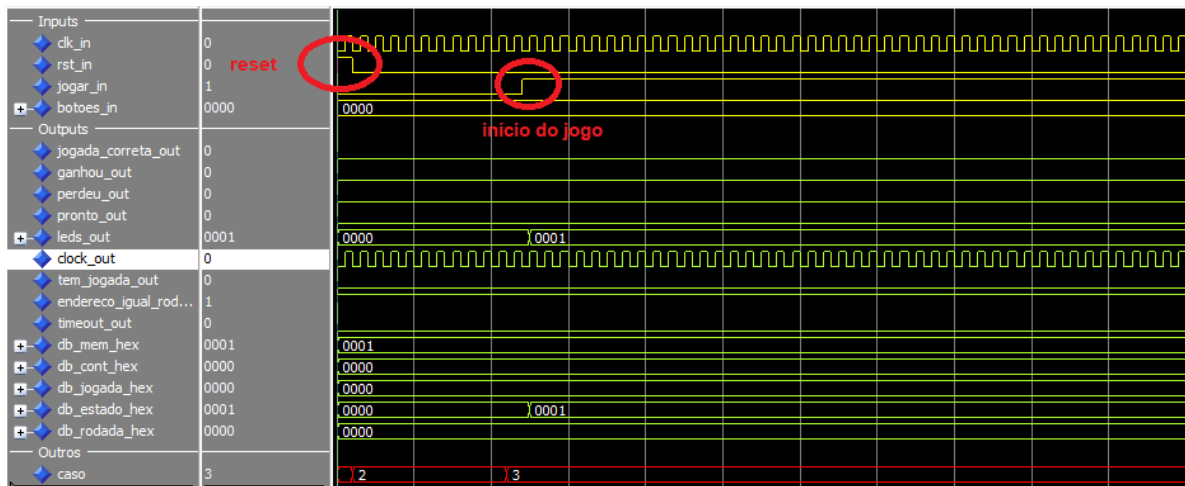


Figura 12: Primeira parte para simulação de acerto no jogo desafio da memória.

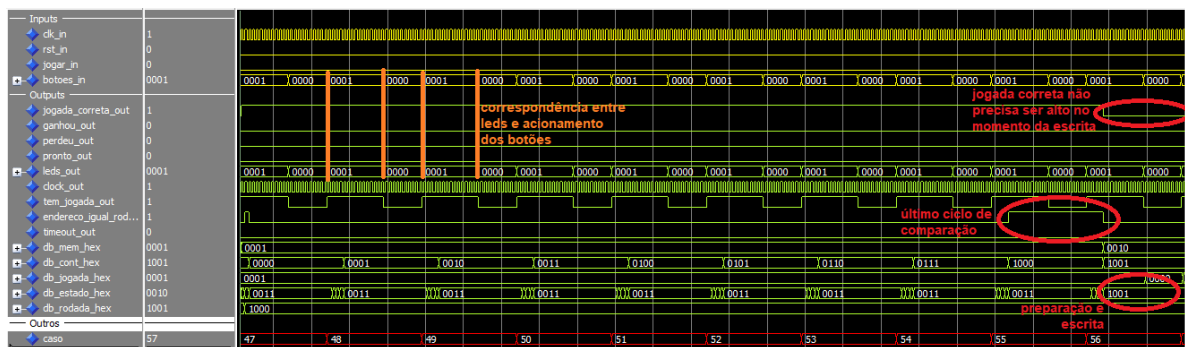


Figura 13: Rodada 8 da simulação de acerto no jogo desafio da memória.

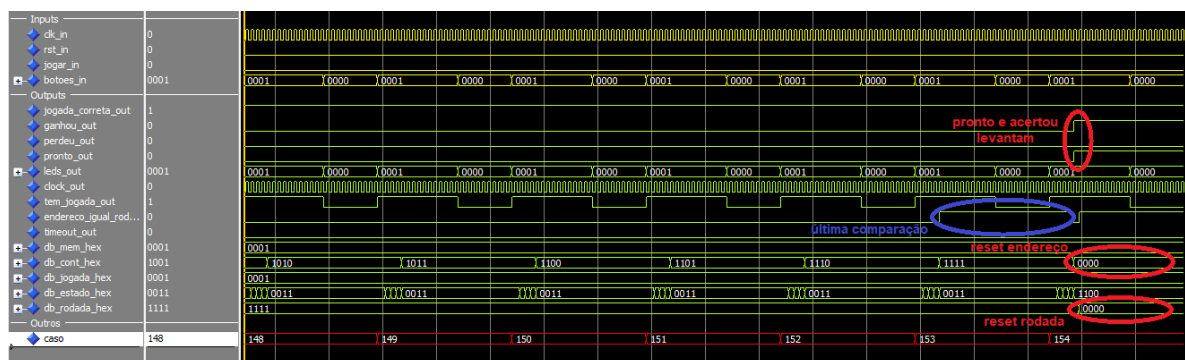


Figura 14: Final da simulação de acerto no jogo desafio da memória.

Na inicialização, acionam-se, nessa ordem, o “reset” e o “jogar”. Em seguida, os leds mostram o dado inicial da memória (primeiro botão da sequência) por 2000 ciclos de *clock*. Posteriormente, inicia-se o ciclo de comparação e escrita (*loop* interno) para cada rodada (*loop* externo). A figura 13 destaca como ocorre o *loop* interno para a rodada 8. Por fim, a figura 14 mostra o final da última rodada, bem como o término do jogo. Neste caso, como não houve erro, atinge-se “fim_certo” e “acertou” levanta, além de “pronto”.

2.4.2 Simulação tb_erro:

Teste feito a partir do arquivo `jogo_desafio_memoria_tb_erro`, em que o jogador escreve sempre “0001” e acerta a sequência até a segunda jogada da quarta rodada. Abaixo tem-se a forma de onda obtida, dividida em duas partes.

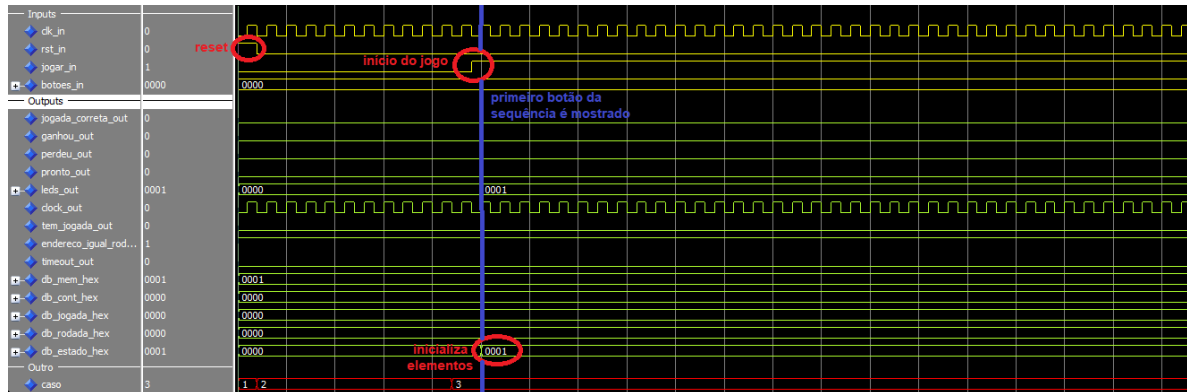


Figura 15: Primeira parte da simulação de erro no circuito.

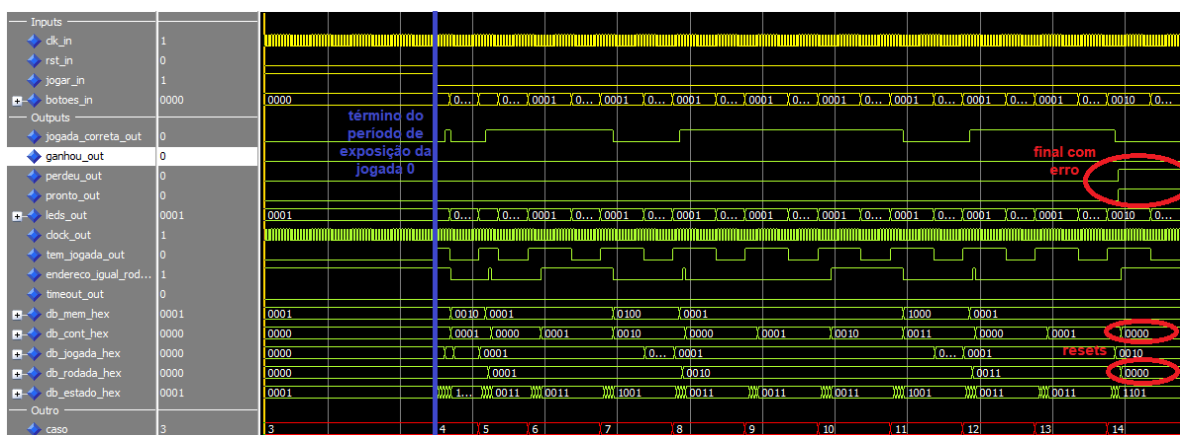


Figura 16: Segunda parte da simulação de erro no circuito.

A forma de onda obtida mostra funcionamento correspondente ao esperado a partir da lógica do circuito. Primeiro, há ativação do sinal de *reset* e de “jogar”, iniciando a partida. Em seguida, após o primeiro dado ser mostrado por 2000 ciclos de *clock* (2 segundos para o *clock* no projeto) tem-se início o ciclo de comparações e escrita, realizado até a segunda jogada da quarta rodada, quando ocorre um erro. Então, atinge-se o estado “fim_erro”, no qual “pronto” e “perdeu” levantam.

2.4.3 Simulação `tb_timeout`:

O teste foi realizado a partir do arquivo `jogo_desafio_memoria_tb_timeout` e consiste em exceder o tempo limite para uma jogada durante a segunda comparação da rodada quatro. Abaixo tem-se a forma de onda dividida em três partes:

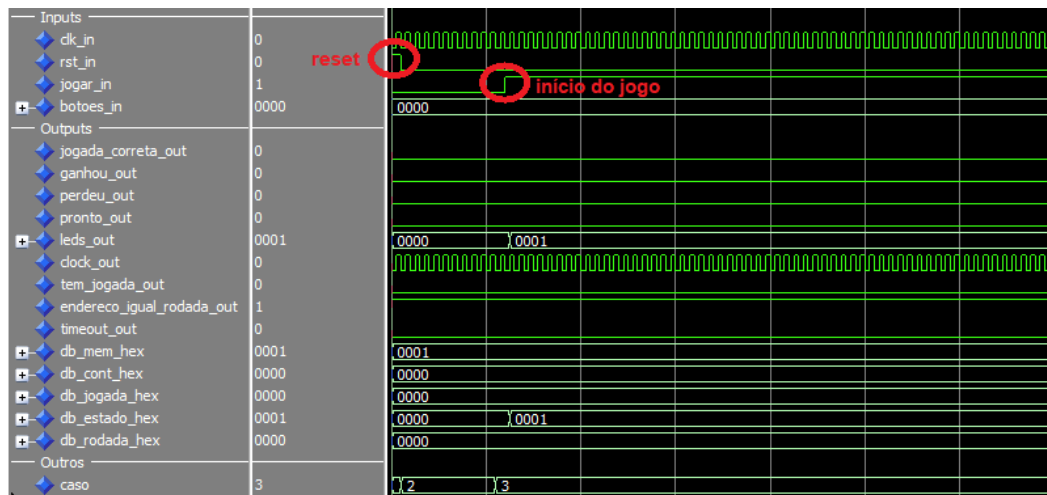


Figura 17: Primeira parte do teste para *timeout* do circuito.

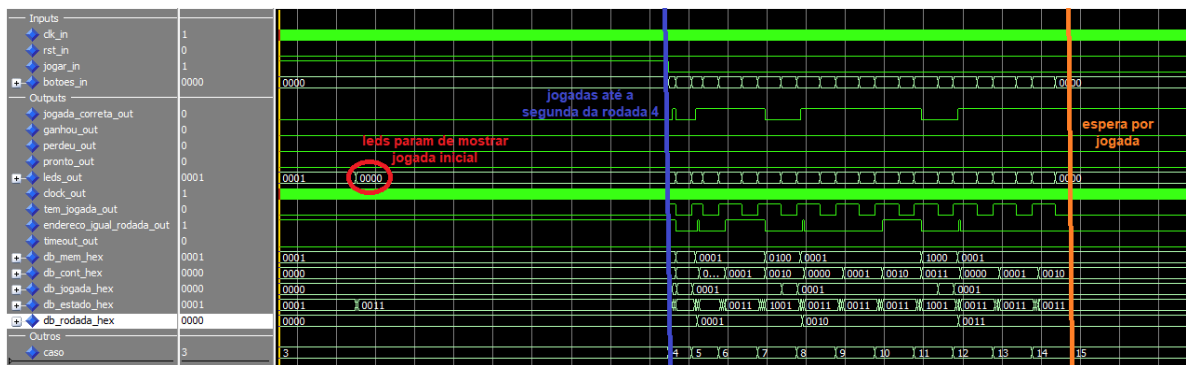


Figura 18: Segunda parte do teste para *timeout* do circuito.

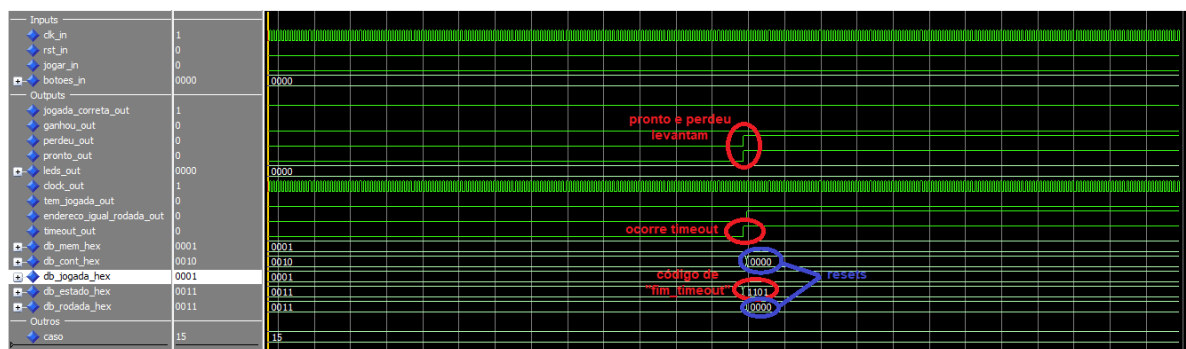


Figura 19: Terceira parte do teste para *timeout* do circuito.

A inicialização mostrada na figura 17 é idêntica à dos demais casos de teste. Em seguida, a figura 18 destaca o momento em que os leds deixam de mostrar a primeira jogada e é dado início ao jogo, de fato. As comparações e escritas ocorrem até a jogada 2 da rodada 4, quando o tempo limite é excedido. Então, na figura 19, pode-se ver que a saída de *timeout* levanta - e segue alta -, bem como “pronto” e “erro”. Ademais, há *reset* dos contadores de endereço e de rodada. Por isso, o sinal de condição que monitora igualdade entre endereço e rodada levanta. No entanto, como se está em “fim_timeout”, isto não provoca transição de estado.

2.4.4 Simulação tb_reset:

Testado a partir de jogo_desafio_memoria_tb_reset, averigua se o circuito se comporta corretamente caso um jogo seja abortado e, em seguida, um novo seja iniciado. O primeiro jogo da simulação consiste no acerto do primeiro dado e escrita na rodada 0. O segundo, do acerto na rodada 0 e erro na primeira jogada da rodada seguinte. Abaixo, tem-se a forma de onda obtida dividida em três partes.

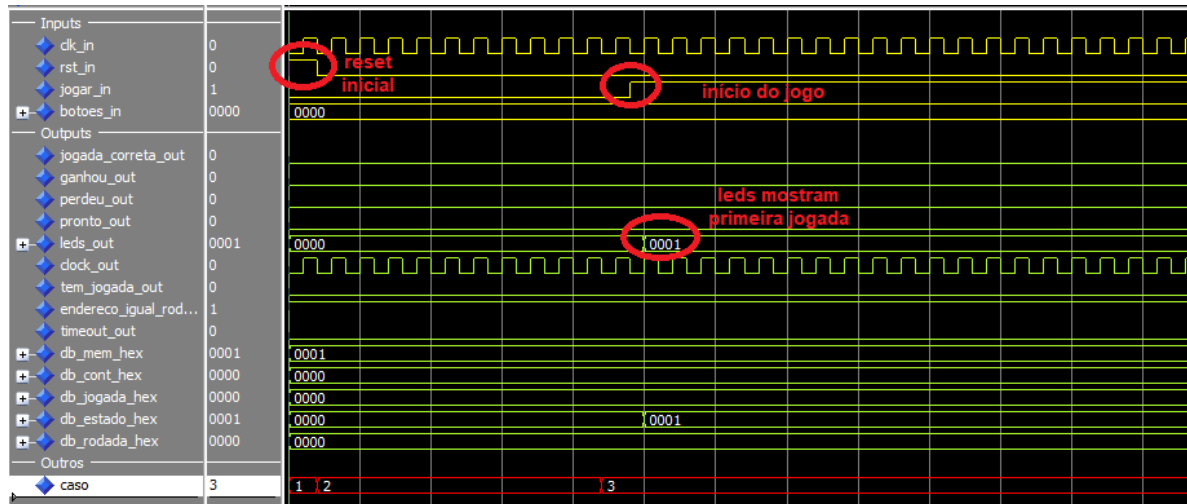


Figura 20: Primeira parte do teste de jogos em sequência com *reset*.

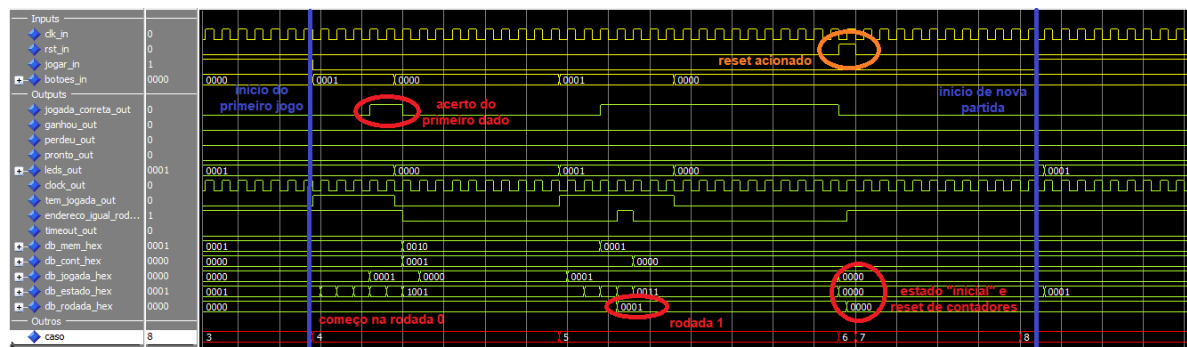


Figura 21: Segunda parte do teste de jogos em sequência com *reset*.

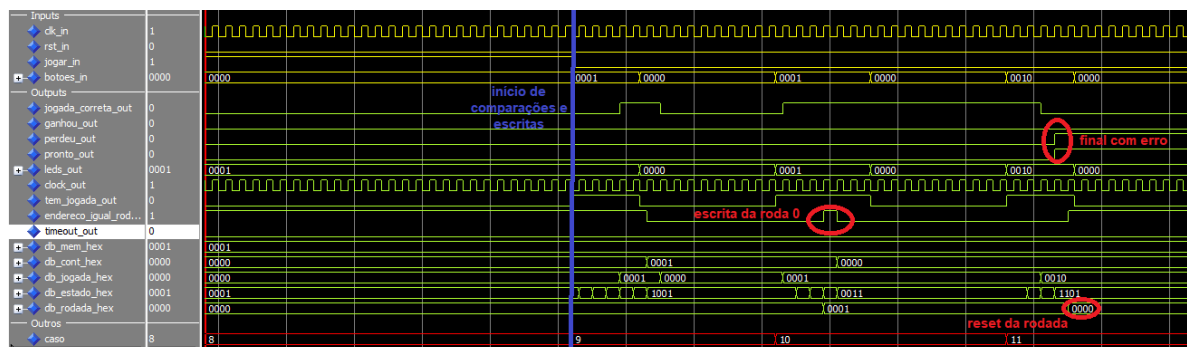


Figura 22: Terceira parte do teste de jogos em sequência com *reset*.

2.4.5 Simulação tb_dois_jogos:

Timing diagram showing the sequence of events in the game logic circuit. The diagram includes signals for Inputs (clk_in, rst_in, jogado_in) and Outputs (jogada_correta_out, ganhou_out, perdeu_out, pronto_out, leds_out, clock_out, tem_jogada_out, endereco_igual_rod..., timeout_out, db_mem_hex, db_cont_hex, db_jogada_hex, db_estado_hex, db_rodada_hex, Outros, caso). The diagram illustrates the initial reset, the start of the first game, and the LEDs showing the first move.

Timing diagram showing the sequence of events in the game logic circuit. The diagram includes signals for Inputs (clk_in, rst_in, jogar_in, botes_in) and Outputs (jogada_correta_out, ganhou_out, perdeu_out, pronto_out, leds_out, dock_out, tem_jogada_out, endereco_igual_rod..., timeout_out, db_mem_hex, db_cont_hex, db_jogada_hex, db_estado_hex, db_rodada_hex, caso). The diagram illustrates the state of the circuit over 16 clock cycles, with annotations indicating the start of a new game, the start of comparisons and writes, and the end of the game with an error. A red circle highlights a 'resets' signal at cycle 14.

Figura 24: Segunda parte do teste para dois jogos consecutivos.

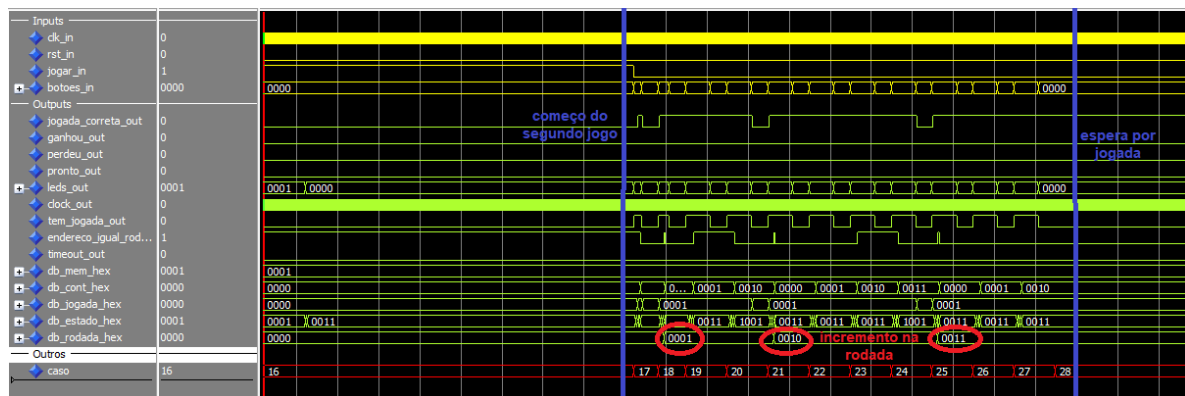


Figura 25: Terceira parte do teste para dois jogos consecutivos.

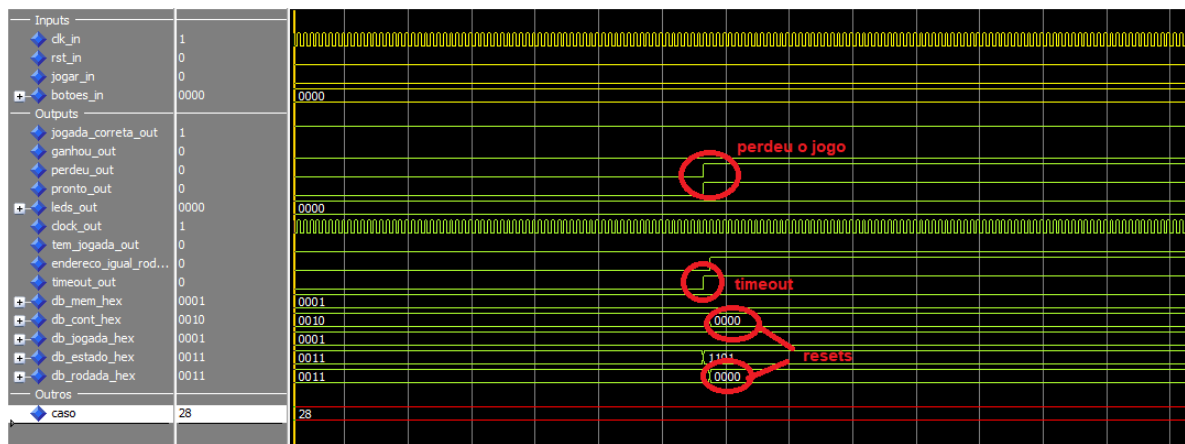


Figura 26: Quarta parte do teste para dois jogos consecutivos.

Primeiro, na figura 23 tem-se a inicialização padrão do circuito. Em seguida, há comparações e jogadas relativas ao primeiro jogo na figura 24. Tal termina em erro na rodada três. Em laranja, destaca-se o início de um novo jogo, sem passar por “inicial” - vai direto a “inicializa_elementos”. A figura 25 mostra as comparações e escritas feitas na partida, novamente sempre “0001”. Por fim, a espera pela jogada um da rodada três excede o tempo limite e “fime_timeout” é atingido, como esperado.

2.5 Atividades de projeto no Quartus

Após a simulação, os arquivos de descrição de hardware foram utilizados para a criação de um projeto utilizando o *software* Quartus. Como o intuito desse passo é preparar o projeto para sua implementação física na placa FPGA, foi feita uma modificação na instância da memória RAM dentro do fluxo de dados, para que fosse utilizado um arquivo .mif para descrever seu conteúdo inicial.

```

memoria: entity work.ram_16x4 (ram_mif) -- usar esta linha para Intel Quartus
--memoria: entity work.ram_16x4 (ram_modelsim) -- usar arquitetura para ModelSim
port map (
    clk          => clock,
    endereco     => s_endereco,
    dado_entrada => s_chaves,
    we           => s_not_escreve, -- we ativo em baixo
    ce           => '0',
    dado_saida  => s_dado
);

```

Figura 27: Mudança da arquitetura escolhida para a memória RAM.

Após essa modificação, o projeto foi compilado novamente, e foram então utilizadas as ferramentas *RTL Viewer* e *State Machine* para gerar diagramas que indicam o funcionamento do circuito.

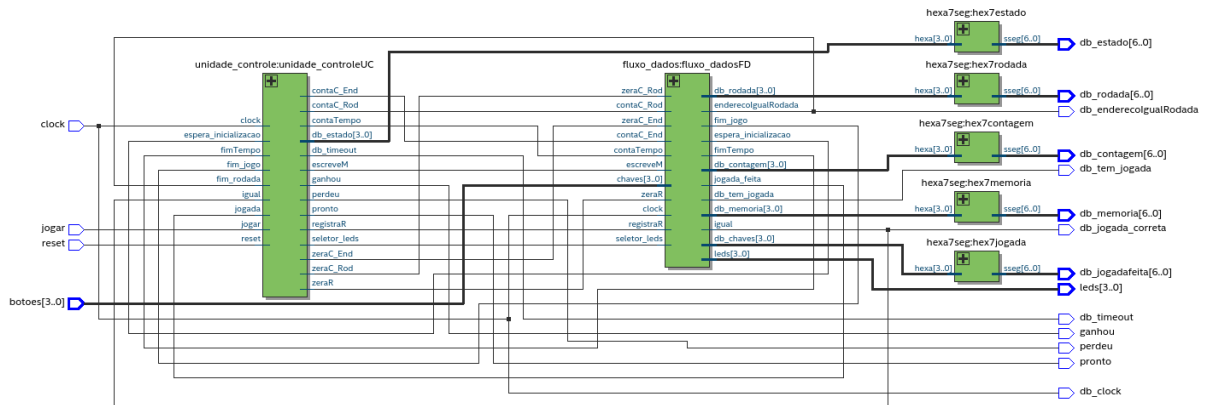


Figura 28: Diagrama RTL do circuito completo.

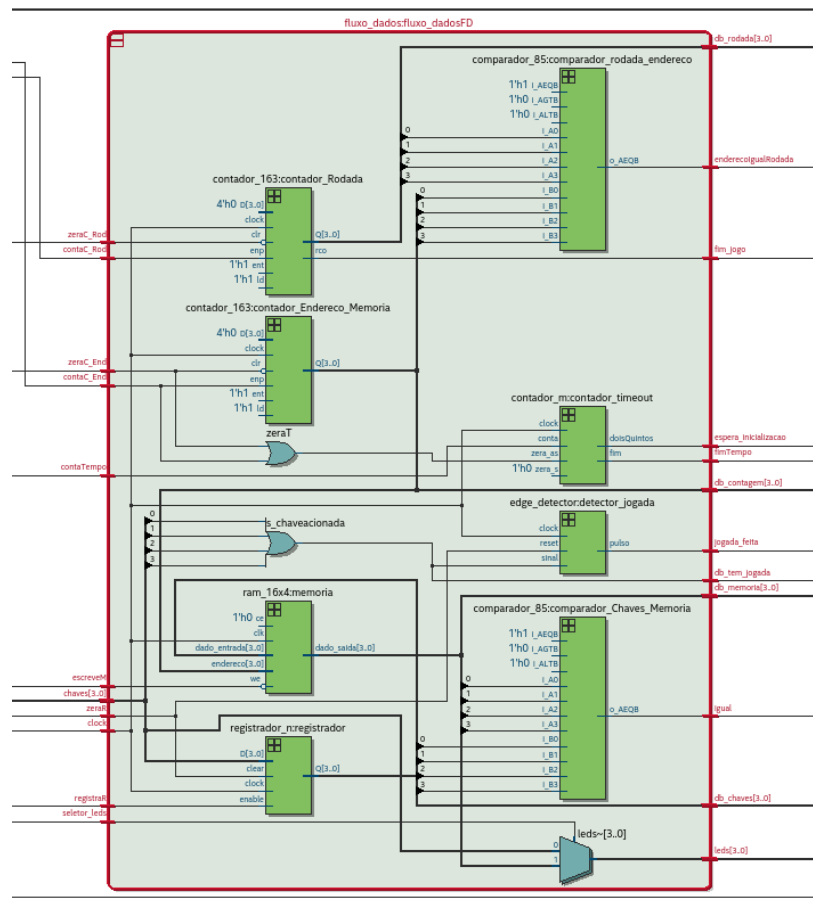


Figura 29: Diagrama RTL do fluxo de dados.

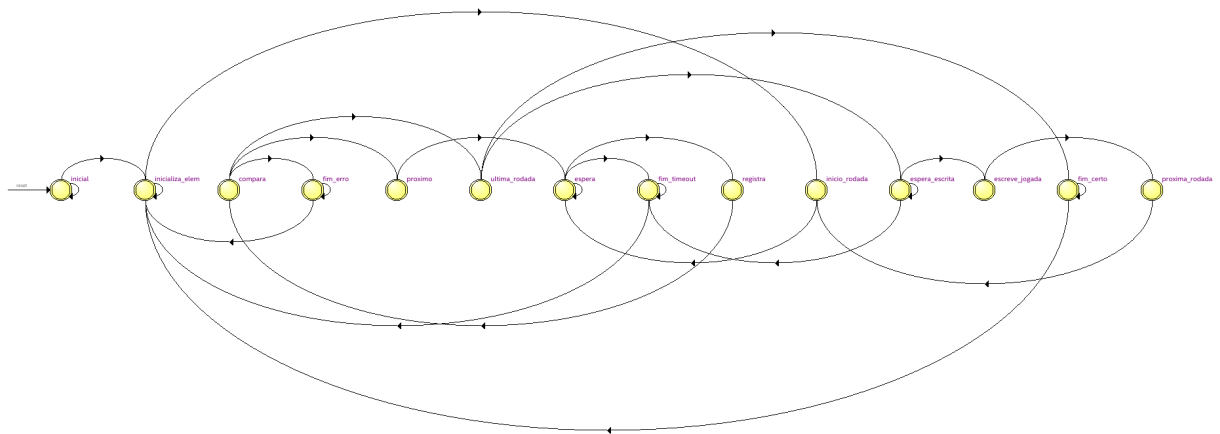


Figura 30: Diagrama de Transição de Estados gerado pelo Quartus.

	Source State	Destination State	Condition
1	compara	proximo	(igual).(!fim_rodada)
2	compara	fim_erro	(!igual)
3	compara	ultima_rodada	(igual).(fim_rodada)
4	escreve_jogada	proxima_rodada	
5	espera	fim_timeout	(fimTempo)
6	espera	espera	(!fimTempo).(!jogada)
7	espera	registra	(jogada).(!fimTempo)
8	espera_escrita	espera_escrita	(!fimTempo).(!jogada)
9	espera_escrita	escreve_jogada	(!fimTempo).(jogada)
10	espera_escrita	fim_timeout	(fimTempo)
11	fim_certo	fim_certo	(!jogar)
12	fim_certo	inicializa_elem	(jogar)
13	fim_erro	fim_erro	(!jogar)
14	fim_erro	inicializa_elem	(jogar)
15	fim_timeout	inicializa_elem	(jogar)
16	fim_timeout	fim_timeout	(!jogar)
17	inicial	inicializa_elem	(jogar)
18	inicial	inicial	(!jogar)
19	inicializa_elem	inicio_rodada	(espera_inicializacao)
20	inicializa_elem	inicializa_elem	(!espera_inicializacao)
21	inicio_rodada	espera	
22	proxima_rodada	inicio_rodada	
23	proximo	espera	
24	registra	compara	
25	ultima_rodada	fim_certo	(fim_jogo)
26	ultima_rodada	espera_escrita	(!fim_jogo)

Figura 31: Tabela de transição de estados gerada pelo Quartus.

3. Planejamento da Aula Prática

3.1 Planejamento da pinagem

Para a implementação do projeto na Placa FPGA através do *software* Quartus, é necessário atribuir as entradas e saídas da entidade principal do circuito aos pinos da placa FPGA. Com esse intuito, foi construída a tabela de pinagem abaixo:

Sinal	Pino na Placa DE0-CV	Pino no FPGA	Analog Discovery
CLOCK	GPIO_0_D0	PIN_N16	Patterns – Clock – 1 KHz – DIO
RESET	GPIO_0_D1	PIN_B16	StaticIO – Button 0/1 – DIO1
INCIAR/JOGAR	GPIO_0_D3	PIN_C16	StaticIO – Button 0/1 – DIO2
BOTOES(0)	GPIO_0_D11	PIN_R22	StaticIO – Button 0/1 – DIO4
BOTOES(1)	GPIO_0_D13	PIN_T22	StaticIO – Button 0/1 – DIO5
BOTOES(2)	GPIO_0_D15	PIN_N19	StaticIO – Button 0/1 – DIO6
BOTOES(3)	GPIO_0_D17	PIN_P19	StaticIO – Button 0/1 – DIO7
PERDEU	GPIO_1_D11	PIN_J18	StaticIO – LED – DIO8
GANHOU	GPIO_1_D13	PIN_G11	StaticIO – LED – DIO9
PRONTO	GPIO_1_D15	PIN_J11	StaticIO – LED – DIO10
LEDS(0)	GPIO_1_D17	PIN_A15	StaticIO – LED – DIO12
LEDS(1)	GPIO_1_D19	PIN_L8	StaticIO – LED – DIO13
LEDS(2)	GPIO_1_D21	PIN_B15	StaticIO – LED – DIO14
LEDS(3)	GPIO_1_D23	PIN_E14	StaticIO – LED – DIO15
db_clock	Led LEDR0	PIN_AA2	-
db_tem_jogada	Led LEDR1	PIN_AA1	-
db_jogada_correta	Led LEDR2	PIN_W2	-
db_enderecoIgualRodada	Led LEDR3	PIN_Y3	-
db_timeout	Led LEDR4	PIN_N2	-
db_contagem(0)	Display HEX0	PIN_U21	-
db_contagem(1)	Display HEX0	PIN_V21	-
db_contagem(2)	Display HEX0	PIN_W22	-
db_contagem(3)	Display HEX0	PIN_W21	-
db_contagem(4)	Display HEX0	PIN_Y22	-

db_contagem(5)	Display HEX0	PIN_Y21	-
db_contagem(6)	Display HEX0	PIN_AA22	-
db_memoria(0)	Display HEX1	PIN_AA20	-
db_memoria(1)	Display HEX1	PIN_AB20	-
db_memoria(2)	Display HEX1	PIN_AA19	-
db_memoria(3)	Display HEX1	PIN_AA18	-
db_memoria(4)	Display HEX1	PIN_AB18	-
db_memoria(5)	Display HEX1	PIN_AA17	-
db_memoria(6)	Display HEX1	PIN_U22	-
db_jogada_feita(0)	Display HEX2	PIN_Y19	-
db_jogada_feita(1)	Display HEX2	PIN_AB17	-
db_jogada_feita(2)	Display HEX2	PIN_AA10	-
db_jogada_feita(3)	Display HEX2	PIN_Y14	-
db_jogada_feita(4)	Display HEX2	PIN_V14	-
db_jogada_feita(5)	Display HEX2	PIN_AB22	-
db_jogada_feita(6)	Display HEX2	PIN_AB21	-
db_rodada(0)	Display HEX3	PIN_Y16	-
db_rodada(1)	Display HEX3	PIN_W16	-
db_rodada(2)	Display HEX3	PIN_Y17	-
db_rodada(3)	Display HEX3	PIN_V16	-
db_rodada(4)	Display HEX3	PIN_U17	-
db_rodada(5)	Display HEX3	PIN_V18	-
db_rodada(6)	Display HEX3	PIN_V19	-
db_estado(0)	Display HEX5	PIN_N9	-
db_estado(1)	Display HEX5	PIN_M8	-
db_estado(2)	Display HEX5	PIN_T14	-
db_estado(3)	Display HEX5	PIN_P14	-
db_estado(4)	Display HEX5	PIN_C1	-
db_estado(5)	Display HEX5	PIN_C2	-
db_estado(6)	Display HEX5	PIN_W19	-

Tabela 2: Pinagem sugerida para sinais de interface externa do circuito.

3.2 Analog discovery

Um dispositivo externo à placa FPGA, denominado Analog Discovery, é utilizado para acionamento dos sinais de entrada e também para geração do *clock* na frequência estabelecida de 1kHz - o que seria evidentemente impossível para um

humano pressionando botões da FPGA. Além disso, as saídas “perdeu”, ganhou”, “pronto” e “leds” também estão ligadas ao analog discovery. Abaixo, tem-se o esquema de pinos correspondentes a cada fio do Analog Discovery para a placa FPGA, usado na montagem do circuito, bem como a correspondência do número e cor de cada fio com a nomenclatura.

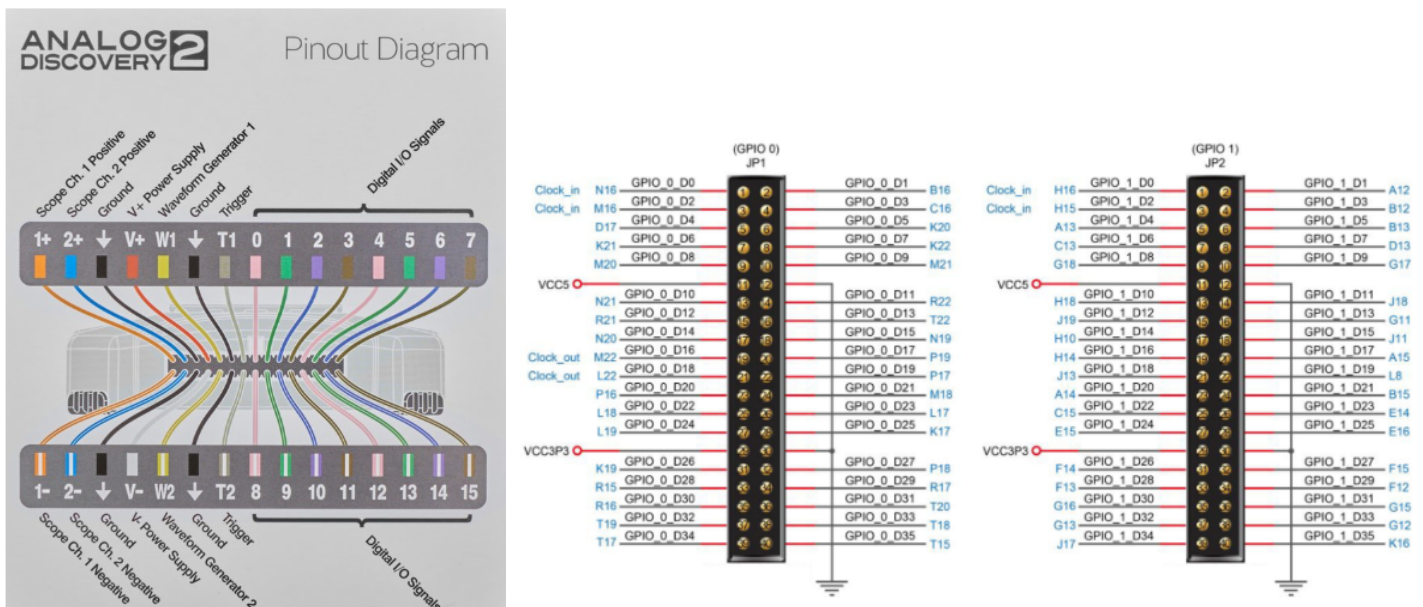


Figura 32: Informações para conexão do Analog Discovery à placa FPGA e pinagem de seus sinais.

Para controlar os sinais de entrada ligados ao Analog Discovery e observar os sinais de saída, é utilizado o *software* Waveforms. A foto abaixo, retirada da apostila “Dicas Analog Discovery” da disciplina, mostra a forma geral da interface do programa e como o sinal de *clock* deve ser definido.

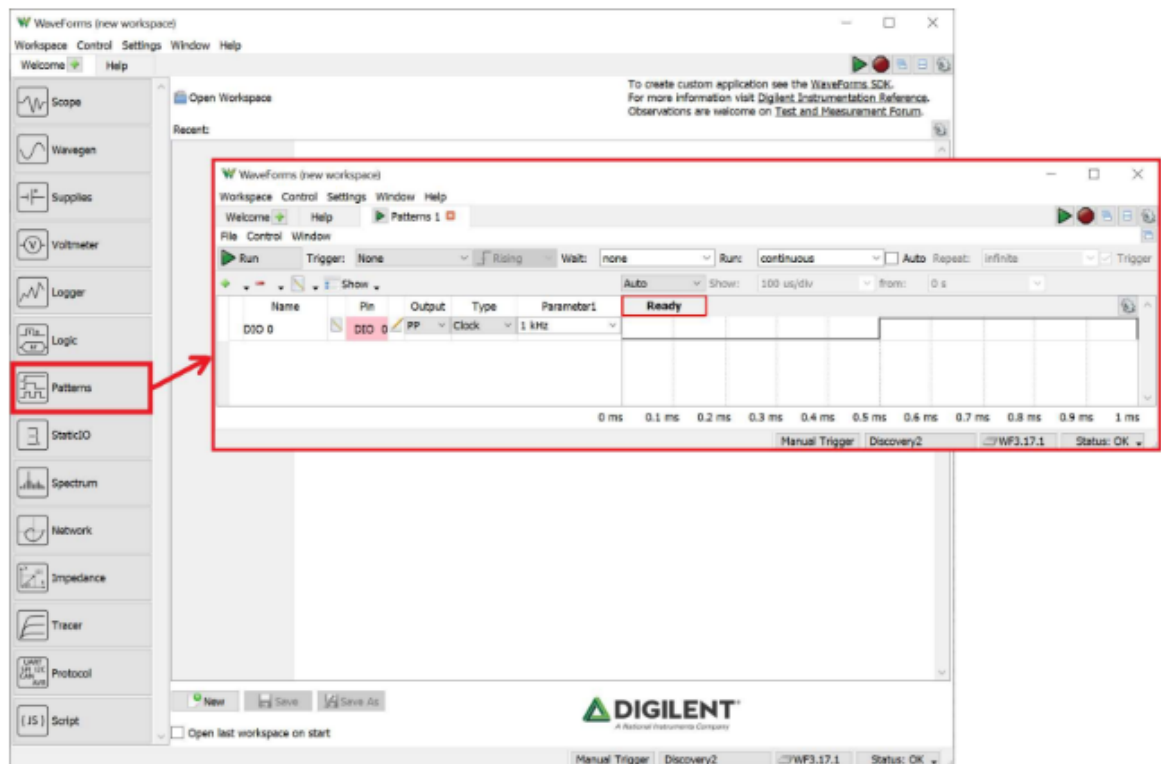


Figura 33: Interface do Waveforms e localização de comandos para configuração do relógio.

Após clicar em “Patterns”, na área à esquerda, em branco, clica-se com o botão direito do *mouse*, abrindo uma caixa de opções na qual é possível adicionar sinais - no caso apenas DIO0 será configurado dessa forma. Posteriormente, define-se o tipo como *clock* e ajusta-se o parâmetro (frequência) para 1kHz. Por fim, destaca-se que para o sinal realmente iniciar sua operação é preciso ativar o *play*, clicando na seta verde que aparece no título do *pattern* criado - no caso *patterns 1*. Quando ativo, a seta verde será substituída por um botão vermelho. Então, é preciso configurar os demais sinais, que correspondem à categoria StaticIO. As demais entradas do circuito devem ser declaradas como botões, enquanto as saídas devem ser declaradas como LEDs. Nota-se que, no canto esquerdo superior, pode-se clicar em *view* e depois em *nomes*, para renomear cada sinal, inicialmente denominado a partir de seu número de entrada.

Anexo A - Cenários de Teste

Cenário #1 – Acerto de todas as jogadas				
#	Operação	Sinais de entrada	Resultado esperado	Resultado observado
c.i.	Condições Iniciais		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
1	“Resetar” circuito	acionar reset	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
2	Aguardar alguns segundos		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
3	Acionar sinal iniciar	acionar iniciar	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0001 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 0	
4	Acionar jogada 1, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 0	

5	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
6	Acionar jogada 1, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
7	Acionar jogada 2, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
8	Acionar escrita, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
9	Acionar jogada 1, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
10	Acionar jogada 2, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
11	Acionar jogada 3, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 2	

12	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
13	Acionar jogada 1, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
14	Acionar jogada 2, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
15	Acionar jogada 3, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
16	Acionar jogada 4, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
17	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 4	
18	Acionar jogada 1, rodada 5	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 4	

19	Acionar jogada 2, rodada 5	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 4	
20	Acionar jogada 3, rodada 5	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 4	
21	Acionar jogada 4, rodada 5	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 4	
22	Acionar jogada 5, rodada 5	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 4	
23	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 5	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 5	
24	Acionar jogada 1, rodada 6	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 5	
25	Acionar jogada 2, rodada 6	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 5	

26	Acionar jogada 3, rodada 6	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 5	
27	Acionar jogada 4, rodada 6	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 5	
28	Acionar jogada 5, rodada 6	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 5	
29	Acionar jogada 6, rodada 6	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 5	
30	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 6	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 6	
31	Acionar jogada 1, rodada 7	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 6	
32	Acionar jogada 2, rodada 7	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 6	

33	Acionar jogada 3, rodada 7	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 6	
34	Acionar jogada 4, rodada 7	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 6	
35	Acionar jogada 5, rodada 7	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 6	
36	Acionar jogada 6, rodada 7	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 6	
37	Acionar jogada 7, rodada 7	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 7 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 6	
38	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 7	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 7	
39	Acionar jogada 1, rodada 8	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 7	

40	Acionar jogada 2, rodada 8	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 7	
41	Acionar jogada 3, rodada 8	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 7	
42	Acionar jogada 4, rodada 8	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 7	
43	Acionar jogada 5, rodada 8	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 7	
44	Acionar jogada 6, rodada 8	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 7	
45	Acionar jogada 7, rodada 8	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 7 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 7	
46	Acionar jogada 8, rodada 8	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 8 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 7	

47	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 8	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 8	
48	Acionar jogada 1, rodada 9	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 8	
49	Acionar jogada 2, rodada 9	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 8	
50	Acionar jogada 3, rodada 9	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 8	
51	Acionar jogada 4, rodada 9	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 8	
52	Acionar jogada 5, rodada 9	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 8	
53	Acionar jogada 6, rodada 9	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 8	

54	Acionar jogada 7, rodada 9	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 7 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 8	
55	Acionar jogada 8, rodada 9	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 8 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 8	
56	Acionar jogada 9, rodada 9	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 9 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 8	
57	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 9	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 9	
58	Acionar jogada 1, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 9	
59	Acionar jogada 2, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 9	
60	Acionar jogada 3, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 9	

61	Acionar jogada 4, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 9	
62	Acionar jogada 5, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 9	
63	Acionar jogada 6, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 9	
64	Acionar jogada 7, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 7 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 9	
65	Acionar jogada 8, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 8 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 9	
66	Acionar jogada 9, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 9 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 9	
67	Acionar jogada 10, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = A db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 9	

68	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 10	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	
69	Acionar jogada 1, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	
70	Acionar jogada 2, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	
71	Acionar jogada 3, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	
72	Acionar jogada 4, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	
73	Acionar jogada 5, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	
74	Acionar jogada 6, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	

75	Acionar jogada 7, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 7 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	
76	Acionar jogada 8, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 8 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	
77	Acionar jogada 9, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 9 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	
78	Acionar jogada 10, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = A db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = A	
79	Acionar jogada 11, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = B db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = A	
80	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 11	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	
81	Acionar jogada 1, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	

82	Acionar jogada 2, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	
83	Acionar jogada 3, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	
84	Acionar jogada 4, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	
85	Acionar jogada 5, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	
86	Acionar jogada 6, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	
87	Acionar jogada 7, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 7 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	
88	Acionar jogada 8, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 8 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	

89	Acionar jogada 9, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 9 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	
90	Acionar jogada 10, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = A db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	
91	Acionar jogada 11, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = B db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = B	
92	Acionar jogada 12, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = C db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = B	
93	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 12	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
94	Acionar jogada 1, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
95	Acionar jogada 2, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	

96	Acionar jogada 3, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
97	Acionar jogada 4, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
98	Acionar jogada 5, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
99	Acionar jogada 6, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
100	Acionar jogada 7, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 7 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
101	Acionar jogada 8, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 8 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
102	Acionar jogada 9, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 9 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	

103	Acionar jogada 10, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = A db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
104	Acionar jogada 11, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = B db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
105	Acionar jogada 12, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = C db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = C	
106	Acionar jogada 13, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = D db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = C	
107	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 13	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
108	Acionar jogada 1, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
109	Acionar jogada 2, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	

110	Acionar jogada 3, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
111	Acionar jogada 4, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
112	Acionar jogada 5, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
113	Acionar jogada 6, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
114	Acionar jogada 7, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 7 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
115	Acionar jogada 8, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 8 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
116	Acionar jogada 9, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 9 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	

117	Acionar jogada 10, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = A db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
118	Acionar jogada 11, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = B db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
119	Acionar jogada 12, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = C db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
120	Acionar jogada 13, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = D db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = D	
121	Acionar jogada 14, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = E db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = D	
122	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 14	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
123	Acionar jogada 1, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	

124	Acionar jogada 2, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
125	Acionar jogada 3, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
126	Acionar jogada 4, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
127	Acionar jogada 5, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
128	Acionar jogada 6, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
129	Acionar jogada 7, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 7 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
130	Acionar jogada 8, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 8 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	

131	Acionar jogada 9, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 9 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
132	Acionar jogada 10, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = A db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
133	Acionar jogada 11, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = B db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
134	Acionar jogada 12, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = C db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
135	Acionar jogada 13, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = D db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
136	Acionar jogada 14, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = E db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = E	
137	Acionar jogada 15, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = F db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = E	

138	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 15	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
	Acionar jogada 16, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 1 ganhou = 1 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = C db_jogada = 1 db_rodada = 0	
139	Acionar jogada 1, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
140	Acionar jogada 2, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
141	Acionar jogada 3, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
142	Acionar jogada 4, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
143	Acionar jogada 5, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	

144	Acionar jogada 6, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 6 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
145	Acionar jogada 7, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 7 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
146	Acionar jogada 8, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 8 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
147	Acionar jogada 9, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = 9 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
148	Acionar jogada 10, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = A db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
149	Acionar jogada 11, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = B db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
150	Acionar jogada 12, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = C db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	

151	Acionar jogada 13, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 1 db_contagem = D db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
152	Acionar jogada 14, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = E db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
153	Acionar jogada 15, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = F db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = F	
154	Acionar jogada 16, rodada 16	acionar chave(0)	pronto = 1 ganhou = 1 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = C db_jogada = 1 db_rodada = 0	

Cenário #2 – Erro na Segunda Jogada da Quarta Rodada				
#	Operação	Sinais de entrada	Resultado esperado	Resultado observado
c.i.	Condições Iniciais		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
1	“Resetar” circuito	acionar reset	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	

2	Aguardar alguns segundos		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
3	Acionar sinal iniciar	acionar iniciar	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0001 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 0	
4	Acionar jogada 1, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 0	
5	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
6	Acionar jogada 1, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
7	Acionar jogada 2, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
8	Acionar escrita, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	

9	Acionar jogada 1, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
10	Acionar jogada 2, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
11	Acionar jogada 3, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
12	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
13	Acionar jogada 1, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
14	Acionar jogada 2, rodada 4 (Jogada incorreta)	acionar chave(1)	pronto = 1 ganhou = 0 perdeu = 1 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = B db_jogada = 2 db_rodada = 0	

Cenário #3 - Timeout na Terceira Jogada da Quarta Rodada				
#	Operação	Sinais de entrada	Resultado esperado	Resultado observado
c.i.	Condições Iniciais		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
1	“Resetar” circuito	acionar reset	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
2	Aguardar alguns segundos		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
3	Acionar sinal iniciar	acionar iniciar	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0001 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 0	
4	Acionar jogada 1, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 0	
5	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
6	Acionar jogada 1, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	

7	Acionar jogada 2, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
8	Acionar escrita, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
9	Acionar jogada 1, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
10	Acionar jogada 2, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
11	Acionar jogada 3, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
12	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
13	Acionar jogada 1, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	

14	Acionar jogada 2, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
15	Não fazer jogada, (esperar timeout)		pronto = 1 ganhou = 0 perdeu = 1 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = A db_jogada = 1 db_rodada = 0 db_timeout = 1	

Cenário #4 – Dois Jogos Consecutivos (Erro e Timeout)				
#	Operação	Sinais de entrada	Resultado esperado	Resultado observado
c.i.	Condições Iniciais		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
1	“Resetar” circuito	acionar reset	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
2	Aguardar alguns segundos		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
3	Acionar sinal iniciar	acionar iniciar	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0001 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 0	

4	Acionar jogada 1, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 0	
5	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
6	Acionar jogada 1, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
7	Acionar jogada 2, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
8	Acionar escrita, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
9	Acionar jogada 1, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
10	Acionar jogada 2, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	

11	Acionar jogada 3, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
12	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
13	Acionar jogada 1, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
14	Acionar jogada 2, rodada 4 (Jogada incorreta)	acionar chave(1)	pronto = 1 ganhou = 0 perdeu = 1 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = B db_jogada = 2 db_rodada = 0	
15	Aguardar alguns segundos		pronto = 1 ganhou = 0 perdeu = 1 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = B db_jogada = 2 db_rodada = 0	
16	Acionar sinal iniciar	acionar iniciar	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0001 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 0	

17	Acionar jogada 1, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 0	
18	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
19	Acionar jogada 1, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
20	Acionar jogada 2, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
21	Acionar escrita, rodada 2	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	

22	Acionar jogada 1, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
23	Acionar jogada 2, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
24	Acionar jogada 3, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 3 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 2	
25	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 3	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
26	Acionar jogada 1, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	

27	Acionar jogada 2, rodada 4	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 2 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 3	
28	Não fazer jogada, (esperar timeout)		pronto = 1 ganhou = 0 perdeu = 1 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = A db_jogada = 1 db_rodada = 0 db_timeout = 1	

Cenário #5 - Acionamento do botão de reset				
#	Operação	Sinais de entrada	Resultado esperado	Resultado observado
c.i.	Condições Iniciais		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
1	“Resetar” circuito	acionar reset	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
2	Aguardar alguns segundos		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
3	Acionar sinal iniciar	acionar iniciar	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0001 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 0	

4	Acionar jogada 1, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 0	
5	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	
6	“Resetar” circuito	acionar reset	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
7	Aguardar alguns segundos		pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 0 db_jogada = 0 db_rodada = 0	
8	Acionar sinal iniciar	acionar iniciar	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0001 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 0	
9	Acionar jogada 1, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 1 db_memoria = 1 db_estado = 9 db_jogada = 1 db_rodada = 0	
10	Acionar botão que deve ser escrito na memória, rodada 1	acionar chave(0)	pronto = 0 ganhou = 0 perdeu = 0 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = 3 db_jogada = 1 db_rodada = 1	

11	Acionar jogada 1, rodada 2 (Jogada errada)	acionar chave(1)	pronto = 1 ganhou = 0 perdeu = 1 leds = 0000 jogada_correta = 0 db_contagem = 0 db_memoria = 1 db_estado = B db_jogada = 2 db_rodada = 0	
----	--	------------------	---	--