



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA - CT
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório Técnico
ELE2715 - Grupo 01 - Problema 05 - Projeto

LUCAS DE OLIVEIRA LEAL
YAN STEVEN NOBRE PONTES
RAFAEL RIBEIRO FRANCO
FRANKLIN THIAGO PEREIRA CORREIA
WERBERT ARLES DE SOUSA BARRADAS

Natal, 20 de novembro de 2023

Resumo

O presente relatório descreve o projeto de uma máquina de troco, cujo a mesma possui 6 cofres de moedas sendo i_x ($x = 1, 2, \dots, 6$), onde em sequência o primeiro cofre tem moedas de 1,00R\$, o segundo 0,50R\$, o terceiro 0,25R\$, o quarto 0,10R\$, o quinto 0,05R\$ e o sexto 0,01R\$. Cada cofre também possui uma saída indicativa de que está vazio sendo definido $c_x = 0$ ($x=1, 2, \dots, 6$) e é possível recalculer o troco para liberar moedas a partir dos cofres que não estão vazios. Vai possuir uma entrada com o valor do troco a ser liberado sendo um número binário denominada de V e do pulso gerado a partir da saída do circuito de um botão sincronizado (BS) cujo a entrada é T. Adicionalmente, também possui uma saída L que ficará piscando enquanto o troco estiver sendo processado. 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.

Palavras-chave: Sistemas Digitais, Máquina de Troco, Circuitos Digitais, Projeto.

Lista de Imagens

Figura 1 – Maquina de Estados	4
Figura 2 – Maquina de Estados	7
Figura 3 – Maquina de Estados	8
Figura 4 – Teste de Troco	9
Figura 5 – Libera Troco	10
Figura 6 – Cofre de moedas	11
Figura 7 – Diagrama de Blocos	11

Sumário

1	INTRODUÇÃO	4
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	6
2.1	RTL	6
3	DESENVOLVIMENTO	7
3.1	Máquina de Estados	7
3.1.1	Máquina de Estados Inicial	8
3.2	Estados internos	8
3.2.1	Teste de Troco	8
3.2.2	Libera de Troco	9
3.3	Diagrama de blocos	10
3.4	Datapath	12
4	CONCLUSÃO	13
	REFERÊNCIAS	14
	ANEXO A – RELATO SEMANAL	15
A.1	Equipe	15
A.2	Defina o problema	15
A.3	Registro de <i>brainstorming</i>	15
A.4	Pontos-chaves	15
A.5	Questões de pesquisa	16
A.6	Planejamento da pesquisa	16

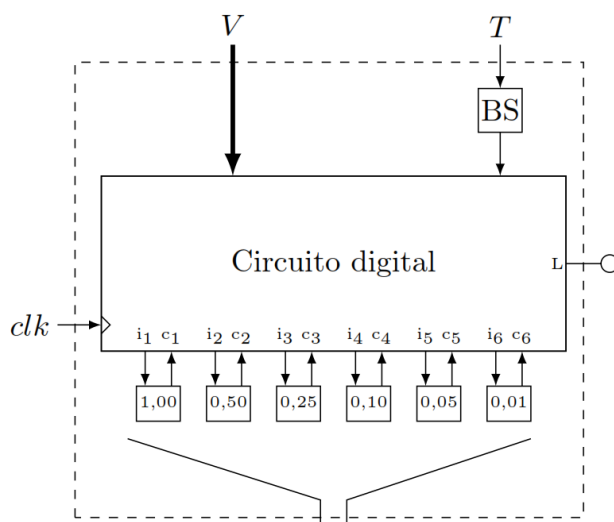
1 INTRODUÇÃO

Circuitos digitais são utilizados em diversas aplicações no nosso mundo modernizado. A tendência é aumentar a sua utilização e para isso se faz necessária a capacitação de profissionais com a aptidão a desenvolver projetos de circuitos digitais. Por isso, a avaliação continuada trabalhando com resolução de problemas é de suma importância e vem nos ajudando a desenvolver tais habilidades. Durante essa semana iremos abordar mais um projeto, sendo dessa vez uma máquina de troco.

A máquina de troco do nosso problema possui um sistema de liberação de moedas complexo e bem definido, de modo que possui uma entrada de quanto é o troco, sendo este um binário V , que vai trabalhar com valores entre 0 e 10R\$ e um botão síncrono T que carrega a solicitação. O sistema também possuirá uma saída L que será um led cujo objetivo é mostrar as transições de que está processando o valor ou que não é possível trocar o valor da entrada V , sendo a primeira transição piscando e a segunda ligada direto até que um novo valor de troco seja carregado na máquina.

A máquina possuirá 6 cofres nomeados i_x ($x = 1, \dots, 6$) com moedas de 1,00R\$, 0,50R\$, 0,25R\$, 0,10R\$, 0,05R\$ e 0,01R\$, respectivamente, e cada um também possuirá um indicativo de que está vazio nomeado de $c_x = 0$ ($x = 1, \dots, 6$). Caso o cofre esteja vazio, o circuito será capaz de realocar ou recalculer o troco baseado nos valores e cofres que não estejam vazios. Por fim, o cofre só é capaz de lidar com o processamento de um troco de cada vez e possuirá um clock nomeado de clk .

Figura 1 – Máquina de Estados



Fonte: Exemplo do problema.

O presente relatório será dividido em seções de Fundamentação Teórica descrevendo o método de projeto RTL. O Desenvolvimento com a resolução da máquina de estados e o diagrama de blocos com suas respectivas explicações sobre os estados, uma Conclusão e o Relato Semanal.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RTL

O projeto em nível de transferência entre registradores (Register Transfer Level - RTL) é uma abordagem de projeto que utiliza uma variedade de abordagens em forma conjunta e é o método mais comum praticado por projetistas hoje em dia de acordo com o VAHID (2008). Esse método se concentra na transferência de dados entre registros e as operações realizadas nesses dados. O RTL é dividido em 4 passos que são definidos também no livro do Vahid (2008).

O primeiro passo do projeto é obter a máquina de estados que descreve o comportamento do sistema, nela serão definidos as entradas, saídas e transições. A diferença do que estávamos fazendo antes para o que temos agora é que podemos ter funções complexas descrevendo as transições, ou seja, temos operações com dados como comportamentos de mudança de estados. Além de definir os registradores e seu início zerando os mesmos. Essa máquina é conhecida como máquina de estados de alto nível por ter suas operações sendo mais do que apenas lógica booleana entre entradas e saídas.

O segundo passo é criar um bloco operacional dispondo os registradores e como os mesmos irão reagir entre si baseados na máquina de estados descrita anteriormente. Esse bloco também será capaz de lidar com os dados que serão fornecidos no projeto, assim como todo o escopo definido no mesmo.

O terceiro passo é conectar o bloco operacional com o bloco de controle assim como entradas e saídas booleanas externas ao bloco de controle. E por fim o último passo é converter o bloco de controle em uma máquina de estados finita, convertendo a máquina de estados de alto nível e substituindo as operações com dados em operações com sinais de controle que são ativados ou lidos pelo bloco de controle.

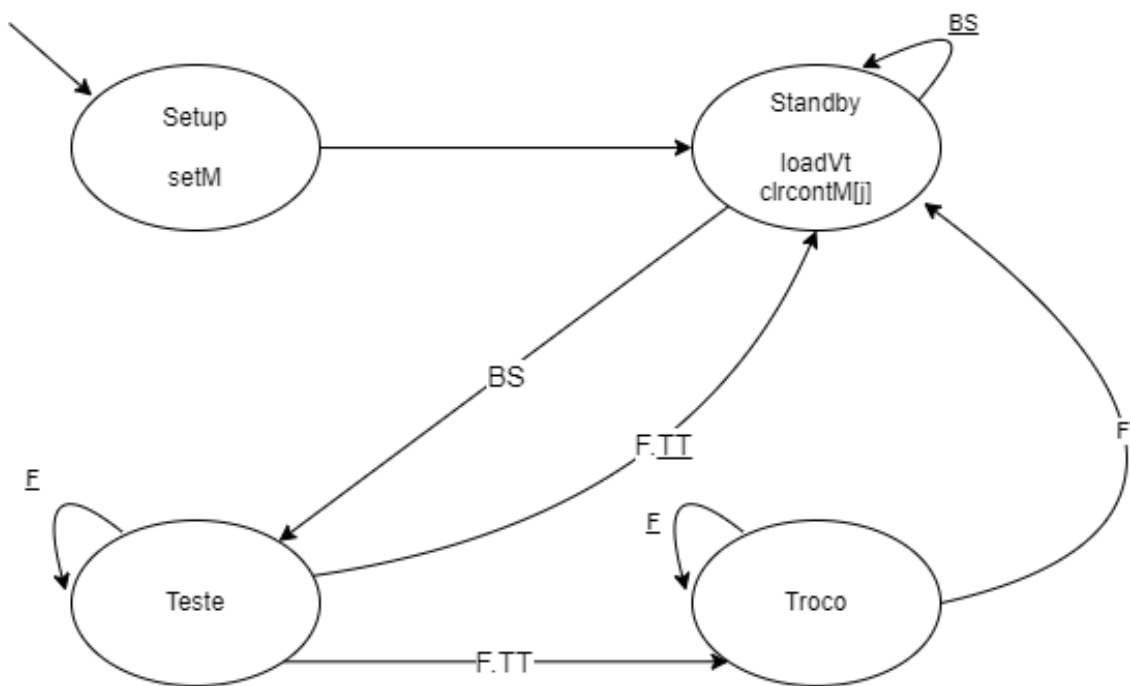
3 DESENVOLVIMENTO

Inicialmente mostrou-se necessário efetuar a aplicação do conceito de máquina de estados, com objetivo de descrever melhor os circuitos sequenciais, de forma ampla e visual, permitindo a construção da nossa ideia inicial.

3.1 Máquina de Estados

Após o início do debate dentro de sala e fora da mesma, partimos para a criação da nossa máquina de estados, onde definimos por 4 estados (Setup, Standby, Teste e Troco) que foram dispostos da seguinte maneira:

Figura 2 – Máquina de Estados



Fonte: Dos autores.

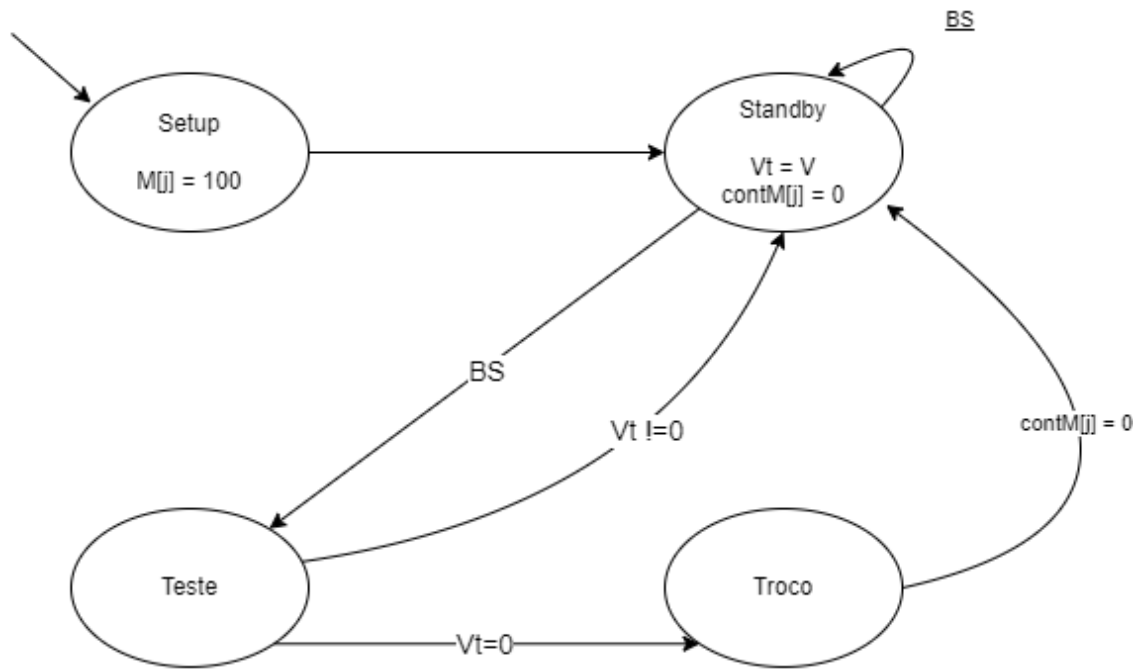
Estados:

1. Setup
2. Standby
3. Teste
4. Troco

3.1.1 Máquina de Estados Inicial

Projetamos inicialmente uma máquina de estados de alto nível, ou seja, com operadores aritméticos, e a partir dela criamos o diagrama de blocos e definimos os sinais que foram utilizados para transformar a máquina de estados de alto nível em uma de baixo nível.

Figura 3 – Máquina de Estados



Fonte: Dos autores.

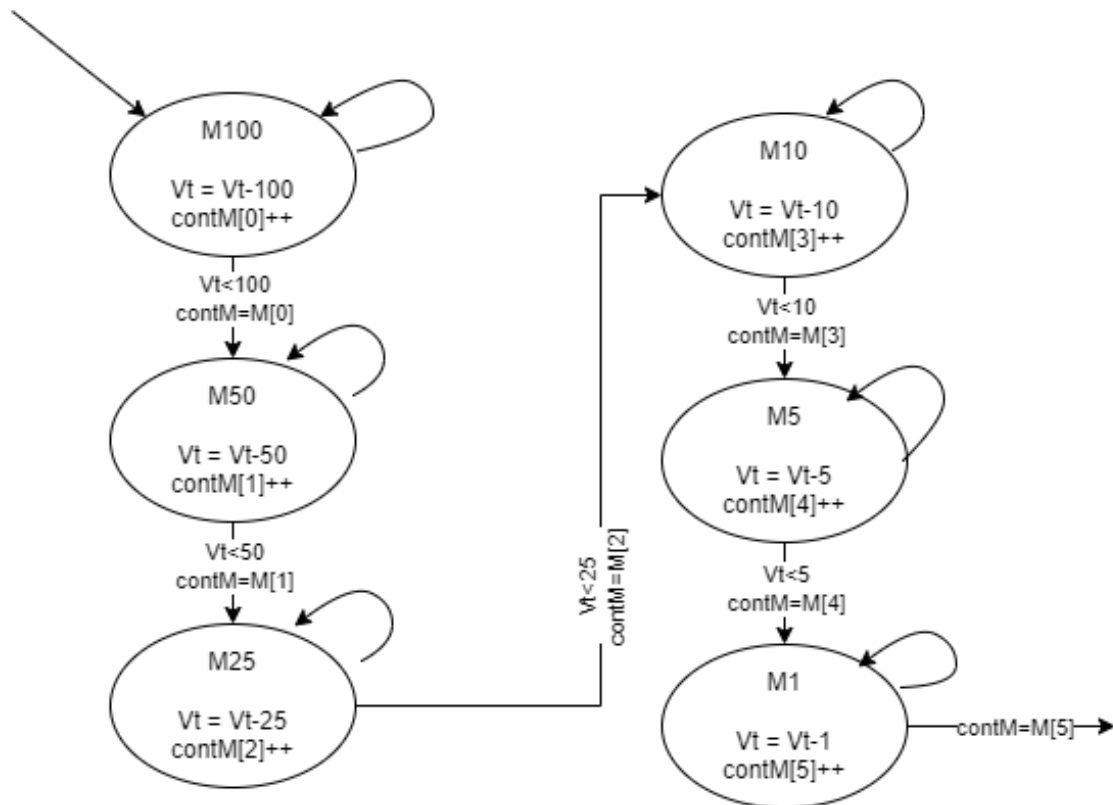
3.2 Estados internos

Por possuir uma complexidade maior e executar muitas operações e mudanças, fizemos algo próximo de uma máquina de estados dentro dos estados de Teste e de Troco, para facilitar a compreensão e a criação do diagrama de blocos.

3.2.1 Teste de Troco

Quando inicia o estado de teste de troco, a máquina começa a testar da maior moeda até a menor moeda se o valor atual guardado é maior ou igual ao valor da moeda e se ainda há moedas do tipo, e então atualiza o valor de Vt subtraindo o valor da moeda, e conta a moeda que será utilizada, repetindo até que uma das condições deixe de ser verdadeira, passando para a próxima moeda.

Figura 4 – Teste de Troco

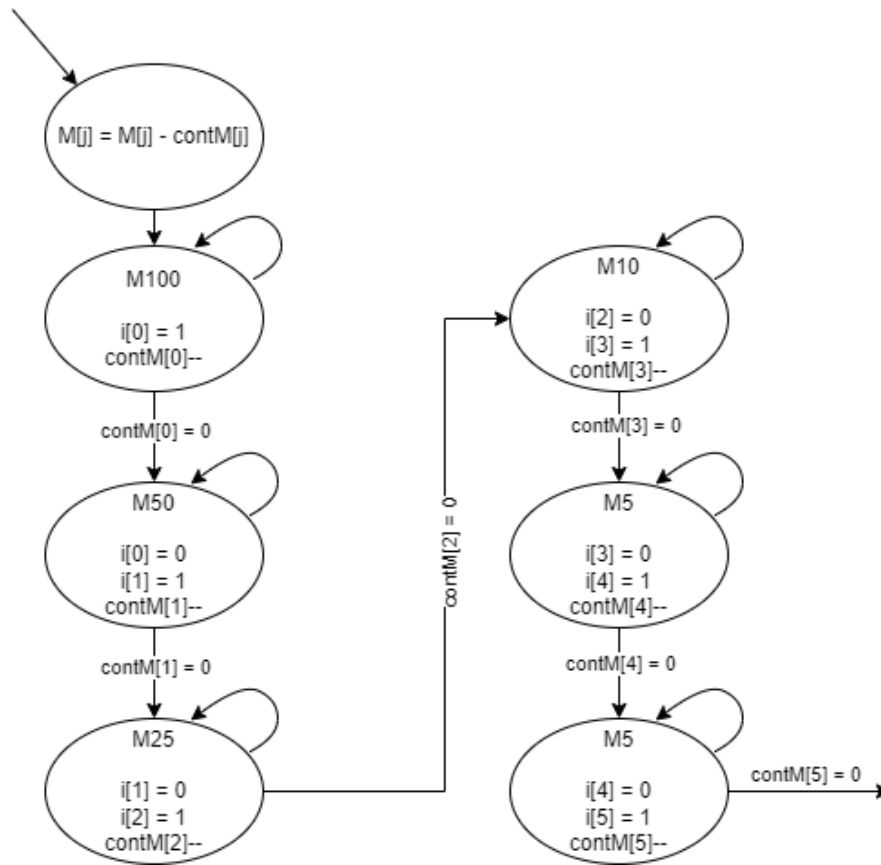


Fonte: Dos autores.

3.2.2 Libera de Troco

O estado de Troco inicia reduzindo o valor de moedas guardadas pela quantidade de moedas que foi contada para dar o troco, para em seguida, de forma semelhante ao teste de troco, passa por todas as moedas, mandando o sinal para liberar uma moeda e reduzindo o contador de moedas até que chegue em zero, para então passar para a próxima moeda.

Figura 5 – Libera Troco



Fonte: Dos autores.

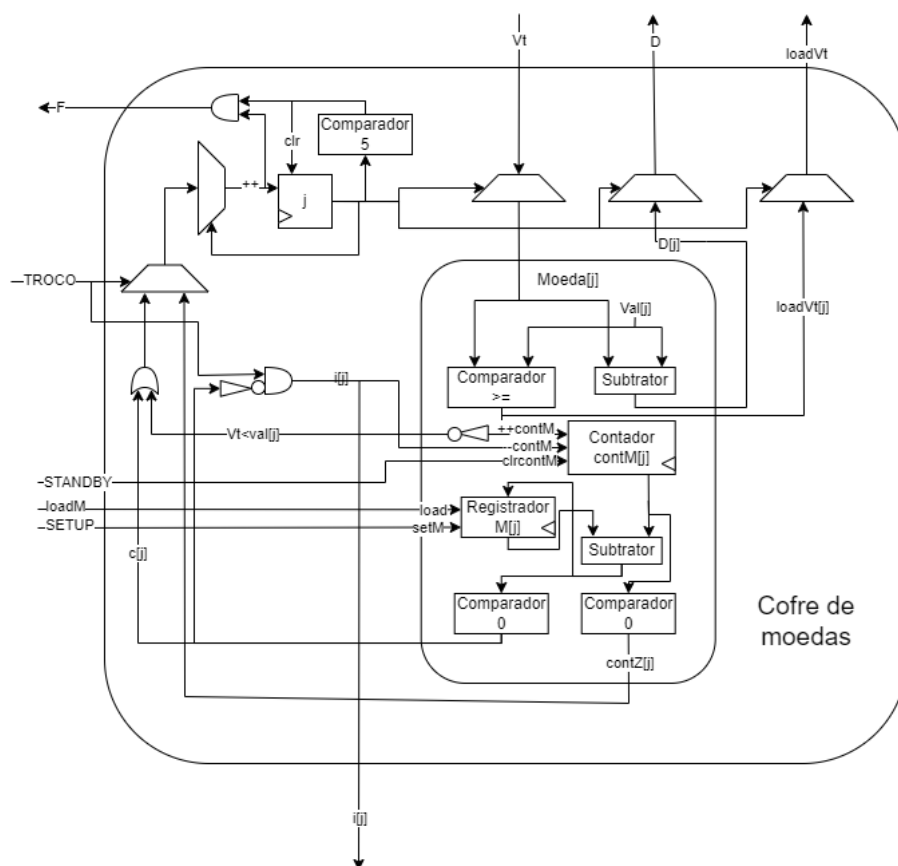
3.3 Diagrama de blocos

Começamos com o nosso cofre de moedas e os testes que o mesmo faria baseado no nosso código antes feito em C++.

Com diagrama de blocos do cofre de moedas feito, partimos para a adição do mesmo no nosso bloco operacional.

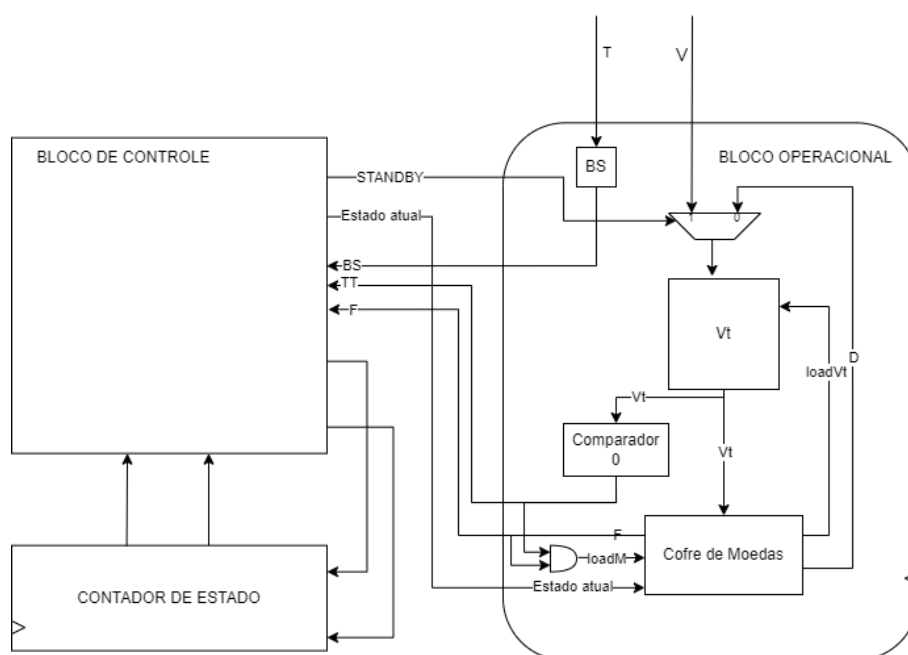
Pensando na lógica de entrada para o nosso bloco operacional, se mostrou necessário saber o estado atual da máquina de estados, para definir o comportamento do cofre, baseado no estado atual.

Figura 6 – Cofre de moedas



Fonte: Dos autores.

Figura 7 – Diagrama de Blocos



Fonte: Dos autores.

Para o nosso bloco operacional, temos um Mux de entrada que quando em Standby

receberá o valor V e quando não, receberá o valor vindo do cofre de moedas (D), realimentando o V_t , alternando os valores que irão seguir para o bloco de controle.

3.4 Datapath

```

1  int val[6] = [100,50,25,10,5,1]
   int M[6],Mt[6],contM[6];
3  bool i[6],c[6];
   for(int j = 0; j<6 ; j++) {
5     M[j] = 100;
     i[j] = 0;
7     c[j] = 1;
   }
9  while(1) {
     while(Vt != 0) {
11      for(int j = 0; j<6 ; j++) {
          Mt[j] = M[j];
13      contM[j] = 0;
      }
15      if(BS){
          int Vt = V;
17      for(int j = 0; j<6 ; j++) {
          while(!c[j] || Vt <= val[j]) {
19          Vt = Vt - val[j]
          contM[j]++
21          Mt[j]--
          if(Mt[j] == 0){
23              c[j] =0
          }
      }
25      }
27  }
     for(int j = 0; j<6 ; j++) {
29         while(contM[j] != 0) {
             i[j] = 1;
31             contM--
         }
33         i[j] = 0;
         M[j] = Mt[j];
35     }
     Vt = V;
37 }

```

Listing 3.1 – Código fonte em C++

4 CONCLUSÃO

Por fim, o projeto de uma máquina de trocos foi desenvolvido com sucesso baseado no trabalho e desenvolvimento do grupo com as devidas decisões tomadas sendo descritas no corpo deste relatório. Reitero que o conhecimento adquirido ao longo desse projeto é de suma importância para obter experiência em desenvolvimento de projetos de circuitos digitais e nos possibilita aprender colocando em prática todo o conhecimento visto em aulas teóricas e nos livros textos.

Referências

- TOCCI, R. J. *Sistemas Digitais: princípios e aplicações; 10^a Edição*. [S.l.]: Pearson, 2007.
- VAHID, F. *Sistemas Digitais: Projeto, Otimização e HDLs*. [S.l.]: Artmed Bookman, 2008.

ANEXO A – Relato semanal

Líder: LUCAS DE OLIVEIRA LEAL

A.1 Equipe

Tabela 1 – Identificação da equipe

Função no grupo	Nome completo do aluno
Redator	YAN STEVEN NOBRE PONTES
Debatedor	RAFAEL RIBEIRO FRANCO
Videomaker	FRANKLIN THIAGO PEREIRA CORREIA
Auxiliar	WERBERT ARLES DE SOUSA BARRADAS

Fonte: Produzido pelos autores.

A.2 Defina o problema

O problema proposto é o projeto de uma máquina de troco, que recebe um valor de até 10 calcula e libera o troco em moedas de 1 real, 50, 25, 10, 5 ou 1 centavo. Além disso, optamos por otimizar a máquina de forma que consta uma quantidade inicial de moedas, que pode eventualmente acabar, obrigando a máquina a calcular o troco com menos possibilidades de moedas, e possivelmente informar que não consegue dar o troco, solicitando um novo valor de troco.

A.3 Registro de *brainstorming*

Iniciamos o brainstorming do projeto pensando nas funcionalidades e limitações da máquina, para então criar um código de alto nível na linguagem C++ para facilitar a criação de uma máquina de estados de alto nível, para então criar o diagrama de blocos e, com os sinais definidos, transformar a máquina de estados de alto nível em uma de baixo nível.

A.4 Pontos-chaves

- Máquinas de estado finito
- Máquinas de estado em alto nível

- Datapath
- Diagrama de blocos

A.5 Questões de pesquisa

- Como transformar o código em uma máquina de estados de alto nível
- Como retirar a lógica combinacional da máquina de estados?

A.6 Planejamento da pesquisa

As obras de Frank Vahid e Gregory Tocci foram consultadas para construção da base teórica.