



Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Centro de Tecnologia - CT

Circuitos Digitais

Relatório Técnico: Máquina de Troco

ELE2715 - Grupo 02 - Projeto - Problema 05

Isaac de Lyra Junior

Lucas Batista da Fonsêca

Marcelo Ferreira Mota Júnior

Vinicius Souza Fonsêca

Natal, 28 de março de 2021

Isaac de Lyra Junior
Lucas Batista da Fonsêca
Marcelo Ferreira Mota Júnior
Vinicius Souza Fonsêca

MÁQUINA DE TROCO

Projeto da disciplina de Circuitos Digitais do
Departamento de Engenharia Elétrica da
Universidade do Rio Grande do Norte para relatório
das atividades.

Docente: Samaherni Moraes Dias

Natal, 28 de março de 2021

RESUMO

O presente relatório tem por fim apresentar o projeto de uma máquina de troco. A máquina tem como entrada um valor binário V que corresponde ao troco em moedas que a máquina deve processar, uma entrada T que será utilizada para um botão sincronizado e tem como saída L que será utilizado para um led. A máquina só irá receber valores de troco entre R\$0 e R\$10, e só possuirá moedas de R\$ 1.00, R\$ 0.50, R\$0.25, R\$ 0.10, R\$ 0.05, R\$ 0.01 que estarão armazenadas em cofres. A máquina deve receber um valor de troco e calcular quantas moedas de cada cofre deve ser retirado, fornecendo no fim o troco desejado. Para realização de tal projeto foi utilizado o método de projeto RTL (Register Transfer Level), onde é feito um bloco operacional e um bloco de controle que se comunicam entre si para realizar as operações.

Palavras-chaves: Máquina de estados; Circuitos digitais; Projeto RTL; Máquina de troco; Registradores.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 DESENVOLVIMENTO	6
2.1 Máquina de Estados de Alto Nível	7
2.2 Bloco Operacional	9
2.3 Conexão Bloco Operacional com Bloco de Controle	12
2.4 Máquina de Estados Finitos do Bloco de Controle	13
3 CONCLUSÃO	15
REFERÊNCIAS	17
ANEXOS	18

1 INTRODUÇÃO

A combinação de um bloco operacional com um bloco de controle é conhecida como processador. Existem dois tipos de processadores: Os programáveis, como os de um computador pessoal e os não programáveis, que podem ser customizados para realizar uma tarefa em particular (VAHID, 2008).

Nesse contexto, os projetistas digitais concentram-se principalmente no projeto de processadores customizados, em oposição ao projeto de componentes digitais de mais baixo nível. Podemos definir um processador customizado como sendo um circuito digital que implementa um algoritmo de computador, ou seja, uma sequência de instruções que realiza uma tarefa em particular. Por exemplo, é possível definir um algoritmo de processamento de imagem para identificar a presença de um tanque(militar) em uma imagem muito grande de vídeo ou um algoritmo capaz de comparar uma impressão digital com 10.000 outras, para permitir que um policial determinasse rapidamente se alguém é um criminoso que está sendo procurado (VAHID, 2008).

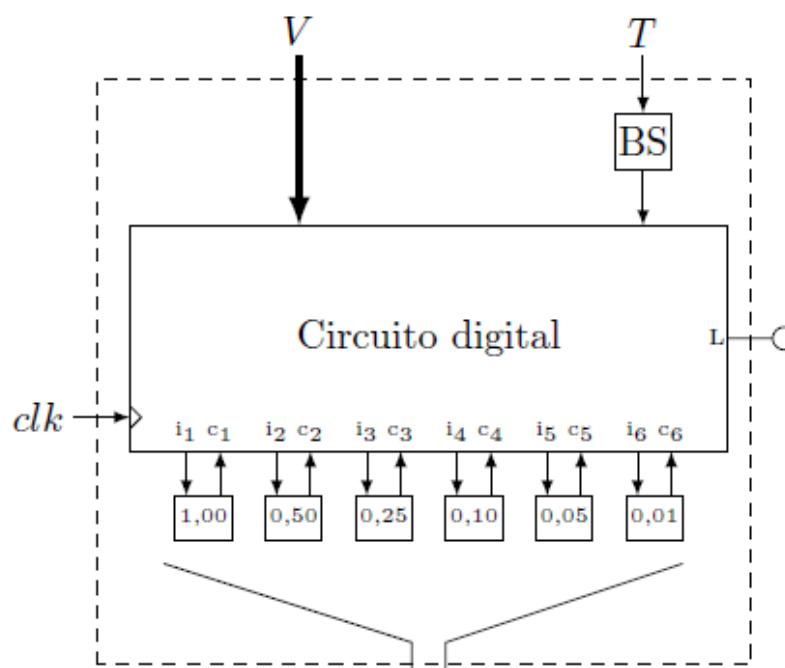
Os processadores podem ser projetados usando diversos métodos de projeto, porém, o método mais comum, praticado hoje em dia, é conhecido como projeto em nível de transferência entre registradores (*Register Transfer Level*), que consiste em uma ampla variedade de abordagens. Porém, de acordo com Vahid (2008), para um projeto RTL um projetista deve geralmente especificar os registradores de um circuito, descrever as possíveis transferências e operações a serem realizadas com os dados de entrada, de saída e dos registradores, e também definir o controle que especifica quando transferir e operar com os dados.

Diante disso, este relatório apresenta o desenvolvimento de um projeto que utiliza o método RTL para solucionar o problema de uma máquina de troco, capaz de receber um determinado valor binário e calcular quantas moedas de cada tipo devem sair da máquina para entregar o troco ao usuário.

2 DESENVOLVIMENTO

A máquina de troco libera em moedas um determinado valor colocado em sua entrada. A liberação das moedas é realizada por um sistema cofre que libera uma moeda sempre que em sua entrada i_x (onde $x = 1,2,...,6$) existir um nível lógico alto e ocorrer um pulso de clock. A entrada com o valor do troco a ser liberado é realizada através de um número binário V e do pulso gerado a partir da saída do circuito de um botão sincronizado (BS) cujo a entrada é T . Adicionalmente, a máquina possui uma saída L , a qual quando está piscando indica que a máquina está processando a informação para liberar o troco e qualquer outra solicitação de troco será ignorada. A máquina de troco possui ainda a capacidade de verificar se algum dos cofres de moedas está vazio ($c_x = 0$, onde $x = 1,2,...,6$) e recalcula o troco para liberar moedas apenas dos cofres que não estão vazios. Por fim, a máquina de troco indicará que não consegue trocar o valor da entrada V mantendo a saída L em nível lógico alto até que um novo valor do troco a ser liberado seja carregado na máquina. Na Figura 1 é possível ver o diagrama de blocos da máquina de troco que será desenvolvida nesta seção.

Figura 1 - Diagrama de blocos da máquina de troco



Fonte: Dados do problema.

Para desenvolver a solução para este problema foi utilizado o método de projeto RTL que, de acordo com o Vahid (2008), geralmente é dividido em 4 passos, são eles:

1. Obter uma máquina de estados de alto nível que descreve o comportamento desejado do sistema;
2. Criar um bloco operacional para a máquina de estados obtida;
3. Conectar o bloco operacional a um bloco de controle;
4. Converter a máquina de estados de alto nível em máquina de estados finitos do bloco de controle (FSM).

Diante disso, as subseções a seguir explicam como cada passo acima foi pensado para solucionar o problema da máquina de troco.

2.1 Máquina de Estados de Alto Nível

A máquina de estados de alto nível para o problema da máquina de cofre foi pensada possuindo 10 estados principais e um subestado específico para o botão sincronizado, os estados principais são: Standby, Iniciando, Moeda 1 Real, Moeda 50, Moeda 25, Moeda 10, Moeda 5, Moeda 1, Processa Troco e Libera Troco.

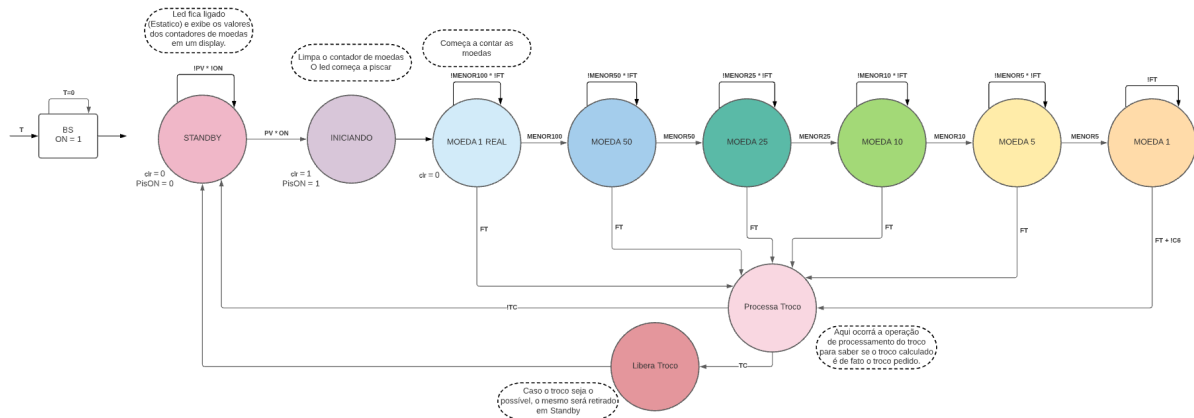
No estado Standby a saída L deve permanecer em nível lógico alto, além disso deve ser exibido a quantidade de moedas que foi retirada da última vez, o estado deve mudar apenas quando o botão sincronizado for pressionado e um novo valor for inserido. O estado Iniciando servirá para resetar os contadores e registradores de moedas para começar uma nova contagem com o novo valor inserido, neste estado a saída L deve ficar alternando entre nível lógico alto e baixo, e o estado deve mudar no próximo pulso de clock.

Os estados de moeda (1 real, 50 centavos, 25 centavos etc) servirão para contar quantas moedas de cada tipo devem sair da máquina para entregar o troco pedido, neste estado a saída L permanece alternando entre nível lógico alto e baixo, e a mudança de estado entre os tipos de moeda ocorre quando o valor de saída do subtrator é menor do que o valor binário da moeda atual ($V_{atual} < V_{moeda}$) ou quando não existir moedas do tipo no cofre ($c_x = 0$, onde $x = 1, 2, \dots, 6$), a máquina permanecerá nesses estados até o que o valor atual que sai do subtrator não chegue a zero, quando $V_{atual} = 0$, a variável interna denominada de FT passará a ter nível lógico alto, mudando de estado para o estado Processa Troco.

No estado Processa Troco a máquina deve verificar se o troco calculado é do mesmo valor do troco pedido pelo usuário da máquina, isso será feito definindo a entrada interna TC, caso TC possua nível lógico alto, o próximo estado será Libera Troco e logo no próximo pulso de clock irá para o estado Standby novamente, caso TC esteja em nível lógico baixo o

estado passará diretamente para Standby, sem antes passar em Libera Troco. Na Figura 2 é possível ver o diagrama de estados da máquina de estados de alto nível da máquina de troco.

Figura 2 - Diagrama de estados da máquina de troco

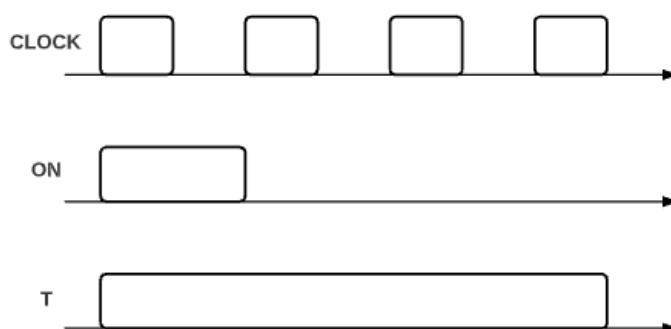


Fonte: Elaborado pelos autores.

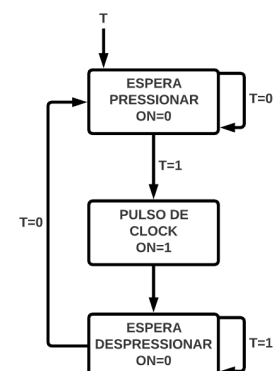
O botão sincronizado (BS) representa uma máquina de estado paralela que vai fornecer ao bloco de controle da máquina de troco a entrada denominada de *ON*. Esse botão é necessário pois ele permite que a máquina registrar o pulso de clock durante um ciclo, o que não ocorreria apenas utilizando um *pushbutton*, pois seria necessário que o usuário acertasse o *rising edge* do *clock* para registrar a entrada. Na Figura 3a é possível ver o comportamento da saída denominada de *ON* com a entrada *T* pressionada durante 4 pulsos de clock, e na Figura 3b pode-se ver a transição entre os estados da máquina de estados do botão sincronizado.

Figura 3 - Máquina de estados BS

(a) Comportamento de saída *ON* da MDE



(b) MDE do botão sincronizado



Fonte: GOES (2021).

2.2 Bloco Operacional

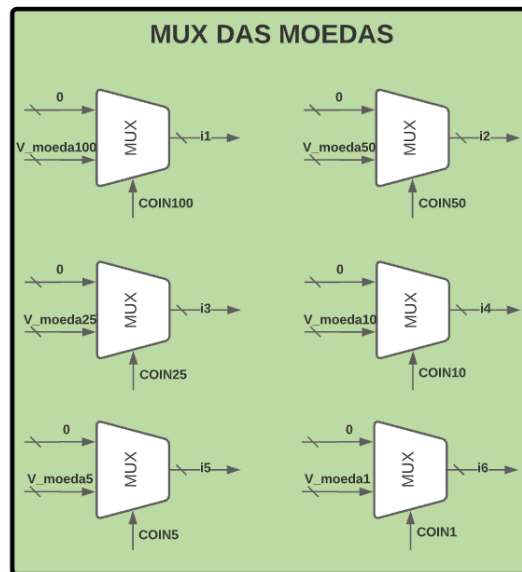
A função principal que o bloco operacional deve realizar é fazer a contagem de moedas que devem ser liberadas pela máquina de troco. Para que o bloco operacional pudesse realizar tal função foi pensado em utilizar 6 somadores, cada somador é responsável por somar 1 bit a cada pulso de clock caso as entradas *COINXX* estiverem ativas, tais entradas são saídas do bloco de controle que só estarão em nível lógico alto quando o bloco de controle estiver nos estados específicos de cada moeda, além disso, a saída do somador é armazenada em um registrador. Por exemplo, no estado “Moeda 1 Real” a saída “*COIN100*” é definida para nível lógico alto, isso fará com que o contador conte 1 bit a cada pulso de clock no somador de 1 real, a condição de saída desse somador será controlada pelo bloco de controle.

O bloco operacional também é responsável por definir as entradas FT, PV, TC, MENOR100, MENOR50, MENOR25, MENOR10 e MENOR5 do bloco de controle. A saída FT do bloco operacional é definida como sendo a operação de subtração entre o valor binário *V* de entrada do bloco operacional com o valor binário da moeda selecionada no momento, a saída da subtração foi denominada de *V_atual*, FT terá nível lógico alto apenas quando $V_Atual = 0$ ou caso esteja no estado da moeda de 1 centavo e o cofre desta moeda estiver vazio, ou seja, $C_6 = 0$, isso sinaliza que o troco foi completamente calculado e deve ser finalizado.

A saída PV do bloco é definida como sendo a comparação do valor binário *V* com 0, caso $V > 0$, PV terá nível lógico alto, pois sinaliza que possui valor inserido para ser subtraído. A saída TC é definida como sendo o somatório da multiplicação do valor armazenado nos registradores de moedas com o valor binário correspondente de cada moeda comparado com o valor *V* inserido, caso o resultado do somatório comparado com *V* for igual, sinaliza que o troco calculado está correto e a saída TC possuirá valor lógico alto, a equação que define TC está abaixo.

$$TC \leq (V = reg_{100}xV_{m100} + reg_{50}xV_{m50} + reg_{25}xV_{m25} + reg_{10}xV_{m10} + reg_5xV_{m5} + reg_1xV_{m1})$$

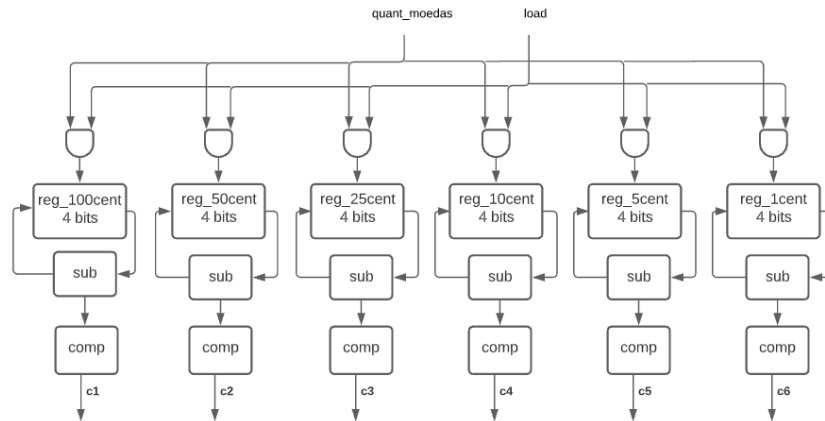
A entrada PisON será utilizada como chave de um multiplexador 2x1 para determinar se a saída L receberá nível lógico alto ou se ficará alternando junto ao clock, caso PisON estiver em nível lógico alto, a saída L irá utilizar a saída de um Flip Flop JK para alternar entre nível lógico a cada pulso de clock, caso esta entrada estiver em nível lógico baixo, a saída L receberá nível lógico alto.

Figura 5 - Entradas e saídas do MUX de moedas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Devido o projeto possuir moedas finitas, foi preciso pensar em cofres, para isto foi utilizado registradores de 4 bits para cada tipo de moeda, tais registradores podem armazenar até 15 moedas. A saída do registrador será utilizada como entrada de um subtrator, e o subtrator irá realimentar o registrador a cada vez que uma moeda for retirada. A saída do subtrator além de realimentar o registrador do cofre de moedas também será utilizada em um comparador para saber se ainda existem moedas naquele cofre, ou seja, isso definirá os C_x do bloco operacional, se a saída do subtrator for igual a 0 sinaliza que o cofre está vazio. A Figura 6 mostra o diagrama de blocos dos cofres de moedas, é possível ver também que os cofres podem ser reabastecidos através de uma entrada denominada de quant_moedas de 4 bits em conjunto com a entrada load.

Figura 6 - Diagrama de blocos dos cofres de moedas



Fonte: Autores

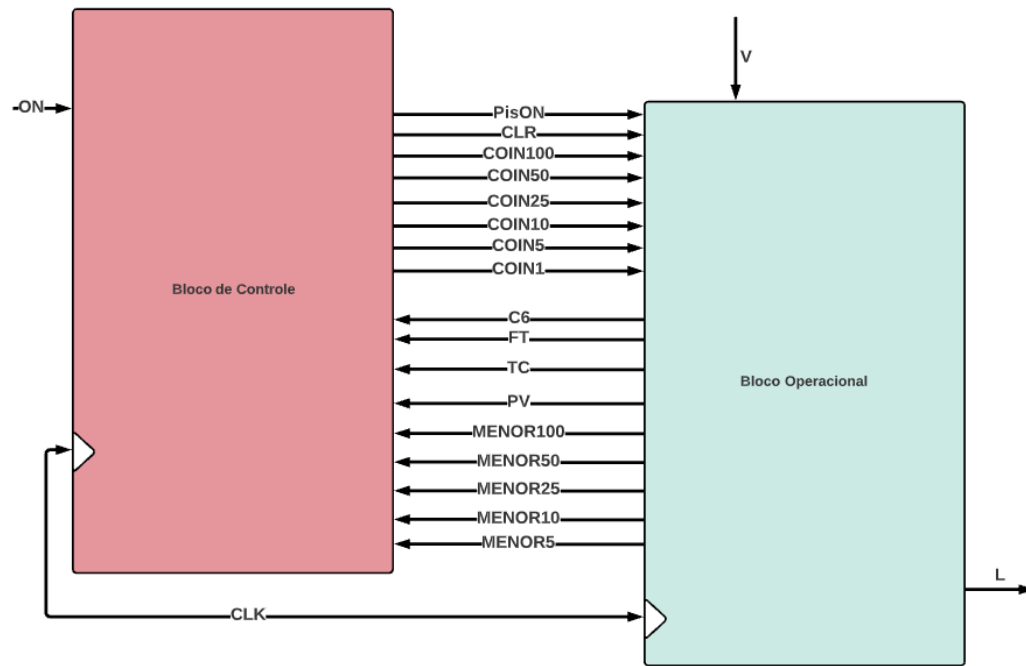
2.3 Conexão Bloco Operacional com Bloco de Controle

A conexão entre o bloco operacional e o bloco de controle ocorrerá por meio de 8 entradas vindas do bloco de controle e fornecerá também 9 saídas que serão utilizadas pelo bloco de controle para a mudança entre os estados.

A saída FT será utilizada para finalizar o troco e sair dos estados de moedas para o estado Processa Troco. A saída TC será utilizada para definir se a máquina de estado passará para o estado Libera Troco, caso o troco estiver correto, ou se irá direto para o estado Standby, quando a máquina não tiver calculado o troco corretamente, seja por erro da própria máquina ou por falta de moedas. A saída PV será apenas um sinalizador que dirá se possui valor para a máquina calcular troco ou não. As saídas $MENOR_{xx}$ e C_6 são utilizadas pelo bloco de controle apenas para transitar entre os estados de moedas.

A entrada PisON definirá se o led ficará estático, quando a máquina não estiver realizando nenhum processamento ou piscando, quando estiver sendo calculado algum troco. CLR será uma entrada que reseta os contadores de todas as moedas para o cálculo de um novo troco. As entradas $COIN_{xx}$ servirão para selecionar o somador de qual moeda será utilizado no bloco operacional. Na Figura 7 é possível ver todas as conexões feitas entre o bloco operacional e o bloco de controle.

Figura 7 - Conexões do bloco operacional com o bloco de controle

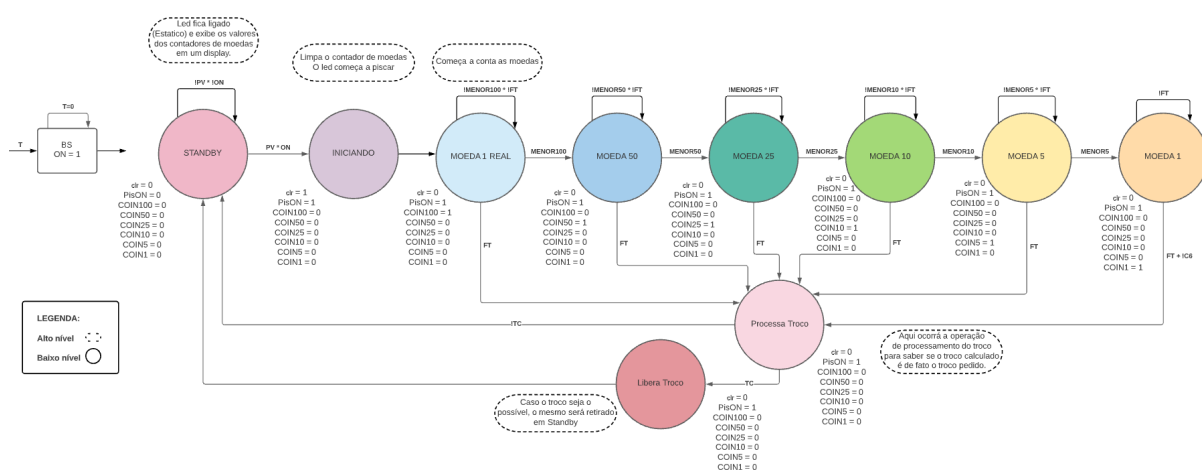


Fonte: Elaborado pelos autores.

2.4 Máquina de Estados Finitos do Bloco de Controle

Por fim, o último passo é definir como deverá se comportar o bloco de controle com para definir suas saídas e a transição de estados que deve ocorrer com baseado em suas entradas. A primeira coisa a se fazer é transformar a máquina de estados de alto nível em uma máquina de estados de baixo nível.

Figura 8 - Diagrama de estados da máquina de estados de baixo nível.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Por meio do diagrama de estados visto na Figura 8 foi possível criar uma tabela de transição de estados que define as entradas e saídas de cada estado, bem como a transferência

entre eles, o resultado da tabela criada pode ser visto no ANEXO B. Posteriormente foi necessário transformar as saídas da tabela em equações booleanas. Na Tabela 1 está exposto o resultado das equações.

Tabela 1 - Lógica combinacional do bloco de controle

SAÍDAS	EQUAÇÃO BOOLEANA
D3	$(Q3' Q2' Q1 Q0' FT \text{ MENOR}100) + (Q3' Q2' Q1 Q0 FT) + (Q3' Q2' Q1 Q0' FT) + (Q3' Q2 Q1' Q0 FT) + (Q3' Q2 Q1 Q0' FT) + (Q3' Q2 Q1 Q0 FT) + (Q3 Q2' Q1' Q0' TC)$
D2	$(Q3' Q2' Q1 Q0 FT' \text{ MENOR}50) + (Q3' Q2' Q1 Q0' FT') + (Q3' Q2 Q1' Q0 FT') + (Q3' Q2 Q1 Q0' FT') + (Q3' Q2 Q1 Q0 FT')$
D1	$(Q3' Q2' Q1' Q0) + (Q3' Q2' Q1 Q0' FT') + (Q3' Q2' Q1 Q0 FT' \text{ MENOR}50') + (Q3' Q2 Q1' Q0 FT' \text{ MENOR}10) + (Q3' Q2 Q1 Q0' FT') (Q3' Q2 Q1 Q0 FT')$
D0	$(Q3' Q2' Q1' Q0' \text{ ON PV}) + (Q3' Q2' Q1 Q0 FT' \text{ MENOR}50') + (Q3' Q2' Q1 Q0' FT' \text{ MENOR}25) + (Q3' Q2 Q1' Q0 FT' \text{ MENOR}10') + (Q3' Q2 Q1 Q0 FT') + (Q3 Q2' Q1' Q0' TC)$
CLR	$(Q3' Q2' Q1' Q0)$
PisON	$(Q3' Q2' Q1' Q0) + (Q3' Q2' Q1 Q0') + (Q3' Q2' Q1 Q0) + (Q3' Q2' Q1 Q0') + (Q3' Q2' Q1 FT' \text{ MENOR}25') + (Q3' Q2 Q1' Q0) + (Q3' Q2 Q1 Q0') + (Q3' Q2 Q1 Q0) + (Q3 Q2' Q1' Q0') + (Q3 Q2' Q1' Q0)$
COIN100	$(Q3' Q2' Q1 Q0')$
COIN50	$(Q3' Q2' Q1 Q0) + (Q3' Q2' Q1 Q0 FT' \text{ MENOR}25')$
COIN25	$(Q3' Q2' Q1 Q0')$
COIN10	$(Q3' Q2 Q1' Q0)$
COIN5	$(Q3' Q2 Q1 Q0')$
COIN1	$(Q3' Q2 Q1 Q0)$

Fonte: Elaborado pelos autores.

3 CONCLUSÃO

O relatório teve por finalidade apresentar a solução para o problema de projetar uma máquina de troco. Tal máquina tem como entrada um valor em binário V, que corresponde ao troco em moedas que a máquina deve processar e também T, que trata-se de uma entrada que é utilizada para criação de um botão sincronizado, a máquina também possui uma saída denominada de L que será utilizada para ligar um led. Diante da problemática, foi utilizado o método de projeto RTL para criar uma máquina de estados capaz de processar o valor de troco recebido, foi criado então 10 estados, sendo 6 deles para os tipos de moedas e os demais sendo estágios da máquina para entrega do troco. O bloco operacional da máquina foi criado utilizando componentes somadores, subtratores, multiplicadores, comparadores e registradores, que dependem das 8 saídas do bloco de controle e também gera 10 saídas, sendo 9 delas utilizadas como entradas do bloco de controle para a mudança de estados e a outra sendo o L. Por fim, foi feita a lógica combinacional do bloco de controle utilizando o diagrama de estados e a tabela de transição de estados.

REFERÊNCIAS

VAHID, F. **Sistemas digitais: projeto, otimização e HDLs**. Porto Alegre: Artmed, 2008. 560p.

TOCCI, R.; WIDMER, N.; MOSS, G. Digital Systems: Principles and Applications. [S.l.]: Pearson Education Limited, 2011. ISBN 9780130387936.

ANEXOS

ANEXO A - RELATÓRIO SEMANAL

Líder: Vinicius Souza Fonseca**A.1 Equipe****Tabela 2** - Identificação da equipe

Funções	Componentes
Redator	Isaac de Lyra Junior
Debatedor	Marcelo Ferreira
Videomaker	Lucas Batista
Auxiliar	----

Fonte: Autores.**A.2 Defina o problema**

O projeto apresentado tem como problemática a ideia de um circuito digital de uma máquina de troco a partir de uma ideologia e construção usando máquina de estados.

Os elementos usados são: Máquina RTL, máquina de estado, Diagrama, tabela de estado.

A.3 Registro do brainstorming

A primeira reunião seguia conforme exposto pela tabela no quadro 1, a coleta de dados dos horários disponíveis de cada membro. Dessa forma foi observado que os participantes só possuíam horários vagos a noite, então as reuniões foram feitas no final da tarde e foi se prolongando a noite.

Na terça e quarta estudamos os conceitos sobre máquina RTL e ao mesmo tempo fazendo os passos a serem realizados, como fizemos os diagramas e as ideias a serem colocadas, ficamos meio inseguros sobre a montagem e recorremos ao monitor para sanar as dúvidas. Nos dias seguintes implementamos no software *lucid.app* (site de diagramas), usando as ideias e após serem realizadas, montamos a tabela-verdade.que pode ser observado no quadro 1.

Quadro 1 - Horários de reuniões.

HORARIOS INDISPONIVEIS							
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
07:00 - 07:30							
07:30 - 08:00							
08:00 - 08:30							
08:30 - 09:00							
09:00 - 09:30							
09:30 - 10:00							
10:00 - 10:30							
10:30 - 11:00							
11:00 - 11:30							
11:30 - 12:00							
12:00 - 12:30							
12:30 - 13:00							
13:00 - 13:30							
13:30 - 14:00							
14:00 - 14:30							
14:30 - 15:00							
15:00 - 15:30							
15:30 - 16:00							
16:00 - 16:30							
16:30 - 17:00							
17:00 - 18:00							
18:00 - 19:00							
19:00 - 20:00							
20:00 - 21:00							
21:00 - 22:00							
22:00 - 23:00							
23:00 - 24:00							
24:00 - 25:00							
25:00 - 26:00							
26:00 - 27:00							
27:00 - 28:00							
28:00 - 29:00							
29:00 - 30:00							
30:00 - 31:00							
31:00 - 32:00							
32:00 - 33:00							
33:00 - 34:00							
34:00 - 35:00							
35:00 - 36:00							
36:00 - 37:00							
37:00 - 38:00							
38:00 - 39:00							
39:00 - 40:00							
40:00 - 41:00							
41:00 - 42:00							
42:00 - 43:00							
43:00 - 44:00							
44:00 - 45:00							
45:00 - 46:00							
46:00 - 47:00							
47:00 - 48:00							
48:00 - 49:00							
49:00 - 50:00							
50:00 - 51:00							
51:00 - 52:00							
52:00 - 53:00							
53:00 - 54:00							
54:00 - 55:00							
55:00 - 56:00							
56:00 - 57:00							
57:00 - 58:00							
58:00 - 59:00							
59:00 - 60:00							
60:00 - 61:00							
61:00 - 62:00							
62:00 - 63:00							
63:00 - 64:00							
64:00 - 65:00							
65:00 - 66:00							
66:00 - 67:00							
67:00 - 68:00							
68:00 - 69:00							
69:00 - 70:00							
70:00 - 71:00							
71:00 - 72:00							
72:00 - 73:00							
73:00 - 74:00							
74:00 - 75:00							
75:00 - 76:00							
76:00 - 77:00							
77:00 - 78:00							
78:00 - 79:00							
79:00 - 80:00							
80:00 - 81:00							
81:00 - 82:00							
82:00 - 83:00							
83:00 - 84:00							
84:00 - 85:00							
85:00 - 86:00							
86:00 - 87:00							
87:00 - 88:00							
88:00 - 89:00							
89:00 - 90:00							
90:00 - 91:00							
91:00 - 92:00							
92:00 - 93:00							
93:00 - 94:00							
94:00 - 95:00							
95:00 - 96:00							
96:00 - 97:00							
97:00 - 98:00							
98:00 - 99:00							
99:00 - 100:00							
100:00 - 101:00							
101:00 - 102:00							
102:00 - 103:00							
103:00 - 104:00							
104:00 - 105:00							
105:00 - 106:00							
106:00 - 107:00							
107:00 - 108:00							
108:00 - 109:00							
109:00 - 110:00							
110:00 - 111:00							
111:00 - 112:00							
112:00 - 113:00							
113:00 - 114:00							
114:00 - 115:00							
115:00 - 116:00							
116:00 - 117:00							
117:00 - 118:00							
118:00 - 119:00							
119:00 - 120:00							
120:00 - 121:00							
121:00 - 122:00							
122:00 - 123:00							
123:00 - 124:00							
124:00 - 125:00							
125:00 - 126:00							
126:00 - 127:00							
127:00 - 128:00							
128:00 - 129:00							
129:00 - 130:00							
130:00 - 131:00							
131:00 - 132:00							
132:00 - 133:00							
133:00 - 134:00							
134:00 - 135:00							
135:00 - 136:00							
136:00 - 137:00							
137:00 - 138:00							
138:00 - 139:00							
139:00 - 140:00							
140:00 - 141:00							
141:00 - 142:00							
142:00 - 143:00							
143:00 - 144:00							
144:00 - 145:00							
145:00 - 146:00							
146:00 - 147:00							
147:00 - 148:00							
148:00 - 149:00							
149:00 - 150:00							
150:00 - 151:00							
151:00 - 152:00							
152:00 - 153:00							
153:00 - 154:00							
154:00 - 155:00							
155:00 - 156:00							
156:00 - 157:00							
157:00 - 158:00							
158:00 - 159:00							
159:00 - 160:00							
160:00 - 161:00							
161:00 - 162:00							
162:00 - 163:00							
163:00 - 164:00							
164:00 - 165:00							
165:00 - 166:00							
166:00 - 167:00							
167:00 - 168:00							
168:00 - 169:00							
169:00 - 170:00							
170:00 - 171:00							
171:00 - 172:00							
172:00 - 173:00							
173:00 - 174:00							
174:00 - 175:00							
175:00 - 176:00							
176:00 - 177:00							
177:00 - 178:00							
178:00 - 179:00							
179:00 - 180:00							
180:00 - 181:00							
181:00 - 182:00							
182:00 - 183:00							
183:00 - 184:00							
184:00 - 185:00							
185:00 - 186:00							
186:00 - 187:00							
187:00 - 188:00							
188:00 - 189:00							
189:00 - 190:00							
190:00 - 191:00							
191:00 - 192:00							
192:00 - 193:00							
193:00 - 194:00							
194:00 - 195:00							
195:00 - 196:00							
196:00 - 197:00							
197:00 - 198:00							
198:00 - 199:00							
199:00 - 200:00							
200:00 - 201:00							
201:00 - 202:00							
202:00 - 203:00							
203:00 - 204:00							
204:00 - 205:00							
205:00 - 206:00							
206:00 - 207:00							
207:00 - 208:00							
208:00 - 209:00							
209:00 - 210:00							
210:00 - 211:00							
211:00 - 212:00							
212:00 - 213:00							
213:00 - 214:00							
214:00 - 215:00							
215:00 - 216:00							
216:00 - 217:00							
217:00 - 218:00							
218:00 - 219:00							
219:00 - 220:00							
220:00 - 221:00							
221:00 - 222:00							
222:00 - 223:00							
223:00 - 224:00							
224:00 - 225:00							
225:00 - 226:00							
226:00 - 227:00							
227:00 - 228:00							
228:00 - 229:00							
229:00 - 230:00							
230:00 - 231:00							
231:00 - 232:00							
232:00 - 233:00							
233:00 - 234:00							
234:00 - 235:00							

A.6 Planejamento da pesquisa

A pesquisa foi realizada através da leitura do livro “Sistemas digitais: projeto, otimização e HDLS” de Frank Vahid, Leitura do livro TACCI, tanto quanto em vídeos no YouTube.

ANEXO B - TABELA DE TRANSIÇÃO DE ESTADOS

ESTADOS	ESTADO ATUAL				OU	PV	FT	ENTRADA S								ESTADOS	ESTADO FUTURO				SAÍDA S							
	Q2	Q2	Q1	Q0				CG	MEIO100	MEIO50	MEIO25	MEIO10	MEIO5	MEIO1	MEIO0		D3	D2	D1	D0	CLR	PRON	COM100	COM50	COM25	COM10	COM5	COM1
STANDBY	0	0	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	STANDBY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	STANDBY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	STANDBY	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INICIANDO	0	0	0	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	INICIANDO	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	INICIANDO	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	INICIANDO	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
MOEDA 1 REAL	0	0	1	0	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	MOEDA 1 REAL	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	MOEDA 50	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
	0	0	1	0	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	MOEDA 25	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
MOEDA 50	0	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MOEDA 25	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	0	0	1	1	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	PROCESSA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
	0	0	1	1	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	PROCESSA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
MOEDA 25	0	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MOEDA 25	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	0	1	0	0	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	PROCESSA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
	0	1	0	0	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	PROCESSA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0
MOEDA 10	0	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MOEDA 10	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	0	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	PROCESSA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
	0	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	PROCESSA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
MOEDA 5	0	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	MOEDA 5	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	0	1	1	0	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	1	MOEDA 1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0
	0	1	1	0	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	0	PROCESSA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
MOEDA 1	0	1	1	0	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	1	PROCESSA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	0	1	1	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	PROCESSA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
	0	1	1	1	X	X	X	X	0	X	X	X	X	X	X	PROCESSA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
PROCESSA TROCO	1	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	STANDBY	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	LIBERA TROCO	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	X	X	X	X	1	X	X	X	X	X	X	STANDBY	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
LIBERA TROCO	1	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	STANDBY	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0