**Sistemas Digitais**

**Relatório**



**Trabalho realizado por:**

Diogo Rafael nº 37859

Miguel Luís nº 37555

Ricardo Mochila nº 37762

Vasco Crespo nº 37913

Miguel Luis nº 37555

Ricardo Mochila nº 37762

Miguel Luis nº 37555

Ricardo Mochila nº 37762

Vasco Crespo nº 37913

Diogo Rafael nº 37859

**Introdução**

O objetivo deste trabalho é criar um sistema de controlo para uma máquina de venda automática de café, composta por dois módulos: 1) módulo para o moedeiro, onde serão introduzidas moedas e que aceita apenas moedas de 0,10€ e 0,20€. Qualquer outra moeda será ignorada; 2) módulo para servir o café, que está ligado ao moedeiro e é composto por um botão e vários doseadores que funcionam por ciclos.

Para explicar o funcionamento da máquina de café foram criados dois modelos ASM (Abstract State Machine), a partir dos quais se construiram tabelas de verdade e consequentemente mapas de Karnaugh que permitiram arranjar funções. Com as equações obtidas através dos mapas de Karnaugh foi construído o circuito usando o programa Logisim.

O ficheiro onde se encontra o programa criado pelo grupo está no anexo a este relatório.

1. **Decisões tomadas na realização do trabalho**

O primeiro passo foi tentar desenhar os modelos ASM. Porém, como ainda não tinham sido definidos adequadamente os *inputs* e *outputs* de cada módulo da máquina, houve necessidade de recomeçar depois da sua definição ter sido devidamente efetuada.

Após definidos corretamente os modelos ASM, foram construídas as respetivas tabelas de verdade, na qual foram descritas as transições de estados, tal como indicado pelo professor. O grupo decidiu usar *flip-flops T*. Depois de tomada esta decisão, foram adicionados também os valores de cada flip-flop à tabela de verdade dos respectivos modelos ASM, de modo a tentar simplificar a compreensão do funcionamento do programa.

Depois da conclusão das tabelas de verdade foram construídos os mapas de Karnaugh necessários e simplificadas as expressões. Nesta fase surgiram alguns erros devido a indiferenças mal posicionadas nos mapas, que foram corrigidos e foram obtidas as expressões corretas.

Com as expressões obtidas, as mesmas foram implementadas no programa Logisim. Após a obtenção do circuito simplificado, este foi testado exaustivamente verificando-se que estava corretamente definido. Verificado o seu rigor foi então realizado este relatório.

**2. Moedeiro**

**2.1 Modelo ASM do Moedeiro**

**A**

**00**

a b c d e f

**D**

**C**

**B**

**0**

**1**

**1**

**1**

**1**

**1**

**1**

**0**

**0**

**0**

**0**

**0**

**11**

**10**

**01**

**0**

**M2**

**M2**

**CS**

**M1**

**M1**

a b c d g

a b d e g

b c

b c

**M2**

**M1**

**1**

**2.2 Funcionamento do Moedeiro**

Inputs:

* M1 (0,10€)
* M2 (0,20€)
* CS (café servido)

Outputs:

* Valor Inserido, representado no display de 7 segmentos
* 1º Lâmpada LED (S3)

Funcionamento

O moedeiro é a primeira parte da máquina de café com que o usuário entra em contacto. Aceita apenas moedas de 0,10€ e 0,20€ cêntimos, sendo qualquer outra moeda ignorada. É importante referir que a máquina não dá troco.

A partir das moedas que o moedeiro aceita pode deduzir-se que este tem pelo menos dois inputs sendo através deles que se passa ao próximo módulo da máquina. O terceiro input está ligado a este segundo módulo, indicando quando o café está servido e servindo de reset a toda a máquina.

O moedeiro permite passar ao módulo seguinte, mas apenas depois do cliente ter inserido 0,30€ ou mais cêntimos, logo o modelo ASM vai ter 4 estados (00, 01, 10, 11), equivalentes à quantidade de dinheiro que o moedeiro vai registar. Graças aos conceitos dos estados de um circuito sequencial estudados na aula, sabe-se que são necessários pelo menos 2 *flip flops*, dado que existem 4 estados.

Existem apenas 3 casos possíveis de combinações de moedas que permitem chegar aos 0,30€ cêntimos necessários:

* 0,10€ + 0,10€ + 0,10€
* 0,20€ + 0,20€
* 0,20€ + 0,10€

Todos estas casos estão incluídos no modelo ASM, mas foi considerado como impossível a introdução de duas moedas em simultâneo, assim como após inserida a quantidade minima necessária não iria introduzir mais moedas no moedeiro.

A variável CS (café servido) é a variável que faz a ligação com o módulo para servir café, correspondendo ao último estado do modelo ASM desse módulo, ou seja, quando a máquina chegar a esse estado vai activar a variável CS e fazer reset à máquina toda, voltando ao inicío do estado e ficando pronta para iniciar novo processo.

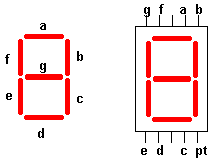
****

FIg1.Display de 7 segmentos

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **M2** | **M1** | **CS** | **Est. Atual(Qn)** | | **Est. Seguinte(Qn+1)** | | **Transições estados mnemónica** | | **T2** | **T1** | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** | **G** |
| **X1** | **X0** | **X1** | **X0** | **Qn** | **Qn+1** |
| 0 | 0 | - | 0 | 0 | 0 | 0 | A | A | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | - | 0 | 0 | 0 | 1 | A | B | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | - | 0 | 0 | 1 | 0 | A | C | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 0 | 0 | - | 0 | 1 | 0 | 1 | B | B | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | - | 0 | 1 | 1 | 0 | B | C | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | - | 0 | 1 | 1 | 1 | B | D | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | - | 1 | 0 | 1 | 0 | C | C | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | - | 1 | 0 | 1 | 1 | C | D | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | - | 1 | 0 | 1 | 1 | C | D | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| - | - | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | D | D | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| - | - | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | D | A | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |

**2.3 Tabela de verdade**

**2.4 Mapas de Karnaugh**

**2.4.1 Flip-flops**

T1= M1 ~X1 + M1 ~X0 + M2 X1 ~X0 + CS X1 X0

**CS=0 CS=1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **X1/ X0**  **M1/M2** | **00** | **01** | **11** | **10** | **X1/ X0**  **M1/M2** | **00** | **01** | **11** | **10** |
| **00** | 0 | 0 | 0 | 0 | 00 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| **01** | 1 | 1 | 0 | 1 | 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **11** | - | - | - | - | 11 | - | - | - | - |
| **10** | 0 | 0 | 0 | 1 | 10 | 0 | 0 | 1 | 1 |

T2= M2 ~X1 + M1 ~X1 X0 + CS X1 X0

**CS=0 CS=1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **X1/ X0**  **M1/M2** | **00** | **01** | **11** | **10** | **X1/ X0**  **M1/M2** | **00** | **01** | **11** | **10** |
| **00** | 0 | 0 | 0 | 0 | 00 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| **01** | 0 | 1 | 0 | 0 | 01 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| **11** | - | - | - | - | 11 | - | - | - | - |
| **10** | 1 | 1 | 0 | 0 | 10 | 1 | 1 | 1 | 0 |

**2.4.2 Display**

Seg.a

Seg.b

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X0 X1 | **0** | **1** |
| **0** | 1 | 0 |
| **1** | 1 | 1 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X0 X1 | **0** | **1** |
| **0** | 1 | 1 |
| **1** | 1 | 1 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X0 X1 | **0** | **1** |
| **0** | 1 | 1 |
| **1** | 0 | 1 |

Seg.d

Seg.c

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X0 X1 | **0** | **1** |
| **0** | 1 | 0 |
| **1** | 1 | 1 |

Seg.f

Seg.e

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X0 X1 | **0** | **1** |
| **0** | 1 | 0 |
| **1** | 1 | 0 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X0 X1 | **0** | **1** |
| **0** | 1 | 0 |
| **1** | 0 | 0 |

**Equações:**

a= x1 + ~x0

b=1

c= ~x1 + x0

d=x1 + ~x0

e=~x0

f=~x1 ~x0

g=x1

Seg.g

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| X0 X1 | **0** | **1** |
| **0** | 0 | 0 |
| **1** | 1 | 1 |

**3. Módulo para servir café**

**3.1 Modelo ASM**

**A**

**000V**

S3

**1**

**0**

**101V**

**100V**

**011V**

**010V**

**001V**

B

CS

DAÇ

DA

DA

DC

**B**

**C**

**D**

**E**

**F**

**3.2 Funcionamento do módulo para servir café**

Input:

* Botão (B)

Outputs:

* 2º Lâmpada LED
* Café servido (CS)

Funcionamento

Este módulo só funciona após ter sido inserido 0,30€ ou mais cêntimos, daí o primeiro estado deste modelo ASM ter o mesmo nome que o último estado do modelo ASM anterior.

Ao ser activado este módulo é necessário que o cliente prima o botão(B) para que os ciclos que fazem e consequentemente servem o café, possam ser activados. Se o botão não for premido, o módulo continua no estado S3. Se o botão for premido a máquina vai começar a fazer o café, adicionando uma dose de café por um ciclo do relógio, duas doses de café por dois ciclos do relógio, e uma dose de açúcar por um ciclo do relógio. Depois de terem sido adicionadas todas as doses, o café será servido e a máquina vai fazer reset, ficando assim pronta para repetir o processo.

Devido ao número de estados (5), foram usados 3 *flip-flops* (*flip-flops T* como já tinha sido previamente mencionado).

**3.3 Tabela de verdade do modelo**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **B** | **Estado Atual(Qn)** | | | **Estado Seguinte(Qn+1)** | | | **DC** | **DA** | **DA** | **DAÇ** | **T3** | **T2** | **T1** | **Transições Estados mnemónica** | |
| **X2** | **X1** | **X0** | **X2** | **X1** | **X0** |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | A | A |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | A | B |
| - | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | B | C |
| - | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | C | D |
| - | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | D | E |
| - | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | E | F |
| - | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | F | F |

**3.4 Mapas de Karnaugh**

T1= X0 + X1 + X2 + B

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **X1/ X0**  **B/ X2** | **00** | **01** | **11** | **10** |
| **00** | 0 | 1 | 1 | 1 |
| **01** | 1 | - | - | - |
| **11** | 1 | - | - | - |
| **10** | 1 | 1 | 1 | 1 |

T2= X0

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **X1/ X0**  **B/ X2** | **00** | **01** | **11** | **10** |
| **00** | 0 | 1 | 1 | 0 |
| **01** | 0 | - | - | - |
| **11** | 0 | - | - | - |
| **10** | 0 | 1 | 1 | 0 |

T3= X1 X0

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **X1/ X0**  **B/ X2** | **00** | **01** | **11** | **10** |
| **00** | 0 | 1 | 1 | 0 |
| **01** | 0 | - | - | - |
| **11** | 0 | - | - | - |
| **10** | 0 | 1 | 1 | 0 |

**Anexo**

**Programa no Logisim**

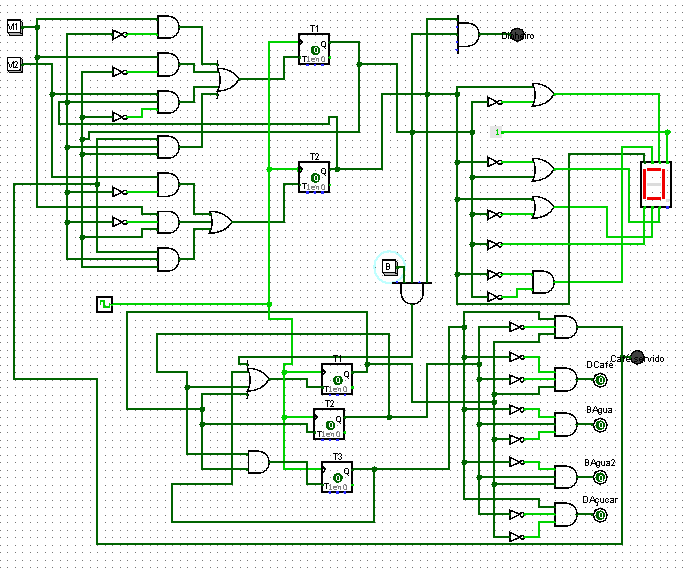
****

Fig2. Resultado da implementação das funções algébricas no programa Logisim