



**FUNDAMENTAL OF DIGITAL SYSTEM FINAL PROJECT REPORT
DEPARTMENT OF ELECTRICAL ENGINEERING
UNIVERSITAS INDONESIA**

MRT TICKETING MACHINE

GROUP BP-12

VINCENT SENJAYA

2006531024

PREFACE

Dalam rangka menyelesaikan mata kuliah 'Perancangan Sistem Digital', kami telah fokus pada proyek simulasi yang terkait dengan pengembangan MRT ticketing machine. Proyek ini difokuskan pada sintesis rangkaian dan simulasi gelombang untuk memastikan bahwa desain sistem digital yang diusulkan dapat beroperasi secara efektif dan sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan. Simulasi proyek ini terbatas pada penggunaan perangkat lunak simulasi untuk memodelkan perilaku sistem secara virtual. Dengan menggunakan tools yang tersedia, kami dapat merancang dan menguji berbagai bagian dari MRT ticketing machine, mulai dari unit pengguna hingga logika transaksi dan integrasi perangkat keras.

Dalam laporan ini, kami akan memberikan gambaran mendalam tentang proses sintesis rangkaian, parameter yang diuji selama simulasi, serta hasil dan temuan yang ditemukan selama pengujian virtual. Meskipun simulasi ini tidak mencakup implementasi fisik mesin penjualan tiket MRT, namun dapat memberikan wawasan penting terkait fungsionalitas dan performa sistem yang diusulkan.

Diharapkan, laporan ini memberikan pemahaman yang baik tentang pendekatan simulatif yang kami terapkan dalam rangka menguji desain sistem digital MRT ticketing machine. Selain itu, kami akan memberikan rekomendasi untuk langkah-langkah pengembangan selanjutnya berdasarkan temuan dari simulasi ini.

Depok, December 20, 2023

Group BP-12

TABLE OF CONTENTS

CHAPTER 1: INRODUCTION

- 1.1 Background
- 1.2 Project Description
- 1.3 Objectives
- 1.4 Roles and Responsibilities

CHAPTER 2: IMPLEMENTATION

- 2.1 Equipment
- 2.2 Implementation

CHAPTER 3: TESTING AND ANALYSIS

- 3.1 Testing
- 3.2 Result
- 3.3 Analysis

CHAPTER 4: CONCLUSION4

REFERENCES

APPENDICES

- Appendix A: Project Schematic
- Appendix B: Documentation

CHAPTER 1

INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND

Sistem transportasi umum memainkan peran penting dalam pergerakan orang yang efisien dalam lingkungan perkotaan, berkontribusi pada pembangunan ekonomi, mengurangi kemacetan lalu lintas, dan mempromosikan keberlanjutan lingkungan. Salah satu aspek integral dari meningkatkan pengalaman pengguna dalam sistem ini adalah implementasi solusi tiket canggih. Sistem MRT berdiri sebagai contoh utama transportasi perkotaan modern, memberikan moda perjalanan yang cepat dan andal bagi jutaan orang setiap hari. Ketika populasi perkotaan terus tumbuh, permintaan untuk solusi tiket yang mulus dan ramah pengguna menjadi semakin terpenting. Infrastruktur tiket MRT yang ada, meskipun efisien, mungkin menghadapi tantangan dalam memenuhi kebutuhan dan harapan penumpang yang berkembang. Ini menggarisbawahi pentingnya berinovasi dan meningkatkan mekanisme tiket untuk menyelaraskan dengan teknologi kontemporer dan preferensi pengguna.

Mesin tiket MRT, komponen penting dari sistem tiket keseluruhan, adalah titik fokus untuk perbaikan dan inovasi. Proyek ini bertujuan untuk mengatasi kekurangan saat ini, meningkatkan kenyamanan pengguna, dan memanfaatkan teknologi mutakhir untuk menciptakan pengalaman tiket yang lebih efisien dan berpusat pada pengguna untuk penumpang MRT. Dalam laporan ini, kami mempelajari seluk-beluk sistem tiket MRT yang ada, menganalisis kekuatan dan kelemahannya, dan mengusulkan pendekatan baru untuk merevolusi mesin tiket. Tujuan kami adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem yang tidak hanya menyederhanakan proses pembelian tiket tetapi juga menggabungkan fitur yang selaras dengan harapan modern kecepatan, aksesibilitas, dan integrasi digital.

1.2 PROJECT DESCRIPTION

Proyek MRT Ticketing Machine bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan sebuah mesin penjualan tiket Mass Rapid Transit (MRT) yang efisien dan user-friendly. Mesin ini akan memfasilitasi proses pembelian tiket dengan menyediakan tiga opsi tiket dengan harga berbeda (5k, 10k, dan 15k). Penumpang akan dapat memilih tiket yang

diinginkan dan melakukan pembayaran menggunakan pecahan uang tertentu (5k, 10k, 20k, 50k, 100k rupiah). Selain itu, sistem juga diharapkan dapat melakukan *error handling* terhadap input yang tidak sesuai.

1.3 OBJECTIVES

The objectives of this project are as follows:

1. Mengimplementasikan modul-modul dari mata kuliah perancangan sistem digital
2. Melakukan simulasi pada perangkat lunak ModelSim
3. Melakukan sintesis rangkaian dari perangkat dengan menggunakan perangkat lunak Quartus
4. Membuat dokumentasi dalam bentuk laporan akhir

1.4 ROLES AND RESPONSIBILITIES

The roles and responsibilities assigned to the group members are as follows:

Roles	Responsibilities	Person
Anggota Kelompok	<ul style="list-style-type: none">• Membuat dan mengembangkan program VHDL• Melakukan simulasi• Membuat dokumentasi berupa laporan akhir	Vincent Senjaya
Anggota Kelompok	Role 2 responsibilities	Person 2
Anggota Kelompok	Role 3 responsibilities	Person 3
Anggota Kelompok	Role 4 responsibilities	Person 4
Anggota Kelompok	Role 5 responsibilities	Person 5

Table 1. Roles and Responsibilities

CHAPTER 2

IMPLEMENTATION

2.1 EQUIPMENT

The tools that are going to be used in this project are as follows:

- Visual Studio Code
- Quartus Prime
- ModelSim
- Browser

2.2 IMPLEMENTATION

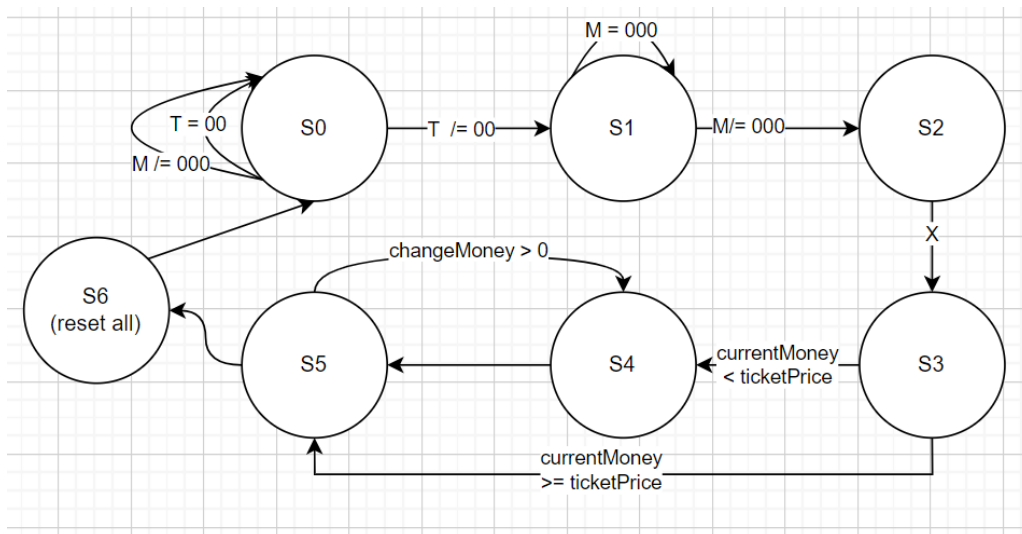
Program MRT Ticketing Machine dibuat dalam bahasa VHDL yang mengimplementasikan modul-modul yang ada pada praktikum Perancangan Sistem Digital 2023, berikut poin-poin dari tiap modul yang diimplementasikan pada proyek ini:

Modul 2	Sintaks, Operator, Struktur Program
Modul 3	Process, Sequential Statement, Clock
Modul 4	Testbench, Assert , Report
Modul 6	Looping Statement
Modul 7	Procedure Statement
Modul 8	Finite State Machine, State Diagram

Ticketing machine ini memiliki 3 input dan akan menghasilkan 2 output, berikut penjelasan tiap portnya:

- Input:
 - CLK: Input clock untuk mengatur timing dan siklus program
 - T: Input yang merepresentasikan tipe tiket yang bervariasi (5k, 10k, 15k)
 - M: Input yang merepresentasikan uang yang diinput user untuk membayar tiket (1k, 2k, 5k, 10k, 20k, 50k, 100k)
- Output:
 - C: Output yang merepresentasikan kembalian dari hasil pembelian tiket

- O: Output yang merepresentasikan tiket yang telah dibeli, O hanya meneruskan input T di awal



Gambar 1. State Diagram

Gambar 1 menunjukkan state diagram dari sistem yang telah kami buat, dimana state diagram tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis tiket, jumlah uang, serta perhitungan sementara dari kembalian. Berikut deskripsi dari tiap state yang ada pada sistem MRT Ticketing:

- State 0: Merupakan state awal yang bersifat idle, state ini akan menunggu input berupa pilihan jenis tiket yang tersedia, yaitu 5k, 10k, dan 15k. Jika pilihan jenis tiket sudah sesuai(bukan 0), maka state selanjutnya adalah state 1, jika pilihan tidak sesuai, maka mesin akan terus menunggu pilihan yang sesuai di state ini.
- State 1: Merupakan state yang akan menunggu input berupa uang dari pengguna, input ini mencakup mata uang rupiah yang terdiri dari 1k, 2k, 5k, 10k, 20k, 50k, dan 100k. Jika uang yang diinput sudah relevan, maka state selanjutnya adalah state 2, namun jika inputnya masih 0, maka mesin akan terus menunggu input dari user di state ini.
- State 2: Merupakan state yang akan melakukan perhitungan dari input yang telah diberikan, state ini akan menampung nilai sementara dengan nama variabel 'currentMoney' dari uang yang diinput, sehingga nilai dari 'currentMoney' dapat bertambah berdasarkan dari input user. Jika penambahan uang telah dilakukan, state selanjutnya adalah state 3.
- State 3: Merupakan state yang akan melakukan pengecekan terhadap jumlah uang yang telah diinput user, nilai tersebut akan dibandingkan dengan harga dari pilihan tiket pada state 1, jika jumlah uang yang dimasukkan sudah mencukupi atau melebihi dari harga tiket pilihan, maka sistem akan menghitung kembalian yang akan diberikan dan berpindah ke state 4. Namun, jika jumlah uang yang dimasukkan masih belum mencukupi harga tiket, maka mesin akan kembali ke state 1 untuk menerima input tambahan hingga mencukupi harga tiket.
- State 4: Merupakan state yang akan melakukan perhitungan uang kembalian, dimana uang kembalian akan dikeluarkan, hasil perhitungan dari uang kembalian akan diupdate pada variabel yang sama, dimana variabel ini akan dipanggil kembali

- State 5: Merupakan state yang akan melakukan konfirmasi kembalian, dimana mesin akan mengecek kembali apakah masih ada uang kembalian yang perlu dikeluarkan, namun jika sudah dikeluarkan semua, maka akan dilanjutkan ke state berikutnya.
- State 6: Merupakan state reset yang akan mereset seluruh nilai yang bersangkutan yakni pilihan tiket, uang yang dimasukkan, uang kembalian, serta variabel-variabel sementara lainnya.

CHAPTER 3

TESTING AND ANALYSIS

3.1 TESTING

Testing dilakukan pada perangkat lunak ModelSim, dan meliputi beberapa test case sebagai berikut:

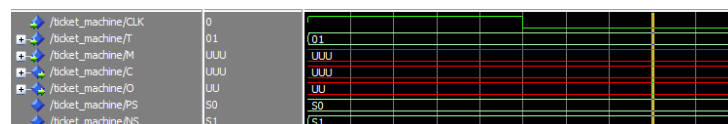
- Test ketika uang input lebih besar daripada harga tiket
Test ini bertujuan untuk mengetes proses pembelian tiket dan kesesuaian jumlah kembalian yang dikeluarkan.
- Test ketika uang input sama dengan harga tiket
Test ini bertujuan untuk mengecek proses pembelian tiket dan tidak ada uang kembalian yang menjadi output.
- Test ketika uang input tidak mencukupi harga tiket
Test ini bertujuan untuk mengecek proses pembelian tiket dan proses penerimaan uang hingga mencukupi harga tiket.

3.2 RESULT

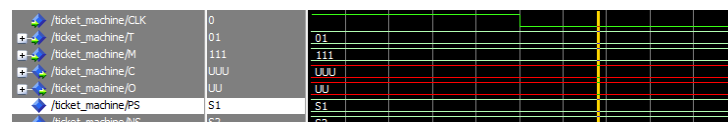
Berikut adalah hasil testing dari tiap case yang telah ditentukan sebelumnya:

- Test ketika uang input lebih besar daripada harga tiket

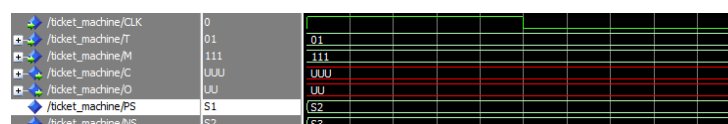
1. State 0



2. State 1



3. State 2



4. State 3

/ticket_machine/CLK	0	
/ticket_machine/T	01	01
/ticket_machine/M	111	111
/ticket_machine/C	UUU	UUU
/ticket_machine/O	01	01
/ticket_machine/PS	S3	S3
/ticket_machine/NS	S4	S4

5. State 4

/ticket_machine/CLK	0	
/ticket_machine/T	01	01
/ticket_machine/M	111	111
/ticket_machine/C	UUU	110
/ticket_machine/O	01	01
/ticket_machine/PS	S3	S4
/ticket_machine/NS	S4	S5

/ticket_machine/C	110	000	110			101				011		
/ticket_machine/O	01	01										
/ticket_machine/PS	S4	S3	S4	S5	S4	S5	S4	S5	S4	S5		
/ticket_machine/NS	S5	S4	S5	S4	S5	S4	S5	S4	S5	S6		
/ticket_machine/ticketPrice	5	5										
/ticket_machine/inputMoney	100	100										
/ticket_machine/currentMoney	100	100										
/ticket_machine/changeMoney	45	95	45		25		5		0			

Gambar 2. Change

6. State 5

/ticket_machine/CLK	1	
/ticket_machine/T	01	01
/ticket_machine/M	111	111
/ticket_machine/C	110	110
/ticket_machine/O	01	01
/ticket_machine/PS	S5	S5
/ticket_machine/NS	S4	S4

7. State 6

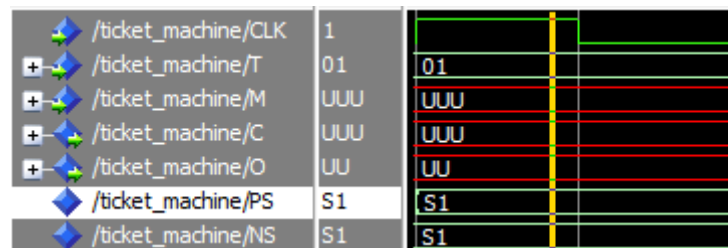
/ticket_machine/PS	S6	S6
/ticket_machine/NS	S0	S0
/ticket_machine/ticketPrice	0	0
/ticket_machine/inputMoney	0	0
/ticket_machine/currentMoney	0	0
/ticket_machine/changeMoney	0	0

- Test ketika uang input sama dengan harga tiket

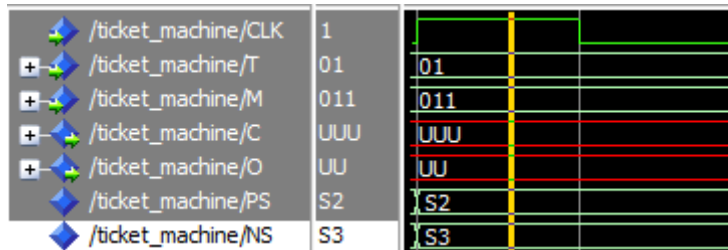
1. State 0

/ticket_machine/CLK	1	
/ticket_machine/T	01	01
/ticket_machine/M	UUU	UUU
/ticket_machine/C	UUU	UUU
/ticket_machine/O	UU	UU
/ticket_machine/PS	S0	S0
/ticket_machine/NS	S1	S1

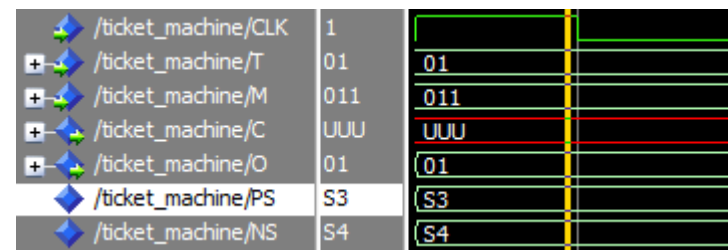
2. State 1



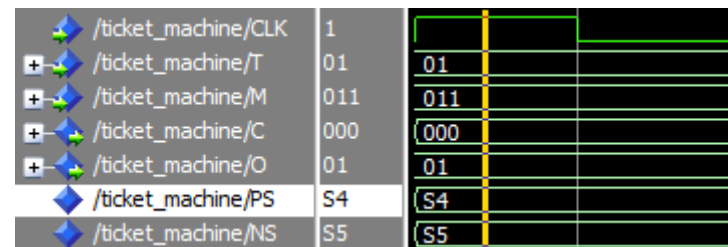
3. State 2



4. State 3

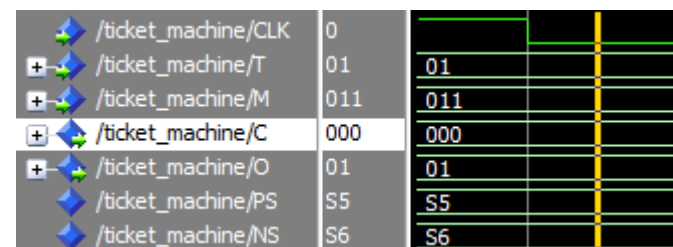


5. State 4

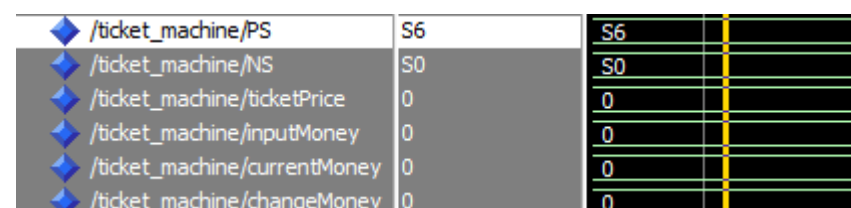


Gambar 3. Zero Change

6. State 5



7. State 6



- Test ketika uang input tidak mencukupi harga tiket

1. State 0

/ticket_machine/CLK	1	
+ /ticket_machine/T	01	01
+ /ticket_machine/M	000	000
+ /ticket_machine/C	000	000
+ /ticket_machine/O	01	01
/ticket_machine/PS	S0	S0
/ticket_machine/NS	S1	S1

2. State 1

/ticket_machine/CLK	1	
+ /ticket_machine/T	01	01
+ /ticket_machine/M	001	001
+ /ticket_machine/C	000	000
+ /ticket_machine/O	01	01
/ticket_machine/PS	S1	S1
/ticket_machine/NS	S2	S2

3. State 2

/ticket_machine/CLK	0	
+ /ticket_machine/T	01	01
+ /ticket_machine/M	001	001
+ /ticket_machine/C	000	000
+ /ticket_machine/O	01	01
/ticket_machine/PS	S2	S2
/ticket_machine/NS	S3	S3

4. State 3

/ticket_machine/CLK	1	
+ /ticket_machine/T	01	01
+ /ticket_machine/M	001	001
+ /ticket_machine/C	000	000
+ /ticket_machine/O	01	01
/ticket_machine/PS	S3	S3
/ticket_machine/NS	S1	S1

/ticket_machine/CLK	0	
+ /ticket_machine/T	01	01
+ /ticket_machine/M	010	010
+ /ticket_machine/C	000	000
+ /ticket_machine/O	01	01
/ticket_machine/PS	S2	S2
/ticket_machine/NS	S3	S3
/ticket_machine/ticketPrice	5	5
/ticket_machine/inputMoney	2	2
/ticket_machine/currentMoney	5	1

Gambar 4. Multiple Inputs

5. State 4

/ticket_machine/CLK	1	
+ /ticket_machine/T	01	01
+ /ticket_machine/M	010	010
+ /ticket_machine/C	000	000
+ /ticket_machine/O	01	01
/ticket_machine/PS	S4	S4
/ticket_machine/NS	S5	S5

6. State 5

/ticket_machine/CLK	1		
+ /ticket_machine/T	01	01	
+ /ticket_machine/M	010	010	
+ /ticket_machine/C	000	000	
+ /ticket_machine/O	01	01	
/ticket_machine/PS	S5	S5	
/ticket_machine/NS	S6	S6	

7. State 6

/ticket_machine/PS	S6	S6	
/ticket_machine/NS	S0	S0	
/ticket_machine/ticketPrice	0	0	
/ticket_machine/inputMoney	0	0	
/ticket_machine/currentMoney	0	0	
/ticket_machine/changeMoney	0	0	

3.3 ANALYSIS

Analisis yang dilakukan akan berdasarkan hasil simulasi pada perangkat lunak ModelSim dengan test case yang telah dipaparkan sebelumnya. Berikut hasil analisis tiap case:

- Test ketika uang input lebih besar daripada harga tiket

Test dimulai dengan memilih jenis tiket seharga 5k yang direpresentasikan dengan input T = 01. Setelah jenis tiket telah dipilih, uang akan diinput di state selanjutnya dengan nilai 100k. Setelah itu dilakukan proses pengecekan kecukupan uang di state 3. Setelah dipastikan uang cukup, maka akan dilakukan perhitungan kembalian, dimana kembalian akan dikeluarkan satu per satu dari nilai terbesar. Perhitungan dilakukan dengan variabel sementara yang menyimpan nilai changeMoney yang merepresentasikan jumlah uang yang belum dikeluarkan sebagai kembalian. Dari hasil simulasi yang telah dicantumkan pada Gambar 2, dapat dilihat bahwa output dari C berubah sebanyak 4 kali yang merepresentasikan kembalian yang dikeluarkan. Kembalian dari perhitungan tersebut adalah 95k yang direpresentasikan dengan $110(50k) + 101(20k) + 101(20k) + 011(5k)$.

- Test ketika uang input sama dengan harga tiket

Test dimulai dengan memilih jenis tiket seharga 5k yang direpresentasikan dengan input $T = 01$. Setelah jenis tiket telah dipilih, uang akan diinput di state selanjutnya dengan nilai 5k. Setelah itu dilakukan proses pengecekan kecukupan uang di state 3. Setelah dipastikan uang cukup, maka akan dilakukan perhitungan kembalian, dimana kembalian akan dikeluarkan satu per satu dari nilai terbesar. Dari hasil simulasi yang telah dicantumkan pada Gambar 3, dapat dilihat bahwa output dari C menghasilkan nilai 000, yang berarti tidak perlu ada kembalian yang dikeluarkan.

- Test ketika uang input tidak mencukupi harga tiket

Test dimulai dengan memilih jenis tiket seharga 5k yang direpresentasikan dengan input $T = 01$. Setelah jenis tiket telah dipilih, uang akan diinput di state selanjutnya dengan nilai 1k. Namun, karena uang tersebut tidak mencukupi harga tiket, maka mesin akan kembali ke state ke 2 yang menunggu input uang tambahan. Sehingga dilakukan, 2 kali input uang tambahan yang masing-masing inputnya bernilai 2k. Seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4, input tersebut akan mengupdate nilai current money dari 1 ke 3 dan terakhir ke 5. Perhitungan dilakukan dengan variabel sementara currentMoney yang merepresentasikan jumlah uang yang belum diinput. Variabel tersebut akan dibandingkan nilainya di state 3 dengan harga tiket yang dipilih, jika nilai currentMoney tersebut sudah mencukupi, maka mesin baru menuju state selanjutnya.

CHAPTER 4

CONCLUSION

Proyek ini bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan mesin penjualan tiket Mass Rapid Transit (MRT) yang efisien dan user-friendly. Mesin ini memberikan pengguna opsi untuk membeli tiket dengan harga berbeda (5k, 10k, dan 15k) dan melakukan pembayaran dengan pecahan uang tertentu (5k, 10k, 20k, 50k, 100k rupiah).

Beberapa fitur utama yang diimplementasikan dalam proyek ini meliputi:

- Pilihan Tiket: Mesin menyediakan tiga opsi tiket dengan harga yang berbeda untuk memenuhi kebutuhan berbagai jenis penumpang.
- Pembayaran: Sistem memungkinkan pengguna membayar tiket menggunakan pecahan uang dalam denominasi yang umum digunakan.
- Error Handling: Sistem dilengkapi dengan mekanisme error handling untuk menangani input yang tidak sesuai atau kesalahan dalam proses pembelian tiket.

Dengan menggunakan VHDL, proyek ini mengimplementasikan logika tingkat tinggi untuk mengontrol perilaku mesin penjualan tiket. Penggunaan bahasa VHDL memungkinkan desain dan simulasi yang efektif untuk memastikan fungsionalitas yang benar sebelum implementasi ke dalam perangkat keras.

Proyek ini memberikan kontribusi dalam mengembangkan pemahaman tentang desain sistem digital, logika, dan manajemen state machine dengan menggunakan VHDL. Selain itu, melalui implementasi error handling, proyek ini meningkatkan keandalan dan ketangguhan sistem terhadap masukan yang tidak valid atau kesalahan operasional.

Dengan demikian, proyek ini berhasil mencapai tujuannya dalam merancang, mensimulasikan, dan menguji mesin penjualan tiket MRT yang efisien dan dapat diandalkan dengan memanfaatkan kekuatan bahasa VHDL.

REFERENCES

- [1] J. J. Jensen, "How to create a finite-state machine in VHDL," VHDLwhiz, <https://vhdlwhiz.com/finite-state-machine/> (accessed Dec. 24, 2023).
- [2] Surf-VHDL, "VHDL for-loop statement - surf-VHDL," Surf, <https://surf-vhdl.com/vhdl-for-loop-statement/> (accessed Dec. 24, 2023).
- [3] J. J. Jensen, "How to use a for loop in VHDL," VHDLwhiz, <https://vhdlwhiz.com/for-loop/> (accessed Dec. 24, 2023).
- [4] "Mealy and moore machines in TOC," GeeksforGeeks, <https://www.geeksforgeeks.org/mealy-and-moore-machines-in-toc/> (accessed Dec. 24, 2023).
- [5] "VHDL assert and report," Sigasi, <https://insights.sigasi.com/tech/vhdl-assert-and-report/> (accessed Dec. 24, 2023).