**Digital Logic Circuit Design Lab**

Combinational Logic Circuit Lab

Name/ID: An Gyeonheal / 21900416

Date: 06-10-2023

# **Problem Introduction**

## Introduction

If you put 500 won and 1,000 won in the vending machine at a time, and if you put 1,500 won in total, you will get a drink, and if you put 2,000 won, you will be able to design an FSM that comes with 500 won change.

# **Design Process**

## **1. Vending Machine Controller FSM**

### Input/Output

INPUTS : X = 1,000 won, Y = 500 won

OUTPUTS : Z{0} = Drink Out, Z{1} = Change Out

### State Description



### State Graph / State Table

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | | |  |  |
| XY=00 | XY=01 | XY=10 | XY=11 |
|  |  |  |  | X | 0 | 0 |
|  |  |  |  | X | 0 | 0 |
|  |  |  |  | X | 0 | 0 |
|  |  |  |  | X | 1 | 0 |
|  |  |  |  | X | 1 | 1 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | | | |  |  |
| XY=00 | XY=01 | XY=10 | XY=11 |
| 0 0 0 | 0 0 0 | 0 0 1 | 0 1 0 | X | 0 | 0 |
| 0 0 1 | 0 0 1 | 0 1 0 | 0 1 1 | X | 0 | 0 |
| 0 1 0 | 0 1 0 | 0 1 1 | 1 0 0 | X | 0 | 0 |
| 0 1 1 | 0 0 0 | 0 0 1 | 0 1 0 | X | 1 | 0 |
| 1 0 0 | 0 0 0 | 0 0 1 | 0 1 0 | X | 1 | 1 |

원, 텍스트, 도표, 라인이(가) 표시된 사진

자동 생성된 설명

### Logics for Next-State and Outputs

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| C=0, BA | XY=00 | XY=01 | XY=11 | XY=10 |
| 00 | 0 | 0 | X | 0 |
| 01 | 0 | 0 | X | 0 |
| 11 | 0 | 0 | X | 0 |
| 10 | 0 | 0 | X | 1 |
| C=1, BA | XY=00 | XY=01 | XY=11 | XY=10 |
| 00 | 0 | 0 | X | 0 |
| 01 | X | X | X | X |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | X | X | X | X |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| C=0, BA | XY=00 | XY=01 | XY=11 | XY=10 |
| 00 | 0 | 0 | X | 1 |
| 01 | 0 | 1 | X | 1 |
| 11 | 0 | 0 | X | 1 |
| 10 | 1 | 1 | X | 0 |
| C=1, BA | XY=00 | XY=01 | XY=11 | XY=10 |
| 00 | 0 | 0 | X | 1 |
| 01 | X | X | X | X |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | X | X | X | X |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| C=0, BA | XY=00 | XY=01 | XY=11 | XY=10 |
| 00 | 0 | 1 | X | 0 |
| 01 | 1 | 0 | X | 1 |
| 11 | 0 | 1 | X | 0 |
| 10 | 0 | 1 | X | 0 |
| C=1, BA | XY=00 | XY=01 | XY=11 | XY=10 |
| 00 | 0 | 1 | X | 0 |
| 01 | X | X | X | X |
| 11 | X | X | X | X |
| 10 | X | X | X | X |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **BA** | **C = 0** | **C = 1** |
| **00** | **0** | **1** |
| **01** | **0** | **X** |
| **11** | **1** | **X** |
| **10** | **0** | **X** |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **BA** | **C = 0** | **C = 1** |
| **00** | **0** | **1** |
| **01** | **0** | **X** |
| **11** | **0** | **X** |
| **10** | **0** | **X** |

### Simulation Circuit Design

도표, 평면도, 기술 도면, 개략도이(가) 표시된 사진

자동 생성된 설명

Input X 와 Y는 각각 1000원과 500원의 Input을 의미하며 Input에 따라 CLK의 Rising Edge일 때 State가 변화하며 State 3일 때와 State 4일 때 Drink 출력인 LED에 불이 켜지고 State 4일 때 Change 출력인 LED에 불이 켜진다.

2. State-Number Display Logic

### Input/Output

7-Segment Decoder는 엘리베이터, 시계, 계산기 등 많은 전자 기기에서 숫자를 표현하기 위해 사용된다. 이는 4개의 input과 7개의 output을 가진 7-Segment Decoder를 이용하여 숫자 패널을 작동시킨다. A, B, C, D가 0000 일 때는 0을 표시하고, 0001 일 때는 1, 0010 일때는 2를 표시한다.

Input : A, B, C, D

Output : a, b, c, d, e, f, g

### Truth Table

**텍스트, 흑백, 스크린샷이(가) 표시된 사진

자동 생성된 설명**

해당 7-segment는 문제 1번에서 정의한 State 까지를 나타내기 위한 시스템이기 때문에 0~4까지만 Display하고 나머지는 Don’t Care Value로 처리하였다.

### Logics for Next-State and Outputs

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 𝑎 | 𝒃 |
|  |  |
| 𝑐 | 𝑑 |
|  |  |
| 𝑒 | 𝑓 |
|  |
|  |

### Simulation Circuit Design

|  |  |
| --- | --- |
| 텍스트, 도표, 평면도, 라인이(가) 표시된 사진  자동 생성된 설명 | **도표, 평면도, 텍스트, 기술 도면이(가) 표시된 사진  자동 생성된 설명** |
| **텍스트, 도표, 평면도, 라인이(가) 표시된 사진  자동 생성된 설명** | **도표, 텍스트, 평면도, 기술 도면이(가) 표시된 사진  자동 생성된 설명** |
| **도표, 텍스트, 평면도, 개략도이(가) 표시된 사진  자동 생성된 설명** |

텍스트, 도표, 평면도, 라인이(가) 표시된 사진

자동 생성된 설명

## **3. Complete Circuit**

### Simulation Circuit Design

도표, 기술 도면, 평면도, 개략도이(가) 표시된 사진

자동 생성된 설명

**State-Number Display Logic**

**Vending Machine Controller Circuit**

# **Results and Discussion**

### Demo Video

[Video Link](https://youtube.com/watch?v=fzH1NYuJQZQ&feature=share)

### Results

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |

500원을 계속하여 Vending Machine에 넣었을 때 State 0에서 시작하여 S1, S2, S3에 도달하고 S3에서 음료수가 나온 뒤 다시 500원을 넣으면 S1으로 진행하고 1000원을 넣으면 S2로 진행한다. 1000원을 넣는 경우 S2에서 S4로 진행되며 S4에서는 음료수와 잔돈이 같이 출력된다. 500원, 1000원을 각각 넣는 경우 S0🡪S1🡪S3 순으로 진행되며 음료수가 출력된다.

### Discussion

Vending Machine Controller의 Logic을 Moore로 설계하였다. 이 때의 State는 5개로 정의할 수 있었으며 Input과 Output은 각각 2개로 정의할 수 있었다. 이 때 State의 개수가 5개가 되면서 입력 변수는 3bit가 되었으며 카르노 맵을 제작할 때 C가 0일때와 1일때를 구분하여 두개로 나누어서 제작하였으며 이를 통해 Minimum SOP를 도출해낼 수 있었다.

State-Number Display Logic을 설계하면서 우리가 표시하게 될 State는 총 5개로 S0~S4, 즉 0에서 4까지만 Display에 표시하게 될 것이었다. 따라서 4를 표시하는 상황 밑으로는 모두 Don’t Care Value로 설정하여 불필요한 입력을 Ground로 보냈다.

# **Appendix**