**Resumo**

Este trabalho apresenta um jogo de cartas didático para ser usado em disciplinas introdutórias de circuitos digitais. No artigo, são detalhados todos os elementos do jogo: regras, circuito, cenário e cartas, de forma que qualquer leitor interessado possa replicá-lo de forma integral, ou adaptá-lo. No período da escrita deste artigo, o jogo se encontra em fase de testes. Foram feitas três partidas oficiais com um mesmo grupo de alunos de monitoria que já haviam cursado a disciplina e coletada a opinião deles sobre a experiência. Como resultado prévio, vimos que o jogo foi capaz de promover um forte engajamento dos alunos na matéria, que precisam dos conhecimentos de circuitos digitais para ter um bom desempenho nas partidas.

Palavras-chave: jogos educacionais, circuitos digitais, gamification

1. **INTRODUÇÃO**

Heródoto, considerado criador da História como nós conhecemos hoje tem relatos de jogos em tempo muito antigos. (//pegar a referencia no livro A Realidade em Jogo). A importância e o poder de engajamento dos jogos como uma potente ferramenta para mudar nossa realidade para melhor é defendida por (//mesma referencia). Dado tamanho potencial dos jogos para manter pessoas engajadas, seus elementos passaram a ser usados nas mais diversas áreas como um elemento de aumento da motivação de clientes em utilizar serviços diversos, como sites de compra e venda, aplicativos de música, etc. Os elementos mais clássicos são aqueles que dão sensação de recompensa por superar desafios, como Emblemas e barras de progresso. No entanto, os elementos utilizados por designers de jogos vão muito além desses, e deram origem a área de estudo conhecida com Gamificação ou *Gamification*. Basta pesquisar por esta palavra chave no *Google* ou qualquer outro mecanismo de busca, que milhões de resultados serão indexados. Na área educacional, vários professores têm criado métodos de ensino baseados nos elementos de jogos, como por exemplo (//citar alguns artigos com exemplo e fazer uma mínima descrição do artigo).

A criação de jogo digitais para auxiliar no aprendizado, também passou a ser bastante explorada, dando origem, inclusive, ao termo Jogo Sérios para designar jogos que tentam transmitir conteúdo educacional ou promover treinamentos. (//procurar citações para corroborar com a afirmativa).

Outra categoria que também foi explorada na educação foram os jogos analógicos, cujos elementos mais comuns incluem tabuleiros, cartas, pinos, dados, cartelas e blocos. (//colocar algumas referências para colaborar, inclusive acho que no cobenge retrasado houve um desse que foi premiado, um que fala sobre um jogo para eng. de produção.)

Este trabalho se aproxima da última categoria citada, tendo com principal elemento analógico as cartas impressas, no entanto, traz um tabuleiro que consiste em circuitos digitais simulados no software MultisimⓇ Versão 12.0. Para jogar é necessário abrir o circuito simulado e, de preferência, projetá-lo para uma melhor visualização. Quando os jogadores jogam suas cartas buscando a vitória, as entradas do circuito se modificam, fazendo com que o resultado mude. Para ir bem nesse jogo, é necessário uma boa estratégia e conhecimento em circuitos lógicos.

Espera-se contribuir com professores e estudantes de cursos de engenharia e computação que queiram utilizar o potencial de engajamento dos jogos trazer uma nova experiência didática em sala de aula. Dessa forma, nosso objetivo é detalhar todo o jogo e mostrar a percepção dos alunos que jogaram em relação ao jogo com ferramenta didática. Espera-se que com a descrição aqui apresentada, seja possível replicar o jogo sem dificuldades. Links para acessar as cartas e o circuito são fornecidos no capítulo (//colocar capítulo).

**2. O JOGO**

O Jogo se chama Dataflow, é jogado por quatro equipes, que usam de cartas para modificar os valores do circuito e tentar acumular pontos para vencer os adversários. O jogo foi pensado para ser usado em turmas de até 20 alunos, em que cada equipe teria 5 integrantes. Esta seção está dividida da seguinte forma, primeiro será descrito o cenário do jogo e seus componentes, de forma abstrata. Na seção seguinte, serão dados os detalhes do circuito, de forma que possa ser replicado. Por último serão explicadas as regras de jogo e dados os links para acesso às cartas, que podem ser impressas em papel fotográfico em impressoras a cores para obter uma boa qualidade das imagens e textos.

**2.1 Cenário do Jogo**

Em um cenário futurista Cyberpunk, quatro grupos de Hackers tentam coletar informações valiosas de uma poderosa empresa de tecnologia. O grupo que conseguir reunir toda a informação que precisa, nem mais, nem menos, poderá assumir controle das operações do *submundo* e eliminar as concorrentes.

//desenho dos blocos com os nomes referentes ao jogo.

O Bloco *Database* representa o banco de dados que contém as informações disputadas pelos grupos de Hackers. Cada grupo irá usar os recursos que tiverem a sua disposição para retirar o máximo de informação da Database a cada rodada. Várias cartas do jogo irão afetar este bloco, seja para acelerar a captura de informações do grupo, seja para atrapalhar a captura de informações do grupo concorrente.

O bloco *Server* funcionará como ponte entre as informações do bloco Database e o grupo de Hackers. Nenhuma ação de jogo afetará esse bloco diretamente, no entanto, todas as ações feitas em outros blocos terão um impacto indireto sobre este bloco. Toda informação roubada pelos grupos de Hacker passam por este bloco.

O bloco *Mainframe* será afetado pelas cartas do tipo Engenharia Social. Ao mudar as configurações do *Mainframe*, indiretamente, você também altera o *Server*, endereçando algum grupo diferente de Hackers.

O bloco *Firewall* será afetado pelas cartas do tipo Invasão. Ao mudar as configurações do *Firewall*, indiretamente, as configurações do *Mainframe* serão alteradas e, consequente, as configurações do *Server* também serão, fazendo com que um novo grupo de Hacker endereçado.

*As Cartas*

1. Cartas de Engenharia Social. Cor: Vermelha. Mudam os bits de endereçamento, que são aqueles ligados diretamente ao *Mainframe* e são nomeados como *KEY\_1, KEY\_2, KEY\_3, KEY\_4, KEY\_5, KEY\_6*. Existem sete cartas de Engenharia social que mudam apenas 1 bit e mais 7 que mudam dois bits de uma vez. Cada carta de engenharia social tem um número que indica o seu valor. Só é possível jogar uma nova carta se ela tiver um valor igual ou superior a carta da pilha. Total de 14 cartas de Engenharia Social.
2. Cartas de Invasão. Cor: Azul. Mudam os bits de dados, que são aqueles ligados diretamente ao *Firewall* e são nomeados como *WALL\_A, WALL\_B, WALL\_C, WALL\_D*. Existem 4 cartas que mudam apenas 1 bits, quatro cartas que mudam 2 bits, quatro cartas que mudam 3 bits e quatro cartas que mudam 4 bits. Cada carta de *Invasão* tem um número que indica o seu valor. Só é possível jogar uma nova carta se ela tiver um valor igual ou superior a carta da pilha.Total de 16 cartas de Invasão.
3. Cartas Coringa. Cor: Roxa. As cartas coringa podem mudar o valor de qualquer bit do jogo. Isso dá acesso a alterar qualquer configuração de qualquer bloco em que haja bits controláveis, mesmo aqueles que não poderiam ser acessados por nenhuma outra carta. Total de 6 cartas Coringa.
4. Cartas de Information Change. Cor: Roxa. São cartas de efeito rápido. São usadas para mudar o bit *DATA* do *DATABASE*. Além disso, sempre que são compradas em uma rodada, devem ser mostradas e mudam o valor do bit base instantaneamente. Existem 6 delas no total.
5. Cartas de EMP. Cor: Roxa. São cartas de efeito rápido. Ao ser usada, é dado um pulso no bit *EMP* no *DATABASE*, zerando toda a informação contida. Total de 6 cartas de *EMP*.
6. Cartas de *Overclock*. Cor: Roxa. São cartas de efeito rápido. Ao usá-la, compra-se 4 cartas instantaneamente. Total 6 cartas de *Overclock.*
7. Cartas de Vírus. Cor: Verde. São cartas de efeito rápido. São usadas para anular outras cartas de efeito rápido, como *EMP*, *Coringa e Overclock*. Total de 0 cartas de *Vírus*.

No total, o baralho tem 63 cartas, sendo 16 azuis, 14 vermelhas, 24 roxas, 9 verdes.

As cartas podem ser acessadas pelo link: <http://bit.do/jogoSLD>

**2.2 Circuito do Jogo**

O circuito simulado é composto por 5 blocos de circuitos digitais e displays de 7-segmentos.

1. Circuito Registrador de Deslocamento

//diagrama de blocos

No diagrama de blocos é possível observar 4 entradas para este componente. A entrada ES (entrada serial) recebe o bit de jogo chamado DATA. Este bit será introduzido no registrador a cada pulso de clock. O bloco também tem uma entrada de clear para limpar todos os dados simultaneamente. No jogo o bit que controla essa entrada é o EMP. O bit de Preset, que *seta* todos os bits do registrador é ativado pelo bit de jogo chamado SEARCH. As saídas paralelas do registrador foram ligadas em indicadores luminosos para que seja possível visualizar os bits armazenados. A saída serial, INFO\_OUT, é ligada a entrada do circuito demultiplexador.

Na simulação, este bloco foi construído utilizando dois CIs 7474.

1. Circuito Demultiplexador

//diagrama de blocos

Para este circuito, como pode-se observar no diagrama de blocos, tem-se 3 entradas. A entrada G1 recebe seu dado da saída INFO\_OUT do registrador de deslocamento. As entradas de seleção A e B recebem os comando dos multiplexadores. Cada saída servirá para habilitar ou desabilitar o Contador UP/DOWN da respectiva equipe. Outro sinal que também tem essa função é o Disconnect, portanto, é feita uma lógica OR com ambos e a saída da porta OR é conectada a entrada Enable do bloco contador. Um indicador luminoso também foi ligado a cada saída do Demultiplexador para que seja possível visualizar o bits presentes nessas saídas.

Na simulação, o bloco demultiplexador foi implementado através do CI 74138.

1. Circuito Multiplexador

//diagrama de blocos

Dois multiplexadores 8 para 1 foram ligados em paralelo para formar um multiplexador 8 para 1 de 2 bits. No entanto, para dar mais opções de ação no jogo, as entradas de seleção de cada multiplexador foram mantidas separadas. As entradas de dados dos multiplexadores recebem seus dados das saídas dos *Circuitos Lógicos*. Já as entradas de seleção são controladas pelas ações dos jogadores através dos bits de jogo nomeados como Key\_1, Key\_2, Key\_3, Key\_4, Key\_5, Key\_6. As saídas dos Multiplexadores estão ligadas aos bits de seleção do Demultiplexador. Dessa forma, ao alterar os bit Key, pode-se alterar a equipe que receberá o bit do Registrador de Deslocamento no final da rodada. Nas saídas, também foram colocados indicadores luminosos para indicar qual a equipe que está sendo endereçado pelo Demux.

Na simulação, os Multiplexadores foram implementados através de dois CIs 74151.

1. Circuitos Lógicos

//diagrama de blocos

Este circuito é composto de 3 entradas e 8 saídas. As entradas são controladas pelos bits de jogo WALL\_A, WALL\_B, WALL\_C e WALL\_D. A composição interna do circuito é de portas lógicas básicas de duas entradas, AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR além de dois flip-flops RS, um feitos com NANDs e outro com NOR. Cada porta lógica recebe duas entradas arbitrárias da quatro citadas (WALL\_A, WALL\_B, WALL\_C, WALL\_D). Os flip-flops recebem entradas arbitrárias nos pinos de set e reset, além do clock do sistema. Essa característica faz com que os pulsos de clock possam alterar o valor de saída dos flip-flops e, consequentemente, do Circuito Lógico. As saídas deste circuito estão conectadas as entradas dos multiplexadores 8 para 1, de tal forma que os dados a serem multiplexados dependem das saídas do CIrcuito Lógico. Estes circuitos serão obscuros aos jogadores, que terão que se basear apenas nas entradas e saídas para tomar suas decisões de jogo. No entanto, com conhecimento básico das portas lógicas, é possível prever qual a porta lógica que está gerando a saída cada uma das saídas do circuito.

Na simulação este bloco foi implementado por portas lógicas virtuais AND, OR, NAND, NOR, XOR, XNOR e pelo CI 7476 (Flip-flop).

1. Circuito Contador UP/DOWN

//diagrama de blocos de um contador UP/DOWN

O diagrama de blocos da figura acima mostra o bloco de um contador up/down síncrono. No circuito, são usados quatro deles, um para cada equipe. Cada contador tem uma entrada de Enable, que habilita a contagem quando em nível BAIXO e desabilita quando em nível lógico ALTO, uma entrada UP/DOWN, que faz o contador funcionar de forma crescente quando em 0 e de forma decrescente quando em 1 e a entrada de Clock que é ativada por borda de subida. A entrada de ENABLE será acionada pela saída do MUX, no entanto, o bit de jogo DISCONNECT poderá desabilitar a função ENABLE, fazendo com que o contador pare de contar mesmo que o demux esteja endereçado para aquele contador, portanto uma lógica OR é feita entre a saída do Demux e entrada Disconnect e a saída da porta OR é conectada a entrada ENABLE. A saída do contador, que mostra a contagem binária, é conectada a um display virtual hexadecimal de 7 segmentos. Em uma montagem física, com CI’s, seria necessário incluir um decodificador para acionar o display de 7 segmentos, no entanto, para simplificar, nesta versão inicial, foi omitida a etapa de decodificação.

Na simulação este bloco foi implementado por um CI 74191.

1. Displays de 7 Segmentos

No simulador utilizado, tem-se disponível um display de sete segmentos virtual que recebe uma entrada binária e mostra o valor hexadecimal no display diretamente, sem a necessidade de se utilizar um decodificador. Esse componente é ligado a saída de cada contador binário para exibir a contagem de pontos das equipes. Além disso, os display também foram conectados aos bits WALL\_A, WALL\_B, WALL\_C e WALL\_D, para que o valor de entrada dos Circuitos Lógicos seja facilmente visualizada. Perceba, no entanto, que o valor no display estará em notação hexadecimal, e caberá a equipe converter o valor para binário quando precisar tomar decisões de jogo de que dependam desses bits.

As entradas KEY\_1, 2 e 3 foram ligados em outro display deste tipo, a entrada mais significativa do display é aterrada, já que só três bits são usados aqui. A mesma configuração é feita com as entradas KEY\_4, 5 e 6.

Um último display é utilizado para exibir o endereço aplicado ao Demultiplexador. Em outras palavras, esse display mostra qual a equipe que está apta a receber os pontos naquele momento. Este display mostra valores apenas de 0 a 3 (2 bits), portanto, os dois bits mais significativos deste display estão aterrados.

O jogo pode ser baixado através do link: <http://bit.do/circuitoSLD>

**2.3 Regras do jogo e estratégias**

Nesta seção são descritas todas as regras básicas do jogo. Para facilitar a compreensão por parte do leitor que efetivamente venha a reproduzir o jogo, é dada ênfase às questões mais sutis e, também, apresentadas dicas e estratégias percebidas nos primeiros testes.

**Bits de Jogo**

Existem vários bits que podem afetar os blocos do jogo. Em geral, a mudança nos valores dos bits é conseguida através dos efeitos das cartas. Algumas cartas mudam mais de um bit, não é permitido mudar o mesmo bit duas vezes.

Bits de Dados: são os bits que ficam na entrada de dados do Circuito Lógico (*Firewall*), eles estão nomeados como *WALL\_A, WALL\_B, WALL\_C, WALL\_D*. As cartas de Invasão podem mudar o nível lógico desses bits permanentemente.

Bits de Endereçamento: são os bits que ficam nas entradas de seleção dos multiplexadores (*Mainframe*). São nomeados de *KEY\_1, KEY\_2, KEY\_3, KEY\_4, KEY\_5* e *KEY\_6*. Sendo os três primeiros referentes ao primeiro multiplexador e os outros três referentes ao segundo multiplexador.

Bit SEARCH: está ligado a entrada de Preset do registrador de deslocamentos (DATABASE). Pode ser ativado apenas pela carta coringa, no entanto, quando isso acontece, apenas um pulso é dado neste bit, ou seja, ele vai para nível BAIXO e volta para nível ALTO.

Bit EMP: está ligado ao entrada de Clear do registrador de deslocamento (DATABASE). Pode ser ativado EMP ou pelo Coringa, no entanto, quando isso acontece, apenas um pulso é dado neste bit, ou seja, ele vai para nível BAIXO e volta para nível ALTO.

Bit DATA: está ligado a entrada serial do registrador de deslocamento; Inicia a partida em 1. Este bit é mudado sempre que uma carta Information Change é comprada. Ou quando o efeito dela é usado. Quando o nível lógico deste bit é mudado, ele permanece alterado até que outro efeito o mude novamente.

Bits de DISCONNECT: existem 4 bits de disconnect, um para cada equipe (0, 1, 2, 3). Este bit tem o poder de desabilitar a entrada enable do contador da sua respectiva equipe. Todas as equipes começam conectadas (disconnect = 0), mas uma carta Coringa pode mudar o estado desta entrada. Nesse caso, o valor original é restaurado no início da próxima rodada, após a fase compra de cartas.

BIT de BUG: existe um único sinal de BUG conectado a todas as entradas UP/DOWN de todos os contadores. O jogo se inicia com o BUG inativo (nível BAIXO). Existem duas forma de alterar o valor do BUG: com uma carta Coringa ou caso a equipe tenha jogado a última carta da pilha. Em ambos os casos, o BUG é inativado após a fase de compra de cartas da rodada seguinte.

**Fases do Jogo**

1. Fase de Manutenção: as cartas das pilhas e da reciclagem da rodada anterior são embaralhadas e colocadas no final da pilha de compra.
2. Fase de compra. Cada equipe compra cartas até que atingir 6 cartas em cada mão. Se a equipe já tiver 6 ou mais cartas na mão, ela não comprará novas cartas.
3. Fase de disputa: as equipes jogam cartas, seguindo o sentido horário da mesa, com o objetivo de ganhar a Vantagem daquela rodada. Criam-se duas pilhas de resolução, uma para cartas de Engenharia Social e outra para cartas de Invasão. As cartas de efeito rápido vão direto para reciclagem.
4. Fase de definição da Vantagem: quando todas as equipes desistirem de jogar novas cartas, as equipes que tiverem jogado as cartas que estão no topo das duas pilhas, terão a vantagem. A equipe que jogou a última carta entra na fase de resolução primeiro.
5. Fase de resolução: As equipes que têm a Vantagem entram na fase de resolução. Aquela que fez a última jogada *resolve* primeiro. Ela deverá mudar a quantidade de bits descritos na carta do topo da sua pilha. Em seguida, ela decidirá se ativa ou não o BUG. Por último, são dados X pulsos de clock, em que X é igual a quantidade de voltas dadas naquela rodada.
6. Obs.1: Um único jogador que lance cartas normais em seguida, conta como uma volta, pois os demais jogadores, em suma, passaram sua chance de jogar.

Obs.2: as cartas efeito rápido podem ser usadas em qualquer fase, sem ordem predefinida e seu efeito ocorre primeiro, de forma instantânea. Os vírus anulam cartas de efeito rápido.

**Mapeando o Jogo.**

Para ser bem sucedido em uma partida desse jogo, é importante tomar notas para poder embasar suas decisões ao lançar as cartas de Eng. Social e de Invasão. Para tanto, sugere-se imprimir a cartilha em anexo, ou usar uma folha em branco. Existem várias formas de tentar mapear o jogo. A cartilha em anexo se utiliza da seguinte estratégia:

1. Inicialmente fazer jogadas aleatórias e observar qual a combinação de entradas que faz com que o Demux seja endereçado para sua equipe. Tomar nota dos estados dos bits de dados e de endereçamento nessa ocasião para tentar replicá-los no futuro. Ficar atento também a jogada dos oponentes para fazer essas anotações.
2. Uma vez anotada pelo menos uma situação de entrada que favoreça a sua equipe, usar as cartas para tentar repetir sempre essa mesma combinação.
3. Usar os Display conectados aos bits de dados e de endereçamento para facilitar a visualização e fazer as anotações de forma mais ágil.

Exemplo: em determinado jogo uma equipe observa que quandos os displays das entradas (respectivamente, entrada de dados, entrada de endereçamento do primeiro mux e entrada de endereçamento do segundo mux) estão em d01, a equipe endereçada pelo demux é a 3. Então, eu anoto: d01 = 3.

**3. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

...