

마피아 게임 설계 제안서

2022. 05. 15

디지털시스템설계(CSED273) 27조

20190936 곽찬영

20200437 김채현

20200794 박건우

1. 프로젝트 주제 및 목적

본 프로젝트에서는 마피아 게임을 FPGA를 통해 구현하고자 한다. 마피아 게임은 마피아와 시민이 대치하면서 진행되는 팀 게임이다. 게임의 룰에 대해 간략히 설명하자면 처음에는 4명의 시민과 2명의 마피아로 게임을 시작한다. 마피아는 서로를 알지만 시민은 마피아가 누구인지 모르기에 마피아로 추정되는 사람을 낮에 투표를 통해 처형하게 된다. 밤이 되면 시민은 더 이상 행동하지 못하고 마피아는 시민을 암살하게 된다. 이때 시민은 마피아를 전부 처형해야 승리하고, 마피아는 마피아가 전체 인원의 과반수 이상이 될 때 승리하는 룰을 가지고 있다. 본 프로젝트에서는 이를 FPGA를 통해 구현하고 현재 상태를 서로 다른 색의 LED를 통하여 표현하여 가시성을 높이고 이러한 상태를 사용자의 조작을 통해 직접 변화시키는 것에 그 목적을 두고 있다.

2. 구현을 위한 배경지식

■ FSM (Finite-state machine)

FSM(Finite-state machine)이란 전자 논리 회로를 설계하는 데 쓰이는 수학적 모델이다. 유한한 개수의 상태를 가지며, 한 번에 오로지 하나의 상태(state)를 가질 수 있다. 상태는 주어지는 입력(input)에 따라 어떤 상태에서 다른 상태로 전이되거나 다른 출력(output)을 내게 된다.

FSM에는 Mealy machine과 Moore machine이 존재한다.

● Mealy machine

Mealy machine은 출력이 현재의 입력과 상태에 의해 바로 결정된다. 따라서 Mealy machine은 입력이 직접 출력에 영향을 주게 된다. 또한 clock을 한 사이클 기다리지 않고, 같은 사이클에서 input을 바로 output에 반영하기 때문에 Moore machine보다 더 빠르다는 장점이 있다.

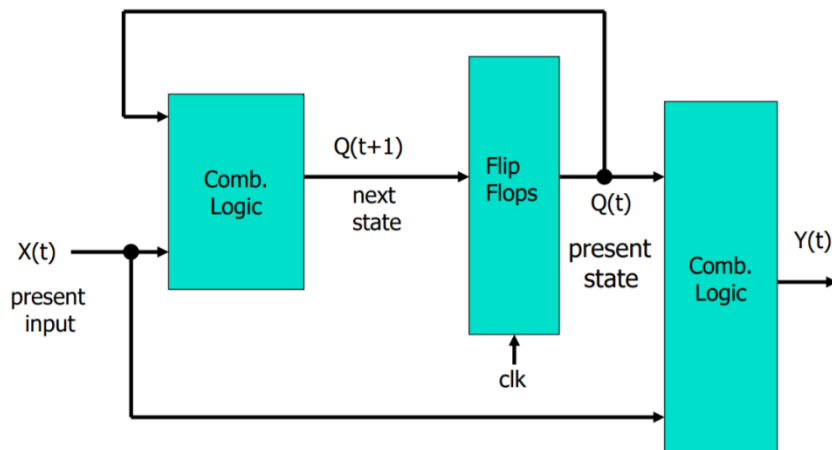


그림 1. Mealy machine 회로도

- Moore machine

Moore machine은 출력이 현재 상태에 의해서만 결정된다. 따라서 Moore machine은 입력이 무조건 순차 회로를 한 번 거쳐 출력된다. 출력이 clock edge에서 바뀌므로, 즉, 입력이 들어온 후 한 사이클 뒤에 변화하기 때문에 Mealy machine보다 사용하기에 더 안전하다는 장점이 있다.

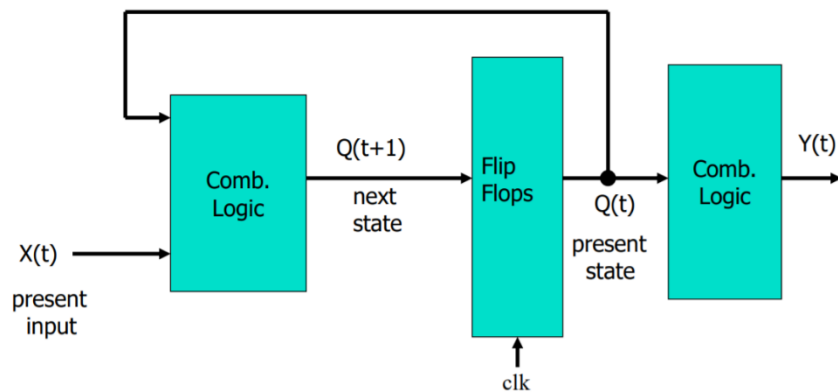


그림 2. Moore machine 회로도

Mealy machine에서는 입력이 출력에 영향을 바로 미치기 때문에 2개 이상의 기계에서 비동기화 문제가 발생할 수 있다. 하지만 Mealy machine이 Moore machine보다 더 적은 개수의 state를 갖는다. 이런 Moore machine과 Mealy machine의 장점을 합친 것이 synchronous mealy machine이다. flip-flop을 사용하여 clock에 맞춰 상태를 동기화 함으로써 glitch에 대한 문제를 피할 수 있다.

■ FPGA

FPGA란 설계 가능 논리 소자와 프로그래밍이 가능한 내부 회로가 포함된 반도체 소자이다. 논리회로를 원하는 의도에 맞춰 동작하게 할 수 있기 때문에 본 프로젝트에서는 HDL인 Verilog를 프로그래밍 하여 사용할 예정이다. FPGA의 내부에는 로직을 만들어내는 RAM과 flip-flop이 있어 로직 게이트를 자유자재로 구현할 수 있다. 일반적인 프로세서는 memory에 있는 프로그램을 불러와 해독하여 작업을 실행하지만 FPGA의 경우 아예 프로세서 내부의 회로를 프로그램에 맞게 직접 설계하여 병렬적으로 실행시키므로 압도적인 속도를 낼 수 있다는 장점이 있다.

3. State transition diagram 설계

State에 대한 설명은 다음과 같다.

- State는 게임의 낮/밤 여부와 생존자의 명수에 따라 결정된다.

- 낮과 밤의 State가 구분되며, 낮의 State는 D, 밤의 State는 N으로 표시한다.
- 생존해 있는 마피아의 수와 시민의 수를 State의 이름에 포함시켜 각 State가 어떤 의미인지 쉽게 파악할 수 있도록 한다. 예컨대 낮에 마피아 2명과 시민 3명이 생존해 있다면 "D 2:3"으로 표현하며, 밤에 마피아 1명과 시민 2명이 생존해 있다면 "N 1:2"로 표현한다.

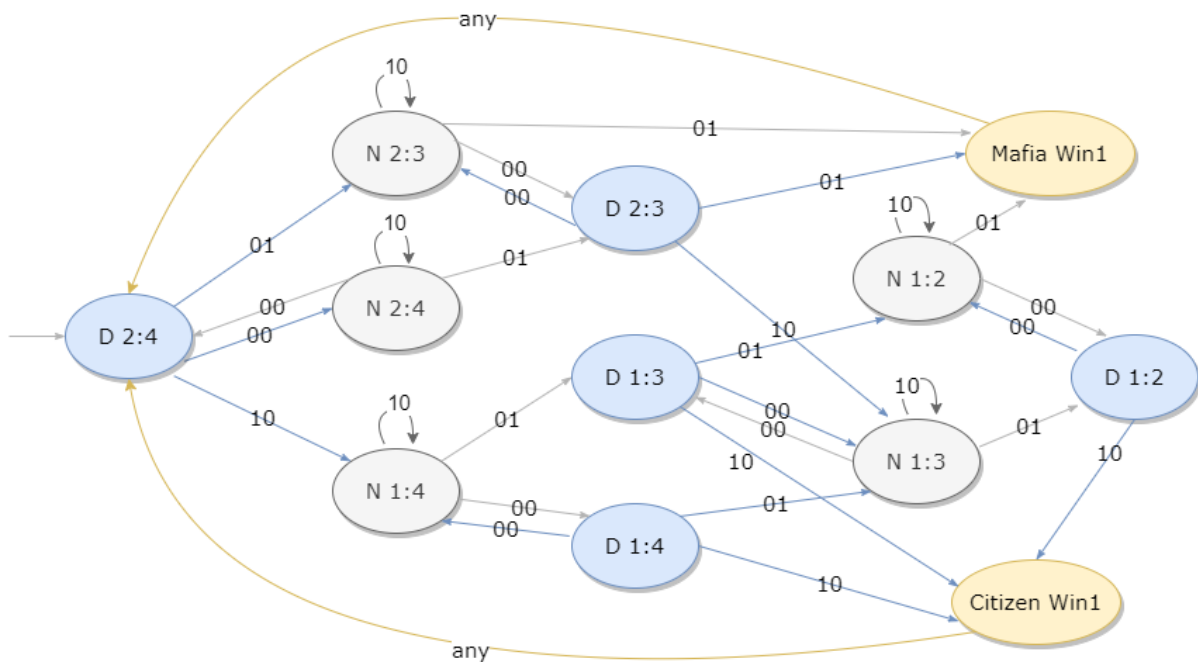


그림 3. State Transition diagram

4. State machine 입출력 및 동작 설명

State Machine의 입력으로는 2비트의 이진 입력과 Enable이 주어진다. 매 차례에 사용하는 스위치 등을 통해 Input 값을 조정한 후 Enable과 연결된 스위치를 눌러 입력 값을 주게 되고, Enable 버튼을 누를 때 Transition이 일어나게 된다. 입력 값은 낮 State와 밤 State에서 서로 다른 의미로 해석된다.

낮/밤	I ₁	I ₀	의미	State transition
D	0	0	투표 건너뛰기	D n:m → N n:m
D	0	1	시민 처형	D n:m → N n:(m-1)

D	1	0	마피아 처형	$D\ n:m \rightarrow N\ (n-1):m$
N	0	0	의사의 치료로 아무도 죽지 않음	$N\ n:m \rightarrow D\ n:m$
N	0	1	시민이 암살당함	$N\ n:m \rightarrow D\ n:(m-1)$
N	1	0	밤이 계속됨	$N\ n:m \rightarrow N\ n:m$

먼저 게임을 시작하기에 앞서 가장 기본적인 상황을 설명하면, 낮과 밤을 표현하는 흰색 LED 1개, 살아있는 마피아의 숫자를 나타내는 붉은 색 LED 2개, 살아 있는 시민의 숫자를 나타내는 초록색 LED 4개가 있고, 사용자의 입력을 받을 FPGA의 버튼이 있다. 흰색 LED는 낮일 때 불이 들어와 있고, 밤이 되면 불이 꺼진다. 빨간색 LED는 살아 있는 마피아의 숫자에 맞게 불이 들어와 있고, 죽을 때마다 오른쪽 LED부터 하나씩 꺼진다. 녹색 LED 또한 살아 있는 시민의 숫자에 맞게 불이 들어와 있고, 죽을 때마다 오른쪽 LED부터 하나씩 꺼진다.

처음 게임을 시작하면 낮 상태로 시작하게 된다. 낮 시간대에는 크게 3개의 경우의 수를 나누어 각 경우마다 하나의 버튼을 대응시켜 입력을 받는다. 첫 번째 경우는 투표를 건너 뛰는 것으로 아무도 죽지 않고 저녁 시간대가 된다. 2번째 경우는 시민이 투표로 처형되는 것으로 시민의 숫자를 나타내는 LED 중 가장 오른쪽에 있는 것이 하나 꺼진다. 마지막 경우는 마피아가 투표로 처형되는 것으로 마피아의 숫자를 나타내는 LED 중 가장 오른쪽에 있는 것이 꺼지게 된다.

다음으로 낮 시간대에서 입력이 끝난다면 밤 상태가 되게 된다. 저녁 시간대에서는 크게 3가지의 입력이 있고, 각각의 경우마다 하나의 버튼을 대응시켜 버튼을 누르는 것으로 입력을 받는다. 첫 번째 경우는 마피아가 시민을 암살하려 하였지만 의사가 치료하여 아무도 죽지 않은 경우이다. 이러한 경우에는 마피아, 시민을 나타내는 LED의 변화 없이 시간대만 다시 낮으로 바뀌게 된다. 두 번째 경우는 시민이 마피아에게 암살당하는 경우이다. 이러한 경우에는 살아있는 시민을 나타내는 LED 중에서 가장 오른쪽에 있는 것의 불이 꺼지게 되면서 다시 낮 시간대가 된다. 마지막 경우는 밤이 계속되는 경우인데, 이러한 경우에는 빨간색, 흰색, 초록색 LED 모두 변화가 없고 다시 한번 input을 받게 된다.

이렇게 계속 낮 상태와 밤 상태를 반복하면서 마피아가 모두 죽어 빨간색 LED의 불이 모두 꺼지게 되면 즉시 FPGA의 스크린을 통해 "Citizen Win"이라는 문구를 띄우고 더 이상 시간대는 바뀌지 않게 되며 게임이 끝나게 된다. 만약에 마피아가 과반수 이상을 차지하게 될 경우 즉시 FPGA의 스크린을 통해 "Mafia Win"이라는 문구를 띄우고 더 이

상의 시간대 변화는 일어나지 않으며 게임은 끝나게 된다. 만약 게임 도중 알맞지 않은 버튼을 누르거나 입력 값이 주어지면 상태는 변화하지 않으며 FPGA의 스크린에 "Invalid Input"이라는 문구가 출력되며 다시 입력 값을 받게 된다.

5. 필요한 부품 및 사용처

FPGA 외에 필요한 부품은 다음과 같다.

■ Red LED

현재 state의 마피아 수를 표시하기 위해서 Red LED를 사용한다.

■ Green LED

현재 state의 시민 수를 표시하기 위해서 Greed LED를 사용한다.

■ White LED

현재 state가 낮인지 밤인지를 표시하기 위해서 White LED를 사용한다.

■ Register

LED에 저항이 필요하다. 저항 계산은 다음과 같다.

전압(V)	3.3	2	1.8
전류(A)	2	1	0.3
내부저항(옴)	1.65	2	6
LED에 흐를 전류	0.02	0.02	0.02
공통 저항에 LED 병렬 연결시 전류	0.14	0.14	0.14
필요한 총 저항	23.57143	14.28571	12.85714
저항당 전력량(W)	0.009429	0.005714	0.005143
개별 저항 7개 병렬 연결시 전류	0.02	0.02	0.02
필요한 총 저항	165	100	90
저항 당 전력량(W)	0.066	0.04	0.036
저항의 전격전력(W)		0.25	